

周文森 黄金屏 陈 岫 编

新编实用



电工手册

北京科学技术出版社

责任编辑 曾庆宇
封面设计 耿万义
电脑制作 樊润琴



ISBN 7-5304-2260-X



9 787530 422601 >

ISBN 7-5304-2260-X/T · 455

定价: 50.00元

新编实用电工手册

周文森 黄金屏 陈 岫 编

北京科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

新编实用电工手册/周文森等编. —北京:北京科学技术出版社,2001.4 重印

ISBN 7-5304-2260-X

I. 新… II. 周… III. 电工-手册 IV. TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 40201 号

新编实用电工手册

周文森 黄金屏 陈 岫 编

*

北京科学技术出版社 出版

(北京西直门南大街 16 号)

邮政编码:100035

各地新华书店经销

三河市腾飞胶印厂印刷

*

850 毫米×1168 毫米 32 开本 30.75 印张 802 千字

2000 年 4 月第一版 2001 年 4 月第二次印刷

印数 5001—11000 册

定价:50.00 元

(凡购买本社图书,如有缺页、倒页、脱页者,
本社发行科负责调换。联系电话:66161952)

前 言

随着我国科学技术的发展,特别是进入 80 年代以来,国际间的技术交流日益增多,引进了不少高、精、尖的新技术和新型的电器产品,国内自行开发研制的电器产品也不断投放市场。

在现代化的电气设备中,不仅应用传统的电动机、变压器、开关器件、传感器等,而且在电工技术领域中,可编程序控制器、电子计算机、大功率静止变流器、各种电子仪器以及电气设备中也采用了模糊控制等新技术。

为了满足广大电工、电子工程技术人员、技术工人以及有关人员在现代化电气设备新产品设计、新产品的应用、维修以及技术改造中的需要,我们编写了这本电工手册。

本手册共分十五章。包括电工常用基础资料、电工常用仪器仪表、电子元器件、电工材料、交直流电动机、各类低压电器、变压器、室内电器安装及照明、各类传感器、常用电气设备的控制电路和维护以及家用电器的使用和维修等。第十五章介绍北京四通松下电工的产品,包括照明器具、开关及插座等。

本手册以一般工厂、农村常用的电气设备为对象,通过大量的图表,介绍这些产品的型号、技术数据、技术性能、工作特性、选用原则、使用注意事项、常见故障及其解

决办法,提供了详细、准确的技术资料。

本手册的特点是科学性、实用性和新颖性并重。内容全面、资料新颖、数据准确。在编写过程中略去了繁琐的计算和原理论述,力求简明易懂、查阅方便。

本手册可供具有初中以上文化水平的电工、一般技工以及从事电气设备设计和维修的有关技术人员、工程师参考,也可作为培训和考核电工的参考书。

参与本手册编写的还有:赵小枫、李林、杨力、王强、李一民、周毅、汪静、岑克强、罗建民、胡莉莉、赵力、潘建国、周宏、赵凤林、亓大国、刘薇等。

由于本手册涉及面广,编者水平有限,手册中难免有错误之处,恳请广大读者批评雅正。

编 者

1999年5月

目 录

第一章 电工常用基础资料	(1)
1-1 电工学基本定律	(1)
1-2 电工常用计算公式	(5)
1-3 电工常用计量单位及其换算	(17)
1-3-1 常用国际单位制中量和单位	(17)
1-3-2 常用法定计量单位及其换算	(22)
1-4 电工常用电气图形符号(新旧对比)	(28)
1-5 电工常用电器设备文字符号	(90)
1-5-1 常用基本文字符号	(90)
1-5-2 常用辅助文字符号	(97)
1-6 电工识图的基本知识	(99)
1-6-1 比例	(100)
1-6-2 线型	(100)
1-6-3 标高	(101)
1-6-4 符号	(101)
1-6-5 回路符号	(102)
1-7 电工常用图的分类及其应用	(103)
1-7-1 变电、配电施工图	(103)
1-7-2 动力装置施工图	(105)
1-7-3 照明施工图	(106)
1-8 电工安全用电基本知识	(106)
1-8-1 电工安装、维修、操作规程	(106)
1-8-2 电气火灾及其防护	(108)

1-8-3	接地、接零、防雷的保护	(110)
1-8-4	现场触电救护	(114)
第二章	电工常用测量仪表	(119)
2-1	测量仪表的分类	(119)
2-1-1	分类	(119)
2-1-2	测量仪表的表面符号	(121)
2-2	电工测量仪表的技术指标	(125)
2-2-1	准确度	(125)
2-2-2	灵敏度	(125)
2-2-3	误差	(125)
2-3	开关板指示电表的型号	(126)
2-4	万用表	(130)
2-4-1	万用表的工作原理和实际电路	(130)
2-4-2	万用表的使用注意事项	(133)
2-4-3	万用表常见故障及其原因	(133)
2-5	电流表和电压表	(135)
2-5-1	电流表和电压表工作原理及其结构	(135)
2-5-2	电流表和电压表的连接方法	(137)
2-5-3	电流表和电压表使用注意事项	(138)
2-6	电度表	(139)
2-6-1	电度表的工作原理及其结构	(139)
2-6-2	电度表的接线方法	(139)
2-6-3	电度表的使用注意事项	(141)
2-6-4	常用单相电度表的技术数据	(142)
2-7	功率表	(143)
2-7-1	功率表的工作原理及其结构	(143)
2-7-2	功率表测量功率的接线方法	(143)
2-7-3	功率表使用注意事项	(145)
2-8	兆欧表	(145)

2-8-1	兆欧表的工作原理	(145)
2-8-2	兆欧表的使用注意事项	(146)
2-8-3	兆欧表常见故障、可能原因及处理方法	(147)
2-9	钳形表	(149)
2-9-1	钳形表的工作原理及其结构	(149)
2-9-2	常用钳形表的型号及用途	(150)
2-9-3	钳形表的使用注意事项	(150)
第三章	电子元器件	(151)
3-1	半导体分立器件型号命名方法	(151)
3-2	晶体二极管	(153)
3-2-1	晶体二极管的特性	(154)
3-2-2	晶体二极管的主要技术参数	(156)
3-2-3	晶体二极管的测试	(156)
3-2-4	常用晶体二极管的技术数据	(157)
3-2-5	晶体二极管使用注意事项	(164)
3-3	稳压二极管	(165)
3-3-1	稳压二极管的特性	(165)
3-3-2	稳压二极管的主要技术参数	(166)
3-3-3	常用稳压二极管的技术数据	(166)
3-3-4	稳压二极管使用注意事项	(173)
3-4	发光二极管	(173)
3-4-1	发光二极管的特性	(173)
3-4-2	发光二极管的主要技术参数	(174)
3-4-3	常用发光二极管的技术数据	(174)
3-4-4	发光二极管使用注意事项	(175)
3-5	晶体三极管	(176)
3-5-1	晶体三极管的特性	(178)
3-5-2	晶体三极管的主要技术参数	(178)
3-5-3	晶体三极管的测试	(180)

3-5-4	常用晶体三极管的主要技术数据	(183)
3-5-5	晶体三极管的选择及使用注意事项	(202)
3-6	场效应晶体管	(204)
3-6-1	场效应晶体管的特性	(204)
3-6-2	场效应晶体管的主要技术参数	(204)
3-6-3	常用场效应晶体管的技术数据	(205)
3-6-4	场效应晶体管使用注意事项	(209)
3-7	光电晶体管	(210)
3-7-1	光电晶体管的特性	(210)
3-7-2	光电晶体管的主要技术参数	(211)
3-7-3	常用光电晶体管的技术数据	(212)
3-7-4	光电晶体管使用注意事项	(214)
3-8	晶闸管	(214)
3-8-1	晶闸管的特性	(216)
3-8-2	晶闸管的主要技术参数	(217)
3-8-3	晶闸管的简易测试	(218)
3-8-4	常用晶闸管的技术数据	(219)
3-8-5	晶闸管使用注意事项	(222)
3-9	光电耦合器	(222)
3-9-1	光电耦合器的特性	(222)
3-9-2	光电耦合器的主要技术参数	(223)
3-9-3	常用光电耦合器的技术数据	(224)
3-9-4	光电耦合器的应用	(227)
3-10	半导体集成电路	(227)
3-10-1	半导体集成电路分类	(227)
3-10-2	半导体集成电路型号命名方法	(227)
3-11	数字集成电路	(230)
3-11-1	数字集成电路系列品种代号	(230)
3-11-2	双极型数字集成电路	(237)

3-11-3	数字集成电路的主要技术性能	(242)
3-11-4	TTL 集成电路的技术数据及使用注意事项	(243)
3-11-5	CMOS 集成电路的技术数据及使用注意事项	(253)
3-11-6	HTL 集成电路的技术数据及使用注意事项	(267)
3-12	集成运算放大器	(273)
3-12-1	集成运算放大器应用及分类	(273)
3-12-2	集成运算放大器的技术数据及使用注意事项	(274)
3-12-3	集成运算放大器外引线功能端排列表	(279)
3-12-4	集成运算放大器使用注意事项	(282)
3-13	集成稳压器	(282)
3-13-1	集成稳压器简介和主要参数	(282)
3-13-2	常用国内外集成稳压器型号对照	(285)
3-13-3	常用国产集成稳压器的技术数据	(286)
3-13-4	集成稳压器使用注意事项	(317)
3-14	电阻器和电容器	(317)
3-14-1	电阻器和电容器型号命名方法	(317)
3-14-2	电阻器和电容器优先数系	(322)
3-14-3	电阻器和电容器的标志代码	(325)
第四章	常用电工材料	(334)
4-1	导电材料	(334)
4-1-1	裸导线	(334)
4-1-2	电磁导线	(342)
4-1-3	通用绝缘导线和软线	(351)
4-1-4	裸导线、电磁线和绝缘导线新老产品对照	(359)
4-2	绝缘材料	(361)
4-2-1	常用绝缘材料分类及耐热等级	(361)
4-2-2	电工用绝缘薄膜、黏带及复合材料	(362)

4-2-3	电工用绝缘漆布	(378)
4-2-4	云母制品	(378)
4-2-5	绝缘油	(382)
4-3	润滑油和润滑脂	(383)
4-4	胶黏剂	(383)
4-4-1	环氧树脂胶黏剂	(383)
4-4-2	502 胶	(388)
4-4-3	聚醚聚氨酯黏接剂	(388)
4-4-4	聚醋酸乙烯乳液黏接剂	(388)
4-4-5	胶黏剂的选用	(389)
4-5	电刷	(392)
第五章	电动机	(396)
5-1	电动机的分类	(396)
5-2	异步电动机型号表示方法	(396)
5-3	异步电动机的结构特征及其用途	(402)
5-3-1	常用微型异步电动机的特点及其用途	(402)
5-3-2	风机、空调、风扇用异步电动机特点及其用途	(408)
5-3-3	三相异步电动机的型号、结构及其用途	(410)
5-4	三相异步电动机的铭牌及技术指标	(414)
5-5	常用异步电动机的技术数据	(414)
5-5-1	微型异步电动机的技术数据	(414)
5-5-2	常用风机、空调、风扇用异步电动机的技术数据	(432)
5-5-3	洗衣机用异步电动机的技术数据	(432)
5-5-4	复印机用微型异步电动机的技术数据	(443)
5-5-5	汽车用微型电动机的技术数据	(443)
5-5-6	小功率水泵用电动机的技术数据	(443)
5-5-7	三相异步电动机的技术数据	(449)
5-6	三相异步电动机的选用原则	(475)

5-7	三相异步电动机的基本控制电路	(477)
5-8	三相异步电动机的起动、制动和调速	(481)
5-8-1	三相异步电动机的起动	(481)
5-8-2	三相异步电动机的制动	(488)
5-8-3	三相异步电动机的调速	(491)
5-9	三相异步电动机运行保护	(493)
5-9-1	短路保护	(494)
5-9-2	过载保护	(494)
5-9-3	单相运行保护	(496)
5-9-4	失、欠压保护	(497)
5-9-5	接零保护	(498)
5-10	三相异步电动机的维护	(499)
5-11	异步电动机常见故障及处理方法	(502)
5-12	异步电动机的修理	(505)
5-12-1	异步电动机修理时的拆装	(505)
5-12-2	电动机定子绕组的修理	(507)
5-12-3	定子绕组的重绕	(511)
5-12-4	电动机修理后的各项试验	(517)
5-13	三相异步电动机的简易计算	(519)
5-13-1	三相异步电动机常用计算公式	(519)
5-13-2	三相异步电动机线圈重绕的计算	(520)
5-13-3	三相异步电动机改变导线规格的计算	(526)
第六章	直流电机	(528)
6-1	直流电机的基本原理	(528)
6-2	直流电机铭牌的含义	(529)
6-3	直流电机的用途	(530)
6-4	直流电机的励磁方式	(532)
6-5	直流电机的可逆应用	(533)
6-6	直流电机的技术数据	(533)

6-7	直流电动机的保养	(556)
6-7-1	换向器的保养	(556)
6-7-2	电刷的使用及研磨	(556)
6-7-3	火花等级的鉴别	(557)
6-8	直流电动机的故障及处理方法	(558)
第七章	低压电器	(560)
7-1	低压电器常用名词术语	(560)
7-2	低压电器的主要性能	(562)
7-3	低压电器的分类和主要用途	(575)
7-4	低压电器的型号表示及其意义	(577)
7-5	低压空气隔离器、开关、隔离开关、熔断器组 合电器	(580)
7-5-1	低压空气隔离器、开关、隔离开关及熔断器组 合电器的用途、分类和特性	(580)
7-5-2	常用低压空气隔离器、开关、隔离开关、熔断 器组合电器技术数据	(581)
7-5-3	低压空气隔离器、开关、隔离开关、熔断器组合电 器的选用及使用注意事项	(597)
7-6	低压熔断器	(598)
7-6-1	低压熔断器的用途、分类和特性	(598)
7-6-2	常用低压熔断器的技术数据	(598)
7-6-3	常用熔丝的技术数据	(605)
7-6-4	低压熔断器的选用及使用注意事项	(606)
7-7	断路器	(608)
7-7-1	断路器的用途、分类和特性	(608)
7-7-2	常用断路器的技术数据	(608)
7-7-3	断路器的选用及使用注意事项	(624)
7-7-4	断路器常见故障及处理方法	(625)
7-8	控制继电器	(626)

7-8-1	控制继电器的用途、分类和特性	(626)
7-8-2	常用控制继电器的技术数据	(628)
7-8-3	控制继电器常见故障及其处理方法	(643)
7-9	接触器	(644)
7-9-1	接触器的用途、分类和特性	(644)
7-9-2	常用接触器的技术数据	(645)
7-9-3	接触器的选用原则	(657)
7-9-4	接触器常见故障及其处理方法	(658)
7-10	起动器	(661)
7-10-1	起动器的用途、分类和特性	(661)
7-10-2	常用起动器的技术数据	(664)
7-10-3	起动器的选用	(672)
7-10-4	起动器常见故障及处理方法	(673)
7-11	主令电器	(676)
7-11-1	主令电器的用途、分类和特性	(676)
7-11-2	常用主令电器的技术数据	(676)
7-11-3	主令电器的选用	(676)
7-12	常用低压电器线圈数据及换算公式	(694)
第八章	变压器	(697)
8-1	变压器的原理	(697)
8-2	变压器的分类及其用途	(699)
8-3	变压器的铁心结构及其组成	(700)
8-4	电力变压器的额定数据	(701)
8-5	电力变压器的连接组别	(702)
8-6	电力变压器的效率	(704)
8-7	电力变压器的容量选择	(704)
8-8	电力变压器并列运行	(705)
8-9	电力变压器操作注意事项	(706)
8-10	变压器常见故障及其处理方法	(707)

8-11	单相电源变压器典型计算	(709)
8-11-1	单相 C 形铁心电源变压器典型计算	(709)
8-11-2	三相 E 形铁心电源变压器典型计算	(730)
第九章	电气装置件	(739)
9-1	开关	(739)
9-1-1	开关的分类	(739)
9-1-2	常用开关的技术数据及其应用	(739)
9-2	插头和插座	(743)
9-2-1	插头和插座的分类	(743)
9-2-2	常用插头和插座的技术数据及其用途	(743)
9-3	插头和插座接线原则	(748)
9-4	常用灯头的技术数据及其用途	(748)
第十章	室内电器安装	(751)
10-1	室内布线的一般要求	(751)
10-2	室内低压配电线路的进户线和接户线的形式	(752)
10-3	室内用电负荷的计算及导线选择	(753)
10-3-1	负荷电流的计算	(753)
10-3-2	导线及电缆的选择	(757)
10-4	各种导线连接方法	(760)
10-5	线夹板、瓷瓶和铝片卡的固定	(770)
10-6	室内布线方式	(770)
10-6-1	瓷夹板布线	(773)
10-6-2	聚乙烯电线管和钢管布线	(775)
10-6-3	塑料护套的布线	(778)
10-7	低压配电盘和配电箱	(779)
10-7-1	小容量低压配电盘	(779)
10-7-2	配电盘盘面电具排列尺寸	(781)
10-7-3	一般灯具的安装	(781)

10-8	常用照明灯线路	(783)
10-8-1	一般常用照明灯线路	(783)
10-8-2	高层楼房照明灯开关控制	(783)
第十一章	照明	(787)
11-1	照明的基本概念及计算公式	(787)
11-2	常用照明光源及其选择	(789)
11-3	白炽灯	(792)
11-3-1	白炽灯的结构	(792)
11-3-2	白炽灯的技术数据	(792)
11-3-3	白炽灯的安装	(794)
11-3-4	白炽灯使用注意事项	(794)
11-3-5	白炽灯的常见故障及其处理方法	(794)
11-4	日光灯	(795)
11-4-1	日光灯的工作原理	(795)
11-4-2	日光灯的结构	(796)
11-4-3	日光灯的分类	(797)
11-4-4	日光灯主要性能及技术数据	(797)
11-4-5	日光灯用镇流器及起辉器的技术数据	(797)
11-4-6	日光灯的安装及安装注意事项	(800)
11-4-7	日光灯常见故障及排除方法	(801)
11-5	高压汞灯	(803)
11-5-1	高压汞灯结构和工作原理	(803)
11-5-2	高压汞灯的技术数据	(803)
11-5-3	高压汞灯使用注意事项	(804)
11-5-4	高压汞灯常见故障及其处理方法	(805)
11-6	钠灯	(805)
11-6-1	钠灯结构和工作原理	(805)
11-6-2	钠灯的技术数据	(805)
11-7	指示灯泡	(807)

11-7-1	微型指示灯泡	(807)
11-7-2	小型指示灯泡	(808)
11-8	工厂用灯具	(811)
11-8-1	工厂用灯具分类	(811)
11-8-2	工厂灯具型式的选择	(811)
第十二章	常用电气设备的控制电路和维护	(817)
12-1	机床电气设备的一般电路及其维护	(817)
12-1-1	C620 型普通机床的控制电路	(817)
12-1-2	C620-1 型机床常见电气故障及其处理 方法	(818)
12-2	钻床主轴电动机和液压电动机的联锁控制 电路	(818)
12-3	M7130 型平面磨床控制电路及其维护	(820)
12-3-1	M7130 型平面磨床控制电路	(820)
12-3-2	M7130 型平面磨床常见故障及其排除方法	(822)
12-4	手电钻及其使用方法	(823)
12-4-1	手电钻的结构	(823)
12-4-2	手电钻使用注意事项	(823)
12-4-3	手电钻常见故障及处理方法	(824)
12-5	机床电气设备的一般维修	(825)
12-5-1	机床电气设备的保养项目	(825)
12-5-2	机床电气设备的大修项目	(826)
12-6	电焊机	(827)
12-6-1	电焊机的型号	(827)
12-6-2	各类电焊机的性能比较	(829)
12-6-3	常用电焊机的技术数据	(829)
12-6-4	交流弧焊机、旋转直流弧焊机和弧焊整流器 常见故障及其处理方法	(832)
第十三章	传感器	(837)

13-1	传感器的分类及其应用	(837)
13-1-1	传感器的分类	(837)
13-1-2	传感器的应用	(837)
13-2	常用传感器的技术数据	(837)
13-2-1	常用拉、压力传感器的技术数据	(837)
13-2-2	常用位移传感器的技术数据	(837)
13-2-3	常用温度传感器的技术数据	(837)
13-2-4	常用振动传感器的技术数据	(837)
13-2-5	常用声敏传感器的技术数据	(837)
13-3	常用传感器的选用	(862)
第十四章	家用电器	(864)
14-1	家用电器的分类及其应用	(864)
14-2	家用电风扇	(865)
14-2-1	家用电风扇的分类	(865)
14-2-2	家用电风扇主要技术性能	(866)
14-2-3	家用电风扇的调速	(867)
14-2-4	家用电风扇的选用和保养	(871)
14-2-5	家用电风扇常见故障及其处理方法	(872)
14-3	家用电冰箱	(874)
14-3-1	家用电冰箱的分类	(874)
14-3-2	家用电冰箱的特性	(875)
14-3-3	压缩式电冰箱的制冷原理和电气控制系统	(877)
14-3-4	家用电冰箱的选用	(879)
14-3-5	家用电冰箱的使用与保养	(880)
14-3-6	电冰箱常见故障及其处理方法	(883)
14-4	家用洗衣机	(884)
14-4-1	家用洗衣机的分类	(884)
14-4-2	家用洗衣机的主要技术性能	(884)
14-4-3	洗衣机电气控制系统	(885)

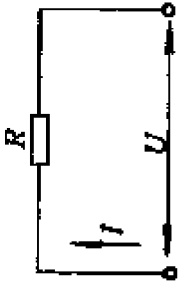
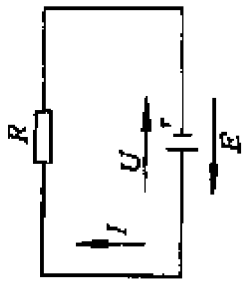
14-4-4	家用洗衣机的选用	(887)
14-4-5	家用洗衣机常见故障及其处理方法	(888)
14-5	电熨斗	(891)
14-5-1	电熨斗的分类	(891)
14-5-2	电熨斗的主要技术性能	(891)
14-5-3	电熨斗的使用和维护	(893)
14-6	电饭锅	(894)
14-6-1	电饭锅的分类及其特点	(894)
14-6-2	电饭锅的选用	(894)
14-6-3	电饭锅的使用	(895)
14-6-4	电饭锅的保管	(896)
14-6-5	电饭锅常见故障及其处理方法	(896)
第十五章	北京四通松下电工产品简介	(898)
15-1	照明器具	(898)
15-1-1	住宅用照明器具	(898)
15-1-2	荧光灯施设照明器具	(898)
15-2	开关系列	(922)
15-2-1	120 普通开关系列	(922)
15-2-2	120 高机能开关系列	(924)
15-2-3	开关类功能件	(929)
15-3	插座系列	(932)
15-3-1	120 型电源用插座系列	(932)
15-3-2	120 型通信用插座系列	(935)
15-3-3	120 型多功能组合插座系列	(937)
15-3-4	地面插座系列	(940)
15-3-5	86 型组合插座系列	(940)
15-3-6	插座类功能件	(955)
15-4	现代欧式面板	(957)
15-4-1	120 型现代欧式面板	(957)

15-4-2 86型现代欧式面板	(960)
15-5 接线盒及附件	(961)
15-6 卡接式灯具用配件	(963)
15-7 安全延伸插座	(964)

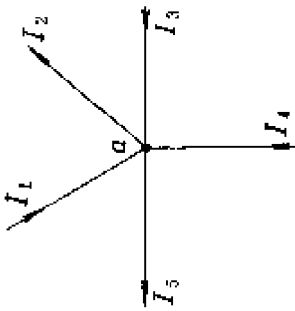
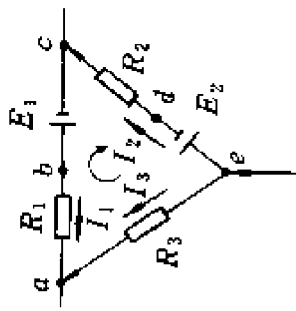
1-1 电工学基本定律

一般常用基本定律,见表 1-1。

表 1-1 电工学常用基本定理

名称	定义	图示	公式	注释
欧姆定律	一段无源支路的欧姆定律: 当导体的温度不变时,通过一段无源支路的电流与支路两端的电压成正比,与电路中的电阻成反比		$I = \frac{U}{R}$ $U = IR$ $R = \frac{U}{I}$	I —支路电流(A) U —支路两端电压(V) R —导体两点间的电阻(Ω)
	回路的欧姆定律: 通过闭合回路的电流和回路的电动势(E)成正比,与全部电路中的电阻总和($r+R$)成反比		$I = \frac{E}{r+R}$	E —电源的电动势(V) I —电路中的电流(A) r —电源的内阻(Ω) R —电路中的电阻(Ω)

(续表)

名称	定义	图示	公式	注释
焦耳楞次定律 (电流的热效应)	<p>电流通过导体时所产生的热量与电流强度的平方成正比,并与这一段电路的电阻及通过电流的时间成正比。利用电流的热效应可制作各种电热设备;同时也决定了电气设备的额定值。</p>		$Q = 0.24 I^2 R t$ <p>根据欧姆定律,上式可变为</p> $Q = 0.24 I U t$ $= 0.24 \frac{U^2}{R} t$	<p>注 释</p> <p>Q—热量(J) I—电流(A) R—电阻(Ω) U—电压(V) t—时间(s)</p>
基尔霍夫定律	<p>对于任何节点而言,所有流入节点的电流之和等于流出该节点的电流之和,即</p> $\sum I_{in} = \sum I_{out}$ <p>对于任何节点,流出(或流入)该节点的电流代数之和恒等于零,即</p> $\sum I = 0$		<p>对节点 a 有关系式:</p> $\sum I = -I_1 + I_2 - I_3 - I_4 + I_5 = 0$	
基尔霍夫定律	<p>在任何一闭合回路中,各段电阻上电压降的代数和等于电动势的代数和,即</p> $\sum IR = \sum E$ <p>从一点出发绕回路一周回到该点时,各段电压的代数和恒等于零,即</p> $\sum U = 0$		<p>对回路有关系式:</p> $\sum U = U_{ac} + U_{ce} + U_{ea} = -I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 + E_1 - E_2 = 0$	

(续表)

名称	定义	图示	公式	注释
楞次定律	<p>闭合回路中的感应电流具有确定的方向,总是企图使感应电流本身所产生的通过回路面积的磁通量,去补偿或者说反抗引起感应电流的磁通量的改变</p>			
电磁感应定律	<p>当回路中的磁通量发生变化时,回路中的感应电动势等于该磁通量对时间的变化率的负值</p>		$E = -\frac{d\phi}{dt}$	<p>B—磁感应强度(T) l—导线的长度(m)</p>
	<p>在工程应用上,为方便起见,用另一种方式描述:即一根导线在磁场中作切割磁力线运动时,其感应电动势为:$E = Blv$</p>		$E = Blv$	<p>v—导体运动速度(m/s) 产生的感应电动势方向可由右手定则来判定。 E—感应电动势(V)</p>

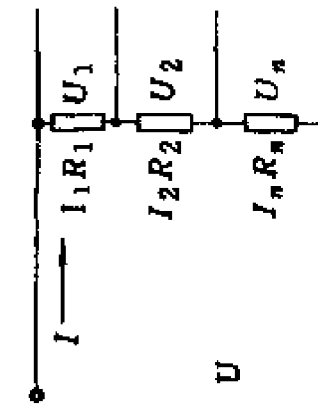
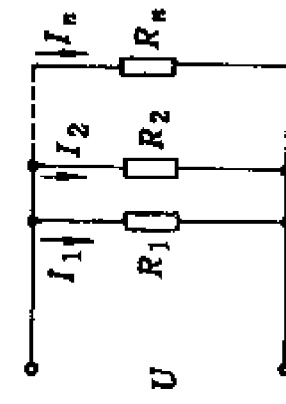
(续表)

名称	定义	图 示	公 式	注 释
右手定则	<p>当导体垂直切割磁力线时,导体中就产生感应电动势,并在闭合回路中引起感应电流。磁场方向、导线运动方向和感应电动势方向,这三者之间的关系用右手来判别。即伸平右手,拇指与其他四指垂直,让磁力线从手心穿过,并使拇指指向导线运动的方向,则四指所指的方向,就是感应电动势的方向</p>			
左手定则	<p>导体在磁场中受到的作用力叫做电磁力或安培力。电磁力的方向与磁场、电流的方向互相垂直,这三者之间的关系用左手来判别。即伸平左手,拇指和四指垂直,让磁力线从手心穿过,四指顺着电流方向,拇指所指的方向,就是电磁力的方向</p>			

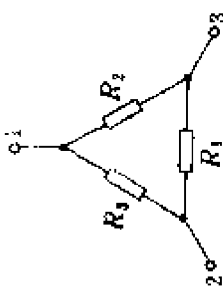
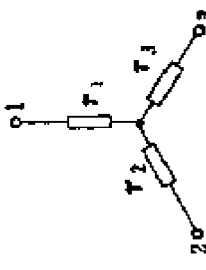
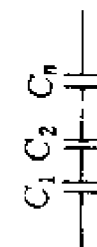
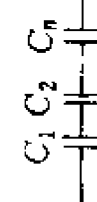
1-2 电工常用计算公式

电工常用计算公式, 见表 1-2。

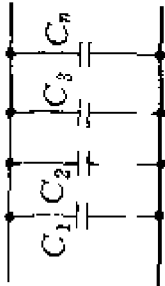
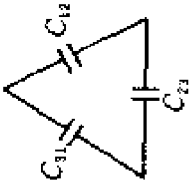
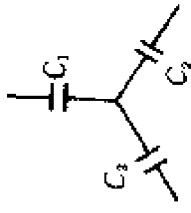
表 1-2 电工常用计算公式

名称	图 例	计 算 公 式	注	释
电阻的连接及其计算	<p>串</p> 	总电阻等于各电阻之和 $R_{总} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ 总电压等于各段电压之和 $U_{总} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$ 各支路电流均和总电流相等 $I_{总} = I_1 = I_2 = \dots = I_n$		
	<p>联</p> 	总电阻的倒数等于各电阻倒数之和 $\frac{1}{R_{总}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$ 各电阻两端的电压相等, 并等于外加电压 $U_{总} = U_1 = U_2 = \dots = U_n$ 总电流等于各支路电流之和 $I_{总} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$		

(续表)

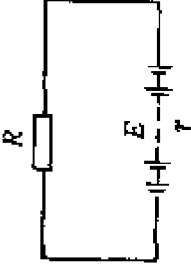
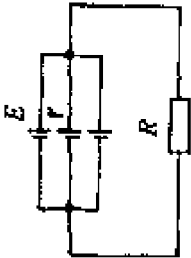
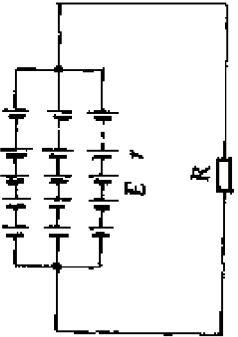
名称	图	例	计算公式	注	释
电阻的连接及其计算	星形变成三角形		$R_1 = \frac{r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_3 r_1}{r_1}$ $R_2 = \frac{r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_3 r_1}{r_2}$ $R_3 = \frac{r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_3 r_1}{r_3}$	此公式可记为两电阻的乘积之和,用对面电阻去除	
	三角形变成星形		$r_1 = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$ $r_2 = \frac{R_3 R_1}{R_1 + R_2 + R_3}$ $r_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$	此公式可记为两电阻的乘积,用三个电阻之和去除	
电容的连接及其计算	串		$\frac{1}{C_A} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$	若 n 个电容量相等的电容 C ₀ 串联时,则	
	联		$C_A = \frac{C_0}{n}$		

(续表)

名称	图 例	计 算 公 式	注 释
电 容 的 并 联		$C_{\text{总}} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$ <p>若 n 个电容相等的电容 C_0 并联时, 则</p> $C_{\text{总}} = nC_0$	
星 形 变 成 三 角 形		$C_{12} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2 + C_3}$ $C_{23} = \frac{C_2 C_3}{C_1 + C_2 + C_3}$ $C_{31} = \frac{C_3 C_1}{C_1 + C_2 + C_3}$	
三 角 形 变 成 星 形		$C_1 = C_{12} + C_{31} + \frac{C_{12} C_{31}}{C_{23}}$ $C_2 = C_{23} + C_{12} + \frac{C_{23} C_{12}}{C_{31}}$ $C_3 = C_{31} + C_{23} + \frac{C_{31} C_{23}}{C_{12}}$	

电 容 的 连 接 及 其 计 算

(续表)

名称	图例	计算公式	注	释
电池组的连接及其计算	串联		$I = \frac{nE}{R + nr}$ 在 $R \gg r$ 时 $I \approx \frac{nE}{R}$ 在 $R \ll r$ 时 $I \approx \frac{E}{r}$	
	并联		$I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$ 在 $R \gg r$ 时 $I \approx \frac{E}{R}$ 在 $R \ll r$ 时 $I \approx \frac{nE}{r}$	
	混联		$I = \frac{nE}{R + \frac{nr}{m}}$ n 个电池串联后又与 m 个电池并联	

(续表)

名称	图例	计算公式	注 释
电源的计算	串联	$E_{\text{总}} = E_1 + E_2 + \dots + E_n$ $I_{\text{总}} = I_1 = I_2 = \dots = I_n$	
	并联	$E_{\text{总}} = E_1 = E_2 = \dots = E_n$ $I_{\text{总}} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$	
电功的计算		$W = qU = UIt = I^2Rt$ $= \frac{U^2}{R}t \text{ (J)}$	q —通过导线横截面的电量(C) I —通过电阻的电流(A) U —电阻两端的电压(V) R —电阻(Ω) t —时间(s)
电功率的计算		$P = \frac{W}{t} = UI = I^2R$ $= \frac{U^2}{R} \text{ (W)}$	W —电功(J) U —电压(V) I —电流(A) R —电阻(Ω) t —时间(s)

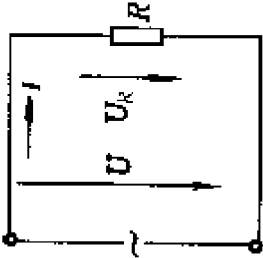
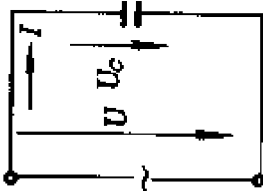
(续表)

名称	图	例	计算公式	注	释
电流的热效应计算			$Q = 0.24I^2Rt$ $= 0.24IUt$ $= 0.24 \frac{U^2}{R}t$	Q—热量(J) U—电压(V) I—电流(A) R—电阻(Ω) t—时间(s)	
交流电的有效值与最大值的关系			电压: $U_E = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$ $= 0.707U_{\max}$ 电流: $I_E = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$ $= 0.707I_{\max}$ 电动势: $E_E = \frac{E_{\max}}{\sqrt{2}}$ $= 0.707E_{\max}$		

(续表)

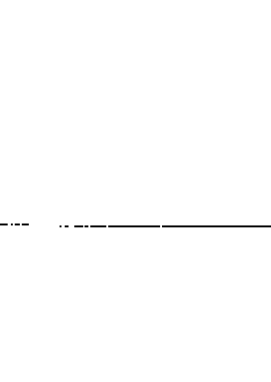
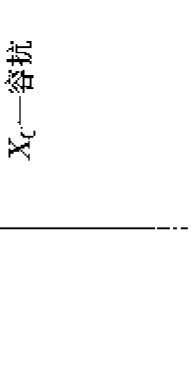
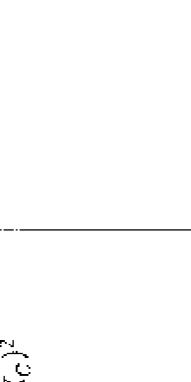
名称	图 例	计 算 公 式	注 释
交流电的平均值与最大值的 关系		电压： $V_A = \frac{2}{\pi} U_{\max}$ $= 0.637 U_{\max}$ 电流： $I_A = \frac{2}{\pi} I_{\max}$ $= 0.637 I_{\max}$ 电动势： $E_A = \frac{2}{\pi} E_{\max}$ $= 0.637 E_{\max}$	
周期、角 频率、频率 与转速的 计算		$T = \frac{1}{f}$ $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ $n = \frac{60f}{p}$	T—周期(s) f—频率(Hz) ω —角频率(rad/s) n—转速(r/min) p—电动机磁极(对数)
交流电 路中功率 和功率因 数的计算	有功功率	$P = UI \cos \varphi = S \cos \varphi$	单位为 W
	视在功率	$S = UI$	单位为 V·A
	无功功率	$Q = UI \sin \varphi = S \sin \varphi$	单位为 Var
	功率因数	$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{UI}$	

(续表)

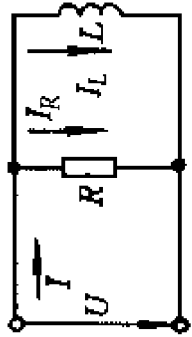
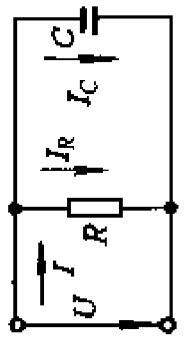
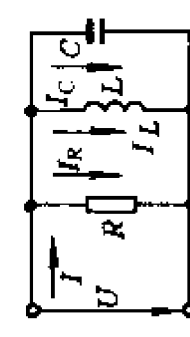
名称	图 例	计 算 公 式	注 释
纯 电 阻 电 路		$U_R = IR$ $I = \frac{U_R}{R}$ $P = U_R I$ $Q = 0$	
纯 电 容 电 路		$U_C = \frac{I}{\omega C}$ $Z = \frac{U_C}{X_C}$ $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$ $P_C = 0$ $Q_C = U_C I = I^2 X_C$ $= \omega C U_C^2$ $= 2\pi f C U_C^2$	

交流电路中纯电阻、纯电容、纯电感的计算

(续表)

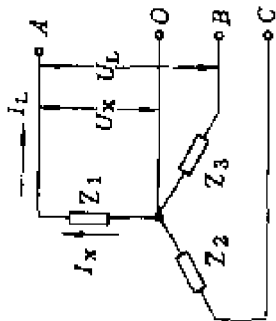
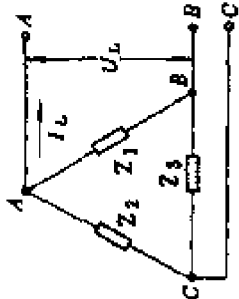
名称	图	例	计算公式	注	释
交流电路中纯电感、纯电阻、纯电容的计算		<p>纯电感电路</p>	$U_L = \omega LI$ $I = \frac{U_L}{X_L}$ $X_L = \omega L = 2\pi fL$ $P_L = 0$ $Q_L = U_L I = \omega LI^2 = 2\pi fLI^2$		
交流电路中阻抗的串联计算		电阻电感	$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$	X_L —感抗	
		电阻电容	$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$	X_C —容抗	
		电阻电感电容	$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$		

(续表)

名称	图例	计算公式	注释
电阻 电感		$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L}\right)^2}}$	
电阻 电容		$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C}\right)^2}}$	
电阻 电感 电容		$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}}$	

交流电路中阻抗并联计算

(续表)

名称	图例	计算公式	注释
<p style="text-align: center;">三 相 交 流 电 负 载 的 连 接</p>	<p style="text-align: center;">星 形 连 接 (Y)</p> 	$U_L = \sqrt{3} U_X$ $I_L = I_X$	<p> U_L—线电压 U_X—相电压 I_L—线电流 I_X—相电流 </p>
	<p style="text-align: center;">三 角 形 连 接 (Δ)</p> 	$U_L = U_X$ $I_L = \sqrt{3} I_X$	

(续表)

名称	图例	计算公式	注释	
三相交流电路中的功率计算	对称电路	有功功率	$P = 3U_X I_X \cos\varphi$ $= \sqrt{3} U_L I_L \cos\varphi$	φ —相电压与相电流的相角 P_A, P_B, P_C —每相有功功率 Q_A, Q_B, Q_C —每相无功功率
		无功功率	$Q = 3U_X I_X \sin\varphi$ $= \sqrt{3} U_L I_L \sin\varphi$	
		视在功率	$S = 3S_X = 3U_X I_X$ $= \sqrt{3} U_L I_L$	
	不对称电路	功率因数	$\cos\varphi = \frac{P}{S}$	
		有功功率	$P = P_A + P_B + P_C$	
		无功功率	$Q = Q_A + Q_B + Q_C$	

1-3 电工常用计量单位及其换算

1-3-1 常用国际单位制中量和单位

常用国际单位制中量和单位见表 1-3。

表 1-3 常用物理量及其单位(摘自 GB3102.1~10-93)

量的名称	量符号	单位名称	单位符号
时间和空间			
[平面]角	$\alpha, \beta, \gamma, \theta, \varphi$	弧度	rad
立体角	Ω	球面度	sr
长度	l, L	米	m
宽度	b	米	m
高度	h	米	m
厚度	d, δ	米	m
半径	r, R	米	m
直径	d, D	米	m
程长	s	米	m
距离	d, r	米	m
曲率半径	ρ	米	m
面积	$A, (S)$	平方米	m^2
体积	V	立方米	m^3
时间,时间间隔,持续时间	t	秒	s
角速度	ω	弧度每秒	rad/s
角加速度	α	弧度每二次方秒	rad/s ²
速度	$v; c; u; v; w$	米每秒	m/s
加速度	a	米每二次方秒	m/s ²
重力加速度,自由落体 加速度	g	米每二次方秒	m/s ²
周期			
周期	T	秒	s
时间常数	τ	秒	s
频率	f, ν	赫[兹]	Hz
旋转频率	n	每秒 转每分	s ⁻¹ r/min

(续表)

量的名称	量符号	单位名称	单位符号
角频率	ω	弧度每秒	rad/s
波长	λ	每秒 米	s^{-1} m
力学			
质量	m	千克	kg
[质量]密度	ρ	千克每立方米	kg/m^3
相对[质量]密度	d	—	1
线密度	ρ_l	千克每米	kg/m
转动惯量	$J, (I)$	千克二次方米	$kg \cdot m^2$
动量	p	千克米每秒	$kg \cdot m/s$
力	F	牛[顿]	N
重力	$W, (P, G)$	牛[顿]	N
动量矩, 角动量	L	千克二次方米每秒	$kg \cdot m^2/s$
力矩	M	牛[顿]米	$N \cdot m$
力偶矩	M	牛[顿]米	$N \cdot m$
转矩	M, T	牛[顿]米	$N \cdot m$
压力, 压强	p	帕[斯卡]	Pa
弹性模量	E	帕[斯卡]	Pa
动摩擦系数	$\mu, (f)$	—	1
静摩擦系数	$\mu_s, (f_s)$	—	1
能[量]	E	焦[耳]	J
功	$W, (A)$	焦[耳]	J
势能, 位能	$E_p, (V)$	焦[耳]	J
动能	$E_k, (T)$	焦[耳]	J
功率	P	瓦[特]	W
效率	η	—	—
热学			
热力学温度	$T, (\Theta)$	开[尔文]	K
摄氏温度	t, θ	摄氏度	$^{\circ}C$
线[膨]胀系数	α_l	每开尔文	K^{-1}
热, 热量	Q	焦[耳]	J
热流量	Φ	瓦[特]	W
热导率, (导热系数)	$\lambda, (\kappa)$	瓦[特]每米开[尔文]	$W/(m \cdot K)$
传热系数	$K, (k)$	瓦[特]每平方米开[尔文]	$W/(m^2 \cdot K)$

(续表)

量的名称	量符号	单位名称	单位符号
表面传热系数	$h, (\alpha)$	瓦[特]每平方米开[尔文]	$W/(m^2 \cdot K)$
热阻	R	开[尔文]每瓦[特]	K/W
热导	G	瓦[特]每开[尔文]	W/K
热容	C	焦[耳]每开[尔文]	J/K
比热容	c	焦[耳]每千克开[尔文]	$J/(kg \cdot K)$
熵	S	焦[耳]每开[尔文]	J/K
比熵	s	焦[耳]每千克开[尔文]	$J/(kg \cdot K)$
热力学能	U	焦[耳]	J
焓	H	焦[耳]	J
比热力学能	u	焦[耳]每千克	J/kg
比焓	h	焦[耳]每千克	J/kg
电学和磁学			
电 流	I	安[培]	A
电 荷[量]	Q	库[仑]	C
电 荷[体]密度	$\rho, (\gamma)$	库[仑]每立方米	C/m^3
电 荷面密度	σ	库[仑]每平方米	C/m^2
电 场强度	$E, (K)$	伏[特]每米	V/m
电 位,(电势)	V, φ	伏[特]	V
电 位差,(电势差),电压	$U(V)$	伏[特]	V
电 动 势	E	伏[特]	V
电 通[量]密度	D	库[仑]每平方米	C/m^2
电 通[量]	Ψ	库[仑]	C
电 容	C	法[拉]	F
介电常数,(电容率)	ϵ	法[拉]每米	F/m
真空介电常数,(真空电 容率)	ϵ_0	法[拉]每米	F/m
相对介电常数,(相对电 容率)	ϵ_r	—	1
电 极 化 强 度	P	库[仑]每平方米	C/m^2
电 偶 极 矩	$p, (p_e)$	库[仑]米	$C \cdot m$
电 流 密 度	$J, (S)$	安[培]每平方米	A/m^2
电 流 线 密 度	$A, (\alpha)$	安[培]每米	A/m
磁 场 强 度	H	安[培]每米	A/m
磁 位 差,(磁势差)	U_m	安[培]	A

(续表)

量的名称	量符号	单位名称	单位符号
磁通势,磁位势	F, F_m	安[培]	A
磁通[量]密度,磁感应强度	B	特[斯拉]	T
磁通[量]	Φ	韦[伯]	Wb
磁矢位,(磁矢势)	A	韦[伯]每米	Wb/m
自感	L	亨[利]	H
互感	M, L_{12}	亨[利]	H
磁导率	μ	亨[利]每米	H/m
真空磁导率	μ_0	亨[利]每米	H/m
相对磁导率	μ_r	—	—
[面]磁矩	m	安[培]平方米	$A \cdot m^2$
磁化强度	$M, (H_i)$	安[培]每米	A/m
磁极化强度	$J, (B_i)$	特[斯拉]	T
[直流]电阻	R	欧[姆]	Ω
[直流]电导	G	西[门子]	S
电阻率	ρ	欧[姆]米	$\Omega \cdot m$
电导率	γ, σ	西[门子]每米	S/m
磁阻	R_m	每亨[利]	H^{-1}
磁导	$A, (P)$	亨[利]	H
绕组的原数	N	—	—
相数	m	—	—
相[位]差,相[位]移	φ	弧度	rad
阻抗,(复[数]阻抗)	Z	欧[姆]	Ω
阻抗模,(阻抗)	$ Z $	欧[姆]	Ω
[交流]电阻	R	欧[姆]	Ω
电抗	X	欧[姆]	Ω
导纳,(复[数]导纳)	Y	西[门子]	S
导纳模,(导纳)	$ Y $	西[门子]	S
[交流]电导	G	西[门子]	S
电纳	B	西[门子]	S

(续表)

量的名称	量符号	单位名称	单位符号
品质因数	Q	—	—
[有功]功率	P	瓦[特]	W
视在功率,(表观功率)	S, P_s	伏安	V·A
无功功率	Q, P_Q	伏安	V·A
功率因数	λ	—	—
[有功]电能[量]	W	焦[耳]或千瓦 [特]·小时	J或kW·h
光			
发光强度	$I, (I_V)$	坎[德拉]	cd
光通量	$\Phi, (\Phi_V)$	流[明]	lm
光量	$Q, (Q_V)$	流[明]秒	lm·s
[光]亮度	$L, (L_V)$	坎[德拉]每平方米	cd/m ²
光出射度	$M, (M_V)$	流[明]每平方米	lm/m ²
[光]照度	$E, (E_V)$	勒[克斯]	lx
光量	H	勒[克斯]秒	lx·s
光视效能	K	流[明]每瓦[特]	lm/W
折射率	n	—	—
声学			
波长	λ	米	m
声速	c	米每秒	m/s
声功率	W, P	瓦[特]	W
声强[度]	I, J	瓦[特]每平方米	W/m ²
声阻抗	Z_a	帕[斯卡]秒每立方米	Pa·s/m ³
声质量	M_a	千克每四次方米	kg/m ⁴
声压级	L_p	分贝	dB
声强级	L_I	贝[尔],分贝	B, dB
声功率级	L_W	贝[尔],分贝	B, dB
隔声量	R	贝[尔],分贝	B, dB
吸声量	A	平方米	m ²

1-3-2 常用法定计量单位及其换算

常用法定计量单位及其换算, 见表 1-4。

表 1-4 常用法定计量单位及其换算

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
长度	米	m	费	Å	1 费密 = 1 fm = 10 ⁻¹⁵ m
	海里	n mile	埃	ft	1 Å = 0.1 nm = 10 ⁻¹⁰ m
			英尺	in	1 ft = 0.3048 m
			英寸	mile	1 in = 0.0254 m
			英里	mile	1 mile = 1609.344 m
面积	平方米	m ²	密	a	1 a = 10 ² m ²
			公顷	ha	1 ha = 10 ⁴ m ²
			平方英尺	ft ²	1 ft ² = 0.0929030m ²
			平方英寸	in ²	1 in ² = 6.4516 × 10 ⁻⁴ m ²
			平方英里	mile ²	1 mile ² = 2.58999 × 10 ⁶ m ²
	体积、容积	立方米	m ³	立方英尺	ft ³
升		L, (l)	立方英寸	in ³	1 in ³ = 1.63871 × 10 ⁻⁵ m ³
			英加仑	UKgal	1 UKgal = 4.54609dm ³
			美加仑	USgal	1 USgal = 3.78541dm ³
质量	千克(公斤)	kg	磅	lb	1 lb = 0.45359237kg
	吨	t	英担	cwt	1 cwt = 50.8023kg
	原子质量单位	u	英吨	ton	1 ton = 1016.05kg
			短吨	sh ton	1 sh ton = 907.185kg

(续表)

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
质量			盎司 格令 夸特 米制克拉	oz gr, gn qr, qtr	$1 \text{ oz} = 28.3495 \text{ g}$ $1 \text{ gr} = 0.06479891 \text{ g}$ $1 \text{ qr} = 12.7006 \text{ kg}$ $1 \text{ 米制克拉} = 2 \times 10^{-4} \text{ kg}$
温度	开尔文 摄氏度	K °C	华氏度	°F	表示温度差和温度间隔时: $1^\circ\text{C} = 1\text{K}$ 表示温度的数值时: $t = T - 273.15$ 表示温度差和温度间隔时: $1^\circ\text{F} = \frac{5}{9}^\circ\text{C}$ 表示温度的数值时: $T = \frac{5}{9}(T_F + 459.67)$ $t = \frac{5}{9}(T_F - 32)$ 表示温度差和温度间隔时: $1^\circ\text{R} = \frac{5}{9}\text{K}$ 表示温度数值时: $t = \frac{5}{9}T_R - 273.15$ 式中 t —摄氏温度(°C) T —热力学温度(K) T_F —华氏温度(°F) T_R —兰氏温度(°R)

(续表)

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
旋转速度	每 秒	s ⁻¹		rpm	1 rpm = 1 r/min = (1/60)s ⁻¹
	转每分	r/min			
力;重力	牛[顿]	N	达 因	dyn	1 dyn = 10 ⁻⁵ N
			千克力	kgf	1 kgf = 9.80665N
			磅 力	lbf	1 lbf = 4.44822N
			吨 力	tf	1 tf = 9.80665 × 10 ³ N
			巴	bar	1 bar = 10 ⁵ Pa
压力、压强; 应力	帕[斯卡]	Pa	千克力每平方厘米	kgf/cm ²	1 kgf/cm ² = 0.0980665MPa
			毫米水柱	mmH ₂ O	1 mmH ₂ O = 9.80665Pa
			毫米汞柱	mmHg	1 mmHg = 133.322Pa
			托	Torr	1 Torr = 133.322Pa
			工程大气压	at	1 at = 98066.5Pa = 98.0665kPa
			标准大气压	atm	1 atm = 101325Pa = 101.325kPa
			磅力每平方英尺	lbf/ft ²	1 lbf/ft ² = 47.8803Pa
			磅力每平方英寸	lbf/in ²	1 lbf/in ² = 6894.76Pa = 6.89476 kPa
			尔 格	erg	1 erg = 10 ⁻⁷ J
			千克力米	kgf·m	1 kgf·m = 9.80665J
能量;功;热	焦[耳]	J	英马力小时	hp·h	1 hp·h = 2.68452MJ
	电子伏	eV	卡	cal	1 cal = 4.1868J
	千瓦小时	kW·h	热化学卡	cal _{th}	1 cal _{th} = 4.1840J

(续表)

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
能量; 功; 热			马力小时		1 马力小时 = 2.64779MJ
			电功, 马力小时 英热单位	Btu	1 电功, 马力小时 = 2.68560MJ 1 Btu = 1055.06J = 1.05506kJ 1 kW·h = 3.6MJ
功率辐射通量	瓦[特]	W	千克力米每秒	kgf·m/s	1 kgf·m/s = 9.80665W
			马力, 米制马力	法 ch, CV; 德 PS	1 ch 735.499W
			英马力	hp	1 hp = 745.700W
			电功, 马力		1 电功, 马力 = 746W
			卡每秒	cal/s	1 cal/s = 4.1868W
			千卡每小时	kcal/h	1 kcal/h = 1.163W
			热化学卡每秒	cal ₃₉ /s	1 cal ₃₉ /s = 4.184W
			伏·安	V·A	1 V·A = 1W
			乏	var	1 var = 1W
			英热单位每小时	Btu/h	1 Btu/h = 0.293071W
电 导	西[门子]	S	姆 欧	Ω	1 Ω = 1S
磁通量	韦[伯]	Wb	麦克斯韦	Mx	1 Mx = 10 ⁻⁸ Wb
	磁通量密度, 磁感应强度	特[斯拉]	高 斯	Gs, G	1 Gs = 10 ⁻⁴ T

(续表)

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
磁场强度	安[培]每米	A/m	奥斯特	Oe	1 Oe = 79.5775 A/m
光照度	勒[克斯]	lx	英尺烛光	lm/ft ²	1 lm/ft ² = 10.76 lx
速度	米每秒	m/s	英尺每秒	ft/s	1 ft/s = 0.3048 m/s
	节	kn	英寸每秒	in/s	1 in/s = 0.0254 m/s
	千米每小时	km/h	英里每小时	mile/h	1 mile/h = 0.44704 m/s
加速度	米每分钟	m/min			1 km/h = 0.277778 m/s
	米每二次方秒	m/s ²	英尺每二次方秒	ft/s ²	1 m/min = 0.0166667 m/s
线密度, 纤度	千克每米 特[克斯]	kg/m tex	伽	Gal	1 ft/s ² = 0.3048 m/s ²
			旦[尼尔]	den	1 Gal = 10 ⁻² m/s ²
			磅每英尺	lb/ft	1 den = 0.111112 × 10 ⁻⁹ kg/m
密度	千克每立方米	kg/m ³	磅每英寸	lb/in	1 lb/ft = 1.48816 kg/m
			磅每立方英尺	lb/ft ³	1 lb/in = 17.8580 kg/m
比容(比体积)	立方米每千克	m ³ /kg	磅每立方英寸	lb/in ³	1 lb/ft ³ = 16.0185 kg/m ³
			立方英尺每磅	ft ³ /lb	1 lb/in ³ = 27679.9 kg/m ³
质量流率	千克每秒	kg/s	立方英寸每磅	in ³ /lb	1 ft ³ /lb = 0.0624280 m ³ /kg
			磅每秒	lb/s	1 in ³ /lb = 3.61273 × 10 ⁻⁵ m ³ /kg
			磅每小时	lb/h	1 lb/s = 0.453592 kg/s
					1 lb/h = 1.25998 × 10 ⁻⁴ kg/s



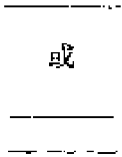













(续表)

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
体积流量	立方米每秒	m ³ /s	立方英尺每秒	ft ³ /s	1 ft ³ /s = 0.0283168m ³ /s
	升每秒	L/s	立方英寸每小时	in ³ /h	1 in ³ /h = 4.55196 × 10 ⁻⁹ m ³ /s
转动惯量	千克二次方米	kg·m ²	磅二次方英尺	lb·ft ²	1 lb·ft ² = 0.0421401kg·m ²
			磅二次方英寸	lb·in ²	1 lb·in ² = 2.92640 × 10 ⁻⁴ kg·m ²
动量	千克米每秒	kg·m/s	磅英尺每秒	lb·ft/s	1 lb·ft/s = 0.138255kg·m/s
角动量	千克二次方米每秒	kg·m ² /s	磅二次方英尺每秒	lb·ft ² /s	1 lb·ft ² /s = 0.0421401kg·m ² /s
力矩	牛顿米	N·m	千克力米	kgf·m	1 kgf·m = 9.80665N·m
			磅力英尺	lbf·ft	1 lbf·ft = 1.35582N·m
			磅力英寸	lbf·in	1 lbf·in = 0.112985N·m
[动力]黏度	帕斯卡秒	Pa·s	泊	P, Po	1 P = 10 ⁻¹ Pa·s
			厘泊	cP	1 cP = 10 ⁻³ Pa·s
			千克力秒每平方米	kgf·s/m ²	1 kgf·s/m ² = 9.80665Pa·s
			磅力秒每平方英尺	lbf·s/ft ²	1 lbf·s/ft ² = 47.8803Pa·s
			磅力秒每平方英寸	lbf·s/in ²	1 lbf·s/in ² = 6894.76Pa·s

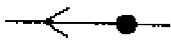
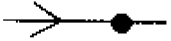





1-4 电工常用电气图形符号(新旧对比)

电工常用电气图形符号(新旧对比),见表 1-5。




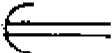
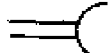
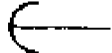
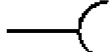


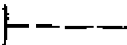
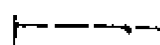
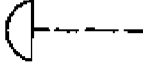
表 1-5 电工常用电气图形符号(新旧对比)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
(1)符号要素、限定符号和其他常用符号			
屏蔽(护罩)		屏蔽	或 
直流	或 	直流电	
交流		交流电	
低频(工频或亚音频)		工频	
中频(音频)		音频	
高频(超声波、载频或射频)		超声波、载频及射频	
交直流		交直流电	
具有交流分量的整流电流		脉动电流	

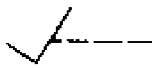
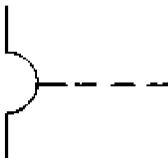
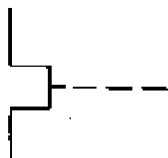
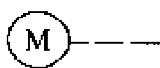

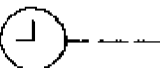



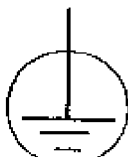
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
中性(中性线)	N	中性线	N
中间线	M		
正极	+	正极	+
负极	-	负极	-
发送			
接收			
热效应		热继电器的发热元件	
电磁效应			
磁滞伸缩效应		磁致伸缩式	
磁场效应	×		

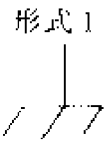



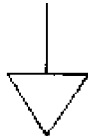


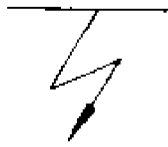
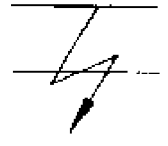
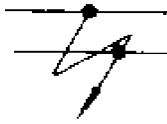
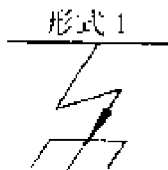

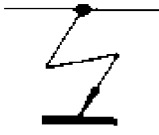
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
纸页印刷		纸页印字	
键 盘	• •	键 盘	• •
传 真			
机械连接	形式 1 ----- 形式 2 =====	机械连接	----- 或 =====
延时动作 注:向圆心方向 移动的延时 动作	形式 1  形式 2 	延时动作	 或 
自动复位 注:三角指向返 回方向		自动复位的手 自动控制	
手动控制		手动控制	
紧急开关			

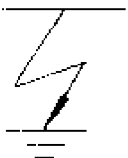



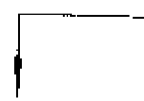
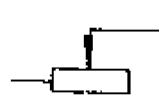


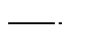
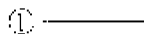
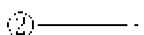

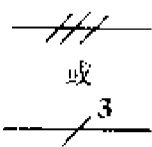
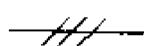
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
脚踏操作			
过电流保护的电磁操作			
热执行器操作			
电动机操作		电动机控制	
电钟操作			
接地一般符号		接地一般符号	
无噪声接地 (抗干扰接地)			
保护接地			




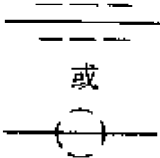
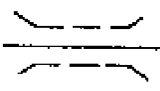
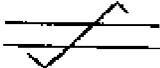



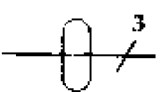
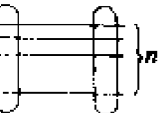
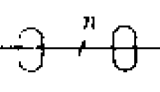



(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
接机壳或接 底板	形式1  形式2 	接机壳	 或 
等电位			
故障		绝缘击穿— 般符号	
短路、击穿			
导线间绝缘 击穿		导线间绝缘 击穿	
导线对机壳 绝缘击穿	形式1  形式2 	导线对机壳 绝缘击穿	

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
导线对地绝缘击穿		导线对地绝缘击穿	
永久磁铁		永久磁铁 注:允许不注字母N,S	N  S
动触点		变阻器动触点	
测试点指示			
变换器一般符号			
(2)导线和连接器件			
导线、电缆和母线一般符号		导线、电缆和母线 ①一般符号 ②导线及电缆 ③母线	①  ②  ③ 
三根导线的单线表示		三根导线的单线表示	

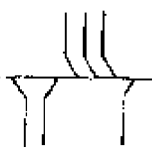
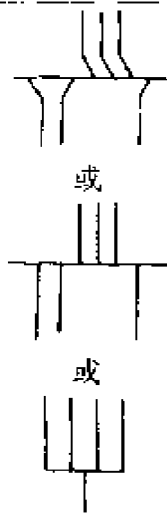
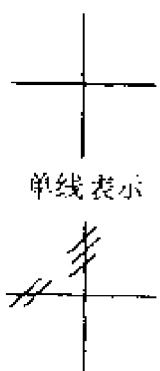
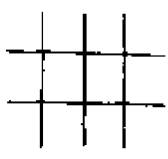
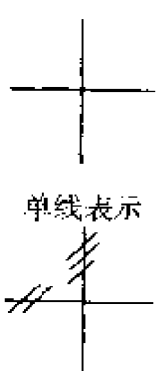


(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
柔软导线		软电缆、软导线	
屏蔽导线		屏蔽导线或电缆	
		部分屏蔽的导线	
绞合导线 (二股)		二股绞合导线	单线表示  多线表示 
电缆中的导线 (三股)	形式1  形式2 	由 n 根芯线组成的导线或电缆	 或 
同轴电缆		同轴电缆	
屏蔽同轴电缆			

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
端子		端子	 或
可拆卸的端子			
导线的连接	形式1 	导线的单分支	
	形式2 		
导线的多线连接	形式1 	导线的双分支	 或
	形式2 		
导线的交叉连接	单线表示 	互相连接的交叉导线	单线表示
	多线表示 		



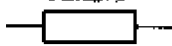

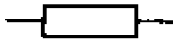



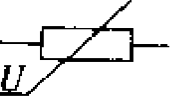
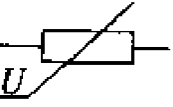
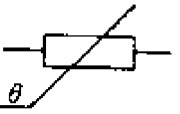
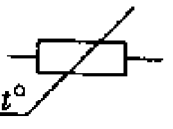
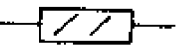
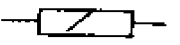

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
导线或电缆的分支和合并		导线或电缆的分支和合并	
导线的不连接(跨越)	<p>单线表示</p>  <p>多线表示</p> 	不连接的跨越导线	<p>单线表示</p>  <p>多线表示</p> 
导线的换位			

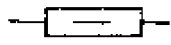
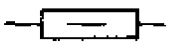
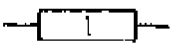
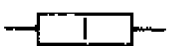
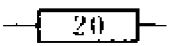

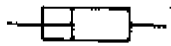



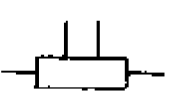

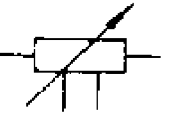
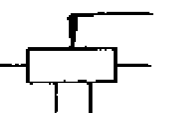


(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
多相系统的 中性点			
插座	优选形 其他形 	插座	 或
插头	优选形 其他形 	插头	 或
插头和插座	优选形 其他形 	插接器一般 符号	 或
接通的连接 片	形式1 形式2 	连接片	


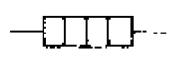
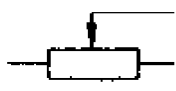

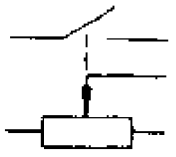
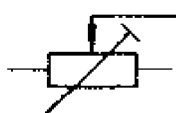
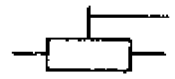



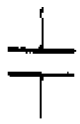




(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
断开的连接片		换接片	
(3)无源元件			
电阻器的一般符号	优选形  其他形 	电阻的一般符号	
可变电阻器		变阻器	 或 
压敏电阻器		压敏电阻	
热敏电阻器		直热式热敏电阻	
0.125W 电阻器			
0.25W 电阻器		1/4 瓦电阻	



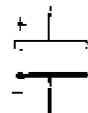
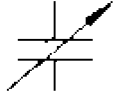
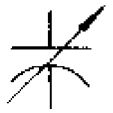

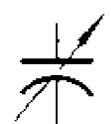
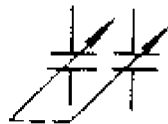


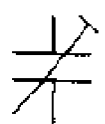
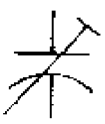

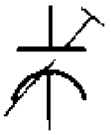
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
0.5W 电阻器		1/2 瓦电阻	
1W 电阻器		1 瓦电阻	
20W 电阻器		20 瓦电阻	
熔断电阻器			
滑线式变阻器		可断开电路的变阻器	
带滑动触点和断开位置的电阻器			
有固定抽头的电阻器		有抽头的固定电阻	
带固定抽头的可变电阻器		带抽头的可变电阻	
分流器		分流器	



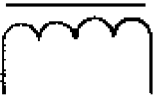





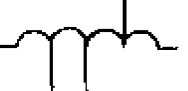

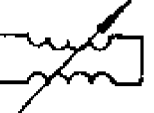
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GJ3312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
碳堆电阻器			
加热元件			
滑动触点电位器		电位器的一般符号	
带开关的滑动触点电位器			
微调电位器		微调电位器	
电容器的一般符号	优选形  其他形  	电容器的一般符号	
穿心电容器	优选形  其他形  	穿心式电容器	






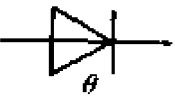
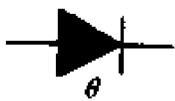

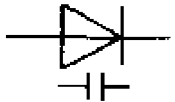
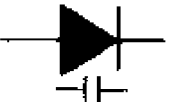

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
极性电容器	优选形  其他形 	有极性的电 解电容器	
可变电容器	优选形  其他形 	可变电容器	 或 
双联同调可 变电容器	优选形  其他形 	双联同调可 变电容器	
微调电容器	优选形  其他形 	微调电容器	 或 

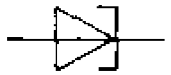










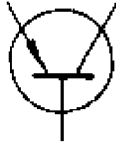
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
电感器、线圈、绕组、扼流圈		电感线圈、绕组	
带磁心的电感器		有铁心的电感线圈	
磁心有间隙的电感器		铁心有空气隙的电感线圈	
带磁心连续可调的电感器			
有两个抽头的电感器		带抽头的电感线圈	
步进移动触点的可变电感器			
可变电感器			

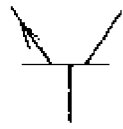


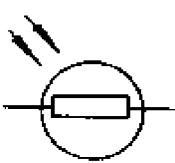
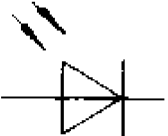
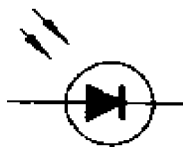
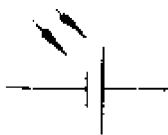
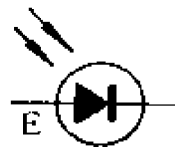

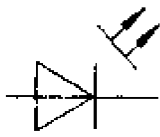
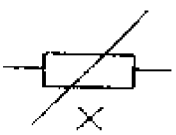
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
(4) 半导体管和电子管			
半导体二极管一般符号	优选形  其他形 	半导体二极管、半导体整流器	
发光二极管	优选形  其他形 		
利用温度效应的二极管	优选形  其他形 	利用温度效应的二极管	
变容二极管	优选形  其他形 	变电容二极管	

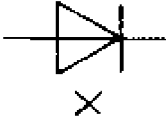







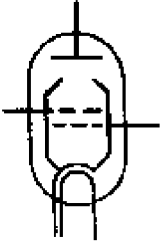

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
隧道二极管	优选形  其他形 	隧道二极管	
单向击穿二极管、电压调整二极管	优选形  其他形 	雪崩二极管	
双向击穿二极管	优选形  其他形 		
双向二极管、交流开关二极管	优选形  其他形 		
PNP型半导体管		p-n-p型半导体管	


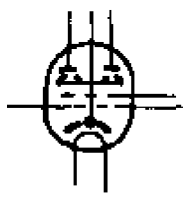
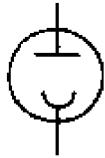



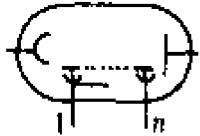

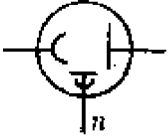

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
NPN型半导体管		n-p-n型半导体管	
光敏电阻		光敏电阻	
光电二极管		光电二极管	
光电池		光电池	
PNP型光电半导体管			
半导体激光器			
线性磁敏电阻器			

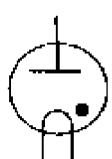


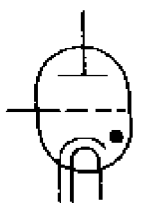
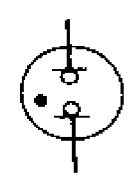
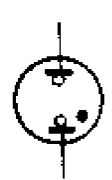

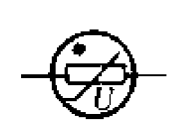

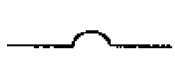
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
磁敏二极管			
NPN型磁敏半导体管			
直热式阴极二极管		直热式二极管	
间热式阴极二极管		旁热式二极管	
间热式阴极三极管		三极管	
束射四极管		束射四极管	








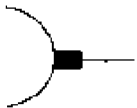








(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
双束射四极管		双束射四极管	
光电管		电子光电管	
充气光电管		离子光电管	
光电倍增管 注: n 为倍增极级数		五级光电倍增管	
	简化形 	单级光电倍增管	















(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
充气二极管		单阳极充气管	
		双阳极充气管	
闸流管 间热式阴极 充气三极管			
氖指示管		辉光放电管	
稳流管		稳流管	
(5)电能的发生和转换			
电机换向绕组		电机换向绕组	






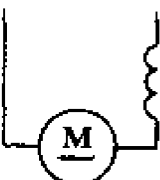
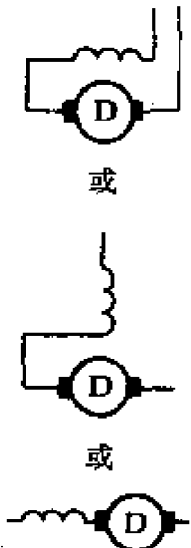
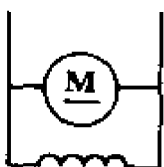
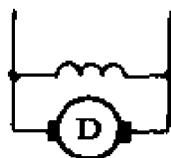
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
电机补偿绕组		电机补偿绕组	
电机串励绕组		电机串励绕组	
电机并励或其他励绕组		交流电机定子绕组或直流电机并励绕组	 或 
集电环或换向器上的电刷		滑环上的电刷	
		换向器上的电刷	
直流发电机		直流发电机	
直流电动机		直流电动机	
交流发电机		交流发电机	

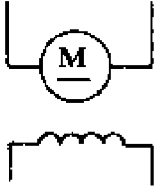

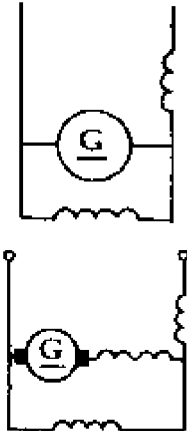
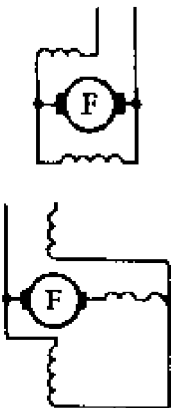
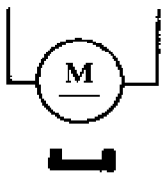

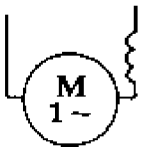

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
交流电动机		交流电动机	
直流伺服电动机		直流伺服电动机	
交流伺服电动机		交流伺服电动机	
直流测速发电机		直流测速发电机	
交流测速发电机		交流测速发电机	
直流力矩电动机		直流力矩电动机	
交流力矩电动机		交流力矩电动机	

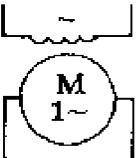


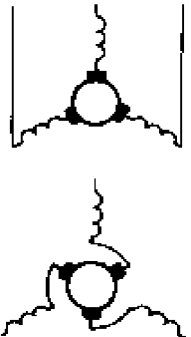
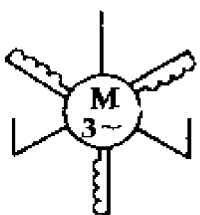
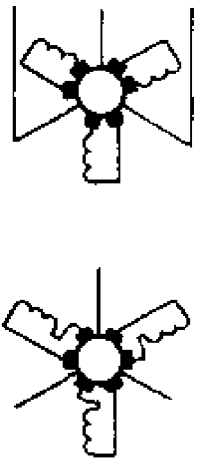
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
直线电动机		直线电动机	
步进电动机		步进电动机	
手摇发电机			
串励直流电动机		串励式直流电动机	
并励直流电动机		并励式直流电动机	









(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
他励直流电动机		他励式直流电动机	
短分路复励直流发电机 注:示出换向绕组、补偿绕组、接线端子和电刷时		复励式直流发电机 注:示出换向绕组和补偿绕组时	
永磁直流电动机		永磁直流电动机	
单相交流串励电动机		单相交流串励换向器电动机	

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
单相推斥电动机		单相交流推斥换向器电动机	
三相交流串励电动机		三相串励换向器电动机 注:有移动电刷的调速装置时	
三相交流并励电动机		三相交流并励换向器电动机由转子馈电 注:有移动电刷的调速装置时	

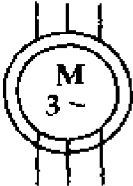
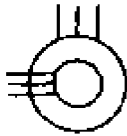
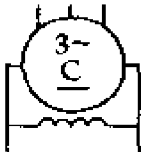

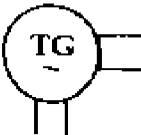



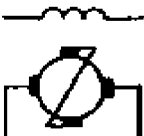
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
三相永磁同步发电机		永磁三相同步电机	
三相永磁同步电动机			或 
单相同步电动机		单相凸极同步电机	
中性点引出的星形连接的三相同步发电机		中性点引出的星形连接的三相凸极同步电机	









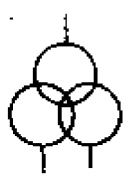
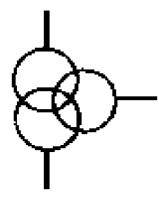


(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
每相两端都引出的三相同步发电机		每相两端都引出的三相凸极同步电机	
单相永磁同步电动机		永磁单相同步电动机	
单相磁滞同步电动机			
三相磁滞同步电动机			
单相笼型异步电动机		单相鼠笼异步电动机	
三相笼型异步电动机		三相鼠笼异步电动机	








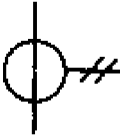

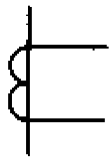
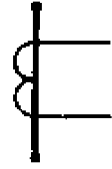
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
三相绕线型异步电动机		三相滑环异步电动机	
并励三相同步变流机		三相交流单电枢旋转变流机	
交流测速发电机			
电磁式直流测速发电机			
永磁式直流测速发电机			
电机扩大机		交磁放大机	









(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
铁心		铁心	
带间隙的铁心		带空气隙的铁心	
双绕组变压器	形式1 	双绕组变压器	单线表示 
	形式2 		多线表示 
三绕组变压器	形式1 	三绕组变压器	单线表示 
	形式2 		多线表示 


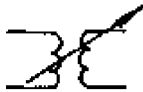



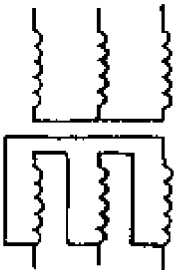

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
自耦变压器	形式 1 	自耦变压器	单线表示 
	形式 2 		多线表示 
电抗器、扼流圈	形式 1 	电抗器	
	形式 2 		
电流互感器、脉冲变压器	形式 1 	单次级绕组 电流互感器	单线表示 
	形式 2 		多线表示 

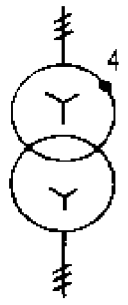
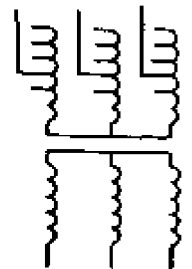
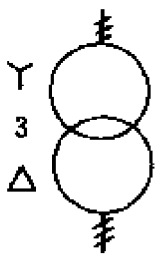
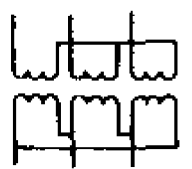
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
绕组间有屏蔽的双绕组单相变压器	形式1 	绕组间有屏蔽并有铁心的单相双绕组变压器	单线表示 
	形式2 		多线表示 
在一个绕组上有中心点抽头的变压器	形式1 	有中心抽头并有铁心的单相双绕组变压器	单线表示 
	形式2 		多线表示 


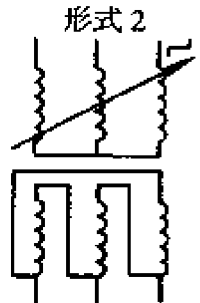

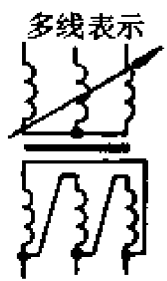

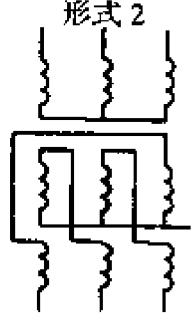


(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
耦合可变的 变压器	形式1 	可变耦合的 无铁心变压器	
	形式2 		
星形-三角 形连接的三相 变压器	形式1 	星形-三角 形连接的有铁 心的三相双绕 组变压器	单线表示 
	形式2 		多线表示 

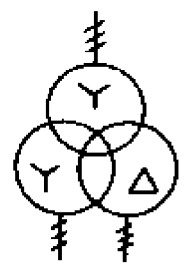
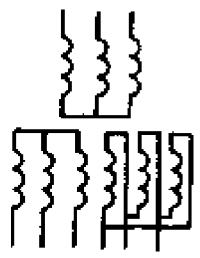

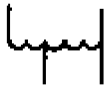

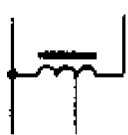
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
星形-星形连接的具有四个抽头(不含主抽头)的三相变压器	<p>形式1</p>  <p>形式2</p> 		
	<p>形式1</p>  <p>形式2</p> 		



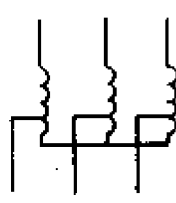
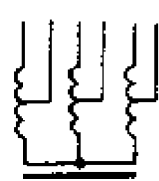




(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
星形-三角形连接的具有有载分接开关的三相变压器	<p>形式1</p>  <p>形式2</p> 	星形-三角形连接的可带负荷调整有铁心的三相双绕组变压器	<p>单线表示</p>  <p>多线表示</p> 
星形-曲折形连接的三相变压器	<p>形式1</p>  <p>形式2</p> 	星形-有中性点引出线的曲折形有铁心的三相双绕组变压器	<p>单线表示</p>  <p>多线表示</p> 

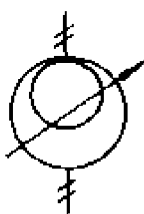



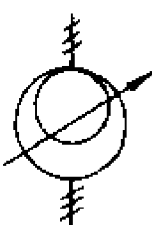
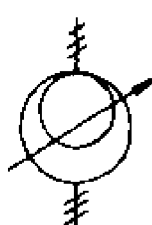
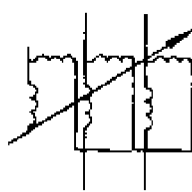

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
星形-星形- 三角形连接的 三相变压器	<p>形式1</p>  <p>形式2</p> 		
单相自耦变 压器	<p>形式1</p>  <p>形式2</p> 	有铁心的单 相自耦变压器	<p>单线表示</p>  <p>多线表示</p> 

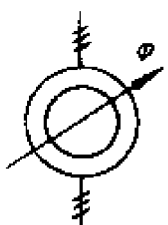
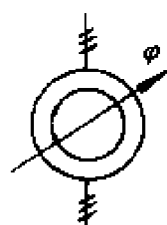
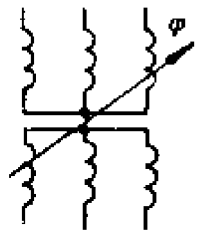
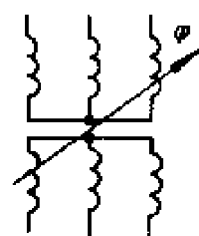




(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
星形连接的 三相自耦变压器	形式1 	星形连接的 有铁心的三相 自耦变压器	单线表示 
	形式2 		多线表示 
可调压的单 相自耦变压器	形式1 	连续调压有 铁心的单相自 耦变压器	单线表示 
	形式2 		多线表示 

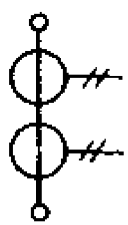
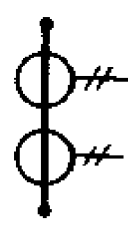


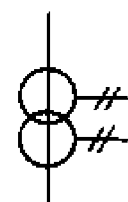
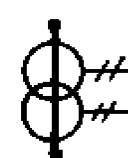
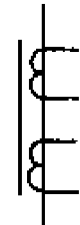

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
单相感应调压器	形式1 	单相感应调压器	单线表示 
	形式2 		多线表示 
三相感应调压器	形式1 	三相感应调压器	单线表示 
	形式2 		多线表示 

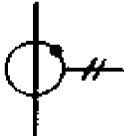




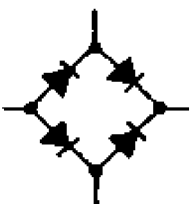
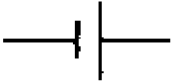
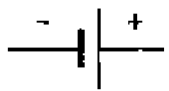
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
三相移相器	形式1 	三相移相器	单线表示 
	形式2 		多线表示 
电压互感器	形式1 	电压互感器	单线表示 
	形式2 		多线表示 


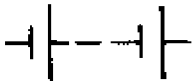
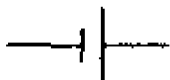
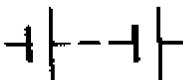
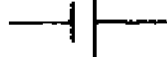








(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
具有两个铁心和两个次级绕组的电流互感器	形式1 	有分开铁心的双次级绕组电流互感器	单线表示 
	形式2 		多线表示 
在一个铁心上有两个次级绕组的电流互感器	形式1 	有共同铁心的双次级绕组电流互感器	单线表示 
	形式2 		多线表示 







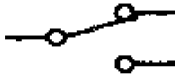
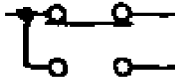

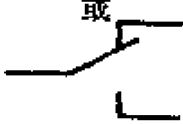
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
次级绕组有 三个抽头(包 括主抽头)的 电流互感器	<p>形式 1</p>  <p>形式 2</p> 		
频敏变阻器		三相电磁铁	
桥式全波整 流器方框符号		桥式全波整 流器	
原电池或蓄 电池		原电池或蓄 电池 注:允许不注极 性符号	

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
蓄电池组或原电池组 注:注明电压值时允许的画法	形式1  形式2  48V 	蓄电池组或原电池组 注:注明电压值时允许的画法	 48V 
带抽头的原电池组或蓄电池组		带抽头的电池组	
动合触点 注:本符号也可用作开关一般符号	形式1 	开关的动合触点	 或 
	形式2 	继电器动合触点	 或 










(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
动断触点		开关的动断触点	 或 
		继电器动断触点	 或 
先断后合的转换触点		开关的切换触点	 或 
		继电器切换触点	 或 

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
中间断开的 双向触点		单极转换开 关	
先合后断的 转换触点	形式 1 形式 2 	不切断转换 开关的触点	
操作器件被 吸合时暂时闭 合的过渡动合 触点		继电器吸合 时短时闭合动 合触点	
		接触器吸合 时短时闭合动 合触点	








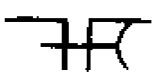

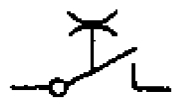

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
操作器件被释放时暂时闭合的过渡动合触点		继电器释放时短时闭合动合触点	
		接触器释放时短时闭合动合触点	
操作器件被吸合或释放时暂时闭合的过渡动合触点		继电器短时闭合动合触点 (双向滑动)	
		接触器短时闭合动合触点 (双向滑动)	
比其他触点提前吸合的动合触点			
比其他触点滞后吸合的动合触点			
比其他触点滞后释放的动断触点			




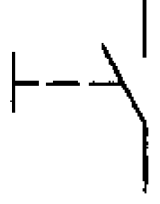
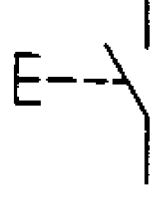

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
比其他触点提前释放的动断触点			
延时闭合的动合触点	形式1 	继电器延时闭合的动合触点	
	形式2 	接触器延时闭合的动合触点	
延时断开的动合触点	形式1 	继电器延时开启的动合触点	
	形式2 	接触器延时开启的动合触点	

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
延时闭合的 动断触点	形式1 	继电器延时 闭合的动断触 点	
	形式2 	接触器延时 闭合的动断触 点	
延时断开的 动断触点	形式1 	继电器延时 开启的动断触 点	
	形式2 	接触器延时 开启的动断触 点	
延时闭合和 延时断开的动 合触点		继电器延时 闭合与开启的 动合触点	
		接触器延时 闭合与开启的 动合触点	

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
有弹性返回的动合触点			
无弹性返回的动合触点			
有弹性返回的动断触点			
手动开关一般符号			
按钮开关(动合按钮)		带动合触点的按钮	


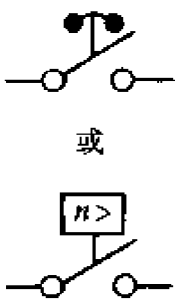
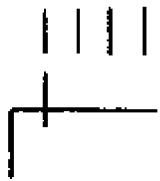

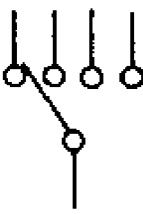


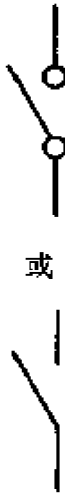
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
按钮开关 (动断按钮)		带动断触点的按钮	
拉拔开关			
旋钮开关、 旋转开关(闭锁)			
液位开关		液位继电器触点	
位置开关和 限制开关的动合触点		与工作机械联动的开关动合触点	 或




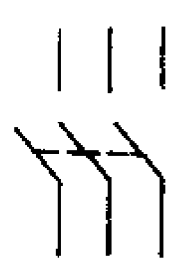
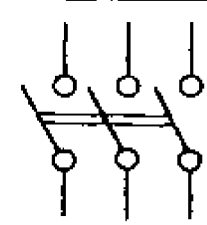



(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
位置开关和限制开关的动断触点		与工作机械联动的开关动断触点	
热敏开关动合触点 注: θ 可用动作温度(t)代替		温度继电器动合触点	
热继电器动断触点		热继电器动断触点	
荧光灯起动器		荧光灯触发器	


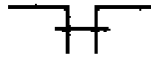


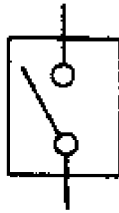

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
惯性开关		离心式或转 速式继电器触 点	
单极四位开 关	形式1  形式2 	单极四位转 换开关	
开关一般符 号	形式1  形式2 	单极开关	

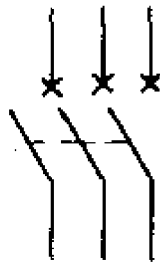
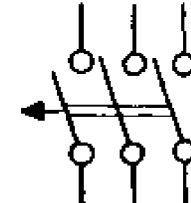
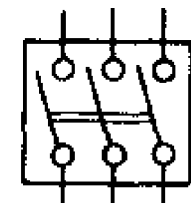



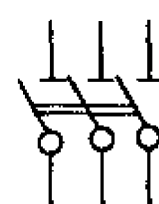

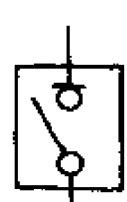
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GJ312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
三极开关 (单线表示)		三极开关单 线表示	 或 
三极开关 (多线表示)		三极开关多 线表示	 或 
接触器动合 触点		接触器动合 触点	


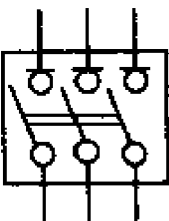



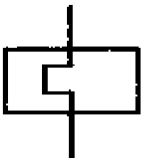

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
接触器动断触点		接触器动断触点	
断路器		自动空气断路器	
		高压断路器	 或 

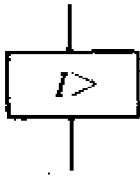
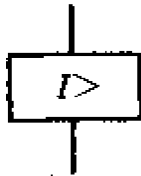
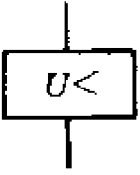
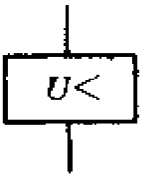
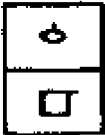



(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
三极断路器		三极自动空气断路器	
		三极高压断路器	
隔离开关		高压隔离开关	
三极隔离开关		三极高压隔离开关	
负荷开关		高压负荷开关	


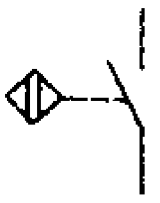



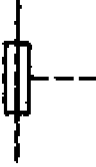
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
三极负荷开关		三极高压负荷开关	
电动机起动器一般符号			
星-三角起动器			
自耦变压器式起动器			
热继电器的驱动器件		热继电器的发热元件	








(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
过流继电器 线圈		过电流继电器 线圈	
欠压继电器 线圈		低电压继电器 线圈	
气体继电器		瓦斯继电器	
接近传感器			
接触传感器			







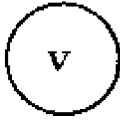



(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
接触敏感开关动合触点			
接近开关动合触点			
熔断器一般符号		熔断器	
供电端由粗线表示的熔断器			
带机械连杆的熔断器			



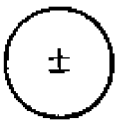
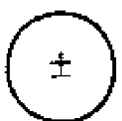




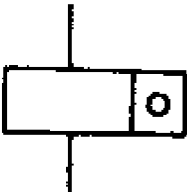
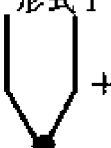

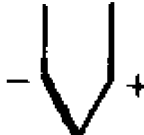
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
跌开式熔断器		跌开式熔断器	
熔断器式开关		刀开关-熔断器	
熔断器式隔离开关		隔离开关-熔断器	
熔断器式负荷开关			

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
火花间隙		火花间隙	
避雷器		避雷器一般符号	
(7)测量仪表、灯和信号器件			
电流表		安培表	
电压表		伏特表	
示波器		示波器	

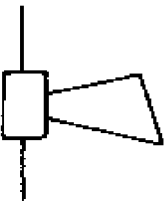
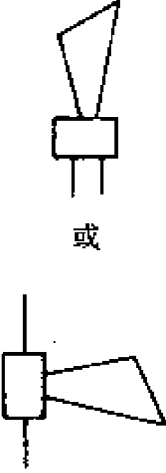
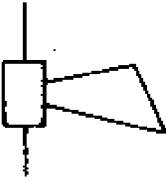





(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
检流计		检流计	
极性表		极性表	
静电计		静电计	
电度表(瓦时计)		瓦时表	
脉冲计(电动计数器件)			
热电偶	形式1  形式2 	热电偶	

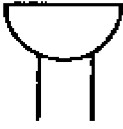

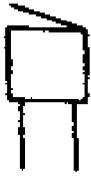
(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
带非隔离加热元件的热电偶		接触式热电变换计	
带隔离加热元件的热电偶	 简化形 	非接触式热电变换计	
钟的一般符号		电钟	
灯的一般符号		照明灯	
		信号灯	

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
电喇叭		电喇叭	 或 
电铃	优选形  其他形 	电铃一般符号	
电警笛、报警器		电警笛	

(续表)

新符号(GB4728)		旧符号(GB312)	
名称	图形符号	名称	图形符号
蜂鸣器	优选形 	蜂鸣器	
	其他形 		

1-5 电工常用电器设备文字符号

1-5-1 常用基本文字符号

常用基本文字符号,见表 1-6。

表 1-6 常用基本文字符号

设备、装置和 元器件种类	中文名称	基本文字符号		旧符号 (GB 315)
		单字母	双字母	
组件、部件	分立元件放大器	A		FD
	激光器			
	调节器			T
	本表其他地方未提及的组件、部件			
	电桥		AB	DQ
	晶体管放大器		AD	BF
	集成电路放大器		AJ	
	磁放大器		AM	CF
	电子管放大器		AV	GF
	印制电路板		AP	
	抽屉柜		AT	
	支架盘		AR	

(续表)

设备、装置和 元器件种类	中 文 名 称	基本文字符号		旧符号 (GB 315)	
		单字母	双字母		
非电量到 电量变换器 或电量到非 电量变换器	热电传感器	B			
	热电池				
	光电池				
	测功计				
	晶体换能器				
	送话器			S	
	拾音器			SS	
	扬声器			Y	
	耳机			EI	
	自整角机			ZZJ	
	旋转变压器			ZB	
	模拟和多级数字 变换器或传感器 (用作指示和测量)				
	压力变换器			BP	YB
	位置变换器			BQ	WZB
旋转变换器 (测速发电机)		BR	(CSF)		
温度变换器		BT	WDB		
速度变换器		BV	SB, SDB		
电容器	电容器	C		C	
二进制元 件延迟器件 存储器件	数字集成电路和器件 延迟线 双稳态元件 单稳态元件 磁芯存储器 寄存器 磁带记录机 盘式记录机	D			

(续表)

设备、装置和 元器件种类	中 文 名 称	基本文字符号		旧符号 (GB 315)
		单字母	双字母	
其他元器件	本表其他地方未规定的器件	E		
	发热器件		EH	
	照明灯		EL	ZD
	空气调节器		EV	
保护器件	过电压放电器件避雷器	F		BL
	具有瞬时动作的限流保护器件		FA	
	具有延时动作的限流保护器件		FR	
	具有延时和瞬时动作的限流保护器件		FS	
	熔断器		FU	RD
	限压保护器件		FV	
发生器 发电机 电 源	旋转发电机 振荡器	G		F
	发生器			
	同步发电机		GS	TF
	异步发电机		GA	YF
	蓄电池		GB	XDC
	旋转式或固定式 变频器		GF	BP
信号器件		H		
	声响指示器		HA	FM, JL LB
	光指示器		HL	GP
	指示灯		HL	SD
继电器 接触器		K		J
	瞬时接触继电器		KA	

(续表)

设备、装置和 元器件种类	中 文 名 称	基本文字符号		旧符号 (GB 315)
		单字母	双字母	
继电器 接触器	瞬时 有或无继电器	K	KA	
	交流继电器		KA	LJ
	闭锁接触继电器 (机械闭锁或永磁铁式有或无继电器)		KL	
	双稳态继电器		KL	
	接触器		KM	C
	极化继电器		KP	YLJ
	簧片继电器		KR	
	延时 有或无继电器		KT	SJ
	逆流继电器		KR	NIJ
电感器 电抗器	感应线圈	L		GQ
	线路陷波器 电抗器 (并联和串联)			DK
电动机	电动机	M		D
	同步电动机		MS	TD
	可做发电机或电动机用的电机		MG	
	力矩电动机		MT	
模拟元件	运算放大器 混合模拟/数字器件	N		
测量设备 试验设备	指示器件	P		CB
	记录器件			
	积算测量器件			
	信号发生器			

(续表)

设备、装置和 元器件种类	中 文 名 称	基本文字符号		旧符号 (GB 315)
		单字母	双字母	
测量设备 试验设备	电流表	P	PA	A
	(脉冲)计数器		PC	JS
	电度表		PJ	
	记录仪器		PS	
	时钟、操作时间表		PT	
	电压表		PV	V
电力电路 的开关器件	断路器	Q	QF	DL, ZK
	电动机保护开关		QM	
	隔离开关		QS	GK
	电阻器			
电阻器	电阻器	R		R
	变阻器			R
	电位器		RP	W
	测量分路表		RS	FL
	热敏电阻器		RT	
	压敏电阻器		RV	
控制、记 忆、信号电 路的开关器 件选择器	拨号接触器 连接级	S		
	控制开关		SA	KK
	选择开关		SA	
	按钮开关		SB	AN
	机电式有或无传感器 (单级数字传感器)			
	液体标高传感器		SL	
	压力传感器		SP	

(续表)

设备、装置和 元器件种类	中 文 名 称	基本文字符号		旧符号 (GB 315)
		单字母	双字母	
控制、记 忆、信号电 路的开关器 件选择器	位置传感器 (包括接近传感器)	S	SQ	ZDK、ZK XWK、XK
	转数传感器		SR	
	温度传感器		ST	
变压器		T		B
	电流互感器		TA	LH
	控制电路电源用变压器		TC	KB
	电力变压器		TM	LB
	磁稳压器		TS	WY
	电压互感器		TV	YH
调制器 变换器	鉴频器 解调器	U		
	变频器			BP
	编码器			
	交流器			BL
	逆变器			NB
	整流器			ZL
	电板译码器			
电子管 晶体管	气体放电管 二极管 晶体管 晶闸管	V		BG
	电子管		VE	G
	控制电路用电源的整流器		VC	

(续表)

设备、装置和 元器件种类	中 文 名 称	基本文字符号		旧符号 (GB 315)		
		单字母	双字母			
传输通道 波 导 天 线	导线	W		DX		
	电缆			DL		
	母线			M		
	波导 波导定向耦合器 偶极天线 抛物天线					
端 子 插 头 插 座	连接插头和插座 接线柱 电缆封端和接头 焊接端子板	X		JX		
	连接片		XB	LP		
	测试插孔		XJ	CK		
	插头		XP	CT		
	插座		XS	CZ		
	端子板		XT			
	电气操作 的机械器件		气阀	Y		
			电磁铁		YA	DT
电磁制动器		YB	ZDT			
电磁离合器		YC	CLH			
电磁吸盘		YH	DX			
电动阀		YM				
电磁阀		YV	DCF			
终端设备 混合变压器 滤波器 均衡器 限幅器	电缆平衡网络 压缩扩展器 晶体滤波器 网络	Z		LB		

1-5-2 常用辅助文字符号

常用辅助文字符号，见表 1-7。

表 1-7 常用辅助文字符号

文 字 符 号	名 称	旧 符 号 (GB 315)
A	电流	L
A	模拟	
AC	交流	JL
A AUT	自动	Z
ACC	加速	
ADD	附加	F
ADJ	可调	
AUX	辅助	E
ASY	异步	Y
B BRK	制动	
BK	黑	
BL	蓝	A
BW	向后	
C	控制	K
CW	顺时针	
CCW	逆时针	
D	延时 (延迟)	
D	差动	
D	数字	
D	降	J
DC	直流	ZL
DEC	减	
E	接地	
EM	紧急	
F	快速	

(续表)

文 字 符 号	名 称	旧 符 号 (GB 315)
FB	反馈	
FW	正, 向前	Z
GN	绿	L
H	高	G
IN	输入	SR
INC	增	
IND	感应	
L	左	
L	限制	
L	低	D
LA	闭锁	LS
M	主	Z
M	中	Z
M	中间线	
M MAN	手动	S
N	中性线	
OFF	断开	DK
ON	闭合	BH
OUT	输出	SC
P	压力	
P	保护	
PE	保护接地	
PEN	保护接地与中性线共用	
PU	不接地保护	
R	记录	

(续表)

文字符号	名称	旧符号 (GB 315)
R	右	
R	反	F
RD	红	H
R RST	复位	
RES	备用	BY
RUN	运转	
S	信号	X
ST	起动	Q
S SET	置位, 定位	
SAT	饱和	
STE	步进	
STP	停止	T
SYN	同步	T
T	温度	
T	时间	S
TE	无噪声(防干扰)接地	
V	真空	
V	速度	
V	电压	Y
WH	白	B
YE	黄	U

1-6 电工识图的基本知识

所谓识图, 就是认识并且确定电气施工图、电气安装图、电气设计图及其他图纸上所画的是什么设备, 设备的结构及如何组

装，这些设备的各个组成部分如何连接，以及有关的技术要求。下面简要介绍识图的基本知识。

1-6-1 比例

比例即图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。比例分原值比例、放大比例、缩小比例。绘图时因有时物体太大或太小，应用实际尺寸来描画是不可能的，需要将物体尺寸放大或缩小。比例前面的数字是表示图形的尺寸，后边的数字是表示实物对图纸尺寸的倍数。例如 1:50 就是表示实际物体是图纸尺寸的 50 倍。相反，如果图纸所画尺寸比实际尺寸大，就要采用放大的比例，例如放大一倍用 2:1 表示。了解了比例的关系之后，在电气施工中，需要确定电气设备安装位置的尺寸或导线长度等，可用比例尺在图上量取，但使用比例尺的比例应与图纸上所标注的比例相同。

1-6-2 线型

在施工图上，常常用各种不同的线型并根据不同的用途来表示不同的含义。

粗实线：连续的直线，表示物体看得见的轮廓线，在电气线路图上表示主回路线路。

细实线：连续的细线，表示物体的尺寸线、分界线、剖面线、辅助线和引出线等。在电气线路图上表示一般线路。

虚线：一段一段的短画线，表示物体看不见的部分或屏蔽线。在电气线路图上表示事故照明线路。

波浪线：也就是弯曲的实线，表示物体中断或断裂的部位。在电气线路图上表示移动或用电设备的软电缆或软电线。

点划线：表示物体的中心部位。在电气线路图上表示控制信号线路及边界线。

双点划线：表示物体剖切的部位。在电气线路图中表示 36V 以下的线路。

1-6-3 标高

安装电气设备或敷线时，首先要确定安装标高或敷设标高，以便在某一区域内达到安装标高的一致，适应使用需要。施工时，一般以土建的室内地平线作为标高的零点。尺寸的单位用米来表示。如果高于零点标高，可以在标高数字前面加个“+”号，如果低于零点标高，则在标高数字前面写“-”号。

1-6-4 符号

在电气施工图中，由于元件和设备很多，所以用图形符号和文字符号来区分，每个符号都代表一定的意义，理解这些符号和它们之间的相互关系，看起图来就很方便了。

文字符号用汉语拼音的第一个大写字母表示。其组合格式有两种，第一种如图 1-1。基本符号是表明电气设备的线路名称。例如：“K”表示接触器、“G”表示发电机、“M”表示电动机、“T”表示变压器等。

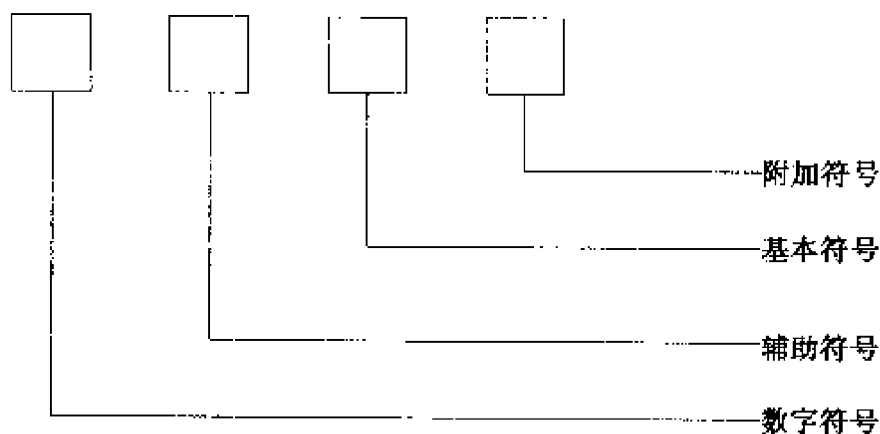


图 1-1 文字符号第一种组合格式图

辅助符号是表明电气设备及线路的作用和主要特征。例如：“BK”表示黑色，“DC”表示直流，“M”或“MAN”表示手动，“P”表示保护等。

数字符号是区分图纸上许多相同设备、元件和线路的顺序的编号。例如：“2V”表示第二个晶体管，“3T”表示第三台变压

器，“3M”表示第三台电动机等。

附加符号是区分同一元件中的不同部分。

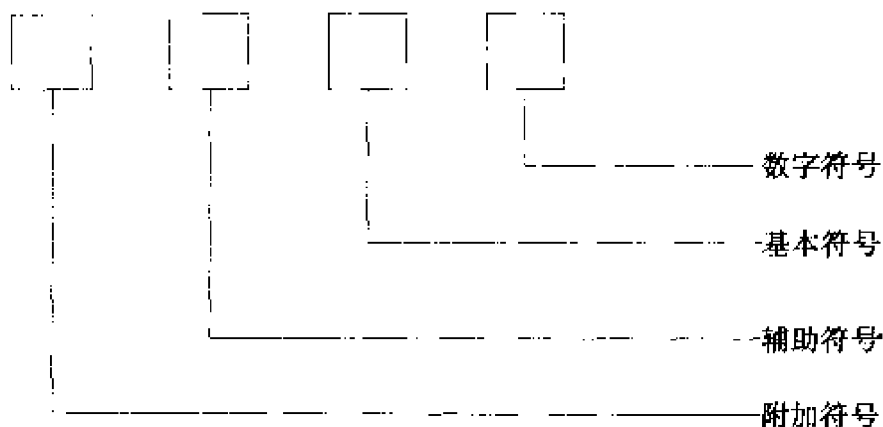


图 1-2 文字符号第二种组合格式图

1-6-5 回路符号

在二次接线图上，由于各种回路很多，所以要采用数字标号来区别。回路标号一般标注在连接导线的上方，按等电位的原则进行，就是说回路中连接在同一点上的所有导线，因其具有同电位，而标以相同的回路符号。由电气设备的线圈、触点或电阻、电容等元件所分隔的线段，则视为不同电位的线段而要用不同的回路标号。一般情况下，回路标号用三位或三位以下的数字组成。如需要标明回路的相别或某些特征时，常在数字标号的前面或后面注有文字符号。

在一次回路中，用标号中个位数字的奇偶数区分回路的极线（如直流回路正极用“1”、负极用“2”），或用个位数字的顺序区分回路的相别（如三相交流回路的 A、B、C，分别用 1、2、3）；用标号中的十位数的顺序区分电路中的不同线段；用标号中的百位数字的顺序区分不同供电电源的回路；用数字标号中的百位数字的顺序区分不同供电电源的回路；用数字标号中前面的文字表示线路或某些元件的主要特征。

在二次回路或电力传动系统的控制回路中，正极性的线段依

次按奇数顺序标号（如 1、3、5……），负极性的线段用偶数顺序标号（如 2、4、6……）。有时为了区分不同作用的回路（如控制、保护、信号等），图纸中常用数字标号组，如二次直流回路的保护回路，用数字 10~099；控制回路用数字 1~599；励磁回路用数字 601~699；信号及其他回路用数字 701~999。二次交流回路的控制、保护及信号回路用数字 1~399；电流回路用数字 400~599；电压回路用数字 600~799 等。

1-7 电工常用图的分类及其应用

电气施工图的种类很多，主要有变电、配电、照明和动力装置施工图。

1-7-1 变电、配电施工图

常用的有一次回路系统图、二次接线图以及平面布置图等。

一次回路系统图，主要是用来表示电气设备的组成部分及其连接方式等，可用多线图来表示。例如图 1-3 为变电所一次回路系统图。

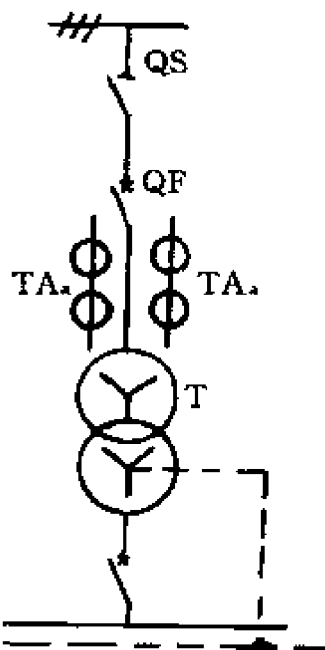


图 1-3 变电所一次回路系统图

在系统图中，通常不表明电气设备的具体安装位置。因此，常常需要借助于平面图和剖视图来表示。在这些图纸上对每台设备的安装位置、具体尺寸都应表示出来。

二次接线图，配电盘、开关柜和其他控制设备内的操作、保护、测量、信号及自动装置等线路，称做二次线路。按其用途可分为原理图、展开图和安装图三种。

原理图：二次接线原理图是用来表示各个回路的。如测量、信号、继电保护和自动装置等的工作原理和相互作用。在图纸上不仅表示出二次回路中元件的连接方式，而且还表示了和一次回路有关系的部分，如图 1-4 是变压器过电流保护二次接线原理图。

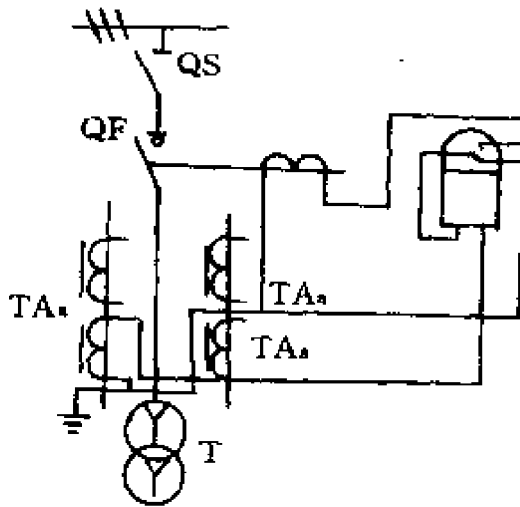


图 1-4 过电流保护二次接线原理图

展开图：展开图是原理图的一种实用形式图。由于展开图比较简单，容易清楚地看出动作的顺序，所以在设计和施工中经常用到这种图。在展开图中，每个设备的线圈和接点，都是按照它们所完成的动作回路画成的。同一动作回路画在一起，如果不相同就不能画在一起。回路的排列顺序一般都是由上到下或由左到右，并且旁边注有每个动作回路的说明。为了方便地查出图上各

个元件是属于哪个设备或哪个仪表以及该元件的性质，在每个元件上都标有文字符号。而每个不同性质的元件，也不可能画成同样的图形符号。如图 1-5 是二次电流回路展开图。

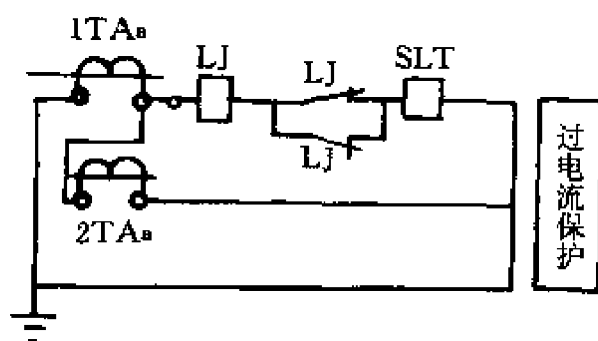


图 1-5 二次电流回路展开图

安装图：二次接线安装图，现场叫它二次配线图。它是用来表示电器和仪表的实际接线方式，它反映实物的具体安装位置。所以，施工时用这种图来进行配线。

在二次接线安装图中，由于线路较多，各种环节和整个线路的动作原理不容易看懂，所以把线路中的每根导线标上号。导线标号一般是根据原理编排的。因此，在进行配线之前，可以结合原理图和展开图联系起来看，了解每根线的作用后，再进行配线。

1-7-2 动力装置施工图

动力装置施工图和变电、配电工程图一样，有一次接线系统图、控制原理图、安装图以及平面敷线图。一次回路接线图有绘成单线的，也有绘成多线的，但为了简便起见，采用单线图表示的较多。图 1-6 (a) 是较小容量低压电动机系统图，电压由 380V 母线引入，经过闸刀开关 QF 和熔断器 FU 到电动机 M。图 1-6 (b) 是表示同样的电动机采用自动开关控制的系统图。图 1-6 (c) 是高压电动机系统图，电源经过隔离开关 QS 和油开

关 S 到高压电动机。

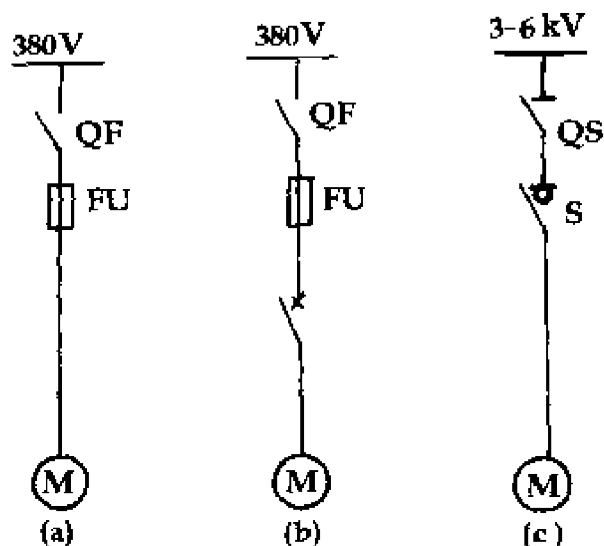


图 1-6 电动机系统图

电力传动系统一般多采用接触器控制方式。原理接线图包括主回路和控制回路两部分。为便于看清楚，主回路是用粗实线绘制，而控制回路采用细实线绘制。

1-7-3 照明施工图

照明工程施工图常用以下两种图，即系统图和平面敷线图。照明电源通常是由变电所或配电室供给。一般是照明装置和动力装置同用一个变压器。因此，变压器的二次绕组就有引出的零线，照明线路分别接在电源变压器的相线和零线上。

1-8 电工安全用电基本知识

1-8-1 电工安装、维修、操作规程

1. 一般安全操作规程

(1) 工作前必须写出工作单，经主管同意后，穿戴好和准备好有关防护用品。

(2) 进入现场之前,应仔细检查所用工具是否符合安全用电标准,了解现场环境情况。电气设备事先要查明是否带电,一般不允许带电作业。

(3) 在线路、设备上安装、维修时,要先切断电源,并挂上警告牌,验明无电时,方能进行工作。

(4) 装接电灯时,开关必须控制相线。接临时线路时,应先接地线。拆除临时接线时,应先拆相线,再拆其他线端。工作中所拆除的电线,要及时处理好。带电的线头,须用绝缘材料包扎好并标明带电标志。

(5) 高空作业时,应带好安全带,梯子应有防滑措施。高空作业所使用的工具以及其他东西,不准随便往下乱扔乱抛,须装入工具袋内吊送。地面工作人员应戴好安全帽,并应离开施工区之外,在雷雨和大风天,不准在架空线路上工作。

(6) 低压架空带电工作时,应使用有绝缘柄的工具,并应站在干燥的绝缘物上,同时要穿上绝缘鞋,戴好手套和安全帽。工作时,还要有人监护。

(7) 低压架空带电工作时,人体不得同时接触两根线头,并不得穿过未经采取绝缘措施的导线之间。

(8) 在带电的低压开关柜(箱)上进行安装或修理时,应采取防止相间短路及接地等安全措施。

(9) 在发生触电事故时,应立即切断电源,戴上绝缘手套或用干燥衣物、干燥木棒将触电者与电源离开。严重者,应立即进行人工呼吸抢救。

(10) 线路、机电设备安装或修理之后,在正式送电之前,必须仔细检查绝缘电阻、接地装置和传动部分防护装置,当达到安全标准后,通知有关部门,方能送电。

(11) 当电器设备发生火灾时,应立即切断电源。如不能切断电源或未切断电源之前,应用四氯化碳或二氧化碳或干砂灭火,严禁用水或酸碱泡沫灭火器扑灭。

2. 带电工作的操作规程

(1) 带电工作人员，必须经过考试，合格后方能担任，并在工作时，应有人监护。监护人不能离开工作现场。

(2) 带电工作时，不准使用金属物，所用工具均应有绝缘把柄。

(3) 带电工作人员，服装应为紧袖口的上衣，严禁穿汗背心和短裤工作。

(4) 带电工作之前，应检查工作现场情况，如有接近的导电物体或接地物体，可将它们用绝缘物隔开或遮盖，处理好，才能进行工作。

(5) 在仪表的二次回路上进行带电工作时，不准将变流器的二次侧开路。如要断开变流器的二次回路，必须将变流器接线端子上的专用短路连片短路。

(6) 在同一杆上不准两人同时在不同相上带电工作，穿越线档。不准相互接触或传递工具。

(7) 遇到工作位置狭窄、潮湿，影响人身安全时，一般应在停电后进行工作。如必须带电工作时，应采取戴橡胶绝缘手套，穿绝缘鞋及用橡胶绝缘布遮盖等安全措施。

(8) 正确使用有关电气安全用具。这些工具应定期进行检验，保持性能良好。所有安全用具应放在指定地点，并应有专人负责保管。

1-8-2 电气火灾及其防护

1. 引起电气火灾的原因

(1) 室内布线引起的火灾。布线引起的火灾主要是布线不合理、对布线的绝缘状况缺乏经常检查，特别是导线的绝缘材料会随时间逐渐陈旧、老化而破坏了导线绝缘性能，有时安装、检修电气设备时，导线接头绝缘包扎不牢，马虎大意，有时可能将线路接错，或者带电操作造成人为碰线。

布线过负荷造成的火灾。当用电设备超过导线所允许的连续

通过电流，这种现象称为超负荷用电。长时间超负荷用电，会引起导线过热，当导线绝缘材料老化，甚至损坏引起导线短路而发生火灾。

布线接触电阻过大也能造成火灾。导线间连接不良、接到各种电气部件上的接头做的不好，使连接处接触不良，形成大的接触电阻。在电流的作用下，这些地方会强烈的发热，从而使金属变质甚至熔化，有时由于接触不良，在接触处会产生强烈的火花或电弧。这些都会引起绝缘材料等损坏而发生火灾。

(2) 熔断器的保险丝选择不当引起的火灾。当线路发生短路时，保护用的保险丝应立即被短路电流熔化，以切断电源。当保险丝不能起到这种作用时，线路就可能发生火灾。

(3) 开关、插头和插座引起的火灾。开关、插头和插座引起的火灾有以下一些原因：

闸刀开关的刀口接触不良；闸刀开关与导线连接松弛；引起火灾；

闸刀开关拉开和闭合时，可能产生火花或电弧，从而引起周围易燃材料起火；

插座承口铜片松弛，与插头接触不良，引起火灾；

(4) 照明灯具引起的火灾。白炽灯、高压水银荧光灯、卤钨灯等照明灯具工作时，其表面温度很高，如果灯具放置不当，将会产生火灾。

(5) 电热器具引起的火灾。电熨斗、电炉、电烘箱、电动机、低压电器等发热器具，都可能因使用不当，发生火灾。

(6) 漏电引起的火灾。

(7) 危险房间(厂房)的火灾。火灾危险房间是指存放可燃液体、可燃粉尘或可燃纤维、固体可燃物质的房间。如果在上述房间里，布线、开关、插座等电气部件安装不当，都容易引起火灾。

2. 防止电气火灾的措施

(1) 布线时应注意导线的类型、截面和绝缘强度的选择。

(2) 随着用电负荷的增加,应及时检查负荷情况,如果超过用电负荷,要换装成容量与负荷相对大些的导线及电气部件。

(3) 导线与导线,导线与电器设备的连接,必须牢固可靠。

(4) 熔断器或开关宜安装在非燃烧材料的基座上,并最好用非燃烧材料的箱盒保护。

(5) 在电源进线及大负荷用电电器上应安装熔断器。其保险丝的选择请参考第七章 7-6-3 节。严禁用铁、铜丝代替保险丝。

(6) 白炽灯泡、高压水银灯与可燃物之间要保持适当的距离。灯泡上不要用布或纸包裹。存放可燃易燃物品的房间,不宜使用卤钨灯。

(7) 日光灯、高压水银荧光灯的镇流器,不宜安装在可燃建筑物上。

(8) 潮湿房间应选用拉线开关。

(9) 插头、插座、开关、闸刀等胶木器件损坏后,要及时修理更换。

(10) 在有可燃气体、易燃液体蒸汽和可燃粉尘的房间,不准装设电热器。

(11) 在火灾危险的房间,线路应采用不延燃性护套的绝缘导线或采用硬塑管明布线。

(12) 在有火灾危险的场所,可以采用铝芯绝缘导线和电缆。

(13) 过载保护和失压保护,详见第五章和第七章的有关小节。

1-8-3 接地、接零、防雷的保护

1. 接地和接零

为了保证设备和人身安全,所有的电气设备均应装设接地装置。根据各设备作用不同,接地方式可分为工作接地、保护接地和防雷接地。

(1) 工作接地:为了保证电气设备的正常工作,将电路中的某一点通过接地装置与大地可靠地连接起来,这样接地方式称为

工作接地。一般 380/220V 三相四线制电网中，将变压器低压侧的中性点直接接地，均采用工作接地。

(2) 保护接地：为保证人身安全，一般都将电气设备的金属部分，通过接地装置与大地连接起来，这样接地方式称为保护接地。一般电动机，配电装置等均采用保护接地方式。

(3) 防雷接地：这种接地大部是指建筑物或大型设备，为防止雷电损坏，将避雷针、避雷线、避雷器等防雷设备和建筑物进行接地，这样接地称为防雷接地。

接零是将电气设备的金属外壳与系统中的零线相连接，这样保护方式称接零保护。这种保护一般是用在运行三相四线制中性点直接接地的系统中。在接有保护接零的系统中，当电气设备发生单相碰壳时，单相短路电流经过该相和零线构成回路。由于零线的阻抗很小，所以单相短路电流很大，它足以使线路上的保护装置如自动开关、熔断器迅速动作，将发生故障的设备切断电源，从而消除了人身触电的危险。

2. 接地装置的安装要求

为了保证人身安全，所有的电气设备均应装设接地装置。

接地装置有自然接地体和人工接地体。自然接地体有以下几种：

(1) 打入深井的管子。

(2) 与大地有可靠连接的建筑物及房屋的金属结构物。

(3) 敷设在地下两根以上的电缆金属外皮。

(4) 敷设在地下的各种管道，但可燃性液体、气体及爆炸性气体管道除外。

人工接地体是利用钢材制成不同形状的钢管、角铁、扁钢等，埋入地下而成的。

安装接地体的一般要求：

(1) 各种不同用途及各种不同电压的电气设备接地应使用一个总的接地装置。

(2) 接地线必须用整线，中间不许有接头。

(3) 在中心点接地系统中，不许一部分接保护接地，一部分接保护接零，要求全部用保护接零或者两者均有，但不能只接保护接地，不接保护接零。在中心点不接地系统中，只允许保护接地，不准保护接零。

(4) 接地体的埋设深度不应小于 0.6m，垂直接地体的长度不应小于 2.5m，间距一般不应小于 5m。

(5) 接地体的连接应采用电焊或气焊焊接牢固，不允许用锡焊。

(6) 若大地电阻系数较大，不能满足接地电阻值的要求时，可在接地体附近放置少许食盐、木炭并加水，来降低土壤电阻系数。对接地电阻一般不应大于 4Ω 。

接地电阻的简单测量：对接地电阻要求不高的地方，可用此法。具体方法是用一只万用表电阻挡来测量，见图 1-7。如测量 A 点接地电阻值，先在 A 点 3m 处加装两个临时接地体。用万用表分别测出 AB、BC、CA 间的电阻值 R_{AB} 、 R_{BC} 、 R_{CA} ，即：

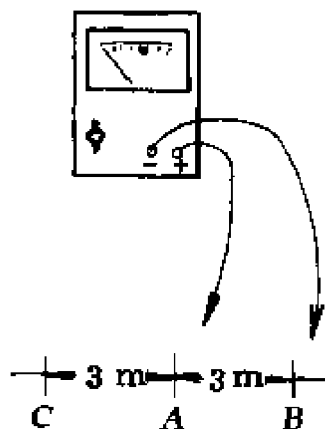


图 1-7 用万用表测量接地电阻简单方法

$$R_{AB} = R_A + R_B$$

$$R_{BC} = R_B + R_C$$

$$R_{CA} = R_C + R_A$$

解方程式得：

$$R_A = \frac{1}{2}(R_{AB} + R_{CA} - R_{BC})$$

例如测出： $R_{AB} = 6\Omega$ ； $R_{BC} = 8\Omega$ ； $R_{CA} = 8\Omega$ ，

则： $R_A = \frac{1}{2}(6 + 8 - 8) = 3\Omega$

3. 防雷保护

目前防止直击雷比较有效的措施是采用避雷针、避雷线和避雷器。避雷针主要用于保护露天配电装置、易燃建筑物、烟囱和水塔等。

避雷针就其本身而言是引雷针。由于避雷针高出被保护的建筑物和一些设备很多，它首先将空中的雷电引向自身，并通过接地装置流入大地，从而保护了物体不受雷击。

避雷针是由针尖、支持物、接地引下线、和接地体组成。图 1-8 是木杆避雷针示意图。避雷针的保护范围是有限的，保护半径与避雷针的高度有关。单支避雷针保护范围，见图 1-9。

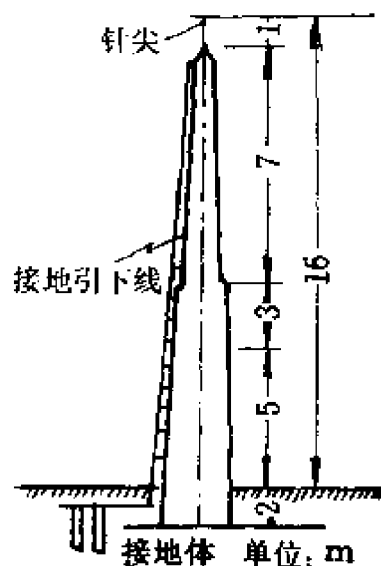


图 1-8 木杆避雷针示意图

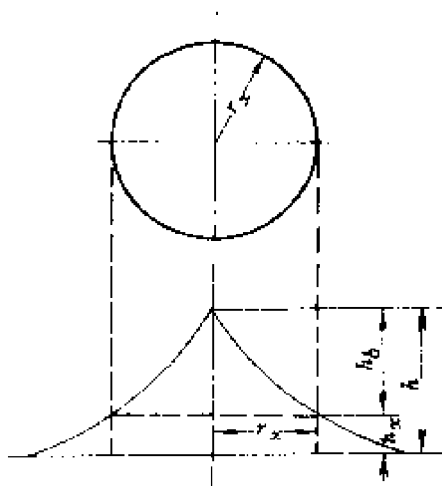


图 1-9 单支避雷针保护范围

 h —避雷针高度 r_x —保护半径 h_x —被保护物的高度 h_b —避雷针的有效高度

避雷针保护半径 r_x 可用下面经验公式计算。

当被保护的高度 h_x 大于或等于避雷针高度 h 的一半时

$$r_x = (h - h_x)p$$

当 $h_x < \frac{h}{2}$ 时

$$r_x = (1.5h - 2h_x)p$$

式中：当 $h \leq 30\text{m}$ 时 $p = 1$

$$\text{当 } h > 30\text{m} \text{ 时 } p = \frac{5.5}{\sqrt{h}}$$

避雷线也称架空地线，其作用和避雷针一样。它的保护范围通常用保护角来表示。保护角愈小，保护效果愈好。一般取为 $20^\circ \sim 30^\circ$ 。

1-8-4 现场触电救护

1. 触电的几种形式

(1) 单相触电

单相触电又分为中性点接地的单相触电和中性点不接地的单相触电。这两种触电，人体均承受相电压。

(2) 双相触电

不管电网的中性点是否接地，人体同时和两火线接触，形成两相触电，这时人体承受的是线电压，这种触电形式最危险。

(3) 接触电压触电

人体与电气设备的带电外壳相接触而引起的触电，称为接触电压触电。这种触电与上述二项比较有同样的危险。

(4) 跨步电压触电

当架空线路的一根带电导线断落在地上时，以落地点为中心，在地面上形成不同的电位。如果人站在距落地点附近，两脚之间就会有电位差，这就是跨步电压。由此产生的触电称为跨步电压触电。如发生跨步电压时，应赶快把双脚并在一起或赶快用一条腿跳着离开危险区。

2. 现场触电救护

(1) 迅速而正确地解脱电源

触电者的生命能否得救，在绝大多数情况下，决定于能否迅速脱离电源和正确地施行人工呼吸。因此，电气工作人员必须掌握触电救护方法。发现有人触电时，首先应尽快采取正确的方法断开电源，见图 1-10。如不能立即断开电源时，救护人员可以用绝缘物作为工具，使触电者与电源分开。严禁用金属或潮湿物件作为工具。如果在高压设备上，发现有人触电时，应立即穿上绝缘鞋，戴上绝缘手套，并使用适合于该电压等级的绝缘棒或有绝缘把手的钳子作为工具，使触电者脱离带电设备。如果高空作业者触电时，需防止断电后触电人从高处摔下来的危险。

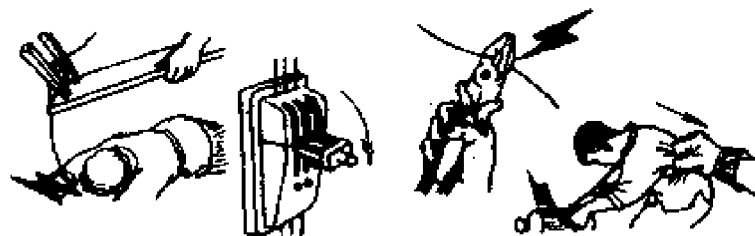


图 1-10 正确解脱触电电源的方法

(2) 人工呼吸和心脏按摩

触电者脱离电源后，必须立即对触电的人首先进行呼吸和心跳的诊断，见图 1-11。如果触电人未失去知觉，仅因触电时间较长，或在触电过程中，曾一度昏迷，则必须让其保持安静。如果触电者已失去知觉，但呼吸尚存在，应将触电者安静地放到空气流通的地方，静卧休息。如发现触电者呼吸、脉搏及心脏跳动都已停止，此时仍然不能认为已经死去，一般称这种现象为“假死”现象。这时必须进行人工呼吸和心脏按摩方法解救。

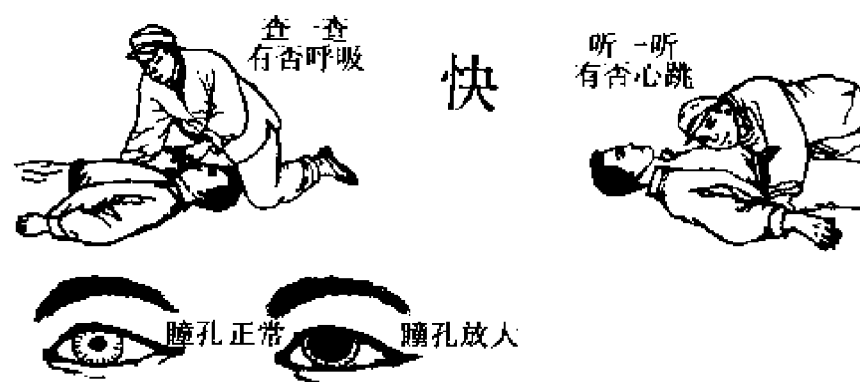


图 1-11 呼吸和心跳的诊断

(3) 人工呼吸

人工呼吸法是触电急救行之有效的科学方法。在施行人工呼吸之前，应迅速解开触电者衣领、裤带等，并迅速将触电者口中的食物、假牙、血块、黏液等取出，使呼吸道畅通，然后使触电者的嘴张开，即可开始进行人工呼吸，方法如下：

对于尚有心跳而呼吸停止或呼吸不正常的触电者，用人工呼吸法。救护者站在触电者的一边，使触电者头部后仰，用一只手紧捏触电者的鼻孔，另一只手掰开触电者的嘴巴，准备吹气，见图 1-12 (a)。救护者自己作深呼吸，然后紧贴触电者的嘴巴大口吹气，见图 1-12 (b)，使触电者胸部扩张。吹气完毕，立即放

松触电者口、鼻、让其胸部自然地回缩，以达到呼气或排气，见 1-12 (c)。

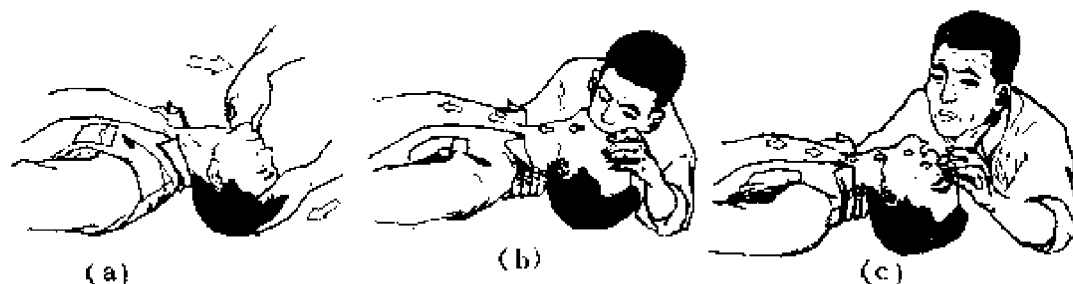


图 1-12 人工呼吸

按照以上步骤，连续不断地进行操作，每分钟约 12 次。对幼儿、小孩施行此法时，不必捏鼻，如果开口困难，可以紧闭其嘴唇，对准鼻孔吹气（即口对鼻孔做人工呼吸），效果相似。

(4) 心脏按摩法

除人工呼吸法外，还有一种心脏按摩法，即用人工的方法挤压心脏，代替心脏跳动，以达到血液循环的目的。凡是心脏停止跳动或只有不规则的颤动时（大动脉摸不到跳动或左胸听不到心音），应立即进行此法。具体操作步骤如下：

①触电者伸直仰卧，姿势与人工呼吸法相同，但后背着地必须结实（如硬地、木板等）。

②救护者位于触电者一边，最好能骑跨在触电者的腰部。

③救护者将一手的掌根按置于触电者胸骨下端，中指指尖置于颈部凹陷的边缘，掌根所在的部位即为正确压区，见图 1-13。然后将另一只手叠于其上，自上向下均衡地用力挤压胸骨下端，使其下陷 3~4cm 左右。

④然后突然放松挤压（要注意：手掌不能离胸），依靠胸部的弹性自动恢复原状。

按照上述步骤，连续不断地进行操作，每分钟约 60 次，即

每秒钟 1 次。挤压时定位须准确，压力要适当（对小孩用一只手挤压就可以）。

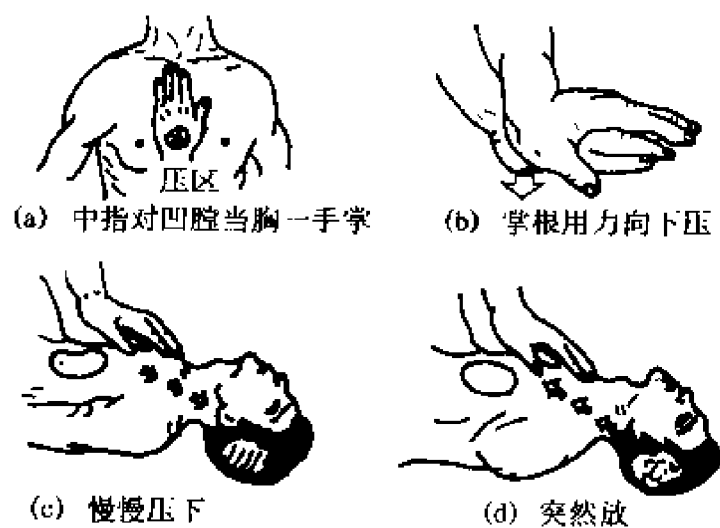






图 1-13 心脏按摩法

2-1 测量仪表的分类






2-1-1 分类

测量仪表种类繁多。其分类也不一样,一般分类按以下方法:仪表的精度、仪表外形尺寸、使用方式、工作原理等等。下面介绍按工作原理分类的各类仪表,见表 2-1。

表 2-1 按工作原理分类的测量仪表

性能 分类 名称	标志符号	符 号	测 量 范 围			制成仪表类型
			工作 电 流 (A)	电 压 (V)	频 率 (Hz)	
磁 电 系		C	直 流 10^{-11} $\sim 10^2$	10^{-3} $\sim 10^3$		电流表、电压表、 欧姆表、兆欧表、检 流计、钳形表
电 磁 系		T	交 直 流 10^{-3} $\sim 10^2$	$1 \sim 10^3$	一 般 用 于 工 频, 可 扩 到 5×10^3	电流表、电压表、 频率表、功率因数 表、同步表、钳形表
电 动 系		D	交 直 流 10^{-3} $\sim 10^2$	$1 \sim 10^3$	一 般 用 于 工 频,有 的 可 达 10×10^3	电流表、电压表、 功率表、功率因数 表、同步表
铁 磁 电 动 系		D	交 直 流 10^{-7} $\sim 10^2$	10^{-1} $\sim 10^3$	一 般 用 于 工 频	电流表、电压表、 功率表、频率表、功 率因数表









(续表)

性能 分类名称	标志符号	符 号	工 作 电 流	测 量 范 围			制 成 仪 表 类 型
				电 流 (A)	电 压 (V)	频 率 (Hz)	
静 电 系		Q	交 直 流		10~ 5× 10 ⁸	可 达 10 ⁸	电 压 表、象 限 计
感 应 式		G	交 流	10 ⁻¹ ~10 ²	10 ¹ ~10 ³	用 于 工 频	主 要 作 为 电 度 表
热 电 系		E	交 流	10 ⁻³ ~10 ³	10~ 10 ³	小 于 10 ³	电 流 表、电 压 表、 功 率 表
整 流 系	有效值 	L	交 流	10 ⁻⁵ ~10 ³	10 ⁻³ ~10 ³	一 般 用 于 工 频, 有 的 可 达 5×10 ³	万 用 表、电 流 表、 电 压 表、欧 姆 表、功 率 因 数 表、频 率 表
电 子 系	平均值 	Z	交 直 流		5× 10 ⁸ ~5× 10 ²	一 般 为 10 ⁶ ~10 ⁸	电 压 表、阻 抗 表

2-1-2 测量仪表的表面符号

电工测量仪表的面板上标志各种符号，是表明仪表的基本技术特性。常用的仪表表面符号，见表 2-2。












表 2-2 常用的仪表表面符号

符 号	名 称	符 号	名 称
测量单位的符号		电表和附件工作原理的符号	
A	安培		磁电系仪表
mA	毫安		磁电系比率表
μA	微安		
kV	千伏		电磁系仪表
V	伏特		
mV	毫伏		电磁系比率表
kW	千瓦		
W	瓦特		电动系仪表
kvar	千乏		
var	乏尔		电动系比率表
kHz	千赫		
Hz	赫兹		铁磁电动系仪表
M Ω	兆欧		
k Ω	千欧		铁磁电动系比率表
Ω	欧姆		
$\cos\varphi$	功率因数		
$\sin\varphi$	无功功率因数		
mWb	毫韦伯		
μF	微法		
pF	微微法 (皮法)		
mH	毫亨		
μH	微亨		
$^{\circ}\text{C}$	摄氏温度		












(续表)

符 号	名 称	符 号	名 称
	感应系仪表		外附定值分流器 75mV
	静电系仪表		外附定值附加电阻器 7.5mA
	振簧系仪表	电流种类及不同额定值标注的符号	
			直流
	热电系仪表 (带接触式热变换器和磁电系测量机构)		交流 (单相)
	整流系仪表 (带半导体整流器和磁电系测量机构)		直流和交流
	电子管变换器		三相交流
	附加电阻器	$U_{\max} = 1.5 U_H$	最大容许电压为额定值的 1.5 倍

(续表)

符 号	名 称	符 号	名 称
$I_{max} = 2I_H$	最大容许电流为额定值的 2 倍		标度尺位置为水平的
R_d	定值导线		标度尺位置与水平面倾斜成一角度, 例如 60°
绝缘强度的符号			
$\frac{I_1}{I_2} = \frac{500}{5}$	接电流互感器 500:5A		不进行绝缘强度试验
$\frac{U_1}{U_2} = \frac{3000}{100}$	接电压互感器 3000:100V		绝缘强度试验电压为 500 伏
准确度等级的符号			
1.5	以标度尺量限百分数表示的准确度等级, 例如 1.5 级		绝缘强度试验电压为 2 千伏
	以标度尺长度百分数表示的准确度等级, 例如 1.5 级	端钮、转换开关、调零器和止动器的符号	
	以指示值的百分数表示的准确度等级, 例如 1.5 级		正端钮
工作位置的符号			负端钮
	标度尺位置为垂直的		公共端钮 (多量限仪表和复用电表)

(续表)

符 号	名 称	符 号	名 称
	交流端钮		II级防外磁场及电场
	接地用端钮(螺 钉或螺杆)		III级防外磁场及电场
	调零器		IV级防外磁场及电场
止	止动器	不标注	A组仪表(工作环境 温度为 $0\sim+40^{\circ}\text{C}$)
	止动方向		B组仪表(工作环境 温度为 $-20\sim+50^{\circ}\text{C}$)
电表按外界条件分组的符号			
	I级防外磁场 (例如磁电系)		C组仪表(工作环境 温度为 $-40\sim+60^{\circ}\text{C}$)
	I级防外电场 (例如静电系)		

2-2 电工测量仪表的技术指标

2-2-1 准确度

仪表在规定条件下工作时，在它的标度尺工作部分的全部分度线上，可能出现的基本误差，称为仪表的准确度。各准确度等级的基本误差不应超过表 2-3 内的规定。

表 2-3 仪表准确度与基本误差

准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
基本误差 (%)	±0.1	±0.2	±0.5	±1.0	±1.5	±2.5	±5.0

2-2-2 灵敏度

在测量过程中被测量变化值 (Δx) 与仪表指针偏转角的变化量 (Δa) 之比，称为仪表的灵敏度。其表达式为：

$$S = \Delta a / \Delta x$$

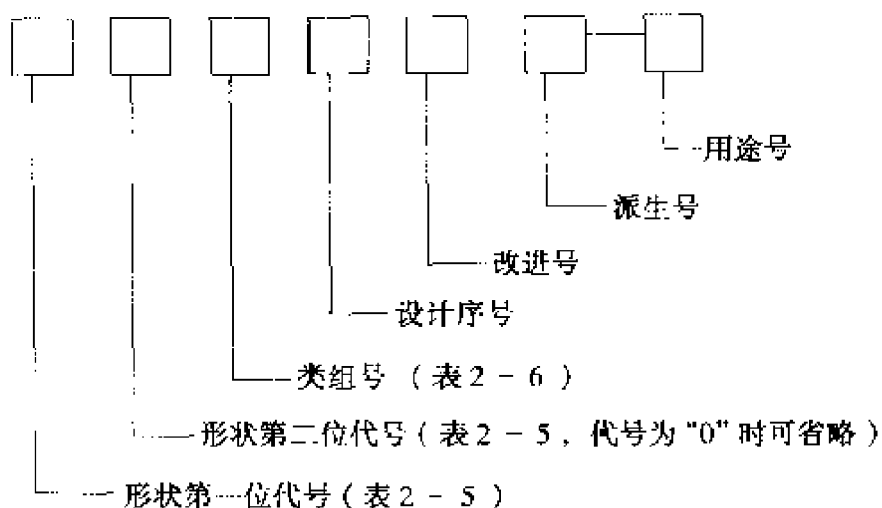
2-2-3 误差

不论仪表的质量如何，它的指示值与被测量的实际值总是有误差的。因此“误差”是衡量仪表准确性的标准，其表达式，见表 2-4。

表 2-4 误差及其表达式

误差	定义	表达式
绝对误差	指示值 A_x 与实际值 A_0 的代数差，用 Δ 表示	$\Delta = A_x - A_0$
相对误差	绝对误差与实际值 A_0 之比的百分数，用 γ 表示	$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} 100\%$
引用误差	绝对误差与仪表测量上限 A_m 之比的百分数，用 γ_m 表示	$\gamma_m = \frac{\Delta}{A_m} 100\%$

2-3 开关板指示电表的型号



开关板指示电表的型号示例：

1T9-A 表示电磁系电流表。其中 1 为形状第一位代号；形状第二位代号为零，型号中略去不写；T 表示电磁系电工仪表；9 为设计序号；A 为用途号，表示电流表。

12C1-V 表示磁电系电压表。其中 12 表示形状第一位代号为 1，形状第二位代号为 2；C 表示磁电系电工仪表；1 为设计序号；V 为用途号，表示电压表。

1D5-W 表示电动系功率表。其中 1 为形状第一位代号；D 表示电动系电工仪表；5 为设计序号；W 为用途号，表示功率表。

表 2-5 开关板指示电表形状特征代号
(电表外形尺寸按 GB1242-76 的规定)


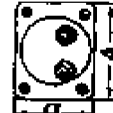



电表外形形状		形状第二位代号(按外壳形状特征)									
		0	1	2	3	4	5	6	8	9	
形状第一位代号(按正面积最大尺寸)  I型  II型  III型  IV型  V型	1	160×160 -B×B III型	160×130 -D II型	160×160 -D I型	160×80 -B×B ₁ IV型						
	2	240×240 -B×B III型	240×200 -D II型	240×240 -D I型	240×120 -B×B ₁ IV型						
	3	320×320 -B×B III型	320×260 -D II型	320×320 -D I型	320×160 -B×B ₁ IV型						
	4		120×120 -B×B III型	120×40 V型	120×80 -D II型	120×120 -D I型	120×60 -B×B ₁ IV型	100×30 V型			
	5								120×100 -D II型		
	6		80×80 -B×B III型	80×60 -D II型	80×80 -D I型				80×25 V型		
	8		60×60 -B×B III型			60×60 -D I型			60×20 V型	50×16 V型	
	9		40×40 -B×B III型	40×40 -D I型	30×30 -D I型	10×10 -D I型	40×32.5 -D II型	30×12 V型	40×14 V型	20×10 V型	

表 2-6 电工仪表产品型号类组表

类别代号 组别代号	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	P	Q	R	S	T	U	X	Z	Y
指示电表		谐振 (振簧)	磁电	电动	热电		感应				整流	补偿	静电	热敏	双金属	电磁	光电		电子	其余
D 电度表	安培 小时计	标准		单相		伏特 小时计		总耗	直流		打点 记录				三相 三线	三相 四线		无动	最高 需量	其余
M 各种(专用) 仪表						万用 表 复 用 表	钳形 表				整流				交流				组合 (成套 仪表)	其余
H 仪用互感器					检验 装置	放大 器			电压		电流									其余
C 测磁仪器		比较 装置	冲击 装置	磁导 计	测定 仪	测量用 线圈		铁损 计	磁力 计		测量 装置				退磁 装置	磁通 计			校验 装置	其余
L 自动记录 电表			磁电	电动						自动 控制			桥式			动铁	电位 差计		电子	其余
A 微电计		谐振	磁电																电子	其余
Z 电阻度量			欧姆 表															电阻 箱	电阻	其余
Q 电桥						复 用			直 流						交 流					其余
R 电容度量						法 拉 计												电 容 箱		其余

(续表)

类别代号 组别代号	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	P	Q	R	S	T	U	X	Z	Y
G 电感度量								亨利计										电感箱		其余
B 标准度量			电池				自感互感							电容	电阻 时间 常数	时间			电阻	其余
K 自动控制 仪器			磁电										桥式				电位 差计		电子	其余
U 电位卷计									直流						交流				电子	其余
S 示波器			磁电																	其余
J 遥测电表			磁电	电动							整流								电子	其余
P 数字电表			欧姆表			检验 装置						频率表						相位表	伏特表	其余
X 校验装置						复用														其余
F 附件配件			振动子	电阻 元件、 电阻 温度计	热电 偶、 热电 堆	复用	光照 设备	热电 变换 器	分压 器、 倍率 器、 附加 电阻	开关	分流 器、 分流 箱				传送 器				整流 器	其余
Y 其余															交流					其余

2-4 万用表

万用表也称复用表、万能表，是一种多量程、多用途的维护检修常用仪表。万用表的结构型式是多种多样的。表面上的开关、旋钮的布局也各有差异；其指示有指针式和数字式。

一般的万用表可测量电阻、直流电流、直流电压和交流电压。有些万用表还设置了可测量交流电流、功率、电感、电容、音频电平和晶体三极管部分参数的测试。

2-4-1 万用表的工作原理和实际电路

万用表的简化工作原理图，见图 2-1。通过转换开关位置的改变，可以构成不同的测量线路。如转换开关转到电流挡 (mA)，就可测量直流电流值。其实际测量电路，见图 2-2。图中 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 为分流电阻，其作用是扩大直流电流量程的。转换开关在位置 1 时，量程最小，转换开关依次置于 2、3、4 时，其量程将不断扩大。这样就可实现不同范围的直流电流的测量。

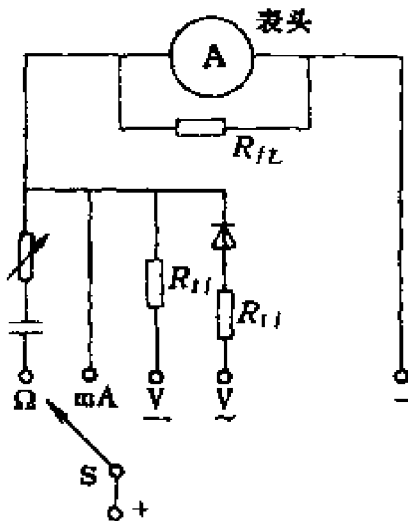


图 2-1 万用表的工作原理简图

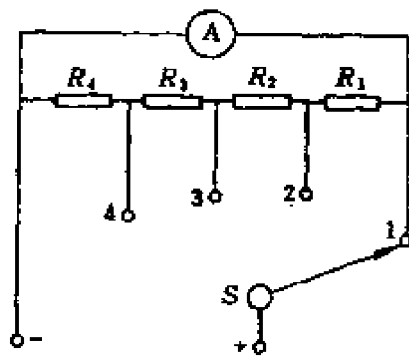


图 2-2 万用表测量直流电流的实际线路

当转换开关转到直流电压挡 (\underline{V}) 时, 这时可测量直流电压。其实际测量电路, 见图 2-3。在图中, R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 为附加电阻, 为扩大电压量程而设的。当转换开关由位置 1 依次转到 2、3、4 时, 电阻值不断减小, 其测量电压的量程也随之减小, 这样就可得到不同范围的直流电压的量程。

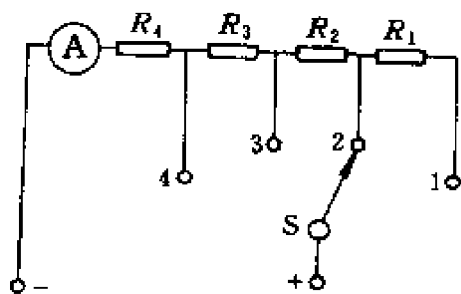


图 2-3 万用表测量直流电压的实际线路

当转换开关转到交流电压挡 (\overline{V}) 时, 在线路中接入一个桥式整流器, 见图 2-4。其作用是将交流经过整流之后, 变为直流。表头指针所指的, 即是交流电压值。其他测量方法同直流电压。

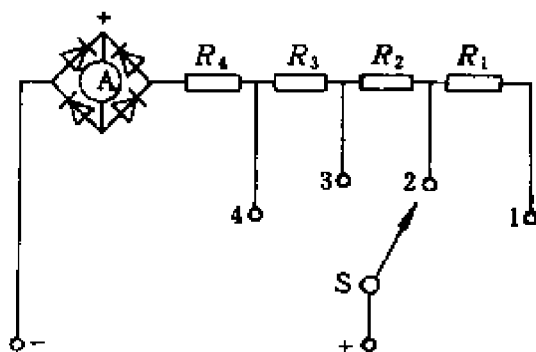


图 2-4 万用表测量交流电压的实际线路

当转换开关转到电阻挡 (Ω) 时, 可测量电阻值。实际测量电路, 见图 2-5。测量电阻时, 线路中应有电流流通, 表头指针方能偏转, 因此, 线路中 E 为万用表的内部电压 (干电池), 线路中 R_S 为被测电阻, R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 为可转换电阻, 是为扩大量程而设的。当转换开关置于 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 等不

同位置时，可实现不同范围的测量量程。

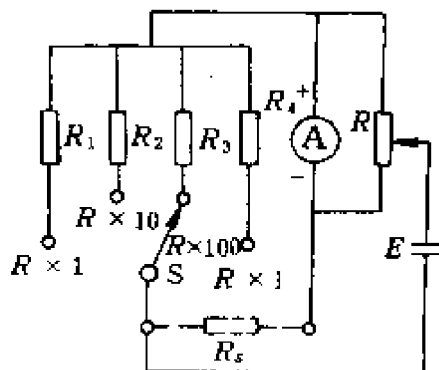


图 2-5 万用表测量电阻的实际线路

图 2-6 是一种简单的袖珍万用电表线路。它具有直流电流测量挡、直流电压测量挡、交流电压测量挡、直流电阻测量挡以及晶体管 h_{FE} 的测定。

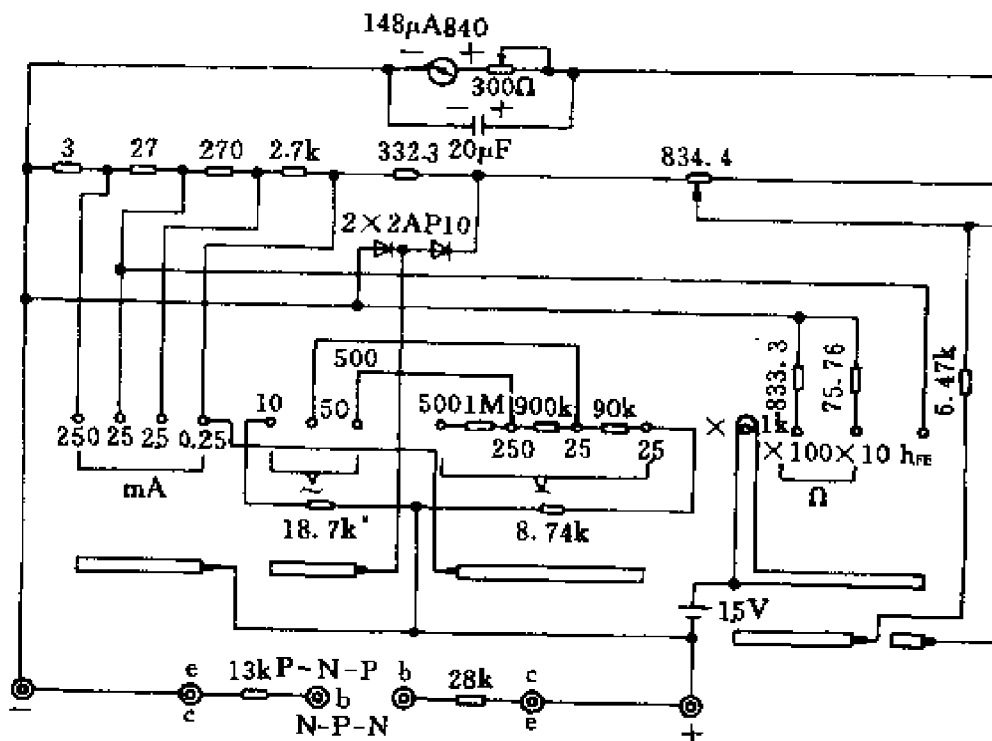


图 2-6 MF52 型万用电表接线线路图

2-4-2 万用表的使用注意事项

(1) 在使用万用表进行测量之前, 首先检查表头指针是否对准零位。如不在零位应调整到零位; 尔后再检查测试棒插接位置, 一般红色表笔应插接在表面标有“+”符号孔内, 黑色笔插接在“-”符号孔内。

(2) 万用表挡位的选择应根据测量对象而定。有的万用表的表面上有两个量程转换开关, 使用这类万用表, 应先把电压或电流或电阻定在对应被测的位置。然后再把量程转换开关定到适当范围。转换开关不能弄错, 否则, 将会损坏万用表, 如测电压时, 错将转换开关拨到电流挡或电阻挡, 这是绝对不允许的。

(3) 在测量电流或电压时, 如果对被测量的量大小不清楚, 应将量程放在最高挡, 以防指针打坏, 然后再拨到合适的量程上, 但在变换开关时, 应将被测物断开。

(4) 测量直流电压或直流电流时, 应注意被测量的极性, 表笔的正(红)负(黑)应与被测电路正、负端相对应。

(5) 测量电流时, 应将万用表串联在被测电路中; 测量电压时, 应将万用表并联在被测电路中。

(6) 测量电阻时, 先选择适当的倍率挡, 然后将两表笔短接, 调节“调零”旋钮, 使指针指在零位, 在测量电阻时, 应断开被测电路电源, 不允许带电测量电阻。更不允许使用万用表的电阻挡直接测量微安表头、检流计, 标准电池等的内阻。

(7) 测量高电压时, 要注意人身和设备的安全。电路中若有大容量电容时, 应事先放电, 以免触电。万用表不用时, 应将转换开关放在交流电压最高一挡或者放在空挡上, 以免别人误用, 损坏万用表。

(8) 测量晶体管参数时, 要选用低压高倍率挡, 如 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡为宜。

2-4-3 万用表常见故障及其原因

万用表常见故障及其原因, 见表 2-7。

表 2-7 万用表常见故障及其原因

故障位置	故障现象	可能原因
表头	摇动表头，指针摆动不正常	<ol style="list-style-type: none"> 1. 支撑部位卡住 2. 游丝绞住 3. 机械平衡不好 4. 表头线断开或分流电阻断开
直流电流挡	无指示	<ol style="list-style-type: none"> 1. 表头被短路 2. 表头线圈脱焊或动圈断路 3. 表头串联电阻损坏或脱焊 4. 分挡开关未接通
	各挡测量值偏高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 与表头串联的电阻值变小 2. 分流电阻值偏高或断开
	各挡测量值偏低	<ol style="list-style-type: none"> 1. 表头灵敏度降低 2. 与表头串联的电阻值变大
直流电压挡	无指示	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电压部分开关公用接点脱焊 2. 最小量程挡附加电阻断线或损坏
	某量程挡不通，其他挡通	转换开关接触不好，或接触点与该挡附加电阻脱焊
	小量程误差大，随量程增大误差变小	小量程的附加电阻有故障
	某量程显著不准确，该挡前各挡正常，该挡后随量程增大，误差变小	该挡附加电阻有故障
交流电压挡	指针轻微摆动或指示极小	整流器可能被击穿
	读数小一半左右	部分整流元件损坏，全波整流变成半波整流

(续表)

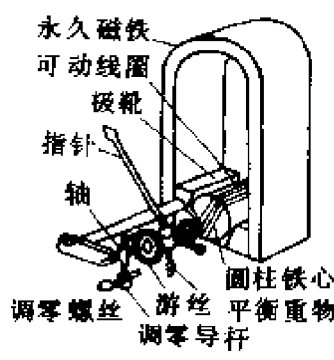
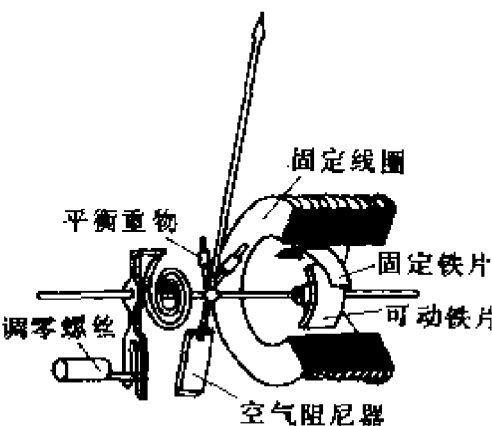
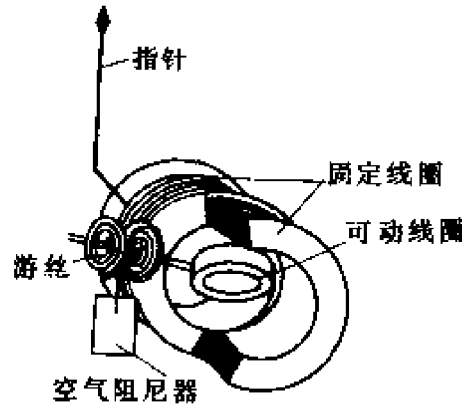
故障位置	故障现象	可能原因
电阻挡	无指示	1. 转换开关公共点引线断开 2. 调零电位器中心焊点引线断焊 3. 电池无电压输出
	正负表笔短路, 指针调不到零	1. 电池容量不足 2. 串联电阻值变大 3. 转换开关接触电阻增大
	调节零时, 指针跳跃不稳	调零电位器接触不良
	某量程不通或误差很大	1. 转换开关接触点接触不良 2. 串联电阻断开 3. 该挡分流电阻有故障 4. 该挡电池或其串联电阻有故障

2-5 电流表和电压表

2-5-1 电流表和电压表工作原理及其结构

电流表和电压表都是用来测量电流和电压的常用仪表。电流表和电压表由于其工作原理和结构不同又分为：磁电系、电磁系和电动系三种类型。不管哪种类型的电压表和电流表在一个电路中，所测得的数值均一样。三种类型电流表和电压表的原理结构，见表 2-8。

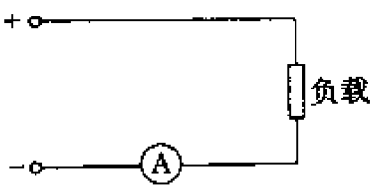
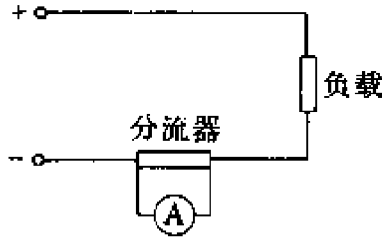
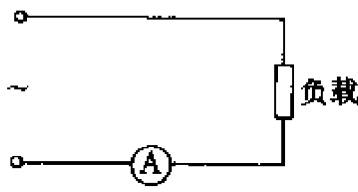
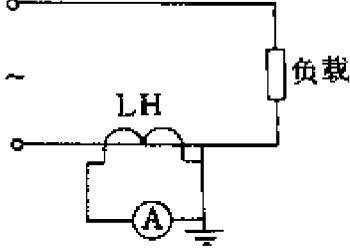
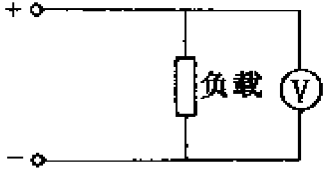
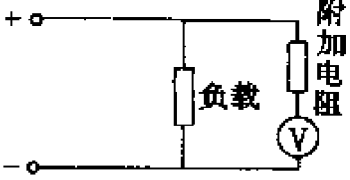
表 2-8 电流表和电压表的原理结构

类型	工作原理	结构图
磁电系	<p>当被测电流通过可动线圈时，线圈产生的磁场与永久磁铁的磁场相互作用，产生转动力矩，带动仪表指针偏转。当偏转力矩与游丝反作用力矩平衡时，指针停止转动，指示出被测值</p>	
电磁系	<p>在线圈内有一块固定铁片和一块装在转轴上的动铁片，当线圈中有被测电流通过时，两铁片同时被磁化并呈现同一极性，根据同性相斥的原理，动铁片便带动转轴一起偏转。在与游丝的反作用力矩平衡时，便获得读数</p>	
电动系	<p>仪表由可动线圈和固定线圈所组成，当两线圈通有电流后，由于载流导体磁场间的相互作用而使可动线圈偏转，当与游丝反作用力矩平衡时，便获得读数</p>	


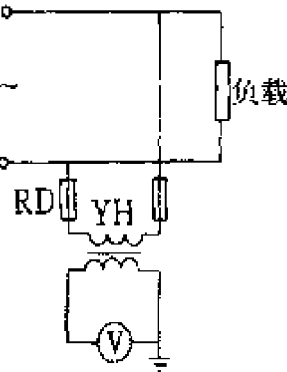
2-5-2 电流表和电压表的连接方法

电流表和电压表的测量机构基本相同，只是接入测量线路时，其方式根本不同，电压表测量电压时，要并联在被测电路上；电流表测量电流时，要串联在被测电路上。具体接法，见表 2-9。

表 2-9 电流表和电压表的连接方法

测量内容	接 线 图	
直流电流	 <p style="text-align: center;">直接接入</p>	 <p style="text-align: center;">带分流器接入</p>
交流电流	 <p style="text-align: center;">直接接入</p>	 <p style="text-align: center;">带电流互感器接入</p>
直流电压	 <p style="text-align: center;">直接接入</p>	 <p style="text-align: center;">带附加电阻接入</p>

(续表)

测量内容	接线图
交流电压	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>直接接入</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>带电压互感器接入</p> </div> </div>

2-5-3 电流表和电压表使用注意事项

无论哪种类型的电流表和电压表使用时，都应注意以下几点：

(1) 搬运、安装或拆卸仪表时，都应小心，轻拿轻放，不准带电安装或拆卸仪表（应事先切断电源），以免发生事故。

(2) 安装电表之前，应检查电路上电压或电流大小，然后，选用电表的量程，此量程一般以被测量的1.5~2倍为宜。

(3) 电表的引线必须适当，要能负担测量时的负荷而不致过热，并且也不能产生很大的压降而影响电表的读数。

(4) 电表的指针应定期作零位调整。

(5) 电表应定期用干布揩拭，保持清洁。

以上注意事项同样适用于其他指针式开关板电工仪表。

(6) 测量电流时，电流表应与被测电路串联；测量电压时，电压表应与被测电路并联。测量直流电流或直流电压时，应特别注意电表的“+”极接线端钮与电源“+”极相连接，将电表的“-”极接线端钮与电源“-”极相连接。

2-6 电度表

电度表是用来测量电能的电工仪表。电度表分为单相电度表和三相电度表两种。在三相电度表中又有二元件和三元件两种，前者用于三相三线制系统，后者用于三相四线系统。

2-6-1 电度表的工作原理及其结构

电度表采用感应系测量机构，其原理结构见图 2-7。它由电压线圈、电流线圈、铝转盘、制动磁铁和计数机构等组成。当交流电流流过电压线圈和电流线圈时，在铝转盘上便感应产生涡流。该涡流与交变磁通相互作用，产生电磁力，从而推动铝转盘转动，铝盘在转动时与制动磁铁相互作用，产生制动力。当转动力矩和制动力矩平衡时，铝转盘以稳定的速度转动。铝转盘的转数与被测电能大小成正比，电厂发出的电能或用户消耗的电能越大，其转数越快，因此，感应系仪表能测量电能。

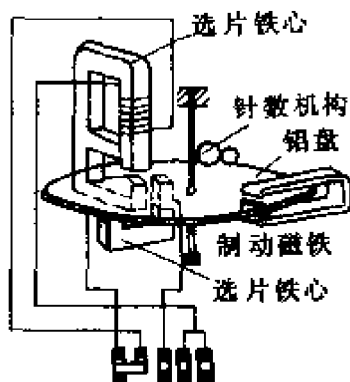
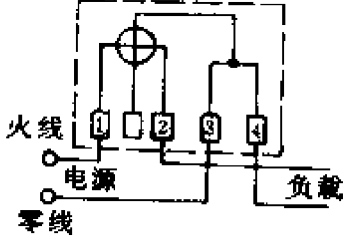
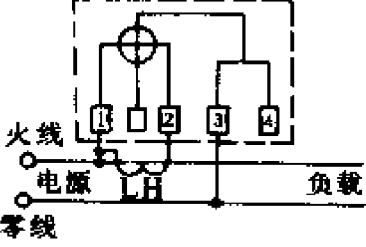
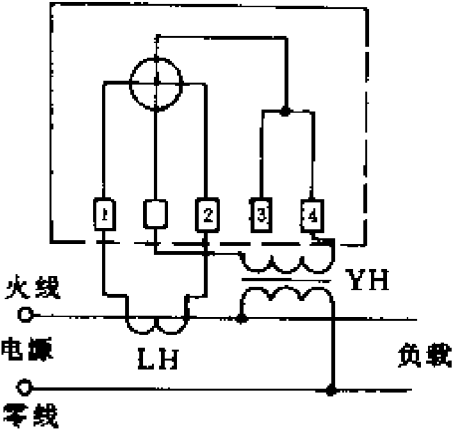


图 2-7 电度表的原理结构图

2-6-2 电度表的接线方法

电度表测量电能时，由于电源相数不同，其接线方法也不同，有单相、三相三线制、三相四线制等不同接线方式。其具体接线方式，见表 2-10。

表 2-10 电度表接线方式

测量内容	接线图
单相电度表	<p>(1) 跳入式接线</p> 
单相电度表	<p>(2) 顺序式接线</p> 
	<p>(3) 带有电流互感器的接线</p> 

(续表)

测量内容	接线图
三相三线电度表	
三相四线电度表	

用三块单相电度表组合一起，可测量三相四线制电路的电量，接线方式，见图 2-8。

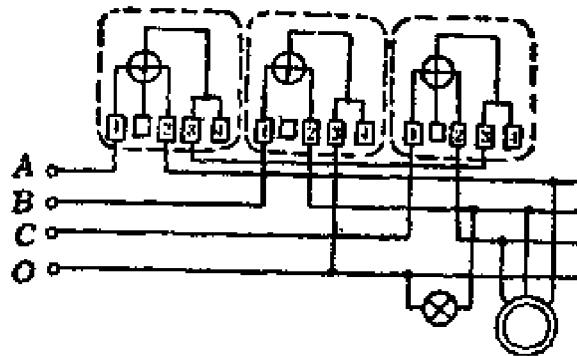


图 2-8 用三块单相电度表测量三相四线制接线图

2-6-3 电度表的使用注意事项

(1) 电度表在使用时，不容许电路经常短路或负载超过额定值的 125%。

(2) 电度表的简易校验, 可用下式计算:

$$S = \frac{n}{WK} \times 36 \times 10^4$$

式中 S ——电度表铝盘每旋转 n 转时, 所需要的时间 (s);

W ——白炽灯灯泡的瓦数 (W);

K ——电度表的常数 (表盘上有标注) (转/kW·h);

n ——电度表铝盘的转数。

例如, 预测一只 2.5A 单相电度表, 先用一只 25W 白炽灯泡接在电路中, 用秒表测铝转盘转动 5 转所需的时间, 为 300s, 再从电度表盘上查得 K 值为 2400 转/kW·h。代入上式, 可得: 300s。计算结果与实际测得结果相符, 证明这只电度表准确, 可用。

(3) 选用电度表时, 应根据负载大小而定。

(4) 当电路中没有负载时, 铝转盘应静止不动, 否则应检查线路, 找出原因。

2-6-4 常用单相电度表的技术数据

常用单相电度表的技术数据, 见表 2-11。

表 2-11 常用单相电度表的技术数据

型号	准确度等级	额定电流 (A)	额定电压 (V)	线圈消耗功率 (W)	接入方式
DD1	2.5	1, 2.5, 5, 10 5.10 5.10	220 127 110	电压线圈: ≤ 1 电流线圈: ≤ 0.6	直接接入
		次级: 5 次级: 5	220, 127, 110 次级: 100		经互感器接入
DD5	2.0	3, 5, 10	220	电压线圈: ≤ 1.5	直接接入
DD10	2.0	2.5, 5, 10, 20, 30	220	—	直接接入
DD15	2.5	3, 5, 10	220	—	直接接入
DD16	—	1	220	—	直接接入

(续表)

型号	准确度等级	额定电流 (A)	额定电压 (V)	线圈消耗功率 (W)	接入方式
DD17	2.0	1, 2, 5, 10, 30, 60	220	电压线圈: ≤ 1.5 电流线圈 ≤ 2	直接或经电流互感器接入
DD18-2	2.0	1, 3, 5	220	电压线圈 ≤ 1.5	直接接入
DD20	2.0	2, 5, 10	220	-	直接接入
DD28	2.0	1, 2, 5, 10, 20, 40	220	电压线圈 ≤ 1.1 电流线圈 ≤ 0.6	直接接入

2-7 功率表

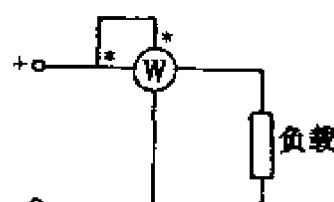
2-7-1 功率表的工作原理及其结构

功率表一般都采用电动系测量机构 (见表 2-8), 它与电动系电流表和电压表的区别, 在于定圈和动圈不是串联起来使用, 而是将定圈与负载电路串联, 动圈和附加电阻串联后, 再和负载电路并联。由于仪表指针偏转角度与负载电压和电流的乘积成正比, 故它能测量负载的功率。

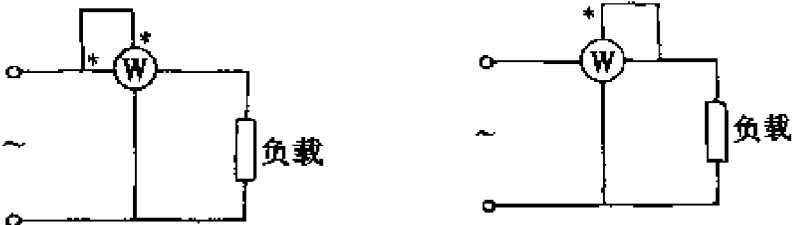
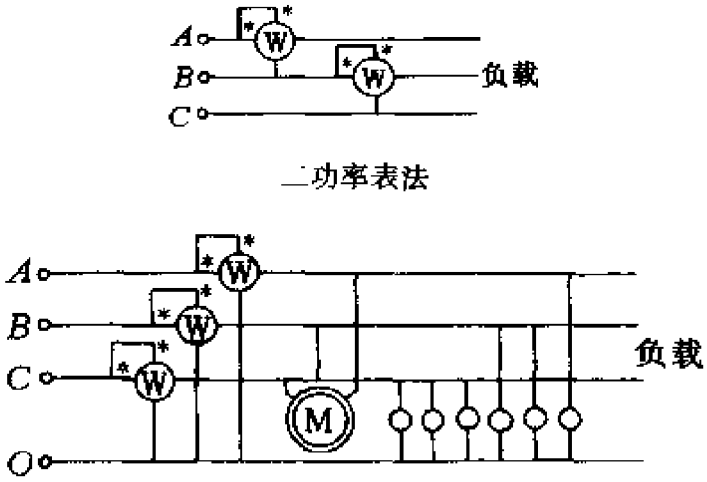
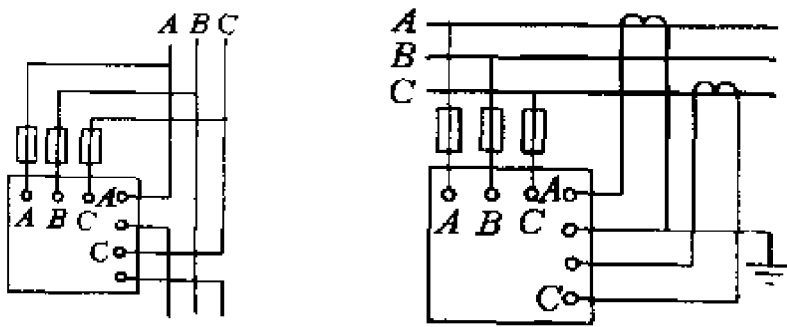
2-7-2 功率表测量功率的接线方法

功率表测量功率的接线方法见表 2-12。

表 2-12 功率表接线方法

测量内容	接线图
直流电路功率	

(续表)

测量内容	接线图
单相交流电路功率	
三相交流电路功率	<p>用单相功率表测量:</p>  <p>二功率表法</p> <p>三功率表法</p>
三相交流电路功率	<p>用三相功率表测量:</p> 

2-7-3 功率表使用注意事项

(1) 使用功率表时，应注意其电流和电压量限能容许所通过的负载电流和电压。

(2) 功率表的接线应遵守“发电机端”规则，否则不仅无法读数，还会损坏仪表。将表中标有“*”号的电流端钮接至电源端，另一端钮接至负载端；标有“*”号的电压端钮可接至任一电流端钮，但另一电压端钮则应该接至负载的另一端。见表2-13。

(3) 一般功率表只标注分格数，而不标注瓦特数。不同量限的表，每一分格都代表不同的瓦特数，称为功率表的分格常数，用 C (W/格) 表示。在测量时读得的偏转格数 a ，乘以相应的分格常数 C ，就等于被测功率的数值，其公式如下：

$$P = Ca \quad (\text{W})$$

(4) 如果使用电流互感器和电压互感器时，实际功率应为功率表的读数乘以电流互感器和电压互感器的变比值。

(5) 二功率表法和三功率表法的读数，即电路的总功率应为二只功率表或三只功率表的读数之和。

2-8 兆欧表

2-8-1 兆欧表的工作原理

兆欧表也称摇表、高阻计、绝缘电阻测定仪、麦格表等。兆欧表是测量高值电阻和电气设备绝缘电阻的仪表。常用的兆欧表是由一台手摇发电机和磁电系比率表组成，其工作原理见图2-9。由图中可见，被测电阻 R_x 一端接在兆欧表 L (“线”) 端，另一端接在 E (“地”) 端。同时与附加电阻 R_c 和动线圈 1 串联。流过动线圈 1 的电流 I_1 与 R_x 大小有关， R_x 与 I_1 变化成反比， R_x 越小， I_1 就越大，由 I_1 产生的力矩 M_1 也越大，根据比率计的原理，力矩 M_1 的大小与仪表指针偏转角有关，指针的偏转可

指示出被测电阻 R_x 的数值。可动线圈 2 的电流与被测电阻无关，它与磁场相互作用而产生的力矩 M_2 与 M_1 相反，相当于游丝的反作用力矩。

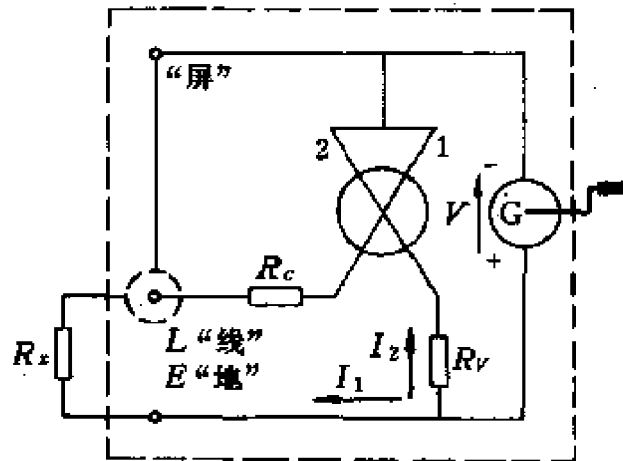


图 2-9 兆欧表工作原理图

2-8-2 兆欧表的使用注意事项

(1) 电压等级及测量范围的选择。对于额定电压在 500V 以下的电气设备，一般选用 500V 或 1000V 的兆欧表，额定电压在 500V 以上的电气设备，应选用 1000~2500V 的兆欧表。兆欧表的选择，见表 2-13。

表 2-13 兆欧表的选择举例

被 测 对 象	被测设备额定电压(V)	兆欧表额定电压(V)
线圈的绝缘电阻	500 以下	500
线圈的绝缘电阻	500 以上	1000
发电机线圈的绝缘电阻	380 以下	1000
电力变压器、发电机、电动机线圈的绝缘电阻	500 以上	1000~2500
电气设备绝缘电阻	500 以下	500~1000
电气设备绝缘电阻	500 以上	2500
瓷瓶母线刀闸绝缘电阻		2500~5000

选用兆欧表时还要注意，有些兆欧表的标尺不是从零开始，而是从 $1\text{M}\Omega$ 或 $2\text{M}\Omega$ 开始。这类兆欧表不宜用来测量低压电气设备的绝缘电阻，因为，这种电气设备的绝缘电阻值是小的，有可能小于 $1\text{M}\Omega$ ，因此，在兆欧表上得不到读数，易误认为其绝缘电阻值为零而得出错误结果。

(2) 使用兆欧表测量之前，必须将被测设备的电源切断，并进行短路放电，以确保人身和设备的安全。

(3) 兆欧表与被测设备连接的导线，应用单根线分开连接，不能用双股绝缘线或绞线。用来测量的导线不可与被测设备或地面接触，以避免导线绝缘不良而引起误差。

(4) 测量前应先将兆欧表进行开路 and 短路试验。若开路时，摇动发电机手柄后，此时，兆欧表的指针应指在“ ∞ ”的位置；若短路时，兆欧表的指针应指在“0”的位置。说明兆欧表完好，可以进行测量。

(5) 测量时，兆欧表应放置在平稳的地方，被测物体表面应干燥、清洁。摇动发电机时，应保持在每分钟 120 转左右为宜，待兆欧表指针稳定后，再进行读数，这样较为准确。

(6) 测量大电容的电气设备绝缘电阻（电缆、电容器等）时，在测定绝缘电阻后，应先将 L “线路” 连线断开，再降速松开手柄，以免被测设备向兆欧表倒充电而损坏兆欧表。

(7) 测量之后，被测物体应充分放电。

2-8-3 兆欧表常见故障、可能原因及处理方法

兆欧表常见故障可能原因及处理方法见表 2-14。

表 2-14 兆欧表常见故障及处理方法

常见故障	可能原因	排除方法
发电机发不出电或电压很低	<ol style="list-style-type: none"> 1. 绕组断线或其中一个绕组断线 2. 线路接头断线 3. 碳刷接触不好, 没有接触或碳刷磨损 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 重新绕线圈 2. 检查线路, 把断头重新焊牢 3. 调换碳刷, 或调整碳刷与整流环的接触面
发电机电压低, 摇动摇柄很重	<ol style="list-style-type: none"> 1. 发电机整流环片间有污物、有磨损碳粒或铜屑形成短路 2. 整流环击穿短路 3. 转子线圈短路 4. 发电机并联电容击穿 5. 内部线路短路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 把转子拆下, 用竹片清除片间污物和用汽油清洗 2. 修理或更换整流环 3. 重绕转子线圈 4. 调换电容 5. 清除线路短路处
指针不能转动或转动时有卡住现象(或有轻微卡住现象)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 仪表可动线圈框架内部铁心松动, 造成铁心与线圈相碰 2. 线圈内部的铁心与极掌之间有铁屑、灰尘等杂物 3. 由于导丝变形, 在线圈转动时, 导丝与某些固定部分相碰 4. 线圈本身变形, 或上下轴尖位置有变动, 造成线圈与铁心、极掌相碰 5. 支撑线圈的上、下轴尖松动或脱落 6. 表盘有细毛和指针相碰, 线圈和铁心极掌间有细毛 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 固定铁心螺钉 2. 拆下表头内部, 进行清洗, 消除铁屑等杂物 3. 整形或配换导丝 4. 重整线圈和线框 5. 调整上、下轴尖, 固紧好宝石螺钉 6. 拆下表头, 消除掉铁心间和表盘上的细毛
指针指不到“∞”位置	<ol style="list-style-type: none"> 1. 导丝变质、变形、残余力矩变大 2. 发电机电压不足 3. 电压回路的电阻变质、数值增高 4. 电压线圈间短路或断线 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 修理或配换导丝 2. 修理发电机 3. 调换回路电阻 4. 重绕电压线圈
指针超过“∞”位置	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有无穷大平衡线圈的摇表可能该线圈短路或断路 2. 电压回路电阻变小 3. 导丝变形, 残余力矩比原来减小 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 重绕无穷大平衡线圈 2. 调换电压回路电阻 3. 修理或更换导丝

(续表)

常见故障	可能原因	排除方法
指针不指零位	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电流回路电阻变化, 即电阻增大后, 指针不到零位, 阻值减小, 指针超过零位 2. 电压回路电阻变化, 即阻值大, 指针超过零位, 阻值小, 指针不到零位 3. 导丝变质或变形 4. 电流线圈或零点平衡线圈有短路或断路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调换电流回路电阻 2. 调整电压回路电阻 3. 修理或配换导丝 4. 重绕电流线圈或零点平衡线圈

2-9 钳形表

钳形表是一种在不拆断电路的情况下, 可以随时测量电路中电流的携带式电工仪表。有的钳形电表还带有测电杆, 可用来测量电压。

2-9-1 钳形表的工作原理及其结构

钳形表的原理结构如图 2-10 所示。

测量交流电流的钳形表实质上由一个电流互感器和整流系仪表组成。被测导线相当于电流互感器的一次线圈, 绕在钳形表铁心上的线圈相当于电流互感器的二次线圈。当被测载流导线卡入钳口时, 二次线圈便感应出电流, 使指针偏转, 指示出被测电流值。

测量交、直流的钳形表实质上是一个电磁系仪表。当被测载流导线卡入钳口时, 导线产生的磁通在钳形表铁心中形成回路, 位于铁心缺口中间的电磁式测量机构受磁场的作用而偏转, 指示出被测电流值。

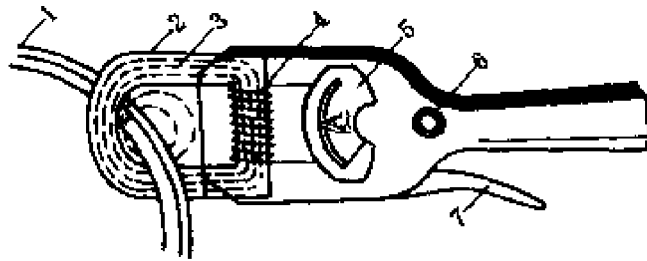


图 2-10 钳形表的结构图

1—载流导线 2—铁心 3—磁通 4—线圈
5—电流表 6—改变量程的旋钮 7—扳手

2-9-2 常用钳形表的型号及用途

常用钳形表的型号及用途，见表 2-15。

表 2-15 常用钳形表的型号及用途

型 号	用 途	型 号	用 途
MG4 MG24 MG26	测量交流电流、电压	MG27	为袖珍型；测量交流电流、电压和直流电阻
MG20 MG21	测量交、直流电流	MG28	测量交流电流、电压、直流电流、电压和直流电阻
		MG30	测量交流电流

2-9-3 钳形表的使用注意事项

(1) 正确选择量程。测量前应先将量程放在最高挡，然后，再视测量值来变换合适的量程。

(2) 测量电流时，被测载流导线应放在钳口的中央，钳口应闭紧，如测量时发现杂音，可把钳口重新开合一次。

(3) 测量小电流载流导线时，为了得到准确数值，可把载流导线多绕几圈再放入钳口。这时，实际的电流值应为表中的读数除以载流导线圈数。

(4) 钳形表不用时，应将量程转换开关放在最高挡，以免再次使用时，因误用而损坏钳形表。

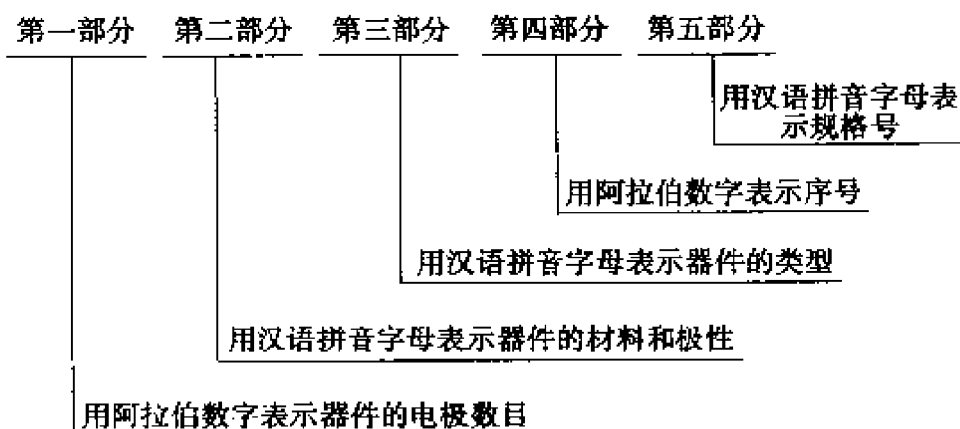
第三章

电子元器件

3-1 半导体分立器件型号命名方法

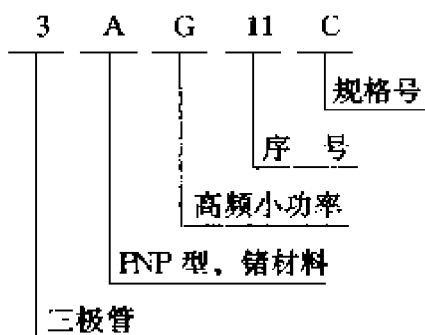
半导体分立器件型号命名方法是按照国家标准 GB249 - 89 《半导体分立器件型号命名方法》执行。其标准组成如下：

半导体器件的型号由五个部分组成：

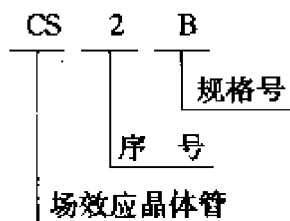


注：场效应器件、半导体特殊器件、复合管、PIN型管、激光器件的型号命名只有第三、四、五部分。

示例 1：锗 PNP 型高频小功率三极管



示例 2：场效应器件



具体型号组成部分的符号及其意义，见下表：

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分	第五部分
用阿拉伯数字表示器件的极数		用汉语拼音字母表示器件的材料和极性		用汉语拼音字母表示器件的类别		用阿拉伯数字表示	用汉语拼音字母表示规格号
符号	意义	符号	意义	符号	意义		
2	二极管	A	N型, 锗材料	P	小信号管		
		B	P型, 锗材料	V	混频检波管		
		C	N型, 硅材料	W	电压调整管和电压基准管		
		D	P型, 硅材料	C	变容器		
3	三极管	A	PNP型, 锗材料	Z	整流器		
		B	NPN型, 锗材料	L	整流堆		
		C	PNP型, 硅材料	S	隧道管		
		D	NPN型, 硅材料				
		E	化合物材料	K	开关管		
				X	低频小功率晶体管 ($f_a < 3\text{MHz}$, $P_c < 1\text{W}$)		
				G	高频小功率晶体管 ($f_a \geq 3\text{MHz}$, $P_c < 1\text{W}$)		
				D	低频大功率晶体管 ($f_a < 3\text{MHz}$, $P_c \geq 1\text{W}$)		
				A	高频大功率晶体管 ($f_a \geq 3\text{MHz}$, $P_c \geq 1\text{W}$)		
				T	闸流管		
				Y	体效应管		
				B	雪崩管		
				J	阶跃恢复管		
				CS ^①	场效应晶体管		
				BT	特殊晶体管		
				FH	复合管		
				PIN	PIN管		
				ZL	整流管阵列		
				QL	硅桥式整流器		
				SX	双向三极管		
				DH	电流调整管		
				SY	瞬态抑制二极管		

(续表)

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分	第五部分
用阿拉伯数字表示器件的极数		用汉语拼音字母表示器件的材料和极性		用汉语拼音字母表示器件的类别		用阿拉伯数字表示	用汉语拼音字母表示规格号
符号	意义	符号	意义	符号	意义		
				GS	光电子显示器		
				GF	发光二极管		
				GR	红外发射二极管		
				GJ	激光二极管		
				GO	光敏二极管		
				GT	光敏晶体管		
				GH	光耦合器		
				GK	光开关管		
				GL	摄像线阵器件		
				GM	摄像面阵器件		

①4CS表示双绝缘栅场效应晶体管

3-2 晶体二极管

晶体二极管也称做半导体二极管。半导体按导电类型不同,分为P型半导体和N型半导体两类。如果将P型和N型半导体组合在一起,其交界处就形成PN结,这个PN结加上相应的电极引线和管壳便组成了一个半导体二极管。P型区的引出线叫阳极(正极),N型区引出线叫阴极(负极)。

晶体二极管按结构形式可分为点接触型和面接触型两大类。

1. 点接触型二极管的内部结构如图3-1(a)所示。它是由一根很细的金属触丝和半导体晶片接触而构成PN结。因触丝很细,它与晶片接触面很小,允许通过的电流不大,其最大可通过正向电流为几十毫安以下。由于它的极间电容很小,工作频率可高达 $10^2 \sim 10^5$ MHz。因此该类型的二极管适用于小电流整流、检

波、限幅、鉴频及做计算机内的开关元件等。

2. 面接触型二极管的内部结构如图 3-1 (b) 所示。它是由两种不同类型的半导体以较大面积接触构成 PN 结。因 PN 结接触面积大, 允许通过较大的电流, 可从一百毫安至几百安。但它的极间电容较大, 工作频率较低, 一般工作在 100kHz 以下, 因此这种类型的二极管主要适用于整流。

