



中等职业学校电子信息类教材 **实用电子技术专业**

维修电工技术

(第三版)

马效先 编著

获取更多资料



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

中等职业学校电子信息类教材(实用电子技术专业)

维修电工技术

(第三版)

马效先 编著

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是中等职业学校教材,主要内容包括电工基础理论知识、电子元器件基本知识和维修电工基本操作。重点介绍了常用低压电器、常用电子仪表、变压器、三相电动机的应用和电气线路的安装与维修。

本书适合中等职业技术学校、电工培训班作为教材使用,也可作为初高中文化水平人员自学用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,翻版必究。

图书在版编目(CIP)数据

维修电工技术(第三版)/马效先编著. —北京:电子工业出版社,2002.1

中等职业学校电子信息类教材(实用电子技术专业)

ISBN 7-5053-6238-0

I. 维… II. 马… III. 电工—维修—专业学校—教材 IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 074907 号

丛 书 名: 中等职业学校电子信息类教材(实用电子技术专业)

书 名: 维修电工技术(第三版)

编 著 者: 马效先

责任编辑: 徐 莹 徐德霆

特约编辑: 韦学纯

排版制作: 电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者: 北京兴华印刷厂

装 订 者: 三河市双峰装订厂

出版发行: 电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 16.5 字数: 408 千字

版 次: 2002 年 1 月第 3 版 2002 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-6238-0
TN·1379

印 数: 5000 册 定价: 18.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换;
若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

全国中等职业学校电子信息类教材工作领导小组

组长：

姚志清(原电子工业部人事教育司副司长)

副组长：

牛梦成(教育部职成教司教材处处长)

蔡继顺(北京市教委职教处副处长)

李 群(黑龙江省教委职教处处长)

王兆明(江苏省教委职教办主任)

陈观诚(福建省职业技术教育学会副秘书长)

王 森(解放军军械工程学院计算机应用研究所教授)

吴金生(电子工业出版社副社长)

成员：

褚家蒙(四川省教委职教处副处长)

尚志平(山东省教学研究室副主任)

赵丽华(天津市教育局职教处处长)

潘效愚(安徽省教委职教处处长)

郭菊生(上海市教委职教处)

翟汝直(河南省教委研究室主任)

李洪勋(河北省教委职教处副处长)

梁玉萍(江西省教委职教处处长)

吴永发(吉林省教育学院职教分院副院长)

王家诒(上海现代职业技术学校副校长)

郭秀峰(山西省教委职教处副处长)

彭先卫(新疆教委职教处)

李启源(广西教委职教处副处长)

彭世华(湖南省职教研究中心主任)

许淑英(北京市教委职教处副处级调研员)

姜昭慧(湖北省职教研究中心副主任)

张雪冬(辽宁省教委中职处副处长)

王志伟(甘肃省教委职教处助理调研员)

李慕瑾(黑龙江教委职教教材站副编审)

何雪涛(浙江省教科院)

杜锡强(广东省教育厅职业与成人教育处副处长)

王润拽(内蒙古自治区教育厅职成处处长)

秘书长：

林 培(电子工业出版社)

出版说明

职业教育的教育质量和办学效益,直接关系到我国 21 世纪劳动者和专门人才的素质,关系到经济发展的进程。要培养具备综合职业能力和全面素质,直接在生产、服务、技术和管理第一线工作的跨世纪应用型人才,必须进一步推动职业教育教学改革,确立以能力为本位的教学指导思想。在课程开发和教材建设上,以社会和经济需求为导向,从劳动力市场和职业岗位分析入手,努力提高教育质量。

电子工业出版社受国家教育部的委托,负责规划、组织并出版全国中等职业学校计算机技术、实用电子技术和通信技术三个专业的教材。电子工业出版社以电子信息产业为背景,以本行业的科技力量为依托,与教研、教学第一线的教研人员和教师相结合,已组织编写、出版计算机技术、实用电子技术及通信技术专业的教材 100 余种,受到了广大职业学校师生的好评,为促进职业教育做出了积极的努力。

随着科学技术水平日新月异,计算机、电子、通信技术的发展更是突飞猛进,而职业教育直接面向社会、面向市场,这就要求教材内容必须密切联系实际,反映新知识、新技术、新工艺和新方法。好的教材应该既要让学生学到专业知识,又能让学生掌握实际操作技能,而重点放在学生的操作和技能训练方面。在这一思想指导下,电子工业出版社根据《职业教育法》及劳动部颁发的《职业技能鉴定规范》,在教育部等相关部门的领导下,会同电子信息行业的专家、教育教研部门研究人员以及广大中等职业学校的领导和教师,在深入调查研究的基础上,制定了三个专业的指导性教学计划。该计划强调技能培养,充分考虑各学校课程设置、师资力量、教学条件的差异,突出了“宽基础多模块、大菜单小模块”灵活办学的宗旨。

新版教材具有以下突出的特点:

1. 发挥产业优势,以本行业的科技力量为依托,充分适应中等职业学校推行的学业证书和职业资格证书的双证制度,突出教材的实用性、先进性、科学性和趣味性。
2. 教材密切反映电子信息技术的发展,不断推陈出新。实用电子技术专业教材突出数字化、集成化技术;计算机技术专业教材内容涉及多种流行软件及实用技术;通信技术专业教材反映通信领域的先进技术。
3. 教材与中等职业学校开设的专业课程相配套,注意贯穿能力和技能培养于始终,精心安排例题、习题,在把握难易、深广度时,以易懂、广度优先,理论原理为操作技能服务,够用即可。
4. 教材的编写一改过去又深又厚的模式,突出“小模块”的特点,为不同学校依据自己的师资力量和办学条件灵活选择不同专业模块组合提供方便。

另外,为满足广大中等职业学校教师的教学需要,我们还将根据每种教材的具体情况推出配套的教师辅助参考书以及供学生使用的上机操作/练习指导书。

随着教育体制改革的进一步深化,加之科学技术的迅猛发展,编写中等职业学校教材始终是一个新课题。希望全国各地中等职业学校的广大师生多提宝贵意见,帮助我们紧跟职业教育和科学技术的发展,不断提高教材的编写质量,以便更好地为广大师生服务。

全国中等职业学校电子信息类教材工作领导小组

2000 年 5 月

全国中等职业学校电子信息类教材编审委员会

名誉主任委员：

杨玉民(原北京市教育局副局长)

主任委员：

马叔平(北京市教委副主任)

副主任委员：

邢 晖(北京市教科院职教所副所长)

王家诒(上海现代职业技术学院副校长)

王 森(解放军军械工程学院计算机应用研究所教授)

韩广兴(天津广播电视大学高级工程师)

[实用电子技术编审组]

组长：

刘志平(北京市职教所教研部副主任)

副组长：

陈其纯(苏州市高级工业学校特级教师)

杜德昌(山东省教学研究室教研员)

白春章(辽宁教育学院职教部副主任)

张大彪(河北师大职业技术学院电子系副主任)

王连生(黑龙江省教育学院职教部副教授)

组员：

李蕴强(天津市教育教研室教研员)

孙介福(四川省教科所职教室主任)

沈大林(北京市回民学校教师)

朱文科(甘肃省兰州职业中专)

郭子雄(长沙市电子工业学院高级教师)

金国砥(杭州中策职业高级中学教研组长)

李佩禹(山东省家电行业协会副秘书长)

邓 弘(江西省教委职教处助理调研员)

刘 杰(内蒙古呼和浩特市第一职业中专教师)

高宪宏(黑龙江省佳木斯市职教中心)

朱广乃(河南省郑州市教委职教室副主任)

黄亲民(上海现代职业技术学校)

目 录

第一章 电工基础理论知识	(1)
第一节 基本定律	(1)
第二节 磁场和磁路	(3)
第三节 单相正弦交流电	(7)
第四节 三相正弦交流电	(9)
第二章 电工常用工具和材料	(14)
第一节 电工常用工具	(14)
第二节 常用绝缘材料	(23)
第三节 常用导电材料	(27)
第四节 特殊导电材料	(35)
第五节 常用安装材料	(38)
第三章 常用低压电器	(49)
第一节 低压刀开关	(49)
第二节 低压断路器	(54)
第三节 低压熔断器	(63)
第四节 主令电器	(67)
第五节 交流接触器	(74)
第六节 继电器	(80)
第七节 电磁铁	(91)
第四章 维修电工基本操作	(93)
第一节 钳工和焊接基本操作	(93)
第二节 导线连接的基本操作	(93)
第三节 室内配线的基本操作	(102)
第四节 电子元器件的检测	(109)
第五节 电力工程电路图	(114)
第六节 电工应用识图	(124)
第五章 常用电工仪表	(131)
第一节 电工仪表概述	(131)
第二节 常用电工仪表的工作原理	(134)
第三节 几种常用的电流表、电压表和功率表	(137)
第四节 万用表	(142)
第五节 钳形电流表、摇表和电度表	(150)
第六章 变压器	(158)
第一节 三相变压器的工作原理和铭牌	(158)

第二节	变压器的接线方式	(163)
第三节	变压器的维护和故障处理	(164)
第四节	几种特殊变压器	(166)
第七章	三相异步电动机	(172)
第一节	三相异步电动机的构造和工作原理	(172)
第二节	三相异步电动机的铭牌	(176)
第三节	三相异步电动机的起动	(179)
第四节	三相异步电动机的调速和制动	(181)
第五节	电动机的维护与检修	(185)
第八章	其他常用电动机	(190)
第一节	直流电动机	(190)
第二节	单相电动机	(193)
第九章	电气线路安装与维修	(199)
第一节	电线和电缆的选择	(199)
第二节	低压配电箱	(202)
第三节	照明电路图	(208)
第四节	照明线路安装与维修	(223)
第五节	接地装置安装与维修	(242)
第十章	安全用电	(249)
第一节	安全用电常识	(249)
第二节	触电紧急救护	(250)

第一章 电工基础理论知识

第一节 基本定律

一、欧姆定律

在一段不含电动势只有电阻的电路中,如图 1-1 所示,流过电阻 R 的电流 I 与电阻两端电压 U 成正比,与电阻成反比。这个结论叫做部分电路欧姆定律。用公式表示为:

$$I = \frac{U}{R}$$

式中, U 的单位为伏(V), I 的单位为安(A), R 的单位为欧(Ω)。

从公式看出,如果电压 U 一定,那么电阻 R 越小,通过电阻的电流 I 越大;反之,当电阻 R 越大时,通过电阻的电流 I 越小。

欧姆定律还可以写成:

$$U = IR$$

从公式可以看出,电路中电阻 R 一定时,若电流越大则电阻两端的电压越大;反之,电流越小则电阻两端的电压越小。

在一个闭合电路中,电流 I 与电源电动势 E 成正比,与电路中的电阻成反比。因电源具有一定内阻,为了分析方便,常把实际电源画成由纯电动势 E 和内阻 r 相串联的电路,如图 1-2 所示。这时,通过回路的电流 I 为:

$$I = \frac{E}{R + r}$$

上式为全电路欧姆定律的数学表达式。



图 1-1 只含电阻的支路

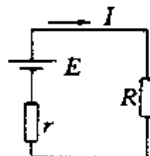


图 1-2 含电源和电阻的闭合电路

欧姆定律揭示了电路中的电压、电流和电阻三个基本物理量之间的关系。在实际应用中,只要知道其中任意两个量,就可以通过欧姆定律计算出第三个量。

需要特别指出,欧姆定律是电工学、电子学中最基本的定律,也是最重要的定律,是维修电工必须熟练掌握的知识点。应用欧姆定律,通过电压、电流、电阻三个物理量状态来分析电路,解决维修电工在实际操作中遇到的问题,具有特别重要的指导意义。

二、电功、电功率

1. 电功

在负载两端接上电源,电场力使电荷移动形成电流,电场力做了功,也叫电流做功,这就是电功。电流做功的过程就是电能转变成其他形式能量的过程。电流通过灯泡,将电能转换成光能、热能;电流通过电动机,将电能转换成机械能。

如果负载电阻两端所加电压为 U ,在时间 t 内通过负载电阻的电量为 Q ,产生的电流为 I ,根据电压定义式 $U = \frac{W}{Q}$ 则有:

$$W = QU$$

又因为

$$Q = It$$

所以

$$W = UIt$$

式中, U 的单位为伏(V), I 的单位为安(A), t 的单位为秒(s),电功 W 的单位为焦(J)。

上式说明,电流在一段电路上所做的功,与这段电路两端的电压、电路中的电流和通电时间成正比。

根据欧姆定律可以推导出:

$$W = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$$

式中, R 为负载电阻,单位为欧(Ω)。

2. 电功率

电流在单位时间内所做的功叫电功率。如果在时间 t 内,电流通过负载所做的功为 W ,则电功率 P 为:

$$P = \frac{W}{t}$$

若负载电阻值为 R ,加在其两端的电压为 U ,通过的电流为 I ,可得:

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

式中, U 的单位为伏(V), I 的单位为安(A), R 的单位为欧(Ω),电功率 P 的单位为瓦(W)。

功率的单位还有毫瓦(mW)和千瓦(kW),它们之间的换算关系是:

$$1\text{W} = 1000\text{mW}$$

$$1\text{kW} = 1000\text{W}$$

在电力工程中常用的电功单位叫度(kWh),1度等于1千瓦小时,即:

$$1\text{度} = 1\text{千瓦} \cdot \text{小时} = 1000\text{W} \times 3600\text{s} = 3.6 \times 10^6\text{J}$$

3. 焦耳-楞次定律

电流通过电阻时做功,电阻会发热,将电能转换成热能,这种现象叫做电流的热效应。实验证明,电流通过导体时产生的热量与电流的平方、导体的电阻和通电时间成正比,这就是焦耳-楞次定律,可用下式表示:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

式中,电流的单位为安(A),电阻的单位为欧(Ω),时间的单位为秒(s), Q 表示热量,单位为焦(J)。

实际应用中,热量 Q 用“卡”作单位,1 焦=0.24 卡,上式可变为:

$$Q = 0.24I^2Rt(\text{卡})$$

需要注意的是,焦耳-楞次定律只适用于纯电阻电路,即只适用于电能全部转换成热能的情况。

三、基尔霍夫第一定律

基尔霍夫第一定律又称节点电流定律,该定律总结了通过电路中任一节点的各个支路电流的关系。三条或三条以上支路的连接点称为节点。如图 1-3 所示,电路中 a、b、c 和 d 点,就是这个电路的四个节点。根据电流连续性原理,即电路中的节点不能有电荷堆积,因此任一瞬间流入节点的电流必等于流出节点的电流。在图 1-4 所示的电路中,对于节点 a 可以写出:

$$I_1 + I_3 + I_5 = I_2 + I_4$$

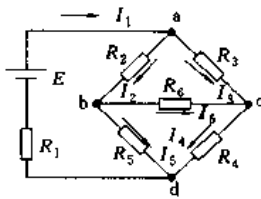


图 1-3 电路中的节点

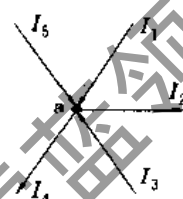


图 1-4 节点与支路电流

如果规定流出节点电流取正值,流入节点电流取负值,则上式可写成:

$$(-I_1) + I_2 + (-I_3) + I_4 + (-I_5) = 0$$

或

$$\sum I = 0$$

就是说任一瞬间,电路中任一节点上各支路电流的代数和恒等于零,这就是节点电流定律。

四、基尔霍夫第二定律

基尔霍夫第二定律又称回路电压定律,该定律总结了电路的任一回路中各部分电压的关系。

电路中的任一闭合路径叫做回路。如图 1-5 所示,acdba、acf-ba、cefdc 都是回路。根据能量守恒定律,电场力推动单位正电荷从电路某一点出发,沿任一闭合路径绕行一周,再回到该点时,电场力所做的功等于零。即沿任一回路所升高的电位总和必等于沿此回路降低的电位总和。因此任一瞬间,电路中任一回路各段电压的代数和恒等于零,即:

$$\sum U = 0$$

这就是回路电压定律。

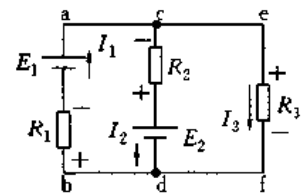


图 1-5 电路中的回路

第二节 磁场和磁路

一、磁场

1. 磁场、磁场方向和磁力线

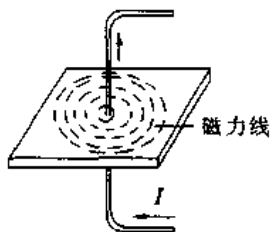
当把两个同性磁极或异性磁极相互靠近时,它们表现出相排斥或相吸引,它们之间的作用

力就是磁力。磁体周围存在一个磁力作用的空间,叫做磁场。

磁场可用磁力线来表示。磁力线是在磁场中画出一系列有方向的曲线,曲线上每点的切线方向就是该点的磁场方向。

2. 电流产生的磁场

电和磁是不可分割的整体。实验表明,当直导线通以电流时也会产生磁场,如图 1-6 所示。



在与导线垂直的平面上,磁力线是以导线为圆心的一系列同心圆。越靠近导线,磁力线越密,表明磁场越强;反之,离导线越远,磁力线越疏,磁场越弱。当改变导线中的电流方向时,磁力线的形状不变,但磁力线的方向改变。磁力线方向与产生磁场的电流方向之间的关系可用右手螺旋定则来判定,即用右手握住直导线,使拇指指向电流方向,其余四指所指的方向就表明磁力线的方向,如图 1-7

图 1-6 通电导线周围的磁场 (a) 所示。

通电螺线管的磁力线方向也可用右手螺旋定则来判定,即右手握着螺线管,四指所指的方向为线圈中电流方向,拇指所指的方向就是螺线管线圈内磁力线的方向,如图 1-7(b) 所示。



图 1-7 右手螺旋定则

3. 磁感应强度和磁场强度

(1) 磁感应强度 穿过某一截面的磁力线总数叫磁通。通过与磁场相垂直的单位面积内的磁通称为磁感应强度,又称为磁通密度,它是描述磁场中某点磁场的强弱和方向的物理量,用符号 B 表示。

磁感应强度是一个矢量,磁场中某点的磁感应强度的方向就是磁场中该点磁力线的方向,其大小等于与磁场相垂直的单位长度的导体通以单位电流时所受电磁力的大小,即:

$$B = \frac{F}{IL}$$

式中, F 为电磁力,单位是牛顿(N), I 的单位是安培(A), L 为磁场中导体有效长度,单位是米(m), B 的单位是特斯拉(T)。

实际应用中采用磁感应强度较小的单位——高斯(G)。特斯拉与高斯的换算关系为:

$$1 \text{ 高斯} = 10^{-4} \text{ 特斯拉}$$

需要说明,磁感应强度的大小不仅取决于产生这个磁场的电流大小、载流导体的形状,而且和磁场中介质材料的性质有关。

不同介质对磁场的影响不同,磁场中介质材料对磁场的影响程度是用磁导率 μ 来表示的。在其他条件相同的情况下,介质的 μ 值越大,则磁感应强度越大,磁场越强;反之 μ 值越小,则磁感应强度越小,磁场也越弱。可见,磁导率是衡量物质导磁性能好坏的物理量。

(2) 磁场强度 磁场中某点的磁感应强度的大小和其介质磁导率的比值叫做该点的磁场强度,用符号 H 表示,即:

$$H = \frac{B}{\mu}$$

式中, B 的单位是特斯拉(T), μ 的单位是亨/米(H/m), H 的单位是安/米(A/m)。

磁场强度也是表征磁场性质的物理量, 也是一个矢量, 其方向与该点的磁感应强度方向相同。但是磁场强度与介质无关, 而磁感应强度与介质有关。引入磁场强度这个物理量, 能使磁场的分析计算大大简化。

二、铁磁物质的磁特性

根据物质磁性能的不同, 把物质分为两类: 一类是在磁场中能显著增强磁场作用的物质, 叫做铁磁物质, 其磁导率远远大于真空磁导率, 如铁、钴、镍及某些合金等都属于这一类; 另一类是在磁场中对磁场的影响非常微弱的物质, 叫做非铁磁物质, 其磁导率与真空磁导率相近, 如铜、银、木材、空气等。

铁磁物质所增强的磁场比真空中的磁场要强几千以至几万倍。我们把铁磁物质在磁场中能够增强磁场的现象, 叫铁磁物质的磁化。铁磁物质的磁化特性广泛应用于电工技术的各个方面。

三、磁路、磁势和磁阻

1. 磁路

图 1-8(a) 所示为电磁铁的磁路。当线圈中通以电流后, 大部分磁力线(磁通)沿铁心、衔铁和工作气隙构成回路, 这部分磁通成为主磁通; 另外一小部分磁通没有经过工作气隙和衔铁, 而经空间自成回路, 这部分磁通成为漏磁通。

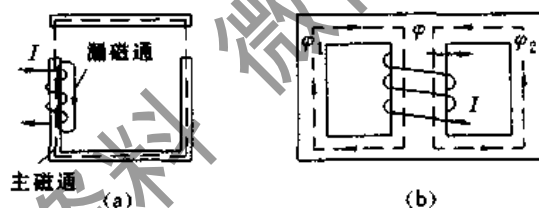


图 1-8 磁路

磁通经过的闭合路径叫做磁路。磁路分为无分支磁路(见图 1-8(a))和有分支磁路(见图 1-8(b))。在无分支磁路中, 通过每一横截面的磁通均相等。在有分支磁路中, 若左右结构对称, 而且线圈绕在中间铁心柱上, 磁通的分布也对称。总磁通在分支处分成两个相等磁通, 即:

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \frac{\varphi}{2}$$

2. 磁势

通电线圈产生的磁通与线圈匝数和通过的电流成正比。其中通过线圈的电流和线圈匝数 N 的乘积称为磁势, 用符号 E_m 表示, 单位是安匝, 即:

$$E_m = IN$$

3. 磁阻

磁通通过磁路时所受的阻力称为磁阻, 用符号 R_m 表示。磁阻的大小与磁路的长度 L 、横截面积 S 和磁路材料的磁导率 μ 有关, 即:

$$R_m = \frac{L}{\mu S}$$

式中, μ 的单位为亨/米(H/m), L 的单位为米(m), S 的单位为米²(m²), R_m 的单位为 1/亨(1/H)。

四、磁场对电流的作用力

实验表明, 通电直导体在磁场中会受到磁场的作用力。磁场对载流导体的作用力称为电磁力, 也称安培力。

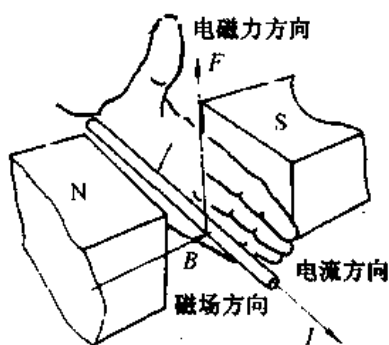


图 1-9 左手定则

电磁力的方向可以用左手定则来判断。如图 1-9 所示, 平伸左手, 拇指与其他四指垂直, 使磁力线穿过掌心, 四指所示为电流方向, 这时拇指的方向就是电磁力的方向。

在匀强磁场中, 载流导体所受电磁力的大小, 可由下面的公式计算:

$$F = BIL\sin\alpha$$

式中, B 为磁感应强度, 单位是特(T); I 为导体中的电流, 单位是安(A); L 为磁场中导体的有效长度, 单位是米(m); α 是通电导体与磁场方向之间的夹角, 单位是度; F 为电磁力, 单位是牛(N)。

电磁力在人们的生产和生活中应用广泛, 电动机就是根据这一原理制造的。

五、电磁感应

在一定条件下, 利用磁场产生电流的现象称为电磁感应。电磁感应现象中产生的电动势称为感应电动势, 产生的电流称为感生电流。

如图 1-10(a) 所示, 当导体 ab 在磁场中作切割磁力线运动时, 导体中就会产生感应电动势, 包括 ab 在内的闭合回路将产生感生电流。感应电动势的方向可以用右手定则来判断: 将右手掌伸平, 拇指与其他四指垂直, 使掌心迎向磁力线, 若拇指指向导体运动的方向, 则四指的指向就是导体内感应电动势的方向, 如图 1-10(b) 所示。

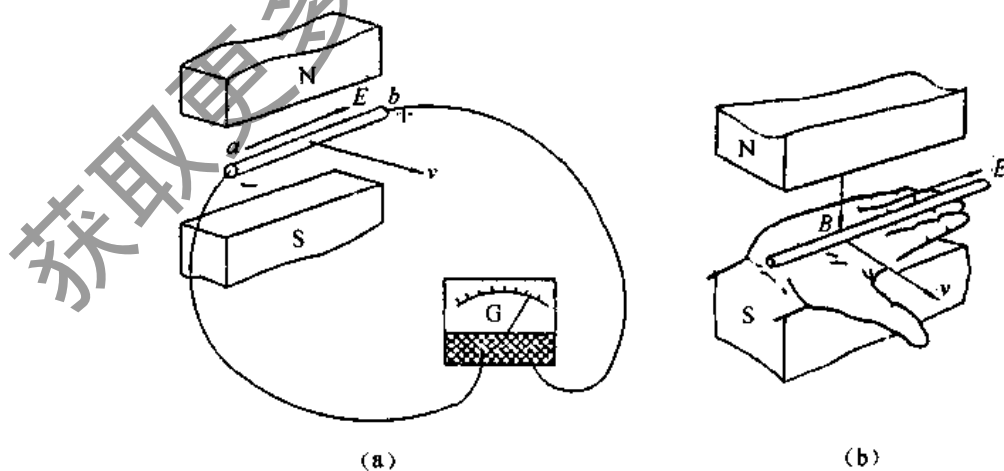


图 1-10 电磁感应和右手定则

感应电动势的大小可用下式计算：

$$E = BLv\sin\alpha$$

式中, E 为感应电动势, 单位是伏(V); B 为匀强磁场的磁感应强度, 单位是特斯拉(T); L 为导体的有效长度, 单位是米(m); v 为导体的运动速度, 单位是米/秒(m/s); α 为导体运动方向与磁力线方向之间的夹角, 单位是度。

实验表明, 穿过线圈回路的磁通即与线圈回路交链的磁通发生变化时, 线圈中就会产生感应电动势, 感应电动势的方向与线圈回路交链的磁通是增加还是减少有关。

第三节 单相正弦交流电

大小和方向都随时间作周期性变化的电流或电压叫做交流电。根据电流或电压随时间变化的规律可把交流电分为正弦交流电和非正弦交流电。我们把电流或电压随时间按正弦规律变化的交流电称为正弦交流电。正弦交流电按相数可分为单相正弦交流电和三相正弦交流电。这里首先介绍单相正弦交流电的基本知识。

一、正弦交流电的周期、频率和角频率

交流电变化一周所用的时间称为周期, 用字母 T 表示, 单位是秒(s)。

交流电每秒内变化的周期数叫做频率, 用字母 f 表示, 单位为赫兹(Hz), 简称赫。

周期与频率的关系为：

$$T = \frac{1}{f}$$

我国交流供电的标准频率为 50Hz, 称为工频。

交流电在一周中变化的角度为 360° 或 2π 弧度, 单位时间内变化的角度称为角频率, 用字母 ω 表示, 单位是弧度/秒。角频率、周期、频率的关系为：

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

频率、周期和角频率都是反映交流电变化快慢的物理量。

为了便于电路的分析, 可把电流或电压随时间变化的规律用数学式子表示出来, 图 1-11 中所示电压瞬时值的函数式为：

$$u = U_m \sin(\omega t + \phi)$$

式中, U_m 是交流电压最大值, ω 是角频率, ϕ 称为初相角。习惯上称这三个量为正弦量的三要素, 知道三要素后, 就可确定正弦量的表示式。

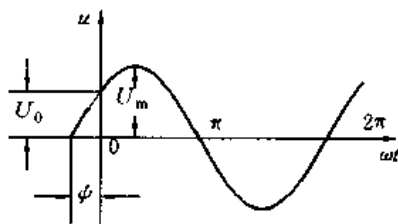


图 1-11 正弦电压

二、初相角和相位差

1. 初相角

在图 1-11 中, $u = U_m \sin(\omega t + \phi)$ 的 $(\omega t + \phi)$ 是一个角度, 它是时间的函数, 对应于确定的时间 t , 有一个确定的角度。所以, $(\omega t + \phi)$ 是表示正弦交流电压在 t 时刻的角度, 称为相位或相角。不同的相位对应着不同的瞬时值。通常把起始时的相位, 即 $t=0$ 时的相位叫做初相位或初

相角,图 1-11 中 ψ 为初相位。

2. 相位差

两个频率相同的正弦交流电的相位之差叫做相位差,用 $\Delta\psi$ 表示。如两个同频率的正弦交流电压 u_1 和 u_2 ,其函数式为:

$$u_1 = U_m \sin(\omega t + \psi_1)$$

$$u_2 = U_m \sin(\omega t + \psi_2)$$

则它们之间的相位差

$$\Delta\psi = (\omega t + \psi_1) - (\omega t + \psi_2) = \psi_1 - \psi_2$$

可以看出,两个同频率的正弦交流电的相位差,就是初相位之差。

三、交流电的有效值

在实际应用中,交流电的大小不是用它的最大值,而是用有效值来计算的。

交流电的有效值是根据电流的热效应来规定的。在相同时间内,让交流电和直流电通过同样阻值的电阻,如果它们产生的热量相等,则该直流电流值称为交流电流的有效值。换句话说,交流电流的有效值,就是与它热效应相当的直流电流值。用同样的方法还可以确定交流电压的有效值。

正弦交流电流的有效值用大写字母 I 表示,电压的有效值用大写字母 U 表示。实践和理论证明,正弦交流电的有效值与最大值之间存在如下关系:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \approx 0.707U_m$$

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \approx 0.707I_m$$

四、交流电的功率

1. 瞬时功率

在交流电路中,电流和电压都是随时间变化的,所以电路上消耗的电功率也是随时间变化的,在某一时刻,其瞬时功率 p 等于电压瞬时值 u 与电流瞬时值 i 的乘积,即:

$$p = ui$$

2. 平均功率

在实际应用中,通常电路中的功率不是指瞬时功率,而是指瞬时功率在一周期内的平均值,称为平均功率,也叫有功功率,用大写字母 P 表示。

对于纯电阻电路,平均功率的大小等于其瞬时功率最大值的一半,也等于电阻电路中电压有效值与电流有效值的乘积,即:

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{2} P_m = \frac{1}{2} U_m I_m \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{2} U \cdot \sqrt{2} I \\ &= UI \end{aligned}$$

平均功率反映了电阻实际消耗的功率,我们说电灯泡的功率是 100 瓦、电阻丝的功率是 1 千瓦都是对平均功率而言的。

对于纯电感电路或纯电容电路,只存在电能和磁场能的周期性转换,并不消耗能量,因此在一个周期内其瞬时功率的平均值等于零,也就是说,纯电感电路或纯电容电路的平均功率等于零。

3. 无功功率

在纯电感电路或纯电容电路中,其电能和磁场能周期性转换的最大速率用无功功率来表示,用字母 Q 表示无功功率,则有:

$$Q = U_L I = I^2 \times L = \frac{U_L^2}{X_L}$$

或

$$Q = U_C I = I^2 \times C = \frac{U_C^2}{X_C}$$

式中,无功功率的单位是乏尔,简称乏,用符号 Var 表示。

4. 功率因数

通常,正弦交流电的有功功率 P 用下式表示:

$$P = S \cos \varphi$$

或

$$P = UI \cos \varphi$$

式中, P 为有功功率,单位是瓦特; S 为视在功率,单位是伏安; φ 为电路中总电压与总电流的相位差,单位是度; $\cos \varphi$ 为功率因数。

功率因数 $\cos \varphi$ 为电路中有功功率与视在功率的比值,即 $\cos \varphi = \frac{P}{S}$,其大小表示电源功率被利用的程度。功率因数越大,表示电源发出的电能转换成热能或机械能越多,而与电感或电容之间相互交换的能量即无功功率越少。对于某一电源设备,其视在功率表示它所能输出的最大有功功率的数值,但负载上能否得到这样大的有功功率还取决于负载的性质。对于纯电阻性负载,如电灯、电炉,则 $\cos \varphi = 1$,负载上得到的有功功率就等于电源供出的视在功率;对于感性负载,如日光灯、异步电动机,则 $0 < \cos \varphi < 1$,这时负载上得到的有功功率只是电源供出的视在功率的一部分,可见电源的容量没有被充分利用,是不经济的。

第四节 三相正弦交流电

一、三相交流电动势的产生

三相正弦交流电是三个单相正弦交流电按一定方式进行的组合。这三个单相正弦交流电的频率相同,最大值相等,相位互差 120° 。

图 1-12 所示是三相发电机的原理示意图。图中,构成转子绕组是三个互成 120° 的线圈,一个线圈为一相,三个线圈组成的发电机就是三相发电机。

三相发电机的三个线圈是相同的,这三个线圈称为三相绕组,由 AX、BY、CZ 组成。A、B、C 称为绕组始端,X、Y、Z 称为绕组末端。三个绕组在转子中的空间位置彼此相差 120° 。当转子以角速度 ω 匀速旋转时,由于穿过三个绕组的磁通量的变化,三个绕组中都会感应出随时间按正弦规律变化的交流电动势。

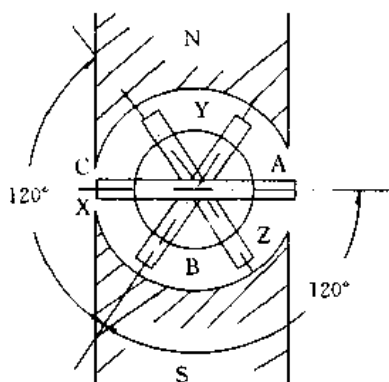


图 1-12 三相发电机原理示意图

绕组平面与 N、S 磁极间的相对位置,决定了绕组中感应电动势的初相角(初相位)。如果转子是逆时针方向等速旋转,AX 绕组从水平位置开始转动,在 AX 绕组中就会产生初相位为零、随时间按正弦规律变化的感应电动势,电动势的方向是由末端指向始端的。用函数式表示,则有:

$$e_A = E_{Am} \sin \omega t$$

对于 BY 绕组来说,其感生电动势也是随时间按正弦规律变化的,由于 BY 绕组在转子中的位置从旋转方向看比 AX 绕组落后 120° ,所以相位上比 e_A 滞后 120° 。用函数式表示,则有:

$$e_B = E_{Bm} \sin(\omega t - 120^\circ)$$

同理,CZ 绕组感应电动势 e_C 比 e_A 超前 120° 。用函数式表示,则有:

$$e_C = E_{Cm} \sin(\omega t + 120^\circ)$$

由于三个绕组结构相同,并在同一个转子中以相同的角速度在磁场中旋转,因此 e_A 、 e_B 、 e_C 的角频率相同,最大值相等。三个最大值相等,角频率相同,彼此间的相位差是 120° 的电动势叫做对称三相电动势。图 1-13(a)、(b)是三相对称电动势的波形图和相量图。

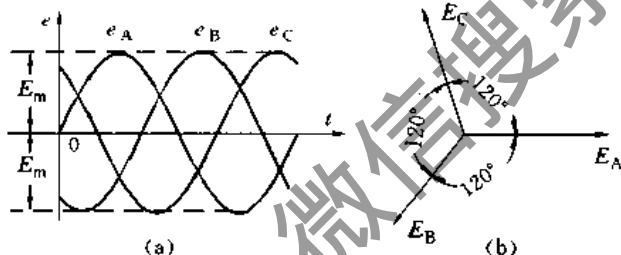


图 1-13 三相对称电动势的波形图和相量图

三个电动势达到最大值(或零)的先后次序叫做相序。上述三个电动势的相序是 A—B—C,表示 A 相比 B 相超前 120° ,B 相比 C 相超前 120° ,C 相又比 A 相超前 120° 。

二、三相电源的连接

1. 星形连接

将三相发电机的单个绕组的末端 X、Y、Z 连接在一起,成为一点,该点叫中点或零点,用“0”表示。由这一点及 A、B、C 三个始端向外引出连接线,这种连接方式叫做星形连接,用符号“Y”表示,如图 1-14 所示。星形连接时,绕组的三个末端连接线叫做中线。有时大地作为中线,此时中线又称地线。从 A、B、C 三端将电能输送出去,这三根输电线称为相线或火线。

绕组连成星形时,可以输出两种电压。相线与中线之间的电压称为相电压,其方向由绕组始端指向末端,相电压的有效值相等,即 $U_A = U_B = U_C$ 。相线之间的电压叫做线电压,它们的有效值也相等,即 $U_{AB} = U_{BC} = U_{CA}$ 。线电压的参考方向由脚注文字的先后次序来表明,例如 U_{AB} 表示 A、B 两相间的电压,参考方向是由 A 线指向 B 线,书写时不能颠倒。

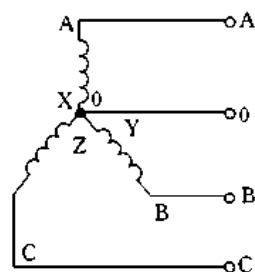


图 1-14 三相电源的星形连接

三相绕组呈星形连接时,相电压与线电压存在如下关系:

$$U_{Y线} = \sqrt{3}U_{Y相}$$

$$U_{AB} = \sqrt{3}U_A$$

$$U_{BC} = \sqrt{3}U_B$$

$$U_{CA} = \sqrt{3}U_C$$

总之,当三相绕组按星形连接时,线路中存在三个对称的相电压和三个对称的线电压。每个线电压的数值是相电压的 $\sqrt{3}$ 倍,在相位上要比它所对应的相电压超前 30° 。

由三根相线和一根中线所组成的输电方式称为三相四线制。三相四线制的星形连接,可输出两种数值的电压,这就是配电线路普遍应用的220V/380V。其中220V为相电压的有效值,380V是线电压的有效值。

2. 三角形连接

将发电机绕组中的一个绕组末端与相邻另一绕组的始端依次相连,就构成一个三角形的闭合回路。从三个连接点A、B、C引出三根相线向外送电,这种连接方式叫做三角形连接,用符号 Δ 表示,如图1-15所示。通常很少使用三角形连接。

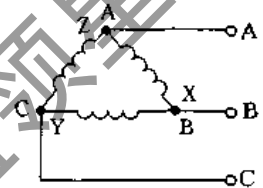


图 1-15 三相电源的三角形连接

三、三相负载的连接

线路中的用电器统称为负载,按负载对电源的要求可分为单相负载和三相负载。单相负载是指只需要单相电源供电的设备,如电灯、电炉等;三相负载是指同时需要三相电源供电的设备,如三相交流电动机。

在三相负载中,如果每相负载的电阻、电抗都相等,而且性质也相同,这种负载称为三相对称负载;否则是三相不对称负载。

1. 三相负载的星形连接

图1-16是三相对称负载的星形连接电路。电路的三个端点和中点均与电源相连接,这种方式称为负载星形连接的三相四线制。

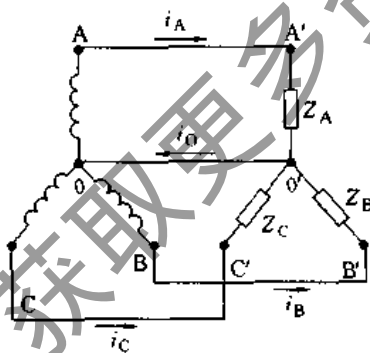


图 1-16 三相负载的星形连接

在三相四线星形接法中,相电压为线电压的 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 倍,即:

$$U_{相} = \frac{U_{线}}{\sqrt{3}}$$

由于三相负载对称,在对称的三相电压 U_A 、 U_B 、 U_C 的作用下,流经对称三相负载的相电流的数值也相等,相位彼此相差 120° 。星形连接的三相负载分别与三相供电端线串联,所以线电流等于相电流,并且中线电流为零,若省去中线,便成为星形连接的三相三线制。

实际上,多数情况下三相负载不对称,这时中线有电流通过,如果去掉中线,负载两端的电压不相等,容易造成事故。因此不对称的三相负载必须接中线,并规定三相四线制的中线不准安装保险丝和开关。为确保安全,还要把中线接地,使其电位与大地相同。

2. 三相负载的三角形连接

三角形连接就是把各项负载依次接在两条端线之间,如图 1-17 所示。

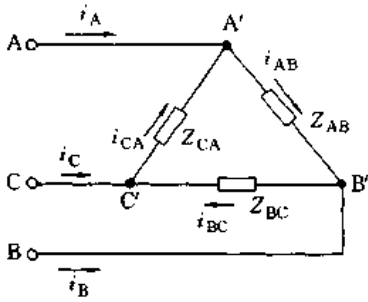


图 1-17 三相负载的三角形连接

三相负载三角形连接时,各项负载所承受的电压均为对称的电源线电压,显然相电压等于线电压,即:

$$U_{\text{相}} = U_{\text{线}}$$

对称三相负载三角形连接时,其相电流是对称的,线电流也是对称的,三相负载的阻抗角也是相等的,并且线电流等于相电流的 $\sqrt{3}$ 倍,即:

$$I_{\text{线}} = \sqrt{3} I_{\text{相}}$$

$$I_A = \sqrt{3} I_{AB}$$

$$I_B = \sqrt{3} I_{BC}$$

$$I_C = \sqrt{3} I_{CA}$$

此外,线电流在相位上滞后于相电流 30° 。

一般情况下,不对称的三相负载不采用三角形连接方式。

四、三相交流电的功率

1. 三相交流电的功率

三相交流电的总功率等于各项负载功率的总和,即

$$\begin{aligned} \text{有功功率: } P &= P_A + P_B + P_C \\ &= U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{无功功率: } Q &= Q_A + Q_B + Q_C \\ &= U_A I_A \sin \varphi_A + U_B I_B \sin \varphi_B + U_C I_C \sin \varphi_C \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{视在功率: } S &= S_A + S_B + S_C \\ &= U_A I_A + U_B I_B + U_C I_C \end{aligned}$$

式中, U_A, U_B, U_C 为各相负载的相电压, I_A, I_B, I_C 为各项负载通过的相电流, $\varphi_A, \varphi_B, \varphi_C$ 为各项负载的相电压与相电流的相位差。

以上各式对于星形连接和三角形连接的三相对称或不对称负载都适用。

2. 负载对称的三相交流电路的功率

当三相负载电路对称时,三相负载的功率也相等,总功率是单相功率的三倍,即:

$$P = 3P_{\text{相}} = 3U_{\text{相}} I_{\text{相}} \cos \varphi$$

$$Q = 3Q_{\text{相}} = 3U_{\text{相}} I_{\text{相}} \sin \varphi$$

$$S = 3S_{\text{相}} = 3U_{\text{相}} I_{\text{相}}$$

式中, $P_{\text{相}}$ 为单相有功功率, $Q_{\text{相}}$ 为单相无功功率, $S_{\text{相}}$ 为单相视在功率。

因为相电压和相电流不易测量,而测量线电压和线电流较为方便,通常用电源的线电压和供给负载的线电流来表示三相对称负载的功率。三相对称负载连接成星形时, $I_{\text{线}} = I_{\text{相}}$ 、 $U_{\text{线}} = \sqrt{3} U_{\text{相}}$;三相对称负载连接成三角形时, $U_{\text{线}} = U_{\text{相}}$ 、 $I_{\text{线}} = \sqrt{3} I_{\text{相}}$,因此无论负载连接成星形还是三角形,都可以得到如下关系式:

$$P = \sqrt{3} U_{\text{线}} I_{\text{线}} \cos \varphi$$

$$Q = \sqrt{3} U_{\text{线}} I_{\text{线}} \sin\varphi$$

$$S = \sqrt{3} U_{\text{线}} I_{\text{线}}$$

式中, P 为三相对称负载电路的有功功率, 单位是瓦特(W); Q 为电路的无功功率, 单位是乏(F); S 为电路的视在功率, 单位是伏安(VA)。 $\cos\varphi$ 为一相负载的功率因数, φ 为阻抗角, 是一相负载的相电压与相电流之间的相位差。

习 题

1. 什么是部分电路欧姆定律? 什么是全电路欧姆定律?
2. 试用欧姆定律解释电路的断路现象和短路现象。
3. 什么叫电功? 什么叫电功率? 写出它们的计算公式。
4. 试述基尔霍夫第一定律和第二定律。
5. 磁感应强度和磁场强度这两个物理量有什么不同?
6. 什么是铁磁物质?
7. 什么是正弦交流电的周期、频率、角频率? 它们之间有什么关系?
8. 什么叫交流电的有效值?
9. 我国低压配电线路采用三相四线制, 说明其相电压和线电压之间的关系, 写出其有效值。
10. 试画出三相负载星形接法的电路图, 说明相电压、线电压及相电流、线电流之间的关系。
11. 试说明正弦交流电有功功率、无功功率、视在功率的含义。
12. 用线电压、线电流表示三相对称负载的有功功率、无功功率、视在功率的计算公式。

第二章 电工常用工具和材料

了解电工常用工具和材料是维修电工应具备的基本知识。

电工常用工具主要有电工仪表、电工工具、钳工工具、焊接工具和其他一些机械装置。有关电工仪表的内容在后边有较详细的叙述,这里着重介绍常用的电工工具和在实际操作中接触较多的钳工工具和焊接工具。

常用电工材料种类繁多,按材料的性质和用途,可分为绝缘材料、导电材料、特殊导电材料、磁性材料和安装材料。其中常见的绝缘材料、导电材料和安装材料是本章的重点内容。

第一节 电工常用工具

一、电工常用基本工具

电工常用基本工具也是维修电工必备的工具,包括试电笔、钢丝钳、电工刀、螺丝刀和扳手。

1. 试电笔

试电笔简称电笔,是电工常用的低压试电器,用它可以方便地检查低压线路和电气设备是否带电,其检测电压在 $60\text{V}\sim 500\text{V}$ 之间。为了便于使用和携带,试电笔常做成钢笔式或螺丝刀式结构,如图 2-1 所示。

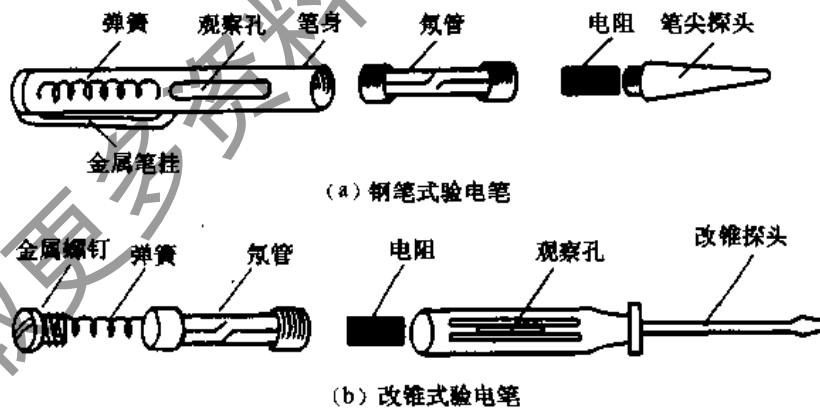


图 2-1 试电笔

试电笔由氖管、 $2\text{M}\Omega$ 电阻、弹簧、笔身和笔尖构成。弹簧、氖管和电阻依次相连,两端分别与金属笔尖和金属笔挂相接。使用时,金属笔尖接触被测电路或带电体,人的手指接触金属笔挂,这样电路或带电体与电阻、氖管、人体和大地形成导电回路。当带电体与地之间的电压超过 60V 时,笔身中的氖管发出红色辉光,表明被测体带电。

使用注意事项:

(1) 使用试电笔前,一定要在有电的电源上检查试电笔氖管能否正常发光,确保试电笔无误,方可使用。

(2) 在明亮的光线下测试时,不易看清氖管是否发光,应遮光检测。

(3) 试电笔的金属笔尖多制成螺丝刀形状,但只能承受很小的扭矩。

2. 钢丝钳

绝缘柄钢丝钳是维修电工必备的工具。绝缘柄耐压为 500V,可在有电的场合使用。钢丝钳的规格以全长表示,有 150mm、175mm、200mm 三种。它的主要用途是剪切导线和钢丝等较硬金属,其外形如图 2-2 所示。

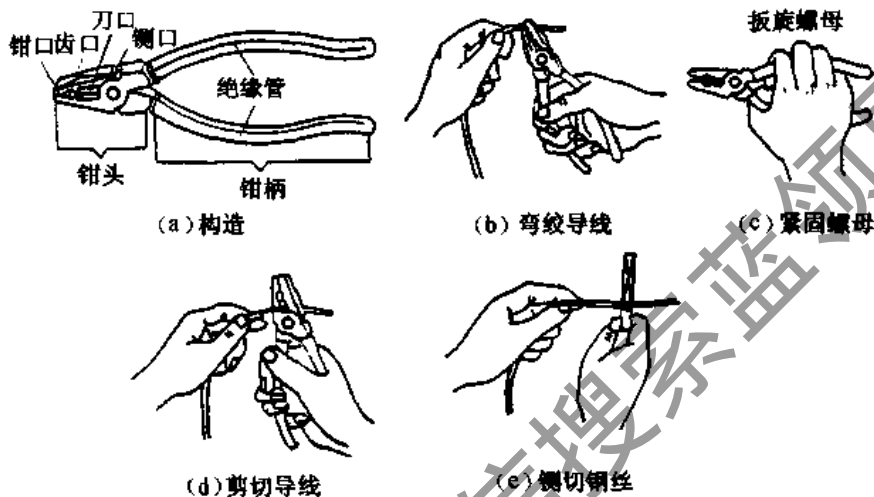


图 2-2 钢丝钳的构造和用法

3. 电工刀

电工刀是电工在安装与维修过程中用来剖削电线电缆绝缘层、切割木台缺口、削制木桩及软金属的工具。电工刀刀柄是无绝缘保护的,不能在带电导线或器材上剖削,以防触电,其外形如图 2-3 所示。



图 2-3 电工刀

4. 螺丝刀

螺丝刀又称改锥或起子,它是一种紧固或拆卸螺钉的工具,是维修电工必备工具之一。螺丝刀式样和规格很多,按头部形状可分为一字形和十字形两种;按握柄所用材料分为木柄和塑料柄两种。常见二种螺丝刀的外形如图 2-4 所示。每一种螺丝刀又分为若干规格。电工多采用绝缘性能较好的塑料柄螺丝刀,常用的有:

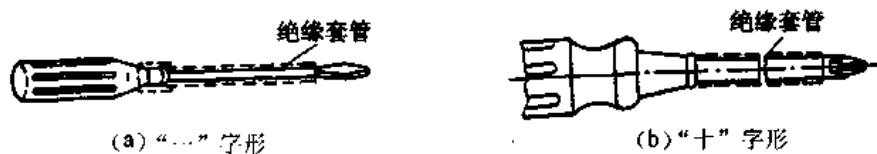


图 2-4 螺丝刀

(1) 一字形螺丝刀 一字形螺丝刀用来紧固或拆卸一字槽的螺丝和木螺丝,它的规格用握柄以外的刀杆长度来表示,常用的有 50mm、100mm、200mm、300mm、400mm 等规格。

(2) 十字形螺丝刀 十字形螺丝刀专供紧固或拆卸十字槽的螺钉和木螺丝之用,常用的规格有四种: I 号适用于直径为 2mm~2.5mm 的螺钉; II 号适用的范围为 3mm~5mm; III 号适用的范围为 6mm~8mm; IV 号适用的范围为 10mm~12mm。除一字形和十字形螺丝刀,常用的还有多用螺丝刀。它是一种组合工具,握柄和刀体是可拆卸的。它除具有几种规格的一字形、十字形刀体外,还附有一只钢钻,可用来预钻木螺丝的底孔,握柄采用塑料制成。有的多用螺丝刀还具有试电笔功能。使用螺丝刀,要选用合适的规格,以小代大,可能造成螺丝刀刃口扭曲;以大代小,容易损坏电器元件。

5. 扳手

扳手是用于螺纹连接的一种手动工具,其种类和规格很多,维修电工常用的是活扳手。活扳手又称活络扳手,是用来紧固和拆卸螺钉或螺母的。它的开口宽度可在一定范围内调节,其规格以长度乘最大开口宽度来表示。电工常用的活扳手有 150mm×19mm、200mm×24mm、250mm×30mm 和 300mm×36mm 四种,俗称 6"、8"、10"和 12"。图 2-5 所示是活扳手的外形和用法。使用时应注意,不可拿活扳手当撬棒或手锤使用。

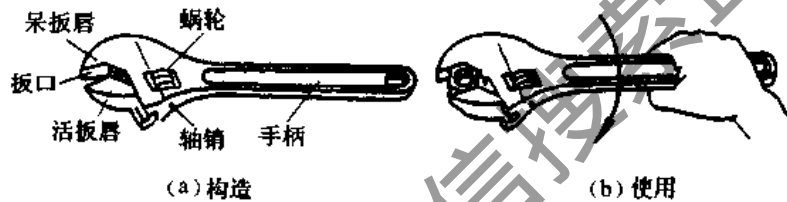


图 2-5 活扳手

二、高压验电器

高压验电器又称高压测电器,用来检查高压供电线路是否有电。图 2-6 所示为 10kV 高压验电器外形图,它由金属钩、氖管、氖管窗、固紧螺钉、护环和握柄等组成。高压验电器的检查对象为高压电路,操作时应注意以下几点:

1. 验电器在使用前,一定要进行试测,证明验电器确实良好,方可使用。
2. 使用高压验电器时手应握握柄,不得超过护环,如图 2-6 所示。

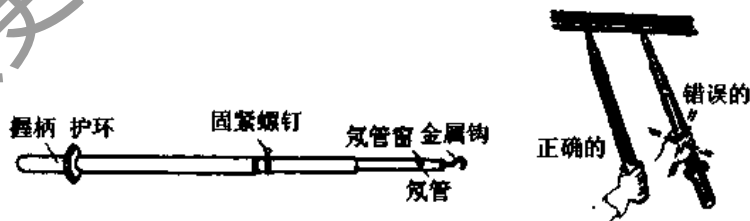


图 2-6 高压验电器

3. 检测时操作人员必须戴符合耐压要求的绝缘手套,身旁要有人监护,不可一个人单独操作。人体与带电体应保持足够的安全距离,检测 10kV 电压时安全距离为 0.7m 以上。

4. 检测时,验电器应逐渐靠近被测线路,氖管发亮,说明线路有电;氖管不亮,才可与被测线路直接接触。

5. 在室外使用高压验电器,应注意气候条件。在雪、雨、雾及湿度较大的情况下不能使用,以防发生危险。

三、其他电工用钳

除了钢丝钳,维修电工常用的钳子还有以下几种:

1. 尖嘴钳

尖嘴钳的头部尖细而长,适用于在狭小的工作空间操作。维修电工多选用带绝缘柄的尖嘴钳,耐压为 500V。其规格以全长表示,有 140mm 和 180mm 两种。主要用途是剪断较细的导线和金属丝,将其弯制成所要求的形状,并可夹持、安装较小的螺钉、垫圈等。尖嘴钳的外形如图 2-7(a)所示。

2. 斜口钳

斜口钳又称断线钳,是用来切断单股或多股导线的钳子,常用的为耐压 500V 带绝缘柄的斜口钳,其外形如图 2-7(b)所示。

3. 剥线钳

剥线钳是用来剥除小直径导线绝缘层的专用工具。它的手柄带有绝缘把,耐压为 500V。剥线钳的钳口有 0.5mm~3mm 多个不同孔径的刃口,使用时,根据需要定出剥去绝缘层的长度,按导线芯线的直径大小,将其放入剥线钳相应的刃口。所选的刃口应比芯线直径稍大,用力一握钳柄,导线的绝缘层即被割断,同时自动弹出。剥线钳的外形如图 2-7(c)所示。

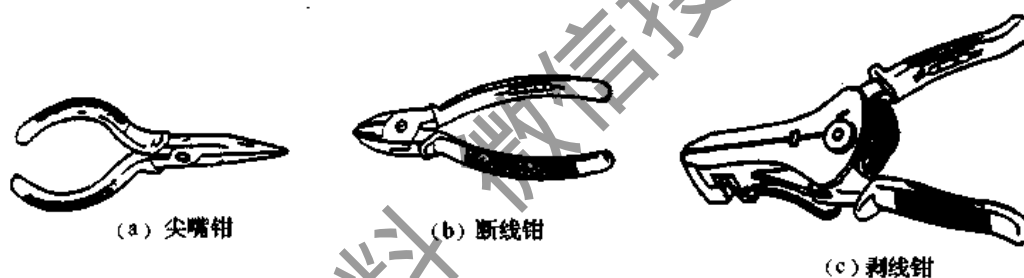


图 2-7 尖嘴钳、斜口钳和剥线钳

维修电工使用钳子进行带电操作之前,必须检查绝缘把套的绝缘是否良好,以防绝缘损坏,发生触电事故。

四、电工用凿

电工用凿主要用来在建筑物上打孔,以便下输线管或安装架线木桩。按用途不同,有麻线凿、小扁凿、大扁凿和长凿等几种,如图 2-8 所示。

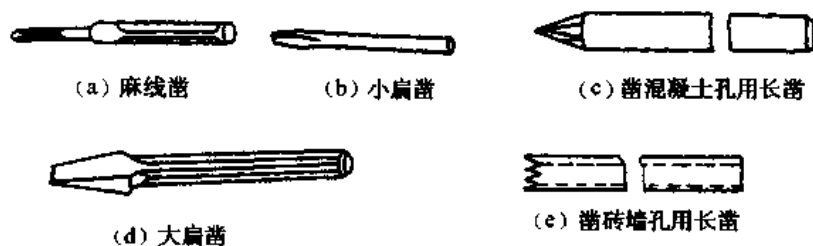


图 2-8 电工用凿

1. 麻线凿

麻线凿也称圆棒凿,用来凿制混凝土建筑物的安装孔。电工常用的麻线凿有 16 号和 18 号两种,16 号麻线凿可凿直径为 8mm 的孔洞,18 号麻线凿可凿直径为 6mm 的孔洞。

2. 小扁凿

小扁凿是用来凿制砖结构建筑物的安装孔。电工常用的小扁凿,其凿口宽度多为 12mm。

3. 大扁凿

大扁凿主要用于在砖结构建筑物上凿较大的安装孔,如角钢支架、吊挂螺栓等较大的预埋件孔。

4. 长凿

长凿主要是用于较厚墙壁凿孔的。用于混凝土结构的长凿多为实心中碳圆钢制成;用于砖结构的长凿由无缝钢管制成。长凿直径有 19mm,25mm 和 30mm 三种规格,长度有 300mm,400mm 和 500mm 等多种。

五、凿孔安装机械

1. 冲击电钻

冲击电钻简称冲击钻,它具有两种功能:当调节开关置于“钻”的位置,可以作为普通电钻使用;当调节开关置于“锤”的位置,它具有冲击锤的作用,用来在砖结构或混凝土结构建筑物上冲打安装孔。

冲击钻的外形如图 2-9 所示,一般的冲击钻都装有辅助手柄,所钻安装孔的直径通常在 20mm 以下,有的冲击钻还可调节转速。使用冲击钻时,选择功能或调节转速时,必须在断电状态下进行。冲击钻电源线为安全性能好的二芯软线,使用时不要求戴橡皮手套或穿电工绝缘鞋,但要定期检查电源线、电机绕组与机壳间的绝缘电阻值等以保证安全。在混凝土、砖结构建筑物打孔时要安装镶有硬质合金的冲击钻头。

2. 电锤

电锤是一种具有旋转、冲击复合运动机构的电动工具,如图 2-10 所示。

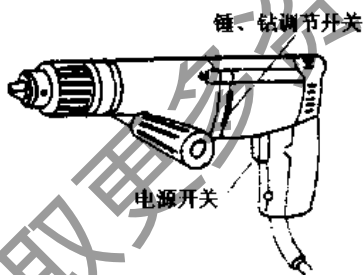


图 2-9 冲击电钻

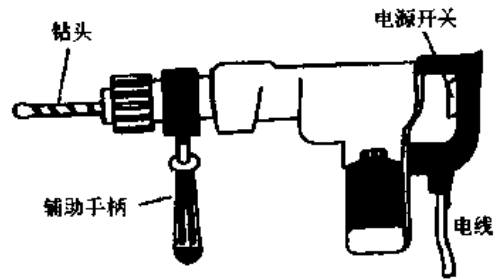


图 2-10 电锤

与冲击钻相比,电锤的功能多,可用来在混凝土、砖石结构建筑物上钻孔、凿眼、开槽等;电锤冲击力比冲击钻大,工效高,不仅能垂直向下钻孔,而且能向其他方向钻孔。常用电锤型号为 ZIC,最大钻头直径有 16mm、22mm、30mm 等规格。使用电锤时,握住两个手柄,垂直向下钻孔,无需用力;向其他方向钻孔也不能用力过大,稍加使劲就可以。电锤工作时进行高速复合运动,要保证内部活塞和活塞转套之间良好润滑,通常每工作 4 小时需注入润滑油,以确保电锤可靠地工作。

3. 射钉枪

射钉枪又称射钉器,它利用枪管内弹药爆炸所产生的高压推力,将特殊的螺钉——射钉射入钢板、混凝土和砖墙内,以安装或固定各种电气设备、电工器材。它可以代替凿孔、预埋螺钉等手工劳动,提高工作效率和工程质量,降低成本,是一种先进的安装工具。射钉枪的种类很多,结构大致相同,图 2-11 所示为其结构示意图。整个枪体由前、后枪身组成,中间可以扳折,扳折后前枪身露出弹膛,用来装、退射钉。为使用安全和减少噪音,设置了防护罩和消音装置。根据射入构件材料的不同,可选择使用不同规格的射钉。使用射钉枪时要特别注意安全,枪管内不可有杂物,装弹后若暂时不用,必须及时退出,不许拿下前护罩操作,枪管前方严禁有人。

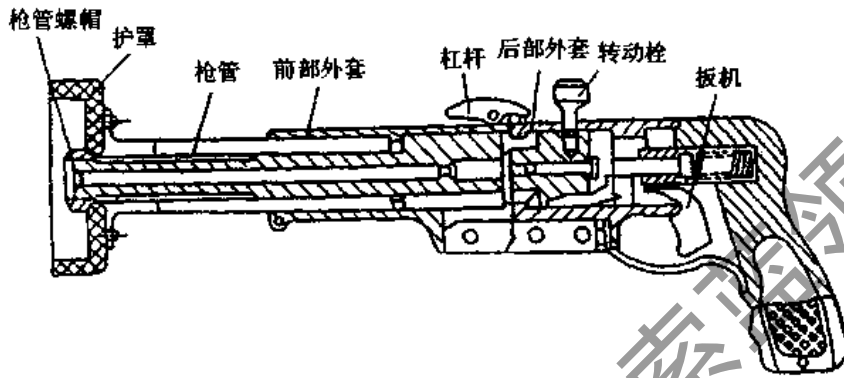


图 2-11 射钉枪结构图

六、焊接工具

1. 电烙铁

维修电工在安装和维修过程中常常通过锡焊方法进行焊接,即利用受热熔化的焊锡,对铜、铜合金、钢和镀锌薄钢板等材料进行焊接。电烙铁是锡焊的主要工具,它由手柄、电热元件和铜头组成。铜头的受热方式有内热式和外热式两种,其中内热式电烙铁的热利用率高。图 2-12 所示为外热式和内热式电烙铁。

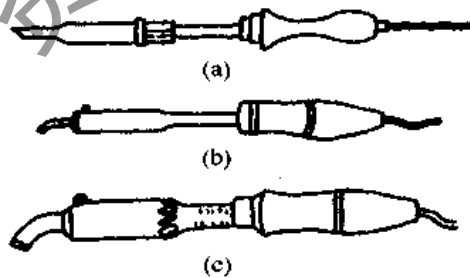


图 2-12 电烙铁

电烙铁的规格是以消耗的电功率来表示的,通常在 20W~300W 之间。应根据焊接对象选择适当功率的电烙铁;在装修电子控制线路时,焊接对象为电子元器件,一般选用 20W~40W 电烙铁;在焊接较粗多股铜芯绝缘线接头时,根据铜芯直径的大小,选用 75W~150W 电烙铁;对面积较大的工件进行搪锡处理时,要选用功率为 300W 的电烙铁。锡焊所用的材料是焊锡和焊剂。焊锡是由锡、铅和铋等元素组成的低熔点合金,熔点在 185℃~260℃ 之间。为了便于使用,焊锡常制成条状和盘丝状。电烙铁将热量传给焊锡,熔化的焊锡与被焊部件相连,冷却后被

焊部件通过焊锡连在一起。焊剂具有抑制焊接表面氧化的作用,是锡焊过程中不可缺少的辅助材料。常用的焊剂有:

(1) 松香液 是由天然松香溶解在酒精中形成的液体,对被焊接件无腐蚀作用,适合在印刷电路板上焊接电子元器件或铜焊件。

(2) 焊锡膏 用氯化锌、树脂和脂肪类材料合成的膏剂,适用于对绝缘及防腐要求不高的焊件。

(3) 氯化锌溶液 把适量的锌放在盐酸中,经化学反应后得到的液体,适用于薄钢板的焊接。

2. 喷灯

喷灯是一种利用喷射火焰对工件进行加热的工具。锡焊时,喷灯用于对烙铁和工件的加热、大面积铜导线的搪锡以及其他焊接表面防氧化镀锡等。喷灯的构造如图 2-13 所示。按使用燃料的不同,分煤油喷灯(MD)和汽油喷灯(QD)两种。使用方法如下:

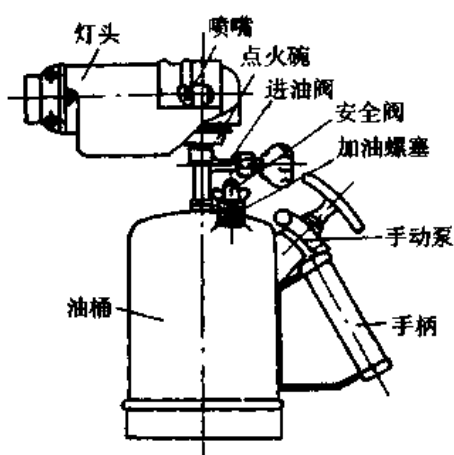


图 2-13 喷灯

(1) 检查 使用喷灯前应仔细检查油桶是否漏油,喷嘴是否畅通,丝扣处是否漏气等。

(2) 加油 经检查正常后,旋下加油螺塞,按喷灯所要求的燃料注入煤油或汽油。一般加油量不超过油桶的 3/4,注油后拧紧螺塞。

(3) 预热 加油后进行预热,即在点火碗内倒入汽油,点火将喷嘴加热,使燃料气化。

(4) 喷火 经预热后调节进油阀,点燃喷火。用手动泵打气,喷灯正常工作。

(5) 熄火 熄灭喷灯应先关闭进油阀,直到火焰熄灭,再慢慢旋松加油螺塞,放出油桶内的压缩空气。

使用喷灯时一定要注意安全,不得在煤油喷灯内注入汽油;在加汽油时周围不得有火;打气压力不可过高,喷灯能正常喷火即可;喷灯喷火时喷嘴前严禁站人;喷灯的加油、放油和修理等工作应在喷灯熄灭后进行。

七、钳工工具

维修电工在电气设备安装和维修过程中,还经常使用钳工工具,对所用的材料和零部件进行加工。常用的钳工工具有以下几种:

1. 手钢锯

手钢锯又称手锯,是一种锯割工具,用它来对金属或非金属原材料及工件进行分割处理。手锯由锯弓和锯条两部分组成,如图 2-14 所示,锯弓的作用是绷紧锯条,它分固定式和可调式两种,常见的多为可调式手锯。锯条是一种有锯齿的薄钢条,根据锯齿牙距的大小,分粗齿、中齿和细齿三种;其长度有 200mm、250mm、300mm 三种规格,其中 300mm 的锯条最多。使用时应根据所锯材料正确选择锯条。通常,锯割材料较软或锯缝较长时,应选用粗齿锯条;锯割材料硬或为薄板料、管料时,应选用细齿锯条。安装锯条时锯齿的齿尖要向前,锯条的绷紧程度要适当。锯条拉得太紧,容易崩断;锯条太松,也会因弯曲造成折断,且锯缝歪斜。锯割时拉送速度不要过快,压力不要过大,应有节奏地进行。

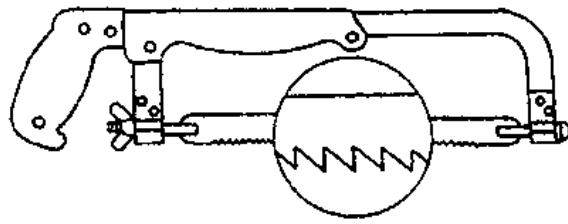


图 2-14 手钢锯

2. 銼削工具

銼削工具用来对金属工件进行切削加工,主要是清除金属表面的凸缘、毛刺和分割材料等。銼削工具包括銼子和手锤,如图 2-15 所示。

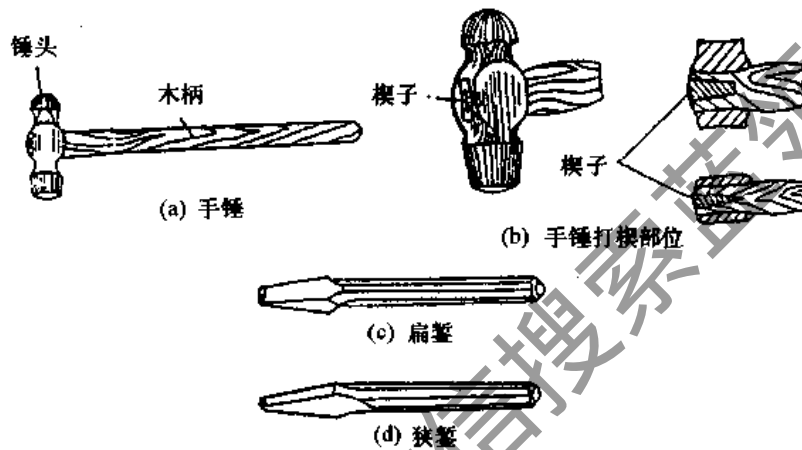


图 2-15 銼削工具

(1) 銼子又称凿子,是銼削的切削工具。它是用工具钢锻打成型后进行刃磨,经淬火和回火处理而制成,具有合理的几何形状和较高的硬度。常用的銼子有扁銼和狭銼两种。

扁銼又称阔銼,切削刃较宽,略呈圆弧状,用来切除金属材料的凸缘、毛刺和飞边,也可进行小平面的粗加工,应用广泛。

狭銼切削刃狭窄,主要用来分割曲线形状的板料。

(2) 手锤又称榔头,是钳工常用的敲击工具,如图 2-15 所示,它是由锤头和木柄两部分组成。锤头用碳素工具钢作材料,经淬硬处理制成。木柄选用较坚硬的木材制作,长度在 300mm ~ 350mm 之间。

銼削时应注意,工作前,应认真检查锤头是否装牢,如有松动或木柄损坏,要及时加固或更换;銼子要经常刃磨,保持切削刃锋利;銼子头部出现毛刺和飞边,要及时磨去,避免锤击时飞溅伤人;挥锤时要注意身后,以防伤人。

3. 锉刀

锉刀是对工件进行锉削加工的工具,通常在工件完成銼削、锯割处理后,再用锉刀进行锉削加工,使工件达到图纸要求的尺寸、形状和表面光洁度。

锉刀的工作面有齿纹,齿纹有单齿纹和双齿纹两种。单齿纹锉刀,锉削阻力较大,适用于加工软金属材料。双齿纹锉刀的齿纹是两个方向交叉排列的,锉屑呈碎粒状,适用于锉削硬脆金属材料。不同锉刀的齿纹间距不同,齿距大的适用于粗加工;齿距小的适用于精加工。锉刀的规格是以齿纹间距和锉刀长度来表示的。通常把锉刀分为三类,使用时按用途来选择。

(1) 普通锉 这是应用最广泛的锉刀,按其断面形状分为平锉、方锉、三角锉和圆锉等多种。普通锉的断面形状如图 2-16(a)所示。

(2) 特种锉 它是加工具有特殊形状表面的工件用的,其断面形状与加工件表面的形状相适应。

(3) 什锦锉 又称整形锉,主要是用来修整工件精细的部位。什锦锉的长度在 120mm~180mm 之间,每组由 5 件、6 件、8 件、10 件或 12 件各种形式的锉刀组成。可根据不同的场合,选用适当规格的什锦锉。什锦锉的外形与断面如图 2-16(b)所示。

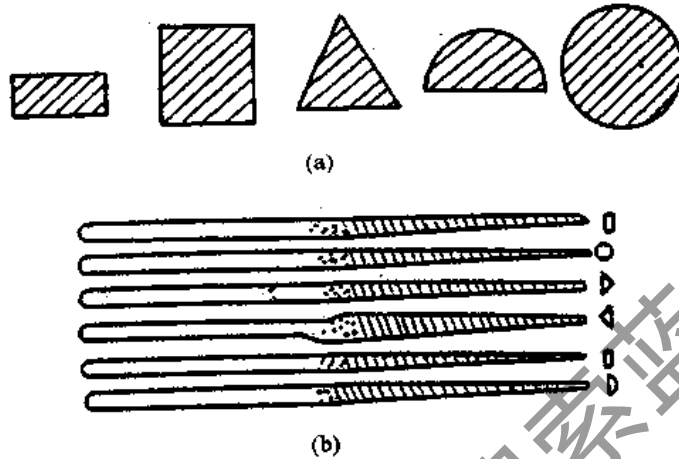


图 2-16 普通锉、整形锉的断面

4. 台虎钳

台虎钳又称虎钳或台钳,是常用的夹持工具,用于配合锯割、锉削等工作,是维修电工常用工具。台虎钳分固定式和回转式两种,如图 2-17 所示。其规格以钳口宽度来表示,常用的有 100mm、125mm 和 150mm 等多种。台虎钳安装在工作台上,应使钳身的工作面位于工作台之外,工作台高度一般为 800mm~900mm。

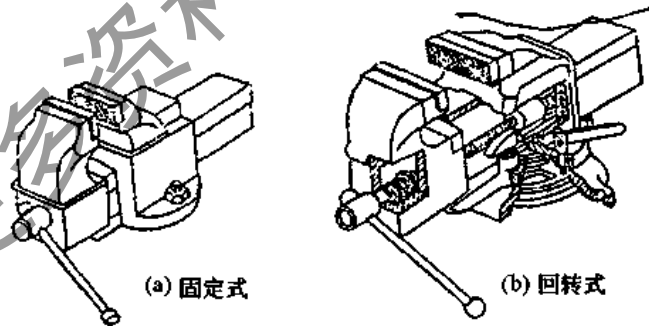


图 2-17 台虎钳

使用时应注意,台虎钳必须牢固地固定在工作台上,活动部分要经常加油保持润滑;夹持工件不可过大、过长,否则需支架支持;不可用钢管接长摇柄,或用手锤敲击摇柄来加大夹持力。

5. 电钻

电钻是钳工在部件上钻孔的工具,也是维修电工常用的工具。电钻分台钻和手电钻两种,钻孔的部件多为金属材料制成。

(1) 台钻是一种小型钻床,通常安装在工作台上,适合对容易搬动的部件进行钻孔,孔径

一般在 12mm 以内。台钻设有调节开关,分三挡转速,变速时要先停车。钻孔时钻床主轴应作顺时针方向转动。使用台钻钻孔,台钻和加工部件都处于稳定状态,因此钻孔的位置准确,孔形标准。台钻外形如图 2-18(a)所示。

(2) 手电钻是一种手持方式工作的电钻,常用的是手枪式电钻。它的体积小,钻头最大直径有 6mm、10mm 和 13mm 三种规格,使用电源为 220V,也有 36V 的。

手电钻的特点是灵活方便,不受地点限制,主要用于固定设施或台钻不易加工的位置进行钻孔。手电钻由操作者直接手持钻孔,应特别注意安全。使用前要检查外壳接地是否可靠,通电后要检查外壳是否带电,在带电现场操作时应戴橡皮手套或穿电工鞋。在潮湿的环境中应采用 36V 低压手电钻,以防触电。手电钻外形如图 2-18(b)(c)所示。

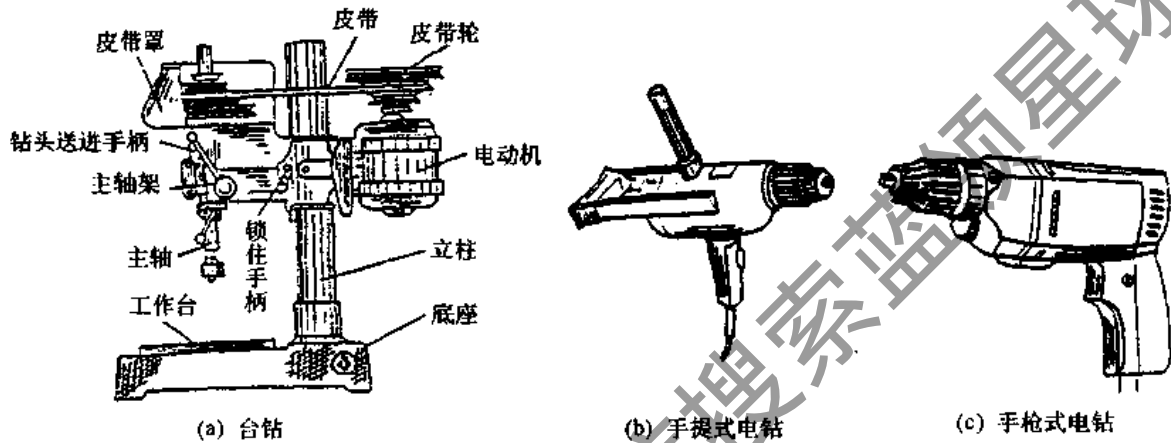


图 2-18 电钻

第二节 常用绝缘材料

绝缘材料又称电介质,其电阻率大于 $10^7 \Omega \cdot m$ (某种材料制成的长度为 1m、横截面积为 $1mm^2$ 的导线的电阻,叫做这种材料的电阻率),它在外加电压的作用下,只有微小的电流通过,这就是通常所说的不导电物质。绝缘材料的主要功能是将带电体与不带电体相隔离,将不同电位的导体相隔离,以确保电流的流向或人身的安全。在某些场合,还起支撑、固定、灭弧、防晕、防潮等作用。

绝缘材料种类繁多,按其形态可分为气体绝缘材料、液体绝缘材料和固体绝缘材料三大类。维修电工常见的主要是固体绝缘材料。

按绝缘材料的化学性质可分为有机绝缘材料、无机绝缘材料和混合绝缘材料。有机绝缘材料主要有橡胶、树脂、麻、丝、漆、塑料等,有较好的机械强度和耐热性能。无机绝缘材料主要有云母、石棉、大理石、电瓷、玻璃等,其耐热性能和机械强度都优于有机绝缘材料。混合绝缘材料是由无机绝缘材料和有机绝缘材料经加工后制成的各种成型绝缘材料,常用做电器的底座、外壳等。

一、绝缘材料的基本性能

绝缘材料的品质在很大程度上决定了电工产品和电气工程的质量及使用寿命,而其品质的优劣与它的物理、化学、机械和电气等基本性能有关,这里仅就其中的耐热性、绝缘强度、机

械性能作一简要的介绍。

1. 耐热性

耐热性是指绝缘材料承受高温而不改变介电、机械、理化等特性的能力。通常,电气设备的绝缘材料长期在热态下工作,其耐热性是决定绝缘性能的主要因素。

绝缘材料在高温环境工作,其性能往往在短时间内显著恶化,如温升使绝缘材料软化,使绝缘塑料因增塑剂挥发而变硬变脆等。绝缘材料在长时期的使用过程中,会发生物理变化和化学变化,使电气性能和机械性能变坏,这就是通常所说的老化。影响绝缘材料老化的原因很多,热是主要因素,温度过高会加速绝缘材料的老化过程。因此对各种绝缘材料都规定了使用时的极限温度,并将绝缘材料按其正常运行条件下允许的最高工作温度,分成七个耐热等级,见表 2-1。

表 2-1 绝缘材料的耐热等级

级 别	绝 缘 材 料	级 限 工 作 温 度 (C)
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脂复合胶浸过的 Y 级材料,漆包线、漆布、漆丝的绝缘及油性漆、沥青漆等	
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、乙酸乙烯耐热漆包线	120
B	聚酯薄膜、经合适树脂粘合式浸渍涂覆的云母、玻璃纤维、石棉等,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
C	不采用任何有机粘合剂及浸渍剂的无机物,如石英、石棉、云母、玻璃和陶瓷材料等	180 以上

2. 绝缘强度

绝缘材料在高于某一极限数值的电压作用下,通过电介质的电流将会突然增加,这时绝缘材料被破坏而失去绝缘性能,这种现象称为电介质的击穿。电介质发生击穿时的电压称为击穿电压。单位厚度的电介质被击穿时的电压称为绝缘强度,也称击穿强度,单位为 kV/mm。

需要指出,固体绝缘材料一旦被击穿,其分子结构发生改变,即使取消外加电压,它的绝缘性能也不能恢复到原来的状态。

常用绝缘材料的绝缘强度请见表 2-2。

3. 机械性能

绝缘材料的机械性能也有多种指标,其中主要一项是抗张强度,它表示绝缘材料承受力的能力。常用绝缘材料的抗张强度见表 2-2。

表 2-2 常用绝缘材料的主要性能

材料名称	绝缘强度 kV/mm	抗张强度 kg/cm ²	密度 kg/cm ³	膨胀系数 10 ⁻⁶ /°C
瓷	8~25	180~240	2.3~2.5	3.4~6.5
玻璃	5~10	140	3.2~3.6	7
云母	15~78	—	2.7~3.0	3
石棉	5~53	520(经)	2.5~3.2	—
棉纱	3~5	—	—	—
纸板	8~13	350~700(经) 270~550(纬)	0.4~1.4	—
电木	10~30	350~770	1.26~1.27	20~100
纸	5~7	520(经), 245(纬)	0.7~1.1	—
软橡胶	10~24	70~140	0.95	—
硬橡胶	20~38	250~680	1.15~1.5	—
绝缘布	10~54	135~290	—	—
纤维板	5~10	560~1050	1.1~1.48	25~52
干木材	0.8	485~750	0.36~0.80	—
矿物油	25~57	—	0.83~0.95	700~800

二、绝缘纤维制品

常用的绝缘纤维制品由植物纤维、无碱玻璃纤维和合成纤维制成,包括的品种有绝缘纸和绝缘纸板、玻璃纤维制品、浸渍纤维制品、绝缘层压板等,是绝缘材料的一大类。其中维修电工常用的有绝缘纸(板)和浸渍纤维制品。

1. 绝缘纸(板)

绝缘纸分植物纤维纸和合成纤维纸两类。植物纤维纸由未漂白的硫酸盐木浆经抄纸而成,主要品种有电缆纸、电话纸、电容器纸、卷缠纸和浸渍纸等。合成纤维纸由合成纤维抄纸而成,主要品种有聚酯纤维纸、耐高温纤维纸等。

2. 浸渍纤维制品

浸渍纤维制品以绝缘纤维材料为底材,浸以绝缘漆制成。经过浸漆,漆填充了纤维材料的毛孔和空隙,并在制品表面形成一层光滑的漆膜,与原纤维材料相比,浸渍纤维制品的机械强度、电气性能、防潮性能、耐热等级都有显著提高。常用的浸渍纤维制品有漆布和漆管。

(1) 漆布 漆布按其底材分为棉漆布、漆绸、玻璃漆布和玻璃纤维-合成交织漆布等几类,分别由相应的底材浸以不同的绝缘漆制成。它主要用做电机、电器的衬垫和线圈的绝缘。常用的是 2432 醇酸玻璃漆布,具有良好的电气性能和耐热性、防霉性。

使用漆布时,要包绕严密,不可出现皱折和气囊,不能出现机械损伤,以免影响其电气性能。当漆布与浸渍漆相接触时,应注意两者的相溶性。

(2) 漆管 绝缘漆管是由棉、涤纶、玻璃纤维管浸以不同的绝缘漆制成,其耐热、耐油及柔软性能均取决于所用底材和浸渍漆。它主要用做电机、电器的引出线或连接线的绝缘套管。常用的是 2730 醇酸玻璃漆管,通常称为黄腊管,具有良好的电气性能和机械性能,耐油性、耐热、防潮性好。

三、电工用塑料、橡胶和绝缘薄膜

1. 电工用塑料

塑料是由合成树脂或天然树脂、填充剂、增塑剂和添加剂等配合而成的高分子绝缘材料。它有密度小、机械强度高、介电性能好、耐热、耐腐蚀、易加工等优点,在一定的温度压力下可以加工成各种规格、形状的电工设备绝缘零件,是主要的导线绝缘和护层材料。

根据所用树脂类型,塑料可分为热固性塑料和热塑性塑料两类。

(1) 热固性塑料 热固性塑料在热压成型后,成为不熔不溶的固化物,热固性塑料只能塑制一次。

常用热固性塑料有酚醛塑料、酚醛玻璃纤维塑料、脲醛塑料等。

(2) 热塑性塑料 热塑性塑料在热压或热挤出成型后,仍具有可溶可熔性,可反复多次成型。常用热塑性塑料如下:

① 苯乙烯-丁二烯-丙烯腈共聚物(ABS):这就是常用的 ABS 塑料,它由苯乙烯、丁二烯和丙烯腈共聚而成。呈象牙色不透明体,有良好的综合性能,主要用于制作各种仪表和电动工具的外壳、支架、接线板等。

② 1010 聚酰胺:俗称尼龙,是由癸二酸与癸二胺聚缩而成,呈白色的半透明体,在常温下具有较高的机械强度,良好的冲击韧性、耐磨性、自润滑性和较好的电气性能。主要用来制作插座、线圈骨架、接线板以及机械零部件等,也常用来作绝缘护套、导线绝缘护层等。

③ 聚苯乙烯(PS):由苯乙烯聚合而成,是无色透明体,有优良的电气性能,主要用做各种仪表外壳、开关按钮、线圈骨架、绝缘垫圈、绝缘套管等。

④ 聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA):PMMA 由甲基丙烯酸甲酯单体聚合而成,俗称有机玻璃。它是可透光的无色透明体,电气性能优良,适于制作仪表零件、绝缘零件、接线柱及读数透镜等。

⑤ 聚氯乙烯(PVC):是由氯乙烯聚合而得到的柔软塑料,具有优良的电气性能,主要用做电线电缆的绝缘和护层,用做绝缘时耐压等级为 10kV。PVC 按耐温条件分别为 65℃、80℃、90℃、105℃ 四种,护层级耐温 65℃。

⑥ 聚乙烯(PE):具有优良的电气性能,主要用做通信电缆、电力电缆的绝缘和护层材料。

2. 电工用橡胶

橡胶分天然橡胶和人工合成橡胶。

(1) 天然橡胶 天然橡胶由橡胶树分泌的浆液制成,主要成分是聚异戊二烯,其抗张强度、抗撕性和回弹性一般比合成橡胶好,但不耐热,易老化,不耐臭氧,不耐油和不耐有机溶剂,且易燃。天然橡胶适合制作柔软性、弯曲性和弹性要求较高的电线电缆绝缘和护套,长期使用温度为 60℃~65℃,耐电压等级可达 6kV。

(2) 合成橡胶 合成橡胶是碳氢化合物的合成物,主要用做电线电缆的绝缘和护套材料。

3. 绝缘薄膜

绝缘薄膜是由若干高分子聚合物,通过拉伸、流涎、浸涂、车削碾压和吹塑等方法制成。选择不同材料和方法可以制成不同特性和用途的绝缘薄膜。电工用绝缘薄膜厚度在 0.006mm~0.5mm 之间,具有柔软、耐潮、电气性能和机械性能好的特点,主要用做电机、电器线圈和电线电缆包绝缘以及电容器介质。

四、绝缘粘带

电工用绝缘粘带有三类：织物粘带、薄膜粘带和无底材粘带。

织物粘带是以无碱玻璃布或棉布为底材，涂以胶粘剂，再经烘焙、切带而成。薄膜粘带是在薄膜的一面或两面涂以胶粘剂，再经烘焙、切带而成。无底材粘带由硅橡胶或丁基橡胶和填料、硫化剂等经混炼、挤压而成。绝缘粘带多用于导线、线圈作绝缘，其特点是在缠绕后自行粘牢，使用方便，但应注意保持粘面清洁。

常用绝缘粘带如下：

(1) 黑胶布 又称绝缘胶布带、黑包布、布绝缘胶带，是电工用途最广，用量最多的绝缘粘带。黑胶布是在棉布上刮胶、卷切而成。胶浆由天然橡胶、炭黑、松香、松节油、重质碳酸钙、沥青及工业汽油等制成，有较好的粘着性和绝缘性能。它适用于交流电压 380V 以下(含 380V)的电线、电缆作包扎绝缘，在 $-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ 环境范围使用。使用时，不必借用工具即可撕断，操作方便。外形见图 2-19 所示。



图 2-19 黑胶布

黑胶布主要技术性能如下：

绝缘强度在交流 50Hz、1000V 电压下持续 1 分钟而不击穿；不含有对铜、铝导线起腐蚀作用的有害物质，如果使铜线芯变成蓝黑色、铝芯附有白色粉末物质，则说明该黑胶布有质量问题，不应使用。

黑胶布的宽度有 10mm、15mm、20mm、25mm、50mm 等五种规格，常用的是 20mm 一种。

(2) 聚氯乙烯胶带 这是常说的塑料绝缘胶带，它是在聚氯乙烯薄膜上涂敷胶浆卷切而成，其外形与黑胶布类同。塑料绝缘胶带绝缘性能、粘着力及防水性均比黑胶布好，并且具有多种颜色，它可代替黑胶布。除了包扎电线电缆外，还可用于密封保护层。但使用时不易用手撕断，需用电工刀或剪刀切割。

(3) 涤纶胶带 是在涤纶薄膜上涂敷胶浆卷切而成。其基材薄、强度高而透明，防水性更好，化学稳定性优良。涤纶胶带的用途比塑料绝缘胶带广泛，除可包扎电线电缆外，常用来作密封保护层及胶扎物件。使用时需用剪刀或刀片划痕，然后撕断。

第三节 常用导电材料

导电材料是相对绝缘材料而言的，能够通过电流的物体称为导电材料，其电阻率与绝缘材料相比大大降低，一般都在 $0.1\Omega \cdot \text{m}$ 以下。导电材料的主要用途是输送和传递电流。

导电材料分为一般导电材料和特殊导电材料。一般导电材料又称良导体材料，是专门传送电流的金属材料。要求其电阻率小、导热性优、线胀系数小、抗拉强度适中、耐腐蚀、不易氧化等。常用的良导体材料主要有铜、铝、铁、钨、锡、铅等，其中铜和铝是优良的导电材料，主要用于制造电线电缆。

电线电缆的品种很多，按照性能、结构、制造工艺及使用特点分为以下五类：裸导线、电磁线、电气设备用电线电缆、电力电缆、通信电线电缆。一般电工常用的是前四类。在产品型号中，铜的标志是 T，铝的标志是 L，有时铜的标志 T 可以省略，在产品型号中没有标明 T 或 L 的就是表示铜。

一、裸导线

裸导线是指没有绝缘层的导线,裸导线分裸单线(单股导线)和裸绞线(多股绞合线)两种。裸单线按其截面形状分为圆形截面的圆形裸单线或称圆单线和非圆形截面的裸单线。常用的圆形裸单线有铜质和铝质两种,一般用做电线电缆的线芯。

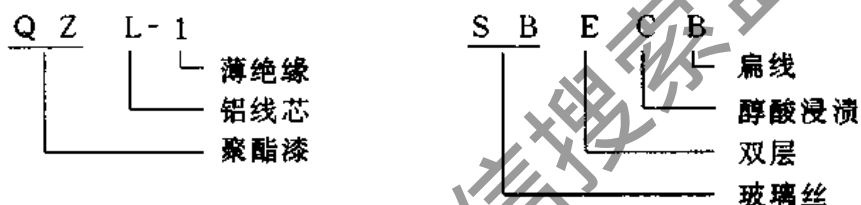
将多根圆单线绞合在一起的绞合线称为裸绞线。裸绞线比较柔软并具有一定的机械强度,主要用做架空线。其表示方法是将股数和直径写在一起,如 7×2.11 表示用7股直径为2.11mm的圆单线绞合而成。

二、电磁线

电磁线是一种在金属线材上覆盖绝缘层的导线,广泛用来绕制电机、变压器、电器设备的绕组或线圈。其材质有铜线或铝线,外形有圆形或扁形。按绝缘特点和用途分为漆包线、绕包线和特种电磁线等。

1. 电磁线型号的含义

电磁线型号的含义为:



聚酯漆包铝线第一型

双玻璃丝包扁铜线

电磁线型号中字母代号的含义见表 2-3。

表 2-3 电磁线型号中字母的含义

类别(经绝缘层区分)				导体		派生
绝缘漆	绝缘纤维	其他绝缘层	绝缘特征	导体材料	导体特征	
Q——油性漆	M——棉纱	BM——玻璃膜	B——编织	T——铜线	B——扁线	1——第一种
QA——聚胺酯漆	SB——玻璃丝	V——聚氧乙 烯	C——醇酸浸渍	L——铝线	D——带 箔	2——第二种
QG——硅有机漆	SR——人造丝	YM——氧化膜	E——双层	TWC——无磁性铜	J——绞制	3——第三种
QH——环氧漆	ST——天然丝	G——硅有机浸渍	R——柔软		
QQ——聚酯漆	Z——纸	J——加厚	N——自粘性			
QXY——聚酰胺 亚胺漆		NF——耐冷冻			
QY——聚酰胺漆			S——三层:彩色			
QZ——聚酯漆						
.....等						

2. 漆包线

漆包线是电磁线的一种,由铜材或铝材制成,其外涂有绝缘漆作为绝缘保护层。漆包线特别是漆包铜线,漆膜均匀、光滑柔软,有利于线圈的自动绕制,广泛用于中小型电工产品中。

漆包线也有很多种,按漆膜及作用特点可分为普通漆包线、耐高温漆包线、自粘漆包线、特种漆包线等,其中普通漆包线是一般电工常用的品种,如 Q 型油性漆包线、QQ 型缩醛漆包线、QZ 型聚酯漆包线。

3. 绕包线

绕包线也是电磁线的一种,它是在漆包线或导线芯上用天然丝、玻璃丝、绝缘纸或合成薄膜等再绕包一层绝缘层而制成的,通常所说的纱包线、丝包线都属于绕包线。

三、电气设备用电线电缆

电气设备用电线电缆品种繁多,按用途可分为通用电线电缆和专用电线电缆两大类。由于使用条件和技术特性不同,电气设备用电线电缆的结构也不相同。结构简单的电线电缆由导电线芯和绝缘层构成,一般的电线电缆由导电线芯、绝缘层和护层构成,特殊的电线电缆还设有屏蔽层、加强芯、外护层等。

导电线芯由铜材或铝材制成,线芯的根数有单根和多根之分,股数最多的有几千根。

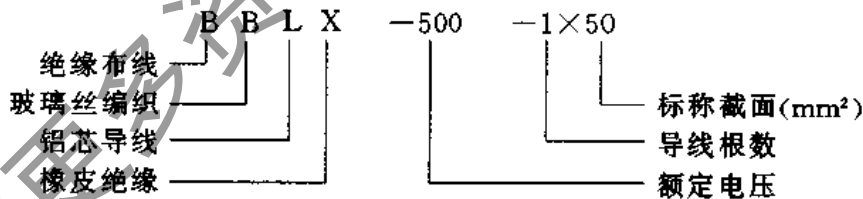
绝缘层的主要作用是电绝缘,对于没有护层的电线电缆还起机械保护的作用。绝缘层大都为橡胶和塑料材质,其耐热等级决定电线电缆的允许工作温度。

护层主要起机械保护作用,它对电线电缆的使用寿命有很大影响,大多数电线电缆采用橡胶和塑料作护层材料,也有使用玻璃丝编织成护层的。

通用电线电缆的品种多,应用广,是维修电工常用的电线电缆。根据其特性及导电线芯、绝缘层、护层的结构和材料的不同分为以下四个系列: B 系列橡皮塑料绝缘电线、R 系列橡皮塑料软线、Y 系列通用橡套电缆和 AV 系列安装用电线电缆。

1. 电气设备用电线电缆型号含义

电气设备用电线电缆型号表示方法及含义:



