

# 车经车经 学电学 工

## 应用篇

杨清德 主编

◎ 有趣

通过数百条口诀归纳电工操作要点

◎ 易学

以图表和模块化结构呈现电工知识

◎ 实用

由高级技师讲授多年电工实践经验

◎ 规范

符合相关标准和职业技能鉴定要求



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS



# 轻轻松松学电工

学  
电  
工



封面设计：董福彬

分类建议：电工技术 / 实用技术  
人民邮电出版社网址：[www.ptpress.com.cn](http://www.ptpress.com.cn)



ISBN 978-7-115-18663-8



9 787115 186638 >

ISBN 978-7-115-18663-8/TN

定价：28.00 元

# 第1章 配电线路常见故障检修

## ——光明天使清路障

配电线路包括室外架空线路和室内配电线路两大部分。由于室外架空线路较长，负荷分散，设备数量多，运行维护条件差，保护措施少，在运行中不仅要承受机械和电气负荷，还要经受各种天气因素的侵扰，因而故障概率较大。现在的室内线路一般采用暗敷设方式，一旦出现故障，在维修前必须结合故障现象认真进行检查和分析，以便对症下药；否则，盲目行动，往往会劳而无功。

通过本章学习，要求达到以下目标。

### 知识目标

- ① 了解配电线路的常见故障类型。
- ② 了解检修配电线路故障的一般方法。
- ③ 了解线路断路故障的表现及原因。
- ④ 掌握预防线路断路故障的措施。
- ⑤ 了解短路故障的类型及产生原因。
- ⑥ 了解线路接地故障的产生原因。

### 能力目标

- ① 用验电笔区分相线和中性线。
- ② 用验电笔或万用表检修三相电压不平衡故障。
- ③ 综合运用电压法、电位法和电阻法检修线路断路故障。
- ④ 能快速检修回路短路故障点。
- ⑤ 能检修线路接地故障。



## 1.1 配电线路的故障类型及检修方法

### ——线路遇险急施救

#### 1.1.1 配电线路的故障类型——配电线路不通电，断路短路最常见

配电线路的常见故障有断路、短路、接地、极性接错、连接错误和电路参数配合不良等，见表 1-1。

表 1-1

配电线路的常见故障

故障类型	说 明
断路故障	指线路的某一个回路非正常断开，使电流不能在回路中流通的故障，如断线、接触不良等
短路故障	线路中不同电位的两点被导体短接起来，造成线路不能正常工作的故障称为短路故障，在某些情况下也称为短接故障
接地故障	线路中的某点非正常接地所形成的故障，称为接地故障。接地故障有单相接地故障、两相或三相接地故障。 中性点接地系统的单相接地实际上构成了单相短路故障。对于中性点不接地的单相接地，将使三相对地电压发生严重变化，从而造成电气绝缘击穿等故障
极性接错故障	交流电路中的一些设备（如变压器线圈）有同名端和非同名端之分。在许多情况下，如果同名端接错，将造成电气设备不能正常工作，称为极性接错故障
连接错误故障	任何电路都是将各元件按照一定的顺序连接起来的。在许多情况下，如果这种顺序被打乱，或者将电路中的一些控制元件漏接或多接，三相电路的 Y 形连接和 $\Delta$ 形连接错接等，都将使电路不能正常工作。这种故障称为电路连接错误故障
电路参数配合不良故障	电路的正常工作离不开电路中各种元件参数的相互协调配合，否则就会造成电路参数配合不良的故障

#### 知识链接

#### 10kV 线路故障分类

① 速断。故障范围在线路上端，由三相短路或两相短路造成。主要原因有线路充油设备（如油断路器、电力电容器、变压器等）喷油、电杆拉线被盗或被破坏、机动车碰撞电杆、伐树砸住导线、自然灾害或人为因素导致电杆倾倒等。

② 过流。故障范围在线路下端，由三相短路或两相短路造成，原因基本同上。速断、过流由于故障范围较小，故障原因清晰，所以查找起来比较容易。

③ 接地。全线路范围内均可发生此类故障，基本上可分为永久性接地和瞬时性接地两种。



主要原因有断线，绝缘子击穿，线下树木导致多点泄漏。接地故障由于范围较大，故障原因不明显，有时必须借助仪器仪表才能确定故障原因。

### 1.1.2 配电线路的故障检修方法——检修线路五方法，各种故障追根查

根据线路故障的特点和不同的表现形式，检修线路故障通常有回路分割法、回路状态分析法、阻抗分析法、电位分析法、电流分析法和电压分析法等。

#### (1) 回路分割法

一个复杂的线路总是由若干单个回路构成，电气故障也总是发生在某个或某几个回路中，因而将回路分割实际上简化了电路，缩小了故障检修范围。回路就是闭合的电路，它通常应包括电源和负载。

#### (2) 回路状态分析法

一般来说，回路只有两种工作状态：接通状态和断开状态。

只有当回路中所有的触头都闭合，连接线无断点，工作元件正常时，回路才能处于接通状态；只要回路中有一个断点，回路就处于断开状态。

#### (3) 阻抗分析法

任何电路在正常状态和故障状态下都会呈现不同的阻抗，即有不同的阻抗状态，如低阻抗（负载阻抗）状态、高阻抗（开路）状态、零阻抗状态。


阻抗状态从另一个侧面反映了电路的故障情况。例如一般负载（如照明、电动机）电路在正常情况下均处于低阻抗状态，如果为零阻抗状态，则说明发生了短路故障。但有些电路，如电流互感器电路正常时应为零阻抗状态，低阻抗和高阻抗状态均为故障状态。据此，可以通过测量电路的阻抗值（一般只要测量直流电阻）来检修某些电气故障。

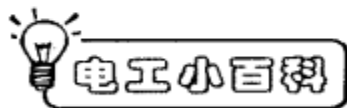
#### (4) 电位分析法

在不同的状态下，线路中各点具有不同的电位分布，因此，可以通过测量和分析线路中某些点的电位及其分布情况，确定线路故障的类型和部位。

#### (5) 电流分析法和电压分析法

阻抗的变化导致了电流的变化，电位的变化导致了电压的变化，因此，可采用电流分析法和电压分析法确定电路故障。

 想一想 检修配电线路故障有哪些方法？



### 为什么小鸟在电线上不会触电

人体是导体，人的身体较大，在碰到电线时，把两根电线连在一起而形成短路，人体中就有大电流流过，这就是人触电身亡的原因。小鸟的身体较小，鸟站在在一根电线上时，因为小鸟两脚之间的距离很小，其两脚之间的导线电阻很小，小鸟站在上面相当于跟那段导线并联，所以，小鸟分得的电压跟导线分得的电压一样。又由于小鸟的电阻相对较大，则通过小鸟的电流很小，故小鸟没事。



## 1.2 相线和中性线接错故障的检修

### ——辨相识线排故障

用一根相线和一根中性线可构成单相交流电源。相线为高电位，中性线为低电位。在一些情况下，电源的相线和中性线接入电路时并不要求严格区分，如供给洗衣机、电风扇的线路；但在许多情况下，相线和中性线是不能接错的，如安装电源开关、螺口灯头等线路，人如果触及相线就有触电危险。值得注意的是，也不能随意去触及中性线。

检修相线与中性线接错故障，要求检修者首先能够判别这种故障，其次要能正确地找出相线和中性线，如图 1-1 所示。

#### 1. 相线与中性线接错的故障现象

如果出现下列故障现象，通常应考虑到相线和中性线接错了。

- ① 已接地和接零的电气设备金属外壳有带电现象，可能是金属外壳接到相线上。
- ② 断开开关以后，电器的两接线端子上仍有电（确切地说，仍处于高电位），则说明相线和中性线接错了。

#### 2. 相线和中性线的识别方法

识别相线和中性线的方法很多，大致可归纳为两类：一是带电识别法，如验电笔法、万用表法；二是不带电识别法，主要是根据有关颜色、数字和符号标记来识别。

##### (1) 验电笔法

在带电情况下识别相线和中性线的最简单的方法，是用验电笔分别检查电源的两个出线端，验电笔发亮者为相线，不亮者（或微亮者）为中性线，如图 1-2 所示。

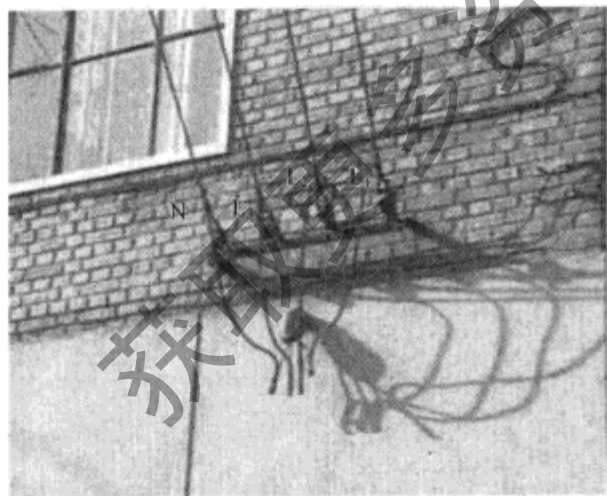


图 1-1 低压供电进户线路



图 1-2 用验电笔识别相线和中性线

##### (2) 电压法

所谓电压法是指通过测量对地电压来判别相线和中性线。

其方法为：首先选择一个接地良好的接地端（如接地线、金属自来水管等），然后用电压表（或万用表的电压挡）进行测量。一支表笔接电源线，另一支表笔接地，根据电压表示数可判别该线是相线还是中性线。

由于在三相四线制系统中，中性线通常是接地的，因而电压表指示近似为零者，所测的



那根电源线便是中性线，有电压指示的那根线则为相线。

### (3) 数字万用表法

利用数字万用表也可判别相线和中性线（地线），具体可采取以下两种方法。

① 直接测量法。将数字万用表的量程开关拨到交流 750V 挡，用一支表笔接电源的任一端，另一支表笔接大地。如果接地良好，显示屏上有 220V 左右的电压数值显示，则说明第一支表笔接的是中性线。此时，即使另一支表笔对地的接触电阻很大，只要接电源的那一支表笔与相线端接触良好，显示屏上也会有 100V 以上的电压数值显示，据此也可判定出相线端。

② 感应测量法。在用直接测量法判定电源的相线时，有时由于周围环境和条件的限制，不能保证第二支表笔接地良好，这时可采用感应测量法。

将数字万用表的量程开关拨到交流 750V 挡，将第一支表笔接电源的任一端，第二支表笔悬空放置或放在桌子上，用一只手握住第二支表笔的绝缘棒（手不接触表笔的金属部分）。此时电源线、第一支表笔、数字万用表交流电压挡内阻、第二支表笔绝缘棒、人体电阻和大地构成了回路。假设第一支笔接在相线上，此时就有微弱的电流通过万用表，显示屏上有交流 70V 左右的电压数值显示出来。当测到中性线时，则没有电压数值显示。

运用感应测量法判别相线时应特别注意安全，手不能接触表笔的金属部分。为保证人身安全，感应测量法也可变通使用，即人手不接触另一支表笔，直接将表笔悬空或放在桌子上，此时显示屏显示的示数较小，一般为 15V 左右，但这并不影响判别结果的正确性，如图 1-3 所示。

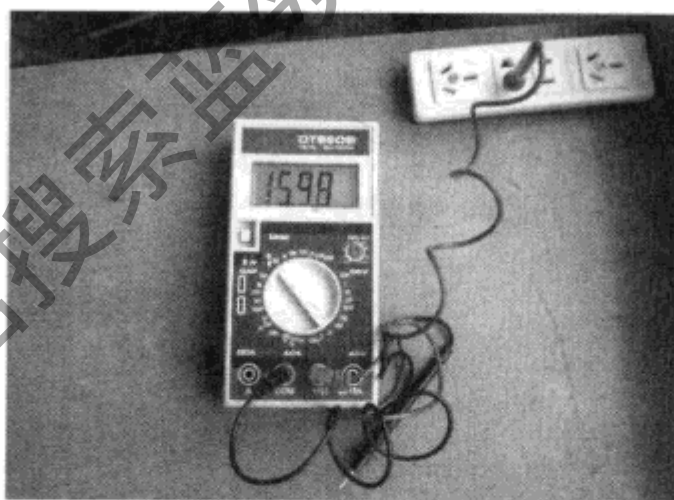


图 1-3 感应测量法

### (4) 在不带电情况下的识别方法

在不带电情况下，主要根据有关规程、规范的规定来区分相线和中性线。但这种区分只能作为参考，因为这些规定并不是任何人在任何时候、任何场合都能绝对遵守的。

#### ① 根据导线的颜色判别，见表 1-2。

表 1-2 相线和中性线的颜色标志

类别	颜色标志	线别	备注
一般用途导线	红色	相线 L <sub>3</sub>	负载侧为：W 相 U 相 V 相
	黄色	相线 L <sub>1</sub>	
	绿色	相线 L <sub>2</sub>	
	浅蓝色	中性线	
保护接地中性线	绿-黄组合色	保护接地线、中性线	绿、黄颜色组合比例为 3:7
多芯电缆	红色	相线	—
	浅蓝色	中性线	
	红、黄、绿色	相线	
	红、黄、绿色	相线	
四芯	浅蓝色	中性线	—



② 根据导线的符号标记识别。有关规程对相线、中性线、接地线等作了符号标记的规定，这些符号标记可用于识别相线 and 中性线。相线、中性线及其他有关的特定导线的符号标记见表 1-3。

表 1-3 相线、中性线及其他导线的符号标记

导线名称	标记符号	
交流系统电源线	一相	L <sub>1</sub>
	二相	L <sub>2</sub>
	三相	L <sub>3</sub>
	中性线	N
交流系统设备端线	一相	U
	二相	V
	三相	W
	中性线	N
直流系统电源线	正	L <sub>+</sub>
	负	L <sub>-</sub>
	中间线	M
保护接地线	PE	
不接地保护线	PU	
保护接地和中性线共用一条线	PEN	
接地线	E	
无噪声接地线	TE	
与机壳、机架相接的线	MM	
等电位线	CC	

③ 根据导线数字标志判别。多芯电缆线芯采用数字标志，应符合以下要求。

二芯电缆——0, 1;

三芯电缆——1, 2, 3;

四芯电缆——0, 1, 2, 3。

其中，数字标志 1、2、3 为相线，数字标志 0 为中性线。

④ 根据开关接线判别。在三相四线制系统中，中性线上不接开关及熔断器。

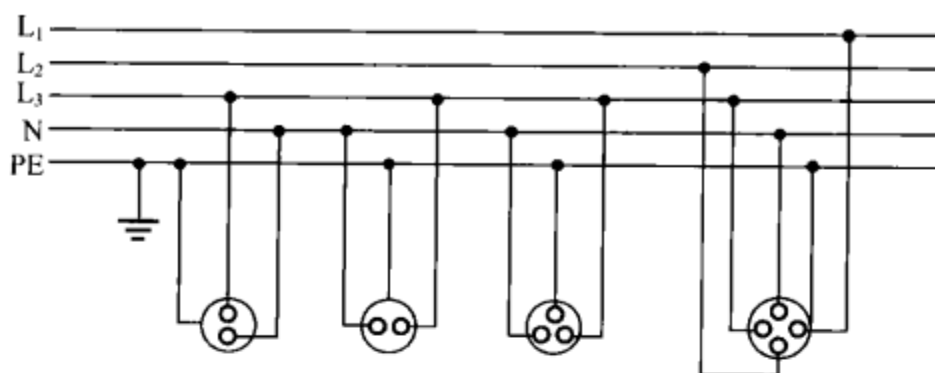
⑤ 根据插座接线判别。插座的标准接线见图 1-4。其中：

——单相二孔插座，引线垂直布置，相线在上，中性线在下。

——单相二孔插座，引线水平布置，相线在右，中性线在左。

——单相三孔插座，接地线在上，相线在右，中性线在左。

——三相四孔插座，中性线或接地线在上，其余为相线。



$L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ —相线；N—中性线（零线）；PE—接地线

图 1-4 插座接线时对相线和中性线的规定

图 1-5 为某用户的配电线路图，如果 T 接分支回路上的零线（PEN 线）断开，会出现什么故障，如何检修故障点？

提示：某 T 接分支回路上的零线断开时，该支路上所有的照明灯具都不亮。

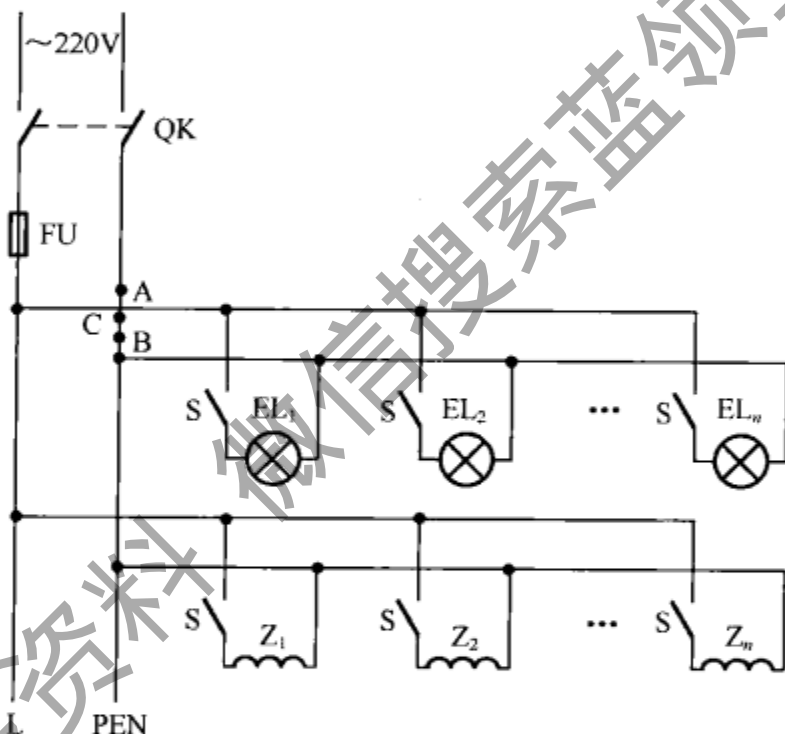


图 1-5 某用户配电线路图

可用万用表法或验电笔法查找故障点。如用验电笔，可沿着电源进线的方向逐段对零线进行测试（如图 1-5 中所示的  $EL_1$  灯），一直寻找到零线上不能使验电笔氖管发光的 A 点，再返回沿主回路向前的方向，用验电笔在零线上寻找出离 A 点最近的且能使验电笔氖管发光的 B 点。接着再沿电源进入的方向用验电笔在零线上寻找出离 B 点最近的不能使验电笔氖管发光的 C 点，则零线断开故障点便在 B、C 点之间。

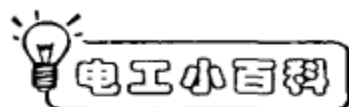
### 技能提高

#### 用数字万用表判定电源相线时的注意事项

- ① 使用不同型号的数字万用表所测得的数值可能有出入。
- ② 数字万用表内部的 9V 叠层电池使用时间较久后引起电压下降，操作者对地电阻的大小不同，都会引起测量数值的偏差，但只要在测量时数值显示有明显不同，即可确定数值显示大的是相线。



③ 一般线路的中性线和相线是并列布线的,在中性线接地不良或对地已开路的配电线路中,中性线上也可感应出几十伏的电压。因此,测量时无论第一支表笔碰触哪一根电源线,显示屏上都有电压数值显示,但两次数值显示存在明显差别,据此可以判定电压数值较大的线为电源的相线。



## 导线的最小截面积

常用导线的最小截面积见表 1-4。

表 1-4 导线的最小允许截面积 (单位:  $\text{mm}^2$ )

导线类型	高压配电线路		低压线路
	居民区	非居民区	
铝绞线	35	25	16
钢芯铝绞线	25	16	16
铜线	16	16	直径为 3.2mm

## 1.3 电压不平衡故障的检修

### ——恢复平衡电压稳

三相电压不平衡是三相电源故障的主要表现。电压不平衡故障的主要表现形式有:电源变压器的高压侧一相缺电,低压侧的一相或两相缺电,三相电压不均等。

三相电压不平衡故障可采用验电笔、万用表等检测。

#### 1. 验电笔法

用验电笔检修电源缺一相电比较有效。如图 1-6 (a) 所示,分别用验电笔测试  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  三相,无指示者为缺电相。但采用这种测试方法必须将负载切除。如图 1-6 (b) 所示,由于负载未切除, $L_1$ 、 $L_2$  相的电压通过负载反馈到  $L_3$  相,验电笔上的氖管仍然发光。因此,不断开负载,容易造成错误判断。

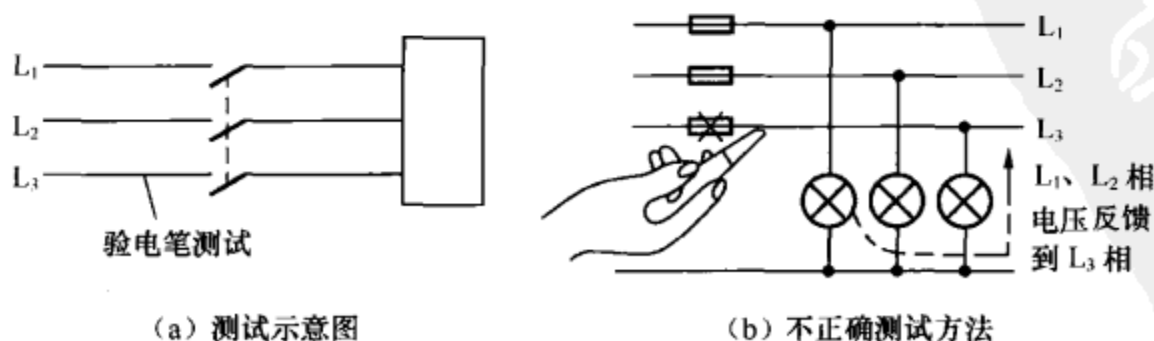
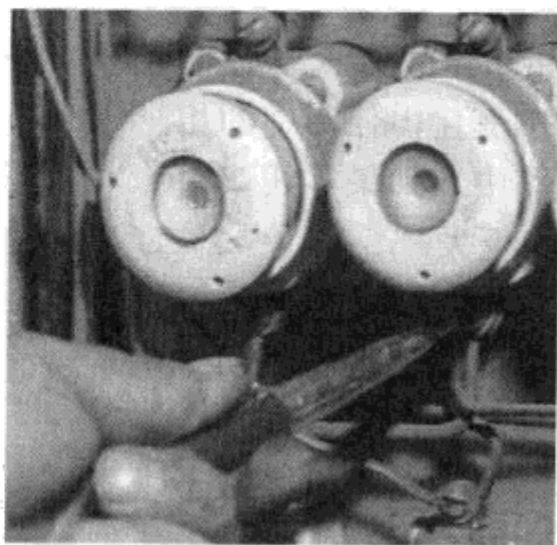


图 1-6 用验电笔检测三相电压不平衡故障



(c) 应用举例

图 1-6 用验电笔检测三相电压不平衡故障 (续)

对于一般的三相电压不平衡故障,用验电笔测试是不准确的,但当电压严重不平衡时,根据验电笔氖管的明暗程度可大致区别各相电压的高低。

## 2. 万用表法

用万用表电压挡可准确地测量三相电压的不平衡程度,其方法是:断开负载,首先将万用表的量程选择开关调到交流(AC)“500V”位置,分别测量 $U_{L1L2}$ 、 $U_{L2L3}$ 、 $U_{L3L1}$ 。这3个电压的差别可按下式计算:

$$\Delta u\% = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\text{av}}} \times 100\%$$

式中: $U_{\max}$ 为最大线电压值; $U_{\min}$ 为最小线电压值; $U_{\text{av}} = \frac{U_{L1L2} + U_{L2L3} + U_{L3L1}}{3}$ ,为平均电压值。

当 $\Delta u\% \geq 15\%$ 时,可认为三相电源电压出现了不平衡故障。

想一想 如何确定配线路电压不平衡?

## 1.4 线路断路故障的检修

### ——清除断点电路通

#### 1. 断路故障的表现形式

断路故障最基本的表现形式是回路不通。在某些情况下,断路还会引起过电压;断路点产生的电弧还可能导致电气火灾,甚至引起爆炸事故。

##### (1) 回路不通,装置不能工作

电路必须构成回路才能正常工作。电路中的某一个回路断路,往往会造成电气装置的部分功能或全部功能丧失(不能工作)。

##### (2) 断路点电弧故障

电路断线,尤其是那些似断非断点(即时断时通的断路点)在断开瞬间往往会产生电弧,或者在断路点产生高温。电力线路中的电弧和高温可能会酿成火灾,如图1-7所示。



### (3) 三相电路中的断路故障

在三相电路中，如果发生一相断路故障，一则可能使电动机因缺相运行而被烧毁；二则使三相电路不对称，各相电压发生变化，使其中的相电压升高而造成事故。在三相电路中，如果零线（中性线）断路，则对单相负荷的影响更大。

#### 2. 断路故障的原因

线路断路的一般原因有：配电变压器低压侧的一相熔丝熔断，架空线路的一相导线因故断开，导线接头处接触不良或烧断，控制电器的触头一相接触不良，外力作用造成一相断线等。

检修断路故障，首先要确定断路故障的大致范围，即哪些线段在哪些情况下容易发生断路故障。

##### (1) 电接触点

在电路中，除了开关触头等电接触点由于接触不良容易造成断路故障外，电路中的其他电接触点也容易发生断路故障。

① 导线相互连接点。无论是采用绞接、压接、焊接还是螺栓连接，任何一种连接方式的导线连接点都是断路故障的多发点，尤其是导线连接处不规范时（见图 1-8），更容易产生故障。据统计，电接触不良造成的断路故障约占全部断路故障的 80% 以上，因而检修断路故障时首先应检查这些电接触点。

② 导线受力点。在电气连接线中，有些线段的受力比其他线段大，如导线过墙、导线转弯、导线穿管、导线变截面、导线支撑点等（见图 1-9）。在外力反复作用下，这些线段容易发生断路故障。

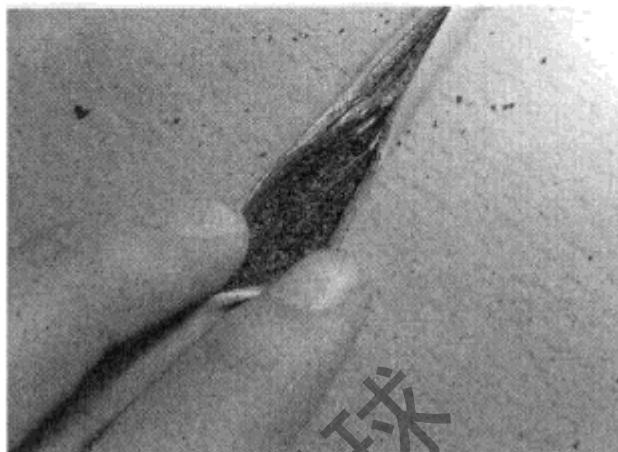


图 1-7 断路点电弧故障

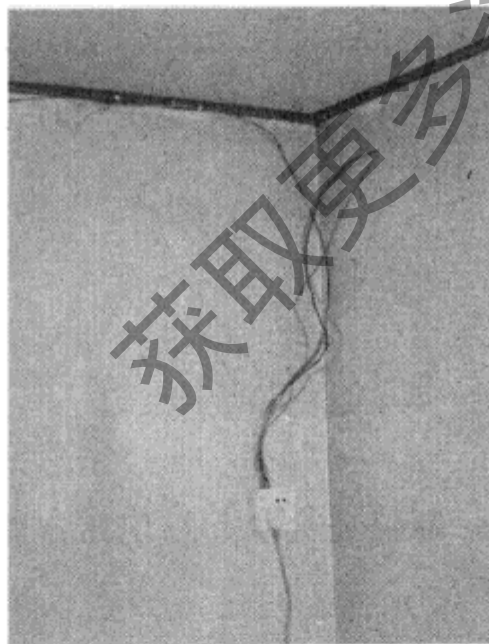


图 1-8 导线连接与敷设不规范

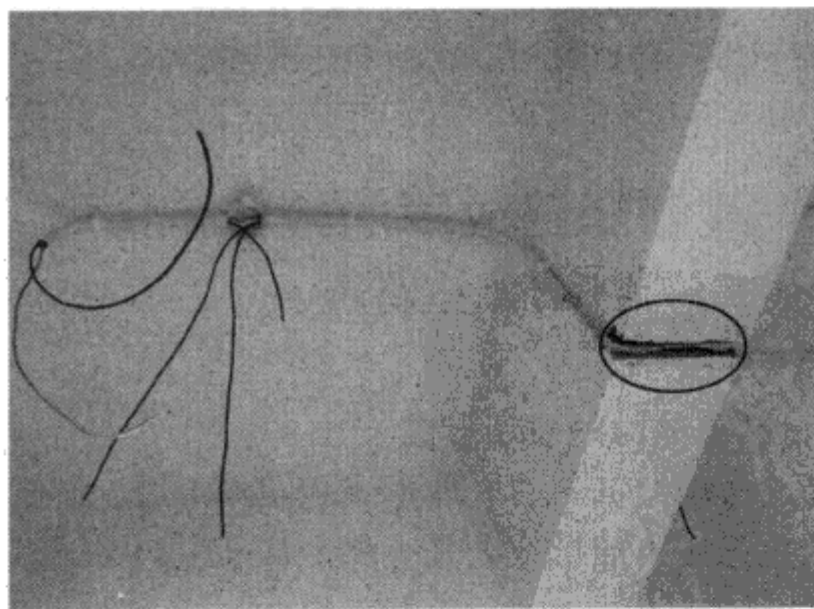


图 1-9 导线过梁处没有穿管

③ 铜-铝过渡点。铜导线与铝导线相连接、铜母线和铝母线相搭接、铝导线与设备铜接线端子相连接（见图 1-10）时，铜-铝过渡点在电化学腐蚀下，最容易接触不良，产生断路故障，如图 1-10 所示。

## (2) 警惕虚接点及虚焊点

形似接触而实际上并未接触的连接点称为虚接点，如为焊接连接，则为虚焊点。虚接点和虚焊点多是由于安装质量差所造成的。虚接点和虚焊点也是造成断路故障的重要因素之一。对于虚接点和虚焊点，用肉眼一般不能分辨，只有借用仪器才能检测出故障点。图 1-11 中画圈的接点就是虚接点。

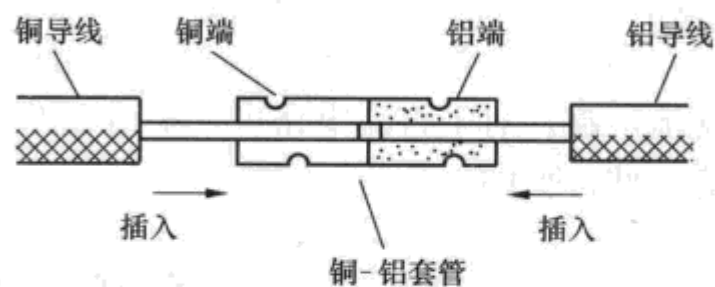


图 1-10 铜-铝过渡点

## (3) 灰尘造成的断路故障

某接触器通电吸合非常正常，但却不能接通电路，经检查多是接触器触头上粘了一层灰尘，导致触头接触不良；某晶体管收音机没有声音，经检查发现电池极片上粘了一层灰尘。类似这种由于灰尘、油污、锈迹等造成电路断路的故障也是常见的，如图 1-12 所示。

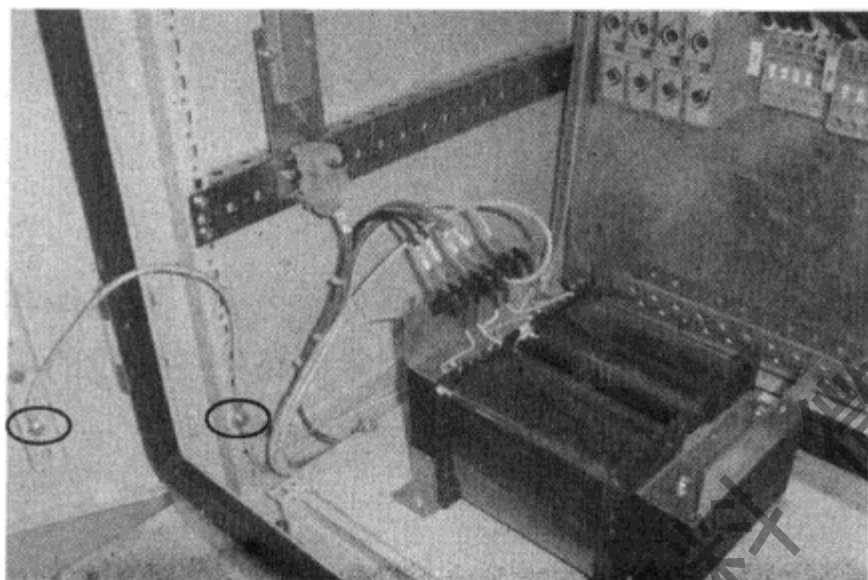


图 1-11 虚接点



图 1-12 油污及灰尘造成的断路故障

## 3. 检修断路故障的方法

检修断路故障，首先应根据故障现象判断出属于断路故障，再根据可能发生断路故障的部位确定断路故障的范围和断路回路，然后利用检测工具找出断路点。

检修断路故障常用的方法有电压法、电位法和电阻法等。

### (1) 电压法

电压法的基本原理是：当电路断开以后，电路中没有电流通过，电路中的各种降压元件上已不再有电压降，电源电压全部加在断路点两端。因而，可通过测量断路点的电压判断出断路故障点，如图 1-13 所示。

### (2) 电位法

电位法的基本原理是：断路点两端的电位不等，断路点一端的电位与电源一端的电位相同，断路点另一端的电位与电源另一端的电位相同。因而可以通过测量电路中各点的电位判



图 1-13 用电压法查找断路故障



断断路点。

验电笔实际上是一种显示带电体高电位（带电体对地电位）的工具，因此，可通过验电笔测量（显示）电路中各点的电位来检测断路故障。

显然，电位法主要适用于一根相线（高电位线）和一根中性线（低电位线）构成的单相交流电路。对于直流电路也可采用，因为用验电笔检测正、负极时，测正极时氖管比负极明亮一些，如图 1-14 所示。

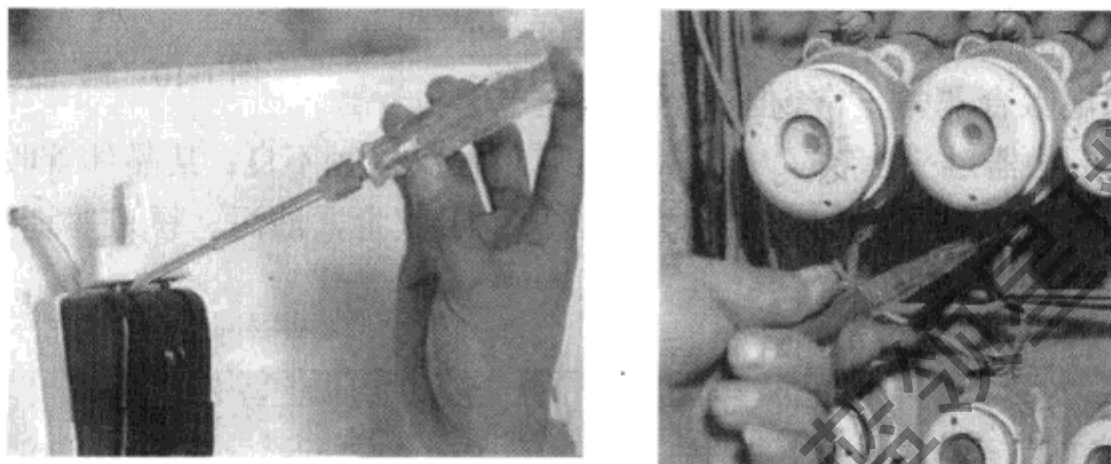
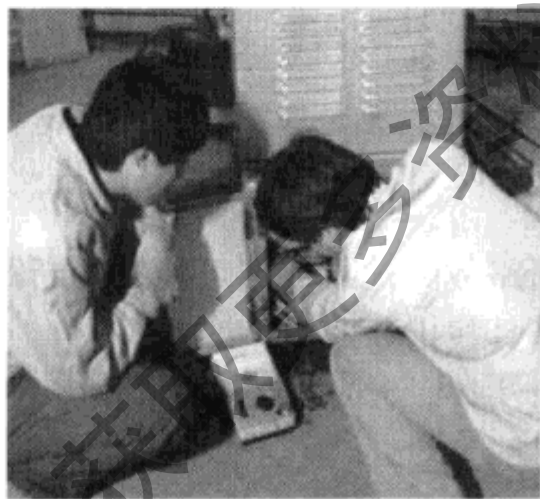


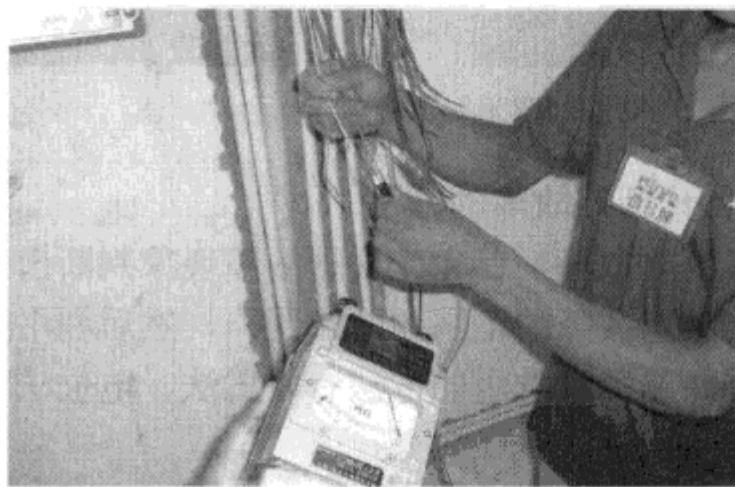
图 1-14 用验电笔检查断路故障

### （3）电阻法

电阻法的基本原理是：电路出现断路故障以后，断路点两端的电阻为无穷大，而其他各段的电阻近似为零，负载两端的电阻则为某一定值。因此，可以通过测量电路中各线段的电阻值来查找断路点，如图 1-15 所示。



（a）用万用表查找



（b）用摇表查找

图 1-15 用电阻法查找断路故障

检测电阻值一般采用万用表的欧姆挡，或用摇表（又称兆欧表、绝缘电阻表）进行测量。

#### 4. 预防线路断路故障的措施

① 合理选择熔丝，发现熔丝熔断时及时查明原因，排除故障后更换新的熔丝，然后再送电。

② 对导线接头按技术要求进行连接，运行中多巡视检查，发现氧化、松动、接触不良等现象时及时检修。

③ 加强控制电器的维护检修，使各触点保持良好接触，如图 1-16 所示。

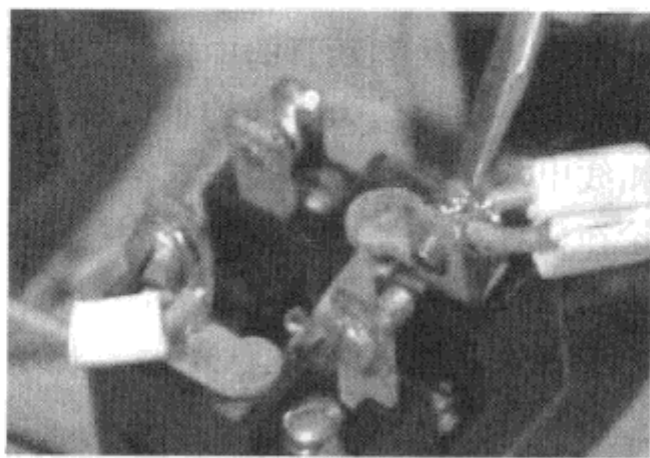


图 1-16 触点要保持良好接触

④ 做好线路的清障工作，尤其是在农村，要对影响线路运行的树木、房屋、柴草等及时进行处理，保证线路安全可靠运行。

### 技能提高

### 检修断路故障的程序

① 先查容易检查的部位，后查较难检查的部位；先用简单易行的方法检查直观、简单、常见的故障，后用复杂、精确的方法检查难度较大、没有见过和听说过的疑难故障。

② 先查重点怀疑部位和重点怀疑线端及器件，后查一般部位和一般线端及器件。

③ 先检查电源，后检查负载。因电源侧故障会影响到负载，而负载侧故障未必影响到电源。

④ 先检查电气设备的活动部分，再检查静止部分，因活动部分比静止部分发生故障的概率要高得多。

想一想 线路断路和线路短路故障有何区别？

### 实例分析

例 1.1 某村通往水泵房的低压线路采用  $16\text{mm}^2$  铝线，某天突然发生一相断线故障，使正在排灌的水泵停止了运行。

原因分析：经电工检查，发现通往泵房的 4 号杆（直线）瓷横担上的导线绑扎不牢，由于绑线松脱，导线和瓷担发生摩擦，久而久之，发生破股断线。

低压导线固定在绝缘子上，要求用绑线进行绑扎，并且绑扎操作要按规定进行。固定处的绝缘强度和机械强度不受影响，固定程度必须符合要求，长期运行后不松脱。这次断线的主要原因是绑线不符合要求，不是按标准规定绑扎的。

例 1.2 某单位一名电工在拆除户外低压配电屏上的总照明线路时，在未停电情况下，用绝缘受损的钳子剪切中性线。在剪切的一瞬间，电工被通过户外一盏未断电的照明灯线路所窜入的相线电压击中，跌倒在配电屏旁的防雨台下。

原因分析：在中性线连通的情况下，不论停电与否，中性线与大地基本上处于等电位；



这是因为低压电网中性点接地，即使直接接触，对人体也不致构成危害。但是当中性线断开时，相线电压就会通过未断开的用电器传到断开的中性线端，造成中性线带电伤人。本起事故就是这名电工在日常工作中概念不清，认为导通的中性线上无电压，而忽视了中性线断开时会通过未关闭的照明灯将相线电压引入而被电击的。

这起事故告诫人们，无论在何种场合、由于何种原因拆电线时，一定要严格遵守“先停电、后作业”的制度。即使由于某种原因必须带电作业，也得采取可靠的安全措施（如穿、戴合格的绝缘靴及手套，工作中有人监护等），确认万无一失方可工作，如图 1-17 所示。



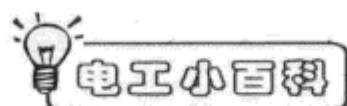
图 1-17 先停电、后作业

电工应爱惜自己的工具，正确使用，妥善保管，以防止工具绝缘受损或老化。若发现工具有问题，应及时处理或更换。

**例 1.3** 一天深夜，某村一路三相四线架空线中，10 号杆与 11 号杆之间的一根铝芯橡皮相线突然烧断落地，断线处截面积为  $70\text{mm}^2$ ，部分住宅照明停电。

**原因分析：**第二天一早，停电后电工对线路进行检查，发现落地的铝芯线断口处表面及端面均有明显的烧伤痕迹。电工随即检查，发现杆上距横担绝缘子约  $0.6\text{m}$  的线路断开处，有一根  $10\text{mm}^2$  铝芯橡皮支线直接缠绕在上面，其表面也已大部分烧熔。据分析， $70\text{mm}^2$  主干线被烧断落地的直接原因是搭接在干线上的  $10\text{mm}^2$  铝芯线未按规定牢固连接，仅简单地在干线表面缠绕了几圈。因主干线与支线接触不良，接触处在较大电流作用下长期发热致使烧断。

更换已烧坏的  $70\text{mm}^2$  铝芯线，并将支线与干线可靠地连接，故障排除。



### 架空线路导线间的距离

导线在电杆上的排列为：大于  $1\text{kV}$  的高压线路采用三角形排列方式，线间水平距离为  $1.4\text{m}$ ；小于  $1\text{kV}$  的低压线路为水平排列，导线间距为  $0.4\text{m}$ 。考虑安装、维修人员登杆作业的需要，靠近电杆两侧的导线与电杆中心的距离增大到  $0.3\text{m}$ ，即中间两导线的间距为  $0.6\text{m}$ ，如图 1-18 所示。

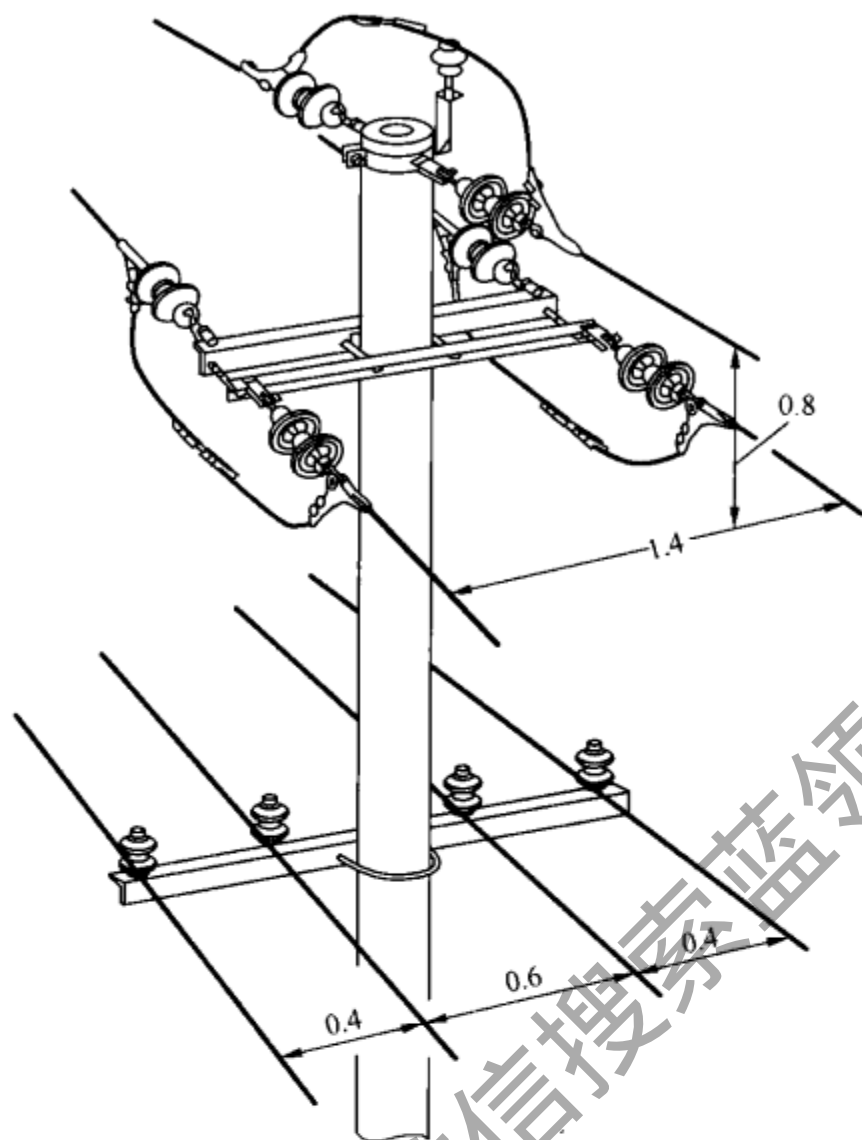


图 1-18 架空线路导线间的距离

## 1.5 线路短路故障的检修

——保持距离勿接触

### 1.5.1 短路故障的类型——不该连通却连通，线路短路有五种

不同电位的导电部分之间被导体短接，或者其间的绝缘被击穿，称为短路故障。

按照不同的情况，短路故障可分为金属性短路和非金属性短路、单相短路和多相短路及匝间短路等。

#### 1. 金属性短路和非金属性短路

不同电位的两个金属导体直接相接或被金属导线短接，称为金属性短路，如图 1-19 (a) 所示。发生金属性短路时，短路点的电阻为零，因而短路电流很大。

若不同电位的两点不是直接相接，而是经过一定的电阻相接，则称为非金属性短路，如图 1-19 (b) 所示。发生非金属性短路时，短路点的电阻不为零，因而短路电流不及金属性短路电流大，但持续时间可能很长，在某些情况下其故障危害性更大。

#### 2. 单相短路和多相短路

在三相交流电路中，短路故障分为单相短路、三相短路和两相短路。

只有其中一相对中性线或地线发生短接故障，称为单相短路故障，如图 1-20 (a)、(b)

所示。当发生单相短路时，故障相的设备将不能工作，与故障相相接的三相设备和两相设备也不能工作。



(a) 金属性短路



(b) 风筝线造成的非金属性短路

图 1-19 金属性短路和非金属性短路

3 根相线相互短接，称为三相短路故障，如图 1-20 (c) 所示。三相短路是最严重的短路故障。两根相线相互短接，称为两相短路故障，如图 1-20 (d) 所示。

### 3. 匝间短路

电动机、变压器、电磁线圈等的部分绕组被短接（部分线匝不能工作）称为匝间短路，如图 1-21 所示。匝间短路一般属于元件内部故障，也可能是由于外部因素，如金属导线附着在绕组表面而造成的。因此，匝间短路也可归类于电路短路故障。

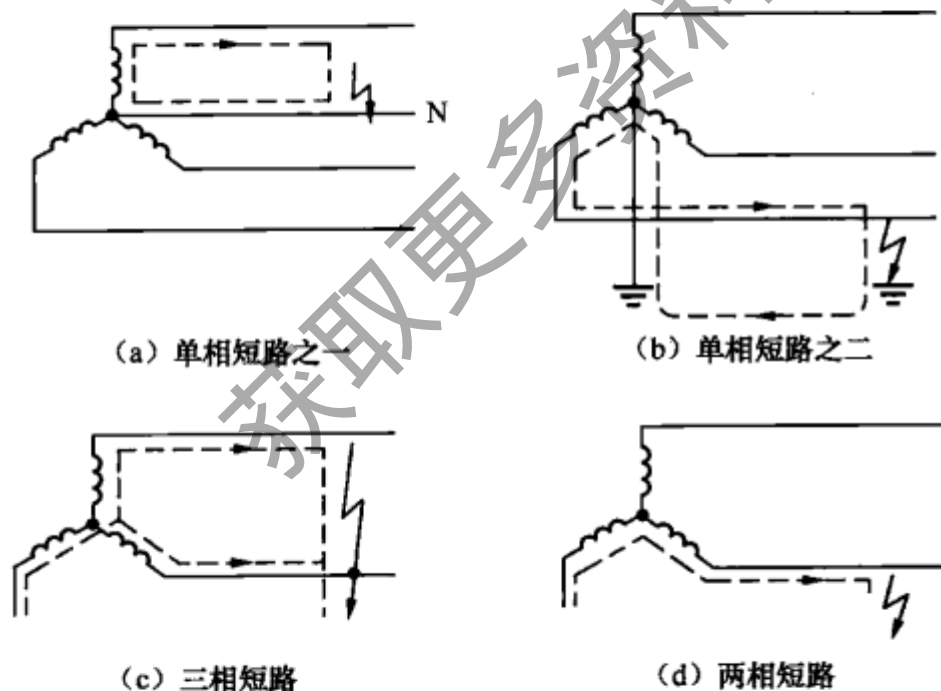


图 1-20 三相电路短路故障

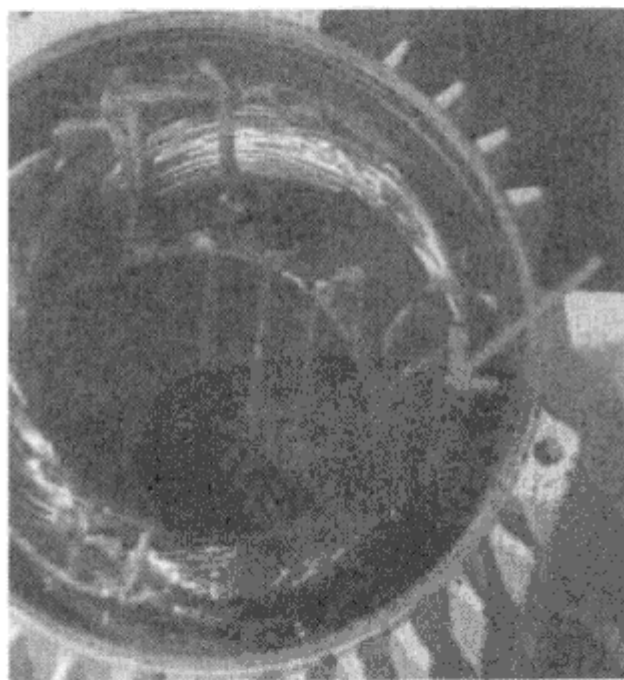


图 1-21 电动机绕组匝间短路

对于不太严重的匝间短路（如只短接了数量很少的线匝），电路还可短时工作，但必须尽早排除故障。

### 4. 短接故障

电路中的按钮、开关、继电器触头、熔断器等对电路通断进行手动或自动控制的元器件，



其两端如果因为意外而被短接，实际上属于短路故障，会对电路产生很大的影响。

### 知识链接

## 短路故障的原因

产生短路故障的根本原因是不同电位的导体之间的绝缘被击穿或者导体相互短接，具体见表 1-5。

表 1-5

短路故障原因

短路类型	故障原因	举 例
三相短路	① 线路带地线合闸； ② 线路倒杆造成三相接地短路； ③ 受外力破坏； ④ 线路运行时间较长，绝缘性能下降等	四年级学生柏某在下学回家途中见路边有一堆废旧铁丝，他顺手从中抽出一根约 3m 长的铁丝，边走边玩。当他走到配电室附近时，便产生了好奇心，用力把手里的铁丝抛向低压架空线路上，结果造成低压线路三相短路，使全村停电
两相短路	① 导线弧垂大，刮大风时导线摆动，两相线相碰或绞线形成短路； ② 受外力作用，如杂物搭在两根线上造成短路； ③ 遭受雷击形成短路等	农户张某在房顶上晒小麦，备了一块塑料布放在房顶，准备下雨时用来遮盖小麦。晚上因天气变化起风，塑料布被刮到低压线路上，塑料布把两相线路裹在一起，使之碰触而造成短路
绝缘击穿	电路中不同电位的导体间是相互绝缘的，如果这种绝缘损坏了，就会发生短路故障  导线摆动，两相导线相碰	某大楼穿橡胶绝缘管线在施工中绝缘损伤，两根相线发生短路，致使大楼停电  某高压线由于弛度过大，在风力作用下导线摆动，两相导线相碰而造成短路，导致变电所主开关跳闸，造成大面积停电事故
导线相接	维修时的临时短接线未拆，造成严重短路  线头不包扎，导线短接	某住宅区 380V 配电线路旁有一棵树越长越高，3 根导线经常与树枝相摩擦而致使绝缘磨损。遇到下雨天，3 根导线通过树枝和雨水形成三相短路，且一相导线烧断，致使住宅区停电  一次，某维修工人忘记拆除短接线，送电时便造成三相短接，3 次重合闸，3 次短路，强大的短路电流使开关触头严重烧损而不能使用  某工人在维修设备时将电源线拆除，但拆除后没有用绝缘胶带包扎线头，使金属线芯裸露，后移动导线，使两线头相接，导致电路短路。又由于熔丝的熔断电流过大，短路故障不能被及时切除，导致电线全部烧焦，造成了巨大损失

续表

短路类型	故障原因	举 例
导线相接	插座未上盖, 导线被短接	某家庭一单相电源插座的胶木盖损坏, 未及时更换, 插座金属片裸露。一根金属丝恰好落在这个插座上, 电路被短路。由于寻找这个故障颇费周折, 该家庭停电 3 天
动物作祟	鸟类、老鼠等作祟是农村电网发生短路故障的重要原因	某村面粉加工房的电动机工作时经常引起跳闸, 原来是隔离刀闸有两相安装在横担的同一侧, 喜鹊在这里筑巢。当喜鹊落到横担上或起飞的时候翅膀展开, 就很容易导致相间短路而跳闸
在架空电力线路下方违章作业	在架空电力线路下方进行吊装和其他作业, 不按规定操作, 也容易造成电力线路短路	一些单位和个人未经规划等相关部门审批, 在架空电力线路下方和两侧建房, 违章施工, 对电力线路及人身安全构成严重威胁

## 1.5.2 短路故障的特点和检修方法——线路短路危害大, 先断电源再检查

### 1. 短路故障的特点

从检修电气故障方面来考虑, 短路故障具有以下特点。

- ① 短路处的电阻(阻抗)为零, 或接近于零。
- ② 短路电流具有很大的破坏性(见图 1-22), 一旦发生了短路, 一般不能再直接通电检查, 这与断路故障是不同的。
- ③ 短路故障发生后, 电路的保护元件(如熔断器、断路器等)会熔断或动作, 如图 1-23 所示。保护元件可能控制多个回路组成的区域, 因而检修电气短路故障时, 必须先从故障区域中找出故障回路, 然后在故障回路中找到短路故障点。

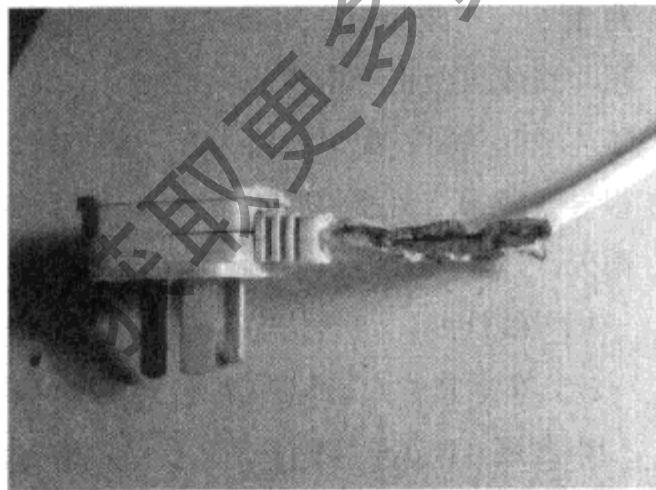


图 1-22 插头线短路

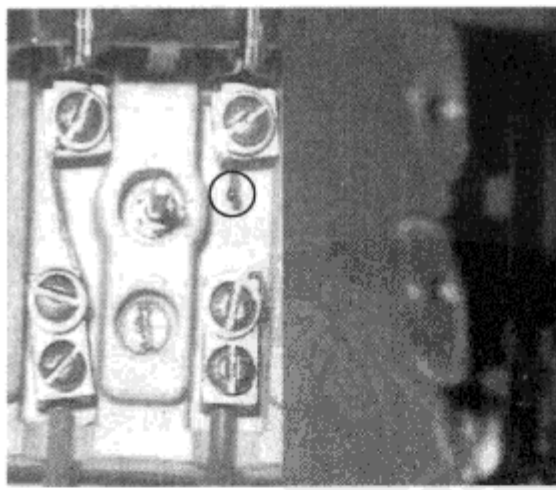


图 1-23 熔丝熔断

### 2. 短路故障的检修方法

故障回路中的短路故障点一般采用万用表法进行检测。所谓万用表法是指在电路断电以后, 用万用表的欧姆挡(电阻挡)测定短路回路的电阻。

查找到了短路故障支路以后, 还要继续查找, 以确定故障点的具体部位。实践表明, 短路故障点一般是在回路中降压元件(如灯泡、电感型线圈、电动机绕组、电阻等负载)的两

端或内部。

下面以图 1-24 所示的电路为例，具体说明用万用表检修该回路短路故障的方法。

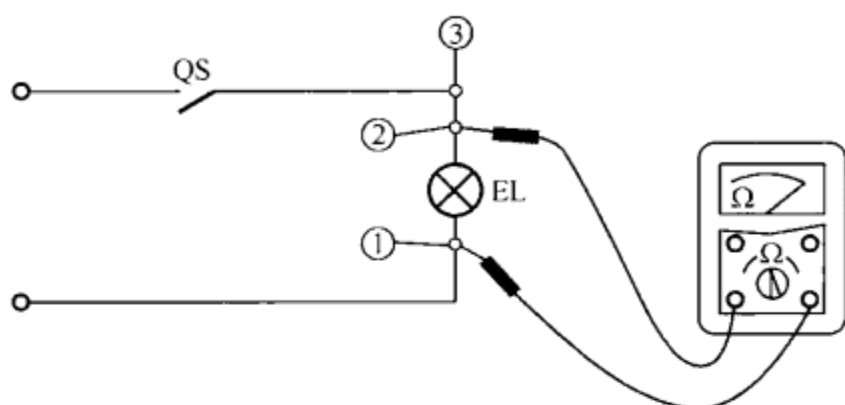


图 1-24 短路故障点的查找方法

① 断开降压元件（图中为一灯泡）的一端，用万用表电阻挡测量①、②之间（即降压元件两端）的电阻。若电阻为某一值，说明负载内部完好，短路点在负载设备外部。

② 若短路点在设备外部，再测量①、③点之间的电阻。若阻值为零，则短路故障在③号导线与①号导线之间。断开这些线段的某些点依次测量，可找到确定的短路故障点。

**想一想** 怎样才能快速检修线路短路故障？

### 实例分析

**例 1.4** 晚上 9 时许，劳动了一天的村民们正在观看电视节目，突然全村断电，当时有 5 级左右的大风。经检查发现低压照明线路 3~4 号杆之间的一相导线烧断。

**原因分析：**该村的照明线路（裸铝线）在架设时，忽视了同一档距的导线弧垂必须相同的规定，留下了事故隐患。当导线被风吹动时，由于两根相邻导线的摆向相反而发生了混线，造成相间短路，烧断了导线。

这次事故是由于没有按照低压配电装置和线路设计规程的要求进行施工而造成的，也有验收不认真、运行维护工作没做好等原因。

架设在同一档距间的导线弧垂必须相同（如图 1-25 所示），因为如果相邻导线的弧垂不相同，除可能发生混线事故外，弧垂不同的导线在气温变化时对电杆的张力不同，太紧的导线在靠近绝缘子的地方会由于疲劳破损而断裂。

**例 1.5** 农民张某在 380V 低压排灌线路旁伐树，当时过路人看到后警告说：“这树挺高，倒下会砸在电线上。”张某不加理会，继续伐树，最后树干突然向线路方向倾倒，树枝挂在电线上，造成三相短路。

**原因分析：**《农村安全用电须知》明确规定，在线路附近伐树时要找电工停止送电，或采取防止树倒向线路方向的措施。这次事故是张某违反规定，不听劝告造成的。农民伐树，没有经村电工同意，也没有在树干上拴拉绳和遵循锯口在与线路相对的一侧等要求，将会致使树倒砸坏低压线路。

**例 1.6** 一农民赶着毛驴往田中走，途中欲去解手，随手把毛驴拴在路边的电杆拉线上。这时对面有一老者牵着一头小毛驴走来，拴在电杆上的毛驴突然大叫起来，并用力挣扎。



电杆被拉歪，电线摆动，导致导线相互碰触，相间短路，出现弧光，并伴有一声巨响，线路停电。

**原因分析：**《农村安全用电须知》中明确规定，不要把牲口拴在电杆或拉线上，如图 1-26 所示。这次事故说明，牵牲口的人不懂安全用电常识。农村安全用电宣传工作不深入、不广泛，留有死角，是这次事故发生的主要原因。



图 1-25 同一档距导线弧垂相同



图 1-26 严禁在电线杆及拉线上拴牲口

## 1.6

### 线路接地故障的检修

#### ——错乱接地危害大

除了正常的工作接地和保护接地外，线路中某点由于绝缘损坏或其他原因与大地相接而形成接地，从而使线路中出现过电流、过电压，损坏设备或对人身造成危害等，均属于故障接地。

#### 1.6.1 线路单相接地故障的原因——相线接触接地体，停电危及众邻里

农村 10kV 配电线路在实际运行中经常发生单相接地故障，特别是在雨雪、大风等恶劣天气条件下，单相接地故障更是频繁发生，严重影响了变电设备和配电网的安全和经济运行。

发生单相接地故障后，一方面要进行人工选线，对未发生单相接地故障的配电线路要停止送电，中断正常供电，影响供电的可靠性；另一方面发生单相接地的配电线路将停运，在查找故障点和消除故障的过程中，不能保障用户正常用电。特别是在庄稼生长期，大风、雨雪等恶劣气候条件下，山区、林区等地形复杂地区以及夜间，不利于查找和排除故障，将造成长时间、大面积停电，对供电可靠性产生较大影响。

发生单相接地故障的原因很多，主要有 4 个方面。

- ① 线路附近的树枝等碰触导线，如图 1-27 所示。
- ② 导线接头处因氧化、腐蚀而脱落，如图 1-28 所示。



图 1-27 树枝碰触导线

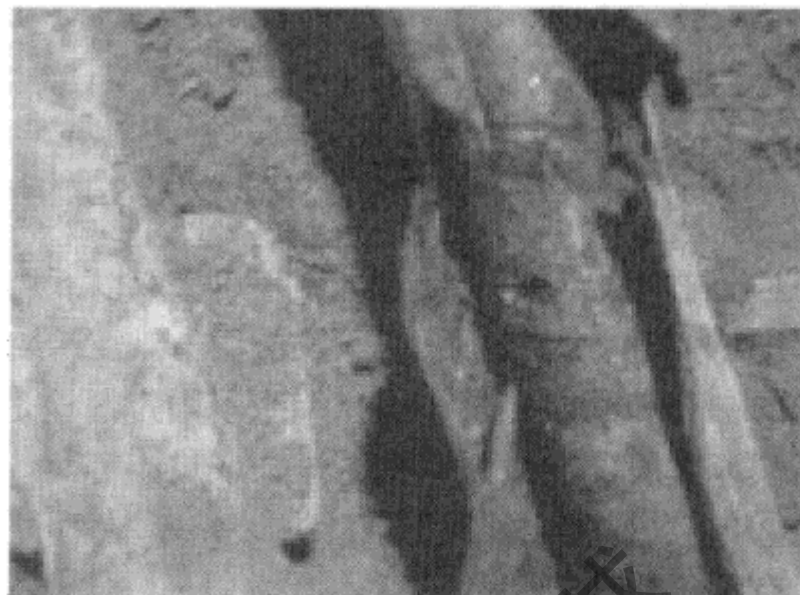


图 1-28 导线接头处被氧化、腐蚀

③ 外力破坏造成导线断开落地。如在线路附近伐树时树倒在线路上，线跨越道路时被行驶的汽车碰断等，如图 1-29 所示。

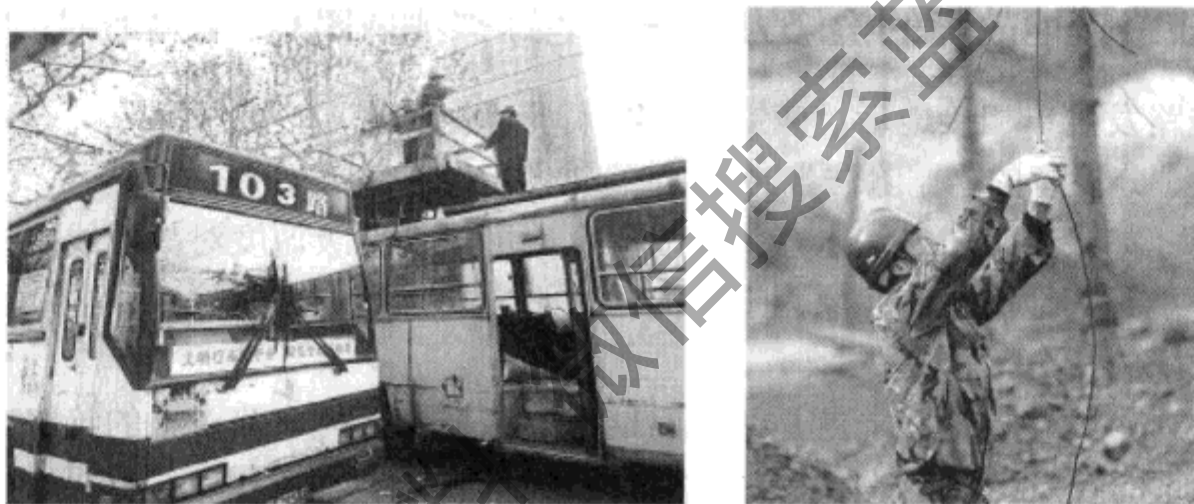


图 1-29 外力破坏造成导线断开

④ 电气元件（如绝缘子）的绝缘能力下降，对附近物体放电，如图 1-30 所示。



图 1-30 覆冰的电线杆

在以上多种原因中，导线断线、绝缘子击穿和树木短接是配电线路发生单相接地故障最主要的原因。

## 技能提高

## 预防线路单相接地的方法

对于配电线路单相接地故障，可以采取以下几种方法进行预防，以减少单相接地故障的发生。

① 对配电线路定期进行巡视，主要是看导线与树木、建筑物的距离是否合适，导线与绝缘子的绑扎和固定是否牢固，绝缘子固定螺栓是否松脱，横担、拉线螺栓是否松脱，拉线是否断裂或破股，导线弧垂是否过大或过小等。

② 在农村配电线路分支上加装熔断器，可以缩小故障范围，减小停电面积和缩短停电时间，有利于快速查找故障点。

③ 对配电变压器定期进行试验，对不合格的配电变压器进行维修或更换。

④ 对配电线路上的绝缘子、分支熔断器、避雷器等设备进行绝缘测试，不合格的要及时更换。

## 1.6.2 线路接地故障的检修方法——绝缘摇测或蹬杆，分段排除故障点

当配电线路发生单相接地后，应立即组织人员巡视线路，查找故障点。在查找过程中采取分片、分段、分设备的“排除法”，并与绝缘摇测、蹬杆检查等办法相结合，尽快找到故障点并排除故障。如果用上述办法未查找到故障点，可请求上级调度对故障线路试送电一次，如成功，则可能是其他不明偶然原因造成的；如不成功，则用“排除法”继续查找，直到查找到并排除故障为止。

从本质上讲，线路接地故障就是线路对地的绝缘损坏，使电路对地的绝缘电阻大大降低甚至为零。因此检修线路接地故障，只要测量线路对地的绝缘电阻即可，可用绝缘电阻表（兆欧表）进行测量，也可用万用表电阻挡进行测量。

如图 1-31 所示，当三相线路中的  $L_2$  相接地时，首先应拆除与三相线路相连的设备，使三相导线不能通过设备的绕组相互连在一起，然后用绝缘电阻表依次测量各相对地的绝缘电阻。显然， $L_1$ 、 $L_3$  相对地应有一定的绝缘电阻值，而  $L_2$  相对地的绝缘电阻为零或很小。当绝缘电阻为零时，用万用表电阻挡测量的结果一样；但当还有一定的绝缘电阻时，用万用表电阻挡测量，可能会得不到正确的结论。

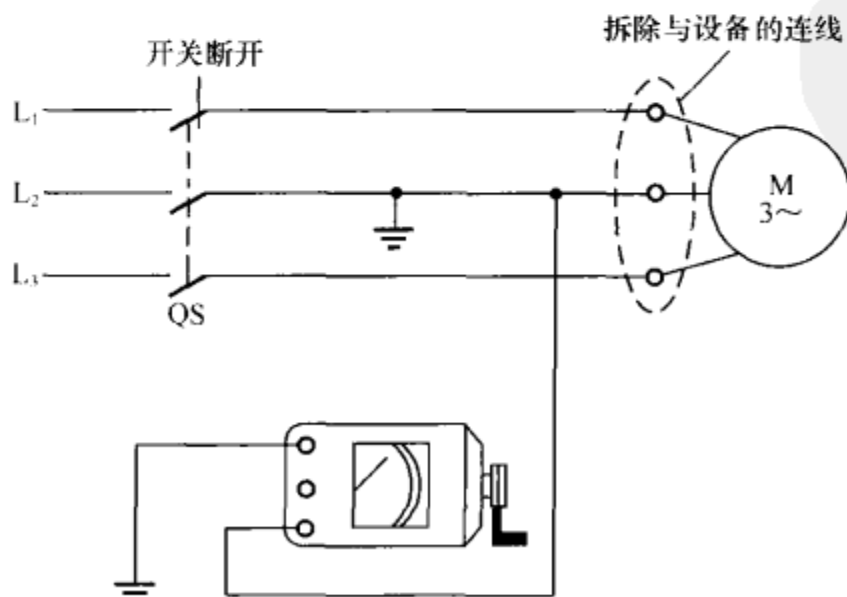


图 1-31 用绝缘电阻表检测线路接地故障



## 实例分析

**例 1.7** 刘某新建一处居室，墙壁还未干透即开始安装室内照明线路，各室内的照明线路及插座均用槽板敷设。安装完毕后送电，发现墙壁带电，如图 1-32 所示。

**原因分析：**经过对室内的主干线及各引线进行检查，均未发现问题。接着又对所有吊灯灯盒、开关盒、插座等进行检查，也未查出问题。最后采用分段试送的办法进行检查，结果在一间屋内的插座槽板上发现问题。原来在布线施工安装中，施工人员在固定槽板的盖板时，不慎将铁钉钉穿相线的绝缘皮层而直接与相线导体接触，此时恰又与固定槽板下底的铁钉接触，致使墙壁带电。

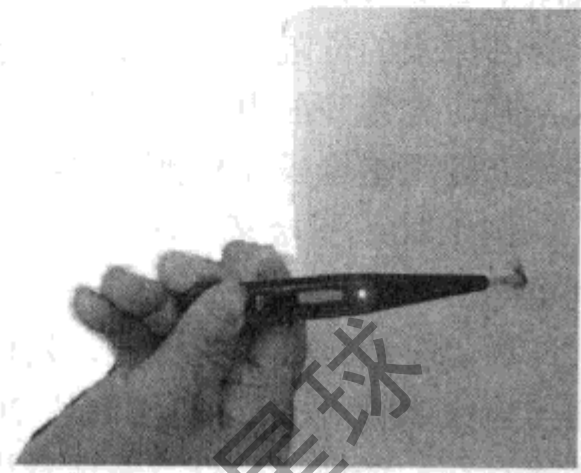


图 1-32 墙壁带电

**例 1.8** 由于毛竹倒到某 10kV 支线上，造成 24 号杆中相跌落熔断器 (RW3-10 型) 的熔丝管被烧成两段。电工周某到该支线的 24 号杆上更换熔丝管，因操作不当，造成带电侧熔丝断头与熔断器抱箍相碰，致使水泥杆带电。周某没有及时用绝缘操作杆拨开放电的熔丝断头以消除接地点，反而赶紧下杆躲避纷纷落下的火星。在其左脚落地，右脚仍在杆上脚扣内的一刹那间，发生了接触杆身跨步电压触电，周某脸部朝下翻入落差约为 1m 的水田内。站在田埂上监护的吴某见状立即下水田救人，当他走至距电杆 3.2m 处时，也被跨步电压击倒，仰面倒入水田内，两人生命危在旦夕。

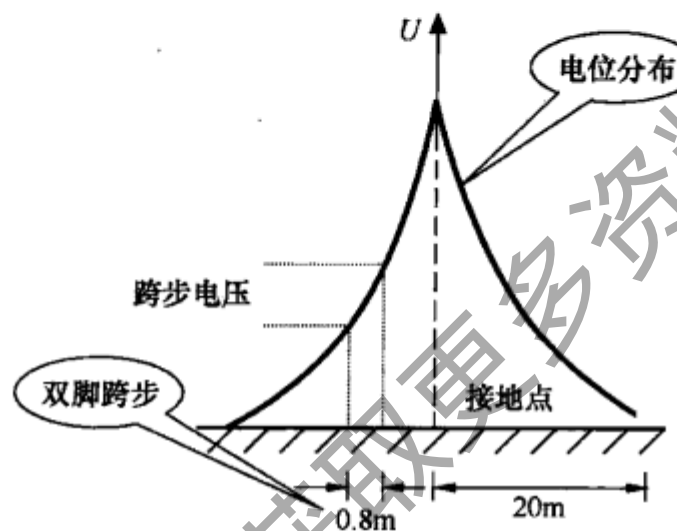


图 1-33 跨步电压触电

**原因分析：**工作人员站在水泥杆上时，短路电流主要通过水泥杆配筋流入大地，水泥杆的电阻小，相应的电位差小，因此，流经人体的电流很小，一般不会有麻电感觉。然而人体一旦接触地面，且两脚间存在一定距离，接地电阻及土壤电阻形成的电位差容易使人体因跨步电压而触电，如图 1-33 所示。防止跨步电压触电的措施是人体不能同时接触电杆和地面，应单脚或双脚并立跳动位移，或者穿绝缘靴，直到跳出危险地区为止（距电源接地点 8m 以外）。

**例 1.9** 某供电局输变电工程公司因施工需要拉开 10kV 线路上的分支跌落式熔断器，现场由李某操作，邵某监护。李某上杆操作时先拉开 B 相熔断器，发现有微小弧光，接着拉开 C 相熔断器，这时弧光很大，并有熔化的铝液滴在李某手上。李某由于心里害怕，从 4.95m 高处往下跳，两脚先接触水田，然后屁股和头部依次倒入水田中，其头部和两脚分别距离水泥杆根部 0.25m 和 1.6m，发生跨步电压触电，李某当即休克。监护人邵某见状即刻冲进水田抢救，但在水田中感到有麻电现象，又赶紧退回到田埂上。约 2min 后，杆上弧光消失，被抬出水田的李某脸色发紫，呼吸停止。幸亏距事故地点 20m 处有一卫生院，经医生及时奋力抢救，休克 10min 的李某脱离生命危险。

**原因分析：**经检查发现熔断器的型号为 RW4-10，发生事故时 C 相熔断器上桩头引线

负载电弧上升，引起熔断器固定螺栓头部放电，引线 LGJ-70 有 4 股被烧断。当时负荷电流为 13A。

发生类似电弧放电接地短路事故时，首先应设法将短路点切断。在本例事故中拉开 10kV 线路中的 C 相跌落式熔断器时，若发现弧光很大，并有熔化的铝液不断滴下，应迅速将熔断器合回原来的位置，使负载电流电弧熄灭，并弄清起弧原因。如分支线担负的变压器容量很大，则应先切开配电变压器负荷，再操作熔断器；如因操作不当引起引接线或熔丝头接地，应该立即用绝缘操作杆把引接线或熔丝断头挑开，使短路点消失，再设法将熔丝管摘下。

**例 1.10** 三楼某户职工一日在厨房内洗涤，偶然触及立于墙角的出气铸铁管子，当即遭到电击，幸未酿成事故。

**原因分析：**经电工检查，发现管子离地面 1m 以上部分带电。用万用表测量（表笔的一端接自来水管），发现电压高达 200V，而 1m 以下的管子无电压。断开住户电源，发现故障依然存在。经现场检查，发现室内、屋外管子均未与带电线路接触，也未与其他金属管道相连。对此楼采用逐户停电方法寻找故障点，查出是相邻另一单元三楼某户电冰箱线路绝缘损伤所致。

冰箱线路是住户自己安装的，采用塑料护套线明敷，沿楼板与墙交界处用铁钉固定。拆下导线检查，发现钉子固定处的导线绝缘有损伤。通过试验，发现有的钉子带电。那又怎么使相距 10m 以外的出气管带电呢？经与土建人员研究，认为每块楼板钢筋连成一体，楼板端头钢筋伸出部分可能互相接触，出气管孔较大（管径为 120mm），出气管与露出的钢筋接触，而固定冰箱导线的铁钉又较长，钉子接触楼板钢筋。这样形成导线、铁钉、钢筋、管子所组成的电流通路，结果使管子带电，与故障现象非常吻合，如图 1-34 所示。

为何管子下部没有对地电压？这是因为两管接头正好离地面 1m 左右，接口用水泥砂子固定，管子用于排气，长期处于干燥状态，上下管子处于绝缘状态，电阻达  $1M\Omega$ ，故下管不带电。

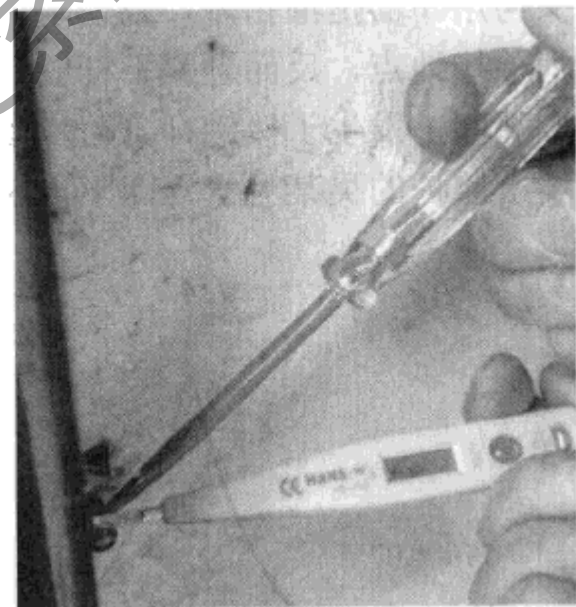


图 1-34 铸铁管带电

**例 1.11** 某单位新建一礼堂，电源配电箱的 220/380V 电源从户外架空线引入，然后穿钢管进入配电箱，导线为  $BLX-3 \times 95 + 1 \times 50 \text{mm}^2$ 。4 根导线分别穿入内径为 20mm 的普通钢管中。接通电源，带负载运行约 1h，与穿线钢管靠近的木条和油毡被烤焦后燃烧，酿成了一起火灾。火从何而来？谁是“纵火者”？

**原因分析：**经现场调查，发现穿线钢管严重发热，钢管表面油漆被烤焦，颜色暗黑，穿入的导线纸绝缘已被完全烤焦，但未穿入钢管的导线还正常。这说明不是导线发热造成的火灾。

带负载现场测量，发现三相电压正常，均为 380V 左右；负载电流为 266A，这在导线允许电流范围内。

经分析，认为钢管发热的原因就在于导线穿管时不能 4 根线分别穿管，而应 4 根线穿入同一钢管中。导线单独穿管时，其中的电流产生的磁通穿过钢管管壁（如图 1-35 所示），这一磁通必然在钢管这一铁磁物质中产生铁磁损耗。

交变的磁通在铁磁物质中的损耗包括涡流损耗与磁滞损耗。涡流损耗是主要的，约占全部铁磁损耗的80%。由于磁通的集肤效应，涡流损耗主要集中在钢铁件表面。

经过理论计算（其计算过程本书不介绍），环境温度为30℃时，钢管表面温度可达到240℃。这就是造成火灾的原因。

按照有关规定，同一交流回路的导线必须穿于同一钢管内。经改正后，4根导线穿在 $\phi 80\text{mm}$ 的同一钢管内，故障便被排除了。

**例 1.12** 朱某家中自来水管带电，他因碰触了自来水管而倒下，当场死亡。经诊断为触电死亡。

**原因分析：**经现场勘查，发现该栋楼房的民用供电系统为采用中性点直接接地的380/220V三相四线制低压供电系统（即TT系统）。触电者家中的电气线路采用暗管敷设，有专用接地线和接地体作为接地保护装置。整个电气线路与明敷的自来水管无任何连接。其家中浴室内的水管被引出，接至天井。当时为帮助解决附近建筑施工用水问题，又接了一段水管到施工现场，长约30m。整条管路敷设在地面的浅沟中，最后沿新建房屋的墙面接到水龙头上。这段新接的水管与用电设备无直接连接。

施工现场是一个还未完工的工厂的厂房和办公用平房。该厂房内的照明线路采用金属管明敷，基本完工，但无保护接地线。

当通电检查时，接通电源后即发现电线管带有220V电压，显然是相线与电线管之间有短路故障。经检查发现故障发生在朝东小间的一个日光灯的接线盒内，因电工对相线接线端处的绝缘包扎不良，致使相线与接线盒盖相碰，造成短路。

这与水管带电有什么关系呢？经分析，由于连日阴雨，砖墙结构的建筑施工未完，防水性能很差，房顶的积水沿墙而下，造成整个墙面湿淋淋的。用500V绝缘电阻表在电线管和电线管下约1.5m处的自来水管之间进行摇测，发现绝缘电阻值接近零（如图1-36所示），至此水管带电的原因已经查明。

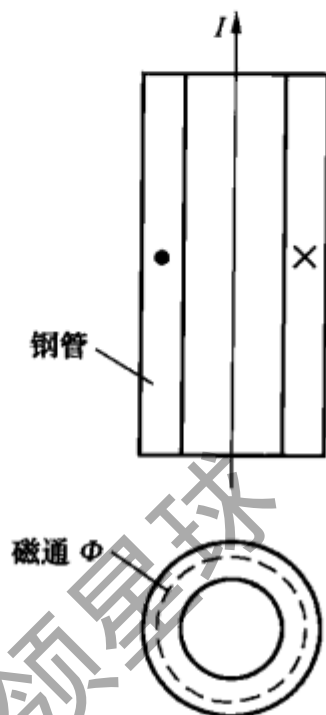


图 1-35 导线电流在钢管中的磁通

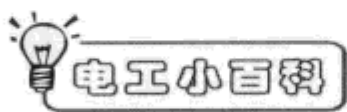


图 1-36 自来水管带电



水管带电的原因总结如下。

- ① 电气线路未进行保护接地。
- ② 电线头与金属电线管有短路故障。
- ③ 墙面潮湿造成导电，使自来水管带电。



### 防止电网遭受冰冻雪灾的设想

我国南方之所以会形成冰冻灾害，一是因为南方湿度大；二是因为温度低于冰点  $10^{\circ}\text{C}$  以内，电线温度低，致使水蒸气在较冷的电线上不断冻结，冰愈结愈多，最后酿成灾害。

如果设法使电线表面温度保持在冰点以上，电线表面就不会结冰。可选用具有热磁效应的材料做电线，这种电线在通有电流的情况下，其周围就形成磁场。这种热磁敏感材料用于输电线路，当交变电流通过输电线路时，将产生感生磁滞损耗和涡流损耗，并以热的形式表现出来，可以除去或防止输电线路结冰。因此，只要选择具有足够大热磁效应的材料做电线和电缆芯线，电缆线就会产生足够的热量，其表面就不会结冰。为了节省热磁敏感材料和保持电流传送能力不变，只有采用镀膜办法，在电线表面镀上热磁敏感材料，在输电线路本身磁场的作用下，电线表面温度升高，才可避免电线结冰。

这是一个科研课题：要研究高压线路在正常运行情况下所产生的磁场大小；还要研究在这种磁场的作用下选择什么成分的热磁材料做电线的薄膜，才能使电线表面既不结冰又不影响输电能力。

以上“奇思妙想”若能实现，便可防止像 2008 年春冰冻雪灾造成南方 14 省电网瘫痪事故（见图 1-37）的再度发生。

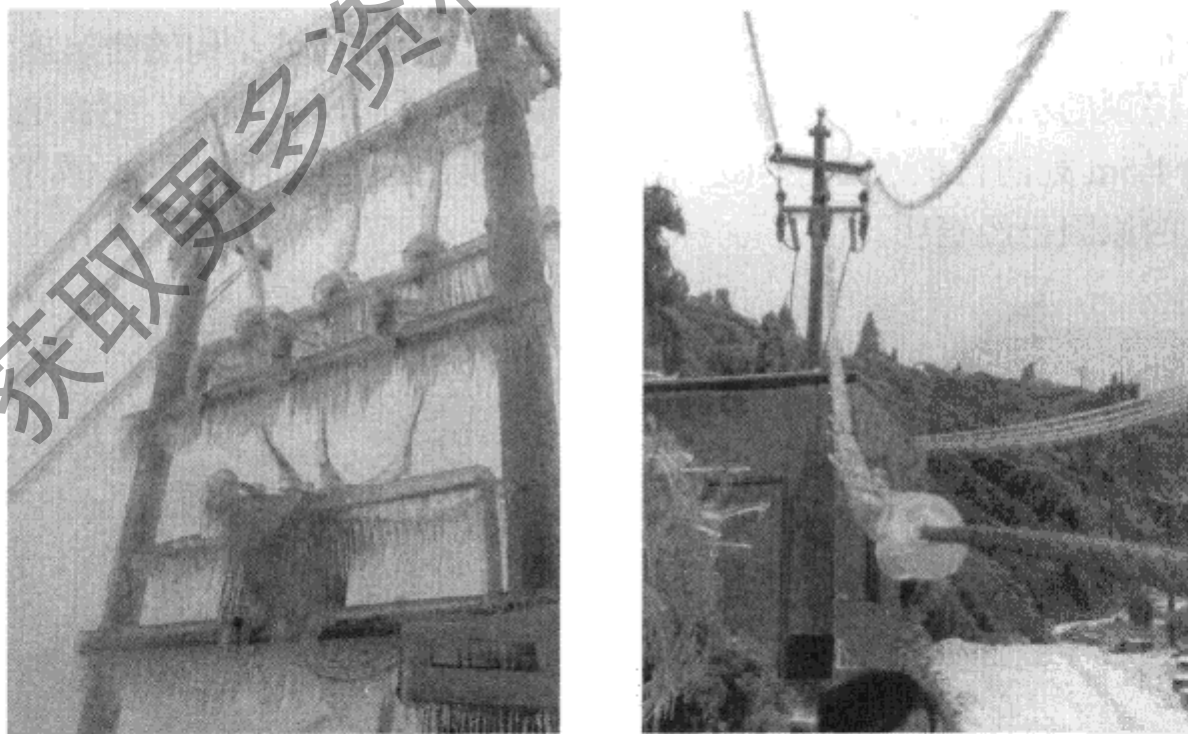


图 1-37 2008 年春冰冻雪灾致使南方电网瘫痪



想一想 防止电网冻灾，你还有什么设想？

## 第2章 室内照明装置常见故障检修

### ——灯火通明万家乐

照明装置通常指全套的照明设备，包括所有安装和通电所需要的部件，它在不同程度上影响着人们的生活和工作。照明装置出现故障时，一般是利用试电笔、万用表等工具查找故障部位。检修照明装置要特别注意安全，一般不带电操作；必须带电操作时，一定要有安全防护措施。