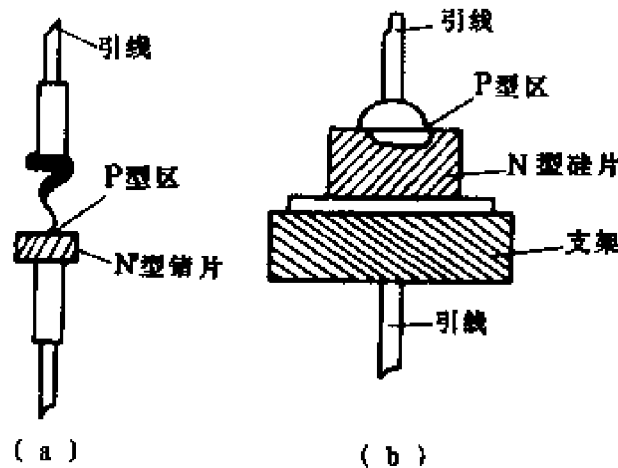


图 3-1 二极管内部结构

晶体二极管按其所用材料分类, 可分为锗二极管和硅二极管。按其用途分类, 可分为普通二极管、稳压二极管、整流二极管、开关二极管以及光电二极管等。

3-2-1 晶体二极管的特性

二极管最主要的特性是单向导电的特性, 这可以用二极管两端的电压与通过管子的电流之间的关系曲线——伏安特性曲线来表示, 如图 3-2。由图可见, 二极管的伏安特性曲线可分为正向导通区 (I 段) 即正向特性区、反向截止区 (II 段) 即反向特性区、反向击穿区 (III 段) 即反向击穿特性区三个区域 (三段)。

1. 正向特性

当二极管两端加的正向电压很小时, 管子不导通, 只有当正向电压大于一定值时 (对应曲线上 A 点, 此点电压称为死区电压), 管子才导通, 此后电流迅速增大, 见图 3-2 曲线 I 段。对

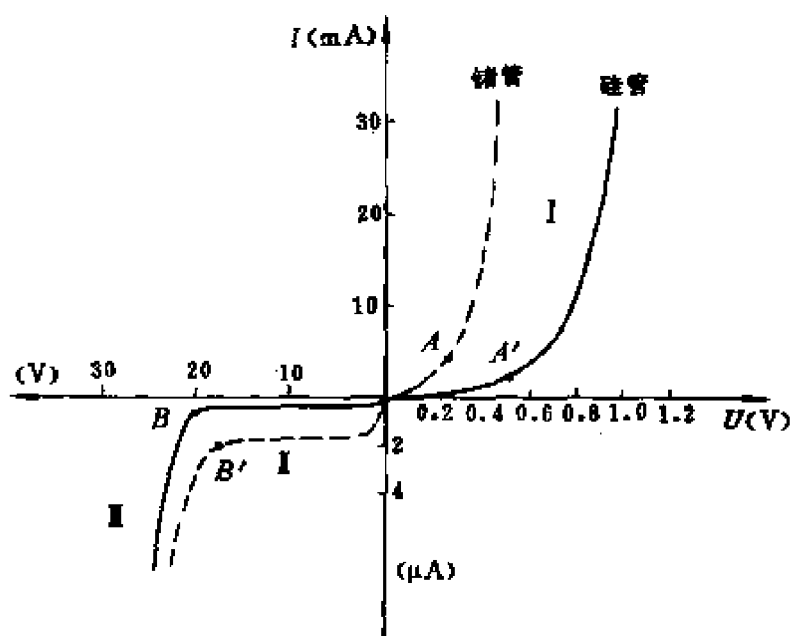


图 3-2 晶体二极管伏安特性曲线

于不同材料的死区电压是不同的，硅管约为 $0.5 \sim 0.7\text{V}$ 左右，锗管约为 $0.1 \sim 0.3\text{V}$ 左右。

2. 反向特性

二极管两端加反向电压时，反向通过管子的电流很小，而且当反向电压逐渐加大时，反向电流几乎保持不变，此时的电流称为反向饱和电流，见图 3-2 曲线 II 段。对于不同材料的二极管，反向饱和电流大小不同，硅管约为一至几十微安，锗管则可高达几百微安。另外，反向电流随温度的升高而增高。硅管的温度稳定性比锗管要好。

3. 击穿特性

当反向电压增加到某一值时（对应曲线的 B 点），反向电流会突然增加许多倍，将会产生大量的热，PN 结很容易被烧坏，这种现象称为反向击穿，见图 3-2 曲线 III 段。此时的反向电压称为反向击穿电压。对不同结构、工艺、材料制作的二极管，其反向击穿电压值差别很大，由一至几百伏，甚至高达几千伏。

3-2-2 晶体二极管的主要技术参数

1. 最大整流电流

在规定的散热条件下，二极管长期运行时，允许通过二极管的最大正向电流。

2. 最高反向工作电压

最高反向工作电压为反向击穿电压的 $1/2$ ，对小容量二极管，其最高反向工作电压为反向击穿电压的 $2/3$ 左右。

3. 反向电流

在给定的反向电压，通过二极管的反向电流值。它是二极管单向导电性能的一个重要指标。反向电流越小，单向导电性能越好。

3-2-3 晶体二极管的测试

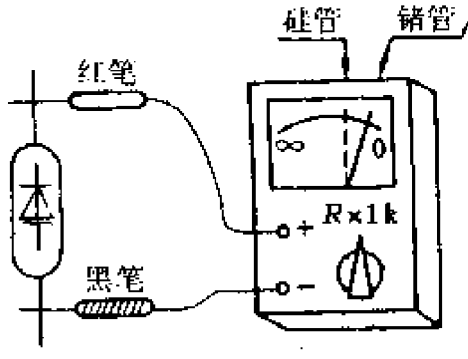
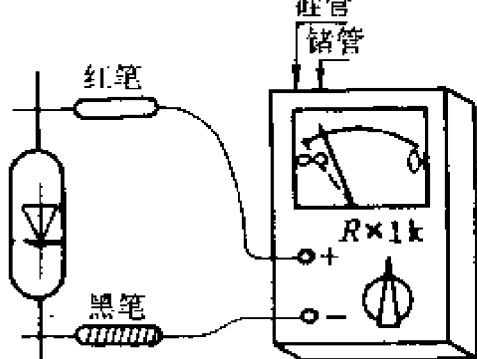
对于晶体二极管的极性判别，一般在管壳上注有图形标记，箭头指向的一端为阴极。如无标记，可用万用表电阻挡测量二极管的正向电阻来判别。

用万用表测量二极管时，一般使用 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 的电阻挡，将两个表笔分别接在二极管的两极。如果电表指示的电阻值较小（一般为 $100 \sim 1000\Omega$ ），则电表负端（一般为黑表笔）所接的为二极管正极，电表正端（一般为红表笔）所接的为二极管的负极。然后将二极管的二个极对调进行检验，此时测得的电阻值在几百千欧以上，那么说明前面的判断是正确的，而且管子的单向导电性能良好。

如果两次测得的电阻都很小，说明二极管反向短路，如果两次测得的电阻都是无穷大，说明管子已经断路，这两种情况都说明管子坏了不能使用。

晶体二极管简易测试方法见表 3-1。

表 3-1 晶体二极管简易测试方法

项目	正向电阻	反向电阻
测试方法		
测试情况	<p>硅管：表针指示位置在中间或中间偏右一点；</p> <p>锗管：表针指示位置在右端靠近满度的地方(如上图所示)，表明管子正向特性是好的。</p> <p>如果表针在左端不动，则管子内部已经断路</p>	<p>硅管：表针在左端基本不动，极靠近∞位置；</p> <p>锗管：表针从左端起动一点，但不应超过满刻度的 1/4(如上图所示)，则表明反向特性是好的。</p> <p>如果表针指在 0 位，则管子内部已短路</p>
极性判别	<p>万用表⊖端(黑表笔)连接二极管的阳极，因为⊖端与万用表内电池正极连接</p>	<p>万用表⊖端(黑表笔)连接二极管的阴极</p>

3-2-4 常用晶体二极管的技术数据

常用锗检波二极管的技术数据，见表 3-2。

常用硅普通二极管的技术数据，见表 3-3。

常用硅整流二极管的技术数据，见表 3-4。

常用小功率开关二极管的技术数据，见表 3-5。

常用晶体二极管外形图，见图 3-3。

表 3-2 常用锗检波二极管的技术数据

型 号	正向电流 I_F (mA)	反向工作电 压 V_R (V)	反向峰值 击穿电压 V_B (V)	反向直流 电 流 I_R (μ A)	最大整流 电 流 I_{OM} (mA)	截止频率 f (MHz)	外形图 (图 3-3)
2AP1	≥ 2.5	≥ 10	≥ 40		≥ 16	150	玻璃封装 EA 型
2AP2		≥ 25	≥ 45				
2AP3	≥ 7.5						
2AP4	≥ 5	≥ 50	≥ 75		≥ 16		
2AP5	≥ 2.5	≥ 75	≥ 110	≤ 200			
2AP6	≥ 1	≥ 100	≥ 150		≥ 12		
2AP7	≥ 5						
2AP8A	≥ 4	≥ 10	≥ 20	≤ 100	≥ 35		
2AP8B	≥ 6						
2AP9	≥ 8	≥ 10	≥ 20	≤ 200	≥ 5		
2AP10	≥ 8	≥ 20	≥ 30	≤ 40			
2AP11	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≤ 200	≥ 25	40	
2AP12	≥ 90				≥ 40		
2AP13	≥ 10	≥ 30	≥ 30	≤ 200	≥ 20	40	
2AP14	≥ 30				≥ 30		
2AP15	≥ 60	≥ 30	≥ 30	≤ 200	≥ 30	40	
2AP16	≥ 30	≥ 50	≥ 50		≥ 20		
2AP17	≥ 10	≥ 100	≥ 100		≥ 15		

(续表)

型号	正向电流 I_F (mA)	反向工作电压 V_R (V)	反向峰值 击穿电压 V_B (V)	反向直流 电流 I_R (μ A)	最大整流 电流 I_{OM} (mA)	截止频率 f (MHz)	外形图 (图 3-3)
2AP18-1	≥ 100	≥ 50	≥ 50	≤ 100	≥ 100	40	玻璃封装 EA型
2AP18-2	≥ 150	≥ 75	≥ 75		≥ 120		
2AP18-3	≥ 200	≥ 100	≥ 100		≥ 150		
2AP21	≥ 50	≥ 7	≥ 10	≤ 200	≥ 50	150	
2AP18-3	≥ 200	≥ 100	≥ 100		≥ 150		
2AP30C	≥ 2	≥ 10	≥ 20	≤ 50	≥ 5	400	
2AP30D			≥ 30	≤ 30			
2AP30E			≥ 35	≤ 11			
2AP31A			≥ 25	≤ 30			
2AP31B			≥ 35	≤ 30			
2AP34A	≥ 5	≥ 60	≥ 75	≤ 20	≥ 50		
2AP60	≥ 4	≥ 35	≥ 40	≤ 75			
2AP90	≥ 2	≥ 20	≥ 30	≤ 100			
2AP110	≥ 3	≥ 40	≥ 50	≤ 40			
2AP188	≥ 5	≥ 35	≥ 40	≤ 33			
2AP261	≥ 0	≥ 35	≥ 40	≤ 70			

表 3-3 常用硅普通二极管的技术数据

型 号	最高反向 工作电压 $V_R(V)$	额定正向 整流电流 $I_F(mA)$	正向电压降 $V_F(V)$	反向漏电流 $I_R(\mu A)$	外形图 (图 3-3)
2CP1A 2CP1 2CP2 2CP3 2CP4 2CP5 2CP1E 2CP1G	50 100 200 300 400 500 600 800	500	≤ 1	≤ 5 (25℃)	EE 型
2CP6 2CP6A 2CP6B 2CP6C 2CP6D 2CP6E 2CP6F 2CP10 2CP11 2CP12 2CP13 2CP14 2CP15	50 100 200 300 400 600 800 25 50 100 150 200 250	100	≤ 1	≤ 5 (25℃)	玻璃封装 EA 型
2CP23 2CP24 2CP25 2CP26	300 400 500 600	300	≤ 1.2	≤ 5 (25℃)	ED 型或 EL 型
2CP31D 2CP31E 2CP31F 2CP31G	200 250 300 350	250	≤ 1	≤ 5 (25℃)	EE 型

表 3-4 常用硅整流二极管的技术数据

型号	V_R (V)	I_F (A)	V_F (V)	I_R (μ A)	I_{FSM} (A)	T_{JM} ($^{\circ}$ C)	外形图 (图 3-3)
2CZ31	50~800	1	0.8	5	20	150	EM-1
2CZ32	25~800 50~1000	1.5		3	30		
2CZ33	50~600		1.2	0.93	10	80	130
2CZ37	600	EL-8					
2CZ52	25~400	0.1	0.7	1	2		EA-3
	25~800						
	50~1000						
2CZ53	25~400	0.3		5	6		ED-2
	25~800						
	50~1000						
2CZ54	25~800	0.5	1		10	150	EE
2CZ55	50~700	1			10		
	25~800						
	25~1000						
	25~1400						
2CZ58	100~2000	10	0.8	30	210	140	EG-1
2CZ59	25~1000	20		40	420		
	25~1400						
	100~2000						
2CZ82	25~800	0.1	1	5	2	130	EA-4
2CZ84	25~800	0.5	0.8		15		DO-15

(续表)

型号	V_R (V)	I_F (A)	V_F (V)	I_R (μ A)	I_{FSM} (A)	T_{JM} ($^{\circ}$ C)	外形图 (图 3-3)
2CZ84	100~1000	0.5	0.8	5	15	130	DO-15
2CZ85	100~600	1			30		DO-41
	25~1000		140	DO-27			
2CZ86	100~600	2	1.2	3	30	140	DO-27
2CZ87	100~600	3					
2DZ12	50~1400	0.1	1	5	2	150	ED2
2DZ13		0.3			6		
2DZ14		0.5			10		
2DZ15		1	20				
2DZ16		3	0.8	20	65	140	EF
2DZ17		5			105		

表 3-5 常用小功率开关二极管的技术数据

型号	反向击穿电 压 V_R (V)	最高反向 工作电压 V_{RM} (V)	最大正 向电流 I_{CM} (mA)	额定正 向电流 I_F (mA)	正向 压降 V_F (V)	反向恢 复时间 t_{rr} (ns)	额定功率 P_M (mW)	外形图 (图 3-3)
2AK1	30	10	≥ 150	-	≤ 1	≤ 200	-	EA 型
2AK2	40	20						
2AK3	50	30	≥ 200	-	≤ 0.9	≤ 150		
2AK5	60	40						
2AK6	70	50						
2AK7	50	30	-	≥ 10	≤ 1	≤ 150	50	
2AK9	60	40						
2AK10	70	50						

(续表)

型 号	反向击穿电压 V_R (V)	最高反向工作电压 V_{RM} (V)	最大正向电流 I_{OM} (mA)	额定正向电流 I_F (mA)	正向压降 V_F (V)	反向恢复时间 t_{rr} (ns)	额定功率 P_M (mW)	外形图 (图 3-3)
2AK11	50	30	≥ 250	-	≤ 0.7	≤ 150	50	EA 型
2AK13	60	40						
2AK14	70	50						
2AK15	40	12	-	≥ 3	≤ 1	≤ 150	50	EA 型
2AK16				≥ 10		30~80		
2AK17				45		≤ 120		
2AK18	50	30	≥ 250	-	≤ 0.65	≤ 100	50	EA 型
2AK19	60	40						
2AK20	70	50						
2CK70A~E	A ≥ 30 B ≥ 45 C ≥ 60 D ≥ 75 E ≥ 90	A ≥ 20 B ≥ 30 C ≥ 40 D ≥ 50 F ≥ 60	≥ 10	≥ 10	≤ 0.8	≤ 3	30	ET 型
2CK71A~E			-	≥ 20		≤ 4		
2CK72A~E			≥ 30	≥ 30		≤ 5		
2CK73A~E			≥ 50	≥ 50	≤ 5	50		
2CK74A~D			≥ 100	≥ 100		100		
2CK75A~D			≥ 150	≥ 150		150		
2CK76A~D			≥ 200	≥ 200	≤ 1	200		
2CK77A~D			≥ 300	≥ 260		≤ 10	250	
2CK78A~D			≥ 400	≥ 270				
2CK79A~D			≥ 500	≥ 280				
2CK80A~D			≥ 600	≥ 300				
2CK81A~D			≥ 700	≥ 320				

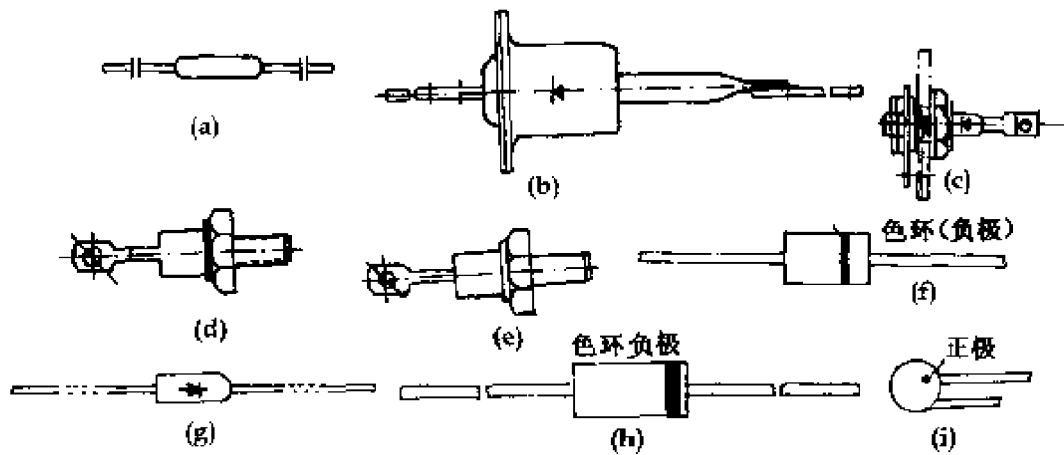


图 3-3 晶体二极管外形图

- (a)玻璃封装 EA 型 (b)FD 型 (c)EE 型 (d)EF 型
 (e)EG 型 (f)塑料封装 EL 型 (g)EM 型
 (h)塑料封装 DO 型 (i)ET 型

3-2-5 晶体二极管使用注意事项

(1) 使用晶体二极管时极性不能接错，由于器件结构和生产工艺不同，有时外形相同而极性却不相同。必须遵照器件管壳上的标记或出厂产品说明书，若无前二项则应用万用表判别其极性。

(2) 二极管在电路中承受的反向峰值电压和正向电流都不能超过管子的额定值。对于容性负载的线路，管子的额定整流电流应降低 20% 使用。对于有感性元件的电路，管子的反向工作电压应比线路工作电压大 2 倍左右使用，以保证使用的安全、可靠性。

(3) 二极管允许通过的正向电流受温度影响很大，使用时应注意散热的问题。大功率整流二极管应按说明书中的规定装置散热器，以保证散热。

(4) 二极管接入电路时，既要保证焊点可靠，防止虚焊，又要注意不使管子过热而损坏。焊点离管壳一般应大于 10mm，最好用 25W 以下的电烙铁，并用镊子夹住引线根部，焊接时间要

小于 5 秒，以免烫坏管芯。管子引出线弯曲处距离管壳应大于 5mm，防止引线齐根部折断或管壳破裂。

3-3 稳压二极管

稳压二极管是由硅材料做成的面接触型二极管，它在电子线路中能起到稳定直流电压的作用。

3-3-1 稳压二极管的特性

稳压二极管的伏安特性曲线见图 3-4。由图可见，它的正向特性曲线与普通二极管差不多，但反向特性曲线即反向击穿部分非常陡直，几乎与横轴垂直，所以尽管流过稳压管的反向击穿电流很大，但管子两端的电压却几乎不变。稳压管就是利用这特性来进行稳压的。只要在外电路中有限幅措施，将其击穿电流限定在一定范围内，就不会损坏管子，从而保证能够在反向击穿区稳定工作。

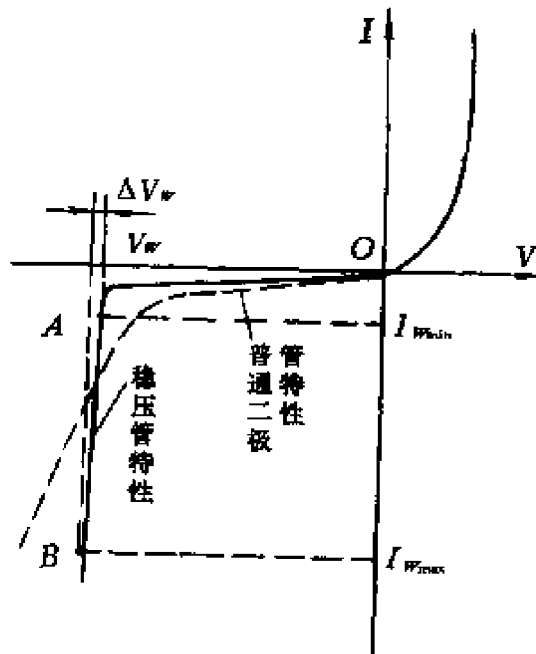


图 3-4 硅稳压二极管伏安特性曲线

3-3-2 稳压二极管的主要技术参数

(1) 稳定电压 V_W

在稳压范围内, 通过管子的反向电流为规定值时, 在管子两极间产生的电压降。

(2) 最大工作电流 $I_{W\max}$

在最大耗散功率下, 稳压管允许通过的反向电流。

(3) 最大耗散功率 P_M

在给定的使用条件下稳压管允许承受的最大功率, $P_M = V_W I_{W\max}$ 。

(4) 稳定电流 I_W

管子稳压时的工作电流, 通常管子的稳定电流选在 $I_W = \left(\frac{1}{2} \sim \frac{1}{4}\right) I_{W\max}$ 的范围。

(5) 动态电阻 r

在稳压范围内, 稳压管两端电压变量与稳压电流变量的比值。它是表示稳压管性能好坏的重要参数之一。 r 越小, 管子的稳压性能越好。 $r = \Delta V_W / \Delta I_W$ 。

(6) 电压温度系数 α_W

稳压管在稳定电流时, 温度变化 1°C 时引起管子两端电压的相对变化量, $\alpha_W = \frac{\Delta V_W / V_W}{\Delta T}$ 。一般来说, 稳压值在 6V 以上的管子, α_W 为正; 低于 6V 的管子 α_W 为负; 6V 左右的管子, α_W 接近零, 即受温度影响小。因此一般常选用 6V 稳压管, 或将 6V 稳压管串联起来使用。

3-3-3 常用稳压二极管的技术数据

常用硅稳压二极管的技术数据, 见表 3-6。

外形图见图 3-3。

表 3-6 常用硅稳压二极管的技术数据

型号	最大耗散功率 P_{ZM} (W)	最大工作电流 I_{ZM} (mA)	稳压电压 V_Z (V)	动态电阻				反向漏电流 I_R (μ A)	电压温度系数 C_{TV} $10^{-4}/^{\circ}C$	外形
				R_{Z1} (Ω)	I_{Z1} (mA)	R_{Z2} (Ω)	I_{Z2} (mA)			
2CW50	0.25	83	1~2.8	≤ 300	1	≤ 50	10	≤ 10	ED型或 EA型	
2CW51		71	2.5~3.5	≤ 400		≤ 60		≥ -9		
2CW52		55	3.2~4.5	≤ 550		≤ 70		≥ -8		
2CW53		41	4~5.8	≤ 500		≤ 50		-6~4		
2CW54		38	5.5~6.5	≤ 500		≤ 30		-3~5		
2CW55		33	6.2~7.5	≤ 500		≤ 15		≤ 6		
2CW56		27	7~8.8	≤ 400		≤ 20		≤ 7		
2CW57		26	8.5~9.5			≤ 25		≤ 8		
2CW58		23	9.2~10.5	≤ 400		≤ 30		≤ 9		
2CW59		20	10~11.8			≤ 40		≤ 9.5		
2CW60		19	11.5~12.5			≤ 50				
2CW61		16	12.2~14							

(续表)

型号	最大耗散功率 P_{2M} (W)	最大工作电流 I_{ZM} (mA)	稳定电压 V_Z (V)	动态电阻				反向漏电流 I_R (μ A)	电压温度系数 C_{TV} $10^{-4}/^{\circ}\text{C}$	外形
				R_{Z1} (Ω)	I_{Z1} (mA)	R_{Z2} (Ω)	I_{Z2} (mA)			
2CW62	0.25	14	13.5~17	≤ 440	1	≤ 60	3	≤ 9.5	EJ型或 EA型	
2CW63		13	16~19			≤ 70				
2CW64		11	18~21			≤ 75				
2CW65		10	20~24			≤ 80				
2CW66		9	23~26			≤ 85				
2CW67		9	25~28			≤ 90				
2CW68		8	27~30			≤ 95				
2CW69		7	28~33			≤ 100				
2CW70			32~36							
2CW71		6	35~40			≤ 12				5
2CW72	29	7~8.8								
2CW73	25	8.5~9.5	≤ 18	≤ 8						

(续表)

型号	最大耗散功率 P_{ZM} (W)	最大工作电流 I_{ZM} (mA)	稳定电压 V_Z (V)	动态电阻				反向漏电流 I_R (μ A)	电压温度系数 C_{TV} $10^{-4}/^{\circ}\text{C}$	外形
				R_{Z1} (Ω)	I_{Z1} (mA)	R_{Z2} (Ω)	I_{Z2} (mA)			
2CW74	0.25	23	9.2~10.5	≤ 25	1	≤ 12	5	≤ 8	ED型或 EA型	
2CW75		21	10~11.8	≤ 30		≤ 15				
2CW76		20	11.5~12.5	≤ 35		≤ 18				
2CW77		18	12.2~14	≤ 40		≤ 21				
2CW78		14	13.5~17	≤ 300		≤ 5				
2CW100	1	330	1~2.8	≤ 400	1	≤ 25	50	≥ -9	ED型或 EA型	
2CW101		280	2.5~3.5	≤ 500		≤ 30				
2CW102		220	3.2~4.5	≤ 550		≤ 20				
2CW103		165	4~5.8	≤ 500		≤ 15				
2CW104	3	150	5.5~6.5	≤ 250	100	≤ 20	30	≥ -8	ED型或 EA型	
2CW130		660	3~4.5	≤ 300		≤ 5				
2CW131		500	4~5.8	≤ 15		≤ 0.5				

(续表)

型号	最大耗散功率 P_{2M} (W)	最大工作电流 I_{2M} (mA)	稳定电压 V_2 (V)	动态电阻				反向漏电流 I_R (μ A)	电压温度系数 C_{TV} $10^{-4}/^{\circ}\text{C}$	外形
				R_{Z1} (Ω)	I_{Z1} (mA)	R_{Z2} (Ω)	I_{Z2} (mA)			
2CW132	3	460	5.5~6.5	≤ 250	1	≤ 12	100	-3~5	EE型	
2CW133		400	6.2~7.5			≤ 6		≤ 6		
2CW134		330	7~8.8			≤ 5		≤ 7		
2CW135		310	8.5~9.5			≤ 7		≤ 8		
2CW136		280	9.2~10.5			≤ 9		≤ 8		
2CW137		250	10~11.8			≤ 12		≤ 9		
2CW138		230	11.5~12.5		≤ 200	3		≤ 14		
2CW139		200	12.2~14			≤ 16		≤ 10		
2CW140		170	13.5~17			≤ 25		≤ 10		
2CW141		150	16~19			≤ 30		≤ 11		
2CW142		140	18~21			≤ 35		≤ 11		
2CW143		120	20~24			≤ 40		≤ 11		

(续表)

型号	最大耗散功率 P_{ZM} (W)	最大工作电流 I_{ZM} (mA)	稳定电压 V_Z (V)	动态电阻				反向漏电流 I_R (μ A)	电压温度系数 C_{TV} $10^{-4}/^{\circ}C$	外形
				R_{Z1} (Ω)	I_{Z1} (mA)	R_{Z2} (Ω)	I_{Z2} (mA)			
2CW144	3	110	23~26	≤ 200	3	≤ 45	30	≤ 0.5	≤ 11	EE型
2CW145		100	25~28			≤ 55				
2CW146		100	27~30			≤ 60				
2DW64		5	180~200	≤ 1100	1	20	≤ 0.5	≤ 12		
2DW80		65	38~45	≤ 35						
2DW81		50	42~55	≤ 40						
2DW82		45	52~65	≤ 40						
2DW83		40	62~75	≤ 45						
2DW84		35	70~85	≤ 60						
2DW85		30	80~95	≤ 150					8	
2DW86		25	90~110	≤ 250						
2DW87			100~120	≤ 280						

(续表)

型号	最大耗散功率 P_{2M} (W)	最大工作电流 I_{2M} (mA)	稳定电压 V_Z (V)	动态电阻			反向漏电流 I_R (μ A)	电压温度系数 C_{TV} $10^{-4}/^{\circ}\text{C}$	外形
				R_{Z1} (Ω)	I_{Z1} (mA)	R_{Z2} (Ω)			
2DW88	3	20	110~130			≤ 370			EE 型
2DW89			120~145						
2DW90	3	19	135~155			≤ 600			EE 型
2DW91			145~165						
2DW92	3	17	155~175			≤ 650			EE 型
2DW93			165~190						
2DW94	3	15	180~200			≤ 920			EE 型

注:1. 表中所有型号的稳压管的最高结温 T_{JM} 为 150°C 。

2. 管子的外形图见图 3-3 中相应的型式。

3-3-4 稳压二极管使用注意事项

- (1) 稳压二极管极性判别和焊接要求等与普通二极管相同。
- (2) 一般情况下，稳压二极管不能并联使用，因为稳压值的微小差别会引起稳压电流分配不均，对于电流大的稳压管会因过载而烧毁。
- (3) 稳压电流相近的稳压管可以串联使用，其稳定电压为各稳压管稳定电压之和。

3-4 发光二极管

发光二极管是一种把电能转变成光能的半导体器件，当给它的PN结通以一定电流时就会发光。具有体积小、功耗低、响应快和寿命长等优点，因此在各种电子设备中作指示及数字显示用。

发光二极管的种类很多，按发光颜色分：有红色、橙色、黄色和绿色等，还有人眼看不见的红外光；按外形分：有圆形、方形、符号形及组合形等；按功率大小分：有小功率管（1~10mW）、中功率管（10~100mW）及大功率管（100~500W及以上）。

3-4-1 发光二极管的特性

(1) 伏安特性

发光二极管的伏安特性曲线与普通小功率二极管相比，除正向死区电压稍高一点，在电气性能上完全相同，故不再重述。

(2) 电流—亮度特性

发光二极管的电流—亮度特性曲线，见图3-5。由图可见，当工作电流在25mA以内时，亮度将随电流呈直线上升，工作电流超过25mA时，多数管子的亮度与电流呈非线性关系，但尚未达到饱和状态。但有的发光二极管亮度可达到饱和。

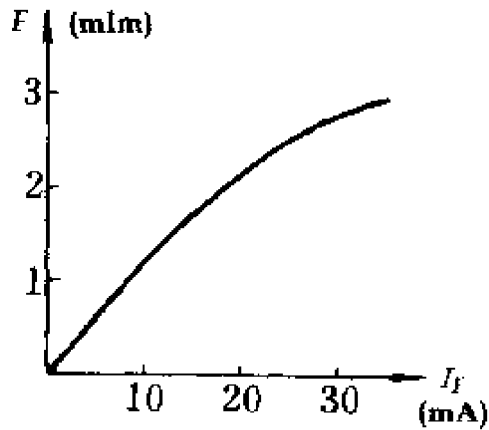


图 3-5 发光二极管电流—亮度特性曲线

3-4-2 发光二极管的主要技术参数

(1) 发光二极管主要电参数最大功耗、最大工作电流、正向压降以及反向耐压与普通晶体二极管的参数意义相似。

(2) 发光二极管主要光学参数有发光波长、发光亮度等，可参见有关光学基本知识。

3-4-3 常用发光二极管的技术数据

常用发光二极管的技术数据，见表 3-7。

其外形图见图 3-6。

表 3-7 常用发光二极管的技术数据

型 号	发光材料	发光颜色	发光波长	光通量	最大功耗	最大工作电流	反向耐压	正向压降	外形图		
			λ (nm)	F (lm)	P_M (mW)	I_{FM} (mA)	V_R (V)	V_F (V)			
FG114001	磷 砷 化 镓 GaAsP	红 色	6.5×10^{-4}	1~1.5	60	30	≥ 5	≤ 2	①		
FG114002				1~1.5	100	50			②		
FG114003				4~6	250	120			③		
FG114004				1~1.5	60	30			≥ 5	≤ 2	④
FG114006											⑤
FG114007											⑥
FG114101											⑦
FG114602											⑧
FG114501											⑨

(续表)

型号	发光材料	发光颜色	发光波长	光通量	最大功耗	最大工作电流	反向耐压	正向压降	外形图
			λ (nm)	F (lm)	P_M (mW)	I_{FM} (mA)	V_R (V)	V_F (V)	
FG314001	磷化镓 GaP	红	7.0×10^{-4}	1~1.5	60	30	≥ 5	≤ 2.5	①
FG314002				4~6	250	120			②
FG314003									③
FG314004		色		1~1.5	60	30			④
FG314006									⑤
FG314007									⑥
FG314101									⑦
FG314602									⑧
FG314501									⑨
FG344001	磷化镓 GaP	绿	5.65×10^{-4}	1~1.5	60	30	≥ 5	≤ 2.5	①
FG344002				4~6	250	120			②
FG344003									③
FG344004		色		1~1.5	60	30			④
FG344006									⑤
FG344007									⑥
FG344101									⑦
FG344602									⑧
FG344501									⑨
FG334001	磷化镓 GaP	黄	5.85×10^{-4}	1~1.5	60	30	≥ 5	≤ 2.5	①
FG334002				4~6	250	120			②
FG334003									③
FG334004		色		1~1.5	60	30			④
FG334006									⑤
FG334007									⑥
FG334101									⑦
FG334602									⑧
FG334501									⑨

3-4-4 发光二极管使用注意事项

(1) 发光二极管在使用前一定要分清管子的正负极，管脚引线较长的为正极，较短的为负极。有金属底座的管子，靠近销口的管脚为正极。

管子的正负极也可用万用表的电阻挡去判别，判别方法与普通二极管相似，但正向电阻值比普通二极管的阻值要稍大一些。

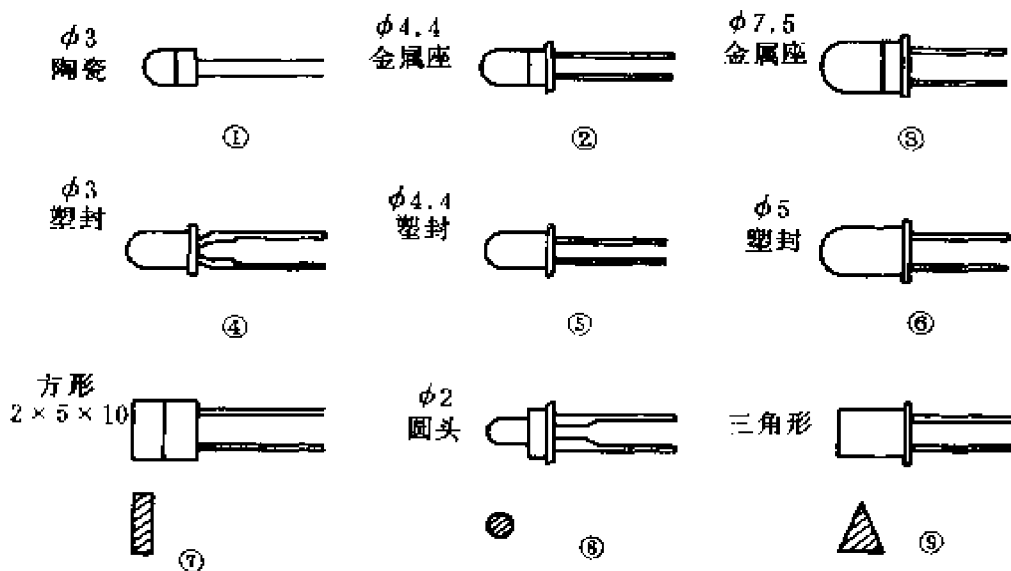


图 3-6 发光二极管的外形图

(2) 发光二极管最大工作电流 I_{FM} 与环境温度关系极大，如磷化镓管，温度低于 25°C 时， I_{FM} 为 30mA ，当温度高于 80°C 时， I_{FM} 为 0，因此，发光二极管不宜在环境温度较高的场合中使用。工作电流要根据环境温度合理选择，使管芯的结温低于允许值，这样可大大延长管子的使用寿命。在室温下，一般取工作电流 $I_F \leq \frac{1}{5} \sim \frac{1}{3} I_{FM}$ 为宜。

(3) 发光二极管的反向耐压较低，一般为 6V 左右，为防止反向电压击穿，在实际电路中一般与发光二极管并联一只反向保护二极管。

3-5 晶体三极管

由两个 PN 结加上相应的电极引线，用管壳封装起来就成了晶体三极管。它有三个电极分别称为发射极 e、集电极 c 和基极 b。常见的三极管有硅平面管和锗合金管两种，每种又有 NPN 型和 PNP 型两种结构形式，目前硅管多为 NPN 型，锗管多为 PNP 型，其内部结构和引出脚符号如表 3-8。

表 3-8 晶体三极管的内部结构和引出脚符号

型式	PNP 型	NPN 型
结构示意图		
原理图		
符号		

3-5-1 晶体三极管的特性

晶体三极管的伏安特性可以全面地反映各电极的电压与电流之间的关系，常用的是共发射极输入、输出特性。

输入特性是指加在晶体管基极与发射极之间的电压 U_{BE} 和它产生的基极电流 I_B 之间的函数关系。输出特性是指对应某确定的基极电流 I_B ，晶体管的集电极电流 I_C 与加在集电极和发射极间的电压 V_{CE} 之间的函数关系，见图 3-7。在实际工作中输出特性更为有用，一般产品手册上均列出了这些曲线。

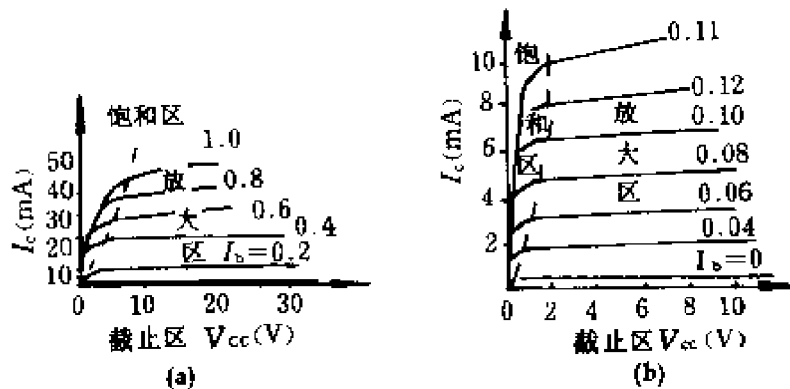


图 3-7 晶体三极管的输出特性

(a) 3DG4C(硅管)输出特性 (b) 3AG25(锗管)输出特性

由输出特性曲线可知，特性曲线分为三个区，分别对应三极管的三种工作状态，即截止状态、放大状态和饱和状态。

3-5-2 晶体三极管的主要技术参数

1. 直流参数

(1) 共发射极直流电流放大系数 h_{FE} 或 $\bar{\beta}$ 在没有交流信号输入时，共发射极电路的输出直流电流（即集电极直流电流）与输入直流（即基极直流电流）电流的比值，即 $h_{FE} (\bar{\beta}) = I_C / I_B$ 。

(2) 集电极与基极反向截止电流 I_{CBO} 在发射极断开时 ($I_C = 0$)，基极和集电极之间在规定的反向电压时的集电极电流。在室温下，小功率锗管的 I_{CBO} 约为 $10\mu A$ 左右，大功率锗管的 I_{CBO}

可达数毫安，而硅管的 I_{CBO} 则是同功率锗管的 $1/100 \sim 1/1000$ 。

(3) 集电极与发射极反向截止电流 I_{CEO} (穿透电流) 在基极断开时 ($I_B = 0$)，集电极和发射极之间在规定的反向电压时的集电极电流。一个管子的 I_{CEO} 大约是它的 I_{CBO} 的 β 倍。 I_{CEO} 和 I_{CBO} 受温度影响极大，因此是衡量管子热稳定性的重要参数，其值越小，性能越稳定。

2. 交流参数

(1) 共发射极交流放大系数 h_{fe} 或 β 在共发射极电路中，输出电流 I_C 与输入电流 I_B 的变化量之比，即 $h_{fe}(\beta) = \Delta I_C / \Delta I_B$ ，当三极管在放大区工作时，可粗略地认为 $h_{fe}(\beta) = h_{FE}(\bar{\beta})$ 。

三极管的 h_{fe} 一般在 $10 \sim 200$ 之间， h_{fe} 太小，电流放大作用差， h_{fe} 太大，电流放大作用大，但性能往往不稳定。

(2) 共基极交流放大系数 h_{fb} 或 α 在共基极电路中，输出电流 I_C 与输入电流 I_E 的变化量之比，即 $h_{fb}(\alpha) = \Delta I_C / \Delta I_E$ 。

α 和 β 是从两个方面说明同一个管子放大性能的参数，两者可以互相换算，即

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \text{ 或 } \alpha \approx \frac{\beta}{1 + \beta}$$

3. 极限参数

(1) 集电极最大允许电流 I_{CM} 当集电极电流 I_C 增加到某一数值， β 值下降到额定值的 $2/3$ 或 $1/2$ 的 I_C 值为 I_{CM} ，当 I_C 超过 I_{CM} 时，虽然不致损坏管子，但 β 值将显著下降，影响放大效果。

(2) 集电极与发射极击穿电压 BV_{CEO} 基极开路时，加在集电极和发射极之间的最大允许电压。使用时如果 $V_{CE} > BV_{CEO}$ ，管子就会击穿损坏。

(3) 集电极最大容许耗散功率 P_{CM} 集电极流过 I_C ，温度要升高，管子因受热而引起的参数变化不超过规定容许值时的最大集电极耗散功率为 P_{CM} 。管子实际耗散功率 $P_C = V_{CE} I_C$ ，使

用时应 $P_C < P_{CM}$ ， P_{CM} 与散热条件有关，加大散热片可大大提高 P_{CM} 。

3-5-3 晶体三极管的测试

- (1) 晶体三极管电极的判别方法见表 3-9。
- (2) 晶体三极管性能的判别方法见表 3-10。
- (3) 晶体三极管管型的判别方法可参见表 3-9 中“第一步判断基极”一栏。
- (4) 晶体三极管高、低频管的判别方法见表 3-11。
- (5) 晶体三极管硅、锗管的判别方法。

用万用表的电阻挡 $R \times 100$ 挡或 $R \times 1k$ 挡，测量管子发射极与基极间的正向电阻，若表针指示的位置在表盘的中间或中间偏右一点，则被测的管子是硅管；若表针指示的位置在表盘右端靠近满刻度的地方，则被测的管子是锗管。

表 3-9 三极管电极的判别方法

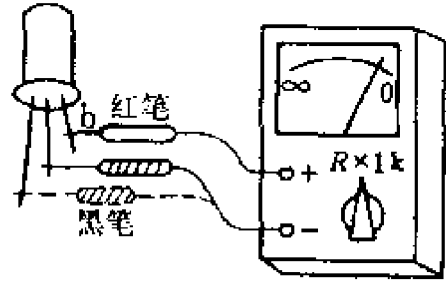
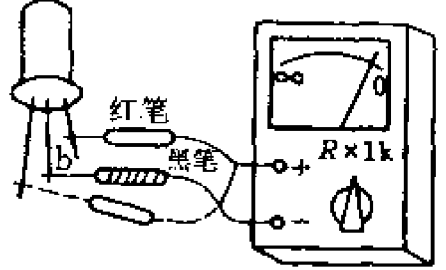
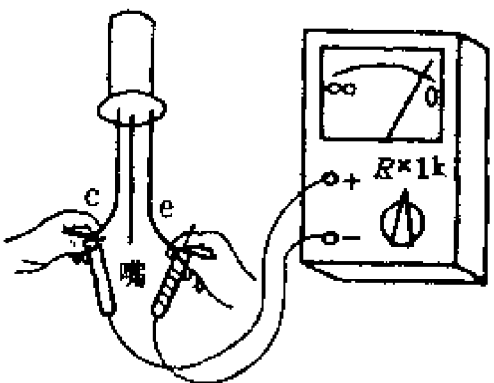
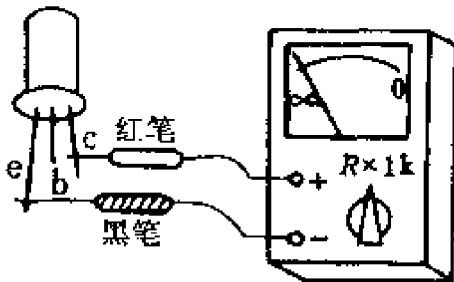
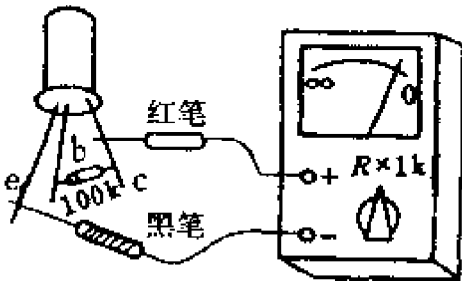
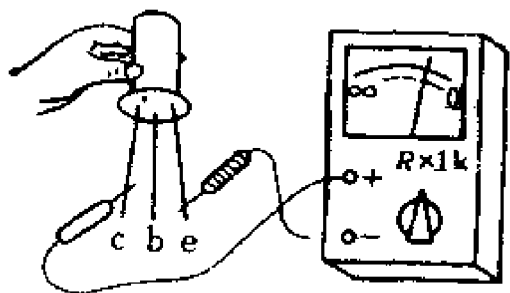
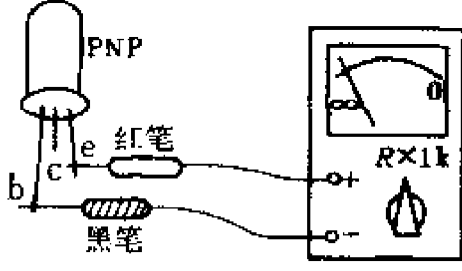
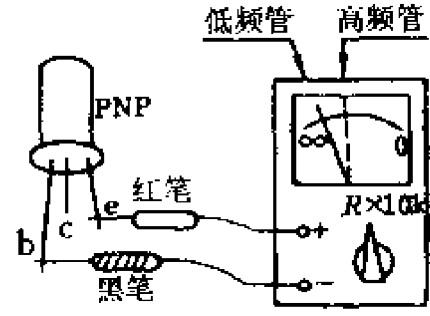
项 目	方 法	说 明
第 一 步 判 别 基 极 PNP 型 三 极 管		<p>可把三极管看作两个二极管来分析。将万用表的+端(红笔)接某一管脚,用-端(黑笔)分别接另外两管脚。这样可有三组(每组二次)读数,当其中一组二次测量的阻值均小时(指针指在右端),则+端所连接的管脚即为PNP型管子的基极</p>
NPN 型 三 极 管		<p>方法同上,但以-端(黑笔)为准,用+端(红笔)分别接另外两管脚,当其中一组二次测量的阻值均小时,则-端所连接的管脚为NPN型管子的基极</p>
第 二 步 判 别 集 电 极		<p>利用三极管正向电流放大系数比反向电流放大系数大的原理确定集电极。将万用表两个表笔接到管子的另外两脚,用嘴含住基极(利用人体电阻实现偏置),看准表针位置,再将表笔对调,重复上述测试,比较两次指针位置,对于PNP型管子,阻值小的一次,+端所接的即为集电极;对于NPN型管子,阻值小的一次,-端所接的即为集电极</p>

表 3-10 三极管 (PNP) 性能的判别方法

项 目	方 法	说 明
穿透电流 I_{co}		<p>用 $R \times 1k$ (或 $R \times 100$) 挡测集电极 - 发射极反向电阻, 指针越靠左端 (阻值越大), 说明 I_{co} 越小, 管子性能越稳定。一般硅管比锗管阻值大; 高频管比低频管阻值大; 小功率管比大功率管阻值大。低频小功率锗管约在几千欧以上</p>
电流放大 系数 β		<p>在进行上述测试时, 如果用嘴含住基极 (或在基极 - 集电极间接入 100 千欧电阻), 集电极 - 发射极的反向电阻便减小, 万用表指针将向右偏转, 偏转的角度越大, 说明 β 值越大</p>
稳定性能		<p>在判别 I_{co} 同时, 用手捏住管子, 受人体体温影响, 管子集电极 - 发射极反向电阻将有所减小。若指针变化不大, 则管子稳定性较好。若指针迅速向右端偏转, 则管子稳定性较差</p>

注: 测 NPN 管时将万用表的表笔对调即可。

表 3-11 三极管是高频管还是低频管的判别方法

步骤	方法	说明
<p>第一步</p>		<p>先用 $R \times 1k$ 挡测发射极-基极间的反向电阻, 表针应指在靠近左端的地方, 一般不超过满刻度的 $1/10$</p>
<p>第二步</p>		<p>再用 $R \times 10k$ 挡短时间测发射极-基极间的反向电阻, 若表针位置与第一步测试时所在的位置没有多大变化, 或变化甚小, 一般不超过满刻度的 $1/3$, 则所测管为低频管。若表针指示位置变化很大, 超过了满刻度的 $1/3$ 以上, 则所测管为高频管</p>

注: 测 NPN 型管的发射结反向电阻时, 应将表笔对调一下。

3-5-4 常用晶体三极管的主要技术数据

常用晶体三极管的主要技术数据, 见表 3-12 至表 3-26。其外形图, 见图 3-8。

表 3-12 常用锗 PNP 型低频小功率三极管技术数据

型 号		极限参数		直流参数			交流参数		外形图 (图 3-8)		
		P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	BV_{CEO} (V)	BV_{CBO} (V)	I_{CBO} (μ A)	h_{FE}	$f_{h_{fe}}$ (kHz)		h_{fe}	
3AX51	A	100	100	30	12	≤ 500	40~150	≥ 500	25~80	C 型	
	B				18	≤ 300	30~100				
	C				24		25~70				
	D				12		≤ 550				30~200
3AX52	A	150	150	30	18	≤ 300	30~100	≥ 500	25~80	C 型	
	B				24		25~70				
	C				12		≤ 800				30~200
	D				18	≤ 700					
3AX53	A	200	200	30	35	—	≥ 500	40~180	B 型		
	B				45						
	C				60						
	D				160					100	70
3AX54	A	500	500	50	20	≤ 1200	30~150	≥ 200	40~180	D 型	
	B				30						
	C				45						
3AX31	M	125	125	30	15	6	≤ 10	80~400	≥ 200	40~180	C 型
	A				20	12	≤ 800				
	B				30	18	≤ 600	40~180			
	C				40	21	≤ 400				
	D				20	12	≤ 600	40~180			
	E				30						
F											
3AX81	A	200	200	20	10	≤ 1000	10~270	≥ 200	40~270	B 型	
	B				30	15					≤ 700

表 3-13 常用硅低频小功率三极管技术数据

型号	极限参数		直流参数						外形图 (图 3-8)
	P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	BV_{CEO} (V)	BV_{CBO} (V)	I_{CBO} (μ A)	I_{CEO} (μ A)	I_{EBO} (μ A)	h_{FE}	
200 3DX201A 202	300	300	≥ 12	≥ 4	≤ 1	≤ 2	≤ 1	55~400	TO-92 (S-1) B型或 S-2、 S-3型
200 3DX201B 202			≥ 18						
200 3CX201A 202	300	300	≥ 12	≥ 4	≤ 0.5	≤ 1	≤ 0.5	55~400	TO-92 (S-1) B型或 S-2、 S-3型
200 3CX201B 202			≥ 18						
3DX203 3CX203	500	500	15		5			40~400	
3DX204 3CX204	700	700	15~40		5			55~400	TO-126
DX201 CX201	100	200			500				
DX203 CX203	200	500	20~40		5mA				
DX211 CX211	200	30			50			40~400	
3DX211 3CX211	200	50	12		0.05				TO-92

表 3-14 锗(PNP型)高频小功率三极管技术数据

型号		极限参数		直流参数				交流参数		外形图 (图 3-8)		
		P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	BV_{CBO} (V)	BV_{CEO} (V)	I_{CBO} (μ A)	I_{CEO} (μ A)	f_T (MHz)	h_{fe}			
3AG53	A	50	10		15		≤ 200	≥ 30	30~200	B型		
	B							≥ 50				
	C				25			≥ 100				
	D							≥ 200				
	E							≥ 300				
3AG54	A	100	30	25		≤ 5	≤ 300	≥ 30	30~200		B型	
	B							≥ 50				
	C				15			≥ 100				
	D							≥ 200				
	E							≥ 300				
3AG55	A	150	50			≤ 8	≤ 500	≥ 100	40~270	B型		
	B											≥ 200
	C											≥ 300
3AG56	A	50	10	20	10	≤ 7	≤ 200	≥ 25	10~180			B型
	B											
	C										≥ 65	
	D										≥ 80	
	E ₁										≥ 100	
	E ₂										≥ 120	
	F										≥ 120	
3AG80	A			25	12	≤ 5	≤ 50	≥ 300	20~150	B型		
	B							≥ 400				
	C							≥ 600				
	D							≥ 700				
	E							≥ 1000				
3AG87	A	300	50				≤ 50	≥ 300	20~150		B型	
	B											≥ 500
	C											≥ 700
	D											≥ 1000
3AG95	A	150	30	30	20	≤ 3		≥ 500	20~150			B型
	B									≥ 700		
	C									≥ 1000		

表 3-15 硅(NPN型)高频小功率三极管技术数据

型 号		极限参数		直流参数				交流参数	外形图 (图 3-8)					
		P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	BV_{CBO} (V)	BV_{CEO} (V)	I_{CBO} (μA)	I_{CEO} (μA)	h_{FE}		f_T (MHz)				
3DG100	A	100	20	≥ 30	≥ 20	≤ 0.01	≤ 0.01	≥ 30	≥ 150					
	B			≥ 40	≥ 30				≥ 300					
	C			≥ 30	≥ 20				≥ 150					
	D			≥ 40	≥ 30				≥ 300					
3DG101	A			≥ 20	≥ 15				≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 30	≥ 150		
	B			≥ 30	≥ 20							≥ 300		
	C			≥ 40	≥ 30							≥ 150		
	D			≥ 20	≥ 15							≥ 300		
3DG102	A			300	50	≥ 30	≥ 20	≤ 0.1				≤ 0.1	≥ 30	≥ 150
	B					≥ 40	≥ 30							≥ 300
	C					≥ 30	≥ 20							≥ 150
	D					≥ 40	≥ 30							≥ 300
3DG103	A					≥ 30	≥ 20		≤ 0.01	≤ 0.01	≥ 30			≥ 500
	B					≥ 40	≥ 30							≥ 700
	C					≥ 30	≥ 20							≥ 150
	D					≥ 40	≥ 30							≥ 300
3DG101 101 111	A	300	50			≥ 20	≥ 15	≤ 0.1				≤ 0.1	≥ 30	≥ 150
	B					≥ 40	≥ 30							≥ 300
	C					≥ 60	≥ 45							≥ 150
	D					≥ 20	≥ 15							≥ 300
3DG112	A					≥ 30	≥ 20		≤ 0.01	≤ 0.01	≥ 30			≥ 500
	B					≥ 40	≥ 30							≥ 700
	C					≥ 30	≥ 20							≥ 150
	D					≥ 40	≥ 30							≥ 300
3DG120 120 121	A			500	700	≥ 40	≥ 30	≤ 0.01				≤ 0.01	≥ 30	≥ 150
	B					≥ 60	≥ 45							≥ 300
	C					≥ 40	≥ 30							≥ 150
	D					≥ 60	≥ 45							≥ 300

(续表)

型 号	极限参数		直流参数					交流参数	外形图 (图 3-8)
	P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	BV_{CEO} (V)	BV_{CBO} (V)	I_{CBO} (μ A)	I_{CEO} (μ A)	h_{FE}	f_T (MHz)	
3DG122	A	500	700	≥ 40	≥ 30	≤ 0.1	≤ 0.2	≥ 500	B 型
	B			≥ 60	≥ 45				
	C			≥ 40	≥ 30				
	D			≥ 60	≥ 45				
3DG123	A	500	50	≥ 30	≥ 20	≤ 0.1	≤ 0.5	≥ 1000	
	B			≥ 40	≥ 30			≥ 1500	
	C			≥ 60	≥ 45			≥ 1000	
3DG130	A	700	500	≥ 40	≥ 30	≤ 0.5	≤ 1	≥ 500	
	B			≥ 60	≥ 45			≥ 300	
	C			≥ 40	≥ 30			≥ 1000	
	D			≥ 60	≥ 45			≥ 300	
3DG131	A	700	100	≥ 30	≥ 20	≤ 0.5	≥ 20	≥ 1000	
	B			≥ 40	≥ 30				
	C			≥ 50	≥ 40				
3DG132	A	200		≥ 30	≥ 25	≤ 0.5	≥ 20	≥ 1000	
	B			≥ 40	≥ 35			≥ 1000	
3DG140	A	100	15	≥ 15	≥ 10	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 400	
B	≥ 600								
C	≥ 800								
3DG141	A	20				≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 4000	
	B							≥ 2500	
	C							≥ 2500	

(续表)

型号	极限参数		直流参数					交流参数	外形图 (图 3-8)	
	P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	BV_{CEO} (V)	BV_{CES} (V)	I_{CBO} (μA)	I_{CEO} (μA)	h_{FE}	f_T (MHz)		
3DG145 A B C	100		≥ 15	≥ 10	≤ 0.1		≥ 10	≥ 2000	B型	
3DG146 A B C										
3DG148 A B C										15
3DG149 A B										20
3DG152 A B C	200	30	≥ 20	≥ 10	≤ 0.5	≥ 10	≥ 15	≥ 1200		
3DG153 A B C D							≥ 5000			
3DG154 A B C							≥ 6000			
3DG155 A B C							50	≥ 5500		
3DG156 A B C D	700	150					≥ 700	≥ 1000		
200 3DG201 A 202	100	20		≥ 15	≤ 0.1	≤ 0.5	25~ 270			
200 3DG201 B 202				≥ 25	≤ 0.5	≤ 0.1				
200 3DG201 C 202				≥ 20						
3DG201 A B				10	≥ 15 ≥ 25	≤ 0.1			≤ 0.5	≥ 500

表 3-16 硅(PNP型)高频小功率三极管技术数据

型 号		极限参数		直流参数				交流参数																									
		P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	BV_{CEO} (V)	BV_{CBO} (V)	I_{CBO} (μ A)	I_{CEO} (μ A)	h_{FE}	f_T (MHz)																								
3CG100	A	100	30	≥ 15	≥ 4	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 25	≥ 100																								
	B			≥ 25																													
	C			≥ 45																													
3CG101	A			≥ 15																													
	B			≥ 30																													
	C			≥ 45																													
3CG102	A	15	20	≥ 12					≥ 4	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 25	≥ 700																				
	B			≥ 800																													
	C			≥ 1000																													
	D			≥ 1200																													
3CG103	A			15									20	≥ 15	≥ 4	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 25	≥ 700														
	B													≥ 1000																			
	C				≥ 1200																												
	D				≥ 1500																												
3CG110	A	300	50		≥ 15	≥ 4	≤ 0.1	≤ 0.1						≥ 25					≥ 100														
	B				≥ 30																												
	C				≥ 45																												
3CG111	A				300														50	≥ 15	≥ 4	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 25	≥ 200								
	B			≥ 30																													
	C			≥ 45																													
3CG112	A			300					50	≥ 15	≥ 4	≤ 0.1	≤ 0.1							≥ 25					≥ 100								
	B									≥ 30																							
	C									≥ 45																							
3CG113	A									300					50	≥ 15	≥ 4	≤ 0.1							≤ 0.1	≥ 25	≥ 700						
	B															≥ 900																	
3CG114	A															300											40	≥ 15	≥ 4	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 25	≥ 700
	B	≥ 900																															
3CG120	A	500	100			≥ 15	≥ 4	≤ 0.1						≤ 0.1														≥ 25					≥ 200
	B					≥ 30																											
	C				≥ 45																												
3CG121	A				500	100													≥ 15		≥ 4	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 25									
	B																		≥ 30														
	C			≥ 45																													

(续表)

型 号	极限参数		直流参数					交流参数								
	P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	BV_{CEO} (V)	BV_{CBO} (V)	I_{CBO} (μA)	I_{CEO} (μA)	h_{FE}	f_T (MHz)								
3CG122	A	500	100	≥ 15	≥ 4	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 25	≥ 15							
	B								≥ 25							
	C								≥ 45							
	D								≥ 15							
	E								≥ 25							
	F								≥ 45							
3CG130	A	700	300	≥ 15	≥ 4	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 25	≥ 15							
	B								≥ 30							
	C								≥ 45							
3CG131	A								700	300	≥ 15	≥ 4	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 25	≥ 15
	B															≥ 30
	C															≥ 45
3CG132	A	700	120	≥ 15	≥ 4	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 25	≥ 700							
	B								≥ 900							
3CG140	A	100	20	≥ 12	≥ 4	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 25	≥ 1000							
	B								≥ 1000							

表 3-17 硅高频高反压小功率三极管技术数据

型 号	极限参数		直流参数				交流参数							
	P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	BV_{CEO} (V)	I_{CBO} (μA)	I_{CEO} (μA)	h_{FE}	f_T (MHz)							
3DG160	A~D	300	20	200~500	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 10	≥ 10						
3DG170	A~E	500	50	60~220		≤ 0.5	≥ 20	≥ 50						
	F~I				≥ 100									
3DG180	A~G	700	100	60~300	≤ 0.5	≤ 1	≥ 20	≥ 50						
	H~N							≥ 100						
3DG181	A~E							700	200	60~220	≤ 0.5	≤ 2	≥ 10	≥ 50
	F~I													≥ 100
3DG182	A~E							700	300	60~220	≤ 0.5	≤ 1	≥ 10	≥ 50
	F~I													≥ 100
3DG160	A~C	300	20	60~140	≤ 0.1	≤ 0.5	≥ 25	≥ 100						
	D~F			180~220				≥ 50						
3CG170	A~C	500	50	60~140	≤ 0.5	≤ 0.5	≥ 25	≥ 100						
	D~E			180~220				≥ 50						
3CG180	A~D	700	100	100~220	≤ 0.5	≤ 1	≥ 15	≥ 50						
	E~H							≥ 150						

表 3-18 锗 PNP 型开关三极管技术数据

型 号	极限参数		直流参数				交流参数		开关参数		
	P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	BV_{CEO} (V)	BV_{CBO} (V)	I_{CBO} (μ A)	I_{CEO} (μ A)	h_{FE}	f_T (MHz)	t_{on} (ns)	t_{off} (ns)	
3AK801	A	20		≥ 12	≤ 3	≤ 50	30~150	≥ 100	≤ 60	≤ 180	
	B							≥ 150	≤ 50	≤ 160	
	C							≥ 200		≤ 140	
	D			≥ 15					≥ 150		≤ 120
3AK802	A	50			≤ 12	≤ 80	30~200	≥ 50	≤ 100	≤ 1200	
	B								≤ 1000		
	C			≥ 20		≤ 50		≤ 100	≤ 80	≤ 800	
	D			≥ 15				≥ 150		≤ 700	
	E							≥ 200	≤ 60		
3AK803	A	100	≥ 30	≥ 12	≤ 3	≤ 100	30~150	≥ 100	≤ 60	≤ 180	
	B							≥ 150		≤ 160	
	C			≥ 15		≤ 50		≥ 200	≤ 50	≤ 140	
	D							≥ 150		≤ 120	
3AK804	A	100			≤ 2.5	≤ 80	30~200	≥ 50	≤ 100	≤ 1200	
	B								≤ 1000		
	C			≥ 20		≤ 50		≤ 100	≤ 80	≤ 800	
	D			≥ 15				≥ 150		≤ 700	
	E							≥ 200	≤ 60		
3AK805	A	300	≥ 40	≥ 20	≤ 5	≤ 200		≥ 40	≤ 120	≤ 1600	
	B			≥ 18		≤ 150		≥ 80	≤ 80	≤ 1400	
	C			≥ 16		≤ 100		≥ 120	≤ 80	≤ 1200	
3AK806	A	1000	≥ 70	≥ 30	≤ 70	≤ 600	15~110	≥ 50	≤ 150	≤ 500	
	B									≤ 300	
	C			≥ 45					≥ 80	≤ 100	≤ 200
	D			≥ 60				≥ 25		≥ 100	≤ 80

注： t_{on} —开通时间； t_{off} —关断时间；下同。

表 3-19 硅 NPN/PNP 型开关三极管技术数据

型 号	极限参数		直流参数				交流参数					
	P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	$BV_{(BR)}$ (V)	$BV_{(CBO)}$ (V)	I_{CBO} (μA)	I_{CEO} (μA)	h_{FE}	f_T (MHz)	t_{on} (ns)	t_{off} (ns)		
3DK100	A	100	30	≥ 20	≥ 15						≤ 35	
	B			≥ 15	≥ 10						≤ 20	≤ 25
	C			≥ 15	≥ 10						≤ 20	≤ 25
3DK101	A	200	40	≥ 30	≥ 20						≤ 60	
	B			≥ 30	≥ 25						≤ 30	≤ 40
	C			≥ 20	≥ 15						≤ 30	≤ 35
3DK102	A	300	50	≥ 20	≥ 15	≤ 0.1	≤ 0.1				≤ 50	
	B			≥ 30	≥ 25						≤ 40	≤ 35
	C			≥ 20	≥ 15						≤ 40	≤ 35
	D			≥ 30	≥ 25						≤ 40	≤ 35
3DK103	A			≥ 20	≥ 15						≤ 65	
	B			≥ 40	≥ 30						≤ 50	≤ 65
	C			≥ 60	≥ 45						≤ 50	≤ 65
3DK104	A		400	≥ 75	≥ 60	≤ 1					≤ 230	
	B			≥ 100	≥ 80						≤ 100	≤ 130
	C			≥ 75	≥ 60						≤ 50	≤ 130
	D			≥ 100	≥ 80						≤ 50	≤ 130
3DK105	A	700	500	≥ 40	≥ 30						≤ 280	
	B			≥ 60	≥ 45						≤ 25	≤ 130
	C			≥ 40	≥ 30						≤ 25	≤ 130
	D			≥ 60	≥ 45						≤ 25	≤ 130
3DK106	A		600	≥ 40	≥ 30	≤ 0.5					≤ 280	
	B			≥ 60	≥ 45						≤ 30	≤ 130
	C			≥ 40	≥ 30						≤ 30	≤ 130
	D			≥ 60	≥ 45						≤ 30	≤ 130
3DK107	A		800	≥ 40	≥ 30						≤ 280	
	B			≥ 60	≥ 45						≤ 30	≤ 130
	C			≥ 40	≥ 30						≤ 30	≤ 130
	D			≥ 60	≥ 45						≤ 30	≤ 130
3CK110	A S E	300	50	≥ 20	≥ 15	≤ 0.2	≤ 0.2				60~110	
3CK112	A S E			≥ 50	≥ 45						≤ 50	80~130
3CK120	A S E	500	200			≤ 0.5	≤ 0.5				≤ 30	
3CK121	A S E			≥ 20	≥ 15						≤ 50	80~200
3CK130	A S E	700	700			5	10				≤ 50	

表 3-20 锗(PNP型)低频大功率三极管技术数据

型 号		极限参数			直流参数					交流参数 f_{je} (MHz)	外形图 (图 3-8)
		P_{CM} (W)	I_{CM} (A)	R_{th} ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)	BV_{CEO} (V)	BV_{CBO} (V)	I_{CBO} (mA)	I_{CEO} (mA)	h_{FE}		
3AD50	A	10	3	3.5	50	18	≤ 0.3	≤ 2.5	20~140	≥ 4	F型
	B				60	24					
	C				70	36					
3AD51	A	10	2	3.5	50	18	≤ 0.3	≤ 2.5	20~140	≥ 4	圆型
	B				60	24					
	C				70	30					
3AD52	A	10	2	3.5	50	18	≤ 0.3	≤ 2.5	20~140	≥ 4	F型
	B				60	24					
	C				70	30					
3AD53	A	10	6	3.5	50	18	≤ 0.5	≤ 12	20~140	≥ 2	F型
	B				60	24		≤ 10			
	C				70	30					
3AD54	A	20	5	1.75	50	18	≤ 0.4	≤ 8	20~140	≥ 3	圆型
	B				60	24		≤ 6			
	C				70	30					
3AD55	A	20	5	1.75	50	18	≤ 0.4	≤ 8	20~140	≥ 3	F型
	B				60	24		≤ 6			
	C				70	30					
3AD56	A	50	15	0.7	60	30	≤ 0.8	≤ 0.7	20~140	≥ 3	方圆型
	B				80	45					
	C				100	60					

注： h_{FE} 色标分档为：棕 20~30；红 30~40；橙 40~60；黄 60~90；绿 90~100。

表 3-21 硅(NPN型)低频大功率三极管技术数据(外延平面)

型 号	极限参数			直流参数					色标分档	外形图 (图 3-8)
	P_{CM} (W)	I_{CM} (A)	R_{th} ($^{\circ}C/W$)	BV_{CEO} (V)	BV_{CBO} (V)	I_{CBO} (mA)	I_C (A)	h_{FE}		
3DD50A~E	1	1	100	A挡 ≥ 30	3	≤ 0.4	0.5	≥ 10	①	G1-2型
3DD51A~E		0.5								
3DD52A~E									≥ 5	
3DD53A~E	5	2	20	B挡 ≥ 50	≥ 3	≤ 0.5	1		②	G1-2型
3DD54A~E										
3DD55A~E										
3DD56A~E	10	3	10	C挡 ≥ 80	≥ 3	≤ 1	1.5		②	G1-2型
3DD57A~E		1.5								
3DD58A~E										
3DD59A~E	20	5	4	E挡 ≥ 150	≥ 3	≤ 1.5	2.5		②	G1-2型
3DD60A~E	25							2.5		
3DD61A~E										
3DD62A~E	50	7.5	2		≥ 3	≥ 2	5	②		
3DD63A~E		5								4
3DD64A~E										
3DD65A~E	75	10	1.33		≥ 3	≤ 3	7.5	②		
3DD66A~E		7								5.5
3DD67A~E										
3DD68A~E	100	15	1		≥ 3	≤ 5	10	②		
3DD69A~E										9
3DD70A~E										

注： h_{FE} 色标分档为：①棕 10~20，红 20~30，橙 30~40，黄 >40；②棕 10~20，红 20~30，橙 >30。

表 3-22 锗(PNP型)高频大功率三极管技术数据

型 号	极限参数		直流参数				交流参数
	P_{CM} (W)	I_{CM} (mA)	BV_{CBO} (V)	BV_{CEO} (V)	I_{CBO} (μ A)	h_{FE}	$f_{h_{fe}}$ (MHz)
3AA7	1	500	≥ 75	≥ 35	≤ 100	≥ 30	≥ 140
3AA8			≥ 60	≥ 25			≥ 120
3AA9			≥ 75	≥ 35			≥ 80
3AA10							

表 3-23 硅(PNP型)高频大功率三极管技术数据

型 号	极限参数		直流参数				交流参数	
	P_{CM} (W)	I_{CM} (A)	BV_{CBO} (V)	BV_{CEO} (V)	I_{CBO} (μ A)	I_{CEO} (mA)	h_{FE}	f_T (MHz)
3CA1A~F	1	0.1	A ≥ 30 C ≥ 80 E ≥ 130	B ≥ 50 D ≥ 100 F ≥ 150	5~10	0.05~0.1	≥ 20	50
3CA2A~F	2	0.25			10~50			
3CA3A~E	5	0.5	A ≥ 30 B ≥ 50 C ≥ 80 D ≥ 100 F ≥ 150		50~100	0.2~0.5	≥ 10	30
3CA4A~E	7.5	1			0.5~1mA	1~1.5		
3CA5A~E	15	1.5			0.5~1mA	1~2		
3CA6	20	2		40~120		1.5~3		
3CA7	30	2.5		30~130		5	10	
3CA8	40	3		30~130		7		
3CA9	50	4		30~110				

表 3-24 硅(NPN型)高频大功率三极管技术数据

型 号	极限参数			直流参数				交流参数	外形图 (图 3-8)		
	P_{CM} (W)	I_{CM} (A)	R_{th} ($^{\circ}$ C/W)	BV_{CBO} (V)	BV_{CEO} (V)	I_{CBO} (mA)	h_{FE}	$f_{h_{fe}}$ (MHz)			
3DA1	A	7.5	1	14	40	30	≤ 1	≥ 10	≥ 50	F 型	
	B				50	45	≤ 0.5		≥ 70		
	C				70	60			≥ 100		
3DA2	A	5	0.75	21	40	30	≤ 0.2	≥ 15	≥ 150	G1-2 型	
	B				70	60			≥ 20		
3DA3	A	20	2.5	5	60	50	≤ 1	≥ 10	≥ 70		
	B				80	70	≤ 0.5		≥ 15		≥ 80
3DA4	A				40	30	≤ 1.5		≥ 10		≥ 30
	B				60	50					≥ 50
	C				80	70	≤ 0.5			≥ 15	≥ 70

(续表)

型 号	极限参数			直流参数				交流参数	外形图 (图 3-8)				
	P_{CM} (W)	I_{CM} (A)	R_{th} ($^{\circ}C/W$)	BV_{CEO} (V)	BV_{CBO} (V)	I_{CEO} (mA)	h_{FE}	$f_{h_{FE}}$ (MHz)					
3DA5	A	40	5	2.5	60	50	≤ 2	≥ 10	≥ 60	G1-2 型			
	B				80	70	≤ 1	≥ 15	≥ 80				
3DA100	A	40	5	2.5	50	45	≤ 3	≥ 12	≥ 180	F 型			
	B				60	55	≤ 3	≥ 10	≥ 220				
3DA101	A	7.5	1	14	40	30	≤ 1	≥ 15	≥ 50				
	B				55	45	≤ 0.5	≥ 15	≥ 70				
3DA102	A				40	30	≤ 0.5	≥ 10	≥ 100				
	B				70	50	≤ 0.5	≥ 15	≥ 150				
3DA103					3	0.3	35	50	40		≥ 0.1	≥ 20	≥ 200
3DA104	A				7.5	1	14	40	35		≥ 1	≥ 10	≥ 400
	B	55	45	≥ 1									
3DA105	A	4	0.4	25	45	35	≥ 3	≥ 10	≥ 600				
	B				60	40	≥ 3						
3DA106	A	7.5	1	14	40	30	≥ 1	≥ 10	≥ 400				
	B				65	50	≥ 1						
3DA107	A	15	1.5	7.5	40	30	≥ 3	≥ 10	≥ 400				
	B				60	40	≤ 2						
3DA108	A	1.5	0.2	70	40	30	≤ 0.5	≥ 10	≥ 400				
B													
3DA ¹⁵⁰ ₁₅₁	A	1	0.1	-	-	-	≤ 10	≥ 30	≥ 50				
	B									≥ 100			
	C									≥ 150			
	D									≥ 200			
3DA152	A	3	0.3	-	-	-	≤ 0.2	30~250	≥ 10				
	B									≥ 30			
	C									≥ 100			
	D									≥ 150			
	E									≥ 200			
	F									≥ 250			
	G									≥ 30			
	H									≥ 100			
	I									≥ 150			
	J									≥ 200			
	≥ 250												

表 3-25 硅(NPN型)超高频大功率三极管技术数据

型 号	极限参数			直流参数				交流参数
	P_{CM} (W)	I_{CM} (A)	R_{th} ($^{\circ}C/W$)	BV_{CBO} (V)	BV_{CEO} (V)	I_{CEO} (μA)	h_{FE}	f_o (GHz)
3DA80	7.5	0.75	14	40	30	1	≥ 10	1
3DA92	15	1.5	7	60	10	3		0.4
3DA815	2	0.4	50	30	15	0.1	≥ 10	0.47
3DA816	5	1				0.5		
3DA817	7.5	1.5				1		
3DA818	15	2				2		
3DA819	2	0.2	50	45	30	0.1	≥ 15	1
3DA820	3	0.3	30	0.2				
3DA821	6	0.6	15	40		0.5		
3DA822 3DA823	15	1.5	7	2		≥ 10		
3DA824	31	5	4	36	16		6	0.47
3DA825	40	4	3.15	50	35	5		0.4

注： f_o —输出频率。

表 3-26 硅 NPN/PNP 低、高压大功率开关三极管技术数据

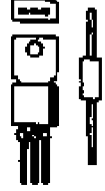
型 号	极限参数		直流参数			交流参数	开关参数		
	P_{CM} (W)	I_{CM} (A)	BV_{CBO} (V)	I_{CEO} (mA)	h_{FE}	f_T (MHz)	t_m (μs)	t_s (μs)	t_f (μs)
3DK29A~D	1	0.5	15~30	0.1	25~180	400	0.015	0.03~0.08	0.01
3DK35B~F	10	3	50~200	0.5	≥ 20		0.25	0.4	0.1
3DK36B~H	30	5	50~130	0.7			0.3	0.6	0.15
3DK37B~H	50	7.5	50~200	1			0.3	0.6	0.15
3DK ³⁸ ₃₉ B~H	100	15	50~200	3			0.5	0.7	0.3
3DK03	30	3	30~160	≥ 15	15	0.3			0.5
3DK12	50	5	30~160						
3DK08	60	7.5	40~160						
3DK32	75	10							
3DK33	100	20		≥ 15	5	0.8		1.2	

(续表)

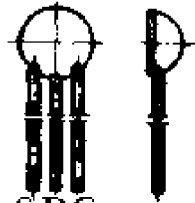
型 号	极限参数		直 流 参 数			交流参数	开 关 参 数		
	P_{CM} (W)	I_{CM} (A)	BV_{CEO} (V)	I_{CEO} (mA)	h_{FE}		f_t (MHz)	t_{on} (μs)	t_s (μs)
3CK01	5	1	4~160			5	0.3		0.5
3CK02	10	2				4			
3CK03	20	3					0.4		0.6
3CK05	50	5	30~100		≥ 15				
3CK010	75	10				3	0.5		0.8
3CK015	100	15					0.6		0.8
3CK5A-E	5	1.5	15~50	0.05	≥ 25	50	0.08		0.2
3CK10A-E	1	1	20~70	0.01		100	0.06		0.15
3DKG3	50	3		0.1					0.8
3DKG5	100	5	300~900		10				1.4
3DKG10	150	10		0.2					2
3DKG208	12	5						10	0.7
3DKG208A	12	7.5	700		6	7			
3DKG536	50	8	480		15	5			
3DKG3 236	60	5	400		≥ 15	8			
3DKG326A	75	6	400		25	10	0.5	3.5	0.5
3DKG6 547			400				1	4	0.7
3DKG48B	75	15	600		6~30	10	0.5	1.5	0.2
3DKG23		30	325		8		0.55	1.7	0.26
3DKG22	250	40	250			8	1.3	2	0.5
3DKG20		50	125		10		1.5	1.2	0.3

注： t_s —存储时间， t_f —下降时间。

E B C



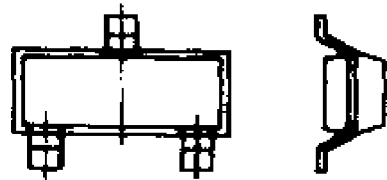
S-3型



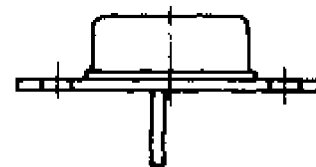
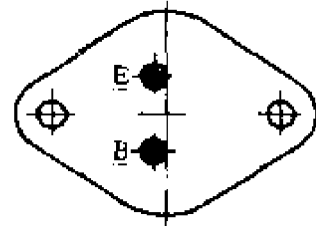
SDG
陶瓷环氧封装



S-1B型 (TO-92型)



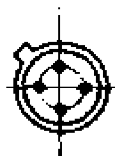
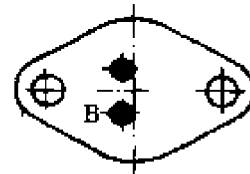
SOT-23型 (E3-01型)



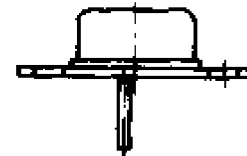
F-1型



B-1型

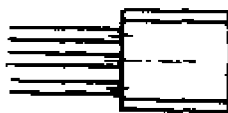


C型



F-2型 (TO-3型)

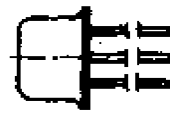
E
B
C



S-1A型



B-3型



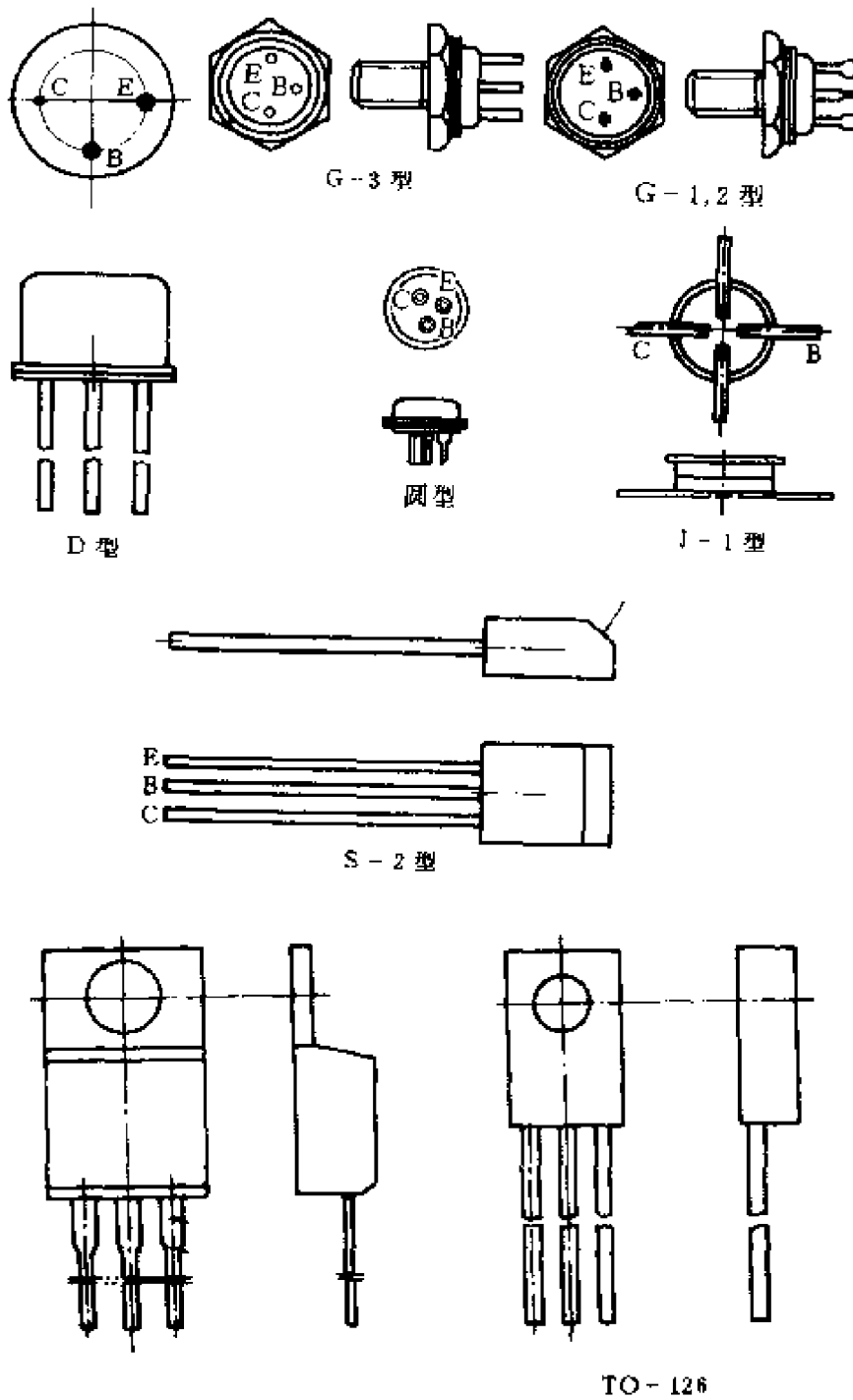


图 3-8 各类晶体三极管外形图

3-5-5 晶体三极管的选择及使用注意事项

(1) 根据使用场合和电路性能选择合适类型的三极管。例如:

①用于高、中频放大和振荡的三极管,应考虑工作在高频段时,仍要有较高的功率和稳定的工作状态,因此要选用特征频率 f_T 较高和极间电容较小的高极管。

②用于前置放大的三极管,为了充分发挥这一级三极管的最大效能,应选择放大倍数 β 较大的管子,同时还应考虑尽量选择穿透电流 I_{CEO} 较小的管子,以便管子能工作更加稳定。

(2) 根据电路要求和已知工作条件选择三极管,即确定三极管几个主要参数: BV_{CEO} 、 I_{CM} 、 P_{CM} 、 β 和 f_T 等,选择这些参数的原则见表 3-27。

表 3-27 三极管主要参数的选择

主要参数	I_{CM}	BV_{CEO}	P_{CM}	f_T	β
选择原则	$\geq(2 \sim 3)I_C$	$\geq E_C$	$\geq P_O$	$\geq 3f$	40~100
说明	I_C 为管子的工作电流	E_C 为电源电压。若是感性负载: $BV_{CEO} \geq 2E_C$	P_O 为输出功率。甲类功放: $P_{CM} \geq 3P_O$ 甲乙类功放: $P_{CM} \geq (1/3 \sim 1/5)P_O$	f 为工作频率	β 太高容易引起自激振荡,稳定性差

(3) 处于放大工作状态的三极管,考虑放大作用中应尽量减少失真,为此要给三极管建立合适的静态工作点,即设置合适的偏置电路。偏置电路的另一个作用是稳定工作点,减少温度对电路稳定性的影响。在实际应用时,应根据电路的要求,合理选择偏置电路。常用的基本偏置电路的形式和性能见表 3-28。

表 3-28 晶体三极管基本偏置电路的形式和性能

名称	固定偏流式	电压负反馈式	电流负反馈式	混合负反馈式
电路				
特点	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电路简单 2. 偏置电路损耗小 3. 稳定性差 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电路简单 2. 比较稳定, R_f 越大, 稳定性越好 3. 由于有负反馈, 失真可减少, 但放大倍数因此而降低 4. 当变压器耦合或 R_c 很小时, 稳定性就较差 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电路较复杂 2. 稳定性好, R_c 越大, R_e、R_b 越小, 越稳定 3. 偏置电路要损耗一定功率, R_c 越大, R_e、R_b 越小, 损耗越大 4. 电容 C_e 可旁路交流分量, 防止交流信号负反馈而减小放大倍数 	具有电压负反馈和电流负反馈的特点

(4) 晶体管电流放大系数的分挡和色标

为了生产和使用方便,专业部规定将三极管共发射极直流电流放大系数 h_{FE} (或 β)值实行统一分挡,并在管壳上注统一色标,用以区别档次。各档次及色标见表 3-29。

表 3-29 三极管 h_{FE} 统一分挡及色标

h_{FE} 分挡	0~15	15~25	25~40	40~55	55~80	80~120	120~180	180~270	270~400	400 以上
色标	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	黑

3-6 场效应晶体管

场效应晶体管是利用垂直于半导体表面的外加电场效应来控制导电特性的半导体器件。它有三个电极,栅极 G、漏极 D 和源极 S,分别与普通三极管的基极、集电极和发射极相对应。外形与普通三极管也很相似,但它们的工作原理却有本质的不同。普通三极管是电流控制器件,即在一定条件下,其集电极电流受基极电流控制。而场效应晶体管则是电压控制器件,其漏极电流受栅极电压控制。因此场效应管的输入电阻非常高,可达 $10^9 \sim 10^{15} \Omega$,这是普通三极管所不及的。此外它还具有噪声低、动态范围大和抗干扰、抗辐射能力强等特点,是较理想的电压放大和开关器件。

场效应晶体管按工艺结构可分为结构型场效应管(JE-FT)和绝缘栅场效应管(MOS)两类,按导电沟道所用的材料可分为 N 型沟道和 P 型沟道两种,按零栅压条件下源漏极通断状态,可分为耗尽型和增强型两种工作方式。当栅压为零时就有较大漏极电流的称为耗尽型,只有当栅偏压达到一定值时才有漏极电流的称为增强型。

3-6-1 场效应晶体管的特性

场效应管的工作情况也可用图 3-9 的曲线来表示。栅极电压 V_{GS} 与漏极电流 I_D (V_{DS} 一定时) 之间的关系曲线称为转移特性,它反映栅极电压对漏极电流的控制能力。漏极电压 V_{DS} 与漏极电流 I_D (V_{GS} 一定时) 的关系曲线称为漏极特性,它反映漏极的工作能力。

3-6-2 场效应晶体管的主要技术参数

(1) 夹断电压 V_P

当 V_{DS} 为某一固定数值时,使 I_{DS} 等于某一微小电流(如 $1 \sim 10 \mu A$) 时,栅极上所加的偏压 V_{GS} 就是夹断电压。

(2) 饱和漏电流 I_{DSS}

在源极栅极短路条件下,漏源间所加的电压大于 V_P 时的漏

极电流称为 I_{DSS} 。

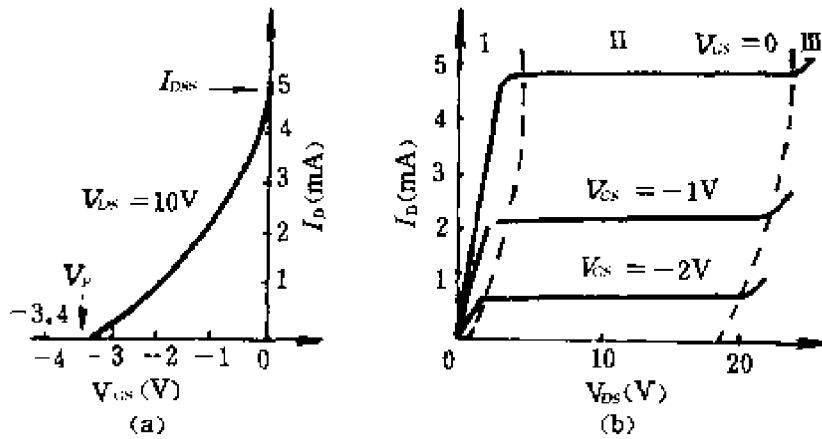


图 3-9 结型场效应管的特性曲线
(a)转移特性 (b)漏极特性

(3) 击穿电压 BV_{DS}

漏源极间所能承受的最大电压,即漏极饱和电流开始上升进入击穿时的 V_{DS} 。

(4) 直流输入电阻 R_{GS}

在一定的栅源电压下,栅源之间的直流电阻。这一特性有时以流过栅极的电流来表示。

(5) 低频跨导 q_m

漏极电流的微变量与引起这个变化的栅源电压微变量之比,称为跨导。即

$$q_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}$$

它是衡量场效应管栅源电压对漏极电流控制能力大小的参数。此参数常以栅源电压变化 1V 时,漏极相应变化多少微安 ($\mu A/V$)或毫安 (mA/V)来表示。

3-6-3 常用场效应晶体管的技术数据

常用 N 沟道结型场效应管的技术数据,见表 3-30。

常用 N 沟道耗尽型 MOS 场效应管的技术数据,见表 3-31。其外形图,见图 3-10。

表 3-30 常用 N 沟道结型场效应管的技术数据

型 号	饱和漏源电流 $I_{DS(sat)}$ (mA)	夹断电压 $V_{GS(off)}$ (V)	栅源绝缘电阻 r_{GS} (Ω)	正向跨导 g_m (μS)	最高振荡频率 F_M (MHz)	最大漏源电压 BV_{DS} (V)	最大栅源电压 BV_{GS} (V)	最大耗散功率 P_{DM} (mW)	最大漏源电流 I_{DSM} (mA)	主要用途	
3DJ2	D	<0.35	$\geq 10^7$	>2000	≥ 300	>20	>20	100	15	10MHz 放大	
	E	0.3~1.2									< -4
	F	1~3.5								< -9	
	G	3~6.5									< -3
	H	6~10								< -6	
3DJ4	D	<0.35	$\geq 10^7$	>1000	≥ 30	>20	>20	100	15		低频低噪声放大
	E	0.3~1.2								< -3	
	F	1~3.5									
	G	3~6.5								< -6	
	H	6~10									
3DJ6	D	0.35	$\geq 10^7$	>1000	≥ 30	>20	>20	100	15	30MHz 放大	
	E	0.3~1.2									

(续表)

型	号	饱和漏源电流 $I_{DS(sat)}$ (mA)	夹断电压 $V_{GS(off)}$ (V)	栅源绝缘电阻 r_{GS} (Ω)	正向跨导 g_m (μS)	最高振荡频率 F_M (MHz)	最大漏源电压 BV_{DS} (V)	最大栅源电压 BV_{GS} (V)	最大耗散功率 P_{DM} (mW)	最大漏源电流 I_{DSM} (mA)	主要用途
3DJ6	F	1~3.5	< -4	$\geq 10^7$	>1000	≥ 30	>20	>20	100	15	30MHz 放大
	G	3~6.5	< -9		>3000	≥ 90					
	H	6~10									
3DJ7	D	<0.35	< -4	$\geq 10^7$	>3000	≥ 90	>20	>20	100	15	30MHz 放大
	E	<1.2									
	F	1~3.5									
	G	3~11									
	H	10~18									
3DJ8	I	17~25	< -9	$\geq 10^7$	>6000	≥ 90	>20	>20	100	15	30MHz 高跨导
	J	24~35									
	F	1~3.5									
	G	3~11									

表 3-31 常用 N 沟道耗尽型 MOS 场效应管的技术数据

型	号	饱和漏源电流 $I_{DS}(sat)$ (mA)	夹断电压 $V_{GS(off)}$ (V)	栅源绝缘电阻 r_{GS} (Ω)	正向跨导 g_m (μS)	最高振荡频率 F_M (MHz)	最大漏源电压 BV_{DS} (V)	最大栅源电压 BV_{GS} (V)	最大耗散功率 P_{DM} (mW)	最大漏源电流 I_{DSM} (mA)	相近型号	主要用途
3DO1	D	≤ 0.35		$\geq 10^9$	≥ 1000	≥ 90	≥ 20	> 40	100		3DO7 3DO7H 3DO12 3DO13	30MHz 放大
	E	0.3~1.2										
	F	1~3.5										
	G	3~6.5										
	H	6~10										
3DO2	D	< 0.35	$\leq -9 $	$\geq 10^9$		≥ 800	> 20		25	15	3DO9 3DO9H 3DO16 3DO17	400MHz 放大
	E	< 1.2										
	F	1~3.5										
	G	3~11										
	H	10~25										
3DO4	D	≤ 0.35	$\geq 10^9$		≥ 2000	≥ 300	> 20	> 25	100		3DO8 3DO8H 3DO14 3DO15	100MHz 放大
	E	0.3~1.2										
	F	1~3.5										
	G	3~6.5										
	H	6~10.5										
I	10~15											

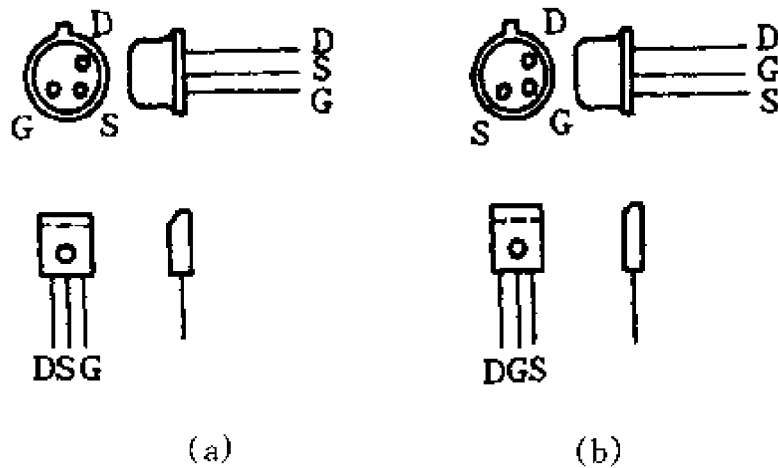


图 3-10 场效应管外形图

(a) 3DJ 型

(b) 3DO 型或 3CO 型

3-6-4 场效应晶体管使用注意事项

场效应晶体管可以在放大和开关两种状态下工作,因此和晶体三极管一样被广泛应用于放大、调制、振荡及开关等电路中。但场效应管的输入阻抗很高,又具有动态变化范围大,低噪声和低温度系数等特点,因此它更适用于要求输入阻抗高、噪声低的放大器及具有强辐射的场合。另外,有些场效应管的漏极和源极是可以互换的,耗尽型绝缘栅场效应管工作时,栅极电压可正可负,灵活性比三极管要大,这是它得到广泛应用的另一个原因。

由于绝缘栅场效应管的输入阻抗非常高,在栅极上感应出来的电荷很难泄放,电荷的累积使电压升高,易使管子尚未使用就已击穿。因此绝缘栅场效应管在使用时必须注意以下几点:

(1) 防止栅极感应击穿的关键在于避免栅极悬空,通常在栅源两极间跨接一个数千欧的电阻,使累积电荷不致过多。

(2) 在保存时,应使三个电极短路,把管子焊到电路或取下时,应先将各极短路。

(3) 安装测试时所用的烙铁、仪器及线路本身要有良好的接地,最好拔掉电烙铁电源再进行焊接,并先焊接源极。

(4) 对有特殊要求的线路,如阻抗变换器等,必须采取严格防

潮措施,以免由于潮湿的影响,而使阻抗显著降低。

3-7 光电晶体管

光电晶体管是将光信号转变成电信号的半导体器件。广泛应用于可见光、红外光的检测及光电转换等自动控制线路中。其结构与一般二极管相似,其内部结构和符号,见图 3-11。

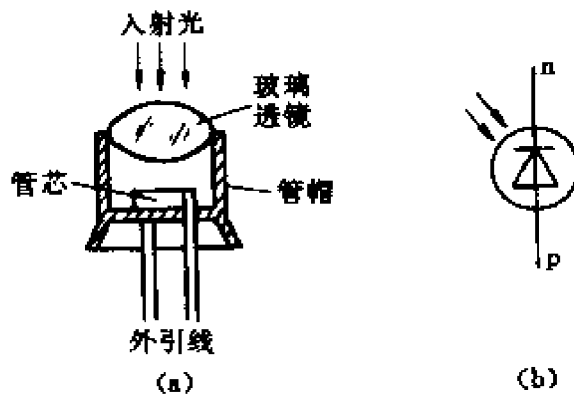


图 3-11 硅光电二极管内部结构及符号

3-7-1 光电晶体管的特性

1. 波长特性

光电晶体管的波长特性曲线见图 3-12。

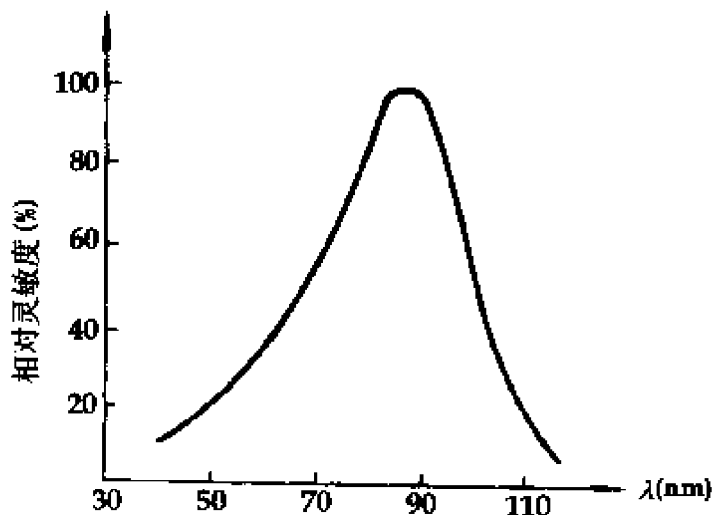


图 3-12 硅光电晶体管的波长特性曲线

从图中的特性曲线可以看出,硅光电晶体管对不同波长的光响应的灵敏度是不一样的,它对入射光谱响应范围是 $0.4 \sim 1.1\mu\text{m}$,其峰值波长一般在 $0.9\mu\text{m}$ 左右。

2. 输出特性

光电晶体管输出特性曲线见图 3-13。

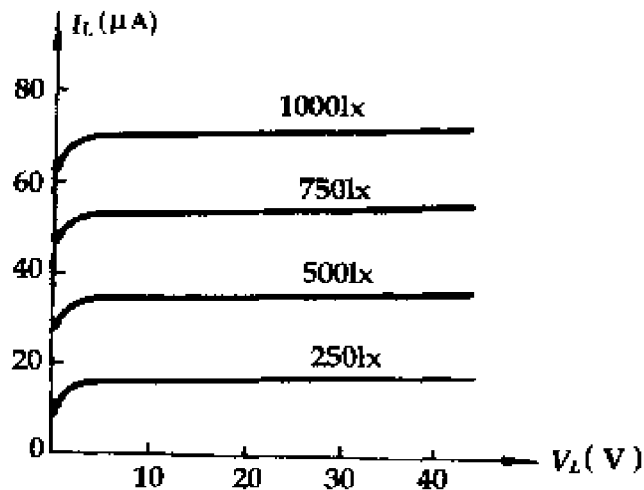


图 3-13 硅光电晶体管输出特性曲线

硅光电晶体管在一定反向工作电压下,受到光照后,即可产生光电流。这种光电流与外加电压关系不大,它只随入射光的强度呈线性变化。即光电流随着光照强度增加而增加。

3-7-2 光电晶体管的主要技术参数

(1) 暗电流 I_D 在没有光照时,流过光电晶体管的电流。这种电流越小越好。

(2) 光电流 I_L 在有光照时,流过光电晶体管的电流。

(3) 最高工作电压 V_{max} 在无光照时,反向漏电流不超过一定值时,加在光电晶体管两端的最大反向电压值。该值越高,其性能越稳定。

(4) 结电容 C_j 硅光电晶体管管芯 PN 结结间的电容称为结电容,它随偏压的增大而减小。

(5) 响应时间 从光电晶体管停止光照起,到电流下降至有

光照的 63% 所需要的时间。其响应时间越短性能越好。

3-7-3 常用光电晶体管的技术数据

常用光电晶体二极管的技术数据, 见表 3-32。外形图, 见图 3-14。

常用光电晶体三极管的技术数据, 见表 3-33。

表 3-32 常用光电二极管的技术数据

	最高工作电压 V_{max} (V)	暗电流 I_D (μA)	光电流 I_L (μA)	峰值波长 λ_p (nm)	结电容 C_j (nF)	外形图
测试条件	$I_R = I_D$ $H < 0.1 \mu m/cm^2$	$V = V_{max}$	$V = V_{max}$ $H = 1000lx$		$V = V_{max}$ $f \leq 5MHz$	
2CU1A	10					①
2CU1B	20					
2CU1C	30	≤ 0.2	> 80	880	≤ 5	
2CU1D	40					
2CU1E	50					
2CU2A	10					②
2CU2B	20					
2CU2C	30	≤ 0.1	> 30	880	< 5	
2CU2D	40					
2CU2E	50					
2CU5A	10					③
2CU5B	20	≤ 0.1	> 10	880	≤ 2	
2CU5C	30					

表 3-33 常用光电三极管的技术数据

	击穿电压 $V_{(BR)CE}$ (V)	最高工 作电压 $V_{(RM)CE}$ (V)	暗电 流 I_D (μA)	光电 流 I_L (mA)	峰值波 长 λ_p (nm)	最大 功耗 P_M (mW)	外 形 图	
测试条件	$I_{CE} = 0.5$ μA	$I_{CE} = I_D$	$V = V_{(RM)CE}$	$V_{CE} = 10V$ $H = 1000lx$				
3DU51	≥ 15	≥ 10	≤ 0.2	≥ 0.5	880	30		
3DU52	≥ 45	≥ 30						
3DU53	≥ 75	≥ 50						
3DU54	≥ 45	≥ 30						≥ 1.0
3DU55	≥ 45							≥ 2.0
3DU11	≥ 15	≥ 10	≤ 0.3	0.5~1		50		
3DU12	≥ 45	≥ 30						
3DU13	≥ 75	≥ 50						
3DU14	≥ 150	≥ 100	≤ 0.2			100		
3DU21	≥ 15	≥ 10	≤ 0.3	1~2		30		
3DU22	≥ 45	≥ 30						
3DU23	≥ 75	≥ 50						
3DU24	≥ 150	≥ 100			≤ 0.2		100	
3DU31	≥ 15	≥ 10	≤ 0.3	≥ 2	30			
3DU32	≥ 45	≥ 30						
3DU33	≥ 75	≥ 50						
3DU42					100			
3DU62	≥ 45		≤ 1.0					
3DU82								

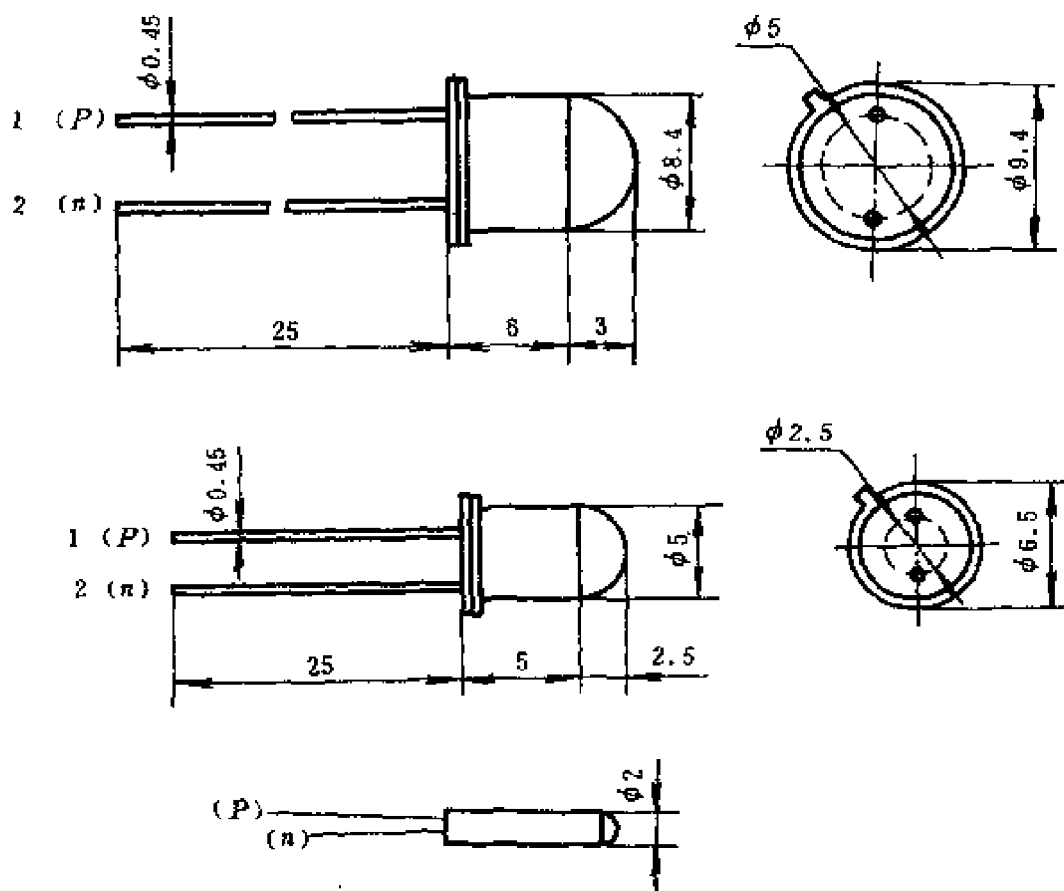


图 3-14 光电二极管外形图

3-7-4 光电晶体管使用注意事项

光电晶体管广泛应用于光信号的检测和光电信号转换的电路中。光电晶体管有光电晶体二极管和光电晶体三极管。两种管子在实际应用电路中的作用是相同的,其差别在于三极管的光电流比二极管大。因此,在选用光电晶体管时,对于要求灵敏度较高的光控电路应选用光电晶体三极管,对要求噪声低且随温度变化小的检测器电路,则选用光电晶体二极管。

3-8 晶闸管

晶闸管又称硅可控整流元件或称可控硅元件,是一种用弱电

信号控制强电系统的大功率新型半导体器件。广泛用于整流、开关、调压、调频和逆变等可控制电路中。

晶闸管的外形有螺旋式和平板式两种,但管芯结构都是一样的,即在一块硅片上交叠地制出四个 P_1 、 N_1 、 P_2 、 N_2 区,由四个区形成三个 PN 结 J_1 、 J_2 、 J_3 。由最外层的 P_1 和 N_2 分别引出两个电极,称为阳极 A 和阴极 C,由中间的 P_2 层引出的电极称为控制极 G,其内部结构、外形及其符号,见图 3-15 和 3-16。

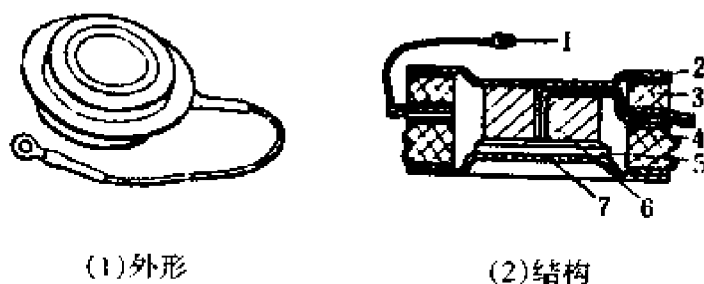


图 3-15(a) 平板型晶闸管

1—控制极外引线 2—控制极内引线绝缘套管 3—阴极陶瓷外壳
4—阳极陶瓷外壳 5—管芯 6—阴极压块 7—银片

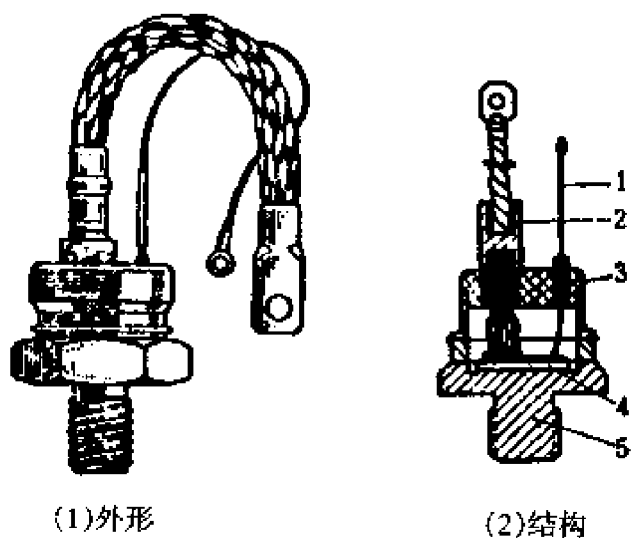


图 3-15(b) 螺栓型晶闸管

1—控制极引线 2—阴极引线 3—陶瓷、金属管壳
4—管芯 5—管座(阳极)

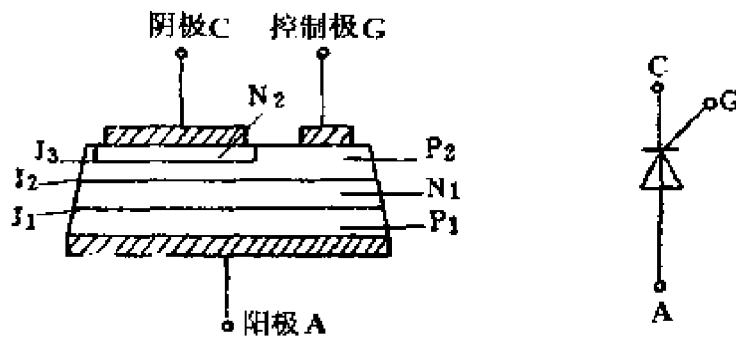


图 3-16 晶闸管的内部结构及其符号

3-8-1 晶闸管的特性

晶闸管的特性是由其伏安特性来决定的。其阳极伏安特性曲线见图 3-17。

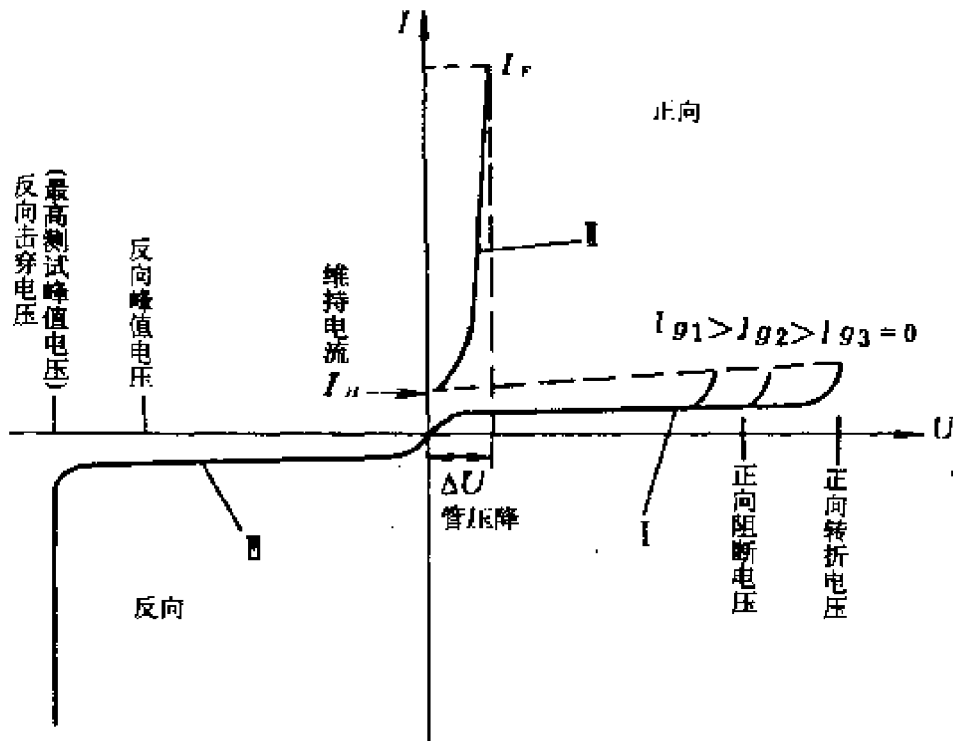


图 3-17 晶闸管的阳极伏安特性曲线

(1) 正向阻断特性(曲线 I)

当晶闸管的控制极上无信号时,在阳极上虽加有较大的正向电压,但仍不导通;当阳极正向电压达到某一定值时,晶闸管突然由关断状态转化为导通状态,这时的电压称之为正向转折电压,用 V_{BO} 表示。

为控制极加正向电流 I_g 时,晶闸管就会在较低的正向阳极电压下导通,转折电压随控制极电流减小而减小,当控制极电流大到一定程度,就不再出现正向阻断状态。

(2) 导通工作特性(曲线 II)

晶闸管控制极加正向电流时,管子就会导通,管子导通后,其内阻很小,压降很低,其控制极将失去控制作用,即晶闸管无论有无正向控制电压,仍处于导通状态。

若使晶闸管由导通状态转换成关断状态时,就要降低正向阳极电压或增加负载电阻,使阳极电流小于某一定值时,即可从特性曲线 II 回到特性曲线 I。

(3) 反向阻断特性(曲线 III)

当晶闸管阳极加以反向电压时,虽电压较大但管子不会导通,处于反向阻断状态,如图曲线 III。当反向阳极电压高到一定值时,管子会被击穿。该电压称之为反向击穿电压。正常工作时,不允许超过这个电压值。

3-8-2 晶闸管的主要技术参数

(1) 正向阻断峰值电压

在控制极断路及正向阻断条件下,可以重复加在元件上的正向峰值电压。此电压规定为正向转折电压的 80%。

(2) 反向阻断峰值电压

在控制极断路和额定结温下,可以重复加在元件上的反向峰值电压。此电压规定为最高反向测试电压的 80%。

(3) 额定正向平均电流

在环境温度为 $+40^{\circ}\text{C}$,标准散热及元件导通条件下,阳极和阴

极间可连续通过的工频正弦半波(导通角 $>170^\circ$)电流的平均值。

(4) 正向平均压降

在规定的条件下,元件通以额定正向平均电流时,在阳极阴极间的电压降的平均值。

(5) 维持电流

在控制极断路,规定环境温度和元件导通条件下,保持元件能处于导通状态所必须的最小正向电流。

(6) 控制极触发电流

阳阴极间加直流 6V 电压时,使元件完全开通所必须的最小控制极直流电流。

(7) 控制极触发电压

对应于控制极触发电流时的控制极直流电压。

(8) 控制极不触发电流

在额定结温、阳极和阴极间加以正向阻断峰值电压的条件下,保持元件处于阻断状态所能允许的最大控制极直流电流。

(9) 控制极不触发电压

对应于控制极不触发电流时的控制极直流电压。

(10) 通态电流临界上升率

在规定条件下,元件用控制极开通时能承受而不导致损坏的通态电流的最大上升率。

(11) 断态电压临界上升率

在额定结温和控制极断路条件下,使元件从断态转入通态的最低电压上升率。

3-8-3 晶闸管的简易测试

(1) 用万用表测试法

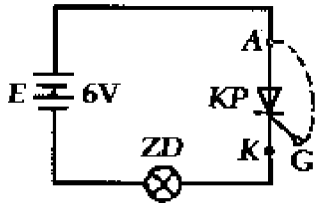
测量时,将万用电表放在 $R \times 1k$ 的电阻挡,测量阳极与阴极间的正反向电阻,若阻值都相当大,正向电阻约为几百千欧以上,反向电阻为无穷大,说明管子阻抗是正常的;若阻值不大或为零,则说明管子的性能不好或内部短路。

用 $R \times 1$ 挡测控制极与阴极间的电阻,正反向阻值为数十欧时,均为正常。若阻值为零或无穷大,则说明控制极与阴极短路或断路。

(2) 示灯测试法

用示灯测试晶闸管好、坏步骤及结果见表 3-34。

表 3-34 用示灯测试晶闸管好、坏步骤

原 理	步 骤	现 象	结 果
 <p>KP—被测晶闸管 A—阳极 K—阴极 G—控制极</p>	E 加在 A、K 两极, A、G 未短接	ZD 发亮	KP 已坏
	E 加在 A、K 两极, A、G 短接后	ZD 仍不亮	已坏
	E 加在 A、K 两极, A、G 短接后, 又断开	ZD 一直亮	KP 好
	E 加在 A、K 两极, A、G 短接后, 又断开	A、G 短接时 ZD 亮, A、G 断开时 ZD 灭	KP 已坏

3-8-4 常用晶闸管的技术数据

常用晶闸管的技术数据,见表 3-35 至 3-36。

表 3-35 3CT 系列晶闸管技术数据

系列	额定正向平均电流 (A)	正向阻断峰值电压 (V)	反向阻断峰值电压 (V)	最大正向平均电压降 (V)	维持电流 (mA)	控制极触发电压 (V)	控制极触发电流 (mA)	控制极最大允许正向电压 (V)	控制极不触发电压 (V)	一个周期内波过数倍	5秒钟波过数倍	5分钟波过数倍	散热器面积 (cm ²)	冷却方式
3CT1	1	30~3000	30~3000	1.2	<20	<2.5	<20	10	>0.3	5	2	1.25	350	空气冷却
3CT5	5	30~3000	30~3000	1.2	<40	<3.5	<50	10	>0.3	5	2	1.25	350	空气冷却
3CT10	10	30~3000	30~3000	1.2	<60	<3.5	<70	10	>0.25	5	2	1.25	1200	空气冷却
3CT20	20	30~3000	30~3000	1.2	<60	<3.5	<70	10	>0.25	5	2	1.25	1200	空气冷却
3CT50	50	30~3000	30~3000	1.2	<60	<3.5	<100	10	>0.15	5	2	1.25	900	强迫风冷
3CT100	100	30~3000	30~3000	1.2	<80	<4	<150	10	>0.15	4	2	1.25	1600	(风速不小于5米/秒)
3CT200	200	30~3000	30~3000	1.2	<100	<4	<200	10	>0.15	4	2	1.25	2200	强迫风冷
3CT300	300	30~3000	30~3000	1.2	<100	<4	<250	10	>0.15					或水冷
3CT500	500	30~3000	30~3000	1.2	<100	<4	<250	10	>0.15					
3CT800	800	30~3000	30~3000	1.2	<120	<4	<300	10						
3CT1000	1000	30~3000	30~3000	1.2	<150	<4	<300	10						

表 3-36 KP 系列晶闸管技术数据

系列	通态平均 电流 (A)	断态重复峰值 电压反向重复 峰值电压 (V)	断态不重复平 均电流反向不 重复平均电流 (mA)	额定结温 ($^{\circ}\text{C}$)	门极触发电 流 (mA)	门极触发电 压 (V)	断态电压 临界上升率 ($\text{V}/\mu\text{s}$)	通态电 流 临界上升率 ($\text{A}/\mu\text{s}$)	浪涌电流 (A)
KP1	1	100~3000	≤ 1	100	3~30	≤ 2.5	30	—	20
KP5	5	100~3000	≤ 1	100	5~70	≤ 3.5	30	—	90
KP10	10	100~3000	≤ 1	100	5~100	≤ 3.5	30	—	190
KP20	20	100~3000	≤ 1	100	5~100	≤ 3.5	30	—	380
KP30	30	100~3000	≤ 2	100	8~150	≤ 3.5	30	—	560
KP50	50	100~3000	≤ 2	100	8~150	≤ 3.5	30	30	940
KP100	100	100~3000	≤ 4	115	10~250	≤ 4	100	50	1880
KP200	200	100~3000	≤ 4	115	10~250	≤ 4	100	80	3770
KP300	300	100~3000	≤ 8	115	20~300	≤ 5	100	80	5650
KP400	400	100~3000	≤ 8	115	20~300	≤ 5	100	80	7540
KP500	500	100~3000	≤ 8	115	20~300	≤ 5	100	80	9420
KP600	600	100~3000	≤ 9	115	30~350	≤ 5	100	100	11160
KP800	800	100~3000	≤ 9	115	30~350	≤ 5	100	100	14920
KP1000	1000	100~3000	≤ 10	115	40~400	≤ 5	100	100	18600

3-8-5 晶闸管使用注意事项

- (1) 要根据技术条件配用散热器,并使散热器与管子间的接触良好,对功率较大的晶闸管要按规定采用风冷或水冷。
- (2) 采用适当的过流和过压保护。
- (3) 要防止控制极的正向过载和反向击穿。
- (4) 使用中要防止剧烈振动和冲击。

3-9 光电耦合器

光电耦合器是将发光元件和受光元件组合成一种光电结合的半导体器件。光电耦合器的输入端用于输入电信号。当输入端有电信号输入时,发光器发光,同时受光器受光,在受光器内产生光电流,由受光器的输出端输出。因此,实现了输入端与输出端相互隔离,以光为媒介的电—光—电的信号传输。此种器件响应快、可靠性高、功耗小、信噪比高、体积小和抗干扰性强,是较理想的信号耦合器件。它广泛地用于电信号耦合、电平匹配和电位隔离等多种数字和模拟电路中。

3-9-1 光电耦合器的特性

(1) 输入特性

光电耦合器的输入端是发光二极管,因此它的输入特性可用发光二极管的伏安特性来表示,见图3-18。由图可见,它与普通晶体二极管的伏安特性基本上一样,但有两点不同:一是正向死区较大,可达 $0.9\sim 1.1\text{V}$,当外加电压大于这个数值时,二极管才能发光;二是反向击穿电压很小,只有 6V 左右,使用时输入端的反向电压不能大于 6V 。

(2) 输出特性

光电耦合器的输出端是光敏三极管,因此光敏三极管的伏安特性就是它的输出特性,见图3-19。由图可见它与普通的晶体三

极管的伏安特性曲线相似,也分饱和、线性、截止三个区,不同之处在于它是以发光二极管的注入电流 I_f 为参变量的。正常情况下,管子工作在线性区,即在一定的 I_f 下,所对应的集电极电流 I_c 基本上与加在集射极间的电压 V_{ce} 无关。

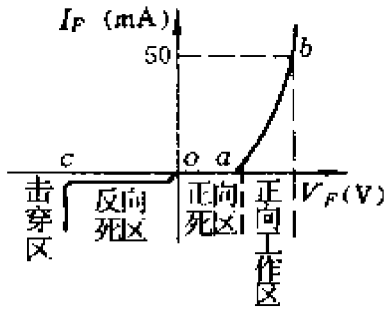


图 3-18 输入特性

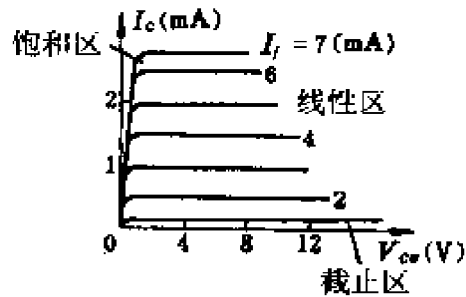


图 3-19 输出特性

(3) 传输特性

传输特性是输入电流与输出电流之间的关系,见图 3-20。在一定范围内,发光二极管发出的光能与输入电流成正比,光电三极管输出的电流与接收的光能也成正比。因此,输入电流与输出电流之间基本上为线性关系。

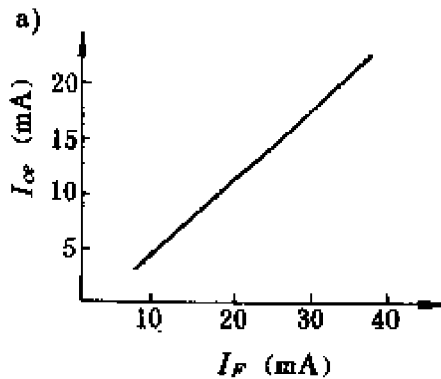


图 3-20 传输特性

3-9-2 光电耦合器的主要技术参数

光电耦合器的主要参数有 10 多项,其中许多参数(如:最大工作电流、正向压降、反向耐压、反向漏电流及饱和压降等)与一般晶

体二极管、三极管的意义是一样的,因此不再说明。现将光电耦合器特有的参数说明如下:

(1) 暗电流 I_d

当发光二极管注入电流 $I_f = 0$ 时二极管不发光,当光敏三极管 c、e 极间加以正向电压 V_{ce} 时,由于热运动有很少的电流流过集电极,称为暗电流 I_d 。它比普通硅晶体三极管的穿透电流要小得多,一般在 $0.1\mu\text{A}$ 以下。

(2) 电流传输比 β

在直流工作状态下,光敏管输出电流 I_c 与发光二极管注入电流 I_f 的比值,称为电流传输比 β 。如果传输特性线性度较好,则电流传输比 β 可用 $\beta = I_c / I_f \times 100\%$ 来求得。二极管—二极管光电耦合器传输效率低, β 值一般在百分之几以下。二极管—三极管光电耦合器的 β 值较高,可达 $10\% \sim 80\%$ 左右。

(3) 隔离阻抗 R_g

R_g 是指发光二极管与光敏管之间的绝缘电阻,一般在 $10^9 \sim 10^{11}\Omega$ 之间。

(4) 极间耐压 V_g

V_g 是指发光二极管与光敏管之间的绝缘电压,一般都在 500V 以上。

需要指出的是,光电耦合器的大多数参数受温度的影响较大,在使用时要注意环境温度的变化。

3-9-3 常用光电耦合器的技术数据

常用光电耦合器的技术数据,见表 3-37 和表 3-38。

表 3-37 光电耦合器技术数据

型号	输入特性				输出特性			传输特性				管脚	
	最大工作电流 I_{FM} (mA)	正向压降 V_F (V)	反向耐压 V_R (V)	反向漏电流 I_R (μ A)	暗电流 I_D (μ A)	光电流 I_L (μ A)	饱和压降 V_{CES} (V)	电传输比 β (%)	隔离电阻 R_{ISO} (Ω)	极间耐压 V_{ISO} (V)	极间电容 C_{ISO} (pF)		最高频率 f_M (kHz)
GD211A						25~50		0.25~0.5					
GD211						50~75		0.5~0.7					
GD212						75~100		0.75~1.0					
GD213						100~150		1.0~2.0				>400	
GD214						150~200		2.0~2.5					
GD215						200~300		2.5~3.0					
GD311A						1~2		10~20					
GD312A						2~4		20~40					
GD313A						4~6	≤ 2.5	40~60				<50	
GD314A						6~8		60~80					
GD315A						8~10		80~100					
GD311	50	1.1	≥ 5	≤ 50	≤ 0.1	1~2		10~20	10^{11}				
GD312						2~4		20~40					
GD313						4~6	≤ 3	40~60				<100	
GD314						6~8		60~80					
GD315						8~10		80~100					
最大容许功耗	$P_{FM} = 50mW$				$I_{CW} = 125mW$								

表 3-38 光敏二极管型光耦合器技术数据

型号	输入特性			输出特性			传输特性			隔离特性		
	正向电压 V_F (V)	反向电流 I_R (μA)	正向电流 I_{FM} (mA)	暗电流 I_D (μA)	反向工作电压 V_{RWM} (V)	反向击穿电压 V_{BR} (V)	电流传输比 CTR (%)	脉冲上升时间 t_r (ms)	脉冲下降时间 t_f (ms)	隔离电容 C_{ISO} (pF)	绝缘电阻 R_{ISO} (Ω)	绝缘耐压 V_{ISO} (kV)
GH201A							0.2~0.5					
GH201B							0.5~1					
GH201C	≤ 1.3	≤ 20	50	≤ 0.1	30	≥ 100	1~2	≤ 5	≤ 50	≤ 1	$\geq 10^{10}$	1
GH201D							2~3					
GH201E							3					

3-9-4 光电耦合器的应用

光电耦合器具有抗干扰、隔噪声、响应快、功率小和寿命长等特点。用它来代替变压器耦合电信号时,具有失真小、工作频率高的优点;代替继电器使用时,没有机械接点疲劳问题,具有很高的可靠性;它还有控制电平匹配、电位隔离等功能;在长传输中,用它作终端负载,可以大大提高信噪比。因此,光电耦合器在电子线路中有广泛的用途。

3-10 半导体集成电路

半导体集成电路是利用半导体平面技术或薄、厚膜工艺,将晶体二极管、三极管、电阻和电容等分立器件制作在同一基片上,并按照一定要求连接起来,使其组成具有一定功能的电路,这种电路具有体积小、功耗低、性能好以及成本低等优点,因此,在自动控制系统、计算机技术以及家用电器等方面都得到广泛的应用。

3-10-1 半导体集成电路分类

半导体集成电路分类,见表 3-39。

3-10-2 半导体集成电路型号命名方法

半导体集成电路型号命名方法,按照国家标准 GB3430—89《半导体集成电路型号命名方法》执行。其标准内容如下:

1. 型号的组成

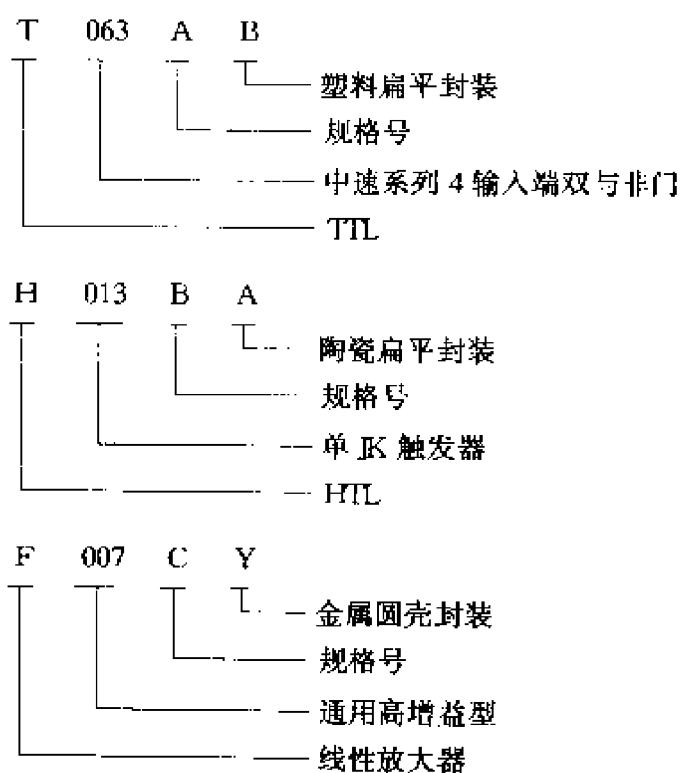
表 3-39 半导体集成电路分类

按功能分类	数字集成电路	门电路	“与”门、“或”门、“非”门、“与非”门、“或非”门、“与或非”门、“异或”门等
		触发器	RS 触发器、JK 触发器、D 触发器、锁存触发器等
		存储器	随机存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、移位寄存器等
		功能部件	译码器、数据选择器、磁心驱动器、半加器、全加器、奇偶校验器等
		微处理器	
	模拟集成电路	线性电路	直流运算放大器、通用运算放大器、音频放大器、宽频带放大器、高频放大器等
	非线性电路	电压比较器、直流稳压电源、读出放大器、模/数(数/模)变换器、模拟乘法器、晶闸管触发器等	
按有源器件分类	双极型	DTL: 二极管-晶体管逻辑电路 TTL: 晶体管-晶体管逻辑电路 HTL: 高抗干扰逻辑电路 ECL: 射极耦合逻辑电路(又称 CML) I ² L: 集成注入逻辑电路(又称合并晶体管逻辑电路 MTL)	
	MOS 型(单极型)	PMOS: P 沟道增强型绝缘栅场效应管集成电路 NMOS: N 沟道增强型绝缘栅场效应管集成电路 CMOS: 互补对称型绝缘栅场效应管集成电路	
按集成度分类	小规模(SSI)	1~10 个等效门/片, 10~100 个元件/片	
	中规模(MSI)	10~100 个等效门/片, 100~1000 个元件/片	
	大规模(LSI)	大于 100 个等效门/片, 元件数在 1 000 个以上/片	
	超大规模(VLSI)	元件数超过 10 万个以上(ECL 超过 2 万以上)/片	

器件的型号由五个部分组成,其五个组成部分的符号及意义如下:

第0部分	第一部分		第二部分	第三部分		第四部分	
用字母表示器件符合国家标准	用字母表示器件的类型		用阿拉伯数字和字符表示器件的系列和品种代号	用字母表示器件的工作温度范围		用字母表示器件的封装	
符号意义	符号	意义		符号	意义	符号	意义
C 符合 国家 标准	T	TTL 电路		C	0~70℃	F	多层陶瓷扁平
	H	HTL 电路		G	-25~70℃	B	塑料扁平
	E	ECL 电路		L	-25~85℃	H	黑瓷扁平
	C	CMOS 电路		E	-40~85℃	D	多层陶瓷双列直插
	M	存储器		R	-55~85℃	J	黑瓷双列直插
	μ	微型机电路		M	-55~125℃	P	塑料双列直插
	F	线性放大器				S	塑料单列直插
	W	稳压器				K	金属菱形
	B	非线性电路				T	金属圆形
	J	接口电路				C	陶瓷芯片载体
	AD	A/D 转换器				E	塑料芯片载体
	DA	D/A 转换器				G	网格阵列
	D	音响、电视电路					
	SC	通讯专用电路					
	SS	敏感电路					
SW	钟表电路						

2. 示例



3-11 数字集成电路

3-11-1 数字集成电路系列品种代号

数字集成电路系列品种代号,见表 3-40。其封装型式及外形,见图 3-21。

表 3-40 数字集成电路系列品种代号表

类型	电 路 名 称	类型、系列、品种代号				
		低功耗 低 速	低功耗 中 速	中 速	高 速	共高速
TTL 门 触 发 器	4 输入端双与门	T009	T039	T069	T099	T129
	4 输入端双与门(集极开路输出)	T010	T040	T070	T100	T130
	四非门(三状态输出)			T081	T111	T141
	六非门			T082	T112	T142
	8 输入端单与非门			T060	T090	T120
	8 输入端单与非门(带与扩展端)	T001	T031	T061		
	8 输入端单与非门(三状态输出)			T062	T092	T122
	4 输入端双与非门	T003	T033	T063	T093	T123
	4 输入端双与非门(集极开路输出)	T004	T034	T064	T094	T124
	4 输入端双与非门(三状态输出)			T083	T113	T143
	2 输入端四与非门	T005	T035	T065	T095	T125
	2 输入端四与非门(集极开路输出)	T006	T036	T066	T096	T126
	4 输入端单与非功率门			T084	T114	T144
	4 输入端单与非功率门(集极开路输出)			T085	T115	T145
	4 输入端双与非功率门			T067	T097	T127
	4 输入端双与非功率门(集极开路输出)			T068	T098	T128
	5-4 输入端与或非门			T086	T116	
	5-4 输入端与或非门(带或扩展端)	T011	T041	T071	T101	
	4-3-2-2 输入端与或非门	T012	T042	T072	T102	T132
	4-3-2-2 输入端与或非门(集极开路输出)			T073	T103	T133
	双 3-2 输入端与或非门			T087	T117	T147
	4-3-3 输入端或扩展器			T074	T104	
	4 输入端双或扩展器	T014	T044			
	双异或门	T015	T045	T075	T105	T135
	单 D 触发器	T016	T046	T076	T106	T136
	双 D 触发器	T017	T047	T077	T107	T137
	单 J-K 触发器	T018	T048	T078	T108	T138
	双 J-K 触发器	T019	T049	T079	T109	T139
锁定触发器			T080	T110	T140	

(续表)

类 型	电 路 名 称	系列、品种 代 号
TTL 计 数 器 (中 速)	2-5 进位计数器	T210
	2-5 进位计数器(可预置)	T211
	2-8 进位计数器(可预置)	T212
	可变进位计数器	T213
	二进制计数器(同步、可预置)	T214
	二进制可逆计数器	T215
	十进制计数器(同步、可预置)	T216
	十进制可逆计数器	T217
TTL 译 码 器 (中 速)	三线-八线译码器	T330
	四线-十线译码器	T331
	四线-十线译码器(高压)	T332
	四线-十六线译码器	T333
	双二线-四线译码器	T334
	双二线-四线相关译码器	T335
	双二位二进制译码器	T336
	七段译码器	T337
	七段译码器(OC、30V)	T338
	七段译码器(射极跟随)	T339
	8421 编码器	T340
	八线-八线优先编码器	T341
TTL 寄 存 器 (中 速)	八 RS 触发器	T450
	四 D 触发器	T451
	四锁定触发器	T452
	四位双向移位寄存器	T453
	四位双向移位寄存器(时钟不控状态控制)	T454
	五位移位寄存器	T455
	八位移位寄存器(串入、串出)	T456
	八位移位寄存器(并入、并出)	T457
	八位移位双向寄存器	T458
	4×4 寄存器堆	T459

(续表)

类 型	电 路 名 称	系列、品种 代 号
TTL 数据 选择器 (中速)	四位二选一(正码)	T570
	四位三选一(正反码)	T571
	四位三选一(OC)	T572
	四位三选一(正码、三态)	T573
	双四选一(正码)	T574
	双四选一(正码、三态)	T575
	八选一(正反码)	T576
	八选一(正反码、三态)	T577
	十六选一(反码)	T578
	四位原反码选择门	T579
TTL 运算器 (中速)	四异或门	T690
	四异或门(OC)	T691
	四位全加器	T692
	四位全加器(快速进位)	T693
	双全加器	T694
	四位算术运算器	T695
	快速进位扩展器	T696
	功能发生器	T697
	超前进位发生器	T698
	八位奇偶校验器	T699
	九位奇偶校验器	T700
	九位奇偶校验器	T701
HTL 门 、 触 发 器	8 输入端单与门	H001
	4 输入端双与门(带与扩展端)	H002
	8 输入端单与非门(带与扩展端)	H003
	4 输入端双与非门(带与扩展端)	H004
	4 输入端双与非门(无源输出、带与扩展端)	H005
	2 输入端四与非门	H006
	2 输入端四与非门(无源输出)	H007
	8 输入端单与非功率门(带与扩展端、集极开路输出)	H008
	4 输入端双与非功率门(带与扩展端、集极开路输出)	H009
	5 输入端双与扩展器	H010
	4-3-3 输入端与或非门	H011
	4-3-3 输入端与或非门(无源输出)	H012
	单 J-K 触发器	H013
	单 J-K 触发器(中速)	H043

(续表)

类 型	电 路 名 称	系列、品种 代 号
HT 计 数 器	二—五进制计数器	H150
	二—五进制计数器(可预置)	H151
	四位二进制计数器	H152
	十进制计数器	H153
	任意进制计数器	H154
HTL 译 码 器	二—十进制译码器	H270
	七段译码器(OC)	H271
	八段译码器	H272
HTL 寄 存 器	四位移位寄存器(并入、并出、右移)	H390
	四位双向移位寄存器(串、并行)	H391
	五位移位寄存器(并入、并出、右移)	H392
ECL 门 触 发 器	双 4-5 输入端或/或非门	E001
	双 4 输入端或/或非门(低阻输入)	E002
	三 2-3-2 输入端或/或非门	E003
	四 2 输入端或/或非门	E004
	四 2 输入端或与门	E005
	双二路 3 输入端或与门	E006
	双二路 2-3 输入端或与/或与非门	E007
	四路或与/或与非门	E008
	三 2 输入端异或/异或非门	E009
	单 D 触发器	E010
	单 D 触发器(低阻输入)	E011
	双 D 触发器	E012
	单 J-K 触发器	E013
	单 J-K 触发器(低阻输入)	E014
ECL	双 J-K 触发器	E015
	单锁定触发器	E016
	双锁定触发器	E017
ECL 计 数 器	四位二进制计数器	E150
	四位二进制计数器	E151
	十进制计数器	E152

(续表)

类 型	电 路 名 称	系列、品种代号		
		8~12 V	7~15 V	3~18 V
ECL 译码器	三位二进制译码器 八路编码器	E270 E271		
ECL 寄存器	四 D 触发器 四锁定触发器 四位移位寄存器 四 2 输入端(数据选择)暂存器	E390 E391 E392 E393		
ECL 数据选择器	双四路选择器 八路选择器	E510 E511		
ECL 运算器	双 3 输入端奇偶电路 全加器 两位全加器 多功能产生器 超前进位链 九位校验器	E630 E631 E632 E633 E634 E635		
类 型	电 路 名 称	系列、品种代号		
		8~12 V	7~15 V	3~18 V
CMOS 门 触 发 器	4 输入端双与门 4 输入端双或门 六非门 4 输入端双与非门 3 输入端三与非门 2 输入端四与非门 4 输入端双或非门 3 输入端三或非门 2 输入端四或非门 4-3-3 输入端与或非门(带或扩展器) 8 输入端多功能可扩展门 双互补对加倒相器 双 D 触发器 双 J-K 触发器	C001 C002 C003 C004 C005 C006 C007 C008 C009 C010 C011 C012 C013 C014	C031 C032 C033 C034 C035 C036 C037 C038 C039 C040 C041 C042 C043 C044	C061 C062 C063 C064 C065 C066 C067 C068 C069 C070 C071 C072 C073 C074

(续表)

类型	电 路 名 称	系列、品种代号		
		8~12 V	7~15 V	3~18 V
CMOS 计数器	二—十进制同步加法计数器	C150	C180	C210
	二—十进制同步可逆计数器(双时钟,可预置)	C151	C181	C211
	二—十进制 1/N 计数器(可预置)	C152	C182	C212
	四位二进制同步加法计数器	C153	C183	C213
	四位二进制同步可逆计数器(双时钟,可预置)	C154	C184	C214
	四位二进制 1/N 计数器(可预置)	C155	C185	C215
	任意进制非同步加法计数器	C156	C186	C216
	十进制计数器/脉冲分配器	C157	C187	C217
CMOS 译码器	四锁定/四线—十六线译码器	C270	C300	C330
	BCD—十进制译码器	C271	C301	C331
	BCD—八段译码器	C272	C302	C332
	BCD—七段译码器/液晶显示驱动器	C273	C303	C333
		十进制数 BCD 码变换器	C274	C304

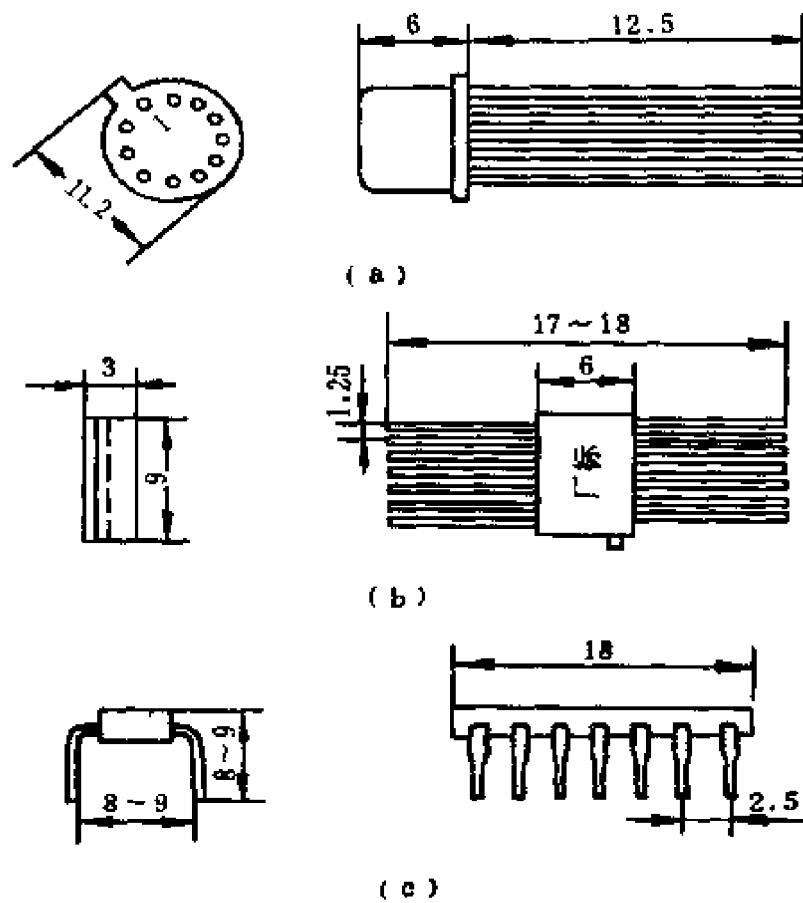


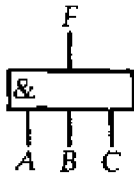
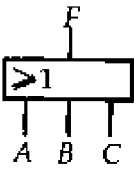
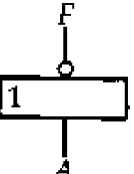
图 3-21 集成电路封装型式及外形尺寸
 (a)金属圆壳型 (b)扁平型 (c)双列直插型

3-11-2 双极型数字集成电路

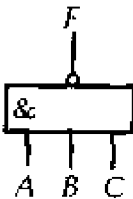
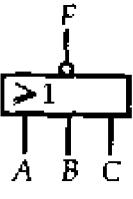
双极型数字集成电路主要产品有：二极管-晶体管逻辑电路，简称 DTL；晶体管-晶体管逻辑电路，简称 TTL；高抗干扰逻辑电路，简称 HTL；射极耦合逻辑电路，简称 ECL；集成注入逻辑电路，简称 IIL 等。在工业自动化系统中应用最普遍的是 TTL 和 HTL 两种电路。

常用双极型数字集成电路逻辑符号、逻辑式及真值表(功能表)，见表 3-41。

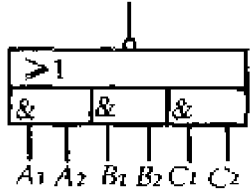
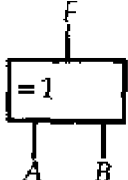
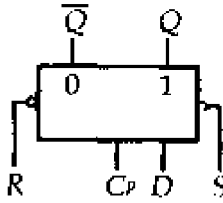
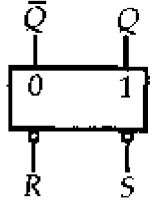
表 3-41 集成电路逻辑符号、逻辑式及真值表

名称	逻辑符号	逻辑式及真值表																																				
与 门		$F = A \cdot B \cdot C$ <table border="1" data-bbox="831 495 1197 1021"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	A	B	C	F	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
A	B	C	F																																			
0	0	0	0																																			
0	0	1	0																																			
0	1	0	0																																			
0	1	1	0																																			
1	0	0	0																																			
1	0	1	0																																			
1	1	0	0																																			
1	1	1	1																																			
或 门		$F = A + B + C$ <table border="1" data-bbox="831 1106 1197 1632"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	A	B	C	F	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
A	B	C	F																																			
0	0	0	0																																			
0	0	1	1																																			
0	1	0	1																																			
0	1	1	1																																			
1	0	0	1																																			
1	0	1	1																																			
1	1	0	1																																			
1	1	1	1																																			
非 门		$F = \bar{A}$ <table border="1" data-bbox="916 1722 1098 1895"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	A	F	0	1	1	0																														
A	F																																					
0	1																																					
1	0																																					

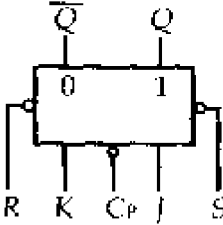
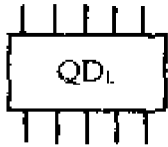
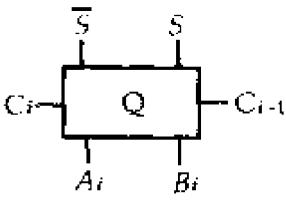
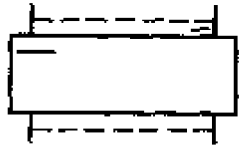
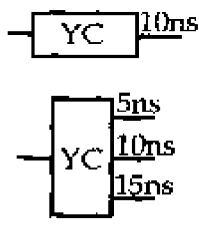
(续表)

名称	逻辑符号	逻辑式及真值表																																				
与非门		$F = \overline{A \cdot B \cdot C}$ <table border="1" data-bbox="834 548 1198 1077"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	A	B	C	F	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
A	B	C	F																																			
0	0	0	1																																			
0	0	1	1																																			
0	1	0	1																																			
0	1	1	1																																			
1	0	0	1																																			
1	0	1	1																																			
1	1	0	1																																			
1	1	1	0																																			
或非门		$F = \overline{A + B + C}$ <table border="1" data-bbox="829 1288 1192 1816"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	A	B	C	F	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0
A	B	C	F																																			
0	0	0	1																																			
0	0	1	0																																			
0	1	0	0																																			
0	1	1	0																																			
1	0	0	0																																			
1	0	1	0																																			
1	1	0	0																																			
1	1	1	0																																			

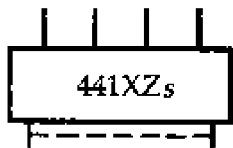
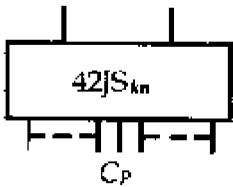
(续表)

名称	逻辑符号	逻辑式及真值表																																				
与非门		$F = \overline{(A_1 \cdot A_2) + (B_1 \cdot B_2) + (C_1 \cdot C_2)}$ <table border="1" data-bbox="826 504 1193 1025"> <thead> <tr> <th>$A_1 A_2$</th> <th>$B_1 B_2$</th> <th>$C_1 C_2$</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>任意</td> <td>任意</td> <td>11</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>任意</td> <td>11</td> <td>任意</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>任意</td> <td>任意</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>11</td> <td>任意</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>任意</td> <td>11</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>任意</td> <td>11</td> <td>11</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>11</td> <td>11</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td colspan="3">其他所有状态</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	$A_1 A_2$	$B_1 B_2$	$C_1 C_2$	F	任意	任意	11	0	任意	11	任意	0	11	任意	任意	0	11	11	任意	0	11	任意	11	0	任意	11	11	0	11	11	11	0	其他所有状态			1
$A_1 A_2$	$B_1 B_2$	$C_1 C_2$	F																																			
任意	任意	11	0																																			
任意	11	任意	0																																			
11	任意	任意	0																																			
11	11	任意	0																																			
11	任意	11	0																																			
任意	11	11	0																																			
11	11	11	0																																			
其他所有状态			1																																			
异或门		$F = A \oplus B = A\bar{B} + \bar{A}B$ <table border="1" data-bbox="874 1131 1149 1276"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	F	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0																					
A	B	F																																				
1	0	1																																				
0	1	1																																				
1	1	0																																				
0	0	0																																				
D触发器		<table border="1" data-bbox="874 1321 1145 1556"> <thead> <tr> <th rowspan="2">t_n</th> <th colspan="2">t_{n+1}</th> </tr> <tr> <th>Q</th> <th>\bar{Q}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D</td> <td>Q</td> <td>\bar{Q}</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	t_n	t_{n+1}		Q	\bar{Q}	D	Q	\bar{Q}	0	0	1	1	1	0																						
t_n	t_{n+1}																																					
	Q	\bar{Q}																																				
D	Q	\bar{Q}																																				
0	0	1																																				
1	1	0																																				
R-S触发器		<table border="1" data-bbox="874 1601 1145 1892"> <thead> <tr> <th>R</th> <th>S</th> <th>Q_{n+1}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>Q_n</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>不定</td> </tr> </tbody> </table>	R	S	Q_{n+1}	0	1	0	1	0	1	1	1	Q_n	0	0	不定																					
R	S	Q_{n+1}																																				
0	1	0																																				
1	0	1																																				
1	1	Q_n																																				
0	0	不定																																				

(续表)

名称	逻辑符号	逻辑式及真值表																		
J-K 触发器		<table border="1" data-bbox="869 436 1141 795"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="869 436 957 492">t_n</th> <th data-bbox="957 436 1141 492">t_{n+1}</th> </tr> <tr> <th data-bbox="869 492 957 548">J</th> <th data-bbox="957 492 1045 548">K</th> <th data-bbox="1045 492 1141 548">Q_{n+1}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="869 548 957 604">0</td> <td data-bbox="957 548 1045 604">0</td> <td data-bbox="1045 548 1141 604">Q_n</td> </tr> <tr> <td data-bbox="869 604 957 660">0</td> <td data-bbox="957 604 1045 660">1</td> <td data-bbox="1045 604 1141 660">0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="869 660 957 716">1</td> <td data-bbox="957 660 1045 716">0</td> <td data-bbox="1045 660 1141 716">1</td> </tr> <tr> <td data-bbox="869 716 957 795">1</td> <td data-bbox="957 716 1045 795">1</td> <td data-bbox="1045 716 1141 795">\bar{Q}_n</td> </tr> </tbody> </table>	t_n		t_{n+1}	J	K	Q_{n+1}	0	0	Q_n	0	1	0	1	0	1	1	1	\bar{Q}_n
t_n		t_{n+1}																		
J	K	Q_{n+1}																		
0	0	Q_n																		
0	1	0																		
1	0	1																		
1	1	\bar{Q}_n																		
电流驱动器																				
全加器																				
译码器																				
延迟线																				

(续表)

名称	逻辑符号	逻辑式及真值表
四位四选 · 数据选择器		
四位二 进制可 逆计数 器		

3-11-3 数字集成电路的主要技术性能

数字集成电路的主要技术性能参数如下:

1. 静态功率:是指每个电路在静态下的功率损耗,其单位为 mW。

2. 平均传输延迟时间:是指在输出信号由高变低和由低变高的两种情况下,电路输入信号变化到输出信号时的时间间隔的平均值,其单位为 ns。

3. 扇出系数:是指一个门电路能够驱动同类门电路(负载)的最大数目。

4. 噪声容限:是指在保证电路输出逻辑值不变的情况下,电路输入端能承受对标准逻辑电平的最大偏离值,其单位为 V。

5. 供电电压:是指电路的额定电源电压,其单位为 V。

各种数字集成电路逻辑门技术性能,见表 3-42。

表 3-42 各种数字集成电路逻辑门技术性能

性能 \ 电路类型	TTL	HTL	DTL	ECL	PL	PMOS	NMOS	CMOS
静电功耗 (mW)	10	55	8	40	0.01	1	1.5	0.01
平均传输延迟时间 (ns)	10	90	30	2	25	300	250	40
扇出系数	10	10	8	25	3	20	20	50
抗干扰能力	较强	最强	较强	较弱	弱	较强	较强	强
供电电压 (V)	5	15	5	-5.2	>0.8	-24	≤15	3-15

3-11-4 TTL 集成电路的技术数据及使用注意事项

1. TTL 集成电路的技术数据, 见表 3-43~表 3-45。

表 3-43 TTL 集成电路的技术数据

系 列	T1000		T2000		T3000		T4000		T000	
									中速	高速
对应国外系列	SN54/74		SN54H/74H		SN54S/74S		SN54LS/74LS			
平均传输延迟时间/每门 $t_{pm}(ns)$	10		6		3		9.5		15	8
平均功耗/每门 $\bar{P}(mW)$	10		22		19		2		20	35
最高工作频率 f_{max} (MHz)	35		50		125		45		20	40
基本特点	输入二极管钳位、图腾柱输出		输入二极管钳位, 达林顿图腾柱输出		肖特基结构, 开关速度快		低功耗肖特基结构		与 T3000 线路类似, 但没有肖特基结构, 而是用普通晶体管	
最大极限参数	存储温度	T_{ST}	-65~150℃							
	结温	T_J	-55~125℃							
	输入电压	V_I	多射极输入电压 -0.5~5.5V, T4000 的肖特基二极管输入电压 -0.5~15V							
	输入电流	I_I	-3.0~5.0mA							
	电源电压	V_{CC}	7V							

表 3-44 TTL 中速“与非”、“与或门”门电路技术数据

参数名称 及符号	通源电 源电流 I_{CU} (mA)	截止电 源电 流 I_{CCH} (mA)	输入短 路电 流 I_{IS} (mA)	输入漏 电 流 I_{IE} (μ A)	输出短 路电 流 I_{OS} (mA)	输出漏 电 流 I_{OE} (μ A)	输出高电 平 V_{OH} (V)	输出低电 平 V_{OL} (V)	平均传 输延 迟时 间 t_{pd} (ns)
测试条件	输入端 悬空 输出端 空载	$V_I = 0V$	$V_I = 0V$	$V_I = 5V$	$V_I = 0V$ $V_O = 0V$	$V_I = 0V$ $V_O = 5V$	$V_I = 0.8V$ $I_O = 0.16mA$	$V_I = 1.8V$ $I_O = 12.8mA$	$f = 2MHz$ $C_L = 21pF$
单“与非”门	≤ 10	≤ 5	≤ 1.6	≤ 20	≤ 80	≤ 50	2.7~4.2	≤ 0.35	≤ 30
双“与非”门	≤ 20	≤ 10	≤ 1.6	≤ 20	≤ 80	≤ 50	2.7~4.2	≤ 0.35	≤ 30
“与或门”门	≤ 10	≤ 6	≤ 1.6	≤ 20	≤ 80	≤ 50	2.7~4.2	≤ 0.35	≤ 40

(T_a = 25°C V_{cc} = 5V N_v - 8)注: I_{OS}作为参考数。

表 3-45 TTL 中速 D 型触发器技术数据 ($T_o = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{cc} = 5\text{V}$)

参数名称及符号	通导电源电流 I_{CC} (mA)	输入短路电流 I_{IS} (R、S、D) (mA)	输入短路电流 I_{IS} (S_D 、CP) (mA)	输入短路电流 I_{IS} (R_D) (mA)	输入漏电流 I_{IE} (R、S、D) (S_D 、CP) (μA)	输入漏电流 I_{IE} (R_D) (μA)	输入短路电流 I_{OS} (\bar{Q}) (mA)	输出漏电流 I_{OE} (\bar{Q}) (μA)	输出电平 V_{OH} (\bar{Q}) (V)	输出电平 V_{OL} (\bar{Q}) (V)	最高工作频率 f_m (MHz)
测试条件	输出空载	$V_I = 0\text{V}$	$V_I = 0\text{V}$	$V_I = 0\text{V}$	$V_I = 5\text{V}$	$V_I = 5\text{V}$	$V_{OH} (S_D) V_{OH} (S_D) - 0\text{V}$ $V_O = 0\text{V}$	$V_{OH} (S_D) V_{OH} (S_D) - 0\text{V}$ $I_O = 12\text{mA}$	$V_{OH} (S_D) V_{OH} (S_D) - 0\text{V}$ $I_O = 12\text{mA}$	$V_{OH} (S_D) V_{OH} (S_D) - 0\text{V}$ $I_O = 12\text{mA}$	$I_O = 12\text{mA}$ $C_L = 15\text{pF}$
单 D 触发器	≤ 10	≤ 1.5	≤ 3.0	≤ 4.5	≤ 20	≤ 40	≤ 60	≤ 100	3~4	≤ 0.35	≥ 5
双 D 触发器	≤ 20	≤ 1.5	≤ 3.0	≤ 4.5	≤ 20	≤ 40	≤ 60	≤ 100	3~4	≤ 0.35	≥ 5

注： I_{OS} 作为参考数。

2. 常用 TTL 门电路、触发器的型号和外引线功能端排列图, 见表 3-46 和图 3-22。

表 3-46 常用 TTL 门电路、触发器的型号和外引线功能端排列图

品 种	电 路 名 称	型 号	外引线功能端排列图
与 非 门 和 反 相 器	六反相器(AD)	T1004 T2004 T3004 T4004	见图 3-22 ①
	六反相器(OC)	T1005 T2005 T3005 T4005	
	六反相器(有施密特触发器)	T1014 T4014	
	四 2 输入与非门(AD)	T1000 T2000 T3000 T4000	②
	四 2 输入与非门(OC)	T2001 T1003 T3003 T4003	
	四 2 输入与非门(有施密特触发器)	T1132 T3132 T4132	
	双 4 输入与非门(AD)	T1020 T2020 T3020 T4020	

(续表)

品 种	电 路 名 称	型 号	外引线功能端 排列图
和反相器 与非门	双 4 输入与非门(OC)	T1022 T2022 T3022 T4022	③
	双 4 输入与非门(有施密特触发器)	T1013 T4013	③
或 非 门	四 2 输入或非门(AD)	T1002 T3002 T4002	④
	双 4 输入或非门(AD)(有选通端)	T1025	⑤
与	四 2 输入与门(AD)	T1008 T3008 T4008	⑥
	四 2 输入与门(OC)	T1009 T3009 T4009	
门	三 3 输入与门(AD)	T2011 T3011 T4011	⑦
	三 3 输入与门(OC)	T2015 T3015 T4015	
或 门	四 2 输入或门(AD)	T1032 T3032 T4032	⑧
与 或 非 门	2 路 4-4 输入与或非门(AD)	T4055	⑨
	4 路 4-2-3-2 输入与或非门(AD)	T3064	⑩
	4 路 4-2-3-2 输入与或非门(OC)	T3065	

(续表)

品 种	电 路 名 称	型 号	外引线功能端 排列图
缓 冲 器 / 驱 动 器	四 2 输入或非缓冲器(AD)	T1028 T4028	④
	四 2 输入与非缓冲器(AD)	T1037 T3037 T4037	②
	四 2 输入或非缓冲器(OC)	T1033 T4033	④
	四 2 输入与非缓冲器(OC)	T1038 T3038 T4038	②
	双 4 输入与非缓冲器(AD)	T1040 T2040 T3040 T4040	③
	六高压输出缓冲器/驱动器 (OC) ^(30V) (15V)	T1007 T1017	①
	六高压输出反相缓冲器/驱动器 (OC) ^(30V) (15V)	T1006 T1016	①
	四 2 输入高压输出与非缓冲器 (OC) ^(15V) (15V)	T1026 T4026	②

(续表)

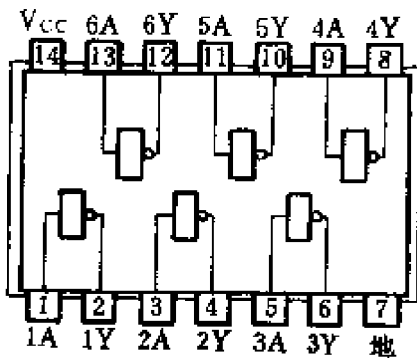
品 种	电 路 名 称	型 号	外引线功能端排列图
触 发 器	双下降沿 J-K 触发器(有预置、清除端)(边沿触发)	T3112 T4112	⑫
	双上升沿 J-K 触发器(有预置、清除端)(边沿触发)	T1109 T4109	⑬
	与门输入主从 J-K 触发器(有预置、清除端)(脉冲触发)	T1072 T2072	⑭
	双上升沿 D 型触发器(有预置、清除端)	T1074 T2074 T3074 T4074	⑮
	双单稳态触发器(有施密特触发器)	T1221 T4221	⑯

注：1. AD 为图腾柱输出；OC 为集电极开路输出。

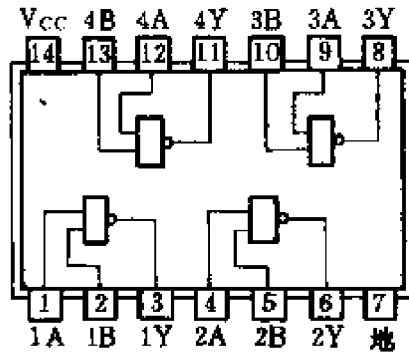
2. 外引线功能端排列图只表示外引线端的功能，与电路内部结构无关。如六反向器型号很多，内部结构和输出方式也不相同，但外引线功能端的排列顺序却是一样的。

正逻辑： $Y = \overline{A}$

正逻辑： $Y = \overline{A \cdot B}$

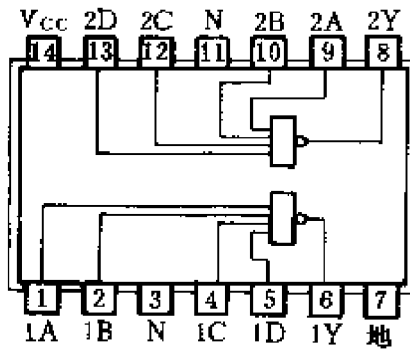


①



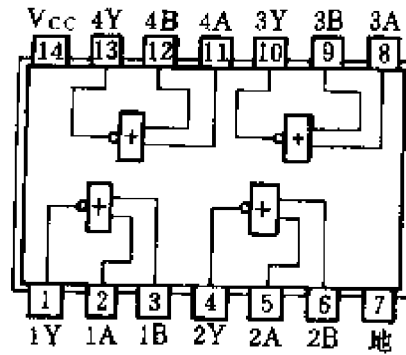
②

正逻辑: $Y = \overline{A \cdot B \cdot C \cdot D}$



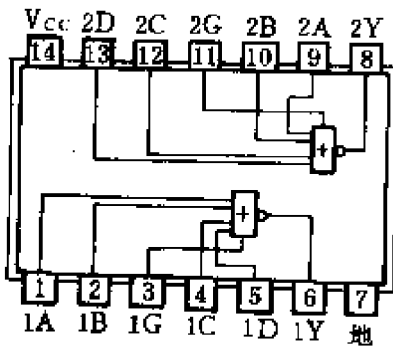
③

正逻辑: $Y = \overline{A + B}$



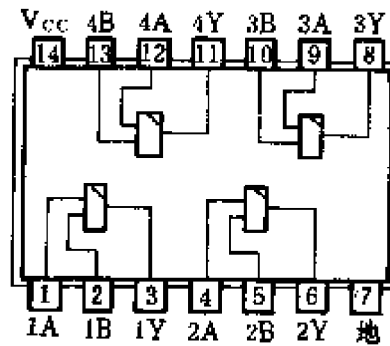
④

正逻辑: $Y = \overline{(A + B + C + D) \cdot G}$



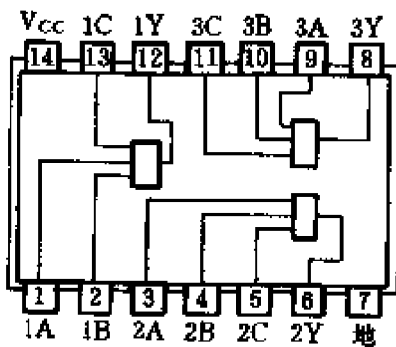
⑤

正逻辑: $Y = A \cdot B$



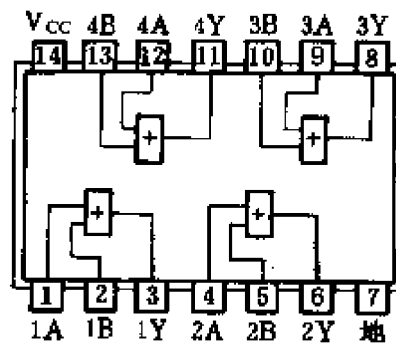
⑥

正逻辑: $Y = A \cdot B \cdot C$



⑦

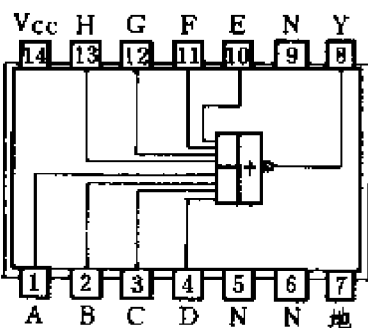
正逻辑: $Y = A + B$



⑧

正逻辑:

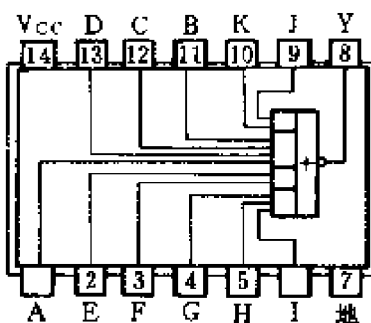
$$Y = A \cdot B \cdot C \cdot D + E \cdot F \cdot G \cdot H$$



⑨

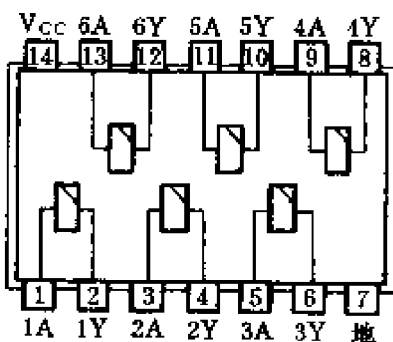
正逻辑:

$$Y = A \cdot B \cdot C \cdot D + E \cdot F + G \cdot H \cdot I + I \cdot K$$

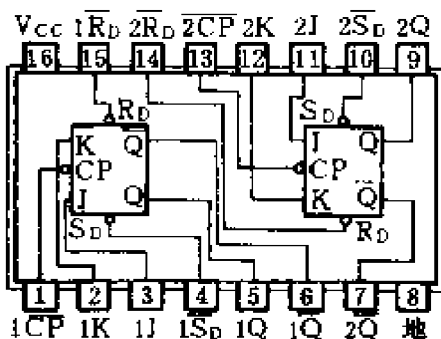


⑩

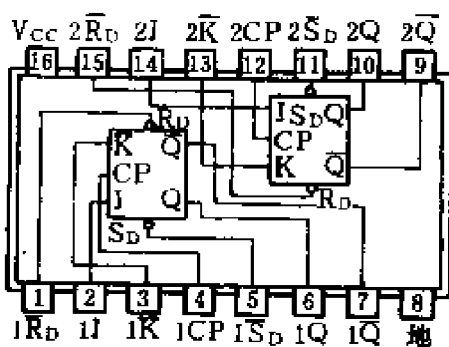
正逻辑: $Y = A$



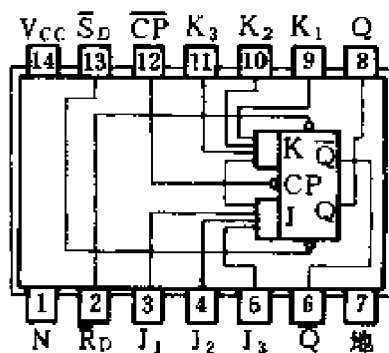
⑪



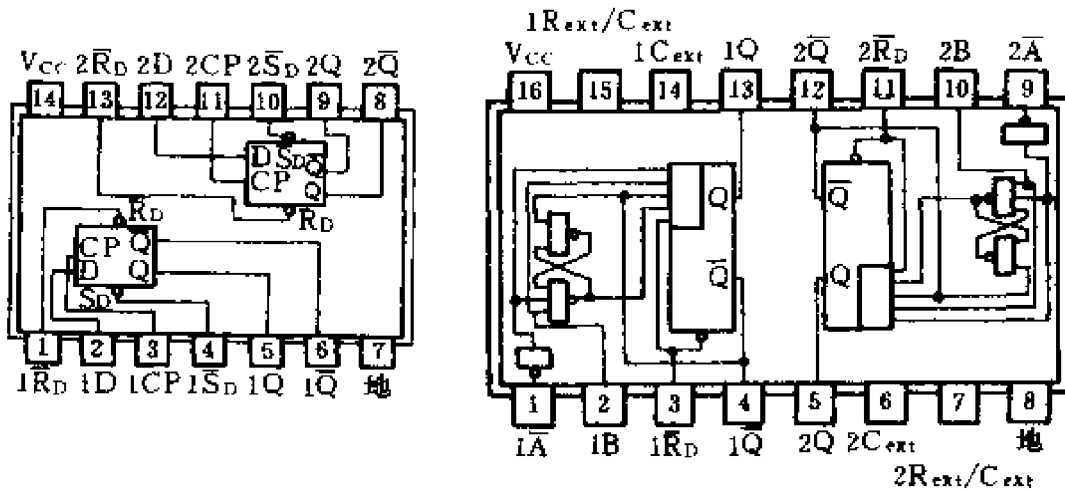
⑫



⑬



⑭



⑮

⑯

图 3-22 TTL 电路外引线功能端排列图

3. TTL 集成电路使用注意事项

(1) 各类 TTL 集成电路应在推荐的工作条件下工作,不允许超过规定的电路极限值。

(2) 电路的各输入端不能直接与高于 +5.5V 和低于 -0.5V 的低内阻电源连接。

(3) 不允许将电路输出端与低内阻电源直接相连,使用集电极开路输出电路时,必须通过合适的外接电阻。

(4) 具有图腾柱或达林顿输出结构的电路,不允许并联使用,只有三态或集电极开路输出结构的电路才可以并联使用。

(5) 集电极开路输出的门电路中,输出管的击穿电压,一般在 10V 以上,只要在输出管的允许的驱动能力和击穿电压范围内,就可任意选用工作电压值,用作电平转换接口或驱动指示灯等。

(6) 门电路和触发器不使用输入端时,应作如下处理:

① TTL、HTL 电路的输入端悬空时具有高电平的逻辑功能。与门电路的不使用输入端可以悬空,但决不允许带开路长线,以免产生“低频效应”,造成工作失常。最好是将与门电路不使用输入

端直接连到电源 V_{CC} 上;也可通过一个不小于 $1k\Omega$ 的电阻连到 V_{CC} 上,还可并联到已使用的输入端上。

② 或门电路的不使用输入端应直接接地;也可并联到该电路中已使用的输入端上。

③ 触发器不使用的输入端不能悬空。不使用的置位、复位端,可直接连到电源 V_{CC} 上;也可通过一个不小于 $1k\Omega$ 的电阻连到 V_{CC} 上。

3-11-5 CMOS 集成电路的技术数据及使用注意事项

1. CMOS 集成电路的技术数据,见表 3-47。

表 3-47 CMOS 集成电路的技术数据

电 路 名 称	电源电压范围		参 数						名 称				
	(V)		静态器 件电流	输入噪 声容限		输 动 电 流	驱 流	输入 电 流	输出高 电 平	输出低 电 平	输入 电 容	最高工 作 频 率	
	8~12	7~15		10	V_{NL}								V_{NH}
型 号	号		I_L	V	V	mA	mA	nA	V	V	pF	MHz	
新*			旧			范 值							
4 输入端双与非门	C004A	C034A	CM3215H	≤ 5	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^3$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 1
	C004B	C034B		≤ 1	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^2$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 3
	C004C	C034C	CH1003 ^A	≤ 0.1	≥ 3	≥ 3	≥ 1	≥ 1	≤ 10	≥ 9.99	≤ 0.01	5	≥ 5
3 输入端三或非门	C008A	C038A	5G804	≤ 5	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^3$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 1
	C008B	C038B		≤ 1	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^2$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 3
	C008C	C038C		≤ 0.1	≥ 3	≥ 3	≥ 1	≥ 1	≤ 10	≥ 9.99	≤ 0.01	5	≥ 5
4-3-2 输入端与或非 门(带或扩展端)	C010A	C040A	CM5115H	≤ 5	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^3$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 1
	C010B	C040B	5G80	≤ 1	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^2$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 3
	C010C	C040C		≤ 0.1	≥ 3	≥ 3	≥ 1	≥ 1	≤ 10	≥ 9.99	≤ 0.01	5	≥ 5
双 D 触发器	C013A	C043A	CH1007 ^A	≤ 30	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^3$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 1
	C013B	C043B	5G822	≤ 5	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^2$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 2
	C013C	C043C	CC3215H	≤ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 1	≥ 1	≤ 10	≥ 9.99	≤ 0.01	5	≥ 5

(续表)

电路名称	电源电压范围		参数名称										数值		
	(V)		静态器件电流 I_L μA	输入噪声容限 V_{NL}, V_{NH} V		输入驱动电流 I_{IN} mA	输出驱动电流 I_{OP} mA	输入电流 I_N nA	输出高电平 V_{OH} V	输出低电平 V_{OL} V	输入电容 C_i pF	最高工作频率 f_M MHz	范 值		
	8~12	7~15		10	V								V	V	V
	型	号	号	新*	旧	范	值	范	值	范	值	范	值		
2-16 进制同步计数器	C153A	C183A	≤ 100	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^3$	9.9	≤ 0.1	5	≥ 1			
	C153B	C183B	≤ 30	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^2$	9.9	≤ 0.1	5	≥ 2			
	C153C	C183C	≤ 10	≥ 3	≥ 3	≥ 1	≥ 1	≤ 10	9.99	≤ 0.01	5	≥ 3			
2-10 进制计数器/ 脉冲分配器	C157A	C187A	≤ 100	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^3$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 0.5			
	C157B	C187B	≤ 30	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^2$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 1			
	C157C	C187C	≤ 10	≥ 3	≥ 3	≥ 0.1	≥ 0.1	≤ 10	≥ 9.99	≤ 0.01	5	≥ 2			
2-10 进制同步可预 置加、减法可逆计数器 (单时钟)	C158A	C188A	≤ 100	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^3$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 0.5			
	C158B	C188B	≤ 30	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^2$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 1			
	C158C	C188C	≤ 10	≥ 3	≥ 3	≥ 0.1	≥ 0.1	≤ 10	≥ 9.99	≤ 0.01	5	≥ 2			
4 线-10 线译码器	C271A	C301A	≤ 100	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^3$	9.9	≤ 0.1	5	≥ 1			
	C271B	C301B	≤ 30	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^2$	9.9	≤ 0.1	5	≥ 2			
	C271C	C301C	≤ 10	≥ 3	≥ 3	≥ 1	≥ 1	≤ 10	9.99	≤ 0.01	5	≥ 3			

(续表)

电路名称	电源电压范围 (V)		参数名称										最高工 作频率
			静态器 件电流	输入噪声容限		输出电 流	驱动 电流	输入电 流	输出高 电平	输出低 电平	输入电 容	最高工 作频率	
				I_L	V_{NL}								
			μA	V	V	mA	mA	nA	V	V	pF	MHz	
规 范 值													
八 段 字 形 译 码 器	8~12	7~15	10	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 0.05	≥ 0.05	$\leq 10^3$	≥ 9.9	≤ 0.1		0.1
			号	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 0.05	≥ 0.05	$\leq 10^2$	≥ 9.9	≤ 0.1		0.1
			新* 旧	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 0.05	≥ 0.05	≤ 10	≥ 9.99	≤ 0.01		0.1
八 段 字 形 译 码 器 (驱 动 10V、20V 荧 光 数 码 管)	C272A	C302A	CY8015H	≤ 100	≥ 3	≥ 3	≥ 0.05	≥ 0.05	$\leq 10^3$	≥ 9.9	≤ 0.1		0.1
	C272B	C302B	5G834	≤ 30	≥ 3	≥ 3	≥ 0.05	≥ 0.05	$\leq 10^2$	≥ 9.9	≤ 0.1		0.1
	C272C	C302C		≤ 10	≥ 3	≥ 3	≥ 0.05	≥ 0.05	≤ 10	≥ 9.99	≤ 0.01		0.1
双 四 位 移 位 寄 存 器 (串 入、并 出)	C275A	C305A		≤ 100	≥ 3	≥ 3	≥ 0.05	≥ 0.05	$\leq 10^3$	≥ 9.9	≤ 0.1		0.1
	C275B	C305B		≤ 30	≥ 3	≥ 3	≥ 0.05	≥ 0.05	$\leq 10^2$	≥ 9.9	≤ 0.1		0.1
	C275C	C305C		≤ 10	≥ 3	≥ 3	≥ 0.05	≥ 0.05	≤ 10	≥ 9.99	≤ 0.01		0.1
双 四 位 移 位 寄 存 器 (串 入、并 出)	C393A	C423A		≤ 100	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^3$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 0.5
	C393B	C423B	5G861	≤ 30	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^2$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 1
	C393C	C423C		≤ 10	≥ 3	≥ 3	≥ 0.1	≥ 0.1	≤ 10	≥ 9.99	≤ 0.01	5	≥ 2
四 位 二 选 一 数 据 选 择 器	C510A	C540A		≤ 30	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^3$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 1
	C510B	C540B		≤ 5	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^2$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 1
	C510C	C540C		≤ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 0.1	≥ 0.1	≤ 10	≥ 9.99	≤ 0.01	5	≥ 2

(续表)

电路名称	电源电压范围		参数						名称			
	(V)		静态器件电流 I_L μA	输入噪声容限 V_{NL} V V_{NH} V		输出驱动电流 I_{DN} mA	驱动电流 I_{DP} μA	输入电流 I_{IN} μA	输出电平 V_{OH} V	输出电平 V_{OL} V	输入电容 C_i pF	最高工作频率 f_M MHz
	8~12	7~15		10								
	型	号	范 值									
	新	旧	范 值									
八选一数据选择器/ 八路数据分配器	C511A	C541A	≤ 100	≥ 3	≥ 3			$\leq 10^3$			5	≥ 0.5
	C511B	C514B	≤ 30	≥ 3	≥ 3			$\leq 10^2$			5	≥ 1
	C511C	C514C	≤ 10	≥ 3	≥ 3			≤ 10			5	≥ 2
四异或门	C630A	C660A	≤ 5	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^3$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 1
	C630B	C660B	≤ 1	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^2$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 3
	C630C	C660C	≤ 0.1	≥ 3	≥ 3	≥ 0.1	≥ 0.1	≤ 10	≥ 9.99	≤ 0.01	5	≥ 5
双J-K触发器	C014A	C044A	≤ 30	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^3$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 1
	C014B	C044B	≤ 5	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^2$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 2
	C014C	C044C	≤ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 1	≥ 1	≤ 10	≥ 9.99	≤ 0.01	5	≥ 5
2-10 进制同步加法 计数器	C150A	C180A	≤ 100	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^3$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 1
	C150B	C180B	≤ 30	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^2$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 2
	C150C	C180C	≤ 10	≥ 3	≥ 3	≥ 1	≥ 1	≤ 10	≥ 9.99	≤ 0.01	5	≥ 3

(续表)

电路名称	电源电压范围		参 数 名 称									
	(V)		静态器 件电流	输入 噪声 容限	输 动 电	出 电 流	输入 电 流	输出 高 平 电	输出 低 平 电	输入 电 容	最高工 作 频 率	
	8~12	7~15	I_L	V_{NL}	V_{NF}	I_{DP}	I_{IN}	V_{OH}	V_{OL}	C_i	f_M	
型 号		μA	V	V	mA	mA	nA	V	V	pF	MHz	
新*		范 值										
旧												
2-N-10 进制可预置 计数器	C152A	C182A	≤ 100	≥ 3	≥ 3	≥ 0.3	$\leq 10^3$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 0.5	
	C152B	C182B	≤ 30	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^2$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 1	
	C152C	C182C	≤ 10	≥ 3	≥ 1	≥ 1	≤ 10	≥ 9.99	≤ 0.01	5	≥ 2	
双全加器	C631A	C661A	≤ 30	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^3$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 1	
	C631B	C661B	≤ 5	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^2$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 2	
	C631C	C661C	≤ 3	≥ 3	≥ 0.1	≥ 0.1	≤ 10	≥ 9.99	≤ 0.01	5	≥ 5	
	C633A	C663A	≤ 100	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^3$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 0.5	
四位数字比较器	C633B	C663B	≤ 30	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.3	$\leq 10^2$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 1	
	C633C	C663C	≤ 10	≥ 3	≥ 0.1	≥ 0.1	≤ 10	≥ 9.99	≤ 0.01	5	≥ 2	
			$\leq 60^*$	≥ 7	≥ 3			≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 0.5	
J-K 触发器		CH1019A	≤ 200	≥ 7	≥ 3			≥ 9.5	≤ 0.5	5	≥ 0.3	
		CH1019B	≤ 500	≥ 7	≥ 3			≥ 9.5	≤ 0.5	5	≥ 0.1	
		CH1019C	≤ 15	≥ 3	≥ 0.3	≥ 0.2	$\leq 10^3$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 0.5	
BCD 八段码译码器		CH208A	≤ 5	≥ 3	≥ 0.5	≥ 0.4	$\leq 10^2$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 0.1	
		CH208B	≤ 5	≥ 3	≥ 0.5	≥ 0.4	$\leq 10^2$	≥ 9.9	≤ 0.1	5	≥ 0.1	

注：* 根据标准规定，同一品种按电源电压工作范围分三档（8~12V、7~15V、3~18V），分别给出相应的三种型号 C004、C034、C064，表中只给出二种型号。

△指性能、逻辑相同，封装引出线不同。

×指 F_D ，单位为 mW。

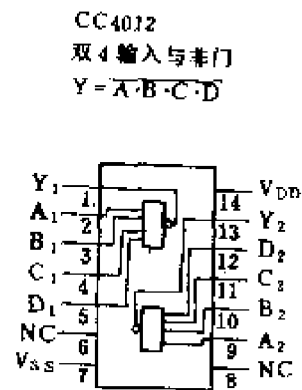
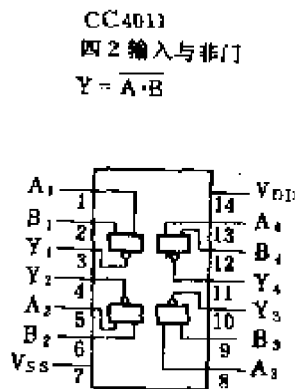
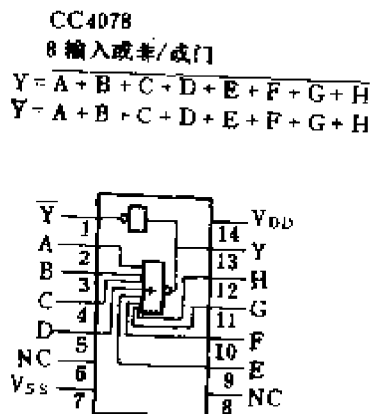
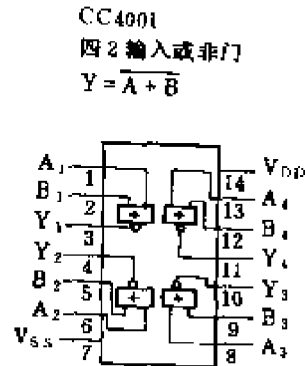
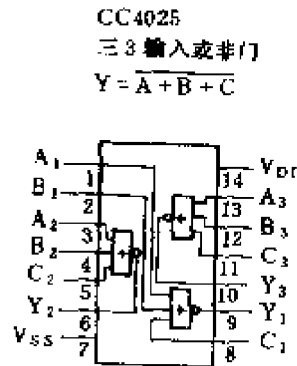
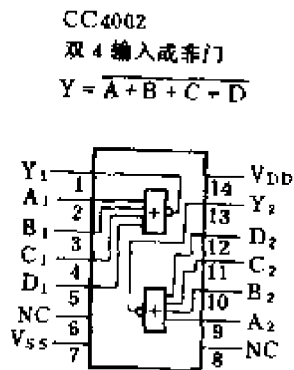
2. 常用 CMOS 门电路、触发器型号和外引线功能端排列图
常用 CMOS 门电路、触发器型号的逻辑功能, 见表 3-48,
外引线功能端排列图, 见图 3-23。

表 3-48 常用 CMOS 门电路、触发器的型号、逻辑功能

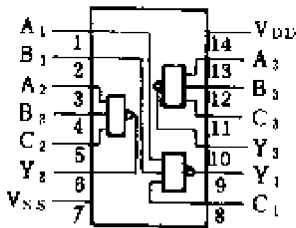
功 能	器 件 名 称	型 号
或非门	四 2 输入或非门 双 4 输入或非门 三 3 输入或非门 8 输入或非/或门	CC4001 CC4002 CC4025 CC4078
与非门	四 2 输入与非门 双 4 输入与非门 三 3 输入与非门 8 输入与非/与门	CC4011 CC4012 CC4023 CC4068
或 门	四 2 输入或门 双 4 输入或门 三 3 输入或门	CC4071 CC4072 CC4075
与 门	三 3 输入与门 四 2 输入与门 双 4 输入与门	CC4073 CC4081 CC4082
反相器	六反相器	CC4069
缓冲/变换器	六反相缓冲/电平转换器 六缓冲/电平转换器	CC4049 CC4050
组合门	双 2 路 2-2 输入与或非门 4 路 2-2-2 输入与或非门	CC4085 CC4086
R-S 触发器	四 R-S 锁存器 (3S) 四 R-S 锁存器 (3S)	CC4043 CC4044
主从 D 触发器	双上升沿 D 触发器 六上升沿 D 触发器	CC4013 CC40174

(续表)

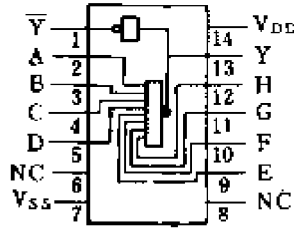
功 能	器 件 名 称	型 号
JK 触发器	双上升沿 JK 触发器 上升沿 JK 触发器 上升沿 JK 触发器 (有 J、 \bar{K})	CC4027 CC4095 CC4096
单稳态触发器	双可重触发单稳触发器	CC4098
施密特触发器	四 2 输入与非门 (有施密特触发器) 六反相 (有施密特触发器)	CC4093 CC40106



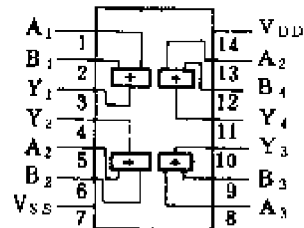
CC4023
三 3 输入与非门
 $Y = \overline{A \cdot B \cdot C}$



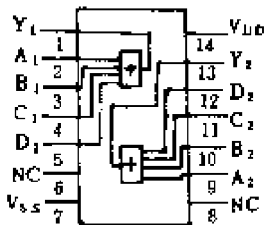
CC4068
8 输入与非/与门
 $Y = \overline{A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G \cdot H}$
 $\overline{Y} = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G \cdot H$



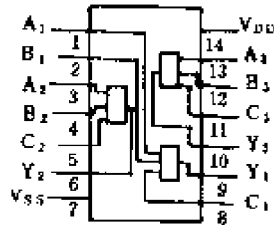
CC4071
四 2 输入或门
 $Y = A + B$



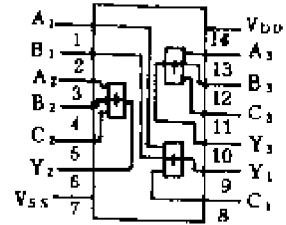
CC4072
双 4 输入或门
 $Y = A + B + C + D$



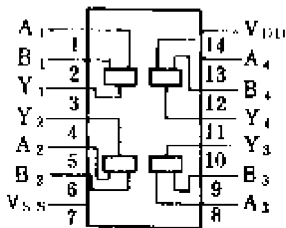
CC4073
三 3 输入与门
 $Y = A \cdot B \cdot C$



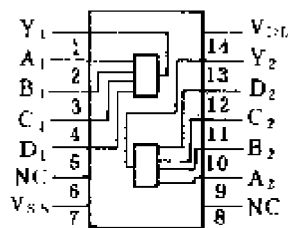
CC4075
三 3 输入或门
 $Y = A + B + C$



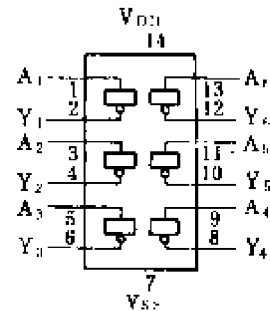
CC4081
四 2 输入与门
 $Y = A \cdot B$



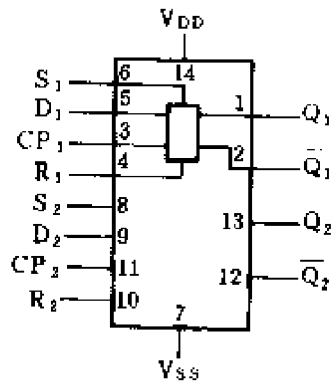
CC4082
双 4 输入与门
 $Y = A \cdot B \cdot C \cdot D$