型号中的字母含义见表 2-4。

表 2-4 电气设备电线电缆型号中字母含义

分类代号或用途	绝 缘	护 套	派 生
A——安装线	Z——纸	V——聚氯乙烯	P——屏蔽
B——绝缘布线	V——聚氯乙烯	H——护套	R——软
F——飞机用低压线	F——氟塑料	B——编织套	S——双绞
Y——一般工业移动电器用线	Y——聚乙烯	L——腊克	B——平行
K——控制电缆	X——橡皮	N——尼龙套	D——带形
T——天线	ST——天然丝	SK——尼龙丝	T——特种
HR——电话软线	SE——双丝包	VZ——阻燃聚氯乙烯	P ₁ ——缠绕屏蔽

(续表)

分类代号或用途	绝 缘	护 套	派 生
I——电影用电线	R——辐照聚乙烯		
SB——无线电装置用电线	B——聚丙烯		

2. B 系列橡皮塑料电线

B 表示绝缘布线用,该系列电线的特点是结构简单、重量轻、价格较低。它适用于各种动力配电和照明线路,并可用做大中型电气设备的安装线。B 系列绝缘电线交流工作电压为 500V,直流工作电压为 1000V,常用品种如表 2-5 所示。

表 2-5 常用 B 系列橡皮塑料电线

产品名称	型 号		长期最高工 作温度(°C)	用 途
	铜 芯	铝 芯		
橡皮绝缘电线	BX ^①	BLX	65	固定敷设于室内(明敷、暗敷或穿管),也可用于室外,或作设备内部安装用线
氯丁橡皮绝缘电线	BXF ^②	BLXF	65	同 BX 型,耐气候性好,适用于室外
橡皮绝缘软电线	BXR		65	同 BX 型,仅用于安装时要求柔软的场所
橡皮绝缘和护套电线	BXHF ^③	BLXHF	65	同 BX 型,适用于较潮湿的场所和作室外进户线,可代替老产品铅包电线
聚氯乙烯绝缘电线	BV ^④	BLV	65	同 BX 型,但耐湿性和耐气候性较好
聚氯乙烯绝缘软电线	BVR		65	同 BV 型,仅用于安装时要求柔软的场所
聚氯乙烯绝缘和护套电线	BVV ^⑤	BLVV	65	同 BV 型,用于潮湿和机械防护要求较高的场合,可直埋土壤中
耐热聚氯乙烯绝缘电线	BV-105 ^⑥	BLV-105	105	同 BV 型,用于 45°C 以上高温环境中
耐热聚氯乙烯绝缘软电线	BVR-105		105	同 BVR 型,用于 45°C 及以上高温环境中

①“X”表示橡皮绝缘。

②“XF”表示氯丁橡皮绝缘。

③“HF”表示非燃性护套。

④“V”表示聚氯乙烯绝缘。

⑤“VV”表示聚氯乙烯绝缘和护套。

⑥“105”表示耐温 105°C。

3. R 系列橡皮塑料软线

R 表示软线,该系列软线的线芯是由多根细铜线绞合而成的,它除具备 B 系列绝缘线的特点外,其线体比较柔软。R 系列软线大量用做日用电器、仪器仪表的电源线,小型电气设备和仪器仪表内部的安装线,以及照明线路中的灯头线、灯管线。常用软线品种如表 2-6 所示。

表 2-6 常用 R 系列橡皮塑料软线

产品名称	型 号	工作电压 (V)	长期最高 工作温度(°C)	用途及使用条件
聚氯乙烯绝缘软线	RV RVB ^① RVS ^②	交流 250 直流 500	65	供各种移动电气、仪表、电信设备、自动化装置接线用,也可用做内部安装线。安装时环境温度不低于 -15°C

(续表)

产品名称	型号	工作电压 (V)	长期最高 工作温度(°C)	用途及使用条件
耐热聚氯乙烯绝缘软线	RV-105	交流 250 直流 500	105	同 RV 型。用于 45°C 及 45°C 以上高温环境中
聚氯乙烯绝缘和护套软线	RVV	交流 500 直流 1000	65	同 RV 型。用于潮湿和机械防护要求较高以及经常移动、弯曲的场合
丁腈聚氯乙烯复合物绝缘软线	RFB ^① RFS	交流 250 直流 500	70	同 RVB、RVS 型。但低温柔软性较好
棉纱编织橡皮绝缘双绞软线 棉纱总编织橡皮绝缘软线	RXS RX	交流 250 直流 500	65	室内日用电器、照明用电源线
棉纱编织橡皮绝缘平型软线	RXB	交流 250 直流 500	65	室内日用电器、照明用电源线

①“B”表示两芯平型。

②“S”表示两芯绞型。

③“F”表示复合物绝缘。

4. Y 系列通用橡套电缆

Y 表示移动电缆,这一系列也称移动电缆。它是以硫化橡胶作为绝缘层,以非燃氯丁橡胶作为护套,具有抗砸、抗拉和能承受较大机械应力的特点。Y 系列电缆适用于在一般场合下作为各种电气设备、电动工具、仪器和照明电器等移动式电源线。根据其能承受机械外力的不同,分为轻、中、重三种类型,长期最高工作温度为 65°C。常用移动电缆的品种见表 2-7。

表 2-7 常用 Y 系列通用橡套电缆

产品名称	型号	交流工作 电压(V)	特点和用途
轻型橡套电缆	YQ ^②	250	轻型移动电气设备和日用电器电源线
	YQW ^③		同上。具有耐气候和一定的耐油性能
中型橡套电缆	YZ ^④	500	各种移动电气设备和农用机械电源线
	YZW		同上。具有耐气候和一定的耐油性能
重型橡套电缆	YC ^⑤	500	同 YZ 型。能承受较大的机械外力作用
	YCW		同上。具有耐气候和一定的耐油性能

①表中产品均为铜导线芯。

②“Q”表示轻型。

③“W”表示户外型。

④“Z”表示中型。

⑤“C”表示重型。

5. AV 系列安装用电线电缆

安装用电线电缆包括很多种类,AV 系列安装用电线电缆和电器安装线是主要两类,电工常用的是 AV 系列的聚氯乙烯绝缘安装用电缆。

聚氯乙烯绝缘安装用电线的型号、名称、适用范围及使用特性见表 2-8。

表 2-8 AV 系列聚氯乙烯安装用电线型号、名称及适用范围

型 号	名 称	额定电压 (V)	芯 数	标称截面 (mm ²)	适用范围	使用特性
AV	铜芯聚氯乙烯绝缘安装电线	300/300	1	0.03~0.4	适用于交流额定电压 U_0/U 为 300V/300V 及以下电器、仪表和电子设备及自动化装置作安装用电线	U_0/U 为 300V/300V, AV-105 型及 AVR-105 型应不超过 105℃, 其他型号应不超过 70℃
AVR	铜芯聚氯乙烯绝缘安装软电线	300/300	1	0.035~0.4		
AVRB	铜芯聚氯乙烯绝缘平型安装软电线	300/300	2	0.12~0.2		
AVRS	铜芯聚氯乙烯绝缘较型安装软电线	300/300	2	0.12~0.2		
			2	0.08~0.4		
AVVR	铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套安装软电缆(电线)	300/300	3~24	0.12~0.4		
AV-105	铜芯耐热 105℃ 聚氯乙烯绝缘安装电线	300/300	1	0.03~0.4		
AVR-105	铜芯耐热 105℃ 聚氯乙烯绝缘安装软电线	300/300	1	0.035~0.4		

6. 几种专用电线电缆

(1) J 系列电机、电器引出线 J 系列电机、电器引出线的型号、名称、规格和用途见表 2-9。

表 2-9 J 系列电机、电器引出线的型号、规格和用途

型 号	名 称	导线截面 (mm ²)	绝缘厚度 (mm)	电线最大外径 (mm)	主要用途	
JBF	丁腈聚氯乙烯复合物绝缘引接线	0.030~50	0.4~1.6	1.1~14.7	供交流电压 500V 及以下 B 级绝缘电机、电器作引接线	
JBQ	橡皮绝缘丁腈护套引接线	500V	0.20~120	0.6~1.6	3.9~24.6	供交流电压 1140V 及以下 B 级绝缘电机、电器作引接线
		1140V	0.50~120	1.0~1.8	5.1~25.0	
JBHF	6kV 橡皮绝缘氯丁护套引接线	6~120	3.5	15.2~30.8	供交流电压 5kV, B 级绝缘电机、电器作引接线	
JBYH	氟磺化聚乙烯橡皮绝缘引接线	500V	0.2~120	0.8~2.0	2.4~21.6	用于电压 6kV 及以下的 B 级绝缘电机、电器引接线
		1140V	0.5~120	1.2~2.0	3.8~21.6	
		6000V	6~120	5	14.5~28.0	
JBYH	硅橡皮绝缘电机引出线	0.75~240	1.2~3.0	3.7~29.1	用于交流 500V 或直流 1000V 及以下电机、电器引出线	
JFFB JCFB	氟玻璃绝缘电机引接线	0.25~95.0	0.6~1.4	2.3~17.6	适用于 500V 及以下 F 级、C 级绝缘用四氟玻璃绝缘引接线	

(续表)

型号		名称	导线截面 (mm ²)	绝缘厚度 (mm)	电线最大外径 (mm)	主要用途
JFE	500V	乙丙橡皮绝缘引出线	0.75~6		3.2~5.6	适用于交流 500V、1140V、F 级绝缘电机、电器引接线
	1140V		0.75~6		3.6~6.0	
JBYS	10kV	10kV 氯磺化聚乙烯绝缘高压电机引接线	6.0~95	5.5	16.2~27.3	适用于交流 10kV 及以下的 B 级绝缘电机、电器的引接线
JFEM	500V	乙丙橡皮绝缘氯醚护套 F 级引接线	0.75~120		4.0~22.8	适用于交流电压 500V、1140V、6000V 及以下的 F 级绝缘电机、电器引接线用
	1140V		0.75~120		4.8~23.2	
	6000		6~120		13.8~28.0	

(2) 电焊机电缆 一般选用 YH 型钢芯和 YHL 型铝芯橡套电缆。这一系列的电缆采用耐热、耐磨、耐气候橡皮作护层,柔软性好,耐火性好,并且有足够的机械强度,适用于电焊机二次侧接线与电焊钳的连接。线芯长期允许工作温度为 65℃,截面积范围为 10mm²~185mm²。YHBQ 型二氧化碳气体保护电焊机用电缆用于二氧化碳气体保护焊机的连线,具有通气、不延燃特点,截面积有 33mm² 和 57mm² 两种规格。

(3) 电梯电缆 电梯电缆一种是用于户内的 YT 橡皮护套电梯电缆;另一种是用于室内外接触油污或要求非延燃场合的 YTF 氯丁或其他合成胶弹性体护套电缆。

(4) 潜水电机用电缆 潜水电机使用 YHS 系列潜水电机用防水橡套电缆,此系列电缆在 30 个大气压的水中能保持良好的电气气密性能,橡皮护套具有吸水量小、柔软、重量轻等优点。

四、电力电缆

输配电用的电缆称为电力电缆。电力电缆输配电通常埋设于地下管道或沟道中,不需要大线路走廊,占地少;不受气候和环境的影响,送电性能稳定;维护工作量大,安全性好。与架空输电线相比,造价高,输送容量受到限制。

电力电缆由导电线芯、绝缘层和保护层三个主要部分构成,如图 2-20 所示。

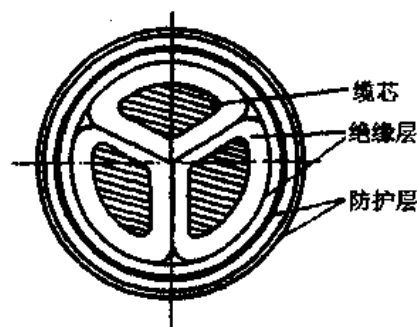


图 2-20 电力电缆结构图

导电线芯又称缆芯,通常采用高导电率的铜或铝制成,截面有圆型、半圆型、扇型等多种,均有统一的标称等级。线芯有单芯、双芯、三芯和四芯几种。单芯和双芯电缆一般用来输送直流电和单相交流电;三芯电缆用来输送三相交流电;四芯电缆用于中性点直接接地的三相四线制配电系统,中性线线芯截面较小。当线芯截面大于 25mm² 时,通常采用多股导线绞合,经压

紧成型,以便增加电缆的柔软性并使结构稳定。

绝缘层的主要作用是防止漏电和放电,将线芯与线芯、线芯与保护层互相绝缘和隔离。绝缘层通常采用纸、橡皮、塑料等材料,其中纸绝缘应用最广,它经过真空干燥再放到松香和矿物油混合的液体中浸渍以后,缠绕在电缆导电线芯上。对于双芯、三芯和四芯电缆,除每相线芯分别包有绝缘层外,在它们绞合后外面再用绝缘材料作统包绝缘。

电缆外面的保护层主要起机械保护作用,保护线芯和绝缘层不受损伤。保护层分内保护层和外保护层。内保护层保护绝缘层不受潮湿并防止电缆浸渍剂外流,常用铝或铅、塑料、橡胶等材料制成。外保护层保护绝缘层不受机械损伤和化学腐蚀,常用的有沥青麻护层、钢带铠等几种。

常用电力电缆按所用绝缘材料可分为纸绝缘、橡皮绝缘、聚氯乙烯塑料绝缘和交联聚乙烯绝缘电力电缆。

1. 电力电缆型号的含义

电力电缆型号的含义见表 2-10。

表 2-10 电力电缆型号的含义

类别、特征		电力电缆(省略不表示)					
绝缘		Z:纸(油纸);V:聚氯乙烯;YJ:交联聚乙烯;X:天然橡皮;XE:乙丙橡皮					
导体		T:铜线(省略);L:铝线					
内护套		Q:铅护套;L:铝护套;V:聚氯乙烯护套;Y:聚乙烯套;H:橡套;LW:皱纹铝套					
其他特征		D:不滴流;F:分相金属护套;CY:充油电缆					
外护层类型	第一位数字	代号	0	1	2	3	4
		铠装层	无	—	双层钢带	细圆钢丝	粗圆钢丝
	第二位数字	代号	0	1	2	3	4
		外被层	无	纤维绕包(涂沥青)	聚氯乙烯套	聚乙烯套	—

2. 油浸纸绝缘电缆

油浸纸绝缘电缆结构如图 2-21 所示,内保护层采用铝包或铅包。特点是耐高压、耐热性能好、机械强度高、使用年限长;缺点是制造工艺复杂,价格较高。

油浸纸绝缘分普通型和不滴流型两类。其结构完全相同,仅所用浸渍剂不同。普通粘性油浸纸绝缘电缆不适宜敷设于落差大的场合,而不滴流电缆敷设落差无限制,可以垂直敷设。

3. 橡皮绝缘电力电缆

橡皮绝缘电力电缆的突出优点是柔软、可绕性好,适用于固定敷设在交流 50Hz、额定电压 6kV 及 6kV 以下的输配电线路中,也可作工矿移动性供电装置。

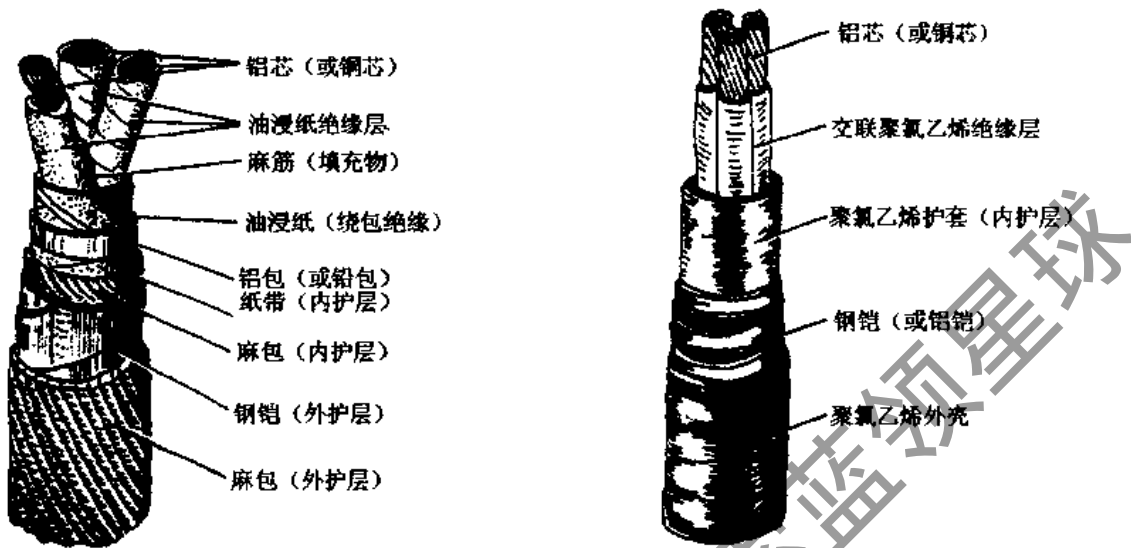
4. 聚氯乙烯绝缘电力电缆

聚氯乙烯绝缘电力电缆的全称是聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆,也称塑力缆。有的塑力缆带铠装保护层。这种电缆除具有可靠的电气性能外,还具有较强的防化学腐蚀的性能,耐酸、碱、盐和有机溶剂;具有一定的机械强度,敷设、安装、维修接续均比较容易;并且制作简单,价格适宜,因此发展快,用途广泛。适用于固定敷设在交流 50Hz、额定电压 6kV 下的输配

电路上。

5. 交联聚乙烯绝缘电力电缆

交联聚乙烯绝缘电力电缆又称交联塑力缆,是以交联聚乙烯作为绝缘介质的电力电缆,电气性能更加优越,可用于 35kV 的高压供电系统中,其结构如图 2-22 所示。



第四节 特殊导电材料

特殊导电材料是相对一般导电材料而言的,它不以输送电流为目的,而是为实现某种转换或控制而接入电路中。

常见的特殊导电材料有:电阻材料、电热材料、熔体材料和电碳制品等。

一、常用电阻材料

电阻材料是用于制造各种电阻元件的合金材料,又称为电阻合金。其基本特性是具有高的电阻率和很低的电阻温度系数。

常用的电阻合金有康铜丝、新康铜丝、锰铜丝和镍铬丝等。康铜丝以铜为主要成分,具有较高的电阻系数和较低的电阻温度系数,一般用于制作分流、限流、调整等电阻器和变阻器。新康铜丝是以铜、锰、铬、铁为主要成份,不含镍,是一种新电阻材料,性能与康铜丝相似。锰铜丝是以锰、铜为主要成分,具有电阻系数高、电阻温度系数低及电阻性能稳定等优点,通常用于制造精密仪器仪表的标准电阻、分流器及附加电阻等。镍铬丝以镍、铬为主要成分,电阻系数较高,除可用做电阻材料外,还是主要的电热材料,一般用于电阻式加热仪器及电炉。

二、常用电热材料

电热材料主要用于制造电热器具及电阻加热设备中的发热元件,作为电阻接入电路,将电能转换为热能。对电热材料的要求是电阻率要高,电阻温度系数要小,能耐高温,在高温下抗氧化性好,便于加工成形等。常用电热材料主要有镍铬合金、铁铬铝合金及高熔点纯金属等。

三、常用熔体材料

熔体材料是一种保护性导电材料,作为熔断器的核心组成部分,具有过载保护和短路保护的功能。

熔体一般都做成丝状或片状,称为保险丝或保险片,统称为熔丝,是维修电工经常使用的电工材料。

1. 熔体的保护原理

接入电路的熔体,当正常电流通过时,它仅起导电作用。当发生过载或短路时,导致电流增加,由于电流的热效应,会使熔体的温度逐渐上升或急剧上升,当达到熔体的熔点温度时,熔体自动熔断,电路被切断,从而起到保护电气设备的作用。

2. 熔体材料的种类和特性

熔体材料包括纯金属材料 and 合金材料,按其熔点的高低,分为两类:一类是低熔点材料,如铅、锡、锌及其合金(有铅锡合金、铅铋合金等),一般在小电流情况下使用;另一类是高熔点材料,如铜、银等,一般在大电流情况下使用。

常用熔体材料的特性如下:

(1) 银:具有高导电性、高导热性、耐腐蚀、延展性好的特点,可以加工成各种尺寸精确和外型复杂的熔体。银用做高质量要求的电力及通信设备上熔断器的熔体。

(2) 锡和铅:熔断时间长,宜作小型电动机和普通照明电路保护用的慢速熔体。

(3) 铜:熔断时间短,金属蒸气少,有利于灭弧,但熔断特性不稳定,只用做要求较低的熔体。

(4) 钨:可用做自复式熔断器的熔体。故障出现时切断电路起保护作用,故障消除后自动恢复接通,并可多次使用。

(5) 铅合金熔体:是最常见的熔体材料。如铅铋熔丝,含铅98%以上、铋0.3%~1.3%;铅锡熔丝,含铅95%、锡5%或含铅75%、锡25%。在照明电路及其他一般场合使用。

(6) 铋、铅、锡、镉、汞合金熔体:由以上五种材料按不同比例组合,可以得到低熔点的熔体材料,熔点范围在20℃~200℃之间,对温度反映敏感,可用于保护电热设备。

铜丝熔的规格见表2-11。

表 2-11 铜熔丝的规格

直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	额定电流 (A)	熔断电流 (A)	直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	额定电流 (A)	熔断电流 (A)
0.234	0.043	4.7	9.4	0.70	0.385	25	50
0.254	0.061	5	10	0.80	0.5	29	58
0.274	0.059	5.5	11	0.90	0.6	37	74
0.295	0.068	6.1	12.2	1.00	0.8	44	88
0.315	0.078	6.9	13.8	1.13	1.0	52	104
0.345	0.093	8	16	1.37	1.5	63	125
0.376	0.111	9.2	18.4	1.60	2	80	160
0.417	0.137	11	22	1.76	2.5	95	190
0.457	0.164	12.5	25	2.00	3	120	240

(续表)

直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	额定电流 (A)	熔断电流 (A)	直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	额定电流 (A)	熔断电流 (A)
0.508	0.203	15	29.5	2.24	4	140	280
0.559	0.245	17	34	2.50	5	170	340
0.60	0.283	20	39	2.73	6	200	400

铅熔丝的规格见表 2-12、表 2-13。

表 2-12 铅熔丝的规格(铅 $\geq 98\%$ 、锡 0.3%~1.5%)

直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	额定电流 (A)	熔断电流 (A)	直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	额定电流 (A)	熔断电流 (A)
0.08	0.005	0.25	0.5	0.98	0.75	5	10
0.15	0.018	0.5	1.0	1.02	0.82	6	12
0.20	0.031	0.75	1.5	1.25	1.23	7.5	15
0.22	0.038	0.8	1.6	1.51	1.79	10	20
0.25	0.049	0.9	1.8	1.67	2.19	11	22
0.28	0.062	1	2	1.75	2.41	12	24
0.29	0.066	1.05	2.1	1.98	3.08	15	30
0.32	0.080	1.1	2.2	2.40	4.52	20	40
0.35	0.096	1.25	2.5	2.78	6.07	25	50
0.36	0.102	1.35	2.7	2.95	6.84	27.5	55
0.40	0.126	1.5	3	3.14	7.74	30	60
0.46	0.166	1.85	3.7	3.81	11.40	40	80
0.52	0.212	2	4	4.12	13.33	45	90
0.54	0.229	2.25	4.5	4.44	15.48	50	100
0.60	0.283	2.5	5	4.91	18.93	60	120
0.71	0.40	3	6	5.24	21.57	70	140
0.81	0.52	3.75	7.5				

表 2-13 铅熔丝的规格(铅 75%、锡 25%)

直径 (mm)	近似类 规线号	额定电流 (A)	熔断电流 (A)	直径 (mm)	近似类 规线号	额定电流 (A)	熔断电流 (A)
0.508	25	2	3.0	1.63	16	11	16.0
0.559	24	2.3	3.5	1.83	15	13	19.0
0.61	23	2.6	4.0	2.03	14	15	22.0
0.71	22	3.3	5.0	2.34	13	18	27.0
0.813	21	4.1	6.0	2.65	12	22	32.0
0.915	20	4.8	7.0	2.95	11	26	37.0
1.22	18	7	10.0	3.26	10	30	44.0

3. 熔体的选用

熔体材料的选用要根据电器特点、负载电流大小、熔断器类型等多种因素确定。选用熔体

的主要参数是熔体的额定电流,其原则是当电流超过电气设备正常值一定时间后,熔体应熔断;在电气设备正常运行和正常短时间过电流时,熔体不应熔断。通常按下面三种情况分别确定熔体的额定电流:

(1) 对于输配电线路,熔体的额定电流应小于或等于线路的计算电流值。

(2) 对于变压器、电炉、照明和其他电阻性负载,熔体的额定电流值应稍大于实际负载电流值。

(3) 对于电动机,应考虑启动电流的因素,熔体的额定电流值为电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

第五节 常用安装材料

电工常用安装材料有木制安装材料、塑料安装材料、金属安装材料和电瓷安装材料四类。

一、木制安装材料

木制安装材料主要有圆木、方木、槽板等,用于安装拉线开关、插座、电表等电器元件及用于敷设绝缘电线等。为了便于安装,木制安装材料选用松软、坚韧、不易开裂的松木、杉木等制成。

木制安装材料制作工艺简单,安装方便,并有一定的机械强度和电气绝缘性能。但由于木材紧缺和外观因素的影响,在很多场合被塑料安装材料所取代。

1. 圆木

圆木又称木台或圆台,是安装灯座、开关、插座、灯具等电器底座用的木制安装器材,外形如图 2-23 所示。

圆木多用松木或杉木制成,里面下部车去一部分,形成凹状。按其外径大小分以下 10 种规格:75mm、100mm、125mm、150mm、175mm、200mm、225mm、250mm、275mm、300mm。应用最多的是 75mm 圆木,用来安装白炽灯、荧光灯和插座等。

2. 方木

方木又称连木,其作用与圆木相同,用来安装灯座、开关、插座等电器,外形如图 2-24 所示。

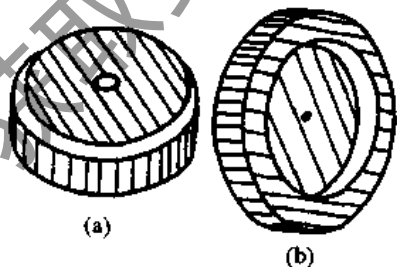


图 2-23 圆木

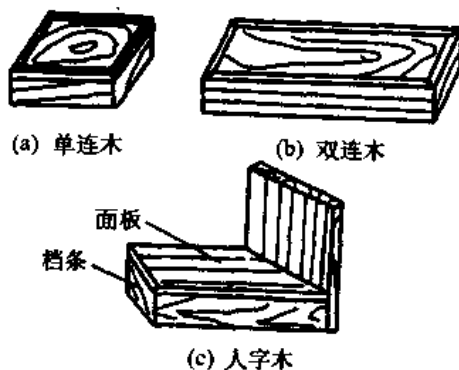


图 2-24 方木

方木的结构也与圆木相似,面板与档条用胶粘接或用钉钉接而成凹状,以方便隐蔽接线头。材质多用松木或杉木。方木按安装开关或插座的数量分为:只装一只插座或开关的方木称

为单连木；装两只的称为双连木；此外还有三连木、四连木等等。另有一种可装一只吊线盒和一只拉线开关的专用方木，称为拉线方木，也叫人字木，如图 2-24(c) 所示。

3. 槽板

槽板又称木槽板，用木材制成，用于室内布设电线用。槽板由盖板和底板两部分构成。盖板是一块较薄的板条，在相对底板的线槽部位，刻有线痕，作为标记；底板开有线槽，作布线之用。线槽有双线槽和三线槽之分，其外形和一般尺寸如图 2-25 所示，尺寸单位为 mm。

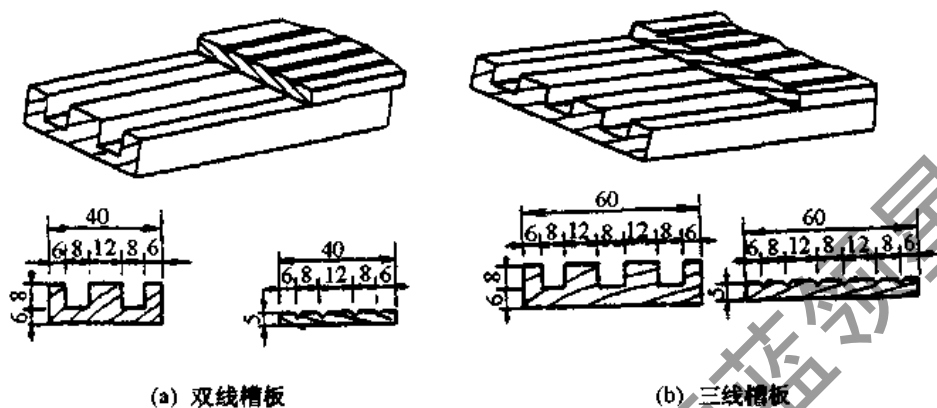


图 2-25 槽板

除此之外，木制安装材料还有电表板、熔丝盒子板、配电板等多种，统称为方板。方板也多用杉木或松木制作，规格有多种。

二、塑料安装材料

塑料安装材料是近几年发展起来的新的电气安装材料，它具有质量轻、强度高、阻燃性、耐酸碱、抗腐蚀能力强的优点，并具有优异的电气绝缘性能，尤为突出的是这类材料造型美观，色彩调和，非常适合室内布线要求。

塑料安装材料除可作普通室内安装布线器材，还适宜在潮湿或有酸、碱等物质的场合使用。

1. 塑料安装座

塑料安装座是用来代替木制的圆台或方木，作为安装灯座、插座、开关等电器装置的，呈圆形的称塑料圆台，呈方形的称塑料方木，其外形如图 2-26 所示。

塑料安装座采用新型钙塑材料塑制，与木制的圆台、方木一样可以在上面钉钉子，可以切削，可以拧木螺丝钉，其绝缘性能和防水性能都优于木制的圆台和方木。安装座表面上有穿线孔四个，中央有木螺丝安装孔一个，并标有安装定位线。底壁四周还各有一条薄壁结构，可根据安装的需要削成穿线孔或槽板孔。

塑料圆台有 70mm 和 95mm 两种规格；塑料方木的规格是 70mm。

需要说明的是，塑料安装座不适宜用在高温及受强烈阳光照射的场合，否则容易老化，降低使用寿命。

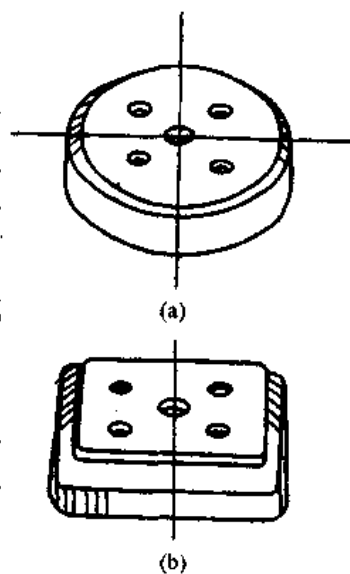


图 2-26 塑料安装座

2. 塑料槽板

塑料槽板是用来代替木槽板,用于室内明敷布线的安装器材。它以聚氯乙烯树脂粉为主,加入阻燃剂、增塑剂及其他助剂加工而成,又称阻燃PVC槽板或合成树脂槽板。塑料槽板具有良好的机械性能和电气性能,呈乳白色,光洁美观,规格齐全,应用广泛。

塑料槽板由槽盖板和槽底板两部分组成,新产品盖板与底板通过卡口直接配合,无须用胶粘合。槽底板内部有的设有隔板,盖板和底板的厚度在1.2mm~2.5mm之间,宽和高有各种规格,图2-27所示为塑料槽板外形及截面图。

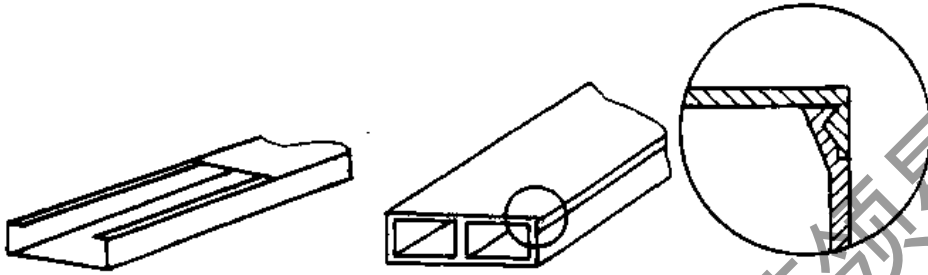


图 2-27 塑料槽板

使用塑料槽板,先将槽底板用元钉、木螺丝或水泥钉固定,配线之后,将槽盖板嵌入盖板卡口即可。

为了使塑料槽板布线的转弯、分引、延长等驳接更为方便和美观,专门为塑料槽板设计了各种配件,主要有角弯、三通、槽线盒等。布线时根据所用塑料槽板的规格选择相应的配件。

需要注意的是,塑料槽板使用的环境温度不能低于 -15°C 。

3. 塑料线夹和线卡

塑料线夹和线卡的品种很多,通常宜在室内一般场合使用,多用于小截面的电线布线。

(1) 塑料夹板 外形与瓷夹板相同,用来固定BV、BLV、BX、BLX型塑料绝缘和橡皮绝缘电线,常用做室内明敷布线。

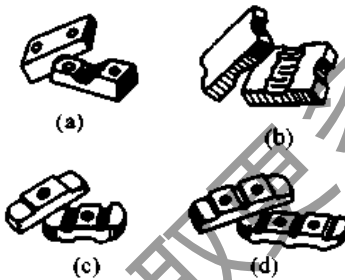


图 2-28 塑料夹板

塑料夹板用塑料制成,分上下两片,呈长形,中间有穿木螺丝的钉孔,下片有线槽,槽内有一条0.5mm高的筋,电线嵌入后不易滑动。图2-28所示为单线、双线、三线塑料夹板的外形。塑料夹板适合 $1\text{mm}^2\sim 2.5\text{mm}^2$ 的电线布线,用 $4\text{mm}\times 25\text{mm}$ 的螺丝固定。

(2) 圆形单芯线夹 这种线夹用改性聚苯乙烯塑料制作,用来固定BV、BLV、BX、BLX型塑料绝缘电线和橡皮绝缘电线,适于在潮湿及有酸碱腐蚀的场合使用。

圆形单芯线夹由上盖和底座两部分用螺纹组合而成,呈圆形,像一个瓶盖。底座面上有线槽,有一个线槽的称单线线夹;有两个线槽的称双线线夹;有三个线槽的称三线线夹。图2-29(a)所示为圆形单芯单线线夹外形图。底座中心有一个未穿通的钉孔,除了可用环氧树脂胶粘接外,也可用木螺丝将线夹底座固定在建筑物上。安装底座后,将电线嵌入槽内,把上盖旋入底座,电线就被压紧。底座两边沿敷线方向有准线标记,以保证布线挺直整齐。

(3) 长形单芯线夹 这种线夹也是用改性聚苯乙烯塑料制成,其适合布线的种类和使用场合与圆形单芯线夹相同。长形单芯线夹由底座、盖子和尼龙螺钉组成,呈长形,中间凸出,外

形如图 2-29(b)所示。底座面上有线槽,安装时将电线嵌入槽内,盖上盖子,旋紧尼龙螺钉。底座两边沿敷线方向有准线标记,以保证布线挺直整齐。底座中心有一未穿通的钉孔,可以用木螺丝将其固定在建筑物上,也可用环氧树脂胶粘接在建筑物上。

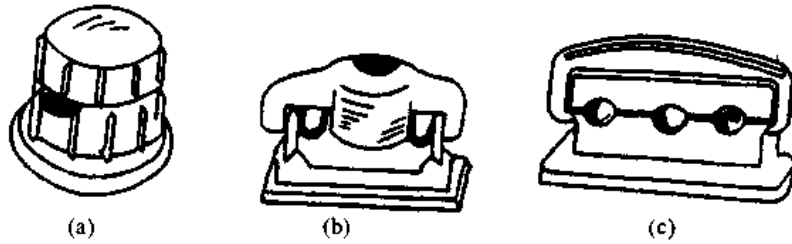


图 2-29 塑料单芯线夹

长形单芯线夹有双线和三线两种规格,适用于 $1.0\text{mm}^2 \sim 2.5\text{mm}^2$ 电线布线。

(4) 推入式单芯线夹 这种线夹的用途和使用场合与圆形单芯线夹、长形单芯线夹相同,其外形如图 2-29(c)所示。它呈长形,由上盖和底座两部分组成。底座面上有线槽,座与上盖的两边通过卡口组合在一起。安装时,将电线嵌入线槽后,把上盖推入底座卡口,电线就被压紧,不会自行松动脱落,使用方便。沿敷线方向设有准线标志,以保证布线挺直整齐。底座中心有未穿通的钉孔,可用木螺丝将线夹固定在建筑物上,也可用粘接法固定线夹于建筑物上。

推入式单芯线夹只有三线一种规格,适合 $1.0\text{mm}^2 \sim 2.5\text{mm}^2$ 电线布线。

(5) 胶木电缆线夹 这种线夹是用酚醛塑料即胶木粉压制而成,呈黑色长形,如图 2-30 所示。

胶木电缆线夹由上盖和底座两部分组成,用两只尼龙螺钉或金属螺钉组合在一起,中间围成一个呈六角形的穿线槽孔,孔径大小可在一定范围调节。底座中间有一个未穿通的钉孔,除了可用粘接法安装外,也可以用木螺丝将底座固定在建筑物上。胶木电缆线夹固定电缆外径范围为 $4\text{mm} \sim 44\text{mm}$,有四种规格。



图 2-30 胶木电缆线夹

(6) 塑料护套线夹 这种线夹用改性聚苯乙烯塑料制成,主要用来固定 BLVV、BVV 型护套线,适用于潮湿或有酸碱等腐蚀的场合。

塑料护套线夹有圆形和推入式两种,如图 2-31 所示。圆形护套线夹由上盖和底座两部分组成,通过螺纹组合在一起。使用时护套线嵌入底座后,将上盖旋上,就能将护套线牢固地固定在底座内。推入式护套线夹上下两部分通过两端卡口组合在一起,使用时将护套线嵌入底座后,只需将上部卡子推入,电线就会被压紧,不会自行松脱。线夹底座可用粘接法固定在建筑物上,固定间距 $\leq 200\text{mm}$ 。线夹两边敷线方向有准线标记,以保证布线挺直整齐。

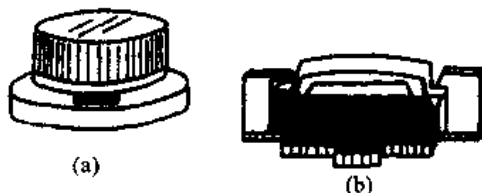


图 2-31 塑料护套线夹

这两种线夹均有二芯和三芯两种规格,可分别固定 $1.0\text{mm}^2 \sim 2.5\text{mm}^2$ 的二芯和三芯护套线。

(7) 塑料钢钉电线卡 这种线卡由塑料卡 and 水泥钉组成,用于一般电线、电子通信用导线作室内外明敷布线。其外形有两种,如图 2-32 所示。

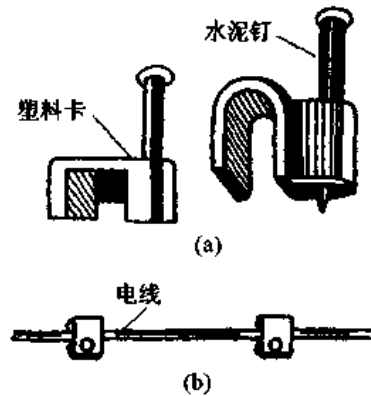


图 2-32 塑料钢钉电线卡

布线时,用塑料卡卡住电线,用锤子将水泥钉钉入建筑物。用塑料电线卡布线,所用电线的外径要与塑料卡线槽相适应,电线嵌入槽内不能太松也不能太紧。

4. 塑料电线管

塑料电线管有多种材质,应用较多的有聚氯乙烯管、聚乙烯管、聚丙烯管等,其中聚氯乙烯管应用最为广泛。电线管配线是电气线路的敷设方式之一,具有安全可靠、保护性能好、检修换线方便等优点。早期的电线管采用金属材料,随着电工材料的发展,工艺不断改进,管材也在变化和更新,出现以塑代钢的电线管。最早使用的是硬塑料电线管,之后又有半硬塑料电线管、波纹塑料电线管推出,性能有所改善,目前普遍采用的是无增塑刚性阻燃 PVC 塑料电线管,性能更加优良,应用越来越广。

(1) 硬型聚氯乙烯管 这种电线管是以聚氯乙烯树脂为主,加入各种添加剂制成。其特点是在常温下抗冲击性能好,耐酸、耐碱、耐油性能好,但易变形老化,机械强度不如钢管。硬型聚氯乙烯管适合在有酸碱腐蚀的场所作明线敷设和暗线敷设,作明线敷设时管壁的厚度不能小于 2mm,暗线敷设不能小于 3mm。

(2) 聚氯乙烯塑料波纹管 又称 PVC 波纹管,简称塑料波纹管,是一次成型的柔性管材。具有质轻、价廉、韧性好、绝缘性能好、难燃、耐腐蚀、抗老化等优点,其外型如图 2-33 所示。



图 2-33 塑料波纹管

PVC 波纹管可以用做照明线路、动力线路作明敷或暗敷布线。其规格按公称直径分为以下 8 种:10mm、12mm、15mm、20mm、25mm、32mm、40mm、50mm。

(3) 半硬型聚氯乙烯管 又称塑料半硬管或半硬管。半硬比硬型塑料管便于弯制,适宜于暗敷布线。其价格比金属电线管低,目前民用建筑应用较多。

(4) 可弯硬塑管 又称可挠硬塑管,它采用增强性无增塑阻燃 PVC 材料制成,性能优良,是一种新型电工安装材料。

可弯硬塑管的主要特点如下:

① 防腐蚀,防虫害。金属电线管的弱点是易腐蚀,尤其是在有腐蚀性气体和液体的场合,

可弯硬塑管有耐一般酸碱的性能,并不含增塑剂,因此无虫害。可见可弯硬塑管在这方面性能优于金属电线管。

② 强度高,可弯性好。可弯硬塑管强度高、韧性好、老化慢,即使外力压扁到它的直径的一半,也不碎不裂。所以可直接用于现浇混凝土工程中,用手工弯曲,工作效率高。

③ 安全可靠。可弯硬塑管绝缘强度高,重量轻,具有自熄性能,同时传热性较差,可避免线路受高热影响,保护线路安全可靠。

除此之外,可弯硬塑管价格便宜,安装成本低。现在这种电线管广泛用于工业、民用建筑中作明敷或暗敷布线。

三、金属安装材料

金属安装材料是电工安装材料的重要部分,包括金属线卡、电线管、安装螺栓、金属型材和各种专用电力金具等。这里介绍照明线路、动力线路常用的金属材料。

1. 铝片线卡

铝片线卡又称钢精轧头或铝轧头,用来固定 BVV、BLVV 型护套线。它是用 0.35mm 厚的铝片制成,中间开有 1~3 个安装孔,其外形如图 2-34(a)所示。

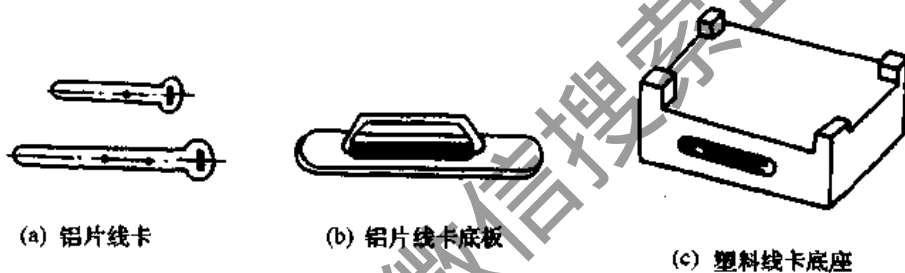


图 2-34 铝片线卡

铝片线卡主要用于敷设塑料护套线,作为护套线的支持物,可以直接将塑料护套线敷设在建筑物表面。布线方法简便,在电气照明线路中应用很广。

铝片线卡可以用两种方法固定:一种是用小钉,通过安装孔将铝片线卡直接钉在木结构的建筑物上;另一种用粘接剂将铝片线卡底座粘接在建筑物表面上,铝片线卡固定在底座上。

线卡的规格有 0 号、1 号、2 号、3 号、4 号、5 号,其长度分别为 28mm、40mm、48mm、59mm、66mm、73mm。

铝片线卡的固定底座有两种:

(1) 金属线卡底座 又称钢精轧头底板,专用来穿装铝片线卡,使线卡固定于建筑物上。它是用 0.5mm 厚的镀锌铁板冲制而成,使用时用粘接剂将其粘接于建筑物表面上,其外形如图 2-34(b)所示。尺寸为长 20mm,宽 7.5mm,高 2.1mm。

(2) 塑料线卡底座 又称钢精轧头塑料底座,专供穿装铝片线卡。它是用改性聚苯乙烯塑料制成,方形座子中间有穿铝片线卡的长方形孔,座面有供嵌入护套线的凹槽,结构简单,使用时可用粘接剂固定在建筑物上,其外形如图 2-34(c)所示。塑料线卡底座适合安装 BVV、BLVV 型 $1.0\text{mm}^2 \sim 2.5\text{mm}^2$ 的塑料护套线,支距 $\leq 200\text{mm}$,可使用在潮湿场合。规格有双芯和三芯两种,双芯适用于 1 号铝片线卡,三芯适用于 2 号铝片线卡。

2. 金属软管

金属软管是金属电线管的一种,常用的有镀锌软管和防湿金属软管。

(1) 镀锌金属软管 就是通常所说的蛇皮管,它为方型互扣无垫料结构,用镀锌低碳钢带卷绕而成。蛇皮管能自由地弯曲成各种角度,在各个方向上均有同样的柔软性,并有较好的伸缩性,其外形如图 2-35 所示。它主要用于路径比较曲折的电气线路作安全防护用,如大型机电设备电源引线的电线管。



图 2-35 镀锌金属软管

镀锌金属软管以公称内径区分规格,6mm~100mm 共计有 17 种规格。

(2) 防湿金属软管 这种金属软管外观上与镀锌金属软管相同,也为方型互扣结构。区别在于中间衬以经过处理的较细的棉绳或棉线作封闭填料,用镀锌低碳钢带卷绕而成。棉绳应紧密嵌入管槽,在自然平直状态下不应露线。在整根软管中,棉绳不应断线。

防湿金属软管按公称内径有 13mm、15mm、16mm、18mm、19mm、20mm、25mm 等 7 种规格。



图 2-36 软管接头

(3) 软管接头 又称蛇皮管接头,专供金属软管与电气设备的连接之用。接头用工程塑料聚酰胺(尼龙)塑制而成,其一端与同规格的金属软管相配合,另一端为外螺纹,可与螺纹规格相同的电气设备、管路接头箱等连接,外形如图 2-36 所示。

软管接头有封闭式 TJ-38 和简易式 TJ-350 两种型号。TJ-38 封闭式软管接头规格 10mm~20mm; TJ-350 简易式软管接头规格 6mm~51mm。软管接头的规格是以配用金属软管的公称内径来区分的。

3. 金属电线管

金属电线管按其壁厚分厚壁钢管和薄壁钢管,简称厚管和薄管,是管道配线重要的安装材料。尽管塑料电线管具有许多优点,但仍有许多场合必须选用金属电线管,以保证电气线路的防护安全。

(1) 厚壁钢管 又称水煤气管、白铁管。潮湿、易燃、易爆场所和直埋于地下的电线保护管必须选用厚壁钢管。厚壁钢管有镀锌和黑色管之别,黑色管是没经过镀锌处理的钢管。

(2) 薄壁钢管 又称电线管,适合一般场合进行管道配线,也有镀锌管和黑色管之分。

(3) 电线管配件 是指管道配线所用的配件,主要有:

① 鞍形管卡 用 1.25mm 厚的带钢冲制而成,表面防锈层有镀锌和烤黑两种,外形如图 2-37(a)所示,用来固定金属电线管。鞍形管卡有不同规格,以适应各种电线管的安装固定。

② 管箍 又称管接头,用带钢焊接而成,表面平整,防锈层有镀锌和涂黑漆两种,作连接两根公称口径相同的电线管用。管箍分薄管和厚管管箍两种。外形如图 2-37(b)所示。

③ 月弯管接头 又称弯头,用带钢焊接而成,防锈层有镀锌和涂黑漆两种,用来连接两根公称口径相同的管,使管路作 90°转弯。外形如图 2-37(c)所示。

④ 电线管护圈 又称尼龙护圈,用聚酰胺(尼龙)或其他塑料塑制而成,将它装于电线管管口,使电线电缆不致被管口棱角割破绝缘层。

电线管护圈下端呈管状,外径与电线管管口紧密配合,上端呈圆锥形,且大于管口,不致掉落于电线管内。外形如图 2-37(d)所示。护圈分薄管用护圈和厚管用护圈,有各种不同规格,以

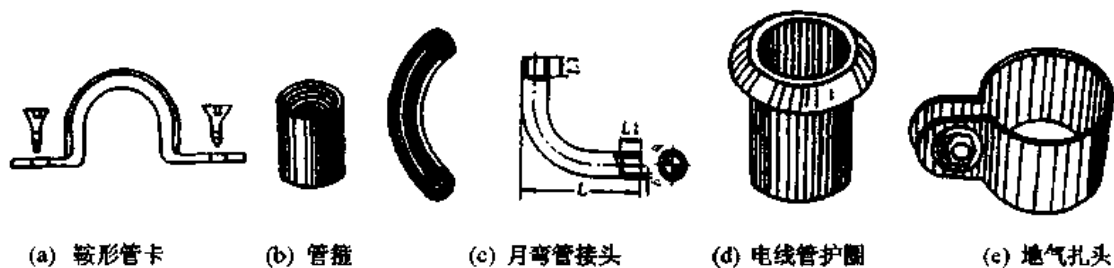


图 2-37 电线管配件

适合不同规格的电线管。

⑤ 地气扎头 又称地线接头、保护接地圈等。将它装在金属电线管上，作为电线管保护接地的接线端子，供连接地线，使整条管路的管壁与地妥善连接，以保证用电安全。它用钢板冲制而成，表面镀锌铜合金防锈。其内径比同规格电线管外径略小，安装在电线管上紧密不松动，保证接触良好。外形如图 2-37(e)所示。

4. 膨胀螺栓

在砖或混凝土结构上安装线路和电气装置，常用膨胀螺栓来固定。与预埋铁件施工方法相比，其优点是简单方便，省去了预埋件的工序。按膨胀螺栓所用胀管的材料不同，常用的有钢制膨胀螺栓和塑料膨胀螺栓两种。

(1) 钢制膨胀螺栓 简称膨胀螺栓，它由金属胀管、锥形螺栓、垫圈、弹簧垫、螺母等五部分组成，如图 2-38 所示。

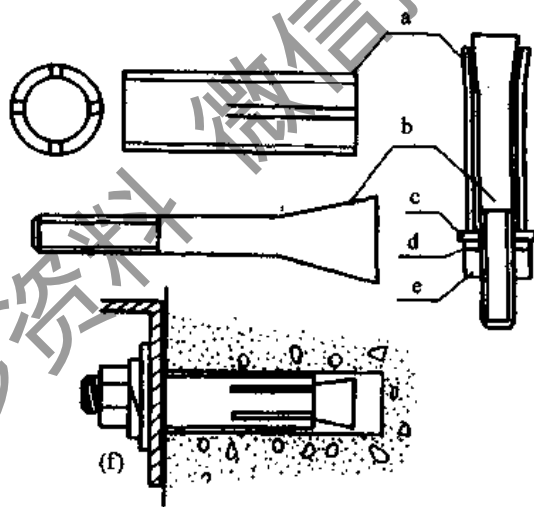


图 2-38 膨胀螺栓

将膨胀螺栓的锥形螺栓套入金属胀管、垫片、弹簧垫，拧上螺母；然后将它插入建筑物的安装孔内，旋紧螺母，螺栓将金属胀管撑开，对安装孔壁产生压力，螺母越旋越紧；最后将整个膨胀螺栓紧固在安装孔内。

常用的膨胀螺栓有 M6、M8、M10、M12、M16 等规格。安装前，用冲击钻打螺栓安装孔，其孔深和直径应与膨胀螺栓的规格相配合，常用螺栓钻孔规格见表 2-14。

表 2-14 膨胀螺栓钻孔规格表

螺栓规格	M6	M8	M10	M12	M16
钻孔直径(mm)	10.5	12.5	14.5	19	23
钻孔深度(mm)	40	50	60	70	100

(2) 塑料膨胀螺栓 又称塑料胀管、塑料塞、塑料棒,由胀管和木螺丝组成。胀管通常用聚乙烯、聚丙烯等材料制成。塑料膨胀螺栓的外形有多种,常见的有两种,如图 2-39 所示,其中甲型应用较多。

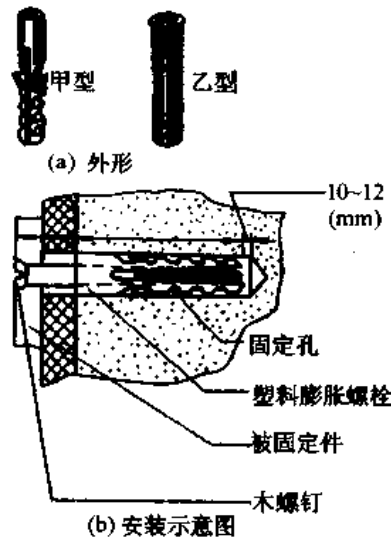


图 2-39 塑料膨胀螺栓

使用时应根据线路或电气装置的负荷,来选择膨胀螺栓的种类和规格。通常,钢制膨胀螺栓承受负荷能力强,用来安装固定受力大的电气线路和电气设备。塑料膨胀螺栓在照明线路中应用广泛,如插座、开关、灯具、布线的支持点都采用塑料膨胀螺栓来固定。

5. 金属型材

电工常用的金属型材主要有成型钢材和铝板。

(1) 成型钢材 钢材具有品质均匀、抗拉、抗压、抗冲击等特点,而且具有可焊、可铆、可切割等可加工性,因此在电气工程中作为安装材料得到广泛应用。

常用的成型钢材有扁钢、角钢、工字钢、圆钢、槽钢、钢板等。

(2) 铝板 这也是电气工程中的常用材料,用来制作设备零部件、防护板、垫板等。

四、电瓷安装材料

电瓷是用各种硅酸盐或氧化物的混合物制成的,具有绝缘性能好、机械强度高、耐热性能好以及抗酸碱腐蚀优良的性能,其安装材料在高低压电气设备、电气线路中被广泛采用。

1. 低压绝缘子

低压绝缘子又称低压瓷瓶,用于绝缘和固定 1kV 及 1kV 以下的电气线路。常用的低压绝缘子有以下三种:

(1) 低压针式绝缘子 是低压架空线路常用的绝缘子,适合用电量较大、环境比较潮湿、电压在 500V 以下的交直流架空线路中作固定导线用。

(2) 低压蝶式绝缘子 一般用于绝缘和固定 1kV 及 1kV 以下线路的终端、转角等,适用场合与针式绝缘子相同。

(3) 低压布线绝缘子 主要有鼓形绝缘子和瓷夹板,多用于绝缘和固定室内低压配电和照明线路,其外形如图 2-40 所示,技术规格见表 2-15 和表 2-16。

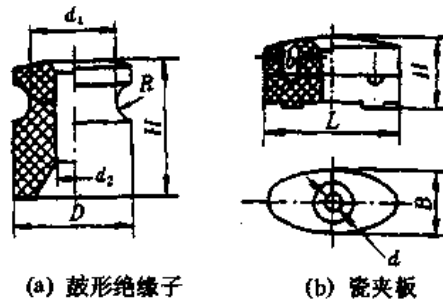


图 2-40 低压布线绝缘子

表 2-15 鼓形绝缘子技术规格

型 号	抗弯负荷 (kg)	主要尺寸(mm)					质量 (kg)
		H	D	d ₁	d ₂	R	
G-30		30	30	20	7	5	0.03
G-35		35	35	22	7	7	0.05
G-38	100	38	38	24	8	7	0.06
G-50	250	50	50	34	9	12	0.14

注：表中“G”表示鼓形绝缘子；字母后面的数字表示绝缘子高度。

表 2-16 瓷夹板技术规格

型 号	线槽数	主要尺寸(mm)					每百只质量 (kg)
		L	B	b	H	d	
N-240	2	40	20	6	20	6	3.4
N-251	2	51	22	6	24	7	4.4
N-364	3	64	27	8	29	7	9.5
N-376	3	76	30	8	29	7	12.5

注：表中“N”表示瓷夹板；字母后第一位数字表示槽数；后二位数字为产品长度。

(4) 瓷管 在导线穿过墙壁、楼板及导线交叉敷设时，用瓷管作保护管。瓷管分直瓷管、弯头瓷管和包头瓷管三种，常用的长度有 152mm、305mm 等，内径有 9mm、15mm、19mm、25mm、38mm 等，其外形如图 2-41 所示。

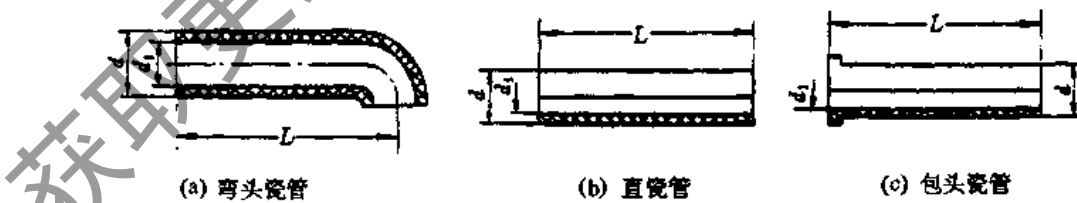


图 2-41 瓷管

2. 高压绝缘子

高压绝缘子用于绝缘和支持高压架空电气线路。

(1) 高压针式绝缘子 这种绝缘子按电压等级分为 6kV、10kV、15kV、20kV、25kV、35kV 等几种，其主要区别在于绝缘子铁脚的长度，电压级别越高，铁脚尺寸越长，瓷裙直径也越大。

(2) 高压蝶式绝缘子 用于支持高压线路的绝缘子。

(3) 高压悬式绝缘子 用于悬挂高压线路,其上端固定在横担上,下端用线夹悬挂导线,绝缘子可多个串联使用,串联数量越多耐压越高。

习 题

1. 拆开试电笔看看它的结构,试电笔有什么用途? 使用试电笔应注意哪些问题?
2. 使用高压验电器有哪些注意事项?
3. 绝缘材料的主要性能指标是什么?
4. 电工常用的热塑性塑料有哪几种?
5. 简述通用电线电缆的结构和种类。
6. 安装用电线电缆主要有哪两类? 电工常用的是哪种安装用电线?
7. 常用的熔体材料有哪些? 各有何特点?
8. 观察周围布线,看看都采用了哪些安装材料。

第三章 常用低压电器

低压电器是指工作电压在交流 1000V、直流 1200V 以下的低压线路和电气控制系统中的电器元件。低压电器的种类很多,根据使用目的的不同可分为:用来接通和切断电源的开关,如闸刀开关、转换开关、接触器、磁力起动器和补偿器等;用来保护线路和电气设备安全的保护器,如熔断器、热继电器、过电流继电器、零电压或过电压继电器等;用来对生产设备进行自动控制,使生产设备按工艺要求进行自动生产的控制电器,如行程开关、时间继电器等。

本章主要介绍常用的开关、断路器、熔断器和继电器等电器的工作原理、使用方法和维修等方面的知识。

第一节 低压刀开关

低压刀开关又称闸刀开关,是一种用来接通或切断电路的手动低压开关。用低压刀开关来接通和切断电路的时候,在刀刃和夹座之间会产生电弧。电路的电压越高,电流越大,电弧就越大。电弧会烧坏闸刀,严重时还会伤人。所以低压刀开关一般用于电流在 500A 以下,电压在 500V 以下的不常开闭的线路中。

低压刀开关的种类很多,常用的有开启式负荷开关、铁壳开关和板形刀开关。

一、开启式负荷开关

开启式负荷开关就是通常所说的胶木闸刀开关,其结构和图形符号如图 3-1 所示。胶木闸刀开关的底座为瓷板或绝缘底板,盒盖为绝缘胶木,它主要由闸刀开关和熔丝组成。这种闸刀开关的特点是结构简单,操作方便,因而在低压电路中应用广泛。

开启式负荷开关主要作为照明电路和小容量 5.5kW 及 5.5kW 以下动力电路不频繁起动的控制开关。

常用闸刀开关有 HK 系列,其型号含义如下:

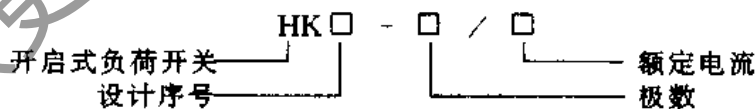


表 3-1 所示为 HK 系列开启式负荷开关的技术数据。

表 3-1 KH 系列闸刀开关技术数据

型 号	额定电流 (A)	极数	额定电压 (V)	可控制电动机容量 (kW)	配用熔丝规格
					熔丝线径 (mm)
HK1	15	2	220	1.5	1.45~1.59
	30			3.0	2.30~2.52
	60			4.5	3.36~4.00

(续表)

型号	额定电流 (A)	极数	额定电压 (V)	可控制电动机容量 (kW)	配用熔丝规格
					熔丝线径 (mm)
HK1	15	3	380	2.2	1.45~1.59
	30			4.0	2.30~2.52
	60			5.5	3.36~4.00
HK2	10	2	250	1.1	0.25
	15			1.5	0.41
	30			3.0	0.56
	10	3	380	2.2	0.45
	15			4.0	0.71
	30			5.5	1.12

安装闸刀开关时注意电源线应该接在开关夹座,即静触点的一侧,负载线经过熔丝接在闸刀的另一侧;另外,闸刀开关应垂直安装,并且合闸时向上推闸刀。如果反装,闸刀开关容易因震动而误合闸。

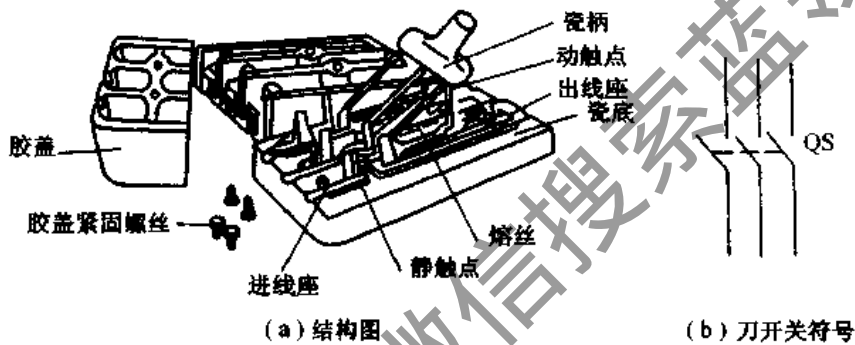


图 3-1 KH 系列闸刀开关及图形符号

二、铁壳开关

铁壳开关又称封闭式负荷开关,主要由闸刀、熔断器、夹座和铁壳等组成。它和一般闸刀开关的区别是装有与转轴及手柄相连的速断弹簧。铁壳开关的外形和内部结构如图 3-2 所示。速断弹簧的作用是使闸刀与夹座快速接通和分离,从而使电弧很快熄灭。为了保证安全,铁壳开关装有机械联锁装置,使开关合闸后箱盖打不开;箱盖打开时,开关不能合闸。

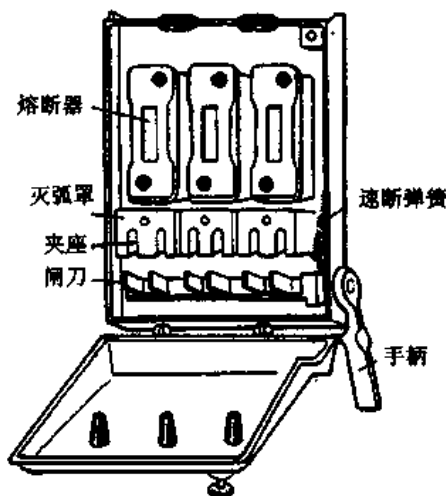


图 3-2 铁壳开关

铁壳开关适用于工矿企业、农村电力排灌和电热、照明等各种配电设备中,供手动不频繁地接通与分断电路,以及作为线路末端的短路保护之用。

常用的铁壳开关有 HH 系列,其型号含义为:

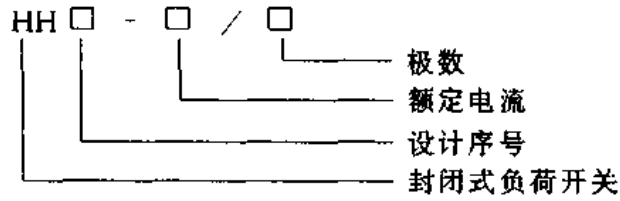


表 3-2 所示为 HH 系列铁壳开关的技术数据。

表 3-2 HH 系列铁壳开关的技术数据

型 号	额定电流 (A)	额定电压 (V)	极数	熔体主要参数		
				额定电流 (A)	线径 (mm)	材料
HH3	15	440	2,3	6	0.26	紫铜丝
				10	0.35	
				15	0.46	
	30			20	0.65	
				25	0.71	
				30	0.81	
	60			40	1.02	
				50	1.22	
				60	1.32	
HH4	15	380	2,3	6	1.08	软铅丝
				10	1.25	
				15	1.98	
	30			20	0.61	紫铜丝
				25	0.71	
				30	0.80	
	60			40	0.92	
				50	1.07	
				60	1.20	

三、板形刀开关

板形刀开关又称板用刀开关,它的结构简单,安装方便,其外形如图 3-3 所示。操作方式分为杠杆牵动式和手柄式两种。极数有二极和三极。额定电压为 380V,额定电流有 200A、400A、600A、1000A 和 1500A 等多种。

板形刀开关主要用做成套配电装置中的隔离开关;当开关带有灭弧罩并用杠杆操作时,也能接通和切断负荷电流。

常用的板形刀开关有 HD、HS 系列,其型号含义为:

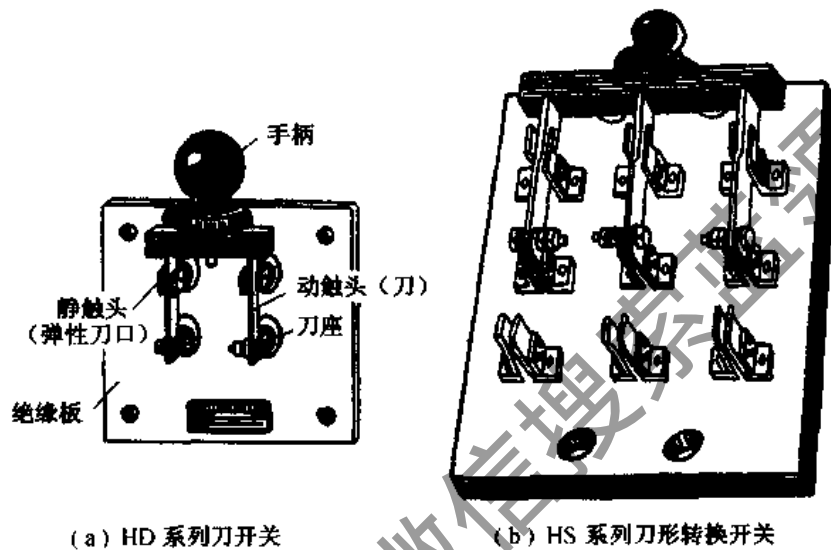
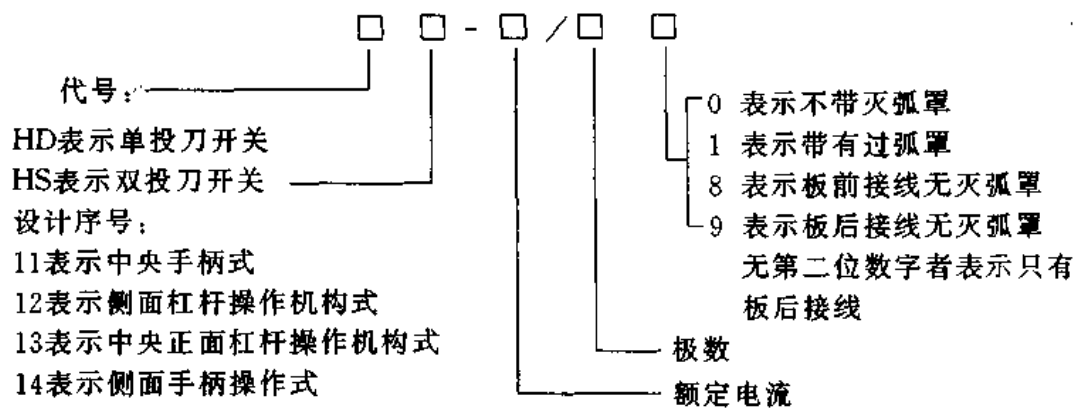


图 3-3 板形刀开关

HD、HS 板形刀开关的技术数据见表 3-3。

表 3-3 HD、HS 板形刀开关的技术数据

型 号	额定电流(A)	极 数	转 换 方 式	结 构 形 式
HD11-□/□8	100,200,400	1,2,3	单投	中央手柄操作式
HD11-□/□9	100,200,400,		双投	
HS11-□/□	600,1000			
HD12-□/□1	100,200,400,	2,3	单投	侧方正面杠杆操作式 (带灭弧罩)
HS12-□/□1	600,1000		双投	
HD12-□/□0	100,200,400	2,3	单投	侧方正面杠杆操作式 (不带弧罩)
HS12-□/□0	600,1000,1800		双投	
HD13-□/□1	100,200,400,	2,3	单投	中央正面杠杆操作式 (带灭弧罩)
HS13-□/□1	600,1000		双投	
HD13-□/□0	100,200,400, 600,1000,1500	2,3	单投	中央正面杠杆操作式 (不带灭弧罩)
HS13-□/□0	100,200,400, 600,1000		双投	

(续表)

型号	额定电流(A)	极数	转换方式	结构形式
HD14-□/□31	100,200,400,	3	单投	侧面手柄操作式 (带灭弧罩)
HS14-□/□30	600			侧面手柄操作式 (不带灭弧罩)

四、转换开关

转换开关又称组合开关,它的结构与上述刀开关不同,通过驱动转轴实现触头的闭合与分断,也是一种手动控制开关。转换开关通断能力较低,一般用于小容量电动机的直接启动、电动机的正反转控制及机床照明控制电路中。它结构紧凑、体积小、操作方便。

图 3-4 所示为 HZ10-10/3 型转换开关的结构示意图及图形符号。它有三对静触片,分别装在三层绝缘垫板上,并分别与接线柱相连,以便和电源、用电设备相接。三对动触片和绝缘垫板一起套在附有手柄的绝缘杆上,手柄每次转动 90°角,使三对动触片同时与三对静触片接通和断开。顶盖部分由凸轮、弹簧及手柄等零件构成操作机构,这个机构由于采用了弹簧储能,可使开关迅速闭合及切断。

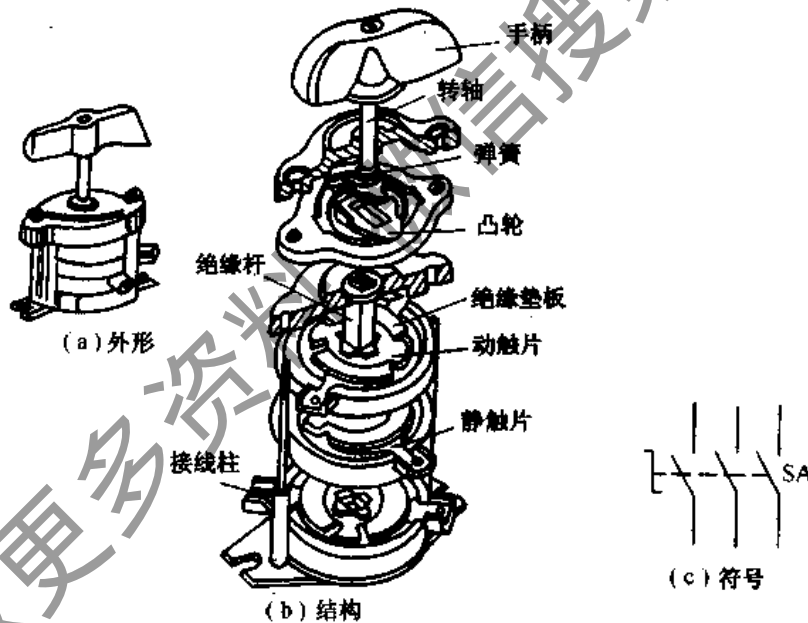
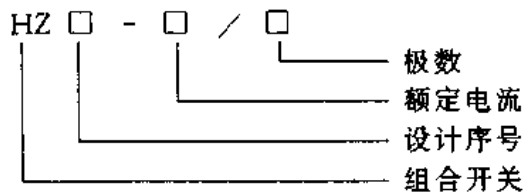


图 3-4 HZ10-10/3 转换开关及图形符号

HZ 系列转换开关型号的含义为:



常用的转换开关有 HZ1, HZ2, HZ3, HZ4, HZ10 等系列产品。其中 HZ10 系列转换开关具有寿命长、使用可靠、结构简单等优点,技术数据见表 3-4。

表 3-4 HZ10 系列转换开关的技术数据

型 号	额定电压 (V)		额定电流 (A)	极 数
	交 流	直 流		
HZ10-10/2	380	220	10	2
HZ10-10/3			10	3
HZ10-25/3			25	3
HZ10-60/3			60	3
HZ10-100/3			100	3

第二节 低压断路器

断路器又称自动空气断路器、自动空气开关或自动开关，俗称自动跳闸，是一种可以自动切断故障线路的保护电器。即当线路发生短路、过载、失压等不正常现象时，能自动切断电路，保护电路和用电设备的安全。

低压断路器的作用是在低压电路中分断和接通负荷电路，常用做供电线路的保护开关、电动机及照明系统的控制开关。

常用断路器根据其结构和功能不同分为小型及家用断路器、塑壳式断路器、万能式断路器和漏电保护断路器四类。图 3-5 所示是塑壳式断路器的外形结构图及图形符号。

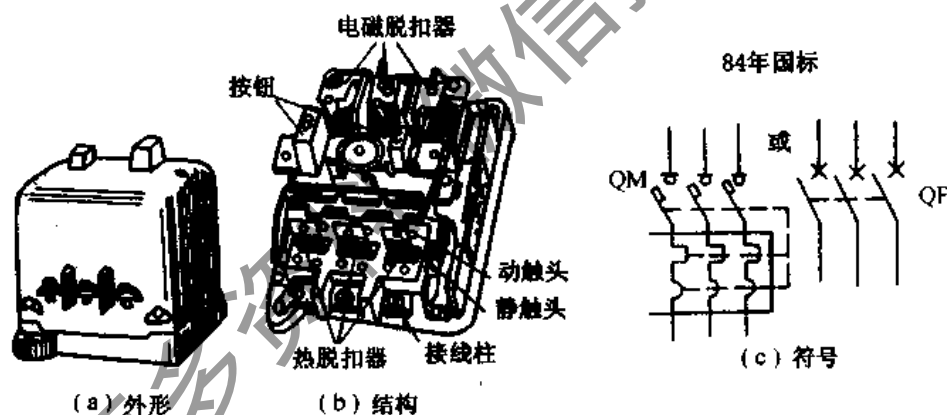
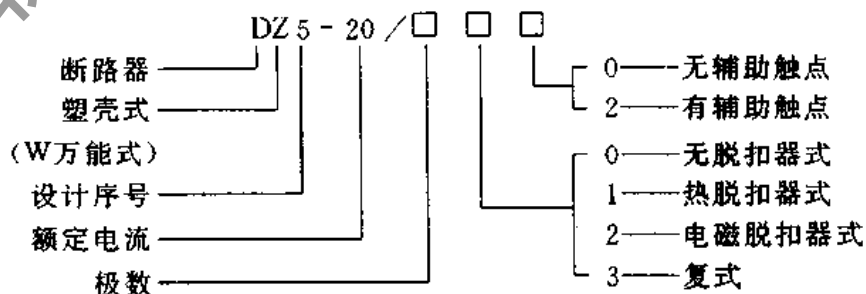


图 3-5 DZ5-20 自动开关及图形符号

低压断路器型号的含义为：



一、断路器的结构和工作原理

低压断路器的类型很多,但其基本结构和工作原理相同,主要由三个基本部分组成:触点和灭弧系统、各种脱扣器、操作机构。

触点系统是低压断路器的执行元件,用以接通或分断电路。由于分断大的电流,切断时将产生电弧,所以断路器必须设置灭弧装置。

断路器设有多种脱扣器,常见的有过载脱扣器、短路脱扣器、欠电压脱扣器等。按脱扣动作原理可分为电磁脱扣器和热脱扣器两种。电磁脱扣器可作为短路脱扣器,它的电磁铁线圈串联在主电路中,当电路出现短路时,就吸合衔铁,使操作机构动作,将主触点断开,执行短路保护。热脱扣器可作过载脱扣器,它由双金属片和发热元件组成。发热元件串联在主电路中,当电路过载时,过载电流流过发热元件,使双金属片受热弯曲,导致操作机构动作,将主触点断开,执行过载保护。欠电压脱扣器多为电磁脱扣器,其线圈两端的电压通常就是主电路电压,当主电压消失或降低到一定数值以下时,电磁吸引力不足以继续吸持衔铁,在弹簧力的作用下使操作机构动作,执行欠电压保护。

操作机构是执行各个脱扣器动作指令、控制主电路触头接通与切断的装置,通常为四连杆式弹簧储能机构。它有两种操作方式:手动操作和电动操作。断路器设有手动脱扣按钮和合闸按钮或分闸与合闸手柄。图中 DZ5 型为按钮式断路器,手动脱扣按钮为红色按钮,按下此钮,操作机构动作,手动脱扣,完成分闸;合闸按钮为绿色,按下此钮,操作机构动作,完成合闸。

断路器的工作原理如图 3-6 所示。当按下绿色按钮时,图中的锁扣“3”钩住搭钩“4”,使串联在主电路中的三对主触点闭合,主电路处于接通状态。

当线路正常工作时,电磁脱扣器“6”所产生的吸力不能使它的衔铁“7”吸合。如果线路发生短路产生很大的短路电流,电磁脱扣器的吸力增加,将衔铁吸合。在衔铁吸合过程中撞击杠杆“8”,将搭钩顶上去,在弹簧“1”的拉力作用下,主触点“2”断开,切断主电源。如果线路上电压下降或失去电压,欠电压脱扣器“11”的吸力减小或失去吸力,衔铁“10”被弹簧“9”拉开,撞击杠杆,将搭钩顶开,主触点“2”断开,切断主电路。当线路过载时,过载电流使发热元件温度升高,双金属片“12”受热弯曲,将杠杆顶开,主触点断开而切断主电路。

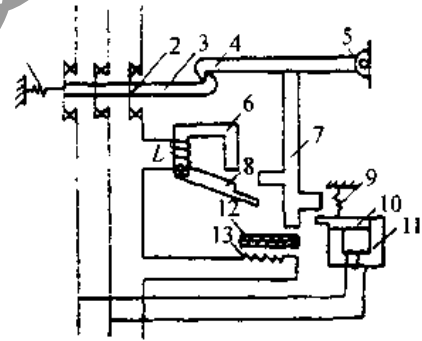


图 3-6 断路器工作原理图

二、小型及家用断路器

小型及家用断路器通常指额定电压在 500V 以下、额定电流在 100A 以下的小型低压断路器。这一类型断路器的特点是体积小、安装方便、工作可靠,适用于照明线路、小容量的动力设备作过载与短路保护,广泛用于工业、商业、高层建筑和民用住宅等各种场合,逐渐取代开启式闸刀开关。

1. DZ47-60 系列小型断路器

DZ47-60 系列小型塑壳断路器是目前流行的一种断路器,具有过载与短路双重保护的高分断小型断路器。适用于交流 50Hz, 单极 230V, 二、三、四极 400V, 电流至 60A 的线路中作过载和短路保护,同时也可以正常情况不频繁地通断电器装置和照明电路,尤其适用于工业、商业和高层建筑的照明配电系统。图 3-7 所示为 DZ47-60 断路器外形。

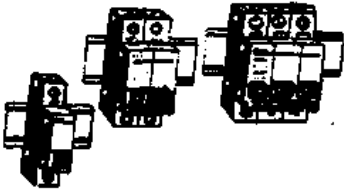


图 3-7 DZ47-60 断路器外形

(1) DZ47-60 断路器的分类

按用途分:

DZ47-60C 型, 用于照明保护;

DZ47-60D 型, 用于电动机保护。

按额定电流分:

C 型有 1A, 3A, 5A, 10A, 15A, 20A, 25A, 32A, 40A, 50A, 60A;

D 型有 1A, 3A, 5A, 10A, 15A, 20A, 25A, 32A, 40A。

按极数分:

有单极、二极、三极、四极四种。

(2) 基本技术规格

DZ47-60 断路器的基本技术规格见表 3-5。

表 3-5 DZ47-60 断路器基本技术规格

型 号	额定电流 (A)	极 数	额定电压 (V)	分断能力 (A)
DZ47-60C 型	1~40	1	230/400	6000
		2, 3, 4	400	
	50~60	1	230/400	4000
		2, 3, 4	400	
DZ47-60D 型	1~40	1	230/400	4000
		2, 3, 4	400	

断路器的过流保护特性见表 3-6。

表 3-6 DZ47-60 断路器的过流保护特性

序 号	型 号	起始状态	试验电流 (A)	试验时间	预期结果	备 注
1	所有值	冷态	$1.13I_n$	$t \geq 1h$	不脱扣	
2	所有值	热态	$1.45I_n$	$t < 1h$	脱扣	紧接着 1 项试验
3	$I_n \leq 32A$	冷态	$2.55I_n$	$1s < t \leq 60s$	脱扣	
	$I_n > 32A$			$1s < t \leq 120s$		
4	DZ47-C 型	冷态	$5I_n$	$t \geq 0.1s$	不脱扣	
	DZ47-D 型		$10I_n$			
5	DZ47-C 型	冷态	$10I_n$	$t < 0.1s$	脱扣	
	DZ47-D 型		$50I_n$			

注: I_n 为电磁脱扣器的瞬时动作整定电流。

断路器的机械电气寿命大于 4000 次。

(3) 外形及安装尺寸

DZ47-60 断路器为导轨安装, 其外型尺寸和安装导轨尺寸如图 3-8 所示。

断路器动触头只能停留在合闸 (ON) 位置或分闸 (OFF) 位置。多极断路器为单极断路器的

组合,动触头应机械联动,各极同时闭合或断开。垂直安装时,手柄向上运动时,触头向合闸(ON)位置方向运动。

2. C45、NC100 系列小型塑壳断路器

(1) C45 系列断路器是采用法国梅兰日兰公司的技术制造的产品,具有限流特性和高分断能力,分照明线路保护和电动机动力保护两种类型。适用于交流 50Hz 或 60Hz,额定工作电压至 415V,额定电流至 60A 的电路中作照明、动力设备和线路的过载与短路保护,主要用于工业、商业、高层建筑等场合。

断路器的极数有单极、二极、三极和四极四种。二、三、四极断路器由单极断路器组合而成,内部脱扣器用联动杆相连,手柄用联动罩连在一起。

(2) NC100 系列断路器最大额定电流为 100A,C45 可用于系统的末端,而 NC100 常作为 C45 的上级开关。

NC100、C45 断路器的外形及安装尺寸与 DZ47 系列相同,采用导轨式安装方式。C45、NC100 断路器技术规格见表 3-7。

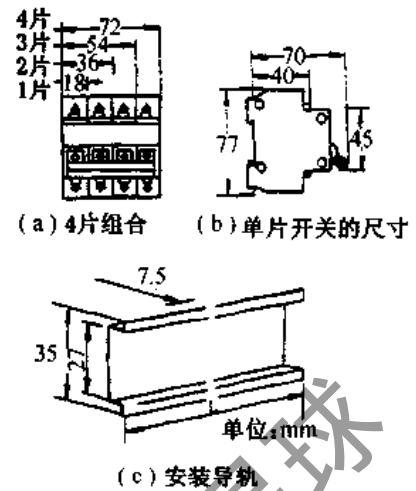


图 3-8 DZ47-60 断路器外形及安装尺寸

表 3-7 C45、NC100 系列小型塑壳断路器技术规格

型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	分断电流 (A)	断路器性能及说明
C45N-C□/1P C45N-C□/2P C45N-C□/3P C45N-C□/3	AC240/415V	1, 3, 6, 10, 16, 20 25, 32, 40 50, 63	600 4500	1. C□——为 C 型脱扣特性曲线(5~10L _N 瞬时脱扣) 2. □——开关额定电流(A) 3. 适用于 25mm ² 及以下的导线 4. C 型适用于照明配电系统的保护
C45AD-D□/1P C45AD-D□/2P C45AD-D□/3P C45AD-D□/4P	AC240/415V	1, 3, 6 10, 16, 20, 25, 32, 40	4500	1. D□——为 C 型脱扣特性曲线(5~10L _N 瞬时脱扣) 2. □——开关额定电流(A) 3. 适用于 25mm ² 及以下的导线 4. D 型开关适用于电动机配电系统的保护
NC100H-C、D□/1P NC100H-C、D□/2P NC100H-C、D□/3P NC100H-C、D□/4P	AC240/415V	50, 63, 80, 100	1P: 4000 2P: 10000 3P: 10000 4P: 10000	1. 也有 C 型和 D 型开关 2. □——开关额定电流 3. 50A~63A 适用于 35mm ² 及以下导线 4. 8A~100A 适用于 500mm ² 及以下导线

注: 1. 本系列自动开关由天津梅兰日兰有限公司生产。

2. 1P、2P、3P、4P 分别表示单极、双极、三极、四极自动开关。

常用的小型及家用断路器还有: DZ15 系列是国产小型断路器,但体积比 DZ47 系列大; S060 系列是引进德国 ABB 公司技术制造的小型断路器。

三、普通塑壳断路器

普通塑壳低压断路器又称装置式断路器,常用的型号有 DZ5、DZ10、DZ12、DZ20 等系列,图 3-9 所示为 DZ10、DZ12 系列断路器的外形图。

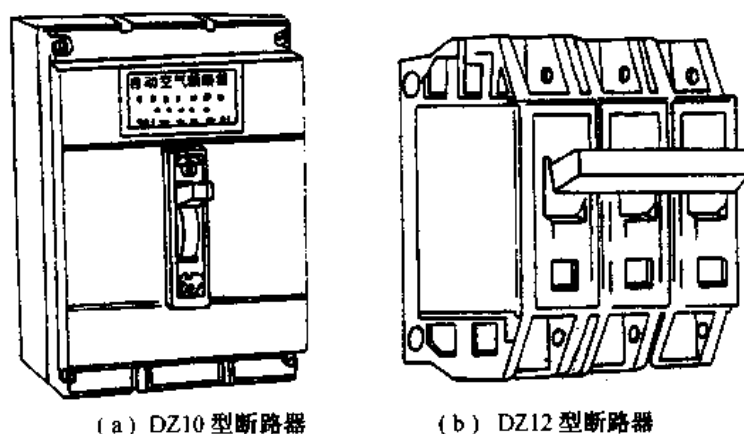


图 3-9 DZ10、DZ12 塑壳断路器外形图

1. DZ20 系列断路器

DZ20 系列塑壳断路器额定电流至 1250A, 额定工作电压交流 380V、直流 220V。在正常工作条件下可作为线路不频繁转换及电动机的不频繁启动之用, 对电源、线路及用电设备的过载、短路和欠电压等故障进行保护。

DZ20 系列断路器包括 100A, 200A, 400A, 630A 和 1250A 五个壳架等级的额定电流, 按照通断能力分为一般型(T)、较高型(J)和高分断能力型(G)三个级别。它具有较高的分断能力, 交流 380V 可达 42kA。除了有欠电压脱扣器、分励脱扣器外, 还具有报警触头和两组辅助触头。

DZ20 断路器的封闭式塑料外壳采用玻璃纤维增强不饱和聚酯新材料, 其机械强度、电气绝缘性能优良。

2. 其他普通塑壳断路器

TO、TG 系列断路器是引进日本寺崎公司技术制造的产品, 适用于交流 50Hz 或 60Hz、额定工作电压 660V、额定电流至 600A 的条件下作不频繁线路转换, 在线路发生过载、短路以及欠压时起跳闸保护作用。

H 系列断路器是引进美国西屋公司技术制造的产品, 适用于交流 50Hz 或 60Hz、额定工作电压至 380V、直流额定电压至 250V、额定电流至 3000A 的配电线路中, 用做线路或电气设备的过载、短路和欠电压保护, 以及在正常条件下作不频繁地分断和接通线路用。M611 型电动机保护用断路器是引进德国 ABB 公司技术制造的产品, 主要用于交流电压至 660V, 直流电压至 440V, 电流为 0.1A~25A 的电路中, 作为三相鼠笼型异步电动机的过载、短路保护以及不频繁启动控制用。

四、万能式断路器

万能式断路器又称框架式断路器, 通常断路器所有部件, 如触头系统、各种脱扣器均安装在一个钢制框架内。这种断路器内设多种脱扣器, 有较多的结构变化, 较高的短路分断能力和较高的稳定性, 适合在较大容量的线路中作控制和保护用。

万能式断路器的操作方式有多种, 如手动、杠杆传动、电动机传动、电磁铁操作以及压缩空气操作等。内设数量较多的辅助触头, 以满足低压断路器自身继电保护及信号指示的需要。它广泛地应用于工企变配电站, 作为接通和断开正常工作电流, 以及做不频繁的电路转换。

常用的万能式断路器如下：

DW10 系列低压断路器的额定电压为交流工频 380V 和直流 440V，额定电流有 200A，400A，600A，1000A，1500A，2500A 及 4000A 等七个等级，操作方式有直接手柄操作、杠杆操作、电磁铁操作和电动机操作等四种，其中 2500A 及 4000A 两个等级的断路器需要采用电动机操作。DW10 系列断路器广泛使用在各种容量的电路中，作为控制和保护用。

DW16 系列断路器适用于交流工频，额定工作电压 660V，额定电流至 630A 的电路，是 DW10 的换代产品。

DW15 系列为一般万能式低压断路器，适用于交流工频、额定工作电压至 1140V、额定电流至 400A 的陆上和煤矿井下配电线路中，用来分配电能、保护线路及电气设备的过载、短路和欠电压，也可作为正常工作条件下作不频繁启动控制。

此外，还有 ME 系列空气断路器、AH 系列断路器、AE 系列断路器，这是引进外国技术生产的断路器。

五、漏电保护断路器

漏电保护断路器又称剩余电流保护断路器，是为了防止低压线路中发生人身触电和漏电火灾、爆炸等事故而研制的漏电保护装置。当人身触电或设备漏电时能够迅速切断电路，使人身或设备受到保护。这种断路器具有断路器和漏电保护的双重功能。

漏电保护断路器一般分为单相家用型和工业型两类。漏电保护有电磁式电流动作型、电压动作型和晶体管或集成电路电流动作型等。

1. 结构与工作原理

电磁式电流动作型漏电保护断路器是由断路器和漏电保护装置所组成，漏电保护装置包括零序电流互感器和漏电脱扣器两部分，图 3-10 所示为电磁式电流动作型漏电保护装置原理图。

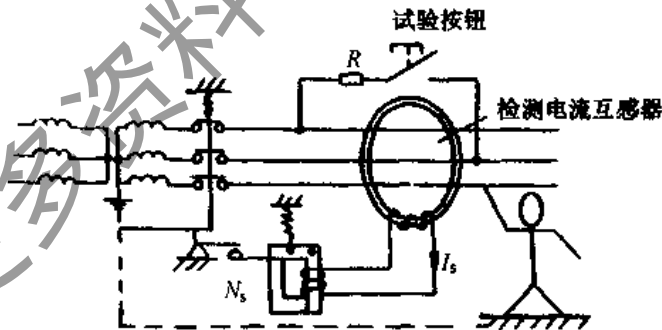


图 3-10 电磁式电流动作型漏电保护装置原理图

零序电流互感器是用来检测漏电流的，其结构如图 3-11 所示。互感器采用高导磁率的坡莫合金制成环形铁心。铁心的原边绕组即一次线圈，由两根或几根负载导线穿过铁心或在铁心上绕数圈。铁心的副边绕组即二次线圈缠绕一定的匝数。原边绕组以单极二线为例，穿过铁心的两根导线，一根接相线，另一根接零线。若负载线路上没有漏电流存在，那么零序电流互感器的原边绕组两根导线上流过的电流大小相等，方向相反，在铁心中的磁通相抵消，互感器的二次线圈中的感应电热 E_2 也为零。当负载线路上发生漏电或触电事故时，相线经人体或电气设备与地构成回路，返至零线，这时原边绕组两根导线上流过的电流大小不相等，在铁心中产生的磁通也就不为零，互感器二次线圈中便产生感应电热 E_2 。漏电或触电电流越大，二次感应电

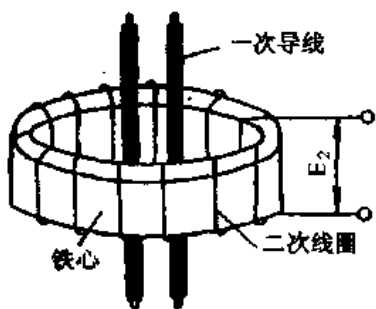


图 3-11 零序电流互感器

动势 E_2 也越大。零序电流互感器作为检测元件,其作用就是把检测到的漏电触电信号转换成二次回路的工作电压 E_2 ,将 E_2 加在漏电脱扣器线圈上,产生二次回路的工作电流,从而推动脱扣器动作。

漏电脱扣器是漏电保护装置的执行部件,它根据零序电流互感器的输出信号即二次回路的工作电流,决定漏电脱扣器是否动作。

漏电脱扣器有几种不同的结构原理,拍合式漏电脱扣器在正常工作状态时,衔铁处于打开位置,当线圈中有零序电流互感器输出的信号通过并且达到规定的数值时,衔铁被迅速吸合,同时带动和衔铁相连的打击臂,打击臂的机械冲击力使主触点的锁扣脱扣跳闸,完成切断主电路电源的目的。

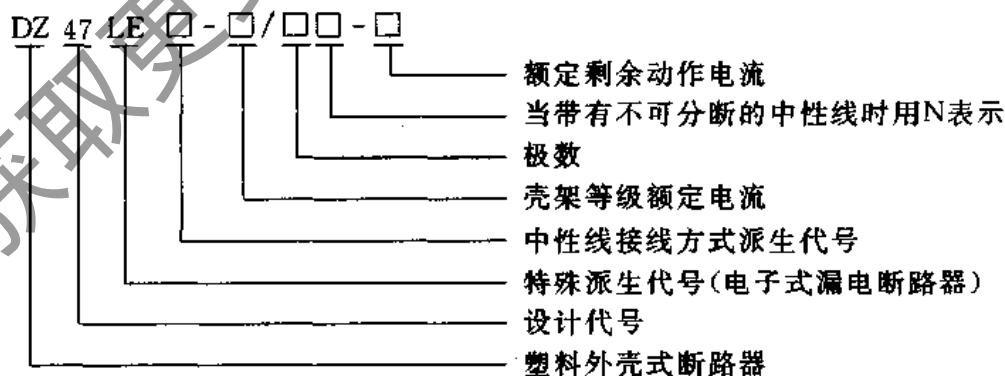
如图 3-10 所示,主电路的三相导线一起穿过零序电流互感器铁心、互感器的二次线圈和漏电脱扣器线圈相接。漏电脱扣器的衔铁借助永久磁铁的磁力被吸住,拉紧了释放弹簧。线路正常运行时,三相电流的矢量和为零,互感器的两侧无输出,衔铁保持被吸状态。当出现漏电或人身触电时,漏电或触电流通过大地回到变压器的中性点,因而三相电流的矢量和不为零,互感器二次回路产生感应电流,在漏电脱扣器铁心中出现感应电流的交变磁通。这个交变磁通的正半波或负半波总要抵消永久磁铁对衔铁的吸力,当感应电流达到一定值时,漏电脱扣器释放弹簧的反力使衔铁释放,在释放过程中衔铁联动杠杆打击主触点的锁扣,使其脱扣跳闸,切断主电路。这种释放式电磁脱扣器灵敏度高、动作快,且体积小,能有效地起到触电保护作用。