通过本章学习，要求达到以下目标。

#### 知识目标

- ① 掌握电阻、电压的单位换算。
- ② 了解照明电路的3种故障状态。
- ③ 了解照明电路故障检修的一般程序和停电检修措施。
- ④ 了解照明电路检修的一般方法。

#### 能力目标

- ① 综合运用试电笔、电池灯、校验灯和万用表等工具检修照明电气故障。
- ② 综合运用校验灯法、电阻法和电压法等检修照明电气故障。
- ③ 掌握室内照明配电装置常见故障的检修方法。

## 2.1 照明装置常用检修工具

### ——侦察奇兵探电路

电工用于室内照明装置检修的工具和仪表很多，详细见《轻轻松松学电工——基础篇》。这里主要介绍试电笔、电池灯、校验灯和万用表等常用工具及仪表在检修照明装置时的应用。

#### 2.1.1 试电笔——笔尖接触被测点，一眼认定有无电

试电笔是一种测试电气设备是否带有较高对地电压的测试工具，它不但可以测试设备是否带电以及电压的高低，还能区分交流电与直流电、相线与中性线，判断直流电的正、负极等。

常用的试电笔有氖管式试电笔和数字感应式试电笔，用这两种试电笔检修照明装置都很方便。下面主要介绍用试电笔检修照明装置的方法。

在检修照明电路时，常有这样的情形：用试电笔接触灯头插座的两个电极时，氖管都发光，照明灯泡却不亮。对于这种情形，经稍微细致观察还可发现，用试电笔接触灯头插座的两个电极时，氖管发光的亮度并不一样。有经验的电工立刻可以判断出，这是照明电路中的零线断路了。

为什么零线断路了，试电笔与它接触时反而能发光呢？这也不难理解，当试电笔的金属笔尖接触相线时，电流经试电笔及人体的对地电容  $C$  入地，与零线构成回路，氖管正常发光。如果零线在图 2-1 中的某点  $M$  处断开了，零线的  $a$  段与相线离得很近，且有一定长度，则  $a$  段与相线之间存在一个等效电容  $C'$ 。当用试电笔的金属笔尖接触零线  $a$  段上的一点时，相当于在笔尖前串接了电容  $C'$  后去接触相线，于是电流通过相线、 $C'$ 、试电笔、 $C$  到地，构成一个回路，氖管会发光。但因  $C'$  与  $C$  相当于串联，总电容小于  $C$ ，总容抗增大，所以

流过氖管的电流小于试电笔直接接触相线时的电流，氖管发光的亮度就差些。

值得特别提醒的是，使用试电笔之前，首先进行外观检查，若外部绝缘损坏、受潮、进水或笔内无安全电阻等，该试电笔不能再使用。然后在确认有电的带电体上（如刀开关、插座等）测试一下，观察氖管发光是否正常，以确认试电笔的好坏，防止检查时判断错误，如图 2-2 所示。

使用氖管式试电笔时，一定要用手触及试电笔尾端的金属部分，如图 2-3 所示；否则，因带电体、试电笔、人体与大地没有形成回路，试电笔中的氖泡不会发光，从而造成误判，认为带电体不带电，这是十分危险的。

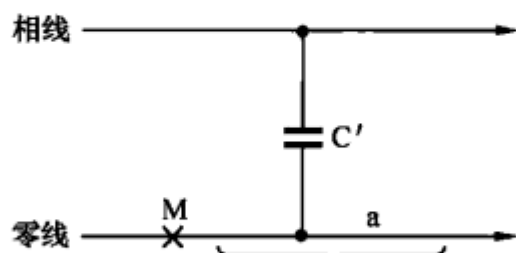


图 2-1 试电笔检查零线断路故障原理图

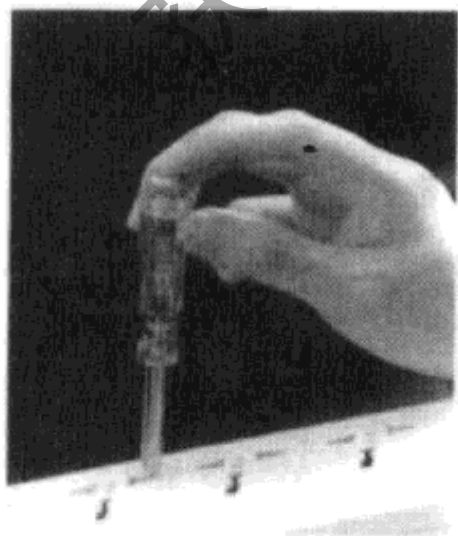


图 2-2 检查试电笔的好坏



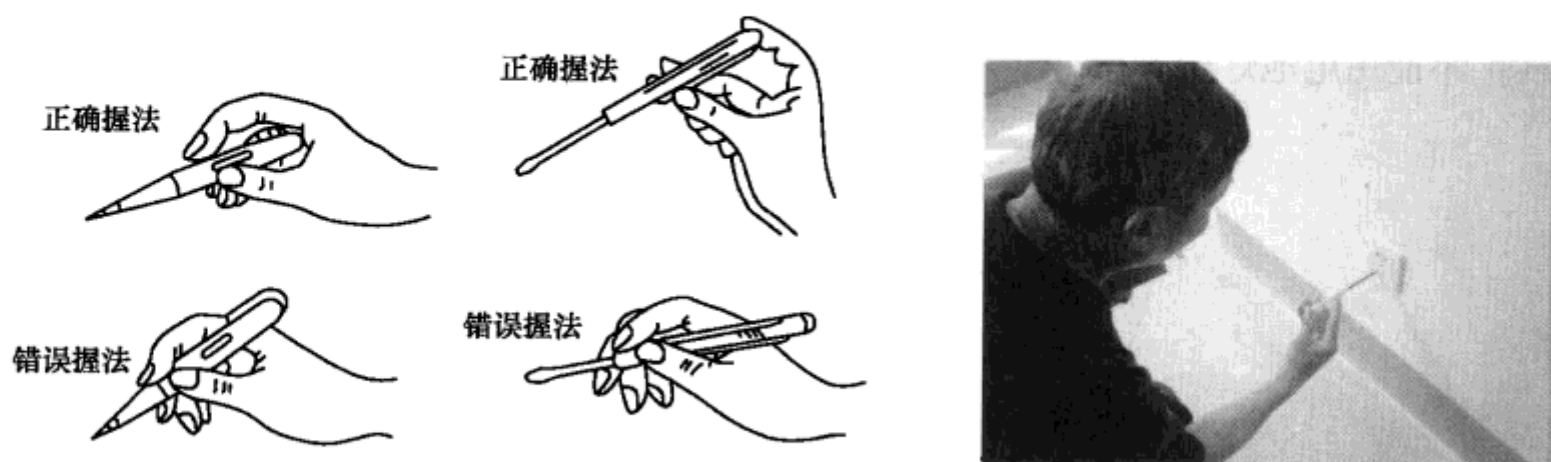


图 2-3 试电笔的握法

利用数字感应式试电笔检查照明装置的最大优势在于无需物理接触，可检查控制线、导体和插座上的电压或沿导线检查断路位置，因此数字感应式试电笔用于线路检修非常方便，如图 2-4 所示。

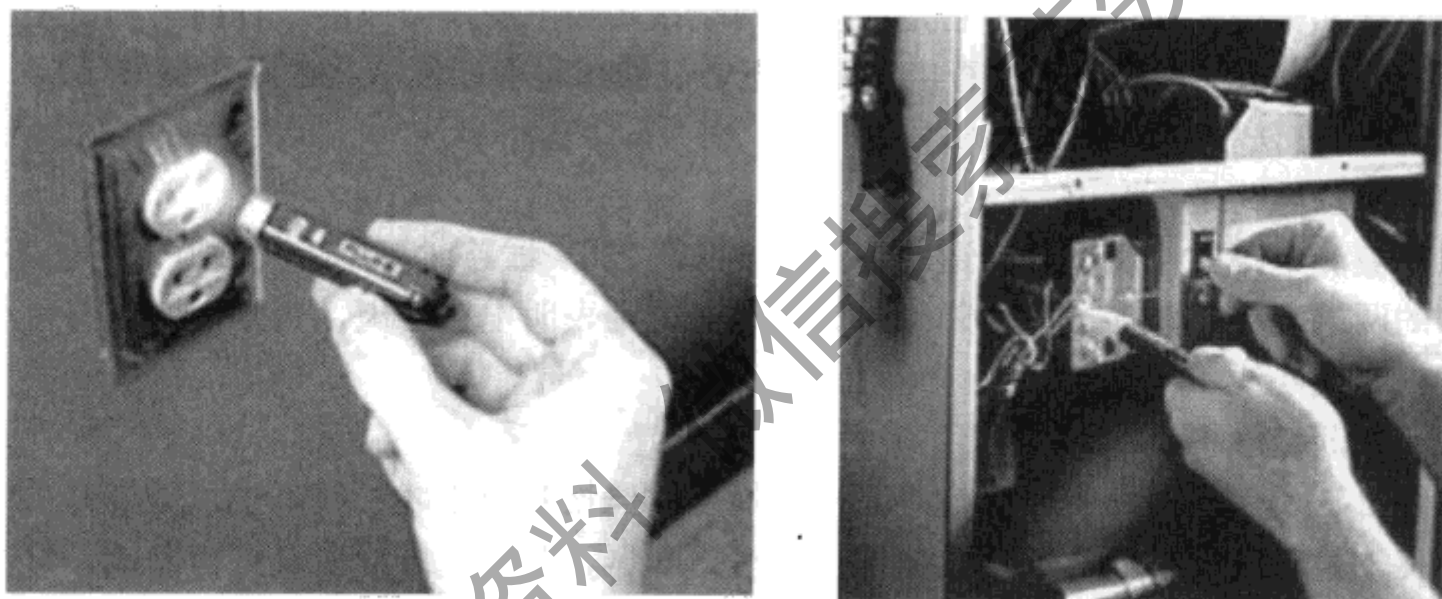


图 2-4 数字感应式试电笔的使用



想一想

检查照明线路时，用试电笔分别去接触灯头上的两个铜柱，氖泡都发光；把开关拉动一下后灯亮了，这是什么原因？

提示：这是因为把开关串接在零线上了。

### 2.1.2 电池灯——灯亮线通灯灭断，检查线路真方便

电池灯一般由两节电池和一个手电筒用 2.5V 小灯泡组成，如图 2-5 所示。在没有万用表的情况下，用电池灯来检查线路的通断和校对线号非常方便。

#### 1. 使用方法

使用时，先将电池灯的两个鳄鱼夹短接，如灯泡点亮，则表明电池灯正常；如灯泡不亮，则表明电池灯有故障。然后，将电池灯的两个鳄鱼夹分别接在被测线路的两端，如电池灯点亮，则表明所测线路正常，否则表明被测线路断线。

#### 2. 注意事项

- ① 先切断电源，防止电池灯两端承受高电压而损坏。

- ② 如被测电路与其他电路并联时，必须将被测电路与其他电路分开。
- ③ 不能用电池灯检查存在较大阻值的元件（如电阻、接触器线圈等）。

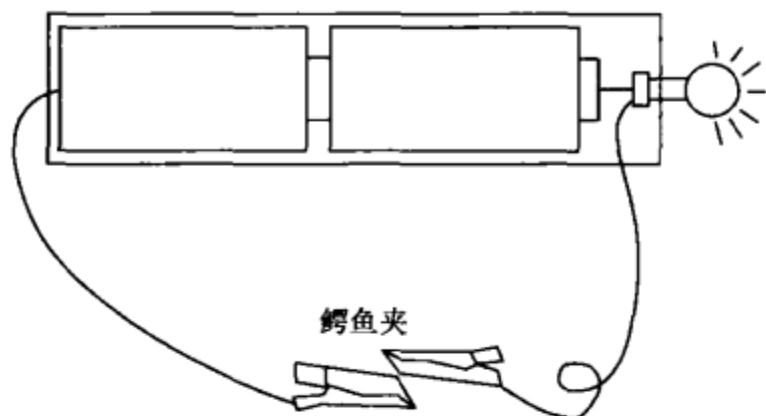


图 2-5 电池灯示意图

### 2.1.3 校验灯——线路故障难查找，试灯检查就是好

校验灯又称校火灯、试灯，它是在灯泡两端接两根电源线做成的一种简单测试工具，如图 2-6 所示。校验灯可以用来检查电压是否正常、线路是否断线或接触是否良好等。

#### 1. 使用方法

##### (1) 检查电路是否有电

根据被测电路的电压选择合适的灯泡，如测量 220V 线路时可用一只 220V 灯泡，然后将校验灯的两端直接并联在被测电路上，如灯泡亮，则表明电路有电，否则说明电路可能停电或有一根导线断线。

##### (2) 判断接触不良

在图 2-7 所示的电路中，灯泡不亮，可能是熔丝熔断或导线断线，也可能是开关或灯口接触不良。检查时将校验灯的两端依次并接在熔断器、开关、导线段及灯口两端，灯泡亮时表明所并联的元件或导线断路。

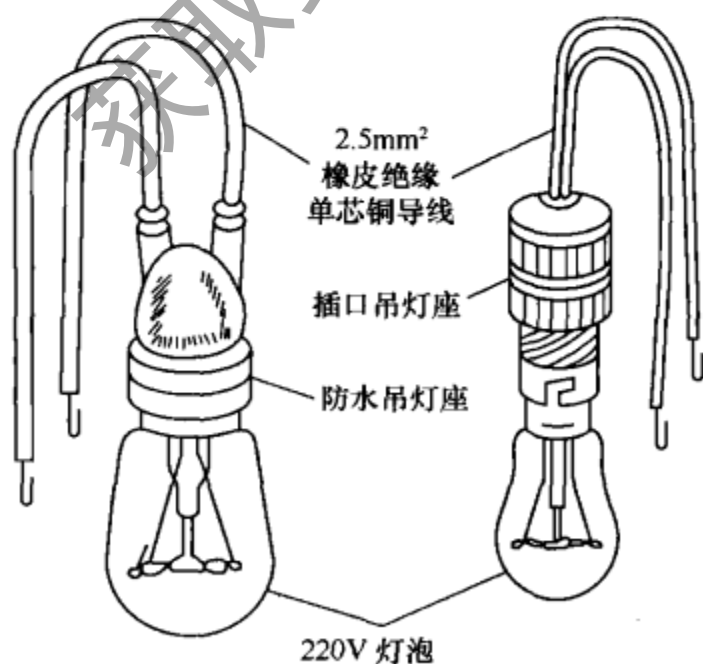


图 2-6 校验灯

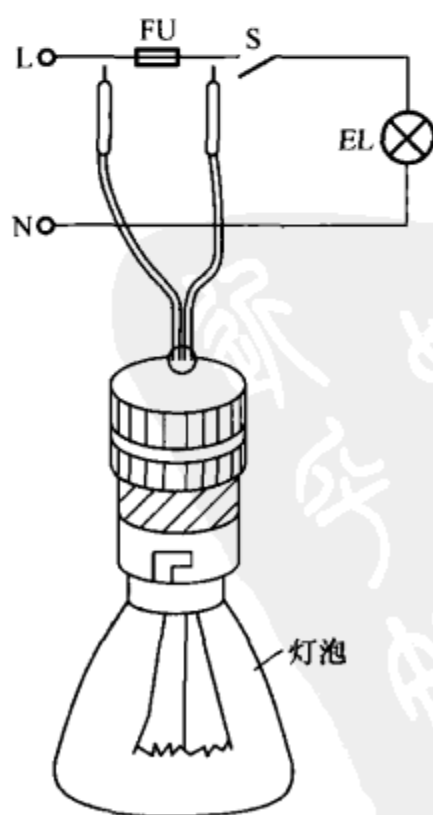


图 2-7 用校验灯检查照明电路

## 2. 注意事项

① 灯泡的额定电压应与被测电压相匹配,防止电压过高将灯泡烧坏;电压过低时,灯泡不亮。一般检查 220V 控制电路时,用一只 220V 灯泡;检查 380V 控制电路时,要用两只 220V 灯泡串联;检查 36V 控制电路,要用 36V 的低压灯泡。

② 查找断路故障时,宜用 15~60W 的灯泡;而查接触不良故障时,宜采用 150~200W 的灯泡。

③ 校验灯的导线裸露部分不要过长,以防引起触电或短路事故。

### 技能提高

## 如何检修家庭照明电路

为检查照明电路的故障,电工经常采用的方法是:取下保险丝,将额定电压为 220V 的校验灯接在保险丝两端的接线上,如图 2-7 所示。在检查某盏灯之前,先断开所有开关,再闭合该支路开关,若校验灯恰能正常发光,说明该支路短路;若校验灯发光不正常(暗红色),说明该支路工作正常。

在照明电路中,各盏灯都是并联接在相线和零线之间的。当断开所有开关后,各支路的相线和零线之间都形成了断路,代替保险丝串联接在相线中的校验灯不发光。再闭合某支路开关,如果该支路断路,校验灯仍不发光;如果该支路短路,校验灯一端接相线,另一端通过短路导线接在零线上,两端电压等于额定电压,为 220V,灯泡正常发光;如果该支路正常,校验灯和该支路的电灯串联,校验灯两端的电压小于额定电压,不能正常发光(发光暗淡)。

这给我们提供了一种用灯泡检查家庭照明电路是否出现故障以及出现何种故障的方法,具有很高的实用价值;同时考查了我们运用电路知识分析和解决电路问题的能力,其关键是要理解短路、断路的概念和串联电路的特点。

**想一想** 在检修照明装置时,在什么情况下使用电池灯,在什么情况下使用校验灯?

### 2.1.4 万用表——电气故障有多种,万用电表显神通

万用表是一种多用途的电工仪表,常用的万用表有指针式万用表和数字式万用表两大类。在检测照明装置及其线路时,一般用万用表电阻挡测量线路的通断情况,初步检查线路和电器的绝缘情况;用交流电压挡测量线路和器件有无电压以及电压是否正常。

#### 1. 用电阻挡测量线路的电阻值

##### (1) 直流电阻测试的作用

对于用电线路以及各种与电有关的电路,都可使用欧姆表(万用表电阻挡的简称)作为测试工具进行测量。电阻测试具有安全、方便、容易等特点,备受电路设计、检修人员推崇。通过测试线路电阻值的大小,可确定线路是否断路或短路;通过测元器件的正常电阻值与故障时的电阻值并进行比较,可确定元器件的好坏等。



### (2) 电阻的单位换算

电阻的基本计量单位是欧姆，简称欧，用符号  $\Omega$  表示。常用的电阻计量单位是兆欧 ( $M\Omega$ )、千欧 ( $k\Omega$ ) 和欧 ( $\Omega$ )，它们的换算关系为：

$$1M\Omega = 1000k\Omega = 1000000\Omega = 10^6\Omega$$

$$1k\Omega = 1000\Omega$$

如图 2-8 所示，选择不同的量程就涉及单位换算问题。如果万用表的量程开关指向的是  $R \times 1$  (或  $\Omega \times 1$ 、 $\times 1$ )，表示该挡的量程倍率是刻度读数乘以 1，单位是  $\Omega$ ；如果万用表的量程开关指向的是  $R \times 100$  (或  $\Omega \times 100$ 、 $\times 100$ )，表示该挡的量程倍率是刻度读数乘以 100，单位可以用  $\Omega$  表示，也可以用  $k\Omega$  表示；如果万用表的量程开关指向的是  $R \times 10k$  (或  $\Omega \times 10k$ 、 $\times 10k$ )，表示该挡的量程倍率是刻度读数乘以 10000，单位可以用  $k\Omega$  表示，也可以用  $M\Omega$  表示。

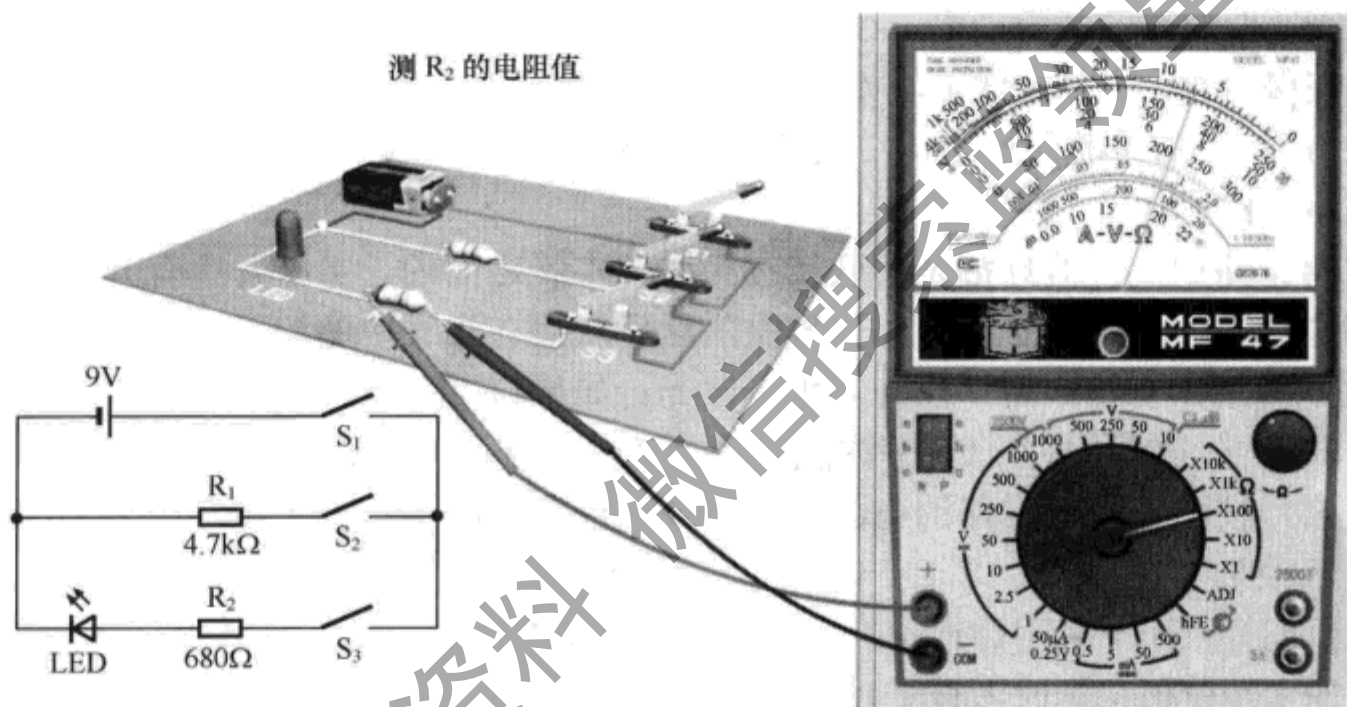


图 2-8 根据测试电阻选择量程

### (3) 电阻测试接线

测试电阻时，应将被测器件脱离电源，然后检查电阻挡零位并进行调零。一般将红表笔的插头插入指针式万用表的“+”插孔，黑表笔的插头插入万用表的“-”插孔；用于线路通断测试时，也可以将红表笔的插头插入指针式万用表的“-”插孔，黑表笔的插头插入指针式万用表的“+”插孔。

将量程开关置于某一挡，使万用表的两支测试笔短接，如果指针指示偏离零位，就调节欧姆调零器，使仪表指针指示在零位，并且随即将两支测试笔分开，调零结束。

### (4) 操作要领

测量电阻选量程，两笔短接先调零。  
 旋钮到底仍有数，更换电池再调零。  
 断开电源再测量，接触一定要优良。  
 两手悬空测电阻，防止并联变精度。  
 要求数值很准确，表针最好在格中。  
 读数勿忘乘倍率，完毕挡位电压中。

测量电阻选量程——测量电阻时，首先要选择适当的量程。

两笔短接先调零——选择好适当的量程后，要对表针进行“电阻调零”（也叫欧姆调零），其方法如图 2-9 所示。注意，每次变换量程之后都要进行一次欧姆调零操作。

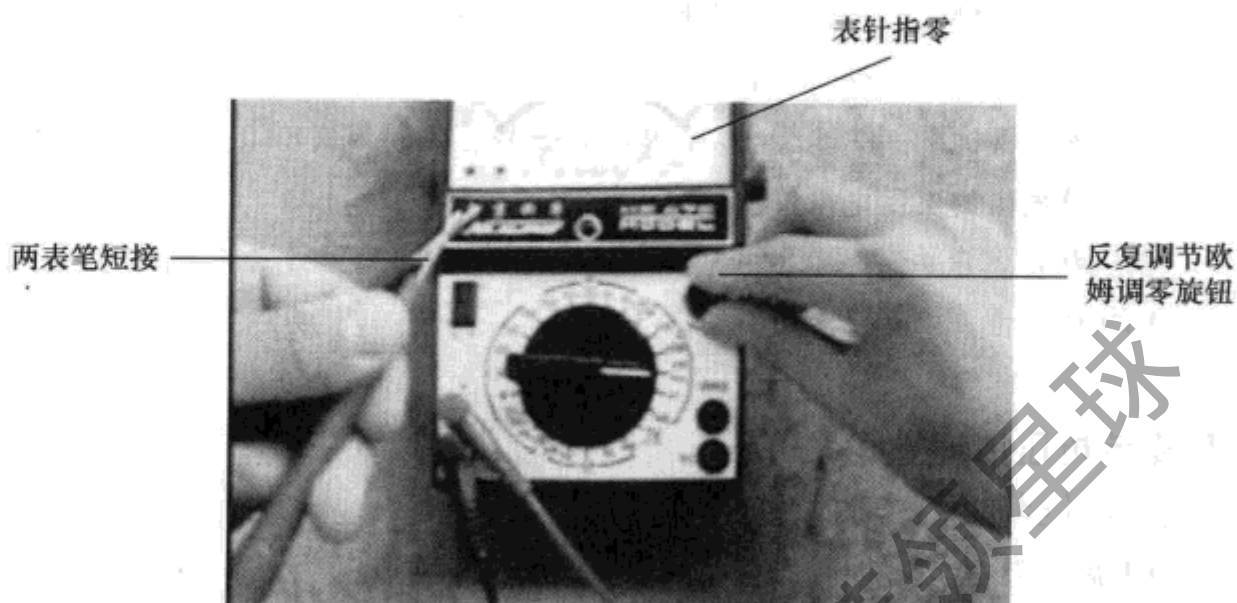


图 2-9 欧姆调零的方法

旋钮到底仍有数，更换电池再调零——如果欧姆调零旋钮已经旋到底了，表针始终在  $0\Omega$  刻度线的左侧，不能指在“ $0\Omega$ ”的位置上，说明万用表内的电池电压较低，不能满足要求，需要更换新电池后再进行上述调整，如图 2-10 所示。

说明

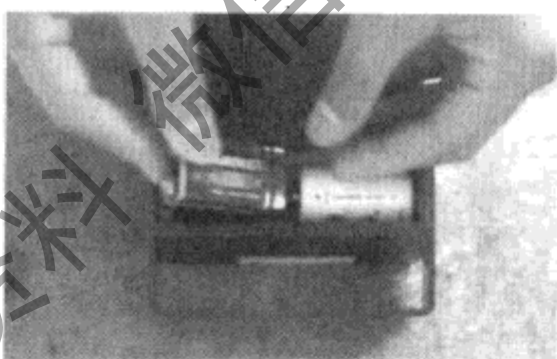


图 2-10 更换表内电池

断开电源再测量，接触一定要优良——如果是在路测量电阻器的电阻值，必须先断开电源再进行测量，否则有可能损坏万用表，如图 2-11 所示。在测量时，一定要保证表笔接触良好（用万用表测量电路的其他参数时，同样要求表笔接触良好）。

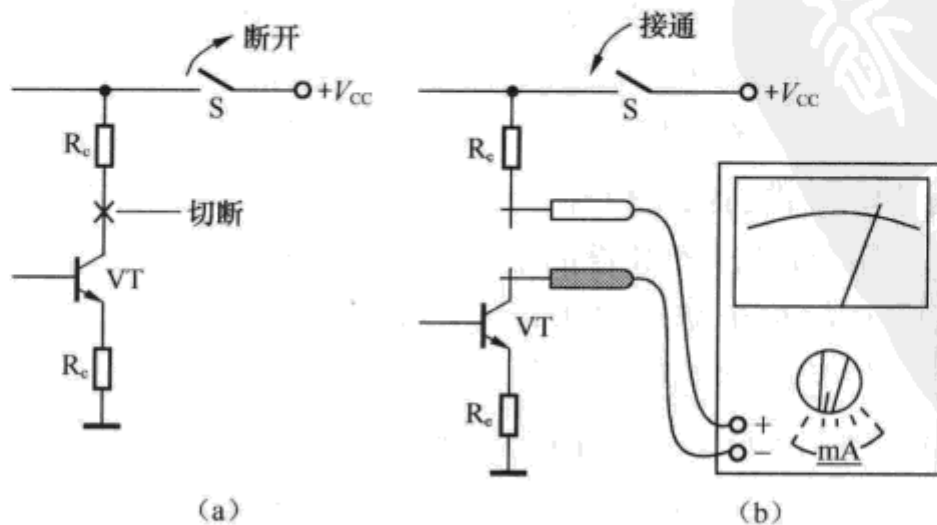


图 2-11 断开电源再测量

两手悬空测电阻，防止并联变精度——测量时，两只手不能同时接触电阻器的两个引脚。因为两只手同时接触电阻器的两个引脚，等于在被测电阻器的两端并联了一个电阻（人体电阻），所以将会使得到的测量值小于被测电阻的实际值，影响测量的精度。

要求数值很准确，表针最好在格中——量程选择要合适，若量程太大，则不便于读数；若量程太小，则无法测量。只有表针在标度尺的中间部位时，读数才最准确。

读数勿忘乘倍率——读数乘以倍率（所选择挡位，如  $R \times 10$ 、 $R \times 100$  等中的“10”、“100”），就是该电阻的实际电阻值。

完毕挡位电压中——测量工作完毕后，要将量程选择开关置于交流电压最高挡位，即交流 1000V 挡位。

## 2. 用交流电压挡测量线路电压

### (1) 交流电压测试的作用

在家用电器、办公设备中，大部分是采用交流电源供电的，如空调器、电冰箱、洗衣机等。对这些电器进行调试或检修时，常常要通过测试电路的交流电压来检查电路的电源供给情况，通过电压测试判断设备的工作条件、确定电路检修的区间等。

### (2) 交流电压的单位换算

交流电压的基本计量单位与直流电压的基本计量单位相同，也是伏特，简称伏，用符号 V 表示。万用表中常用的交流电压计量单位是千伏 (kV)、伏 (V) 和毫伏 (mV)，它们的换算关系为：

$$1\text{kV} = 1000\text{V}$$

$$1\text{V} = 1000\text{mV}$$

$$1\text{mV} = 0.001\text{V}$$

如果万用表的量程面板上标注的是 ACV 500V，则表示该挡的量程范围是交流电压 500V；如果万用表的量程开关指向的是 ACV 200mV（或 ACV 200m），则表示该挡的量程范围是交流电压 0.2V。

### (3) 交流电压测试接线

测试交流电压的接线如图 2-12 所示。

将红表笔的插头插入万用表的“+”插孔，黑表笔的插头插入万用表的“-”插孔；数字式万用表的红测试线插入“V.mA”或“V.mA.Ω”插孔，黑测试线插入“COM”插孔。用红表笔接交流电源的高电位端 (L)，黑表笔接交流电源的低电位端 (N)，可完成电源端电压的测试。如果将万用表的交流电压挡与正在工作的交流负载并联，即万用表的红表笔接负载的高电位端，黑表笔接负载的低电位端，可完成交流负载端电压的测试。图中  $V_1$  测试的是镇流器的端电压， $V_2$  测试的是日光灯管的端电压。

MF47 型万用表有 5 个交流电压量程，位于面板的正上方。为提醒使用者注意安全，交流电压量程全部用红色的字符标示，如图 2-13 所示。

在测量 1000V 以下的交流电压时，将量程选择开关置于适当的交流电压挡，如图 2-14 所示。测量时要特别注意安全，手不能接触表笔的金属部分。



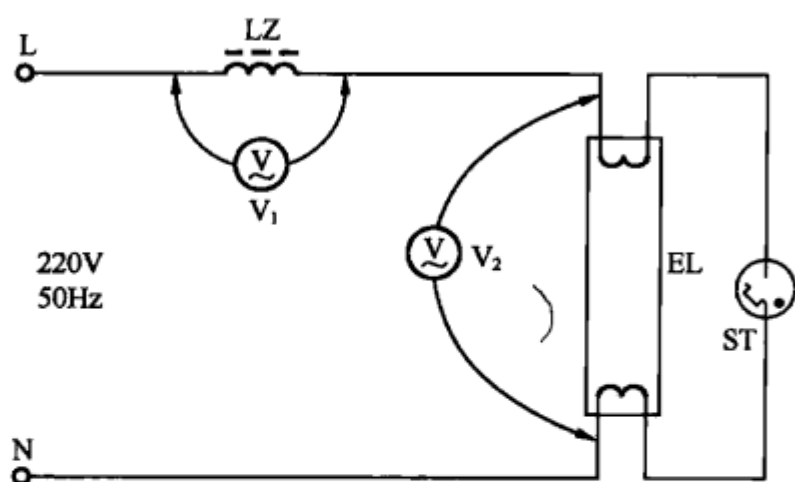


图 2-12 用交流电压挡测试日光灯电路

交流电压量程

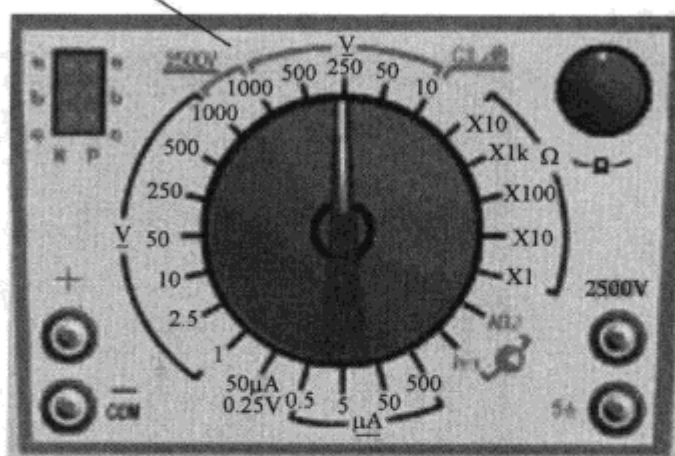


图 2-13 交流电压量程档位

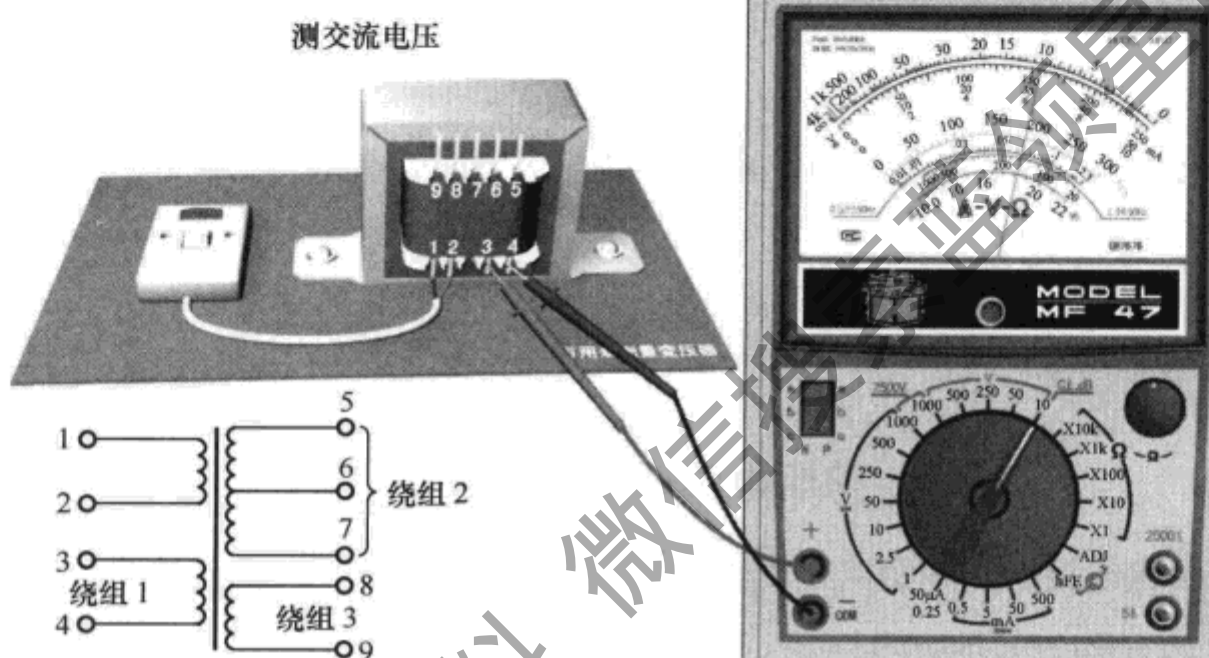


图 2-14 测量变压器绕组的电压

#### (4) 操作要领

量程开关选交流，挡位大小合要求。  
 确保安全防触电，表笔绝缘很关键。  
 两笔并联电路端，不分火线与零线。  
 测出电压有效值，高于一千选二五。  
 莫碰表笔金属杆，勿忘换挡先断电。

#### 说明

量程开关选交流，挡位大小合要求——测量交流电压时，必须选择适当的交流电压量程。若误用电阻量程、电流量程或者其他量程，有可能损坏万用表，一般是内部的保险管（见图 2-15）损坏。

确保安全防触电，表笔绝缘很关键——测量交流电压时必须注意安全，这是该歌诀的核心内容。因为测量交流电压时万用表与带电电路的距离相对较近，所以特别要注意安全。如果表笔破损、表笔引线露铜等，应该完全处理好后才能使用。

两笔并联电路端，不分火线与零线——测量交流电压与测量直流电压的接线方式相同，即万用表与被测量电路并联，但测量交流电压时不用考虑哪个表笔接相线，哪个表笔接零线，如图 2-16 所示。

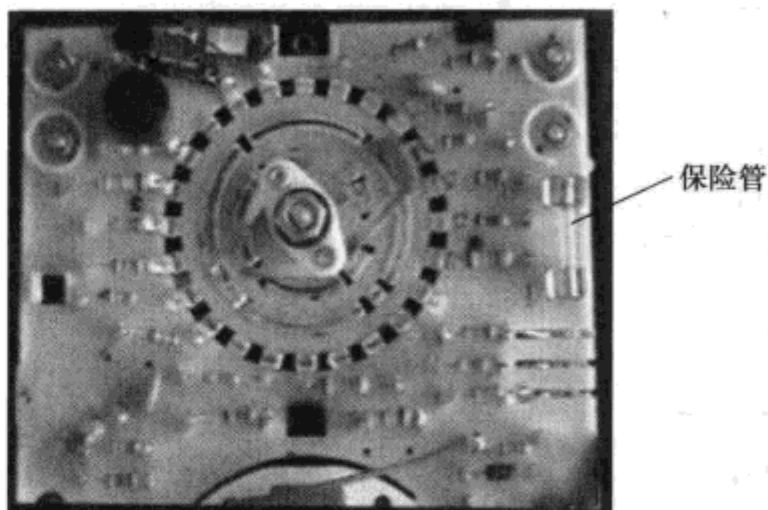


图 2-15 MF47 型万用表的保险管

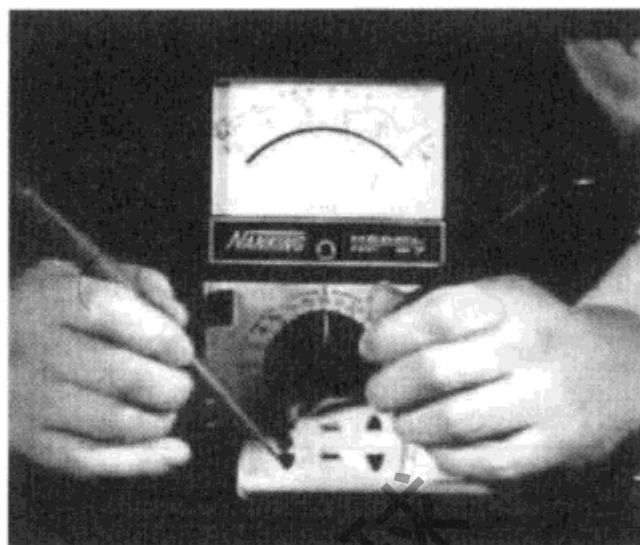


图 2-16 测量 220V 交流电压

测出电压有效值，高于一千选二五——用万用表测得的电压值是交流电的有效值。如果需要测量高于 1000V 的交流电压，要把红表笔插入 2500V 插孔。不过，这种情况在实际工作中一般不容易遇到。

### 知识链接

## 照明电路的 3 种故障状态

① 零线和相线接触造成短路，如导线过载发热造成短路，电感镇流器线圈匝间绝缘损坏造成短路等。

② 电源线因损坏造成断路，如导线受外力影响造成断路；导线接头接触不良，如铜、铝线连接时，未使用铜铝过渡排而直接缠绕在一起造成接触不良。

③ 电流分配不均，相电压不一，零线中有零序电流。空气开关的规格过大或过小，起不到保护作用。

### 案例分析

例 2.1 日光灯灯管不启辉故障检修。

四线头镇流器日光灯原理接线如图 2-17 所示。

**分析与检修：**开始怀疑启辉器有问题，更换启辉器后故障仍然存在。用万用表交流电压 250V 挡测得 L 线与 N 线之间的电压为 220V，接通电源开关后测得 L 线与 N 线之间的电压为 220V，表明电源开关是好的。2 与 N 线之间的电压为 220V，4 与 N 线之间的电压也是 220V，表明镇流器一次侧和日光灯管正常。再测量 3 与 N 线之间的电压，表上无指示，判定断点在 3 与 N 线之间。

断开电源开关，取下启辉器，用万用表测得 3 与 4 之间的电阻为无穷大，确定是镇

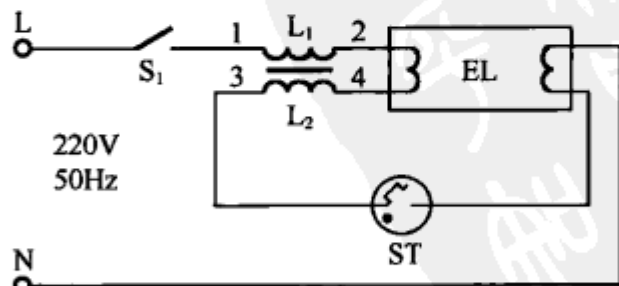


图 2-17 四线头镇流器日光灯原理接线图

流器二次绕组断路。更换镇流器后，照明恢复正常。

### 例 2.2 混合电路检修实例。

如图 2-18 所示， $SB_2$  接通， $EL_2$  亮， $EL_1$  不亮； $SB_1$ 、 $SB_2$  均接通， $EL_2$  亮， $EL_1$  不亮，吊扇工作正常； $SB_1$  接通， $SB_2$  断开，吊扇能正常工作， $EL_1$ 、 $EL_2$  中有一个能发出滚动的波形弱光，另一只灯管则不亮。

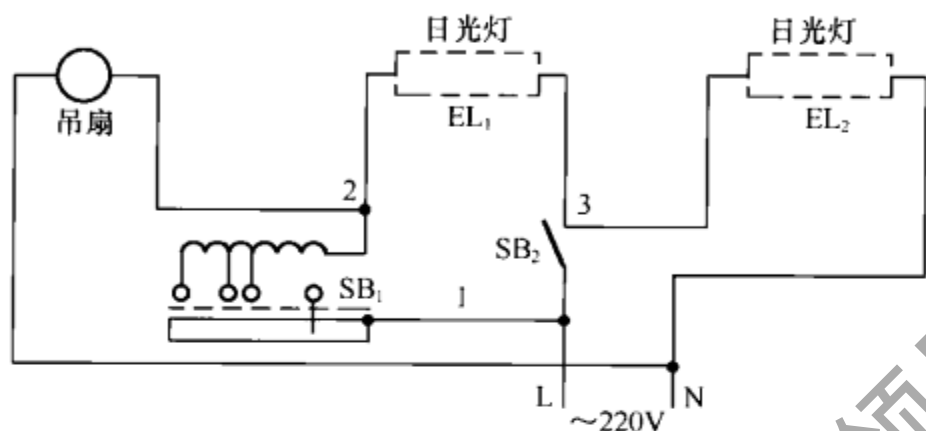
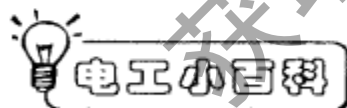


图 2-18 混联照明线路示意图

**分析与检修：**用万用表交流电压 250V 挡测得 L 线与 N 线之间的电压为 220V。关掉  $SB_1$ ，接通  $SB_2$ ，测得 3 与 N 线之间的电压为 220V， $EL_2$  点亮，这说明  $EL_2$  回路正常。断开  $SB_2$ ，接通  $SB_1$ ，用万用表测得 1 与 N 线之间的电压为 220V。接通  $SB_1$ ，测得 2 与 N 线之间的电压为 220V，吊扇正常旋转，说明吊扇是在额定电压下工作。断开  $SB_2$ ，接通  $SB_1$ ，测得 2 与 3 之间、3 与 N 线之间的电压均为 110V，因此可知  $EL_1$  与  $EL_2$  这时处于串联状态。因为两盏日光灯的功率相同，所以端电压也相等，它们同时处于欠压状态而不能启辉发光。由于  $EL_1$  并联在  $SB_2$  的两端，当  $SB_1$ 、 $SB_2$  同时闭合时， $SB_2$  将  $EL_1$  的相线端与零线端短接， $EL_1$  失去工作条件。这就是  $SB_1$ 、 $SB_2$  同时工作时  $EL_1$  不能点亮的原因。处理这种电路故障有多种方法。

- ① 拆除  $EL_1$ 。
- ② 将  $EL_1$  连接到  $SB_1$  的那根导线接线端改接到 N 线，使  $EL_1$  与  $EL_2$  并联，共用  $SB_2$  开关。
- ③ 将  $EL_1$  连接到  $EL_2$  的那根导线接线端改接到 N 线，使  $EL_1$  与吊扇关联，共用  $SB_1$  开关。
- ④ 为  $EL_1$  单独设开关。



### 巧辨电灯亮度

在日常生活中，把“220V、100W”和“220V、40W”的两个灯泡接入照明电路中，哪个灯泡更亮，这似乎是一个毋庸置疑的问题。在想象中，灯泡上标的功率值越大，灯泡就越亮，反之灯泡应该较暗。也说是说，“100W”的灯泡一定要比“40W”的亮。

所有情况都是这样的吗？如把上述两个灯泡串联接在照明电路中，哪个灯泡更亮？其结果是“40W”的灯泡更亮。

由此可见，串联在同一电路中的两个不同功率的灯泡哪个更亮，并非由灯泡上标有的功率值决定，而是由它们在实际使用中的实际功率值决定的。



## 2.2 照明电路故障检修

### ——断路短路最常见

#### 2.2.1 故障检修的一般程序——分清性质定部位，先易后难不受累

在检修照明电路的过程中，最花时间的是故障判断和找出失效的电气元件。当故障部位和失效的电气元件找到后，修理和更换元件实际上并没有太大的困难。因此，掌握维修技术就要首先学会故障分析，掌握故障判断方法，并逐步积累一些检修经验。

照明电路的故障现象多种多样，有时为确定故障部位比较费时费力。要比较迅速地排除故障，通常应按照科学的检修程序进行。

##### (1) 全面了解故障现象

若某一小区照明灯全部熄灭，肯定是外线供电出现故障或停电；若相邻居室照明正常，而自家居室的照明灯熄灭，则故障出现在内线或引入线上。因此，应根据故障现象确定检修方案。

##### (2) 先易后难，缩小故障范围

一般配电线路和用电器具的测量及检查比较方便，应首先进行，然后进行供电线路的检查。

##### (3) 分清故障性质

分析故障现象，判断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) 确定故障部位

通过测量、检查，确定故障是存在于干线、支线还是用电器具的某一部位。

例如，有一幢楼房突然发生停电事故，经检查发现保险丝已熔断。若已排除用电器过多这一原因，那么有经验的电工师傅在检修时，最先考虑并重点检查的是插座。因为用电器不过载，则电路中只有短路才能使电流过大。而灯泡与导线短路的可能性不大，且开关不会引起电路短路，所以只有插座短路的可能性最大。

##### (5) 查找故障点

常用的电压测量点有配电板上的电压输入、输出端，用电器插座，照明灯灯座等。查找故障的重点部位是配线的各接线点、开关、吊线盒、插座和灯座的各接线端。

##### (6) 故障排除

找到故障点后，根据失效元件或其他异常情况的特点，采取合理的维修措施。例如，对于脱焊或虚焊，可重新焊好；对于元件失效，则应更换合格的同型号、规格的元件；对于短路性故障，则应找出短路原因后对症排除。

#### 2.2.2 停电检修措施——维护检查先停电，临时接地保安全

照明线路检修一般应停电进行。停电检修不仅可以排除检修人员触电的危险，而且能消除他们在工作时的顾虑，有利于提高检修质量和工作效率。

##### 1. 停电检修的安全要求

① 停电时应切断可能输入被检线路或设备的所有电源，而且应有明确的分断点。在分断

点上挂上“禁止合闸，线路有人工作”等警告牌，如图 2-19 所示。如果分断点是熔断器的熔体，最好将其取下带走。



图 2-19 停电检修警告牌

② 检修前必须用试电笔复查被检电路，证明确实无电时才能开始动手检修。

③ 如果被检线路比较复杂，应在检修点附近安装临时接地线，即将所有相线互相短路后再接地，人为造成相间短路或对地短路，如图 2-20 所示。这样，在检修中万一有电送来，会使总开关跳闸或熔断器熔断，以避免操作人员触电。

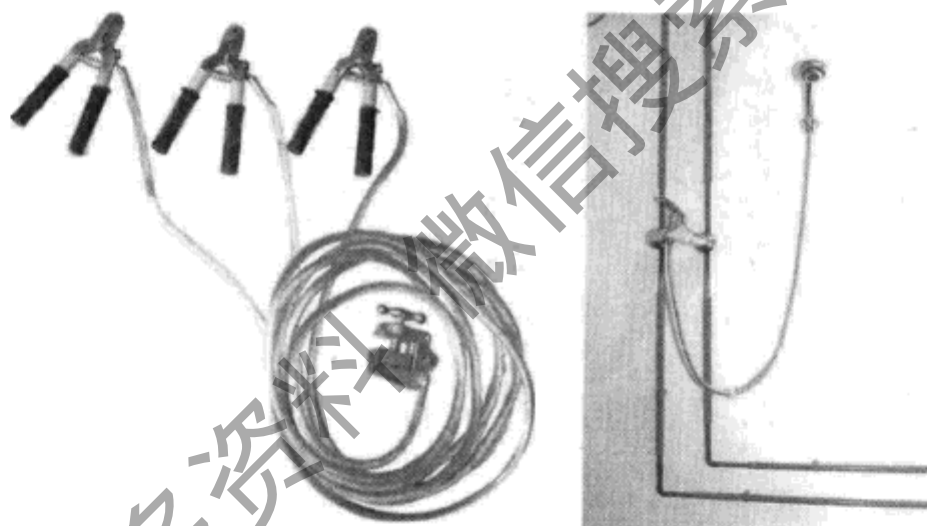


图 2-20 临时接地线及其应用

## 2. 恢复送电的步骤

① 线路或设备检修完毕，应全面检查是否有遗漏和检修不合要求的地方，包括对该拆换的导线和元器件、应排除的故障点、应恢复的绝缘层等是否全部无误地进行了处理。同时检查有无工具、器材等留在线路和设备上，工作人员是否全部撤离现场。

② 拆除检修前安装的用于保安的临时接地装置和各相临时对地短路线或相间短路线，取下电源分断点的警告牌。

③ 向已修复的线路或设备供电，同时要巡视线路和设备，并将有关情况做好记录。

### 知识链接

## 带电作业安全措施

① 带电作业所使用的工具，特别是通用电工工具应选用有绝缘柄或包有绝缘层的工具。

② 操作前应理清线路的布局，正确区分出相线、零线和保护接地线，理清主回路、二次

回路、照明回路及动力回路等。

③ 对作业现场可能接触的带电体和接地导体，应采取相应的绝缘措施或遮挡隔离。操作人员必须穿长袖衣、长裤和绝缘鞋，戴工作帽和绝缘手套，并扎紧袖口和裤管。

④ 应安排有实际经验的电工负责现场监护，在无人监护的情况下，个人不得独立带电操作。

### 2.2.3 照明线路检修的一般方法——根据故障定方法，理清线路再检查

#### 1. 短路故障的检修

照明线路的所有用电器都采用并联形式，所以线路中任何部位出现短路故障，都会使熔丝熔断。短路故障的特征是整个配电板上的熔丝熔断，整个线路上的照明灯熄灭，如图 2-21 所示。

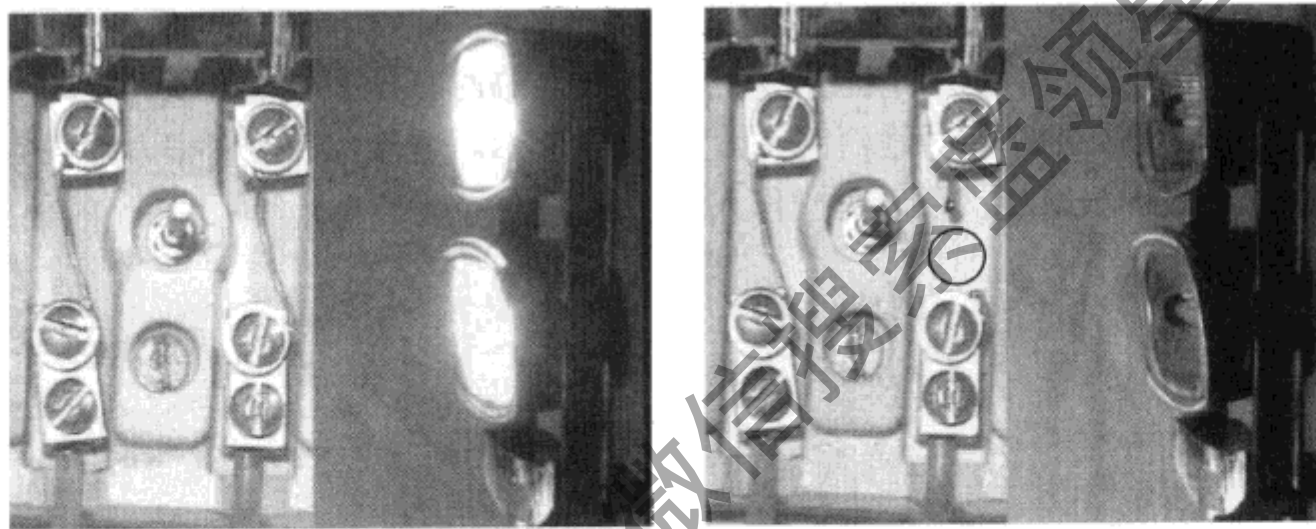


图 2-21 线路短路导致照明灯熄灭

短路故障的特点比较明显，但确定故障发生的部位却比较复杂，通常可采用校验灯法和电阻法查找故障部位。

#### (1) 校验灯法

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。检查配电板上的总熔丝，使一路熔丝保持正常接通状态，取下另一路熔丝。用一只 40W 或 60W 的白炽灯作为校验灯串联在取下熔丝的两个接线柱上。

合上刀开关，如果校验灯发光正常，说明总干线或某分支线路有短路或漏电现象，如图 2-22 所示。然后逐段寻找短路或漏电部位，必要时切断所怀疑部分的一段导线。若这时校验灯熄灭，表明短路故障存在于该部位。

接通电源，校验灯不发光，说明线路上无短路现象存在，短路故障是由用电器所引起的。这时可逐个接入用电器，正常现象是校验灯发红，但远达不到正常亮度。若接入某一用电器时，校验灯突然

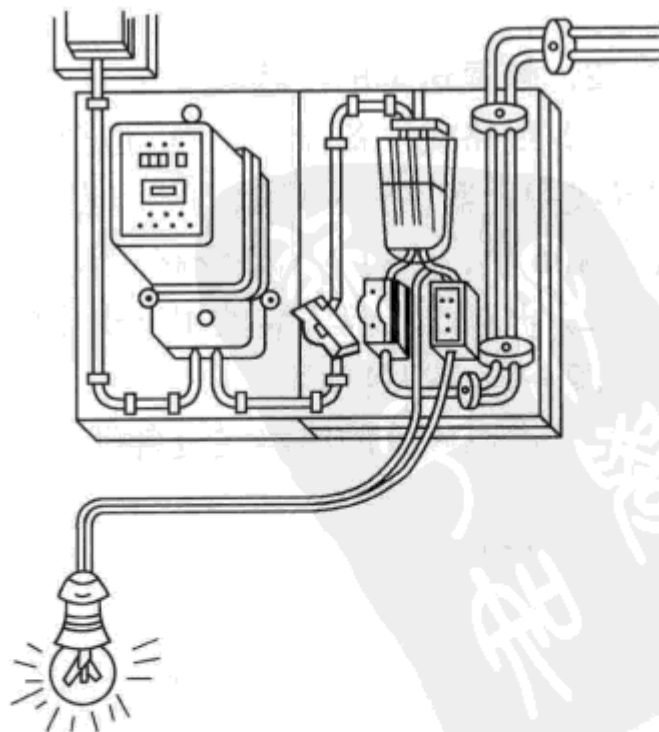


图 2-22 用校验灯检查短路故障

接近正常亮度,表明短路故障存在于该用电器内部或它的电源线上。这时可切断电源,再进一步仔细检查,直至找到故障点。

### (2) 电阻法

电阻法是用万用表的电阻挡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。发生短路故障后,拉下配电板上的刀开关,并拔掉所有用电器的插头,用万用表的 $R \times 100$ 电阻挡测量相线和零线的电阻值。如果表针趋于零(或产生偏转),说明线路有短路(或漏电)现象,应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,确定故障点所在。

## 知识链接

### 校验灯检查短路故障的原理

将校验灯接入主电路,与该电路后面的用电设备串联。当电路正常通电运行时,校验灯与后面的各用电设备处于分压状态,由于其他用电设备分去了部分电压,校验灯得不到额定电压,所以灯泡不能正常发光,只能发红甚至不亮,明亮程度也与分压大小有关。若线路和设备有短路故障,则使校验灯以后的电路电阻趋近于零,全部电源电压加在校验灯上,校验灯便能正常发光。

### 2. 断路故障的检修

线路布线零乱、接头过多及接头处理不当,很容易造成断路或者短路故障,如图2-23所示。有些线路过长,在电工操作时会有一些接头产生,由于一些电工师傅受技术水平限制,对接头的连接、绝缘及防潮等处理不好,以后就容易发生断路、短路等故障。

遇到上述情况时,应先检查配电板上的总熔丝,若总熔丝熔断,说明线路存在短路故障或负载电流过大。减少用电器,使线路在小负荷情况下工作,如仍烧熔丝,则确定有短路现象,可参照上述短路故障检修方法进行检修。

判断断路故障最简便的方法是使用试电笔检查。一般先测量相线熔丝是否有电,以区

分断路是发生在配电板上还是其后的干线上。然后用试电笔沿着相线逐段检测,断路点在有电和无电的线路之间,检测的重点是干线导线的连接处。

### 3. 部分照明灯不亮故障的检修

这种故障是由分支线路存在断路引起的,可参照总干线断路故障的检查方法确定故障部位,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,一般是由于用电器本身或用电器到分支线路存在断路故障而造成的,如图2-24所示。

用试电笔查找断路故障点很方便。用试电笔分别接触装有灯泡的灯座的两接线柱,如果试电笔的氖管都不亮,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

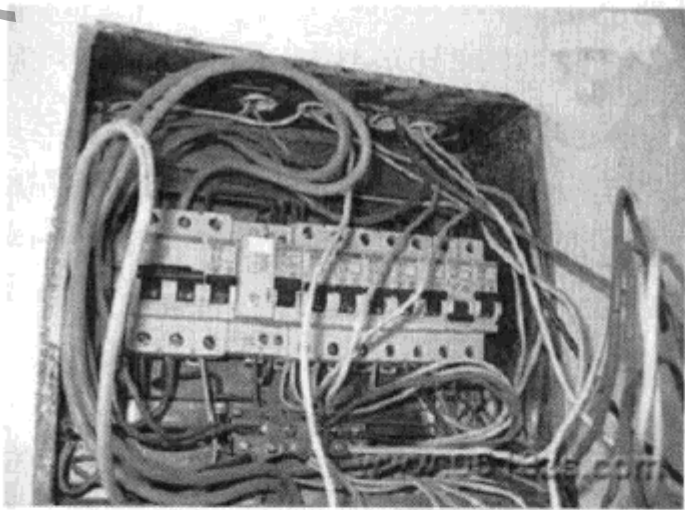


图2-23 施工不规范容易造成断路或短路故障



丝断开或灯头与灯座接触不良。

#### 4. 照明灯发光不正常故障的检修

照明灯发光不正常的故障现象多为灯光暗淡、闪烁或有时特别亮。

① 灯光暗淡或灯光特别亮，可能是受外线电压的影响，由外线电压过低或过高造成。线路中有漏电或局部短路现象是引起灯光变暗的主要原因，如图 2-25 所示的导线接头绝缘未处理好，容易在连接处发生漏电。

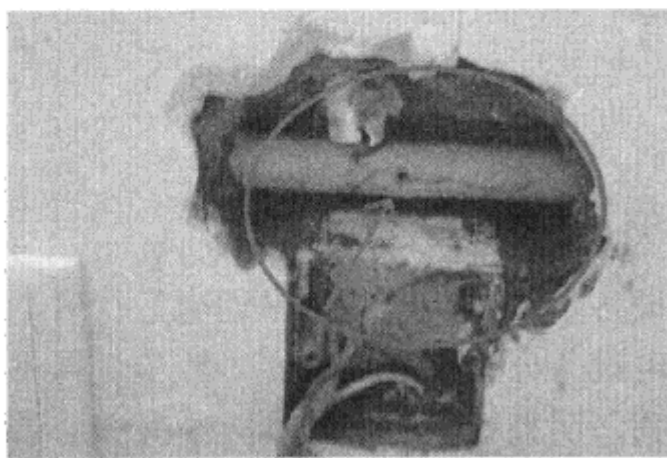


图 2-24 分支线路断路故障

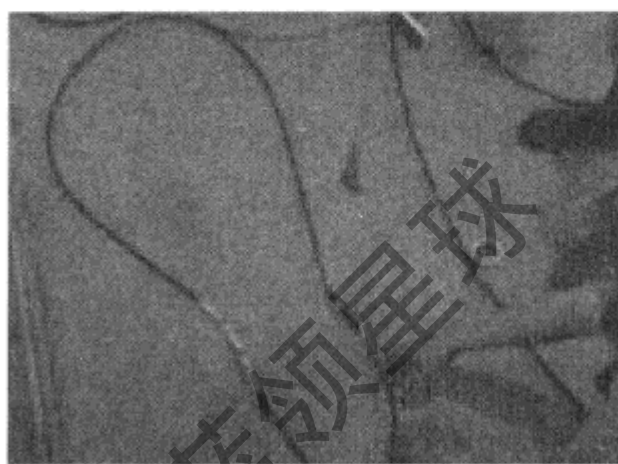


图 2-25 导线接头绝缘不良导致漏电

② 观察电能表，若转盘旋转明显变快，或者关闭室内所有开关和用电器后，电能表转盘仍然旋转，说明室内存在短路故障，可参照前面介绍的检修方法排除。

③ 如果是个别灯泡灯光暗淡，排除该灯泡质量不佳的原因后，则可能是灯座、开关或导线对地漏电。

④ 线路中接线处接触不良或有跳火现象，常引起灯光闪烁，其原因可能是开关、灯头接触不良。维修时断开开关（以下同），取下灯泡，打开灯头观察接线，如接触不良，应重新接好。如果是挂口灯头，应取下灯泡，修理弹簧触点使其恢复弹性，或更换新灯头；若是螺口灯头，在取下灯泡后，将中间的铜皮舌头用试电笔笔头向外钩出一些，使其与灯泡接触更加牢靠。

#### 知识链接

#### 造成灯泡电压不足的原因

① 灯座、开关或导线对地严重漏电。

电路和电器严重漏电，加重了电路负荷，会使灯泡两端电压下降，造成发光暗淡。应逐点检查灯座、开关、插座和线路接头，特别要细心检查导线绝缘破损处，线路的裸露部分是否碰触墙壁或其他对地电阻较小的物体，线头连接处的绝缘层是否完全恢复，线路和绝缘支持物是否受潮或受其他腐蚀性气体、盐雾等的侵蚀，进出配线管道处的导线绝缘层是否破损。

② 灯座、开关、熔断器等的接触电阻大。

如果这些器件接触不良，会使接触电阻变大，电流通过时发热，将损耗功率，使灯泡供电电压不足，发光呈暗红色。检查这类故障时，使线路处于工作状态，用手触摸上述电器的绝缘外壳，会有明显升温的感觉，严重时特别烫手。对这种电器应拆开外壳或盖子，检查接触部位是否松动，是否有较厚的氧化层，并针对故障进行检修。若由于高热使触头退火变软而失去弹性，必须更换新件。

### ③ 导线截面太小, 电压损失太大。

发光为暗红色时, 如果不是因为线路负载过重, 应怀疑是否由于线路电压损失过大造成。检查方法是先查线路的实际电流, 确定负荷是否过重。如果不是, 再分别检查送电线路首尾两端的电压, 这两者的差值即为电压损失, 看其是否超出允许值。若系电压损失过大, 通常都可通过加大线路横截面积的方法来解决。对于移动式电器, 如果条件允许, 还可通过减小导线长度的方法来解决。

### ④ 金属线管涡流损耗造成线路损失大。

单根导线穿过钢管时, 钢管成为环形磁性物质, 导线中的交变电流因电磁感应在管壁中产生涡流并将电能转换成热能, 增大线路损失, 使灯泡发光呈暗红色。排除这种故障的方法是将一个完整的供电回路穿过同一根钢管, 使各根导线与钢管间的电磁感应产生的效果互相抵消, 从而避免管道的涡流损耗。

## 2.2.4 白炽灯和节能灯常见故障的检修——灯具线路多灾难, 开关常会毛病犯

近年来, 家庭、办公室等场所广泛采用的照明灯(如壁灯、吊灯、吸顶灯等)主要有白炽灯和节能灯两大类。尽管这些灯具的安装方式不同, 但它们的基本控制电路是相同的。

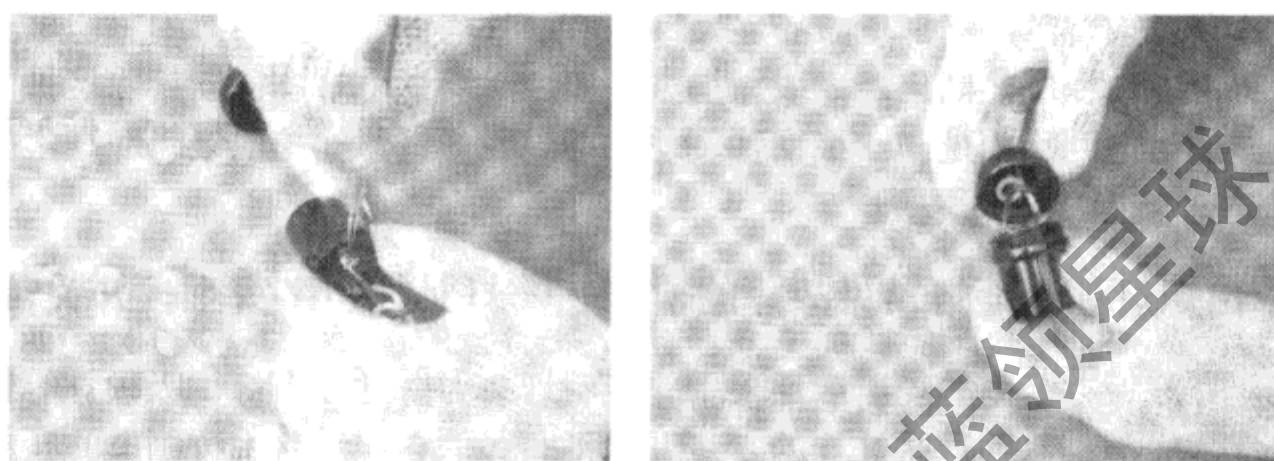
下面以白炽灯为例, 介绍配套照明灯电路的常见故障及检修方法, 见表 2-1。

表 2-1 白炽灯电路常见故障及检修方法

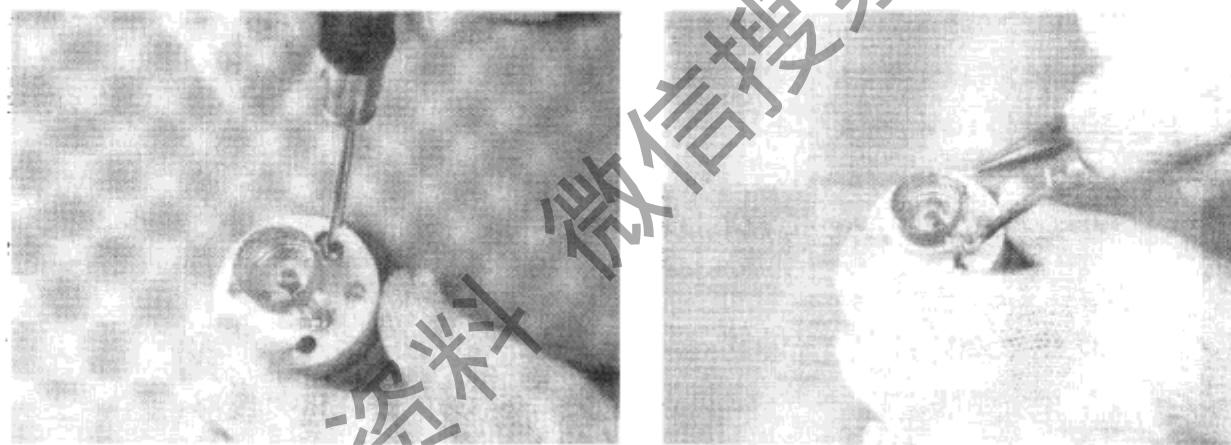
故障现象	产生原因	检修方法
灯泡不亮	① 灯丝断裂; ② 灯头或开关触点接触不良; ③ 熔丝烧毁; ④ 电路开路; ⑤ 停电	① 更换灯泡; ② 修复接触不良的触点, 必要时更换灯头或开关; ③ 更换熔丝; ④ 检查并修复线路; ⑤ 用其他电器给以验明, 或观察邻近不是同一个进户点的用户情况给以验明
灯泡发光强烈	灯丝局部短路(俗称搭丝)	更换灯泡
灯光忽亮忽暗, 或时亮时熄	① 灯头或开关触点(或接线)松动, 或表面存在氧化层(铝质导线、触点易氧化); ② 电源电压波动(通常由附近大容量负载经常启动引起); ③ 熔丝接触不良; ④ 导线连接不妥, 连接处松散	① 修复松动的触头或接线(如图 2-26 所示), 去除氧化层后重新接线, 或去除触点的氧化层; ② 与电力部门联系更换配电变压器, 增加容量; ③ 重新安装, 或加固压紧螺钉; ④ 重新连接导线
连续烧断熔丝	① 灯头或挂线盒连接处两线头互碰; ② 负载过大; ③ 熔丝接触不良; ④ 导线连接不妥, 连接处松散; ⑤ 灯头绝缘受到损伤	① 重新连接线头; ② 减轻负载或扩大线路的导线容量; ③ 正确选配熔丝规格; ④ 修复线路; ⑤ 更换灯头

续表

故障现象	产生原因	检修方法
灯光暗红	① 灯头、开关或导线对地漏电； ② 灯头、开关接触不良，或导线连接处的接触电阻增大； ③ 线路太长或导线太细，线压降太大	① 更换完好的灯头、开关或导线； ② 修复灯头、开关中接触不良的触点，重新连接接头； ③ 缩短线路长度，或更换较大截面积的导线



(a) 修理螺口灯头



(b) 修理平座口灯头

图 2-26 修理灯头连线接头处

知识链接

### 照明灯控制电路

比较常用的照明灯控制电路有一个开关控制一盏灯电路、一个开关控制几盏灯电路、两个开关控制一盏灯电路以及多个开关控制一盏灯电路，如图 2-27~图 2-30 所示。

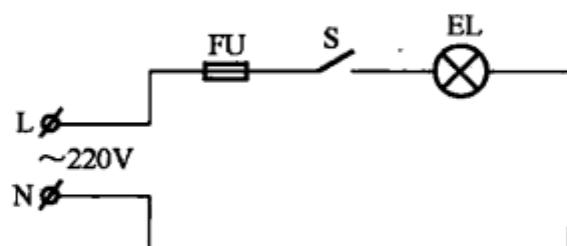


图 2-27 一个开关控制一盏灯电路

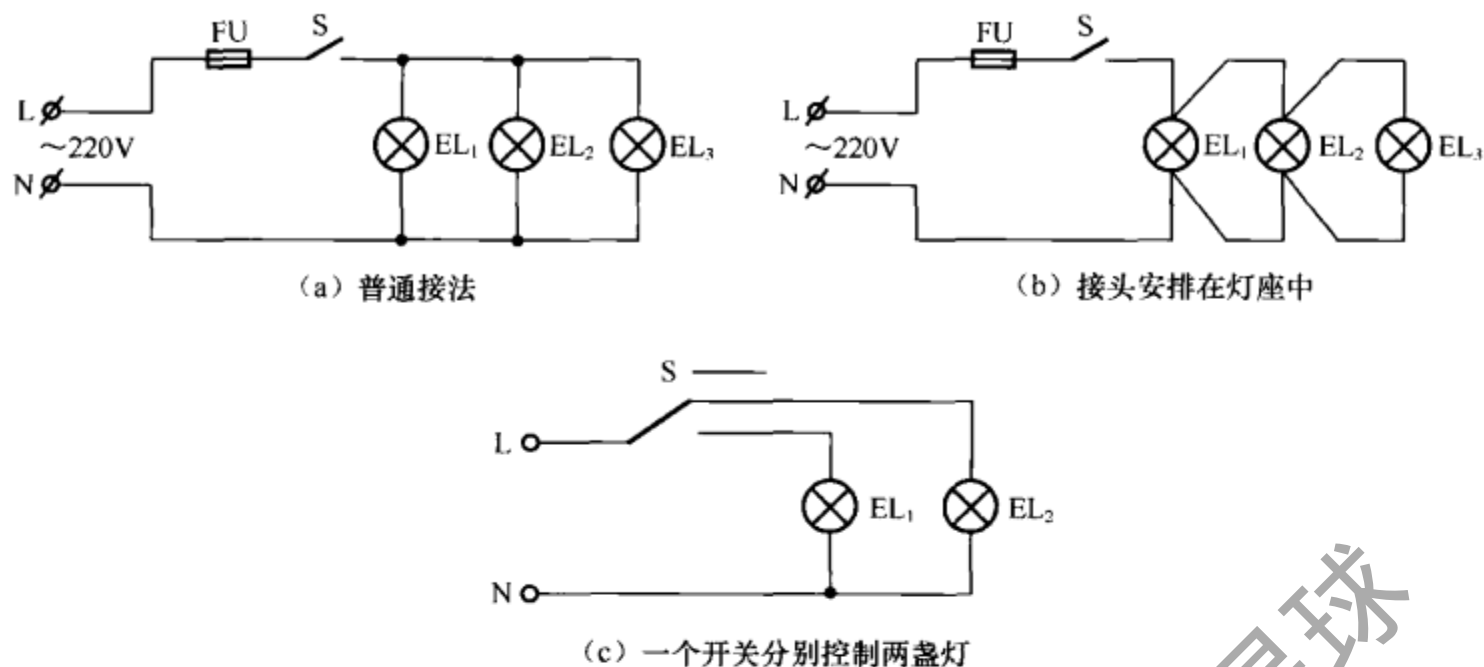


图 2-28 一个开关控制几盏灯电路

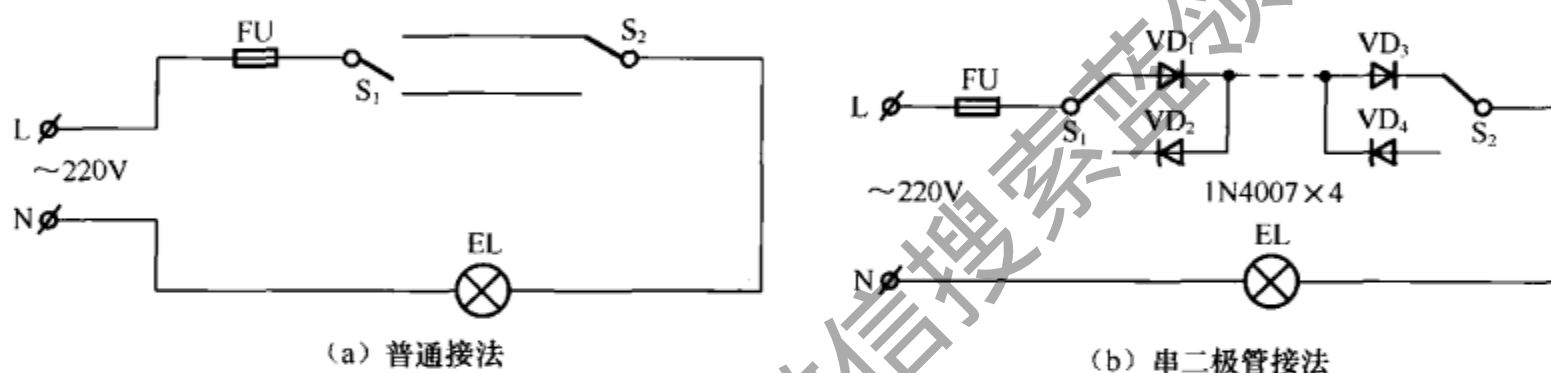


图 2-29 两个开关控制一盏灯电路

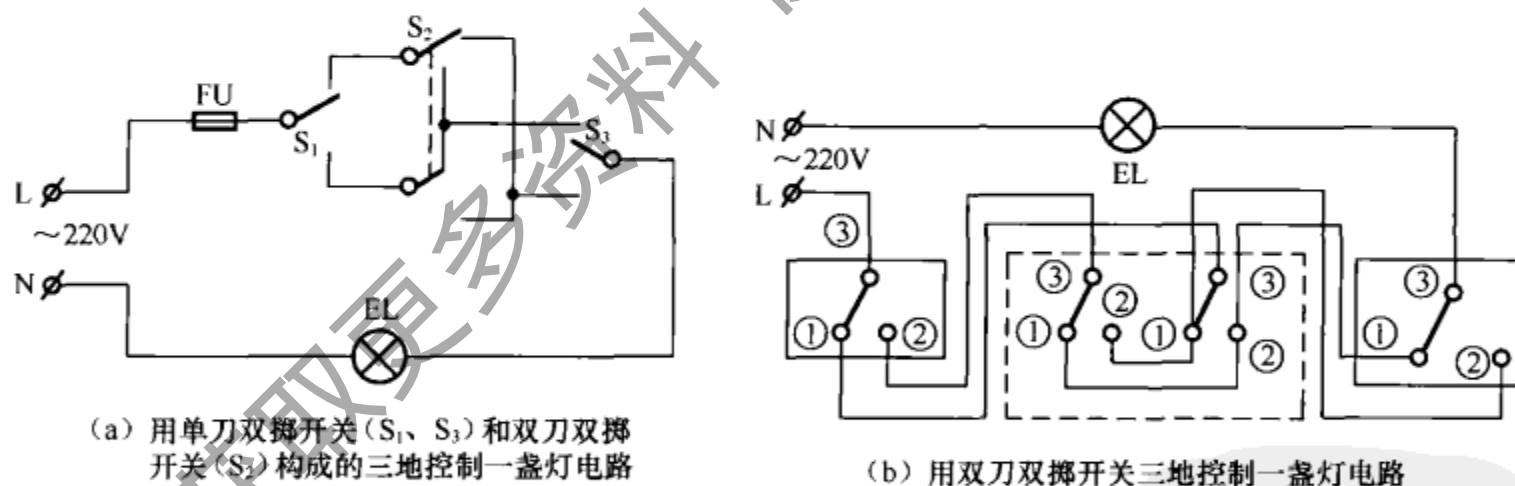


图 2-30 多个开关控制一盏灯电路

## 实例分析

例 2.3 图 2-31 所示为一种节电延长灯泡寿命的电路，出现接通开关后灯泡像正常灯泡一样亮的故障。

**分析与检修：**该电路在开关内加装了一个耐压值大于 400V 的电容器，使 220V 电源经电容器降压后向灯泡供电，灯泡的实际功率降至约 5W。这样既可节能又可延长灯泡的使用寿命，还可改善供电线路的功率因数。

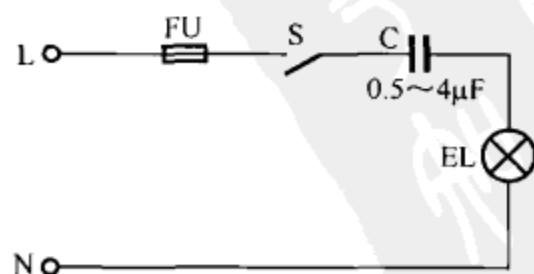


图 2-31 节电延长灯泡寿命的电路



① 若电容器 C 被击穿短路, 应更换耐压值较大的电容器。

② 若电容器 C 两引脚相碰短路, 应消除短路点并加以绝缘。

更换电容器时, 耐压值应大于 400V, 并且不要使用电解电容器。电容器的容量一般为 0.5~4 $\mu$ F, 电容器的容量越小, 灯泡消耗的实际功率越小。

### 2.2.5 日光灯常见故障的检修——灯管发光很困难, 镇流器伴有牵连

日光灯的常见故障有不能发光或发光困难、灯光闪烁或灯管两头发光、灯光闪烁或滚动、关灯后有微弱亮光、灯管两头发黑或产生黑斑、灯管亮度降低、灯管寿命短和镇流器过热等, 其故障原因及检修方法见表 2-2。

表 2-2

日光灯常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
灯光闪烁或灯管两头发光	① 接线有误或灯座与灯管接触不良; ② 电源电压太低或线路太长, 导线太细, 导致电压降太大; ③ 启辉器本身短路或启辉器座两接触点短路; ④ 镇流器与灯管不配套或内部接触不良; ⑤ 灯管质量有问题	① 对照线路图检查实际线路, 更正错误线路, 加固灯脚接触点; ② 检查线路及电源电压, 有条件时调整电压或加大导线截面积; ③ 更换启辉器, 修复启辉器座的触片位置或更换启辉器座; ④ 配换适当的镇流器, 加固接线; ⑤ 更换新灯管
灯光闪烁或滚动	① 更换新灯管后出现的暂时现象; ② 日光灯启辉器质量不佳或损坏; ③ 镇流器与日光灯不配套或有接触不良现象	① 新灯管一般使用一段时间后即可好转, 有时将灯管两端对调一下即可恢复正常; ② 更换新启辉器; ③ 调换与日光灯管配套的镇流器, 或检查接线有无松动, 进行加固处理
不能发光或发光困难	① 电源电压过低; ② 镇流器与灯管规格不配套或镇流器内部断路; ③ 灯丝断裂或灯管漏气; ④ 启辉器损坏或内部电容器短路; ⑤ 新装日光灯接线错误; ⑥ 灯管与灯脚或启辉器与启辉器座接触不良	① 调整电源电压, 线路较长时应加粗导线; ② 更换与灯管配套的镇流器; ③ 用万用表检测灯管两头有无断丝现象, 若有应更换新灯管; 观察荧光粉是否变色, 表面有无开裂现象, 是否漏气等, 若存在类似问题, 均应更换新日光灯管; ④ 用万用表检查启辉器里的电容器是否短路, 如短路应更换新启辉器, 如图 2-32 所示; ⑤ 按线路图检查线路中各部位接线是否正确, 若接错, 应及时更正, 如图 2-33 所示; ⑥ 灯座与灯管接触处最容易出现接触不良, 应予以检查修复。另外, 重新装调启辉器与启辉器座, 使之良好配接。最后检查各个接线端子的螺钉是否紧固

续表

故障现象	产生原因	检修方法
关灯后有微弱亮光	① 线路潮湿, 开关有漏电现象; ② 开关错接在零线上	① 对开关进行烘干或绝缘处理, 漏电严重时更换新开关; ② 将开关改接在相线上
亮度降低	① 温度太低或冷风直吹灯管; ② 灯管老化; ③ 线路电压太低或压降太大; ④ 灯管上积垢太多	① 加防护罩并回避冷风直吹; ② 更换新灯管; ③ 检查线路电压太低的原因, 有条件时可调整线路或增加大截面导线, 使电压升高; ④ 断电后清洗灯管并进行烘干处理
灯管两头发黑或产生黑斑	① 电源电压过高; ② 启辉器质量不好, 接线不牢; ③ 镇流器与日光灯管不配套; ④ 灯管内水银凝结引起长时间的闪烁; ⑤ 启辉器短路, 使新灯管阴极发射物质加速蒸发而老化; ⑥ 灯管使用时间过长, 灯管两头发黑严重	① 若电压超过 220V, 则应采取降压措施; ② 更换新启辉器, 检查接线点; ③ 更换与日光灯管配套的镇流器; ④ 更换灯管; ⑤ 更换新的启辉器和新的灯管, 也可将灯管旋转 180° 后再使用, 如图 2-34 所示; ⑥ 更换新灯管
镇流器过热	① 气温太高, 灯架内温度过高; ② 电源电压过高; ③ 镇流器质量差, 线圈内部匝间短路或接线不牢; ④ 灯管闪烁时间过长; ⑤ 新装日光灯接线有误; ⑥ 镇流器与日光灯管不配套	① 保持通风, 降低日光灯工作环境温度; ② 查找电源电压过高的原因, 并加以处理; ③ 用螺丝刀旋紧接线端子, 必要时更换新镇流器; ④ 检查闪烁原因, 接触不良时要进行加固处理; 若启辉器质量差要更换, 灯管质量差也会引起闪烁, 严重时需更换灯管; ⑤ 对照线路图检查接线有无错误, 有误时予以改正; ⑥ 更换与日光灯管配套的镇流器
灯管寿命太短或瞬间烧坏	① 镇流器与日光灯管不配套; ② 镇流器质量差或镇流器自身短路, 致使加到灯管上的电压过高(这种情况一般会造成日光灯通电时瞬间烧毁); ③ 电源电压太高; ④ 开关次数太多或启辉器质量差引起灯管长时间闪烁; ⑤ 灯管受到震动, 致使灯丝震断或漏气; ⑥ 新装日光灯接线有误	① 换接一个与日光灯管配套的新镇流器; ② 更换新镇流器; ③ 用万用表测电源电压(电压过高会影响日光灯管的寿命), 找出电压过高的原因, 加以处理; ④ 尽可能减少开关灯的次数, 或更换新的启辉器; ⑤ 改善安装位置, 避免强烈震动, 然后再换新灯管; ⑥ 对照接线图, 更正线路接错之处