CC4089
六反相器
 $Y = \overline{A}$



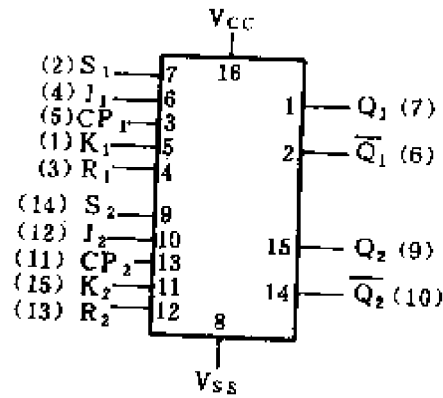
CC4013
双上升沿D触发器



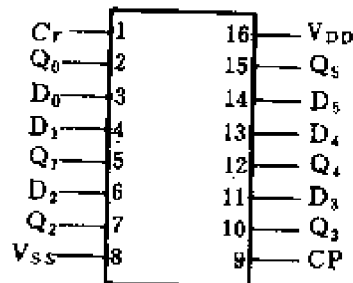
功能表

输入				输出	
CP	D	R	S	Q	Q̄
↑	L	L	L	L	H
↑	H	L	L	H	L
↓	X	L	L	保持	保持
X	X	H	L	L	H
X	X	L	H	H	L
X	X	H	H	H	H

CC4027
双上升沿JK触发器



CC40174
上升沿D触发器

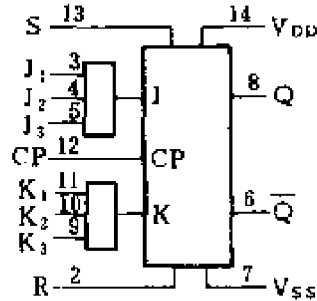


功能表

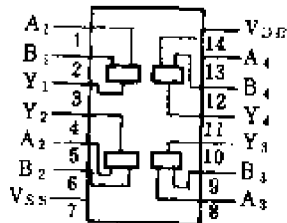
输入			输出
CP	D	Cr	Q
↑	L	H	L
↑	H	H	H
↓	X	H	保持
X	X	L	L

CC4095

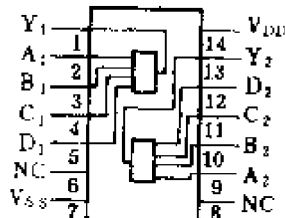
上升沿JK 触发器



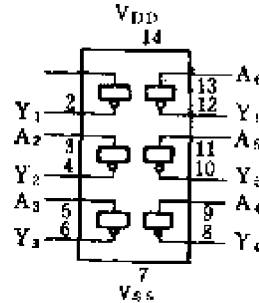
CC4081
四 2 输入与门
 $Y = A \cdot B$



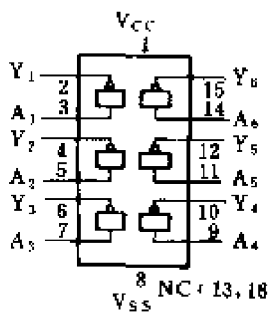
CC4082
双 4 输入与门
 $Y = A \cdot B \cdot C \cdot D$



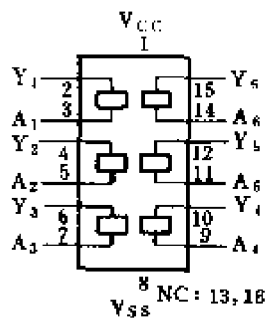
CC4069
六反相器
 $Y = \bar{A}$



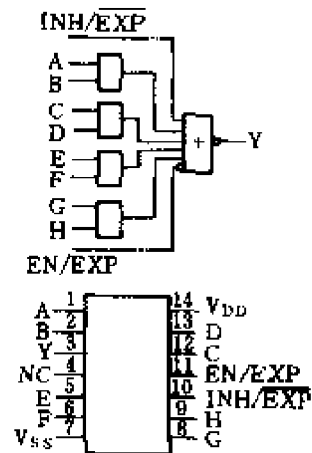
CC4049
六反相缓冲/电平转换器
 $Y = \bar{A}$



CC4050
六缓冲/电平转换器
 $Y = A$



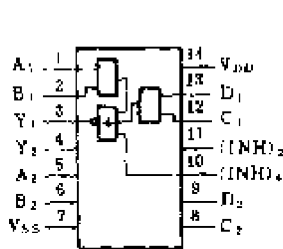
CC4086
4 路 2 - 2 - 2 输入与或非门
 $Y = \overline{INH + EN + AB + CD + EF + GH}$



CC4085

双2路2-2输入与或非门

$Y = AB + CD - 1NH$

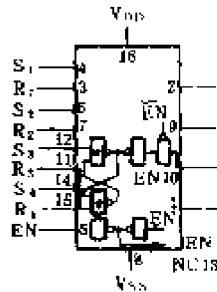


CC4043

四R-S锁存器(3态)

功能表

输入			输出
S	R	EN	Q
X	X	L	Z
L	L	H	Q ₀
L	H	H	L
H	L	H	H
H	H	H	H



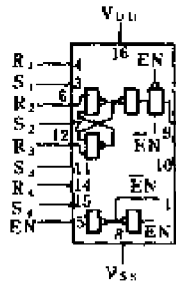
CC4044

四R-S锁存器(2S)

功能表

输入			输出
S	R	EN	Q
X	X	L	Z
L	L	H	Q ₀ *
L	H	H	H
H	L	H	L
H	H	H	Q ₀

* 受 R=L 控制

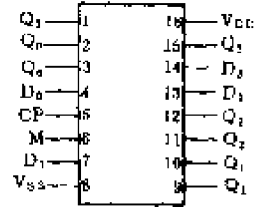


CC4042

四位锁存器

功能表

CP	M	Q
L	L	D
↑	L	锁存
↑	H	D
↑	H	锁存



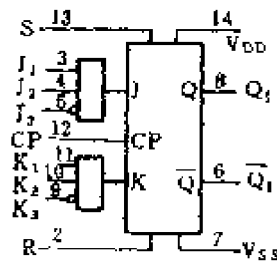
功能表

输入			输出*				
CP	I	K	S	R	Q _n	Q _{n+1}	Q _{n+1}
↑	H	×	L	L	L	H	L
↑	×	L	L	L	H	H	L
↑	L	×	L	L	L	L	H
↑	×	H	L	L	H	L	H
↑	×	×	L	L	×	Q _n	Q _n
×	×	×	H	L	×	H	L
×	×	×	L	H	×	L	H
×	×	×	H	H	×	H	H

* 下一个状态 ; 目前状态

CC4096

上升沿JK触发器(有J,K)



功能表

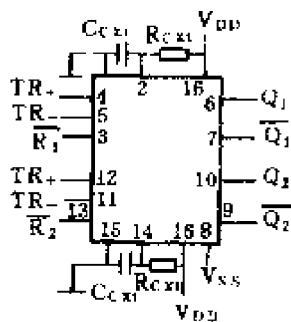
输 入					输 出	
S	R	J	K	C P	Q	\bar{Q}
H	L	x	x	x	H	L
L	H	x	x	x	L	H
H	H	x	x	x	L	L
L	L	L	H	↑	L	H
L	L	H	L	↑	H	L
L	L	H	H	↑	\bar{Q}_n	Q_n
L	L	L	L	↑	Q_n	\bar{Q}_n

$J = J_1 \cdot J_2 \cdot J_3$

$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$

CC4098

双可重触发单稳触发器



功能表

输 入					输 出	
S	R	J	K	C P	Q	\bar{Q}
H	L	x	x	x	H	L
L	H	x	x	x	L	H
H	H	x	x	x	L	L
L	L	L	H	↑	L	H
L	L	H	L	↑	H	L
L	L	H	H	↑	\bar{Q}_n	Q_n
L	L	L	L	↑	Q_n	\bar{Q}_n

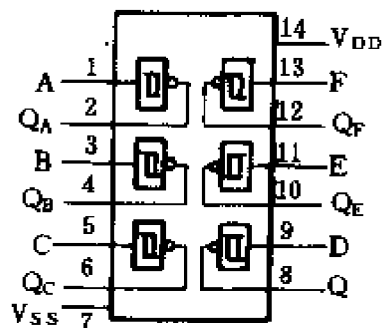
$J = J_1 \cdot J_2 \cdot J_3$

$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$

CC40106

六反相 (有施密特触发器)

$Q = \bar{A}$



功能表

输入			输出		功能
TR ₊	TR ₋	R	Q	\bar{Q}	
H	↑	H	⌊	⌊	单稳
L	↑	H	L	H	禁止
↓	H	H	L	H	禁止
↓	L	H	⌊	⌊	单稳
x	x	L	L	H	清除

CC4093

图 2 输入与非门
(有施密特触发器)

$$Q = A \cdot B$$

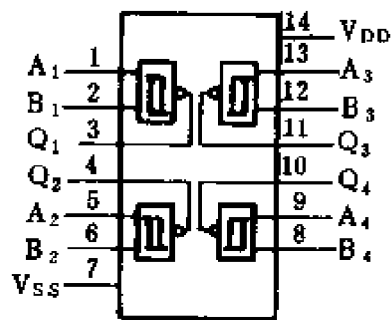


图 3-23 CMOS 电路外引线功能端排列图

3. CMOS 集成电路的使用注意事项

(1) 为保证 CMOS 集成电路工作可靠和不受损坏,使用时绝对不允许超过 CMOS 电路性能的极限值。

(2) 输入信号电压不得超过 V_{DD} (漏极电源电压) 和 V_{SS} (源极电源电压) 的范围,以防止输入保护二极管因正向偏置而引起大电流损坏。通用的 CMOS 电路直流噪声容限的保证值是电源电压的 30%,因此,输入低电平应在 $V_{SS} \sim 0.3V_{DD}$ 之间,输入高电平应在 $V_{DD} \sim 0.7V_{DD}$ 之间。

(3) CMOS 电路的每个输入端电流是受限制的,要根据不同的 CMOS 电路,确定输入端电流的大小。一般,输入电流以不超过 1mA 为宜。

(4) CMOS 电路输入端不允许悬空,多余的输入端应按工作逻辑功能接“1”或“0”。例如,与门和与非门的多余端接至 V_{DD} 或高电平,而或门或非门的多余端与 V_{SS} 或低电平相连。也可将多余端与使用端并联。

(5) CMOS 电路在存放时,必须用金属屏蔽包装,插件板应有短路插座。焊接烙铁、测量仪表等必须接地良好,以防静电损坏电路。

(6) 在调 CMOS 电路板时,如果信号源和电路板是用两组电源供电的,开机时应先接上电路板电源,后开信号源。关机时,顺序与上述步骤相反。

(7) 在机箱中插、拔电路时,一定先断开电源,以防止由于插头插座先后接触而烧坏器件。

3-11-6 HTL 集成电路的技术数据及使用注意事项

1. HTL 集成电路的技术数据,见表 3-49。

表 3-49 HTL 集成电路的技术数据

元件名称	型号		参数名称符号								
			通源电流	截止源电流	低电平输入电流	高电平输入电流	输出高电平	输出低电平	扇出	平均传输时间	最高工作频率
			I_{CC}	I_{OH}	I_{IL}	I_{IH}	V_{OH}	V_{OL}	N_O	t_{pd}	f_M
			mA	mA	mA	μ A	V	V		ns	MHz
		规范值									
8 输入单与门	H001A		≤ 10	≤ 12	≤ 1.6	≤ 6	≥ 11.5	≤ 1.5	≥ 8	≤ 170	
4 输入双与门(带扩展端)	H002A		≤ 20	≥ 24	≤ 1.6	≤ 6	≥ 11.5	≤ 1.5	≥ 8	≤ 170	
8 输入单与非门(带扩展端)	H003A	HT11 SM3142H G10	≤ 6	≤ 3	≤ 1.6	≤ 6	≥ 11.5	≤ 1.5	≥ 8	≤ 170	
4 输入双与非门(带扩展端)	H004A	HT22 SM3252H	≤ 12	≤ 6	≤ 1.6	≤ 6	≥ 11.5	≤ 1.5	≥ 8	≤ 170	
4 输入双与非门(无源输出、带扩展端)	H005A	SM3212H	≤ 12	≤ 6	≤ 1.6	≤ 6	≥ 11.5	≤ 1.5	≥ 8	≤ 200	
2 输入四与非门	H006A	HT ₄₄	≤ 24	≤ 12	≤ 1.6	≤ 6	≥ 11.5	≤ 1.5	≥ 8	≤ 170	

(续表)

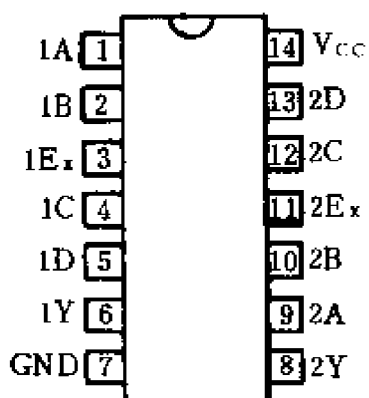
元件名称	型号		参数名称符号								
			通源电流	截止源电流	低电平输入电流	高电平输入电流	输出高电平	输出低电平	扇出	平均传输时间	最高工作频率
			I_{CC1}	I_{OH}	I_{IL}	I_{IH}	V_{OH}	V_{OL}	N_0	t_{pd}	f_M
			mA	mA	mA	μA	V	V		ns	MHz
新		旧	规范值								
8 输入与非门 (可扩展)	H008A H008B H008C	SM3172H	≤ 12	≤ 6	≤ 1.6	≤ 6	≥ 11.5	≤ 2	≥ 30	≤ 250	
4-3 输入或非门	H011A	G43	≤ 8	≤ 6	≤ 1.6	≤ 6	≥ 11.5	≤ 2	≥ 8	≤ 150	

2. 常用 HTL 门电路、触发器和外引线功能端排列图。

常用 HTL 门电路、触发器和外引线功能端排列图，见表 3-50 和图 3-24。

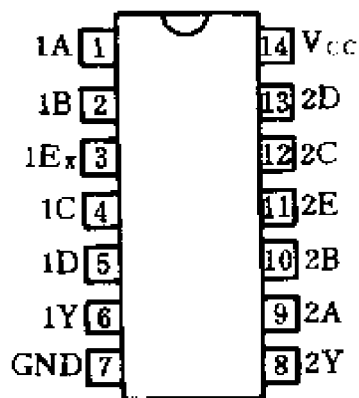
表 3-50 常用 HTL 门电路、触发器型号及外引线功能端排列图

电 路 名 称	国际型号	外引线功能端排列图
双 4 输入与非门 (可扩展)	CH2008	①
双 4 输入与非门 (可扩展, 无源输出)	CH2001	②
三 3 输入与非门 (无源输出)	CH2002	③
四 2 输入与非门	CH2010	④
四 2 输入与非门 (无源输出)	CH2003	⑤
六反相器	CH2013	⑥
双 4 输入与扩展器	CH2006	⑦
双 2-2 输入与或非门 (可扩展)	CH0673	⑧
与门输入 J-K 触发器	CH2014	⑨
双下降沿 J-K 触发器	CH2005	⑩
双单稳态多谐振荡器	CH2015	⑪
四异或门	CH0683	⑫



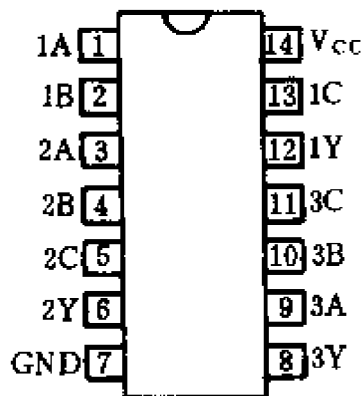
逻辑方程: $Y = \overline{A \cdot B \cdot C \cdot D (E_x)}$

① CH2008



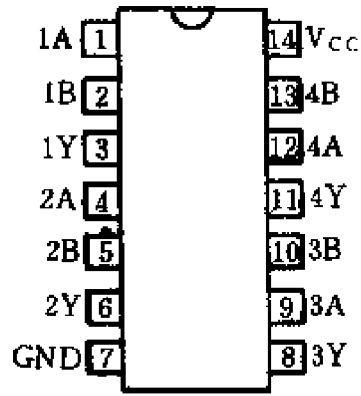
逻辑方程: $Y = \overline{A \cdot B \cdot C \cdot D (E_x)}$

② CH2001



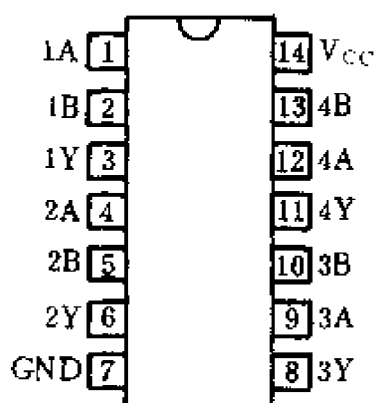
逻辑方程: $Y = \overline{A \cdot B \cdot C}$

③ CH2002



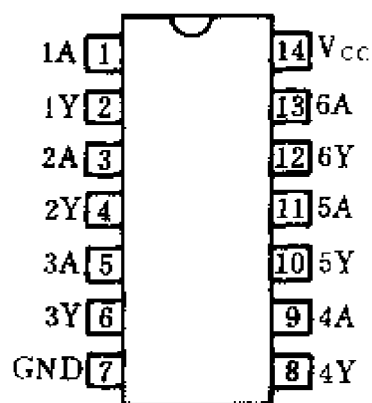
逻辑方程: $Y = \overline{A \cdot B}$

④ CH2010



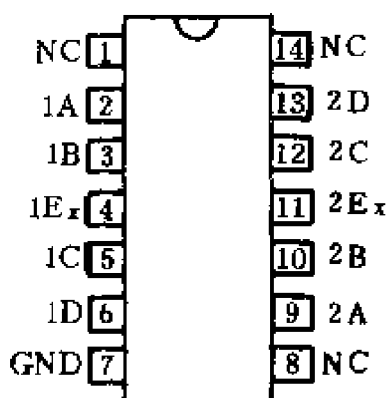
逻辑方程: $Y = \overline{A \cdot B}$

⑤ CH2003



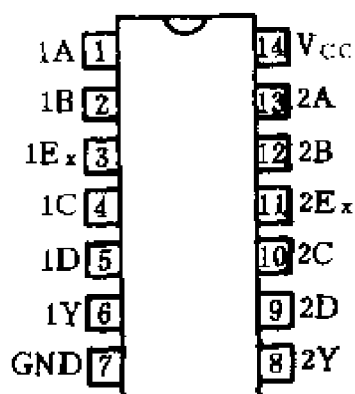
逻辑方程: $Y = \overline{A}$

⑥ CH2013



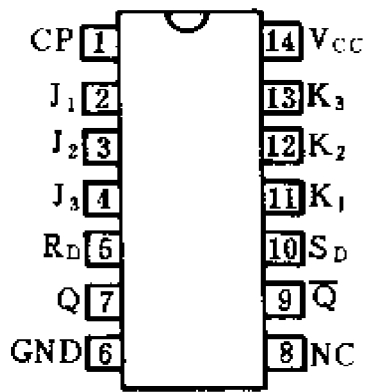
逻辑方程: $E_x = A \cdot B \cdot C \cdot D$

⑦ CH2006

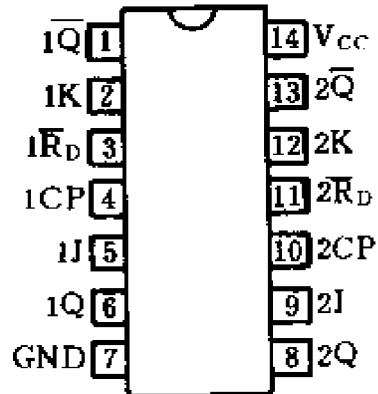


逻辑方程: $Y = \overline{A \cdot B + C \cdot D (E_x)}$

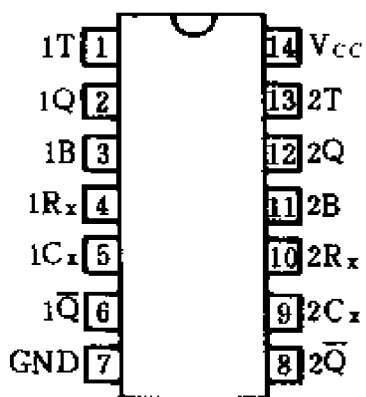
⑧ CH0673



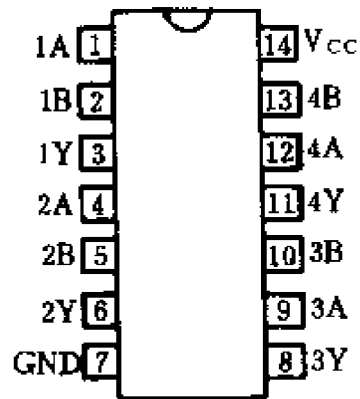
⑨ CH2014



⑩ CH2005



⑪ CH2015

逻辑方程: $Y = A + B$

⑫ CH0683

图 3-24 HTL 电路外引线功能端排列图

3. HTL 集成电路使用注意事项

HTL 与 TTL 同属双极型数字集成电路，其使用注意事项与 TTL 集成电路大致相同。请参看 TTL 集成电路使用注意事项。

3-12 集成运算放大器

3-12-1 集成运算放大器应用及分类

集成运算放大器简称集成运放，它是模拟集成电路中最重要的产品之一，其实质是一种高增益、高输入阻抗的直流放大器，增益一般大于一万，输入阻抗一般可达百千欧以上。它一般采用双端输入单端输出形式，与外接电阻、电容适当配合，就能对输入信号进行加、减、乘、除、微分、积分、比例等运算。它还可以完成信号放大、信号处理、信号变换和信号发生等复杂功能。总之集成运放已是一种重要的基本电子电路器件，广泛地应用于仪器仪表、自动化装置、工业控制机及其外围设备中。

集成运算放大器发展很快，品种较多，主要有专用型和通用型，而专用型又有高压型、高速宽带型、高输入阻抗型、高精度型、低功耗型以及电流型、程控型、跨导型和斩波稳零型。现仅对应用范围最广的通用型集成运放作一简介。通用型运放按其增益高低和性能特点，分成通用Ⅰ型、通用Ⅱ型和通用Ⅲ型三种。

(1) 通用Ⅰ型的特点是增益和输入阻抗都较低，共模信号范围小，正负电源电压不对称。Ⅰ型可用做高频放大器、窄带放大器、积分器、微分器、加法器和减法等。

(2) 通用Ⅱ型的特点是增益较高，输入阻抗适中，正负电源电压对称，输出幅度较大。可用做交、直流放大器、电压比较器和滤波器等。

(3) 通用Ⅲ型的特点是增益高，共模和差模电压范围宽，正负电源电压对称，工作稳定，无阻塞等。可用做测量放大器、伺服放大器、变换电路和各种模拟运算电路等。

3-12-2 集成运算放大器的技术数据及使用注意事项

集成运算放大器的主要技术数据，见表 3-51 和表 3-52。

表 3-51 集成运算放大器主要技术数据

参 数	名 称	定 义
V_{IO}	输入失调电压	集成运放输出直流电压为零时，两输入端之间所加的补偿电压
I_{IO}	输入失调电流	当运放输出直流电压为零时，两输入端偏置电流之差
I_{IB}	输入偏置电流	当运放的输出直流电压为零时，两个输入端偏置电流的算术平均值
A_{VD}	差模开环直流电压增益	当运放开环工作，输出不带负载和工作在线性区内时，输出电压变化 ΔV_o 与差模输入电压变化 ΔV_i 之比， $A_{VD} = \Delta V_o / \Delta V_i$
K_{CMR}	共模抑制比	运放工作在线性区时，其差模电压增益 A_{VD} 与共模电压增益 A_{VC} 之比， $K_{CMR} = A_{VD} / A_{VC}$
V_{OPP}	最大输出电压	在特定的负载下，运放输出的最大不失真电压
V_{ICM}	最大共模输入电压幅度	当运放的共模抑制特性显著变坏（有时规定为下降 6dB）时的共模输入电压幅度
V_{IDM}	最大差模输入电压	运放两输入端所允许加的最大电压差
BW	开环带宽	运放开环电压增益值从直流增益下降到 3dB 时所对应的信号频率
Z_{id}	差模输入阻抗 (有时也称为输入阻抗)	运放工作在线性区时，两输入端的电压变化量对应的输入端电流变化量之比，在低频时表现为输入电阻 R_i
Z_o	输出阻抗	运放工作在线性区时，输出端信号电压变化量与对应的电流变化量之比，在低频时表现为输出电阻 R_o
P_D	静态功耗	运放输入端无信号输入，输出端不接负载时，运放所消耗的电源功率
V_{SR}	电源电压范围	供电电源的电压范围

3-12-3 集成运算放大器外引线功能端排列表

见表 3-53 (a) (b) (c), 其排列图, 见图 3-25。

表 3-53 (a) 8脚、10脚集成运算放大器的外引线排列法

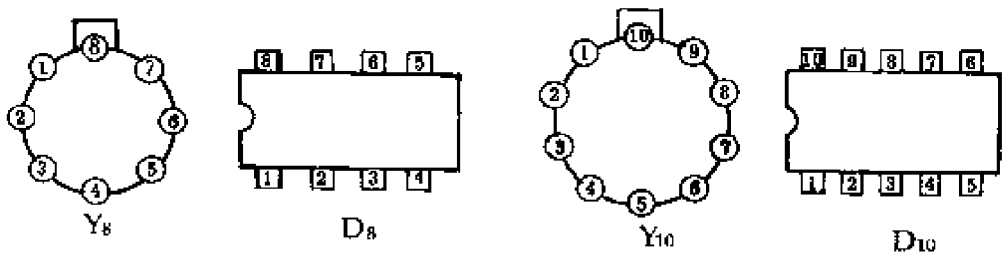
封装形式	功能		输入		输出		电源		补偿		调零		接地	空	其他
	IN	IN ₋	OUT	V ₊	V ₋	Comp ₁	Comp ₂	OA ₁	OA ₂	GND					
Y ₈₁ D ₈₁	2	3	6	7	4	5	8			1					
Y ₈₂ D ₈₂	2	3	6	7	4	5		1	8						
Y ₈₃ D ₈₃	2	3	6	7	4	1,5	8								
Y ₈₄ D ₈₄	2	3	6	7	4			1	5				8		
Y ₈₅ D ₈₅	2	3	6	7	4										
Y ₈₆	2	3	6	7	4	1	8						5		
Y ₈₇	3	2	7	8	4					5		6,1			
Y ₈₈	3	2	6	7	4	1	8		5						
Y ₈₉ D ₈₉	2,6	3,5	1,7	8	4										
Y ₈₁₀	2	3	6	7	4								1,8	5(Bi)	
Y ₈₁₁	3	2	7	8	4			5	6	1					
Y ₈₁₂		3	6	7	4			1	8				2	5(升压)	
Y ₈₁₃	3	2	7	8	4					1				5,6(平衡)	
Y ₁₀₁ D ₁₀₁	3	4	7	8	5	9	10		2	1	6				
Y ₁₀₂	3	4	7	8	5	2	6		9	10	1				
Y ₁₀₃	3	4	7	8	5	6	10		2	9	1				
Y ₁₀₄	3	4	6	8	5	1	7	9,10			2				
Y ₁₀₅	3	4	6	8	5	9	1		2	6	10				
Y ₁₀₆	9	10	4,5	8	3	1	2	7,6							
Y ₁₀₇	3,4	4,6	1,9	2,8	5								10		
Y ₁₀₈	3	4	7	8	5	2	9		1	10				6(Bi)	
Y ₁₀₉	4,6	3,8	1,9	10	5									2,7 (地)	

表 3-53(b) 12 脚集成运算放大器的外引线排列法

功能 引脚号 封装形式	输入		输出	电源		补偿			调零			接地	空	其他
	IN ₋	IN ₊	OUT	V ₊	V ₋	Comp ₁	Comp ₂	Comp ₃	OA ₁	OA ₂	OA ₃	GND		
Y ₁₂₁ D ₁₂₁	4	5	8	9	6	7	10		1	11	12	2	3	
Y ₁₂₂ D ₁₂₂	1	2	5	6	3	4	7		9	8	10	11	12	
Y ₁₂₃ Y ₁₂₃	4	5	8	9	6	3	7	10	1	11	12		2	
Y ₁₂₄	2	3	6	7	4	1	5	8	9	10	11		12	
Y ₁₂₅	1	2	10	12	7	6	11		3	12			8,9	
Y ₁₂₆	4	5	8	9	6	1	2	7,10, 11,12						
Y ₁₂₇	5	4	9	10	6							7	1, 2, 3, 11, 12	
Y ₁₂₈	2	3	6	7	4							5	1, 9, 10, 11, 12	8 (选 通)
Y ₁₂₉	4	5	8	9	6	3	11		1	2			10	(Bi) 7,11
Y ₁₂₁₀	1,2	3,4	6	7	5	8,9,10,11,12								
Y ₁₂₁₁	2,1	3,4	6	7	5	8,9			10,11,12					
Y ₁₂₁₂	11	12	6	7	4	3,10			1,2				8,9 (Bi) 5	

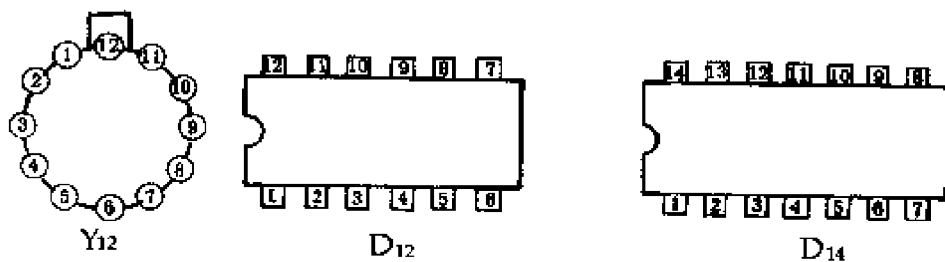
表 3-53(c) 14 脚集成运算放大器外引线排列法

引线功能 封装形式	输入		输出	电源		空	其他
	IN ₋	IN ₊	OUT	V ₊	V ₋		
D ₁₄₁	1,7	2,6	12	13,9	4	11	3,14
D ₁₄₂	2,6,9,13	3,5,10,12	1,7,8,14	4	11		
D ₁₄₃	1,6,8,14	2,5,9,13	3,4,10,12	11	7		
D ₁₄₄	2,6,11,15	3,5,12,14	1,7,10,16	13	4		8,9
D ₁₄₅	4,6,8,10	5,7,9,11	2,1,14,13	3	12		



(a) 8 引线金属封装和双列直插封装

(b) 10 引线金属封装和双列直插封装



(c) 12 引线金属封装和双列直插封装

(d) 14 引线双列直插封装

图 3-25 集成运算放大器外引线排列图

3-12-4 集成运算放大器使用注意事项

(1) 集成运算放大器的类别、品种繁多。使用前应了解产品的类别、电参数、供电电压、外引线功能及排列方法。使用中不允许超过运放各参数的极限值。

(2) 集成运放在工作中,时常会出现自激振荡,除按要求接好消振网络外,还应注意以下几个问题:

① 电源退耦,即在电路印制极电源端对地除加接大电容外,还应并接小瓷介电容。

② 减小分布电容的影响,尤其应注意使运放的“+”输入端远离输出端。

③ 集成运放负载电容不宜过大,在输出端与负载电容之间加接一数百欧以上的电阻,可减轻负载电容的影响。

3-13 集成稳压器

3-13-1 集成稳压器简介和主要参数

1. 集成稳压器简介

集成稳压器是把稳压电路中的功率调整管、取样电阻、基准稳压,误差放大、起动和保护电路等,全部集成在一块芯片上,或把不同芯片封装在一只管壳内的集成稳压电路。

集成稳压器的种类较多,性能各异,常见的分类方法及其性能特点,见表 3-54。

目前应用较广的是串联调整式三端固定输出和三端可调输出的集成稳压器,本节将作重点介绍。

2. 集成稳压器的主要参数

(1) 最大输入电压 V_{Imax} 保证稳压器能够安全工作的最大输入电压。

(2) 最小输入电压 V_{Lmin} 保证稳压器能够使输出电压稳定的最小输入电压值。

(3) 输出电压 V_O 对固定稳压器为额定的输出电压值。对可调稳压器有一个输出电压范围,其最小输出电压一般等于其基准电压值;最大输出电压则等于稳压电路最大输入电压减去它的最小输入输出压差。

(4) 最大输出电流 I_{Omax} 稳压器尚能保持输出电压不变的最大输出电流。

(5) 电压调整率 S_V 当负载不变、输入电压 (V_I) 变化时,维持输出电压不变的能力叫电压调整率。对于可调输出稳压器 S_V 定义为:单位输出电压下的输出电压 V_O 的变化量 ΔV_O 与输入电压变化量 ΔV_I 之比,以百分数表示:

$$S_V = \frac{\Delta V_O}{\Delta V_I V_O} \times 100\%$$

对于固定输出稳压器, S_V 定义为:限定输入电压 V_I 一个变化范围,直接将输出电压的变化量 ΔV_O 的数值作为 S_V 。这两种定义方法所得出的 S_V 的量纲不同,第一种定义的单位为“百分数/V”;第二种定义的单位为“mV”。

(6) 电流调整率 S_I 当输入电压保持不变而负载电流 I_O 在规定范围内变化时,输出电压相对变化的百分比,即

$$S_I = \frac{\Delta V_O}{V_O} \times 100\%$$

有时将负载电流变化所引起的输出电压变化量 ΔV_O ,直接定义为 S_I ,单位为“mV”。

(7) 静态电流 I_d 和静态电流变化量 ΔI_d 输入电源电压时,稳压器内部电路工作电流称为静态工作电流 I_d 。该电流随输入电压或输出电流而变化,此变化量称为静态电流变化量 ΔI_d 。

表 3-54 集成稳压器的分类及其性能特点

按工作方式分类		结构分类	输出电压分类	性能特点
名称	说明			
串联调整式	调整元件串联在不稳定输入电压与稳定输出电压之间,由其等效电阻的变化来保持输出电压不变	三端	固定	输出电压较稳定,电压不可调;不要外接元件,使用简单,安装方便;保护功能全,安全可靠,价格便宜
			连续可调	输出电压稳定度高,电压范围大,纹波小,连续可调;品种多,输出电流范围广;使用安装方便;保护功能全,安全可靠;但效率较低,价格较贵
		多端	固定	输出电压较稳定,电压不可调;尚需部分外接元件,使用安装不太方便;效率较低,价格较贵
			连续可调	输出电压稳定度较高,电压范围大,连续可调;外接功率管扩大输出电流方便;使用时外接元件较多,安装也较麻烦;效率较低,但价格便宜
并联调整式	调整元件与负载并联,由调整元件等效电阻的变化来保持输出电压不变	三端	固定	输出电压稳定度高,输出电压固定不可调;外接元件少,使用安装较方便;但效率低,输出电流小,一般作基准电压用
		多端		
开关调整式	调整元件工作在开关状态,它串接在输入与输出之间,靠控制其开启和关闭的时间来保持输出电压不变	多端	可调、可升压、降压及极性反转	效率高,自身功耗小,一般不需散热器;输出电压可在很宽的范围内调整;输出电流范围大,小、中、大功率都能满足;但输出电压的稳定度较低,纹波电压值也较大

3-13-2 常用国内外集成稳压器型号对照

常用国内外集成稳压器型号对照,见表 3-55。

表 3-55 常用国内外集成稳压器型号对照表

产品名称	国内型号	NSC (美国)	MOTOROLA (美国)	FSC (美国)	SG (美国)	SGS (意大利)	NEC (日本)
三端固定正压集成稳压器	CW78L00	LM78L00	MC78L00	μ A78L00			
三端固定正压集成稳压器	CW78M00	LM78M00	MC78M00	μ A78M00		L78M00	
三端固定正压集成稳压器	CW7800	LM7800	MC7800	μ A7800	SG7800	L7800	μ PC7800
三端固定正压集成稳压器	CW78T00 CW78H00 CW123	LM123	MC123		SG123		
三端固定负压集成稳压器	CW79L00	LM79L00	MC79L00	μ A79L00			
三端固定负压集成稳压器	CW79M00	LM79M00	MC79M00	μ A79M00			
三端固定负压集成稳压器	CW7900	LM7900	MC7900	μ A7900	SG7900	L7900	μ PC7900
三端可调正压集成稳压器	CW117L	LM117L	MC117L				
三端可调正压集成稳压器	CW117M	LM117M	MC117M				
三端可调正压集成稳压器	CW117	LM117	MC117	μ A117	SG117	L117	μ PC117
三端可调正压集成稳压器	CW138	LM138					
三端可调正压集成稳压器	CW150	LM150					

(续表)

产品名称	国内型号	NSC (美国)	MOTOROLA (美国)	FSC (美国)	SG (美国)	SGS (意大利)	NEC (日本)
三端可调正压集成稳压器	CW196 396						
三端可调负压集成稳压器	CW137L	LM137L					
三端可调负压集成稳压器	CW137M	LM137M	MC137M				
	CW137	LM137	MC137		SG137		μ PC137
多端可调集成稳压器	CW723	LM723	MC1723	μ A723	SG723		μ PC723
多端可调集成稳压器	CW200						
脉宽调制器	CW1524	LM1524			SG1524		

3-13-3 常用国产集成稳压器的技术数据

1. 三端固定输出正稳压器 CW7800 系列的技术数据, 见表 3-56 ~ 表 3-59。其封装形式及管脚排列, 见图 3-26(c)、(b)、(a)。

2. 三端固定输出正稳压器 W123/W223/W323 型的技术数据, 见表 3-60。其封装形式及管脚排列, 见图 3-26(a)。

3. 三端固定输出负稳压器 CW7900 系列的技术数据, 见表 3-61 和表 3-62。其封装形式及管脚排列, 见图 3-26(e)、(d)。

4. 三端可调输出正稳压器 CW117/CW217/CW317 和 W150/W250/W350 型的技术数据, 见表 3-63 ~ 表 3-65。其封装形式及管脚排列, 见图 3-26(h)、(g)、(i)。

5. 三端可调输出负稳压器 CW137/CW237/CW337 系列的技术数据, 见表 3-66 和表 3-67。其封装形式及管脚排列, 见图 3-26(j)、(l)。

表 3-56 CW78L00 系列(0.1A)集成稳压器的技术数据

参数名称	输入电压 V_I	输出电压 V_O		电压调整率 $S_V(\Delta V_O)$		电流调整率 $S_I(\Delta V_O)$		静态电流 I_d	静态电流变化 ΔI_d	纹波抑制比 S_R	最小输入电压 V_{Imin}	封装形式及管脚排列	
		$I_O = 40mA$	$I_O = 40mA$	$I_O = 40mA$	$I_O = 40mA$	$I_O \geq 1mA$ $I_O \leq 100mA$	$I_O \geq 1mA$ $I_O \leq 100mA$						$I_O = 40mA$ $f = 100Hz$ $T_c = 25^\circ C$
单位	V	V		mV		mV		mA	mA	dB	V		
测试条件		$I_O = 40mA$ $T_c = 25^\circ C$	$I_O = 40mA$	$I_O = 40mA$ $T_c = 25^\circ C$	$I_O = 40mA$ $T_c = 25^\circ C$	$I_O \geq 1mA$ $I_O \leq 100mA$ $T_c = 25^\circ C$	$I_O \geq 1mA$ $I_O \leq 100mA$	$I_O = 40mA$ $T_c = 25^\circ C$	$I_O = 40mA$ $f = 100Hz$ $T_c = 25^\circ C$		$I_O \leq 100mA$		
CW78L05B	10	最小	4.75	4.80	7	8.5					7	图 3	
		典型	5.00	5.00									
		最大	5.25	5.20	50	40	0.2						
CW78L05C	10	最小	4.75	4.80	7	5.0					7	图 3	
		典型	5.00	5.00									
		最大	5.25	5.20	12	25	0.2						
CW78L06B	11	最小	5.70	5.75	8.5	10.0					8	图 3	
		典型	6.00	6.00									
		最大	6.30	6.25	60	50	0.2						
CW78L06C	11	最小	5.70	5.75	8.5	6.0					8	图 3	
		典型	6.00	6.00									
		最大	6.30	6.25	15	30	0.2						

(续表)

参数名称	输入电压 V_i	输出电压 V_o	电压调整率 $S_V(\Delta V_o)$	电流调整率 $S_I(\Delta V_o)$	静态电流 I_d	静态电流 ΔI_d	纹波抑制比 S_R	最小输入电压 V_{min}	封装形式及管脚排列
单位	V	V	mV	mV	mA	mA	dB	V	
测试条件	$I_o = 40\text{mA}$	$I_o = 40\text{mA}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_o = 40\text{mA}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_o = 40\text{mA}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_o = 40\text{mA}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_o \geq 1\text{mA}$ $I_o \leq 100\text{mA}$	$I_o = 40\text{mA}$ $f = 100\text{Hz}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	I_o $\leq 100\text{mA}$	
CW78 L15B	23	最小 14.25 典型 15.0 最大 15.75						17	见图 3-26 (c)
		最小 14.25 典型 15.0 最大 15.75			6.5	0.2	53		
		最小 14.25 典型 15.0 最大 15.75							
CW78 L15C	23	最小 14.25 典型 15.0 最大 15.75						17	见图 3-26 (c)
		最小 14.25 典型 15.0 最大 15.75			6.5	0.2	53		
		最小 14.25 典型 15.0 最大 15.75							
CW78 L18B	26	最小 17.1 典型 18.0 最大 18.9						20	见图 3-26 (c)
		最小 17.1 典型 18.0 最大 18.9			6.5	0.2	52		
		最小 17.1 典型 18.0 最大 18.9							
CW78 L18C	26	最小 17.1 典型 18.0 最大 18.9						20	见图 3-26 (c)
		最小 17.1 典型 18.0 最大 18.9			6.5	0.2	52		
		最小 17.1 典型 18.0 最大 18.9							

(续表)

参数名称	输入电压 V_i	输出电压 V_o	电压调整率 $S_V(\Delta V_o)$	电流调整率 $S_I(\Delta V_o)$	静态电流 I_d	静态电流变化 ΔI_d	纹波抑制比 S_R	最小输入电压 V_{min}	封装形式及管脚排列
单位	V	V	mV	mV	mA	mA	dB	V	
测试条件	$I_o = 40\text{mA}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_o = 40\text{mA}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_o = 40\text{mA}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_o \geq 1\text{mA}$ $I_o \leq 100\text{mA}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_o = 40\text{mA}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_o \geq 1\text{mA}$ $I_o \leq 100\text{mA}$	$I_o = 40\text{mA}$ $f = 100\text{Hz}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	$I_o \leq 100\text{mA}$	
CW78L24B	最小	22.8	23.0	33.5			49	26	见图 3
	典型	24.0	24.0		40.0				
	最大	25.2	25.0	180	6.5	0.2			
CW78L24C	最小	22.8	23.0	33.5				26	26 (c)
	典型	24.0	24.0		24.0				
	最大	25.2	25.0	120	6.5	0.2			

表 3-57 CW78M00 系列(0.5A)集成稳压器的技术数据

参数名称	输入电压 V_i	输出电压 V_o		电压调整率 $S_V(\Delta V_o)$		电流调整率 $S_I(\Delta V_o)$		静态电流 I_d	静态电流变化 ΔI_d		纹波抑制比 S_R	最小输入电压 V_{Imin}	封装形式及管脚排列
		$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o \geq 5\text{mA}$	$I_o \leq 5\text{mA}$		$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$			
单位	V	V		mV		mV		mA	mA		dB	V	见图 3-26 (b)
测试条件		$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o \geq 5\text{mA}$	$I_o \leq 5\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	I_o	
		$T_j = 25^\circ\text{C}$	$T_j = 25^\circ\text{C}$	$T_j = 25^\circ\text{C}$	$T_j = 25^\circ\text{C}$	$T_j = 25^\circ\text{C}$	$T_j = 25^\circ\text{C}$	$T_j = 25^\circ\text{C}$	$T_j = 25^\circ\text{C}$	$f = 100\text{Hz}$	$T_j = 25^\circ\text{C}$	$\leq 500\text{mA}$	
CW78M05B	10	最小 4.75	4.80	7	$8\text{V} \leq V_i \leq 18\text{V}$	20		8	0.8	1.3	63	7	
		典型 5.00	5.00										
		最大 5.25	5.20	50	$8\text{V} \leq V_i \leq 18\text{V}$	150		8	0.8	1.3			
CW78M05C		最小 4.75	4.80		$8\text{V} \leq V_i \leq 18\text{V}$								
		典型 5.00	5.00	7		15					63	7	
		最大 5.25	5.20	25	$8\text{V} \leq V_i \leq 18\text{V}$	80		8	0.5	0.8			
CW78M06B	11	最小 5.70	5.75		$9\text{V} \leq V_i \leq 19\text{V}$								
		典型 6.00	6.00	8.5		25						8	
		最大 6.30	6.25	60	$9\text{V} \leq V_i \leq 19\text{V}$	150		8	0.8	1.3	61		
CW78M06C		最小 5.70	5.75		$9\text{V} \leq V_i \leq 19\text{V}$								
		典型 6.00	6.00	8.5		20					61	8	
		最大 6.30	6.25	30	$9\text{V} \leq V_i \leq 19\text{V}$	80		8	0.5	0.8			

(续表)

参数名称	输入电压 V_i	输出电压 V_o		电压调整率 $S_V(\Delta V_o)$		电流调整率 $S_I(\Delta V_o)$		静态电流 I_d	静态电流变化 ΔI_d		纹波抑制比 S_R	最小输入电压 V_{fmin}	封装形式及管脚排列
		$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}, T_j = 25^\circ\text{C}$	mV	mV	mV	mV		mA	mA			
测试条件		$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}, T_j = 25^\circ\text{C}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}, T_j = 25^\circ\text{C}$	$I_o \geq 5\text{mA}$ $I_o \leq 500\text{mA}$	$I_o \geq 5\text{mA}$ $I_o \leq 500\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}, T_j = 25^\circ\text{C}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$f = 100\text{Hz}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	$I_o \leq 500\text{mA}$	见图 3 - 25 (b)
CW78M09B	14	最小 8.55 典型 9.00 最大 9.45	8.65	12.5	12V ∇ V, ∇ 22V	80	150	8	58	58	58	11	
CW78M09C	14	最小 8.55 典型 9.00 最大 9.45	8.65	12.5	12V ∇ V, ∇ 20V	27	80	8	1.3	1.3	58	11	
CW78M12B	19	最小 11.4 典型 12.0 最大 12.6	11.5	17	16V ∇ V, ∇ 22V	50	200	8	1.3	1.3	55	14	
CW78M12C	19	最小 11.4 典型 12.0 最大 12.6	11.5	17	16V ∇ V, ∇ 25V	35	100	8	0.8	0.8	55	14	

(续表)

参数名称	输入电压 V_I	输出电压 V_O		电压调整率 $S_V(\Delta V_O)$		电流调整率 $S_I(\Delta V_O)$		静态电流 I_d	静态电流 ΔI_d	纹波抑制比 S_R	最小输入电压 V_{Imin}	封装形式及管脚排列
		$I_O = 200\text{mA}$	$I_O = 200\text{mA}$	$I_O = 200\text{mA}$	$I_O = 200\text{mA}$	$I_O \geq 5\text{mA}$	$I_O \leq 500\text{mA}$					
单位	V	V		mV		mV		mA	mA	dB	V	
测试条件		$I_O = 200\text{mA}$	$I_O = 200\text{mA}$	$I_O = 200\text{mA}$	$I_O = 200\text{mA}$	$I_O \geq 5\text{mA}$	$I_O \leq 500\text{mA}$	$I_O = 200\text{mA}$	$I_O = 200\text{mA}$	$I_O = 200\text{mA}$	$I_O = 200\text{mA}$	
		最小 14.25	14.4									
CW78M15B		典型 15.0	15.0		21	60					17	
		最大 15.75	15.6	150		250		8	1.3			
	23	最小 14.25	14.4									
CW78M15C		典型 15.0	15.0		21						17	
		最大 15.75	15.7	75		125		8	0.8			
		最小 17.1	17.3									
CW78M18B		典型 18.0	18.0		25	70					20	
		最大 18.9	18.7	180		300		8	1.3			
	26	最小 17.1	17.3									
CW78M18C		典型 18.0	18.0		25						20	
		最大 18.9	18.7	90		150		8	0.5			

见图 3 - 26 (b)

(续表)

参数名称	单位	输入电压 V_i		输出电压 V_o		电压调整率 $S_V(\Delta V_o)$		电流调整率 $S_I(\Delta V_o)$		静态电流 I_d	静态电流变化 ΔI_d		纹波抑制比 S_R	最小输入电压 V_{Fmin}	封装形式及管脚排列
		V	V	V	V	mV	mV	mV	mV		mA	mA			
测试条件			$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o \geq 5\text{mA}$ $I_o \leq 500\text{mA}$	$I_o \geq 5\text{mA}$ $I_o \leq 500\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o \geq 5\text{mA}$ $I_o \leq 500\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o \leq 500\text{mA}$	
			最小 22.8	23.0											
CW78 M24H			典型 24.0	24.0		33.5	100						49	26	见 图 3 . 26 (b)
			最大 25.2	25.0	240		350	8	0.8	1.3					
		33	最小 22.8	23.0		33.5									
CW78 M24C			典型 24.0	24.0			75						49	26	
			最大 25.2	25.0	120		200	8	0.5	0.8					

表 3-58 CW7800 系列(1.5A)集成稳压器的技术数据

参数名称	单位	输入电压 V_i		输出电压 V_o		电压调整率 $S_V(\Delta V_o)$		电流调整率 $S_I(\Delta V_o)$		静态电流 I_d	静态电流变化 ΔI_d		纹波抑制比 S_k	最小输入电压 $V_{i\min}$	封装形式及管脚排列	
		$I_o = 500\text{mA}$	$I_o = 500\text{mA}$	$I_o = 500\text{mA}$	$I_o = 500\text{mA}$	$I_o \geq 10\text{mA}$	$I_o \geq 10\text{mA}$	$I_o \geq 10\text{mA}$	$I_o = 500\text{mA}$		$I_o = 500\text{mA}$	$I_o = 500\text{mA}$				
CW7805B	测试条件	最小	4.75	4.80										7	见 图 3	
		典型	5.00	5.00			25									7
		最大	5.25	5.20	50											
CW7805C	测试条件	最小	4.75	4.80						8				7	26 (a)	
		典型	5.00	5.00			20									7
		最大	5.25	5.20	25		100									
CW7806B	测试条件	最小	5.70	5.75										8	26 (a)	
		典型	6.00	6.00			30									8
		最大	6.30	6.25	60		200									
CW7806C	测试条件	最小	5.70	5.75						8				8	26 (a)	
		典型	6.00	6.00			25									8
		最大	6.30	6.25	30		100									

(续表)

参数名称	单位	输出电压 V_o		电压调整率 $S_V(\Delta V_o)$		电流调整率 $S_I(\Delta V_o)$		静态电流 I_d	静态电流变化 ΔI_d	纹波抑制比 S_R	最小输入电压 V_{Imin}	封装形式及管脚排列
		$I_o = 500mA$	$I_o = 500mA, T_j = 25^\circ C$	$I_o = 500mA$	$I_o = 500mA, T_j = 25^\circ C$	$I_o \geq 10mA$	$I_o \geq 10mA, \leq 1.5A, T_j = 25^\circ C$					
CW7809B	最小	8.55	8.65									14
	典型	9.00	9.00	12.5	12.5	40				58	11	
	最大	9.45	9.35	90		200	8	0.8	1.3			
CW7809C	最小	8.55	8.65									14
	典型	9.00	9.00	12.5	12.5	30				58	11	
	最大	9.45	9.35	45		100	8	0.5	0.8			
CW7812B	最小	11.4	11.5									14
	典型	12.0	12.0	17	17	50					14	
	最大	12.6	12.5	120		240	8	0.8	1.3			
CW7812C	最小	11.4	11.5									14
	典型	12.0	12.0	17	17	40				55	14	
	最大	12.6	12.5	60		120	8	0.5	0.8			

见图 3 - 26 (a)

(续表)

参数名称	输入电压 V_i	输出电压 V_o		电压调整率 $S_V(\Delta V_o)$		电流调整率 $S_I(\Delta V_o)$		静态电流 I_d	静态电流 ΔI_d	纹波抑制比 S_R	最小输入电压 $V_{i\min}$	封装形式及管脚排列
		$I_o = 500\text{mA}$	$I_o = 500\text{mA}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	mV	mV	mV	mV					
测试条件		$I_o = 500\text{mA}$	$I_o = 500\text{mA}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	$I_o = 500\text{mA}$	$I_o = 500\text{mA}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	$I_o \geq 10\text{mA}$ $\leq 1.5\text{A}$	$I_o \geq 10\text{mA}$ $\leq 1.5\text{A}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	$I_o = 500\text{mA}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	$I_o = 500\text{mA}$	$I_o = 500\text{mA}$ $f = 100\text{Hz}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	$I_o \leq 1.5\text{A}$	
CW7815B	23	最小	14.25									见图 3-26 (a)
		典型	15.0		21	60				53	17	
		最大	15.75	150		300		8	0.8	1.3		
CW7815C	23	最小	14.25									见图 3-26 (a)
		典型	15.0		21	50				53	17	
		最大	15.75	75		150		8	0.5	0.8		
CW7818B	26	最小	17.1									见图 3-26 (a)
		典型	18.0		25	70				52	20	
		最大	18.9	180		360		8	0.8	1.3		
CW7818C	26	最小	17.1									见图 3-26 (a)
		典型	18.0		25	60				52	20	
		最大	18.9	90		180		8	0.5	0.8		

表 3-59 CW78100 系列(3.0A)集成稳压器的技术数据

参数名称	符号	测试条件	单位	W78T 05			W78T 12			W78T 18			W78T 24		
				最大	典型	最小	最大	典型	最小	最大	典型	最小	最大	典型	最小
输入电压	V_I		V	10			19			26			33		
输出电压	V_O	$I_O = 1A$	V	4.75	5.00	5.25	11.4	12.0	12.6	17.1	18.0	18.9	22.8	24.0	25.2
		$I_O = 1A$ $T_I = 25^\circ C$		4.80	5.00	5.20	11.5	12.0	12.5	17.3	18.0	18.7	23.0	24.0	25.0
电压调整率	S_V (ΔV_O)	$I_O = 1A$	mV	25			60			90			120		
		$I_O = 1A$ $T_I = 25^\circ C$		$8V \leq V_I \leq 12V$	$16V \leq V_I \leq 22V$	$22V \leq V_I \leq 28V$	$30V \leq V_I \leq 36V$								
电流调整率	S_I (ΔV_O)	$10mA \leq I_O \leq 3A$	mV	7			17			25			33.5		
		$10mA \leq I_O \leq 3A$ $T_I = 25^\circ C$		$8V \leq V_I \leq 18V$	$15V \leq V_I \leq 25V$	$22V \leq V_I \leq 32V$	$28V \leq V_I \leq 36V$								
静态电流	I_d	$I_O = 1A$ $T_I = 25^\circ C$	mA	100			120			180			240		
		$10mA \leq I_O \leq 3A$ $T_I = 25^\circ C$		20	40	60	80								

(续表)

参数名称	符号	测试条件	单位	W78T 05			W78T 12			W78T 18			W78T 24		
				最大	典型	最小	最大	典型	最小	最大	典型	最小	最大	典型	最小
静态电流变化	ΔI_d	$10\text{mA} \leq I_o \leq 3\text{A}$	mA			0.5			0.5			0.5			
		$I_o = 1\text{A}$				0.8			0.8			0.8			
纹波抑制比	S_R	$I_o = 1\text{A}$ $f = 100\text{Hz}$ $T_r = 25^\circ\text{C}$	dB	$8\text{V} \leq V_i \leq 20\text{V}$			$22\text{V} \leq V_i \leq 32\text{V}$			$22\text{V} \leq V_i \leq 32\text{V}$			$28\text{V} \leq V_i \leq 38\text{V}$		
				63	52	52	52	49							
最小输入电压	$V_{i\text{min}}$	$I_o \leq 3\text{A}$	V	$8\text{V} \leq V_i \leq 18\text{V}$			$15\text{V} \leq V_i \leq 25\text{V}$			$22\text{V} \leq V_i \leq 32\text{V}$			$28\text{V} \leq V_i \leq 38\text{V}$		
				7.5	14.5	20.5	26.5								
噪声电压	V_{NO}	$10\text{Hz} \leq f \leq 100\text{kHz}$ $T_r = 25^\circ\text{C}$	μV	40	100	150	200								
				40	1.0	1.8	2.4								
输出电压温度变化率	S_T	$I_o = 5\text{mA}$ $T_{in} \leq T_r \leq T_{out}$	mV/°C	1.0	1.2	1.8	2.4								

封装形式及管脚排列见图 3-26(a)

表 3-60 W 123/W 223/W 323(3A)型集成稳压器的技术数据

参数名称	符号	单位	测试条件	W123, W223			W323		
				最小	典型	最大	最小	典型	最大
输出电压	V_O	V	$T_i = 25^\circ\text{C}$ $I_O = 0$ $V_I = 7.5\text{V}$	4.7	5	5.3	4.8	5	5.2
	V_O	V	$7.5\text{V} \leq V_I \leq 15\text{V}$ $0 \leq I_O \leq 3\text{A}$ $P \leq 30\text{W}$	4.6		5.4	4.75		5.25
电压调整率	$S_V(\Delta V_O)$	mA	$T_i = 25^\circ\text{C}$ $7.5\text{V} \leq V_I \leq 15\text{V}$		5	25		5	25
电流调整率	$S_I(\Delta V_O)$	mA	$T_i = 25^\circ\text{C}$ $V_I = 7.5\text{V}$ $0 \leq I_O \leq 3\text{A}$		25	100		25	100
静态电流	I_d	μA	$7.5\text{V} \leq V_I \leq 15\text{V}$		12	20		12	20
输出噪声电压	V_{NO}	μV	$T_i = 25^\circ\text{C}$ $10\text{Hz} \leq f \leq 100\text{kHz}$		40			40	
限流保护 动作电流		A	$T_i = 25^\circ\text{C}$ $V_I = 15\text{V}$		3	4.5		3	4.5
		A	$T_i = 25^\circ\text{C}$ $V_I = 7.5\text{V}$		4	5		4	5
热阻	$R_{\theta c}$	$^\circ\text{C}/\text{W}$			2			2	
封装形式及管脚排列见图 3-26(a)									

表 3-61 CW79M00 系列(0.5A)集成稳压器的技术数据

参数名称	输入电压 V_I	输出电压 V_O		电压调整率 $S_V(\Delta V_O)$		电流调整率 $S_I(\Delta V_O)$		静态电流 I_d	静态电流变化 ΔI_d		纹波抑制比 S_R	最小输入电压 V_{Imin}	封装形式及管脚排列
		$I_O = 200\text{mA}$	$I_O = 200\text{mA}$	$I_O = 200\text{mA}$	$I_O = 200\text{mA}$	$I_O \geq 5\text{mA}$ $I_O \leq 500\text{mA}$	$I_O \geq 5\text{mA}$ $I_O \leq 500\text{mA}$		$I_O = 200\text{mA}$	$I_O = 200\text{mA}$			
单位	V	V		mV		mV		mA	mA		dB	V	
测试条件		$I_O = 200\text{mA}$	$I_O = 200\text{mA}$	$I_O = 200\text{mA}$	$I_O = 200\text{mA}$	$I_O \geq 5\text{mA}$ $I_O \leq 500\text{mA}$	$I_O \geq 5\text{mA}$ $I_O \leq 500\text{mA}$	$I_O = 200\text{mA}$	$I_O \geq 5\text{mA}$ $I_O \leq 500\text{mA}$	$I_O = 200\text{mA}$	$I_O = 200\text{mA}$	I_O	
		最小 -4.75	-4.80										
CW79M05B		典型 -5.00	-5.00	7	7	20				63		-7	
		最大 -5.25	-5.20				150	8	0.8				
	10	最小 -4.75	-4.80										
CW79M05C		典型 -5.00	-5.00	7	7	15				63		-7	
		最大 -5.25	-5.20				80	8	0.5				
		最小 -5.70	-5.75										
CW79M06B		典型 -6.00	-6.00	8.5	8.5	25				61		-8	
		最大 -6.30	-6.25				150	8	0.8				
	11	最小 -5.70	-5.75										
CW79M06C		典型 -6.00	-6.00	8.5	8.5	20				61		-8	
		最大 -6.30	-6.25				80	8	0.5				

见图 3-26(e) S-7 型 F-1 型

(续表)

参数名称	单位	输出电压 V_o		电压调整率 $S_V(\Delta V_o)$		电流调整率 $S_I(\Delta V_o)$		静态电流 I_d	静态电流变化 ΔI_d		纹波抑制比 S_R	最小输入电压 $V_{i,min}$	封装形式及管脚排列
		$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o \geq 5\text{mA}$	$I_o \leq 5\text{mA}$		$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$			
测试条件		$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o \geq 5\text{mA}$	$I_o \leq 5\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$f = 100\text{Hz}$	V	见图 3-26 (e) S-7 型 F-1 型
CW79M09B	最小	-8.55	-8.65										-14
	典型	-9.00	-9.00	12.5	12.5	35				58			
	最大	-9.45	-9.35	90	90	150		8	0.8	1.3			
CW79M09C	最小	-8.55	-8.65										-11
	典型	-9.00	-9.00	12.5	12.5	27					58		
	最大	-9.45	-9.35	45	45	80		8	0.5	0.8			
CW79M12B	最小	-11.4	-11.5										-14
	典型	-12.0	-12.0	17	17	50							
	最大	-12.6	-12.5	120	120	200		8	0.8	1.3			
CW79M12C	最小	-11.4	-11.5										-14
	典型	-12.0	-12.0	17	17	35							
	最大	-12.0	-12.5	60	60	100		8	0.5	0.8			

(续表)

参数名称	输入电压 V_i	输出电压 V_o		电压调整率 $S_V(\Delta V_o)$		电流调整率 $S_I(\Delta V_o)$		静态电流 I_d	静态电流变化 ΔI_d	纹波抑制比 S_k	最小输入电压 V_{min}	封装形式及管脚排列
		单位	V	mV	mV	mV	mV					
测试条件		$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o \geq 5\text{mA}$ $I_o \leq 500\text{mA}$	$I_o \geq 5\text{mA}$ $I_o \leq 500\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$	$f = 100\text{Hz}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	I_o	见图 3-26(e) S-7 型 F-1 型
CW79 M15B	-23	最小	-14.25	-14.4								
		典型	-15.0	-15.0	21	60				53	-17	
		最大	-15.75	-15.6	150		250	8	0.8			
CW79 M15C	-23	最小	-14.25	-14.4								
		典型	-15.0	-15.0	21	45				53	-17	
		最大	-15.75	-15.6	75		125	8	0.5			
CW79 M18B	-26	最小	-17.1	-17.3								
		典型	-18.0	-18.0	25	70				52	-20	
		最大	-18.9	-18.7	180		300	8	0.8			
CW79 M18C	-26	最小	-17.1	-17.3								
		典型	-18.0	-18.0	25	55				52	-20	
		最大	-18.9	-18.7	90		150	8	0.5			

(续表)

参数名称	单位	输出电压 V_o		电压调整率 $S_V(\Delta V_o)$		电流调整率 $S_I(\Delta V_o)$		静态电流 I_d	静态电流变化 ΔI_d		纹波抑制比 S_k	最小输入电压 V_{imin}	封装形式及管脚排列
		$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}, T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}, T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_o \geq 5\text{mA}$	$I_o \leq 500\text{mA}$		$I_o \geq 5\text{mA}$	$I_o \leq 500\text{mA}$			
CW79 M24B	测试条件	最小	-22.8	-23.0	33.5	350	8	0.8	1.3	49	-26	见图 3.26(e) S-7 型 F-1 型	
		典型	-24.0	-24.0									
		最大	-25.2	-25.0	240	200							
CW79 M24C	测试条件	最小	-22.8	-23.0	33.5					49	-26	见图 3.26(e) S-7 型 F-1 型	
		典型	-24.0	-24.0									
		最大	-25.2	-25.0	120	200							

(续表)

参数名称	输入电压 V_I	输出电压 V_O		电压调整率 $S_V(\Delta V_O)$		电流调整率 $S_I(\Delta V_O)$		静态电流 I_d	静态电流变化 ΔI_d		纹波抑制比 S_R	最小输入电压 V_{Imin}	封装形式及管脚排列
		$I_O = 500\text{mA}$	$I_O = 500\text{mA}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_O = 500\text{mA}$	$I_O = 500\text{mA}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_O \geq 10\text{mA}$ $\leq 1.5\text{A}$	$I_O \geq 10\text{mA}$ $\leq 1.5\text{A}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$		$I_O \geq 10\text{mA}$ $\leq 1.5\text{A}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_O = 500\text{mA}$ $f = 100\text{Hz}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$			
CW7909B	-14	最小	-8.55	-8.65								-11	见图3-26(d)S-7型F-2型
		典型	-9.00	-9.00	12.5	40				58	-12V ~ -22V		
		最大	-9.45	-9.35	90	200	200	8	0.8	1.3	-12V ~ -24V		
CW7909C	-14	最小	-8.55	-8.65								-11	见图3-26(d)S-7型F-2型
		典型	-9.00	-9.00	12.5	30					-12V ~ -24V		
		最大	-9.45	-9.35	45	100	100	8	0.5	0.8	-12V ~ -24V		
CW7912B	-19	最小	-11.4	-11.5								-14	见图3-26(d)S-7型F-2型
		典型	-12.0	-12.0	17	50					-15V ~ -25V		
		最大	-12.6	-12.5	120	240	240	8	0.8	1.3	-16V ~ -27V		
CW7912C	-19	最小	-11.4	-11.5								-14	见图3-26(d)S-7型F-2型
		典型	-12.0	-12.0	17	40					-15V ~ -25V		
		最大	-12.6	-12.5	60	120	120	8	0.5	0.8	-16V ~ -27V		

(续表)

参数名称	输入电压 V_i	输出电压 V_o		电压调整率 $S_V(\Delta V_o)$		电流调整率 $S_I(\Delta V_o)$		静态电流 I_d	静态电流变化 ΔI_d		纹波抑制比 S_R	最小输入电压 V_{min}	封装形式及管脚排列
		单位	V	mV	mV	mV	mV		mA	mA			
CW7915B	-23	$I_o = 500\text{mA}$		$I_o = 500\text{mA}$		$I_o \geq 10\text{mA}$		$I_o = 500\text{mA}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_o \geq 10\text{mA}$		$I_o = 500\text{mA}$ $f = 100\text{Hz}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	V	见图3-26(d)5-7型E-2型
		最小	-14.25	-14.4									
		典型	-15.0	-15.0	21	60	53		-17				
		最大	-15.75	-15.6	150	300	8	0.8	1.3				
CW7915C	-23	$I_o = 500\text{mA}$		$I_o = 500\text{mA}$		$I_o \geq 10\text{mA}$		$I_o = 500\text{mA}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_o \geq 10\text{mA}$		$I_o = 500\text{mA}$ $f = 100\text{Hz}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	V	见图3-26(d)5-7型E-2型
		最小	-14.25	-14.4									
		典型	-15.0	-15.0	21	50	53		-17				
		最大	-15.75	-15.6	75	150	8	0.5	0.8				
CW7918B	-26	$I_o = 500\text{mA}$		$I_o = 500\text{mA}$		$I_o \geq 10\text{mA}$		$I_o = 500\text{mA}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_o \geq 10\text{mA}$		$I_o = 500\text{mA}$ $f = 100\text{Hz}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	V	见图3-26(d)5-7型E-2型
		最小	-17.1	-17.3									
		典型	-18.0	-18.0	25	70	52		-20				
		最大	-18.9	-18.7	180	360	8	0.8	1.3				
CW7918C	-26	$I_o = 500\text{mA}$		$I_o = 500\text{mA}$		$I_o \geq 10\text{mA}$		$I_o = 500\text{mA}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_o \geq 10\text{mA}$		$I_o = 500\text{mA}$ $f = 100\text{Hz}$ $T_i = 25^\circ\text{C}$	V	见图3-26(d)5-7型E-2型
		最小	-17.1	-17.3									
		典型	-18.0	-18.0	25	60	52		-20				
		最大	-18.9	-18.7	90	180	8	0.5	0.8				

(续表)

参数名称	输入电压 V_i	输出电压 V_o		电压调整率 $S_V(\Delta V_o)$		电流调整率 $S_I(\Delta V_o)$		静态电流 I_d	静态电流变化 ΔI_d		纹波抑制比 S_R	最小输入电压 $V_{i\min}$	封装形式及管脚排列	
		$I_o = 500\text{mA}$	$I_o = 500\text{mA}, T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_o = 500\text{mA}$	$I_o = 500\text{mA}, T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_o \geq 10\text{mA}, \leq 1.5\text{A}$	$I_o \geq 10\text{mA}, \leq 1.5\text{A}, T_i = 25^\circ\text{C}$		$I_o \geq 10\text{mA}, \leq 1.5\text{A}, T_i = 25^\circ\text{C}$	$I_o = 500\text{mA}, f = 100\text{Hz}, T_i = 25^\circ\text{C}$				$I_o = 500\text{mA}, \leq 1.5\text{A}$
CW79 24B	-33	最小	-22.8	-23.0									见图 3-26 (d) S-7 型 F、2 型	
		典型	-24.0	-24.0		90					49	-26		
		最大	-25.2	-25.0	240	480	8	0.8	1.3					
CW79 24C	-33	最小	-22.8	-23.0									见图 3-26 (d) S-7 型 F、2 型	
		典型	-24.0	-24.0		30						-26		
		最大	-25.2	-25.0	120	240	8	0.5	0.8					

表 3-63 CW117L/CW217L/CW317L(0.1A)型

可调输出正压集成稳压器的技术数据

 $(V_I - V_O = 5V \quad I_O = 40mA \quad T_{IL} \leq I_f \leq T_{IH})$

参数名称	符号	测试条件	单位	CW117L/CW217L			CW317L		
				最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值
电压调整率	S _v	3V ≤ (V _I - V _O) ≤ 40V T _J = 25℃	% / V	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.04
				0.02	0.02	0.05	0.02	0.02	0.07
电流调整率	S _I	5mA ≤ I _O ≤ 100mA T _J = 25℃	%	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.5
				0.3	0.3	1	0.3	0.3	1.5
调整端电流	I _{adj}	5mA ≤ I _O ≤ 100mA	μA	50	50	100	50	50	100
调整端电流变化	ΔI _{adj}	2.5V ≤ (V _I - V _O) ≤ 40V	μA	0.2	5	5	0.2	0.2	5
		5mA ≤ I _O ≤ 100mA							
		P _O ≤ P _{max} T _J = 25℃							
基准电压	V _{REF}	同上	V	1.20	1.25	1.30	1.20	1.25	1.30
最小负载电流	I _{Omin}	(V _I - V _O) = 40V	mA	3.5	3.5	5	3.5	3.5	5
纹波抑制比	S _R	V _O = 10V f = 100Hz C _{adj} ≥ 10μF	dB	66	80	80	66	80	80
输出电压温度变化率	S _T	T _{IL} ≤ T _J ≤ T _{IH}	%	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
最大输出电流	I _{OM}	(V _I - V _O) ≤ 15V	A	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2
		(V _I - V _O) ≤ 40V T _J = 25℃ (B-4)							
封装形式及管脚排列	见图 3-26(r)S-1 型, B-4 型								

表 3-64 CW117M/CW217M/CW317M(0.5A)型
可调整输出正压集成稳压器的技术数据

参数名称	符号	测试条件	单位	CW117M/CW217M			CW317M		
				最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值
电压调整率	S_V	$3V \leq (V_I - V_O) \leq 40V$ $T_j = 25^\circ C$ $3V \leq (V_I - V_O) \leq 40V$	%/V		0.01	0.02		0.01	0.04
电流调整率	S_I	$10mA \leq I_O \leq 0.5A$ $T_j = 25^\circ C$ $10mA \leq I_O \leq 0.5A$	%		0.02	0.05		0.02	0.07
调整端电流	I_{adj}		μA		0.1	0.3		0.1	0.5
调整端电流变化	ΔI_{adj}	$2.5V \leq (V_I - V_O) \leq 40V$ $10mA \leq I_O \leq 0.5A$ $P_D \leq P_{max}$ $T_j = 25^\circ C$	μA		0.2	5		0.2	5
基准电压	V_{REF}	同上	V	1.20	1.25	1.30	1.20	1.25	1.30
最小负载电流	I_{Omin}	$(V_I - V_O) = 40V$	mA		3.5	5		3.5	10
纹波抑制比	S_R	$V_O = 10V$ $f = 100Hz$ $C_{out} \geq 10\mu F$	dB	66	80		66	80	
输出电压温度变化率	S_T	$T_{IL} \leq T_j \leq T_{IH}$	%		0.7			0.7	
最大输出电流	I_{OM}	$(V_I - V_O) \leq 15V$ $(V_I - V_O) \leq 40V$ $T_j = 25^\circ C (F-1)$	A	0.5	0.8		0.5	0.8	
封装形式及引脚排列				0.15	0.25		0.15	0.25	

见图 3-26(h)S-7型, F-1型

表 3-65 W150/W250/W350(3A)型
可调输出正压集成稳压器的技术数据

参 数	测 试 条 件	单 位	W150/W250			W350		
			最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值
电压调整率	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $3\text{V} \leq V_I - V_O \leq 35\text{V}$	%/V		0.005	0.01		0.05	0.45
电流调整率	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_O \leq 5\text{V}$ $10\text{mA} \leq I_O \leq 3\text{A}$	mV		5	15		5	25
电流调整率	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $10\text{mA} \leq I_O \leq 3\text{A}$ $V_O > 5\text{V}$	%		0.1	0.3		0.1	0.5
热调整率	20ms	%/W		0.002	0.01		0.002	0.43
调整端电流		μA		50	100		50	10
调整端电流变化量	$10\text{mA} \leq I_O \leq 3\text{A}$, $3\text{V} \leq V_I - V_O \leq 35\text{V}$	μA		0.2	5		0.2	5
基准电压	$10\text{mA} \leq I_O \leq 3\text{A}$ $P_D \leq 30\text{W}$ $3\text{V} \leq V_I - V_O \leq 35\text{V}$	V	1.20	1.25	1.30	1.20	1.25	1.30
电压调整率	$3\text{V} \leq V_I - V_O \leq 35\text{V}$	%/V		0.02	0.05		0.02	0.07
电流调整率	$10\text{mA} \leq I_O \leq 3\text{A}$, $V_O \leq 5\text{V}$	mV		20	50		20	70
电流调整率	$10\text{mA} \leq I_O \leq 3\text{A}$, $V_O > 5\text{V}$	%		0.3	1		0.3	1.5
温度稳定性	$T_{\text{min}} \leq T_j \leq T_{\text{max}}$	%		1			1	
最小输出电流	$V_I - V_O = 35\text{V}$	mA		3.5	5		3.5	10
限制保护电流	$V_I - V_O = 35\text{V}$	A	3.0	4.5		3.0	4.5	
噪声电压	$V_I - V_O = 30\text{V}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	A	0.3	1		0.25	1	
	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $10\text{Hz} \leq f \leq 10\text{kHz}$	%		0.001			0.001	
纹波抑制比	$V_O = 10\text{V}$, $f = 120\text{Hz}$	dB		65			65	
	$V_O = 10\text{V}$, $f = 120\text{Hz}$ $C_{\text{adj}} = 10\mu\text{F}$	dB	66	86		66	86	
长期稳定性	$T_A = 125^\circ\text{C}$	%		0.3	1		0.3	
封装形式及管脚排列	见图 3-26(f)F-2 型							

表 3-66 CW137L/CW237L/CW337L(0.1A)型
可调输出负压集成稳压器的技术数据

$(V_I - V_O = 5V \quad I_O = 40mA \quad T_{HL} \leq T_J \leq T_{HH})$

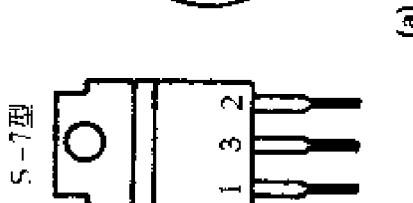
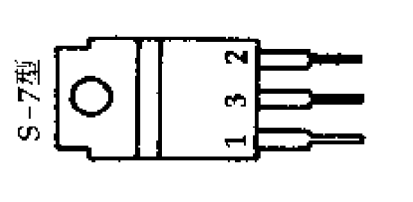
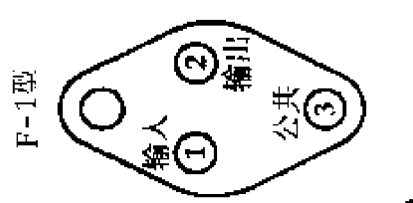
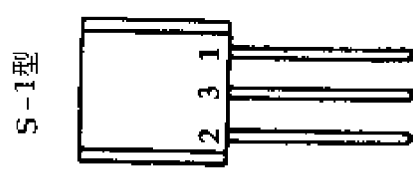
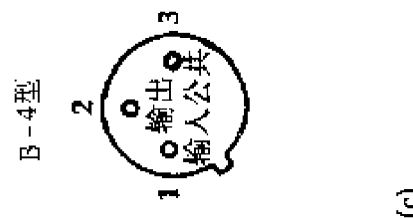
参数名称	符号	测试条件	单位	CW137L/CW237L			CW337L		
				最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值
电压调整率	S _V	3V ≤ V _I - V _O ≤ 40V T _J = 25°C	% / V	0.01	0.01	0.02		0.01	0.04
		3V ≤ V _I - V _O ≤ 40V		0.02	0.02	0.05		0.02	0.07
电流调整率	S _I	5mA ≤ I _L ≤ 100mA T _J = 25°C	%	0.1	0.1	0.3		0.1	0.5
		5mA ≤ I _L ≤ 100mA		0.3	0.3	1		0.3	1.5
调整端电流	I _{adj}		μA	65	65	100		65	100
调整端电流变化	ΔI _{adj}	2.5V ≤ V _I - V _O ≤ 40V	μA	0.2	5	5		0.2	5
		5mA ≤ I _O ≤ 100mA							
		P _D ≤ P _{max} T _J = 25°C							
基准电压	V _{REF}	同上	V	-1.20	-1.25	-1.80	-1.20	-1.25	-1.30
最小负载电流	I _{Omin}	V _I - V _O = 40V	mA		3.5	5		3.5	10
纹波抑制比	S _R	V _O = -10V f = 100Hz C _{adj} ≥ 10μF	dB		70			70	
输出电压温度变化率	S _T	T _{HL} ≤ T _J ≤ T _{HH}	%		0.7			0.7	
最大输出电流	I _{OM}	V _I - V _O ≤ 15V	A	0.1	0.2		0.1	0.2	
		V _I - V _O ≤ 40V T _J = 25°C (B-4)							
封装形式及管脚排列		见图 3-26(j) S-1 型, B-4 型							

表 3-67 CW137/CW237/CW337(1.5A)型

可调输出负压集成稳压器的技术数据

 $(V_I - V_O = -5V \quad I_O = 500mA \quad T_{JL} \ll T_J \ll T_{JH})$

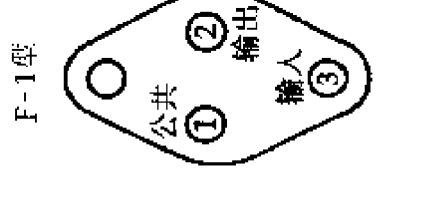
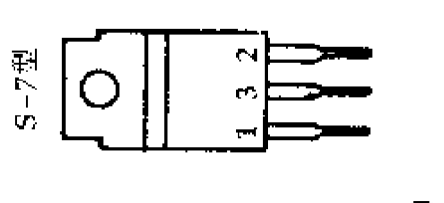
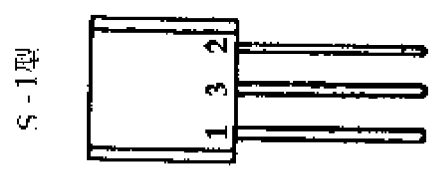
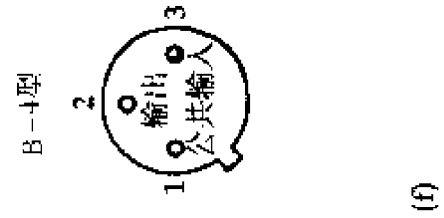
参数名称	符号	测试条件	单位	CW137/CW237			CW337		
				最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值
电压调整率	S_V	$3V \leq V_I - V_O \leq 40V \quad T_J = 25^\circ C$	% / V		0.01	0.02		0.01	0.04
		$3V \leq V_I - V_O \leq 40V$			0.02	0.05		0.02	0.07
电流调整率	S_I	$10mA \leq I_O \leq 1.5A \quad T_J = 25^\circ C$	%		0.1	0.3		0.1	0.5
		$10mA \leq I_O \leq 1.5A$			0.3	1		0.3	1.5
调整端电流	I_{adj}		μA		65	100		65	100
调整端电流变化	ΔI_{adj}	$2.5V \leq V_I - V_O \leq 40V$	μA						
		$10mA \leq I_O \leq 1.5A$ $P_D \leq P_{max} \quad T_J = 25^\circ C$			0.2	5		0.2	5
基准电压	V_{REF}	同上	V	-1.20	-1.25	-1.30	-1.20	-1.25	-1.30
最小负载电流	I_{Omin}	$V_I - V_O = 40V$	mA		3.5	5		3.5	10
纹波抑制比	S_R	$V_O = -10V \quad f = 100Hz$ $C_{adj} \geq 10\mu F$	dB		70			70	
输出电压温度变化率	S_T	$T_{JL} \ll T_J \ll T_{JH}$	%		0.7			0.7	
最大输出电流	I_{OM}	$V_I - V_O \leq 15V$	A	1.5	2.2		1.5	2.2	
		$V_I - V_O \leq 40V$ $T_J = 25^\circ C (F-2)$		0.25	0.4		0.15	0.4	
封装形式及管脚排列				见图 3-26(I)F-2型, S-7型					



(c)

(b)

(a)



(f)

(e)

(d)

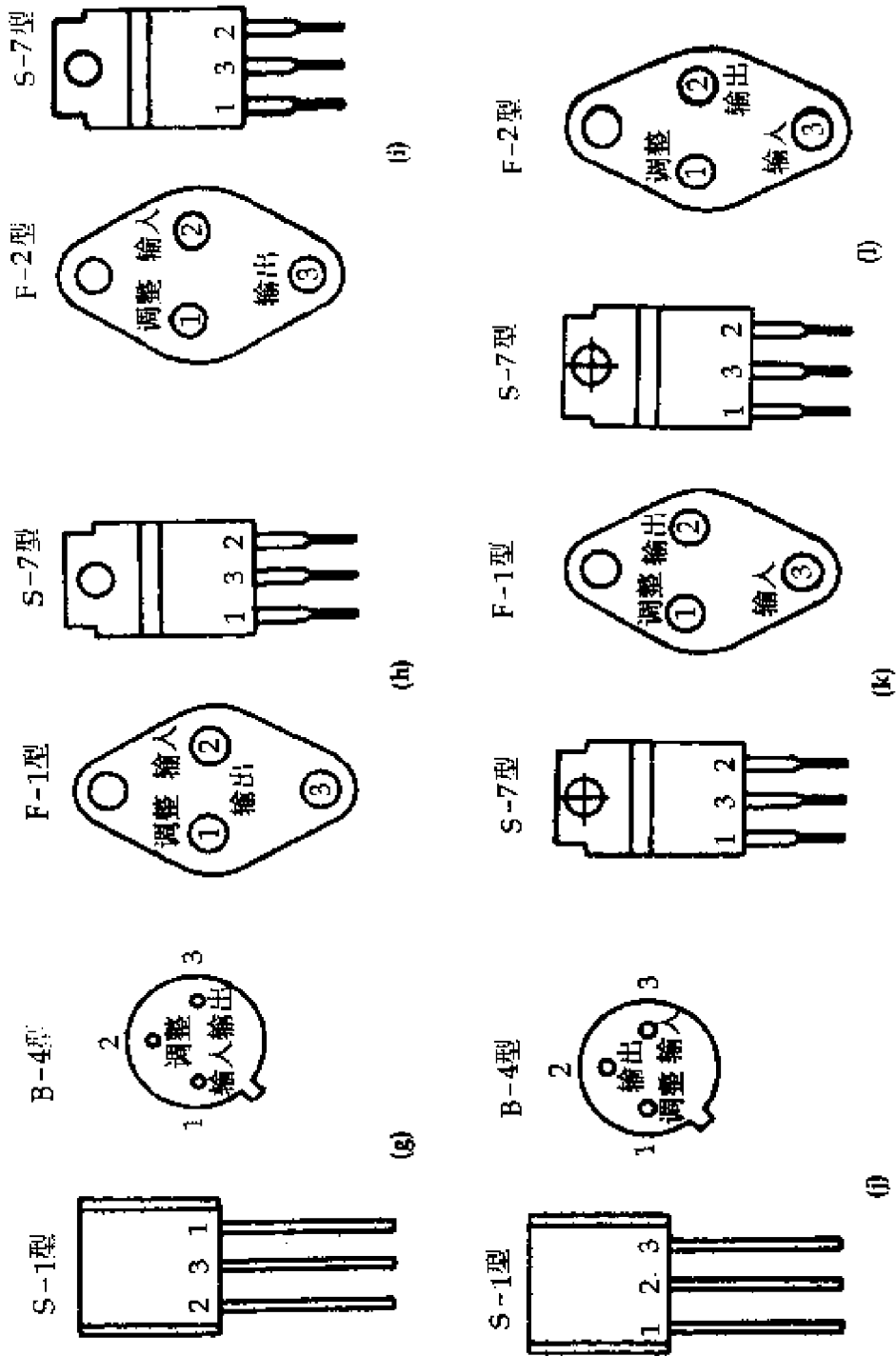


图 3-26 常用国产集成稳压器的封装形式及管脚排列图

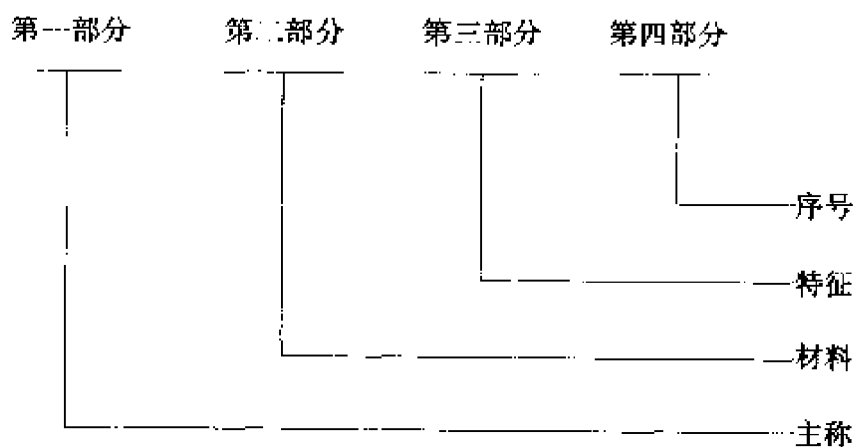
3-13-4 集成稳压器使用注意事项

1. 集成稳压器的品种很多,各类产品都有其自身的特点和适用范围,选用时要考虑实际需要,合理选用,使性能价格比最佳。
2. 使用前要了解集成稳压器的类别、电参数、封装形式及外引线排列,以免接错管脚,烧坏器件。
3. 稳压器在使用时,为了适应各种负载要求,应按要求设计各种保护电路,同时应注意不要超过给定的各极限参数。
4. 稳压器在使用时,要接一定的滤波电路,这些电容器要按规定连接,引线要短,最好接在集成电路块的引线部。

3-14 电阻器和电容器

3-14-1 电阻器和电容器型号命名方法

1. 电阻器和电容器产品型号由四部分组成(按照国家标准 GB/T2470—1995 标准制定)。



(1) 第一部分是产品的主称,用一个字母表示:

电阻器的主称用 R 表示;

电容器的主称用 C 表示。

(2) 第二部分通常是产品的主要材料,一般用一个字母表示,见表 3-68。

表 3-68 型号第二部分材料的字母代号

字母代号	电 阻 器	电 容 器
A		铝电解
B ¹⁾		非极性有机薄膜介质
C		1类陶瓷介质
D		铝电解
E		其他材料电解
G		合金电解
H	合成膜	复合介质
I	玻璃釉膜	玻璃釉介质
J	金属膜(箔)	金属化纸介质
L ²⁾		极性有机薄膜介质
N	无机实心	钽电解
O		玻璃膜介质
Q		漆膜介质
S	有机实芯	3类陶瓷介质
T	碳膜	2类陶瓷介质
V		云母纸介质
X	线绕	
Y	氧化膜	云母介质
Z		纸介质

1) 用 B 表示聚苯乙烯薄膜介质,采用其他薄膜介质时,在 B 的后面再加一个字母来区分具体使用的材料。区分具体材料的字母由有关规范规定。如介质材料是聚丙烯薄膜介质时,用“BB”来表示。

2) 用 L 表示聚酯膜介质,采用其他薄膜介质时,在 L 的后面再加一个字母来区分具体使用的材料。区分具体材料的字母由有关规范规定。如介质材料是聚碳酸酯薄膜介质时,用“LS”表示。

(3) 第三部分是产品的主要特征,一般用一个数字或一个字母来表示,见表 3-69。

表 3-69 型号第三部分特征的数字或字母代号

数字或字母	电阻器	瓷介电容器	云母电容器	有机介质电容器	电解电容器
1	普通	圆形	非密封	非密封(金属箔)	箔式
2	普通	管形(圆柱)	非密封	非密封(金属化)	箔式
3	超高频	叠片	密封	密封(金属箔)	烧结粉 非固体
4	高阻	多层(独石)	独石	密封(金属化)	烧结粉 固体
5	高温	穿心		穿心	
6		支柱式		交流	交流
7	精密	交流	标准	片式	无极性
8	高压	高压	高压	高压	
9	特殊			特殊	特殊
G	功率型	高功率			

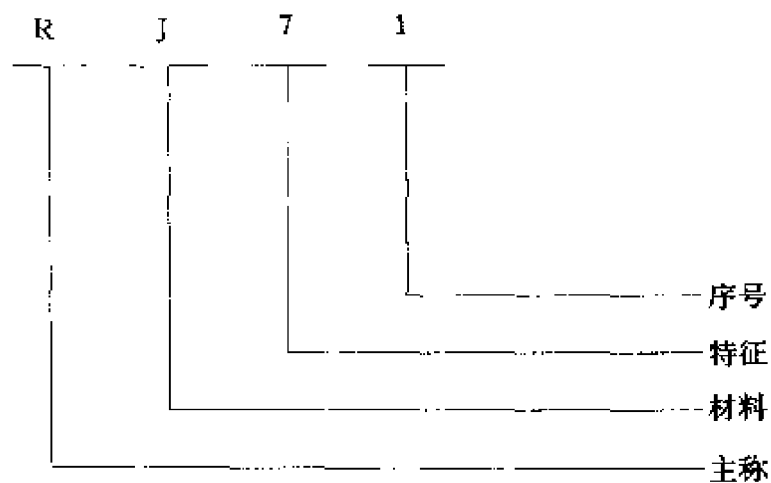
(4) 第四部分是序号,一般用数字表示。

对材料、特征相同,仅尺寸和性能指标略有差别但基本上不影响互换性的产品可以给同一序号。

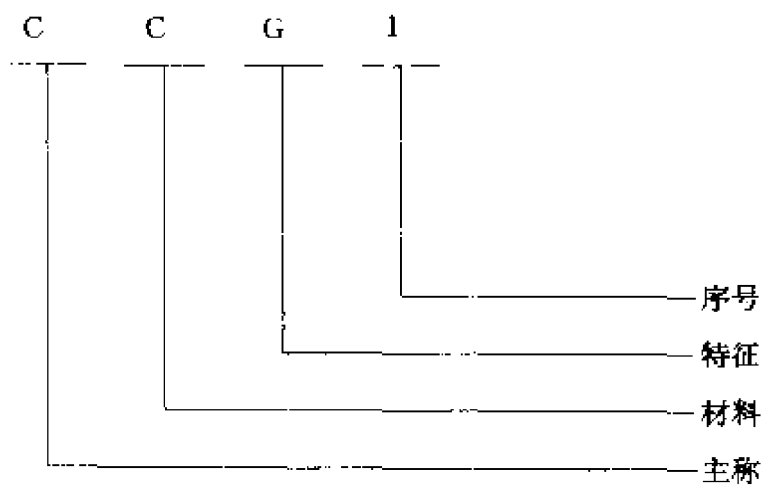
对材料、特征相同,仅尺寸和性能指标有所差别已明显影响互换性时(但该差别并非是本质的,而属于在技术标准上进行统一的问题),仍给同一序号,但在序号后面用一个字母作为区别代号。此时该字母作为该型号的组成部分。但在统一该产品标准时,应取消区别代号。

2. 型号命名示例

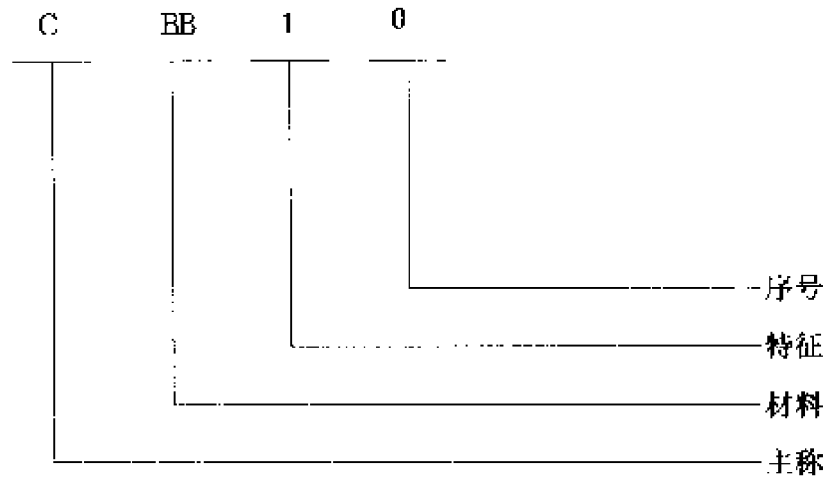
RJ 71 型精密金属膜电阻器



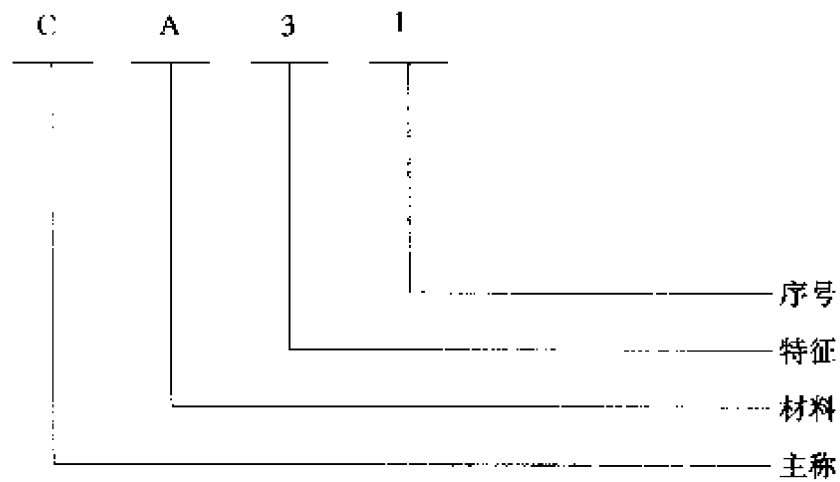
CCG1 型瓶形高功率瓷介电容器



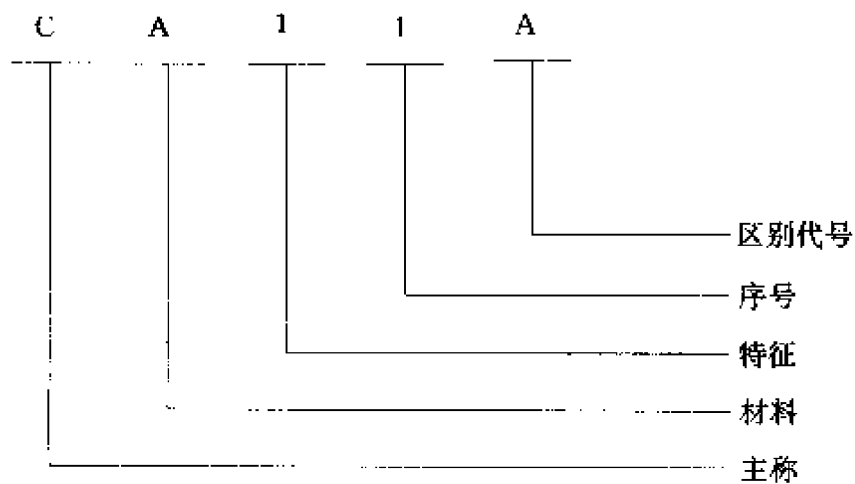
CBB10 型聚丙烯电容器



CA31 型非固体电解质烧结钽电容器



CA11A 型钽箔电解电容器



3-14-2 电阻器和电容器优先数系

1. 电阻器和电容器优先数系

电阻器和电容器优先数系,见表 3-70(国家标准 GB/T2471—1995)。

表 3-70 电阻器和电容器优先数系表

E24	E12	E6	E3	E24	E12	E6	E3
允许偏差 ±5%	允许偏差 ±10%	允许偏差 ±20%	允许偏差 >±20%	允许偏差 ±5%	允许偏差 ±10%	允许偏差 ±20%	允许偏差 >±20%
1.0	1.0	1.0	1.0	3.3	3.3	3.3	
1.1				3.6			
1.2	1.2			3.9	3.9		
1.3				4.3			
1.5	1.5	1.5		4.7	4.7	4.7	4.7
1.6				5.1			
1.8	1.8			5.6	5.6		
2.0				6.2			
2.2	2.2	2.2	2.2	6.8	6.8	6.8	
2.4				7.5			
2.7	2.7			8.2	8.2		
3.0				9.1			

该表给出的数值及其十进倍数或约数是伴有允许偏差的优先数系,用于电阻器的电阻值和电容器的电容量值。

E24 系列是由 $\sqrt[24]{10^n}$ 理论数的修约值组成,其中 n 为正整数或负整数。

E12 系列是由 $\sqrt[12]{10^n}$ 理论数的修约值组成,并由 E24 系列隔项省略而成。

E6 系列是由 $\sqrt[6]{10^n}$ 理论数的修约值组成,并由 E12 系列隔项省略而成。

2. 精密电阻器和电容器的优先数系

精密电阻器和电容器优先数系,见表 3-71。

表 3-71 精密电阻和电容器优先数系表

E192	F96	E48	F192	E96	E48	E192	E96	E48	F192	F96	E48	E192	E96	E48
100	100	100	133	133	133	178	178	178	237	237	237	316	316	316
101			135			180			240			320		
102	102		137	137		182	182		243	243		324	324	
104			138			184			246			328		
105	105	105	140	140	140	187	187	187	249	249	249	332	332	332
106			142			189			252			336		
107	107		143	143		191	191		255	255		340	340	
109			145			193			258			344		
110	110	110	147	147	147	196	196	196	261	261	261	348	348	348
111			149			198			264			352		
113	113		150	150		200	200		267	267		357	357	
114			152			203			271			361		
115	115	115	154	154	154	205	205	205	274	274	274	365	365	365
117			156			208			277			370		
118	118		158	158		210	210		280	280		374	374	
120			160			213			284			379		
121	121	121	162	162	162	215	215	215	287	287	287	383	383	383
123			164			218			291			388		
124	124		165	165		221	221		294	294		392	392	
126			167			223			298			397		
127	127	127	169	169	169	226	226	226	301	301	301	402	402	402
129			172			229			305			407		
130	130		174	174		232	232		309	309		412	412	
132			176			234			312			417		

(续表)

E192	E96	E48	E192	E96	E48	E192	E96	E48	E192	E96	E48	E192	E96	E48
422	422	422	505			604	604		723			866	866	866
427			511	511	511	612			732	732		876		
432	432		517			619	619	619	741			887	887	
437			523	523		626			750	750	750	898		
442	442	442	530			634	634		759			909	909	909
448			536	536	536	642			768	768		920		
453	453		543			649	649	649	777			931	931	
459			549	549		657			787	787	787	942		
464	464	464	556			665	665		796			953	953	953
470			562	562	562	673			806	806		965		
475	475		569			681	681	681	816			976	976	
481			576	576		690			825	825	825	988		
487	487	487	583			698	698		835					
493			590	590	590	706			845	845				
499	499		597			715	715	715	856					

该表给出的数值及其十进倍数或约数是优先数系,用于固定电阻器的电阻值和固定电容器的电容量值。这些系列只有当元件的允许偏差严于5%和因特殊要求而E24系列(见表3-70)不能满足需要时才予以考虑。

E192系列是由 $\sqrt[192]{10^n}$ 理论数的修约值组成,其中 n 为正整数或负整数。

E96系列是由 $\sqrt[96]{10^n}$ 理论数的修约值组成,并由E192系列隔项省略而成。

E48系列是由 $\sqrt[48]{10^n}$ 理论数的修约值组成,并由E96系列隔项省略而成。

3-14-3 电阻器和电容器的标志代码

电阻器和电容器的标志代码,是按照国家标准 GB/T2691—94 而定的。

1. 固定电阻器的色码

固定电阻器的色码对应数值见表 3-72。

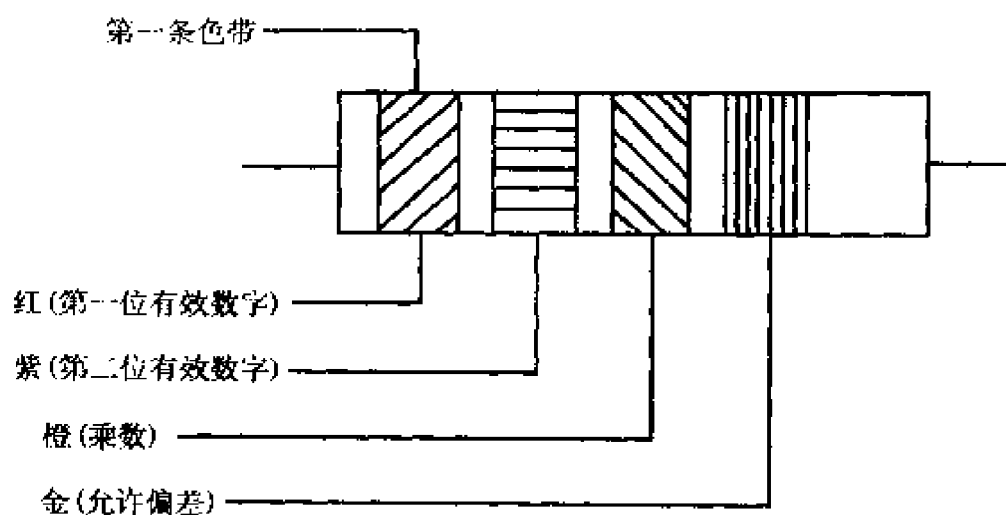
表 3-72 色码对应的数值

颜色	有效数字	乘数	允许偏差 %	温度系数 ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
银	—	10^{-2}	± 10	—
金	—	10^{-1}	± 5	—
黑	0	1	—	± 250
棕	1	10	± 1	± 100
红	2	10^2	± 2	± 50
橙	3	10^3	—	± 15
黄	4	10^4	—	± 25
绿	5	10^5	± 0.5	± 20
蓝	6	10^6	± 0.25	± 10
紫	7	10^7	± 0.1	± 5
灰	8	10^8	—	± 1
白	9	10^9	—	—
无色	—	—	± 20	—

示例:

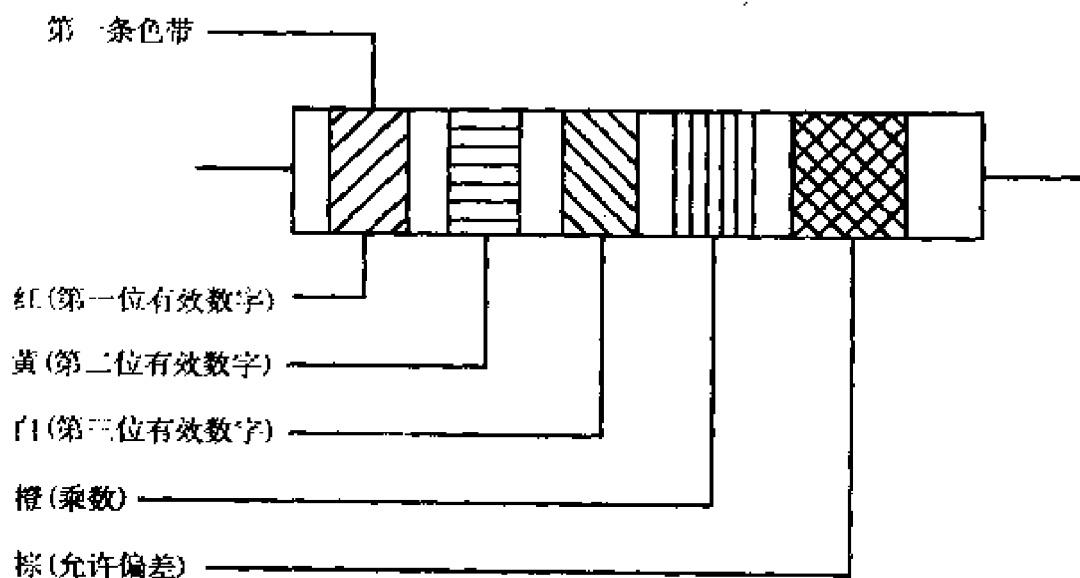
(1) 电阻值为两位有效数字的色码标志

电阻值为 27000Ω 和允许偏差为 $\pm 5\%$ 的电阻器。



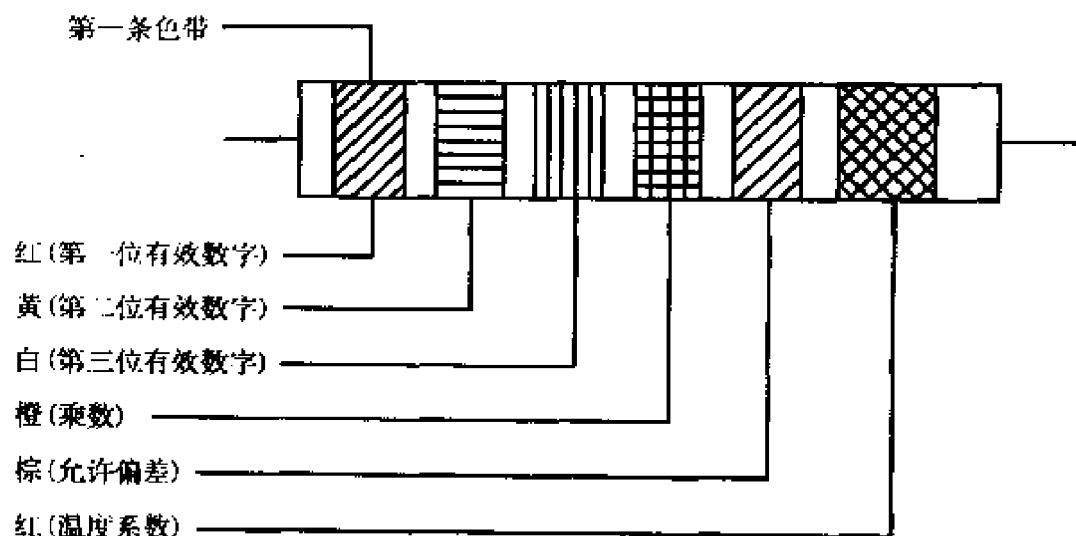
(2) 电阻值为三位有效数字的色码标志

电阻值为 249000Ω 和允许偏差为 $\pm 1\%$ 的电阻器。



注:为了避免任何混淆,最后一条色带的宽度应是其他色带的 1.5~2 倍。

(3) 电阻值为三位有效数字并要求标志温度系数的色码标志电阻值为 249000Ω , 允许偏差为 $\pm 1\%$ 和温度系数为 $\pm 5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 的电阻器。



注:为了避免任何混淆,最后一条色带表示温度系数应采用其带的宽度为其他带的 1.5~2 倍或为间断带、螺旋带。

2. 电阻值和电容量的字母和数字代码

电阻值和电容量代码标志示例见表 3-73 和 3-74。

表 3-73 电阻值代码标志示例

电 阻 值		代 码 标 志	电 阻 值		代 码 标 志
0.1	Ω	R10	10	Ω	10R
0.15	Ω	R15	15	Ω	15R
0.332	Ω	R332	33.2	Ω	33R2
0.590	Ω	R59	59.0	Ω	59R
1	Ω	1R0	100	Ω	100R
1.5	Ω	1R5	150	Ω	150R
3.32	Ω	3R32	332	Ω	332R
5.90	Ω	5R9	590	Ω	590R

(续表)

电 阻 值		代 码 标 志	电 阻 值		代 码 标 志
1	kΩ	1K0	100	MΩ	100M
1.5	kΩ	1K5	150	MΩ	150M
3.32	kΩ	3K32	332	MΩ	332M
5.90	kΩ	5K9	590	MΩ	590M
10	kΩ	10K	1	GΩ	1G0
15	kΩ	15K	1.5	GΩ	1G5
33.2	kΩ	33K2	3.32	GΩ	3G32
59.0	kΩ	59K	5.90	GΩ	5G9
100	kΩ	100K	10	GΩ	10G
150	kΩ	150K	15	GΩ	15G
332	kΩ	332K	33.2	GΩ	33G2
590	kΩ	590K	59.0	GΩ	59G
1	MΩ	1M0	100	GΩ	100G
1.5	MΩ	1M5	150	GΩ	150G
3.32	MΩ	3M32	332	GΩ	332G
5.90	MΩ	5M9	590	GΩ	590G
10	MΩ	10M	1	TΩ	1T0
15	MΩ	15M	1.5	TΩ	1T5
33.2	MΩ	33M2	3.32	TΩ	3T32
59.0	MΩ	59M	5.90	TΩ	5T9
			10	TΩ	10T

注：用四位有效数字表示电阻时，其标志如下所示：

电 阻 值		代 码 标 志
59.04	Ω	59R04
590.4	Ω	590R4
5.904	$k\Omega$	5K904
59.04	$k\Omega$	59K04

表 3-74 电容量代码标志示例

电 容 量		代 码 标 志	电 容 量		代 码 标 志
0.1	pF	p10	1	nF	1n0
0.15	pF	p15	1.5	nF	1n5
0.332	pF	p332	3.32	nF	3n32
0.590	pF	p59	5.90	nF	5n9
1	pF	1p0	10	nF	10n
1.5	pF	1p5	15	nF	15n
3.32	pF	3p32	33.2	nF	33n2
5.90	pF	5p9	59.0	nF	59n
10	pF	10p	100	nF	100n
15	pF	15p	150	nF	150n
33.2	pF	33p2	332	nF	332n
59.0	pF	59p	590	nF	590n
100	pF	100p	1	μ F	1 μ 0
150	pF	150p	1.5	μ F	1 μ 5
332	pF	332p	3.32	μ F	3 μ 32
590	pF	590p	5.90	μ F	5 μ 9

(续表)

电 容 量		代 码 标 志	电 容 量		代 码 标 志
10	μF	10μ	1	mF	1m0
15	μF	15μ	1.5	mF	1m5
33.2	μF	$33\mu 2$	3.32	mF	3m32
59.0	μF	59μ	5.90	mF	5m9
100	μF	100μ	10	mF	10m
150	μF	150μ	15	mF	15m
332	μF	332μ	33.2	mF	33m2
590	μF	590μ	59.0	mF	59m

注:有四位有效数字表示电容量时,其标志如下所示:

电 容 量	代 码 标 志
68.01 μF	68p01
680.1 μF	680p01
6.801 nF	6n801
68.01 nF	68n01

3. 电阻值和电容量允许偏差的字母代码

电阻值和电容量对称百分数允许偏差字母代码见表 3-75。

电容量非对称百分数允许偏差字母代码见表 3-76。

电容量在 10pF 以下允许偏差字母代码见表 3-77。

表 3-75 电阻值和电容量对称百分数允许偏差字母代码表

允 许 偏 差 %	字 母 代 码
± 0.005	E
± 0.01	L
± 0.02	P
± 0.05	W
± 0.1	B
± 0.25	C
± 0.5	D
± 1	F
± 2	G
± 5	J
± 10	K
± 20	M
± 30	N

注：这些字母应放在电阻值和电容量的后面。

表 3-76 电容量非对称百分数允许偏差字母代码表

允 许 偏 差 %	字 母 代 码
-10 +30	Q
-10 +50	T
-20 +50	S
-20 +80	Z

表 3-77 电容量在 10pF 以下允许偏差字母代码表

允 许 偏 差 pF	字 母 代 码
± 0.1	B
± 0.25	C
± 0.5	D
± 1	F
± 2	G

对于未规定字母代码的允许偏差应用字母 A 表示。

4. 电阻器和电容器制造日期的代码

制造年字母代码见表 3-78。

制造月字符代码见表 3-79。

表 3-78 制造年字母代码表

年	字母	年	字母	年	字母	年	字母	年	字母
↓	↓	1977	J	1986	U	1994	E	2003	R
		1978	K	1987	V	1995	F	2004	S
1970	A	1979	L	1988	W	1996	H	2005	T
1971	B	1980	M	1989	X	1997	J	2006	U
1972	C	1981	N			1998	K	2007	V
1973	D	1982	P	1990	A	1999	L	2008	W
1974	E	1983	R	1991	B	2000	M	2009	X
1975	F	1984	S	1992	C	2001	N		
1976	H	1985	T	1993	D	2002	P	↓	↓

注：这些代码表示年，每 20 年为一周期重复一次。

表 3-79 制造月字符代码表

月	字 符	月	字 符
一月	1	七 月	7
二月	2	八 月	8
三月	3	九 月	9
四月	4	十 月	0
五月	5	十一月	N
六月	6	十二月	D

示例:1985年3月=T3; 1986年11月=UN。

4-1 导电材料

4-1-1 裸导线

1. 裸导线的分类、名称、特性和用途，见表 4-1。

表 4-1 裸导线的分类、名称、特性和用途

分类	名 称	型 号	特 性	主 要 用 途
圆 线	圆 铜 线	TY TR	硬线的抗拉强度比软线大一倍，半硬线有一定的抗拉强度和延伸率，软线的延伸率高	硬线主要用作架空导线；半硬线、软线主要用作电线、电缆及电磁线的线芯，亦用于其他电器制品
	圆 铝 线	LY LYB LR		
	镀锡圆铜线	TRX	具有很好的耐蚀性与焊接性能，并起铜线与被覆绝缘（如橡皮）之间的隔离作用	电线、电缆用线芯、屏蔽线及用于其他电器制品
	铝合金圆线	HL (Al-Mg-Si) HL ₂ (Al-Mg)	具有比纯铝线高的抗拉强度	硬线用于制造架空导线，软线用于电线、电缆线芯等
软 接 线	铜 电 刷 线	TS TSX TSR TSXR	柔软、耐振动、耐弯曲	电刷连接线
	铜 软 绞 线	TJR-1、2、3 TJRX-1、2、3	柔软	电气装置的接线或接地线，或用于电子器件或元件的接线
	铜 编 织 线	TZ-1、2、3、4 TZX-2、3、4	柔软	小型电炉和电气设备或元件的连接线
	铜线编织线	QC	柔软	汽车、拖拉机、蓄电池连接线

(续表)

分类	名称	型号	特性	主要用途
绞线	铝绞线	LJ	导电性、机械性好，钢芯铝绞线比铝绞线抗断力大1倍左右	用于低压或高压的架空电力线路
	钢芯铝绞线	LGJ		
型线	扁铜线	TBY TBR	铜、铝扁线和母线的机械特性和圆线相同。扁线、母线的结构形状均为矩形，仅在规格尺寸和公差上有所区别	铜、铝扁线，主要用于电机、电器等线圈或绕组。铜、铝母线主要作汇流排用，亦用于其他电器制品
	扁铝线	LBY LBBY LBR		
	铜母线	TMY TMR		
	铝母线	LMY LMR		

2. 常用圆铝线与圆铜线的技术数据，见表4-2~表4-5。

表4-2 圆铝线的电阻率及电阻温度系数

型号	电阻率+20℃ ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$) 不大于	电阻温度系数 α_{20} ($1/^\circ\text{C}$)
LY	0.0290	0.00403
LYB、LR	0.0283	0.00410

表4-3 常用圆铝线技术数据

直径 (mm)	标称截面 (mm^2)	计算重量 (kg/km)	直径 (mm)	标称截面 (mm^2)	计算重量 (kg/km)
0.06	0.00282	0.0076	0.20	0.03142	0.0848
0.07	0.00385	0.0104	0.21	0.03464	0.0935
0.08	0.00503	0.0136	0.23	0.04155	0.1122
0.09	0.00636	0.0172	0.25	0.04909	0.1325
0.10	0.00785	0.0212	0.26	0.05309	0.1434
0.11	0.00950	0.0257	0.28	0.06158	0.1663
0.12	0.01131	0.0305	0.30	0.07069	0.1909
0.13	0.01327	0.0358	0.31	0.07548	0.2038
0.14	0.01539	0.0416	0.32	0.08042	0.2171
0.15	0.01767	0.0477	0.33	0.08553	0.2309
0.16	0.02011	0.0543	0.35	0.09621	0.2598
0.17	0.02270	0.0613	0.37	0.10752	0.2903
0.18	0.02545	0.0687	0.38	0.11341	0.3062
0.19	0.02835	0.0766	0.40	0.12566	0.3393

(续表)

直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	计算重量 (kg/km)	直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	计算重量 (kg/km)
0.41	0.13203	0.3565	1.12	0.98520	2.6601
0.42	0.13854	0.3741	1.13	1.00288	2.7078
0.43	0.14522	0.3921	1.18	1.09359	2.9527
0.45	0.15901	0.4390	1.25	1.22719	3.3134
0.47	0.17349	0.4684	1.30	1.32732	3.5838
0.49	0.18857	0.5092	1.33	1.38929	3.7511
0.50	0.19635	0.5301	1.35	1.43139	3.8648
0.52	0.21237	0.5734	1.37	1.47411	3.9801
0.53	0.22062	0.5957	1.40	1.53938	4.1563
0.56	0.24630	0.6650	1.45	1.65130	4.4585
0.58	0.26421	0.7134	1.50	1.76715	4.7713
0.60	0.28274	0.7634	1.56	1.91135	5.1607
0.63	0.31172	0.8417	1.60	2.01062	5.4287
0.64	0.32170	0.8686	1.70	2.26980	6.1285
0.67	0.35257	0.9519	1.76	2.43285	6.5687
0.68	0.36317	0.9806	1.80	2.54469	6.8707
0.70	0.38485	1.0391	1.83	2.63022	7.1016
0.71	0.39592	1.0690	1.90	2.83529	7.6553
0.74	0.43008	1.1612	2.00	3.14159	8.4823
0.75	0.44179	1.1928	2.07	3.36535	9.0865
0.76	0.45365	1.2248	2.12	3.52989	9.5307
0.77	0.46566	1.2573	2.20	3.80133	10.2636
0.78	0.47784	1.2902	2.24	3.94081	10.6102
0.80	0.50265	1.3572	2.30	4.15476	11.2179
0.82	0.52810	1.4259	2.36	4.37435	11.8108
0.83	0.54106	1.4609	2.50	4.90874	13.2536
0.85	0.56745	1.5321	2.53	5.02726	13.5736
0.90	0.63617	1.7177	2.62	5.39129	14.5565
0.93	0.67929	1.8341	2.65	5.51546	14.8917
0.95	0.70882	1.9138	2.73	5.85349	15.8044
0.97	0.73898	1.9953	2.76	5.98285	16.1537
1.00	0.78540	2.1206	2.80	6.15752	16.6253
1.03	0.83323	2.2497	2.85	6.37940	17.2244
1.06	0.88247	2.3827	2.88	6.51441	17.5889

(续表)

直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	计算重量 (kg/km)	直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	计算重量 (kg/km)
3.00	7.06858	19.0852	3.98	12.44102	33.5908
3.06	7.35415	19.8562	4.00	12.56637	33.9292
3.15	7.79311	21.0414	4.04	12.81895	34.6112
3.20	8.04248	21.7147	4.14	13.46141	36.3458
3.22	8.14332	21.9870	4.17	13.56721	36.8745
3.35	8.81413	23.7982	4.25	14.18625	38.3029
3.36	8.86683	23.9404	4.50	15.90431	42.9416
3.50	9.62113	25.9771	4.60	16.61903	44.8714
3.55	9.89798	26.7246	4.75	17.72055	47.8455
3.67	10.57845	28.5618	5.00	19.63495	53.0144
3.70	10.75210	29.0307	5.30	22.06200	59.5670
3.75	11.04466	29.8206	5.60	24.63000	66.5010
3.80	11.34115	30.6212	6.00	28.27400	76.341

表 4-4 常用圆铜线技术数据

标称直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	计算重量 (kg/km)	标称直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	计算重量 (kg/km)
0.020	0.0003	0.0029	0.130	0.01327	0.1180
0.025	0.0005	0.0047	0.140	0.01539	0.1369
0.030	0.0007	0.0063	0.150	0.01767	0.1571
0.040	0.0012	0.0112	0.160	0.02011	0.1787
0.050	0.00196	0.0175	0.170	0.02270	0.2018
0.060	0.00283	0.0251	0.180	0.02545	0.2262
0.070	0.00385	0.0342	0.190	0.02835	0.2521
0.080	0.00503	0.0447	0.200	0.03142	0.2793
0.090	0.00636	0.0565	0.210	0.03464	0.3079
0.100	0.00785	0.0698	0.230	0.04115	0.3694
0.110	0.00950	0.0845	0.250	0.04909	0.4364
0.120	0.01131	0.1005	0.260	0.05309	0.4720

(续表)

标称直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	计算重量 (kg/km)	标称直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	计算重量 (kg/km)
0.270	0.05726	0.5090	0.670	0.3526	3.1343
0.280	0.06158	0.5474	0.680	0.3632	3.2286
0.290	0.06605	0.5872	0.690	0.3739	3.3242
0.300	0.07069	0.6284	0.700	0.3849	3.4212
0.310	0.07548	0.6710	0.710	0.3959	3.5197
0.320	0.08042	0.7150	0.740	0.4301	3.8235
0.330	0.08553	0.7604	0.750	0.4418	3.9272
0.350	0.09621	0.8553	0.760	0.4537	4.0329
0.370	0.10752	0.9559	0.770	0.4657	4.1397
0.380	0.11341	1.0082	0.780	0.4778	4.2480
0.390	0.11946	1.0620	0.800	0.5027	4.4686
0.400	0.12566	1.1172	0.820	0.5281	4.6948
0.410	0.13203	1.1737	0.850	0.5675	5.0446
0.420	0.13854	1.2317	0.900	0.6362	5.6556
0.430	0.14522	1.2910	0.930	0.6793	6.0389
0.450	0.15904	1.4139	0.950	0.7088	6.3014
0.470	0.17349	1.5424	0.970	0.7390	6.5695
0.490	0.1886	1.6764	1.00	0.7854	6.9822
0.500	0.1964	1.7456	1.03	0.8332	7.4071
0.520	0.2124	1.8880	1.06	0.8825	7.8454
0.530	0.2206	1.9613	1.12	0.9852	8.7584
0.560	0.2463	2.1896	1.13	1.0029	8.9158
0.580	0.2642	2.3488	1.18	1.0936	9.7221
0.600	0.2827	2.5136	1.20	1.1311	10.0546
0.630	0.3117	2.7712	1.25	1.2272	10.9098
0.640	0.3217	2.8599	1.30	1.3273	11.7997

(续表)

标称直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	计算重量 (kg/km)	标称直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	计算重量 (kg/km)
1.33	1.3893	12.3509	2.62	5.3913	47.9287
1.35	1.4314	12.7250	2.65	5.5155	49.0328
1.37	1.4741	13.1047	2.73	5.8535	52.0376
1.40	1.5394	13.6853	2.80	6.1575	54.7402
1.45	1.6513	14.6801	2.85	6.3794	56.7129
1.50	1.7672	15.7095	3.00	7.0686	62.8399
1.56	1.9114	16.9919	3.15	7.7931	69.2807
1.60	2.0106	17.8743	3.35	8.8141	78.3573
1.70	2.2698	20.1785	3.55	9.8980	87.9932
1.76	2.4329	21.6276	3.75	11.0447	98.1901
1.80	2.5447	22.6224	4.00	12.5664	111.725
1.83	2.6302	23.3825	4.25	14.1863	126.258
1.90	2.8353	25.2058	4.50	15.9043	141.387
2.00	3.1416	27.9288	4.75	17.7206	157.531
2.12	3.5299	31.3808	5.00	19.6350	174.555
2.24	3.9408	35.0337	5.30	22.0620	196.130
2.36	4.3744	38.8884	5.60	24.0620	218.960
2.50	4.9087	43.6383	6.00	28.2740	251.360

表 4-5 圆钢线的电阻率及电阻温度系数

型号	电阻率+20℃ ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$) 不大于		电阻温度系数 α_{20} (1/℃)
	1.000 及以下	1.01~6.00	
TY	0.01810	0.01790	0.00385
TR	0.01748	0.01748	0.00395

3. 铝、铜扁线及铝母线

铝、铜扁线的技术数据, 见表 4-6。铝母线的技术数据, 见表 4-7。

表 4-6 裸扁铜、铝线的技术数据

a (mm)	2.1	2.26	2.44	2.63	2.83	3.05	3.28	3.53	3.84	4.1	4.4	4.75	5.1	5.5	5.9	6.46	6.97	7.48	8.08	8.69	9.3	10	10.8	11.6	12.5	13.5	14.5											
b (mm)	0.90	1.00	1.08	1.16	1.25	1.35	1.45	1.56	1.68	1.81	1.95	2.10	2.26	2.44	2.63	2.83	3.05	3.28	3.53	3.84	4.1	4.4	4.75	5.1	5.5	5.9	6.46	6.97	7.48	8.08	8.69	9.3	10	10.8	11.6	12.5	13.5	14.5

注:1. a —扁线截面的短边; b —扁线截面的长边。2. 表中粗线以内表示有扁铜线规格, 但刻有横线者除外。3. 表中双虚线右下方, 粗线以内, 表示有扁铝线规格, 但刻有横线者除外。

表 4-7 铝母线的技术数据

型 号	宽×厚 (mm×mm)	允许电流 (A)	每米母线的重量 (kg)
LMY	25×3	265	0.203
	30×3	305	0.234
	40×4	480	0.432
	50×5	665	0.675
LMR	60×6	870	0.972
	80×8	1320	1.728
	100×8	1625	2.160
	100×10	1825	2.700

注：表中数据是在环境温度为 25℃ 时和允许电流为铝母线立排的数据。如环境温度不是 25℃，要用下表中的温度校正系数。

环境温度 (℃)	10	15	20	25	30	35	40
校正系数	1.15	1.11	1.05	1.0	0.94	0.88	0.81

4. 绞线

常用的铝绞线和钢芯铝绞线的技术数据，见表 4-8 和表 4-9。

表 4-8 铝绞线的结构及其主要技术数据

标称截 面积 (mm ²)	结构 根数/直径 (mm)	外径 (mm)	计算拉断力 (N)	计算重量 (kg/km)	直流电阻 (20℃) (Ω/km) 不大于	计算载流量(A)		
						70℃	80℃	90℃
16	7/1.70	5.10	2840	4.35	1.802	84	100	112
25	7/2.15	6.45	4355	69.6	1.127	112	133	151
35	7/2.50	7.50	5760	94.1	0.8332	135	161	183
50	7/3.00	9.00	7930	135.5	0.5786	168	202	230
70	7/3.60	10.80	10950	195.1	0.4018	210	253	289
95	7/4.16	12.48	14450	260.5	0.3009	250	304	347
120	19/2.85	14.25	19420	333.5	0.2373	289	353	405
150	19/3.15	15.75	23310	407.4	0.1943	327	400	460
185	19/3.50	17.50	28440	503.0	0.1574	371	456	526
210	19/3.75	18.75	32260	577.4	0.1371	403	497	574
240	19/4.00	20.00	36260	656.9	0.1205	435	538	622
300	37/3.20	22.40	46850	820.4	0.09689	496	617	715
400	37/3.70	25.90	61150	1097	0.07247	588	738	859
500	37/4.16	29.12	76370	1387	0.05733	674	852	995
630	61/3.63	32.67	91940	1744	0.04577	768	977	1145
800	61/4.10	36.90	115900	2225	0.03588	880	1129	1328

注：载流量是按环境温度 40℃、风速 0.5m/s、日照强度 1000W/m² 的条件计算的。

表 4-9 LGJ 型钢芯铝绞线的技术数据

标称截面 (mm ²)	截面 (mm ²)		铝钢截面比	直径 (mm)		直流电阻 (20℃) (Ω/km)	拉断力 (N)	单位重量 (kg/km)
	铝	钢		电线	钢芯			
10	10.60	1.77	6.0	4.50	1.5	2.774	367	42.9
16	15.27	2.54	6.0	5.40	1.8	1.926	530	61.7
25	22.81	3.80	6.0	6.60	2.2	1.289	790	92.2
35	36.95	6.16	6.0	8.40	2.8	0.796	1190	149
50	48.26	8.04	6.0	9.60	3.2	0.609	1550	195
70	68.05	11.34	6.0	11.40	3.8	0.432	2130	275
95	94.23	17.81	5.3	13.68	5.4	0.315	3490	401
95(1)	94.23	17.81	5.3	13.68	5.4	0.312	3310	398
120	116.34	21.99	5.3	15.20	6.0	0.255	4310	495
120(1)	116.33	21.99	5.3	15.20	6.0	0.253	4090	492
150	140.76	26.61	5.3	16.72	6.6	0.211	5080	598
185	182.40	34.36	5.3	19.02	7.5	0.163	6570	774
240	228.01	43.10	5.3	21.28	8.4	0.130	7860	969
300	317.52	59.69	5.3	25.20	10.0	0.0935	11120	1348
400	382.4	72.22	5.3	27.68	11.0	0.0778	13430	1626

4-1-2 电磁导线

电磁导线是一种具有绝缘层的导电金属导线，用以绕制电工产品的线圈。按其用途可分为漆包线、绕包线、无机绝缘电磁线和特种电磁线等四大类。

1. 漆包线的品种、型号、性能和主要用途，见表 4-10。
2. 绕包线的品种、型号、性能和主要用途，见表 4-11。

表 4-10 漆包线的品种、型号、性能和主要用途

产品名称	型号	规格(mm)	耐温指数 (°C)	优点	缺点	主要用途
油性漆包线	Q	0.02~2.50	105	1. 漆膜均匀 2. 介质损耗角正切小	1. 耐刮性差 2. 耐溶剂性差(对使用溶剂漆应注意)	中、高频线圈及仪表、电器的线圈
缩醛漆包圆铜线 缩醛漆包扁铜线	QQ-1 QQ-2 QQ-3 QQ-B	0.02~2.50 a 边 0.8~5.6 b 边 2.0~18.0	—	1. 热冲击性优 2. 耐刮性优 3. 耐水解性良好	漆膜卷绕后产生湿裂(浸渍前须在120°C左右加热1h以上,消除裂痕)	普通中小型电机、微电机绕组,油浸变压器线圈,电器仪表用线圈
聚氨酯漆包圆铜线	QA-1 QA-2	0.015~1.00	—	1. 在高频条件下,介质损耗角正切小 2. 可直接焊接,无需刮去漆膜 3. 着色性好	1. 过载性能差 2. 热冲击及耐刮性尚可	要求Q值稳定的高频线圈、电视线圈和仪表用的微细线圈
聚酯漆包圆铜线 聚酯漆包扁铜线	QZ-1/155/I QZ-2/155/I QZ-1/155/II QZ-2/155/II QZB	0.02~2.50 a 边 0.8~5.6 b 边 2.0~18.0	155	1. 耐压性能优 2. 软化击穿性能优	1. 耐水解性差 2. 与含氯高分子化合物不相容	通用中小型电机绕组、干式变压器和电器仪表的线圈

(续表)

产品名称	型号	规格(mm)	耐温指数(°C)	优点	缺点	主要用途
改性聚酯亚胺漆包圆铜线 QZYH-1 QZYH-2 QZYHB 漆包扁铜线		0.06~2.50 a边 0.8~5.6 b边 2.0~18.0	180	1. 热冲击性能优 2. 软化击穿性能优 3. 耐冷冻剂性能优 4. 耐热性能优	与含氯高分子化合物不相容	高温电机、致冷装置中电机的绕组,干式变压器线圈,仪器仪表的线圈
聚酯亚胺漆包圆铜线 QY-1 QY-2		0.02~2.50	220	1. 耐热性最优 2. 软化击穿热冲击性优、能承受短期过载 3. 耐低温性优 4. 耐辐照性优 5. 耐溶剂、耐化学药品性优	1. 耐刮性尚可 2. 耐碱性差 3. 耐水解性差 4. 漆膜经卷绕后产生湿裂(浸渍前须在150°C左右加热1h以上,消除裂痕)	耐高温电机、干式变压器线圈,密封继电器及电子元件
耐冷冻剂漆包圆铜线 QF		0.6~2.50	105	在密闭装置中能防潮,耐致冷剂	漆膜经卷绕后,产生湿裂(浸渍前须在120°C左右加热1h以上,消除裂痕)	空调设备和致冷设备电机的绕组

(续表)

产品名称	型号	规格(mm)	耐温指数(°C)	优点	缺点	主要用途
自黏性漆包圆铜线	QAN	0.10~0.44	120	不需要浸渍处理,经一定温度烘焙后能自行黏合成型	不推荐在过载条件下使用	电子元件和无骨架线圈
耐热型自黏性漆包圆铜线	QZN	0.05~0.80	130	同上		微电机、仪表、电视、无骨架线圈
自熄型自黏性漆包圆铜线	—	0.05~0.50	120	耐化学药品性能良好 黏结力强 有阻燃性		电器和无骨架线圈
改性聚酯亚胺-聚酰胺亚胺复合漆包圆铜线	QZYH/QZY	0.06~2.50		1. 耐热冲击性能优 2. 软化击穿性能优 3. 耐冷冻剂性能优 4. 耐化学药品性能优	与含氯高分子化合物不相容	高温电机,致冷装置电机的绕组,干式变压器线圈
改性聚酯亚胺-聚酰胺亚胺复合漆包扁铜线	QZYHB/QXYB	a边0.8~5.6 b边2.0~18.0	180			
聚酯酰胺亚胺漆包圆铜线	QXY-1	0.06~2.50	200	1. 耐热性热冲击性软化冲击穿透性优 2. 耐刮性优 3. 耐化学药品性、耐冷冻剂性优	与含氯高分子化合物不相容	高温、重载电机、牵引电机、致冷装置的绕组、干式变压器和仪器仪表的线圈
聚酯酰胺亚胺漆包扁铜线	QXY-2					

表 4-11 绕包线的品种、型号、性能和主要用途

产品名称	型号	规格(mm)	耐温指数 (°C)	优点	缺点	主要用途
纸包圆铜线 纸包扁铜线	Z ZB	1.0~5.6 a边 0.9~5.6 b边 2.0~18.0	105	用作油浸变压器 线圈,耐电击穿 性优	绝缘纸容易破裂	油浸变压器的线圈
聚酰胺纤维纸 (Nomex)纸包圆 铜线 聚酰胺纤维纸 (Nomex)纸包扁 铜线	— —		200	1. 能经受严酷的 加工工艺 2. 与干、湿式变压 器通常使用原 材料能相容 3. 无工艺污染		用于高温干式变压器的 线圈、中型高温电机的绕 组
双玻璃丝包圆 铜线 双玻璃丝包扁 铜线	SBECC SBECCB	0.25~6.0 a边 0.9~5.6 b边 2.0~18.0	130 155 180	1. 过负载性优 2. 耐电晕性优	1. 弯曲性较差 2. 耐潮性较差	中型、大型电机的绕组
双玻璃丝包空 心扁铜线	—	—	130	通过氢冷可降低 周围温度	线硬加工困难	大型电机、汽轮发电机、 水轮发电机的绕组
聚酰胺薄膜绕 包圆铜线 聚酰胺薄膜绕 包扁铜线	Y YB	2.5~6.0 a边 2.0~5.6 b边 2.0~16.0	220	1. 耐热性和耐低 温性优 2. 耐辐照性优 3. 高温下耐压 性优	在含水密封系统 中易水解	高温电机和特殊场合使 用电机绕组

3. 铜漆包线技术数据及安全载流量, 见表 4-12。

表 4-12 铜漆包线技术数据及安全载流量

标称直径 (mm)	外皮直径 (mm)	截面积 (mm ²)	重量 (每 1km 净重) (kg)	$j=2.5$ A/mm ² 时, 导线 容许通过 电流 (A)	$j=3$ A/mm ² 时, 导线 容许通过 电流 (A)	每厘米可 绕匝数 (匝)	每立方厘 米可绕 匝数 (匝)	20℃时每 1km 电阻值 (Ω)
0.06	0.085	0.0028	0.0252	0.0070	0.0084	117	13689	6440
0.07	0.095	0.0038	0.0342	0.0095	0.0114	105	11025	4730
0.08	0.105	0.005	0.0448	0.0125	0.0150	95	9025	3630
0.09	0.115	0.0064	0.0567	0.0160	0.0192	86	7395	2860
0.10	0.125	0.0079	0.070	0.0197	0.0237	80	6400	2240
0.11	0.135	0.0095	0.085	0.0237	0.0285	74	5476	1850
0.12	0.145	0.0113	0.101	0.0282	0.0339	68	4624	1550
0.13	0.155	0.0133	0.118	0.0332	0.0399	64	4096	1320
0.14	0.165	0.0154	0.137	0.0385	0.0462	60	3600	1140
0.15	0.180	0.0177	0.158	0.0442	0.0531	55	3025	994
0.16	0.190	0.0201	0.179	0.0502	0.0603	52	2704	873
0.17	0.200	0.0227	0.202	0.0567	0.0681	50	2500	773
0.18	0.210	0.0254	0.227	0.064	0.0762	47	2209	688
0.19	0.220	0.0284	0.253	0.0710	0.0852	45	2025	618
0.20	0.230	0.0315	0.280	0.0787	0.0945	43	1849	558
0.21	0.240	0.0347	0.309	0.0867	0.104	41	1681	507
0.23	0.270	0.0415	0.370	0.103	0.124	37	1369	423
0.25	0.290	0.0492	0.437	0.123	0.147	34	1156	357
0.27	0.310	0.0573	0.510	0.143	0.171	32	1024	306
0.29	0.330	0.0660	0.589	0.165	0.198	30	900	266
0.31	0.350	0.0755	0.673	0.188	0.226	28	784	233
0.33	0.370	0.0855	0.762	0.213	0.256	27	729	205
0.35	0.390	0.0962	0.857	0.240	0.288	25	625	182
0.38	0.420	0.1134	1.01	0.283	0.340	23	529	155
0.41	0.450	0.1320	1.17	0.330	0.396	22	484	133
0.44	0.480	0.1521	1.35	0.380	0.456	20	400	115
0.47	0.510	0.1735	1.54	0.433	0.520	19	361	101
0.49	0.530	0.1886	1.67	0.471	0.565	18	324	93.1

(续表)

标称直径 (mm)	外皮直径 (mm)	截面积 (mm ²)	重量 (每 1km 净重) (kg)	$j=2.5$	$j=3$	每厘米可 绕匝数 (匝)	每立方厘 米可绕 匝数 (匝)	20℃时每 1km 电阻值 (Ω)
				A/mm ² 时, 导线 容许通过 电流 (A)	A/mm ² 时, 导线 容许通过 电流 (A)			
0.51	0.560	0.204	1.82	0.510	0.612	17	317	85.9
0.53	0.580	0.221	1.96	0.552	0.663	17.2	295	79.3
0.55	0.600	0.238	2.11	0.595	0.714	16.6	275	73.9
0.57	0.620	0.255	2.26	0.637	0.765	16.1	259	68.7
0.59	0.640	0.273	2.43	0.682	0.819	15.6	243	64.3
0.62	0.670	0.302	2.69	0.755	0.906	14.8	222	57.9
0.64	0.690	0.322	2.89	0.805	0.966	14.4	207	54.6
0.67	0.720	0.353	3.14	0.882	1.05	13.8	190	49.7
0.69	0.740	0.374	3.33	0.935	1.12	13.5	182	46.9
0.72	0.770	0.407	3.72	1.01	1.22	12.9	166	43.0
0.74	0.800	0.430	3.83	1.07	1.29	12.5	156	40.8
0.77	0.830	0.466	4.15	1.16	1.39	12	144	37.6
0.80	0.860	0.503	4.48	1.25	1.50	11.6	134	34.9
0.83	0.890	0.541	4.28	1.35	1.62	11.2	125	32.4
0.86	0.920	0.581	5.17	1.45	1.74	10.8	117	30.2
0.90	0.960	0.636	5.67	1.59	1.90	10.4	108	27.5
0.93	0.990	0.679	6.05	1.69	2.03	10.1	102	25.8
0.96	1.02	0.724	6.45	1.81	2.17	9.8	96	24.2
1.00	1.08	0.785	7.00	1.96	2.35	9.25	85.6	22.4
1.04	1.12	0.849	7.87	2.12	2.54	8.92	79.5	20.6
1.08	1.16	0.916	8.16	2.29	2.74	8.62	74.3	19.2
1.12	1.20	0.986	8.78	2.46	2.95	8.33	69.4	17.75
1.16	1.24	1.057	9.41	2.64	3.17	8.06	65	16.6
1.20	1.28	1.131	10.0	2.84	3.30	7.81	61	15.5
1.25	1.33	1.227	10.9	3.06	3.68	7.51	56.4	14.3
1.30	1.38	1.327	11.8	3.31	3.98	7.24	52.4	13.2
1.35	1.43	1.431	12.7	3.57	4.29	7	49	12.2
1.40	1.48	1.539	13.7	3.84	4.61	6.75	45.56	11.4
1.45	1.53	1.651	14.7	4.12	4.95	6.53	42.44	10.6
1.50	1.58	1.767	15.7	4.41	5.30	6.32	39.94	9.89

(续表)

标称直径 (mm)	外皮直径 (mm)	截面积 (mm ²)	重量 (每 1km 净重) (kg)	$j=2.5$ A/mm ² 时, 导线 容许通过 电流 (A)	$j=3$ A/mm ² 时, 导线 容许通过 电流 (A)	每厘米可 绕匝数 (匝)	每立方厘 米可绕 匝数 (匝)	20℃ 时每 1km 电阻值 (Ω)
1.56	1.64	1.911	17.0	4.77	5.73	6.09	37.08	9.18
1.62	1.70	2.06	18.3	5.15	6.18	5.88	34.57	8.50
1.68	1.76	2.22	19.7	5.55	6.66	5.68	32.26	7.92
1.74	1.82	2.38	21.1	5.95	7.14	5.49	30.14	7.36
1.81	1.90	2.57	22.9	6.42	7.71	5.26	27.66	6.83
1.88	1.97	2.78	24.7	6.95	8.34	5.07	25.70	6.30
1.95	2.04	2.99	26.6	7.47	8.97	4.9	24.01	5.87
2.02	2.11	3.20	28.5	8.00	9.60	4.73	22.37	5.48
2.10	2.20	3.46	30.8	8.65	10.3	4.54	20.61	5.06
2.26	2.36	4.01	35.7	10.0	12.0	4.23	17.89	4.38
2.44	2.54	4.67	41.6	11.6	14.0	3.93	15.44	3.75
2.63		5.43	48.4	13.5	16.2			3.23
2.83		7.00	56.0	17.5	21.0			2.79
3.05		8.14	65.1	20.3	24.4			2.4
3.28		9.40	75.3	23.5	28.2			2.08
3.53		10.90	87.2	27.2	32.7			1.80
3.80		12.63	101	31.5	37.9			1.55
4.10		14.70	117	36.7	44.1			1.33
4.50		17.71	141	44.2	53.1			1.10
4.80		20.16	161	50.4	60.4			0.968
5.20		23.66	189	59.1	70.9			0.829

4. 铜漆包线拉力技术数据, 见表 4-13。

5. 漆包线去漆方法简介

(1) 燃烧去漆法 将线端要去漆的部分, 在酒精灯火焰上烧一下, 使漆皮碳化, 然后迅速浸入乙醇中, 取出后, 用洁净棉花或棉布擦净, 漆皮即脱掉。此法适合于油性漆包线。

表 4-13 铜漆包线拉力技术数据

线号 SWG	直径 (mm)	拉力 (gf)	美规 AWG
25	0.508	1300	24
26	0.457	1100	25
27	0.417	940	26
28	0.376	800	27
29	0.345	680	27 1/2
30	0.315	580	28
31	0.295	520	29
32	0.273	450	29 1/2
33	0.254	400	30
34	0.234	350	31
35	0.213	300	31 1/2
36	0.193	250	32 1/2
37	0.173	200	33 1/2
38	0.152	165	34 1/2
39	0.132	130	35 1/2
40	0.122	115	36
41	0.112	97	37
42	0.102	82	38
43	0.091	70	39
44	0.081	58	40
45	0.071	45	41
46	0.061	35	42
47	0.051	27	44
48	0.041	17.5	46
	0.0375	15	46 1/2
	0.0355	13.5	47
	0.0335	12.5	47 1/2
49	0.0315	11	48
	0.03	10	48 1/2
	0.028	9	49
	0.025	7.5	50
	0.0225	6	51
	0.02	5	52
	0.0175	4	53
	0.0151	3	54 1/2
	0.0125	2.2	56
	0.011	1.8	57
	0.01	1.5	58
	0.009	1.25	59
	0.008	1	60

注: $1\text{gf}=9.8\times 10^{-3}\text{N}$

(2) 碱液去漆法 对于耐温等级高的漆包线品种,可采用碱溶液法去漆。具体做法是:将欲去漆部分,插入事先配好的20%~50%浓度的氢氧化钠溶液中,浸泡约2分钟,然后取出,用蒸馏水洗去沾在导线表面的碱液,即可将漆皮去掉。碱液浓度越大,去漆皮浸泡时间就越短。

(3) 甲酸去漆法 将需要去漆部分,插入常温的甲酸溶液中,约3分钟后取出,用蘸有乙醇的棉花或棉布将甲酸擦净,漆皮即可除去。

4-1-3 通用绝缘导线和软线

绝缘导线的绝缘有塑料和橡皮两类,其型号、种类、载流量以及用途,分别见表4-14~表4-23。

表4-14 塑料、橡皮绝缘导线分类、特性和用途

型号	产品名称	导线长期容 许工作温度 ($^{\circ}\text{C}$)	导线截面 (mm^2)	敷设场合及要求
BLXF BXF	铝芯氯丁橡皮线 铜芯氯丁橡皮线	65	2.5~95 0.75~95	固定敷设有,尤其适用于户外,可明敷、暗敷
BLX BX	铝芯橡皮线 铜芯橡皮线	65	2.5~630 0.75~500	固定敷设有,可明敷、暗敷
BXR	铜芯橡皮软线		0.75~400	室内安装,要求较柔软时
BLV BV	铝芯聚氯乙烯绝缘电线 铜芯聚氯乙烯绝缘电线		1.5~185 0.03~185	固定敷设有于室内外及电气设备内部,可明敷、暗敷,最低敷设有温度不低于 -15°C
BLV-105 BV-105	铝芯耐热 105°C 聚氯乙烯绝缘电线 铜芯耐热 105°C 聚氯乙烯绝缘电线	105	1.5~185 0.03~185	固定敷设有于高温环境的场所,可明敷、暗敷,最低敷设有温度不低于 -15°C
BVR	铜芯聚氯乙烯软线	65	0.75~50	固定敷设有安装,要求柔软时有,最低敷设有温度不低于 -15°C

(续表)

型号	产品名称	导线长期容 许工作温度 ($^{\circ}\text{C}$)	导线截面 (mm^2)	敷设场合及要求
BLVV	铝芯聚氯乙烯绝 缘聚氯乙烯护套电 线	65	1.5~10	固定敷设于潮湿的室 内和机械防护要求高的 场合。可明敷、暗敷和 直埋地下,最低敷设温 度不低于 -15°C
BVV	铜芯聚氯乙烯绝 缘聚氯乙烯护套电 线		0.75~10	
BVF	丁腈聚氯乙烯复 合物绝缘电气装置 用电线	65	0.75~6	交流 500V 或直流 1000V 及以下的电器、 仪表等装置作连接线用
BVFR	丁腈聚氯乙烯复 合物绝缘电气装置 用软线		0.75~70	

表 4-15 常用 BV 和 BLV 型绝缘导线技术数据

标称截面 (mm^2)	导电线芯结构		绝缘厚度 (mm)	最大外径 (mm)	
	根数	直 径 (mm)		单 芯	双 芯
0.8	1	1.00	0.7	2.6	2.6×5.2
1.0	1	1.13	0.7	2.8	2.8×5.6
1.5	1	1.37	0.7	3.0	3.0×6.0
2.5	1	1.76	0.8	3.7	3.7×7.4
4.0	1	2.24	0.8	4.2	4.2×8.4
6.0	1	2.73	0.9	5.0	5.0×10
8.0	7	1.20	0.9	5.6	5.6×11.2
10.0	7	1.33	1.0	6.6	6.6×13.2
16	7	1.70	1.0	7.8	—
25	7	2.12	1.2	9.6	—
35	7	2.50	1.2	10.9	—
50	19	1.83	1.4	13.1	—
75	19	2.14	1.4	14.9	—
95	19	2.50	1.6	17.3	—

表 4-16 常用 BVR 和 BLVR 型绝缘软线技术数据

标称截面 (mm ²)	导电线芯结构		绝缘厚度 (mm)	最大外径 (mm)	
	根数	直径 (mm)		单 芯	双 芯
0.8	7	0.39	0.7	2.8	2.8×5.6
1.0	7	0.43	0.7	3.0	3.0×6.0
1.5	7	0.52	0.7	3.3	3.3×6.6
2.5	19	0.41	0.8	4.0	4.0×8.0
4.0	19	0.52	0.8	4.6	4.6×9.2
6.0	19	0.64	0.9	5.5	5.5×11.0
8.0	19	0.74	0.9	5.7	5.7×11.4
10.0	49	0.52	1.0	6.7	6.7×13.4
16.0	49	0.64	1.0	8.5	—
25	98	0.58	1.2	11.1	—
35	133	0.58	1.2	12.2	—
50	133	0.68	1.4	14.3	—

表 4-17 常用 BVV 和 BLVV 型绝缘导线技术数据

标称截面 (mm ²)	导电线芯结构		绝缘厚度 (mm)	护套厚度 (mm)		最大外径 (mm)		
	根数	直径 (mm)		单、双 芯	三芯	单芯	双 芯	三 芯
1.0	1	1.13	0.6	0.7	0.8	4.1	4.1×6.7	4.3×9.5
1.5	1	1.37	0.6	0.7	0.8	4.4	4.4×7.2	4.6×10.3
2.5	1	1.76	0.6	0.7	0.8	4.8	4.8×8.1	5.0×11.5
4.0	1	2.24	0.6	0.7	0.8	5.3	5.3×9.1	5.5×13.1
5.0	1	2.50	0.8	0.8	1.0	6.3	6.3×10.7	6.7×15.7
6.0	1	2.73	0.8	0.8	1.0	6.5	6.5×11.3	6.9×16.5
8.0	7	1.20	0.8	1.0	1.2	7.9	7.9×13.6	8.3×19.4
10.0	7	1.33	0.8	1.0	1.2	8.4	8.4×14.5	8.8×20.7

表 4-18 RVZ 型聚氯乙烯绝缘、聚氯乙烯护套连接软线技术数据

标称截面 (mm ²)	导电线芯结构		绝缘厚度 (mm)	护套厚度 (mm)	成品最大外径 (mm)			
	根数	直径 (mm)			二 芯		三芯	四芯
					圆形	椭圆形		
0.2	12	0.15	0.4	0.8	5.0	3.5×7.0	5.2	5.6
0.3	16	0.15	0.5	0.8	5.6	3.7×5.6	5.9	6.3
0.4	23	0.15	0.5	0.8	6.0	4.0×6.0	6.3	6.8
0.5	28	0.15	0.5	0.8	6.1	4.0×6.1	6.4	6.9

(续表)

标称截面 (mm ²)	导电线芯结构		绝缘厚度 (mm)	护套厚度 (mm)	成品最大外径 (mm)			
	根数	直径 (mm)			二 芯		三芯	四芯
					圆形	椭圆形		
0.6	34	0.15	0.5	0.8	6.3	4.1×6.3	6.5	7.1
0.7	40	0.15	0.5	0.8	6.6	4.3×6.6	6.9	7.5
0.8	45	0.15	0.6	0.8	7.0	4.5×7.0	7.4	8.1
1.00	32	0.20	0.6	1.0	7.8	5.1×7.8	8.2	8.6
1.50	48	0.20	0.6	1.0	8.3	5.4×8.3	8.8	9.5
2.00	64	0.20	0.7	1.0	9.5	5.6×9.5	10.1	10.8
2.50	77	0.20	0.7	1.0	9.7	6.1×9.7	10.2	11.9
3.00	49	0.28	0.8	1.0	11.2	6.8×11.2	11.9	13.0
4.00	77	0.26	0.8	1.0	12.0	7.2×12.0	12.7	13.9
5.00	98	0.26	0.9	1.2	13.7	8.3×13.7	14.5	15.7
6.00	77	0.32	0.9	1.2	14.3	8.6×14.3	15.1	16.5

表 4-19 RFB 型丁腈聚氯乙烯复合物绝缘线
和 RFS 绞型软线技术数据

线芯截面 (mm ²)	导电线芯结构		绝缘厚度 (mm)	参考外径 (mm) 不大于	
	根数	直 径 (mm)		RFB	RFS
0.2	12	0.15	0.6	2.0×4.0	2.0
0.3	16	0.15	0.6	2.1×4.2	2.1
0.4	23	0.15	0.6	2.2×4.4	2.2
0.5	28	0.15	0.6	2.3×4.6	2.3
0.6	34	0.15	0.6	2.4×4.8	2.4
0.7	40	0.15	0.7	2.7×5.4	2.7
0.8	45	0.15	0.7	2.8×5.6	2.8
1.0	32	0.2	0.7	2.9×5.8	2.9
1.5	48	0.2	0.7	3.2×6.4	3.2

表 4-20 RHF (氯丁) 橡套软线技术数据

标称截面 (mm ²)	导电线芯结构			标称厚度		软线最大外径	
	铜线根数	单线直径 (mm)	线芯直径 (mm)	绝缘 (mm)	护套 (mm)	二芯 (mm)	三芯 (mm)
0.2	12	0.15	0.62	0.4	0.8	5.57	5.84
0.28	16	0.15	0.71	0.4	0.8	5.74	6.03
0.4	23	0.15	0.90	0.4	0.8	6.14	6.46
0.5	30	0.15	0.96	0.5	0.8	6.71	7.06

(续表)

标称截面 (mm ²)	导电线芯结构			标称厚度		软线最大外径	
	铜线根数	单线直径 (mm)	线芯直径 (mm)	绝缘 (mm)	护套 (mm)	二芯 (mm)	三芯 (mm)
0.6	36	0.15	1.05	0.5	0.8	6.80	7.26
0.75	42	0.15	1.20	0.5	0.8	7.18	7.57
1.0	32	0.2	1.34	0.6	1.0	8.14	8.45
1.5	48	0.2	1.63	0.6	1.0	8.98	9.47
2.0	64	0.2	1.84	0.6	1.0	9.34	9.86
2.5	80	0.2	2.10	0.8	1.2	10.64	11.22
4.0	120	0.2	3.00	0.8	1.2	12.50	13.14

注：RH 普通用橡皮套软线的结构尺寸与 RHF 相同。

表 4-21 AVR 型、AVRT 型、AVRP 型、AVRTP 型
聚氯乙烯绝缘安装线技术数据

标称截面 (mm ²)	导电线芯结构		导电线芯在 20℃ 时的 直流电阻 (Ω/km)		绝缘标 称厚度 (mm)	电线最大外径 (mm)		电线每 1km 计 算重量 (kg)	
	根数	直径 (mm)	铜芯	镀锡铜芯		AVR AVRT	AVRP AVRTP	AVR AVRT	AVRP AVRTP
0.025	7	0.07	687	742	0.3	0.9	1.5	0.9	3.2
0.04	10	0.07	475	520	0.4	1.2	1.8	1.5	4.7
0.06	7	0.10	337	364	0.4	1.2	1.8	1.7	5.0
0.1	12	0.10	197	202	0.4	1.35	1.9	2.3	5.8
0.12	16	0.10	143	151	0.4	1.4	2.3	2.7	12
0.15	19	0.10	124	127	0.4	1.45	2.3	3.0	13
0.2	12	0.15	85.7	89.6	0.4	1.6	2.5	3.7	14
0.3	16	0.15	64.3	67.2	0.5	1.9	2.8	5.3	17
0.4	23	0.15	43.9	46.8	0.5	2.1	3.0	6.8	20
0.5	28	0.15	36.7	38.2	0.5	2.2	3.1	7.8	21
0.6	34	0.15	30.0	31.6	0.5	2.3	3.2	9.0	23
0.7	40	0.15	25.4	26.9	0.5	2.4	3.3	10	25
0.8	45	0.15	22.5	23.9	0.6	2.7	3.6	12	28
1.0	32	0.20	17.8	18.9	0.6	2.8	3.7	14	31
1.2	38	0.20	15.1	15.9	0.6	3.1	4.0	17	36
1.5	48	0.20	11.9	12.6	0.6	3.1	4.0	20	39
2.0	49	0.23	8.82	9.33	0.7	3.8	5.0	27	62
2.5	49	0.26	6.92	7.30	0.7	4.1	5.3	34	70
3	49	0.28	5.96	6.30	0.8	4.5	5.7	40	80
4	77	0.26	4.40	4.65	0.8	4.7	5.9	50	92
5	98	0.26	3.46	3.65	0.9	5.8	7.0	66	116
6	77	0.32	2.91	3.07	0.9	6.4	7.6	77	132

表 4-22 直接敷设在地中的低压绝缘电缆 (铜、铝)
安全载流量 (A)

标称截面 (mm ²)	双芯电缆		三芯电缆		四芯电缆	
	铜	铝	铜	铝	铜	铝
1.5	13	9	13	9	—	—
2.5	22	16	22	16	22	16
4	35	26	35	26	35	26
6	52	39	52	39	52	39
10	88	66	83	62	74	56
16	123	92	105	79	101	75
25	162	122	140	105	132	99
35	198	148	167	125	154	115
50	237	178	206	155	189	141
70	286	214	250	188	233	174
95	334	250	299	224	272	204
120	382	287	343	257	308	231
150	440	330	382	287	347	260
185	—	—	431	323	396	297
240	—	—	—	—	448	336

注：(1) 表中安全载流量，线芯最高工作温度为 80℃，地温为 30℃，在实际地温不是 30℃的地方，电缆的安全载流量应乘以下表中的校正系数。

地温 (℃)	10	15	20	25	30	35	40
校正系数	1.18	1.14	1.10	1.05	1	0.95	0.89

(2) 几条电缆平行敷设 (电缆外皮间距为 200mm) 时，电缆的安全载流量应乘以下表中的并列系数。

电缆条数	1	2	3	4	5	6	7	8
并列系数	1.00	0.92	0.87	0.84	0.82	0.81	0.80	0.79

表 4-23 塑料绝缘电线和橡皮绝缘电线(铜、铝)安全载流量(A)

标称截面 (mm ²)	塑料绝缘电线						橡皮绝缘电线					
	明线敷设			穿管敷设			明线敷设			穿管敷设		
	二根		三根	二根		三根	二根		三根	二根		三根
	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝
0.2	3		3		3		3		3		3	
0.3	5		4.5		4		4		4		4	
0.4	7		6		5		5		5		5	
0.5	8		7.5		6		6		6		6	
0.6	10		8.5		8		8		8		8	
0.7	12		10		10		10		10		10	
0.8	15		11.5		11		11		11		11	
1	18		14		14		14		14		14	
1.5	22	17	18	13	16	12	15	11	14	10	12	10
2	26	20	20	15	17	13	16	12	16	11	15	12
2.5	30	23	26	20	25	19	23	17	22	15	19	16
3	32	24	29	22	27	20	25	19	25	17	21	18
4	40	30	38	29	33	25	30	23	33	23	27	21
5	45	34	42	31	37	28	34	25	37	28	33	24
6	50	39	44	34	41	31	37	28	41	31	38	26
8	63	48	56	43	49	39	43	34	51	40	45	34
10	75	55	68	51	56	42	49	37	63	48	50	41
16	100	75	80	61	72	55	64	49	80	61	66	50
20	110	85	90	70	80	65	74	56	90	70	74	60
25	130	100	100	80	90	75	85	65	100	80	83	69

(续表)

标称截面 (mm ²)	塑料绝缘线						橡皮绝缘线								
	明线敷设			穿管敷设			明线敷设			穿管敷设					
	二根		三根	二根		三根	二根		三根	二根		三根			
	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝			
35	160	125	96	110	84	105	75	148	115	88	100	78	97	70	
50	200	155	125	142	109	120	89	185	143	115	130	100	110	82	
70	255	200	202	156	182	141	161	230	185	186	144	168	130	149	115
95	310	240	243	187	227	175	197	290	225	220	170	210	160	180	140
120								355	270	260	200	220	173	210	165
150								400	310	290	230	260	207	240	188
185								475	370						
240								580	445						
300								670	520						
400								820	630						
500								950	740						

注:(1) 线芯最高的工作温度;

塑料绝缘线为 70℃;

橡皮绝缘线为 65℃。

(2) 电线周围环境温度为 35℃。当实际空气温度高于 35℃的地方,导线安全载流量应按校正系数表乘以校正系数。

校正系数表

校正系数	周围空气温度(℃)					
	35	40	45	50	55	
塑料绝缘线	1.00	0.93	0.85	0.76	0.66	
橡皮绝缘线	1.00	0.91	0.82	0.71	0.58	

4-1-4 裸导线、电磁线和绝缘导线新老产品对照

裸导线、电磁线和绝缘导线新老对照，见表 4-24。

表 4-24 新老产品代替对照表

推荐使用的新产品			被代替的老产品		
名称	型号	说明	名称	型号	说明
1. 裸线 硬铝绞线、 钢芯铝绞线	IJ LGJ	价格低，用途与 TJ 相同 机械拉力强度与 TJ 相当，余与上同	硬铜绞线	TJ	导电性能好，机械拉力强度高，但价格贵
2. 电磁线 油性漆包圆铜线	Q	外径小，价格低，电气性能好，工艺简单	单、双纱包（编织）圆线	M, MJ ME, MEJ MBM	不符合节棉政策，防潮、耐磨、防雷性能差，工艺复杂
聚酯漆包圆铜线	QZ	外径小，机械强度高，耐温等级高，工艺简单	单、双纱漆包圆线	QM, QMJ QME, QMEJ	不符合节棉政策，工艺复杂
聚酯漆包圆铝线	QZL	重量轻，耐温等级与 QZ 及 QZB 相同 (B级)	单丝（天然丝）漆包圆线	QSJ	不符合国家节约天然丝要求，工艺复杂
聚酯漆包扁铜线	QZLB		聚酯漆包圆铜线	QZ	价格贵，导电性能好
			聚酯漆包扁铜线	QZB	同上
3. 绝缘电线 铜、铝芯聚氯乙烯绝缘电线	BV BLV	材料来源于国内，具有一定防潮能力，耐油、耐燃，敷设方便、省工、省料	铜、铝芯橡皮线（95mm ² 及以下）	BX, BXS BLX	不符合国家节棉技术政策，耐油、耐燃、防潮能力差，耗费大量进口橡胶。工艺复杂
铜芯聚氯乙烯绝缘软线	BVR	同上	铜芯橡皮绝缘软线	BXR	同上

(续表)

推荐使用的新产品			被代替的老产品		
名称	型号	说明	名称	型号	说明
铜、铝芯氯丁橡皮绝缘电线	BXF BLXF	具有耐气候、耐光、不延燃性能, 适合于户外敷设	铜、铝芯橡皮绝缘玻璃纤维编织电线 (95mm ² 及以下)	BBX BBLX	耗用大量进口橡胶, 工艺复杂, 防潮、耐油能力差, 易长霉
铜、铝芯聚氯乙烯绝缘及护套线	BVV BLVV	代替穿管, 安装方便。省料、耐光、防潮、耐油、耐燃	铜、铝芯穿管橡皮线	BXG BLXG	除上述缺点外, 还要穿管敷设, 施工麻烦, 浪费管材和金属
铜芯聚氯乙烯绝缘软线	RVB RVS	性能、用途可代替右列各产品, 其经济意义及优越性能同前	橡皮花线	BXH	不符合节棉技术政策, 耗用大量橡胶, 工艺复杂
丁腈复合物绝缘日用电器软线	RFS (RYS) RFS (RYB)	除上述特性外, 尚具有耐寒性能及较好的耐油性能	日用橡皮软线	RXS RX	
铝芯聚氯乙烯绝缘电线			铜芯聚氯乙烯绝缘电线	BV	
铝芯聚氯乙烯绝缘及护套电线	BLV BLVV	用途与性能均与铜芯相同	铜芯聚氯乙烯绝缘及护套电线	BVV	
4. 橡套软线 聚氯乙烯绝缘护套软线	RVZ	用途与 YHZ 相同, 材料立足国内, 耐油性能较好, 制造方便, 价廉	中型橡套电缆	YHZ	需用大量进口橡胶, 易延燃, 耐油性能差
氯丁橡皮护套软线	RHF	同上。并有良好的耐光和大气老化性能	日用橡套软线	RH	同上

(续表)

推荐使用的新产品			被代替的老产品		
名称	型号	说明	名称	型号	说明
5. 电力电缆 铝芯聚氯乙烯绝缘及护套电力电缆	VLV型系列	电气性能好, 耐水性好, 抗酸碱腐蚀, 具有一定的机械强度, 价格较低, 敷设方便	铜芯聚氯乙烯绝缘及护套电力电缆	VV	电气性能好, 耐水性好, 抗酸、碱, 机械强度高
			铝芯纸绝缘铅包电力电缆	ZLQ型系列	

4-2 绝缘材料

绝缘材料又称电介质, 它在直流电压作用下, 只容许有微小的电流通过, 其电阻率 (亦称电阻系数) 一般应大于 $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 。

绝缘材料的主要作用是用来隔离带电的或不同电位的导体, 使电流能按一定的方向流通。在不同的电工产品中, 由于技术要求不同, 绝缘材料还往往起着某些不同的效用, 例如散热冷却、机械支撑和固定、储能、灭弧、改善电位梯度、防潮、防霉以及保护导体等。

4-2-1 常用绝缘材料分类及耐热等级

绝缘材料的品种很多, 按物态一般可分为:

(1) 气体绝缘材料

常用的有空气、氮气、氢气和六氟化硫等 (本节略)。

(2) 液体绝缘材料

常用的有变压器油、开关油、电容器油和电缆油等。

(3) 固体绝缘材料

常用的有绝缘漆、绝缘浸渍纤维制品、层压制品、塑料制品、薄膜黏带、云母材料和陶瓷材料等。

绝缘材料按其在正常运行条件下容许的最高工作温度分级，称为耐热等级，见表 4-25。

表 4-25 绝缘材料的耐热等级

级别	绝 缘 材 料	极限工作温度(℃)
Y	木材、棉花、纸、纤维等天然的纺织品，以醋酸纤维和聚酰胺为基础的纺织品，以及易于热分解和熔化点较低的塑料（脲醛树脂）	90
A	工作于矿物油中的和用油或油树脂复合胶浸过的 Y 级材料、漆包线、漆布、漆丝及油性漆、沥青漆等	105
E	聚酯薄膜和 A 级材料复合、玻璃布、油性树脂漆、聚乙烯醇缩醛高强度漆包线、乙酸乙烯耐热漆包线	120
B	聚酯薄膜、经合适树脂浸渍涂覆的云母、玻璃纤维、石棉等制品，聚酯漆、聚酯漆包线	130
F	以有机纤维材料补强和石棉带补强的云母片制品、玻璃丝和石棉、玻璃漆布、以玻璃丝布和石棉纤维为基础的层压制品、以无机材料作补强和石棉带补强的云母粉制品、化学热稳定性较好的聚酯和醇酸类材料、复合硅有机聚酯漆	155
H	无补强或以无机材料为补强的云母制品、加厚的 F 级材料、复合云母、有机硅云母制品、硅有机漆、硅有机橡胶聚酰亚胺复合玻璃布、复合薄膜、聚酰亚胺漆等	180
G	耐高温有机黏合剂和浸渍剂及无机物如石英、石棉、云母、玻璃和电瓷材料等	180 以上

4-2-2 电工用绝缘薄膜、黏带及复合材料

1. 电工用绝缘薄膜

电工用绝缘薄膜其特性为柔软、耐潮、电气性能和机械性能好。其主要品种技术数据及其用途，见表 4-26。

2. 电工用绝缘黏带技术数据及用途，见表 4-27。

3. 电工用绝缘复合材料的技术数据及用途，见表 4-28。

表 4-26 电工用绝缘薄膜技术数据及用途

名称	结晶定向程度	耐热等级	厚度 (mm)	密度 (g/cm ³)	收缩率 (%)		延伸率 (%)		抗张强度 (N/mm ²)	
					纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向
聚丙烯薄膜	定向	—	0.006~0.02	0.89~0.92	2(120℃)	2(120℃)	30~100	30~100	>100	>140
聚酯薄膜	定向	E	0.006~0.10	1.38~1.40	<3 (150℃)	<3 (150℃)	40~130	40~130	140~180	140~180
聚萘酯薄膜	定向	F	0.02~0.10	1.35~1.40	0.33 (100℃)	—	46~66	21~75	140~250	220~250
芳香族聚酰胺薄膜	不定向	H	0.03~0.06	—	1.08 (200℃)	1.05 (200℃)	7.1	6.3	90~120	80~110
聚酰亚胺薄膜	不定向	C	0.03~0.06	1.38~1.41	0.3 (200℃)	—	15~30	—	90~120	—
聚四氟乙烯薄膜	定向	C	0.01~0.10	2.1~2.3	—	—	>30	>30	>30	>30
	半定向	C	0.04~0.12	—	—	—	>50	>50	>15	>15
	不定向	C	0.02~0.50	2.1~2.3	—	—	>100	>100	>10	>10
全氟乙烯薄膜	不定向	C	0.01~0.50	2.15	—	—	>300	>300	18~20	—
聚苯乙烯薄膜	定向	Y以下	0.02~0.10	0.93	—	—	2~4	2~4	>50	>50
聚乙烯薄膜	不定向	Y以下	0.02~0.20	0.93	—	—	>200	>200	>10	>10

(续表)

名称	击穿强度 (kV/mm)		体积电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)		介质损耗角正切		相对介电系数		用途
	常态	热态	常态	热态	50Hz	10 ⁶ Hz	50Hz	10 ⁶ Hz	
聚丙烯薄膜	>150	—	$10^{15} \sim 10^{17}$	—	0.0007 (100℃)	—	—	2~2.2	可用作电容器介质
聚酯薄膜	>130	100~180 (130℃)	$10^{16} \sim 10^{17}$	—	<0.005	<0.02	3.2 ± 0.2	3.0 ± 0.2	可用作低压电机、电器线圈匝间、端部包扎绝缘,衬垫绝缘,电磁绕组包绝缘,E级电机槽绝缘和电容器介质
聚酯薄膜	>210	150 (155℃)	10^{16}	—	<0.004	—	2.9	—	可用作F级电机槽绝缘、导线绕组绝缘和线圈端部绝缘
芳香族聚酯薄膜	90~130	87 (180℃)	$10^{13} \sim 10^{14}$	—	—	0.003~0.004	—	3.5~4	可用作E、H级电机槽绝缘
聚酯亚胺薄膜	100~130	70~110 (200℃)	10^{16}	10^{12} (200℃)	0.004~0.01	—	3	—	可用作H级电机、微电机槽绝缘,电机、电器绕组和起重电磁铁外包绝缘以及导线绕组包绝缘

(续表)

名称	击穿强度 (kV/mm)		体积电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)		介质损耗角正切		相对介电系数		用途
	常态	热态	常态	热态	50Hz	10^6Hz	50Hz	10^6Hz	
聚四氟乙烯薄膜	>60(直流)	—	$10^{16} \sim 10^{17}$	—	—	0.0002	1.8~2.2	1.8~2.2	可用工作温度为-60~250℃电容器介质, 电器、仪表、无线电装置的分间衬垫绝缘和耐热电磁铁、安装线、耐热电缆、耐热导线绝缘
	>50(直流)	—	> 10^{16}	—	—	—	—	—	
全氟乙烯薄膜	>40(直流)	—	$10^{15} \sim 10^{16}$	—	—	0.0002	—	—	可用作电线、同轴电缆的包覆层和印刷电路板的
	196	—	$10^{18} \sim 10^{19}$	—	0.0003	—	2.0	2.0	
聚苯乙烯薄膜	>110	—	10^{17}	—	—	0.003	—	2.3~2.7	可用作高频电信电缆绝缘和电容器介质
	>40	—	10^{17}	—	—	0.0004	—	2.5	

表 4-27 电工用绝缘黏带技术数据及用途

名称	厚度 (mm)	组成	抗张强度 (N/mm ²) (纵向)	延伸率 (%) (纵向)	永久变形 (%)	击		度
						常态	受潮后	
聚乙烯薄膜黏带	0.22~0.26	聚乙烯薄膜、橡胶 型黏剂	12.3~15.6	460~480	—	>30	—	—
聚乙烯薄膜纸黏带	0.10	聚乙烯薄膜、纸、 橡胶型黏剂	60	—	—	>10	—	—
聚氯乙烯薄膜黏带	0.14~0.19	聚氯乙烯薄膜、橡 胶型黏剂	—	—	—	>10	—	—
聚酯薄膜黏带	0.055~0.17	聚酯薄膜、橡胶型 黏剂或聚丙烯酸 酯黏剂	—	—	—	>100	—	—
聚酰亚胺薄膜黏带	0.045~0.07	聚酰亚胺薄膜、聚 酰亚胺树脂黏 剂	108~125	25~45	—	190~210	120~150	130~150 (180℃)

(续表)

名称	厚度 (mm)	组成	抗张强度 (N/mm ²) (纵向)	延伸率 (%) (纵向)	永久变形 (%)	击穿强度 (kV/cm)		度
						常态	受潮后	
聚酰亚胺薄膜黏带	0.05	聚酰亚胺薄膜、 F ₄₆ 树脂胶黏剂	90~100	40~50	—	>120	—	80 (180℃)
环氧玻璃黏带	0.17	无碱玻璃布、环氧 树脂胶黏剂	>120 ^①	—	—	>6 ^②	3.8 ^③	—
有机硅玻璃黏带	0.15	无碱玻璃布、有机 硅树脂胶黏剂	>80 ^①	—	—	>0.6 ^②	—	—
硅橡胶玻璃黏带	—	无碱玻璃布、硅橡 胶胶黏剂	>200 ^①	—	—	3~5 ^②	—	—
自黏性硅橡胶三角带	—	硅橡胶、填料、硫 化剂	5~8	36~50	2.5~10	20~30	—	—
自黏性丁基橡胶带	—	丁基橡胶、薄膜隔 离材料等	>1.5	>400	—	>20	—	—

(续表)

名称	体 积 电 阻 率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)			表面电阻率 (Ω)	介质损耗角正切 (10^6Hz)	相对介电系数 (10^6Hz)	特性和用途
	常态	受潮后	热态				
聚乙烯薄膜黏带	$10^{13} \sim 10^{16}$	—	—	—	0.02~0.03	1.8	有一定的电气性能和机械性能,柔软性好,黏结力较强,但耐热性低(低于Y级)。可用于一般电线接头包扎绝缘
聚乙烯薄膜纸黏带	—	—	—	—	—	—	包扎服贴,使用方便,可代替黑胶布带作电线接头包扎绝缘
聚氯乙烯薄膜黏带	—	—	—	—	—	—	有一定的电气性能和机械性能,较柔软,黏结力强,但耐热性低(低于Y级)。供作电压为500~6000V电线接头包扎绝缘
聚酯薄膜黏带	—	—	—	—	—	—	耐热性较好,机械强度高。可用作半导体元件密封绝缘和电机线圈绝缘
聚酰亚胺薄膜黏带	$>10^{15}$	$>10^{15}$	$>10^{12}$ (180℃)	—	0.003	2.6~3.2	电气性能和机械性能较高,耐热性优良,但成型温度较高(180~200℃)。适于作H级电机线圈绝缘和槽绝缘
聚酰亚胺薄膜黏带	$>10^{16}$	—	$>10^{15}$ (180℃)	$10^{14} \sim 10^{15}$	0.001	2	同上,但成型温度更高(300℃以上)。可用于H级或C级电机、潜油电机线圈绝缘和槽绝缘

(续表)

名称	体积电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)			表面电阻率 (Ω)	介质损耗角正切 (10^6Hz)	相对介电系数 (10^6Hz)	特性和用途
	常态	受潮后	热态				
环氧玻璃 黏带	$>10^{14}$	$>10^{13}$	$>10^{12}$ (130°C)	—	—	—	具有较高的电气性能和机械性能。供作变压器铁心绑扎材料,属B级绝缘
有机硅玻 璃黏带	$>10^{11}$	—	$>10^{12}$ ④	—	—	—	有较高的耐热性、耐寒性和耐潮性,以及较好的电气性能和机械性能。可用于H级电机、电器线圈绝缘和导线联接绝缘
硅橡胶玻 璃黏带	$10^{13} \sim 10^{14}$	$10^{12} \sim 10^{13}$	—	$>10^{13}$	—	—	同上,但柔软性较好
自黏性硅橡 胶三角带	$10^{14} \sim 10^{15}$	—	—	$10^{14} \sim 10^{15}$	$0.0014 \sim 0.01$	>4	具有耐热、耐潮、抗震动、耐化学腐蚀等特性,但抗张强度较低。适用于用半叠包法作高压电机线圈绝缘。但需注意胶带保持清洁才能粘牢
自黏性丁 基橡胶带	$>10^{15}$	—	—	—	0.02	$2.5 \sim 2.75$	有硫化型和非硫化型两种。胶带弹性好,伸缩性大,包扎紧密性好。主要用于电力电缆连接和端头包扎绝缘

①抗张力,N;②击穿电压,kV;③弯折后;④180°C处理18h后。

表 4-28 电工用绝缘材料技术数据及用途

名称	型号或代号	厚度 (mm)	组成	耐热等级	抗张力 (平均值) (N)		击穿电压 (平均值) (kV)			体积电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)			用途	
					纵向	横向	常态	弯折	受潮后	热态	常态	受潮后		热态
聚酯薄膜 绝缘纸复 合箔	6520	0.15~ 0.30	一层聚酯 薄膜、一层绝 缘纸 (青壳 纸)	E	180~200	120~140	6.5~12	6~12	4.5~12	—	10^{14} ~ 10^{15}	10^{12} ~ 10^{13}	10^{11} ~ 10^{13}	用于 E 级 电机槽绝缘、 端部层间绝 缘
聚酯薄膜 玻璃漆布 复合箔	6530	0.17~ 0.24	一层聚酯 薄膜、一层玻 璃漆布	B	250~330	200~300	8~12	6~8	6~10	—	10^{14} ~ 10^{15}	10^{12} ~ 10^{14}	10^{11} ~ 10^{12}	用于 B 级 电机槽绝缘、 端部层间绝 缘、匝间绝缘 和衬垫绝缘。 可用于湿热 地区
聚酯薄膜 聚酯纤维 纸复合箔	DMD	0.20~ 0.25	一层聚酯 薄膜、两层聚 酯纤维纸	B	180~270	150~220	10~12	9~12	8~12	8~11 (130℃)	10^{14} ~ 10^{15}	10^{12} ~ 10^{13}	10^{12} ~ 10^{14}	用于 B 级 电机槽绝缘、 端部层间绝 缘、匝间绝缘 和衬垫绝缘。 可用于湿热 地区

(续表)

名称	型号或代号	厚度 (mm)	组成	耐热等级	抗张力 (平均值) (N)		击穿电压(平均值)(kV)				体积电阻率($\Omega \cdot \text{cm}$)			用途	
					纵向	横向	常态	弯折	受潮后	热态	常态	受潮后	热态		
聚酯薄膜			一层聚酯												用于F级 电机槽绝缘、 端部层间绝 缘、匝间绝缘 和衬垫绝缘
芳香族聚 酰胺纤维	NMN	0.25~ 0.30	薄膜、两层芳 香族聚酰胺 纤维纸	F	>90	>70	12~15	>10	—	—	—	—	—	—	
纸复合箔															
聚酰亚胺 薄膜芳香 族聚酰胺 纤维纸复 合箔	NFN	0.25~ 0.30	一层聚酰 亚胺薄膜、两 层芳香族聚 酰胺纤维纸	H	130~280	100~210	7~12	6~11	7~9	—	—	$10^{14} \sim 10^{15}$	$10^{13} \sim 10^{14}$	$10^{14} \sim 10^{15}$	

表 4-29 电工用绝缘漆布技术数据及用途

名称	标称厚度 (mm)	抗张力(N)		击穿电压(平均值)(kV)					体积电阻率($\Omega \cdot \text{cm}$)		
		径	沿径向 45°角	常态	常态弯折后	热态 ($105 \pm 2^\circ\text{C}$)	受潮后	标称延伸 率时 $^\circ\text{C}$	常态	热态	受潮后
油性漆布 (2010)	0.15	>80	>45	>6.0	>3.6	>4.1	>3.6	>4.2	$10^{13} \sim 10^{14}$	$10^{10} \sim 10^{12}$ (105°C)	$10^{10} \sim 10^{13}$
	0.17	>100	>50	6.8~8.5	4.2~5.3	5.0~6.5	4.1~5.4	>4.8			
	0.20	>100	>50	7.5~8.5	4.6~5.6	5.5~9.0	4.6~8.0	>5.3			
	0.24	>100	>50	8.8~10.0	5.3~7.0	6.5~10.0	5.4~7	>6.2			
油性漆布 (2012)	0.17	>100	>50	>7.7	3.4~4	5.0~7.0	4.7~8.0	>5.4	$10^{13} \sim 10^{14}$	$10^{10} \sim 10^{12}$ (105°C)	$10^{10} \sim 10^{13}$
	0.20	>100	>50	>8.6	3.6~5	5.9~8.0	5.4~8.0	>6.0			
	0.24	>100	>50	>9.8	4.0~7	6.8~9.0	6.0~8.0	>6.9			
油性漆绸 (2210)	0.04	30~40	17~40	1.0~2.5	—	—	—	—	—	—	—
	0.05	30~40	17~40	1.7~3.5	—	—	—	—	—	—	—
	0.06	30~40	17~40	3.3~5.0	—	—	—	—	—	—	—
	0.08	45~90	25~50	4.8~5.5	3.0~5.0	3.0~4.0	2.3~4.0	—	$10^{13} \sim 10^{14}$	$10^{10} \sim 10^{12}$ (105°C)	$10^{10} \sim 10^{13}$
	0.10	45~90	25~50	5.8~7.0	4.4~6.0	4.3~6.0	3.5~4.2	>4.1			
	0.12	55~100	30~80	7.2~8.0	6.3~7.5	5.2~7.0	4.1~4.2	>5.0			
0.15	55~100	30~80	8.7~9.5	6.9~8.0	5.8~9.0	4.7~7.0	>6.1				

(续表)

名称	标称厚度 (mm)	抗张力(N)		击穿电压(平均值)(kV)					体积电阻率($\Omega \cdot \text{cm}$)		
		径 向	沿径向 45°角	常 态	常 态 弯折后	热 态 (105±2℃)	受 潮 后	标 定 延 伸 率 ^①	常 态	热 态	受 潮 后
油性漆 (2212)	0.08	45~90	25~50	>5	3.2~5.0	3.3~5.0	3.2~4.0	—	$10^{13} \sim 10^{14}$	$10^{10} \sim 10^{12}$ (105℃)	$10^{10} \sim 10^{13}$
	0.10	45~90	25~50	>6.6	5.2~6.5	4.8~6.0	4.2~5.5	>4.6			
	0.12	55~100	30~80	>9.1	6.9~8.0	5.5~7.0	4.7~8.0	>6.4			
	0.15	>55	>30	>9.5	>7.7	>7.4	>5.5	>6.6			
油性玻璃 漆布 (2412)	0.11	100~220	50~120	4.4~6.0	2.4~3.5	2.2~5.0	2.2~3.0	>2.6			
	0.13	100~220	50~120	5.0~7.5	3.0~4.6	2.8~6.0	2.9~5.0	>3.0			
	0.15	150~320	80~140	5.7~9.0	3.4~6.0	3.2~8.0	3.4~6.0	>3.4			
	0.17	150~320	80~140	6.8~9.0	4.0~6.0	3.8~8.4	3.9~8.0	>4.1			
0.20	220~350	110~180	7.7~12.0	4.4~9.0	4.2~12.0	4.4~9.0	>4.6				
0.24	220~350	110~180	>8.6	>4.8	>4.6	>5.1	>5.2				
沥青醇酸 玻璃漆布 (2430)	0.11	100~220	50~120	5.3~8.0	2.9~4.0	2.9~6.0	2.6~4.0	>3.7			
	0.13	100~220	60~120	6.1~9.0	3.5~4.5	3.6~7.0	3.4~4.0	>4.3			
	0.15	150~320	80~140	6.6~9.0	4.2~5.5	4.1~7.5	3.8~4.5	>4.6			
	0.17	180~320	90~140	8.0~10.0	5.0~9.0	4.8~8.0	>4.6	>5.6			
0.20	220~350	110~180	9.0~12.0	7.0~10.0	5.3~8.2	>5.0	>6.9				
0.24	250~350	130~180	>11.0	>8.8	>6.2	>6.0	>7.7				

(续表)

名称	标称厚度 (mm)	抗张力(N)		击穿电压(平均值)(kV)				体积电阻率($\Omega \cdot \text{cm}$)					
		径	向	沿径向 45°角	常	常态弯折后	热态 (105±2℃)	受潮后	标称延伸 率时 ^①	常	热	态	受潮后
醇酸玻璃 漆布 (2432)	0.11	100~220		50~120	5.3~9.0	2.9~4.0	2.4~6.0	2.4~5.0	>3.7				
	0.13	100~220		60~120	6.1~9.0	3.5~4.5	3.0~6.0	3.1~6.0	>4.3				
	0.15	150~320		80~140	6.6~10.0	4.2~5.0	3.4~6.0	3.5~7.0	>4.6				
	0.17	180~320		90~140	8.0~10.0	5.0~6.0	4.0~6.0	4.2~7.0	>5.6				$10^{10} \sim 10^{11}$
	0.20	220~350		110~180	9.0~12.0	7.0~8.0	4.4~6.0	4.6~7.0	>6.9				
0.24	250~350		130~180		>11.0	>8.8	>5.2	>5.5	>7.7				
醇酸薄玻 璃漆布	0.04	>30		—	>3	—	—	—	—	—			
	0.06	>45		—	>2	—	—	—	—	—			
	0.08	45~100		—	3.5~6.8	>2.8	—	—	—	—			
环氧玻璃 漆布 (2433)	0.13	80~230		>40	5.5~7.7	3.2~4.0	3.5~4.0	>3.2	—				
	0.15	>120		>60	>6.0	>3.8	>4.0	>3.6	—				$10^{10} \sim 10^{12}$ (130℃)
	0.17	>120		>60	>7.8	>4.2	>4.5	>4.2	—				$10^{11} \sim 10^{14}$

(续表)

名称	标称厚度 (mm)	抗张力(N)		击穿电压(平均值)(kV)						体积电阻率($\Omega \cdot \text{cm}$)											
		径	沿径向 45°角	常	态	常	态	热	态	受潮后	标	定	延	伸	常	态	热	态	受潮后		
有机硅玻璃漆布 (2450)	0.06	60~92	—	2.9~5.0	—	—	0.9~1.5	1.0~4.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	0.08	60~97	—	3.6~5.2	—	—	1.5~3.5	2.0~4.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	0.11	100~230	—	4.7~8.0	1.8~7.0	—	2.7~5.0	3.2~6.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.13	100~230	—	5.3~9.0	2.4~8.0	—	3.2~5.5	3.7~6.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.15	150~270	—	5.8~10.0	3.0~9.0	—	3.8~6.0	4.2~7.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.17	150~270	—	6.6~10.0	3.5~10.0	—	4.3~9.0	4.8~7.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.20	220~310	—	7.4~12.0	4.0~10.0	—	4.7~10.0	5.3~9.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.24	220~310	—	>8.0	>4.4	—	>5.3	>5.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
硅橡胶玻璃漆布 (2550)	0.10	80~90	—	1.5~2.4	>1.0	—	1.0~1.3 ^②	0.8~1.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.23	160~250	—	2.0~4.0	>1.4	—	1.4~4.6	1.8~2.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
聚酯亚胺玻璃漆布 (2560)	0.10	>100	—	>2.5	>2.0	—	>1.5	>1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.15	>120	—	>5.5	>3.8	—	>3.5	>5.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.17	160~400	—	6.5~7.0	4.5~6.0	—	4.0~6.0	5.0~6.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.20	>180	—	>7.0	>6.0	—	>4.5	>5.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

①各种漆布的标称延伸率(沿径向 $45 \pm 1^\circ$ 角)如下:油性漆布 6%;油性漆布和沥青醇酸玻璃漆布 15%;油性玻璃漆布和有有机硅玻璃漆布 10%。

② $180 \pm 2^\circ\text{C}$ 处理 18h 后。

(续表)

名称	型号	标准编号	组成			耐热等级	特性和用途
			底材	绝缘	漆		
油性漆布 (黄漆布)	2010 2012	JB2085-77	白 细布	油性漆	A	2010 柔软性好,但不耐油。可用于一般电机、电器的衬垫或线圈绝缘。2012 耐油性好,可用于有变压器油或汽油气侵蚀的环境中工作的电机、电器的衬垫或线圈绝缘	
油性漆绸 (黄漆绸)	2210 2212	GB1306-77	薄 绸	油性漆	A	具有较好的电气性能和良好的柔软性。2210 适用于电机、电器薄层衬垫或线圈绝缘; 2212 耐油性好,适用于有变压器油或汽油气侵蚀的环境中工作的电机、电器的薄层衬垫或线圈绝缘	
油性玻璃漆布 (黄玻璃漆布)	2412	JB880-75	无碱玻璃布	油性漆	E	耐热性较 2010、2012 漆布好。适用于一般电机、电器的衬垫和线圈绝缘,以及在油中工作的变压器、电器的线圈绝缘	
沥青醇酸玻璃 漆 (黑玻璃漆布)	2430	GB1307-77	无碱玻璃布	沥青醇酸漆	B	耐潮性较好,但耐苯和耐变压器油性差。适用于一般电机、电器的衬垫和线圈绝缘	
醇酸玻璃漆布	2432	GB1308-77	无碱玻璃布	醇酸三聚 氰胺漆	B	耐油性较好,并具有一定的防霉性。可用作油浸变压器、油断路器等线圈绝缘	
醇酸玻璃-聚酯 交织漆布	2432-1	—	无碱玻璃布 玻璃纤维聚酯 纤维交织布				

(续表)

名称	型号	标准编号	组成		耐热等级	特性和用途
			底材	绝缘漆		
醇酸薄玻璃漆布	—	—	无碱玻璃布	醇酸三聚氰胺漆	B	具有良好的弹性和韧性,较高的机械性能、电气性能和耐热性,并具有一定的防霉性和耐油性。可代替漆绸作电器线圈绝缘
醇酸薄玻璃-聚酯交织漆布	—	—	玻璃纤维聚酯纤维交织布	环氧酯漆	B	具有良好的耐化学药品腐蚀性,良好的耐湿热性和较高的机械性能和电气性能。适用于化工电机、电器槽绝缘,衬垫和线圈绝缘
环氧玻璃漆布	2433	Q/E262-67	无碱玻璃布	有机硅漆	H	具有较高的耐热性,良好的柔软性,耐霉、耐油和耐寒性好。适用于H级电机、电器的衬垫和线圈绝缘
环氧玻璃-聚酯交织漆布	2433-1	—	玻璃纤维聚酯纤维交织布	甲基硅橡胶瓷	H	具有较高的耐热性,良好的柔软性和耐寒性。适用于特种用途的低压电机端部绝缘和导线绝缘
有机硅玻璃漆布	2450	JB881-75	无碱玻璃布	聚酰亚胺漆	C	具有很高的耐热性,良好的电气性能,耐溶剂和耐辐照性好,但较脆。适用于工作温度高于200℃的电机槽绝缘和端部衬垫绝缘,以及电器线圈和衬垫绝缘
硅橡胶玻璃漆布	2452 2453	ODG503、023	无碱玻璃布	有机硅防电晕瓷漆	H	具有稳定的低电阻率,耐热性好。适用于作高压电机定子线圈防电晕材料

4-2-3 电工用绝缘漆布

电工用绝缘漆布的技术数据及用途，见表 4-29。

4-2-4 云母制品

天然云母的种类很多，但在电工绝缘材料中，占重要地位的仅白云母和金云母两种。为了弥补天然云母的不足，生产了合成云母，并利用云母碎料制造了粉云母纸。这几种材料的性能见表 4-30 和表 4-31，云母制品的特性及用途见表 4-32。