图中的试验按钮是为保证漏电保护断路器长期可靠工作所设的常开测试按钮,与电阻 R 串联后,跨接于两相电路上。选择 R 的值使回路电流等于或略小于规定的漏电动作电流。当按下试验按钮后,漏电保护断路器立即断开,以确认其漏电保护性能完好。通常要求每月测试一次。

2. DZ47LE 系列漏电保护断路器

DZ47LE 系列漏电保护断路器由 DZ47 小型断路器和漏电脱扣器拼装组合而成。适用于交流 50Hz,额定工作电压至 400V,额定电流至 63A 的线路中,具有漏电、触电、过载和短路等保护功能。主要用于建筑照明和配电系统的保护。

漏电保护断路器型号的含义:



DZ47LE 漏电保护断路器的基本技术参数见表 3-8。

DZ47LE 漏电保护断路器的外形及安装尺寸如图 3-12 所示。

DZ47LE 漏电断路器使用的注意事项如下:

表 3-8 DZ47LE 漏电保护断路器的基本技术参数

额定电流 (A)	额定电压 (V)	过载脱扣器 额定电流 (A)	额定短路 通断能力 (A)	额定漏电动作 电流 (mA)	额定漏电不 动作电流 (mA)	分断时间 (s)
32	230	6, 10,	6000	30	15	<0.1
	400	16, 20 25, 32				
63	230	40, 50,	4500	100	50	
	400	63		300	100	

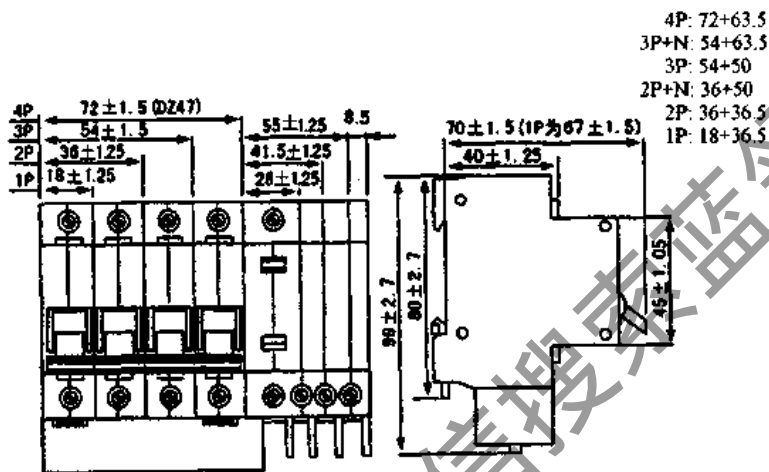


图 3-12 DZ47LE 漏电保护断路器外形及安装尺寸

(1) DZ47 断路器与漏电脱扣器拼装成漏电断路器后方可通电试验, 否则将烧坏内部器件。

(2) 在通电检查试验前, 应根据电路图, 分清电源端和负载端。电源端由断路器 N、1、3、5 端子引入; 负载端由漏电脱扣器 N、2、4、6 端子接出, 不可接错。辅助电源由断路器两侧端子引入, 接通辅助电源, 漏电脱扣器才能正常工作。

(3) 漏电断路器因被控制电路发生故障而分闸后, 需查明原因, 排除故障。因漏电动作后漏电指示按钮凸起指示, 按下指示按钮后方可合闸。

(4) 漏电断路器安装运行后要定期检测其漏电保护性, 通常每月检测一次, 按下试验按钮时, 漏电脱扣器应立即动作脱扣, 确认断路器工作正常。

(5) 漏电断路器仅对负载侧接触相线或带电壳体与大地接触进行保护, 但是对同时接触两相线的触电不能保护, 请注意安全用电。

其他漏电保护断路器有 DZ12L、DZ15L、DZL16、DZL18 等系列。

六、断路器的选择、维护及检修

1. 低压断路器的选择

(1) 低压断路器的一般选用原则

- ① 首先根据用途选择低压断路器的型式及极数;
- ② 断路器的额定工作电压 \geq 线路额定电压;

- ③ 断路器的额定电流 \geq 线路计算负载电流；
- ④ 断路器的额定短路通断能力 \geq 线路中可能出现的最大短路电流，一般按有效值计算；
- ⑤ 断路器欠压脱扣器额定电压等于线路额定电压。

(2) 配电用断路器的选用

配电用断路器作为电源总开关和负载支路开关，在配电线路中分配电能，并对线路中的电线电缆和变压器等提供保护。因此配电用断路器的额定电流较大，短路分断能力较大，通常选择万能式低压断路器。

(3) 电动机保护用断路器的选用

采用闸刀开关、负荷开关、组合开关、接触器、电磁启动器来控制电动机，其短路保护需要设置熔断器。熔断器一相熔断将导致电动机缺相运行，因而烧毁电动机的事故时有发生。若选择断路器来控制和保护电动机，因断路器本身就具有短路保护能力，不需要再借助熔断器作短路保护，因此能消除电动机缺相运行的隐患，同时能提高线路运行的安全性和可靠性。电动机保护用断路器多选择塑壳式断路器，其参数选择原则如下：

- ① 长延时动作电流整定值等于电动机的额定电流；
- ② 6倍长延时动作电流整定值的可返回时间 \geq 电动机的实际启动时间；
- ③ 瞬时动作电流整定值：对于笼型异步电动机，为8~15倍脱扣额定电流；对于绕线型异步电动机，为3~6倍脱扣器额定电流。

(4) 家用断路器的选用

家用断路器是指民用照明或用来保护配电系统的断路器。照明线路的容量一般都不大，通常选择塑壳式断路器作为保护装置，主要用来控制照明线路在正常条件下的接通和分断，并提供过载与短路保护。目前较流行的家用断路器是小型塑壳断路器，如DZ47系列、C45系列，住宅建筑、办公楼均采用这一类断路器。其参数选择原则如下：

- ① 照明线路保护用断路器应具有长延时过电流脱扣器，脱扣器的整定值等于或略小于线路的计算负载电流。
- ② 断路器瞬时过电流脱扣器的整定值应等于6倍线路计算负载电流。

2. 断路器的使用与维护

(1) 断路器在安装前应将脱扣器的电磁铁工作面的防锈油脂抹净，以免影响电磁机构的动作值。

(2) 断路器与熔断器配合使用时，熔断器应装于断路器之前，以保证使用安全。

(3) 电磁脱扣器的整定值一经调好后就不允许随意变动，长期使用后要检查其弹簧是否生锈卡住，以免影响其动作。

(4) 断路器在分断短路电流后，应在切除上级电源的情况下，及时地检查触头。若发现有严重的电灼痕迹，可用干布擦去；若发现触头烧毛，可用砂纸或细纹锉小心修整。但主触头一般不允许用锉刀修整。

(5) 应定期清除断路器上的积尘和检查各种脱扣器的动作值，操作机构通常每两年在传动部分加注润滑油。

(6) 灭弧室在分断短路电流后或长期使用后，应清除灭弧室内壁和栅片上的金属颗粒和黑烟灰，以保证有良好的绝缘。

3. 断路器的故障排除

断路器常见故障现象及排除方法见表3-9。

表 3-9 低压断路器常见故障及排除方法

故障现象	原因分析	排除方法
手动操作断路器不能闭合	a. 欠电压脱扣器无电压或线圈损坏 b. 储能弹簧变形, 导致闭合力减小 c. 反作用弹簧力过大 d. 机构不能复位再扣	a. 检查线路, 施加电压或更换线圈 b. 更换储能弹簧 c. 重新调整弹簧反力 d. 调整再扣接触面至规定值
电动操作断路器不能闭合	a. 操作电源电压不符 b. 电源容量不够 c. 电磁铁拉杆行程不够 d. 电动机操作定位开关变位 e. 控制器中整流管或电容器损坏	a. 调换电源 b. 增大操作电源容量 c. 重新调整或更换拉杆 d. 重新调整 e. 更换损坏元件
有一相触头不能闭合	a. 一般型断路器的一相连杆断裂 b. 限流断路器斥开机构的可折连杆之间的角度变大	a. 更换连杆 b. 调整到原技术条件规定值
分励脱扣器不能使断路器分断	a. 线圈短路 b. 电源电压太低 c. 再扣接触面太大 d. 螺丝松动	a. 更换线圈 b. 调换电源电压 c. 重新调整 d. 拧紧
欠电压脱扣器不能使断路器分断	a. 反力弹簧变小 b. 若为储能释放, 则储能弹簧变小或断裂 c. 机构卡死	a. 调整弹簧 b. 调整或更换储能弹簧 c. 消除卡死原因(如生锈)
启动电动机时断路器立即分断	a. 过电流脱扣器瞬动整定值太小 b. 脱扣器某些零件损坏, 如半导体器件、橡皮膜等损坏 c. 脱扣器反力弹簧断裂或脱落	a. 调整瞬动整定值 b. 更换脱扣器或更换损坏零部件 c. 更换弹簧或重新装上
断路器闭合后经一定时间自行分断	a. 过电流脱扣器长延时整定值不对 b. 热元件或半导体延时电路元件变化	a. 重新调整 b. 更换
断路器温升过高	a. 触头压力过低 b. 触头表面过分磨损或接触不良 c. 两个导电零件连接螺钉松动 d. 触头表面油污氧化	a. 调整触头压力或更换弹簧 b. 更换触头或清理接触面, 更换断路器 c. 拧紧 d. 清除油污或氧化层
欠电压脱扣器噪声大	a. 反作用弹簧反力太大 b. 铁心工作面有油污 c. 短路环断裂	a. 重新调整 b. 清除油污 c. 更换衔铁或铁心
辅助开关不通	a. 辅助开关的动触桥卡死或脱落 b. 辅助开关传动杆断裂或滚轮脱落 c. 触头不接触或氧化	a. 拨正或重新装好触桥 b. 更换传动杆或更换辅助开关 c. 调整触头, 清理氧化膜

第三节 低压熔断器

熔断器是一种最简单而且有效的保护电器。熔断器串联在电路中, 当电路或电器设备发生过载和短路故障时, 有很大的过载和短路电流通过熔断器, 使熔断器的熔体迅速熔断, 切断电源, 从而起到保护线路及电器设备的作用。

熔断器主要由熔体和安装熔体的熔管(或熔座)两部分组成。熔体是熔断器的主体, 最常用的熔体材料是熔丝, 熔丝一般用电阻率较高的易熔合金制成, 如铅锡合金、铅铋合金等, 还有用高熔点的铜制成, 请见第二章有关部分。熔管是熔体的保护外壳, 在熔体熔断时还有灭弧作用。

每一种规格的熔体都有额定电流和熔断电流两个参数。通过熔体的电流小于熔体的额定电流时，熔体是不熔断的；当通过熔体的电流超过它的额定电流并达到熔断电流时，熔体便会发热熔断。通过熔体的电流越大，熔体温度上升越快，所以熔断也就越快。熔断电流一般是额定电流的 1.3~2.1 倍。

熔管有三个参数：额定工作电压、额定电流和断流能力。若熔管的工作电压大于其额定工作电压值，当熔体熔断时有可能出现电弧不熄灭的危险。熔管内熔体的额定电流必须小于或等于熔管的额定电流。熔管的断流能力是指熔管能切断最大电流的能力。当电流超过这个数值时，熔体熔断后电弧有不熄灭的可能。

常用的几种熔断器和图形符号如图 3-13 所示。

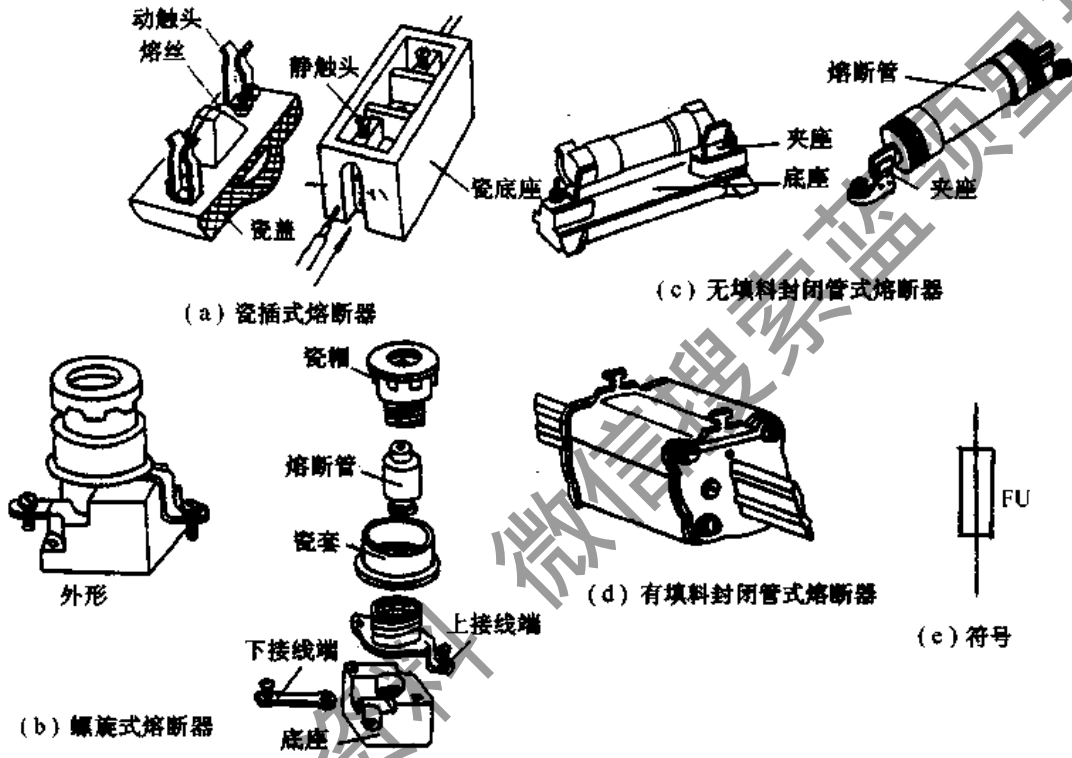
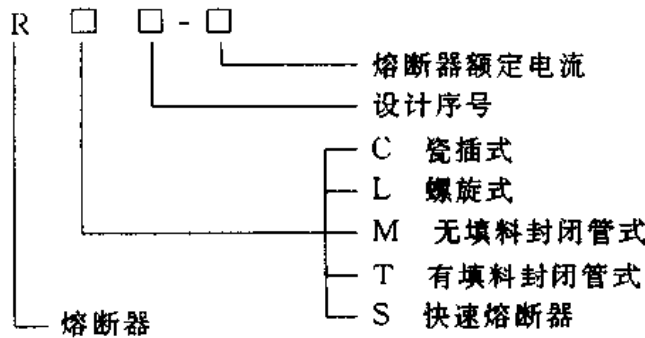


图 3-13 熔断器和图形符号

一、低压熔断器型号含义及主要技术数据

1. 熔断器型号含义

熔断器型号含义为：



2. 主要技术数据

(1) 额定电压 熔断器长期工作时和分断后能够承受的电压,其电压值一般等于或大于电气设备的额定电压。熔断器的额定电压值有 220V、380V、500V、600V、1140V 等规格。

(2) 额定电流 指熔断器能长期通过的电流,即在规定的条件下可以连续工作而不会发生运行变化的电流,它取决于熔断器各部分长期工作时的允许温升。熔断器额定电流值有 2A、4A、6A、8A、10A、12A、16A、20A、25A、32A、40A、50A、63A、80A、100A、125A、160A、200A、250A、315A、400A、500A、630A、800A、1000A、1250A 等规格。

(3) 额定功率损耗 指熔断器通过额定电流时的功率损耗。不同类型的熔断器都规定了最大功率损耗值。

(4) 分断能力 分断能力通常指熔断器在额定电压及一定的功率因数下切断的最大短路电流。

二、常用的低压熔断器

熔断器的形式是多种多样的,最常见的有下列几种。

1. 瓷插式熔断器

瓷插式熔断器又叫瓷插保险。如图 3-13(a)所示,它是 RC1 型熔断器,由瓷底座、瓷盖、静触头、动触头及熔丝五部分组成。熔丝装在瓷盖上两个动触头之间。电源和负载线可分别接在瓷底座两端的静触头上。瓷底座中有一个空腔,与瓷盖突出部分构成灭弧室。RC1 型熔断器的断流能力小,适用于 500V 以下的线路中,这种熔断器价格便宜,熔丝更换比较方便,广泛用于照明和小容量电动机的短路保护。

2. 螺旋式熔断器

图 3-13(b)所示是螺旋式熔断器,主要由瓷帽、熔断管、插座组成。熔断管中除装有熔丝外,熔丝周围还填满了石英砂,作灭弧用。熔断管的一端有一小红点,当熔丝熔断后,小红点自动脱落,表明熔丝已熔断。安装时将熔断管有红点的一端插入瓷帽,然后一起旋入插座。

使用时,将用电设备的连接线接到金属螺纹壳的上接线端,电源线接到插座座底触点的下接线端,以保证在更换熔管时,瓷帽旋出后螺纹壳上不带电。

螺旋式熔断器可用于工作电压在 500V 以下的交流电路,在电动机控制电路中作为过载或短路保护。它的优点是断流能力强,安装面积小,更换熔管方便,安全可靠。

3. 管式熔断器

管式熔断器有两种:一种是无填料封闭管式熔断器,有 RM2、RM3 和 RM10 等系列;一种是有填料封闭管式熔断器,有 RT0 系列。图 3-13(c)、(d)所示为这两种管式熔断器的外形图。

无填料封闭管式熔断器断流能力大,保护好,主要用于交流电压 500V、直流电压 400V 以内的电力网和成套配电设备中,作为短路保护和防止连续过载用。

有填料管式熔断器比无填料管式熔断器断流能力大,可达 50kA,主要用于具有较大短路电流的低压配电网。

4. 快速熔断器

快速熔断器具有快速熔断的特性,主要用于半导体功率元件或变流装置的短路保护,熔断时间可在十几毫秒以内。常用的快速熔断器有 RS 和 RLS 系列。

表 3-10 所示为常用熔断器的技术数据,其中 NT 系列熔断器是从德国引进的产品。

表 3-10 常用熔断器技术数据

型 号	熔管额定电压 (V)	熔管额定电流 (A)	熔体额定电流等级 (A)	最大分断能力 (A) (500V)
RC1A-5	交流三相 380 或单相 220	5	2,5	250
RC1A-10		10	2,4,6,10	500
RC1A-15		15	6,10,15	
RC1A-30		30	15,20,25,30	1500
RC1A-60		60	40,50,60	3000
RC1A-100		100	60,80,100	
RC1A-200		200	120,150,200	
RL1-15	交流 500 380 220	15	2,4,6,10,15	2000
RL1-60		60	20,25,30,35,40,50,60	3500
RL1-100		100	60,80,100	20000
RL1-200		200	100,125,150,200	50000
RL2-25		25	2,4,6,10,15,20	1000
RL2-60		60	25,35,50,60	2000
RL2-100		100	80,100	3500
RM7-15	交流 380 220 直流 440 220	15	6,10,15	2000
RM7-60		60	15,20,25,30,40,50,60	5000
RM7-100		100	60,80,100	20000
RM7-200		200	100,125,160,220	
RM7-400		400	200,240,260,300,350,400	
RM7-600		600	400,450,500,560,600	
RM10-15	交流 500 380 220 直流 440 220	15	6,10,15	1200
RM10-60		60	15,20,25,30,40,50,60	3500
RM10-100		100	60,80,100	10000
RM10-200		200	100,125,160,200	
RM10-350		350	200,240,260,300,350	
RM10-600		600	350,430,500,600	
RM10-1000	1000	600,700,850,1000	12000	
RT0-50	交流 380 直流 400	50	5,10,15,20,30,40,50	50000
RT0-100		100	30,40,50,60,80,100	
RT0-200		200	120,150,200	
RT0-400		400	200,250,300,350,400	
RT0-600		600	450,500,550,600	
RT0-1000		1000	700,800,900,1000	

(续表)

型号	熔管额定电压 (V)	熔管额定电流 (A)	熔体额定电流等级 (A)	最大分断能力 (A) (500V)
NT-00	交流 500 660	160	4, 6, 10, 16, 20, 35, 40, 50, 63, 100, 125, 160	120000
NT-0		250	80, 100, 125, 160, 200, 224, 250	
NT-1		400	125, 160, 200, 224, 250, 300, 315, 355, 400	
NT-2		630	315, 355, 400, 425, 500, 630	
NT-3		1000	800, 1000	
NT-4	交流 380	1000	800, 1000	100000

三、熔断器的选择

熔断器的选择要合理,只有正确选择熔断器的熔体和熔管,才能保证输电线路和用电设备正常工作,起到保护作用。

1. 熔体额定电流的选择

熔体额定电流的选择要根据不同情况的线路而定。

对于没有冲击电流的负载,如照明等电阻性电气设备,熔体的额定电流 $I_{re} = 1.1 \times I_e$, I_e 为线路负载的额定电流。

对一台电动机负载的短路保护,熔体的额定电流 $I_{re} \geq 1.5 I_e \sim 2.5 I_e$ 。

对数台电动机合用的熔断器,熔体的额定电流大于等于其中最大容量的一台电动机的额定电流 $I_{e_{max}}$ 的 1.5~2.5 倍,再加上其余电动机额定电流的总和 ΣI_e ,即:

$$I_{re} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{e_{max}} + \Sigma I_e$$

2. 熔管(或熔座)的选择

熔管的选择应保证熔管的额定电压必须大于或等于线路的工作电压,熔管的额定电流必须大于或等于所装熔体的额定电流。

第四节 主令电器

主令电器主要是用来接通和切断控制电路,以发布指令或信号,达到对电力传动系统的控制或实现程序控制。

主令电器的种类繁多,常用的有按钮开关、万能转换开关、主令控制器、位置开关以及信号灯等。

一、按钮

按钮是一种以短时接通或分断小电流电路的电器,它不直接控制主电路的通断,而是通过控制电路的接触器、继电器、电磁启动器来操纵主电路。一般按钮具有自动复位的功能。

1. 按钮的结构和图形符号

按钮的结构和图形符号见表 3-11。

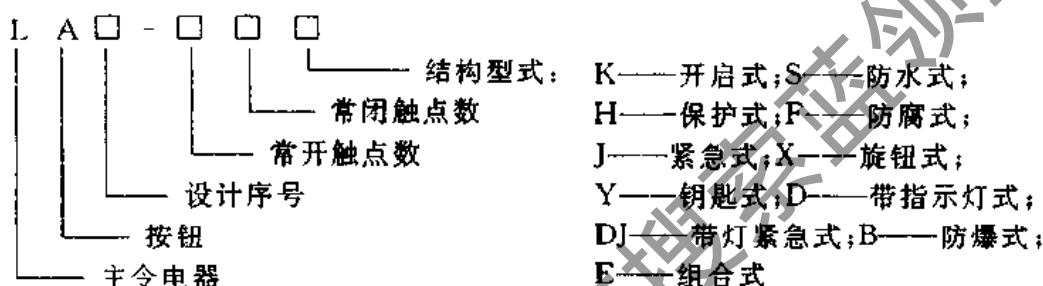
需要说明的是,按钮的触点允许通过的电流很小,一般不超过 5A。

表 3-11 按钮的结构和图形符号

名称	常闭按钮(停止按钮)	常开按钮(启动按钮)	复合按钮
结构			
图形符号			
文字符号	SB	SB	SB

2. 按钮型号的含义及分类

按钮型号的含义为：



按钮按操作方式、防护方式及结构特点分为开启式、防水式、防爆式、带灯式……等，请见按钮型号中结构形式的字母标注。常见按钮接触头结构位置有以下三种形式：

(1) 常开按钮 又称启动按钮，操作前手指未按下时，触点是断开的，当手指按下时，触点被接通。手指放松后，按钮自动复位。

(2) 常闭按钮 又称停止按钮，操作前，触点是闭合的，手指按下时触点断开。手指放松后，按钮自动复位。

(3) 复合按钮 又称常开常闭组合按钮，它设有两组触点，操作前有一组触点是闭合的，另一组触点是断开的。当手指按下时，闭合的触点断开，而断开的触点闭合。手指放松后，两组触点全部自动复位。

3. 几种常用按钮

常用按钮有 LA2、LA10、LA18、LA19、LA20、LA25 等系列，外形如图 3-14 所示。

二、万能转换开关

万能转换开关是一种多档的转换开关，其特点是触点多，可以任意组合成各种开闭状态，能同时控制多条电路，所以称为“万能”转换开关。它主要用于各种配电设备的远距离控制，各种电气控制线路的转换、电气测量仪表的换相测量控制。有时也被用做小型电动机的控制开关。

1. 结构原理

万能转换开关有多种系列，图 3-15 所示为 LW5 万能转换开关的外形及触点通断情况示意图。它主要由转动手柄、转轴和多个触点盒叠装而成。每个触点盒中都有一对或几对触点，当转动手柄时，通过转轴和凸轮，带动各触点盒中的触点闭合或断开。由于凸轮的形状不同，各

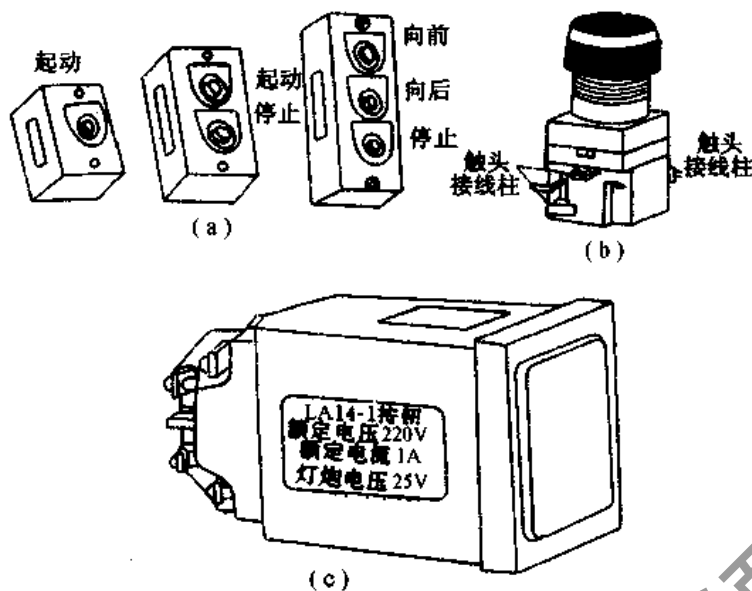


图 3-14 LA 系列按钮

个触点盒中触点的通、断情况不一样。这样就需要列一个表来说明手柄在不同位置时,各个触点盒中的触点通、断情况。图 3-15(c)所示为万能转换开关在控制电路中的图形符号,图(d)为触点通断表。

在图 3-15(c)中,连线有黑点“·”,表示这条电路是接通的。例如,将万能转换开关扳到“0”的位置时,所有的电路全部被接通;转至“Ⅰ”位置时,只有 1、3 电路接通;转至“Ⅱ”位置时,2、4、5、6 电路接通。在图 3-15(d)中,符号“×”表示触点闭合,没有“×”的空格表示触点断开。

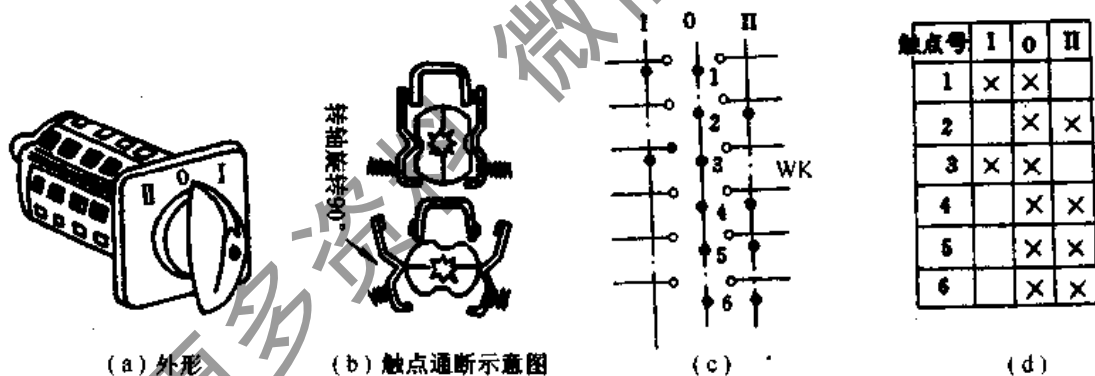
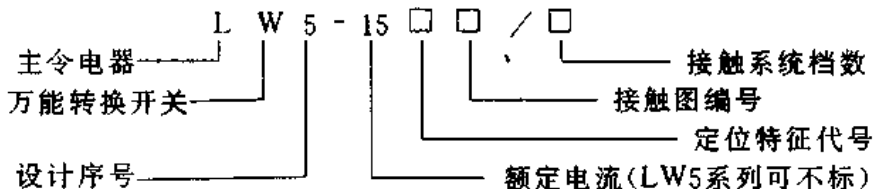


图 3-15 LW5 万能转换开关及图形符号

2. 型号含义及主要技术数据

万能转换开关型号的含义如下:



万能转换开关号中的定位特征代号用字母表示,用来反映开关手柄操作位置。

万能转换开关的主要技术数据有额定电压、额定电流、额定操作频率、机械寿命和电气寿命等项。

LW5 系列万能转换开关的额定电压交流至 500V、直流至 440V；额定电流为 15A；额定操作频率为 120 次/小时；机械寿命为 100 万次；电气寿命为 20 万次。

3. 种类及特点

常用万能转换开关的种类及特点见表 3-12。

表 3-12 常用万能转换开关的种类及特点

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	结构特点及主要用途
LW2	AC 220 DC 220	10	档数 1~8, 面板为方形或圆形, 可用于各种配电设备的远距离控制, 电动机换向, 仪表换相等
LW5	AC 500 DC 220	15	档数 1~8, 面板为方形或圆形, 可用于各种配电设备的远距离控制, 电动机换向, 仪表换相等
LW8	AC 380 DC 220	10	可用于控制电路的转换, 配电设备的远距离控制及各种小型电机的控制
LW12	AC 380 DC 220	16	小型开关, 主要用于仪表、微电机、电磁阀等的控制
LWX1B	AC 380 DC 220	5	强电小型开关, 主要用于控制电路的转换
LW□-10	AC 380, 220 DC 220, 110	10	蘑菇式开关, 主要用于控制电路和仪表控制电路

三、行程开关

行程开关又称位置开关或限位开关, 其作用与按钮相同, 用来接通或分断某些电路, 达到一定的控制要求。但是行程开关触点的动作不是靠手动操作, 而是利用机械设备某些运动部件的档铁碰压行程开关的滚轮, 使触点动作, 将机械的位移信号——行程信号, 转换成电信号。行程开关广泛应用于顺序控制、变换运动方向、行程、定位等自动控制系统中。

1. 行程开关外形及图形符号

行程开关的外形及图形符号如图 3-16 所示。

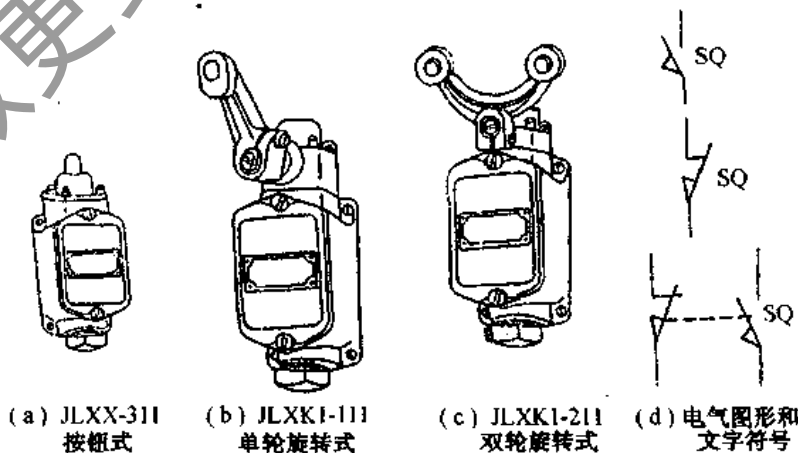
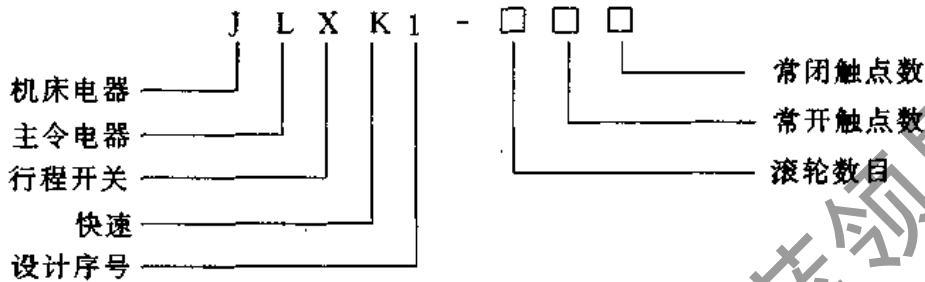
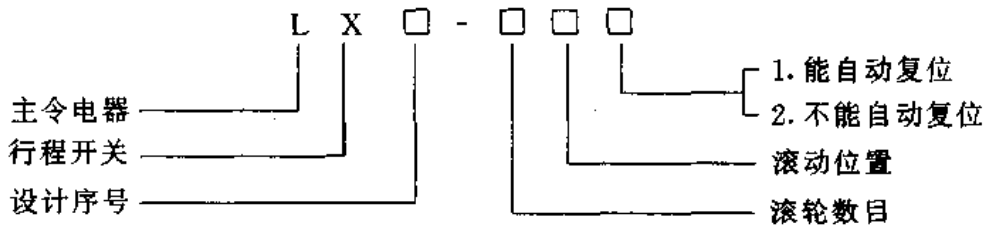


图 3-16 行程开关的外形及图形符号

2. 行程开关型号的含义

行程开关型号的含义为：



3. 结构原理及主要技术数据

行程开关由微动开关、操作机构及外壳等部分组成。当机械设备的档铁碰压行程开关的滑轮时，通过杠杆、轴、撞块等操作机构，使微动开关的动、静触头动作，使触点断开或闭合，将机械的位移信号转换成电信号，实现对线路的控制。

行程开关的主要技术数据包括额定电压、额定电流、额定发热电流、额定操作频率、机械寿命和电寿命等项。

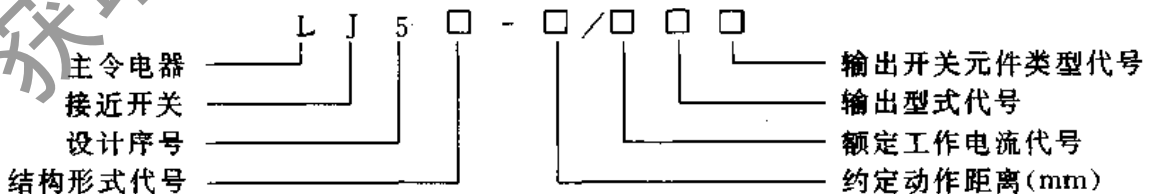
四、接近开关

接近开关是非接触式的检测装置，当运动物体接近它到一定距离范围之内，它就能发出信号，检测运动物体的所处位置，进而控制继电器，执行某种检测或自动控制。与行程开关相比，它与被检测体不接触，不需要行程开关所必须的机械力，使接近开关的用途超出一般的行程控制和限位保护。由于电子技术的发展，接近开关的质量更加可靠，体积更加小巧，螺纹固定式接近开关的外径仅 8mm，长度只有 40mm，打开了接近开关在自动控制系统的应用空间，接近开关除了作物体位置、行程、尺寸方面的检测外，还用于计数控制、测速、液面控制等方面。

接近开关的特点是检测精度高、功率消耗低、使用寿命长、应用范围广。

1. 接近开关型号的含义

接近开关型号的含义为：



2. 接近开关的工作原理

接近开关的种类很多，可分为高频振荡型、电磁感应型、电容型、永磁型、光电型、超声波型等，其中应用最多的是高频振荡型，它以各种金属为检测体。各种接近开关的组成基本相同，下面以高频振荡型为例简述其工作原理。

接近开关由感应头、振荡器、检测器、输出电路、电源电路等组成,如图 3-17 所示。感应头为高频振荡回路的线圈,其内部参数受铁磁物质的影响会发生改变。检测器由检波器和鉴幅器等构成。输出电路一般由晶闸管或晶体三极管组成。输出电路的负载通常为继电器线圈。

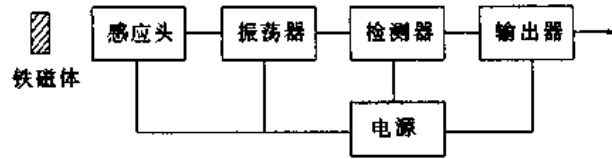


图 3-17 接近开关原理方框图

当工作时,电源接通,振荡器振荡,检测电路使晶闸管或三极管截止,继电器线圈通过的电流达不到动作值而不动作。

当有金属检测体接近感应头时,由于铁磁感应作用,处于高频振荡器线圈磁场中的金属检测体内部产生涡流损耗,使振荡回路因电阻增大、能耗增加,导致振荡减弱,直到停止振荡。这时检测电路使晶闸管或三极管导通,继电器线圈达到动作值而开关动作。当金属检测体脱离动作距离时,振荡器恢复振荡,开关恢复原始状态。

3. 接近开关主要技术数据

接近开关的主要技术数据有:

- (1) 额定工作电压
- (2) 额定输出电流
- (3) 额定工作距离

(4) 重复精度 由于电路的不稳定度及接近开关自身的影响,检测物体每次接近开关感应头驱使开关动作的位置或行程的误差称为重复精度。

(5) 操作频率 采用无触点输出形式的接近开关,其操作频率主要取决于开关本身的电路构成;采用有触点输出形式,则取决于所用继电器的动作频率。

(6) 位行程 开关从“动作”到“复位”位置的距离。

五、信号灯

信号灯又称指示灯,是作为各种信号指示的发光电器元件,是主令电器的一种。信号灯可以代表不同的指示意义,如电源指示、警告指示、正常指示、开机指示、关机指示等等。其品种规格非常多,有不同大小的信号灯、不同颜色的信号灯、不同外形的信号灯……还有适合不同电压的信号灯。

信号灯的结构简单、价格便宜、指示作用明了,所以应用非常广泛。

1. 信号灯图形符号及型号的含义

信号灯图形符号如图 3-18 所示。

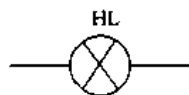
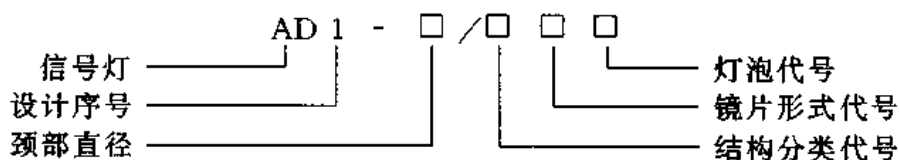


图 3-18 信号灯图形符号

信号灯型号的含义为:



2. 常用信号灯

常用信号灯的类别、特点及用途见表 3-13。

表 3-13 常用信号灯的类别、特点及用途

型号系列	主要特点	主要用途
AD ₁	其结构有直接式、变压器降压式、电阻降压式、辉光式,安全性能好、温升低,是全国统一设计的新产品,符合 IEC 标准	配电、控制屏上的指示信号。属通用型
XD	采用 E 型螺口灯泡,体积较小,安装方便,其中 XD13、XD14 为较新产品	配电、控制屏上的指示信号。属通用型
XDN	采用氖、氩辉光灯,功耗小,寿命长	家用电器等小型电气设备上
XDS	为双灯式、互不干涉,可横、竖排列	信号屏上
DH	采用 E 型白炽灯,外形小,电压低	电子仪器设备
LDDH	配用发光二极管,功耗小,体积小	电子仪器设备
DF ₁	小型、矩形	电子仪器设备
XDC	配小型白炽灯、属超小型	电子仪器设备

LDDH 系列信号灯是采用发光二极管作为光源的新型信号灯,是目前广泛使用的一种安全节能产品,主要优点如下:

(1) 体积小 信号灯可用单个或多个发光二极管组成,单只发光二极管的体积只有十几 mm^3 ,多只组合的体积也可做得很小。

(2) 功耗小 发光二极管的工作电流为 mA 级,因此信号灯的总功耗小,是白炽灯的几分之一到几百分之一。

(3) 寿命长、工作可靠。

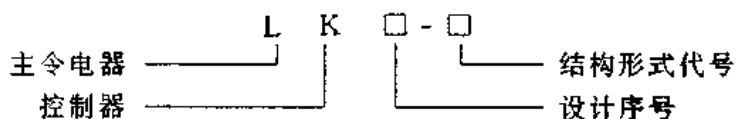
六、主令控制器

主令控制器也称主令开关,是用来频繁地按顺序操纵多个控制回路的主令电器。它操作主令开关,发出控制指令,通过接触器来实现对电力驱动装置的控制,常用于电动机的启动、制动、调速和反转。主令开关用于控制线路,其触点是按小电流来设计的。

主令控制器在结构上与万能转换开关大致相同,也是借助于不同形状的凸轮使其触点按一定的顺序接通和分断。主令控制器有手动和电动机驱动两种形式。

1. 主令控制器型号的含义

主令控制器型号的含义为:



2. 主令控制器的分类

主令控制器的分类及特点见表 3-14。

表 3-14 主令控制器的分类及特点

类别	结构特点	控制电路数	主要系列
凸轮非调整式	凸轮不能调整,仅能按触点分合表作适当的排列组合,适于组成联动控制台,实现多位控制	6,8,10,12等	LK5,LK18
凸轮调整式	凸轮片上有孔和槽,凸轮片的位置能按给定的分合表进行调整。它可能通过减速器与操纵机械相连	2,5,6,8,16,24等	LK4

常用主令控制器的主要技术参数及用途见表 3-15。

表 3-15 常用主令控制器的主要技术参数及用途

型号	额定电压(V)	额定电流(A)	控制电路数	结构特点及主要用途
LK4	AC 380 DC 440	15	2,4,5,6, 8,16,24	有保护式、防水式,有一组或两组凸轮转轴,装于滚珠轴承上或经过减速器与传动轴相连,可按操作机构的进程,产生一定顺序的触点转换
LK5	AC 380 DC 440	10	2,4,8,10	手柄可直接操作,可自复零位。主要用于矿山、冶金系统的电气自动控制,可以频繁操作
LK14	AC 380 DC 440	15	6,8,10,12	触点装配采用积木式双排布置,主要与POR系列起重机控制屏配套使用
LK17	AC 380 DC 220	10		在电力传动控制系统中,作频繁转换控制线路用
LK18	AC 380,220 DC 220,110	AC 2,5,4,5 DC 0.4,0.8		有开启式、防护式、带立式手柄或水平式手柄。在电力传动控制中作转换电路用

第五节 交流接触器

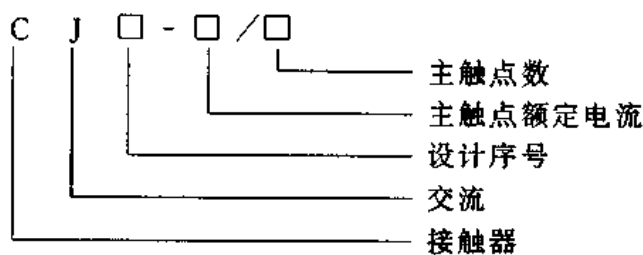
接触器是电气控制设备中的主要电器,它是利用电磁机构代替手动操作的一种自动开关。利用接触器可以实现各种自动控制,因此在自动控制系统中应用非常广泛。接触器主要用于远距离频繁接通和断开交直流主电路及大容量的控制电路。根据接触器主触点通过电流的种类,可分为交流接触器和直流接触器,其中使用较多的是交流接触器。

交流接触器的主要控制对象是电动机,也可以用于控制其他负载,如电焊机、电热装置、照明设备等。

一、交流接触器的型号及图形符号

1. 交流接触器型号的含义

交流接触器型号的含义为:



2. 交流接触器的图形符号

交流接触器的图形符号见表 3-16。

表 3-16 交流接触器的图形符号

	线圈	常开主触头	常开辅助触头	常闭辅助触头
84年国标				
64年国标				

二、交流接触器的结构和工作原理

交流接触器的品种很多,但结构和工作原理相同,利用电磁吸力和弹簧的反作用力,使触点闭合或断开。图 3-19 所示是常用的 CJO-20 交流接触器的外形及结构原理图。

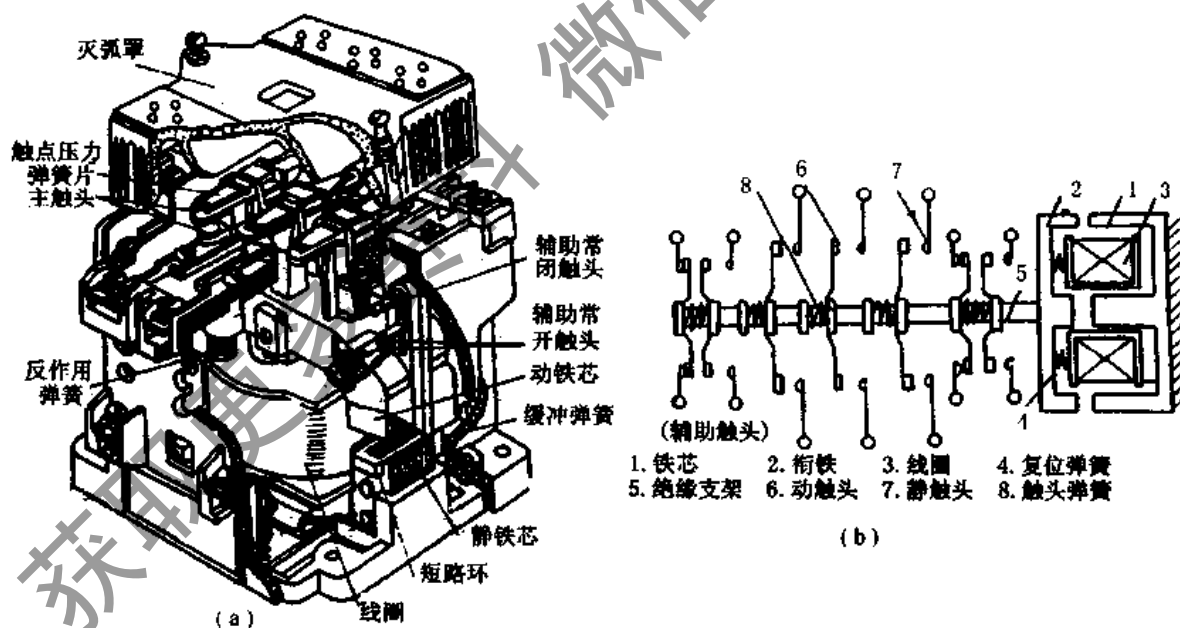


图 3-19 交流接触器的外形及结构原理图

交流接触器主要由触点系统、电磁系统和灭弧装置等部分组成。

接触器的触点用来接通或断开电路,按其触点形状可分为点接触式、线接触式和面接触式三种。为了保持触点之间接触良好,除了在触点处嵌有银片外,在触点上还装有弹簧,以随着触点的闭合逐渐加大触点间的压力。根据触点在电路中的用途,触点分为主触点和辅助触点两种。主触点用以通断电流较大的主电路,通常由常开触点组成;辅助触点用以通断较小电流的

控制电路,由常开触点和常闭触点组成。当接触器未工作时,处于断开状态的触点称为常开触点,也称动合触点;当接触器未工作时,处于接通状态的触点称为常闭触点,也称动开或动断触点。

电磁系统是用来控制触点的闭合和分断用的,是由铁心、线圈和衔铁组成的电磁铁。交流接触器的铁心上装有一个短路铜环,称为短路环,其作用是减少交流接触器吸合时产生的振动和噪音。

灭弧装置是为消除触点之间的电弧而设计的。交流接触器在分断大电流电路时,往往会在动、静触点之间产生很大的电弧。电弧会烧损触点,延长电流切断时间,甚至引起其他事故,因此交流接触器都采取灭弧措施。容量较小的交流接触器采用具有灭弧结构的触点实现灭弧。容量较大的交流接触器一般设置灭弧栅进行灭弧。

交流接触器是利用电磁吸力来工作的。当电磁铁线圈通电时,产生磁场,在磁场力的作用下将衔铁吸合;当线圈断电时,衔铁在反力弹簧的作用下与电磁铁铁心分离。衔铁的动作带动与衔铁连在一起的动触点移动,使动触点和静触点闭合和断开,从而控制电路的通或断。

CJO-20 交流接触器有三对主触点和四对辅助触点。主触点用来切换大电流,接在被控制的主电路中。辅助触点只能用来接通或切断小电流,接在控制电路中。接触器常开和常闭触点是联动的,即当线圈通电时,常闭触点断开,常开触点随即闭合;当线圈断电时,常开触点断开,常闭触点随即恢复闭合状态。交流接触器的主触点是常开触点,辅助触点有常开的也有常闭的。CJO-20 的四对辅助触点有两对是常开的,两对是常闭的。

三、交流接触器的主要技术数据

1. 额定电压

在规定的条件下,保证交流接触器主触点正常工作的电压值称为额定电压。通常同时列出主触点和辅助触点的额定电压。

2. 额定电流

在规定的条件下,为保证交流接触器正常工作,主触点允许通过的电流值称为额定电流。通常同时列出辅助触点的额定电流。

3. 约定发热电流

在规定条件下试验,电流在 8 小时工作制下,各部温升不超过极限值时所承载的最大电流称为约定发热电流。

4. 动作值

动作值是交流接触器的吸合电压值和释放电压值。一般规定吸合电压值在线圈额定电压的 85% 及 85% 以上,释放电压不高于线圈额定电压的 70%。动作值是保证交流接触器动作可靠的一项主要技术指标。

5. 接通与分断能力

接触器的接通与分断能力,是指主触点在正常工作情况下所能可靠地接通和分断的电流值。在此电流值下,接通能力是指触点闭合时不会造成触点熔焊的能力,断开能力是指触点断开时不产生飞弧和过分磨损而能可靠灭弧的能力。

6. 操作频率

操作频率指接触器每小时的操作次数。不同的控制对象对操作频率有不同的要求,新型号的交流接触器允许的操作频率一般分为 300 次/小时、600 次/小时、1200 次/小时等几种。

7. 电气寿命与机械寿命

电气寿命、机械寿命是指在正常操作条件下的操作次数。通常，机械寿命在百万次以上，电气寿命在十几万次以上。影响电气寿命的主要因素是主触点的电弧烧损。

四、常用交流接触器

1. CJ12、CJ12□、CJ24、CJ20 系列交流接触器

(1) CJ12 系列交流接触器适用于交流 50Hz，额定工作电压至 380V，额定电流至 600A 的电路中，供远距离接通和分断电路及对电动机频繁进行启动、停止和反转等控制。

(2) CJ12□ 系列接触器是 CJ12 的派生产品，具有节电和低噪音的特点，如 CJ12B。

(3) CJ24 系列接触器的额定电压提高到 660V，其结构、适用范围与 CJ12 相同。

(4) CJ20 系列交流接触器是一种应用广泛的接触器，适用交流 50Hz、额定工作电压至 660V 或 1140V、额定电流 630A 的电路中，供远距离频繁接通、分断电路及控制交流电动机之用，并可与热继电器或其他保护电器组成电磁启动器。

CJ20 系列交流接触器的技术数据见表 3-17。

表 3-17 CJ20 系列交流接触器的技术数据

项 目 型 号	主触头		辅助触点			380V 时 控制电 动机最 大功率 (kW)	接通与 分断能力			380V 时 电气寿命 次数 (万次)	机械 寿命 次数 (万次)	操作频率 (次/小时)	吸引线圈在 380V 电压 时消耗功率		动作时间 (ms)	
	额定 工作 电压 (V)	额定 工作 电流 (A)	额定 电压 (V)	控制 容量 (VA)	额定 发热 电流 (A)		电压 (V)	接通 电流 (A)	分断 电流 (A)				启动 (VA)	吸持 (W)	接通	断开
					数量											
CJ20-63	380	63	交流 300	6	二常分 二常合	30	380	756	630	JK3 类 120	100	JK3 类 1200	388	16.5	20	24
	660	40				35	660	480	400	JK4 类 8						
CJ20-160	380	160	交流 直流 至 60	6	二常分 二常合	85	380	1600	1280	JK3 类 120	100	JK4 类 300	855	32	16	14
	660	100				85	660	1200	1000	JK4 类 1.5						
CJ20-160/11	1140	80	交流 直流 至 380	6	二常分 二常合	85	1140	960	800					20	8	
CJ20-250	380	250	交流 直流 至 500	3	二常分 二常合	132	380	2500	2000	JK3 类 60	300	JK3 类 600	1710	65.6	16	23
CJ20-250/06	660	200				190	660	2000	1600	JK4 类 1						
CJ20-630	380	630	交流 直流 至 220	10	二常分 二常合	300	380	6300	5040	JK3 类 60	300	JK4 类 120	3577	118	20	18
CJ20-630/11	660	400				350	660	4000	3200	JK4 类 0.5						20
	1140	400	直流 60			400	1140	4000	3200					39	19	
														41	21	

注：吸引线圈电压除 CJ20-250、CJ20-400、CJ20-600 为 127V、220V、380V 外，其余均为 36V、127V、380V。

2. CJX3(3TB) 交流接触器

3TB 系列接触器是引进德国西门子公司技术生产的产品，CJX3 是国内型号。部分 CJX3 小容量交流接触器的技术数据见表 3-18。

3. LC1-D 系列交流接触器

LC1-D 系列接触器是引进法国 TE 公司技术生产的产品，其突出特点是组合能力强，可以利用积木原理来增加辅助触点的数量和功能。LC1-D 系列接触器的主要技术数据见表 3-19。

表 3-18 CJX3 小容量交流接触器的技术数据

型 号	主触头额定电流 (A)			辅助触点额定电流 (A)		可控制电动机的最大功率 (kW)			吸引线圈电压 (V)	辅助触点数量	操作频率 (次/小时)		电气寿命 (万次)	
	380V	660V	1140V	380V	660V	220V	380V	660V			AC-3	AC-4	AC-3	AC-4
CJX3-9(3TB40)	9	7.2					4	5.5	24	1 常开				
CJX3-12(3TB41)	12	9.5	—	6	2		5.5	7.5	36	或 1 常闭	1000	1.2×10 ⁶	250	1.21×10 ⁵
CJX3-16(3TB4)	16	13.5					7.5	11	48	或 1 常开				
CJX3-22(3TB43)	22	13.5				—	11	11	110	1 常闭				
CJX3-32(3TB44)	32	18	—	4	2.5		15	15	220	或 2 常开	750	1.2×10 ⁶	250	1.2×10 ⁵
									380	2 常闭				

表 3-19 LC1-D 系列接触器的主要技术数据

型 号	约定发热电流 (A)	控制功率 (kW)					机械寿命 (万次)	AC-3 电气寿命			AC-4 电气寿命		
		220V	380V	415V	440V	660V		额定工作电流 (A)	次数 (万次)	操作频率 (次/小时)	额定工作电流 (A)	次数 (万次)	操作频率 (次/小时)
LC1-D09	25	2.2	4	4	4	5.5	1000	9	150	2400	4	20	300
LC1-D12	25	3	5.5	5.5	5.5	7.5	1000	12	150	2400	5	15~20	300
LC1-D16	32	4	7.5	9	9	7.5	1000	16	130	1200	7	7~20	300
LC1-D25	40	5.5	11	11	11	15	1000	25	120	1200	10	7~15	150
LC1-D40	60	11	18.5	22	22	30	800	40	100	1200	16	7~10	150
LC1-D50	80	15	22	25	30	33	800	50	100	1200	20	7	150
LC1-D63	80	18.5	30	37	37	37	800	63	80	1200	25	6~7	150
LC1-D80	120	22	37	45	45	45	500	80	80	600	32	5~7	150

4. B 系列交流接触器

B 系列接触器是引进德国 ABB 公司技术生产的产品,也具有多种附件,可以组合使用,扩大功能。

五、交流接触器的选择与使用

1. 选用交流接触器的原则:

(1) 类型选择 根据负载电流的性质来选择接触器类型,交流负载应选用交流接触器;直流负载应选用直流接触器。

(2) 触点额定电压和主触点额定电流选择 触点的额定电压应大于或等于所控制电路的工作电压;主触点的额定电流应大于负载电流。

(3) 电磁铁线圈额定电压的选择 当线路简单及使用电器较少时,可直接选用 380V 或 220V 电压的线圈;如线路复杂,可选择 36V、110V 电压的线圈。

(4) 辅助电路参数的选择 选用接触器时应根据系统控制要求,确定所需的触点的种类、数量和组合型号。

2. 交流接触器的使用

(1) 接触器能接通和断开正常负荷电流,不能切断短路电流,因此常与熔断器、断路器、热

继电器配合使用。

(2) 接触器安装前应先检查线圈的额定电压等技术数据是否与实际线路相符。确认无误后方可安装。

(3) 检查接触器外观,应无机械损伤。手动接触器的活动部分应动作灵活,无卡住现象。然后将电磁铁面上的油污、铁锈清除,保证电磁铁动作灵活。

(4) 接触器应安装在垂直面上,其倾斜角不得超过 5° ,以免影响接触器的动作特性。接触器与其他电器之间应留有空间,以免飞弧烧坏相邻电器。

(5) 接触器的安装螺丝应配有弹簧垫圈和平垫圈,拧紧螺丝以防松动。注意不要把零件掉入接触器内,以免引起卡阻而烧毁线圈。

(6) 作好接触器日常维护工作,定期检查接触器的零部件,观察安装螺丝、接线螺丝是否松动,可动部分是否灵活,发现问题及时处理。定期清扫接触器的触点,使之保持清洁,但触点不能涂油。当触点表面因电弧作用形成金属小珠时应及时清除。当触点磨损严重时,即触点只剩 $1/3$ 时,则应更换。

六、交流接触器常见故障及处理

交流接触器常见故障现象及处理方法见表 3-20。

表 3-20 交流接触器常见故障及处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
吸不上或吸不足(即触点已闭合而铁心尚未完全闭合)	①电源电压过低或波动太大 ②操作回路电源容量不足或发生断线,配线错误及控制触点接触不良 ③线圈技术参数及使用技术条件不符 ④产品本身受损,如线圈断线或烧坏、机械可动部分被卡住,转轴生锈或歪斜等 ⑤触点弹簧压力与超程过大	①调高电源电压 ②增大电源容量,更换线路,修理控制触点 ③更换线圈 ④更换线圈,排除卡住故障,修理受损零件 ⑤按要求调整触点参数
不释放或释放缓慢	①触点弹簧压力过小 ②触点熔焊 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	①调整触点参数 ②排除熔焊故障,修理或更换触点 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
电磁铁(交流)噪音大	①电源电压过低 ②触点弹簧压力过大 ③磁系统歪斜或机械被卡住,使铁心不能吸平 ④极面生锈或因异物(如油垢、尘埃)侵入铁心极面 ⑤短路环断裂或脱落 ⑥铁心极面磨损过度而不平	①提高操作回路电压 ②调整触点弹簧压力 ③排除机械卡住现象 ④清除铁心极面 ⑤调换铁心或短路环 ⑥更换铁心
线圈过热或烧损	①电源电压过高或过低 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 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使用环境条件特殊:如空气潮湿,含有腐蚀性气体或环境温度过高 ⑥运动部分被卡住 ⑦交流铁心极面不平	①调整电源电压 ②调换线圈或接触器 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采用特殊设计的线圈 ⑥排除卡住现象 ⑦清除极面或调换铁心

(续表)

故障现象	可能原因	处理方法
触点熔焊过热或灼伤	①操作频率过高或产品超负载使用 ②负载侧短路 ③触点弹簧压力过小 ④触点表面有金属颗粒突起或异物 ⑤操作回路电压过低或机械上卡住,致使吸合过程中有停滞现象,触点停顿在刚接触的位置上	①调换合适的接触器 ②排除短路故障,更换触点 ③调整触点弹簧压力 ④清理触点表面 ⑤提高操作电源电压,排除机械卡住故障,使接触器吸合可靠
触点过度磨损	①接触器选用欠妥,在以下场合时,容量不足: (a)反接制动;(b)操作频率过高 ②三相触点动作不同步 ③负载侧短路	①改用适于繁重任务的接触器 ②调整到同步 ③排除短路故障,更换触点

第六节 继电器

继电器是一种根据电学量(如电压、电流)或其他物理量(如温度、时间、转速、压力)的变化,接通或断开控制电路的一种自动电器。

继电器与接触器都是自动接通或切断电路的控制电器,它们的不同之处在于,继电器用于控制小电流电路,结构上不设灭弧装置,它不仅可以在电量的作用下实现电路的通、断,也可以非电量如温度、压力的作用下实现对电路的控制。

继电器的种类很多,按动作原理可分为电磁式继电器、感应式继电器、热继电器、电动式继电器、电子继电器等,按反应的参数可分为电流继电器、电压继电器、时间继电器、速度继电器、压力继电器等。其中电磁式继电器应用普遍。常用的继电器有电磁式电流继电器、电压继电器、中间继电器、热继电器、时间继电器和速度继电器。

一、电磁式继电器

1. 电磁式继电器的结构和工作原理

电流继电器、电压继电器和中间继电器都是电磁式继电器,是电器设备中用得最多的一种继电器。电磁式继电器的结构有两种类型,一种是直动式,其结构和小容量的接触器相似,如图3-20(a)所示;另一种是拍合式,图3-20(b)所示为其结构图。线圈不通电时,衔铁靠反力弹簧作用打开,常开触点断开,常闭触点闭合;线圈通电时,衔铁被吸合,常开触点闭合,常闭触点断开。上述结构装上不同线圈后可分别制成电流继电器、电压继电器和中间继电器,所以这一类继电器又统称为通电继电器。

2. 电磁式继电器主要技术数据

- (1) 额定参数 工作电压或电流、吸合电压或电流、释放电压或电流。
- (2) 吸合时间和释放时间 有快动作、正常动作、延时动作三种。
- (3) 整定参数 继电器人为调节的动作值称为整定值或整定参数,是用户根据需要调节的动作参数。大部分电磁式继电器的整定参数是可调的,见表3-21。
- (4) 灵敏度 是指整定好的继电器吸合时所必须的最小功率或安匝数。
- (5) 返回系数 释放电压或电流与动作电压或电流之比。
- (6) 接通与分断能力 继电器触点通断能力是指通断被控电路的能力,它与被控对象的容量及使用条件有关,是正确选用继电器的主要依据。

此外还有额定工作制、使用寿命等技术数据。

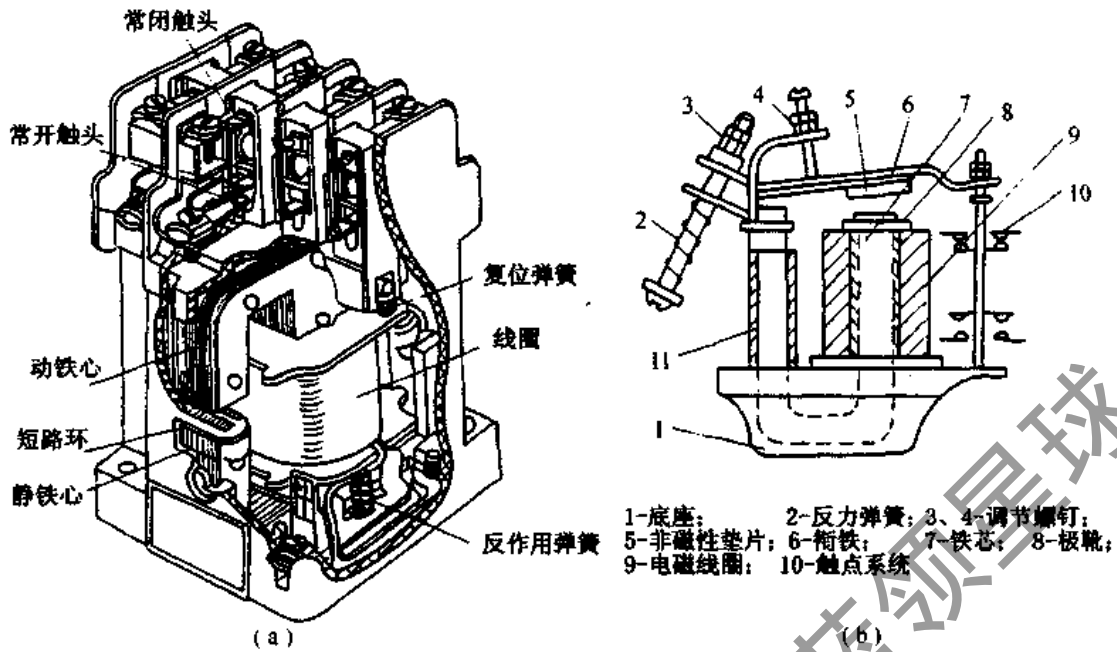


图 3-20 电磁式继电器

表 3-21 电磁式继电器的整定参数

继电器类型	电流种类	可调参数	可调参数范围	复位方式
电压继电器	直流	动作电压	吸合电压 $30\%U_N \sim 50\%U_N$ 释放电压 $7\%U_N \sim 20\%U_N$	自动
过电压继电器	交流	动作电压	$105\%U_N \sim 120\%U_N$	自动
过电流继电器	交流	动作电流	$110\%I_N \sim 350\%I_N$	自动 或非自动
	直流		$70\%I_N \sim 300\%I_N$	
欠电流继电器	直流	动作电流	吸合电流 $30\%I_N \sim 65\%I_N$ 释放电流 $10\%I_N \sim 20\%I_N$	自动
时间继电器	交流	通电或断电延时	$0.2s \sim 30s$	自动
			$10s \sim 180s$	
	直流	断电延时	$0.3s \sim 0.9s$	
			$0.8s \sim 3s$ $2.6s \sim 5s$ $4.5s \sim 10s$ $9s \sim 15s$	

3. 电流继电器

根据线圈中电流大小而接通或切断电路的继电器称为电流继电器。这种继电器的特点是线圈导线较粗,匝数较少,使用时串联在主电路中。按其动作原因又分为过电流继电器和欠电流继电器。

欠电流继电器在正常工作时,线圈电流使衔铁吸合,当线圈电流降低到低于某一整定值时,衔铁释放。

过电流继电器与欠电流继电器相反,在正常工作时电磁铁吸力不足以克服反力弹簧的作

用,衔铁处于释放状态。当线圈电流超过某一整定值时,衔铁动作,常开触点闭合,常闭触点断开。过电流继电器应用较多。

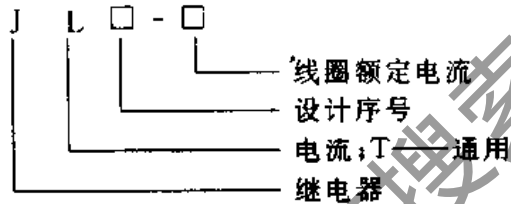
(1) 电流继电器图形符号及型号

电流继电器的图形符号见表 3-22。

表 3-22 电流继电器的图形符号

	线圈	常开触点	常闭触点
欠电流继电器	K1 		
过电流继电器	K1 		

电流继电器型号的含义为:



(2) 常用电流继电器

常用的交直流电流继电器有 JT4、JL12、JL14、JL15、JL18 等系列,图 3-21 所示为 JT4、JL12 外形结构图。

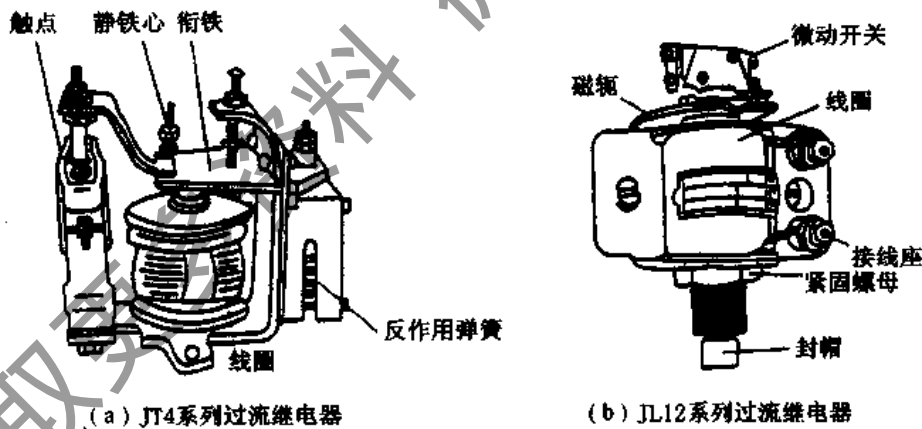


图 3-21 电流继电器

表 3-23 所示是 JT4 系列电流继电器的技术数据。

表 3-24 所示是部分常用电流继电器的技术数据。

(3) 过电流继电器的选择和安装

- ① 过电流继电器线圈的额定电流应大于或等于主电路的额定电流。
- ② 过电流继电器的触头种类、数量、额定电流应满足控制电路的要求。
- ③ 过电流继电器的动作电流一般为电动机额定电流的 1.7~2 倍;频繁启动时,为电动机额定电流的 2.2~2.5 倍。

④ 安装过电流继电器时,需要将电磁线圈串接于主电路中,动断触点串接于控制电路中,以起到保护作用。

表 3-23 JL4 系列电流继电器的技术数据

型号	吸引线圈规格 (A)	触头数目	复位方式		动作电流
			自动	手动	
JT4-□□L	5,10,15,20,	2 动合 2 动断	自动		吸引电流在线圈额定 电流的 110%~350%范 围内调节
JT4-□□S (手动复位)	40,80,150, 300,600	或 1 动合 1 动断			
JT4-□□J	5,10,15,20,40, 50,80,100,150, 200,300,400,600	1 动合 或 1 动断	自动		

表 3-24 常用电流继电器的技术数据

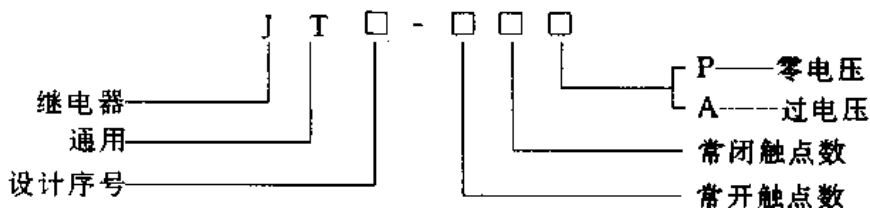
型号	额定电流(A)	触头数量		触头电压 (V)	触头额定电流 (A)	用途
		常开	常闭			
JL12	交直流:5,10,15,20,30,40, 60,75,100,150,200,300 等 十二种	1	1	交流 380 直流 440	5	用于起重机上交直流电动机的 过载和过流保护
JL14	交直流:1,1.5,2.5,5,10,15, 25,40,60,100,150,300,600, 1200,1500 等十五种	1 2 —	1 — 2	交流 380 直流 440	5	用于交直流控制电路中作为 过电流或欠电流保护
JL15	交直流:1.5,2.5,5,10,15, 20,30,40,60,80,100,150, 250,300,400,600,800,1200 等十八种	1 — 1	— 1 —	交流 380 直流 110 220 440	5	用于电力传动系统中的过电 流保护

4. 电压继电器

根据线圈两端电压大小而接通或断开电路的继电器称为电压继电器。这种继电器的特点是线圈的导线细,匝数多,并联在主电路中。按其动作原因有过电压继电器和欠电压(或零压)继电器之分。

过电压继电器在电压为 1.1~1.15 倍额定电压时动作,对电路进行过电压保护;欠电压继电器在电压为 0.4~0.7 倍额定电压时动作,对电路进行欠电压保护;零压继电器在电压降为 0.05~0.25 倍额定电压时动作,对电路进行零压保护。

电压继电器型号含义为:



电压继电器的图形符号与电流继电器相同,只是继电器线圈中通常无字母标注。

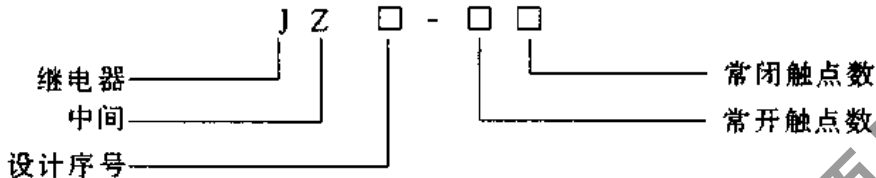
5. 中间继电器

中间继电器是用来转换控制信号的中间电器元件,常用来放大控制信号或将控制信号同时传给几个控制元件。其结构与电压继电器相同,如图 3-20 所示。

中间继电器的触点较多,触点的额定电流有 5A 或 3A,比线圈所允许通过的电流大得多,所以可用来放大控制信号;当线圈通电或断电时,可使多触点同时动作,以便增加控制电路中信号的数量。

中间继电器的图形符号与电压继电器相同。

中间继电器型号的含义为:



中间继电器的品种规格很多,常用的有 J27 系列、J28 系列、JZ11 系列、JZ13 系列、JZ14 系列、JZ15 系列、JZ17 系列、3TH 系列等继电器。

J27 系列中间继电器适用于交流至 550V、电流至 5A 的控制电路,它的结构与直动式交流接触器相同。

JZ11 系列中间继电器采用直动螺管式电磁系统,铁心和线圈在中央,两侧各四对触点,其常开或常闭可由用户自行决定组合。

JZ13 系列中间继电器主要在电子线路中用做执行元件,以联系弱电控制电路。其控制电压有 6V、12V、24V 等,有两对转换触点,额定容量为交流 220V、1A,电气寿命为 20 万次。

JZ17 系列中间继电器是引进日本 OMRON 公司技术生产的产品,原型号为 MA460N,可用于交流 50Hz,额定电压至 380V、直流额定电压至 220V 的控制电路中。

3TH 系列中间继电器是引进德国西门子公司技术生产的产品,继电器的型号有 3TH80、3TH82、3TH40、3TH42、3TH30。适用于交流 50Hz,额定工作电压至 660V 的电路中作转换控制用。

6. 电磁式继电器常见故障及处理方法

电磁式继电器常见故障现象与排除方法见表 3-25。

表 3-25 电磁式继电器常见故障及排除方法

故障现象	产生原因	处理方法
通电后不能动作	线圈断路	更换线圈
	线圈额定电压高于电源电压	更换额定电压合适的线圈
	运动部件被卡住	查明卡住的地方并加以调整
通电后不能完全闭合或吸合不牢	运动部件歪斜和生锈	拆下后重新安装调整及清洗去锈
	线圈电源电压过低	调整电源电压或更换额定电压合适的线圈
	运动部件被卡住	查出卡住处并加以调整
	触点弹簧或释放弹簧压力过大	调整弹簧压力或更换弹簧
	交流铁心极面不平或严重锈蚀	修整极面及去除锈蚀或更换铁心
	交流铁心分磁环断裂	更换分磁环或更换铁心

(续表)

故障现象	产生原因	处理方法
线圈损坏 或烧毁	空气中含有粉尘、油污、水蒸汽和腐蚀性气体,以致绝缘损坏	更换线圈,必要时还要涂覆特殊绝缘漆
	线圈内部断线	重绕或更换线圈
	线圈在超压或欠压下运行而电流过大	检查并调整线圈电源电压
	线圈额定电压比其电源电压低	更换额定电压合适的线圈
	线圈匝间短路	更换线圈
触点严重烧损	负载电流过大	查明原因,采取适当措施
	触点积聚尘垢	清理触点接触面
	触点烧损过大,接触面小且接触不良	修整触点接触面或更换触头
	接触压力太小	调整触点弹簧或更换新弹簧
触点发生熔焊	闭合过程中振动过烈或发生多次振动	查明原因,采取相应措施
	接触压力太小	调整或更换弹簧
	接触面上有金属颗粒凸起或异物	清理触头接触面
线圈断电后 仍不释放	释放弹簧反力太小	换上合适的弹簧
	极面残留黏性油脂	将极面揩拭干净
	运动部件被卡住	查明原因后作适当处理
	触点已熔焊	撬开已熔焊的触点并更换新的

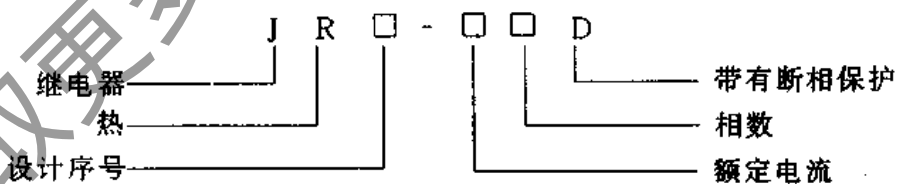
二、热继电器

热继电器是利用电流的热效应来切断电路的自动保护电器,在控制电路中,主要用于电动机的过载保护、断相及电流不平衡运行的保护及其他电气设备发热状态的控制。

热继电器的类型有多种,其中双金属片式热继电器的结构简单、体积较小、成本较低、应用广泛。

1. 热继电器的型号及图形符号

热继电器型号的含义为:



热继电器的图形符号如图 3-22 所示。

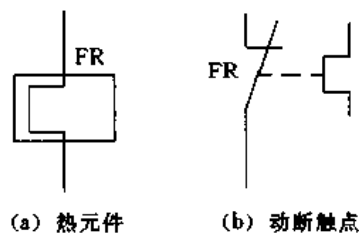


图 3-22 热继电器的图形符号

2. 热继电器的结构和工作原理

下面以双金属片式热继电器为例,说明其结构及工作原理。图 3-23 所示是热继电器的外形结构及工作原理图。

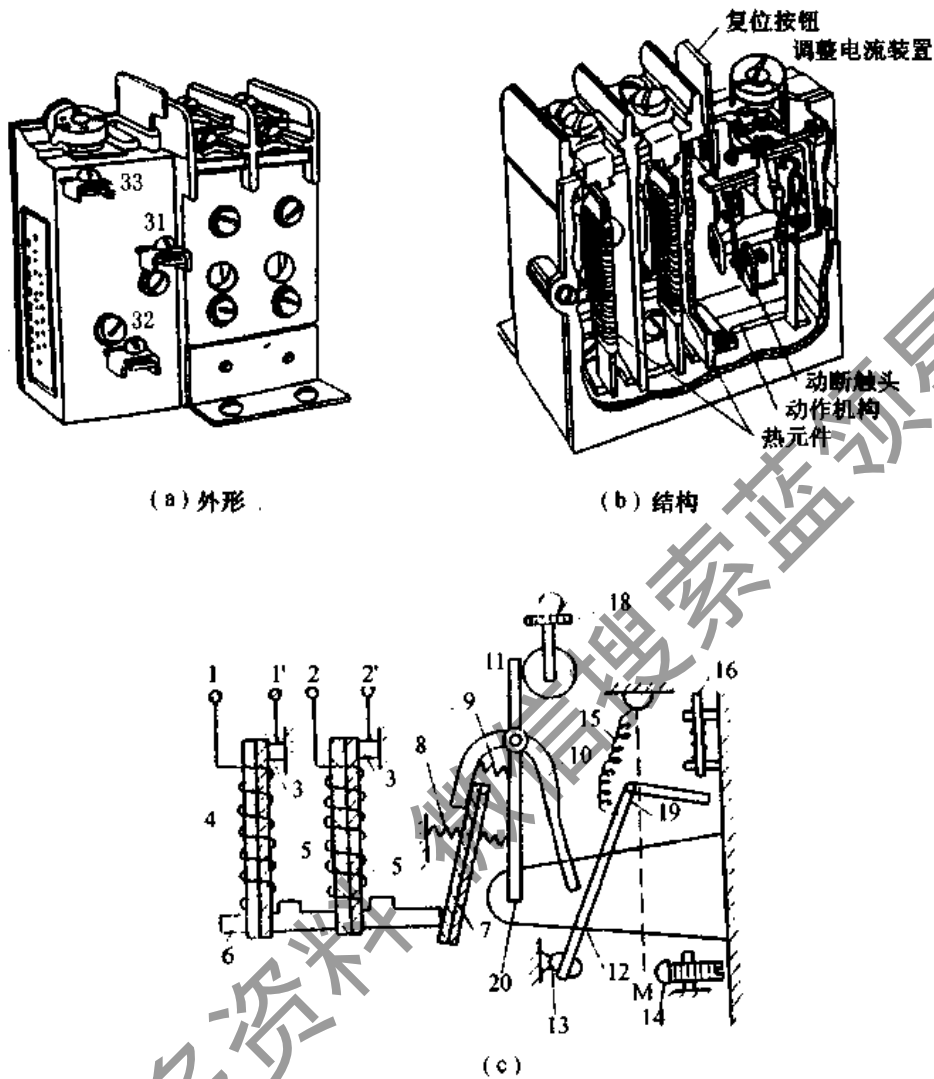


图 3-23 热继电器的外形结构及工作原理图

热继电器主要由热元件、触点、动作机构、整定电流装置和复位按钮等部分组成。热元件是热继电器的重要组成部分,它由双金属片及缠绕在双金属片外面的电阻丝组成。双金属片是由两种热膨胀系数不同的金属片焊合而成,使用时,将电阻丝直接串联在电动机的电路中。图 3-23(c)中热元件由两块组成,构成二相结构热继电器。热元件电阻丝两端 1-1' 及 2-2' 直接串联在电动机的两相电路中。当电动机过载时,过载电流通过串联在电路中的电阻丝“4”,使之发热过量,双金属片“5”受热膨胀。由于左边金属片的膨胀系数比右边大,双金属片下端向右弯曲,通过导板“6”推动双金属片“7”使推杆“10”绕轴转动,推杆又推动杠杆“12”绕轴“19”转动,将常闭触点“13”推开。热继电器的常闭触点是装在控制电路中的,串接在接触器的线圈电路里,当常闭触点“13”断开时,接触器的线圈断电,衔铁释放,接触器的主触点将主电路断开,电动机便切断电源受到保护。热继电器的热元件若是由三块组成,便构成了三相结构的热继电器。

在图 3-23 中,调节螺杆“14”,使之前端超过轴线 N-M。当双金属片冷却后,杠杆“12”在弹

簧“15”的作用下能自动复位,使常闭触点“13”闭合。如果螺杆“14”前端没有超过轴线 N-M,在弹簧“15”的拉力作用下,杠杆“12”和螺杆“14”接触,常闭触点不闭合。这时必须按下手动复位按钮“16”,使杠杆“12”复位。补偿双金属片“7”的作用是补偿环境温度对整定电流的影响。整定电流装置是通过旋钮“18”和偏心轮“17”来调节整定电流值的。所谓整定电流,就是热元件通过的电流超过此值的 20%时,热继电器应当在 20 分钟内动作。整定电流应与电动机的额定电流一致。

3. 常用热继电器

常用的热继电器有 JRO、JR9、JR10、JR14、JR15、JR16、JR20、3UA、T、LR1、K7D 等系列。

JR20 系列热继电器是国产新型产品,具有温度适用范围宽和断相保护的功能。

3UA 系列热继电器是引进德国西门子公司技术生产的产品,具有整定电流连续可调、断相保护和温度补偿等功能。T 系列热继电器是引进德国 ABB 公司技术生产的产品,LR1-D 系列热继电器是引进法国 TE 公司技术生产的产品。

4. 热继电器的选择和使用

(1) 热继电器的选择

① 类型的选择 对于电动机热保护继电器,一般选用两相结构的热继电器。但对于电压的三相均衡性较差,工作环境恶劣,或较少有人照管的电动机,应选用三相结构的热继电器。

② 额定电流的选择 热继电器的额定电流应大于电动机额定电流,然后根据额定电流来确定热继电器的型号。

③ 热元件额定电流的整定 热元件的额定电流应略大于电动机额定电流,一般情况下,热元件的整定电流调节到等于电动机的额定电流。但当电动机的起动时间较长,或是拖动冲击性负载时,热继电器整定电流要稍大一些,可调节到电动机额定电流的 1.1~1.15 倍。

(2) 热继电器的使用

① 双金属片式热继电器一般用于轻载或不频繁起动电动机的过载保护,因热元件受热变形需要一定的时间,所以热继电器不能作短路保护。对于重载、频繁起动的电动机,可选用过电流继电器作过载和短路保护。

② 热继电器在安装的接线前,应清除触头表面污垢,触头表面不允许涂油,保证热继电器动作灵活。热继电器的安装位置应在其他电器的下方,以免受其他电器发热的影响。

三、时间继电器

时间继电器是一种延时或周期性定时接通和切断某些控制电路的继电器。时间继电器的应用范围很广泛,从一般的生产机械到尖端科技部门,特别是采用继电器-接触器控制的电力拖动系统和各种自动控制系统,其控制过程大都通过时间继电器来实现。

时间继电器的种类很多,按动作原理可分为空气式、电磁式、电动式、电子式等。它们各有特点,适用于不同要求的场合。

按延时方式可分为通电延时、断电延时及重复延时三种方式。通电延时型时间继电器在获得输入信号后,立即开始延时,需等延时完毕,其执行部分才输出信号以操纵控制电路。当输入信号消失后,继电器立即恢复到动作前的状态,延时特性如图 3-24(a)所示。断电延时型继电器在获得输入信号后,执行部分立即有输出信号。在输入信号消失后,继电器需要经过一定的延时,才能恢复到动作前的状态,延时特性如图 3-24(b)所示。重复延时继电器在接通电源以后,继电器以一定的周期周而复始地连续工作:

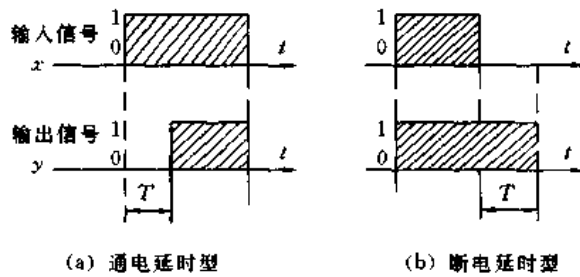
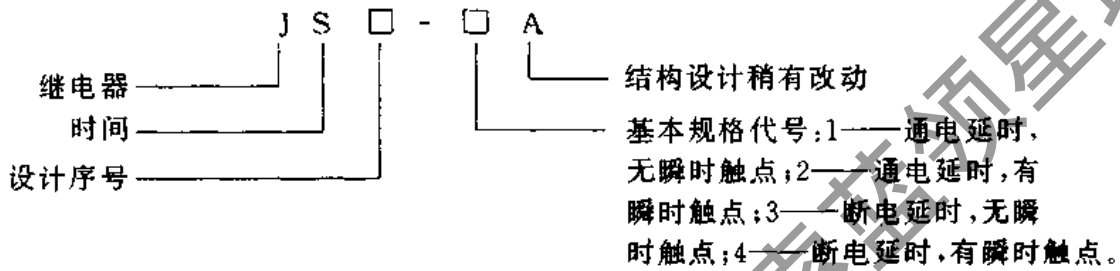


图 3-24 时间继电器的延时特性

1. 时间继电器型号及图形符号

时间继电器型号的含义为：



时间继电器的图形符号如图 3-25 所示。

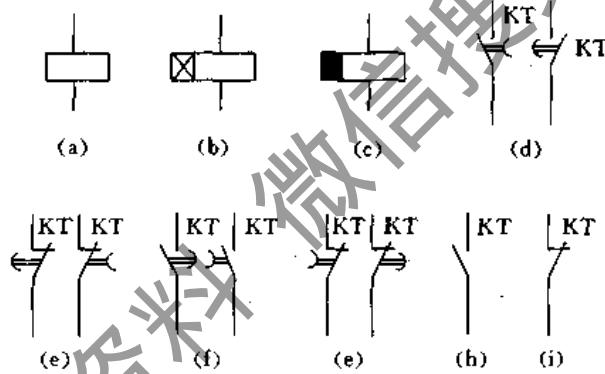


图 3-25 时间继电器的图形符号

2. 空气式时间继电器

空气式时间继电器是利用空气阻尼原理得到延时的。它的结构简单,延时范围较大,在由继电器、接触器组成的控制电路中,以空气式时间继电器用得较多。

(1) 结构和工作原理

空气式时间继电器的原理结构如图 3-26 所示。它主要由电磁系统、空气室和触点等部分组成。

图 3-26(a)是断电延时继电器。当电磁铁线圈“9”接通电源后,衔铁“10”被铁心“8”吸合,通过顶杆“14”将推杆“15”推向上方,这时与推杆相连的皮膜“1”将压缩皮膜上部空气室“2”的空气,于是压缩空气就将塞子“3”推开,将空气排出。这时,在衔铁和推杆“15”的带动下,操作杆“16”、“17”使微动开关“6”、“11”动触点同时动作,将常开触点瞬时闭合,常闭触点瞬时断开,与这两个微动开关工作触点相连的电路也相应地闭合或断开。

当电磁铁线圈断开后,衔铁在弹簧“12”、“13”的作用下向下移动,与操作杆“17”联动的微

动开关“11”瞬时恢复到起始位置。衔铁下移后，顶杆“14”离开推杆“15”，在弹簧“7”的作用下，推杆“15”连同皮膜“1”也向下移动。但由于空气压强的作用，推杆和皮膜不能迅速下降。必须待空气从塞孔和塞子之间的缝进入空气室后，推杆才能下降到起始位置。由于缝隙很小，空气只能缓慢地进入空气室，因此推杆“15”要经过一段时间后，才能回到原来的位置。相应地，开关“6”的动触点也要在断电后一段时间才动作。所以，开关“6”的触点就成了线圈断电延时动作的触点。调节塞子在塞孔中的深度，也就是调节进气缝隙的大小，就可以改变延时的时间。塞子伸入塞孔越深，延时的时间越长。图 3-26(b)所示为通电延时时间继电器。

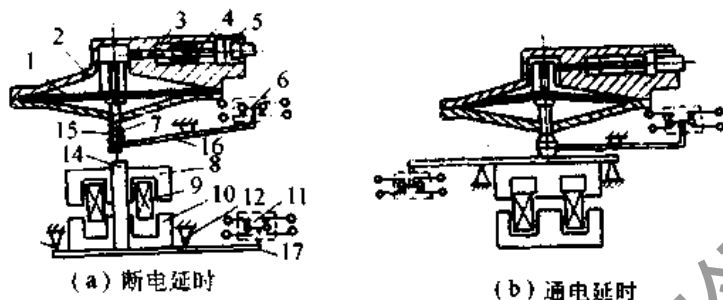


图 3-26 空气式时间继电器原理结构图

(2) 常用空气式时间继电器

空气式时间继电器结构比较简单，价格比较便宜，但延时的时间受气温、灰尘等因素的影响，延时的精度不高，而且无刻度，要准确调准延时时间比较困难。因此，空气式时间继电器不适用于对延时精度要求较高的场合。

常用的空气式时间继电器有：

① JS7 系列时间继电器 利用小孔节流的原理来获得延时动作，具有通电延时和断电延时两种动作方式。

② JS23 系列时间继电器 全国统一设计的新型空气式时间继电器，它由一个具有四个瞬动触点的中间继电器作为主体，再加上一个延时组件组成。它适用于交流 50Hz、电压至 380V，直流电压至 220V 的电路，延时接通和分断控制电路。有通电延时、断电延时两种规格，每种规格都有瞬动触点，延时范围有 0.2s~30s、10s~180s 两种。线圈电压为交流 110V、220V、380V。操作频率 1200/h。

3. 电动式时间继电器

电动式时间继电器又称同步电动式时间继电器，是由微型同步电动机驱动减速齿轮组，并由特殊的电磁机构加以控制而得到延时的继电器，也分为通电延时型和断电延时型两种。通常，电动式继电器由带减速器的同步电动机、离合电磁铁和能带动触点的凸轮组成。

电动式时间继电器的延时值可不受电源电压波动和周围介质温度变化的影响，延时范围大，在零点几秒到数十小时之内。但其结构复杂，不适于频繁操作，价格也较贵。常用的电动式时间继电器有：

(1) JS10 系列时间继电器 适用于交流 110V、127V、220V、380V 的电路，线圈消耗功率约 12VA。触点工作电压为 220V、工作电流为 1A，共有两对转换触点，复位时间小于 1s，寿命为 1 万次。

(2) 7PR 系列时间继电器 是引进德国西门子公司技术生产的产品。7PR1040 型继电器采用磁滞式同步电动机，7PR4040 型、7PR4140 型继电器采用永磁式同步电动机。

4. 电子式时间继电器

电子式时间继电器具有延时范围宽、延时精度高、耐冲击、调节方便,并且体积小及寿命长等特点,因此发展迅速,使用日益广泛。

传统的电子式时间继电器根据 RC 电路充电原理,利用电容器上的电压逐渐上升获得延时时间。通过改变充电电路的时间常数 RC,可整定延时时间。这类继电器又称为晶体管时间继电器。目前,高精度的电子式时间继电器采用大规模集成电路即专用的数字电路,通过晶体振荡和频率分频获得高精度延时时间。

电子式时间继电器的输出有两种形式,一种是有触点式,用晶体管驱动小型电磁式继电器;另一种是无触点式,采用晶体管或晶闸管输出。

常用的晶体管时间继电器有 JSJ、JSB、JS13、JS14、JS15、JS20 等系列。

JSJ 型晶体管时间继电器的电源电压为直流 24V、48V、110V,交流 36V、110V、127V、220V、380V;触点数为 1 常开、1 常闭,交流容量为 380V/0.5A,直流为 110V/1A;延时范围为 0.1s~60s(延时误差 $<\pm 3\%$)、120s~300s(延时误差 $<\pm 6\%$)。

JS13 型晶体管时间继电器的电源电压为交流 127V、220V、380V;触点不少于 1 常开、1 常闭,其容量为直流 110V/1A;延时时间为 10s~180s,延时误差 $<\pm 5\%$ 。

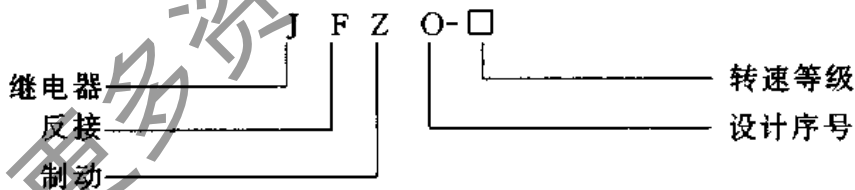
高精度电子式时间继电器具有延时的高精度及长延时的特点,选用高性能电子元器件,简化了线路,缩小了体积,提高了可靠性和抗干扰能力,降低了功耗,因此在各种要求高精度、高可靠性自动控制的场合作延时控制用,按要求时间接通和分断电流。常用的采用专用数字集成电路的时间继电器有 ST3P、ST6P 系列继电器,这是从日本富士公司引进的产品。

四、速度继电器

速度继电器用来对电动机的运行状态进行控制,即当转速达到规定值时继电器触点动作。它主要用于电动机控制电路中。

1. 速度继电器型号及图形符号

速度继电器型号的含义为:

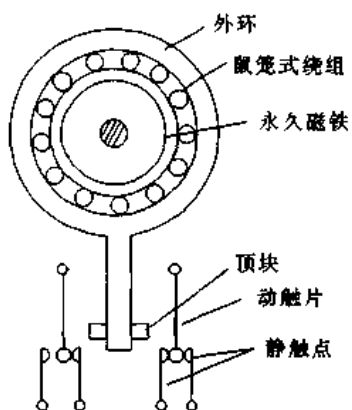


速度继电器的图形符号如图 3-27 所示。

2. 结构和工作原理

速度继电器的原理结构图如图 3-27 所示,它的轴上带有圆柱形永久磁铁,永久磁铁的外边是嵌着鼠笼式绕组的外环,外环可绕轴转动一定角度。

使用时,速度继电器的轴与被控制电动机的轴相连,当电动机带动速度继电器转动时,旋转的永久磁铁的磁通被外环的鼠笼式绕组切割,在绕组中产生感应电动势和感应电流。感应电流的大小与电动机的速度有关,当电动机转速达到一定数值时,感应电流在相应磁场力作用下,使外环转动。和外环固定在一起的顶块使常开触点闭合,常闭触点断开。速度继电器外环的旋转方向由电动机转动方向确定。因此,顶块可向左或向右拨动触点使其动作。当电动机转速下降到接近零时,顶块恢复到原来的中间位置。



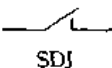
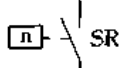
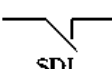
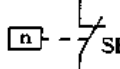
	64年国标	84年国标
常闭触头	 SDJ	 SR
常开触头	 SDJ	 SR