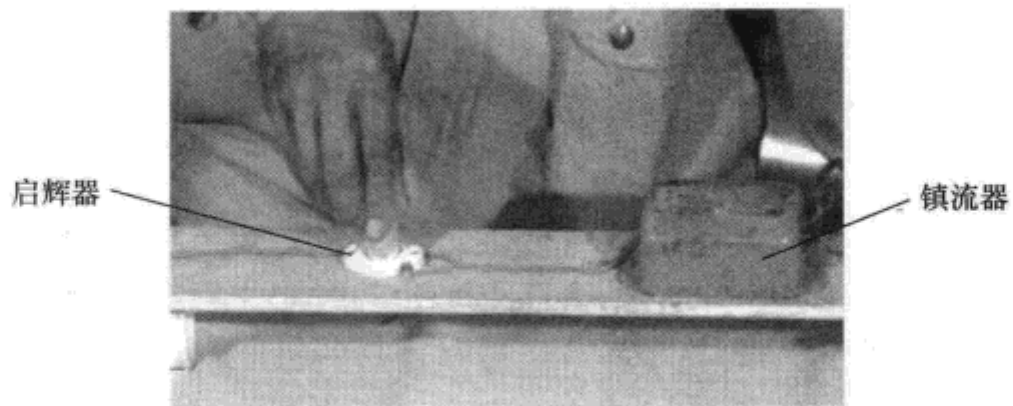


图 2-32 更换新启辉器

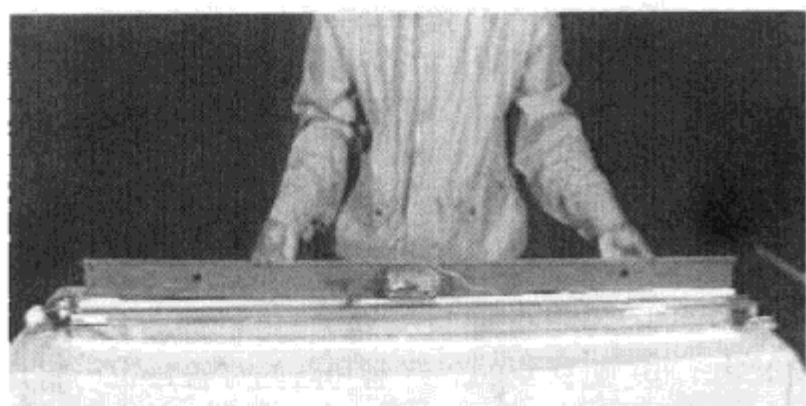


图 2-33 检查接线是否正确

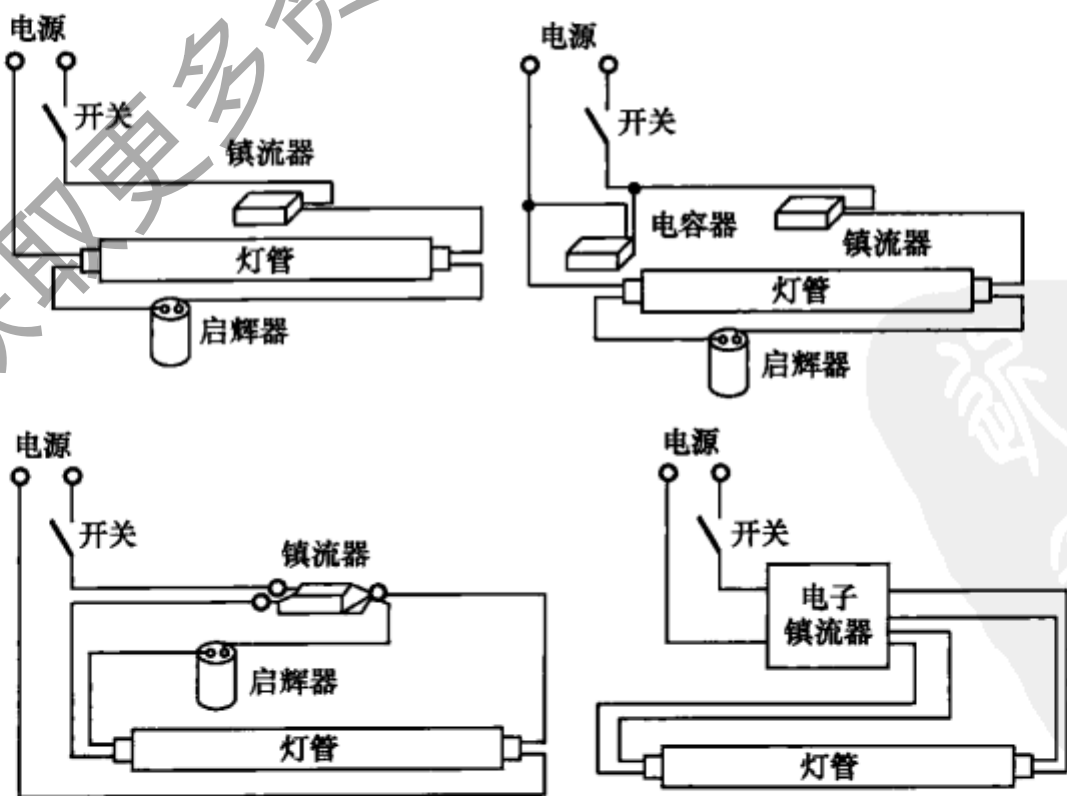


图 2-34 将灯管旋转 180° 后再使用

**知识链接**

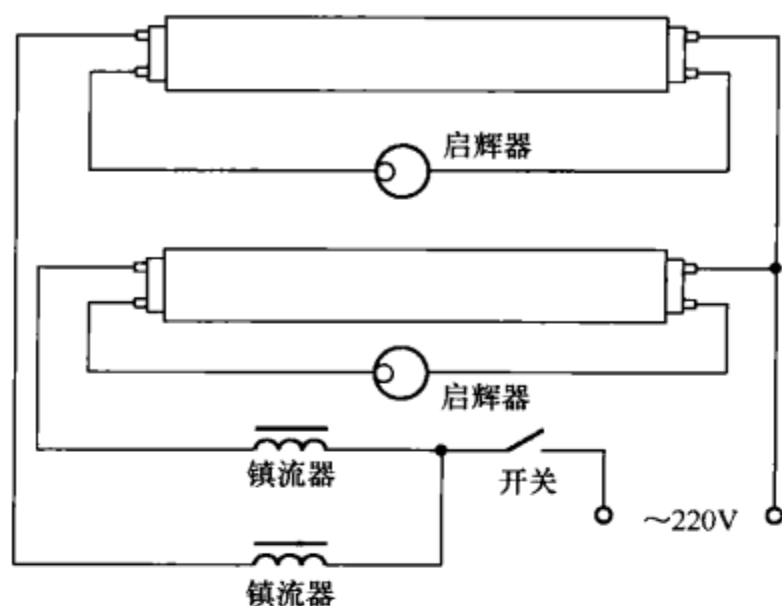
**日光灯基本控制电路**

常见的日光灯控制电路有镇流器加启辉器式和电子镇流器式两种，日光灯的基本控制电路如图 2-35 所示。



(a) 单管灯

图 2-35 日光灯基本控制电路



(b) 双管灯

图 2-35 日光灯基本控制电路 (续)

## 实例分析

例 2.4 某日光灯出现不能启动点亮的故障。

分析与检修：根据实物绘制的电路原理图如图 2-36 所示。

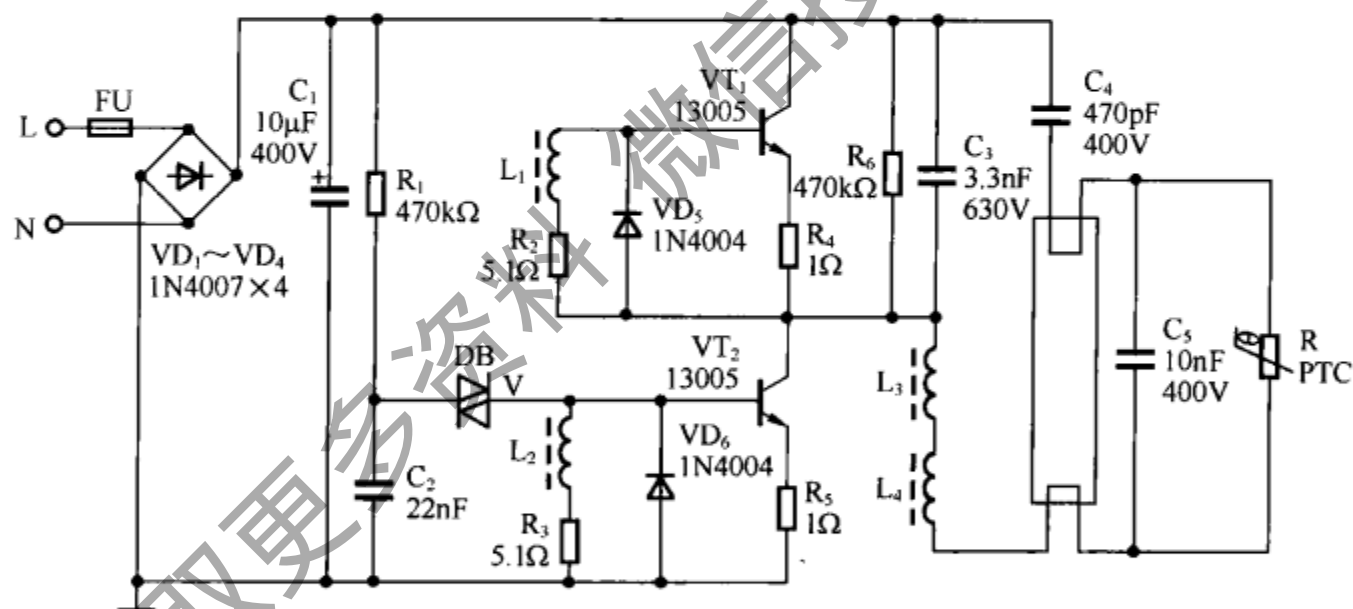


图 2-36 日光灯电子镇流器电路原理图

该电路的工作原理为：220V 电源经二极管  $VD_1 \sim VD_4$  整流后得到直流电，该直流电一路经  $R_6$ 、 $L_3$ 、 $L_4$ 、灯管的上下灯丝和  $C_4$  对  $C_5$  充电，灯丝在充电的过程中被加热，为点亮灯管做好准备；另一路经  $R_1$  对  $C_2$  充电， $C_2$  上的充电电压缓慢上升。当  $C_2$  的充电电压达到双向二极管  $DB$  的转折电压时， $DB$  导通，开关管  $VT_2$  被触发首先导通。这时  $C_5$  所充电压经下灯丝、 $L_4$ 、 $L_3$ 、 $VT_2$ 、 $R_5$ 、 $C_2$ 、 $R_1$ 、 $C_4$  以及灯管上灯丝形成放电回路，同时  $DB$  截止。在放电过程结束的瞬间，由于自感电动势的作用， $L_1$  和  $L_2$  的感应电压极性反向并形成正反馈，使  $VT_1$  由截止变为导通， $VT_2$  由导通变为截止。此时，直流电压一路经  $VT_1$ 、 $R_4$ 、 $L_3$ 、 $L_4$ 、上下灯丝和  $C_4$  对  $C_5$  充电，同时另一路经  $R_1$  又向  $C_2$  充电。当  $C_2$  的充电电压达到  $DB$  的转折电压时， $VT_2$  又导通，使电路连续振荡，形成串联谐振，产生 350V 左右的高频高压点亮日光灯灯管。灯管一旦点亮，串联谐振就失谐，使得灯管中流过稳定的高频电流而保持正常工作。



电路中的 R 为 PTC 热敏电阻, 用于消除瞬间高压对冷态灯丝的冲击, 从而防止灯管过早发黑。

该电路出现开关接通后日光灯不能启动的故障时, 其检修步骤如下。

① 用替换法检查。由于日光灯灯管、启辉器很容易更换, 可用替换法检查是不是灯管、启辉器故障所致。

② 断电检查。用万用表电阻挡测量后发现 FU 和  $VD_1 \sim VD_4$  正常, 电容器  $C_1$  也未损坏; 进一步测量后发现三极管  $VT_1$ 、 $VT_2$  也未损坏, 各电阻上无烧痕。

③ 通电检查。通电检查时, 为保证故障不扩大, 可用调压器向镇流器加 110V 左右的电压, 然后测量主要测试点。  $C_1$  两端的电压为 150V 左右, 但  $C_2$  两端电压为零。

以上的检查表明镇流器故障可能是无启动电压引起不起振, 什么原因可能会引起  $C_2$  两端电压为零? 很可能是电容  $C_2$  损坏。断电测量后发现  $C_2$  的电阻为零, 表明已击穿短路。更换同型号的电容器后, 日光灯启动正常。

## 能力 PK

如图 2-37 所示, 对照日光灯控制电路原理图, 检查图中接线错误之处, 并把它改正过来。

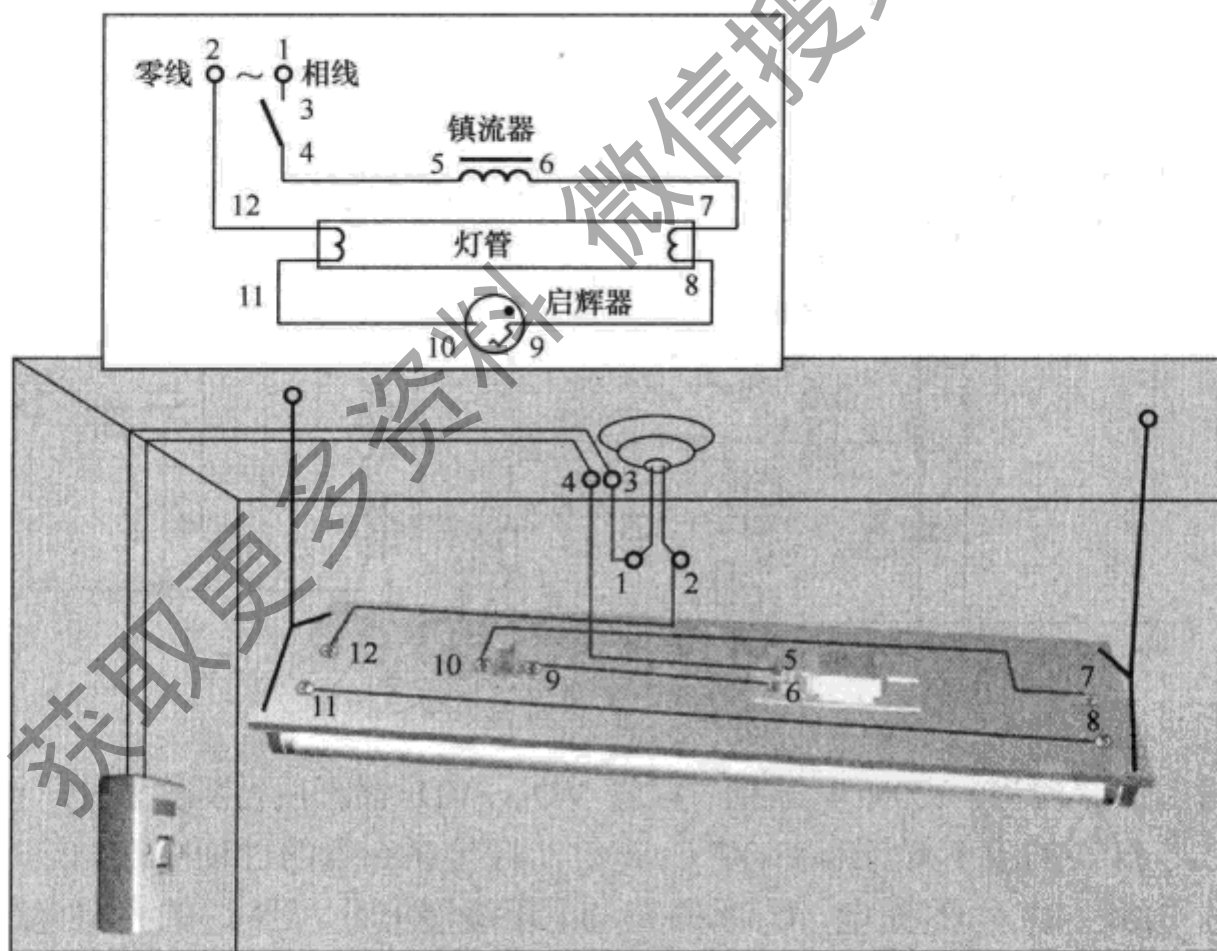


图 2-37 检查图中的接线错误

### 2.2.6 高压汞灯常见故障的检修——灯头内舌易摇晃, 电压影响汞灯亮

高压汞灯是一种气体放电灯, 主要由放电管、玻璃壳和灯头等组成。玻璃壳分内外两层: 内层是一个石英玻璃放电管, 管内有上电极、下电极和引燃极, 并充有汞和氙气; 外层是一个涂有荧光粉的玻璃壳, 壳内充有少量氮气。高压汞灯的外形结构如图 2-38 所示。

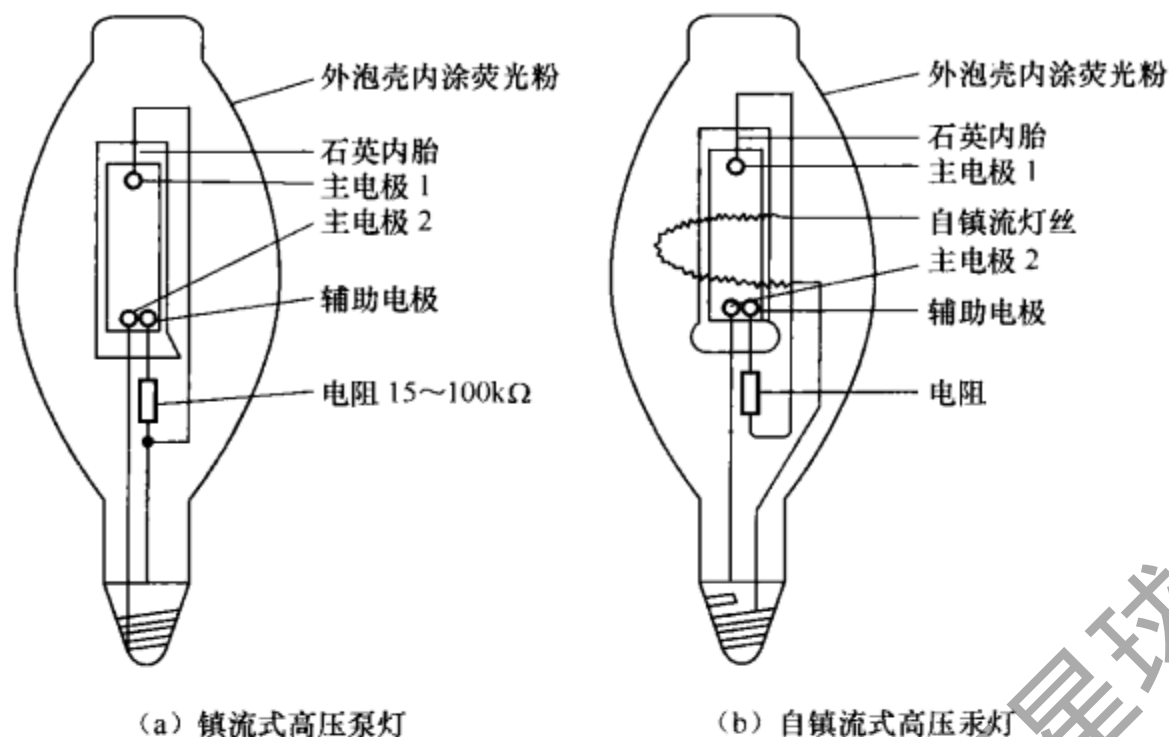


图 2-38 高压汞灯

高压汞灯的常见故障及检修方法见表 2-3。

表 2-3

高压汞灯常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
开关合上后灯泡不亮	① 电源进线无电压;	① 用试电笔检测线路是否停电。若为供电线路的故障,应从线路中查找。
	② 电路中有短路点;	② 重点查找灯头与螺口处有无短路痕迹,也可查找螺口灯头中铜舌头触点与外围螺口处有无短路点。查出短路点后,应更换灯泡或灯座。
	③ 电路中有断路处;	③ 用试电笔对线路进行查找,重点查找电路易磨损处。
	④ 开关接触不良;	④ 打开开关,修复触点和动作机构,如损坏严重,要更换同型号开关。
	⑤ 电源熔丝熔断;	⑤ 熔丝熔断的原因有:线路中有漏电或短路现象,应按上面的方法处理;线路负荷大,熔丝容量较小,应更换与线路负荷一致的熔丝;熔丝未与接线柱连接紧固,接触电阻增大,通电后产生热量,使熔丝缓慢熔断,这时应更换新熔丝并重新压紧,使熔丝与接线柱接触良好。
	⑥ 灯泡灯丝已断裂;	⑥ 用 500V 兆欧表对高压汞灯进行摇测,如电阻为无穷大,则说明该灯丝已断裂,要更换新灯泡。
	⑦ 灯泡与灯头内的舌头接触不良或接不上;	⑦ 检查灯头与灯泡的弹簧触点是否正常,应使其与灯泡接触良好;如舌头断掉或无弹性,应更换灯头。
	⑧ 灯头内接线脱落或烧断;	⑧ 检查灯头内部接线,重新将脱落或烧断的导线接好,如图 2-39 所示。
	⑨ 电源电压过低;	⑨ 测电源电压,如果是额定电压 220V 的 80%~90%,可检查线路各负荷是否超载,尽可能减轻负荷,使供电电压达到正常值。

续表

故障现象	产生原因	检修方法
开关合上后灯泡不亮	⑩ 灯泡质量太差或由于机械振动造成内部损坏; ⑪ 带镇流器的高压汞灯镇流器损坏或接线错误	⑩ 检查灯泡有无断丝、裂纹或机械损伤,如灯泡本身损坏,应予更换。 ⑪ 如果是带镇流器的高压汞灯,应检查镇流器是否断路(可用万用表测出),出现断路时要更换。检查镇流器的规格与灯泡是否一致,如果灯泡功率与镇流器的规格不一致,要及时更换,如图 2-40 所示
灯泡发出强光或瞬间烧毁,灯泡变为暗蓝色	① 电源电压过高; ② 附带镇流器的高压汞灯中镇流器匝间短路或整体短路; ③ 灯泡漏气,外壳玻璃损伤,出现裂纹、漏气	① 用万用表检测电源电压是否由相电压变为线电压,电力变压器负载是否过轻,补偿电容是否补偿过多,电力变压器的中性点是否有接触不良之处而使三相电压的中性点偏移,查出原因后及时处理; ② 如果是灯泡搭丝,最好更换新灯泡; ③ 更换新灯泡
灯泡点燃后忽亮忽灭	① 电源电压忽高忽低,忽有忽无; ② 受附近大型电动机启动的影响; ③ 熔丝、开关、灯头、灯座等接触处有接触不良现象,或接触处氧化导致电阻增大; ④ 灯在点燃后自行熄灭; ⑤ 灯泡在电压正常、无断续供电的条件下自行熄灭,后又自行点燃	① 用万用表测电源电压是否变化很大,电路上是否有接触不良之处。 ② 一方面可另选其他线路供电解决,另一方面可将汞灯自带的镇流器更换成稳压型镇流器。 ③ 着重检查开关接线处、保险螺钉处、灯头灯座接触处以及电线接头处,发现有接触不良、发热或氧化现象时,要重新接线处理,并压紧固定螺钉。 ④ 灯泡自带镇流器时,应检查镇流器接线有无错误,有无接触不良现象。如灯亮后电压下降而灯又自行熄灭,一旦熄灭,隔数分钟后又不能自行点亮,这时要换稳压型镇流器。若开灯初期数分钟内因大电流引起电源熔丝熔断,应更换低启动电流型或稳压型镇流器。 ⑤ 一般出现在自镇流高压汞灯上(属质量问题),严重时更换

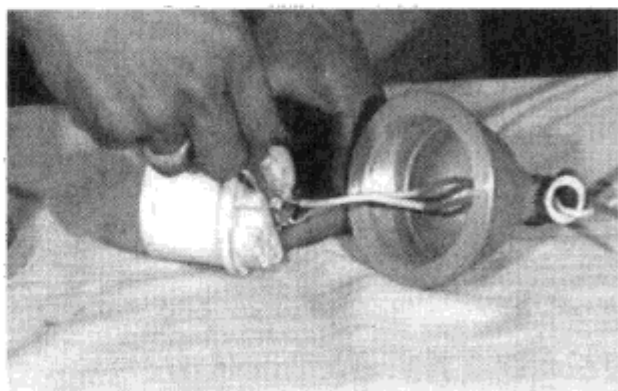


图 2-39 检查灯头接线

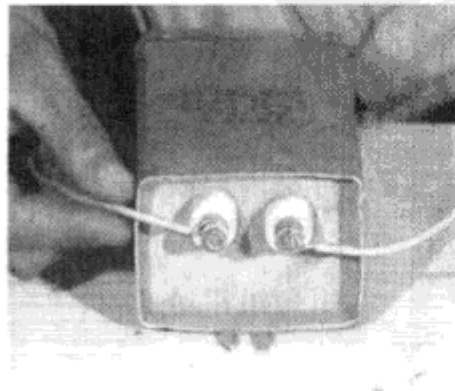


图 2-40 检查镇流器

## 技能提高

## 高压汞灯控制电路及安装方法

高压汞灯有光色好、启动快、使用方便等优点，适用于工厂车间、城市街道、农村场院等场所的照明。高压汞灯可分为镇流式和自镇流式两种类型，自镇流式灯管内装有镇流灯丝，安装时不必另加镇流器。镇流式高压汞灯的接线如图 2-41 所示。

安装高压汞灯时，镇流式高压汞灯所配用镇流器的规格必须与灯泡功率一致。镇流器必须安装在灯具的附近且人体不能触及的位置，如图 2-42 所示。灯泡功率为 125W 及以下的，应配用 E27 型瓷质灯座；功率为 175W 及以上的，应配用 E40 型瓷质灯座。

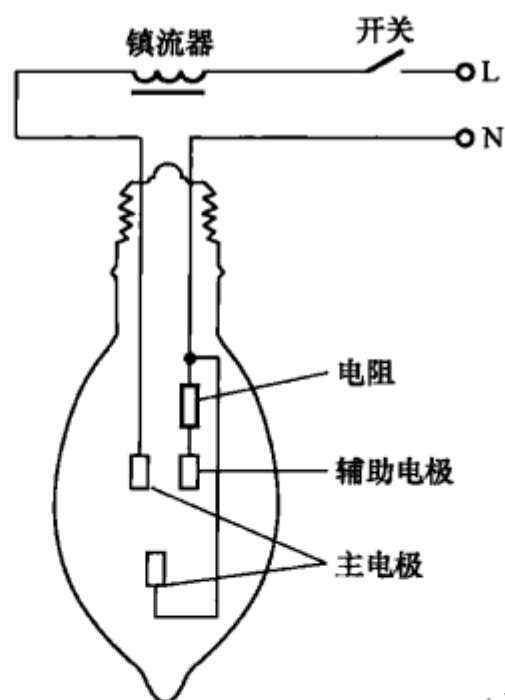


图 2-41 镇流式高压汞灯接线图

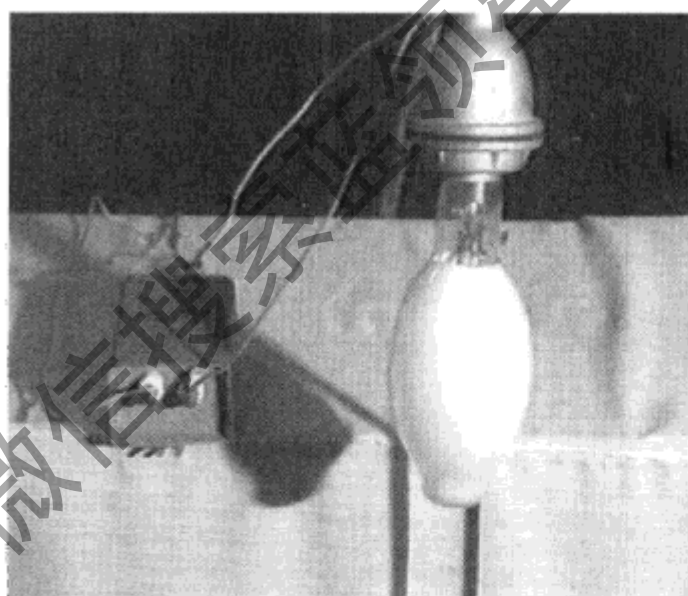


图 2-42 镇流器的安装

## 2.2.7 碘钨灯常见故障的检修——灯管工作配铝罩，悬空布线绝缘好

碘钨灯是卤素灯的一种，靠升高灯丝温度来提高发光效率，属于热体发光光源，其光源色温可达到 3200K，相当于日出日落时候的太阳光。碘钨灯具有光色好、辨色率高、结构简单、安装方便等优点，适用于照度大和悬挂高的车间、仓库、室外道路、桥梁和夜间施工工地的照明。碘钨灯的接线如图 2-43 所示。

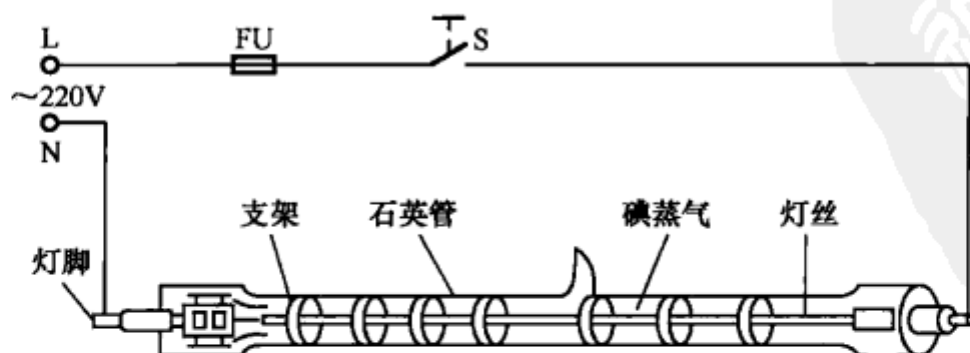


图 2-43 碘钨灯接线图

碘钨灯必须配用与灯管规格相适应的专用铝质灯罩，如图 2-44 所示。灯罩既可反射灯光，提高灯光利用率；又有利于灯管散热，使灯管保持最佳工作状态。由于灯罩温度较高，装于灯



罩顶端的接线柱必须是瓷质的,如图 2-45 所示;电源引线应采用耐热性能较好的橡胶绝缘软线,且不可贴在灯罩铝壳上,而应悬空布线。灯罩与可燃性建筑物之间的净距离不应小于 1m。

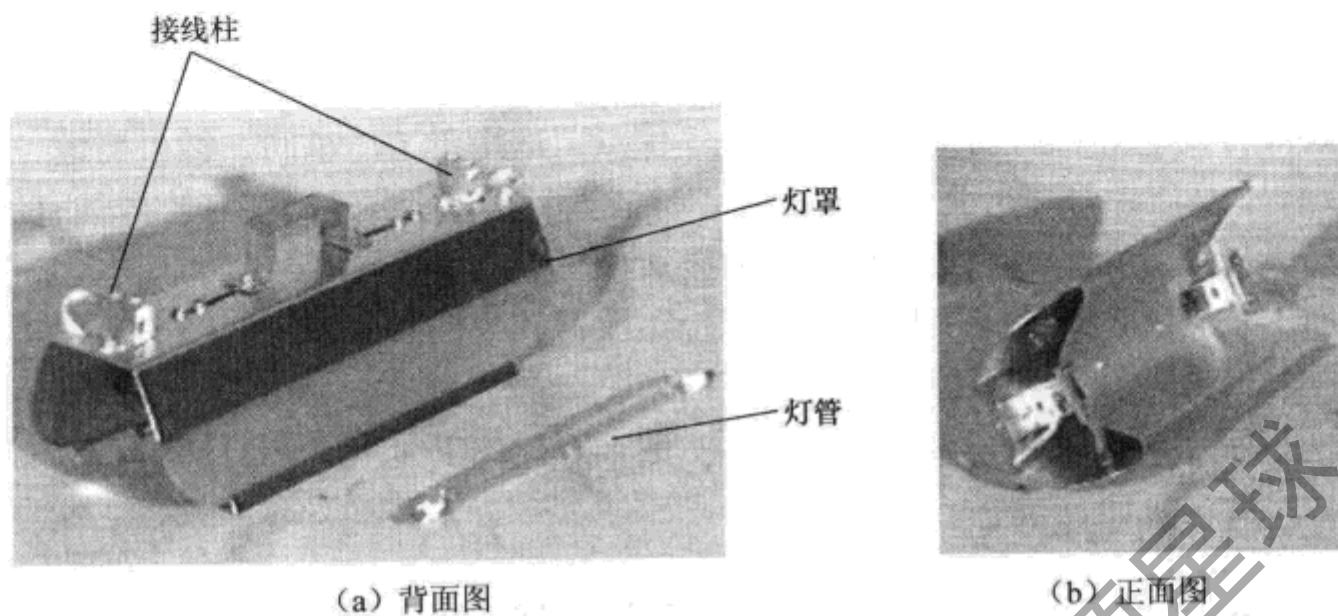


图 2-44 灯罩

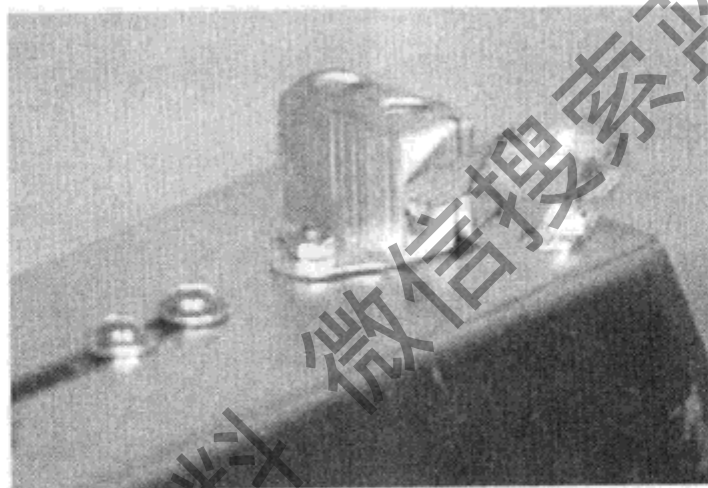


图 2-45 瓷质接线柱

碘钨灯的常见故障及检修方法见表 2-4。

表 2-4

碘钨灯常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
通电后灯管不亮	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 电源线路中有断路处;</li> <li>② 熔丝熔断;</li> <li>③ 灯脚与导线接触不良;</li> <li>④ 开关有接触不良现象;</li> <li>⑤ 灯管损坏;</li> <li>⑥ 因反复热胀冷缩,灯脚密封处松动,接触不良</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 检查供电线路,恢复供电,如图 2-46 所示;</li> <li>② 更换同规格熔丝;</li> <li>③ 重新接线;</li> <li>④ 检修或更换开关;</li> <li>⑤ 更换灯管;</li> <li>⑥ 更换灯管</li> </ul>
灯管使用寿命短	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 安装水平倾斜度过大;</li> <li>② 电源电压波动较大;</li> <li>③ 灯管质量差;</li> <li>④ 灯管表面有油脂类物质</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 调整水平倾斜度(见图 2-47),使其在 <math>4^\circ</math> 以下;</li> <li>② 加装交流稳压器;</li> <li>③ 更换质量合格的灯管;</li> <li>④ 断电后,将灯管表面擦拭干净</li> </ul>

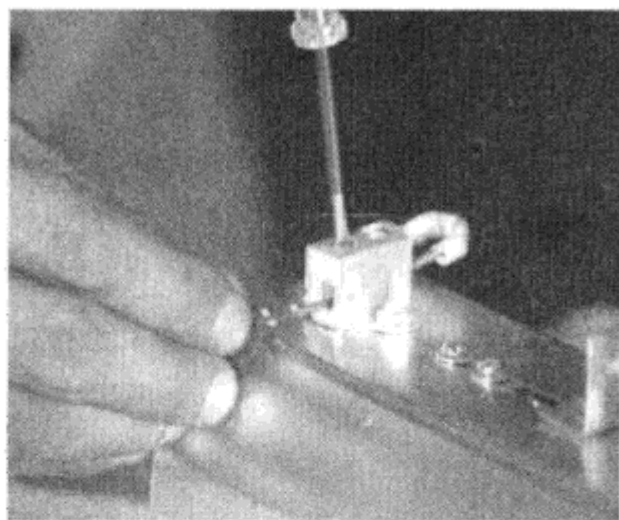


图 2-46 检查供电接线端

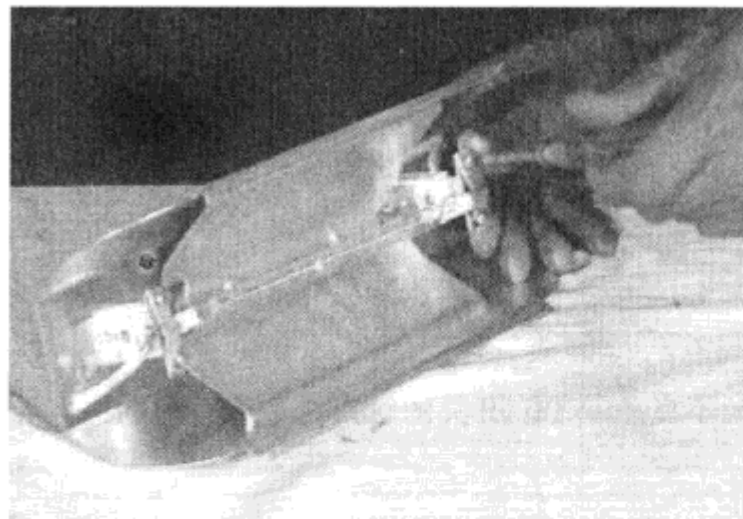


图 2-47 调整灯管水平倾斜度



### 我家灯不亮了

“喂喂！请问是王电工吗？”

“对，请问有什么事？”

“我家灯不亮了！你能过来看看吗？”

王电工一路飞奔……

到了用户家后，王电工哭笑不得，原来该用户本月没缴电费被供电所停电了……

## 2.3 开关、插头及插座故障检修

——个头虽小责任大

### 2.3.1 开关常见故障的检修——漏电发热接触难，开盖检查先断电

开关的常见故障有不能接通电路、接触不良、漏电、发热等，其检修方法见表 2-5。

表 2-5

开关常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
不能接通电路	① 开关接线螺钉松脱，导线与开关导体不能接触； ② 开关内有杂物，使开关触片不能接触； ③ 开关机械卡死，操作不灵活，拨拉不动	① 打开开关盖，检查固定导线的螺钉是否生锈、松脱。如有生锈、松脱现象，要清除锈物，用螺丝刀重新压紧导线，如图 2-48 所示。 ② 打开开关，清除杂物，用砂纸在断电的情况下摩擦开关接触面，在装配时稍加一点点高级润滑油。 ③ 打开开关，检查开关机械运转部分是否灵活，若不灵活，要加些润滑油。开关机械部分严重损坏时，要更换同型号的开关或拉线开关

续表

故障现象	产生原因	检修方法
接触不良	① 开关压线螺钉松脱； ② 开关接头处铜铝接合部位形成氧化层； ③ 开关的触点烧毛或有污物； ④ 拉线开关触点磨损、打滑或烧毛	① 打开开关盖，用绝缘柄良好的螺丝刀旋紧接线螺钉，如图 2-49 所示。 ② 对于较大容量的开关接线要将其更换成铜导线并与开关连接，或把铝导线作搪锡处理后与导线连接。 ③ 将开关断电后，清除开关上的污物，并处理开关触点烧毛处。如开关损坏严重，应更换同型号的开关。 ④ 对于损坏轻微的拉线开关，在断电后可使用尖嘴钳整形修复，如图 2-50 所示。若开关磨损严重，要更换拉线开关
发热	① 开关负载短路； ② 开关长期过载	① 检查开关负载情况，处理短路点，并恢复供电。 ② 对长期过载的开关，要检查负载是否过重，可适当减轻负载。如工作需要不能减轻负载，要更换额定电流大一级的开关
漏电	① 开关防护盖损坏或开关内部接线头外露； ② 开关受潮	① 若开关的防护盖损坏，要重新配全开关盖，并接好开关的电源连接线。 ② 开关受潮或受雨淋，要先停电，用无水乙醇清洗后进行烘干处理，装配好后再使用。若拉线开关在户外，要改装成防雨型拉线开关或加装防雨棚

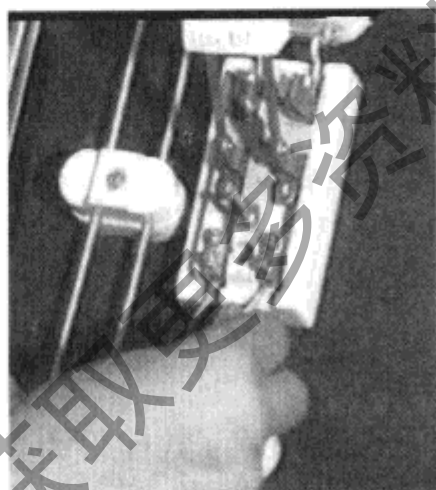


图 2-48 检查松脱的导线

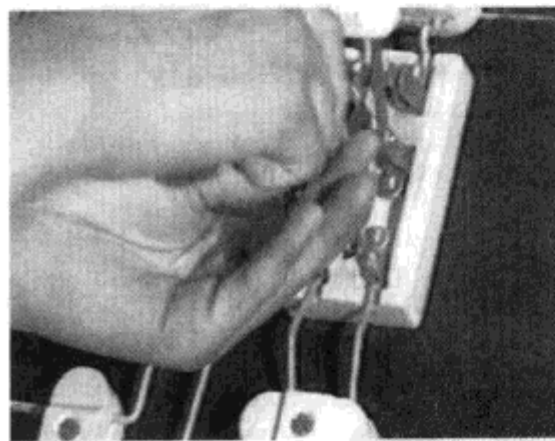


图 2-49 旋紧接线螺钉

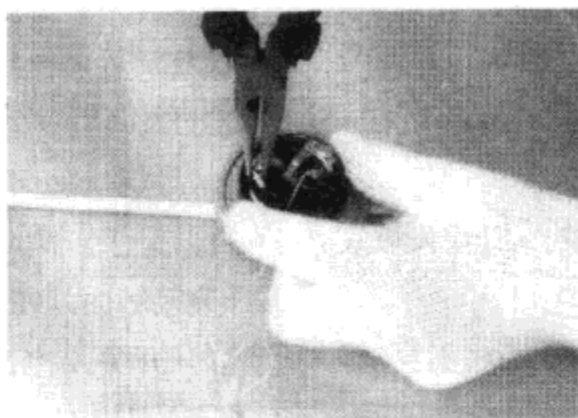


图 2-50 用尖嘴钳修复开关

### 2.3.2 插头、插座常见故障的检修——插座插头故障多，接线位置不可错

插头、插座的常见故障有不能通电、接触不良、短路、烧坏、漏电等，其检修方法见表 2-6。

表 2-6 插头、插座常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
插上插头后不能通电或接触不良	① 插头压线螺钉松动，连接导线与插头片接触不好；	① 松开插头外壳螺钉，打开插头，重新压接导线与插头的连接螺钉。如是两线无螺钉橡皮插头，应取出插头接触片，把导线与插头连接好或压好。处理完后，重新把两个触片插入插头中再使用，如图 2-51 所示。
	② 插头根部电源线在绝缘皮内部折断，造成时通时断；	② 插头根部电源线在绝缘皮内折断后，引起通电后时通时断现象，要重新把插头端部的电线剪断一截，将电线与插头触片连接好后再使用。
	③ 插座口过松或插座触片位置偏移，使插头接触不上；	③ 断电后打开插座螺钉，把插座盖去掉，用尖嘴钳将每组的两个铜片夹拢一些，使插头触片插入插座后能可靠接触。
	④ 插座引线及插座压接导线螺钉松开，引起接触不良	④ 打开插座，重新连接插座电源线，并旋紧螺钉
插座短路	① 导线接头有毛刺，在插座内松脱引起短路；	① 打开插座，检查导线在插座内是否松脱，接线时导线上是否留有毛刺。断开插座电源，重新连接导线与插座，使螺钉压紧导线，在接线时要注意将接线处的毛刺清除，如图 2-52 所示。
	② 插座的两插口相距过近，插头插入后发生碰连引起短路；	② 更换插座，使新插头两相间保持一定的安全距离。
	③ 插头内接线螺钉脱落引起短路；	③ 重新把紧固螺钉旋进螺母位置并固定好。
	④ 插头负载端短路，插头插入后引起弧光短路	④ 检查插座负载端短路点，在消除负载短路故障后断电，更换同型号的插座
插座烧坏	① 插座长期过载；	① 插座长期过载会引起插座烧坏，要减轻负载或在线路允许情况下更换额定电流较大的插头和插座；
	② 插座连接处接触不良；	② 检查插头、插座紧固螺钉，把导线与触片连接好并清除锈迹，然后用尖嘴钳把插座中每组的两个铜片向内夹拢一些；
	③ 插座局部漏电引起轻微短路	③ 检查插座被油污、潮湿和导电粉尘污染处，如有放电痕迹，要更换同型号的插座，并采取防护措施
插头或插座漏电	① 插头、插座受潮或被雨淋；	① 断开电源，清除污物，烘干插头、插座，并采取防潮防雨措施；
	② 插头端部有导线裸露	② 重新连接插头触片与电线的接头，使导线不裸露



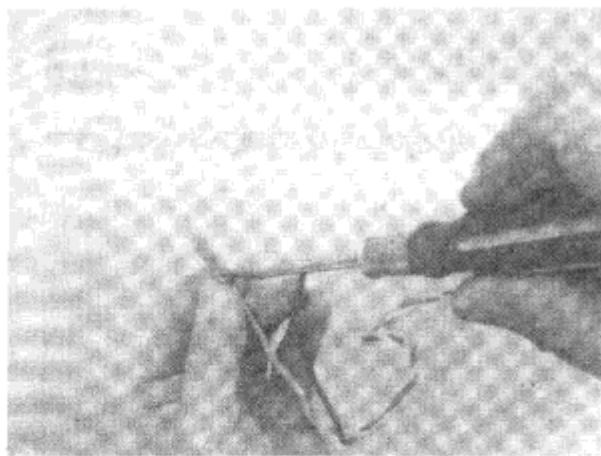


图 2-51 修理插头

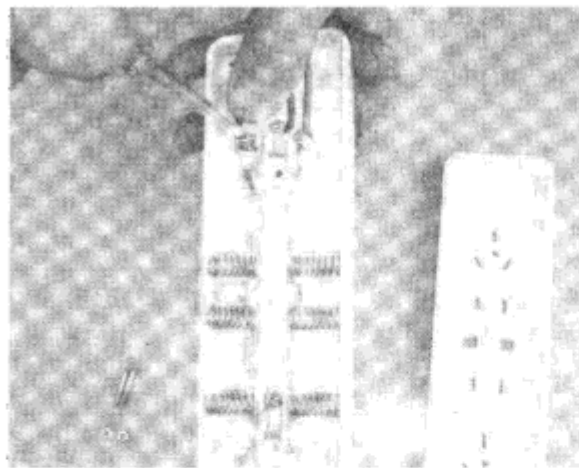


图 2-52 修理插座

### 技能提高

#### 自制“插头”校验插座

按照图 2-53 所示电路自制一种带三色发光二极管的检测插头，当将该插头插入插座时，可通过发光二极管的发光情况来判别插座接线是否正常。判别时可参照表 2-7 进行。

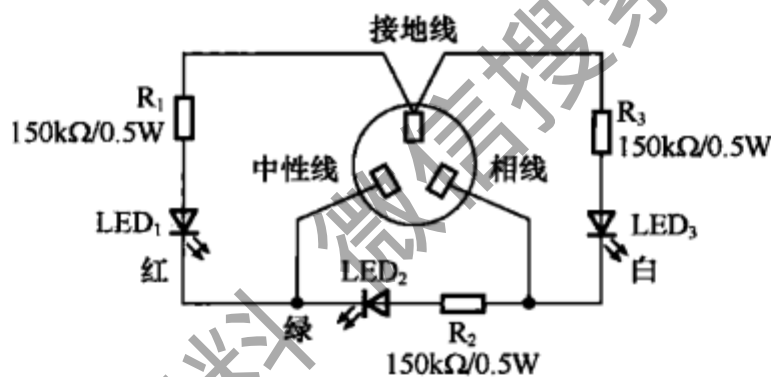


图 2-53 自制检测插头

表 2-7 通过发光二极管判别插座接线

LED <sub>1</sub> (红)	LED <sub>2</sub> (绿)	LED <sub>3</sub> (白)	说 明
不亮	亮	亮	接线正确
不亮	亮	不亮	接地线断开
不亮	不亮	不亮	相线断开
不亮	不亮	亮	中性线断开
亮	亮	不亮	中性线与相线接反
亮	不亮	亮	接地线与相线接反

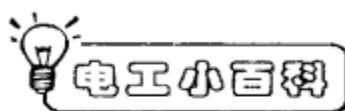
某家庭在台灯开关断开的情况下，把台灯插头插入插座时，室内其他电灯全部熄灭，保险丝熔断；有时在台灯插头插入插座后闭合台灯开关，室内其他电灯熄灭，保险丝熔断。引起这两种故障的最大可能（ ）



想一想

- (A) 前者是插座短路，后者是灯泡短路  
 (B) 前者是插头短路，后者是灯泡短路  
 (C) 两者都是插座短路  
 (D) 两者都是插头短路

提示：选项 B 正确，因为保险丝熔断是电路中的电流过大所致。而产生电流过大的原因有两个：一是用电器的总功率过大，二是发生短路。由生活常识可知，台灯的功率一般较小，因此造成保险丝熔断的原因不会是台灯的功率过大。由台灯插头未插入插座时室内电灯正常发光可知插座处没有短路；在台灯开关断开的情况下，把台灯插头插入插座时，室内其他电灯全部熄灭，保险丝熔断，这是由插头短路引起的；在台灯插头插入插座后，闭合开关，室内其他电灯熄灭，保险丝熔断，这是灯泡短路造成的。



### 线路的日常维护

- ① 定期检查各用电设备的状况。检查用电设备的结构是否完整，外壳有无破损，控制是否正常、准确，运行情况和温升是否符合规定，是否受潮、受热、受腐蚀。
- ② 定期检查线路负荷。检查是否有未经批准随意改动线路、增加或拆去用电设备、擅自增大熔体规格等现象，检查建筑物、设备金属外壳是否带电，测量线路负荷电流是否超过允许值，判断线路是否工作正常。
- ③ 定期检查线路接头。检查线路接头是否氧化、松动或松脱，绝缘是否损坏，接头是否发热。有时接地点和接地引线容易被忽视，应特别注意。
- ④ 定期检查线路、设备的紧固件和支持件。检查这些紧固件和支持件是否牢固，有无松动、脱落、受潮、腐朽、严重锈蚀等现象；检查线路的有关安全间距是否发生变化，线路和设备的紧固状况是否改变等。
- ⑤ 定期检查配线管道、绝缘子和槽板。检查这些配线器材有无损坏、锈蚀，管道接头、接地线有无松脱、松动、断裂，配电箱（板）是否清洁，有无水和其他异物侵入。

## 2.4 照明配电箱故障检修

### ——把脉电能总管家

#### 2.4.1 照明配电箱的组成——总闸串联漏电保，器件装箱固定好

照明配电箱担负着向住宅内部供电与配电的任务，并具有过载保护和漏电保护功能。配电箱在供电系统中所处的位置如图 2-54 所示。住宅内的电路或某一电器如果出现问题，配电装置会自动切断供电电路，以防止出现严重后果。

照明配电箱一般选用当地供电局指定的定型产品。常见的户内照明配电箱由电源总闸、漏电保护器和保险丝等 3 个功能单元组成。

电源总闸单元现在通常采用空气开关控制入户总电源，拉下电源总闸即可同时切断入户的 220V 交流电源的相线和零线。

漏电保护器单元一般采用漏电保护器，当户内电线或电器发生漏电，或万一有人触电时，漏电保护器会迅速动作，切断电源。

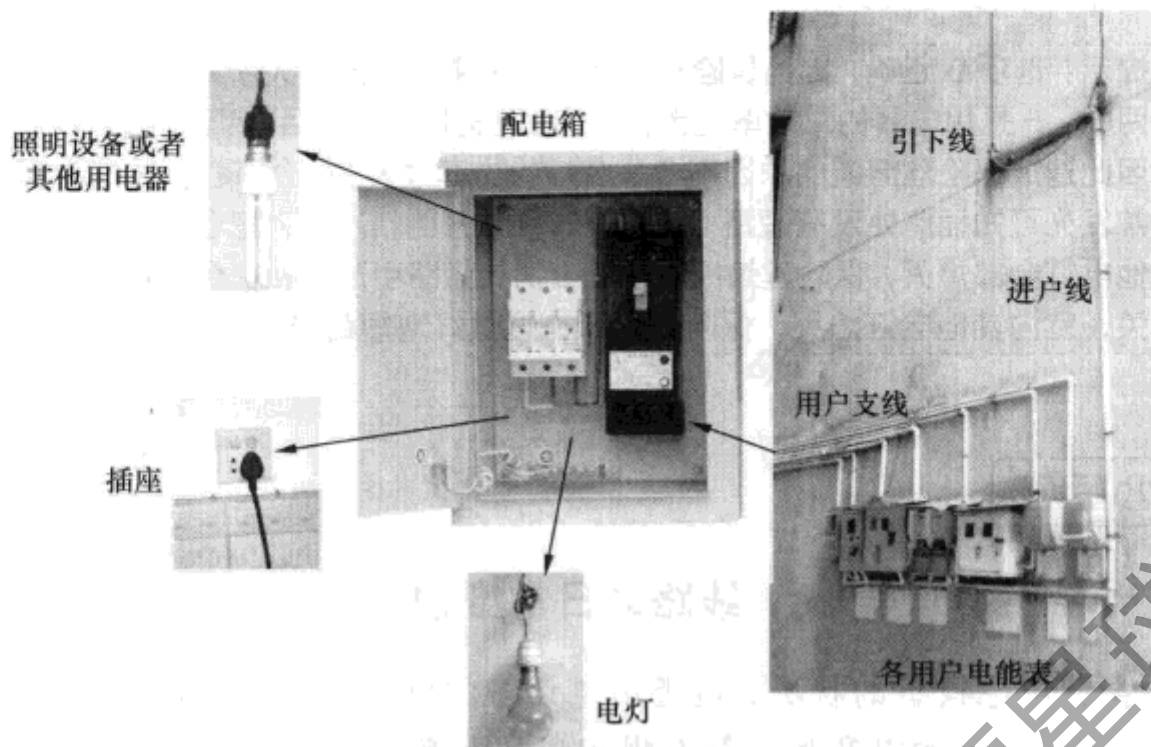
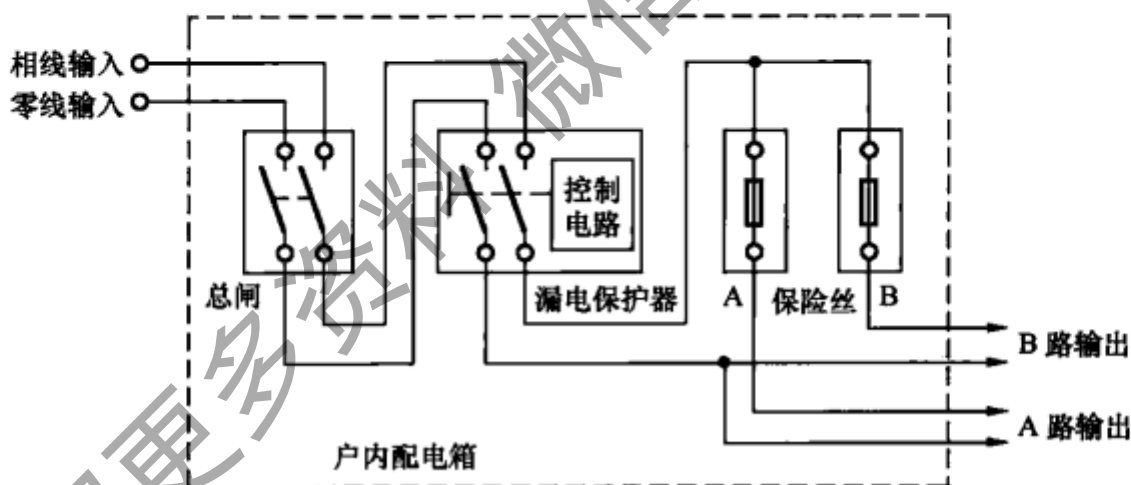


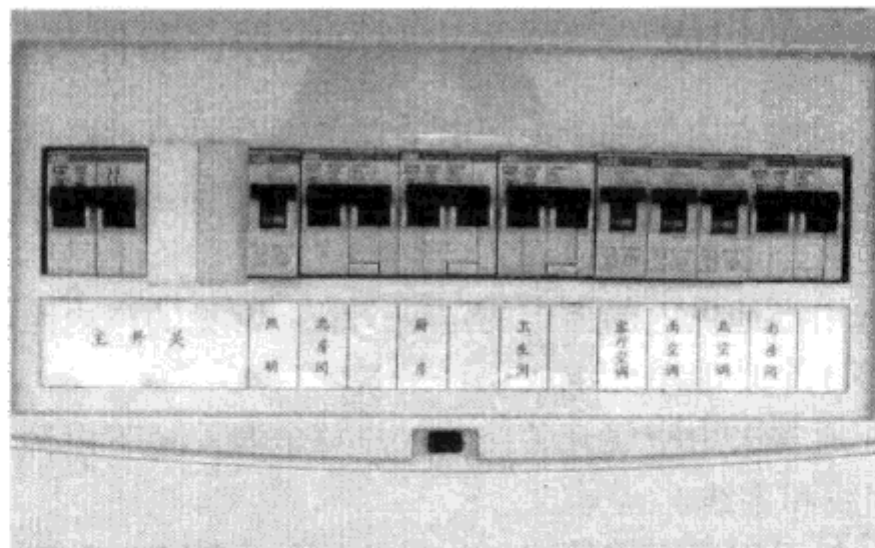
图 2-54 楼宇照明供电系统

保险丝单元通常是一路提供户内各灯具照明用电,另一路通过各插座提供家用电器用电。当发生过载或短路故障时,相应的保险丝熔断。

从电气配置上看,电源总闸、漏电保护器和保险丝 3 个功能单元是顺序连接的,即交流 220V 电压首先接入电源总闸,通过电源总闸后进入漏电保护器,通过漏电保护器后分两路经过保险丝输出,如图 2-55 所示。



(a) 电气结构图



(b) 实物图

图 2-55 户内照明配电箱电气结构图和实物图

## 知识链接

## 家庭配电导线的额定电流

按照有关标准,每户家庭设一终端配电箱,电源为单相三线。总进线的额定电流应大于或等于40A,选用 $10\text{mm}^2$ 的BV线;住宅内导线宜采用穿PVC电线套管暗敷,如明敷宜采用PVC槽板。确定用电负荷必须要有“超前”意识,家庭各主线回路导线和额定电流见表2-8。

表 2-8

家庭各主线回路导线和额定电流

电路名称	照 明	厨 房	卫 生 间	一般家用电器	空调器#1或#2
BV线截面积( $\text{mm}^2$ )	$\geq 1.5$	$\geq 4$	$\geq 4$	$\geq 2.5$	$\geq 25$
额定电流(A)	$\geq 16$	$\geq 25$	$\geq 25$	$\geq 16$	$\geq 25$

## 2.4.2 户内照明配电箱的故障排除——断电室内查配电,开箱排查各器件

## 1. 更换保险丝

① 按一下漏电保护器上的试验按钮,使电磁断路器动作切断电源,如图2-56所示。也可拉下总闸切断电源,但电磁断路器动作时间极短,又可检验一下漏电保护器的可靠性,所以建议采用按试验按钮的办法切断电源。

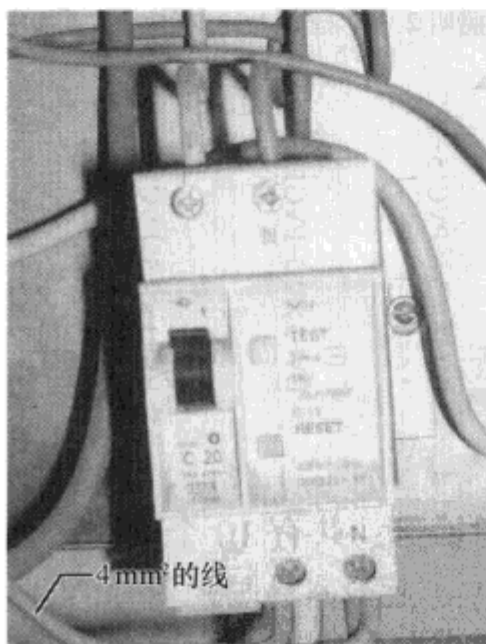


图 2-56 漏电保护器

② 从配电箱面板上取下故障保险丝安装卡,用同型号的保险丝替换安装卡中已熔断的保险丝,然后再将保险丝安装卡装回原处。

③ 用手将漏电保护器上的开关扳手向上推至“合”位置,即可恢复正常用电。

## 2. 漏电保护器掉闸

当保险丝未断而户内无电时,可能是漏电保护器掉闸,这时可以看到开关扳手指向“分”位置。可用手将开关扳手向上推至“合”位置,如能保持住,说明是漏电保护器误动作。如果推上去后一松手又掉下来,则有以下两种可能。



- ① 电器或电线出现漏电故障。
- ② 漏电保护器自身故障，需要查明原因并排除故障后再恢复供电。

### 3. 漏电保护器失灵

在供电正常的情况下，如果按下试验按钮后无反应，说明漏电保护器已失灵。在这种情况下可以继续用电，但已不具备漏电保护功能，应尽快修理或更换漏电保护器。

#### 实例分析

例 2.5 某家庭的配电电路如图 2-57 所示，请问以下故障如何检修？

- ① 照明灯全无电；
- ② 插上某用电器，断路器  $QF_3$  就跳闸。

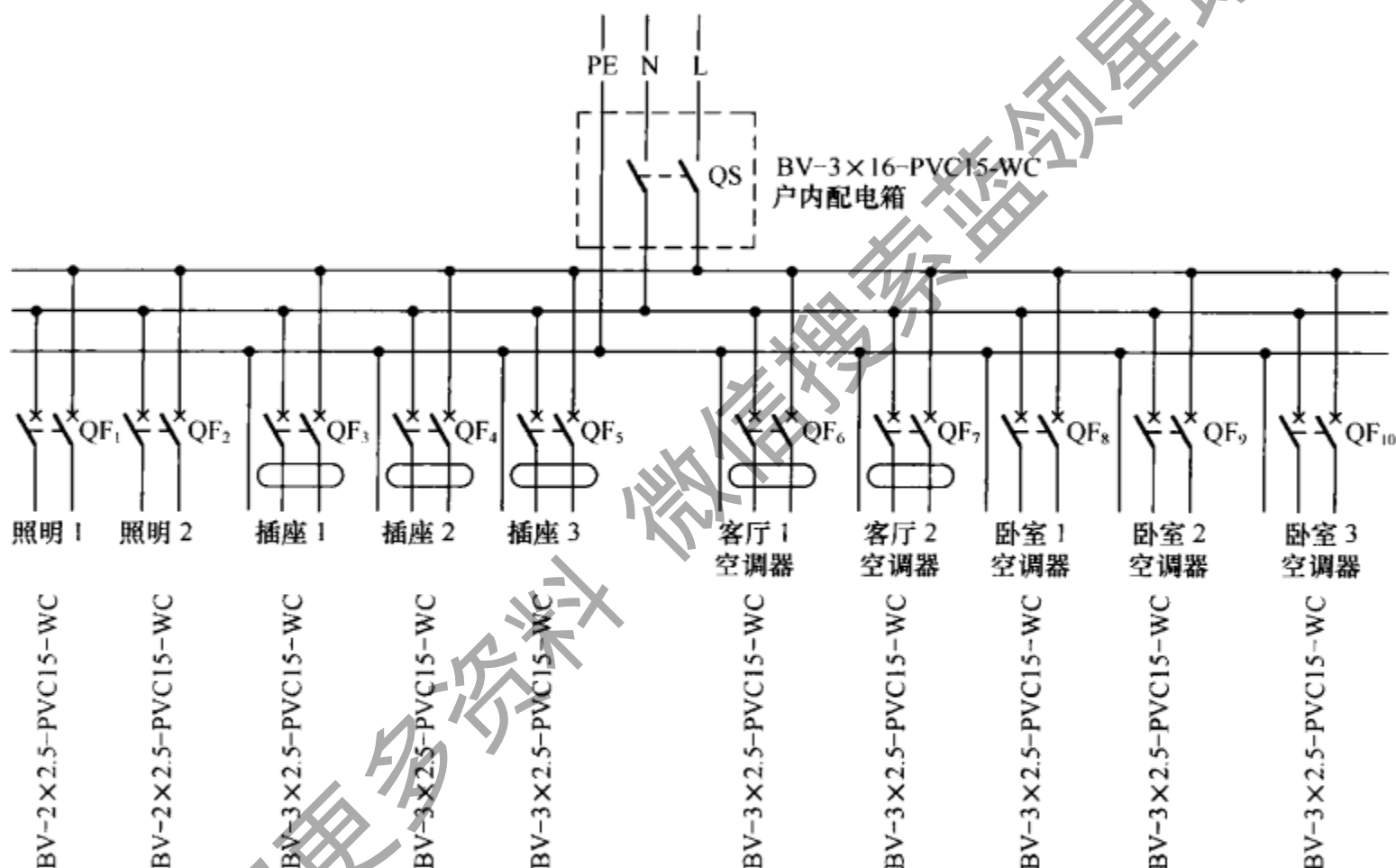


图 2-57 某家庭配电电路

**分析与检修：**共有 10 个支路，总电源处不装漏电保护器。这主要是由于房间面积大，支路多，漏电电流不容易与总漏电保护器匹配，容易引起误动或拒动。另外，还可防止支路漏电引起总漏电保护器跳闸，从而使整个住房停电。而在支路上装设漏电保护器就可克服上述缺点。

各支路中都装有支路断路器。一方面在支路发生短路时不会影响其他电路的正常供电，方便检修电路；另一方面使供电的可靠性大大提高。照明电路分为两路，一路用于日常工作，另一路备用。

插座分 3 路，分别将电压送至客厅、卧室、厨房和卫生间，以防线路超负荷。插座由于经常改变用途，要装带漏电保护的断路器（如 DZL30 或 DLK 型）。客厅内装柜式空调器，应采用带漏电保护的断路器；卧室空调器采用挂壁式，可采用不带漏电保护的断路器。

总开关采用模数化双极 63A 隔离开关，如 HY122-63A/2P；在照明支路上安装 6A 双极断

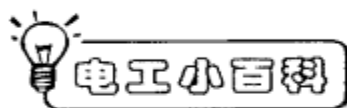
路器，如 DZ30-6A/2P；空调器支路根据容量不同可选用 15A 或 20A 双极断路器；插座支路可选用 10A 或 15A 的断路器。电路进线采用  $16\text{mm}^2$  塑料铜线，其他支路都采用  $2.5\text{mm}^2$  塑料铜线。

该电路出现照明灯全无电故障的检修方法如下。

- ① 照明灯所在的支路断路器  $\text{QF}_1$  跳闸。应检查照明线路是否有短路现象。
- ② 断路器  $\text{QF}_1$  的连接导线在安装时压接不牢，导线接头处氧化变质或接线松脱。应将变质氧化的导线剪掉，接好连接导线。
- ③  $\text{QF}_1$  的公共连接导线折断（一般在转角处）。应将折断的导线接好、焊牢。

该电路出现插上某用电器后断路器  $\text{QF}_3$  就跳闸的故障时，一般可按照以下方法进行检修。

- ① 插上的用电器有短路故障。应查出短路故障并予以修复。
- ② 该用电器漏电，使漏电断路器  $\text{QF}_3$  跳闸。应查出漏电故障并予以修复。



### 漏电保护器的选用

漏电保护器对电气设备的漏电电流极为敏感。当人体接触漏电的用电器时，产生的漏电电流只要达到  $10\sim 30\text{mA}$ ，就能使漏电保护器在极短的时间（如  $0.1\text{s}$ ）内跳闸，切断电源。选用漏电保护器主要应从 3 个方面考虑。

① 极数的选用。单相  $220\text{V}$  电源供电的电气设备，应选用二极式漏电保护器；三相三线制  $380\text{V}$  电源供电的电气设备，应选用三极式漏电保护器；三相四线制  $380\text{V}$  电源供电的电气设备，或者单相设备与三相设备共用电路，应选用三极四线式、四极四线式漏电保护器。

② 额定电流的选用。漏电保护器的额定电流值不应小于实际负载电流。一般家庭用漏电保护器可选额定工作电流为  $16\sim 32\text{A}$ 。

③ 可靠性的选用。为了使漏电保护器真正起到漏电保护作用，其动作必须正确、可靠。合格的漏电保护器动作时间不应大于  $0.1\text{s}$ ，否则对人身安全仍然有威胁。家庭中装在配电板（箱）上的漏电保护器，其灵敏度宜在  $15\sim 30\text{mA}$ ；装于某一支路或仅针对某一设备或家用电器（如空调器、电风扇等）用的漏电保护器，其灵敏度可选  $5\sim 10\text{mA}$ 。

## 第3章 电动机及常见故障检修

### ——故障复杂程序多

生产、生活中应用最广泛的电动机有单相异步电动机、三相异步电动机和直流电动机等，作为电工，应掌握其常见故障的诊断方法及维修技术，熟练掌握其使用和维护方法。

通过本章学习，要求达到以下目标。

#### 知识目标

- ① 了解单相异步电动机的种类和结构特点。
- ② 掌握选用单相电动机的原则。
- ③ 掌握三相异步电动机的维护常识。
- ④ 掌握定子绕组的拆除方法，了解绕制线圈的注意事项。
- ⑤ 了解小型直流电动机的运行与维护常识。

#### 能力目标

- ① 掌握单相异步电动机的维护方法。
- ② 掌握单相异步电动机的常见故障诊断与处理方法。
- ③ 掌握三相异步电动机的定期维护方法。
- ④ 掌握三相异步电动机的常见故障及处理方法。
- ⑤ 掌握三相异步电动机定子绕组故障、转子故障、转子铁芯故障、轴承和转轴故障的诊断与检修方法。
- ⑥ 根据工作需要，学会三相异步电动机定子绕组的重绕方法。
- ⑦ 学会分析小型直流电动机常见故障的原因，并掌握故障处理方法。

## 3.1 单相异步电动机及常见故障检修

### ——运转失态寻良方

#### 3.1.1 结构与选用常识——根据用途选型号，价格功能很紧要

单相异步电动机是由单相电源供电的一种电动机，它具有结构简单、成本低廉、噪声小、运行可靠及维护方便等优点，广泛应用在只有单相电源的场所。洗衣机、电冰箱、电风扇等大多数家用电器以及部分农用电器都是采用单相异步电动机作为动力源。

单相异步电动机的工作绕组分为主绕组和辅助绕组，因此，有时也称之为两相电动机。

##### 1. 单相异步电动机的种类

根据应用情况，单相异步电动机可分为一般用途、规定用途和特殊用途 3 种，如图 3-1 所示。一般用途的电动机是不带特殊应用条件的通用电动机；规定用途的电动机有单相电泵、空调器风扇用电动机、波轮式洗衣机用电动机、洗衣机脱水电动机、复印机用电动机、台扇和吊扇用电动机等；特殊用途的电动机是专门设计的电动机，如单相离合器异步电动机、单相潜水电泵、单相力矩异步电动机等。



图 3-1 常用单相异步电动机的分类

##### 2. 单相异步电动机的结构特点

单相异步电动机在结构上与三相笼型异步电动机相似，转子也是笼型转子，只是定子上只有一个单相工作绕组。与同功率的三相异步电动机相比，单相异步电动机的体积较小，运行性能较差，只做成小功率的，一般为 10~3700W。常用单相异步电动机的结构特点及应用范围见表 3-1。



表 3-1

单相异步电动机的结构特点及应用范围

名称	结构特点	等效电路图	应用范围
电阻分相单相异步电动机	① 定子绕组由启动绕组（辅助绕组）、工作绕组（主绕组）两部分组成； ② 启动绕组的电阻较大； ③ 启动结束后，启动绕组被自动切除		小型鼓风机、研磨机、搅拌机、小型钻床、医疗器械、电冰箱等
电容启动单相异步电动机	① 定子绕组由启动绕组和工作绕组两部分组成； ② 在启动绕组中串入启动电容器 C； ③ 启动结束后，启动绕组被自动切除		小型水泵、冷冻机、压缩机、电冰箱、洗衣机等
电容运行单相异步电动机	① 定子绕组由启动绕组和工作绕组两部分组成； ② 启动绕组中串入启动电容器 C； ③ 启动绕组参与运行		电风扇、排气扇、电冰箱、洗衣机、空调器、复印机等
电容启动运行单相异步电动机	① 定子绕组由启动绕组和工作绕组两部分组成； ② 启动绕组中串入启动电容器 C； ③ 启动结束后，一组电容被切除，另一组电容与启动绕组参与运行		电冰箱、水泵、小型机床等
罩极电动机	定子由一组绕组组成，定子铁芯的一部分套有罩极铜环		鼓风机、电唱机、仪器仪表、电动模型等

单相异步电动机与三相异步电动机的结构相似，但因电动机使用场合的不同，其结构形式也有所差异。常见单相异步电动机的结构形式见表 3-2。

表 3-2

常见单相异步电动机的结构形式

结构形式	特点	示意图
内转子结构	转子位于电动机内部，主要由转子铁芯、转子绕组和转轴组成。定子位于电动机外部，主要由定子铁芯、定子绕组、机座、前后端盖和轴承等组成	<p>电容运行台扇电动机的结构</p> <p>1—注油孔；2—前外壳；3—前端盖；4—定子铁芯；5—定子绕组；6—转子；7—后端盖；8—摆头齿轮；9—后外壳；10—螺钉；11—平衡块；12—曲柄；13—轴承；14—转轴</p>

续表

结构形式	特点	示意图
外转子结构	定子铁芯及定子绕组置于电动机内部，转子铁芯、转子绕组压装在下端盖内。上、下端盖用螺钉连接，并借助于滚动轴承与定子铁芯及定子绕组一起组合成一台完整的电动机。电动机工作时，上、下端盖及转子铁芯与转子绕组一起转动	<p style="text-align: center;">电容运行吊扇电动机的结构</p> <p style="text-align: center;">1—上端盖；2、7—挡油罩；3—定子；4—下端盖； 5—引出线；6—外转子</p>
凸极式罩极电动机结构	又可分为集中励磁罩极电动机和分别励磁罩极电动机两类。其中集中励磁罩极电动机的外形与单相变压器相仿，套装于定子铁芯上的定子绕组接交流电源，转子绕组产生电磁转矩而转动	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>凸极式集中励磁罩极电动机的结构</p> <p>1—凸极式定子铁芯；2—转子； 3—罩极；4—定子绕组</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>凸极式分别励磁罩极电动机的结构</p> <p>1—凸极式定子铁芯；2—罩极； 3—定子绕组；4—转子</p> </div> </div>

### 3. 单相异步电动机的选用

各种单相异步电动机有各自的特点，对于同一设备的传动，常有几种不同形式的电动机可供选择。

如图 3-2 所示，家用电冰箱压缩机中的电动机有的采用电阻启动电动机，因为这种电动机价格低廉，运行可靠，基本上也能满足运行要求；另外一些电冰箱厂则采用电容启动电动机，因它的启动电流小，启动转矩大，但价格较高，而且增加电容也就多了一种易出故障的环节。此外，也有采用电容启动运转电动机的，这种电动机不仅有很大的启动转矩和较小的启动电流，而且运行效率和功率因数都提高了，可节省电能，当然价格最高，出故障的环节更多了。但如精心制作和挑选元器件，提高整机装配质量，这种电冰箱的运行还是可靠的。

对于一般器具的传动，如果没有性能和结构上的特殊要求，建议采用基本系列电动机 YU 系列（单相电阻启动异步电动机）、YC 系列（单相电容启动异步电动机）、YY 系列（单相电容运转异步电动机）及 YL 系列（单相双值电容异步电动机）。如基本系列电动机不能满足要求，可选用规定用途或特殊用途的电动机。

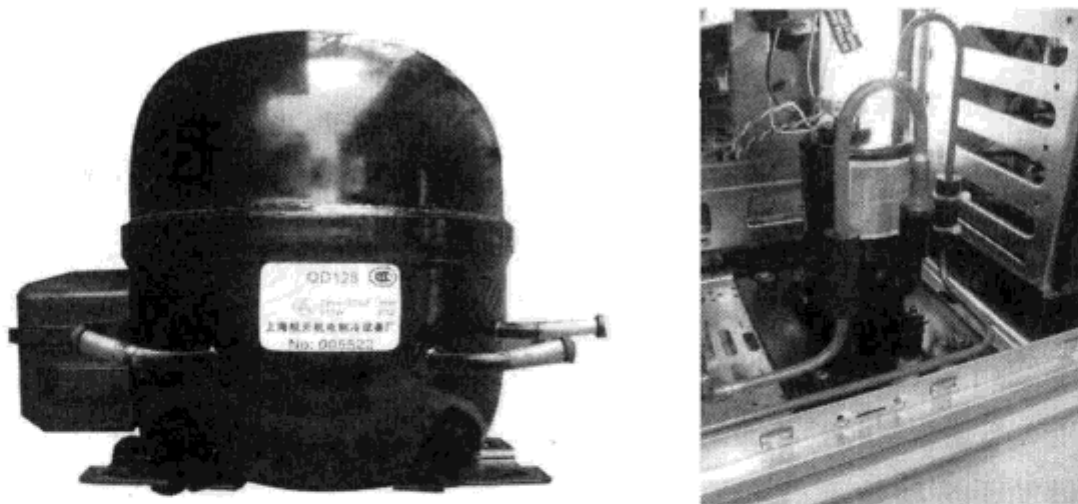


图 3-2 电冰箱压缩机

下面介绍按功率大小选用单相异步电动机的原则。

① 当电动机的输出功率在 10W 以下时，可选用罩极异步电动机。虽然它的启动转矩和力能指标低，但由于功率很小，耗能不多，而且结构简单，制造容易，价格低廉，运行可靠，对于空载或轻载启动的器具，常可优先选用。如小型风扇、微风机、吸烟机、家用鼓风机、家用排气扇、电吹风、电动模型、复印机等多采用罩极异步电动机。

② 当电动机的输出功率为 10~60W 时，基本上采用电容运转电动机，因为在这个功率范围内，其启动性能和运行性能均很优良，噪声低，不需要离心开关或其他启动开关，可靠性高，调速也比较方便。各种电风扇电动机、洗衣机用脱水电动机都以电容运转电动机为主要传动电动机，只有极少数情况采用罩极电动机。例如全自动洗衣机的排水泵，由于启动转矩要求不高，且使用时间很短，效率可以不考虑，为了简化结构，可采用凸极式罩极异步电动机。又如炉灶用鼓风机，由于环境条件较恶劣，有油烟和水蒸气，环境温度高，如采用电容运转电动机，电容容易损坏，故常采用隐极式罩极异步电动机（容量小的用凸极式）。

③ 当电动机的输出功率为 60~250W 时，优先选用电容运转电动机。如果启动转矩不足，则最好选用电容启动运转（双值电容）电动机，它的启动和运行性能均较好，但成本较高。YL 系列双值电容异步电动机的功率为 370~3000W。也可用电阻启动或电容启动异步电动机，它们的力能指标完全相同，从价格上讲，电阻启动异步电动机便宜；从性能上讲，电容启动异步电动机的启动电流小，而启动转矩大。表 3-3 为 3 种不同型号的 180W、4 极单相异步电动机性能对照表。

表 3-3 3 种不同型号的 180W、4 极单相异步电动机性能对照表

电动机型号	效率	功率因数	启动转矩倍数	启动电流 (A)
YU7124	53%	0.62	1.4	17
YC7124	53%	0.62	2.8	12
YY6324	50%	0.90	0.40	5

④ 当电动机的输出功率大于 250W 时，可从价格和启动性能两方面权衡利弊来选用。对于功率大于 550W 的电动机，尽量不选用电阻启动异步电动机，因为它的启动电流太大。

#### 4. 单相异步电动机的维护

① 除单相罩极式电动机只能按规定方向运行外，其余各种单相异步电动机均可通过任一绕组的两个出线端对调改变运行方向。其中，单相分相启动异步电动机应在电动机静止或转

速降低到启动开关的触头闭合后,方可改变接线方向。

② 单相异步电动机接线时须正确区分主、辅绕组,并注意它们的首、末端,一般应在接线板上做绕组出线端标志。若出线端标志脱落,电阻大者为辅助绕组。

③ 更换电容器时,应注意电容器的电容量和工作电压,使之与原规格相符。交流电动机常用电容器如图 3-3 所示。

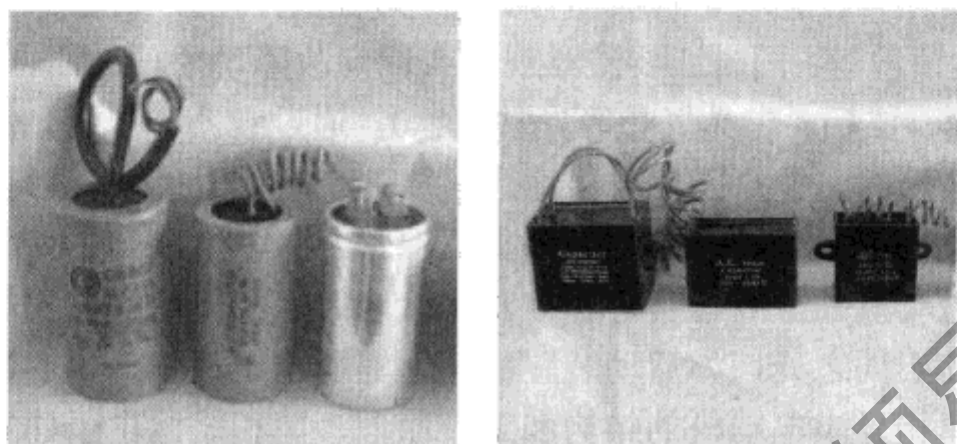


图 3-3 交流电动机常用电容器

④ 额定频率为 60Hz 的电动机不能用在 50Hz 的电源上,否则会引起电流增大,电动机过热甚至烧毁绕组。

### 知识链接

## 单相异步电动机电容器的选配

电容器是采用电容分相的单相异步电动机必不可少的元件。电容器选择是否恰当,对单相异步电动机的启动和运行有很大的影响。

单相电容启动异步电动机启动电容器的选配见表 3-4,单相电容运转异步电动机运转电容器的选配见表 3-5,单相双值电容异步电动机电容器的选配见表 3-6。

表 3-4 单相电容启动异步电动机启动电容器的选配

电动机额定功率(W)	120	180	250	370	550	750	1100	1500	2200
电容器容量 ( $\mu\text{F}$ )	75	75	100	100	150	200	300	400	500

表 3-5 单相电容运转异步电动机运转电容器的选配

电动机额定功率(W)	15		25		40		60		90		120		150	
极数	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
电容器容量 ( $\mu\text{F}$ )	1	1	1	2	2	2	2	4	4	4	4	4	6	6

表 3-6 单相双值电容异步电动机电容器的选配

电动机额定功率(W)	250	370	550	750	1100	1500	2200	3000
启动电容器的容量 ( $\mu\text{F}$ )	75	100	100	150	150	250	350	500
运转电容器的容量 ( $\mu\text{F}$ )	12	16	16	20	30	35	50	70



**想一想** 常用的单相异步电动机有哪些种类?它们在结构上有何特点?



### 3.1.2 常见故障的分析与处理——电机故障较复杂，内因外因都要查

#### 1. 检修思路

单相异步电动机的故障可分为电磁故障和机械故障，检修时应根据故障现象，分析产生故障的可能原因，并通过检查、分析和判断找出故障，迅速修复。

电动机出现了故障，首先要了解其型号、结构和使用情况，对于旧的电动机还要了解是否修过、修理前后的情况等；同时还要注意观察或询问故障现象，如启动情况和运行情况（有无震动、噪声、发热、冒烟、焦臭气味等异常现象）。通过观察和了解，从故障的主要现象入手，初步确定产生故障的可能原因。如果原因很多，一时难以确定，可再结合故障的一些次要现象，进行全面分析或必要的测试，以缩小范围。

由于单相异步电动机的故障有其特殊性，在检修时除可采用类似三相异步电动机的检修方法外，还要注意其不同之处，如启动装置故障、辅助绕组故障、电容器故障及气隙过小引起的故障等。根据单相异步电动机的结构和工作原理，单相绕组由于建立的是脉振磁场，电动机没有启动转矩，需要增加辅助绕组（有分相式和罩极式），以帮助电动机启动或运行。因此，当单相异步电动机的辅助回路出现故障时，就可能出现不能启动、转向不定、转速偏低等现象，检修时对其影响应有一定的认识。

#### 2. 常见故障及排除方法

单相异步电动机的常见故障及排除方法见表 3-7。

表 3-7 单相异步电动机常见故障及排除方法

故障现象	故障原因	排除方法	检查顺序或要点
没有“嗡嗡”声	① 电源断线或进线接头松动； ② 主绕组内部断路； ③ 主绕组短路或过热烧毁	① 检查电源并恢复供电，或接牢接头； ② 用万用表或校验灯找出断路点，予以局部修理或更换绕组； ③ 查找短路点，局部修理或更换绕组	先检查熔丝，确定有无电源，再查找绕组故障
通电后电动机不能启动	① 辅助绕组内部断路； ② 离心开关损坏或触点毛糙，引起接触不良； ③ 电流型启动继电器线圈断路或触点接触不良； ④ PTC 启动继电器损坏； ⑤ 电容器失效、断路或容量减小得太多； ⑥ 罩极式电动机的短路环断开或脱焊	① 用万用表或校验灯找出断路点，进行局部修理或更换绕组。 ② 检查离心开关，如不灵活，予以调整；如触点接触面粗糙，予以磨光；如不能修复，则更换。 ③ 用万用表确定故障，修理线圈或触点，或更换线圈。 ④ 用万用表确定故障后，予以更换。 ⑤ 更换电容器。 ⑥ 焊接或更换短路环	接通电源后用外力推动，看电动机是否可正常旋转，这是判断该类型故障的关键。用代换法或万用表测量电容器，确认电容器有无故障，是检修时的切入点

续表

故障现象	故障原因	排除方法	检查顺序或要点
电动机发出“嗡嗡”声，外力不能使之旋转	① 电动机过载。 ② 轴承故障。 a. 轴承损坏； b. 轴承内有杂物； c. 润滑脂干涸； d. 轴承装配不良。 ③ 端盖装配不良。 ④ 定子、转子铁芯相擦。 a. 轴承严重磨损； b. 转轴弯曲； c. 铁芯冲片变形有突出。 ⑤ 笼型转子断条。 ⑥ 主绕组接线错误	① 测电动机的电流，判断所带负载是否正常。若过载，则减小负载或换上较大容量的电动机。 ② 检修轴承。 a. 更换轴承； b. 清洗轴承，换上新的润滑脂，润滑脂充填量应不超过轴承室容积的70%； c. 清洗和更换润滑脂； d. 重新装配，调整同轴度，使之转动灵活。 ③ 重新装配、调整端盖。 ④ 检修定子、转子铁芯。 a. 更换轴承； b. 检测转轴，若弯曲应予以矫正； c. 检查铁芯冲片，锉去铁芯冲片上的突出部分。 ⑤ 检查并修理转子。 ⑥ 检查并重新接线	接通电源后，用外力推动，看电动机是否可以正常旋转，这是判断该类型故障的关键。从简单原因入手，按照“先外部后内部”的修理思路，先检查电动机是否过载、主绕组接线是否有误、端盖是否装配到位等外部原因，再检查电动机内部的故障，如铁芯、定子、转子等的故障
通电后电动机不能启动	① 电动机过载运行； ② 电源电压偏低； ③ 启动装置故障，启动后辅助绕组没有脱离电源； ④ 电容器损坏（击穿、断路或容量减小）； ⑤ 主绕组短路或部分接线错误； ⑥ 轴承损坏或缺油等造成摩擦阻力加大； ⑦ 笼型转子断条，造成负载能力下降	① 检测负载电流，判断负载大小，若过大应减轻负载； ② 查明原因，提高电源电压； ③ 检查启动装置是否失灵，触点是否粘连，并予以修理或更换； ④ 更换电容器； ⑤ 检查、修理或更换绕组； ⑥ 清洗，更换润滑脂，或更换轴承； ⑦ 查找断条处，并予以修理	先检查负载和电源电压，然后检查电容器和测量绕组的电阻值，最后检查转子和轴承的故障
电动机转速低于正常转速	① 电源电压过高或过低； ② 启动装置故障，启动后辅助绕组没有脱离电源； ③ 主、辅绕组接错，将辅助绕组当作主绕组接入电源；	① 查明原因，调整电源电压的大小； ② 检查启动装置，修理或更换启动装置； ③ 检查并重新接线；	
电动机过热	① 电源电压过高或过低； ② 启动装置故障，启动后辅助绕组没有脱离电源； ③ 主、辅绕组接错，将辅助绕组当作主绕组接入电源；	① 查明原因，调整电源电压的大小； ② 检查启动装置，修理或更换启动装置； ③ 检查并重新接线；	