表 4-30 合成云母与天然云母的比较

性能名称	白云母	金云母	合成云母 (氟金云母)
化学式	$K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$	$K_2O \cdot 6MgO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$	$KMg_3Al \cdot Si_3O_{10} \cdot F_2$
密度 (g/cm^3)	2.65~2.7	2.3~2.8	2.6~2.8
吸潮性 (%)	0.02~0.65	0.1~0.77	0~0.16
耐热性 ($^{\circ}C$)	600~700	800~900	1100
线胀系数 $10^{-6}/^{\circ}C$ (20~500 $^{\circ}C$)	19.8	18.3	19.9
相对介电系数 20 $^{\circ}C$, 50Hz 20 $^{\circ}C$, 10 ⁶ Hz	5.4~8.7 5.4~8.7	— 5.6~6.3	6.5 6.5
介质损耗角正切 20 $^{\circ}C$, 50Hz 20 $^{\circ}C$, 10 ⁶ Hz	0.0025 0.0001~0.0004	— 0.0003~0.07	0.002~0.004 0.0001~0.0003
体积电阻率 ($\Omega \cdot cm$)	$10^{14} \sim 10^{16}$	$10^{13} \sim 10^{15}$	$10^{16} \sim 10^{17}$
击穿电压 (kV) 厚度为 20 μm 厚度为 50 μm	4 5	3 4	4.5 7.5
化学稳定性	除氢氟酸外， 可耐大多数化学物品	耐酸能力弱， 碱的作用很小	较天然云母为好，具有高度的耐油、耐高压和耐高温水性能

表 4-31 粉云母纸的性能

性能	501 型	502 型	503 型	504 型
厚度 (mm)	0.03~0.08	0.03~0.06	0.03~0.08	0.03~0.06
密度 (g/cm ³)	1.6~1.7	1.6~1.7	1.6~1.7	1.6~1.7
水分 (%)	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
灼烧减量 (%)	<1	<1	<1	<1
抗张强度 (N/cm ²)	20~30	20~35	22~36	25~35
击穿强度 (kV/mm)	30~40	25~35	35~45	20~30

表 4-32 云母制品的特性及用途

名称	型号	耐热等级	击穿强度 (kV/mm)	厚度 (mm)	特性和用途
醇酸纸云母带	5430	B	16~25	0.10, 0.13, 0.16	耐热性较高, 但防潮性较差, 可作直流电机电枢线圈和低压电机线圈的绕组绝缘
醇酸绸云母带	5432	B	16~25	0.13, 0.16	
醇酸玻璃云母带	5434	B	16~25	0.10, 0.13, 0.16	
环氧聚酯玻璃粉云母带	5437-1	B	20~35	0.14, 0.17	热弹性较高, 但介质损耗较大, 可做电机匝间和端部绝缘
醇酸纸柔软云母板	5130	B	15~30	0.15 0.20~0.25, 0.3~0.5	供作低压、直流电机槽衬和端部层间绝缘
醇酸纸柔软粉云母板	5130-1	B	16~55	0.15, 0.2~0.25, 0.3~0.5	供作低压、直流电机槽衬和端部层间绝缘
环氧纸柔软粉云母板	5136-1	B	>16	0.15, 0.2~0.25, 0.3~0.5	用作电机槽绝缘及匝间绝缘

(续表)

名称	型号	耐热等级	击穿强度 (kV/mm)	厚度 (mm)	特性和用途
环氧玻璃柔软粉云母板	5137-1	B	>25	0.15, 0.2~0.25, 0.3~0.5	用于低压电机槽绝缘和端部层间绝缘
虫胶换向器云母板	5535	B	18~35	0.4~2.0	用于一般直流电机换向器绝缘
虫胶换向器金云母板	5535-2	B	>18	0.4~2.0	
醇酸衬垫云母板	5730	B	20~40	0.4~2.0	用于电机、电器衬垫绝缘
虫胶衬垫云母板	5731	B	20~40	0.4~2.0	
环氧衬垫粉云母板	5731-1	B	20~40	0.4~2.0	
醇酸纸云母箔	5830	B	16~35	0.15, 0.20, 0.25, 0.30	用于一般电机、电器卷烘绝缘、磁极绝缘
虫胶纸云母箔	5831	E~B	16~35		
有机硅玻璃云母箔	5850	H	16~35	0.15, 0.20, 0.25, 0.30	用于H级电机、电器卷烘绝缘、磁极绝缘

4-2-5 绝缘油

绝缘油主要品种有：变压器油、开关油和电容器油等。其技术数据及用途，见表 4-33。

表 4-33 绝缘油的技术数据及用途

性能及用途	变压器油		开关油(45号 变压器油)	电容器油	
	10号	25号			
运动黏度(厘沲)	0℃	—	—	—	
	20℃	< 30	20~30	<30	
	50℃	7.5~9.6	8.5~9.6	6~9.6	
闪点	(℃)(闭口)	135~160	135~155	135~145	135~175
凝固点	(℃)	-12~-10	-28~-25	-47~-45	-48~-45
酸值(mgKOH/g)		0.006~	0.004~	0.003~	0.003~
		0.05	0.05	0.05	0.02
灰分(%)		0.001~	0.002~	0.003~	0.0015
		0.005	0.005	0.005	
残碳(%)		—	—	—	—
苛性钠抽出级		1~2	<2	2	<1
透明度(5℃时)		透明	透明	透明	透明
抗氧化安定性,氧化后沉淀物(%)		0.01~0.1	0.06~0.1	0.02~0.10	—
氧化后酸值(mgKOH/g)		0.02~0.35	0.04~0.35	0.048~	—
电阻率($\Omega \cdot \text{cm}$)	20℃	—	—	—	$10^{14} \sim 10^{15}$
	100℃	—	—	—	$>10^{13}$
介质损耗角正切	20℃	<0.005	0.0005~	—	—
			0.005		
	70℃	0.0025~	0.001~	—	—
		0.025	0.025		
	100℃, 50Hz	—	—	—	<0.005
	100℃, 10^3 Hz	—	—	—	<0.002
	老化后	—	—	—	—
相对介电系数	20℃, 50Hz	—	—	—	2.1~2.3
	10^3 Hz	—	—	—	2.1~2.3
击穿强度(kV/cm)		160~180	180~210	—	200~230
主要用途	用于变压器及油开关中起绝缘和散热作用		在低温工作下的油开关中作绝缘、排热、灭弧用	在电容器上作绝缘用	

4-3 润滑油和润滑脂

电机和设备上的零件在作相对运动（滑动或滚动）的过程中，相接触的表面都存在着摩擦现象。为了减少磨损，提高设备的使用寿命，十分重要的措施是加强对设备的润滑。润滑剂除可减少磨损外，还有减少摩擦阻力、降低摩擦面的温度、防止锈蚀、缓冲冲击、形成密封等作用，可提高设备的传动效率和使用寿命。

常用润滑油、润滑脂的品种、代号、性能及用途见表 4-34 和表 4-35。

4-4 胶黏剂

胶黏剂又称黏合剂或黏接剂。随着高分子工业的发展，各种胶黏剂已广泛用于电工、机械等各个行业。

4-4-1 环氧树脂胶黏剂

环氧树脂胶黏剂是一种新型的合成树脂胶，它可以黏合多种金属、合金及非金属，如钢铁、合金钢、各种有色金属和合金、玻璃、陶瓷、玻璃钢、橡胶、硬塑料等，黏接强度较高。但是必须注意，它虽然使用范围广，也并非“万能”，而应根据具体对象选用。环氧树脂胶的成分及作用见表 4-36。几种配方见表 4-37。

表 4-34 润滑油的性能及用途

名称	代号	50℃时的 黏度 m^2/s	凝点 \leq (℃)	闪点 \geq (℃)	残碳 \leq (%)	灰分 \leq (%)	机械杂质 \leq (%)	酸 值 (mgKOH/ g 油)	主要用途
高速机械油 (GB486-65)	HJ-5	4~5.1	-10	110	—	0.005	无	0.04	高速低载荷机械轴承的润滑 和冷却,如机床主轴、磨床砂轮 架等机构;10000r/min 以上的 高速轻载荷机械润滑
	HJ-7	6~8	-10	125	—	0.005	无	0.04	
机械油 (GB443-64)	HJ10	7~13	-15	165	0.15	0.007	0.005	0.14	机床以及其他各种机械润滑 和液压传动 各种高速低载荷或中小载荷 循环式或油箱式集中润滑系统 中小型齿轮(钢制)、蜗轮(铜 制)传动浸油式或喷射式润滑 摩擦平面及各种机械滑动轴承 的润滑和冷却
	HJ20	17~23	-15	170	0.15	0.007	0.005	0.16	
	HJ30	27~33	-10	180	0.25	0.007	0.007	0.20	
	HJ40	37~43	-10	190	0.25	0.007	0.007	0.35	
	HJ50	47~53	-10	200	0.30	0.007	0.007	0.35	
齿轮油 (SYB1103-62S)	HL-20 (冬用)	—	-20	170	—	—	—	—	重载荷机械、齿轮及蜗轮传 动装置的箱式润滑系统;各种 中等载荷减速机浸油式及循环 式润滑系统
	HL-30 (夏用)	—	-5	180	—	—	—	—	
压缩机油 (SYB1216-60S)	HS-13	—	—	215	—	0.015	0.007	0.15	鼓风机、低压及中压压缩机 高压多级压缩机
	HS-19	—	—	240	—	0.010	0.007	0.10	
仪表油 (GB487-65)	HY-8	6.3~8.5	-60	120	—	0.005	无	0.10	适用于各种仪表的润滑

表 4-35 润滑油的品种、代号、物理化学性质及用途

名称	代号	颜色	滴点 (不低于) (°C)	针入度 150g/25°C (1/10mg)	水分 (不大于) (%)	游离碱 (不大于) (KOH/g)	游离酸 (mg)	灰分 (不大于) (%)	机械杂质 (%)	用途
钠基润 滑脂	ZN-1	深黄色到 暗褐色均 匀油膏	130	230~270	0.50	0.20	无	4.00	—	在较高工作温度、 清洁无水分条件下, 用于开启式电动机
	ZN-2		150	180~220	0.50	0.20	无	4.50	—	
钙钠基 润滑脂	ZGN-1	由黄色到 深棕色的均 匀软膏	120	250~290	0.70	0.20	无	—	—	在较高工作温度、 允许有水蒸汽的条 件下,用于开启式、 封闭式电动机
	ZGN-2		135	200	0.70	0.20	无	—	—	
钙基润 滑脂	ZG-1	从淡黄色 到暗褐色,在 玻璃上涂抹1~2mm 厚的润滑脂光 层,在透光灯 检查时均匀无 块状物	75	310~350	1.50	0.20	—	—	37~53	用于一般工作温 度、与水接触的封 闭式电动机
	ZG-2		80	260~300	2.00	0.20	—	—	17~33	
	ZG-3		85	210~250	2.50	0.20	—	—	17~33	
	ZG-4		90	160~200	3.60	0.20	—	—	37~53	
石墨钙基润 滑脂	ZG-S	均一状 黑色纤维状 油膏	80	—	2.00	—	—	—	—	—
钼基润滑脂 3号	ZB-3	由暗褐色软 到暗褐色软 油膏	150	200~260	无	—	—	—	27~43	—
	ZRG-1		180	310~350	0.10	0.20	0.40	—	17~33	用于高温有严重 水分场合的封闭 式电动机
	ZRG-2		200	260~300	0.10	0.20	0.40	—	17~33	
	ZRG-3		220	210~250	0.10	0.20	0.40	—	17~43	
ZRG-4		240	160~200	0.10	0.20	0.40	—	17~43		
铝基润 滑脂	ZU-2	由淡黄色 到暗褐色透 明油膏	75	230~280	无	—	—	—	—	用于高温工作条 件及严重水分场 合,特别适用于 带型电动机

表 4-36 环氧树脂胶黏剂成分及作用

环 氧 树 脂	它是环氧胶的主要成分,是一种黏稠状的液体,固化后变成棕色就不能再溶解。当温度高于 200℃ 或受阳光曝晒时,容易老化变脆,黏合能力降低。常用环氧树脂牌号及性能见下表			
	牌号	软化点(℃)	一般性能及用途	
	618	液 体	黏接力强,黏度低,便于操作,适于黏合、浇铸、层压等	
	6101	14~22	适于黏合、浇铸	
	634	20~28	同上,黏度较 6101 高,并具有较高电气性能	
	601	64~76(固体)	附着力强,韧性好	
607	110~135(固体)	具有良好的抗化学药品及电气性能		
增 塑 剂	用来增加环氧树脂固化后的韧性,以提高抗弯及抗冲击强度。常用增塑剂名称及用量见下表。用量是指环氧树脂 6101 [#] 或 634 [#] 为 100 而言			
	名 称	用量(%)	性 状	
	邻苯二甲酸二辛脂	15~20	液体油状	
	磷酸三苯脂	15~20	液体、耐寒性差	
	磷酸三甲酸苯脂	15~20	液体	
	聚硫橡胶	30~300	黄褐色液体	
酚醛树脂	30~40	黄褐色高黏度液体		
固 化 剂	热塑性环氧树脂加入固化剂后,即成为热固性的环氧树脂。常用固化剂名称及性能见下表。使用固化剂时,必须研成粉末状。表中固化剂用量是指环氧树脂 6101 [#] 或 634 [#] 为 100 而言			
	名 称	用量(%)	性 能	固化条件
	乙二胺	6~8	液体,挥发性高,反应放热,室温固化,固化速度快,使用有效期短(约半小时),耐热性较差(<100℃)	室温 24h 或 120℃ 3h
	二乙基三胺	10	液体,挥发性高,反应放热,固化速度快,使用有效期短,室温配制	20~30℃ 8h
	己二胺	15	液体,挥发性高,反应放热,固化速度快,使用有效期短,室温配制	20~30℃ 8h
三乙醇胺	10	液体,室温搅匀后即可使用,使用有效期长	60℃ 12h 或 150℃ 2h	
稀 释 剂	主要作用是降低环氧树脂的黏度,便于工艺操作。常用的稀释剂有丙酮、二甲苯、酒精、甲苯、香蕉水等。用量一般为环氧树脂重量的 5%~20%			
填 料	用来改善黏接性能,减少收缩率和环氧树脂胶黏剂的用量。填料要求干燥、细而均匀(180~200 目),填料的用量要适当,不宜过多,常用填料种类有石棉纤维、玻璃纤维、石英粉、瓷粉、氧化铝粉、铁粉、铅粉、铜粉等			

表 4-37 几种环氧树脂黏接剂的配方

配 方	固 化 条 件
环氧树脂 100 聚酰胺树脂 200 铁粉 50 ~ 200 玻璃丝粉 1 ~ 2 石墨粉 少量	20~30℃ 48h 或 150℃ 2h
环氧树脂 100 邻苯二甲酸二丁脂 20 乙二胺 8 玻璃丝粉 1 ~ 2 铁粉 50 ~ 200 二硫化钼粉 1 ~ 2	20~30℃ 24h 或 120℃ 3h
环氧树脂 100 邻苯二甲酸二丁脂 20 邻苯二甲酸酐 40 填料 适量	20~30℃ 1h 后, 缓慢升温至 180℃, 保温 2h, 降至室温

环氧树脂胶的配制和使用方法,随配方特点、使用要求及各单位习惯而异。一般说来,活性组分(固化剂、催化剂等等)应最后加入,当环氧树脂为固体时,应先将其加热熔化(温度要适当,有时熔化后须冷却),或溶解于其他惰性组分(如增韧剂、稀释剂)中。填料、增韧剂、稀释剂等,可先与树脂相混,也可临时加入。配胶时,必须将各组分充分搅拌均匀,并避免混入有害的杂质,如水、油等。胶液黏度过大时,可酌加稀释剂(一般不超过 10%),或适当加温,但加温将缩短适用期,有时甚至引起爆聚,必须严格控制。黏接表面必须按要求进行处理,不含溶剂时,可立即合拢,并按指定程序进行固化;含溶剂时,应露置适当时间,并在加压条件下进行固化,多余的胶液,应在其未固化前擦去,以保证得到美观的接头(固化的胶液,为不熔不溶物质,只能用机械方法去除)。

4-4-2 502 胶

以 α -氰基丙烯酸乙酯为主体，加入少量增韧剂、增稠剂和阻聚剂而成。不含溶剂，使用时不需调配，使用方便，固化迅速，在黏接后数秒至几分钟内即可产生强度，2h 后可以加工。可黏合金属、塑料（氟塑料、聚烯烃等除外）、橡胶、木材、玻璃、陶瓷等。工作温度 $-50 \sim +70^{\circ}\text{C}$ ，接头对有机溶剂有一定抵抗性，但不耐水、酸、碱。脆性较大，不耐冲击和振动。

使用方法：将胶涂在处理好的表面上，合拢后，在触压下保持 30s 至数分钟后，在室温放置 48h 即可。502 胶固化较慢，但填缝性较好，可黏接稍微粗糙一些的表面（但不适于黏接多孔材料及高度粗糙表面）。胶液应保存在冷温、干燥、密封、避光的场所，贮存有效期较短。

黏接强度如下：

	抗张强度 (N/cm^2)	剪切强度 (N/cm^2)
钢	3850	2220
铝	1960	1160
铜	3290	1280

4-4-3 聚醚聚氨酯黏接剂

聚醚聚氨酯黏接剂由聚醚聚氨酯、莫卡固化剂、硅酸盐三种组分构成，三者的比例为 $100:15 \sim 20:400 \sim 500$ 。这种黏接剂的挥发性较强，搅拌时很稠，几分钟后又回软。它不怕潮湿，适合冬季施工，可用于改性聚苯乙烯塑料制品、电玉粉制品、陶瓷制品、金属制品、混凝土构件、木材等的黏接。操作的工艺要求是，清除被黏处表面的灰浆及污垢（包括金属表面的油漆、浮锈），按比例加入莫卡固化剂后调匀，再加入水泥搅拌成稠状，待 1h 后使用。一次调料可用四小时。

4-4-4 聚醋酸乙烯乳液黏接剂

聚醋酸乙烯乳液黏接剂由聚醋酸乙烯乳液和硅酸盐水泥组成，两者的比例为 $100:125 \sim 150$ 。这种黏接剂可用于电玉粉制

品、陶瓷制品、木材、混凝土构件的黏接，适于在相对湿度不超过50%的干燥、常温条件下使用。使用时清除被黏处表面灰浆及污垢，在乳液中加入水泥搅拌成糊状即可黏接。

4-4-5 胶黏剂的选用

部分胶黏剂及其用途以及选用胶黏剂参考表，见表4-38和表4-39。

表 4-38 部分胶黏剂及其用途

名 称	用 途
光学树脂胶	光学玻璃黏接
E型环氧树脂(618、634、6101)	黏接、浇铸、层压涂料、包封
F型环氧树脂(酚醛环氧)	黏接、浇铸、层压涂料、包封
KH-1密封胶(Xy-755胶)	金属密封
KH-802胶	高强度金属结构黏接
KH-509胶	高强度金属结构黏接
酚醛树脂胶	木材黏接，层压材料
脲醛及改性脲醛胶	木材黏接
KH-501胶	多种材料的快速黏接
502快干胶	多种材料的快速黏接
珊瑚502胶	多种材料的快速黏接
氯乙烯-醋酸乙烯共聚物	塑料黏接，软唱片
软聚氯乙烯黏接剂	黏接软聚氯乙烯
硬聚氯乙烯黏接剂	黏接硬聚氯乙烯等
聚醋酸乙烯酯乳液(化学胶、白胶、白乳胶)	通用黏接剂
合成胶水	织物、纸张黏接
聚醚聚氨酯黏合剂	塑料、金属黏接
JQ-1胶	橡胶与金属黏接
MCG胶	橡胶、人造革、金属
XY-401胶	橡胶、皮革、金属、木材等
KH-506胶	耐热结构黏接(刹车片等)
JF-2胶	橡胶与金属黏接
X98-4胶(JSF-2胶 BΦ-2胶培爱夫胶)	各种金属及非金属黏接
X98-1胶(JSF-4胶 BΦ-4胶培爱夫胶)	各种金属及非金属黏接
KH-505胶	耐高温黏接
KH-1导电胶	耐热导电黏接
室温硫化硅橡胶	黏接、灌封、防潮
压敏胶带(电工胶纸)	绝缘、包装、定位

(续表)

胶黏剂 黏接材料	聚 酰 胺	丙 烯 酸 酯	不 饱 和 聚 酯	酚 醛 树 脂	酚 醛 尼 龙	酚 醛 环 氧	缩 醛 — 聚 乙 烯 醇	缩 醛 — 甲 醇 醛	缩 醛 — 聚 乙 烯 醇	缩 醛 — 丁 醇 醛	酚 醛 — 氯 丁	酚 醛 — 丁 腈	间 苯 二 酚 — 甲 醛	脲 醛 树 脂	环 氧 树 脂	环 氧 — 聚 酰 胺	环 氧 — 聚 硫	呋 喃 树 脂	聚 氨 酸 酯	多 异 氰 酸 酯	聚 酰 亚 胺	聚 苯 并 咪 唑	无 机 黏 接 剂
金 属	V	V	V		V	V	V	V	V	V	V	V			V	V	V	V	V	V	V	V	V
玻璃陶瓷		V	V		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
泡沫塑料										V									V				
木 材	V		V	V					V	V	V	V	V	V	V	V			V				
皮 革	V		V						V	V	V				V				V	V			
纤维织物	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V		V	V	V			
纸 张	V		V	V					V				V	V		V			V				
热固性塑料		V	V		V	V	V	V	V	V	V	V		V	V	V	V	V	V				
层压材料		V	V		V	V	V	V	V	V	V	V		V	V	V	V	V	V				
纤维素塑料	V																		V		V		
硬聚氯乙烯		V														V			V				
软聚氯乙烯										V										V			
聚苯乙烯		V	V								V								V				
有机玻璃		V										V											
聚 烯 烃											V				V	V							
氟 塑 料											V				V	V			V				
聚碳酸酯		V	V																V				
漆 纶																			V	V			
聚 砜		V	V																V				
尼 龙											V	V			V	V			V				
天然橡胶							V	V	V	V	V	V	V	V	V	V				V			
氯丁橡胶							V			V	V		V		V	V				V			
丁腈橡胶										V	V				V					V			

注：V者表示可以黏接。黏接聚烯烃和氟塑料时，表面需特殊处理。

4-5 电 刷

电刷是用于电机的换向器或集电环上传导电流的滑动接触件。电刷选用得是否恰当,对于电机的运行有很大关系。其技术性能和选择见表 4-40 和表 4-41。

表 4-40 电刷技术性能及工作条件

类别	标 号	电阻系数 (分接触法) ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	一对电刷的 接触电压降 (V)	摩擦 系数 不大于	50h 磨损 (mm) 不大于	工 作 条 件		
						额定电 流密度 (A/cm^2)	容许圆 周速度 (m/s)	电刷使用 单位压力 (gf/cm^2)
石墨电刷	S-3	8~20	1.5~2.3	0.25	0.2	11	25	200~250
	SQF-6	15~23	1.4~3.0	0.28	0.15	12	70	220~400
电化石墨电刷	DS-4	6~16	1.6~2.4	0.2	0.25	12	40	150~200
	DS-8	31~50	1.9~2.9	0.25	0.15	10	40	200~400
	DS-14	22~36	2~3	0.25	0.15	10	40	200~400
	DS-52	12~22	2~3.2	0.23	0.15	12	50	200~250
	DS-72	10~16	2.4~3.4	0.25	0.2	12	70	150~200
	DS-74	35~80	3.2~4.4	0.25	0.30	12	50	200~400
	DS-74B	45~75	2.2~3.5	0.25	0.2	12	50	200~400
	DS-74B ₂	60~90	2.3~3.5	0.25	0.2	12	50	200~400
	DS-79	20~43	1.6~2.6	0.25	0.15	12	40	200~400
	DH-112	40~55	2.5~3.7	0.25	0.1	12	50	200~400
金属石墨电刷	T-1	1~6	1~2	0.25	0.18	15	25	150~200
	T-3	5~12	1.4~2.2	0.25	0.15	12	20	150~200
	TS-2	0.1~0.35	0.3~0.7	0.2	0.4	20	20	180~230
	TS-4	0.2~1.3	0.6~1.6	0.2	0.3	15	20	200~250
	TS-51	0.04~0.12	0.15~0.35	0.2	0.6	25	20	180~230
	TS-64	0.05~0.15	0.1~0.3	0.2	0.7	20	20	180~230
	TS-103	0.2~1	0.6~1.6	0.2	0.3	15	20	200~250
	TSQ-A	<0.25	<0.4	0.25	0.8	20	20	180~230
	TSQ-5	1~12	<2	0.25	0.5	15	35	150~200
	TSQ-17	1~12	<1.9	0.22	0.40	15	25	150~200

注:1. S—石墨,DH与DS—电化石墨,T—铜,Q—铅;TSQ-A汽车拖拉机用,SQF汽轮发电机用,S-3属淘汰产品。

2. $1\text{gf}/\text{cm}^2 = 98.0665\text{Pa}$

表 4-41 电机电刷的选择

电机的类型	电刷的工作条件		可采用的电刷	
	电流密度 (A/cm ²)	圆周速度 (m/s)	正常的	代用的
直 流 发 电 机				
电焊发电机			DS-4 DS-8	DS-14 T-1
低电压发电机(电镀、电解和充电用):				
1. 电压 80V 以下	12 以下	20 以下	DS-4 DS-72	T-3 DS-14
2. 电压 40V 以下	15 以下	20 以下	TSQ-5 TSQ-17	T-3
3. 电压 12V 以下	25 以下	20 以下	TS-64 TS-51	TS-2
直 流 电 动 机				
一般工业用电动机:				
1. 30kW 以下、电压约 110V、有正常换向及恒定负载	10 以下	15 以下	S-3	DS-14
2. 50kW 左右、其他同上	10 以下	20 以下	DS-14 DS-52	S-3
3. 100kW 左右、电压 120 ~ 220V、换向稍有困难、负载不定	10 以下	20~25	DS-14 DS-74B DH-112	DS-52 DS-72
升降机、起重机、水泵等使用的电动机:				
1. 小容量、电压 500V 以下、换向稍有困难	10 以下	15 以下	DS-14	DS-52
2. 中等容量、电压 500V 以下、换向困难	10 以下	30 以下	DS-52 DS-14	DS-74B DS-74
3. 大容量、电压 500V 以下、换向较困难	10 以下	50 以下	DS-74B DH-112	DS-72 DS-79

(续表)

电机的类型	电刷的工作条件		可采用的电刷	
	电流密度 (A/cm ²)	圆周速度 (m/s)	正常的	代用的
轧钢机的辅助机械用电动机: 1. 冲击式负载、机械性震动 2. 高电压、换向很困难	10 以下 12 以下	30~40 60 以下	DS-74B DS-74 DS-74 DS-74B	DS-52 DS-79 DH-112
轧钢机驱动用电动机 初轧机、板坯机、钢梁轧机等 的可反向及不可反向电动机	10 以下 12 以下	30~40 60 以下	DS-8 DS-14 DS-52 DS-112	DS-74 DS-74B DS-74B DS-74
其他专用和特殊直流电机				
ZKD 型高速直流电动机			DS-74B DS-14 DH-112	
ZKK 系列电机扩大机			DS-8	DS-52
电动工具及其他类似用途的 小型电动机(电压 110~220V)	10 以下	15 以下	DS-8	DS-52
汽车电机: 1. 汽车发电机 2. 汽车起动电动机			DS-13 TS-103 TSQ-5	DS-52 TSQ-17
快速小型电动机(伺服电动机): 1. 电压 50V 以上 2. 电压 20~50V 3. 电压 20V 以下	10 以下 15 以下 10 以上	10 以下 4 以下 2 以下	DS-52 TSQ-5 TSQ-5 TSQ-17	DS-14 T3 TSQ-17 TS-4

(续表)

电机的类型	电刷的工作条件		可采用的电刷	
	电流密度 (A/cm ²)	圆周速度 (m/s)	正常的	代用的
交 流 电 动 机				
一切容量的异步电动机和单 枢变流机的滑环:				
1. 电刷的电流密度较高的	12 以上	20~40	TS-64 DS-72	TS-4 DS-4
2. 电刷的电流密度正常的	10 以下	20 以下	DS-52	DS-14
3. 圆周速度较高的	10 以下	60 以下	DS-74B DS-74	DS-72
交 流 整 流 子 电 机				
一切容量的三相电动机:				
1. 整流子端(换向较困难)			DH-112 DS-74B ₂	DS-74 DS-74
2. 滑环端			TS-64	TS-2
小容量单相电动机	10 以下	20 以下	DS-52	DS-14

5-1 电动机的分类

在工业、农业、民用各个部门中，大多数生产机械、家用电器等机械设备，需要电动机驱动。这是因为电动机结构简单、运行可靠、效率高，制造、使用和维修都较方便。根据不同用途电动机分为若干种类，主要分类见图 5-1。

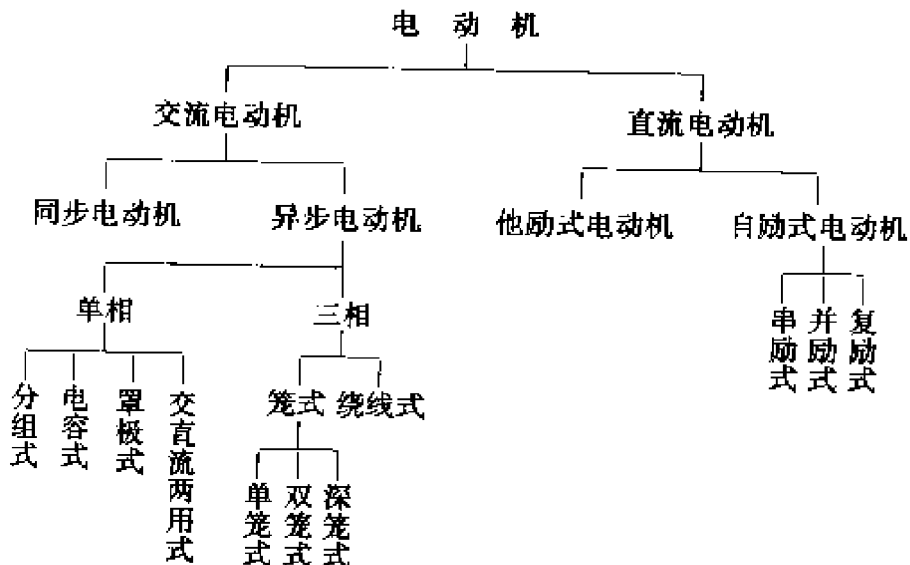


图 5-1 电动机的分类

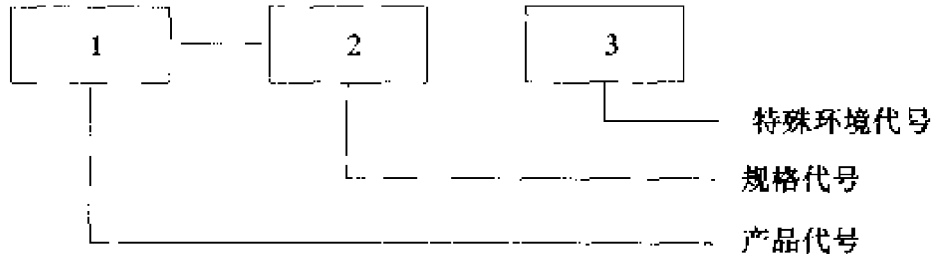
从图 5-1 中看出，交流电动机种类比直流电动机多，而交流电动机中异步电动机应用最广泛。因此本章将重点介绍异步电动机的结构、性能和各种技术数据。

5-2 异步电动机型号表示方法

异步电动机的产品型号由汉语拼音大写字母、国际通用符号

和阿拉伯数字组成。

产品型号组成形式：



(1) 产品代号 由异步电动机类型代号 (Y)、电机特点代号 (用字母来表示) 和设计序号 (用数字表示) 等三个小节顺序组成。见表 5-1 说明 (产品代号)。

(2) 规格代号 用中心高、铁心外径或机座号或凸缘号、机座长度、铁心长度、功率、转速或极数等来表示。对中小型电机其机座长度可用国际通用符号来表示：S 表示短机座；M 表示中机座；L 表示长机座。

(3) 特殊环境代号 用字母表示各种特殊环境条件，见表 5-2。如果同时具备一个以上的特殊环境条件的，则按表中顺序排列。

表 5-1 产品代号表

序号	产 品 名 称	新产品代号	新产品代号 汉字意义	老产品代号
1	异步电动机	Y	异	J, JO, JS, JK
2	绕线转子异步电动机	YR	异绕	JR, JRO, YR
3	大型高速(快速)异步电动机	YK	异(快)	JK
4	大型绕线转子高速(快速)异步电动机	YRK	异绕(快)	YRG
5	高起动转矩异步电动机	YQ	异起	JQ, JQO
6	高转差率(滑率)异步电动机	YH	异(滑)	JH, JHO
7	多速异步电动机	YD	异多	JD, JDO
8	笼型转子立式异步电动机(大中型)	YL	异立	YLL, JSL
9	绕线转子立式异步电动机(大中型)	YRL	异绕立	JRL
10	精密机床用异步电动机	YJ	异精	JJO

(续表)

序号	产 品 名 称	新产品代号	新产品代号 汉字意义	老产品代号
11	制动异步电动机(傍磁式)	YEP	异(制)傍	JZD
12	制动异步电动机(杠杆式)	YEG	异(制)杠	JZD
13	制动异步电动机(附加制动器式)	YFJ	异(制)加	JZD
14	锥形转子制动异步电动机	YEZ	异(制)锥	JZZ
15	电磁调速异步电动机	YCT	异磁调	JZT
16	机械调速异步电动机	YJT	异机调	JT
17	换向器(整流子)调速异步电动机	YHT	异换调	JZS
18	齿轮减速异步电动机	YCJ	异齿减	JTC
19	摆线针轮减速异步电动机	YXJ	异线减	JXJ
20	行星齿轮减速异步电动机	YHJ	异行减	
21	力矩异步电动机	YLJ	异力矩	JLJ
22	装入式异步电动机	YUR	异(装)入	
23	滚筒用异步电动机	YGT	异滚筒	
24	频繁起动用异步电动机	YPQ	异频起	
25	辊道用异步电动机	YG	异辊	JG, JGK, JGT
26	起重冶金用异步电动机	YZ	异重	JZ
27	起重冶金用绕线转子异步电动机	YZR	异重绕	JZR
28	起重冶金用绕线转子(管道通风式) 异步电动机	YZRG	异重绕管	JZRG
29	起重冶金用绕线转子(自带风机式) 异步电动机	YZRF	异重绕风	
30	起重冶金用制动异步电动机	YZE	异重(制)	
31	起重冶金用减速异步电动机	YZJ	异重减	
32	起重冶金用减速绕线转子异步电动机	YZRJ	异重绕减	
33	电梯用异步电动机	YTD	异梯电	JTD
34	木工用异步电动机	YM	异木	JM
35	中频异步电动机	YZP	异中频	
36	电动阀门用异步电动机	YDF	异电阀	

(续表)

序号	产 品 名 称	新产品代号	新产品代号 汉字意义	老产品代号
37	耐振用异步电动机	YN	异耐	
38	震捣器用异步电动机	YUD	异(震)捣	
39	管道泵用异步电动机	YGB	异管泵	
40	立式深井泵用异步电动机	YLB	异立泵	JLB
41	井用(充水式)潜水异步电动机	YQS	异潜水	JQS
42	井用充油式潜水异步电动机	YQSY	异潜水油	JQSY
43	井用潜油式异步电动机	YQY	异潜油	JQY
44	井用潜卤异步电动机	YQL	异潜卤	JQL
45	钻探用异步电动机	Y TZ	异探	JTZ
46	单相电容起动异步电动机	YDY	异单(容)	JDY
47	屏蔽式异步电动机	YP	异屏	
48	凿岩机用异步电动机	YI	异(岩)	
49	轴流式局部扇风机(通风机)	YT	异(通)	
50	防爆安全型异步电动机	YA	异安	JAO
51	防爆型异步电动机	YB	异爆	JB, JBS
52	防爆通风型异步电动机	YF	异风	
53	防爆安全型绕线转子异步电动机	YAR	异安绕	JAR
54	防爆型绕线转子异步电动机	YBR	异爆绕	JBR
55	防爆安全型高起动转矩异步电动机	Y AQ	异安起	
56	防爆型高起动转矩异步电动机	Y EQ	异爆起	
57	防爆安全型高转差率(滑率)异步电动机	Y AH	异安滑	
58	防爆型高转差率(滑率)异步电动机	Y BH	异爆滑	
59	防爆安全型多速异步电动机	Y AD	异安多	
60	隔爆型多速异步电动机	Y BD	异爆多	
61	隔爆型制动异步电动机(傍磁式)	Y EEP	异爆(制)傍	
62	隔爆型制动异步电动机(杠杆式)	Y EEG	异爆(制)杠	
63	隔爆型制动异步电动机(附加制动器)	Y EEJ	异爆(制)加	

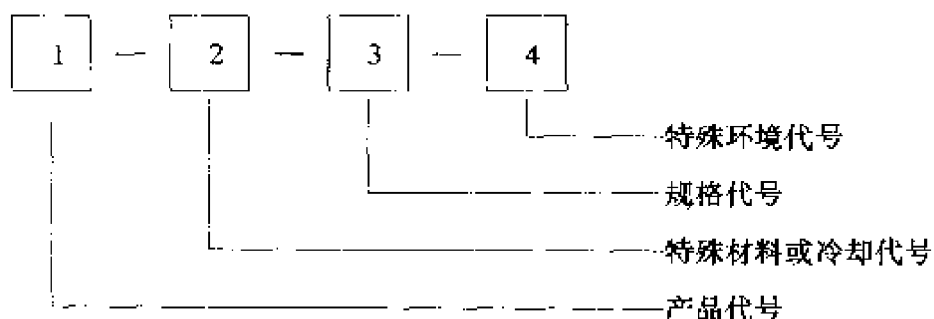
(续表)

序号	产 品 名 称	新产品代号	新产品代号 汉字意义	老产品代号
64	防爆安全型电磁调速异步电动机	YACT	异安磁调	
65	防爆型电磁调速异步电动机	YBCT	异爆磁调	
66	防爆安全型机械调速异步电动机	YAJT	异安机调	
67	隔爆型机械调速异步电动机	YEJT	异爆机调	
68	防爆安全型齿轮减速异步电动机	YACJ	异安齿减	
69	隔爆型齿轮减速异步电动机	YECJ	异爆齿减	
70	电梯用防爆安全型异步电动机	YATD	异安梯电	
71	电梯用隔爆型异步电动机	YBTD	异爆梯电	
72	电动阀门用防爆安全型异步电动机	YADF	异安电阀	
73	电动阀门用隔爆型异步电动机	YBDF	异爆电阀	
74	震捣器用防爆安全型异步电动机	YAUD	异安(震)捣	
75	管道泵用隔爆型异步电动机	YEGB	异爆(管)泵	
76	隔爆型屏蔽式异步电动机	YBP	异爆屏	
77	凿岩机用隔爆型异步电动机	YBI	异爆(岩)	JBI
78	隔爆型轴流式局部扇风机(通风机)	YBT	异爆(通)	JBT
79	链板运输机用隔爆型异步电动机	YBY	异爆运	JBY
80	绞车用隔爆型异步电动机	YBJ	异爆绞	JBJ
81	圆柱绞车用隔爆型异步电动机	YBH	异爆圆	
82	立式深井泵用隔爆型异步电动机	YBLB	异爆立泵	
83	起重冶金用隔爆型异步电动机	YBZ	异爆重	

表 5-2 特殊环境代号表

环 境	“高” 原用	“船” (海)用	户“外”用	化工防 “腐”用	“热”带用	“湿热” 带用	“干热” 带用
代 号	G	H	W	F	T	TH	TA

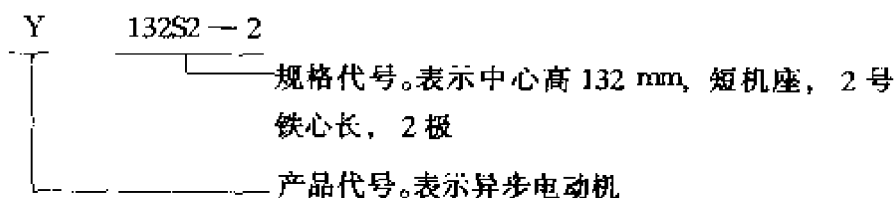
目前各厂矿还大量使用异步电动机的老产品，老产品的型号组成形式如下：



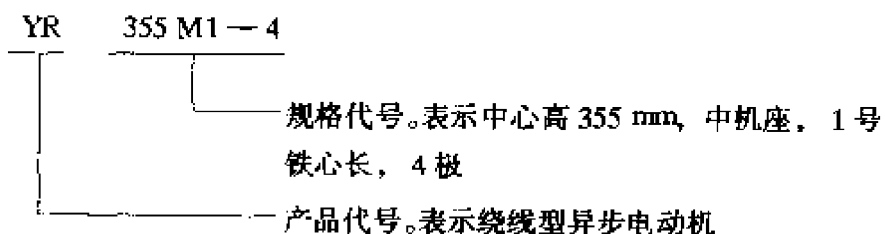
老产品型号组成中的“规格代号”和“特殊环境代号”与新产品型号中的代号意义相同，见上面 (2)、(3) 说明。“产品代号”见表 5-1 中“老产品代号”。“特殊材料或冷却代号”是用汉语拼音大写字母表示：L 表示铝线材料；S 表示水冷却；F 表示风冷却。

2. 产品型号举例

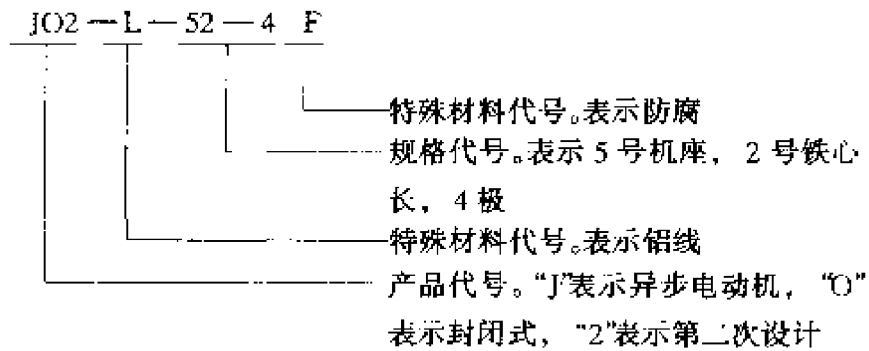
(1) 小型异步电动机



(2) 中型绕线型异步电动机



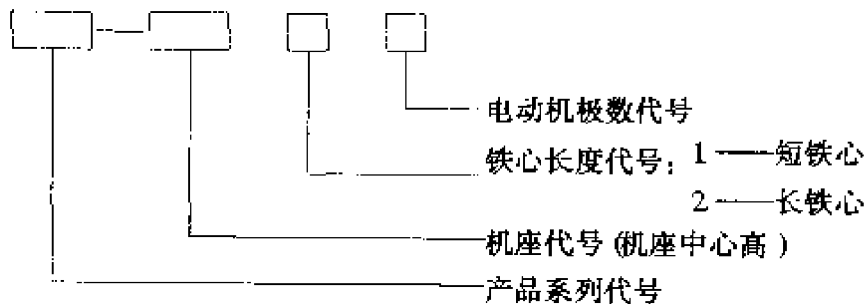
(3) 化工防腐用封闭式铝线异步电动机



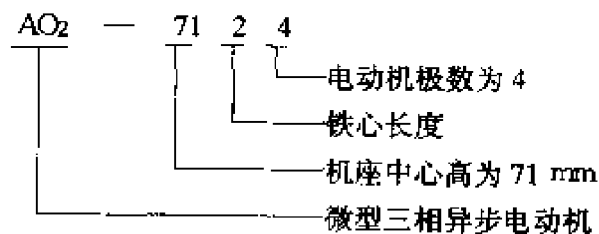
5-3 异步电动机的结构特征及其用途

5-3-1 常用微型异步电动机特点及其用途

微型异步电动机的型号说明如下：



例如：AO₂—7124 型电动机：



常用微型异步电动机的特点和用途，见表 5-3。

表 5-3 常用微型异步电动机的特点和用途

型 号	特 点	用 途
AO ₂ 系列三相异步电动机	结构简单,运行可靠,维护方便	广泛适用于各种机械作传动力
BO ₂ 系列单相电阻起动异步电动机		适用于对起动转矩要求不太大的机械。如小型机床、鼓风机、医疗器械等
CO ₂ 系列单相电容起动异步电动机	除 AO ₂ 系列特点外,起动转矩较大	多适用于要求满载起动的机械。如空气压缩泵、冰箱、木工机械等
DO ₂ 系列单相电容运转异步电动机	除 AO ₂ 系列特点外,功率因数较高,运转匀称。本系列电机不宜空载使用	适用于风扇、电子仪器、仪表、医疗器械起动转矩要求较低的机械
GAO、GBO、GCO、GDO 系列钢板结构小功率异步电动机	工艺简单、先进、电动机原材料成本低廉,为目前国际上电机行业发展方向	广泛应用于小型机械、仪器、医疗器械、家用电器及轻工产品等方面
AO、BO、CO、DO、AOT、COT、DOT 系列异步、同步电动机(T表示同步电动机)	<p>AO、AOT 系列具有良好的起动性能和运行性能,可供各种机械设备作驱动用</p> <p>BO 系列产品适用于起动转矩要求不大而起动电流允许较大的场所</p> <p>CO、COT 系列适用于起动转矩要求较大和起动电流不宜过大的场所。</p> <p>DO、DOT 系列适用于空载起动要求起动转矩较低的场所</p>	本系列电机广泛地应用于机床、冶金、纺织、石油、地质、煤炭、邮电、农业、机械、造纸、印刷、医疗器械、热工仪表、光学仪器、电影电视、无线电通讯和国防技术等,还应用于日常生活器具上作驱动用
JW 系列三相异步电动机	有良好的起动和运行性能,结构简单,维护方便	适用于各种机械上作传动力之用

(续表)

型 号	特 点	用 途
JX 系列单相电容运转电动机	功率因数较高,运转平稳,本系列电机不宜空载使用	适用于电风扇、电子仪器、仪表、医疗器械等各种起动转矩要求较低的机械
JY 系列单相电容起动电动机	起动力矩较大	适用于空气压缩泵、冰箱、医疗器械、木工机械等
JZ 系列单相电阻起动电动机		适用于小型机床、鼓风机、医疗器械
JW 系列三相异步电动机	本系列为铸铁机壳封闭自扇冷却结构三相异步电动机	广泛用于驱动各种小型机床、纺织、化工机械及各种日用电器
DOL ₁ 、AOL ₁ 系列单相电容运转、三相离合器式异步电动机	本系列电动机性能优良并具有运行均匀稳定、振动小、噪声低、在定子上附有独立的照明供电绕组等特点	不仅适用于驱动各种高、低速工业缝纫机,也适用作要求频繁起动和停止的小型机械动力
AZ 系列三相异步傍磁式快速制动电动机	与一般制动电动机比较具有结构简单、重量轻、体积小、使用方便和制动性能可靠等特点	在自动控制系统中可作为驱动元件,广泛应用在电动机断电后需快速制动的场合
90A、Z、R、Y 系列三相、单相异步电动机	各系列电动机是减振型、低噪声、三相、单相、微型异步电动机	应用于振动和噪声较低的器械和环境,供一般驱动用
BAQ-W 系列户外防爆三相异步电动机	全封闭结构,自扇冷却,具有良好的防潮、防水、防尘、防轻腐蚀和防爆等性能	适用于 1、2、3 级 a、b、c 组可燃性气体与空气形成的爆炸性混合物及轻腐蚀性场所,广泛使用于石油、化工、冶金、轻工等部门

(续表)

型 号	特 点	用 途
YC系列单相电容起动异步电动机	铸铁机壳、封闭自冷	广泛使用于各种小型机床、小型泵和各种日常生活器具上
YYC系列齿轮减速单相电容运转异步电动机	体积小、重量轻、输出转矩大、运行可靠、性能指标优异	可供仪表、机械、轻纺等行业作驱动元件
JT系列无级调速异步电动机	与直流电动机相比,具有成本低,维护、操作方便等特点	广泛应用于各种机械设备小功率调速驱动用,特别可使用于防火花的场合
YYTD系列单相电子调速电动机 YTDT YTD YTD2	在 90 ~ 1400r/min 范围内实现平滑无级调速和连续运转,并能方便地实现正反转	可作为需要调速的小功率驱动元件使用,并可以在有调速要求的使用场所替代小功率直流电动机 用于电梯
AG ₉₀ 型三相异步电动机		广泛应用于各种小型机床、纺织、化工机械及各种设备上作驱动用
JWM型精密感应电动机	具有低噪声、低振动等特点	适用于净化工作台、磁盘、精密机床、医疗器械等精密驱动场合
AB ₁₂ D、AB ₁₂ T型三相异步电动机		作一般驱动用,如离心泵、风扇
DYS型三相感应电动机		用于精密机床作驱动元件,亦可用于一般仪器、设备作驱动元件,如配上风叶可作通风机之用

(续表)

型 号	特 点	用 途
JWF80 型双速三相异步电动机		与横式单散热器配套作驱动风扇用,亦可用于其他设备作驱动风扇用或一般驱动用
YSD 型三相双速异步电动机	本型电机采用 ZY/ Δ 接法,产生两种不同转速	可作为精密机床驱动元件,也可作一般仪器、设备之传动
90JTC 型齿轮减速交流调速电动机	结构可靠、运行平稳、制动时间小、调速范围大	广泛应用于轻纺机械、仪表机械等各种机械设备上作调速驱动用
JZH、YUG 型小功率钢板壳异步电动机		广泛用于小型机床、电气设备、风机、医疗器械、家用电器和电子仪器、仪表等
P ₄₈ ZO ₃₄ X、56Z ₃₄ 型单相分相起动异步电动机		适用于家用电器、医疗器械、小型机床及要求低振动、低噪声的环境中
YPD-30W 电容运转调速电动机		该电机适用于一般家用电器,作为驱动电机
20W 长轴伸电容运转电动机	本电机具有特制长轴、电机运行均匀稳定	适用于对起动转矩要求不高的机械设备,作驱动电机,广泛用在电烘箱上作调温风扇电机
15W 可逆转电容运转式电动机	本系列电机为单相可逆转式电容运转电动机,通过切换电源可以逆转	适用于自动控制装置中作执行元件用
DG5022 型单相电容运转异步电动机		广泛用于家用电器、风扇、医疗器械、记录仪表等设备上

(续表)

型 号	特 点	用 途
DG8016 型单相电容运转异步电动机		广泛应用于驱动冷气机的冷凝器风扇及各种日用电器
F ₂ -16 型单相电容运转异步电动机		本型电动机专与 QGJ-1 型自动切割机配套作驱动用
DYY 型单相电容运转异步电动机		本型电机作一般仪器设备驱动之用,如配上风叶可作为通风机
70YY 型单相电容运转异步电动机		在需要起动转矩和高转动惯量的设备中作执行元件
80YY 型单相电容运转异步电动机	具有温升高、噪声低等特点	主要用于对温升和噪声有特殊要求的场合,如医疗器械等作驱动元件
130YY 型电容运转调速电动机		作为净化工作台等风扇动力源,并可在风扇负载特性下降压调速
108YY、86YY 型单相电容运转异步电动机		为排油烟机专用电动机,也可用作其他驱动电机
YJF 系列	具有结构简单、起动运行可靠、噪声小、不受无线电干扰等特点	广泛应用于家用电器、自动化控制设备、仪器仪表等,如换气扇、吹风机、轴流风机、电动工具以及办公自动化设备等

(续表)

型 号	特 点	用 途
YJ ₂ -25A 型	电动机为钢板机壳, 开启式结构, 电机内部接有热保护器, 电机具有性能优良、运行安全可靠等特点	广泛用于各种家用电器和机械设备作驱动用
70YJ 系列		广泛用于冰淇淋机、窗帘机等日用家用电器作驱动元件。配上风叶也可作为负氧离子发生器、空气滤清器、暖风器及电子设备等的通风散热

5-3-2 风机、空调、风扇用异步电动机特点及其用途

常用风机、空调、风扇用异步电动机特点及其用途, 见表 5-4。

表 5-4 风机、空调、风扇用异步电动机特点及其用途

型 号	特 点	用 途
FZY 系列小型工频轴流风机	具有体积小, 重量轻, 安装方便等特点。并具有风量大, 风压高, 噪声低, 振动小, 可靠性高等优良性能	主要用于电子计算机系统、地面自动控制设备、电子仪器等通风散热
FZJ 系列中频轴流风机	具有风量大, 风压高, 运行可靠等优良性能。并能在恶劣环境条件下, 可靠的工作	主要用于军事设施及其他地面自动控制装置通风散热
FJ 系列轴流风机	采用 24YJ 型单相罩板式异步电动机作驱动元件	主要用于复印机内作风冷和排气用, 也可用于其他仪器设备的散热、排气和除尘
45FLJ 型中频离心风机	该风机的驱动电动机是三相中频异步电动机或单相中频电容运转异步电动机	主要用于军事设施或其他自动控制设备的强迫通风散热

(续表)

型 号	特 点	用 途
FTA 系列轴流式三相交流排气扇	该风机采用三相异步电动机,驱动轴流风叶转动,达到排气通风之目的	主要用于室内及设备通风冷却之用
FZW 系列无刷直流轴流风机	采用新型无刷直流电动机作为驱动力,具有风量大、噪声低、振动小、电磁干扰小、效率高、寿命长等优良性能	广泛用于配有直流电源的计算机系统、地面自动控制设备、电子仪器等通风散热
FA 系列轴流式单相交流排风扇	驱动电动机采用单相电容异步电动机,具有风量大、低噪声,效率高等特点	主要用于室内及设备通风冷却之用
SH-25 系列换气扇	换气扇主要特点是噪声低、风量大	主要用于家用厨房居室、卫生间、办公室、餐厅、教室、浴室等换气之用
D ₀ D _T 、D ₀ D _{TB} 系列单相电容调速异步电动机	具有噪声低、振动小、运行可靠、稳定之特点 D ₀ D _T 型通过调速器进行调速 D ₀ D _{TB} 采用定子绕组抽头调速	广泛用于宾馆、饭店、医院、办公室等各种空调设备中,作为风机的驱动电动机。它也广泛用于空气净化装置中做驱动电动机
YJC- $\frac{5}{6}$ Y 系列单相电容空调电动机	具有噪声低、振动小、运行稳定等特点,电动机分为双轴伸和单轴伸两种	主要用于空调设备
YYF-10 系列风扇用单相电容运转异步电动机	该机主要为换气扇配套专用的电动机	主要用于风扇直径在 250mm 的风扇上
YCW 系列外转子低噪声单相异步电动机	该机无轴伸、转子在定子外面旋转,因此噪声很低,运转平稳	广泛用于各种空调或净化设备风机配套作驱动用
84YPS 系列电容运转电动机	本机不允许不带风机运行	专门用于轴流式家用隔墙型换风扇
KBD 型空气调节器压缩泵电动机	本机分为嵌线定子和无轴转子两部分	主要用于窗式空调机压缩机

5-3-3 三相异步电动机的型号、结构及其用途

常用中小型三相交流异步电动机的型号, 结构和用途, 见表 5-5。

表 5-5 三相交流异步电动机的型号、结构和用途

名称	型号		型号的汉字意义	结构型式	用途
	现用	新			
防护式异步电动机	J J2 J3	Y	异	防护式, 铸铁外壳, 铸铝转子	用于一般机器和设备上, 如拖动水泵、鼓风机、车床、钻床等机器和设备
封闭式异步电动机	JO JO2 JO3 JO4	Y	异 闭	封闭式, 铸铁外壳上有散热筋, 外风扇吹冷, 铸铝转子	用途同上。一般用于灰尘较多、水土飞溅的场所, 如球磨机、碾米机、磨粉机、脱谷机等
防护式铝线异步电动机	J-L J2-L	Y-L	异-铝	同 J、J2 型, 电磁线用铝线	用途同 J 型
封闭式铝线异步电动机	JO-L JO2-L		异闭-铝	结构同 JO、JO2 型, 电磁线采用铝线	用途同 JO 型
防护式高起动转矩异步电动机	JQ JQ2	YQ	异 起	同 J、J2 型	用于起动静止负荷或惯性负荷较大的机械, 如压缩机、粉碎机等
封闭式高起动转矩异步电动机	JQO JQO2		异起闭	结构同 JO、JO2 型	用途同上。一般用于灰尘较多、水土飞溅的场所
防护式高滑率异步电动机	JH	YH	异 滑	结构同 J 型	适用于传动较大飞轮惯量和不均匀冲击负载的金属加工机械, 如锤击机、剪切机、冲压机、延压机等, 也适用于小功率活塞压缩机、小型绞车等

(续表)

名 称	型 号		型号的汉 字 意 义	结 构 型 式	用 途
	现 用	新			
封闭式高滑 率异步电动机	JHO	YH	异滑闭	结构同JO型	用途同JH型,一般 用于灰尘较多、水土飞 溅的场所
力矩异步电 动机	JLJ	YLJ	异力矩	强迫通风式, 铸铁外壳,鼠笼 转子,转子导条 采用高电阻材 料	用于纺织、印染、造 纸、电线电缆、橡胶、冶 金等具有恒转矩负载 特性的设备
防护式绕线 转子异步电 动机	JR	YR	异 绕	防护式,铸铁 外壳,绕线型转 子	用于电源容量不足 以起动鼠笼型电动机 及要求起动转矩高的 场合
防护式多速 异步电动机	JD	YD	异 多	同J型	同J型,用于要求 2~4种速度的场合
封闭式多速 异步电动机	JDO (JC) JDO2		异多闭	同JO、JO2 型	同JO型,用于要求 2~4种速度的场合
齿轮减速异 步电动机	JTC	YCF	异(齿)减	由封闭型异 步电动机和减 速机两部分组 成	用于要求低转速、大 转矩的机械,例如运 输、矿山、炼钢机械、造 纸、制糖、化工搅拌机 械,以及其他需要低转 速的机械
电磁调速异 步电动机	JZT	YCT	异磁调	由封闭式异 步电动机和电 磁转差离合器 组成	用于纺织、印染、化 工、造纸、船舶等要求 变速的机械
整流子异 步电动机	JZS	YHT	异换调	防护式,铸铁 外壳,有手动调 速或遥控调速 两种	用途同JZT型,其 负载效率和功率因数 较高

(续表)

名称	型号		型号的汉字意义	结构型式	用途
	现用	新			
化工防腐 蚀异步电动机	JO-F JO2-F	Y-F	异闭-腐	结构同 JO、 JO2 型,采用密 封及防腐措施	用途同 JO、JO2 型。 一般在化肥、氯碱系统 等化工厂的腐蚀环境 中使用
户外用异 步电动机	JO2-W	Y-W	异闭-外	结构同 JO2 型	用于户外环境下不 需附加防护措施的传 动机械上
船用防护 式异步电动 机	J2-H	Y-H	异-(船)	结构同 J2 型,机座由钢板 焊成	用途同 J2 型。一般 使用在船舶上
船用封闭 式异步电动 机	JO2-H		异闭-(船)	结构同 JO2 型,机座由钢板 焊成	用途同 JO2 型。一 般使用在船舶上
起重冶金 用异步电动 机	JZ JZB	YZ	异重 异重(B 级 绝缘)	封闭式,铸铁 外壳上有散热 筋,外风扇吹 冷,鼠笼铜条转 子	用于起重机及冶金 辅助机械
起重冶金 用绕线转子 异步电动机	JZR JZRB	YZR	异重绕 异重绕 (B 级绝 缘)	封闭式,铸铁 外壳上有散热 筋,外风扇吹 冷,绕线转子	用途同上
起重冶金 用绕线转子 异步电动机 (管道通风)	JZRG	YZRG	异重绕管	管道通风冷 却式,绕线转子	用于钢铁冶炼及轧 制的辅助设备上
防爆异步 电动机	JB	YB	异爆	防爆式,钢板 外壳,铸铝转子	用于有爆炸性气体 的场所
防爆异步 电动机(小机 座)	JBS JBX	YB	异爆小	防爆式,铸铁 外壳上有散热 筋	用于有爆炸性气体 的场所

(续表)

名称	型号		型号的汉字意义	结构型式	用途
	现用	新			
自制动异步电动机	JZZ	YFZ	异(制)锥	封闭式,电动机的定子内腔和转子外形都呈锥形	广泛用作单梁吊车及走行机构的动力,也适用于其他要求快速、准确停车的机械,如卷扬机、橡胶化工机械、木工机械及机床的进给系统等
	JZD	YEP	异(制)磅	封闭式,电动机定子铁心长于转子铁心。在对应长出部分的转子轴上装置了分磁铁	
		YEG	异(制)杆	封闭式,定子铁心稍长于转子铁心。在定子长出部分的内圆处,装有若干半圆弧形衔铁	
中型鼠笼转子异步电动机	JS JSQ	Y	异鼠 异鼠(加强绝缘)	防护式或管道通风式,铸铁外壳,鼠笼转子	用于拖动各种不同机械,如通风机、压缩机、水泵、破碎机、切削机床,运输机械等,可供厂矿做原动机用
中型绕线转子异步电动机	JR JRQ	YR	异绕 异绕(加强绝缘)	防护式或管道通风式,铸铁外壳,绕线转子	同途同上
中型高速异步电动机	JK	Y	异高	防护式,铸铁外壳,铸铝转子	用于电力、冶金、炼焦、化工及煤矿等部门的鼓风机、水泵等机械

5-4 三相异步电动机的铭牌及技术指标

1. 三相异步电动机的铭牌

铭牌是电动机的重要标志，它表明电动机的特性和一般技术要求，是使用和维修的依据。其式样，见图 5-2。

三相异步电动机		
型号 JO51-4	额定功率 4.5kW	额定转速 1440r/min
额定电压 220/380V	额定电流 16.4/9.5A	接法 Δ/Y
频率 50Hz	绝缘等级 A 级	温升 60℃
定额连续	技术条件 GB742-66	重量 85kg
××电机厂		19××年×月

图 5-2 三相异步电动机铭牌

2. 三相异步电动机的技术指标

电动机的指标有效率、功率因数、起动电流、起动转矩、最大转矩等等。

电动机的效率是指电动机输出功率与输入功率之比。一般用百分数表示。效率越高，则电动机的损耗就越小。

电动机的功率因数是指电动机输入的有功功率与视在功率之比。用 $\cos\varphi$ 来表示。功率因数越高的电动机其利用率越高。

电动机的起动电流是指电动机在起动瞬间的电流。异步电动机的起动电流一般是额定电流的 5~7 倍。

电动机起动转矩是指电动机起动时，输出的力矩。异步电动机的起动转矩一般是额定转矩的 1~1.8 倍。

电动机的最大转矩是指电动机所能输出的最大转矩。异步电动机的最大转矩一般是额定转矩的 1.8~2.2 倍。

5-5 常用异步电动机的技术数据

5-5-1 微型异步电动机的技术数据

微型异步电动机的技术数据，见表 5-6 到表 5-16。

表 5-6 AO₂、BO₂、CO₂、DO₂ 系列微型异步电动机的主要技术数据

型号	功率 (W)	电流 (A)	电压 (V)	频率 (Hz)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数 (cosφ)	启动 转矩 / 额定 转矩	启动 电流 (A)	最大 转矩 / 额定 转矩	外形尺寸(mm)		
											长×宽×高	轴径	
AO ₂ -4512	16	0.09			2800	46	0.57						
AO ₂ -4522	25	0.12	380	50	2800	52	0.60	2.2	6	2.4	150×100×115	φ9	
AO ₂ -4514	10	0.12			1400	28	0.45						
AO ₂ -4524	16	0.17			1400	32	0.49						
AO ₂ -5012	40	0.18			2800	55	0.65						
AO ₂ -5022	60	0.24	380	50	2800	60	0.66	2.2	6	2.4	150×110×125	φ9	
AO ₂ -5014	25	0.22			1400	42	0.53						
AO ₂ -5024	40	0.26			1400	50	0.54						
AO ₂ -5612	90	0.32			2800	62	0.68						
AO ₂ -5622	120	0.37	380	50	2800	67	0.71	2.2	6	2.4	170×120×135	φ9	
AO ₂ -5614	60	0.33			1400	56	0.58						
AO ₂ -5624	90	0.39			1400	58	0.61						
AO ₂ -6312	180	0.52			2800	69	0.75						
AO ₂ -6322	250	0.69	380	50	2800	72	0.78	2.2	6	2.4	230×130×165	φ11	
AO ₂ -6314	120	0.47			1400	60	0.63						
AO ₂ -6324	180	0.65			1400	64	0.66						

(续表)

型号	功率 (W)	电流 (A)	电压 (V)	频率 (Hz)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数 ($\cos\varphi$)	启动 转矩 额定 转矩	启动 电流 (A)	最大 转矩 额定 转矩	外形尺寸(mm)	
											长×宽×高	轴径
AO ₂ -7112	370	0.97			2800	73.5	0.80					
AO ₂ -7122	550	1.38	380	50	2800	75.5	0.82	2.2	6	2.4	255×145×180	φ14
AO ₂ -7114	250	0.83			1400	67	0.68					
AO ₂ -7124	370	1.16			1400	69.5	0.72					
AO ₂ -8012	750	1.83			2800	76.5	0.85					
AO ₂ -8014	550	1.61	380	50	1400	73.5	0.73	2.2	6	2.4	295×165×200	φ19
AO ₂ -8024	750	2.08			1400	75.5	0.75					
BO ₂ -6312	90	1.09			2800	56	0.67	1.5	12	1.8		
BO ₂ -6322	120	1.36	220	50	2800	58	0.69	1.4	14		230×130×165	φ11
BO ₂ -6314	60	1.23			1400	39	0.57	1.7	9			
BO ₂ -6324	90	1.64			1400	43	0.58	1.5	12			
BO ₂ -7112	180	1.89			2800	60	0.72	1.3	17			
BO ₂ -7122	250	2.40	220	50	2800	64	0.74	1.1	22	1.8	255×145×180	φ14
BO ₂ -7114	120	1.88			1400	50	0.58	1.5	14			
BO ₂ -7124	180	2.49			1400	53	0.62	1.4	17			

(续表)

型号	功率 (W)	电流 (A)	电压 (V)	频率 (Hz)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数 ($\cos\varphi$)	启动 转矩 / 额定 转矩	启动 电流 (A)	最大 转矩 / 额定 转矩	外形尺寸(mm)	
											长×宽×高	轴径
BO ₂ -8012	370	3.36			2800	65	0.77	1.1	30			
BO ₂ -8014	250	3.11	220	50	1400	58	0.63	1.2	22	1.8	295×165×200	φ19
BO ₂ -8024	370	4.24			1400	62	0.64	1.2	30			
CO ₂ -7112	180	1.89			2800	60	0.72		12			
CO ₂ -7122	250	2.40			2800	64	0.74		15	1.8	255×145×180	φ14
CO ₂ -7114	120	1.88	220	50	1400	50	0.58	3.0	9			
CO ₂ -7124	180	2.49			1400	53	0.62		12			
CO ₂ -8012	370	3.46			2800	65	0.77	2.8	21			
CO ₂ -8022	550	4.65			2800	68	0.79	2.8	29			
CO ₂ -8014	250	3.11	220	50	1400	58	0.63	2.8	15	1.8	295×165×200	φ19
CO ₂ -8024	370	4.24			1400	62	0.64	2.5	21			
CO ₂ -90S ₂	750	5.94			2800	70	0.82		37			
CO ₂ -90S ₄	550	5.57			1400	65	0.69		29	1.8	310×185×220	φ24
CO ₂ -90L ₂	1100	8.28	220	50	2800	72	0.84	2.5	60			
CO ₂ -90L ₄	750	6.77			1400	69	0.73		37		335×185×220	

(续表)

型号	功率 (W)	电流 (A)	电压 (V)	频率 (Hz)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数 ($\cos\phi$)	启动 转矩 / 额定 转矩	启动 电流 (A)	最大 转矩 / 额定 转矩	外形尺寸(mm)	
											长×宽×高	轴径
DO ₂ -5612	60	0.57			2800	53	0.90	0.50	2.5			
DO ₂ -5622	90	0.71	220	50	2800	56	0.90	0.35	3.2	1.8	170×120×135	φ9
DO ₂ -5614	40	0.49			1400	45	0.82	0.50	2.0			
DO ₂ -5624	60	0.64			1400	50	0.85	0.50	2.5			
DO ₂ -6312	120	0.91			2800	63	0.95		5.0			
DO ₂ -6322	180	1.29	220	50	2800	67	0.95	0.35	7.0	1.8	230×130×165	φ11
DO ₂ -6314	90	0.94			1400	51	0.85		3.2			
DO ₂ -6324	120	1.17			1400	55	0.85		5.0			
DO ₂ -7112	250	1.73			2800	69	0.95		10			
DO ₂ -7114	180	1.58	220	50	1400	59	0.88	0.35	7.0	1.8	255×145×180	φ14
DO ₂ -7124	250	2.04			1400	62	0.90		10			

表 5-7 GAO、GBO、GCO、GDO 系列钢板结构微型异步电动机的主要技术数据

型号	功率 (W)	极数	电压 (V)	频率 (Hz)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数 ($\cos\varphi$)	起动转矩 额定转矩	起动电流 (A)	最大转矩 额定转矩	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
GAO ₆₃	180	2	380	50	2800	69	0.75	2.2	6	2.4	223×154×128
GAC ₆₃	250	2	380	50	2800	72	0.78	2.2	6	2.4	
GAO ₆₃	120	4	380	50	1400	60	0.63	2.2	6	2.4	
GAC ₆₃	180	4	380	50	1400	64	0.66	2.2	6	2.4	
GAO ₇₁	370	2	380	50	2800	73.5	0.8	2.2	6	2.4	236×202×146
GAC ₇₁	550	2	380	50	2800	75.5	0.82	2.2	6	2.4	
GAO ₇₁	250	4	380	50	1400	67	0.68	2.2	6	2.4	
GAC ₇₁	370	4	380	50	1400	69.5	0.72	2.2	6	2.4	
GAO ₈₀	550	2	380	50	2800	75.5	0.82	2.2	6	2.4	258×212×164
GAC ₈₀	750	2	380	50	2800	76.5	0.85	2.2	6	2.4	
GAO ₈₀	550	4	380	50	1400	73.5	0.73	2.2	6	2.4	

(续表)

型号	功率 (W)	极数	电压 (V)	频率 (Hz)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数 ($\cos\phi$)	起动转矩 额定转矩	起动电流 (A)	最大转矩 额定转矩	外形尺寸 长 \times 宽 \times 高 (mm)
GBO ₈₀	250	2	220	50	2800	64	0.74	1.1	22	1.8	298 \times 212 \times 164
GBO ₈₀	370	2	220	50	2800	65	0.77	1.1	30	1.8	
GBO ₈₀	250	4	220	50	1400	58	0.63	1.2	22	1.8	298 \times 212 \times 164
GBO ₈₀	370	4	220	50	1400	62	0.64	1.2	30	1.8	
GBO ₇₁	180	2	220	50	2800	60	0.72	1.3	20	1.8	270 \times 202 \times 146
GBO ₇₁	250	2	220	50	2800	64	0.74	1.1	22	1.8	
GBO ₇₁	120	4	220	50	1400	50	0.58	1.5	14	1.8	270 \times 202 \times 146
GBO ₇₁	180	4	220	50	1400	53	0.62	1.4	20	1.8	
GBO ₆₃	90	2	220	50	2800	56	0.67	1.5	12	1.8	223 \times 154 \times 128
GBO ₆₃	120	2	220	50	2800	58	0.69	1.4	14	1.8	
GBO ₆₃	60	4	220	50	1400	39	0.57	1.7	9	1.8	223 \times 154 \times 128
GBO ₆₃	90	4	220	50	1400	43	0.58	1.5	12	1.8	
GBO ₆₀	250	2	220	50	2800	64	0.74	3.0	1.5	1.8	298 \times 212 \times 203

(续表)

型号	功率 (W)	极数	电压 (V)	频率 (Hz)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数 ($\cos\varphi$)	起动转矩 额定转矩	起动电流 (A)	最大转矩 额定转矩	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
GCO ₈₀	370	2	220	50	2800	65	0.77	2.8	21	1.8	298×212×203
GCO ₈₀	250	4	220	50	1400	58	0.63	2.8	15	1.8	
GCO ₈₀	370	4	220	50	1400	62	0.64	2.5	21	1.8	
GCO ₇₁	180	2	220	50	2800	60	0.72	3.0	12	1.8	270×202×191
GCO ₇₁	250	2	220	50	2800	64	0.74	3.0	15	1.8	
GCO ₇₁	180	4	220	50	1400	55	0.62	3.0	13	1.8	
GCO ₇₁	250	4	220	50	1400	58	0.63	2.8	15	1.8	
GDO ₆₃	120	2	220	50	2800	63	0.95	0.35	5.0	1.8	223×154×128
GDO ₆₃	180	2	220	50	2800	67	0.95	0.35	7.0	1.8	
GDO ₆₃	90	4	220	50	1400	51	0.85	0.35	3.2	1.8	
GDO ₆₃	120	4	220	50	1400	55	0.85	0.35	5.0	1.8	
GDO ₇₁	250	2	220	50	2800	69	0.95	0.35	10	1.8	236×201×146
GDO ₇₁	180	2	220	50	1400	59	0.88	0.35	7	1.8	
GDO ₇₁	250	4	220	50	1400	62	0.9	0.35	10	1.8	

表 5-8 AO、BO、CO、DO 系列微型异步电动机的主要技术数据

型号	容量 (W)	电压 (V)	电流 (A)	同步转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数 ($\cos\varphi$)	起动电流 倍 数	起动转矩 倍 数	最大转矩 倍 数
AO7122	750	380	1.82	3000	76	0.82	6	2.2	2.4
AO7112	550		1.38		74.5	0.81			
AO6322	370	380	0.97	3000	72.5	0.80	6	2.2	2.4
AO6312	250		0.69		71	0.78			
AO7124	550	380	1.61	1500	72	0.72	6	2.2	2.4
AO7114	370		1.16		69	0.70			
AO6324	250	380	0.83	1500	67	0.68	6	2.2	2.4
AO6314	180		0.65		64	0.66			
BO7122	370		3.5	3000	65	0.74	30	1.1	1.8
BO7112	250	220	2.5	3000	63	0.72	22	1.1	
BO7124	250		3.21	1500	58	0.61	22	1.2	
BO7114	180		2.67	1500	52	0.59	17	1.4	

(续表)

型号	容量 (W)	电压 (V)	电 流 (A)	同步转速 (r/min)	效 率 (%)	功率因数 ($\cos\varphi$)	起动电流 倍 数	起动转矩 倍 数	最大转矩 倍 数
BO6324	120	220	1.96	1500	48	0.58	14	1.4	1.8
BO6314	90		1.67		43	0.57	12	1.6	
CO7122	370	220	3.5	3000	65	0.74	21	2.5	1.8
CO7112	250		2.5	3000	63	0.72	15	2.8	
CO7124	250		3.21	1500	58	0.61	15	2.8	
CO7114	180		2.67	1500	52	0.59	12	2.8	
DO6312	180	220	1.43	3000	65	0.9	7	0.35	1.6
DO6324	180		1.63	1500	57	0.88	7		
DO6314	120		1.2	1500	53	0.88	5		

注:1. CO7122、CO7124 所配电容量为 $100\mu\text{F}$; CO7112、CO7114 所配电容量为 $75\mu\text{F}$ 。

2. 频率均为 50Hz。

表 5-9 JW、JX、JY、JZ 系列微型异步电动机的主要技术数据

型号	电压 (V)	输出 (W)	转速 (r/min)	消耗功率 (W)	额定电流 (A)	起动转矩 倍数	起动电流 (A)	最大转矩 倍数	电容器 (μ F)	
JW7122	380	750	2800	990						
JW7112		550		740						
JW6322		370		510						
JW6312		250		340						
JW5622		180		250						
JW5612		120		170						
JW5022		90	130	1400						67
JW5012		60	95							56
JW4522		40	40							1000
JW4512		25	25							750
JW7134		750	750							520
JW7124		550	370							360
JW7114		370	180	265						
JW6324		250	120	190						
JW6314	180	90	150							
JW5624	120	60	110							
JW5614	90	40	75							
JW5024	60	25	55							
JW5014	40	15	45							
JW4524	25									
JW4514	15									

(续表)

型号	电压 (V)	输出 (W)	转速 (r/min)	消耗功率 约值 (W)	额定电 流 约值 (A)	起 动 矩 倍 数	起 动 电 流 (A)	最大转矩 倍数	电 容 器 (μ F)
JX5622	220	120	2800		1.0	0.35	5.0	>1.8	4
JX5612		90			0.7		3.2		
JX5022		60	2800		0.45	0.35	2.5		
JX5012		40			0.35		2.0		
JX4522		25	1400		0.25	0.5	1.5		
JX4512		15			0.2		1.0		
JX5624		90	1400		0.8	0.35	3.2		
JX5614		60			0.5		2.5		
JX5024		40	1400		0.4	0.5	2.0		
JX5014		25			0.35		1.5		
JX4524		15	2800		0.25	0.5	1.0		
JX4514		8			0.2		0.8		
JZ7122		370	2800		570	1.25	29		
JZ7112		250			400		20		
JZ6322	180	1400	300	1.50	15.5				
JZ6312	120		230		12.5				
JZ5622	90	1400	175	1.70	10.5				
JZ5612	60		145		8				
JZ7134	370	1400	580	1.30	29				
JZ7124	250		410		20				
JZ7114	180		320		15.5				

(续表)

型号	电压 (V)	输出 (W)	转速 (r/min)	消耗功率 约值 (W)	额定电 流约值 (A)	起动转 矩倍 数	起动电 流 (A)	最大转矩 倍 数	电 容 器 (μF)
JZ6324		120	1400	240	2.0	1.7	12.5		
JZ6314		90		200	1.5	1.8	10.5		
JZ5624		60	1400	150	1.2	2.0	8		
JZ5614		40		125	1.0	2.2	7		
JY7132	220	550	2800	800	4.5	2.5	29	>1.8	
JY7122		370		570	3.5	2.5	21		
JY7112		250		400	2.5	3.0	15		
JY7134		370	1400	580	4.0	2.5	21		
JY7124		250		410	3.0	3.0	15		
JY7114		180		320	2.5	3.0	12		

注:频率为 50Hz。

表 5-10 AOL₁、DOL₁系列三相、单相电容运转离合器异步电动机的技术数据

型号	输出功率 (W)	相数	电压 (V)	同步转速 (r/min)	接线方式
AOL ₁ AOL _{1B}	180	3	380	3000	Y
AOL ₁ AOL _{1B}	250 (270)			3000	
AOL ₁ AOL _{1B}	370			3000	
AOL ₁ AOL _{1B}	180			1500	
AOL ₁ AOL _{1B}	250 (270)			1500	
AOL ₁ AOL _{1B}	370			1500	
DOL ₁ DOL _{1B}	120	1	220	3000	
DOL ₁ DOL _{1B}	180				
DOL ₁ DOL _{1B}	250				

注:频率为 50Hz。

表 5-11 YC 系列单相电容启动微型异步电动机的主要技术数据

型号	功率 (W)	电压 (V)	电 流 (A)	额定转速 (r/min)	电容量 (μ F)	效 率 (%)	功率因数 ($\cos\phi$)	启动电流 (A)	启动转矩 / 额定转矩	最大转矩 / 额定转矩
YC112M4	2238	220	—	140	—	73	0.75	—	3.0	1.8
YC100L2	2238	220	—	2800	—	73	0.83	—	3.0	1.8
YC100L4	1492			1400		72	0.72			
YC90S4	560	220	5.8	1400	150	65	0.66	29	2.5	1.8
YC90L4	746	220	7.3	1400	200	68	0.69	37	2.5	
YC90S2	746	220	6.3	2800	200	70	0.78	37	2.5	
YC90L2	1119	220	8.7	2800	200	72	0.80	47	2.5	
YC90S4	560	110/220	11.6/5.8	1400	600	65	0.66	58/29	2.5/2.2	
YC90L4	746	110/220	14.6/7.3	1400	800	68	0.69	74/37	2.5/2.2	
YC90S2	746	110/220	12.6/6.3	2800	800	70	0.78	74/37	2.5/2.2	
YC90L2	1119	110/220	17.4/8.7	2800	800	72	0.80	94/47	2.5/2.2	

(续表)

型号	功率 (W)	电压 (V)	电 流 (A)	额定转速 (r/min)	电容量 (μ F)	效 率 (%)	功率因数 ($\cos\varphi$)	起动电流 (A)	起动转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩
YC8014	249	220	3.2	1400	100	58	0.61	15	2.8	
YC8024	373	220	4.3	1400	75	62	0.63	21	2.5	
YC8012	373	220	3.5	2800	100	65	0.74	21	2.5	
YC8022	560	220	4.8	2800	150	68	0.76	29	2.5	1.8
YC8014	249	110/220	6.4/3.2	1400	400	58	0.61	30/15	2.8	
YC8024	373	110/220	8.6/4.3	1400	300	62	0.63	42/21	2.5	
YC8012	373	110/220	7/3.5	2800	400	65	0.74	42/21	2.5	
YC8022	560	110/220	9.6/4.8	2800	600	68	0.76	58/29	2.5	
YC7114	124	220	2	1400	75	48	0.58	9		
YC7124	186	220	2.7	1400	75	52	0.59	12		
YC7112	186	220	1.9	2800	75	60	0.70	12		
YC7122	249	220	2.5	2800	75	63	0.72	15	2.8	1.8
YC7114	124	110/220	4/2	1400	300	48	0.58	18/9		
YC7124	186	110/220	5.4/2.7	1400	300	52	0.59	24/12		
YC7112	186	110/220	3.8/1.9	2800	300	60	0.70	24/12		
YC7122	249	110/220	5/2.5	2800	300	63	0.72	30/15		

注:频率均为 50Hz。

表 5-12 JT 系列无级调速微型异步电动机的主要技术数据

型号	功率 (W)	电 流 (A)	电 压 (V)	转 速 (r/min)	调速比	堵转转矩 额定转矩	堵转电流 (A)	最大转矩 额定转矩	转速变 化率 (%)
JT5014	16	0.28		1400	14:1	0.6	1		
JT5024	25	0.37	220	1400	14:1	0.5	1.5	1.8	<10%
JT5012	25	0.33		2800	28:1	0.6	1.5		
JT5022	40	0.42		2800	28:1	0.5	2		
JT5614	40	0.49		1400	14:1	0.5	2		
JT5624	60	0.64		1400	14:1	0.5	2.5		
JT5634	90	0.97	220	1400	14:1	0.35	3.2	1.8	<10%
JT5612	60	0.57		2800	28:1	0.5	2.5		
JT5622	90	0.81		2800	28:1	0.35	3.2		
JT5632	120	1		2800	28:1	0.35	3.2		
JT6314	90	0.94		1400	14:1		3.2		
JT6324	120	1.17	220	1400	14:1	0.35	5	1.8	<10%
JT6312	120	0.91		2800	28:1		5		
JT6322	180	1.29		2800	28:1		7		
JT7114	180	1.58		1400	14:1		7		
JT7124	250	2.04	220	1400	14:1	0.35	10	1.8	<10%
JT7112	250	1.73		2800	28:1		10		

注:频率为 50Hz。

表 5-13 YJF 系列罩极异步电动机的主要技术数据

型 号	输出功率 (W)	电 压 (V)	频 率 (Hz)	同步转速 (r/min)	效 率 (%)
YJF-0.4	0.4	220/110	50/60	3000/3600	5
YJF-0.6	0.6				7
YJF-1.0	1.0				8
YJF-1.6	1.6				10
YJF-2.5	2.5				12
YJF-4	4				14
YJF-6	6				16
YJF-8	8				17
YJF-10	10				18

注：型号中 F 代表方型。

表 5-14 YJ 系列罩极异步电动机的主要技术数据

型 号	电 压 (V)	电 流 (A)	空载转速 (r/min)	额定功率 (W)	额定转矩 (mN·m)	噪声 小于 (dB)
20YJ	220	<0.15	2700	0.8	2	30
24YJ*	220	<0.3	>2700	1	4	30
24YJ-1	100	<0.18	>2700	1	4	30
24YJ-2	100	<0.36	>2700	2	10	30
24YJ-3	220	<0.3	>2700	1	4	30
24YJ-4	110	0.14	2700	1	4	30
27YJ	220	0.3	2800	1.7	10	35
30YJ	220	0.4	2600	5	20	35
35YJ	220	<0.45	2700	5	30	40
31YJ·R**	158	<1.2	2800	1.5	100	40

注：本系列电机频率为 50Hz。

* 复印机专用电机，用于驱动风机。 ** 变压输出 25.5V、14.5V。

表 5-15 70YJ 系列罩极异步电动机主要技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定 频率 (Hz)	输出功率 (W)	转 速 (r/min)	起 动 转 矩 (mN·m)	效率 (%)	功率因数 ($\cos\varphi$)
70YJ01	220	50	1.6	2600	10.8	10	0.47
70YJ02	220		2.5	2500	10.8	10	0.5
70YJ03	110		4	2600	16.7	12	0.53
70YJ04	220		4	2500	16.7	12	0.53
70YJ05	110		1.6	2600	10.8	8	0.47
70YJ06	220		1.6	2600	10.8	8	0.47
70YJ07	110		1	2400	5.9	6	0.44
70YJ08	220		1	2400	5.8	6	0.44
70YJ09	110		6	2400	16.7	14	0.56
70YJ10	220		6	2400	16.7	14	0.56

表 5-16 YJ2-25A 型罩极异步电动机的主要技术数据

型 号	功率 (W)	频率 (Hz)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数 ($\cos\varphi$)	堵转转矩 (mN·m)	最大转矩 (mN·m)
YJ2-25A	25	60	115	2	3100	23	0.5	39.2	107.8

5-5-2 常用风机、空调、风扇用异步电动机的技术数据

常用风机、空调、风扇异步电动机的主要技术数据,见表 5-17 到表 5-24。

5-5-3 洗衣机用异步电动机的技术数据

常用洗衣机用异步电动机的技术数据,见表 5-25 到表 5-27。

(续表)

型号	额定电压 (V)	频率 (Hz)	相数	输入功率 (W)	同步转速 (r/min)	风量 (m ³ /min)	噪声 (dB)	外形尺寸(mm) 外径×厚度 (长×宽×厚)
113FZY1-S	110	50	1	14	3000	2.1	50	(119×119×39)
113FZY2-S	220	(60)						
150FZY1-D	220		1	20	1500	2.5	50	φ160×58
150FZY2-D	220	50	1	30	3000	5.5	65	
150FZY3-D	380	(60)	3	20	1500	2.5	50	
150FZY4-D	380		3	30	3000	5.5	65	
200FZY1-D	220		1	25	1500	6.5	60	φ210×72
200FZY2-D	220	50	1	60	3000	13	70	
200FZY3-D	380	(60)	3	25	1500	6.5	60	
200FZY4-D	380		3	60	3000	13	70	

表 5-18 VF 系列排气风扇的技术数据

型号	电压 (V)	输入功率 (W)	电 流 (A)	转 速 (r/min)	风 量 (m ³ /min)	噪 声 (dB)	扇叶直径 (mm)
VF-10	220	40	0.28	1300	12.5	50	
VF-10B	110/220	40	0.56/0.28	1300	12.5	50	φ241
VF-10C	220	110	0.5	2800	—	—	
VF-10D	220	40	0.28	1300	12.5	50	
VF-12	220	80	0.45	1350	31	58	
VF-12B	220	50	0.3	960	21	54	φ306
VF-15	220	180	0.85	1350	60	62	φ381
VF-15B	380		0.3				
VF-18	220	360	1.9	1400	108	75	φ458
VF-18B	380		0.7				
VF-24	380	730	1.5	1400	150	90	φ600

注:频率为 50Hz。

表 5-19 KFD 系列空调器风扇异步电动机的主要技术数据

型号	输出功率 (W)	额定电压 (V)	转速 (r/min)			运转电容 (μ F)	效率 (%)	振动 (mm/s)	噪声不大于 (dB)
			高	中	低				
KFD-1	50	220	920	860	800	3	40	1.8	44
KFD-2A	50	220	920	860	—	3	40	1.8	44
KFD-2B									
KFD-2C									
KFD-3	30	220	920	860	—	2.5	30	1.8	44
KFD-3C									
KFD-4	100	220	920	860	—	4	48	1.8	44
KFD-4A									
KFD-5	120	220	920	860	—	6	49	1.8	44
KFD-5Y			920	860		6	49	1.8	
KFD-5B			1350	1100		5	52	1.8	
KFD-5C			1350	1100		5	52	—	
KFD-6	35	220	1350	1100	—	2.5	40	1.8	44
KFD-6A									
KFD-6B									
KFD-6C									

(续表)

型号	输出功率 (W)	额定电压 (V)	转速 (r/min)			运转电容 (μ F)	效率 (%)	振动 (mm/s)	噪声不大于 (dB)
			高	中	低				
KFD-16	35		1350	—	—	—	48		
KFD-14A	120		900	—	—	—	38		
KFD-14B	120	380	1350	920	—	—	48	44	
KFD-14C	120		900	—	—	—	38		
KFD-14D	120		900	—	—	—	38		

注:频率为 50Hz。

表 5-20 KBD 系列空调器压缩机异步电动机技术数据

型号	功率 (W)	电压 (V)	转速 (r/min)	效率 (%)	启动转矩不 小 (N·m)	启动电流 (A)	最大转矩不 小 (N·m)	相应空调器的 制冷量 (kJ/h)	电容器 (μ F)
KBD-1	750	220	2800	68	0.735	31	5.488	8.26×10^3	12.5
KBD-2	1100	220	2800	70	0.98	36	6.076	12.54×10^3	20
KBD-3	550	220	2800	68	0.637	28	4.214	5.01×10^3	12.5
KBD-4	1500	220	2800	70	1.078	51	7.644	16.72×10^3	25
KBD-5	280	220	2800	52	0.686	14	1.47	—	—
KBD-11	750	380	1400	83	9.80	12	13.72	8.26×10^3	—
KBD-12	1100	380	1400	76.5	17.64	18	19.60	12.54×10^3	—
KBD-15	2200	380	2800	83	22.05	38	22.05	25.08×10^3	—

注:频率为 50Hz。

表 5-21 100FL 型系列卫生间排气风扇技术数据

型号	功率 (W)	电压 (V)	频率 (Hz)	风量 (m^3/min)	风压 (Pa)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
100FL	45	220	50	1.7	165	250×170×160
100FL II						
100FZL*						

* 有防返风的百叶窗,电机绕组有热继电器保护。

表 5-22 JF 系列交流仪器用风扇技术数据

型号	额定电压 (V)	频率 (Hz)	风量 (m^3/min)	转速 (r/min)	输入功率 (W)	电流 (A)	电容 (μF)	风向 (相对 出轴)	外形尺寸(mm)			
									总长	外径	轴径	扇叶直径
JF-41	220	400		3600		1.0	0.5	向前	127	$\phi 85$	$\phi 6$	$\phi 150$
JF-51A JF-51B	220	50	9		28	0.2		向前 向后	108	$\phi 68.5$	$\phi 6$	$\phi 150$

注: JF-41 型风扇之风向向前,如调换接线 K_1 、 K_2 ,即可改变其旋转方向。

表 5-23 FZ 系列仪表风扇技术数据

型号	输入功率 (W)	电压 (V)	频率 (Hz)	风量 (m^3/min)	扇叶直径 (mm)	外形尺寸 长 \times 宽 \times 高 (外径 \times 长) (mm)
100FZ1	8	220/110	50/60	1	$\phi 102$	$(\phi 102 \times 60)$
100FZ2	12			1.1		
100FZ3	16.5			1.2		
150FZA	30	220	50	6	$\phi 105$	$50 \times 163 \times 163$

表 5-24 FZY 系列轴流风机技术数据

型号	电压 (V)	频率 (Hz)	相数	输入功率 (W)	同步转速 (r/min)	风量 (m^3/min)	噪声 (dB)	外形尺寸 长 \times 宽 \times 高 (mm)
113FZY01-S	220	50	1	13	3000	1.5	55	$25.5 \times 120 \times 120$
150FZY2-D				30		5		$60 \times 160 \times 160$

表 5-25 常用洗衣机用电机的技术数据

型号	输出功率 (W)	额定转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数 ($\cos\varphi$)	堵转转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	电容 (μF)	噪声 不大于 (dB)	堵转 电流 (A)	最小 转矩 ($\text{N}\cdot\text{m}$)	工作电流 (A)	输入 功率 (W)
YXS-2/12	60	2840	10	0.90	6.0	11.0	14	68				
	42	420	15		2.2	2.5						
XDT-30	30	1370	32	0.9			3	60	1.2			
XDT-30A XDT-30B	30	1370	25	0.9	0.36	0.49	3	55	1.5	0.28		
	30		30			60		1.2				
XDL-90	90	1370	49	0.95	0.95	1.7	8	62	2.0			
XDS-90	90		49						0.95	2.0		
XDL-120	120		52						0.90	2.5		
XDS-120	120		52						0.90	2.5		
XDL-180	180		56						0.95	4.0		
XDS-180	180		56						0.8	4.0		
XDL-250	250		59						0.7	5.5		
XDS-250	250		59						0.7	5.5		
XDS-120A	120		52						0.9	2.5		
XDL-120	120		52						0.9	1.7		
XDL-120K	120	1370	52	0.95	1.2	2.5	10	60	3			
XDL-250	250	59	59	0.7	0.7	1.7	18	62	5.5			

(续表)

型号	输出功率 (W)	额定转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数 ($\cos\varphi$)	堵转转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	电容 (μF)	噪声 不大于 (dB)	堵转 电流 (A)	最小 转矩 ($\text{N}\cdot\text{m}$)	工作电流 (A)	输入 功率 (W)
XD-90 XD-120 XD-180 XD-250	90	1370			0.9	1.8	8		2		0.92	
	120				0.9	1.8	10		2.5		1.12	
	180				0.6	1.6	12		4.0		1.57	
	250				0.6	1.6	16		5.5		2.06	
XDS-90B XDS-120B	90	1380			0.95	1.7	8		2.0		1.0	190
	120				0.9		10		2.5		1.2	220
XDS-2	120	1380			0.9	1.7	10		3.0		1.2	250
RXB90 RXB100 RXB120 RXG25 RXG60	90	1500			0.95	1.7			2.0			
	100				1.1	1.8			2.4			
	120				0.9	1.7			2.5			
	25				2.0	2.8			1.2			
	60				1.1	1.8			1.8			
XY2 XY3	120	1400			0.65 0.85	1.8	10		2.5 2.3	1.15		

注:电压均为 220V;频率均为 50Hz。

表 5-26 YXDS-1 型双速洗衣机电动机技术数据

型号	电压 (V)	频率 (Hz)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数 ($\cos\varphi$)	堵转转矩 额定转矩	堵转 电流 (A)	最大转矩 额定转矩	电容 ($\mu\text{F}/\text{V}$)	外形尺寸 长 \times 宽 \times 高 (mm)
YXDS-1	220	50	2820	43	0.9	1.3	6	1.8	14/500	169 \times 170 \times 178.4
			460	26	0.85	0.9	2	1.7		

表 5-27 YXB 型洗衣机电动机技术数据

型号	输出功率 (W)	电压 (V)	频率 (Hz)	效率 (%)	电流 (A)	额定转速 (r/min)	消耗 功率 (W)	绝缘 等级	电容 ($\mu\text{F}/\text{V}$)	外形尺寸 长 \times 宽 \times 高 (mm)
YXB-100	100	220	50		0.90	1320	195	B	8/400	171 \times 160 \times 154
YXC-45	45	220	50		0.55	1350	114	B	4/400	

5-5-4 复印机用微型异步电动机的技术数据

复印机用成套微型异步电动机型号包括：

主电机：(FZ-1) 为 65W 微型单相电容运转异步电动机；

毛刷电机：(FM-1) 为 50W 微型单相电容运转异步电动机；

光学驱动可逆电机：(FG-1) 为 20W 微型单相电容运转异步电动机；

输纸电机：(FS-1) 为 10W 微型单相电容运转异步电动机；

吸尘电机：(FX-1) 为 20W 微型单相电容运转异步电动机；

搓纸电机：(FC-1) 为永磁式直流电机；

风扇用电机：(FF-11、FF-12、FF-13) 均为单相罩极电动机。

复印机用成套微型异步电动机技术数据，见表 5-28 到表 5-32。

5-5-5 汽车用微型电动机的技术数据

汽车用微型电动机的技术数据，见表 5-33 和表 5-34。

5-5-6 小功率水泵用电机的技术数据

小功率水泵用电机的技术数据，见表 5-35 和表 5-36。

表 5-28 FZ、FG、FS、FX、FM 型微型异步电动机的技术数据

型号	相数	电压 (V)	频率 (Hz)	输出功率 (W)	转速 (r/min)	额定电流 (A)	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	启动电流 (A)	工作电容 (μF)	工作方式
FZ-1				65	1400	0.87	1.2	1.6	3	8	连续
FG-1				20	1200	0.32	1.2	1.6	1.5	2	30min
FS-1	1	220	50	10	1300	0.25	0.9	1.6	1	1.5	连续
FX-1				20	2600	0.30	0.9	1.2	1.5	2	连续
FM-1				50	1400	0.69	1.1	1.6	2.5	6	连续

表 5-29 FC 型微型异步电动机的技术数据

型 号	电 压 (V)	电 流 (A)	转 速 (r/min)	转 矩 (mN·m)	空载转速 (r/min)	顺逆转速允差 (r/min)
FC-1	24	≤0.2	4500±10%	3.43	6000±10%	<300

表 5-30 FF 系列微型异步电动机的技术数据

型 号	容 量 (W)	频 率 (Hz)	电 压 (V)	效 率 (%)	功 率 因 数 (cosφ)	额 定 电 流 约 (A)	转 速 (r/min)	起 动 转 矩 额 定 转 矩	最 大 转 矩 额 定 转 矩
FF-11	1			8	0.30	0.19	2600	0.6	
FF-12	3	50	220	16	0.30	0.28	2500	0.5	1.1
FF-13	5			20	0.40	0.28	2600	0.4	

国内引进复印机国产化配套用微型异步电动机型号、用途以及技术数据:

表 5-31 引进复印机配套用微型异步电动机型号及用途

型 号	名 称	用 途
90YY	单相电容运转异步电动机	用于主驱动源
84SG	永磁直流伺服电动机	用于扫描驱动
37ZY	永磁直流电动机	用于镜头驱动
FJ-1 EJ-2	轴流风机	用于吹风制冷
24YJ	单相异步罩极电动机	

表 5-32 引进复印机配套用微型异步电动机技术数据

型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定功率 (W)	额定转速 (r/min)	传感器输出 电压 (V)	额定转矩 (mN·m)	空载转速 (r/min)	风量 (m ³ /min)	噪声 (dB)	温升 (°C)
90YY	220	<0.5	42	60±3		6.5				
84SG	24	0.95±0.15	10.7	370±15%	>1.2					
37YZ	24	≤0.2	1.6	5300±10%		3	≤7000			
FJ-1	100									
	110		1.25	1850~2550				>0.7~ 2.5	<4.5~ 5.7	<50
FJ-2	220									
24YJ	220	<0.15	0.8			2			<30	

表 5-33 汽车起动用微型电动机的技术数据

型号	额 定			配用蓄电 池容量 (A·h)	空 载 性 能			制 动 性 能			配 套 车 型
	电压 (V)	功率 (W)	转 速 (r/min)		电压 (V)	电 流 (A)	转 速 (r/min)	电 压 (V)	电 流 (A)	力 矩 (N·m)	
QD123	12	1104	1200	60	12	100	5000	6	525	15.68	BJ212, 泰山 130
QD124	12	1472	1200	90	12	100	5000	8	650	27.44	解放公共汽车底盘
QD124A	12	1472	1200	90	12	100	5000	6	600	25.48	解放 CA141 解放公共汽车底盘
QD264A	24	5152	1700	180	24	100	5500	—	900	58.8	6102 柴油机 50 吨改装汽车
QD124B	12	1472	1200	105	12	100	5000	—	—	—	东风 EQ140
2202	12	1472	1500	90	12	100	5000	5	650	21.56	解放 CA-10 解放 CA-15

表 5-34 汽车交流发电机的技术数据

型号	额定				输出 电流 (A)	空载转速 不大于 (r/min)	满载转速 不大于 (r/min)	最高工作 转速 (r/min)	配用调节 器型号	主要配套车型
	功率 (W)	电压 (V)	转速 (r/min)	电流 (A)						
JF11C	350	14	3500	25				FT60	解放 CA-10, CA-15	
JF11D	350	14	3500	25				FT60	BJ212, 泰山 130	
JF12A	350	28	3500	12.5				FT60	6102 柴油机, 5 吨改装车	
JF12C	350	28	3500	12.5				FT60A		
JF21C	500	14	3500	36				FT60	S150	
JF21Y	500	14	3500	36	1000			FT60	解放公共汽车底盘	
JF22B	500	28	3500	18				FT60A	4160 柴油机	
JF22C	500	28	3500	18		2500	8000	FT60A	S150K	
JF22D	500	28	3500	18				FT60A	黄河载重车	
JF22Y	500	28	3500	18				FT60A		
JF1522A	500	14	3000	36				FT60	解放 CA141	
JF1522	500	14	3000	36				JFT107		
JF2522	500	28	3000	18				JFT106		
JF1322	350	14	3500	25			1100	FT60	东风 EQ140	

表 5-35 ESBU 系列农用水泵电动机技术数据

型号	功率 (W)	电流 (A)	电压 (V)	频率 (Hz)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数 ($\cos\varphi$)	堵转转矩 额定转矩	堵转电流 (A)	最大转矩 额定转矩	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
ESBU-550-2 FSBC-550-2	550	4.65	220	50	2800	68	0.79	1.1 1.8		1.8	320×160×215
ESBU-750-2 ESBL-750-2	750	4.72 5.15	220	50	2800	72	0.96 0.92	0.4 1.8	29	1.8 1.7	330×200×165

表 5-36 ZDB 系列水泵用电动机技术数据

型号	电压 (V)	频率 (Hz)	功率 (W)	电流 (A)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率 因数 ($\cos\varphi$)	堵转电流 (A)	堵转转矩 额定转矩	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
ZDB7112 ZDB7122	220	50	370 550	3.5 5.12	2800	65 65	0.74 0.75	30 42	1.1 1.1	

5-5-7 三相异步电动机的技术数据

三相异步电动机的技术数据，见表 5-37 到表 5-44。

表 5-37 Y 系列三相异步电动机主要技术数据

型 号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定转速 (r/min)	堵转电流	堵转转矩	最大转矩
					额定电流	额定转矩	额定转矩
Y801-2	0.75	380	1.81	2830	7.0	2.2	2.2
Y802-2	1.1	380	2.52	2830	7.0	2.2	2.2
Y90S-2	1.5	380	3.44	2840	7.0	2.2	2.2
Y90L-2	2.2	380	4.74	2840	7.0	2.2	2.2
Y100L-2	3.0	380	6.39	2870	7.0	2.2	2.2
Y112M-2	4.0	380	8.17	2890	7.0	2.2	2.2
Y132S1-2	5.5	380	11.1	2900	7.0	2.0	2.2
Y132S2-2	7.5	380	15.0	2900	7.0	2.0	2.2
Y160M1-2	11	380	21.8	2900	7.0	2.0	2.2
Y160M2-2	15	380	29.4	2930	7.0	2.0	2.2
Y160L-2	18.5	380	35.5	2930	7.0	2.0	2.2
Y180M-2	22	380	42.2	2940	7.0	2.0	2.2
Y200L1-2	30	380	56.9	2950	7.0	2.0	2.2
Y200L2-2	37	380	69.8	2950	7.0	2.0	2.2
Y225M-2	45	380	83.9	2970	7.0	2.0	2.2
Y801-4	0.55	380	1.51	1390	6.5	2.2	2.2
Y802-4	0.75	380	2.01	1390	6.5	2.2	2.2
Y90S-4	1.1	380	2.75	1400	6.5	2.2	2.2
Y90L-4	1.5	380	3.65	1400	6.5	2.2	2.2
Y100L1-4	2.2	380	5.03	1430	6.5	2.2	2.2
Y100L2-4	3.0	380	6.82	1430	7.0	2.2	2.2
Y112M-4	4.0	380	8.77	1440	7.0	2.2	2.2
Y132S-4	5.5	380	11.6	1440	7.0	2.2	2.2
Y132M-4	7.5	380	15.4	1440	7.0	2.2	2.2
Y160M-4	11	380	22.6	1460	7.0	2.2	2.2
Y160L-4	15	380	30.3	1460	7.0	2.2	2.2
Y180M-4	18.5	380	35.9	1470	7.0	2.0	2.2
Y180L-4	22	380	42.5	1470	7.0	2.0 ^a	2.2
Y200L-4	30	380	56.8	1470	7.0	2.0	2.2

(续表)

型 号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定转速 (r/min)	堵转电流	堵转转矩	最大转矩
					额定电流	额定转矩	额定转矩
Y225S-4	37	380	69.8	1480	7.0	1.9	2.2
Y225M-4	45	380	84.2	1480	7.0	1.9	2.2
Y90S-6	0.75	380	2.25	910	6.0	2.0	2.0
Y90L-6	1.1	380	3.15	910	6.0	2.0	2.0
Y100L-6	1.5	380	3.97	940	6.0	2.0	2.0
Y112M-6	2.2	380	5.61	940	6.0	2.0	2.0
Y132S-6	3.0	380	7.23	960	6.5	2.0	2.0
Y132M1-6	4.0	380	9.40	960	6.5	2.0	2.0
Y132M2-6	5.5	380	12.6	960	6.5	2.0	2.0
Y160M-6	7.5	380	17.0	970	6.5	2.0	2.0
Y160L-6	11	380	24.6	970	6.5	2.0	2.0
Y180L-6	15	380	31.4	970	6.5	1.8	2.0
Y200L1-6	18.5	380	37.7	970	6.5	1.8	2.0
Y200L2-6	22	380	44.6	970	6.5	1.8	2.0
Y225M-6	30	380	59.5	980	6.5	1.7	2.0
Y250M-6	37	380	72	980	6.5	1.8	2.0
Y280S-6	45	380	85.4	980	6.5	1.8	2.0
Y132S-8	2.2	380	5.81	710	5.5	2.0	2.0
Y132M-8	3.0	380	7.72	710	5.5	2.0	2.0
Y160M1-8	4.0	380	9.91	720	6.0	2.0	2.0
Y160M2-3	5.5	380	13.3	720	6.0	2.0	2.0
Y160L-8	7.5	380	17.7	720	5.5	2.0	2.0
Y180L-8	11	380	25.1	730	6.0	1.7	2.0
Y200L-8	15	380	34.1	730	6.0	1.8	2.0
Y225S-8	18.5	380	41.3	730	6.0	1.7	2.0
Y225M-8	22	380	47.6	730	6.0	1.8	2.0
Y250M-8	30	380	63.0	730	6.0	1.8	2.0
Y280S-8	37	380	78.2	740	6.0	1.8	2.0
Y280M-8	45	380	93.2	740	6.0	1.8	2.0

表 5-38 J 系列三相异步电动机主要技术数据
(额定电压 220/380V, 额定频率 50Hz, 定子绕组绝缘 A 级)

型号	额定功率 (kW)	满载时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	定子绕组					
		电流(A)	转速 (r/min)	功率因数 (cosφ)	效率 (%)				线规	并联路数及接法	绕组型式	每个线圈匝数	节距	
														根数
J31-2	1.0	4/2.3	2850	0.86	78.6	6	1.6	2.2	1	φ0.69	1Δ/Y	双叠	49	1~8
J32-2	1.7	6.3/3.64	2850	0.87	81.5	6	1.8	2.4	1	φ0.86	1Δ/Y	双叠	33	1~8
J41-2	2.8	10/5.8	2870	0.88	83.5	6	1.4	2.2	1	φ1.12	1Δ/Y	双叠	31	1~8
J42-2	4.5	15.8/9.15	2870	0.88	85	7	1.6	2.4	1	φ1.40	1Δ/Y	双叠	21	1~8
J51-2	7	24/13.8	2890	0.9	86	7	1.2	2.2	2	φ1.35	1Δ/Y	双叠	16	1~11
J52-2	10	33.6/19.4	2890	0.9	87	7	1.3	2.4	1 2	φ1.35 φ1.25	1Δ/Y	双叠	11	1~11
J61-2	14	47/27.5	2910	0.9	87.5	5.5	1.2	2.5	2	φ1.25	2Δ/Y	双叠	17	1~13
J62-2	20	66/38	2910	0.91	88.3	6	1.3	2.7	2	φ1.45	2Δ/Y	双叠	13	1~13
J71-2	28	92/53	2920	0.91	89	5	0.95	2.1	2 1	φ1.35 φ1.45	2Δ/Y	双叠	12	1~13
J82-2	75	239/138	2930	0.91	90.6	5.5	1.1	2.6	6 1	φ1.45 φ1.56	2Δ/Y	双叠	6	1~13
J92-2	125	388/224	2950	0.92	92	6.5	1.15	3	11	φ1.56	2Δ/Y	双叠	4	1~14

(续表)

型号	额定功率 (kW)	满载时			额定电流	启动电流 额定电流	启动转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	定子绕组								
		电流(A)	转速 (r/min)	功率因数 (cosφ)					效率 (%)	根数	直径 (mm)	并联路数 及接法	绕组型式	每个线圈匝数	节距		
																线规	
																额定	效率
J41-6	1.0	4.93/2.84	940	0.72	76.7	5	1.3	1.8	1	φ0.86	1Δ/Y	单链	74	1~6			
J42-6	1.7	7.65/4.43	940	0.75	79.6	5.5	1.4	1.8	1	φ1.08	1Δ/Y	单链	51	1~6			
J51-6	2.8	11.6/6.7	960	0.78	82	5	1.3	1.8	1	φ1.35	1Δ/Y	单链	45	1~6			
J52-6	4.5	17.7/10.2	960	0.8	84	5.5	1.4	1.8	1	φ1.56	1Δ/Y	单链	30	1~6			
J61-6	7	27/15.5	960	0.81	85.5	4.5	1.1	1.9	2	φ1.35	1Δ/Y	双叠	17	1~6			
J62-6	10	37/21.5	960	0.82	86.5	4.5	1.1	1.9	2	φ1.56	1Δ/Y	双叠	13	1~6			
J71-6	14	50/28.5	970	0.85	87	5	1.2	1.9	1	φ1.56	3Δ/Y	双叠	24	1~8			
J72-6	20	70/40.5	970	0.86	88	5	1.2	1.9	2	φ1.25	3Δ/Y	双叠	19	1~8			
J61-8	4.5	18.4/10.6	730	0.77	83.5	4.5	1.2	1.8	2	φ1.16	1Δ/Y	双叠	17	1~6			
J62-8	7	28.2/16.3	730	0.78	85	5	1.4	1.8	1	φ1.35 φ1.45	1Δ/Y	双叠	12	1~6			
J71-8	10	38.5/22.3	730	0.8	85.5	4	1.0	1.8	2	φ1.16	2Δ/Y	双叠	20	1~7			
J72-8	14	53/30	730	0.81	87	4	1.0	1.8	2	φ1.35	2Δ/Y	双叠	16	1~7			
J81-8	20	73.5/42.5	730	0.82	88	4.5	1.2	1.8	2	φ1.56	2Δ/Y	双叠	10	1~9			
J82-8	28	101/58.5	730	0.83	88.5	4.5	1.2	1.8	2	φ1.25	4Δ/Y	双叠	15	1~9			

表 5-39 JO 系列三相异步电动机主要技术数据(额定电压 220/380V, 额定频率 50Hz)

型号	额定功率 (kW)	满载时				启动电流 额定电流	启动转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	定子绕组					
		电流(A)	转速 (r/min)	功率因 数 (cosφ)	效率 (%)				线规 直径 (mm)	并联路数 及接法	绕组型式	每个线 圈匝数	节距	
														根数
JO31-2	0.6	2.45/1.42	2880	0.85	76	7	1.8	2.4	1	φ0.57	1Δ/Y	单层 同心式	86	1~12 2~11
JO32-2	1.0	3.88/2.24	2880	0.86	79	7.5	2	2.6	1	φ0.69	1Δ/Y	单层 同心式	72	1~12 2~11
JO41-2	1.7	6.34/3.66	2890	0.87	81.5	7.5	1.7	2.4	1	φ1.0	1Δ/Y	单层 同心式	56	1~12 2~11
JO42-2	2.8	10/5.8	2890	0.89	83.5	7	1.7	2.5	1	φ1.12	1Δ/Y	单层 同心式	41	1~12 2~11
JO51-2	4.5	9.1	2900	0.89	85	7.5	1.3	2.4	1	φ1.16	1Δ	单层 同心式	58	1~12 2~11
JO52-2	7	13.8	2900	0.9	86	7	1.3	2.5	1	φ1.35	1Δ	单层 同心式	44	1~12 2~11
JO62-2	10	19.5	2920	0.91	86.8	6	1.2	2.7	2	φ1.25	1Δ	双叠	15	1~13
JO63-2	14	27	2930	0.91	87.5	7	1.4	2.0	1	φ1.35	2Δ	双叠	25	1~13
JO72-2	20	38	2940	0.92	88.3	6	1.1	2.6	1 2	φ1.45 φ1.35	1Δ	双叠	10	1~13
JO73-2	28	52	2940	0.92	89	6.5	1.4	2.8	2	φ1.35	2Δ	双叠	16	1~13
JO31-4	0.6	2.8/1.6	1420	0.76	74	5.5	1.7	2	1	φ0.57	1Δ/Y	单链	112	1~6
JO32-4	1.0	4.25/2.45	1420	0.79	78.5	5.5	1.8	2	1	φ0.69	1Δ/Y	单链	80	1~6

(续表)

型号	额定功率 (kW)	满载时				启动电流 额定 电流	启动转矩 额定 转矩	最大 转矩 额定 转矩	定子绕组					
		电流(A)	转速 (r/min)	功率因 数 ($\cos\phi$)	效率 (%)				线 规 根数	直径 (mm)	并联路数 及接法	绕组型式	每个线 圈匝数	节 距
JO41-4	1.7	6.7/3.9	1430	0.82	81.5	6	1.8	2	1	$\phi 0.86$	1 Δ /Y	单层 交叉式	48	2(1~9) 1(1~8)
JO42-4	2.8	10.5/6.1	1430	0.84	83.5	6	1.9	2	1	$\phi 1.12$	1 Δ /Y	单层 交叉式	35	2(1~9) 1(1~8)
JO51-4	4.5	9.5	1440	0.85	85	6.5	1.4	2	1	$\phi 1.0$	1 Δ	单层 交叉式	50	2(1~9) 1(1~8)
JO52-4	7	14.5	1440	0.86	86	6.5	1.5	2	1	$\phi 1.25$	1 Δ	单层 交叉式	34	2(1~9) 1(1~8)
JO62-4	10	20	1460	0.88	86.8	6.5	1.5	2.3	1 1	$\phi 1.25$ $\phi 1.16$	1 Δ	双 叠	18	1~9
JO63-4	14	27.4	1460	0.89	87.6	6.5	1.6	2.3	1 1	$\phi 1.25$ $\phi 1.35$	1 Δ	双 叠	14	1~9
JO72-4	20	38.7	1460	0.89	88.5	7	1.5	2.3	1 2	$\phi 1.35$ $\phi 1.45$	1 Δ	双 叠	12	1~8
JO73-4	28	53	1460	0.9	89.5	7	1.5	2.3	2	$\phi 1.35$	2 Δ	双 叠	19	1~8
JO41-6	1.0	4.93/2.84	940	0.72	76.7	5	1.3	1.8	1	$\phi 0.8$	1 Δ /Y	单 链	71	1~6
JO42-6	1.7	7.65/4.43	940	0.75	79.6	5.5	1.4	1.8	1	$\phi 0.96$	1 Δ /Y	单 链	50	1~6

表 5-40 J2 系列三相异步电动机主要技术数据(额定电压 380V, 额定频率 50Hz)

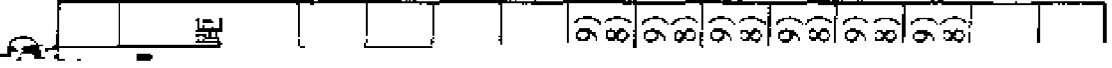
型号	额定功率 (kW)	满载时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	定子绕组					
		电流(A)	转速 (r/min)	功率因数 (cosφ)	效率 (%)				线规	并联路数及接法	绕组型式	每个线圈匝数	节距	
														根数
J2-61-2	17	32	2920	0.91	88.5	7	1.2	2.2	1	φ1.4 φ1.35	1Δ	双叠	16	1~13
J2-62-2	22	41	2920	0.91	89.5	7	1.2	2.2	2	φ1.62	1Δ	双叠	13	1~13
J2-71-2	30	55.8	2940	0.91	89.5	7	1.1	2.2	4	φ1.30	1Δ	双叠	10	1~13
J2-61-4	13	25	1460	0.88	89	6.5	1.2	1.8	2	φ1.2	1Δ	双叠	17	1~8
J2-62-4	17	32.5	1460	0.88	89	6.5	1.2	1.8	1	φ1.4	2Δ	双叠	27	4~8
J2-71-4	22	42.5	1460	0.88	89.5	7	1.1	2.0	3	φ1.30	1Δ	双叠	12	1~9
J2-72-4	30	57	1460	0.88	90	7	1.1	2.0	2	φ1.35	2Δ	双叠	19	1~9
J2-61-6	10	21.4	960	0.83	87	6.5	1.2	1.8	2	φ1.12	1Δ	双叠	14	1~9
J2-62-6	13	27.4	960	0.84	87.5	6.5	1.2	1.8	2	φ1.25	1Δ	双叠	11	1~9

(续表)

型号	额定功率 (kW)	满载时				启动电流 额定电流	启动转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	定子绕组					
		电流(A)	转速 (r/min)	功率因 数 (cosφ)	效率 (%)				线数	线径 (mm)	并联路数 及接法	绕组型式	每个线 圈匝数	节 距
J2-71-6	17	35	970	0.84	88	6.5	1.2	1.8	1	φ1.40	2Δ	双叠	20	1~9
J2-72-6	22	44.4	970	0.85	88.5	6.5	1.2	1.8	1	φ1.62	2Δ	双叠	16	1~9
J2-81-6	30	59.3	970	0.86	89.5	6.5	1.2	1.8	2	φ1.40	2Δ	双叠	12	1~11
J2-62-8	10	22.1	720	0.8	86	5.5	1.1	1.1	1	φ1.2	2Δ	双叠	27	1~7
J2-71-8	13	28	720	0.81	87	5.5	1.1	1.8	1	φ1.50	2Δ	双叠	25	1~7
J2-72-8	17	36	720	0.82	87.5	5.5	1.1	1.8	1 1	φ1.50 φ1.45	1Δ	双叠	10	1~7
J2-81-8	22	46	740	0.82	88.5	5.5	1.1	1.8	2	φ1.25	2Δ	双叠	15	1~9
J2-82-8	30	61.6	740	0.83	89	5.5	1.1	1.8	1	φ1.50	4Δ	双叠	23	1~9

表 5-41 JO2 系列电动机的技术数据

型号	额定功率 (kW)	满载时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	定子绕组				
		电流(A)	转速 (r/min)	功率因数 (cosφ)	效率 (%)				线规	并联路数及接法	绕组型式	每个线圈匝数	节距
JO2-11-2	0.8	1.84	2810	0.85	77.5	7	1.8	2.2	1Y	单层同心式	94	1~12 2~11	
JO2-12-2	1.1	2.44	2810	0.86	79.5	7	1.8	2.2	1Y	单层同心式	72	1~12 2~11	
JO2-21-2	1.5	3.22	2860	0.87	81	7	1.8	2.2	1Y	单交叉式	80	2(1~9) 1(1~8)	
JO2-22-2	2.2	4.66	2860	0.87	82.5	7	1.8	2.2	1Y	单交叉式	60	2(1~9) 1(1~8)	
JO2-31-2	3	6.18	2860	0.88	84	7	1.8	2.2	1Y	单层同心式	41	1~12 2~11	
JO2-32-2	4	8.06	2860	0.88	85.5	7	1.8	2.2	1Δ	单层同心式	56	1~12 2~11	
JO2-41-2	5.5	11	2920	0.88	86.5	7	1.6	2.2	1Δ	单层同心式	49	1~12 2~11	
JO2-42-2	7.5	14.6	2920	0.88	87.5	7	1.6	2.2	1Δ	单层同心式	41	1~12 2~11	
JO2-51-2	10	19.3	2930	0.88	87.5	7	1.4	2.2	1Δ	单层同心式	40	1~12 2~11	
JO2-52-2	13	25.4	2930	0.88	88	7	1.4	2.2	1Δ	单层同心式	32	1~12 2~11	
JO2-61-2	17	32	2940	0.9	89.5	7	1.3	2.2	2Δ	双叠	25	1~11	
JO2-71-2	22	42	2940	0.9	88.5	7	1.2	2.2	1Δ	双叠	10	1~13	



(续表)

型号	额定功率 (kW)	满载时				启动电流 额定电流	启动转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	定子绕组					
		电流(A)	转速 (r/min)	功率因 数 ($\cos\varphi$)	效率 (%)				线规 根数	直径 (mm)	并联路数 及接法	绕组型式	每个线 圈匝数	节 距
J02-21-6	0.8	2.31	930	0.7	75	6.5	1.8	1.8	1	φ0.67	1Y	单链	81	1~6
J02-22-6	1.1	3.05	930	0.72	77	6.5	1.8	1.8	1	φ0.77	1Y	单链	61	1~6
J02-31-6	1.5	3.89	940	0.74	78.5	6.5	1.8	1.8	1	φ0.86	1Y	单链	60	1~6
J02-32-6	2.2	5.35	940	0.76	80.5	6.5	1.8	1.8	1	φ1.04	1Y	单链	42	1~6
J02-41-6	3	7.07	950	0.78	82.5	6.5	1.8	1.8	1	φ1.2	1Y	单链	40	1~6
J02-42-6	4	9.2	950	0.79	84	6.5	1.8	1.8	1	φ1.04	1Δ	单链	55	1~6
J02-51-6	5.5	12.2	960	0.8	85	6.5	1.4	1.8	1	φ1.2	1Δ	单链	47	1~6
J02-52-6	7.5	16.2	960	0.81	86	6.5	1.4	1.8	1	φ1.4	1Δ	单链	37	1~6
J02-61-6	10	21	970	0.82	87	6.5	1.4	1.8	1	φ1.16 φ1.12	1Δ	双叠	11	1~9

(续表)

型号	额定功率 (kW)	满载时				启动电流 / 额定电流	启动转矩 / 额定转矩	最大转矩 / 额定转矩	定子绕组					
		电流(A)	转速 (r/min)	功率因数 ($\cos\varphi$)	效率 (%)				线规	并联路数 及接法	绕组型式	每个线圈匝数	节距	
														根数
J02-62-6	13	26.2	970	0.83	87.5	6.5	1.4	1.8	1	$\phi 1.35$ $\phi 1.30$	1Δ	双叠	9	1~9
J02-41-8	2.2	6.1	710	0.68	80.5	5.5	1.8	1.8	1	$\phi 1.12$	$1Y$	单链	37	1~6
J02-42-8	3	7.68	710	0.72	82.5	5.5	1.8	1.8	1	$\phi 1.3$	$1Y$	单链	31	1~6
J02-51-8	4	9.65	710	0.75	84	5.5	1.5	1.8	1	$\phi 1.12$	1Δ	单链	48	1~6
J02-52-8	5.5	12.7	710	0.77	85	5.5	1.5	1.8	1	$\phi 1.3$	1Δ	单链	37	1~6
J02-61-8	7.5	17	725	0.78	86	5.5	1.3	1.8	1	$\phi 1.04$	2Δ	双叠	29	1~7
J02-62-8	10	22	725	0.8	87	5.5	1.3	1.8	1	$\phi 1.2$	2Δ	双叠	23	1~7
J02-71-8	13	27.8	725	0.81	87.5	5.5	1.3	1.8	1	$\phi 1.35$	2Δ	双叠	21	1~7

表 5-42 YZR 系列三相异步电动机技术数据

工作方式	断续周期性工作					
工作制	每小时启动 6 次					
	15%				25%	
项目	额定功率	额定电流	转子电流	转速	额定功率	额定电流
机座号	(kW)	(A)	(A)	(r/min)	(kW)	(A)
同步转速 1000r/min						
YZR 112M	2.2	6.6	18.4	725	1.8	5.3
132MA	3.0	8	16.1	855	2.5	6.5
132MP	5	12.3	18.2	875	4	9.7
160MA	7.5	18.5	35.4	910	6.3	16.4
T60MB	11	24.6	39.6	908	8.5	19.6
160L	15	34.7	39	920	13	28.6
180L	20	42.6	58.7	946	17	36.7
200L	33	62	68	942	26	56.1
225M	40	80	101	947	34	70
250MA	50	99	123	950	42	80
250MB	63	121	134	947	52	97
280S	75	144	169.5	960	63	118
280M	100				85	
同步转速 750r/min						
YZR 160L	11	27.5	35.3	676	9	22.4
180L	15	34	56	690	13	29.1
200L	22	48	81	690	18.5	40
225M	33	70	92	696	26	55
250MA	42	75	97.5	710	35	64
250MB	52	103	98	706	42	86
280M	75	150	132	715	63	126
315S	100	172	213	719	85	148
315M	125	250	232	717	100	190
同步转速 600r/min						
YZR 280S	55	112	235.2	564	42	92
280M	63	146	241	548	55	127
315S	75	154	194	574	63	132.5
315M	100	210	203	570	85	179
355M	132	266	252	576	110	218
355LA	160	314	261	571	132	257
355LB	185	353	241	585	150	293
400LA						
400LB						

(续表)

工作方式	断续周期性工作					
工作制	每小时起动6次					
	25%		40%			
项目	转子电流	转速	额定功率	额定电流	转子电流	最大转矩 额定转矩
机座号	(A)	(r/min)	(kW)	(A)	(A)	
同步转速 1000r/min						
YZR 112M	13.4	815	1.5	4.6	12.5	2.5
132MA	12.9	892	2.2	6.1	12.6	2.9
132MP	14.2	900	3.7	9.2	14.5	3.5
160MA	29.4	921	5.5	15	25.7	2.6
160MB	29.8	930	7.5	18	26.5	2.8
160L	31.6	900	11	24.9	27.6	2.5
180L	49.8	955	15	33.8	46.5	3.2
200L	82.4	956	22	49.1	69.9	2.9
225M	85	957	30	62	74.4	3.3
250MA	103	960	37	70.5	91.5	3.1
250MB	110	958	45	84.5	95	3.5
280S	142	966	55	101.5	119.8	3.0
280M			75			
同步转速 750r/min						
YZR 160L	28.1	694	7.5	19.1	23	2.7
180L	47.8	700	11	27	44	2.7
200L	67.2	701	15	33.5	53.5	2.9
225M	71.2	708	22	46.9	59.1	2.9
250MA	80	715	30	63.4	68.8	2.6
250MB	79	716	37	78	70	2.7
280M	110	722	75	110.5	92.5	2.8
315S	180	724	75	134	159	2.74
315M	183.5	715	90	172	160.9	3.1
同步转速 600r/min						
YZR 280S	177.1	571	37	84.8	153.2	2.8
280M	207	556	45	103.8	165	3.2
315S	161.9	580	55	118.3	138.7	3.1
315M	171	576	75	160	149.3	3.4
355M	207	581	90	180	166.6	3.3
355LA	213	578	110	217	172	3.1
355LB	194	588	132	262	167.5	3.5
400LA			160			
400LB			200			

(续表)

工作方式	断续周期性工作					
工作制	每小时起动6次					
	40%				60%	
项目 机座号	空载电流 (A)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数 ($\cos\phi$)	额定功率 (kW)	额定电流 (A)
同步转速 1000r/min						
YZR 112M	3.37	866	65	0.77	1.1	3.8
132MA	4.04	908	70	0.77	1.8	5.4
132MP	5.58	908	75.5	0.78	3.0	7.9
160MA	7.95	930	75.5	0.78	5.0	14
160MB	11.2	940	79	0.8	6.3	16
160L	13	945	82	0.8	9	21
180L	18.8	962	84	0.81	13	29.7
200L	26.6	964	86	0.81	19	44.5
225M	29.9	962	88	0.82	26	55
250MA	26.5	960	89	0.89	32	61
250MB	28.2	965	90.5	0.89	39	73
280S	34	969	91	0.9	48	88
280M					63	
同步转速 750r/min						
YZR 160L	12.7	705	78.5	0.72	6	16.4
180L	14.8	700	81	0.77	9	21.9
200L	17.7	712	85	0.78	13	30
225M	24.2	715	86	0.79	18.5	41
250MA	31.4	720	87	0.8	26	52
250MB	36.9	720	88	0.82	32	68
280M	52.3	725	89	0.84	48	103
315S	62	727	89	0.85	63	116
315M	57.7	720	90	0.87	75	140
同步转速 600r/min						
YZR 280S	44.2	572	86	0.76	32	77
280M	63.6	560	86	0.77	37	90
315S	62.5	580	88.5	0.79	48	106.6
315M	85.3	579	89	0.79	63	140
355M	83	589	90	0.81	75	154
355LA	90	582	91	0.82	90	181
355LB	126	588	92	0.82	110	226
400LA						
400LB						

(续表)

工作方式		断续周期性工作					
工作制		每小时起动6次					
		60%		100%			
机座号	项目	转子电流	转速	额定功率	额定电流	转子电流	转速
		(A)	(r/min)	(kW)	(A)	(A)	(r/min)
同步转速 1000r/min							
YZR 112M	7.3	912	0.8	3.5	5.16	940	
132MA	9	924	1.5	5	7.3	940	
132MP	10.2	937	2.5	7.2	8.4	950	
160MA	22.9	935	4	12.5	18.2	944	
160MB	21.7	949	5.5	15	18.8	956	
160L	22.3	952	7.5	18.8	18.5	970	
180L	37.3	968	11	25.5	31.4	975	
200L	60.5	696	17	40.5	52.6	973	
225M	64.5	968	22	50	54.2	975	
250MA	79	970	28	55	69	975	
250MB	83	969	33	64	71	974	
280S	107.1	972	40	76	88.9	976	
280M			50				
同步转速 750r/min							
YZR 160L	18.2	717	5	14	15	724	
180L	32.1	720	7.5	19.6	26.6	726	
200L	46.1	718	11	27	38.7	723	
225M	49.5	721	17	38	45	723	
250MA	59.1	725	22	46	49.7	729	
250MB	60	725	27	60	51	729	
280M	82.8	730	40	93	68.7	732	
315S	132	731	55	104	115	734	
315M	136	725	63	124	113.8	728	
同步转速 600r/min							
YZR 280S	133.4	578	27	69	111.8	582	
280M	136	569	33	89.6	118	587	
315S	122	585	40	95.2	101	588	
315M	124.8	584	50	125	98.5	587	
355M	140	588	63	136	117	589	
355LA	143	585	75	157	119	588	
355LB	141.8	591	90	191	115.6	592	
400LA							
400LB							

(续表)

工作方式	断续周期性工作					
工作制	每小时启动 150 次					
	25%				40%	
项目 机座号	额定功率 (kW)	额定电流 (A)	转子电流 (A)	转速 (r/min)	额定功率 (kW)	额定电流 (A)
同步转速 1000r/min						
YZR 112M	1.6	4.75	11.3	845	1.3	4.5
132MA	2.2	6	11.2	908	2	5.7
132MB	3.7	9.7	13.1	915	3.3	9.2
160MA	5.8	15.5	27.3	927	5	14.1
160MB	7.5	18	27.6	90	7	17.1
160L	11	28.3	27.8	950	10	23
180L	15	33	43.7	960	13	29.5
200L	21	47	55.4	965	18.5	42.5
225M	28	58	70	965	25	53
250MA	33	63	82.6	970	30	58
250MB	47	78	90.5	967	37	70
280S	52	95	116	970	45	83
280M						
同步转速 750r/min						
YZR 160L	7.5	19	22.8	712	7	18.1
180L	11	25.4	40.6	711	10	23.5
200L	15	34	54.1	713	13	30
225M	21	45	56.8	718	18.5	41
250MA	29	61.5	68.5	700	25	54
250MB	33	70	62.5	725	30	64
280S						
280M	52	104	90.2	727	45	93
315S	64	118	132.7	731	60	110.5
315M	75	142	136	725	72	136
同步转速 600r/min						
YZR 280S	33	78.7	141.8	578	30	74
280M	42				37	
315S	50	110	128.4	583	45	100
315M	65	144	129	584	60	136
355M	80	160.5	149.7	587	72	156
355LA	100	185	159	586	90	170
405LB	120	250	149.8	588	110	230
400LA						
400LB						

(续表)

工作方式		断续周期性工作					
工作制		每小时启动 150 次					
		40%		60%			
机座号	项目	转子电流	转速	额定功率	额定电流	转子电流	转速
		(A)	(r/min)	(kW)	(A)	(A)	(r/min)
同步转速 1000r/min							
YZR 112M		8.85	890	1.0	3.75	6.57	920
132MA		10	913	1.7	5.3	8.4	931
132MB		11.2	925	2.8	8.5	9.65	940
160MA		23.4	935	4.8	13.8	22.7	937
160MB		25.6	945	6.0	15.6	21.8	954
160L		25	957	8	19.5	19.8	969
180L		37.7	965	12	28	34.6	969
200L		48.5	970	17	40.5	53.8	973
225M		62.2	969	22	50	54.5	973
250MA		74.9	973	28	54	69.8	975
250MB		79.3	971	33	63	70.5	975
280S		100	974	42	80	93.6	975
280M							
同步转速 750r/min							
YZR 160L		21.2	716	5.8	16.4	17.3	724
180L		36.6	717	8	20.5	28.8	728
200L		46.6	718	12	28.2	43	720
225M		49.7	721	17	38	45.6	724
250MA		58.7	705	32	49	51.9	712
250MB		56.6	727	28	61	52.8	728
280S							
280M		77.7	730	42	89	72.4	732
315S		124.2	733	56	106	115.8	733
315M		130.7	725	65	126	117.6	727
同步转速 600r/min							
YZR 280S		125	579	28	71	116	580
280M				33			
315S		115.3	585	42	96	107.4	586
315M		119	585	55	130	109	586
355M		134.5	588	65	140	121	589
355LA		142	588	80	155	126.5	589
405LB		137.5	589	95	210	122.7	591
400LA							
400LB							

(续表)

工作方式	断续周期性工作				
工作制	每小时起动 300 次				
	40%				60%
项目 机座号	额定功率 (kW)	额定电流 (A)	转子电流 (A)	转速 (r/min)	额定功率 (kW)
同步转速 1000r/min					
YZR 112M	1.2	4.5	8.0	900	0.9
132MA	1.8	5.4	8.95	926	1.6
132MB	3.3	9.2	11.9	925	2.7
160MA	4.8	13.8	23.4	935	4.5
160MB	6.0	15.6	21.8	954	5.5
160L	8.0	19.5	19.8	969	7.5
180L	12	28	34.6	969	11
200L	17	40.5	52.6	973	15
225M	22	50	54.5	973	20
250MA	26	52	64.6	977	25
250MB	31	60	66.1	976	30
280S	40	76	89	977	37
280M					
同步转速 750r/min					
YZR 160L	6.0	16.7	18	722	5.0
180L	8.0	20.5	28.8	728	7.5
200L	12	28.2	43	720	11
225M	17	38	45.6	724	15
250MA	22	49	51.9	712	20
250MB	26	58	48.9	730	25
280S					
280M	42	89	72.4	732	37
315S	52	100	107	735	48
315M	60	120	108	729	55
同步转速 600r/min					
YZR 280S	26	68	108	582	25
280M	31				28
315S	40	94	102.2	587	37
315M	50	126	98.7	587	48
355M	60	130	112	590	55
355LA	75	150	119	590	70
405LB	90	205	116.2	591	80
400LA					
400LB					

(续表)

工作方式	断续周期性工作			转子电压 (V)	电动机转动惯量 (kg·m ²)
工作制	每小时起动 300 次				
	60%				
项目 机座号	额定电流 (A)	转子电流 (A)	转速 (r/min)		
同步转速 1000r/min					
YZR 112M	3.7	5.87	930	100	0.105
132MA	5.1	7.87	936	132	0.178
132MB	8.3	9.65	940	187	0.244
160MA	13.5	22.4	937	139	0.459
160MB	14.5	19.8	959	185	0.564
160L	18.7	18.5	971	252	0.75
180L	26.6	31.7	972	218	1.47
200L	37	40	975	199	2.49
225M	46	49.4	977	251	3.08
250MA	50	62.1	978	250	5.72
250MB	58	63.9	977	292	6.59
280S	71	82.2	978	278	8.89
280M				370	10.7
同步转速 750r/min					
YZR 160L	15.5	14.9	727	210	0.75
180L	19.7	26.9	729	173	1.47
200L	27	39.1	724	178	2.49
225M	35.1	40	727	234	3.07
250MA	46	46.2	716	275	5.70
250MB	57	47	731	330	6.92
280S				305	8.89
280M	83	63.5	735	361	10.8
315S	94	98.8	736	295	27.0
315M	116	99	729	345	33.1
同步转速 600r/min					
YZR 280S	66	103	583	151	13.9
280M				173	15.6
315S	90	94.5	587	244	26.9
315M	124	94.7	588	313	32.9
355M	124	102.4	590	330	53.7
355LA	145	111	591	389	64.6
405LB	190	130.2	592	476	72.8
400LA				394	93
400LB				460	106.3

表 5-43 YZ 系列电动机技术数据

工作方式	断续周期性工作					
工作制	每小时起动 6 次					
	15%			25%		
项目 机座号	额定功率 (kW)	额定电流 (A)	转速 (r/min)	额定功率 (kW)	额定电流 (A)	转速 (r/min)
同步转速 1000r/min						
YZ112M	2.2	6.5	810	1.8	4.9	892
132MA	3.0	7.5	804	2.5	6.5	920
132MB	5	11.6	890	1	9.2	915
160MA	7.5	16.8	903	6.3	4.1	922
160MB	11	25.4	926	8.5	18	943
160L	15	32	920	13	28.7	936
同步转速 750r/min						
YZ160L	11	27.4	675	9	21.1	694
180L	15	35.3	654	13	30	675
200L	22	47.5	686	18.5	40	697
225M	33	69	687	26	53.5	701
250MA	42	89	663	35	74	681

(续表)

工作方式	断续周期性工作					
工作制	每小时起动6次					
	40%					
项目 机座号	额定功率 (kW)	额定电流 (A)	转速 (r/min)	最大转矩 额定转矩	堵转转矩 额定转矩	堵转电流 额定电流
同步转速 1000r/min						
YZ112M	1.5	4.25	920	2.7	2.4	4.5
132MA	2.2	5.9	935	2.9	3.1	5.2
132MB	3.7	8.8	912	2.8	3.0	5.5
160MA	5.5	12.5	933	2.7	2.5	4.9
160MB	7.5	15.9	948	2.9	2.4	5.5
160L	11	24.6	953	2.9	2.7	6.17
同步转速 750r/min						
YZ160L	7.5	18	705	2.7	2.5	5.1
180L	11	25.8	694	2.5	2.6	4.9
200L	15	33.1	710	2.8	2.7	6.1
225M	22	45.8	712	2.9	2.9	6.2
250MA	30	63.3	694	2.54	2.7	5.5

(续表)

工作方式	断续周期性工作				
工作制	每小时启动6次				
	40%		60%		
项目 机座号	效率 (%)	功率因数 ($\cos\varphi$)	额定功率 (kW)	额定电流 (A)	转速 (r/min)
同步转速 1000r/min					
YZ112M	69.5	0.75	1.1	2.7	946
132MA	74	0.76	1.8	5.3	950
132MB	78	0.79	3.0	7.5	940
160MA	80	0.82	5.0	11.5	940
160MB	81	0.83	6.3	14.2	956
160L	83	0.84	9	20.6	964
同步转速 750r/min					
YZ160L	80	0.76	6	15.6	717
180L	81	0.79	9	21.5	710
200L	82.5	0.8	13	28.1	714
225M	84	0.82	18.5	40	718
250MA	85	0.84	26	56	702

(续表)

工 作 方 式	断 续 周 期 性 工 作			电 动 机 转 动	重 量
工 作 制	每 小 时 起 动 6 次			惯 量	
	100%				
项 目	额 定 功 率 (kW)	额 定 电 流 (A)	转 速 (r/min)	(kg·m ²)	(kg)
机 座 号					
同 步 转 速 1000r/min					
YZ112M	0.8	3.5	980	0.1	58
132MA	1.5	4.9	960	0.21	80
132MB	2.8	7.2	945	0.23	91.5
160MA	4.0	10	953	0.41	118.5
160MB	5.5	13	961	0.52	131.5
160L	2.5	8.8	972	0.71	152
同 步 转 速 750r/min					
YZ160L	5	14.2	724	0.76	152
180L	7.5	19.2	718	1.21	205
200L	11	26	720	2.29	276
225M	17	37.2	720	2.88	347
250MA	22	45	717	5.28	462

表 5-44 JS2 系列电动机技术数据

型 号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	满 载 时			启动电流 额定电流	启动转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	电机转动 惯量 (kg·m ²)	重 量 (kg)
			转 速 (r/min)	定 子 电 流 (A)	效 率 (%)					
同 步 转 速 3000r/min (2级)										
JS2-355S1-2	112	380	2960	213	92.0	0.87			4	950
JS2-355S2-2	132	380	2960	248	92.0	0.88			4	980
JS2-355M1-2	160	380	2960	300	92.0	0.88			5	1050
JS2-355M2-2	190	380	2960	355	92.5	0.88	1.0	2.0	6	1110
JS2-400S1-2	220	380	2960	411	92.5	0.88			9	1320
JS2-400S2-2	250	380	2960	467	92.5	0.88			10	1370
JS2-400M1-2	280	380	2960	520	92.0	0.88			12	1500
同 步 转 速 1500r/min (4级)										
JS2-355S1-4	112	380	1475	209	91.5	0.89			8	985
JS2-355S2-4	132	380	1475	242	92.0	0.90			9	1030
JS2-355M1-4	160	380	1475	292	92.5	0.90			10	1115
JS2-355M2-4	190	380	1475	347	92.5	0.90	1.0	2.0	12	1180
JS2-405S1-4	220	380	1480	402	92.5	0.90			20	1310
JS2-405S2-4	250	380	1480	454	93.0	0.90			23	1380
JS2-405M1-4	280	380	1480	500	93.5	0.91			26	1510
JS2-405M2-4	320	380	1480	571	93.5	0.91			29	1590
同 步 转 速 1000r/min (6级)										
JS2-355S1-6	75	380	985	144	91.0	0.87			14	960
JS2-355S2-6	95	380	985	179	91.5	0.88			16	980
JS2-355M1-6	112	380	985	211	91.5	0.88			18	1070
JS2-355M2-6	132	380	985	248	92.0	0.88	1.0	1.8	20	1120
JS2-355M3-6	160	380	985	300	92.0	0.88			24	1170

(续表)

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	满载时				启动电流 额定电流	启动转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	电机转动 惯量 (kg·m ²)	重量 (kg)
			转速 (r/min)	定子电流 (A)	效率 (%)	功率因数 (cosφ)					
JS2-400S2-6	190	380	985	353	92.0	0.89			33	1340	
JS2-400S3-6	220	380	985	408	92.0	0.89	6.0	1.0	37	1410	
JS2-400M2-6	250	380	985	459	93.0	0.89			43	1540	
JS2-400M3-6	280	380	985	508	93.0	0.90			48	1620	
同步转速 750r/min (8级)											
JS2-355S1-8	60	380	735	122	90.0	0.83			14	930	
JS2-355M1-8	75	380	735	149	91.0	0.84			18	1070	
JS2-355M2-8	95	380	735	188	91.5	0.84			20	1120	
JS2-355M3-8	112	380	735	221	91.5	0.84			24	1170	
JS2-400S2-8	132	380	740	256	92.0	0.85	5.5	1.0	33	1340	
JS2-400S3-8	160	380	740	309	92.5	0.85			37	1410	
JS2-400M2-8	190	380	740	367	92.5	0.85			43	1540	
JS2-400M3-8	220	380	740	425	92.5	0.85			48	1620	
JS2-400M4-8	250	380	740	480	93.0	0.85			53	1690	
同步转速 600r/min (10级)											
JS2-355S2-10	60	380	590	127	89.5	0.80			17	960	
JS2-355M2-10	75	380	590	155	90.5	0.81			22	1100	
JS2-355M3-10	95	380	590	197	90.5	0.81			25	1150	
JS2-400S3-10	112	380	590	224	91.5	0.83	5.5	1.0	43	1400	
JS2-400M2-10	132	380	590	264	91.5	0.83			49	1530	
JS2-400M3-10	160	380	590	320	91.5	0.83			55	1600	
JS2-400M4-10	190	380	590	376	91.5	0.84			61	1670	

5-6 三相异步电动机的选用原则

1. 电动机容量的选择

要为某一台生产机械选配电动机，首先需要考虑电动机的容量。如果电动机的容量选大了，虽然能保证设备正常运行，但是不仅增加了投资，而且由于电动机经常不是在满负荷下运行，它的效率和功率因数也都不高，会造成电力的浪费；如果电动机选小了，就不能保证电动机和生产机械正常运行，不能充分发挥生产机械的效能，并会使电动机过早地损坏。

电动机的容量是根据它的发热情况来选择的。在容许温度以内，电动机绝缘材料的寿命约为15~25年。如果超过了容许温度，电动机的使用年限就要缩短。一般说来，超过 8°C ，使用年限就要缩短一半。电动机的发热情况，又与负载的大小及运行时间的长短（运行方式）有关。所以应按不同的运行方式来选择电动机的容量。

电动机运行方式通常分为长期运行、短时运行和重复短时运行三种。下面分别进行讨论。

(1) 长期运行电动机容量的选择

① 在恒定负载下长期运行的电动机容量等于生产机械所需的功率/效率。

② 在变动负载下长期运行的电动机，选择其容量时，常采用等效负载法，就是假设一个恒定负载来代替实际的变动负载，但是两者的发热情况应相同，然后按①的原则选择电动机容量，所选容量应等于或略大于等效负载。

(2) 短时运行电动机容量的选择 所谓短时运行方式，是指电动机的温升在工作期间未达到稳定值，而停止运转时，电动机能完全冷却到周围环境的温度。

电动机在短时运行时，可以容许过载，工作时间越短，则过

载可以越大,但过载量不能无限增大,必须小于电动机的最大转矩。选择电动机容量可根据过载系数 λ (最大转矩/额定转矩)来考虑。电动机的预定功率 \geq 生产机械所要求的功率 \wedge 。

(3) 重复短时运行电动机容量的选择 专门用于重复短时运行的交流异步电动机为JZR和JZ系列。标准负载持续率分15%、25%、40%和60%四种,重复运行周期不大于10min。电动机的功率也可用等效负载法来选择。

2. 电动机种类及型式的选择

(1) 电动机种类的选择 选择电动机的种类是从机械特性、调速与起动性能、维护及价格等方面来考虑的。

① 要求机械特性较硬而无特殊调速要求的一般生产机械,如功率不大的水泵、通风机和小型机床等,应尽可能选用鼠笼式电动机。

② 某些要求起动性能较好,在不大范围内平滑调速的设备,如起重机、卷扬机等,可采用绕线式电动机。

(2) 电动机转速的选择 电动机的额定转速是根据生产机械的要求而选定的。但是,当功率一定时,电动机的转速越低,其尺寸越大,价格越贵,而且效率越低。因此,如无安装尺寸等特殊要求时,就不如购买一台高速电动机,再另配减速机更便宜些。通常电动机都采用四极的(同步转速 $n_r = 1500\text{r/min}$)。

(3) 电动机电压的选择 交流电动机额定电压一般选用380V或380V和220V两用,只有大容量的交流电动机才采用3000V或6000V。

(4) 电动机结构型式的选择 为保证电动机在不同环境中安全可靠地运行,电动机结构型式的选择可参照下列原则:

- ① 灰尘少、无腐蚀性气体的场合选用防护式;
- ② 灰尘多、潮湿或含有腐蚀性气体的场合选用封闭式;
- ③ 有爆炸性气体的场合选用防爆式。

5-7 三相异步电动机的基本控制电路

异步电动机的电气控制是由若干电气元件，按一定方式组成的控制电路来实现的。控制电路又是由一种或几种基本控制电路（又称单元控制电路）组合而成，每一种基本电路最少可实现一种控制动作。可按其工艺要求选择适当的基本控制电路，组成控制系统完成复杂的电气控制。下面介绍几种最基本的控制电路。

1. 用按钮点动控制电路

用按钮单向点动控制电路（步进或步退控制），见图 5-2。它的工作原理较简单，只要按下起动按钮 SBT，接触器 KMA 线圈通电吸合，其常开触点 KMA 闭合接通主电路，电动机即起动运转。松开按钮 SBT，由于接触器 K 线圈断电，接触器便释放，电动机断电停止运转。

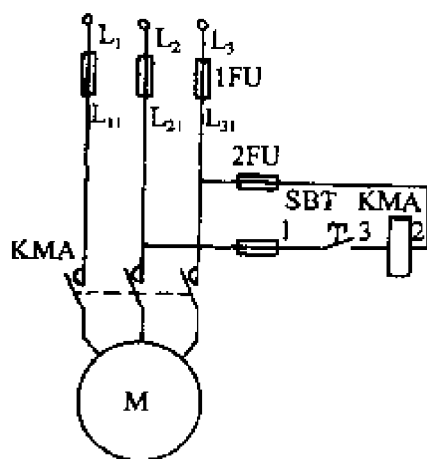


图 5-2 按钮单向点动控制电路

2. 具有自锁的单向起动控制电路

具有自锁的单向起动控制电路，见图 5-3。它是一种常用的控制电路，它与按钮单向点动控制电路所不同的是，在按钮 SBT 上并联了一对接触器 K 的常开触点，还增加了一只停止按

钮 SBT。当起动电动机时，先合上电源开关 K，按下起动按钮 SBT，接触器 K 线圈通电吸合，其主触点闭合，电动机起动，同时与按钮 SBT 并联的常开触点 K 闭合（自锁）。这样即使松开 SBT 按钮，接触器 K 线圈依然可通过其触点 K 得电吸合，电动机一直运转。如果要使电动机停转，只要按 SBP 按钮，接触器 K 线圈断电，K 主触点断开，电动机停转。

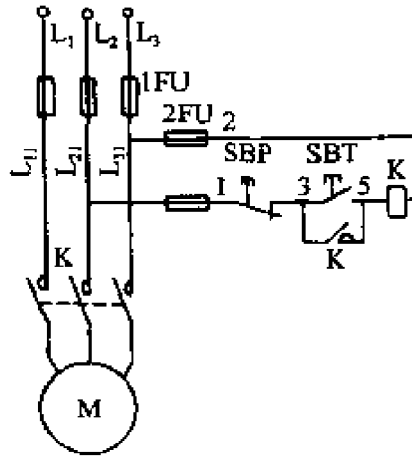


图 5-3 具有自锁的单向起动控制电路

3. 可逆起动控制电路

图 5-4 (a) 是用辅助触点作联锁保护的可逆起动控制电路。它相当于两个方向相反的单向起动电路，但是为了避免 K_1 和 K_2 同时吸合，发生主电路相间短路的现象，所以增加了用 K_1 和 K_2 两对常闭触点作联锁保护的部分。当 K_1 动作后，其常闭触点打开，将 9 与 11 之间的触点 K_1 断开，保证了这时如果按下 SBT_2 ， K_2 不能吸合；同理 K_2 动作， K_1 也不会吸合。

图 5-4 (b) 是利用按钮作联锁保护的。当 K_1 动作后，如再按 SBT_1 ，那么 SBT_2 必须先将 3 与 5 之间的触点 SBT_2 断开，使 K_1 释放，这时 9 与 11 之间的触点 SBT_2 闭合， K_2 吸合，电动机即反向运转。若同时采用以上两种方法，则效果更好，工作更可靠。

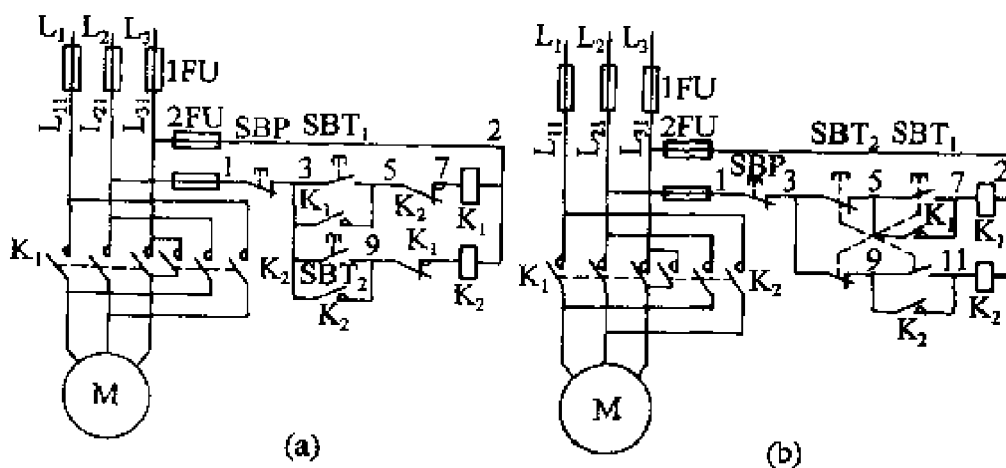


图 5-4 可逆起动控制电路

(a) 辅助触点作联锁

(b) 按钮作联锁

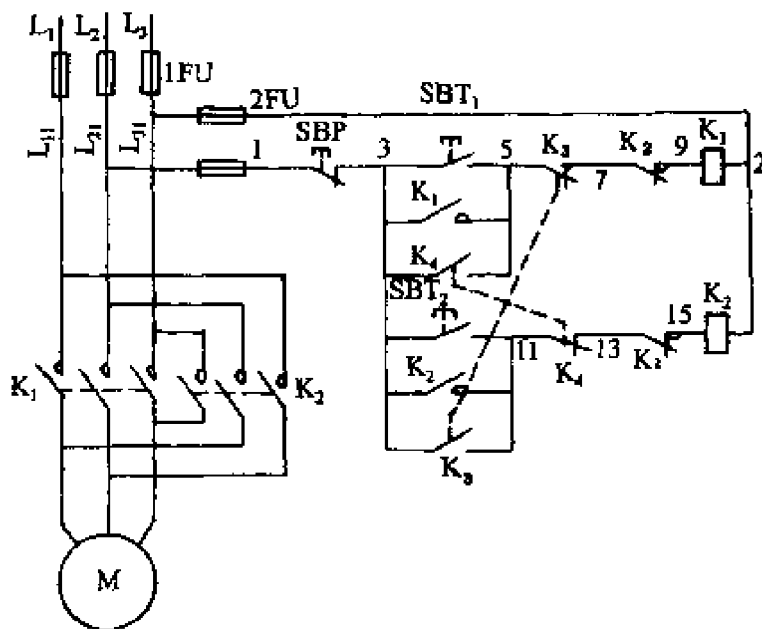


图 5-5 自动循环控制电路

4. 自动循环控制电路

图 5-5 为自动往返的控制电路，它适合于控制小容量电动机，但往返次数不能太频繁，否则电动机要发热。它的工作原理

如下：假如按下 SBT_1 ，接触器线圈 K_1 吸合，使电动机运转，带动撞块按照规定的方向移动。到达预定点时， K_3 在撞块带动下断开， K_1 释放，而 3 与 11 之间触点 K_3 被接通， K_2 立即吸合，并自锁，使电动机 M 向相反方向运转，这时撞块跟着机械传动部分往相反方向移动，使撞块离开限位开关 K_3 ，于是 5 与 7 之间触点 K_3 闭合接通，为下次 K_1 吸合作好准备。当另一撞块带动 K_4 时，11 与 13 之间触点 K_4 被断开，3 与 5 之间触点 K_4 闭合， K_1 吸合，电动机又正向运转。这样就循环不止地自动往返运动。如果需要使电动机停止运转，只需按下 SBP 即可。

5. 可逆点动、起动混合控制电路

可逆点动、起动混合控制电路，它具有可逆点动、可逆运转功能，并设有触点、按钮双重联锁机构，使用时操作方便。其工作原理，见图 5-6。当按下点动按钮 SBT 时，接触器 K_1 线圈通

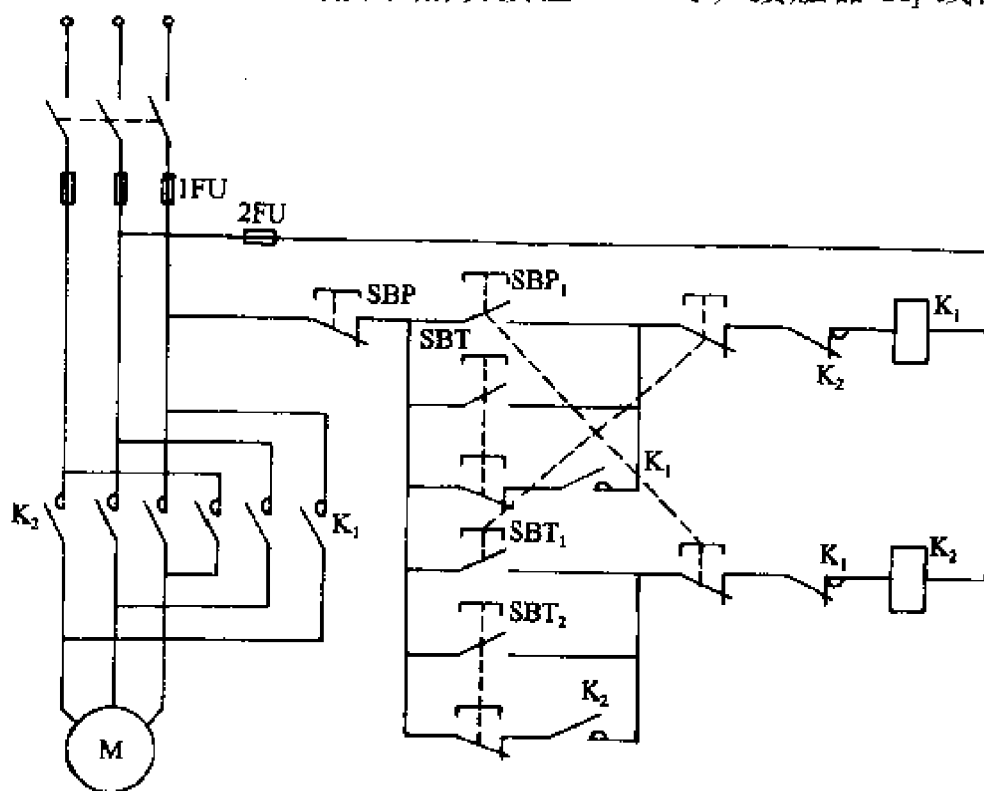


图 5-6 可逆点动、起动混合控制电路

电吸合，电动机运转，同时按钮又断开了 K_1 的自锁点，当松开 SBT 按钮时，接触器 K_1 断电，电动机停转。如需长期使电动机运行时，可按下 SBP_1 按钮，这时接触器 K_1 线圈通电吸合，接触器 K_1 自锁点自锁。松开 SBP_1 按钮后电动机将继续运转。在按下按钮 SBP_1 时，按钮 SBP_1 的另一组常闭触点断开，这时即使按下 SBT₁ 反转按钮，接触器 K_2 也不会得电吸合，这就是一组按钮联锁机构。另外，接触器 K_1 的一组常闭触点串联于接触器 K_2 线圈回路中，接触器 K_2 的一组常闭触点又串联于接触器 K_1 的线圈回路中，从而组成接触器联锁机构。

5-8 三相异步电动机的起动、制动和调速

5-8-1 三相异步电动机的起动

异步电动机的起动方式分全压起动和降压起动两种。全压起动方式简单，不需附属起动设备，但起动电流较大，致使电网电压瞬时显著下降，影响其他电气设备的正常运行；降压起动方式可以降低起动电流，减少对电网电压的影响，但起动力矩也相应减小，还需附属起动设备。起动方式的选择，应综合考虑下面三个因素：

(1) 电动机起动时引起的电网电压降，一般不应大于 10% ~ 15%。

(2) 电动机起动时容量不应超过供电设备（如变压器）的负荷能力。

(3) 电动机的起动力矩，应大于所驱动机械的静阻力矩，以保证电动机能顺利起动。

1. 笼型电动机的起动方式

笼型电动机的起动亦有全压起动和降压起动两种方式，而降压起动方式又分为：星-三角（Y- Δ ）降压起动、自耦变压器降压起动、延边三角形（ Δ ）降压起动和接入电阻（或电抗）降

压起动等。各种起动方式的起动特点及适用场合见表 5-45。

(1) 笼型电动机的全压起动 全压起动就是将电动机通过刀闸开关(或交流接触器)直接接到电网上进行起动。这种起动方法最简便,当电源容量足够大时应尽量采用。但存在起动电流大、起动压降较大等缺点,因此笼型电动机能否全压起动,应根据电网容量、容许干扰的程度及起动次数等因素来决定。在低压电网中,6(10)/0.4kV 变压器容许全压起动的笼型电动机的最大功率,可参考表 5-46。

笼型电动机全压起动常用的设备有刀闸开关、负荷开关和磁力起动器。一般胶盖闸开关适用于 10kW 以下小容量电动机的起动。

(2) 笼型电动机降压起动 当电动机功率较大,而电源容量又较小时,需要降压起动以减小起动电流。降压起动需要附加的起动设备,在起动时将定子端电压降低,起动完毕将定子端电压改接成全压维持正常运转。笼型电动机常用的降压起动方式有以下几种:

① 星-三角(Y- Δ)起动法。凡定子绕组具有六个出线端子,并以 Δ 形接法为正常运行的笼型电动机,可以采用 Y- Δ 起动,起动时定子绕组先作 Y 形连接,待转速增加到接近额定转速时,再改接为 Δ 形连接。这种起动方法可使每相定子绕组所承受的电压降低到电源电压的 $1/\sqrt{3}$ (即 57.7%),起动电流为直接起动时电流的 $1/3$,但起动转矩也减小到直接起动时起动转矩的 $1/3$,所以此种起动方法只适用于在空载或轻载起动的机械设备上。

一般常用的 Y- Δ 降压起动设备有:可逆转换开关,它可控制功率 4.5kW 以下的电动机,控制按钮、时间继电器、交流接触器等。

表 5-45 笼型电动机各种起动方式比较表

起动方式	全压起动	三相电阻 器降 起	电抗器降压起动			自耦变压器降压起动			星-三角 降压起动			延边三角形降压起动				
			降 压 分 数			降 压 百 分 数			降 压 分 数			抽 头 比 例 (K)				
			50	45	37.5	73	64	55	1:2	1:1	2:1	0.78	0.71	0.66	0.6	0.5
<u>起动电压</u> 额定电压	1	0.8	0.50	0.45	0.375	0.73	0.64	0.55	0.58							
<u>起动力矩</u> 全压起动力矩	1	0.64	0.25	0.20	0.14	0.53	0.41	0.3	0.33							
<u>起动电流</u> 全压起动电流	1	0.8	0.50	0.45	0.375	0.57	0.45	0.36	0.33							
适用场合	高、低压 电动机	低 压 电 动 机	高 压 电 动 机			高、低 压 电 动 机			绕 组 额 定 电 压 380V, 具有 6 个 出 线 头 的 电 机			绕 组 额 定 电 压 380V, 具有 9 个出 线 头 的 电 动 机				
起动特点	起动方法简 便, 起动电流 和起动电压降 较大	起 动 电 流 和 起 动 力 矩 较 大, 起 动 过 程 电 阻 器 能 耗 较 大	起 动 电 流 较 大, 起 动 力 矩 较 小			起 动 电 流 较 小, 起 动 力 矩 较 大			起 动 电 流 小, 起 动 力 矩 小			起 动 电 流 小, 起 动 力 矩 较 大, 具 有 自 耦 变 压 器 及 星- 三 角 两 种 降 压 起 动 方 式 的 优 点				

表 5-46 6(10)/0.4kV 变压器容许全压起动笼型电动机的最大功率

变压器供电的其他负载	起动时的容许压降 (%)	供电变压器容量 S (kVA)					
		100	180	320	560	750	1000
起动笼型电动机的最大功率 (kW)							
$S_{\text{负载}} = 0.5S$	10	22	40	75	115	155	215
$\cos\varphi = 0.7$	15	30	55	100	185	240	280
$S_{\text{负载}} = 0.6S$	10	17	30	75	100	130	185
$\cos\varphi = 0.8$	15	30	55	100	185	240	280

注:1. 表中所列数据系指电动机与变电所低压母线直接相连时的参考数据,当供电线路较长时,数值应比表中数据为低。

2. $S_{\text{负载}}$ 及 $\cos\varphi$ 为变压器所供给的其他负载(kVA)及所供负载的功率因数。

星-三角降压起动实际接线图,见图 5-7。

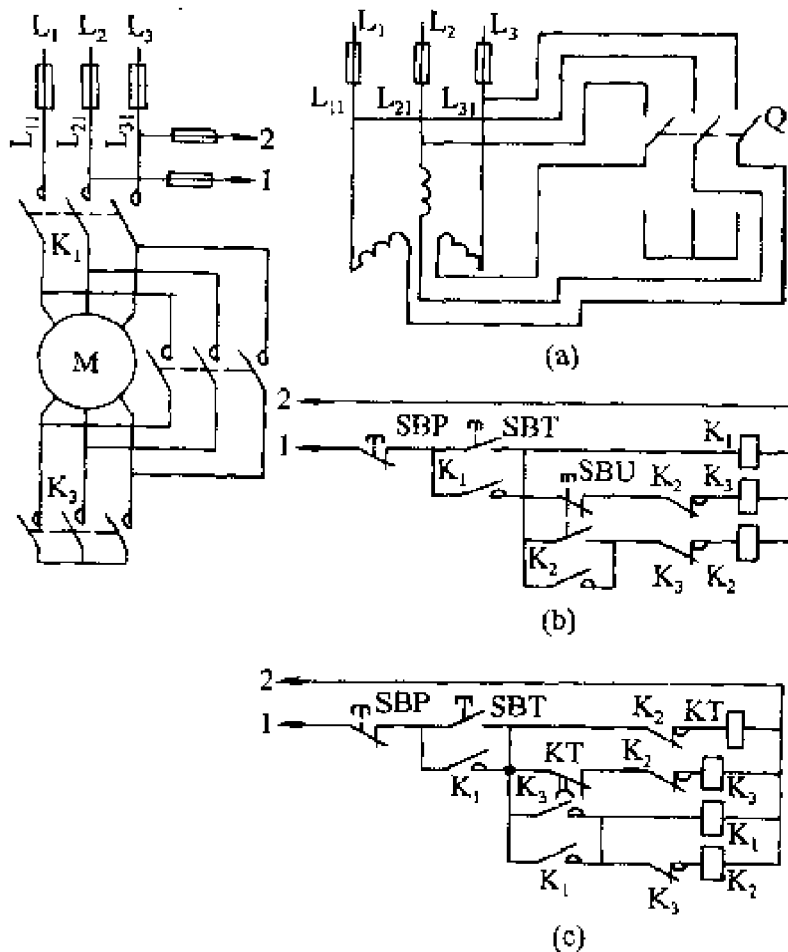


图 5-7 星-三角降压起动电路

(a) 手动操作 (b) 按钮操作 (c) 时间继电器操作

② 电阻降压（或电抗降压）起动法。电阻降压起动常用于高压电动机。电动机起动时在定子绕组电路中串接电阻（或电抗器）以降低起动电压，待转速接近额定电压时，将电阻切除，电动机接至电网，在额定电压下运行。这种起动方法，电动机的起动电流按其端电压成比例下降，起动转矩按其端电压平方的比例下降，其优点是起动功率因数高（电阻降压），没有电流冲击，但起动时要消耗大量电能，不宜用在频繁起动的机械设备上。

电阻降压起动电路见图 5-8。

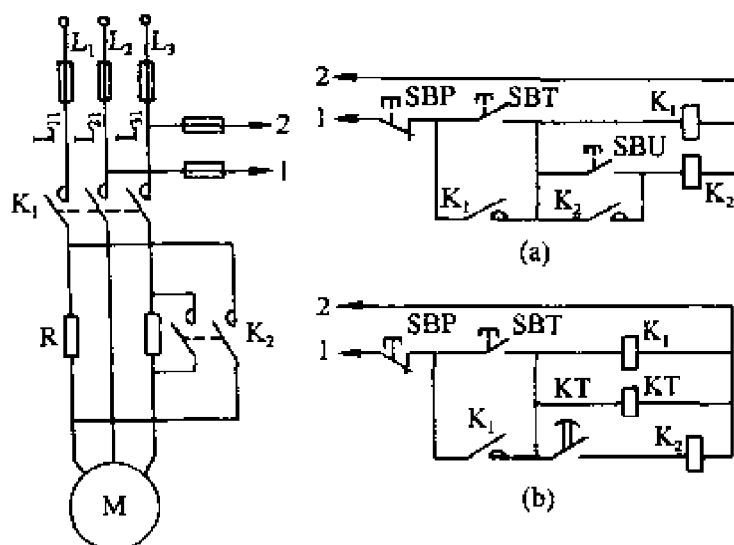


图 5-8 电阻降压起动电路

(a) 手动切除串联电阻 (b) 时间继电器切除串联电阻

③ 自耦变压器起动法。自耦变压器起动法（又称补偿起动法）适用于大中型电动机的起动。起动时利用自耦变压器降低定子绕组的端电压，电动机在低电压下起动，待转速接近额定值时，将自耦变压器切除，电动机直接接到电网，在额定电压下运行。这种起动方法，电动机的起动电流和起动转矩都按其端电压的平方成比例下降，与电阻降压起动法相比，在同样起动电流下可产生较大的起动转矩。所以通常用于要求起动转矩较高的机械设备上。自耦变压器一般有三个抽头，使用时选用不同的抽头，可得到不同的起动特性，见表 5-47。

表 5-47 自耦变压器起动特性表

起 动 方 法	起 动 转 矩 满 载 转 矩	起 动 电 流 满 载 电 流
80% 额定电压	0.96	4.5
65% 额定电压	0.63	3
60% 额定电压	0.37	1.75

自耦变压器起动电路见图 5-9。

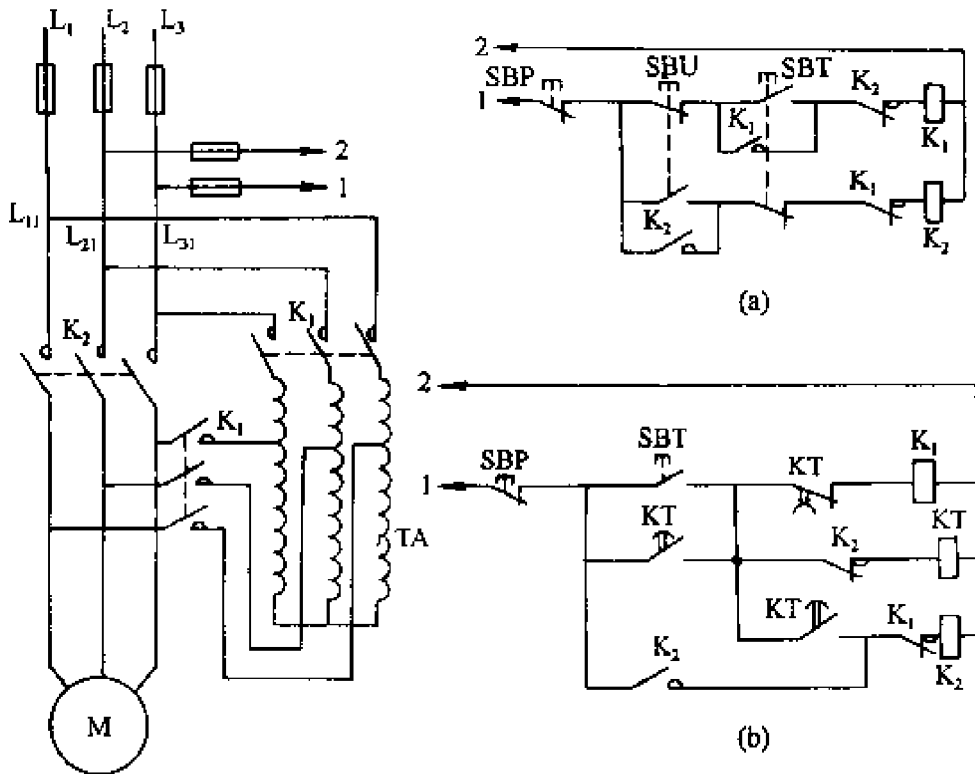


图 5-9 自耦变压器降压起动电路

(a) 按钮操作 (b) 时间继电器控制电路

④ 延边三角形 (Δ) 降压起动方法。星-三角降压起动方法既方便又简单，而且还能实现自动控制，但是由于起动时电压降得过低，因此起动转矩很小，电动机的应用受到一定的限制。若采用延边三角形降压起动方法，不但能克服星-三角起动的不足，而且还能保持星-三角起动的优点。

延边三角形降压起动方式，适用于定子绕组有 9 个出线头。起动时，定子绕组中一部分接成星形 (Y)，另一部分接成三角形 (Δ)，这样就形成了延边三角形接法。当电动机达到额定转速时，再改为三角形，电动机在额定电压下正常运行。

延边三角形降压起动电路，见图 5-10。

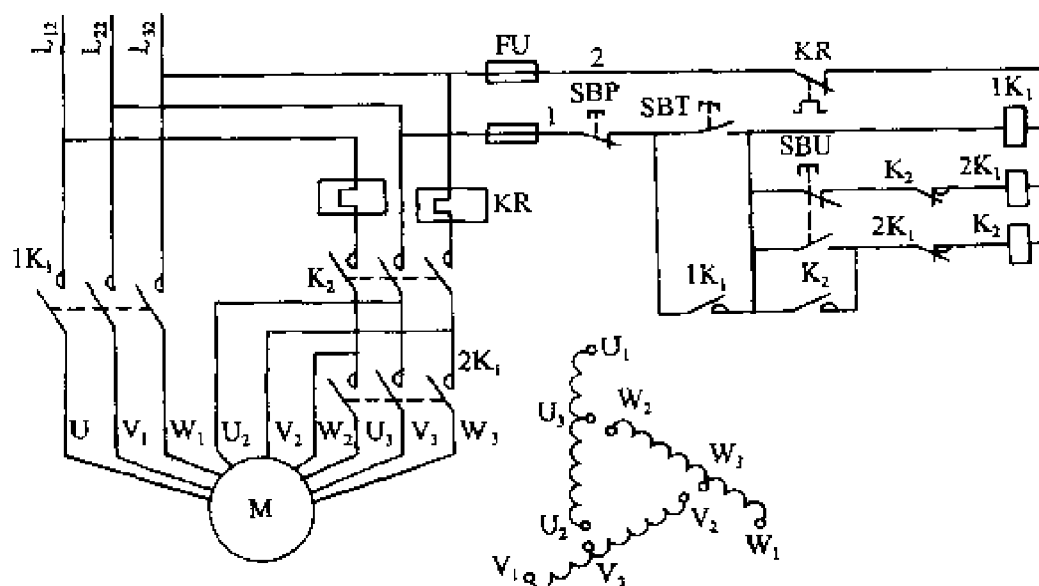


图 5-10 延边三角形降压起动电路

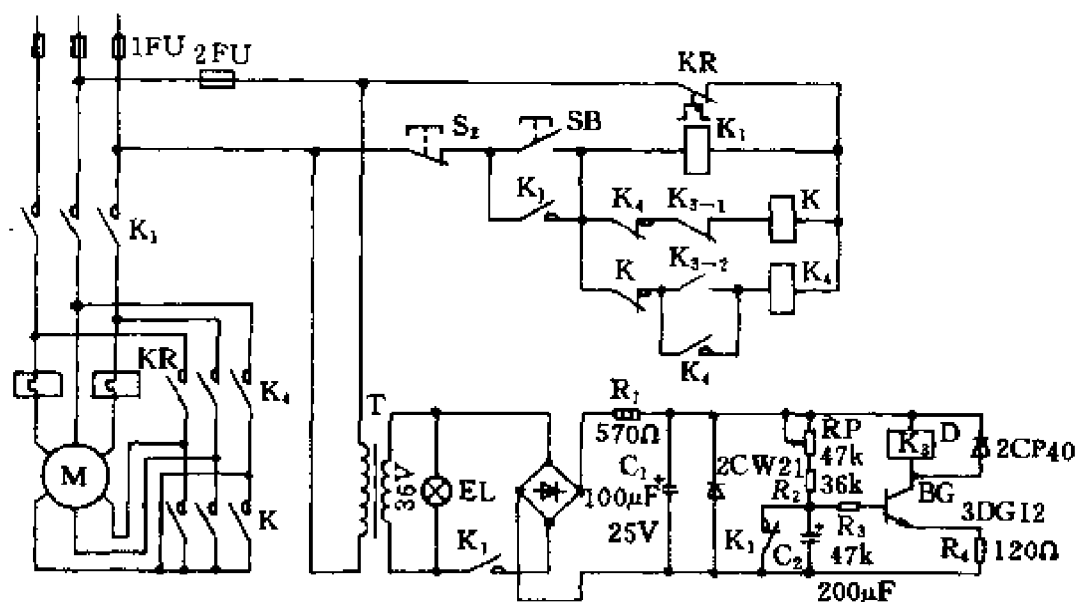


图 5-11 用晶体管延时电路自动转换 Y- Δ 降压起动电路

⑤ 用晶体管延时电路自动转换 Y- Δ 降压起动方法。用晶体管延时电路自动转换星-三角 (Y- Δ) 降压起动方法, 具有体积小、价格低以及维护简单等特点。其电路, 见图 5-11。

当按下起动按钮 SB 时, 交流接触器 K 和 K_1 同时通电吸合, 电动机接成 Y 形起动, 与此同时, K_1 的常开辅助触点把晶体管延时电路接通。继电器 K_3 延时动作, 其常闭触点 $K_{3.1}$ 打开, 切断 K 的线圈回路, 同时, 其常开触点 $K_{3.2}$ 闭合, 使接触器 K_4 通电吸合, 电动机接成三角形 (Δ) 正常运行。

调整线路中电容 C_2 容量的大小或电位器 RP, 可控制三极管达到导通的时间, 即延时时间。

5-8-2 三相异步电动机的制动

电动机从切断电流到完全停止转动, 由于惯性的关系总要经过一段时间, 这就不能适应某些生产工艺上的要求, 所以要采用一些制动的方法来使电动机的惯性旋转时间缩短。一般采用的方法有机械制动、能耗制动、反接制动等几种方式。

1. 机械制动

机械制动是当电动机切断电流后, 依靠外加制动闸作用于电动机轴上, 使电动机迅速停转 (一般采用抱闸式)。制动力的的大小可通过调整机械结构来改变。

机械制动的一般线路有两种, 见图 5-12。

从图 5-12 (a) 中可以看出, 它是在电源切断的情况下起制动作用。在电动机运转时, 制动电磁铁同时被通电而吸合, 把抱闸打开; 断电时, 制动电磁铁释放, 依靠弹簧的力量使抱闸抱住, 达到制动目的。这种制动方法普遍用于起重卷扬等设备, 具有制动灵活、安全、可靠, 不受中途断电或电气故障影响等优点。

有些设备当电动机经制动而停止以后, 有时还需用人工将工件或传动轴作一些调整, 这时可采用图 5-12 (b) 的电路。从图中可以看出, 按停止按钮 SBT, 1、3 两点断开, 1、7 两点闭

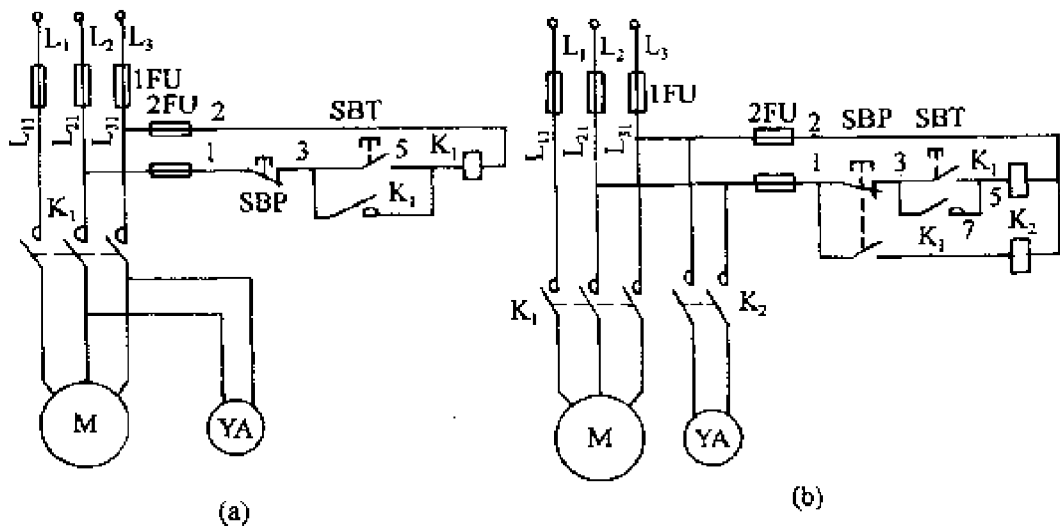


图 5-12 机械制动控制线路

(a) 在电源切断情况下起制动作用 (b) 在通电时起制动作用

合，接触器 K_1 释放，电动机断电， K_2 吸合，使 ZT 动作，抱闸抱紧，使电动机停转。松开 SBT，电磁铁释放，抱闸放松。

2. 反接制动

异步电动机反接制动的原理，是改变电流的相序，使电动机定子的旋转磁场反向，则电动机所产生的转矩和原来的转矩相反，因而产生制动作用。当电动机转速降到一定数值时，利用速度继电器将电路断开，以免电动机反向运转。这种制动方法简单可靠，适用于容量在 2~3kW 的电动机，用于起动次数不太频繁的场所。但是反接制动时，振动和冲击力较大，影响机床的精度，所以使用受到一定的限制。10kW 以上的电动机一般不采用反接制动法。反接制动电路如图 5-13 所示。

3. 能耗制动

能耗制动可以弥补反接制动的不足，在一些功率较大、制动次数频繁的生产机械上较多地采用这种方法。其控制电路见图 5-14。它的制动原理是：在定子绕组断电后，立即使其两相定子绕组接上一直流电源，于是在定子绕组中产生一个静止磁场，转子在这个磁场中旋转产生感应电动势，转子电流与固定磁场所产

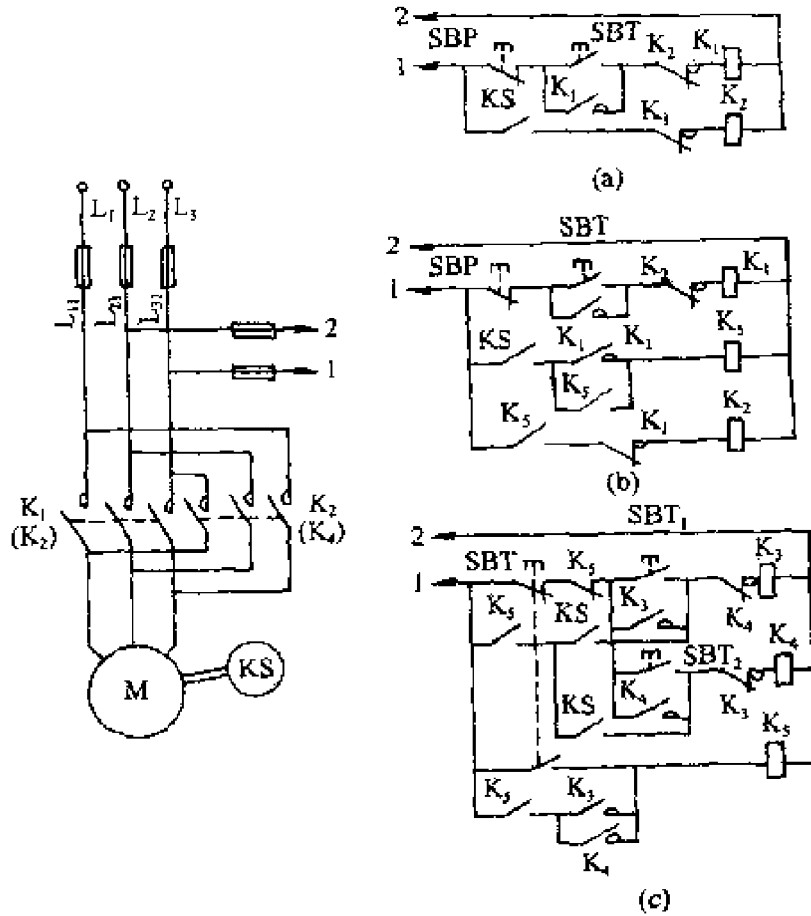


图 5-13 反接制动控制线路

- (a) 一般制动控制电路 (b) 具有中间继电器的制动控制电路
(c) 可逆制动控制电路

生的转矩阻碍转子继续转动，因而产生制动作用，使电动机迅速停转。

能耗制动直流电源的经验估算方法是：首先测量电动机三根进线中任意两根线之间的电阻 R 和电动机的进线电流 I_x （电动机仅带有传动装置时的电流，该电流值接近空载电流），然后根据测得的数据分别代入以下公式，便可求出直流电源的电流与电压。

$$I_z = KI_x$$

$$U_z = I_z R$$

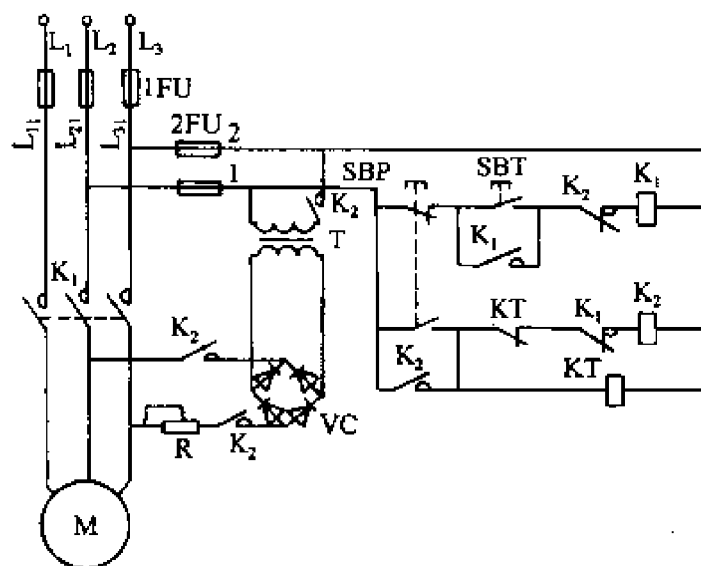


图 5-14 能耗制动控制线路

- 式中 I_z ——能耗制动所需直流电流；
 U_z ——能耗制动所需直流电压；
 R ——电动机任意两根进线之间的电阻；
 K ——系数，取 3.5~4。

按照以上估算，如果电动机的负载惯性不大时，制动时间一般不超过两秒钟。

能耗制动的优点是：准确、可靠，对电网无冲击电流的影响；缺点是需要直流电源。

5-8-3 三相异步电动机的调速

异步电动机可以通过改变极对数 p 、转差率 S 和频率 f 三种方法来改变转速，也可以与其他变速装置如齿轮变速器等配套使用。

1. 变极变速

利用改变定子绕组线圈间的连接，使电动机改变极数达到变速的目的。这种变速方法主要用于笼型转子电动机。

2. 改变转差率调速

根据不同的调速方法有下面几种：

(1) 调压调速 异步电动机在不同的定子电压下有不同的转矩—转差曲线，亦即有不同的转矩—转速曲线，如图 5-15 所示。在相同的负载转矩下，调节定子电压可以得到不同的转差率及不同的转速（即电动机稳定运行在转矩曲线的 a 、 b 、 c 点上）。调压调速方法就是利用这种特性通过自耦变压器等调节定子电压进行调速的。这种调速方法多用于具有高电阻转子绕组的笼型转子电动机和串接有变阻器的绕线型转子电动机。

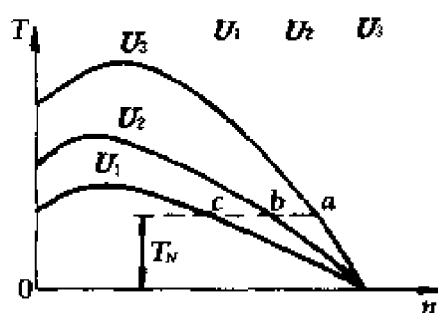


图 5-15 在不同电压下具有高电阻转子电动机的转矩—转速曲线

(2) 调节转子电阻调速 这种调速方法是在绕线转子绕组电路中串接调节变阻器，通过改变调节变阻器的阻值就可达到调速目的。从图 5-16 中可以看出：当负载转矩为 T_N 时，串接不同的转子电阻可使电动机分别稳定运行在转矩曲线的 a 、 b 、 c 、 d 点上，以得到不同的转速。

(3) 串级调速 串级调速是在绕线型转子电动机上，利用晶闸管装置，将转子电路内转差电压经整流和逆变后，使转子部分功率反馈到电网上去。调节晶闸管的逆变角以控制反馈能量即可实现调速。当调速范围在 1:2 以下，晶闸管装置需反馈的功率不大于额定功率的一半时比较经济。这种调速方法适用于要求调速范围小于 1:2 的中、大功率电动机。

3. 变频调速

改变频率可以调节电动机同步转速。随着电源频率的变化，

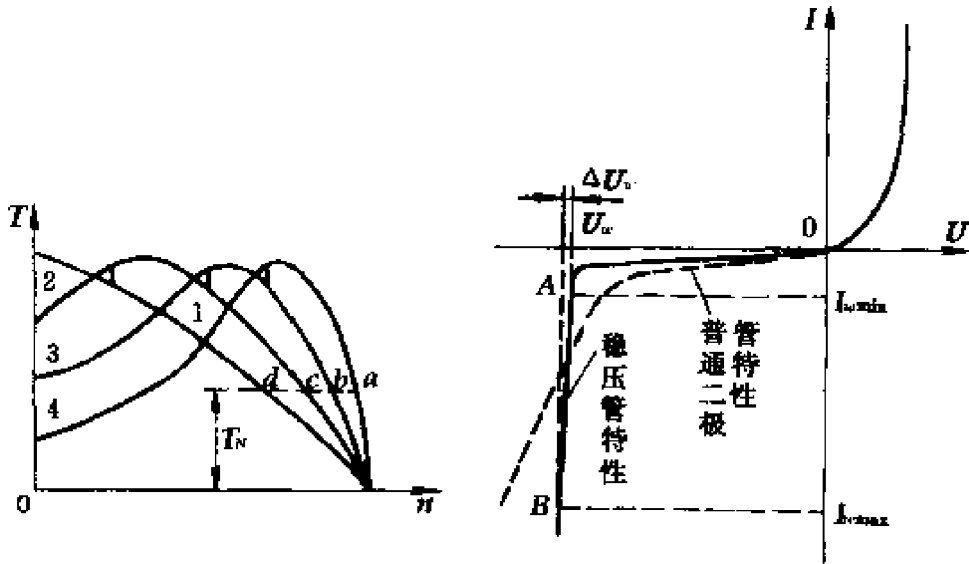


图 5-16 绕线型电动机转子接有变阻器时的转矩—转速曲线

1—转子回路中接有起动变阻器全部电阻时的转矩—转速曲线

2、3—转子回路中起动变阻器部分切除时的转矩—转速曲线

4—转子回路中起动变阻器全部切除时的转矩—转速曲线

电动机的磁通、转矩、效率、功率因数等在一般情况下都要发生变化。为此，在调频的同时，必须调节电压，以保证电动机在任何频率下都具有恒定的气隙磁通，从而得到恒定转矩的调速特性。变频电源可由晶闸管变频装置或变频机组提供。

4. 其他调速和变速电动机

如电磁调速电动机、摆线针轮减速电动机和齿轮减速电动机等。

5-9 三相异步电动机运行保护

为了避免电动机发生故障，一般采用下列几种电气保护方法：(1) 短路保护；(2) 过载保护；(3) 单相运行保护；(4) 失压保护；(5) 接地保护。这几种方法可以单独使用，也可以互相配合使用。