图 3-27 速度继电器原理结构图及图形符号

常用的速度继电器有 JY1、JFZ0 型,其主要技术见表 3-26。

表 3-26 常用速度继电器的主要技术数据

型 号	触头额定电压 (V)	触头额定电流 (A)	触头数量		额定工作转速 (转/m)	允许操作频率 (次/h)
			正转时动作	反转时动作		
JY1	380	2	1 常开 1 常闭	1 常开 1 常闭	100~3600	<30
JFZ0					300~1000 1000~3600	

第七节 电 磁 铁

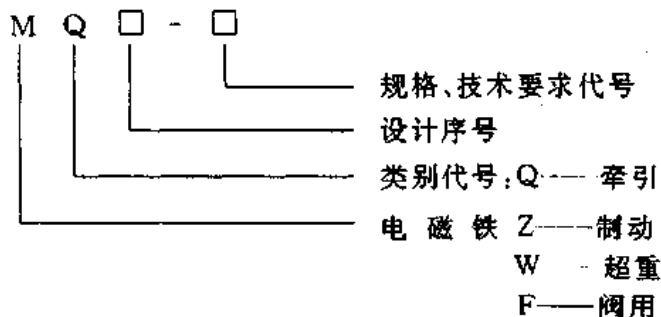
电磁铁是一种通电后对铁磁物质产生吸力,将电能转换成机械能的一种电器。

电磁铁的应用极为广泛,一方面它可以作为电器执行元件,应用于接触器、继电器等电器中;另一方面,可以直接利用电磁铁的吸力构成电气机械设备,完成自动化的动作。

电磁铁由线圈、铁心和衔铁三部分组成。当线圈中通过电流时,铁心被磁化而产生吸力,吸引衔铁动作。衔铁的运动方式有转动式和直动式两种。按线圈中通过电流的种类,电磁铁可分为直流电磁铁和交流电磁铁。

一、电磁铁型号及图形符号

电磁铁型号的含义为:



电磁铁的图形符号如图 3-28 所示。

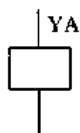


图 3-28 电磁铁的图形符号

二、常用电磁铁的分类及用途

常用电磁铁的种类、型号及用途见表 3-27。

表 3-27 常用电磁铁的种类及用途

序号	类别	型号	特点及用途
1	牵引电磁铁	MQ	一般为交流单相螺管式结构,分拉动式和推动式两种,主要用于自控装置中牵引或推斥其他机械装置,以达到自控或遥控的目的
2	制动电磁铁	MZS MZZ MZD	有交流和直流两类,衔铁行程小于 5mm 的为短行程,大于 10mm 的为长行程,直动或转动。通常与闸瓦式制动架配合使用,在电气传动装置中作为电动机的机械制动,实现迅速、准确地停车
3	起重电磁铁	MW	一般为直流,有圆盘形和矩形两种,用于在常温下搬运钢铁类磁性物体
4	阀用电磁铁	MFJ MFB MFZ	有交流和直流两类,采用装甲螺管式结构,主要用作电磁阀

习 题

- 常用的低压刀开关有几种类型?各有何特点?
- 画出刀开关的图形符号,说明开启式负荷开关型号的含义。
- 低压断路器的主要功能是什么?简述其工作原理。
- 小型及家用断路器的主要技术数据有哪些?适用于哪些场合?
- DZ47-60 系列断路器有什么特点?如何选用照明保护、电动机保护所用的 DZ47-60 断路器?
- 漏电保护断路器有什么特点?由几部分组成?
- 怎样选择熔断器的熔体和熔管?
- 主令电器有什么功能?常用的主令电器有哪些?
- 写出交流接触器型号的含义和图形符号。
- 交流接触器有什么功能?主要由哪几部分组成?
- 简述选用交流接触器的原则。
- 什么叫继电器?继电器与接触器有什么不同?
- 常用的电磁继电器有哪几种?各有什么作用?
- 热继电器有什么功能?简述双金属片式热继电器的工作原理。
- 时间继电器有什么功能?通电延时型和断电延时型时间继电器的延时特性有什么不同?
- 参观工厂企业,熟悉按钮开关、闸刀开关、熔断器、断路器、交流接触器、主令电器、继电器等低压电器的外形和结构,并画出它们的图形符号。

第四章 维修电工基本操作

第一节 钳工和焊接基本操作

一、钳工基本操作

在安装和维修电气线路及电气设备过程中,钳工操作和电工操作密切相关。电气设备的固定、安装、拆卸、装配、部件制作及供电架线都离不开钳工操作。

钳工基本操作包括划线、錾削、矫正、弯曲、锉削、锯割、钻孔、攻丝套扣等。

对维修电工的要求是:掌握钳工的基本操作,主要是指常用钳工工具的使用方法、操作要点及安全注意事项,学会常用钳工量具的使用方法。要做到这一点,必须参阅有关书籍,通过实习培训,在实践中逐步具备钳工基本操作技能。

二、焊接基本操作

焊接是将两个或两个以上的工作,按一定的形式和位置要求结合在一起的一种方法。电工常用的焊接方法有手工电弧焊和锡焊两种。

1. 手工电弧焊

手工电弧焊又称电焊。它使用交流电焊机,通过电弧对工件局部加热,使连接处的金属熔化,再填充金属,使工件连接在一起,是安装和维修大型电气设备时采用的一种加工方法。手工电弧焊属专业性较强的工种,维修电工要在实践中掌握电焊的基本操作方法,要求如下:

- (1) 正确使用交流电焊机、焊钳等电焊工具。
- (2) 根据焊接工件选用适合的焊条和不同的电流值。
- (3) 按焊接工件的结构、形状、体积和所处的位置,选择适当的焊接方式,如立焊、平焊、横焊、仰焊等。
- (4) 掌握装配焊件、引弧、运条和收尾等基本焊接方法,其中引弧和运条是操作的难点,应反复实践。
- (5) 必须遵守电焊安全操作规则。

2. 锡焊

锡焊又称钎焊,是维修电工常用的焊接方法,所用工具是电烙铁。对锡焊的要求是根据焊接对象,选择适当功率的电烙铁。不仅要掌握电子元件、控制线路的焊接方法,还要掌握电线电缆接头的焊接方法。应注意避免产生虚焊和假焊。

第二节 导线连接的基本操作

在电气安装和线路维修中,经常需要将一根导线与另一根导线连接起来。实现连接的方法

有多种,有绞接、焊接、压接和螺栓连接等,用于不同导线的连接。常用的连接工具有电工刀、剥线钳、钢丝钳、压接钳、电烙铁等。对导线连接的基本要求是:导线接头处的电阻要小,不得大于导线本身的电阻值,且稳定性要好;接头处的机械强度应不小于原导线机构强度的80%;保证接头处的绝缘强度不低于原导线的绝缘强度;导线连接处要耐腐蚀。

一、绝缘层的处理

导线在连接前,要对导线的绝缘层进行处理,即进行绝缘层的剖削,把导线端头的绝缘层削掉,并将裸露的导体表面清理干净。电磁线的表面涂有绝缘漆,有的绝缘漆外表还有丝、沙等绝缘层,连接前一定要消除。通常,漆包线的绝缘层采用刀片刮掉;线芯截面在 4mm^2 以上的塑料硬线可用电工刀来剖削,塑料软线用钢丝钳剖削;截面在 4mm^2 以下的绝缘电线用剥线钳或钢丝钳来剖削;塑料护套线和护套电缆用电工刀剖削。绝缘层剖削的长度一般在 $50\text{mm}\sim 150\text{mm}$ 之间,截面小的剖短些,截面大的剖长些。剖削绝缘层时应注意尽量不损伤芯线,如损伤较大,应重新剖削。

1. 电磁线绝缘层的处理

(1) 普通漆包线绝缘层的处理

对于直径在 0.5mm 以上的漆包线,可用刀片刮去线头表面的绝缘漆。其方法是:左手执线头,平放在工作台垫板上,右手用刀片轻刮,不断用左手转动线头,将漆包线线头周围绝缘层清除干净。

对于直径在 $0.15\text{mm}\sim 0.5\text{mm}$ 的漆包线,一般用细砂纸或砂布对折后夹住漆包线线头,轻轻摩擦,不断转动线头,使线头周围绝缘层清除干净。

对于直径在 0.15mm 以下的漆包线,可用电烙铁清除绝缘层。其方法是:将细砂纸或砂布上放少许松香或焊剂,左手将漆包线线头按在松香或焊剂上,右手用 25W 以下的电烙铁,沾锡后在线头上来回摩擦几次,漆皮就可去掉,同时线头挂锡。

(2) 绕包线绝缘层的处理

绕包线在漆包线的外面缠有天然丝、玻璃丝、绝缘纸等绝缘层,这种绝缘层与漆包线接触不十分牢固,做绝缘层处理时可先把丝包或纱包去掉,露出漆包线后按普通漆包线绝缘层处理方法清除即可。

需要说明的是,处理电磁线绝缘层后,通常立即用电烙铁进行挂锡,一方面防止铜氧化,方便下一步连接操作,另一方面可以检查绝缘层清除的质量,残存绝缘漆的部位是挂不住锡的。

2. 4mm^2 以上电线绝缘层的处理

(1) 对于线芯截面在 4mm^2 以上的塑料单芯电线,在做绝缘层处理时可用电工刀剥除,其方法如下:

① 根据所需线头的长度,确定电工刀起始位置,如图4-1(a)所示。

② 将刀口以 45° 角切入塑料层,注意不可触及线芯。然后将刀面与线芯以 15° 角向前推进,把绝缘层削出一条缺口,如图4-1(b)、(c)所示。

③ 将被剖开的绝缘层向后扳翻,用电工刀齐根切去,如图4-1(d)所示。

对橡皮绝缘电线也可参照此方法处理绝缘层。

(2) 对于线芯截面在 4mm^2 以上的塑料多芯电线,不能完全用上述方法处理绝缘层,这样会损伤多股芯线。一般做法是按照图4-1所示进行操作,但刀口与芯线保持一定距离,走刀完成后芯线外仍有一薄层的绝缘层,然后借助钢丝钳撕破被剥薄的绝缘层,向后扳翻,齐根切去。

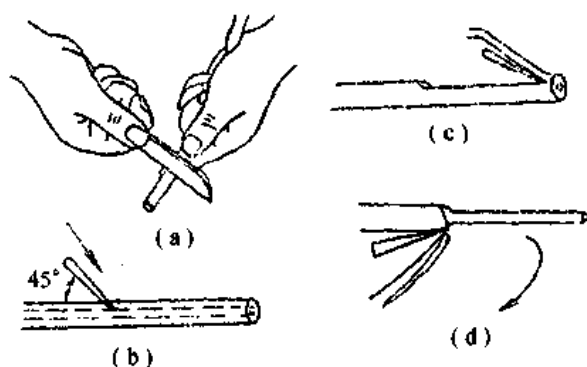


图 4-1 电工刀剖削绝缘层

3. 4mm^2 以下电线绝缘层的处理

线芯截面在 4mm^2 以下电线绝缘层的处理可采用剥线钳,也可用钢丝钳。

无论是塑料单芯电线,还是多芯电线,线芯截面在 4mm^2 以下的都可用剥线钳操作,且绝缘层剖削方便快捷。橡皮电线同样可用剥线钳剖削绝缘层。需注意,选用剥线钳的刃口要适当,刃口的直径应稍大于线芯的直径。

截面在 4mm^2 以下的电线,用钢丝钳处理绝缘层的方法如下:确定线头长度位置后,用钢丝钳钳口轻轻切破绝缘层表皮,不能伤及芯线;然后左手拉紧电线,右手适当用力握住钢丝钳头部,向外勒去绝缘层,如图 4-2 所示。应注意,在勒去绝缘层的过程中,右手不可在钳口处施加剪切力,这样会伤及芯线,甚至剪断芯线。

截面在 4mm^2 以下、 2.5mm^2 以上的单芯电线,其绝缘层的剖削也可采用电工刀来操作,操作方法同 4mm^2 以上单芯电线的相同。

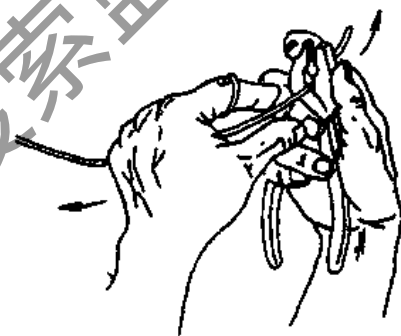


图 4-2 钢丝钳剥削绝缘层

橡皮绝缘电线也可参照上述方法处理绝缘层。

4. 塑料护套线绝缘层的处理

(1) 按所需长度,用电工刀刀尖对准芯线缝隙间,划开护套层,如图 4-3(a)所示。

(2) 向后将被划开的护套层翻起,用刀齐根切除,如图 4-3(b)所示。

(3) 将护套层内的两根线分开,可采用电工刀剖削单芯电线绝缘层的方法去掉绝缘层,即用电工刀在距护套层 $20\text{mm}\sim 30\text{mm}$ 处,以 45° 角切入一根导线的绝缘层;然后逐渐减少与导线的角度,用力向线端推削,削出一条缺口,扳翻切除绝缘层,完成绝缘层处理过程,如图 4-3 所示。两根导线的绝缘层也可以采用剥线钳或钢丝钳来剖削。

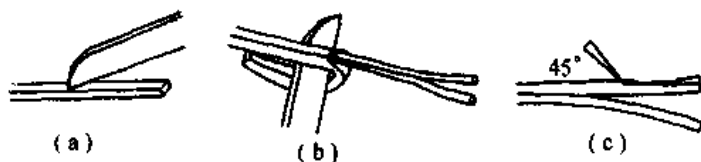


图 4-3 塑料护套线绝缘层的剖削

5. 花线绝缘层的处理

花线有两层绝缘层,外层是一层柔韧的棉纱编织层,保护内部的两根导线;里层是橡皮绝

缘层,保护两根芯线。花线的芯线是多股铜线。剖剥绝缘层的方法是:首先用电工刀按所需长度在花线外切割一圈,拉去棉纱织物保护层;在距棉纱保护层 10mm 处,用钢丝钳或剥线钳剖剥去橡皮绝缘层;对于伴有棉纱织物的芯线,应将棉纱织物松散开,用电工刀割去,如图 4-4 所示。



图 4-4 剥除花线芯线中的棉纱

花线芯线为多股铜线,且芯线直径较细,所以不用电工刀剖剥橡皮绝缘层。

6. 橡套电缆绝缘层的处理

橡套电缆最少有两层绝缘保护层,外护套层较厚,为橡皮绝缘保护层;内部每根线芯上又有各自的橡皮绝缘层。其绝缘层处理分两步:用电工刀划开橡皮外护套层,参照切除塑料护套层的方法,切除外护套层,露出多股芯线的绝缘层;根据芯线的截面,采用剥线钳或钢丝钳剖剥橡皮绝缘层。

对于有铅包层的电缆,可用电工刀进行剖剥,其方法是:首先确定绝缘层处理位置,然后在此位置上用电工刀切一圈刀痕;之后上下左右扳折,使铅包层由切口处折断,将它从线头上拉掉,露出芯线内绝缘层。

二、铜芯导线的连接

常用铜导线的芯线有单股和多股之分,多股芯线又有 7 股、19 股、37 股等许多规格,通常按芯线的股数采用不同的连接方法。

1. 单股铜导线的连接

单股铜导线有绞接和缠绕两种方法。

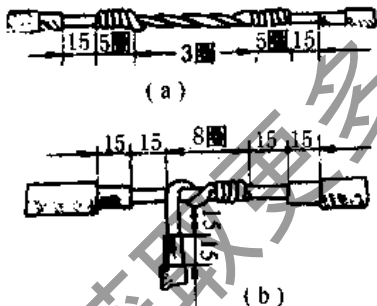


图 4-5 单股铜导线的绞接法

(1) 绞接法

通常,截面在 6mm^2 以下的铜导线连接采用绞接法,图 4-5 所示是绞接法示意图。直接连接的操作步骤是:将经过绝缘层处理的二导线相交,互相缠绕 3 圈;然后扳直两线头,将两线头分别在另一导线上紧密绕 5 圈,使两线头分别紧贴在导线上,剪切多余部分,完成电连接。

两导线作为分支连接时,可使支线与干线十字相交,先用手将支线在干线上粗略绕 2~3 圈,再用钳子紧密绕 5

圈以上,缠绕长度约为芯线直径的 8~10 倍,剪切多余的部分,如图 4-5(b)所示。

(2) 缠绕法

通常,截面在 6mm^2 以上的铜导线连接采用缠绕法,如图 4-6 所示。直接连接时,先将两线端头用钳子略加弯曲,使之合并,然后用直径约 1.5mm 的裸铜线紧密地缠绕在两根导线的并合处。并合处缠绕长度可视连接导线直径而定,通常导线直径在 5mm 以下取 60mm,在 5mm 以上取 90mm。做分支连接时,先将分支导线端头略加弯曲,将并合部分折成直角后,使之与干线并合,其后与直接连接操作相同,如图 4-6(b)所示。

2. 7 股铜导线的直接连接

7 股铜导线直接连接的操作步骤如下：

① 用砂纸将剖去绝缘层的芯线表面擦净，把接近绝缘层 1/3 段的芯线绞紧，把余下的 2/3 段芯线分散成伞状，逐根拉直。再把两个伞状芯线隔头对叉，如图 4-7(a) 所示。

② 将一端的 7 股线按 2、2、3 根分成三组，然后把张开的各线端合拢，紧贴于所连接的导线。接着扳起一组两根芯线，按顺时针方向缠绕于对叉连接处 3~5 圈，余下的线扳直理顺，如图 4-7(b) 所示。

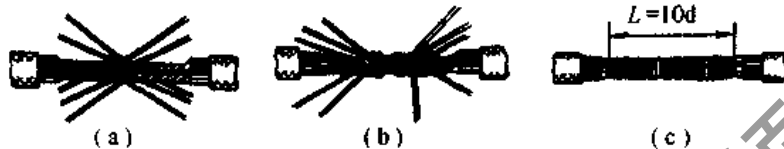


图 4-7 多股铜导线的直接连接

③ 用同样的方法，依次缠绕另外两组，顺序是先绕 2 根一组的，后绕 3 根一组的。绕完 3 根一组芯线后，切除多余的芯线，钳平线端。

④ 7 股芯线的另一接头做同样的处理，即完成 7 股铜芯导线的直接连接，如图 4-7(c) 所示。

3. 7 股铜导线的分支连接

7 股铜导线分支连接的操作步骤如下：

① 将分支芯线拉直，把近绝缘层 1/8 处的芯线绞紧，分芯线为两组，一组 4 根，一组 3 根。把干线中间撬开，一侧 4 根，一侧 3 根。再把支线中 4 根的一组插入干线芯线当中，3 根一组的位于干线芯线的前面。

② 把 3 根芯线的一组往干线右边按顺时针方向紧紧缠绕 3~5 圈，钳平线端。

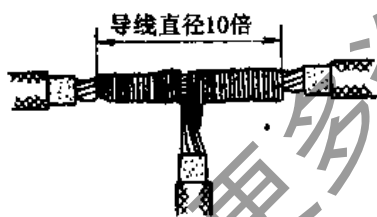


图 4-8 多股铜导线的分支连接

③ 把 4 根芯线的一组往干线左边按逆时针方向紧紧缠绕 3~5 圈，钳平线端，完成分支连接，如图 4-8 所示。

19 股以上的铜芯导线的直接连接和分支连接的方法可参照 7 股铜芯导线的连接方法进行，因芯线的数目较多，可适当剪去两线端中间的几根芯线，以便于缠绕。多股铜芯导线也可采用缠绕法连接，其过程与单股铜导线相同。

为了增加连接处的机械强度和改善导电性能，在多股导线的连接处有时还要进行锡焊处理。

三、铝导线的连接

由于铝极易氧化，并且氧化膜的电阻很高，因此铝导线的连接工艺比铜导线复杂，一般不采用铜导线的绞接法和缠绕法。铝导线连接的方法有螺钉压接法、管压接法、电焊法、气焊法多种，这里介绍常用的螺钉压接法和管压接法。

1. 螺钉压接法

这种方法使用瓷接头，又称接线桥，它用瓷接头上接线柱的螺钉来实现导线的连接。瓷接

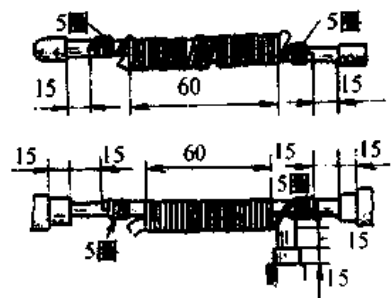


图 4-6 单股铜导线的缠绕法

头由电瓷材料制成的外壳和内装的接线柱组成。接线柱一般由铜质材料制作,又称针形接线桩,接线桩上有针形接线孔,两端各有一只压线螺钉。使用时,将需连接的铝导线或铜导线分别插入两端的针形接线孔,旋紧压线螺钉就完成了导线的连接,图 4-9 所示是二路四眼瓷接头的结构图。

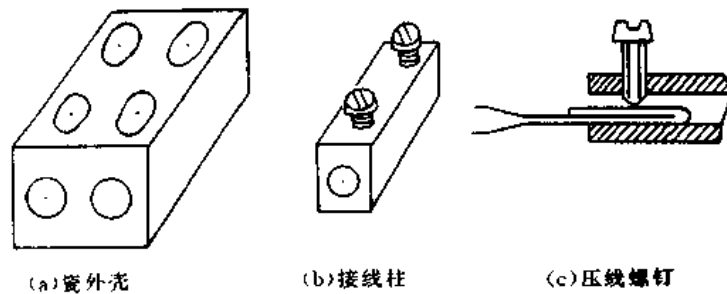


图 4-9 瓷接头的结构

螺钉压接法适用于负荷较小的单股铝导线的连接,优点是简单易行,其操作步骤如下:

- ① 把削去绝缘层的铝芯线头的表面氧化膜去掉,涂上中性凡士林膏,如图 4-10(a)所示。
- ② 作直接连接时,先把每根导线在接近线端处卷 2~3 圈,以备线头断裂后伸直再用。然后把四只线头插入相对应的两只瓷接头的四个接线柱上,旋紧接线柱的螺钉,完成直接连接,如图 4-10(b)所示。
- ③ 作分支连接时,把分支导线的两个芯线线端分别插入两个瓷接头的接线柱,旋紧螺钉,如图 4-10(c)所示。

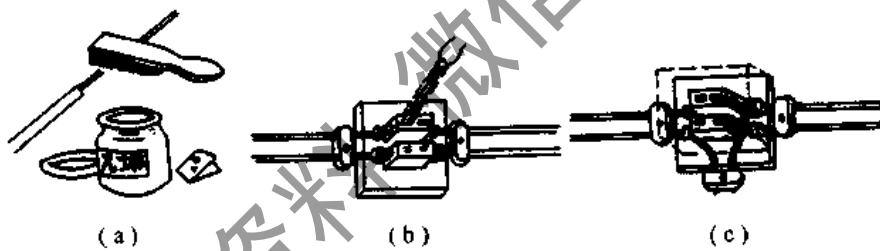


图 4-10 单股铝导线的螺钉压接法

- ④ 完成连接后,在瓷接头上应加盒盖,盒盖可以由塑料或木材制成。

2. 管压接法

这是利用铝压接管,又称铝套管,使用压接钳,实现铝导线的连接。管压接法适用于较大负荷铝导线的连接。

对于 10mm^2 以下的单股铝导线,多用铝压接管进行局部压接,操作方法如下:

- ① 根据铝线规格选择适当的铝压接管,剥去导线两端的绝缘层约 55mm 左右。
- ② 用电工刀或钢丝刷清除铝芯表面和压接管内壁铝氧化层,涂上中性凡士林油。
- ③ 把两根导线线端插入压接管,使导线线端重叠部分的长度略长于压接管。
- ④ 用压接钳进行压接,使压接钳压到必要的极限尺寸,并使压坑的中心线处于同一条直线上。图 4-11 所示为连接示意图。

需要说明的是,铝压接管有椭圆形和圆形两种,上述操作所用的是应用较普通的椭圆形压接管。

对于多股大截面铝导线的连接,其过程与单股铝导线基本相同,但所用压接管采用圆形

的。需要注意的是,以上只粗略地介绍了铝导线连接过程,在实际操作中对不同规格的铝导线所用的压接管、压接坑的距离和数目都有具体的规定。因此在操作之前要查阅有关材料,务必按技术要求进行操作。

除了螺钉压接法和管压接法以外,大截面铝导线用做户外架空线路的连接采用并沟线夹螺钉压接法,这里不作介绍。

四、电磁线的连接

普通的漆包线经过绝缘层剖削以后,都可以参照单股铜导线的连接方法,截面较小的漆包线采用绞接法连接,截面较大的采用缠绕法连接。需要说明的是,为了保证连接处对电阻的要求和机械强度的要求,导线连接后都要进行锡焊。

对于直径在 2mm 以上的圆铜导线的连接,有时采用套接法,其操作步骤如下:

① 选好与导线直径相适应的连接套管。套管采用厚度在 0.6mm~0.8mm 的镀锡铜皮卷制而成,长度一般为导线直径的 8~10 倍,接缝处留有缝隙,如图 4-12 所示。

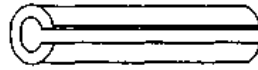


图 4-12 连接套管

② 将经过绝缘层处理的两线头相对插入套管,使线头顶端对接在套管中间。

③ 进行锡焊,使焊锡充分浸入套管内部,充满中间缝隙,将线头和套管铸成整体。

矩形导线截面在 25mm^2 以下的也可采用套接法连接。套接法多用于连接导线长度没有重叠余量的场合。

五、导线与接线螺钉的连接

低压线路与低压电器、照明器具通常是通过接线螺钉实现连接的,常用的接线螺钉有针孔式、螺钉平压式和瓦型式三种。

1. 导线与针孔式接线柱的连接

针孔式接线桩就是瓷接头所用的针形接线桩,利用压线螺钉实现与导线连接。主要用于室内线路中某些电器的连接,如熔断器、刀开关及监测仪表等。

(1) 单股芯线与针孔式接线柱的连接

若芯线直径小于针孔,最好将芯线线头折成双股后并排插入针孔,使压线螺钉顶紧双股芯线中间;若芯线直径较粗,也可直接用单股插入针孔,但芯线插入前,应将线头稍微向着针孔上方弯曲,以防止压线螺钉稍松时线头脱出。

(2) 多股芯线与针孔式接线柱的连接

多股芯线与针孔式接线柱相接,先要将芯线线头进一步绞合紧,注意线径与针孔的配合。

若绞紧后线径与针孔的大小相适合,将线头插入针孔,旋紧螺钉直接压接,如图 4-13(a) 所示;若针孔过大,可用一单股芯线在线头上密绕一层,以增大线头直径,然后进行插入压接,也可选一根直径相宜的裸导线作绑扎线来增大线头的直径,如图 4-13(b) 所示;若针孔过小,可将芯线线头散开,适量减去中间几股,绞合紧后进行压接,如图 4-13(c) 所示。

使用针孔式接线柱应注意,无论是单股或多股芯线的线头,在插入针孔时一定要插到底,

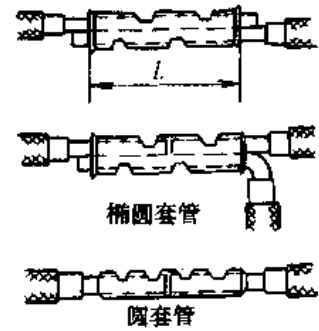


图 4-11 铝导线的管压接法

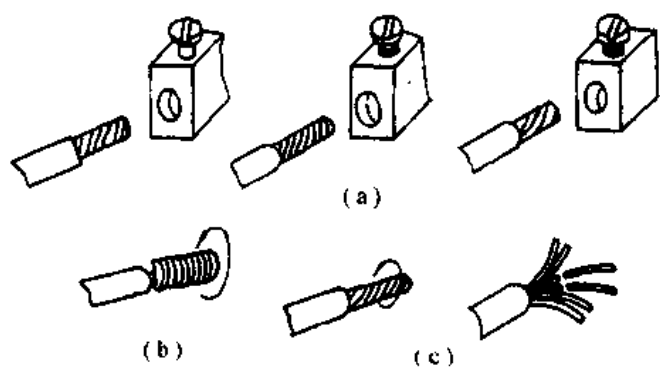


图 4-13 多股芯线与针孔式接线柱的连接

不能使绝缘层进入针孔,孔外裸线的长度不应大于 3mm。

2. 导线与平压式接线螺钉的连接

平压式接线螺钉利用半圆头、圆柱头或六角头螺钉加垫圈将线头压紧,完成电连接。对载流量小的导线多采用半圆头接线螺钉,如常用的拉线开关、插座、普通灯头、吊线盒等。载流量稍大的导线采用其他两种形式的接线螺钉。

(1) 小载流量导线与半圆头接线螺钉的连接

载流量较小的单股芯线压接时,应将线头制成压接圈,压接圈的制法如图 4-14 所示。用半圆头接线螺钉穿过垫圈、压接圈,旋紧半圆头螺钉,压紧导线线头,完成电连接。载流量较小的多股芯线也可将线头制成压接圈,采用上述方法完成电连接,图 4-15 所示多股芯线压接圈的作法。

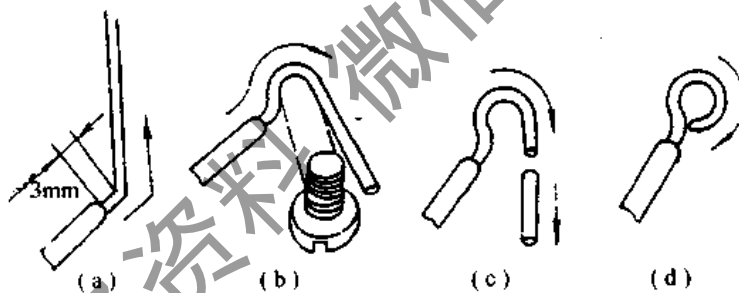


图 4-14 单股芯线压接圈的作法

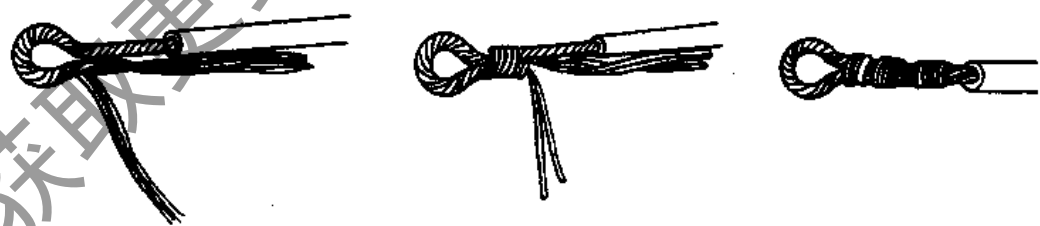


图 4-15 多股芯线压接圈的作法

(2) 导线与圆柱头接线螺钉的连接

载流量稍大,直径大于 1.5mm 以上的导线作平压式连接,一般采用圆柱头接线螺钉,压接力量大。压接方法可参照(1),作成压接圈完成电连线。

(3) 导线通过接线鼻与接线螺钉连接

接线鼻又称接线耳,俗称线鼻子,是铜质接线片。对于大载流量的导线,如截面在 10mm²

以上的单股线或截面在 4mm^2 以上的多股线,由于线粗,不易弯成压接圈,同时弯成圈的接触面会小于导线本身的截面,造成接触电阻增大,在传输大电流时产生高热,因而多采用接线鼻进行平压式螺钉连接。接线鼻的外形如图 4-16 所示,从 1A 到几百 A 有多种规格。

用接线鼻实现平压式螺钉连接的操作步骤如下:

- ① 根据导线载流量选择相应规格的接线鼻。
- ② 对没挂锡的接线鼻进行挂锡处理后,对导线线头和接线鼻进行锡焊连接。
- ③ 根据接线鼻的规格选择相应的圆柱头或六角头接线螺钉,穿过垫片、接线鼻、旋紧接线螺钉,将接线鼻固定,完成电连接。

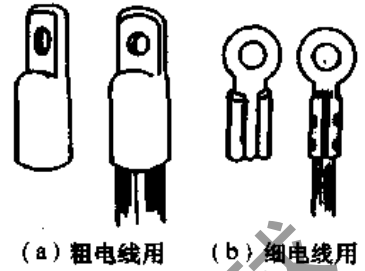


图 4-16 接线鼻

接线鼻应用较广泛,大载流量的电气设备,如电动机、变压器、电焊机等的引出接线都采用接线鼻连接;小载流量的家用电器、仪器仪表内部的接线也是通过小接线鼻来实现的。

3. 导线与瓦型接线桩的连接

瓦型接线桩采用的是瓦型垫圈,如图 4-17 所示。接触器、继电器、控制变压器等低压电器都利用瓦型垫圈进行导线平压式连接。连接时,为防止线头脱落,应将芯线线头除去氧化层后弯成 U 形,再用瓦形垫圈进行压接。如需两个线头同时接入,应按图 4-17(b)所示进行连接。

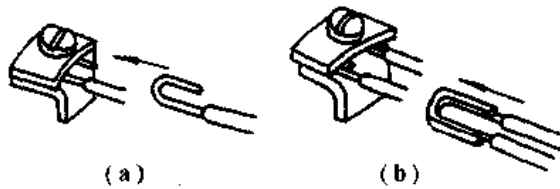


图 4-17 导线与瓦型接线桩的连接

采用接线螺钉的连接方法需要注意的是,无论是单芯或多股导线制作压接圈,其弯曲的方向一定要与接线螺钉旋紧方向一致,即按顺时针方向弯折。

六、导线绝缘强度的恢复

导线连接完成后应恢复其绝缘强度,在连接处进行绝缘处理。对于低压供电线路,通常采用 20mm 宽的黄蜡带和黑胶带作绝缘材料,对连接处进行绝缘缠绕。操作方法如下:

- (1) 将黄蜡带从导线左边距连接处约 40mm 处开始缠绕,黄蜡带与导线保持约 55° 的倾角,每圈重叠带宽的 $1/2$,如图 4-18(a)、(b)所示。
- (2) 缠绕一层黄蜡带后,用黑胶带接在黄蜡带的尾端,按另一倾斜方向缠绕一层黑胶带,其重叠部分仍为带宽的 $1/2$,如图 4-18(c)、(d)所示。

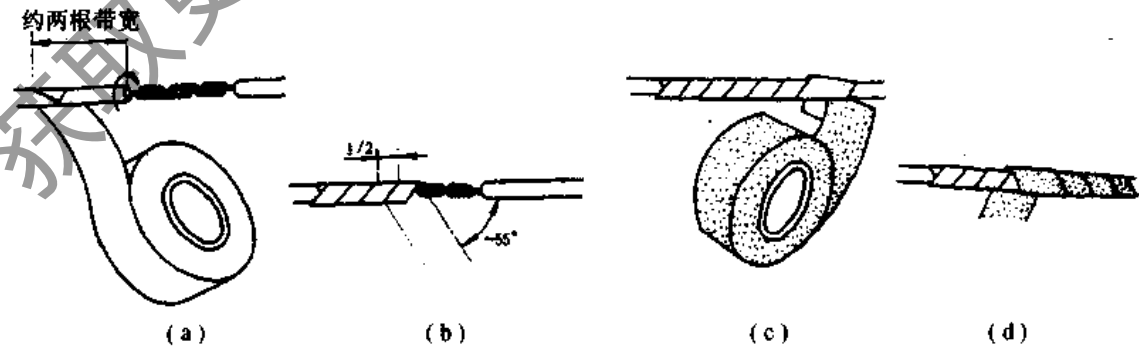


图 4-18 绝缘带的包缠

- (3) 缠绕时,绝缘带应紧缠导线,绝不能露出芯线。

(4) 处理 220V 供电线路连接处时,先缠绕一层黄蜡带,再缠绕一层黑胶带,也可只缠绕两层黑胶带。

(5) 处理 380V 供电线路连接处时,必须先缠绕 1~2 层黄蜡带,再缠绕一层黑胶带。

第三节 室内配线的基本操作

室内配线的基本操作是维修电工的基本功之一。室内配线又称室内布线,其基本操作内容包括配线前的导线穿墙处理、固定件的埋设和室内基本配线方式的操作。

一、导线穿墙处理

在供电配线的过程中,户外与户内、室与室之间的导线要穿越墙壁,对穿墙配线的要求是导线穿墙必须经过穿墙套管。

导线穿墙的操作步骤如下:

(1) 根据配线的需要选择穿墙套管,常用的穿墙套管有三种:瓷管、钢管和硬塑料管。照明线路使用较多的是瓷管。按穿墙导线的根数和截面确定穿墙套管的管径,一般管内导线的总面积不应大于穿墙套管有效截面的 40%。

(2) 按配线要求在墙上标划出穿墙孔位置,如需排列多根穿墙套管,应做到一管一孔,并使穿墙孔水平均匀地排列。

(3) 根据穿墙套管的管径,钻打墙孔。

对于木质墙体,通常使用木钻或普通电钻来钻打墙孔。

对于砖或混凝土结构的墙体,通常使用电锤或冲击钻钻打墙孔。

不具备条件的也可使用凿子来凿打墙孔,凿打方法及注意事项如下:

- ① 按所用穿墙套管的管径选择凿子的外径。
- ② 凿打砖结构墙孔时,应选用图 2-8(e)所示的由无缝钢管制的长凿。
- ③ 凿打混凝土结构墙孔时,应选用图 2-8(c)所示的由中碳圆钢制成的长凿。
- ④ 穿墙孔应凿得平直,防止出现前大后小的喇叭状。

(4) 进户瓷管必须每线采用一根弯头瓷管,户外一侧弯头要向下。

(5) 穿墙套管置于穿墙孔后,应用水泥等填封管墙之间的空隙,使穿墙管固定。

(6) 导线穿墙的两侧要采用绝缘子,使导线固定。

二、固定件的埋设

电气设备和配线都要求固定,一般采用螺栓或焊接固定在基础、墙、柱或其他支撑物上。但对混凝土或砖结构的支撑物,都必须事先进行固定件的埋设,作为固定电气设备和线路的支撑点。固定件埋设的方法有几种,如预埋铁件、留孔埋设、木棒埋设、膨胀螺栓固定等。通常根据被固定的电气设备的负荷大小,采取相应的方法。

固定大、中型电气设备,因其安装负荷重,固定件埋设一般采用预埋铁件和留孔埋设的方法。所谓预埋铁件,是在混凝土和砖结构中,预先埋设带有弯钩圆钢脚的铁板或开尾叉的角钢,作为固定电气设备的支撑点。留孔埋设是在按设计图纸浇混凝土基础时留出孔洞,以便混凝土二次灌浆来固定设备的地脚。这两种固定件埋设的操作,通常由土建部门根据相关图纸进行施工。

维修电工在室内配线经常采用木棒埋设和膨胀螺栓两种方法进行固定件埋设。

1. 木棒的埋设

对于安装负荷较轻的线路或电气装置,可用木棒埋设的方法来安装支撑点。木棒埋设又称打孔埋设,是在砖或混凝土结构上人工凿孔,然后埋设木棒,利用木棒来固定线路或电气装置。其操作步骤如下:

(1) 木棒孔的凿打

① 先按电气装置线路的位置,标划出木棒孔位置。

② 砖结构木棒孔的凿打,可选用小扁凿。木棒孔应凿打在两砖之间的夹缝中,呈矩形。按图 4-19(a)所示方法进行。

③ 水泥结构木棒孔的凿打,可选用麻线凿,按图 4-19(b)所示方法进行,木棒孔应凿打成圆形。

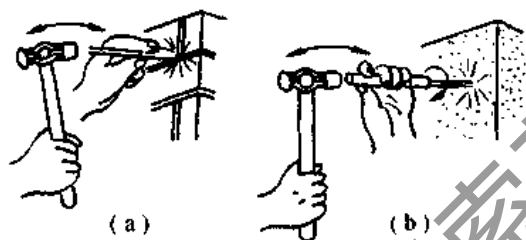


图 4-19 木棒孔的凿打

④ 木棒孔径应略小于木棒 1mm~2mm,孔深应略长于木棒约 5mm。

⑤ 木棒孔应与墙面保持垂直,不可歪斜,孔径的口和底应一致,防止出现口大底小的喇叭状。

(2) 木棒的削制

① 木棒应选用干燥松木制成。

② 用于砖结构的木棒,使用电工刀削成截面为长 12mm、宽 10mm 的矩形;用于水泥结构的木棒,削成截面对边距离为 8mm 的正八边形。木棒的长度一般为 25mm~40mm。

③ 木棒前后粗细要均匀,不可削成锥体形。木棒的头部应倒角,以便于打进木棒孔。

(3) 木棒的安装

把带有倒角的木棒头部塞入木棒孔,用手锤轻击。打入 1/3 后,检查木棒是否与墙面垂直,如出现歪斜应及时纠正。木棒与孔的松紧程度应合适,防止过紧而打烂木棒尾部,过松固定不牢固。木棒全部进入棒孔后应与墙面平齐,如有松动、尾部打烂等现象,应更换木棒,重新安装。

冲击钻、电锤现在使用得比较普遍,木棒孔多采用冲击钻或电锤来打孔。使用冲击钻或电锤打木棒孔应根据负荷的轻重选择合适直径的钻头,木棒的截面制成圆形。

2. 膨胀螺栓的埋设

在砖或混凝土结构上安装线路、电气装置,目前多采用膨胀螺栓来进行固定。膨胀螺栓的种类与规格请见第二章常用安装材料的有关内容。膨胀螺栓埋设的操作步骤如下:

(1) 根据安装负荷的大小,选择相应的膨胀螺栓的种类,室内布线一般多采用塑料膨胀螺栓。

(2) 按使用膨胀螺栓的规格选择相应的冲击钻或电锤的钻头。

(3) 按电气装置线路的位置,在安装构件上标划出膨胀螺栓安装孔的位置。

(4) 用冲击钻或电锤按标划的位置打安装孔,使用的冲击钻或电锤应与安装面垂直,保证

安装孔垂直于安装面。安装孔的深度要大于膨胀螺栓的长度。

(5) 对于塑料膨胀螺栓,将胀管嵌入安装孔,用手锤轻敲,使胀管口与安装面齐平,通过旋紧螺钉,使之紧固在安装构件上。对于钢制膨胀螺栓,将穿有螺栓的胀管嵌入安装孔,用手锤轻敲,使胀管口与安装面平齐,通过旋紧螺母,使之紧固在安装构件上。

三、夹板配线

夹板分瓷夹板和塑料夹板两种,其配线方法相同。夹板配线方法简单,布线费用少,安装和维修方便,适用于干燥、无机械损伤、用电量较小的场合。夹板有单、双、三线三种,又分大、中、小三号,应根据导线的条数和线径的粗细,选用适当规格的夹板。采用夹板配线,铜导线的截面不应小于 1mm^2 ,铝导线的截面不应小于 1.5mm^2 ,导线的最大截面应小于 10mm^2 ,导线与建筑物表面的距离不得小于 10mm 。导线敷设的高度应距地面 2m 以上,在接至开关、插座等电器时,允许减为 1.3m 。同时夹板配线还要考虑到室内走线的美观。

夹板配线的操作步骤如下:

1. 定位和划线

首先按电气装配图确定灯具、开关、插座和配电板等电器的安装位置,然后确定导线的敷设位置。确定导线敷设位置后,确定导线起始端、穿墙位置、转角、终端等处的夹板安装位置,最后确定导线敷设路径中夹板的安装位置。

各种电器,如开关、灯具、插座等距其接线端 50mm 处都应安装夹板,距导线转角、分支 50mm 处也应安装夹板。导线中间相邻夹板的距离在 $0.6\text{m}\sim 0.8\text{m}$ 之间,排列要对称均匀。

定位用粉线袋划线,在建筑物表面标出导线所经过的路径,并在开关、灯具、插座和配电板固定点的中心处做标记。

2. 固定夹板

对于敷设于木结构建筑物的夹板,可直接用木螺丝固定,所用木螺丝的长度一般2倍于夹板的高度。敷设于砖或混凝土结构建筑物的夹板,多采用木棒和塑料膨胀螺栓的方法固定。此外,夹板也可采用环氧树脂粘接法固定,具体方法请按环氧树脂粘接剂调制配方和使用方法的有关规定进行。

3. 导线穿墙处理

导线需穿墙走线时,应按划线标记凿打穿墙孔,选用穿墙套管。

4. 敷设导线

固定好夹板,即可敷线。将盘绕的导线依次放线,放线时应避免导线打结。若导线弯曲,可用抹布和螺丝刀木柄将导线捋直,敷线时,先将两条导线一端送入夹板槽,拧紧木螺丝使其固定。然后按划线所示,把导线嵌入下一个夹板槽。为使导线平直绷紧,应一只手紧拉导线,另一只手旋紧木螺丝,压紧夹板,用同样方法旋紧所有夹板。

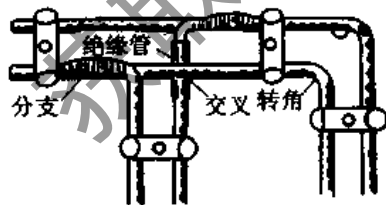


图 4-20 夹板配线

图 4-20 所示为夹板配线图。由图可见,导线转弯处应装两只夹板;导线分支处应装三只夹板;导线交叉处必须加绝缘套管,如瓷套管或塑料管。

四、瓷瓶配线

瓷瓶配线是利用瓷瓶支撑导线的一种配线方法。瓷瓶较瓷夹板高,机械强度大,适用于用

电量较大而又比较潮湿的场合。用电量、跨度较大的车间、厂房多采用瓷瓶配线。瓷瓶配线，导线较细一般采用鼓形瓷瓶，导线较粗采用针形瓷瓶。配线力求整齐，尽量沿房屋沿线、墙角敷设。走线应平直，瓷瓶排列要均匀。

瓷瓶配线的步骤与夹板配线基本相同。定位和划线、导线穿墙处理可按夹板配线进行。现对固定瓷瓶和敷设导线加以说明。

1. 固定瓷瓶

瓷瓶的固定同样可采用瓷夹板木棒固定方法。但是瓷瓶较高，导线较粗，要求机械强度大，用木棒固定应适当地增加木棒的宽度和长度。用电量较大的瓷瓶配线，瓷瓶的负荷较大，多将瓷瓶安装在钢铁支架上，钢铁支架用螺栓固定在墙上或房架上。图 4-21 所示为瓷瓶在钢铁支架上的固定，图中 L 的尺寸在 70mm~100mm 之间。

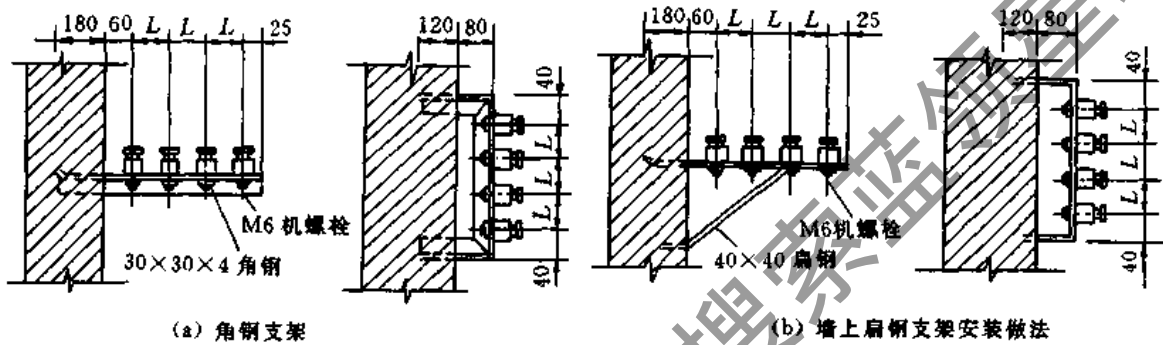


图 4-21 瓷瓶在钢铁支架上的固定

2. 敷设导线

敷设导线应从一端开始，将导线按要求绑扎在瓷瓶上，然后将直导线，依次经过其他瓷瓶。通常将导线的另一端绑扎固定后，再绑扎中间的瓷瓶和导线。其具体操作如下：

(1) 终端导线的绑扎。绑扎的方法如图 4-22(a) 所示。绑扎线宜用绝缘线，绑扎线的线径和绑扎圈数见表 4-1。

表 4-1 终端导线绑扎线线径及圈数

导线截面 (mm) ²	绑线直径(mm)			绑线圈数	
	纱包铁心线	铜芯线	铝芯线	公圈数	单圈数
1.5~10	0.8	1.0	2.0	10	5
10~35	0.89	1.4	2.0	12	5
50~70	1.2	2.0	2.6	16	5
95~120	1.24	2.6	3.0	20	5

(2) 中间导线的绑扎。中间瓷瓶和导线的绑扎有单绑法和双绑法两种，方法如图 4-22(b)、(c) 所示。通常截面在 6mm² 以下的导线采用单绑法，绑扎线用 0.8mm 的铁心线。截面在 10mm² 以上的导线采用双绑法，绑扎线用 1.0mm 以上的铁心线。

(3) 导线在同一平面曲折时，瓷瓶应在导线曲折角的内侧；导线有分支，应在分支处设置瓷瓶来支持导线；导线有交叉，应在导线上套绝缘管保护。

(4) 平行的两根导线进行瓷瓶配线，两线之间的距离应大于 70mm，瓷瓶应处于导线的同一侧或处在导线的外侧，不应设在两根导线的内侧。

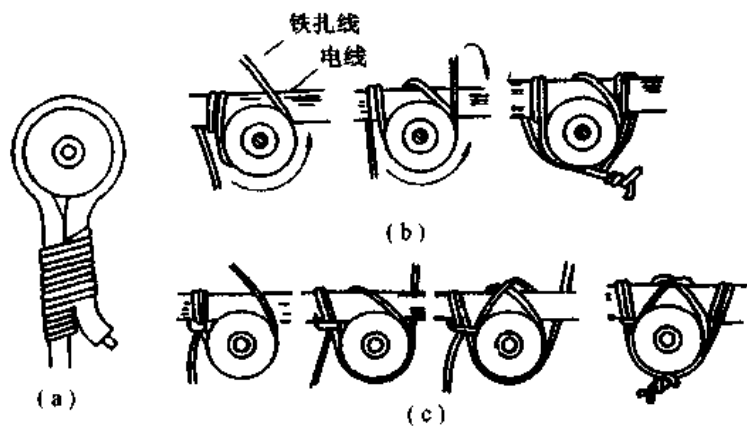


图 4-22 瓷瓶配线的绑扎

五、槽板配线

常用的槽板有木槽板和塑料槽板,其配线方法相同。槽板配线适用于办公室、生活间、学校、图书馆等照明配线。

槽板配线的定位和划线、导线穿墙、木棒或膨胀螺栓的固定与前述几种配线方法相同。

1. 固定槽底板

按导线路径固定槽底板。通常在距槽底板的两端约 40mm 处作为固定点,配线路径两个固定点之间的距离一般不大于 500mm。对于木结构安装面,可用木螺丝或铁钉固定槽底板。对于砖或混凝土结构的安装面,可用水泥钉固定或者用塑料膨胀螺栓固定。

使用木槽板配线,木槽板的安装钉应通过槽底板中间的木脊与安装面固定。两块槽底板直接拼接时,应在端口锯平或成 45°角;转角处接接时,两槽底板应成 45°角,并把转弯处线槽内侧削成圆形,以防敷线时碰伤导线绝缘;槽板 T 型拼接时,可垂直拼接或夹角接接,要去掉槽底板的筋。拼接要保证线槽对准,拼接紧密,走线顺畅。图 4-23 所示为槽板连接方法示意图。

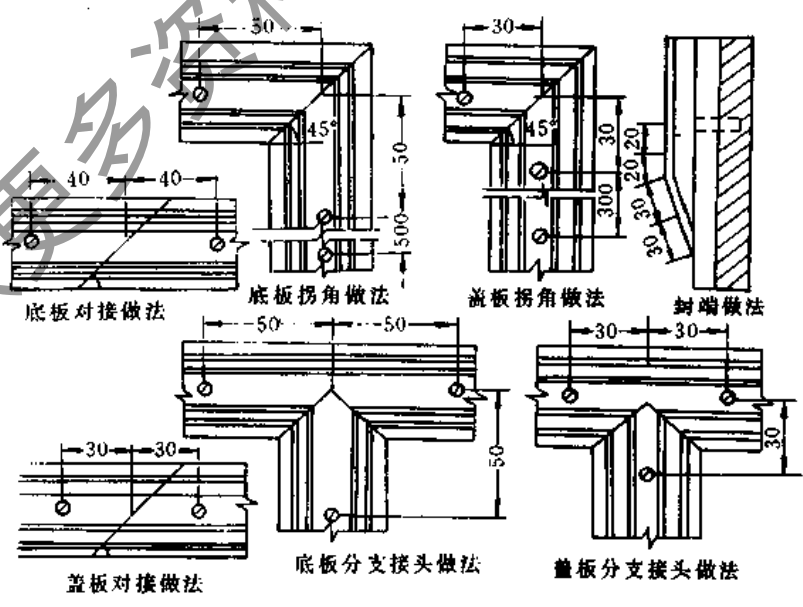


图 4-23 槽板配线

使用塑料槽板配线,安装钉应尽量与槽底板相平。槽底板拼接时,拼接方法与木槽板相同,

槽板 T 型拼接时多采用垂直拼接,锯割所用的工具是手钢锯。槽板拼接也可选择角弯、三通、槽线盒等配件,配线方便、美观。

2. 敷设导线

固定好槽底板后,就可敷设导线。槽板所敷导线应是绝缘线,铜导线截面不应小于 0.5mm^2 ,铝导线截面不应小于 1.5mm^2 。

使用木槽板配线,敷线时每一线槽只敷设一根导线。槽内的导线不应有接头。必须有接头时要安装接线盒,接头留在接线盒内。槽板配线要避免导线相交,必须相交时,应把一条支路的槽板锯短,把导线套上绝缘套管,跨过另一条支路的槽板。

使用塑料槽板配线,线槽内导线的总截面,包括绝缘层在内一般为线槽截面的 30% 左右。

3. 固定盖板

在敷设导线的同时固定盖板。对于木槽板,通常用小铁钉将盖板钉在槽底板木脊上,两钉之间的距离应小于 300mm。盖板的连接处应与槽底板的连接处错开。对于塑料槽板,通过盖板和槽底板的卡口可方便地固定在一起。

4. 槽板配线的电器安装

采用槽板配线,槽板的一端或中间不直接安装灯头、开关、插座等电器,安装电器应用圆木台或塑料圆台相接。相接时,先把圆木台挖出豁口,扣在槽板上。当导线敷设到灯具、开关、插座等电器处,一般留出 100mm 长的线头,以便连接。

六、塑料护套线配线

塑料护套线是一种具有塑料保护层的双芯或多芯绝缘导线,具有防潮、耐腐蚀、价格低等优点。塑料护套线可以利用铝片线卡或塑料钢钉线卡作为支撑物,直接敷设在空心板、墙壁以及其他建筑物表面,安装方便;塑料护套线还可以敷设在天棚内作暗线安装。塑料护套线是目前居民住宅和办公室照明线路普遍采用的配线方法。护套线的铜芯截面应在 0.5mm^2 以上。

1. 划线定位

根据电源进线和用电器的位置,确定导线路径并划线。同时,对所有固定线卡的位置作出标记。

2. 线卡的固定

常用的线卡有铝片线卡和塑料钢钉线卡两种。应根据所用塑料护套线选择合适的线卡种类和规格。线卡的种类与规格请见第二章有关内容。在照明线路中使用较多的是 0 号和 1 号铝片线卡。

铝片线卡的固定有两种方法,一种是用铁钉或水泥钉,直接将铝片线卡固定在安装面上;另一种先固定铝片线卡的底座,底座有金属线卡底座和塑料线卡底座,通常用粘接剂固定在安装面上,然后穿装铝片线卡。固定好的铝片线卡包绕塑料护套线,如图 4-24(a)所示。线卡的距离在 150mm~300mm 之间。在距开关、插座和灯具的圆台 50mm 处都应设置线卡。

3. 敷设导线

在固定线卡的同时敷设导线。导线应捋直,走线应横平竖直。导线的连接应通过接线盒、瓷接头或借用其他电器的接线柱进行;护套线转角时,转弯处圆弧要大,转弯前后应各设一个铝片线卡;两根护套线应尽量避免交叉,必须交叉时,交叉处应用 4 只线卡固定导线。图 4-24(b)所示为塑料护套线配线示意图。

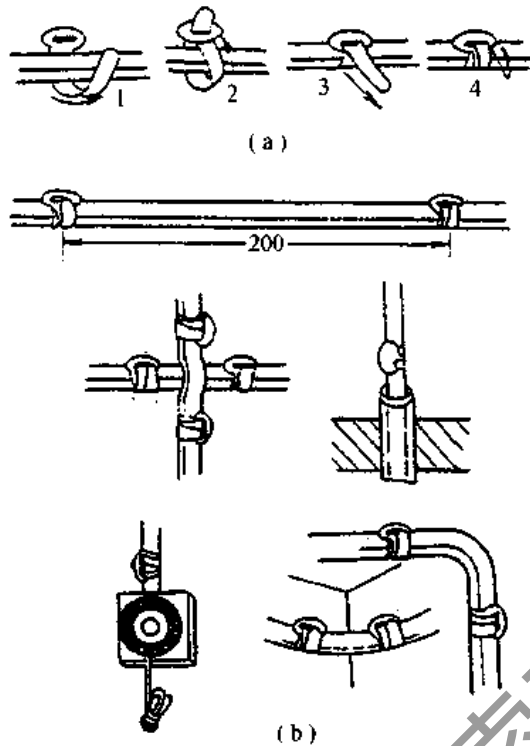


图 4-24 塑料护套线配线

七、线管配线

把绝缘导线穿在管中实现配线称为线管配线。线管配线有防潮、耐腐、导线不受机械损伤等优点。但其安装复杂,维修不便,造价较高。

线管配线操作步骤简述如下:

1. 选择线管

根据敷设现场,选择线管类型。对于潮湿和有腐蚀性气体的场所,一般采用水煤气管,腐蚀性较大的场所采用硬塑料管,干燥的场所多用电线管。根据穿管导线的根数和截面来确定线管的内径,一般要求穿管导线的总截面,包括绝缘层在内不应超过线管内径截面的40%。

2. 线管落料

按敷设导线路径,决定线管的长度,由此进行落料。落料前应检查线管的质量,对有裂缝、瘪陷部分要事先除去。

3. 弯管

根据实际走线,对弯曲部位,应进行弯管处理。金属管、塑料管弯管所用的工具和操作方法各有不同,应按有关规定进行弯管。

4. 接管

无论是明配管还是暗配管,管与管之间要连接。通常钢管采用管箍连接,塑料管采用插入连接,如图 4-25 所示。线管的连接较复杂,应按有关操作规定进行。

5. 线管的固定

线管明线敷设,应采用管卡支撑。在线管的直线部分,两管卡的距离在 1.5m~3.5m 之间。线管弯曲处两侧、线管与电器相连端都应设管卡固定。暗线敷设的线管一般在土建施工中预埋,其操作按要求进行。

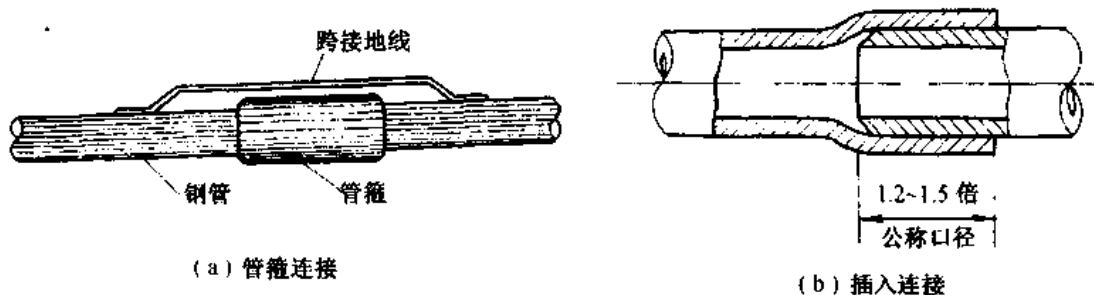


图 4-25 线管的连接

6. 线管的接地

用金属管作线管时,线管必须可靠接地。通常用直径 6mm~10mm 的圆钢将各金属管相连,在配线的始、末端分别与接地体相连,使所有线管都可靠接地。

7. 线管穿线

在线管固定好后,进行线管穿线。穿线前先用压缩空气或用钢丝绑抹布,清除管内的杂物和水份,穿线一般用直径 0.12mm 的钢丝做引线,将导线穿入线管。完成穿线后,将线管端口的导线根据线路图接入各电气设备。

第四节 电子元器件的检测

常用电子元器件的检测是电子技术操作的最基本的内容,通过检测电子元器件的训练,培养学生使用万用表的基本功,掌握检测常用电子元器件的方法。

一、电子元器件安装和焊接的注意事项

- (1) 在安装和焊接前,对所用的电子元器件要明确其规格型号,应符合使用条件。
- (2) 焊接前,二极管、三极管、晶闸管等各引线脚要认定,必要时要作出记号,以示区别。电解电容器要分清正负极引线。
- (3) 电子元器件安装中需要引线脚弯曲时,弯曲处距离壳体不应小于 5mm,以免引线齐根折断。
- (4) 电子元器件在安装之前,焊脚要刮净,并用松香水或无腐蚀性焊剂上锡。
- (5) 根据电子元器件引线的粗细,选择适当功率的电烙铁来焊接。
- (6) 在保证焊锡熔化情况下,电烙铁与电子元器件的接触时间应尽可能短。
- (7) 杜绝假焊和虚焊。
- (8) 在维修中改焊电子元器件时,要注意不触动其他元器件和导线。改焊后,应对改焊过的地方用酒精棉清除污垢、焊剂等,改动过的导线、元器件都要复位。

二、电阻的检测

1. 电阻值的正常测量

测量电阻的阻值,使万用表的选择形状置电阻档,先进行调零再将万用表的两只表笔与被测电阻两端线相接,万用表指针即可反映出被测电阻值。

测量时应注意:

(1) 当万用表指针偏离刻度线中央位置较远时,应改变电阻档量程,尽量使指针处于刻度线中央位置。因为指针越靠近中央位置,反映电阻值准确度越高。

(2) 操作者应避免双手同时与被测电阻两端线接触,以防影响测量值,尤其是在测量大电阻值时更应注意。

(3) 在线测量电阻时,要考虑到电阻与其他元件的关系,为保证测量结果的准确,可焊开电阻的一端。

2. 电阻的检查

维修电工接触较多的是 RT 碳膜电阻、RJ 金属膜电阻和大功率电阻。电阻损坏主要有烧断和击穿两种情况,有时经外观检查就可见其烧焦表面。用万用表电阻档作进一步检查可判定其好坏;用大电阻档测量,电阻值为无限大或接近无限大,表明电阻烧断;用小电阻档测量,电阻值为零或接近零,表明电阻短路。

三、电容器的检测

电容器的精确检测需用专门的电桥来进行,维修电工可用万用表作粗略的检测,判断其好坏。有的万用表设有测量电容器的档,可将电容器的两个端线接入指定的插座,指针指示电容值。对于无此档的万用表,使用电阻档,利用电容器充放电的特性,大致判断电容器的好坏,与已知容量的电容器相比较,估计其电容量。下面介绍用万用表电阻档检测电容器的方法。

1. 几千皮法 $\sim 0.1\mu\text{F}$ 小容量电容器的检测

使用万用表大电阻档,如 500 型万用表的 $\times 10\text{k}$ 档。将电容器两端线分别与万用表两表笔相连,有以下情况出现:

① 电容器正常:表针稍摆一个小角度后复位,对调两个表笔位置重复测量,仍出现上述现象,说明电容器正常。

② 电容器短路:表针指零或摆动幅度较大,且不复位,说明电容器短路或严重漏电。

③ 电容器开路:表针完全不动,对调两表笔位置测量,仍然不动,说明电容器开路。

对于几千皮法小容量电容器,如使用万用表 $\times 100\text{k}$ 档检测,指针摆动明显,判断结果更可靠。

2. $0.1\mu\text{F}\sim 1\mu\text{F}$ 电容器的检测

$0.1\mu\text{F}\sim 1\mu\text{F}$ 电容器的检测可以参照上述检测方法进行,使用万用表的 $\times 10\text{k}$ 档。不同的是测量正常电容器时,指针的摆动角度有明显增大,并能复位。短路和断路现象与上述相同。

3. 电解电容器的检测

电解电容器的电容量都较大,都在 $1\mu\text{F}$ 以上,与一般电容器不同的是有正极和负极之分。使用时,电容器的正极接高电位,负极接低电位。检测时用万用表的 $\times 1\text{k}$ 档。

(1) 电解电容器好坏的判定

先将电解电容器两端线短接放电,然后用万用表的黑表笔与电容器正极相连,红表笔与电容器负极相连。

① 电容器正常:指针有较大的摆动,然后慢慢复位。

② 电容器短路:指针指零或接近于零,并且不复位,表明电容器短路或严重漏电。

③ 电容器开路:指针完全不动或稍动一点且不复位,表明电容器断路。

(2) 电容量的估算

根据电容量越大则指针偏转角越大的道理,测量已知电容量的电容器,观察指针偏转角

度,然后与被测电容器的偏转角相比较,可估算出被测电容器的粗略容量。须注意的是,电解电容器的实际容量往往比标称容量大得多。

(3) 电解电容器的极性判定

当电解电容器极性标记不清时,可用万用表来判别,其方法是利用电解电容器反接比正接漏电明显的特点,将被测电容器两端线短接放电,然后两端分别与万用表表笔相接,记下指针返回原点的位置。再次将电容器两端线短接放电,对调两表笔位置,与电容器相接,记下指针返回原点的位置。比较两次测量指针返回的位置,其中指针返回原点或距离原点较近的一次是电容器正接,这时黑表笔所接触的电容器端线是正极。图 4-26 所示为检测示意图。

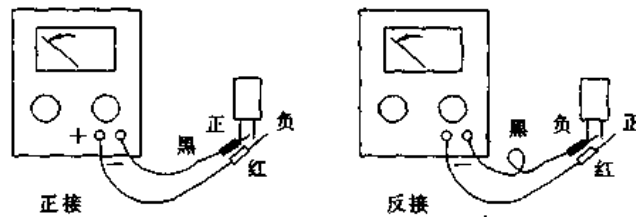


图 4-26 电解电容器极性判定示意图

四、二极管的检测

常用的二极管有锗材料和硅材料的两种。锗材料二极管多用于检波,如 2AP 系列;硅材料二极管多用于整流、稳压,如 2CP 系列、2CZ 系列和 2CW 系列。二极管的正向电阻小,反向电阻大。锗材料的电阻小,硅材料的电阻大。通过对二极管正反向电阻的测量,可大致判定二极管的好坏和极性。

1. 二极管好坏的判定

二极管正、反向电阻差越大越好,二者接近说明二极管已损坏。检测锗二极管时,万用表置 $\times 1k$ 档。

(1) 正常二极管

万用表黑表笔与二极管正极相连,红表笔与二极管负极相连,呈正接,电阻值应在 $3k\Omega$ 以下;黑表笔与二极管负极相连,红表笔与正极相连,呈反接,指针应基本不动。

(2) 短路二极管

万用表红、黑表笔分别与二极管正、负极相连,指针趋于零点,红、黑表笔互换位置,指针仍指零点,表明二极管已短路。

(3) 断路二极管

万用表红、黑表笔分别与二极管负、正极相连,指针若不动或基本不动,表明二极管已断路。

检测硅二极管时,将万用表 $\times 10k$ 档进行如上操作。正常硅二极管的正向电阻值应小于 $10k\Omega$,反向测量指针基本不动。如用 $\times 1k$ 档测量其反向电阻,指针应不动。

2. 二极管极性的判定

二极管极性标记不清时,可用万用表电阻档来判定。将万用表置 $\times 1k$ 档,两只表笔与二极管两端相连测量电阻值;表笔对调再测量一次。其中测得电阻值较小时,为二极管正向电阻,这时黑表笔相连的二极管接线端为二极管正极,红表笔相连一端为负极。测得电阻值较大时,黑表笔所接为负极,红表笔所接为正极。图 4-27 所示为二极管极性判定示意图。

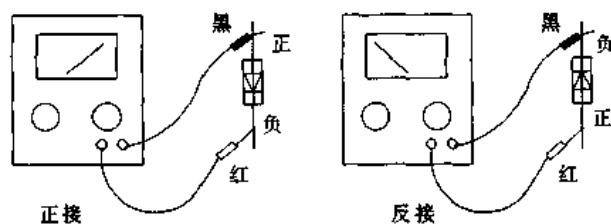


图 4-27 二极管极性判定示意图

特别须指出,用数字式万用表判别二极管极性时,红、黑表笔所反映的极性与普通指针式万用表红、黑表笔所反映的极性正好相反。用数字式万用表检测二极管时,将万用表的选择开关置于电阻档有“ ∇ ”标记处,红、黑表笔与二极管两端线相连,呈小电阻值时,红表笔所接为二极管正极,黑表笔所接为负极;呈大电阻值时,正好相反。

五、三极管的检测

三极管具有两个 PN 结,按其结构组成有 PNP 型和 NPN 型两种,所用材料分锗材料和硅材料。下面介绍几类常见三极管检测的操作方法。

1. PNP 型锗材料三极管

PNP 型锗材料三极管包括 3AX 系列、3AG 系列、3AD 系列等,可以看作由两个二极管构成,如图 4-28(a)所示。通常用万用表 $\times 1k$ 电阻档来进行检测。

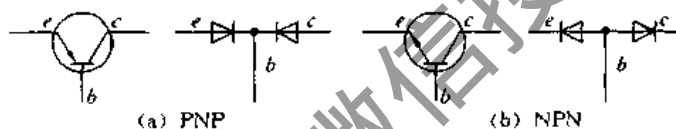


图 4-28 PNP、NPN 型三极管检测示意图

① 正常三极管

万用表的黑表笔接三极管的 e 极,红表笔接 b 极,其阻值约为几千欧;黑表笔接 c 极,红表笔接 b 极,其阻值也约为几千欧;黑表笔接 e 极,红表笔接 c 极,其阻值约为几千欧;红、黑表笔对调重复上述测量,其阻值在几十千欧以上。上述测试结果表明三极管基本上是好的。

② 短路三极管

用万用表分别测量 e、b 极, c、b 极, e、c 极的电阻,其中有一组正反向两次测量的阻值都为零或趋于零,表明三极管短路。

③ 开路三极管

重复上述测量,如其中一组正反向电阻都趋于无限大,表明三极管断路。

(2) 三极管管脚的判定

当三极管管脚标记不清时,可用万用表进行判定。

① 判别 b 级

用万用表红表笔依次与三极管三个极相连,用黑表笔接触其他两个极。当红表笔所连的极与黑表笔所接触的其他两个极同时出现较小电阻值时,红表笔所连的极即为三极管 b 极。

② 判别 e、c 极

用红、黑表笔分别测量其余两个极,测量电阻值较小时,黑表笔所连的极为 e 极,红表笔所连的极为 c 极;测量电阻值较大时,黑表笔所示为 c 极,红表笔为 e 极。

2. NPN 型硅材料三极管

NPN 型硅材料三极管包括 3DG 系列、3DD 系列等,它可看作由图 4-28(b)所示的两个二极管所构成。因为是用硅材料制成的,通常用万用表 $\times 10k$ 档进行检测。

(1) 三极管好坏的粗略判定

① 正常三极管

万用表的红表笔接 e 极,黑表笔接 b 极,其阻值在 $10k\Omega$ 以下,表笔对调,呈现大阻值;红表笔接 c 极,黑表笔接 b 极,其阻值在 $10k\Omega$ 以下,表笔对调,指针基本不动;红表笔接 e 极,黑表笔接 c 极,表针基本不动,对调表笔,呈现大阻值。上述测试结果表明三极管基本是好的。

② 短路三极管

用万用表分别测量三极管 e、b、c 之间的电阻值,如果某两极间出现正反向测量值都趋近于零,表明三极管短路。

③ 断路三极管

重复上述测量,如果某两极间出现正反向的测量值都趋于无限大,表明三极管断路。须说明的是,e、c 极之间正反向电阻值之差不如锗材料三极管明显,检测时应予注意。

(2) 三极管管脚的判定

① 判定 b 极

将黑表笔依次与三极管三个极相连,用红表笔接触其他两极,当同时出现较小电阻值时,黑表笔所连的极为三极管的 b 极。

② 判定 e、c 极

用红、黑表笔对调测 e、c 之间的电阻值,其中电阻值较大时,黑表笔所接的管脚为 c 极,红表笔所接的管脚为 e 极。

另外,也可以利用人体实现偏置,判别 e、c 管脚。作法是用双手分别捏紧两个表笔的金属部分和三极管的 e、c 管脚,然后用舌尖接触三极管的 b 极。人体电阻作为三极管的偏置电阻,使万用表的指针向小阻值一侧偏转。将红、黑表笔对调,重复上述测量。比较万用表指针两次的偏转角,其中偏转角较大的一次,黑表笔所接的管脚是三极管 c 极,红表笔所接为 e 极。

除了 PNP 型锗材料三极管、NPN 型硅材料三极管,常见的还有 PNP 型硅材料三极管(如 3CG 系列)和 NPN 型锗材料三极管(如 3BX 系列)。PNP 型硅材料三极管的检测可将万用表置 $\times 10k$ 档,参照 PNP 型锗材料三极管的检测进行。NPN 型锗材料三极管的检测可将万用表置 $\times 1k$ 档,参照 NPN 型硅材料三极管的检测进行。

需要说明的是,上述检测过程所给的测量电阻值只供参考。因不同型号的三极管,极间的电阻值不同,即使同一型号的三极管,极间电阻值也有差异。对一个管子来说,极间电阻值不是常数,用不同的电阻档测量的电阻值差异也很大。

六、晶闸管的检测

晶闸管可看作由三只二极管所构成,如图 4-29 所示。用万用表 $\times 1k$ 电阻档,可对晶闸管进行简易检测。

1. 晶闸管好坏的粗略判定

正常晶闸管进行电阻测量应有如下反应:测量阴极和阳极间的电阻,其正反向电阻值都应很大,万用表指针基本不动;测量阴极和控制极间的电阻,应反映出二极管的特点,即红表笔接阴极,黑表笔

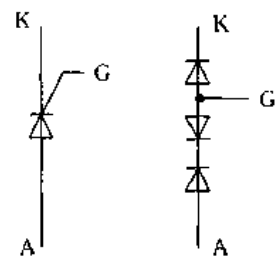


图 4-29 晶闸管检测示意图

接控制极,呈小电阻值,约几千欧,表笔对调呈大电阻值;测量控制极与阳极间的电阻,其正反向都应呈现大阻值。

测量中出现与上述相反的情况,表明晶闸管质量不好或损坏。常见的现象有:阴极、阳极间电阻值为零或很小,表明晶闸管短路损坏;阴极、阳极间电阻值不是很大,表明其性能不好;控制极与阴极正反向电阻都很大或很小,表明晶闸管断路或短路损坏。

2. 晶闸管管脚的判定

用万用表 $\times 1k$ 电阻档分别测量晶闸管各管脚间的正反向电阻,其中两管脚间的电阻较大值在 $100k\Omega$ 以上,对调表笔,测得较小值在 $3k\Omega$ 以下,表明这两个极是阴极和控制极。在较小电阻值时,黑表笔所接的管脚为控制极,红表笔所接管脚为阴极,另一空管脚就是阳极。

第五节 电力工程电路图

电力工程电路图又称电气工程电路图,简称电路图,它是电力工程的“语言”,在电力工程中是表达和交流信息的重要工具,任何电力工程都是依据电路图进行施工的。维修电工应该有意识地从简单到复杂学会识图,根据电路图来检查和维护各种电气设备,根据电路图进行配线和安装电气设备。

一、电力工程电路图

在初中物理课中讲过:用导线将电源和负载连接起来,构成电路,将电路画在图纸上就形成了电路图。但这种电路图反映的仅是电原理线路,多用于电子技术工程。对于电力工程,这种简单的电路图往往不能反映电气元件的规格、型号、安装要求、线路敷设方式以及其他一些特征,不能作为电气线路安装和维修的依据。维修电工所接触的主要是电力工程电路图,它是按照电气动作原理或安装配线的要求,把所需的电源、电气设备、控制电器及导线连接起来构成电路,然后按国家统一规定的标准和符号画在图纸上形成的。

电力工程电路图反映的是电气工程的技术信息,由于其表达对象、提供信息类型及表达方式的不同,形成了多种不同的电力工程电路图。常见的电力工程电路图有电气系统图、电气原理图和电气安装图三种。

1. 电气系统图

电气系统图又称概略图或框图,它是用符号或带注释的框概括地表示系统或分系统的组成、相互关系及主要特征的一种简图。系统图以简洁的方式表达电气设计的总体方案、简要的工作原理和主要组成,其突出特点是简单明了,使人对电气工程的总体结构和典型线路一目了然。在系统图中,通常用单线代表三线构成电气线路图,所以也称为单线系统图。

2. 电气原理图

电气原理图是根据电气系统的工作原理绘制的,用来表示电气系统各部分的相互关系、工作原理及作用,不涉及电气设备和电器元件的实际结构和安装情况。

电气原理图能清楚地反映电流流经的路径、电气设备与控制电器的相互关系和工作原理,它是研究电气工作原理和分析故障的依据。技术人员和电工通过电气原理图能很快地发现接线的错误或运行中的故障。

电气原理图是最主要的一种电力工程电路图。

3. 电气装配图

电气装配图也叫电气安装接线图。它是根据电气设备和电器元件的实际结构和安装情况绘制的,用来表示接线方式、电气设备及电器元件的位置、接线场所的形状、特征及尺寸。安装接线图是电力工程施工的主要图纸,它往往与平面布置图画在一起,着眼于电气线路的安装配线。

除此之外,电力工程电路图还有展开接线图、平面布置图、剖面图等。

二、电路图的组成

电力工程电路图一般由电路、技术说明和标题栏三部分组成。电路是电路图的主体。

1. 电路

将所需的电源、电气设备和控制电器用导线连接起来,构成闭合回路,以实现电气设备的预定功能,这种回路的总体叫做电路。

电力工程的电路通常分为两部分:主电路和辅助电路。主电路也叫一次回路,是电源向负载输送电能的电路,包括电源设备、控制电器和负载等。主电路在图中用粗实线表示,位于辅助电路的左侧或上部。通常,主电路通过的电流较大,使用的线径较粗。辅助电路也叫二次回路,是对主电路进行控制、保护、监测、批示的电路,包括控制电器、仪表、指示灯等。辅助电路用细实线表示,位于主电路的右侧或下部。辅助电路的电流较小,使用的线径也较细。

电路是电路图的主要构成部分。构成电路的电器元件的外形和结构比较复杂,在电路图中要采用国家统一规定的图形符号和文字符号来表示电器元件的不同种类、规格以及安装方式。对于比较简单的电路,有的只绘制其电气原理图,以反映电路的工作过程和特点;有的只绘制电气装配图,以反映各电器元件的安装位置和配线方式。对于比较复杂的电路,同时绘制电气原理图和电气装配图。此外,对于比较复杂的辅助电路,有时要绘制其展开接线图,在电气工程施工中有时要求绘制平面布置图和剖面图。

2. 技术说明

电路图的文字说明和元件明细表等,总称为技术说明。在文字说明中注明电路的某些要点及安装要求等,通常写在电路图的右上方。元件明细表列出电路中元器件的名称、符号、规格和数量等。元件明细表一般位于标题栏的上方,表中的序号自下而上编排。

3. 标题栏

标题栏位于电路图的右下角,栏内注有工程名称、图名、图号,还有设计人、制图人、审核人、批准人的签名和日期等栏目。标题栏是电路图的重要技术档案,栏目中的签名者对图中的技术内容要各负其责。

三、电气符号

电路图是利用电气符号来表示其构成和工作原理的,因此要看懂电路图,必须了解电气符号的含义、标注原则和使用方法。电气符号包括图形符号、文字符号和回路标号。

1. 图形符号

图形符号是用国家标准所规定的图形及标记、字符来表示某一设备或概念,它分为基本符号和一般符号。

(1) 基本符号

该符号不表示独立的电器元件,只说明电路的某些特征。例如,“~”表示交流;“-”表示交

直流。

(2) 一般符号

用以表示一类产品和这类产品特征的一种符号。例如，“ M ”表示交流电动机；“ B ”表示双绕组变压器。

2. 文字符号

文字符号是用来表示电气设备、装置和元器件种类及功能的字母代码，分为基本文字符号和辅助文字符号两种。

(1) 基本文字符号

基本文字符号有单字母符号和双字母符号两种表示方式。单字母符号是按大写的拉丁字母将各种电气设备、电器元件划分为 23 大类，每大类用一个专用字母符号表示。如“C”表示电容器类，“R”表示电阻类。需要将大类进一步划分，以便较详细和更具体地表述电气设备、电器元件时，采用双字母符号。双字母符号由一个表示种类的单字母符号后加另一字母组成，如“GB”表示蓄电池，其中“G”为电源的单字母符号。

(2) 辅助文字符号

辅助文字符号是用来表示电气设备、装置和元器件及线路的功能、状态和特征的。如“SYN”表示同步，“L”表示限制，“RD”表示红色等。

3. 回路标号

电路图中，回路上标注的文字符号和数字标号统称回路标号，用来表示各回路的种类和特征。回路标号一般由三位或三位以下的数字组成，按照“等电位”的原则进行标注。所谓等电位的原则，即为回路中连接在一点的所有导线具有同一电位而标注相同的回路标号。

常用的图形符号、基本文字符号和辅助文字符号见表 4-2、表 4-3 和表 4-4。

表 4-2 常用图形符号

编号	名称	新标准		旧标准	
		图形符号	文字符号	图形符号	文字符号
	开 关		QS		K
I	单极开关		QS		K
	三极开关		QS		K
	闸刀开关	同上	QS	同上	DK
	组合开关	同上	QS	同上	HK
	控制器或操作开关	与右边旧符号相同	SA		ZK

(续表)

编号	名称	新标准		旧标准	
		图形符号	文字符号	图形符号	文字符号
2	常开触点		SQ		XWK
	常闭触点		SQ		XWK
	复合触点		SQ		XWK
3	按钮		SB		A
	启动按钮		SB		QA
	停止按钮		SB		TA
	复合按钮		SB		
接触器		KM		C	
4	线圈		KM		C
	常开触点		KM		C
	常闭触点		KM		C
	带灭弧装置的常开触点		KM		C
	带灭弧装置的常闭触点		KM		C
5	中间继电器		KA		ZJ
	速度继电器		KA		SDJ
	电压继电器		KA		YJ
	一般线圈		KA		相应符号
	欠压继电器的线圈		FV		QYJ
	过电流继电器的线圈		FA		GLJ

(续表)

编号	名称	新标准		旧标准	
		图形符号	文字符号	图形符号	文字符号
5	常开触点	同右旧标准	KA		相应符号
	常闭触点	同右旧标准	KA		相应符号
6	时间继电器		KT		SJ
	线圈的一般符号		KT		SJ
	继电延时线圈	同右旧标准	KT		SJ
	通电延时线圈	同右旧标准	KT		SJ
	瞬时闭合常开触点	同右旧标准	KT		SJ
	瞬时断开常闭触点	同右旧标准	KT		SJ
	延时闭合常开触点		KT		SJ
	延时断开常闭触点		KT		SJ
	延时断开常开触点		KT		SJ
	延时闭合常闭触点		KT		SJ
7	热继电器		FR		RJ
	常闭触点		FR		RJ
	常开触点		FR		RJ
8	电磁铁		YA		CT
	电磁吸盘		YA		DX
9	接插器		XS-XP		CZ
10	熔断器		FU		RD

(续表)

编号	名称	新标准		旧标准	
		图形符号	文字符号	图形符号	文字符号
11	单相变压器		T		B
	电力变压器	同上	TM	同上	LB
	照明变压器	同上	TC	同上	ZB
	整流变压器	同上	TC	同上	ZLB
12	照明灯		EL		ZD
	信号灯		HL		ZSD
13	三相自耦变压器		TM		ZOB
14	三相鼠笼式异步电动机		M		D
15	三相绕线式异步电动机		M		D
16	串励直流电动机		M		D
17	并励直流电动机		M		D

表 4-3 常用基本文字符号

设备、装置和元器件种类	基本文字符号		设备、装置和元器件种类	基本文字符号	
	单字母符号	双字母符号		单字母符号	双字母符号
组件 部件	A	AB	变压器	T	TA TC TM
电桥		AD			
晶体管放大器		AJ			
集成电路 放大器 磁放大器		AM			
非电量到电 量变换器或 电量到非电 量变换器	B	BP	电感器	L	
		BQ			
		送话器			
		扬声器	BV	电动机	M
压力变换器					
位置变换器					
温度变换器					
速度变换器					

(续表)

设备、装置和元器件种类		基本文字符号		设备、装置和元器件种类		基本文字符号	
		单字母符号	双字母符号			单字母符号	双字母符号
电容器	电容器	C		测量设备 试验设备	指示器件 电流表 电度表 记录仪器 电压表	P	PA
其他元器件	发热器件 照明灯 空气调节器	E	EH EL EV				PJ PS PV
保护	避雷器 熔断器 限压保护器件	F	FU FV	电力电路的 开关器件	断路器 电动机 保护开关 隔离开关	Q	QF QM QS
发生器电源	同步发电机 异步发电机 蓄电池	G	GS GA GB	电阻器	电阻器 变阻器 电位器	R	RP
信号器件	声响指示器 光指示器 指示灯	H	HA HL HL	控制、记忆 信号电路的 开关器件	控制开关 选择开关 按钮开关 压力开关 温度开关 温度传感器	S	SA
继电器、 接触器	交流继电器 接触器 逆流继电器	K	KA KM KR				SB SL ST ST

表 4-4 常用辅助文字符号

名称	文字符号	名称	文字符号
交流	AC	反馈	FB
自动	A, AUT	正·向前	FW
异步	AS	绿	GN
制动	B, BRK	高	H
黑	BK	输入	INH
蓝	BL	增	INC
向后	BW	低	L
控制	C	闭锁	LA
顺时针	CW	手动	M, MAN
逆时针	CCW	中性线	N
直流	DC	断开	OFF
减	DEC	闭合	ON
接地	E	输出	OUT
紧急	EM	保护	P
速度	V	保护接地	PE
停止	STP	保护接地与中性线共用	PEN
同步	SYN	不接地保护	PU
时间	T	红	RD
温度	T	信号	S
白	WH	反	R
黄	YE	右	R
信号	S	辅助	AUX

四、连接线

在电力工程电路图中,各种图形符号的相互连线统称连接线,在图中起着连接各种设备、元件的图形符号的作用,代表电气工程中的各种导线。连接线是构成电力工程电路图的重要组成部分,了解连接线的表示方法和含义是电工识图的基础。

1. 导线的一般表示方法

(1) 导线的一般符号

图 4-30(a)所示导线的一般表示符号,可用于表示一根导线、导线组、电线、电缆、输电线路、母线、总线等。这一符号可根据具体情况加粗、延长或缩小。

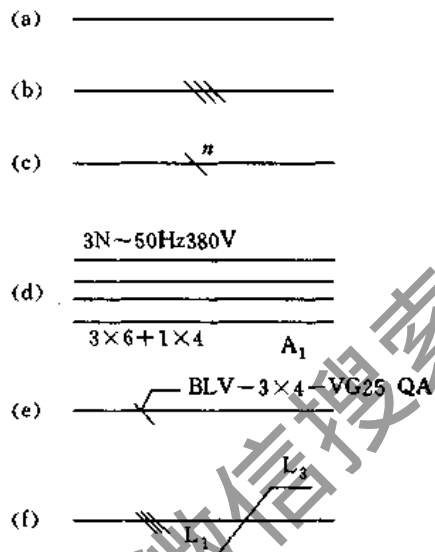


图 4-30 导线的表示方法

(2) 导线根数的表示法

当用导线的一般符号表示一组导线时,若需反映导线根数,可用小斜线表示。数量较少时,4根以下用短斜线数目代表导线根数,如图 4-30(b)所示;数量较多时,可用一小斜线标注数字表示,数字表示导线的根数,如图 4-30(c)所示。

(3) 导线特征的表示法

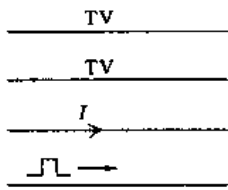
在电力工程电路图中,有时需反映出导线的材料、截面、电压、频率等特征,要在导线上方、下方或中断处加注识别标志。导线的特征通常采用符号标注,在横线上面标出电流种类、配电系统、频率和电压等;在横线下标出电路的导线数乘以每根导线的截面(mm^2),若导线的截面不同,可用“+”将其分开;导线材料可用化学元素符号表示。如图 4-30(d)所示,表示电路有 3 根相线、1 根中性线,交流频率为 50Hz,电压为 380V,相线截面为 6mm^2 ,中性线截面为 4mm^2 ,导线材料为铝。如图 4-30(e)所示标注,可表示导线的型号、截面及安装方法等,即导线型号为 BLV(铝芯塑料绝缘线),截面为 $3 \times 4(\text{mm}^2)$,安装方法用管径 $\phi 25\text{mm}$ 的塑料管,沿墙暗敷(QA)。

(4) 导线换位表示法

在某些情况下需要表示电路相序的变更,极性的反向、导线的交换等,可采用图 4-30(f)所示的方式标注,表示 L_1 相与 L_3 相换位。

2. 连接线的分组和标记

配电线束、多芯电线电缆、母线、总线等都可视为平行连接线。对于多条平行连接线,应按功能分组。不能按功能分组的,可以任意分组,每组不多于三条。组内线的距离应不小于 5mm,以便进行各种标注。组间的距离应大于线间距离。



为了反映连接线的功能或去向,可以在连接线上加注信号名或其他标记。标记通常标注在连接线或连接线组的上方或左方,也可以标注在连接线的中断处。图 4-31 所示的几种标注,表示连接线的功能

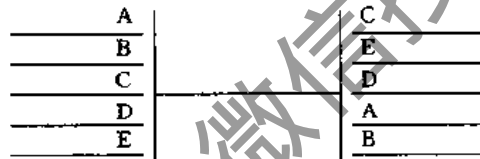
图 4-31 连接线的标记

3. 连接线的连续表示法和中断表示法

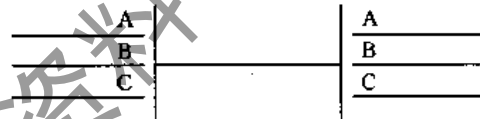
反映连接线的去向和接线关系,有连续表示法和中断表示法。

(1) 连接线的连续表示法

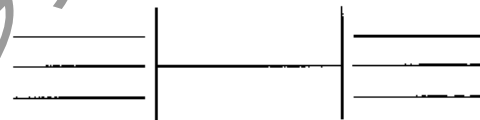
连续表示法是将连接线头尾用导线连通的表示方法。连接线可以用多线也可以用单线表示。为了避免线条过多,保持图面的清晰,对多条去向相同的连接线常采用单线表示。若连接线两端处于不同位置,必须在两个相互有连接关系的线端加注标记,如图 4-32(a)所示,加注标记表明 A—A、B—B、C—C、D—D 的连接关系。若连接线两端都按顺序编号,且线组内线数相同,在不致引起错接的情况下,允许省略标记,如图 4-32(b)可简化成如图 4-32(c)所示。若有一组线,各自按顺序连接,则可按图 4-32(d)所示的方法,按顺序编号,用单线表示。



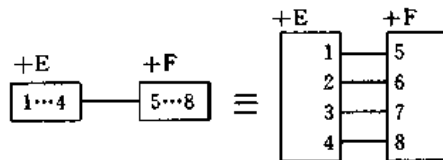
(a) 加注对应标记(线组两端导线编号顺序不同)



(b) 按顺序标记(线组两端导线编号顺序相同)



(c) 将(b)中标记省略

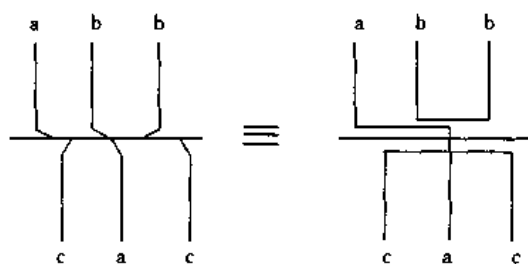


(d) 线组两端导线编号顺序相同

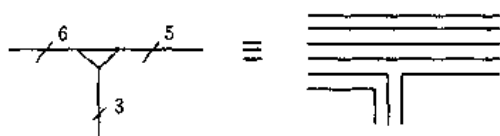
图 4-32 连接线的单线表示法

在电气装配图中,当单根导线汇入用单线表示的一组连接线时,可采用图 4-33(a)所示的方法。汇接处为一短斜线,其方向应便于识别连接线进入或离开汇总线的方向,连接线的末端标注相同的标记符号。当需要表示出导线根数时,可采用图 4-33(b)所示的方法。电缆的芯线

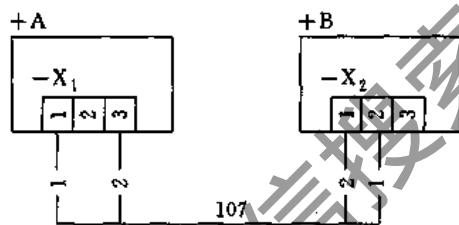
汇入电缆可采用图 4-33(c)所示的方法,在电缆两端的芯线上都分别标注芯线号,图中表示从 +A-x₁ 的 1,3 端子引出的线号为 1,2 的两根芯线通过 107 号电缆,与 +B-x₂ 的 2,1 端子相连接。



(a) 导线汇入线组(导线顺序号相同)



(b) 用数字表示导线根数



(c) 导线汇入线路(导线顺序号不同)

图 4-33 汇总线的单线表示法

(2) 连接线的中断表示法

电路图中的连接线可能穿过图中符号较密集的区域,也可能从一张图纸连到另一张图纸,出现连接线较长的情况,这时连接线可以中断,以使图面清晰,但在连接线的中断处应加相应的标记,如图 4-34 所示。

如图 4-34(a)所示,中断线两端标注相同字母,表明 A—A 连接。

如图 4-34(b)所示,去向相同的线组,在图中中断处的两端分别标注 A、B、C、D 符号,表示去向。

图 4-34(c)所示为一条连接线需要连接到另一张图纸上采用的中断线表示方法。1 号图上的 L 线在 C₁ 区中断,24 号图上的 L 线在 A₄ 区中断,则中断线的标注方法在 1 号图上标注为 24/A₄,在 24 号图上为 1/C₁,表示 L—L 连接。

此外,还可以用符号标记表示连接线的中断。图 4-35(a)所示是连接线不中断的表示方法,表明项目 -A 的 1 号端子与项目 -B 中的 2 号端子相连,-A 的 2 号端子与 -B 中的 1 号端子相连,无须作标记。图 4-35(b)所示是以中断线表示,要在中断处作符号标记。-A 的 1 号端子连线的中断处标注“-B: 2”,表示该连线应与 -B 中的 2 号端子相连;-A 的 2 号端子连线的中断处标注“-B: 1”,表示该线与 -B 中的 1 号端子相连。同样地,在项目 -B 的连接线中断处也要作相应的标注。

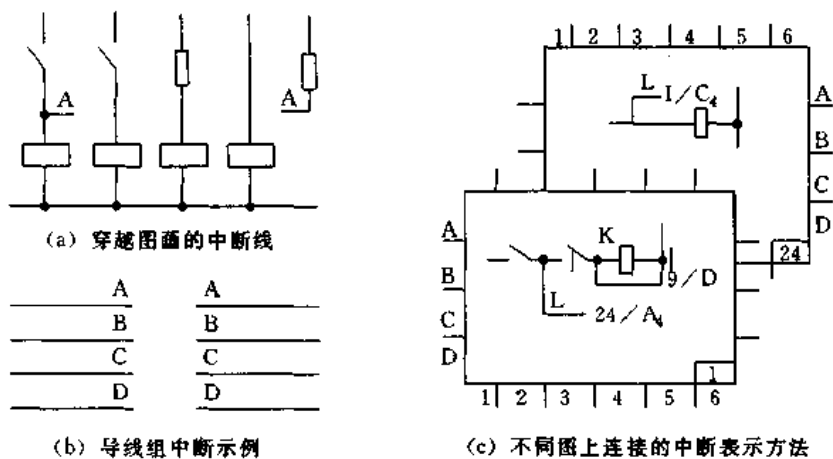


图 4-34 中断线的标记方法

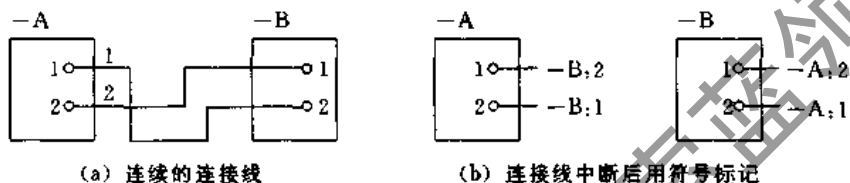


图 4-35 中断线的符号标记方法

五、图纸画法的其他规定

(1) 直流电源可用线条加符号“+”、“-”表示,交流电源可用 L_1 、 L_2 、 L_3 及 N 表示。

(2) 主电路通常用粗实线画出,辅助电路用细实线画出。凡是直接电连接的导线交叉点,在图中用黑圆点标注,未用黑圆点标注的交叉线表示无直接电连接关系。

(3) 在主电路和辅助电路中,各电器元件的动作顺序通常按从左到右、从上到下的规律排列,其目的是为阅读和分析提供方便。

(4) 图中电器的触点都按不通电、不受外力作用的断、合状态画出。如带电磁线圈的电器按线圈未通电时标注触点系统的断合状态,手动或机动控制装置应标注动作前的零位状态。