续表

故障现象	故障原因	排除方法	检查顺序或要点	
电动机过热	启动后很快发热	④ 负载选择不当, 过大或过小; ⑤ 主绕组短路或接地; ⑥ 主、辅绕组间短路	④ 过载时减轻负载, 电容运转电动机空载运行时发热属正常现象, 可增大负载; ⑤ 查找短路点或接地点, 局部修复或更换绕组; ⑥ 查找短路点, 局部修复或更换绕组	先测量电压是否正常, 检查负载是否匹配以及绕组接线有无错误, 然后检查启动装置有无故障, 最后检查绕组故障
	运行中温升过大	① 电源电压过高或过低; ② 电动机过载运行; ③ 主绕组匝间短路; ④ 轴承缺油或损坏; ⑤ 定子、转子铁芯相擦; ⑥ 绕组重绕时, 将绕组匝数或导线截面积搞错; ⑦ 转子断笼	① 查明原因, 调整电源电压的大小; ② 减轻负载; ③ 修理主绕组; ④ 清洗轴承并加润滑脂, 或更换轴承; ⑤ 查明原因, 予以修复; ⑥ 查明原因, 更换绕组; ⑦ 查找断裂处并予以修复	先测量电压是否正常以及电动机是否过载, 再检查绕组, 最后检查定子、转子故障
	运行中冒烟, 发出焦糊味	① 绕组短路烧毁; ② 绝缘受潮严重, 通电后绝缘击穿烧毁; ③ 绝缘老化造成短路烧毁	检查短路点和绝缘状况, 根据检查结果, 局部或全部更换绕组	用兆欧表测量电动机的绝缘电阻是否正常, 再检查绕组故障
	轴承端盖部分很热	① 轴承内润滑脂干涸; ② 轴承内有杂物或损坏; ③ 轴承装配不当, 转子转动不灵活	① 清洗, 更换润滑脂; ② 清洗或更换轴承; ③ 重新装配、调整, 用木锤轻轻敲击端盖, 按对角顺序拧紧端盖螺栓, 同时不断试转转轴, 查看是否灵活, 直至螺栓全部拧紧	先用手检查转子转动是否灵活, 若不灵活重新装配或调整轴承端盖, 顺便检查轴承有无杂物或损坏
	电动机运行中震动或噪声大	① 转轴弯曲等引起不平衡; ② 轴承磨损、缺油或损坏; ③ 绕组短路或接地; ④ 转子绕组断笼, 造成不平衡; ⑤ 电动机端盖松动; ⑥ 定子、转子铁芯相擦; ⑦ 转子轴向窜动量过大; ⑧ 冷却风扇松动, 或风扇叶片与风罩相擦	① 查明原因, 予以矫正; ② 清洗, 更换润滑脂, 或更换轴承; ③ 查找故障点, 予以修复; ④ 查找断裂处, 予以修理; ⑤ 拧紧端盖紧固螺栓; ⑥ 检查并予以修理; ⑦ 轴向游隙应小于 0.4mm, 过大时应加垫片调整; ⑧ 调整并固定	判断震动是由机械方面引起的还是由电气方面引起的, 这是快速检修该故障的前提条件。其方法是: 接通电源, 电动机发生震动, 若切断电源后, 电动机仍发生震动, 为机械故障; 若接通电源后电动机震动, 切断电源后震动消失, 则为电气故障

### 实例分析

#### 例 3.1 单相电动机绕组绝缘中度损坏的维修。

**分析与检修：**电动机绕组绝缘中度损坏的故障特点是：电动机不能运行，其绕组中只有一个线圈烧坏变黑，其他线圈未受损。最直观的判断方法是，看线圈的漆包线颜色是否因受热而改变，一般由金黄色变成黑色即为绝缘损坏，如图 3-4 所示。

维修时，小心取下已损坏的线圈，测量其线径（取一段漆包线，用打火机烧一下脱去绝缘层，因为这样测量的外径才准确），数准匝数。根据原线圈的大小，重新绕制一个新线圈嵌上即可。对于负载不重的电动机绕组局部断路故障（如电风扇电动机），可以临时采取应急方法，即找到这个线圈的头、尾端，用电烙铁焊好（将头、尾端短接）并套上黄蜡管，仍然可以继续使用，如图 3-5 所示。

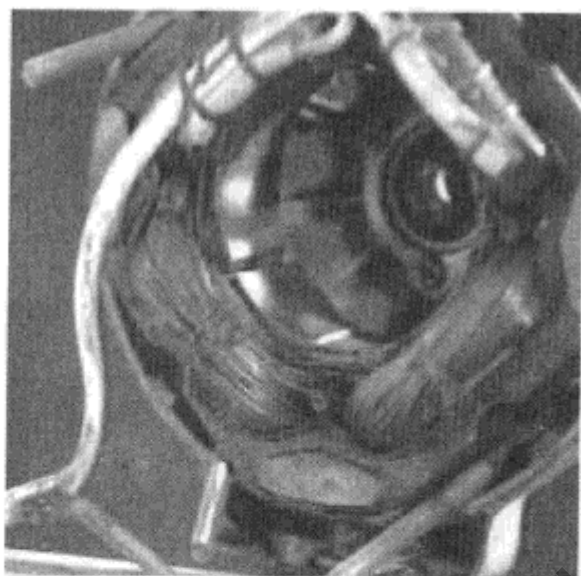


图 3-4 线圈颜色变成了黑色

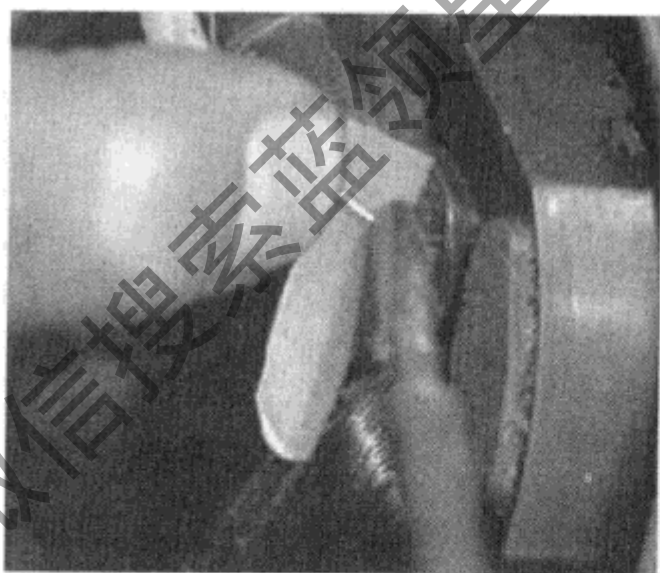


图 3-5 风扇线圈局部断路故障的处理

#### 例 3.2 单相电动机绕组绝缘轻微损坏的维修。

**分析与检修：**电动机绕组绝缘轻微损坏的故障特点是：电动机在去掉负载后还能转动，只是转速变慢或转动无力，电动机在转动时有打火花现象，并伴有轻微糊味（应立即停机，否则会造成绕组损坏更加严重）。经检查发现线圈表面只有一处轻微损坏，有焦痕，线圈其他地方完好，仔细观察后发现此处已成了“裸线”。

维修时，用家用电吹风（功率要大于 500W，将开关挡旋至强热风挡）近距离对着受损的线圈吹热风，线圈开始慢慢软化，然后用竹片做成的小刀仔细地把受伤的线挑起来，与其他漆包线分开（注意不要把线挑断）并涂上绝缘清漆，使“裸线”变成绝缘漆包线。然后用烘箱或电炉烘干，最后整形、装配，试运行。

**想一想** 单相异步电动机的常见故障有哪些？如何快速分析并处理这些故障？

### 3.1.3 启动装置的检修——启动困难查附件，电容继电与开关

启动型单相异步电动机的启动转速达到额定转速的 70%~80%时，启动装置自动切断辅助绕组电源，主绕组单独运行，这就是所谓的“过河拆桥”。因此，当启动装置出现故障时，电动机就不能正常工作。另外，单相双值电容异步电动机也用到了启动装置。



### 1. 离心开关

常用离心开关如图 3-6 所示, 其故障主要有开路、短路和接地。开路、短路故障的现象和原因见表 3-8。

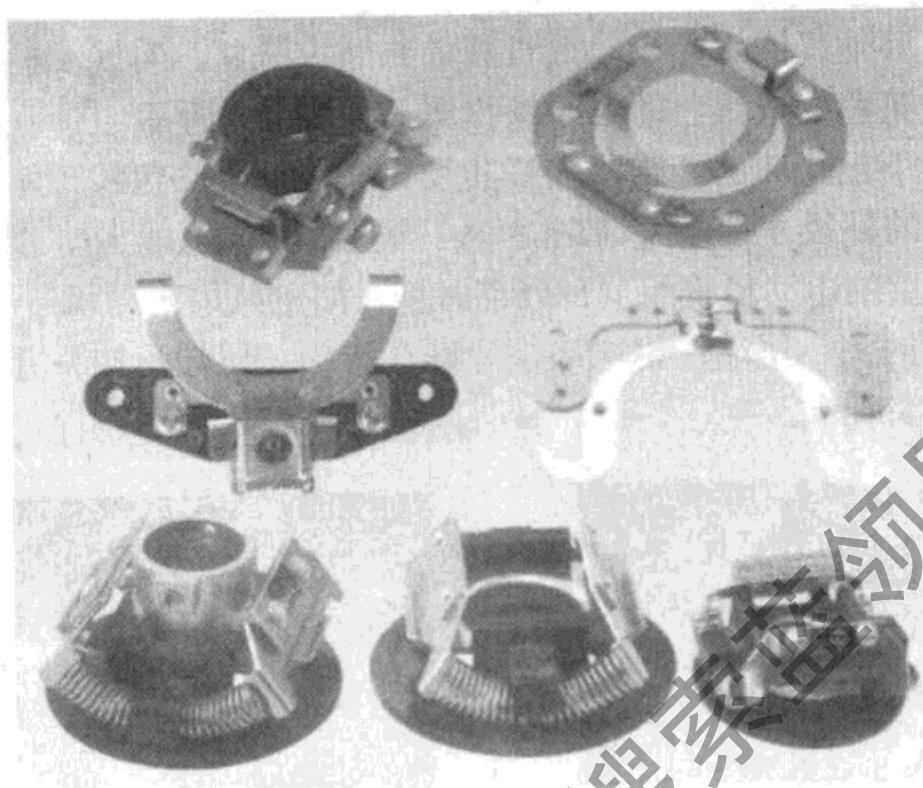


图 3-6 离心开关

表 3-8

离心开关的故障现象和故障原因

故障现象	故障原因
电动机无法启动	离心开关开路 <ul style="list-style-type: none"> <li>① 弹簧失效, 无足够的张力使触头闭合;</li> <li>② 机械机构卡死;</li> <li>③ 触头烧坏脱落;</li> <li>④ 触头簧片过热失效;</li> <li>⑤ 接线螺钉松脱或线头断开;</li> <li>⑥ 动、静触头间有杂物、油垢, 使其接触不良;</li> <li>⑦ 触头绝缘板断裂, 使触头不能闭合</li> </ul>
电动机辅助绕组过热烧坏	离心开关短路 <ul style="list-style-type: none"> <li>① 弹簧过硬, 使电动机达到预定转速时仍不能断开辅助绕组电源;</li> <li>② 机械构件磨损、变形, 导致触头不能断开辅助绕组电源;</li> <li>③ 簧片式离心开关的簧片过热失效;</li> <li>④ 动、静触头烧熔粘结;</li> <li>⑤ 甩臂式离心开关的铜环极间绝缘击穿</li> </ul>

离心开关的故障可采用下列方法检查。

#### (1) 开路故障的电阻检查法

用万用表测量辅助绕组引出线头, 辅助绕组的阻值为几百欧, 如阻值很大, 说明启动回路有断路故障。进一步检查需拆开电动机, 直接测量辅助绕组的电阻。如电阻正常, 说明是离心开关故障, 可按表 3-8 所述原因逐项检查处理; 若构件磨损严重, 则应更换。

(2) 触头失灵且离不开的检查方法

电容分相电动机或辅助绕组引线外接的分相电动机，可在辅助绕组回路中串入电流表，若运行时仍有电流，则说明触头失灵，未断开。此时可拆开检查，再进行处理。

由于电动机的启动电流较大，通断时触点间产生的火花容易烧坏开关触头，使触头接触不良或粘连在一起。维修时需拆开电动机，将离心开关的铜触片（或触头）用什锦锉锉平，或用金相砂纸或油石磨光。经修复后的触片（或触头）一般情况下仍可继续使用。若触片（或触头）不能修复，应予以更换。

2. 电流型启动继电器

电流型启动继电器属于常开触头式电磁元件，其接线原理如图 3-7 所示。触头与电动机辅助绕组串联，继电器电流线圈与主绕组串联。在接通电源的瞬间，强大的启动电流通过线圈，继电器铁芯产生足够大的电磁力，在触头闭合的同时接通辅助绕组电源，使电动机启动。随着转速上升，电流减小，当电流减小到一定值时，电流线圈产生的电磁吸力将不足以克服弹簧张力而使线圈释放，触头断开，辅助绕组脱离电源，电动机进入正常运行状态。

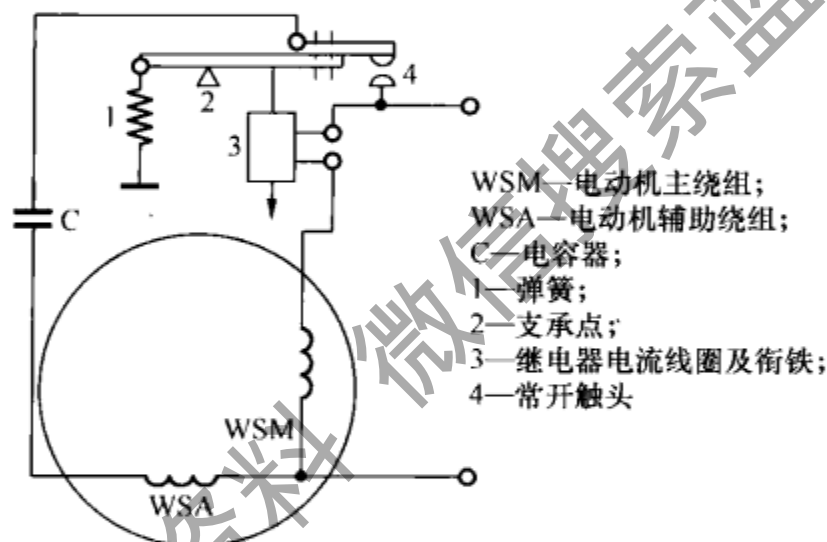


图 3-7 电流型启动继电器接线原理图

电流型启动继电器的常见故障有工作失灵、触头烧坏和线圈异常。其故障现象和故障原因见表 3-9。

表 3-9 电流型启动继电器的故障现象和故障原因

故障现象	故障原因
动作不能准确完成，导致电动机不能启动或烧毁绕组	① 弹簧张力失效。电动机达到规定转速后，其触头不能断开，使电动机辅助绕组长时间通电而发热烧坏。 ② 弹簧调整得过紧。触头易跳火甚至不闭合，造成电动机辅助绕组无电而不能启动。 ③ 电动机重绕时参数改变。单相电动机启动继电器的工作特性应根据电动机的启动特性进行调整，若重绕的绕组参数（如匝数、线径、电压等）改变，会使其与原继电器不匹配，容易引起工作失灵。 ④ 继电器参数改变。如继电器线圈重绕时参数改变，也会产生上述现象而造成工作失灵
工作失灵	

续表

故障现象	故障原因
触头开路(脱落)或短路(粘结),使电动机不能启动或发热烧毁	<p>① 弹簧调节不当。弹簧张力调整得过大或过小,都可能使触头跳火而造成烧蚀或粘结。</p> <p>② 电动机绕组故障。辅助绕组短路会导致产生大电流,引起触头载流能力不足而损坏。</p> <p>③ 触头接地。触头座的绝缘损坏而发生接地短路,也会烧坏触头</p>
线圈异常	<p>① 匝间短路。线圈制造质量不良,或使用中受潮,容易引起线圈匝间短路故障。</p> <p>② 绕组短路。电动机主绕组发生严重短路,强大的短路电流可能导致继电器电流线圈烧毁</p>

### 技能提高

## 离心式开关和电流型启动继电器的应急维修

离心式开关和电流型启动继电器一旦损坏,若买不到相同规格的产品,可用按钮开关代替。将按钮开关与辅助绕组串联后,再串接于主绕组的电源端,通过此按钮开关控制辅助绕组电源的通断。电动机启动时,按下该按钮开关,接通辅助绕组电源,电动机启动运转;当转速达到额定转速的70%~80%时,松开按钮开关,切断辅助绕组电源,使主绕组单独运行。

### 实例分析

**例 3.3** 某脱粒机单相电动机出现负载稍大就不能启动的故障。据用户讲,该脱粒机一直工作得很好,只是近期在带动稍大的负载时不能启动,电动机发出“嗡嗡”声。

**分析与检修:**从维修经验分析,导致该故障的原因一般是离心开关开路。该单相电动机离心开关电路接线如图3-8(a)所示,其外部引脚排列方式如图3-8(b)所示。检修时,测量电动机的接线柱⑤与⑥之间是否连通,如不通,则说明离心开关开路。

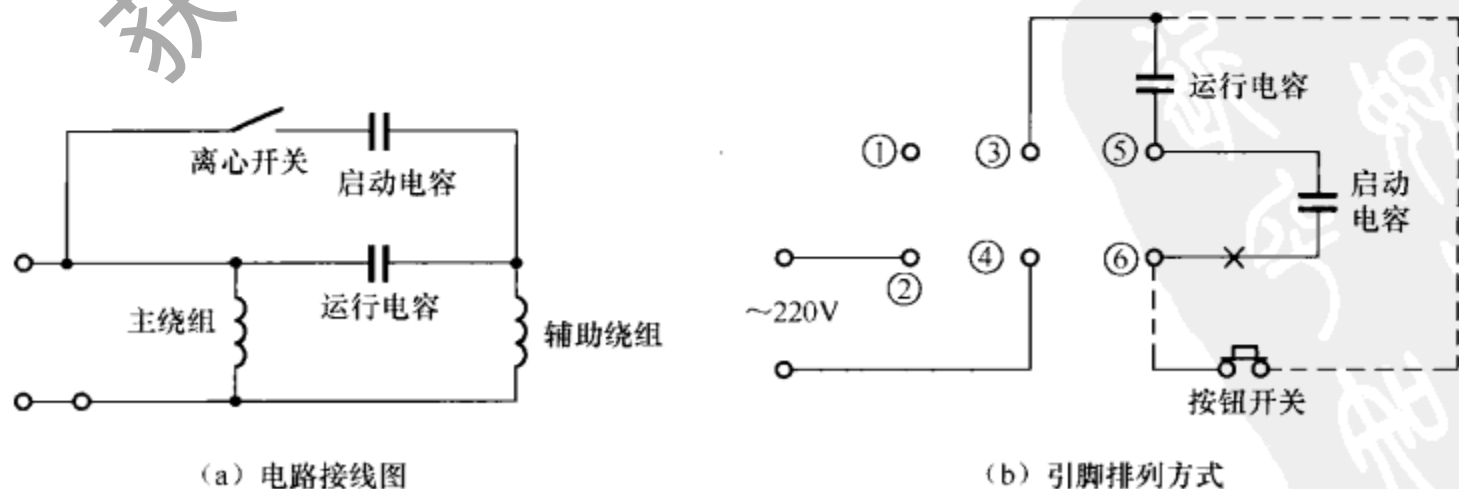


图 3-8 脱粒机电动机离心开关电路接线图和引脚排列方式

用万用表的  $R \times 100$  挡测得电动机的接线柱⑤与⑥之间不通,证明离心开关确实已开路。

断开接线柱⑥的启动电容引线，串联一只按钮开关（平时为常开状态），并按图中所示方法改接到接线柱③上，即用按钮开关代替电动机内开路损坏的离心开关。在启动时，按下按钮开关数秒钟，待电动机正常启动以后再松开手即可。

经采用上述方法进行修理后，故障排除。

### 3. PTC 启动继电器

如图 3-9 所示，PTC 启动继电器在低阻状态时的阻值为几欧至几十欧，而高阻状态时的阻值可达几十千欧。常温下如果测得 PTC 启动继电器的阻值较大，则表明其已损坏，应予以更换。

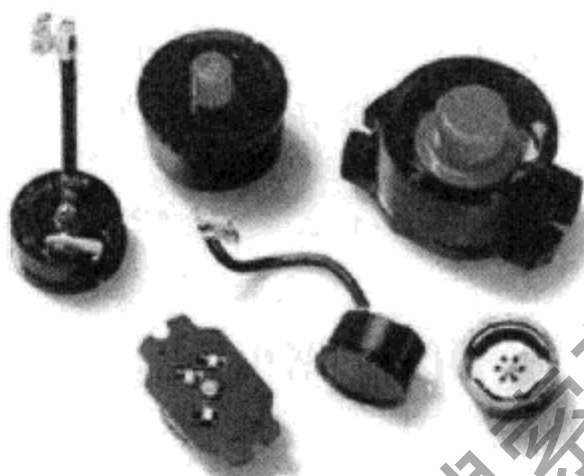


图 3-9 PTC 启动继电器

#### 3.1.4 电容器的检修——电容检查先放电，借助电表来判断

对于采用电容器进行分相的单相电容启动、电容运转和双值电容异步电动机，电容器对电动机的启动或运转起着很重要的作用。电容器断路，电动机则无法启动；电容器的容量减小得太多，则电动机运行时转速下降。因此，对电容器的故障必须予以重视。

##### 1. 电容器故障的主要原因

- ① 电容经过长期使用，引出线线头断开。
- ② 由于长期存放、保管不善而受潮腐蚀，使引线霉烂，造成引出线接触不良或断线，辅助绕组电路不通，电动机无法启动。

③ 电解电容器或复合介质金属化电容器的容量逐渐变小（自然失效），如图 3-10 所示，电动机的启动转矩小，导致启动困难，甚至不能启动。此时拨动电动机转子，电动机可按拨动方向转动。

④ 电动机长期运行于过高的电压下，电容器的绝缘介质被击穿而短路。短路的电容器接在辅助绕组中，会使回路的电流过大，造成辅助绕组过热或烧毁。

##### 2. 电容器的检测及更换

检修时，对于怀疑有故障的电容器，可用螺丝刀或导线短接它的两个接线端进行放电，然后将其拆下。将万用表置于  $R \times 1k$  挡，用两支表笔接电容器的两个接线端。根据表针的摆



图 3-10 电容器失效



动情况，判断电容器的好坏。

电容器的具体测量方法详见《轻轻松松学电工——器件篇》中的有关介绍。

通过测量，发现电容器有击穿短路、开路，严重泄漏或接地等故障时，应予以更换。

### 技能提高

#### 用交流放电法检查电容器质量的好坏

将电容器的两引脚线短时间（1~2s）直接接在交流电源上，然后立即脱离电源（注意通电时间尽量短，如超过4s可能烧坏电容器），用螺丝刀或导线（不可用手碰）将电容器的两接线端短接，如果有放电火花，说明电容器良好。电容器的容量越大，放电火花越强烈。如果没有放电火花，说明电容器已损坏或容量明显减小，应更换。

**想一想** 若电容器有问题，电动机会出现什么故障现象？

#### 3.1.5 罩极绕组的检修——开路短路小隐患，外层修理内层换

罩极绕组指罩极异步电动机的辅助绕组。单相罩极异步电动机如图3-11所示。

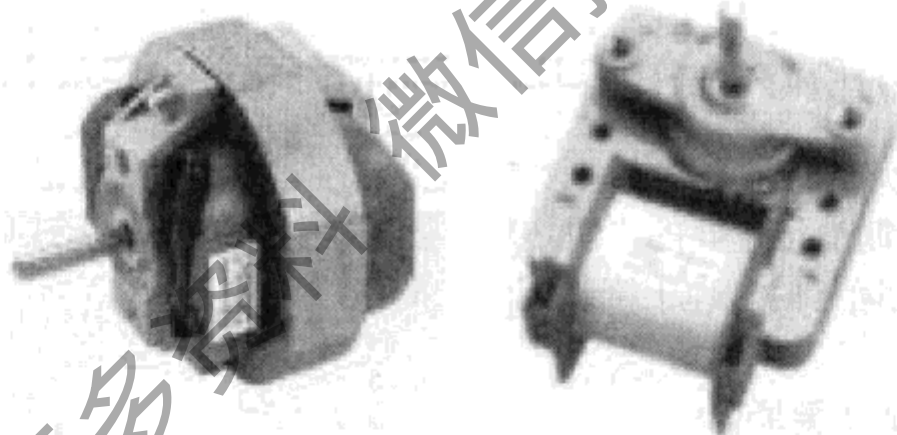


图3-11 单相罩极异步电动机

隐极式罩极异步电动机的罩极绕组分开安放在一部分槽中，并自行短接闭合。当该绕组发生断路时，由于电动机的气隙中存在脉振磁场，因此电动机无法启动。检修时找出断路点，予以局部修理或更换绕组。

凸极式罩极异步电动机的罩极绕组接在套在磁极极靴上的铜质短路环上。发热、震动、焊接质量等原因都可能造成短路环焊接点的断开，即辅助绕组断路，使电动机无法启动。检修时应仔细观察，确认短路环焊接点断开后，予以重新焊接。

### 电工小百科

#### 感应电动机

感应电动机（又称异步电动机）的转子由铁芯和嵌在铁芯上的闭合导体构成。闭合导体由嵌在铁芯凹槽中的铜条（或铝条）和两个铜环（或铝环）连在一起制成，形状像个鼠笼，

所以这种电动机也叫笼型感应电动机。

由于感应电动机的构造简单，因此，只需要把定子上的任意两组线圈的电流互换一下，就可通过改变旋转磁场的旋转方向来改变转子的转动方向。

感应电动机在制造、使用和保养上都比较简单，被广泛应用于工农业生产上，如图 3-12 所示。

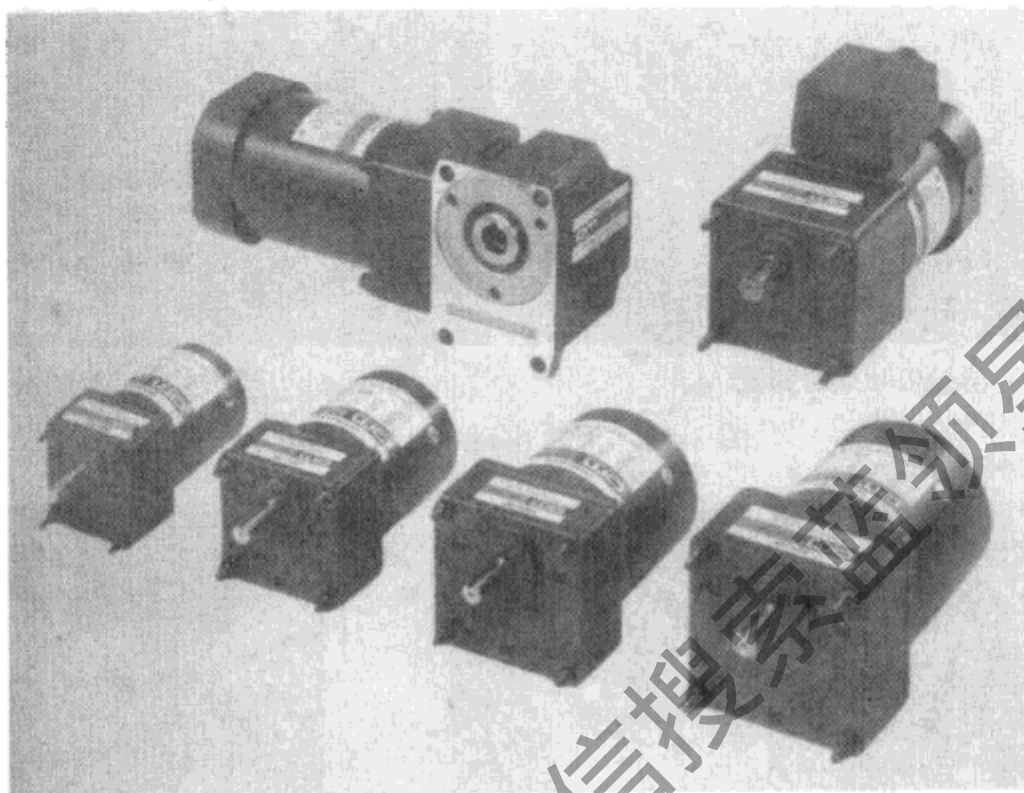


图 3-12 感应电动机

## 3.2 三相异步电动机的维护与故障检修

### ——标本兼治重维护

据统计，占全国电动机使用总量 80% 以上的是三相异步电动机。三相异步电动机具有较高的效率及接近恒速的负载特性，而且价格低廉，坚固耐用，制造、使用和维修都方便，其内部结构很紧凑，维修工艺要求高。普通电工要能够对电动机的常见故障进行诊断和处理，绕组重新绕制等比较复杂的工作则是电动机专业维修电工必须掌握的。

### 3.2.1 三相异步电动机维护常识——按照规程勤保养，电机跃上寿星榜

#### 1. 运行前的检查工作

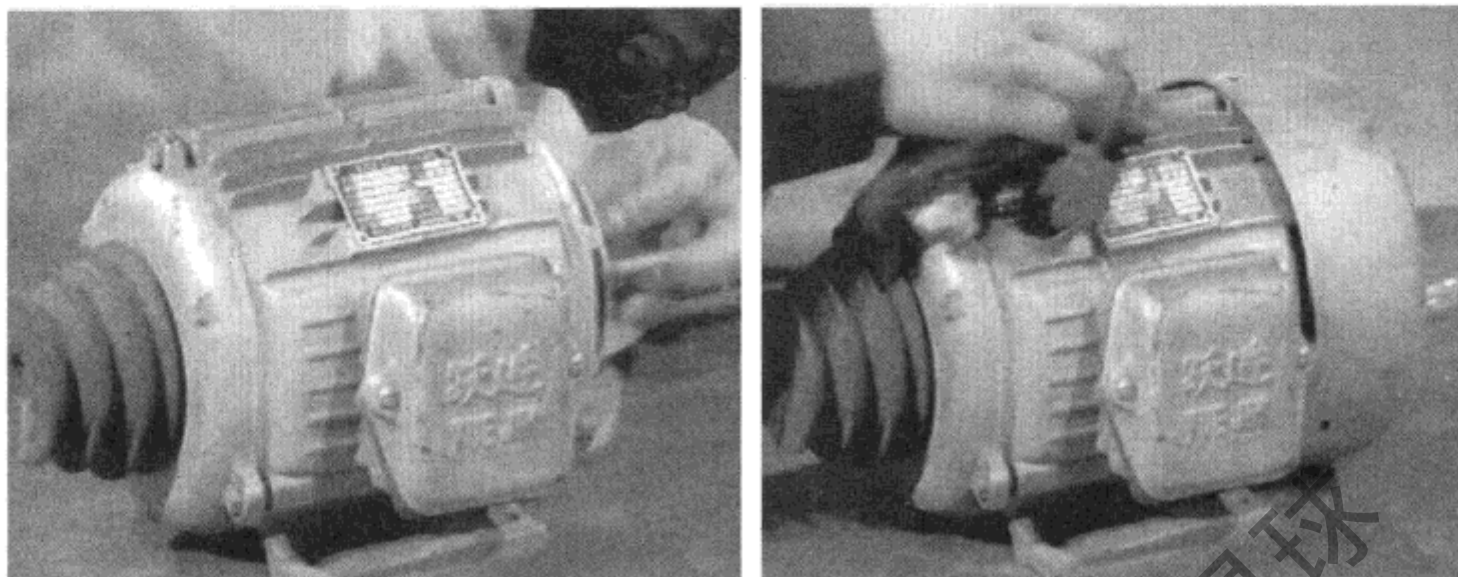
新安装或长期停用的电动机在投入运行前，应进行必要的检查工作。

① 检查并清除电动机上的灰尘、杂物，如图 3-13 所示。

② 查对电源电压、频率等是否与电动机铭牌上标注的电压、频率相符，接法是否正确，如图 3-14 所示。

③ 用兆欧表测量电动机绕组相与相之间和相对地（外壳）的绝缘电阻。对于绕线型电动机，除检查定子绝缘外，还应检查转子绕组及滑环之间的绝缘电阻，如图 3-15 所示。不符合要求者，应进行干燥处理。

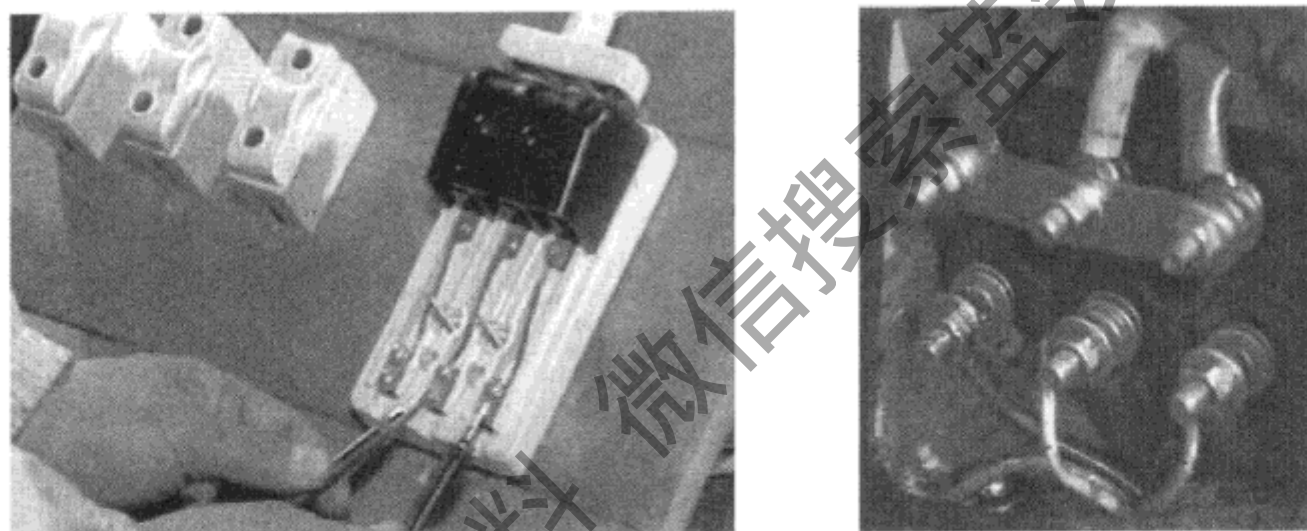
④ 转动转轴，看是否有锈蚀或卡阻现象，要求转轴转动灵活，如图 3-16 所示。



(a) 清扫扇叶处的灰尘

(b) 清扫散热筋处的灰尘

图 3-13 清除电动机上的灰尘



(a) 检查电压是否与铭牌相符

(b) 检查接线是否正确

图 3-14 检查电压和接线情况

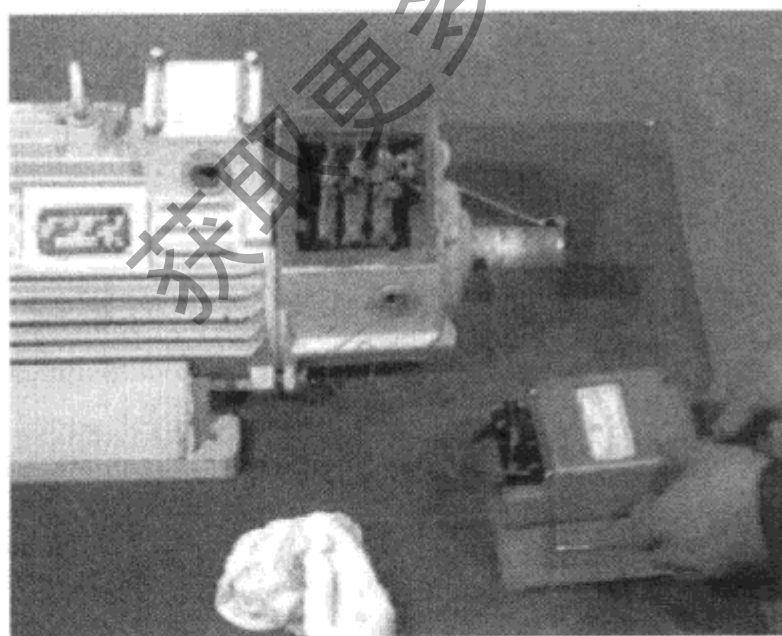


图 3-15 测量绕组及滑环的绝缘电阻

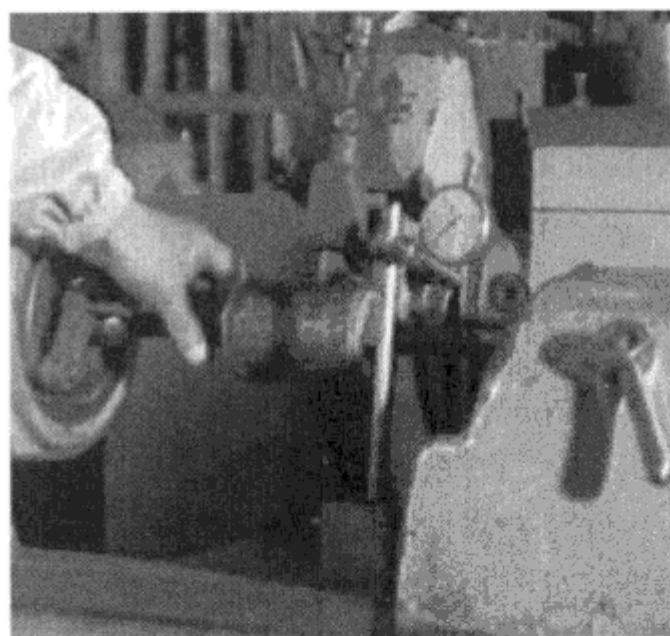


图 3-16 检查转轴

⑤ 检查绕线型电动机的滑环和换向器的接触面是否光洁，电刷接触是否良好，电刷压力是否适当（一般为 15~25kPa）。



⑥ 检查并拧紧各紧固螺钉和地脚螺栓，如图 3-17 所示。

⑦ 检查轴承中润滑脂的质量和数量是否合适，检查传动装置（齿轮、皮带等）是否处于良好状态，如图 3-18 所示。

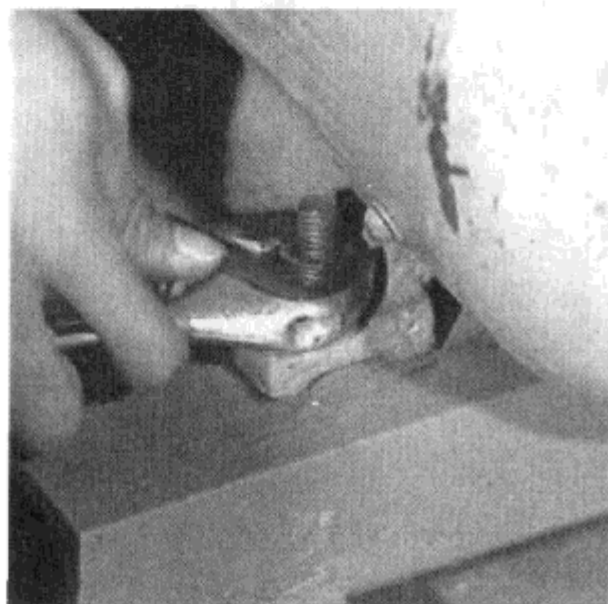


图 3-17 检查并拧紧紧固螺钉



图 3-18 检查传动皮带

⑧ 检查电动机电源引线、保护装置（自动开关、闸刀、熔断器、热继电器等）的选用和整定是否正确，检查电动机保护接地（接零）装置是否可靠，检查电动机机座与电源进线钢管的接地（接零）情况，如图 3-19 所示。

⑨ 检查电流表、互感器、电压表以及指示灯等的状况。

⑩ 准备启动电动机时，事先应通知所有的在场人员。启动后，应使其空转一段时间，并注意检查和观察其转向、转速、温升、震动、噪声、火花以及指示仪表的指示等情况。如有不正常现象，应停机，消除故障后再运行。

## 2. 日常检查与维护

日常检查主要是监视电动机的启动、运行等情况，及时发现异常现象，防止事故的发生。一般通过看、听、摸、嗅、问及监视电流表、电压表等方法进行。

① 观察电动机有无异常噪声、震动，尤其当听到发闷、沉重的“嗡嗡”声时，很可能是电动机跑单相，应立即切断电源进行处理，否则会烧坏电动机。

② 通过观察电流表和电压表，能够发现电动机是否过载、三相电流是否平衡以及电源电压是否正常等，以便及时发现问题并加以处理。

③ 用手触摸电动机外壳及轴承处，检查有无过热情况，如图 3-20 所示。如果手掌能长时间紧贴在发热体上，则可以断定温度在  $60^{\circ}\text{C}$  以下。如果热得手掌不能碰触，用手指勉强可以停留  $1\sim 1.5\text{s}$ ，则说明温度已超过  $80^{\circ}\text{C}$ ，若继续运行，电动机可能会被烧坏。

④ 经常检查并清扫电动机机壳上及进风口处的灰尘、杂物；检查电动机内部有没有遭受水侵蚀，传动皮带的张力是否合适等。

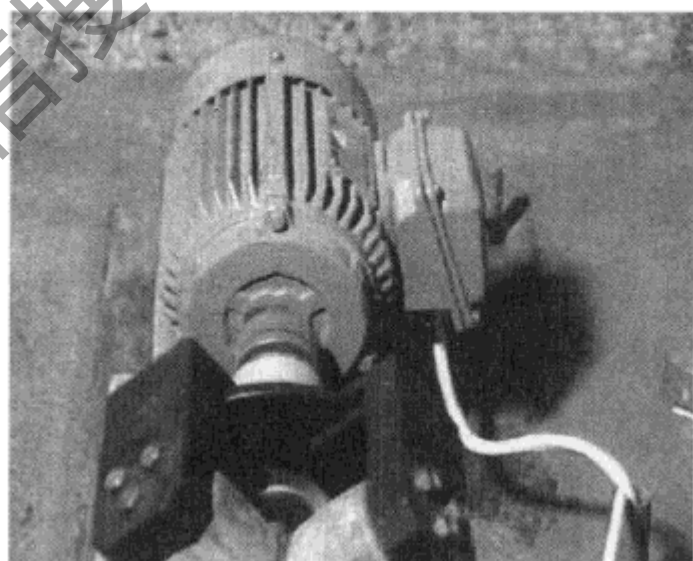


图 3-19 检查电源进线钢管的接地情况



⑤ 检查轴承并及时加注润滑脂，如图 3-21 所示。根据使用条件的不同，应每隔半年至两年进行一次解体保养，清洁内部，加注润滑脂，更换不良部件。

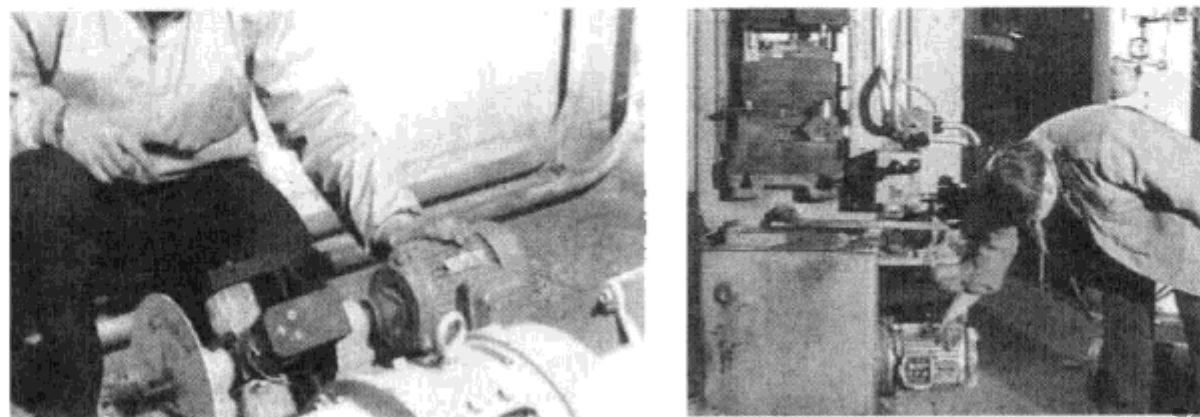


图 3-20 检查电动机温升

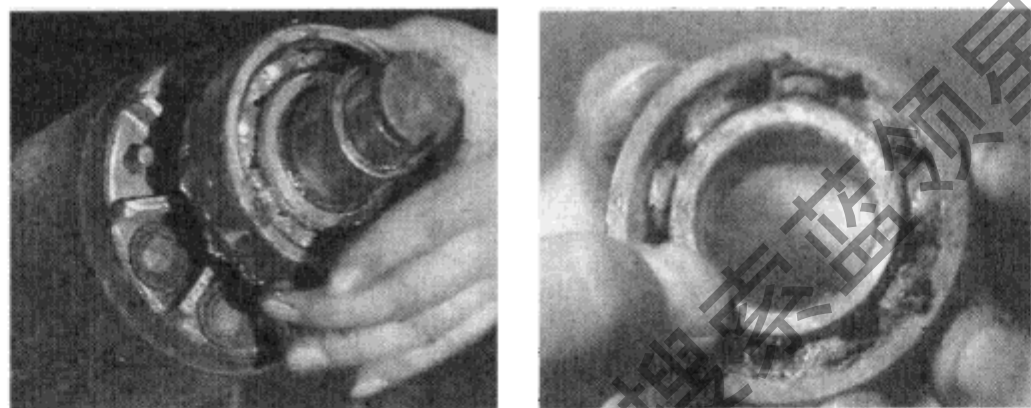


图 3-21 检查轴承

⑥ 对于绕线型电动机，应着重检查电刷与滑环、换向器间的接触情况以及电刷磨损程度、火花大小等，如图 3-22 所示。

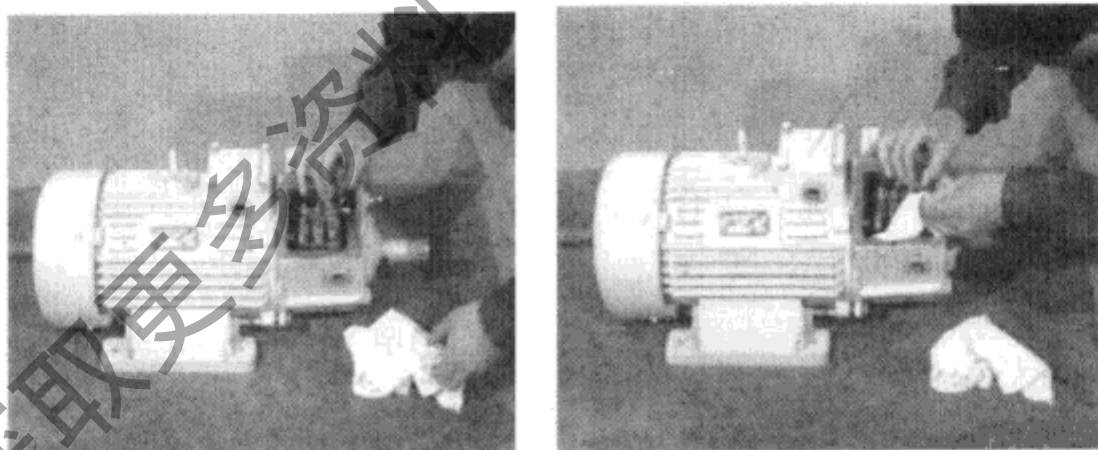


图 3-22 检查滑环并清理油垢

### 技能提高

#### 听声音判断电动机故障

在交流异步电动机运行中，若发现有较小的“嗡嗡”声，但没有忽高忽低的变化，则这是一种正常现象；若有尖锐的“嗡嗡”或“滋滋”声，则是存在故障的先兆，应从以下方面予以考虑。

① 铁芯松动。电动机在运行中的震动以及温度忽高忽低的变化，会使铁芯固定螺栓变形，造成硅钢片松动，产生较大的电磁噪声。

② 转子噪声。转子旋转时冷却风扇产生的是一种“呜呜”声，若有像敲鼓时的“咚咚”

声,则说明电动机在骤然启动、停止、反接制动等变速情况下,加速力矩使转子铁芯与轴的配合松动。轻者可继续使用,重者应拆开检查和修理。

③ 轴承噪声。在运行中,必须注意轴承声音的变化。如图 3-23 所示,把螺丝刀的一端触在轴承盖上,另一端贴在耳朵上,可以听到电动机内部声音的变化。不同的部位,不同的故障,有不同的声音。如“嘎吱嘎吱”声一般与轴承的间隙、润滑脂状态有关;“啞啞”声是金属摩擦声,一般是轴承缺油干磨所致,应拆开轴承添加润滑脂。

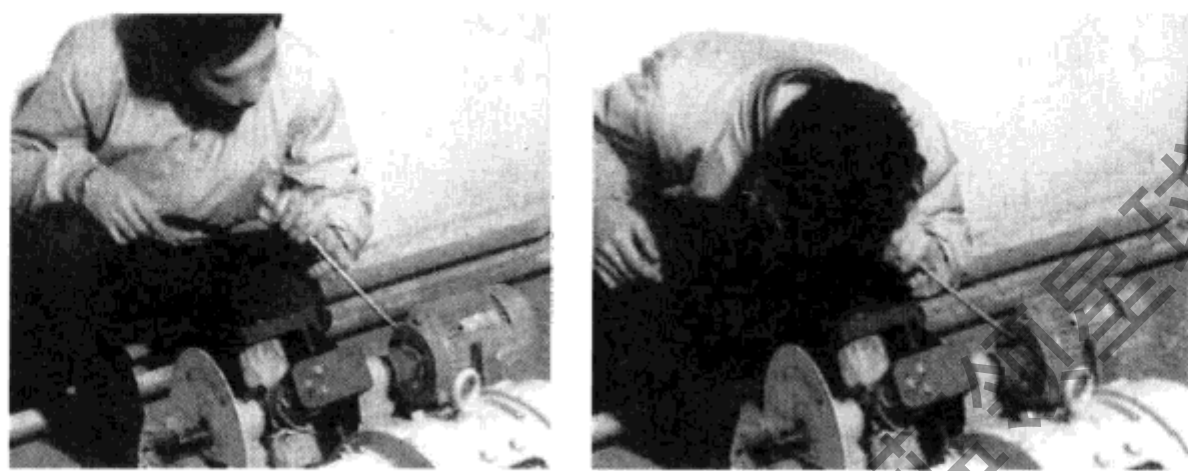


图 3-23 听轴承转动时有无杂音

### 3. 电动机的定期维护与检修

电动机定期维护与检修是消除故障隐患、防止故障发生或扩大的重要措施。定期检修可分小修和大修两种。

#### (1) 定期小修的期限和项目

电动机定期小修属于一般检修,对电动机启动设备及其整体不做大的拆卸,小修周期为 6~12 个月。定期小修的检查项目见表 3-10。

表 3-10 电动机定期小修检查项目

项 目	检 查 内 容	项 目	检 查 内 容
清洁电动机	① 清除电动机外壳上的污垢; ② 测量绝缘电阻	检查各个固定部分的螺钉和接地线	① 检查地脚螺钉是否紧固; ② 检查端盖螺钉是否紧固; ③ 检查轴承盖螺钉是否松动; ④ 检查接地线是否良好
检查和清洁电动机接线部分	① 清理接线盒污垢; ② 检查接线部分的螺钉是否松动、损坏; ③ 拧紧螺母	检查传动装置	① 检查传动装置是否可靠,皮带松紧是否适中; ② 检查传动装置是否损坏
检查轴承	① 检查轴承是否缺油,有无漏油现象; ② 检查轴承转动时有无杂音以及磨损情况	检查和清洁启动设备	① 清理外部污垢,清洁触头,检查是否有烧伤现象; ② 检查接地是否可靠,测量绝缘电阻

#### (2) 定期大修的期限和项目

电动机大修应结合负载机械的大修一起进行,其周期一般为 2~3 年。电动机定期大

修时，需要完全拆卸电动机，进行彻底检查和清理，其检查项目见表 3-11。

表 3-11

电动机定期大修检查项目

项 目	检 查 内 容	项 目	检 查 内 容
清洁电动机及启动设备	① 清除表面及内部各部分的油泥、污垢； ② 清洗轴承	检查启动设备、测量仪表及保护装置	① 检查启动设备的熔丝是否良好，接线是否牢固； ② 检查各种测量仪表是否良好； ③ 检查保护装置动作是否正确
检查电动机及启动设备的各零部件	① 检查零部件是否齐全； ② 检查零部件有无磨损； ③ 检查轴承润滑脂是否变质，是否需要重新加注	检查传动装置	① 检查联轴器是否牢固； ② 检查连接螺钉是否松动； ③ 检查皮带松紧程度
检查电动机绕组有无故障	① 检查绕组有无接地、短路、断路等现象； ② 检查转子有无断裂现象； ③ 检查绝缘电阻是否符合要求	试车检查	① 测量绝缘电阻； ② 检查安装是否牢固； ③ 检查各转动部分是否灵活； ④ 检查电压、电流是否正常，是否有不正常震动和噪声
检查电动机定、转子铁芯是否相擦	检查定、转子是否有相擦痕迹，如有，应予以修正		

(3) 电动机定期检修的几项重要技能  
定子的清扫及检修方法如下。

① 用压力为 0.2~0.3MPa 的干净压缩空气吹净通风道和绕组端部的灰尘和杂质，并用棉布蘸汽油擦净绕组端部的油垢，但必须注意防火。如果油垢较厚，可用木板或绝缘板制成的刮片清除。

② 检查外壳、地脚，应无开焊、裂纹和损伤变形。

③ 检查铁芯各部位，应紧固、完整，没有过热变色、锈斑、磨损、变形、折断和松动等异常现象。铁芯的松紧可用小刀片或螺丝刀插试，若有松弛现象，应在松弛处打入绝缘板制成的楔子。若发现铁芯有局部过热烧成的蓝色痕迹，应进行处理，并做铁芯发热试验。

④ 检查槽楔是否有松动、断裂、变形等现象，并用小木锤轻轻敲击，应无空震声。如果松动的槽楔超过全长的 1/3，需退出槽楔，加绝缘垫后重新打紧。更换槽楔后应喷漆或涂漆，并按规程规定做耐压试验。

⑤ 检查定子绕组端部绝缘有无损坏、过热、漆膜脱落等现象，端部绑线、垫块等是否松动。若漆膜脱落、膨胀、变焦或出现裂纹等，应刷漆修补。脱落严重时应在彻底清除后，重新喷涂绝缘漆，甚至更换绕组。若端部绑线松弛或断裂，应重新绑扎牢固。

⑥ 检查定子绕组引线及端子盒，引线绝缘应完好无损，否则应重包绝缘。引线鼻子焊接应无虚焊、开焊，引线应无断股，引线接头应紧固，无松动。

⑦ 测量定子绕组的绝缘电阻，判断绕组绝缘是否受潮以及有无短路现象。若绕组有短路、接地故障，应进行修理；若绝缘受潮，应根据具体情况和现场条件选用适当的干燥方法进行

干燥处理。

转子的清扫及检修方法如下。

① 用压力为 0.2~0.3MPa 的干燥压缩空气吹扫转子各部位的积尘，用棉布蘸汽油擦除油垢，再用干净的棉布擦净。

② 检查转子铁芯，应紧密，无锈蚀、损伤和过热变色等现象。

③ 检查转子绕组。对于笼型转子，导条及短路环应坚固可靠，没有断裂和松动现象，如发现开焊、断条等现象，应进行修理。对于绕线型转子，除与定子绕组相同的项目外，还要检查转子两端钢轧带，应坚固可靠，无松动、移位、断裂、过热、开焊等现象。

④ 检查绕线型转子的集电环（又称滑环）和电刷装置，主要检查电刷装置，其动作应灵活可靠，短路环触头应接触良好。

⑤ 检查风扇叶片，应紧固，铆钉齐全丰满；用木锤轻轻敲击叶片，响声应清脆。风扇上的平衡块应紧固，无位移。

⑥ 检查转轴滑动面，应清洁光滑，无碰伤、锈斑及椭圆变形等现象。

轴承的清洗及检修方法如下。

① 清除轴承内的旧润滑油，用汽油或煤油清洗后，再用干净的棉布擦拭干净。清洗后不得将刷毛或布丝遗留在轴承内。

② 对清洗后的轴承进行仔细检查。滑动轴承的瓦胎与钨金应紧密结合，钨金表面应圆滑光亮，无砂眼、碰伤等现象。滚动轴承内、外圈应光滑，无伤痕、裂纹和锈迹，用手拨转时应转动灵活，无卡涩、制动、摇摆及轴向窜动等现象，否则应进行修理或更换。

③ 测量轴承间隙。滑动轴承的间隙可用塞尺或铅丝测量。若测得的轴承间隙超过规定值，应进行修理或更换新轴承。

④ 检查轴承盖、轴承、放油门及轴头等接合部位，应严密，无甩油现象。

冷却系统的清扫及检修方法如下。

① 用压缩空气吹扫通风道及冷却器表面的积尘和杂物，并用棉布擦除油垢。

② 检查空气导管、风门，应密封，无泄漏现象。

③ 检修空气冷却器。

### 知识链接

## 小功率电动机的性能特点及典型应用

小功率电动机的性能特点及典型应用见表 3-12。

表 3-12 小功率电动机的性能特点及典型应用

分类	产品名称	性能指标	性能特点		功率范围 (W)	转速 (r/min)	典型应用
			转速特点	其他			
异步电动机	小功率三相异步电动机	高	变化不大	可逆转	10~3700	3000 1500 1000	有三相电源的场合，如小型机床、泵、电钻、风机等



续表

分类	产品名称	性能特点			功率范围 (W)	转速 (r/min)	典型应用
		力能指标	转速特点	其他			
异步电动机	单相电阻启动异步电动机	不高	变化不大	可逆转, 启动电流大	60~370	3000 1500	低惯量、不常启动、转速基本不变的场合, 如小型车床、鼓风机、医疗器械等
	单相电容启动异步电动机	不高	变化不大	可逆转, 启动电流中等	120~3700	3000 1500	空压机、泵、制冷压缩机等要求重载启动的机械
	单相电容运转异步电动机	高	变化不大	噪声低, 不宜轻载运行	6~2200	3000 1500	对启动转矩要求不高、工作时间较长并要求低噪声的场合, 如风扇、电影放映机、清水泵、医疗器械等
	单相双值电容异步电动机	高	变化不大	噪声低	180~300	3000 1500	带负载启动及要求噪声低的场合, 如泵、机床、食品加工机械、木工加工机械、农业机械、医疗器械等
	罩极异步电动机	低	变化不大	不能逆转	0.4~60	3000 1500	对启动转矩要求不高、工作时间较短的场合, 如仪表用风扇、电动模型、家用电动器具、搅拌器等
	同步电动机	三相磁阻同步电动机	不高	恒定	可逆转	90~550	1500
单相磁阻同步电动机		不高	恒定	可逆转	60~250	1500	用于单相电源的恒速驱动, 如复印机、传真机等
三相磁滞同步电动机		较低	恒定	牵入同步性能好	6~80	3000 1500	自动记录装置、音响设备、陀螺仪表等

续表

分类	产品名称	性能特点			功率范围 (W)	转速 (r/min)	典型应用
		力能指标	转速特点	其他			
同步电动机	单相磁滞同步电动机	较低	恒定	牵入同步性能好	0.6~60	3000 1500	录音机、自动记录装置、音响设备、陀螺仪表等
	三相异步启动永磁同步电动机	高	恒定	稳定性好	250~4000	3000 1500	用于恒速连续工作机械的驱动,如化纤、纺织机械等
	单相异步启动永磁同步电动机	较高	恒定	稳定性好	0.15~6	250 375	用于恒速连续工作机械的驱动,如化纤、纺织机械等
	单相爪极式永磁同步电动机	低	恒定	低速	<3	50 375 500	用于低速及恒速工作机械的驱动,如转页式风扇、自动记录仪表示定时器等
交流换向器电动机	单相串励电动机	高	转速高,调速容易	机械特性软,应避免空载运行	8~1100	4000~12000	转速随负载大小变化及高速驱动等场合,如电动工具、吸尘器、搅拌器等
	交直流两用电机	高	转速高,可调速	在交、直流两种电源下运行的性能基本接近,对电压波动适应范围大	80~700	190~13200	供小功率电力传动及要求调速的设备使用,也可在要求不高的自动控制装置中作伺服电动机使用
直流电动机	永磁直流电动机	高	可调速	机械特性硬	0.15~226	1500~3000 3000~12000 4000~40000	铝镍钴永磁直流电动机主要用于工业仪器仪表、医疗设备、军用器械等的精密小功率直流驱动,铁氧体永磁直流电动机广泛用于家用电器、汽车电器、医疗器械、工农业生产中小型器械的驱动

续表

分类	产品名称	性能特点			功率范围 (W)	转速 (r/min)	典型应用
		力能指标	转速特点	其他			
直流电动机	无刷直流电动机	高	调速范围宽	无火花, 噪声小, 抗干扰能力强	0.5~60	3000~6000	要求低噪声、无火花的场合, 如宇航设备、低噪声摄影机、精密仪器仪表等
	并(他)励直流电动机	高	易调速, 转速变化率为5%~15%	机械特性硬	25~400	2000~4000	用于驱动在不同负载下要求转速变化不大的机械, 如泵、风机、小型机床、印刷机械等
	复励直流电动机	高	易调速, 转速变化率与串励程度有关, 可达25%~30%	短时过载转矩大, 约为额定转矩的3.5倍	100	3000	用于驱动要求启动转矩较大而转速变化不大或冲击性的机械, 如压缩机、冶金辅助传动机械等
	串励直流电动机	高	转速变化率很大, 空载转速高, 调速范围宽	不许空载运行	850	1620~2800	用于驱动要求启动转矩很大、经常启动、转速允许有很大变化的机械, 如蓄电池供电车、起货机等

## 技能提高

## 电动机的测量与维护

① 测量绝缘电阻 (如图 3-24 所示)。当绝缘电阻较小时, 要清洁附着在绕组上的灰尘, 必要时进行干燥处理。

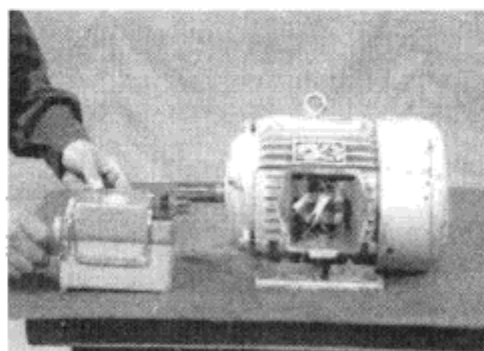


图 3-24 测量绝缘电阻

② 测定温度。对于重要的电动机，可用温度计测定并记录各部分的温度，测定时要记录环境温度，以观察温升变化。

③ 测定震动。对于大型或特别重要的电动机，可用震动计测量电机的震动情况，如图 3-25 所示。

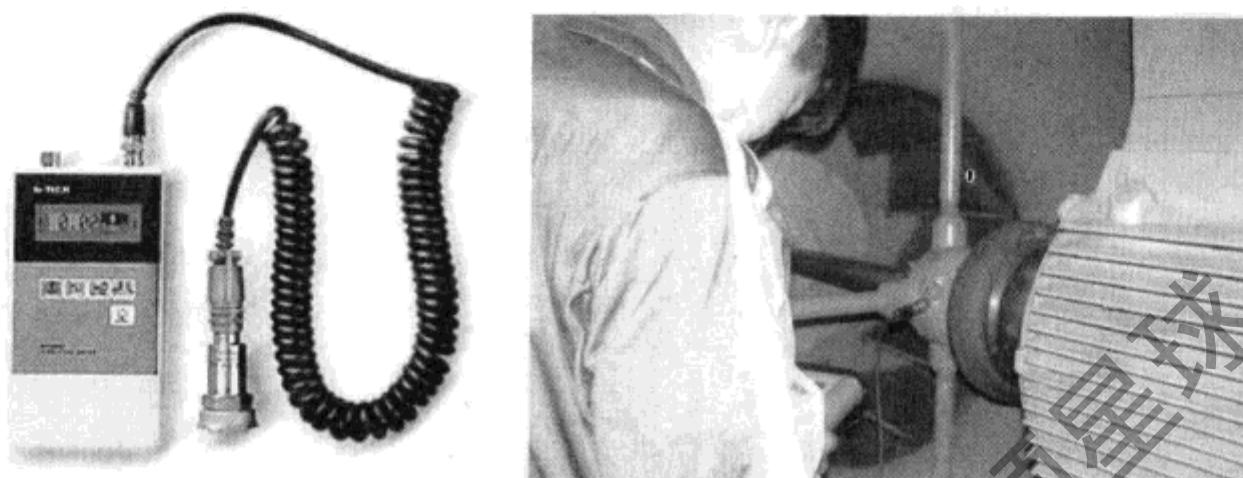


图 3-25 用震动计测量电动机的震动情况

想一想 电动机日常维护需要做哪些方面的检查工作?

### 3.2.2 常见故障及处理方法——电机运行若犯病，望闻问切速搞定

三相异步电动机在长期的运行过程中会发生各种各样的故障，这些故障综合起来可归纳为电气故障和机械故障两大类。在电气方面主要有定子绕组、转子绕组、定子和转子铁芯、开关及启动设备的故障等，在机械方面主要有轴承、转轴、风扇、机座、端盖、负载机械设备等的故障。

及时判断故障原因并进行相应的处理，是防止故障扩大、保证设备正常运行的重要措施。下面将三相笼型异步电动机的常见故障现象、产生原因以及相应的处理方法列于表 3-13 中，供读者分析和处理故障时参考。

表 3-13 三相笼型异步电动机的常见故障及处理方法

故障现象	故障原因	处理方法
通电后电动机不能启动，但无异响，也无异味和冒烟	① 电源未接通（至少两相未接通）； ② 熔丝熔断（至少两相熔断）； ③ 过流继电器的整定值调得过小； ④ 控制设备接线错误	① 检查电源开关、接线盒处是否有断线，并予以修复； ② 检查熔丝规格，查明熔断原因，换上新的熔丝； ③ 调节继电器整定值，使其与电动机匹配； ④ 改正接线
通电后电动机转不动，然后熔丝熔断	① 缺一相电源； ② 定子绕组相间短路； ③ 定子绕组接地； ④ 定子绕组接线错误； ⑤ 熔丝截面积过小	① 找出电源回路断线处并接好； ② 查出短路点，予以修复； ③ 查出接地点，予以消除； ④ 查出错接处，并改正； ⑤ 更换熔丝



续表

故障现象	故障原因	处理方法
通电后电动机不转动, 但有“嗡嗡”声	① 定、转子绕组或电源有一相断路; ② 绕组引出线或绕组内部接线错误; ③ 电源回路中接点松动, 接触电阻大; ④ 电动机负载过大或转子卡滞; ⑤ 电源电压过低; ⑥ 轴承卡住	① 查明断路点, 予以修复; ② 判断绕组首、尾端是否正确, 将接错处改正; ③ 紧固松动的接线螺钉, 用万用表判断各接点是否有假接现象, 予以修复; ④ 减轻负载或查出并消除机械故障; ⑤ 检查三相绕组接线是否把 $\Delta$ 形接法误接为Y形, 若误接应更正; ⑥ 更换合格的油脂或修复轴承
电动机启动困难, 带额定负载时转速低于额定值较多	① 电源电压过低; ② $\Delta$ 形接法的电动机误接为Y形; ③ 笼型转子开焊或断裂; ④ 定子绕组局部线圈接错; ⑤ 电动机过载	① 测量电源电压, 设法改善供电质量; ② 纠正接线; ③ 检查开焊处和断点并修复; ④ 查出接错处, 予以改正; ⑤ 减轻负载
电动机空载电流不平衡, 三相电流相差较大	① 定子绕组匝间短路; ② 重绕时, 三相绕组匝数不相等; ③ 电源电压不平衡; ④ 定子绕组部分线圈接线错误	① 检修定子绕组, 消除短路故障; ② 严重时重新绕制定子线圈; ③ 测量电源电压, 设法消除不平衡现象; ④ 查出接错处, 予以改正
电动机空载或带载时电流表指针不稳定	① 笼型转子导条开焊或断条; ② 绕线型转子一相断路, 或电刷、集电环短路装置接触不良	① 查出断条或开焊处, 予以修复; ② 检查绕线型转子回路并加以修复
电动机过热甚至冒烟	① 电动机过载或频繁启动; ② 电源电压过高或过低; ③ 电动机缺相运行; ④ 定子绕组匝间或相间短路; ⑤ 定、转子铁芯相擦(扫膛); ⑥ 笼型转子断条, 或绕线型转子绕组的焊点开焊; ⑦ 电动机通风不良; ⑧ 定子铁芯中硅钢片之间绝缘不良或有毛刺	① 减轻负载, 按规定次数控制启动; ② 调整电源电压; ③ 查出断路处, 予以修复; ④ 检修或更换定子绕组; ⑤ 查明原因, 消除摩擦; ⑥ 查明原因, 重新焊好转子绕组; ⑦ 检查风扇, 疏通风道; ⑧ 检修定子铁芯, 处理铁芯绝缘
电动机运行时响声不正常, 有异响	① 定、转子铁芯松动; ② 定、转子铁芯相擦(扫膛); ③ 轴承缺油; ④ 轴承磨损或油内有异物; ⑤ 风扇与风罩相擦	① 检修定、转子铁芯, 重新压紧; ② 消除摩擦, 必要时将转子车削得小一些; ③ 加润滑油; ④ 更换或清洗轴承; ⑤ 重新安装风扇或风罩

续表

故障现象	故障原因	处理方法
电动机在运行中震动较大	① 电动机地脚螺栓松动; ② 电动机地基不平或不牢固; ③ 转子弯曲或不平衡; ④ 联轴器中心未校正; ⑤ 风扇不平衡; ⑥ 轴承磨损, 间隙过大; ⑦ 转轴上所带负载机械的转动部分不平衡; ⑧ 定子绕组局部短路或接地; ⑨ 绕线型转子局部短路	① 拧紧地脚螺栓; ② 重新加固地基并平整; ③ 矫直转轴并做转子动平衡试验; ④ 重新校正, 使之符合规定; ⑤ 检修风扇, 校正平衡; ⑥ 检修轴承, 必要时更换; ⑦ 做静平衡或动平衡试验, 调整平衡; ⑧ 寻找短路或接地点, 进行局部修理或更换绕组; ⑨ 修复转子绕组
轴承过热	① 滚动轴承中的润滑脂过多; ② 润滑脂变质或含杂质; ③ 轴承与轴颈或端盖配合不当(过紧或过松); ④ 轴承盖内孔偏心, 与轴相擦; ⑤ 皮带张力太大或联轴器装配不正; ⑥ 轴承间隙过大或过小; ⑦ 转轴弯曲; ⑧ 电动机搁置太久	① 按规定加润滑脂; ② 清洗轴承后换上洁净的润滑脂; ③ 过紧时应车、磨轴颈或端盖内孔, 过松时可用黏结剂修复; ④ 修理轴承盖, 消除摩擦; ⑤ 适当调整皮带张力, 校正联轴器; ⑥ 调整间隙或更换新轴承; ⑦ 校正转轴或更换转子; ⑧ 空载运转, 过热时停车, 冷却后再运行, 反复几次, 若仍不行, 拆开检修
空载电流偏大 (正常时空载电流为额定电流的 20%~50%)	① 电源电压过高; ② 将 Y 形接法错接成 $\Delta$ 形接法; ③ 修理时绕组内部接线有误, 如将串联绕组并联; ④ 装配质量存在问题, 轴承缺油或损坏, 使电动机机械损耗增加; ⑤ 检修后定、转子铁芯不齐; ⑥ 修理时定子绕组线径取得偏小; ⑦ 修理时匝数不足或内部极性接错; ⑧ 绕组内部有短路、断线或接地故障; ⑨ 修理时铁芯与电动机不相配	① 若电源电压超出电网额定值 5%, 可向供电部门反映, 调节变压器上的分接开关; ② 改正接线; ③ 纠正内部绕组接线; ④ 拆开检查, 重新装配, 加润滑油或更换轴承; ⑤ 打开端盖检查, 并予以调整; ⑥ 按规定的线径重绕; ⑦ 按规定匝数重绕绕组, 或核对绕组极性; ⑧ 查出故障点, 处理故障处的绝缘, 若无法恢复, 则应更换绕组; ⑨ 更换成原来规格的铁芯
空载电流偏小 (小于额定电流的 20%)	① 将 $\Delta$ 形接法错接成 Y 形接法; ② 修理时定子绕组线径取得偏小; ③ 修理时绕组内部接线有误, 如将并联绕组串联	① 改正接线; ② 按规定的线径重绕; ③ 纠正内部绕组接线

续表

故障现象	故障原因	处理方法																				
Y-△开关启动, Y位置时正常, △位置时电动机停转或三相电流不平衡	① 开关接错, 处于△位置时的三相不通; ② 处于△位置时开关接触不良, 呈V形连接	① 改正接线; ② 将接触不良的接头修好																				
电动机外壳带电	① 接地电阻不合格或保护接地线断路; ② 绕组绝缘损坏; ③ 接线盒绝缘损坏或灰尘太多; ④ 绕组受潮	① 测量接地电阻, 接地线必须良好, 接地应可靠; ② 修补绝缘, 再进行浸漆、烘干; ③ 更换或清扫接线盒; ④ 干燥处理																				
绝缘电阻只有数百欧到数十千欧, 但绕组良好	① 电动机受潮; ② 绕组等处有电刷粉末(绕线型电动机)、灰尘及油污进入; ③ 绕组本身绝缘不良	① 干燥处理; ② 加强维护, 及时除去积存的粉尘及油污, 对较脏的电动机可用汽油冲洗, 待汽油挥发后, 进行浸漆及干燥处理, 使其恢复良好的绝缘状态; ③ 拆开检修, 加强绝缘, 并进行浸漆及干燥处理, 无法修理时重绕绕组																				
电刷火花太大	① 电刷牌号或尺寸不符合规定要求; ② 滑环或整流子上有污垢; ③ 电刷压力不当; ④ 电刷在刷握内有卡涩现象; ⑤ 滑环或整流子呈椭圆形或有沟槽	① 更换合适的电刷; ② 清洗滑环或整流子; ③ 调整各组电刷压力; ④ 打磨电刷, 使其在刷握内能上下自由移动; ⑤ 上车床车光、车圆																				
电动机轴向窜动	使用滚动轴承的电动机装配不良	拆下检修, 电动机轴向允许窜动量如下																				
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">容量 (kW)</th> <th colspan="2">轴向允许窜动量 (mm)</th> </tr> <tr> <th>向一侧</th> <th>向两侧</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10 及以下</td> <td>0.50</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>10~22</td> <td>0.75</td> <td>1.50</td> </tr> <tr> <td>30~70</td> <td>1.00</td> <td>2.00</td> </tr> <tr> <td>75~125</td> <td>1.50</td> <td>3.00</td> </tr> <tr> <td>125 以上</td> <td>2.00</td> <td>4.00</td> </tr> </tbody> </table>	容量 (kW)	轴向允许窜动量 (mm)		向一侧	向两侧	10 及以下	0.50	1.00	10~22	0.75	1.50	30~70	1.00	2.00	75~125	1.50	3.00	125 以上	2.00	4.00
容量 (kW)	轴向允许窜动量 (mm)																					
	向一侧	向两侧																				
10 及以下	0.50	1.00																				
10~22	0.75	1.50																				
30~70	1.00	2.00																				
75~125	1.50	3.00																				
125 以上	2.00	4.00																				

三相绕线型异步电动机最容易出故障的部位就是滑环与电刷, 现将滑环与电刷的常见故障及处理方法列于表 3-14 中。

表 3-14

滑环和电刷的常见故障及处理方法

故障现象	故障原因	处理方法
滑环表面轻微损伤, 如有刷痕、斑点、细小凹痕	电刷与滑环接触轻度不均匀	调整电刷与滑环的接触面, 使两者接触均匀; 转动滑环, 用油石或细锉轻轻研磨或锉削, 直至平整。再用 0 号砂纸在滑环高速旋转的情况下进行抛光, 直到滑环表面呈现金属光泽为止

续表

故障现象	故障原因	处理方法
滑环表面严重损伤,如表面凹凸度、槽纹深度超过1mm,损伤面积超过滑环表面面积的20%	① 电刷型号不对,硬度太高,尺寸不合适,长期使用造成滑环损伤; ② 电刷中有金刚砂等硬质颗粒,使滑环表面出现粗细、长短不一的线状痕迹; ③ 火花太大,烧伤滑环表面	① 用规定型号和尺寸的电刷更换; ② 使用质量合格的电刷; ③ 找出火花大的原因并排除
滑环呈椭圆形(严重时烧毁滑环)	① 电动机未安装稳固; ② 滑环的内套与电动机轴的配合间隙过大,运行时产生不规则的摆动	① 紧固底脚螺钉; ② 检查并固定牢滑环在轴上的位置
电刷冒火	① 维护不当,滑环表面粗糙,造成恶性循环,加重火花; ② 电刷型号、尺寸不合适,或电刷因长期使用而磨损得过短; ③ 电刷在刷握内卡住; ④ 电刷研磨不良,接触面不平,与滑环接触不良; ⑤ 电刷压簧压力不均匀或压力不够; ⑥ 滑环不平或不圆; ⑦ 油污或杂物落入滑环与电刷之间,造成两者接触不良; ⑧ 空气中有腐蚀性介质存在	① 加强巡视、维护,发现问题时及时处理; ② 更换成规定型号和尺寸的电刷; ③ 查出原因,使电刷能在刷握内上下自由移动,但也不能过松; ④ 用细砂纸研磨接触面,并保证接触面积不小于80%,或换上新电刷(新电刷接触面也需打磨); ⑤ 调整压簧压力,弹性达不到要求时更换压簧(压力应保证为15~20kPa); ⑥ 用砂纸将滑环磨平,严重时需车圆; ⑦ 用干净的棉布蘸汽油将电刷和滑环擦拭干净,除去周围和轴承上的油污,并采取防污措施; ⑧ 改善使用环境条件,加强维护
电刷或滑环间出现弧光短路	① 电刷上脱落下来的导电粉末覆盖绝缘部分,或在电刷架与滑环之间飞扬,形成导电通路; ② 胶木垫圈或环氧树脂绝缘垫圈破裂; ③ 环境恶劣,有腐蚀性介质或导电粉尘	① 加强维护,及时用压缩空气或吸尘器除去积存的电刷粉末,可在电刷架旁加一隔离板(2mm厚的绝缘层压板),用一只平头螺钉将其固定在刷架上,把电刷与电刷架隔开; ② 更换滑环上的各绝缘垫圈; ③ 改善环境条件

### 3.2.3 定子绕组的故障检修——短路故障与接地,检测工具要备齐

定子绕组是异步电动机的主要组成部分,也是最容易损坏而造成故障的部件。受潮、受



热、受有害气体和灰尘的侵蚀、过载或两相运行等外界因素，以及电动机定子绕组本身的绝缘老化，或者绕组的绕制质量不好等，都可能导致定子绕组发生故障。定子绕组的常见故障主要有绕组接地、绕组短路和绕组断路等。这些故障会造成电动机不能正常运转或完全不能运行，甚至烧毁。因此，定子绕组发生故障时，必须进行检查和修理。

### 1. 定子绕组接地故障的检修

#### (1) 绕组接地的故障现象及产生原因

定子绕组接地是指绕组与铁芯或机壳间的绝缘破坏而直接接通的现象。出现这种故障后，机壳会带电，容易引起人身触电伤亡事故；也可能使一些控制线路失控；还会使绕组发热而导致短路，使电动机无法正常运行。

造成定子绕组接地的原因有受潮、雷击、过热、机械损伤、腐蚀、绝缘老化以及绕组制造工艺不良等。

#### (2) 接地故障的检查方法

① 兆欧表法。根据电动机额定电压选择兆欧表的电压等级。用兆欧表测量各相绕组对地的绝缘电阻，兆欧表读数为零时，表示该相绕组接地。有时兆欧表指针在“0”处摇摆不定，这说明该相绕组绝缘有击穿现象。用这种方法一般只能检查出是哪一相绕组接地，而不能查出接地点。

② 校验灯法。如图 3-26 所示，在电源回路中串接一只灯泡，用带绝缘保护的测试棒分别测量各相绕组与机壳间的绝缘状况。如果灯泡发亮，则说明该相绕组接地；若灯泡虽不亮，但测试棒接触电动机时出现火花，这说明绕组尚未击穿，只是严重受潮。用校验灯法检查绕组接地故障时，还可根据出现的烟雾或火花直接找到接地故障点。

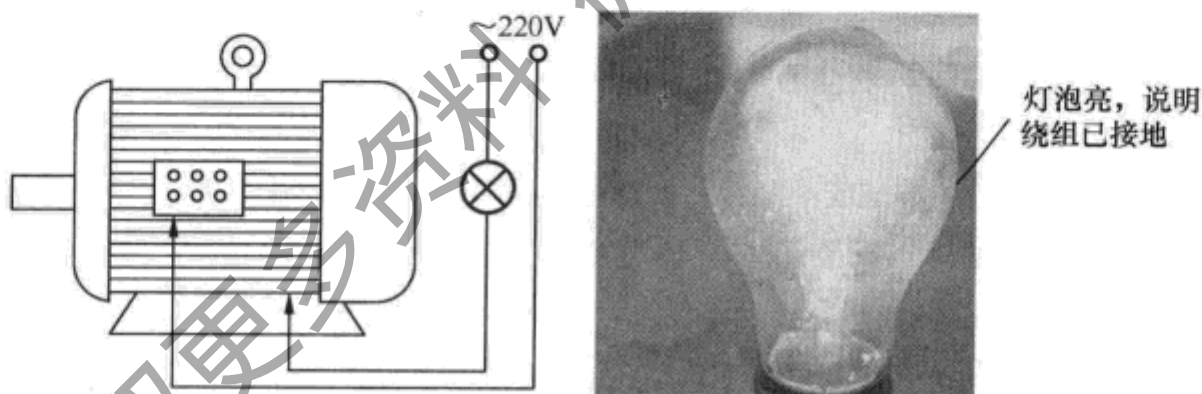


图 3-26 用校验灯法检查绕组接地点

③ 电压降法。当确定了接地故障相以后，可以采用电压降法查找接地点的位置。将交流或直流电源接于故障相的两端，如图 3-27 所示。测得各电压表的读数为  $U_1$ 、 $U_2$ 、 $U_3$ ，因为  $U_1+U_2=U_3$ ，按电压的比例即可求出接地点距离引线端的长度百分数  $L\%$ 。例如，接地点 D 相距引线端 A 点的长度百分数为：

$$L\% = (U_1/U_3) \times 100\%$$

④ 开口变压器法。确定故障相后，在故障相与铁芯间加一低压（36V）交流电源，如图 3-28 所示。这样在电流流入端至接地点 D 之间，所有串联的线圈中都有电流，而接地点以后的线圈中无电流通过。查找接地点时，在开口变压器线圈的两端串接一只微安表，将开口变压器跨在槽的上面并沿轴向移动，逐槽测试。当全槽都有感应电压产生时，说明接地点不在该槽内；若开口变压器从  $X_1$ 、 $X_2$  槽上移动到 D 点后微安表的指示消失（或减少），则表

示接地点在 D 处。

开口变压器法只适用于高压电动机接地故障的检查。

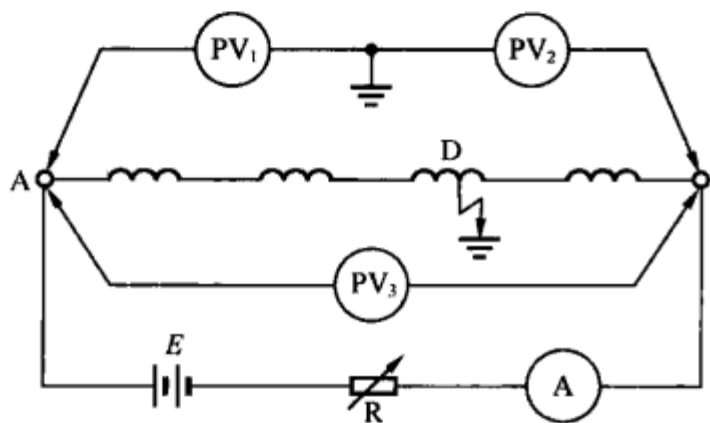


图 3-27 用电压降法查找接地点

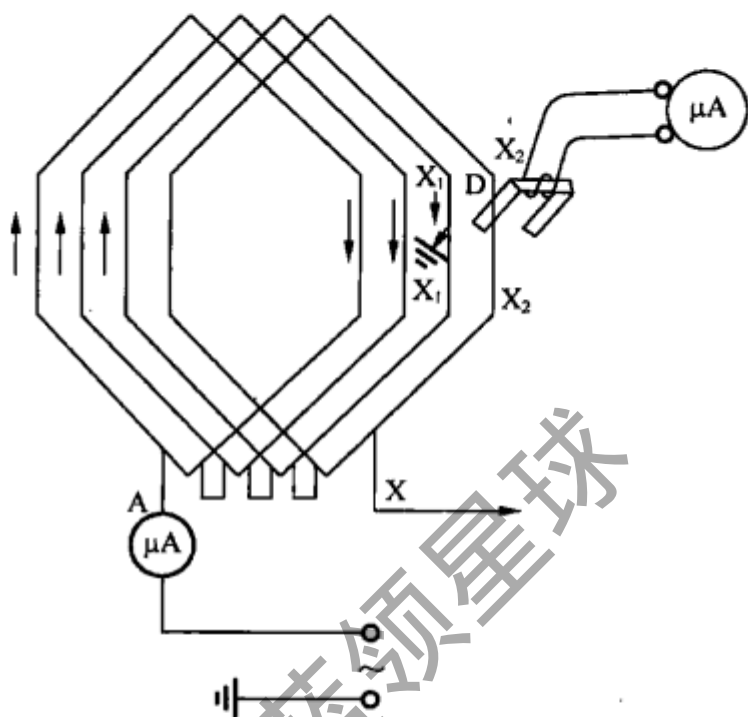


图 3-28 用开口变压器法查找接地点

⑤ 验电笔法。拆下接地线，用验电笔检测机壳。如果氖管发亮，说明绕组接地或严重受潮；如果氖管微亮，说明绝缘下降，电动机受潮。

用验电笔法检查电动机接地故障时操作简单、方便，一般情况下应首先采用这种方法。

### 技能提高

## 定子绕组接地故障的检修

① 接地点在槽口附近时，可用划线板撬开槽绝缘，在故障处塞入大小适当的绝缘材料，如绝缘纸、天然云母以及竹片等，如图 3-29 和图 3-30 所示。若是两根以上的导线绝缘损坏，处理好槽绝缘后，还应在导线间用黄蜡布隔离，并涂上绝缘漆，烘干后复查绕组绝缘，应无接地现象。如果接地处的线圈有多根导线绝缘损坏，最好另换一个新线圈。

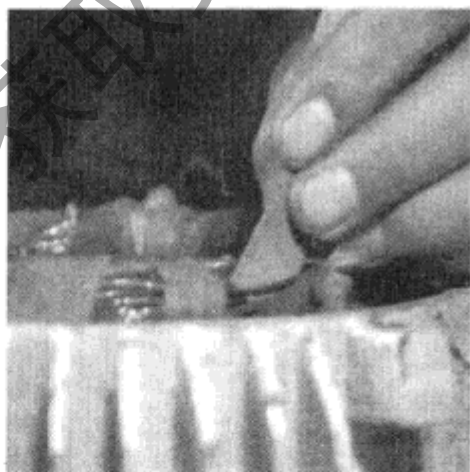


图 3-29 垫绝缘纸

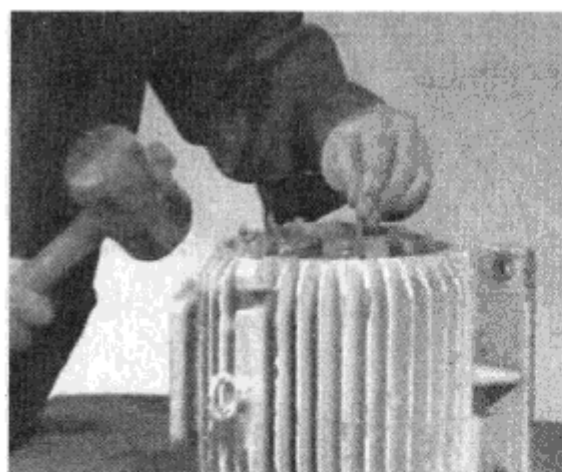


图 3-30 嵌竹片

② 绕组的上层边绝缘损坏而发生接地时，可以打出槽楔，修补槽衬或抬起上层线匝进行绝缘处理。修复绕组绝缘后，应重新打入槽楔。若打入槽楔时过紧或无法打入，应适当将槽楔修薄。