5-9-1 短路保护

对于 500V 以下的低压电动机，一般采用熔丝和自动开关的电磁瞬时脱扣进行保护。

常用的熔丝有铅合金、铜丝和各种熔断器。为了使熔丝真正起到短路保护的作用，一般按照下列方法选择熔丝：

(1) 单台直接起动的小型电动机，熔丝额定电流大于或等于电动机额定电流的 2~3.5 倍。

(2) 几台电动机运行，都是直接起动时，总熔丝额定电流大于或等于最大一台电动机额定电流的 2~3 倍再加上其余电动机额定电流的总和。

(3) 降压起动的鼠笼式电动机，熔丝额定电流大于或等于电动机额定电流的 1.5~2 倍。

(4) 绕线式转子电动机，熔丝额定电流大于或等于电动机额定电流的 1.25 倍。

对于用自动开关保护的电动机，短路保护电流整定应大于电动机的起动电流。

5-9-2 过载保护

三相异步电动机在下列几种情况下常常产生过负荷：

(1) 拖延时间很长的起动；

(2) 对具有变动负荷的机械，由于工艺原因而产生过负荷（如起重机、轧钢机、粉碎机、碾砂机等工作不正常时，均会产生过负荷）；

(3) 供电电压太低，或电动机接法有错误，如将 Δ 误接成 Y，或将 Y 误接成 Δ ；

(4) 单相运行；

(5) 机械故障引起的负荷增加，如联轴器未校正，所带机械卡转，皮带太紧，轴承损坏等。

为防止电动机过载损坏，常采用热继电器进行过载保护。热继电器常和交流接触器、降压起动器或自动开关等组装，能很方

便地起动和保护电动机，它的线路见图 5-17。

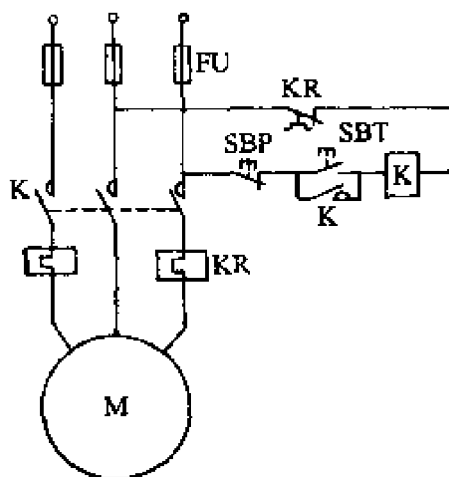


图 5-17 带有热继电器 KR 的保护线路

对于容量较大的电动机，如果没有合适的热继电器，可以用电流互感器变流，将热继电器接在二次侧进行保护，见图 5-18。

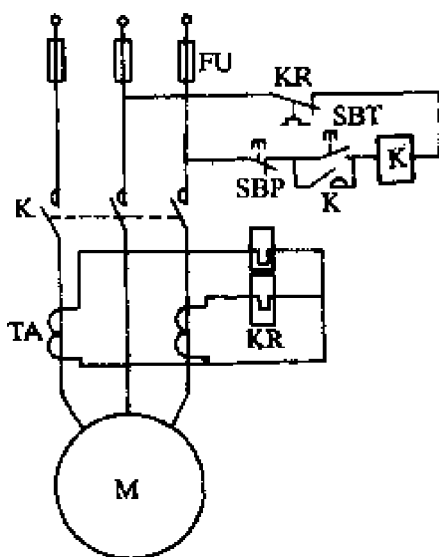


图 5-18 使用电流互感器 TA 的热继电器保护线路

热继电器动作电流一般整定为电动机的额定电流。它在室温 35°C 、过载为 125% 时，在 20 分钟内动作；过载为 600% ~ 1000% 时，瞬时动作。

5-9-3 单相运行保护

单相运行保护应该属于过载保护的范畴，但是现行的过载保护装置不能完全保护电动机免于单相运行，并且从目前修理电动机绕组的统计中可以看出，因单相运行烧坏的电动机占绕组修理量的 50%，所以单相运行保护有单独提出来研究的必要。

(1) 造成单相运行的原因很多，主要有以下几种：

- ① 供电变压器初级或次级一相熔丝烧断；
- ② 电动机供电线路发生故障，如挂熔丝的螺钉未拧紧，接点氧化严重有浮接现象，熔丝未用一个规格，个别提早熔断等；
- ③ 电动机绕组一相断线或接线盒处接头接触不良等。

(2) 保护方法有以下几种：

① 欠电流继电器保护。它的保护元件是三个欠电流继电器 (1K~3K)，其电路见图 5-19。如果一相中电流大幅度减少或消失，继电器就会动作，切断控制回路。这种保护比较可靠，但价格较贵。

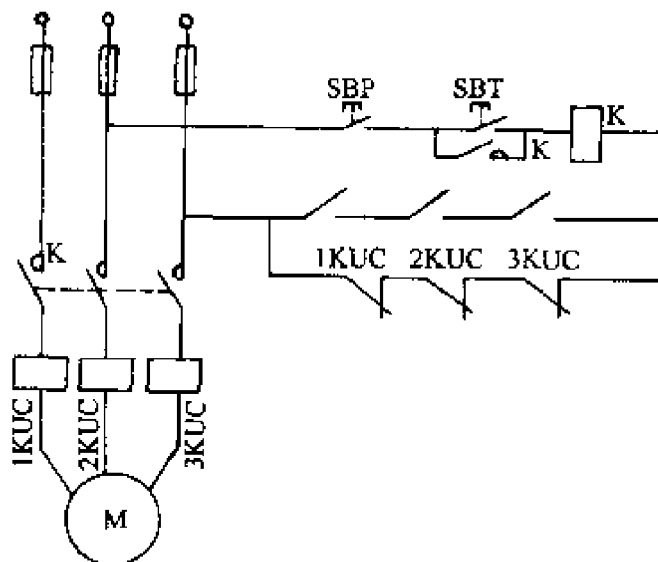


图 5-19 欠电流继电器保护线路

② 零序电压继电器保护。这种保护的原理是在中性点接地的三相平衡系统中，Y形接法的电动机中点对地电压在理论上为零，当一相断电时，由于零序电压的影响，电动机中点偏移，使电压升高到几十伏（25~45V），驱使继电器 K_1 动作，切断电流，见图 5-20。但是在实际线路中，由于三相电流不平衡，或电机绕组三相阻抗不平衡，电机中点对地电压大于零，多为几伏（为相电压的 3.6% 左右），因此一般将继电器动作电压整定在 12~24V 为宜。

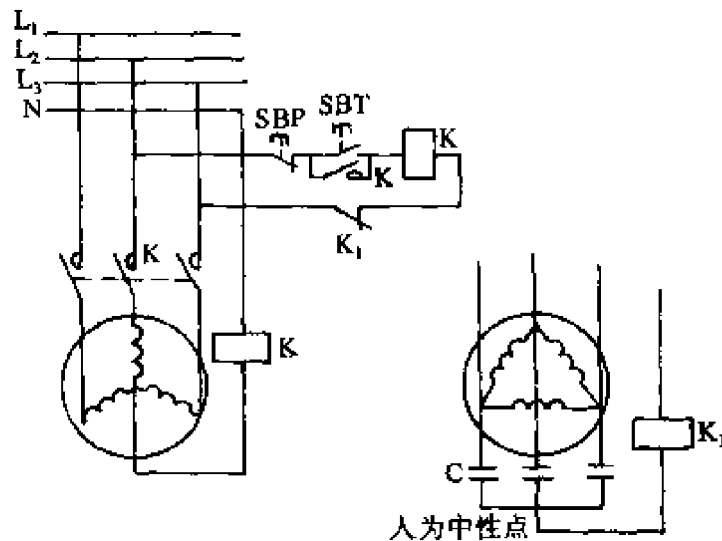


图 5-20 零序电压继电器保护线路

③ 断丝电压保护。这种保护的原理是保险丝熔断后，在其两端必定会产生电位差。断丝电压的大小与电动机负载情况有关。利用断丝电压使继电器（1K~3K）动作，即可达到保护的目，见图 5-21。断丝电压继电器一般整定在 60V 左右动作。

5-9-4 失、欠压保护

失、欠压保护是为了防止电动机在过低的电压下运行而烧坏的保护装置。它可以在电压长时间降低或失去时，断开电动机，同时又可以防止在电压恢复时电动机自动起动。

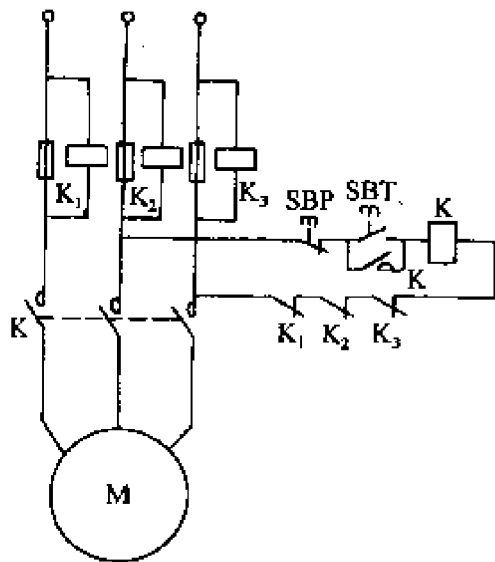


图 5-21 断丝电压保护线路

失、欠压保护常利用交流接触器的电磁机构、降压起动器或自动开关上的失压电磁机构进行保护。在正常条件下，电磁线圈可以吸持衔铁，使触点闭合。当电压下降到额定电压的 35% ~ 70% 时，线圈吸不住衔铁而释放，断开电动机。失压脱扣的整定可以调节衔铁的反力弹簧，使它在 35% ~ 70% 的电压范围内变化。

5-9-5 接零保护

电动机绕组由于修理时嵌线质量不高，绕组受潮气侵袭、受高温影响使绝缘老化等都会发生绕组接地故障。绕组接地时，电流通过定子铁心，使铁心烧坏，并使电动机外壳带电，威胁人身安全，因此必须进行保护。

在三相四线供电的 380V 电网中，多采用接零保护，就是将电动机外壳与电源中线相接。当电动机一相碰壳时，该相火线与中线形成单相短路，有很大的短路电流流过，使熔丝熔断，或使自动开关跳闸。

5-10 三相异步电动机的维护

1. 起动前的检查

(1) 检查电动机铭牌所标的电压、频率是否与使用的电源电压、频率相符，接法与铭牌所标是否相同。

(2) 新的或长期不用的电动机，使用前应检查各相绕组间及绕组对地的绝缘电阻。对绕线型电动机，除检查定子绝缘外，还应检查转子绕组和滑环对地及滑环之间的绝缘电阻。绝缘电阻每千伏工作电压不得小于 $1\text{M}\Omega$ ； 380V 的三相电动机绝缘电阻应大于 $0.5\text{M}\Omega$ 方可使用，否则应进行干燥处理。

(3) 用压缩空气（气压不大于 202.6kPa ）或“皮老虎”吹净电动机内部的灰尘及杂物。

(4) 检查电动机轴承是否有润滑油，油色应正常无杂物，油量应达到规定的油位。

(5) 对于新安装或检修后的电动机，还应检查地脚螺栓、轴承盖是否紧固，接地及保护装置是否可靠等。起动前必须先盘车，检查有无卡住现象。上接手前，应点动起动电动机，校正电动机的转向。

(6) 对绕线型电动机还应检查电刷表面是否全部贴紧滑环，导线是否相碰，电刷提升机构是否灵活，电刷压力是否正常（一般为 $1.5\sim 2.5\text{N}/\text{cm}^2$ ）

2. 运行中的维护

(1) 监测电动机运行时，电源电压、频率的变化和三相电压的不平衡度，其变动范围不应超过《电机基本技术要求》的有关规定，即电源电压偏差不大于其额定值的 $\pm 5\%$ ，三相电压差不大于 5% 。频率偏差不大于其额定值的 $\pm 1\%$ 时，电动机可按额定功率运行。若电压和频率变化超过上述范围时，就可能引起电动机过热或其他不正常现象，参见表 5-48。因此，电源条件应

符合上述要求，如果电源条件无能力改变时，应适当减轻电动机的运行负载。

表 5-48 电压变动对电动机运行的影响

电压变动 (比额定值)	起动转矩 和 最大转矩	起 动 电 流	满 载 电 流	满 载 转 数	满 载 效 率	功 率 因 数	温 度 (°C)
升高 10%	增 21%	增 10%	减 7%	增 1%	增 1%	减 3%	减 4
降低 10%	减 19%	减 10%	增 11%	减 2%	减 2%	增 11%	增 7

(2) 监测电动机的负载电流，其值不能超过电动机的额定值，否则会使电机使用寿命缩短或烧毁。

(3) 监测电动机运行时各部分的温升，其值不应超过容许限度，见表 5-49。同时应注意电动机的气味，如果有味时，说明绕组因温度过高烧焦了绝缘，应立即停电检查处理。

(4) 注意观察电动机的振动和噪声。电动机运行时容许振动值和轴向窜动量分别见表 5-50 和表 5-51。当发现有不正常的振动或磨擦声、尖叫声或其他杂音时，应立即停电检查处理。上述现象大多由机械故障引起的。

(5) 经常检查轴承发热及漏油情况，定期更换润滑油。在更换润滑油时，应将轴承及轴承盖用煤油清洗；然后用汽油洗干净。滚动轴承润滑脂不宜超过轴承室容积的 2/3。

(6) 对绕线型电动机，应经常检查电刷与滑环的接触情况和电刷的磨损情况。如发现火花较大时，应及时清理滑环表面，可用“0”号砂布磨平滑环，并校正电刷弹簧压力。

(7) 电动机应经常保持清洁，不容许水滴、油污及杂物落入电动机内部。电动机的进风和出风口要保持清洁和畅通无阻。

表 5-49 三相异步电动机的最高容许温度和最大容许温升 (环境温度为 40°C 时)

电动机的部分	A 级绝缘		E 级绝缘		B 级绝缘		F 级绝缘		H 级绝缘												
	最高容许温度 (°C)	最大容许温升 (°C)	最高容许温度 (°C)	最大容许温升 (°C)	最高容许温度 (°C)	最大容许温升 (°C)	最高容许温度 (°C)	最大容许温升 (°C)	最高容许温度 (°C)	最大容许温升 (°C)											
	温度计法	电阻法	温度计法	电阻法	温度计法	电阻法	温度计法	电阻法	温度计法	电阻法											
定子绕组	95	100	55	60	105	115	65	75	110	120	70	80	125	140	85	100	145	165	105	125	
转子绕组	绕线式	95	100	55	60	105	115	65	75	110	120	70	80	125	140	85	100	145	165	105	125
	鼠笼式	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
定子铁心	100	-	60	-	115	-	75	-	120	-	80	-	140	-	100	-	165	-	125	-	
滑 环	100	-	60	-	110	-	70	-	120	-	80	-	130	-	90	-	140	-	100	-	
滑动轴承	80	-	40	-	80	-	40	-	80	-	40	-	80	-	40	-	80	-	40	-	
滚动轴承	95	-	55	-	95	-	55	-	95	-	55	-	95	-	55	-	95	-	55	-	

表 5-50 电动机的容许振动

同步转速 (r/min)	振动值 (mm)
3000	0.06
1500	0.10
1000	0.13
750	0.16

表 5-51 滑动轴承电动机的容许轴向窜动量

电动机功率 (kW)	轴 向 窜 动 量 (mm)	
	向 一 边	向 两 边
10 以下	0.50	1.00
10~30	0.70	1.50
30~70	1.00	2.00
70~125	1.50	3.00
125 以上	2.00	4.00
轴颈直径大于 200mm 的电机	轴颈直径的 2%	

5-11 异步电动机常见故障及处理方法

异步电动机常见故障及处理方法，见表 5-52。

表 5-52 三相异步电动机常见故障及处理办法

故 障	产 生 原 因	处 理 办 法
电动机不能起动或带负载运行时转速低于额定值	<ol style="list-style-type: none"> 1. 熔丝烧断；开关有一相在分开状态；或电源电压过低 2. 定子绕组中或外部电路中有一相断线 3. 绕线式异步电动机转子绕组及其外部电路（滑环、电刷、线路及变阻器等）有断路、接触不良或焊接点脱焊等现象 4. 鼠笼式电动机转子断条或脱焊，电动机能空载起动，但不能加负载起动运转 5. 将△接线接成 Y 接线，电动机能空载起动，但不能满载起动 6. 电动机的负载过大或传动机构被卡住 7. 过流继电器整定值调得太小 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查电源电压和开关、熔丝的工作情况，排除故障 2. 检查定子绕组中是否有断线（参阅本章 5-12 节），再检查电源电压 3. 用兆欧表检查转子绕组及其外部电路中是否有断路；检查各连接点是否接触紧密可靠，电刷的压力及与滑环的接触面是否良好 4. 将电动机接到电压较低（约为额定电压的 15% ~ 30%）的三相交流电源上，同时测量定子的电流。如果转子绕组有断条或脱焊，随着转子位置不同，定子电流也会产生变化 5. 按正确接法改正接线 6. 选择较大容量的电动机或减少负载；如传动机构被卡住，应排除故障 7. 适当提高整定值
电动机三相电流不平衡	<ol style="list-style-type: none"> 1. 三相电源电压不平衡 2. 定子绕组中有部分线圈短路 3. 重换定子绕组后，部分线圈匝数有错误 4. 重换定子绕组后，部分线圈之间有接线错误 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用电压表测量电源电压 2. 用电流表测量三相电流或拆开电动机用手检查过热线圈 3. 用双臂电桥测量各相绕组的直流电阻，如阻值相差过大，说明线圈有接线错误，应按正确方法改接 4. 按正确的接线法改正接线错误

(续表)

故 障	产 生 原 因	处 理 办 法
电机有不正常的振动和响声	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电动机的地基不平,电动机安装得不符合要求 2. 滑动轴承的电动机轴颈与轴承的间隙过小或过大 3. 滚动轴承在轴上装配不良或轴承损坏 4. 电动机转子或轴上所附有的皮带轮、飞轮、齿轮等不平衡 5. 转子铁心变形或轴弯曲 6. 电动机单相运转,有嗡嗡声 7. 转子风叶碰壳 8. 轴承严重缺油 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查地基及电动机安装情况,并加以纠正 2. 检查滑动轴承的情况 3. 检查轴承的装配情况或更换轴承 4. 做静平衡或动平衡试验 5. 将转子在车床上用千分表找正 6. 检查熔丝及开关接触点,排除故障 7. 校正风叶,旋紧螺钉 8. 清洗轴承加新油,注意润滑油的量不宜超过轴承室容积的 70%
电动机温升过高或冒烟	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电动机过载 2. 电源电压过高或过低 3. 定子铁心部分硅钢片之间绝缘不良或有毛刺 4. 转子运转时和定子相擦,致使定子局部过热 5. 电动机的通风不好 6. 环境温度过高 7. 定子绕组有短路或接地故障 8. 重绕线圈的电动机,由于接线错误或绕制线圈时有匝数错误 9. 单相运转 10. 电动机受潮或浸漆后未烘干 11. 接点接触不良或脱焊 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 降低负载或更换容量较大的电动机 2. 调整电源电压 3. 拆开电动机检修定子铁心 4. 检查转子铁心是否变形,轴是否弯曲,端盖的止口是否过松,轴承是否磨损 5. 检查风扇是否脱落,旋转方向是否正确,通风孔道是否堵塞 6. 换绝缘等级较高的 B 级、F 级电动机或采取降温措施 7. 用电桥测量各相线圈或各元件的直流电阻,用兆欧表测量对机壳的绝缘电阻,局部或全部更换线圈 8. 按正确图纸检查和改正 9. 检查电源和绕组,排除故障 10. 彻底烘干 11. 仔细检查各焊点,将脱焊点重焊

(续表)

故 障	产 生 原 因	处 理 办 法
电刷冒火,滑环过热或烧坏	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电刷的牌号或尺寸不符 2. 电刷压力不足或过大 3. 电刷与滑环接触面不够 4. 滑环表面不平、不圆或清洁 5. 电刷在刷握内轧住 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 按电机制造厂的规定更换电刷 2. 调整电刷压力 3. 仔细研磨电刷 4. 修理滑环 5. 磨小电刷
轴承过热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 轴承损坏 2. 轴承与轴配合过松或过紧 3. 轴承与端盖配合过松或过紧 4. 滑动轴承油环磨损或转动缓慢 5. 润滑油过多、过少或油太脏,混有铁屑沙尘 6. 皮带过紧或联轴器装得不好 7. 电动机两侧端盖或轴承盖未装平 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换轴承 2. 过松时在转轴上镶套;过紧时重新加工到标准尺寸 3. 过松时在端盖上镶套;过紧时重新加工到标准尺寸 4. 查明磨损处,修好或更换油环。油质太稠时,应换较稀的润滑油 5. 加油或换油,润滑脂的容量不宜超过轴承室容积的 70%,润滑脂的选用参照第四章的 4-6-2 节 6. 调整皮带张力,校正联轴器传动装置 7. 将端盖或轴承盖止口装平,旋紧螺钉
运行时电流表指针来回摆动	<ol style="list-style-type: none"> 1. 绕线型电动机一相电刷接触不良 2. 绕线型电动机滑环,短路装置接触不良 3. 绕线型转子一相断路或笼型转子断条 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整电刷压力,使其与滑环接触良好 2. 修理或更换短路装置 3. 查出绕线型转子断路处进行修复;对笼型转子,补焊或更换铜条
电机外壳带电	<ol style="list-style-type: none"> 1. 接地不良 2. 绕组受潮,绝缘损坏,引出线磨破或接线板有污垢 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 查找原因,接好地线 2. 绕组干燥处理;修复损坏的绝缘或引出线;清理接线板

5-12 异步电动机的修理

5-12-1 异步电动机修理时的拆装

电动机在运行一段时间或在运行中发生故障（机械故障或电气故障）时，需要拆装。拆卸电动机时，可按图 5-22 步骤进行：①拆卸皮带轮、联轴器或齿轮；②卸下风扇罩；③卸下风扇；④拆下前、后轴承盖；⑤拆卸端盖；⑥将后端盖连同转子一起抽出；⑦卸下后端盖；⑧拆卸轴承。

1. 拆装皮带轮、联轴器或齿轮

拆卸前先将皮带轮、联轴器、齿轮与轴之间的键卸下，有的卸不下，可与皮带轮、联轴器或齿轮一起卸下。按照图 5-22 用拉具慢慢地拉下。如果难拆，可在内孔（孔与轴之间）浇些煤油再拉，若还卸不下来，可用热水或热油浇在皮带轮上再拉。拉时切勿用手锤直接敲打，以防损伤轴。

待电动机全部装完之后，再安装皮带轮、联轴器或齿轮，装时先清洗轴和皮带轮孔。然后将键槽对齐，轻轻用木板或铜板垫在皮带轮一端用手锤敲进，最后将键装入键槽，用手锤垫上硬木板或铜板，把键装入。但要注意键的配合应是紧配合。

2. 拆卸风扇罩和风扇

将风扇罩外面固定螺丝卸下，即可取下风罩。尔后松动风扇固定螺丝取下风扇。装配时正好相反。先装风扇拧紧固定螺丝，固定螺丝要对准轴上小孔。然后装上风罩，装上固定螺丝。

3. 拆卸前后轴承盖

只要将轴承盖固定螺丝拧下，即可取下轴承盖。为了便于装配起见，在取下之前，应在轴承盖与端盖标好记号，装配时，还按原记号装上。

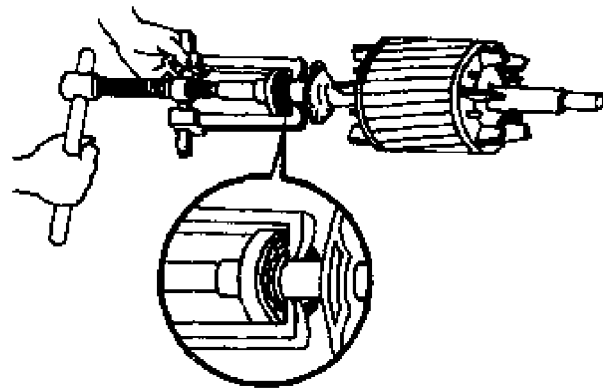
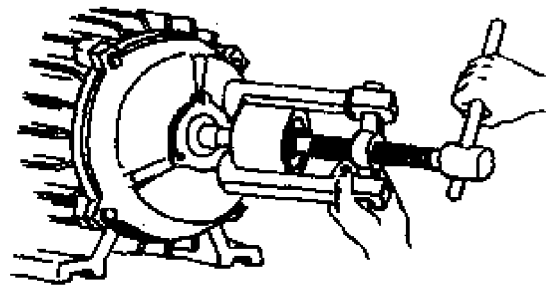
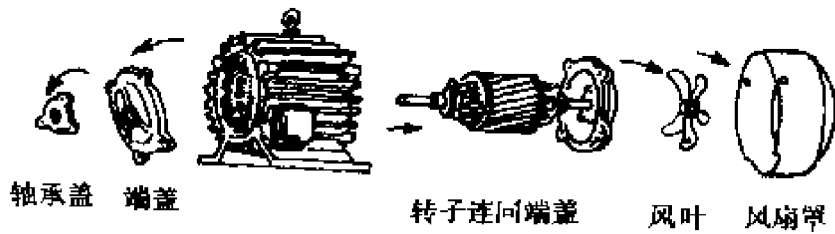


图 5-22 电动机拆装步骤

装配轴承盖时，将轴承盖记号与端盖的记号对准，拧上螺丝，一般轴承盖螺丝都是偶数，紧固螺丝时，要对称固定，同时要转动电动机转轴。最后，用差不多相等的劲，再把全部螺丝拧一遍。

4. 端盖的拆卸

端盖拆卸前，端盖与机座也应打上记号，以便装配。然后拧下端盖的固定螺丝，取下端盖。

装配时，按拆下时所打的记号对准，拧上螺丝。先不要拧紧，然后按对角线的位置逐渐拧紧，各螺丝用力应一样。

5. 拆装轴承

拆装轴承的方法与拆装皮带轮等差不多，见图 5-22。先把轴承套在轴上，放正，然后找一根内径比轴径稍大点的铁管，套在轴上，下面顶在轴承内套上，然后用手锤垫上硬木板轻轻敲打，但轴承与轴应是紧配合的。

装配轴承的另一方法是将轴承放在高温润滑油中，几分钟后，立即取出套在轴上，待轴承冷却后，轴承就紧固在轴上。

轴承装配方法见图 5-23。

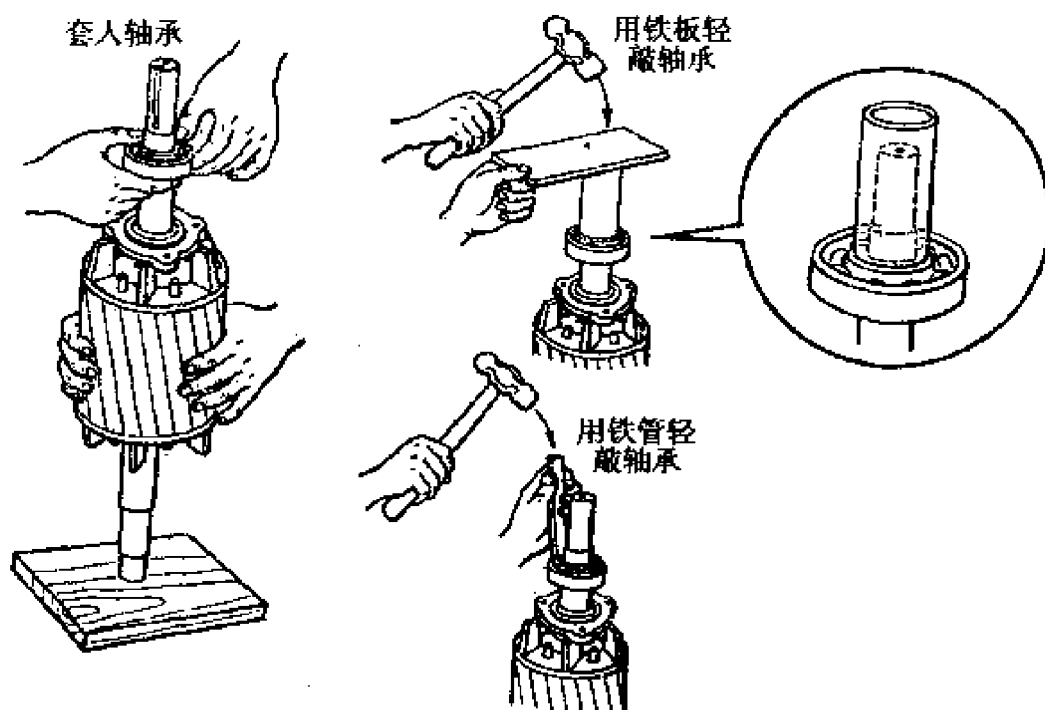


图 5-23 装配轴承的方法

5-12-2 电动机定子绕组的修理

电动机定子绕组的故障一般是出现断路、通地、短路、导线接反等情况。

(1) 绕组断路故障的修理。绕组断路一般都出现在绕组端

头、各绕组元件的接线头、电动机引出线头等部位。检查绕组断路可用兆欧表、万用表低电阻挡或者用最简单接一只灯的检查办法。对于星形连接的电动机，可按图 5-24 (a) 方法接上仪表或灯，找出断相，然后用图 5-24 (b) 测出断线点。对于三角形连接的电动机，检查前必须把三相绕组的接头拆开，可按图 5-24 (c) 方法接上仪表或灯，找出断线相，然后按图 5-24 (d) 的方法找出断线点。

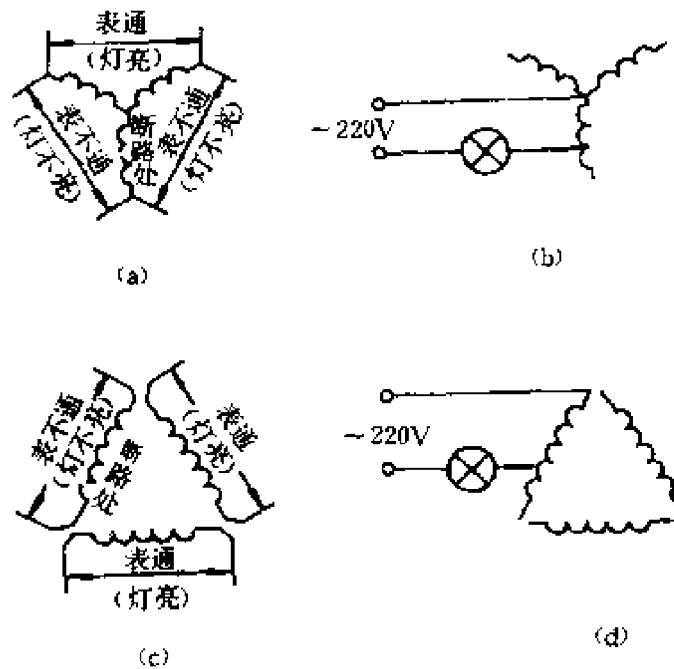


图 5-24 定子绕组断路的检查方法

- (a) 星形连接绕组的断路检查方法 (b) 星形连接绕组断线点的检查方法
(c) 三角形连接绕组的断路检查方法 (d) 三角形连接绕组断线点的检查方法

如果查出绕组断线点在引线部位或者绕组接线头处或绕组端头等，可把断处导线接好焊牢、包上新的绝缘材料。如果查得断点在绕组内部，在这种情况下，一般要更换绕组来解决。

(2) 定子绕组短路故障的修理。电动机使用时间较长其绝缘层易老化、受潮，长时间过电压、欠电压、过载情况下运行时，都能引起绕组短路。一般短路现象有绕组间短路；相邻线圈间短路；绕组引线短路等。

绕组短路一般用下列方法进行检查：

① 观察法。电动机发生短路后，在故障处由于电流大，导线发热，使其绝缘老化焦脆，导线有烧焦痕迹处，即是导线短路处。

② 用兆欧表或万用表检查相间绝缘，如果二相间绝缘电阻很低，则该两相短路。

③ 灯泡法。按图 5-25 方法检查定子绕组的相间绝缘电阻，如果灯泡发亮，则说明两相绕组间短路。

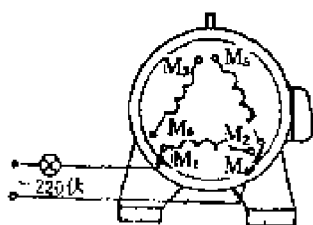


图 5-25 用灯泡法检查定子绕组的相间短路方法

④ 定子绕组接地故障的修理。绕组受潮、绝缘老化、绕组嵌入定子时，绝缘破坏等，都会引起接地故障。

检查接地故障可用万用表低阻挡或用兆欧表或串联灯泡等方法，见图 5-26。检查时，如电阻为零或串联灯泡发亮，则该相为接地相。然后检查接地相绕组绝缘，如发现有破裂及焦痕的地方，即为接地点。

如果接地点在绕组头端，可将该部分绝缘重新包好。如果接地点在绕组内部，则需要更换绕组。

⑤ 绕组接反时的修理。电动机绕组接反后启动时，将使绕组中电流方向变反，磁势不平衡，引起电动机噪声和振动，转速很慢甚至不转，三相电流严重不平衡，会使电动机过热，造成绕组温度急剧上升而烧毁。

绕组接反检查方法有：

① 绕组串联法。见图 5-27，如果灯亮，则三相绕组连接正确；如灯不亮，则三相绕组接反。应改接后，再试。

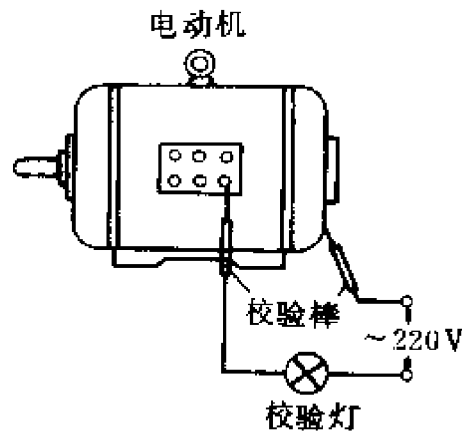


图 5-26 检查定子绕组接地的方法

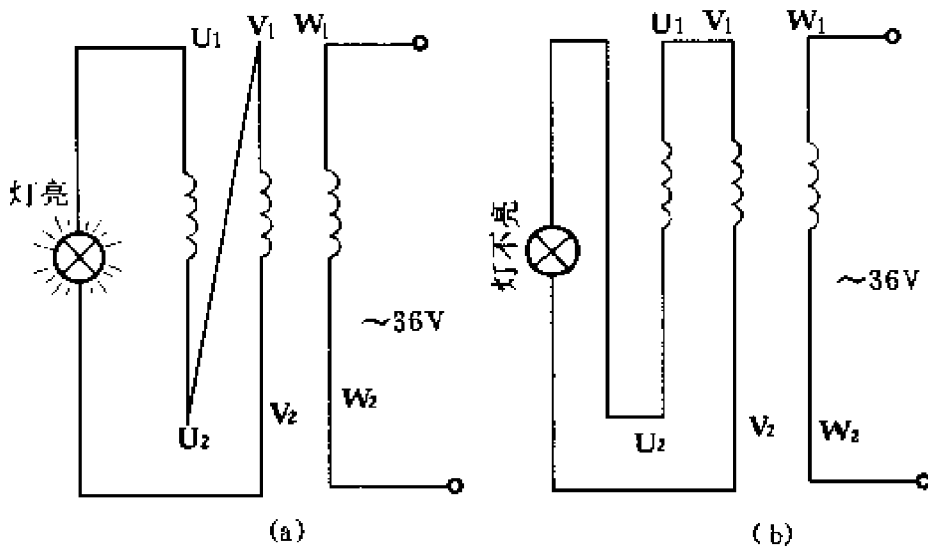


图 5-27 用灯泡检查三相绕组连接

(a) 头尾连接正确 (b) 头尾连接错误

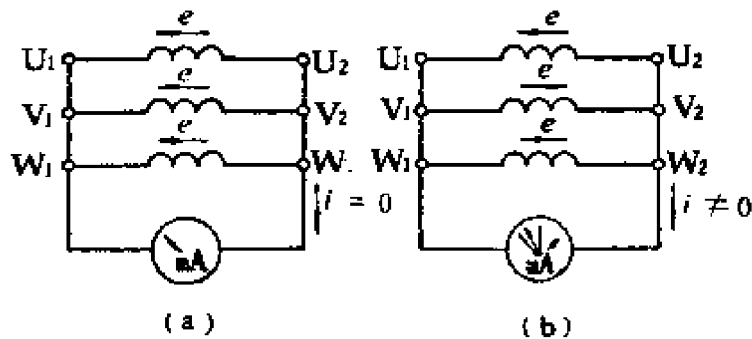


图 5-28 用万用表检查三相绕组连接

(a) 指针不动, 头尾连接正确 (b) 指针摆动, 头尾连接错误

② 万用表测试方法。见图 5-28，用万用表毫安挡进行测试，测试时转动电动机转子，如万用表指针不动，则三相绕组连接正确；如万用表指针摆动，则三相绕组连接接反，应改接后重试。

5-12-3 定子绕组的重绕

1. 绕组的种类及特点

绕组的种类一般常用的为单层绕组和双层绕组两大类。

单层绕组是指定子每个槽中嵌入线圈的一个边，线圈总数等于定子总槽数的一半，即一个线圈占两槽。单层绕组没有层间绝缘，不会发生槽内相间绝缘击穿故障。单层绕组嵌线比较方便，一般适用于小容量的电动机中。

单层绕组又分为同心式和链式两种。如图 5-29。

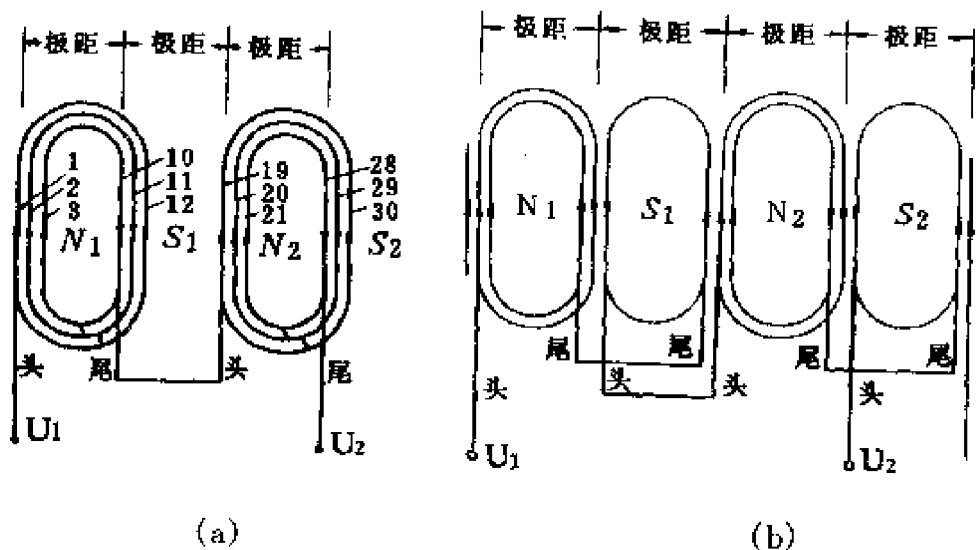


图 5-29 单层绕组的两种形式

(a) 单层同心绕组

(b) 单层链式绕组

双层绕组是指定子每个槽中分上下两层嵌入两线圈的有效边，线圈总数等于定子总槽数。双层绕组的特点是绕组制作简单，可任意选用合适的短距绕组，它能改善电动机的电气性能。双层绕组一般都在大容量电动机中使用。双层绕组又分正串和反串接法，见图 5-30。

2. 极距、节距和每极每相槽数

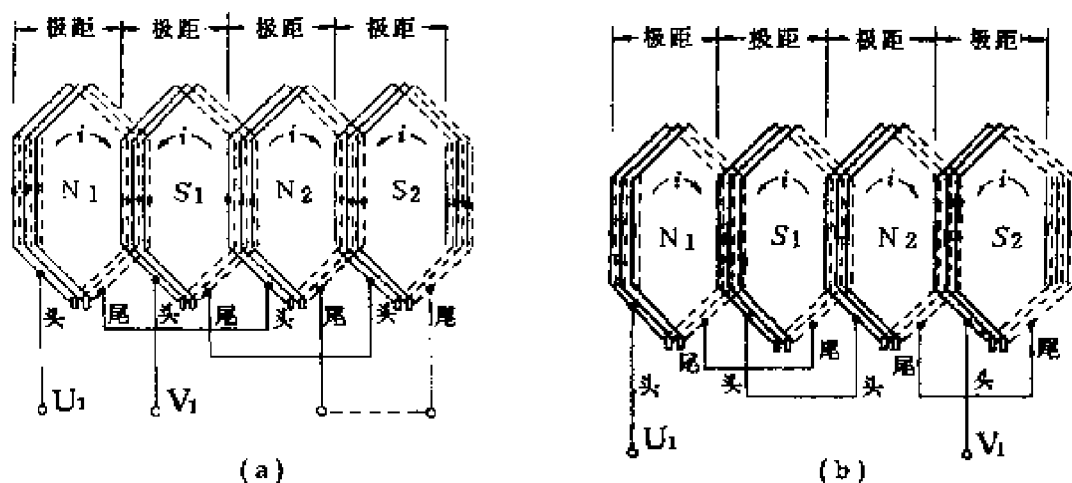


图 5-30 双层绕组的“正、反串”接法

(a) “正串”接法

(b) “反串”接法

(1) 极距

一个磁极所占的槽数称为极距，用 τ 表示，即

$$\tau = \frac{z}{2p}$$

式中 z ——定子总槽数；

p ——电动机的极对数。对于电源频率为 50Hz 的电动机， $p=1$ 时，同步转速为 3000r/min； $p=2$ 时，同步转速为 1500r/min； $p=3$ 时，同步转速为 1000r/min。

(2) 节距

一只线圈两个边所跨的槽数称为节距，用 y 表示。当线圈的节距等于极距时，称为全节距（整节距）；当线圈的节距小于极距时，称为短节距。短节距绕组可节省线圈端部的导线，还可改善电动机的电气特性。一般，在双层绕组中多采用短节距；在单层绕组中多采用全节距。

(3) 每极每相槽数

每个磁极下面每相绕组所占的槽数称为每极每相槽数，用 q 表示，即

$$q = \frac{z}{2pm}$$

式中 z ——定子总槽数；

p ——极对数；

m ——相数。对于三相电动机， $m = 3$ 。

3. 绕组的拆除

(1) 记录数据

拆除旧绕组时，应详细记录以下各项数据：

- ① 电动机铭牌上的全部数据。
- ② 定子铁心的内外径、长度、槽数、槽的形状和尺寸。
- ③ 线圈导线的直径和种类、每槽中的导线数、并联根数、节距和单个线圈的匝数。

④ 线圈的形状、尺寸和数量。拆除绕组时，应保留一只完整的线圈，以供绕制线圈时参考。

- ⑤ 槽内各部分绝缘材料的类型、尺寸和数量。
- ⑥ 绕组的接线方式。
- ⑦ 引出线的材料和直径。

(2) 拆除绕组的方法

拆除定子绕组的方法有冷拆和热拆两种。冷拆的方法是把线圈的一端割断，从另一端用钳子夹住线圈并拉出槽外。热拆的方法是把要拆的绕组加热，使绝缘物软化后再拆。热拆的方法通常有以下两种：

① 电流加热法。拆开绕组端部各连接线，在一个绕组中通入单相电流（约为额定电流的 1.8 倍），待线圈发热软化后即可拆线。

② 烘箱、煤炉加热法。用烘箱、煤炉加热定子绕组，待线圈绝缘软化时即可拆线。加热时，应注意温度不宜超过 200°C ，以免烧坏铁心。

拆除绕组后，应清除槽内绝缘残留物，并修正槽形。

4. 绕制线圈

绕制线圈之前必须先准备好绕线模。绕线模的尺寸应做得比较准确，否则会影响电动机的质量。制作绕线模时，可利用拆下的一个完整的线圈，取其中最小的一匝，依照它的形状及周长作为绕线模尺寸。

绕制线圈时应将线圈的始端留出适当的长度，并弯折在绕线模的引线槽中。导线在绕线模中要排列整齐，不得交叉。当绕到规定的匝数时，按规定长度留出接线头，剪断导线。在绕制时应随时注意导线的质量，如发现导线绝缘破损应及时修好。如果导线长度不够，可将接头安排在线圈端部进行焊接，并套上黄蜡管。导线的接头不可安排在槽内，否则在嵌线时导线的接头会损伤其他导线的绝缘。线圈绕制完毕后，应及时加以绑扎，以免松散。

5. 嵌放线圈

嵌放线圈的工艺关键是保证绕组的位置和次序要正确，绝缘等级要选好。

① 嵌放线圈前要仔细锉去铁心槽内部分毛刺，用木锤或手锤轻轻敲打定子槽，以矫正铁模。并用汽油擦净、吹干。

② 更换的绝缘无论是在端部还是槽内部分，在尺寸、规格、层数以及折叠形状等方面，都要符合原来的绝缘等级要求。一般电动机绕组分为 A、E、B 三级绝缘。

A 级绝缘：电动机槽绝缘是由两层 0.17~0.2mm 的绝缘纸，中间夹一层 0.17~0.2mm 的绝缘漆布而组成。双层绕组的上层和下层间绝缘材料与槽绝缘相同。

E 级绝缘：电动机槽绝缘和相间绝缘均采用复合聚酯薄膜青壳纸。如缺复合聚酯薄膜青壳纸，可采用一层青壳内衬一层聚酯薄膜。

B 级绝缘：电动机槽绝缘、层间绝缘和相间绝缘可采用厚度为 0.20~0.25mm 的聚酯薄膜聚酯纤维纸复合箔。

③ 在嵌线过程中，导线要排列整齐，不可交叉重叠。线圈两端伸出部分长度要一致。对双层绕组，要放好层间绝缘材料，不同相的极相组的端部之间要放好相间绝缘材料。嵌线时注意不能直接用铁锤敲打绕组，切不要损伤导线漆膜和绝缘材料。线圈全部嵌入槽中后，再盖上槽楔下面的绝缘材料，最后打入槽楔。如果槽内很松，可将槽楔下面的绝缘材料多垫一些；如果槽内很紧，可采用滑线板，把导线在槽内划直，再用压线板、小锤把导线压紧，然后把槽楔打入。滑线板和压线板，见图 5-31。

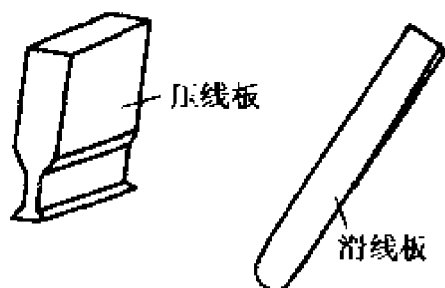


图 5-31 滑线板和压线板

6. 接线

嵌完线圈后，应根据所拆电动机原来绕组的连接方法进行接线，其步骤如下：

(1) 确定出线口，整理线圈接头，安排好接线位置。在焊接接头前要留出焊头长度，清除导线表面的漆皮或纱线，并将接头打磨干净扭在一起。

(2) 焊接接头时可采用松香作焊剂。接头焊好后，用汽油将焊剂清除干净，然后用白布带或绝缘漆布包扎好接头，并将跨接线整齐地盘在绕组的外缘，用棉线绑好，以免振动时脱落。

(3) 接电动机引出线。引出线可采用 JVR 型丁腈聚氯乙烯绝缘电机引出线，也可用 BXR 型橡皮绝缘软电线代替。引出线的截面可根据电动机的额定电流按表 5-53 选择。

(4) 完成接线后，应仔细检查连接线有无错误，绝缘有无损坏，绕组有无短路、断路等现象。

7. 浸漆与烘干

线圈浸漆的目的是提高线圈的绝缘强度、耐潮、耐热以及导热能力，还可使绕组端部比较光滑，机械强度也有所提高。

表 5-53 电动机引出线的截面

电 流 (A)	引出线截面 (mm ²)	电 流 (A)	引出线截面 (mm ²)
<5	1.0	61--90	16.0
5--10	1.5	91--120	25.0
11--20	2.5	121--150	35.0
21--30	4.0	151--190	50.0
31--45	6.0	191--240	70.0
46--60	10.0	241--290	95.0

线圈在浸漆前要将定子烘干水分，其温度一般为 110～120℃，时间为 4～8 小时。其绝缘电阻应在 3MΩ 以上。待铁心冷到 60～75℃ 时，即可进行浸漆。浸漆时间为 15 分钟以上，直到不冒气泡为止。如无浸漆设备，可用浇漆的办法，先浇绕组的一端，再浇另一端。漆要浇均匀，要重复浇几次，直到浇透为止。浸、浇完后，待余漆滴干，再用浸过甲苯或二甲苯的抹布或刷子将定子铁心表面、机座部分等处揩干净。浸、浇时，引线不得浸、浇上漆。A 级绝缘绕组常用 1012 号耐油性清漆，E 和 B 级常用 1032 号三氯氰胺醇酸漆。

绕组浸、浇漆之后，还要进行烘干处理。烘干是先用低温（70～80℃）烘 2～4 小时。然后，进行高温烘干；温度在 110～130℃，时间约为 8～16 小时。在烘干过程中，须每隔一小时用兆欧表测一次绕组对地的绝缘电阻。开始绝缘电阻下降，后来逐步上升，最后 3 小时内达到稳定。一般绝缘电阻值在 5MΩ 以上时，烘干才算合格。

常用的烘干方法有：

(1) 烘箱干燥法

采用自动控温的烘箱进行烘干。这种方法能够精确地控制烘焙的温度。调节温度用的仪表有 XCT101、XCT-111、XCT-121 型等温度指示仪，它们既可以指示温度，又可以调节温度，还可以作报警用。

(2) 灯泡干燥法

如图 5-32 所示，用红外线灯泡或一般灯泡使灯光直接照射到电动机绕组上。改变灯泡功率或数量，可以改变烘焙的温度。烘箱可由木材制作，内壁衬以石棉板。灯泡的位置应在定子中心偏下处，离绕组不要太近，以防灯泡将绕组的绝缘烤焦，并应装温度计，监视箱内温度不超过 125°C 。

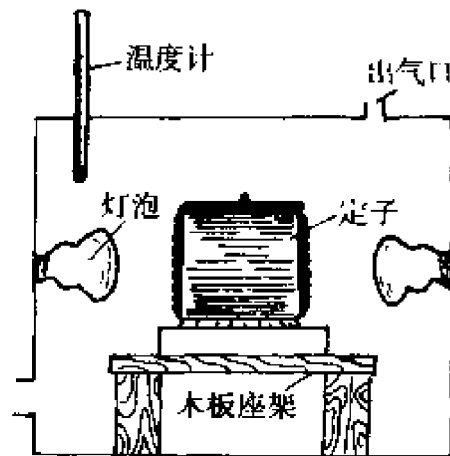


图 5-32 用灯泡烘干绕组的示意图

(3) 电流干燥法

利用电流通过绕组产生的热量来干燥线圈。其方法见图 5-33 和图 5-34。图 5-33 是采用串、并联干燥法；图 5-34 是采用并联干燥法。两种方法其电源可用 220V 交流电或低电压，电流大小应控制在额定电流的 60% 左右。一般使用变阻器或调压器来调节。

5-12-4 电动机修理后的各项试验

1. 试验前的检查

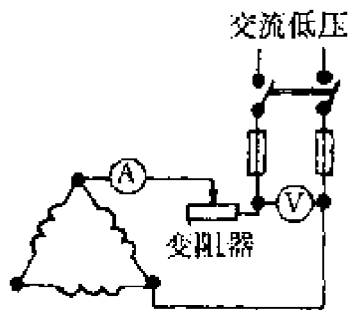


图 5-33 绕组串、并联干燥法

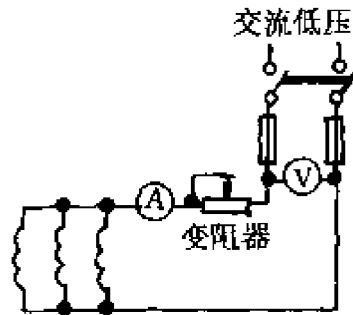


图 5-34 绕组并联干燥法

试验前应先检查电动机的装配质量，如出线端连接是否正确，各部件的装配情况是否良好，转子转动是否灵活，转轴径向偏摆是否符合要求等。

2. 绝缘电阻的测定

对于 380V 的电动机，其绝缘电阻一般应不低于 $0.5M\Omega$ ，全部更换绕组后的电动机绝缘电阻一般应不低于 $5M\Omega$ 。

3. 耐压试验

对全部更换绕组后的电动机应进行绕组之间及绕组对机壳的耐压试验，即绝缘强度试验。对额定电压为 380V、额定功率为 1kW 及以上的电动机，试验电压为 1760V；对额定电压为 380V，额定功率小于 1kW 的电动机，试验电压为 1260V。

4. 空载试验

完成上述试验后，应将电动机在三相平衡的额定电压下空载运转半小时以上。在运行中测量电动机的三相电流是否平衡；空载电流是否太大或太小。电动机空载电流与额定电流的百分比见表 5-54。若空载电流与额定电流的百分比过大，则说明电动机气隙过大或定子绕组匝数偏少；若空载电流与额定电流的百分比过小，则说明定子绕组匝数偏多或将三角形的连接误接成星形，或误将二路接成一路。

此外，空载试验时还应检查铁心是否过热或发热不均匀，轴承的温升是否正常，有无异常的声音等。

表 5-54 一般电动机空载电流与额定电流的百分比 (%)

极 数	容量 (kW)	0.125	0.5 以下	2 以下	10 以下	50 以下	100 以下
	2		70~95	45~70	40~55	30~45	23~35
4		80~90	65~85	45~60	35~55	25~40	20~30
6		85~98	70~90	50~65	35~65	30~45	22~33
8		90~98	75~90	50~70	37~70	35~50	25~35

5-13 三相异步电动机的简易计算

5-13-1 三相异步电动机常用计算公式

1. 三相异步电动机的额定电流

$$I_e = \frac{1000P_e}{1.73U_e \cos\varphi\eta}$$

式中 P_e ——额定功率, kW;

U_e ——额定电压, V;

$\cos\varphi$ ——功率因数;

η ——电动机效率;

1000——把 kW 换算为 W 的系数。

2. 三相电动机的同步转速

$$n_T = \frac{f}{p} \times 60$$

式中 f ——频率, Hz;

p ——磁极对数, 如两极, $p=1$; 四极, $p=2$ 。

3. 三相异步电动机的转差率

$$S = \frac{n_T - n_e}{n_T} \times 100\%$$

式中 n_T ——电动机同步转速, r/min;

n_e ——电动机额定转速, r/min。

常用的三相异步电动机在额定负载时，其转差率为 2% ~ 5%，如果转差率太大，电动机运行将不稳定。

4. 三相电动机的转矩

$$M = \frac{9555 P_L}{n}$$

因为 $M = F \frac{D}{2}$

所以 $F = \frac{19110 P_L}{nD}$

式中 M ——电动机的转矩，N·m；

P_L ——工作机械的负荷，kW；

n ——转速，r/min；

F ——皮带拉力，N；

D ——皮带轮直径，mm。

5-13-2 三相异步电动机线圈重绕的计算

三相异步电动机线圈损坏，需要重新绕制线圈，此时，绕组数据又找不到；电动机的铭牌也损坏。这样，可用下面介绍的根据电动机的铁心来计算定子绕组数据。此法适用于 100kW 以下低压电动机。

(1) 先确定重绕后电动机的电源电压和每分钟转速（或极数）。

(2) 测量定子铁心内径 D_1 (cm)，铁心长度 L (不包括通风槽) (cm)，定子槽数 Z_1 ，定子槽截面积 S_C (mm²)，定子齿的宽度 b_2 (cm) 和定子轭的高度 h_a (cm)。选 p 为极对数。

(3) 极距

$$\tau = \frac{\pi D_1}{2p} \text{ (cm)}$$

(4) 每极磁通

$$\Phi = 0.637 \tau L B_g \times 0.92 \text{ (Mx)}$$

式中 B_g ——气隙磁通密度 (G)，按表 5-55 选择；

L ——铁心长度 (cm)。

$$(1\text{G} = 10^{-4}\text{T}, 1\text{Mx} = 10^{-8}\text{Wb})$$

(5) 验算轭磁通密度

$$B_a = \frac{\Phi}{2h_a L \times 0.92} \quad (\text{G})$$

计算所得的 B_a 值应按表 5-55 核对, 如相差很大, 说明极数 $2p$ 选择得不正确, 应重新选择极数; 如相差不大, 可重新选择 B_g , 以适合表 5-55 中 B_a 的数值。

(6) 验算齿磁通密度

$$B_z = \frac{1.57\Phi}{\frac{Z_1 b_z L}{2p} \times 0.92} \quad (\text{G})$$

所得 B_z 值应符合表 5-55 的数值, 如有相差, 可以重选 B_g 值 (重复以上计算, 直到得出符合表 5-55 所列的 B_z 值止)。

表 5-55 小型异步电动机定子绕组电磁计算的参考数据

数值名称	符号	单位	定子铁心外径(mm)		
			150~250	200~350	350~750
气隙磁通密度	B_g	G	6000~7000	6500~7500	7000~8000
轭磁通密度	B_a	G	11000~15000	12000~15000	13000~15000
齿磁通密度	B_z	G	13000~16000	14000~17000	15000~18000
A级绝缘防护式 电动机定子绕 组的电流密度	j_t	A/mm ²	5~6	5~5.6	5~5.6
A级绝缘封闭式 电动机定子绕 组的电流密度	j_t	A/mm ²	4.8~5.5	4.2~5.2	3.7~4.2
线负载	A_s	A/cm ²	150~250	200~350	350~400

(7) 确定线圈节距和绕组系数 K

单层线圈采用全节距

注: 这里为了利用所介绍的公式, 解决实际工作中的问题, 磁通及磁通密度仍用 Mx 及 G 。按法定计量单位: $1\text{Mx} = 10^{-8}\text{Wb}$; $1\text{G} = 10^{-4}\text{T}$ 。

$$Y = \frac{Z_1}{2p}$$

双层线圈采用短节距，短距系数 β 按下式计算

$$\beta = \frac{Y_1}{Y}$$

式中 Y_1 ——短距线圈的节距。

一般取短距系数 β 在 0.8 左右，根据短距系数及分布系数 γ (由每极每相的线圈元件数来决定)，按表 5-56 决定绕组系数 K 。

(8) 绕组每相匝数

$$\text{单层绕组} \quad W_1 = \frac{U_{\text{线}} \times 10^6}{2.22\Phi} \quad (\text{匝/相})$$

$$\text{双层绕组} \quad W_2 = \frac{U_{\text{线}} \times 10^6}{2.22K\Phi} \quad (\text{匝/相})$$

(9) 每槽有效导线数

$$n_c = \frac{6W_1}{Z_1} \quad (\text{根/槽})$$

表 5-56 双层短距绕组的绕组系数 K

每极每相的线圈 元 件 数	分布 系数 (γ)	短 距 系 数 β								
		0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
1	1.0	0.997	0.988	0.972	0.951	0.924	0.891	0.853	0.809	0.760
2	0.966	0.963	0.954	0.939	0.919	0.893	0.861	0.824	0.784	0.734
3	0.960	0.957	0.948	0.933	0.913	0.887	0.855	0.819	0.777	0.730
4	0.985	0.955	0.947	0.931	0.911	0.885	0.854	0.817	0.775	0.728
5-7	0.957	0.954	0.946	0.930	0.910	0.884	0.853	0.816	0.774	0.727

(10) 导线截面积

$$S_1 = \frac{S_c K_T}{n_c} \quad (\text{mm}^2)$$

式中 S_c ——槽的截面积 (mm^2);

K_T ——槽内充填系数。当采用双纱包圆铜线时， $K_T =$

0.35~0.42; 采用单纱漆包线时, $K_T = 0.43 \sim 0.45$; 采用漆包线时, $K_T = 0.46 \sim 0.48$ 。

表 5-57 三相绕组并联支路数 α

极 数	2	4	6	8	10	12
并联支路数	1,2	1,2,4	1,2,3,6	1,2,4,8	1,2,5,10	1,2,3,4,6,12

当导线截面较大时, 可采用多根导线并联绕制线圈, 或按表 5-57, 采用 2 路以上的并联支路数, 这时每根导线截面积 S_x 按下式计算:

$$S_x = \frac{S_1}{2\alpha n}$$

式中 n ——每个线圈的并绕导线数;

2——系数, 表示双层绕组。

(11) 确定每根导线的直径

$$d = \sqrt{\frac{S_x}{\pi/4}} \quad (\text{mm})$$

(12) 每相绕组容许通过的电流

$$I_{x\phi} = S_1 j_l = 2\alpha n S_x j_l \quad (\text{A})$$

式中 j_l ——电流密度, 由表 5-55 查出。

(13) 验算线负荷

$$A_s = \frac{Z_n n_c Z_1}{\pi D_1} \quad (\text{A/cm}^2)$$

计算所得值应符合表 5-55, 否则应重选 j_l 。

(14) 确定电动机额定功率

$$P_n = 3U_{x\phi} I_{x\phi} \cos\varphi \eta \times 10^{-3} = \sqrt{3} U_n I_n \cos\varphi \eta \times 10^{-3} \quad (\text{kW})$$

(式中 $\cos\varphi$ 和效率 η 的近似值, 可参阅本章有关电动机技术数据。

[例] 一台防护式笼型异步电动机, 其铭牌和绕组数据已选

失，定子铁心的数据测量如下：

定子铁心外径 $D = 38.5\text{cm}$

定子铁心内径 $D_1 = 25.4\text{cm}$

定子铁心长度 $L = 18\text{cm}$

定子槽数 $Z_1 = 48$

定子槽截面积 $S_c = 252\text{mm}^2$

定子齿的宽度 $b_2 = 0.70\text{cm}$

定子轭的高度 $h_a = 3.7\text{cm}$

求定子绕组数据和电动机功率。

〔解〕

(1) 确定电源电压为 3 相、50Hz、380V，电动机转速为 1440r/min（即磁极数为 4 极）。

(2) 定子铁心数据已测得。

(3) 极距

$$\tau = \frac{\pi D_1}{2p} = \frac{3.14 \times 25.4}{4} = 20 \text{ (cm)}$$

(4) 根据定子铁心外径 $D = 38.5\text{cm}$ ，查表 5-55 取 $B_g = 7500\text{G}$ ，故每极磁通：

$$\begin{aligned} \Phi &= 0.637 \tau L B_g \times 0.92 = 0.637 \times 20 \times 18 \times 7500 \times 0.92 \\ &= 1.58 \times 10^6 \text{ (Mx)} \end{aligned}$$

(5) 验算轭磁通密度

$$\begin{aligned} B_a &= \frac{\Phi}{2h_a L \times 0.92} = \frac{1.58 \times 10^6}{2 \times 3.7 \times 18 \times 0.92} \\ &\approx 13000 \text{ (G)} \end{aligned}$$

计算所得 B_a 值基本符合表 5-55 中的范围。

(6) 验算齿磁通密度

$$\begin{aligned} B_z &= \frac{1.57 \Phi}{\frac{Z_1}{2p} b_2 L \times 0.92} = \frac{1.57 \times 1.58 \times 10^6}{\frac{48}{4} \times 0.7 \times 18 \times 0.92} \\ &= 17800 \text{ (G)} \end{aligned}$$

B_z 值符合表 5-55 中的范围。

(7) 选用双层叠绕线圈，短节距。取短距系数 $\beta = 0.8$

$$Y_1 = \beta \frac{Z_1}{2p} = 0.8 \times \frac{48}{4} \approx 10$$

故线圈槽距为 1~11。每极每相元件数为 3，查表 5-56，得绕组系数 $K = 0.913$ 。

(8) 采用 Δ 接法， $U_{xg} = 380V$ 。

绕组每相匝数

$$\begin{aligned} W_2 &= \frac{U_{xg} \times 10^6}{2.22 \Phi K} \\ &= \frac{380 \times 10^6}{2.22 \times 1.58 \times 10^6 \times 0.913} \\ &= 118 \text{ (匝/相)} \end{aligned}$$

(9) 每槽有效导线数

$$n_C = \frac{6W_2}{Z_1} = \frac{6 \times 118}{48} = 14.8 \text{ (根/槽)}$$

n_C 应为整数，且双层绕组应取偶数，故取 $n_C = 14$ (根/槽)。

(10) 导线采用高强度漆包线。其截面：

$$S_1 = \frac{S_C K_T}{n_C} = \frac{252 \times 0.46}{14} = 8.28 \text{ (mm}^2\text{)}$$

因单根导线截面较大，分为三根并绕，每根导线的截面为

$$8.28 \div 3 = 2.76 \text{ (mm}^2\text{)}$$

(11) 截面为 2.76mm^2 的漆包线，标称直径为 1.88mm 。

(12) 由表 5-55 取 $j_l = 5.0\text{A/mm}^2$ ，故相电流

$$I_{xg} = S_1 j_l = 8.28 \times 5 = 41.4 \text{ (A)}$$

(13) 验算线负荷

$$A_s = \frac{Z_n n_C Z_1}{\pi D_1} = \frac{41.4 \times 14 \times 48}{3.14 \times 25.4} = 349 \text{ (A/匝)}$$

计算所得 A_s 值符合表 5-55 的范围。

(14) 根据极数和相电流，取 $\cos\varphi$ 为 0.88， η 为 0.895，故

电动机的功率为：

$$\begin{aligned} p_n &= \sqrt{3} U_n I_n \cos \varphi \eta \times 10^3 \\ &= 1.73 \times 380 \times 41.4 \times 0.88 \times 0.895 \times 10^3 \\ &= 21.4 \text{ (kW)} \end{aligned}$$

5-13-3 三相异步电动机改变导线规格的计算

在修理电动机绕组时，有时使用的导线与原绕组导线不同，此时，必须经过计算，方能绕制线圈。

1. 导线规格的选择

当修复一台电动机时，如果没有原来规格的导线，可以选用其他规格的导线，但其截面要等于或接近于原来的导线截面，使修复后电动机的电流密度不超过表 5-58 所列的数值。

2. 改变线圈导线的并绕数

如果没有相同截面的导线，可以将线圈中较大截面的导线换为两根或数根较小截面的导线并绕，匝数不变。但此时需要考虑导线在槽内是否能装得下，也就是要验算电动机的槽满率。

表 5-58 中小型电动机铜线电流密度容许值 (A/mm²)

型式 \ 极数	2	4	6	8
封闭式	4.0~4.5	4.5~5.5		4.0~5.0
开启式	5.0~6.0	5.5~6.5		5.0~6.0

注：1. 表中数据适用于系列产品，对早年及非系列产品应酌情减低 10%~15%。

2. 一般小容量的电动机取其较大值，较大容量的电动机取其较小值。

所谓槽满率 F_m ，就是槽内带绝缘导线的总截面与槽的有效截面的比值，即：

$$F_m = \frac{NS}{S_c} = \frac{N(nd^2)}{S_c} \times \frac{\pi}{4} \approx \frac{Nnd^2}{S_c}$$

式中 N ——槽内导体数；

d ——带绝缘导线的外径；

n ——每个线圈并绕导线的根数，由不同外径的导线并绕时，式中的 (nd^2) 应换以不同的线径平方之和，即：

$$nd^2 = d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots$$

S_c ——定子铁心槽的面积减去槽绝缘和槽楔后的净面积 (mm^2)。

一般 F_m 值控制在 0.60~0.75 的范围内。

3. 改变绕组的并联支路数

原来为一个支路接线的绕组，如果没有相同规格的导线，可换用适当规格的导线，并改变其支路数。

在改变支路数的线圈中，每根导线的截面积 S 与支路数 a 成反比：

$$S_{\text{II}} = \frac{S_{\text{I}}}{a_{\text{II}}}$$

每个线圈的匝数 W 与并联支路数成正比：

$$W_{\text{II}} = a_{\text{II}} W_{\text{I}}$$

式中，字母下脚注有 I 者为原有数据；注有 II 者，为改变支路后的各种数据。

6-1 直流电机的基本原理

直流电机与交流电动机一样，都是根据电磁感应原理制成的，比如：直流发电机的原理就是使导线在磁场中运动，不断切割磁力线而感应出电动势，如图 6-1。在磁场中转动的转子表面上装有很多线圈，为了简单说明，这里仅画出一匝线圈来分析其原理。转子可以在磁场中根据拖动转向而自由旋转，转子上这一匝线圈的两端分别接到两个铜半环 1 与 2 上，这两个铜半环之间是用绝缘材料互相绝缘的，电刷 3 和 4 分别压在两个半环上。当外力拖动转子旋转时，线圈的两边 5 和 6 将切割磁力线而产生感应电动势，因为导线 5 和 6 交替在 N 极和 S 极下，所以导体中感应的电势方向是交变的，但由于半环的作用，使电刷始终与固定极下面的导体相连接，所以从电刷引出的是方向不变的电流。这就是通常所说的直流电。这半环亦称为换向器，也可称整流子。

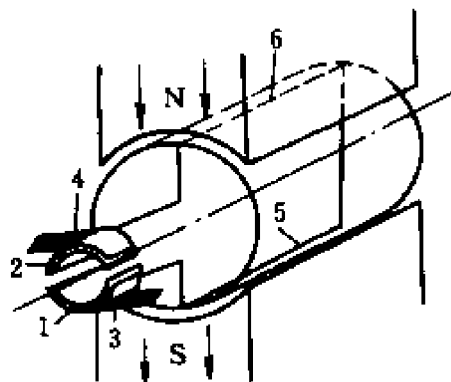


图 6-1 直流发电机原理图

如果在两个半环上加上直流电压，其转子线圈在固定磁场作用下，发生转动。这就是直流电动机的工作原理。

6-2 直流电机铭牌的含义

(1) 型号：表示直流电机属于哪一种类型，是用字母与数字组合在一起表示的。

(2) 额定功率：指直流电机在预定情况下，长期运行所容许的输出功率，单位一般用 kW 表示。直流电动机的功率是指轴上输出的机械功率，直流发电机的功率则是指供给负载的电功率。

(3) 额定电压：就发电机来说，是指在额定运转情况下，发电机两端的输出电压；就电动机来说，是指在规定的正常工作条件下，加在电动机两端的输入电压。其单位均以 V 表示。有的发电机在铭牌上电压项目中，标有两个数字，如 220/320，这类直流发电机称为调压发电机，即发电机可以在此电压范围内调整使用。有的直流电动机在铭牌上电压项目中，标有三个数字，如 185/220/320，这类电动机称为幅压电动机。它表示这类电动机正常工作电压是 220V，但当电压是 320V 或 185V 时，它也能工作。

(4) 额定电流：就发电机来说，一般是指长期连续运行时，供给负载的电流；对电动机来说，是指长期连续运行时，容许从电源输入的电流。它的单位用 A 表示。

(5) 额定转速：电动机在额定运转情况下的转速，单位用 r/min 表示。

(6) 励磁：表示励磁的方式。

(7) 额定励磁电压：表示加在励磁绕组两端的额定电压，单位是 V。

(8) 额定励磁电流：表示在额定励磁电压下，通过励磁绕组的额定电流，单位是 A。

(9) 工作方式: 是指电机在正常使用时, 持续的时间, 一般分连续、断续与短时三种。

(10) 额定温升: 表示电机在额定情况下, 电机所容许的最高工作温度减去环境温度的数值, 单位是 $^{\circ}\text{C}$ 。

6-3 直流电机的用途

直流电机的用途及产品, 见表 6-1。

表 6-1 直流电机产品及用途

产品代号	产品名称	用途
ZLL	小型直流电动机	适于静止整流装置供电, 广泛用于轻工、纺织、造纸、冶金、金属切削机床等作为直流转动设备, 过载能力强、调速范围广
ZO ₂	封闭式直流电动机	适用于多尘及金属切削等场所
ZT、ZT ₂	调速直流电动机	适用于一般正常工作环境, 供调速范围在 1:3 及 1:4 的电力拖动使用
ZJ、ZJ-02、ZJY	精密机床用直流电动机	专用于高精度外圆磨床和导轨磨床作直接拖动磨头用
ZTD	电梯用直流电动机	作载客用升降机(电梯)的动力设备
ZZY、ZZJ-800	轧机辅助传动直流电动机	主要用于冶金工业中各种轧机辅助传动的动力设备
ZW	无槽直流电动机	是一种低惯量电动机, 具有时间常数小, 起动力矩大, 调速范围广, 适用于机床工业、纺织工业在自动化控制系统中作执行元件
ZG	直流辊道电动机	用于各种起重机械和冶金辅助设备中, 如起货机、吊车、行车、轧钢、炼铁等车间的辅助传动机械和各种辊道

(续表)

产品代号	产品名称	用途
ZZ、ZZJ、 ZZJ ₂ ZZJO	起重冶金用直流电动机	适用于冶金设备动力装置和各种起重设备传动装置
ZHC2	充电用直流发电机组	本系列电机为调压直流发电机,主要用于电报局、电话局、变电所及其他场所
ZBF-92 ZBD-93	龙门刨床用直流电机组	专供龙门刨床主传动调速系统用
ZY2、ZF2	中型直流电机	适用于宽调速的大、中型金属切削机床、轧钢机及高炉卷扬机等
ZQ	直流牵引电动机	用于电力传动机车、工矿电机车和蓄电池供电车
ZZC、ZH、 Z-H	船用直流电动机	用于船舶上各种辅助机械
ZZC、ZKJ	挖掘机用电动机	用于冶金、矿山挖掘机
Z、ZA	防爆安全型电动机	矿井和有易爆气体的场所
ZLJ	力矩直流电动机	用于位置或速度伺服系统中作执行元件
ZC2、 ZHZE-H	船用直流发电机	用作船舶电源
ST	汽车起动机	用于汽车、拖拉机、内燃机
F	汽车发电机	用于汽车、拖拉机、内燃机
ZC、CZ	直流测动机	用于测定原动机效率和输出功率

6-4 直流电机的励磁方式

直流电机励磁方式，一般有两种，一种采用永久磁铁；另一种是采用电磁铁。用电磁铁产生磁场的方法称为励磁。直流电机用电磁铁励磁方式分为自励和他励两种方式。自励是由直流电机本身供给励磁电流。在自励直流电机中，按励磁绕组与电枢绕组连接的方式不同，又可分为并励、串励及复励三种励磁方式。图 6-2 为直流电机自励的三种方式。

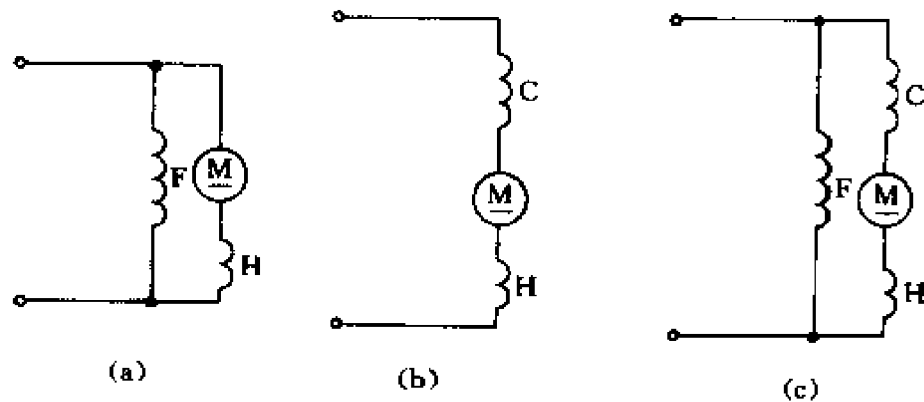


图 6-2 直流电机自励方式原理图

(a) 并励 (b) 串励 (c) 复励

他励是由另外的独立直流电源供给励磁电流。图 6-3 为他励直流电机原理图。

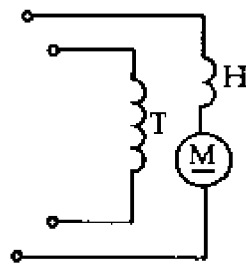


图 6-3 直流电机他励方式原理图

6-5 直流电机的可逆应用

直流电机既可作直流电动机用，又可作为直流发电机之用。

直流发电机的额定电压按标准规定为 115V、230V，而直流电动机的额定电压为 110V、160V、220V、440V。这样两者在可逆应用中，其额定电压要适当调整。如直流发电机作为直流电动机使用时，应适当提高电源的电压或者降低励磁电流，否则直流电动机的转速比铭牌值要稍低，而且在相同的电枢电流下，它输出的功率只有原发电机功率的 70%~80%。

如果直流电动机作为直流发电机使用，为了能使发出的电压达到铭牌数值，就应适当提高直流电动机的转速，但不能超过额定值的 10%；或者增大励磁电流，否则发出的电压值要比铭牌值为低。此时要注意不能超过直流电动机的温升。

对于具有串励绕组的直流电机在改变用途时，应当将串励绕组的二根引线调换一下，否则在使用时，电压不能建立或转速不稳定。

6-6 直流电机的技术数据

直流电机的技术数据，见表 6-2~6-4。

表 6-2 Z2 系列直流电机的技术数据

机座号 (序号)	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	额定转速 (r/min)	励磁方式	电 机						换 向 器						
						槽数	槽形	每元件匝数	总匝数	支路数	线规及牌号 (mm)	槽节距	长度 (mm)	换向片数	换向器节距	每杆电刷数	电刷规格型 号及尺寸 $b_b \times L_b$ (mm)	
																		外径
Z2-11 1 2	0.8	110	9.96	3000并	方	14	梨	6	672	2	$\phi 0.96/\phi 1.05$ $\phi 0.69/\phi 0.77$	1~5	62	42	56	1~33	2	10×12.5
		220	4.85															
3 4	0.4	110	5.35	1500并	方	14	梨	11	1232	2	$\phi 0.74/\phi 0.83$ $\phi 0.53/\phi 0.60$	1~5	62	42	56	1~33	2	10×12.5
		220	2.68															
Z2-12 1 2	1.1	110	12.9	3000并	方	14	梨	42/4	504	2	$\phi 1.16/\phi 1.27$ $\phi 0.80/\phi 0.89$	1~5	62	42	56	1~33	2	10×12.5
		220	6.41															
3 4	0.6	110	7.68	1500并	方	14	梨	8	896	2	$\phi 0.90/\phi 0.99$ $\phi 0.62/\phi 0.69$	1~5	62	42	56	1~33	2	10×12.5
		220	3.82															
Z2-21 1 2	1.5	110	17.5	3000并	方	18	梨	32/4	504	2	$\phi 1.35/\phi 1.46$ $\phi 1.0/\phi 1.1$	1~10	82	45	72	±1	2	10×12.5
		220	8.64															
3 4	0.8	110	9.84	1500并	方	18	梨	61/4	900	2	$\phi 1.08/\phi 1.19$ $\phi 0.74/\phi 0.83$	1~10	82	45	72	±1	2	10×12.5
		220	4.92															

(续表)

机座号 (序号)	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	额定转速 (r/min)	励磁方式	主 极				换 向 极				绕组用铜重		
						气隙 (mm)	每极匝数	线规及牌号 (mm)	并联励磁绕组额定励磁电流 (A)	极身长度 (mm)	极身宽度 (mm)	气隙 (mm)	每极匝数	线规及牌号 (mm)	电枢 (kg)	并励 (kg)
Z 2-11 1 2	0.8	110	9.96	3000	并	65	12	φ 0.38/φ 0.44	0.469	50	1.16×2.44/ 1.47×2.75	127	0.78	0.978		
		220	4.85			90	24	φ 0.27/φ 0.32	0.234	75	258	φ 1.25/φ 1.36	0.807	1.055		
3 4	0.4	110	5.35	1500	并	65	36	φ 0.35/φ 0.41	0.347	50	φ 1.35/φ 1.46	240	0.849	1.045		
		220	2.68			90	72	φ 0.27/φ 0.32	0.1825	75	480	φ 0.96/φ 1.05	0.875	1.201		
Z 2-12 1 2	1.1	110	12.9	3000	并	65	10	φ 0.41/φ 0.47	0.565	50	1.25×3.05/ 1.57×3.37	93	0.971	1.074		
		220	6.41			90	20	φ 0.29/φ 0.34	0.28	75	192	φ 1.45/φ 1.56	0.925	1.11		
3 4	0.6	110	7.68	1500	并	65	20	φ 0.44/φ 0.50	0.535	50	φ 1.56/φ 1.68	172	1.04	1.57		
		220	3.82			90	34	φ 0.31/φ 0.36	0.28	75	345	φ 1.08/φ 1.19	0.988	1.53		
Z 2-21 1 2	1.5	110	17.5	3000	并	65	8	φ 0.41/φ 0.47	0.55	50	1.25×4.1/ 1.57×4.42	98	1.36	1.24		
		220	8.64			90	16	φ 0.31/φ 0.36	0.278	75	196	φ 1.16/φ 1.24/ 1.47×2.75	1.485	1.516		
3 4	0.8	110	9.84	1500	并	65	18	φ 0.47/φ 0.53	0.582	50	1.0×3.05/ 1.32×3.37	176	1.55	1.90		
		220	4.92			90	40	φ 0.33/φ 0.38	0.3085	75	352	φ 1.35/φ 1.46	1.455	1.757		

(续表)

机座号 (序号)	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	额定转速 (r/min)	励磁方式	电枢										换向器					
						外径	内径	长度	槽数	槽形	每元件匝数	总匝数	支路数	线规及牌号 (mm)	槽节距	外径	长度	片数	换向器节距	每杆电刷数	电刷规格型号及尺寸 $L_6 \times L_6$ (mm)
Z 2-21 5 6	0.4	110	5.51	1000并	1000并	梨	18	梨	9	1296	2	$\phi 0.86/\phi 0.95$	1~10	82	45	72	± 1	2	10×12.5		
		220	2.755						18	2592										$\phi 0.62/\phi 0.69$	
7 8	1.1	115	9.57	2850复	2850复	梨	18	梨	43/4	684	2	$\phi 1.08/\phi 1.19$	1~10	82	45	72	± 1	2	10×12.5		
		230	4.78						92/4	1368										$\phi 0.74/\phi 0.83$	
9 10	1.1	110/ 160	8.15	2850并	2850并	梨	18	梨	6	864	2	$2-\phi 0.74/2-\phi 0.83$	1~10	82	45	72	± 1	2	10×12.5		
		220/ 320	4.07						12	1728										$\phi 0.74/\phi 0.83$	
11 12	0.6	110/ 160	4.44	1450并	1450并	梨	18	梨	12	1728	2	$\phi 0.74/\phi 0.83$	1~10	82	45	72	± 1	2	10×12.5		
		220/ 320	2.22						24	3456										$\phi 0.53/\phi 0.60$	
Z 2-22 1 2	2.2	110	24.7	3000并	3000并	梨	18	梨	22/4	360	2	$2-\phi 1.16/2-\phi 1.27$	1~10	82	45	72	± 1	2	10×12.5		
		220	12.35						5	720										$\phi 1.16/\phi 1.27$	
3 4	1.1	110	13	1500并	1500并	梨	18	梨	42/4	648	2	$\phi 1.20/\phi 1.31$	1~10	82	45	72	± 1	2	10×12.5		
		220	6.5						9	1296										$\phi 0.86/\phi 0.95$	

(续表)

机座号 (序号)	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	额定转速 (r/min)	主 极				换 向 极				绕组用铜重		
					气 隙 (mm)	每极匝数	线规及牌号 (mm)	并联励磁绕组额定电流 (A)	气 隙 (mm)	每极匝数	线规及牌号 (mm)	电 极 (kg)	并 励 (kg)		
														极身长度 (mm)	极身宽度 (mm)
Z 2-21 5 6	0.4	110	5.51	1000并	24865	0.8	32 2050	φ 0.44/φ 0.50	0.528	15020	1.5	256	φ 1.35/φ 1.46	1.42	1.71
		220	2.755												
7	1.1	115	9.57	2850复	24865	0.8	38 1820	φ 0.38/φ 0.44	0.385	15020	1.5	132	1.0×3.05/ 1.32×3.37	1.18	1.09
		230	4.78												
9	1.1	110/ 160	8.15	2850并	24865	0.8	2500	φ 0.41/φ 0.47	0.344/ 0.515	15020	1.5	166	1.08×2.44/ 1.39×2.75	1.40	1.738
		220/ 320	4.07												
11	0.6	110/ 160	4.44	1450并	24865	0.8	2450	φ 0.51/φ 0.58	0.461/ 0.713	15020	1.5	332	φ 1.25/φ 1.36	1.40	2.9
		220/ 320	2.22												
Z 2-22 1 2	2.2	110	24.7	3000并	24890	0.8	1500	φ 0.47/φ 0.53	0.70	17520	1.5	64	1.35×4.7/ 1.69×5.04	1.60	1.655
		220	12.35												
3	1.1	110	13	1500并	24890	0.8	14 1600	φ 0.53/φ 0.60	0.80	17520	1.5	116	1.16×3.28/ 1.48×3.6	1.541	2.34
		220	6.5												

(续表)

机座号 (序号)	功率(kVA)	电压(V)	电流(A)	额定转速(r/min)	励磁方式	电枢						换向器						
						槽数	槽形	每元件匝数	总匝数	支路数	线规及牌号 (mm)	槽节距	长度 (mm)	换向片数	换向器节距	每杆电刷数	电刷规格型号 及尺寸 $DS-4(L_b \times L_a)$ (mm)	
																		外直径
Z2-22 5 6	0.6	110	7.68	1000并		梨	18	63/4	972	2	$\phi 0.96/\phi 1.05$	1~10	82	45	72	±1	2	10×12.5
		220	3.79															
7 8	1.7	115	14.8	2850复		梨	18	32/4	504	2	2- $\phi 0.96/2-\phi 1.05$	1~10	82	45	72	±1	2	10×12.5
		230	7.39															
9 10	0.8	115	6.95	1450复		梨	18	71/4	1044	2	$\phi 0.96/\phi 1.05$	1~10	82	45	72	±1	2	10×12.5
		230	3.48															
11 12	1.5	110/ 160	11.1	2850并		梨	18	41/4	612	2	$\phi 1.16/\phi 1.27$	1~10	82	45	72	±1	2	10×12.5
		220/ 320	5.56															
13 14	0.8	110/ 160	5.92	1450并		梨	18	9	1296	2	$\phi 0.86/\phi 0.95$	1~10	82	45	72	±1	2	10×12.5
		220/ 320	2.96															
15	0.8	230	3.48	1450并		梨	18	142/4	2088	2	$\phi 0.69/\phi 0.77$	1~10	82	45	72	±1	2	10×12.5

(续表)

机座号 (序号)	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	额定转速 (r/min)	励磁方式	主 极				换 向 极				绕组用铜重		
						气 隙 (mm)	每 极 匝 数	线 规 及 牌 号 (mm)	并 联 绕 组 额 定 励 磁 电 流 (A)	气 隙 (mm)	每 极 匝 数	线 规 及 牌 号 (mm)	电 铜 (kg)	并 励 (kg)		
															串 井	串 井
Z 2-22 5 6	0.6	110	7.68	1000并	24890	0.8	20	1840	φ 0.49/φ 0.55	0.58	17520	1.5	174	1.0×2.44/ 1.31×2.75	1.48	2.255
		220	3.79													
7 8	1.7	115	14.8	2850复	24890	0.8	22	1400	φ 0.41/φ 0.47	0.503	17520	1.5	90	1.35×3.28/ 1.67×3.6	1.53	1.29
		230	7.39													
9 10	0.8	115	6.95	1450复	24890	0.8	65	1600	φ 0.38/φ 0.44	0.395	17520	1.5	186	1.0×2.44/ 1.31×2.75	1.59	1.135
		230	3.48													
11 12	1.5	110/ 160	11.1	2850并	24890	48	2050	φ 0.47/φ 0.53	0.439/ 0.673	17520	1.5	108	1.0×3.28/ 1.32×3.6	1.36	2.205	
		220/ 320	5.56													4050
13 14	0.8	110/ 160	5.92	1450并	24890	48	2150	φ 0.47/φ 0.53	0.442/ 0.607	17520	1.5	230	φ 1.56/φ 1.67	1.58	2.335	
		220/ 320	2.96													4800
15	0.8	230	3.48	1450并	24890	0.8	3200	φ 0.33/φ 0.38	0.308	17520	1.5	370	φ 1.20/φ 1.31	1.64	1.64	

(续表)

机座号 (序号)	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	额定转速 (r/min)	电 枢										换 向 器				
					励磁方式	槽数	槽形	槽节距	每元件匝数	总匝数	支路数	线规及牌号 (mm)	槽节距	外直径 (mm)	长度 (mm)	换向片数	换向器节距	每杆电刷数	电刷规格型号及尺寸 $b_b \times L_b$ (mm)
Z 2-31 1 2	3	110	33.2	3000并	梨	18	梨	22/4	360	2	2- ϕ 1.35/ 2- ϕ 1.46 ϕ 1.35/ ϕ 1.46	1-10	82	45	72	± 1	2	10×12.5	
		220	16.52																5
3 4	1.5	110	17.6	1500并	梨	18	梨	42/4	648	2	2- ϕ 1.0/ 2- ϕ 1.1 ϕ 1.0/ ϕ 1.1	1-10	82	45	72	± 1	2	10×12.5	
		220	8.7																91/4
5 6	0.8	110	10	1000并	梨	18	梨	63/4	972	2	ϕ 1.16/ ϕ 1.26 ϕ 0.83/ ϕ 0.92	1-10	82	45	72	± 1	2	10×12.5	
		220	4.95																133/4
7 8	0.6	110	7.91	750并	梨	18	梨	82/4	1224	2	2- ϕ 0.74/ 2- ϕ 0.83 ϕ 0.74/ ϕ 0.83	1-10	82	45	72	± 1	2	10×12.5	
		220	3.9																171/4
9 10	2.4	115	20.85	2850复	梨	18	梨	31/4	468	2	2- ϕ 1.2/ 2- ϕ 1.31 ϕ 1.2/ ϕ 1.31	1-10	82	45	72	± 1	2	10×12.5	
		230	10.42																62/4
11 12	1.1	115	9.56	1450复	梨	18	梨	63/4	972	2	ϕ 1.2/ ϕ 1.31 ϕ 0.86/ ϕ 0.95	1-10	82	45	72	± 1	2	10×12.5	
		230	4.78																13

(续表)

机座号 (序号)	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	额定转速 (r/min)	励磁			主极			换向极			绕组用铜重		
					磁极数	磁极宽度 (mm)	气隙 (mm)	每极匝数	线规及牌号 (mm)	并联绕组额定励磁电流 (A)	磁极身长 (mm)	气隙 (mm)	每极匝数	线规及牌号 (mm)	电枢 (kg)	并励 (kg)
Z2-31 1 2	3	110	33.2	3000并	25875	1.0	11	1560	1.5525	1.5	67	1.81×4.7/ 2.16×5.04	2.22	1.862		
		220	16.52												22	3120
3 4	1.5	110	17.6	1500并	25875	1.0	12	1550	1.5525	1.5	120	1.45×2.83/ 1.8×3.14	2.19	2.55		
		220	8.7												30	3160
5 6	0.8	110	10	1000并	25875	1.0	16	1630	1.5525	1.5	175	1.25×2.44/ 1.52×2.71	2.215	2.26		
		220	4.95												36	3160
7 8	0.6	110	7.91	750并	25875	1.0	20	1740	1.5525	1.5	220	1.08×2.44/ 1.35×2.71	2.27	2.68		
		220	3.9												40	3520
9 10	2.4	115	20.85	2850复	25875	1.0	24	1310	1.5525	1.5	84	1.16×4.7/ 1.43×4.97	2.285	1.392		
		230	10.42												40	2940
11 12	1.1	115	9.56	1450复	25875	1.0	64	1600	1.5525	1.5	175	1.25×2.44/ 1.52×2.71	2.37	1.331		
		230	4.78												∞	3100

(续表)

机 座 号 (序号)	功 率 (kW)	电 压 (V)	电 流 (A)	电 刷 定 转 速 (r/min)	电 刷 定 转 速 (r/min)			电 刷 定 转 速 (r/min)			电 刷 定 转 速 (r/min)			电 刷 定 转 速 (r/min)			电 刷 定 转 速 (r/min)			电 刷 定 转 速 (r/min)			电 刷 定 转 速 (r/min)							
					槽 数	槽 形	每 元 件 匝 数	总 匝 数	支 路 数	线 规 及 牌 号 (mm)	槽 节 距	外 径 (mm)	长 度 (mm)	换 向 片 数	换 向 器 节 距	每 杆 电 刷 数	电 刷 规 格 型 号 及 尺 寸 ($b_0 \times L_0$)(mm)	槽 数	槽 形	每 元 件 匝 数	总 匝 数	支 路 数	线 规 及 牌 号 (mm)	槽 节 距	外 径 (mm)	长 度 (mm)	换 向 片 数	换 向 器 节 距	每 杆 电 刷 数	电 刷 规 格 型 号 及 尺 寸 ($b_0 \times L_0$)(mm)
Z2-31 13 14	2.2	110/ 160 220/ 320	16.3 8.15	2850并	18	梨	41/4 82/4	612 1224	2	$\phi 1.45/\phi 1.56$ $\phi 1.0/\phi 1.1$	1~10	82	45	72	± 1	2	10×12.5													
15 16	1.1	110/ 160 220/ 320	8.15 4.075	1450并	18	梨	83/4 17	1260 2448	2	$\phi 1.04/\phi 1.14$ $\phi 0.74/\phi 0.83$	1~10	82	45	72	± 1	2	10×12.5													
17	1.1	230	4.78	1450他	18	梨	13	1872	2	$\phi 0.86/\phi 0.95$	1~10	82	45	72	± 1	2	10×12.5													
Z2-32 1 2	4	110 220	43.8 21.65	3000并	18	梨	13/4 32/4	252 504	2	$2-\phi 1.56/2-\phi 1.67$ $\phi 1.56/\phi 1.67$	1~10	82	62 45	72	± 1	2	10×12.5													
3 4	2.2	110 220	25 12.35	1500并	18	梨	31/4 63/4	468 972	2	$2-\phi 1.20/2-\phi 1.31$ $\phi 1.20/\phi 1.31$	1~10	82	45	72	± 1	2	10×12.5													
5 6	1.1	110 220	13.33 6.58	1000并	18	梨	5 93/4	720 1404	2	$2-\phi 0.96/2-\phi 1.05$ $\phi 0.96/\phi 1.05$	1~10	82	45	72	± 1	2	10×12.5													

(续表)

机座号 (序号)	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	额定转速 (转/分)	励磁方式	主 极				换 向 极				绕组用铜重	
						每极匝数	线规及牌号 QZ (mm)	并联励磁绕组额定电流 (A)	气 隙 (mm)	每极匝数	线规及牌号 QZ 或 SBECH (mm)	电 板 (kg)	并 励 (kg)		
														串	并
Z 2-31 13 14	2.2	110/160	16.3	2850	并 25875	2110	φ 0.49/φ 0.55	0.519/ 0.73	15525	110	1.16×4.7/ 1.43×4.97	2.18	2.41		
		220/320	8.15											4050	0.269/ 0.379
15 16	1.1	110/160	8.15	1450	并 25875	2280	φ 0.49/φ 0.55	0.52/ 0.711	15525	227	1.08×2.44/ 1.35×2.71	2.305	2.64		
		220/320	4.075											4200	0.294/ 0.428
17	1.1	230	4.78	1450	他 25875	3480	φ 0.38/φ 0.44	0.408	15525	15336	φ 1.35/φ 1.46	2.35	2.425		
Z 2-32 1 2	4	110	43.8	3000	并 25875	121250	φ 0.51/φ 0.58	0.885	18525	46	2.44×4.7/ 2.79×5.03	2.33	1.83		
		220	21.65											262540	φ 0.35/φ 0.41
3 4	2.2	110	25	1500	并 25875	101350	φ 0.64/φ 0.72	1.185	18525	84	1.45×4.7/ 1.72×4.97	2.565	3.4		
		220	12.35											242940	φ 0.41/φ 0.47
5 6	1.1	110	13.33	1000	并 25875	141680	φ 0.57/φ 0.64	0.75	18525	130	1.08×3.28/ 1.4×3.6	2.53	3.3		
		220	6.58											273360	φ 0.44/φ 0.50

(续表)

机座号 (序号)	功率 (kW)	电压 (V)	电 流 (A)	额 定 转 速 (r/min)	刷 磁 方 式	电 柜										换 向 器					
						外 径	内 径	长 度	槽 数	槽 形	每 元 件 匝 数	总 匝 数	支 路 数	线 规 及 牌 号 (mm)	槽 节 距	外 径	长 度	换 向 片 数	换 向 器 节 距	每 杆 电 刷 数	电 刷 规 格 型 号 及 尺 寸 DS-4 ($b_b \times L_b$) (mm)
Z 2-32 7 8	0.8	110	10	750并		120	30	105	18	梨	62/4	936	2	2- ϕ 0.86/ 2- ϕ 0.95	1~10	82	45	72	± 1	2	10×12.5
		13	1872								ϕ 0.86/ ϕ 0.95										
9 10	3.2	115	27.8	2850复		120	30	105	18	梨	21/4	324	2	2- ϕ 1.35/ 2- ϕ 1.46	1~10	82	45	72	± 1	2	10×12.5
		42/4	648								ϕ 1.35/ ϕ 1.46										
11 12	1.7	115	14.8	1450复		120	30	105	18	梨	43/4	684	2	2- ϕ 1.0/ 2- ϕ 1.1	1~10	82	45	72	± 1	2	10×12.5
		92/4	1368								ϕ 1.0/ ϕ 1.1										
13 14	3	110/ 160	22.2	2850并		120	30	105	18	梨	3	432	2	2- ϕ 1.20/ 2- ϕ 1.31	1~10	82	45	72	± 1	2	10×12.5
		6	864								ϕ 1.20/ ϕ 1.31										
15 16	1.5	110/ 160	11.1	1450并		120	30	105	18	梨	6	864	2	2- ϕ 0.86/ 2- ϕ 0.95	1~10	82	45	72	± 1	2	10×12.5
		12	1728								ϕ 0.86/ ϕ 0.95										
17	1.7	230	7.4	1450他		120	30	105	18	梨	92/4	1368	2	ϕ 1.0/ ϕ 1.1	1~10	82	45	72	± 1	2	10×12.5

(续表)

机座号 (序号)	功率 (kW)	电压 (V)	电 流 (A)	额 定 转 速 (r/min)	主 极				换 向 极				绕组用铜重					
					极数	极身长度 (mm)	气 隙 (mm)	每极匝数	线规及牌号 QZ (mm)	并联励磁绕组励磁电流 (A)	极身长度 (mm)	气 隙 (mm)	每极匝数	线规及牌号 QZ或SBE CB (mm)	电 枢 (kg)	并 励 (kg)		
																	串 并	串 并
Z2-32 7 8	0.8	110	30	750并	258	1.0	20	1680	φ0.57/φ0.64	0.747	18525	1.5	168	1.08×3.28/ 1.4×3.6	2.64	3.3		
		40	3640				φ0.41/φ0.47						0.367		336	φ1.56/φ1.67	2.64	3.8
9	3.2	115	27.8	2850复	258	1.0	14	1050	φ0.55/φ0.62	1.08	18525	1.5	59	1.56×4.7/ 1.83×4.97	2.24	1.77		
		24	2200				φ0.38/φ0.44						0.521		117	1.25×3.28/ 1.57×3.6	2.24	1.8
11	1.7	115	14.8	1450复	258	1.0	44	1130	φ0.49/φ0.55	0.811	18525	1.5	125	1.25×3.28/ 1.57×3.6	2.60	1.498		
		90	2540				φ0.35/φ0.41						0.353		252	φ1.56/φ1.67	2.60	1.76
13	3	110/ 160	22.2	2850并	258	1.0	2000	2000	φ0.53/φ0.59	0.56	18525	1.5	77	1.35×4.7/ 1.62×4.97	2.37	3.19		
		3700	3700				φ0.38/φ0.44						0.297/ 0.438		156	1.25×2.44/ 1.52×2.71	2.37	3.06
15	1.5	110/ 160	11.1	1450并	258	1.0	1900	1900	φ0.57/φ0.64	0.647/ 0.955	18525	1.5	156	1.25×2.44/ 1.52×2.71	2.44	3.58		
		3600	3600				φ0.41/φ0.47						0.331/ 0.489		312	φ1.35/φ1.46	2.435	3.52
17	1.7	230	7.4	1450他	258	1.0	2830	2830	φ0.41/φ0.47	0.505	18525	1.5	252	φ1.56/φ1.67	2.60	2.685		

(续表)

机座号 (序号)	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	额定转速 (r/min)	电 枢										换 向 器			
					励磁方式	槽数	槽形	每元件匝数	总匝数	支路数	线规及牌号 (mm)	槽节距	外径	长度	片数	换向器节距	每杆电刷数	电刷规格型号及尺寸 $b_p \times L_p$ (mm)
Z2-41 1 2	5.5	110	60.6	3000并	27	梨	12/3	270	2	2- ϕ 1.56/ 2- ϕ 1.82 ϕ 1.56/ ϕ 1.82	1-8	001	46	81	1-41	2	10×12.5	
		31/3	540															
3 4	3	110	34	1500并	27	梨	3	486	2	2- ϕ 1.25/ 2- ϕ 1.49 ϕ 1.25/ ϕ 1.49	1-8	001	46	81	1-41	2	10×12.5	
		6	972															
5 6	1.5	110	17.8	1000并	27	梨	41/3	702	2	ϕ 1.45/ ϕ 1.69 ϕ 1.0/ ϕ 1.24	1-8	001	32	81	1-41	2	10×12.5	
		82/3	1404															
7 8	1.1	110	13.8	750并	27	梨	52/3	918	2	ϕ 1.25/ ϕ 1.49 ϕ 0.86/ ϕ 1.1	1-8	001	32	81	1-41	2	10×12.5	
		111/3	1836															
9 10	4.2	115	36.5	2850复	27	梨	2	324	2	2- ϕ 1.35/ 2- ϕ 1.59 ϕ 1.45/ ϕ 1.69	1-8	001	46	32	1-41	2	10×12.5	
		41/3	702															
11 12	2.4	115	20.9	1450复	27	梨	41/3	702	2	ϕ 1.45/ ϕ 1.69 ϕ 1.0/ ϕ 1.24	1-8	001	32	1-41	1	10×12.5		
		82/3	1404															

(续表)

机座号 (序号)	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	额定转速 (r/min)	主 极				换 向 极				绕组用铜重				
					气 隙 (mm)	每 极 匝 数	线 规 及 牌 号 QZ (mm)	并 联 磁 组 定 额 电 流 (A)	气 隙 (mm)	每 极 匝 数	线 规 及 牌 号 QZ 或 SREC3 (mm)	电 枢 (kg)	并 励 (kg)	气 隙 (mm)			
														极 身 长 度	极 身 宽 度	电 枢 (kg)	并 励 (kg)
Z2-41 1	5.5	110	60.6	3000	4	935	φ0.53/φ0.60	0.88	4	6520	1.5	20	2.44×6.4/ 2.84×6.8	1.876	2.265		
		220	30.3													7	1800
3	3	110	34	1500	5	1040	φ0.62/φ0.69	1.051	4	6520	1.5	37	1.95×4.7/ 2.29×5.04	2.168	3.6		
		220	17													12	1790
5	1.5	110	17.8	1000	4	1100	φ0.67/φ0.75	1.114	4	6520	1.5	54	1.16×4.7/ 1.5×5.04	2.105	4.61		
		220	8.9													7	2120
7	1.1	110	13.8	750	6	1040	φ0.62/φ0.69	1.1	6	6520	1.5	70	1.0×4.7/ 1.34×5.04	2.05	3.6		
		220	6.9													10	2120
9	4.2	115	36.5	2850	7	780	φ0.62/φ0.69	1.215	4	6520	1.5	25	1.95×4.7/ 2.29×5.04	1.69	2.615		
		230	18.25													12	1460
11	2.4	115	20.9	1450	20	695	φ0.57/φ0.64	1.073	4	6520	1.5	54	1.16×4.7/ 1.5×5.04	2.105	2.1		
		230	10.45													42	1460

表 6-3 Z3 系列直流电机技术数据

型 号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定转速 (r/min)	额定电流 (A)	效率 (%)	最高转速 (r/min)	电枢回路电感 (μH)	转动惯量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)
Z3-11	0.55	110	3000	7.14	70	3600	13.98	0.0081
Z3-12	0.75			9.20	74		11.20	0.010
Z3-21	1.1			13.2	75.5		8.50	0.022
Z3-22	1.5			17.7	77		6.49	0.026
Z3-31	2.2			25.3	79		6.51	0.049
Z3-32	3			34.8	78.5		4.97	0.057
Z3-33	4			45.8	80		3.02	0.073
Z3-41	5.5			61.3	81.5		0.66	0.10
Z3-42	7.5	83	82	0.55	0.13			
Z3-11	0.25	110	1500	3.63	61.5	3000	48.70	0.0081
Z3-12	0.37			5.17	66.5		37.36	0.01
Z3-21	0.55			7.10	70.5		27.93	0.022
Z3-22	0.75			9.34	73		21.81	0.026
Z3-31	1.1			13.15	76		21.88	0.049
Z3-32	1.5			17.6	77.5		17.73	0.057
Z3-33	2.2			25.6	80		12.09	0.073
Z3-41	3			34.3	79.5		2.13	0.10
Z3-42	4			44.8	81.5		1.69	0.13
Z3-51	5.5			61	82		1.61	0.21
Z3-52	7.5			82	83		1.11	0.26
Z3-61	10			108.2	84		1.02	0.41
Z3-62	13			140	84.5		0.79	0.50
Z3-22	0.37			110	1000		5.17	65
Z3-31	0.55	7.04	71			49.24	0.049	
Z3-32	0.75	9.4	72.5			41.48	0.057	
Z3-33	1.1	13.7	75			27.21	0.073	
Z3-41	1.5	18	75.5			5.14	0.10	
Z3-42	2.2	25.8	77.5			4.18	0.13	
Z3-51	3	34.5	79			3.28	0.21	
Z3-52	4	45	80.5			2.83	0.26	
Z3-61	5.5	61.4	81.5			2.29	0.41	
Z3-62	7.5	83.2	82			1.40	0.50	
Z3-71	10	11.03	82.5			1.57	0.93	
Z3-72	13	142.5	83			1.08	1.1	

(续表)

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定转速 (r/min)	额定电流 (A)	效率 (%)	最高转速 (r/min)	电枢回路电感 (μH)	转动惯量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)			
Z3-32	0.55	110	750	7.25	69	2250	62.83	0.057			
Z3-33	0.75			9.46	72.5		48.37	0.073			
Z3-41	1.1			14.2	70.5		8.50	0.10			
Z3-42	1.5			18.8	72.5		6.78	0.13			
Z3-51	2.2			26.5	76.5		5.54	0.21			
Z3-52	3			35.2	77.5		4.42	0.26			
Z3-61	4			46.6	78		4.08	0.41			
Z3-62	5.5			62.8	79.5		3.16	0.50			
Z3-71	7.5			85.3	80		2.54	0.93			
Z3-72	10			112.2	81		2.01	1.1			
Z3-73	13			145	81.5		1.54	1.4			
Z3-52	2.2			110	600		26.5	75	1800	6.37	0.26
Z3-61	3						35.9	76		5.16	0.41
Z3-62	4	47.6	76.5			4.29	0.50				
Z3-71	5.5	64.5	77.5			5.12	0.93				
Z3-72	7.5	86.9	78.5			2.89	1.1				
Z3-73	10	114.3	79.5			2.40	1.4				
Z3-11	0.55	220	3000	3.52	71	3600 (3200)	55.91	0.0081			
Z3-12	0.75			4.55	75		44.81	0.01			
Z3-21	1.1			6.50	76.5		34.00	0.022			
Z3-22	1.5			8.74	78		25.96	0.026			
Z3-31	2.2			12.5	80		26.04	0.049			
Z3-32	3			17.1	79.5		19.88	0.057			
Z3-33	4			22.5	81		14.19	0.073			
Z3-41	5.5			30.5	82		2.62	0.1			
Z3-42	7.5			41.3	82.5		2.21	0.13			
Z3-51	10			54.8	83		1.61	0.21			
Z3-52	13			70.7	83.5		1.59	0.26			
Z3-61	17			92	84		1.02	0.41			
Z3-62	22			117.6	85		0.79	0.50			
Z3-11	0.25	220	1500	1.85	61.5	3000(2000)	194.88	0.0081			
Z3-12	0.37			2.51	67	3000(2000)	149.42	0.01			
Z3-21	0.55			3.52	71	3000(2000)	111.71	0.022			
Z3-22	0.75			4.64	73.5	3000(2000)	83.33	0.026			

(续表)

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定转速 (r/min)	额定电流 (A)	效率 (%)	最高转速 (r/min)	电枢回路电感 (μH)	转动惯量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)
Z3-31	1.1	220	1500	6.68	76.5	3000(2000)	95.67	0.049
Z3-32	1.5			8	78.5	3000(2000)	75.17	0.057
Z3-33	2.2			12.6	81	3000(2000)	52.48	0.073
Z3-41	3			17	80	3000(1800)	9.48	0.1
Z3-42	4			22.3	81	3000(1800)	6.77	0.13
Z3-51	5.5			30.3	82.5	3000(2000)	5.54	0.21
Z3-52	7.5			40.8	83.5	3000(2000)	4.42	0.26
Z3-61	10			53.8	84.5	3000(2000)	4.08	0.41
Z3-62	13			69.5	85	3000(2000)	3.16	0.50
Z3-71	17			89.8	86.0	2400(2000)	2.68	0.93
Z3-72	22			115.7	86.5	2400(2000)	2.07	1.1
Z3-73	30			156.6	87	2400(2000)	1.54	1.4
Z3-81	40			208	87.5	2400(2000)	1.41	2.5
Z3-82	55			284	88	2400(2000)	1.06	3.1
Z3-83	75			386	88.5	2400(2000)	0.85	3.8
Z3-91	100			508	89	2000(1800)	0.57	7.3
Z3-92	125			632	89.5	2000(1800)	0.43	8.7
Z3-101	160			805	90	2000(1800)	0.34	13.9
Z3-102	200			1000	90	2000(1800)	0.29	15.8
Z3-22	0.37			220	1000	2.54	66	3000(1500)
Z3-31	0.55	3.5	71.5			3000(1500)	196.95	0.049
Z3-32	0.75	4.64	73.5			3000(1500)	153.40	0.057
Z3-33	1.1	6.72	76			3000(1500)	114.95	0.073
Z3-41	1.5	8.9	76.5			3000(1200)	20.58	0.10
Z3-42	2.2	12.7	78.5			3000(1200)	16.82	0.13
Z3-51	3	17.1	79.5			3000(1200)	13.11	0.21
Z3-52	4	22.3	81.5			3000(1200)	11.32	0.26
Z3-61	5.5	30.3	82.5			3000(1800)	9.18	0.41
Z3-62	7.5	41.4	82.5			3000(1800)	7.10	0.50
Z3-71	10	54.75	83			2400(1800)	7.00	0.93
Z3-72	13	70.8	83.5			2400(1800)	4.33	1.1
Z3-73	17	92	84			2400(1800)	3.72	1.4
Z3-81	22	118.5	84.5			2400(1800)	3.33	2.5
Z3-82	30	158.5	86			2400(1800)	2.52	3.1

(续表)

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定转速 (r/min)	额定电流 (A)	效率 (%)	最高转速 (r/min)	电枢回路电感 (μH)	转动惯量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)		
Z3-83	40	220	1000	210	86.5	2400(1800)	1.89	3.8		
Z3-91	55			286	87.5	2000(1500)	1.36	7.3		
Z3-92	75			385	88.5	2000(1500)	1.11	8.7		
Z3-101	100			508	89	2000(1500)	0.78	13.9		
Z3-102	125			632	89.5	2000(1500)	0.67	15.8		
Z3-32	0.5	220	750	3.57	70	2250(1000)	259.25	0.057		
Z3-33	0.5			4.8	73.5	2250(1000)	193.46	0.073		
Z3-41	1.1			7.14	71.5	2250(1000)	34.02	0.10		
Z3-42	1.5			9.25	73.5	2250(1000)	27.08	0.13		
Z3-51	2.2			13.1	77	2250(1000)	22.15	0.21		
Z3-52	3			17.3	78.5	2250(1000)	17.69	0.26		
Z3-61	4			23	79	2250(1000)	14.34	0.41		
Z3-62	5.5			31.25	80	2250(1200)	10.61	0.50		
Z3-71	7.5			42.1	81	1800(1200)	11.51	0.93		
Z3-72	10			55.8	81.5	1800(1200)	8.04	1.1		
Z3-73	13			72.2	82	1800(1200)	6.16	1.4		
Z3-81	17			93.1	83	1800(1200)	5.53	2.5		
Z3-82	22			119	84	1800(1200)	4.33	3.1		
Z3-83	30			159.5	85	1800(1200)	2.85	3.8		
Z3-91	40			210	86	1800(1200)	2.15	7.3		
Z3-92	55			287	86.5	1800(1200)	1.61	8.7		
Z3-101	75			385	88	1800(1200)	1.45	13.9		
Z3-52	2.2			220	600	13.1	73.5	1800(900)	25.48	0.26
Z3-61	3					17.8	76.5	1800(900)	23.00	0.41
Z3-62	4	23.6	77			1800(900)	17.18	0.50		
Z3-71	5.5	31.9	78.5			1800(1200)	15.67	0.93		
Z3-72	7.5	42.9	79.5			1800(1200)	12.77	1.1		
Z3-73	10	56.8	80			1800(1200)	9.62	1.4		
Z3-81	13	73.4	80.5			1800(1000)	9.24	2.5		
Z3-82	17	95.4	81			1500(1000)	6.56	3.1		
Z3-83	22	120	83.5			1500(1000)	4.71	3.8		
Z3-91	30	161	84.5			1500(1000)	3.80	7.3		
Z3-92	40	214	85			1500(1000)	3.10	8.7		
Z3-101	55	289	86.5			1500(1000)	2.25	13.9		

(续表)

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定转速 (r/min)	额定电流 (A)	效率 (%)	最高转速 (r/min)	电枢回路电感 (μH)	转动惯量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)
Z3-51	5.5	440	1500	14.4	82.5	(2200)	22.05	0.21
Z3-52	7.5			19.5	83.5	(2200)	17.69	0.26
Z3-61	10			25.7	84.5	(2200)	16.32	0.41
Z3-62	13			33.3	85	(2200)	12.62	0.50
Z3-71	17			44.8	86	(2000)	11.51	0.93
Z3-72	22			57.9	86.5	(2000)	8.26	1.1
Z3-73	30			76	87	(2000)	7.36	1.4
Z3-81	40			102.2	87.5	(2000)	5.67	2.5
Z3-82	75			190.7	88.5	(2000)	3.17	3.8
Z3-91	100			252	89	(1800)	2.35	7.3
Z3-101	160			404	90	(1800)	1.38	13.9
Z3-102	200			496	90	(1800)	1.18	15.8
Z3-61	5.5	440	1000	14.5	82.5	(1800)	36.72	0.41
Z3-62	7.5			19.7	82.5	(1800)	28.4	0.50
Z3-71	10			26.3	83	(1800)	25.9	0.93
Z3-72	13			35.4	83.5	(1800)	20.68	1.1
Z3-73	17			46	84	(1800)	15.03	1.4
Z3-81	22			58.1	84.5	(1800)	14.44	2.5
Z3-82	30			77.7	86	(1800)	9.42	3.1
Z3-92	75			190	88.5	(1500)	3.59	8.7
Z3-101	100			251	89	(1500)	2.95	13.9
Z3-62	5.5	440	750	14.8	80	(1200)	42.12	0.50
Z3-71	7.5			21.1	81	(1200)	42.29	0.93
Z3-72	10			27.9	81.5	(1200)	34.19	1.1
Z3-73	13			36.1	82	(1200)	25.40	1.4
Z3-81	17			44.5	83	(1200)	25.67	2.5
Z3-82	22			58.2	84	(1200)	18.26	3.1
Z3-83	30			78.3	85	(1200)	11.40	3.8
Z3-91	40			103	86	(1200)	9.4	7.3
Z3-101	75			189	88	(1200)	5.61	13.9

(续表)

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定转速 (r/min)	额定电流 (A)	效率 (%)	最高转速 (r/min)	电枢回路电感 (μH)	转动惯量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)
Z3-81	40	220	1500	205.2	87.5	2400(2000)	1.41	2.5
Z3-82	55			280.8	88	2400(2000)	1.06	3.1
Z3-83	75			383.2	88.5	2400(2000)	0.85	3.8
Z3-91	100			503.5	89	2000(1800)	0.57	7.3
Z3-92	125			628.2	89.5	2000(1800)	0.43	8.7
Z3-101	160			798.6	90	2000(1800)	0.34	13.9
Z3-102	200			994	90	2000(1800)	0.29	15.8
Z3-81	22	220	1000	116.2	84.5	2400(1800)	3.33	2.5
Z3-82	30			156.2	86	2400(1800)	2.52	3.1
Z3-83	40			206.9	86.5	2400(1800)	1.89	3.8
Z3-91	55			282.8	87.5	2000(1500)	1.36	7.3
Z3-92	75			382	88.5	2000(1500)	1.11	8.7
Z3-101	100			502.7	89	2000(1500)	0.78	13.9
Z3-102	125			627.2	89.5	2000(1500)	0.67	15.8
Z3-81	17	220	750	91	83	1800(1200)	5.53	2.5
Z3-82	22			116.9	84	1800(1200)	4.33	3.1
Z3-83	30			156.4	85	1800(1200)	2.85	3.8
Z3-91	40			207.1	86	1800(1200)	2.35	7.3
Z3-92	55			283	86.5	1800(1200)	1.60	8.7
Z3-101	75			380.6	88	1800(1200)	1.45	13.9
Z3-82	17	220	600	93	81	1500(1000)	6.56	3.1
Z3-83	22			117.6	83.5	1500(1000)	4.71	3.8
Z3-91	30			158	84.5	1500(1000)	3.80	7.3
Z3-92	40			210.8	85	1500(1000)	3.10	8.7
Z3-101	55			284.2	86.5	1500(1000)	2.25	13.9
Z3-81	40	440	1500	102.2	87.5	(2000)	5.63	2.5
Z3-83	75			190.7	88.5	(2000)	3.17	3.8
Z3-91	100			252	89	(1800)	2.35	7.3
Z3-101	160			805	90	(1800)	1.38	13.9
Z3-102	200			496	90	(1800)	1.18	15.8

表 6-4 Z4 系列直流电动机主要技术数据

型 号	功率 (kW)	电压 (V)	电 流 (A)	转 速 n_n/n_F (r/min)	励磁 电压 (V)	效率 η (%)	转动惯量 J (kg·m ²)
Z4-100-1	2.2	160	18	1500/3000	180	67.6	0.044
	1.5		13.5	1000/2000		59.2	
	4	440	11	3000/3600		80.1	
	2.2		7	1500/3000		70.6	
	1.5		5	1000/2000		83.2	
Z4-112/2-1	5.5	440	15	3000/3600	180	81.1	0.076
	3		9.5	1500/3000		72.9	
	2.2	160	8	1000/2000		63.6	
	3		26.5	1500/3000		65.8	
	2.2		19.5	1000/2000		62.1	
Z4-112/2-2	7.5	440	20	3000/3600	180	83.5	0.093
	4		11.5	1500/3000		76	
	3	160	9.5	1000/2000		67.3	
	4		30.5	1500/3000		72.8	
	3		25.5	1000/2000		66.8	
Z4-112/4-1	5.5	160	43	1500/3000	180	73.4	0.128
	4		34	1000/2000		65.4	
	11	440	29	3000/4000		83.4	
	5.5		15.5	1500/3000		76.7	
	4		12.5	1000/2000		68.8	
Z4-112/4-2	5.5	160	43.6	1000/2000	180	70	0.156
	1.5	440	33.6	3000/4000		35.5	
	7.5		21	1500/3000		78.7	
	5.5	16.2	1000/2000	72			
Z4-132-1	18.5	440	47.5	3000/3600	180	85.4	0.32
	11		30	1500/3000		80.8	
	7.5		21.5	1000/2000		74.5	

(续表)

型 号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转 速 n_n/n_c (r/min)	励磁 电压 (V)	效率 η (%)	转动惯量 J (kg·m ²)
Z4-132-2	22	440	55.5	3000/3600	180	88.2	0.4
	15		39.5	1500/3000		83.3	
	11		31	1000/2000		77.6	
Z4-132-3	30	440	75	3000/3600	180	88.6	0.48
	18.5		48	1500/3000		84.7	
	15		41	1000/2000		80.5	
Z4-160-11	37	440	93.4	3000/3500	180	88.86	0.64
	22		58.1	1500/3000		83.59	
Z4-160-21	45	440	112.5	3000/3500	180	89.94	0.76
	18.5		50.3	1000/2000		79.57	
Z4-160-31	55	440	136.3	3000/3500	180	90.4	0.88
	30		76.4	1500/3000		86.6	
	22		58.7	1000/2000		82.4	
Z4-180-11	37	440	95	1500/3000	180	86.51	1.52
	18.5		51.2	750/1900		78.06	
	15		43.8	600/2000		74.06	
Z4-180-22	75	440	185	3000/3400	180	90.67	1.72
21	45		115	1500/2800		86.76	
21	30		79	1000/2000		83.73	
21	22		60.3	750/1400		79.7	
21	18.5		52	600/1600		76.8	
Z4-180-31	37	440	97.5	1000/2000	180	83.58	1.92
	22		62.1	600/1250		76.63	

(续表)

型 号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转 速 n_n/n_T (r/min)	励磁 电压 (V)	效率 η (%)	转动惯量 J (kg·m ²)
Z4-180-42	90	440	221	3000/3200	180	91.33	2.2
74-180-41	55	440	140	1500/3000	180	87.06	2.2
41	30		80.6	750/2250		81.13	
74-200-12	110	440	270	3000/3000	180	91.64	3.68
11	45		117	1000/2000		85.46	
11	37		97.8	750/2000		83.54	
11	22		61.6	500/1350		78.64	
74-200-21	75	440	188	1500/3000	180	89.6	4.2
	30		82.1	600/1000		80.42	
Z4-200-32	132	440	332	3000/3200	180	92.37	4.8
31	90		225	1500/2800		89.78	
31	55		140	1000/2000		87.09	
31	45		118	750/1400		84.14	
31	37		99.5	600/1600		81.96	
31	30		82.7	500/750		79.46	

6-7 直流电动机的保养

6-7-1 换向器的保养

换向器表面应很光洁(通常表面粗糙度要求达到 $R_a 0.8 \sim 1.6$),不得有机械损伤或火花灼痕。如有轻微的灼痕时,可用00号砂布在旋转着的换向器上细细研磨光洁;如果有严重灼痕或粗糙不平时,则应拆下电枢进行修理。

6-7-2 电刷的使用及研磨

(1) 电刷与换向器工作面应有良好的接触,正常的电刷压力为 $1.5 \sim 2.5 \text{N/cm}^2 \pm 10\%$ 。电刷与刷握的配合不宜过紧,必须留

有小于 0.15mm 的间隙。

(2) 电刷磨损或破碎时, 应按规定进行更换。若更换部分电刷, 则必须保证整台电动机的电刷牌号一致。若不一样, 会引起各电刷间负荷分配不均匀。

(3) 电刷更换后, 一定要将电刷与换向器的接触面用 00 号砂纸研磨光滑, 并达到良好的吻合。注意不要用金刚砂布来研磨, 因为脱落的金刚砂会附在电刷上或落入换向器的沟缝中, 使电刷和滑环损坏。

6-7-3 火花等级的鉴别

电机的火花, 可按表 6-5 鉴别等级, 以确定电机是否能继续工作。

表 6-5 电刷火花等级

火花等级	特 征	换向器和电刷的状态	容许的运行方式
1	无火花	换向器上没有黑痕, 电刷上没有灼痕	可以连续运行
1 1/4	电刷下面仅少部分有微弱的点状火花	换向器上没有黑痕, 电刷上没有灼痕	可以连续运行
1 1/2	电刷下面大部分有轻微的火花	换向器上有黑痕, 用汽油擦洗即能除去, 电刷上稍有灼痕	
2	电刷的整个边缘下面都有较明显的火花	换向器上有较严重的黑痕, 用汽油擦洗不能除去, 电刷上也有灼痕	只容许在短时冲击负载及过载时发生
3	电刷的整个边缘下面有强大的火花	换向器上有严重的黑痕和灼痕, 用汽油不能擦去, 电刷烧焦及损坏	只容许在直接起动或反转时瞬间存在

6-8 直流电动机的故障及处理方法

直流电动机的故障及处理方法，见表 6.6。

表 6-6 直流电动机的故障及处理方法

故障现象	可能原因	处 理 方 法
电刷下 火花过大	1. 电刷与换向器接触不良 2. 刷握松动或安装位置不正确 3. 电刷与刷握配合太紧 4. 电刷压力大小不当或不均匀 5. 换向器表面不光洁、不圆、有污垢或换向片间云母突出 6. 电刷位置不在中性线上 7. 电刷磨损过度，或所用牌号及尺寸不符 8. 电刷之间的电流分布不均匀 9. 电刷分布不均匀 10. 过载 11. 换向极绕组短路 12. 电枢绕组与换向器脱焊 13. 换向极绕组接反	1. 研磨电刷接触面，并在轻载下运转半小时至 1 小时 2. 紧固或重新调整刷握位置 3. 略微磨小电刷尺寸，留有小于 0.15mm 的间隙 4. 用弹簧秤校正电刷压力为 1.5~2.5N/cm ² 5. 清洁或修理换向器 6. 调整刷杆座至原有记号的位置，或用感应法调整电刷位置 7. 按制造厂原用的牌号及尺寸，更换新电刷 8. ①调整刷架的分布 ②如系电刷牌号不一致，必须更换为原牌号及尺寸的电刷 9. 调整电刷的分布 10. 降低负载或更换一台容量较大的电机 11. 检修绝缘损坏处 12. 检查出脱焊部分，重新焊接 13. 用指南针试验换向器极性，并纠正电动机换向极与主极极性关系。顺电极旋转方向为 n-S-s-N（其中大写字母为主极极性，小写字母为换向极极性）

(续表)

故障现象	可能原因	处理方法
电动机转速不正常	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电动机转速过高, 且有剧烈火花 2. 电刷不在正常位置 3. 电枢及磁场绕组短路 4. 串励电动机轻载或空载运转 5. 串励磁场绕组接反 6. 磁场回路电阻过大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查磁场绕组与起动器(或调速器)连接是否良好, 有否接错, 磁场绕组或调速器内部是否断路 2. 按所刻记号或感应法调整电刷位置 3. 检查是否短路(磁场绕组必须每极分别测量电阻) 4. 增加负载 5. 纠正接线 6. 检查磁场变阻器和励磁绕组电阻, 并检查接触是否良好
电枢冒烟	<ol style="list-style-type: none"> 1. 长期过载 2. 负载短路 3. 换向器或电枢短路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 立即恢复正常负载 2. 检查线路是否短路 3. 立即用毫伏表检查是否短路, 是否有金属屑落入换向器或电枢绕组
不能起动	<ol style="list-style-type: none"> 1. 无电源 2. 过载 3. 起动电流太小 4. 电刷接触不良 5. 励磁回路断路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查起动器接线是否无误, 保险丝是否熔断, 线路是否完好 2. 减少负载 3. 检查所用起动器是否合适 4. 改善接触面或调整电刷压力 5. 检查变阻器及磁场绕组是否断路, 更换绕组

7-1 低压电器常用名词术语 (GB2900.18—82)

1. 低压电器 用于交、直流电压为 1200V 及以下的电路内,起通断、保护、控制或调节作用的电器。

2. 配电电器 主要用于配电电路,对电路及设备进行保护以及通断、转换电源或负载的电器。

3. 控制电器 主要用于控制受电设备,使其达到预期要求的工作状态的电器。

4. 开关电器 用于接通或分断一个或几个电路电流的电器。

5. 机械开关电器 依靠可分离的触头的动作来闭合或断开一个或几个电路的开关电器。

6. 半导体开关电器 依靠半导体可控导电性来导通或阻断电路的开关电器。

7. 空气开关电器 在空气中断开或闭合触头的开关电器。

8. 油浸开关电器 在油中断开或闭合触头的开关电器。

9. 真空开关电器 在真空中断开或闭合触头的开关电器。

10. 操作 动触头从一个位置转换至另一个位置。

11. 操作循环 可以手动或自动地重复的一系列操作。从一个位置转换到另一位置再返回至起始位置的连续操作,如有多个位置,则需通过所有其他位置^①。

12. 操作顺序 在规定时间间隔内完成规定的连续操作。

13. 人工控制 人操作的控制。

注: ①不构成操作循环的连续操作,称为操作序列。

14. 自动控制 无人参与而按照预定条件操作的控制。
15. 就地控制 在被控电器上或近旁操作的控制。
16. 远距离控制 在远离被控电器处操作的控制。
17. 闭合位置 保证电器主电路中的触头处于预定通电的位置。
18. 断开位置 保证电器主电路中断开的触头之间具有预定电气间隙的位置。
19. 起始位置、休止位置 当电器未动作时,其可动部件所处的位置。
20. 有关人力操作(曾称:直接人力操作) 完全靠直接施加人力来操作,操作的速度和力决定于操作者的动作。
21. 有关动力操作(曾称:直接动力操作) 用人力以外的能量操作,操作的完成决定于能源(电能、磁能、热能、压缩空气或液压等)供给的连续性。
22. 储能操作 利用操作前储存于机构本身内的,并且在预定条件下足以完成操作的能量所进行的操作。
23. 无关人力操作(曾称:人力储能操作) 这是一种储能操作,能量来自人力,在一次连续操作中储存和释放,操作的速度和力与操作者的动作无关。
24. 闭合操作 使电器由断开位置转变到闭合位置的操作。
25. 断开操作 使电器由闭合位置转变到断开位置的操作。
26. 八小时工作制 电器的导电电路通一稳定电流(对有触头的电器,其触头保持闭合;具有操作线圈的电器,其操作线圈必须通电)。通电时间足够长以达到热平衡,但超过8小时必须分断。
27. 不间断工作制;长期工作制 没有空载期的工作制。电器的导电电路通以一稳定电流(对有触头的电器,其触头保持闭合;具有操作线圈的电器,其操作线圈必须通电)。通电时间超过8小时(几星期、几个月)也不分断。

28. 短时工作制 有载时间和空载时间相交替且前者比后者较短的工作制。电器的导电电路通一稳定电流（对有触头的电器，其触头保持闭合；具有操作线圈的电器，其操作线圈必须通电）。通电时间不足以使电器达到热平衡，而在二次通电时间间隔内足以使电器的温度恢复到等于周围空气温度。

29. 反复短时工作制，继续周期工作制 电器的导电电路通一稳定电流（对有触头的电器，其触头保持闭合；具有操作线圈的电器，其操作线圈必须通电）。通电时间和不通电时间有一定比值且两者均很短和循环交替着，使电器不能达到热平衡。

30. 操作频率 开关电器在每小时内可能实现的最高操作循环次数。

31. 通电持续率；负载因数 电器的有载时间与工作周期之比（工作周期是每次操作中的有载时间与无载时间之和）。常用百分数表示。

32. 密接通断；点动 在很短时间内多次通断电动机或线圈电路，使被驱动的机构得到小的移动。

33. 反接制动与反向 在电动机转动时用反接电动机定子绕组的方法而使电动机快速停止或反向。

34. 使用类别 有关操作条件的规定要求的组合，通常用额定工作电流的倍数、额定工作电压的倍数及其相应的功率因数或时间常数等来表征电器额定接通和分断能力的类别。

7-2 低压电器的主要性能

1. 低压电器的额定值

(1) 额定电压 根据 GB156—80，3kV 以下的低压电器设备与系统的额定电压，见表 7-1。

表 7-1 3kV 以下的电器设备与系统的额定电压 (V)

直 流		单 相 交 流		三 相 交 流	
受电设备	供电设备	受电设备	供电设备	受电设备	供电设备
1.5	1.5				
2	2				
3	3				
6	6	6	6		
12	12	12	12		
24	24	24	24		
36	36	36	36	36	36
		42	42	42	42
48	48				
60	60				
72	72				
		100 ^①	100 ^①	100 ^①	100 ^①
110	115				
220		127 ^③	133 ^③	127 ^③	133 ^③
400 ^② , 440	230	220	230	220/380	230/400
800 ^②	400 ^② , 460			380/660	400/690
	800 ^②				
1000 ^②	1000 ^②			1140 ^③	1200 ^④

注: 1. 电气设备和电子设备分为供电设备和受电设备两大类。受电设备的额定电压也是系统的额定电压。

2. 直流电压为平均值, 交流电压为有效值。

3. 在三相交流栏下, 斜线“/”之上为相电压, 以下为线电压, 无斜线者都是线电压。

4. 上角号为①的数据, 为只用于电压互感器、继电器等控制系统的电压值。上角号为②者, 为用于单台供电的电压。上角号为③者, 为只用于矿井下、热工仪表和机床控制系统的电压。上角号为④者为只限于煤矿井下及特殊场合使用的电压。

(2) 额定电流 根据 GB762—80, 低压电器额定电流规定值, 见表 7-2。

表 7-2 低压电器设备额定电流规定值 (A)

1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8
10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80 (75)
100	125	160	200	250	315 (300)	400	500	630 (600)	800 (750)
1000	1250 (1200)	1600 (1500)	2000	2500	3150 (3000)	4000	5000	6300 (6000)	8000
10000	12500 (12000)	16000 (15000)	20000	25000					

注：括号内值仅限于老产品使用。

2. 低压电器的绝缘及极限允许温升

(1) 绝缘要求 低压电器的绝缘应保证在表 7-3 所列条件下承受交流 50Hz 试验电压（有效值）历时 1min 而无击穿或闪络现象。

表 7-3 低压电器绝缘耐压试验值

试验电压 (V)	额定绝缘电压 $U_j^{\text{①}}$ (V)					小开距触头间 ^②	
	U_j	60 < U_j	380 < U_j	660 < U_j	800 < U_j	U_j ≤ 220	220 < U_j ≤ 380
试验地点 的海拔高度 h (m)	≤ 60	≤ 380	≤ 660	≤ 800	≤ 1200		
$0 < h \leq 500$	1200	2400	3000	3600	4200	750	1200
$500 < h \leq 1000$	1150	2300	2850	3450	4050	700	1150
$1000 < h \leq 1500$	1100	2200	2750	3300	3850	650	1100
$1500 < h \leq 2000$	1050	2100	2600	3150	3650	600	1050
$2000 < h \leq 2500$	1000	2000	2500	3000	3500	550	1000

注：① U_j 为产品或部件规定的额定绝缘电压。

② 仅指交直流额定绝缘电压至 380V，触头开距不大于 1mm 的触头间。

低压电器的绝缘，必须承受表 7-4 所示条件 7 个周期的耐潮试验。试验后，其绝缘电阻值应不小于表 7-5 所列数值。

表 7-4 耐潮试验周期条件

条 件 阶 段	参 数	温度(℃)	相对湿度(%)	持 续 时 间 (h)	
升 温		30→40	85~98 (试品表面 凝 露)	1.5~2	共 16
高 温 高 湿		40±2	95±3	14~14.5	
降 温		40→30	85~98	2~3	共 8
低 温 高 湿		30±2	95±3	5~6	

注：产品进行耐潮试验前，应在试验箱（室）内于 30~35℃ 下进行温度预处理 6h。然后即行升温加湿。试验周期从升温加湿时开始计算。

表 7-5 不同额定绝缘电压下的绝缘电阻值

额定绝缘电压 U_i (V)	$U_i \leq 60$	$60 < U_i \leq 660$	$660 < U_i \leq 800$	$800 < U_i \leq 1200$
绝缘电阻值(MΩ)	1.0	1.5	2.0	2.5

(2) 极限允许温升 低压电器零部件的极限允许温升应符合表 7-6 的规定，在不同海拔高度进行试验时，其极限允许温升按表 7-7 修正。

表 7-6 低压电器零部件的极限允许温升

不同材料和零部件名称		极限允许温升(℃)		备 注
		长期工作制	间断长期或反复短时工作制 ^①	
绝缘线圈 及包有绝缘 材料的金属 导体	A 级 绝 缘	65	80	电 压 线 圈 ^② 及多层 电 流 线 圈 用 电 阻 法 测 量, 金 属 导 体 用 热 电 偶 法 测 量
	E 级 绝 缘	80	95	
	D 级 绝 缘	90	105	
	F 级 绝 缘	115	130	
	H 级 绝 缘	140	155	

(续表)

不同材料和零部件名称		极限允许温升(℃)		备 注
		长期工作制	间断长期或反复短时工作制 ^①	
各类触头或插头 ^②	铜及铜基合金的自力式触头 ^③ 、插头,无防蚀层	35		
	铜及铜基合金的他力式触头 ^④ 、插头、无防蚀层	45	65	
	铜及铜基合金的他力式插头、触头,有厚度6~8 μ m的银防蚀层	80	—	
	铜及铜基合金的他力式插头、触头,有厚度6~8 μ m的锡防蚀层	60	—	
	银及银基合金触头	以不伤害相邻部件为限 ^⑤		
与外部连接的线端头	接线端头有锡(或银)防蚀层,当指明引入导体为铝也有锡(或银)防蚀层时	55		热电偶法测量
	接线端头为铜及铜基合金材料,无防蚀层时,当指明引入导体为铜或有防蚀层的铝时	45		
	接线端头为铜及铜基合金材料,有锡防蚀层,当指明引入导体为铜也有锡防蚀层时	60		

(续表)

不同材料和零部件名称		极限允许温升(℃)		备 注
		长期工作制	间断长期或反复短时工作制 ^①	
与外部连接的接线端头	接线端头为铜及铜基合金材料,有银防蚀层,当指明引入导体为铜也有银防蚀层时	80,还应不伤害相邻部件为限 ^⑤		热电偶法测量
产品内部的导体连接处 ^{②③}	铝材对铝材、钢材对铝材紧固接合处,二者均有锡防蚀层	55		热电偶法测量
	铝材对铝材、铜材对铝材紧固接合处,二者均有银防蚀层	60		
	钢材对钢材,紧固接合处无防蚀层	45		
	钢材对钢材,紧固接合处二者均有锡防蚀层	60		
	铝材对铜材,紧固接合处二者均有银防蚀层	以不伤害相邻部件为限 ^⑥		
	铝材对铝材、铝材对铜材、铜材对铜材焊接的导体			
其 他	浸入有机绝缘油中工作的部件	60		温度计法或热电偶等法测量
	操作时手接触的部件	金属材料	15	
		绝缘材料	25	
	起弹簧作用的部件	以不伤害材料的弹性且不伤害相邻部件为限 ^⑤		
电阻元件	由所用材料决定,且不伤害相邻部件为限 ^⑤			

注：①主要用于间断长期工作制或反复短时工作制的电器，如用于长期工作制时，其线圈温升按间断长期或反复短时工作制允许温升值考核。

②对有主弧触头的电器，其弧触头的温升以及熔断器触刀、触座的温升由产品标准或产品技术条件另行规定。

③自力式触头指由触头（包括触桥）材料本身产生弹力作接触压力的触头。

④他力式触头指依靠其他弹性材料产生接触压力的触头。

⑤如相邻部件为绝缘材料，则极限允许温升按表中相应等级线圈的极限允许温升。

⑥电压线圈的温升是指额定工作电压下的稳定值。

⑦高发热元件（如电阻元件、熔断器、热元件等）连接处的极限允许温升由产品标准或产品技术条件另行规定。

⑧与发热部件相邻近的绝缘材料耐热等级低于 A 级（如热塑性塑料）时，则其极限允许温升为该材料连续耐热温度与 40℃ 之差。

表 7-7 试验地点海拔高度不同时低压电器零部件
的极限允许温升修正（增加）值

试验地点的海拔高度 h (m)	极限允许温升修正值 ^①
$h \leq 500$	0℃
$500 < h \leq 1000$	+2℃
$1000 < h \leq 1500$	+4℃
$1500 < h \leq 2000$	+6℃
$2000 < h \leq 2500$	+8℃

注：①对高发热电器元件，其海拔温升修正办法由产品标准或产品技术条件另行规定。

3. 低压电器接通能力与分断能力

交流或直流配电用低压电器的极限通断能力，分类分级规定，见表 7-8 至表 7-12。

表 7-8 交流配电用低压电器的极限通断能力分类分级

用途分类	分类分级 代 号	通 断 条 件			试验周期与间隔时间
		试验电流 有效值 (kA)	试验电压 (V)	功率因效 ($\cos\varphi$ ± 0.05)	
作电路 隔离用的 交流配电 电器	JP1	由产品标准或产品技术条件另行规定			
不能自 动分断短 路电流,但 可有载通 断电路的 交流配电 电器	JP2	$1.5I_n^{①}$	$1.1U_n^{②}$	0.80	通断 $\xrightarrow{3min}$ 通断 共通断 5 次
不能自 动分断短 路电流,但 可有载通 断电阻和 电感混合 负载的交 流配电电 器	JP3-1 JP3-2		$1.1U_n$	0.65	通断 $\xrightarrow{3min}$ 通断 共通断 25 次
能自动 分断短路 电流的交 流配电电 器	JP4/0.75	0.75		0.80	
	JP4/1.0	1.0		0.80	
	JP4/1.5	1.5		0.80	
能自动 分断短路 电流的交 流配电电 器	JP4/2.0	2.0	1.1×380^{③}	0.70	断 $\xrightarrow{3min}$ 通断
	JP4/2.5	2.5		0.70	
	JP4/5.0	5.0		0.50	$\xrightarrow{3min}$ 通断 ^④
	JP4/7.5	7.5		0.50	
	JP4/10	10		0.50	

(续表)

用途分类	分类分级 代号	通 断 条 件			试验周期与间隔时间
		试验电流 有效值 (kA)	试验电压 (V)	功率因效 ($\cos\varphi$ ± 0.05)	
能自动 分断短路 电流的交 流配电电 器	JP4/12.5	12.5	$1.1 \times 380^{\text{③}}$	0.50	断 $\xrightarrow{3\text{min}}$ 通断
	JP4/15	15		0.50	3min $\xrightarrow{\quad}$ 通断 $^{\text{④}}$
	JP4/20	20		0.35	
	JP4/25	25		0.35	
	JP4/30	30		0.30	
	JP4/35	35		0.30	
	JP4/40	40		0.30	
	JP4/50	50		0.25	断 $\xrightarrow{3\text{min}}$ 通断 $^{\text{④}}$
	JP4/60	60		0.25	
	JP4/70	70		0.25	
	JP4/80	80		0.25	
	JP4/100	100		0.25	
	JP4/150	150		0.20	
	JP4/200	200	0.20		

注：① I_n 表示额定工作电流，下同。

② U_n 表示额定工作电压，下同。

③ 其他额定工作电压下的通断能力由制造厂提供。

④ 对熔断器而言，试验周期仅有“断”，当熔体为可换式时，同一熔管的试验次数应不少于3次。

表 7-9 交流短路保护用自动开关系列按极限
通断能力不同的分级规定

应通断 表7-8所示 极限通断能力的 数值(不小于) ^① 额定工作 电流(A)	系列代号	低短路电流回路系列		高短路电流回路系列	
		JP4D		JP4G	
		瞬 时	延 时	瞬 时	延 时
$I_n \leq 6$		JP4/0.75	—	JP4/1.0	—
$6 < I_n \leq 10$		JP4/1.0	—	JP4/1.5	—
$10 < I_n \leq 20$		JP4/1.5	—	JP4/2.0	—
$20 < I_n \leq 40$		JP4/2.0	—	JP4/2.5	—
$40 < I_n \leq 60$		JP4/2.5	—	JP4/5	—
$60 < I_n \leq 100$		JP4/10	JP4/5	JP4/15	JP4/7.5
$100 < I_n \leq 200$		JP4/15	JP4/7.5	JP4/20	JP4/10
$200 < I_n \leq 400$		JP4/20	JP4/10	JP4/30	JP4/15
$400 < I_n \leq 600$		JP4/25	JP4/12.5	JP4/35	JP4/20
$600 < I_n \leq 1000$		JP4/30	JP4/15	JP4/40	JP4/25
$1000 < I_n \leq 1600$ ^②		JP4/40	JP4/20	JP4/40	JP4/30
$1600 < I_n \leq 2500$		JP4/50	JP4/25	JP4/60	JP4/35
$2500 < I_n \leq 4000$		JP4/70	JP4/35	JP4/80	JP4/50

注：①对于带有热脱扣器的自动开关，表中所列数值是指该产品装有最大电流等级的热脱扣器时的通断能力，当装有其他电流等级的热脱扣器时，其通断能力由产品标准或产品技术条件另行规定。

②允许取 1500A，下同。

交直流主回路用控制电器的通断能力分类规定，见表 7-10。

开关电器的辅助触头，控制继电器和主令电器的通断能力分类规定，见表 7-10。

表 7-10 辅助触头通断能力分类

电 流 种 类	按额定控制 容量分类		额定 工作 电压 U_e ① (V)	接通与分断条件			额定 发热 电流 I_R ③ (A)	试 验 周 期 (次)	间 隔 时 间 (s)	通 电 时 间 (ms)
	分 级 代 号	P_c (VA)		U/U_e ②	I/I_e ②	功率因数 $\cos\varphi$ ± 0.05 时间常数 $T \pm 15\%$ (ms)				
交 流	JF1	100	36	1.1	1.1×7	0.55	3	50	5~10	60~ 200
	JF2	300	127		1.1×10	0.2	5			
	JF3	1000	220		1.1×16	0.15	10			
直 流	ZF1④	30	24	1.1	—	—	3	20	5~10	>4T
	ZF2	60	48		1.1×3	30	5			
	ZF3	90	110		1.1×5	50	10			
	ZF4	180	220		1.1×7	50	10			

注：①辅助触头额定工作电压即指被控线圈的额定电压，也就是电器设计时所能选取的线圈电压。线圈设计时其起动电流倍数在 $1.1U_e$ 下应不大于本表相应的 I/I_e 数值。

②表中 $I_e = P_c/U_e$ ， U 为试验电压 (V)， I 为试验电流 (A)，在不同额定工作电压 U_e 下的额定工作电流 I_e 应小于额定发热电流 I_R 。

③额定发热电流 I_R 指该级辅助触头长期通过此电流，其极限允许温升不超过 GB156—80 规定。

④ZF1 只适用于被控对象为单线圈。

注：①额定工作电流大于 600A 的控制电器，其试验条件由产品标准或产品技术条件另行规定。

②振荡频率 f 指暂态恢复电压的振荡频率，式中 I 为试验电流（有效值，A）。

③过振荡系数 γ 指暂态恢复电压的最高峰值与恢复电压的电源频率分量在电流过零的瞬时值之比。

④接通试验时，对电磁式电器其线圈应在 110% 和 85% 额定工作电压下各试 50 次，通断试验时其线圈电压应为额定电压。

⑤对带有电动机保护装置的电器，其中 5 次通断由该保护装置使电器断开，试验间隔时间决定于保护装置的复位时间。

⑥ I 的最小值为 800A。

⑦ I 的最小值为 1000A。

⑧ I 的最小值为 1200A。

⑨对能耗制动用的直流常闭触头，通断试验时间常数为 7.5ms。

⑩用于通断电动机转子电路、电容器或钨丝灯时，其技术要求由产品标准或产品技术条件另行规定。

表 7-12 直流配用电低压电器的极限通断能力分类分级

用途分类	分类分级代号	试验电流 (kA)	试验电压 (V)	时间常数 $T \pm 15\%$ (ms)	试验周期与间隔时间
作电路隔离用的直流配电电器	ZP1	由产品标准或产品技术条件另行规定			
不能自动分断短路电流，但可有载通断电路的直流配电电器	ZP2	I_c	$1.1U_c$	1	通断 $\xrightarrow{3\text{min}}$ 通断 共通断 5 次
不能自动分断短路电流，但可有载通断电阻和电感混合负载的直流配电电器	ZP3-1	$1.5I_c$	$1.1U_c$	2.5	通断 $\xrightarrow{3\text{min}}$ 通断 共通断 25 次
	ZP3-2	$2.5I_c$			

(续表)

用途分类	分类分级代号	试验电流 (kA)	试验电压 (V)	时间常数 $T \pm 15\%$ (ms)	试验周期与间隔时间
能自动分断短路电流的直流配电电器	ZP4/0.75	0.75	$1.1 \times 440^{\text{①}}$	15	断 $\xrightarrow{3\text{min}}$ 通断
	ZP4/1.0	1.0			
	ZP4/1.5	1.5			
	ZP4/2.0	2.0			
	ZP4/2.5	2.5			
	ZP4/5.0	5.0			
	ZP4/10	10			
	ZP4/15	15			断 $\xrightarrow{3\text{min}}$ 通断
	ZP4/20	20			
	ZP4/25	25			
	ZP4/30	30			
	ZP4/40	40			
	ZP4/50	50			
	ZP4/70	70			
ZP4/100	100	断 $\xrightarrow{3\text{min}}$ 通断			
ZP4/150	150				
ZP4/200	200				

注：①其他额定工作电压下的通断能力由制造厂提供数据。

7-3 低压电器的分类和主要用途

低压电器一般指交流额定电压在 500V 以下的电器。低压电器种类繁多。其分类也不同。按其用途的不同，可分为低电配电电器和低压控制电器两大类。低压配电电器主要有：熔断器、隔离器、开关、隔离开关、熔断器组合电器、断路器以及保护继电器等。低压控制电器主要有：控制继电器、接触器、起动器、控制器、主令电器、变阻器和电磁铁等。

低压电器除按用途分类外，也可按结构、性质、操作方式等不同特点进行分类，即可分为直流与交流、手动操作与自动操作、机械结构式与电子电路结构式等。

低压电器主要用来分断、闭合电路，保护线路和电气设备的运行，按照信号或某个物理量的变化来达到预定的控制目的。

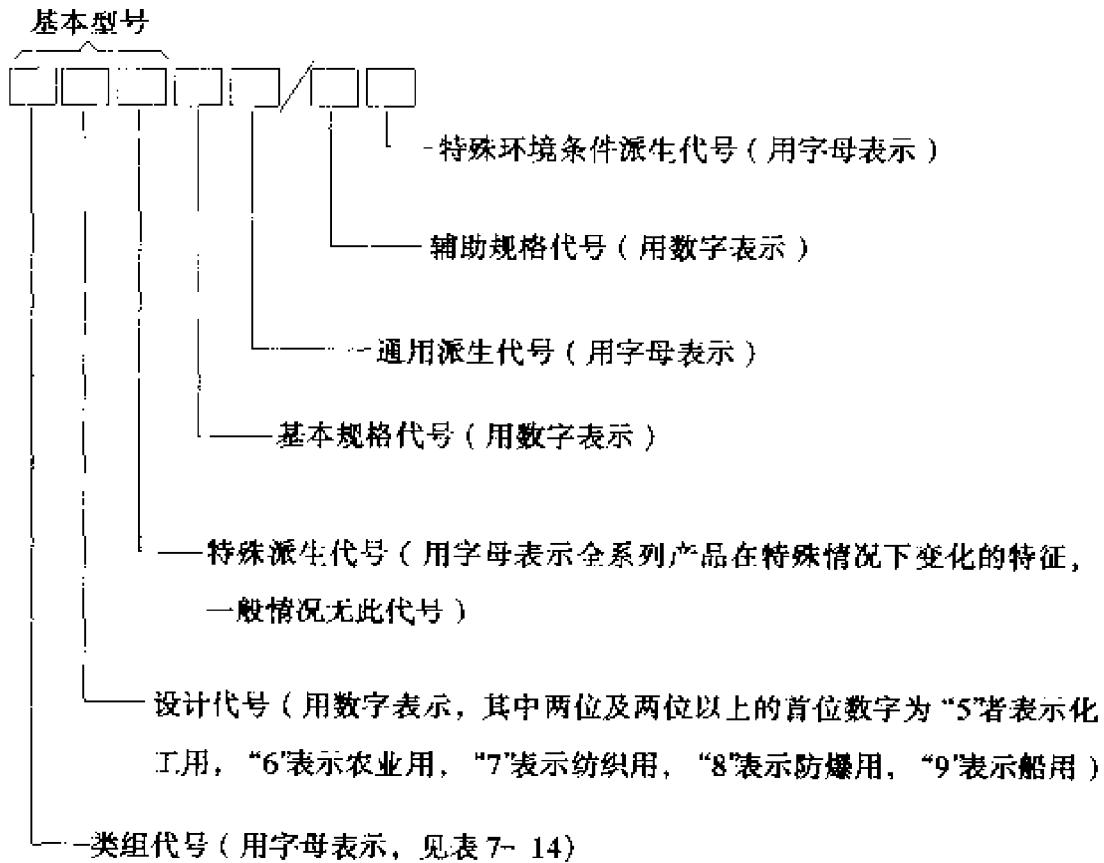
低压电器的分类及其主要用途，见表 7-13

表 7-13 低压电器的分类及其主要用途

分类名称		品 种	主 要 用 途
配 电 器	熔 断 器	有填料熔断器 无填料熔断器 快速熔断器 自复熔断器	用于线路或电气设备的短路和 过载保护
	刀 开 关	大电流刀开关 熔断器式刀开关 开关板用刀开关 负荷开关	主要用于电路隔离，也能接通和 分断额定电流
	转 换 开 关	组合开关 换向开关	用于两种以上电源或负载的转 换和通断电路
	自 动 开 关	框架式自动开关 塑料外壳式自动开关 限流式自动开关 漏电保护自动开关	用于线路过载、短路或欠压保 护，也可用作不频繁接通和分断电 路
控 制 电 器	接 触 器	交流接触器 直流接触器	主要用于远距离频繁起动或控 制电动机，以及接通和分断正常工 作的电路
	控制断路器	电流继电器 电压继电器 时间继电器 中间继电器 热继电器	主要用于控制系统中，控制其他 电器或作主电路的保护
	起 动 器	磁力起动器 减压起动器	主要用于电动机的起动和正反 向控制
	控 制 器	凸轮控制器 平面控制器	主要用于电器控制设备中转换 主回路或励磁回路的接法，以达到 电动机起动、换向和调速的目的
	主 令 电 器	按钮 限位开关 微动开关 万能转换开关	主要用于接通和分断控制电路
	电 阻 器	铁基合金电阻	用于改变电路的电压、电流等参 数或变电能为热能

7-4 低压电器的型号表示及其意义

低压电器的型号表示及其含义如下：



低压电器型号类组代号, 见表 7-14。

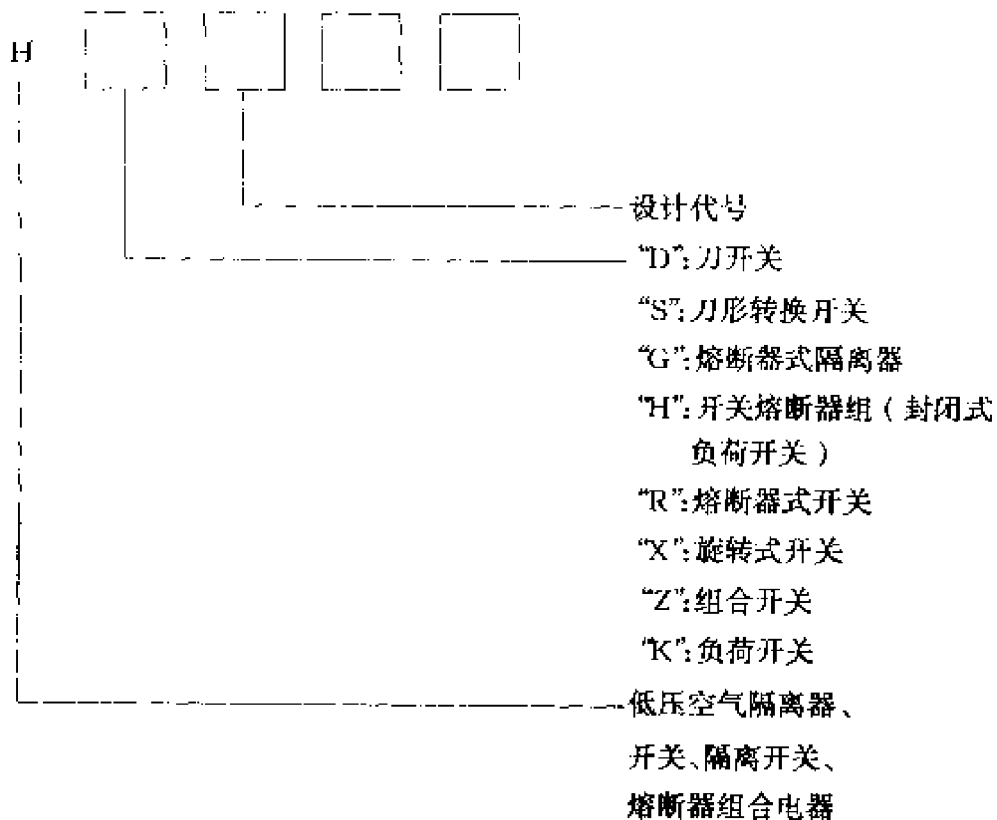
表 7-14 低压电器型号的分类代号

代号	名称	A	B	C	D	G	H	J	K	L	M	P	Q	R	S	T	U	W	X	Y	Z
H	刀开关和 转换开关				刀开关		封闭式 负荷开关		开启式 负荷开关					熔断式 刀开关	刀形 转换开关					其他	组合 开关
R	熔断器			插入 式			汇流 排式			螺旋 式	封闭 管式				快速	有填 料式			限流	其他	
D	自动开关									照明	灭磁				快速			框架 式	限流	其他	塑料 外壳 式
K	控制器					鞍形						平面				凸轮				其他	
C	接触器					高压		交流				中频			时间	通用				其他	直流
Q	起动器			磁力				减压							手动		油浸		星三 角	其他	综合
J	控制继电器									电流				热	时间	通用		温度		其他	中间

7-5 低压空气隔离器、开关、隔离开关、熔断器组合电器

7-5-1 低压空气隔离器、开关、隔离开关及熔断器组合电器的用途、分类和特性

低压空气隔离器、开关、隔离开关、熔断器组合电器的型号含义如下：



低压空气隔离器、开关、隔离开关、熔断器组合电器在低压电路中,作为不频繁的手动接通、分断电路或作为隔离开关使用。

其分类按极数可分为单极、双极和三极三种。按操作方式可分为手柄直接操作、杠杆-手操作、气动操作、电动操作等四种。按切换方向可分为单投和双投两种。

主要特性有:额定电压、额定电流、分断能力、电动稳定性电流、热稳定性电流和电寿命。

额定电压是低压空气隔离器、开关、隔离开关、熔断器组合电器在长期工作中,能承受的最大电压。

额定电流是低压空气隔离器、开关、隔离开关、熔断器组合电器在合闸位置允许长期通过的最大工作电流。

分断能力是在额定电压下,能可靠地分断的最大电流。

电动稳定性电流是在电路发生短路时,由于短路电流产生的电动力可能使刀触头产生变形、损坏或者自动弹出的现象,这一短路电流称为电动稳定性电流。

热稳定性电流是在电路发生短路时,短路电流通过触刀部分会使温度急剧上升,可能导致熔焊现象,这一短路电流称为热稳定性电流。

电寿命是低压空气隔离器、开关、隔离开关、熔断器组合电器在额定电压下,能可靠地分断一定百分数额定电流的总次数。

7-5-2 常用低压空气隔离器、开关、隔离开关、熔断器组合电器技术数据

常用低压空气隔离器、开关、隔离开关、熔断器组合电器的技术数据,见表 7-15~表 7-36。

表 7-15 HD17 系列刀形隔离器技术数据

	额定工作电压 U_e (V)	约定发热电流 I_{th} (A)	额定短时耐受电流 电流有效值(kA)	标准 功率因数	电流峰值与 有效值之比	通电时间 (s)
交 流	380	100	6	0.5	1.7	1
		200	10	0.3	1.7	
		400	20	0.3	2.0	
		630	20	0.3	2.0	
		1000	25	0.25	2.1	
		1600	32	0.25	—	

(续表)

约定使用 发热 电流 I_{th} (A)	类别	额定接通和分断能力						额定熔断 短路电流		配用 熔断体 号码	熔断 体电流 (A)	
		接 通			分 断			通断 次数	电 流 有 效 值 (kA)			$\cos\varphi$
		I/U_e	U/U_e	$\cos\varphi$	I_c/I_e	U_c/U_e	$\cos\varphi$					
100	AC- 20	1	1	/	1	1	0.7	通、 断各 5次	50	0.25	NT100	100
200											NT1	200
400											NT2	400
630											NT3	630
1000											—	—
—											—	—

表 7-16 HD18 系列空气式隔离器技术数据

额定工作电流(交、直流)(A)	2500			4000		
额定绝缘电压(交、直流)(V)	DC1500	1200		DC1500	1200	
极 数	单极	二极	三极	单极	二极	三极
操作方式	手动	电动	手动	电动	手动	电动
工频耐压试验电压(有效值) (V)	5000	4200		5000	4200	
短时耐受 电流 (kA)	50			80		
	105			176		
机械操作性能 (次)	1000			1000		

表 7-18 HR3 系列熔断器式刀开关技术数据

型 号	刀开关分断能力(A)		熔断器分断能力(kA)		熔 断 器	
	AC380V $\cos\varphi \geq 0.6$	DC440V $T \leq 0.0045s$	AC380V $\cos\varphi \leq 0.3$	DC440V $T = 0.015$ $\sim 0.02s$	额定电流 (A)	熔体额定电流 (A)
HR3-100	100	100			100	30, 40, 50, 60, 80, 100
HR3-200	200	200			200	80, 100, 120, 150, 200
HR3-400	400	400	50	25	400	150, 200, 250, 300, 350, 400
HR3-600	600	600			600	350, 400, 450, 500, 550, 600
HR3-1000	1000	1000	25		1000	700, 800, 900, 1000

注:交流频率为 50Hz。

表 7-19 常用各系列刀开关和刀形转换开关技术数据

产品名称	型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	是否带 灭弧室	结 构 型 式	接 线
							方 式
单投刀开关	HD11-100/18	380	100	1	无灭弧室	中央手柄 式	板前接线
	HD11-200/18		200	1			
	HD11-400/18		400	1			
	HD11-100/28		100	2			
	HD11-200/28		200	2			
	HD11-400/38		400	2			
	HD11-100/38		100	3			
	HD11-200/38		200	3			
	HD11-400/38		400	3			
	HD11-100/19		100	1			
	HD11-200/19		200	1			
	HD11-400/19		400	1			
	HD11-600/19		600	1			
	HD11-1000/19		1000	1			
HD11-100/29	100	2					

(续表)

产品名称	型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	是否带 灭弧室	结构 型式	接线 方式
单投刀开关	HD11-200/29	380	200	2	无灭弧室	中央手柄 式	板后接线
	HD11-400/29		400	2			
	HD11-600/29		600	2			
	HD11-1000/29		1000	2			
	HD11-100/39		100	3			
	HD11-200/39		200	3			
	HD11-400/39		400	3			
	HD11-600/39		600	3			
	HD11-1000/39		1000	3			
	HD12-100/21		100	2	有灭弧室	侧方正面 杠杆操作机 构式	板前接线
	HD12-200/21		200	2			
	HD12-400/21		400	2			
	HD12-600/21		600	2			
	HD12-1000/21		1000	2			
	HD12-100/31		100	3			
	HD12-200/31		200	3			
	HD12-400/31		400	3			
	HD12-600/31		600	3			
	HD12-1000/31	1000	3				
	HD12-100/20		100	2	无灭弧室		
	HD12-200/20		200	2			
	HD12-400/20		400	2			
	HD12-600/20		600	2			
	HD12-1000/20		1000	2			
	HD12-1500/20		1500	2			
	HD12-100/30		100	3			
	HD12-200/30		200	3			
	HD12-400/30		400	3			
	HD12-600/30		600	3			
HD12-1000/30	1000		3				
HD12-1500/30	1500		3				

(续表)

产品名称	型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	是否带灭弧室	结构型式	接线方式	
单投刀开关	HD13-100/21	380	100	2	有灭弧室	中央正面 杠杆操作机 构式	板前接线	
	HD13-200/21		200	2				
	HD13-400/21		400	2				
	HD13-600/21		600	2				
	HD13-1000/21		1000	3				
	HD13-100/31		100	3				
	HD13-200/31		200	3				
	HD13-400/31		400	3				
	HD13-600/31		600	3				
	HD13-1000/31		1000	3				
	HD13-100/20		100	2				无灭弧室
	HD13-200/20		200	2				
	HD13-400/20		400	2				
	HD13-600/20		600	2				
	HD13-1000/20	1000	2					
	HD13-1500/20	1500	2					
	HD13-100/30	100	3					
	HD13-200/30	200	3					
	HD13-400/30	400	3					
	HD13-600/30	600	3					
	HD13-1000/30	1000	3					
	HD13-1500/30	1500	3					
	HD14-100/31	100	3	有灭弧室	侧面操作 手柄式			
	HD14-200/31					200	3	
	HD14-400/31					400	3	
	HD14-600/31					600	3	
	HD14-100/30	100	3	无灭弧室				
	HD14-200/30				200	3		
HD14-400/30	400				3			
HD14-600/30	600				3			

(续表)

产品名称	型 号	额定 电压 (V)	额定 电流 (A)	极 数	是否带 灭弧室	结 构 型 式	接 线 方 式
双投刀开关	HS11-100/1	380	100	1	无灭弧室	中央手柄 式	板前接线
	HS11-200/1		200	1			
	HS11-400/1		400	1			
	HS11-600/1		600	1			
	HS11-1000/1		1000	1			
	HS11-100/2		100	2			
	HS11-200/2		200	2			
	HS11-400/2		400	2			
	HS11-600/2		600	2			
	HS11-1000/2		1000	2			
	HS11-100/3		100	3			
	HS11-200/3		200	3			
	HS11-400/3		400	3			
	HS11-600/3		600	3			
	HS11-1000/3		1000	3			
	HS12-100/21	380	100	2	有灭弧室	侧方正面 杠杆操作机 构式	
	HS12-200/21		200	2			
	HS12-400/21		400	2			
	HS12-600/21		600	2			
	HS12-1000/21		1000	2			
	HS12-100/31		100	2			
	HS12-200/31		200	2			
	HS12-400/31		400	2			
	HS12-600/31		600	2			
	HS12-1000/31		1000	2			
	HS12-100/20		100	2			
HS12-200/20	200		2				
HS12-400/20	400		2				
HS12-600/20	600		2				
HS12-1000/20	1000		2				
HS12-100/30	100	3					

(续表)

产品名称	型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	是否带 灭弧室	结构 型式	接线 方式
双投刀开关	HS12-200/30	380	200	3	有灭弧室	侧方正面 杠杆操作机 构式	板前接线
	HS12-400/30		400	3			
	HS12-600/30		600	3			
	HS12-1000/30		1000	3			
	HS13-100/21		100	2	有灭弧室	中央正面 杠杆操作机 构式	
	HS13-200/21		200	2			
	HS13-400/21		400	2			
	HS13-600/21		600	2			
	HS13-1000/21		1000	2			
	HS13-100/31		100	3			
	HS13-200/31		200	3			
	HS13-400/31		400	3			
	HS13-600/31		600	3			
	HS13-1000/31		1000	3			
	HS13-100/20		100	2	无灭弧室		
	HS13-200/20		200	2			
	HS13-400/20		400	2			
	HS13-600/20		600	2			
	HS13-1000/20		1000	2			
	HS13-100/30		100	3			
HS13-200/30	200	3					
HS13-400/30	400	3					
HS13-600/30	600	3					
HS13-1000/30	1000	3					
单投刀开关	HD13-100/30	100	3	无灭弧室	正面杠杆 操作机构式		
	HD13-100/31	100	3	有灭弧室			
	HD13-200/30	200	3	无灭弧室			
	HD13-200/31	200	3	有灭弧室			
	HD13-400/30	400	3	无灭弧室			
	HD13-400/31	400	3	有灭弧室			
	HD13-600/30	600	3	无灭弧室			
	HD13-600/31	600	3	有灭弧室			

表 7-20 HD11~HD14 系列刀开关和 HS11~HS13 系列
刀形转换开关技术数据

额定电流(A)		100, 200, 400, 600, 1000, 1500
机械寿命(次)		10000, 10000, 10000, 5000, 5000, 5000
电寿命(次)		1000, 1000, 1000, 500, 500 —
I_e 热稳定电流(kA)		6, 10, 20, 25, 25, 40
动稳定电流峰值(kA)	手柄式	15, 20, 30, 40, 40 —
	杠杆式	20, 30, 40, 50, 50, 80

表 7-21 HRS 系列熔断器式隔离开关技术数据

额定电压(V)		380/660			
约定发热电流 I_{th} (A)		100	200	400	630
额定工作电流 I_n (A)	380V	100	200	400	630
	660V	100	200	315	425
通断能力	接通(AC-23/380V)	10	8	8	8
	分断	8	6	6	6
	分断、接通(AC-22/660V)	3	3	3	3
电寿命(AC23/380V, AC22/660V)(次)		660	600	200	200
机械寿命(次)		3000	3000	1000	1000
额定熔断短路电流(kA)		50($\cos\varphi=0.25$)			
配用熔断体的尺码(jB4011, IEC269)		00	1	2	3
辅助开关	额定电压(V)	380			
	额定电流(A)	5			
	负载容量(VA)	300			

表 7-22 QSA 隔离开关熔断器组技术数据

规格	QSA	63	125	160	250	400	630
主极数		3					
额定绝缘电压 (V)		AC 1000					
额定工作电压 (V)		AC 380, 660					
约定发热电流 (A)		80	160	160	400	400	800
约定封闭发热电流(A)		63	125	160	250	400	630

(续表)

规格	QSA	63	125	160	250	400	630
额定工作电流/功率							
380V、AC-23 (A/kW)		80/30	160/75	160/90	250/132	400/200	630/333
660V、AC-23 (A/kW)		80/55	160/110	160/150	250/220	400/375	630/560
额定熔断短路电流 500V(kA r.m.s)		100					
额定熔断短路电流 660V(kA r.m.s)		50					
机械寿命 (次)		15000		12000			3000
电寿命 (次)		1000		300			150
最大熔体 (A)		160			400		630
刀型触头熔管型号 号码		00			1~2		3
螺栓连接型熔管型号		A3	B1~B2		B1~B4		C1~C4
操作力矩 (Nm)		7.5		16			30
辅助触头 380V、AC-11(A)		4					6

表 7-23 QA 隔离开关技术数据

规格	QA	125	160	200	400	630	1000	
主极数		3						
额定绝缘电压 (V)		AC 1000						
额定工作电压 (V)		AC 380、660						
约定发热电流 (A)		160	200	250	630	630	1000	
约定封闭发热电流(A)		125	160	200	400	630	1000	
额定工作电流/功率								
380V、AC-23 (A/kW)		160/75	200/90	200/110	400/200	630/355	1000/500	
660V、AC-23 (A/kW)		160/110	160/150	160/150	400/375	400/375	800/710	
660V、AC-22 (A)		160	200	200	400	630	1000	
额定熔断短路电流 380V (kA r.m.s)		100						
额定熔断短路电流 660V (kA r.m.s)		50						
额定短路接通能力 (kA peak)		20			50			
额定短时耐受电流 _{js} 660V (kA r.m.s)		4			15		50	
最大熔体 (A)		200			400	630	1000	
机械寿命 (次)		15000			12000			
电寿命 (次)		1000			300	150	150	
操作力矩 (Nm)		7.5			16			
辅助触头 380V、AC-11 (A)		4					6	

表 7-24 QP 隔离开关技术数据

规格	QP	250	630	1000	1250	1600	2500	3150
主极数		3						
额定绝缘电压 (V)		AC 1000						
额定工作电压 (V)		AC 380, 660						
约定发热电流 (A)		315	630	1000	1250	1600	2500	3150
约定封闭发热电流 (A)		250	630	1000	1250	1600	2500	3150
额定工作电流								
380V、AC-21 (A)		315	630	1000	1250	1600	2500	3150
380V、AC-22 (A)		315	630	630	800	800		
660V、AC-21 (A)		315	630	1000	1250	1470	2500	2500
额定熔断短路电流 380V (kA r.m.s)		100						
额定熔断短路电流 660V (kA r.m.s)		50						
最大熔体 (A)		250	630	1000				
额定短路接通能力 (kA peak)		39	60		85		130	
额定短时耐受电流 660V1s (kA r.m.s)		8	32		50		80	
机械寿命 (次)		15000	12000	1000	300			
电寿命 (次)		1000	150	50	15			
操作力矩 (Nm)		7.5	16	30	70			
辅助触头 380V、AC-11 (A)		4			6			

表 7-25 HGI 系列熔断器式隔离器技术数据

额定电压 (V)		380		
额定电流 (A)		20	32	63
额定熔断短路电流 (kA)		50($\cos\varphi = 0.25$)		
机械操作性能 (次)		3000		
熔断信号装置		无	有或无	
RT14 熔断体	尺 码	10×38	14×51	22×58
	额定电流 (A)	2, 4, 6	2, 4, 6, 10	10, 16, 20, 25
		10, 16, 20	16, 20, 25, 32	32, 40, 50, 63
	额定分断能力 (kA)	100($\cos\varphi = 0.1 \sim 0.2$)		
	耗散功率 (W)	≤3	≤5	≤9.5

(续表)

辅助触头	电 寿 命 (次)	3000
	非正常使用条件下通断能力	符合 AC-11 的通断能力规定
	额定熔断短路电流 (A)	1000
微动开关	额定电压 (V)	220
	额定电流 (A)	1
	负载特性	电阻性

表 7-26 HH3 系列封闭式负荷开关技术数据

额定电流 (A)	通 断 电 流 (A)			熔断器极限分断能力(kA)		
	交流 440V		直流 500V L/R=0.006 ~0.008s	交流 440V		直流 500V L/R=0.006 ~0.008s
	通断电流	cosφ		分断电流	cosφ	
10	40	0.4	—	0.5	0.8	—
15	60	0.4	22.5	1	0.8	0.5
20	80	0.4	—	1	0.8	—
30	120	0.4	45	2	0.8	2
60	240	0.4	90	4	0.8	4
100	250	0.8	150	5	0.4	5
200	300	0.8	300	5	0.4	5

表 7-27 HH4 系列封闭式负荷开关技术数据

额定 电流 (A)	额定 电压 (V)	极 数	熔 体 主 要 参 数			触头极限 接通分断 能力(A)		熔断器极限 分断能力(A)	
			额定电流(A)	材料	线径(mm)	电流	cosφ	电流	cosφ
15	380	2	6	软铅丝	1.08	60	0.5	500	0.8
			10		1.25				
			15		1.98				
30		3	20	紫铜丝	0.61	120	0.5	1500	0.7
			25		0.71				
			30		0.80				

(续表)

额定电流 (A)	额定电压 (V)	极数	熔体主要参数			触头极限接通分断能力(A)		熔断器极限分断能力(A)	
			额定电流(A)	材料	线径(mm)	电流	cosφ	电流	cosφ
60	380	2	40	紫铜丝	0.92	240	0.4	3000	0.6
			50		1.07				
		3	60		1.20				
100	440	3	60,80,100	RT10系列熔断器	熔管额定电流与开关额定电流相同	300	0.8	5000	0.25
200			600						
300			900						
400			1200						

表 7-28 HZ5 系列组合开关技术数据

序号	型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	可控制电动机功率 (kW)	接通分断能力		
					电压(V)	cosφ	电流(A)
1	HZ5-10	交流 50Hz 380 直流 220	10	1.7	380×110%	0.35±0.05	40
2	HZ5-20		20	4			80
3	HZ5-40		40	7.5			160
4	HZ5-60		60	10			240

表 7-29 HZ10 系列组合开关技术数据

型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	极限操作电流 ^① (A)		可控制电动机最大容量和额定电流 ^①		额定电压及额定电流下的通断次数			
				接 通	分 断	容量 (kW)	额定电流 (A)	交流 cosφ		直流时间常数(s)	
								≥0.8	≥0.3	≤0.0025	≤0.01
HZ10-10	直流 220	6	1 ^②	94	62	3	7	20000	10000	20000	10000
		10									
HZ10-25	交流 380	25	2,3	155	108	5.5	12	20000	10000	20000	10000
HZ10-60		60									
HZ10-100		100									

注：① 均指三极组合开关。

② 单极接线时的分断电流值为表列数值的 50%。

表 7-30 HZ10 系列组合开关在 110% 额定电压下
接通和分断能力

额定电流 (A)	交流接通和分断条件				直流接通和分断条件			
	接通电流 (A)	功率因数	次数	试验周期 与间隔 时间	接通电流 (A)	时间常数	次数	试验周期 与间隔 时间
10	5×10	0.4	20	通 断 20s 通 断	1.5×10	10ms	25	通 断 3min 通 断
25	4×25				1.5×25			
60	2.5×60	1.5×60						
100	2.5×100	1.5×100						

表 7-31 HY2 系列倒顺开关技术数据

型 号	额定工作电流 (A)	约定发热 电流(A)	额定控制功率(kW)		机械寿命 (万次)
			380V	220V	
HY2-15	7	15	3	1.8	10
HY2-30	12	30	5.5	3	
型 号	电寿命(次)				
	接 通	分 断	AC-3	AC-4	
HY2-15	$I/I_n=6$ $U/U_n=1$ $\cos\varphi=0.65\pm 0.35$	AC-3 $I/I_n=1$ $U/U_n=0.17$	1200	240	
HY2-30		AC-4 $I/I_n=0.17$ $U/U_n=1$ $\cos\varphi=0.65\pm 0.05$			

表 7-32 HY3-10 按动开关技术数据

型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	控制电动机容量 (kW)	接通、分断电流 (A)	电寿命 (次)	机械寿命 (次)
HY3-10/2	220	10	1.1	50/40 420V, $\cos\varphi = 0.35 \pm 0.05$	控制电机用: 12000 配用电: 7500	3000
HY3-10/3	380		2.2			

表 7-33 HK2 系列开启式负荷开关技术数据

型号	额定电压 (V)	额定电流 I_e (A)	极数	开关的分断电流 (A)	熔断器极限分断能力 (A)
HK2-10/2	220	10	2	$4 \times I_e$	500
HK2-15/2		15			500
HK2-30/2		30			1000
HK2-15/3	380	15	3	$2 \times I_e$	500
HK2-30/3		30			1000
HK2-60/3		60			$1.5 \times I_e$

表 7-34 HK4 系列开启式负荷开关技术数据

型号	额定电压 (V)	额定电流 I_e (A)	额定熔断短路能力 $\cos\varphi = 0.5$ 试验电流 (A)	额定通断能力 $\cos\varphi = 0.65$ I/I_e	电寿命 (次)	机械寿命 (次)	操作力 (N)
HK4-10/2	220	10	1000	4	2000	1000	3.9~24.5
HK4-16/2		16	1500				3.9~34.5
HK4-32/2		32	2000				7.8~34.5
HK4-63/2		63	2500				11.8~44.1
HK4-16/3	380	16	1500	3	2000	1000	7.8~44.1
HK4-32/3		32	2000				11.8~49
HK4-63/3		63	2500				19.6~78.5

表 7-35 HK8 系列开启式负荷开关技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定接通和 分断电流(A)	额定熔断短路 电流(A)	电寿命 (次)	机械寿命 (次)
HK8-10/2	220	10	40	1000	2000	1000
HK8-16/2		16	64	1500		
HK8-32/2		32	128	2000		
HK8-16/3	380	16	32	1500	2000	1000
HK8-32/3		32	64	2000		
HK8-63/3		63	94.5	2500		

表 7-36 HX1 系列旋转式开关技术数据

型 号		HX1-250	HX1-400	HX1-630	HX1-1000	
额定绝缘电压 (V)		AC 660				
额定工作电压 (V)		AC 380、AC 660				
额定 工作 电流 (A)	380V	AC-20	250	400	630	1000
		AC-21				—
		AC-22				—
		AC-23				—
	660V	AC-20	250	400	630	1000
		AC-21				—
		AC-22				—
		AC-23				—
1s 额定短时耐受电流(有效值) (kA)		8		12.6	14	
额定熔断短路电流 (kA)		50				
额定 接通/分断 能力 I/I_c	AC-21		1.5/1.5			
	AC-22		3/3			
	AC-23	$I_c = 100A$	10/8			
		$I_c > 100A$	8/6			
最大操作力 (N)		131		163		
机械操作循环次数 (次)		3000				
电操作循环次数 (次)		300				

7-5-3 低压空气隔离器、开关、隔离开关、熔断器组合电器的选用及使用注意事项

低压空气隔离器、开关、隔离开关、熔断器组合电器,其产品的绝缘电压多数为 AC500V DC440V,故安装这类电器时,电路额定电压交流时不应超过 500V,直流时不应超过 440V。电路的计算电流也不应超过其产品的额定电流值。开关的极数、位置数和操纵方式可根据实际需要选定。

当用这类产品直接控制小型负载时,应注意选择相应的通断能力。特别是当直接控制小型电动机等感性负载时,应考虑其接通和分断过程中的电流特性。

按上述原则选择之后,需要进行短路性能校验,以保证其具体安装位置上的预期短路电流不超过电器的额定短时耐受电流(如电路中有限流电器时,可为额定限制短路电流)。

低压空气隔离器、开关、隔离开关、熔断器组合电器安装、运行中应注意下列事项:

(1) 电器应垂直安装在开关板或条架上,使夹座位于上方,以避免在分断位置由于刀架松动或闸刀脱落而造成误合闸(特别是中央手柄式)。

(2) 合闸时要保证三相同步,各相接触良好。倘若有一相接触不良,就可能造成电动机因缺相运行而损坏。

(3) 应按照产品使用说明书中规定的分断负载能力使用。分断严重过载将会引起持续燃弧,甚至造成相间短路,损坏电器。

(4) 没有灭弧罩的刀开关不应分断带电流的负载,而只作隔离开关之用。当分断电路时,应首先拉开带负载的开关,后拉开刀开关(隔离开关),合闸时的程序与分断相反。

7-6 低压熔断器

7-6-1 低压熔断器的用途、分类和特性

低压熔断器广泛应用于低压配电系统和控制系统中,主要作为短路保护使用,同时也是单台电气设备的重要保护元件之一。低压熔断器串联在线路中,当线路发生短路或严重过载时,熔断器中的熔体将自动熔断,从而切断电路,起到保护作用。

常用低压熔断器主要有:有填料封闭管式熔断器、有填料管式快速熔断器、半导体保护用熔断器、螺旋式熔断器、插入式熔断器、无填料封闭管式熔断器等。

低压熔断器主要特性有:安秒特性曲线、熔化系数、分断能力、额定电压和额定电流。

安秒特性曲线又称保护特性曲线。它表示流过熔体的电流与熔体熔断时间的关系。即:熔断时间与电流平方成正比,电流越大熔断时间就越短。

熔化系数。安秒特性曲线上,熔断时间理论上无限大时的最小熔断电流与熔体的额定电流之比,称熔化系数。

分断能力是指在额定电压及一定功率因数下,所能切断的最大短路电流。一般常用极限断开电流值来表示。

额定电压是表示熔断器长期工作所承受的电压。

额定电流是表示熔断器长期工作时,允许通过的电流。

7-6-2 常用低压熔断器的技术数据

常用低压熔断器的技术数据,见表 7-37 至表 7-42。

表 7-37 RT0、RS0 系列熔断器技术数据

分类	型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	熔体额定电流 (A)	极限分断能力		主要参数 $\cos\varphi$
					交流 (A)	直流 (A)	
有填料封闭管式熔断器	RT0-50	220	50	5, 10, 15, 20, 30, 40, 50	5000	25000	0.25
	RT0-100	380	100	30, 40, 50, 60			
	RT0-200		200	120, 150, 200			
	RT0-400		400	200, 250, 300, 350, 400			
	RT0-600		600	450, 500, 600			
有填料管式快速熔断器	RS0-50	250	50	30, 50	50000	0.30	
	RS0-100		100	50, 80			
	RS0-200		200	150			
	RS0-350		350	350			
	RS0-500		500	400, 450			
有填料封闭管式螺栓连接熔断器	RT12-20	415	20	2, 4, 6, 10, 16, 20	8000	0.1-0.2	
	RT12-32		32	20, 25, 32			
	RT12-63		63	32, 40, 50, 63			
	RT12-100		100	63, 80, 100			
	RT15-100	415	100	40, 50, 63, 80, 100	8000	0.1-0.2	
	RT15-200		200	125, 160, 200			
	RT15-315		315	250, 315			
	RT15-400		400	350, 400			
有填料管式快速熔断器	RS5-63	500	63	32, 50, 63	5000	12000	0.1-0.2
	RS5-100		100	80, 100			
	RS5-200		200	160, 200			
	RS5-300		300	250, 300			
螺旋式熔断器	RL6-25	500	25	2, 4, 6, 10, 16, 20, 25	5000	0.1-0.2	
	RL6-63		63	35, 50, 63			
	RL6-100		100	80, 100			
	RL6-200		200	125, 160, 200			
	RL1-15	380	15	2, 4, 6, 10, 15	2500	0.35	
	RL1-60		60	20, 25, 30, 35			
	RL1-100		100	40, 45, 50, 60			
RL1-200		200	100, 125, 150, 200	5000	0.25		

(续表)

分类	型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	熔体额定电流 (A)	极限分断能力		主要参数 $\cos\phi$
					交流 (A)	直流 (A)	
无填料密封管式熔断器	RM10-15	AC220 380	15	6、10、15	1200		
	RM10-60		60	15、20、25、30、35、40、45、50、60	3500		
	RM10-100	DC220 440	100	60、80、100	10000		
	RM10-200		200	100、125、160、200	10000		

表 7-38 RS□(NGT)半导体保护用熔断器技术数据

型号	额定电流 (A)	额定电压 (V)	额定损耗功率 (W)	型号	额定电流 (A)	额定电压 (V)	额定损耗功率 (W)	
NGT00	25	380	8.6	NGT2	200	380	47	
	32		9.9		250		53	
	40		11.3		280		56	
	50		13.2		315		62	
	63	800	15.7		355	660	67	
	80		18.7		400	1000	75	
	100		22.6		—	—	—	
	125		27.0		—	—	—	
NGT1	100	380	34	NGT3	355	380	65	
	125		36		400		72	
	160		40		450		75	
	200	660	46		500	660	83	
	250		1000		55	560	1000	92
						630	105	

表 7-39 RT20 系列有填料封闭管式刀型触头熔断器技术数据

		000	00	1	2	3
熔断体额定电压(V)		AC 500				
底座额定绝缘电压(V)		AC 660				
额定 电流 (A)	熔断体	4、6、10、16、 20、25、32、 40、50、63、 80、100	125 160	80、100、125、 160、200(224)、 250	125、160、200、 (224)、250、 315、(355)、 400	315、(355)、 400、(425)、 500、630
	底座	(与00号通用)	160	250	400	600
额定 分断 能力	I_1 (kA)	120				
	$\cos\varphi$	0.1~0.2				
熔断体额定耗散功率(W)		7.5	12	21	32	45
额定底座接收功率 (W)		—	12	32	45	60
熔断体过电流选择比		1:1.6				

注:括号内电流值为非标准值,用户按需要选用。

表 7-40 RT^{16(NT)}
17(NT0) 系列有填料封闭管式刀型触头熔断器技术数据

型 号	熔 断 体			底 座		额定分断能力 (kA)	
	额定 电流 (A)	额定 电压 (V)	额定损 耗功率 (W)	型 号	额定 电流 (A)		
RT16	NT00C	500	4	0.67	Sist101	160	120/50
			6	0.89			
			10	1.14			
			16	1.65			
			20	1.94			
			25	2.50			
			32	3.32			
			36	3.56			
			40	4.30			
			50	4.5			
			63	4.6			
80	6						

(续表)

型 号	熔 断 体			底 座		额定分断能力 (kA)				
	额定 电流 (A)	额定 电压 (V)	额定损 耗功率 (W)	型 号	额定 电流 (A)					
RT16	NT00C	100	500	7.3	Sist101	160	120/50			
	NT00	4	500,660	0.67						
		6	500,660	0.89						
		10	500,660	1.14						
		16	500,660	1.65						
		20	500,660	1.94						
		25	500,660	2.50						
		32	500,660	3.32						
		36	500,660	3.56						
		40	500,660	4.30						
		50	500,660	4.5						
		63	500,660	4.6						
		80	500,660	6						
		100	500,660	7.3						
		125	500	7.8						
		160	500	9.6						
		NT0	6	500,660				1.03	Sist160	160
			10	500,660				1.42		
			16	500,660				2.45		
20	500,660		2.36							
25	500,660		2.7							
32	500,660		3.74							
35	500,660		4.3							
40	500,660		4.7							

(续表)

型号		熔断体			底座		额定分断能力 (kA)
		额定 电流 (A)	额定 电压 (V)	额定损 耗功率 (W)	型 号	额定 电流 (A)	
RT16	NT0	50	500,660	5.5	Sist160	160	120(5)
		63	500,660	6.9			
		80	500,660	7.6			
		100	500,660	8.9			
		125	500	10.1			
		160	500	15.2			
	NT1	80	500,660	6.2	Sist201	250	
		100	500,660	7.5			
		125	500,660	10.2			
		160	500,660	13			
		200	500,660	15.2			
		224	500	16.8			
	NT2	250	500	18.3	Sist401	400	
		125	500,660	9			
		160	500,660	11.5			
		200	500,660	15			
		224	500,660	16.6			
		250	500,660	18.4			
		300	500,660	21			
		315	500,660	19.2			
		355	500	24.5			
	NT3	400	500	26	Sist601	630	
		315	500,660	21.7			
		355	500,660	22.7			

(续表)

型 号	熔 断 体			底 座		额定分断能力 (kA)	
	额定 电流 (A)	额定 电压 (V)	额定损 耗功率 (W)	型 号	额定 电流 (A)		
RT16	NT3	400	500、660	26.8	Sist601	630	120/50
		425	500、660	28.9			
		500	500	32			
		630	500	40.3			
RT17		800	380	62	Sist1001	1000	100
		1000	380	75			

表 7-41 NT 系列低压 HRC 熔断器的技术数据

型 号	NT00	NT0	NT1	NT2	NT3	NT4
底 座 型 号	Sist101	Sist160	Sist201	Sist401	Sist601	Sist1001
底座额定电流 (A)	160	160	250	400	630	1000
熔断体额定电流 (A)	4 6 10 16 20 25 32 35 40 50 63 80 100 125 160	6 10 16 20 25 32 35 40 50 63 80 100 125 160	80 100 125 160 200 224 250	125 160 200 224 250 300 315 355 400	315 355 400 425 500 630	800 1000
额定电压(V)	500 660 ^①					380
额定分断能力 (kA)	120/500V 50/660V					100
重 量 (kg)	0.35	0.52	1.16	1.85	2.35	5.4

注:NT00、NT0 中的 125A、160A,NT1 中的 224A、250A,NT2 中的 355A、400A 和 NT3 中的 500A、630A 八种规格无 660V。

表 7-42 圆筒形帽熔断器技术数据

额定电压 (V)	额定电流 (A)	熔体额定电流 (A)	额定功率损耗 (W)	极限分断能力(kA) $\cos\varphi = 0.1 \sim 0.2$
交流 380	20	2,4,6,10,16,20	3	50
直流 440	32	2,4,6,10,16,20,25,32	5	
	63	10,16,20,25,32,40,50,63	9.5	

7-6-3 常用熔丝的技术数据

常用熔丝的技术数据,见表 7-43。

表 7-43 常用低压熔丝的技术数据

种 类	直径(mm)	额定电流(A)	近似英规线号
铅 锡 合 金 (铅 \geq 98%, 锡 0.3%~1.5%)	0.15	0.5	38
	0.20	0.75	36
	0.22	0.8	34
	0.25	0.9	33
	0.28	1	32
	0.29	1.05	31
	0.32	1.1	30
	0.35	1.25	29
	0.40	1.5	27
	0.46	1.85	26
	0.52	2	25
	0.54	2.25	24
	0.60	2.5	23
	0.71	3	22
	0.81	3.75	21
	0.98	5	20
	1.02	6	19
	1.25	7.5	18
	1.51	10	17
	1.67	11	16
	1.75	12	15
	1.98	15	14
	2.4	20	13
	2.78	25	12
	2.95	27.5	11
	3.14	30	10
	3.81	40	9
	4.12	45	8
4.44	50	7	
4.91	60	6	
5.24	70	5	

(续表)

种 类	直 径(mm)	额定电流(A)	近似英规线号
铅 锡 合 金 (铅 95%, 锡 5%)	0.508	2	25
	0.559	2.3	24
	0.61	2.6	23
	0.71	3.3	22
	0.813	4.1	21
	0.915	4.8	20
	1.22	7	18
	1.63	11	16
	1.83	13	15
	2.03	15	14
	2.34	18	13
	2.65	22	12
	2.95	26	11
	3.26	30	10
铜 丝	0.23	4.3	34
	0.25	4.9	33
	0.27	5.5	32
	0.32	6.8	30
	0.37	8.6	28
	0.46	11	26
	0.56	15	24
	0.71	21	22
	0.74	22	21
	0.91	31	20
	1.02	37	19
	1.22	49	18
	1.42	63	17
	1.63	8	16
	1.83	96	15
2.03	115	14	

7-6-4 低压熔断器的选用及使用注意事项

低压熔断器的选用,首先应根据实际使用条件确定低压熔断器的类型,包括选定合适的使用类别和分断范围。一般全范围低

压熔断器(g熔断器)兼有过载保护功能,主要用作电缆、母线等线路保护;而部分范围低压熔断器(a熔断器)的作用主要是短路保护。由于低倍过电流不能使这种低压熔断器动作,故在使用这种低压熔断器时应另外配用过载保护元件(如热继电器)。

低压熔断器在运行中应当注意下列事项:

(1) 低压熔断器的额定电压应与线路电压吻合,一般不宜低于线路电压。

(2) 熔体的额定电流不可大于熔管的额定电流。

(3) 熔断器的极限分断能力应当高于被保护线路上的最大短路电流。

(4) 安装时应保证熔体和触刀以及触刀和刀座接触良好,以免因熔体温度升高发生误动作。如果是管式熔断器,还应按照规定垂直地安装。

(5) 安装熔体时必须注意不要使它受机械损伤,特别是较柔软的铅锡合金丝,以免发生误动作。

(6) 当熔体已熔断或者已严重氧化,需更换熔体时,还应注意使新熔体的规格与换下来的一致,以保证动作的可靠性。

(7) 更换熔体或熔管,必须在不带电的情况下进行,即使有些熔断器允许在带电情况下取下,也必须在电路切断后进行。

(8) 熔断器的连接线材料和截面积或连接线的温升,均应符合规定,不得随意改变。熔断器安装处的环境温度也必须符合规定,以免熔断器误动作。

(9) 封闭管式熔断器的熔管,不允许随意用其他绝缘管代替,更不允许随意在其上钻孔。如遇短路动作,则在更换熔体时应注意塑料质熔管的管壁,看有没有烧焦现象。凡是烧焦的管子,都必须换掉,这样才能保证熔断器的极限分断能力。