(5) 对于比较复杂的电路图,为了检索电路,方便阅读,在图的上方或下方用数字标注图区编号。有时在图区编号的下方或上方用汉字注明该图区的元器件功能,以便于分析电器的工作原理。

(6) 电器的技术参数有时可在图中标注,标注的方法是在电器代号的相应位置用小号字体注明元器件型号和有关技术参数。如采用导线的型号、截面,配线的方法,继电器电流动作范围及整定值等。

第六节 电工应用识图

一、识图的基本方法和步骤

1. 识图的基本方法

(1) 从简单到复杂,循序渐进识图

初学识图要本着从易到难,从简单到复杂的原则。一般来讲,照明电路比电器控制电路简单,单项控制电路比系列控制电路简单,复杂的电路都是简单电路的组合。从看简单的电路图开始,搞清每一电气符号的含义,明确每一电器元件的作用,理解电路的工作原理,为复杂电路的识图打下基础。

(2) 结合电工基础理论识图

供电系统、电力拖动和各种控制电路都是根据电工基础理论设计的。电工识图,着重是对电气原理图的理解,要具备电工基础理论知识。因此结合电工基础理论识图,容易搞清电路的电气原理,并提高识图的速度。

(3) 结合电器元件的结构和工作原理识图

电路中的各种电器元件是电路的重要组成部分,如常用的各种继电器、接触器、控制开关、互感器、熔断器等。在识图时,首先要了解这些电器元件的结构、性能、相互控制关系及在电路中的作用,才能理解整个电路的工作原理,看懂电路图。

(4) 结合典型电路识图

所谓典型电路,就是常见的基本电路。较复杂的电路都是由若干基本电路所组成。掌握并熟悉常见的基本电路,如常用电气设备的基本控制电路、电动机基本控制电路、常用电器元件基本控制电路等。结合典型电路识图,有利于对复杂电路的理解,能较快地分清电路的主次环节,搞清电路的工作原理。

2. 识图的基本步骤

识图一般由阅读图纸说明开始,然后读电气原理图,其次看电气安装图,最后看展开接线图、平面布置图、剖面图等。

(1) 阅读图纸说明

识图时,首先要阅读图纸说明,明确设计内容和施工要求,抓住识图要点。图纸说明的内容包括图纸目录、技术说明、元件明细表和施工说明书等。

(2) 阅读标题栏

了解电气工程名称和图纸名称。

(3) 读系统图

主要了解整个或分系统的概况,即系统的基本组成、相互关系及主要特征,为进一步理解电气原理图打下基础。

(4) 读电气原理图

读电气原理图是电工识图的主要环节,其目的是明确电路的构成、各电器元件的作用和整个电路的工作原理。读图顺序如下:

① 分清主电路和辅助电路。

② 分析主电路。通常从下往上读主电路,即从电气设备开始,经电器控制元件直到电源。搞清主电路路径,明确供电电源和负载的关系。比较简单的主电路也可从上往下读。

③ 分析辅助电路。从上而下、从左向右读辅助电路,即从电源开始,顺次看各条辅助回路。搞清各回路的构成、各电器元件的工作情况和相互联系;分析辅助电路几种工作状态,进一步明确辅助电路对主电路的控制关系。

(5) 读电气安装图

电气安装图是根据电气原理图绘制的,应对照原理图来看电气安装图。读图从主电路开始,由电源引入端,按回路顺序,查阅各控制电器元件,直到电气设备。然后读辅助电路,由电源

开始,按回路查阅各电器元件,直到回电源另一端。

(6) 读展开接线图

应对照电气原理图,从上到下或从左到右来读展开接线图。在读展开接线图时应注意,动作电器元件的接点往往接在其他回路中,看图时要与原理图一一对应,形成完整的电路。

(7) 读平面布置图和剖面图

读平面布置图主要是了解土建平面概况,明确主要电气设备的位置,结合剖面图进一步搞清电气设备的空间布置,以便实施安装接线的整体计划。

二、识图举例

1. 电力系统示意图

图 4-36 为电力系统示意图,是单线系统图。图中的各电气符号为图形符号,其含义为:如图中标注,有发电机、升压变压器、输电线路和电能用户。

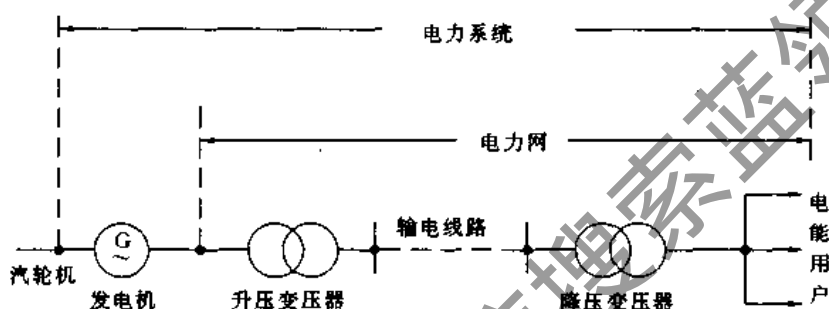


图 4-36 电力系统示意图

发电厂发电机生产的电能除供本厂和附近用户外,绝大部分要经过升压变压器将电压提高,再由高压输电线远距离输送至用电中心,再经过降压变压器降压,将电能分配到电能用户。发电、变电、输电、配电和用电等环节构成一个发、供、用的整体,称为电力系统。

2. 6kV~10/0.4kV 配电变电所电气系统图

图 4-37 为 6kV~10/0.4kV 配电变电所电气主电路图,也是单线系统图。各电气符号的含义如下:

(1) 图形符号

如图中标注,高压侧有高压隔离开关、负荷开关、高压断路器、电力变压器、熔断器、电压互感器、电流互感器、避雷器等;低压侧有低压断路器、低压母线、隔离开关、断路器、熔断器、电流互感器。

(2) 文字符号

高压侧有 QS_1 、 QS_2 ——高压隔离开关, QF_1 ——高压断路器, QF_2 ——负荷开关, FU_1 、 FU_2 、 FU_3 、 FU_4 ——熔断器, T ——电力变压器, FV ——避雷器, TA_1 ——电流互感器, TV ——电压互感器。低压侧有 QS_3 、 QS_4 、 QS_5 、 QS_6 ——低压隔离开关, QF_3 、 QF_4 ——低压断路器, FU_5 、 FU_6 ——熔断器, W_2 、 N ——低压母线, TA_2 、 TA_3 ——电流互感器。

电源由 6kV~10kV 架空线或电缆引入,经高压隔离开关 QS_1 和高压断路器 QF_1 送到电力变压器 T 。当负荷在 315kVA 以下时,也可采用跌开式熔断器 FU_1 、隔离开关 QS_2 和熔断器 FU_2 组合、负荷开关 QF_2 和熔断器 FU_3 组合代替 QS_1 、 QF_1 对变压器实施高压控制。

经变压器 T 降压后,400/230V 低压进入低压配电室,经隔离开关 QS_3 和低压断路器 QF_3

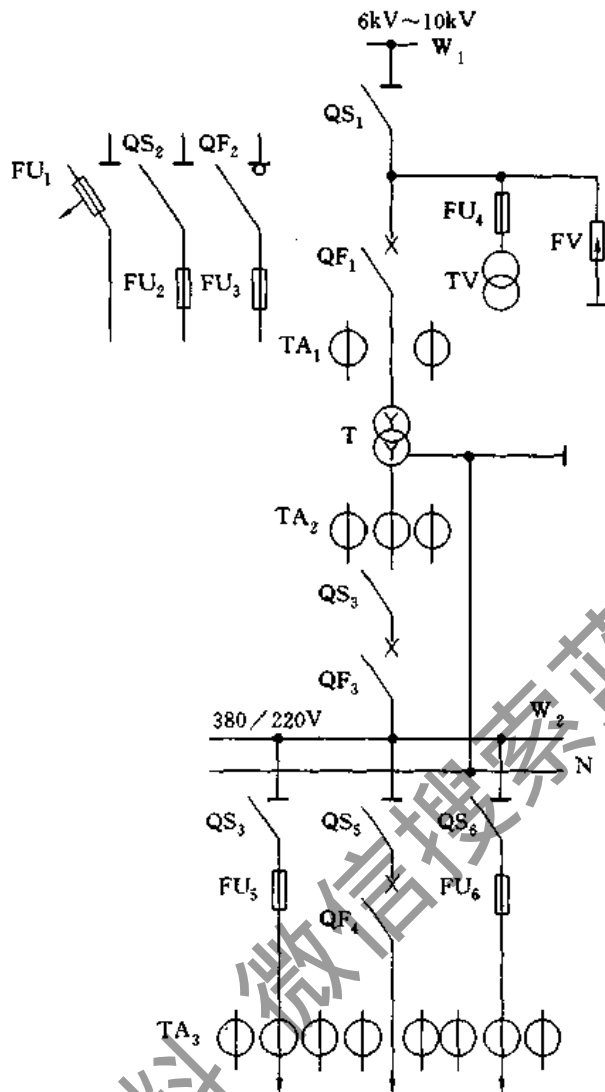


图 4-37 6kV~10/0.4kV 配电变电所电气系统图

送至低压母线，以后通过低压刀开关 QS_4 及熔断器 FU_5 、隔离开关 QS_6 及熔断器 FU_6 、隔离开关 QS_5 及断路器 QF_4 将电能送到各用电点。低压断路器 QF_3 是低压总开关。

高、低压侧均装有电流互感器及电压互感器，用于测量及保护。为了防止雷电波侵入变电所，在进线处安装有避雷器 FV 。

目前，中小型厂矿、企业、城镇、乡村的电力供应多采用 6kV~10/0.4kV 的配电变电所供电。

3. 单相制照明配电线路

图 4-38 所示为单相照明配电线路，各电气符号的含义如下：

(1) 图形符号

如图中标注，有双极开关、熔断器、照明灯等。

(2) 文字符号

L——单相电源端，N——中性线。

当开关合上，照明电路工作。照明用电容量较小时，多采用单相制供电。

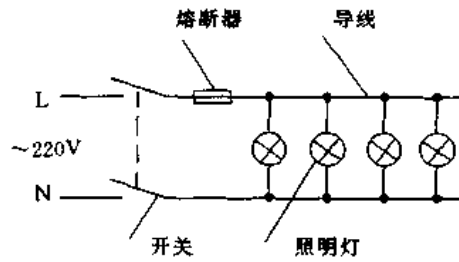


图 4-38 单相制照明配电线路

4. 三相四线制照明配电线路

图 4-39 所示为三相四线制照明配电线路,各电气符号的含义如下:

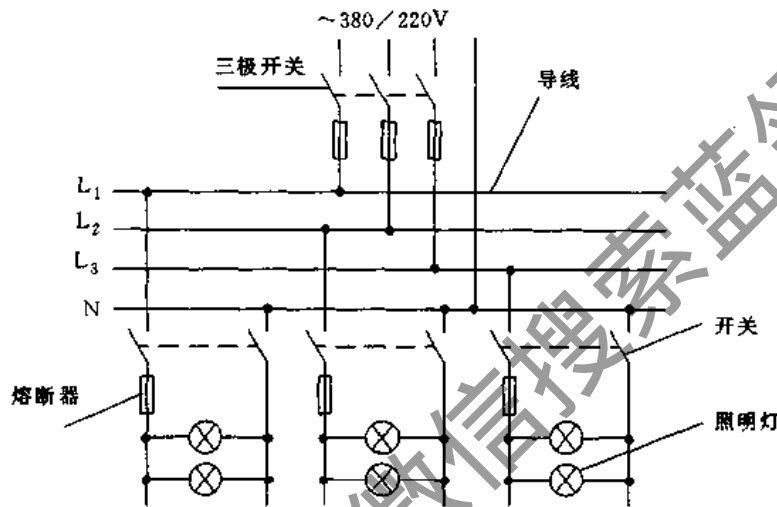


图 4-39 380/220V 三相四线制照明配电线路

(1) 图形符号

如图中标注,有双极开关、三极开关、熔断器、照明灯等。

(2) 文字符号

L_1, L_2, L_3 ——三相交流电源端, N ——三相四线制的中性线。

合上三极开关,三相四线制照明配电线路供电,各双极开关控制各分支照明电路。当照明用电容量较大时,需要把照明负载均匀地分配到三相线路上,采用 380/220V 三相四线制供电线路,以便使供电系统三相负载保持平衡。

5. 电动机起动控制电气原理图

图 4-40 为鼠笼式电动机起动控制电气原理图。图中各电气符号的含义如下:

(1) 图形符号

见图中各图形的标注。

(2) 文字符号

QS——隔离开关, FU——熔断器, KM——接触器, FR——热继电器, SB_1, SB_2 ——按钮开关。

(3) 回路标号

L_1, L_2, L_3 ——三相交流电源端, L_{11}, L_{12}, L_{13} ——隔离开关以下的回路, L_{21}, L_{22}, L_{23} ——熔

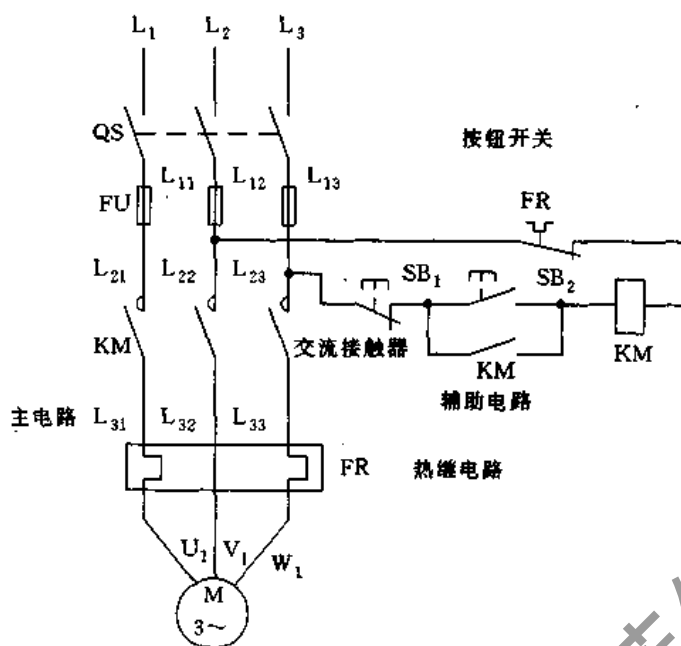


图 4-40 电动机起动控制电气原理图

断路器以下的回路, L_{31} 、 L_{32} 、 L_{33} ——接触器主触头以下的回路, U_1 、 V_1 、 W_1 ——交流电动机定子绕组的首端。

看左侧粗实线主电路, 主电路路径为三相电源经隔离开关 QS——熔断器 FU——交流接触器主触头 KM——热继电器热元件 FR——交流电动机 M。看右侧细实线辅助电路, 其路径为电源经热继电器动断触头 FR——接触器线圈 KM——起动按钮 SB_2 ——停止按钮 SB_1 , 返回电源另一端。

(4) 电路工作原理

合上手动隔离开关 QS, 按起动按钮 SB_2 , 辅助电路接通, 接触器线圈 KM 通电, KM 主触头接通, KM 辅助触头自锁, 电动机 M 起动。按停止按钮 SB_1 , 接触器线圈 KM 释放, KM 主触头切断, 电动机 M 停止转动。热继电器 FR 作为主电路过载保护, 当负载电流过大时, 热继电器热元件动作, 辅助电路 FR 触头切断, 接触器 KM 线圈释放, KM 主触头切断, 起保护电动机作用。

6. 电动机降压起动电路

图 4-41 所示为电动机串联电阻降压起动电路。图中各电气符号的含义与图 4-40 相同, 故不重复叙述。

串联电阻降压起动的原理是在起动电动机时, 在电动机的定子绕组中串入适当的电阻, 使加在定子绕组上的电压低于电源电压, 以达到减少电动机起动电流的目的。当电动机转速升高后再将串入绕组中的电阻短路, 使其进入运转。

电动机降压起动电路的工作过程如下: 接通旋转隔离开关 QS, 按起动按钮 SB_2 , 接触器 KM_1 线圈通电, KM_1 动合触点闭合自锁, KM_1 主触点闭合, 主电路电源通过降压电阻 R、热继电器 FR 加至电动机 M, 电动机降压起动。经适当延时后, 按 SB_3 , 接触器 KM_2 通电, KM_2 动合触点闭合自锁, KM_2 主触点闭合, 将串联电阻 R 短接, 电动机进入全压正常运转状态。若按停止按钮 SB_1 , 辅助电路断电, 接触器 KM_1 、 KM_2 释放, 电动机断电停止运转。

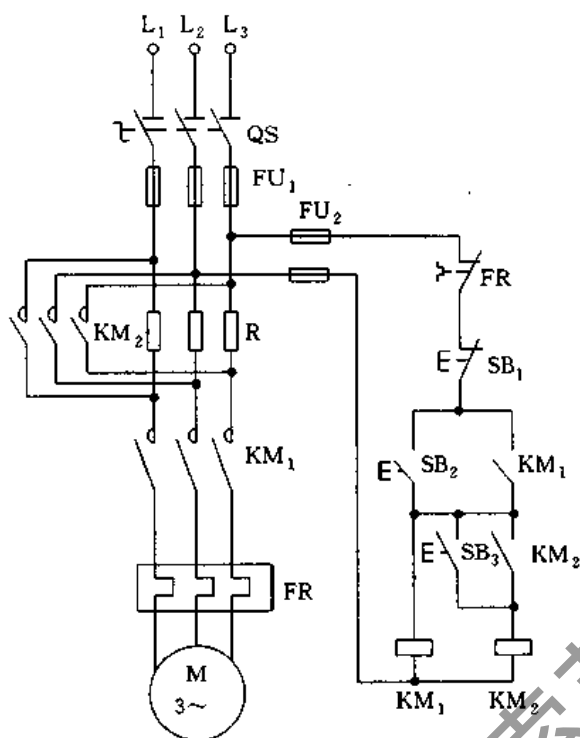


图 4-41 电动机串联电阻降压启动电路

习 题

1. 维修电工基本操作包括哪些内容？
2. 准备几段常见的塑料护套线、花线，亲手用电工刀、钢丝钳完成其绝缘层的处理。
3. 简述单股铜线的连接方法。
4. 简述 7 股铜线的连接方法。
5. 如何恢复 220V、380V 线路导线连接处的绝缘强度？
6. 室内配线之前要做哪些准备工作？
7. 室内配线有哪几种配线方式？
8. 简述电子元器件安装和焊接的注意事项。
9. 如何用万用表测量电阻的阻值？检测电阻的好坏？
10. 如何用万用表检测二极管的好坏，怎样判定标记不清的二极管的正负极？
11. 如何用万用表检测三极管的好坏，怎样判定标记不清的三极管的三只管脚？
12. 如何用万用表检测晶闸管的好坏？
13. 什么叫电力工程电路图？常见的电力工程电路图有哪几种？
14. 举例说明导线的一般表示方法。如何表示导线的根数，如何表示导线的特征？
15. 用单线表示一组连接线时都必须加注标记吗？中断线的两端都必须加注标记吗？
16. 简述识图的基本方法和步骤。

第五章 常用电工仪表

第一节 电工仪表概述

电工测量所用的仪表统称为电工仪表。维修电工使用电工仪表进行电流、电压、电功率和电阻等电工量的测量,以便掌握电气线路及电气设备的特性、运行情况和检查电器元件的质量情况。电工仪表的种类很多,本章介绍几种常用电工仪表的工作原理、使用方法及电工测量过程中应注意的问题。

一、电工仪表的分类

电工仪表的种类和规格很多,就常见的分类方法归纳如下:

(1) 电工仪表按工作原理的不同,可分为磁电式、电磁式、电动式、感应式、整流式、静电式、电子式。其中磁电式、电磁式和电动式仪表是较常用的。

(2) 按被测量的电学量的性质,可分为电流表、电压表、功率表、电度表、电阻表和多种用途的仪表。

电流表按其量程又分为安培表,是以安培为电流的计量单位,用 A 表示;毫安表,是以毫安为电流单位,用 mA 表示;微安表,是以微安为电流单位,用 μA 表示。

电压表按其量程又分为千伏表,以千伏为电压的计量单位,用 kV 表示;伏特表,以伏特为电压单位,用 V 表示;毫伏表,以毫伏为电压单位,用 mV 表示。

根据被测电流的种类不同,上述电流表和电压表又分为直流表、交流表和交直两用表。

多种用途仪表是指具有多种测量功能的仪表。如应用广泛的万用表,能测量电流、电压、电阻等多种参数。又如万用电桥,除能测量电阻外,还能测量电容和电感。

(3) 按使用场所不同可分为开关板式仪表和便携式仪表。开关板式仪表又称安装式仪表,通常固定安装在开关板上或某一位置上,用于长时间的监测。这类仪表精度较低,价格便宜。便携式仪表便于携带,用于在车间、实验室进行一般检测。除此之外,在计量室或实验室备有计量用标准电工仪表。这种仪表精度高,价格贵,用它作为标准表定期对其他仪表进行校准。

(4) 按仪表的指示测量值方式可分为指针式仪表和数字式仪表。指针式仪表利用指针转动的位置来反映测量量的大小,其工作原理和内部结构都比较简单,价格较低,测量精度较低,目前电工仪表多数为指针式仪表。数字式仪表采用先进的电子线路,利用数码管或液晶屏来显示测量值,数字式仪表精度高,价格比较贵,在电工测量中应用还不普遍。

需要说明的是,近几年来随着电子技术的发展,一些电子测量仪器、仪表也进入电工测量的领域。从其工作原理看,属于电子式仪表;从测量指示看,多属于数字式仪表。这类仪表的特点是采用了先进的电子线路和集成电路,功能多、精度高,且多数具有保护功能。

本章所述电工仪表主要是指指针式仪表。

二、仪表的测量误差

仪表在进行测量时所产生的测量值,与被测的实际值之间的差值称为仪表的测量误差。测量误差越小,测量值越接近被测量的实际值,说明仪表的测量精度越高。引起测量误差的原因有两方面:一是仪表本身固有的因素所造成的误差,主要是由于仪表结构设计和制造工艺不完善而产生的。如机械结构摩擦不一致引起的误差,标度尺刻度不精确引起的误差等,这种误差又称为系统误差;二是仪表因外界因素的影响而产生的误差,如周围环境温度过高或过低,电源的幅度、频率的波动及外界磁场干扰都会引起测量误差,这种误差又称为随机误差。

根据引起误差的原因,将误差分为基本误差和附加误差。基本误差是指仪表在规定的正常使用条件下测量时所具有的误差;附加误差是指不在规定的条件下测量时除基本误差外,因外界的影响而产生的误差。

电工仪表测量误差有三种表述形式:

(1) 绝对误差 Δ 是指仪表测量的指示值 A_x , 与被测量的实际值 A_0 的差值, 即:

$$\Delta = A_x - A_0$$

(2) 相对误差 γ 是指绝对误差 Δ 占被测量实际值 A_0 值的百分数, 即:

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\%$$

在实际测量过程中,因指示值 A_x 和实际值 A_0 相差不大,通常用 A_x 值代替 A_0 来进行相对误差的近似计算,即:

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_x} \times 100\%$$

可以看出,相对误差给出了测量误差的明确概念,可清楚表明仪表测量的准确程度,是一种常用的测量表示形式。

(3) 引用误差 γ_m 是指在规定的条件下仪表的绝对误差 Δ 与仪表测量上限值 A_m 比值的百分数,即:

$$\gamma_m = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\%$$

在电工测量中,通常用仪表的引用误差来表示仪表的准确度等级。如一只量程为 100V 的电压表,在测量时可能产生的最大绝对误差是 1V,由此计算它的引用误差是:

$$\gamma_m = \frac{1}{100} \times 100\% = 1\%$$

则说这只电压表具有 1.0 级准确度。我国生产的电工仪表准确度分为七个等级,各级引用误差如表 5-1 所示。

表 5-1 准确度等级与引用误差

准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
引用误差	$\leq \pm 0.1\%$	$\leq \pm 0.2\%$	$\leq \pm 0.5\%$	$\leq \pm 1.0\%$	$\leq \pm 1.5\%$	$\leq \pm 2.5\%$	$\leq \pm 5.0\%$

三、仪表符号的意义

电工仪表表盘上注有各种符号,用来表示仪表的基本技术特性。如仪表的用途、构造、准确度等级、正常工作状态和对使用环境的要求等。常用仪表符号的含义如表 5-2 所示。

表 5-2 常用仪表的符号

测量单位的符号		仪表工作原理的图形符号	
名称	符号	名称	符号
千安	kA	磁电系仪表	
安培	A	电磁系仪表	
毫安	mA	电动系仪表	
微安	μA	铁磁电动系仪表	
千伏	kV	感应系仪表	
伏特	V	整流系仪表	
毫伏	mV	磁电系流比计	
微伏	μV	按外界条件分组的符号	
兆瓦	MW	I级防外界磁场 (例如磁电系)	
千瓦	kW	II级防外界磁场	
瓦特	W	III级防外界磁场	
兆乏	Mvar	IV级防外界磁场	
千乏	kvar	A组仪表	(无标记)
乏	var	B组仪表	
兆欧	MΩ	C组仪表	
千欧	kΩ	端钮及调零器的符号	
欧姆	Ω	名称	符号
电流种类的符号		负端钮	—
名称	符号	正端钮	+
直流	—	公共端钮 (多量程仪表的复用电表)	
交流(单相)	~	接地用端钮 (螺钉或螺杆)	
直流和交流	≈	与外壳相连接的端钮	
具有单元件的 三相平衡负载交流	≈	调零器	
准确度等级的符号			
名称	符号		
以标度尺量程百分数表示的 准确度等级。例如1.5级	1.5		
工作位置的符号			
名称	符号		
标度尺位置为垂直的			
标度尺位置为水平的			
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			
名称	符号		
不进行绝缘强度试验			
绝缘强度试验电压为2千伏			

第二节 常用电工仪表的工作原理

电工仪表的种类很多,就指针式仪表而言,其结构和工作原理也不相同。下面对常用磁电式、电磁式、电动式仪表的结构和工作原理作简单的介绍。

一、磁电式仪表

1. 结构和工作原理

磁电式仪表由固定部分和转动部分组成。图 5-1 所示为其结构和工作原理示意图。固定部分为一块磁性很强的永久磁铁,一般由铬钢或镍铝钢制成,形成一个强磁场。转动部分由转动线圈、转轴、游丝和指针等构成。转动线圈中间有固定的圆柱形铁心,被测电流通过游丝进入转动线圈。

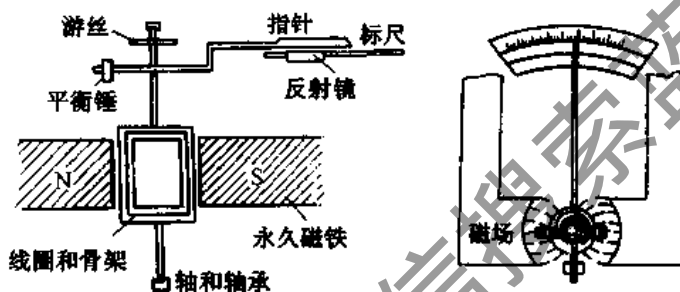


图 5-1 磁电式仪表结构及工作原理示意图

当被测电流通过转动线圈时,在磁铁磁场的作用下,转动线圈产生一个转动力矩,仪表的指针随之偏转。同时,装在转轴上的游丝产生反作用力矩。当转动力矩和反作用力矩大小相等时,指针随线圈停止转动。指针偏转角的大小与被测电流的大小成正比。根据指针偏转角度,可以在表盘上直接读出被测电流的数值。

2. 磁电式仪表的特点

(1) 磁电式仪表转动线圈的偏转角与被测电流大小成正比,因此磁电式仪表标度尺刻度呈均匀分布。

(2) 磁电式仪表永久磁铁的极性是固定的,当通入被测电流方向改变时,指针偏转方向也随之改变。如果将交流电通过转动线圈,所产生力矩的大小和方向也是交变的。由于转动部分的惯性,指针不能随之转动,所以磁电式仪表只适用于测量直流电。测量时为防止指针倒转,仪表的接线端均标有“+”和“-”记号。

(3) 磁电式仪表具有功率消耗低,测量灵敏度高和受外磁场影响小的特点。

(4) 被测的电流通过游丝进入转动线圈。因游丝和转动线圈的截面积很小,磁电式仪表不能测量较大的电流,过载能力较差。此外,磁电式仪表结构比较复杂,价格较高。

3. 磁电式仪表的应用

测量直流用的仪表大多为磁电式仪表,可作为电流表、电压表。万用表的表头都选用磁电式仪表,其交流电的测量是将被测电流整流后送入转动线圈,以实现交流测量。

二、电磁式仪表

1. 结构和工作原理

电磁式仪表与磁电式仪表一样,也是根据电磁相互作用原理制成。不同的是电磁式仪表的磁场由被测量的电流产生。根据仪表指针转动力矩的产生方式,又分为吸引型电磁式仪表和排斥型电磁式仪表。

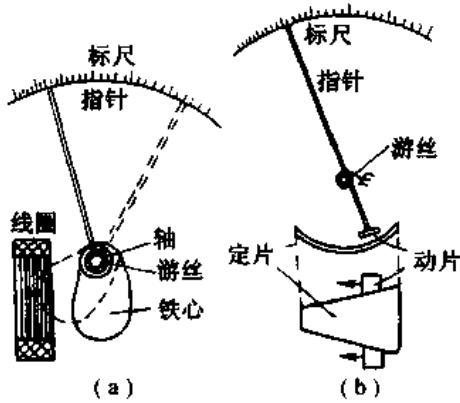


图 5-2 电磁式仪表结构及工作原理示意图

吸引型电磁式仪表主要由固定线圈、偏心动铁片、转轴、游丝和指针等组成,图 5-2(a)所示为其结构和工作原理示意图。固定线圈为一扁芯线圈,测量时输入被测电流,动铁片位于扁芯线圈旁边,它与转轴和指针相连。当被测电流通过固定线圈时,在线圈周围产生磁场,偏心动铁片在磁场的作用下被吸入线圈,指针也随之偏转。当转动力矩与游丝产生的反作用力矩平衡时,指针便稳定在某一确定的位置,指示出被测量值。

排斥型电磁式仪表除了有动铁片外,还有一定铁片,其固定线圈为圆芯线圈,动、定铁片置于圆芯线圈之中。当被测的电流通过线圈时,线圈的磁场使动铁片和定铁片同时磁化,两个铁片的同性磁极互相排斥,产生转动力矩,使动铁片带动指针偏转。反作用力矩同样由游丝产生。图 5-2(b)为其结构和工作原理示意图。

2. 电磁式仪表的特点

(1) 电磁式仪表转动力矩的大小与通过固定线圈电流的平方成正比,指针的偏转角由转动力矩决定,因而表盘标度尺刻度是不均匀的,量程高端标度尺刻度间距大。

(2) 通过固定线圈的电流方向改变时,线圈所产生的磁场极性和被磁化的铁片极性同时改变。无论是线圈与动铁片,还是定铁片与动铁片,它们之间的作用力方向不变,仍为吸引或排斥,即指针偏转的方向不变。所以电磁式仪表可用来测量直流电,也可用来测量交流电。

(3) 电磁式仪表采用固定线圈结构,线圈导线的截面积大,允许通过较大的电流,所以其负载能力强。

(4) 电磁式仪表结构简单、价格低。

(5) 与磁电式仪表相比,电磁式仪表磁场较弱,容易受外磁场的干扰,灵敏度低,消耗功率大。

3. 电磁式仪表的应用

电磁式仪表一般作为电流表、电压表,用于直流和交流电路的测量。测量交流电时,仪表所指示的数值是交流电的有效值。

电磁式仪表结构简单,负载能力强,价格低,多安装在固定位置作监测用,如开关板式仪表多为电磁式仪表。

功率因数表采用电磁式仪表,可用来直接测量交流电路的电压和电流之间的相位角。

三、电动式仪表

1. 结构和工作原理

电动式仪表由转动线圈和固定线圈组成。转动线圈、固定线圈中无铁心的称为无铁电动式

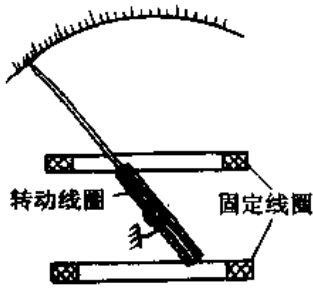


图 5-3 电动式仪表
工作原理示意图

仪表,有铁心的称为铁磁电动式仪表。

电动式仪表的固定线圈一般用较粗的导线绕成两组,可以串联或并联连接。转动线圈采用较细的导线绕制,与转轴相连,转轴上装有指针和游丝等。

当被测电流 I_1 通过固定线圈时,线圈产生大小与电流 I_1 成正比的磁场。同时转动线圈中通过电流 I_2 ,转动线圈在固定线圈磁场的作用下产生转动力矩,使转动线圈偏转一个角度。当转动力矩与游丝反作用力矩平衡时,指针的偏转角即表示被测量的数值。图 5-3 所示为其作用原理示意图。

在固定线圈和转动线圈中分别设置一个铁心,就可以得到较强的磁场,成为铁磁电动式仪表。铁磁电动式仪表磁场得到加强,可增大转动线圈的作用力矩,同时受外界磁场的干扰减小。

2. 电动式仪表的特点

- (1) 电动式仪表转动力矩与通过固定线圈的电流和转动线圈的电流乘积有关。
- (2) 通过固定线圈和转动线圈的电流同时改变方向,转动线圈所受的电磁力方向不变。所以,电动式仪表既能测量直流电,又能测量交流电。
- (3) 电动式仪表有较高的测量精度,最高可达到 0.1 级准确度等级。
- (4) 转动线圈和游丝截面积小,因此电动式仪表负载能力较差。

3. 电动式仪表的应用

电动式仪表不但能测量交、直流电路的电压、电流,还能测量功率和相位。由于它具有较高的测量准确度,特别适合对交流电进行精密测量。

电动式仪表的固定线圈和转动线圈串联相接,就可构成毫安表,直接测量 $5\text{mA} \sim 100\text{mA}$ 的小电流,图 5-4(a)所示为毫安表的线圈连接图。毫安表与无电抗电阻串联构成电压表。测量大电流时,采用低电阻分流的方法,避免全部电流从转动线圈上通过,其电流量程可达 20A ,图 5-4(b)所示为安培表的线圈接线图。

电动式仪表的主要用途是构成瓦特表。通常使转动线圈中的电流正比于被测电压,固定线圈通过负载电流,图 5-4(c)所示为电动式瓦特表内部接线图。

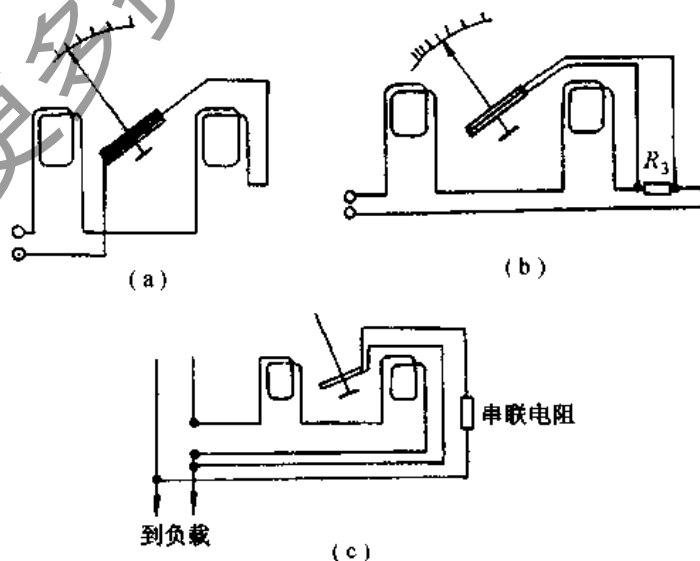


图 5-4 电动式仪表的应用

第三节 几种常用的电流表、电压表和功率表

一、电流表

电流表是用来测量电路中的电流值的。按所测电流性质分为直流电流表、交流电流表和交直两用电流表。就其测量范围又有微安表、毫安表和安培表之分。

1. 电流表的工作原理

电流表有磁电式、电磁式、电动式等形式。它们串接在被测电路中。仪表线圈通过被测电路的电流,使仪表指针发生偏转,用指针偏转的角度反映被测电流的大小。

磁电式仪表的灵敏度高,其游丝和线圈导线的截面积都很小,不能直接测量较大的电流,为此常用一个电阻与磁电式仪表并联,以扩大磁电式电流表的量程。并联电阻起分流作用,称为分流电阻或分流器,如图 5-5 所示。

R_1 为磁电式仪表的内阻, I_1 为表中通过的电流; R_2 为分流电阻, I_2 为分流电阻通过的电流。 I 为被测电流,并有:

$$I = I_1 + I_2$$

则:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{I_1}{I - I_1}$$

分流电阻:

$$R_2 = \frac{R_1 I_1}{I - I_1}$$

被测电流:

$$I = I_1 \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

I_1 为磁电式仪表电流指示值,仪表内阻 R_1 和分流电阻 R_2 都是已知数,由此式可得出被测电流的实际数值。 $1 + \frac{R_1}{R_2}$ 称为电流扩程倍数。同样道理,小量程电流表也可采用这种方法来扩大电流量程。

2. 电流表的选择

测量直流电流时,可使用磁电式、电磁式或电动式仪表,其中磁电式仪表使用较为普遍。测量交流时,可使用电磁式、电动式仪表,其中电磁式仪表使用较多。通常,对于测量要求准确度高、灵敏度高的场合,如测量三极管电路、控制电路时,采用磁电式仪表。对于测量精度要求不严格,测量量较大的场合,如安装在固定位置、监测线路工作状态时,常选择价格低、过载能力强的电磁式仪表。

在选择电流表型式的同时,还要考虑电流表的量程。电流表的量程要根据被测电流的大小来决定,要使被测电流值处于电流表的量程之内。在不明确被测电流大小的情况时,应先使用较大量程的电流表试测,以免因过载而烧毁仪表。

3. 电流表的使用

在测量电路电流时,一定要将电流表串接在被测电路中,如图 5-6 所示。图(a)是测量负载

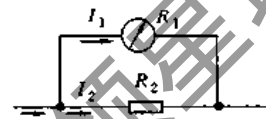


图 5-5 电流表扩大量程电路

R_1 的电流, 电流表与 R_1 串联。图(b)测量 R_1 与 R_2 电流和, 电流表与 R_1 及 R_2 串联。

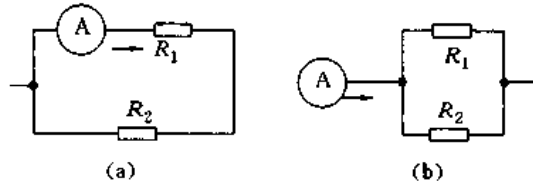


图 5-6 电流表的连接

磁电式电流表一般只用于测量直流电流。测量直流电流时, 要注意电流表接线端的“+”、“-”极性标记, 不可接错, 以免指针反打, 损坏仪表。对于有两个量程的电流表, 它具有三个接线端, 使用时要看清接线端量程标记。根据被测电流大小, 选择合适的量程, 将公共接线端和一个量程接线端串接在被测电路中。

在测量数值较大的交流电流时, 常借助电流互感器扩大交流电流表的量程。

4. 电流表的内阻

用电流表测量电路电流时, 电流表要串联在被测电路中。由于电流表具有内阻, 会改变被测电路的工作状态, 影响被测电路电流的数值。如图 5-7 所示, 根据图(a)可求被测电路实际电流值:

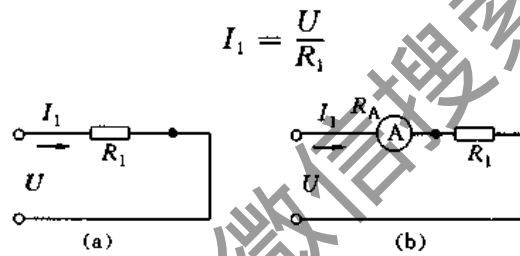


图 5-7 电流表内阻对测量准确度的影响

由于电流表的接入, 负载电阻为 $R_A + R_1$, 由图(b)可得电流测量值:

$$I_2 = \frac{U}{R_A + R_1}$$

式中, R_A 为电流表内阻值。

因为 $R_A + R_1 > R_1$, 所以测量电流值比实际电流值小, 产生了测量误差。可见, 电流表的内阻越小, 测量的结果越接近实际值。为了提高测量的准确度, 应尽量采用内阻较小的电流表。

二、电压表

电压表是用来测量电路中的电压值的。按所测电压的性质分为直流电压表、交流电压表和交直两用电压表。就其测量范围, 又有毫伏表、伏特表之分。

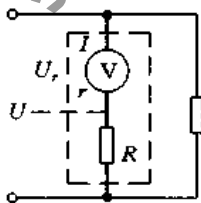


图 5-8 电压表扩大量程电路

1. 电压表的工作原理

磁电式、电磁式、电动式仪表也是电压表的主要形式。被测电路两点间的电压加在仪表的接线端上, 电流通过仪表内的线圈, 其电流的大小与被测电路两点间的电压有关, 同样用指针的偏转角可以反映出被测电路的电压。

灵敏度较高的仪表允许通过的电流值受到限制, 为了扩大测

量电压的量程,采用电阻与仪表串联的方法,构成大量程的电压表。串联电阻起分压作用。图 5-8 虚线框内为扩大量程的电压表, r 为原量程仪表内阻, R 为串联的分压电阻, I 为通过电压表的电流。根据欧姆定律,则有:

$$I = \frac{U}{r + R} = \frac{U_r}{r}$$

式中, U 为被测电路的电压, U_r 为原量程电压表指示数。由此可得被测电压:

$$U = \frac{U_r}{r}(R + r) = U_r \left(1 + \frac{R}{r} \right)$$

原量程电压表的内阻 r 和串联电阻 R 是已知数,由此式可得到被测电压值。 $1 + \frac{R}{r}$ 称为电压的扩程倍数。

2. 电压表的选择

电压表的选择原则和方法与电流表的选择相同,主要从测量对象、测量范围、要求精度和仪表价格等几方面考虑。工厂内低压配电线路,其电压多为 380V 和 220V,对测量精度要求不太高,所以一般多用电磁式电压表,选择量程为 450V 和 300V。测量和检查电子线路的电压,因为对测量精度和灵敏度要求高,常采用磁电式多量程电压表,其中普遍使用的是万用表的电压档,其交流测量通过整流后实现。

3. 电压表的使用

用电压表测量电路电压时,一定要使电压表与被测电路的两端并联,电压表指针所示为被测电路两点间的电压。

测量所选用的电压表量程要大于被测电路的电压,以免损坏电压表。

使用磁电式电压表测量直流电压时,要注意电压表接线端上的“+”、“-”极性标记。

高压配电线路的电压在几千伏到几百千伏之间,对高电压的测量要使用电压互感器。

4. 电压表的内阻

用电压表测量电路两端的电压,电压表要与被测电路并联,因为电压表的内阻不是无限大,它的接入会改变被测电路的工作状态,影响被测电路两端的电压。图 5-9 所示为测量 R_2 两端电压示意图。

根据欧姆定律,被测 R_2 两端的实际电压值为:

$$U_2 = U - \frac{U}{R_1 + R_2} R_1 = U \left(1 - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)$$

当用内阻为 r 的电压表测量 R_2 两端电压时,被测电路的电阻为电压表内阻 r 与电阻 R_2 的并联值为 $\frac{R_2 r}{R_2 + r}$ 。测量电压值为:

$$U_2 = U \left[1 - \frac{R_1}{R_1 + \frac{R_2 r}{R_2 + r}} \right]$$

因为

$$\frac{R_2 r}{R_2 + r} < R_2$$

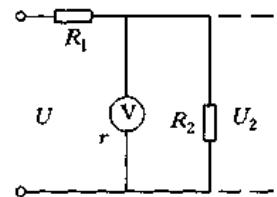


图 5-9 电压表内阻对测量准确度的影响

所以

$$U \left(1 - \frac{R_1}{R_1 + \frac{R_2 r}{R_2 + r}} \right) < U \left(1 - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)$$

即测量电压值比实际电压值小,产生了测量误差。可见,电压表的内阻越大,测量误差越小,测量准确度越高。实际上,电压表的内阻比被测电路的电阻大得多。

电压表内阻的大小通常用每伏千欧数来表示,每伏千欧数越大,电压表的内阻越大。如电压表表盘标注 $1\text{k}\Omega/\text{V}$,其量程是 100V ,则这只电压表内阻为:

$$1\text{k}\Omega/\text{V} \times 100\text{V} = 100\text{k}\Omega$$

三、瓦特表

瓦特表又称为功率表,用它来测量电路的功率。

1. 工作原理

瓦特表多数是根据电动式仪表的工作原理来测量电路的功率。电动式仪表的固定线圈匝数少、导线粗,作为瓦特表的电流线圈,它与被测电路串联,让负载电流通过;电动式仪表的转动线圈匝数多,导线细,作为瓦特表的电压线圈,经与附加电阻串联后和被测电路负载并联,电压线圈两端的电压就是负载两端的电压。当测量直流电路功率时,瓦特表指针的偏转角取决于负载电流和负载电压的大小;当测量交流电路功率时,其指针的偏转角与负载电压、负载电流和功率因数成正比。图 5-10 所示是瓦特表工作原理示意图和在电路图中的符号。

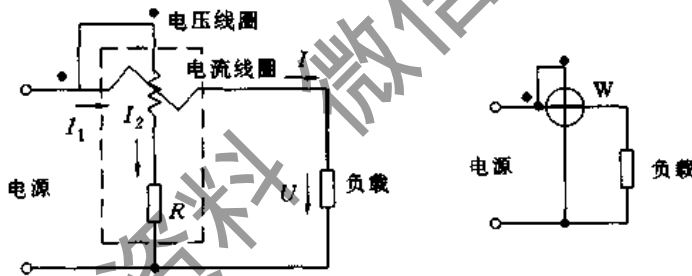


图 5-10 瓦特表工作原理示意图及表示符号

2. 瓦特表的选择

在选择瓦特表时,首先要考虑的是瓦特表的量程,这必须使其电流量程允许通过负载电流,电压量程能承受负载电压。例如有一个感性负载,功率为 800W ,额定电压为 220V ,功率因数是 0.8 ,应如何选择瓦特表的量程来测量这一负载的消耗功率呢?因负载电压为 220V ,瓦特表的电压量程可选为 300V 。根据公式 $P = IU\cos\varphi$ 计算负载电流 I :

$$I = \frac{P}{U\cos\varphi} = \frac{800}{220 \times 0.8} \approx 4.54\text{A}$$

故瓦特表的电流量程可选为 5A 。由此可定瓦特表量程为 300V 、 5A ,其功率量程为 1500W 。如果选用量程为 100V 、 15A 的瓦特表,虽然功率量程仍为 1500W ,但负载电压超过了瓦特表的量程,所以不能使用。可以看出,选择瓦特表的量程,就是正确地确定瓦特表的电流量程和电压量程。

要按被测电路交流负载的功率因数的大小,选用普通瓦特表和低功率因数瓦特表。普通瓦特表是在额定电压、额定电流及额定功率因数 $\cos\varphi=1$ 的条件下进行刻度的。如果测量功率因

数很低的负载,瓦特表指针的偏转角很小,测量结果的误差较大,这时需要选择低功率因数瓦特表。低功率因数瓦特表标度尺是在功率因数较低的条件下进行刻度的,并在表内采取了多种补偿措施,对功率因数较低的负载可以提高测量的准确度。

3. 瓦特表的使用

(1) 瓦特表的正确接线

电动式瓦特表指针的偏转方向是通过电流线圈和电压线圈的电流方向决定的,如果改变一个线圈的电流方向,指针将反转。为了保证指针正转,通常在电流线圈和电压线圈的接线端标记“*”符号,叫做电源端。规定电源端接线规则如下:瓦特表电流线圈电源端必须和电源相接,另一接线端与负载相接;电压线圈的电源端可与电流线圈的任一接线端相接,另一接线端跨接被测负载的另一端。

按照这个规则接线,指针不会反转。

(2) 瓦特表的两种接线方法

当被测负载功率小时,考虑瓦特表功率消耗对测量结果的影响,可根据情况选择适当的接线方法。

当负载电阻远大于电流线圈电阻时,应采用图5-11(a)所示的接线方法。此时电压线圈所测的电压为负载和电流线圈上的电压降之和,瓦特表的读数为负载和电流线圈所消耗的功率之和。因电流线圈与负载相比电阻小,所测电压近似等于负载电压,瓦特表指示接近实际值。

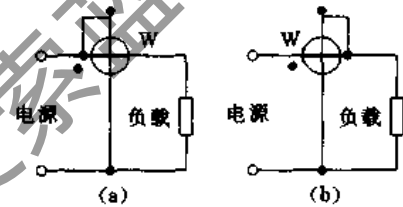


图5-11 瓦特表的连接

当负载电阻远小于电压线圈电阻时,应采用图5-11(b)所示的接线方法。此时电流线圈所测的电流为负载与电压线圈电流之和,瓦特表指示为负载和电压线圈所消耗功率之和。因电压线圈电阻远大于负载电阻,所测电流近似于负载电流,瓦特表指示较为准确。

在实际测量中,如被测负载的功率很大,上述两种接线方法可任选。

(3) 三相平衡负载电路总功率的测量

因为是三相平衡负载,每相负载消耗的功率相同,只需用一只瓦特表测量一相负载的功率,然后乘以3,即是三相总功率。图5-12所示为一相负载的功率测量图。瓦特表电流线圈通过一相电流,电压线圈所测为同一相的相电压。

(4) 三相四线制电路总功率的测量

在三相四线制电路中,三相负载不平衡,要测量其总功率,需使用三只瓦特表,每一只瓦特表分别测出各自一相的功率,三只瓦特表功率读数的总和就是三相负载的总功率。图5-13所示为三相四线制电路总功率测量图。

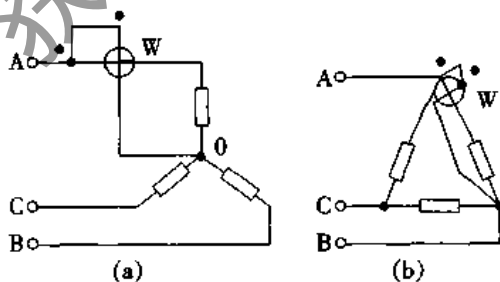


图5-12 用一只瓦特表测量三相平衡负载功率

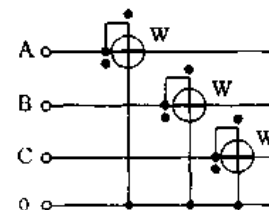


图5-13 三相四线制电路总功率测量图

第四节 万用表

万用表又称复用表,它是一种多用途、多量程仪表。一般以测量电流、电压和电阻为主,习惯叫做三用表。有的万用表还可以测量电感、电容、功率及晶体管的 β 值等。所以万用表是维修电工必备的测量仪表。

万用表按其测量指示分为指针式万用表和数字式万用表两类。

一、指针式万用表

1. 指针式万用表的结构

万用表主要由指示部分、测量电路、转换装置三部分组成。

指示部分俗称表头,用以指示被测电量的数值,通常为磁电式微安表。表头是万用表的关键部件,万用表很多重要性能,如灵敏度、准确度等级、阻尼及指针回零等大都取决于表头的性能。表头的灵敏度是以满刻度偏转电流来衡量的,满刻度电流越小,表示表头灵敏度越高。一般万用表的表头灵敏度在 $10\mu\text{A}\sim 100\mu\text{A}$ 左右。

测量电路的作用是把被测的电量转变成适合于表头要求的微小直流电流,它通常包括分流电路、分压电路和整流电路。分流电路将被测的大电流通过分流电阻变换成表头所需的微小电流,分压电路将被测的高电压通过分压电阻变换成表头所需的低电压,整流电路将被测的交流电通过整流转变成表头所需的直流电。

万用表的各测量种类及量程的选择是靠转换装置实现的,转换装置通常由转换开关、接线柱、插孔等组成。转换开关有固定触点和活动触点,位于不同位置,接通相应的触点,构成相应的测量电路。

2. 指针式万用表的工作原理

(1) 直流电流的测量

万用表的直流电流档实质上是一个多量程的磁电式直流电流表。它应用分流电路与磁电式仪表——表头相并联,达到扩大测量电流量程的目的。根据分流电阻值越小,所得的测量电流量越大的原理,通过配以不同的分流电阻,得到不同的测量量程,图5-14所示为多量程直流电流档原理示意图,分别选用分流电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 ,构成相应的直流电流量程。万用表的实际电路多采用闭路式分流电路,如图(b)所示。在这个电路中,各分流电阻彼此串联,再与表头并联,形成一个闭合环路。当转换开关置于不同位置时,表头所配用的分流电阻不同,构成不同量程的档位。

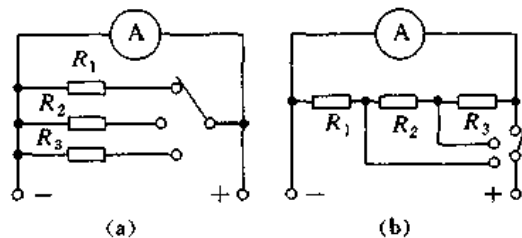


图5-14 万用表直流电流测量电路

(2) 直流电压的测量

万用表的直流电压档实质上是一个多量程的直流电压表,它应用分压电阻与表头串联,以扩大测量电压的量程。根据分压电阻值越大,所得的测量量程越大的原理,通过配以不同的分压电阻,构成相应的电压测量量程。

直流电压档电路通常有三种形式,如图5-15所示。图(a)中每一量程的分压电阻都是独立的,图(b)是大量程利用小量程的分压电阻,图(c)为以上两种电路的混合形式。

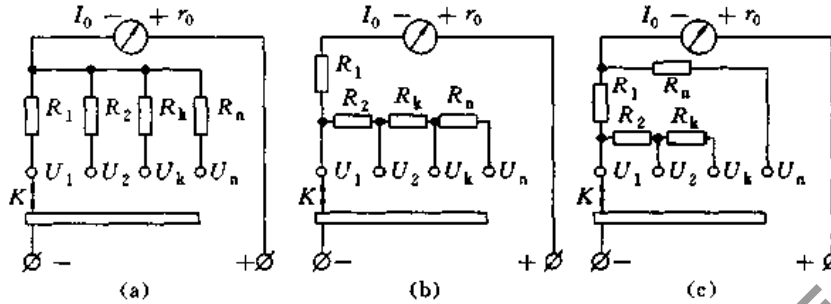


图5-15 万用表直流电压测量电路

(3) 交流电流、电压的测量

磁电式仪表本身只能测量直流电流或电压,万用表的交流电流档、电压档采用整流电路,将输入的交流电转变成直流,实现对交流的测量。测量量程的扩大与直流档相同。万用表的整流电路有半波整流和全波整流两种,如图5-16所示。现在生产的万用表都采用晶体二极管作为整流元件。

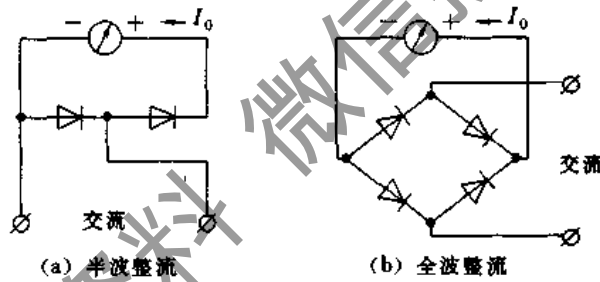


图5-16 万用表的整流电路

(4) 电阻的测量

万用表测量电阻电路的工作原理是根据欧姆定律,利用通过被测电阻的电流及电压来反映被测电阻大小。图5-17所示是万用表电阻档测量原理示意图。

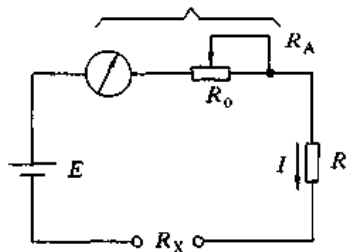


图5-17 万用表电阻档测量原理示意图

根据欧姆定律得:

$$I = \frac{E}{R_x + R_1 + R_A}$$

式中, I 为被测电路的电流, E 为电池电压, R_A 为表头内阻, R_1 为串联电阻, R_x 为被测电阻。

E 、 R_A 、 R_1 为已知数值, 电路中电流 I 的大小取决于被测电阻 R_x , 即表头指针偏转角由 R_x 决定, 通过欧姆档的标度尺反映被测电阻值 R_x 。

当 $R_x = 0$ 时, 电路中电流最大, 指针偏转角也最大, 定为满刻度值, 即零欧姆值点。当 $R_x = \infty$ 时, 电路处于开路状态, 电流等于零, 指针无偏转, 定为欧姆值无限大刻度。当 $R_x = R_1 + R_A$, 电路中的电流恰为最大电流的一半, 指针的偏转角为满刻度值的一半, 位于标度尺中间, 称这时的 R_x 值为欧姆档的中心值。

由电流计算式可见, 电流 I 与被测电阻 R_x 不成正比关系, 因此欧姆档标度尺刻度分布是不均匀的, 它的设计都以中间刻度为标准, 然后分别求出其他各点 R_x 的刻度值。

图中 R_0 是调零电阻, 它的作用是在 $R_x = 0$ 时, 指针应位于零欧姆值点。但因电池电压不稳定, 指针有可能达不到零欧姆值点, 这时可改变 R_0 的阻值使指针回到零位, 以保证测量的准确度。

为了测量各种阻值的电阻, 并使标度尺反映清晰, 万用表都设有多档量程, 通常有 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$, 有的还设有 $R \times 10k$ 、 $R \times 100k$ 等档。被测电阻值增大, 会减小表头的电流, 为此万用表的高阻档都采用高电压电池供电。一般 $R \times 1k$ 以下电阻档使用 1.5V 电池, $R \times 10k$ 以上电阻档使用 6V、9V、15V 和 22.5V 电池。

3. 万用表的灵敏度

灵敏度是万用表的重要性能指标之一, 它表示万用表作电压测量时, 指针偏转满刻度值取自被测电路的电流值。一般以每伏的内阻表示, 即:

$$\text{灵敏度} = \frac{\text{电表内阻}}{\text{电压量程}}$$

灵敏度越高, 取自被测电路的电流越小, 对被测电路工作状态的影响就越小。

万用表灵敏度与表头灵敏度是一致的。表头的灵敏度越高, 作电压测量时满刻度值所取被测电路的电流越小, 万用表呈现的内阻越大, 万用表灵敏度越高。例如, 直流电压量程为 100V 的万用表测量电路, 分别选用 $100\mu\text{A}$ 和 $50\mu\text{A}$ 的表头, 万用表的内阻是:

$$R_1 = \frac{100\text{V}}{100\mu\text{A}} = 1\text{M}\Omega$$

$$R_2 = \frac{100\text{V}}{50\mu\text{A}} = 2\text{M}\Omega$$

所构成万用表的灵敏度分别是:

$$\text{灵敏度 } 1 = \frac{1\text{M}\Omega}{100\text{V}} = 10000\Omega/\text{V}$$

$$\text{灵敏度 } 2 = \frac{2\text{M}\Omega}{100\text{V}} = 20000\Omega/\text{V}$$

4. 几种常用的指针式万用表

万用表的型号很多, 不同型号的万用表其功能也不尽相同, 要根据实际测量需要选用合适的万用表。一般来说, 灵敏度越高, 万用表的价格越贵; 标度尺越清晰, 万用表体积越大。对于维修电工, 测量电压较高、电流较大, 一般万用表的灵敏度都可满足要求。这里简要介绍几种万用表, 供参考。

(1) 500型万用表

外壳用黑色胶木制成。表头系方型135mm×65mm磁电式仪表,表头灵敏度为40 μ A,内阻2800 Ω 。表面宽阔,读数精确。电阻档采用1.5V2号电池,用于R×1、R×10、R×100、R×1k档,15V叠层电池用于R×10k档。

500型万用表共有23个量程,可以测量直流电流、交直流电压、电阻及音频电平,其测量范围如表5-3所示。

表5-3 500型万用表测量范围

测量范围		灵敏度	基本误差 (%)	误差表示方法
直流电流	0~1mA~10mA~100mA~500mA		±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0~2.5V~10V~50V~250V~500V~2500V	20k Ω /V	±2.5	
交流电压	0~10V~50V~250V~500V~2500V	4k Ω /V	±4	
电 阻	中心值:10 Ω ,100 Ω ,1k Ω ,10k Ω ,100k Ω		±4	以刻度尺全长的百分数表示
	倍数:R×1,×10,×100,×1k,×10k			
	范围:0~2k Ω ~20k Ω ~200k Ω ~2M Ω ~20M Ω			

(2) MF-14型万用表

表头灵敏度约为160 μ A,内阻110 Ω 。万用表共有33档量程,除了可以测量直流电流、直流电压、交流电压和电阻以外,还可测量交流电流。其测量范围如表5-4所示。

表5-4 MF-14型万用表测量范围

测量范围		灵敏度	基本误差 (%)	误差表示方法
直流电流	0~1mA~2.5mA~10mA~25mA~100mA~250mA~1A~5A		±1.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0~2.5V~10V~25V~100V~250V~500V~1000V	1k Ω /V	±1.5	
交流电流	0~2.5mA~10mA~25mA~100mA~250mA~1A~5A		±2.5	
交流电压	0~2.5V	100 Ω /V	±2.5	
	0~10V~25V~100V~250V~500V~1000V	400 Ω /V		
电 阻	中心值:75 Ω ,750 Ω ,7.5k Ω ,75k Ω		±1.5	以刻度尺全长的百分数表示
	倍数:R×1,×10,×100,×1k			
	范围:0~10k Ω ~100k Ω ~1M Ω ~10M Ω			

(3) MF-10型万用表

表头灵敏度约为9.2 μ A,内阻约为3350 Ω 。MF-10型万用表的特点是具有较高的灵敏度,可以测量微弱电流。它不仅适合一般维修电工使用,也是测量电子线路的得力工具,其测量范围如表5-5所示。

(4) MF-47型万用表

表头灵敏度约为50 μ A,内阻约为1700 Ω 。MF-47型万用表是塑料盒袖珍式万用表,其特点是体积小,携带方便,除具有测量电流、电压和电阻等一般功能外,还有测量晶体管参数、电容值、电感值等附加功能,并且价格便宜。但测量精度较低,耐用性较差。其测量范围如表5-6所示。

表5-5 MF-10型万用表测量范围

测量范围		灵敏度	基本误差 (%)	误差表示方法
直流电流	0~10 μ A~50 μ A~100 μ A~1mA~10mA~100mA~1000mA		± 2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0~0.5V~1V~2.5V~10V~50V~100V	100k Ω /V	± 2.5	
	0~250V~500V	20k Ω /VA	± 2.5	
交流电压	0~10V~50V~250V~500V	20k Ω /V	± 4	
电 阻	倍数: R $\times 1, \times 10, \times 100, \times 1k, \times 10k, \times 100k$		± 2.5	以刻度尺全长的百分数表示
	范围: 0~2k Ω ~20k Ω ~200k Ω ~2M Ω ~20M Ω ~200M Ω			
电 平	-10dB~0~+22dB~+56dB			

表5-6 MF-47型万用表测量范围

测量项目	量 程	灵敏度及电压降	精 度	误差表示方法
直流电流	0~0.05mA~0.5mA~5mA~50mA~500mA~5A	0.3V	2.5	以上量程的百分数计算
直流电压	0~0.25V~1V~2.5~10V~50V~250V~500V~1000V~2500V	20000 Ω /V	2.5 5	以上量程的百分数计算
交流电压	0~10V~50V~250V~(45Hz~60Hz~5000Hz)~500V~1000V~2500V(45Hz~65Hz)	40000 Ω /V	5	以上量程的百分数计算
直流电阻	R $\times 1, \times 10, \times 100$ $\times 1k, \times 10k$	R $\times 1$ 中心刻度为16.5 Ω	2.5	以标度尺弧长的百分数计算
			10	以指示值的百分数计算
音频电平	-10dB~+22dB	0dB=1mW 600 Ω		
晶体管直流电流放大系数	0~300h _{FE}			
电感	20H~1000H			
电容	0.001 μ F~0.3 μ F			

5. 测量方法

(1) 根据测量对象,将转换开关置于正确位置。先选择测量种类,然后确定测量量程。

(2) 根据被测电量的大致范围,选择合适的量程。测量电压、电流时,最好使指针处于量程的二分之一以上位置,得到较准确的读数。

(3) 测试表笔连接要正确。通常红色表笔与标有“+”号的接线端相连,黑色表笔与标有“-”号的接线端相连。测量时,红色表笔接被测电路的正极,黑色表笔接电路负极。对于设有高压2500V量程的万用表,表笔应与面板所示指定接线端相接。

(4) 测量电压,表笔与被测电路并联。测量电流时,表笔与被测电路串联。测量电阻时,表笔与被测电阻的两端相连。测量晶体管、电容等时应将其引出线插入面板上的指定插孔。

(5) 测量电阻之前应先进行调零,即两表笔短接,同时转动调零旋钮,使指针位于标度尺的零欧姆值点。每换一个电阻档都要重新调零,如指针不能指到零位,说明电池电压不足,需更换电池。测量电阻时,选择倍率应使指针处于标度尺中间位置,以提高测量的准确度。

(6) 万用表的表盘上有多条标度尺,应根据不同的测量对象,观看所对应的标度尺读数。同时要注意标度尺与量程档的配合,得到正确的测量值。

6. 使用万用表的注意事项

(1) 使用万用表测量高电压时,不要用手触及表笔的金属部分。测量电阻时,不能带电测量。测量电流时,应先切断电源,接好连线再行测量以保证安全。

(2) 测量电压或电流时,不可带电转动转换开关,以免烧坏万用表。

(3) 万用表接入被测电路之前,要认真核对所选用的测量种类及量程,在测量电压时尤为重要。误用电流档、电阻档测量电压是造成万用表损坏的主要原因之一。

二、数字式万用表

数字式万用表是采用电子线路完成电压、电流、电阻等电气量的测量,通过液晶显示屏,用数字表示测量值,其测量准确度高,测量值显示明显,是一种先进的测量仪表,目前的应用也较普遍。下面以 DT-890B 型数字万用表为例介绍其测量范围及使用方法。

DT-890 系列数字式万用表可靠性高,稳定性好,具有防震性能,是一种多功能、多量程的测量仪表,其面板结构如图 5-18 所示。

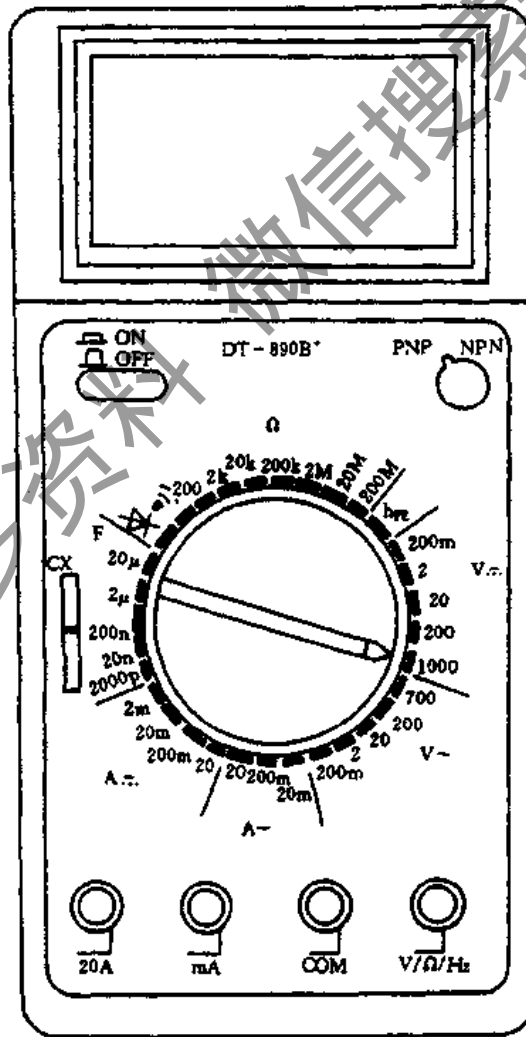


图 5-18 DT-890B 数字万用表面板结构

1. 测量范围

DT-890B 型数字万用表的测量项目、量程、精确度及分辨率等技术参数如表5-7所示。

表5-7 DT-890B 数字万用表测量范围及精确度

项 目	量 程	精 确 度	分 辨 力
直流电压	200mV	$\pm(0.5\% \text{读数} + 1 \text{字})$	100 μ V
	2V		1mV
	20V		10mV
	200V		100mV
	1000V	$\pm(0.8\% \text{读数} + 2 \text{字})$	1V
交流电压	2V	$\pm(0.8\% \text{读数} + 3 \text{字})$	1mV
	20V		10mV
	200V		100mV
	700V	$\pm(1.2\% \text{读数} + 3 \text{字})$	1V
直流电流	2mA	$\pm(0.8\% \text{读数} + 1 \text{字})$	1 μ A
	20mA		10 μ A
	200mA	$\pm(1.5\% \text{读数} + 1 \text{字})$	100 μ A
	20A	$\pm(2\% \text{读数} + 5 \text{字})$	10mA
交流电流	20mA	$\pm(1.2\% \text{读数} + 3 \text{字})$	10 μ A
	200mA	$\pm(2\% \text{读数} + 3 \text{字})$	100 μ A
	20A	$\pm(3\% \text{读数} + 7 \text{字})$	10mA
电 阻	200 Ω	$\pm(0.8\% \text{读数} + 3 \text{字})$	0.1 Ω
	2k Ω	$\pm(0.8\% \text{读数} + 1 \text{字})$	1 Ω
	20k Ω		10 Ω
	200k Ω		100 Ω
	2M Ω		1k Ω
	20M Ω	$\pm(1\% \text{读数} + 2 \text{字})$	10k Ω
	200M Ω	$\pm[(5\% \text{读数} - 10) + 10 \text{字}]$	100k Ω
电 容	2000pF	$\pm(4\% \text{读数} + 3 \text{字})$	1pF
	20nF		10pF
	200nF		100pF
	2 μ F		1nF
	20 μ F		10nF

2. 操作时注意事项

(1) 测量前,应根据测量项目把黑、红两表插入万用表相应的插孔,通常黑表笔插入COM插孔,红表笔依据测量项目插入V/ Ω /Hz、mA、20A插孔。

(2) 测量前,将转换开关置于测量项目的所需量程。

(3) DT-890B 万用表有自动关机的功能,该表停止使用或停留在某一档位的时间超过30分钟时,电源自动切断,万用表停止工作。若要重新开启电源,应重复按动电源开关两次。

(4) 将电源开关置于 ON 状态,显示屏应有数字或符号显示。若出现低电压符号 ⏏ ,应更换机内的 9V 电池。

(5) 测量时显示屏只显示“1”,表示量程选择偏小,应将转换开关置于更高量程。

(6) 测量时,应注意量程的上限,测量电流和电压超过测量量程的上限,会造成保险丝熔断及仪表的损伤。

3. 测量方法

(1) 直流电压的测量

① 将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入 V/ Ω 插孔。

② 将转换开关置于直流电压档 V— 的合适量程。

③ 表笔与被测电路并联,红表笔接被测电路高电位端,黑表笔接被测电路低电位端,则液晶显示屏显示测量数据。

(2) 交流电压的测量

① 黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入 V/ Ω 插孔。

② 将转换开关置于交流电压档 V~ 的合适量程。

③ 表笔与被测电路并联,则显示屏显示测量数据。

(3) 直流电流的测量

① 将黑表笔插入 COM 插孔。当测量值小于 200mA 时,红表笔插入“mA”插孔。当测量值大于 200mA 时,红表笔插入“20A”插孔。

② 将转换开关置于直流电流档 A— 合适量程。

③ 将红黑表笔串入被测电路,红表笔接高电位端,黑表笔接低电位端,则显示屏显示测量数据。

(4) 交流电流的测量

① 黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入“mA”或“20A”插孔,同直流电流的测量选择相同。

② 将转换开关置于交流电流档 A~ 的合适量程。

③ 将红黑表笔串入被测电路,则显示屏显示测量数据。

(5) 电阻的测量

① 将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入 V/ Ω 插孔。

② 将转换开关置于电阻档 Ω 的合适量程。

③ 红黑表笔分别与待测电阻相接,则显示屏显示测量数据。

(6) 电容的测量

① 将转换开关置于电容档 F 的合适量程。

② 将待测电容器接线脚插入 cx 插孔,则显示屏显示测量数据。

(7) 二极管的测试

① 将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入 V/ Ω 插孔。

② 将转换开关置于二极管 ⤵ 位置。

③ 红表笔与二极管正极相连,黑表笔与二极管的负极相连,则显示屏显示二极管正向压降近似值。

(8) 三极管 h_{FE} 的测试

① 将转换开关置于三极管放大倍数 h_{FE} 位置。

② 将 PNP 型或 NPN 型三极管三只引线脚分别插入面板右上方对应插孔,则显示屏将显

示出 h_{FE} 近似值。

第五节 钳形电流表、摇表和电度表

一、钳形电流表

钳形电流表是维修电工常用的一种电流表。应用普通电流表测量电路的电流时，需要切断电路，接入电流表。而钳形电流表可在不切断电路的情况下进行电流测量，使用很方便，这是钳形电流表的最大特点。钳形电流表测量的准确度较低。

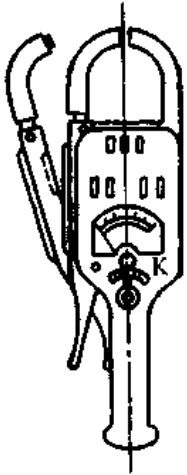


图5-19 钳形电流表

1. 钳形电流表的结构

钳形电流表在不切断电路的情况下可进行电流的测量，是因为它具有一个特殊的结构——可张开和闭合的活动铁心，如图5-19所示。捏紧钳形电流表扳手，铁心张开，被测电路可穿入铁心；放松扳手，铁心闭合，被测电路作为铁心的一组线圈。

2. 钳形电流表的工作原理

钳形交流电流表可看作是由一只特殊的变压器和一只电流表组成。被测电路相当于变压器的初级线圈，铁心上设有变压器的次级线圈，并与电流表相接。这样，被测电路通过的电流使次级线圈产生感生电流，电流表指针发生偏转，从而指示出被测电流的数值。

钳形交直流电流表是一个电磁式仪表，穿入钳口铁心中的被测电路作为励磁线圈，磁通通过铁心形成回路。仪表的测量机构受磁场作用发生偏转，指示出测量数值。因电磁式仪表不受测量电流种类的限制，所以可以测量交直流电流。

3. 常用的几种钳形电流表

钳形电流表分为钳形交流电流表和钳形交直流电流表两类，有的还可测量交流电压。表5-8给出了几种钳形表的型号和测量范围。

表5-8 常用钳形表的型号及测量范围

名称型号	量程范围	准确度
MG4-AV型交流钳形表	电流：0~10A~30A~100A~300A~1000A 电压：0~150V~300V~600V	2.5
MG20型钳形交直流电流表	电流：0~100A~200A~300A~400A~500A~600A	不超测量上限的±5%
MG24型交流钳形表	电流：0~5A~25A~50A~250A 电压：0~300V~600V	2.5
MG25型袖珍三用钳形表	交流电流：0~5A~25A~50A~100A~250A 交流电压：0~300V~600V 电阻：0~5kΩ	2.5
MG28型交直多用钳形表	交流电流：0~5A~25A~50A~100A~250A~500A 交流电压：0~50V~250V~500V 直流电压：0~50V~250V~500V 直流电流：0~0.5mA~10mA~100mA 电阻：0~1kΩ~10kΩ~100kΩ	

(续表)

名称型号	量程范围	准确度
MG36型交直多用钳形表	交流电流: 0~50A~100A~250A~500A~1000A 交流电压: 0~50V~250V~500V 直流电压: 0~50V~250V~500V 直流电流: 0~0.5mA~10mA~100mA 电阻: 0~10kΩ~100kΩ~1MΩ	
T-301型钳形交流电流表	电流: 0~10A~25A~50A~100A~250A~600A~1000A	2.5
T-302型交流钳形表	电流: 0~10A~50A~250A~1000A 电压: 0~250V~300V~500V~600V	2.5

使用钳形表时要注意:

- (1) 钳形表只限于被测电路的电压不超过600V时使用。
- (2) 要选择合适的量程,不可用小量程测量大电流。如果被测电流无法估计,应把钳形表的量程置于最大档位,然后根据被测指示值,由大变小,转换到合适的档位。转换量程档位时应在不带电的情况下进行,以免损坏仪表。
- (3) 测量5A以下小电流时,为得到准确的读数,可将被测导线多绕几圈穿入钳口进行测量,实际电流数值应为钳形表读数除以放进钳口内的导线根数。
- (4) 测量时应注意相对带电部分的安全距离,以免发生触电事故。

二、摇表

摇表是用来测量大电阻值和绝缘电阻的,它的标度尺单位是“兆欧”,用“MΩ”表示,所以也称兆欧表或高阻表。

1. 摇表的工作原理

摇表由两大部分构成,一部分是手摇发电机,一部分是磁电式比率表。手摇发电机的作用是提供一个便于携带的高电压测量电源,电压范围在500V~5000V之间。磁电式比率表是测量两个电流比值的仪表,与前面所述的普通磁电式指针仪表结构不同,它不用游丝来产生反作用力矩,而是与转动力矩一样,由电磁力产生反作用力矩。

图5-20所示为摇表的工作原理图。F为手摇发电机,通过摇动手柄产生交流高压,经二极管整流,提供测量用直流高压。磁电式比率表的主要部分是一个磁钢和两个转动线圈。因转动线圈内的圆柱形铁心上开有缺口,由磁钢构成一个不均匀磁场,中间磁通密度较高,两边较低。两个转动线圈的绕向相反,彼此相交成固定的角度,连同指针都固接在同一转轴上。转动线圈的电流采用软金属丝——导丝引入。当有电流通过时,转动线圈1产生转动力矩,转动线圈2产生反作用力矩,两者转向相反。

当被测电阻 R_x 未接入时,摇动手柄发电机产生供电电压 U ,这时转动线圈2有电流 I_2 通过,产生一个反时针方向的力矩 M_2 。在磁场的作用下,转动线圈2停止在中性面上,摇表指针位于“∞”位置,被测电阻呈无限大。

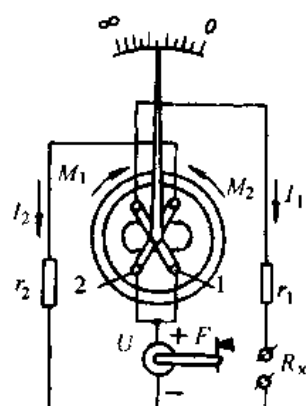


图5-20 摇表工作原理示意图

当接入被测电阻 R_x 时,转动线圈1在供电电压 U 的作用下,有电流 I_1 通过,产生一个顺时针方向的转动力矩 M_1 ,转动线圈2产生反作用力矩 M_2 ,在 M_1 的作用下指针将偏离“∞”点。当转动力矩 M_1 与反作用于力矩 M_2 相等时,指针即停止在某一刻度上,指示出被测电阻的数值。

指针所指的位置与被测电阻的大小有关, R_x 越小, I_1 越大,转动力矩 M_1 也越大,指针偏离“∞”点越远;在 $R_x=0$ 时, I_1 最大,转动力矩 M_1 也最大,这时指针所处位置即是摇表的“0”刻度;当被测电阻 R_x 的数值改变时, I_1 与 I_2 的比值将随着改变, M_1 、 M_2 力矩相互平衡的位置也相应地改变。由此可见,摇表指针偏转到不同的位置,指示出被测电阻 R_x 不同的数值。

从摇表的工作过程看,仪表指针的偏转角决定于两个转动线圈的电流比率。发电机提供的电压是不稳定的,它与手摇速度的快慢有关。当供电电压变化时, I_1 和 I_2 都会发生相应的变化,但 I_1 与 I_2 的比值不变。所以发电机摇动速度稍有变化,也不致引起测量误差。

2. 摇表的使用

(1) 摇表的选择

要根据所测量的电气设备选用摇表的最高电压和测量范围。测量额定电压在500V以下的设备时,宜选用500V~1000V的摇表;额定电压500V以上时,应选用1000V~2500V的摇表。在选择摇表的量程时,不要使测量范围过多地超出被测绝缘电阻的数值,以免产生较大的测量误差。通常,测量低压电气设备的绝缘电阻时,选用0~500MΩ的摇表;测量高压电器设备、电缆时,选用0~2500MΩ量程的摇表。有的摇表标度尺不是从零开始,而是从1MΩ或2MΩ开始刻度,这种表不宜用来测量低压电气设备的绝缘电阻。表5-9所示为测量几种电气设备绝缘电阻时确定摇表电压的参考数值。

表5-9 电气设备绝缘电阻与摇表电压的选定

被测对象	被测设备的额定电压(V)	所选兆欧表的电压(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	500以下	500~1000
电气设备绝缘	500以上	2500
瓷瓶、母线、刀闸		2500~5000

(2) 测量的注意事项

电气设备的绝缘电阻都比较大,尤其是高压电气设备处于高电压工作状态,测量过程中保障人身及设备安全至关重要,同样测量结果的可靠性也非常重要。测量时,必须注意以下几点:

① 测量前必须切断设备的电源,并接地短路放电,以保证人身和设备的安全,获得正确的测量结果。

② 对于有可能感应出高电压的设备,要采取措施,消除感应高电压后进行测量。

③ 被测设备表面要处理干净,以获得测量的准确结果。

④ 摇表与被测设备之间的测量线应采用单股线,单独连接;不可采用双股绝缘绞线,以免绝缘不良而引起测量误差。

(3) 摇表的检查

测量前应对摇表进行检查,即进行一次开路 and 短路试验。在摇表未接上被测电阻 R_x 之前摇动手柄到额定转速,指针应指在“ ∞ ”的位置;然后用测量线将“线路”、“接地”接线端短接,缓慢摇动手柄,指针应指在“0”处。通过上述检查,如果指针不能指到“ ∞ ”及“0”处,说明摇表存在故障,检修后才能使用。

(4) 测量

① 测量时摇表应放置平稳,并远离带电导体和磁场,以免影响测量的准确度。

② 摇表上有三个接线端,即“线路”接线端,标有字母 L;“接地”接线端,标有字母 E;“保护环”接线端,标有字母 G。测量时,被测电阻 R_x 的两端分别与 L 和 E 接线端相连。图 5-21(a)所示为测量电路绝缘电阻时摇表的连线,E 接线端可靠接地,L 接线端与被测线路相连;图 (b)所示为测量电机绝缘电阻的连线,E 接线端接机壳,L 接线端接电机绕组;图 (c)所示为测量电缆绝缘电阻的连线,E、L 接线端除分别与导电线芯和电缆外壳相接外,摇表保护环 G 接线端要与电缆壳芯之间的绝缘层相接。

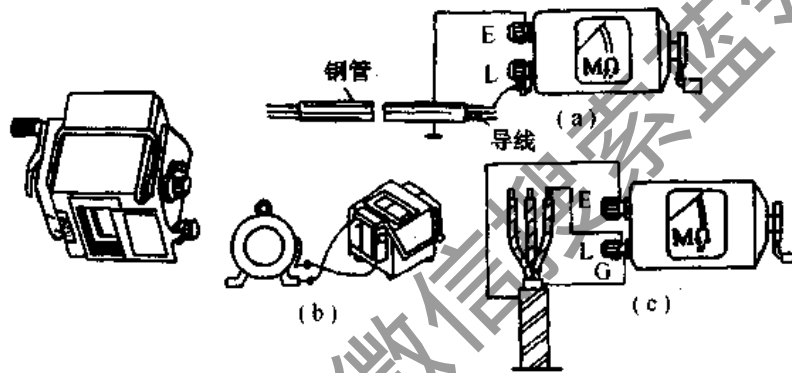


图5-21 摇表的接线方法

保护环直接与发电机的负极相连,它的接入可以消除因表面漏电而引起的测量误差。

③ 测量时,转动手柄要平稳,应保持120转/分的转速。电气设备的绝缘电阻随着测量时间的长短不同,通常采用1分钟后的指针指示为准,测量中如果发现指针指零,应停止转动手柄,以防表内线圈过热而烧毁。

④ 在摇表停止转动和被测设备放电以后,才可用手拆除测量连线。

3. 常用摇表

摇表的种类很多,表5-10列出了几种摇表的额定电压和测量量程。

表5-10 常用摇表型号及性能

型号	额定电压	量程	准确度
ZC-7	100V	0~200M Ω	1.0
	250V	0~500M Ω	1.0
	500V	1M Ω ~500M Ω	1.0
	1000V	2M Ω ~2000M Ω	1.0
	2500V	5M Ω ~5000M Ω	1.5

(续表)

型号	额定电压	量程	准确度
ZC-11-1	100V	0~500MΩ	1.0
ZC-11-2	250V	0~1000MΩ	1.0
ZC-11-3	500V	0~2000MΩ	1.0
ZC-11-4	1000V	0~5000MΩ	1.0
ZC-11-5	2500V	0~10000MΩ	1.0
ZC-11-6	100V	0~20MΩ	1.0
ZC-11-7	250V	0~50Ω	1.0
ZC-11-8	500V	0~1000MΩ	1.0
ZC-11-9	50V	0~2000MΩ	1.0
ZC-11-10	2500V	0~2500MΩ	1.5
ZC-25-1	100V	0~100MΩ	1.0
ZC-25-2	250	0~250MΩ	1.0
ZC-25-3	500V	0~500MΩ	1.0
ZC-25-4	1000V	0~1000MΩ	1.0

表中介绍的几种摇表都是用手摇发电机来提供测量电源的。除此以外,还有用晶体管直流变换器提供测量电源的,构成测量大电阻和绝缘电阻的兆欧表。这类兆欧表的特点是额定电压高、测量范围广。

三、电度表

电度表是用来测量某一段时间内用电负载所消耗电能的仪表。电能以千瓦时为单位,所以电度表又叫“千瓦时表”。平时我们说用了1度电,就是指消耗了1千瓦小时的电能。凡是用电的地方都有电度表,它是电工仪表中使用数量最多的一种仪表。电度表与功率表不同的是不仅能反映出功率的大小,而且能够反映电能随时间增长的累积之和。

1. 电度表的分类

电度表按结构及工作原理可分为电解式、电子数字式和电气机械式三大类。其中电气机械式电度表数量多,应用范围广。电气机械式电度表又包括电动式和感应式两种,前者测量直流,后者测量交流。

根据测量的电路电度表分为单相电度表和三相电度表。常用单相电度表的型号有DD1~DD28型等,其中第一个D表示电度表,第二个D表示单相,数字表示设计编号。三相电度表又有两元件和三元件两种,分别用于三相三线电路和三相四线电路中。常用的三相两元件电度表有DS1~DS19等型号。

根据电度表的功能分为有功电度表、无功电度表以及特殊功用电度表。根据准确度又分为一般使用的普通电度表和准确度较高的标准电度表。

感应式交流电度表转矩大、结构紧凑、价格低,是目前应用最多的电度表。

2. 感应式电度表的工作原理

下面以单相感应式电度表为例,说明其工作原理。

(1) 结构

① 驱动元件 由铁心、电压线圈、电流线圈等组成。它的作用是当电压线圈和电流线圈分

别并联和串联于交流负载电路时,由于电压和电流的作用产生交变磁通,交变磁通穿过铝制转盘产生转动力矩使转盘转动。

② 转动元件 由铝制转盘、转轴和轴承等组成。它的作用是转盘在驱动元件作用下连续转动,并通过转轴上部的蜗杆,将转盘转数传递给计度器。

③ 制动元件 又称制动磁铁,由永久磁铁和磁轭组成。其作用是在转盘转动时产生制动力矩,使转盘转速与负载的功率大小成正比,从而使电度表反映出负载所消耗的电能。

④ 计度器 用来计算电度表的转数,以便计算电能。当转盘转动时,通过蜗杆和齿轮等传动机构带动字轮转动,将转盘转数换算成负载所消耗的电能度数,并从计度器窗口上直接显示出来。

此外,电度表中还有调整装置,它的作用是校正电度表,使其在规定条件下达到应有的计量精度。图5-22所示为单相电度表结构示意图。

(2) 工作原理

单相电度表接入被测交流电路,电压线圈的两端承受被测电路的端电压,电流线圈通过负载电流,这样电压线圈和电流线圈都产生交变磁通,但其大小和方向是不同的。电压线圈产生交变磁通穿过铝制转盘,产生感应电动势,引起涡流。同样,电流线圈的磁通也在铝制转盘上引起涡流。转盘中涡流的相互作用,使转盘上产生作用力,形成转盘转动力矩,其大小与被测电路的电压和电流有关。

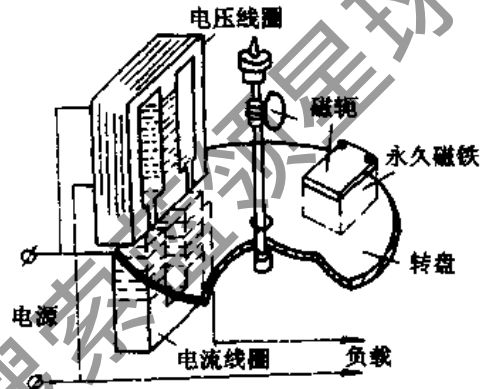


图5-22 单相电度表结构示意图

当转盘转动时,因切割永久磁铁的磁通,将产生一个与转盘转动方向相反的力矩,这就是制动力矩,制动力矩的大小与转盘的转速成正比。

这样,转盘在转动力矩的作用下,转速不断增加,同时转盘受永久磁铁的作用,制动力矩随转速增加而增大。当转盘的转速增加到与转动力矩相平衡时,电度表的转盘将以稳定的转速旋转。

在一定时间内,电能 W 和转盘的转数 N 具有正比关系:

$$W = KN$$

式中, K 为常数。

因此,利用计度器记录转盘转数,可确定负荷所消耗的电能,这就是电度表的简单工作原理。

三相电度表与单相电度表的原理相同,只是在结构安排和接线上有区别。

3. 电度表的使用

(1) 正确选择电度表

为了选择符合测量要求的电度表,一般要考虑以下两个方面:

① 根据被测电路是单相负载还是三相负载,选用单相或三相电度表,通常居民用电使用单相电度表,工厂动力用电使用三相电度表。测量三相三线制供电系统的有功电能,应选用三相两元件有功电度表;测量三相四线制供电系统的有功电能,应选用三相三元件有功电度表。

② 根据负载的电压和电流数值,选择相应的额定电压和额定电流电度表。选用的原则是电度表的额定电压、额定电流要大于负载的电压和电流。单相电度表的额定电压一般为220V

和380V,分别适用于单相220V和单相380V供电系统。三相电度表的额定电压一般有380V、380/220V和100V三种。其中380V的适用于三相三线制系统,380/220V适用于三相四线制系统,100V的则接于电压互感器二次侧使用,用来测量高压输、配电系统的电能。电度表的额定电流有1A、1.5A、2A、3A、5A……100A等,依据负载电流大小选择。

(2) 电度表安装位置的选定

电度表是测量累积负载消耗电能的仪表,长时接入被测电路,因此需选择合适的场所,将电度表固定在某一位置。

电度表应安装在干燥及不受震动的场所。固定位置要便于安装、试验和查表。通常安装在定型产品的配电箱内,装置在电度表板或配电盘上。不宜在有易燃、易爆,有腐蚀性气体,有磁场影响,多灰尘及潮湿的场所安装电度表。对于居民用明装电度表,安装位置应距地面在1.8m以上。

(3) 电度表的接线

电度表的接线原则与瓦特表相同,即电流线圈与负载串联,电压线圈与负载并联。

单相电度表有四个接线端,其排列形式有两种:一是跳入式接线方式,如图5-23(a)所示;二是顺入式接线方式,如图(b)所示。通常,电度表说明书附有接线图,接线端有明确标记,按图把进线和出线依次对号接在电度表接线端上。一般规律是采用跳入式接线方式,“1、3进,2、4出”且“1”接线端必须接火线。

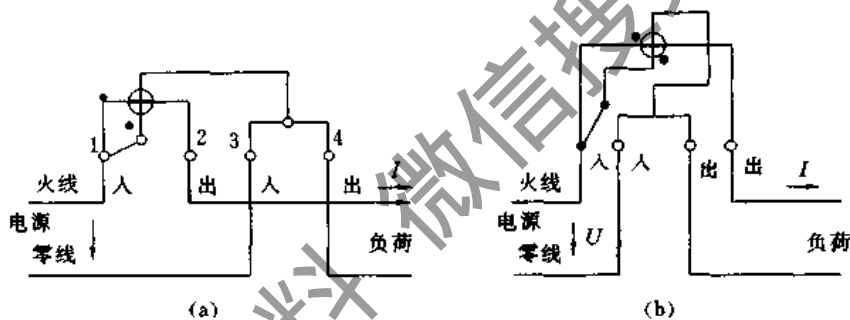


图5-23 单相电度表的接线

三相两元件电度表用于三相三线供电电路中,图5-24(a)所示为其接线图。电度表的读数直接反映三相消耗的总电能。此外,也可用两只单相电度表来测定,消耗总电能等于两个电度表读数之和。三相三元件有功电度表用于三相四线供电电路中,图(b)为其接线图。同样,也可用三只单相电度表来测定各相消耗的电能,三只表的读数相加即为消耗的总电能。

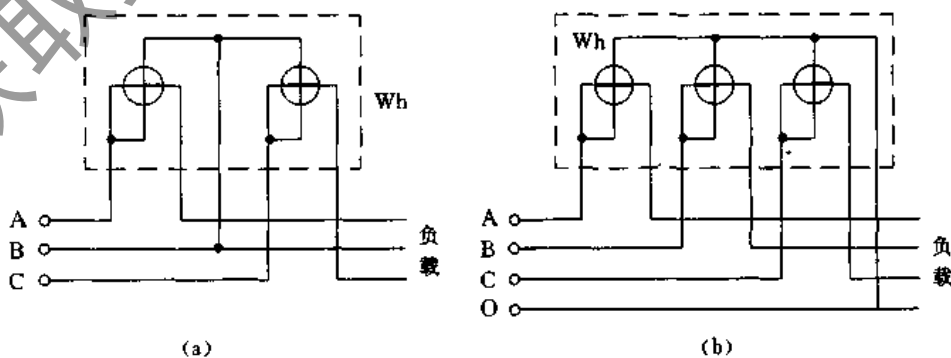


图5-24 三相有功电度表的连接

(4) 使用电度表的注意事项

① 要注意电度表的倍率。有的电度表计度器的读数需乘以一个系数,才是电路实际消耗的电度数,这个系数称为电度表的倍率。

② 单相电度表的接线应按图5-23进行,电源的火线和零线不能颠倒。火线和零线颠倒可能造成电度表测量不准确,更重要的是增加了不安全因素,容易造成人身触电事故。

③ 对于接线端标记不清的单相电度表,可根据电压线圈电阻值大,电流线圈电阻值小的特点,用万用表来确定它的内部接线。通常,电压线圈的一端和电流线圈的一端接在一起位于接线端“1”,如图5-25所示。将万用表置于 $R \times 100\Omega$ 档,一支表笔与接线端“1”相接,另一支表笔依次接触“2”、“3”、“4”接线端。测量电阻值近似为零的是电流线圈的另一接线端;电阻值大的,在 $1k\Omega$ 以上的是电压线圈的另一接线端。

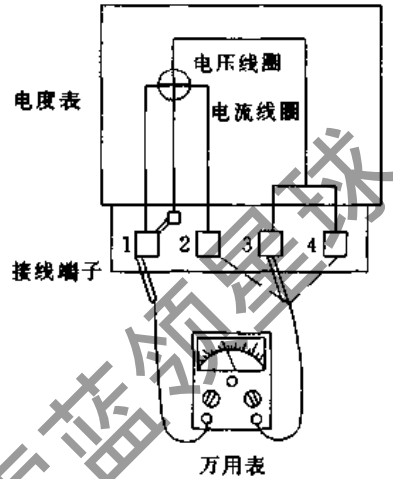


图5-25 用万用表测量单相电度表的接线端

④ 被测电路在额定电压下空载时,电度表转盘应静止不动,否则必须检查线路,找出原因。在负载等于零时,电度表转盘仍稍有转动,属于正常现象,称“无载自转”或“潜动”,但转动不应超过一整圈。

⑤ 电度表接入被测电路时转盘发生反转现象,要进行具体分析。单相电度表、三相两元件有功电度表、三相三元件有功电度表的转盘反转,是由于电度表发生故障,或错误接线所致,要认真检查,加以排除。采用单相电度表测量三相三线制或三相四线制供电电路,在功率因数过低时,可能会使其中一只电度表转盘反转,这是正常现象,其总有功电度数应为单相电度表计量的代数和。

习 题

1. 什么叫仪表的测量误差? 电工仪表测量误差有哪几种表达形式?
2. 简述磁电式、电磁式、电动式电工仪表的工作原理和特点。
3. 使用电流表时,怎样与被测电路相连? 如何扩大电流表的量程? 电流表的内阻对被测电路有什么影响?
4. 使用电压表时,怎样与被测电路相连? 如何扩大电压表的量程? 电压表的内阻对被测电路有什么影响?
5. 指针式万用表主要有哪些功能,使用万用表应注意些什么?
6. 总结一下,在哪些场合需要使用万用表?
7. 钳形电流表有什么特点? 使用时应注意些什么?
8. 简述摇表的工作原理。
9. 简述用摇表测量绝缘电阻的操作过程及注意事项。
10. 如何将单相电度表接入线路? 怎样识别单相电度表标记不清的接线端?