③ 接地点出现在槽底时，只有更换槽衬才能解决。为此，必须取出一个节距内的线圈。操作时应特别小心，不要碰伤匝间绝缘。为了避免损伤绝缘，一般采用将绕组加热软化后再撬出线圈的方法。可在线圈中通入小于额定值的电流，利用铜损来加热线圈，加热温度应不超过  $75^{\circ}\text{C}$ 。待绝缘软化后，停止加热，打出槽楔，用竹片撬开槽衬，慢慢地将线圈抬出槽口。逐个取出一个节距内的上层边后，再把有接地故障的下层边取出，更换新槽衬，并对故障线圈进行绝缘处理。接地故障修复后，重新嵌入此节距范围内绕组的上层边，打入槽楔，复查绕组接地情况。最后对绕组端部进行绑扎、整形（如图 3-31 所示），并进行涂漆、烘干处理。

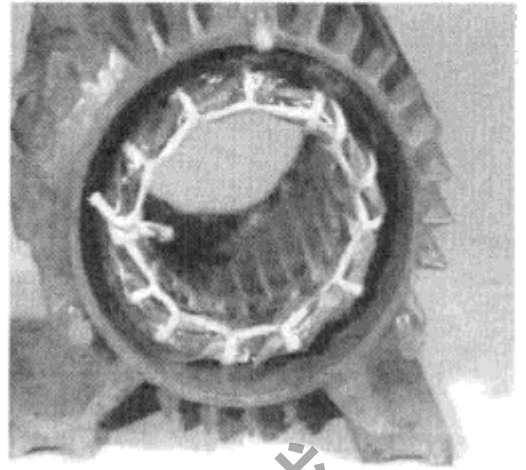


图 3-31 端部绑扎、整形处理

## 2. 定子绕组短路故障的检修

### (1) 定子绕组短路故障的现象及产生原因

定子绕组的短路故障是指绕组匝间或不同绕组之间的绝缘损坏而造成短路的现象，一般有 3 种类型，即匝间短路、极相组间短路和相间短路。

造成绕组短路故障的原因通常是电动机电流过大，电源电压偏高或波动太大，绝缘老化、受潮、机械损伤等。绕组短路将使各相绕组串联匝数不等，磁场分布不平衡，造成电动机运行时震动加剧，噪声增大，温升偏高甚至烧毁。

### (2) 定子绕组短路故障的检查方法

① 外观检查法。绕组短路较严重时，拆开电动机后便可明显地看出绕组短路处的表面绝缘有焦脆变色或局部烧损现象。如果故障点不明显，可给电动机通电，运行几分钟后，迅速停下并拆开定子，用手触摸绕组端部，温度过高处即是短路部位。

② 兆欧表测试法。测量每两相之间的绝缘电阻，如果阻值很小，说明该两相间有短路现象。

③ 电流检查法。让电动机空载运行，测量三相电流，如图 3-32 所示。电流较大的一相绕组可能有短路故障。注意三相电源电压，如果三相电压不平衡，应采取调换两相电源的方法来校验。若电流不随电源调换而改变，则电流较大的一相绕组可能有短路故障。找出有短路故障的绕组后，再进一步找出故障点。



图 3-32 检测三相电流是否平衡

④ 电阻检查法。用电桥或万用表的低阻挡测量每相绕组的直流电阻，阻值较小的一相即可能有短路故障，如图 3-33 所示。但短路匝数很少时，很难测出。

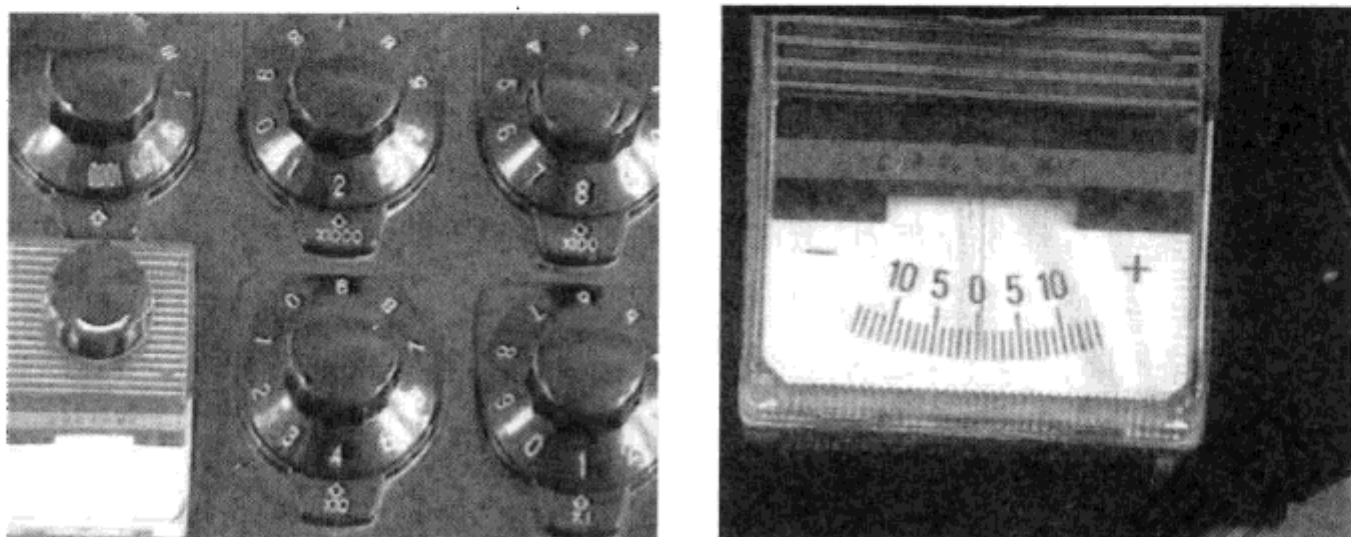
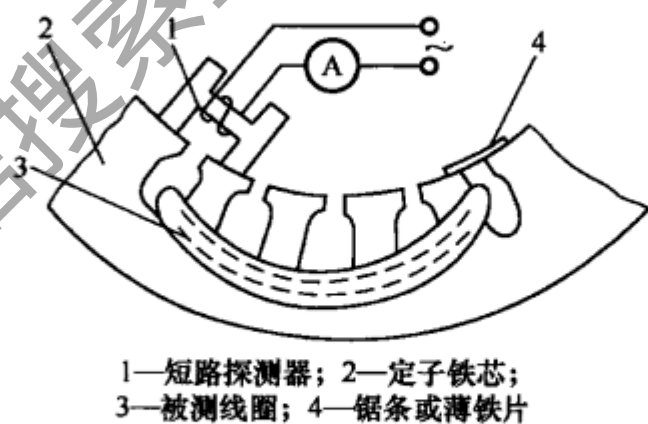


图 3-33 用电桥测量绕组的直流电阻

⑤ 短路探测器检查法。短路探测器是一个在铁芯上绕有线圈的感应器，其底部呈曲面，以便和定子内圆的弧形相吻合。使用时，将探测器开口部分放在被检查的定子铁芯槽口上，在探测器线圈回路中串入一只电流表，然后接到规定的交流电源上，如图 3-34 所示。这样探测器线圈成为变压器的一次绕组，被测试线圈成为二次绕组。如果该线圈良好，则没有什么反应；如果该线圈短路，即产生电流，使一次绕组的电流增大，在短路探测器励磁线圈回路中的电流表读数增大。再将一块薄铁片（或一段锯条）放在被测线圈另一边的槽口上，此铁片被槽口的磁力吸引而产生震动，发出“吱吱”声。将短路探测器沿定子铁芯内圆逐槽移动，便可找出有匝间短路故障的线圈位置。通过观察电流表读数的变化，便可查出短路的故障所在。



1—短路探测器；2—定子铁芯；  
3—被测线圈；4—锯条或薄铁片

图 3-34 用短路探测器检查匝间短路故障

### 知识链接

#### 使用短路探测器的注意事项

使用短路探测器检查绕组匝间短路故障时，应注意以下几点。

- ① 采用 $\Delta$ 形连接和多支路并联的绕组，在检查前应将三相绕组或并联支路拆开。
- ② 检查时，薄铁片要远离短路探测器，以防止有漏磁的干扰。
- ③ 检查双层绕组的短路线圈，当发现一个槽内的线圈有匝间短路的现象时，应查出该槽内上、下层线圈各自对应的另一线圈边，并用薄铁片在两个对应边上探查，根据薄铁片的不同反应，确定是哪个线圈有匝间短路现象。

④ 在接通电源前，应先将短路探测器放在定子铁芯上，并使开口铁芯与定子齿接触、吻合，以减小闭合磁路的磁阻；否则，短路探测器的励磁线圈会因电流过大而发热烧坏。



## 技能提高

## 定子绕组短路故障的修理

① 匝间短路故障的修理。若线圈损坏不严重,可先把该线圈加热,使绝缘物软化后,再用划线板撬起坏导线,垫入新的绝缘材料,并趁热浸上绝缘漆,进行烘干。

若线圈匝间短路使导线绝缘严重损坏,在时间上又不允许进行彻底修理,可采用跳接法。采用这种应急措施时,应注意适当减轻负荷运行。

② 线圈间短路故障的修理。这种短路通常发生在绕组端部,可用划线板撬开有短路故障的两个线圈,在线圈间垫入绝缘纸后,再涂绝缘漆并烘干。

③ 极相组间短路故障的修理。发生极相组间短路时,可将绕组加热软化,用划线板撬开引线处,重新处理套管或在短路部位垫上绝缘纸,并用扎线绑牢。

④ 相间短路故障的修理。相间短路故障多由各相引出线套管处理不当或绕组端部的相间绝缘纸破裂所造成。此时只需处理好引线绝缘或相间绝缘,即可排除故障。

## 3. 定子绕组断路故障的检修

## (1) 定子绕组断路故障的现象及产生原因

定子绕组断路后将使电动机不能启动,或在运行中使三相电流不平衡,甚至烧毁电动机绕组。其原因主要是绕组受外力作用而断裂,接头焊接不良而松脱,绕组短路产生大电流而烧断。

定子绕组断路故障多数发生在绕组端部的各接头、引线端等处。

## (2) 定子绕组断路故障的检查方法

① 万用表法。这种方法适用于绕组无并联支路或多根并绕的小型异步电动机。根据绕组的接法可按下述4种情况进行检查。

- 定子绕组采用Y形接法且中性点引出到接线盒时,可将万用表置于相应的电阻挡,用一支表笔接中性点,另一支表笔分别接三相绕组的引出端 $U_1$ 、 $V_1$ 、 $W_1$ ,如测到某相不通,则表明该相绕组有断路处。

- 定子绕组采用Y形接法但中性点无法引到机外时,可按图3-35(a)所示方法分别测量UV、VW、WU各相绕组接线端之间的电阻。若UV两端相通,VW和WU两对端子之间不通,则表明W相绕组有断路处。

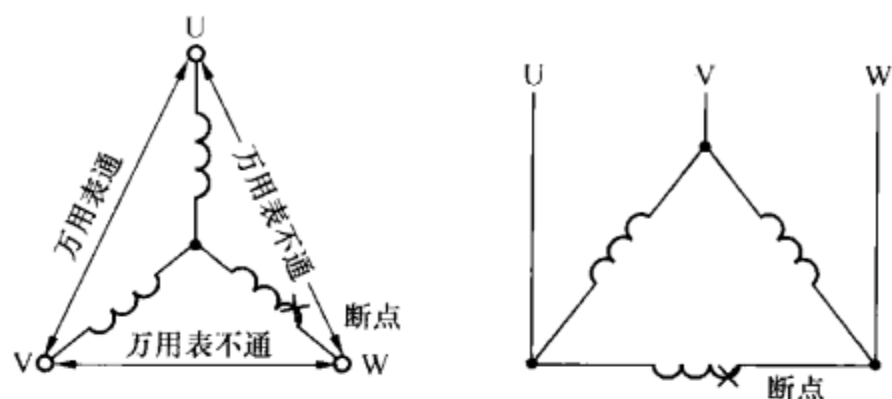
- 定子绕组采用 $\Delta$ 形接法且6根引线端都引到接线盒时,可先拆开 $\Delta$ 形连接的短接片,然后用万用表电阻挡分别测量各相绕组的电阻,哪相不通,则哪相绕组有断路故障。

- 定子绕组采用 $\Delta$ 形接法但仅有3根引线端接到机外时,可按图3-35(b)所示方法用万用表电阻挡分别测量UV、VW、WU三对端子间的电阻 $R_{UV}$ 、 $R_{VW}$ 、 $R_{WU}$ ,电阻较大的两端子间的绕组为断路相。

② 三相电流平衡法。中等容量以上的电动机绕组大多采用多根并绕或多支路并联,若其中一根或一个支路断开时,常采用三相电流平衡法或电阻法来检查,这里先介绍三相电流平衡法。

对于Y形接法的电动机,在电动机的3根电源线上分别串入3只电流表,再将三相绕组并联,通入低压大电流,如图3-36(a)所示。若三相电流值相差大于5%,则电流小的一相

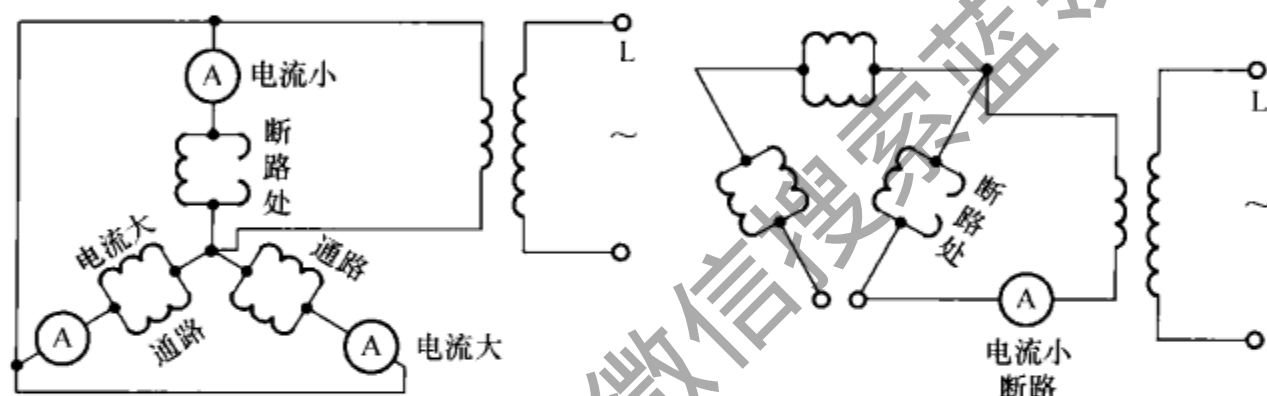
绕组中有断路处。



(a) 检查 Y 形接法绕组断路故障 (b) 检查  $\Delta$  形接法绕组断路故障

图 3-35 用万用表法检查绕组断路故障的示意图

对于  $\Delta$  形接法的电动机，先将  $\Delta$  形接头拆开一个，然后通入低压大电流，用电流表逐相测量每相绕组的电流，电流小的一相绕组中有部分导线断路，如图 3-36 (b) 所示。



(a) 检查 Y 形接法绕组断路故障

(b) 检查  $\Delta$  形接法绕组断路故障

图 3-36 三相电流平衡法检查绕组断路

③ 电阻法。用双臂电桥或万用表的  $R \times 1$  挡分别测量三相绕组的电阻，若三相电阻值相差大于 5%，则电阻较大的一相绕组中有断路处。

用上述 3 种方法只能查出是哪一相绕组断路，但不能找出具体的故障线圈。这时可以拆开电动机，并将各相绕组的引线端子拆开，在万用表的一支表笔上焊接一枚尖针。将万用表没有尖针的表笔与故障绕组的端线相接，带尖针的表笔分别刺入各线圈的过桥线上。假设从无尖针表笔所接的那个线圈开始，逐个测得前几个线圈是通的，测到下一个线圈时不通了，则断路点就在这个线圈中。

### 技能提高

## 定子绕组断路故障的修理

① 若断路故障为过桥线或引出线接头焊接不良或扭断，可重新焊牢接头，并套好绝缘套管。

② 若断路点在铁芯槽外的绕组端部，又是单股线断开时，可用划线板将断线挑出，重新焊好断线接头并包扎绝缘。若是两股以上的导线断开，应仔细查找线头、线尾，否则容易造成人为匝间短路。

③ 当断路点在铁芯槽内时,可用前面讲过的穿绕修补法更换故障线圈。若电动机有急用,一时来不及彻底处理,也可采用跳接法将断路线圈的首、尾端短接起来,供暂时使用。

### 实例分析

**例 3.4** 某电动机在一次停电后再次启动时出现声音异常、震动大的故障。

**分析与检修:** 为了判断故障的大概原因,检查相应的定子、转子回路,未发现有明显的异常现象。再次启动后声音、震动仍不能消除。不带负载试机,异常的声音和震动仍然存在,但断电以后震动和噪声立即消除。

据此现象初步判断问题可能出在电动机上。用一台同型号、同功率的电动机换上,电动机工作正常,但用户使用了约 1 个月后,告知上述故障再次出现,故障现象完全一样,断电后故障又立即消失。两台电动机出现同样的故障,说明隐患未排除。

抽出电动机转子,给定子线圈加上 380V 的交流电压,约 5min 后,有一线圈发热,说明电动机定子线圈有匝间短路现象。

接下来对定子线圈进行加热,然后拆卸短路线圈。该线圈是两根并绕,共 7 层 14 根扁铜线,其中第 4 层的两根铜线因为玻璃丝带绝缘材料破损而造成线圈短路。

由于该电动机定子线圈浸漆质量好,线圈无法从槽里整体取出,考虑到所短路的线圈处于上层线圈的直线部分,只要剪断匝间短路的线圈,取出线圈的直线部分,然后用一个好线圈的直线部分两端对接,处理好两端的绝缘即可。根据上述思路,先将匝间短路的线圈去除,再用一只好的线圈的直线部分将两端对接好,并使其良好绝缘。

本例的修理方法是修理电动机局部线圈损坏故障时较常用到的方法,通常称其为“掉线法”。实际上,该电动机的定子共有 36 槽、72 个线圈,去掉一个匝间短路的线圈后电动机运行电流三相不平衡的比例只有 5% 左右,对正常使用不会产生较大的影响,仅有轻微的震动,且可以长期使用下去。实际使用情况也证明了这一点。

**例 3.5** 一台 2.6kW 电动机有两相绕组之间的绝缘电阻只有  $0.1\text{M}\Omega$ ,各相对地(机座)的绝缘电阻都为  $0.1\sim 0.2\text{M}\Omega$ ,槽口及引出线处都没有问题。

**分析与检修:** 根据故障现象,开始认为是电动机受潮,经长时间加热烘干,绝缘电阻未增大。经检查发现,电动机非负载端绕组中有较厚的油泥,用竹片仔细将油泥刮除,各相对地的绝缘电阻立即增大到  $0.75\text{M}\Omega$  以上,但相间绝缘电阻中有两相仍为  $0.1\text{M}\Omega$ 。后用一只 500V 兆欧表测量绕组对相间绝缘纸的绝缘电阻,用一支表笔接有问题绕组的引出线,另一支表笔搭接在各相间绝缘纸上,绝缘纸处出现火花,这说明相间绝缘电阻小的原因是相间绝缘纸老化。

加热电动机,使绕组软化,然后用竹片掀开绕组端部,更换相间绝缘纸,然后重新捆扎、浸漆、烘干,相间绝缘电阻提高到  $50\text{M}\Omega$ 。

电动机轴承润滑脂甩出后,沾在定子绕组上形成油泥,长时间腐蚀绕组和相间绝缘纸,使绝缘纸老化,造成相间绝缘电阻降低,所以要避免润滑脂甩出。检修电动机时,要注意清除绕组上的油污。

**想一想** 如何查找定子绕组短路故障?

### 3.2.4 转子的故障处理——导条断裂启动难，补焊冷接或更换

异步电动机的转子结构有笼型和绕线型两种。绕线型转子绕组如图 3-37 所示，其故障检修方法与定子绕组的检修方法大致相同，可参阅本章 3.2.3 节的有关内容。这里着重介绍笼型转子绕组的常见故障现象、原因及检修方法。

笼型转子的常见故障是导条断裂，如图 3-38 所示。断条会使电动机启动困难，带不动负载；运行中的电动机转速变慢；定子电流时大时小，电流表指针呈周期性摆动；电动机过热；机身震动，还可能产生周期性的“嗡嗡”声。

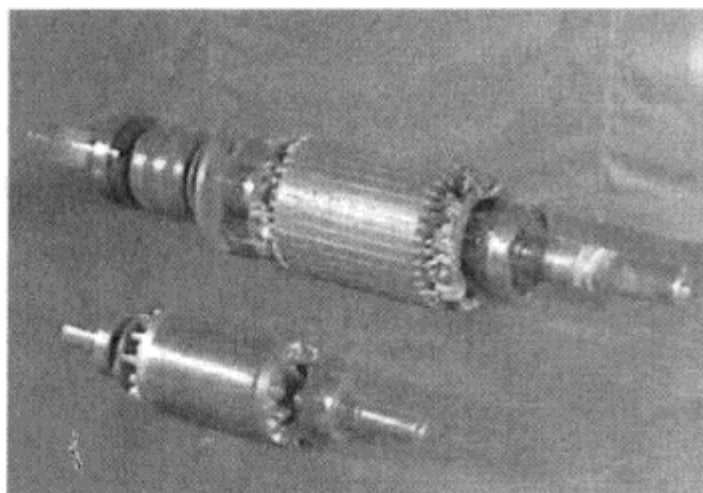


图 3-37 绕线型转子绕组

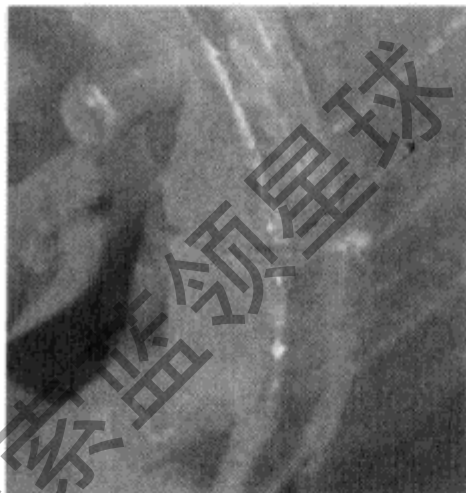


图 3-38 转子端环断裂

造成笼型转子断条的原因通常是铸铝或铸铜鼠笼材质不良，制造工艺粗糙，结构设计不佳，或者是运行、启动频繁，操作不当，急促的正反转造成剧烈冲击等。

#### 1. 转子断条的判别方法

检查转子断条的方法有多种，这里只介绍常用的几种方法。

##### (1) 外观检查法

在电动机运行时，若转子与定子的间隙处有火花出现，则说明转子有断条现象。也可通过观察电流表指针有无抖动、电动机转速和带负载能力等加以判断，然后抽出转子，寻找断裂点。

##### (2) 铁粉检查法

如图 3-39 所示，在转子端环两端通入低压交流电，逐渐升高电压，使转子磁场不断增强。这时在转子上均匀地撒上铁粉，从铁粉的分布情况即可判断转子导条有无断裂现象。如果没有断条，则铁芯表面的铁粉就整齐地按槽的方向排列；若转子某槽不能吸附铁粉或吸附的铁粉很少，则说明该槽导条断裂，因为磁场能够吸附铁粉。

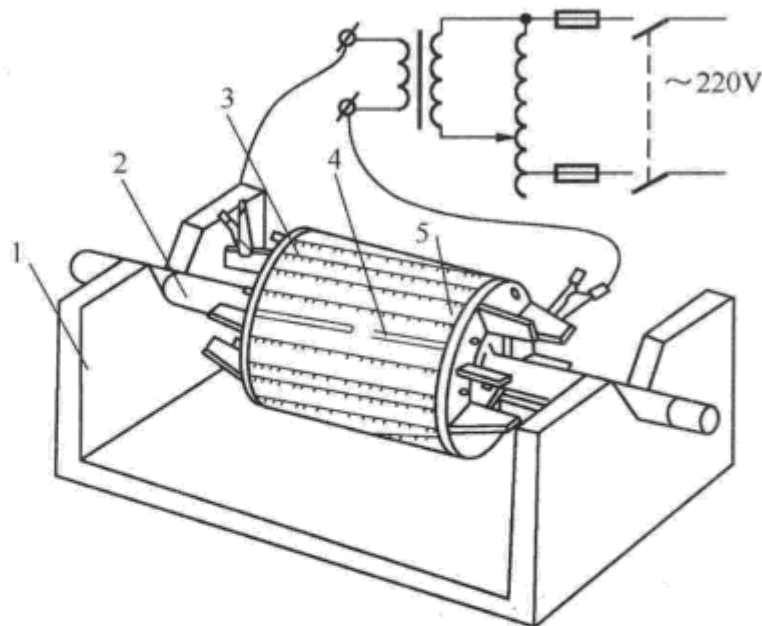
##### (3) 短路探测器法

短路探测器的铁芯开口外缘呈凹弧形，恰与转子圆周表面相吻合，如图 3-40 所示。检查时，将短路探测器的铁芯凹面压在转子槽上，给探测器励磁线圈通入 36V 交流电后，使其沿转子圆周逐槽移动。如导条完好，电流表指示的是正常短路电流；若某一槽口处的电流有明显下降，则该槽导条断裂。

##### (4) 电流检测法

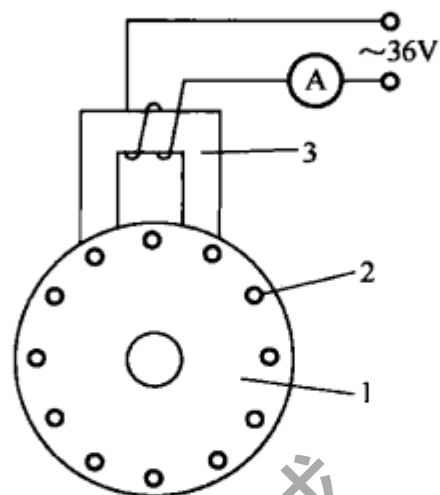
在定子绕组中通入约为额定电压 10% 的低压电，用手将转子慢速转动，看电流表指示的电流稳定与否。若有断条，即会引起三相电流循环变动。





1—转子支架；2—转轴；3—铁粉；4—断条；5—转子

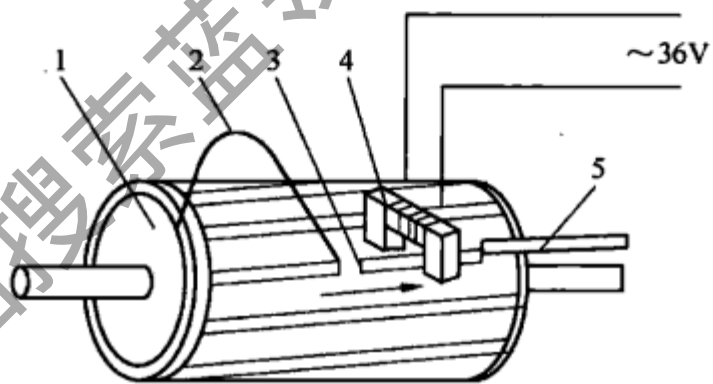
图 3-39 用铁粉检查转子断条故障



1—转子；2—导条；3—短路探测器

图 3-40 用短路探测器检查转子断条故障

用上述方法查出转子某槽有断条后，还必须找出导条断裂点。通常断裂时间较长的地方有黄黑色斑点，用肉眼即可直接看出。若不能直接发现，可用图 3-41 所示的方法寻找断点。在转子一端（如左端）的端环上焊一根较粗的软导线，将短路探测器的铁芯凹面置于断条两侧的槽齿上，在断条的另一端（如右端）放上一薄铁片（或锯条）。给短路探测器的励磁线圈通入 36V 交流电，然后把软导线的自由端从左端开始沿断条向右移动。当薄铁片开始震动时，软导线自由端左侧的位置即为导条断裂点。



1—转子；2—软导线；3—导条断点；4—短路探测器；5—薄铁片

图 3-41 用短路探测器寻找导条断点

## 2. 转子断条的修理工艺

转子断条常用以下几种方法予以修复。

### (1) 局部补焊法

在有裂纹的端环或导条两边用尖凿剔出 V 形或梯形槽，用喷灯或氧-乙炔焰将转子加热到 450℃ 左右，再用气焊进行补焊，最后将修补处多余的焊料车去或铲平，如图 3-42 所示。补焊时，一般使用含锡 63%、锌 33% 和铝 4% 的焊料。

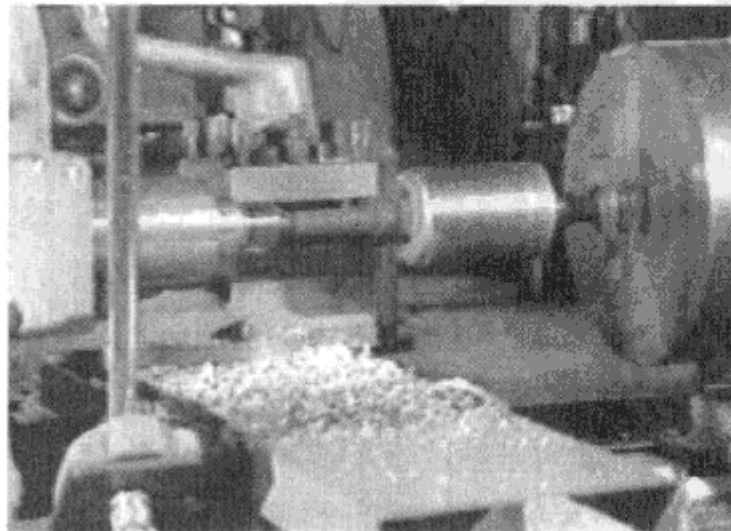
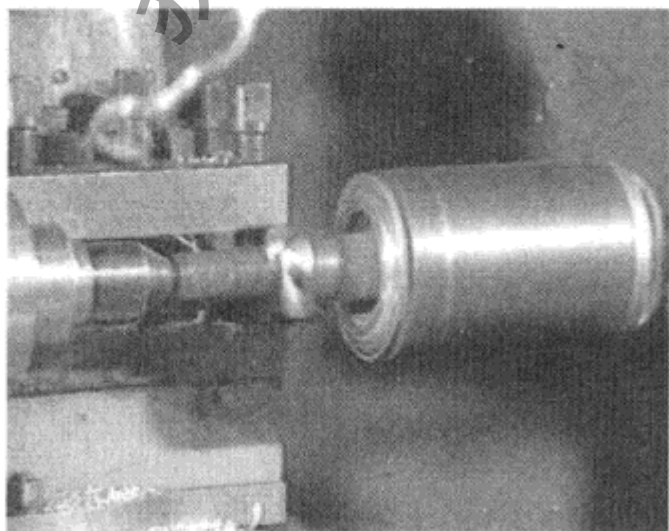


图 3-42 车平并校正转子平衡

### (2) 冷接法

在断条的裂口处用与槽宽相近的钻头钻孔并攻丝，深度以钻到槽底为止。然后拧进一个与之相配的铝螺钉，再用车刀或凿子除去螺钉的多余部分。如果导条裂纹或裂口较长，单靠拧进一颗螺钉还不能接好断条时，可用尖凿在裂口处凿一矩形槽，并将槽的四壁和槽底修理整齐。然后将一块形状、体积与矩形槽相似但尺寸略大的铝块强行嵌入槽里，同时在铝块两端与原导条结合部钻孔攻丝，拧紧铝质螺钉并除去多余部分。这样即使转子高速运转，铝块也不会脱出。

### (3) 换条法

当导条断裂严重或断条较多时，可用换条法更换新导条。

① 个别铸铝导条断裂时，可用钻头沿转子斜槽将断条钻掉，除去槽内的铝屑并擦拭干净。做一根与槽形相同的铝导条并插入槽内，用气焊把铝条与端环焊牢，修整焊口后校正转子平衡。

② 个别铜导条断裂时，可在断条的端环两端各开一缺口，凿去一边端环部分，把断条敲出。然后换上一根与原导条截面积相同的新铜条，并要伸出端环 15~20mm。将伸出部分敲弯，使其紧贴在端环上，然后用气焊把铜条与端环焊牢，修整焊口并校正转子平衡。

③ 铸铝转子断条较多时，应先将铝条熔化，再重新铸铝或者改换为铜条笼型绕组。熔化铸铝前，应车去转子两端的端环，再用夹具将转子铁芯夹紧，以防熔铝后铁芯松散。

熔铝的方法是将转子加热到 700℃ 左右，使铸铝全部熔化。熔铝后，必须清除槽内及铁芯两端的残余铝层和油污等。

重新铸铝的工艺较复杂，一般需送回电动机制造厂进行重铸。在现场一般采用改换铜条鼠笼的方法。因铜条的导电性能好，电流密度比铸铝的大，用铜条换铝条时，只要铜条嵌满转子槽的 60%~70% 即可。穿好铜条后，两端用短路环焊牢，再将铜条鼠笼安装牢固。铜条与短路环的焊接一般采用银焊。

换好鼠笼绕组后，应进行转子静平衡校验。

想一想 如何判定转子断条？

### 3.2.5 转子铁芯的故障处理——铁芯故障发热快，磨平涂漆好自在

铁芯发生故障，会使涡流增大，铁芯局部过热，影响电动机正常运行。

#### 1. 铁芯的常见故障

铁芯（见图 3-43）的常见故障有：因定子绕组短路或接地，弧光烧伤铁芯，使硅钢片间的绝缘损坏而造成短路；紧固不良和电动机震动造成铁芯松动；拆除旧绕组时因操作不当而损伤铁芯，大修时铁芯不慎被机械力损伤等。

#### 2. 铁芯的修理

因绕组短路或接地产生的弧光烧伤铁芯但不严重时，可用以下方法修理：先把铁芯清理干净，除去灰尘和油污，然后将已烧伤熔化了了的硅钢片（局部）用小锉

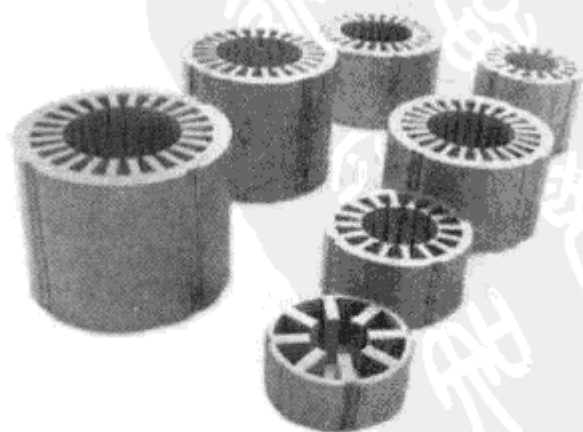


图 3-43 电动机的铁芯

锉掉，打磨平整，消除片与片熔化在一起的缺陷。再将定子铁芯靠近故障点附近的通风槽片取出，使修理时硅钢片有一定的松动余地。然后用钢片剥开故障点上的硅钢片，将被烧伤的硅钢片上的碳化物清除干净，再涂以硅钢片绝缘漆，插入一层薄云母片，最后将通风槽片打入，保持铁芯紧固。

如果铁芯在槽的齿部烧伤，只要把熔化在一起的硅钢片锉掉即可。如果影响到绕组的牢固性，则可用环氧树脂修补烧缺部分的铁芯。

当铁芯齿端轴向朝外张开和两侧压圈不紧时，可在两块钢板制成的圆盘（其外径略小于定子绕组端部的内径）中心开孔，穿一根双头螺栓，将铁芯两端夹紧，然后紧固双头螺栓，使铁芯恢复原形。槽齿歪斜时可用尖嘴钳修正。

铁芯中间松动时，可在松动部位打入硬质绝缘材料，并涂以沥青漆（462号漆）。

### 3.2.6 轴承和转轴的故障处理——修理轴承留间隙，转轴断裂可修理

#### 1. 轴承故障的处理

轴承损坏后，电动机在运行中会出现轴承过热现象，并发出异常噪声，严重时电动机不能运行。检查轴承内部的缺陷时，用手迅速推动轴承外围，视其旋转情况便可大致判断。如果转动时平稳，无震动、摇摆或倒退现象，滚动声轻微，指触感觉润滑油腻，逐渐减速而自行停止，说明该轴承良好。如果转动时发出杂声并震动、摇摆，停止时像刹车一样很突然，甚至倒退反转，说明该轴承有缺陷，不能再用。

##### (1) 轴承损坏的原因分析

轴承损坏的现象及原因见表 3-15。

表 3-15

轴承损坏的现象及原因

故障现象	故障原因
轴承受热氧化变成蓝色	严重缺油，无散热能力。一般电动机运行 3000~6000h 后应补油一次，运行 6000~10000h 时应换油一次
轴承的内、外圈以及滚珠、夹持器等有裂口和剥皮现象	轴承与轴颈配合不当，强力套入
滚道有凹状的珠痕，四周间隙不均匀	① 安装不正确，如用铁锤直接敲击轴承外圈； ② 传动带或齿啮合太紧
轴承锈蚀，出现麻点	① 有水汽或腐蚀性介质侵入轴承内部； ② 使用不合格的润滑脂
轴承磨损，过早老化	① 有灰尘、砂土、铁末等杂物侵入轴承内； ② 电动机使用不当，如长期超载运行； ③ 没有正常维护、保养和运行监视
轴承发热，电动机震动剧烈	电动机转子平衡未校准
轴承自身老化	一般当重负荷运行 10000h、中负荷运行 15000h 或轻负荷运行 20000h（均以电动机工作电流的大小为标准）时，要考虑更换轴承，以确保安全运行

## (2) 轴承的修理方法

发现轴承损坏后,可按以下方法进行修理。

### ① 清洗轴承。

② 清除锈斑。若轴承外表面有锈斑,可用0号砂纸擦拭,然后用汽油清洗干净。滚珠或滚道上如有轻微锈斑,可不必管它;若锈蚀较严重,可将轴承浸在煤油中1~2h,然后用手沿正、反方向拨动轴承外圈多次,利用滚珠与滑道的相互摩擦除去锈斑,再在煤油中清洗干净,而后再用手拨动轴承外圈转动多次,直到把锈斑彻底清除干净为止。

③ 轴承内、外圈不平行时,应清洗止口,用对称同步方法将全部端盖螺栓旋入机座螺孔内并拧紧。

④ 当轴承内、外圈两端面不在同一平面上时,如果是外圈向外突出,可把轴承内盖止口车短;若是外圈向内突出,可把轴承内盖止口加长,也可采用O形垫圈加固。

⑤ 轴承圈轴向间隙的要求见表3-16,超过允许值时,应更换新轴承。

表 3-16 异步电动机轴承圈的轴向间隙

轴圈内径 (mm)	轴向间隙 (mm)		
	新滚动轴承	新滑动轴承	磨损最大允许值
20~30	0.01~0.02	0.03~0.05	0.1
35~50	0.01~0.02	0.05~0.07	0.2
55~80	0.01~0.02	0.06~0.08	0.2
85~120	0.02~0.03	0.08~0.10	0.3
130~150	0.02~0.04	0.10~0.12	0.3

⑥ 当轴承出现失圆、碎裂、严重磨损等不可修复的故障时,应更换新轴承。

## 2. 轴承的安装

### (1) 冷装法

这是一种常用的方法。将轴承套到轴上,取一段内径略大于轴颈、外径略小于轴承内套圈的钢管套入轴上,并顶在轴承的内套圈上,然后用铁锤敲打钢管的另一端,慢慢地将轴承敲入到位,如图3-44所示。敲打时不可用力过猛,着力点对正轴向,使轴承内圈受力均匀。

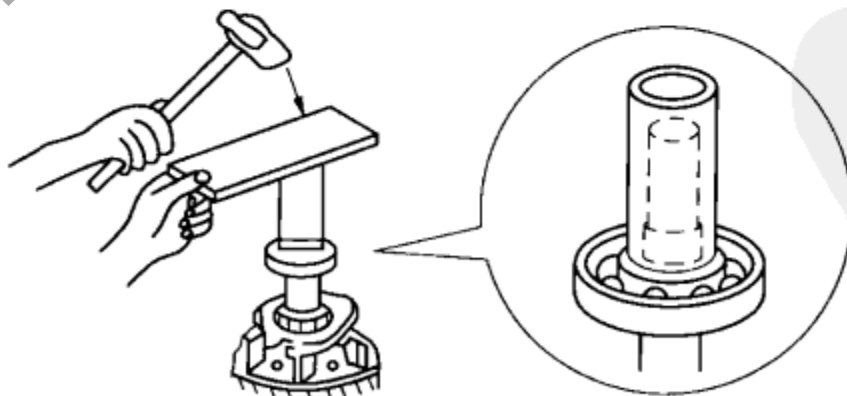


图 3-44 用钢管装配轴承

### (2) 热装法

用铁丝提着轴承浸入80~100℃的变压器油或机油中加热,或在烘箱中加热。然后趁热将轴承套在轴颈上,待冷却后轴承便紧固在转轴上。



操作时须注意，热装前要将轴颈部分擦干净，趁热套入转轴至轴肩。若套不到位，应检查轴颈的加工尺寸是否正确，以及轴颈处有无杂物、毛刺等，也可能是装配速度过慢而轴承已冷却所致。如果轴颈加工没有问题，可用套筒顶住轴承内套圈，用铁锤轻轻敲入。

### 3. 转轴故障的处理

电动机在长期运行中，机械力的作用、转轴本身材质的影响、解体大修及拆装轴承等，都有可能造成转轴弯曲、轴颈划伤、轴伸断裂以及磨损尺寸超过允许范围等。

转轴的修理可分为转轴弯曲的修理和转轴断裂的修理两类。

#### (1) 转轴弯曲的修理

当转轴的弯曲程度不十分严重时，可将转子抽出，如图 3-45 所示。对转子的弯曲部分适当加热（注意温度不可过高，以免转轴退火而影响其机械强度），然后用铁锤敲打矫直。

这种方法适用于低速电动机。如果将矫直了的转子装入定子内腔后还有互相摩擦现象，则需拿到车床上进行校正。对于容量较大的电动机，不能用上述方法处理，而只能在车床上车平校正。

#### (2) 转轴断裂的修理

一般断裂位置常在转轴外伸部分的前轴承位置处，用拼接法修理比较简单。先将断轴转子从定子内取出，测量出轴的全长以及外伸部分前轴承挡、轴承挡至转子铁芯的长度和直径，绘制一份供车削加工时用的草图。选取一根能满足车削加工尺寸要求的坯料（一般为 45 号碳素钢），最好选用经过调质处理的钢材。

将断轴的转子装上车床，把断轴原轴承挡削平，然后进行加工，并把拼接圆钢压入断轴接孔内，如图 3-46 所示。再用电焊焊接拼接口，待电焊接口自然冷却后，将转轴送到车床上加工全部尺寸。

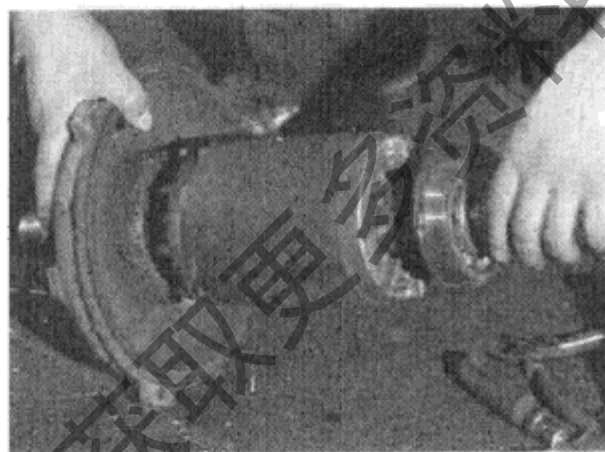


图 3-45 抽出转子

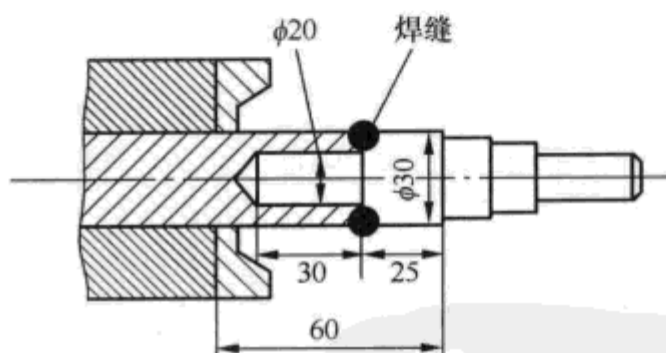
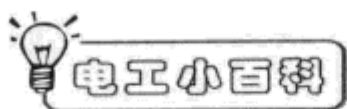


图 3-46 电动机转轴拼接举例



## 同步电机

同步电机是交流电机的一种，它主要用作发电机。在现代电力工业中，无论是火力发电、水力发电、柴油机发电或原子能发电，几乎全部采用同步发电机。

同步电机除主要用作发电机外，它还作为同步电动机广泛应用于拖动不要求调速和功率较大的机械设备，如压缩机、鼓风机、工业泵、轧钢机和交流机组等，多用于发电、采矿、

运输和机械制造等领域。

同步电机还被用作同步调相机，向电网输送电容性或电感性的无功功率，以提高电网的经济性和电压的稳定性。

### \*3.3 三相交流电动机绕组的重绕 ——工艺复杂按程序

异步电动机定子绕组损坏严重或烧毁，无法用 3.2 节介绍的检修方法进行局部修理时，就需重绕绕组。定子绕组重绕的主要工序是：记录原始数据，拆除旧绕组，绕制线圈，嵌线，接线，检查试验，浸漆与烘干。

#### 3.3.1 原始数据的记录——原机数据及事由，心记不如烂笔头

拆除旧绕组之前，必须详细记录电动机的有关原始数据，否则，将给重绕定子绕组造成困难。电动机的原始数据包括铭牌数据、绕组数据、铁芯数据及其运行和检查内容，见表 3-17。有些数据可直接从电动机上查出，而有的数据则必须通过测定和计算才能得出。

表 3-17 异步电动机原始数据记录卡

铭牌数据	型号	容量 (kW)	相数
	电压 (V)	电流 (A)	接法
	效率	转速 (r/min)	绝缘等级
	允许温升	转子电流 (A)	质量
	产品编号	制造厂	制造日期
绕组数据	绕组形式	并联支路数	并绕根数
	节距	线圈数	线圈匝数
	导线规格 (mm)	端部长度 (mm)	槽楔尺寸 (mm)
	端部绝缘	槽绝缘	绕组质量 (kg)
	线圈周长 (mm)	线圈形状	
铁芯数据	外径 (mm)	内径 (mm)	铁芯总长 (mm)
	总槽数	气隙 (mm)	铁芯净长 (mm)
	通风槽数	通风槽宽度 (mm)	槽形尺寸 (mm)
图形表示			
故障原因			
备注			

#### 1. 几个重要数据说明

##### (1) 铭牌数据

铭牌数据是指电动机铭牌上所标记的数据，它简要地说明了电动机的规格、型号和工作

条件,一般包括型号、功率、频率、转速、电压、电流、效率、功率因数、绝缘等级、允许温升、产品编号及制造厂等。这些技术数据可供验算绕组时参考。

## (2) 铁芯数据

铁芯数据是指电动机定、转子铁芯的内径、外径、长度、槽数、通风道尺寸(如图 3-47 所示)以及如图 3-48 所示的槽形尺寸。定、转子铁芯的这些技术数据是电动机绕组重绕、改绕时极为重要的依据。

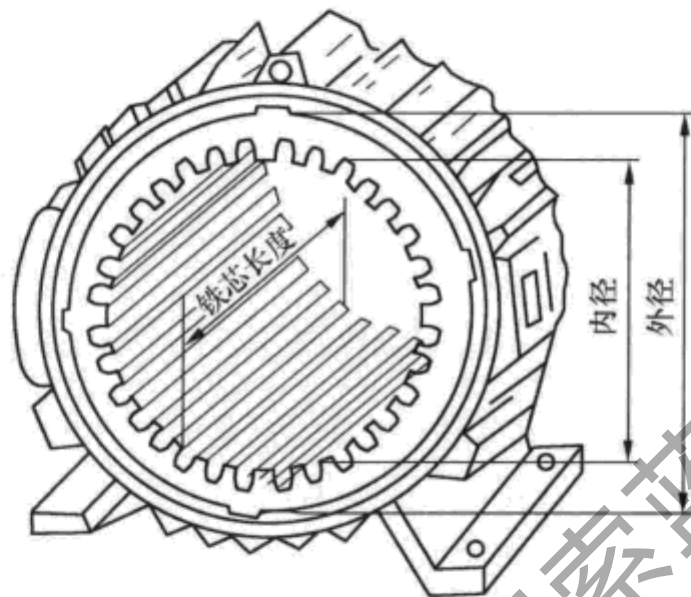
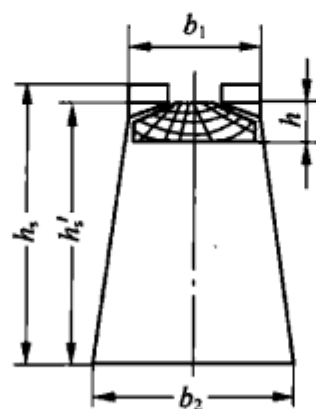
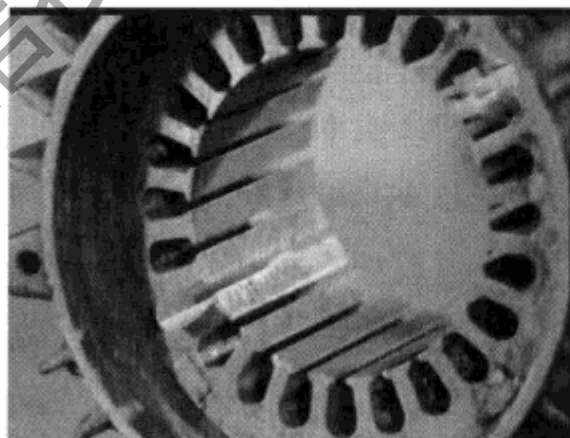
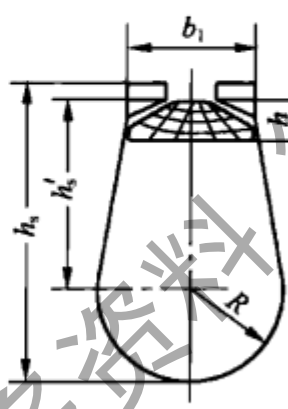


图 3-47 铁芯尺寸的测量



(a) 示意图



(b) 实物图

图 3-48 槽形尺寸

## (3) 绕组数据

绕组数据是指线圈的线径、并绕根数、匝数、节距、并联支路数、绕组接法、线圈铜重等。

## (4) 线圈尺寸

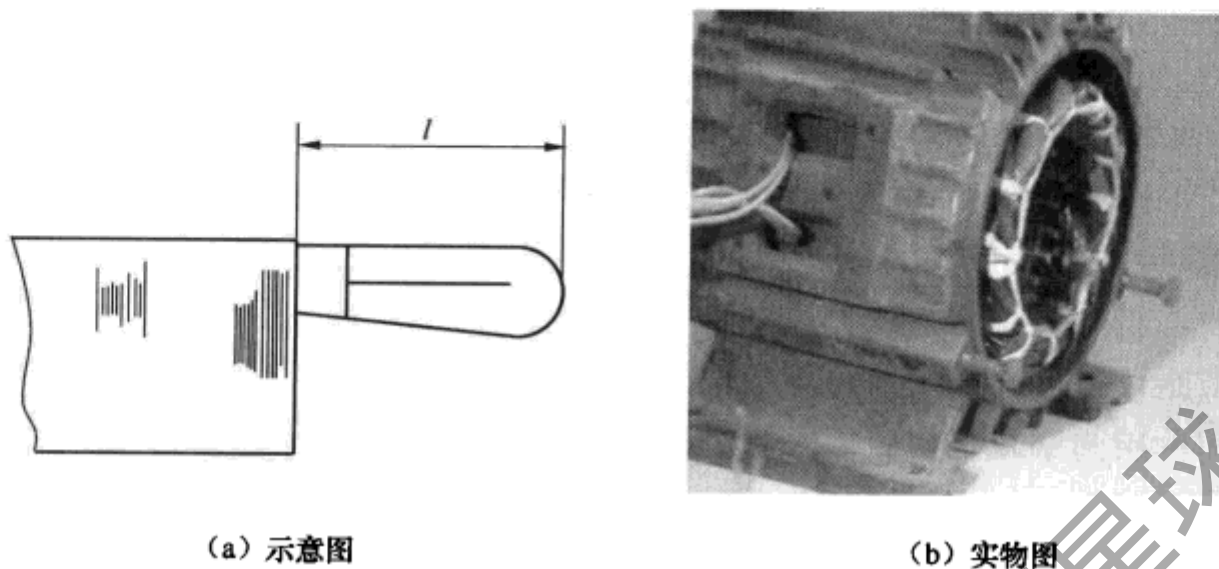
线圈尺寸是指线圈的端部和直线部分的长度、尺寸。图 3-49 所示为电动机绕组伸出铁芯部分的长度,图 3-50 所示为三相交流电动机定子常用绕组线圈尺寸的表示方法。

## 2. 极数的查测

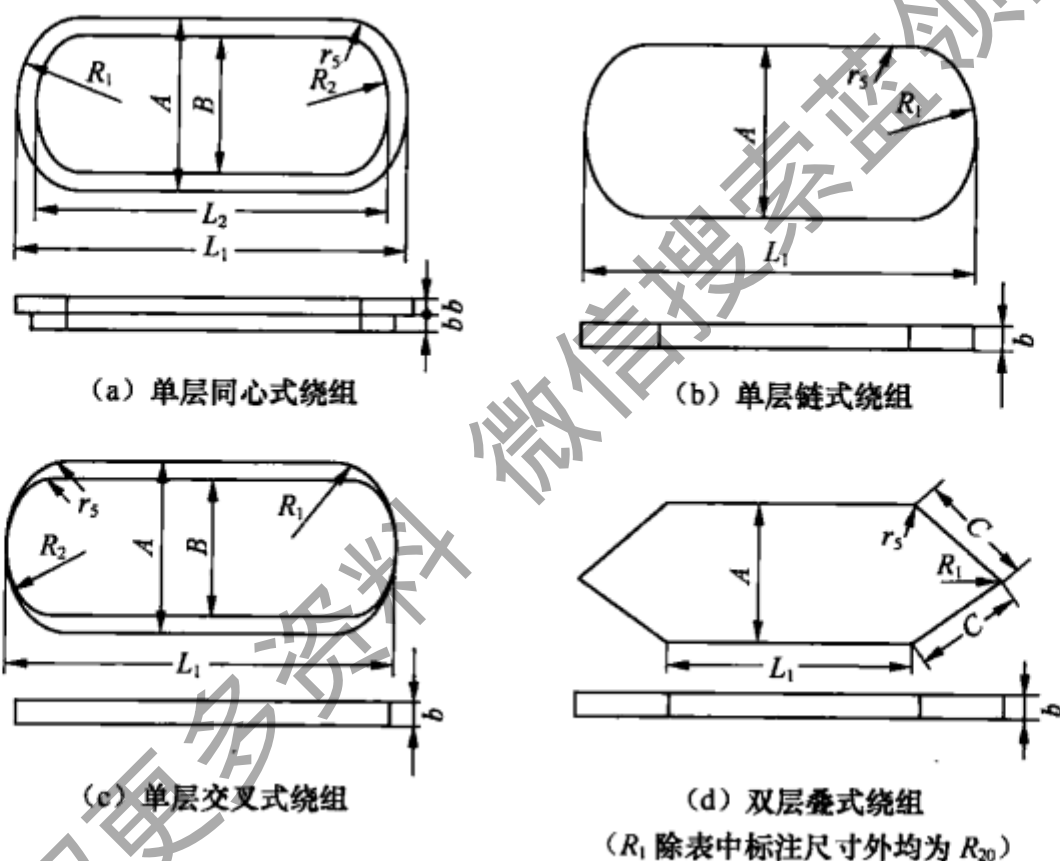
对于有铭牌的电动机,可从型号的规格代号中直接得出极数,也可由额定转速推算出电动机的极数。如果铭牌失落或铭牌数据已看不出,就要根据绕组的结构尺寸来判断极数。

对于单层绕组,可数出一个线圈所跨的槽数(即节距  $y$ ),并数出总槽数  $z$ ,计算出  $z/y$  的值。考虑到  $y$  接近且小于极距  $\tau$ ,可知  $z/y$  必定大于  $z/\tau$ ,同时电动机的极数必定为偶数。

故可取小于  $z/y$  且接近于它的偶数，即为所求极数。例如： $y=7$ ， $z=36$ ，则  $z/y \approx 5.1$ ，电动机的极数应取 4。



(a) 示意图 (b) 实物图  
图 3-49 绕组端部伸出铁芯部分的长度



(a) 单层同心式绕组 (b) 单层链式绕组  
(c) 单层交叉式绕组 (d) 双层叠式绕组  
( $R_1$  除表中标注尺寸外均为  $R_{20}$ )  
图 3-50 常用绕组形式线圈各部分尺寸的表示方法

对于双层绕组，上述方法不一定适用。如总槽数  $z=36$ 、节距  $y=6$  的双层绕组，可能是 4 极，也可能是 6 极。这就要从每极相组的线圈数和槽数来推导。每极相组的线圈数就是相邻两层隔相纸间所夹的线圈数，查明每极相组的线圈数后，根据  $q=z/(2pm)$  就能推导出极数。例如：对于  $z=36$  的双层绕组，查出相邻两层隔相纸之间夹着两个线圈，即  $q=2$ ，则极数  $2p=z/mq=36/(3 \times 2)=6$ （极）。如果查出相邻两层隔相纸间夹着 3 个线圈，即  $q=3$ ，则极数  $2p=36/(3 \times 3)=4$ （极）。

### 3. 绕组数据的查测

#### (1) 查看绕组的并绕根数

将同一极相组内两线圈间跨接线的套管划破，或剪断跨接线，数得里面的导线根数即为并绕根数。但必须注意，此时每个线圈的匝数应等于每个线圈的导线根数除以并绕根数。

#### (2) 查看绕组的并联支路数

功率在 4kW 以上的电动机绕组常采用多路并联，拆除绕组时务必查清并联支路数。



将绕组连接电源引出线的端线剪断，数出端线里面的导线根数，再除以并绕根数即为并联支路数。有些小型电动机只有3根向外的电源引出线，另外3根引线在机壳内接头。这时可将机壳内接头处的绑扎带解开，查看是否有3根引出线连在一起的接头。如有，则说明绕组是Y形连接。再看每相引线是否有并联支路，若直接观察不出，仍可剪断引线，数出里面的导线根数并除以并绕根数，即可得出并联支路数。如没有3根引出线连在一起的接头，则说明绕组是 $\Delta$ 形连接，其并联支路数应等于连接引出线的端线里的导线总根数除以2以后，再除以并绕根数。

### (3) 查看绕组的节距

绕组的节距可在拆除绕组前直接数出，但要注意绕组有等节距和不等节距之分。如单层交叉式绕组和单层同心式绕组就不是等节距，应仔细查看清楚，最好在线圈拆去一半时复查一次，既明显又可靠。

### (4) 查测线圈匝数和导线直径

在拆除绕组时，最好能将几个线圈整股地拆下来，以便核查线圈匝数。通常应保留1~2个比较完整的样品线圈，并选出样品线圈内层最短的几匝，测取其周长的平均值，作为选用或制作绕线模板的参考数据，如图3-51所示。

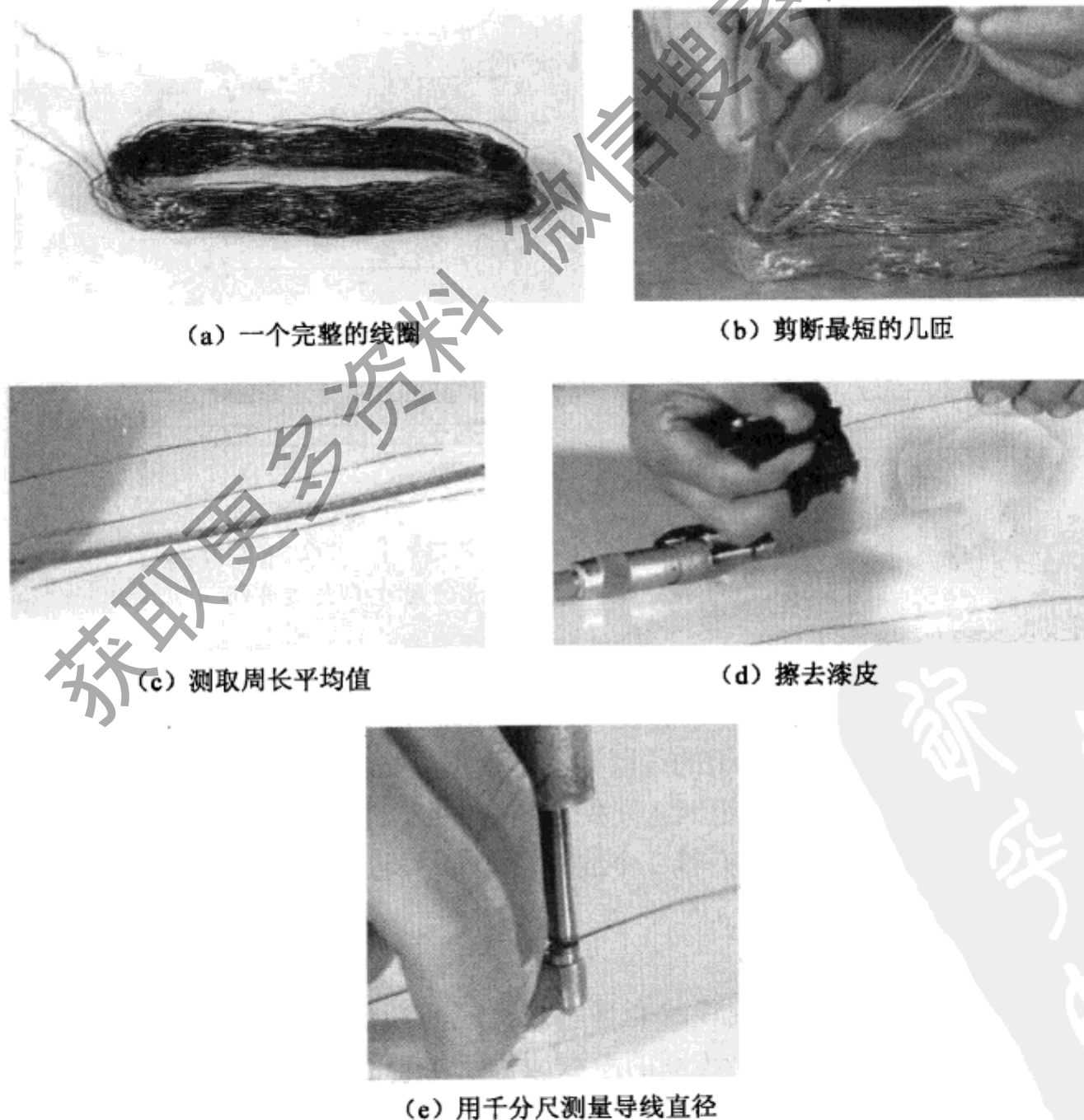


图 3-51 查测线圈匝数和导线直径

### 3.3.2 定子绕组的拆除——冷拆热拆旧绕组，保留样品好数数

电动机的定子绕组经过浸漆与烘干，已经固化成一个质地坚硬的整体，拆除比较困难。通常采用冷拆和热拆两种方法来拆除旧绕组。冷拆能保证定子铁芯的电磁性能不变，但比较费力。热拆虽比较容易，但铁芯受热后会影晌电磁性能。在具体应用时可根据实际条件选择。

#### 1. 冷拆法

冷拆法可分为冷拉法、冷冲法和溶剂法3种。

##### (1) 冷拉法

先用废锯条制成的刀片或其他刀具将槽楔破开，把槽楔从槽中取出。如果槽楔比较坚实，可用扁铁棒顶住槽楔的一端，用铁锤敲打铁棒将槽楔从另一端敲出。再将导线分成数组，一根一根地从槽口拉出。若是闭口槽或半开口槽，可用斜口钳将线圈端部逐根剪断，或用钢凿沿铁芯端面将导线凿断，如图3-52所示。在另一端用螺丝刀配合用钢丝钳逐根拉出导线。如果线圈嵌得太紧，用钢丝钳不易拉出，可将定子竖直放置，使线圈没剪断的一端朝上。在定子膛口上横放一根铁棒，取一根一端有弯钩的撬棍，用弯钩钩住线圈的端部，以铁棒作为支点，利用杠杆原理把整股线圈从槽里撬出来。如果有专用的电动拉线机，拆除绕组就更为方便，效率可提高几十倍。

##### (2) 冷冲法

对于导线较细的绕组，其机械强度较低，容易拉断。可先用钢凿在槽口两端把整个线圈逐槽凿断，然后用一根横截面与槽形相似但尺寸比槽口截面尺寸略小的铁棒，在被凿断线圈的断面上顶住，用铁锤用力敲打铁棒，逐槽将线圈从另一端槽口处冲出，如图3-53所示。对于槽满率高、线圈嵌得特别紧的绕组，用此法拆除更为有效，可节省较多的时间。有时还可将槽绝缘一起冲出，减少了清槽工作量。

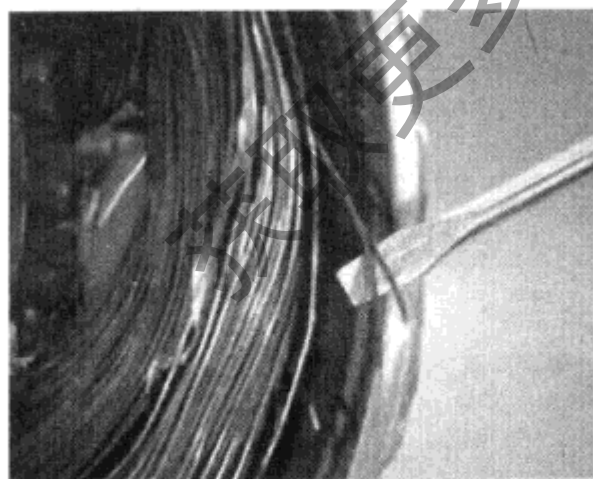


图 3-52 将导线凿断

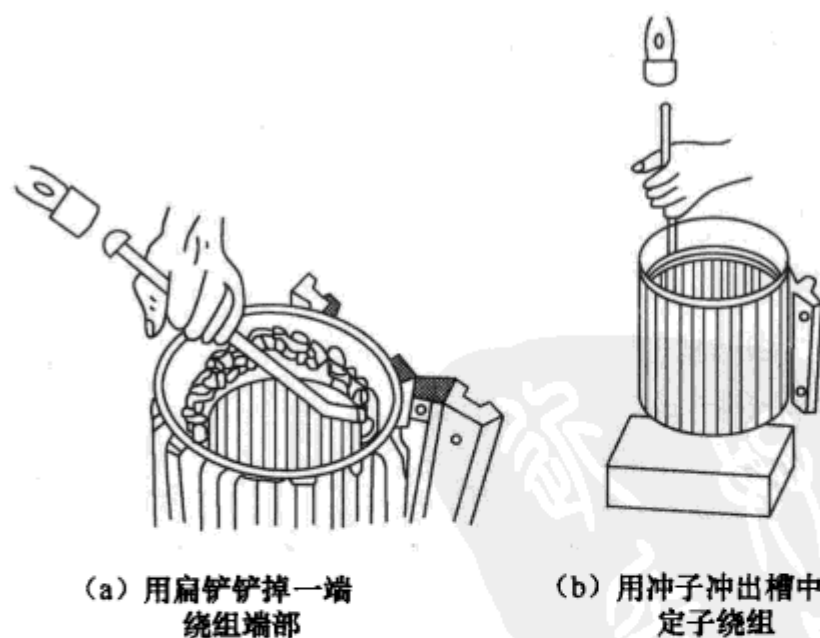


图 3-53 冷冲法

##### (3) 溶剂法

此法一般用于拆除1kW小型电动机的定子绕组。常用的溶剂配方为丙酮50%、甲苯45%、石蜡5%。配制溶液时，先将石蜡加热熔化，再注入甲苯，最后加进丙酮搅拌。溶解绕组绝缘时，把电动机定子放在有盖的铁箱内，用毛刷将溶剂刷在绕组上，然后加盖密封，保持2~3min，待绝缘软化后，即可拆除绕组。

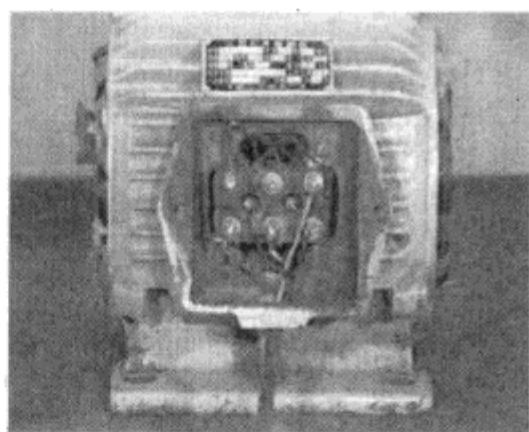
使用溶剂法拆除旧绕组时，要注意防止火灾，防止苯中毒，最好在通风的场地进行施工。

## 2. 热拆法

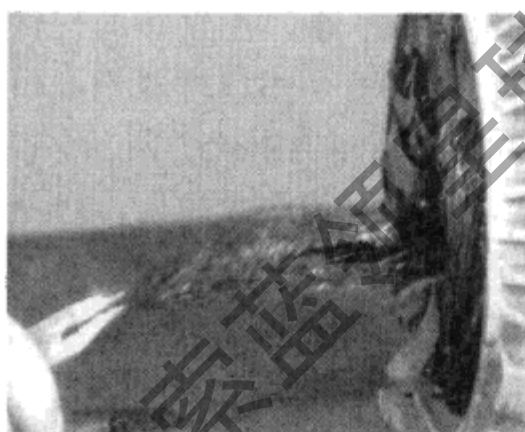
热拆法即将绕组绝缘加热软化后，再拆除旧绕组。一般采用通电加热和烘箱加热方式，切忌采用火烧绕组的方法。加热前必须将接线板等易损件拆下，以防烤坏。

### (1) 通电加热法

用三相调压器或电焊变压器二次绕组给定子绕组通入低压大电流，如图 3-54 所示。电流的大小可调到额定电流的 3 倍左右，使绕组温度逐渐升高。待绕组绝缘软化时，停止通电，迅速退出槽楔，拆除旧绕组。这种方法最适宜大、中型电动机的绕组拆除，小型电动机亦可采用。但绕组内部断路或严重短路的电动机，不能采用此法。



(a) 通电加热



(b) 拆除旧绕组

图 3-54 通电加热法

### (2) 烘箱加热法

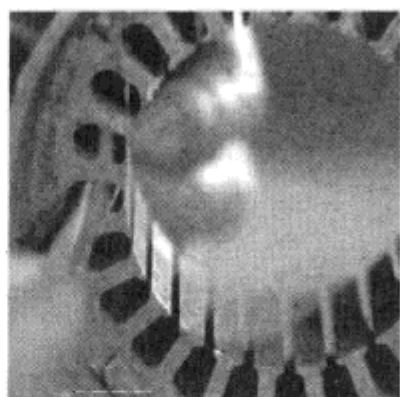
用电烘箱对定子绕组加热，待绝缘软化后迅速拆除旧绕组。在加热过程中，应注意掌握火候，防止烤坏铁芯，使硅钢片性能变坏。

### 技能提高

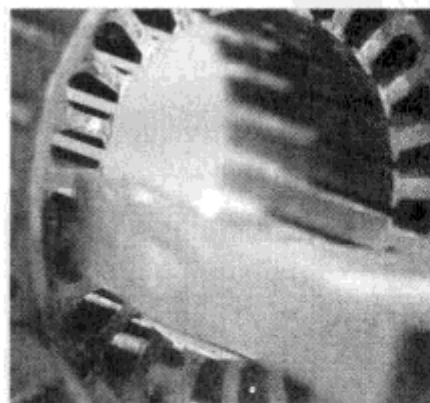
#### 铁芯槽的清理与整形

拆除定子绕组时，无论是冷拆还是热拆，在拆除旧绕组的过程中，都应力求保留 1~2 个完整的线圈样品。

绕组拆完后，必须把槽内残存的绝缘物、漆瘤、锈斑等杂物清理干净。检查铁芯硅钢片是否有受损缺口、凸片、弯片，并予以修整，如图 3-55 所示。将铁芯槽、齿清理完并整形后，用压缩空气吹扫干净。



(a) 清除杂物



(b) 缺口整形

图 3-55 铁芯槽的清理与整形

### 3.3.3 线圈的重绕——绕线机上装线模，护好导线数匝数

定子线圈可用绕线模来绕制。绕线模的结构如图 3-56 所示，绕线模的尺寸可在电工手册中查找。小型三相异步电动机的线圈一般在绕线机上用绕线模绕制，如图 3-57 所示。线圈可以极相组绕制，比较先进的工艺是把属于一相的所有线圈连续绕制好，中间不剪断（如图 3-58 所示），把极相组中间的线稍微放长一点，这样就省去了接线这一道工序。

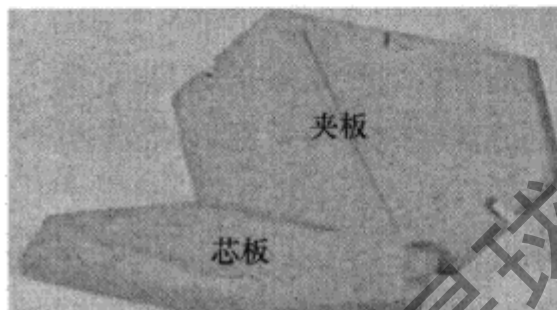
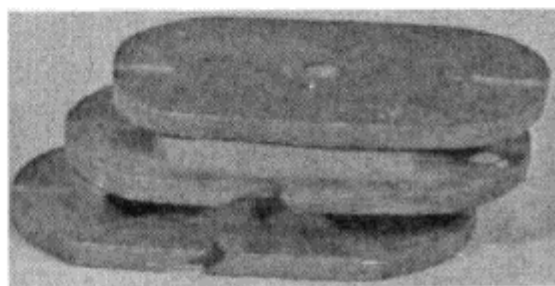


图 3-56 绕线模的结构

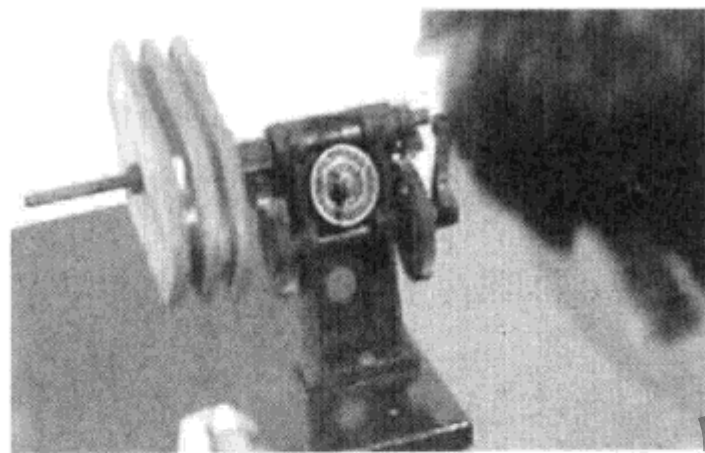


图 3-57 在绕线机上用绕线模绕制线圈

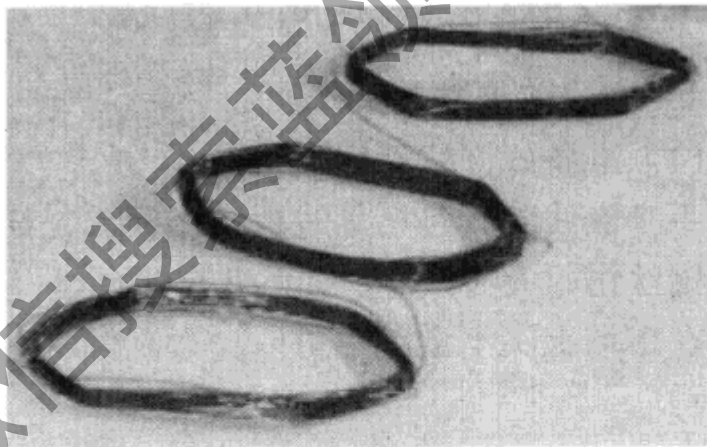


图 3-58 连续绕制的线圈

绕制线圈时，导线必须排列整齐，导线绝缘不受损坏。绕制好的线圈要用扎线扎好，以免散开，如图 3-59 所示。

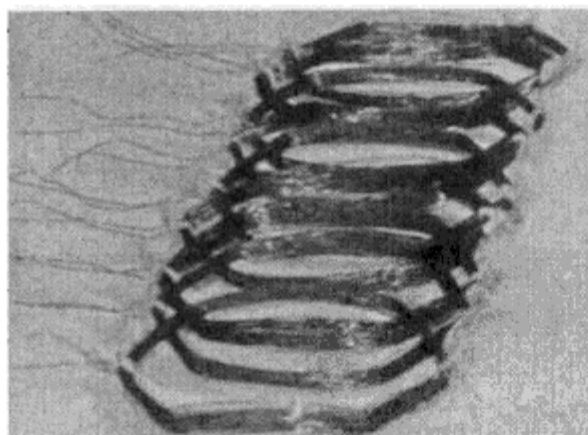
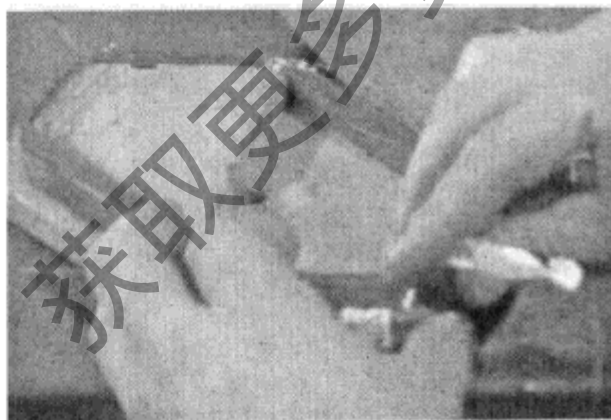


图 3-59 用扎线扎好线圈

#### 技能提高

#### 绕制线圈的注意事项

在绕制线圈的过程中，应注意以下几点。

- ① 导线漆皮应均匀光滑，无气泡、漆瘤、霉点和漆皮脱落现象。用游标卡尺或千分尺检



查导线直径和绝缘漆皮的厚度，应符合要求。

② 绕制时导线必须排列整齐，避免交叉混乱。一般应使导线在模槽中从左至右一匝一匝地排绕，绕完一层后再绕一层，直到绕够规定匝数。

③ 绕好一只线圈后，应在过桥线上套上黄蜡管，再绕下一只线圈。每个极相组之间的连接线应留有适当长度。

④ 导线长度不够绕完一只线圈需要另接导线时，接头必须留在线圈端部，严禁把接头留在线圈的直线部分，以免造成嵌线困难。

⑤ 绕制线圈时，必须保护导线绝缘不受损伤。

⑥ 绕制好的线圈必须用绑扎带将两个直线部分扎紧，以防松散。

⑦ 绕完线圈后，应对每个极相组或相绕组进行直流电阻的测定和匝数检查。测直流电阻时，大于  $10\Omega$  的可用单臂电桥或万用表低阻挡，小于  $10\Omega$  的用双臂电桥测量。一般要求各极相组之间的直流电阻相差不应超过  $\pm 4\%$ 。

### 3.3.4 嵌线——线圈安居线槽中，照图接线很轻松

#### 1. 嵌线前的准备工作

##### (1) 准备好嵌线专用工具

手工嵌线工具包括划线板、压线板、划针、刮线刀、手术用弯头长柄剪刀、木锤或橡皮锤、钢丝钳、尖嘴钳等，如图 3-60 所示。有些专用工具，如划线板、压线板、划针、刮线刀等若在市场上买不到，也可以自行制作。

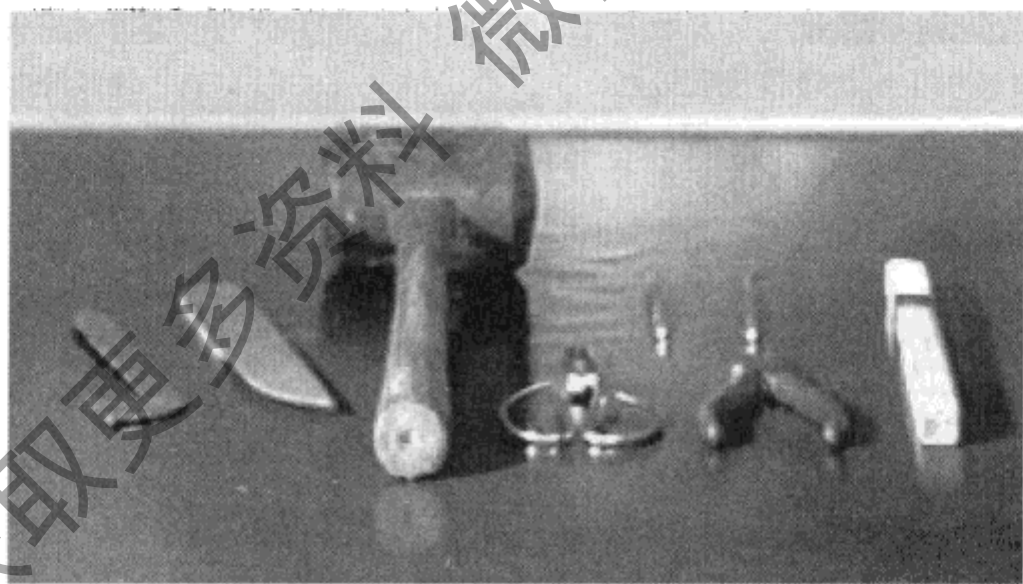


图 3-60 嵌线专用工具

嵌线前，除了要准备好嵌线工具外，同时还要准备好绝缘材料，如槽绝缘、端部相间绝缘和层间绝缘等材料，准备好扎线、绑带。

##### (2) 熟悉技术资料

在做好上述准备工作以后，嵌线前还要对待嵌绕组的技术资料及数据进行核查和熟悉。特别是对电动机极数、线圈节距、绕组排列、嵌线规律、并联支路数、引线方向等要做到心中有数，以利于嵌线工作的顺利进行，避免嵌错返工而造成工时和材料的损失。

#### 2. 嵌线工艺

嵌线是一项细致工作，必须小心谨慎，并按工艺要求进行操作。

### (1) 嵌线规则

① 每个线圈组都有两根引线，分别称为首端和尾端。

② 每相绕组的引出线必须从定子的出线孔一侧引出，为此所有线圈组的首、尾端也必须在这一侧引出。

③ 习惯上规定把定子机座有出线孔的一侧置于操作者右侧，待嵌线圈组放置在定子的右面，并使其引出线朝向定子膛，如图 3-61 所示。嵌线时，把线圈逐个沿逆时针方向翻转后放进定子膛内进行嵌线，从而保证引出线从出线孔侧引出。

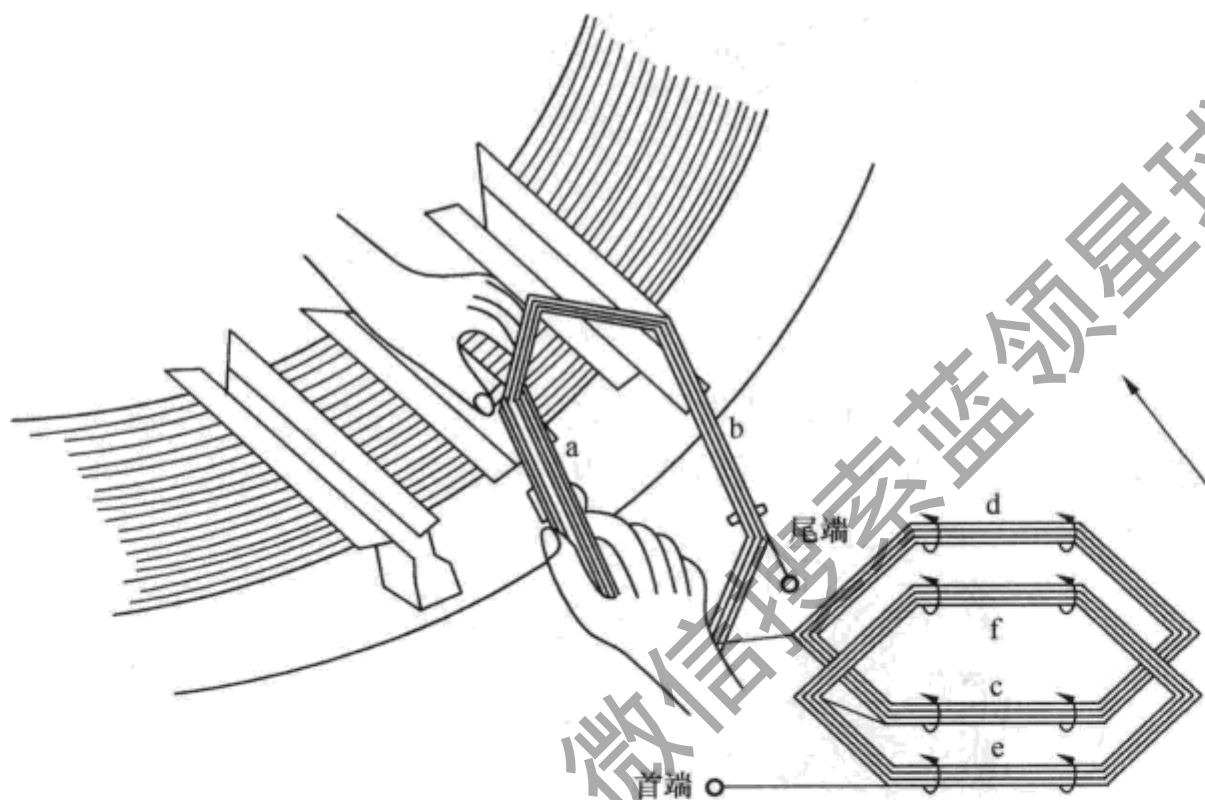


图 3-61 嵌线示意图

### (2) 嵌线方法

单只线圈嵌线较简单，但对于连续绕制的线圈组，嵌线时稍不注意就会嵌反，应特别注意。

嵌线时，以出线盒为基准来确定第一槽的位置，如图 3-62 所示。槽绝缘伸出铁芯的长度要根据电动机的容量而定。

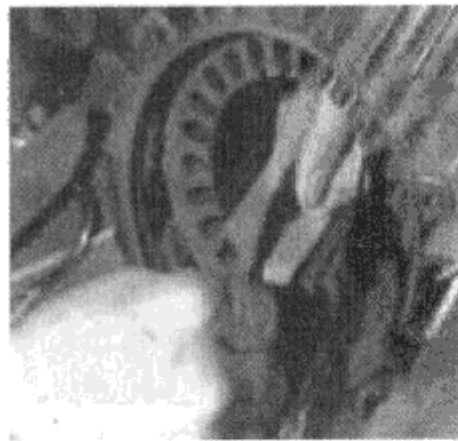


图 3-62 确定第一槽的位置并放入线圈

嵌线翻转线圈时，先用右手把要嵌的一个线圈捏扁，并用左手捏住线圈的另一端反向扭转，然后将导线的左端从槽口右侧倾斜着嵌进槽里。嵌入线圈时，最好能使全部导线都嵌入

槽口的右端，两手捏住线圈逐渐向左移动，边移边压，来回拉动，把全部导线都嵌进槽里。如果有一小部分导线剩在槽外，可用划线板将其逐根划入槽内，如图 3-63 所示。划入导线时，划线板必须从槽的一端直划到另一端，并注意用力要适当，不可损伤导线绝缘。切忌随意乱划或局部掀压，以免几根导线交叉地轧在槽口而无法嵌入。