(10) 如果熔断器上落有尘垢,应当及时清除。对于有指示器的熔断器,还应经常注意检查,若发现熔断器已动作,则应随时更换。

7-7 断路器

7-7-1 断路器的用途、分类和特性

断路器又称自动开关。在低压电路中,作为线路或单台用电设备的控制和过载、短路及失压保护之用。断路器是低压交、直流配电系统中的重要保护电器之一。断路器大多都装有灭弧装置,因此,它可以安全地带负荷拉合闸。

断路器种类很多,其分类方法也不一,大致可按下列分类方法分类:

按结构类型可分为框架式(又称万能式)和塑料外壳式(又称装置式)两种。

按保护特性可分为配电用、电动机保护用、照明用、漏电保护用以及特殊用途等,具体分类见表 7-44。

7-7-2 常用断路器的技术数据

常用断路器技术数据,见表 7-45 至表 7-61。

表 7-44 断路器按保护特性及用途分类

分类名称	电流种类及范围	保 护 特 性		主要用途	
配电用 断路器	交流 200 ~5000A	选择型	三段保护	瞬时,短延时	电源总开关和负 载近端支路开关
			三段保护	瞬时,短延时及长 延时	
		非选择型	限流型	长延时,瞬时	支路近端开关 和支路末端开关
			一般型		
	直流 600 ~6000A	快速型	正 向	保护硅整流设备	
			双 向		
一般型		长延时	保护一般直流设备		
	瞬 动				

(续表)

分类名称	电流种类及范围	保护特性		主要用途
电动机保护用断路器	交流 60~600 A	直接启动	过流脱扣器瞬动倍数 (8~15) I_n	保护鼠笼型电动机
		间接启动	过流脱扣器瞬动倍数 (3~8) I_n	保护鼠笼和绕线型电动机
		限流式	过流脱扣器瞬动倍数 $12I_n$	可装于变压器近线端
照明用断路器	交流 5~50A	过载长延时 短路瞬时 (单极)		照明电路开关信号二次回路
漏电保护断路器	交流 20~200A	30mA, $\frac{1}{10}$ 秒分断		保护人身安全及防止漏电引起火灾
特殊用途的断路器	交流 直流	瞬动		灭磁 闭合

表 7-45 DZX10、DZX100 系列塑料外壳式限流断路器技术数据

型 号		DZX10-100		DZX10-200		DZX10-630	
额定绝缘电压 U_i (V)		AC 380、660					
额定工作电压 U_e (V)		AC 380、660					
壳架等级额定电流 I_{max} (A)		100		200		630	
额定电流 I_n (A)		15、20、25 32、40、50	63、80 100	100 120	140、170 200	200 250	300、400 500、630
额定极限短路 分断能力 I_{cu} (有效值)(kA)	380V	30(200)		40(200)		60(250)	
	660V	15(200)		20(200)		25(250)	
额定运行短路 分断能力 I_{cs} (有效值)(kA)	380V	25		30		45	
	660V	10		15		20	
过流脱扣器瞬时动作整定值 $\times I_n$		10		5~10	3~10	5~10	3~10
分励脱扣器额定电压 (V)		AC 220、380 DC 110、220					
欠电压脱扣器额定电压 (V)		AC 220、380 DC 110、220					
电动操作机构		AC 220、380					
寿 命 (次)	通电流	4000		2500		1500	
	不通电流	4000		5500		3500	
	总数	8000		8000		5000	
	操作循环频率 (次/h)	120				60	

注：()内为飞弧距离 mm。

表 7-46 DZX10、DZX100 系列塑料外壳式限流断路器保护特性

I/I_n	DZX10D		DZX10-100		DZX10-200	DZX10-630
	$I_n \leq 63A$	$I_n \geq 63A$	I/I_n	动作时间		
1.05	1h 内不脱扣 (冷态)	2h 内不脱扣 (冷态)	1.05	2h 内不脱扣		
			1.25	$\leq 2h$ 脱扣 (热态)		
1.35	1h 内脱扣 (热态)	2h 内脱扣 (热态)	2.0	$\leq 8min$ (冷态)	$\leq 10min$ (冷态)	$\leq 14min$ (冷态)
			3.0	可返回时间 $> 5s$ (冷态)	可返回时间 $\geq 8s$	

注: I 为试验电流。

表 7-47 DZ10 系列塑料外壳式断路器技术数据

型 号		DZ10-100			DZ10-250			DZ10-600		
额定工作电压 U_n (V)		AC 380, DC 220								
约定发热电流 I_{th} (A)		100			250			600		
极数		2, 3								
脱扣器额定电流 I_n (A)		15 20	25, 30 40, 50	60, 80 100	100	120	140, 170 200, 250	200, 250, 350 400, 300, 450, 600		
脱扣器电流 整定值 I_r $\times I_n$	复式	10			5-10, 4-10	3-10	3-10			
	电磁式	10(100A: 6-10)			5-10(2-10)		5-10 或 10 (400, 600A: 3-10)			
极限通断 能力(kA)	DC 220V, $T = 10ms$	6	8	12	20		25			
	AC 380V, $\cos \varphi = 0.5$ (峰值)	3.5 (6)	4.7 (8)	7.0 (12)	17.7 (30)		23.5 (40)			
附 件	分励脱扣器 额定电压 (V)	AC: (36), (127), 220, 380 DC: 24, 48, 110, 220								
	欠电压脱扣器 额定电压 (V)	AC: (36), (127), 220, 380 DC: 110, 220								
	电动操作机构	AC 220V, DC 220V								
	行程开关	AC 220V, DC 220V 最多二开、二闭		AC 380V, DC 220V 最多四开、四闭			AC 380V, DC 220V 最多六开、六闭			
寿 命(千次)	电气	5			4			2		
	机械	10			8			7		
操作频率 (次/h)		60			30			30		

表 7-48 TO、TG 系列塑料外壳式断路器技术数据

型 号	TG30		TO-100BA		TO-225BA		TO-400BA		TO-600BA											
	TG 100B		TG 100B		TG-225B		TG-400B		TG-600B											
额定电压 (V)	110, 220, 380, 440																			
频率 (Hz)	50, 60																			
壳架等级额定电流(A)	30		100		225		400		600											
脱扣器额定电流(A)	15, 20, 30		15, 20, 30, 40 50, 60, 75, 100		125, 150, 175 200, 225		250, 300 350, 400		450, 500 600											
分断能力	分断电流(kA)	30	35	18	35	22	40	20	35	25	42	30	35	42	30	42	40	50		
	试验电压(V)	1.1×440	1.1×380	1.1×440	1.1×380	1.1×440	1.1×380	1.1×440	1.1×380	1.1×440	1.1×380	1.1×440	1.1×380	1.1×440	1.1×380	1.1×440	1.1×380	1.1×440		
功率因数(cosφ)	飞弧距离(mm)	0.15~0.20		0.25~0.30		0.25~0.30		0.15~0.20		0.15~0.20		0.15~0.20		0.15~0.20		0.15~0.20		0.15~0.20		
		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	
寿命(次) 440V cosφ=0.8 ±0.1	有载	1500		1500		1000		1000		1000		1000		1000		1000		1000		
	无载	8500		8500		7000		7000		4000		4000		4000		4000		4000		
总计	10000		10000		8000		8000		5000		5000		5000		5000		5000		5000	
操作频率(次/h)	120										60									

(续表)

型号	TG30	TO-100BA		TO-225BA	TO-400BA		TO-600BA
		TG-100B		TG-225B	TG-400B		TG-600B
电压 (V)	1.05×440	1.1×440		1.05×440	1.05×440		1.05×440
		1.05×440					
电流 (A)	6×30	6×100		6×225	6×400		6×600
过载性能	0.5±0.05						
手动分断	9						
自动分断	3						
总计	12						

注:分断能力试验电压为1.1×440V或1.05×440V时,电源频率为60Hz。

表 7-49 H 系列塑料外壳式断路器技术数据

型号	脱扣器额定电流 I_n (A)	分断能力 (kA)				瞬时脱扣器整定值		脱扣特性						
		AC380V 时对称分量有效值				DC250V、P-1 $T=15ms$	高整定值 (A)	低整定值 (A)	≤ 63			> 63		
		P-1	$\cos\varphi$	P-2	$\cos\varphi$				A	B	T(h)	A	B	T(h)
									A	B	T(h)	A	B	T(h)
HFB-150	15、20、25、30	22	0.5	10	20									
	35、40、50、70、90 100、125、150													
HKB-250	70、90、100、125、150	28	0.3	18	20		$10I_n$	$5I_n$						
	175、200、225、250													
HLA-600	250、300、350、400	35	0.25	30	20		$10I_n$	$5I_n$						
	500、600													
HNB-1200	700、800、900、1000	50	0.25	35	20		6000 8000	3000 4000						
	1100、1200													
PB-3000	1000、1200、1400	97	0.2	65	75		5000、6000 7000、8000	1500、2000 2500、3000						
	1600、1800、2000、 2500、3000													

表 7-50 DZ13 系列塑料外壳式断路器技术数据

额定电流(A)	额定电压(V)	极数	额定短路 通断能力 (A)	在周围空气温度 +40℃ 时		电寿命(次)	机械寿命(次)
				试验电流倍数	动作时间(min)		
6、10	120 120/240 240	单极	5	1.5	<60	6000	10000
15、20、25、30、 40、50、60	120/240 240/415	双极	5	1.35	<60	6000	10000
		三极	3				
		三极	3				

表 7-51 DW15、DW15C 系列万能式断路器技术数据

型号	号	DW15-200	DW15-400	DW15-630	DW15-1000	DW15-1600	DW15-2500	DW15-4000
断路器壳架等级额定电流 I_{mm} (A)		200	400	630	1000	1600	2500	4000
极数		3	3	3	3	3	3	3
断路器额定电流 I_n (A)	热-电磁型	100 160	315 400	315 400	630 800	630 800	1600 2000	2500 3000
	电子型	200		630	1000 1600	2500	2500	4000
		100 200	200 400	315 400	630 800	1600 2000	2500 3000	4000
				630	1000 1600	2500	2500	4000

(续表)

型 号		DW15-200	DW15-400	DW15-630	DW15-1000 DW15-1600	DW15-2500	DW15-4000
额定分断能力(有效值)(kA)	瞬时	AC380V	25/52.5	30/63	40/84		
		AC660V	15/30	20/40			
额定接通能力(峰值) (kA)(电源为1:进线)	短延时 ^①	AC1140V	10/20	12/24			
		AC380V	4/6	8/13.6	12.6/25.2	30/63	
		AC660V	4/6	8/13.6	10/20		
断路器机械寿命 ^②		(次)	20000	10000	5000	5000	4000
电寿命(1I _n , 1U _c)		(次)	2000	1000	500	500	500
AC380V 保护电动机寿命 AC-3		(次)	4000	2000			
过载操作性能(6I _n , 1.05U _{c,max})		(次)	25	25	25 (I _n = 630A)		
瞬时全分断时间		(ms)	30	30	40	40	40
操作频率		(次/s)	120	60	30	20	10
飞弧距离 ^③		(mm)		250		350	
操作力臂		(mm)		90		250	
操作力		(N)		200		350	

注:①200~630A 为 0.2s, 1000~4000A 为 0.4s。②1140V 规格的飞弧距离为 350mm。③DW15C 抽屉机械寿命为 200 次。④分子为额定分断电流值, 分母为额定接通电流值。

表 7-52 DW17(ME)系列万能式断路器

原型号	额定电流 (A)	额定分断能力(有效值)		额定接通能力 (峰值、kA)		额定短时 耐受电流 (1s, kA)	全分断 时间 (ms)	机械 寿命 (次)	电寿 命 (次)		
		AC		DC							
		(kA/cosφ)	T = L/R = 15ms	(kA)	(kA)						
ME		380V	660V	220V	440V	AC 380V	AC 660V				
630	630							30			
800	800								20000		
1000	1000								10000		
1250	1250								10000 ^⑤		
1600	1600										
1605	1900										
2000	2000										
2500	2500										
2505	2900										
3200	3200										
3205	3900										
4000	4000										
4005	5000										
		100/0.2	80/0.2	60	40	225	180	100	40	3000	150
		50/0.25		40	30		105	30	30		
		60/0.2					130	60			
		80/0.2					180	70	30	10000	500
								80			

注:①当断路器电源为上进线或下进线及作选择性保护时(延时时间 300ms),接通与分断指标不降低。

②通断能力按 IEC157 规范的 P-2 要求。

③ME250S 断路器的额定分断能力可达 70kA,额定接通能力可达 154kA。

④手动直接操作的断路器不应用于预期电流峰值超过 10kA 的电路中。

⑤具有预储能电动机传动的 ME630—1605 断路器机械寿命为 10000 次。

表 7-53 DZ20 系列断路器技术数据

额定绝缘电压 U_n (V)		500						
额定工作电压 U_e (V)		AC 380(400) DC 220						
壳架等级额定电流 I_{nm} (A)		100 160(C)	200 250(C.S)	400	630	1250		
额定极限短路 分断能力 I_{cu} (kA) IEC157-1(1A,1B) JB/DP4284-87	AC 380V	Y	18	25	30	30	50	
		J	35	42	50	50		
		G	100	100	100			
		S	35	42	50	50		
		C	12	15	20	20		
	DC 220V	Y	10	20	25	25	30	
		J	15	20	25	25		
		G	20	25	30			
	额定运行短路 分断能力 I_{cs} (kA)	AC 380V	Y	14	19	23	23	38
			J	18	25	25	25	
G			75	100	100			
S			18	25	25	25		
DC 220V		Y	10	20	25	25	30	
		J	15	20	25	25		
		G	20	25	30			
脱扣器额定电流 (A)		16, 20, 32, 40, 50, 63, 80, 100	100, 125, 160, 180, 200, 225	200(Y), 250, 315, 350, 400	250, 315, 350, 400, 500, 630	630, 700, 800, 1000, 1250		
断路器额定电流 I_n (A)		16~100	100~200	200~400	500~630	800~1250		

表 7-54 DZX19 型导线保护用限流断路器技术数据

额定绝缘电压 U_i (V)	380			
额定工作电压 U_e (V)	220	380		
额定工作电流 I_e (A)	10	20	32	40 50 63
额定短路通断能力 (kA)	极限	$\cos\varphi: 0.45 \sim 0.55$ 10		
	运行	$\cos\varphi: 0.65 \sim 0.75$ 6		
机械电气寿命 (次)	63A, 220V, $\cos\varphi: 0.85 \sim 0.9$ 10000 (包括电寿命 8000 次)			
额定操作频率 (1/h)	120			
脱扣器开式	热磁式脱扣器			
动作特性	试验电流	脱扣时间极限	试验结果	起始状态
	$1.13I_e$	$t \geq 1h$	不脱扣	冷态
	$1.45I_e$	$t < 1h$	脱扣	热态
	$2.55I_e$	$1s < t < 60s$	脱扣	冷态
		$1s < t < 120s$	脱扣	冷态
	$5I_e$	$t \geq 0.1s$	不脱扣	冷态
	$10I_e$		不脱扣	冷态
	$10I_e$	$t \leq 0.1s$	脱扣	冷态
$50I_e$	脱扣		冷态	
接线方式	进线端插入式		负载螺钉接线式	
主要用途	主要用于保护现代建筑物的照明线路及类似设施, 在单相二线的照明线路中保护线路的过载、短路以及在正常使用工作条件之下作为线路的不频繁操作之用			

表 7-55 DWX15 型万能式限流断路器技术数据

U_e (V)		380			
I_e (A)		200	400	600	
额定通断能力(kA)		50		70	
$\cos\varphi$		0.25		0.25	
一次极限通断能力(kA)		100			
限流系数		<0.6			
寿命 (千次)	I_e (A)	200	400	600	
	机械寿命	20	10		
	电动机用	10	5		
	配 电 用	5	2.5		
保护特性	I/I_e	1.0	1.2	1.5	6.0
	t	不动作 (冷态)	<20min	<2min	$t_e > 5s$ (冷态)
脱扣器形式	热 式				

表 7-56 DS12 型直流快速断路器技术数据

型 号	DS12-30/8	DS12-60/8
U_e (V)	800	
I_e (A)	1000	3000 6000
最高工作电压 (V)	900	
整定电流范围 (A)	2400~6000 最大 9000	4800~12000
动作电流方向性	双 方 向	
接通与分断能力(kA)	$50(\frac{di}{dt} = 3 \times 10^6 A/s)$	$t = 0$
机械固有动作时间(ms)	3~5	
电动力脱扣动作时间(ms)	2~3	
机械寿命(次)	5000	
闭合电磁铁瞬时功率(VA)	220V×10A	220V×20A

(续表)

型 号	DS12-30/8	DS12-60/8
闭合操作时间(ms)	~110	
分励操作动作时间(ms)	~30	

注:以电磁式冲击衔铁脱扣器为过流保护的基本形式,需要时可装置电子式感应电动斥力脱扣器来提高开关的动作速度和限流性能。

表 7-57 TS 系列断路器技术数据

型 号		TS-100	TS-250	TS-400
壳架等级额定电流(A)		100	250	400
脱扣器电流等级(A)		15 25 50 75 100	125 150 175 225 250	300 350 400
额定绝缘电压(V)		500	500	500
极 数		3	3	3
接线方式(板前,板后, 插入)		三 种	无 板 后	无 板 后
保护特性	$1.5I_e$	>20min	>20min	>20min
	$2.25I_e$	<1h	<1h	<1h
	$6I_e$	20~32s	20~32s	20~32s
	瞬 动	可按用户要求在 $5\sim 15I_e$ 间整定,无要求时按 $10I_e$		
过 载 性 能 $1.1U_e$ $6I_e$ $\cos\varphi=0.45$		50	25	25
寿命指标 $U_e I_e$ $\cos\varphi=0.75$	有 载	6000	6000	4000
	无 载	4000	4000	1000
脱 扣 器 型 式		热(电磁)	热(电磁)	热(电磁)

表 7-58 TL、TH 系列断路器技术参数

型 号		TL-100C	TL-225B	TH-5SB	TH-51B3
壳架等级额定电流(A)		100	225	50	50
脱扣器电流等级(A)		15 20 30 40 50 60 75 100	125 150 175 200 225	10 15 20 30 40 50	10 15 20 30 40 50
额定绝缘电压(V)AC/DC		660/250	660/250	125/250/125	250/125
极 数		3	3	1,2	2
通断能力 (对称分量有效值) (IEC P-2 kA)	660V	50	50	—	(220V/ 240V)5
	500V	85	85	—	(120V/ 240V)5
	440V	120	120	—	(120V)5
	380V	180	180	—	—
	220V	180	180	—	—
接 线 方 式		三 种	三 种	板 前	插 入
保护特性	I_c	不动作	不动作	不动作	不动作
	$1.25I_c$	<120min	<120min	<60min	<60min
	$2I_c$	<6min	<8min	<4min	<4min
	瞬动	$10I_c \pm 10\%$	$11I_c \pm 10\%$		
寿 命 指 标 有载 $U_c \cos\varphi = 0.75$ 无载		6000 4000	4000 4000	6000 4000	6000 4000
过 载 性 能 $1.1U_c, 6I_c, \cos\varphi = 0.45$		50次	25次	50次	50次
脱扣器型式		热,电磁	热,电磁	热,电磁	热,电磁

表 7-59 DZ12L-60 漏电断路器技术数据

型号	极数	额定频率 (Hz)	额定电压		辅助电源 额定电压 U_m (V)	壳架等级 额定电流 I_{nm} (A)	额定电流 I_n (A)	额定漏电 动作电流 $I_{\Delta n}$ (A)	额定漏电 不动作 电流 $I_{\Delta no}$ (A)	额定短路接 通分断能力 240V $\cos\varphi=0.8$ I_m (A)	额定漏电 接通分断 能力 $I_{\Delta m}$ (A)
			U_n (V)	(240)							
DZ12L-60/1	1	50	220	220	220 (240)	60	6, 10	0.02	0.5 $I_{\Delta n}$	1000	1000
			(240)	(240)						3000	3000
DZ12L-60/2	2	50	220	220	220 (240)	60	15, 20 30, 40	0.02	0.5 $I_{\Delta n}$	4500	3000
			(240)	(240)						3000	3000
DZ12L-60/3	3	50	380	380	380 (415)	60	15, 20 30, 40 50, 60	0.02	0.5 $I_{\Delta n}$	3000	3000
			(415)	(415)						3000	3000

表 7-60 DZ12L-60G 漏电断路器技术数据

型号	极数	额定电压 (V)	壳架等级 额定电流 (A)	脱扣器 额定电流 (A)	额定漏电流 (mA)	额定漏电流 不动作电 流(mA)	额定漏电 分断时间 (s)	过电压动作值 (V)
DZ12L-60G/1N	1	220	60	6, 10	15, 30	7.5, 15	≤ 0.1	280 \pm 5%
DZ12L-60G/2	2	220	60	15, 20 30, 40	30, 50 75, 100	40, 50	≤ 0.1	480 \pm 5%
DZ12L-60G/2N	2	220/380	60	15, 20 30, 40	30, 50 75, 100	40, 50	≤ 0.1	480 \pm 5%
DZ12L-60G/3N	3	220/380	60	15, 20 30, 40	30, 50 75, 100	40, 50	≤ 0.1	480 \pm 5%
DZ12L-60G/3	3	380	60	15, 20 30, 40	30, 50 75, 100	40, 50	≤ 0.1	480 \pm 5%

表 7-61 DZL25 系列漏电断路器技术数据

型号	DZL25-32		DZL25-63		DZL25-100		DZL25-200	
$I_{\Delta n}$ (A)	32		63		100		200	
极数	3	4	3	4	3	4	3	4
I_n (A)	10、16、20、25、32		25、32、40、50、63		40、50、63、80、100		100、125、160、180、200	
U_n (V)	380		380		380		380	
$I_{\Delta n}$ (mA)	15	30	50	30	50	100	100	200
$I_{\Delta n}$ (mA)	8	15	25	15	25	50	50	100
过电流脱扣器型式	液压电磁式		液压电磁式		液压电磁式		热双金属-电磁式	
漏电脱扣器型式	电子式		电子式		电子式		电子式	
I_{ca} (kA) AC 380V	3		5		6		15	
I_{cs} (kA) AC 380V	2		3		5		10	
$I_{\Delta m}$ (kA) AC 380V	1		1.5		2		3	
过电流时不动作电流极限值(A)	$6I_n$		$6I_n$		$6I_n$		$6I_n$	
寿命 (次)	8000		8000		8000		8000	
漏电分断时间类型	快速型		快速型		快速型和延时型		快速型和延时型	
可连接的最大铜导线截面积 (mm ²)	10		25		35		95	
重量 (kg)	0.7	0.85	1.05	1.25	1.5	1.85	2.7	3.2

注: DZL25-63 的中性极能开闭, 其他规格中性极不能开闭。

7-7-3 断路器的选用及使用注意事项

断路器的选用,首先应根据具体使用条件,选择其类别,尔后进行具体参数的确定。如可按额定工作电压、额定工作电流、脱扣器整定电流和分励、欠压脱扣器的电压、电流等项分别进行。

一般断路器的选用原则大致有如下几点:

- (1) 断路器的额定电压应大于或等于被控电路的额定电压;
- (2) 断路器的额定电流应大于或等于被控电路的计算负载电流;
- (3) 脱扣器的额定电流应大于或等于电路计算电流;
- (4) 极限分断能力应大于或等于被控电路中最大短路电流;
- (5) 电路末端单相对地短路电流与断路器瞬时(或短延时)脱扣器整定电流之比应大于或等于 1.25;
- (6) 欠压脱扣器额定电压应等于电路额定电压。

断路器在使用中应注意以下几点:

(1) 断路器应按规定垂直安装,其上、下导线端接点必须使用规定截面的导线或母线连接。如果是用铝排搭接,则搭接端面最好用超声波搪锡或用铜丝刷刮擦后上一层锡,以保证端面接触良好。

(2) 工作时不可将灭弧罩取下不用。灭弧罩若有损坏,应更换新的,以免发生短路时不能切断电弧,酿成事故。

(3) 过电流脱扣器的整定值一经调好就不允许随意更动,而且使用日久后要检查其弹簧是否生锈卡住,以免影响其动作。

(4) 触头的长期工作电流不得大于开关的额定电流,以免触头温升过高。

(5) 在断路器分断短路电流以后,应在切除上一级电源的情况下,及时地检查其触头。若发现有弧烟痕迹,可用干布抹净;若发现弧触头已烧毛,可用砂纸或细锉小心修整,但主触头一般不允许用锉刀修整。

(6) 使用前应将脱扣器电磁铁工作面的防锈油脂抹去,以免

影响电磁机构的动作值。

(7) 每使用一定次数(一般为 1/4 机械寿命)后,应给操作机构添加润滑油。

(8) 应定期清除掉落在断路器上的尘垢,以免影响操作和影响绝缘。

(9) 应定期检查各种脱扣器的动作值,有延时者还要检查其延时。

7-7-4 断路器常见故障及处理方法

断路器常见故障及其处理方法,见表 7-62。

表 7-62 断路器的常见故障及其处理方法

故障现象	产生原因	处理方法
手动操作断路器不能合闸	<ol style="list-style-type: none"> 1. 失压脱扣器无电压或线圈电压不符 2. 失压脱扣器线圈损坏 3. 贮能弹簧变形,以致闭合力不足 4. 释放弹簧的反作用力太大 5. 机构不能复位再扣 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 查明原因,作适当处理 2. 能修则修,不能修则更换新的线圈 3. 更换新的弹簧 4. 适当调整,若不能调整,则更换新的弹簧 5. 调整脱扣面至规定值
断路器启动电动机时自动分闸	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电磁式过电流脱扣器瞬动整定电流太小 2. 空气式脱扣器的阀门失灵或橡皮膜破裂 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整电磁式脱扣器的瞬时脱扣整定弹簧 2. 检查空气式脱扣器,查明原因后作适当处理
断路器在工作一段时间后自动分闸	<ol style="list-style-type: none"> 1. 过电流脱扣器长延时整定值不符合要求 2. 热元件或半导体延时电路元件老化 3. 半导体脱扣器误动作 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 重新调整 2. 更换新元件 3. 查明误触发的原因后作适当处理
失压脱扣器有噪声或振动	<ol style="list-style-type: none"> 1. 线圈电压不符 2. 铁心工作面有污垢 3. 短路环断裂 4. 反力弹簧的反作用力太大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换线圈 2. 清除污垢 3. 更换衔铁或铁心 4. 重新调整或更换弹簧
触头温升过高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 接触表面过分损坏或触头磨损过度 2. 接触压力太小 3. 两导电零件连接处的螺丝松动 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 修整接触表面,或更换触头甚至更换整台开关 2. 调整或更换触头弹簧 3. 将螺丝拧紧

(续表)

故障现象	产生原因	处理方法
分励脱扣器失灵, 开关不能分闸	1. 线圈电压不符或损坏 2. 电源电压太低 3. 脱扣面太大 4. 螺丝松动	1. 更换线圈 2. 更换电源或升高电压 3. 调整脱扣面 4. 将螺丝拧紧
失压脱扣器失灵, 开关不能分闸	1. 反力弹簧的反作用力太小 2. 如属储能释放, 则是储能弹簧力太小 3. 机构卡死	1. 调整或更换 2. 调整或更换 3. 查明原因后作适当处理
辅助触头不能闭合	1. 动触桥卡死或脱落 2. 传动杆断裂或滚轮脱落	1. 查明原因后进行调整或重装 2. 更换已损坏零件或整个辅助触头部件

7-8 控制继电器

7-8-1 控制继电器的用途、分类和特性

控制继电器是一种当输入量变化到某一定值时, 其触头即接通或分断交、直流小容量控制回路的自动电器, 它广泛应用于电力拖动、程序控制、自动调节与自动检测系统中。

控制继电器是继电器中的一种, 还有保护继电器和通讯继电器。

控制继电器种类也很多, 其特性各异, 分类方法也多种多样, 如按动作原理可分为电压继电器、电流继电器、中间继电器、热继电器、温度继电器等等。具体分类及其用途, 见表 7-63。

表 7-63 控制继电器的分类及其用途

类型	动作特点	主要用途
电流继电器	当与电源回路串联的励磁线圈中通过的电流达到规定值时动作	电动机的过载及短路保护, 直流电机磁场控制及失磁保护
电压继电器	当与电源回路并联的励磁线圈电压达到规定值时动作	电动机失(欠)压保护和制动以及反转控制等, 有时也作过压保护

(续表)

类 型	动 作 特 点	主 要 用 途
中间继电器	实质上是电压继电器,但触头数量较多,容量较大	通过它中间转换,增加控制回路数或放大控制讯号
时间继电器	得到动作讯号后,其触头动作有一定延时	用于交、直流电动机以延时起动或制动的控制以及某些程序控制
热继电器	由过电流通过热元件热弯曲推动机构动作	用于交流电动机的过载、断相运转及电流不平衡的保护
温度继电器	当温度达到规定值时动作	主要用于电动机的过热保护或温度控制装置
舌簧继电器	当舌簧片被磁化到规定值时动作	用于生产过程的自动控制和自动检测
脉冲继电器	当励磁线圈通过规定大小和方向的电流脉冲时即动作	主要用于要求功耗特别小的自动控制及检测通讯系统中
极化继电器	当励磁线圈中通过的电流值和方向符合规定时动作	用于自动控制与调节系统中,作高灵敏的继电控制、放大和交流控制

控制继电器的特性简要介绍如下:

(1) 工作电压(电流)、动作电压(电流)和释放电压(电流),均视不同继电器的功能和特性而异。

(2) 吸合时间和释放时间。吸合时间又分为快动作、正常动作和延时动作。

(3) 整定参数,多数控制继电器,凡是有动作值要求的,一般都能调整。

(4) 灵敏度。

(5) 返回系数。返回电压(电流)与动作电压(电流)之比称为返回系数。一般返回系数规定大于0.65。

(6) 触头的分断能力。它是正确的选用继电器的主要依据。

(7) 额定工作制。继电器是在长期、间断长期、反复短时工作还是短时工作。

7-8-2 常用控制继电器的技术数据

常用控制继电器的技术数据,见表 7-64 至表 7-78。

表 7-64 几种常用时间继电器的技术数据

产品型号	触头参数				吸引线圈		动作值或整定值	结构特点 及 主要用途
	数量	组合 方式	额定 电流 (A)	通断能力	参 数	消耗 功率 (W)		
JS7-A 气囊式时 间继电器	2	1 常 合 1 常 分	5	交流 380V 接通 3A 分断 0.3A	线圈电 压交流 24、36、 110、220、 380V	8	<ol style="list-style-type: none"> 1. 延时范围: 0.4~60s 0.4~180s 2. 连续动作重 复误差 \leq 15% 3. 延时稳定性 误差 \leq20% 4. 吸引线圈动 作电压范围 85%~105% U_n 	磁系统 为直动式 双 E 形, 通过杠杆 驱动,依靠 进入气室 的空气速 度得到快 慢延时,触 头为桥式 双断点
JS11 电动机式 时间继电 器	5	接通 延时 3分 2合	5	交流 380V 接通 3A 分断 0.3A	交流 110、220、 380V	4	<ol style="list-style-type: none"> 1. 延时范围: 0~8s, 0~40s,0~4min, 0~20min,0~2h 0~12h,0~72h 2. 整定误差及 重复误差不 大于 \pm1% 3. 返回时间小 于 0.2s 	利用同 步电动机、 减速齿轮、 差动齿轮、 离合电磁 铁等组成 延时装置
	5	断电 延时 3分 2合						
	2	不延 时 1 分 1 合						

表 7-65 JS27 系列时间继电器技术数据

型号	工作方式	有无带中间继电器	输出触头		额定控制电压电源	延时范围	延时时间调节方式	重复延时误差
			数量	容量				
JS27-□	吸合延时	无	1 晶闸管开关	380V 1A	AC: 380V 及以下	“1”:0.3~1.5s “2”:1.0~5.0s “3”:2.0~10.0s “4”:5.0~30.0s “5”:15.0~60.0s	≤±5%	
JS27-□/1	吸合延时	有	3 常开、4 常闭	380V 6A				
JS27-□D	释放延时	无	1 晶闸管开关	380V 1A				
JS27-□D/1	释放延时	有	4 常开、4 常闭	380V 6A				
JS27A-□	吸合延时	无	1 晶闸管开关	380V 1A				DC: 220V 及以下
JS27A-□/1	吸合延时	有	3 常开、4 常闭	380V 6A				
JS27A-□D	释放延时	无	1 晶闸管开关	380V 1A				
JS27A-□D/1	释放延时	有	4 常开、4 常闭	380V 6A				

表 7-66 JSS□系列时间继电器技术数据

型号	额定电源电压 U_s (V)	延时调整方式	重复延时误差(%)	触点容量	寿命(万次)		额定功耗 (W)	动作频率 (次/h)
					机械	电气		
JSS1	AC 24、36、48、 110、127、220 DC 24	指轮开关和 倍率开关	通电延时型： ±1个脉冲 往复循环延时及 断电延时型： ±1%	AC 220V:5A ($\cos\phi=1$) DC 110V:5A	1000	20	<5	1200
JSS1P	AC 36、48、 110、220、380 DC 24 (JSS1P2)	指轮开关和 倍率开关	±1个脉冲	AC 220V:5A ($\cos\phi=1$) DC 110V:5A	100	20	<5	1200
JSS4	AC380	倍率开关和 指轮开关	0.02s	AC220V:0.5、2A				
JSS8	AC 24、(36)、48、 110、127、220、380 DC 12、24、48、 110、(220)		±1% 整定值<1s时, <0.05s	AC 220V:3A DC 30V:5A		20		

(续表)

型号	额定电源电压 U_e (V)	延时调整方式	重复延时误差(%)	触点容量	寿命(万次)		额定功耗 (W)	动作频率 (次/h)
					机械	电气		
JSS9	AC 24、36、48、 127、220 DC 24	指轮开关	AC < 0.1s DC ≤ 1 s时, 误差 < 50ms; > 1s时 < 1%	AC 220V; 3A DC 110V; 3A		12		1200
JSS10	AC 24、36、110、 127、220、380 DC 24、48、110		< 1% \pm 10ms	AC 220V; 1A DC 24V; 1A	100	50		
JSS11	AC 12、24、36、 110、220 DC 12、24、48	指轮开关		0.5A	60		≤ 2	
JSS17	AC 12、24、36、 42、110、127、220 DC 12、24	指轮开关	$\leq 0.5\%$	AC 220V; 3A	25	50	≤ 2	

注:电源电压波动(85% ~ 110%) U_e 。

表 7-67 JSZ3 系列电子式时间继电器技术数据

型 号	JSZ3-A	JSZ3-C	JSZ3-F	JSZ3-K	JSZ3-Y	JSZ3-R
触点数量	延时 2 转换 延时 1 转换 瞬动 1 转换		延时 1 转换	延时 1 转换	延时 1 转换 瞬动 1 常开	延时 1 转换
约定发热电流 (A)	3		3	3	3	2
额定电源电压 U_e (V)	AC 110/220, 50Hz DC 24, 48, 110			AC 110/220 50Hz DC 24	AC 110/220 50Hz	AC 110/220 50Hz DC 24, 48, 110
延时范围	0.05~3min 4 挡 0.1~6min 4 挡 0.5~30min 4 挡 1~60min 4 挡 5~6h 4 挡 0.25~12h 4 挡 0.5~24h 4 挡		0.1~1、 0.2~2、 0.5~5、 1~10、 2.5~30、 5~60(s)	0.1~0.5、 0.25~2、 0.5~5、 1~10、 2.5~30、 5~60(s)	1~10、 2.5~30、 5~60(s)	0.5~ 6/60s、 1~ 10s/10min、 2.5~ 30s/30min
重复精度 (%)	<0.5 ± 10ms		<1		<0.5 ± 10ms	<1
设定误差 (%)	<5 ± 10ms			<5	< ± 10ms	<10
操作频率 (次/h)	1800		1200	1800	—	—
释放时间 (ms)	60(典型)、 100(最大)		—	信号:<100 电源:<500	200	<500
电源波动范围	85%~110% 额定电源电压					

表 7-68 H 系列微型大功率继电器技术数据

型 号	H548	H550	H560 紧凑型	H548 双稳态型	H550 双稳态型
触头参数					
触头对数	2 常开 + 2 常闭	1 常开 + 1 常闭	1 常开 + 1 常闭	2 常开 + 2 常闭	1 常开 + 1 常闭
触点材料	AgCdO	AgCdO	AgCdO	AgCdO	AgCdO
额定工作电压 (V)	250AC/220DC	380AC/220DC	380AC/220DC	250AC/220DC	380AC/220DC
额定工作电流 (A)	6	16	10	6	16
最大负载 (VA)	1500	4000	2500	1500	4000
接触电阻 (mΩ)	<100	<50	<50	<100	<50
线圈参数					
标准电压 DC(V)	5~110	5~110	5~110	5~110	5~110
吸合功率 (mW)	230	250	250		
最高温度 (°C)	110	110(125)	110(125)	110	110(125)
用 途	在控制系统中及家用电器上,用以控制温度、时间、压力等等,是一种典型的弱电强电转换的多用途输出继电器				

表 7-69 JT3 系列直流电磁继电器技术数据

继电器类型	型号	动作值可调范围	延时可调范围 (s)		标准误差级别	触头对数	吸引线圈		机械寿命 (次)	电寿命 (次)	
			断电	短路			额定电压或额定电流	消耗功率 (W)			
电压	JT3-□□/	吸合电压在 30%~50% 线圈额定电压范围内或释 放电压在 7%~70%线圈额 定电压范围内			δZ3 (±10%)	1 常开 2 常闭 2 常开 2 常闭 最多为 4 对触头, 可以在任 意组合	直流 12、 24、48、75、 110、220、 440V 共七 种规格供 选用; 直流 1.5、2.5、 5、10、25、 50、100、 150、300、 600A 共十 种规格供 选用	约 20	10×10 ⁶	10×10 ⁴	
	JT3-□□							约 16			
电流	JT3-□□L	吸合电流在 30%~65% 线圈额定电流范围内或释 放电流在 10%~20%线圈 额定电流范围内			δZ3-1 (±10%)				10×10 ⁶	10×10 ⁴	
	JT3-□□/1										0.3~0.9
	JT3-□□/3										0.3~1.5
时间	JT3-□□/5	释放电压在 7%~20%吸 引线圈额定电压范围内(此 时保持线圈不通电)			δZ3 (±10%)				10×10 ⁶	10×10 ⁴	
	JT3-□□/5										1~3.5 2.5~5 3~5.5
双线圈	JT3-□□S	释放线圈上所加释放电 压越高,延时越短;当释放 电压为 6V 时,延时大于 8s			δZ3 (±10%)				10×10 ⁶	10×10 ⁴	
	JT3-□□S/ 8										

注:表中所列动作值可调范围和延时可调范围均为 20±5℃环境中、冷态下触头数量在两对以下时的数据。当触头数量多于两对时,电压继电器吸合电压可调范围为 35%~50%,电流继电器吸合电流可调范围为 35%~65%,时间继电器延时范围的上限值较表中数据降低 30%。

表 7-70 JT4 系列交流电磁式继电器技术数据

继电器类型	可调参数调整范围	标称误差	返回系数	触头数量	吸引线圈		复位方式	机械寿命 (次)	电寿命 (次)
					额定电压 (或电流)	消耗功率			
JT4-□□A 过电压 继电器	吸合电压为 105% ~120% U_e	±3 (±10%)	约 0.1~0.3	1 常开 1 常闭	110、220、 380(V)	75 (VA)	自 动	15000	15000
JT4-□□P 零电压 继电器	吸合电压为 60% ~85% U_e 或 释放电压为 10% ~35% U_e		约 0.2~0.4	1 常开 1 常闭 或 2 常 开或 2 常闭	110、127、 220、380 (V)	5 (W)			
JT4-□□L 过电流 继电器	吸合电流为 110% ~350% I_e		约 0.1~0.3		5、10、15、 20、40、80 150、300、 600(A)				
JT4-□□S 手动过电流 继电器							手 动	15000	15000

注:1. U_e ——吸引线圈额定电压, I_e ——吸引线圈额定电流。

2. 可调范围、标称误差和返回系数均指 20±5℃ 冷态条件。

表 7-71 JR16 型热继电器技术数据

产品型号	热元件电流 调整范围 (A)	极 数	电流调 节比	温 度 补 偿	复 位 方 式	触头参数			动 作 机 构 型 式	主 要 性 能	用 途	
						电 压 (V)	电 流 (A)	数 量				
JR16-20/3 JR16-20/ 3D	0.25~0.35 0.32~0.5 0.45~0.72 0.68~1.1 1~1.6 1.5~2.4 2.2~3.5 3.2~5 4.5~7.2 6.8~11 10~16 14~22	3	约 66% ~100%	有	自 动 或 手 动	~380	5	1 常 合 1 常 分	弓 簧 片 式 瞬 动 机 构	可 返 回 时 间 ≥ 8s	供 一 般 三 相 交 流 异 步 电 机 过 载 及 断 相 (JR16- □/3D) 保 护 之 用	
JR16-60/3 JR16-60/ 3D	14~22 20~32 28~45 40~63											3
JR16-150/3 JR16-150/ 3D	40~63 53~85 75~120 100~160											

表 7-72 7PR 系列时间继电器的性能及技术数据

型 号		7PR1040	7PR4040	7PR4140
额定绝缘电压 (V)		250		
额定发热电流 (A)		5		
额定工作电流 (A)	交流 220V	2	3	3
	直流 220V	0.1	0.1	0.1
控制电源电压 (V)		110 127 220	110~120 120~127 220	
操作频率(1/h)		2500		
延 时 范 围		2~60s 0.5~20s	0.15~6s 1.5~60s 0.15~6min 1.5~60min 0.15~6h 1.5~60h	0.15s~60h

(续表)

型 号	7PR1040	7PR4040	7PR4140
整 定 误 差	±2%	±1%	
重 复 误 差	±0.6%	s±1%, min±0.4%, h±0.2%	
重 量	0.3kg	0.4kg	
机 械 寿 命	≥5×10 ⁶ 次	≥15×10 ⁶ 次	
电 寿 命	≥0.3×10 ⁶ 次		

表 7-73 3TH8 系列接触器式继电器的性能及技术数据

型 号		3TH80	3TH82	3TH83
额定绝缘电压 (V)		660		
机械寿命(万次)		3000		
额定发热电流 (A)		16		
允许周围空气温度 (℃)		-25~+55		
额定工作电流 ^① (A)	交流-11	10/220V 6/380V 4/500V 2/660V		
	直流-1	10(10)/24V 2.1(10)/110V 0.8(10)/220V 0.6(1.3)/440V 0.6(1.0)/600V		
	直流-11	10(10)/24V 0.9(10)/110V 0.45(2)/220V 0.25(0.9)/440V 0.2(0.8)/600V		
控制电动机功率 交流-2 交流-3 (kW)		2.2/220V 4/380V 4/500V 4/660V		
操作频率 (1/h)	交流-11/直流-11		3300	
	交流-2/直流-2		1000	
额定控制 电压下的 动作时间 (ms)	交流 操作	闭合	常开	10~15
			常闭	7~20
	分开	常开	5~18	
		常闭	7~20	
直流 操作	闭合	常开	30~70	
		常闭	13~16	
	分开	常开	12~14	
		常闭	25~65	

注：括弧中的数据系三个触头串联使用时的数据。

表 7-74 JZ14 系列中间继电器的性能及技术数据

型 号	额定电压 (V)	触头 额定 电流 (A)	吸引线圈额定电压 (V)	触头数量		操作频率 (1/h)
				常开	常闭	
JZ14-□□ $\frac{J}{Z}$	交流 50 或 60Hz, 380V 及以下; 直 流 220V 及 以下	5	交 流 110、127、 220、380; 直 流 24、48、110、 220	6	2	不大于 2000
JZ14-□□ $\frac{J}{Z}/1$				4	4	
JZ14-□□ $\frac{J}{Z}/2$				2	6	
JZ14-□□ $\frac{J}{Z}/3$						
JZ14-□□ $\frac{J}{Z}/4$						

表 7-75 JL17 系列交流起动用电流继电器的性能及技术数据

额定工作电压 U_e	(V)	线圈额定工作电压直流 220、380
额定工作电流 I_e	(A)	线圈额定工作电流 5A
触 头 参 数		额定发热电流 6A 额定工作电压: 直流 220V、交流 380V 额定工作电流: 1A(交流 220、380V), 0.25A (直流 220V)
触头接通与分断能力		接 通 分 断
		交流-11 $1.1I_e$ 、1.1 U_e 、 $\cos\varphi = 0.7$ 11 I_e 、1.1 U_e 、 $\cos\varphi = 0.7$
		直流-11 1.1 I_e 、1.1 U_e $T_{0.95} = 300ms$ 1.1 I_e 、1.1 U_e $T_{0.95} = 300ms$
额定操作频率	(1/h)	1200(d.f=40%)
机械寿命	(万次)	600
整定电流调整范围	(A)	2~5
整定值误差	(%)	$\leq \pm 15\%$
额定绝缘电压	(V)	380

表 7-76 JD1 型漏电继电器技术数据

U_e (V)		AC:220,380			
I_e (A)		100		200	
贯穿孔直径(mm)		30		40	
额定漏电动作电流(mA)		100	200	200	500
触头数量		—常开		—常闭	
触头参数	额定电压(V)	AC:220,380 DC:220			
	额定控制容量	AC:300 DC:60			
	额定发热电流(A)	AC,DC:5			
电 寿 命 (次)		6000			
机 械 寿 命 (次)		6000			
结 构 特 点		为电流动作型、纯电磁式快速动作漏电保护电器,由零序互感器、漏电脱扣器、辅助触器触头及操作机构组成,全部零件均安装在塑料外壳中,有组装式及分装式两种			
主 要 用 途		<ol style="list-style-type: none"> 1. 切断主回路的漏电保护方式,可和带分励脱扣器或失压脱扣器的断路器、交流接触器、磁力起动器等组合使用 2. 不切断主电路的漏电报警方式,可和声、光指示器组合使用 3. 当信号检测部分与信号执行部分需分别安装时,可选用分装式漏电继电器 			

表 7-77 JD3 系列漏电继电器技术数据

型号	零序电流互感器			转换触头 额定容量 (VA)	额定漏电动作电流 $I_{\Delta n}$ (mA)	额定漏电动作电流 $I_{\Delta nrc}$ (mA)	漏电动作时间 (s)				
	额定电压 (V)	额定电流 (A)	贯穿孔直径 (mm)				快速型		延时型		
							$I_{\Delta n}$	$5I_{\Delta n}$	额定延时时间	$I_{\Delta n}$ 延时时间	$5I_{\Delta n}$ 延时时间
JD3-40	380	200	$\phi 40$	220×3	50、100、 200、300 500 分级 可调	$0.5I_{\Delta n}$	\leq	\leq	0.4	<0.6	0.2~0.44
JD3-70		400	$\phi 70$				\leq	\leq	1	<1.2	0.5~1.04
JD3-100		800	$\phi 100$				0.2	0.04	2	<2.2	1~2.04
用途	适用于交流 50Hz 额定电压为 380V, 额定电流至 800A 的电路中, 对穿过零序电流互感器的主电路产生漏电流时能发出动作信号, 带动其他控制电器切断电路或报警。										

表 7-78 JG_C^X系列固体继电器技术数据

型号	JGX-1F	JGX-1FA	JGX-50FA	JGX-2F	JGX-2FA	JGX-16F	JGX-16FA
额定输出电压 (V)	DC220	DC220	DC40	AC400	DC200	AC400	DC50
额定输出电流 (mA)	1	1	3	2	2	4	4
过负载 (A)	2.5	1.5	3.5	2.5	1.5	10	1.5
输出电压降 (V)	1.5	1.5	0.24	1.5	1.5	1.5	1.5
输出漏电流 (mA)	5	1	0.01	5	5	5	2
零点交越 (V)	±10			±10			±15
输入电压 DC(V)	3.2~14	3~14	4~7	3.2~14	3~14	3.2~32	3.2~14
输入电流 (mA)	6	6	8	16	5	18(30)	18
接通电压 (V)	3.6	3.6	3.2	3.2	3	3.2	3
关断电压 (V)	1.5	1.5	0.8	1.8	0.8	1	0.8
反极性 (V)	7	7	15	32	32	35	35
接通时间 (ms)	0.2	0.06	0.1	10	0.1	10	0.3
关断时间 (ms)	10	3	1	10	1	10	5

(续表)

型号	JGF-52FA	JGC-3F	JGC-3FA	JGC-4F	JGC-4FA	JGX-7F	JGX-7FA
额定输出电压 (V)	AC40	AC380	DC80	AC400	DC150	AC400	DC60
额定输出电流 (mA)	10	1	1	2	2	3	3
过负载 (A)	3.5	2.0	2.0	10	40	2.5	1.5
输出电压降 (V)	0.3	1.5	1.5	1.5	0.7	1.6	1.6
输出漏电流 (mA)	1	5	2	5	1	5	1
零点交越 (V)		±10		±10		±10	
输入电压 DC(V)	4~7	3~7	3~7	3~14	3~10	2.5~8	2.5~8
输入电流 (mA)	6	6	9	15	5	16	5
接通电压 (V)	4	3	3	3	3	3.2	3
关断电压 (V)	1	1.5	1	1	0.8	1.8	0.8
反极性 (V)	7		6	7	7	32	32
接通时间 (ms)	0.06	0.1	0.05	10	0.1	10	0.1
关断时间 (ms)	5	1	0.5	10	1	10	1

7-8-3 控制继电器常见故障及其处理方法

控制继电器常见故障及其处理,见表 7-79。

表 7-79 热继电器常见故障及其处理方法

故障现象	产生原因	处理方法
热继电器接入后主电路不通	<ol style="list-style-type: none"> 1. 热元件烧断 2. 进出线脱头 3. 接线螺钉未拧紧 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换热元件 2. 重新焊好 3. 拧紧接线螺钉
热继电器控制电路不通	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在可调式热继电器中,由于调整旋钮或调整螺钉转到不合适位置上,以致触头被顶开 2. 触头烧坏或动触头杆的弹性消失,致使动、静触头不能接触 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 重新调整到合适的位置上 2. 修理触头或动触头杆,必要时更换新的
热继电器动作不稳定,在同一过载电流下,动作时快时慢	<ol style="list-style-type: none"> 1. 热继电器内部机构中某些部件松动 2. 检修时折弯了双金属片 3. 热继电器通电校验时电流波动太大,或接线螺钉未拧紧,或各次试验之间的冷却状态不同,或者电流表欠准确等等 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 将这些部件紧固好 2. 以高倍数电流预试几次,或将双金属片拆下,以 240℃ 作热处理,借此消除内应力,或更换新的 3. 给校验电源加上稳压器;将接线螺钉拧紧;试验中使冷却状态保持不变;校验电流表的准确性
电动机烧毁而热继电器不动作或者是负载正常而热继电器却动作频繁,经常造成停车故障	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电动机本身的故障,例如风扇损坏等 2. 热继电器的额定电流与电动机的额定电流不符,而且是偏大 3. 热继电器通过大的短路电流后,双金属片已产生永久性形变 4. 热继电器久未校验,灰尘堆积,胶木件变形,动作机构被卡住 5. 接线端接触不良,或者连接导线线径太细,致使热继电器提前动作 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检修电动机 2. 按规定调节旋钮或换上合适的热继电器(按电动机容量正确地选用) 3. 重新整定,若仍不行则更换新的双金属片 4. 清除污垢,调整机构,若仍不行则换上新的热继电器 5. 清理接线端,按规定选用连接线

(续表)

故障现象	产生原因	处理方法
	6. 电动机操作频率太高 7. 安装方向不符合规定 8. 安装处的环境温度与保护对象所处处的环境温度相差太大 9. 安装时碰坏了可调部件或者刻度未对准	6. 按规定选用合适的热继电器 7. 按规定方式安装 8. 根据实际情况选用适当的热继电器 9. 修理已损坏的部件, 对准刻度, 并重作调整
调整试验中通以额定电流时, 热继电器虽不动作, 但在过载时若调整到脱扣, 则无法再扣, 反复调整都是如此	双金属片安装方向反了, 或用错了双金属片, 致使灵敏系数太小	更换双金属片
调整试验中通以额定电流时, 热继电器立即动作, 而且导电板温度很高	热元件发热量太大, 或是用错了热继电器(它的电流值比所要求的小)	更换电阻值较小的热元件, 或电流较大的热继电器
调整试验中通以额定电流时, 热继电器虽不动作, 但在过载时若调整到脱扣, 则第二次通额定电流即动作, 反复调整都是如此	热元件发热量太小, 或用错了热继电器(它的电流值比所要求的大)	更换电阻值较大的热元件, 或改用电流值较小的热继电器

7-9 接触器

7-9-1 接触器的用途、分类和特性

接触器是一种应用广泛的开关电路。它利用电磁或气动原理通过控制回路的通断控制主回路的通断, 适用于远距离频繁接通和分断交直流主电路和大容量的控制电路。其主要控制电动机,

也可用来控制其他电力负载。接触器具有动作迅速、操作安全、能频繁操作和远距离操作等优点,它能接通和断开负荷电流,但不能切断短路电流,因此,它常和熔断器、热继电器等配合使用。

接触器可分为两大类,即交流接触器和直流接触器。如按操作方式可分为电磁接触器、气动接触器和电磁气动接触器;如按灭弧介质可分为气动式接触器、油浸式接触器和真空接触器;如按主触头控制的电流种类可分为交流接触器和直流接触器等等。

接触器主要特性有:额定工作电压、额定绝缘电压、额定电流、额定频率、接通和分断能力、机械和电寿命等等。

额定工作电压是决定使用条件的电压值,对多相电路此电压指线电压。

额定绝缘电压是指名义电压值,它是接触器最大额定工作电压,在任何情况下,最大额定工作电压不应超过额定绝缘电压。

额定电流包括额定发热电流和额定工作电流。额定发热电流是指接触器在8小时工作制下,其各部温升不超过表7-80规定的所能承受的最大电流值。

额定频率是与所设计的接触器及其特性值相适应的电源频率。

接通与分断能力是接触器控制能力的一项重要指标。

机械和电寿命是指抗机械磨损和抗电气磨损性。

表 7-80 线圈在空气中和油中的允许温升极限值

绝缘材料等级	用电阻法测得的温升极限(℃)	
	线圈在空气中	线圈在油中
A	80	60
E	95	60
B	105	60
F	130	—
H	155	—

7-9-2 常用接触器的技术数据

常用接触器的技术数据,见表7-81至表7-89。

表 7-81 CZO 系列直流接触器技术数据

型 号	主 触 头		辅 助 触 头		吸引线圈		动作时间 (ms)		通 断 能 力		临界分断电流 (A)	
	额定工作电压 (V)	额定工作电流 (A)	触头数目	额定电压 (V)	额定发热电流 (A)	组合情况	额定电压 (V)	消耗功率 (W)	闭合	断开		电压 (V)
			常分	交流	直流	常分	常合					
CZO-40/20	440	40	2	—	—	—	2	—	22	100	30	4I _e
CZO-40/02			—							2	24	90
CZO-100/10	440	100	1	—	—	—	2	—	24	110	30	4I _e
CZO-100/01			—							1	24	70
CZO-100/20	440	100	2	—	—	—	2	—	30	130	35	4I _e
CZO-150/10			1							—	24	130
CZO-150/01	440	150	—	1	—	—	2	—	25	60	90	2.5I _e
CZO-150/20			2							—	48	135
CZO-250/10	440	250	1	—	—	—	2	—	40	180	60	4I _e
CZO-250/20			2							—	110	220
CZO-400/10	440	400	1	—	—	—	2	—	28	200	50	4I _e
CZO-400/20			2							—	40	250
CZO-600/10	440	600	1	—	—	—	2	—	50	200	90	4I _e
			—							—	110	220

共有 5 对触头, 其中一对为固定常分, 另 4 对常分任意组合

表 7-82 CZ18 型直流接触器技术数据

额定绝缘电压 U_i (V)		440				
额定工作电压 U_e (V)		440				
约定发热电流 I_{th} (A)		40	80	160	315	640
额定工作电流 I_n (A)		40	80	160	315	640
主触头接通与分断能力 (AC-3)		接通	$4I_n, 1.1U_e, 25$ 次			
		分断	$4I_n, 1.1U_e, 25$ 次			
额定操作频率 (1/h)		1200			600	
辅助触头	组合情况	常分	2			
		常合	2			
	额定发热电流 (A)	6		10		
吸合电压 $\times U_e$		85% ~ 110%				
释放电压 $\times U_e$		10% ~ 75%				
主要用途		用于远距离接通与分断电压至 440 V、电流至 640A 的直流电力线路,并适用于直流电动机的频繁起动、停止、反接制动				

表 7-83 CJ8、CJ10、CJ12 系列交流接触器技术数据

型 号	主 触 头		辅 助 触 头		控 制 三 相 电 动 机 的 最 大 功 率 (kW)		吸 引 线 圈		动 作 时 间 (ms)		接 通 与 分 断 能 力										
	额 定 工 作 电 压 (V)	额 定 工 作 电 流 (A)	极 数	额 定 电 压 (V)	额 定 发 热 电 流 (A)	组 合 情 况	220 (V)	380 (V)	额 定 电 压 (V)	交 流	直 流	起 动 (VA)	吸 合 (W)	电 压 (V)	电 流 (A)						
CJ8-10	380	10	三 极	交 流 380	5	二 常 分	2.5	4.0	49	5	380	380	12I _e , 10I _e	1.05U _e , U _e							
CJ8-20		5.5					10	65							7						
CJ8-40		11					20									110	12				
CJ8-60		17					30											120	14		
CJ8-100		29					50													202	29
CJ8-150		43					75														
CJ10-5	1.2	2.2	35	2	48	2															
CJ10-10	2.2	4					65	5	17	21											
CJ10-20	5.5	10									140	9	16	18							
CJ10-40	11	20													230	12	23	22			

(续表)

型号	主触头		辅助触头			控制三相电动机的最大功率 (kW)		吸引线圈		动作时间 (ms)		接通与分断能力			
	额定工作电压 (V)	额定工作电流 (A)	极数	额定电压 (V)	额定发热电流 (A)	组合情况	220 (V)	380 (V)	额定电压 (V)	交流电压 (V)	直流电压 (V)	闭合	断开	电压 (V)	电流 (A)
CJ10-60	380	60	三极	交流 380	5	二常合	17	30	48 110 220	485	26	65	40	1.05	12 10
		100													
		150													
CJ10-100	380	100	三极	交流 380	5	二常合	30	50	36 220 380 440	760	27	32	15	U _e	I _e
		150													
CJ10-150	380	150	三极	交流 380	5	二常合	43	75	36 127 220 380	950	28	43~48	21.5~26	U _e	I _e
		100													
CJ12-100	380	100	二三四五极	交流 380 直流 220	10	六对触头 可组成 五对常 头五或 常分常 分合常 分合常	50	75	36 127 220 380	三极 920	22	43~48	21.5~26	1.05	12 10
		四极 1200 五极 1450								34					
CJ12-150	380	150	二三四五极	交流 380 直流 220	10	六对触头 可组成 五对常 头五或 常分常 分合常	50	75	36 127 220 380	三极 1450	30	42.5~55.5	19.5~36	U _e	I _e
		四极 1860 五极 1860								39					

(续表)

型 号	主 触 头		辅 助 触 头		控制三相电动机最大功率 (kW)		吸 引 线 圈		动 作 时 间 (ms)		接 通 与 分 断 能 力			
	额定工作电压 (V)	额定工作电流 (A)	极 数	额定电压 (V)	额定发热电流 (A)	组 合 情 况	220 (V)	380 (V)	额定电压 (V)	交流电压 (V)	直流电压 (V)	电 压 (V)	电 流 (A)	
CJ12-250	380	250	二 三 四 五 极	交流 380 直流 220	10	六对触头 可组成 头五 常常 常四 常二 常分 常分 常合	125	三极2100	45	39.5	15~23	1.05 I_n	12	10
								四极2530	50	~55	I_n		I_n	
CJ12-400	380	400	二 三 四 五 极	交流 380 直流 220	10	六对触头 可组成 头五 常常 常四 常二 常分 常分 常合	200	三极4180	85	57~66	31~36	1.05 I_n	10	8
								四极5800	128		I_n		I_n	
CJ12-600	380	600	二 三 四 五 极	交流 380 直流 220	10	六对触头 可组成 头五 常常 常四 常二 常分 常分 常合	300	三极5600	70	52.6	29.5	1.05 I_n		
								四极9900	128	74.5	32.5			

表 7-84 CJ20 系列交流接触器技术数据

型号	额定绝缘电压 (V)	额定工作电压 U_e (V)	约定发热电流 I_m (A)	额定工作电流 (AC-3) (A)	额定控制功率 (kW)	额定操作频率 (次/h)	与 SCPD 的协调配合 (注 1)	动作特性	线圈控制功率 (VA/W)	
									起动	吸持
CJ20-10	660	220	10	10	2.2	1200	NT00 -20/660	吸合电压范围 0.8~ 1.1 U_e (注 2) 释放电压范围 0.2~ 0.7 U_e	65/47.6	8.3/2.5
		380		10	4	1200				
		660		5.8	4	600				
CJ20-16	660	220	16	16	4.5	1200	NT00 -32/660		62/47.8	8.5/2.6
		380		16	7.5	1200				
		660		13	11	600				
CJ20-25	660	220	32	25	5.5	1200	NT00 -50/660		93.1/60	13.9/4.1
		380		25	11	1200				
		660		14.5	13	600				
CJ20-40	660	220	55	40	11	1200	NT100 -80/660		175/82.3	19/5.7
		380		40	22	1200				
		660		25	22	600				
CJ20-63	660	220	80	63	18	1200	NT1 -160/660		480/153	57/16.5
		380		63	30	1200				
		660		40	35	600				
CJ20-100	660	220	125	100	28	1200	NT1 -250/660		570/175	61/215
		380		100	50	1200				
		660		63	50	600				
CJ20-160	660	220	200	160	48	1200	NT2 -315/660		855/325	855/325
		380		160	85	1200				
		660		100	85	600				
CJ20-250	660	220	315	250	80	600	NT2 -440/660		570/175	152/65
380		250		132	600					
660		200		190	300					
CJ20-250/06	660	220	400	400	115	600	NT2 -500/660		1710/563	3578/790
380		400		200	600					
660		250		220	300					
CJ20-400	660	220	400	400	115	600		吸合电压范围 0.85~ 1.1 U_e 释放电压范围 0.2~ 0.75 U_e	3578/790	250/118
380		400		200	600					
660		250		220	300					
CJ20-400/06	660	220	630	630	175	600	NT3 -630/660		3578/790	3578/790
380		630		300	600					
660		400		400	350	300				
CJ20-630	660	220	630	630	175	600			3578/790	3578/790
380		630		300	600					
660		400		400	350	300				
CJ20-630/06	660	220	630	630	175	600			3578/790	3578/790
380		630		300	600					
660		400		400	350	300				

注:1. 与表中熔断器配用,熔断器在分断 50kA 短路电流时触头不熔焊。

2. U_e 线圈电压。

表 7-85 CJX5 系列交流接触器技术数据

型 号	CJX5-9/12	CJX5-16/22	CJX5-30	CJX5-40	CJX5-50	CJX5-62	CJX5-85
额定绝缘电压 (V)	660						
约定发热电流 (A)	20	25/32	50	60	80	100	135
机械寿命 (次)	5×10 ⁶						
AC-3 负载	额定工作电流 (A)	9/12	16/22	30	40	50	62
	可控电动机功率 (kW)	5/7	9/9	12	17	26	35
AC-4 负载	额定工作电流 (A)	4/5.5	7.5/11	15	18.5	22	30
	可控电动机功率 (kW)	4/5.5	7.5/7.5	11	15	22	30
额定操作频率 (次/h)	额定工作电流 (A)	2.5/3.4	4.8/7.5	12	12	16	23
	可控电动机功率 (kW)	1.4/2	2.6/4.5	7	7	9	13
电寿命 (次)	额定工作电流 (A)	1.1/1.5	2.2/3.7	5.5	5.5	7.5	11
	可控电动机功率 (kW)	1.1/1.5	2.2/3.7	5.5	5.5	7.5	11
电寿命 (次)	1200						
吸引线圈工作电压范围 (V)	85%~110%U _e						
吸引线圈消耗功率 (VA)	吸合	10/10	10/20	20	20	17	22
	起动	50/50	50/142	142	142	132	225
辅助触头额定绝缘电压 (V)	660						
辅助触头约定发热电流 (A)	10						
辅助触头额定工作电流 (A)	AC-11 380V	1.9					
	DC-11 220V	0.2					
飞弧距离 (mm)	5	5/10	10				

(续表)

型号	3TB40/ 3TB41	3TB42/ 3TB43	3TB44	3TB46	3TB47	3TB48	3TB50	3TB52	3TB54	3TB56	3TB58
自持触点信号 AC-1至AC-3 直流操作AC-4 瞬动触点信号 AC-1至AC-4	1000 250 250	750 250 250	750 250 120	750 250 120	500 250 120	500 250 120	500 250 120	500 250 120	500 250 120	500 250 120	500 250 120
可控三相电容器 ^① (kvar) 220V 单台电容器 380V 50Hz 600V	25 4 4 4	4 7.5 7.5 7.5	12 16.7 25 16.7	17 30 35 30	24 40 50 40	24 40 50 40	35 60 80 60	58 100 130 100	87 150 190 150	115 200 265 200	175 300 400 300
电容器组 220V (并联电容器间 380V 最小电感 6 μ H) 500V 50Hz 600V	2.5 4 4 4	4 7.5 7.5 7.5	12 ^② 16.7 ^② 25 ^② 16.7 ^②	17 30 35 30	24 40 50 40	24 40 50 40	30 50 66 50	40 70 90 70	66 115 145 115	85 150 195 150	145 250 333 250

注: ① 所列数据为批量产品数据, 供参考。

② 最小电感 20 μ H。

表 7-87 控制白炽灯时 3TB 接触器技术数据

单 炽 灯	各规格接触器的每极允许负载					
	3TB40	3TB41	3TB42	3TB43	3TB44	3TB46
220V	1.9kW	2.35kW	2.90kW	3.50kW	4.60kW	9.60kW

表 7-88 控制无功功率因数补偿的灯具时 3TB 接触器技术数据
(如果灯具开关频繁,推荐选用再高一档规格接触器)

灯 的 数 据		每灯额 定电流 (A)	各种接触器每极可控制的最多灯数						
(W)	(V)		3TB50	3TB40	3TB41	3TB42	3TB43	3TB44	3TB46
混光灯									
160	220	0.8	17	19	19	28	28	43	76
250		1.2	11	12	12	19	19	29	56
500		2.4	5	6	6	9	9	14	25
1000		4.7	3	3	3	5	5	7	13
荧光灯									
18/20	220	0.37	44	49	49	73	73	110	196
36/40		0.43	38	42	42	63	63	95	169
58/65		0.67	27	27	27	40	40	61	108
高压汞灯									
50	220	0.6	20	22	22	33	33	50	88
80		0.8	15	16	16	25	25	37	66
125		1.15	10	11	11	17	17	26	46
250		2.15	5	6	6	9	9	14	24
400		3.25	3	4	4	6	6	9	16
700		5.4	2	2	2	3	3	5	9
800		7.5	1	1	1	2	2	1	7

表 7-89 CKJ5 型真空接触器技术数据

额定绝缘电压 U_i (V)		1140		
额定工作电压 U_e (V)		1140		
约定发热电流 I_{th} (A)		600	400	250
额定工作电流 I_e (A)		600	400	250
主触头接通与分断能力		接 通	$10I_e$, $1.1U_e$, $\cos\varphi=0.35$ 100 次	
		分 断	$8I_e$, $1.1U_e$, $\cos\varphi=0.35$ 25 次	
控制的电动机容量(kW)		1000	600	375
额定操作频率 (1/h)		AC-3	300	600
		AC-4	120	120
辅助触头	组 合 情 况	常 开	3	
		常 合	3	
	额定发热电流(A)	6		
吸 合 电 压		$75\% U_e$ (热态)		
释 放 电 压		$10\% U_e$ (冷态)		
主 要 用 途		该系列真空接触器供远距离接通与分断线路及频繁地起动和控制交流电动机之用,并适宜于与各种保护装置组成磁力起动器,特别适用于组成防爆磁力起动器		

7-9-3 接触器的选用原则

接触器的选用应根据以下几点:

- (1) 型式的确定,选用时需确定的主要是极数和电流种类。
- (2) 主回路参数的确定,选用中需确定的主回路参数主要是额定工作电压、额定工作电流、额定工作频率、额定控制功率、额定通断能力和耐受过载电流能力。

接触器的额定工作电压都不能高于额定绝缘电压;其额定电流也不应高于在相应工作条件下额定工作电流。其额定通断能力应高于通断时电路中实际可能出现的电流值。

(3) 控制电路参数和辅助电路参数的确定,接触器的线圈电压应按选定的控制电路电压确定。接触器的辅助触头种类和数量,应根据系统控制要求,确定所需的辅助触头种类、数量和组合型式。

(4) 按电寿命和使用类别选用,电寿命指标与使用类别有关。

(5) 按工作制选用,接触器有四种标准工作制,即基本工作制、不间断工作制、短时工作制和断续周期工作制。应根据不同工作制来选用控制器。

7-9-4 接触器常见故障及其处理方法

接触器常见故障、产生原因及其处理方法,见表 7-90。

表 7-90 接触器常见故障的产生原因及其处理方法

故障现象	产生原因	处理方法
通电后不能合闸	1. 线圈供电线路断路 2. 线圈本身断路 3. 起动按钮触头接触不良 4. 线圈额定电压比线路电压高 5. 触头与灭弧室壁之间卡住或其他可动零部件与其运动导轨或导槽卡住 6. 转轴生锈或歪斜	1. 检查线路,找出断开点,把线重新接好 2. 更换线圈 3. 清理触头或更换按钮 4. 换上额定电压合适的线圈 5. 调整互相卡住的零部件的相对位置,消除它们之间的摩擦 6. 拆下来清洗去锈或调换已磨损零部件,上润滑油
通电后不能完全闭合	1. 控制电路电源电压过低(低于85%额定值) 2. 线圈额定电压高于线路电压 3. 可动部分被卡住 4. 触头弹簧压力与释放弹簧压力过大 5. 触头超程过大	1. 调整电源电压 2. 换上额定电压合适的线圈 3. 调整互相卡住的零部件的位置,去除障碍物 4. 调整弹簧压力或更换弹簧 5. 调整触头超程

(续表)

故障现象	产生原因	处理方法
运行中铁心噪声过大或发生振动	<ol style="list-style-type: none"> 1. 线圈电压不足 2. 铁心极面积有污垢或生锈或因磨损过度而不平 3. 短路环断裂 4. 动或静铁心夹紧螺丝松动 5. 可动部分配合不当 6. 反作用力过大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整线圈电压 2. 清理极面,必要时可刮削修整 3. 更换新短路环 4. 将螺丝紧固 5. 查明故障后进行调整 6. 更换合适的弹簧
松开起动按钮后接触器立即释放	<ol style="list-style-type: none"> 1. 接触器辅助触头接触不良 2. 控制回路中的触头接触不良 3. 自锁触头接线不对 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 清理辅助触头或更换新触头 2. 查明接触不良的触头加以清理或更换 3. 查对接线
接触器动作过于慢	<ol style="list-style-type: none"> 1. 动静铁心间的间隙过大 2. 安装位置不妥当 3. 线圈电压不足 4. 反作用力过大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整机械部分,减小间隙 2. 按产品使用说明书或技术条件的规定重新安装 3. 调整线圈电压 4. 换上合适的弹簧
断电后接触器不释放	<ol style="list-style-type: none"> 1. 反作用力过小 2. 剩磁过大 3. 新接触器铁心表面所涂凡士林未揩净 4. 可动部分被卡住 5. 安装位置不妥当 6. 触头已经熔焊在一起 7. 控制线路接线有错 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 换上合适的弹簧 2. 对于直流接触器应更换或加厚非磁性垫片,对于交流磁系统应将剩磁间隙处的极面锉去一部分或更换磁系统 3. 用抹布将凡士林揩净 4. 检查并清除障碍物或调整互相卡住的零部件的位置 5. 按产品使用说明书中技术条件的规定重新安装 6. 撬开已熔焊的触头或酌情更换新触头 7. 查对控制线路

(续表)

故障现象	产生原因	处理方法
线圈损坏或烧毁或引出线断裂	<ol style="list-style-type: none"> 1. 因空气潮湿或含腐蚀性气体以致绝缘损坏 2. 线圈内部断线 3. 因碰撞或振动导致机械损伤 4. 线圈额定电压比控制回路的低 5. 线圈的通电持续率与实际情况不符 6. 线圈超过规定电压运行 7. 欠电压运行, 衔铁不能被吸合 8. 交流线圈操作频率过高 9. 双线圈结构因自锁触头焊住以致起动绕组长期通电 10. 周围环境温度过高 11. 线圈匝间短路 12. 线圈因机械损伤或附有导电尘埃而发生局部短路 13. 接头焊接不良, 以致因接触电阻过大而烧断 14. 线圈电流过大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换新线圈, 必要时还要涂刷特殊绝缘漆 2. 重绕或更换新的 3. 查明原因, 作好处置, 再修好损坏处或更换新线圈 4. 更换额定电压相符的线圈 5. 更换 TD 值相符的线圈 6. 检查线路电压并采取适当措施 7. 检查并调整线路电压 8. 降低操作频率或更换能适应高操作频率的线圈或接触器 9. 更换自锁触头并排除导致该触头焊住的故障 10. 更换安装处所或采取降温措施 11. 更换线圈 12. 更换线圈 13. 重新焊好 14. 检查控制回路电压, 发现电压过低时, 应设法调整
短路环断裂	<ol style="list-style-type: none"> 1. 铁心碰撞过于猛烈 2. 机械寿命终结 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 查明原因, 采取措施并更换短路环, 若无法更换, 则应更换铁心 2. 更换铁心
触头严重发热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 负载电流过大 2. 触头生锈, 或积有尘垢, 或铜触头严重氧化 3. 触头严重烧损, 以致接触面大大缩小, 接触不良 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 查明过载原因, 采取措施 2. 清理接触面 3. 用细锉刀整修, 使接触面光洁, 必要时更换触头

(续表)

故障现象	产生原因	处理方法
触头严重发热	4. 超程过小 5. 行程过大以致接触压力不足 6. 接触压力不足 7. 接线松动	4. 能调整则调整一下,不能调整就更换触头 5. 进行调整或更换触头 6. 调整或更换弹簧 7. 清理后接牢
主触头在工作位置上冒火花	1. 铁心吸合不可靠,有振动	1. 控制电压过低应进行调整 2. 如短路环不起作用应检查及更换 3. 铁心损坏则更换铁心
主触头熔焊	1. 闭合过程中振动过于剧烈,而且多次发生振动 2. 接触压力不足 3. 触头分断能力不足 4. 触头表面有金属颗粒突起或异物	1. 查明原因后采取相应措施,如检查线圈供电电压是否过高,主回路电流是否过大 2. 更换触头弹簧 3. 改用触头分断能力高一级的接触器 4. 清理触头表面

7-10 起动器

7-10-1 起动器的用途、分类和特性

起动器是一种用来控制电动机起动、停止、反转,并具有过载延时保护的控制电器。有些起动器是由接触器、热继电器和控制按钮等电器按一定方式组合而成。

起动器的分类按操作方式可分为手动星三角起动器、自耦减压起动器、电阻减压起动器、电磁起动器、自动星三角起动器等等。按起动方式可分为直接起动和减压起动器。各种起动器的特点及用途,见表 7-91

表 7-91 各种起动器的特点及用途

名称		特点	用途	
全压直接起动器	电磁起动器	用一般交流电磁接触器、热继电器、控制按钮等标准元件组合而成。可带有防护外壳。可逆型带电气及机械联锁	供远距离频繁控制三相鼠笼型异步电动机的直接起动、停止及可逆转换,并具有过载、断相和失压保护	
	手动起动器	用不同外缘形状的凸轮或按钮操作的锁扣机构来完成线路的分合动作。后者可带有热继电器、失压脱扣器、分励脱扣器	供不频繁控制三相鼠笼型异步电动机的直接起动、停止,并具有过载、断相、欠压保护。 由于结构简单、价格低廉,操作不受电网电压波动的影响,故特别适合农村使用	
减压起动器	星-三角起动器	自动	用一般交流接触器、热继电器、时间继电器、控制按钮等标准元件组合而成,有保护外壳,接触器主触头、热元件多接于三角形连接的内部	供三相鼠笼型感应电动机作星-三角起动及停止用,具有过载及断相保护作用。起动过程中,时间继电器能自动将电动机定子绕组由星形转换为三角形连接
		手动	用不同外缘形状的凸轮,使数个结构完全相同的触头组件按规定的顺序分合,实现电动机定子绕组的星-三角转换。有定位装置和防护外壳,一般无过载和失压保护	供三相鼠笼型异步电动机作星-三角起动及停止用
减压起动器	自耦减压起动器	手动	起动器由起动触头、运转触头、手动操作机构、自耦变压器、保护装置、箱体等组成。起动原理与自动方式相同。分油浸式和空气式两种	供三相鼠笼型异步电动机作不频繁降压起动及停止用,并能对电动机的过载及欠压起保护作用
		自动	由一般型交流接触器、热继电器、控制按钮等标准元件与自耦变压器组合而成。利用自耦变压器降低电源电压,以减小起动电流并借自耦变压器的不同抽头可调节起动电流及起动转矩	供三相鼠笼型异步电动机作不频繁地降压起动及停止用,并能对电动机的过载、断相起保护作用

(续表)

名称	特点	用途	
减压起 动器	电抗减压 起 动器	由一般型交流接触器、热继电器、控制按钮等标准元件与电抗线圈组合成箱式结构的起动机	供三相鼠笼型异步电动机减压起动用
	电阻减压 起 动器	交流电阻减压起动机采用一般型接触器、热继电器、控制按钮等标准元件与电阻组合而成的箱式结构;直流电阻减压起动机由手动操作机构、刷形触头、变阻器、失压保护、机械联锁等组成的箱式结构,起动过程中,触头将电阻逐级切除	供三相鼠笼型异步电动机或小容量直流电动机的减压起动用
	延边三 角形起 动器	由一般型交流接触器、热继电器、时间继电器、控制按钮等组成,带有信号灯、电流表和保护外壳。须与定子有9个抽头的电动机配合使用	供三相鼠笼型异步电动机作延边三角形起动,并能对电动机的过载断相起保护作用
全压起 动器	频敏变阻 起 动器	由接触器(或开关)和直接接在电动机转子回路的频敏变阻器构成,相当于接入一个随转子转速变化的可变阻抗作限流全压起动	用于控制交流绕线式异步电动机的直接起动反接制动。调节铁心气隙和线圈抽头,可获得不同起动特性
综合起 动器		由一般型交流接触器、热继电器、熔断器、控制按钮、组合开关、变压器等标准元件组成,并带有信号灯和保护外壳	供远距离直接控制三相鼠笼型异步电动机的起动和停止用,并具有过载、短路、失压保护作用

7-10-2 常用起动器的技术数据

常用起动器的技术数据,见表 7-92 至表 7-105。

表 7-92 QC0 系列电磁起动器技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	所控制电动机最大功率 (kW)			吸引线圈 额定电压 (V)	热继电器整定 电流调节范围 (A)
			127 (V)	220 (V)	380 (V)		
QC0-10	380	20	3.2	5.8	10	交流 50Hz 36、110 220、380	0.6~1、1~1.6、
QC0-10W							1.6~2.5、2.5~4、
QC0-10K							4~6.4、6.4~10、
QC0-10WK							10~16、16~25
QC0-20		40	7	12	20		6.4~10、10~16、
QC0-20W							16~25、25~40
QC0-20K							
QC0-20WK							
QC0N-10		20	3.2	5.8	10		0.6~1.0、1.0~1.6、
QC0N-10W							1.6~2.5、2.5~4、
QC0N-10K							4~6.4、6.4~10、
QC0N-10WK							10~16、16~25
QC0N-20	40		7	12	20	6.4~10、10~16、	
QC0N-20W						16~25、25~40	
QC0N-20K							
QC0N-20WK							

表 7-93 QC8 系列起动器技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	所控制电动机 最大功率(kW)			热继电器 型 号	热继电器刻度 电流调节范围 (A)
			127 (V)	220 (V)	380 (V)		
QC8-2/3 QC8-2/5 QC8-2/4 QC8-2/7	380	10	1.5	2.5	4	JB15-10	0.25~0.35 0.32~0.50 0.45~0.72 0.68~1.10 1.00~1.60
QC8-2/2 QC8-2/8		10	1.5	2.5	4	JR15-10	3.20~5.00 4.50~7.20 6.80~11.0
QC8-3/2 QC8-3/3 QC8-3/4 QC8-3/5 QC8-3/6 QC8-3/7 QC8-3/8		20	3	5.5	10	JR15-40	6.8~11.0 10~16 15~24
QC8-4/2 QC8-4/3 QC8-4/4 QC8-4/5 QC8-4/6 QC8-4/7 QC8-4/8		40	6	11	20	JR15-40	15~24 22~33 30~45
QC8-6/2 QC8-6/3 QC8-6/4 QC8-6/5 QC8-6/6 QC8-6/7 QC8-6/8		100	17	20	50	JR9-300A	56~86 85~125
QC8-7/2 QC8-7/3 QC8-7/4 QC8-7/5 QC8-7/6 QC8-7/7 QC8-7/8		150	25	43	75	JR9-300A	85~125 124~175

表 7-94 QC10 系列起动器技术数据

型 号	额定 电流 (A)	吸引线圈 额定电压 (V)	所控制电动机 最大功率(kW)		起动器 等 级	类 型	有 无 热保护
			220V	380V			
QC10-1/2	5	交 流 50Hz, 36、110、 127、220、 380;直流 48、110、 220	1.2	2.4	1	不可逆	有
QC10-1/3						可 逆	无
QC10-1/4						可 逆	有
QC10-1/5						不可逆	无
QC10-1/6						不可逆	有
QC10-1/7						可 逆	无
QC10-1/8						可 逆	有
QC10-2/2						10	
QC10-2/3	可 逆	无					
QC10-2/4	可 逆	有					
QC10-2/5	不可逆	无					
QC10-2/6	不可逆	有					
QC10-2/7	可 逆	无					
QC10-2/8	可 逆	有					
QC10-3/2	20						
QC10-3/3						可 逆	无
QC10-3/4						可 逆	有
QC10-3/5						不可逆	无
QC10-3/6						不可逆	有
QC10-3/7						可 逆	无
QC10-3/8						可 逆	有
QC10-4/2						40	
QC10-4/3	可 逆	无					
QC10-4/4	可 逆	有					
QC10-4/4	可 逆	有					

表 7-95 QC12 系列起动器技术数据

型 号	额定 电流 (A)	吸引线圈 额定电压 (V)	控制电动机最大功率 (kW)		起动器 等 级	热继电器整定 电流调节范围 (A)
			220V	380V		
QC12-1	20	交 流 50Hz, 36、 110、220、 380	1.2	2.2	1	0.25~0.35 0.32~0.50 0.45~0.72 0.66~1.10 1.00~1.60 1.50~2.40 2.20~3.50 3.20~5.00
QC12-2	20		2.2	4	2	0.25~0.35 0.32~0.50 0.45~0.72 0.68~1.40 1.00~1.60 1.50~2.40 2.20~3.50 3.20~5.00 4.50~7.20 6.80~11.0
QC12-3	20		5.5	10	3	0.80~11.0 10.0~16.0 14.0~22.0
QC12-4	60		11	20	4	14.0~22.0 20.0~32.0 28.0~45.0
QC12-5	60		17	30	5	28.0~45.0 40.0~63.0
QC12-6	150		29	50	6	53.0~85.0 75.0~120
QC12-7	150		47	75	7	75~120 100~150

表 7-96 QC20 系列起动器技术数据

型 号	额 定 电 流 (A)	结 构 型 式	控制电动机最 大功率(kW)		起 动 器 等 级	继电器整定 电流调节范围 (A)
			220V	380V		
QC20-1H/1 QC20-2H/1 QC20-3H/1 QC20-4H/1	16	保护式	4	7.5	1	0.25~0.35 0.32~0.5 0.45~0.72 0.68~1.1 1.00~1.6 1.5~2.4 2.2~3.5 3.2~5.0 4.5~7.2 6.8~11.0 10.0~16.0
QC20-1H/2 QC20-2H/2 QC20-3H/2 QC20-4H/2	32	保护式	10	17	2	10.0~16.0 14.0~22 22~35
QC20-1K/3 QC20-2K/3 QC20-3K/3 QC20-4K/3	63	开启式	17	30	3	20~32 28~45 40~63
QC20-1K/4 QC20-2K/4 QC20-3K/4 QC20-4K/4	80	开启式	22	40	4	40~63 53~85

表 7-97 QS6 型手动起动器技术数据

型 号	额 定 电 压 (V)	额 定 电 流 (A)	控制电动机 功率 (kW)	常 开 触头数	机 械 寿 命 (10 ⁴)
QS6	交流 220	6	0.75	2 对	10
	380	4	1.5	3 对	

表 7-98 QX1 系列星-三角起动器技术数据

型 号	额定 电流 (A)	额定 电压 (V)	正常操作接通能力			正常操作断开能力		
			电压 (V)	电流 (A)	功率因数	电 压 (V)	电流 (A)	功率因数
QX1-13N1 415	10	380	380	6×10	≥0.4	380×0.16	10	≥0.4
QX1-30	40	380		4×40	≥0.4	380×0.25	40	≥0.4

表 7-99 QX3 系列星-三角起动器技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	功率因数	控制电动机功率 (kW)	
				220V	380V
QX3-13	380×1.05	16×10	0.35+0.05	7.5	13
QX3-30	380×1.05	35×10		16	30

表 7-100 QX 系列星-三角起动器技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	可供起动的 电动机功率 (kW)	热继电器整定 电流近似值 (A)
QX4-17	380	26.33	13.17	15.19
QX4-30		42.5、50	22.30	25.34
QX4-55		77.105	40.55	45.61
QX4-75		142	75	85

表 7-101 QX 10 系列星-三角起动器技术数据

型 号	额定电压 (V)	热继电器 额定电流 (A)	控制电动机的最大 功率 (kW)		控制线圈的额定 电 压 (V)
			220V	380V	
QX10-13	380	32	7.5	13	交流 50Hz, 36、110、 220、346、380、400
QX10-30		32	17	30	
QX10-55		60	30	55	
QX10-75		150	40	75	

表 7-102 QZ610 系列起动器技术数据

型 号	额 定 电 流 (A)	额 定 电 压 (V)	控制电动机 功 率 (kW)	热继电器整定 电流调节范围 (A)
QZ610-4RF, FW	10	380	1.1、1.5、 2.2、3、4	1.5~2.4 2.2~3.5 3.2~5.0 4.5~7.2 6.8~11.2
QZ610-10RF, RW			5.5、7.5、 ▲ 10	6.0~11.0 10.0~16.0 14.0~22.0
QZ610-17RF, RW	40		13、17	14.0~22.0 20.0~32.0 28.0~45.0

表 7-103 QZ73 系列起动器技术数据

型 号	额 定 电 压 (V)	额 定 电 流 (A)	控制电动机功率(kW)			辅 助 触 头	
			127V	220V	380V	数 量	额 定 电 流 (A)
QZ73-1	380	20	1	1.8	3.2	2 常开 2 常合	5
QZ73-2		20	—	—	3.2		
QZ73-3		20	—	—	10		
QZ73-4.6		20	1	1.8	3.2		
QZ73-5.7		20	3.2	5.8	10		
QZ73-8,9,10		20	4	7	10		

表 7-104 QJW 型起动器技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	控制电动机功率(kW)			最大允许 起动电流
			笼型异步 电动机	绕线型异 步电动机	电阻负载	
QJW6	380	80	22	40	50	200

表 7-105 QJ10 型自耦减压起动器技术数据

U_e (V)	380					
控制电动机功率 (kW)	10	13	17	22	30	40
通断能力	$1.05 U_e, 8 I_e, \cos\varphi = 0.4$ 20次					
过载保护整定电流 (A)	20.5	25.7	34	43	58	77
最大起动时间(s)	30		40			60
电寿命(次)	接通 $U_e, 4.5 I_e, \cos\varphi = 0.4$ 分断 $1/6 U_e, I_e, \cos\varphi = 0.4$ 条件下:5000次					
机械寿命(万次)	1					
操作力(N)	<150					
接线	自耦变压器有 65% U_e 及 80% U_e 二档抽头					
失压保护特性	$\geq 75\% U_e$ 起动器能可靠工作 $\leq 35\% U_e$ 起动器保证脱扣,切断电源					

7-10-3 起动器的选用

起动器的选用原则主要是型式、主电路参数、控制电路参数和辅助电路参数的确定，保护特性以及电气寿命、使用类别和工作制式的选择。具体说明见接触器一节的选用原则。

直接起动器和减压起动器的应用范围，见表 7-106。

表 7-106 直接起动器和减压起动器的应用范围

负载性质	使 用 要 求			负 载 举 例
	限制起动电流	减小起动时对机械的冲击	不要求限制及机械的冲击	
要求起动转矩大,力矩增加快的负载				各类机械及农电设备如电力排灌、潜水泵、扬谷机、脱粒机、粉碎机、碾米机等
无载或轻载起动	星-三角起动器 电阻起动器 电抗起动器			金属切削机床、圆锯、带锯,带有离合器的卷扬机、绞盘和带卸料的破碎机;带离合器的一般纺织和工业机械;电动发电机组
负载转矩与转速成平方	自耦减压起动器 延边星-三角起动器 电抗起动器			离心泵、叶轮泵、螺旋泵、轴流泵;离心式鼓风机和压缩机、轴流式风扇和压缩机
摩擦负载	延边星-三角起动器 电阻起动器 电抗起动器	电阻起动器	直接起动器	水平传送带、活动台车、粉碎机、混砂机、压延机、电动门等
阻力矩小的惯性负载	星-三角起动器 延边星-三角起动器 自耦减压起动器 电抗起动器			离心式分离机、脱水机、曲柄式压力机
恒转矩负载	延边星-三角起动器 电阻起动器 电抗起动器	电阻起动器 电抗起动器		往复泵和压缩机、罗茨鼓风机、容积泵、挤压机
重力负载		电抗起动器		卷扬机、倾斜式传送带类机械、升降机、自动扶梯类机械
恒重负载		电抗起动器		织机、卷纸机、夹送辊、长距离皮带运输机、链式输送机

7-10-4 起动器常见故障及处理方法

起动器常见故障及处理方法,见表 7-107。

表 7-107 磁力起动器常见故障及处理方法

故障现象	可 能 原 因	处 理 方 法
触头过热 或灼伤	<ol style="list-style-type: none"> 1. 触头弹簧压力过小 2. 触头上有油污,或表面高低不平,有金属颗粒突起 3. 环境温度过高或使用在密闭的控制箱中 4. 铜触头用于长期工作制 5. 操作频率过高,或电流过大,触头的断开容量不够 6. 触头的超行程太小 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调高触头弹簧压力 2. 清理触头表面 3. 接触器降容使用 4. 接触器降容使用 5. 选用容量大的接触器 6. 调整触头超行程,或更换触头
触头过度 磨损	<ol style="list-style-type: none"> 1. 接触器选用欠妥,在以下场合时,容量不足: <ol style="list-style-type: none"> (1)反接制动场合 (2)有较多点动场合 (3)操作频率过高场合 2. 三相触头动作不同步 3. 负载侧短路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 接触器降容使用,或改用适宜于繁重任务的接触器 2. 调整至同步 3. 排除短路故障,更换触头
相间短路	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可逆转换的接触器联锁不可靠,由于误动作,致使两台接触器同时投入运行而造成相间短路;或因接触器动作过快,转换时间短,在转换过程中发生电弧短路 2. 尘埃堆积,或粘有水汽、油垢,使绝缘变坏 3. 产品损坏(如灭弧罩碎裂) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 加装电气联锁与机械联锁;在控制线路上加中间环节或调换动作时间长的接触器,延长可逆转换时间 2. 经常清理,保持清洁 3. 更换损坏零件

(续表)

故障现象	可 能 原 因	处 理 方 法
吸不上或吸不足(即触头已闭合而铁心尚未完全吸合)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源电压过低或波动过大 2. 操作回路电源容量不足,或发生断线、配线错误及控制触头接触不良 3. 线圈技术参数与使用条件不符 4. 产品本身受损(如线圈断线或烧毁,机械可动部分被卡住,转轴生锈或歪斜等) 5. 触头弹簧压力、反力弹簧力和超程过大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调高电源电压 2. 增加电源容量,更换线路,修理控制触头 3. 更换线圈 4. 更换线圈,排除卡住故障,修理受损零件 5. 按要求调整触头参数及弹簧压力
断不开或释放缓慢	<ol style="list-style-type: none"> 1. 触头弹簧压力过小 2. 触头熔焊 3. 机械可动部分被卡住,转轴生锈或歪斜 4. 反力弹簧损坏 5. 铁心极面有油污或尘埃粘着 6. E形铁心,当寿命终了时,因去磁气隙消失,剩磁增大,使铁心不释放。新产品也可能由于非磁性垫片太薄,或铁心本身材料与加工问题而引起剩磁不释放 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整触头参数 2. 排除熔焊故障,修理或更换触头 3. 排除卡住现象,修理受损零件 4. 更换反力弹簧 5. 清理铁心极面 6. 更换铁心或加厚垫片
线圈过热或烧损	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源电压过高或过低,或因短路故障引起系统电压降低,使铁心不能完全吸合 2. 线圈技术参数(如额定电压、频率、通电持续率及适用工作制等)与实际使用条件不符 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整电源电压,并排除引起短路或电压过低的故障 2. 调换线圈或接触器

(续表)

故障现象	可 能 原 因	处 理 方 法
线圈过热 或烧损	<ol style="list-style-type: none"> 3. 操作频率(交流)过高 4. 线圈制造不良,或由于机械损伤,绝缘损坏等 5. 空气潮湿或含有腐蚀性气体 	<ol style="list-style-type: none"> 3. 选择其他合适的接触器 4. 更换线圈,排除引起线圈机械损伤的故障 5. 改用特种绝缘的线圈和产品,采取防潮、防锈措施
电磁铁 (交流)噪声 大	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源电压过低 2. 触头弹簧压力过大 3. 磁系统歪斜,或机械卡住,使铁心不能吸平 4. 极面生锈,或因异物(如油垢、尘埃)吸入铁心极面 5. 短路环(交流)断裂 6. 铁心极面磨损过度而不平 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提高操作回路电压 2. 调整触头弹簧压力 3. 排除机械卡住故障 4. 清理铁心极面 5. 调换铁心或焊接短路环 6. 更换铁心
触头熔焊	<ol style="list-style-type: none"> 1. 操作频率过高,或产品过负载使用 2. 负载侧短路 3. 触头弹簧压力过小 4. 触头表面有金属颗粒突起或异物 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 选用合适的接触器 2. 排除短路故障,更换触头 3. 调整触头弹簧压力 4. 清理触头表面
触头不导 通	<ol style="list-style-type: none"> 1. 触头开距太大,无超程 2. 触点脱落 3. 触头不清洁 4. 运动部分卡住 5. 操作回路电压过低,或机械卡住,致使吸合过程中有停滞现象,触头停顿在刚接触的位置 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整触头参数 2. 更换触头 3. 清理触头 4. 排除卡住现象 5. 提高操作电源电压,排除机械卡住故障,使接触器动作顺利,吸合可靠

7-11 主令电器

7-11-1 主令电器的用途、分类和特性

主令电器主要用于切换控制电路。用它可以控制电动机及其他控制对象的起动、停止或状态的变换。由于主令电器能发出使电器设备动作的命令,因此,称这类电器为“主令电器”。

主令电器种类也很多,按其功能可分为以下几种:控制按钮、万能转换开关、行程开关、主令控制器和其他主令电器等五大类。

7-11-2 常用主令电器的技术数据

常用主令电器的技术数据,见表 7-108 至表 7-119。

7-11-3 主令电器的选用

主令电器种类很多,其选用原则都有所不同,但主令电器一类产品,有很多共同点,现就其共同点来考虑其选用原则。

主令电器大多数是手动电器。因此,在选用时,一方面要考虑其电气性能,另一方面还要考虑其机械性能和结构特点,同时也应考虑其使用场合。

在电气性能方面:首先考虑额定电压、额定电流、通断能力、允许操作频率、电和机械寿命、控制触点的编组和触头的关合顺序等等。

在机械性能与结构特点方面,选用应考虑:运动行程的大小和操作力要适合;操作部位应明显、灵活、方便、不易造成误动作或误操作;操作的指示符号要明显、正确。

表 7-108 常用按钮技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定 电流 (A)	钮数	钮 色	触头数		结 构 形 式	用 途
					常开	常闭		
LA4-2K	交流 50 Hz380; 直流 220	5	2	起动和停止- 黑和红 向前、向后、 停止-黑、绿、红	2	2	开启式	作电磁开关(如:起 动器、接触器、继电器、 电磁铁等)的远距离手 动控制和信号线路、电 气联锁线路以及其他 线路转换用
LA4-3K			3		3	3	开启式	
LA4-2H			2		2	2	保护式	
LA4-3H			3		3	3	保护式	
LA10-1	交流 50 或 60Hz 380; 直流 220	5	1	起动和停止-黑、 绿或红 起动和停止-黑、 红或绿、红 向前、向后、停止- 黑、绿、红	1	1	元 件	作远距离控制各种 电磁开关,也可用于转 换信号和联锁线路
LA10-1K			1		1	1	开启式	
LA10-2K			2		2	2	开启式	
LA10-3K			3		3	3	开启式	
LA10-1H			1		1	1	保护式	
LA10-2H			2		2	2	保护式	
LA10-3H	3	3	3	保护式				

(续表)

型号	额定电压 (V)	额定 电流 (A)	钮数	钮 色	触头数		结 构 形 式	用 途
					常开	常闭		
LA18-22	交流 50 Hz380; 直流 220	5	1	红、绿、黑或白	2	2	元件	在电磁开关及其他 电气线路中作遙远控 制用
LA18-44			1	红、绿、黑或白	4	4	元件	
LA18-66			1	红、绿、黑或白	6	6	元件	
LA18-22J			1	红	2	2	元件(紧急式)	
LA18-22Y			1	红	2	2	元件(钥匙式)	
LA18-66Y			1	红	6	6	元件(钥匙式)	
LA18-22X			1	黑	2	2	元件(旋钮式)	
LA18-44J			1	红	4	4	元件(紧急式)	
LA18-66J	1	红	6	6	元件(紧急式)			
LA19-11	交流 50 Hz380; 直流 220	5	1	红、黄、蓝、白或绿	1	1	元件	供电磁开关及其他 线路中作遙远控制用, 按钮内装有信号灯供 交直流6.3V、16V、24V 线路作信号指示
LA19-11J			1	红	1	1	元件(紧急式)	
LA19-11D			1	红、黄、蓝、白或绿	1	1	元件(带指示灯)	
LA19-11DJ			1	红	1	1	元件(带指示灯, 紧急式)	
LA19-11H			1		1	1	元件(保护式)	
LA19-11DH			1		1	1	元件(带指示灯、 保护式)	

(续表)

型号	额定电压 (V)	额定 电流 (A)	钮数	钮 色	触头数		结 构 形 式	用 途
					常开	常闭		
LA20-11			1	红、绿、黑	1	1	元件	供电磁开关及其他 电气线路中作通远控 制用
LA20-11J			1	红	1	1	元件(紧急式)	
LA20-11D			1	红、绿、黄、白	1	1	元件(带指示灯)	
LA20-11DJ	380	5	1	红	1	1	元件(带指示灯, 紧急式)	
LA20-22			1	红、绿、黑	2	2	元件	紧急式)
LA20-22D			1	红、绿、黄、白	2	2	元件(带指示灯)	
LA20-22DJ			1	红	2	2	元件(带指示灯, 紧急式)	
LA20-2K			2	黑、红或绿、红	2	2	元件(胶木板面, 开启式)	同上
LA20-2K			3	黑、绿、红	3	3	同上	
LA20-2H			2	黑、红或绿、红	2	2	元件(胶木板壳, 保护式)	
LA20-3H			3	黑、绿、红	3	3	同上	元件(紧急式)
LA20-22J			2	红	2	2	元件(紧急式)	

表 7-109 LA25 型按钮技术数据

额定绝缘电压 U_i (V)	A C 380				D C 220
额定工作电压 U_e (V)	220	380	220	380	220
额定发热电流 I_{th} (A)	5				10
额定工作电流 I_e (A)	1.4	0.8	4.5	2.6	0.6
使用类别	A C-11				D C-11
通断能力	8.7A, 418V, $\cos\varphi: 0.7$ 50次		46A, 418V, $\cos\varphi: 0.7$ 50次		0.8A, 242V, $T_{0.95}$: 300ms 20次
按钮形式	平 钮	磨 菇 钮	带 灯 钮	旋 钮	旋 钮 键 匙 钮
操作频率(次/h)	120				
电寿命(万次)	AC: 50, DC: 25				
机械寿命(万次)	100				
工作制	反复短时工作制, 额定通电持续率为 40%				
额定限制短路电流	1.1 U_e , $\cos\varphi: 0.5 \sim 0.7$, 1000A, 3次				
触头对数	1~6(根据需要可以加接)				
按钮直径(mm)	22, 30				
主要用途	应用于交流 50Hz, 电压至 380V, 直流电压至 220V 的磁力起动器、接触器、继电器及其他电气线路作 遥远控制之用, 带有指示灯式按钮, 还适用于需要灯光信号指示的场所				

表 7-110 LAY3 系列按钮技术数据

使用类别	A C-II						D C-II			
	额定工作电压(V)	660	380	220	110	48	440	220	110	48
额定工作电流(A)	1.5	2.5	4.5	6	6	0.1	0.3	0.6	1.3	2.5
额定绝缘电压(V)	660						440			
额定发热电流(A)	10									
机械寿命(万次)	一般按钮、蘑菇按钮:300;带灯钮:100;旋钮、钥匙钮、自锁钮:10									
电寿命(万次)	交流:60;直流:30;旋钮、钥匙钮、自锁钮:10									
防护等级	IP55									
操作频率(次/h)	12~300	300~1200	1200~3600	12~3000	300~1200	1200~3600	12~3000	300~1200	1200~3600	
通电持续率%	40	25	15	40	25	15	40	25	15	

表 7-111 常用万能转换开关技术数据

型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	挡数	手柄型式	面板型式	结构形式	用途	
LW2	交流 220 以下	10	1~8	4	方型	带定位	在电气设备中作各种配电设备远距离控制用,同时也可作为各种仪表、倒顺电动机转换用。另外也可用于配电箱内控制屏上或其他装置中的金属板及绝缘板上,可以垂直、水平、倾斜方向使用	
LW2-YZ				1	方型	带指示灯、自复机构及定位		
				2	圆型,方型	定位		
LW2-Z				8	方型	带自复机构及定位		
				9	圆型			
LW2-Y				2,3	圆型	带指示灯及定位		
LW2-H	7	方型	带定位及可取出的手柄					
	5,6	方型	带自复机构					
LW4-2	交流 50 Hz380	20	2 4 6 8 10 12 16			自复式和一般型式		在控制线路中,作电气测量仪表的转换,也可用作电流及电压表的换相,或作为小容量电动机的起动、调速和转换用
LW4-4								
LW4-6								
LW4-8								
LW4-10								
LW4-12								
LW4-16								

(续表)

型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	挡数	手柄型式	面板型式	结构形式	用途
LW5-15	交流 50 Hz 或 60 Hz 380, 220 直流 220	15	1~16	旋钮式和普通式	自复式 定位式	手柄结构: 旋转式和普通式 操作方式: 自复式和定位式 有定位机构	作为主令电器或控制伺服电动机电气测量仪表和交直流辅助电路的转换开关, 亦可用于小容量电动机的启动、变速和换相用
LW5-16	交流 50 Hz 500, 380, 220, 直流 440	12	1~16	旋钮式和普通式	自复式 定位式	手柄结构: 旋转式 操作方式: 自复式和定位式 有定位机构	作为主令电器或直接控制电动机用, 作为主回路的控制开关
LW8	交流 50 Hz 380, 220 直流 220		1~10	旋钮式	定位式 自复式	手柄结构: 旋转式 操作方式: 自复式和定位式 有定位机构	作为电气控制线路的转换, 配电设备的远距离控制, 电气测量仪表的转换和微电机的控制。小容量鼠笼型异步电动机的控制

表 7-112 常用行程开关技术数据

型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	触头数		所控制 的路数	结构形式	用途
			常开	常闭			
LX3-11H LX3-11K	直流 220 交流 380	6	1 1	1 1		防护式 开启式	用于各类机床上控 制机床运动机构的行 程和变换运行的方向 和速度
LX5-11 LX5-11Q/1 LX5-11D	交流 380	3	1 1 1	1 1 1		元件、微动 微动、带有防尘外壳 元件、有胶木钮、微动	作控制机械动作或 作程序控制用
LX8-1 LX8-3 LX8-4 LX8-5	带磁吹灭 弧直流 600, 无磁吹灭弧 交流 500 直 流 100	紫铜触 头 20, 银 触头 20				LX8-1 和 LX8-3 带磁吹灭弧作用的磁系统 LX8-4 和 LX8-5 不带磁吹灭弧作用的磁系统	作安全开关或主令 开关用
LX10-11 LX10-12	交流 50Hz 380				1 2	保护式、防溅式、防水式	用于惯性行程不甚 大的平移机构
LX10-21 LX10-22	直流 220	10			1 2	保护式、防溅式、防水式 带有滚子的叉形操动臂	用于惯性行程较大 的平移机构

(续表)

型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	触头数		所控制的 路数	结构形式	用途
			常开	常闭			
LX11-2	交流 380	3			2	保护式	作新型电动机葫芦限制上升及下降机构的行程用
LX20-J	交流 50Hz 380	2			4	防溅式	作中间控制电器以控制电动机的起动、停止或换向。适用于大型闸阀,作为闸口开度调节及限位用
LX22-1	交流 50Hz 380 以下	20			1 或 2	带有滚子的垂直臂	用于尺杆操动、惯性行程不甚大的平移机构
LX22-3	直流 440 以下					用蜗轮(斜齿轮)、蜗杆传动、凸轮带微动开关	用于限制各种机械起升机构之行程
LX22-2						带有滚子的叉形臂	用于惯性行程较大的平移机构

表 7-113 LX32 型行程开关技术数据

额定绝缘电压 U_i (V)	380					
额定工作电压 U_e (V)	DC 24	110	220	AC 380	220	
额定发热电流 I_a (A)	6					
额定工作电流 I_e (A)	0.42	0.09	0.046	0.79	1.3	
电源类型	直流			交流		
额定控制容量	10W			300VA		
额定通断能力	1.1 I_e , 1.1 U_e , $T_{0.95}:6 \times p(\text{ms})$ 20次					
额定操作频率(次/h)	1200					
电 寿 命 (万次)	20			100		
型 号	LX32-1S	LX32-1Q	LX32-2Q	LX32-3Q	LX32-3S	LX32-5S
动作力(max)(N)	12	10	10	7	10	5
释放力(min)(N)	2.4	2	2	2	2.4	—
动作行程(max)(mm)	2	2	2	4	4	($\neq 12^\circ$)
超行程(min)(mm)	3	3	3	5	5	—
差程(max)(mm)	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5	—
机械寿命(万次)	300	1000	1000	300	300	300
接换时间(ms)	<40					
操 作 方 式	直杆基本型、直杆滚轮、单臂滚轮、卷簧型(万向型)					
主 要 用 途	用于反映机械动作或位置,利用机械的可动部分的动作,将机械信号变成电信号,对机械进行电器控制,广泛用于钢铁,起重运输,机床及其他领域					

表 7-114 LK 系列主令控制器技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定发热 电 流 (A)	控制 电路 数	额定控制 量(VA)		结 构 形 式
				交流	直流	
LK1-6 LK1-8 LK1-10 LK1-12	交流 380 直流 220	10	6 8 10 12	1000	150	保护式
LK4-024 LK4-044 LK4-054	交流 50 Hz 380, 直流 440	15	2 4 6			保护式,有一组凸 轮转轴装置,架设于 滚珠轴承上
LK4-028/1 LK4-028/2 LK4-048/1 LK4-048/2 LK4-058/1 LK4-058/2			2 2 4 4 6 6			保护式,装有减速 器
LK4-148/3 LK4-148/4 LK4-168/3 LK4-168/4 LK4-188/3 LK4-188/4			8 8 16 16 24 24			保护式,有两组凸 轮装置架设于滚珠 轴承上,经过减速器 与操纵机构联结
LK4-658/4 LK4-658/5 LK4-658/6 LK4-658/7	交流 50 Hz 380 直流 440	15	5 5 5 5			预水式,具有一组 凸轮装置,用装于主 令控制器壳上的蜗 轮减速器与传动轴 相联接

(续表)

型 号	额定电压 (V)	额定发热流 电 (A)	控制 电路 数	额定控制 量(VA)		结 构 形 式
				交流	直流	
LK5-227-1 LK5-227-4	交流 50 Hz 380	10	2			手柄直接操作,可 自复至零位
LK5-227-5 LK5-227-6	直流 440		2			
LK5-031/3-401 LK5-031/3-405 LK5-051/6-816 LK5-051/6-1003	交流 50 Hz 380 直流 440	10	4			手柄直接操作,可 自复至零位,带正齿 轮传动装置,1:2 的 手柄,每一位有定位 装置
LK5-052/2-816 LK5-052/2-1003			4 8 10			
LK6-3/4 LK6-3/12 LK6-3/47 LK6-3/61 LK6-3/180 LK6-3/386	交流 50 Hz 127 及 220	5	3			以同步电动机作 为定时的基本元件, 通过由齿轮所组成 的减速传动机构来 控制触头的接通与 分断,从而控制其他 电器或电机
LK6-6/4 LK6-6/12 LK6-6/47 LK6-6/61 LK6-6/180 LK6-6/386			6			

(续表)

型 号	额定电压 (V)	额定发热电 (A)	控制电 路数	额定控制 量(VA)		结 构 形 式
				交流	直流	
LK6-10/4 LK6-10/12 LK6-10/47 LK6-10/61 LK6-10/180 LK6-10/386	交流 50 Hz 127 及 220	5	10			以同步电动机作为定时的基本元件,通过由齿轮所组成的减速传动机构来控制触头的接通与分断,从而控制其他电器或电机
LK6-12/4 LK6-12/12 LK6-12/47 LK6-12/61 LK6-12/180 LK6-12/386			12			
LK14-6 LK14-8 LK14-10 LK14-12	交流 50 Hz 380, 直流 440	15	6 8 10 12			触头装配采用积木式双排布置
LK15-6 LK15-8 LK15-10 LK15-12	交流 550 直流 440	15	6 8 10 12			
LK16-6 LK16-12	交流 50 Hz 380, 直流 220	10	6 12			手柄式、手轮式和抓斗手柄式

表 7-115 LS 系列主令开关技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	控制电 路数	极限闭合与分断 能	结 构 形 式
LS2-2 LS2-3	交流 380	10	2 3	105% U_n $\cos\varphi=0.3\sim 0.4$ 接通 30A 分断 6A 各 20 次	2 个转换位置 3 个转换位置
LS3-2	交流 380 直流 220	5	2		2 个触头回路
LS7	交流 380	5	4		4 个触头回路

表 7-116 LX31 型微动开关技术数据

额定绝缘电压 U_i (V)	380							
额定工作电压 U_e (V)	DC 24 110 220	AC 220 380						
额定发热电流 I_a (A)	6							
额定工作电流 I_e (A)	0.42 0.09 0.046	1.3 0.79						
电 源 种 类	直 流			交 流				
额定控制容量	10W			300VA				
额定通断能力	1.1 I_e , 1.1 U_e , $T_{0.95}:6 \times p$ (ms) 20次							
额定操作频率(次/h)	1200							
电 寿 命 (万次)	20			100				
机 械 寿 命 (万次)	1000(操作频率 3600/h)							
接 换 时 间 (ms)	40							
额定熔断短路电流	1000A							
型 号	LX31-1	LX31-2	LX31-3	LX31-4	LX31-5/6	LX31-5/7	LX31-6/6	LX31-6/7
动作力(max)(N)	4	4	4	4	1.2	1.6	1.2	1.6
释放力(min)(N)	1.1	1.1	1.1	1.1	0.35	0.4	0.35	0.4
动作行程(max)(mm)	0.5	0.5	0.5	0.5	6	3.5	6	3.5
差程(max)(mm)	0.15	0.15	0.15	0.15	1.2	0.7	1.2	0.7
超行程(min)(mm)	0.2	1.5	4.5	4.5	2.4	1.4	2.4	1.4
触 动 方 式	基本型、小缓冲型、直杆(液轮型)、摇板(液轮型)							
接 线 方 式	底部铆钉接线、侧面螺钉接线							
主 要 用 途	微动开关主要用于交流 50Hz, 电压至 380V 或直流电压至 220V 的控制电路中, 作为主令电器或其他电器产品的配件, 以达到接通与分断控制电路							

表 7-117 LY1 型超速开关技术数据

额定绝缘电压 U_i (V)	380		
额定发热电流 I_{th} (A)	6		3
额定工作电压 U_e (V)	交流 380	直流 220	交流 380 直流 220
额定工作电流 I_e (A)	0.8	0.27	0.26 0.14
复位方式	手动复位式 自动复位式		
使用类别	AC-II	DC-II	AC-II DC-II
额定转速 (r/min)	660, 750, 1000		
额定通断能力	8.8A, 418V, $\cos\varphi: 0.7$ 50 次	0.3A, 242V, $T_{0.95}: 300\text{ms}$ 20 次	2.8A, 418V, $\cos\varphi: 0.7$ 50 次 $T_{0.95}: 180\text{ms}$ 20 次
额定操作频率 (次/h)	120		
机械寿命 (万次)	1 100		
电寿命 (万次)	1 20		
转速调整范围	1.2~1.6n 1.1~1.5n		
动作时间 (s)	≤ 0.15		
超速能力	2.5n 历时 2min		
主要用途	用于起重机起升机构下降超速保护		

表 7-118 常用脚踏开关技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定 电流 (A)	控制 电路 数	结 构 形 式	用 途
LT1-02	交流 50 Hz 220、 380 直流 220		2	踏板一左一右,当 踏下右踏板时断开右 边触头,踏下左踏板 时在断开左边的同时 也断开右边触头	作为控制线路上的 转换开关用
LT1-11			2	单脚踏板,当踏下 脚踏板时,闭合左边 触头,同时断开右边 触头	
LT2	交流 50 Hz 380 直流 220			选用 LX3-11K 行 程开关	作为控制线路上的 转换开关用
LT3	交流 50 Hz 380 直流 220	2.6 0.4		单脚踏板式,具有 两个独立回路。当两 台脚踏开关并列使用 时,可实现双踏板分 动和联动的功能	可应用在各种锻压 设备、冲床、起重运输 机械、橡胶加工机械、 医疗器械和其他一切 借助脚踏板操纵电气 设备的场合

表 7-119 LJ5A 高频振荡型接近开关技术数据

型号	额定距离 (mm)	电源电压 (V)	负载电流 (mA)	漏电流 (mA)	开关压降 (V)	回差 (mm)	开关频率 (次/s)	外壳 材质	标准检测体 铁 A ₂ 厚 1mm	适用范围
LJ5A- 5/100 5/110 10/100 10/110 8/100 8/110 15/100 15/110	5	AC 30~220 80%~110%	20~300	<7	<10	0.03~0.25r	15	金属	18×18	适用于检 测金属体的 存在和控制 电路中作位 置检测、行 程控制及计 数控制等
	10								30×30	
	8								18×18	
	15								30×30	
5/200 5/210 10/200 10/210 8/200 8/210 15/200 15/210	5	DC 10~30 80%~115%	5~50	<1.5	<8	0.03~0.25r	200 100 200 100	金属	18×18	
	10								30×30	
	8								18×18	
	15								30×30	
5/320 5/330 10/320 10/330 8/320 8/330 15/320 15/330	5	DC	<300	负载 压降 小于 工作 电压 10%	<3.5	0.01~0.15	200 100 200 100	金属	18×18	
	10								30×30	
	8								18×18	
	15								30×30	
5/321 5/331 10/321 10/331 8/321 8/331 15/321 15/331	5	6~30	<300	负载 压降 小于 工作 电压 10%	<3.5	0.01~0.15	200 100 200 100	金属	18×18	
	10								30×30	
	8								18×18	
	15								30×30	
5/440 10/440 8/440 15/440	5	80%~115%	2×50	负载 压降 小于 工作 电压 10%	<3.5	0.01~0.15	200 100 200 100	金属	18×18	
	10								30×30	
	8								18×18	
	15								30×30	

7-12 常用低压电器线圈数据及换算公式

常用低压电器线圈数据及换算公式,见表 7-120 和表 7-121。

表 7-120 常用低压电器线圈数据

名称	型号	线圈电压 (V)	线 径 (mm)	匝 数	电 阻 (Ω)	备 注	
交 流 接 触 器	CJ10-5	交流 380	$\phi 0.08$	11000			
	CJ10-10	交流 380	$\phi 0.09$	8750			
	CJ10-20	交流 380	$\phi 0.16$	5660			
	CJ10-40	交流 380	$\phi 0.18$	3600			
	CJ10-60	交流 380	$\phi 0.35$	1900			
	CJ10-100	交流 380	$\phi 0.38$	1570			
	CJ10-150	交流 380	$\phi 0.51$	1230			
	CJ12-100	交流 380	$\phi 0.44$	1980		二极或三极	
		交流 380	$\phi 0.49$	1755		四极或五极	
	CJ12-150	交流 380	$\phi 0.49$	1250		二极或三极	
		交流 380	$\phi 0.57$	1100		四极或五极	
	CJ12-250	交流 380	$\phi 0.72$	950		二极或三极	
		交流 380	$\phi 0.8$	805		四极或五极	
	CJ12-400	交流 380	$\phi 1$	675		二极或三极	
交流 380		$\phi 1.2$	585		四极或五极		
CJ12-600	交流 380	$\phi 1.12$	505		二极或三极		
	交流 380	$\phi 1.45$	415		四极或五极		
继 电 器	交流电磁继电器 JS3	交流 40A	$\phi 3.8$	15		电流线圈	
		直流 220	$\phi 0.18$	11000	1505	时间继电器	
		交流 380	$\phi 0.06$	21900	10000		
	S22 型电压继电器	直流 220	$\phi 0.06$	28000	13650		
		直流 220	$\phi 0.18$	23000	2240	电磁继电器	
		直流 220	$\phi 0.12$	12500	2650	电磁继电器	
		直流 220	$\phi 0.12$	12500	2650	电磁继电器	
		交流 380	$\phi 0.29$	3200	120	零电压继电器	
	JT4-A	交流 380	$\phi 0.29$	3200	120	过电压继电器	

(续表)

名称	型号	线圈电压 (V)	线 径 (mm)	匝 数	电 阻 (Ω)	备 注
直 流 接 触 器	CZ0-40/20	直流 220	$\phi 0.16$	23000	2560	
	CZ0-40/02	直流 220	$\phi 0.18$	21900	2050	
	CZ0-100/10	直流 220	$\phi 0.17$	20400	1975	
	CZ0-100/20	直流 220	$\phi 0.2$	20900	1610	
	CZ0-100/01	直流 220	I $\phi 0.23$	5900	274	
			II $\phi 0.15$	12060	1790	
	CZ0-150/10	直流 220	$\phi 0.2$	20900	1610	
	CZ0-150/20	直流 220	$\phi 0.25$	20450	1195	
	CZ0-150/01	直流 220	I $\phi 0.31$	5500	156	
			II $\phi 0.18$	17200	1826	
	CZ0-250/10	直流 220	I $\phi 0.27$	5000	220	
			II $\phi 0.18$	10800	1306	
	CZ0-250/20	直流 220	I $\phi 0.35$	5600	166	
			II $\phi 0.21$	9700	1020	
	CZ0-400/10	直流 220	I $\phi 0.29$	3500	141	
			II $\phi 0.21$	16500	1615	
CZ0-400/20	直流 220	I $\phi 0.38$	4000	112		
		II $\phi 0.25$	14000	1150		
CZ0-600/10	直流 220	I $\phi 0.35$	5000	166		
		II $\phi 0.23$	12500	1200		

表 7-121 线圈换算公式

线圈种类	变化参数	保持条件	参数变化比	匝数比 (N/N_m)	圆线直径比 (d/d_m)	扁线截面比 (q/q_m)	电阻比 (R/R_m)	电流比 (I/I_m)
直流电压线圈	U	$F = F_m$ $\theta = \theta_m$ $f = f_m$	$\frac{U}{U_m} = a$	a	$a^{-\frac{1}{2}}$	a^{-1}	a^2	a^{-1}
	JC	$U = U_m$ $\theta = \theta_m$ $f = f_m$	$\frac{JC}{JC_m} = a$	$a^{-\frac{1}{2}}$	$a^{\frac{1}{4}}$	$a^{\frac{1}{2}}$	a^{-1}	a
直流电流线圈	JC	$I = I_m$ $\theta = \theta_m$ $f = f_m$	$\frac{JC}{JC_m} = a$	$a^{-\frac{1}{2}}$	$a^{\frac{1}{4}}$	$a^{\frac{1}{2}}$	a^{-1}	a^0
直流电流线圈	I	$F = F_m$ $f = f_m$	$\frac{I}{I_m} = a$	a^{-1}	$a^{\frac{1}{2}}$	a	a^{-2}	a
交流电流线圈	I	$F = F_m$ $f = f_m$	$\frac{I}{I_m} = a$	a^{-1}	$a^{\frac{1}{2}}$	a	a^{-2}	a
交流电压线圈	f	$U = U_m$ $\theta = \theta_m$ $f = f_m$	$\frac{f}{f_m} = a$	a^{-1}	$a^{\frac{1}{2}}$	a	a^{-2}	a
交流电压线圈	U	$F = F_m$ $f = f_m$	$\frac{U}{U_m} = a$	a	$a^{\frac{1}{2}}$	a^{-1}	a^0	a^{-1}

注： I ——线圈电流； N ——线圈匝数；
 U ——线圈电压； f ——电源频率；
 F ——电磁吸力； d ——导线直径；
 R ——线圈电阻； θ ——线圈温升；
 JC ——通电持续率。

第八章 变 压 器

8-1 变压器的原理

变压器是根据电磁感应原理而制成的。是用来改变交流电压、交流电流的静止的电气设备。它既能改变线路电压和电流，又能同时输出各种不同的电压数值，在电气设备中它是很重要的设备。单相变压器的原理，见图 8-1。它有闭合的铁心，铁心上绕有两组或多组线圈。与电源相连的一组线圈称为初级线圈或一次线圈；负载或称输出电能的线圈称为次级线圈或二次线圈，次级线圈可有多组。我们用 U_1 、 E_1 、 N_1 分别表示初线端的电源电压、感应电势和初级线圈的匝数；用 U_2 、 E_2 、 N_2 分别表示次级线圈输出电压、感应电势和次级线圈的匝数。

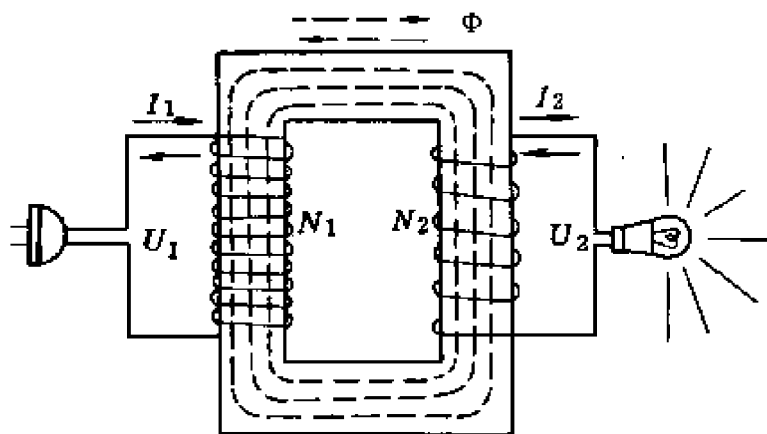


图 8-1 单相变压器原理图

当初级线圈接上交流电压 U_1 时，在初级线圈中有交流电流 I_1 通过，并在铁心中产生交变磁通 Φ 。因此，两线圈中均产生感应电势 E_1 和 E_2 。如果次级线圈接上负载，则次级线圈便有

交流电流 I_2 流出，而其电压 U_2 就是变压器输出的电压。

根据电磁感应定律，其电势分别如下：

$$E_1 = 4.44fN_1\Phi \times 10^{-8} \text{ (V)}$$

$$E_2 = 4.44fN_2\Phi \times 10^{-8} \text{ (V)}$$

两式相比，即得：

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

但在实际工作中，线圈本身有阻抗压降，实际上， U_1 应大于 E_1 ； U_2 略小于 E_2 。如果忽略变压器铁心的损耗，则可认为 $U_1 \approx E_1$ ， $U_2 \approx E_2$ 。于是可得

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = K$$

由此可知，初、次级侧电压之比近似等于初、次级线圈匝数之比。 K 值称为变压器的变压比。它是变压器的重要参数，说明只有变压器的线圈匝数不同时，变压器才能起到改变电压的作用。

假设变压器初级、次级线圈没有漏磁，变压器本身损耗很小，可忽略不计，从能量守恒原理可知，输入功率应等于输出功率，即

$$U_1 I_1 = U_2 I_2 = P_1 = P_2$$

或
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} = K_i$$

式中， K_i ——为变压器的变流比。

由上关系式可知初、次级线圈匝数之比等于初、次级线圈电流的反比。由此可知变压器不但能改变电压，也能改变电流。即改变线圈匝数就可得到不同的电压和电流。

但在实际情况，变压器总要消耗一部分能量。因此，变压器效率就不能是 100%，其效率应为：

$$\eta = \frac{U_2 I_2}{U_1 I_1} = \frac{P_2}{P_1} \times 100\%$$

式中, P_1 , P_2 ——为变压器输入、输出功率。

8-2 变压器的分类及其用途

变压器种类繁多,分类亦无统一,一般按不同方式分类有:按冷却方式、按电源输出相数、按线圈结构以及按铁心结构等等分类。具体分类和用途,见表 8-1。

表 8-1 变压器的分类

分 类	类 别	用 途
冷却方式	干式(自冷)变压器 油浸(自冷)变压器 油浸(风或水冷)变压器 氟化物(蒸发冷却)变压器	多用在低电压、小容量设备 用在电压较高、容量较大场合
电源输出相数	单相变压器 三相变压器 多相变压器	用在小容量设备 用在较大容量设备 用在电源变压器
线圈结构	双线圈变压器 三线圈变压器 多线圈变压器	中小型电力变压器 大型电力变压器 电源变压器
铁心结构	心式变压器 壳式变压器 C型变压器 环型变压器	
防潮方式	开放式变压器 灌封式变压器 密封式变压器	

8-3 变压器的铁心结构及其组成

变压器的铁心结构，见图 8-2。

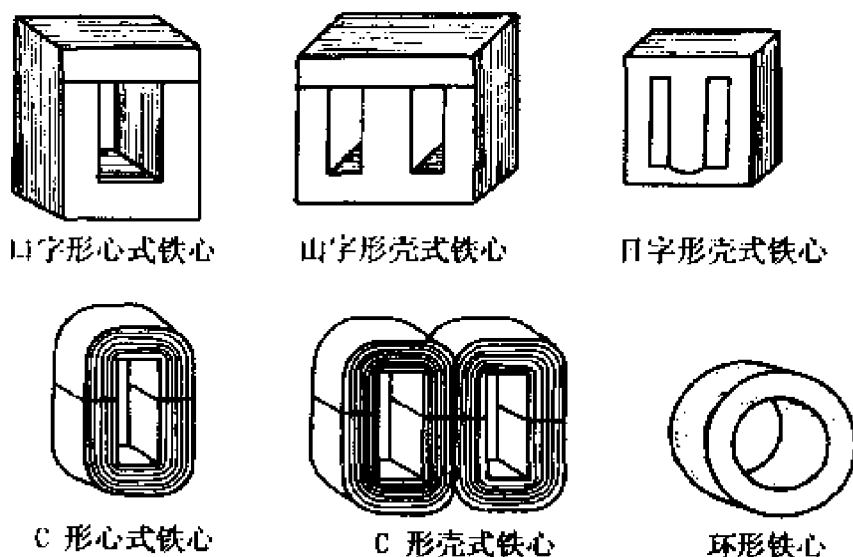


图 8-2 变压器铁心结构

变压器的组成，一般小功率变压器的组成比较简单，而大功率变压器的组成比较复杂，具体组成，见图 8-3 和图 8-4。

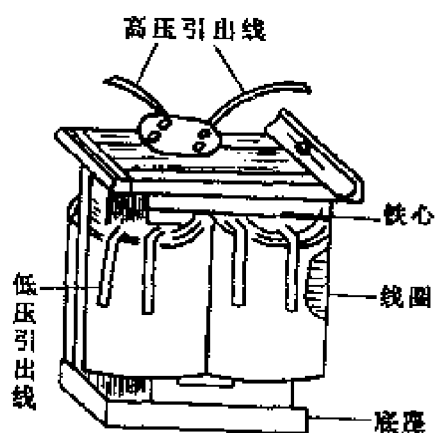


图 8-3 小功率变压器的组成

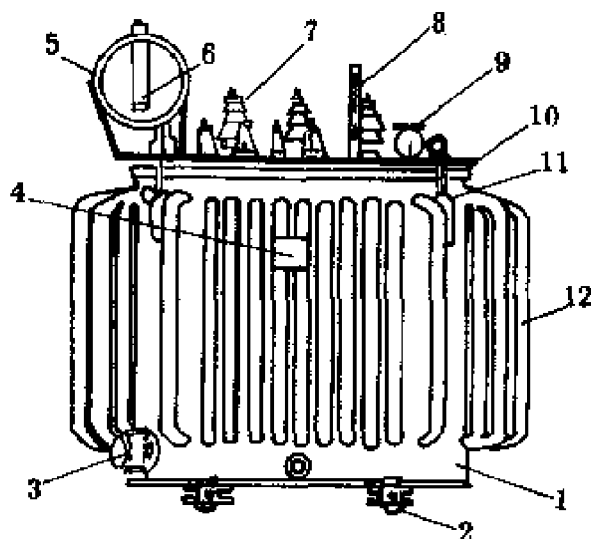


图 8-4 电力变压器的组成

1—油箱 2—滑轮 3—放油阀 4—铭牌 5—油枕 6—油位指示器 7—套管 8—水银温度计 9—注油阀 10—盖 11—起重吊钩 12—储油管

8-4 电力变压器的额定数据

电力变压器的主要额定数据有：

1. 额定容量。变压器次级线圈的额定电压和额定电流的乘积。其单位：kVA。

2. 额定电压和额定电流。变压器在额定运行情况下，根据变压器绝缘强度和允许温升所规定的初级线电压值，叫做初级额定电压 U_{1e} 。变压器在空载时，次级线电压的保证值，叫做次级额定电压 U_{2e} 。

额定电流 I_{1e} 、 I_{2e} ，是由变压器的额定容量 S_e 和电压计算出来的。对于

$$\text{单相变压器} \quad I_e = \frac{S_e}{U_e}$$

$$\text{三相变压器} \quad I_e = \frac{S_e}{\sqrt{3}U_e} = 0.577 \frac{S_e}{U_e}$$

3. 短路电压，也称阻抗电压。它是考虑短路电流和继电保护特性的依据。

4. 空载损耗。当变压器次级开路时所产生的损耗，称空载损耗。空载损耗主要是铁损，其单位为 W 或 kW。

5. 短路损耗。当变压器中某一个线圈短路时所产生的损耗，称短路损耗。其单位是 W 或 kW。

6. 连接组别。电力变压器的连接组别，是决定高低线圈的电压相位关系。它是变压器线圈如何连接的标志。

7. 变压器的额定温度。变压器内上层油温与外界冷却介质温度之差，称电力变压器的额定温度。一般温升不能超过 55°C 。

8-5 电力变压器的连接组别

变压器的连接组别，见表 8-2。

表 8-2 双线圈变压器线圈连接、向量及连接组编号 (GB1084—79)

	线圈连接图		向量图		连接组号
	高压	低压	高压	低压	
单相					1/1-12
三相					Y/Y ₀ -12

(续表)

	线圈连接图		向量图		连接组号
	高压	低压	高压	低压	
相					Y/Δ-11
					Y ₀ /Δ-11
					Y ₀ /Y-12
					Y/Y-12

8-6 电力变压器的效率

变压器输出功率与输入功率的百分比，称为变压器的效率 η 。

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\% = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P_{\text{Fe}} + \Delta P_{\text{Cu}}} \times 100\%$$

式中 P_1 ——变压器输入功率；
 P_2 ——变压器输出功率；
 ΔP_{Fe} ——变压器铁损；
 ΔP_{Cu} ——变压器铜损。

8-7 电力变压器的容量选择

配电变压器的容量的选择是个重要问题。如容量过小，将会造成过负荷，会烧坏变压器；如容量选大了，变压器将得不到充分利用，不但会增加设备投资，而且会使功率因数变低，线路损耗和变压器本身损耗都会变大，其效率很低。一般，电力变压器容量可按下式选择：

$$\text{变压器的容量 (S)} = \frac{PK}{\eta \cos\varphi}$$

式中 P ——用电设备总容量；
 K ——同一时间投入运行的设备实际容量与用电设备总容量的比值，一般为 0.7 左右；
 η ——用电设备效率，一般为 0.85~0.9；
 $\cos\varphi$ ——用电设备功率因数，一般为 0.8~0.9。

选择变压器的容量时，还应考虑到，一般电动机起动电流是额定电流的 4~7 倍，因此，在变压器的容量选择时应考虑这种因素。一般直接起动的电动机中最大的一台容量，不宜超过变压器容量的 30% 左右。

8-8 电力变压器并列运行

当一台变压器的容量不能满足用电单位负荷需要时，若换用较大容量变压器，不但费用高，而且将影响生产。这时，可将两台变压器并列使用，这样既节省经费又能保证生产，而且在用电少的时候，可以停运一台，不但减少损耗而且提高功率因数。变压器并列运行，必须具备下列条件：

1. 变压器的变压比应相同。也就是说变压器的高压侧和低压侧的额定电压必须相同。如果电压不同，其电压差会在两台变压器的线圈中产生很大的环流，不但会增加变压器的损耗，甚至会烧坏变压器的线圈。

2. 变压器连接组应相同。如果连接组不同，两台变压器低压端之间会产生电位差，结果将在两台变压器低压线圈内产生很大的环流，致使变压器烧坏。并列运行的变压器除了连接组应相同外，其线圈首、尾都是按“减极性”标明的。不能一台按“减极性”标号，另一台按“加极性”标号，这样将不能并列。

3. 阻抗百分数（短路电压百分数）大体相同。并列运行的两台变压器，要求阻抗电压应大体相同。如果两台变压器阻抗电压相差过大，那么阻抗电压小的变压器负荷偏高，阻抗电压大的，则负荷偏低，造成“窝工”。这是极不合理的运行，其后果很严重，在实际中是绝对不允许的。现行规程规定阻抗电压相差不应超过 $\pm 10\%$ 。

4. 并列运行两台变压器的容量不能相差太大。两台变压器的容量对比在3比1范围内比较合适。如果其容量相差太大，也会造成不合理的运行，容量大的负荷偏低，容量小的负荷偏高。一般要求并列变压器的负荷分配合理，最好相等。

变压器并列运行的示意图，见图8-5。

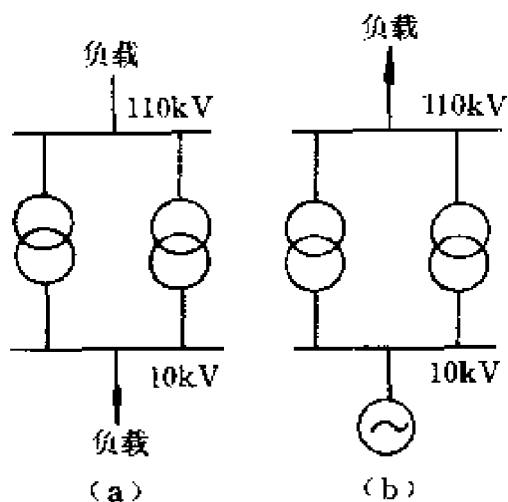


图 8-5 变压器并列运行示意图
(a) 降压变压器并联 (b) 升压变压器的并联

8-9 电力变压器操作注意事项

1. 变压器应根据铭牌规定运行；
2. 在正常情况下，变压器上层的油温，不应超过 80°C ；
3. 变压器“嗡嗡”声是否正常，有无增大或其他杂音；
4. 油位是否符合标准位置，油色有无变化，有无漏油、渗油现象；
5. 套管是否清洁，有无放电痕迹和裂痕；
6. 接地线及其他附属设备的状况是否正常；
7. 呼吸器内硅胶干燥剂是否已吸湿变色；
8. 示温蜡片是否熔化，接头处有无发热变色及异状；
9. 测量负荷电流，在正常情况下，负荷电流不得超过变压器额定电流，三相负荷力求平衡，其偏差不得超过 10%；
10. 测量电压，变压器电压的变动范围，应在额定值的 $\pm 5\%$ 以内。

8-10 变压器常见故障及其处理方法

变压器常见故障及其处理方法，见表 8-3。

表 8-3 变压器的常见故障及其处理方法

常见故障	可能原因	处理方法
变压器发出异常声响	<ol style="list-style-type: none"> 1. 变压器过负荷，发出的声响比平常沉重 2. 电源电压过高，发出的声响比平常尖锐 3. 变压器内部振动加剧或结构松动，发出的声响大而嘈杂 4. 线圈或铁心绝缘有击穿现象，发出的声响大且不均匀或有爆裂声 5. 套管太脏或有裂纹，发出“嗞嗞”声且套管表面有闪络现象 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 减少负荷 2. 按操作规程降低电源电压 3. 减少负荷或停电修理 4. 停电修理 5. 停电清洁套管或更换套管
油温过高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 变压器过负荷 2. 三相负荷不平衡 3. 变压器散热不良 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 减少负荷 2. 调整三相负荷的分配，使其平衡；对于 Y/Y₀-12 连接的变压器，其中性线电流不得超过低压线圈额定电流的 25%。 3. 检查并改善冷却系统的散热情况
变压器油变黑	变压器线圈绝缘击穿	修理变压器线圈

(续表)

常见故障	可能原因	处理方法
低压熔丝熔断	<ol style="list-style-type: none"> 1. 变压器过负荷 2. 低压线路短路 3. 用电设备绝缘损坏, 造成短路 4. 熔丝的容量选择不当、熔丝本身质量不好或熔丝安装不当 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 减少负荷, 更换熔丝 2. 排除短路故障, 更换熔丝 3. 修理用电设备, 更换熔丝 4. 更换熔丝, 按规定安装
高压熔丝熔断	<ol style="list-style-type: none"> 1. 变压器绝缘击穿 2. 低压设备绝缘损坏造成短路, 但低压熔丝未熔断 3. 熔丝的容量选择不当、熔丝本身质量不好或熔丝安装不当 4. 遭受雷击 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 修理变压器, 更换熔丝 2. 修理低压设备, 更换高压熔丝 3. 更换熔丝, 按规定安装 4. 更换熔丝
防爆管薄膜破裂	<ol style="list-style-type: none"> 1. 变压器内部发生故障 (如线圈相间短路等), 产生大量气体, 压力增加, 致使防爆管薄膜破裂 2. 由于外力作用而造成薄膜破裂 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 停电修理变压器, 更换防爆管薄膜 2. 更换防爆管薄膜
气体继电器动作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 变压器线圈匝间短路、相间短路、线圈断线、对地绝缘击穿等 2. 分接开关触头表面熔化或灼伤; 分接开关触头放电或各分接头放电 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 停电修理变压器线圈 2. 停电修理分接开关
油面高度不正常	<ol style="list-style-type: none"> 1. 油温过高, 油面上升 2. 变压器漏油、渗油, 油面下降 (注意与天气变冷而油面下降的区别) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 见以上“油温过高”的处理方法 2. 停电修理

8-11 单相电源变压器典型计算

8-11-1 单相 C 形铁心电源变压器典型计算

C 形铁心变压器是采用晶粒取向冷轧硅钢带卷绕而成的一种新型变压器。C 型铁心变压器具有电磁性能好、材料利用率高、工装简单、体积小、重量轻和效率高等优点。它广泛用于电子、仪表、广播以及其他电气设备中。C 形铁心变压器的结构有心式 (XCD 型) 和壳式 (XED 型) 两种。结构形式, 见图 8-2。

C 形铁心电源变压器计算步骤如下:

1. 计算总功率

一般电源变压器的负载形式有以下四种:

- ① 纯阻式;
- ② 半波整流式;
- ③ 全波整流式;
- ④ 桥式整流式。

图 8-6 是 C 形变压器四种负载形式的原理图。一只变压器不一定同时具有上述四种形式的负载, 但接某一类型的负载的线圈可能有好几个。

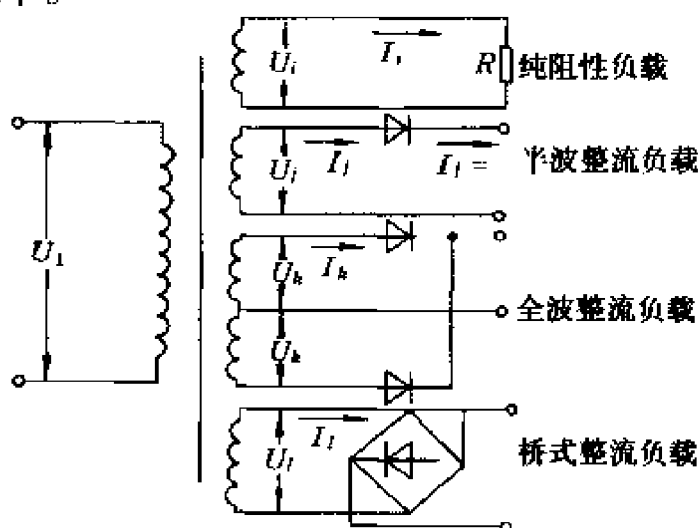


图 8-6 单相 C 形变压器四种负载形式的原理图

由图 8-6 求出变压器的各负载的功率:

$$P_i = U_i I_i$$

$$P_j = \frac{1}{2} (U_j I_j + U_j \sqrt{I_j^2 - I_{j-}^2})$$

$$P_k = 1.71 U_k I_k$$

$$P_l = U_l I_l$$

其中: P_j 和 P_k 的初、次级 VA 值不等, 均取其平均值。

式中 P_i ——纯阻式的功率;

P_j ——半波整流式的功率;

P_k ——全波整流式的功率;

P_l ——桥式整流式的功率;

U_i 、 U_j 、 U_k 、 U_l ——分别为不同形式输出电压;

I_i 、 I_j 、 I_k 、 I_l ——分别为不同形式的电流;

I_{j-} ——为半波整流后的电流直流成分。

那么, 变压器的总功率应是各负载功率之和, 即:

$$P = P_i + P_j + P_k + P_l$$

2. 求铁心截面积、效率、空载磁通密度

根据计算的总功率 P 值, 在表 8-10 和表 8-11 中对应的功率查出铁心截面积 S_C 、效率 η 和空载磁通密度 B_1 。

3. 计算初级功率 P_0 。根据计算的总功率以及查得对应的效率 η , 可计算出初级功率 P_0 , 即:

$$P_0 = \frac{P}{\eta} \quad (\text{VA})$$

4. 计算初、次级线圈匝数。初、次级线圈匝数的计算有两种方法, 查表计算和自行选择空载磁通密度 B_1 和电压调整率 $\Delta V\%$ 的计算。具体计算, 见表 8-4。

表 8-4 计算初、次级匝数参考表

采用表 8-10 和 8-11 中的 B_1 、 $\Delta u\%$ 时	自行选择 B_1 、 $\Delta u\%$ 时
$N_1 = U_1 N_0'$ $N_2 = U_2 N_0$ $N_n = U_n N_0$ N_0' 、 N_0 查表 8-10 和表 8-11 可得。 当 $U_1 = 220V$ 时, N_1 可直接查表 8-10 和表 8-11	$N_0' = \frac{10^8}{4.44 B_1 S_c f}$ $N_0 = (1 + \Delta u\%) \times N_0'$ $N_1 = U_1 N_0'$ $N_2 = U_2 N_0$ $N_n = U_n N_0$

5. 空载电流的计算。空载电流的计算也有两种方法, 即查表法和自选 B_1 法。具体计算方法, 见表 8-5。

表 8-5 计算空载电流和初级电流参考表

采用表 8-10 和表 8-11 中 B_1 值时	自行选择 B_1 值时
铁耗电流 $I_C = P_C / U_1$ (A) 磁化电流 $I_\varphi = VA_\varphi / U_1$ (A) 空载电流 $I_0 = \sqrt{I_C^2 + I_\varphi^2}$ (A) VA_φ (磁化伏安), P_C 查表 8-10 和表 8-11。当 $U_1 = 220V$ 时, I_φ 、 I_C 、 I_0 可直接查表 8-10 和表 8-11	根据工作频率及 B_1 查铁耗曲线图得 H_1 、 P_{C0} , 计算 铁耗 $P_C = P_{C0} G_C$ (W) 铁耗电流 $I_C = P_C / U_1$ (A) 磁化电流 $I_\varphi = H_1 l_c / N_1$ (A) 空载电流 $I_0 = \sqrt{I_C^2 + I_\varphi^2}$ (A)

6. 初级电流的计算。按变压器次级各线圈所接负载特性计算由变压器次级反射到初级的电流 I_2'

$$I_2' = I_{2,1}' + I_{2,2}' + I_{2,3}' + I_{2,4}'$$

因此, 初级电流为: $I_1 = I_2' + I_C$

$$I_1 = \sqrt{I_2'^2 + I_C^2} \quad (\text{A})$$

式中 I_C ——变压器铁耗电流 (A);

I_0 ——变压器空载电流 (A)。

7. 计算初、次级线圈导线截面积。初级线圈导线截面积为:

$$S_1 = \frac{I_1}{j} \quad (\text{mm}^2)$$

次级线圈导线截面积为：

$$S_2 = \frac{I_2}{j} \quad (\text{mm}^2)$$

$$S_3 = \frac{I_3}{j} \quad (\text{mm}^2)$$

.....

$$S_n = \frac{I_n}{j} \quad (\text{mm}^2)$$

式中 j ——为电流密度。可由表 8-10 和表 8-11 中查得 (A/mm^2)。

导线截面积求出之后，查第四章，找出与截面积相近的导线直径 d 及带绝缘层的导线直径 d_m 。

8. 计算变压器各线圈对铁心的试验电压。各线圈对铁心的试验电压，由表 8-6 中选取。

表 8-6 线圈对铁心试验电压表

线圈工作电压	试验电压
$U_p < 24 \text{ (V)}$	250 (V)
$24 \text{ (V)} < U_p \leq 100 \text{ (V)}$	500 (V)
$100 \text{ (V)} < U_p \leq 500 \text{ (V)}$	2000 (V)
$U_p > 500 \text{ (V)}$	$2U_p + 1000 \text{ (V)}$

9. 计算线圈结构

(1) 确定端空距离 d'

$$d' = \delta_1 + Z$$

式中 δ_1 ——端封或灌注层的每端厚度；

Z ——线圈线边至纸边的距离。

(2) 计算各线圈每层匝数和每线圈层数绕线宽度

$$L_0 = h - 2d'$$

式中 h ——底筒高度，由表 8-10 或表 8-11 查到。

每层匝数为：

$$N_N = \frac{L_0}{d_m K'} - 1$$

式中 K' ——排绕系数，见表 8-7。

表 8-7 排绕、叠绕系数表

导线直径 (mm)	排绕系数 K'	叠绕系数 K''	导线直径 (mm)	排绕系数 K'	叠绕系数 K''
0.07~0.1	1.15	1.2	0.16~0.59	1.05	1.15
0.11~0.15	1.1	1.15	0.62 以上	1.05	1.15

线圈需绕层数

$$D = \frac{N}{N_n}$$

(3) 确定内层、层间、线圈间及外包绝缘。

① 内层绝缘：使用玻璃丝布做底筒，其工作电压可为 500V。工作电压小于 500V 时，可以不包内层绝缘。线圈工作电压若大于 500V 时，可将工作电压减去 500V，将所得的结果与表 8-8 中的值进行比较，然后决定底筒需包绝缘层数。

表 8-8 线圈工作电压与绝缘层数

工 作 电 压 (V)	聚酯薄膜 (0.05mm) + 电缆纸 (0.12mm)
≤300	2 层 + 2 层
450	2 层 + 2 层
700	2 层 + 3 层
1100	2 层 + 5 层

② 层间绝缘：根据层间交流电压及导线直径按表 8-9 选取。层间交流电压在 200~300V 时，应将线圈分段，以降低层间电压。

表 8-9 层间交流电压与导线直径参数表

材 料	电容器纸	电 话 纸	电 缆 纸		
	1×0.03	1×0.05	1×0.08	2×0.08	1×0.12
层间电压 (V) (均方根值)	60	100	150	300	200
最大线径 (mm)	0.27	0.41	0.69	0.8	1.2

③ 线圈间绝缘：线圈间绝缘可根据线圈工作电压，相邻线圈间最大电位差及受潮后线圈间热态最小绝缘电阻的要求来选择。对热态最小绝缘电阻要求不高的变压器可用纸和聚酯薄膜组合做线圈间绝缘，见表 8-8。对热态最小绝缘电阻要求较高的变压器，以纸类为主，由图 8-7 选取。

④ 线圈外包绝缘：线圈灌注、裹覆时，外包 1~2 层电话纸或电缆纸作机械性保护。耐压、防潮由灌注、裹覆层承担。

线圈端封时，外包绝缘可以防潮，并起抗电作用。最外层为 1~2 层聚酯薄膜，线圈间无间隙时，外包绝缘总层数按线圈工作电压可查图 8-7。

(4) 线圈厚度的计算

① 线圈厚度 H

$$H = d_m N_n K'' + Z_1 + Z_2 \quad (\text{mm})$$

式中 Z_1 ——线圈层间绝缘总厚；

Z_2 ——线圈外包绝缘厚度；

K'' ——叠绕系数，见表 8-7。

② 线圈总厚度 H_m

$$H_m = \delta' + Z_3 + H + \delta''$$

式中 δ' ——底筒厚度；

Z_3 ——内层绝缘厚度；

δ'' ——灌注或裹覆层外表面壁厚度；

H ——线圈厚度。

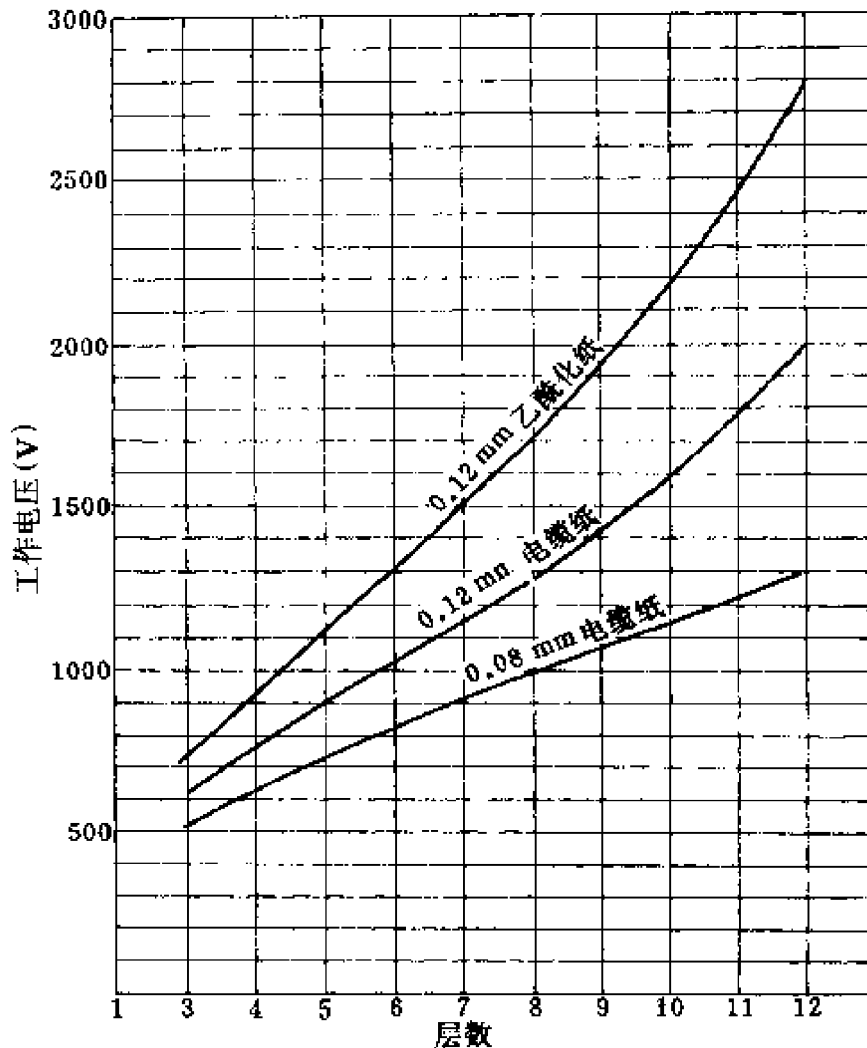


图 8-7 工作电压与线圈层数关系曲线

线圈总厚度 H_m ，对于 XED 型铁心，它应小于窗口宽度；对于 XCD 型铁心，它应小于窗口宽度的一半。

(5) 各线圈平均匝长 L_{mn}

各线圈平均匝长，可按图 8-8 中曲线求得。

(6) 各线圈导线长度的计算

$$L_n = L_{mn} N_n \times 10^{-2} \text{ (m)}$$

(7) 各线圈铜阻和铜耗的计算

① 20°C 时的铜阻

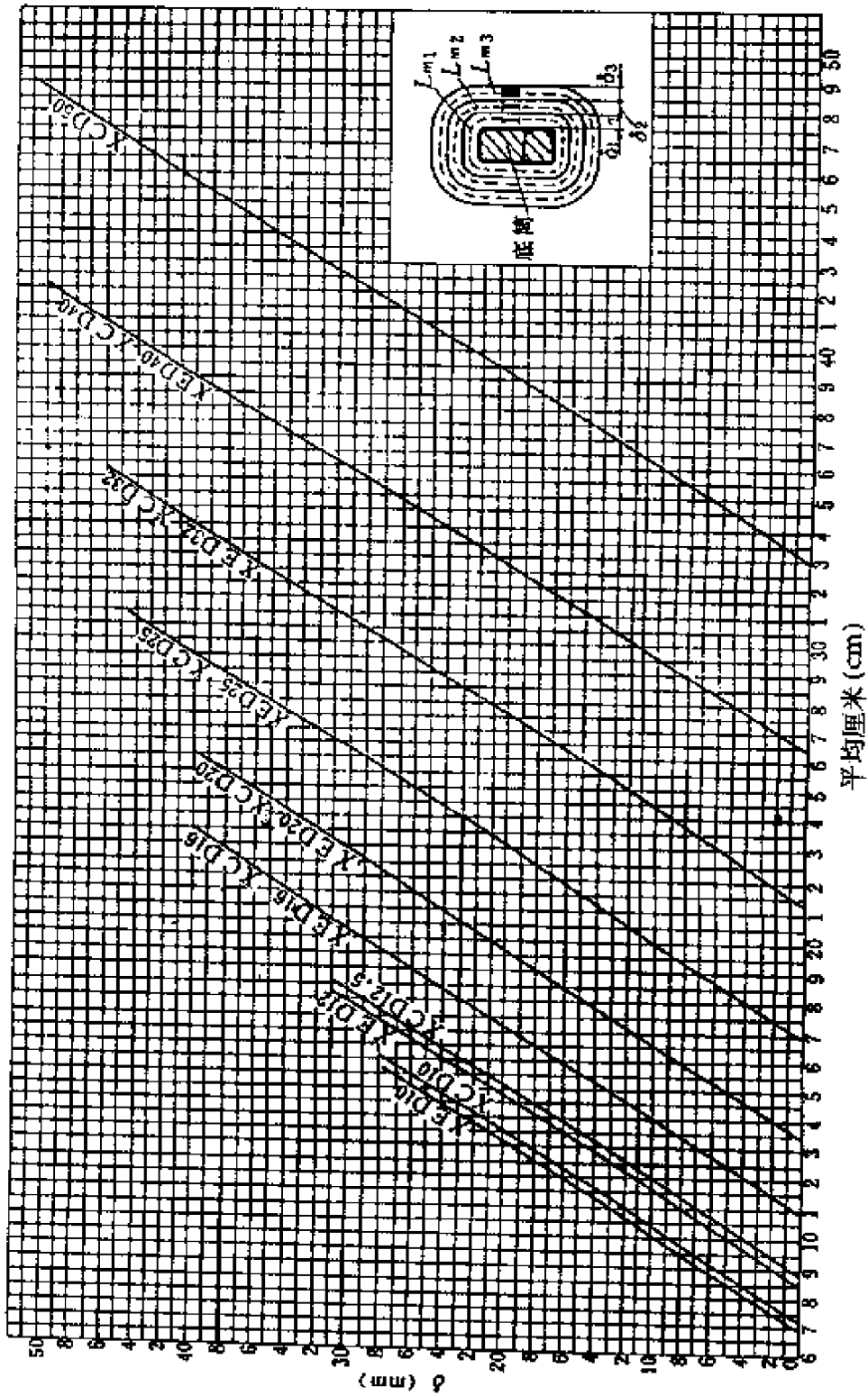


图 8-8 平均匝长与线圈层厚的关系曲线

$$r_n = L_n \times 10^{-2} \times \text{导线每千米的电阻} (\Omega)$$

导线每千米电阻值，可查表求得。

② 热态铜阻

$$r_n = K_T r_{n20^\circ\text{C}} (\Omega)$$

式中 K_T ——线圈热态铜阻比冷态 (20°C) 铜阻增大的倍数。

对于变压器线圈工作温度，可按比较接近实际的线圈平均工作温度，查图 8-9 来确定 K_T 值。

③ 热态铜耗

$$P_m = I_1^2 r_1 + I_2^2 r_2 + \cdots + I_n^2 r_n \quad (\text{W})$$

式中 I_1, I_2, \cdots, I_n ——各线圈电流；

r_1, r_2, \cdots, r_n ——各线圈的铜阻。

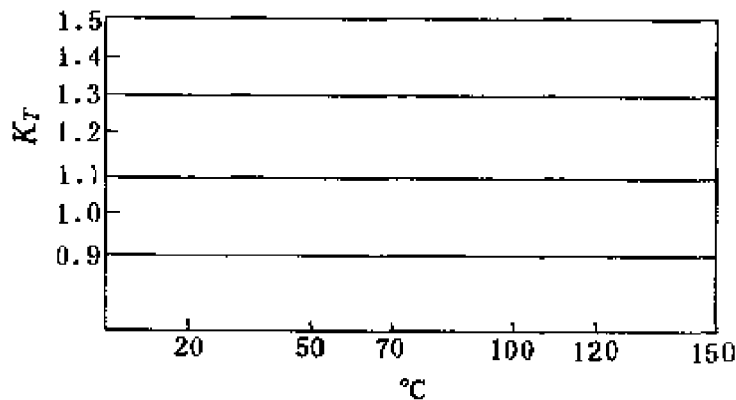


图 8-9 K_T 值与温度的关系曲线

10. 电压比核算

(1) 次级开路电压

$$U_{20} = \frac{N_2}{N_1} U_1 \quad (\text{V})$$

$$U_{30} = \frac{N_3}{N_1} U_1 \quad (\text{V})$$

.....

$$U_{n0} = \frac{N_n}{N_1} U_1 \quad (\text{V})$$

(2) 初级感应电压

$$e_1 = \frac{N_2}{N_1} e_1 \quad (\text{V})$$

(3) 次级感应电压

$$e_2 = \frac{N_2}{N_1} e_1 \quad (\text{V})$$

$$e_3 = \frac{N_3}{N_1} e_1 \quad (\text{V})$$

.....

$$e_n = \frac{N_n}{N_1} e_1 \quad (\text{V})$$

(4) 次级负载电压

$$U_2 = e_2 - I_2 r_2 \quad (\text{V})$$

$$U_3 = e_3 - I_3 r_3$$

.....

$$U_n = e_n - I_n r_n$$

(5) 电压调整率 $\Delta u\%$ 核算

$$\Delta u\% = \frac{U_{n0} - U_n}{U_{n0}}$$

其中 $n = 2, 3, 4, \dots$

(6) 计算空载损耗

$$P_0 = I_0^2 r_{1(20^\circ\text{C})} + P_C \quad (\text{W})$$

式中 I_0 ——空载电流；

P_C ——铁心损耗。

C形 XCD 和 XED 型铁心变压器技术数据，见表 8-10 和表 8-11。铁心尺寸，见表 8-12 和表 8-13。

表 8-10 XCD 型铁心 50Hz 电源变压器技术数据

铁心型号	技术指标					空载特性					线圈计算数据					
	VA_1	P_2	η	B_1	j	Δu	VA_φ	P_C	初级电压 $U_1 = 220V$			每伏匝数	底筒高度	窗宽	S_c	
	(VA)	(W)	(P_2/P_1)	T	(A/mm^2)	(%)	(VA)	(W)	I_φ	I_C	I_0					初级匝数
XCD10×20×20	2.88	1.79	0.767				2.16	0.343	0.009	0.0015	0.010		19			
25	3.75	2.58	0.794	1.60	1.74	10	2.39	0.380	0.010	0.0017	0.011	3480	15.8	17.6	12.5	1.78
32	5.14	3.82	0.817				2.71	0.430	0.012	0.0019	0.012		31			
40	6.56	5.05	0.828				3.08	0.488	0.014	0.0022	0.014		39			
XCD12.5×25×25	12.7	9.97	0.840				5.75	0.784	0.026	0.0036	0.026		23.5			
32	17.6	14.3	0.853	1.70	2.40	10	6.43	0.877	0.029	0.0040	0.029	2028	9.22	10.2	16	2.88
40	22.6	18.8	0.859				7.21	0.983	0.032	0.0045	0.033		38.5			
50	29.8	25.1	0.865				8.18	1.11	0.037	0.0050	0.037		48.5			
XCD16×32×32	29.8	24.1	0.850				11.4	1.56	0.051	0.0070	0.052		30.5			
40	41.4	34.5	0.861	1.70	3.28	10	12.7	1.73	0.057	0.0078	0.058	1238	5.63	6.25	16	4.71
50	55.6	47.3	0.865				14.3	1.95	0.064	0.0088	0.065		48.5			
64	74.5	64.1	0.873				16.5	2.25	0.075	0.010	0.075		62.5			
XCD20×40×40	122	105	0.876	1.75	4.27	10	27.8	3.23	0.126	0.014	0.127	769	3.50	3.89	38.5	
50	155	134	0.879				30.9	3.59	0.140	0.016	0.141		48.5			
64	201	176	0.885	1.80	3.65	8.71	43.8	4.33	0.199	0.019	0.200	748	3.40	3.72	62.5	7.36
80	248	220	0.894				49.9	4.94	0.227	0.022	0.228		78.5			

(续表)

铁心型号	技术指标						空载特性					线圈计算数据				
	VA_1	P_2	η	B_1	j	Δu	VA_ϕ	P_c	初级电压 $U_1 = 220V$			每伏匝数	底筒高度	窗宽	Sc	
	(VA)	(W)	(P_2/P_1)	T	(A/ mm ²)	(%)	(VA)	(W)	I_ϕ	I_c	I_0					初级匝数
XCD25×50×50	295	263	0.906		3.81	7.30	67.7	6.70	0.308	0.030	0.309		2.35	48		
64	358	322	0.913	1.80	3.51	6.73	76.1	7.53	0.346	0.034	0.348	479	2.33	62	25	11.5
80	438	398	0.920		3.21	6.16	85.7	8.48	0.390	0.038	0.391		2.32	78		
100	529	484	0.925		3.02	5.79	97.7	9.66	0.444	0.043	0.446		2.31	98		
XCD32×64×64	687	634	0.938		2.82	4.21	142	14.1	0.647	0.064	0.650		1.39	62		
80	799	741	0.941	1.80	2.68	4.01	158	15.6	0.719	0.071	0.722	292	1.38	78	32	18.8
100	983	918	0.946		2.44	3.65	178	17.6	0.808	0.079	0.812		1.38	98		
125	1200	1128	0.950		2.27	3.39	202	20.0	0.920	0.090	0.924		1.37	123		
XCD40×80×80	1518	1437	0.955		2.28	2.78	223	26.0	1.02	0.118	1.02		0.90	78		
100	1856	1767	0.960	1.80	2.06	2.52	248	28.8	1.13	0.131	1.14	192	0.90	98	40	29.4
125	2252	2154	0.963		1.91	2.33	279	32.4	1.27	0.147	1.28		0.90	123		
160	2812	2700	0.965		1.76	2.15	322	37.5	1.46	0.170	1.47		0.90	158		
XCD50×100×100	3320	3191	0.968		1.68	1.64	437	50.8	1.99	0.231	2.00		0.57	98		
125	3979	3837	0.971	1.75	1.55	1.52	485	56.4	2.21	0.257	2.22	123	0.57	123	50	46.0
160	4884	4724	0.973		1.43	1.40	553	64.3	2.51	0.292	2.53		0.57	158		
200	5861	5681	0.975		1.34	1.31	630	73.3	2.86	0.333	2.88		0.57	198		

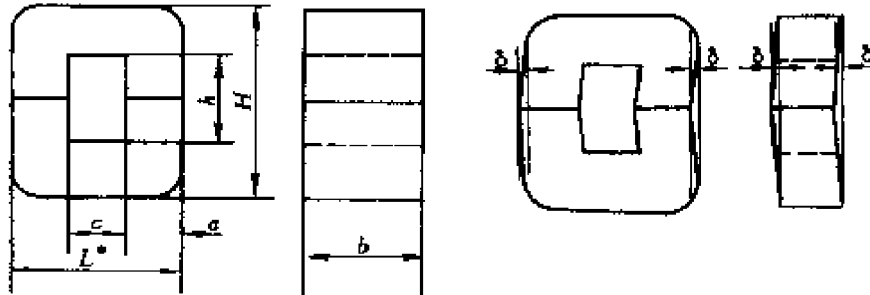
表 8-11 XED 型铁心电源变压器技术数据

铁心型号	技术指标						空载特性						线圈计算数据				
	$V A_1$	P_2	η	B_1	j	$\Delta\mu$	$V A_0$	P_0	初级电压 $U_1 = 220V$			初级匝数	每伏匝数		底筒高度	窗宽	S_c
	(VA)	(W)	(P_2/P_1)	T	(A/ mm^2)	(%)	(VA)	(W)	I_p	I_c	I_0		(A)	(A)			
									(A)	(A)	(A)	(A)	220V	初级	次级	(mm)	(cm^2)
XED10×20×16	1.45	0.631	0.681				1.42	0.225	0.006	0.001	0.006	(A)	220V		15		
	1.84	0.989	0.731				1.60	0.254	0.007	0.001	0.007	(A)			19	8	1.78
	2.38	1.45	0.763	1.60	1.66	10	1.83	0.290	0.008	0.001	0.008	(A)	3480	15.8	24		
	3.21	2.16	0.788				2.15	0.341	0.009	0.001	0.009	(A)			31		
XED12×25×20	5.88	3.92	0.804				4.46	0.519	0.020	0.002	0.020	(A)			19		
	7.91	5.75	0.824				5.04	0.586	0.022	0.002	0.023	(A)			24	10	2.76
	10.6	8.14	0.837	1.75	2.30	10	5.85	0.680	0.026	0.003	0.026	(A)	2052	9.33	31		
	14.5	11.5	0.848				6.77	0.788	0.030	0.003	0.031	(A)			39		
XED16×32×25	25.7	20.9	0.856				12.1	1.19	0.054	0.005	0.055	(A)			23.5		
	35.3	29.4	0.864				13.8	1.36	0.062	0.006	0.063	(A)			30.5	12.5	4.71
	45.5	38.4	0.868	1.80	3.13	10	15.8	1.56	0.071	0.007	0.072	(A)	1169	5.31	5.90		
	57.7	49.1	0.871				18.2	1.80	0.082	0.008	0.083	(A)			48.5		
XED20×40×32	74.2	63.1	0.870				23.9	2.37	0.109	0.010	0.109	(A)			30.5		
	96.6	83.0	0.875				27.0	2.67	0.129	0.012	0.123	(A)			38.5	16	7.36
	136	118	0.879	1.80		10	30.9	3.05	0.140	0.013	0.141	(A)	748	3.40	3.78		
	167	146	0.884				36.2	3.58	0.165	0.016	0.165	(A)			48.5		

(续表)

铁心型号	技术指标						空载特性				线圈计算数据						
	VA_1	P_2	η	B_1	j	Δu	VA_φ	P_0	初级电压 $U_1 = 220V$			每伏匝数		底筒高度	窗宽	S_c	
	(VA)	(W)	(P_2/P_1)	T	(A/ mm ²)	(%)	(VA)	(W)	I_φ	I_c	I_0	初级匝数	初级	次级	(mm)	(mm)	(cm ²)
XED25×50×40	195	172	0.897		3.72	8.03	47.0	4.64	0.213	0.021	0.215			2.37	38.5		
	236	211	0.907		3.35	7.22	53.0	5.24	0.241	0.023	0.242			2.35	48.5	20	11.5
	293	264	0.915	1.80	3.01	6.50	61.4	6.07	0.279	0.027	0.280	479	2.18	2.33	62.5		
	346	314	0.919		2.86	6.16	70.9	7.02	0.322	0.031	0.324			2.32	78.5		
XED32×64×50	443	405	0.930		2.94	4.89	97.1	9.60	0.441	0.043	0.443			1.40	48.5		
	547	505	0.937		2.61	4.34	111	11.0	0.504	0.049	0.506			1.39	62.5	25	18.8
	652	605	0.941	1.80	2.41	4.01	127	12.5	0.575	0.056	0.578	292	1.33	1.38	78.5		
	787	714	0.944		2.29	3.81	146	14.5	0.664	0.065	0.668			1.38	98.5		
XED40×80×64	927	870	0.949		2.32	3.20	155	18.1	0.707	0.082	0.711			0.903	62.5		
	1117	1054	0.953		2.10	2.89	175	20.4	0.796	0.092	0.802			0.900	78.5	32	29.4
	1435	1366	0.959	1.75	1.79	2.47	200	23.3	0.908	0.106	0.915	192	0.874	0.896	98.5		
	1743	1664	0.962		1.64	2.26	231	26.8	1.05	0.122	1.06			0.895	123.5		

表 8-12 XCD 型铁心尺寸



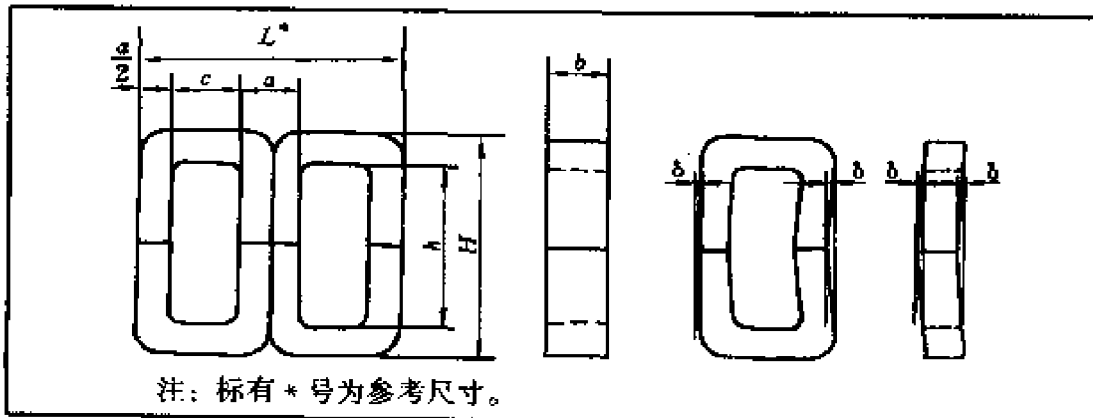
注：标有 * 号为参考尺寸。

铁 心 型 号	尺 寸 (mm)						
	a	b	c	h	δ	H	L
				不小于	不大于		
XCD10×20×20	10	20	12.5	20	0.28	40	32.5
25				45			
32				0.34	52		
40					60		
XCD12.5×25×25	12.5	25	16	25	0.28	50	41
32				0.34	57		
40					65		
50					75		
XCD16×32×32	16	32	16	32	0.34	64	48
40				72			
50				82			
64				0.40	96		
XCD20×40×40	20	40	20	40	0.34	80	60
50				90			
64				0.40	104		
80					120		

(续表)

铁 心 型 号	尺 寸 (mm)						
	a	b	c	h	δ	H	L
				不小于	不大于		
XCD25×50×50	25	50	25	50	0.34	100	75
64				0.40	114		
80					130		
100				0.46	150		
XCD32×64×64	32	64	32	64	0.40	128	96
80				144			
100				0.46	164		
125				0.53	189		
XCD40×80×80	40	80	40	80	0.40	160	120
100				0.46	180		
125					205		
160				0.53	240		
XCD50×100×100	50	100	50	100	0.46	200	150
125				0.53	225		
160					260		
200				0.60	300		

表 8-13 XED 型铁心尺寸



(续表)

铁 心 型 号	尺 寸 (mm)							
	a	$\frac{a}{2}$	b	c	h	δ	H	L
					不小于	不大于		
XED10×20×16	10	5	20	8	16	0.28	26	36
20					20		30	
25					25		35	
32					32	0.34	42	
XED12×25×20	12	6	25	10	20	0.28	32	44
25					25		37	
32					0.34	44		
40						40	52	
XED16×32×25	16	8	32	12.5	25	0.28	41	57
32					32		48	
40					0.34	56		
50						50	66	
XED20×40×32	20	10	40	16	32	0.34	52	72
40					40		60	
50					50		70	
64					64	0.40	84	
XED25×50×40	25	12.5	50	20	40	0.34	65	90
56					50		75	
64					0.40	80		
80						80	105	
XED32×64×50	32	16	64	25	50	0.34	82	114
64					64		96	
80					0.40	112		
100						100	0.46	

(续表)

铁心型号	尺寸 (mm)							
	a	$\frac{a}{2}$	b	c	h	δ	H	L
					不小于	不大于		
XED40×80×64	40	20	80	32	64	0.40	104	144
80					120			
100					0.46	140		
125					0.53	165		

试计算一台低压变压器。输入电压 U_1 为 $220V \pm 10\%$ ，输出电压 U_2 为 $6.5V$ ，电流 I_2 为 $1.6A$ ，电源频率为 $50Hz$ 。变压器对最小热态绝缘电阻不作要求，电压调整率 $\Delta u\% \leq 10\%$ ，环境温度为 $55^\circ C$ 。

1. 计算变压器功率

$$P_2 = U_2 I_2 = 6.5 \times 1.6 = 10.4 \text{ (W)}$$

2. 求铁心截面

根据计算的变压器功率 P_2 值，由表 8-11 中对应的功率 $P_2 = 11.5W$ ，其铁心截面为 $2.76cm^2$ 。对应的变压器的效率 $\eta = 0.848$ ； $B_1 = 17500Gs$ ($1Gs = 10^{-4}T$)

3. 计算初级功率

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{11.5}{0.848} = 13.56 \text{ (W)}$$

式中 P_2 为查表中的数据，它比实际计算的 P_2 要大些。

4. 计算初、次级线圈匝数

因 $U_1 = 220V$ ，其匝数可由表 8-11 中直接查得：

$$N_0 = 10.4 \text{ (匝)}$$

$$N_1 = 2052 \text{ (匝)}$$

$$N_2 = 6.5 \times 10.4 \approx 68 \text{ (匝)}$$

5. 空载电流的计算

因 $U_1 = 220V$ ，故空载电流可从表 8-11 中查得：

$$I_0 = 31.0 \text{ (mA)}$$

$$I_C = 3.0 \text{ (mA)}$$

$$I_\varphi = 30.0 \text{ (mA)}$$

6. 初级电流的计算

$$I_2 = \frac{N_2}{N_1} I_2 = \frac{68}{2052} \times 1.6 \times 10^3 = 53 \text{ (mA)}$$

$$I_1 = I_2 + I_C = 53 + 3.0 = 56 \text{ (mA)}$$

$$I_1 = \sqrt{I_1^2 + I_\varphi^2} = \sqrt{(56)^2 + (30)^2} = 63.5 \text{ (mA)}$$

7. 计算初、次级线圈导线截面积

初级导线截面积，因温升较低，其电流密度可由表 8-11 中选取，对应值为 $j = 2.30 \text{ (A/mm}^2\text{)}$ ，因此：

$$S_1 = \frac{I_1}{j} = \frac{63.5}{2.30} \times 10^{-3} = 0.028 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$S_2 = \frac{I_2}{j} = \frac{1.6}{2.3} = 0.695 \text{ (mm}^2\text{)}$$

根据 S_1 、 S_2 数值，查表得出导线直径和带绝缘层的直径：

$$d_1 = 0.19 \text{ (mm)} \quad d_{1m} = 0.22 \text{ (mm)}$$

$$d_2 = 0.96 \text{ (mm)} \quad d_{2m} = 1.02 \text{ (mm)}$$

8. 计算变压器各线圈对铁心的试验电压

线圈对铁心的试验电压，由表 8-6 查得：

$$\text{初级} \quad 2000 \quad (\text{V})$$

$$\text{次级} \quad 250 \quad (\text{V})$$

9. 计算线圈结构

(1) 确定端空距离

$$\text{初级} \quad d'_1 = 2.5 \quad (\text{mm})$$

$$\text{次级} \quad d'_2 = 4.0 \quad (\text{mm})$$

初级留边距离为 2mm；次级留边距离为 3.5mm；每端留裹覆层厚度为 0.5mm。

(2) 计算各线圈每层匝数和线圈层数

由表 8-11 中查得底筒高度 h 为 39mm。由表 8-7 中查得 $K' = 1.05$ 。

$$\begin{aligned} \text{初级每层匝数} &= \frac{h - 2d'_1}{d_{1m}K'} - 1 \\ &= \frac{39 - 2 \times 2.5}{0.22 \times 1.05} - 1 \\ &= 146 \text{ (匝)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{次级每层匝数} &= \frac{h - 2d'_2}{d_{2m}K'} - 1 \\ &= \frac{39 - 2 \times 4}{1.02 \times 1.05} - 1 \\ &= 28 \text{ (匝)} \end{aligned}$$

$$\text{初级层数} = \frac{N_1}{146} = \frac{2052}{146} = 14 \text{ (层)}$$

$$\text{次级层数} = \frac{N_2}{28} = \frac{68}{28} = 2.5 \approx 3 \text{ (层)}$$

(3) 确定内层、层间、线圈间及外包绝缘

① 内层绝缘：选用 $2 \times 0.05\text{mm}$ 电话纸。

② 层间绝缘：次级选用 $1 \times 0.12\text{mm}$ 电缆纸；初级选用 $1 \times 0.03\text{mm}$ 电容器纸。

③ 线圈间绝缘：选用 $3 \times 0.12\text{mm}$ 电缆纸。

④ 线圈外包绝缘：选用 $2 \times 0.12\text{mm}$ 电缆纸。

(4) 线圈厚度的计算

线圈厚度：由表 8-7 查得 $K'' = 1.15$ 。

$$\begin{aligned} \text{初级线圈厚度} &= 0.22 \times 14 \times 1.15 + 0.03 \times 13 + 3 \times 0.12 \\ &= 4.29(\text{mm}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{次级线圈厚度} &= 1.02 \times 3 \times 1.15 + 2 \times 0.12 + 2 \times 0.12 \\ &= 3.99(\text{mm}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{线圈总厚度 } H_m &= 1 + 2 \times 0.05 + 4.29 + 3.99 + 0.3 \\ &= 9.68(\text{mm}) \end{aligned}$$

而 XED 型铁心窗宽为 10mm，其计算结果小于窗口宽度。

(5) 各线圈平均匝长

由图 8-8 查得

$$L_{m1} = 9.8 \text{ (cm)}$$

$$L_{m2} = 12.4 \text{ (cm)}$$

(6) 各线圈导线长度的计算

$$L_1 = 9.8 \times 2052 \times 10^{-2} = 201 \text{ (m)}$$

$$L_2 = 12.4 \times 68 \times 10^{-2} = 8.43 \text{ (m)}$$

(7) 各线圈铜阻和铜耗的计算

① 20°C 时的铜阻

$$r_1 = 201 \times 10^{-3} \times 618 = 124.2 \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$r_2 = 8.43 \times 10^{-3} \times 24.2 = 0.204 \text{ (}\Omega\text{)}$$

② 热态铜阻

估计变压器线圈平均温度 Δt_m 约 60°C, 故线圈平均工作温度约 70°C, 查图 8-9 得 $K_T = 1.20$

$$r_1 = 1.20 \times 124.2 = 149 \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$r_2 = 1.20 \times 0.204 = 0.244 \text{ (}\Omega\text{)}$$

③ 热态铜耗

$$\begin{aligned} P_m &= I_1^2 r_1 + I_2^2 r_2 \\ &= 63.5^2 \times 149 \times 10^{-6} + 1.6^2 \times 0.24 \\ &= 1.21 \text{ (W)} \end{aligned}$$

10. 电压比核算

(1) 次级开路电压

$$U_{20} = \frac{N_2}{N_1} U_1 = \frac{68}{2052} \times 220 = 7.29 \text{ (V)}$$

(2) 初级感应电压

$$e_1 = U_1 - I_1 r_1 = 220 - 56 \times 10^{-3} \times 149 = 211.6 \text{ (V)}$$

(3) 次级感应电压

$$e_2 = \frac{N_2}{N_1} e_1 = \frac{68}{2052} \times 211.6 = 7.01 \text{ (V)}$$

(4) 次级负载电压

$$U_2 = e_2 - I_2 r_2 = 7.01 - 1.6 \times 0.24 = 6.62 \text{ (V)}$$

(5) 电压调整率 $\Delta u\%$ 的核算

$$\Delta u\% = \frac{U_{20} - U_2}{U_{20}} = \frac{7.29 - 6.62}{7.29} = 9.2\%$$

电压调整率小于预定值 10%。所计算的变压器满足要求，可以进行加工。

8-11-2 三相 E 形铁心电源变压器典型计算

三相 E 形铁心电源变压器典型计算的步骤和方法与单相 C 形铁心电源变压器典型计算类同。三相 E 形铁心电源变压器典型计算也是采用两种方法，下面利用技术数据表来计算变压器。

三相 E 形铁心采用 SD 型，其技术数据，见表 8-14，铁心尺寸，见表 8-15。

试计算三相 E 形电源变压器。其技术条件和电路图，见图 8-10。

初级： $U_1 = 380 \text{ (V)} \pm 10\%$ $f = 50 \text{ (Hz)}$

次级： $U_2 = 270 \text{ (V)}$ ， $I_2 = 1 \text{ (A)}$

环境温度： $t_2 = 55^\circ\text{C}$

气压：正常大气压。

对高温最小绝缘电阻有要求。

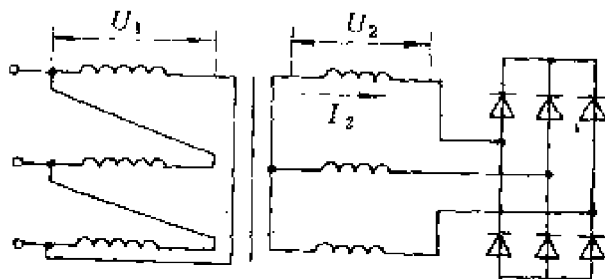


图 8-10 三相 E 形电源变压器电路图

1. 计算变压器功率

$$P_2 = 3U_2 I_2 = 3 \times 270 \times 1 = 810 \text{ (VA)}$$

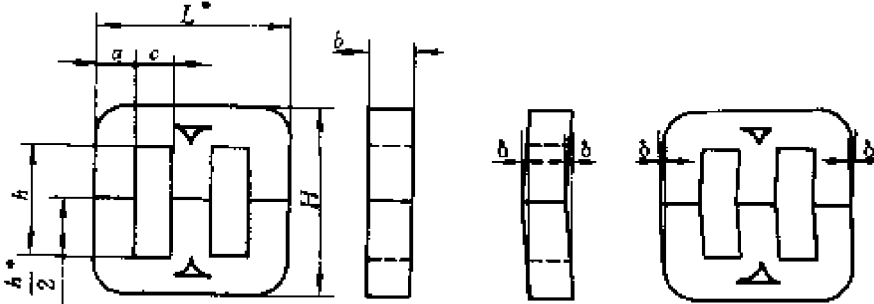
表 8-14 SD 型铁心 50Hz 三相电源变压器技术数据

铁心型号	技术指标							线圈计算数据			
	P_2	B_0	j	VA_1	$\cos\varphi$	η	VA_φ	P_c	每匝匝数		底筒高 (mm)
	(W)	(T)	(A/ mm ²)	(VA)	(P_1/VA_1)	(P_2/P_1)	(VA)	(W)	初级	次级	
SD10×20×20	2.53	1.60	1.8	4.24	0.81	0.73	3.75	0.644	15.3	17.0	19
	3.69		1.8	5.50	0.87	0.76	4.11	0.705			24
	5.53		1.8	7.56	0.91	0.79	4.61	0.791			31
	7.36		1.8	9.68	0.93	0.81	5.19	0.890			39
DS12.5×25×25	13.9	1.70	2.4	18.6	0.90	0.82	10.5	1.43	9.22	10.2	23.5
	20.1		2.4	25.4	0.94	0.84	11.6	1.58			30.5
	26.4		2.4	32.6	0.95	0.84	12.9	1.75			38.5
	35.4		2.4	42.7	0.96	0.85	14.5	1.97			48.5
SD16×32×32	47.2	1.75	3.2	58.8	0.94	0.84	26.6	3.16	5.46	6.07	30.5
	67.7		3.2	81.5	0.96	0.86	29.2	3.46			38.5
	93.4		3.2	110	0.97	0.86	32.4	3.84			48.5
	127		3.2	147	0.98	0.87	36.8	4.37			62.5
SD20×32×40	143	1.75	3.6	167	0.96	0.87	41.7	4.95	4.37	4.86	38.5
	184		3.6	213	0.98	0.87	45.7	5.42			48.5
	225		3.2	257	0.98	0.88	51.3	6.08			62.5
	281		2.9	317	0.99	0.89	57.7	6.84			78.5

(续表)

铁心型号	技术指标							线圈计算数据			
	P_2	B_0	j	VA_1	$\cos\varphi$	η	VA_p	P_c	每伏匝数		底筒高
	(W)	(T)	(A/ mm ²)	(VA)	(P_1/V_{A1})	(P_2/P_1)	(VA)	(W)	初级	次级	(mm)
SD25×40×50	302		3.8	346	0.98	0.88	82.1	9.73		3.06	48
	370	1.75	3.5	418	0.98	0.89	90.8	10.8	2.80	3.04	62
	457		3.2	510	0.98	0.90	101	11.9		3.01	78
	556		3.0	617	0.98	0.91	113	13.4		3.00	98
SD32×50×64	720		2.8	790	0.98	0.92	167	19.8		1.84	62
	839	1.75	2.6	915	0.98	0.93	183	21.7	1.75	1.84	78
	1038		2.4	1120	0.98	0.93	203	24.1		1.83	98
	1275		2.2	1370	0.98	0.94	228	27.0		1.82	123
SD40×64×80	1600		2.1	1707	0.98	0.94	275	37.5		1.16	78
	1963	1.70	1.9	2080	0.99	0.95	301	41.1	1.13	1.16	98
	2396		1.8	2524	0.99	0.95	334	45.5		1.16	123
	3006		1.6	3151	0.99	0.96	380	51.8		1.15	158
SD50×80×100	3550		1.6	3726	0.99	0.96	543	73.9		0.73	98
	4283	1.70	1.4	4473	0.99	0.96	594	80.9	0.72	0.73	123
	5296		1.3	5507	0.99	0.96	665	90.6		0.73	158
	6366		1.2	6601	0.99	0.97	747	102		0.73	198

表 8-15 SD 形三相 E 形铁心尺寸表 (50Hz)



注：标有 * 号为参考尺寸。

铁 心 型 号	尺 寸 (mm)								
	a	b	c	h	δ	K	R	H	L
				不小于	不大于	不大于	不大于		
SD10×20×20	10	20	12.5	20	0.28	0.05	1	40	55
25				0.28	45				
32				0.34	52				
40				0.34	60				
SD12.5×25×25	12.5	25	16	25	0.28	0.05	1.5	50	69.5
32				0.34	57				
40				0.34	65				
50				0.34	75				
SD16×32×32	16	32	20	32	0.34	0.05	1.5	64	88
40				0.34	72				
50				0.34	82				
64				0.40	96				
SD20×32×40	20	32	25	40	0.34	0.05	1.5	80	110
50				0.34	90				
64				0.40	104				
80				0.40	120				

(续表)

铁 心 型 号	尺 寸 (mm)								
	a	b	c	h	δ	K	R	H	L
				不小于	不大于	不大于	不大于		
SD25×40×50	25	40	32	50	0.34	0.075	2	100	139
64				0.40	114				
80				0.40	130				
100				0.46	150				
SD32×50×64	32	50	40	64	0.40	0.075	2	128	176
80				0.40	144				
100				0.46	164				
125				0.53	189				
SD40×64×80	40	64	50	80	0.40	0.075	2	160	220
100				0.46	180				
125				0.53	205				
160				0.53	240				
SD50×80×100	50	80	64	100	0.46	0.075	2	200	278
125				0.53	225				
160				0.53	260				
200				0.60	309				

2. 求铁心截面

根据计算的 P_2 值, 对照表 8-14 参数选用 SD32×50×80 型的铁心。其 η 为 0.93; $B_0=1.75$ (T)。

3. 计算初级功率

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{810}{0.93} = 870 \text{ (VA)}$$

4. 计算每相初、次级线圈匝数

查表 8-14 得:

初级每伏匝数 = 1.75 匝,

次级每伏匝数 = 1.84 匝。

初级每相线圈匝数：

$$N_1 = U_1 N_{10} = 380 \times 1.75 = 665 \text{ (匝)}$$

次级每相线圈匝数：

$$N_2 = U_2 N_{20} = 270 \times 1.84 = 496 \text{ (匝)}$$

5. 计算空载电流

查表 8-14 得： $P_C = 21.7 \text{ (W)}$ ； $VA_\varphi = 183 \text{ (VA)}$

$$I_{C\text{相}} = \frac{P_C}{3 \times U_1} = \frac{21.7}{3 \times 380} = 0.019 \text{ (A)}$$

$$I_{\varphi\text{相}} = \frac{VA_\varphi}{3U_1} = \frac{183}{3 \times 380} = 0.161 \text{ (A)}$$

$$I_{0\text{相}} = \sqrt{I_{C\text{相}}^2 + I_{\varphi\text{相}}^2} = \sqrt{0.019^2 + 0.161^2} \\ = 0.162 \text{ (A)}$$

6. 初级相电流的计算

$$I_2' = \frac{N_2}{N_1} I_2 = \frac{496}{665} \times 1 = 0.746 \text{ (A)}$$

$$I_1 = I_2' + I_{C\text{相}} = 0.746 + 0.019 = 0.765 \text{ (A)}$$

$$I_I = \sqrt{I_1^2 + I_{\varphi\text{相}}^2} = \sqrt{0.765^2 + 0.161^2} = 0.782 \text{ (A)}$$

7. 计算初、次级线圈导线截面积

查表 8-14 得： $j = 2.58 \text{ (A/mm}^2\text{)}$

则

$$S_1 = \frac{I_1}{j} = \frac{0.782}{2.58} = 0.303 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$S_2 = \frac{I_2}{j} = \frac{1}{2.58} = 0.388 \text{ (mm}^2\text{)}$$