第六章 变 压 器

变压器具有变压、变流和变阻抗等多种功能,是电力系统与电子技术中常见的电气设备。因此,作为维修电工,必须了解变压器的构造和工作原理,掌握变压器维护知识,保证变压器正常运行。

变压器的种类很多,按其用途不同可分为电力输送和分配的电力变压器,为用电设备提供不同电压的电源变压器,实验用的调压变压器,测量用的特殊变压器等。按相数又可分为单相变压器和三相变压器。

在输电系统中,当输送一定功率的电能时,电压愈低,电流愈大,因而在输电线上电能损耗也愈大。为了减小输电线上的能量损失,要用电力变压器将发电机输出的电压升高到几十或几百千伏再输送出去。在输电终端,为了降低电气设备的造价和满足用电安全的要求,需要用电力变压器将送电电压降低后供给动力设备和照明设备。可见,为了输电、供电的需要,就得用电力变压器把交流电压变换成各种不同等级的电压。

本章主要讲述常用的 6kV~10kV 三相配电变压器的构造、原理和使用维护等方面的知识。

第一节 三相变压器的工作原理和铭牌

一、三相变压器的构造

图 6-1 所示为三相配电变压器的外形及结构图,其核心部分是由闭合铁心和套在铁心柱上的绕组组成。此外,还有油箱、油枕、套管和无激磁分接开关等主要部件。各部分的结构和作用如下。

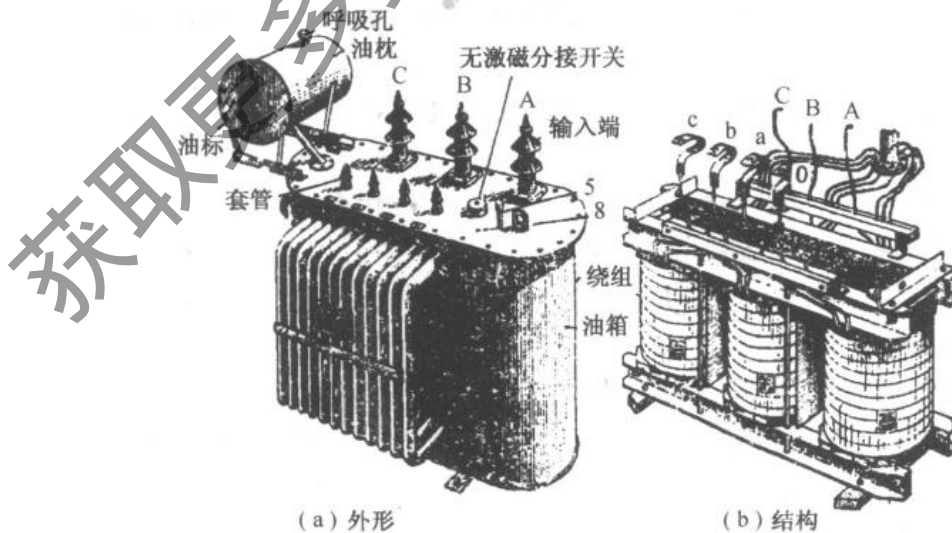


图 6-1 三相配电变压器

1. 铁心

铁心是变压器的磁路部分。为了减小铁心中的磁滞与涡流损耗,铁心由 $0.35\text{mm}\sim 0.5\text{mm}$ 厚的硅钢片叠成,硅钢片表面涂有绝缘漆或利用表面氧化膜使片间彼此绝缘。三相变压器的铁心形状如图6-2所示,直立部分叫铁心柱,在柱上套着变压器的低压绕组和高压绕组;水平部分叫铁轭,用来构成闭合磁路。

2. 绕组

绕组又叫线圈,是变压器的电路部分,分为原、副两种绕组。其中与电源连接的绕组叫原绕组,与负载连接的绕组叫副绕组。原、副绕组都是用包有高强度绝缘物的铜线或铝线绕成的。如图6-2所示,三相变压器的每一相原、副绕组都制成圆筒形套在同一铁心柱上,匝数少的低压绕组套在里面靠近铁心,匝数多的高压绕组套在低压绕组的外面。这样放置是因为低压绕组对铁心绝缘比较容易。低压绕组和铁心之间及高压绕组和低压绕组之间都用绝缘材料做成的套筒隔离,把它们可靠地绝缘起来。为了便于散热,在高、低绕组之间留有一定的间隙作为油道,使变压器油能够流通。

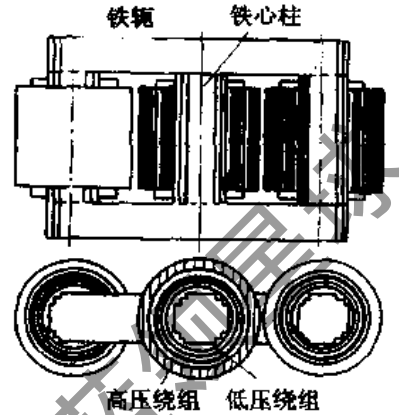


图 6-2 三相变压器的铁心和绕组

3. 油箱

油箱是变压器的外壳,铁心、绕组都装在里面,并充满变压器油。对于容量比较大的变压器,在油箱外面装有散热片或散热管。

变压器油是一种绝缘性能良好的矿物油,它有两个作用:一是绝缘作用,变压器油的绝缘性能比空气好,绕组浸在油里可以提高各处绝缘性能,并且避免和空气接触,预防绕组受潮;二是散热作用,利用油的对流,把铁心和绕组产生的热量通过箱壁和散热管散发到外面。变压器油以它的凝固点不同分为10号、25号、45号三种规格,它们的凝固点分别为 -10°C 、 -25°C 、 -45°C ,一般根据当地气候条件予以选用。

4. 油枕

油箱的顶上装有油枕。油枕的体积一般为油箱体积的10%左右,在油枕和油箱之间有管子联通。油枕有两个作用:一是起储油和补油的作用,保证铁心和绕组浸在油内;二是可以减小油面与空气的接触面积,防止变压器油受潮和变质。

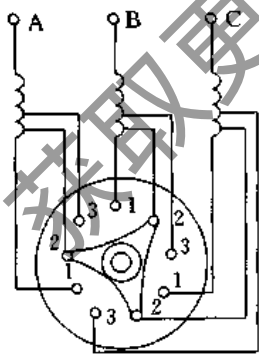


图 6-3 无激磁分接开关

油枕的侧面有油标。在玻璃管的旁边,刻有油温在 -30°C 、 15°C 和 40°C 时的油面高度标准线,作为装油的标准。油枕上装有呼吸孔,使油枕上部空间和大气相通。变压器油热胀冷缩时,油枕上部的空气通过呼吸孔出入,油面可以上升或下降,防止油箱变形或损坏。

5. 套管

变压器绕组引出线通过导杆与外电路相连,套管是导杆与箱盖之间的绝缘体,它起着绝缘和固定导杆的作用。套管有高压套管和低压套管两种。

6. 无激磁分接开关

无激磁分接开关是调整变压比的装置。图6-3是无激磁分接开关的接线图。它从变压器高压绕组尾端不同匝数的地方抽出三个接线端,分别接到分接开关的不同触点上。当电源电压发生变化时,转动分接开关,就可以改变高压绕组的匝数,从而改变

变压器的变压比,使变压器的输出端尽量获得额定电压。利用分接开关能调整的电压范围是额定电压的 $\pm 5\%$ 。电源电压为额定电压时,开关应置“2”的位置。当电源电压经常高于额定电压时,为保持输出电压为额定值,应把开关置于“1”的位置;当电源电压经常低于额定电压时,应把开关置于“3”的位置上。这样,使输出电压尽量在所规定的范围内波动。该注意,调整电压必须在变压器断电后进行。

二、变压器的工作原理

变压器的基本工作原理就是电磁感应原理,图 6-4 所示为变压器工作原理示意图。图中原绕组与交流电源相接,于是在原绕组中有交变电流流过,这个交变电流在铁心中产生交变磁通。由电磁感应原理可知,交变磁通在原、副绕组中产生感应电动势。图中变压器的副绕组若与负载相接,对负载来说,副绕组中的感应电动势相当于电源电动势。如果副绕组所接负载是一只灯泡,则交流电能通过铁心中的交变磁通从原绕组传递到副绕组中而使灯泡发光。只要我们适当地选择变压器原、副绕组的匝数,就可以利用变压器达到改变交流电压和电流大小的目的。下面分空载和负载两种情况分析变压器变压、变流与其匝数的关系。

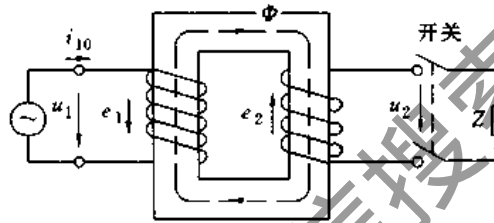


图 6-4 变压器工作原理示意图

1. 空载工作

将图 6-4 中的开关置于切断位置,变压器处于空载工作。这时电源电压 u_1 与原绕组相接,原绕组有电流 i_{10} 通过。因为变压器没有接负载, i_{10} 又称空载电流或励磁电流。空载电流很小,约为额定电流的 $2\% \sim 10\%$ 。根据电磁感应定律,空载电流 i_{10} 在铁心中产生主磁通 Φ ,主磁通在原绕组中产生自感电动势,其有效值是:

$$E_1 = 4.44fN_1\Phi_m$$

式中, f 为交流电源的频率, N_1 为原绕组匝数, Φ_m 为主磁通最大值。

在忽略漏感电动势和绕组电阻时,可以认为主磁通在原绕组产生的自感电动势与电源电压相等,则有:

$$U_1 = E_1 = 4.44fN_1\Phi_m$$

同样,主磁通在原绕组中产生自感电动势的同时,在副绕组也产生自感电动势,其有效值是:

$$E_2 = 4.44fN_2\Phi_m$$

式中, f 为交流电源频率, N_2 为副绕组的匝数, Φ_m 为主磁通最大值。

副绕组自感电动势与其端电压相等,则有:

$$U_2 = E_2 = 4.44fN_2\Phi_m$$

比较 $U_1 = E_1 = 4.44fN_1\Phi_m$ 和 $U_2 = E_2 = 4.44fN_2\Phi_m$ 得到:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = k$$

式中, k 为变压器的变压比, $k = N_1/N_2$ 。

由此可见, 变压器空载时, 原、副绕组端电压与原、副绕组的匝数成正比。

2. 负载工作

将图 6-4 中的开关置于接通位置, 变压器处于负载工作。若忽略漏感电动势和绕组电阻, 可以认为变压器原、副绕组的感应电动势等于原、副绕组的端电压, 通过推导同样可得到:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = k$$

上式表明, 在有负载工作情况下, 变压器原、副绕组的端电压与原、副绕组的匝数成正比, 这与空载工作时得出的结论相同。

变压器在负载工作时, 原绕组中有电流 i_1 通过, 副绕组和负载中有电流 i_2 通过, 在忽略绕组电阻和漏磁通等产生损耗的情况下, 可认为变压器的输入功率等于输出功率, 则有:

$$U_1 I_1 = U_2 I_2$$

或

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{k}$$

由此可见, 变压器原、副绕组的电流大小与绕组的匝数成反比, 即绕组匝数多的一侧电压高、电流小; 匝数少的一侧电压低、电流大。

以上分析的是单相变压器的工作原理, 利用三只单相变压器就可以实现三相电源的变压。实际上, 为了节省材料和提高变压器的效率, 可直接制成一个三相变压器, 其结构如上节所述, 它的工作原理与单相变压器完全相同。

三、变压器的铭牌

为了合理地使用和选择变压器, 每台变压器上都有一块由生产厂家提供的写着变压器额定数据的铭牌, 用来说明变压器性能和使用条件等, 如图 6-5 所示。变压器铭牌的主要内容如下:

相线电力变压器						
产品标准:			型号: S-1000/6.3			
额定容量: 1000kVA			相数: 3		额定频率 50Hz	
额定电压		高压: 6300V	额定电流		高压: 91.6A	
		低压: 400/230V			低压: 1443A	
使用条件: 户外式		线圈温升: 65℃		油面温升: 55℃		
线圈温升: 65℃			冷却方式: 油浸自冷式			
接线连接图		相量图		连接组 标号	开关 位置	分接头 电压
高压	低压	高压	低压			
				Y/Y _N -12	I	6600
					II	6300
					III	6000

图 6-5 变压器的铭牌

1. 型号

变压器的型号分为两部分：前一部分由汉语拼音字母组成，用以表示变压器的类别、结构特征和用途；后一部分由数字组成，表示变压器的容量和高压绕组电压等。其符号代表的意义见表 6-1。例如：

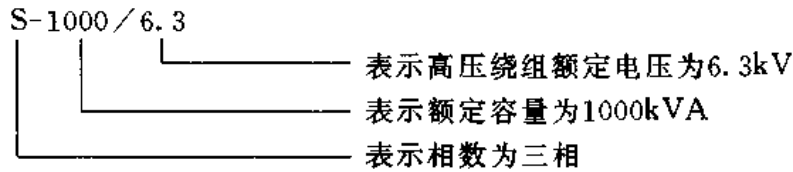
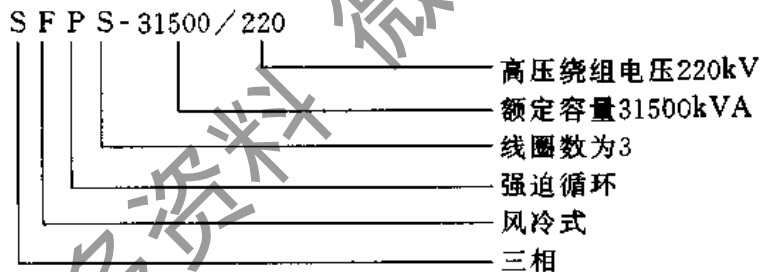


表 6-1 电力变压器型号中符号的含义

项 目	代表符号		项 目	代表符号	
	新	旧		新	旧
单相变压器	D	D	强迫油导向循环	D	不表示
三相变压器	S	S	双线圈变压器	不表示	不表示
油浸式	不表示	J	三线圈变压器	S	S
空气自冷式	不表示	不表示	自耦变压器	O	O
风冷式	F	F	无励磁调压	不表示	不表示
水冷式	W	S	有载调压	Z	Z
油自然循环	不表示	不表示	铝线变压器	不表示	L
强迫油循环	P	P			

S-1000/6.3 为三相自冷矿物油浸双线圈、1000kVA 6.3kV 级电力变压器。又如：



2. 额定容量

额定容量是指变压器在额定条件下，能够输出的最大视在功率。

3. 额定电压

原绕组的额定电压是指加在原绕组上的正常工作线电压值，它是根据变压器绝缘强度和允许温升所规定的。副绕组的额定电压是指变压器在空载时，原绕组加上额定电压后副边线电压的保证值。

4. 额定电流

额定电流是指变压器连续工作时允许通过绕组的线电流。

5. 阻抗电压

阻抗电压也叫短路电压，它是指在副绕组短路，原绕组中流过额定电流时，加在原绕组上的电压。一般都以额定电压的百分数表示。

6. 油面温升

油面温升是指变压器在额定状态下工作时，油箱中油面温度允许超出周围环境温度的

数值。

第二节 变压器的接线方式

一、三相变压器绕组的极性

在讨论变压器的接线时,首先要了解变压器绕组的极性。变压器绕组中的感应电动势是交变的,本来没有固定的极性。所谓变压器绕组的极性,实际上是指原、副绕组的相对极性。也就是说,当原绕组某一端的瞬时电位为正时,副绕组必然同时有一个电位为正的对应端,这两个对应端叫做同极性端或者叫同名端。

三相变压器的三个铁心柱上分别套着三相原、副绕组,如图 6-6 所示。由于每一相原、副绕组装在同一铁心柱上,绕向又相同,如果在某一瞬间感应电动势在原绕组的 A 端为正时,副绕组中感应电动势在 a 端必定为正;若 A 端为负时,a 端也为负,所以 A 端和 a 端是同极性端。同样,B 和 b、C 和 c 也为同极性端,并标以“·”,以便识别。

我国生产的电力变压器把原、副绕组的同极性端规定为首端。这样,在图 6-6 中若规定 A、B、C 分别为三相原绕组的首端,那么 a、b、c 即分别为三相副绕组的首端,X、Y、Z 和 x、y、z 分别为三相原、副绕组的末端。按照这个规定,每一相原、副绕组中的感应电动势是同相的,当原绕组连接成星形或三角形,再连接三相电源时,三个原绕组中的感应电动势就互差 120° ,三个副绕组中的感应电动势也互差 120° ,见图 6-6(b)。

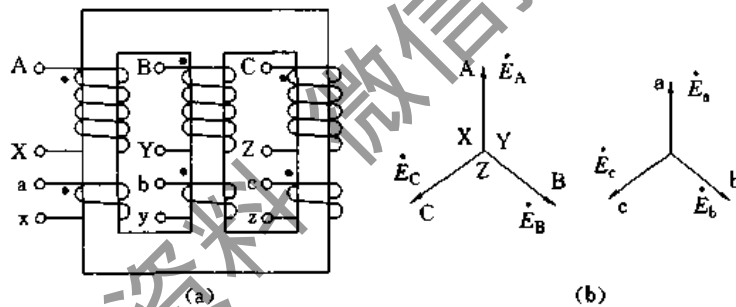


图 6-6 三相变压器的极性

二、三相变压器绕组的连接方法

我国生产的三相变压器的原、副绕组通常采用下列三种连接方法。

1. Y/Y_N接法

各绕组极性、连接方法和始末端符号如图 6-7(a)所示。Y 表示三相绕组连接成星形, Y_N 表示三相副绕组也连接成星形,同时从中点引出一条线来接地,A、B、C 是原绕组的引出端;a、b、c、N 是副绕组的引出端。

2. Y/ Δ 接法

各绕组的极性、连接方法和始末端符号如图 6-7(b)所示。三相原绕组是星形连接,副绕组是三角形连接。A、B、C 是原绕组的引出端,a、b、c 是副绕组的引出端。

3. Y_N/ Δ 接法

这种接法和 Y/ Δ 接法一样,只是从三相原绕组星形连接的中点引出一条线接地。

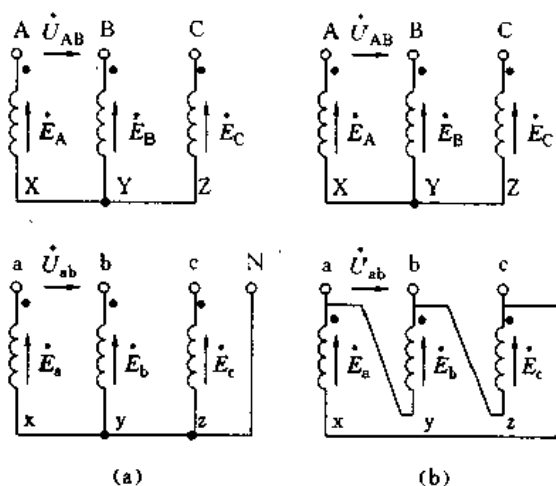


图 6-7 三相变压器的接法

绕组接成 Δ 接法时,要特别注意绕组的极性不要接错。如果有一相绕组接错,在闭合的三相回路中三相总电动势就不等于零,而是两倍于相电动势。这样大的电动势在三相回路中会产生很大的电流,将会烧毁变压器。

三、三相变压器的连接组别

三相变压器原、副绕组的连接方法不同,虽然原、副绕组中的感应电动势方向相同,但是原边线电压和对应的副边线电压之间可能有不同的相位差。三相变压器原、副边对应线电压的相位关系不是用角度表示,而是采用时钟表示法。它把变压器原边线电压相量作为时钟的分针,把副边对应端的线电压作为时针,将分针固定在 12 点上,看时针在几点钟的位置,就以这个钟点作为该连接组的组号。例如,三相变压器为 Y/Y_N 接法时,原、副绕组的线电压是同相的,这个连接组的组号为 12,写成 Y/Y_N-12 。三相变压器为 Y/Δ 接法时,副绕组的线电压比原绕组的线电压超前 30° ,这个连接组的组号为 11,写成 $Y/\Delta-11$ 。

如果采用另外的连接方法,会得到其他组别的组号。为了制造和使用方便,我国规定 Y/Y_N-12 、 $Y/Y-12$ 、 $Y_N/Y-12$ 、 $Y/\Delta-11$ 和 $Y_N/\Delta-11$ 五种组别为标准连接组。

第三节 变压器的维护和故障处理

一、变压器的运行检查

运行中的变压器应作定期维护检查,通过检查了解和掌握变压器的工作情况。

变压器发生故障,一般会以温升、异常声响等现象表现出来。通常从以下几方面进行检查:

(1) 检查油温 变压器正常运行时上层油温不应超过 85°C ,最高不能超过 90°C 。油温过高,可能是变压器过载、散热不良或内部故障等原因引起的。

(2) 检查油位的高低 变压器的正常油位应在油枕的上下油位线之间波动。油位过高通常是冷却装置运行不正常或变压器过载、内部故障等造成油温过高而引起的。如果油位过低,应检查变压器的油箱是否漏油。检查油位时,应注意油箱、油枕、油标之间的油路是否堵塞而出现假油面的现象。

(3) 监听变压器的声音 变压器在正常工作时会发出均匀的嗡嗡声,如果变压器或外电路发生故障,将会出现异常声音。如出现嘈杂声,可能是铁心穿心螺栓或螺母等内部结构松动引起的;出现“噼啪”的放电声,可能是绕组之间、绕组和铁心之间有击穿现象;出现很大而且沉重的“嗡嗡”声,可能是由于变压器过载而引起的。要特别注意,当绕组匝间短路时,短路处绕组发热使变压器油局部沸腾发出“咕噜咕噜”声音。另外,分接开关触点接触不良也能引起声音的变化。

(4) 检查变压器套管 变压器套管应当清洁、无裂纹、无破损和放电痕迹,引线和导杆的连接要牢固。

(5) 检查接地装置 变压器接地要牢固,要无断路和严重锈蚀现象,接地电阻要符合要求。

通过以上检查后,发现问题要及时处理,保证变压器安全运行。

二、变压器常见故障及处理

(1) 铁心故障 硅钢片间绝缘损坏会引起涡流增大,造成局部过热,温度升高;压铁或铁心松动会引起振动和噪声。

(2) 绕组故障 绕组层间、匝间发生短路,闭合的短路环流产生的热量使变压器的温度升高,严重时将会烧毁变压器。因缺油、过电压、绕组受潮或绝缘损坏将使绕组放电,对地击穿。

(3) 无激磁分接开关的故障 分接开关接触不良,将使触点放电和表面烧伤;触点镀银层严重磨损将引起分接开关在运行中被烧坏;连接分接开关的三相引线相间距离不够或绝缘材料绝缘强度低,在过电压的情况下绝缘击穿,会造成分接开关相间短路。

(4) 变压器套管故障 套管表面有脏污,由于脏物吸附水分,以致绝缘降低。这样不仅使套管表面放电,还可能使其泄漏电流增加,造成套管发热;套管出现裂纹,使其绝缘降低;引起套管局部放电,导致绝缘进一步损坏,以致全部击穿。

(5) 变压器油故障 变压器油因高温而严重老化,油的颜色将深暗、浑浊。油会吸收空气中的水分,造成绝缘性能下降。发现上述情况应立即取油样化验。

变压器工作中发现上述现象,应立即停电检修。对于分接开关、套管等故障,可根据故障程度进行一般处理或更换处理。对于变压器严重的内部故障,如铁心绝缘损坏、绕组短路等现象要做必要的大修处理。

三、变压器的小修和大修

为了保障电力变压器的正常运行和延长其使用寿命,电力变压器要定期检修,检修分为小修和大修。

1. 变压器的小修

小修又称不吊芯检修,即不将变压器器身吊出油箱进行检修。小修的周期通常规定为 $>35\text{kV}$ 的变压器每半年小修一次, $<35\text{kV}$ 的变压器每一年小修一次, $<10\text{kV}$ 运行于配电线路的变压器每两年小修一次。运行于恶劣环境的变压器可适当缩短小修周期。小修的项目有:

(1) 检查出线头及各处铜铝接头,若有接触不良应修理或更换。检查绝缘套管的导电杆螺丝有无松动及过热,对不正常情况应及时处理。

(2) 清扫高、低压绝缘套管的积污,检查有无裂痕、破损和放电痕迹,针对发现的故障作出处理。

(3) 清扫油箱和散热管,检查箱体,发现漏油、渗油、锈蚀现象,要找出原因并及时处理。

(4) 检查气体继电器、高压熔断器、低压熔断器,应动作灵活可靠,发现异常应修理或更换。

(5) 检查油枕,观察油位是否正常,及时补充缺油,同时清除储油柜内油泥和水分。

(6) 检查呼吸器,如硅胶颜色变红,表明其吸潮失效,应重新更换。

(7) 检查接地线,接地应可靠,无腐蚀现象。

(8) 检查变压器的绝缘电阻。用兆欧表测量绕组的绝缘电阻值,并将此值换算到同一温度下与初试值相比较,运行中的变压器不得低于初试值 50%;否则查出原因,提高绝缘电阻。

(9) 检查灭火器等消防设施,应齐全好用。

变压器的小修要在停电后进行,为了减少损失应尽量缩短检修时间。

2. 变压器的大修

大修又称吊芯检修,即将变压器器身吊出进行检查。变压器一般在投入运行 5 年后应大修一次,以后 5~10 年大修一次。大修的项目主要有:

(1) 吊芯及吊芯后对变压器器身的外部检查。

(2) 器身的检修,主要是铁心和绕组的检修。

(3) 油箱及其附件的检修。

(4) 分接开关的检修。

(5) 气体继电器的检修。

(6) 箱体内部清理。

(7) 滤油或换油。

(8) 装配。

(9) 试验。

变压器除了定期大修外,对于发生内部故障的变压器也需进行大修。

第四节 几种特殊变压器

一、自耦变压器

自耦变压器由铁心、原绕组、副绕组等组成,与普通变压器的区别在于原、副绕组共用一个线圈,因此两个绕组间既有磁联系又有电联系。图 6-8 所示为自耦变压器原理图,图(a)为升压自耦变压器,图(b)为降压自耦变压器,图(c)为可升可降自耦变压器。应用广泛的单相调压器就是典型的可调式自耦变压器,它的输入电压是 220V,输出电压可在 0~250V 之间调整。

同样,在三相电路中采用三相自耦变压器,其原理与单相自耦变压器相同。

自耦变压器的优点如下:

(1) 变压器消耗材料少。

(2) 损耗小,效率高。

(3) 体积小。

自耦变压器的原、副绕组直接连在一起,因此安全性较差。使用时要求接线正确,对于单相自耦变压器,要求把原、副绕组的公用端接零线。

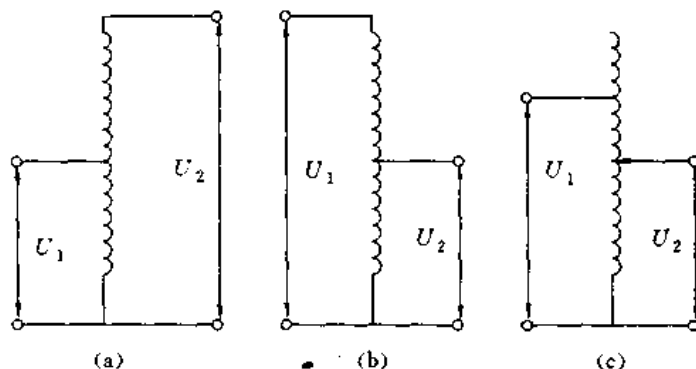


图 6-8 自耦变压器原理图

二、电焊变压器

交流电弧焊机的成本低、结构简单、维修方便,在生产中被广泛应用,它的主体就是电焊变压器。电焊变压器是一种特殊的降压变压器,其结构原理如图 6-9 所示,主要由变压器和电抗器两部分组成。变压器和普通变压器相同,原、副绕组分别套在两个铁心柱上,为了改变输出的空载电压,原绕组中备有分接头;电抗器由一个可调气隙的电感线圈组成,调节气隙的大小,可以改变其电抗值,电感线圈串联在变压器副绕组中。

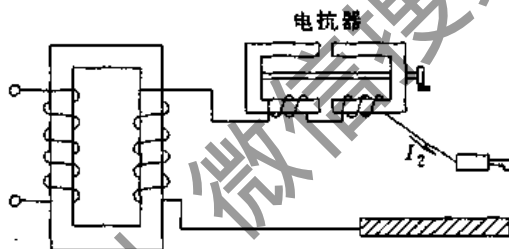


图 6-9 电焊变压器的结构原理图

电焊变压器的性能:

- (1) 空载时,输出约 60V~70V 的起弧电压。
- (2) 正常焊接时,输出约 30V 的维弧电压。
- (3) 短路时,短路电流增加不多,以保证电焊变压器的正常工作。

应用电焊变压器工作时,选择原绕组分接头位置,输出适当的起弧电压。焊条接触工件起弧,造成负载短路,因受绕组阻抗和电抗器线圈的限制,这时的短路电流不太大。调节电抗器的气隙,改变电抗值,以控制电焊变压器的焊接电流。起弧后,焊条与工件有一定距离,二者之间约有 30V 电压,电弧比较稳定,放电热量熔化金属,电焊变压器正常工作。

三、电流互感器

电流互感器是一种特殊的变压器,它能够把大电流变成小电流,以实现电力系统对大电流的测量。

1. 电流互感器的结构和工作原理

电流互感器由铁心和原、副绕组两个主要部分构成,从结构上看与普通双绕组变压器相同。图 6-10 所示为电流互感器外形及原理图。电流互感器原绕组的匝数很少,一般只有一匝

到几匝,使用的导线较粗;副绕组的匝数很多,用较细的导线绕制。使用时,原绕组串联在被测电路中,副绕组与电流表或功率表、电度表的电流线圈相连。电流表或电流线圈的阻抗很小,接近零,所以副绕组的电动势很小。根据变压器原理 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$,有:

$$I_1 = \frac{N_2}{N_1} I_2 = k_i I_2$$

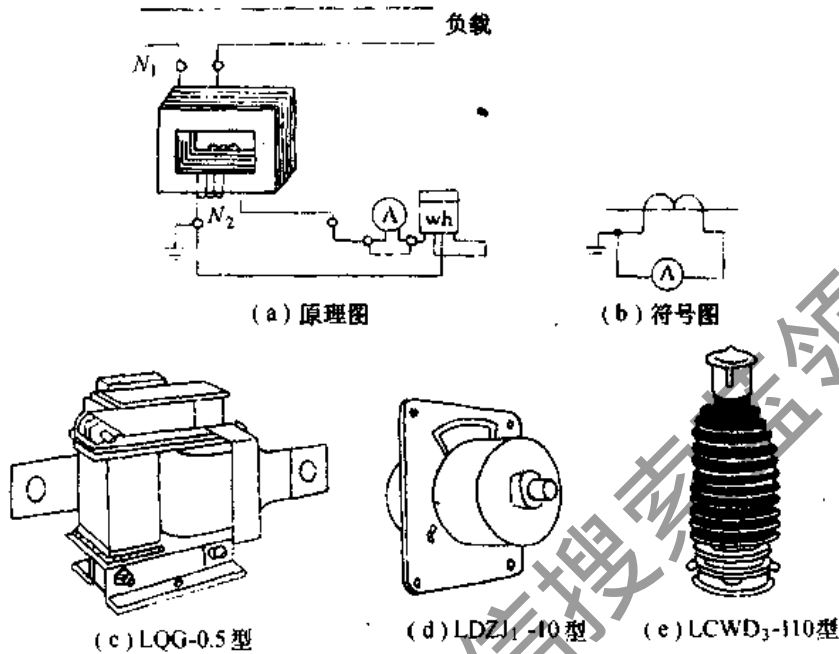


图 6-10 电流互感器

式中, k_i 为电流互感器的额定电流比,等于副绕组与原绕组匝数之比。

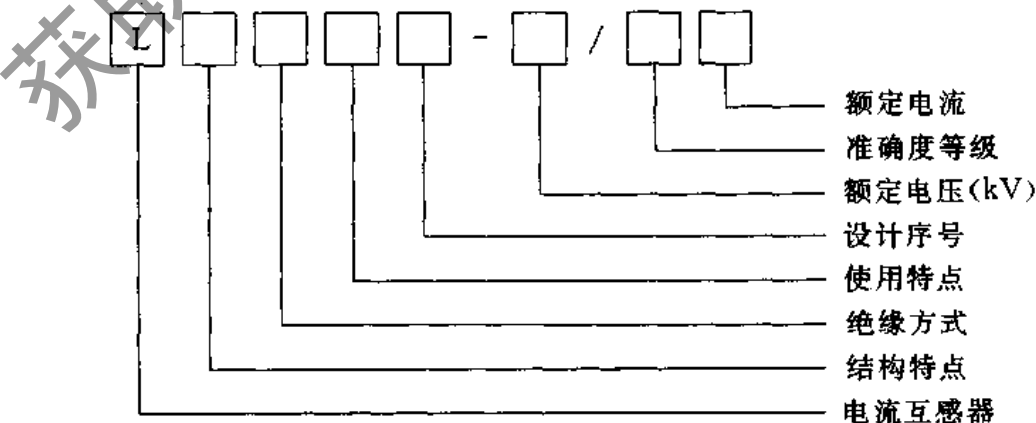
上式表明,当电流互感器的 k_i 给定时,副绕组电流与电流比的乘积等于原绕组即被测电流值。

电流互感器副绕组的额定电流规定为 5A,原绕组额定电流可设计在 25000A 以内。使用电流互感器,根据副绕组电流的指示数,和其电流相比,就得到被测电路的电流值。如电流表读数为 4A,电流比为 40/5,则被测电流值为 32A。

电流互感器的准确度分为 0.2, 0.5, 1.0, 3.0, 10.0 五个等级。

2. 电流互感器的型号

电流互感器型号的含义如下:



其字母所代表的意义见表 6-2 所示。例如, LQG-0.5/0.5-100 表示改进型线圈式电流互感器, 额定电压 0.5kV, 准确度等级 0.5 级, 额定电流为 100A。

表 6-2 电流互感器型号中字母的含义

1	符号意义	2	符号意义	3	符号意义	4	符号意义
L	电流感器	D	贯穿单匝式	Z	浇注绝缘	D	差动保护
		F	贯穿复匝式	C	瓷绝缘	J	接地保护或加大容量
		Q	线圈式	W	户外用		
		C	瓷箱式	G	改进型		

3. 电流互感器的使用

(1) 应根据被测电流额定值来选择电流互感器, 即电流互感器的额定电流值应大于被测电流值。

(2) 保证电流互感器在运行中副绕组不得开路。副绕组若开路, 电流互感器成为空载运行, 副绕组中将感应出很高的尖峰电动势, 可能造成互感器绝缘的击穿事故。因此要求在电流互感器副绕组电路中, 绝对不允许接保险丝; 副绕组不接电流表时, 一定要把副绕组短接; 要拆下运行中的电流表, 必须先把副绕组短接。

(3) 电流互感器的铁心和副绕组应同时可靠接地, 以免高压侧绝缘破坏时造成事故。

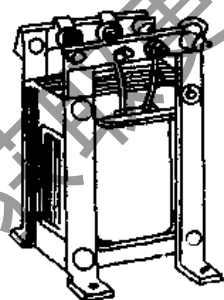
四、电压互感器

电压互感器实际上是一个降压变压器, 其结构和工作原理与小型两绕组降压变压器相同, 它将高电压变成低电压, 以实现电力系统对高电压的测量。

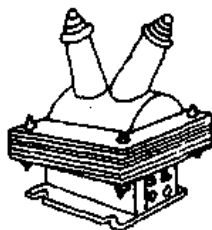
1. 电压互感器的结构和工作原理

图 6-11 所示是电压互感器的外形及原理图。电压互感器也是由铁心和原、副绕组两个主要部分构成, 其特点是原绕组匝数多, 副绕组匝数少。使用时, 原绕组并联在被测电路中, 副绕组接电压表或功率表、电度表的电压线圈。电压表或功率表、电度表的电压线圈呈高阻抗, 因此电压互感器正常运行时副绕组电流小, 近于空载运行。根据变压器原理 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$, 有:

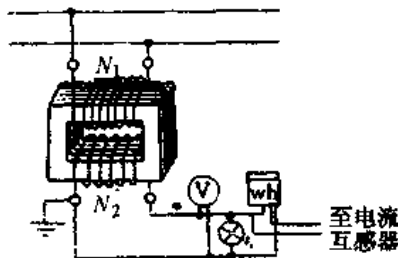
$$U_1 = \frac{N_1}{N_2} U_2 = k_u U_2$$



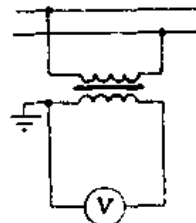
(a) JDG-0.5 型



(b) JDZJ-10 型



(c) 接线图



(d) 符号图

图 6-11 电压互感器

式中, k_u 称为电压互感器的变换系数, 也称变换倍率。

上式说明, 当电压互感器 k_u 给定时, 被测电压 U_1 等于 U_2 和 k_u 的乘积。

电压互感器副绕组的额定电压规定为 100V, 常用电压互感器的变比有 3000V/100V、6000V/100V。使用电压互感器, 根据副绕组电压表的指示数和其变换系数就能得到被测电路的电压值。

电压互感器的准确度分为 0.2, 0.5, 1.0, 3.0 四个等级。

2. 电压互感器的型号

电压互感器型号含义如下:



其符号所代表的意义如表 6-3 所示。例如, JDJJ1-35 表示经第一次改型设计的 35kV、单相油浸式具有接地保护的电压互感器。

表 6-3 电压互感器型号中符号的含义

1	符号意义	2	符号意义	3	符号意义	4	符号意义
J	电压互感器	D	单相	J	油浸式	F	胶封式
HJ	仪用互感器	S	三相	G	干式	J	接地保护
		C	串级结构	C	瓷箱式	W	五柱三线圈
		Z		Z	浇注绝缘	B	三柱带补偿线圈

3. 电压互感器的使用

(1) 应根据被测定电路额定电压来选择电压互感器的量程, 使其额定电压大于被测电路额定电压。

(2) 使用电压互感器, 副绕组要串联熔断器作电路保护, 以保证电压互感器运行时副绕组不致短路, 以免副绕组短路, 烧毁电压互感器。

(3) 电压互感器的铁心和副绕组的一端必须可靠接地, 以防止原绕组绝缘损坏时, 铁心或副绕组带高电压而造成事故。

习 题

1. 简述变压器工作原理。变压器原、副绕组的电压、电流有什么关系?
2. 参观三相电力变压器, 叙述三相变压器的结构及作用。
3. 三相变压器绕组有几种连接方式? 画出其接线图。
4. 什么是变压器的额定容量、额定电压和额定电流?
5. 参观三相电力变压器, 仔细观察变压器的铭牌, 叙述铭牌包含的内容及型号中符号的含义。
6. 变压器维护检查包括哪些内容?
7. 什么是变压器的小修? 小修包括哪些项目? 什么是变压器的大修? 大修包括哪些项目?

8. 自耦变压器有什么特点？画出升压、降压及可升、可降自耦变压器电路图。
9. 参观交流电弧焊机，叙述电焊变压器构成及工作原理。
10. 电流互感器有什么作用？使用电流互感器要注意哪些问题？
11. 电压互感器有什么作用？使用电压互感器要注意哪些问题？

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

第七章 三相异步电动机

电动机是把电能转换为机械能的旋转机械。电动机的种类很多,按电源性质可分为直流电动机和交流电动机。交流电动机又可分为异步电动机和同步电动机两类。其中,异步电动机是在工农业生产及家用电器中应用最广泛的一种电动机。据统计,异步电动机的容量约占全部电动机总容量的85%以上。异步电动机能得到如此广泛的应用,主要在于它具有结构简单、坚固耐用、价格便宜、维修方便等优点。本章主要讲述三相异步电动机的构造、工作原理以及电动机维护和检修等方面的知识。

第一节 三相异步电动机的构造和工作原理

一、三相异步电动机的构造

三相异步电动机的结构比较简单,如图7-1所示,它主要由定子和转子两大部分组成。

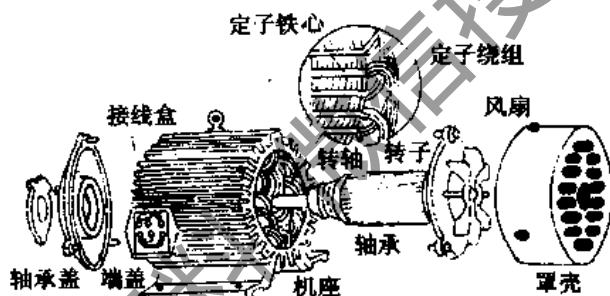


图 7-1 三相异步电动机的结构

1. 定子

定子主要由铁心、绕组和机座三部分组成,其作用是产生一个旋转磁场。定子铁心是电动机磁路的一部分,由0.5mm厚的硅钢片压叠而成。为了减少铁心的涡流损失,硅钢片表面涂有一层绝缘漆,使其彼此绝缘,一般小型电动机的硅钢片靠表面氧化膜绝缘。定子铁心内圆的槽沟是用来嵌放定子绕组的。定子绕组是定子中的电路部分,三相异步电动机的定子绕组为三相对称绕组,用漆包线绕成,通以三相交流电时产生旋转磁场。机座是用来固定定子绕组和整个电动机用的,一般用铸铁制成。

2. 转子

转子由转子铁心、转子绕组和转轴组成,其作用是在旋转磁场作用下获得一个转动力矩,以带动生产机械转动。转子铁心与定子铁心一起组成电动机的闭合磁路。转子铁心也是由0.5mm厚的硅钢片压叠而成。转子铁心外圆的槽沟是用来嵌入转子绕组的。转子绕组多采用鼠笼式,用铜条压进铁心的槽沟内,两端用端环连接以构成闭合电路,如图7-2(a)所示。现有中小型电动机的鼠笼式转子多用铝液浇铸成鼠笼,如图7-2(b)所示。

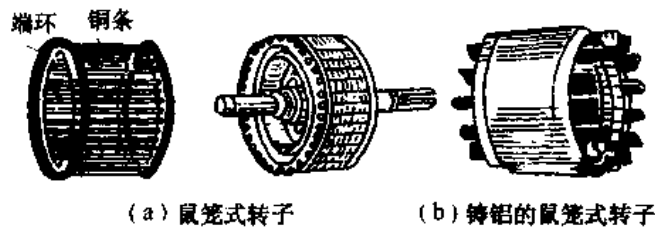


图 7-2 鼠笼式转子

异步电动机的转子绕组还有绕线式的,如图 7-3(a)所示,它是在转子铁心的槽沟里放置对称的三相绕组。三相绕组一般都接成星形,三根引出线分别连接到固定在转轴的三个彼此绝缘的滑环上,再通过滑环上的电刷与外电路相接,如图 7-3(b)所示,以便能在转子绕组中串入启动电阻或调速电阻,改善电动机的启动和调速性能。

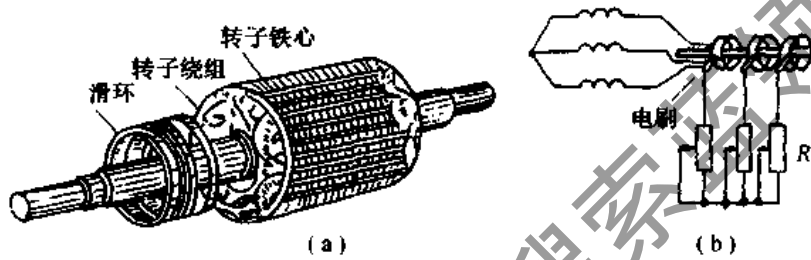


图 7-3 绕线式转子

二、三相异步电动机的工作原理

1. 异步电动机的转动原理

三相异步电动机根据电磁感应和磁场对载流导体产生电磁力的作用,实现电能和机械能的转换。

当异步电动机三相定子绕组中通入三相交流电时,在电动机中便产生旋转磁场。在旋转磁场的作用下,由于磁力线切割转子导体,使其产生感应电流。根据右手定则,感应电流方向如图 7-4 所示,在 N 极一侧的导体中电流方向由外向里,在 S 极一侧的导体中电流方向由里向外。需要说明,转子导体的切割磁力线方向与旋转磁场的转动方向相反。转子导体中的感应电流在磁场中将受到电磁力的作用,根据左手定则,在 N 极一侧,导体受力方向向左;在 S 极一侧,导体受力方向向右。在这一电磁力的作用下,转子将沿着与旋转磁场相同的方向旋转,这就是异步电动机的转动原理。

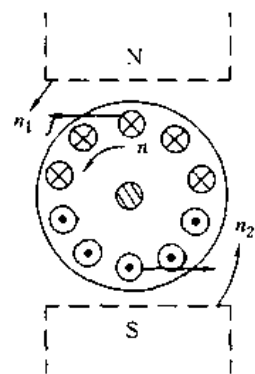


图 7-4 旋转磁场中转子导体

2. 旋转磁场的产生和方向

三相异步电动机的三相定子绕组在空间呈对称分布,如图 7-5 的感应电流方向和受力方向 (a)所示,三个绕组在定子铁心中互隔 120° 排列。把三个绕组接成星形,并接到对称的三相电源上,在定子绕组中就有对称的三相电流通过。图 7-5(c)所示是三相对称电流的波形图。

假定电流为正时,电流由定子绕组的首端 U_1 、 V_1 、 W_1 流入,尾端 U_2 、 V_2 、 W_2 流出;电流为负时相反。下面从几个不同时刻来分析三相交流电流入定子绕组产生的合成磁场方向。

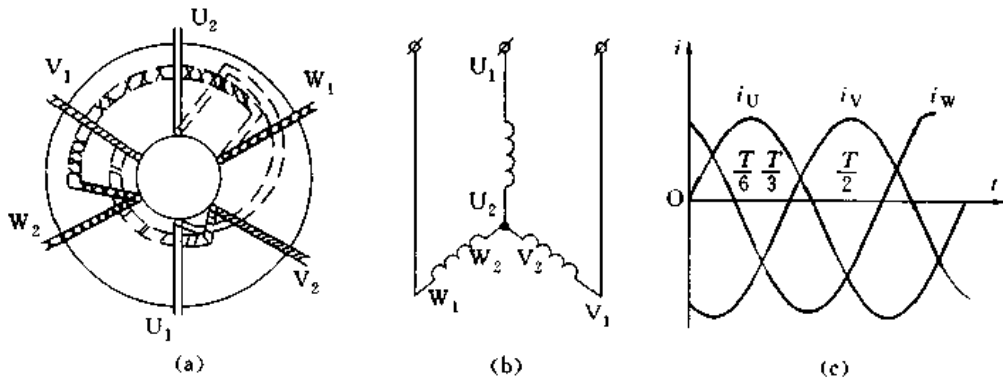


图 7-5 三相定子绕组

当 $t=0$ 时, $i_U=0$, U 相绕组内没有电流; i_V 为负值, V 相绕组的电流从 V_2 端流入, V_1 端流出; i_W 为正值, W 相绕组的电流是从 W_1 端流入, W_2 端流出。用右手螺旋定则可确定合成磁场方向, 如图 7-6(a) 所示。

当 $t=\frac{T}{6}$ 时, $i_W=0$, i_U 为正值, 电流由 U_1 端流入, U_2 端流出; i_V 为负值, 电流由 V_2 端流入, V_1 端流出。合成磁场方向如图 7-6(b) 所示。

同理, 当 $t=\frac{T}{3}$ 和 $t=\frac{T}{2}$ 时, 可以得到图 7-6(c)、(d) 所示的合成磁场方向。可见, 随着定子绕组的三相电流不断地周期性变化, 它所产生的合成磁场也在空间不断地旋转。

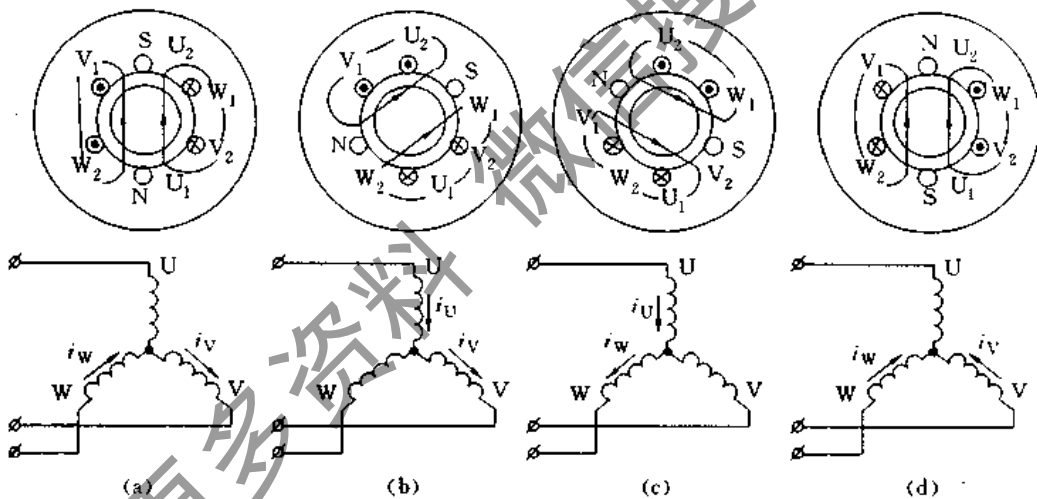


图 7-6 两极旋转磁场的形成

从图 7-5 和图 7-6 中可以看出, 旋转磁场的旋转方向与各相绕组中电流到达最大值的先后顺序即三相电流的相序是一致的。若改变旋转磁场的旋转方向, 只要任意调换接入电动机的三相电源中的两根导线, 就能改变旋转磁场的旋转方向, 从而改变电动机的旋转方向。

3. 旋转磁场的转速和转子的转速

上面分析了由三个线圈组成的三相定子绕组产生旋转磁场的情况。分析中看到, 旋转磁场是由一对磁极产生的, 并且三相交流电经过 $\frac{1}{2}$ 周期磁极旋转了 180° 。也就是当电流完成了一个周期的变化时, 它们所产生的合成磁场在空间旋转一周。如果由六个线圈组成的三相绕组对称地安排在定子铁心中, 用相同的分析方法可以发现, 旋转磁场是由两对磁极产生的, 并且当三相电流变化一周时, 两对磁极旋转磁场在空间转过半圈, 其转速为一对磁极转速的

一半。

由此可以得出,旋转磁场的转速与磁极对数有关。可以把具有 p 对磁极的旋转磁场的转速表示为:

$$n_1 = \frac{60f}{p}$$

式中, n_1 为旋转磁场的转速,也叫同步转速,单位是转/分; f 为交流电频率; p 为电动机旋转磁场的磁极对数。

我国电力网中交流电的频率为 50Hz,不同磁极对数的电动机旋转磁场转速如表 7-1 所示。

表 7-1 异步电动机不同磁极对数的同步转速

p (磁极对数)	1	2	3	4	5
n_1 (转/分)	3000	1500	1000	750	600

对于转子,我们已经分析了它随旋转磁场转动的原因。还应指出,异步电动机转子的转速 n 总是小于同步转速 n_1 。因为如果转子的转速达到了同步转速,转子导体与旋转磁场之间就没有相对运动,转子导体不能切割磁力线,当然转子绕组中也就不会产生感应电流。既然没有电流,转子导体在磁场中就不会受到电磁力的作用而转动。所以,异步电动机的转速 n 总是小于同步转速 n_1 ,故称异步电动机。

通常把旋转磁场对转子的相对转速 $(n_1 - n)$ 与旋转磁场的转速 n_1 的百分比叫做异步电动机的转差率,用符号 S 表示,即:

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} \times 100\%$$

对于常用的异步电动机,在额定状态运行时转差率很小,约为 0.01~0.06。

三、定子绕组

1. 定子绕组的接线方法

电动机的接线方法就是电动机定子绕组与三相电源的接线方法。异步电动机定子的三相绕组共有六个接线端,通常把它们接在机座上的接线盒中,各相绕组的首端和尾端在接线盒中分别用 $U_1, U_2, V_1, V_2, W_1, W_2$ 表示。它们可以接成三角形或星形跟三相电源连接,如图 7-7 所示。对于给定的电动机,究竟选择哪种接法,应根据电动机的额定电压与电源电压相符合的原则来确定。例如,铭牌上标明“电压 380/220V;接法 Y/ Δ ”的电动机,当电源电压为 380V 时,应接成星形,如果误接成三角形,加在每相绕组上的电压超过额定值,将会烧毁电动机;当电源电压为 220V 时,应接成三角形,如果误接成星形,则加在每相绕组上的电压低于额定值,在长期额定负载运行中也要烧毁电动机。

有的电动机在接线盒中只有三个接线端,这种电动机的接线方法已经固定在电动机内部。对于这种电动机,只要电源电压与电动机的额定电压相符,便可直接接在三相电源上使用。

2. 电动机定子绕组首、尾端的判别

电动机在出厂时,三相绕组的六个接线端都有标记。如果标记脱落,不能随便接线,否则有烧毁电动机的可能。这时必须判别哪两个线端是同一相的,并找出它们的首、尾端,才能保证接线正确。下面介绍两种判别定子绕组首、尾端的方法。

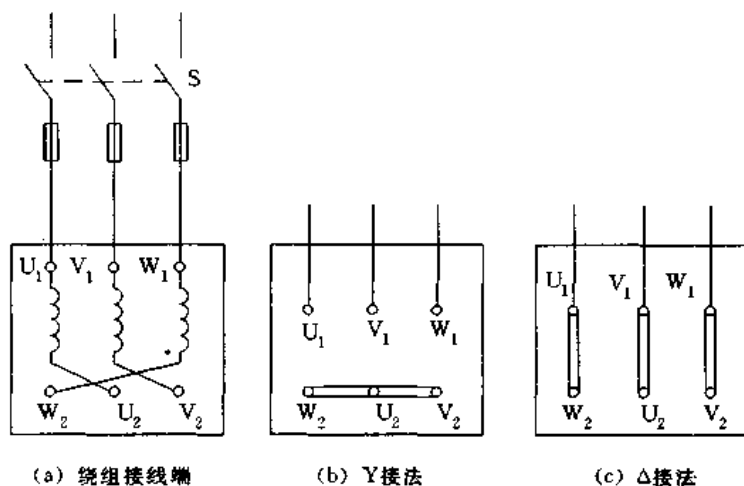


图 7-7 电动机定子绕组接线端

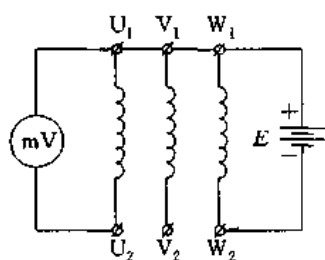


图 7-8 直流法测量三相绕组的首、尾端

(1) 直流法

首先用万用表的欧姆档找出每相绕组的两端,然后把干电池和毫伏表(可用万用表中毫伏档代替)与定子绕组的端头按图 7-8 所示连接起来。用电池一端的导线分别接触 V_2 和 W_2 端,在接触的瞬间,如果毫伏表偏转方向一致,根据楞次定律可知, V_2 和 W_2 端极性一致,再将毫伏表一端从 U_2 改接到 V_2 ,同样用电池一端的导线分别接触 U_2 和 W_2 ,找出它们的同极性端。若 U_2 和 W_2 端极性一致,则 U_2, V_2, W_2 或 U_1, V_1, W_1 为同极性端。若规定 U_1, V_1, W_1 为首端,那么 U_2, V_2, W_2 为尾端。

(2) 交流法

首先找出每相绕组的两端,然后串联任意两相绕组,如 U 和 V 两相,并在其两端加交流电压(36V~220V),用交流电压表测量 W 相绕组两端的电压,如果有电压指示,则说明 U 和 V 是首端和尾端相接;若电压指示为零,说明 U 和 V 是首端和首端或尾端和尾端相接。 U, V 两相绕组的首、尾确定后,同样可将 V 和 W 两相串联,用同样方法可以判别 W 相绕组对应的首、尾端。这样,三个绕组的首尾端都清楚了。

第二节 三相异步电动机的铭牌

电动机的铭牌通常钉在机座上,记载着这台电动机的型号、额定参数及使用条件等主要技术数据,是选择、安装、使用和维修电动机的依据,图 7-9 所示是一台三相异步电动机的铭牌,铭牌上标明了各项数据意义。

三相异步电动机			
型号	Y160L-4	功率	15kW
电压	380V	电流	30.3A
转速	1460转/分	温升	75 C
防护等级	IP44	重量	150公斤
	年月	编号	XX电机厂
		频率	50Hz
		接法	Δ
		绝缘等级	B
		工作方式	S_1

图 7-9 异步电动机的铭牌

1. 型号

异步电动机的型号表示电动机的品种、规格、极数及使用环境等内容,它由产品代号、规格代号、特殊环境代号三部分组成,其含义是:产品代号用字母表示电机特点,字母含义见表7-2;规格代号用字母L、M和S分别表示长、中、短机座,用数字1、2分别表示短、长铁心;特殊环境代号用字母表示特殊环境条件,字母含义见表7-3。例如:

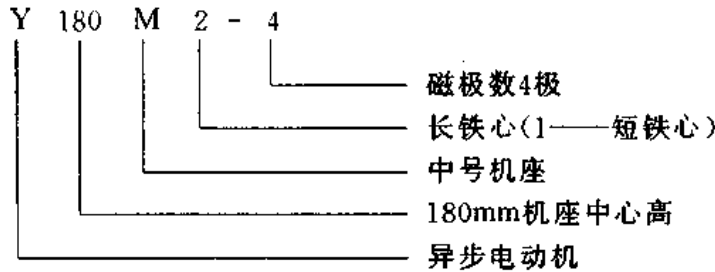


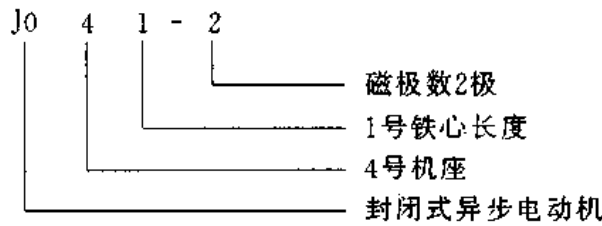
表 7-2 异步电动机特点代号的含义

特点代号	汉字意义	产品名称	新产品代号	老产品代号
—	—	笼型异步电动机	Y	J、JO、JS
R	绕	绕线转子异步电动机	YR	JR、JRZ
K	快	高速异步电动机	YK	JK
RK	绕快	绕线转子高速异步电动机	YRK	JRK
Q	起	高起动转矩异步电动机	YQ	JQ
H	滑	高转差率(滑差)异步电动机	YH	JH、JHO
D	多	多速异步电动机	YD	JD、JDO
L	立	立式笼型异步电动机	YL	JLL
RL	绕立	立式绕线转子异步电动机	YRL	—
J	精	精密机床用异步电动机	YJ	JJO
Z	重	起重冶金用笼型异步电动机	YZ	JZ
ZR	重绕	起重冶金用绕线转子异步电动机	YZR	JZR
M	木	木工用异步电动机	YM	JMO
QS	潜水	井用潜水异步电动机	YQS	JQS
DY	单容	单相电容起动异步电动机	YDY	JDY

表 7-3 异步电动机特殊环境代号的含义

特殊环境条件	代 号	特殊环境条件	代 号
高原用	G	热带用	T
海船用	H	湿热带用	TH
户外用	W	干热带用	TA
化工防腐用	F		

我国生产的异步电动机有一百多个系列,Y系列电动机是我国最新设计的统一系列产品,它符合我国国家标准和国际电工委员会(IEC)标准,是取代J、JO、JR系列老产品的新系列电动机。目前,我国正在推广使用性能优良的Y系列电动机,但现有大量J、JO型电动机仍在使用,其型号含义如下:



2. 功率

铭牌上所标的功率值是指电动机在额定工作时轴上输出的机械功率,它说明这台电动机正常使用时做功的能力。在选用电动机时,要使电动机的功率与所拖动的机械功率相匹配。

3. 电压

铭牌上的电压是指电动机的额定电压,它表示在电动机定子绕组对应某种连接时应加的线电压值。

4. 电流

铭牌上的电流是指电动机的额定电流,它表示电动机在额定电压下,转轴上输出额定功率时,定子绕组的线电流值。

电动机的额定功率 P 与额定电压 U 和额定电流 I 之间有如下关系:

$$P = \sqrt{3} \eta U I \cos\varphi$$

式中, $\cos\varphi$ 为电动机的功率因数, η 为电动机的效率。

5. 接法

接法是指电动机三相定子绕组的接线方法。接法有星形和三角形两种,星形用符号 Y 表示,三角形用符号 Δ 表示。

6. 转速

转速是指电动机在额定频率、额定电压下输出额定功率时电动机的转速。

7. 温升

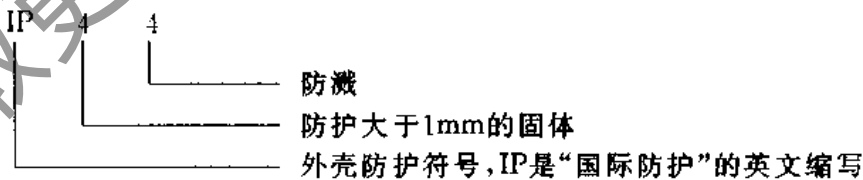
温升是指电动机在额定负载下工作时,电动机的温度允许超出周围环境温度的数值。

8. 绝缘等级

电动机的绝缘等级是指电动机所使用的绝缘材料耐热性能的等级。绝缘材料按其耐热程度分为七个等级,请见第二章绝缘材料部分,B级的耐热极限温度为 130C 。

9. 防护等级

防护等级表示电动机的防护能力。IP44 含义如下:



10. 工作方式

工作方式是指电动机所允许使用的运行方式。通常运行方式分为连续、短时和断续三种,铭牌中 S_1 表示电动机为连续运行工作状态。

此外,有的电动机铭牌还标有功率因数、效率等技术数据。

(1) 功率因数

三相异步电动机的功率因数较低,在额定负载时约为 $0.7\sim 0.9$,在轻载和空载时功率因

数还要低。因此选用电动机时,应尽量满载运行,力求缩短空载的时间,一般电动机在额定负载时其功率因数在 0.85 左右。

(2) 效率

电动机的输出功率与输入功率的比值就是电动机的效率。一般鼠笼式电动机在额定运行时的效率约为 72%~93%。

第三节 三相异步电动机的起动

电动机在起动过程中的起动电流和起动转矩,与正常运行时通过电动机的电流和电动机的转矩是不同的。我们知道,当异步电动机刚接通电源的瞬间,转子还没有起动,转速 $n=0$,这时旋转磁场与转子之间的相对速度最大,在转子导体中的感应电动势和感应电流都很大。当转子绕组电流很大时,定子绕组电流也很大,这个电流称为起动电流。起动电流一般可达到额定电流的 5~7 倍。这样大的起动电流,虽然起动过程时间很短,不致引起电动机过热,但是可能引起供电线路的电压显著下降。这不仅会使电动机本身的起动转矩减小,造成起动困难,而且将影响接在同一电源上的其他电气设备的正常工作。在刚起动时,虽然转子电流很大,但起动转矩并不大,这是因为此时转子功率因数很低,电动机的转矩又与转子功率因数成正比。起动转矩太小,不能带动负载,或者使起动时间拖长。

为了限制起动电流,并得到适当的起动转矩,对不同容量的异步电动机应用不同的起动方法。

一、鼠笼式电动机的直接起动

直接起动就是通过开关或接触器将额定电压直接加到电动机上起动。直接起动的设备简单,起动时间短。当电源容量足够大时,应尽量采用直接起动。由于直接起动电流大,一般规定对于不经常起动的电动机,若功率不超过变压器容量 30%,可以直接起动;对于起动频繁的电动机,若功率不超过变压器容量的 20%,可以直接起动。需要注意的是,如果电网有照明负载,要求电动机起动时造成的电压降落不超过额定电压的 5%。

二、鼠笼式电动机的降压起动

如果电动机不具备直接起动的条件,就不能直接起动,必须设法限制起动电流,通常采用降压起动来限制起动电流。就是在起动时降低加到电动机定子绕组上的电压,等电动机转速升高后,再使电动机的电压恢复至额定值。由于降压起动时电压降低,电动机的起动转矩也相应减小,这种方法只适用于电动机在空载或轻载情况下起动。常用的降压起动控制电路有以下几种:

1. 串联电阻降压起动

图 7-10 所示是串联电阻降压起动控制电路, QS_1 、 QS_2 是开关, FU 是熔断器。起动时,先合上电源开关 QS_1 ,电阻 R 串入定子绕组,加在定子绕组上的电压降低,从而降低了起动电流。待电动机转速接近额定转速时,再合上 QS_2 ,把电阻 R 短接,使电动机在额定电压下正常工作。对于所串电阻的阻值,可根据所限定的起动电流大小来确定,常用下面的经验公式计算:

$$R = 190 \times \frac{I_{st} - I_{st}'}{I_{st} \times I_{st}'} (\Omega)$$

式中, $I_{\text{起}}$ 为未串电阻时的起动电流, $I_{\text{起}}$ 为串入电阻后的起动电流。

2. 自耦变压器降压起动

自耦变压器降压起动又称补偿器降压起动, 电路如图 7-11 所示。这是利用自耦变压器来降低起动时加在电动机定子绕组上的电压, 达到限制起动电流的目的。起动时, 先合上电源开关 QS_1 , 将开关 QS_2 掷向“起动”位置, 电动机定子绕组经自耦变压器接到三相电源上, 降低了定子绕组电压, 限制了起动电流。当电动机转速接近额定转速时, 将开关 QS_2 掷向“运行”位置, 切除自耦变压器, 使电动机直接接在三相电源上, 在额定电压下正常运行。自耦变压器的副边一般有两个抽头, 可以得到不同的输出电压, 通常为电源电压的 80% 和 65%, 可根据电动机起动时的负载大小选择起动电压。自耦变压器降压起动在大、中型电动机起动时应用较广泛。

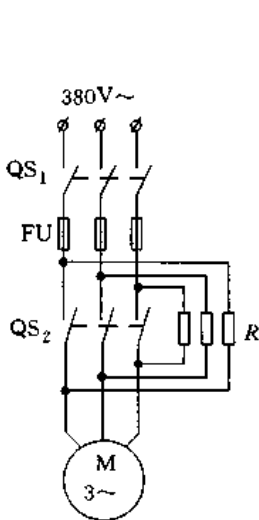


图 7-10 串联电阻降压起动电路

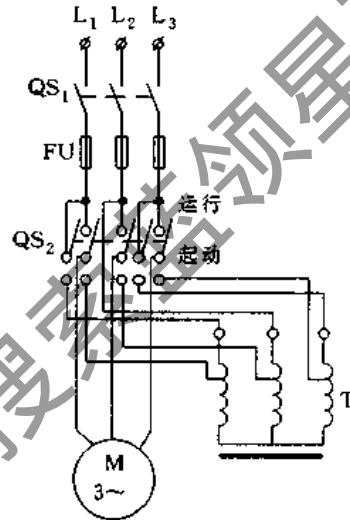


图 7-11 自耦变压器降压起动电路

3. Y- Δ 降压起动

如果电动机在正常工作时, 定子绕组接成三角形接法, 那么, 在起动时可以使用星形接法, 从而达到降低定子绕组电压的目的, 起动后再用三角形接法, 这种降压起动方法叫做 Y- Δ 降压起动。

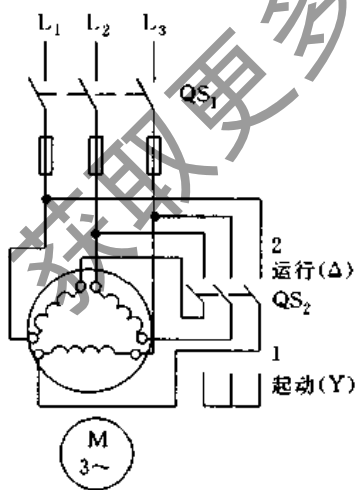


图 7-12 Y- Δ 降压起动电路

图 7-12 所示是 Y- Δ 降压起动控制电路。起动时, 先将 QS_2 掷向“起动”位置, 然后将电源开关 QS_1 合上。这时, 定子绕组被接成星形接法, 加在每相绕组上的电压只是它在三角形接法的 $\frac{1}{\sqrt{3}}$, 电流为直接起动的 $\frac{1}{3}$ 。当转速接近额定转速时, 再将 QS_2 掷向“运行”位置, 电动机定子绕组换接成三角形接法, 电动机在额定电压下正常运行。用 Y- Δ 降压起动时, 起动电压低, 起动转矩较小, 只适用于轻载或空载起动。

4. 延边三角形降压起动

采用延边三角形降压起动的电动机, 每一相定子绕组有一个中间抽头, 起动时将定子绕组一部分接成星形, 另一部分接成三角形, 如图 7-13 所示。在电动机起动后, 再将整个定子绕组接成三角形运行。当把定子绕组接成延边三角形时, 每相绕

组承受的电压比接成三角形时低,起动电流也要随着减小。同 Y-Δ 降压起动相比,延边三角形降压起动是将部分定子绕组做 Y-Δ 换接。可见这种接法比 Y-Δ 降压起动时的绕组电压高,因此,起动转矩也大于 Y-Δ 降压起动方式的转矩。

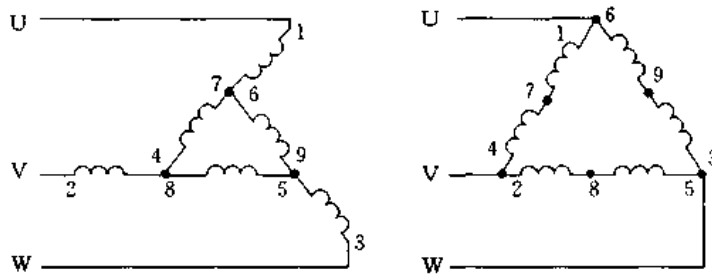


图 7-13 延边三角形降压起动电路

第四节 三相异步电动机的调速和制动

一、三相异步电动机的调速

电动机投入运行以后,有时为适应工作要求,要改变电动机转速,实现电动机转速变化的过程称为电动机的调速。

根据异步电动机转差率公式 $s = \frac{n_1 - n}{n_1} \times 100\%$ 和转速公式 $n_1 = \frac{60f}{P}$, 有:

$$n = (1 - s) \frac{60f}{P}$$

可见,通过改变电源频率 f 、定子绕组的磁极对数 P 、转差率 s , 都能实现电动机的调速。

1. 变频调速

变频调速根据异步电动机的转速与电源频率成正比,用改变电动机供电频率的方法来实现电动机转速的变化。变频调速通常要求电动机的主磁通保持不变,以保证电动机转矩稳定,这就要求在改变电源频率的同时,电源电压与变化频率的比值保持不变。

变频调速的调速性能好,具有较大的调速范围,调速平滑,但必须有专门的三相调频电源设备。

2. 变极调速

变极调速根据异步电动机的转速与磁极对数成反比,用改变磁极对数的方法来实现电动机转速的变化。变极调速只适用于鼠笼式异步电动机,而不适用于绕线式异步电动机。

通常用改变定子绕组的接法来改变定子绕组的磁极对数,实现电动机的调速。双速异步电动机是变极调速中最常用的一种形式。图 7-14 所示是双速异步电动机定子绕组的接线图。图 (a) 为电动机的三相绕组的三角形连接,三相电源线连接在接线端 U_1 、 V_1 、 W_1 ,三相绕组的中点接线端 U_2 、 V_2 、 W_2 空置。此时电动机的磁极为 4 极,同步转速为 1500 转/分。

要使电动机以高速工作,只要把电动机三相绕组接线端 U_1 、 V_1 、 W_1 连接在一起,三相电源分别接到 U_2 、 V_2 、 W_2 三个接线端上,如图 (b) 所示,则电动机绕组成为双 Y 连接,磁极为 2 极,同步转速为 3000 转/分。注意,从一种接法改变为另一种接法时,应把电源相序反接,以保证电动机旋转方向不变。双速电动机高速运行时的转速接近低速运行时的两倍。

图 7-15 所示是双速电动机的控制电路,其工作过程如下:先合上电源开关 QS,按下低速

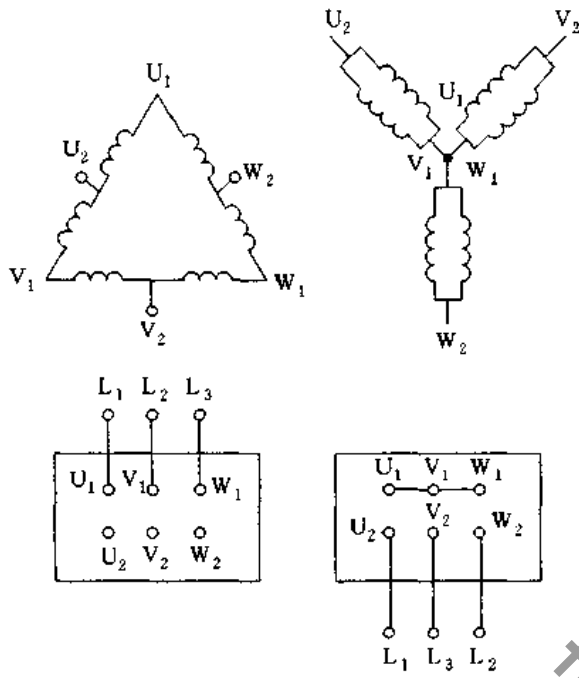


图 7-14 双速电动机定子绕组接图

启动按钮 SB_2 ，接触器 KM_1 通电吸合并自锁，电动机定子绕组呈三角形连接并通电，电动机进入低速运行。如需高速运行，可按下高速启动按钮 SB_3 ，接触器 KM_1 线圈断电释放，同时接触器 KM_2 通电吸合并自锁， U_1 、 V_1 、 W_1 三端归于一体，电动机定子绕组呈双 Y 连接，电源相序已改接，电动机实现高速同方向运行。

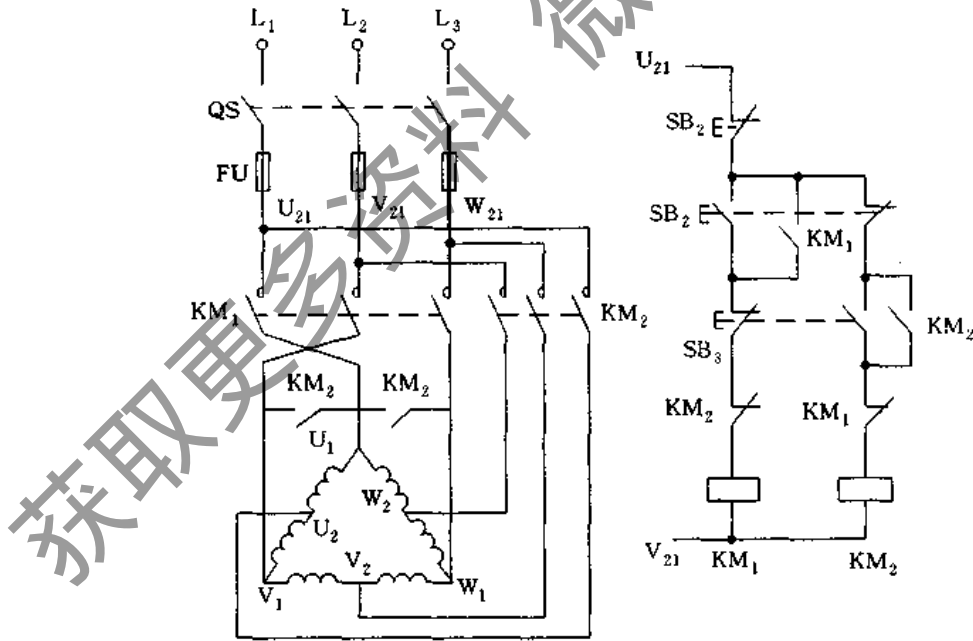


图 7-15 双速电动机的控制电路

3. 改变转差率调速

改变转差率调速通过改变电动机的转差率，实现电动机的调速。改变电动机的电源电压或改变转子电路的电阻，都能够改变转差率，从而改变电动机的转速。

4. 电磁调速

电磁调速利用滑差离合器的电磁作用,实现异步电动机的调速。电磁调速异步电动机由三部分组成:异步电动机、滑差离合器和晶闸管控制线路。其工作原理如下:异步电动机通过滑差离合器带动生产机械,离合器的电枢旋转时产生涡流,此涡流与由晶闸管控制的转子磁极相互作用来控制转子的转速,增大晶闸管的激励电流,转速增加;反之,转速减慢。电磁调速异步电动机工作可靠,调速范围广,得到广泛应用,缺点是效率较低。

二、三相异步电动机的制动

为运行的三相异步电动机切断电源后,由于惯性的作用,仍继续转动,为使电动机迅速停车所采取的措施,称为电动机的制动。异步电动机的制动分机械制动和电气制动两类。

1. 机械制动

电动机切断电源后,利用机械装置使其迅速停车的方法称为机械制动。电磁抱闸是机械制动应用较普遍的一种制动方式。

电磁抱闸主要由制动电磁铁和闸瓦制动器两部分构成,图 7-16 所示是电磁抱闸的结构图。制动电磁铁由铁心、衔铁和线圈组成,分单相电磁铁和三相电磁铁两种;闸瓦制动器由闸轮、闸瓦、杠杆和弹簧等组成。其工作原理如下:电动机和电磁抱闸共用一个电源和控制电路,当电动机通电启动时,电磁铁线圈也通电,衔铁动作,克服弹簧拉力,迫使闸瓦与闸轮分离,电动机正常运行。当切断电动机电源时,电磁铁线圈同时断电,使衔铁与铁心分离,在弹簧拉力的作用下,闸瓦紧抱闸轮,电动机被机械制动而停转。图 7-17 所示为电磁抱闸控制线路。

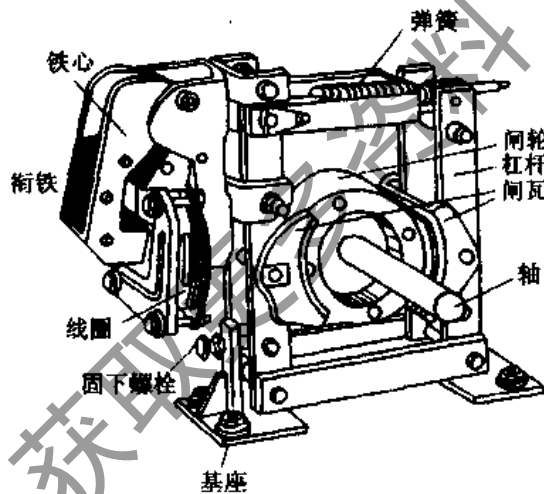


图 7-16 电磁抱闸结构图

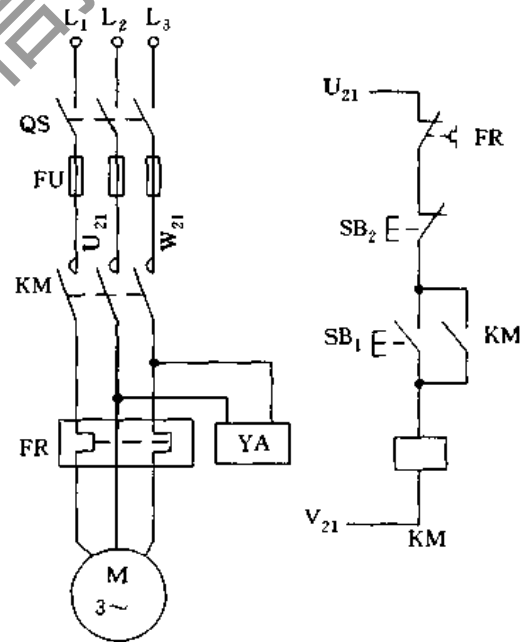


图 7-17 电磁抱闸断电制动控制电路

根据具体工作需要,电磁抱闸可采用断电制动控制线路,如上所述,电动机电源被切断,电动机转轴就被制动;电磁抱闸也可采用通电制动控制线路,如图 7-18 所示。通电制动控制过程如下:当电动机正常运行时电磁抱闸线圈断电,闸瓦与闸轮分离。当按下停止按钮 SB_2 时,主电路断电, SB_2 常开触点闭合, KM_2 线圈通电,电磁抱闸 YA 线圈通电,电磁抱闸制动。当松开按钮开关 SB_2 时,电磁抱闸 YA 线圈断电,解除制动。这种控制电路的特点在于电动机未通

电时,电动机转轴可以转动。

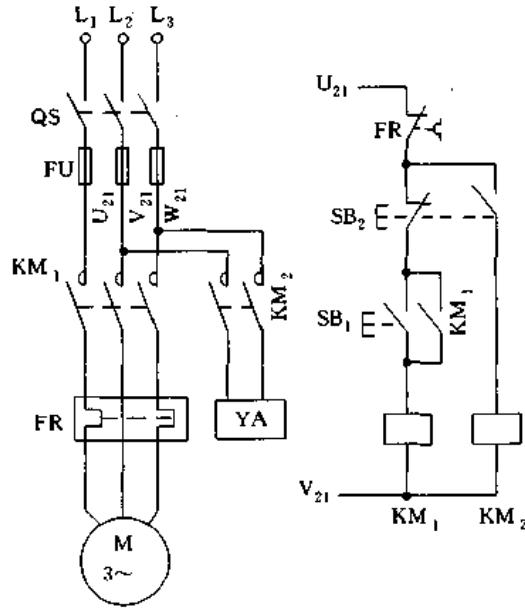


图 7-18 电磁抱闸通电制动控制电路

2. 电气制动

电气制动是在电动机停转的过程中,利用控制电路产生一个与电动机实际转向相反的电磁力矩,用它作为制动力矩,使电动机停止转动。常用的电气制动方法有以下几种:

(1) 反接制动

反接制动是在电动机断电后,将运转中的电动机电源反接,以改变电动机定子绕组中的电源相序,使其旋转磁场反向,转子因受反相制动力矩而迅速停转。图 7-19 所示为反接制动示意图。制动过程如下:电动机按 n_2 方向正常运行,先将电源开关 QS 由“正转”位置拉下,电动机与三相电源切断,转子由于惯性仍按原方向旋转;随即将 QS 置于“制动”位置,电动机与三相电源接通,同时 U、V 两相电源对调,电机转子产生与原来相反的电磁力矩,依靠这个反相力矩,使电动机迅速实现制动。

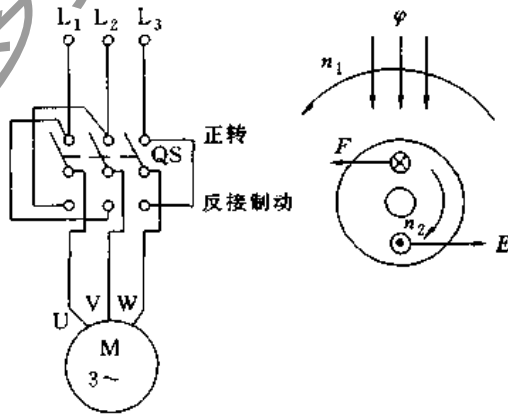


图 7-19 反接制动原理图

为避免电动机制动时反向转动,制动控制线路通常采用速度继电器进行自动控制,当电动机的转速接近零值时,及时切断电源,防止反转。

反接制动的优点是制动力矩大,制动迅速,但反接制动冲击强烈。

(2) 能耗制动

能耗制动是在电动机切断电源后,用一直流电源接入两相定子绕组,直流电源的静止磁场与转子导条的相互作用产生一个与转子惯性旋转方向相反的力矩——制动力矩,从而使电动机停止转动。

能耗制动具有制动准确、平稳的特点,但需要有直流供电设备。

(3) 电容制动

电容制动是在运行的电动机切断电源后,迅速将三组电容器接入定子的三相绕组,从而实现电动机制动的一种方法。图 7-20 所示为电容制动原理图。制动过程如下:电动机切断电源后,随惯性旋转的转子仍有剩磁,存在随转子转动的旋转磁场。这个磁场切割定子绕组产生感生电动势,并通过电容器形成感生电流,该电流与磁场相互作用,产生一个与转子旋转方向相反的转动力矩——制动力矩,使电动机迅速停转,实现制动。图中 R_1 是调节电阻,用以调节制动力矩的大小;电阻 R_2 是放电电阻。三组电容器可以接成星形或三角形,通常采用效果较好的三角形接法。

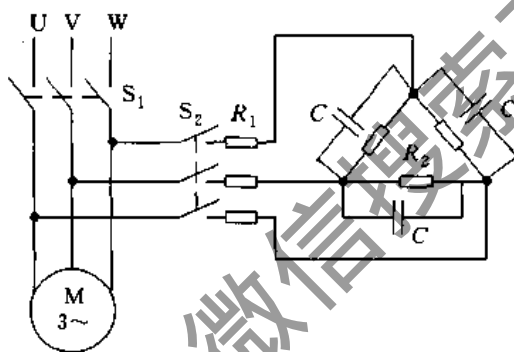


图 7-20 电容制动原理图

电容制动设备简单,制动迅速,常用于 10kW 以下电动机频繁制动的场合。

第五节 电动机的维护与检修

一、电动机的维护

电动机在使用中维护工作很重要,应发现问题及时处理,以免酿成大的事故,造成损失,因此必须认真对待。

1. 电动机在使用前的检查

对于新安装或长期停用的电动机,投入运行前,应做如下检查:

(1) 用摇表测量各相绕组对地绝缘电阻、相间绝缘电阻和起动设备的绝缘电阻。对绕线式电动机还应测量转子绕组之间、滑环之间以及它们对地的绝缘电阻,其绝缘电阻值不应低于 $0.5\text{M}\Omega$,否则必须进行干燥处理。

(2) 检查电动机绕组的接线,电动机与起动装置的连接是否正确,接线是否牢固。接地或接零线是否可靠。

(3) 检查电源电压是否正常。熔丝是否符合规格,是否完好。

(4) 检查机械部件各部分螺丝是否紧固,电动机轴承、传动装置转动是否灵活,润滑部位是否缺油或需要更换新润滑油。

(5) 对于绕线式电动机,还应检查滑环扳手(短接滑环装置的手柄)是否在起动位置,起动变阻器的控制手柄是否放在起动位置。

2. 电动机起动操作的注意事项

(1) 操作人员必须遵照安全操作规程进行操作,以免发生人身事故。

(2) 使用闸刀开关时,合闸动作要迅速果断。利用 Y- Δ 起动器或自耦降压起动器起动时,必须遵照操作顺序进行。

(3) 合闸后,如果发现电动机不转,起动很慢,声音不正常等现象,应立即拉闸检查。

3. 电动机在运行中的监视与维护

(1) 监视电动机的三相电流,不允许超过额定数值。如果电动机长时间在大电流下工作,会使电动机的温度升高,绝缘性能下降,影响电动机的使用寿命,甚至烧毁电动机。引起电流增大的原因除电源电压过高外,还可能是因为电动机过载或绕组产生故障所引起的。在注意三相电流不要超过额定值的同时,还要注意三相电流是否平衡,任意两相电流的差值不应超过额定电流 10%。电动机由于三相电压不平衡,或者由于定子三相绕组的阻抗不平衡会造成三相电流的不平衡。

(2) 注意电源电压的变化。如果电源电压太高,电动机电流会增大,致使电动机过热。电压过低,时间长了也会损坏电动机。因此,要求电源电压变化范围不宜超过电动机额定电压的 $\pm 7\%$ 。在注意电源电压变化的同时,也要注意三相电压是否平衡。

(3) 注意观察电动机不要缺相运行。正在运行的三相异步电动机,如果发现一相断电,则形成二相供电,称为缺相运行。缺相运行的电动机会发出沉闷的“嗡嗡”声,转速降低,绕组急剧发热,如不及时切断电源,时间稍长就会烧毁电动机。造成电动机缺相运行的原因有两方面:一方面原因是进入电动机的三相电源缺一相,另一方面原因是电动机三相定子绕组有一相断电。

(4) 监视电动机的温升不要超过允许值。电动机的大部分故障都会使定子电流增大温度升高,因此检查电动机温升是监视电动机运行情况的直接可靠的办法。监视电动机温升最简便的方法是凭经验用手接触电动机的外壳,根据感觉来估计电动机的温度。但注意用手触摸电动机前要用验电笔检查电动机外壳是否有电,确认没电后,方可用手背去接触电动机外壳,万一漏电,手能较快地离开电动机。准确的测量方法是用 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$ 的酒精棒式温度计测量电动机的温度。测量时,将电动机的吊环拆下,把温度计插入吊环孔内,用玻璃腻子塞好。等温度计温度的读数不再上升时,温度计测得的温度再加上 10°C 就近似等于电动机铁心温度。

(5) 注意电动机的震动、声音和气味是否正常。电动机的一些故障,特别是机械故障,常常从震动和异常声响反映出来。若发现电动机震动加大,应认真检查地基是否稳固,底脚螺丝是否松动,传动机构连接是否可靠。另外,转子或转轴不平衡也会引起电动机震动。若电动机发出很大的嗡嗡声,可能是由于超负荷或电流不平衡引起的,特别是缺相运行,嗡嗡声更大。电动机的轴承损坏或缺油也会发出异常声音。电动机绕组温度过高时,会散发出较强的绝缘漆气味或绝缘材料的烧焦味,严重时可能会冒烟。

(6) 要保持电动机的清洁与干燥,防止尘土、水、油等脏物进入电动机。在电动机周围不要放置杂乱的物品,以免掉入电动机内。要经常清扫电动机和周围环境。

(7) 对于绕线式电动机,要注意电刷的工作情况。电刷磨损到一定程度时,应及时更换。运行时发现电刷冒火,应检查滑环是否脏污和不光滑,电刷弹簧压力是否不足。

在上述检查中,如发现问题,要及时停机检修,消除故障后才能继续运行。

二、电动机的大修与小修

为保证电动机可靠运行和延长使用寿命,除了做好运行中的监视和维护外,经过一定时间的运行,还应该进行定期检查和维护保养。通常电动机每年进行2~3次小修,一次大修。

1. 小修项目

- (1) 清扫电动机和起动设备各部分的灰尘污物。
- (2) 测量绕组的绝缘电阻,低于 $0.5M\Omega$ 应进行干燥。
- (3) 检查轴承的润滑和磨损情况,缺油要补充,发现油污要清洗或更换润滑油。
- (4) 检查电动机、开关及起动器的引出线和连接线是否紧固可靠,有无烧伤痕迹,并检查起动器的触点接触是否良好,有无烧伤或腐蚀。对于连线接头和触点的烧伤,要用砂纸打去烧痕,以减小接触电阻。
- (5) 检查电动机的固定情况和接地是否完好,紧固各连接螺丝和固定螺丝。
- (6) 调整或更换电刷。
- (7) 检查风扇与转轴的固定情况和扇叶是否完好。

2. 大修项目

电动机大修除包括小修项目外,还包括解体检修。

- (1) 更换部分或全部烧坏和有缺陷的绕组。
- (2) 更换轴承衬垫和损坏的轴承。
- (3) 平衡转子,测量定子和转子之间的间隙。
- (4) 紧固铁心,清扫内部灰尘。
- (5) 修理或更换滑环和电刷。
- (6) 检查、找平电动机机座基础,及时对电动机进行防腐喷漆。

三、电动机常用的检修方法

1. 轴承的维护

滚珠轴承应在电动机运行1000小时左右换一次润滑油。换油时要清除旧油,用汽油或四氯化碳清洗轴承,然后加注洁净的黄油。四氯化碳不燃烧,溶解黄油效果比汽油好,但它能溶解有机物,在使用中切勿飞溅到绕组上,并注意通风,不要让其留在轴承室内。加黄油要适量,一般以充满轴承室空隙 $2/3$ 为度,太多或太少都会引起轴承发热。

中小型异步电动机的定子和转子间的间隙很小($0.3\text{mm}\sim 0.5\text{mm}$),当轴承磨损后,转子下降,可能会碰触定子而损坏电动机,因此要及时检查电动机轴承的磨损程度。

更换轴承时,需要对轴承进行拆卸和安装。电动机轴承的拆装比较容易,但方法要得当,否则会损坏轴承。一般拆卸轴承可用下面两种方法:一种是利用拉盘拆卸,如图7-21(a)所示,将拉盘的抓钩紧紧扣住轴承的内圈,切勿套在外圈上,然后旋动拉盘的丝杆,慢慢地把轴承卸下来;一种是

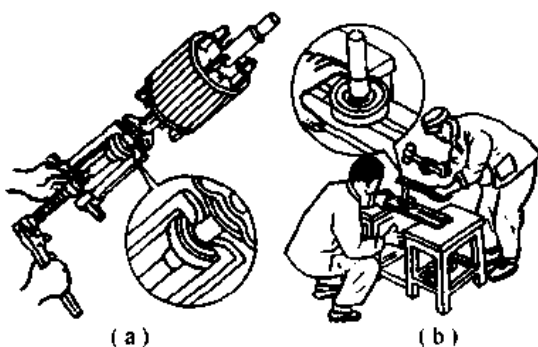


图 7-21 轴承的拆卸

利用敲打来拆卸轴承,如图 7-21(b)所示。用两块铁枕把转子轴夹在中间,在转子下方垫一块木板,防止转子落下时撞伤轴端,一个人用手扶住铁枕和转子,另一个人将轴承打下。

当用上述方法拆卸不下来轴承时,可以用热膨胀的方法拆卸。将机械油加热到 100℃左右,然后将加热的油浇在轴承的内圈上。浇油前要将转轴用湿布包扎起来,尽量不使转轴受热,然后开始拆卸。

安装轴承时,先将轴承套入轴上,然后用一根内径略大于转轴的平口有色金属管顶住轴承的内圈,用锤子慢慢地打入。如果没有金属管,也可用有色金属棒顶在轴承内圈上,用锤子将轴承慢慢敲打进去。要特别注意使轴承受力均匀,不能偏敲一边,也不能用力过猛,要沿轴承四周多次敲打,逐渐把它装上去。

2. 滑环和电刷的检查、维护

线绕式异步电动机的滑环和电刷应保持光滑清洁、配合紧密。定期维护要注意检查滑环表面,如发现有烧伤、擦伤痕迹和表面粗糙,要用细砂纸在转动的滑环上打磨,然后用帆布紧压在滑环表面揩拭干净。异步电动机的电刷一般是用螺栓固定在刷柄上,随着电刷的磨损,整个刷柄在弹簧作用下降落,使电刷紧密靠在滑环上。电刷磨损到一定程度应更换。新电刷应用细砂纸研磨,使电刷与滑环充分接触。

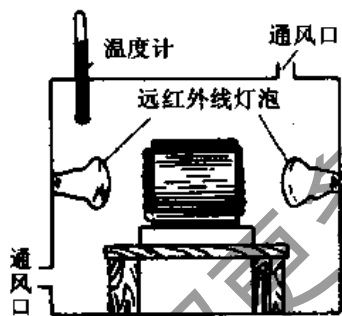
3. 电动机的干燥

如果电动机绕组受潮,绝缘电阻降低,当绝缘电阻低于 0.5MΩ 时就得进行干燥处理。通过干燥处理提高绕组的绝缘性能,保证电动机安全运行。电动机干燥方法很多,常用的有:

(1) 烘箱干燥法

烘箱多用耐火保温材料制成,内部设置发热元件,多采用电热丝。为了使热量传导均匀,电热丝外面用铁皮罩住,并与电热丝作好绝缘处理。通常将干燥的电动机放置在铁皮之上。烘干过程中,随时用温度计监视烘箱的温度不得超过其绝缘等级所规定的耐热温度。

(2) 远红外线灯泡干燥法



如图 7-22 所示,将电动机放在一个铁箱里,铁箱内壁附衬石棉板,在铁箱对角上开两个通风口,箱壁上装设远红外线灯泡,灯泡的位置应在定子的轴线上,离绕组不要太近。干燥时监视箱内温度,一般不得超过 90℃,如果温度太高,可停用一个灯泡,干燥时间约 12 小时左右。

(3) 卤素管、石英管干燥法

近年来使用卤素管或石英管作为发热元件的比较多,所用的干燥容器与远红外线灯泡干燥法所用容器相同。干燥时按电动机功率选择适当瓦数的卤素管或石英管,并将发热元件置于电动机定子的中央,使定子绕组受热均匀。需要注意的是,发热元件悬挂在定子中间,电源线与发热元件两端的引线接触要牢固,电源线不能触及烘箱的金属部分,通常电源线采用瓷套管做绝缘。

(4) 电流加热干燥法

这种方法是在定子绕组中通入 220V 单相交流电,通过改变可变电阻,使通过绕组的电流为电动机额定电流的一半而进行加热干燥。图 7-23(a)所示为有六个接线端子的异步电动机烘干时的接线方法。它是将各相绕组串联起来,通过电流表、可变电阻和保险丝再和电源连接。若电动机只有三个接线端子,按照图 7-23(b)所示接线。但此时流过各绕组的电流不相等,为

了克服加热不均匀,可在一定时间(约一个小时)轮流将电源接线端换到不同的接线端子上,如“ U_1 ”与“ V_1 ”、“ V_1 ”与“ W_1 ”、“ W_1 ”与“ V_1 ”轮流。

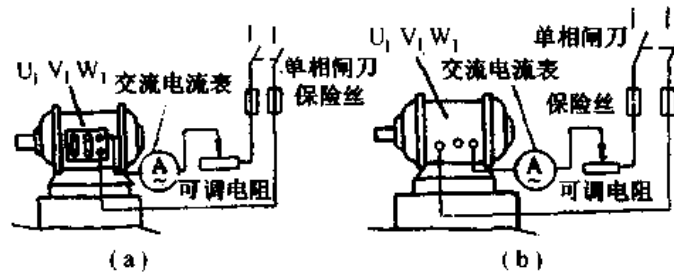


图 7-23 电流加热干燥法

用电流加热法干燥必须注意安全。在干燥过程中应经常注意监视电动机的温度,温度不得高于 70°C 。

电动机在干燥前必须认真清扫,并用压缩空气吹掉灰尘。在干燥过程要有专门人员看管,监视温度,并测量绕组的绝缘电阻。电动机在干燥过程中绝缘电阻逐渐上升,并且上升速度越来越慢,最后稳定在某一数值上。绝缘电阻保持 2~3 小时以上稳定不变时,干燥工作就可以结束。

习 题

1. 三相异步电动机主要由哪几部分构成? 各起什么作用?
2. 试述三相异步电动机的工作原理。
3. 怎样改变三相异步电动机的转向?
4. 一台三相四极异步电动机,所用的电源频率是 50Hz ,试求旋转磁场的转速。如果转差率是 5% ,求转子的转速。
5. 三相异步电动机铭牌上各额定数据的意义是什么?
6. 观察拆卸开的电动机,加深对电动机结构的认识,并回答各部分的名称。
7. 鼠笼式异步电动机有哪些起动方式?
8. 试说明 $Y-\Delta$ 起动原理。用 $Y-\Delta$ 降压起动的三相异步电动机应具备什么条件? 画出 $Y-\Delta$ 降压起动电路。
9. 三相异步电动机的额定电压为 $220/380\text{V}$,接法为 Δ/Y ,其定子绕组的相电压及线电压各为多少?
10. 三相异步电动机调速有哪些方法? 各有什么特点?
11. 试述双速异步电动机的变速原理,画出双速电动机的控制电路。
12. 电动机的制动分为哪两类? 试述电磁抱闸的工作原理,画出电磁抱闸断电制动的控制电路。
13. 电动机电气制动主要有几种方法? 各有何特点?
14. 电动机起动前应做哪些检查? 起动时要注意哪些问题?
15. 对运行中的三相异步电动机应监视哪些方面?
16. 有的电动机为什么要进行干燥处理? 常用的干燥方法有哪些?