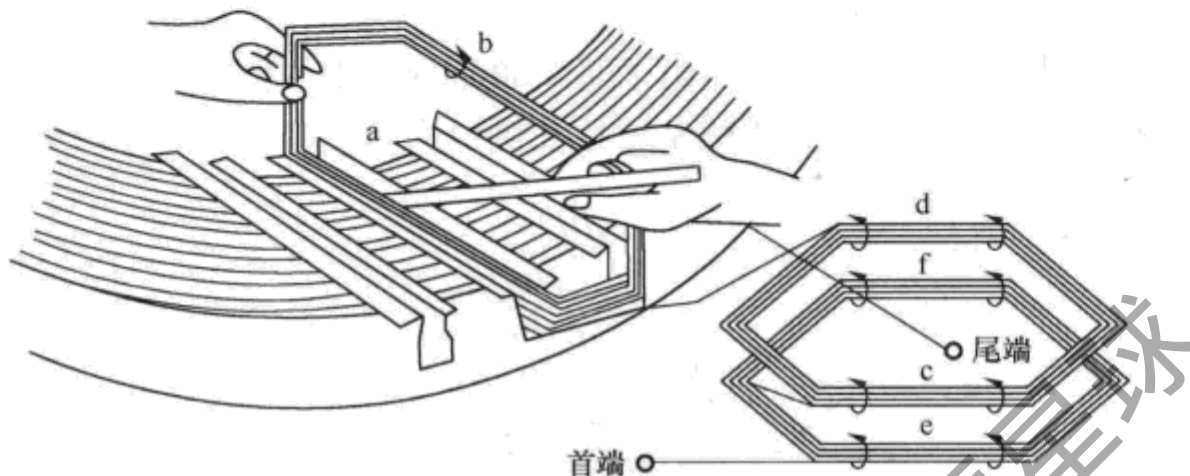


图 3-63 用划线板嵌线

如果槽内导线高低不平，可在压线板下衬聚酯薄膜，从槽口的一端插进槽里，用小铁锤轻轻敲打压线板背面，边敲边移动，直到把槽内导线压平、压实为止，如图 3-64 所示。

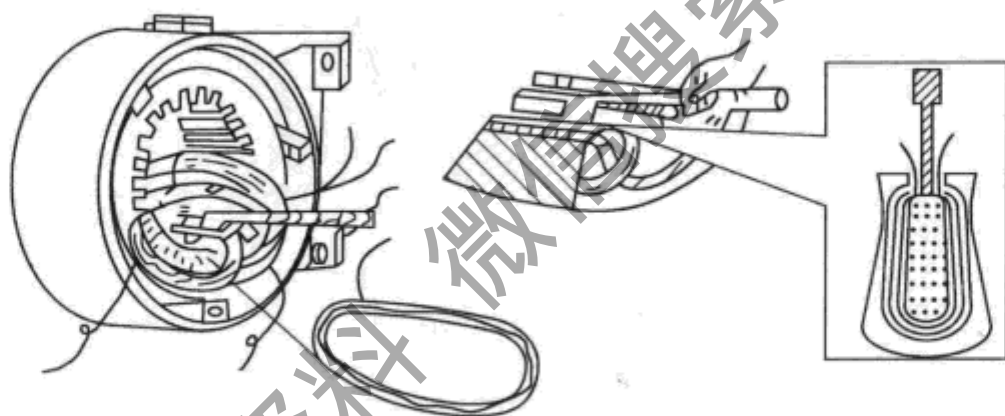


图 3-64 用压线板压实槽内导线

### (3) 包裹绝缘纸

嵌好线圈后，将绝缘纸齐槽口剪平，然后折合封好（如图 3-65 所示），并用划针压紧，再放入竹签，如图 3-66 所示。



图 3-65 折合封好绝缘纸

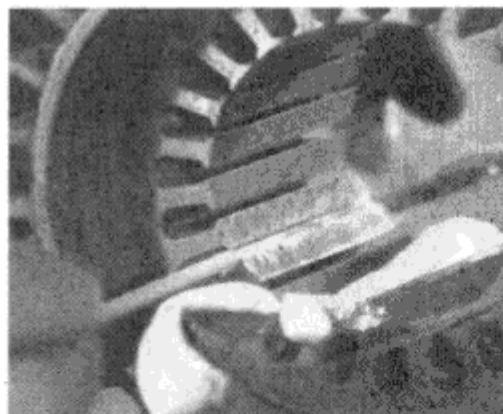


图 3-66 放入竹签

### (4) 隔相

嵌好一个线圈的一条边后，线圈的另一边可先吊起来，在上面垫一张纸，以免将线圈擦伤，如图 3-67 所示。嵌完一个线圈的节距后，就可把先前吊起来的线圈的另一边也放到槽内，

并将剩下的线圈依次嵌入。当嵌完最后一个节距线圈后，就可以把最初吊起的那几个线圈的上层边逐一放下，嵌入相应的槽内，如图 3-68 所示。

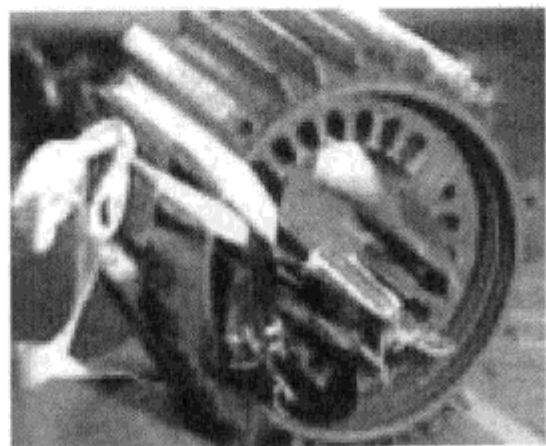


图 3-67 吊把

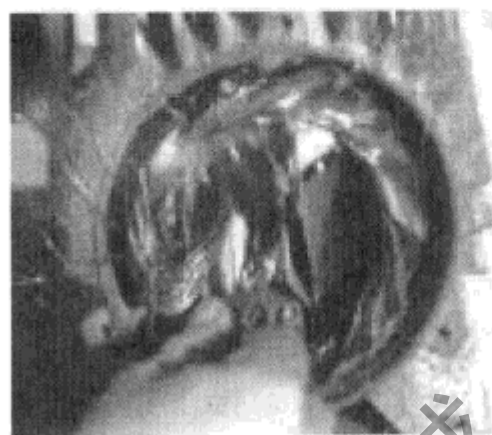


图 3-68 将最后几个线圈的上层边放入槽内

相邻两组线圈属于不同相时，必须在这两组线圈的端部之间安放相间绝缘纸进行隔相。隔相一般采用 0.25mm 厚的薄膜青壳纸。大功率电动机可用一层薄膜青壳纸和一层黄壳绝缘纸，中间再夹一层黄蜡布。隔相纸的形状和尺寸根据线圈端部的形状、大小而定。一般双层绕组隔相纸的形状为半圆形或半棱环形，单层绕组隔相纸的形状为半圆环形的 3/4。

#### (5) 连接极相组和端部整形

全部线圈嵌完后，按照接线图将各个极相组连接好，如图 3-69 所示。然后，修剪相间绝缘，使其高出线圈 3~4cm。符合要求后，将木板垫在绕组端部，用手锤轻轻敲打绕组上的木板（如图 3-70 所示），使绕组两端形成喇叭口，其直径大小要合适。小型电动机在端部整形后，连同引出线用绑线和布带统一包扎好，如图 3-71 所示。

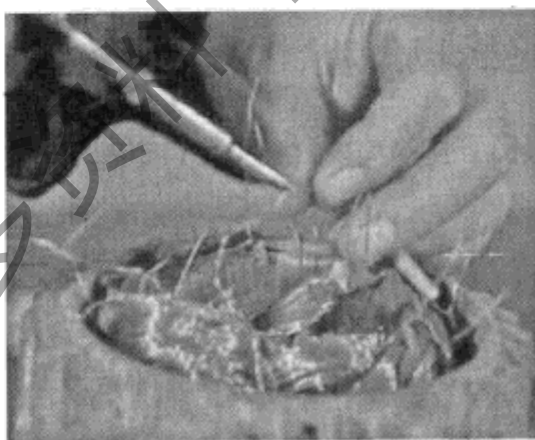


图 3-69 连接各个极相组

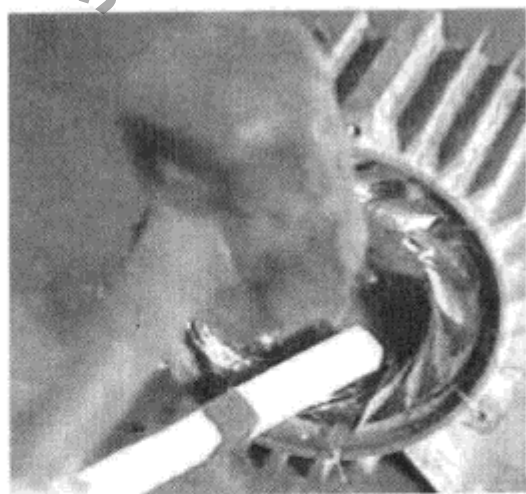


图 3-70 端部整形

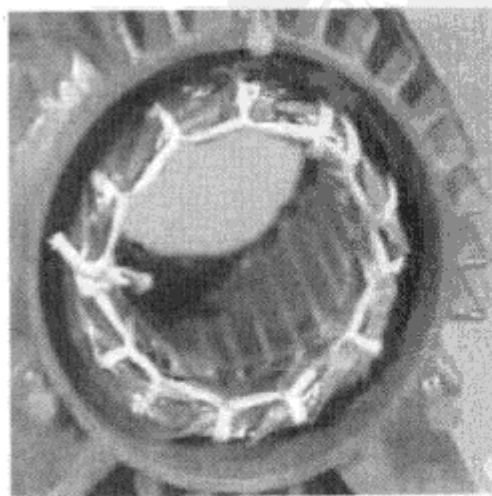


图 3-71 用绑线包扎好端部



### 3.3.5 质量检查和空载试验——放入钢珠查接线，空载运行试通电

#### 1. 质量检查

在外观检查无问题之后，质量检查的第一步是检查绕组有无嵌反现象。方法是：在三相绕组内通入 60~100V 三相交流电，在定子铁芯的内圆上放一只小钢珠（如图 3-72 所示），如果钢珠沿着内圆旋转，表明绕组没有嵌反或者接错；如果钢珠吸住不动，说明绕组可能嵌反或者接错。

如果绕组没有嵌反或者接错，下一步就应该检查其直流电阻是否符合要求，接下来检查绝缘电阻，最后进行耐压测试。

#### 2. 空载试验

所谓空载试验是指使电动机在不带负载时通电运转，以检测某些参数的试验。空载试验的时间不应少于 1h，在试验期间，要观察空载电流的大小（一般在 200mA 左右）及其随着时间的延续是否发生变化，温升是否正常（注意区分绕组发热和轴承温升），运转中是否有噪声和抖动。

在空载运转中，要注意观察电动机转轴的旋转方向，如果电动机反转，一定是主绕组或副绕组中任意一个接反，只需把其中一个绕组的两头接线对调即可改变电动机的旋转方向。

在初测过程中，如果发现问题，可以很方便地把绕组拆开检修（因绕组未浸漆）。如果初测合格，即可进行最后的绝缘处理——浸漆。

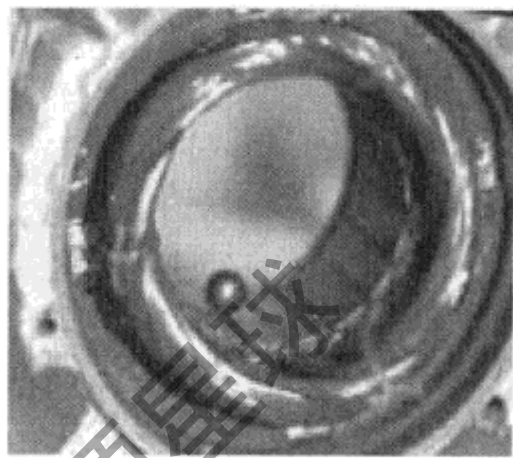


图 3-72 在定子铁芯内圆上放一只小钢珠

### 3.3.6 浸漆与烘干——绝缘良好需浸漆，连续烘干不休息

绕组浸漆的目的是增强电动机的电气绝缘强度，提高防潮和耐热性能，改善散热条件，加固绕组端部，防止沾染灰尘。

常用的绝缘漆有黑烘漆、1321 醇酸树脂漆（又名热硬漆）和 1032 三聚氰胺醇酸树脂漆等。

电动机浸漆工艺主要包括预烘、浸漆和干燥 3 个步骤。

#### 1. 预烘

在浸漆前，必须先对绕组进行预烘，以驱除绕组内的潮气。具体方法如下：从机壳中取出定子铁芯与绕组，并置于功率较大的灯泡下或烘箱中（如图 3-73 所示），保持 125~135℃ 的温度，预烘 4~6h。当测得对地绝缘电阻为 30~50MΩ 且稳定不变时，预烘结束。

#### 2. 浸漆和干燥

##### (1) 第 1 次浸漆

E 级或 B 级的定子绕组通常选用 1032 三聚氰胺醇酸树脂漆，稀释溶剂是甲苯或二甲苯，规定二次浸漆。经预烘的定子绕组温度下降至 50~70℃ 时即可开始浸漆。若温度过高，溶剂挥发快，漆膜形成快，绕组内部不易浸透；若温度太低，漆的黏度太大，流动性和渗透性都比较差，浸漆效果不好。对于漆的黏度最好按温度调整好，可以参考表 3-18。浸漆时间要大于 15min，以漆中的定子绕组不冒气泡为准。然后将电动机从浸漆槽中取出，垂直放在滴漆

槽架上，沥干余漆，沥干时间应大于 30min。

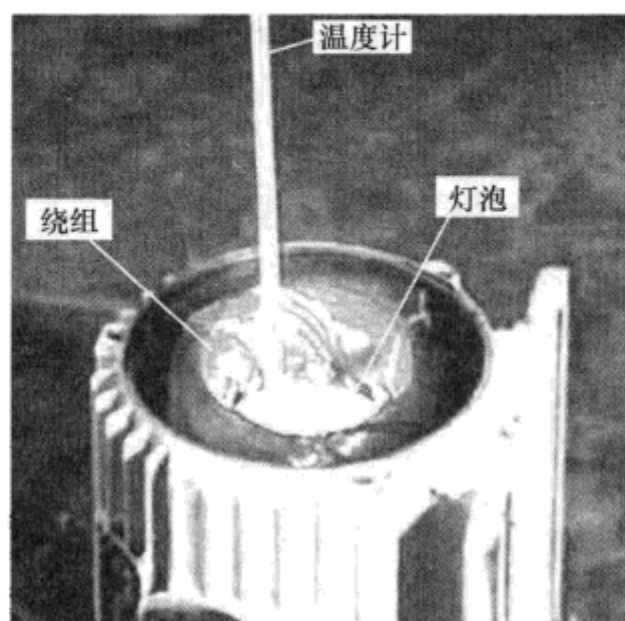


图 3-73 预烘

表 3-18

浸漆温度与黏度对照表

温度 (°C)	黏度 (Pa·s)	温度 (°C)	黏度 (Pa·s)	温度 (°C)	黏度 (Pa·s)
6	80~56	16	45~36	26	33~28
8	72~49	18	42~34	28	31~26
10	64~45	20	38~32	30	29~25
12	56~42	22	36~31	32	28~24
14	49~39	24	34~29	34	26~23

除了沉浸的浸漆方法，还可采用浇漆的方法，此种方法比较适合单台电动机的浸漆处理，如图 3-74 所示。先将电动机放在滴漆架上，用漆先浇绕组的一端。经过 20~30min 滴漆后，再浇另一端，要浇得均匀，各处都要浇到，可重复几次。待余漆滴干后，用松节油将定子绕组外其他部分的余漆擦干净。

#### (2) 滴漆

把浸透绝缘漆的绕组悬空，挂着滴漆 30min 以上。待漆滴干后，用松节油把铁芯擦干净。

#### (3) 第 1 次干燥（烘焙）

烘焙是为了加速挥发漆中所有的溶剂和水分，使绕组表面形成坚固的漆膜。烘焙过程分为以下两个阶段。

第一阶段是低温烘焙，温度按绝缘漆等级和电动机的绝缘等级控制。E 级、B 级为  $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，时间为 2~4h，这样可使绕组内部的气体排出，溶剂挥发得比较慢，绕组表面不会很快形成漆膜。

第二阶段是高温烘焙，E 级和 B 级绝缘温度控制为  $130^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，烘焙时间为 4~5h，要求绝缘电阻大于  $2\text{M}\Omega$ 。

值得说明的是，在个体维修店，对中小型电动机可用灯泡或自制的烘箱来完成烘焙这一工序。



图 3-74 浇漆

#### (4) 第2次浸漆、滴漆

方法同第1次。第2次浸漆的时间控制在3~5min，温度控制在50~70℃，漆的黏度可大一些，以填充空气隙。

#### (5) 第2次干燥（烘焙）

第2次低温烘焙时间控制在2~3h，温度同前一次。第2次高温烘焙时间控制在4~5h，温度同前一次。要求绕组绝缘电阻大于1.5MΩ后出箱。

在整个烘焙过程中，要求每隔1h用兆欧表测量一次绕组的绝缘电阻。在最后2h，其绝缘电阻应该稳定在1.5~2MΩ。

将电动机全部装好，按初测步骤重新检测一次，若符合要求，即可投入使用。

### 技能提高

#### 电动机浸漆与烘焙的注意事项

- ① 浸漆前应进行全面的清洁处理。
- ② 浸漆前应将机壳上的所有螺钉堵上，以免使总装困难。
- ③ 浸漆前应检查漆的牌号和有效期。
- ④ 必须重视浸漆和烘焙过程中工艺参数的控制，例如漆的黏度、温度控制范围、浸渍次数和绝缘电阻等。
- ⑤ 高温烘焙完成后，在热态时铲除定子内圆等部位的残留漆。槽楔部位的残留漆不应高出铁芯内圆。
- ⑥ 定子绕组经绝缘处理后，必须保证绝缘漆浸渍部分的漆膜干燥，无皱皮、脱层和带锯齿现象，绕组端部无损伤，绑扎带无损伤，槽楔完整无缺。
- ⑦ 在烘焙过程中，若中途温度下降或绝缘电阻未达到稳定，则应该适当延长烘焙时间，待绝缘电阻达到要求后才能出箱。

**想一想** 对电动机浸漆、烘干有何工艺要求？

### 3.3.7 几种常见绕组的嵌线规律——嵌线接线讲程序，槽数节距分层次

三相异步电动机的定子绕组主要分为单层和双层两大类。常见的单层绕组有同心式、链式和交叉式，双层绕组常采用叠式。

三相异步电动机定子绕组嵌线虽然复杂，但仍然有一定的规律，记住下面三相异步电动机嵌线的24句歌诀，嵌线工作必将事半功倍。

#### 单层链式绕组

先数总共多少槽，再数节距心记牢，  
若是单层单链组，每把线前空一槽，  
不到节距要悬空，到了节距便封槽。

#### 单层同心式绕组

若是单层多圈组，二空二来三空三，

不到节距不封口，到了节距就封槽。

#### 单层交叉式绕组

交叉双线和单线，节距长者向前靠，  
双线前面空一对，单线前面空一槽，  
不到节距不封口，节距到了要封槽。

#### 双层叠绕组

若是遇到双层组，千万牢记不空槽，  
双层单绕极少见，双层叠绕常见到，  
前面下线不封口，到了节距再封槽，  
一把挨着一把下，槽数线圈相等调。

下面以实例分别介绍电动机的嵌线规律。

### 1. 单层同心式绕组

同心式绕组的结构特点是：各相绕组均由不同节距的同心线圈经适当连接而成。现以三相二极 24 槽的电动机为例，分析其定子绕组的嵌线规律。

三相二极 24 槽，大线圈节距为 11（1~12）槽，小线圈节距为 9（2~11）槽的定子绕组展开图如图 3-75 所示。从图中可以看出，每相共有两个线圈组，各线圈组之间的连接采用反串联方法，即线圈组之间“首首相连，尾尾相连”。这种绕组嵌线时，可嵌成三平面同心式和同心链式两种形式。

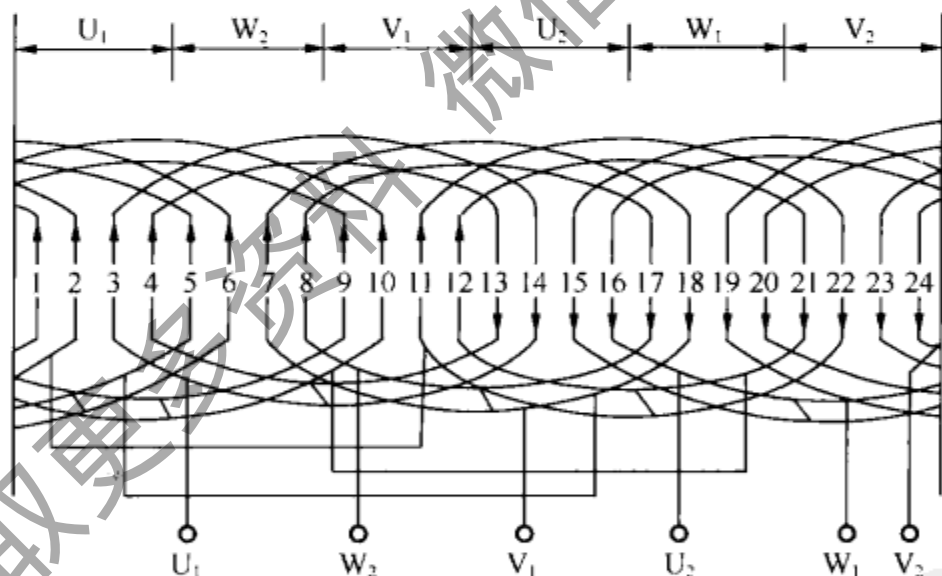


图 3-75 三相二极 24 槽单层同心式绕组展开图

#### (1) 三平面同心式

每个平面上分布同一相的两个线圈组，三相共 6 个线圈组，分布在 3 个平面上。它的嵌线顺序如下。

先嵌 U 相的第 1 个线圈组到第 3、4、14、13 槽。因两个有效边在同一平面内，可以嵌完，不需吊把。接着嵌 U 相的第 2 个线圈组到第 15、16、2、1 槽，完成最外层平面的嵌线。再嵌 V 相的第 1 个线圈组到第 11、12、22、21 槽，该相的第 2 个线圈组嵌入第 23、24 和 10、9 槽，由此完成中间一个平面的嵌线。按同样道理，可将 W 相绕组的两个线圈组分别嵌入第 19、20 和 6、5 及 7、8 和 18、17 槽，完成内层平面的嵌线。

上述嵌线顺序只是举例，实际上一个平面上的两个线圈组无论先嵌哪个都可以。至于



哪一个平面该嵌哪一相绕组也是随意的，关键在于各相绕组之间相距的电角度在接线时不要搞错。

由此可知，三平面同心式绕组的嵌线规律如下。

- ① 不需吊把，可一次性将一相绕组的两个线圈组嵌入槽内。
- ② 每个平面内各嵌一相绕组。

## (2) 同心链式

这种绕组形式中的“同心”是指一个线圈组内部同轴对称，“链式”是指每个线圈组之间在端部一组压一组，呈链形。下面仍以图 3-75 为例介绍同心链式绕组的嵌线顺序和嵌线规律。

把 U 相的第 1 个线圈组的小线圈有效边 4 嵌入第 4 槽，另一有效边 13 暂不嵌入第 13 槽而作吊把，接着将该相的第 1 个线圈组的大线圈有效边 3 嵌入第 3 槽，另一有效边 14 暂不嵌入第 14 槽作吊把。空两槽，把 V 相第 2 个线圈组的小线圈有效边 24 嵌入第 24 槽，大线圈有效边 23 嵌入第 23 槽，另外两个有效边暂不嵌入第 9、10 槽，也作吊把，到此共吊 4 把。再空两槽，将 W 相第 1 个线圈组的小线圈有效边 20 和大线圈有效边 19 依次嵌入第 20、19 两槽，此时因第 3、4 两槽已嵌好线，故另两个有效边 5、6 可直接嵌入第 5、6 两槽。以此类推，每嵌完一个线圈组的两槽，就空两槽，再嵌两槽，直到最后对第 13、14 槽和 9、10 槽收把为止。

由此可总结出同心链式绕组的嵌线规律为“嵌二、空二、吊四”，具体如下。

- ① 嵌两槽，空两槽，再嵌两槽，再空两槽……
- ② 吊把数等于每极每相槽数 ( $q=4$ )。

## 2. 单层链式绕组

链式绕组是由相同节距的线圈组成的，其结构特点是“一圈压一圈”，绕组端部像链条一样，一环套一环。图 3-76 为一台三相四极 24 槽电动机的定子单层链式绕组展开图。从图中可看出，单层链式绕组同相各线圈组的连接规律是“首首相连，尾尾相连”。

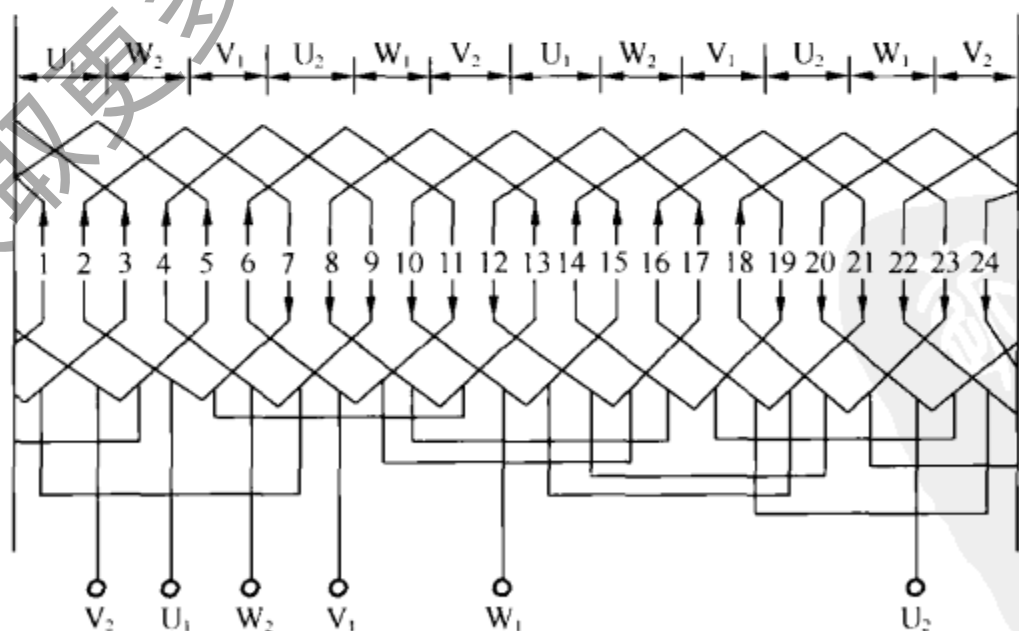


图 3-76 三相四极 24 槽单层链式绕组展开图

嵌线时，将 U 相的第 1 个线圈的有效边 7 嵌入第 7 槽，因另一有效边 2 要压在第 3、5 槽线圈的上面，暂不嵌入作吊把。然后空一槽（第 8 槽），将 W 相的第 1 个线圈的有效边 9

嵌入第9槽，该线圈的另一有效边4要压在第5槽线圈的上面，也要暂不嵌入作吊把。再空一槽（第10槽），将V相的第1个线圈的有效边11嵌入第11槽，此时因7、9槽中的线圈边已嵌好，故将V相的第1个线圈的另一有效边6直接嵌入第6槽，不再作吊把。接着再空一槽，将U相的第2个线圈的两个有效边13、8分别嵌入第13、8槽。以后各线圈均按此规律嵌一槽，空一槽。最后，在线圈边3、5嵌入后，再将吊把2、4两线圈边依次嵌入第2、4槽收把。

通过分析上面的嵌线过程，可得出单层链式绕组的嵌线规律为“嵌一、空一、吊二”，具体如下。

- ① 嵌一槽，空一槽，再嵌一槽，再空一槽……
- ② 吊把数等于每极每相槽数（ $q=2$ ）。

### 3. 单层交叉式绕组

单层交叉式绕组常用于每极每相槽数 $q=3$ 的小型异步电动机中。这种绕组实质上是同心式和链式绕组的一个综合。由于采用了不等距线圈，它比同心式绕组的端部短，且便于布置。下面以三相四极36槽电动机的定子绕组为例分析其嵌线规律。

图3-77为单层交叉式绕组的展开图，其每相绕组的各线圈组之间仍采用“首首相连，尾尾相连”的反串联接法。嵌线时，先将U相的第1个线圈组的两个大线圈的10、11两边嵌入第10、11槽，它们的另一边暂不嵌入第2、3槽，作为吊把。接着空一槽，将W相的第1个小线圈边13嵌入第13槽，另一边6也暂不嵌入第6槽，作为吊把。然后再空两槽，将V相的第1个大线圈组的两边16、17嵌入，因另两边8、9压着第10、11和13槽中已嵌好的线圈，可将8、9两边按节距 $y=8$ 嵌入第8、9槽。接着空一槽，将U相的第一个小线圈的两边按节距 $y=7$ 分别嵌入第19、12两槽。以后仍按上述规则往后嵌。待第4、5槽和第7槽中的线圈嵌完后，再将第2、3槽和第6槽的吊把收把入槽。

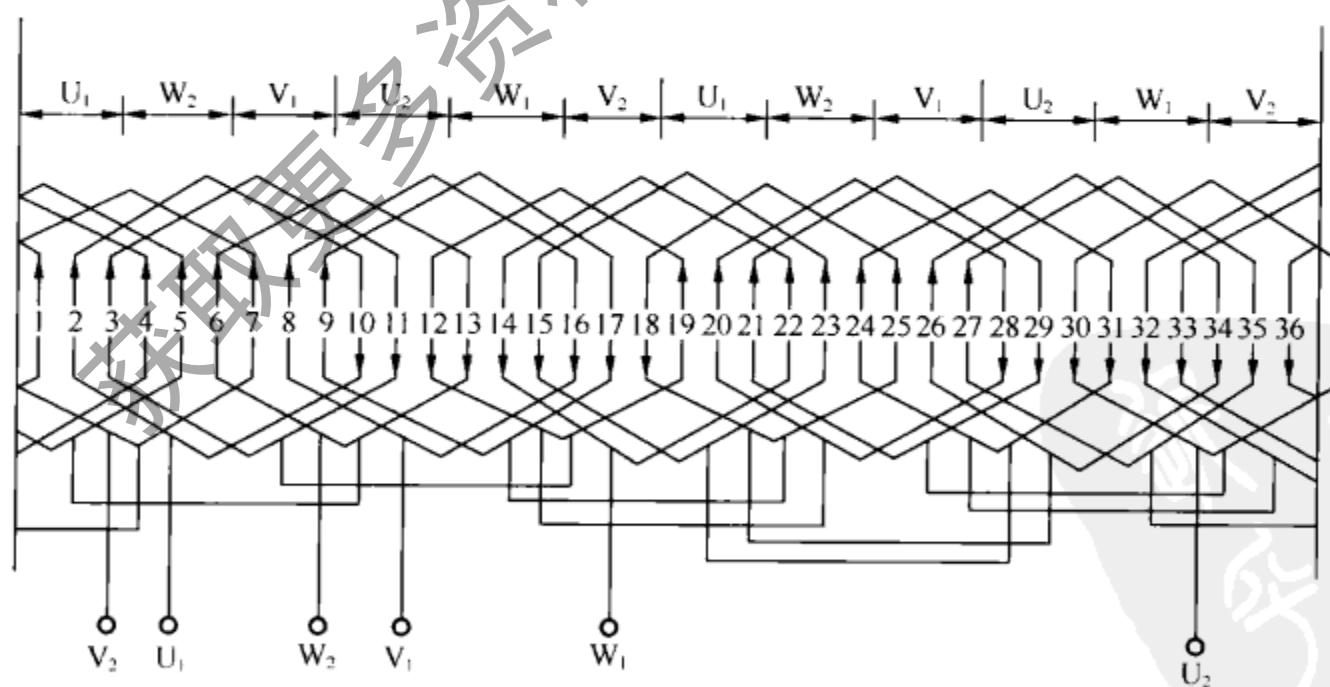


图 3-77 三相四极 36 槽单层交叉式绕组展开图

由上述可总结出单层交叉式绕组的嵌线规律为“嵌二、空一，嵌一、空二，吊三”，具体如下。

- ① 嵌入两槽大线圈，空一槽；再嵌一槽小线圈，空两槽；又嵌两槽大线圈，再空一槽……
- ② 吊把数等于每极每相槽数（ $q=3$ ）。

## 知识链接

## 单层绕组的优缺点

单层绕组具有结构简单、嵌线比较方便、槽利用率高（无层间绝缘）的优点。但其最大的缺点是产生的磁场和电动势波形较差，从而使电动机的铁损和噪声都较大，启动性能不良。因此，单层绕组多用于小型三相异步电动机，较大容量的三相异步电动机多采用双层叠绕组。

## 4. 双层叠绕组

双层叠绕组的嵌线特点是，每槽分上下两层，下层放入一个线圈的有效边，上层放入另一个线圈的有效边，中间用层间绝缘隔开。每个线圈的一个有效边嵌在某一槽的下层，另一个有效边则嵌在另一槽的上层。现以三相四极 36 槽双层叠绕组（ $y=7$ ）为例，说明它的嵌线顺序。

如图 3-78 所示，先将 U 相第 1 个线圈组的 3 个下层边（ $q=3$ ）8、9、10 依次嵌入第 8、9、10 槽，它们的上层边本应按节距  $y=7$  依次嵌入第 1、2、3 槽，但因为它们所压的其他线圈都还未入槽，所以只能吊把。接着嵌入 W 相第 1 个线圈组的 3 个下层边到第 11、12、13 槽，同样地将这 3 个线圈的上层边 4、5、6 也作吊把。然后将 V 相第 1 个线圈组中第 1 个线圈的下层边嵌入第 14 槽，其上层边仍作吊把。此时，一个节距内 7 个线圈的上层边均作吊把。接着再将 V 相第 1 线圈组的第 2 个线圈的下层边嵌入第 15 槽，因该线圈的上层边所占的第 8 槽中已嵌好下层边，故在第 8 槽内放好层间绝缘后即可将这个槽的上层边嵌入。此后，就可依次将各线圈的下层边和上层边分别嵌入相应的槽里，一直到最后对第 1 至第 7 槽收把为止。

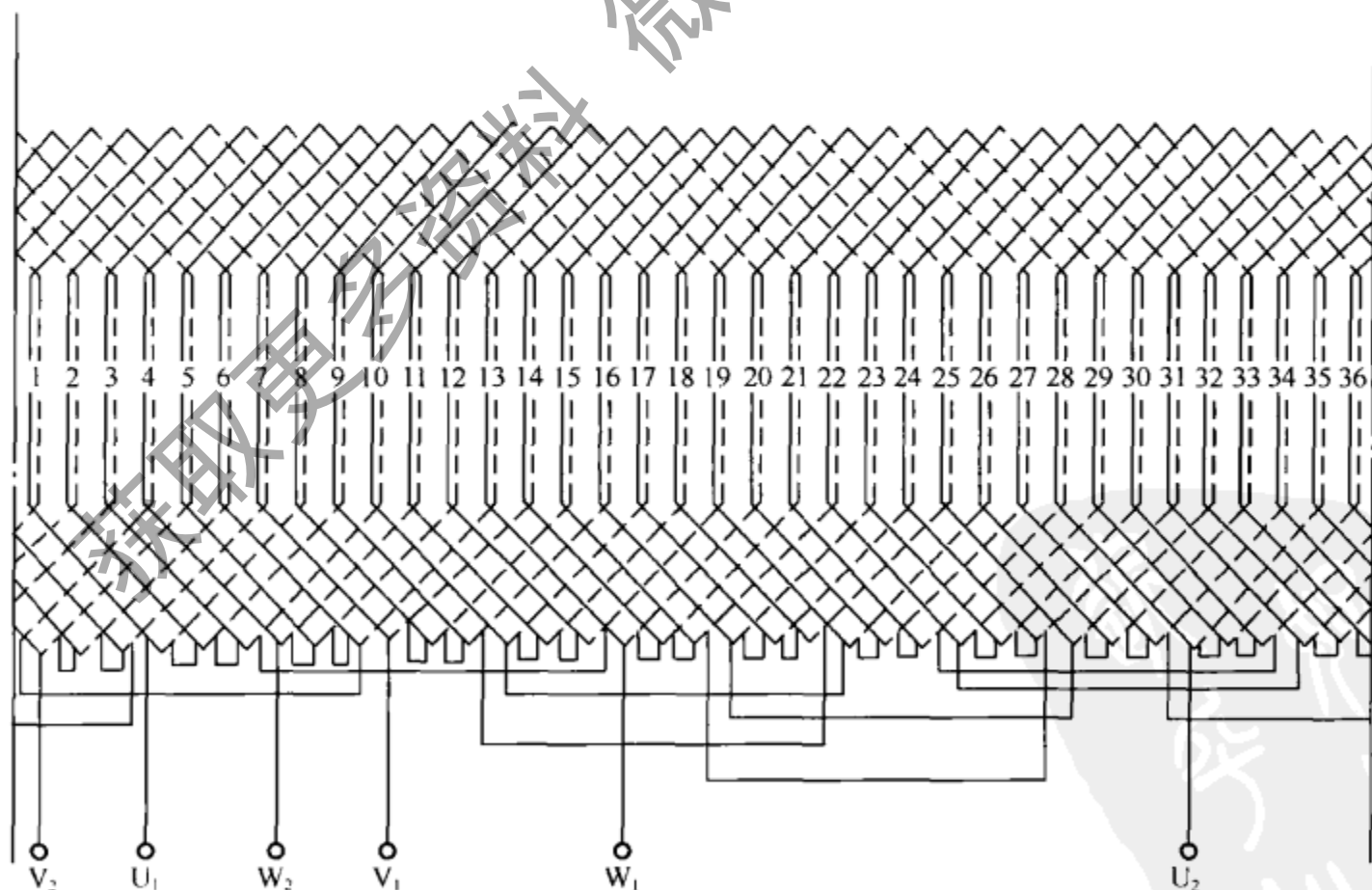


图 3-78 三相四极 36 槽双层叠绕组展开图

由上述嵌线过程可总结出双层叠绕组的嵌线规律为“一槽挨着一槽下，吊把等于节距数”，具体如下。

- ① 先嵌下层边，后嵌上层边，各线圈的嵌线方向按顺时针进行。

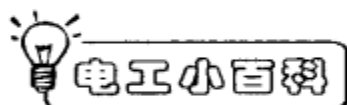
- ② 一槽挨着一槽嵌入，中间不空槽。
- ③ 嵌入下层边后，若绕组另一边所对应的槽内已嵌入下层边，则把该边嵌入槽内；若为空槽，应吊把。
- ④ 吊把数等于节距数。本例中节距  $y=7$ ，故吊把数为 7。

**知识链接**

**双层叠绕组的优点**

- ① 可以选择最有利的节距（如选  $y=5\tau/6$ ）来改善磁动势或电动势的波形，使其更接近于正弦波。
- ② 所有线圈具有同样的形状和尺寸，便于绕制线圈和嵌线。
- ③ 绕组端部排列整齐，便于整形，有利于散热和增加机械强度。
- ④ 可以组成较多的并联支路。为了便于嵌线和端部整形，容量较大的电动机常采用多根并绕或多路并联的方法来减小导线直径。

**想一想** 单层同心式绕组、单层链式绕组、单层交叉式绕组和双层叠绕组的嵌线规律各是什么？



**电动机常用滚动轴承的规格**

电动机常用滚动轴承的规格见表 3-19。

表 3-19 电动机常用滚动轴承的规格

滚珠轴承			滚柱轴承			滚珠轴承			滚柱轴承		
			尺寸 (mm)						尺寸 (mm)		
单列向心滚珠轴承	单列向心推力轴承	单列向心短圆柱	内径	外径	宽度	单列向心滚珠轴承	单列向心推力轴承	单列向心短圆柱	内径	外径	宽度
200	6200	—	10	30	9	300	6300	—	10	35	11
201	6201	—	12	32	10	301	6301	—	12	37	12
202	6202	—	15	35	11	302	6302	—	15	42	13
203	6203	—	17	40	12	303	6303	—	17	47	14
204	6204	2204	20	47	14	304	6304	—	20	52	15
205	6205	2205	25	52	15	305	6305	2305	25	62	17
206	6206	2206	30	62	16	306	6306	2306	30	72	19
207	6207	2207	35	72	17	307	6307	2307	35	80	21



续表

滚珠轴承			尺寸 (mm)			滚珠轴承			尺寸 (mm)		
单列 向心 滚珠 轴承	单列 向心 推力 轴承	单列 向心 短圆 柱	内径	外径	宽度	单列 向心 滚珠 轴承	单列 向心 推力 轴承	单列 向心 短圆 柱	内径	外径	宽度
208	6208	2208	40	80	18	308	6308	2308	40	90	23
209	6209	2209	45	85	19	309	6309	2309	45	100	25
210	6210	2210	50	90	20	310	6310	2310	50	110	27
211	6211	2211	55	100	21	311	6311	2311	55	120	29
212	6212	2212	60	110	22	312	6312	2312	60	130	31
213	6213	2213	65	120	23	313	6313	2313	65	140	33
214	6214	2214	70	125	24	314	6314	2314	70	150	35
215	6215	2215	75	130	25	315	6315	2315	75	160	37
216	6216	2216	80	140	26	316	6316	2316	80	170	39
217	6217	2217	85	150	28	317	6317	2317	85	180	41
218	6218	2218	90	160	30	318	6318	2318	90	190	43
219	6219	2219	95	170	32	319	6319	2319	95	200	45
220	6220	2220	100	180	34	320	6320	2320	100	215	47

### 3.4 小型直流电动机的维护和故障检修

#### ——机械电气都要查

直流电动机按励磁方式分为永磁、他励和自励 3 类，其中自励又分为并励、串励和复励 3 种。直流电动机因其调速性能好和启动力矩大而在电力拖动中得到了广泛应用，凡是在重负载下启动或要求均匀调节转速的机械，例如大型可逆轧钢机、卷扬机、电力机车、电车等都用电机拖动。

#### 3.4.1 小型直流电动机的运行与维护——电机维护工作细，检查电刷换向器

##### 1. 直流电动机的运行

##### (1) 使用前的准备及检查

① 清扫电动机内部灰尘、电刷粉末等，清除污物及杂质。

② 拆除与电动机连接的一切接线，检查电动机绕组对机壳的绝缘电阻，如图 3-79 所示。绝缘电阻不得低于  $0.5\text{M}\Omega$ ，若小于  $0.5\text{M}\Omega$ ，需要进行烘干后再使用。

③ 检查电刷是否因磨损而太短，刷握的压力是否适当，刷架的位置是否符合规定，如

图 3-80 所示。

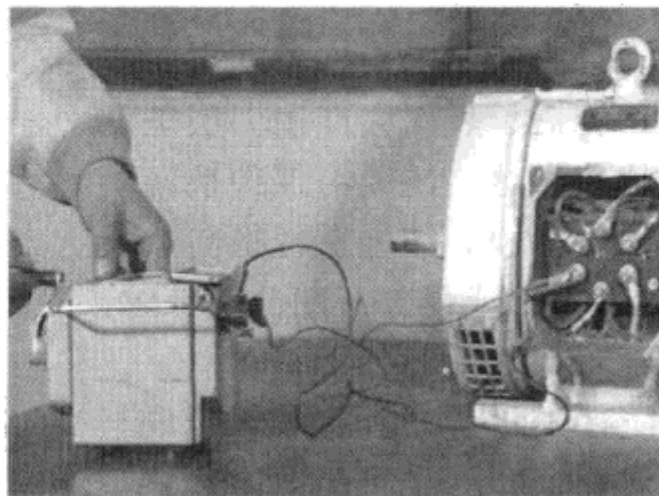


图 3-79 检查电动机绕组对机壳的绝缘电阻

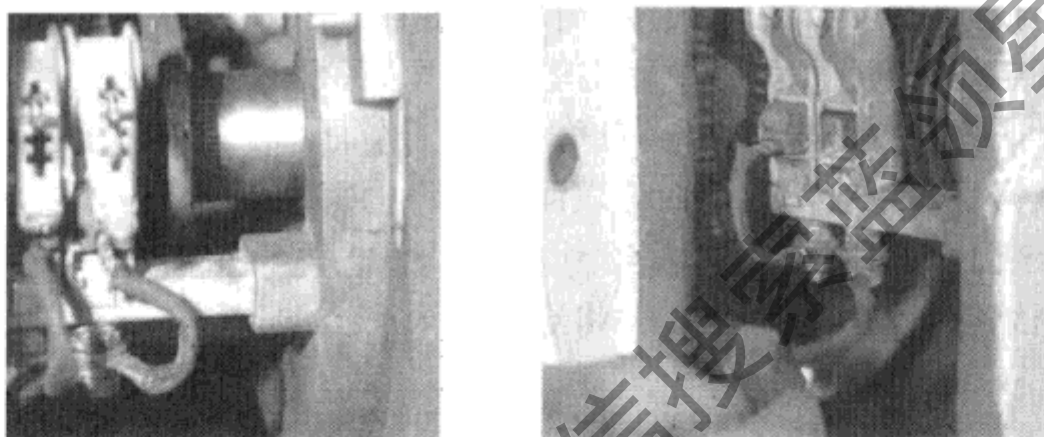


图 3-80 检查电刷

④ 检查换向器表面是否光洁,若发现有机械损伤或火花烧痕,应及时对换向器进行维修及表面处理。

⑤ 电动机运转时,应注意测量轴承温度,并倾听其转动声音(如图 3-81 所示),如有异常应及时进行处理。

#### (2) 直流电动机的启动和制动

直流电动机有以下 3 种启动方法。

① 直接启动。直接启动不需要附加启动设备,操作简便,但主要缺点是启动电流很大。一般直接启动只适用于功率不大于 1kW 的电动机。

② 电枢回路串联电阻启动。在电枢回路内串入启动电阻,以限制启动电流。这种启动方法适用于任何规格的直流电动机,但是启动过程中能量消耗较大,因此,不适用于中、大型电动机。

③ 降压启动。用降低电源电压的方法来限制启动电流。这种方法适用于采用他励方式的电动机。

直流电动机通常采用使电磁转矩反向的方法来进行电磁制动。

#### 2. 直流电动机的日常维护

直流电动机在运行过程中,应按运行规定的要求经常检查电动机的工作状况,对换向器、电刷装置、通风系统及绕组绝缘等部位要重点加以维护。加强日常维护检查,是保证电动机

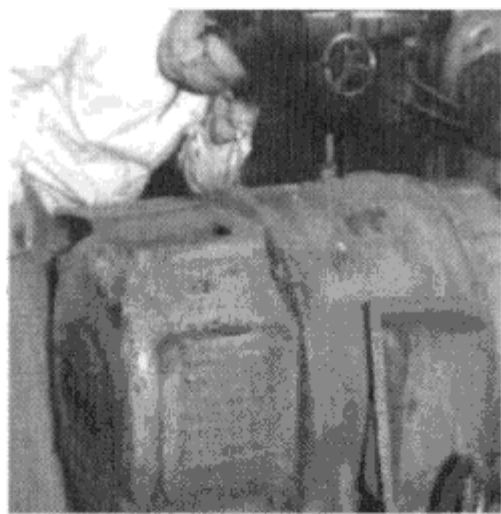


图 3-81 倾听电动机转动的声音

安全运行的关键。

① 电动机应经常清理，保持清洁，防止油污、水等进入内部。

② 换向器的维护。如图 3-82 所示，换向器的表面应很光洁，正常的换向器长期运转后，表面会产生一层坚硬的深褐色的薄膜，颜色分布均匀。这层薄膜可保护换向器表面不受磨损，因此要保留这层薄膜。如果发现换向器表面不正常，有严重的烧痕、粗糙不平或局部有凹凸现象时，则应进行维修及表面处理。

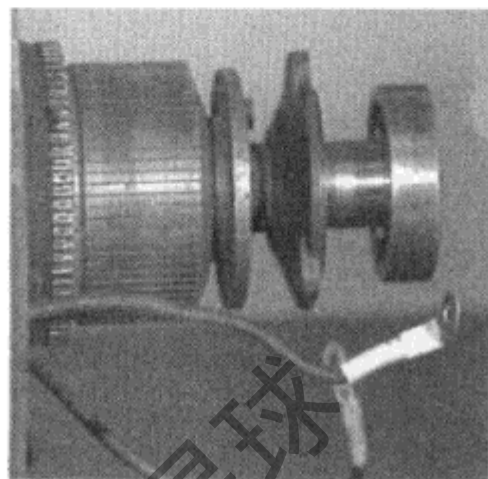
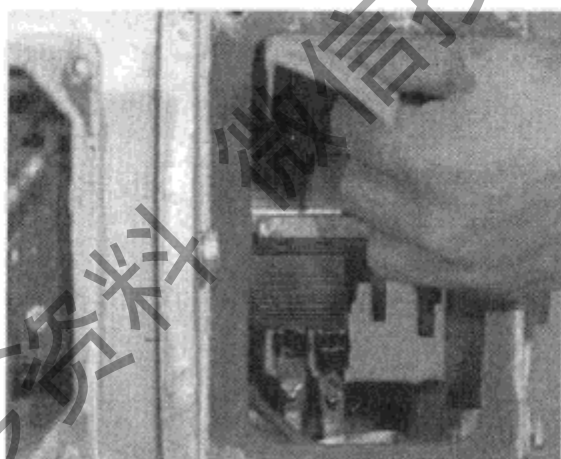


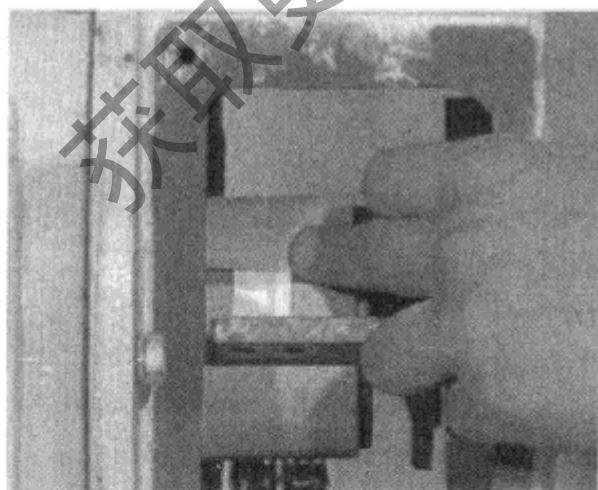
图 3-82 检查换向器

③ 电刷工作的检查。对于换向正常的电动机，电刷与换向器表面接触的工作面呈平滑、明亮的“镜面”。电刷与刷握的配合不宜过紧，而须留有不大于 0.5mm 的间隙。当电刷工作面出现磨损或碎裂现象时，须换一个相同规格的电刷。新电刷装配好后应研磨光滑，使电刷工作面呈“镜面”。

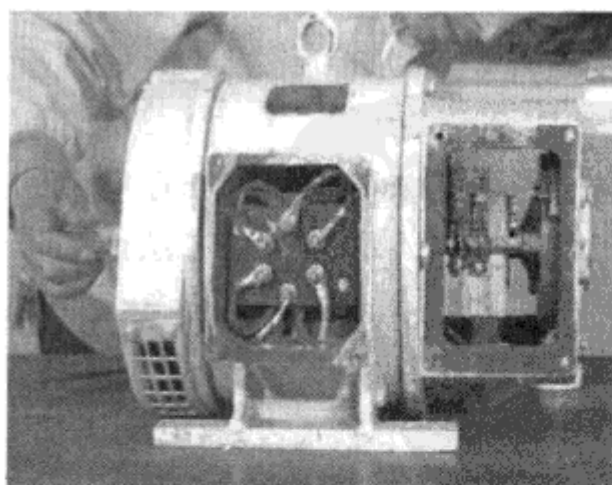
更换电刷时，应先在安装电刷之前打磨电刷的工作面，使其工作面圆弧与换向器表面外圆相符。然后将 0 号长砂纸紧围在换向器表面上，将电刷放在刷盒内，安装好并调好弹簧压力，使电刷压在砂纸上。最后转动换向器，让砂纸研磨电刷工作面，如图 3-83 所示。研磨后，取下长砂纸，用压缩空气吹净换向器，并将炭粉吹干净。



(a) 将砂纸裁成与换向器宽窄相同的形状



(b) 将砂纸裹在换向器上



(c) 转动换向器研磨电刷

图 3-83 研磨电刷的工作面

④ 通风冷却系统的检查。通风冷却系统出现故障会使电动机温升增大，所以要仔细检查过滤器是否堵塞，冷却空气是否干燥、清洁，进风速度、空气湿度是否符合规定要求，电动

机内部灰尘是否影响了散热，冷却水是否正常等。

### 3.4.2 小型直流电动机的常见故障及处理 ——绕组电刷或换向，怠慢工作易故障

小型直流电动机的常见故障及处理方法见表 3-20。

表 3-20 直流电动机常见故障及处理方法

故障现象	故障原因及处理方法
电刷下火花过大	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 电刷磨损过量，电刷上的弹簧压力不均匀，电刷型号不符合要求，或电刷与刷握配合不当；</li> <li>② 电刷与换向器接触不良（重新研磨电刷，并使其在半负载下运转 1h）；</li> <li>③ 刷握松动，或刷杆装置不等分（可利用换向片作基准重新调整刷杆间的距离）；</li> <li>④ 刷握与换向器表面的距离过大（一般调整到 2~3mm）；</li> <li>⑤ 刷杆偏斜（可以换向器云母槽作为标准来调整刷杆与换向器的平行度）；</li> <li>⑥ 换向器表面不光洁，换向器偏摆，换向器表面有电刷粉、油污等引起环火，换向器片间云母凸出或片间云母未刮净；</li> <li>⑦ 刷间中心位置不对，或电动机长期超载；</li> <li>⑧ 换向极绕组匝数不够，或换向极极性接错（用指南针检查换向极极性，如极性不对，应重新接线）；</li> <li>⑨ 换向极绕组短路（用电桥测量电阻，如有短路应衬垫绝缘材料或重新绕制）；</li> <li>⑩ 电枢绕组断路（换向器云母槽中有严重烧伤现象，应拆开电动机，用毫伏表找出电枢绕组断路处），电枢绕组或换向器短路（检查云母槽中是否有铜屑，或用毫伏表测量换向片间电压降的方法检查出短路处）；</li> <li>⑪ 电枢绕组和换向片脱焊；</li> <li>⑫ 电枢绕组中有部分线圈接反；</li> <li>⑬ 电压过高</li> </ul>
电动机转速不正常	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 电源电压过高、过低或波动过大；</li> <li>② 电刷接触不良，或刷架位置不对（调整刷架位置，对于需正反转的电动机，刷架位置应调在中性线上）；</li> <li>③ 串励电动机轻载或空载运行；</li> <li>④ 电枢绕组短路；</li> <li>⑤ 复励电动机中的串励绕组接反；</li> <li>⑥ 电动机中部分并励绕组断线或并励绕组极性接错</li> </ul>
电动机漏电	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 有电刷灰和其他灰尘的堆积；</li> <li>② 引出线碰壳；</li> <li>③ 电动机受潮，绝缘电阻下降（进行烘干处理）；</li> <li>④ 电动机绝缘老化</li> </ul>
电动机不能启动	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 电源未能真正接通，或电动机接线板的接线错误；</li> <li>② 电刷接触不良或换向器表面不清洁（重新研磨电刷，检查刷握弹簧是否松弛或整理换向器云母槽），或电刷位置移动；</li> </ul>



续表

故障现象	故障原因及处理方法
电动机不能启动	<ul style="list-style-type: none"> <li>③ 启动时负载过大, 磁极螺栓未拧紧或气隙过小;</li> <li>④ 电路两点接地;</li> <li>⑤ 轴承损坏或被杂物卡死;</li> <li>⑥ 启动电流太小(启动电阻太大, 应更换合适的启动器, 或改接启动器内部接线);</li> <li>⑦ 线路电压太低;</li> <li>⑧ 直流电源容量过小</li> </ul>
轴承过热	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 润滑油变质;</li> <li>② 轴承室中的润滑油加得太少引起滚珠与滚道干磨发热, 或轴承室中的润滑油加得过多, 或轴承中夹有杂物;</li> <li>③ 挡油圈有毛刺并与轴承盖相擦;</li> <li>④ 轴承与轴承挡或轴承与端盖轴承室配合过松;</li> <li>⑤ 轴承磨损过大或轴承内圈、外圈破裂;</li> <li>⑥ 运转时电动机震动;</li> <li>⑦ 联轴器安装不当;</li> <li>⑧ 传动带太紧;</li> <li>⑨ 所选用的轴承型号不对, 或轴承未与轴肩贴合</li> </ul>
电动机温升过高	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 长期过载;</li> <li>② 未按规定运行;</li> <li>③ 斜叶风扇的旋转方向与电动机旋转方向不配合;</li> <li>④ 风道阻塞或外通风量不够</li> </ul>
电枢过热	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 电枢绕组或换向片短路(用压降法测定, 排除短路点; 如果严重短路, 要拆除后重新绕制);</li> <li>② 电枢绕组中部分线圈的出线端接反;</li> <li>③ 换向极极性接反(调整换向绕组引线端, 消除换向火花);</li> <li>④ 定子与转子相擦;</li> <li>⑤ 电动机的气隙不均匀, 相差过大, 造成绕组内电流不平衡;</li> <li>⑥ 叠绕组中均压线接错;</li> <li>⑦ 电动机负载短路或电动机端电压过低</li> </ul>
电动机震动	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 电枢平衡未校好;</li> <li>② 检修时风叶位置装错或平衡块移动;</li> <li>③ 转轴变形;</li> <li>④ 配套时联轴器未校正或安装地基不平</li> </ul>

### 实例分析

例 3.6 一台 AX7-500 型直流电焊机, 修理时更新了异步电动机定子绕组, 直流发电机未改动。但修后试车, 空载电压高至 110V, 焊接时电流很大, 无法调小。

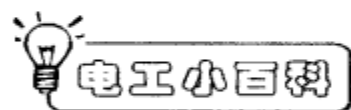
**分析与检修：**经检查发现直流发电机的励磁电源有问题。原来励磁电源引自异步电动机一相绕组的抽头线，经整流后供给发电机励磁。一相绕组共有6个线圈串联，而抽头线应靠近星形接点的第二个线圈。因此，交流电压为 $220\text{V} \times 2/6 \approx 73\text{V}$ 。但在修理时未注意发电机的励磁电源线抽头，接线时误将220V交流电压经桥式整流后供给发电机励磁，因此修后一试车，焊接电流太大，不能使用。

为消除上述故障，用一只单相调压器来调节发电机的励磁电压。直流发电机的空载电压可以调节，以为故障消除了，但一试焊，仍然出现很大的焊接电流， $\phi 5\text{mm}$ 的电焊条也会烧红，即使将发电机的空载电压调至3V左右，情况也未见好转。经进一步检查，发现异步电动机拖动直流发电机的转向与所标的转向相反，串激绕组的去磁作用变为增磁作用，使发电机输出电压升高，焊接电流进一步增大，从而形成了恶性循环，致使焊条发红，工件烧坏。这就是发电机虽只有3V空载电压，仍出现很大焊接电流的原因。改正异步电动机的转向后，上述故障消除。

**例 3.7** 另一台 AX7-500 型直流电焊机也大修了异步电动机，未动发电机。在修理过程中，注意到异步电动机抽头线的引出和电动机引线问题，但修后试焊，也出现焊接电流大的问题，发电机空载电压高至100V以上。

**分析与检修：**经解体检查才发现，异步电动机的抽头线虽然引出，但位置不对。抽头线应靠近星形接点的第二个线圈，而实际靠近电源的第二个线圈。这样，励磁整流电源的交流电压实为 $220\text{V} \times 4/6 \approx 146\text{V}$ ，高出1倍，结果造成直流发电机空载电压很高，焊接电流很大。纠正抽头线的位置，故障排除。

上述两例说明，在修理直流电焊机时要注意励磁电源线的正确接线以及电动机的转向。



### 使用潜水泵“八牢记”

① 使用前应全面检查。检查潜水泵的电缆线有无破损和老化现象；经测试，潜水泵绝缘电阻值应合格。如没有测试仪表，可接通电源，用试电笔检查泵体，不得带电。检查电泵的轴承及活动部件，应动作灵活，启动应平稳，运转时无异常声响。上述检查合格后，才能投入使用。

② 必须安装剩余电流动作保护器、开关（闸刀）和计费电能表，选用合格的保险丝，使用合格的绝缘导线。

③ 操作开关、插拔插头时应站在绝缘物上，不得赤脚、湿手操作电器。

④ 监护人员要熟悉设备的性能，牢记说明书中的注意事项及安全用电知识，掌握操作技能。

⑤ 潜水泵的安装地点要有可靠的防护装置。可将潜水泵安装在竹篮或箩筐里，避免杂物卡住叶轮而损坏潜水泵。

⑥ 潜水泵工作或出现故障时，严禁带电触摸泵体，防止漏电伤人。

⑦ 按照安全用电程序一步一步地操作，时刻牢记安装好后再通电。抽水完毕，先断开电源，后收电线，再收电泵。杜绝有剩余电流动作保护器不会触电的侥幸心理。

⑧ 起吊潜水泵应用专用的绳索，严禁将潜水泵的电缆线作为起吊绳索，防止电缆线发生短路或断路故障。

## 第4章 电动工具的使用与维修

### ——磨刀不误砍柴工

电动工具是以电动机或电磁铁为动力，通过传动机构驱动工作头的一种机械化工具。它具有结构轻巧、携带使用方便等优点，广泛用于机械加工、建筑施工、设备安装、机械维修和住房装饰等场合。电动工具主要分为手持式和可移动式两大类，本章主要讲述手持式电动工具的结构和选用等知识，并以电钻为例介绍电动工具的维修方法。

通过本章学习，要求达到以下目标。

#### 知识目标

- ① 了解电动工具的基本结构及各个组成部分的作用。
- ② 了解电动工具的分类。
- ③ 了解电动工具的型号及其含义。
- ④ 了解电动工具的安全检查项目和使用时的安全注意事项。

#### 能力目标

- ① 正确选用电动工具。
- ② 能分析单相电钻常见故障的产生原因，掌握常见故障的排除方法。
- ③ 学会重新绕制电钻的绕组。

## 4.1 概述

### ——违规操作危害大

电动工具尤其是手持式电动工具是工农业生产、建筑、矿山工地等领域应用最多也是发生电击等意外事故较多的用电设备。这主要是因为电动工具紧握在使用人员的手中，一旦工具带电，必然会有较大的电流通过人体，后果非常严重。如果操作人员没经过培训，不懂工具的安全使用知识，使用时不严格按照要求操作，则可能发生意外事故。

电动工具涉及的知识比较多，本节先介绍电动工具的分类、基本要求和型号，再介绍电动工具的结构和合理选用知识，最后对常用电动工具的性能予以简要介绍。

#### 4.1.1 电动工具的分类——电动工具分三类，回字标志是Ⅱ类

电动工具品种繁多，目前世界上的电动工具已经发展到 500 多个品种。

##### 1. 按用途分

电动工具按用途可分为金属切削用电动工具（如电剪刀、电冲剪等）、砂磨电动工具（如电动砂轮机、电动抛光机等）、装配用电动工具（如电动扳手、电动螺丝刀等）、建筑道路电动工具（如电动混凝土震动器、电动钢筋切断机等）、矿山电动工具（如电动凿岩机、煤电钻等）、铁道电动工具（如枕木电钻、枕木电镐等）、农牧电动工具（如电动剪毛机、电动采茶机等）、林木加工电动工具（如电刨、电动曲线锯等）和其他电动工具（如电动气泵、电喷枪等）9种。

##### 2. 按所用电源种类分

电动工具按所用电源的种类可分为单相串激电动工具、交直流两用电动工具、三相工频电动工具（380V，50Hz）和三相中频电动工具（200Hz）4种。

##### 3. 根据安全保护的要求分

根据安全保护的要求电动工具可分为Ⅰ类、Ⅱ类和Ⅲ类3种。

###### (1) Ⅰ类电动工具

Ⅰ类电动工具是普通型电动工具，在防止触电的保护方面，不仅依靠基本（工作）绝缘，而且还包含一个附加的安全防护措施，即可触及的在正常情况下不带电的金属零部件应可靠接地或接零。

Ⅰ类电动工具的插头为3脚插头。

###### (2) Ⅱ类电动工具

Ⅱ类电动工具是绝缘全部为双重结构的电动工具，在防止触电的保护方面，不仅依靠基本（工作）绝缘，而且还提供双重绝缘或加强绝缘的附加安全预防措施。没有保护接地或依靠安装条件的措施，当基本（工作）绝缘损坏时，操作者仍与带电体隔离。

Ⅱ类工具必须采用加强绝缘且电源插头与软电缆或软线压塑成一体的不可重接电源插头。换句话说，Ⅱ类工具只允许采用不可重接的二脚电源插头。Ⅱ类工具均带有标志“回”，如图4-1所示。





图 4-1 II类电动工具

### (3) III类电动工具

III类电动工具在防止触电的保护方面依靠由安全特低电压供电和在工具内部不会产生比安全特低电压高的电压。

安全电压通常由安全隔离变压器或具有独立绕组的变流器供给。III类工具上不允许设置保护接地装置。

近年来问世的充电式电动工具也属于III类电动工具，如图4-2所示。



图 4-2 充电式电动工具

#### 知识链接

### 什么是双重绝缘

电气设备的绝缘必须做到将泄漏电流限制在不影响安全的极限范围之内，并与所采用的电压相符合，与周围环境和运行条件相适应。

双重绝缘是由基本绝缘和附加绝缘组成的绝缘。

基本绝缘是带电部分上对防止触电起基本保护作用的绝缘，如转子的槽绝缘、定子线圈的绝缘衬垫等。基本绝缘置于带电部分上并直接与带电部分（换向器、转子绕组、定子绕组等）接触。

附加绝缘是在基本绝缘损坏的情况下，为防止触电而在基本绝缘之外采用的“独立”绝缘，如在转子冲片与转轴间设置的绝缘等。附加绝缘一般靠近可触及的金属零件或使用者可触及的外壳、主轴等部位。

想一想 电动工具是如何分类的?

### 4.1.2 电动工具的基本要求——安全可靠易操作，绝缘电缆不可错

① 安全可靠。为了在使用过程中避免发生触电事故，I类工具必须有可靠的保护接地或保护接零。电源开关通、断要及时可靠，作业工具、刀具外壳应能防止手指触及内部旋转和带电零件。

② 结构轻便，噪声低，震动小，携带操作方便，坚固耐用。

③ 电源线应采用橡皮绝缘软电缆。单相用三芯电缆，三相用四芯电缆；电缆不得破损或龟裂，中间不得有接头，如图4-3所示。

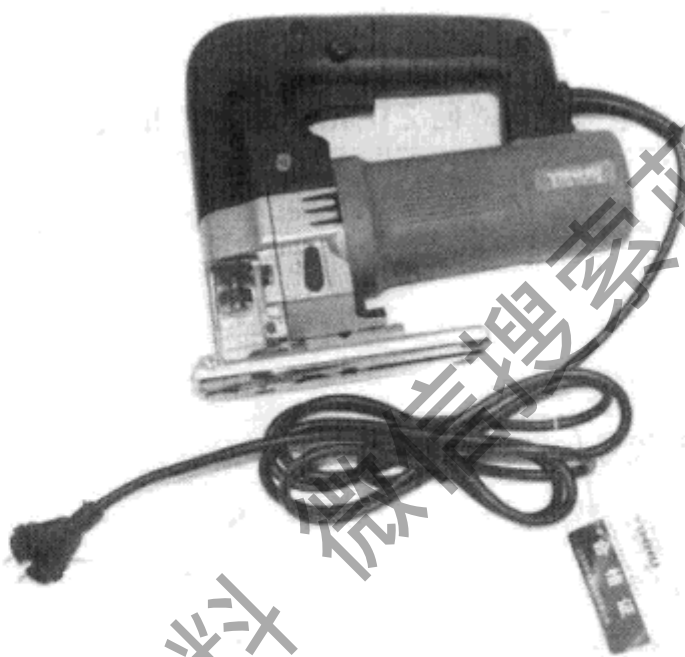


图4-3 电动工具的电源线应符合要求

④ 绝缘电阻要合格。

#### 知识链接

#### 手持式电动工具的绝缘电阻

手持式电动工具的外壳、手柄、插头、开关、负荷线等必须完好无损，使用前必须做绝缘检查和空载检查，在绝缘合格、空载运转正常后方可使用。用500V兆欧表测得的绝缘电阻不应小于表4-1规定的数值。

表4-1

手持式电动工具的绝缘电阻限值

测量部位	绝缘电阻 (MΩ)		
	I类	II类	III类
带电零件与外壳之间	2	7	1

想一想 怎样测量电动工具的绝缘电阻?

### 4.1.3 电动工具的型号——工具身份看型号，安全绝缘最重要

电动工具型号的组成如图 4-4 所示。

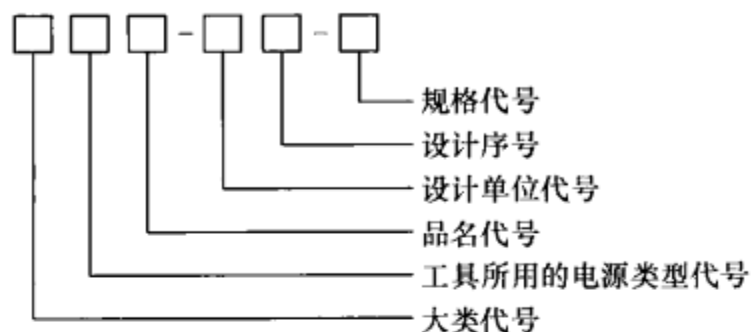


图 4-4 电动工具型号的组成

例 4.1 由上海日立电动工具有限公司（代号为 SD）第 41 次设计的电锤，型号为“回 Z1C-SD41-26”，其型号含义见表 4-2。

表 4-2 电锤型号“回 Z1C-SD41-26”的含义

序号	含 义
回	双重绝缘代号
1	大类代号 Z 建筑道路类
2	电源类别代号 1 单相交流 50Hz
3	品名代号 C 电锤
4	设计单位代号 SD 上海日立电动工具有限公司
5	设计序号 41 41 表示第 41 次设计
6	规格代号 26 最大钻孔直径为 26mm

例 4.2 型号为“回 S1M-SF1-100”的角向磨光机，砂盘直径为 100mm，使用电源为单相交流 50Hz，该产品由上海锋利电动工具厂（代号为 SF）第 1 次设计，其型号含义见表 4-3。

表 4-3 角向磨光机型号“回 S1M-SF1-100”的含义

序号	含 义
回	双重绝缘代号
1	大类代号 S 砂磨类
2	电源类别代号 1 单相交流 50Hz
3	品名代号 M 角向磨光机
4	设计单位代号 SF 上海锋利电动工具厂
5	设计序号 1 第 1 次设计
6	规格代号 100 砂盘直径为 100mm

### 4.1.4 电动工具的基本结构——电机带动工作头，干扰抑制不用愁

电动工具的基本结构由外壳、电动机、传动机构、工作头、开关、干扰抑制器、电源插

头及连接件等组成。

### 1. 外壳

外壳一般用工程塑料或铝合金制造，具有重量轻、强度高、造型大方、色泽美观等优点，尤其是增强了电动工具的安全可靠性能。

### 2. 电动机

电动工具使用的电动机主要有单相串激、交直流两用、三相中频异步笼型和永磁直流等电动机。较大规格的电动工具大多采用三相工频异步笼型电动机。永磁直流电动机一般用于微型和小型电动工具，可用于农村地区和水下、高空作业。

### 3. 传动机构

传动机构的主要功能是传递能量、变速和改变运动方向。由于加工作业的需要，电动工具有各种运动形式，如往复、冲击、旋转、震动和复合运动。传动齿轮有直齿圆柱齿轮、锥形齿轮和内啮合齿轮。传动机构的特点是齿轮模数小，转速高，速比大，齿轮强度满足长期满载运转要求，能承受较大的制动转矩和冲击力，力求运动过程中噪声小。

### 4. 工作头

工作头是作业工具和夹持结构的总称，包括对工件进行加工的刀具、刃具、磨具及其夹持部分，如各种钻头、锯片、锯条、磨具、丝锥、螺丝刀及钎子的组合。

### 5. 开关

开关安装在电动工具本体或附件上，主要用于接通与分断电源或改变电动工具的旋转方向，限制空载转速，调节运转速度以及其他保护与控制，并具有瞬时动作机构，使触头快速通、断。手掀式开关能自动复位切断电源，有的还装有自锁机构，要求开关安全可靠。

### 6. 干扰抑制器

干扰抑制器用于抑制单相串激或交直流两用电动工具对电视和无线电信号的干扰。但干扰抑制器装入工具内的元件不得对工具的安全造成有害影响。

### 7. 电源插头及连接件

电动工具与电源连接件主要由电源插头、电源电缆线、护套等组成。Ⅰ类工具中带有保护接地线，Ⅱ类工具不允许有保护接地线。电源电缆线进入电动工具接口处要用橡胶等绝缘材料制成的护套保护，Ⅱ类工具必须采用加强绝缘的电源插头。

**想一想** 电动工具一般由哪些部分组成，各组成部分有何作用？

## 4.1.5 电动工具的选用原则——工具安全第一关，Ⅱ类Ⅲ类优先选

市场上的电动工具五花八门，在选用手持电动工具时一般应遵循以下原则。

① 在一般情况下，为保证使用安全，应选用Ⅱ类工具，并装设有漏电保护器或安全隔离变压器等，否则，使用者必须戴绝缘手套、穿绝缘鞋或站在绝缘垫上。

② 在潮湿的场所或金属构架上等导电性能良好的作业场所，必须使用Ⅱ类或Ⅲ类工具。如果使用Ⅰ类工具，必须装设额定漏电动作电流不大于30mA、动作时间不大于0.1s的漏电保护器。

③ 在狭窄场所（如锅炉、金属容器管道等）应使用Ⅲ类工具。如果使用Ⅱ类工具，必须



装设额定漏电动作电流不大于 15mA、动作时间不大于 0.1s 的漏电保护器。

④ 在特殊环境（如潮湿、雨雪以及存在爆炸性或腐蚀性气体的场所）使用的工具必须符合相应防护等级的安全技术要求。

### 知识链接

## 如何选购适合自己使用的电钻

电钻可分为手电钻、冲击钻和锤钻 3 类。

手电钻——功率最小，使用范围仅限于钻木和作为电动改锥使用。

冲击钻——可以钻木、钻铁和钻砖，但不能钻混凝土。有的冲击钻说明书上指出可钻钢筋混凝土，其实并不可行，但用于钻瓷砖和砖头外层很薄的水泥是绝对没有问题的。

锤钻（电锤）——可在任何材料上钻洞，使用范围最广。

这 3 种电钻的价格由低到高排列，功能也随之增多，具体如何选用，需要结合各自的适用范围及要求。下面介绍几点购买经验供读者参考。

① 电钻头尺寸的选择。随着电钻头尺寸的增大，其价格也会升高，电工使用的电钻头尺寸一般为 20~40mm 就足够了。

② 电钻附加功能的选择。同一种型号的电钻还会有一些附加功能。如型号中有“R”的表示钻头可以正反转，其好处是当正转不行时，可转换为反转；型号中有“E”的表示电钻可以调速，当不需要高的转速时可调至低速运行。当然功能越多，价格越高。

③ 产品品牌的选择。大家都知道博世（BOSCH）牌的电钻质量好，此外得伟（DeWalt）、喜利得（Hilti）、麦太保（METABO）、史丹利（Stanley）、威汉（Wiha）、费斯托（FESTOOL）等都是不错的可选品牌，但价格都不菲，尤其博世产品的价格比较高。因此，在预算不足的情况下，可选用其他的牌子。

想一想 从使用安全的角度出发，选用手持电动工具时一般应遵循哪些原则？

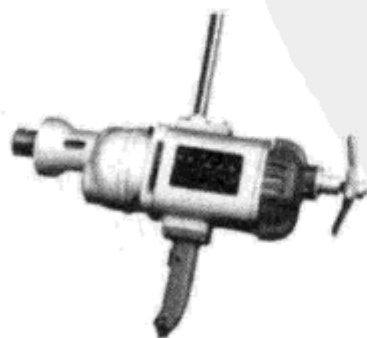
## 4.1.6 常用电动工具简介——挑选金刚钻，承揽瓷器活

### 1. 电钻

电钻是一种在金属、塑料及类似材料上钻孔的工具，常用的有单相串激电钻和三相工频电钻，如图 4-5 所示。



(a) 单相串激电钻



(b) 三相工频电钻

图 4-5 电钻

一般 19mm 以下的电钻多采用三爪式钻夹头, 19~49mm 的电钻均采用莫氏圆锥套筒。同一规格的电钻, 根据其参数不同, 可分为 A、B、C 型。

A 型电钻主要用于普通钢材的钻孔, 如 A3、25~45 号钢和角铁等。

B 型电钻主要用于优质钢材的钻孔, 额定输出功率和转矩比 A 型大, 过载能力强, 转速与 A 型相仿。

C 型电钻主要用于铝、铜等有色金属及其合金以及塑料、铸铁等材料的钻孔, 额定输出功率和转矩比 A 型小, 转速较高。

## 2. 磁座钻

磁座钻又称吸铁钻, 是一种安装在设有电磁吸盘、回转机构和进给装置的机架上, 使用时由电磁吸盘将整机吸附在钢铁的水平面、侧面、顶面或曲面(须在电磁铁和曲面间加垫块)上钻孔的电钻, 如图 4-6 所示。它与一般电钻相比, 能减轻劳动强度, 提高钻孔精度, 尤其适用于大型工件和高空钻孔作业。

进给装置能在 0~190mm 深度范围内进行钻削作业; 回转机构使磁座钻作 0~20mm 的径向位移和在 330° 角度范围内自由调节, 用于对准钻孔位置, 进行钻孔作业。磁座钻的最大吸力为 8000~10000N, 断电保护时间大于 8min(分钟), 保护吸力为 7000~8000N。

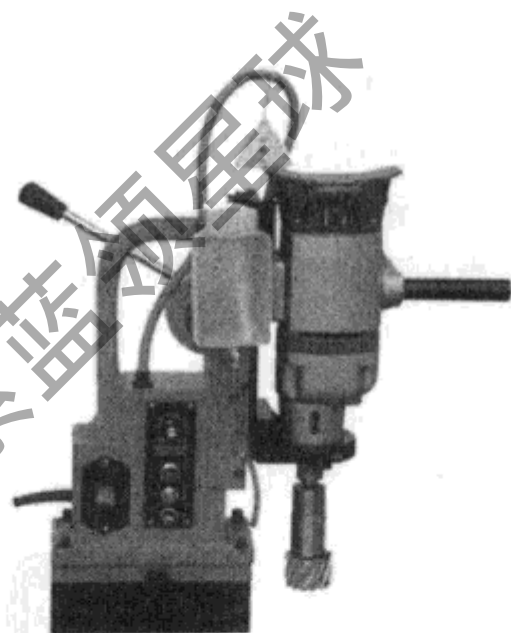
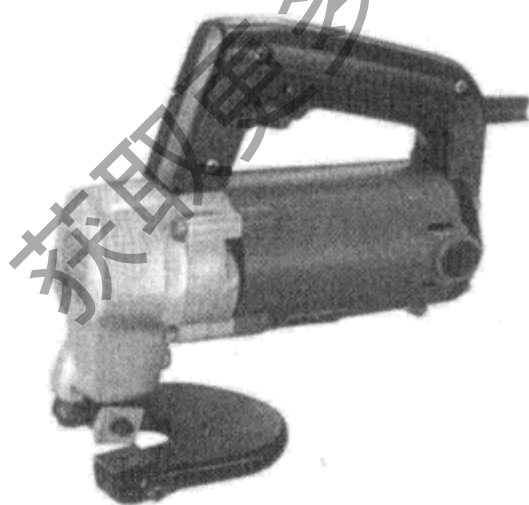


图 4-6 磁座钻

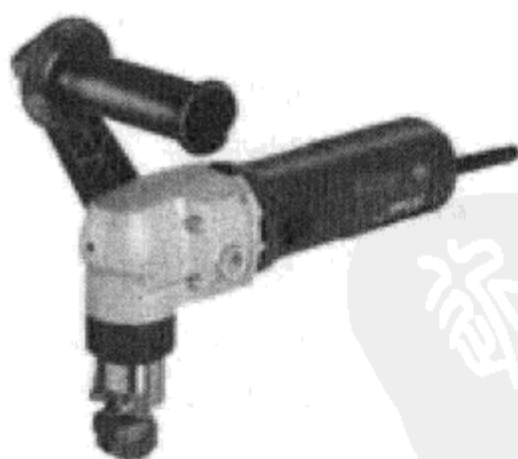
## 3. 电剪刀和电冲剪

电剪刀是一种刀架为马蹄形的单刃剪切手持式电动剪裁工具, 用于裁剪钢板、铝材及其他金属板材, 如图 4-7 (a) 所示。

电冲剪的用途与电剪刀相同, 但它与电剪刀相比, 可用于冲剪波纹钢板、塑料板、层压板等以及开切各种不同形状的孔洞, 且冲剪过程中被冲剪的材料不会变形, 如图 4-7 (b) 所示。



(a) 电剪刀



(b) 电冲剪

图 4-7 电剪刀和电冲剪

## 4. 角向磨光机

角向磨光机(见图 4-8)用于切割不锈钢、合金钢、普通碳素钢的型材或管材, 或修磨工件的飞边、毛刺, 换上专用砂轮后可用于切割砖、石、石棉波纹板等建筑材料, 换上圆盘钢丝刷后可用于除锈和砂光金属表面, 换上抛轮后则可用于抛光各种材料的表面。

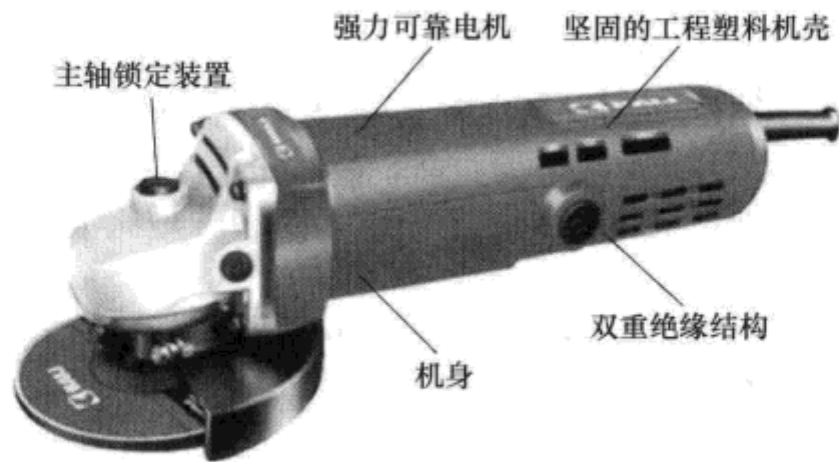


图 4-8 角向磨光机

电动角向磨光机已在机械制造、船舶、电力、建筑等领域获得了广泛的应用。

### 5. 电锤

电锤用于在混凝土、砖石等建筑物构件上凿孔、开槽、打毛等作业，如图 4-9 (a) 所示。

电锤比冲击电钻的打孔效率高 15~20 倍，一般设计制造成 II 类工具。电锤的电源开关为耐震的手掀式带自锁功能的复位开关。

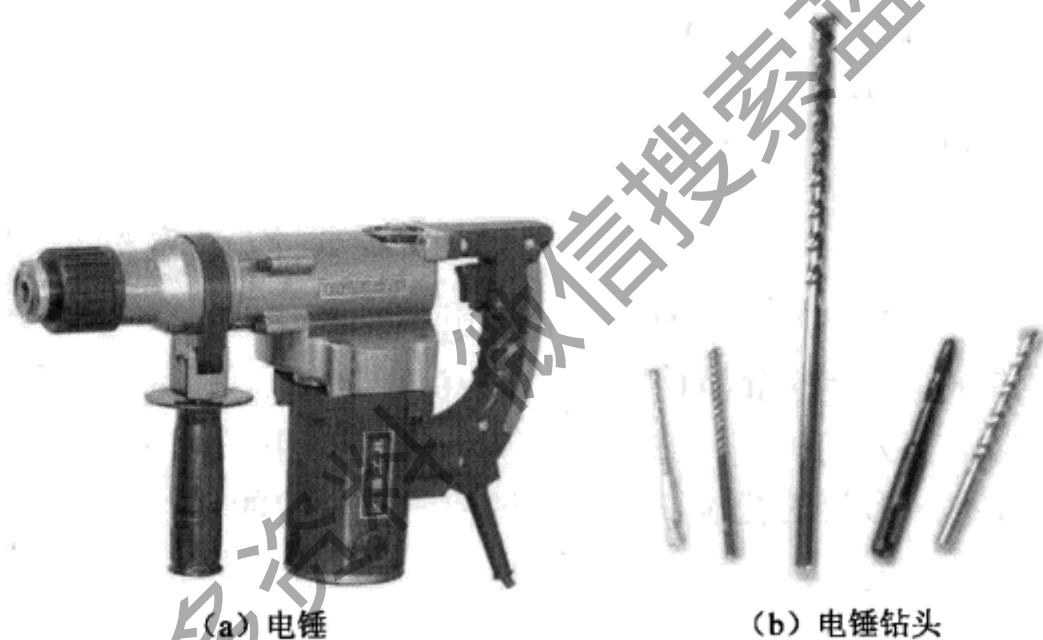


图 4-9 电锤和电锤钻头

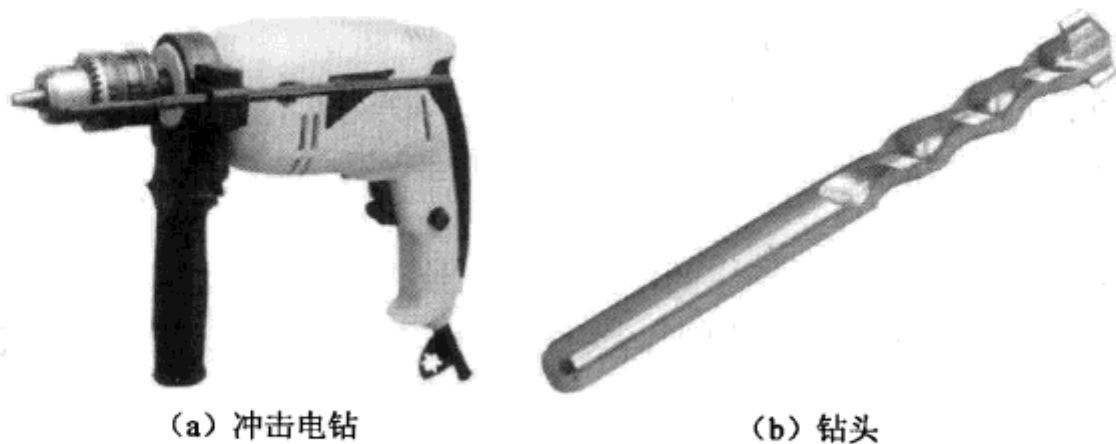
目前电锤的功能较多，如可正反转（可逆）、可调速、可恒速、可用作电钻、可用作电镐（化旋转加冲击为单旋转和单冲击）。

电锤的钻头五花八门，如图 4-9 (b) 所示，目前常用的有：方柄电锤钻头（配龙牌、日立、闽日）、二坑二槽电锤钻头（配博世、得伟、牧田、AEG 等电锤，是目前应用最广泛的钻头）、五坑钻头（供 30mm 以上电锤用，欧洲和美国多用五坑钻头）以及六角钻头（其中 I 型钻头配龙牌 02-22、42-22 电锤，II 型钻头大规格配牧田、日立 PR25B 和 PR38E 等电锤）。

### 6. 冲击电钻

冲击电钻和电锤的区别从外观上就可以看出，电锤有快装机构，没有钻夹头，而冲击电钻有钻夹头。电锤的冲击力由机器内部的压气活塞与冲击活塞产生，冲击活塞随压气活塞作同步往复运动而锤击钻杆尾部，从而使电锤钻孔。冲击电钻的冲击力是借助于操作者的轴向进给压力产生的，冲击能量不同，所以冲击电钻只能用于在砖石、轻质混凝土等脆性材料上打孔。