查表得：

$$d_1 = 0.60 \text{ (mm)}, d_{1m} = 0.67 \text{ (mm)} \text{ (QZ-2)}$$

$$d_2 = 0.67 \text{ (mm)}, d_{2m} = 0.75 \text{ (mm)} \text{ (QZ-2)}$$

8. 计算变压器各线圈对铁心的试验电压

查表 8-6 得:

$$\text{初级 } U_{S_1} = 2000\text{V}$$

$$\text{次级 } U_{S_2} = 2000\text{V}$$

9. 计算线圈结构

(1) 确定端空距离

线圈端封, 每端留端厚 2mm。

初级留边 2mm; 次级留边 2mm。

初级端空 4mm; 次级端空 5mm。

(2) 计算各线圈每层匝数和线圈层数

查表 8-14 得: 底筒高 $h = 78\text{mm}$

查表 8-7 得: $K' = 1.05$

则

$$\begin{aligned} \text{初级每层匝数} &= \frac{h - 2d'_1}{d_{1m}K'} - 1 = \frac{78 - 2 \times 4}{0.67 \times 1.05} - 1 \\ &= 98 \text{ (匝)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{次级每层匝数} &= \frac{h - 2d'_2}{d_{2m}K'} - 1 = \frac{78 - 2 \times 5}{0.75 \times 1.05} - 1 \\ &= 85 \text{ (匝)} \end{aligned}$$

$$\text{初级层数} = \frac{665}{98} = 7 \text{ (层)}$$

$$\text{次级层数} = \frac{496}{85} = 6 \text{ (层)}$$

(3) 确定内层、层间、线圈间及外包绝缘

① 内层绝缘: $2 \times 0.12\text{mm}$ 电缆纸。

② 层间绝缘: 初级 $1 \times 0.12\text{mm}$ 电缆纸;
次级 $1 \times 0.12\text{mm}$ 电缆纸。

③ 线圈间绝缘: $2 \times 0.12\text{mm}$ 电缆纸 + $2 \times 0.05\text{mm}$ 聚酯薄膜。

④ 外包绝缘: $2 \times 0.12\text{mm}$ 电缆纸 + $2 \times 0.13\text{mm}$ 醇酸玻璃漆布。

(4) 线圈厚度计算

由表 8-7 查得: $K'' = 1.15$

$$\begin{aligned} \text{初级线圈厚度} &= 0.67 \times 7 \times 1.15 + 0.12 \times 8 + 2 \times 0.05 \\ &= 6.45 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{次级线圈厚度} &= 0.75 \times 6 \times 1.15 + 0.12 \times 7 + 2 \times 0.13 \\ &= 6.28 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{线圈总厚度 } H_m &= 1.7 + 0.12 \times 2 + 6.45 + 6.28 \\ &= 14.8 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

(5) 各线圈平均匝长

由图 8-8 查得:

$$L_{m1} = 20 \text{ (cm)}, L_{m2} = 23.9 \text{ (cm)}$$

(6) 各线圈导线长度的计算

$$L_1 = 20 \times 665 \times 10^{-2} = 133 \text{ (m)}$$

$$L_2 = 23.9 \times 496 \times 10^{-2} = 110 \text{ (m)}$$

(7) 各线圈铜阻和铜耗的计算

① 20°C 时的铜阻

$$r_{1 \text{ } 20^\circ\text{C相}} = 133 \times 10^{-3} \times 61.89 = 8.23 \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$r_{2 \text{ } 20^\circ\text{C相}} = 110 \times 10^{-3} \times 49.64 = 5.46 \text{ (}\Omega\text{)}$$

线圈估计平均工作温度 $T = 110^\circ\text{C}$

② 热态铜阻

$$r_{n\text{相}} = K_T r_{n \text{ } 20^\circ\text{C相}} \text{ (}\Omega\text{)}$$

式中 $K_T = 3.93 \times 10^{-3} \times (234.5 + T^\circ\text{C})$

$$\begin{aligned} r_{1\text{相}} &= 3.93 \times 10^{-3} \times (234.5 + 110) \times 8.23 \\ &= 11.1 \text{ (}\Omega\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{2\text{相}} &= 3.93 \times 10^{-3} \times (234.5 + 110) \times 5.46 \\ &= 7.37 \text{ (}\Omega\text{)} \end{aligned}$$

③ 热态铜耗

$$P_{m\text{相}} = I_1^2 r_{1\text{相}} + I_2^2 r_{2\text{相}} + \cdots + I_n^2 r_{n\text{相}}$$

$$P_{m\text{相}} = 0.782^2 \times 1.11 + 1^2 \times 7.37 = 8.0 \text{ (W)}$$

10. 电压比核算

(1) 次级开路电压

$$U_{20} = \frac{N_2}{N_1} U_1 = \frac{496}{665} \times 380 = 283.4 \text{ (V)}$$

(2) 次级感应电压

$$\begin{aligned} e_2 &= \frac{N_2}{N_1} e_1 = \frac{496}{665} (380 - 0.782 \times 1.11) \\ &= 282.7 \text{ (V)} \end{aligned}$$

(3) 次级负载电压

$$\begin{aligned} U_2 &= e_2 - I_2 r_{2\text{相}} = 282.71 \times 7.37 \\ &= 275.3 \text{ (V)} \end{aligned}$$

(4) 电压调整率 $\Delta u\%$ 的核算

$$\Delta u\% = \frac{U_{20} - U_2}{U_{20}} = \frac{283.4 - 275.3}{283.4} = 2.85\%$$

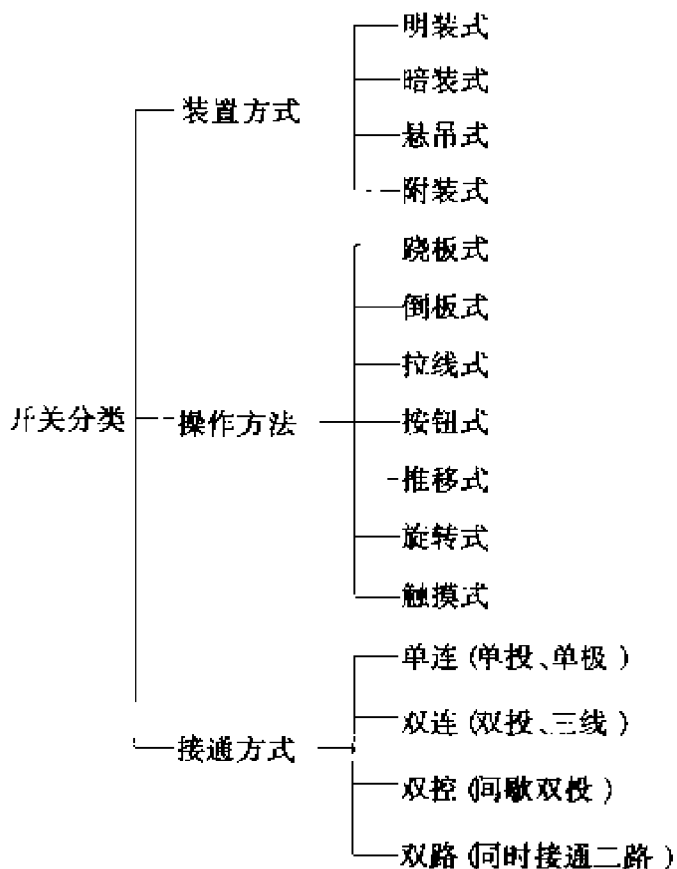
计算得到的次级负载电压与电压调整率满足技术要求。

电气装置配件俗称“胶木电器”，按其使用性能和作用，一般可分为开关、插座、插头、灯座（头）和其他等几大类。

9-1 开关

9-1-1 开关的分类

常用开关的分类如下：



9-1-2 常用开关的技术数据及其应用

常用开关的技术数据及其应用，见表 9-1～表 9-3。跷板式

开关工作原理图，见图 9-1。

表 9-1 明装式平开关技术数据及其用途


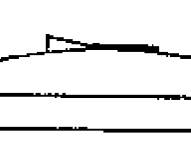

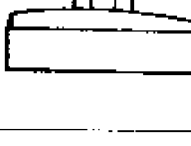




品 名	规 格	外 形	用 途	结 构 特 点
单连平 开关 (单 投、单极)	6~10 (A) 250 (V)		一般照明开关、 用电器具开关	倒板式操作机 构，外壳一般为 圆形
双连平 开关 (双 投)	6 (A) 250 (V)		两开关控制一 盏灯	
跷板式 平开关	4~6 (A) 250 (V)		(同 上)	开关机构作跷 板运动，外壳一 般为矩形
带指示 灯跷板式 平开关	4~6 (A) 250 (V)		一般照明及电 器开关，有指示 灯便于夜间找到 开关位置	结构同上，指 示灯可显示电源 通断及开关位置
二位平 开关 (又 叫双把开 关)	6 (A) 250 (V)		分别控制两盏 灯	一体两开关， 分别控制两盏灯， 或同时控制两盏 灯
脚开关	6~10 (A) 250 (V)		用于应急或专 用设备与特定场 所	结构牢固，用 脚操控，是一种 特殊开关
电铃平 按钮	4 (A) 250 (V)		用于门外及车 船等，作警声讯 号开关	是双触点的常 开结构，外壳多 为圆形
矩形电 铃按钮	4 (A) 250 (V)		(同 上)	单触点常开结 构，壳体为长方 形

表 9-2 悬吊式、附装式开关技术数据及其用途

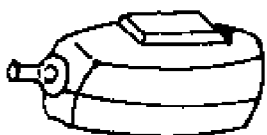


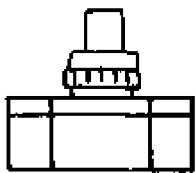
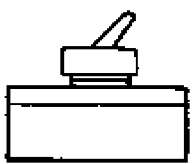
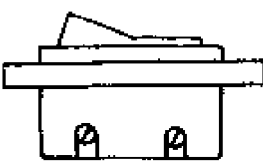

名 称	规 格		外 形 图	用 途 和 特 点
	电 流 (A)	电 压 (V)		
跷板式床开关	4	250		作悬垂装置，便于卧在床上启闭电灯
中途开关	4	250		装置于电源插座与用电器具之间，便于在中途控制电路的通断
悬吊式电铃按钮	1	50		作悬吊安装，连接电铃或讯响器按发呼唤信号用
按钮式台灯开关		250		安装在各式台灯上
倒板式台灯开关		250		用于台灯，作电源开关
跷板式附装开关		250		供风扇及用电器具作电源开关
旋钮式附装开关		250		供用电器具作调控开关

表 9-3 常用拉线开关型号、规格及用途

品 种	型 号	规格	用 途
单连拉线开关	GX5-3	4A 250V	代替平开关作一般照明电路的固定开关用
小型拉线开关	GX5-2	2.5A 250V	作小容量的照明开关
双连拉线开关	GX5-3B	4A 250V	两只开关装在不同地点控制一盏灯
双控拉线开关	GX5-3S	4A 250V	用于一只开关控制两盏灯的一熄一亮或全熄
双路拉线开关		4A	用于同时开关两条电路
吊盒拉线开关	GX5-3H	4A 250V	装在天花板连接吊线灯及开关电灯用
熔丝拉线开关	GX5-3R	4A 250V	开关里可装熔断丝,节省一只熔丝盒
有指示拉线开关	GX5-(3)	4A 250V	开关盖有指示灯,可显示开关电路通断
防雨拉线开关	GX5-(3)	4A 250V	装在户外作路灯开关用
调光拉线开关	GX5-(3)	4A 250V	可调节灯光的亮暗,调节级数二至三级
暗装式拉线开关		4A 250V	安装在高处以控制电器的电路通断

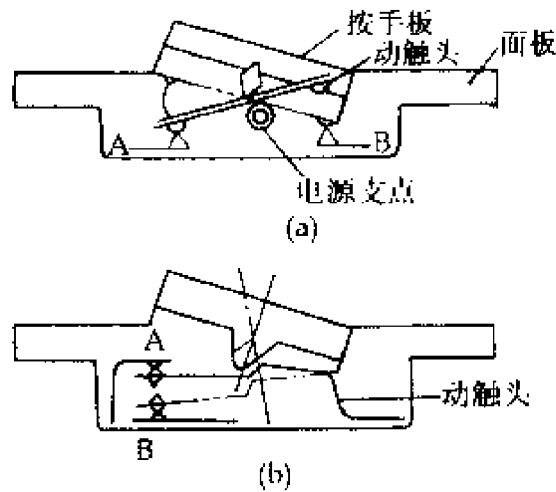


图 9-1 跷板式开关工作原理
(a) 跷板式 (b) 弹臂式

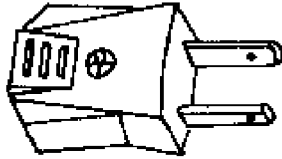

9-2 插头和插座

9-2-1 插头和插座的分类

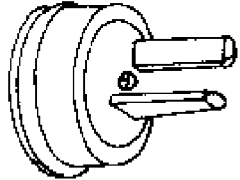
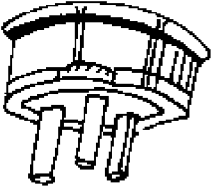
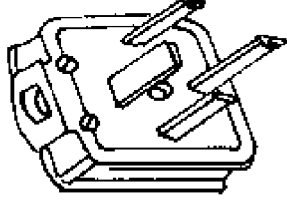

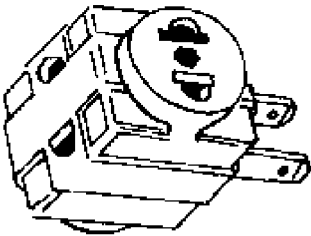
9-2-2 常用插头和插座的技术数据及其用途

常用插头和插座的技术数据及其用途，见表 9-4—表 9-6。

表 9-4 各种低压插头的技术数据

名称	外形图	规格		用途和特点
		最高工作电压 (V)	最大工作电流 (A)	
二极插头		250	6 10	单相二极电器用作电源连接
二极连线插头			6 10	同上，但插头与导线做在一起不能分拆

(续表)

名称	外形图	规格		用途和特点
		最高工作电压 (V)	最大工作电流 (A)	
T形二极插头		50	6 10 15	一般用作低压电路连接或较大容量的分相电路电器
三极插头		250	6 10 15	供单相三极电源连接, 10安及以上的插头出线口都应有压线装置
三相四极插头		380	15 25	供三相动力电器设备作电源连接
单分火二极插头			6	连接二极插座并可作分路引出
三分火二极插头		250		连接二极插座, 同时可作三路引出

(续表)

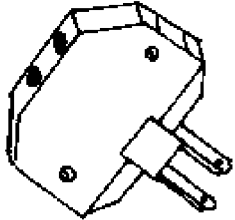
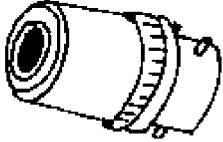



名称	外形图	规格		用途和特点
		最高工作电压 (V)	最大工作电流 (A)	
三分火二极插头 (摆动式)		250		同上, 但插头可左右摆动
插口灯座 插头				供插入插口灯座以引入电源

表 9-5 明装式插座技术数据及其用途

名称	规格		外形图	用途和特点
	最高工作电压 (V)	最大工作电流 (A)		
单相二极插座 (圆型)	250	10		固定安装在室内墙上供二极插头连接电源用
单相二极插座 (矩型)				
双用插座	250	10		可配插二极扁脚或圆脚插头

(续表)

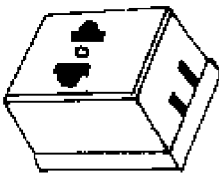

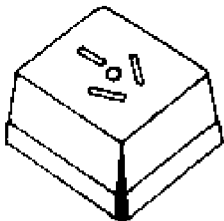
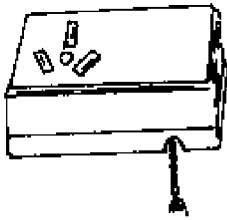
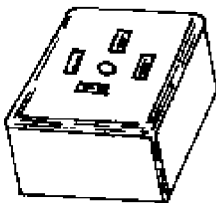
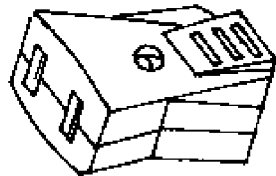



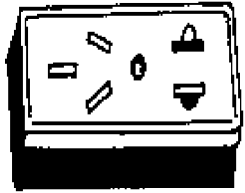
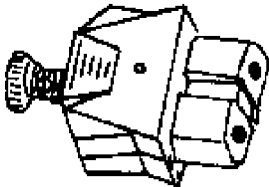
名 称	规 格		外 形 图	用 途 和 特 点
	最高工作电压 (V)	最大工作电流 (A)		
单相二极三分火插座				供固定安装, 两端及顶部可同时插用二极插头作三路引出电源
单相三极插座	250	10		固定安装在墙上, 供三极插头连接电源用
	250	15		
带开关三极插座	250	10		固定安装的三极插座附有开关可启闭插座电路
三相四极插座	380	10 15 25		固定安装在墙上, 供三相四极插头连接电源用

表 9-6 移动式插座技术数据

名 称	规 格		外 形 图	用 途 和 特 点
	最高工作电压 (V)	最大工作电流 (A)		
移动式二极插座	250	10		供临时延长用电距离作线路连接, 与二极插头配成一套则称“连接器”
移动式二极三分路插座 (又叫三连二极插座)	250	10		用导线连接插头, 插入固定的二极插座以引入电源, 可同时作三路分线 可配二极扁插或圆插头 亦可作固定安装
				
移动式四路多用插座	250	10		用软电缆连接三极插头, 插入固定的插座以引入电源, 可供四只插头同时作四路引出 有钉孔可作固定安装, 亦可临时挂在钉上使用 顶面作二三极二路、两端作二极二路分线
				
熨斗插座	250	6~10		插入电熨斗、电炉作连接电源用 有簧片的接地极可直接连接电热器具的金属外壳, 使用较安全

9-3 插头和插座接线原则

插头和插座接线应按照标定位置接线，不能随便接入，否则将危及设备和人身安全。其接线和标志见图 9-2。

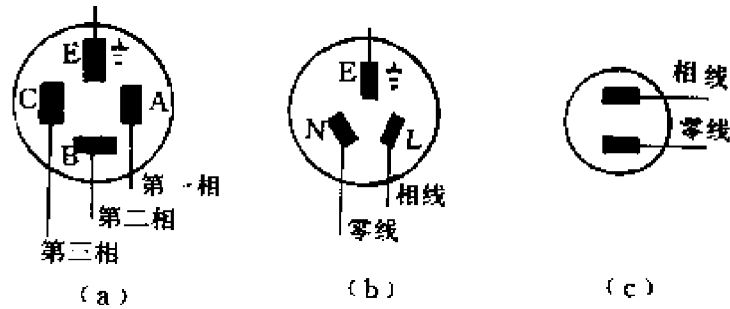


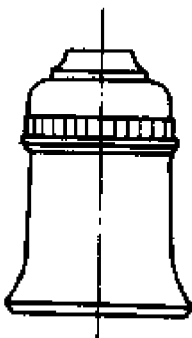
图 9-2 插座接线和标志图

(a) 三相四极 (b) 单相三极 (c) 单相二极

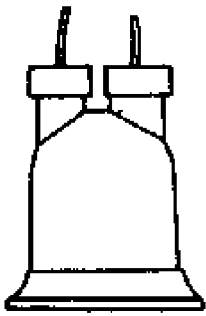
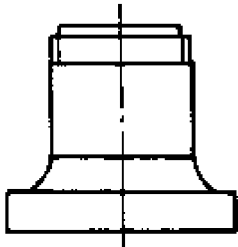
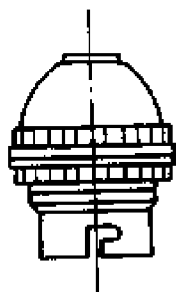
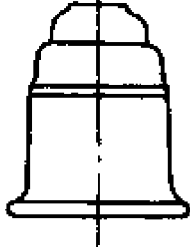
9-4 常用灯头的技术数据及其用途

常用灯头的技术数据及其用途，见表 9-7。

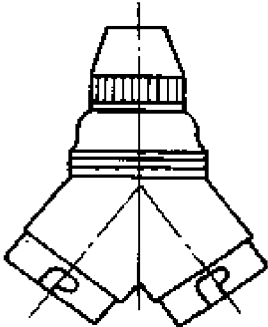
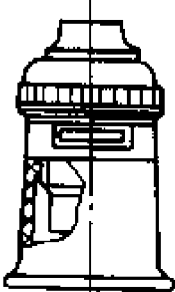
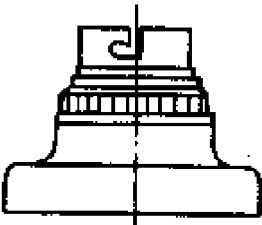

表 9-7 常用灯座的外形、规格及用途

名 称	外 形	额定电压 (V)	额定电流 (A)	用 途
安全螺 口灯座		250	4	有喇叭形安全罩，一般 用作工作灯

(续表)

名 称	外 形	额定电压 (V)	额定电流 (A)	用 途
防雨螺 口灯座		250	4	有防雨作用,供露天场所作照明灯和节日彩灯
平装式 螺口灯座		250	4	安装在室内固定物体上,配用螺口灯泡作照明灯
悬吊式 插口灯座		250	4	配接 2C15 的插口灯泡,供低压照明或指示灯等用 配接 2C22 的插口灯泡作悬吊式的一般照明灯,有灯罩圈用作卡装灯罩
安全式 插口灯座		250	4	适用于生产工作场所作低悬照明使用。喇叭形安全罩可防护人手因触及漏电的灯头而引起的危险

(续表)

名 称	外 形	额定电压 (V)	额定电流 (A)	用 途
双火插 口灯座		250	4	可同时装接两只灯泡,使灯光加强,并有使灯泡热量分散的作用
管接式 安全开关 插口灯座 (简称:管子安全开 关灯座)		250	4	管子插口灯座上附设开关,并有安全护罩,用于生产工作灯
平装式 插口灯座		250	4	装在天花板、墙面上使用
			1	同上,但配 2C15 插口小灯泡,可供低压照明或指示灯等之用
悬吊式 螺口灯座		250	4	作室内吊灯,配 E27 螺口灯泡,有螺纹可配灯罩卡
			2.5	作车船照明灯及设备照明指示灯,配 14 螺口灯泡

10-1 室内布线的一般要求

敷设在住宅、厂房、车间、商店、办公大楼或其他建筑物内的明、暗导线，电气设备、电缆的连接线，固定导线用的支持物和专用配件等，这些均称为室内配线。

室内配线有明配线和暗配线两类。明配线是指导线沿墙壁、天棚、桁梁及柱子等，它们都是明敷设的。暗配线是指导线穿在埋设于墙内、楼板内、地坪内、顶棚内的塑料管内的敷设。

室内配线的一般要求是：

(1) 室内配线的导线耐压等级的选择应高于线路的工作电压，其绝缘层应符合线路安装方式和环境条件；导线截面的安全电流应大于用电负荷电流和满足机械强度的要求。

(2) 明配线导线水平高度距地面不应小于 2.5m，垂直线路不低于 1.8m，如超出这个范围，要加特殊保护。各种明配线敷设时应平直。

(3) 导线穿墙时，应装有过墙瓷管，过墙瓷管两端伸出墙面不应小于 10mm。导线与导线交叉，或与其他管道交叉时，应套以绝缘套管或做隔离处理，导线在连接和分支处，不应受机械力的作用，连接应牢靠。

(4) 各种金属构架、铁件、明配铁管等应做防腐处理。

10-2 室内低压配电线路的进户线和接户线的形式

用户所用的电是从低压架空线路上引下来的。从低压电杆上到用户户外的一段线路称做接户线。

架空接户线对地最小距离应符合表 10-1 的规定。

表 10-1 接户线对地最小距离

接 户 线 电 压		最小距离 (m)
高压接户线		4
低 压 接 户 线	一般	2.5
	跨越通车街道	6
	跨越通车困难街道、人行道	3.5
	跨越胡同	3

接户线按机械强度要求，当空中档距在 6m 及以下时，其导线截面最小为 4mm^2 （铝）、 2.5mm^2 （铜）；档距在 12m 及以下时，最小为 6mm^2 （铝）和 2.5mm^2 （铜）；档距在 25m 及以下时，最小为 10mm^2 （铝）和 4mm^2 （铜）。

低压架空接户线与建筑物、弱电线间的安全距离应符合表 10-2 的有关规定。

低压架空接户线的线间距离不应小于表 10-3 的规定。

接户线应从接户杆上引接，接户杆杆顶的接线型式，见图 10-1。

从接户线支持铁件处接线到室内配电系统上的一段线路称做进户线。进户方式一般有以下几种，即，绝缘线穿瓷管进户；角铁加装瓷瓶支持单根绝缘线穿管进户；加装进户杆进户。

表 10-2 低压接户线与建筑物、弱电线路的最小距离

敷 设 型 式		最小允许距离 (m)
水 平 敷 设	距阳台、平台、屋顶的垂直距离	2.5
	距上方窗户的垂直距离	0.3
	距下方窗户的垂直距离	0.8
	距上方弱电线路的交叉距离	0.6
	距下方弱电线路的交叉距离	0.3
	垂直敷设时至阳台、窗户的水平距离	0.75
	沿墙或构架敷设时至墙构架的距离	0.05

表 10-3 低压接户线的线间距离

架 设 方 式	档 距 (m)	线 间 距 离 (mm)
自电杆上引下	25 及以下	150
	25 以上	200
沿墙敷设	6 及以下	100
	6 以上	150

(1) 绝缘线穿瓷管进户方式。要求进户点应距地面 2.7m, 并使进户管口与接户线的垂直距离在 0.5m 左右, 见图 10-2。

(2) 角铁加装瓷瓶支持单根绝缘线穿管进户方式见图 10-2 (c)。进户点应距地面 2.7m。但对原已放高距离或由于安全要求必须放高距离的接户线垂直距离在 0.5m 时, 应采用图 10-2 (c) 中所示方法使进户线与接户线连线。

(3) 加装进户杆进户方式, 见图 10-3。进户管常用的有塑料护套线穿瓷管、绝缘线穿钢管和硬塑料管。见图 10-3。

10-3 室内用电负荷的计算及导线选择

10-3-1 负荷电流的计算

1. 需要系数法

这种方法适应于计算民用负荷、工厂全厂负荷。计算方法如下:

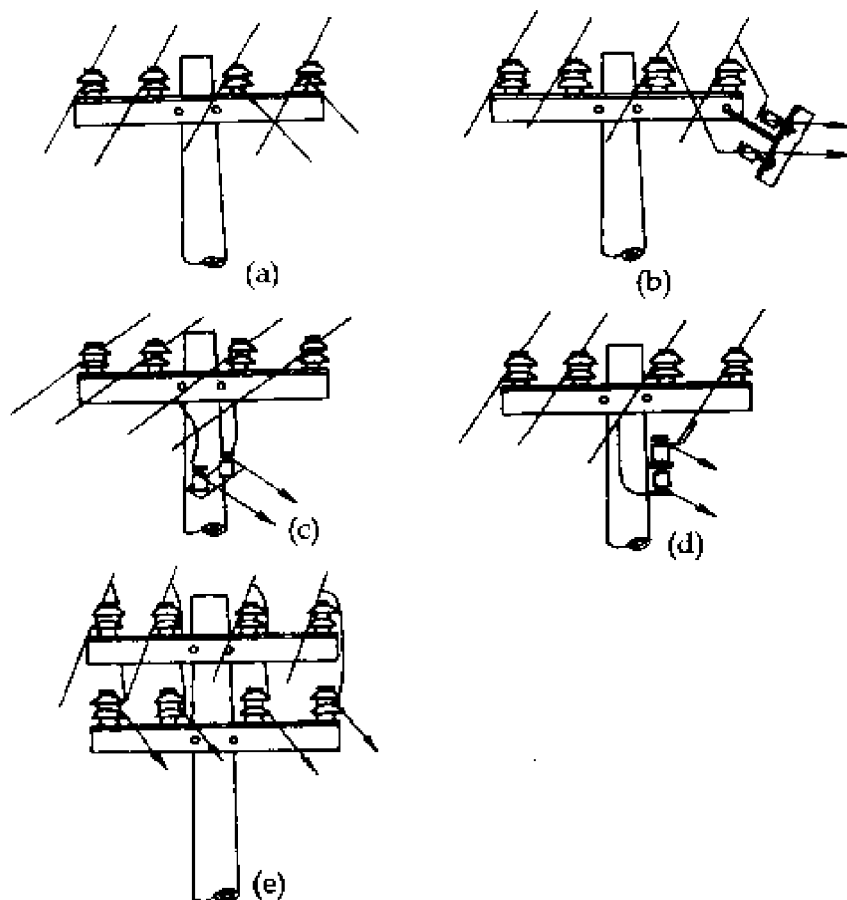
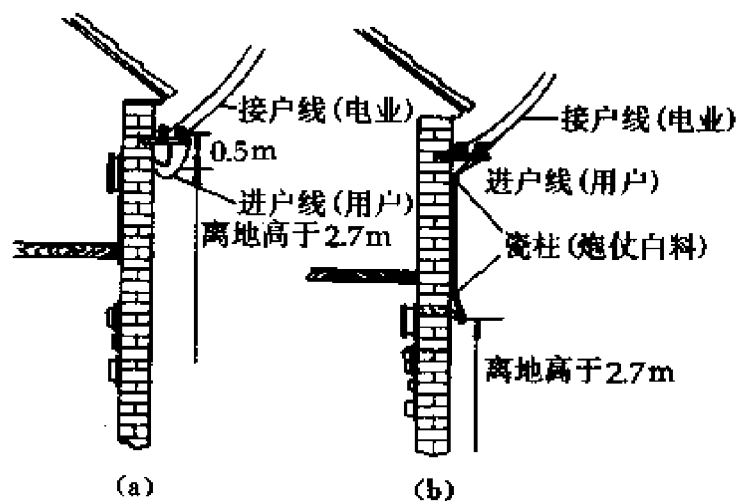
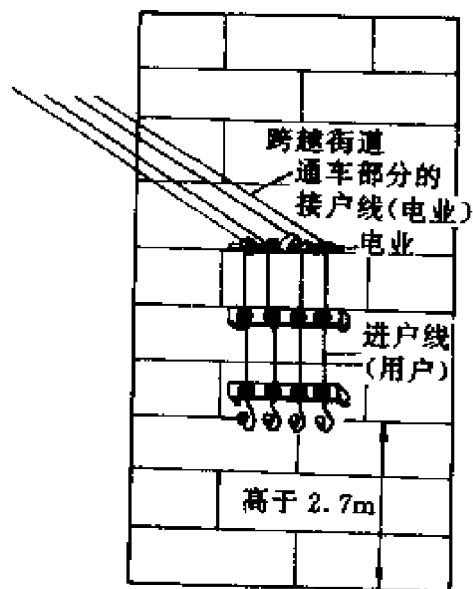


图 10-1 直接从电杆引下的接户线型式
 (a) 直接连接 (b) 丁字铁架连接 (c) 交叉横担连接
 (d) 特种铁架连接 (e) 平行连接





(c)

图 10-2 绝缘线穿瓷管进户

(a) 穿瓷管进户 (b) 瓷柱支持瓷管进户

(c) 三相四线穿管进户

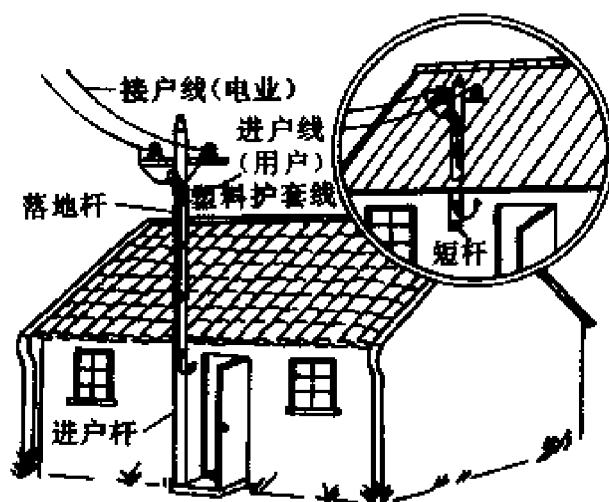


图 10-3 加装进户杆（落地杆或短杆）进户

$$\sum P = K_{\Sigma} \sum (K_d P_n)$$

$$\sum Q = K_{\Sigma} \sum (K_d P_n \operatorname{tg} \varphi)$$

$$\sqrt{S} = \sqrt{\sum P^2 + \sum Q^2}$$

式中 P ——有功负荷 (kW);

Q ——无功负荷 (kV·A);

S ——视在负荷 (kV·A);

K_d ——需要系数, 一般取 0.4~0.8;

$\operatorname{tg} \varphi$ ——功率因数正切值;

K_{Σ} ——最大负荷的同期系数, 一般为 0.7~1.0。

2. 单位负荷法

这种方法适用于规划及方案设计, 利用类似工厂、建筑物的单位负荷指标进行估算。常用的单位负荷指标, 见表 10-4。用表中的指标乘以相应的面积即可求得其负荷。

表 10-4 民用建筑用电负荷估算指标 (V·A/m²)

序号	分 类	指 标	
		范 围	平 均
	(一)住宅		
1	一般住宅或小家庭公寓	5.91~10.70	7.53
2	中等家庭公寓	10.76~16.14	13.45
3	高级家庭公寓	21.52~26.5	25.8
4	豪华家庭公寓	43.04~64.5	48.4
5	有集中空调的家庭公寓		27.6
	(二)商业		
1	商店	48.4~277	161.4
	(1) 无空调		43
	(2) 有空调		194
	(3) 餐厅、咖啡馆		247
2	百货商场	14.5~215	161.4
3	办公室	80.7~107.6	96.8
4	旅馆	48.4~124	71
5	中式餐厅	168~269	204
6	自选市场	129~140	134.5
7	地滚球场	75.4~86	86.08
8	电影院	1.61~1.72	1.72

3. 负荷电流的计算

负荷电流的正确计算涉及到导线、电缆、闸刀、开关、熔断器、插头、插座以及电度表等电气部件的选择，这些对用电安全关系很大。

(1) 分支负荷电流的计算

纯电阻性负载的计算按下列公式：

$$I = \frac{P}{U}$$

式中 I ——通过负载的电流 (A)

P ——负载的功率 (W)

U ——电源电压 (V)

感性负载的计算按下列公式：

$$I = \frac{P}{\eta U \cos \varphi}$$

式中 I 、 P 、 U ——同上；

$\cos \varphi$ ——功率因数，一般为 0.75~0.95；

η ——机械效率，一般为 0.75~0.85。

(2) 总负荷电流的计算

总负荷电流是指流过电度表、闸刀及总保险丝的电流。

总负荷电流为所有分支负荷电流之和，并要考虑同期使用率，即

$$I = K (I_1 + I_2 + \cdots + I_n)$$

式中 K ——周期使用率，一般取 0.5~0.8；

I_1 、 I_2 … I_n ——各分支负荷电流。

10-3-2 导线及电缆的选择

导线及电缆的正确选择，对安全用电、经济实用的要求有着密切关系。导线及电缆的选择应满足以下几点。

1. 按使用环境及布线方式选择，见表 10-5。

表 10-5 按环境选择导线、电缆及其敷设方式

环境特征	线路敷设方式	常用导线、电缆型号
正常干燥环境	绝缘线瓷珠、瓷夹板或铝皮卡子明配线 绝缘线、裸线绝缘子明配线 绝缘线穿管明敷或暗敷 电缆明敷或放在沟中	BBLX, BLV, BLVV BBLX, BLV, LJ, LMY BBLX, BLV ZLL, ZLL11, VLV, YJV, YJLV, XLV, ZLQ
潮湿和特别潮湿的环境	绝缘线绝缘子明配线(敷设高度>3.5m) 绝缘线穿塑料管、钢管明敷或暗敷 电缆明敷	BBLX, BLV BBLX, BLV ZLL11, VLV, YJV, XLV
多尘环境(不包括火灾及爆炸危险尘埃)	绝缘线绝缘子明配线 绝缘线穿钢管明敷或暗敷 电缆明敷或放在沟中	BBLX, BLV, BLVV BBLX, BLV ZLL, ZLL11, VLV, YJV, XLV, ZLQ
有腐蚀性的环境	塑料线绝缘子明配线 绝缘线穿塑料管明敷或暗敷 电缆明敷	BLV, BLVV BBLX, BLV, BV VLV, YJV, ZLL11, XLV
有火灾危险的环境	绝缘线绝缘子明配线 绝缘线穿钢管明敷或暗敷 电缆明敷或放在沟中	BBLX, BLV BBLX, BLV ZLL, ZLQ, VLV, YJV, XLV, XLHF
有爆炸危险的环境	绝缘线穿钢管明敷或暗敷 电缆明敷	BBX, BV ZL120, ZQ20, VV20

2. 按载流量选择

导线、电缆所允许载流量必须大于或等于线路中的计算电流值。

不同规格导线、电缆的载流量和温度、不同布线方式、不同负荷特性校正系数详见第四章。

3. 按电压损失选择

为了保证用电设备正常运行,其端子处电压损失允许值,对于电动机及一般无特殊要求的用电设备为 $\pm 5\%$ (以额定电压的百分数表示)。

对于少数距电源较远的电动机,如电动机端子电压低于额定

值的 95% 时, 仍能保证电动机温升符合 (GB755—81 电机基本技术要求) 规定, 且堵转转矩、最小转矩、最大转矩均能满足传动要求时, 则电动机的端电压可低于 95%, 但不得低于 90%。电压损失的计算方法如下:

对于三相平衡负荷、线路上接有多个负荷时,

$$\Delta U\% = \frac{\sqrt{3}}{10U_n} \sum_1^n (IR \cos\varphi + IX \sin\varphi)$$

式中 U_n ——额定线电压 (kV);

I ——各段线路中的计算电流 (A);

R 、 X ——各段线路电阻和感抗 (Ω)。

4. 按机械强度选择

导线、电缆必须保证不致因一般机械损伤而折断。由于导线、电缆本身有一定的自重, 再加上受到各种外力的作用, 因此容易断线。为了不使导线断线, 在选择导线时, 必须考虑到导线的机械强度, 表 10-6 根据不同用途给出了导线的最小截面。

表 10-6 绝缘导线线芯的最小截面

用 途	线芯的最小截面积 (mm ²)		
	铜芯软线	铜 线	铝 线
照明用灯头引下线			
民用建筑, 屋内	0.4	0.5	1.5
工业建筑, 屋内	0.5	0.8	2.5
屋外	1.0	1.0	2.5
移动式用电设备			
生活用	0.2		
生产用	1.0		
架设在绝缘支持件上的绝缘导线, 其支持点间距为			
1m 以下, 屋内		1.0	1.5
屋外		1.5	2.5
2m 及以下, 屋内		1.0	2.5
屋外		1.5	2.5
6m 及以下		2.5	4.0
12m 及以下		2.5	6.0
穿管敷设的绝缘导线	1.0	1.0	2.5

注: 用链吊或管吊的屋内照明灯具, 其灯头引下线为铜芯软线时, 可适当减少截面。

10-4 各种导线连接方法

在敷设线路时，常常会遇到导线连接的问题。如果导线连接不当或接触不良，在线路通电时，将会烧坏导线，引起火灾等事故。因此，在敷设线路时，应尽量避免接头，如要接头，也应按照规定的方式进行连接，但接头处的绝缘强度和机械强度都应保持与原导线一样。

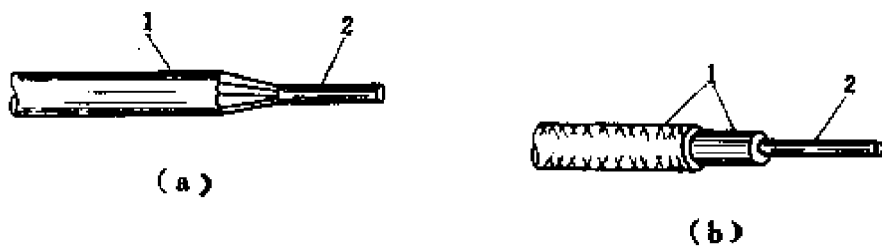
1. 一般导线的连接

由于导线品种很多，连接方式也各异。一般常见的连接方式，见表 10-7。

2. 绞线的连接

绞线的连接方法有压接法和缠绕法。缠绕法也就是多芯导线连接。

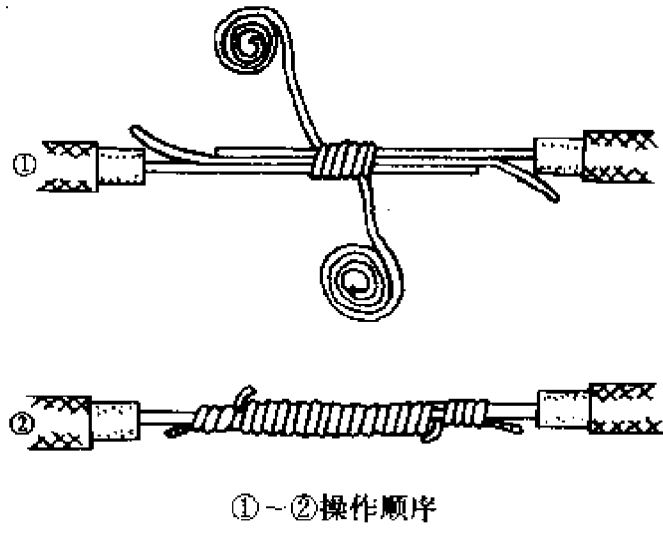
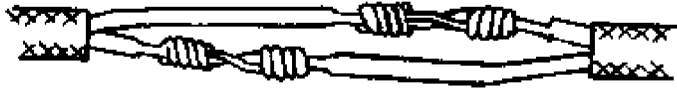
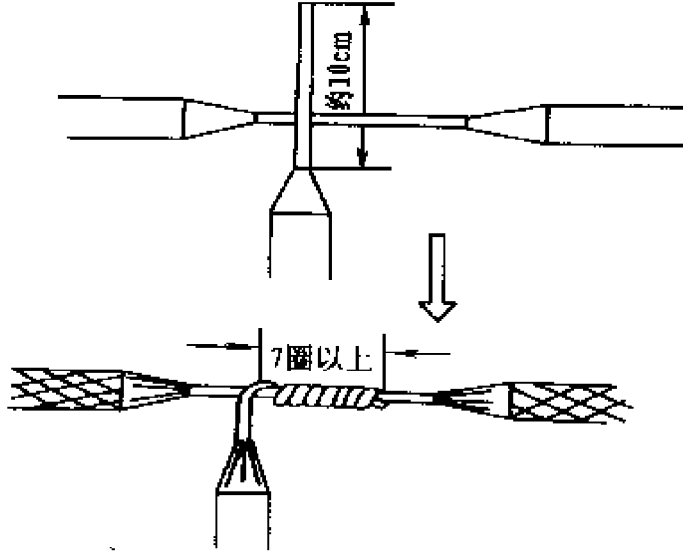
表 10-7 一般常用导线的连接方法

导线连接方式	图 示
导线绝缘层的剥法	<div style="text-align: center;">  <p>(a) 斜剥法 (b) 环段剥法</p> <p>1—导线绝缘层 2—线芯</p> </div>

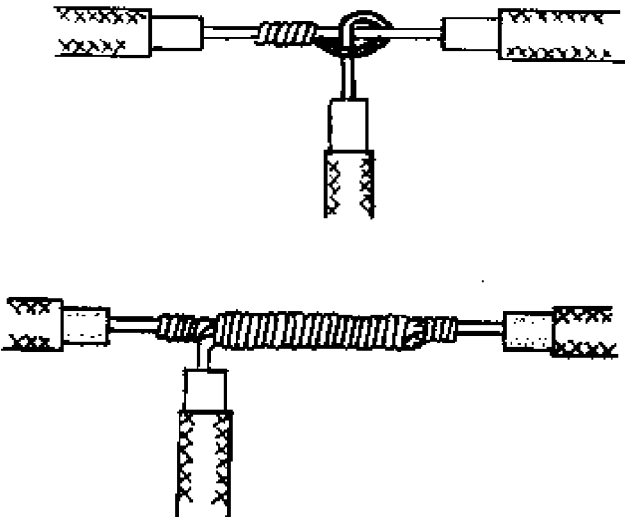

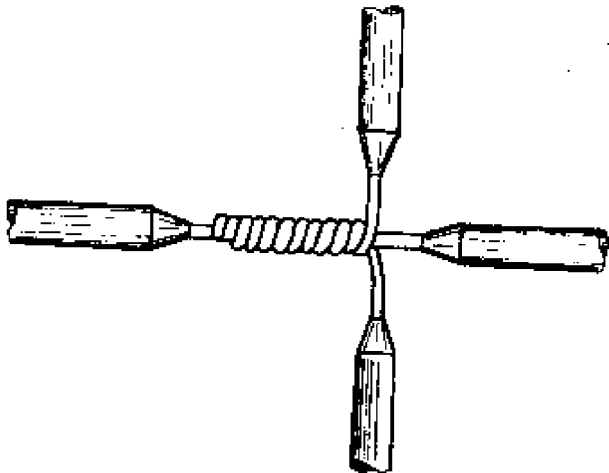
(续表)

导线连接方式	图 示
<p>单芯导线平接法</p>	<p>①-⑤操作顺序</p>

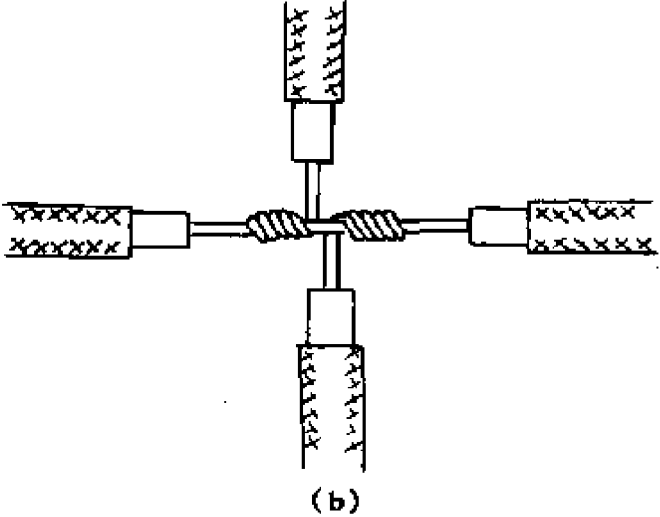


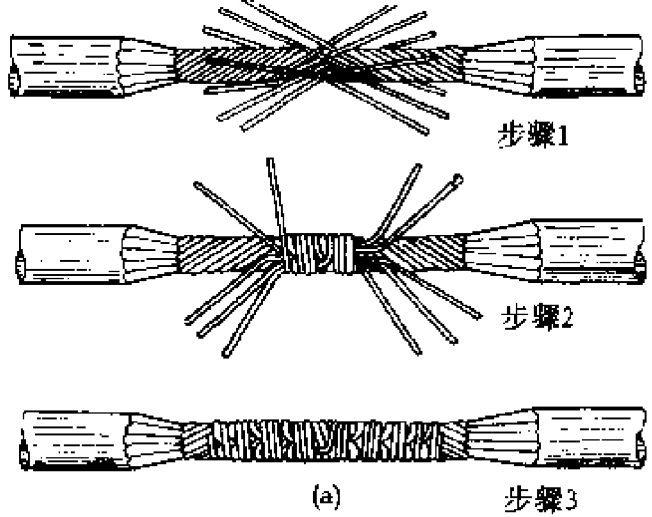
(续表)

导线连接方式	图 示
单芯导线平接法	 <p>①-②操作顺序</p>
单芯双芯线的接法	
单芯丁字接法	 <p>约10cm</p> <p>7圈以上</p>


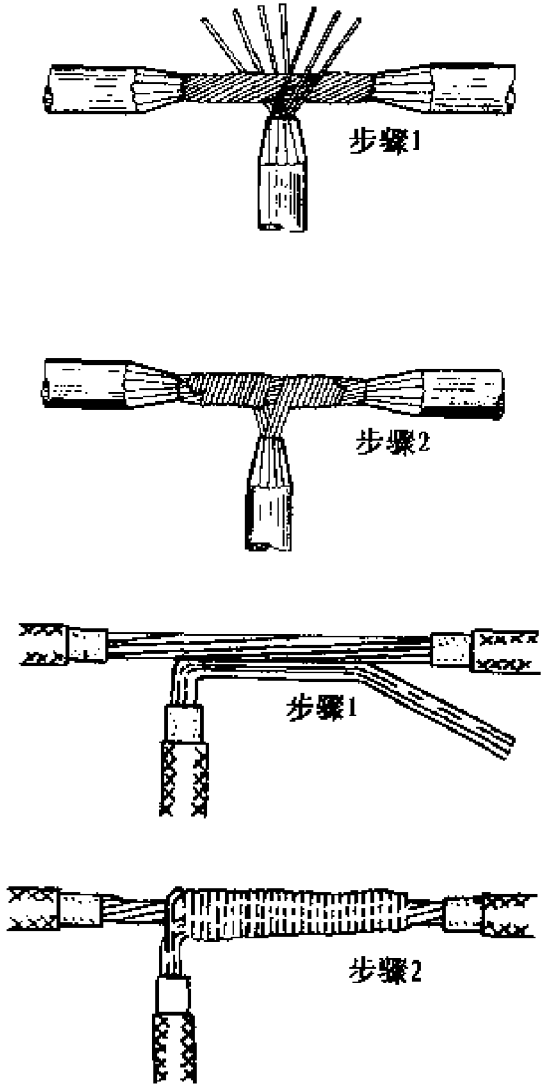
(续表)

导线连接方式	图 示
单芯丁字接法	
软线与单芯导线的接法	
单芯导线十字接法	 <p style="text-align: center;">(a)</p>

(续表)

导线连接方式	图 示
单芯导线 十字接法	 <p style="text-align: center;">(b)</p>
单芯导线终 端接法	 <p style="text-align: center;">(a) (b)</p>
单芯导线末 端接法	 <p style="text-align: center;">右旋</p>
多芯导线的 平接法	 <p style="text-align: right;">步骤1</p> <p style="text-align: right;">步骤2</p> <p style="text-align: center;">(a) 步骤3</p>

(续表)

导线连接方式	图 示
多芯导线的平接法	 <p style="text-align: center;">(b)</p>
多芯导线的丁字接法	 <p style="text-align: center;">步骤1</p> <p style="text-align: center;">步骤2</p> <p style="text-align: center;">步骤1</p> <p style="text-align: center;">步骤2</p>

(1) 压接法

压接法适用于铝绞线、铜绞线或钢芯铝绞线的连接。其压接方法和步骤如图 10-4。

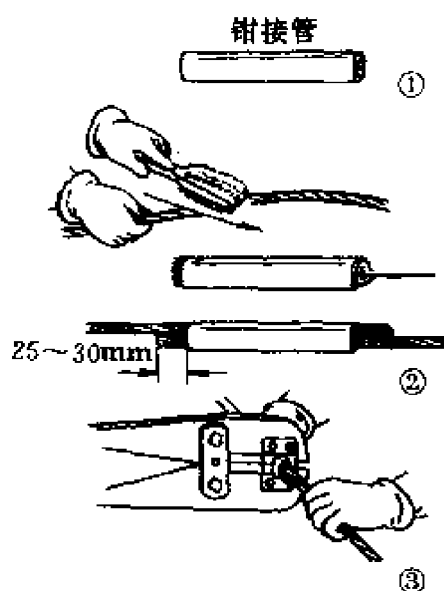


图 10-4 绞线压接方法和步骤
①~③为压接步骤

根据绞线规格选择合适的压模和铝质钳接管。

压接前应将电线表面及钳接管内壁清洗干净，然后涂上凡士林锌粉膏，之后将两线端相对穿入钳接管，并使线端穿出钳接管 25~30mm。

压接铝绞线时，应注意：第一道坑应压在线端一侧，不可压反；每道压坑压接时，必须保持钳接管的位置正确，压坑不可出现偏斜。

钳接管的压坑技术要求见图 10-5 和表 10-8。

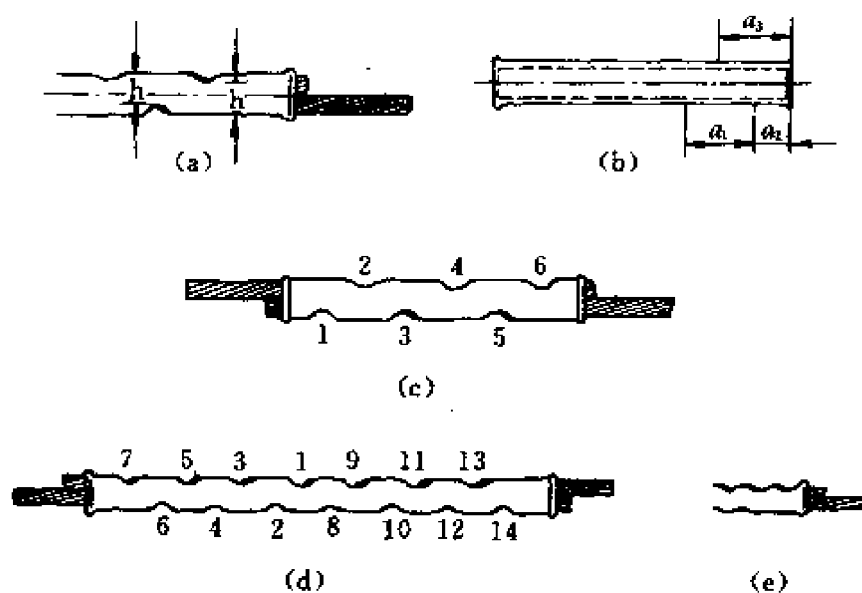


图 10-5 钳接管压坑技术要求

表 10-8 钳接管压坑技术要求

钳接管型号	绞线型号	钳压部位尺寸 (mm)			钳压处高度 h (mm)	压坑数量
		a_1	a_2	a_3		
QL-16	LJ-16	28	20	34	10.5	6
QL-25	LJ-25	32	20	36	12.5	6
QL-35	LJ-35	36	25	43	14.0	6
QL-50	LJ-50	40	25	45	16.5	8
QL-70	LJ-70	44	28	50	19.5	8
QL-95	LJ-95	48	32	56	23.0	10
QL-120	LJ-120	52	33	59	26.0	10
QLG-16	LGJ-16	28	14	28	12.5	12
QLG-25	LGJ-25	32	15	31	14.5	14
QLG-35	LGJ-35	34	42.5	93.5	17.5	14
QLG-50	LGJ-50	38	48.5	105.5	20.5	16
QLG-70	LGJ-70	46	54.5	123.5	25.0	16
QLG-95	LGJ-95	54	61.5	142.5	29.0	20
QLG-120	LGJ-120	62	67.5	160.5	33.0	24

注：1. 铝绞线压接时应从一端开始，如图 10-5 (c) 所示顺序进行；钢芯铝绞线压接时应从中间开始，如图 10-5 (d) 所示顺序进行。

2. 钢芯铝绞线截面在 35mm^2 以上时，应在两端各连压两坑，如图 10-5 (e) 所示。

(2) 缠绕法

缠绕法适用于电流容量较小的铝绞线或钢绞线的连接。连接方法，见图 10-6。导线剥头长度应根据导线截面来剥制。具体数据，见表 10-9。

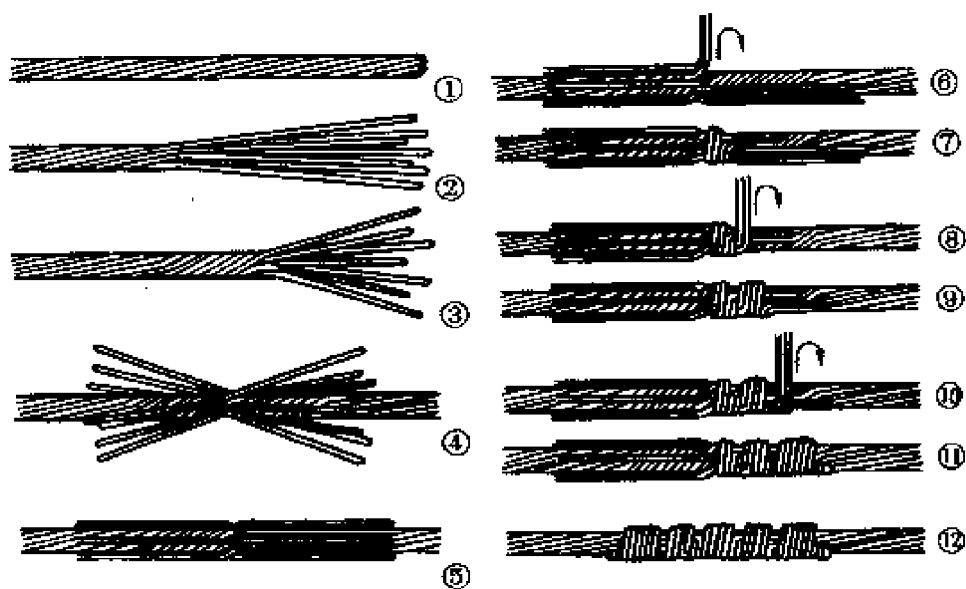


图 10-6 铝绞线的缠绕连接法

①~⑫为缠绕步骤

表 10-9 铝绞线缠绕连接的剥头长度

导线截面 (mm ²)	16	25	50	70	85
剥头长度 (mm)	200	300	400	500	600

3. 导线的绑扎

导线在绝缘子上的绑扎方法，见图 10-7。

铁绑线是用软性铁丝表面包以 40~80 支玻璃纤维，再浸以沥青和石蜡等混合剂制成。主要用来在绝缘子上绑扎导线。其技术数据见表 10-10。

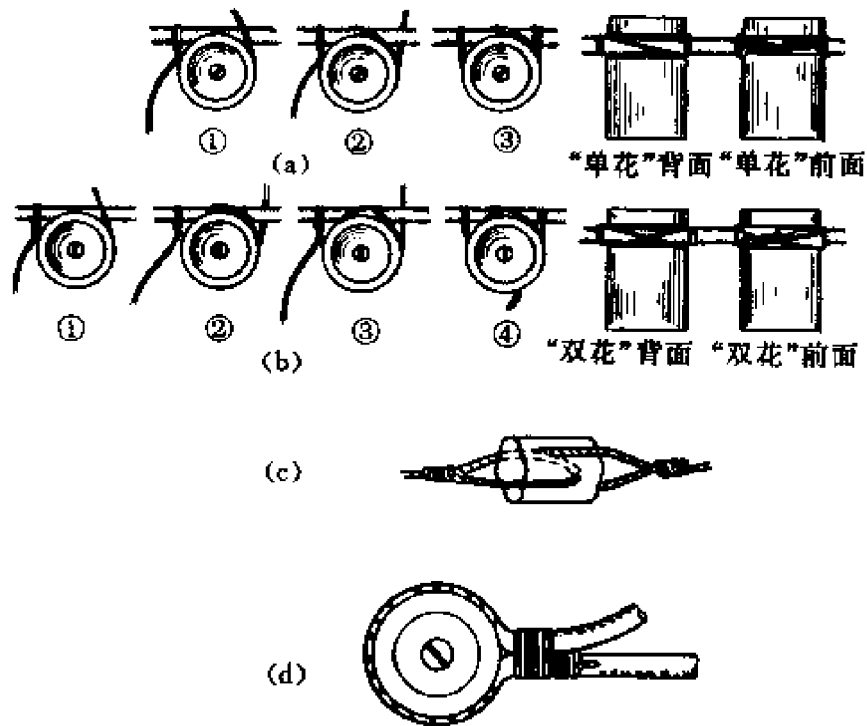


图 10-7 导线在绝缘子上的绑扎方法
 (a) 瓷瓶单绑 (b) 瓷瓶双绑 (c) 隔绝缘子的绑法
 (d) 导线回头绑法

表 10-10 铁绑线主要技术数据

线号	标称直径 (mm)	抗张强度 (N/mm ²)	包纱
24	0.56	不小于 300	45 支纱 5 股
22	0.71	不小于 300	45 支纱 5 股
20	0.89	不小于 300	45 支纱 3 股
18	1.25	不小于 300	45 支纱 3 股
16	1.65	不小于 300	45 支纱 3 股

10-5 线夹板、瓷瓶和铝片卡的固定

线夹、瓷瓶和铝片卡的固定方法，因支持物的材质和形状不同而不同，这里只介绍用环氧树脂黏接的方法。这种方法使用简单，操作容易，施工快，适用于不同材质的支持物，如在混凝土结构、钢结构和木质结构上的黏接。

瓷瓶、线夹和铝片卡黏接固定方法，见图 10-8。

环氧树脂黏接剂的成分及配方，见第四章。

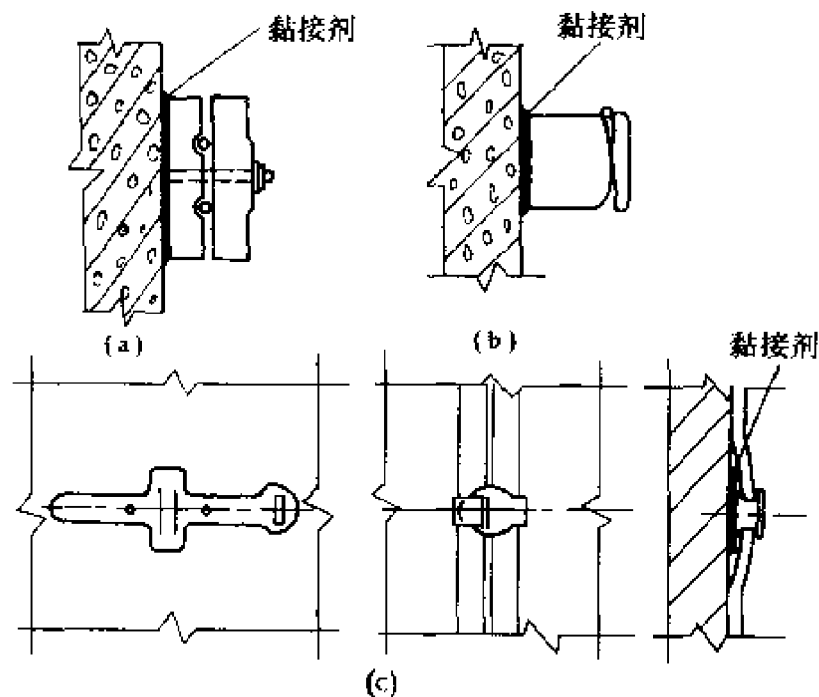


图 10-8 线夹、瓷瓶和铝片卡黏接

(a) 线夹 (b) 瓷瓶 (c) 铝片卡

10-6 室内布线方式

室内低压线路的布线方式，基本上可分为明装和暗装两种。

明敷布线方式导线间的最小距离、导线的最大固定距离和绝缘导线至建筑物的最小距离,见表 10-11、表 10-12 和表 10-13。

导线在室内水平布线时,离地高度不小于 2.5m;垂直布线时不小于 1.8m;在室外水平及垂直布线时均不小于 2.7m。

表 10-11 导线间的最小距离

固定点间距 (m)	导线最小间距 (mm)	
	室内布线	室外布线
1.5 及以下	35	100
1.6~3	50	100
3.1~6	70	100
大于 6	100	150

注:不包括户外杆塔及地下电缆线路。

表 10-12 导线的最大固定距离

布线方式	导线截面积 (mm^2)	最大间距 (mm)
瓷(塑料)夹布线	1~4	600
	6~10	800
鼓形(针式)绝缘子布线	1~4	1500
	6~10	2000
	10~25	3000
直敷布线	≤ 6	200

表 10-13 绝缘导线至建筑物的最小距离

布 线 方 式	最小间距 (mm)
水平布线时的垂直间距	
在阳台上,平台上和跨越建筑物屋顶	2500
在窗户上	300
在窗户下	800
垂直布线时至阳台、窗户的水平间距	600
导线至墙壁和构架的间距	35

穿管布线

管路超过 45m 时,应加装一个接线盒;当两个接线盒之间有一个弯时,30m 内装一个接线盒;两个弯时,则为 20m;三个弯时则为 12m。弯的角度一般指 $90^\circ \sim 105^\circ$,每两个 $120^\circ \sim 150^\circ$ 的弯相当于一个 $90^\circ \sim 105^\circ$ 的弯,长度超过上述要求时,应加装

接线盒或放大一级管径。明布线管线固定点间的最大间距，见表 10-14，常用的单芯绝缘导线的管线关系，见表 10-15。明布线的线管与其他管道之间应保持的净距，见表 10-16。

表 10-14 明敷管线固定点间的最大间距 (m)

管 类	标 称 管 径 (mm)				
	15~20	25~32	40	50	63~100
水煤气钢管	1.5	2	2	2.5	3.5
电线管	1	1.5	2	2	2
塑料管	1	1.5	1.5	2	

注：钢管和塑料管的管径指内径，电线管的管径指外径。

表 10-15 单芯橡皮、塑料绝缘导线穿管管径表 (m)

导线截面积 (mm ²)	管 内 导 线 根 数																																																							
	2								3								4								5								6								7								8							
	钢管管径(mm)								电线管管径(mm)								钢管管径(mm)								电线管管径(mm)																															
1	15								15								15								15																															
1.5	20								20								20								20																															
2.5	25								25								25								25																															
4	32								32								32								32																															
6	40								40								40								40																															
10	40								40								40								40																															
16	50								50								50								50																															
25	50								50								50								50																															
35	70								70								70								70																															
50	70								70								70								70																															
70	80								80								80								80																															
95	80								80								80								80																															
120	80								80								80								80																															
150	80								80								80								80																															
185	80								80								80								80																															

表 10-16 屋内电气管线和电缆与其他管道之间的最小净距 (m)

敷设方式	管线及设备名称	管线	电缆	绝缘导线	裸导线 (母)线	滑触 线	插接式 母 线	配电 设备
平行	煤气管	0.1	0.5	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	乙炔管	0.1	1.0	1.0	2.0	3.0	3.0	3.0
	氧气管	0.1	0.5	0.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	蒸汽管	1.0/0.5	1.0/0.5	1.0/0.5	1.5	1.5	1.0/0.5	0.5
	热水管	0.3/0.2	0.5	0.3/0.2	1.5	1.5	0.3/0.2	0.1
	通风管		0.5	0.1	1.5	1.5	0.1	0.1
	上下水管	0.1	0.5	0.1	1.5	1.5	0.1	0.1
	压缩空气管		0.5	0.1	1.5	1.5	0.1	0.1
	工艺设备				1.5	1.5		
交叉	煤气管	0.1	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	
	乙炔管	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	氧气管	0.1	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	
	蒸汽管	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	
	热水管	0.1	0.1	0.1	0.5	0.5	0.1	
	通风管		0.1	0.1	0.5	0.5	0.1	
	上下水管		0.1	0.1	0.5	0.5	0.1	
	压缩空气管		0.1	0.1	0.5	0.5	0.1	
	工艺设备				1.5	1.5		

注:1. 表中的分数,分子数字为线路在管道上面时和分母数字为线路在管道下面时的最小净距。

2. 电气管线与蒸汽管不能保持表中距离时,可在蒸汽管与电气管线之间加隔热层,这样平行净距可减至 0.2m,交叉处只考虑施工维修方便。

3. 电气管线与热水管不能保持表中距离时,可在热水管处包隔热层。

4. 裸母线与其他管道交叉不能保持表中距离时,应在交叉处的裸母线外面加装保护网或罩。

10-6-1 瓷夹板布线

1. 瓷夹板布线方法

瓷夹板布线方法施工简单、维护方便。各种布线方法,见图 10-9。

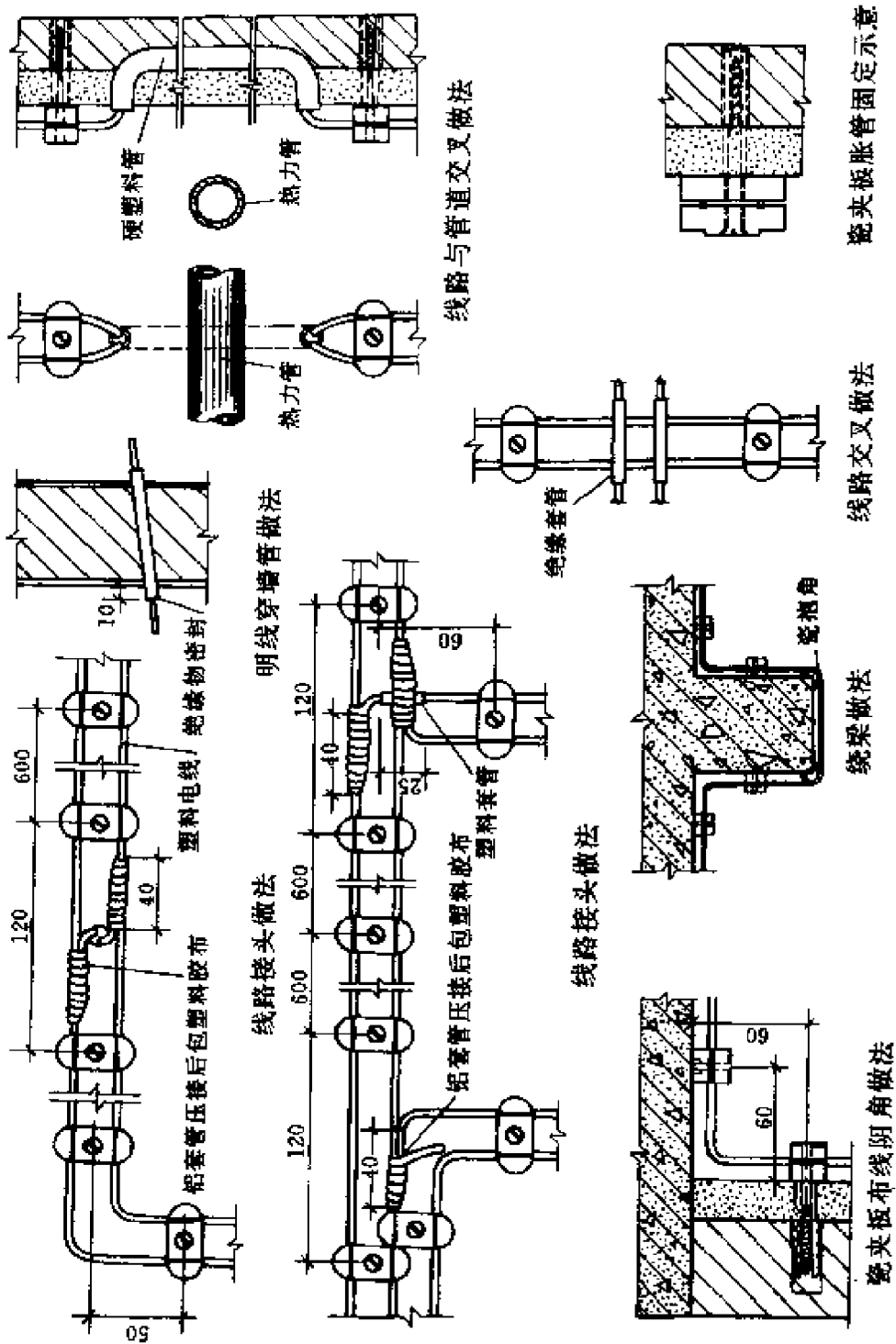


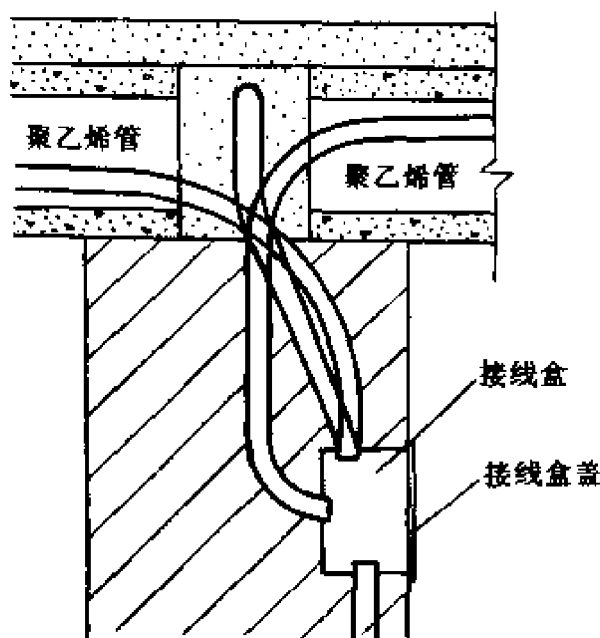
图 10-9 瓷夹板布线

2. 瓷夹板布线一般的要求

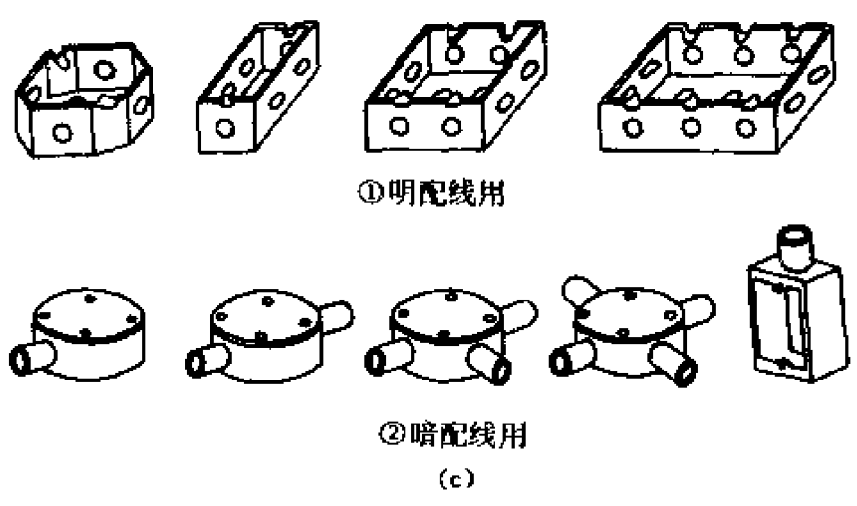
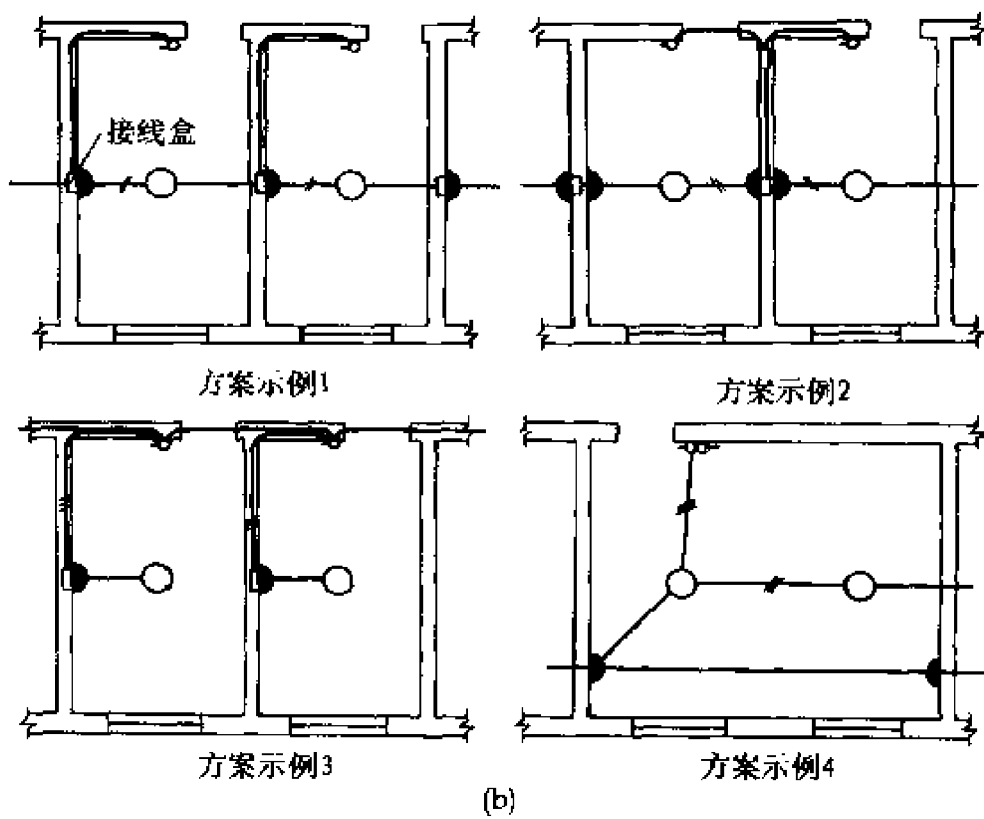
- (1) 瓷夹板布线的瓷夹板之间的距离不能大于 0.6m;
- (2) 瓷夹板线路因布线型式不同, 其夹板的位置也应相对不同, 如转角、导线分路、导线交叉、导线在不同平面上转角、三线平行等处, 都要加装瓷夹板。

10-6-2 聚乙烯电线管和钢管布线

聚乙烯电线管和钢管布线, 适用于室内、外动力线路、照明、家用电器等。这种布线分明布线和暗布线两种。明布线是将管子敷设在墙壁外, 这对修理、更换及移位都很方便, 但不太美观。暗布线是将管子敷设在墙壁内, 这样美观, 壁平整, 较安全, 但修理、移位均不方便。其具体布线方法, 见图 10-10。



(a)



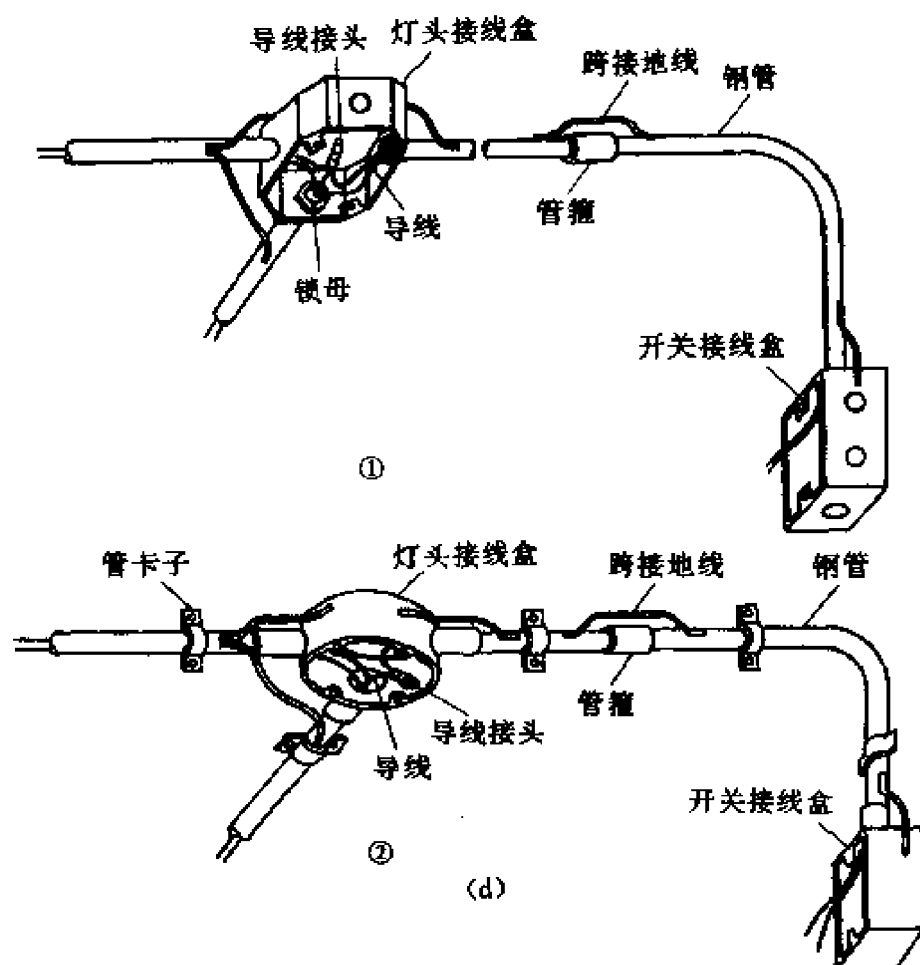


图 10-10 聚乙烯电线管和钢管暗布线

(a) 电线管的节点 (b) 暗布线示例 (1, 2, 3, 4)

(c) 明、暗布线接线盒 (d) 钢管布线

暗布线示例：见表 10-17。

表 10-17 暗布线示例方法及要求

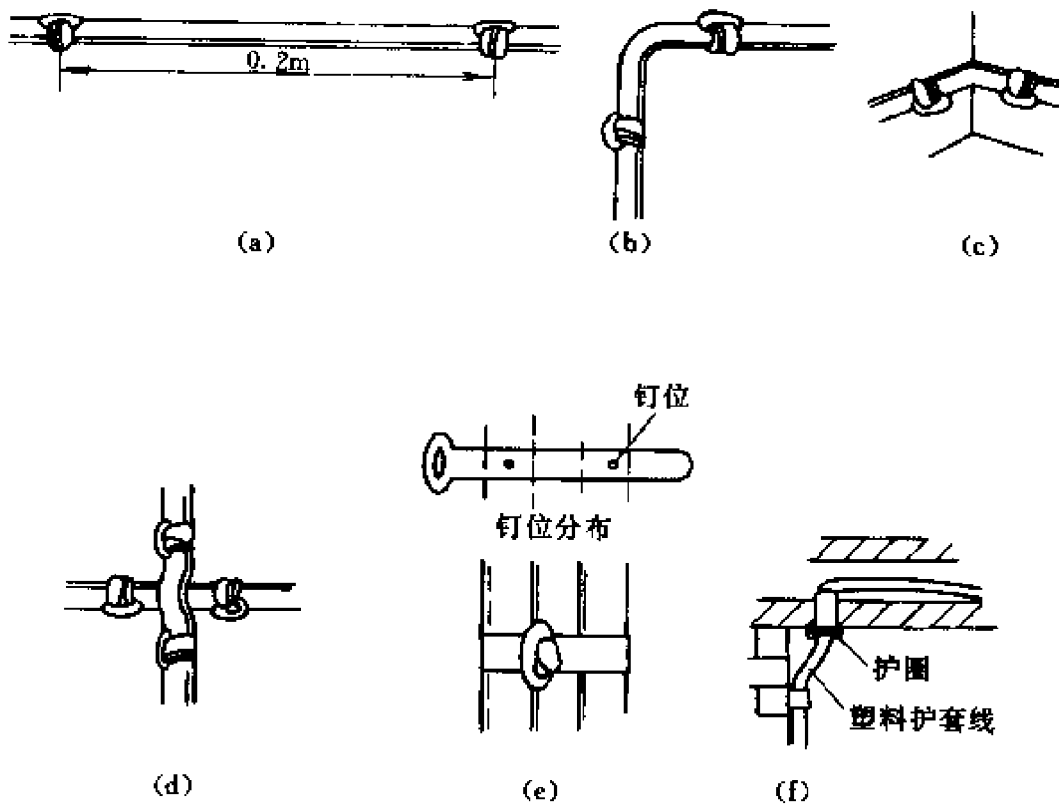
方案示例	敷设方法及要求
1	支、干线及开关的导线一律穿聚乙烯管暗敷设，吊具的吊装一律采用灯头盒及圆塑料台安装
2	支、干线及开关的导线一律穿聚乙烯管暗敷设，吊具的吊装一律采用灯头盒及圆塑料台安装
3	支、干线及开关的导线一律穿聚乙烯管暗敷设。由接线盒至灯头盒一段导线允许直接穿入板洞（潮湿场所除外）
4	敷设在现浇混凝土内、叠合层内或焦碴层内时，做法与金属管布线方式相同

10-6-3 塑料护套的布线

塑料护套线路的特点是占有空间小、安全可靠、便于检修、整洁美观等等。塑料护套线路不但适用于室内干燥地方，而且也适用于室外和室内潮湿及有腐蚀性气体的环境。

塑料护套线的布线方法。见图 10-11。

塑料护套线路布线的一般要求。对室内照明线路的导线截面积，对铜导线不应小于 1mm^2 ，对铝导线不应小于 1.5mm^2 。对于室外其铜导线不应小于 1.5mm^2 ，铝导线不应小于 2.5mm^2 。在室内敷设线路，不论水平敷设或者垂直敷设，均不得低于 150mm 。对于室外，水平敷设的不得低于 2000mm ；垂直敷设的不得低于 1300mm 。如果低于上述要求，导线应穿管加以保护；塑料护套线路须采用专门的铝片卡进行支持，而不能用铁钉代替；铝片卡的固定方法，见本章。



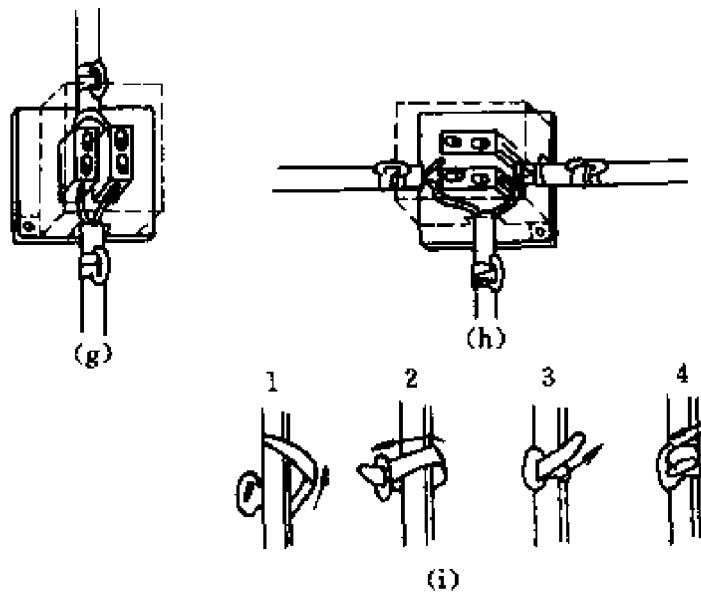


图 10-11 塑料护套管布线

- (a) 直线安装 (b) 平面转角 (c) 不同平面转角 (d) 十字交叉
 (e) 多根并敷 (f) 穿入楼板的空心孔 (g) 护套线的直线连接
 (h) 护套线的分路连接 (i) 铝片卡的夹法

10-7 低压配电盘和配电箱

10-7-1 小容量低压配电盘

低压配电盘安装方式有固定和活动两种。固定方式又有明装和暗装之分，还可分为板式和箱式。板式和箱式外形图，见图 10-12。小容量配电盘接线外形图，见图 10-13。

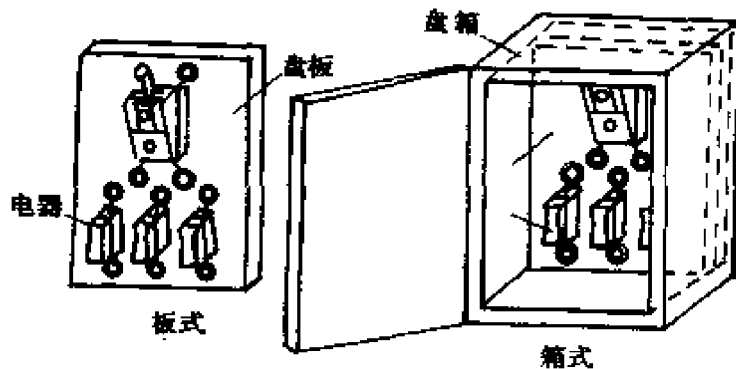


图 10-12 板式和箱式配电盘外形图

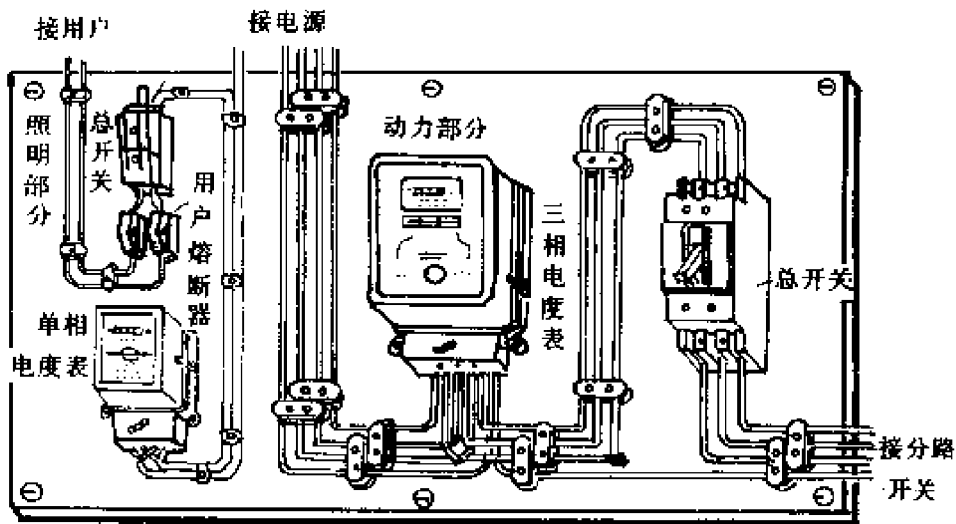


图 10-13 小容量配电盘接线示意图

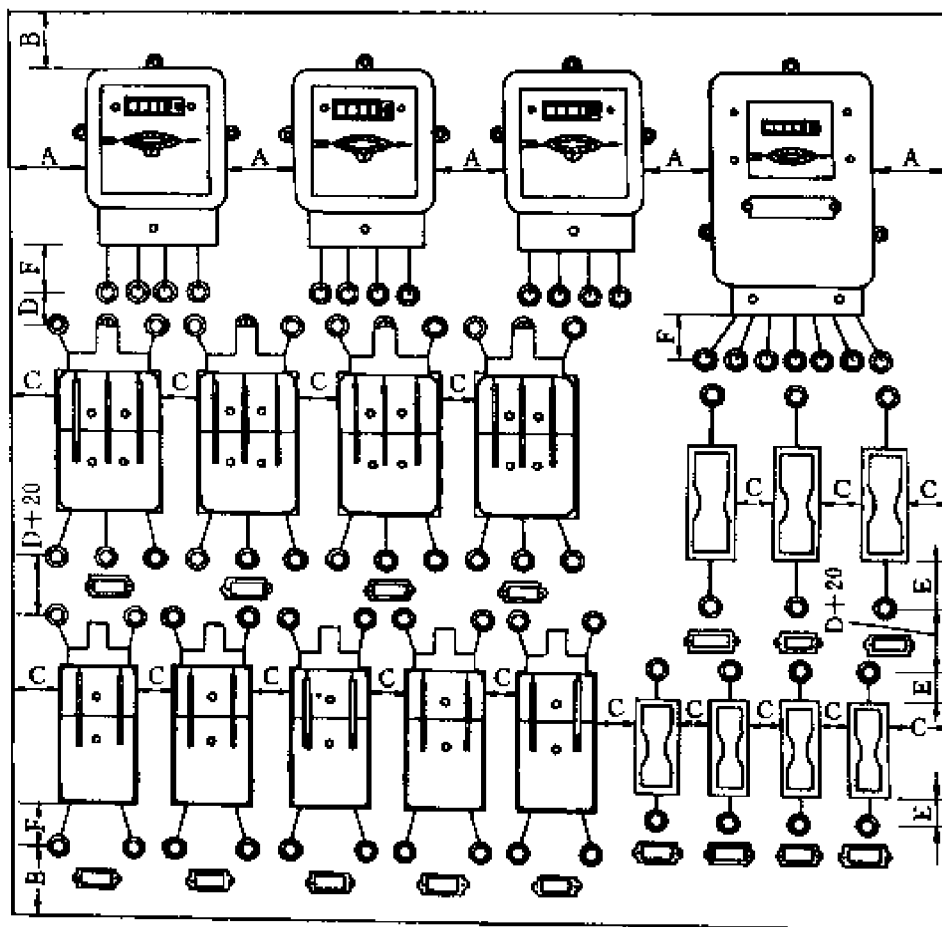


图 10-14 低压配电盘盘面电具排列图

注：1. 图 10-14 中配电盘盘面上电器布置为最小间距尺寸。

2. 除图 10-14 中规定外，其他配电盘盘面上的各种电器布置，包括出线口、瓷管头等，距盘面四边均不得小于 30mm。

10-7-2 配电盘盘面电具排列尺寸

低压配电盘盘面电具排列，见图 10-14。其电具排列间距，见表 10-18。

表 10-18 电具排列间距 (mm)

间 距	最 小 尺 寸		
A	60 以上		
B	50 以上		
C	30 以上		
D	20 以上		
E	电器规格	10~15A 20~30A 60A	20 以上 30 以上 50 以上
F	导线截面 (mm ²)	10 及以下 16~25	80 100

10-7-3 一般灯具的安装

一般灯具有吊线灯、吊杆灯、吸顶灯、壁灯。其安装方法，见图 10-15。导线结扣、灯头接线及导线连接，见图 10-16。

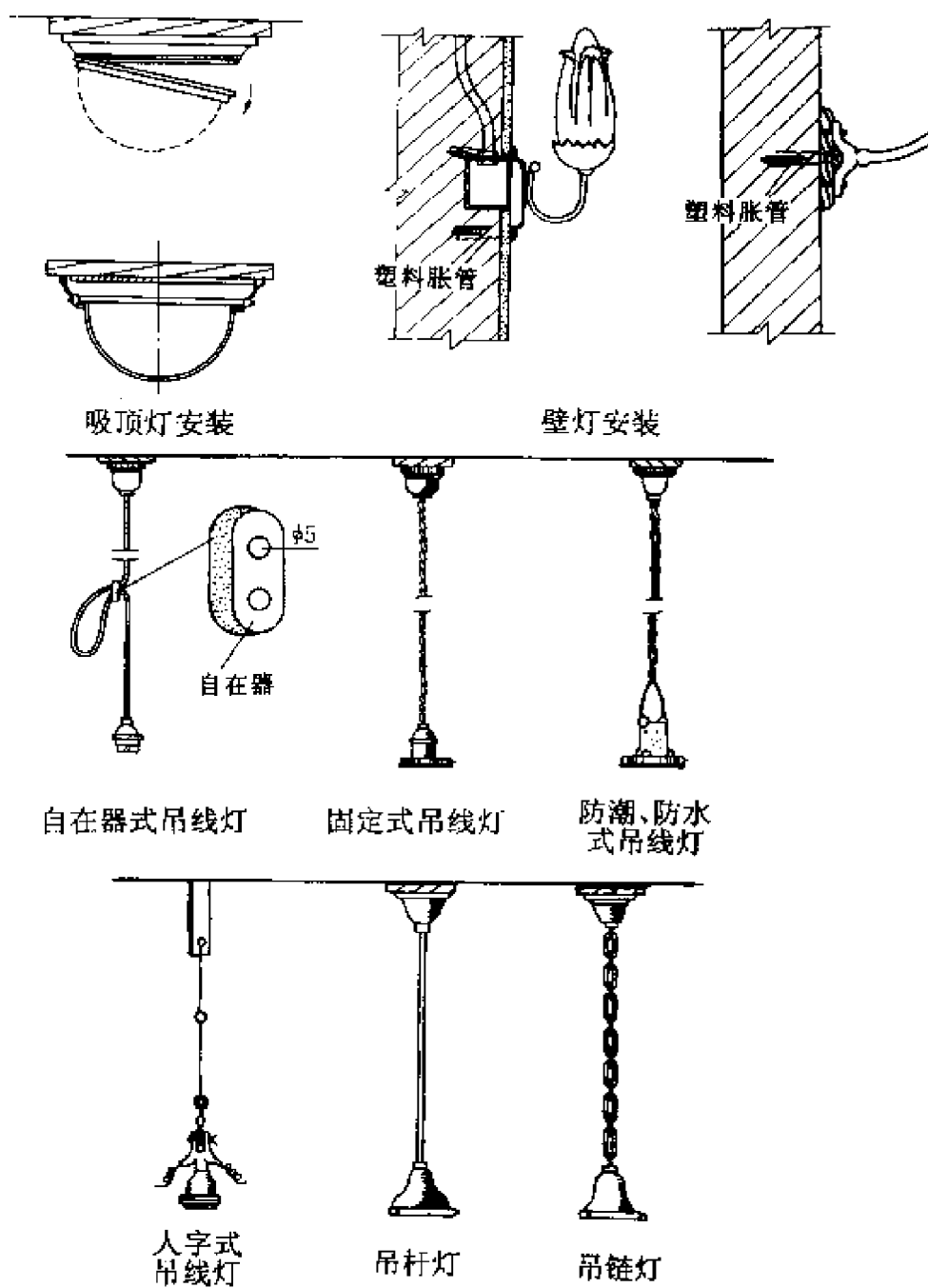


图 10-15 各种灯具安装方法

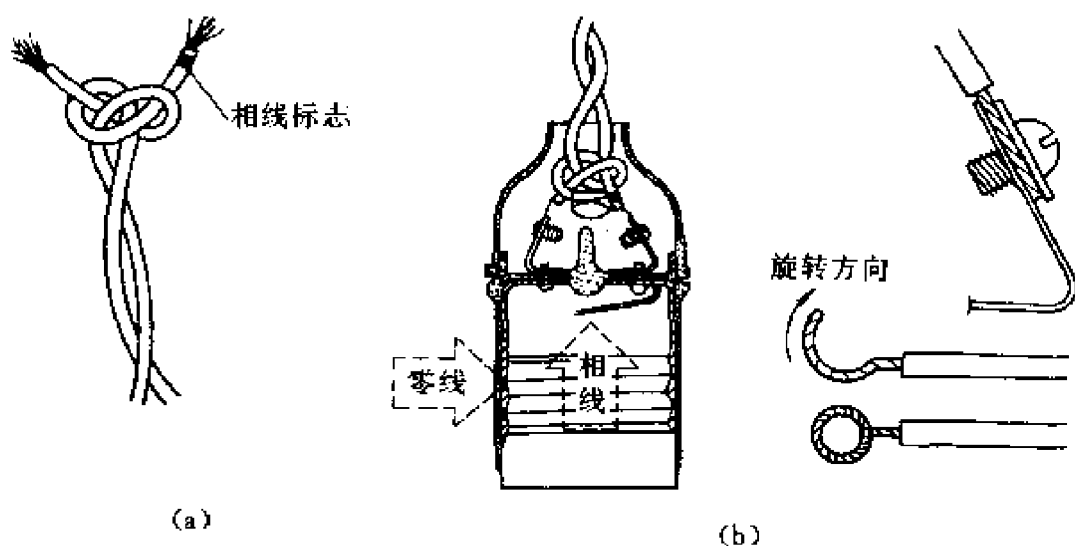


图 10-16 导线结扣、灯头接线及导线连接法
 (a) 导线结扣 (b) 灯头接线及导线连接

10-8 常用照明灯线路

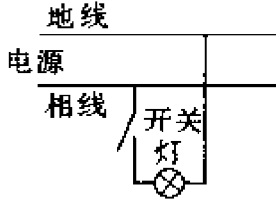
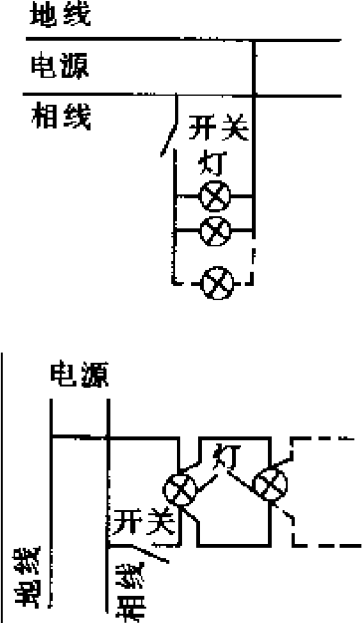
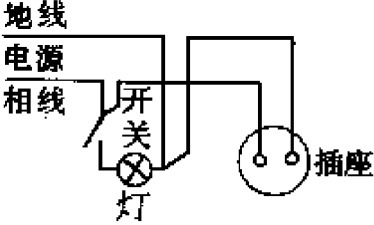
10-8-1 一般常用照明灯线路

一般常用照明灯线路，见表 10-19。

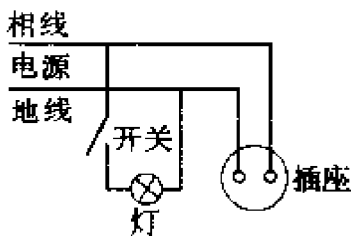
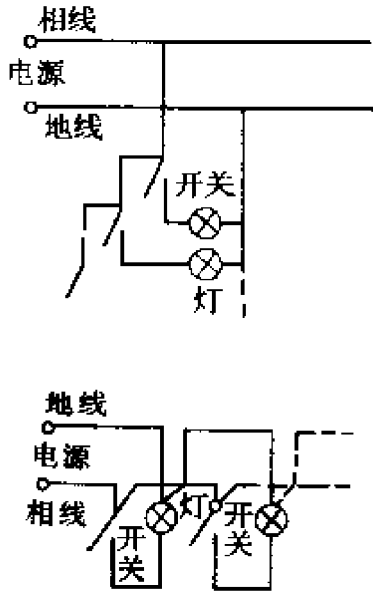
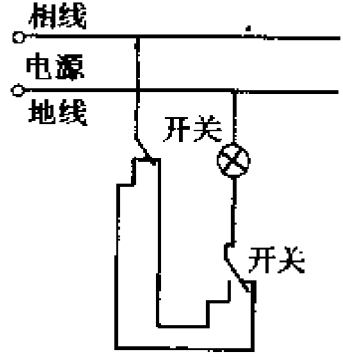
10-8-2 高层楼房照明灯开关控制

高层楼房走廊用照明灯开关，种类很多。一般常用的是单连开关，这种线路，当开关处于开的状态、灯总是亮的，要想熄灭，只有人工关掉开关。下面介绍一种在任一层楼都可控制整座楼走廊的照明灯。如在一楼打开开关，全楼层灯均亮。而到某一层时，将这层开关关闭，全楼层灯即关闭。其接线图，见图 10-17。

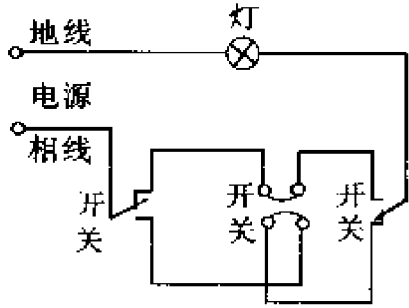
表 10-19 一般照明电灯的常用线路

线路图	特点及用途
 <p>地线 电源 相线 开关 灯</p>	<p>一只单连开关控制一只灯，开关应接在相线上，修理安全</p>
 <p>地线 电源 相线 开关 灯 电源 开关 灯 接线板</p>	<p>一只单连开关控制多只灯，同时开、闭。连接多只灯时，可按图中虚线接线，但应注意灯的总容量，不能超过开关的额定值。下图无接头，较安全，但用线较多</p>
 <p>地线 电源 相线 开关 灯 插座</p>	<p>一只单连开关控制一只灯并与插座连接。上图用线较省，但有接头，应接牢，否则可能引起事故。下图无接头，较安全，但用线较多</p>

(续表)

线 路 图	特 点 及 用 途
 <p>相线 电源 地线 开关 灯 插座</p>	
 <p>相线 电源 地线 开关 灯 灯</p> <p>地线 电源 相线 开关 灯 开关 灯</p>	<p>两只或多只单连开关控制两只或多只灯</p>
 <p>相线 电源 地线 开关 灯 开关</p>	<p>用两只双连开关，在两个地方控制一只灯，可用于楼梯上下或走廊两端</p>

(续表)

线路图	特点及用途
	<p>用两只双连开关和一只三连开关，在三个地方控制一只灯。可用于楼梯、走廊及特殊要求的地方</p>

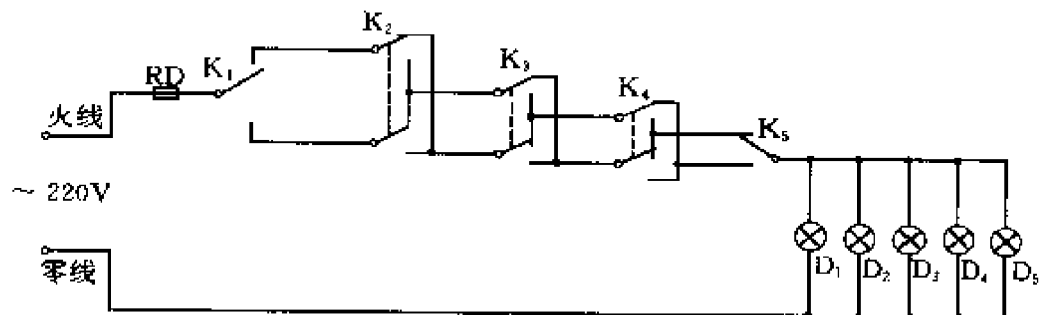
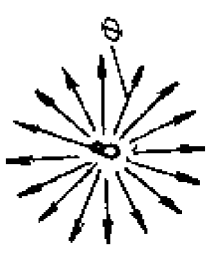
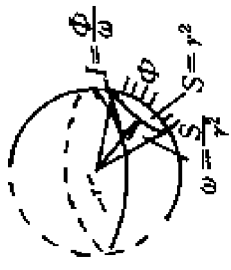


图 10-17 高层楼房走廊照明灯开关控制线路

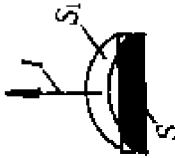


11-1 照明的基本概念及计算公式

照明的基本概念及计算公式,见表 11-1。

表 11-1 照明的基本概念及计算公式

名称	代号	公式	单位	说明	示意图
光通量	Φ		流〔明〕 Φ (lm)	光源在单位时间内,向四周空间发射出的、使人产生视觉的能量,称为光通量(发光量)	
发光强度	I	$I = \frac{\Phi}{\omega}$	坎〔德拉〕 (cd)	光通量的空间密度,即单位立体角 ω 内的光通量	

(续表)

名称	代号	公式	单位	说明	示意图
亮度	B	$B = \frac{I}{S}$	坎[德拉] 米 ² (cd/m ²)	发光表面 S ₁ 的发光强度与光源沿发光强度方向的投影面积 S 之比	
照度	E	$E = \frac{\Phi}{S}$	勒[克司] (lx)	被照面 S 上的光通密度	
光度	R	$R = \frac{\Phi}{S}$	流[明] 米 ² (lm/m ²)	发光面 S 上的光通密度	

① 每瓦特功率完全化为波长等于 0.555μm 的光波时，其光通量为 683lm (0.555μm 波长的光波是绿色的，它在可见光波段中，可见度最大)。

② 1 立体角 (或称球面角、球径) 等于半径为 r 的球面上，表面积 r² 与球心相对应的立体角，即 $\omega = \frac{S}{r^2}$ (见发光强度的示意图)。

11-2 常用照明光源及其选择

电光源按其发光原理可分为热辐射光源和气体放电光源两大类。常用照明电光源的种类、特性和用途,见表11-2。人工照明的照度标准,见表11-3。生产车间工作面上的照度,见表11-4。

表 11-2 常用照明电光源的种类、特性和用途

光源名称	热辐射光源		气体放电光源				
	普通白炽灯	卤钨灯	日光灯	日高压汞灯	管形氙灯	高压钠灯	金属卤化物灯
发光效率 (lm/W)	65~19	20~21	25~27	30~50	20~37	90~100	60~80
平均寿命 (h)	1000	1500	2000~3000	2500~5000	500~1000	3000	2000
显色指数	95~99	95~99	70~80	30~40	90~94	20~25	65~85
表面亮度	大	大	小	较大	大	较大	大
启动再启动时间	瞬时	瞬时	较短	长	较短	长	长
光通受电压波动的影响	大	大	较大	较大	较大	大	较大
光通受环境温度度的影响	小	小	大	较小	小	较小	较小
耐震性	较差	差	较好	好	好	较好	好
所需配件	无	无	镇流器、起辉器	镇流器	镇流器、镇流器	镇流器	镇流器、镇流器
功率因数 (cosφ)	1	1	0.33~0.7	0.44~0.67	0.4~0.9	0.44	0.4~0.61
频闪现象	不明显	不明显	明显	明显	明显	明显	明显

(续表)

光源名称	热辐射光源		气体放电光源				金属卤化物灯
	普通白炽灯	卤钨灯	日光灯	日高压汞灯	管形氙灯	高压钠灯	
优点	构造简单, 价格低, 使用方便	效率高于白炽灯, 光色好, 寿命长	效率高, 寿命长, 发光表面温度低	单灯功率大, 光效率高, 灯具少, 投资省	功率大, 光色好, 光效率高, 受环境影响小, 抗震性好	光效高, 功率大, 抗震性好	同左
缺点	效率低, 寿命短	灯座温度高, 安装要求高, 俯角不得大于 4° , 价高	功率因数低, 需镇流器、起辉器等附件	功率因数低, 需镇流器	功率因数低, 需镇流器、镇流器	功率因数低, 需镇流器	功率因数低, 需镇流器、镇流器
用途	适用于照度要求较低, 开关次数频繁的场所	适用于照度要求较高, 悬挂高度较高的室内、外照明	适用于照度要求较高, 需辨别色彩的室内照明	适用于生产厂房及道路照明	适用于露天场地、广场、体育场的照明	适用于特殊高大厂房及道路照明	同左

表 11-3 照明的照度标准

房间名称	单独使用一般照明的最低照度 (lx)
办公室、会议室	50
设计室	100
资料室	50
阅览室	75
医务室	50
教室	75
幼儿园、托儿所	30
食堂	30
小卖部	30
单身宿舍	30
住宅	20
浴室、厕所、更衣室	10
通道、楼梯	5

表 11-4 生产车间工作面上的照度 (参考值)

工作场所	最低照度 (lx)		
	混合照度	混合照明中的一般照明	单独使用一般照明
机械加工车间			—
一般	500	30	—
精密	1000	75	—
大件机电装配车间	500	50	—
精密机电小件车间	1000	75	—
弧焊车间	—	—	50
冲压剪切车间	300	30	—
锻工车间	—	—	30
热处理车间	—	—	30
铸工造型车间	500	30	—
木工机加工车间	300	30	—
喷漆车间	—	—	50
动力站房	—	—	20
配、变电所	—	—	30
控制室	—	—	25
电话总站、话务室	—	—	50
广播站	—	—	75
工具、仪表库	—	—	30
大件储存仓库	—	—	5
小件储存仓库	—	—	10
精密电修车间	500	30	—

11-3 白炽灯

11-3-1 白炽灯的结构

白炽灯的结构，见图 11-1。

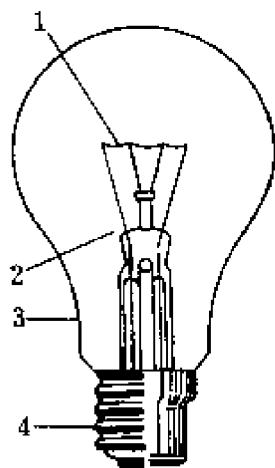


图 11-1 白炽灯的结构

1—钨丝 2—玻璃支架 3—玻璃外壳 4—灯头

11-3-2 白炽灯的技术数据

白炽灯的技术数据，见表 11-5。

表 11-5 白炽灯的技术数据

名 称	灯 泡 型 号	额定电压 (V)	额定功率 (W)	光通量 (lm)	灯 头 型 号	
普通照明 灯 泡	PZ220-15	220	15	110	E27/27 或 B22d/25×26	
	PZ220-25		25	220		
	PZ220-40		40	350		
	PZ220-60		60	630	E27/35×30 或 B22d/30×30	
	PZ220-100		100	1250		
	PZ220-150		150	2090		
	PZ220-200		200	2920		
双螺旋灯 丝普通照 明灯泡	PZ220-300		300	4610	E27/35×30 或 B40/45	
	PZ220-500		500	8300		
	PZ220-1000		1000	18600	E40/45	
双螺旋灯 丝普通照 明灯泡	PZS220-40		220	40	415	E27/27 或 B22d/25×26
	PZS220-60			60	715	
	PZS220-100			100	1350	
蘑菇形普 通照明灯泡	PZM220-15		220	15	107	E27/27 或 B22d/25×26
	PZM220-25	25		213		
	PZM220-40	40		326		

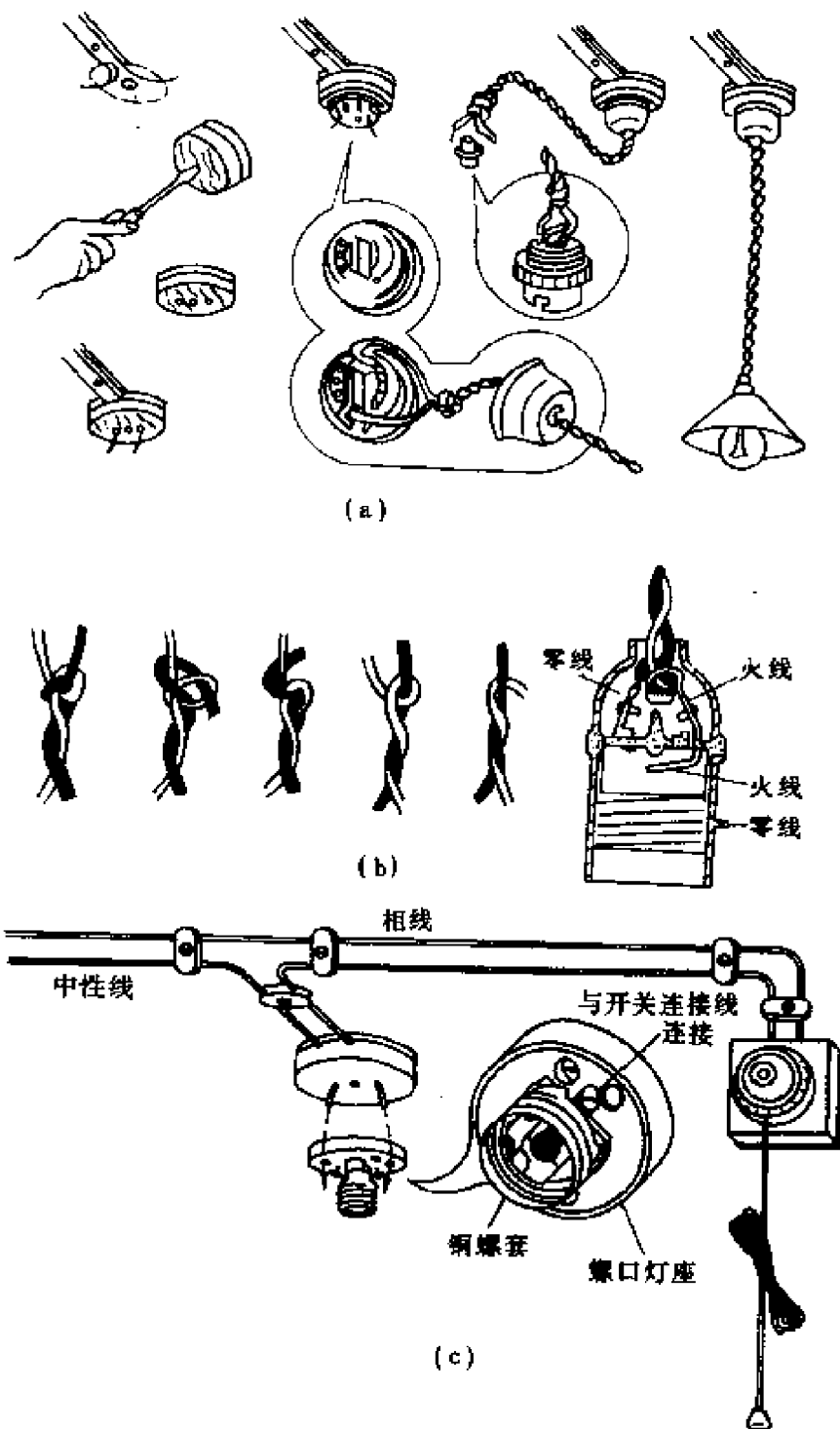


图 11-2 白炽灯的安装

(a)灯头的安装 (b)软线打结的方法 (c)螺口灯座的安装

11-3-3 白炽灯的安装

白炽灯安装形式种类很多，如吊灯、吸顶灯、壁灯、落地灯、台灯、射灯以及工厂用各种灯，但其安装方法大致一样。其安装，见图 11-2。

安装电灯时，电灯开关应安装在相线（火线）上，使开关切断时，电灯灯头不带电，以免触电。对平装式灯头，还应将铜螺套与中性线（零线、地线）连接，中心簧片与相线连接。

吊灯、壁灯和吸顶灯都要安装在墙壁上。还要在墙壁上安装木枕（木榫）或膨胀螺钉，然后装上灯具的吊钩或灯座，这时应进行可靠性检查，一般，用 4 倍于灯具重量的重物吊一小时后，不发生摇晃或松动，就可以安装灯具了。

11-3-4 白炽灯使用注意事项

- (1) 选用的灯泡的额定电压一定要与电源电压相一致。
- (2) 选定灯泡的功率后，一定要配用相应灯头或灯座。
- (3) 不允许在泡壳表面刷涂料、贴布或纸，更不能用来烘烤衣服和取暖，严禁放在被窝内。
- (4) 灯泡不应靠近易燃物品，以免引起火灾。
- (5) 在光源点亮时或刚刚熄灭时，泡壳温度很高，不能用手摸，避免烫伤，更不要立即换灯泡，待凉了之后，再换。
- (6) 防止水滴溅在灯泡上，以免灯泡炸裂，伤人。

11-3-5 白炽灯的常见故障及其处理方法

白炽灯的常见故障及其处理方法，见表 11-6。

表 11-6 白炽灯的故障原因及排除方法

故障现象	可能产生的原因	处理方法
开始灯不亮	1. 未接上电源或电线内芯线断路 2. 接线盒、开关和灯头接线不佳 3. 灯头与灯座未接触 4. 灯丝断	1. 用万用表检查电源及电线 2. 检查接线端 3. 调整灯座内弹簧片 4. 换灯泡

(续表)

故障现象	可能产生的原因	处理方法
灯点亮后立即 熄 灭	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源电压太高或灯泡电压不对 2. 灯泡内冒白烟漏气 3. 电源熔丝烧断 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 测量电源电压,换合适灯泡 2. 换灯泡 3. 检查线路有否短路或熔丝太细
灯亮后逐渐 变 暗	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源电压变低 2. 线路负载过大,电压降增大 3. 灯泡寿命末期 4. 灯或灯具被污染 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用万用表检查 2. 减少线路负载 3. 换新灯泡 4. 清除污染
灯光时亮时熄	<ol style="list-style-type: none"> 1. 灯座或开关接触不良,导线接线松动或表面氧化 2. 电源电压忽高忽低,或由于线路负载变化频繁 3. 熔丝接触不良 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 修理松动接线处,清理氧化层 2. 增加电源容量 3. 拧紧熔丝
灯光暗红	<ol style="list-style-type: none"> 1. 灯座、开关或导线对地严重漏电 2. 灯座、开关接触不良,或导线连接处接触电阻增加 3. 线路导线太长太细,压降过大 4. 电源电压过低 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换灯座、开关或导线 2. 修理接触触头,重新连接导线 3. 缩短线路长度或更换截面较大的导线 4. 调整电源电压

11-4 日光灯

11-4-1 日光灯的工作原理

日光灯的工作原理是这样:从日光灯原理接线图(图 11-3)可知,当日光灯接入电路后,打开电源,电压经过镇流器、灯丝、起辉器中的 U 型双金属片和静触头之间,引起辉光放电。放电时产生的热量使 U 型双金属片膨胀并向外伸张与静触头接触,电路即可接通,使灯丝受热并发射出电子。与此同时,由于 U 型双金属片与静触头相接触而停止辉光放电,这时双金属片逐渐冷却并向里弯曲,离开静触头。在触头断开的瞬间,在镇流器两端会产生一个比电源电压高得多的感应电势。这个感应电势

加在灯管两端，使大量电子从灯管中流过，电子在运动中冲击管内的气体，发出肉眼看不见的紫外线，紫外线激发灯管内壁的荧光粉后，发出了近似日光的可见光，这就是日光灯能发光的原理。

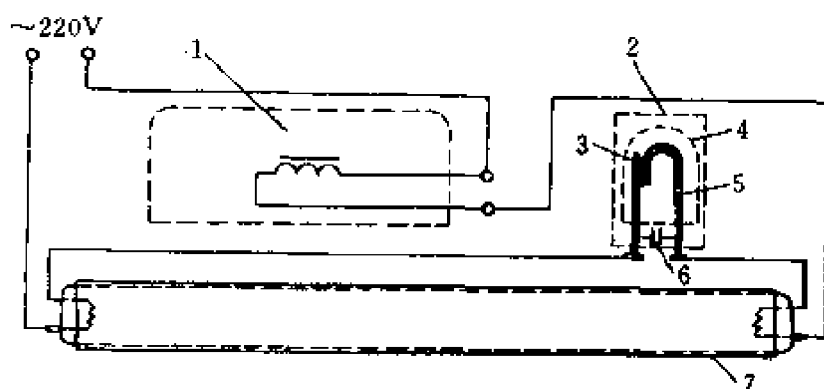
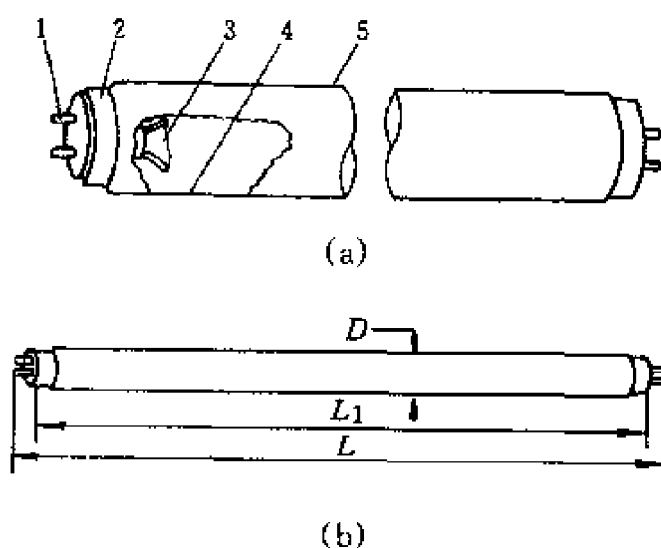


图 11-3 日光灯的原理接线图

1—镇流器 2—起辉器 3—静触头 4—氖泡
5—U型双金属片 6—电容器 7—灯管

11-4-2 日光灯的结构

日光灯主要由灯管、起辉器、镇流器等组成，其结构如图 11-4。



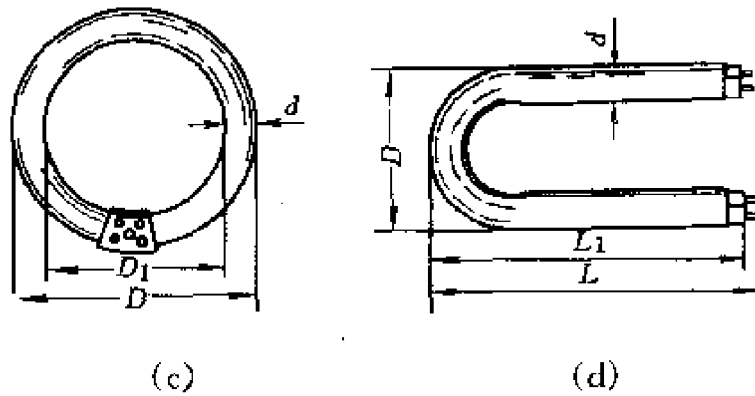


图 11-4 日光灯的结构及灯管形式

(a) 日光灯的结构：1—灯脚 2—灯头 3—灯丝 4—荧光粉
5—玻璃管 (b) 直管形 (c) 圆环形 (d) U字形

11-4-3 日光灯的分类

日光灯的分类方法不一，一般按灯管形状、按阴极情况、按发出光的颜色等不同分类。

按灯管形状可分为直管形（粗管和细管）、环形和U字形，具体见图11-4。

按阴极分有热阴极日光灯、冷阴极日光灯、快速启动日光灯、反射式日光灯等多种形式。

按发出的颜色可分为日光色（色温6500K，白中带青）、冷白色（色温4300K）、暖白色（色温2900K，略带黄色），还有红、橙、黄、绿、蓝等多种彩色日光灯。

11-4-4 日光灯主要性能及技术数据

日光灯主要性能及技术数据，见表11-7。

11-4-5 日光灯用镇流器及起辉器的技术数据

日光灯用镇流器及起辉器的技术数据，见表11-8。

表 11-7 日光灯主要性能及技术数据

灯管名称	型号	光 电 参 数					尺 寸 (mm)				灯头 型号		
		额定功率 (W)	工作电压 (V)	工作电流 (mA)	启动电流 (mA)	光通量 (lm)	平均寿命 (h)	L_1	L	d		D_1	D
直管形 日光灯 (荧光色)	YZ6RR	6	50±6	140	180	160	1500	211.9	226.7				G5
	YZ8RR	8	60±6	150	200	250	1500	288.1	302.4				G5
	YZ12RR	12	90±5	160	200	550	1500	485.4	500				G5
	YZ15RR	15	51±7	330	500	450	3000	437.4	451.6				G13
	YZ20RR	20	57±7	370	550	775	3000	589.8	604				G13
	YZ20001	30	81±10	405	620	1295	5000	894.6	908.8				G13
	YZ40RR	40	103±10	430	650	2000	5000	1199.4	1213.6				G13
	YZ65RR	65	110±10	670	1800	3510	3000	1500	1514.2				G13
	YZ85RR	85	120±10	800		4760	3000	1763.4	1778.0				G13
	YZ100RR	100	92±11	1500		4400	2000	1199.4	1213.6				G13
	YZ125RR	125	140±15	940		7500	3000	2374.9	2389.1				G13

(续表)

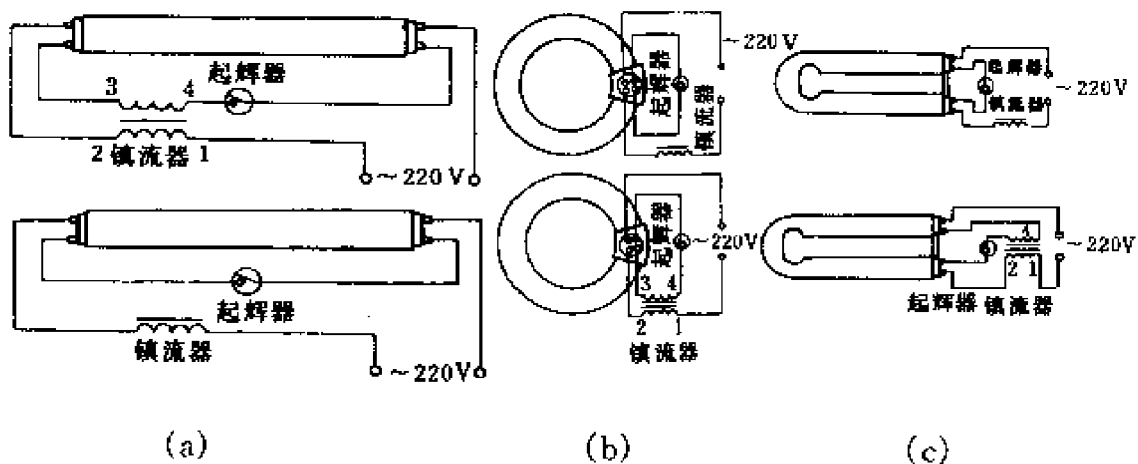
灯管名称	型号	光电参数						尺寸 (mm)				灯头 型号	
		额定功率 (W)	工作电压 (V)	工作电流 (mA)	启动电流 (mA)	光通量 (lm)	平均寿命 (h)	L ₁	L	d	D ₁		D
日光色细 管日光灯	YZS20RR	20	59 ± 7	360	550	1000	3000	539.8	604.0				G13
	YZS40RR	40	107 ± 10	420	650	1256	5000	1199.4	1213.6				G13
H 光色快起 动日光灯	YZK15RR	15	51 ± 7	330		450	3000	437.4	451.6				G13
	YZK20RR	20	51 ± 7	370		775	3000	539.8	664.0				G13
	YZK40RR	40	103 ± 10	430		2000	5000	1199.4	1213.6				G13
三光色日光灯	SJS40	40	103 ± 10	430	650	3000	5000	1199.4	1213.6				G13
U 形日光灯 (日光色)	YU30	30	89	350	560	1550	2000	410	417	20			
	YU40	40	108	410	650	2200	2000	619	626	20			
	YH20	20	60	350	500	930	2000				145	207	
圆环形日 光灯 (日光色)	YH30	30	89	350	560	1350	2000					244	308
	YH40	40	108	410	650	2200	2000					333	397

表 11-8 镇流器和起辉器的技术数据

镇流器					起辉器	
额定电压 (V)	规格 (W)	工作电压 (V)	工作电流 (A)	起辉电流 (A)	额定电压 (V)	规格 (W)
220	6	202	0.14	0.18	220	4~8
	8	200	0.16	0.20		4~40 (通用型)
	15	202	0.33	0.44		15~20
	20	196	0.35	0.50		4~40 (通用型)
	30	180	0.36	0.56		30~40
	40	165	0.41	0.65		4~40 (通用型)

11-4-6 日光灯的安裝及安裝注意事項

日光燈的安裝方法及其接線圖，見圖 11-5。



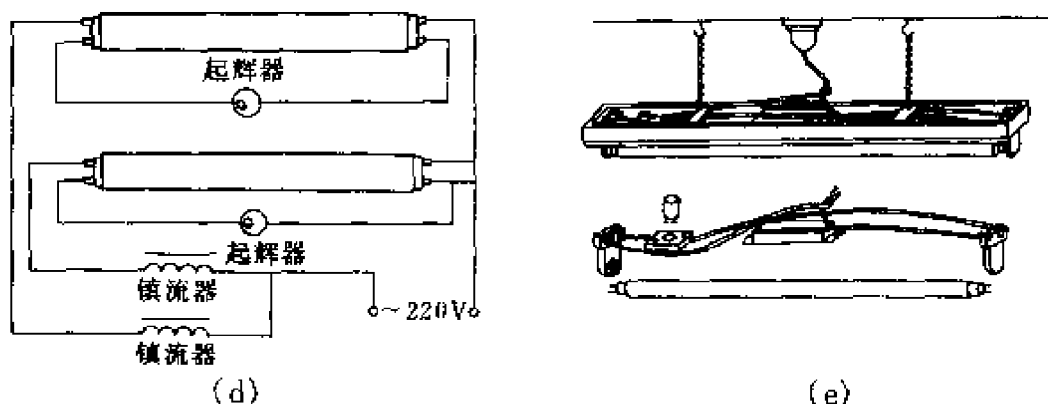


图 11-5 日光灯的安装方法及接线

(a)直管灯 (b)圆环灯 (c)U字形灯 (d)双管灯 (e)日光灯的组装

日光灯安装注意事项:

(1) 使用各种灯管时, 应配备相应功率的镇流器和起辉器, 不同功率的镇流器不能互相混用, 否则将缩短灯管寿命或者烧坏灯管。

(2) 使用日光灯必须按规定正确接线, 否则将会使灯不亮或者烧坏灯管, 或者造成线路短路。

(3) 圆形灯灯头不能扭转, 否则会引起灯丝短路。

11-4-7 日光灯常见故障及排除方法

日光灯常见故障及排除方法, 见表 11-9。

表 11-9 日光灯常见故障及排除方法

故障现象	可能产生的原因	排除方法
灯管不能发光	1. 接触不良 2. 起辉器损坏 3. 灯管损坏 4. 镇流器内部断开 5. 电源故障(熔丝熔断)	1. 紧固灯座或起辉器座内的接触簧片, 检查电路内部是否有线头松脱 2. 将起辉器取下, 用电线把起辉器座内两个接触簧短路, 若灯管两端发亮, 则说明起辉器坏了, 应更换 3. 用万用表测试灯丝 4. 用万用表测试镇流器直流电阻 5. 检查电源电压

(续表)

故障现象	可能产生的原因	排除方法
灯管两端发光	<ol style="list-style-type: none"> 1. 起辉器损坏 2. 气温过低 3. 电源电压过低 4. 灯管陈旧寿命将终 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 将起辉器取下,若灯管正常发光了,则说明起辉器损坏,应予更换 2. 提高气温或加保温罩 3. 检查电源电压 4. 更换新管
灯管发光后灯光在管内旋转	<ol style="list-style-type: none"> 1. 新灯管的暂时现象 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 开用几次或灯管两端对调,即可消失
灯光闪烁忽亮忽灭	<ol style="list-style-type: none"> 1. 灯管质量不好 2. 接触不良 3. 镇流器质量不好 4. 起辉器损坏 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 换新管试验 2. 检查线路连接情况 3. 调换镇流器 4. 调换新起辉器
灯管两端发黑或生黑斑	<ol style="list-style-type: none"> 1. 灯管陈旧 2. 若系新灯管可能因起辉器损坏,使两端发射物加速蒸发 3. 灯管内水银凝结是细灯管常有现象 4. 电源电压过高 5. 起辉器不好或接线不牢引起长时间闪烁 6. 镇流器配用规格不合适 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调换新管 2. 调换起辉器 3. 起动后即能蒸发 4. 如有条件,调低电压 5. 接牢起辉器或调换起辉器 6. 调换合适的镇流器
灯管发光后立即熄灭	<ol style="list-style-type: none"> 1. 接线错误,灯丝烧断 2. 镇流器短路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用正确方法接线 2. 更换新镇流器
镇流器过热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 灯具通风散热不好 2. 镇流器内部线圈匝间短路 3. 电源电压过高 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 改善装置,适当通风散热 2. 更换新的镇流器 3. 检查电源电压
灯管使用寿命较短或早期端部发黑	<ol style="list-style-type: none"> 1. 镇流器配用不当,或质量差,内部短路 2. 电源开关频繁操作 3. 起辉器工作不正常,使灯管预热不足 4. 装置处震动大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换新镇流器 2. 减少开关次数 3. 更换起辉器 4. 改善装置位置,减少震动

11-5 高压汞灯

11-5-1 高压汞灯结构和工作原理

高压汞灯的结构与接线图，见图 11-6。

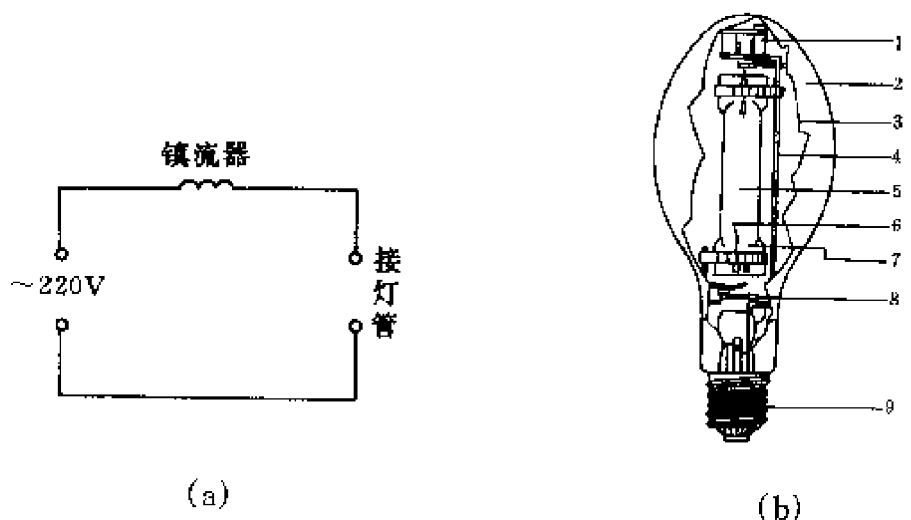


图 11-6 高压汞灯结构与接线图

(a) 接线图 (b) 结构图

1—弹簧支架 2—玻璃外壳 3—荧光粉 4—引燃极

5—石英放电管 6—辅助电极 7—主电极 8—启动电阻 9—灯头

高压汞灯又称高压水银灯，它是属于气体放电光源，主要利用高压汞气放电而发光。灯管内气压为 1~5 个大气压 (101.3~506.6kPa)。高压汞灯的工作原理与普通日光灯一样，也要配备一个合适的镇流器，但它无须要起辉器。

高压汞灯的品种有：照明日光高压汞灯，自镇流日光高压汞灯，反射型日光高压汞灯，光化学反应日光高压汞灯，仪器用高压汞灯，晒图用高压汞灯，矿用照明高压汞灯，反射型黑光高压汞灯以及超高压球形汞灯等。

11-5-2 高压汞灯的技术数据

高压汞灯及其配套用的镇流器的技术数据，见表 11-10 和表 11-11。

11-5-3 高压汞灯使用注意事项

- (1) 高压汞灯使用的镇流器功率必须与灯泡功率一样。
- (2) 高压汞灯线路比较简单, 但应按照接线图正确接线。
- (3) 镇流器应安装在人体触及不到的位置, 此外还应注意通风和防雨。

表 11-10 高压汞灯技术数据

型号	额定电压 (V)	额定功率 (W)	工作电压 (V)	起辉电压 (V)	起动电流 (A)	工作电流 (A)	稳定时间 (min)	光通量 (lm)	灯头型号
GGY50	220	50	95 ± 15	不大于 180	1.0	0.62	5~10	1500	E27/27-1
GGY80		80	110 ± 15		1.3	0.85		2800	
GGY125		125	115 ± 15		1.8	1.25	4~8	4750	E27/35-2
GGY175		175	130 ± 15		2.3	1.50		7000	
GGY250		250	130 ± 15		3.7	2.15		10500	E40/45-1
GGY400		400	135 ± 15		5.7	3.25		20000	E40/75-3
GGY700		700	140 ± 15		10.0	5.45	35000		
GGY1000		1000	145 ± 15		13.7	7.50	50000		

表 11-11 高压汞灯镇流器技术数据

型号	配灯泡功率 (W)	工作特性		起动特性		镇流器(在额定电压时)功率损耗 (W)	阻抗 (Ω)
		镇流器端电压 (V)	工作电流 (A)	镇流器端电压 (V)	起动电流 (A)		
GYZ50	50	177	0.62~0.05	220	1.0 ± 0.08	10	285
GYZ80	80	172	0.85~0.06		1.3 ± 0.1	16	202
GYZ125	125	168	1.25~0.1		1.8 ± 0.125	25	134
GYZ175	175	150	1.50~0.12		2.3 ± 0.15	26.25	100
GYZ250	250		2.15~0.15		3.7 ± 0.25	37.5	70
GYZ400	400	146	3.25~0.25		5.7 ± 0.4	40	45
GYZ700	700	144	5.45~0.45		10.0 ± 0.7	70	26.5
GYZ1000	1000	139	7.50~0.60		13.7 ± 1	100	18.5

11-5-4 高压汞灯常见故障及其处理方法

高压汞灯常见故障及其处理方法，见表 11-12。

表 11-12 高压汞灯常见故障及其处理方法

常见故障	可 能 原 因	处 理 方 法
不能起辉	1. 电源电压过低 2. 镇流器不配套 3. 灯泡内部构件损坏 4. 开关触头接触不良或接线松动	1. 调整电源电压 2. 更换镇流器 3. 更换灯泡 4. 检修开关,重新接好导线
突然熄灭	1. 电源电压下降 2. 线路断线 3. 灯泡损坏	1. 调整电源电压 2. 检修线路 3. 更换灯泡
忽亮忽灭	1. 电源电压波动在起辉电压临界值上 2. 灯座接触不良,灯泡螺口松动或接线松动	1. 调整电源电压 2. 检修灯座,重新安装灯泡,接好松动的线头
只亮灯芯	灯泡玻璃外壳破碎或漏气	更换灯泡

11-6 钠灯**11-6-1 钠灯结构和工作原理**

钠灯也是一种发光效率较高的气体放电光源，发光效率最高可达 100lm/W。钠灯结构比较简单，主要由灯管、灯头及镇流器组成。其灯管结构及其接线图，见图 11-7。

11-6-2 钠灯的技术数据

钠灯的技术数据，见表 11-13 和表 11-14。

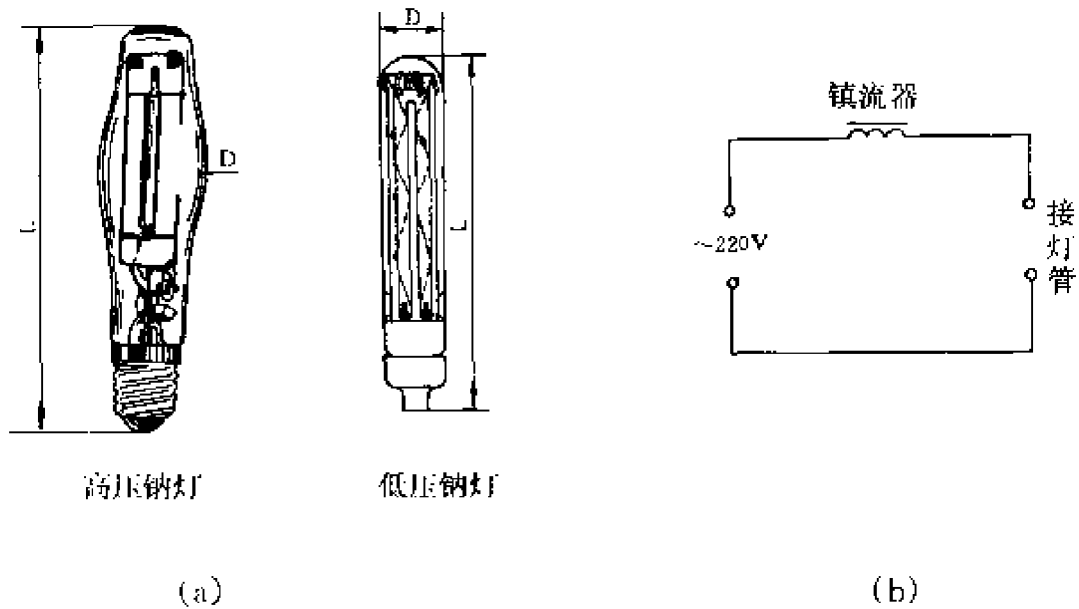


图 11-7 钠灯结构及其接线图

(a) 钠灯结构 (b) 接线图

表 11-13 低压钠灯技术数据

型 号	电源电压 (V)	额定功率 (W)	起辉电压 (V)	工作电压 (V)	工作电流 (A)	主要尺寸(mm)			灯头型号
						外径 (D)	全长 (L)	光中心高度 (H)	
N45	220	45	470	80	0.6	50	245	150	E27
N75		75	470	120	0.6	50	320	200	
N140		140	490	160	0.9	61	520	280	

表 11-14 高压钠灯技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定功率 (W)	起动电流 (A)	工作电压 (V)	工作电流 (A)	稳定时间 (min)	光通量 (lm)	主要尺寸(mm)		灯头型号
								最大直径 (D)	全 长 (L)	
GN-400	220	400	6.3	105	4.4	4~8	36000	60	275 ± 5	F40/45-1

11-7 指示灯泡

11-7-1 微型指示灯泡

微型指示灯泡型号及其技术数据，见表 11-15。其外形图，见图 11-8。

表 11-15 微型指示灯泡型号及其技术数据

灯泡型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	光通量 (lm)	主要尺寸(mm)			平均寿命 (h)	灯头型号	图 11-8 中顺序号
				最大直径	全长	光中心高度			
WZ1.5-0.03	1.5	0.03	6	4.5	21	19	500		2
WZ1.5-0.03A	1.5	0.03		4.5	18	13.5	500	4M×0.5	3
WZ1.5-0.06	1.5	0.06		3	21.5	13.5	500		5
WZ1.5-0.06A	1.5	0.06		4	19	14.5	500	4M×0.7	6
WZ2.5-0.1	2.5	0.1		5.5	17		500	L5/8-1	1
WZ6.3-0.05	6.3	0.05		5.5	17		1000	L5/8-1	1
WZ6.3-0.12	6.3	0.12		5.5	17		1000	L5/8-1	1
WZ6.3-0.2	6.3	0.2		5.5	17		500	L5/8-1	1
WZ9-0.05	9.0	0.05		5.5	17		1000	L5/8-1	1
WZ12-0.05	12	0.05		5.5	17		1000	L5/8-1	1
WZ12-0.1	12	0.1		5.5	17		1000	L5/8-1	1
WZ24-0.05	24	0.05		5.5	17		500	L5/8-1	1
WZ24-0.04	24	0.04		4.5	52		500		7
WZ24-0.08	24	0.08		6.5	31		500	2SS/7	4
WZ24-0.1	24	0.1		6.5	31		500	2: 6/7	8

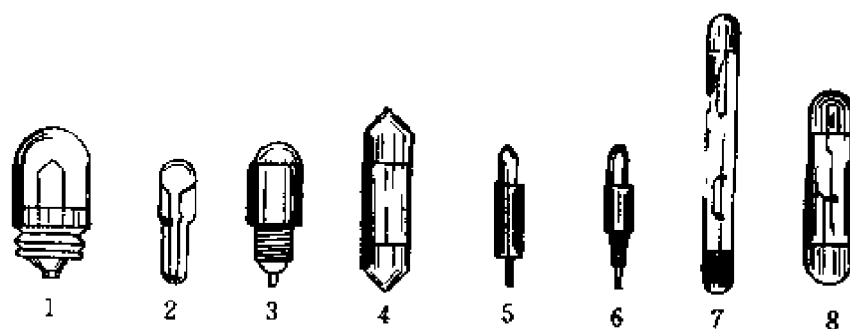


图 11-8 微型指示灯外形图

11-7-2 小型指示灯泡

小型指示灯泡的型号及其技术数据, 见表 11-16。其外形图, 见图 11-9。

表 11-16 小型指示灯泡型号及其技术数据

灯泡型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	光通量 (lm)	主要尺寸 (mm)		平均寿命 (h)	泡壳 型号	灯头型号	图 11-9 中顺序号	
				最大直径	全长					
XZ1-0.07	1	0.07		12	24	200	G12	E10-13-1	6	
XZ1.5-0.11	1.5	0.11		10	29	1000	T10	1C9/14-1	2	
XZ1.5-0.11A			1							
XZ2-0.06	2	0.06								
XZ2.5-0.075	2.5	0.075		12	24	200	G12	E10/13-1	6	
XZ2.5-0.14		0.14				40				
XZ2.5-0.4			6	10	29	500	T10		2	
XZ2.5-0.4			8	12	24	10	G12		6	
XZ2.5-0.4A			0.4	8	12	24	10	G12	1C9/14-1	7
XZ2.5-0.5			0.5	5	15	28	500	G15	E10/13-1	9
XZ2.5-0.5A			0.5	5	15	28	500		1C9/14-1	8
XZ2.5-0.7			0.7	9			100			9
XZ3.5-0.28		3.5	0.28	6	12	24	20	G12	E10/13-1	6
XZ4-0.1		4	0.1		10	29	800	T10	E10/13-1	3
XZ4-0.1A	1C9/14-1			1						
XZ6-0.1	6	0.1	7	10	29	800	T10	E10/13-1	3	
XZ6-0.1A								1C9/14-1	1	
XZ6-0.2		0.2						E10/13-1	2	
XZ6-0.2A								1C9/14-1	1	

(续表)

灯泡型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	光通量 (lm)	主要尺寸 (mm)		平均寿命 (h)	泡壳型号	灯头型号	图 11-9 中顺序号				
				最大直径	全长								
XZ6.3-0.15	6.3	0.15	3	12	24	1000	G12	E10/13-1	6				
XZ6.3-0.15				10	29	2000	T10	1C9/14-1	3				
XZ6.3-0.15A				5	10	29	2000	T10	1C9/14-1	1			
XZ6.3-0.25		0.25	7.5	7.5	12	24	800	G12	E10/13-1	6			
XZ6.3-0.25A					6	10	29	500	T10	1C9/14-1	7		
XZ6.3-0.28					6	10	29	500	T10	1C9/14-1	1		
XZ6.3-0.3		0.3	13	13	10	29	800	T10	E10/13-1	3			
XZ6.3-0.3A					10	12		24	G12	E10/13-1	1		
XZ6.3-0.3B					10	12		24	G12	E10/13-1	6		
XZ6~8-0.15	6~8	0.15	3	10	29	800	T10	1C9/14-1	1				
XZ6~8-0.15A				12	24		G12	1C9/14-1	7				
XZ6~8-0.15B				10	29		T10	E10/13-1	2				
XZ6~8-0.15C				12	24		G12	E10/13-1	6				
XZ6~8-0.25	8	0.25	5	10	29	500	T10	1C9/14-1	1				
XZ8-0.3								10	29	800	E10/13-1	3	
XZ8-0.3A								10	29	800	1C9/14-1	1	
XZ10-0.075	10	0.075	4	7.2	23	500	T7.2	E10/13-1	3				
XZ12-0.1	12	0.1	6					7.2	23	1300	T7.2	1C7/11-A	5
XZ12-0.1A												7.8	25
XZ12-0.1B				7.8	25	T7.8	1C9/13-1					4	
XZ14-0.15	14	0.15	12	10	29	500	T10	E10/13-1	2				
XZ14-0.15A								10	29	500	T10	1C9/14-1	1

(续表)

灯泡型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	光通量 (lm)	主要尺寸 (mm)		平均寿命 (h)	泡壳型号	灯头型号	图 11-9 中顺序号	
				最大直径	全长					
XZ14-0.15B	14	0.15	12	12	24	500	G12	E10/31-1	6	
XZ14-0.15C								1C9/14-1	7	
XZ14-0.28		0.28	21	10	29		T10	E10/13-1	2	
XZ14-0.28A								1C9/14-1	1	
XZ14-0.28B							G12	E10/13-1	6	
XZ14-0.28C								1C9/14-1	7	
XZ18-0.11	18	0.11	9	13	32	800	T13	E12/15-1	10	
XZ19-0.11	19	0.11	10	10	29	500	T10	E10/13-1	2	
XZ19-0.11A								1C9/14-1	1	
XZ22-0.55	22	0.55	100	15	28	40	G15	E10/13-1	9	
XZ22-0.55A								1C9/14-1	8	
XZ24-0.06	24	0.06	8	6	24	800	T6	1C7/11-A	5	
XZ24-0.2		0.2	25	12				80	G12	
XZ26-0.15	26	0.15	20	10	29	400	T10	E10/13-1	2	
XZ26-0.15A				G12	12				24	7
XZ26-0.15B							1C9/14-1	1		
XZ26-0.15C				1						
XZ26-0.28		0.28	33	10	29		100	T10	E10/13-1	2
XZ26-0.28A									1	
XZ28-0.1	28	0.1	14	15	28	120	T10	1C9/14-1	1	
XZ28-0.17		0.17	30						1	
XZ30-0.15	30	0.15	45	15	28	400	T10	1C9/14-1	8	
XZ30-0.28		0.28							8	
XZ36-0.12	36	0.12	15	10	29	500	G15	E10/13-1	1	
XZ36-0.12A			4						12	24
XZ36-0.12B				G12	6					

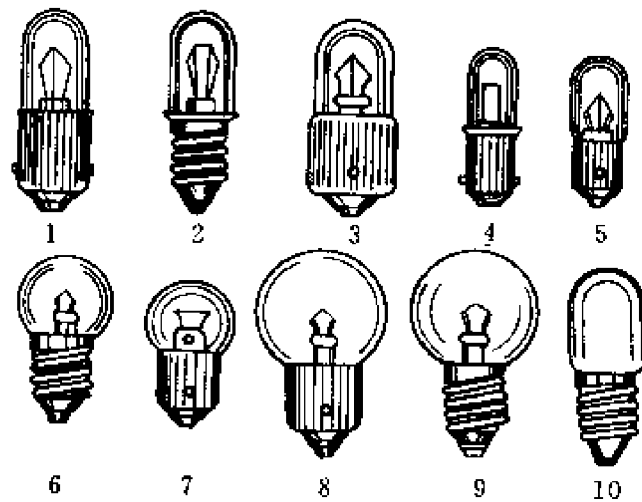


图 11-9 小型指示灯泡外形图

11-8 工厂用灯具

11-8-1 工厂用灯具分类

灯罩和灯罩里面的灯泡合在一起称为灯具或称照明器具。

工厂用灯具是按光强分布曲线来描述的。灯具的光强分布曲线又称配光曲线。根据配光曲线可把灯具分为下列几种：

(1) 均匀配光。光线在各方面的发光强度大致相等。其特点是这种灯具不带反射器或平面反射器。例如乳白色球形玻璃灯具属于此类型。

(2) 广照配光。光线的最大发光强度在 $50^\circ \sim 90^\circ$ 之间，而其最小值则在 $0^\circ \sim 40^\circ$ 方向之间。

(3) 深照配光。光线的最大发光强度在 $0^\circ \sim 40^\circ$ 之间，而其最小值则在 $50^\circ \sim 90^\circ$ 之间。

(4) 余弦配光。光线在空间各点的发光强度的近似值符合公式 $I_a = I_0 \cos \alpha$ 的关系式。

11-8-2 工厂灯具型式的选择

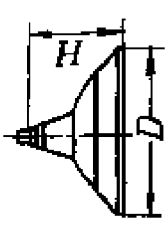
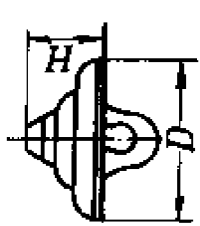
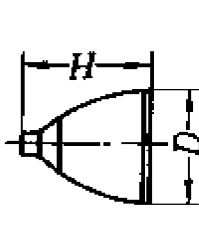
灯具型式一般应根据车间、生产场地的环境情况，厂房性质

和生产条件对光强分布与限制眩光的要求，以及按照维护方便、安全可靠、经济等原则进行选择。

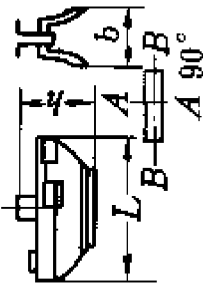
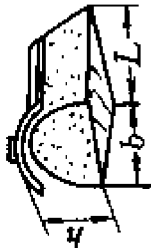
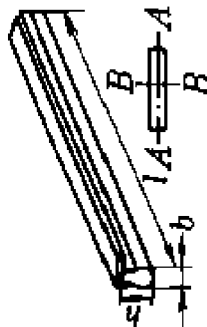
在一般环境的生产厂房内，多采用配照型和深照型灯具。

在相对湿度大于 85% 的场所，应采用带防水灯头的开启型灯具；对灼热多尘的场所，宜采用投光灯；对有腐蚀性气体的场所，应采用密闭型灯具；在有可能受到机械损伤的场所，应采用有保护网的灯具；在高大的厂房内，应采用顶灯、壁灯、投光灯相结合的布置；在震动较大的场所，可采用链吊灯具。工厂常用灯具的特性和适用场所，见表 11-17。

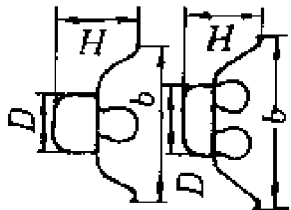
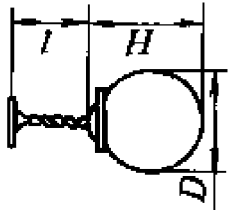
表 11-17 工厂常用灯具的特征及选用

名称	外形	型号尺寸	光源及功率 (W)	最大允许 L/h	效率 η (%)	保护角 γ	结构型式及适用场所
配照型工厂灯		GC1-A-1	B-100 (60W)	1.38	62	24°	开启式; 用于工厂车间、一般性仓库及公共场所等作照明用
		D=355 H=205	G-125	1.41	72	—	
		GC1-A-2	B-200 (150W同)	0.88	68	11.7°	
		D=4.06 H=2.15	G-125	1.35	66	—	
广照型防水防尘灯		GC9-2	D-200 (150W同)	0.77	74	—	密闭式; 适用于多水多尘的车间等操作的场所的照明
		D=420 H=180	B-200 (150W同)	0.88	64	—	
		GC11-2 (有网)	B-200 (150W同)	0.88	64	—	
		D=420 H=180	B-200 (150W同)	1.37	63	32.7°	
深照型工厂灯		GC5-A-2	B-200 (150W同)	1.37	63	32.7°	开启式; 用于工厂车间和大型机床设备作固定照明
		D=250 H=265	G-125	1.5	54	16.7°	

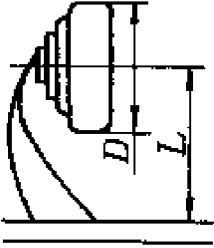

(续表)

名称	外形	型号尺寸	光源及功率 (W)	最大允许 L/h	效率 η (%)	保护角 γ	结构型式及适用场所
筒式 卤钨 灯		$L = 240$ $b = 120$ $h = 129$	R-1000	0.88 1.28	69.6	39.3°	开启式; 用于工厂车间、机场、照相制版及作人像大型政治宣传栏等作强光照明
搪瓷 深照 卤钨 灯		LTS-1000-1 $L = 529$ $h = 420$ $b = 520$	R-1000	1.06	55.1	54.5	闭合式; 适用于一般性高大厂房的照明
筒式 木底 板日 光灯		$l = 1280$ $b = 65$ $h = 60$	Y-40	1.29 1.43	8.77		开启式; 用于工厂车间、办公室、宿舍、商店等照明

(续表)

名称	外形	型号尺寸	光源及功率 (W)	最大允许 L/h	效率 η (%)	保护角 γ	结构型式及适用场所
YG2 筒式 日光 灯		YG2-1 $D=70$ $H=90$ $b=168$	Y-40	1.62	81	4.6	开启式; 用于 车间办公室、 宿舍、商店、 食堂等处照明
		YG2-2 $D=120$ $H=133$ $b=262$		1.22			
圆球 吊灯		YQ-1-60 YQ-2-100 YQ-3-200 YQ-2-100 $l=300\sim 1000$ $D=250$	B-100	1.56	88.1		闭合式; 用于 办公室、俱 乐部、阅览室、 商店、走廊等 处的照明

(续表)

名称	外形	型号尺寸	光源及功率 (W)	最大允许 L/h	效率 η (%)	保护角 γ	结构型式及适用场所
筒易 卤钨灯		JTY19 $D = 444$ $L = 3400$					开启式; 适用于工厂区 要道及街道马路等处的照明
搪瓷 深照卤 钨灯		JTY23-125 $A = 408$ $D = 260$ $C = 200$	G-125 G-250 G-400				封闭式; 街道、广场、公园、工厂、车站、桥梁、运动场等室外照明

12-1 机床电气设备的一般电路及其维护

12-1-1 C620 型普通机床的控制电路

C620-1 型普通机床控制电路，见图 12-1。

C620-1 型普通机床控制电路由主线路、控制线路和照明线路三部分组成。

主线路共有两台电动机，其中 1M 是主轴电动机，它拖动主轴旋转，其正反转是通过摩擦离合器实现的。因此主轴电动机的控制比较简单，不需有正反转。主轴电动机启停是用按钮和接触器来实现。2M 是冷却泵电动机，由转换开关控制。电路中分别采用熔断器作短路保护；用热继电器（1KR、2KR）作过载保护。

控制线路由热继电器 1KR、2KR 的常闭触头、接触器 KMA 线圈及其自锁触头、起动按钮 SBT、停止按钮 SBP 和熔断器 3FU 等组成。

冷却油泵的电动机的控制线路是由转换开关 2QC 等组成。当主轴电动机运转之后，合上转换开关 2QC 之后，即冷却油泵的电动机启动。冷却油泵电动机是在主轴电动机运转后，方能启动，主轴电动机停止运行时，冷却油泵电动机也即停止。

机床照明线路是由一台 380V/36V 变压器供电。使用时合上开关 3QC 灯即亮。

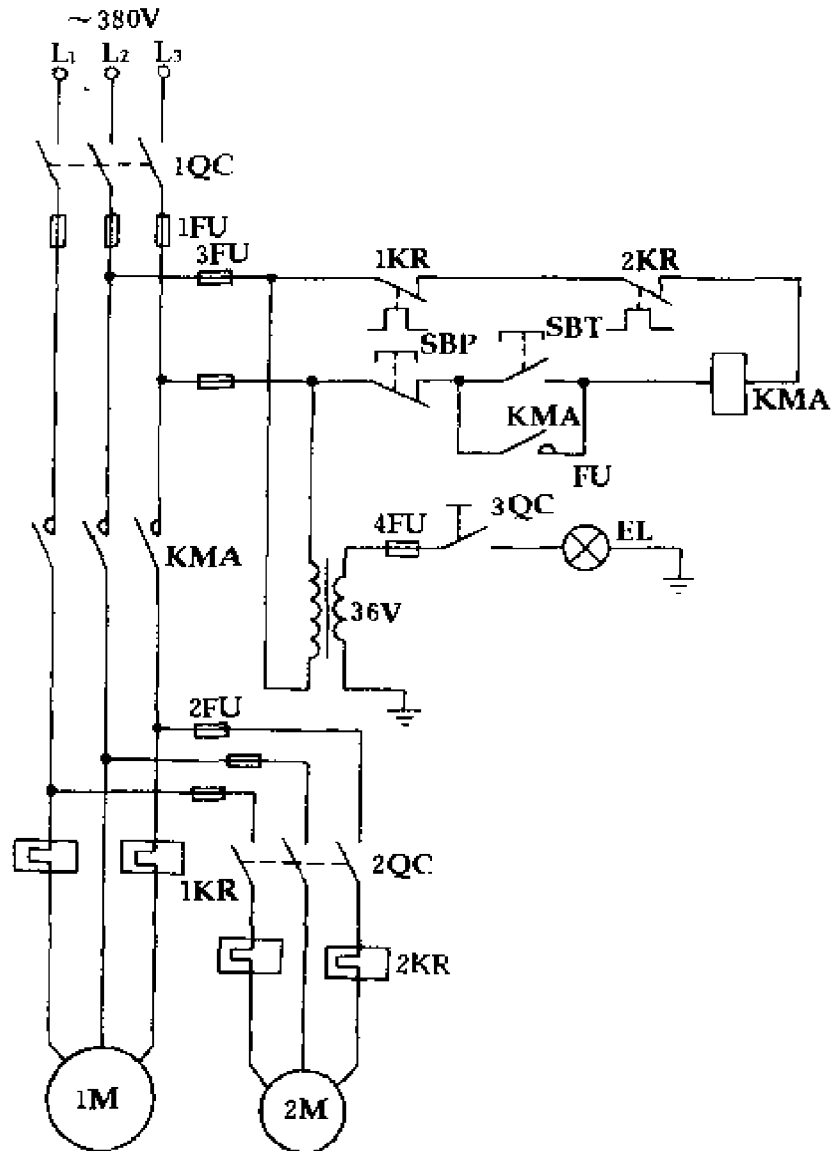


图 12-1 C620 型普通机床的控制电路图

12-1-2 C620-1 型机床常见电气故障及其处理方法
 常见故障及其处理方法，见表 12-1。

12-2 钻床主轴电动机和液压 电动机的联锁控制电路

钻床主轴电动机和液压电动机的联锁控制电路，见图 12-2。

表 12-1 C620-1 普通机床常见故障及排除方法

故障现象	可能产生原因	排除方法
主轴电动机不起动	1. 电源部分故障： 三相电源不正常； 转换开关 1QC 接触不良 2. 控制回路故障： 2FU 熔断； SBP 和 SBT 按钮接触不好 3. 热继电器 1KR 动作	1. 检查 L_1 、 L_2 、 L_3 三相电压是否正常； 检查 1QC 开关是否松动 2. 更换 2FU 熔体； 清擦 SBP、SBT 按钮接点 3. 排除电动机过热原因，如传动部分是否机械卡住；机床是否频繁起动机或工作超负荷等
主轴电动机工作时突然停下	1. 接触器 KMA 自锁触头接触不良 2. 保险 2FU 管芯松动或熔断 3. 控制回路某处接线头松动	1. 清理自锁触头油污，调整触头压力 2. 拧紧 2FU 管芯，若已熔断，更换新熔体 3. 沿控制回路逐点检查，拧紧各接线螺钉
按下“停止”按钮后，电动机不能立即停车	1. 接触器 KMA 机械卡住或主触头焊住 2. 接触器 KMA 有剩磁或铁心有油污粘合使 KMA 不释放	1. 清理衔铁滑道，修整触头 2. 拆开接触器，清理铁心，并作去磁处理
冷却泵电动机不起动	1FU 保险器熔断；2QC 接触不良或热继电器 2KR 动作	更换 1FU 熔体，若是 2KR 经常动作，应使 2M 电机停机一会

图 12-2 线路图是钻床主轴电动机和液压电动机的联锁控制线路。线路特点是两台电动机必须同时开或同时闭，不管是接触器未吸合，还是过载、电路存在短路情况。当按下按钮 SBT，接触器线圈 1KMA、2KMA 通电，两台电动机同时起动机。常开辅助触点 1KMA、2KMA 串联后，作为两个接触器的自锁触点。当任一接触器有故障而不能吸合时，两台电动机均不能工作。当任一主电路中发生短路或过载时，2QC 或 3QC 自动开关脱扣，

主触点和辅助触点 2QC、3QC 分断，此时，接触器线圈 1KMA、2KMA 断电，无论 1KMA 释放或 2KMA 释放，自锁点必然断开，使另一接触器也断电释放。因此，控制电路全部断电，这时两台电动机均同时停转。

线路中钮子开关 1SB 和 2SB，用来分别对主轴或液压电动机进行单独控制，调整。

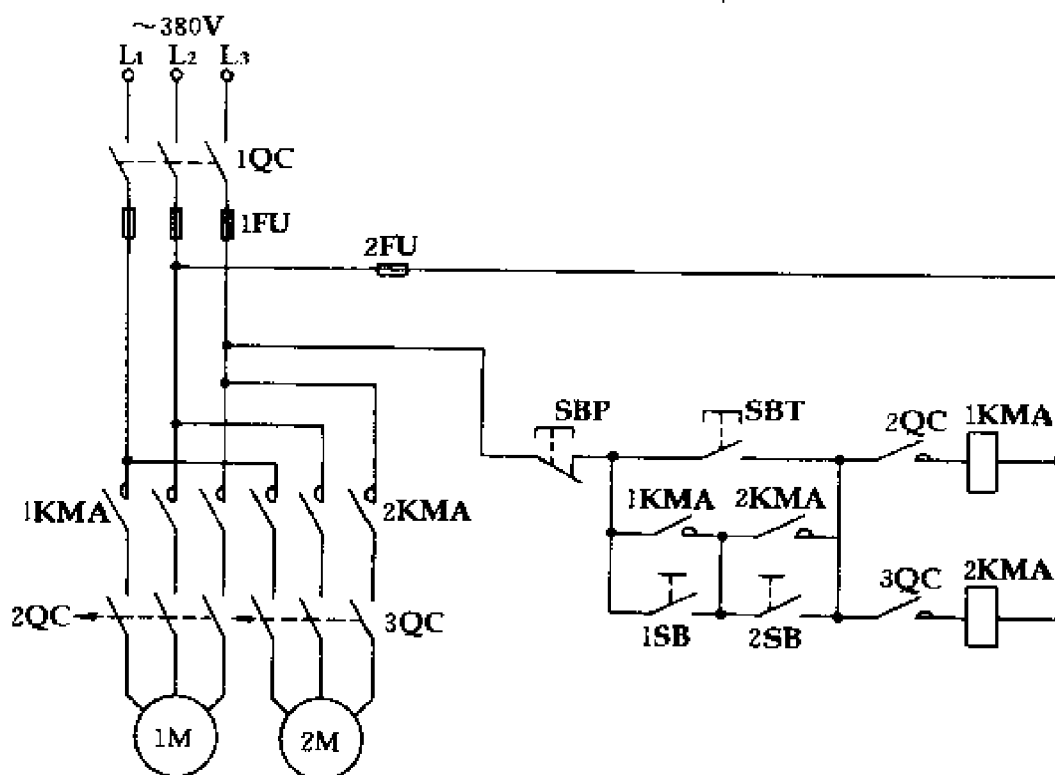


图 12-2 钻床主轴电动机和液压电动机的联锁控制电路

12-3 M7130 型平面磨床控制电路及其维护

12-3-1 M7130 型平面磨床控制电路

M7130 型平面磨床控制电路，见图 12-3。

M7130 型平面磨床控制电路由四部分组成：主电路、电磁吸盘供电电路、控制电路和照明电路。

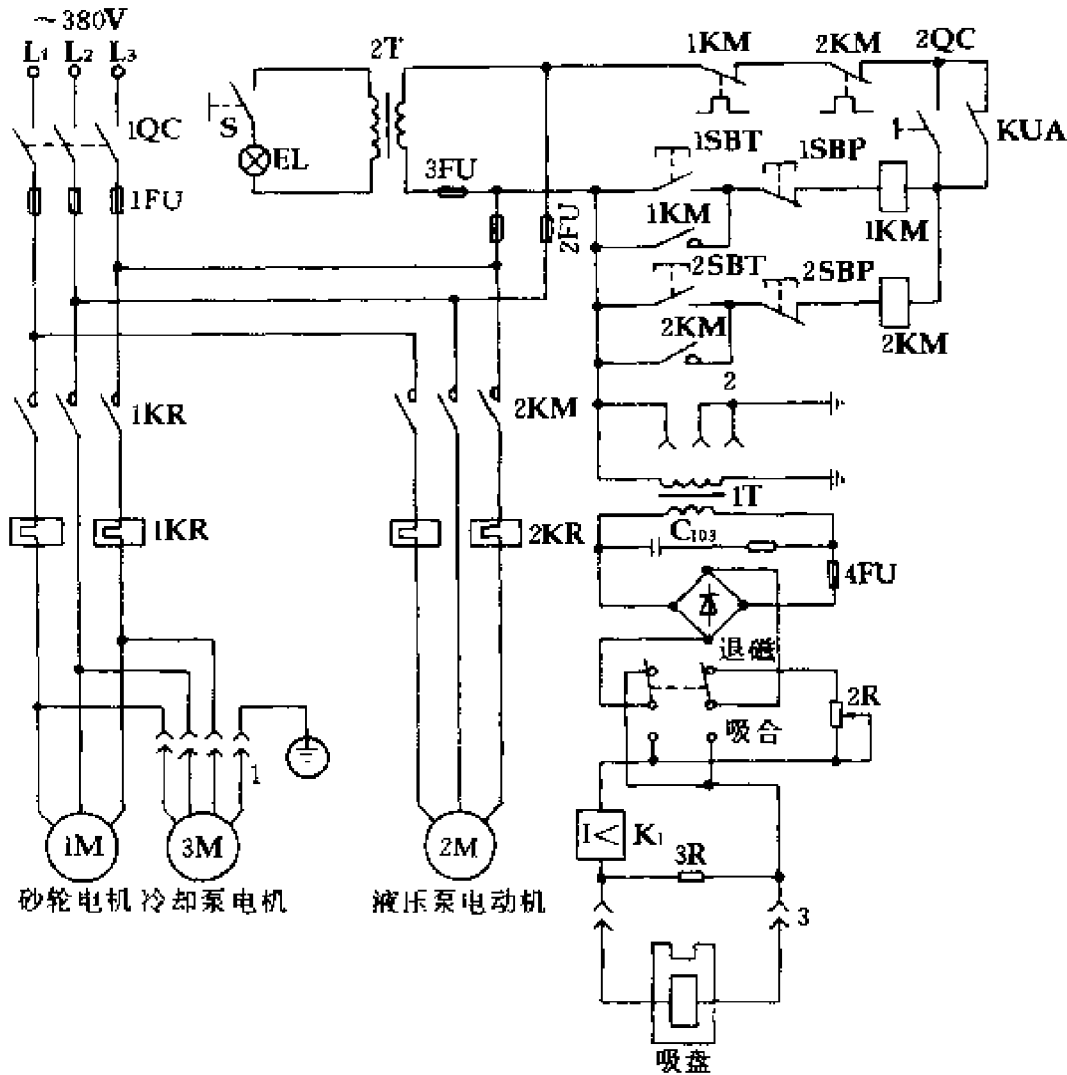


图 12-3 M7130 型平面磨床电路图

M7130 型平面磨床工作程序是：先合上电源开关 1QC，再将电磁吸盘供电控制开关 2QC 放在吸合位置，电磁吸盘得电产生磁力，吸住工件。KUA 是欠电流继电器的吸引线圈，当电磁吸盘正常工作时，通过 KUA 线圈的电流，促使欠电流继电器的触点闭合，从而接通控制电路，各电动机可分别起动工作。

当按下起动按钮 1SBT 和 2SBP，线圈 1KM 和 2KM 通电，常开触点 1KM 和 2KM 接通，接触器线圈自锁，砂轮电动机、冷却泵电动机、液压泵电动机起动，磨床就可以工作。

当加工完时，先按下停止按钮 1SBP 和 2SBP，使各电动机

停止工作,然后将组合开关放到退磁位置。此时,电磁吸盘励磁线圈经退磁限流电阻 2R 反向通电,对工作件进行退磁。退磁后,即可取下工作件。

12-3-2 M7130 型平面磨床常见故障及其排除方法

M7130 型平面磨床常见故障及排除方法,见表 12-2。

表 12-2 M7130 型平面磨床常见故障及排除方法

故障现象	可能产生的原因	排除方法
所有电机不能起动	<ol style="list-style-type: none"> 1. 转换开关 1QC 接触不良,或熔断器 1FU、2FU 熔断 2. 转换开关 2QC 位置不对,或接触不良 3. 插销 3 松动,接触不良 4. 欠电流继电器 KUA 不吸合 5. 接触器 1KM 或 2KM 虽动作,但主触点接触不好 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查三相电源是否正常,检修开关 1QC 或更换 1FU、2FU 熔体 2. 检查 2QC 开关是否放在“吸”位置上;清理触头 3. 检修 3 插销,必要时更换新的 4. 检查 KUA 是否卡住,或重新整定吸合电流 5. 检修 1KM 或 2KM 的主触点,并清理铁心滑道
磨床在正常工作时突然全部停车	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电磁盘插销 3 松动接触不好 2. 欠电流继电器 KUA 动作 3. 热继电器 1KR、2KR 动作 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查更换 3 插销,拧紧引出线的接线头 2. 查明欠电流原因,如系误动作,应更换 KUA 或重新整定释放电流值 3. 查明过热原因,采取措施
当开关 2QC 置“放松”位置时,起动电机正常,而置“吸”位置时,电机不能起动	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电磁盘断线 2. 插销 3 断线 3. 欠电流继电器 KUA 不吸合 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检修电磁盘的接线 2. 检修 3 插销,处理断线部分 3. 查明 KUA 不吸合原因,如系 K₁ 机械卡住,应清理铁心滑道,其他情况相应处理
当开关 2QC 置“吸”位置时,一切正常,但置“放松”位置时,电机不能起动	转换开关 2QC 常开触点接触不好	修理或更换 2QC 的常开触点

12-4 手电钻及其使用方法

12-4-1 手电钻的结构

手电钻是电工使用较广的一种电动工具。它除用来钻孔外，还可以利用其旋转特性，作为许多需要转动工作的传动机构。手电钻的结构，见图 12-4。手电钻有三相和单相供电。常用手电钻都是单相供电。它主要由交直流两用串励式电动机、减速箱、快速切断自动复位手掀式开关和钻夹头等组成。

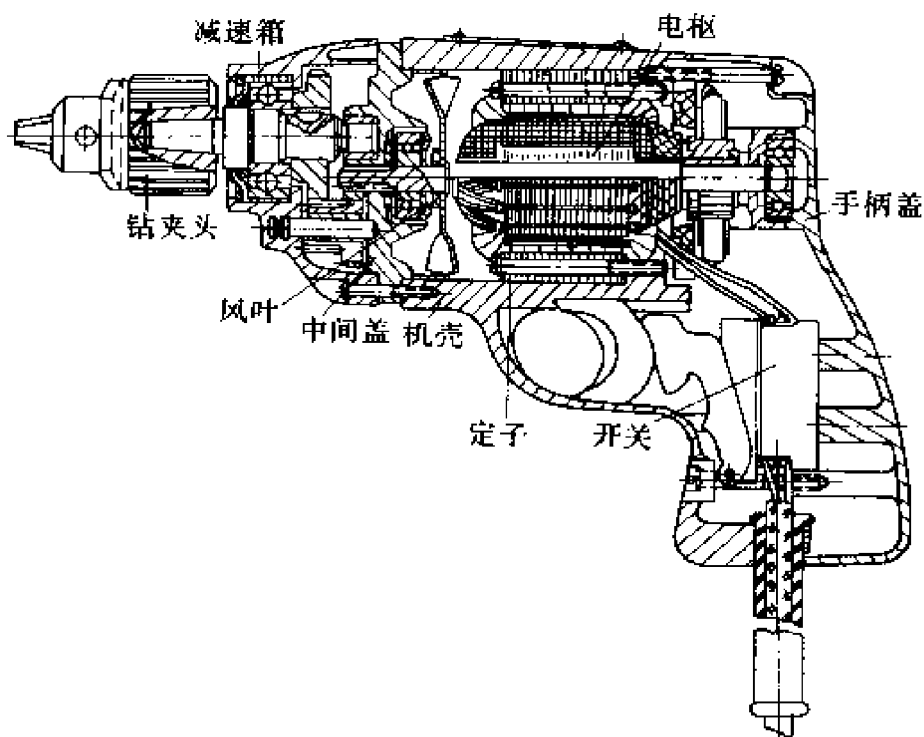


图 12-4 手电钻的结构

12-4-2 手电钻使用注意事项

1. 使用前，应检查电钻所使用的电压是否正确。如果接错，将会烧坏电机或者转速变慢，导致不能工作。
2. 接通电源后，使其空转一下，检查运转是否灵活，声音是否正常。如无误方可进行工作。

3. 使用时, 突然发生卡住钻头, 应立即切断电源, 然后用手慢慢反时针转动钻夹头, 使钻头退出。

12-4-3 手电钻常见故障及处理方法

手电钻常见故障及处理方法, 见表 12-3。

表 12-3 手电钻常见故障及处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
电钻不能起动	1. 电源线断路 2. 开关损坏 3. 电刷和整流子不接触 4. 定子绕组断路 5. 转子绕组严重断路 6. 减速齿轮卡住或损坏	1. 用万用表或校验灯检查, 如断线, 调换电源线 2. 用万用表、校验灯检查, 修理或调换开关 3. 调整电刷压力及改善接触面 4. 如断在出线处, 可重焊后使用, 否则要重绕 5. 重绕绕组 6. 修理或调换齿轮
整流子与电刷间火花较大	1. 定、转子绕组短路或断路 2. 电刷和整流子接触不良 3. 电刷规格不符	1. 参考本表第五项中 1、2 点处理方法 2. 增加电刷压力; 若电刷太短, 应更换电刷或改善接触面 3. 调换电刷
转子在某一位置上能起动, 在另一位置上不能起动	整流子与转子绕组连接处有两处以上断头	重焊
整流子发热	1. 电刷压力过大 2. 电刷规格不符	1. 调整到适当压力 2. 更换电刷
电钻转速慢	1. 转子绕组短路或断路 2. 定子绕组通地或短路 3. 轴承磨损或减速齿轮损坏	1. 电钻转速慢、力矩也小, 整流子与电刷间产生很大火花, 火花呈红色。停车后: ① 用短路侦察器检查, 如绕组短路, 重绕绕组 ② 用万用表检查整流子与绕组连接处, 如发现少量断路或脱焊, 应连接重焊 2. 用兆欧表、校验灯检查定子绕组对地绝缘或用电压降法检查各个绕组。如发现短路绕组, 须加以修复或重绕 3. 调换轴承或齿轮

12-5 机床电气设备的一般维修

机床电气设备一般由电动机、操作机构、电气仪表、电器柜(包括接触器、继电器、自动调整装置和保护装置)及连接导线等组成。机床电气设备的一般维修可分为保养与大修两种。电动机及电气仪表的维修参看本手册有关章节。

12-5-1 机床电气设备的保养项目

1. 电器柜

(1) 经常清扫电器柜内部,并保持柜内无油污、无粉屑和无灰尘。

(2) 检查所有电气器件和接线端子,处理已松动、损坏的螺栓和器件。

(3) 检查柜内的器件和导线是否有油浸或绝缘破损现象,并进行必要的处理。

2. 熔断器及各种保护装置

(1) 检查熔断器是否已熔断,各种保护装置有无故障,并进行适当处理。

(2) 检查管状熔断器夹片接触情况。

3. 接触器、继电器、切换开关和按钮

(1) 清扫器件上的灰尘,擦净油泥,紧固所有螺栓。

(2) 修整各种触头,使其压力、间隙合适,接触良好。

(3) 检查所有附件是否完好,调整有关部件使之正常工作。

4. 起动及调节用电阻器

(1) 清扫电阻器内的粉尘,擦净需要接触的部分。

(2) 检查电阻元件,有无瓷管断裂和电阻丝短路、开断现象,并进行处理。

(3) 检查滑动触头的接触情况,调整压紧弹簧,使其接触良好。

5. 电磁铁

(1) 检查衔铁的接触面是否打坏, 短路环是否完好。

(2) 测量线圈对地绝缘电阻 (一般不应小于 $1M\Omega$)。处理绝缘已损坏的线圈和出口引线。

12-5-2 机床电气设备的大修项目

1. 电器柜

(1) 更换所有已损坏的器件和连接导线, 配齐原有器件, 紧固抗震和防松装置。

(2) 整理柜内线路, 修整箱体和防尘设施, 箱门应能严密关闭。

(3) 测量导电部分对地绝缘电阻, 一般不应小于 $1M\Omega$ 。

2. 熔断器及保护继电器

(1) 作各种继电保护 (热继电器、过流继电器、过压和欠压继电器等) 的动作试验, 整定动作值。

(2) 整修各种熔断器夹片、卡口接触部位, 使其保持良好的接触。

3. 接触器和继电器

(1) 修理动、静触点烧损部分, 调整触点的压力和间隙, 保证其接触良好。

(2) 清扫铁心接触面, 检查短路环是否完好, 并检查衔铁在滑道上有无卡住现象。

(3) 更换已破损的灭弧装置和励磁线圈。

4. 各种切换开关和按钮

(1) 全部拆开, 彻底清扫, 修理或更换已烧损的触点。

(2) 调整切换开关触点的压力和间隙, 调整行程开关碰头角度和碰铁位置。

(3) 测量导电部分对地绝缘电阻。

5. 起动及调节电阻器

(1) 更换已损坏的电阻和失效的绝缘垫片、瓷管及连接片。

(2) 清扫内部, 紧固所有螺栓和接线端子。

(3) 用电桥测量各段电阻值, 测量对地绝缘电阻是否符合要

求。

6. 电磁铁

(1) 更换绝缘不良引线和线圈，若线圈数据失落或烧焦可按
下式近似计算：

$$W \approx 4.5 \times 10^5 \frac{U}{BS}$$

式中 W ——线圈匝数；

U ——工作电压 (V)；

B ——铁心磁通密度 (T)；

S ——铁心截面 (cm^2)。

(2) 修理导磁体接触面及滑道铜板。

(3) 测量对地绝缘电阻 (一般不应小于 $1\text{M}\Omega$)。

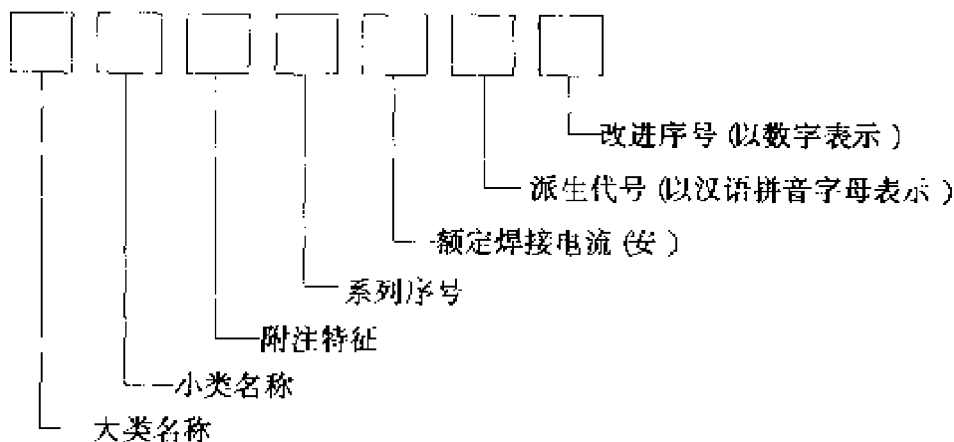
12-6 电焊机

12-6-1 电焊机的型号

电焊机的种类很多，如交流弧焊机 (弧焊变压器)；旋转直流弧焊机 (直流弧焊发电机)；整流弧焊机 (弧焊整流器)；点焊机；凸焊机；缝焊机；对焊机等等。

1. 电焊机的型号

电焊机型号组成如下：



电焊机的型号意义，见表 12-4。

表 12-4 电焊机的型号意义

大类名称		小类名称		附注特征		系列序号	
字母	意义	字母	意义	字母	意义	数字	意义
B	交流弧 焊电源(弧 焊变压器)	X	下降特性			(省略)	磁放大器或
		P	平特性			饱和电抗器式	
						1	动铁心式
						2	串联电抗器式
						3	动线圈式
						5	可控硅式
		6	变换抽头式				
A	旋转直 流弧焊电 源(直流弧 焊发电机)	X	下降特性	(省略)	电动机驱动	(省略)	他激差复激式
		P	平特性	D	单纯弧焊发 电机	1	交流发电机整 流式
		D	多特性	Q	汽油机驱动		
				C	柴油机驱动		
				T	拖拉机驱动		
				H	汽车驱动		
Z	整流弧 焊电源(弧 焊整流器)	X	下降特性	(省略)	一般电源	(省略)	磁放大器或饱
		P	平特性	M	脉冲电源		和电抗器式
		D	多特性	L	高空载电压	1	动铁心式
				E	交直流电压	3	动线圈式
						4	晶体管式
						5	可控硅式
				6	变换抽头式		

12-6-2 各类电焊机的性能比较

各种电焊机的性能比较，见表 12-5。

表 12-5 各种电焊机的比较

项 目	弧焊变压器	直流弧焊发电机	弧焊整流器
焊接电流种类	交流	直流	直流
电弧稳定性	较差	好	较好
磁偏吹	很小	较大	较大
极性可换性	无	有	有
空载电压	较高	较低	较低
空载损耗	较小	较大	较小
供电方式	一般为单相供电	三相供电	一般为三相供电
功率因数	较低	高	较高
效率	高	低	较高
噪声	较小	大	很小
结构与维修	简单	复杂	较简单
触电危险	较大	较小	较小
成本	低	高	较高
重量	轻	重	较轻
适用范围	<ol style="list-style-type: none"> 1. 一般焊接结构的手弧焊 2. 铝合金的钨极氩弧焊 3. 埋弧焊 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 较重要焊接结构的手弧焊 2. 各种埋弧、气体保护焊及等离子弧切割、焊接 	

12-6-3 常用电焊机的技术数据

常用电焊机的技术数据，见表 12-6。

表 12-6 常用电焊机的技术数据

型号和规格	输入			输出				
	电压 (V)	电流 (A)	容量 (kV·A)	空载电压 (V)	工作电压 (V)	额定负载 持续率(%)	额定焊接电流 (A)	调节范围 (A)
EX1-160	380		13.5	80	22~28	60	160	40~192
EX1-250	380	54	20.5	78	22.5~32	60	250	62.5~300
EX1-400	380		31.4	77	24~36	60	250	100~480
BX3-160	380	31	11.8	78/70	26.4	60	160	(25~80)/(79~250)
BX3-250	380	48.5	18.4	78/70	36	60	250	(36~121)/(120~360)
BX3-400	380	78	29.1	78/70	36	60	400	(50~163)/(160~500)
BX3-300-2	380	54	20.5	70~80	32	60	300	40~400
AX-160	380		6	58~84	21~28.4	60	160	35~260
AX-250	380		10	60~85	26~32.8	60	250	50~320
AX-400	380		20	60~90	20~40	60	400	50~500
AXD-320			白配电动机	50~80	30	50	320	45~320
AXC-320			白配柴油机	50~80	30	50	320	45~320

交流弧焊机

旋转直流弧焊机

(续表)

型号和规格	输入			输出				
	电压 (V)	电流 (A)	容量 (kV·A)	空载电压 (V)	工作电压 (V)	额定负载 持续率(%)	额定焊接电流 (A)	调节范围 (A)
ZX5-250	380	21	14	55	21~30	60	250	25~250
ZX5-400	380	38	24	63	21~36	60	400	40~400
ZX5-630	380	70	46	71	44	60	630	130~630
ZX7-250	380			70~80		60	250	50~250
ZX7-400	380			70~80		60	400	40~400
ZX3-400	380	42	27.8	71.5	20~29	60	400	100~480
ZXG-30	380		1.36		12	60	30	2~30
ZXG-50	380		5.14		22~40	60	50	5~50
ZXG-100	380		6		20	60	100	5~100
ZXG-120	380		7.8		25	60	120	5~120
ZXG-300	380		21.6		22~32	60	300	20~360
ZXG-230-1 脉冲式	380		17.5			60	250	20~300

整流弧焊机

弧焊整流器

12-6-4 交流弧焊机、旋转直流弧焊机和弧焊整流器常见故障及其处理方法

1. 交流弧焊机常见故障及其处理方法, 见表 12-7。

表 12-7 交流弧焊机常见故障及其处理方法

常见故障	可 能 原 因	处 理 方 法
焊机不起弧	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源没有电压 2. 电源电压过低 3. 焊机接线错误 4. 焊机线圈短路或断路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查电源开关和熔断器的接通情况及电源电压 2. 调整电源电压 3. 检查初级和次级的接线是否正确 4. 检修线圈
焊接电流过小	<ol style="list-style-type: none"> 1. 焊机功率过小 2. 电源引线和焊接电缆过长, 压降过大 3. 电源引线和焊接电缆盘成盘形, 电感过大 4. 焊接电缆接头松动 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换大功率的焊机或两台并联使用 2. 减小导线长度或加大线径 3. 将导线放开 4. 将接头重新接好
焊接电流过大	电抗线圈或次级线圈中起电抗作用的线圈绝缘损坏	检修线圈
焊接电流忽大忽小	<ol style="list-style-type: none"> 1. 传动部件磨损, 框架螺栓松动, 滑道间隙过大, 使动铁心位置不稳定 2. 导线接触不好 3. 一台单人焊机两人同时使用 4. 电源容量过小, 其他用电设备的运行导致焊接电流变化 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换损坏的零件: 如系螺杆磨损, 可将手柄调好位置后固定住使用 2. 将导线重新接好 3. 停止一处 4. 提高电源容量或减少其他用电设备

(续表)

常见故障	可能原因	处理方法
焊机过热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源电压过高 2. 焊机过载 3. 焊机线圈短路 4. 铁心硅钢片短路 5. 铁心夹紧螺杆及夹件的绝缘损坏 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用电压表检查电源电压值并与焊机铭牌上的规定数值相对照 2. 按规定的负载持续率下的焊接电流值使用 3. 检修线圈 4. 清洗硅钢片,重刷绝缘漆 5. 更换绝缘
导线接头处发热,发红或烧毁	<ol style="list-style-type: none"> 1. 接线处接触电阻过大或接线松动 2. 接线螺栓是铁制的 3. 焊接时间过长 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 将接线拆开,用细砂纸将接触处的污垢及氧化层擦去,然后拧紧螺母 2. 更换为铜制的 3. 按规定负载持续率进行焊接
熔断器经常熔断	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源线短路或接地 2. 初级或次级线圈匝间短路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查电源线的情况 2. 检修线圈
焊机外壳带电	<ol style="list-style-type: none"> 1. 线圈绝缘损坏,与铁心、外壳接触 2. 电源引线或焊接电缆碰外壳 3. 无接地线或接地不良 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用兆欧表检查线圈的对地绝缘电阻 2. 检查电源引线和焊接电缆与接线板的连接情况 3. 接好地线
焊机振动及响声过大	<ol style="list-style-type: none"> 1. 动铁心上的螺杆和拉紧弹簧松动或脱落 2. 动铁心或动线圈的传动机构有故障 3. 移动滑道磨损严重,间隙过大 4. 线圈短路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 加固动铁心及拉紧弹簧 2. 检修传动件 3. 更换磨损的零件 4. 检修线圈

(续表)

常见故障	可能原因	处理方法
调节手柄 摇不动或动 铁心、动线圈 不能移动	<ol style="list-style-type: none"> 1. 传动机构上油垢太多或已锈住 2. 传动机构磨损 3. 移动滑道上有障碍 4. BX3系列焊机线圈的引出线挂住或挤在线圈中 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 清洗或除锈 2. 检修或更换磨损的零件 3. 清除障碍物 4. 清理线圈引出线
焊机线圈 绝缘电阻太 低	<ol style="list-style-type: none"> 1. 线圈受潮 2. 线圈长期过热、绝缘老化 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在 100 ~ 110°C 的烘干炉中烘干 2. 检修线圈

2. 旋转直流弧焊机常见故障及其处理方法,见表 12-8。

表 12-8 旋转直流弧焊机常见故障及其处理方法

常见故障	可能原因	处理方法
电动机反 转	三相电动机与电源的接线错误	将三相接线中的任意两线调换一下
电动机不 能起动的,并 发出嗡嗡声	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电动机的三相电源有一相断相 2. 电动机定子绕组断路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查电动机的三相电源是否断相,如果是熔断器熔断,应检查引起短路的原因,并更换熔丝 2. 检修定子绕组
发电机不 发电	<ol style="list-style-type: none"> 1. 发电机励磁绕组断路 2. 磁极剩磁消失或磁极的极性不正确 3. 发电机旋转方向不对 4. 换向器上污垢太多,电刷与换向器接触不良 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查励磁电路和变阻器接点的接触是否良好 2. 用蓄电池等直流电源充磁 3. 调换三相电动机的任意两根电源接线,改变旋转方向 4. 用布浸少许汽油擦净换向器,并检查电刷的接触情况,如是电刷磨损过多或损坏,应及时更换

(续表)

常见故障	可 能 原 因	处 理 方 法
焊接电流忽大忽小	<ol style="list-style-type: none"> 1. 焊接电缆与焊件接触不良 2. 电流调节器可动部分松动 3. 电刷磨损过多,电刷弹簧压力过小,换向器表面烧蚀 4. 单人焊机两人同时操作 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 将电缆与焊件重新接好 2. 固定好电流调节器的松动部分或更换磨损的零件 3. 更换磨损过多的电刷,调整弹簧压力,修磨换向器表面 4. 停止一处
焊机过热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 焊机过载 2. 发电机电枢绕组短路 3. 换向片间短路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 减小焊接电流 2. 检修电枢绕组 3. 检修换向器,更换片间绝缘
电刷下冒火花,换向器发热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电刷与换向器接触不良 2. 电刷弹簧压力太松或太紧 3. 电刷的牌号不适合 4. 换向器表面有油污 5. 换向片间的云母突出 6. 同一电刷臂上的各刷握不在一直线上 7. 发电机过载 8. 发电机电枢绕组有短路或接地故障 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用00号砂纸垫在换向器上研磨电刷,使其与换向器表面接触良好 2. 调整各电刷弹簧压力,力求一致 3. 更换电刷时,应选用相同的牌号 4. 擦净油污 5. 除去突出的云母,使其低于换向片1毫米 6. 调整各刷握的位置 7. 减小焊接电流 8. 在电枢绕组中通以直流电,测量各相邻换向片之间的直流压降,检查是否有短路;用兆欧表检查电枢绕组是否接地,并按故障情况修理