第八章 其他常用电动机

除了三相异步电动机,直流电动机作为动力设备在工业生产中应用也较广泛,在生产和生活中常见的还有单相电动机。

第一节 直流电动机

一、直流电动机的用途

直流电动机是通以直流电流而转动的电动机,与三相异步电动机相比,具有以下显著优点:具有良好的起动性能,起动转矩较大;能在较宽的范围内进行平滑的无级调速;还适宜于频繁起动。因此,对起动性能和调速性能要求高的生产机械都采用直流电动机作电力拖动。轧钢机、起重机械、大型机床、电力牵引机车和电车都是以直流电动机作为动力。此外,小容量的直流电动机广泛应用于自动控制系统中。

直流电动机的缺点是结构工艺复杂、成本高、运行中电流换向易出故障,维护检修不方便,并且需要直流电源。

二、直流电动机的分类

直流电动机按励磁方式可分以下两类。

(1) 它励式电动机:主磁极励磁绕组和电枢绕组分别由两个不同的直流电源供电。

(2) 自励式电动机:主磁极励磁绕组和电枢绕组由同一直流电源供电。自励式电动机按励磁绕组与电枢绕组连接方式的不同分为并励、串励、复励三种。这里只以并励式电动机为例,介绍直流电动机的构造、工作原理。有关其机械特性及其起动、调速等方面的内容,这里不作介绍。

三、直流电动机的铭牌

图 8-1 所示是一台直流电动机的铭牌,同三相异步电动机的铭牌一样,它说明了这台电动机的类型和各项额定数据。

直 流 电 动 机			
型 号	Z ₂ C-32	励 磁	并励
功 率	1.1kW	励磁电压	110V
电 压	110V	励磁电流	0.895A
电 流	13.3A	定 额	连续
转 速	1000 转/分	温 升	75 C
出厂号数		出 厂 日 期	年 月
××××电机厂			

图 8-1 直流电动机的铭牌

(1) 型号。直流电动机的型号采用大写汉语拼音字母和阿拉伯数字表示。直流电动机型号中的汉语拼音代号的含义如表 8-1 所示。

例如：

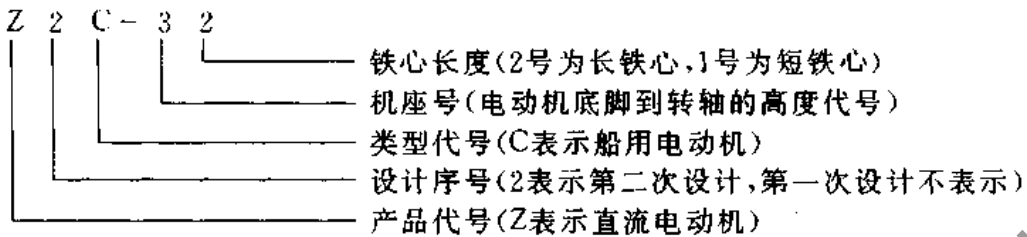


表 8-1 直流电动机型号中汉语拼音代号的含义

汉语拼音	代号意义	汉语拼音	代号意义
Z	直流	C	船用
W	卧式	K	高速
L	立式	Q	牵引
O	封闭	Y	冶金

- (2) 功率。功率指电动机在额定条件下, 长期运行所允许输出的机械功率。
- (3) 电压。电压是指在正常工作时, 加在电动机上的额定电压。
- (4) 电流。电流是指电动机带动额定负载时的输入电流。
- (5) 转速。转速是指电动机在额定状态运行时的转速。
- (6) 励磁。表示电动机励磁方式。
- (7) 励磁电压。指加在电动机励磁绕组两端的额定电压。
- (8) 励磁电流。指电动机在额定状态时, 通过励磁绕组的电流。
- (9) 定额。定额指电动机在正常使用时的持续工作时间。一般分为连续、断续和短时三种。
- (10) 温升。指在额定情况下, 电动机允许的温升值。

四、直流电动机的构造

直流电动机也是由定子和转子两大部分组成。图 8-2 是直流电动机的外形和结构图。

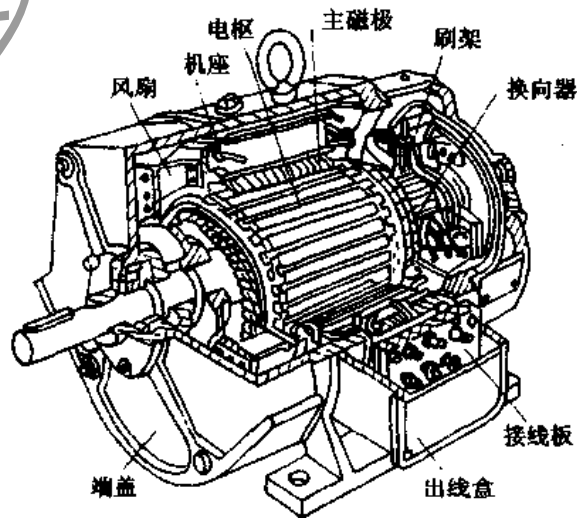


图 8-2 直流电动机

1. 定子

定子由主磁极、换向磁极、电刷和机座部分组成。

主磁极的作用是产生主磁场,它由主磁极铁心和励磁绕组两部分组成。主磁极铁心用薄钢片叠成。励磁绕组用铜线或铝线绕制在线架上,然后套在主磁极铁心上。整个主磁极用螺钉固定在机座上,如图 8-3 所示。当励磁绕组中通入直流电流时,主磁极产生主磁场。直流电动机的主磁极可以有一对、两对或者更多。

换向磁极是比主磁极小的附加磁极,它也是由铁心和套在铁心上的绕组组成。换向磁极的铁心大多用整块扁钢做成。换向磁极绕组用较粗导线绕制而成,同电枢绕组相串联。换向磁极一般装在主磁极之间的几何中性面上,作用是以换向磁极产生的磁场来抵消电枢产生的磁场,以保持主磁极中性面内的磁感应强度接近于零,从而改善电枢绕组电流的换向条件,减小电刷和换向器之间的火花。

电刷的作用是通过与旋转的换向器滑动接触,把外加直流电引进电枢绕组中变换为交流电。电刷装置包括电刷、刷握、刷杆和刷杆座等,如图 8-4 所示。电刷放在刷握上的刷握盒中,用弹簧压板把电刷压在换向器上。刷握用螺钉拧紧在刷杆上,通过铜线把电流从刷杆引到电刷。

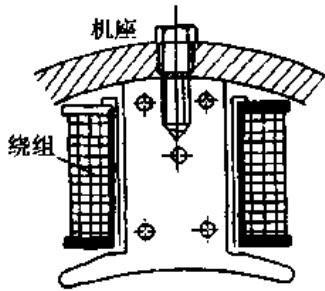


图 8-3 直流电动机的主磁极

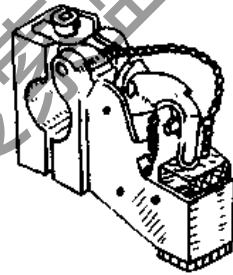


图 8-4 带电刷的刷握

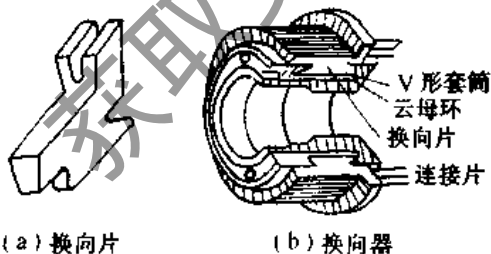
直流电动机的机座除了具有保护与支持作用之外,还是电动机磁路的重要组成部分即磁轭部分。它用铸钢或钢板制成,具有良好的机械强度和导磁性能。

2. 转子

转子主要由电枢和换向器组成,它们一起装在电动机转轴上。

电枢由电枢铁心和电枢绕组构成。电枢铁心是用来放置电枢绕组的,并构成电动机磁路的一部分。为了减少磁滞与涡流损耗,电枢铁心一般用相互绝缘的 0.5mm 厚的硅钢片冲片叠成。电枢绕组由许多完全相同的线圈组成,这些线圈叫做绕组元件。每个绕组元件的两端分别

接在两个换向片上,通过换向片把这些独立的线圈互连接在一起。电枢绕组的作用是在绕组中通入电流,使绕组在磁场中受到电磁力的作用而驱动电枢旋转,把电能转换为机械能。



(a) 换向片

(b) 换向器

图 8-5 换向器的结构

转子上另一个主要部件是换向器,它的作用是和电刷一起把外加直流电变换为电枢绕组所需要的交流电,也就是说,它对通入绕组中的电流起着换向的作用。图 8-5 所示是换向器的结构图,它是把许多带有燕尾形的换向片嵌入带有燕尾槽的金属套筒而制成。换向片之间、换向片与金属套筒之间用云母片绝缘。

换向片之间、换向片与金属套筒之间用云母片绝缘。

五、直流电动机的工作原理

载流导体在磁场中受到磁场力的作用而运动,是直流电动机旋转的最根本道理。图 8-6 所示为直流电动机的工作原理图。把电刷 A、B 接在电压为 U 的直流电源上,电刷 A 接直流电源的正极,电刷 B 接负极,故电流总是从电刷 A 流进,经线圈后从电刷 B 流出。在图(a)中,N 极范围内的导体 ab 中的电流从 a 流向 b,在 S 极范围内的导体 cd 中的电流从 c 流向 d。载流导体在磁场中受到电磁力的作用,根据磁场方向和导体中的电流方向,利用左手定则判断,导体 ab 和 cd 受力如图(a)所示。这样,线圈在电磁力作用下将按逆时针方向旋转。当线圈转到磁极的中性面上时,电磁转矩等于零。但是由于惯性,线圈继续转动。线圈转过半周之后,如图(b)所示,线圈 ab 与 cd 互换位置,ab 边转到 S 极范围内,cd 边转到 N 极范围内,由于换向片和电刷的作用,使得线圈 ab 和 cd 边中的电流方向同时改变。这样,就使线圈在电磁力作用下仍然按逆时针方向转动。

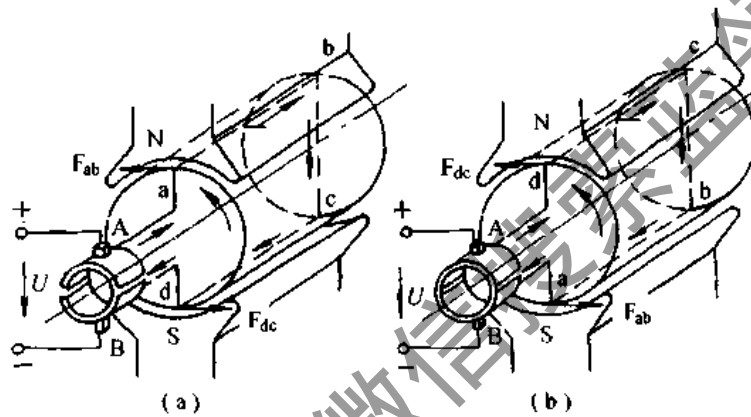


图 8-6 直流电动机的工作原理图

从以上分析可以看到,当电枢导体从一个磁极范围转到另一个异性磁极范围,即导体经过中性面时,导体中的电流方向也要同时改变才能保证电枢继续朝同一方向旋转。使外电路的直流电流在电枢导体里变为交流电,是换向器和电刷完成的。

前面介绍了直流电动机的电枢绕组是由许多只线圈和相应数量的换向片组成的,从而使电动机得到平衡均匀的转矩,使电动机连续平衡地转动。

第二节 单相电动机

单相电动机采用单相电源供电,使用十分方便,普遍应用于日用电器、电动工具、医疗器械及自动控制系统中。这里主要介绍单相串励电动机和单相异步电动机。

一、单相串励电动机

单相串励电动机又称串激电动机,因为无论通以直流电还是交流电它都能正常工作,所以又称之为交直两用电动机或通用电动机。

1. 单相串励电动机的结构

单相串励电动机主要由定子和转子两大部分组成,其结构与直流电动机相似,图 8-7 所示为通用串励电动机结构图,图中各部分名称如下:1. 轴承;2. 换向器;3. 弹簧;4. 电刷;5. 刷握;

6. 电枢;7. 电刷组件;8. 定子铁心;9. 定子线圈。

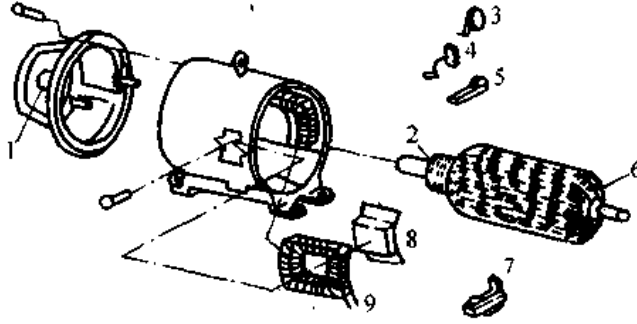


图 8-7 通用串励电动机结构图

串励电动机的结构特点是电动机定子绕组和电枢绕组相串联,因而得名“串励”。

单相串励电动机通常使用交流电源,磁极铁心将受到交变磁通的作用。为了减少涡流损耗和磁滞损耗,铁心采用硅钢片冲叠而成。

2. 工作原理

单相串励电动机电路如图 8-8 所示。励磁绕组和电枢绕组相串联,与电源相接。当供电方向如图(a)所示时,根据主磁通 Φ 的方向、电枢电流 I 的方向,利用左手定则判定,电枢将在电磁转矩的作用下,沿逆时针方向旋转。当供电方向改变时,如图(b)所示,因电源极性、励磁电流和电枢电流同时改变了方向,结果使电磁转矩的方向保持不变,电枢仍按逆时针方向旋转。

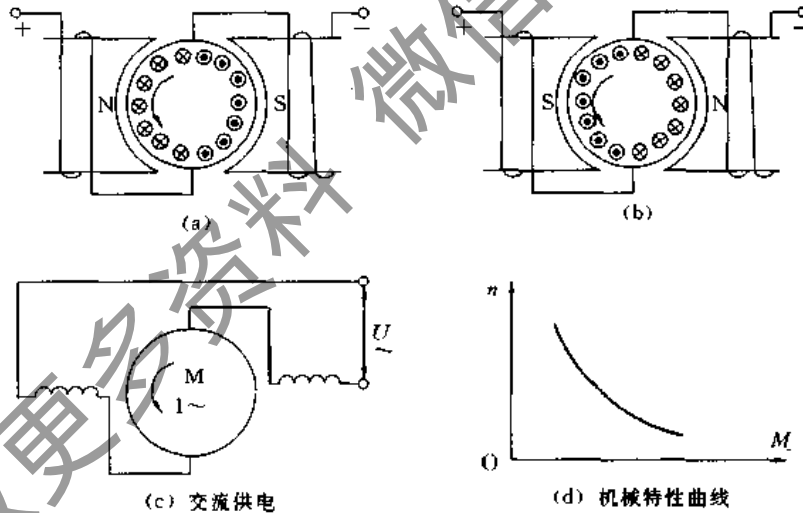


图 8-8 单相串励电动机电路

由此可知,电动机由直流电源供电,电动机两接线端可任意与电源正、负极相连,电动机转向保持不变;电动机由交流电源供电,主磁通和电枢电流随交流电周期性变化,电磁转矩方向一定,电动机转向仍保持不变。

3. 机械特性

单相串励电动机的主要机械特征有两个:一是起动转矩和负载能力都较大;二是随着转矩的增加,转速下降较快,具有较软的机械特性。

4. 单相串励电动机的特点

- (1) 串励电动机转速较高,其空载可达 20000 转/分以上。
- (2) 同等功率,串励电动机体积较小,适合做便携式家用电器、电动工具等。
- (3) 起动转矩较大,调速非常方便。
- (4) 单相串励电动机功率较小,一般在 1kW 以下。
- (5) 使用换向器和电刷,结构复杂,运行可靠性差,易发生故障。运行时有火花,对无线电通信有干扰。

5. 串励电动机的应用

串励电动机大的起动转矩和软的机械特性特别适合于某些电动工具的要求,目前生产的手电钻都普遍采用单相串励电动机。其优点是在钻小孔时,转矩小,但转速高;钻大孔时,转矩要求大,但转速可以变低。

串励电动机在工频电源下可获得高转速,并且转矩大,机械性能软,空载时转速上升快,负载时转速即下降,特别适用于真空吸尘器,吸尘器电机普遍采用单相串励电动机。

串励电动机运行时产生火花,这不仅影响电刷、换向器的寿命,还会对无线电产生干扰,抑制火花的措施,可以将 $0.1\mu\text{F}\sim 1\mu\text{F}$ 的电容器接在电动机的接线端与电动机机壳之间。

二、单相异步电动机

单相异步电动机同功率相同的三相异步电动机相比,体积较大,运行性能较差。但单相异步电动机的供电电源方便,因此在生产和生活中被广泛应用。通常,单相异步电动机的功率在 1kW 以下,为小型或微型电动机。

1. 单相异步电动机的结构和工作原理

单相异步电动机主要是由定子和转子构成,图 8-9 所示为其结构图。定子上一般有两套绕组,一套是主绕组,又称运行绕组;另一套是副绕组,又称起动绕组,主、副绕组在空间相隔 90° 电角度。转子绕组通常为鼠笼式。

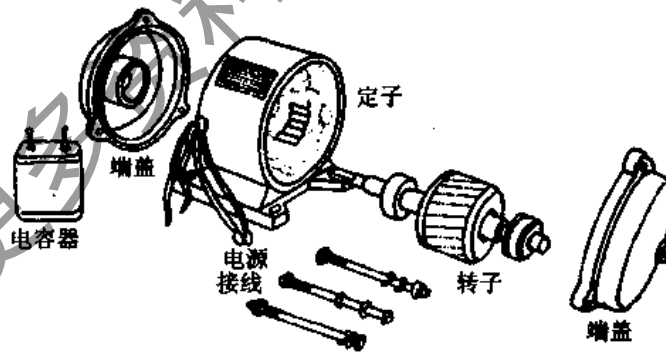


图 8-9 单相异步电动机的结构

单相异步电动机定子上的主绕组是一个单相绕组,当主绕组接通单相电源后,就会产生一个磁场。这个磁场的特点是它的轴线在空间保持固定的位置,与三相异步电动机的磁场不同,即磁场不是旋转的,而是分布位置不变,强弱随时间作周期性变化的脉动磁场。

如果电动机转子是静止的,电动机主绕组接通单相电源后,因无旋转磁场存在,转子导条不切割磁力线,则电磁转矩为零,转子不动,转速为零。就是说,单相异步电动机定子主绕组通以单相电,处于静止状态的转子不能像三相异步电动机那样自行起动运转。

要想使单相异步电动机自行起动,必须有一个旋转磁场。解决旋转磁场的方法通常是在电动机的定子安放两相定子绕组,使两相绕组相差 90° 电角度,并将单相电源通过电阻、电容和电感的合理配合,成为有 90° 相位差的两相电源,将两相电源加在两相绕组以后,便产生旋转磁场,电动机转子将起动运行。

当转子运转起来后,转子产生感应电流,与定子磁场相作用,维持转动,这时旋转磁场是否存在都不会影响转子的转动状态。

2. 单相异步电动机的分类

单相异步电动机的起动需要定子绕组产生一个旋转磁场,按照定子产生旋转磁场的方法不同,可将单相异步电动机成分相式异步电动机和罩极式异步电动机。分相式电动机又根据其起动运行的特点分为单相电阻起动异步电动机、单相电容起动异步电动机、单相电容运行异步电动机、单相电容起动和运行异步电动机。

3. 单相电阻起动异步电动机

单相电阻起动异步电动机利用电阻使起动绕组和运行绕组的电流产生相位差,使两个绕组的电流分相,实现单相异步电动机的起动。这种方法又称为电阻分相法。

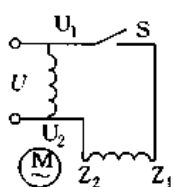


图 8-10 单相电阻起动异步电动机电路

图 8-10 所示为单相电阻起动电路图。电动机运行绕组 U_1U_2 的感抗比电阻大得多,起动绕组 Z_1Z_2 导线较细,其电阻比感抗大得多,所以两绕组中的电流有相位差。由于两绕组电流相位差的存在,使定子绕组建立起旋转磁场,保证单相电阻起动电动机自行起动。

利用起动绕组电阻大、感抗小使 I_U 和 I_Z 产生的相位角较小,一般可达 30° ,因而电阻起动电动机起动转矩小。单相电阻起动异步电动机为了获得较大的起动转矩,常常用增加起动绕组的电阻值方法来提高电阻与感抗的比值,具体作法是采用较细的导线或电阻率较大的导线来绕制起动绕组,起动绕组一部分线圈反绕,以增加电阻,减小感抗。

电路中起动开关的作用是电动机起动时起动开关合上,起动绕组接入电源,电动机起动运行。电动机起动绕组只允许在短时间工作,待电动机转速达到额定转速的 75% 时,起动开关离合,将起动绕组电源切断,由运行绕组单独工作。单相异步电动机的起动开关多采用离心开关。在转子静止不动时,离心开关的触头闭合;当转子运转时,由于离心力的作用对触头的压力减小,当转速为额定转速的 75% 时,离心开关的触头完全离合。

电动机需要改变转动方向,只须将起动绕组或运行绕组中任一绕组的两个接线端对调,就可以改变电动机的旋转方向。

单相电阻起动异步电动机的功率范围一般在 $40W \sim 350W$ 之间,额定电压 $220V$;同步转速 1500 转/分, 3000 转/分,常用于电冰箱、鼓风机、医疗器械设备上。

4. 单相电容起动异步电动机

单相电容起动异步电动机利用电容器使起动绕组和运行绕组产生相位差,实现单相异步电动机的起动。利用电容起动的方法又称为电容分相法。图 8-11 所示为单相电容起动异步电动机电路。起动绕组与电容器和起动开关串联后与运行绕组并联,再与电源相接。在起动绕组中,容抗大于感抗,选择适当容量的电容器,使起动时起动绕组的电流 I_Z 的相位正好超前运行绕组电流 I_U 90° ,使定子产生旋转磁场,实现单相异步电动机起动。两相绕组的电流相位差可达 90° ,所以

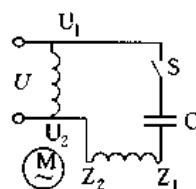


图 8-11 单相电容起动异步电动机电路

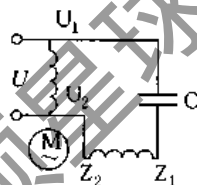
单相电容起动异步电动机的起动转矩较大,可达额定转矩的两倍以上。

起动开关的作用与单相电阻起动异步电动机开关相同,单相电容起动电动机的起动绕组和电容器不允许长期工作,当电动机起动后,转速达额定转速的 75%,起动开关离合,起动绕组电源切断,电动机由运行绕组单独工作。

单相电容起动异步电动机的功率范围在 120W~750W 之间,额定电压 220V、同步转速为 1500 转/分、3000 转/分;因起动转矩比电阻起动电动机大,常用于电冰箱、空调器、磨粉机等设备上。

5. 单相电容运行异步电动机

单相电容运行异步电动机也称为永久分相电动机,电路如图 8-12 所示。单相电容运行异步电动机的起动原理与单相电容起动异步电动机相同,其区别是在正常运行时,电容器和起动绕组仍与电源相连,电容器和起动绕组能够长时间工作。由于取消起动用的离心开关,与电阻起动、电容起动电动机相比,电容运行异步电动机的结构变得简单,成本下降,使用方便。电容运行异步电动机的起动转矩较小。



单相电容运行异步电动机的功率范围在 8W~180W 之间,同步转速为 1500 转/分、3000 转/分。尽管电容运行异步电动机起动转矩小,仅有额定转矩的 0.5 倍左右,但其结构简单、功率因数较高,被广泛应用于电风扇、排油烟机、洗衣机等家用电器上。

使用单相电容运行异步电动机应注意以下几点:

(1) 电动机的转动方向与电动机的起动绕组、运行绕组接线有关,只要改变其中一个绕组的接头,便可以改变电动机的转动方向。

(2) 当运行绕组、起动绕组无标记时,可用万用表测量两绕组的电阻,阻值较大的绕组为起动绕组。

(3) 电路中的电容器称为移相电容器,移相电容器的容量一般在 $1\mu\text{F}\sim 10\mu\text{F}$ 之间。更换电容器时,应选用工作于交流电路的电容器,工作电压应在 400V 以上。

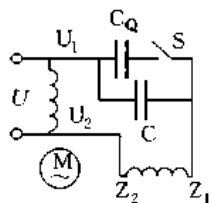


图 8-13 单相电容起动和运行异步电动机电路

除了上述单相电容起动异步电动机、单相电容运行异步电动机之外,还有单相电容起动和运行异步电动机,其电路如图 8-13 所示。

单相电容起动和运行异步电动机的特点是具有较好的起动性能和,过载能力大,效率和功率因数大,适用于小型机械设备。

6. 单相罩极式异步电动机

单相罩极式异步电动机是单相异步电动机的一种,它也有两个绕组,即主绕组和副绕组。图 8-14 所示为罩极式异步电动机的结构示意图。

电动机的定子铁心用硅钢片冲叠而成,磁极上的线圈是主绕组,副绕组为一短路铜环,嵌在磁面的一侧开槽处。槽中嵌入短路铜环,罩住磁极面约 1/3,故电动机称为罩极式电动机。当定子绕组通入单相交流电时,其脉动磁场在短路铜环的作用下,磁极之间形成一个连续移动的磁场,即旋转磁场,使转子自行起动。转子转动的方向与短路铜环所处位置有关。

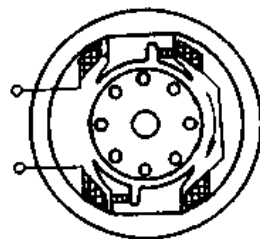


图 8-14 罩极式异步电动机结构图

罩极式异步电动机起动转矩较小,功率因数和效率也较低,起动性能和运行性能都较差。但是其结构简单,易于制造,成本低,噪声小,适用于小家电、电动玩具等。

习 题

1. 直流电动机主要有哪几部分组成? 各部分的作用是什么?
2. 试述直流电动机的工作原理。
3. 直流电动机通常是怎样分类的?
4. 直流电动机铭牌上额定数据的意义是什么?
5. 什么叫单相串励电动机? 它有什么特点? 主要应用在哪些设备上?
6. 打开手电钻的外壳,仔细观察其内部结构,找出电枢、定子铁心和线圈、换向器、电刷等。
7. 单相异步电动机有哪几种? 各有何特点?
8. 画出单相电容运行异步电动机的电路,如何使电动机反转?
9. 实际观察普通洗衣机或排油烟机所用的单相电容运行异步电动机的接线,试用万用表找出运行绕组和起动绕组。

第九章 电气线路安装与维修

电气线路安装与维修涉及的范围广,包括的内容多。根据电气线路电压的高低,可分为高压电气线路和低压电气线路,低压电气线路又分为低压架空线路和室内电气线路。这一章讲述的电气线路安装与维修是指室内电气线路安装与维修,主要内容有电线和电缆的选择、低压配电箱、照明电路图、照明电路安装与维修、接地装置安装与维修。

第一节 电线和电缆的选择

电线和电缆是电气线路安装与维修必不可少的电工器材,应合理地选择电线电缆以保证电气线路正常运行。

一、电线电缆种类的选择

有关电线电缆的品种、规格和用途,请见第三章的内容,这里仅将室内电气线路常用的电线电缆进行简单的归纳,为安装和维修电气线路选择电线电缆的品种提供参考。

1. 室内配线常用电线品种

(1) BV(BLV)聚氯乙烯绝缘电线。又称塑料绝缘电线,固定敷设于室内,适用于明敷、暗敷或穿管配线,其耐湿性、耐气候性较好。聚氯乙烯绝缘电线在室内配线中被广泛应用。

(2) BX(BLX)橡皮绝缘电线。这是另一类大量用于室内配线的绝缘电线,同样适用于室内明敷、暗敷或穿管配线。

(3) BVVB(BLVVB)聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套平型电线。这是家庭照明或家用电器常用的室内配线,俗称塑料护套线。其特点是适用于固定敷设,配线安装方便。

(4) BVV 铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套圆形电缆。这是一种适合较大载流量在室内固定敷设的电缆,通常芯线数为4根。

2. 室内日用电器、照明用电源线品种

(1) RXS 棉纱纺织橡皮绝缘双绞软线。适用于小功率日用电器的电源线及照明灯具的电源线,是平时所说的花线。

(2) RVB 铜芯聚氯乙烯绝缘平型连接用软电线。适用于300V以下家用电器、小型电动工具及照明用电线。

3. 室内移动电器仪表、电信设备用电源线品种

室内移动电器及电信设备的电源线通常选用RVV铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套软线,其质地柔软,并有护套保护,具有一定抗机械损伤的能力。

4. 仪器设备、电气控制设备安装线品种

(1) RV 聚氯乙烯绝缘软线

(2) RVB 聚氯乙烯两芯平型绝缘软线

(3) RVS 聚氯乙烯两芯绞型绝缘软线

- (4) AV 铜芯聚氯乙烯绝缘安装电线
- (5) AVR 铜芯聚氯乙烯绝缘安装软电线

5. 移动大功率电器设备用电源线品种

大功率移动电器设备的电源线多采用 Y 系列移动式通用橡套软电缆,有的设备采用专用电缆,如

- (1) 电焊机用电缆
- (2) 电梯用电缆
- (3) 潜水泵用电缆
- (4) 电动机用电缆

二、电线电缆截面的选择

1. 安全载流量

电线电缆的安全载流量又称允许载流量,是指导线连续运行所允许通过的电流。导线具有电阻,在通过持续负荷电流时因热效应使导线发热,温度升高。一般的电线电缆的最高允许工作温度为 $+65^{\circ}\text{C}$,若超过这个温度,导线的绝缘层将加速老化,甚至变质损坏,严重的会引起火灾。电线电缆通过的电流在安全载流量之内,就可避免导线在连续工作时出现温度超过最高允许值的情况,保证电线电缆的安全运行。

需要说明的是,导线的安全载流量不是一个固定的值,影响它的因素主要有:

(1) 敷设方式。导线的敷设方式不同,其散热条件也不同,因此同样的导线,明敷和暗敷时其安全载流量不相同,明敷时的安全载流量大于暗敷时的安全载流量。

(2) 导线数量。同样的敷设方式,因导线数量不同,其安全载流量也不相同。导线数量越多,安全载流量取值越小。

(3) 环境温度。导线的环境温度越高,其安全载流量取值越小。

因此要准确地确定导线的安全载流量,就要综合考虑以上各种因素的影响。

2. 电线电缆截面选择的 3 项原则

电气线路工程电线电缆截面的选择,要遵循下面 3 项原则:

- (1) 按最小机械强度的要求选择导线的截面
- (2) 按电压损失的条件选择导线的截面
- (3) 按导线的安全载流量来选择导线的截面

3. 室内电气线路导线截面的选择

与输配电线路相比,室内电气线路的总长度较短,配线的支撑点之间的跨度也较小,因而在选择导线截面时一般可以不考虑电压损失和机械强度的影响,通常只按导线的安全载流量来选择导线的截面。

表 9-1 所示是橡皮和塑料绝缘线明敷时的载流量。

表 9-2 所示是聚氯乙烯绝缘电线在空气中敷设时的载流量。

表 9-3 所示是通用橡套软电缆载流量。

表 9-1 常用橡皮和塑料绝缘线明敷时的载流量

导线 截面 (mm ²)	BLX、BLXF、铝芯 橡皮绝缘线(A)				BX 铜芯橡皮线 (A)				BLV、铝芯塑料电线 (A)				BV 铜芯塑料电线 (A)			
	25℃	30℃	35℃	40℃	25℃	30℃	35℃	40℃	25℃	30℃	35℃	40℃	25℃	30℃	35℃	40℃
0.75	—	—	—	—	18	17	16	14	—	—	—	—	16	15	14	13
1.0	—	—	—	—	21	20	18	17	—	—	—	—	19	18	16	15
1.5	—	—	—	—	27	25	22	21	—	—	—	—	24	22	21	19
2.5	27	25	23	21	35	33	30	28	25	33	22	20	32	30	28	25
4	35	33	30	28	45	42	39	36	32	30	28	25	42	39	36	33
6	45	42	39	36	58	54	50	46	42	39	36	33	55	51	48	44
10	65	61	56	51	85	79	74	67	59	55	51	47	75	70	65	59
16	85	79	74	67	110	103	95	87	80	75	69	63	105	98	91	83
25	110	103	95	87	145	136	125	115	105	98	91	83	138	129	119	109
35	138	129	119	109	180	168	156	142	130	122	112	103	170	159	147	134
50	175	164	151	138	230	215	199	182	165	154	143	131	215	201	186	170
70	220	206	192	174	285	266	247	225	205	192	177	162	265	248	229	210
90	265	248	229	210	345	323	298	273	250	234	216	198	325	304	281	257
120	310	290	268	245	400	370	345	316	—	—	—	—	—	—	—	—
150	360	337	311	286	470	439	410	377	—	—	—	—	—	—	—	—
185	420	393	363	332	540	505	470	433	—	—	—	—	—	—	—	—

表 9-2 聚氯乙烯绝缘电线在空气中敷设时的载流量

环境温度:25℃工作温度:65℃适用电线型号:RV、RVV、RVB、RVS、RFB、RFS、BVV、BLV 单位:A

导线截面积 mm ²	单芯		两芯		三芯	
	铜	铝	铜	铝	铜	铝
0.12	5	—	4	—	3	—
0.2	7	—	5.5	—	4	—
0.3	9	—	7	—	5	—
0.4	11	—	8.5	—	6	—
0.5	12.5	—	9.5	—	7	—
0.75	16	—	12.5	—	9	—
1.0	19	—	15	—	11	—
1.5	24	—	19	—	14	—
2.0	28	—	22	—	17	—
2.5	32	25	26	20	20	16
4.0	42	34	36	26	26	22
6.0	55	43	47	33	32	25
10.0	75	59	65	51	52	40

表 9-3 通用橡套软电缆参考载流量

主线芯 截面积 (mm ²)	YQ. YQW (A)		YZ. YZW (A)			YC. YCW (A)			
	二芯	三芯	二芯	三芯	四芯	单芯	二芯	三芯	四芯
0.3	7	6	—	—	—	—	—	—	—
0.5	11	9	12	10	9	—	—	—	—
0.75	14	12	14	12	11	—	—	—	—
1	—	—	17	14	13	—	—	—	—
1.5	—	—	21	18	18	—	—	—	—
2	—	—	26	22	22	—	—	—	—
2.5	—	—	30	25	25	37	30	26	27
4	—	—	41	35	36	47	39	34	34
6	—	—	53	45	45	52	51	43	44
10	—	—	—	—	—	75	74	63	63
16	—	—	—	—	—	112	98	84	84
25	—	—	—	—	—	148	135	115	116
35	—	—	—	—	—	183	167	142	143
50	—	—	—	—	—	226	208	176	177
70	—	—	—	—	—	289	259	224	224
95	—	—	—	—	—	353	318	273	273
120	—	—	—	—	—	415	371	315	315

第二节 低压配电箱

连接电源与用电设备的中间装置称为配电装置,除了分配电能外,还具有对用电设备进行控制、测量、指示及保护等功能。大容量的配电装置通常将电气控制器件、测量仪表及保护电器等按一定规律安装在专用柜内和屏上,称为开关柜、配电屏或配电盘;低压小容量配电装置的电器元件和测量仪表较少,通常安装在专用箱内或板上,称为配电箱、配电板或配电盘。

低压配电箱简称配电箱,是用来配电和控制监视动力、照明电路及设备的装置,是配电系统中最低一级的电器控制设备,分布在各种用电场所,是保障电力系统安全运行的最基础环节。配电箱内一般配置测量仪表、控制开关、保护装置、交流接触器等电气元件。

低压配电箱有标准配电箱和非标准配电箱两类。标准配电箱是国家统一设计定型的产品,往往只绘出电气系统图;非标准配电箱又称现制配电箱,是根据电气线路安装现场制作的配电箱,其内部设置和出线的回数与标准配电箱有所不同,但配电箱外形尺寸基本不变。非标准配电箱除了电气系统图以外,还应绘出设备布置及接线图。按配电用途的不同,配电箱又分为照明配电箱和动力配电箱两类,近年来又出现了动力及照明配电在一起控制的动力照明综合式配电箱。按配电箱的安装方式又分为嵌入式配电箱和悬挂式配电箱两种。

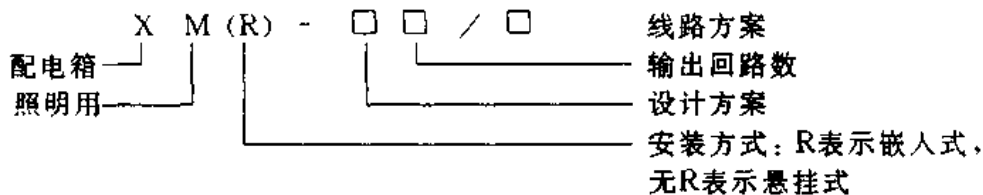
一、常用配电箱

配电箱的种类繁多,即使是同一种型号的,又有多种规格的产品。下面介绍几种常用的配电箱。

1. XM 系列照明配电箱

XM 系列照明配电箱主要用于交流 500V 以下的三相四线制照明系统中作非频繁操作控制照明线路用,它对所控制的线路能分别起到过载与短路保护的作用。

照明配电箱型号的含义为：

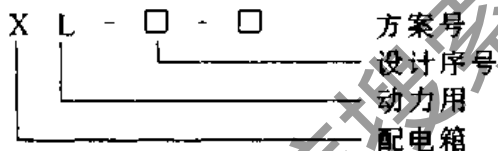


例如, XM(R)-7-3/1 型配电箱为嵌入式配电箱, 第七设计序列, 共有 3 路输出线, 线路方案为 1。查阅有关手册资料可得其电气系统图, 所用电器元件为: 一次线采用 25A 的三相组合开关, 型号是 HZ1-25/3; 二次线用熔断器控制, 型号是 RL1-15/15。所谓一次线, 就是供电线路, 又称主线路或主干线; 二次线即配电箱内的控制线路, 也称输出线或出线, 一般输出线的线径比一次线小得多。

2. XL 系列动力配电箱

XL 系列动力配电箱主要用于工矿企业交流 500V 以下的三相四线制动力配电用。配电箱中一般安装刀开关、空气开关、熔断器、交流接触器、热继电器等, 对所控制的线路与设备有过载、短路、失压等保护作用。

动力配电箱型号的含义为：

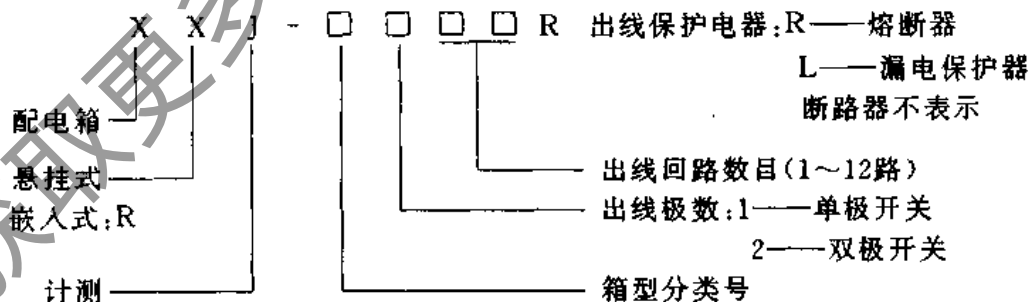


例如, XL-21-01 动力配电箱, 查阅有关手册资料可得到该配电箱的电气系统图, 其内部设备有: HD 型刀开关一个, 作为总控制开关, 型号是 HD-400/31; DZ 型自动空气开关四个, 型号是 DZ-250/3, 分别控制每路输出线。

3. X(R)J 系列照明配电箱

X(R)J 或 X(X)J 系列照明配电箱又称照明计测箱, 适用于民用住宅等建筑, 用以计测 50Hz、单相三线或二线 220V 照明线路的有功电能, 内部装有电度表、断路器、漏电保护器、熔断器等电器元件, 对照明线路具有过载及短路保护作用。

配电箱型号的含义为：



该系列配电箱分悬挂式和嵌入式两种, 悬挂式为明装配电箱, 嵌入式为暗装配电箱。配电箱由箱体、箱芯和箱面三部分组成。

箱体由薄钢板弯制焊接而成, 箱体四周均有进线出线敲落孔, 箱体内有接地螺栓。

箱面为独立部件, 由面框及门面组成。与电度表盘对应处设有玻璃窗, 用以观察电度表运转情况及抄录电表数值。面门上设有小门, 打开小门可以操作断路器或熔断器。

箱芯也为独立部件, 在箱芯上装有电度表、断路器、漏电保护器、熔断器等元件。此外还装

有接地线排,供接中性线或地线用。在土建施工时先安装箱体,在电气施工时将箱芯整体装入箱体,并做适当调整,加以固定。

4. LDBX(R)安全型配电箱

这是一种安全配电箱,用于交流 50Hz、220V 的户内照明配电,内装单相电度表、熔断器、漏电保护器、工作零线和保护线端板。常用于住宅楼、办公室、学校等作室内照明配电。

5. PZ-30 型配电箱

PZ-30 型配电箱是目前较为流行的动力照明综合式配电箱,它的最大特点是采用了 C45、NC100 系列的小型断路器,配电箱的体积仅为老型号配电箱的几分之一到几十分之一。C45 系列的小型断路器可以自由组合,能够满足对出线回路数目的各种要求。

配电箱内的主要电器元件有:一次线路的主控开关,通常选用 NC100 系列小型断路器;二次线路的分控开关若干只,通常选用 C45AD 系列和 C45N 系列小型断路器;设有母线、零线接线板及保护接零接线板。母线是具有一定截面积的连接导体,一般采用矩形的铜母线或铝母线,配变电所和容量较大的配电箱都设置母线,用来分配电能。

配电箱出线回路数目可根据配电需要加以调整,方法是增加或减少小型断路器的数目。断路器的规格也可以根据需要进行更换。NC 系列、C45 系列断路器采用标准单元组合,每单元宽度仅 18mm,用导轨安装,能够方便地实现组合和调整。

二、配电箱的安装

标准配电箱内的电器、开关、仪表等元件均由制造厂配制,现场人员负责配电箱的安装和线路连接。

1. 配电箱的基本安装要求

基本安装要求包括安装位置和环境、安装高度、预留孔洞等内容,其具体数据在设计时都加以考虑,反映在施工图纸上或施工说明中,安装时按图纸要求进行。

安装时要进行如下操作:

- (1) 重复接地。接零系统中的零线应在引入线、线路末端或配电箱处做好重复接地。
- (2) 接地连接。配电箱的金属构件、铁制盘及金属外壳均应作保护接零或保护接地处理。
- (3) 母线分色。配电箱内的母线应加涂分相标志,其色别标记见表 9-4。

表 9-4 母线涂色表

母线类别	L1	L2	L3	正极	负极	中性线	接地线
涂漆颜色	黄	绿	红	赭	蓝	紫	紫底黑条

(4) 防锈处理。配电箱内壁和外壁都应刷防锈漆,以防腐蚀,表面进行油漆着色处理。

(5) 线路名称。配电箱上应标明回路的名称或编号。

2. 悬挂式配电箱的安装

采用悬挂式安装的配电箱,可以直接安装在墙壁上,也可以安装在支架上或柱上。下面以墙上安装为例,叙述其安装步骤。

(1) 预埋固定螺栓。配电箱一般有上下各两个固定螺孔,在安装之前,应先量好安装孔的尺寸,在墙上划好安装孔的位置,然后凿孔洞,预埋固定螺栓。预埋螺栓的规格应根据配电箱的型号和质量来选择,螺栓的长度应为埋设深度加上箱壁、螺母和垫圈的厚度,再加上约 5mm 的余留长度,一般约 150mm。埋设螺栓时应使用水平尺和线锤使其保持要求的水平度和垂直

度,螺栓中心间距应与配电箱安装孔中心间距相等,以免错位造成安装困难。

(2) 配电箱的固定。预埋螺栓的填充材料凝固干透后,便可进行配电箱的固定安装。固定前先用水平尺和线锤校正箱体的水平度和垂直度,调整后,将配电箱固定牢靠。图 9-1 所示为安装示意图。

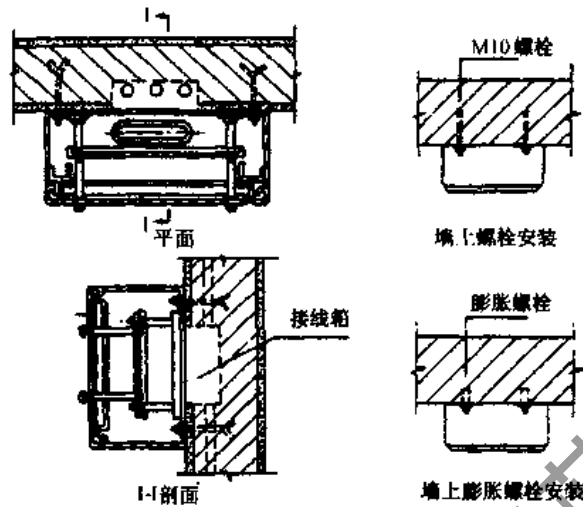


图 9-1 配电箱在墙上安装

目前多采用金属膨胀螺栓来安装配电箱,直接在墙上划线,用电锤打孔,埋设膨胀螺栓,固定配电箱。操作的关键是安装孔划线的位置一定要准确。放置膨胀螺栓的孔洞一定要端正。固定箱体前应使用水平尺和线锤校正其水平度和垂直度。

3. 嵌墙式配电箱的安装

配电箱嵌入墙体的安装通常与土建施工同步进行,供电配线一般采用暗敷设方式,并在预埋线管工作完成后进入配电箱安装阶段。

(1) 全嵌入安装。配电箱的全嵌入安装就是将配电箱的箱体完全嵌入到墙壁内,其方法是在预埋管线工作完毕后,将配电箱的箱体置于墙体预留空间,做好线管与箱体的连接和跨接地线的连接;然后调整箱体位置,使箱体水平度、垂直度符合要求,箱面与墙平齐;最后在箱体四周填实水泥砂浆,处理好墙面。

(2) 半嵌入安装。配电箱的半嵌入安装是将配电箱的箱体一半嵌入墙内,另一半露在墙外。这种半嵌入安装一般是在墙壁的厚度不能满足全嵌入安装的需要时采用。其安装方法与全嵌入安装大致相同。

住宅楼、办公楼、教学楼、旅馆、医院等建筑物大都采用全嵌入安装方法,尤其是 DZ47 系列、C45 系列、NC100 系列小型断路器的推广,全嵌入配电箱的使用越来越广泛。

4. 落地式配电箱的安装

落地式配电箱主要是动力配电箱。安装落地式配电箱通常按施工安装图要求进行,大体分两步完成。

(1) 制作安装底座。安装前根据配电箱底面制作一个混凝土空心台,台高约 10mm,台面上预埋固定槽钢或固定螺栓。空心台便于出线和防水,台内线管管口应高出基础面 50mm 以上。

(2) 安装固定。将配电箱搬放在底座上,然后调整其水平度和垂直度,符合要求后进行螺

栓固定。

三、自制配电箱

根据动力和照明配电的需要,配电箱也可以自制,这样的配电箱是非标准配电箱。自制配电箱通常容量比较小,常常不做箱体,只做背面留有一定空间的盘面板,称为配电板或配电盘。配电板的制作步骤如下:

1. 配电板电路图

在制作配电板之前,根据实际需要设计配电板电路图。比较简单的配电板画出电气系统图即可,比较复杂的配电板应画出电气安装图,标注所用电器元件及导线的规格型号。电路图是制作配电板的依据。

2. 面板的制作

(1) 面板材料的选择。面板材料主要有铁板、木板和塑料板三种。铁板厚度应在 1mm 以上,木板厚度在 15mm 以上;塑料板按其结构来选择,带加强筋的塑料板厚度在 5mm 以上,普通板在 8mm 以上。

面板的大小根据其上电器元件的多少来确定,面板四周应留有适当空余,以便在配电箱内安装固定。不制配电箱箱体的,应在面板四周制作围框,以便配线。

(2) 电器元件的定位。根据设计电路图备齐所需的电器元件,将面板放平,把电器元件实物全部置于面板上,进行电器元件的排列和定位。放置的一般原则如下:

① 电度表放置在面板的上方,横向安装的配电板电度表放置左侧。

② 各回路的开关及熔断器要相互对应,放置的位置要便于操作和维护。

③ 垂直装设的开关、熔断器和其他电器上端接电源,下端接负载,横装电器左侧接电源,右侧接负载。

④ 面板上电器元件的分布应均匀、整齐、美观。

⑤ 对于各电器元件排列的间距,电度表之间的间距不应小于 60mm,开关、熔断器等之间的间距不应小于 30mm,各电器元件距面板四周边缘的距离不应小于 50mm,电器元件的出口线之间的距离、与面板四周边缘的距离不应小于 30mm。

各电器元件的位置确定后,标出电器元件安装孔和出线孔的定位标志。

(3) 面板的加工。首先按安装孔和出线孔的定位标志进行钻孔。安装孔直径根据安装螺钉的直径来确定,出线孔根据瓷管头的外径来确定。钻孔后木制面板要刷漆,铁制面板先除锈再刷防锈漆,作防腐处理。

(4) 电器元件的固定。将电器元件全部放在加工后的面板上,摆正定位,检查安装孔和出线孔的位置、大小无误后,逐一用螺钉或木螺丝安装固定各电器元件。安装后再微动调整各电器元件,使之排列整齐,最后固定牢靠。

3. 配电板的配线

(1) 导线的选择。按设计电路图要求选取导线截面,最小铜芯绝缘导线应 $\geq 1.5\text{mm}^2$,按电度表和电器元件规格及位置决定导线长度。

(2) 导线的敷设。配线之前,在木质或塑料配电板的出线孔套上瓷管头或塑料管头;在铁制配电板的出线孔套上橡皮护套,以保护导线不受损伤。面板明敷布线时,导线须列整齐,绑扎成束,一般用卡钉、铝线卡、铁卡等固定,不能使导线摇动。配电板的引入线和引出线应留出适当的余量,以方便检修。面板暗敷布线也应排列整齐,尽量沿面板配线,使导线固定不动。

(3) 导线的连接。导线敷设好后,按要求依次正确地与电器元件连接,其方式多为导线与接线螺钉的连接。连接的方法应按照第四章第二节的要求操作。

配电板完成以后,可进行安装。没有箱体的配电板可直接固定在墙体、梁、柱上,然后连接电源线和负载线。

4. 几种自制配电板

图 9-2(a)所示为家用照明配电板,由电度表、漏电保护器、刀闸开关、瓷插保险丝组成,采用明敷布线。

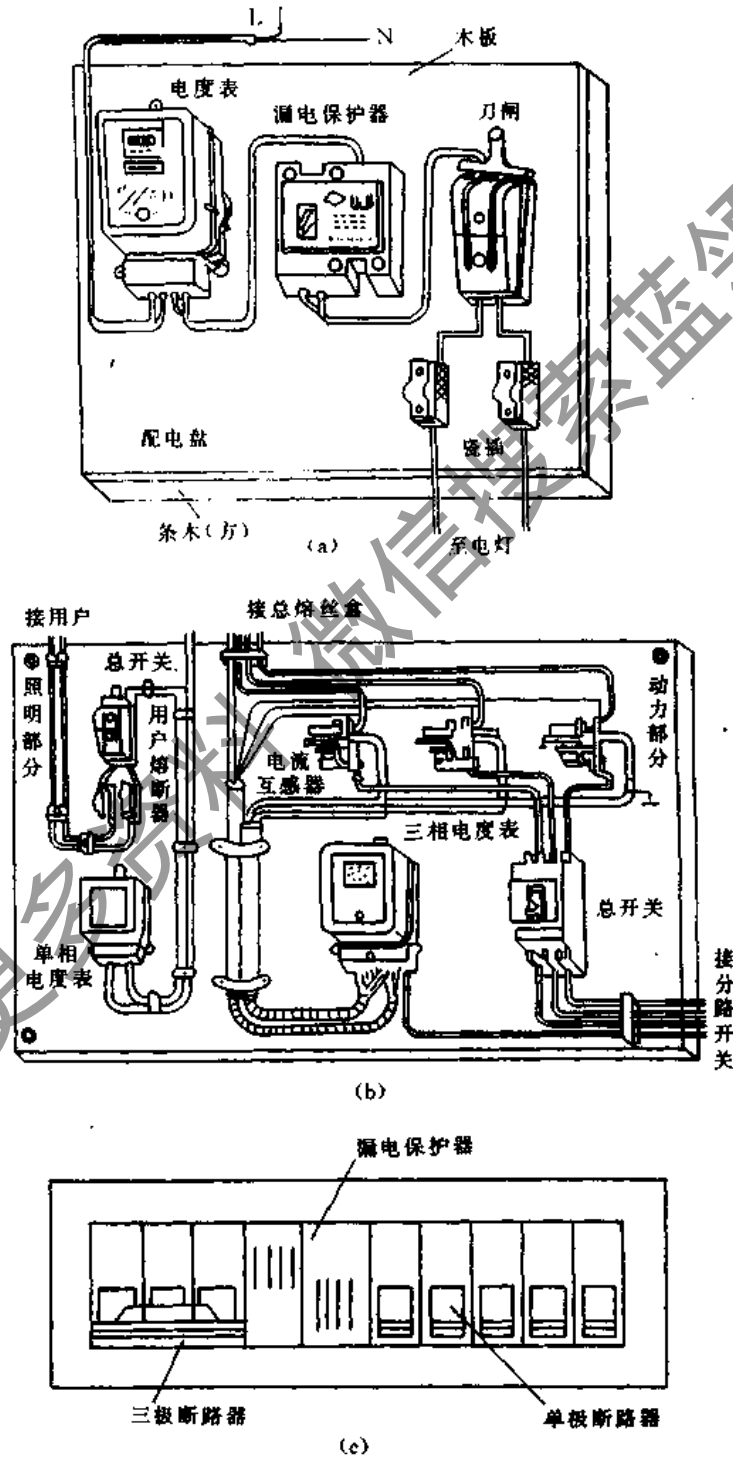


图 9-2 几种自制配电板

图 9-2(b)所示为动力照明综合配电箱。照明部分由单相电度表、刀闸开关、熔断器等组成。动力部分由三相电度表、电流互感器、空气开关等组成。面板采用明敷配线。

图 9-2(c)所示为明配配电箱。由三极小型断路器、单极小型断路器和漏电保护断路器组成。断路器采用 DZ47 系列、C45 系列或 NC100 系列,体积小,面板面积可控制在 120mm×300mm 以内或更小。

第三节 照明电路图

通常,建筑物内的照明线路多采用暗敷布线,即通过墙体、梁柱、地面布线,其安装配线与土建施工同时进行。作为维修电工,应熟悉电气照明电路图,以便了解照明线路的走向,了解照明线路与土建结构的关系,作好照明线路维修工作,并为在室内进行必要配线安装作好准备。

这一节在电工应用识图的基础上,学习照明电路图中的用电设备图形符号、与之相关的土建图形符号和常用的照明电气平面图。

一、照明电器常用图形符号

1. 线路与布线图形符号

线路与布线图形符号如图 9-3 所示。

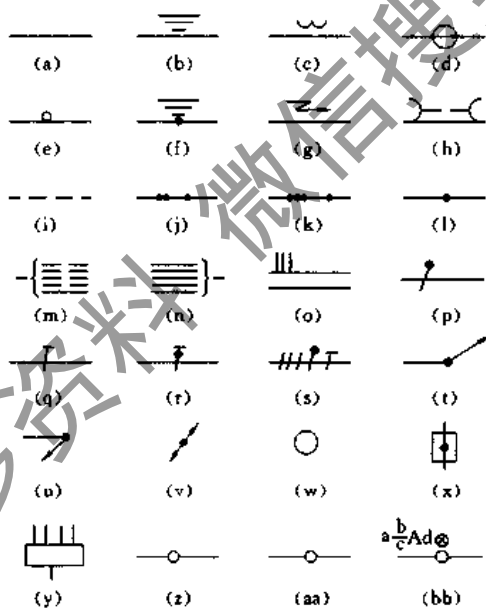


图 9-3 线路与布线图形符号

图 9-3(a)所示为导线、电缆、传输通道线路的一般符号。在系统图、安装图和照明平面图中,它代表 2 根导线;1 根线或多根线则应进行标注,标注方法请见第四章第五节有关内容。

图 9-3(b)所示为地下线路,如地下电缆。

图 9-3(c)所示为水下线路,如水下电缆。

图 9-3(d)所示为架空线路,圆圈代表电杆。

图 9-3(e)所示为穿管线路。管道数量、截面和特性,可标注在线路的上方。

图 9-3(f)所示为具有埋入地下连接点的线路。一般很少采用。

图 9-3(g)所示为电气排流电缆。

图 9-3(h)所示为挂在钢索上的线路。

图 9-3(i)所示为事故照明线路,由等短线组成。

图 9-3(j)所示为 50V 及其以下的照明线路,线条由等短线间以两个圆点、一个圆点组成。

图 9-3(k)所示为控制线路或信号线路。

图 9-3(l)所示为装在支柱上封闭式母线。

图 9-3(m)所示为用单线表示的多种线路。

图 9-3(n)、(o)所示为用单线表示的多回路线路或电缆。

图 9-3(p)所示为中性线或零线。

图 9-3(q)所示为保护线。

图 9-3(r)所示为保护线和中性线共用。

图 9-3(s)所示为具有保护线、中性线的三相线路。

图 9-3(t)所示为向上配线。一般用于楼房建筑,如从二层楼将线路引到三层。

图 9-3(u)所示为向下配线。如将线路从三层引向二层。

图 9-3(v)所示为垂直通过配线,如从二层楼引到一层和三层,而不在二楼配线。

图 9-3(w)所示为接线箱、接线盒的一般符号。

图 9-3(x)所示为带配线的用户端。

图 9-3(y)所示为配电中心,表示有 5 根导线输出。

图 9-3(z)所示为有照明灯的电杆。其中 a(b/c)Ad 的含义是:a 为电杆编号;b 为电杆杆型,如水泥杆、木杆、直线杆、转角杆等;c 为杆高;d 为灯具容量;A 为照明灯连接相序。

图 9-3(aa)所示为杆上照明灯的投光方向。

图 9-3(bb)所示为电杆上装有路灯,a(b/c)Ad 的含义与图 9-3(z)相同。

2. 配电、控制和用电设备图形符号

配电、控制和用电设备图形符号如图 9-4 所示。

图 9-4(a)所示为配电屏、控制台、配电箱、开关柜等配电设备的一般符号。

图 9-4(b)所示为信号板、信号箱、信号屏的图形符号。

图 9-4(c)所示为动力配电箱、动力——照明配电箱。

图 9-4(d)所示为照明配电箱或配电屏。

图 9-4(e)所示为事故照明配电箱。

图 9-4(f)所示为多种电源配电箱。

图 9-4(g)所示为直流配电盘。

图 9-4(h)所示为交流配电盘。

图 9-4(i)所示为启动器的一般符号。

图 9-4(j)所示为按钮的一般符号,小圈允许涂黑。

图 9-4(k)所示为按钮盒图形符号。

图 9-4(l)所示为有两个按钮的按钮盒图形符号。

图 9-4(m)所示为密闭型具有两个按钮的按钮盒。

图 9-4(n)所示为防爆型按钮盒。

图 9-4(o)所示为带指示灯的按钮。

图 9-4(p)所示为限制接近按钮。

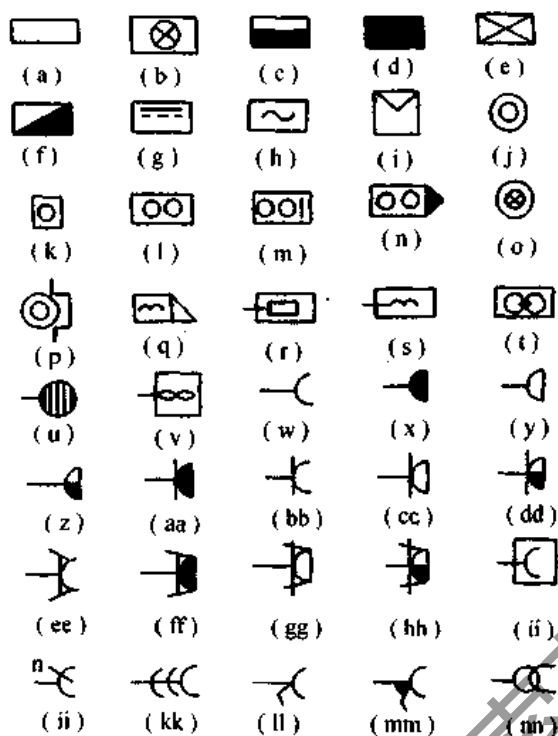


图 9-4 配电、控制和用电设备图形符号

图 9-4(q)所示为电锁图形符号。

图 9-4(r)所示为电阻加热装置,如电阻丝。

图 9-4(s)所示为感应加热炉。

图 9-4(t)所示为交流电焊机。

图 9-4(u)所示为热水器。

图 9-4(v)所示为风扇的一般符号,方框可省略不用。

图 9-4(w)所示为单相插座。

图 9-4(x)所示为单相暗装插座。

图 9-4(y)所示为密闭防水插座。

图 9-4(z)所示为防爆单相插座。

图 9-4(aa)所示为带保护接点、带接地插孔的暗装插座。

图 9-4(bb)所示为带保护接点、带接地插孔的插座。

图 9-4(cc)所示为带保护接点、带接地插孔的防水插座。

图 9-4(dd)所示为带保护接点、带接地插孔的防爆插座。

图 9-4(ee)所示为带接地插孔的三相插座。

图 9-4(ff)所示为带接地插孔的三相暗装插座。

图 9-4(gg)所示为带接地插孔的三相防水插座。

图 9-4(hh)所示为带接地插孔的三相防爆插座。

图 9-4(ii)所示为插座板或插座箱。

图 9-4(jj)所示为具有几个插座的插座板。

图 9-4(kk)所示为某插板上有 3 个插座。

图 9-4(ll)所示为具有单极开关的插座。

图 9-4(mm)所示为具有联锁开关的插座。

图 9-4(nn)所示为具有隔离变压器的插座。

3. 插座、照明开关和照明灯图形符号

插座、照明开关和照明灯图形符号如图 9-5 所示。

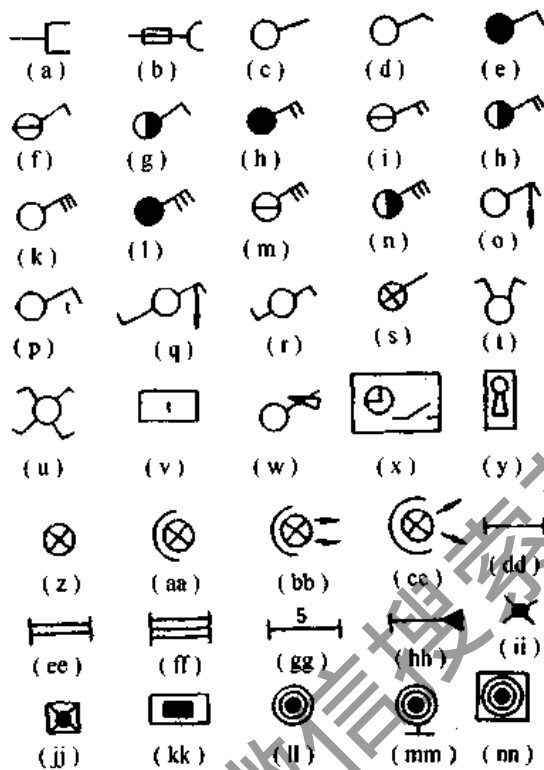


图 9-5 插座、照明开关、照明灯图形符号

图 9-5(a)所示为电信插座的一般图形符号。如果有多种电信插座在一起,可用文字符号在图形符号旁标注以示区别,文字符号如下:TP 表示电话,SP 表示喇叭,TX 表示电传,M 表示传声器、话筒,TV 表示电视,FM 表示调频。

图 9-5(b)所示为带熔断器的插座。

图 9-5(c)所示为开关一般符号。

图 9-5(d)所示为单极开关。

图 9-5(e)所示为暗装单极开关。

图 9-5(f)所示为密闭防水单极开关。

图 9-5(g)所示为单极防爆开关。

图 9-5(h)所示为暗装双极开关。

图 9-5(i)所示为密闭防水双极开关。

图 9-5(j)所示为防爆双极开关。

图 9-5(k)所示为普通三极开关。

图 9-5(l)所示为暗装三极开关。

图 9-5(m)所示为密闭防水三极开关。

图 9-5(n)所示为防爆三极开关。

图 9-5(o)所示为单极拉线开关。

图 9-5(p)所示为单极限时开关。
 图 9-5(q)所示为单极双控拉线开关。
 图 9-5(r)所示为双控开关。
 图 9-5(s)所示为具有指示灯的开关。
 图 9-5(t)所示为多拉开关。如用于不同照度。
 图 9-5(u)所示为中间开关。
 图 9-5(v)所示为限时装置。
 图 9-5(w)所示为调光器。
 图 9-5(x)所示为定时开关。
 图 9-5(y)所示为钥匙开关。
 图 9-5(z)所示为电灯或信号灯的一般符号。
 图 9-5(aa)所示为投光灯的一般图形符号。
 图 9-5(bb)所示为聚光灯的一般图形符号。
 图 9-5(cc)所示为泛光灯的一般图形符号。
 图 9-5(dd)所示为荧光灯的一般图形符号。
 图 9-5(ee)所示为双管荧光灯。
 图 9-5(ff)所示为三管荧光灯。
 图 9-5(gg)所示为五管荧光灯。
 图 9-5(hh)所示为防爆荧光灯。
 图 9-5(ii)所示为专用电路上的事故照明灯。
 图 9-5(jj)所示为自带电源的事故应急灯。
 图 9-5(kk)所示为气体放电灯的辅助设备。
 图 9-5(ll)所示为警卫信号探测器。
 图 9-5(mm)所示为区域报警器。
 图 9-5(nn)所示为总报警器。

4. 其他图形符号

各种电气交接装置、分线盒、开关箱等的图形符号如图 9-6 所示。

图 9-6(a)所示为架空电气交接箱。

图 9-6(b)所示为落地电气交接箱。

图 9-6(c)所示为暗装于墙壁中的交接箱。

图 9-6(d)所示为分线盒的一般图形符号。在安装中可加注 $\frac{A-B}{C}$ D 式子,其中 A 表示编号, B 表示容量, C 表示相序或线序, D 表示用户线。

图 9-6(e)所示为室内分线盒。同样可作图 9-6(d)所示的加注。

图 9-6(f)所示为室外分线盒。同样可作图 9-6(d)所示的加注。

图 9-6(g)所示为分线箱。同样可作图 9-6(d)所示的加注。

图 9-6(h)所示为暗装于墙壁中的分线盒。同样可作图 9-6(d)所示的加注。

图 9-6(i)所示为避雷针。

图 9-6(j)所示为电源自动切换箱。

图 9-6(k)所示为电阻箱。

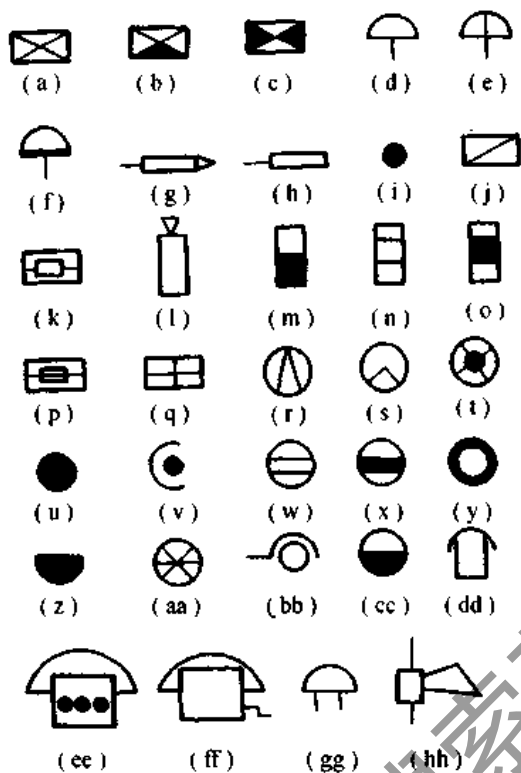


图 9-6 其他图形符号

图 9-6(l)所示为鼓形控制器。

图 9-6(m)所示为自动开关箱。

图 9-6(n)所示为刀开关箱。

图 9-6(o)所示为带熔断器的刀开关箱。

图 9-6(p)所示为熔断器箱。

图 9-6(q)所示为组合开关箱。

图 9-6(r)所示为深照型灯。

图 9-6(s)所示为广照型灯。

图 9-6(t)所示为防水防尘灯。

图 9-6(u)所示为球形灯。

图 9-6(v)所示为局部照明灯。

图 9-6(w)所示为矿山灯。

图 9-6(x)所示为安全灯。

图 9-6(y)所示为防爆灯。

图 9-6(z)所示为天棚灯。

图 9-6(aa)所示为花灯。

图 9-6(bb)所示为马路弯灯、弯灯。

图 9-6(cc)所示为壁灯。

图 9-6(dd)所示为电气装置防风防雨罩的一般图形符号。罩内可标注代号等。

图 9-6(ee)所示为按键式电话机。

图 9-6(ff)所示为带振铃的电话机。

图 9-6(gg)所示为电铃、门铃。

图 9-6(hh)所示为电喇叭。

二、照明电路和图的标注

在照明电路图中,常在照明电器、电线、管路旁标注一些文字,它代表线路所用电工器材的规格、容量及数量等,安装人员按照它来选型和施工。

1. 照明线路常用文字符号

(1) 线路配线方式文字符号的含义如表 9-5 所示。

表 9-5 配线方式文字符号的含义

文字符号	含 义
CP	瓷瓶配线
CJ	瓷夹配线
VJ	塑料线夹配线
CB	槽板配线
XC	塑料模板配线
G	普通钢管配线(厚壁)
DG	电线管配线(薄壁)
VG	硬塑料管配线
RVG	软塑料管配线
PVC	PVC 塑料管配线
SPG	蛇铁皮管配线
QD	卡钉配线

(2) 线路配线部位文字符号的含义如表 9-6 所示。

表 9-6 配线部位文字符号的含义

文字符号	含 义
M	明配线
A	暗配线
LM	沿梁或屋架下弦明配
ZM	沿柱明配
QM	沿墙明配
PM	沿天棚明配
DM	沿地板或地面明配
LA	在梁内暗配或沿梁暗配
ZA	在柱内暗配或沿柱暗配
QA	在墙体内暗配
PA	在顶棚内暗配
DA	在地面下或地板下暗配

(3) 线路用途文字符号的含义如表 9-7 所示。

表 9-7 线路用途文字符号的含义

文字符号	含 义
PG	配电干线
LG	动力干线
MG	照明干线
PFG	配电分干线
LFG	动力分干线
MFG	照明分干线
KZ	控制线

照明线路图标注举例：

BVR(2 × 2.5)PVC16 - QA

这表示线路所用的是聚氯乙烯绝缘软电线(BVR)。导线两根,每根截面为 2.5mm²;配线方式采用 φ16mmPVC 塑料管配线;在墙体内暗敷配线。

2MFG - BLVV(2 × 4) - QD - PM

这表示 2 号照明分干线,所用导线是铝芯塑料绝缘护套线。导线两根,每根的截面为 4mm²;配线方式采用卡钉配线(QD);沿天棚明敷配线(PM)。

BLX - 500,3 × 2.5 - DG15 - DA

这表示线路所用导线是铝芯橡皮绝缘电线,耐压 500V;共有 3 根导线,其截面均为 2.5mm²;采用直径为 15mm 的薄壁钢管穿管配线;在地面下暗敷配线(DA)。

穿管配线的文字符号是 G,有时也可用管材符号来表示,如例 1 中的 PVC.G 或 PVC 后面的数字代表管径,通常指外径,只有水煤气管 G 后的数字表示管内径。穿管配线的文字符号一般在标注的后面,也可以出现在标注的前面或中间。

2. 照明灯具的标注

照明灯具在照明电路图中一般按下式标注：

$$a - b \frac{c \times d}{e} f$$

式中,a 表示灯数,单位盏;b 表示型号或代号,一般用拼音字母代表灯具的种类,常用灯具的代号见表 9-8;c 表示每盏照明灯的灯泡数;d 表示灯泡的功率,单位是 W;e 表示照明灯具底部至地面或楼面的安装高度,单位是 m;f 表示安装方式的代号,代号的含义见表 9-9。

标注举例：

$$4 - G \frac{1 \times 150}{3.5} G$$

这表示 4 盏隔爆灯,每盏灯中装有 1 只 150W 的白炽灯,采用管吊式安装,吊装高度为 3.5m。

表 9-8 常用灯具代号的含义

代 号	含 义
P	普通吊灯
B	壁灯
H	花灯
D	吸顶灯

(续表)

代 号	含 义
Z	柱灯
L	卤钨探照灯
T	投光灯
Y	荧光灯灯具
G	隔爆灯
J	水晶低罩灯
F	防水防尘灯
S	搪瓷伞罩灯

表 9-9 灯具安装方式代号的意义

代 号	含 义
X	线吊式
L	链吊式
G	管吊式
B	壁装式
D	吸顶式
W	弯式
T	台上安装式
R	嵌入式
DR	吸顶嵌入式
BR	墙壁嵌入式
J	支架安装式
Z	柱上安装式

$$2 - Y \frac{3 \times 40}{2.5} L$$

这表示 2 组荧光灯,每组由 3 根 40W 的荧光灯组成,采用链吊式安装,吊装高度为 2.5m。

3. 照度的标注

光照射在物体上,物体表面单位面积上接收的光通量称为照度。照度的单位是勒克斯(lx)。照度越大,物体越亮,越容易被看得清楚。

照度常用○符号内填数字来标注,圈内的数字表示照度的大小,单位为勒克斯(lx),如⊙50表示照度是 50lx,⊙10表示 10lx。

三、电气照明平面图

表示建筑物内动力、照明设备和线路平面布置的图纸称为电气平面图,其中表示照明设备和线路的电气平面图称为电气照明平面图或照明平面图。照明平面图与照明原理图相比,画法简单明了,内容反映直观形象,因此在照明电路安装中应用广泛。通常,照明平面图按建筑物不同标高的楼层分别绘制,动力与照明部分一般是分开表示的。

照明平面图主要表示照明线路的敷设位置、敷设方式、导线穿线管种类、线管管径、导线截面及导线根数,同时还标出各种用电设备,如照明灯、电风扇、插座等,以及各种配电箱、控制开关等的安装数量、型号及相对位置。

电气平面图一般都是在简化了的土建工程平面图上绘制的,因此除了能明确表示电气设

备的安装位置,还能反映出与电气设备线路有关建筑物的墙、梁、柱、门、窗、楼梯等的结构情况。电气平面图采用了土建平面图的一些画法、图形符号及标注方法,但以反映电气设备线路为主,电气部分一般用中实线表示,土建部分则用细实线表示。

下面先介绍与电气平面图有关的土建图形符号及标注方法,然后叙述几种照明基本控制电路在平面图上的画法。

1. 土建图形符号

土建图形符号十分繁杂,照明平面图中常见的土建图形符号如图 9-7 所示。

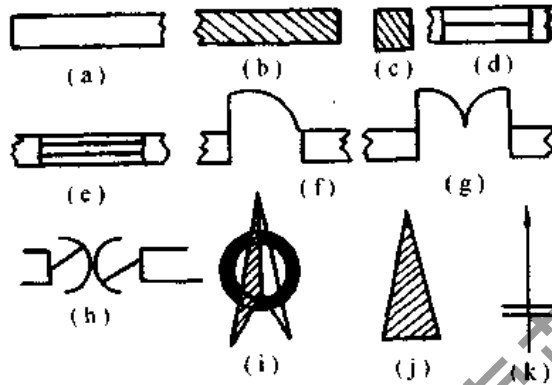


图 9-7 土建图形符号

图 9-7(a)所示为砖结构墙。

图 9-7(b)所示为混凝土结构墙。

图 9-7(c)所示为混凝土结构柱。

图 9-7(d)所示为窗。

图 9-7(e)所示为双层窗。

图 9-7(f)所示为单扇门或单开门。

图 9-7(g)所示为双扇门或双开门。

图 9-7(h)所示为弹簧门。

图 9-7(i)(j)(k)所示为平面图上指北方向的图形符号。

2. 常用的标注方法

(1) 方向。照明平面图一般是按上北下南、右东左西的方法绘制的,也可用图 9-7(i)、(j)、(k)所示的图形符号表示北方向。

(2) 比例。平面图一般按比例绘制,比例标注在图标栏内,如 1:100,其含义是图上 1mm,代表实际尺寸 100mm 长。但是电气设备和导线并不按比例画出它们的形状和外形尺寸,而是采用图形符号表示。

(3) 建筑物轴线。电气平面图采用土建平面图的轴线表示法,图 9-8 所示①~⑥及 A、B、C 即为轴线。轴线的的作用如地图上的经纬线,可以明确电气设备的安装位置。轴线用点划线表示。

(4) 尺寸。平面图上的尺寸一般用数字和细箭头标注在图上。

(5) 高度标志。高度通常用数字表示。一般以大楼一层地坪平面高度定为±0.00,单位是 m,符号上的数字表示与一层地坪平面相对高度。

3. 电原理图与电气平面图的转换

一般来讲,电原理图将电路中的各个元件与电源以及各元件之间的相互关系通过线路详

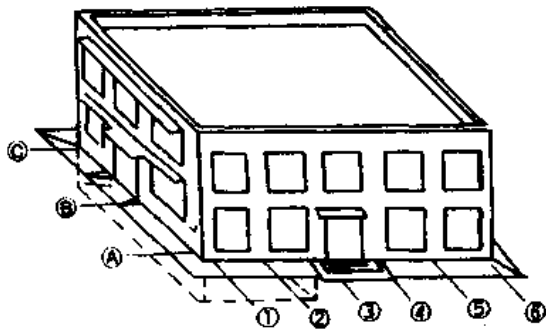


图 9-8 轴线表示法示意图

细表述。通常将电原理图加以简化,转换成电气平面图,来描述电气设备线路在建筑物上的安装位置、布线去向。图 9-9 所示是几种基本照明控制电路图在电气平面图中的表示方法。

图 9-9(a)所示是一只开关控制一盏灯的原理图和平面图。需要说明,原理图中没有表示是明装开关,还是暗装开关;是壁灯,还是花灯,重点是反映电路控制原理。平面图明确表示为一只拉线开关控制一盏普通的白炽灯。说明电气平面图标示必须专一,如果用图形符号表达不清楚,要在图形符号旁或在施工说明中把灯具和开关的型号、规格列出来,以便采购和安装。平面图比原理图更侧重于施工安装操作。

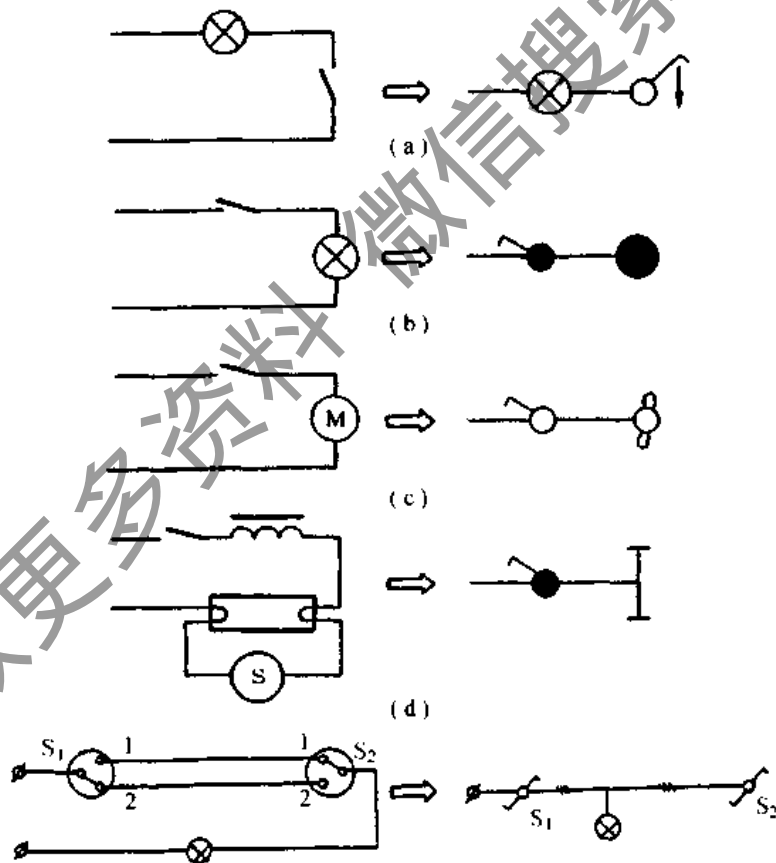


图 9-9 照明控制电路图与平面图的转换

图 9-9(b)所示为一只暗开关控制一只球型灯。

图 9-9(c)所示为一只明开关控制一个吊扇。

图 9-9(d)所示为一只暗开关控制一只单管荧光灯。

图 9-9(e)所示为用两只双联开关在两处控制一盏灯。在原理图所示状态下,灯不亮,这时无论扳动开关 S_1 还是扳动开关 S_2 ,即将 S_1 扳向“1”或将 S_2 扳向“2”,都可将灯点亮。同样道理,也可在两处分别控制,将灯熄灭。通常采用两只双联开关,在楼上、楼下同时控制楼梯上的灯,在走廊的两端同时控制走廊中间的灯。双联开关又称双控开关。

四、识读照明平面图

图 9-10 所示为施工图中的电气图例及施工说明。电气图例简要说明了图例的图形、名称、规格、型号及安装简要做法,包括电气安装的主要器材。施工说明也称设计说明,它用文字或符号,对电气照明平面图没有反映出来的或不易表达清楚的电气施工要求、布线方法等内容进行说明,如电源的进线方位和方法、进线的型号和规格、设计的总安装容量、电气工程施工安装的常规要求和特殊措施等。

图例及主材表

序号	图例	名称	型号规格	数量	做法及说明
1		配电箱	PZ-30	1台	距地 1.4m
2		单管荧光灯	YG2-1 $\frac{1 \times 40}{-}$ D	1盏	嵌入或吸顶安装
3		双管荧光灯	YG9-2 $\frac{2 \times 40}{-}$ R	16盏	嵌入或吸顶安装
4		花吊灯	现场定	2盏	
5		矩形吸顶灯	D304-2 $\frac{2 \times 40}{-}$ D	2盏	吸顶安装
6		方形吸顶灯	D304-1 $\frac{1 \times 60}{-}$ D	2盏	吸顶安装
7		一位单控灯开关	86K11-6	3只	距地 1.3m
8		二位单控灯开关	86K12-10	3只	距地 1.3m
9		四位单控灯开关	146K41-10	1只	距地 1.3m
10		一位双控灯开关	86K21-6	2只	距地 1.3m
11		单相二、三极五孔插座	AP86Z223-10	16只	距地 0.3m
12		单相三极带熔丝插座	86Z13R-10	2只	距地 2.6m
13		三相四极插座	AP86Z14-16	3只	距地 0.3m
14		墙上灯座		1只	距地 2.4m
15		单相两线照明线路	BVR(2×2.5) PVC15-A		标注者除外
16		单相三线空调线路	BVR(3×2.5) PVC15-A		标注者除外
17		三相四线空调线路	BVR(3×4+1×2.5) G20-A		标注者除外

说 明

1. 此建筑物为服装批发商场中的房间改造而成,进线电源采用全塑电缆直埋地敷设(埋设深度为0.8m),由附近配电箱处接引。
2. 室内敷设的配电线路为穿管暗敷;灯开关、插座等均采用鸿雁牌产品及暗装。
3. 保护接零在配电箱内与零线分开,照明回路为单相两线制(L、N),插座回路为单相三线制(L、N、PE);三相线路为三相四线制(L1、L2、L3、N)。

图 9-10 电气图例及施工说明

图 9-11 所示为电气系统图。图中标注出配电箱型号、所用电器元件的型号和规格、各线路安装功率、额定电流、所用绝缘导线及敷设方式。

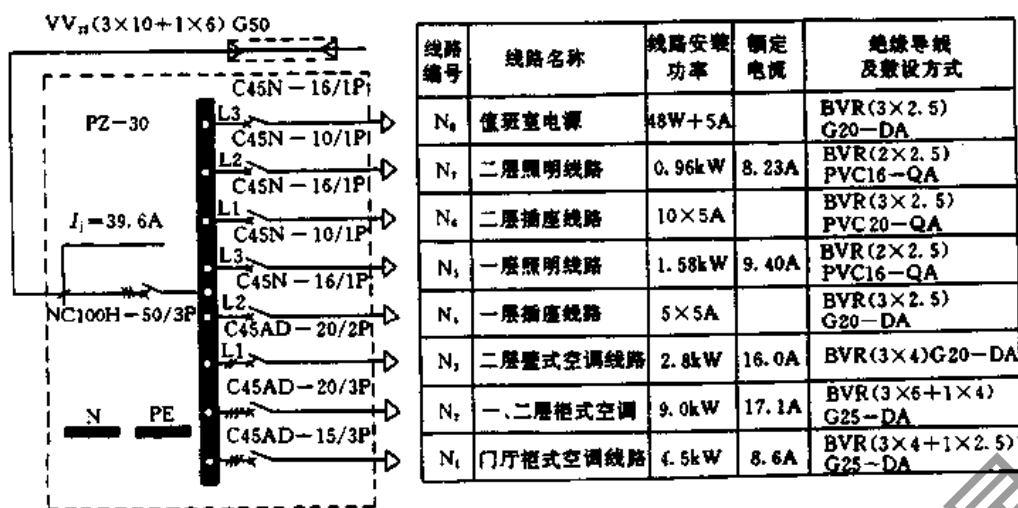


图 9-11 电气系统图

图 9-12 所示为两层建筑物的电气照明平面图。下面着重分析照明平面图的电气部分。

1. 电气安装的一般情况

(1) 电源进线。由施工说明反映出电源进线采用全塑电缆直埋地敷设,埋设深度为 0.8m。电气系统图配线标注 $VV_{22}(3 \times 10 + 1 \times 6)G50$,表示采用聚氯乙烯绝缘塑料护套铜芯电缆,截面为 10mm^2 的 3 根,截面为 6mm^2 的 1 根,采用直径为 50mm 的钢管穿管配线。

(2) 零线接法。施工说明反映在配电箱内保护接零与零线分开,结合电气系统图设有保护接零和零线接线板各一块即 PE 和 N。照明线路为单相两线制即 L、N,插座线路为单相三线制即 L、N、PE,三相线路为三相四线制即 L_1 、 L_2 、 L_3 、N。

(3) 配线方式。室内配线为穿管暗敷,照明开关、插座均为暗装。

(4) 主要用电电器。图例及主材表反映了主要用电电器的种类、型号、规格和数量。主要是各种照明灯和空调器。

(5) 主要配线型号规格。图例及主材表反映了单相照明线路、单相三线空调线路、三相四线空调线路所用导线的型号、规格及配线方式。

2. 照明配电箱

配电箱的型号是 PZ-30,由三极断路器、二极断路器、单极断路器、零线接线板、保护接零接线板、 L_1 、 L_2 、 L_3 母线等组成。

主线路由进线电缆引入,主控开关的型号为 NC100H-50/3P,是三极、额定电流 50A 的小型断路器。

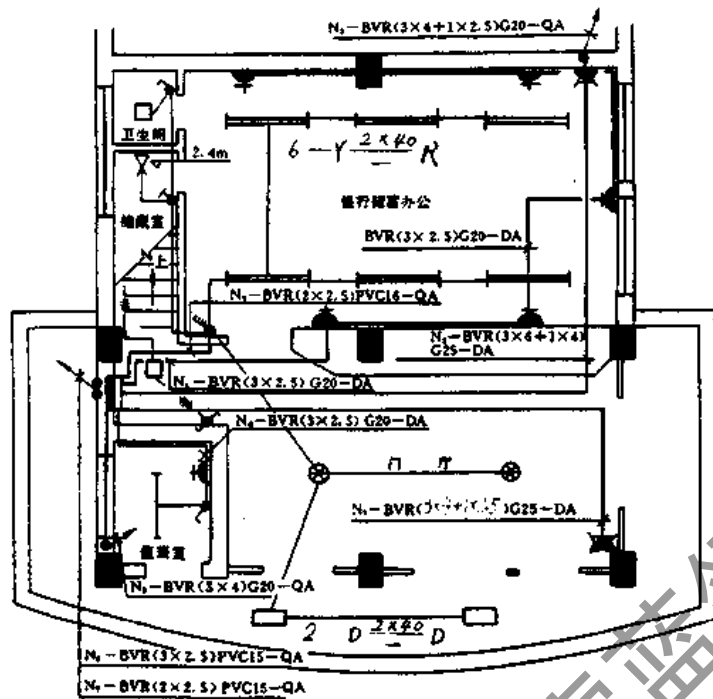
出线回路共 8 路,分别由 8 只小型断路器控制。

C45AD-15/3P 断路器作为 N_1 线路的三极控制开关,额定电流 15A。 N_1 线路是门厅柜式空调线路,因此选用具有电动机保护作用的 C45AD 系列断路器。

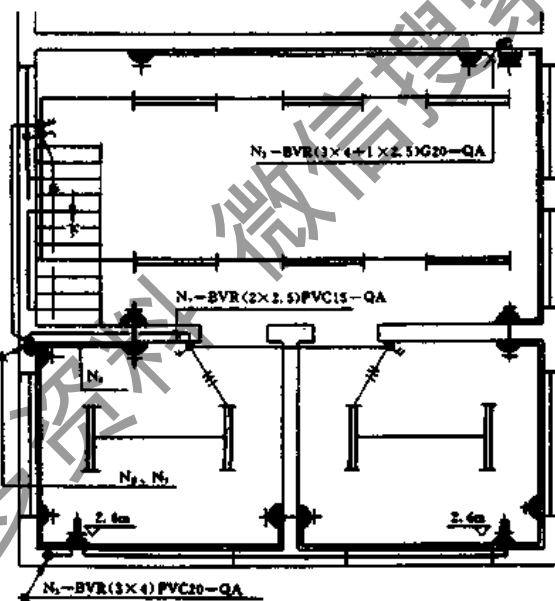
C45AD-20/3P 断路器作为 N_2 线路的三极控制开关,额定电流 20A,同样是电动机保护型断路器。

C45AD-20/2P 断路器作为 N_3 线路的二极控制开关,额定电流 20A,为电动机保护型断路器。

5 只 C45N-16/1P、C45N-10/1P 断路器分别控制 N_4 、 N_5 、 N_6 、 N_7 、 N_8 等 5 路线路,这 5 只断路器都是单极照明线路保护型小型断路器,额定电流为 16A 和 10A。