冲击电钻如图 4-10 所示，它使用的钻头是直柄钻头，锥柄钻头要配合钻套使用。



(a) 冲击电钻

(b) 钻头

图 4-10 冲击电钻和钻头



### 电动工具无处不在

- ① 在机械制造业中，用于钻孔、攻丝、锯割、去锈、磨光、抛光、胀管及螺钉、螺栓和螺母的紧固等。
- ② 在农田改造、水利建设、隧道施工、矿山开采中，用于凿岩、混凝土捣实。
- ③ 在铁道建设中，用于道渣捣实。
- ④ 在农牧业中，用于农药喷洒、剪毛。
- ⑤ 在采茶和林业中，用于伐木、造材、打枝。
- ⑥ 在木材加工中，用于锯、刨、开榫、砂光。
- ⑦ 在医疗方面，用于锯骨、钻骨、拆石膏。
- ⑧ 在工艺美术中，用于雕刻、地毯裁剪。
- ⑨ 特殊用途，如剪切钢板、冲剪孔（不会使工件弯曲变形）等，角钻可用于在狭小的场所对工件钻孔，磁座钻能吸附在被加工钢铁件上作业，自爬式锯管机能自动切断大直径钢管，定扭矩电扳手能控制螺栓达到恒定张力，拉铆枪能单面铆接工件等。

## 4.2 电动工具的使用

### ——安全使用多检查

#### 4.2.1 使用前的安全检查项目——证书齐备附件全，细看标志和外观

##### 1. 拆箱检查

一台完整的电动工具包装应包含如下项目。

- ① 使用说明书。
- ② 附件（视具体产品而定）。
- ③ 产品合格证。
- ④ 整机。

##### 2. 外观检查

- ① 器具的塑料外壳不得有气泡、裂痕、明显的糊斑及冷隔等严重缺陷。



- ② 器具的金属外壳应无明显缺陷。
- ③ 器具的外壳涂层应无起层和剥落现象。
- ④ 器具的铭牌应牢固地置于壳体上，不卷曲。

### 3. 标志检查

- ① 用户电源与器具铭牌上所标注的电源必须一致，否则会带来危险。
- ② 检查用户工作条件是否与铭牌所示条件（如器具运作方式、防潮程度等）一致。
- ③ 防（隔）爆产品应有防爆论证（KB）标记。

## 4.2.2 使用电动工具时的注意事项——手中握住金刚钻，心中常把安全念

- ① 在使用前应仔细阅读说明书。
- ② 工作区域必须整洁，否则会带来危险，如图 4-11 所示。
- ③ 工作环境应与飞溅结构相适应，必须有合适的照明，不能靠近易燃的气体 and 液体。
- ④ 具有防触电保护，避免人体触及接地体部分，如管道、热元件、接地点等。
- ⑤ 避免儿童靠近器具，非工作人员不容许触及机器和电缆，也不容许进入工作区。
- ⑥ 保管好机器，机器不使用时应置于干燥、封闭、远离儿童的地方。
- ⑦ 器具负荷不能超过额定负载范围。
- ⑧ 穿戴合适的工作服，不能穿戴易卷入运动部件的宽大工作服和手饰。野外作业推荐使用防滑鞋和橡胶手套，长发者应戴发套。
- ⑨ 佩戴安全眼镜，在起尘工作时需戴口罩，如图 4-12 所示。



图 4-11 工作区域必须整洁



图 4-12 在起尘工作时需戴口罩

- ⑩ 电源线不能用于其他用途，不能让器具碰着电源线，不要将电源线置于热、油、锋利边处。I 类工具的保护接地线应与电网系统的 PE 线可靠连接，不应用自来水管、暖气管代替。
- ⑪ 利用比手持被加工件更安全的夹具固定被加工件。
- ⑫ 在合上电源前先检查钥匙是否从器具上拿走。
- ⑬ 避免非正常的工作姿势，时刻注意保持身体平衡。
- ⑭ 避免无意识启动。启动开关插头与电源相连接时，开关应处于“关”状态。器具与电网连接时，手指不能放在开关键上。
- ⑮ 工具的电源引线应采用坚韧的橡皮包线或塑料护套软铜线，中间不得有接头，不得任

意接长或拆换。保护接地电阻不得大于  $4\Omega$ 。作业时，不得将运转部件的防护罩盖拆开，更换刀具和磨具时应停车。

⑯ 高空使用工具要有监护人。在高空（高度大于 2m）使用手持式电动工具时，下面应设专人扶梯，在发生电击时可迅速切断电源。

### 知识链接

#### 手持电动工具容易发生触电事故的原因

① 手持电动工具是在人的紧握之下工作的，人与工具之间的电阻小。一旦工具外露部分带电，将有电流通过人体，容易造成严重后果。

② 手持电动工具是在人的紧握之下运行的，一旦触电，由于肌肉收缩而难以摆脱带电体，容易造成严重后果。

③ 手持电动工具有很大的移动性，其电源线容易受拉、磨而漏电，电源线连接处容易脱落而使金属外壳带电，导致触电事故。

④ 手持电动工具有可能在恶劣的条件下运行，容易损坏而使金属外壳带电，导致触电事故。

⑤ 小型手持电动工具采用 220V 单相交流电源，若工作零线断路，会造成金属外壳带电，导致触电事故。

请你想一想，使用手持电动工具时，下列说法中正确的是（ ）。

- （A）使用万能插座  
（B）使用漏电保护器

提示：使用漏电保护器。

### 轻松一刻

#### 带照明灯的螺丝刀

如图 4-13 所示，在刀头处增加了 3 个 LED 用于照明，能让你看清楚螺钉周围的情况，真的很方便，

也许你需要在黑暗或者照度不佳的地方拧螺钉，之前的解决办法是戴个头灯或者用嘴巴叼着手电筒，现在有了这款螺丝刀，你再也不必吃这个苦头了。

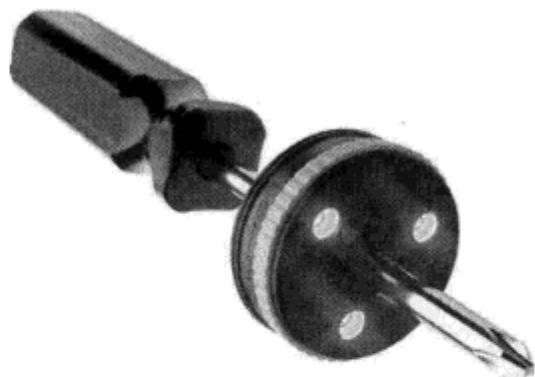


图 4-13 带照明灯的螺丝刀

## 4.3 单相电钻的维修

——故障多发在电机

### 4.3.1 单相电钻的常见故障与排除——电钻钻孔转速慢，绕组短路最常见

单相电钻是目前应用很广泛的一种电动工具，它主要由交直流两用串励电动机、减速箱、快速切断自动复位手掀式开关（如图 4-14 所示）、钻头夹等部分组成。JIZ 型电钻的结构如图 4-15 所示。



图 4-14 电钻电源开关

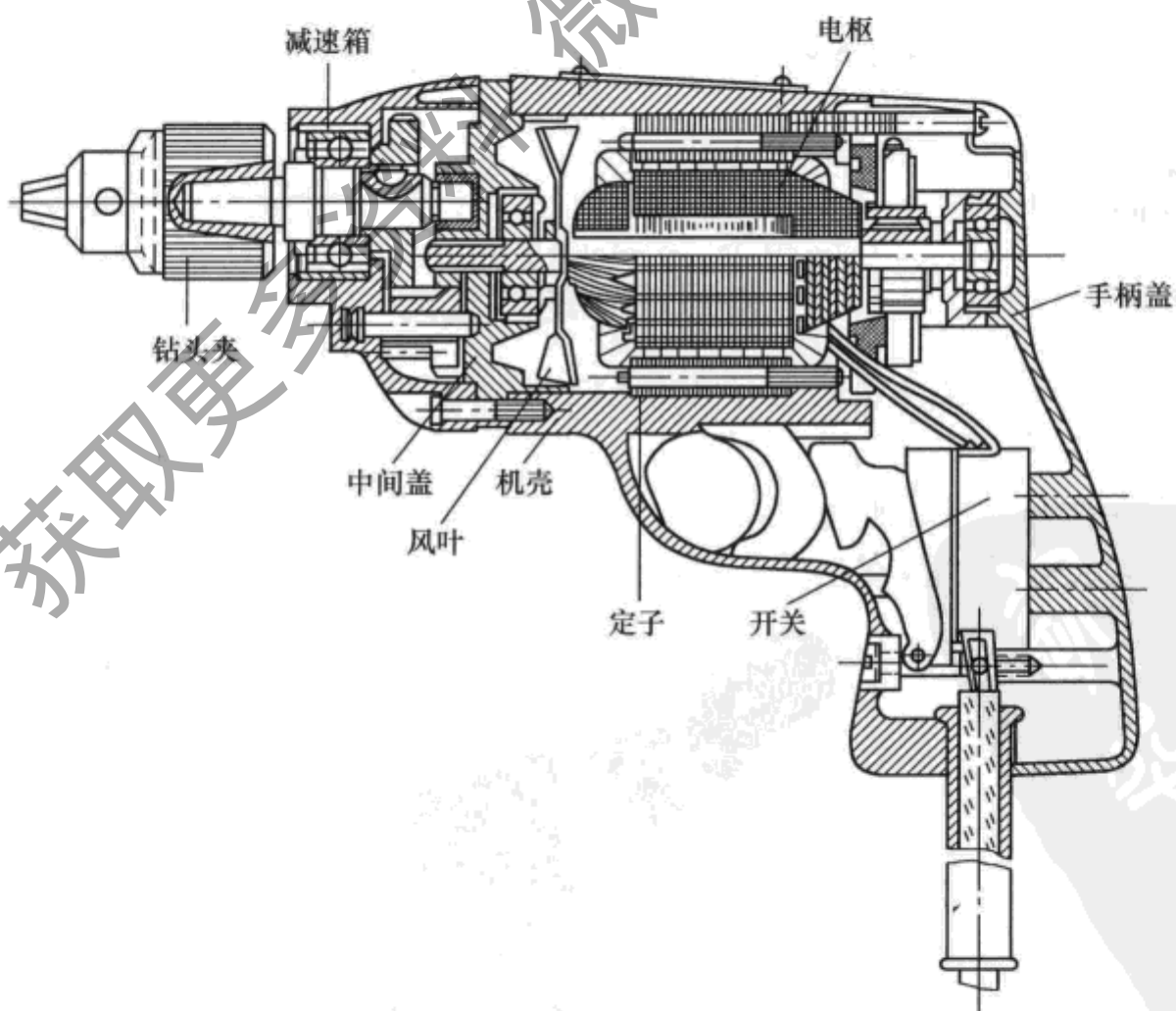


图 4-15 JIZ 型电钻的结构

单相电钻的常见故障有不能启动、转速慢、转向器与电刷间的火花大、换向器发热等，

其故障原因及排除方法见表 4-4。

表 4-4 单相电钻的常见故障与排除方法

故障现象	故障原因	排除方法
电源开关闭合后, 电钻不能启动	① 电源线断路或短路, 如图 4-16 所示; ② 开关损坏或接触不良; ③ 电刷或换向器之间接触不良; ④ 定子绕组断路; ⑤ 转子绕组断路; ⑥ 转子主轴轮齿磨损或齿轮箱内的齿轮损坏	① 用万用表或校验灯检查, 如短路或断路点在线端附近, 可剪去故障的那一段; 如故障点在线路中间, 应换一根新电源线。 ② 用万用表或校验灯检查, 修理或调换开关。 ③ 调整弹簧压力, 调换电刷, 或用干布、细砂纸打磨换向器表面, 以改善其接触不良状况。 ④ 若断路点在绕组的引线上或距引线匝数极少的部位, 可重焊; 若线圈烧毁或距引线匝数较多的部位断线, 需重绕。 ⑤ 若线头脱焊, 需重焊, 如图 4-17 和图 4-18 所示; 若断在铁芯槽内, 需重绕。 ⑥ 重换轮齿
电钻转速慢	① 转子绕组短路或断路; ② 定子绕组接地或短路; ③ 轴承和齿轮损坏	① 当电钻转速慢时, 力矩也小, 换向器与电刷间产生很大的火花, 火花呈红色。停车后, 一是用短路探测器检查, 如绕组短路, 应重绕绕组; 二是用万用表检查换向器与绕组的连接情况(如图 4-19 所示), 如发现少量导线断路或脱焊, 应连接、重焊。 ② 可用兆欧表检查绕组对地的绝缘电阻, 如图 4-20 所示。严重短路时有焦臭味, 并可看到绕组部分烧黑的现象。故障点在引线附近时可修复, 严重者应重绕。 ③ 应调换轴承或齿轮, 如图 4-21 所示
换向器与电刷间的火花较大	① 定子、转子绕组短路或断路, 如图 4-22 所示; ② 电刷与换向片接触不良(弹簧压力不合适, 换向器表面不光滑等); ③ 电刷规格不符; ④ 负载过大	① 短路或断路严重者要重绕。 ② 调整弹簧压力; 若电刷太短, 应更换电刷, 如图 4-23 所示。换向器表面不光滑时, 应打磨换向器表面。 ③ 调换电刷。 ④ 若电刷本身轴承和弹簧太紧, 应调整解决。若确实负载过大, 应调换容量较大的电钻来代替
转子在某一位置上能启动, 在另一位置上不能启动	换向器与转子绕组连接处有两处以上断头	重焊绕组的断头处
换向器发热	① 电刷压力过大; ② 电刷规格不符	① 调整到适当压力; ② 更换电刷



续表

故障现象	故障原因	排除方法
电钻在运转时发热, 温度偏高	① 定子、转子绕组短路; ② 主轴轮齿磨损或齿轮损坏; ③ 弹簧压力过大或轴承过紧; ④ 负载过大	① 严重者要重绕; ② 严重者要调换新齿轮; ③ 内部调整; ④ 若负载确实过大, 应调换容量较大的电钻来代替

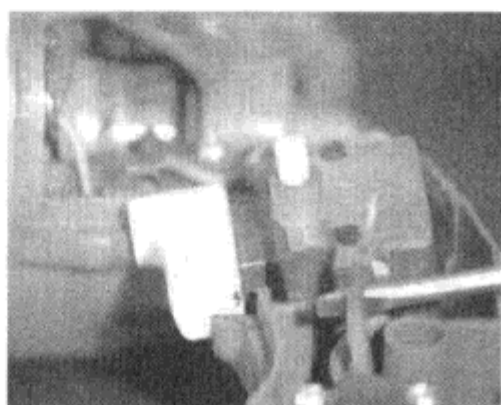


图 4-16 电源线脱落

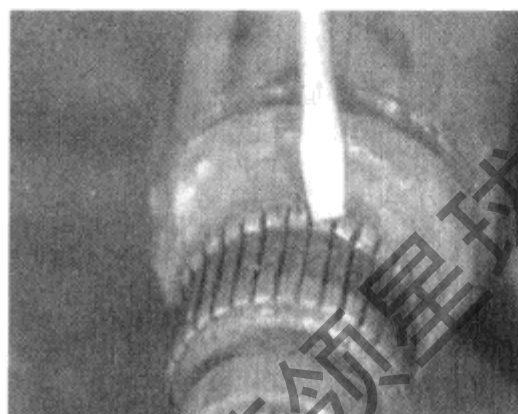


图 4-17 绕组断头

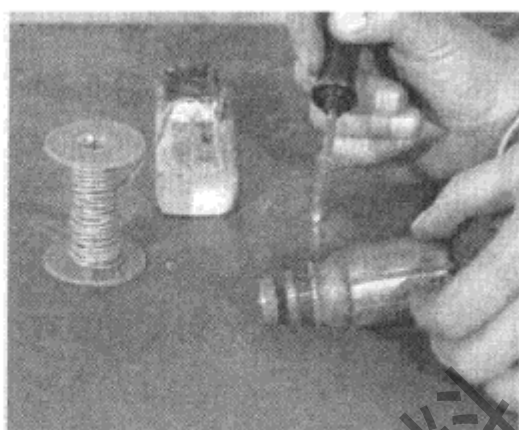


图 4-18 焊接绕组断头



图 4-19 测量换向器

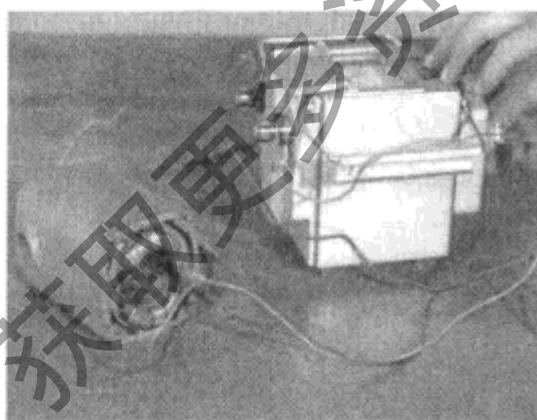


图 4-20 测量绕组绝缘电阻

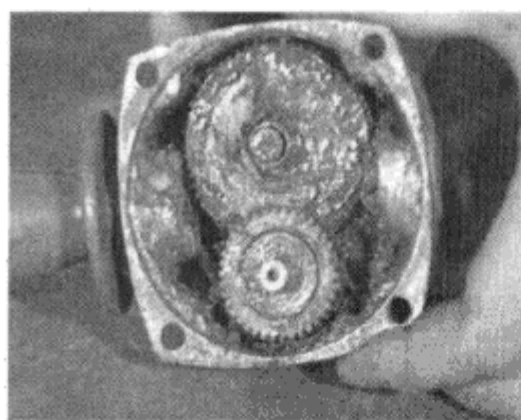


图 4-21 检查减速箱齿轮

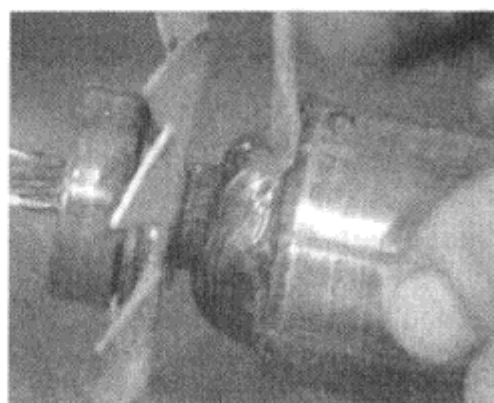


图 4-22 转子绕组短路



图 4-23 更换新电刷

## 知识链接

## 单相电钻技术数据

220V 电钻（单相串励电动机）的技术数据见表 4-5。

表 4-5 220V 电钻（单相串励电动机）的技术数据

钻头规格 (mm)	功率 (W)	电流 (A)	转速(电机/ 轧头) (r/min)	负载率	定 子					每极 匝数
					外径	内径	长度	气隙	导线牌号及 线径	
6	80.3	0.9	12000/870	40%	61.4 60.4	35.4	34	0.3	QZ, $\phi 0.38$	244
	80.3	0.9	12000/870	40%	60.8	35.3	34	0.35	QZ, $\phi 0.31$	256
	80.3	0.9	12000/940	40%	61.7 60.6	35.4	34	0.4	QZ, $\phi 0.31$	262
10	130	1.2	10800/540	40%	73	41	40	0.35	QZ, $\phi 0.38$	198
	140	1.4	11500/570	40%	75	42.7	37	0.35	QZ, $\phi 0.41$	170
13	180	1.9	9750/390	40%	84.5	46.3	45	0.4	QZ, $\phi 0.51$	180
	185	1.8	10000/400	40%	85	46.3	45	0.35	QZ, $\phi 0.51$	150
	185	1.8	10000/400	40%	85	46.3	45	0.35	QZ, $\phi 0.51$	150
	185	1.95	10000/400	40%	84.7	16.3	45	0.425	QZ, $\phi 0.51/\phi 0.56$	164
19	330	3.0	9000/268	40%	95	54	48	0.45	QZ, $\phi 0.72$	120
	440	3.6	9000/330	60%	102	58.7	46	0.5	QZ, $\phi 0.77/\phi 0.83$	100
12	204	2.2	8500/442	60%	95	50.9	41	0.3	QZ, $\phi 0.51$	140
16	240	2.5	8500/333	60%	95	50.9	46	0.3	QZ, $\phi 0.62$	140

## 技能提高

## 电钻的使用与维护

- ① 电钻应定期保养。对于长期搁置不用的电钻，使用前应用 500V 兆欧表测量其绝缘电阻，其值应不小于  $0.5M\Omega$ 。
- ② 在一般场所，电压的安全值为 36V。凡电压超过安全值、非双重绝缘且带有金属外壳的电钻，使用时必须有防触电措施。
- ③ 线路电压不应超过电钻额定电压的  $\pm 10\%$ ，以免电钻损坏。
- ④ 钻头必须锋利。钻孔时不宜用力过猛，以防过载。电钻因故突然堵转时，必须立即切断电源。
- ⑤ 手提电钻时，应握持其手柄，不能利用其电缆提拉，并防止电缆被擦破或轧坏。

⑥ 交直流两用电钻的换向器应特别注意保养，电刷弹簧的压力要适当，电刷磨损到不能使用时（约 5mm 长）应及时调换；如发生严重火花，必须立即检查和修理。

### 4.3.2 电钻绕组的重绕——定子转子都可绕，接线绝缘处理好

#### 1. 记录数据

在拆除绕组前与拆除过程中应记录以下数据。

- ① 转子绕组节距。
- ② 定、转子上每只绕组的匝数。
- ③ 定、转子绕组的导线牌号与线径。
- ④ 转子绕组与换向器的焊接位置。
- ⑤ 定子绕组引出线位置。
- ⑥ 定子绕组尺寸。
- ⑦ 电刷架位置。

#### 2. 定子绕组的重绕

将定子绕组取出后，用两块木板夹住，然后用台虎钳压平，拆去纱带等绝缘物，量出绕组模的尺寸，以便制作绕线模；同时要数清线圈的匝数，量出导线线径，其过程如图 4-24 所示。

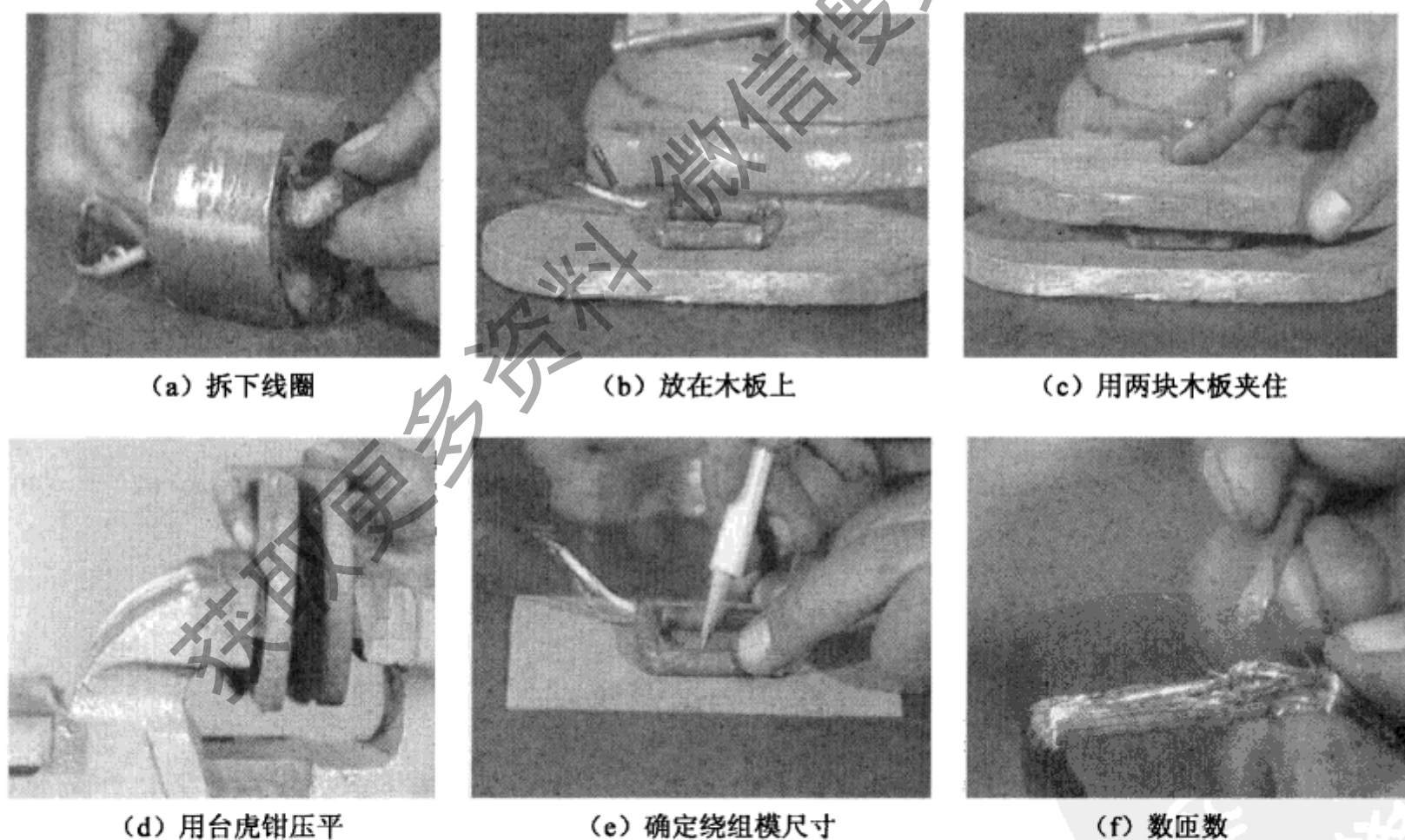
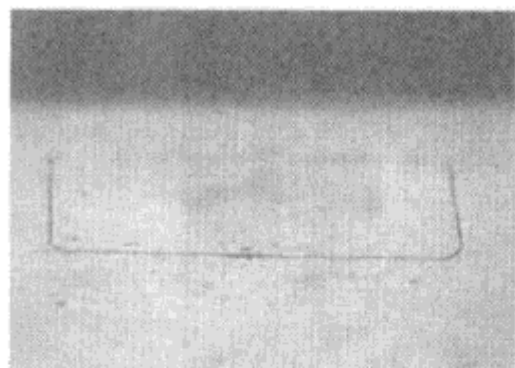


图 4-24 获取绕组原始数据的方法

在获取绕组的原始数据后，根据其尺寸制作好绕线模，再重绕新绕组。对绕制好的新绕组，要进行绝缘处理（包括整形），如图 4-25 所示。最后将新绕组固定在定子上，如图 4-26 所示。

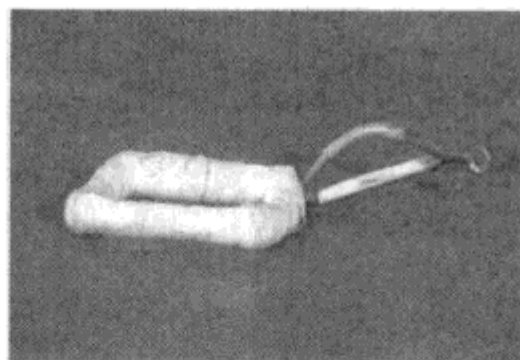
接线时，应注意两极绕组的极性相反，一般采用尾接尾的方法，如图 4-27 所示。接好后，在磁极中间放一只铁钉，然后接入低压电，如果铁钉立起来，表示接线正确（如图 4-28 所示），否则表示接线错误。



(a) 绕线模尺寸



(b) 新绕组绝缘处理



(c) 已处理好绝缘的新绕组

图 4-25 绕制绕组并进行绝缘处理

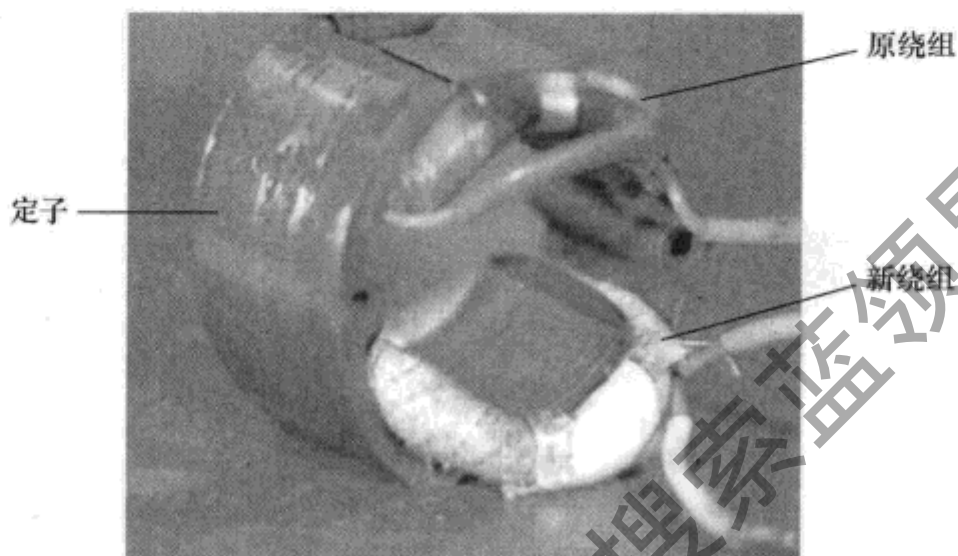
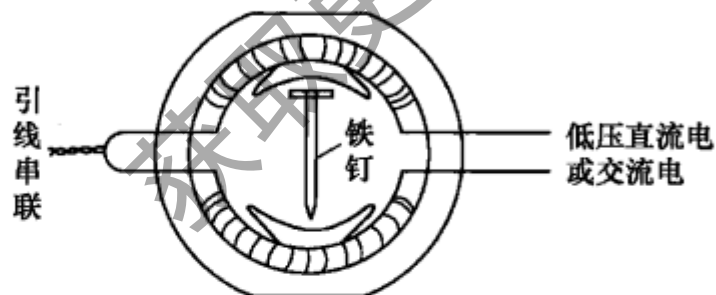


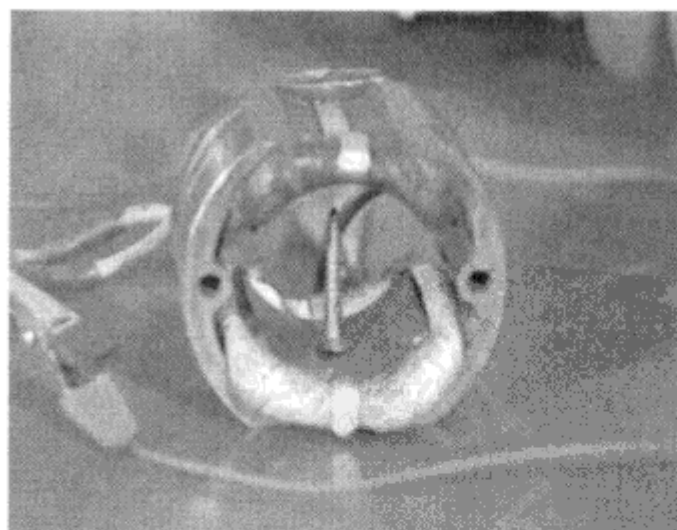
图 4-26 将新绕组固定在定子上



图 4-27 两个电流方向相反的绕组的连接



(a) 原理图



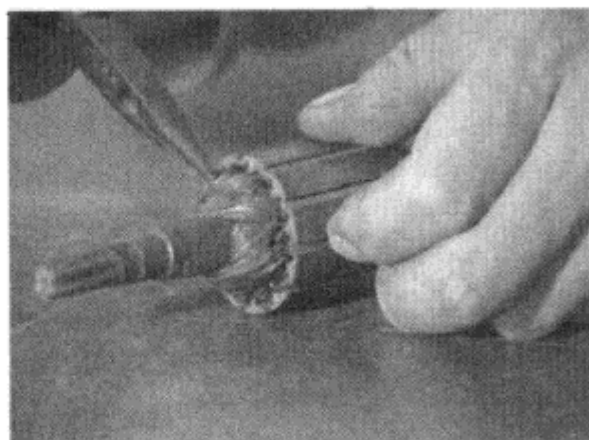
(b) 实物图

图 4-28 接入电源后铁钉的正确位置

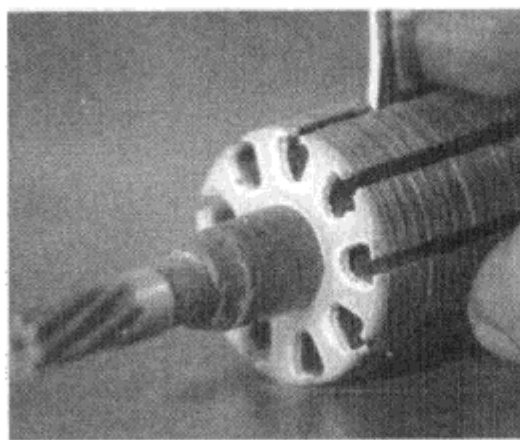
### 3. 转子绕组的重绕

经绝缘处理后的转子绕组非常坚硬，拆除时比较困难，所以应先加热再拆除。绕组全部拆除后要清除槽内杂物，如图 4-29 所示。然后整理好漆包线，再进行绕线，如图 4-30 所示。



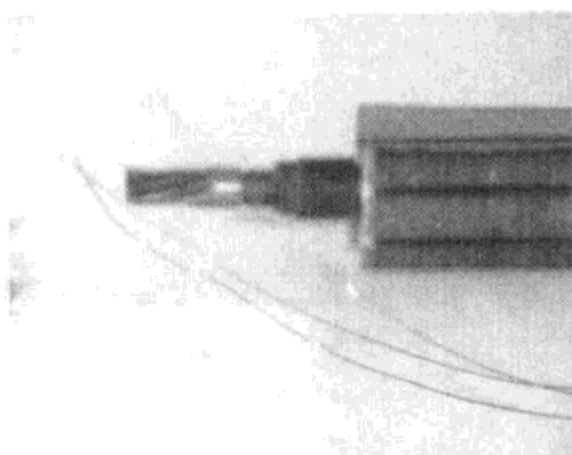


(a) 拆除绕组

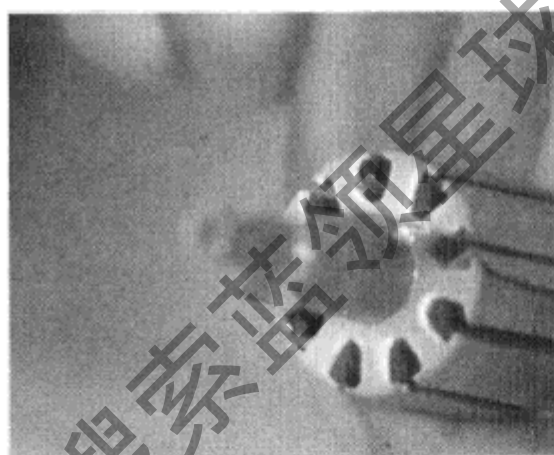


(b) 清除槽内杂物

图 4-29 拆除绕组和清除槽内杂物



(a) 整理好漆包线



(b) 绕制

图 4-30 转子绕组重绕

绕线顺序如图 4-31 所示。但采用这种绕法时，转子绕组端部不对称，易造成转子不平衡。另一种绕线顺序是，槽号按 1-5、5-9、9-4、4-8、8-3、3-7、7-2、2-6、6-1 绕制，此时端部平整，平衡性好，但工艺较复杂，接地也不方便。



图 4-31 9 个槽的电枢绕组的绕制步骤

在绕制过程中，当每一个绕组绕到规定匝数时，把导线抽出槽外，将两根线扭成一个“麻花”形（如图 4-32 所示），即完成了抽头工作。为了区别同一槽内接线头的先后顺序，可在接线头上套上不同颜色的套管，或将接线头做成不同长度，以便区别。

在焊接过程中，应注意绕组出线及焊接位置，一般引线头有 3 种（如图 4-33 所示），其中图 4-33 (c) 所示引线头是较常用的。修复时应根据原来拆除时记录的数据焊接。焊接线头时用松香焊剂较好，焊接姿势如图 4-34 所示。把引线焊到换向器上，烙铁应该稍稍向上提起一点。全部焊完后，用刀将露出槽外的线头切掉，再将换向器片间的焊锡刮干净。最后在引出线上部进行扎线，如图 4-35 所示。

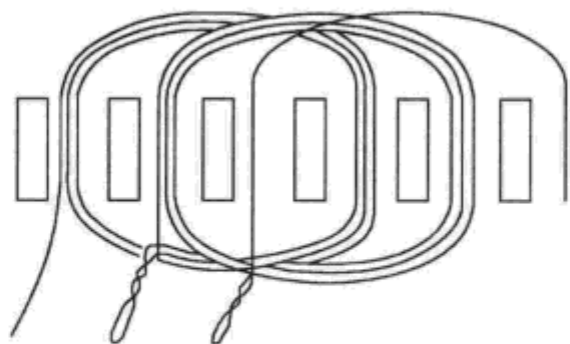


图 4-32 抽出接线头并扭成“麻花”形

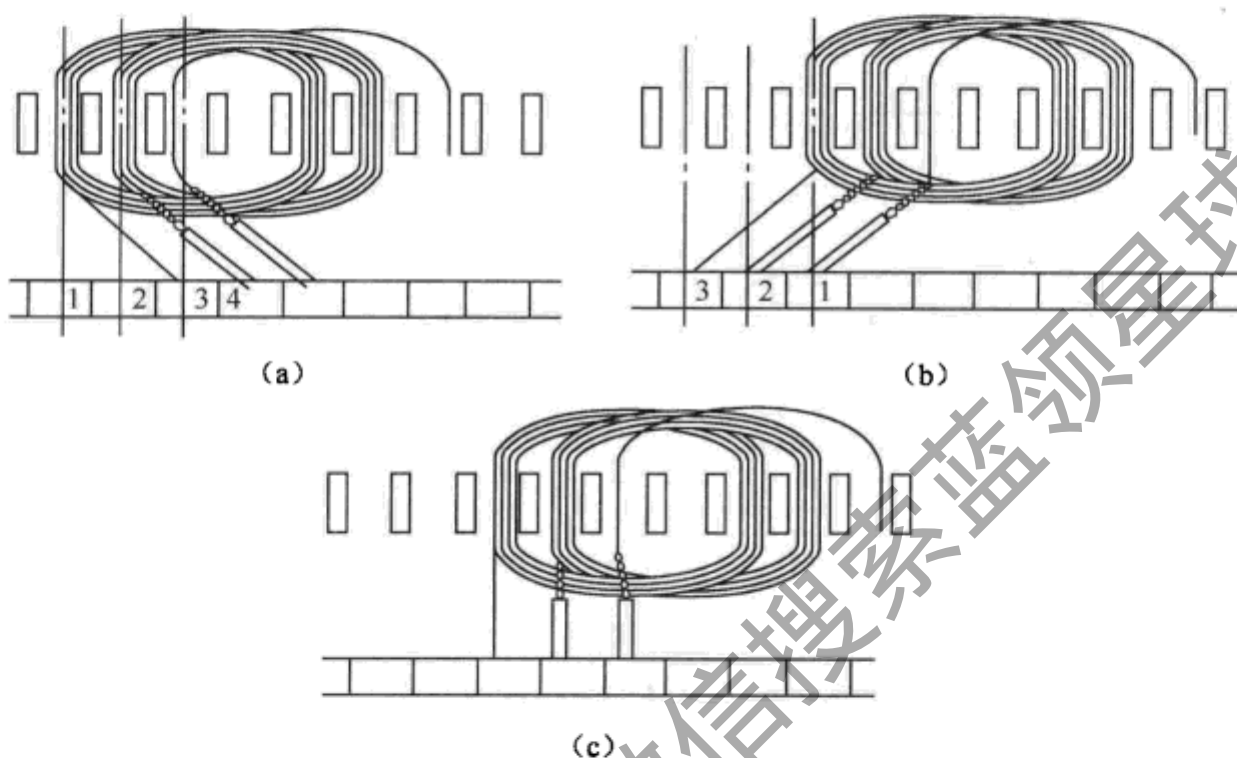


图 4-33 引线头焊接位置

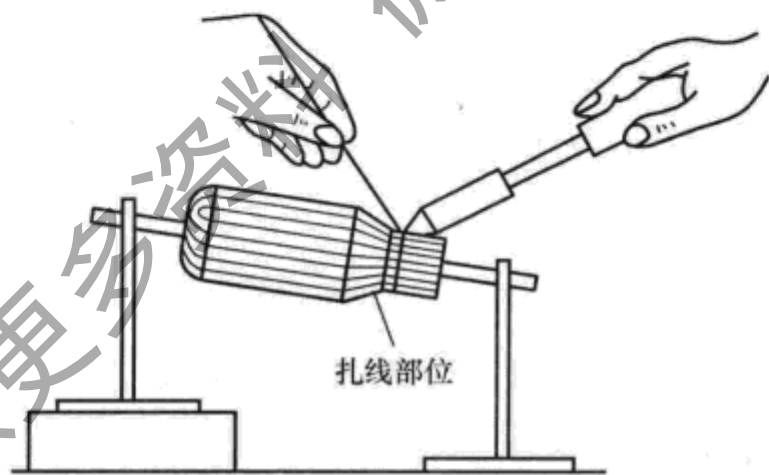
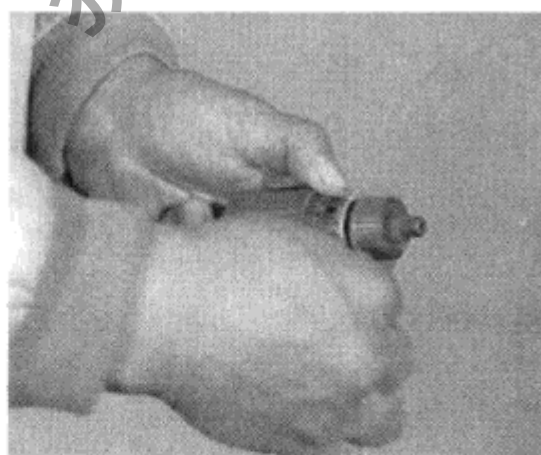
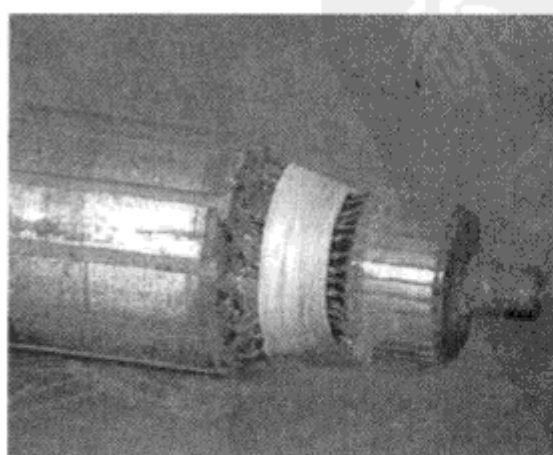


图 4-34 焊接接线头的姿势



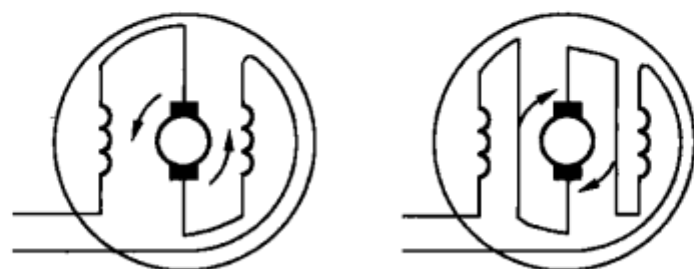
(a) 扎线方法



(b) 扎线完毕

图 4-35 在引出线上部进行扎线

转子重绕及焊接工作全部完成后,要进行匝间短路试验和换向器片间电阻测定,接着再进行浸漆处理。烘干温度不宜过高,也不宜变化过大,以防绕组与换向器连接线断线。最后在带电试验时,如发现旋转方向相反,可将电刷架上的两个定子绕组线头的位置对换一下,如图 4-36 所示。



(a) 反转方向

(b) 正转方向

图 4-36 改变磁极的极性

电钻修复后,应测量绕组对地的绝缘,总的绝缘电阻不应低于  $1.0\text{M}\Omega$ 。

**想一想** 重新绕制线圈时,如何获取定子绕组的原始数据?



电工小百科

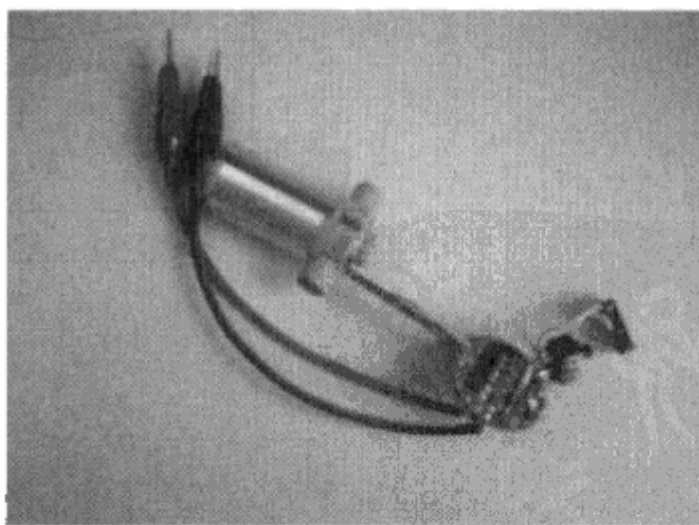
### 电动工具进入无刷时代

直流无刷电机是同步电机的一种,电机转子的转速受电机定子旋转磁场的转速及转子极数影响。在转子极数固定的情况下,改变定子旋转磁场的频率就可以改变转子的转速。

无刷电机的换向是通过电子换向实现的,无任何接触也就不存在磨损问题。无刷电机的寿命由轴两端的轴承决定,也就是说轴承的寿命就是电机免维护期的寿命,平均可达到 10 年。图 4-37 所示为无刷防静电电动螺丝刀。



(a) 外形



(b) 芯片

图 4-37 无刷防静电电动螺丝刀

因为无刷电机没有碳刷,故噪声小,没有粉尘,没有磨损,效率高,节能效果好,可在任何地方使用,特别是无尘厂房。有刷电机因为有碳刷,所以有磨损,维修困难,噪声大,有粉尘,不能用在无尘厂房等地方。

## 第5章 常用电气设备的维护与检修

### ——明察秋毫练苦功

电气设备在运行过程中会产生各种各样的故障，致使设备停止运行而影响生产，严重的还会造成人身或设备事故。分析电气设备故障的原因，除部分是由于电气元件或线路的自然老化引起的外，有相当部分的故障是因为忽视了对电气设备的日常维护和保养，以致使小毛病发展成重大事故；还有的故障则是由于电气维修人员在处理电气故障时操作方法不当，或因缺少配件凑合行事而扩大了故障范围所造成的。可见，常用电气设备维护与故障检修技术是维修电工必须掌握的一门重要技术。

通过本章学习，要求达到以下目标。

#### 知识目标

- ① 掌握电气控制线路的检修程序。
- ② 掌握检修电气控制线路故障的常用方法。
- ③ 了解机床电气控制系统的特点。
- ④ 了解使用数控设备时的注意事项。
- ⑤ 了解电力变压器运行中的检查项目。
- ⑥ 了解电力变压器常见故障的产生原因。
- ⑦ 掌握变频器的调试方法。

#### 能力目标

- ① 综合运用试电笔检查法、电压表法、欧姆表法、短接法等方法，检修电气控制线路断路、短路、接地、接线错误和电源损坏等常见故障。
- ② 掌握数控机床的维护与保养方法。
- ③ 能够对普通车床、平面磨床、摇臂钻床和万能铣床等机床的常见电气故障进行检修。
- ④ 能够对电力变压器组件进行维护，对常见故障进行诊断。
- ⑤ 根据需要设置变频器的功能。
- ⑥ 掌握变频器的日常检查与维护、定期检查方法。
- ⑦ 了解变频器的常见故障与处理方法。



## 5.1 电气控制线路的检修程序和方法

### ——顺藤摸瓜思路清

电气控制线路的形式很多，复杂程度不一，其故障又常常和机械、液压等系统的故障交错在一起，难以分辨。每一个电气控制线路往往由若干电气基本控制环节组成，每个基本控制环节是由若干电气元件组成的，而每个电气元件又由若干零件组成。但故障常常只是由于某个或某几个电气元件、部件或接线有问题而造成的。因此，只要善于学习，善于总结经验，找出规律，掌握正确的维修方法，就一定能迅速、准确地排除故障。

#### 5.1.1 电气控制线路的检修程序——调查分析先断电，划定范围步步看

##### 1. 故障调查

电路出现故障后切忌盲目乱动，在检修前首先要对故障发生的情况进行尽可能详细的调查。通常采用的故障调查法有：问、听、看、摸、闻。

##### (1) 问

询问操作人员故障发生前后电路和设备的运行状况以及发生故障时的迹象，如有无异响、冒烟、火花及异常震动；询问故障发生前有无频繁启动、制动、正反转、过载等现象。

##### (2) 听

在电路和设备还能勉强运转而又不致扩大故障的前提下，可通电启动运行，倾听有无异响，如果有异响，应尽快判断出发出异响的部位，然后迅速停车。

##### (3) 看

如图 5-1 所示，看触头是否烧蚀、熔毁，线头是否松动、脱落，线圈是否发热、烧焦，熔体是否熔断，脱扣器是否脱扣，其他电气元件有无烧坏、发热、断线现象，导线连接螺钉是否松动，电动机的转速是否正常。

##### (4) 摸

刚切断电源后，尽快触摸线圈、触头等容易发热的部分，看温升是否正常。

##### (5) 闻

用嗅觉器官检查有无电气元件过热和烧焦的异味。

##### 2. 初步分析诊断

通过故障调查，结合电气设备图初步判断发生故障的部位，分析故障原因。分析时，先从主电路入手，再依次分析各个控制电路，然后分析信号电路及其余辅助电路。通过分析可初步诊断是机械故障还是电气故障，是主电路故障还是控制电路故障。例如用手旋转电动机皮带轮时，若感觉不正常，说明电动机的机械部分有故障，而电路部分有故障的可能性很小，这时应主要检查机械部分。

检查机械部分的故障，必要时应与机修人员共同进行。

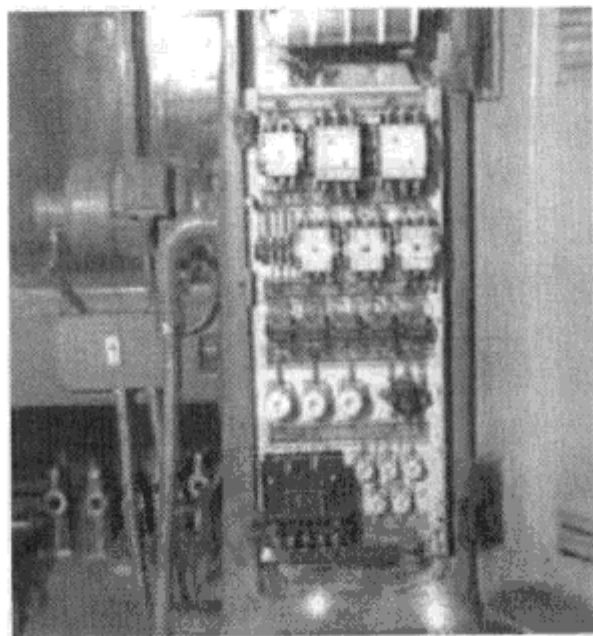


图 5-1 直观检查线路

### 3. 断电检查分析

确定了故障范围或故障部位后,为了人身和设备的安全,应先在断开电源的情况下,按照一定的顺序检查。检查时,不要盲目拆卸元器件,否则往往欲速则不达,甚至故障没有找到,慌乱中又导致新的故障发生。

#### (1) 检查顺序

① 先检查容易检查的部位,后检查较难检查的部位;先用简单易行的方法检查直观、简单、常见的故障,后用复杂、精确的方法检查难度较高、没有见过和听说过的疑难故障。

② 先查重点怀疑的部位和元器件,后查一般部位和一般元器件。

③ 先检查电源,后检查负载。因电源侧故障会影响到负载,而负载侧故障未必影响到电源。

④ 先检查控制回路,后检查主回路;先检查交流回路,后检查直流回路;先检查启停电路,后检查可逆运行、调速、制动电路。

⑤ 先检查电气设备的活动部分,再检查静止部分,因活动部分比静止部分发生故障的概率要高得多。

#### (2) 故障分析

如果测得绕组的电阻值不正常,肯定是绕组有短路或断路现象。可对测得的电阻值进行分析:若电阻值为无限大,则可能是定子绕组断路或绕组连接线断开;若绕组的电阻值比正常值大,则一般是多支路并联绕组(中等容量以上的电动机)的某支路断路或绕组回路接触不良;若绕组的电阻值比额定值小,则说明绕组有短路现象;若绕组的电阻值接近于零,则一般为相绕组头尾相连或严重短路。

### 知识链接

#### 电气控制线路断电检查的内容

① 检查熔断器的熔体是否熔断、是否合适以及接触是否良好。

② 检查开关、刀闸、触点、接头是否接触良好。

③ 用万用表欧姆挡测量有关部位的电阻,用兆欧表测量电气元件和线路对地的绝缘电阻以及相间绝缘电阻(低压电器的绝缘电阻不得小于  $0.5M\Omega$ ),以判断电路是否有开路、短路和接地现象。

④ 检查改过的线路或修理过的元器件是否正确。

⑤ 检查热继电器是否动作,中间继电器、交流接触器是否卡阻或烧坏。

⑥ 检查转动部分是否灵活。

### 4. 通电检查分析

通过直接观察无法找到故障点,断电检查仍未找到故障时,可对电气设备进行通电检查。将整个电路划分为几部分,配上合适的熔断器,选用万用表的交流电压挡、校验灯等工具,对各部分分别通电。通电时动作要迅速,尽量减少通电测量和观察的时间。

① 通电检查前要先切断主电路,让电动机停转,尽量使电动机和其所传动的机械部分脱离,将控制器和转换开关置于零位,行程开关还原到正常位置。

② 观察有关继电器和接触器是否按照控制顺序动作。

③ 检查各部分的工作情况,看是否有拒动、接触不良、元器件冒烟、熔断器熔体熔断等现象。

④ 测量电源电压、接触器和继电器线圈的电压以及各控制回路的电流等数据,从而将故障范围进一步缩小或查出故障。

结合通电检查进行故障分析。如果检查时发现某一接触器不吸合,则说明该接触器所在回路或相关回路有故障,再对该回路作进一步检查,便可发现故障原因和故障点。

### 5. 机械故障的检查

在电气控制线路中,有些动作是由电信号发出指令,由机械机构执行驱动的。如果机械部分的连锁机构、传动装置及其他动作部分发生故障,即使电路完全正常,设备也不能正常运行。在检修中,要注意机械故障的特征和表现,探索故障发生的规律,找出故障点,并排除故障。图 5-2 所示为正在调整行程开关的位置。

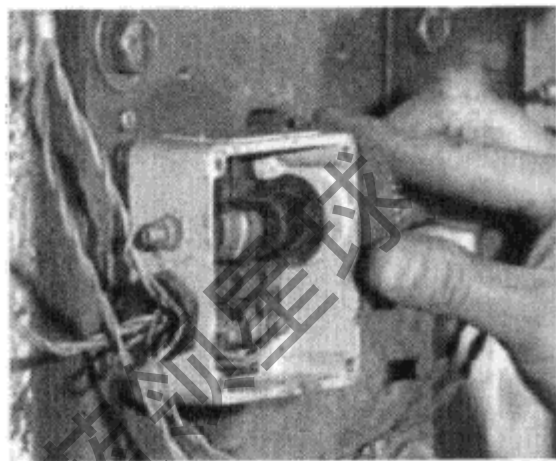


图 5-2 调整行程开关的位置

检修机械故障一般由机械维修工操作,但需要电工配合。

### 6. 综合分析检查

对于较复杂的故障,若经过通电检查仍没能查到故障点,则可结合故障调查、断电检查、通电检查的结果进行综合分析。在分析故障时,考虑电气装置中各组成部分的内在联系,应将各故障现象联系在一起,广开思路,找出故障现象中更隐蔽的方面,最终找到较隐蔽的故障。

#### 技能提高

### 用电工仪表检查电气故障

① 用万用表相应的电阻挡检查线路的通断、电动机绕组和电磁线圈的直流电阻以及触头(点)的接触电阻等是否正常。

② 用钳形电流表或其他电流表检查电动机的三相空载电流、负载电流是否平衡,大小是否正常。

③ 用万用表检查三相电源电压是否正常、是否一致,以及检查电器的有关工作电压、线路部分的电压等。

④ 用兆欧表检查线路、绕组的有关绝缘电阻。

想一想 检查电气控制线路故障的程序是什么?

### 5.1.2 电气控制线路的检修方法——工具仪表齐调动,多种方法综合用

电气控制线路的常见故障有断路、短路、接地、接线错误和电源故障 5 种。针对不同的

故障特点，可灵活运用多种方法予以检修。

### 1. 断路故障的检查方法

#### (1) 试电笔检查法

① 用试电笔检查交流电路断路故障的方法如图 5-3 所示。例如在检查图 5-4 所示电路时，按下控制按钮  $SB_2$ ，用试电笔依次测试 1、2、3、4、5、6 各个点，测到哪点时试电笔不亮，即表示该点为断路处。

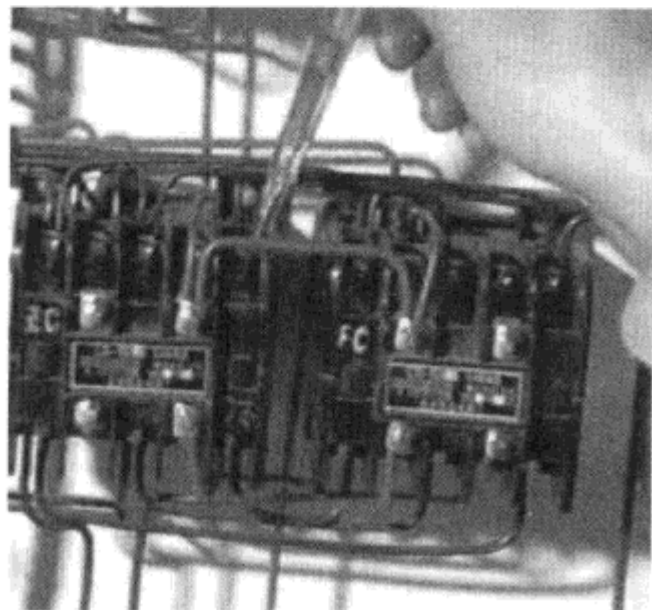


图 5-3 用试电笔检查交流电路的断路故障

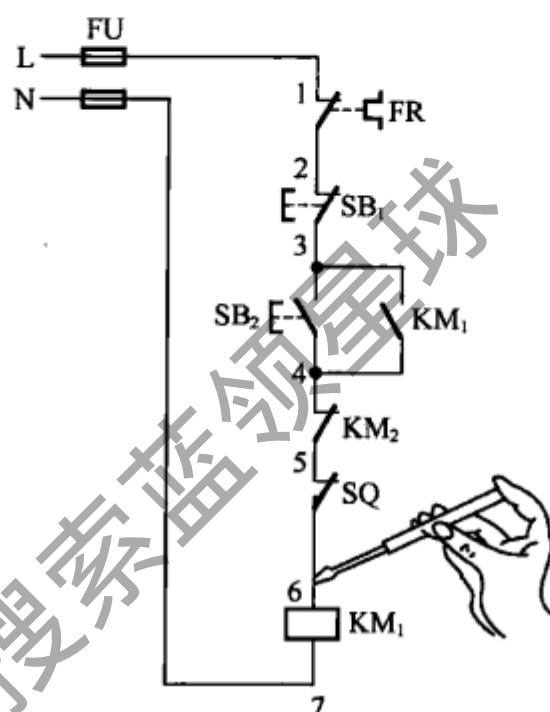


图 5-4 用试电笔检查断路故障

② 用试电笔检查直流电路断路故障的方法如图 5-5 所示。检查时先用试电笔检测直流电源的正、负极，氖管后端（手持端）明亮时为正极，氖管前端明亮时为负极。也可根据亮度判断，正极比负极亮一些。

确定了正、负极后，根据直流电路中正、负电压的分界点在耗能元件两端的道理，按下按钮  $SB$ ，用试电笔先测量耗能元件直流接触器  $KM$  线圈的两端。若在正极一侧（或负极一侧）测到负电压（或正电压），则说明故障点在正极一侧（或负极一侧）。再逐一对故障段上的元件两端进行测试，若在非耗能元件两端分别测得正、负电压，则说明断路点就在该元件内。例如测量  $QF_1$  的左端为正电压（较亮），而右端为负电压（较暗），则表明  $QF_1$  的辅助触点断路。

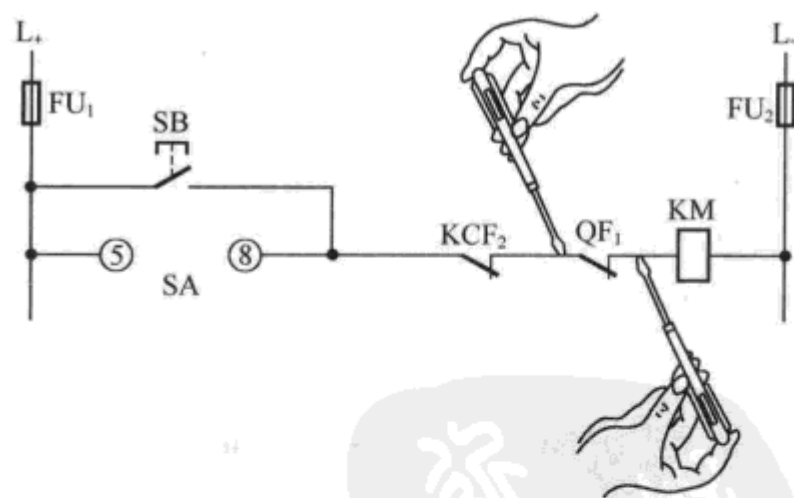


图 5-5 用试电笔检查直流电路的断路故障

在用试电笔测直流接触器  $KM$  的正、负两端时，如果测出两端分别是正、负电压，而  $KM$  不吸合，则一般为  $KM$  线圈断路。

③ 用试电笔检查主电路断路故障的方法如图 5-6 所示。用试电笔测量  $QF$  的上接线柱有无电压，若无电压，则应检查供电线路；若有电压，则可把  $QF$  合上，测下接线柱。若某相无电压，则要断开电源，检查该相触点的接触情况。



用电子式感应试电笔查找控制线路的断路故障非常方便。手触感应断点检测按钮，用笔头沿着线路在绝缘层上移动，若在某一点显示窗上显示的符号消失，则该点就是断点位置。

(2) 电压法

在图 5-7 所示的电路中，按下启动按钮 SB<sub>2</sub>，将万用表置于 500V 交流电压挡，把黑表笔作固定笔固定在相线的 L<sub>2</sub> 端，以醒目的红表笔作移动笔，并触及控制电路中间位置任一触点的任意一端进行测量。有电压表明该点正常，无电压则说明该点处已经断路。

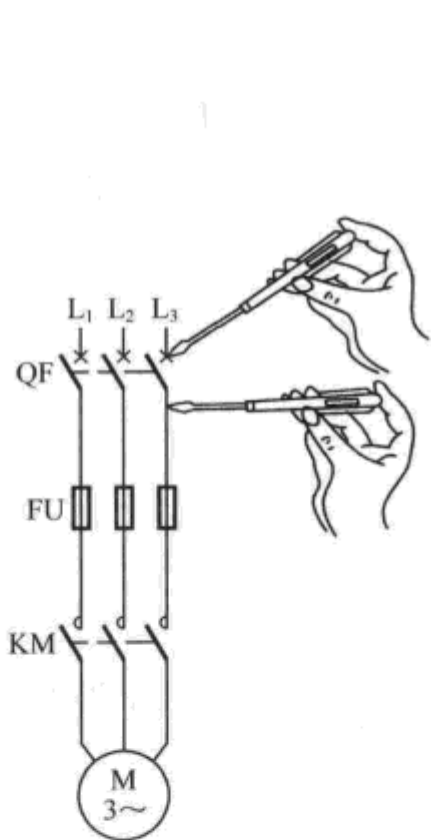


图 5-6 用试电笔检查主电路的断路故障

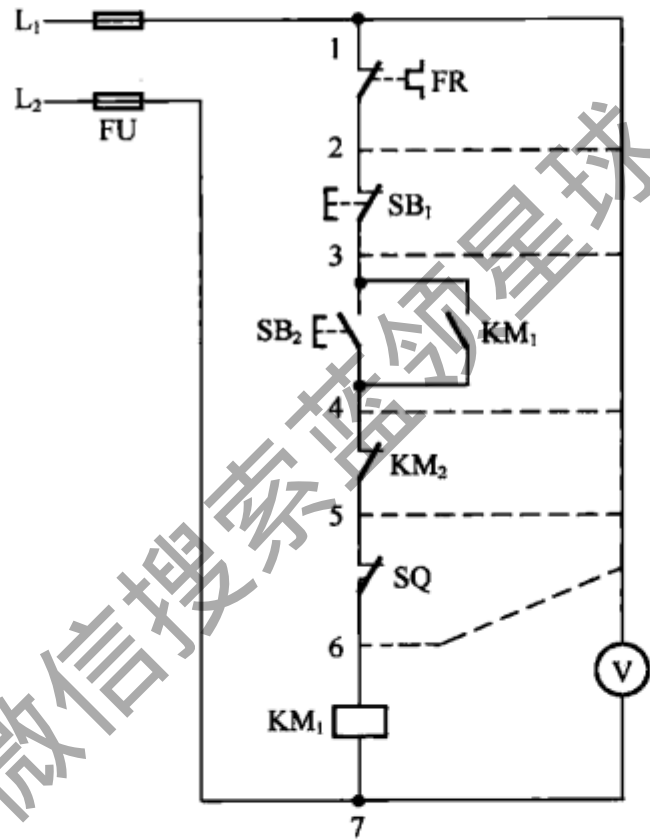


图 5-7 用电压法查找断路故障

(3) 电阻法

如图 5-8 所示，可用万用表的电阻挡测量线路的通断情况。在图 5-9 所示的电路中，按下启动按钮 SB<sub>2</sub>，接触器 KM<sub>1</sub> 不吸合，说明该电气回路有断路故障。在查找故障点前，首先把控制电路两端从控制电源上断开，然后将万用表置于 R×1 挡去测量。

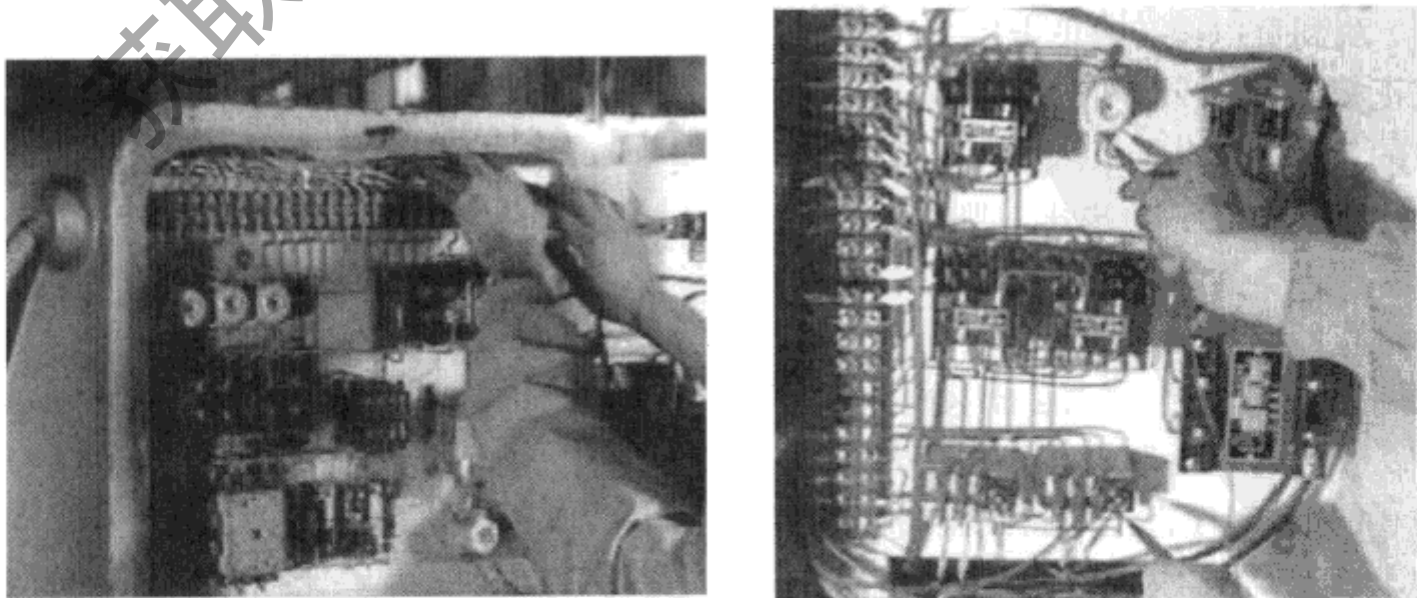


图 5-8 用万用表测量线路的通断

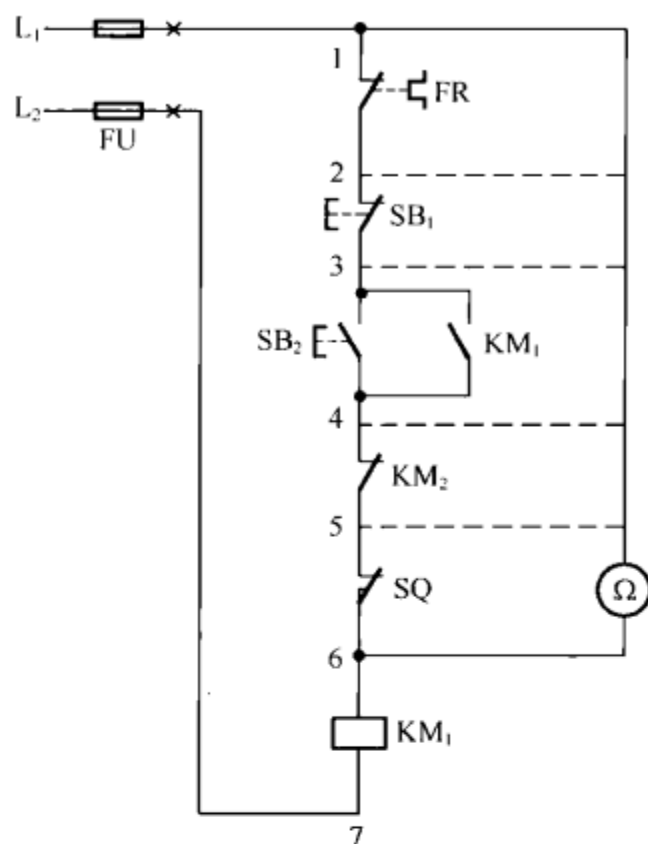


图 5-9 用电阻法查找断路故障

在测量时注意以下事项。

① 用电阻测量法检查故障时，应先断开电源。

② 如果被测电路与其他电路并联，必须将该电路与其他电路断开，否则所测得的电阻值是不准确的。

③ 测量高电阻值的电气元件时，要选择合适的电阻挡。

#### (4) 短接法

短接法就是用一根绝缘良好的导线，把所怀疑断路的部位短接，如果在短接过程中电路被接通，就说明该处断路。

如图 5-10 所示，电路中的 SB 是装在绝缘盒里的试验按钮，按钮型号为 LA18-22，电压为交流 550V、直流 440V，电流为 5A。它有两根引线，引线端头分别用黑色与红色鱼夹引出。

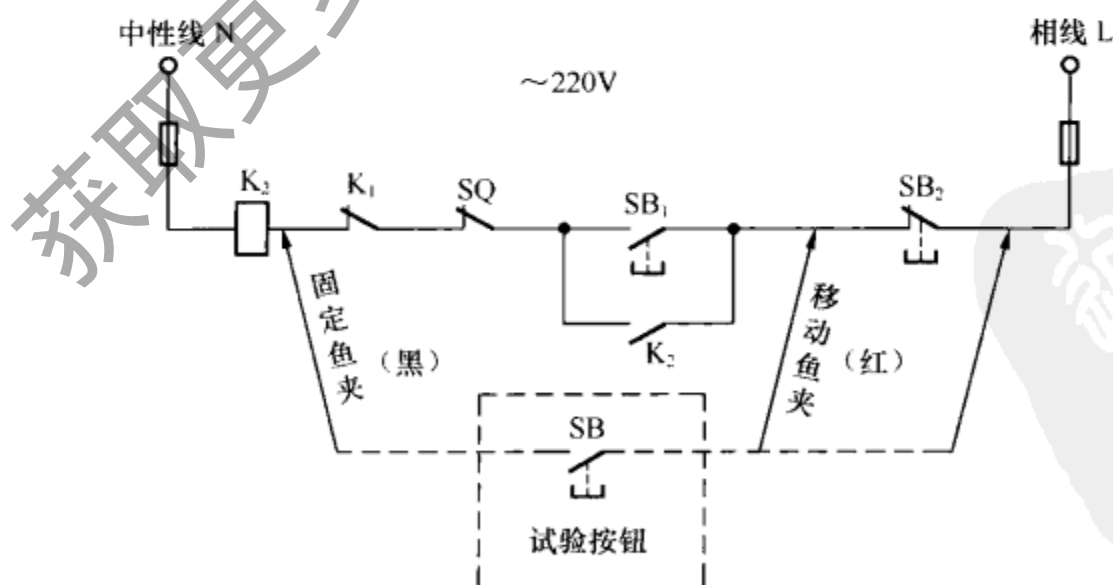


图 5-10 用短接法查找触点故障示意图

用短接法检查故障时应注意以下 3 点。

① 短接法是用手拿绝缘导线带电操作的，因此一定要注意安全，避免发生触电事故。

② 短接法只适用于检查压降极小的导线和触点之间的断路故障；对于压降较大的电器，

如电阻、线圈、绕组等断路故障，不能采用短接法，否则会出现短路故障。

③ 对于机床的某些要害部位，必须在保障电气设备或机械部位不会出现事故的情况下才能采用短接法。

### 知识链接

## 断路故障产生的原因

① 电接触材料的改变、接触压力的减小。比如：新的开关触点上一一般镀有一层银，经过长时间的磨损，镀层会消失，有的还会在接触面上积有灰尘、油污、氧化物，使接触电阻增大，同时弹簧变形、压力降低都会造成接触不良。

② 接触形式的改变。如果长期使用或修理工艺不正确，则会使接触面不平整或发生位移。比如从面接触变为了点接触，也会使电接触性能变差。

③ 腐蚀。铜、铝导体直接连接引起电化腐蚀；环境潮湿，有腐蚀性气体，又会导致或加剧电接触材料的化学腐蚀和电化学腐蚀，使接触电阻增大，有的还会破坏电接触材料的正常导电，产生断路故障。

④ 安装工艺不合格。对不同的电接触类型有不同的安装工艺要求，如导线绞接、压接、螺栓连接时不按工艺要求操作，压接不紧，也会产生接触不良。

导线受力点（如导线转弯、导线穿管、导线变截面等部位）在外力的作用下也容易发生断路故障。

## 2. 短路故障的检查

### (1) 电源间短路

电源间短路故障一般是通过电器的触点或连接导线将电源短路而造成的，如图 5-11 所示。行程开关 SQ 中的 3 点与 0 点因某种原因形成连接将电源短路时，其故障现象为电源合上，熔断器 FU 就熔断。

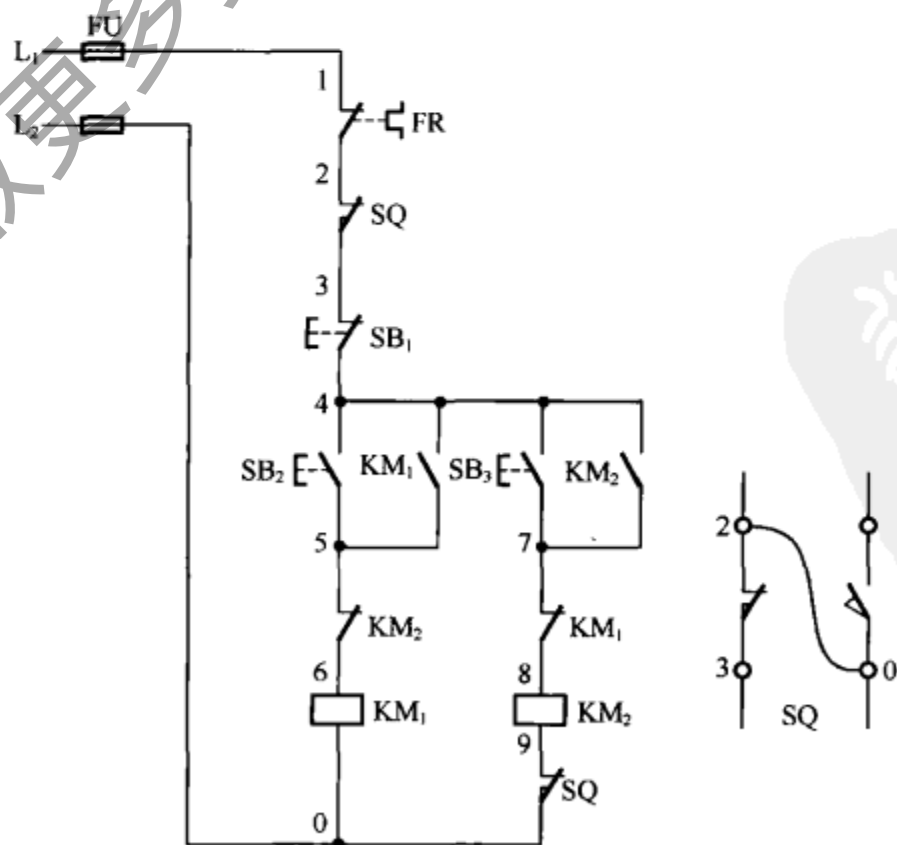


图 5-11 电源间短路

### (2) 电器触点之间短路

图 5-12 中接触器  $KM_1$  的两个辅助触点  $KM_1$  (3-4) 和  $KM_1$  (7-8) 因某种原因短路, 其故障现象为当合上电源时, 接触器  $KM_2$  立即吸合。

### (3) 触点本身短路

通常, 回路只有接通和断开两种状态。只有当回路中所有的触点都正常时, 电路才能正常工作。所以对于较简单的电路, 通过分析回路故障时的状态即可查出故障点。图 5-13 所示的为两个按钮同时按下才能使接触器吸合、释放的控制电路, 下面以此电路为例介绍触点本身短路故障的检查方法。

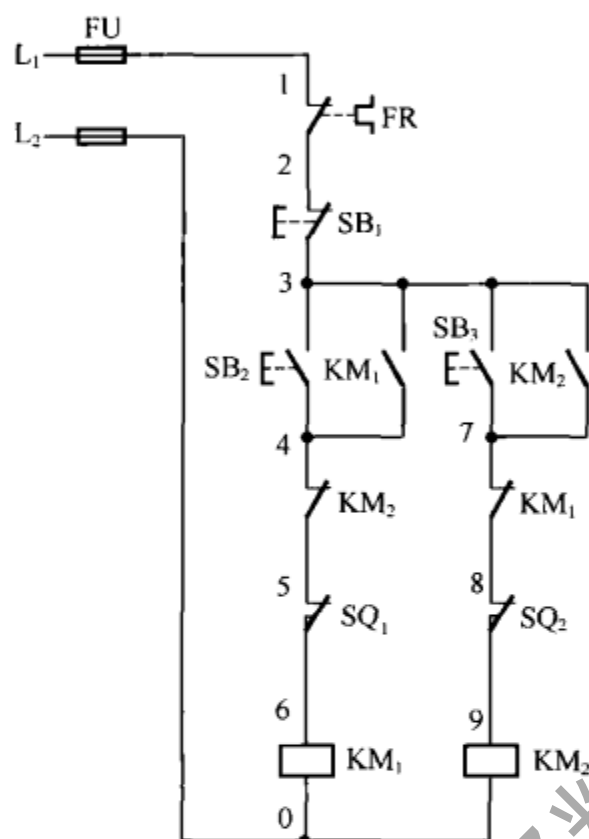


图 5-12 电器触点之间短路

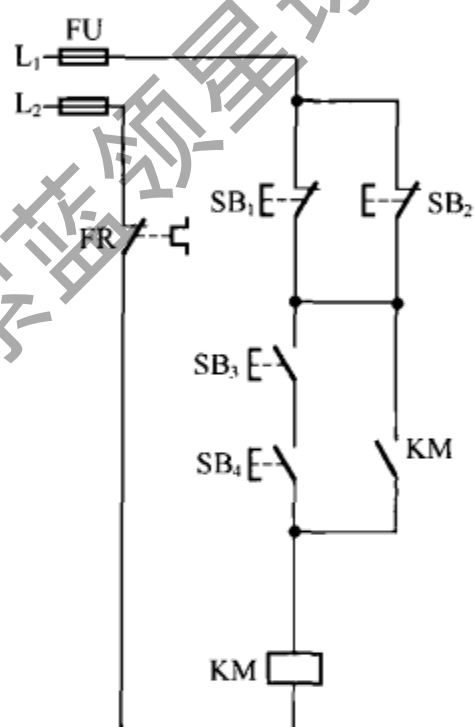


图 5-13 触点本身短路

在该电路中, 若按钮  $SB_3$  (或  $SB_4$ ) 的触点短路, 则只要按下启动按钮  $SB_4$  (或  $SB_3$ ), 接触器  $KM$  就吸合。若  $SB_3$ 、 $SB_4$  触点同时短路, 则接通电源后, 接触器  $KM$  就吸合。若停止按钮  $SB_1$  (或  $SB_2$ ) 的触点短路, 则同时按下停止按钮  $SB_1$  和  $SB_2$ , 接触器  $KM$  也不能释放。

### 3. 接地故障的检查

电路若有接地故障, 会使电路对地的绝缘电阻大大降低甚至为零。因此, 查找电路接地故障时, 只要测量电路对地的绝缘电阻即可。此绝缘电阻接近或等于零 (实接地) 时, 可以用电池灯、万用表或钳形电流表检查。当仍有一定的绝缘电阻 (虚接地) 时, 应用兆欧表或万用表检查。

#### (1) 用电池灯检查实接地故障

在图 5-14 所示的电路中, 接触器  $KM_2$  的线圈接地时, 可用万用表或电池灯检查, 现以电池灯检查为例说明其检查过程。

① 断开电源, 取下熔断器  $FU$  的熔体, 使控制电路与外电路断开。

② 确定故障范围。将电池灯的一端接地, 另一端分别触及 1 号线和 7 号线。当触及 7 号线时电池灯亮, 说明接地点在 7 号线及与 7 号线相连的  $KM_1$ 、 $KM_2$  线圈上。



③ 查找故障点。把 7 号线、 $KM_1$  线圈、 $KM_2$  线圈拆分为 3 部分，用电池灯分别试触 3 部分端点。当将电池灯触及 7 号线和  $KM_1$  线圈时灯泡不亮，而触及  $KM_2$  线圈时灯泡点亮，说明  $KM_2$  线圈接地。

### (2) 用钳形电流表检查实接地故障

上面介绍的方法应在停电的情况下进行，而用钳形电流表检查时，则可在不断电的情况下完成。

① 确定接地相。如图 5-15 所示，拆掉其中的两相熔断器，合上电源开关，分相试送电，然后将钳形电流表卡在配电变压器的中性线（接地线）上，分别测量三相的中性线电流。中性线电流大的一相即为接地相。

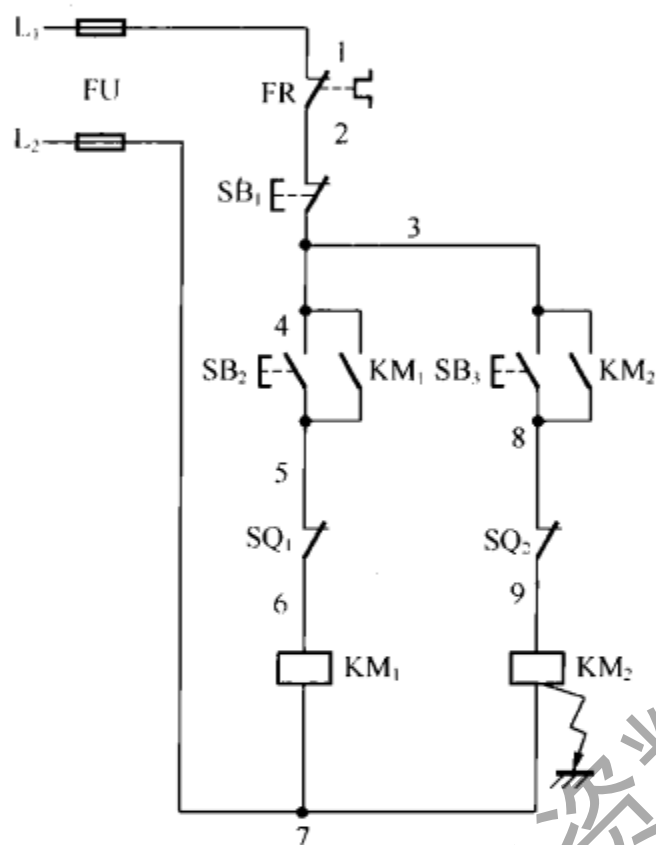


图 5-14 用电池灯检查电路实接地故障

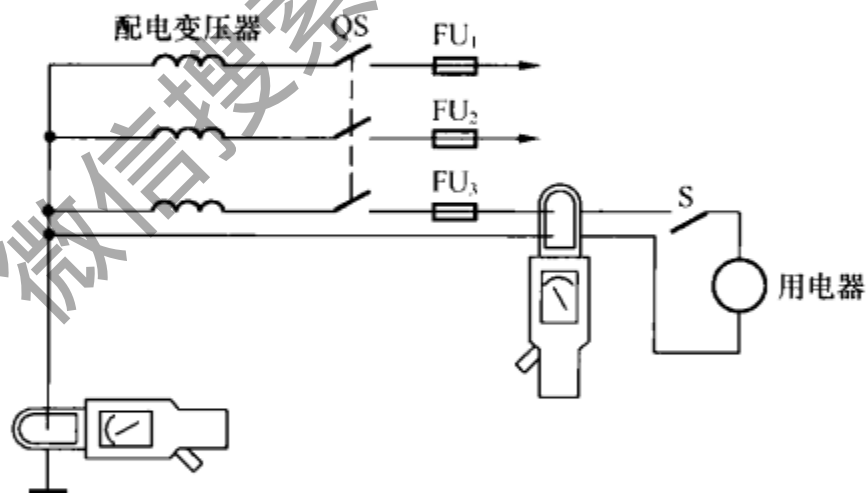


图 5-15 用钳形电流表检查实接地故障

② 采用分段法确定接地线路段。确定了接地相后，在接地相大约一半长度的部位，找一个便于检测的测试点，用钳形电流表测量该测试点的电流。若电流很小，则表明接地故障在测试点至电源之间；若电流较大，则可判断接地故障点在测试点到负载之间。

③ 进一步缩小故障段或直接查出故障点。对于较短的线路，可通过对故障段上的重点部位（如接头处）进行检查来确定故障点；对于较长的线路，可采用上述分段法，进一步缩小检查范围，然后查出故障点。

### (3) 虚接地故障的检查

一般导线或线圈的绝缘老化时，它们的绝缘电阻降低，但仍然有一定的大小，这时不应该用电池灯检查，可用兆欧表或万用表检查。用兆欧表检查时，应匀速摇动手柄，并注意观察绝缘电阻数值的大小，因虚接地时接地与不接地只是对地绝缘电阻的大小不同。控制电路的绝缘电阻一般不小于  $0.5M\Omega$ 。

用万用表检查时，应将万用表置于  $R \times 1k$  或  $R \times 10k$  挡位上，方法与前面所讲的实接地故障的检查方法相同。但用万用表电阻挡检查可能会得不到正确的结论。

## 知识链接

## 接地故障产生的原因

电路中某点非正常接地所形成的故障，称为接地故障。接地故障有实接地和虚接地等。接地的原因一般有：机械损伤使绝缘破损，导线长期过负荷或长期使用而使绝缘老化，导线过电压使绝缘击穿，安装工艺不合格等。

## 4. 接线错误的检查

任何电路都是将元器件按照一定的顺序连接起来而组成的，如果这种顺序被打乱，或将电路中的一些控制元件漏接或错接，都将使电路不能正常工作。这种故障称为电路的接线错误。接线错误一般由于操作者粗心而造成。