(续表)

常见故障	可能原因	处理方法
大部分换向片发黑	换向器的摆动超过允许值	用千分表检查换向器,其摆动不应超过 0.1 毫米。如摆动过大,应在车床上车圆
在换向器圆周上每隔一定角度的换向片烧焦发黑	1. 这些发黑烧焦的换向片与电枢线圈之间的焊接不良 2. 连接到这些换向片上的电枢线圈有断路故障	1. 重新焊接 2. 修理或更换断路的线圈

3. 弧焊整流器常见故障及其处理方法,见表 12-9。

表 12-9 弧焊整流器常见故障及其处理方法

常见故障	可能原因	处理方法
输出电压过低	1. 电源电压过低 2. 变压器初级线圈匝间短路 3. 磁放大器线圈匝间短路 4. 整流元件击穿	1. 调整电源电压 2. 检修初级线圈 3. 检修磁放大器线圈 4. 更换已击穿的元件
焊接电流调节失灵	1. 控制线圈短路 2. 控制回路接触不良 3. 控制回路整流元件击穿	1. 检修控制线圈 2. 检查控制回路的各接触点 3. 更换整流元件
焊接电流忽大忽小	1. 电源侧交流接触器触头接触不良 2. 控制回路接触不良 3. 电源电压波动	1. 检修或更换接触器 2. 检查控制回路的各接触点 3. 调整电源电压
工作时焊接电压突然降低	1. 整流元件击穿 2. 控制回路断路 3. 主回路发生短路故障	1. 更换整流元件 2. 检查修复控制回路 3. 修复主回路

13-1 传感器的分类及其应用

13-1-1 传感器的分类

传感器种类很多，分类方法也不一，一般按转换形式分类，可分为电参数和电量两大类。电参数又按中间参量来分，有电阻、电容、电感、频率、计数和数字等类；电量按中间参量可分为电动势和电荷两类。其具体分类，见表 13-1。

13-1-2 传感器的应用

传感器应用范围很广，主要分类及应用见表 13-1。

13-2 常用传感器的技术数据

13-2-1 常用拉、压力传感器的技术数据

常用拉、压力传感器的技术数据，见表 13-2~13-7。

13-2-2 常用位移传感器的技术数据

常用位移传感器的技术数据，见表 13-8~13-13。

13-2-3 常用温度传感器的技术数据

常用温度传感器的技术数据，见表 13-14、表 13-15。

13-2-4 常用振动传感器的技术数据

常用振动传感器的技术数据，见表 13-16、表 13-17。

13-2-5 常用声敏传感器的技术数据

常用声敏传感器的技术数据，见表 13-18。

表 13-1 传感器分类及其应用

传感器分类		转换原理	传感器名称	应用
转换形式	中间参数			
电 参 数	电 阻	移动电位器触点改变电阻	电位器传感器	位移
		改变电阻丝或片的尺寸	电阻丝应变传感器、半导体应变传感器	微应变、力、负荷
		利用电阻的温度效应(电阻温度系数)	热丝传感器	气流速度、液体流量
			电阻温度传感器	温度、辐射热
	热敏电阻传感器	温度		
	利用电阻的光敏效应	光敏电阻传感器	光强	
	利用电阻的湿度效应	湿敏电阻	湿度	
	电 容	改变电容的几何尺寸	电容传感器	力、压力、负荷、位移
		改变电容的介电常数		液位、厚度、含水量
	电 感	改变磁路几何尺寸、导磁体位置	电感传感器	位移
涡流去磁效应		涡流传感器	位移、厚度、硬度	
利用压磁效应		压磁传感器	力、压力	

(续表)

传感器分类		转换原理	传感器名称	应用
转换形式	中间参量			
电参量	电 感	改变互感	差动变压器	位移
			自整角机	位移
			旋转变压器	位移
	频 率	改变谐振回路中的固有参数	振弦式传感器	压力、力
			振筒式传感器	气压
			石英谐振传感器	力、温度等
			光栅	大角度位移、大直线位移
	感应同步器			
	数 字	利用拾磁信号	磁栅	大角度位移
		利用数字编码	角度编码器	
温差电动势		热电偶	温度、热流	
电 量	电 动 势	霍尔效应	霍尔传感器	磁通、电流
		电磁感应	磁电传感器	速度、加速度
	光电效应	光电池	光强	
	辐射电离	电离室	离子计数、放射性强度	
	压电效应	压电传感器	动态力、加速度	

表 13-2 BLR 系列电阻应变式拉、压力传感器技术数据

型号	量程 (kN)	灵敏度 (mV/V)	非线性重 复性滞后 (%)	分辨率 (%)	工作温度 (°C)	电桥电压 (V)	应用
BLR-1/1	1	1~1.5	0.5	0.1	-10~50	15~24	与电阻应变仪做配套,广泛应用在力的测量分析以及自动化系统中称重和控制元件等
BLR-1/1.5	1.5						
BLR-1/2	2						
BLR-1/3	3						
BLR-1/5	5						
BLR-1/7	7						
BLR-1/10	10						
BLR-1/15	15						
BLR-1/20	20						
BLR-1/30	30						
BLR-1/50	50						
BLR-1/70	70						
BLR-1/100	100						
BLR-1/150	150						
BLR-1/200	200						
BLR-1/300	300						
BLR-1/500	500						
BLR-1/700	700						
BLR-1/1000	1000						

表 13-3 GL 系列电阻应变式力传感器技术数据

型号	量程 (kN)	灵敏度 (mV/V)	非线性重 复性滞后 (%)	分辨率 (%)	工作温度 (°C)	电桥电压 (V)	应 用
GL-C/1	1	2	0.03~0.1	0.03~0.1	-30~70	15	广泛用于汽车衡、料斗秤、吊秤等电子秤中,以及工业系统中力的分析和测量,还可作为自动控制元件
GL-C/2	2						
GL-C/3	3						
GL-C/5	5						
GL-C/7	7						
GL-C/10	10						
GL-C/20	20						
GL-B/5	5						
GL-B/10	10						
GL-B/20	20						
GL-B/30	30						
GL-B/50	50						
GL-B/100	100						
GL-B/200	200						
GL-B/300	300						
GL-A/50	50						
GL-A/100	100						
GL-A/200	200						
GL-A/300	300						

表 13-4 GY 系列电阻应变式力传感器技术数据

型号	量程 (kN)	灵敏度 (mV/V)	非线性重 复性滞后 (%)	分辨率 (%)	工作温度 (°C)	电桥电压 (V)	应用
CY-S/5	5	2	0.03~0.1	0.03~0.1	-30~70	20	广泛用于电子秤中 (料斗秤、汽车衡、轨道 衡)和力的分析与测 量,并可作为自动控制 元件
CY-S/10	10						
CY-S/20	20						
CY-S/30	30						
CY-S/50	50						
CY-S/100	100						
CY-S/150	150						
CY-S/200	200						
CY-S/250	250						
CY-S/300	300						
CY-S/500	500						

表 13-5 YE 系列压电式石英压力传感器技术数据

型号	测量范围 (kN)	电荷灵敏度 (pC/g)	线性度重 复性滞后 (%)	绝缘电阻 (Ω)	电容量 (pF)	谐振频率 (kHz)	工作温度 ($^{\circ}\text{C}$)	重量 (g)	外形尺寸 (mm)	应 用
YE14301	0~2.5				8	45		20	16×22×10	广泛用于 测量各种动 态力和静态 力,也可与速 度计连用实 现机械阻抗 和桩基材料 测量
YE14302	拉 0~1 压 0~5				10	64		55	26×32×26	
						30		120	40×14×11	
YE14308	10	4	1	10^{13}	20	25	-196~200	150	48×54×15	
YE14313	50							250	56×64×19	
YE14314	100									
YE14315	拉 0~2 压 0~10				10	60		84	34×46×38	

表 13-6 BHR 系列电阻应变式力荷重传感器技术数据

型号	量程 (kN)	灵敏度 (mV/V)	非线性重 复性滞后 (%)	分辨率 (%)	工作温度 (°C)	电桥电压 (V)	应 用
BHR-4/1	1	1~1.5	0.5	0.1	-10~55	6	配用电阻应变仪或 电子秤可作各种静、动 态条件下测力或秤重
BHR-4/2	2						
BHR-4/3	3						
BHR-4/5	5						
BHR-4/7	7						
BHR-4/10	10						
BHR-4/15	15						
BHR-4/20	20						
BHR-4/30	30						
BHR-4/50	50						
BHR-4/70	70						
BHR-4/100	100						
BHR-4/150	150						
BHR-4/200	200						
BHR-4/300	300						
BHR-4/500	500						

(续表)

型号	量程 (kN)	灵敏度 (mV/V)	非线性重 复性滞后 (%)	分辨率 (%)	工作温度 (°C)	电桥电压 (V)	应用
BHR-4/700	700						配用电阻应变仪或 电子秤可作各种静、动 态条件下测力或称重
BHR-4/1000	1000						
BHR-8/0.01	0.01						
BHR-8/0.02	0.02						
BHR-8/0.03	0.03						
BHR-8/0.05	0.05						
BHR-8/0.07	0.07						
BHR-8/0.10	0.10	1~1.5	0.5	0.1	-10~55	6	
BHR-8/0.15	0.15						
BHR-8/0.20	0.20						
BHR-8/0.30	0.30						
BHR-8/0.50	0.50						
BHR-8/0.70	0.70						
BHR-8/1	1						
BHR-8/1.5	1.5						

表 13-7 BPR 系列电阻应变式压力传感器技术数据

型号	量程 (mPa)	灵敏度 (mV/V)	非线性重 复性滞后 (%)	分辨率 (%)	工作温度 (°C)	电桥电压 (V)	应用
BPR-2/1	1	0.5	1	0.1	<180(风冷)	10	广泛用于发动机中的压力测定,水力系统、空气系统、蒸汽系统中的动、静压测量,高温高压下的动压测定等
BPR-2/1.5	1.5						
BPR-2/2	2						
BPR-2/3	3						
BPR-2/5	5						
BPR-2/7	7						
BPR-2/10	10						
BPR-2/15	15						
BPR-2/20	20						
BPR-2/25	25						
BPR-2/30	30						
BPR-2/40	40						
BPR-2/50	50						
BPR-2B/3	3						
BPR-2B/5	5						
BPR-2B/7	7						
BPR-2B/10	10						
BPR-2B/15	15						
BPR-2B/20	20						
BPR-2B/25	25						

表 13-8 HEL 系列电感位移式传感器技术数据

型号	测量范围 (mm)	线性度 (%)	重复性 (%)	回差 (%)	双向测量 对称性 (%)	输出 (mA)	工作温度 (°C)	应用
HEL-2/0.6	±0.6	0.2~1.0	0.08~0.4	0.08~0.4	0.2~1.0	0~500	-10~85	可与数字电 压表或 X-Y 记录仪等多种 仪表配接,对位 移进行显示和 记录、运算及控 制
HEL-2/1	±1							
HEL-2/1.6	±1.6							
HEL-2/2.5	±2.5							
HEL-2/5	±5							
HEL-2/10	±10							
HEL-2/25	±25							
HEL-2/50	±50							
HEL-2/75	±75							
HEL-2/150	±150							

(续表)

型号	测量范围 (mm)	线性度 (%)	重复性 (%)	回差 (%)	双向测量 对称性 (%)	输出 (mA)	工作温度 (°C)	应用
HEL-1/0.6	0~0.6	0.2~1.0	0.08~0.4	0.08~0.4	单向测量	0~500	-10~85	可与数字电 压表或 X-Y 记录仪等多种 仪表配接,对位 移进行显示和 记录、运算及控 制
HEL-1/1	0~1							
HEL-1/1.6	0~1.6							
HEL-1/2.5	0~2.5							
HEL-1/5	0~5							
HEL-1/10	0~10							
HEL-1/25	0~25							
HEL-1/50	0~50							
HEL-1/75	0~75							
HEL-1/100	0~100							
HEL-1/150	0~150							
HEL-1/200	0~200							

表 13-9 WY 系列差动变压器式位移传感器技术数据

型号	测量范围 (mm)	线性度 (%)	灵敏度 (mV/mm)	动态频率 (Hz)	漂移 (%/°C)	电桥电压 (V DC)	工作温度 (°C)	应用
WYDC-1D	0~1	0.1~0.5	10	0~200	0.05	10	-10~50	适于测量伸 长、移动、振动、 膨胀、应变、重 量等物理量
WYDC-0.5D	±0.5							
WYDC-3L	0~3							
WYDC-1.5D	±1.5							
WYDC-5L	0~5							
WYDC-3D	±3							
WYDC-10L	0~10							
WYDC-5D	±5							
WYDC-15L	0~15							
WYDC-7.5D	±7.5							
WYDC-20L	0~20							
WYDC-10D	±10							
WYDC-25L	0~25							
WYDC-30L	0~30							

(续表)

型号	测量范围 (mm)	线性度 (%)	灵敏度 (mV/mm)	动态频率 (Hz)	漂移 (%/°C)	电桥电压 (V DC)	工作温度 (°C)	应用
WYDC-15D	±15	0.1~0.5	4	0~200	0.05	10	-10~50	适于测量伸长、移动、振动、膨胀、应变、电量等物理量
WYDC-50L	0~50		3					
WYDC-25D	±25							
WYDC-100L	0~100	2						
WYDC-50D	±50							
WYDC-150L	0~150	1						
WYDC-75D	±75							
WYDC-200L	0~200	0.2~1	0.5					
WYDC-100D	±100							
WYDC-300L	0~300							
WYDC-150D	±150							
WYDC-400L	0~400							
WYDC-200D	±200							
WYDC-500L	0~500			0.3~1				

(续表)

型号	测量范围 (mm)	线性度 (%)	灵敏度 (mV/mm)	动态频率 (Hz)	漂移 (%/°C)	电桥电压 (V DC)	工作温度 (°C)	应用
WYDC-250D	±250	0.3~1	0.5		0.05		-10~50	适于测量伸长、移动、振动、膨胀、应变、重量等物理量
WYW-0.1D	±0.1	0.5						
WYW-0.5D	±0.5	0.1~0.3						
WYW-1D	±1							
WYW-1.5D	±1.5	0.05~0.3						
WYW-2D	±2							
WYW-3D	±3							
WYW-5D	±5	0.1~0.3	10~20	0~200	0.025	10	-10~70	
WYW-10D	±10							
WYW-15D	±15	0.2~0.5						
WYW-20D	±20							
WYW-25D	±25							
WYW-50D	±50	0.3~0.5						

表 13-10 WR 系列应变位移传感器技术数据

型 号	WR2	WR5	WR10	WR15	WR20	WR25
测量范围(mm)	0~2	0~5	0~10	0~15	0~20	0~25
满量程输出($\mu\epsilon$)	3000					
线性度(%)	<0.5					
重复性(%)	<0.5					
测量力(N)	<5					
电缆长度(m)	2					
使用温度($^{\circ}\text{C}$)	-10~50					
重量(g)	30		35	40		55
应 用	广泛用于测量各种机械零部件的拉伸、压缩等线位移					

表 13-11 8500 系列电涡流位移传感器技术数据

型号	85811-01 探头	85745-01 前置器	85811-02 探头	85745-02 前置器	85811-03 探头	85745-03 前置器
量程(mm)	1.5		4		10	
灵敏度(mV/ μm)	8		4		0.8	
分辨力(μm)	1		3		10	
工作频率(kHz)	0~10		0~10		0~10	
线性度(%)	1.5		2		1.5	
工作温度($^{\circ}\text{C}$)	-30~+150	-30~+70	-30~+150	-3~+70	-30~+150	-30~+70
温漂(%/ $^{\circ}\text{C}$)	0.1		0.2		0.1	
应用	可对旋转轴或其他旋转体的位移和振动进行非接触测量					

表 13-12 LVDT 差动变压器式位移传感器技术数据

型号	LVDT -1 型	LVDT -5 型	LVDT -10 型	LVDT -15 型	LVDT -30 型	LVDT -50 型	LVDT -200 型
量程(mm)	0~±1	0~±5 0~10	0~±10 0~20	0~+15 0~30	0~±30 0~60	0~±50 0~100	0~±200 0~400
线性度(%)	<0.5	<0.8	<0.8	<1	<1	<1	<1
分辨率(μm)	<1	<2	<10	<10	<20	<20	<30
灵敏度(mV DC/mm)	600	600	300	100	270	150	50
输出(V DC)	±0.6	±3	±3	±1.5	±8	±8	±10
电源	27V DC 或 220V AC	27V DC 或 220V AC	27V DC 或 220V AC	12V DC 或 220V AC	13V DC 或 220V AC	12V DC 或 220V AC	12V DC 或 220V AC
应用	用于计量位移或其他机械量的大小和方向,也可用于远距离传输、记录显示和控制						

表 13-13 编码器式位移传感器技术数据

型号	BMQ-2 ⁹	BMQ-2 ¹⁴	BMQ-2 ¹⁹	BMQ-10 ⁴
比特数	2 ⁹	2 ¹⁴	2 ¹⁹	10 ⁴
表示范围	0~511	0~16383	0~524287	0~9999
编码方式	格雷三	格雷码十二进制码	格雷码十二进制码	BCD“8421”码
分辨率	1/2 ⁹	1/2 ¹⁴	1/2 ¹⁹	1/10 ⁴
级数	1	2	3	4
耦合形式		内变速	内变速	内变速
类型	绝对	绝对	绝对	绝对
读出误差	±1	±1	±1	±1
使用寿命(h)	>10 ⁶	>10 ⁶	>10 ⁶	>10 ⁶
轴伸(mm)	φ6×40	φ6×40	φ6×40	φ6×40
轴向可换性	可换	可换	可换	不可换
读出方式	并行	并行	并行	并行
使用说明	可作为 2 ⁷ 、2 ⁸ 使用	可作为 2 ¹⁰ 、2 ¹¹ 、2 ¹³ 使用	可作为 2 ¹⁵ 、2 ¹⁶ 、2 ¹⁷ 、2 ¹⁸ 使用	
应用	广泛用于自动检测和控制系统中,它能与计算机和显示器或设备连接,实现动态测量和随机控制等			

表 13-14 热电偶式传感器技术数据

类别	型号	分度号	测温范围 (°C)	时间常数 (s)	允许偏差(°C)	备注	应用	
铂铑 ₃₀ ~ 铂铑 ₆	WRP-120	B	0~1600	<150	600~800±4, 800 ~1800±t×0.5%	防溅式, 无固定装置 防水式	广泛用于 温度测量和 调节的变送 器, 与显示 仪表配套, 用以测量各 种生产过程 中液体、气 体和蒸汽介 质以及固体 表面等的温 度	
	WRP-130							
铂铑 ₁₀ ~ 铂	WRP-120	S	0~1300	<90	0~600±1.5, 600 ~1300±t×0.25%	防溅式 防水式		
	WRP-130							
镍铬~镍 硅	WRN-120	K	0~1000	<90	≤400±2.5, >400±t×0.75%	防溅式 防水式		
	WRN-130							
	WRN-220							
	WRN-230							
	WRN-320							
	WRN-330							
	WRN-420							φ105mm 固定法兰式 φ95mm
	WRN-430							
	WRN-520							防溅式, 可动法兰角尺式 防水式
	WRN-530							

(续表)

类别	型号	分度号	测温范围 (°C)	时间常数 (s)	允许偏差(°C)	备注	应用
镍铬~镍硅	WRN-620	K	0~600	<90	≤400 ± 2.5, >400 ± t × 0.75%	防溅式, 固定螺纹锥形管 M33×2	广泛用于 温度测量和 调节的变送 器, 与显示仪 表配套, 用以 测量各种生 产过程中液 体、气体和蒸 汽介质以及 固体表面等 的温度
	WRN-630					防水式	
镍铬~考 铜	WRK-120	EA-2	0~600	<90	≤300 ± 3.0, >300 ± t × 1%	防溅式, 无固定装置	
	WRK-130					防水式	
	WRK-220					M27×2	
	WRK-230					M33×2	
	WRK-320					防溅式, 固定螺纹	
	WRK-330					防水式	
	WRK-420					防溅式, 活动法兰式	
	WRK-430					防水式	
	WRK-520					防溅式, 固定法兰式 φ105mm	
	WRK-530					φ95mm	
WRK-620	防溅式, 可动法兰角尺式						
WRK-630	防水式						
						防溅式, 固定螺纹锥形管 M33×2	

注: 表中 t 为温度。

表 13-15 热电阻式传感器技术数据

类别	型号	分度号	测温范围 (°C)	时间常数 (s)	允许偏差(°C)	备注	应用					
铂热 电阻	WZP-120	Pt100	-200~ 500	<90	$\left. \begin{array}{l} -200 \sim 0 \pm (0.30 \\ + 6.0 \times 10^{-3} t) \\ 0 \sim 500 \pm (0.30 \\ + 4.5 \times 10^{-3} t) \end{array} \right\}$	防溅式,无固定装置 防水式	同热电 偶式传感 器					
	WZP-130			<60				防溅式,固定螺纹式 M27×2 防水式				
	WZP-220			<90								
	WZP-230		-200~ 300	<30		插头座式,固定螺纹式 普通接线式						
	WZP-269			<60				防溅式,活动法兰式 防水式				
	WZP-280		-200~ 500	<60		防溅式,固定法兰式 防水式						
	WZP-320			<60				防溅式,固定螺纹锥形管 M33×2 防水式				
	WZP-330		<60	防溅式,无固定装置 防水式								
	WZP-420		<60			防溅式,固定螺纹 M27×2 防水式						
	WZP-430		<60	插头座式,固定螺纹式 防水式								
	WZP-620		<60			防溅式,活动法兰式 防水式						
	WZC-120		Cu50	-50~ 100				<120	$\left. \begin{array}{l} -50 \sim 100 \pm (0.30 \\ - 6.0 \times 10^{-3} t) \end{array} \right\}$	防溅式,固定法兰式 防水式		
	WZC-130					<100						
	WZC-220					<120						
WZC-230	<120											
WZC-269	<120											
WZC-320	<120											
WZC-330	<120											
WZC-420	<120											
WZC-430	<120											
铂热 电阻	WZC-120	Cu50			-50~ 100	<120	$\left. \begin{array}{l} -50 \sim 100 \pm (0.30 \\ - 6.0 \times 10^{-3} t) \end{array} \right\}$	防溅式,固定法兰式 防水式				
	WZC-130					<100						

注: t 为温度。

表 13-16 CD 系列磁电式速度传感器技术数据

型号	CD-1	CD-2	CD-3CS	CD-4	CD-7SC	CD-8	CD-21
灵敏度 [$\text{mV}/(\text{cm}\cdot\text{s}^{-1})$]	600	300	150~320	600	6000	>20	200
频率范围 (Hz)	10~500	2~500	15~300	2~300	0.5~20	2~500	10~1000
最大可测位移 (mm)	± 1	± 1.5	± 1	± 15	± 5	—	± 1
最大可测加速度 (m/s^2)	50	100	100	—	<10	—	500(冲击)
线性度 (%)	5						
测量方式	绝对	相对	绝对	相对	绝对	非接触	绝对
应用范围	稳态						
应用	用于测量振动速度、位移和加速度						
					低频	—	监视用

表 13-17 YE141 系列压电式加速度传感器技术数据

型号	电荷灵敏度 (pC/g)	电压灵敏度 (mV/g)	频率响应 (Hz)	最大可测 加速度 (m/s ²)	安装谱 振频率 (kHz)	最大横向 灵敏度比 (%)	环境温度 (°C)	引出 方向	应用
YE14100	—	5	0.5~300	10 ⁻⁵ ~2	>0.9	5	-10~80	侧	可以直 接用来测 量加速度, 或经二次 仪表积分 运算,把加 速度信号 转换成速 度信号或 位移信号
YE14101	—	10		10 ⁻⁵ ~5	>1.5		-10~120		
YE14103	0.2	—	1~8000	10000	>40		-10~80	侧	
YE14104	0.35	—	1~5000	5000	>20		-10~150	顶	
YE14105	30	—	0.5~300	10 ⁻⁵ ~200	>1.5		-10~120	侧	
YE14107	0.5	—	1~5000	10000	>25		-40~120	顶	
YE14115	0.07	—	1~10000	100000	>45		-10~120	侧	
YE14116	0.1	—	1~5000	10000	>25		-10~120	顶	
YE14118	1	—		1000	>15		-10~50		
YE14119	—	0.3	1~5000	1800	>25		-10~120	侧	
YE14120	1	—		1000	>15	-10~200			
YE14126	0.02	—	1~15000	100000	>45	-10~150	顶		
YE14127	1.5	—	0.5~5000	5000	>15	-10~150	侧		

表 13-18 CH 系列电容传声器技术数据

型号	直径 (mm)	灵敏度 (mV/Pa)	频响 (Hz)	动态范围 (dB)	极化电压 (V)	温度系数 (dB/°C) (-40~10°C)	频率响应	应用
CH11	24	50	20~18k	20~146	200	0.02	自由场	用于噪声 波测量中使 用的精密仪 器
CH12	24	50	20~7k	20~146			压力场	
CH13	12	10	20~40k	32~160			自由场	
CH14	12	10	20~20k	32~160			压力场	
CH16	6	1	30~70k	70~180			压力场	
CH18	3	0.3	30~140k	90~184			压力场	

13-3 常用传感器的选用

常用传感器的选用原则,见表 13-19。

表 13-19 常用测量传感器的选用原则

特 性	定 义	选 用 原 则
灵敏度	<p>输出端信号的变化量与引起这种变化的被测量的变化量之比值,它可分为绝对灵敏度和相对灵敏度</p> <p>绝对灵敏度 $S = \frac{\Delta I}{\Delta x}$</p> <p>相对灵敏度 $S_{\text{H}} = \frac{\Delta I}{(\Delta x/x)}$</p> <p>式中 ΔI —— 输出端信号的变化量</p> <p>x —— 被测量</p> <p>Δx —— 被测量的变化量</p>	<p>在量程范围内,传感器的灵敏度越高越好,但要求注意外界噪声干扰影响</p> <p>当被测量是一维向量时,要求传感器的单向灵敏度高、横向灵敏度小,大多数传感器的横向灵敏度约为 5%</p> <p>当被测量是二维或三维向量时,要求传感向量间的交叉灵敏度要小</p>
线性范围	<p>线性范围或动态线性范围,是指机械输入量与传感器输出量之间维持线性比例关系的测量范围</p>	<p>线性范围越宽,表明传感器的工作量程越大。传感器工作在线性区域,是保证测量精度的基本条件</p> <p>任何传感器都不容易保持绝对线性,选用时必须考虑被测量的变化范围,使传感器的非线性误差在允许范围内</p>
动态特性	<p>测量交变信号时,在其所测频率范围内保持信号不失真的测量特性,主要包括传感器的响应延时、传感器的幅频特性及相频特性等</p> <p>幅频特性——传感器的灵敏度与输入信号变化频率的关系</p> <p>相频特性——被测输入量作正弦变化时,与输出量之间相位差随频率的变化关系</p>	<p>传感器的响应延迟时间一般越短越好</p> <p>在信号的所测频率范围内,要求传感器的幅频特性是平直的;而要求相频特性是线性的或不变的</p> <p>在测量振动基本参数时,要求传感器的幅频特性要好;在测量系统的振动特征参数时,对传感器的幅频特性和相频特性都应有适当的要求</p> <p>幅频特性一般是用灵敏度变动不超过 3dB 的频率范围来衡量的</p>

(续表)

特 性	定 义	选 用 原 则
稳定性	表示传感器经过长期使用之后,其输出特性不发生变化的性能,影响传感器的稳定性的因素是时间和环境	<p>对于长期工作或处于比较恶劣环境下工作的传感器,在选用时必须优先考虑稳定性因素</p> <p>环境因素中,一般应考虑:温度、湿度、振动、油剂、尘埃、电磁场等因素,还应考虑声场和基座应变等因素</p>
精确度	传感器的精确度表示传感器的输出量与被测量之间的对应程度,它包括传感器的测试量值精度和重复精确度	<p>对于定性分析的测试,只要求传感器的重复精确度即可</p> <p>对于定量分析的测试,要求传感器具有足够高的测试量值精度和重复精确度</p>
测试方式	传感器在实际条件下的工作方式。例如,接触与非接触测量;在线测量与非在线测量等等	<p>一般,对于运动部件(如回转轴的振动)的测量往往需要用非接触测量。此外,在高温或有害介质等难以接近的场合下进行高精度测量是非接触式测量传感器的优点</p> <p>接触测量中要注意传感器重量、尺寸对被测物体测量状态的影响。一般要求传感器重量轻、尺寸小。但重量轻的传感器灵敏度低</p> <p>测量方式的选择还应当考虑信号的分析、传输和采集等因素</p>
其 他	传感器的结构、输出信号;传感器连接电缆的屏蔽;价格、维修、更换。	<p>传感器的结构要便于安装,输出信号要便于传输、放大、变换和记录。传感器输出电缆要求具有良好的绝缘性和屏蔽</p> <p>一般要求传感器价格便宜、维修方便、易于更换</p>

第十四章 家用电器

14-1 家用电器的分类及其应用

目前家用电器种类已达数百种，上万个款式规格，其分类尚未有一个标准，各国对家电分类也不一，有按家用电器复杂程度，按大小件、按用途来分类。我国目前基本上是按用途分类的，一般分为13大类，具体分类及用途，见表14-1。

表 14-1 家用电器的分类及其用途

类别	主要产 品	用 途
制冷器具	电冰箱、冷冻箱、冷饮机、制冰机、冷藏柜、冰淇淋机等	用于物品（食品、药品）的冷藏
空调器具	空调器、电风扇、除湿机、加湿机、恒温恒湿机、空气净化器等	用于加速室内空气流动，调节室内外空气温度、湿度以及清除空气中的灰尘
取暖器具	空间加热器、板式电暖器、远红外电取暖器、电热毯、电褥、电暖手、足器等	主要用于取暖
厨房器具	电饭锅、电炒锅、电煎锅、电炸锅、电火锅、电蒸锅、电热锅、电烤箱、微波炉、电水壶、烘面包机、和面机、绞肉机、电切刀、洗碗机、电磁灶、电灶、家用净水器等	主要用于食品加工，烹饪及清洗
清洁器具	洗衣机、干衣机、吸尘器、打蜡机、喷雾器、电熨斗、淋浴器等	主要用于清洁室内、外环境及设备，洗刷各种用具，纤维织物的洗涤，脱水、干燥、熨烫等

(续表)

类别	主要产品	用途
整容器具	电吹风、电推剪、电动剃须刀、多用整发器等	用于理发、吹风和剃须等
熨烫器具	普通电熨斗、调温电熨斗、喷雾电熨斗、蒸气电熨斗、熨衣机、熨压机等	用于熨烫衣物和纤维织物
电声器具	收音机、录音机、电唱机、扩音机、对讲机、音箱、立体声组合音响设备	用于文化娱乐
视频器具	电视机、录像机、摄像机、LD机、CD机、VCD机、DVD机	用于文化娱乐
娱乐器具	电子玩具、电动玩具、电子乐器、音乐门铃、电子游戏机等	用于娱乐
保健器具	空气负离子发生器、按摩器、脉冲治疗仪、磁疗机、远红外保健器、助听器、电灸器、热敷器等	用于人体保健
照明器具	吊灯、吸顶灯、壁灯、落地灯、台灯、射灯及其他新型灯具等	主要用于照明
其他器具	胶木电器、万用表、电度表、电子钟、电子表、电动缝纫机、计算器	

14-2 家用电风扇

14-2-1 家用电风扇的分类

家用电风扇种类很多，其分类方法有以下几种：

按用途分类有台扇、壁扇、台地扇、落地扇、顶扇、吊扇、排气扇、转页扇以及箱式风扇等。

按扇叶直径尺寸分类有：200、250、300、350、400、500、600、900、1050、1200、1400、1500和1800mm。

按其功能分类有：简易型风扇，没有摇头装置，不能调速；普通型风扇，有摇头装置、可以调速；高级型风扇，带有控制摇头角度装置、能多级调速和定时控制，有的还带有感应停转和温控装置等。

14-2-2 家用电风扇主要技术性能

1. 电风扇的风量、使用值和耗用功率

电风扇的风量和使用值与电风扇转速、风叶的规格、风叶的扭角、风叶形状等均有关系。这些关系与设计有很大关系，设计合理、风量就大，使用值就高。常用电风扇的风量、使用值、耗用功率和转速等，见表 14-2。

表 14-2 电风扇的风量、使用值、耗用功率和转速

类型	规格 (mm)	最小风量 (m ³ /min)	最低使用值 (m ³ /min·W)		功率 (W)	转速 (r/min)
			电容式	罩极式		
台扇 壁扇 台地扇 落地扇	200	16	0.60	0.50	32	2200
	(230)	20	0.70	0.55	38	2200
	250	25	0.82	0.60	32	1250
	300	38	0.90	0.65	46	1360
	350	51	1.00	0.70	54	1305
	400	65	1.10	0.75	66	1303
	500	90	1.25	—	78	—
	600	150	1.45	—	85	—
吊扇	(700)	105	2.80	1.70	75	—
	900	140	3.05	2.12	75	260
	1050	170	3.10	2.40	75	260
	1200	215	3.25	2.74	75	260
	1400	270	3.50	2.83	85	260
	1500	300	3.70	3.00	90	260
	1800	325	3.85	3.08	—	—
转页扇	300	42	—	—	54	1250
排风扇	400	33	—	—	75	1250
	500	65	—	—	145	950

2. 绝缘性能

电动机绕组对机壳的绝缘，应能承受频率为 50Hz、1500V（对单相电机）的耐压试验，历时 1 分钟，不发生击穿或闪络现象为合格。

风扇在 130% 额定电压下空载运转 5 分钟后，其匝间绝缘不

应发生击穿或短路现象。

3. 风扇各部分的容许温升，见表 14-3。

表 14-3 电风扇各部分的容许温升

测量部位	最高容许温升 (以环境温度 40℃ 为基准)℃		测量方法
	A 级 绝 缘	F 级 绝 缘	
绕 组	55	70	电阻法
铁 心	45	60	温度计法
机壳表面	30	30	温度计法

4. 电风扇易损零件寿命

电风扇的轴承和传动齿轮的使用寿命不应低于 5000 小时。风扇调速开关在额定电压下，加以最大负载电流，经 5000 次操作试验后应仍能正常使用。

5. 噪声要求

当电风扇在额定条件下，处于最高转速且处于摇头状态时，其噪声应在 60dB 以下。大型电风扇其噪声不应超过 75dB。

6. 耐久性

当电风扇的额定电压增到 1.1 倍时，电风扇在正常负载下运行 48 小时，而后转为 0.9 倍额定电压和正常负载下运行 48 小时，再在上述条件下各启动 50 次，每次接通 10~50s，每次启动之间的间隔时间不少于接通时间的 3 倍。其绝缘电阻仍不小于 2MΩ。

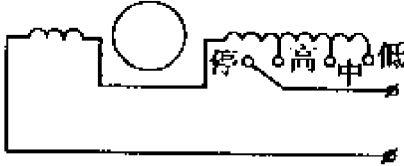
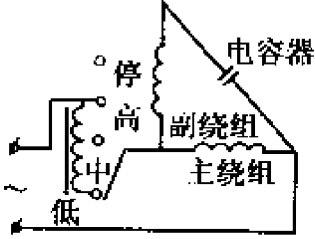
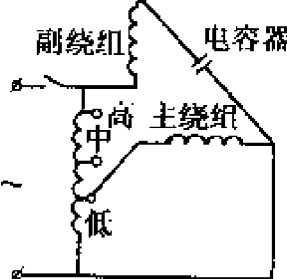
14-2-3 家用电风扇的调速

电风扇风量的大小，主要由风扇电动机的转速来决定。不同风扇电动机，调速方式亦不同。目前家用电风扇的电动机大都采用交流单相电动机，即罩极式和电容式异步电动机。其调速方法有：电抗调速、自耦变压器调速、抽头调速、电容调速，晶闸管调压调速，以及用分数倍频器改变供电频率的调速等。具体调速

方法及接线原理图，见表 14-4。

电风扇电抗调速器主要技术指标，见表 14-5。

表 14-4 电风扇电动机调速方法及接线图

原理	方法	接线原理图	特点	应用
改变绕组端电压	改变定子绕组接线到不同极数		特制的定子绕组	罩极异步电动机
	定子绕组线圈抽头		定子磁极线圈抽头改变匝数	罩极异步电动机
	串联电抗器		调节电抗值，改变电路参数来调速；调速范围大，电动机简单，但功耗大，成本高，低速性能差	台扇、吊扇电动机
	自耦变压器供电		调节自耦变压器抽头，改变供电电压；调速范围大，但成本高，功耗大	实用性差

(续表)

原理	方法	接线原理图	特点	应用
改变绕组端电压	串联电容器		调节串联电容值,方法简易	台扇、吊扇、转页扇电动机
	晶闸管调压		利用晶闸管调压,调速范围宽,无级调速,可低速模拟自然风,但电压波形差、电动机噪声大	吊扇、台扇、转页扇电动机
改变供电频率	用分数倍频器改变供电频率		低速节能,成本高	轴流风机、空调器风扇、台扇电动机

表 14-5 电风扇电抗调速器主要技术指标

类别	规格 (mm)	铁心尺寸			调速线圈		指示灯线圈			配合电机型号	
		形式	外形尺寸 (mm)	窗口尺寸 (mm)	叠厚 (mm)	线径 (mm)	匝数	线径 (mm)	匝数		电压 (V)
台扇	200	C	φ10			φ0.17	1600				罩极式 1
	250	E	63.4 × 60.3	38.1 × 12.7	13	φ0.17	1400 + 200 + 200	φ0.17	72 + 600	6.3	电容式 1
	300	E	63.4 × 60.3	38.1 × 12.7	13	φ0.27	750 + 100				罩极式 3
	300	E	63.4 × 60.3	38.1 × 12.7	13	φ0.17	1100 + 250 + 200	φ0.17	70 + 300	6.3	电容式 3
	350	E	φ57	12	18	φ0.21	800 + 350 + 250	φ0.19	70	4	电容式 5
	400	E	φ57	12	18	φ0.23	640 + 300 + 200	φ0.19	65	4	电容式 7
	400	E	63.4 × 60.3	38.1 × 12.7	17	φ0.41	380 + 70				罩极式 4
顶扇	350	E	φ57	12	18	φ0.23	200 + 850 + 350	φ0.19	70	4	电容式 9
	400	E	φ57	12	18	φ0.29	190 + 500 + 220	φ0.19	65	4	电容式 10
吊扇	900	E	63.4 × 60.3	38.1 × 12.7	18	φ0.38	250 + 100 + 100 + 100 + 100				罩极式 15
	1200	E	63.4 × 60.3	38.1 × 12.7	18	φ0.27	380 + 120 + 110 + 100 + 100 + 100				电容式 13
	1400	全封闭		40 × 60	20	φ0.38	414 + 69 + 81 + 43 + 73 + 88				电容式 14

14-2-4 家用电风扇的选用和保养

1. 电风扇的选用

(1) 根据环境选用电风扇：家用电风扇是放在室内使用的。要根据室内的环境，房屋大小、高矮、结构特点、色彩等条件来考虑选用哪种电风扇。一般房间可选用200~400mm的台扇；如房间大些可选用落地扇，如房间窄小可选用壁扇；吊扇的选用需要考虑房屋的高度，顶棚坚实，室内面积较大。

(2) 安全性能：电风扇在选用时，一定要保证电性能良好，绝缘性能好，保证人身安全。首先要查看产品合格证；机壳是否有接地线；电源线应为双重绝缘线等等。

(3) 查看外观：电风扇外观应美观、大方，除色泽色调之外，还要检查电镀件和喷漆件表面是否光滑。

(4) 运转性能：带调速的电风扇一般有三种速度，按各档键时，风扇都应能在静止状态下平稳起动。调速换档时，要灵活并能连续运行，而且各档速度要有明显的差别。电风扇在摆头时，其机构应灵活，均匀平稳，无阻滞现象和振颤，左右转动角度应一致，摆动到极限位置时，其停顿的时间要短，摆动角应在 60° ~ 120° ，并且摆头的停或转的操作都不妨碍扇叶的旋转。摆头往返次数每分钟不少于4次为佳。

(5) 控制机构：电风扇的各种开关、按钮应灵活，准确有效，复位正常。琴键开关应当互锁，不能有两键同时按下的现象，并且指示灯应完好无损。

(6) 噪声：选用电风扇时，先不装扇叶，接通电源，使机头电机运转，听一下电动机运行时的噪声大小，有无异常声音；如完全正常，关闭电源，拔下插头。装上扇叶，装好罩。打开电源开关，使电风扇旋转，再听其声音；换速度后再观、听其运转情况。如噪声很大，甚至发生振动，其原因大致是扇叶变形，制造工艺不当而产生的。选用时要注意。

(7) 观察温升情况：电风扇一般工作温度在 85°C 以下方为

正常。电风扇在运行 1~2 小时后，手触风扇电机外壳如果只有微微温手的感觉，表明温升正常；感到烫手，表明温升过高。温升过高，不仅会影响电扇的使用寿命，而且有可能造成人身事故。

2. 电风扇的保养

电风扇寿命的长短，与正确使用和维护保养有很大关系，下面介绍几点保养方法：

(1) 加油：电风扇的轴承一般采用含油轴承，轴承本身有许多微孔，可以贮藏润滑油。轴承的槽坑内还有一条毛油毡，可以盛油作补充油源。为了确保轴承有充足的油量，每年开始使用电风扇时，应在前后轴承加油孔内注入 20 号优质机油或缝纫机油数滴，忌用劣质油或黏度大的机油。使用半年后，应检查齿箱中的润滑脂是否变质硬化。清洗齿箱后，应加优质 1 号润滑脂（复合钙基脂 1 号）。

(2) 清洁：为了保持电风扇表面美观，可用软质布沾少许肥皂水把污物或污点擦去，然后用软质布沾清水擦净肥皂水，尔后用干的软质布揩干。罩网和风叶的积尘，可用毛刷轻轻地扫除，但要注意，不能使风叶变形。电镀件可在表面上涂上少许润滑油和中性油、白蜡等，以防生锈。

(3) 保藏：电风扇长期不用时，先将网罩、叶片拆卸下来，清洗后，放入塑料袋内。再用纱布或棉丝将机头和机座外表清洗干净，用塑料布袋包扎好，放在干燥通风的地方。

在南方潮湿地带，尽量将电风扇保存在较干燥或通风的地方，以防止电动机内的线圈受潮，在有条件的情况下，隔一段时间，将机头通电一次，每次约 20 分钟左右，以除去潮气。

14-2-5 家用电风扇常见故障及其处理方法

家用电风扇常见故障及其处理方法，见表 14-6。

表 14-6 电风扇常见故障及处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
电扇不能启动	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源线损坏, 电源开关、调速开关及定时开关接触不良或连接线断开 2. 电机定子线圈损坏 3. 电机轴承缺油或油污严重 4. 轴承孔太松, 引起定、转子相擦 5. 电容器损坏 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换或修理电源线和各种开关, 焊牢断开的连接线 2. 更换新线圈, 处理故障点 3. 清洗电机轴承, 重新加油 4. 更换轴承 5. 更换同规格的电容器
电扇摇头失灵	<ol style="list-style-type: none"> 1. 与摇头机构连接的横担损坏, 或连杆开口销脱落 2. 离合器弹簧断裂或齿轮损坏 3. 离合器上下端不啮合 4. 摇头传动部分不灵活 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换连杆横担或重配开口销 2. 更换弹簧或齿轮 3. 重新调整离合器 4. 清洗、加油, 重新调整传动机构
电扇运转时有杂声	<ol style="list-style-type: none"> 1. 风叶止动螺钉松动 2. 风叶变形或不平衡 3. 轴向移动大(前后伸缩) 4. 轴承松动或损坏 5. 定、转子空隙间有杂物 6. 调速绕组铁片松动 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 拧紧止动螺钉 2. 校正和平衡风叶 3. 适当垫纸筒垫圈 4. 更换轴承 5. 清除杂物 6. 拧紧铁片、夹紧螺钉
电扇运转时颤动	<ol style="list-style-type: none"> 1. 风叶变形, 引起不平衡 2. 风叶套筒与转轴公差大 3. 转轴伸头弯曲 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 矫正变形的风叶 2. 镶套筒或更换风叶 3. 矫直或更换转轴
电扇外壳带电(麻手)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 连接线或引出线破裂 2. 电容器漏电(一端与外壳相连) 3. 电机绕组绝缘老化或烧坏 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换连接线或引出线 2. 更换电容器, 处理好绝缘 3. 重绕绕组

(续表)

故障现象	可能原因	处理方法
电扇琴键开关按下后不通电, 或任何两档被同时扣住	<ol style="list-style-type: none"> 1. 导线与开关脱焊 2. 通电簧变形与通电片接触不好 3. 自锁片脱落或失去作用 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 重新焊好 2. 拆下开关, 修理通电簧片 3. 重新修配
电扇在起动或运转中冒火花	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电机绕组受潮 2. 绕组绝缘损坏, 时而碰外壳 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 干燥后浸漆 2. 更换绕组, 损坏不严重时, 可浸漆加强绝缘
电扇在运行中冒烟	<ol style="list-style-type: none"> 1. 绕组线圈匝间短路 2. 调速电抗器线圈短路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换绕组线圈 2. 更换电抗器
合上电源开关, 指示灯不亮	<ol style="list-style-type: none"> 1. 指示灯座松动 2. 指示灯损坏 3. 电阻或感应线圈损坏 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 拧紧指示灯座 2. 更换指示灯 3. 更换电阻或感应线圈

14-3 家用电冰箱

14-3-1 家用电冰箱的分类

家用电冰箱的种类较多, 其分类方法也不统一。按制冷方式可分为: 电机压缩式、吸收式、电磁振荡式、半导体式、太阳能式等几种。按其结构型式可分为单门电冰箱、双门电冰箱、三门电冰箱、抽屉式电冰箱等等。

电机压缩式又称蒸发压缩式制冷法, 它是利用制冷剂 (俗称冷媒) 吸收热量, 由液态变为气态的原理而制冷的。常用的冷媒有氟里昂、氨等。

吸收式制冷法是以热能为动力。如煤气、煤油、电为热源。利用在同一压力下, 具有不同蒸发温度的双组分溶液, 其中低温蒸发组分完成制冷功能, 另一组分作为吸收剂。为维持制冷系统

各处的压力平衡，加入一种物质作为扩散剂。常用的制冷剂是氨，吸收剂是蒸馏水，扩散剂是氢。目前，还有少数地区生产这种电冰箱。





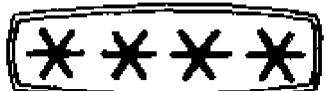
半导体制冷法是利用半导体温差电效应来制冷。半导体式冰箱具有很多优点，如体积可以做得很小，但其效率高；冷却速度和制冷温度可用调节工作电流的大小来控制，灵活性大；能可逆运行；无制冷剂等等。但目前尚存在价格高、耗水量大等缺点。

目前，使用最广的是电机压缩式电冰箱。

14-3-2 家用电冰箱的特性

1. 国际上家用电冰箱的温度分级，见表 14-7。
2. 常用电冰箱口耗电量，见表 14-8。
3. 食品保存时间，不同食品保存时间各不相同。一般食品冷藏时间，见表 14-9。

表 14-7 国际上家用电冰箱的温度分级

等 级	符 号	冷冻温度	冻结食品大约保存时间
一星级 ^①		-6℃ 以下	0.4 个月
二星级		-12℃ 以下	1 个月
高二星级 ^①		-15℃ 以下	1.8 个月
三星级		-18℃ 以下	3 个月
四星级		-24℃ 以下	6-8 个月

① 日本标准没有一星级，高二星级为日本标准所特有。

表 14-8 常用电冰箱耗电量

类别	容 积 (L)	耗 电 量 (kWh/24h)	
		直 冷 式	间 冷 式
单 门	100	0.8~1.0	—
	150	0.9~1.1	—
	180	1.1~1.3	—
	200	1.2~1.4	—
双 门	75	1.1~1.3	—
	100	1.1~1.4	—
	150	1.2~1.5	1.3~1.8
	170	1.3~1.5	1.35~1.8

表 14-9 食品冷藏时间

种 类	食品种类	贮存时间	说 明
肉 类	牛 肉	2~3 日	用蜡纸或塑料薄膜包好,以防脱水、走味
	猪 肉	3~4 日	
鱼 类	鲜 鱼	2~3 日	取出内脏,清洗干净后,放入少许食盐,用蜡纸或塑料袋包好
加工食品	火腿、腊肠	3~4 日	用蜡纸或塑料袋包好
	豆 腐	1~2 日	豆腐应放入存有新鲜水的容器内
乳 制 品	牛 奶	(生产日期开始) 5~6 日	开封后,应尽早食用
	奶 油	开封后两星期	
蔬 菜 类	西红柿	3~5 日	洗净擦干,然后用塑料袋封好。切开的菜,必须蜡纸封
	其他青菜	3~7 日	
其 他	蛋	7 日	放入蛋架内,周期更换
	加工豆类	5~7 日	封入塑料袋内

不同食品应放在电冰箱的不同位置,一般情况,蒸发器附近温度最低,因此,要根据食品冷藏保存的温度要求而分别存放。

14-3-3 压缩式电冰箱的制冷原理和电气控制系统

压缩式电冰箱的制冷系统主要由以下四部分组成：压缩机、冷凝器、蒸发器和毛细管（或节流阀），这些设备之间用管道依次连接形成一个封闭系统，见图 14-1。

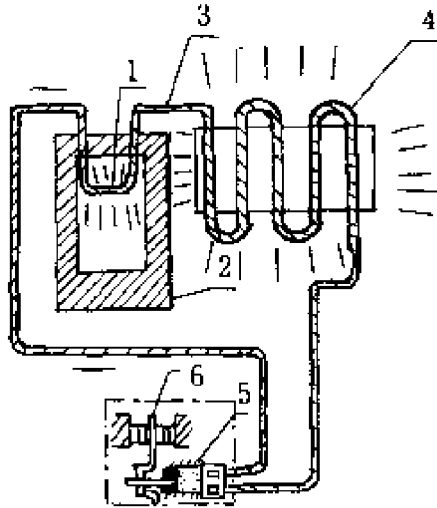


图 14-1 压缩式电冰箱制冷示意图

- 1—蒸发器 2—箱体 3—毛细管
4—冷凝器 5—压缩机 6—电动机

压缩式电冰箱其制冷过程是：来自冷凝器的常温高压制冷剂（氟里昂-12）液体，流经干燥过滤器，再通过毛细管降低压力，其温度随着降低，然后，进入蒸发器吸热，并急骤沸腾，变为高温低压制冷剂蒸气后，被压缩机吸入，并压缩成高温高压制冷剂蒸气排入冷凝器，在冷凝器处放出由蒸发器吸收的热量和压缩机消耗外功所产生的热量后，变成常温高压制冷剂液体，再重新流经干燥过滤器，毛细管形成制冷循环。

家用电冰箱种类很多，但其电气控制系统大同小异，主要由压缩机电动机、控制器、起动继电器、保护继电器和照明灯等组成。了解这些部分之间的关系，无论什么种类的电冰箱的控制系统都很容易搞清楚。

图 14-2 为双门电冰箱电气控制系统。该电路具有半自动化霜功能。当冷冻室需要化霜时，按下化霜按钮，图 14-2 中化霜

温控器，便可自动加热化霜，此时压缩机停止运行。待霜层全部融化后，冷冻室蒸发器表面温度升高，达到一定温度时，化霜温控器触点就会自动由 B 点跳回 A 点，化霜加热器停止工作，这时压缩机开始启动。温控系统按事先设定的温度，来控制压缩机的开或停。

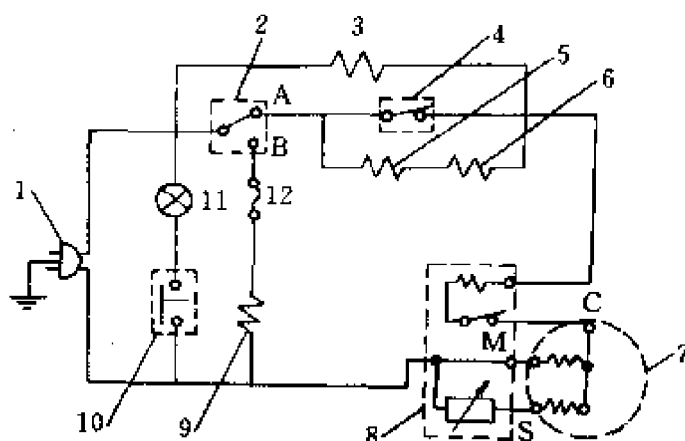


图 14-2 双门半自动化霜电冰箱电气控制系统图

- 1—电源插头 2—化霜温控器 3—化霜温控补偿加热器 4—温控器
5—管道加热器 6—冷藏室加热器 7—压缩机电动机 8—组装式启动继电器
9—化霜加热器 10—照明灯开关 11—照明灯 12—温度熔断器

图 14-3 为双门全自动化霜电冰箱电气控制系统。该电路是 PTC 启动、电阻分相、电容运行的间冷式电冰箱电路。该电路有过电流、过温度（温升）保护。电路中 M_1 为冷风循环用电风扇。风扇的启停由冰箱门开关、温控器和化霜定时器控制，当在化霜时，冰箱门打开时，风扇均停转；在不化霜时，冰箱门关闭时，风扇即开。

该电路具有全自动化霜功能，即化霜加热器由化霜定时器控制，化霜定时器是由微电机 M_2 带动凸轮使触点通或断。微电机 M_2 还能控制压缩机运转时间，当压缩机运行累计到一定时间时，化霜时间继电器的常开触点接通，化霜加热器开始工作，当蒸发器表面周围的温度上升到一定值时，化霜时间继电器常开触点断

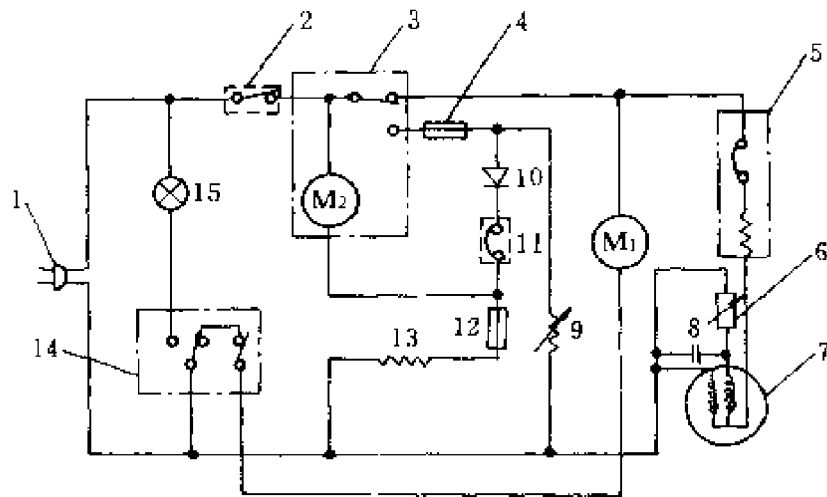


图 14-3 双门全自动化霜电冰箱电气控制系统图

- 1—电源插头 2—温控器 3—化霜定时器 4—惯性熔断器 5—热过载保护器
 6—PTC元件 7—电动机 8—运行电容 9—压敏电阻 10—降压二极管
 11—双金属开关 12—温度熔断器 13—化霜加热器 14—门开关
 15—照明灯 M₂—定时器电动机 M₁—风扇电动机

开，常闭触点接通，冰箱压缩机开始工作。

14-3-4 家用电冰箱的选用

电冰箱是一种高档耐用消费品，人们在选用时都比较慎重，总希望买到一台美观大方、容积适宜、使用方便、性能好、安全可靠、耗电量低的产品。下面简要介绍如何选用电冰箱。

1. 电冰箱的类型的选用

根据使用的气候环境不同，国际上通常把家用电冰箱分为4种类型：

(1) 亚温带型（符号SN），使用环境温度为10~32℃。按规定测试的冷藏室三点温度应在-1~10℃，三点最高平均温度为7℃。

(2) 温带型（符号N），使用环境温度为16~32℃。测试冷藏室的三点温度应在0~10℃，三点最高平均温度为5℃。

(3) 亚热带型（符号ST），使用环境温度为18~38℃。测试冷藏室的三点温度应在0~12℃，三点最高平均温度为7℃。

(4) 热带型 (符号 T), 使用环境温度为 $18\sim 43^{\circ}\text{C}$ 。测试冷藏室的三点温度应在 $0\sim 12^{\circ}\text{C}$, 三点最高平均温度为 7°C 。

2. 外观

选用冰箱时, 首先要进行外观检查。箱体、箱门表面颜色应一致, 光亮无划痕。漆层牢固; 各种电镀件镀层均匀有光泽; 外露机件无损伤、松动、锈蚀、错位现象; 箱门拉手开启大小力量适中; 门封磁条平直, 关门后四周没有缝隙; 温度控制器旋钮灵活; 箱体内塑料壳无裂纹; 各种搁架盛器完好、平直不变形。

3. 性能检查

直观检查后, 就应该通电检查。接通电源后, 箱门打开时, 箱内照明灯应亮, 此时可用试电笔检查箱体是否漏电。然后, 将温度控制器旋钮调至弱冷点, 这时压缩机应启动并进入正常运行。再调温度控制器旋钮至弱点与强点中间, 随后, 关闭箱门, 再用试电笔检查箱体是否漏电, 此时不应漏电。当压缩机运转 $3\sim 5$ 分钟后, 打开箱门用手摸蒸发器, 应有均匀的冷感, 然后再用手接触冰箱后部的散热器, 应有温度上升的感觉 (如果冰箱是平背的, 就无法检查了)。如果上述两部分是正常的, 则表明冰箱制冷部分正常。在压缩机运行时, 还可以检查压缩机的噪声, 按标准规定, 其噪声不应超过 42dB , 如果用手摸冰箱, 感到有点轻微振动, 这是正常的。此时, 说明电冰箱的温控和噪声性能基本良好。

4. 耗电的查检

电冰箱耗电量的高低直接关系到日常使用电费的多少, 因此, 用户都很关心这一问题。但到目前为止, 国内外在电冰箱耗电量的标准上尚无统一规定。一般国产电冰箱大约 24 小时耗电应在 $0.8\sim 1.0$ 度电。具体耗电量, 见表 14-8。

14-3-5 家用电冰箱的使用与保养

1. 电冰箱的使用

使用电冰箱涉及到的内容很多, 这里着重从电气维护的角度介绍如何正确使用电冰箱。

(1) 电冰箱铭牌上所标的额定电压应与使用电压等级相符，接好地线。

(2) 电冰箱应安装在阴凉通风的地方，附近不能有火炉、暖气等热源，也不要与墙壁靠得太近（不得小于 10 厘米），以免冷凝器通风散热不好，使电机负荷过大而烧坏。

(3) 温度控制器上所标的 0、1、2、3、4 等数字，并不代表某一特定温度，但数字越大，温度越低。顺时针旋动温控旋钮，温度下降，但不可一次调得过低，而应渐次降低，每次调整后要等温控器自动开停多次（约 2 小时左右）箱内温度才可稳定。

(4) 使用冰箱时应注意开门次数不能太多，开门时间不可太长，更不能将热的物品直接放入冰箱，否则会增加电动机负荷时间，不仅费电，还会使电机长期运转而易损坏。

(5) 向电冰箱存放的食品应与室内温度一样，不能高于室温；同时，箱内不宜放得过紧，若放得太紧，将阻碍冷气的自然对流，影响食品的保存时间。

(6) 食品保存时间，不同食品保存时间要不同。一般食品冷藏时间，见表 14-9。

(7) 冷冻室存放食品的期限，因电冰箱的星级不同而不同。一般一星级的电冰箱可冷冻保存食品一周；二星级可保存一个月至一个半月；三星级可保存三个月；四星级则更高些。

(8) 电冰箱不准存放乙醚、汽油、油漆、涂料、苯、酒精等易挥发，易燃的物品。

(9) 按电冰箱说明书规定选用电源电压；电冰箱在使用期间，应尽量避免电源中断，如果电源经常中断，对冰箱寿命是有影响的；在一般情况下，为了保存食品，即使在夜间或环境温度较低时（如：冬天）仍要开动电冰箱。

(10) 冰箱上面不能放重物品，不能在冰箱外面套上布或者塑料制成的套子等。

2. 电冰箱的保养

任何设备在使用一段时间后，都要进行维护保养，电冰箱也不例外。

定期化霜：电冰箱使用一段时间，箱内将凝集一层霜，霜层达到一定厚度时，就应进行化霜，不进行化霜将影响制冷效果，而且还会增加耗电量。化霜方式，因冰箱功能不一，采用的方式亦不同。一般有三种方式：一种为冰箱本身不带化霜装置，其化霜方法较简单，即切断电源，停机化霜——自然化霜。第二种为冰箱本身带化霜装置，它有两种方式，即手动和半自动化霜。手动化霜时，将温度控制器调节钮调到“关”的位置，然后打开冷冻室门，进行化霜。化霜结束后，再将温度控制器的调节钮调回到“开”的位置，压缩机开始工作。半自动化霜时，按下化霜按钮，冷冻室门不准开，则半自动电加热化霜开始。化霜完成后会自动停止化霜，冰箱开始工作。第三种为全自动化霜。这种电冰箱是在冰箱内设置了自动化霜定时器，当压缩机累计工作一定时间（一般为8~13h），即利用电加热自动进行一次化霜。化霜时，箱内食品不必搬出。

3. 冰箱的清理

(1) 应经常保持冰箱内外的清洁，箱体内外胆壳可用软布沾中性洗净剂擦净，但严禁使用热水、汽油或有机溶剂擦洗，对裸露在箱体后部的冷凝器和压缩机等机件应经常扫去表面灰尘。

(2) 电冰箱使用较长时间后，箱内产生难闻的气味。在清洗冰箱时，可用清水多擦几次，或多开一会儿箱门吹掉怪味。

(3) 对长期不用的电冰箱，也要进行保养。首先应拔掉电源，将箱内食品取出，将箱内清洗干净，晾干，放在通风干燥的地方。将封（胶）条涂上滑石粉或者门留有缝隙，一方面避免箱内产生怪臭，另一方面不使胶条老化。

14-3-6 电冰箱常见故障及其处理方法

电冰箱常见故障及其处理方法，见表 14-10。

表 14-10 电冰箱常见故障及其处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
压缩机不运转	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电压低。我国某些地区在用电高峰时，电网电压常达不到额定电压的 80%，造成压缩机只“嗡嗡”响而不转动 2. 温控器失灵。温控器封闭空间漏气，这样即使箱温升高仍无法使压缩机启动 3. 热保护元件失控。双金属片失效或调节螺丝调节失灵 4. 起动继电器故障。起动触点不能自动接触，电动机发出“嗡嗡”响声而不转动 5. 电动机故障，或线圈烧坏 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用万用表测量输入电压，确定是否电压过低，如是电压过低，则在用电高峰时停机或加调压器 2. 对温控器检漏并补焊，重新充气，或更换新温控器 3. 更换双金属片，将调节螺丝调到正确位置 4. 检修起动继电器 5. 检修或更换电动机
蒸发器不降温或降温极慢	<ol style="list-style-type: none"> 1. 制冷剂泄漏，往往因制冷系统的管路接头外有裂纹、开焊或腐蚀点 2. 毛细管冻堵。制冷剂中残留水分超过百万分之二十（20ppm）就将产生冻堵 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 补焊而后检漏，再添加制冷剂 2. 用热毛巾敷裹毛细管以解冻，并加适量甲醇作抗冻剂
压缩机长期运行，尽管箱温已很低，却不能自动停车	温控器触点粘接	断电后将温控器旋钮旋至“停”点，再旋回原定点，重新通电后应正常，如仍不正常应予更换
压缩机虽长期运行，但箱内温度始终降不下来	<ol style="list-style-type: none"> 1. 制冷剂泄漏 2. 冰箱负荷超载，如冰箱内盛物过多，有的物品温度过高或开门时间过长，次数过频 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 补焊、检漏，补加制冷剂 2. 适当减少盛物量，并集中取放，以减少开门次数

14-4 家用洗衣机

14-4-1 家用洗衣机的分类

家用洗衣机的种类很多,可按以下方法分类:

(1) 按结构原理分类有波轮式、滚筒式、搅拌式、喷流式、喷射式、立柜式、超声波式和振动式等等。

(2) 按自动化程度分类有普通型、半自动型和全自动型。

无论用什么方法分类,洗衣机最根本的原理是一致的。即用机器模拟手洗衣服的动作,利用机械力、水的冲刷力以及衣物之间、衣物与洗衣机桶壁之间摩擦的相互作用,加上洗涤剂的去污作用,从而达到洗净衣物的目的。

目前,国内生产的家用洗衣机大部分是波轮式的,少量是滚筒式。全自动洗衣机逐年增多。

14-4-2 家用洗衣机的主要技术性能

(1) 洗净比 是洗衣机洗净能力的参数,它是通过测定特制的洗涤布洗涤前后对光的反射率的比值,其比值越大,则表示洗净能力越强。国家标准规定波轮式洗衣机的洗净比不得低于0.8,低于0.8者为不合格。

(2) 脱水率 是衡量洗衣机对衣物甩干程度的参数。它是额定脱水容量与额定脱水容量的洗涤物脱水后的重量的比值。比值越大其脱水能力越强。国家标准规定:普通型、半自动型波轮式脱水率大于50%。脱水率低了达不到脱水目的,脱水率高了会使一些衣物出现死褶。一般脱水率在50%~55%比较理想。

(3) 噪声 洗衣机工作时,其噪声不能大于75dB,这是国家规定的标准。超过这个标准的产品为不合格。

(4) 磨损率 是衡量洗衣机在工作时对衣物的磨损程度。国家标准规定其磨损率不应大于0.2%。

(5) 排水性能 国家标准规定洗衣机的排水时间,在正常使

用条件下, 2.5 千克额定容量以下的洗衣机, 其排水时间不应超过 2 分钟。

(6) 制动性能 这个性能是指脱水桶刹车性能。国家标准规定在脱水桶盖打开 10 秒钟之内, 脱水桶应完全停止转动。

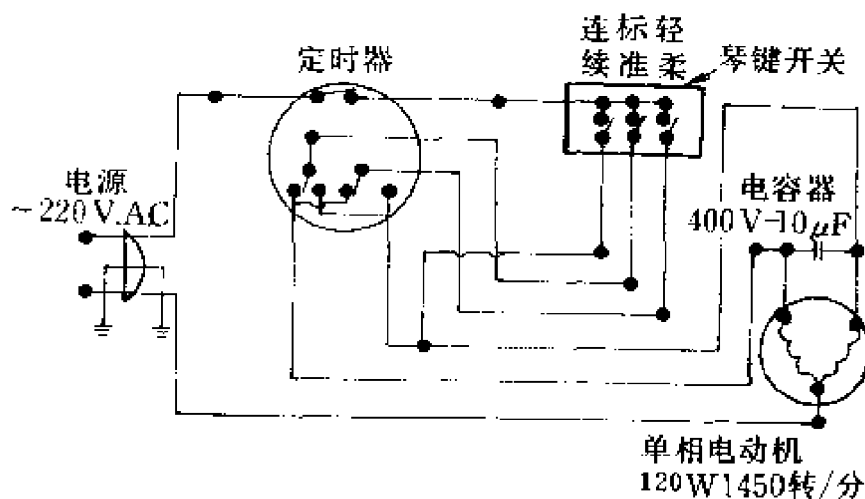
14-4-3 洗衣机电气控制系统

洗衣机的电气系统, 由于其类型不同, 电气控制系统亦不相同。一般来说, 普通型和半自动双缸型洗衣机的电路系统比较简单, 它们主要是由电动机、定时器或程序控制器、电容器等组成, 见图 14-4 (a)、(b)。

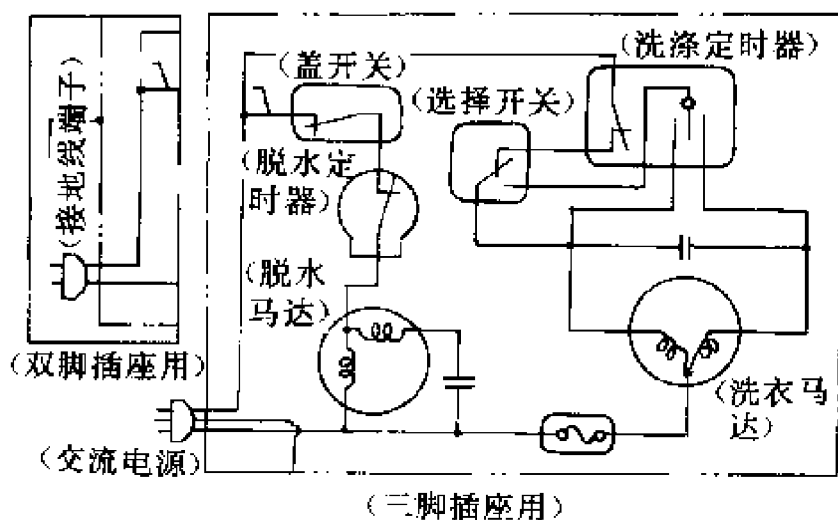
图 14-4 (a) 为普通型洗衣机的电气原理图。该图比较简单。

图 14-4 (b) 为半自动双缸洗衣机的电气原理图, 稍复杂些。它比普通型只多脱水控制部分。

图 14-5 为全自动洗衣机的电气原理图。图 14-5 (a) 为电动式程序控制器的控制电路; 图 14-5 (b) 为电脑程序控制器的控制电路。

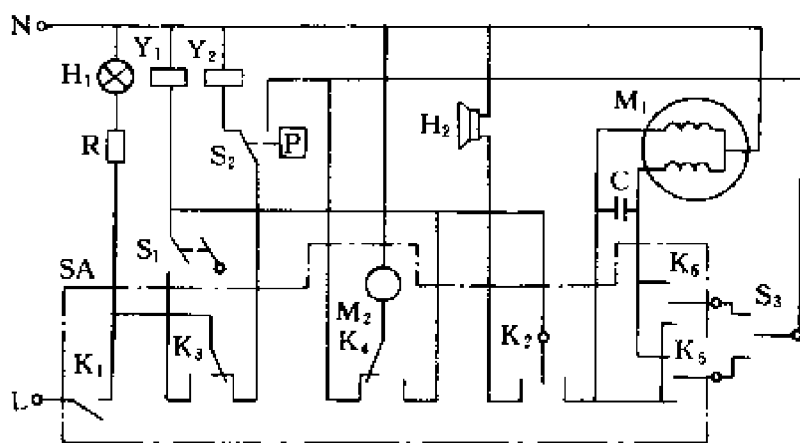


(a) 普通型洗衣机



(b) 半自动双缸洗衣机

图 14-4 普通型洗衣机和半自动双缸洗衣机的电气原理图

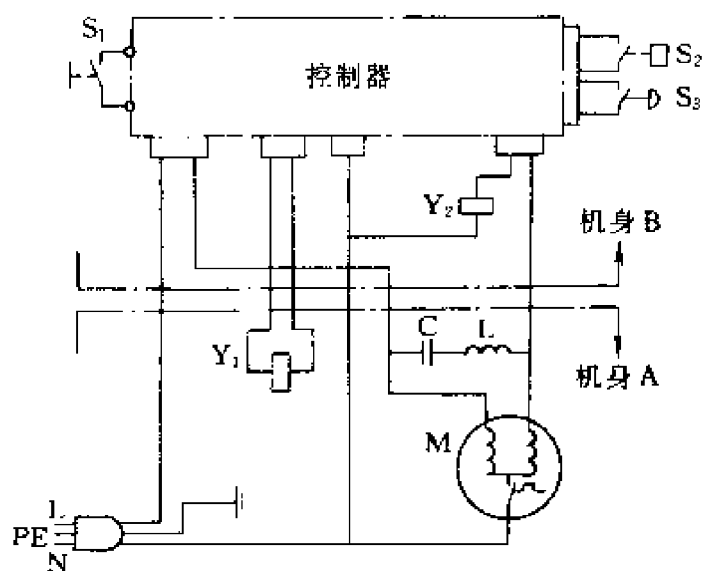


(a) 电动式程序控制器的控制电路

M_1 —主电机 R —附加电阻 H_1 —电源指示灯 Y_1 —进水电磁阀 Y_2 —排水电磁阀

S_1 —桶盖开关 S_2 —水位压力开关 S_3 —控制开关 H_2 —蜂鸣器 C —运转电容

SA —程序控制器 $K_1 \sim K_6$ —程控器触点 M_2 —程控器驱动微电机



(b) 电脑程序控制器的控制电路

M—主电机 S₁—电源开关 S₂—压力开关 S₃—安全开关
 Y₁—排水电磁阀 Y₂—进水电磁阀 C—运转电容 L—电感线圈

图 14-5 全自动洗衣机的电气原理图

14-4-4 家用洗衣机的选用

家用洗衣机的品种规格较多，其结构性能、使用材料、工艺设计，产品质量等都有所差异，选用时，除了洗衣机主要性能外（见 14-4-2 节），还要注意以下几点：

(1) 品种、规格和型号的选用

目前家用洗衣机大致有波轮式和滚筒式，其中波轮式数量最大，品种规格也最多。

波轮式洗衣机中，以双缸半自动洗衣机较多，全自动洗衣机也日益增多。

国家标准化规定了洗衣机的标准型号，如白兰 XPB2.02 其含义如下：

- X 为汉字拼音字母“洗”，即洗衣机；
- P 为汉字拼音字母“普”，即普通型洗衣机；
- B 为汉字拼音字母“波”，即波轮式。

第四个数字代表洗衣机的规格，用洗衣量表示，一般以干衣的重量表示，如1.5kg、2kg、2.5kg、3kg等等。一般3~4口人的家庭选用2kg左右洗衣机就可满足需要。

第五个数字表示工厂的设计顺序。这个数字越大，表示型号越新。

了解洗衣机型号的命名方法，有利于更好的选用洗衣机。

(2) 洗衣桶材料的选用

洗衣桶是洗衣机重要的构件之一。其材料的选用会影响洗衣机的使用寿命和工作效果。通常，洗衣桶应耐热、耐腐蚀、并有足够的强度。目前，洗衣桶常用材料有塑料、铝合金、不锈钢、薄铁板和搪瓷等。

目前，我国生产的洗衣机大部分是塑料桶，塑料具有重量轻、耐腐蚀、绝缘性能好以及成本低等优点，但耐热性差，一般水温不宜超过60℃。另外它还易于老化。其他种材料的桶生产量也开始增多。

(3) 定时器和程序控制器

定时器和程序控制器是洗衣机的主要控制部件和工作部件。要求定时器准确，正反转时间大致相等，每次停歇时间基本不变，不应出现中间停顿，动作不灵等现象。一般可通过试听振摆的摆动声和触点的通断声来判断其好坏。

(4) 电气绝缘方面

洗衣机是带水操作的电器，因此，洗衣机应有可靠的绝缘性能，确保无漏电现象。

14-4-5 家用洗衣机常见故障及其处理方法

家用洗衣机常见故障及其处理方法，见表14-11。

表 14-11 洗衣机的常见故障及其处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
洗衣机完全不工作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 停电、保险丝熔断 2. 插头、插座、开关或电源线接触不良、松脱或损坏 3. 电源电压过低 4. 电动机绕组损坏 5. 波轮被异物堵死 6. 传动皮带松脱，过松或损坏 7. 定时器未调好或损坏 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 待供电正常或更换保险丝 2. 检查插头、插座、开关、电源线各连接点，重新固紧焊牢，损坏则应更换 3. 待电压升高，或通过稳压器供电 4. 重绕电动机绕组 5. 将波轮拆下，清除异物 6. 收紧或更换 7. 把定时旋钮调至所需位置，损坏则修复或更换
电动机不运转，但有嗡嗡声	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源电压过低 2. 电容器损坏 3. 电动机副绕组损坏 4. 电动机主轴卡死 5. 定时开关接触不良 6. 波轮被异物卡死 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 待电压升高，或通过稳压器供电 2. 按原规格更换电容器 3. 重绕损坏的绕组 4. 在轴承上加注几滴润滑油，如轴或轴承有损坏则应更换 5. 更换开关 6. 拆下波轮，清除异物
电动机转动但波轮不工作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 皮带松脱、下落或损坏 2. 皮带轮与轴固定不良 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 收紧皮带，损坏则应更换 2. 更换损坏的零件
转速过慢	<ol style="list-style-type: none"> 1. 皮带过松，打滑 2. 洗涤衣物过多 3. 波轮与轴之间有运动 4. 毛巾、毯子或其他长条织物、吸收性织物等绕缠住波轮 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 收紧皮带 2. 适当减少衣物 3. 拧紧固定螺钉或更换波轮 4. 拆除波轮、清理绕缠物

(续表)

故障现象	可能原因	处理方法
波轮时转时停或不能反向转动	<ol style="list-style-type: none"> 1. 洗涤定时器故障 2. 电气部件接触不良 3. 电机绕组故障 4. 波轮与轴打滑 5. 皮带过松 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 修复或更换定时器 2. 检查电气连接点, 重新固紧或焊牢 3. 检查电机绕组, 损坏则应更换 4. 收紧固定螺钉或更换波轮或轴 5. 收紧皮带
脱水桶时转时停或完全不转动	<ol style="list-style-type: none"> 1. 脱水定时器故障 2. 电气部件接触不良 3. 脱水电动机故障 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 修复或更换脱水定时器 2. 检查电气连接点, 重新收紧, 或焊牢 3. 修复或更换脱水电动机
洗衣定时失效	洗衣定时器故障	检修洗衣定时器, 损坏则应更换
脱水定时失效	脱水定时器故障	检修脱水定时器, 损坏则应更换
注满水后定时器和电动机不工作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 定时器故障 2. 水位开关故障 3. 电气连接不良或松脱 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检修定时器, 损坏则应更换 2. 检修或更换水位开关 3. 检查各电气连接点, 重新固紧, 损坏则应更换

14-5 电熨斗

14-5-1 电熨斗的分类

电熨斗是供衣物、绣花、工艺网扣等纺织品消除皱褶，使织物达到平整、定型、挺括的专用电热器具。电熨斗从本世纪初问世以来，历经几十年的改进和发展，品种十分繁多，式样各具特色，就其结构来看，大致可分为普通型、调温型、蒸汽型、喷雾型、限温型、旅行型、涡流型、全塑型等等。

14-5-2 电熨斗的主要技术性能

(1) 绝缘性能 电熨斗在使用时，应保证人身安全，故对其绝缘性能有一定要求，热态绝缘电阻应不低于 $1M\Omega$ 。

(2) 发热时间 当室内温度不高于 20°C 时，在额定电压下，底板加热到 200°C 所需的时间是：300W 小于 12 分钟；500W 小于 10 分钟；750~1000W 小于 8 分钟。普通型电熨斗通电时间与底板工作温度、熨烫衣物对照，见表 14-12。

(3) 调温器 调温器上刻有被熨烫织物名称的各档标志，各种织物熨烫温度参考值，见表 14-13。

调温电熨斗电路工作原理，见图 14-6。

表 14-12 普通型电熨斗通电时间与底板工作温度、熨烫衣物对照

300W (min)	500W (min)	底板工作温度 ($^{\circ}\text{C}$)	适宜熨烫衣物种类
3~4	3~4	70~100	化纤(尼龙等)
4~5	4~5	100~125	人造纤维
7~8	5~6	125~150	丝绸
8~9	6~7	150~180	羊毛(呢绒)
10~11	7~8	180~210	棉织品
10~11	7~8	210~235	麻布

表 14-13 各种织物熨烫温度参考值

织物种类和名称		熨烫温度 ℃	
		纯纺织物	混纺织物
化学纤维织物	涤纶	30~50	
	丙纶	80~100	90~110
	锦纶	90~100	110~120
	维纶	110~120	130~140
	人造丝	100~125	120~150
	晴纶	140~150	150~160
	涤纶	140~150	160~170
天然纤维织物	丝绸	125~150	
	羊毛(呢绒)	150~180	
	棉织品	180~210	
	麻布	210~230	

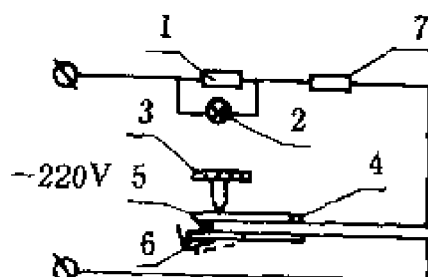


图 14-6 调温电熨斗电路原理图

1—降压电阻 2—指示灯 3—调温旋钮 4—金属片
5—静触点 6—动触点 7—发热元件

图 14-6 中的工作原理如下：当熨斗刚接通电源时，动触点的双金属片平直，动触点与静触点接通，指示灯亮，电路中有电流通过，底板开始发热。随着底板温度的升高，双金属片开始弯曲，当温度达到规定值时，双金属片弯曲更大，使动、静触点分离，指示灯熄灭，电路被断开。当温度低于规定值时，双金属片恢复平直，使动、静触点接通，电路又开始工作，底板温度上

升，这样反复循环，电熨斗底板的温度便被控制在选定的温度范围内。

(4) 电熨斗的寿命 电熨斗在额定电压下，其寿命可达1万次。

(5) 电熨斗电热元件技术数据见表14-14。

表 14-14 电熨斗电热元件技术数据

型 式	功率 (W)	电压 (V)	电热元件结构	电 热 材 料 Cr15Ni60 (mm)	冷态电阻 (Ω)
普通型	300	220	云母支架	0.4×0.1 或 ϕ 0.21	148
	500			0.8×0.08	89
	700			0.8×0.1	59.3
调温型	300	220	云母支架	0.4×0.1 或 ϕ 0.21	148
	500		管状元件 ϕ 8×1	ϕ 0.45	89
	750		云母支架	0.8×0.14	59.3
	1000		管状元件 ϕ 10×1	ϕ 0.27	44.5

14-5-3 电熨斗的使用和维护

(1) 电熨斗是电热器具，在家庭中是一种耗电较大的电气设备。使用前要认真检查电源线、接线头和插头座是否有损坏和松动的地方，最好用万用表检查发热元件是否断路或短路。

(2) 使用时应注意电熨斗铭牌上的额定电压是否与使用电压等级相符。一般电熨斗有三根引出线（有的只有两根引线），其中一根是接地线，切勿接错。

(3) 对于自动调温电熨斗使用前应先将调温旋钮对准所熨织物标志，用完后把旋钮复位到“关”或“冷”处。

(4) 在熨烫时，如暂时不用，应将熨斗竖起搁置，切勿平放在工作台上。

(5) 熨烫结束时，断开电源，等底板温度降至室温后，再将熨斗放在干燥处，切勿受潮。

14-6 电饭锅

14-6-1 电饭锅的分类及其特点

电饭锅的种类很多。若按其加热方式的不同，可分为直接加热式电饭锅、间接加热式电饭锅、压力式电饭锅和自动保温式电饭锅。

直接加热式电饭锅，它的特点是锅底与发热板完全吻合，利用发热板可以直接把热量传给内锅。这种电饭锅热传导性能好，故煮饭时间较短，耗电量较少。

间接加热式电饭锅，它的特点是除了内锅有水、米之外，外锅也要加入适量的水。煮饭时，主要是外锅内的水加热并产生蒸气，蒸气向内锅周围扩散，把饭蒸熟。

间接加热式电饭锅的优点是加热均匀，内锅各部分的米饭蒸熟的程度一样，锅底不会有锅巴，煮出来的饭比较香软。但是，这种电饭锅热传导性能较差，煮饭时间稍长，耗电量大。

压力式电饭锅的结构基本与直接加热式电饭锅相似。但不同的是其盖子用弹簧压紧（类似普通高压锅）。这种饭锅的内锅在煮饭时，产生很高压力。其特点是热效率高，煮饭时间大大缩短，省电、煮得的饭更加香软。

自动保温式电饭锅的特点是锅底除置有耐热的玻璃纤维保温材料外，上盖也镶有保温发热器并配有蒸气阀等。若锅内的蒸气压力过高时，蒸气阀可自动排气；锅盖与锅底的密封性相当好。因此，这种锅的保温性能好，热效率也高，但其结构复杂，价格高。

14-6-2 电饭锅的选用

1. 规格大小的选用

电饭锅的规格大小，一般以输入功率来划分。功率大小对煮米量有关。选用时，可根据家庭人口的多少和每人食量的大小而

定。电饭锅的功率、米量和用餐人数的关系，见表 14-15。

表 14-15 电饭锅的功率、米量和用餐人数的关系

规格 (W)	用米量 (kg)	用饭人数
300~350	0.5	1~3
400~450	0.8	2~4
500~550	1.2	4~6
600~650	1.6	6~8
650~700	1.8	8~10

2. 电热板和内锅的选择

电热板和内锅接触面应良好，其工作表面应有较高的光洁度；外锅锅体烤漆应均匀、光亮、彩色协调美观；装有透明耐热玻璃的锅盖，盖与锅体密封性能好。

3. 自动开关的选择

自动开关有双金属片式和磁性体式两种。一般，选用磁性体式开关较好，因它安全可靠，坚固耐用。自动开关固定在电热板的中央，并稍凸出，拿出内锅即可看见。用手轻压，应感到有一定弹性。

4. 电气性能的选择

在选用时，可接通电源，按下开关键，此时指示灯亮，电热板有微热。说明电气性能良好。

5. 对安全性能的选择

电饭锅是经常使用和用手接触的家用户器，因此，要求电气安全性能应十分可靠。选用时应首先查看使用说明书，然后再查看各控制机构是否紧固、灵活、完好无损、接通电源后各部位有无漏电现象。

14-6-3 电饭锅的使用

(1) 电饭锅初次使用之前，仔细阅读所购品种、规格的使用

说明书，按照说明书中的要求和注意事项作好准备，如电源线、插头、接地线等等。

(2) 将装好米的内锅放入外锅中，并且，要左右移动一下，使内锅底与电热板接触良好。

(3) 内锅锅底与电热板之间，应保持十分的清洁，不能有杂物。

(4) 内锅不能作其他用途，如淘米或盛其他东西。煮饭时一定要把锅放平，以防止煮得的饭生熟不匀。

(5) 用电饭锅煮粥时，开锅后，一定要将锅盖取下或留有一定缝隙。切忌让溢出的粥或汤流到外锅锅体或电热板上。若作为蒸锅使用时，先将有孔的蒸板放入锅内，加入适量的水。食物放入蒸锅后，再打开开关。当水蒸干后，即自动断电。

14-6-4 电饭锅的保管

(1) 内锅可用清水洗干净，外锅不得用水清洗，如有脏污，可用湿布擦拭。

(2) 电热板不得浸入水中。

(3) 煮、蒸含有酸、碱等食物后，应立即清洗干净，并要擦干。

(4) 电饭锅长期不用，应擦净放在干燥的地方。

14-6-5 电饭锅常见故障及其处理方法

电饭锅常见故障及其处理方法，见表 14-16。

表 14-16 电饭锅常见故障及其处理方法

故障情况	可能原因	处理方法
接上电源后，指示灯不亮，电饭锅不发热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 停电或保险丝烧断 2. 插头插座电源线接触不良或断线 3. 操作按键未按下 4. 煮饭开关接点接触不良（用双金属片作开关时） 5. 陶铁磁体开关有毛病。例如，扣杆或拉杆扭曲不能闭合；有异物阻碍，弹簧失去弹力；接点未接触或损坏脱落等 6. 电热板发热器断线 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 待供电正常或更换保险丝 2. 检查，使其良好或更换 3. 按下操作按键 4. 用砂纸将接点打磨光滑或更换 5. 检查调校；清除异物；更换弹簧或更换整体 6. 更换发热器或更换电热板整体
指示灯亮，但锅不发热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电热板发热器松脱或电热线烧断 2. 未按下操作按键 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 重新移好或更换发热器或更换电热板 2. 按下操作按键
饭未熟透，开关先跳开	<ol style="list-style-type: none"> 1. 自动开关动作点过低或有毛病 2. 间接加热式电饭锅的外锅加水过少 3. 电压过高 4. 内锅变形，使传热不良 5. 内锅水不足 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 使用双金属片式开关时，可适当放松调节螺钉，使弯曲距离加大些；使用陶铁磁体开关，则需更换 2. 按规定添加适量的水 3. 若本地区供电电压经常过高，应采用稳压器稳压 4. 给内锅整形或更换 5. 按规定添加适量的水

第十五章 北京四通松下电工产品简介

15-1 照明器具

15-1-1 住宅用照明器具

住宅用照明器具技术数据，见表 15-1。

15-1-2 荧光灯设施照明器具

设施照明器具的技术数据，见表 15-2。

表 15-1 住宅用照明器具技术数据

品名	型号	外形	使用灯管	特 性
百合系列节能装饰灯具	HEMC6010	图 15-1-①	EFS11E27(6灯 × 11W, 暖白色)	Wφ690、H294、5.4kg, 卡接式易安型, 适用于 15~20 平方米温馨客厅、卧室
		图 15-1-②	EFS11E27(4灯 × 11W, 暖白色)	Wφ620、H294、3.7kg, 卡接式易安型, 适用于 12~17 平方米温馨客厅、卧室
		图 15-1-③	EFS11E27(3灯 × 11W, 暖白色)	Wφ580、H294、3.0kg, 卡接式易安型, 适用于 9~14 平方米温馨客厅、卧室
	HEWC1010	图 15-1-④	EFS11E27(1灯 × 11W, 暖白色)	Wφ175、H294、P269、1.3kg
		图 15-1-⑤	EFS11E27(1灯 × 11W, 暖白色)	Wφ175、H206、0.8kg
		图 15-1-⑥	EFS11E27(1灯 × 11W, 暖白色)	Wφ175、H206、0.8kg
	HEMC1009	图 15-1-⑤	EFS11E67(1灯 × 11W, 日光色)	Wφ175、H206、0.8kg
		图 15-1-⑥	EFS11E67(1灯 × 11W, 日光色)	Wφ175、H206、0.8kg
	HEMC1011	图 15-1-⑥	EFS11E67(1灯 × 11W, 日光色)	Wφ175、H206、0.8kg

- 高雅、古典的设计, 经仿金处理后不易生锈、不易变色的本体结构, 简洁的灯罩线条, 给人舒适、温馨的感觉

- 11 瓦 National 一体式紧凑型电子自镇流荧光灯管寿命长达 10000 小时, 是白炽灯的 10 倍, 亮度与 60 瓦白炽灯相当, 却节电 82%, 有两种色温可供选择, 营造出不同的气氛

- 卡接易安型灯座和内设端子台结构都为灯具的安装提供了极大的方便

(续表)

品名	型号	外形	使用灯管	特性	性
康兰 系列节 能装饰 灯具	HEWC1012	图 15-1-⑦	EFS11E27(1灯 × 11W, 暖白 色)	W ϕ 170、H281、P266、0.8kg	<ul style="list-style-type: none"> 古铜色本体、简洁的灯罩, 显得古朴、典雅、间接照明处理完全避免了眩光(除HEMC1012、HEMC1013外), 为气氛照明的理想之器具 11瓦 National 一体式紧凑型电子自镇流荧光灯管寿命长达10000小时, 是白炽灯的10倍, 亮度与60瓦白炽灯相当, 却省电82%, 有两种色温可供选择, 营造出不同的气氛 卡接易安型灯座和内设端子台结构都为灯具的安装提供了极大的方便
	HEWC1012	图 15-1-⑧		W ϕ 170、H190、0.8kg	
	HEMC1013	图 15-1-⑧	EFS11E67(1灯 × 11W, 白光色/ 日光色)	W ϕ 170、H190、0.8kg	
	HEMC3020	图 15-1-⑨	EFS11E27(3灯 × 11W, 暖白 色)	W ϕ 583、H287、3.2kg	
	HEMC5010	图 15-1-⑩	EFS11E27(5灯 × 11W, 暖白 色)	W ϕ 662、H346、5.5kg	

(续表)

品名	型号	外形	使用灯管	特性
下吊式环管荧光灯具	HDC9100	图 15-1-①	YH32RZ (1 灯 × 32W, 中性白色)	<ul style="list-style-type: none"> • 豪华型带拉线开关和 6W 小灯泡, 可进行荧光灯点亮→小灯泡点亮→熄灭切换, 15~40cm 可调节安装高度, 可根据使用场所顶棚高度和所需气氛不同进行调节 • 经济型安装高度有可调节和不可调节两种, 以满足不同客户的需求 • 灯罩有不同的形状和颜色可供选择, 材料为苯乙烯, 注塑成型 • 电感式低功率因数 (GPL、GL) 启动方式
	HDC9101	图 15-1-②		Wφ470、H130、2.0kg, 40cm 吊线, 带拉线开关, 6W 小灯泡
	HDC9102	图 15-1-③		Wφ478、H131、2.2kg, 40cm 吊线, 带拉线开关, 6W 小灯泡
	HDC9103	图 15-1-④		Wφ470、H152、2.0kg, 40cm 吊线, 带拉线开关, 6W 小灯泡
	HDC9202	图 15-1-⑤		Wφ453、H167、2.0kg, 40cm 吊线
	HDC9203	图 15-1-⑥		Wφ470、H150、2.0kg, 40cm 吊线
	HDC9200W	图 15-1-⑦		Wφ453、H167、2.0kg, 40cm 吊线
	HDC9200L	图 15-1-⑧		Wφ470、H130、1.9kg, 15cm 吊线
	HDC9200N	图 15-1-⑨		Wφ470、H130、1.9kg, 15cm 吊线

(续表)

品名	型号	外形	使用灯管	特性
爱目 台灯	SQC953D	图 15-1-1④	FPL27EX- NTWINI 荧光 灯 1 管(三基色 荧光灯管)	W(灯罩部)345、H410 蓝色,开关荧光显示
	SQC953B	图 15-1-1⑤		W(灯罩部)345、H410 淡黑色,开关荧光显示
	SQC953W	图 15-1-1⑥		W(灯罩部)345、H410 白色,开关荧光显示
	SQC943B	图 15-1-1⑦	W(灯罩部)380、H415 淡黑色,电子触摸开关	<ul style="list-style-type: none"> 爱目(kewe eye)系列电子镇流器(FNH)启动方式高级台灯,有效地解决了频闪问题;光色柔和,显色性好,最接近自然光,体现真实世界,为学习、办公、专业设计的最佳桌面照明 倾倒时自动熄灭保护,增大了其安全性 1.8m 插头引线使其有足够的移动范围
	SQC943W	图 15-1-1⑧	W(灯罩部)380、H415 白色,电子触摸开关	
	SQC942H	图 15-1-1⑨	FML27EX-N TWIN2 平行荧 光灯 1 管(三基 色荧光灯管)	W(灯罩部)210、H415 暗灰色,电子触摸开关,带缓冲挡板

(续表)

品名	型号	外形	使用灯管	特性	
吸顶式环管 荧光灯 器具	HAC7202Y	图 15-1-①	YH40RZ, YH3 2RZ (40W + 32W, 中性白色)	Wφ620, H150, 4.2kg 灯罩旋转卡接安装	
	HAC7200Y	图 15-1-②		Wφ611, H150, 4.5kg 灯罩旋转卡接安装	
	HAC7221	图 15-1-③		Wφ680, H145, 4.5kg 灯罩旋转卡接安装	
	HAC5400	图 15-1-④	YH22RZ, YH3	Wφ580, H141, 2.8kg 灯罩旋转卡接安装	
	HAC5401	图 15-1-⑤	2RZ (22W + 32W, 中性白色)	Wφ580, H141, 2.8kg 灯罩旋转卡接安装	
	HAC5402	图 15-1-⑥		Wφ580, H141, 2.8kg 灯罩旋转卡接安装	
	HAC7220	图 15-1-⑦	YH40RN, YH3 2RN (40W + 32W, 暖白色环管荧 光灯 2 管)	Wφ680, H145, 4.5kg 灯罩旋转卡接安装	
					<ul style="list-style-type: none"> • 72W(40W + 32W)灯具适用于 16~23 平方米大客厅, 接待室 • 54W(32W + 22W)灯具适用于 13~20 平方米卧室照明 • 32W 灯具适用于 10~16 平方米房间, 自然素雅的人性设计更符合现代人的审美观 • 防静电内烯酸树脂灯罩, 不易老化, 正常使用情况下, 可使用 10 年以上, 长寿命环形荧光灯管寿命是白炽灯的 6 倍, 可相当亮度的白炽灯节电 77%, 低噪声真空浸漆处理镇流器寿命完全与灯具匹配, 减少了维修带来的麻烦 • 内置端子台和灯罩简易安装方式为户提供了方便

(续表)

品名	型号	外形	使用灯管	特	性
吸顶式环管荧光灯具	HAC9220	图 15-1-②	YH32RN, 32W, 暖白色环管荧光灯 1 管	Wφ500、H120、2.3kg 灯罩旋转卡接安装	<ul style="list-style-type: none"> • 72W(40W + 32W)灯具适用于 16~23 平方米大客厅, 接待室 • 54W(32W + 22W)灯具适用于 13~20 平方米居室照明 • 32W 灯具适用于 10~16 平方米房间, 自然素雅的人性设计更符合现代人的审美观 • 防静电丙烯酸树脂灯罩, 不易老化, 正常使用情况下, 可使用 10 年以上, 长寿命环形荧光灯管寿命是白炽灯的 6 倍, 可比相当亮度的白炽灯节电 77%, 低噪声真空浸漆处理镇流器寿命完全与灯具匹配, 减少了维修带来的麻烦 • 内置端子台和灯罩简易安装方式为用户提供了方便
	HAC9221	图 15-1-③	YH32RZ, 32W, 中性白色环管荧光灯 1 管	Wφ500、H120、2.3kg 灯罩旋转卡接安装	
	HAC9100	图 15-1-④		Wφ460、H113、2.2kg 灯罩旋转卡接安装	
	HAC9800B	图 15-1-⑤		Wφ460、H113、2.2kg (卡接式易安装)	
	HAC9100N	图 15-1-⑥	YH32RZ, 32W, 中性白色环管	Wφ460、H113、2.2kg 灯罩旋转卡接安装	
	HAC9100L	图 15-1-⑦	荧光灯 1 管	Wφ460、H113、2.2kg 灯罩旋转卡接安装	
	HAC9101	图 15-1-⑧		Wφ460、H113、2.2kg 灯罩旋转卡接安装	
	HAC9800W	图 15-1-⑨		Wφ460、H113、2.2kg (卡接式易安装)	

(续表)

品名	型号	外形	使用灯管	特性
吸顶式环管 荧光灯 器具	HAC9102	图 15-1-②	YFB2RZ, 32W, 中性白色环管 荧光灯 1 管	W ϕ 430、H118、1.8kg 灯罩旋转卡接安装
	HAC9802Y	图 15-1-②		W ϕ 430、H118、1.8kg (卡接式易安装)
	HAC9105	图 15-1-③		W ϕ 430、H118、1.8kg 灯罩旋转卡接安装
	HAC9106	图 15-1-③		W ϕ 430、H118、1.8kg 灯罩旋转卡接安装
	HAC9103	图 15-1-④	W \square 430、H120、2.1kg 灯罩反冲弹簧安装, 防虫	• 32W 灯具适用于 10~16 平方米房间的主照明
	HAC9104	图 15-1-④	W \square 430、H120、2.1kg 灯罩反冲弹簧安装, 防虫	• 22W 灯具适用于 4~8 平方米房间的主照明
	HWC732	图 15-1-⑤	YH2RZ, 22W, 中性白色环管	W ϕ 327、H130、1.2kg 防湿型, 螺口安装
	HAC730	图 15-1-⑤	荧光灯 1 管	W ϕ 327、H130、1.2kg 螺口安装, 防虫防尘

(续表)

品名	型号	外形	使用灯管	特性
控照灯	HWC2632	图 15-1-②	YZ18RZ, 22W, 中性白色直管 荧光灯 1 管	• 20W 直管多用途灯和控照 灯适用于局部照明
多用途 灯	HWC2633W	图 15-1-③	YZ18RZ, 22W, 中性白色直管 荧光灯 1 管	



图 15-1-①



图 15-1-②



图 15-1-③

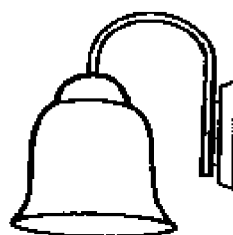


图 15-1-④



图 15-1-⑤



图 15-1-⑥

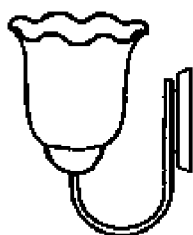


图 15-1-⑦



图 15-1-⑧



图 15-1-⑨



图 15-1-⑩

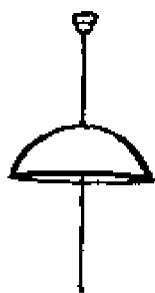


图 15-1-11



图 15-1-12



图 15-1-13

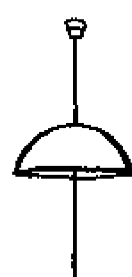


图 15-1-14



图 15-1-15



图 15-1-16



图 15-1-17



图 15-1-18



图 15-1-19



图 15-1-20

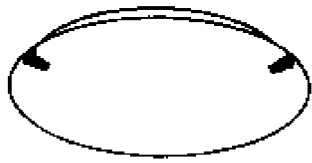


图 15-1-21

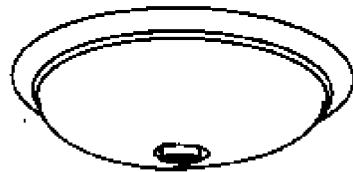


图 15-1-22

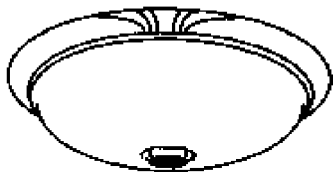


图 15-1-23

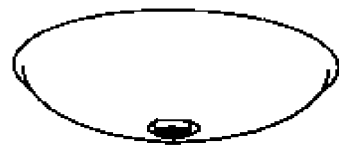


图 15-1-24



图 15-1-25



图 15-1-26

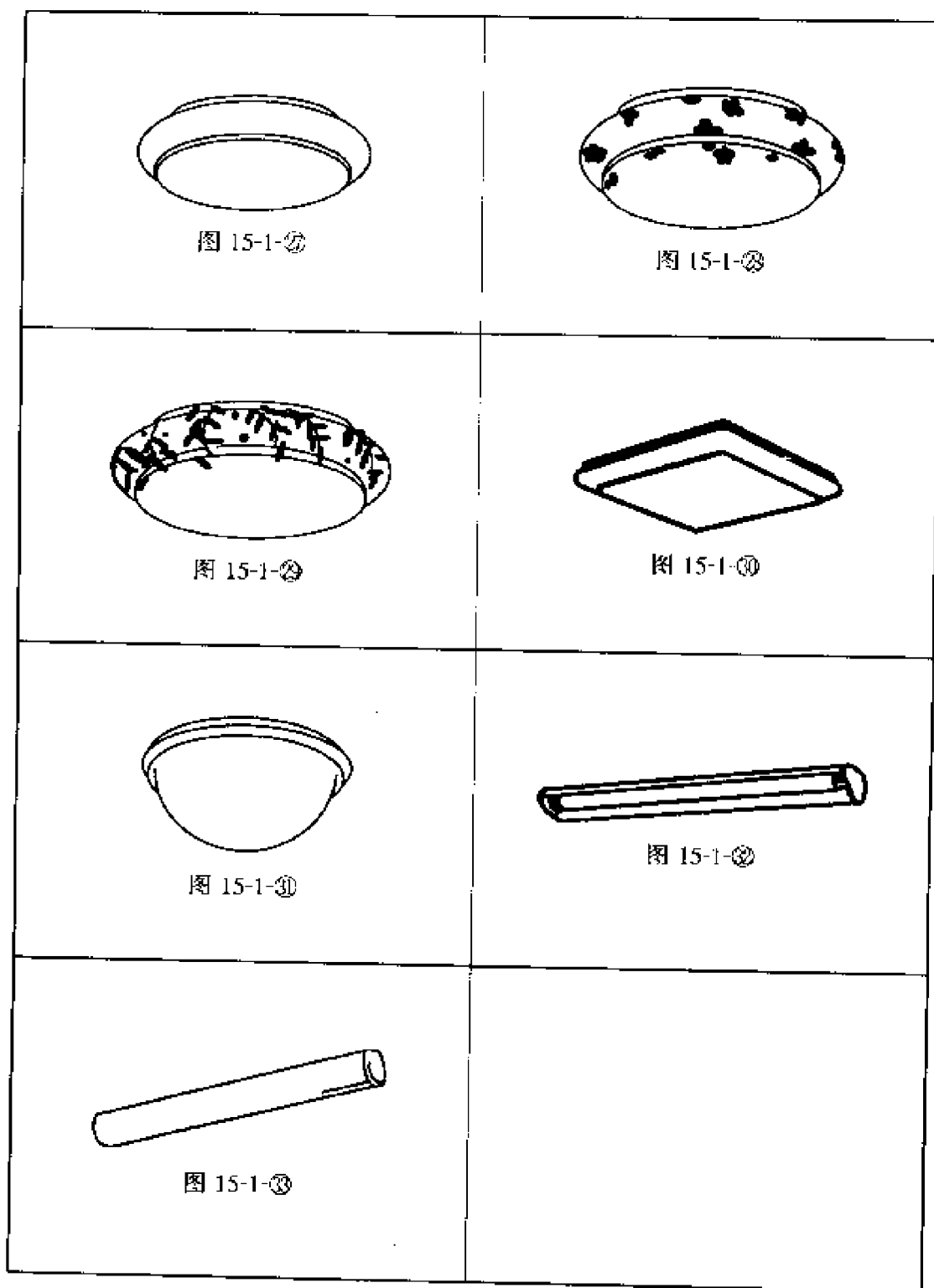


图 15-1 住宅用照明器具

表 15-2 施設用照明器具技术数据

品名	型号	外形	使用灯管	启动方式	特性
直付 式富士 型直管 荧光灯 器具	FAC21006	图 15-2-①	YZ18RZ×1	GM/GH(高/低功率)	<ul style="list-style-type: none"> 光源中性白色 外观简练的 V 型设计, 给人一种别具一格的感觉, 使整个房间充满生机, 适用场合较广; 器具效率高, 达 0.944
	FAC22006	图 15-2-②	YZ18RZ×2	GM/GH(高/低功率)	
	FAC41006	图 15-2-③	YZ36RZ×1	GM/GH(高/低功率)	
	FAC41007	图 15-2-③	YZ36RZ×1	ENH(电子镇流器)	
	FFCH41006	图 15-2-③	YZ36RZ×1	GM/GH ①应急型	
	FAC42006	图 15-2-④	YZ36RZ×2	GM/GH(高/低功率)	
	FAC42007	图 15-2-④	YZ36RZ×2	ENH(电子镇流器)	
	FFCH42006	图 15-2-④	YZ36RZ×2	GM/GH ①应急型	
	FAC21080	图 15-2-⑤	YZ18RZ×1	GM/GH(高/低功率)	
	FAC41080	图 15-2-⑥	YZ36RZ×1	GM/GH(高/低功率)	
	FAC41081	图 15-2-⑥	YZ36RZ×1	ENH(电子镇流器)	
	FACH42080	图 15-2-⑦	YZ36RZ×2	GM/GH(高/低功率)	
	FAC42081	图 15-2-⑦	YZ36RZ×2	ENH(电子镇流器)	
	FAC21280	图 15-2-⑧	YZ18RZ×1	GM/GH(高/低功率)	
FAC22280	图 15-2-⑨	YZ18RZ×2	GM/GH(高/低功率)		
FAC41280	图 15-2-⑩	YZ36RZ×1	GM/GH(高/低功率)	<ul style="list-style-type: none"> 光源中性白色 反射板滚压成型, 显得整齐大方, 适用场合较广; 品种齐全, 根据客户需要有相应的特注品, 电子镇流器和应急器具; 效率达到 0.898 	
FAC42280	图 15-2-⑩	YZ36RZ×2	GM/GH(高/低功率)		
FFCH42280	图 15-2-⑩	YZ36RZ×2	GM ①应急型		
FAC42281	图 15-2-⑩	YZ36RZ×2	ENH(电子镇流器)		
FAC41286	图 15-2-⑪	YZ36RZ×1	GM/GH(高/低功率)		
FAC42286	图 15-2-⑪	YZ36RZ×1	GM/GH(高/低功率)		
直付 式控制 型直管 荧光灯 器具					

(续表)

品名	型号	外形	使用灯管	启动方式	特性
嵌人式下开 放型直 管荧光 灯器具	FAC21600	图 15-2-13	YZ18RZ×1	GM/GH(高/低功率)	<ul style="list-style-type: none"> 光源中性白色 整个器具都为白色,横向遮光角 25°~33°,器具效率 0.752~0.77,与天花板配合显得浑然一体,给人以整齐明亮的感觉,创造出舒适的视觉环境;整体为钢板结构,表面用白色三氟聚氟氨烧结喷涂,美观耐用;根据客户需要,有相应的特注品、灯带和应急器具。安装方式完全符合 GB 标准 FAC × × 600 嵌人深度为 115mm FAC × × 601/2 嵌人深度为 85mm
	FAC22600	图 15-2-14	YZ18RZ×2	GM/GH(高/低功率)	
	FAC22601	图 15-2-15	YZ18RZ×2	GM/GH(高/低功率)	
	FAC23601	图 15-2-16	YZ18RZ×3	GM/GH(高/低功率)	
	FAC24601	图 15-2-17	YZ18RZ×4	GM/GH(高/低功率)	
	FAC41600	图 15-2-18	YZ36RZ×1	GM/GH(高/低功率)	
	FAC42600	图 15-2-19	YZ36RZ×2	GM/GH(高/低功率)	
	FAC42601	图 15-2-20	YZ36RZ×2	GM/GH(高/低功率)	
	FAC42602	图 15-2-21	YZ36RZ×2	GM/GH(高/低功率)	
	FACH43600	图 15-2-22	YZ36RZ×3	GM/GH(高/低功率)	
	FAC43601	图 15-2-23	YZ36RZ×3	GM/GH(高/低功率)	
	FAC43602	图 15-2-24	YZ36RZ×3	GM/GH(高/低功率)	
	FAC44601	图 15-2-25	YZ36RZ×4	GM/GH(高/低功率)	
	FAC44602	图 15-2-26	YZ36RZ×4	GM/GH(高/低功率)	
	FFCH41600	图 15-2-27	YZ36RZ×1	GM/GH(高/低功率)◎应急型	
	FFCH42600	图 15-2-28	YZ36RZ×2	GM/GH(高/低功率)◎应急型	
	FACH42609	图 15-2-29	YZ36RZ×2	GM/GH(高/低功率)	
	FACH43609	图 15-2-30	YZ36RZ×3	GM/GH(高/低功率)	
FACH44609	图 15-2-31	YZ36RZ×4	GM/GH(高/低功率)		

(续表)

品名	型号	外形	使用灯管	启动方式	特性
嵌入式消光格栅型直管荧光灯具	FAC22751	图 15-2-②	YZ18RZ×2	GM/GH(高/低功率)	<ul style="list-style-type: none"> • 光源中性白色 • 本体表面用白色三氯聚氰氨烧结喷涂,反射板为表面阳极处理铝消光格栅(反射率为81.2%),美观大方,宽大蝙蝠翼配光有效遮光角(横向遮光角33°/三管25°,纵向遮光角15°)使之在办公室、计算机房和店铺照明中得到广泛应用,创造出舒适的视觉环境;根据客户需要,有相应的特注品和应急器具。安装方式完全符合GB标准 • 嵌人深度为85mm;器具效率0.712
	FAC22755	图 15-2-③	YZ18RZ×2	GM/GH(高/低功率)	
	FAC23751	图 15-2-④	YZ18RZ×3	GM/GH(高/低功率)	
	FAC23755	图 15-2-⑤	YZ18RZ×3	GM/GH(高/低功率)	
	FAC24751	图 15-2-⑥	YZ18RZ×4	GM/GH(高/低功率)	
	FAC24755	图 15-2-⑦	YZ18RZ×4	GM/GH(高/低功率)	
	FAC42751	图 15-2-⑧	YZ36RZ×2	GM/GH/ENH	
	FFCH42751	图 15-2-⑨	YZ36RZ×2	GM/GH ◎应急型	
	FAC42752	图 15-2-⑩	YZ36RZ×2	GM/GH/ENH	
	FAC42755	图 15-2-⑪	YZ36RZ×2	GM/GH(高/低功率)	
	FAC43751	图 15-2-⑫	YZ36RZ×3	GM/GH/ENH	
	FFCH43751	图 15-2-⑬	YZ36RZ×3	GM/GH ◎应急型	
	FAC43752	图 15-2-⑭	YZ36RZ×3	GM/GH/ENH	
	FAC43755	图 15-2-⑮	YZ36RZ×3	GM/GH(高/低功率)	
	FAC44751	图 15-2-⑯	YZ36RZ×4	GM/GH/ENH	
	FFCH44751	图 15-2-⑰	YZ36RZ×4	GM/GH ◎应急型	
FAC44752	图 15-2-⑱	YZ36RZ×4	GM/GH/ENH		
FAC44755	图 15-2-⑲	YZ36RZ×4	GM/GH(高/低功率)		

(续表)

品名	型号	外形	使用灯管	启动方式	特性
嵌人式乳白面板型直管荧光灯具	FAC22801	图 15-2-③	YZ18RZ×2	GM/GH(高/低功率)	<ul style="list-style-type: none"> • 光源中性白色 • 本体表面用白色三氯聚氨基甲酸喷涂,乳白板(1-2mm)为丙烯酸树脂,全面抑制眩光,白色与天花板浑然一体,美观大方;适用于中、高档办公室、会议室、接待室、计算机室以及店铺和灯带等,创造出舒适的视觉环境;根据客户需要,有相应的应急器具。安装方式完全符合 GB 标准 • 嵌人深度为 85mm;乳白板透光率为 55%;器具效率为 0.56
	FAC22805	图 15-2-③	YZ18RZ×2	GM/GH(高/低功率)	
	FAC23801	图 15-2-④	YZ18RZ×3	GM/GH(高/低功率)	
	FAC23805	图 15-2-④	YZ18RZ×3	GM/GH(高/低功率)	
	FAC24801	图 15-2-⑤	YZ18RZ×4	GM/GH(高/低功率)	
	FAC24805	图 15-2-⑤	YZ18RZ×4	GM/GH(高/低功率)	
	FAC42801	图 15-2-⑥	YZ36RZ×2	GM/GH/ENH	
	FFCH42801	图 15-2-⑥	YZ36RZ×2	GM/GH ②应急型	
	FAC42802	图 15-2-⑥	YZ36RZ×2	GM/GH/ENH	
	FAC42805	图 15-2-⑥	YZ36RZ×2	GM/GH(高/低功率)	
	FAC43801	图 15-2-⑦	YZ36RZ×3	GM/GH/ENH	
	FFCH43801	图 15-2-⑦	YZ36RZ×3	GM/GH ②应急型	
	FAC43802	图 15-2-⑦	YZ36RZ×3	GM/GH/ENH	
	FAC43805	图 15-2-⑦	YZ36RZ×3	GM/GH(高/低功率)	
	FAC44801	图 15-2-⑧	YZ36RZ×4	GM/GH/ENH	
	FFCH44801	图 15-2-⑧	YZ36RZ×4	GM/GH ②应急型	
FAC44802	图 15-2-⑧	YZ36RZ×4	GM/GH/ENH		
FAC44805	图 15-2-⑧	YZ36RZ×4	GM/GH(高/低功率)		

(续表)

品名	型号	外形	使用灯管	启动方式	特性
嵌入式 格栅型 直管荧 光灯器 具	FAC41750	图 15-2-③	YZ36RZ×1	GM/GH(高/低功率)	<ul style="list-style-type: none"> 光源中性白色。纵向采用抛物镜面格栅,横向遮光角 45°(二管 35°),纵向遮光角 15°,高效抑制眩光,适用于中、高级办公室、店铺等。
	FAC42750	图 15-2-④	YZ36RZ×2	GM/GH(高/低功率)	
	FAC43750	图 15-2-⑤	YZ36RZ×3	GM/GH(高/低功率)	
	FFCH41750	图 15-2-⑥	YZ36RZ×1	GM/GH ◎应急型	
	FAC41700	图 15-2-⑦	YZ36RZ×1	GM/GH(高/低功率)	<ul style="list-style-type: none"> 光源中性白色。采用双向抛物镜面格栅,高效抑制眩光,适用于高级写字间、会议室、计算机房等对眩光要求较高的场所
	FAC42700	图 15-2-⑧	YZ36RZ×2	GM/GH(高/低功率)	
	FAC43700	图 15-2-⑨	YZ36RZ×3	GM/GH(高/低功率)	
	FFCH41700	图 15-2-⑩	YZ36RZ×1	GM/GH ◎应急型	
FFCH43700	图 15-2-⑪	YZ36RZ×3	GM/GH ◎应急型		
嵌入式 钢板 格栅型 直管荧 光灯器 具	FAC22651	图 15-2-⑫	YZ18RZ×2	GM/GH(高/低功率)	<ul style="list-style-type: none"> 光源中性白色 整个器具都为白色,横向遮光角 33°(二管 25°)纵向遮光角 15°,能有效抑制眩光,创造出舒适的视觉环境,根据客户需要可改装相应的电子镇流器型和应急器具。嵌入深度为 85mm;器具效率为 0.73
	FAC23651	图 15-2-⑬	YZ18RZ×3	GM/GH(高/低功率)	
	FAC24651	图 15-2-⑭	YZ18RZ×4	GM/GH(高/低功率)	
	FAC42651	图 15-2-⑮	YZ36RZ×2	GM/GH(高/低功率)	
	FAC42652	图 15-2-⑯	YZ36RZ×2	GM/GH(高/低功率)	
	FAC43651	图 15-2-⑰	YZ36RZ×3	GM/GH(高/低功率)	
	FAC43652	图 15-2-⑱	YZ36RZ×3	GM/GH(高/低功率)	
	FAC44651	图 15-2-⑲	YZ36RZ×4	GM/GH(高/低功率)	
	FAC44652	图 15-2-⑳	YZ36RZ×4	GM/GH(高/低功率)	

(续表)

品名	型号	外形	使用灯管	启动方式	特性
筒灯	NFCHI030	图 15-2-⑤	FDS10E67×1	GL(低功率)	<ul style="list-style-type: none"> 光源有日光色、中性白色和白炽灯色二种,功率分为 10W、13W、18W。分体式竖插双 H 节能荧光灯管,适用于店铺、宾馆、饭店、商场等场所 安装尺寸为 $\phi 150 \times 200$
	NFCHI031	图 15-2-⑥	FDS10E27×1	GL(低功率)	
	NFCHI032	图 15-2-⑦	FDS10E40×1	GL(低功率)	
	NFCHI330	图 15-2-⑧	FDS13E67×1	GL(低功率)	
	NFCHI331	图 15-2-⑨	FDS13E27×1	GL(低功率)	
	NFCHI332	图 15-2-⑩	FDS13E40×1	GL(低功率)	
	NFCHI830	图 15-2-⑪	FDS18E67×1	GL(低功率)	
	NFCHI831	图 15-2-⑫	FDS18E27×1	GL(低功率)	
	NFCHI832	图 15-2-⑬	FDS18E40×1	GL(低功率)	

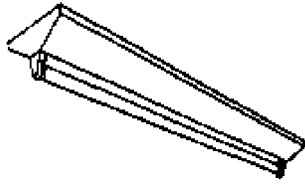


图 15-2-①



图 15-2-②

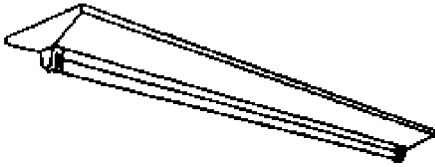


图 15-2-③

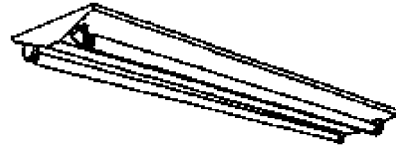


图 15-2-④



图 15-2-⑤



图 15-2-⑥

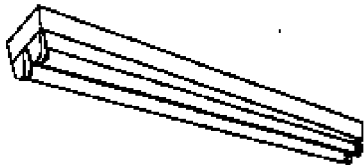


图 15-2-⑦



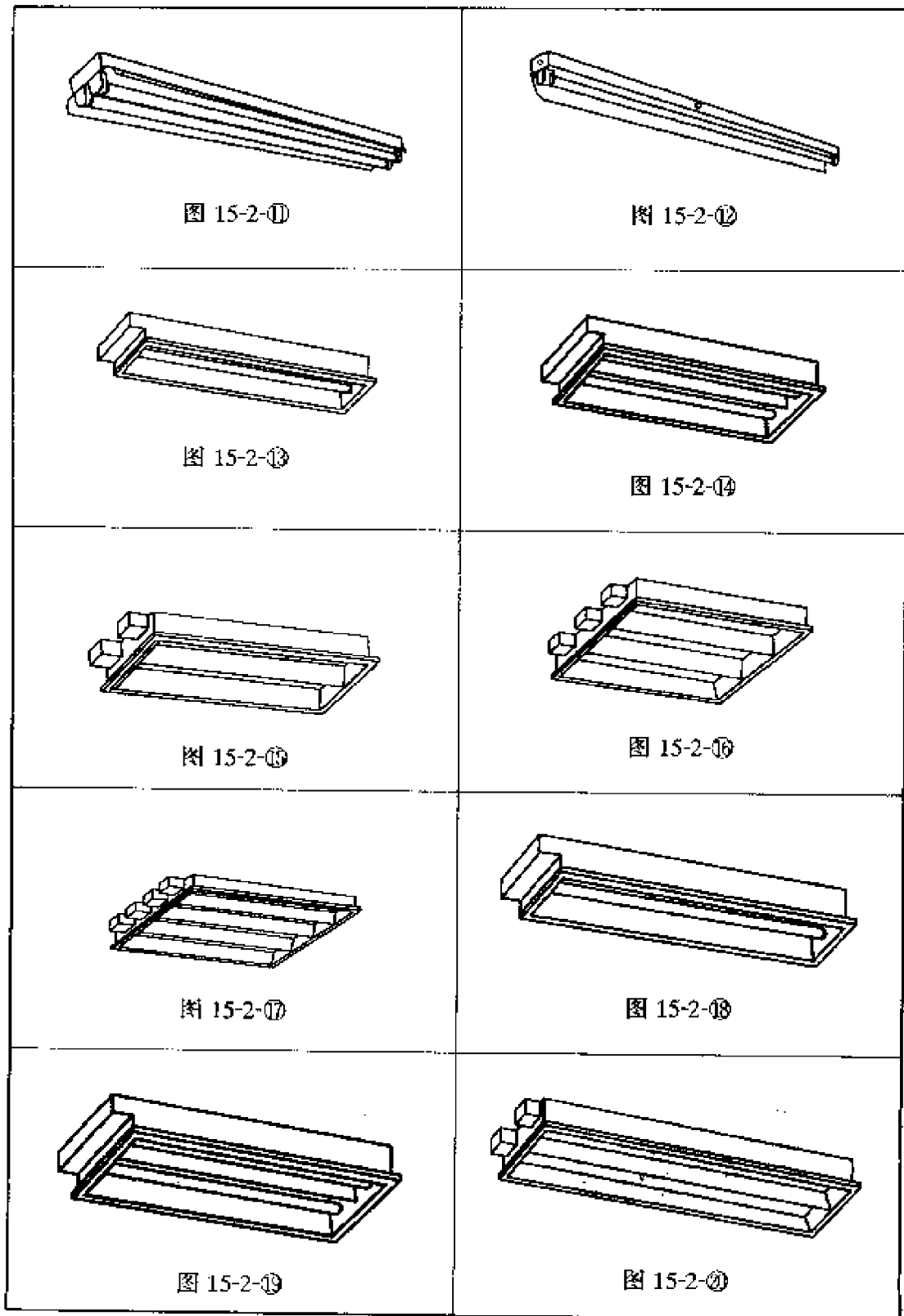
图 15-2-⑧

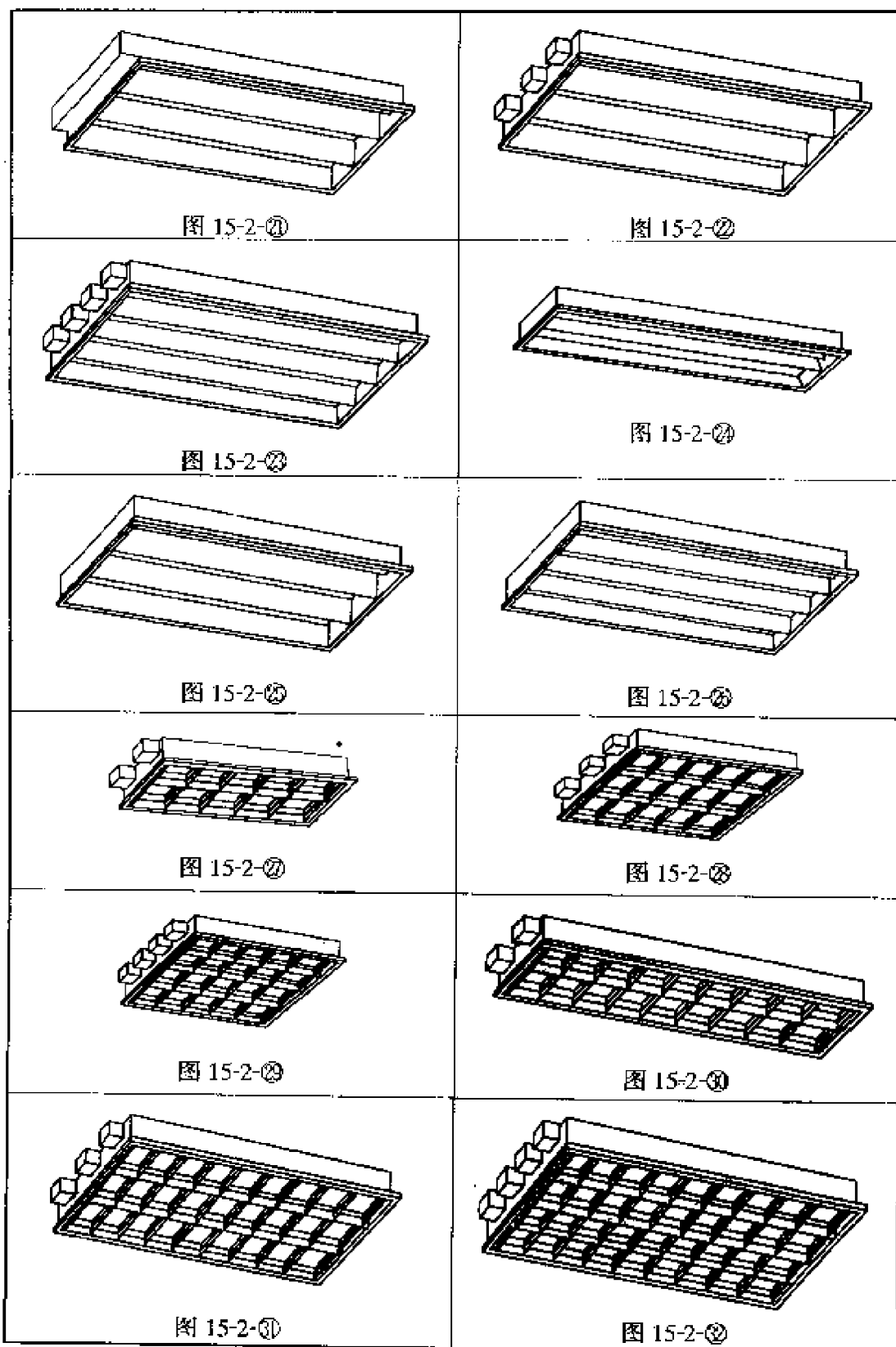


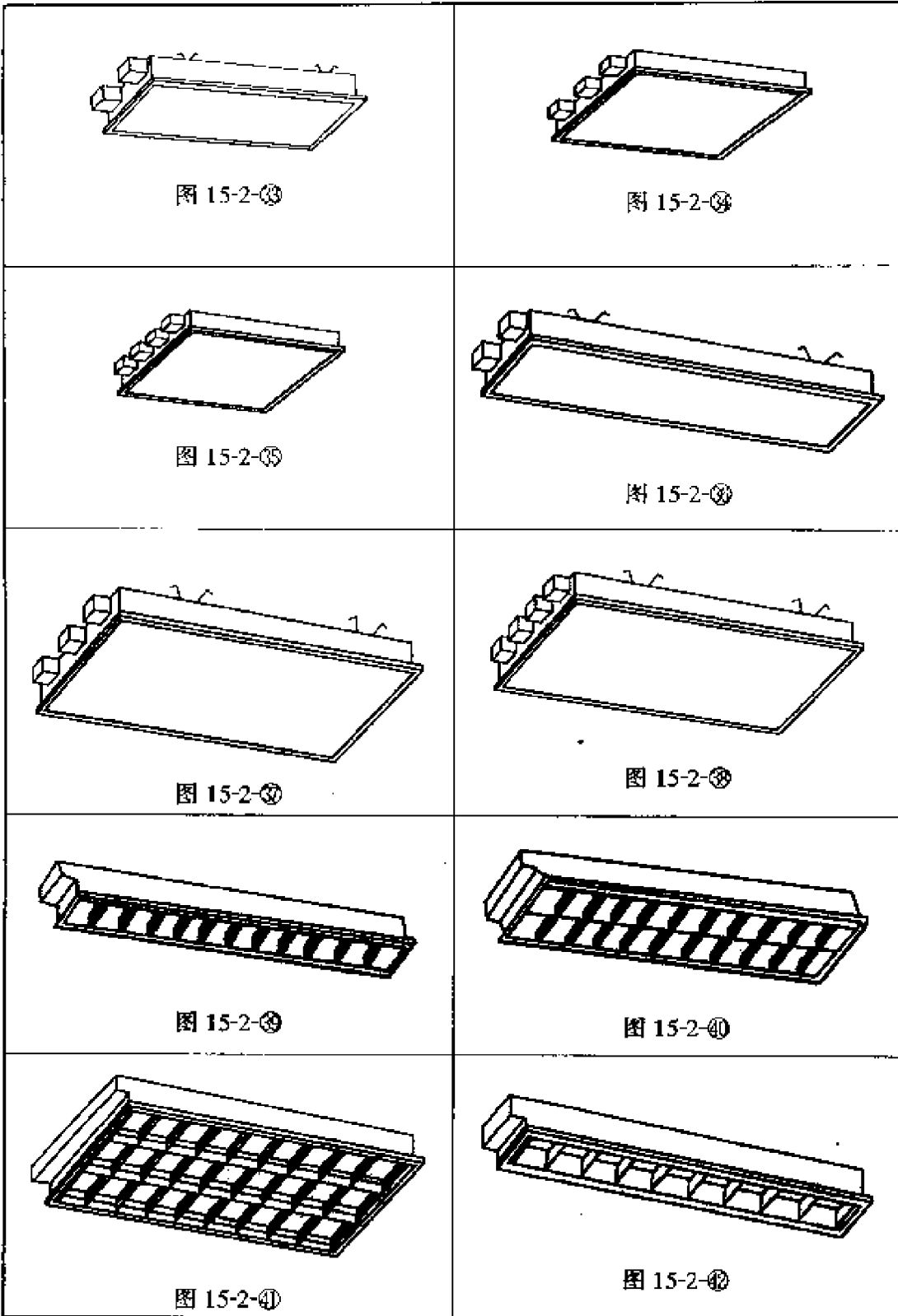
图 15-2-⑨



图 15-2-⑩







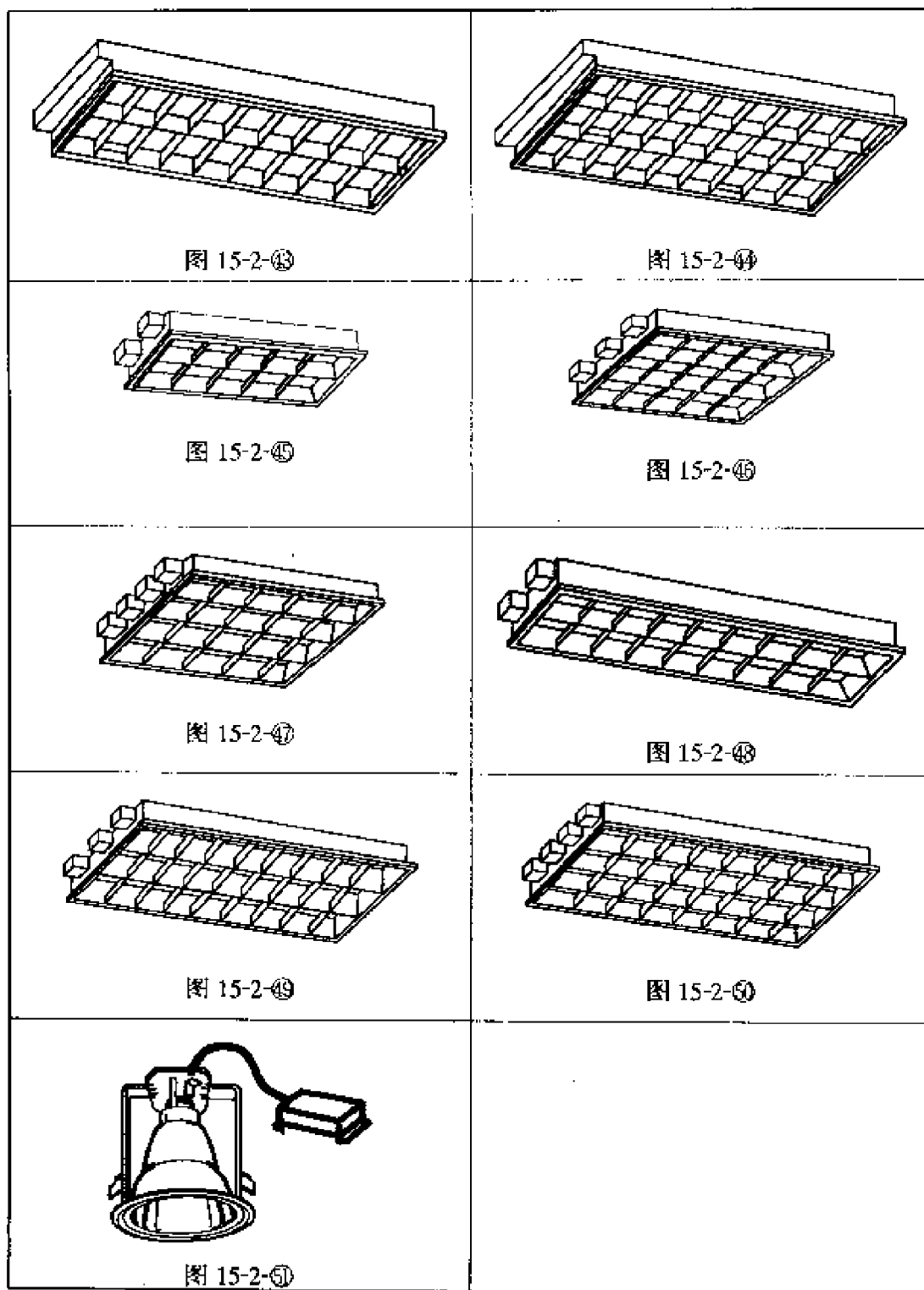


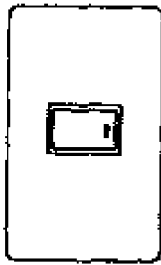
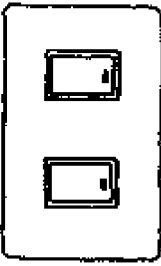
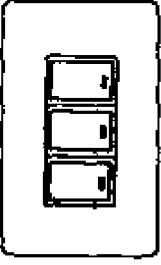
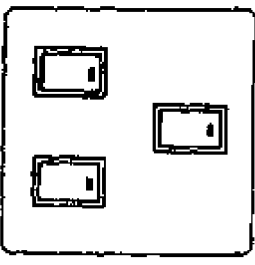
图 15-2 设施用照明器具

15-2 开关系列

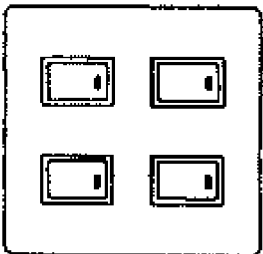
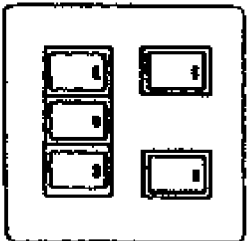
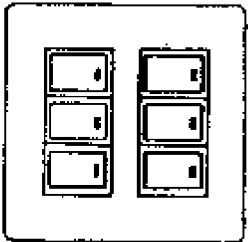
15-2-1 120 普通开关系列

120 普通开关系列技术数据，见表 15-3。

表 15-3 120 普通开关系列技术数据

品 名	型 号	外 形	特 性
单连一位单控开关	WC501		<ul style="list-style-type: none"> • 由于采用线圈弹簧，因此开闭接点弛张较小，使开关开闭稳定，接点压力高，导电面积大。灯负荷可达 15000 次（10A220V，频率 60 次/分钟） • 大手柄操作便利，反转角度小（反转角在 9°左右） • 外壳采用充电部分不外露的封闭式结构，采用绝缘性优越的尿素树脂 • 端子二极挤压弹簧，上级弹簧将电线与端子板紧紧压合，下级弹簧则起到止拔作用。φ1.13 导线的抗拉强度在 100N 以上
单连一位双控开关	WC502		
单连二位单控开关	WC503		
单连二位双控开关	WC504		
单连三位单控开关	WC505		
单连三位双控开关	WC506		
双连三位单控开关	WC551		
双连三位双控开关	WC552		

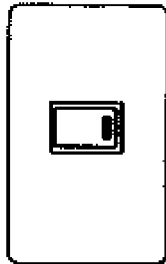
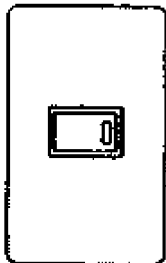
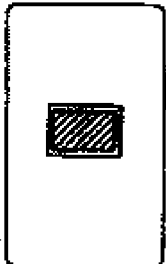
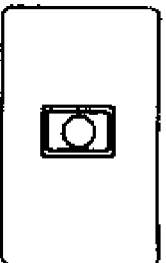
(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
双连四位单控开关	WC553		<p>• 单控开关是只在一个地方进行开闭时使用, 双控开关可在两个地方都进行开闭时使用</p>
双连四位双控开关	WC554		
双连五位单控开关	WC555		
双连五位双控开关	WC556		
双连六位单控开关	WC557		
双连六位双控开关	WC558		

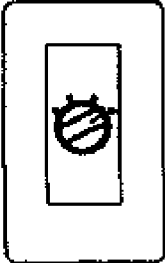
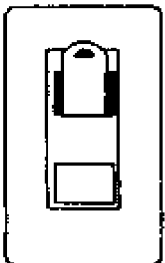
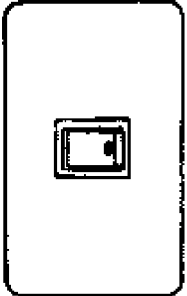
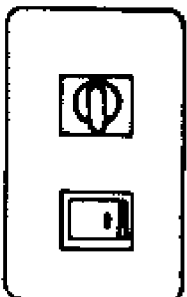
15-2-2 120 高机能开关系列

120 高机能开关系列技术数据，见表 15-4。

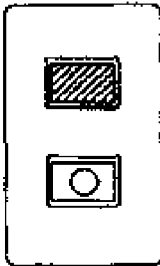
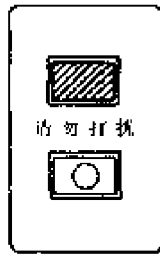
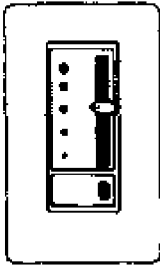
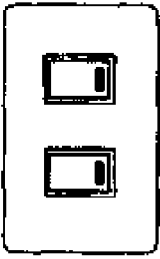
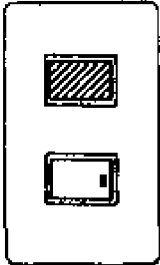
表 15-4 120 高机能开关系列技术数据

品 名	型 号	外 形	特 性
单连一位单控荧光显示开关	WC511		<ul style="list-style-type: none"> • 荧光显示开关，可在关灯后指示开关位置
单连一位双控荧光显示开关	WC512		
单连一位单控指示灯开关	WC521		<ul style="list-style-type: none"> • 在开关 ON 状态时手柄上的荧光灯闪亮，可在不见用电器处知晓用电器的使用状态，此开关采用了高辉度双向二极管及超小型电流变压器等机械电子新技术
单连一位指示灯	WC201		<ul style="list-style-type: none"> • 只需两根电线就可实现开闭监视负载两项功能
单连一位按钮开关	WC202		<ul style="list-style-type: none"> • 与门铃配合仍可使用标准面板，达到与房间风格统一

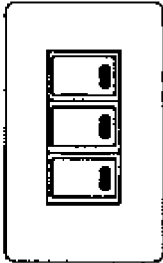
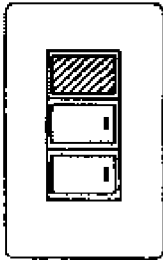
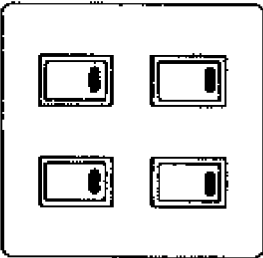
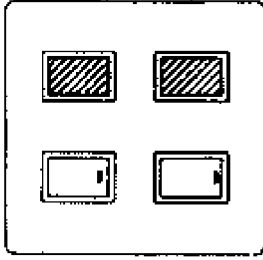
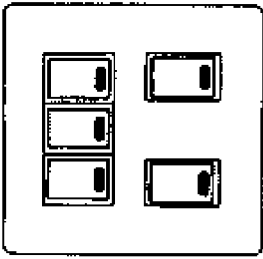
(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
单连空调用开关	WC520		<ul style="list-style-type: none"> 可在强、中、低三档调节空调风机的换气量，可保持舒适的室内温度，并可节约电能
单连节能型钥匙开关	WC530		<ul style="list-style-type: none"> 抽出或插入专用牌即可关闭室内照明，节约能源。关闭时，荧光灯点亮，指示插入位置。三个回路，可将照明、空调、电源分路设置
单连一位通风延时开关	WC531		<ul style="list-style-type: none"> 开关关闭后，照明立即熄灭，换气扇约在三分钟后（卫生间内臭气去除后）关闭
单连二位单控、定时组合开关	WC534		<ul style="list-style-type: none"> 设定时间（0 - 120分钟）后，排气扇会自动停止，可防止浴室器具受潮气侵害和忘记关上开关

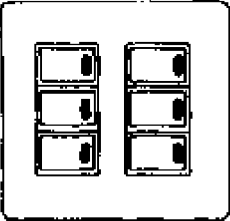
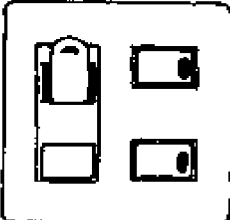
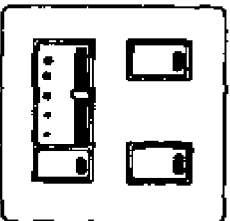
(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
单连二位指示灯 按钮开关	WC901		
单连二位指示灯 按钮开关 (请勿打 扰)	WC902		
单连调光开关	WC540		<ul style="list-style-type: none"> • 白炽灯专用调光开关, 通过可控硅调光电路, 可实现 0~100% 的连续调光。上下调杆式, 可节约电能, 荧光显示开关, 可在黑暗中确定其位置
单连二位单控荧 光显示开关	WC513		
单连二位双控荧 光显示开关	WC514		
单连二位单控指 示灯开关	WC631		<ul style="list-style-type: none"> • 指示灯与开关组合使用可指示开关位置或显示负荷运作, 同时也可和插座组合使用
单连二位双控指 示灯开关	WC632		

(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
单连三位单控荧光显示开关	WC515		
单连三位双控荧光显示开关	WC516		
单连三位单控指示灯开关	WC633		
双连四位单控荧光显示开关	WC561		
双连四位双控荧光显示开关	WC562		
双连四位单控指示灯开关	WC681		
双连四位双控指示灯开关	WC682		
双连五位单控荧光显示开关	WC563		
双连五位双控荧光显示开关	WC564		

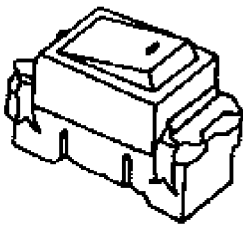
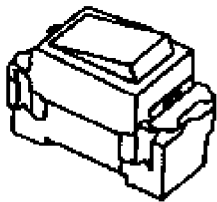
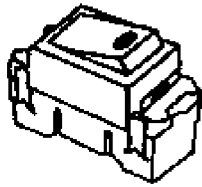
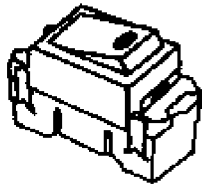
(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
双连六位单控荧光显示开关	WC565		<ul style="list-style-type: none"> • 双连面板最多可容纳6个开关,使开关集中在一个地方,使用中更安全,方便。荧光开关可在灯灭时显示开关位置
双连六位双控荧光显示开关	WC566		
双连三位荧光显示混合开关(双控、钥匙开关)	WC683		<ul style="list-style-type: none"> • 荧光显示开关可在关灯后指示开关位置。只要将钥匙牌插入,即可控制三路负荷,减少能源浪费。双控开关可在两个地方都进行开闭时使用
双连三位荧光显示混合开关(双控、调光)	WC684		<ul style="list-style-type: none"> • 荧光显示开关可在关灯后指示开关位置。白炽灯专用调光开关,通过可控硅调光电路,可实现0~100%的连续调光。双控开关可在两个地方都进行开闭时使用

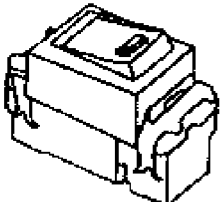
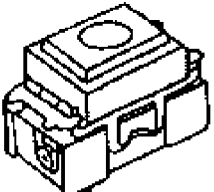
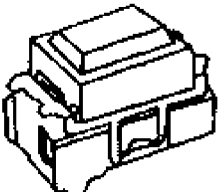
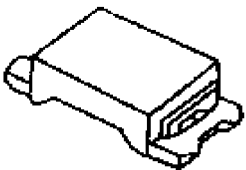

15-2-3 开关类功能件

开关类功能件技术数据，见表 15-5。

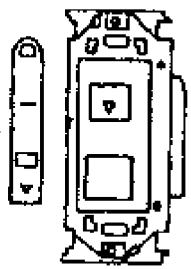
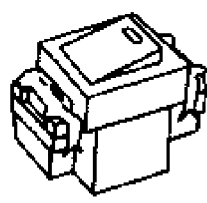
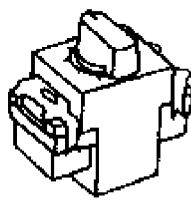
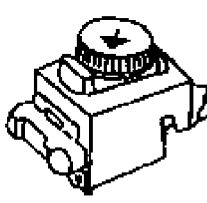
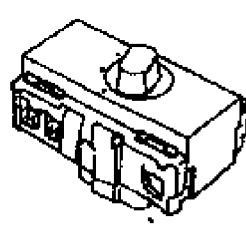
表 15-5 开关类功能件技术数据

品 名	型 号	外 形	特 性
普通单控开关	WNC5001		<ul style="list-style-type: none"> • 彩字系列电器附件功能件采用模块方式，可通过与不同面板和器具的任意组合达到最佳的功能配置和装饰效果 • 由于采用线圈弹簧，因此开闭接点弛张较小，使开关开闭稳定，接点压力高，导电面积大。灯负荷可达 15000 次（10A220V，频率 60 次/分钟）
普通双控开关	WNC5002		<ul style="list-style-type: none"> • 大手柄操作便利，反转角度小（反转角在 9°左右） • 外壳采用充电部分不外露的封闭式结构，采用绝缘性优越的尿素树脂
单控荧光显示开关	WNC5151		<ul style="list-style-type: none"> • 端子二极挤压弹簧，上级弹簧将电线与端子板紧紧压合，下级弹簧则起到止拔作用。φ1.13 导线的抗拉强度在 100N 以上
双控荧光显示开关	WNC5152		<ul style="list-style-type: none"> • 荧光显示开关可在关灯后指示开关位置

(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
单控指示灯开关 (引线式)	WNC5141		<ul style="list-style-type: none"> 在开关 ON 状态时手柄上的荧光灯闪亮, 可在不见用电器处知晓用电器的使用状态, 此开关采用了高辉度双向二极管及超小型电流变压器等机械电子新技术
按钮开关	WNC5401		<ul style="list-style-type: none"> 与门铃配合仍可使用标准面板, 达到与房间风格统一
指示灯	WNC3032R		<ul style="list-style-type: none"> 指示灯与开关组合使用可指示开关位置或显示负荷运作, 同时也可和插座组合使用
填充件	WNC3020		
调光开关 (引线式)	WNC5762		<ul style="list-style-type: none"> 白炽灯专用调光开关, 通过可控硅调光电路, 可实现 0~100% 的连续调光

(续表)

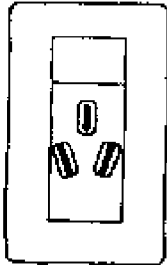
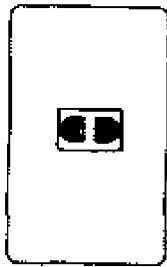
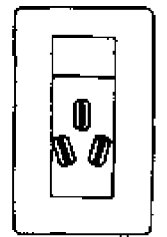
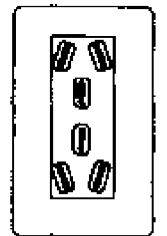


品 名	型 号	外 形	特 性
节能型钥匙开关 (引线式)	WNC5611		<ul style="list-style-type: none"> • 只要将钥匙牌插入, 即可控制三路负荷, 减少能源浪费
钥匙牌	WNC9952		
卫生间通风延时开关	WNC5276		<ul style="list-style-type: none"> • 开关关闭后, 照明立即熄灭, 换气扇约在三分钟后(卫生间内臭气去除后)关闭
定时开关	WNC5292		<ul style="list-style-type: none"> • 可设定在一定时间内开闭换气扇等电器负荷, 适用于浴室等场所
接地端子	WNC3040		
空调用开关	WNC5800		<ul style="list-style-type: none"> • 可在强、中、低三档调节空调风机的换气量, 可保持舒适的室内温度, 并可节约电能

15-3 插座系列


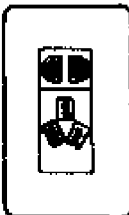

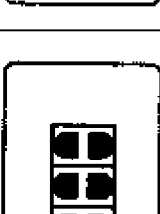
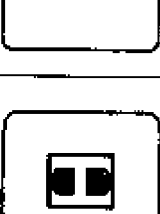

15-3-1 120 型电源用插座系列

120 型电源用插座系列技术数据, 见表 15-6。

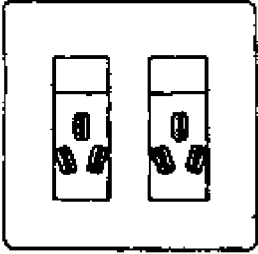
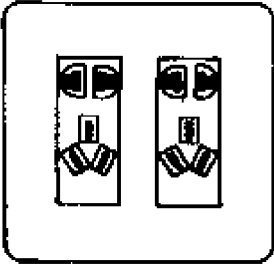
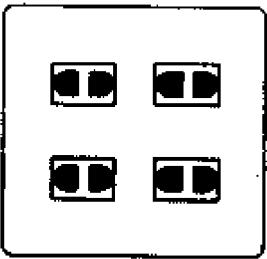
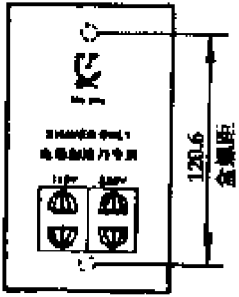
表 15-6 120 型电源用插座系列技术数据

品 名	型 号	外 形	特 性
单连单相一位三极插座	WC101		<ul style="list-style-type: none"> • 接触部分结构为使插头能顺利插入, 除采用弹簧片张开空隙弹簧片部分、接触部分为一整体结构之外, 还配备弹簧变形防止机构 • 为延长使用寿命, 提高可靠性, 采用将电灼点、接触点、应力集中点, 三点分开的结构设计 • 带保护门插座采用独特的防单极插入结构, 使用更安全 • 插孔结构尺寸加大, 周围成 R 字形, 使插头容易插入, 与盖板保持充分的绝缘距离
单连单相一位三极带保护门插座	WC102		
单连单相一位二极插座	WC111		
单连单相一位二极带保护门插座	WC112		
单连单相一位三极插座 (16A)	WC103		
单连单相二位三极插座	WC104		
单连单相二位三极带保护门插座	WC105		

(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
单连单相二位一体插座	WC121K		
单连单相二位一体带保护门插座	WC122K		
单连单相二位一体插座 (10A、16A)	WC123		
单连单相二位一体带保护门插座 (10A、16A)	WC124		
单连单相二位二极插座	WC113		
单连单相二位二极带保护门插座	WC114		
单连单相三位二极插座	WC115		
单连单相三位二极带保护门插座	WC116		
单连单相二位带接地端子二极插座	WC117		

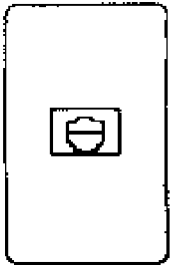
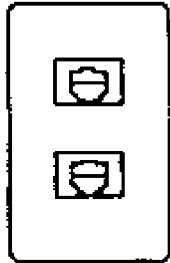
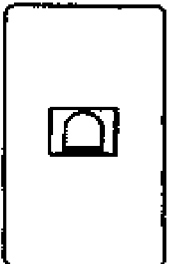
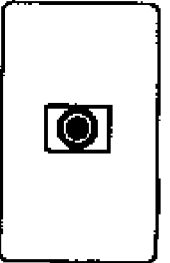
(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
双连单相二位三极插座	WC151		
双连单相二位三极带保护门插座	WC152		
双连单相四位混合插座	WC171K		
双连单相四位混合带保护门插座	WC172K		
双连单相四位二极插座	WC161		
双连单相四位二极带保护门插座	WC162		
剃须刀专用插座	WC131		<ul style="list-style-type: none"> 采用日本先进工艺及变压器，使器具升温低，使用寿命长

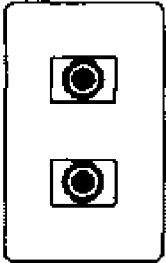
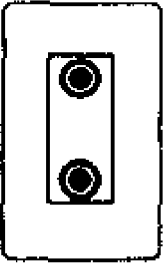
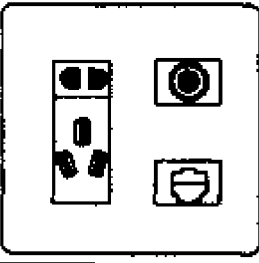
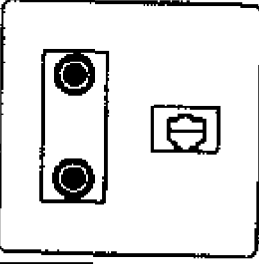
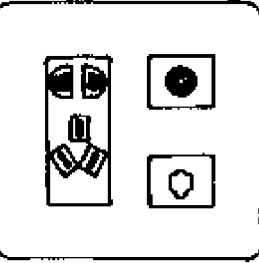
15-3-2 120型通信用插座系列

120型通信用插座系列技术数据, 见表15-7。

表15-7 120型通信用插座系列技术数据

品名	型号	外形	特性
单连一位二芯电话插座	WC401		<ul style="list-style-type: none"> • 将电线插入接线孔即可 • 适用电线 $\phi 0.4 \sim 0.65$ 铜单线
单连一位四芯电话插座	WC403		
单连二位二芯电话插座	WC402		<ul style="list-style-type: none"> • 拆线时按着拆卸钮即可拆线
单连二位四芯电话插座	WC404		
单连二位二、四芯混合电话插座	WC405		
单连一位直装式电话引线座	WC406		<ul style="list-style-type: none"> • 安装在浴室中, 即使在沐浴, 也可接电话, 而无需穿衣到房间去接
单连一位电视终端插座	WC301K		<ul style="list-style-type: none"> • 将电线插入接线孔即可 • 适用电线 $\phi 0.4 \sim 0.65$ 铜单线 • 拆线时按着拆卸钮即可拆线

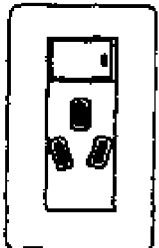

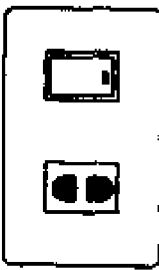

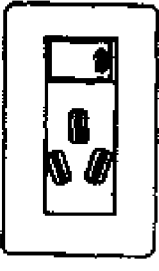
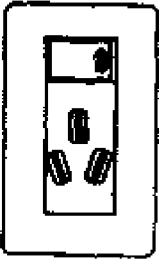
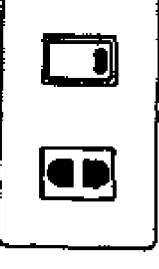
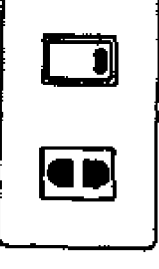
(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
单连二位电视终端插座	WC302K		<ul style="list-style-type: none"> • 采用 TV、FM 二位电视插座，使用更方便
单连二位电视调频混合插座	WC303		<ul style="list-style-type: none"> • 采用二位电视调频电视插座，使用更简捷
双连二位电源电视混合插座	WC656K		
双连三位电视调频电话（二芯）混合插座	WC252		
双连四位电源电视电话（二芯）混合插座	WC657K		<ul style="list-style-type: none"> • 配合绝缘隔板、屏蔽罩，可将强弱电安全地组合在一起，使设备用电更为方便

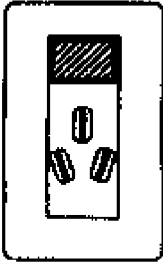
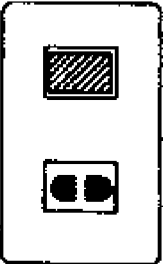
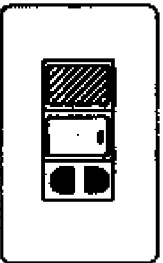
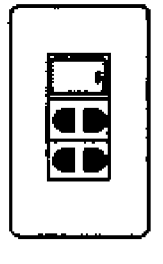
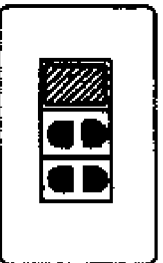
15-3-3 120 型多功能组合插座系列

120 型多功能组合插座系列技术数据, 见表 15-8。

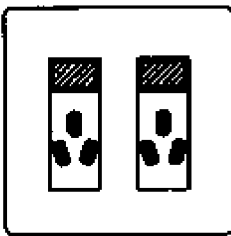
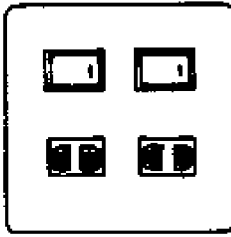
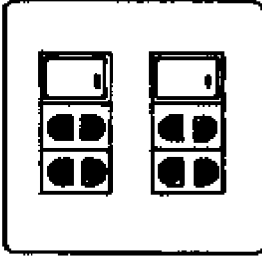
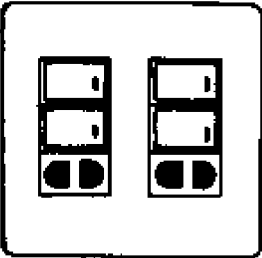
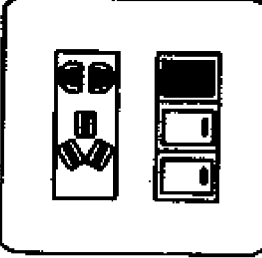
表 15-8 120 型多功能组合系列技术数据

品 名	型 号	外 形	特 性
单连二位多功能 开关插座 (单控、 三极)	WC601		<ul style="list-style-type: none"> • 可用开关自由控制 ON/OFF 电源 • 荧光显示开关可在关灯后指示开关位置 • 带保护门插座采用独特的防单极插入结构, 使用更安全
单连二位多功能 开关插座 (单控、 三极带保护门)	WC602		
单连二位多功能 开关插座 (单控、 二极)	WC610		
单连二位多功能 开关插座 (单控、 二极带保护门)	WC611		
单连二位多功能 开关插座 (单控荧 光显示、三极)	WC603		
单连二位多功能 开关插座 (单控荧 光显示、三极带保 护门)	WC604		
单连二位多功能 开关插座 (双控荧 光显示、二极)	WC612		
单连二位多功能 开关插座 (双控荧 光显示、二极带保 护门)	WC613		

(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
单连二位指示灯 三极插座	WC605		<ul style="list-style-type: none"> • 通过指示灯可获知插座的通电状态
单连二位指示灯 三极插座 (带保护 门)	WC606		
单连二位指示灯 二极插座	WC614		
单连二位指示灯 二极插座 (带保护 门)	WC615		
单连三位多功能 指示灯开关插座 (单控、二极)	WC618		<ul style="list-style-type: none"> • 开关自由 ON, 则插座通电、显示灯亮
单连三位多功能 指示灯开关插座 (单控、二极带保护 门)	WC619		
单连三位多功能 开关插座 (单控、 二极)	WC616		<ul style="list-style-type: none"> • 可用开关自由控制 ON/OFF 电源
单连三位带指示 灯二极插座	WC617		<ul style="list-style-type: none"> • 通过指示灯可获知插座的通电状态

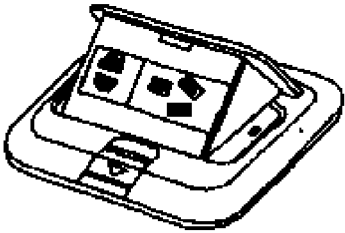
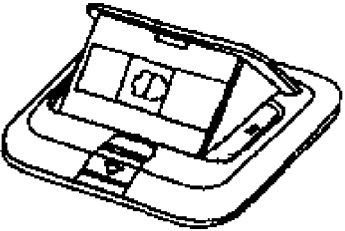
(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
双连四位带指示灯三极插座	WC653		<ul style="list-style-type: none"> 带保护门插座采用独特的防单极插入结构，使用更安全
双连四位带指示灯三极插座（带保护门）	WC654		
双连四位多功能开关插座（单控、二极）	WC661		
双连四位多功能开关插座（单控、二极带保护门）	WC662		
双连六位多功能开关插座（单控、二极）	WC663		
双连六位多功能开关插座（单控、二极带保护门）	WC664		
双连六位多功能开关插座（单控、二极）	WC665		
双连六位多功能开关插座（单控、二极带保护门）	WC666		
双连五位带指示灯多功能开关插座（单控、二、三极）	WC671K		
双连五位带指示灯多功能开关插座（单控、二、三极带保护门）	WC672K		

15-3-4 地面插座系列

地面插座系列技术数据，见表 15-9。

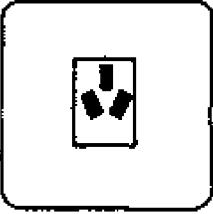
表 15-9 地面插座系列技术数据

品 名	型 号	外 形	特 性
跳起式二、三极地面插座（银色、方形）	WC801S		<ul style="list-style-type: none"> • 本体采用坚固耐用的一体成形铝（铜）制品，经久耐用，不易损坏 • 在插头插入状态，不小心踏上也不会关闭
跳起式二、三极地面插座（金色、方形）	WC801Y		
跳起式一位二芯电话地面插座（银色、方形）	WC861S		
跳起式一位二芯电话地面插座（金色、方形）	WC861Y		

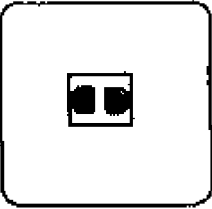
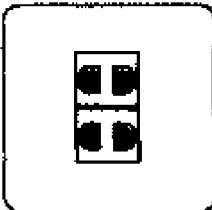
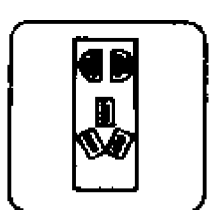
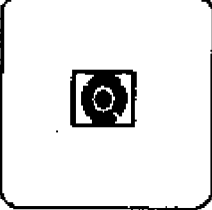


15-3-5 86 型组合插座系列

86 型组合插座系列技术数据，见表 15-10。

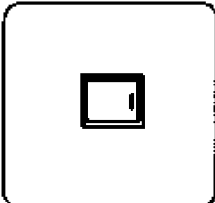
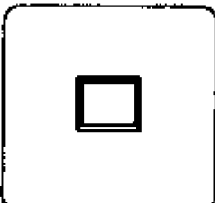
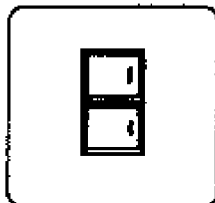


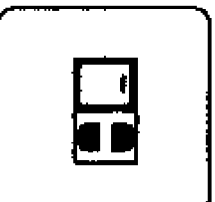
表 15-10 86 型组合插座系列技术数据

品 名	型 号	外 形	特 性
86 型单连单相一位三极插座	WB101		
86 型单连单相一位三极带保护门插座	WB102		
86 型单连单相一位三极插座 (16A)	WB103		

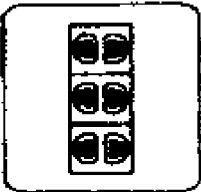
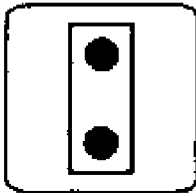
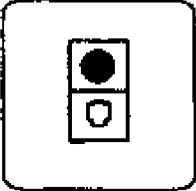
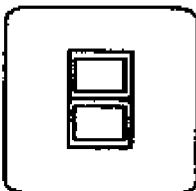
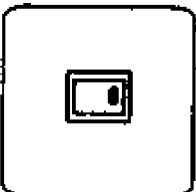
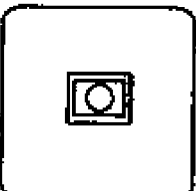
(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
86 型单连单相 一位二极插座	WB111		
86 型单连单相 一位二极带保护 门插座	WB112		
86 型单连单相 二位二极插座	WB113		
86 型单连单相 二位二极带保护 门插座	WB114		
86 型单连单相 二位二、三极一 体插座	WB121K		
86 型单连单相 二位二、三极一 体带保护门插座	WB122K		
86 型单连一位 电视终端插座	WB301K		
86 型单连一位 二芯电话插座	WB401		

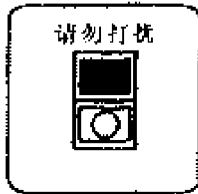
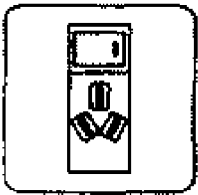
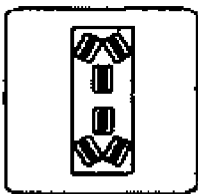
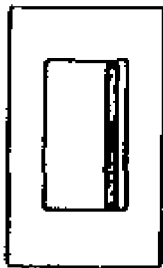
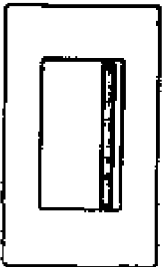
(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
86 型单连一位 单控开关	WB501		
86 型单连一位 双控开关	WB502		
86 型单连二位 单控开关	WB503		
86 型单连一位 单控荧光显示开 关	WB511		
86 型单连二位 单控荧光显示开 关	WB513		
86 型单连二位 单控开关二极插 座	WB610		

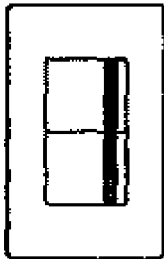
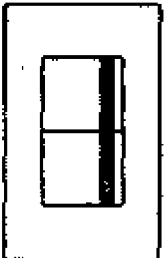
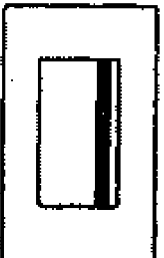
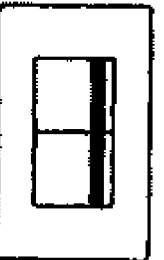
(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
86 型单连单相 三位二极插座	WB115		
86 型单连二位 电视调频混合插 座	WB303		
86 型单连二位 电视电话 (二芯) 混合插座	WB251		
86 型单连二位 双控开关	WB504		
86 型单连一位 双控荧光显示开 关	WB512		
86 型单连一位 按钮开关	WB202		

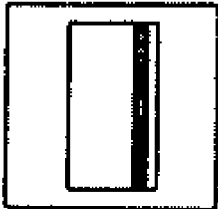
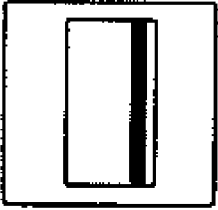
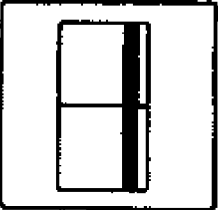
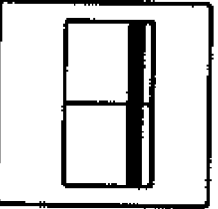
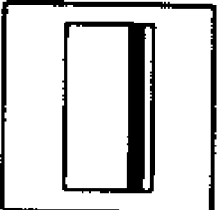

(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
86 型单连二位 指示灯按钮开关 (请勿打扰)	WB902		
86 型单连二位 多功能开关插座 (单控、二极)	WB601		
86 型单连二位 三极插座	WB104		
宏彩开关系列			<ul style="list-style-type: none"> • 宏彩电器附件具有现代欧洲风格 • 使用卡接面板、外形美观、施工便携 • 大翘板使用更加舒适方便
单连一位单控 开关 (宽手柄)	WE571		
单连一位双控 开关 (宽手柄)	WE572		






(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
单连二位单控 开关(宽手柄)	WE573		
单连二位双控 开关(宽手柄)	WE574		
单连一位单控 荧光显示开关 (宽手柄)	WE581		
单连一位双控 荧光显示开关 (宽手柄)	WE582		
单连二位单控 荧光显示开关 (宽手柄)	WE583		
单连二位双控 荧光显示开关 (宽手柄)	WE584		

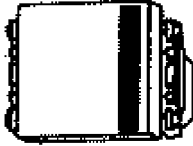
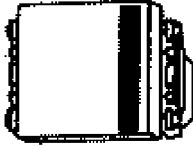
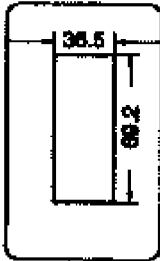
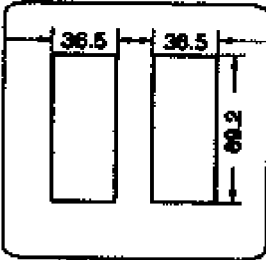
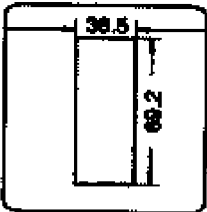
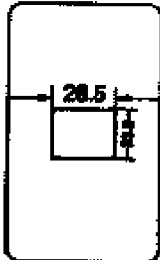
(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
86 型单连一位 单控开关 (宽手 柄)	WF571		
86 型单连一位 双控开关 (宽手 柄)	WF572		
86 型单连二位 单控开关 (宽手 柄)	WF573		
86 型单连二位 双控开关 (宽手 柄)	WF574		
86 型单连一位 单控荧光显示开 关 (宽手柄)	WF581		
86 型单连一位 双控荧光显示开 关 (宽手柄)	WF582		
86 型单连二位 单控荧光显示开 关 (宽手柄)	WF583		
86 型单连二位 双控荧光显示开 关 (宽手柄)	WF584		

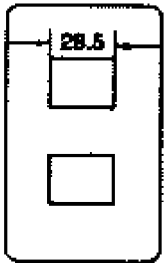
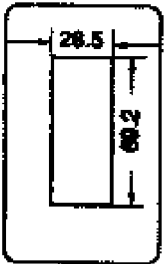
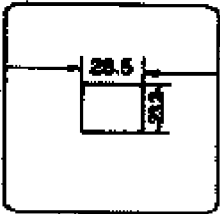
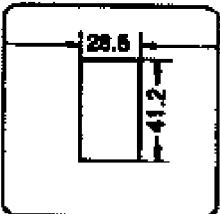
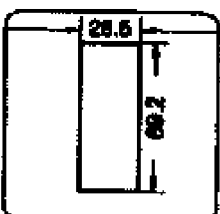
(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
宏彩功能件系列			
一位用普通单控开关 (宽手柄)	WEC5501		
一位用普通双控开关 (宽手柄)	WEC5502		
一位用单控荧光显示开关 (宽手柄)	WEC5551		
一位用双控荧光显示开关 (宽手柄)	WEC5552		
二位用普通单控开关 (宽手柄)	WEC5511		
二位用普通双控开关 (宽手柄)	WEC5512		

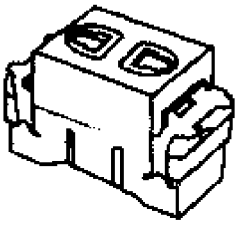
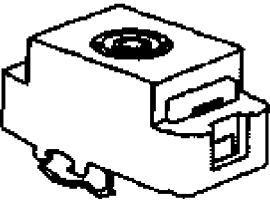
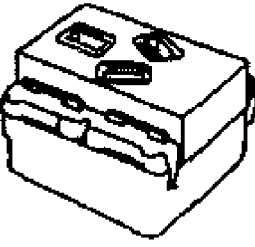
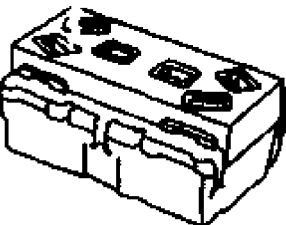
(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
二位用单控荧光显示开关(宽手柄)	WEC5561		
二位用双控荧光显示开关(宽手柄)	WEC5562		
120型单连面板	WEC6803W		
120型双连面板	WEC6806W		
86型面板	WFC6803W		
一位用120型宽型面板	WZC1811W		<ul style="list-style-type: none"> 与彩字功能件配套使用

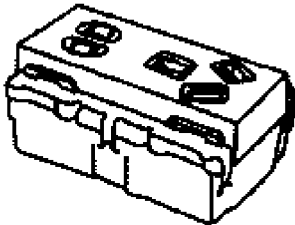
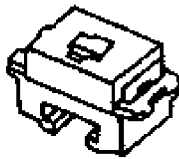
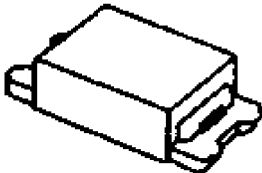

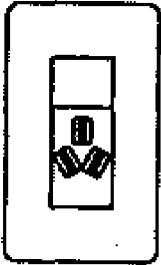
(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
二位用 120 型 宽型面板	WZC1812W		<ul style="list-style-type: none"> • 与彩字功能件配套使用
三位用 120 型 宽型面板	WZC1813W		<ul style="list-style-type: none"> • 与彩字功能件配套使用
一位用 86 型宽 型面板	WZC1911W		<ul style="list-style-type: none"> • 与彩字功能件配套使用
二位用 86 型宽 型面板	WZC1912W		<ul style="list-style-type: none"> • 与彩字功能件配套使用
三位用 86 型宽 型面板	WZC1913W		<ul style="list-style-type: none"> • 与彩字功能件配套使用

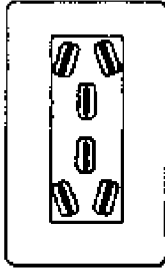
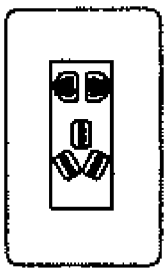
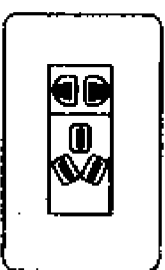
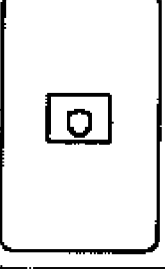
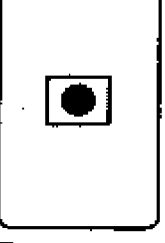

(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
白色插座功能件系列			
二极带保护门 宽型插座 (白色)	WNC1081W		
二极宽型插座 (白色)	WNC1091W		
电视终端插座 (白色)	WNC1101W		
三极宽型插座 (白色)	WNC1441W		
三极带保护门 宽型插座 (白色) (10A)	WNC1451W		
三极宽型插座 (白色) (16A)	WNC1461W		
二位三极宽型 插座 (白色)	WNC1442W		

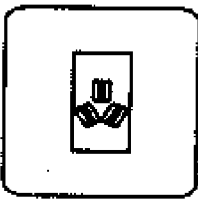
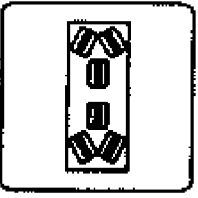
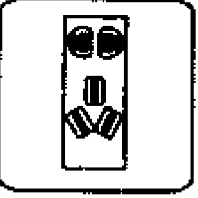
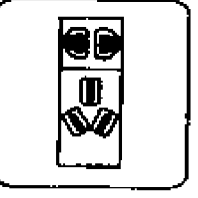
(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
二位带保护门 二、三极宽型插座 (白色)	WNC1482W		
二位二、三极 宽型插座 (白色)	WNC1492W		
二芯宽型电话 插座 (白色)	WNC1562W		
四芯宽型电话 插座 (白色)	WNC1564W		
宽型填充件	WNC3020W		
直装式宽型电 话引线座 (白色)	WNC3021W		
120 型白色插座组合系列			
单连单相一位 三极宽型插座 (白色)	WC101W		
单连单相一位 三极宽型插座 (16A) (白色)	WC103W		

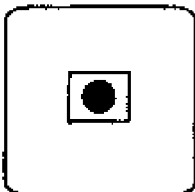
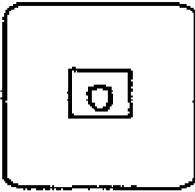
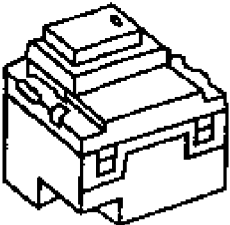
(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
单连单相二位 三极宽型插座 (白色) (10A)	WC104W		
单连单相二位 二、三极宽型插 座 (白色) (10A)	WC121W		
单连单相二位 二、三极宽型带 保护门插座 (白 色) (10A)	WC122W		
单连单相二位 二、三极混合宽 型插座 (10A、 16A) (白色)	WC123W		
单连一位宽型 电视终端插座 (白色)	WC301W		
单连一位二芯 宽型电话插座 (白色)	WC401W		

(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
86 型白色插座组合系列			
86 型单连单相一位宽型三极插座 (10A) (白色)	WB101W		
86 型单连单相一位宽型三极插座 (16A) (白色)	WB103W		
86 型单连二位三极宽型插座 (白色)	WB104W		
86 型单连单相二位二、三极宽型插座 (白色)	WB121W		
86 型单连单相二位二、三极宽型带保护门插座 (白色)	WB122W		
86 型单连单相二位二、三极混合宽型插座 (10A、16A) (白色)	WB123W		

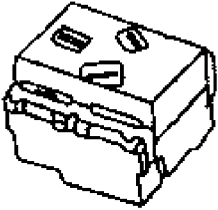
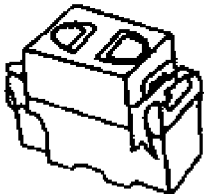
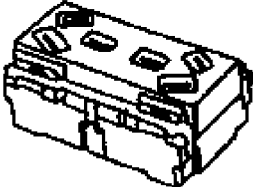
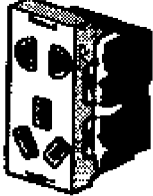
(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
86 型单连一位 宽型电视终端插 座 (白色)	WB301W		
86 型单连一位 二芯宽型电话插 座 (白色)	WB401W		
楼梯口延时开关			<ul style="list-style-type: none"> • 按下开关就点灯, 约 3 分钟后自动关灯 • 可与彩宇系列面板实现丰富多彩的自由组合
楼梯口延时开 关	WNCS476		

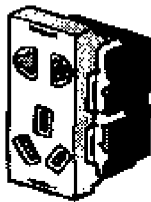
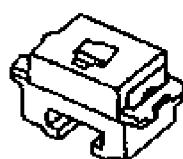

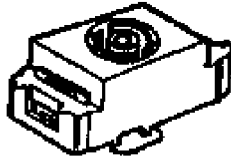
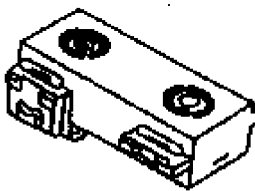
15-3-6 插座类功能件

插座类功能件技术数据, 见表 15-11。

表 15-11 插座类功能件技术数据

品 名	型 号	外 形	特 性
三极插座 (10A)	WNC1441		<ul style="list-style-type: none"> • 彩宇系列电器附件功能件采用模块方式, 可通过与不同面板和器具的任意组合达到最佳的功能配置和装饰效果 • 接触部分结构为使插头能顺利插入, 除采用弹簧片张开空隙弹簧片部分、接触部分为一整体结构之外, 还配备弹簧变形防止机构 • 为延长使用寿命, 提高可靠性, 采用将电灼点、接触点、应力集中点, 三点分开的结构设计 • 带保护门插座采用独特的防单极插入结构, 使用更安全
带保护门三极插座	WNC1451		
三极插座 (16A)	WNC1461		
二极插座	WNC1091		<ul style="list-style-type: none"> • 为延长使用寿命, 提高可靠性, 采用将电灼点、接触点、应力集中点, 三点分开的结构设计 • 带保护门插座采用独特的防单极插入结构, 使用更安全
带保护门二极插座	WNC1081		
二位三极插座	WNC1442		<ul style="list-style-type: none"> • 占据空间小, 方便接线
二位带保护门三极插座	WNC1452		
二位二、三极带保护门插座	WNC1482		<ul style="list-style-type: none"> • 占据空间小, 方便接线

(续表)

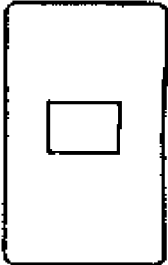
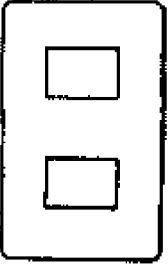
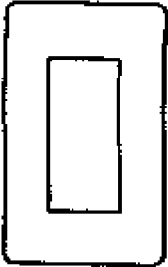
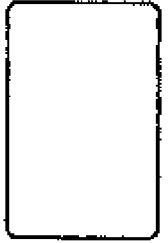
品 名	型 号	外 形	特 性
二位二、三极 插座	WNC1492		<ul style="list-style-type: none"> • 占据空间小, 方便接线
二芯电话插座	WNC1562		<ul style="list-style-type: none"> • 将电线插入接线孔即可 • 适用电线 $\phi 0.4 \sim 0.65$ 铜单线 • 拆线时按着拆卸钮即可拆线
四芯电话插座	WNC1564		
直装式电话引 线座	WNC3021		
电视终端插座	WNC1101K		<ul style="list-style-type: none"> • 产品首批取得广电部入网证书
二位电视调频 混合插座	WNC1102		<ul style="list-style-type: none"> • 采用 TV、FM 二位电视插座, 使用更方便

15-4 现代欧式面板

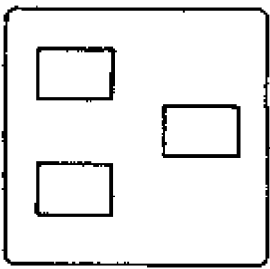
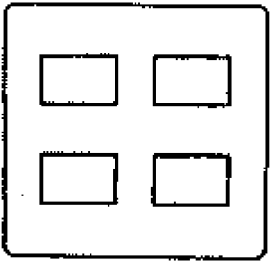
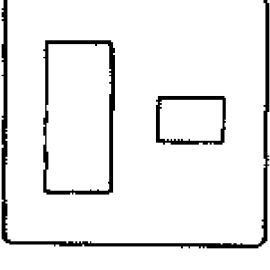
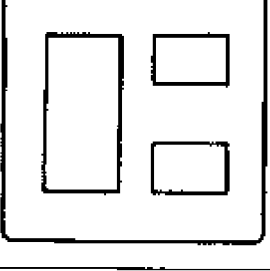
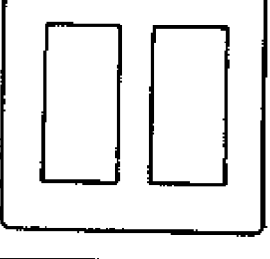
15-4-1 120 型现代欧式面板

120 型现代欧式面板技术数据, 见表 15-12。

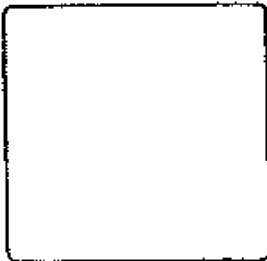
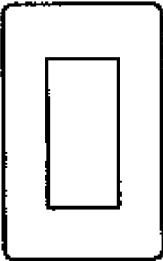
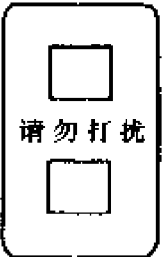
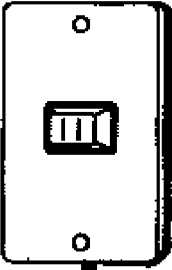
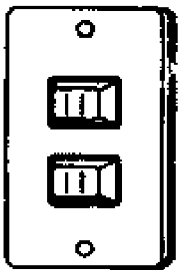
表 15-12 120 型现代欧式面板技术数据

品 名	型 号	外 形	特 性
单连一位面板	WNC6801		
单连一位面板 (木黄色)	WNC6801Y		
单连一位面板 (咖啡色)	WNC6801A		
单连二位面板	WNC6802		
单连二位面板 (木黄色)	WNC6802Y		
单连二位面板 (咖啡色)	WNC6802A		
单连三位面板	WNC6803		
单连三位面板 (木黄色)	WNC6803Y		
单连三位面板 (咖啡色)	WNC6803A		
单连空白面板	WNC6891		

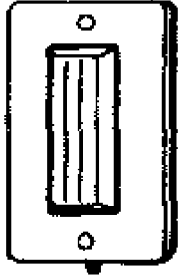
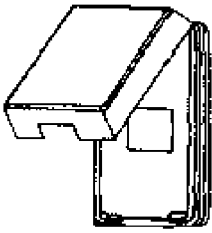
(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
双连三位面板 (2+1)	WNC6873		
双连四位面板	WNC6804		
双连四位面板 (3+1)	WNC6874		
双连五位面板	WNC6805		
双连六位面板	WNC6806		

(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
双连空白面板	WNC6892		
单连三位面板	WNC6003		
单连二位面板 (请勿打扰)	WNC6802-1		
单连一位防潮 开关面板	WNC7941		<p>• 面板不易变色，耐腐蚀开关保护膜可防止潮气进入，不影响开关的正常使用。关起插座防溅保护盖可避免水溅入插孔，引起短路触电事故</p>
单连二位防潮 开关面板	WNC7942		

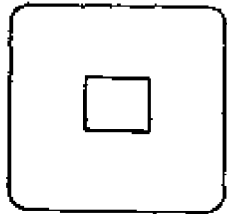
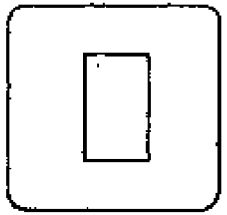
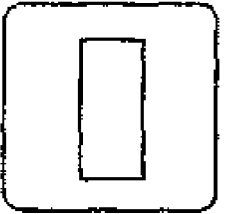
(续表)

品名	型号	外形	特性
单连三位防潮开关面板	WNC7943		<ul style="list-style-type: none"> 如不小心有少量水进入, 独特的导水结构也会将其导引流出
单连一位防滴溅盖板	WNC7901		
单连三位防滴溅盖板	WNC7903		

15-4-2 86型现代欧式面板

86型现代欧式面板技术数据, 见表15-13。

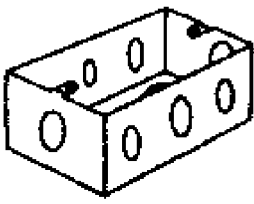
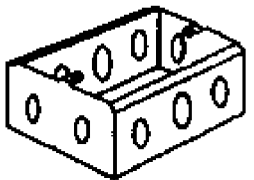
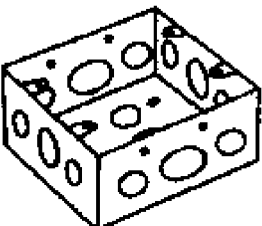
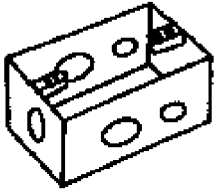
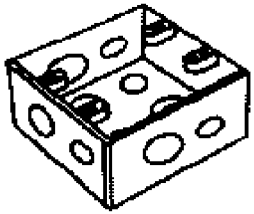
表 15-13 86型现代欧式面板技术数据

品名	型号	外形	特性
86型单连一位面板	WBC6801		
86型单连一位面板 (木黄色)	WBC6801Y		
86型单连一位面板 (咖啡色)	WBC6801A		
86型单连二位面板	WBC6802		
86型单连二位面板 (木黄色)	WBC6802Y		
86型单连二位面板 (咖啡色)	WBC6802A		
86型单连三位面板	WBC6803		
86型单连三位面板 (木黄色)	WBC6803Y		
86型单连三位面板 (咖啡色)	WBC6803A		

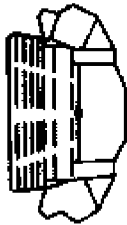
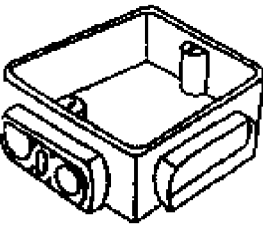
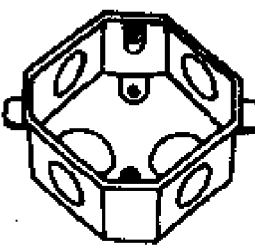
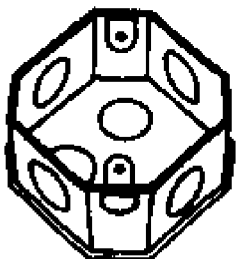
15-5 接线盒及附件

接线盒及附件技术数据，见表 15-14。

表 15-14 接线盒及附件技术数据

品 名	型 号	外 形	特 性
单连金属暗盒	WNC4811		
	WNC4813		
	WNC4814		
单连收口金属暗盒	WNC4815		
双连金属暗盒	WNC4822		
单连塑料暗盒	WNC5911		
双连塑料暗盒	WNC5921		


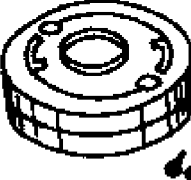


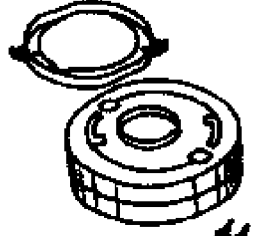

(续表)

品 名	型 号	外 形	特 性
内藏高低压绝缘隔板	WNC2450		
地面插座用塑料暗盒	WNC5981		
八角塑料暗盒	WNC5991		
八角金属暗盒	WNC4891		

15-6 卡接式灯具用配件

卡接式灯具用配件技术数据，见表 15-15。

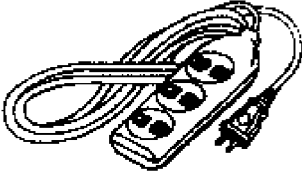
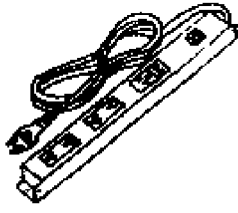
表 15-15 卡接式灯具用配件技术数据

品 名	型 号	外 形	特 性
卡接式灯具用底座（速结端子、嵌入式、二极用）	WGC6000W		
卡接式灯具用底座（螺丝端子、直附式、二极用）	WGC4000W		
卡接式灯具用引线头（螺丝端子、二极用）	WGC7000W		
易安型用安装架	HKC3241		
易安型用安装架配套品	HKC3242		
伞形固定螺栓	WGC9920		

15-7 安全延伸插座

安全延伸插座系列技术数据, 见表 15-16。

表 15-16 安全延伸插座系列技术数据

品 名	型 号	外 形	特 性
家庭用安全延伸插座 (白色)	WHC1223W		
家庭用安全延伸插座 (粉色)	WHC1223N		
OA 用线形安全延伸插座 (6 位带普通开关线长 2 米)	WHC22102		<ul style="list-style-type: none"> 可集中使用办公设备, 带指示灯的延伸插座可显示电器工作状态, 器具带有安装孔, 可根据需要随意固定
OA 用线形安全延伸插座 (6 位带显示开关线长 2 米)	WHC22112		
OA 用线形安全延伸插座 (6 位带普通开关线长 2 米)	WHC22502		
OA 用线形安全延伸插座 (6 位带显示开关线长 2 米)	WHC22512		
OA 用线形安全延伸插座 (6 位带显示开关线长 2 米)	WHC22512		