一层电气平面图 1:100



二层电气平面图 1:100

图 9-12 电气平面图

3. 照明配线分析

(1) N_1 线路。线路由建筑物西侧中间的配电箱引出,引至东南角门厅插座。线路标注 $N_1-BVR(3 \times 4+1 \times 2.5)G25-DA$,表示该线路采用塑料绝缘铜芯软电线,线芯截面 4mm^2 的 3 根、 2.5mm^2 的 1 根,配电线路为钢管穿管配线敷设,管径为 25mm ,在地面下暗敷。线路额定电流为 8.6A ,安装功率为 4.5kW 。供电插座为三相四极插座,型号是 AP86Z14-16,距地面 0.3m ,主要为 4.5kW 的三相柜式空调供电。

(2) N_2 线路。由配电箱引至建筑物的东北角的插座,线路标注 $N_2-BVR(3 \times 6+1 \times 4)$

G25-DA,表示该线路采用塑料绝缘铜芯软电线,线芯截面 6mm^2 的3根、 4mm^2 的1根。配线为穿管敷设,钢管直径为 25mm ,在地面下暗敷。供电插座为三相四极插座,距地面 0.3m ,型号是AP86Z14-16,主要为 4.5kW 的三相柜式空调供电。

N_2 线路由此供电插座引向二楼的供电插座,线路标注 $N_2-BVR(3\times 4+1\times 2.5)G20-QA$,表示该线路采用塑料绝缘铜芯软电线,线芯截面 4mm^2 的3根、 2.5mm^2 的1根,配线为穿管敷设,钢管直径为 20mm ,沿墙体内暗敷。供电插座为三相四极插座,距地面 0.3m ,型号是AP86Z14-16,主要是为 4.5kW 三相柜式空调供电。

N_2 线路总安装功率为 9.0kW ,一楼线路额定电流为 17.1A ,二楼线路的额定电流为 8.6A 。

(3) N_3 线路。由一楼配电箱引至建筑物的西南角,由此引入二楼,至南侧的二只插座,为壁式空调供电。一楼线路标注 $N_3-BVR(3\times 4)G20-DA$,表示该线路采用塑料绝缘铜芯软电线,线芯截面 4mm^2 的3根,配线为穿管敷设,钢管直径为 20mm ,沿地面暗敷。由一楼至二楼配线标注 $N_3-BVR(3\times 4)PVC20-QA$,表示采用PVC塑料管配线,沿墙体内暗敷,其他相同。 N_3 线路经西南角的插座引至东南角插座,配线标注 $N_3-BVR(3\times 2.5)PVC15-QA$,表示该线路采用塑料绝缘铜芯软电线,线芯截面 2.5mm^2 的3根,插座为单相三极带熔丝的插座,型号是86Z13R-10,为空调器提供的是 220V 电源,插座的三根接线一根是相线,一根是零线,一根是保护接零,插座安装在距地 2.6m 处。线路安装总功率为 2.8kW ,额定电流为 16A ,可同时给两台 1.4kW 的单相壁式空调供电。

(4) N_4 线路。由配电箱引至一楼办公室的5个插座,线路标注 $N_4-BVR(3\times 2.5)20-DA$,表示该线路采用塑料绝缘铜芯软电线,线芯截面 2.5mm^2 的3根,配线穿管敷设,钢管直径为 20mm ,在地面下暗敷。这5只插座为单相二、三极五孔插座,型号是AP86Z223-10,安装距地面 0.3m 处。插座上有一组两极插孔,分别接相线和零线,还有一组三极插孔,分别接相线、零线和保护接零。这些插座为额定电流在 1A 以下家用电器、办公电器及照明电器供电。

(5) N_5 线路。这是一楼的照明线路,由配电箱引出,有3路分支。线路标注 $N_5-BVR(2\times 2.5)PVC16-DA$,表示该线路采用塑料绝缘铜芯软电线,线芯截面 2.5mm^2 的两根,配线穿管敷设,PVC塑料管直径为 16mm ,沿墙体内暗敷。一支路为办公室照明供电,灯具标注 $6-Y\frac{2\times 40}{-}R$,表示该处有6组荧光灯灯具,每组由两根 40W 荧光灯组成,采用嵌入式安装,安装高度不表示。灯具的型号为YG9。一支路为门厅供电,照明灯具有矩形吸顶灯和花吊灯两种。矩形吸顶灯标注 $2-D\frac{2\times 40}{-}D$,表示有两组矩形吸顶灯,每组由两只 40W 的白炽灯组成,吸顶安装。花吊灯的型号规格由现场定。这两支路灯具由四极单控灯开关控制。开关的型号是146K4I-10,暗装于距地 1.3m 处。另一支路沿西侧引至卫生间和储藏室。卫生间设一方形吸顶灯,内置 60W 白炽灯泡,由单极单控灯开关控制,开关暗装于距地 1.3m 处。储藏室设有墙上灯座,由一开关控制。

(6) N_6 线路。这是二楼的插座线路,由配电箱引出,穿楼后为二楼的三个房间11只插座供电。线路标注 $N_6-BVR(3\times 2.5)PVC15-DA$,表示该线路采用塑料绝缘铜芯软电线,线芯截面 2.5mm^2 的3根,穿管配线,PVC塑料管直径为 15mm ,沿墙体内暗敷。二楼所用的11只插座型号规格、功能和接线与一楼办公室5只插座相同。其中二楼北侧大房间设有4只AP86Z223-10插座,南侧西房间有4只,东房间有3只。

(7) N_7 线路。这是二楼的照明线路,由配电箱引向二楼,分南北两支路,线路标注

N_1 —BVR(2×2.5)PVC15—QA,其含义与一楼照明线路标注一样。北支路的一分支为6组荧光灯灯具供电,由二极单控灯开关控制,型号规格是86K12-6,安装据地面1.3m处。灯具的型号规格、安装方式与一楼荧光灯组相同。另一分支为楼梯照明灯供电,照明灯为方形吸顶灯,内置60W白炽灯泡一只,由两只单极双控灯开关控制,双控灯开关型号是86K21-6,安装在一楼和二楼,可以方便地同时控制照明灯开与关。南支路为东西两房间照明灯供电,每个房间有两组荧光灯灯具,型号规格及安装方式与前述6组相同,分别由两只二极单控灯开关控制。二楼照明线路安装功率为0.96kW,额定电流为8.23A。

(8) N_2 线路。这是由配电箱引向值班室的线路,线路标注 N_2 —BVR(3×2.5)G20—DA,线路采用塑料绝缘铜芯软电线,截面为 2.5mm^2 的3根,用直径为20mm的钢管配线,在地面内暗敷设。室内设单相二、三极五孔插座一只和单管荧光灯一盏,插座型号规格和安装方式与前述五孔插座相同;单管荧光灯吸顶安装,由一只单极单控灯开关控制。

第四节 照明线路安装与维修

一、照明供电系统

照明供电系统的基本形式如图9-13所示,其中包括引线、进户线、总配电箱、分配电箱、干线和支线。进线电源也可以采用电缆直埋地敷引入配电箱。通常,在某一区域或某一建筑物内以该处的总配电箱或配电箱作为照明线路的供电电源。

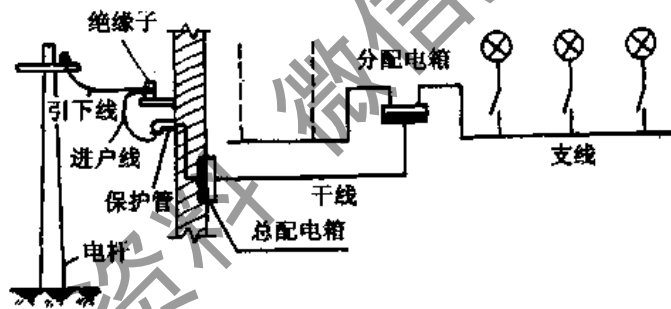


图 9-13 照明供电系统图

1. 照明供电电源

根据电力负荷的重要性和停电造成的影响或损失的程度,将负荷分为三级。中断供电将造成政治上、经济上重大损失,甚至出现人身伤亡等重大事故的负荷称一级负荷;中断供电将造成政治上、经济上较大损失,严重影响重要单位的正常工作,以及造成重要的公共场所秩序混乱的负荷称二级负荷;除一、二级以外的负荷称三级负荷。为确保一级负荷供电,应有两个电源供电,组成不间断供电电源系统。对于二级负荷应尽量做到不中断供电,或断电后能迅速恢复供电。居民住宅照明供电和一般行业中、小企业供电大多数属于三级负荷,它对供电电源要求主要有以下几方面。

(1) 电源电压。照明线路的供电应采用380/220V三相四线制交流电源,照明支路和照明电器通常采用220V单相两线制供电。对容易触电、特别潮湿的场所和局部移动式的照明,应采用36V、24V、12V的安全电压供电。对于应急照明,有时采用直流电源供电。

(2) 电压偏移。照明电器的端电压允许电压偏移值,上偏移值不超过额定电压的5%,下

偏移值不应低于额定电压的 10%。我家用照明额定电压为 220V, 则供电电压范围应在 231V~198V 之间。

(3) 配电箱的位置。照明配电箱的设置位置应尽量靠近供电负荷中心, 以满足照明支线供电距离的要求, 通常单相支线供电距离不超过 30m。

2. 照明干线的供电方式

照明线路从总配电箱到分配电箱的干线有放射式、树干式和混合式三种供电方式, 如图 9-14 所示。

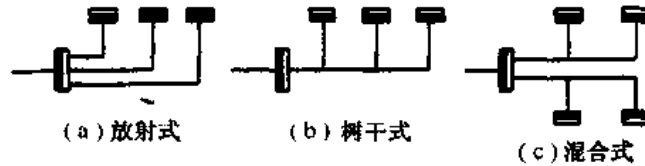


图 9-14 照明干线的供电方式

(1) 放射式。各分配电箱分别由各条干线供电。当某一分配电箱发生故障时, 保护开关将其电源切断, 不影响其他分配电箱的正常工作。放射式供电方式的电源工作可靠性较好, 但材料消耗较大。

(2) 树干式。各分配电箱的电源由一条公用干线供电, 当某分配电箱发生故障时, 影响到其他分配电箱的正常。所以树干式供电方式的可靠性较差, 但节省材料。

(3) 混合式。吸取了放射式和树干式供电方式的优点, 既兼顾材料消耗的经济性, 又保证电源具有一定的可靠性。

3. 照明供电线路

图 9-15 所示为常见照明供电线路。图(a)为车间一般照明供电线路。图(b)为多层建筑的照明供电线路。图(c)为多层住宅的照明供电线路。由进户线将电源引至多层住宅的总配电箱, 由干线引至每一单元的分配电箱, 再由分配电箱分几路支线引至各用户的配电板上。由配电板引入各家的是单相 220V 二线制电源, 并且是同相供电。各个房间厅室的照明灯具通常固定由配电板上某一支路供电, 可移动的灯具和其他家用电器是由电源插座供电。

4. 照明负荷的计算

(1) 容量的计算

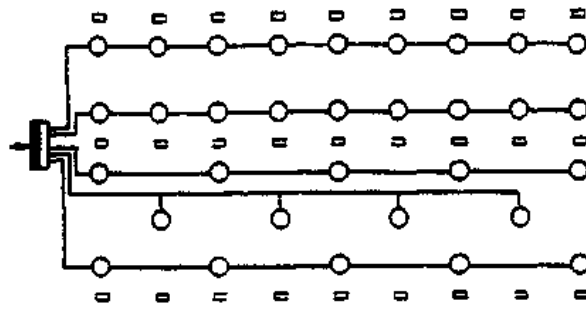
单相两线制照明线路计算容量的公式为:

$$P_j = K_c P_N$$

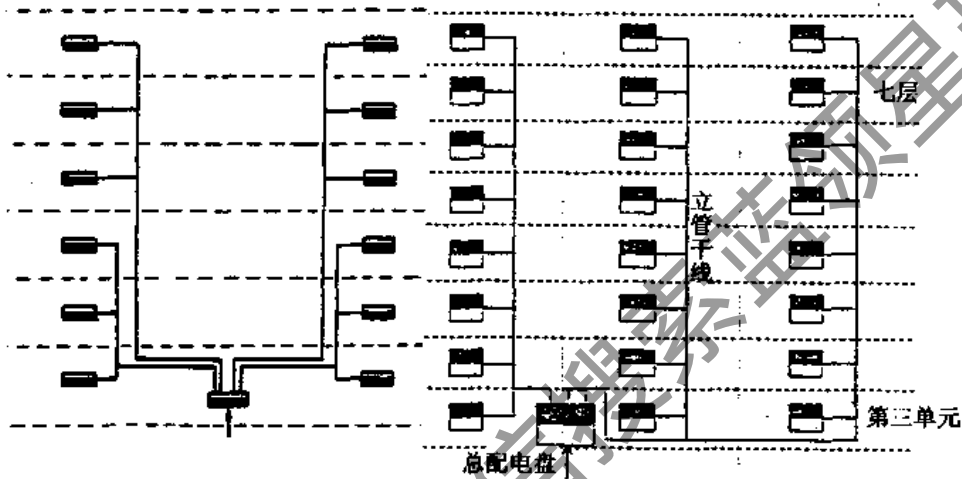
式中, P_j 为计算容量, 单位为 W; K_c 为需要系数, 如表 9-10 所示; P_N 为线路上的额定安装容量, 是线路照明灯具和家用电器负荷的总和, 单位为 W。

表 9-10 照明负荷计算需要系数

建筑类别	需要系数 K_c
大型厂房及仓库、商业场所、户外照明、事故照明	1.0
大型生产厂房	0.95
图书馆、行政机关、公用事业	0.9
家庭照明线路	0.8
试验室、厂房辅助部分、托儿所、幼儿园、学校、医院	0.8
大型仓库、变配电所	0.6
支线	1.0



(a)



(b)

(c)

图 9-15 常见照明供电线路

(2) 电流的计算

对于白炽灯等辐射电光源单相照明线路的电流,可由下式计算:

$$I_l = \frac{P_l}{U_p} = \frac{K_c P_N}{U_p}$$

对于荧光灯等气体放电光源,可由下式计算:

$$I_l = \frac{K_c P_N}{U_p \cos \varphi}$$

式中, I_l 为照明线路计算电流,单位为 A; U_p 为线路额定相电压 220V; $\cos \varphi$ 为照明线路的功率因数。

二、照明线路安装的一般步骤

1. 电气施工的一般程序

电气施工程序大致可分为以下四个阶段:

(1) 准备阶段

① 技术准备: 熟悉与电气施工有关的各种图纸,如施工图、施工说明、电气平面图、配电系统图、电气原理图和安装接线图等。

② 组织准备: 根据电气安装项目配备施工人员。

③ 供应准备: 根据设计或工程预算提供的材料清单进行备料,准备施工设备和机具等。

④ 施工场地准备等。

(2) 施工阶段

① 预埋操作：管线的预埋、固定支撑件的预埋等，通常需与土建施工交叉配合进行。

② 电气线路的敷设：依据设计图纸的要求，按照电气设备的安装方法和电气线路的敷设方法进行安装操作，包括定位划线、配件加工及安装、管线的敷设、电器安装、导线的连接等。

(3) 收尾调试阶段

① 线路的检查和调试：布线是否正确的检查，线路、开关、用电设备相互连接的检查，线路绝缘的检查等和保护整定的调试。

② 施工资料的整理和竣工图的绘制。

③ 安装工程质量的评定。

④ 通电试验和竣工报告。

(4) 竣工验收阶段

工程项目全部完成后，由建设单位、设计单位、施工单位和工程质量监督部门共同进行竣工验收，办理交工验收证书，交付使用。

2. 室内照明配线的一般步骤

(1) 熟悉电气施工图，做好预留、预埋工作，主要是确定电源引入的预留、预埋位置；引入配电箱的路径；垂直引上、引下及水平穿梁、柱、墙位置等。

(2) 按图纸要求确定照明灯具、插座、开关、配电箱及电气设备的准确位置，并沿建筑物确定布线的路径。

(3) 将布线路径所需的支撑点打好眼孔，将预埋件埋齐。

(4) 装设绝缘支承物、线夹或线管及配电箱等。

(5) 敷设导线。

(6) 连接导线。

(7) 将导线出线端按要求与电气设备和照明电器相连接。

(8) 检验室内配线是否符合图纸设计和安装工艺的要求。

(9) 测试线路的绝缘性能，对线路作通电检查。检查合格后可会同使用单位或用户进行验收。

目前，电气照明线路的安装多采用暗敷设配线，与土建施工配合进行，基本上是由内线电工来操作。维修电工了解照明线路安装的步骤和操作方法，便于对电气线路设备进行维护、维修和改造。

三、白炽灯的安装

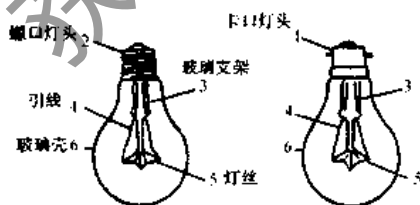


图 9-16 白炽灯

常用照明电光源主要有热辐射电光源和气体放电光源两类。白炽灯是目前使用最广泛的热辐射电光源。

1. 白炽灯

白炽灯也称钨丝灯泡，其结构如图 9-16(a)所示，主要由灯丝、玻璃外壳和灯头三部分组成。灯丝一般由钨丝制成，当电流通过钨丝将灯丝加热到白炽状态而发光。玻璃外壳内或抽成真空或充入惰性气体。通常 40W

以下的白炽灯泡抽成真空,40W以上充入氩气或氮气,其目的是减缓钨丝的蒸发,提高灯泡的发光效率,延长使用寿命。灯头用来与电路相接,引入电能。灯头的形式有插口和螺口两种,使用时与相应的插口或螺口灯座相配接,其中螺口灯头应用较多。

白炽灯的优点是结构简单、安装方便、价格低廉,但其发光效率较低,寿命也不太长,约1000小时。

普通照明白炽灯的技术数据见表9-11。

表9-11 普通照明白炽灯的技术数据



白炽灯型号	电压 (V)	功率 (W)	光通量 (lm)	白炽灯型号	电压 (V)	功率 (W)	光通量 (lm)		
PZ220-10	220	10	65	JZ12-10	12	10	91		
PZ220-15		15	110	JZ12-15		15	170		
PZ220-25		25	220	JZ12-20		20	200		
PZ220-40		40	350	JZ12-25		25	300		
PZ220-60		60	630	JZ12-30		30	350		
PZ220-75		75	850	JZ12-40		40	500		
PZ220-100		100	1250	JZ12-60		60	850		
PZ220-150		150	2920	JZ12-100		100	1600		
PZ220-200		200	4610	JZ36-15		36	15	135	
PZ220-300		300	8300				JZ36-25	25	200
PZ220-500		500	18600				JZ36-40	40	460
PZ220-1000		1000					JZ36-60	60	800
JZ6-10		6	10	115		JZ36-100	100	1550	
JZ6-20		20	240						

2. 白炽灯照明电路







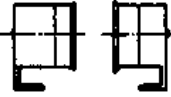
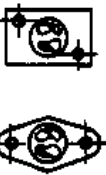
图9-16(b)所示为白炽灯照明电路图,白炽灯不用附件,接入电源就可以发光,所以由白炽灯构成的照明电路简单。

白炽灯是通过灯座接入线路的,灯座又称灯头,其种类很多,应根据所用白炽灯和使用的场所选择相应的灯座。常用灯座的规格和用途见表9-12。

表9-12 常用灯座的规格和用途

名称	种类	规格	外形	外形尺寸 mm	备注
普通插口灯座	胶木	250V,4A,C22		φ34×48	一般使用
	铜质	50V,1A,C15		φ25×40	
平装式插口灯座	胶木	250V,4A,C22		φ57×41	装在天花板上,墙壁上
	铜质	50V,1A,C15		φ40×35	










(续表)

名称	种类	规格	外形	外形尺寸 mm	备注
插口安全灯座	胶木	250V, 4A, C22		$\phi 43 \times 75$ $\phi 43 \times 65$	可防触电 还有带开关式
普通螺口灯座	胶木 铜质	250V, 4A, E27		$\phi 40 \times 56$	安装螺口灯泡
平装式螺口灯座	胶木 铜质 瓷质	250V, 4A, E27		$\phi 57 \times 50$ $\phi 57 \times 55$	同插口
螺口安全灯座	胶木 铜质 瓷质	250V, 4A, E27		$\phi 47 \times 75$ $\phi 47 \times 65$	同插口
悬挂式防雨灯座	胶木 瓷质	250V, 4A, E27		$\phi 40 \times 53$	装设于层外防雨
M10管接式螺口、 卡口灯座	胶木 瓷质 铁质	E27 250V, 4A, E40 C22		$\phi 40 \times 77$ $\phi 40 \times 61$ $\phi 40 \times 56$	用于管式安装 还有带开关式
安全荧光灯座	胶木	250V, 2.5A		$\phi 45 \times$ 39.5 32.5 54	荧光灯管专用灯座
荧光启辉器座	胶木	250V, 2.5V		40×30×12 50×32×12	荧光灯启辉器专用灯座



照明开关又称灯开关,用来控制白炽灯的通断。开关中设有两个接线柱,通过导线与被控白炽灯和电源相接,利用拉线或扳把等结构实现两个接线柱的通与断,达到控制的目的。开关

的种类很多,根据安装形式分为明装式和暗装式,明装式常用的有拉线开关、扳把开关等,暗装式常用的有跷板开关和扳把开关等。按其控制线路数目又分为单极开关、双极开关、三极开关、单控开关、双控开关等。常用灯开关的规格见表 9-13。

表 9-13 常用灯开关、插座、挂线盒的规格

名称	规格	外形	外形尺寸 mm	备注
拉线开关	250V,4A		φ72×30	胶木 还有吊线盒式拉线开关
防寸拉线开关	250V,4A		φ72×87	瓷质
平装明扳把开关	250V,5A		φ52×40	有单控、双控
跷板式明开关	250V,4A		55×40×30	还有带指示灯式
跷板式一位暗开关 二位暗开关 三位暗开关 四位暗开关	250V,6A,10A 86系列		86×86 146×86	有单控、双控 单控和双控 并有带指示灯式
跷板式一位暗开关 二位暗开关 三位暗开关 四位暗开关	250V,4A 75系列		75×75 75×100 75×100 75×125	同上
单相二极暗插座 单相二极扁圆两用暗插座 单相三极暗插座 三相四极暗插座	250V,10A 250V,10A 250V,10A 250V,15A 380V,15A 380V,25A		75×75 86×86 75×75 86×86	还有带指示灯式和带开关式
单相二极明插座	250V,10A		φ42×26	有圆形、方形及扁圆两用插座
单相三极明插座	250V,6A 250V,10A 250V,15A		φ54×31	有圆形、方形

(续表)

名称	规格	外形	外形尺寸 mm	备注
三相四极明插座	380V, 15A 380V, 25A		73×60×36 90×72×45	
挂线盒	250V, 5A 250V, 10A		φ57×32	胶木、瓷质

3. 灯具的安装方式

白炽灯灯具室内安装方式,根据设计施工要求通常有悬吊式、嵌顶式和壁装式等几种,如图 9-17 所示。

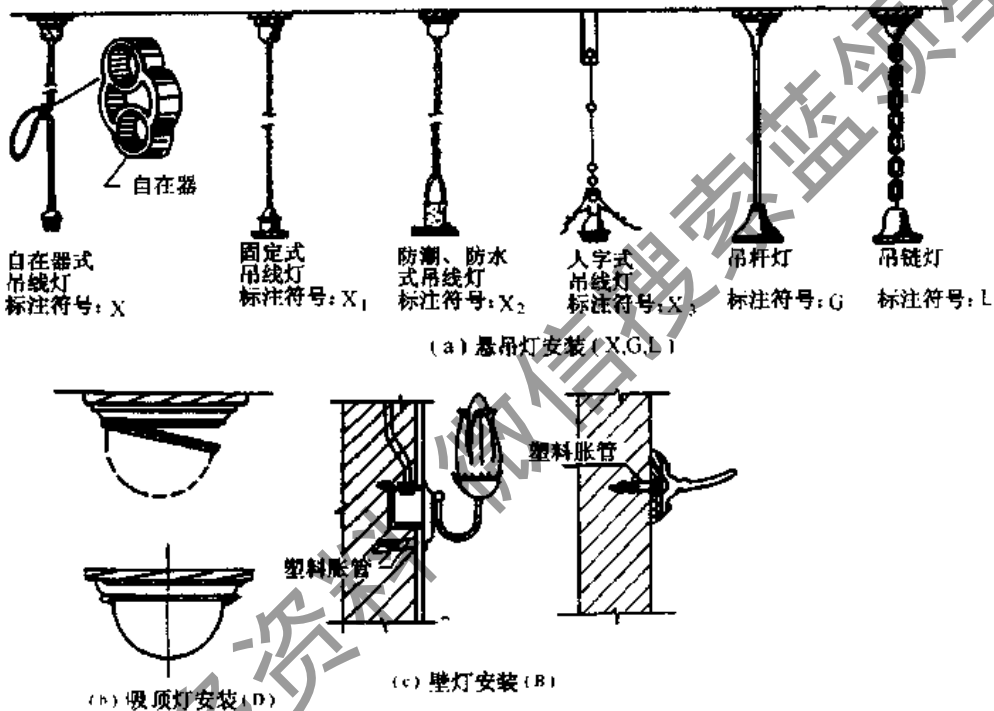


图 9-17 灯具的安装方式

(1) 悬吊式。又称悬挂式,其结构是采用挂线盒与线路相连,通过软线连接挂线盒和灯座。根据吊装灯具所用材料的不同,悬吊式又分为以下几种方式:

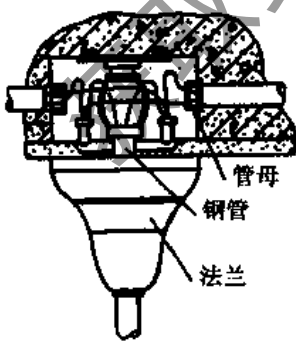


图 9-18 吊杆式安装的钢管固定方法

① 吊线式(X): 直接由连接软线承重,由自在器调节灯具的高低。由于挂线盒内接线螺钉承重较小,因此安装时需在挂线盒内打好线结,使线结卡在盒盖的线孔处,承受部分悬吊灯具的质量,此线结又称保险结。吊线式灯具的质量限于 1kg 以下。

② 吊链式(L): 悬挂灯具的质量由吊链承担,其安装方法与吊线式相同。当软线吊灯的质量大于 1kg 以上时应采用吊链式安装方式。

③ 吊杆式(G): 悬挂灯具的质量超过 3kg 时应采用吊杆式安装方式,由钢管来悬挂灯具。钢管的固定方法如图 9-18 所示。

(2) 嵌顶式。其安装方式又分为吸顶式和嵌入式。

① 吸顶式(D)：通过木台将灯具吸顶安装在屋顶面上。在空心楼板上安装木台时，通常采用弓形板固定，其做法如图 9-19 所示。

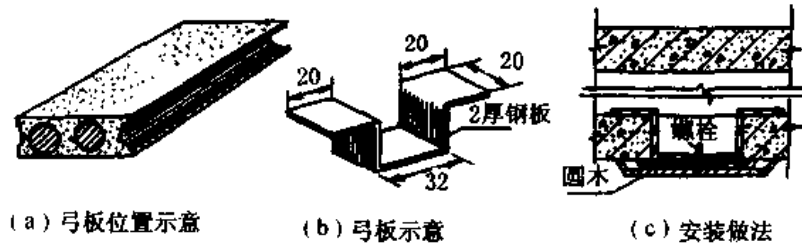


图 9-19 弓形板的安装

② 嵌人式(R)：嵌人式适用于室内有吊顶的场合，在吊顶制作时预留嵌人孔洞，再将灯具嵌装在吊顶上。

(3) 壁装式(B)。这是通常所说的壁灯，设在墙上或柱上。一般用预埋件或膨胀螺栓固定。

4. 灯具的安装

灯具的种类很多，其安装步骤大致相同，下面主要以吊线式安装方式叙述灯具的安装过程。

(1) 确定安装位置。室内灯具悬挂的最低高度通常不得低于 2m，室内开关一般安装在门边或其他便于操作的位置。拉线开关离地面高度不应低于 2m，扳把开关不低于 1.3m。

(2) 选择安装电线。室内照明灯具一般选择铜芯软电线，其最小截面积为 0.4mm^2 ，如安装用电量大的灯具，应计算线路电流，按安全载流量确定导线截面。

(3) 固定安装底座。底座通常采用木台或塑料圆台，固定底座的方法有多种，主要根据安装灯具的质量选择适当的固定方法。图 9-20 所示为采用吊挂螺栓来固定安装底座，图 9-21 所示为采用吊钩、螺栓来固定安装底座。常用的还有用弓形板和膨胀螺栓来固定安装底座。木台固定前将电源线引出，木台固定后把电源线从挂线盒底座穿出，用木螺丝将挂线盒紧固在木台上。

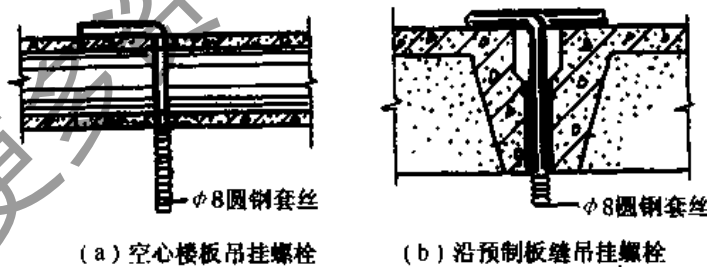


图 9-20 吊挂螺栓的安装

(4) 接线

① 挂线盒接线：先接电源线，把电源线两个线头做绝缘处理，弯成接线圈后，分别压接在挂线盒的两个接线螺钉上。取一段长短适当的绞合软电线，作为挂线盒与灯头的连线。连接线的上端接挂线盒内的接线螺钉，下端与灯头相接。在连接线距上端头约 50mm 处打一个保险结，使其承担部分灯具的质量。然后把连接线上端的两上线头分别穿入挂线盒底座正中凸出部分的两个侧孔里，再分别接到孔旁的接线螺钉上。挂线盒接线完毕，将连接线下端穿过挂线盒盖，把盒盖拧紧在挂线盒底座上。

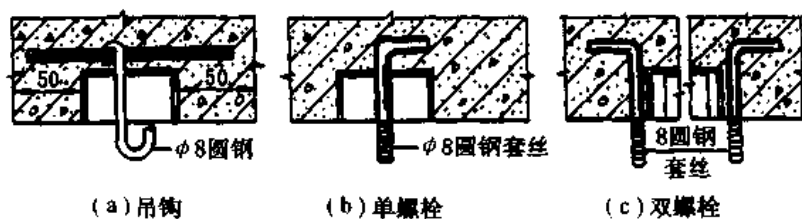


图 9-21 吊钩和螺栓的安装

② 灯座接线：旋下灯座盖，将连接线下端穿入灯座盖孔中，在距下端 30mm 处打一个保险结，然后把经绝缘处理的两上下端线头分别压接在灯座的两上接线螺钉上。图 9-22 所示为灯座接线、接线螺钉接线和保险结打法的图示。

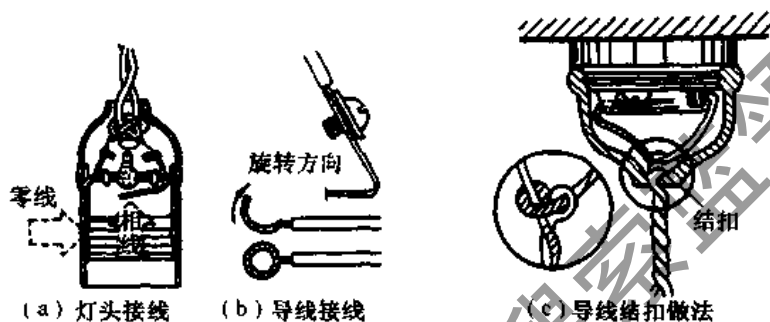


图 9-22 灯座接线、接线螺钉接线、保险结打法示意图

需要说明的是，连接软电线采用双芯棉织绝缘线即花线时，花色线必须接相线即火线，无花单色线接零线。当采用螺口灯座时，必须将相线即开关控制的火线接入螺口内的中心弹簧片上的接线端子，零线与灯座螺旋部分相接。

(5) 开关的安装。开关的安装有明装和暗装两种，明装的方法与挂线盒安装基本相同。暗装一般采用预埋件或膨胀螺栓安装接线盒，然后开关与接线盒固定。须注意的是，开关均应接在电源的相线上，即开关的一端接电源相线，另一端接灯座相线。

四、荧光灯的安装

1. 荧光灯

荧光灯又称日光灯，它的发光效率比白炽灯高出 3 倍以上，是目前应用最广泛的气体放电光源。

荧光灯由荧光灯管、启辉器、镇流器和灯座等组成，其各部分作用简述如下：

(1) 灯管。由玻璃管、灯丝和灯丝引出脚等构成，如图 9-23 所示。玻璃管内抽真空后充入少量的汞和氩等惰性气体。管的内壁涂有一层荧光粉，两端各有一根灯丝，灯丝上涂有氧化物，灯丝通过引出脚与电源相接。

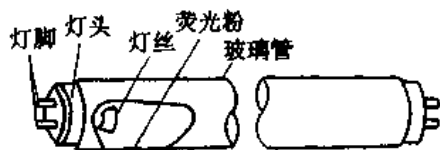


图 9-23 荧光灯管结构示意图

当灯丝引出脚与电源相接后,灯丝通过电流而发热,灯丝氧化物便发射出大量的电子。电子不断轰击水银蒸气,产生看不见的紫外线;紫外线射到管壁的荧光粉上,发出近似日光的可见光。氩气的作用是帮助启辉,保护电极,延长灯管使用寿命。

(2) 启辉器。由氖泡和纸介电容器、出线脚和外壳等构成。氖泡内装有倒 U 形的动触片和一个固定的静触片,平时动触片和静触片分开,二者相距约 0.5mm。

启辉器相当于一个自动开关,使电路自动接通和断开。纸介电容器与两触片并联,它的作用是消除或减弱荧光灯对无线电设备的干扰。启辉器的外壳是铝质或塑料的圆筒,起保护作用。

(3) 镇流器。是一只具有铁心的电感线圈,它有两个作用:在起动时与启辉器配合,产生瞬时高压,使灯管启辉;工作时限制灯管中的电流,以延长荧光灯的使用寿命。

镇流器有单线圈和双线圈两种结构形式。前者有两只接头,后者有四只接头,外形相同。单线圈镇流器应用较多。选择镇流器时应使其功率与所用灯管功率一致。

(4) 灯座和灯架。荧光灯灯座有几种形式,都是利用灯座的弹簧铜片卡住灯管两头的引出脚来接通电源,启灯座还起支撑灯管的作用。灯座一般固定在灯架上,灯架有木制的和铁制的。镇流器、启辉器等也装置在灯架上。灯架便于荧光灯安装,具有美观、防尘的作用。简易安装荧光灯,也可省去灯座、灯架,用导线直接将镇流器、启辉器、灯管相连接。

2. 荧光灯电路

图 9-24 所示为常见荧光灯电路原理图,使用的是单线圈镇流器,其工作原理如下:

当开关合上时,电源接通瞬间,启辉器的动、静触片处于断开状态,电源电压经镇流器、灯丝全部加在启辉器的两触片间,使氖管辉光放电而发热。动触片受热后膨胀伸展与静触片相接,电路接通。这时电流流过镇流器和灯丝,使灯丝预热并发射电子。动、静触片接触后,氖管放电停止,动触片冷却后与静触片分离,电路断开。在电路断开瞬间,因自感作用,镇流器线圈两端产生很高的自感电动势,它和电源电压串联,叠加在灯管的两端,使管内惰性气体电离,产生弧光放电,使灯管启辉。启辉后灯管正常工作,一半以上的电源电压降在镇流器上,镇流器起限制电流保护灯管的作用。启辉器两触片间的电压较低不能引起氖管的放电。

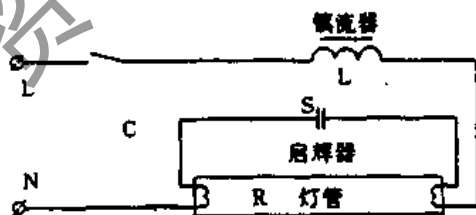


图 9-24 荧光灯电路原理图

3. 荧光灯的安装

荧光灯的安装一般分为两步,先将荧光灯管等组装成灯架,然后将灯架整体固定在建筑物上。

(1) 组装灯架。将荧光灯管、镇流器、启辉器、灯座等组装在一块灯架板上,这一整体称为灯架,也称荧光灯灯具。成品的荧光灯灯具具有各种规格型号,可根据需要选购。自制灯架可选用木板或铁板做灯架板,根据所用荧光灯管的长度决定灯架板的长度。将启辉器底座、灯座和镇流器依次固定在灯架板上,然后按荧光灯电路图进行连线。检查连线无误后接入启辉器、荧光灯管,通电试验正常发光,说明灯架组装正确。

(2) 固定灯架。荧光灯灯架安装方式有嵌顶式和悬吊式两种, 简易灯架多采用吊杆式安装, 用钢管来悬挂灯具。与白炽灯安装一样, 安装前在固定点预埋合适的紧固件, 如吊挂螺栓、吊钩、弓形板等。简易灯架有时不用挂线盒, 灯架的两线端可以直接与电源线两线端绞合连接, 但一定要绞合紧, 并做绝缘处理。

安装荧光灯时应注意, 荧光灯的组件必须严格按规格配套使用。

表 9-14 所示为直管荧光灯技术数据。

表 9-14 直管荧光灯技术数据

灯管型号	额定功率 (W)	工作电压 (V)	工作电流 (A)	起动电流 (A)	灯管压降 (V)	光通量 (lm)	平均寿命 (h)	主要尺寸 (mm)		
								直径	全长	管长
YZ4RR	4	35	0.11			70	700	16	150	134
YZ6RR	6	55	0.14			160	1500	16	226	210
YZ8RR	8	60	0.15			250	1500	16	302	288
YZ10RR	10	45	0.25			410	1500	26	345	330
YZ12RR	12	91	0.16			580		18.5	500	484
YZ15RR	15	51	0.33	0.44	52	580	3000	38.5	451	437
YZ20RR	20	57	0.37	0.50	60	930	3000	38.5	604	589
YZ30RR	30	81	0.41	0.56	89	1550	5000	38.5	909	894
YZ40RR	40	103	0.45	0.65	108	2400	5000	38.5	1215	1200
YZ85RR	85	120	0.80			4250	2000	40.5	1778	1764
YZ100RR	100		1.5			5000	2000	38	1215	1200
YZ125RR	125	149	0.94			6250	2000	40.5	2389	2375

注: 1. 启动电压均 $<190V$ 。

2. Y-荧光灯。

3. Z-直管型。

4. RR-日光色。

表 9-15 所示为荧光灯镇流器技术数据。

表 9-15 荧光灯镇流器技术数据

镇流器型号	配用灯 管功率 (W)	电源电压 (V)	工作电压 (V)	工作电流 (A)	起动电压 (V)	起动电流 (A)	功率损耗 (W)	功率因数 $\cos\varphi$	配用补偿 电容器 (μF)
YZ1-220/6	6		203	0.14		0.18	4	0.34	
YZ1-220/8	8		200	0.15		0.19	4	0.38	
YZ1-220/15	15		202	0.33		0.44	8	0.33	
YZ1-220/20	20	220	196	0.35	215	0.46	8	0.36	2.5
YZ2-220/30	30		180	0.36		0.56	8	0.50	3.75
YZ2-220/40	40		165	0.41		0.65	8	0.53	4.75
YZ1-220/100	100		185	1.50		1.80	20	0.37	

表 9-16 所示为荧光灯启辉器技术数据。

表 9-16 荧光灯启辉器技术数据

启辉器型号	配用灯管功率 (W)	电源电压 (V)	全压启动		启辉电压 (V)	平均寿命 (次)
			电压 (V)	时间 (s)		
YQI-220/4~8	4~8	220	200	<5	>75	5000
YQI-220/15~40	15~40	220	200	<4	>130	5000
YQI-220/30~40	30~40	220	200	<4	>130	5000
YQI-220/100	100	220	200	<5	130	5000
YQI 220V~250V	15~20	110	125	<5	75	3000
4W~80W	4~80	220	190	<4	>130	5000

五、插座的安装

室内插座是家用电器和办公电器的供电装置,一般不用开关控制,直接与电源相连。插座的种类很多,应根据实际需要选择合适的插座,常用插座的规格及外形见表 9-13。

1. 插座的固定

插座分明装和暗装。明装插座的固定与挂线盒的安装一样,先固定木台,然后将插座用木螺紧拧在木台上;暗装插座要预埋接线盒,然后将插座固定在接线盒上。木台和接线盒的固定多用膨胀螺栓来完成。

2. 插座的连线

插座的连线有一定的要求,规定如下:

- (1) 双孔插座水平排列时,相线应接右孔,零线应接左孔。
- (2) 双孔插座垂直排列时,相线接上孔,零线接下孔。这就是常说的“左零右火,下零上火”。
- (3) 安装三孔插座时,大孔应朝上与保护接地线相连,可避免家用电器外壳漏电而引起触电事故。下面的两孔接电源线,仍按左零右火的规则接线。安装三孔插座时绝不允许将大孔与其中一个小孔相连,省去保护接地线。
- (4) 安装三相四孔插座时,上边的大孔与保护接地线相连,下边三个较小的孔分别接三相电源相线。

图 9-25 所示为插座接线规定示意图。

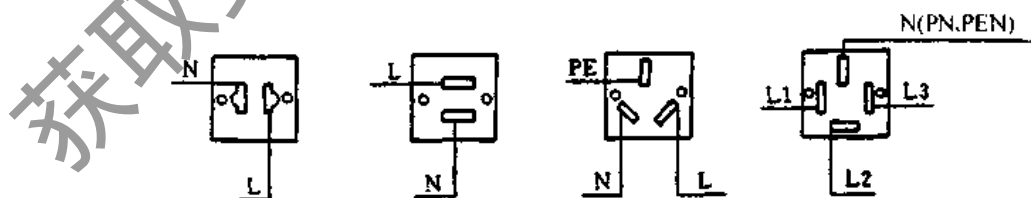


图 9-25 插座接线规定示意图

六、其他电光源的安装与维修

1. 高压水银灯

高压水银灯又称高压汞灯,是一种高气压放电光源,与白炽灯相比,具有光效高、用电省、

寿命长等优点,适用厂房、街道、广场等场所大面积照明。

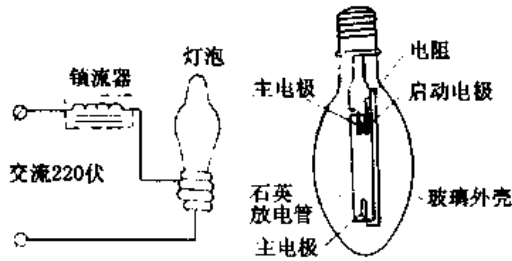


图 9-26 高压水银灯

高压水银灯有镇流式和自镇式两种类型。

(1) 镇流式高压水银灯

镇流式高压水银灯主要由石英放电管、玻璃外壳和灯头等组成。玻璃外壳内壁涂有荧光粉。石英放电管的两端有一对用钍钨丝制成的主电极,灯头一侧主电极附近有一启动电极,又称引燃极,用来启动放电。启动电极串有一只 $4k\Omega$ 电阻,与灯头相连。放电管内充有水银和氙气。图 9-26 所示为高压水银灯结构示意图和接线原理图。

接通电源,电压同时加在两主电极之间和启动电极与主电极之间。因启动电极与相邻主电极靠近,产生辉光放电,使放电管温度上升;接着上、下主电极产生弧光放电,管内水银汽化,发出紫外线。紫外线激发玻璃外壳上的荧光粉,发出近似日光的可见光,水银灯开始稳定工作。由于启动电极上串联一只大电阻,当主电极之间产生弧光放电时,启动电极与相邻主电极的电压下降,不足以引起放电。水银灯工作时石英管内水银蒸汽压力很高,故称高压水银灯。

使用高压水银灯的注意事项如下:

① 高压水银灯应与相应功率的镇流器配套使用,镇流器应安装在灯具附近,置于室外的镇流器应有防雨措施。

② 按高压水银灯的功率选用相应的灯座,通常 125W 配用 E27 瓷质灯座,175W 以上的配用 E40 瓷质灯座。

③ 熄灯以后,需隔 10 分钟以上,待石英管内水银气压下降后才能再次启动。

(2) 自镇式高压水银灯

自镇式高压水银灯又称复合灯。它与镇流式高压水银灯的外形相同,工作原理基本一样,但它在放电管外围串联了镇流用的钨丝,不需要附设镇流器,可直接用于 220V 电源上,使用方便。缺点是发光效率低,寿命比较短。

高压水银灯的技术数据见表 9-17。

表 9-17 高压水银灯的技术数据

灯泡型号	额定功率 (W)	工作电压 (V)	工作电流 (A)	启动电流 (A)	稳定 时间 (m)	再启动 时间 (m)	光通量 (lm)	平均 寿命 (h)	配用镇流器数据			
									镇流器型号	端电压 (V)	损耗 (W)	功率因数 $\cos\phi$
GGY50	50	95	0.62	1.0	10~15		1500	2500	GYZ-50	184	8.6	0.44
GGY80	80	110	0.85	1.3	4~8		2800	2500	GYZ-80	165	10	0.51
GGY125	125	115	1.25	1.8	4~8		4750	2500	GYZ-125	154	13	0.55
GGY175	175	130	1.50	2.3	4~8		7000	2500	GYZ-175	152	14	0.61
GGY250	250	130	2.15	3.7	4~8	5~10	10500	5000	GYZ-250	153	25	0.61
GGY400	400	135	3.25	5.7	4~8		20000	5000	GYZ-400	146	36	0.61
GGY700	700	140	5.45	10.0	4~8		35000	5000	GYZ-700	144	70	0.64
GGY1000	1000	145	7.50	13.7	4~8		50000	5000	GYZ-1000	139	100	0.67
GGZ160	160		0.75	0.95			2560					
GGZ250	250	220	1.20	1.70			4900	3000				
GGZ450	450		2.25	3.50		3~6	11000					
GGZ750	750		3.55	6.00			22500					

(3) 高压水银灯常见故障的检修

高压水银灯常见故障及排除方法见表 9-18。

表 9-18 高压水银灯常见故障及排除方法

故障现象	产生故障可能原因	排除方法
不能启辉	(1)电源电压过低 (2)镇流器不配套,使电流过小 (3)灯泡内构件损坏	(1)有条件时提高电源电压 (2)更换配套镇流器 (3)更换灯泡
只亮灯芯	灯泡的玻璃外壳漏气或破裂	更换灯泡
亮而忽熄	(1)电源电压下降 (2)灯座、镇流器或开关接线松动或接触不良 (3)灯泡损坏	(1)加交流稳压器 (2)检修开关、灯座、镇流器和检修线头连接 (3)更换灯泡
开而不亮	(1)保险丝熔断 (2)开关失灵或开关内接触松脱 (3)镇流器线圈烧断或接线松脱 (4)灯座中心弹簧片未弹起 (5)线路开路 (6)灯泡损坏	(1)更换同规格保险丝 (2)检修或更换开关 (3)更换镇流器或检修线路 (4)用尖嘴钳挑起弹簧片 (5)检修线路 (6)更换灯泡

2. 碘钨灯

碘钨灯是卤钨灯的一种,也属于热辐射电光源。碘钨灯靠提高灯丝温度来提高发光效率,发光强度大。与白炽灯相比,光色好、辨色率高,而且发光效率和使用寿命都高于白炽灯。

(1) 碘钨灯的结构及工作原理

碘钨灯的结构如图 9-27 所示,主要由石英玻璃管、灯丝和电极组成。电极装在石英玻璃管的两端,分别与外电源相连,在石英玻璃管内部穿有钨制灯丝,与两极相连,管内充有卤族元素碘的蒸汽。

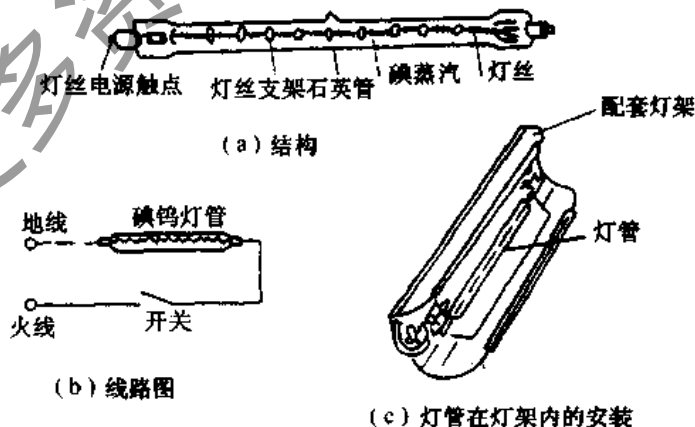


图 9-27 碘钨灯

碘钨灯的电路与白炽灯完全相同。接通电源,在碘钨灯的灯管中,由于钨丝通电而发热发光,钨分子蒸发,在管壁的低温区与碘蒸汽化合成碘化钨。在管内因冷热气体对流,碘化钨又返至灯丝附近的高温区,在高温下被分解成碘和钨,使钨重新回到灯丝上。在灯丝上钨蒸发后

又返回,形成循环,使钨丝消耗减少,延长了灯管的使用寿命,使灯管很少发黑,发光强度保持稳定。

(2) 碘钨灯的安装

碘钨灯工作时温度很高,灯管必须安装在与之配套的专用灯架上。专用灯架如图 9-27(c) 所示,灯管两端电极与灯架的管脚相连,管脚的连接导线采用穿有瓷管绝缘的裸铜线,再通过瓷质端子板与电源线相接。灯架的设计既考虑了对光线的反射,又兼顾了散热性能,有利于提高照度和延长灯管寿命。电源线用耐热性能好的橡胶绝缘铜芯软线,并要求灯架离可燃性物体的距离大于 1m。

灯管的安装必须保持水平状态,要求倾角不大于 4° ,避免钨在循环过程中,因自重使灯丝粗细不匀,而影响使用寿命。

(3) 使用注意事项

① 碘钨灯管的使用寿命与所用电源电压的稳定程度有关,电源电压超过额定值的 5%,灯管寿命将减少一半,因此要求电源电压的波动不应超过 $\pm 2.5\%$ 。

② 碘钨灯工作时,灯管的温度高达 600°C ,用以保证碘和钨的正常循环,所以使用碘钨灯管必须安装专用灯架,并与易燃物保持足够的安全距离。

③ 碘钨灯耐震性能差,不能在震动较大的场所使用,不易作移动光源使用。

(4) 碘钨灯常见故障的检修

碘钨灯常见故障及排除方法见表 9-19。

表 9-19 碘钨灯常见故障及排除方法

故障现象	产生故障的可能原因	检修方法
通电后不亮	(1) 保险丝熔断 (2) 供电线路开路 (3) 灯脚与导线接触不良 (4) 开关失灵或动、静触头松脱 (5) 灯管损坏 (6) 因反复热胀冷缩使灯脚密封处松动,接触不良	(1) 更换同规格保险丝 (2) 按上节白炽灯线路检修方法检修 (3) 重新接线 (4) 检修或更换开关 (5) 更换灯管 (6) 更换灯管
灯管寿命短	(1) 安装水平倾斜度过大 (2) 电源电压波动较大	(1) 调整水平倾斜度在 4° 以下 (2) 交流稳压器

3. 霓虹灯

霓虹灯是利用灯管内充有金属或非金属元素,在电离状态下,不同元素发出不同的光。霓虹灯灯光鲜艳多彩,形状可任意制作,因而广泛用于夜间作宣传广告。

(1) 霓虹灯的工作原理

霓虹灯是一种低气压气体放电光源,主要由高压变压器和灯管组成。在灯管内分别充有氩、氛、氙、氮、钠、汞、镁等非金属或金属元素,灯管的两端装有电极,当两端加有高电压后,电极就发射电子。电子的高速运动激发管内惰性气体或金属蒸汽分子,使其电离产生导电离子而发光。不同的元素被激发后发光颜色不同,如氩能发淡红色光,氛发红色或深橙色光,氙发青光,氮和钠发黄光。如管内充有几种元素,根据各种元素比例的不同可以发射不同的复合色光。

灯管两极工作电压随着灯管直径、长度以及管内所充气体的不同而有所差别,通常在 $4000\text{V}\sim 15000\text{V}$ 之间,电压由霓虹灯高压变压器供给。

(2) 安装要求

① 高压变压器应尽量安置在霓虹灯灯管附近,减少高压线路的途径。

② 高压变压器应安装在金属保护箱内,箱体侧面应设百叶窗以利通风散热,同时要求能防水避雨雪。

③ 高压变压器的输入回路应加装开关和熔断器进行控制和保护。变压器铁心、金属外壳、输出回路的一端及金属保护箱均应可靠接地。

④ 霓虹灯的安装高度,户外应在距地面 4m 以上,室内应在距地面 2.5m 以上,注意安全防护,必要时应加防护栏保护。

⑤ 高压回路导线必须选用高压绝缘线。

七、照明电路的故障与检修

照明电路的检修是维修电工的主要任务之一。维修电工应根据故障现象、分析故障产生的原因,使用试电笔、万用表等工具,判断出故障部位,找出故障点加以排除。在检修过程中,要注意安全,一般不要带电操作,必须带电操作时,一定要有安全防护措施。

1. 照明电路检修的一般原则

照明电路的故障现象多种多样,可能出现故障的部位不确定。为了比较迅速地排除故障,通常遵循以下检修原则:

(1) 了解故障出现的情况,判断故障出现部位。某一地区照明全部熄灭,肯定是外线供电出现故障或停电;而相邻居室照明正常,自家居室照明熄灭,故障出现在内线或引入线。

(2) 本着先易后难的原则,缩小故障范围。一般配电板电路和用电器具的测量与检查比较方便,应首先检查,然后进行线路的检查。

(3) 分析故障现象,分清是断路故障还是短路故障,以选择相应的方法做进一步检查。

(4) 通过测量检查,确定故障存在于干线、支线还是用电器具的某一部位。

(5) 常用的电压测量点有配电板上的输入、输出电压,用电器插座电压,照明灯座电压。检查故障发生的重点是配线的各接线点,开关、吊线盒、插座、灯座的各接线端。

2. 照明电路检修的一般方法

照明电路故障现象有几种:一是配电板所属整个线路照明灯不亮,二是某一分支照明灯不亮,三是某一照明灯不亮或用电器不工作。产生上述现象的原因是照明灯或用电器中没有电流通过,从电路原理可分为断路和短路两种故障。其中短路特点比较明显,但确定故障发生的部位较复杂。下面就常见故障现象,介绍检修的一般方法。

(1) 短路的检修方法。照明线路的所有用电器都采用并联电路,所以线路中任何部位出现短路故障,都会烧断保险丝。短路故障的特征是整个配电板保险丝熔断,整个线路照明灯熄灭。

对于短路故障可采用校火灯法和电阻法检查故障所在。

① 校火灯法。发生短路后,拉下配电板上的刀开关,取下线路中所有的用电器。检查配电板上的总保险丝,使一路保险丝保持正常接通状态,取下另一路保险丝。用一只 40W 或 60W 的白炽灯作为校火灯,串联在取下保险丝的两接线柱上,如图 9-28 所示。推上闸刀开关,如果校火灯发光正常,说明总干线或某分支线路有短路或漏电现象存在,然后逐段寻求短路或漏电部位。必要时切断所怀疑部分的一段导线,若这时校火灯熄灭,表明短路现象存在该部位。接通电源,校

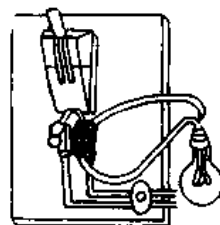


图 9-28 用校火灯检查短路故障

火灯不发光,说明线路无短路现象存在,短路故障是由用电器所引起。这时可逐个接入用电器,正常现象是校火灯发红,但远达不到正常亮度。若接入某一用电器时,校火灯突然接近正常亮度,表明短路故障存在该用电器内部或它的电源线内。

② 电阻法。这是使用万用表的电阻档,测量导线间或用电器的电阻值,来判断短路部位的一种方法。发生短路后,拉下配电板上的闸刀开关,并取下所有的用电器。用万用表 $\times 100$ 电阻档,测量相线和零线的电阻值。如果指针趋于零或产生偏转,说明线路有短路或漏电现象,逐段检查干线和各分支线路,必要时切断某一线路,测量两线的电阻,确定故障所在。

(2) 整个线路照明灯不亮的检修。遇到这种现象,应先检查配电板上的总保险丝,若总保险丝熔断,说明线路存在短路或负载电流过大。减少用电器,使线路在小负荷情况下工作,如仍烧保险丝,确定有短路,可参照(1)方法检修。排除短路可能后,用试电笔或万用表测量配电板的输入电压,以判定故障存在外线或内线。如输入电压接近 220V,说明内线存在断路,并在配电板或总干线上。

判断断路最简便的方法是使用试电笔检查。一般先测量相线保险丝是否有电,以区别断路发生在配电板上,还是其后的干线上;然后用试电笔沿相线逐段检测,断路点在有电和无电的线路之间。断路检测的重点是干线导线的连接处。

(3) 部分照明灯不亮的检修。这种故障是由分支线路存在断路引起的,可参照总干线断路的检查方法确定故障所在。检查的重点是总干线与分支线路的连接处。

如果某一照明灯不亮或某一用电器不工作,一般是用电器本身或用电器到分支线路的导线存在断路而造成。用试电笔判断故障点很方便。用试电笔分别接触装有灯泡的灯座两接线柱,如果试电笔氖管都不亮,表明连接灯座的相线断路;如果只在一个接线柱上氖管发亮,表明灯丝断或灯头与灯座接触不良。

(4) 照明灯发光不正常的检修。这类故障现象多为灯光暗淡或灯光闪烁,有时灯光特别亮。灯光暗淡或灯光特别亮可能是受外线电压的影响,电压过低或电压过高造成,线路中有漏电或局部短路的存在是引起灯光变暗的主要原因。这时观察电度表,若转盘旋转明显变快,可参照短路检修方法排除。线路中接线处因接触不良或有跳火现象,常引起灯光闪烁。如果是个别灯泡灯光暗淡,则可能是灯泡质量不佳或陈旧造成;若闪烁,可能是开关、灯头接触不良造成。

3. 白炽灯照明线路故障检修

白炽灯照明线路简单,白炽灯本身故障也容易检查,表 9-20 列出了白炽灯常见故障及检修方法。

表 9-20 白炽灯常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
灯泡不亮	(1) 灯泡钨丝烧断 (2) 电源熔断器的熔丝烧断 (3) 灯座或开关接线松动或接触不良 (4) 线路中有断路故障	(1) 调换新灯泡 (2) 检查熔丝烧断的原因并更换熔丝 (3) 检查灯座和开关的接线处并修复用电器 (4) 检查线路的断路处并修复
开关合上后熔断器熔丝烧断	(1) 灯座内两线头短路 (2) 螺口灯座内中心铜片与螺旋铜圈相碰、短路 (3) 线路中发生短路 (4) 用电器发生短路 (5) 用电量超过熔丝容量	(1) 检查灯座内两接线头并修复 (2) 检查灯座并板准中心铜片 (3) 检查导线是否老化或损坏并修复 (4) 检查用电器并修复 (5) 减小负载或更换熔断器

(续表)

故障现象	产生原因	检修方法
灯泡忽亮忽暗或忽亮忽熄	(1)灯丝烧断,受震后忽接忽离 (2)灯座或开关接线松动 (3)熔断器熔丝接头接触不良 (4)电源电压不稳定 (5)附近有大负荷用电器接入,引起电压波动	(1)调换灯泡 (2)检查灯座和开关并修复 (3)检查熔断器并修复 (4)检查电源电压 (5)采取相应措施
灯泡发强烈白光并瞬时或短时烧坏	(1)灯泡额定电压低于电源电压 (2)灯泡钨丝有搭丝,从而使电阻减小,电流增大	(1)更换与电源电压相符的灯泡 (2)更换新灯泡
灯光暗淡	(1)灯泡内钨丝挥发后,积聚在玻壳内表面透光度降低,同时由于钨丝挥发后变细,电阻增大,电流减小,光通亮减小 (2)电源电压过低 (3)线路因年久老化或绝缘损坏有漏电现象	(1)正常现象,不必修理 (2)调高电源电压 (3)检查线路,更换导线

4. 荧光灯照明线路故障检修

荧光灯照明电路比白炽灯复杂,除了线路故障以外,荧光灯电路出故障的可能性也很大。其线路的检测与白炽灯线路相同,在分支线路电压正常的情况下,要认真检查荧光灯电路,常用的工具有试电笔和万用表。表 9-21 列出了荧光灯常见故障及检修方法。

表 9-21 荧光灯常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
日光灯管不能发光	(1)灯座或启辉器底座接触不良 (2)灯管漏气或灯丝断 (3)镇流器线圈断路 (4)电源电压过低	(1)转动灯管,使灯管四极和灯座四夹座接触,使启辉器两极与底座二铜片接触,找出原因并修复 (2)用万用表检查确认灯管坏,可换新灯管 (3)修理或调换镇流器 (4)不必修理
日光灯抖动或两头发光	(1)接线错误或灯座灯脚松动 (2)启辉器氖泡内动、静触片不能分开或电容器击穿 (3)镇流器配用规格不合适或接头松动 (4)灯管陈旧 (5)电源电压过低	(1)检查线路或修理灯座 (2)将启辉器取下,用两把螺丝刀的金属头分别触及启辉器底座两块铜片,然后将两根金属杆相碰并立即分开。如灯管能跳亮,则是启辉器坏了,应更换启辉器 (3)调换适当镇流器或加固接头 (4)调换灯管 (5)如有条件升高电压
灯管两端发黑或生黑斑	(1)灯管陈旧,寿命将终 (2)如是新灯管,可能因启辉器损坏使灯丝发射物质加速挥发	(1)调换灯管 (2)调换启辉器
灯光闪烁或光在管内滚动	(1)新灯管暂时现象 (2)灯管质量不好 (3)镇流器配用规格不符或接线松动 (4)启辉器损坏或接触不好	(1)开用几次或对调灯管两端 (2)换一根灯管试一试有无闪烁 (3)调换合适的镇流器或加固接线 (4)调换启辉器或加固启辉器
灯管光度减低或色彩转差	(1)灯管陈旧 (2)灯管上积垢太多 (3)电源电压太低 (4)气温过低或冷风直吹灯管	(1)调换灯管 (2)清除灯管积垢 (3)调整电压 (4)加防护罩或避开冷风

(续表)

故障现象	产生原因	检修方法
灯管寿命短或发光后立即熄灭	(1)镇流器配用规格不合或质量较差;镇流器内部线圈短路,致使灯管电压过高 (2)受到剧震,使灯丝震断 (3)新装灯管因接线错误将灯管烧坏	(1)调换或修理镇流器 (2)调换安装位置或更换灯管 (3)检修线路
镇流器有杂音或电磁声	(1)镇流器质量较差或其铁心的硅钢片未夹紧 (2)镇流器过载或其内部短路 (3)镇流器受热过度 (4)电源电压过高引起镇流器发出声音 (5)启辉器不好引起开启时辉光杂音 (6)镇流器有微弱声,但影响不大	(1)调换镇流器 (2)调换镇流器 (3)检查受热原因 (4)如有条件设法降压 (5)调换启辉器 (6)是正常现象,可用橡皮垫衬,以减少震动
镇流器过热或冒烟	(1)电源电压过高,或容量过低 (2)镇流器内线圈短路 (3)灯管闪烁时间长或使用时间太长	(1)有条件可调低电压或换用容量较大的镇流器 (2)调换镇流器 (3)检查闪烁原因或减少连续使用的时间

第五节 接地装置安装与维修

将电气设备不带电的金属外壳或某一点,通过导线与大地之间形成符合技术要求的可靠电连接称为接地。电气设备接地的作用有两个:一是为了保护人身安全,防止因电气设备绝缘损坏而引起触电事故;二是保证电气设备的正常运行和安全。

一、电气设备的接地

1. 接地装置

接地装置是电气设备与大地进行电连接的装置,它由接地体和接地线组成。接地体又称接地极,是直接和大地接触的金属导体。接地线是连接电气设备接地点与接地体的导线。接地装置按接地体数量的多少,有以下三种组成形式:

(1)单极接地装置。由一个接地体和接地线所构成的接地装置。接地线一端与接地体相连,另一端与电气设备的接地点相连。它适用于对接地要求不太高和电气设备接地点较少的场合。

(2)多极接地装置。由两个或两个以上接地体与接地线构成,各接地体之间用接地干线连成一体。接地干线和电气设备的接地点由接地支线相连。多极接地可靠性强,接地电阻小,适用于接地要求较高、电气设备接地点较多的场合。

(3)接地网络。将多个接地体用接地干线连接成网络,具有接地可靠、接地电阻小的特点,适合机群设备的接地需要,多用于配电所、大型车间等场所。

2. 几种接地方式

根据电气设备接地的不同作用,接地方式有多种,常见的有以下四种:

(1)保护接地。为防止人体触电,将电气设备的金属外壳及与外壳相连的金属构架接地称为保护接地,如电动机的外壳接地,敷线的线管接地等。采取保护接地后,一旦电气设备的金属外壳与带电部分的绝缘损坏,此时人体触及设备外壳,由于接地装置的电阻远小于人体电

阻,大部分电流经过接地体入地,从而保证了人身的安全。

(2) 工作接地。为了保证电气设备可靠运行,将电路中的某一点接地称为工作接地。如三相变压器中性点接地,防雷设备和耦合电容器底座的接地。

(3) 保护接零。在中性点接地的三相四线制配电系统中,将电气设备的金属外壳、构架等与中性线连接称为保护接零。采取保护接零的电气设备,若绝缘损坏而使外壳带电,因中性线接地电阻很小,所以短路电流很大,导致电路中保护开关动作或保险丝熔断,从而避免触电危险。

需要注意的是,在中性点未接地系统中,绝对不允许采用接零保护。因为在这种情况下,配电系统某一点与外壳相碰,会使所有接在线上的电气设备外壳均带电,电压接近相电压数值,这是十分危险的。

必须指出,在 380/220V 三相四线制系统中,为使保护装置可靠地动作,确保人身安全,用电设备外壳除了采取保护接地,同时应采取保护接零。

(4) 重复接地。将中性线上的一点或多点再次接地,称为重复接地。重复接地的作用是确保接零安全可靠。当系统中发生中性线断路时,仍能保证人与断路处后面的电气设备接触时的安全。另外,中性线的截面不可能选得很大,中性线的电阻不可能为零,当三相负载不对称时,中性线中有电流,并产生电压降。为了降低中性线对地电压,往往使中性线重复接地。

3. 电气设备接地的技术要求

对电气设备接地的技术要求主要是接地电阻,它是指接地装置与大地之间的电阻。接地电阻包括接地体本身的电阻、接地线的电阻、接地体与土壤接触面的电阻及土壤的电阻。其中接地体、接地线的电阻很小,可忽略不计。接地体与土壤接触面的电阻及土壤的电阻称为散流电阻,通常认为接地电阻就是散流电阻。

根据电气设备不同的电压等级、不同设备容量,所采用的不同接地方式,对其接地电阻值都有相应的要求。原则上接地电阻越小越好,考虑到经济合理,接地电阻值应符合表 9-22 规定的数值。

表 9-22 各种电气设备接地的电阻值

接地种类	接地电阻值
35kV 以上装有避雷线的架空线路接地装置	10Ω~30Ω
低压架空电力线路的零线重复接地	不应超过 10Ω
电气设备不带电的金属部分的保护接地	不应超过 10Ω
配电变压器中性点工作接地	容量在 100kVA 以下不超过 10Ω 容量在 100kVA 以上不超过 4Ω
中性线重复接地	不应超过 10Ω
避雷器工作接地	不应超过 20Ω

4. 电气设备保护接地的范围

为了保证人身安全和电气设备正常运行,以下所列电气设备应采取保护接地或保护接零:

- (1) 电机、变压器、开关设备及其操作机构的底盘和外壳。
- (2) 配电盘及控制屏等的金属构架或外壳。
- (3) 架空线路的避雷线和架空线路的铁塔,装了避雷线的杆、塔。
- (4) 居民区的高压架空电力线路的金属杆、塔和钢筋混凝土杆。

- (5) 电流互感器、电压互感器的二次线圈。
- (6) 配线的金属管、电缆的金属外皮。
- (7) 照明灯具的金属外壳和底座。
- (8) 手提电动工具及移动式电气设备。
- (9) 医疗电器设备及民用电器的金属外壳。

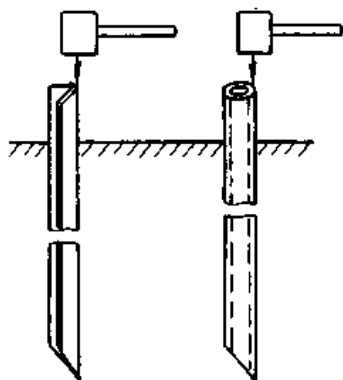
二、接地体的安装

接地体分自然接地体和人工接地体。埋置在地下的金属水管、建筑物的金属构架、埋设于地下具有金属外皮的电缆及建筑物钢筋混凝土基础等都可作为自然接地体。人工接地体一般用镀锌钢管、镀锌角钢或镀锌圆钢等制成。电气设备的接地应尽量利用自然接地体,以便节约钢材和节省接地安装费用。人工接地体的安装有垂直埋设和水平埋设两种方法。

1. 人工接地体的垂直安装

垂直安装是指接地体与地面垂直,采用打桩法将接地体打入地下。

(1) 接地体的选择。垂直安装的接地体通常用角钢或钢管制成。角钢接地体一般为 $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 4\text{mm}$ 或 $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 5\text{mm}$ 的角钢,长度在 $2\text{m} \sim 3\text{m}$ 之间;管形接地体一般采用直径为 50mm ,壁厚不小于 3.5mm 的钢管,长度在 $2\text{m} \sim 3\text{m}$ 之间;若采用圆钢作接地体,其直径不得小于 20mm 。



(2) 接地体的制作。垂直接地体的下端应加工成尖形。角钢的尖点应在角钢的角脊上,两个斜边要对称。钢管的尖点由一面斜削而成,也可将其一端打扁。垂直接地体的外形如图 9-29 所示。

(3) 接地体的安装。采用打桩法将接地体垂直打入地下,接地体应与地面保持垂直,不可倾斜,以免增大接地电阻,打入地面的深度应大于 2m 。

锤子敲击角钢的落点应在其端面的角脊处,以保证角钢垂直打入。锤子敲击钢管的落点,应与钢管尖端位置相对应,使锤击力集中在尖端位置。否则钢管容易倾斜,造成接地体与土壤之间的缝隙,增大接地电阻。

图 9-29 垂直接地体

接地体打入地面后,应在接地体四周填土夯实,尽量减小接地电阻。

2. 人工接地体的水平安装

在土层浅薄的地方,接地体一般采用水平安装。

(1) 接地体的选材与制作。水平安装的接地体通常采用扁钢或圆钢制成。扁钢接地体的厚度应不小于 4mm ,截面积不小于 48mm^2 ;圆钢接地体的直径应不小于 8mm 。水平安装接地体的长度应根据安装条件和接地装置的结构形式而定,通常在几米至十几米之间。为了便于接地体与接地线的连接,水平接地体的一端弯成直角,安装时露出地面。如采用螺钉压接,应先钻好螺钉通孔。

(2) 接地体的安装。采用挖沟填埋的方法,将接地体水平埋设在地下,其深度应在距地面 0.6m 以下。如果是多极接地,接地体之间应相隔 2.5m 以上。

3. 减小接地电阻的措施

接地电阻主要取决于接地体与土壤接触面的电阻及土壤电阻。为了减小接地电阻,达到规定要求,在安装接地体时可采取以下措施:

- (1) 在土壤电阻率不太高的地层,可增加接地体的个数。
- (2) 如果地下较深处电阻率较低,可增加接地体埋设的深度。
- (3) 在土壤电阻率较高的地层,可在接地体的周围填入化学降阻剂,其配方有多种,请参阅有关资料。
- (4) 对于土壤电阻率很高的地层,可采用挖坑换土的方法。

三、接地线的安装

接地线应尽量利用建筑物的金属结构、吊车轨道、配线的钢管等。如果不能利用上述导体时,应安装接地线。

1. 接地线的选用

常用的接地线有圆钢、扁钢、各种裸铜线、绝缘铜线、铝裸线、绝缘铝线,具体要求如下:

- (1) 电气设备的金属外壳保护接地线的选用,请见表 9-23 的规定。

表 9-23 保护接地线选用规定

	接地线类别	最小截面积(mm) ²		最大截面积(mm) ²
		生活用	生产用	
铜	移动电气引线的接地支线	生活用	0.2	25
		生产用	1.0	
	绝缘铜线	1.5		
	裸铜线	4.0		
铝	裸铝线	6.0		35
	绝缘铝线	2.5		
扁钢	户内:厚度不小于3mm	24.0		100
	户外:厚度不小于4mm	48.0		
圆钢	户内:直径不小于5mm	19.0		100
	户内:直径不小于6mm	28.0		

- (2) 输配电系统工作接地线的选用应按下列规定:配电变压器低压侧中性点的接地支线,要用截面积为 35mm² 的裸铜绞线;容量在 100kVA 以下的变压器中性点接地支线可用截面积为 25mm² 的裸铜绞线。

10kV 避雷器的接地线可采用铜芯、铝芯的裸线或绝缘线。若选用扁钢、圆钢做接地线,其截面积应不小于 16mm²;用做避雷针的接地线,其截面积不应小于 25mm²。

必须注意的是,埋设在地下的接地线不准采用铝导线,移动电气的接地支线必须采用铜芯绝缘软线。

2. 接地干线的安装

- (1) 接地干线与接地体的连接处要用加固镶块,加固镶块和接地体应采用电焊相连,焊接处均应刷沥青防腐。接地干线的连接也应尽量用电焊焊接,如用螺钉压接,连接处的接触面须经防锈处理,如镀锌或镀锡,采用直径为 12mm~16mm 的镀锌螺钉。安装时螺帽要拧紧,接触面要保持平整、严密。

连接处如埋入地下,应在地面上做好标记,以便于检查和维修。

- (2) 多极接地和接地网的接地干线与接地支线的连接处通常设置在地沟中,并有沟盖覆

在上面。连接方法可采用电焊或螺钉压接。用螺钉连接时,接地干线应使用扁钢,预先钻好通孔,并经防锈处理。单纯接地干线之间的连接处应埋入地下 300mm 左右,也应用电焊焊接,做防腐处理,并在地面上标明干线的走向和连接点的位置。

(3) 室内的接地干线多为明设,一般沿墙敷设,与地面的距离约为 300mm,与墙距 15mm,并用线卡支持牢固。

(4) 用圆钢或扁钢作接地干线,接地干线之间的连接,接地干线的加长,必须用电焊连接。搭焊时扁钢的搭接长度为宽度的 2 倍,圆钢的搭接长度为圆钢直径的 6 倍。焊接处同样作防腐处理。

3. 接地支线的安装

(1) 电气设备与接地线的连接可采用电焊和螺钉连接两种方法,但应保证连接可靠,有震动的地方要采取防震措施。

(2) 每一接地的设备,必须用单独的接地线分别与接地干线或接地体连接。不允许用一根接地线把几台设备的接地点串联起来,也不允许几根接地支线并接在接地干线的同一连接点上。

(3) 在室内容易被人体触及的地方要选用多股绝缘线作接地线,其他场所可选用多股裸线作接地线。用于移动电气的接地支线一般由设备的外壳接至电源插头的接地点,应选用铜芯绝缘软线,接地线与电源线一齐套入绝缘护层内,并规定三芯或四芯橡皮或塑料护套电缆中黑色绝缘层的一根作为接地支线。

(4) 接地支线加长时,连接处必须按正规接线要求处理。

(5) 接地支线的每一连接处,都应置于明显位置,以便于维修。

四、接地电阻的检测

接地电阻测量方法有多种,下面介绍用接地电阻测量仪和万用表测量接地电阻的方法。

1. 用接地电阻测量仪测量接地电阻

ZC-8 接地电阻测量仪是一种常用的测量接地电阻的仪器,又称接地电阻摇表。它由手摇发电机、电流互感器、滑线电阻和检流计等组成,备有接地探针和连接线等附件,其外形与普通摇表相似。ZC-8 测量仪可测量小于 1Ω 的接地电阻,使用时按四个端钮接线测量。常用的是测量大于 1Ω 的接地电阻,这时需按三个端钮接线进行测量,直接读出接地电阻的数值。

用 ZC-8 测量仪测量大于 1Ω 的接地电阻的方法如下:

(1) 断开接地线与电气设备外壳之间的连接,如图 9-30 所示。

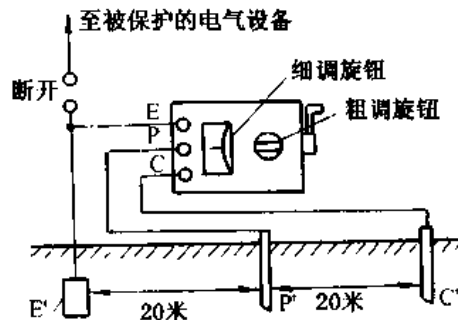


图 9-30 用 ZC-8 测量仪测接地电阻

(2) 将一支接地探针 C' 插在距接地体 40m 处,把另一支接地探针 P' 插在距接地体 20m 处,两支探针垂直插入地面约 400mm 深。

(3) 用最短的连接线将仪器的接线柱 E 与接地体 E' 相连,用较短的连接线将仪器的接线柱 P 与接地探针 P' 相连,用最长的连接线将仪器的接线柱 C 与探针 C' 相连。

(4) 仪器粗调旋钮有三档,根据被测电阻的大小,选择粗调旋钮的位置。

(5) 以 120 转/分的速度均匀摇动仪器手柄,当表头指针偏离中心时,调节细调拨盘,直到表针居于中心为止。

(6) 细调拨盘的指示值与粗调旋钮的倍率,就是被测接地电阻值。如细调拨盘的读数是 0.35,粗调旋钮的倍率是 10,则被测接地电阻是 3.5Ω。

2. 用万用表测量接地电阻

这是一种简易的测量接地电阻的方法,操作如下:

(1) 如图 9-31 所示,A 为接地体点,在距 A 点 3m 的 B、C 处,分别打入两根测试探针,打入地面的深度约 500mm。

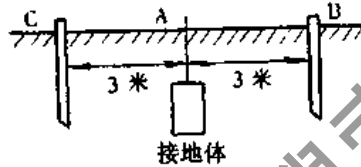


图 9-31 用万用表测接地电阻

(2) 将万用表置于 $\times 1$ 电阻档,调好零点,选好测试线,测量并记录 AB 之间、BC 之间、AC 之间的电阻值,得 R_{AB} 、 R_{BC} 、 R_{AC} 。

(3) 根据接地电阻等于 $(R_{AB} + R_{AC} - R_{BC}) \div 2$ 进行计算。如测得 $R_{AB} = 7\Omega$ 、 $R_{AC} = 11\Omega$ 、 $R_{BC} = 12\Omega$,则接地电阻为 3Ω 。

五、接地装置的检修

1. 接地装置验收检查

当接地装置安装完毕后,要对接地装置的外露部分进行外观检查和测量检查,内容包括:

- (1) 检查接地装置的材料,看是否按设计要求选用,重点检查接地线的载流量是否够用。
- (2) 检查接地体、接地干线、接地支线的连接处位置是否按设计要求进行。
- (3) 逐一检查接地装置各连接点,看是否有漏接、错接、虚焊和松动的地方,发现上述情况应采取措施加以处理。

(4) 检查明设的接地线,应符合安全要求、配线要求。

(5) 检查接地体周围的土壤,土壤应夯实。

(6) 按技术要求测量接地电阻,其阻值应在规定允许范围之内。如超出指标,要分析原因,采取措施解决,不能任意降低标准。

2. 定期检查

运行中的接地装置应进行定期检测,主要内容有:

(1) 半年或一年进行一次接地电阻的测定,发现接地电阻增大,应及时修复,不可勉强使用。

(2) 通常每年检查一次接地装置的连接处和接地线的支撑点,出现松动、开焊应及时

修复。

(3) 要定期检查埋设在地下的接地体和接地干线,若有严重锈蚀应及时更换。

3. 常见故障的维修

(1) 对于新安装的接地装置或设备维修后安装的接地装置,应按设计接线图检查线路,如有漏接、错接之处,应予纠正。

(2) 对于定期检查发现的隐患应及时处理。焊口出现锈蚀、脱焊的应重新焊接;连接处螺钉松动的,应予拧紧;处于震动环境中的螺钉连接处应加防震垫。

(3) 检测中若接地电阻值增大,应着重检查接地体与接地线连接处、接地干线与接地支线连接处,接触不良是接地电阻增大的原因之一。同时应检查接地体。接地体锈蚀往往造成接地电阻值的增大,严重锈蚀的接地体应重新更换。

习 题

1. 什么叫安全载流量?它是一个固定的值吗?选取安全载流量要考虑哪些因素的影响?
2. 什么叫配电箱?它有什么功能?请观察你所在教学楼和住宅楼的配电箱,写下配电箱内的电器元件,分析其作用。

3. 简述自制配电箱的步骤。

4. 什么叫照明平面图?它有什么特点?照明平面图表达哪几方面的内容?

5. 熟悉照明平面图常用的图形符号和文字标注方法,说明下列标注的含义。

$$(1) 6-P \frac{1 \times 100}{2.5} L$$

$$(2) 2-D \frac{1 \times 60}{-}$$

$$(3) 4-Y \frac{2 \times 40}{-} R$$

$$(4) 2-Y \frac{1 \times 40}{2.5} L$$

$$(5) BVR(2 \times 2.5)PVC15-DA$$

$$(6) BVV(2 \times 2.5)QD-QM$$

$$(7) BLV(2 \times 2.5)CP-LM$$

$$(8) BVR(3 \times 4+1 \times 2.5)G25-DA$$

6. 简述室内照明配线的一般步骤。

7. 简述白炽灯安装的过程。开关、灯座接法有什么规定?花线的接线有何要求?

8. 简述荧光灯的组成和作用。实际解剖荧光灯电路,画出其电路图。

9. 简述荧光灯的工作原理。

10. 安装用电器插座有哪些规定?用示意图表示。

11. 简述照明电路检修的一般方法。

12. 接地装置的作用是什么?哪些电气设备需保护接地和保护接零?

13. 什么叫接地电阻?如何测量接地电阻值?

14. 简述接地装置的检修内容。

第十章 安全用电

第一节 安全用电常识

一、安全用电意义

当电力系统及电气设备在设计、制造、安装与维修上存在质量问题时,当电工及其他操作人员在缺少防护措施情况下进行操作,当操作人员使用不符合安全要求的设备和工具,特别是操作人员违反安全操作规程操作时,以及其他一些意外因素的影响,都可能造成用电事故。

用电事故可分为人身事故和设备事故。人身事故是指电对人体产生的伤害,这就是通常所说的人身触电事故。触电事故最为严重,最容易造成人的死亡。据有关资料统计,触电事故的死亡率占触电伤亡人数的30%~40%。我国每年因触电而死亡的人数,仅次于交通事故,约占各类事故总死亡人数的10%。设备事故除了造成电气设备本身损坏外,还能引起产品质量事故,重大停电、停工、停产事故,严重的还会酿成电气火灾和爆炸事故。电气事故的受害者,轻者受伤、致残,重者死亡。电气事故给国家造成巨大的经济损失。统计资料表明,造成电气事故的第一位因素是安全用电技术水平低下,缺乏电气安全知识,造成触电事故的多为缺乏安全用电知识的人。违反操作规程是造成电气事故的第二位因素。可以说,安全用电关系到国计民生,影响到千家万户。安全用电的意义在于尽量避免或减少电气事故的发生,一旦发生电气事故,应采取有效措施迅速处理,尽一切可能避免或减少人身伤亡和财产损失。

安全用电要求电气工作人员、生产工作人员以及其他用电人员遵守有关安全用电的规定。在既定的环境条件下,采取必要的防护措施,在保证人身及设备安全的前提下正确用电。

二、维修电工安全知识

1. 维修电工必须具备的基本条件

(1) 维修电工必须具有正确的工作态度,工作中应保持清醒的头脑、高度的责任心和警惕性。

(2) 维修电工必须精神正常、身体健康,凡患有高血压、心脏病、神经病及五官四肢不健全者不能从事电工工作。

(3) 电业安全工作规程以及其他专业规程是安全从事电气工作的基本法规,维修电工必须认真学习和掌握其有关内容,并在工作中严格贯彻执行。

(4) 维修电工必须是应知应会考试的合格者,不仅要掌握专业知识,还应具备防护技术、安全技术等知识。

(5) 必须掌握触电紧急救护的方法。

2. 一般安全用电常识

(1) 严禁采用一条相线和大地作零线来安装用电器具,防止有人拔出接地零线造成触电。

- (2) 不可用湿手接触带电的开关、灯座、导线等,不可用湿布揩擦带电电器。
- (3) 在一个插座上不能插接功率过大的用电器具。
- (4) 使用电烙铁、电风扇、电熨斗、洗衣机等家用电器,应将外壳的保护接地线可靠接地。
- (5) 不可在电线、电动机和电气设备上放置衣物,人不可在电动机或电气设备上站立,不可将雨具放在电动机或电气设备的上方。
- (6) 更换保险丝时,不可随意加大规格或用铜导线代替。
- (7) 堆放物资、安装设备时,要与带电设备或电源线保持一定的安全距离。
- (8) 在搬动可移动电器时,如电焊机、电钻等,应先切断电源,后搬运。
- (9) 在潮湿环境中使用电气设备,应采取必要的防护措施,如使用 36V 安全电压供电的电气设备。在金属容器中带电作业应严格执行有关操作规程。
- (10) 不具备电气知识和技术的人员,不能安装和拆卸电气设备及线路。
- (11) 雷雨天气,不能靠近高压电杆、高压铁塔,以防发生跨步电压触电。万一步入跨步电压地区,千万不可奔跑,应立即用单脚或双脚并拢跳出 10m 以外。

3. 电气消防知识

- (1) 当电气设备或线路发生火警时,应尽快切断电源,防止发生触电事故。
- (2) 发生电气火灾时,不可用水或泡沫灭火器灭火,应用沙土、二氧化碳或四氯化碳气体灭火器灭火。
- (3) 灭火和救护时应注意,不可使身体或手持的灭火器材接触带电的电气设备及线路。

第二节 触电紧急救护

一、电流对人体的影响

人体是导体,当人体与带电部位接触构成回路时,就会有电流流过人体,这就是常说的触电。人体触电会造成电击或电伤。电击是指电流通过人体,使内部组织受到损伤,造成人体发热、发麻、肌肉抽搐,神经麻痹,心室颤动,以致呼吸窒息、心脏停止跳动而死亡。电伤是指电流对从体外部造成的局部伤害,由于电流的热效应、化学效应、机械效应以及熔化蒸发的金属微粒对人体的侵蚀,引起皮肤的灼伤、烙伤,造成肌肉和神经的坏死,严重的导致死亡。

触电事故说明电流对人体有危害,是不是人体接触带电部位就造成触电事故?触电的后果与哪些因素有关?经过大量的实验和研究表明,电流对人体的危害程度与下列因素有关:

(1) 人体的电阻值。人体的电阻值通常在 $10\text{k}\Omega\sim 100\text{k}\Omega$ 之间,不同的人在不同的情况下有很大的差异,最小阻值可在 $1\text{k}\Omega$ 以下。人体的电阻越小,触电时通过的电流越大,对人的危害也越大。

(2) 通过人体的电流。不同强度的电流对人体危害程度不同。人体通过 $1\text{mA}50\text{Hz}$ 交流电或 5mA 直流电,就有麻痛的感觉,人体最小感知电流为 $0.5\text{mA}50\text{Hz}$ 交流电。人体通过 10mA 以内的交流电,触电者尚能摆脱电源,超过 50mA 就有生命危险,达到 100mA 足以使人致死。

(3) 加在人体上的电压。人体接触的电压越高,通过人体的电流越大,对人体的危害越严重。 220V 、 380V 交流电压引起触电死亡人数占整个触电死亡人数的大多数, 36V 以下的交流电对人体没有严重的威胁,规定为安全电压。

(4) 通过人体电流的时间。电流作用于人体的时间越长,对人体的危害越严重。如

50Hz50mA 的交流电持续时间为 10 秒钟,还没有生命危险;若超过几十秒,必将引起心脏室颤,心跳停止而致死。

(5) 通过人体电流的频率。一般说来,人体对直流电的抵抗能力较交流电高,高频电流对人体的危害较 50Hz 交流电小,40Hz~60Hz 交流电对人的危害最大。

除此以外,人体触电造成的损害还与人体自身的状态、触电时的环境有关,特别是在潮湿炎热条件下触电的危险性较大。

二、几种触电形式

1. 单相触电

人体的一部分在接触一根带电相线的同时,另一部分与大地接触,则电流从相线通过人体入地形成回路,由此造成触电称为单相触电,如图 10-1 所示。因为一般情况下,人总是站在地面上,在没有防护措施的情况下检修带电线路、电器设备,稍不注意,人体的某一部位与相线接触,都会造成单相触电。在触电事故中,单相触电的事例最多,其中因接触漏电电气设备外壳所造成的单相触电较常见。

2. 两相触电

当人体的两个不同部位同时接触两根带电相线时,电流经过人体造成两相触电,如图 10-2 所示。因为电流由人体的两个接触处通过,构成回路,所以不管电网的中心是否接地、人体是否与大地相接、人体脚下是否有防护措施,人体都要在相电压作用下触电。相电压较高,两相触电的危险性大。

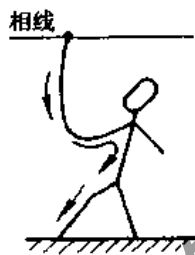


图 10-1 单相触电示意图



图 10-2 两相触电示意图

3. 跨步电压触电

外壳接地的电气设备发生对地短路时,电力线路断落与地相接时,电流由外壳接地线或落地导线流入大地,并在接地线和导线的周围形成一个很强的电场,其电位分布从接地点向四周扩散,逐渐降低。当有人进入这一地区,分开的两脚间就存在电位差,称之为跨步电压。当地电流较大时,跨步电压超出允许值,电流从一只脚流入,从另一只脚流出,造成触电事故,称为跨步电压触电。

三、触电紧急救护

当发现有人触电时,不可惊慌失措,应保持冷静,迅速、安全、正确地进行紧急救护。触电急救对于减少触电伤亡是行之有效的方法。

1. 触电急救

(1) 使触电者尽快脱离电源。一旦发生触电事故,首先应当设法使触电者迅速而安全地脱离电源,每争得一秒钟都是给触电者一分生存的希望。脱离电源采用的方法应视触电现场具体

情况而定,常用的方法有:当电源开关距离触电现场很近时,可迅速切断电源,再把触电者移开。如电源开关很远或不具备关闭电源的条件,可拉住触电者干燥的衣角,使之与带电体分离;也可站在干燥的木板上拉触电者使之脱离电源;断落的导线与触电者相连时,可用干燥的木棒将电线挑开;救护人员还可用绝缘钳子,从来电的方向切断电线,使触电者脱离电源。对于处在高空的触电者,在必要时可用绝缘导线将电源的两条线路短路,迫使电源跳闸或熔丝烧断来切断电源。采用短路救护,应注意救护者的自身安全,对高空触电者还应采取措施,不致使触电者跌落摔伤。

(2) 脱离电源后的急救。触电者脱离电源后,应迅速就地抢救,同时请医生来治疗。

若触电者伤害较轻,没有失去知觉,只是一度昏迷,应使触电者处于有利恢复呼吸的环境,如要通风阴凉,解开触电者的衣领裤带,使其平卧放松,注意观察触电者的变化,等待医生治疗。

如触电者已停止呼吸,应马上对触电者进行人工呼吸;如触电者心跳停止,应马上采用胸外心脏挤压法进行抢救。在实施上述急救的同时,迅速去请医生,并采取送医院。在抢救的过程中要注意两点:一是要及时,力争一分一秒的时间,不能等医生,也不可因送医院而中断抢救;二是要坚持不懈。即使触电者的呼吸与心跳均已停止,但这很可能是假死,不能停止抢救,应同时施行人工呼吸和胸外心脏挤压法,坚持努力抢救,直至医生确认已经死亡为止。

2. 人工呼吸法

人工呼吸法是帮助触电者恢复呼吸的有效方法,当触电者出现痉挛、呼吸困难,以致完全停止呼吸时应采用人工呼吸法。人工呼吸法有口对口呼吸法、仰卧压胸法、俯卧压背法等多种,其中口对口呼吸法效果好,并容易掌握,应用普遍。进行人工呼吸前首先要排除影响触电者呼吸的障碍,解开触电者上衣、裤带,去掉围巾,清除口腔中的粘液、血液、食物、假牙等。口对口呼吸法要领如下:

- (1) 使触电者平卧,将头部尽量后仰,鼻孔朝天,颈部伸长,如图 10-3(a)所示。
- (2) 救护人员位于触电者一侧,一只手捏紧触电者的鼻孔,另一只手掰开他的嘴巴。
- (3) 救护人深呼吸后,紧贴触电者的嘴巴吹气,使其胸部膨胀,如图 10-3(b)所示。
- (4) 救护人换气,放松触电者的嘴鼻,使其自动呼气,如图 10-3(c)所示。

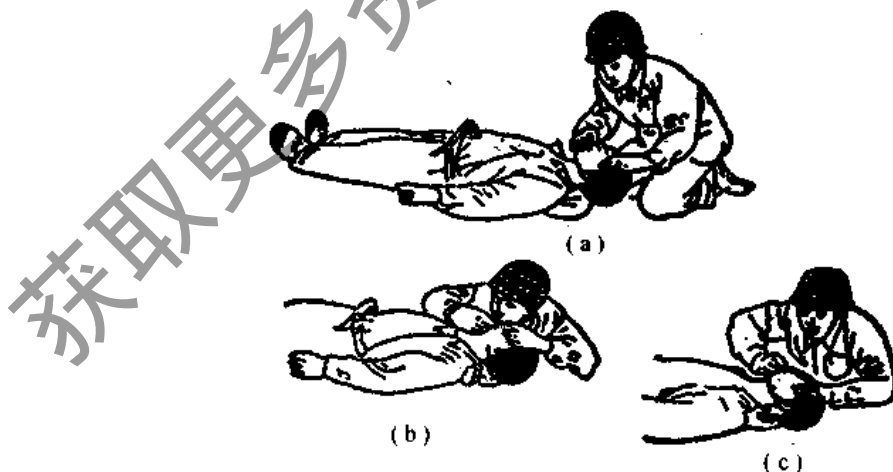


图 10-3 口对口人工呼吸法

反复吹气与呼气动作,每一循环约 5 秒钟,吹气 2 秒,放松呼气 3 秒。当触电者自己开始呼吸时,人工呼吸应立即停止,但停止后触电者仍难于呼吸,则应继续人工呼吸。

3. 人工胸外心脏挤压法

人工胸外心脏挤压法是帮助触电者恢复心跳的有效方法。当触电者心跳停止时应采取此法进行急救。若触电者心跳和呼吸都已停止,应同时进行人工呼吸。一人救护时,人工呼吸和胸外挤压可交替进行。二人救护时,两种方法同时进行。胸外心脏挤压法要领如下:

(1) 使触电者仰卧在地上,解开其上衣,找到心脏挤压点,其部位在前胸正中间,稍偏下的地方。

(2) 救护人员跨跪在触电者腰部位置,身体稍向前倾,两臂前伸,伸开手掌,使右手掌根部对准挤压点,中指尖抵住颈部凹陷处下沿,左手掌搭在右手上,双手相叠。

(3) 手掌根部借助身体的重量向下挤压,压陷的深度为 3cm~4cm,挤压出心脏里面的血液。

(4) 挤压后手掌根部突然抬起,让触电者胸部压陷部位自然恢复,使血液充满心脏。挤压和放松的动作要有节奏,约每秒一次。

重复以上挤压、放松动作,坚持做到心脏恢复跳动为止。

习 题

1. 安全用电的意义是什么?
2. 维修电工必须具备哪些基本条件?
3. 电流对人体危害与哪些因素有关?
4. 简述如何进行触电急救。
5. 简述口对口人工呼吸法要领。
6. 简述人工胸外心脏挤压法要领。