## (1) 用试电笔检查控制电路的接线错误

在图 5-16 (a) 所示的电路中，误将控制电路的  $L_2$  相接在了 KM 主触点的后面，这会引起接触器 KM 不吸合，电动机不能启动。可按以下步骤进行检查。

接通电源，按下启动按钮  $SB_2$ ，接触器 KM 不吸合，这时用试电笔从电源  $L_2$  相的一侧测量 1 号线，试电笔不亮，说明 1 号线接线错误。经检查发现 1 号线接在了接触器 KM 主触点的后面，将其改接在接触器 KM 主触点的前面，如图 5-16 (b) 所示。重新试验，接触器吸合正常。

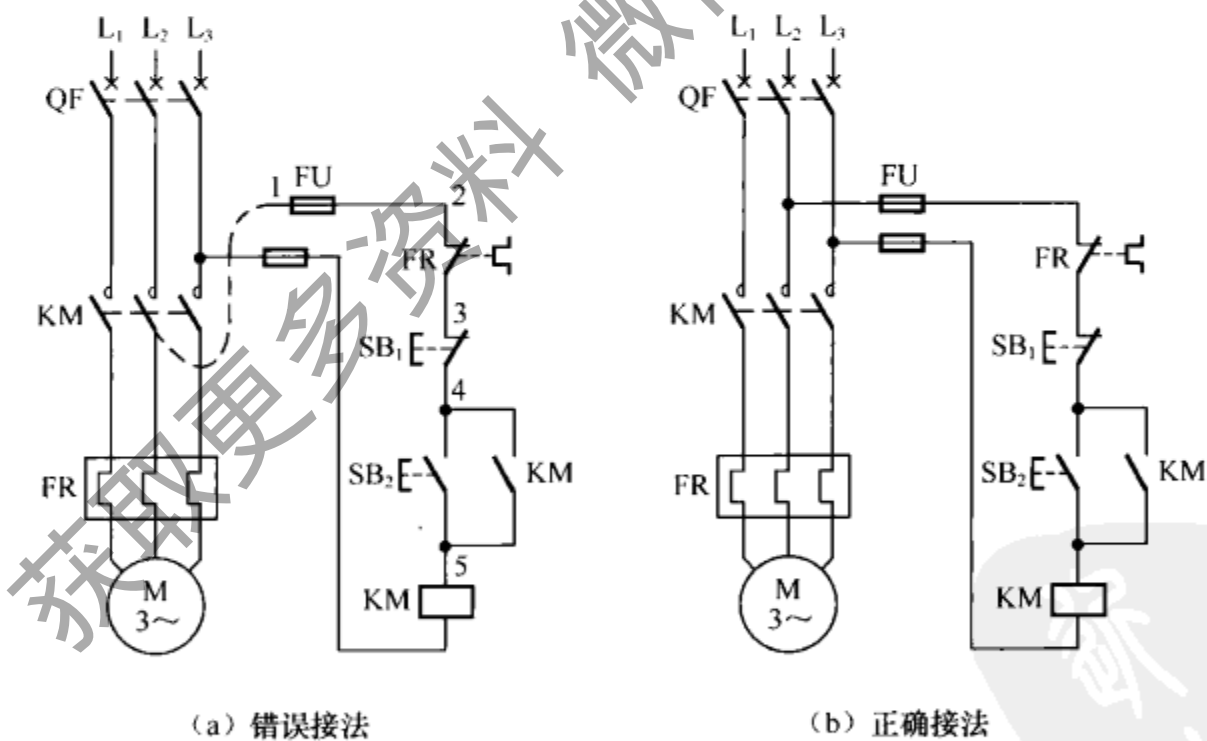


图 5-16 用试电笔检查控制电路的接线错误

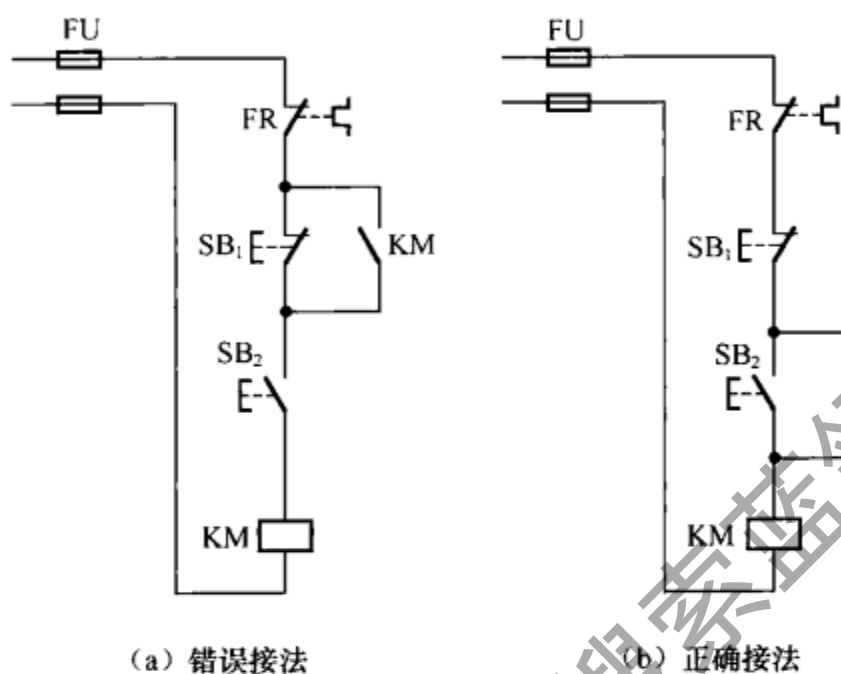
## (2) 用分析法检查控制电路的接线错误

在图 5-17 (a) 所示的电路中，误将 KM 的自锁触点与  $SB_1$  并联，这时接触器 KM 吸合后不能自保。按下  $SB_2$  不放，再按下停止按钮  $SB_1$  时，接触器 KM 不释放。这个故障看上去比较复杂，但只要认真分析，不难找出故障原因。

① 接触器 KM 吸合后不自保，说明 KM 的辅助触点接触不良或接线错误。经检查发现  $SB_2$  触点两端没有自保接线。

② 按下  $SB_2$  不放，再按下停止按钮  $SB_1$  时，接触器  $KM$  不释放，说明  $SB_1$  触点上可能并联有其他触点。经检查发现  $SB_1$  触点上有多余的接线。

通过以上的检查，将两种故障结合在一起考虑，很容易分析出故障的原因，即误将  $KM$  自保触点接在了  $SB_1$  按钮的两端，应将  $KM$  自保触点改接在  $SB_2$  按钮的两端。改正后的电路如图 5-17 (b) 所示。



(a) 错误接法

(b) 正确接法

图 5-17 用分析法检查控制电路的接线错误

## 5. 电源故障的检查方法

电源故障的检查相对来说比较简单。例如相线与中性线的判别可用万用表、试电笔等工具完成，也可通过导线的颜色、标号来判断；电源的相序也可根据导线的颜色、标号来判断，还可通过相序表来测量电源相序是否正确；电压不平衡故障的查找可用万用表来进行。

### 实例分析

**例 5.1** 三相电动机在运行中出现异常的“嗡嗡”声。

**分析与检修：**电动机在运行中出现“嗡嗡”的异常声响，有可能是由于电动机本身有绕组短路引起的，也有可能是供电线路有问题造成的。可围绕这两方面进行检查，先用仪表检查电动机的绝缘电阻，排除电动机绕组漏电或绝缘性能下降的可能性。

拆开电动机的接线盒，去掉连接片，用摇表（兆欧表）测得电动机各相绕组间的电阻值约为  $100M\Omega$ ，每相绕组与地（对外壳）之间的电阻约为  $60M\Omega$ ，说明电动机的绕组没问题。将三相电缆线（指连接电动机的这一段电缆线）短路，在电缆线的另一端用摇表检测，发现电缆线是通的，说明无断线现象。于是将电动机的连线恢复好，通电以后按启动按钮，测量交流电压，结果测得  $L_1$  与  $L_2$  相间的电压为  $380V$ ， $L_1$  与  $L_3$  相间的电压仅约为  $120V$ ， $L_2$  与  $L_3$  相间的电压也仅约为  $120V$ ，说明  $L_3$  相电压有问题。

经检查发现， $L_3$  相电缆的铜芯线大多数已断开。更换同一规格的电电缆线后，电动机正常运行，故障排除。

**例 5.2** 某电工按照图 5-18 组装了一个桥式整流可逆能耗制动电路。试机时，合上电源开关  $QS$ ，电动机就发出“嗡嗡”声，过一段时间后“嗡嗡”声消失。

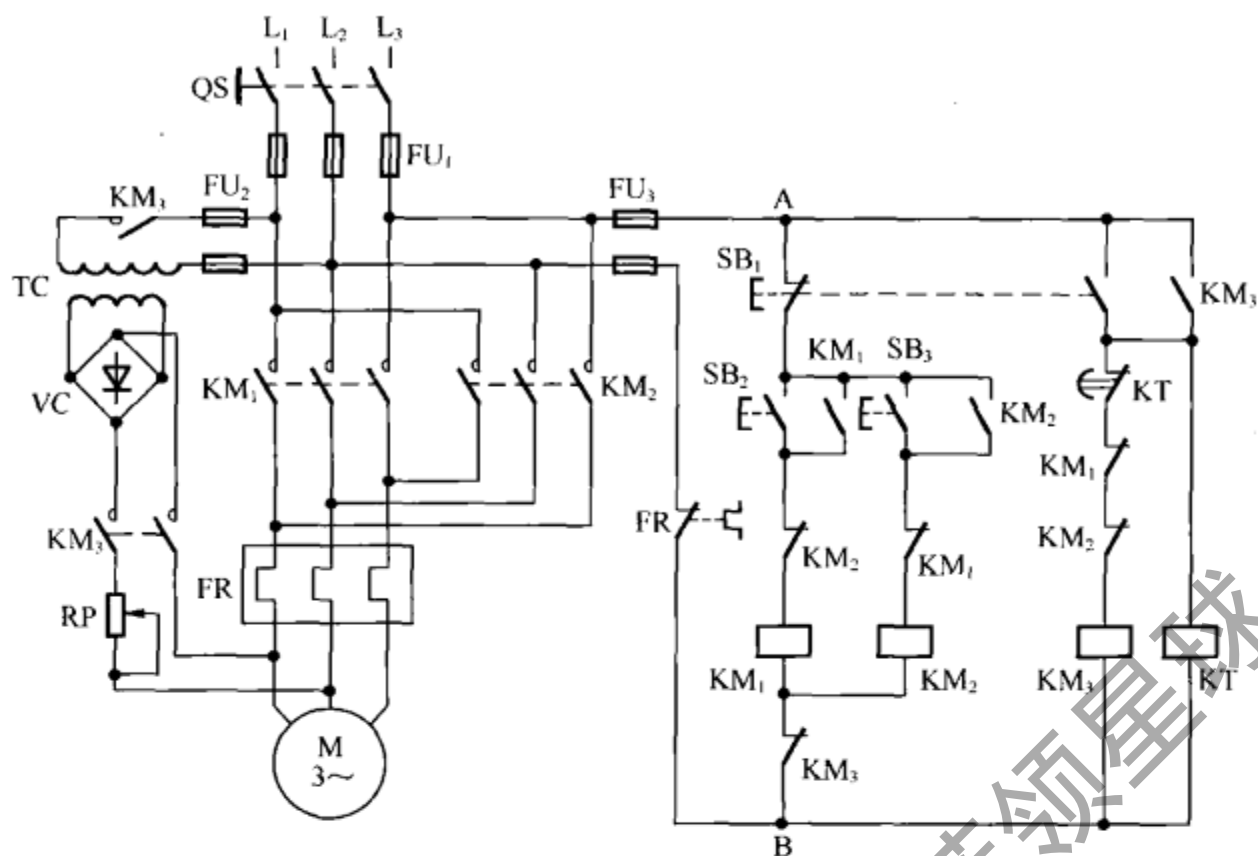


图 5-18 桥式整流可逆能耗制动电路

**分析与检修：**该“嗡嗡”声一般是接通电源后电动机通入直流电而发出的声音。检查时发现接触器  $KM_3$  已吸合，说明  $KM_3$  控制回路接线错误。从原理图中可以看出，按钮  $SB_1$  的常开触点接在  $KM_3$  控制回路中，如果  $SB_1$  的常开触点不接通，接触器  $KM_3$  不会吸合，所以首先检查  $SB_1$  的常开触点是否接通以及其两端的控制接线是否接反。检查后发现  $SB_1$  的常开触点两端的控制接线接反。原来时间继电器得电延时后， $KT$  的常闭触点延时断开，将  $KM_3$  控制回路切断，所以过一段时间“嗡嗡”声音就消失了。

**想一想** 如何检查电气控制线路的短路故障和断路故障？

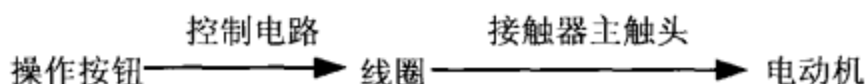
## 5.2 机床电气设备维护常识

——防微杜渐勤维护

### 5.2.1 机床电气控制系统概述——机械电气一体化，控制机床巨无霸

机床的种类很多，有车床、铣床、刨床、镗床等。各种机床的加工工序和工艺都不相同，它们所具有的功能都不相同，对电动机的驱动控制方式也不一样，因此不同种类、不同型号的机床具有不同的电气控制电路。

一个完整的机床控制电路包括电源电路、主电路、控制电路和辅助电路 4 部分，其控制过程为：





从电路结构上看,用电动机拖动的生产机械和机床电路有多种,有的简单,有的复杂,但电气系统与机械系统的联系都非常密切。有些机床,如龙门刨床、万能铣床的工作台要求在一定距离内能自动往返循环,实现对工件的连续加工,常采用行程开关控制的电动机正、反转自动循环控制电路。

为了使电动机的正、反转控制与工作台的前进、后退运动相配合,控制电路中常设置行程开关并按要求安装在固定的位置上。当工作台运动到预定位置时,行程开关动作,自动切换电动机正、反转控制电路,通过机械传动机构使工作台自动往返运动。在机床电气控制电路中,复合按钮的数量较多。

### 知识链接

## 机床的分类

机床的分类方法很多,最常用的分类方法是按机床的加工性质和所用刀具来分类。按照这种方法分类,我国将机床分为十二大类,它们是:车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、铣床、刨插床、拉床、特种加工机床、锯床和其他机床。

每一类机床又可按其结构、性能和工艺特点的不同细分为若干组,如车床类就有普通车床、立式车床、六角车床、多刀半自动车床和单轴自动车床等。

### 5.2.2 数控机床的维护保养——机床数控设参数,按照规定常呵护

数控机床设备是一种自动化程度较高、结构较复杂的先进加工设备,人们常把它比喻为机床中的“贵族”,其基本组成如图 5-19 所示。

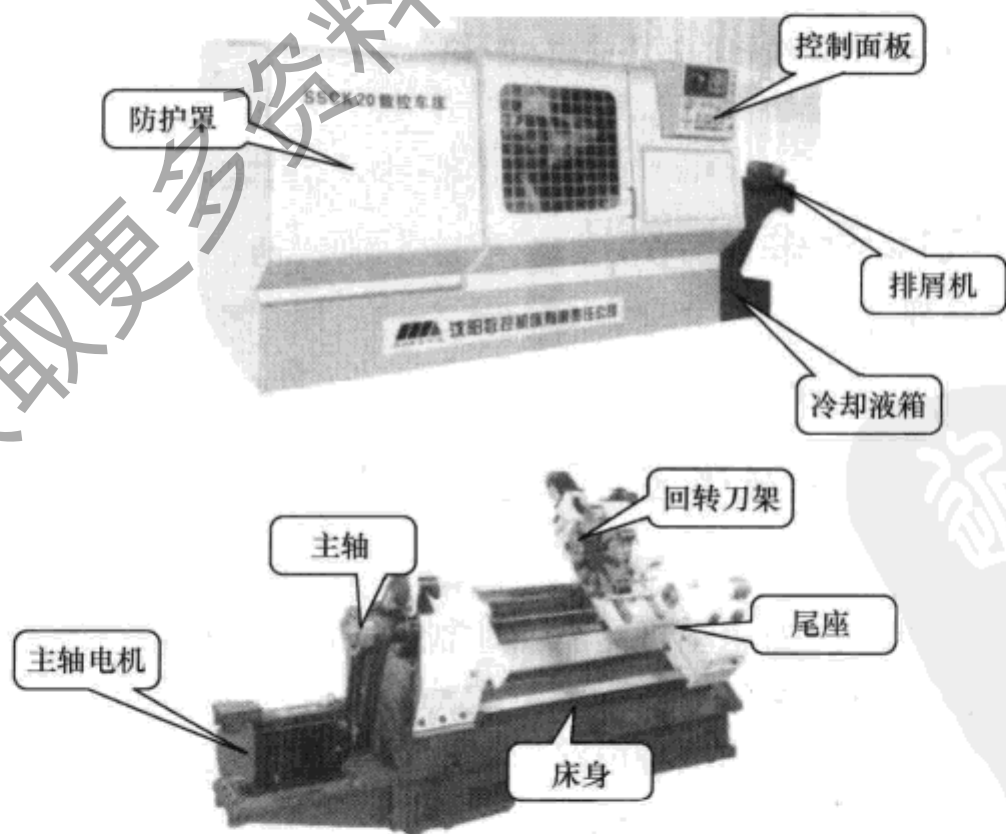


图 5-19 数控机床的基本组成

要让数控设备高效率工作,就必须正确操作和精心维护。正确操作和使用能防止机床非正常磨损,避免出现突发性故障;做好日常维护保养,可使设备保持良好的技术状态,延缓

劣化过程,及时发现和排除故障隐患,从而保证机床安全运行。

### 1. 使用数控机床应注意的问题

#### (1) 数控设备的使用环境

为延长数控设备的使用寿命,机床要避免受阳光直接照射和其他热源辐射,避免在潮湿、粉尘过多或有腐蚀性气体的场所使用。因为腐蚀性气体易使电子元件变质,造成接触不良或元件间短路,影响设备的正常运行。此外,精密的数控设备要远离震动大的设备,如冲床、锻压设备等。

#### (2) 电源要求

为了避免电源波动幅度大(大于 $\pm 10\%$ )和瞬间可能产生干扰信号等,数控设备一般采用专线供电(如从低压配电室分一路单独供数控机床使用)或增设稳压装置,以减少受供电质量的影响和电气干扰。

#### (3) 操作规程

操作规程是保证数控机床安全运行的重要措施之一,操作者一定要按操作规程操作。机床发生故障时,操作者要注意保留现场,并向维修人员如实说明出现故障前后的情况,以利于分析、诊断故障原因,及时排除故障。

另外,数控机床不宜长期封存不用。数控机床要充分利用,尤其是投入使用的第一年,使其容易出故障的薄弱环节在保修期内尽早暴露,以便及时排除。在没有加工任务时,数控机床也要定期通电,最好是每周通电1~2次,每次空运行1h左右,如图5-20所示。这样可利用机床本身的发热量来降低机内的湿度,使电子元器件不致受潮,同时也能及时为电池充电,防止系统软件、参数丢失。



图 5-20 定期通电维护

### 2. 数控机床的维护保养

数控机床的种类多,各类数控机床因其功能、结构及系统不同,各具不同的特性,其维护保养的内容和规则各有特色,一般应根据机床的种类、型号及实际使用情况,并参照机床使用说明书的要求,制定和建立必要的定期、定级保养制度。

下面介绍一些常见的、通用的数控机床日常维护保养要点。

#### (1) 数控系统的维护

① 严格遵守操作规程和日常维护制度。

② 尽量少开数控柜和强电柜的门。在机加工车间的空气中一般都会有油雾、灰尘甚至金属粉末,一旦这些物质散落在数控系统内的电路板或电子元器件上,容易引起元器件间的绝缘电阻减小,甚至导致元器件及电路板损坏。有的用户在夏天为了使数控系统能超负荷长期工作,打开数控柜门来散热,这是一种极不可取的方法,其结果是将导致加速数控系统损坏。

③ 定时清扫数控柜的散热通风系统。平时应经常检查数控柜中各个冷却风扇的工作是否正常。每半年或每季度检查一次风道过滤器是否有堵塞现象,若过滤网上灰尘积聚过多,不及时清理,会引起数控柜内温度过高。

④ 定期维护数控系统的输入/输出装置。20 世纪 80 年代以前生产的数控机床大多带有光电式纸带阅读机, 如果读带部分被污染, 将导致读入信息出错。为此, 必须按规定时间对光电阅读机进行维护。

⑤ 定期检查和更换直流电动机电刷。直流电动机电刷过度磨损, 会影响电动机的性能, 甚至造成电动机损坏。为此, 应对电动机电刷进行定期检查和更换。对于数控车床、数控铣床和加工中心等, 应每年检查一次电刷的磨损情况。

⑥ 定期更换存储用电池。在数控系统内对 CMOS RAM 存储器件设有可充电电池维护电路, 以保证系统在不通电期间能保持存储器中存储的信息不丢失。在一般情况下, 即使电池尚未失效, 也应每年更换一次, 以确保系统正常工作。电池的更换应在数控系统供电的状态下进行, 以防更换时 RAM 内的信息丢失。

⑦ 备用电路板的维护。备用的印制电路板长期不用时, 应定期装到数控系统中通电运行一段时间, 以防损坏。

## (2) 机械部件的维护

① 主传动链的维护。定期调整主轴驱动带的松紧程度, 防止因带打滑而造成丢转现象; 检查为主轴润滑的恒温油箱及其温度调节范围, 及时补充油量, 并清洗过滤器。主轴中的刀具夹紧装置长时间使用后会产生间隙, 影响刀具夹紧, 需及时调整液压缸活塞的位移量。机械部件的维护如图 5-21 所示。

② 滚珠丝杠副内螺纹的维护。定期检查、调整丝杠副内螺纹的轴向间隙, 保证反向传动精度和轴向刚度; 定期检查丝杠与床身的连接是否有松动; 丝杠防护装置如有损坏要及时更换, 以防灰尘或切屑进入。

③ 刀库及换刀机械手的维护。严禁把超重、超长的刀具装入刀库, 以避免机械手换刀时掉刀, 或刀具与工件、夹具发生碰撞; 经常检查刀库的回零位置是否正确, 检查机床主轴回换刀点的位置是否到位, 并及时调整。



图 5-21 机床机械部件的维护

开机时, 先使刀库和机械手空运行, 检查各部分工作是否正常, 特别是各行程开关和电磁阀能否正常动作; 检查刀具在机械手上的锁紧是否可靠, 发现不正常应及时处理。

数控机床刀库有盘式刀库、链式刀库和格子式刀库, 如图 5-22 所示。

## (3) 润滑、液压、气压系统的维护

定期对各润滑、液压、气压系统的过滤器或分滤网进行清洗或更换; 定期对液压系统进行油质化验检查, 及时更换液压油; 对气压系统分滤器要定期放水。

## (4) 机床精度的维护

定期进行机床水平度和机械精度检查, 并予以校正。机械精度的校正方法有软、硬两种。软方法主要是进行系统参数补偿, 如丝杠反向间隙补偿、各坐标定位精度定点补偿、机床回参考点位置校正等。硬方法一般在机床大修时进行, 如进行导轨修刮、滚珠丝杠副螺母预紧、

反向间隙调整等。

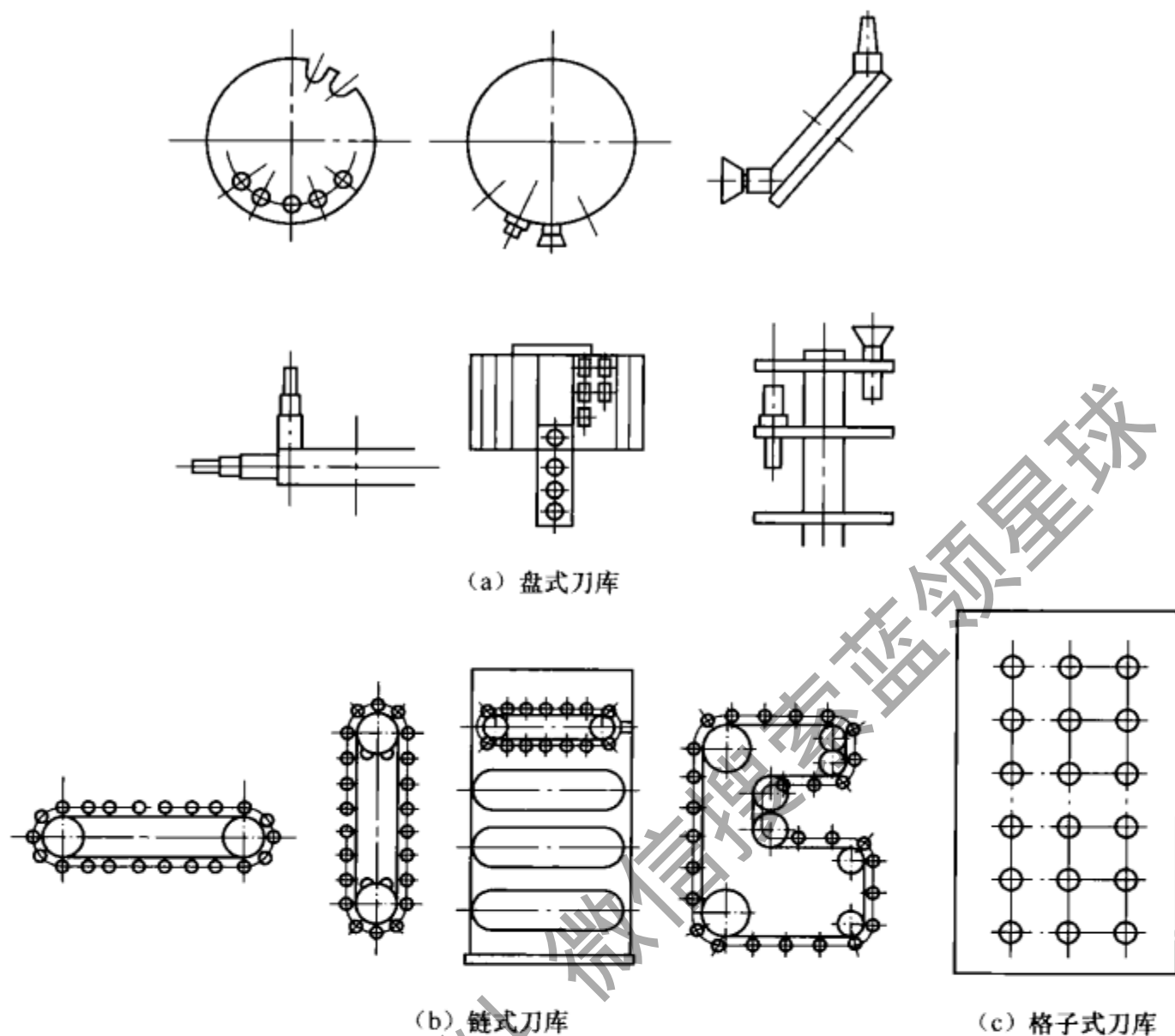


图 5-22 刀库示意图

### 知识链接

## 机床的特性代号

机床的特性代号包括通用特性和结构特性两部分，一般用汉语拼音字母表示。当某类机床（除有普通形式外）还有表 5-1 中所列的各种通用特性时，则应在类别代号之后加上相应的通用特性代号，如 CM6132 型号中的“M”表示“精密”之意，是精密普通车床。

表 5-1

机床通用特性代号

通用特性	代 号	通用特性	代 号
高精度	G	自动换刀	H
精密	M	仿形	F
自动	Z	万能	W
半自动	B	轻型	Q
数字程序控制	K	筒式	J



想一想 如何对数控机床进行维护与保养?



电工小百科

### 购买数控机床应查验的技术资料

在购买数控机床未达成最终协议时, 必须要求供方提供设备的各种原始资料和维修资料。通过对这些资料的学习, 能对生产厂的生产能力和设计能力有一定的了解, 如果疏忽这方面的工作, 就会使设备投入到生产中后产生许多不必要的麻烦。数控机床生产制造企业如果能完全具备下列资料, 应该说这家企业对系统的各个接口都有相当成熟的设计工艺能力, 完全可以保证设备投入到正常生产中去, 能为正常使用设备提供有力的保障。

- ① 操作说明手册。
- ② 编程说明手册。
- ③ 机械结构分解图。
- ④ 强电原理图和详细的排列图。
- ⑤ 弱电结构原理图和详细排列图。
- ⑥ 液压原理图和液压详细分布图。
- ⑦ 冷却系统原理图和详细的分布连接图。
- ⑧ 润滑系统原理图和详细分布排列图。
- ⑨ 主轴冷却系统的原理图和详细的连接排列图。
- ⑩ 设备 PC 图。
- ⑪ 设备系统操作手册和维修手册。
- ⑫ 各种参数设定方法。
- ⑬ 设备调试方法 (包括机械、电气系统)。
- ⑭ 各种传感器的布置图、电气零部件的明细表、各种易耗件的明细表。
- ⑮ 常见故障解决方法。
- ⑯ 各种外购件的说明书、使用手册以及电气机械的详细资料。

## 5.3 常用机床电气故障的检修

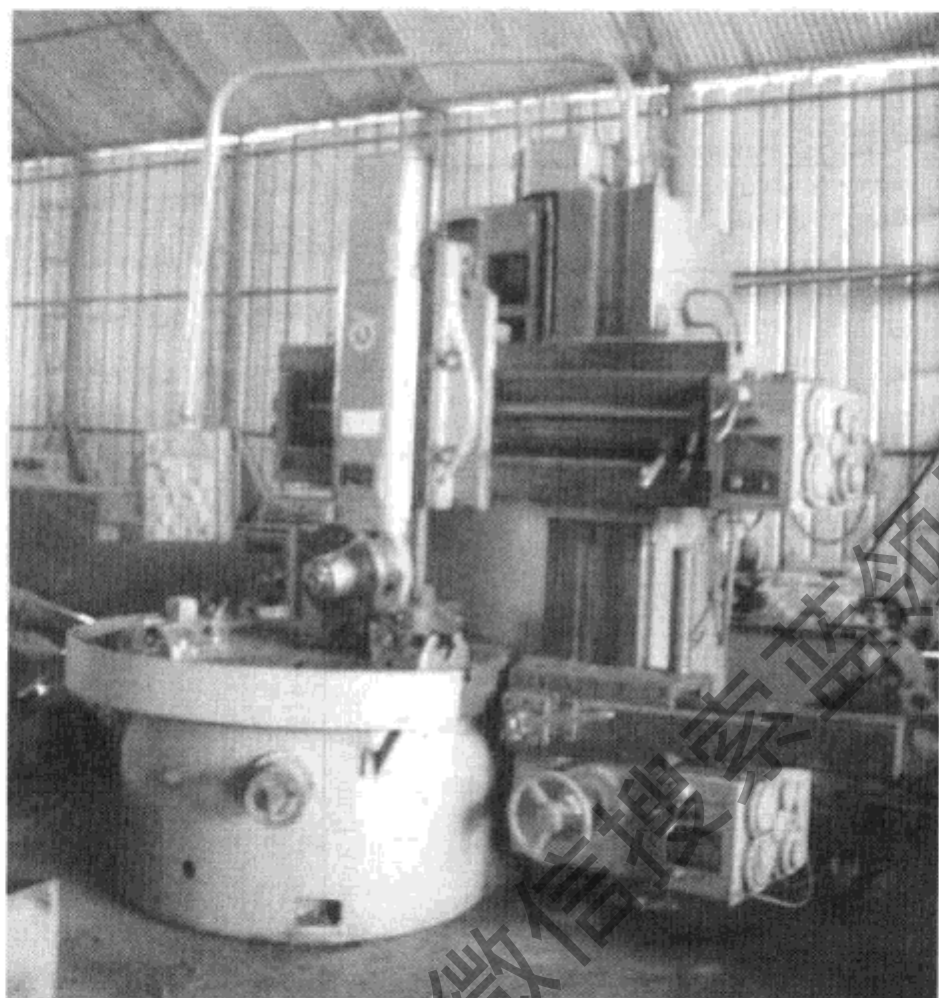
——按图索骥排故障

### 5.3.1 普通车床电气控制线路的故障检修

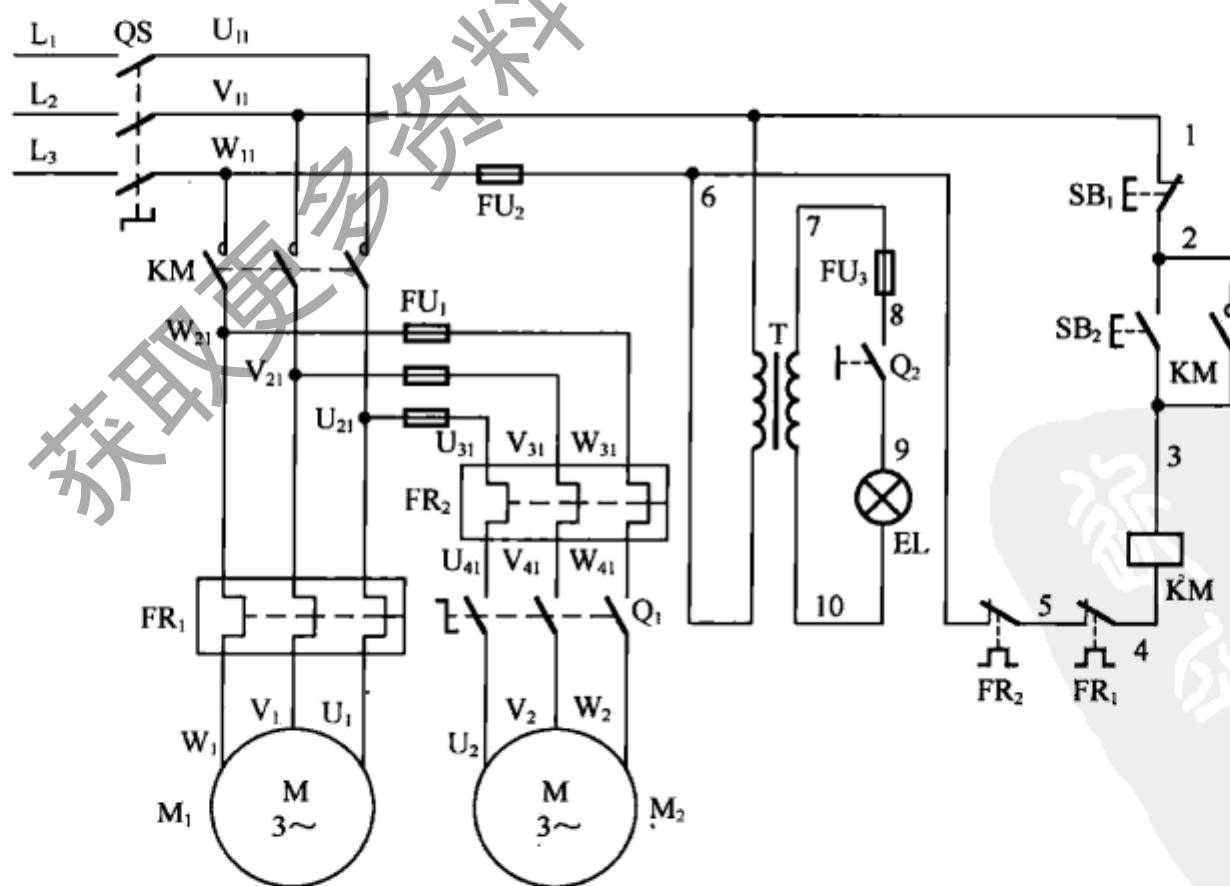
——旋转进给运动, 自锁失灵接头松

普通车床在机械加工行业中的应用很广泛, 其型号各异, 但控制线路都不是很复杂。下面以 CW6140 型车床为例, 介绍其控制线路的检修方法。

CW6140 型车床有两种主要运动形式：一种是主轴上的卡盘或顶尖带着工件的旋转运动，称为主运动；另一种是溜板带着刀架的直线运动，称为进给运动。图 5-23 给出了 CW6140 型车床的外形和电气控制线路图，图 5-24 为 CW6140 型车床的电气接线图。



(a) 外形图



(b) 电气控制线路图

图 5-23 CW6140 型车床的外形和电气控制线路图

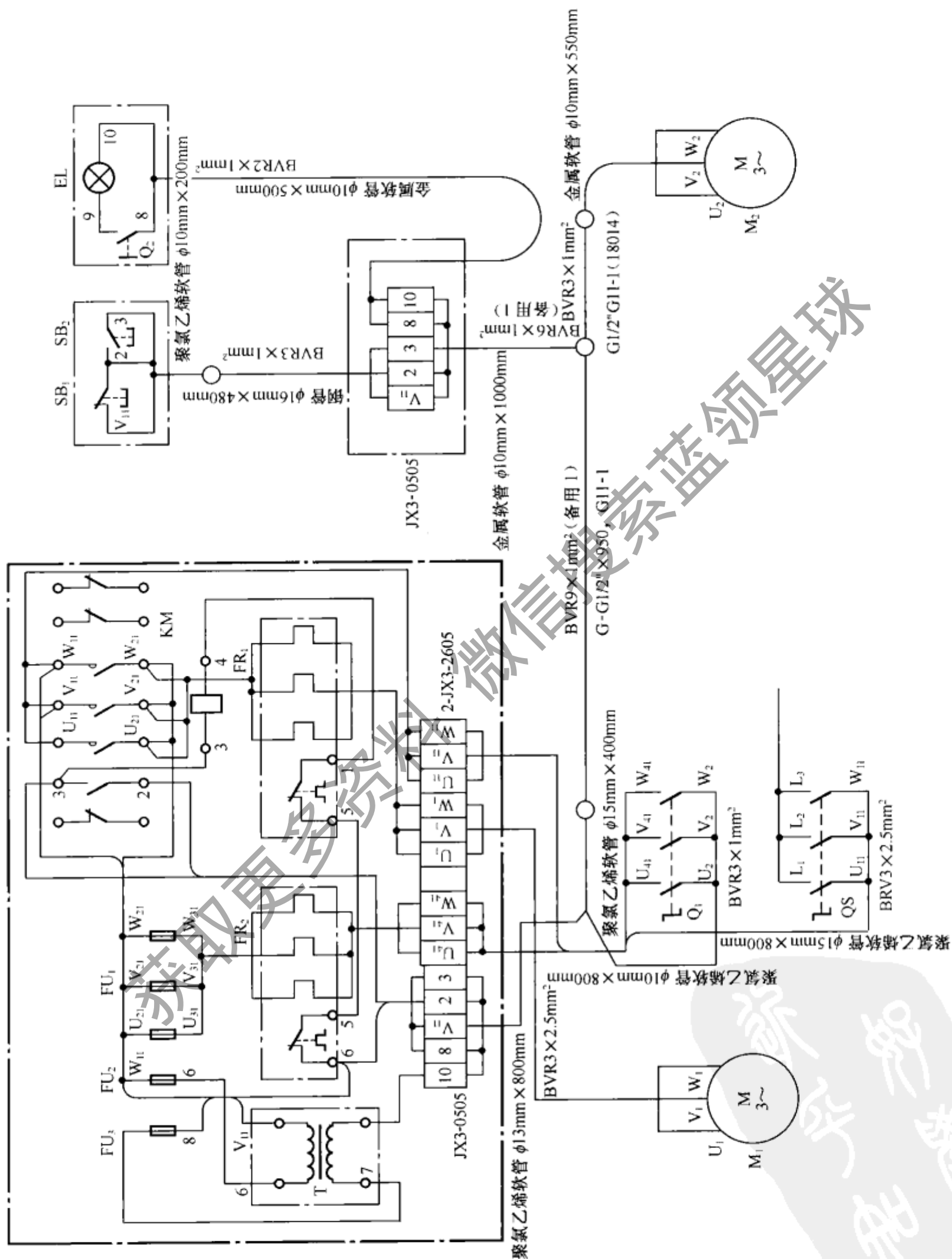


图 5-24 CW6140 型车床的电气接线图

CW6140 型车床电气控制线路的常见故障及检修方法见表 5-2。

表 5-2 CW6140 型车床电气控制线路的常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
接触器不吸合, 主轴电动机不启动	① 熔断器 $FU_1$ 熔断或接触不良; ② 热继电器 $FR_1$ 、 $FR_2$ 已动作, 或常闭触点接触不良; ③ 接触器 $KM$ 的线圈断线或接头接触不良; ④ 按钮 $SB_1$ 、 $SB_2$ 接触不良或按钮线路有断线处	① 更换熔芯或旋紧熔断器; ② 检查热继电器 $FR_1$ 、 $FR_2$ 动作的原因及常闭触点接触情况, 并予以修复; ③ 检查接触器 $KM$ 的线圈或接头接触情况, 并予以修复, 接触器衔铁若卡死应拆下重装; ④ 检查按钮触点或线路断线处, 并予以修复
接触器能吸合, 但主轴电动机不启动	① 接触器的主触点接触不良; ② 热继电器的电热丝烧断; ③ 电动机损坏, 接线脱落或断线	① 将接触器的主触点拆下, 用砂纸打磨, 使其接触良好; ② 更换热继电器; ③ 检查电动机或接线, 并予以修复
主轴电动机能启动, 但不能自锁(按下启动按钮后主电动机运转, 松开启动按钮后主电动机停转)	① 接触器 $KM$ 的自锁触点 (2-3) 接触不良或其接头松动; ② 按钮接线脱落	① 检查接触器的自锁触点, 并予以修复, 紧固接线端; ② 检查按钮接线, 并予以修复
主轴电动机缺相运行(主轴电动机转速很慢, 并发出“嗡嗡”声)	① 供电电源缺相; ② 接触器有一相接触不良; ③ 热继电器的电热丝烧断; ④ 电动机损坏, 接线脱落或断线	① 用万用表检测电源是否缺相, 检修供电电源; ② 检查接触器触点, 并予以修复; ③ 更换热继电器; ④ 检查电动机或接线, 并予以修复
主轴电动机不能停转(按 $SB_1$ , 电动机不停转)	① 接触器的主触点熔焊, 衔铁部位有异物卡住; ② 未擦去接触器铁芯的防锈油, 致使衔铁粘住	① 切断电源使电动机停转, 更换接触器主触点或将异物取出; ② 将接触器铁芯的防锈油擦干净
照明灯不亮	① 照明灯 $EL$ 损坏或熔断器 $FU_3$ 熔断; ② 变压器一、二次绕组断线或松脱、短路	① 更换照明灯或熔体; ② 用万用表检测变压器一、二次电压是否正常, 检查变压器是否有断线、短路故障, 并予以修复

### 实例分析

例 5.3 某 CW6140 型车床出现 3 台电动机均不能启动的故障。

分析与检修: 3 台电动机均不能启动的故障一般发生在 3 台电动机的公共控制电路或公共主电路中。



① 若按下启动按钮后所有的接触器都不吸合,则故障一般在控制电路中,应先检查熔断器  $FU_2$ 、 $FU_3$ ,然后检查  $FR_1$ 、 $FR_2$ 、 $SB_1$  的常闭触点及控制电路的公共连接导线。

② 若按下启动按钮后接触器吸合,但电动机不启动且有“嗡嗡”声,则说明主电路电源缺相。因接触器接在  $L_1$ 、 $L_2$  两相上,所以应是  $L_3$  相缺相,应依次检查  $L_3$  相所在的电源进线、开关  $QS$ 、 $FU_1$  及其连接导线。

想一想 CW6140 型车床出现按停止按钮后主轴不停转的故障,可能的原因有哪些?

### 5.3.2 平面磨床电气控制线路的故障检修 ——电磁吸盘多故障,控制元件莫相忘

磨床是指用磨具或磨料加工工件各种表面的机床,一般用于对零件淬硬表面进行磨削加工。通常,磨具旋转为主运动,工件或磨具的移动为进给运动。磨床可分为外圆磨床、内圆磨床、平面磨床、专用磨床和多用磨床等十余种,这里主要介绍 M7130 型平面磨床故障检修的相关知识。

#### 1. M7130 型平面磨床的基本结构及电气系统的组成

磨床是一种利用砂轮的周边或端面对工件进行加工的精密机床。M7130 型平面磨床是用砂轮来磨削加工各种工件平面的一种机床,其外形结构如图 5-25 所示。

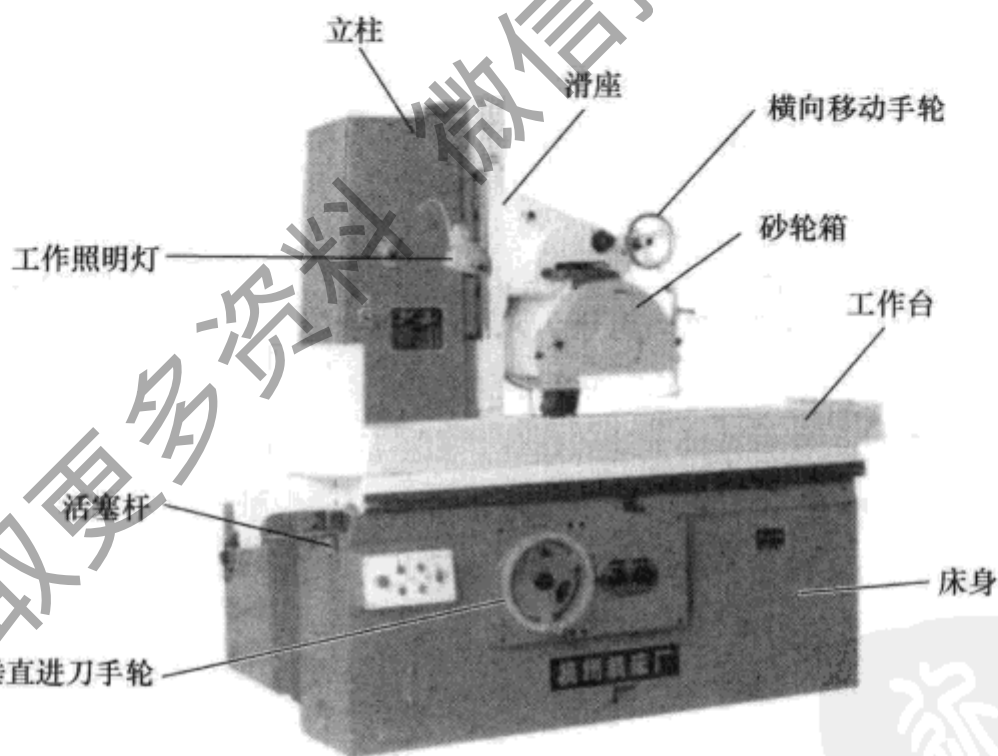


图 5-25 M7130 型平面磨床的外形结构

M7130 型平面磨床主要由床身、工作台、砂轮箱、滑座和立柱等部分组成。在床身上固定有立柱,沿立柱的导轨上装有滑座,在滑座内部装有液压传动机构,以实现横向进给。滑座可在立柱导轨上上下移动,并可由垂直进刀手轮操纵,砂轮箱能沿滑座水平导轨横向移动。在床身中装有液压传动装置,以使矩形工作台在床身导轨上通过压力油推动活塞杆作纵向往复运动。

#### (1) 电动机拖动系统

平面磨床是一种精密机床。为了实现最简单的机械传动,M7130 型平面磨床采用了 4 台电动机拖动,如图 5-26 所示。

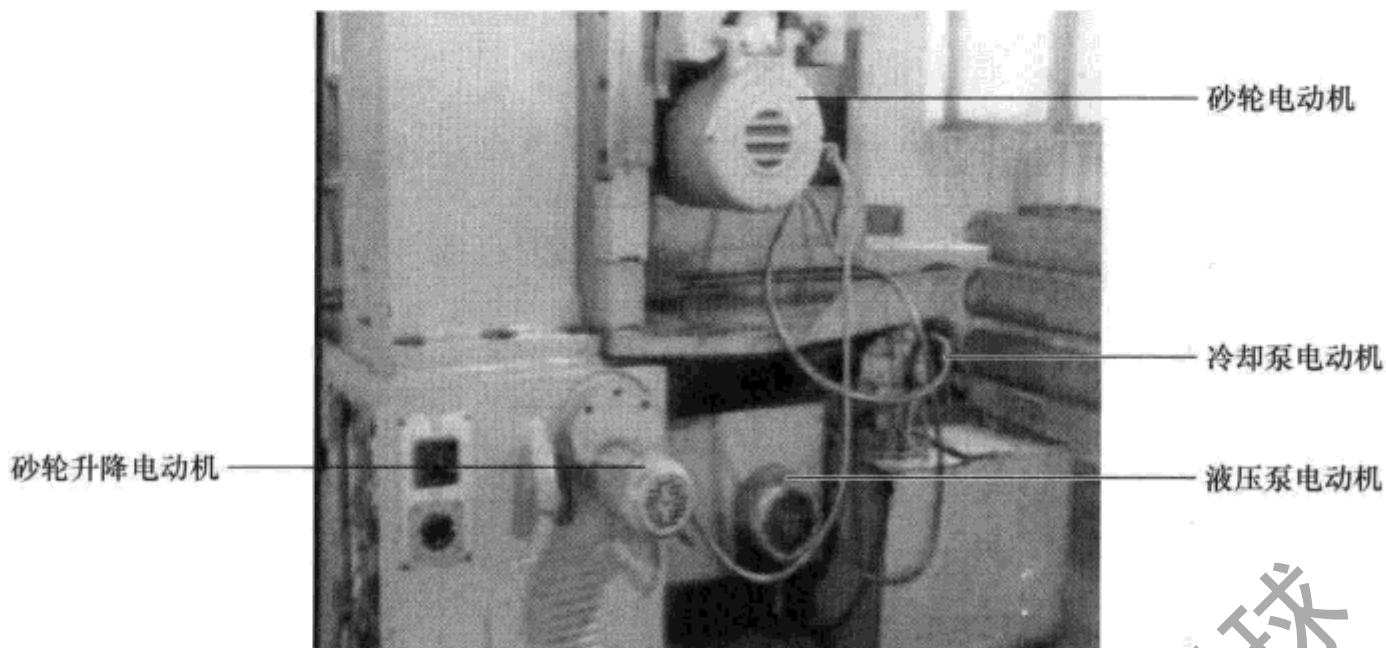


图 5-26 M7130 型平面磨床电动机分布图

砂轮电动机——拖动砂轮旋转，只要求单向旋转，无调速要求。

砂轮升降电动机——拖动砂轮升降，要求双向启动。

液压泵电动机——拖动液压泵供出压力油，实现工作台的纵向往复运动、砂轮箱的横向自动进给，并承担工作台导轨的润滑。

冷却泵电动机——拖动冷却泵，提供磨削加工时需要的冷却液。

## (2) 电磁吸盘

为了适应磨削小工件的需要，并保证工件在磨削过程中受热时可自由伸缩，采用电磁吸盘来吸持工件。

## (3) 照明电路与保护环节

设置照明电路和完善的保护环节，如电动机的短路保护、过载保护、零压保护及电磁吸盘的欠电流保护等。

## 2. M7130 型平面磨床常见电气故障分析

M7130 型平面磨床的电气控制线路如图 5-27 所示，下面对其常见故障进行简要分析。

### (1) 电动机无法启动

- ① 电源总开关  $QS_1$  接触不良，需调整或更换。
- ② 熔断器  $FU_1$ 、 $FU_2$  或  $FU_3$  的熔体已断，应更换熔体。
- ③ 欠电流继电器  $KA$  或转换开关  $QS_2$  接触不良，需调整或更换。
- ④ 控制按钮  $SB_1$ 、 $SB_2$ 、 $SB_3$  或  $SB_4$  接触不良，需调整或更换。

### (2) 电磁吸盘无吸力

- ① 电源接触不良或损坏，需调整或更换。
- ② 熔断器  $FU_1$ 、 $FU_2$  及  $FU_3$  的熔体已断，应更换熔体。
- ③ 插座  $XP_2$  接触不良，需调整或更换。
- ④ 欠电流继电器  $KA$  的线圈或电磁吸盘的线圈断开，需调整或更换。

### (3) 电磁吸盘吸力不足

- ① 交流电源的电压较低，导致直流电压降低，造成电磁吸盘吸力不足。
- ② 桥式整流电路发生断路或短路故障，造成过电流，致使电磁吸力不足甚至吸力消失。
- ③ 插座  $XP_2$  接触不良，需调整或更换。

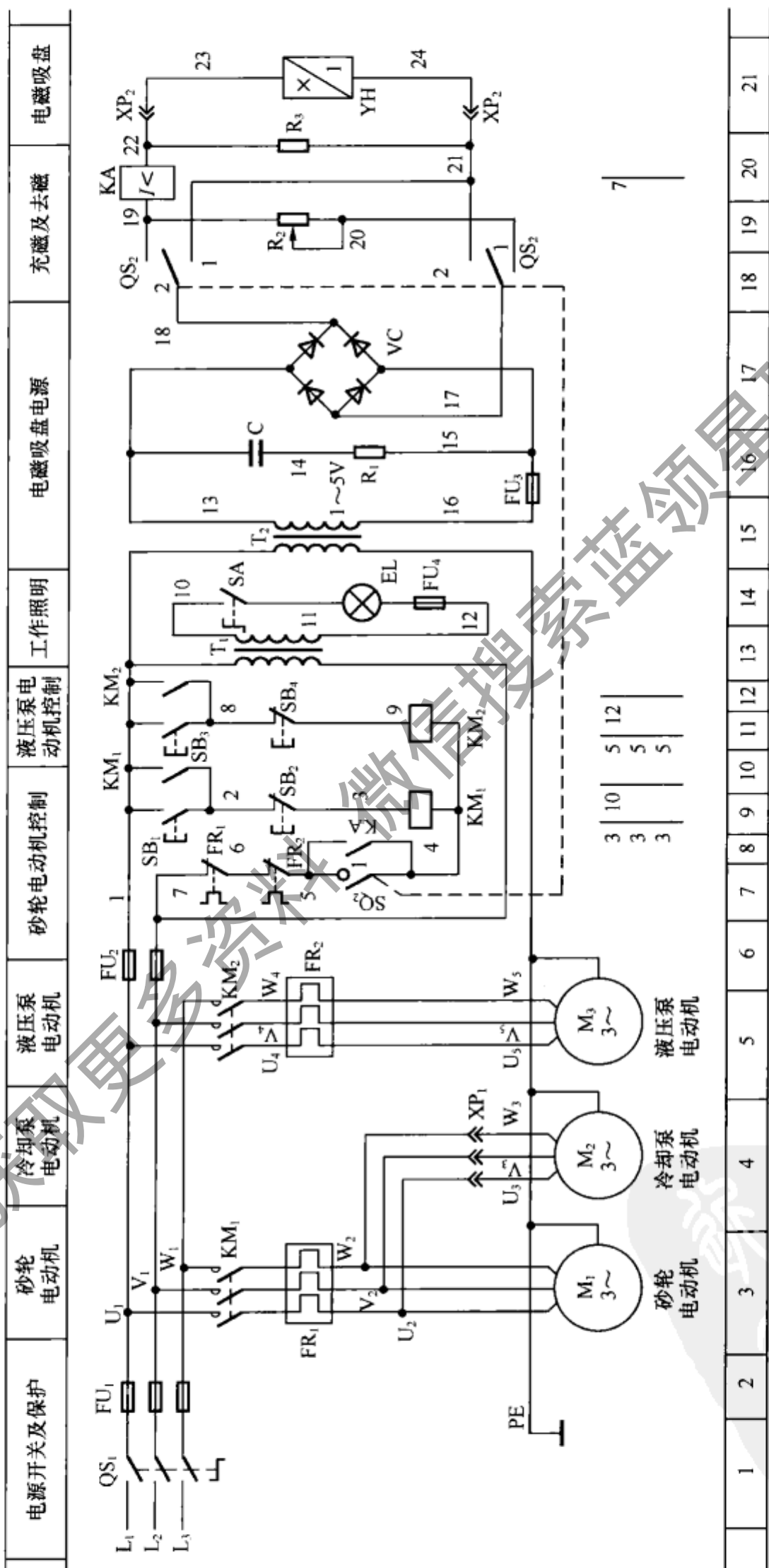


图 5-27 M7130 型平面磨床的电气控制线路

#### (4) 电磁吸盘的退磁效果差

这一故障将会造成被加工的工件难以从电磁吸盘上取下,其原因如下。

- ① 去磁电压过高或去磁回路断路造成无法去磁,需调整电路。
- ② 去磁时间过长或过短,应调整去磁时间。

#### (5) 照明灯不亮

- ① 照明灯已损坏,应更换新的。
- ② 照明灯开关 SA 未按下或已损坏,应按下开关 SA 或更换新的开关。
- ③ 变压器  $T_1$  的绕组已损坏,应更换新的变压器。

### 实例分析

例 5.4 M7130 型平面磨床出现电磁吸盘吸力不足或无吸力的故障。

#### 分析与检修:

① 确定故障范围。将开关  $QS_2$  置于“断开”位置,测量 VC 的直流输出端有无 120V 左右的直流电压。若无直流电压或直流电压偏低,说明故障在整流电路之前。

② 查找故障点。测量交流侧电压,若交流侧电压不正常,则应检查电源电压是否过低,熔断器  $FU_2$  的熔体是否熔断,变压器一、二次侧是否开路或短路。若交流侧电压正常,则故障必定在整流桥上。

③ 若 VC 的直流侧电压正常,可将开关  $QS_2$  置于“充磁”位置,然后测量插座  $XP_2$  有无电压。若无电压,则表明 VC 的输出端到插座  $XP_2$  间有开路故障,应停电后用万用表或电池灯检查,可重点检查开关  $QS_2$  是否接触不良以及 VC 至  $QS_2$  间的连接导线是否松脱。

④ 若插座  $XP_2$  两端的电压正常,则应检查插头与插座是否接触不良,电磁吸盘 YH 的线圈是否短路或断路。

#### 想一想

有人在检修 M7130 型平面磨床时,把热继电器  $FR_1$ 、 $FR_2$  的保护触点分别串联在接触器  $KM_1$ 、 $KM_2$  的线圈电路中,请结合图 5-27 分析这样做有何缺点?

### 5.3.3 摇臂钻床电气控制线路的故障检修

#### 一、钻削加工转摇臂,升降夹紧全有序

Z3040 型摇臂钻床是钻床中应用最广泛的一种机床,该机床具有操作方便灵活、适用范围广等特点,特别适用于多孔的大型零件的孔加工。

#### 1. Z3040 型摇臂钻床的主要结构

Z3040 型摇臂钻床的外形结构如图 5-28 所示。它主要由内立柱、外立柱、主轴箱、摇臂、工作台和底座等部分组成。主轴箱由主传动电动机、主轴和主轴传动机构、进给和变速机构以及机床的操作机构等部分组成。主轴箱安装在摇臂的水平导轨上,内立柱固定在底座的一端,外立柱套在它的外面,并可绕内立柱回转  $360^\circ$ 。摇臂的一端为套筒,它套装在外立柱上,不能绕外立柱转动,而只能与外立柱一起绕内立柱回转,还可借助丝杠的正、反转沿外立柱作上下垂直移动。



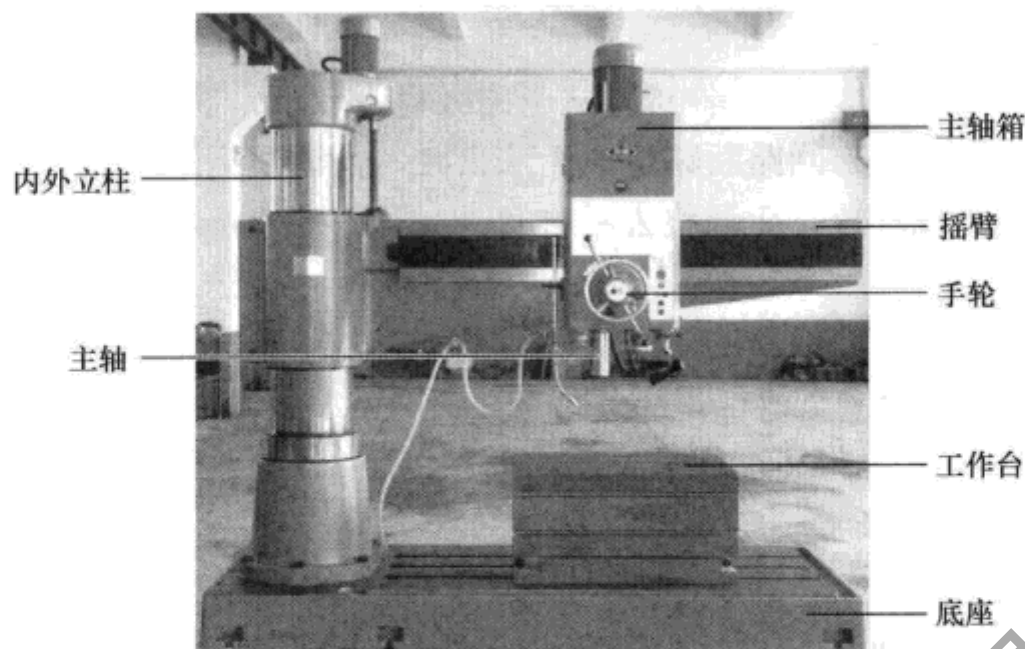


图 5-28 Z3040 型摇臂钻床的外形结构

## 2. Z3040 型摇臂钻床的运动形式

钻削加工时，钻头一边进行旋转切削，一边进行纵向进给，其运动形式如下。

主运动——摇臂钻床的主运动是指主轴的旋转运动。

进给运动——摇臂钻床的进给运动是指主轴的纵向进给运动。

辅助运动——包括摇臂与外立柱一起绕内立柱的回转运动、摇臂沿外立柱上导轨的上下垂直移动和主轴箱沿摇臂长度方向的左右移动。

## 3. Z3040 型摇臂钻床电力拖动系统组成

① 摇臂钻床采用直接启动的方式启动 4 台电动机进行拖动：主轴电动机，带动主轴旋转；摇臂升降电动机，带动摇臂进行升降；液压泵电动机，拖动液压泵供出压力油，使液压系统的夹紧机构实现夹紧与放松；冷却泵电动机，驱动冷却泵供出机床冷却液。

② 摇臂钻床的主运动和进给运动均为主轴的运动，可由 1 台主轴电动机拖动，并通过传动机构分别实现主轴的旋转和进给。

③ 主轴电动机和冷却泵电动机只需要正向旋转，摇臂升降电动机和液压泵电动机因需分别实现升降和夹紧与放松，要求能正、反向旋转。

④ 具备完善的保护环节和照明电路。

## 4. Z3040 型摇臂钻床常见电气故障分析

Z3040 型摇臂钻床的电气控制线路如图 5-29 所示，下面简要介绍其常见故障的检修思路。

### (1) 主轴电动机无法启动

- ① 电源总开关接触不良，需调整或更换，如图 5-30 所示。
- ② 控制按钮  $SB_1$  或  $SB_2$  接触不良，需调整或更换。
- ③ 接触器  $KM_1$  的线圈断线或触点接触不良，需重接或更换。
- ④ 低压断路器的熔体已熔断，应更换熔体。

### (2) 摇臂不能升降

- ① 行程开关  $SQ_2$  的位置移动，使摇臂松开后没有压下  $SQ_2$ 。
- ② 电动机的电源相序接反，导致行程开关  $SQ_2$  无法压下。
- ③ 液压系统出现故障，摇臂不能完全松开。
- ④ 控制按钮  $SB_3$  或  $SB_4$  接触不良，需调整或更换。

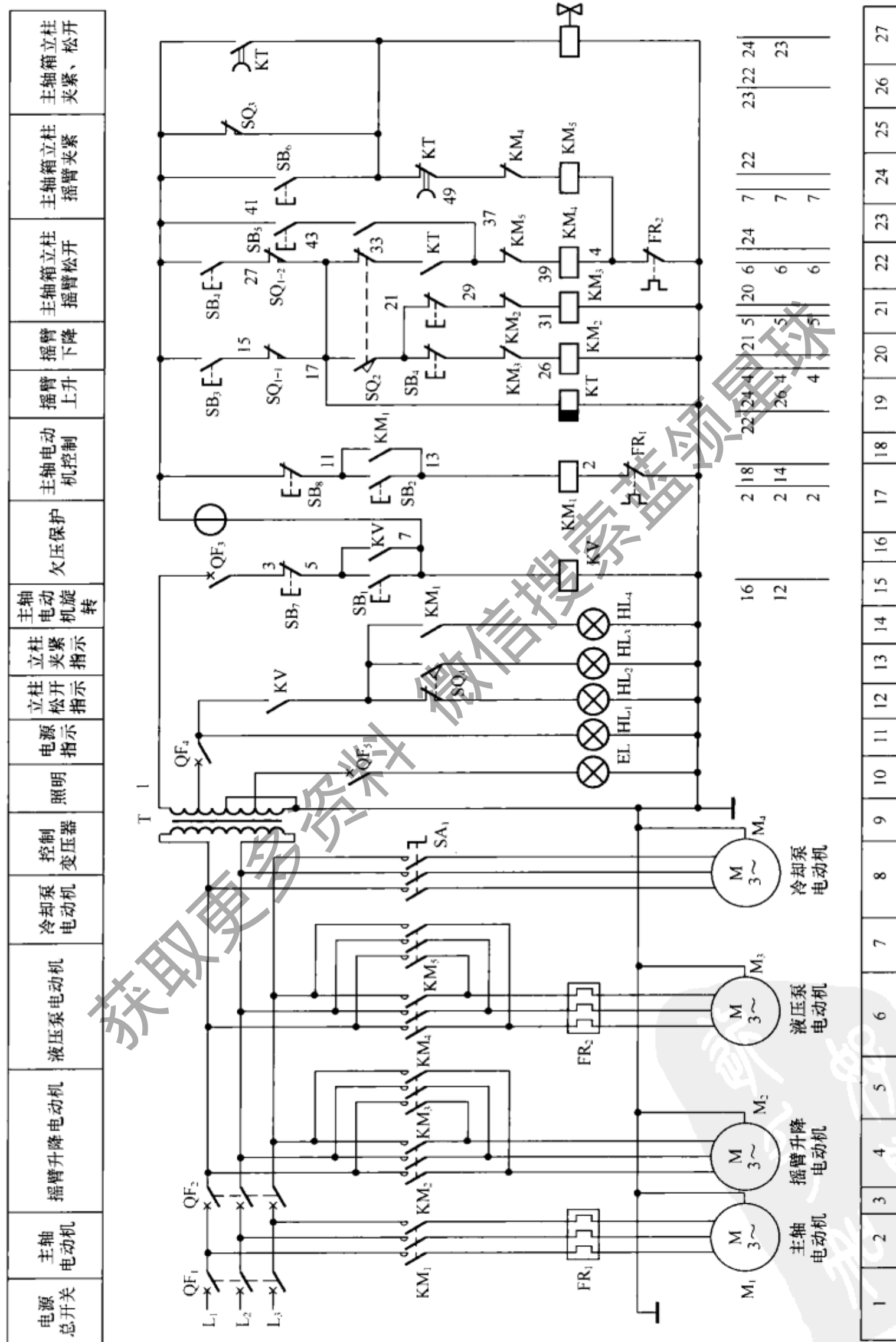


图 5-29 Z3040 型摇臂钻床的电气控制线路



图 5-30 更换电源总开关

⑤ 接触器  $KM_2$ 、 $KM_3$  的线圈断线或触点接触不良，应重接或更换。

(3) 摇臂升降后不能夹紧

① 行程开关  $SQ_3$  的安装位置不当，需进行调整，如图 5-31 所示。

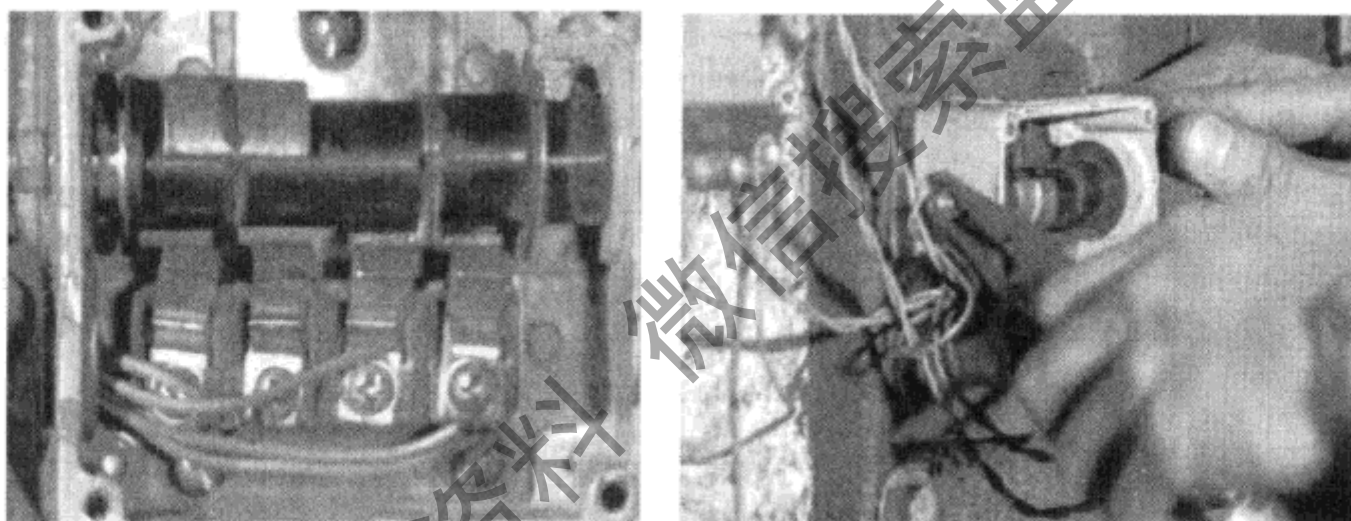


图 5-31 行程开关及其调整

② 行程开关  $SQ_3$  发生松动而过早地动作，液压泵电动机  $M_3$  在摇臂还未充分夹紧时就停止了旋转。

(4) 液压系统的故障

电磁阀芯卡住或油路堵塞，将造成液压控制系统失灵，需检查、疏通。

想一想

Z3040 型摇臂钻床电气控制线路中的转换开关  $SQ_1$ 、 $SQ_2$ 、 $SQ_3$  和  $SQ_4$  的作用是什么？该钻床若出现摇臂升降后不能夹紧的故障，应如何检修？

### 5.3.4 卧式铣床电气控制线路的故障检修

#### ——铣床线路较复杂，主轴故障常排查

铣床可以用来加工工件上各种形状的表面，如平面、成形面及各种类型的沟槽等；装上分度头之后，可以加工直齿轮或螺旋面；如果装上回转圆工作台，还可以加工凸轮和弧形槽。铣床按其结构形式和加工性能的不同，一般可以分为卧式铣床、立式铣床、龙门铣床、仿形铣床以及专用铣床，其中 X62W 型卧式万能铣床是实际应用最多的铣床之一。

### 1. X62W 型卧式万能铣床的主要结构

X62W 型卧式万能铣床主要由底座、床身、主轴、悬梁、工作台、手柄、溜板和升降台等部分组成,如图 5-32 所示。床身固定在底座上,其内装有主轴的传动机构和变速操纵机构,床身的顶部安装带有刀杆支架的悬梁,悬梁可沿水平导轨移动,以调整铣刀的位置。床身的前方(右侧面)装有垂直导轨,升降台可沿导轨作上下垂直移动。在升降台上的水平导轨上,装有可沿平行于主轴线方向(横向或前后)移动的溜板。溜板上面是可转动的回转台,工作台装在回转台的导轨上,它可作垂直于主轴线方向(纵向或左右)的移动。在工作台上有固定工件的 T 形槽。这样,安装在工作台上的工件可以作上、下、左、右、前和后 6 个方向的位置调整或工作进给。此外,该机床还可以安装圆形工作台,溜板也可绕垂直轴线方向左右旋转  $45^{\circ}$ ,便于工作台在倾斜方向上进行进给,完成螺旋槽的加工。

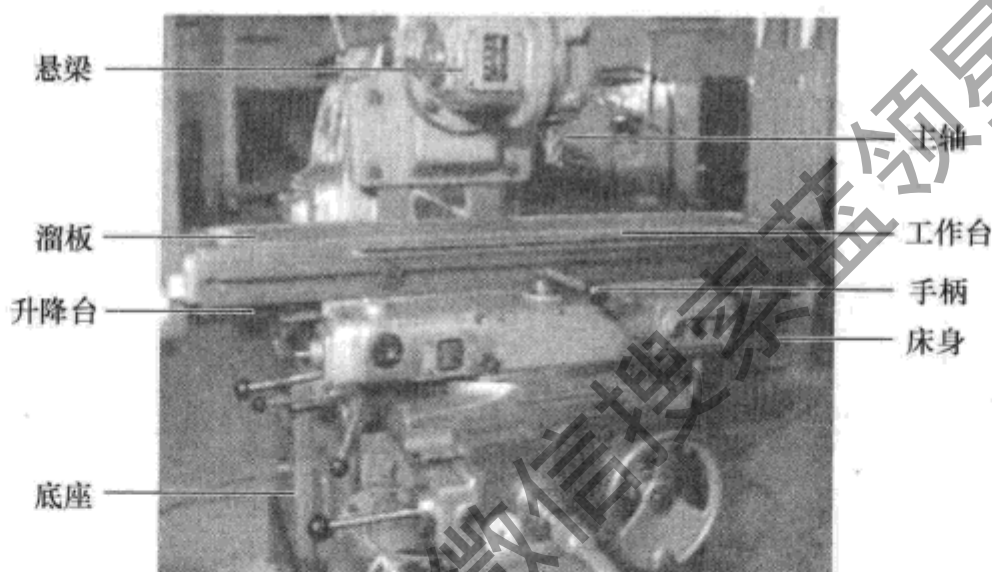


图 5-32 X62W 型卧式万能铣床的外形结构

### 2. X62W 型卧式万能铣床的运动形式

X62W 型卧式万能铣床有 3 种运动形式。

主运动——主轴带动铣刀旋转运动。

进给运动——工作台带动工件在相互垂直的 3 个方向上作直线运动。

辅助运动——工作台带动工件在相互垂直的 3 个方向上快速移动。

### 3. X62W 型卧式万能铣床电力拖动系统的组成

#### (1) 主轴电动机

主轴是由主轴电动机经弹性联轴器和变速机构的齿轮传动链来拖动的。

① 铣削加工有顺铣和逆铣两种方式,要求主轴能正、反转,但又不能在加工过程中转换铣削方式,必须在加工前选好转向,故采用倒顺开关(即正、反转转换开关)控制主轴电动机的转向。

② 为使主轴迅速停转,对主轴电动机采用速度继电器测速的串电阻反接制动方式。

③ 主轴转速要求调速范围广,可采用变速孔盘机构选择转速。为使变速箱内的齿轮易于啮合,减小齿轮端面的冲击,要求主轴电动机在主轴变速时稍微转动一下,称为变速冲动。这时也是利用限流电阻,以限制主轴电动机的启动电流和启动转矩,减小齿轮间的冲击。为此,主轴电动机有 3 种控制:正/反转启动、反接制动和变速冲动。

主轴变速是用机械机构完成的,如图 5-33 所示。需要变速时,将变速手柄拨向左边,



扇形齿轮带动齿条和拨叉使变速孔盘移出,致使与扇形齿轮同轴的凸轮触动变速冲动开关,接着转动变速数字盘至所需转速,再迅速将变速手柄推回原处。当手柄尚未达到终点位置时,应减慢推动速度,以便变速齿轮啮合,将孔盘顺利推入。在推入孔盘时,变速冲动开关又被凸轮触动,在孔盘完全推入到位时,变速冲动开关复位。如遇到孔盘推不进时,可重新扳回手柄,再推1~2次。

### (2) 工作台进给电动机

工作台进给分为机动和手动两种方式。手动进给是通过操作手轮或手柄实现的,机动进给是由工作台进给电动机配合有关手柄实现的。



图 5-33 主轴变速操纵机构

- ① 工作台在各个方向上能往返,要求工作台进给电动机能正、反转。
- ② 进给速度的转换也采用变速孔盘机构来实现,要求工作台进给电动机也能变速冲动。
- ③ 为缩短辅助工时,工作台在各个方向上均可快速移动。工作台由进给电动机拖动,用牵引电磁铁使摩擦离合器合上,减少中间传动装置,达到快速移动的目的。为此,工作台进给电动机有3种控制:进给、快速移动和变速冲动。

### (3) 冷却泵电动机

冷却泵电动机用于拖动冷却泵提供冷却液,对工件、刀具进行冷却、润滑,只需正向旋转。

### (4) 两地控制系统

为了能及时实现控制,机床设置了两套操纵系统,在机床正面及左侧面都安装了相同的按钮、手柄和手轮,操作方便。

### (5) 连锁机构

① 要求主轴电动机启动后(铣刀旋转)才能进行工作台的进给运动,即工作台进给电动机才能启动,进行铣削加工。而主轴电动机和工作台进给电动机需同时停止,采用接触器连锁。

② 工作台6个方向的进给也需要连锁,即在任何时候工作台只能有一个方向的运动,这是通过采用机械和电气的共同连锁实现的。

③ 如将圆工作台装在工作台上,其传动机构与纵向进给机构耦合,经机械和电气连锁,在6个方向的进给和快速移动都停止的情况下,可使圆工作台由工作台进给电动机拖动,只能沿一个方向作回转运动。

### (6) 保护环节

- ① 3台电动机均设有过载保护。
- ② 控制电路设有短路保护。
- ③ 工作台6个方向的运动都设有终端保护。当运动到极限位置时,终端撞块碰到相应手柄使其回到中间位置,行程开关复位,工作台进给电动机停转,工作台停止运动。

## 4. X62W型卧式万能铣床常见电气故障分析

X62W型卧式万能铣床的电气控制线路如图5-34所示,常见故障原因及检修方法见表5-3。

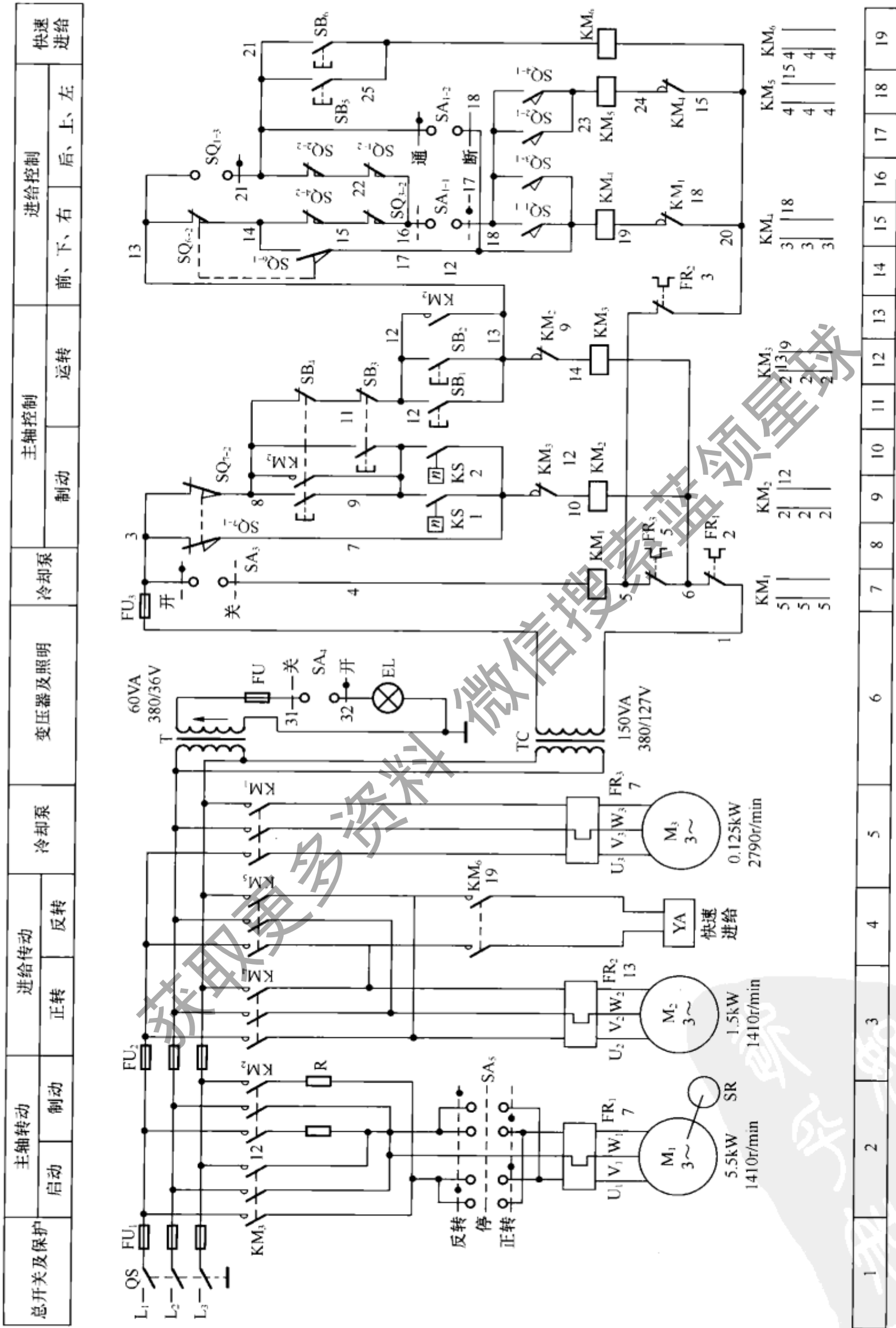


图 5-34 X62W 型卧式万能铣床电气控制线路图

表 5-3

X62W 型卧式万能铣床常见故障与检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
主轴电动机不启动	① 控制电路中熔断器 $FU_3$ 的熔丝烧断; ② 主轴换向开关 $SA_5$ 在停车位置; ③ 按钮 $SB_1 \sim SB_4$ 的触点接触不良; ④ 热继电器 $FR_1$ 、 $FR_2$ 的常闭触点接触不良或分断; ⑤ $KM_2$ 或 $KM_3$ 的主触点接触不良	① 更换熔丝; ② 把 $SA_5$ 拨到已选定方向的运行位置; ③ 修理或更换故障按钮; ④ 修理 $FR_1$ 、 $FR_2$ ; ⑤ 检修 $KM_2$ 、 $KM_3$ 的主触点, 如图 5-35 所示
主轴不能制动	① 速度继电器损坏, 如图 5-36 所示; ② 主轴制动电磁离合器线圈烧毁	① 拆换速度继电器; ② 更换该离合器线圈
主轴不能变速冲动	行程开关移位、被撞坏或断线, 如图 5-37 所示	使其复位, 拆换或检修行程开关接线
按停止按钮, 主轴不停转	① 接触器 $KM_2$ 、 $KM_3$ 的主触点熔焊; ② 按钮 $SB_3$ 、 $SB_4$ 的常闭触点粘连	① 修理或更换 $KM_2$ 、 $KM_3$ 的主触点; ② 检修或更换 $SB_3$ 、 $SB_4$
工作台不能进给	① 控制电路熔断器 $FU_3$ 的熔丝烧断; ② $KM_4$ 线圈开路或主触点接触不良; ③ $SQ_1 \sim SQ_4$ 的常闭触点接触不良, 接线松脱; ④ 热继电器 $FR_2$ 的常闭触点分断或接触不良; ⑤ $SQ_6$ 的常闭触点 $SQ_{6.2}$ 接触不良或分断; ⑥ 纵向操作手柄或十字手柄操作不到位	① 更换 $FU_3$ 的熔丝; ② 检修或更换 $KM_4$ ; ③ 检修行程开关及接线端子; ④ 检修 $FR_2$ 的常闭触点或更换; ⑤ 检修或更换 $SQ_6$ ; ⑥ 检修两个操作手柄的机械连接部分
进给动作不能变速冲动	① 进给变速冲动行程开关 $SQ_6$ 移位、被撞坏或接线松脱; ② 进给操作手柄不在零位, 如图 5-38 所示	① 使 $SQ_6$ 复位, 检修或更换 $SQ_6$ , 检查线路; ② 使操作手柄回归零位
工作台不能向上、向后进给	$SQ_4$ 的常开触点 $SQ_{4.1}$ 不能闭合	检修或更换 $SQ_4$
工作台不能纵向进给	$SQ_{6.2}$ 、 $SQ_{4.2}$ 、 $SQ_{3.2}$ 常闭触点接触不良或分断后不能闭合	检修故障触点或更换故障的行程开关
工作台不能快速进给	① 控制电路中熔断器 $FU_3$ 的熔丝烧断; ② 按钮 $SB_5$ 、 $SB_6$ 的触点接触不良或接线松脱; ③ 接触器 $KM_6$ 的线圈烧坏或主触点接触不良; ④ 快速进给电磁铁 $YA$ 损坏; ⑤ 转换开关 $SA_1$ 损坏	① 更换 $FU_3$ 的熔丝; ② 检修或更换 $SB_5$ 、 $SB_6$ , 检查相关线路接头; ③ 更换 $KM_6$ 的线圈, 检修其主触点; ④ 更换 $YA$ ; ⑤ 检修或更换 $SA_1$

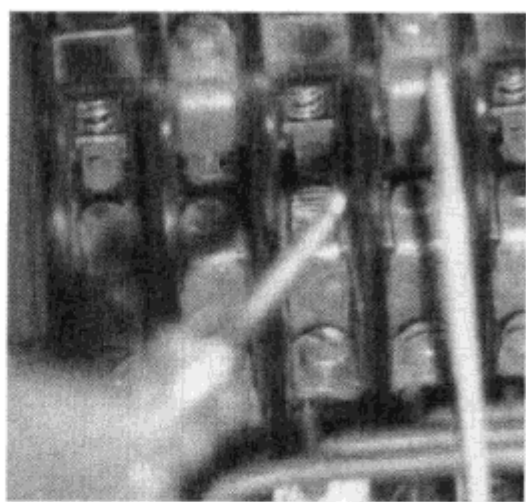


图 5-35 检修接触器触点

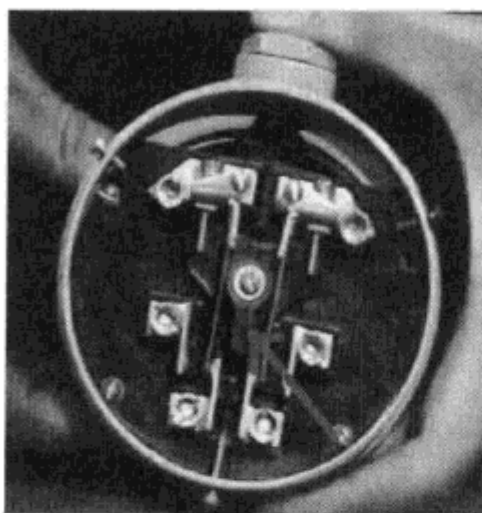


图 5-36 速度继电器的螺丝销钉

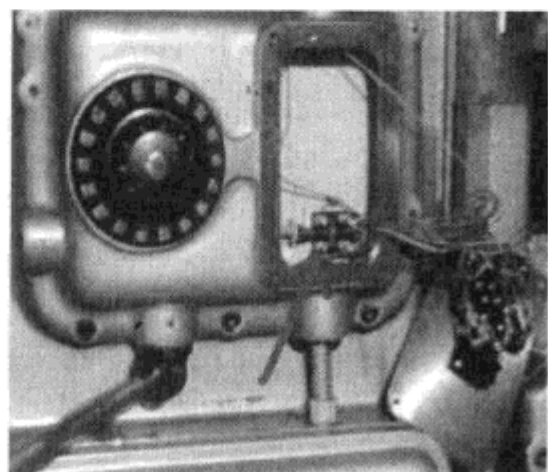


图 5-37 行程开关移位

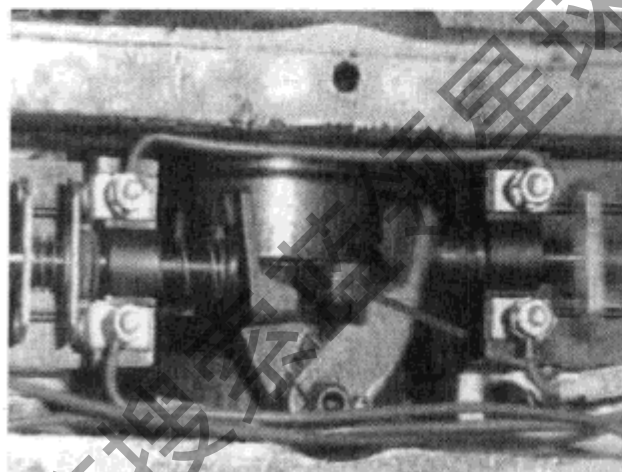


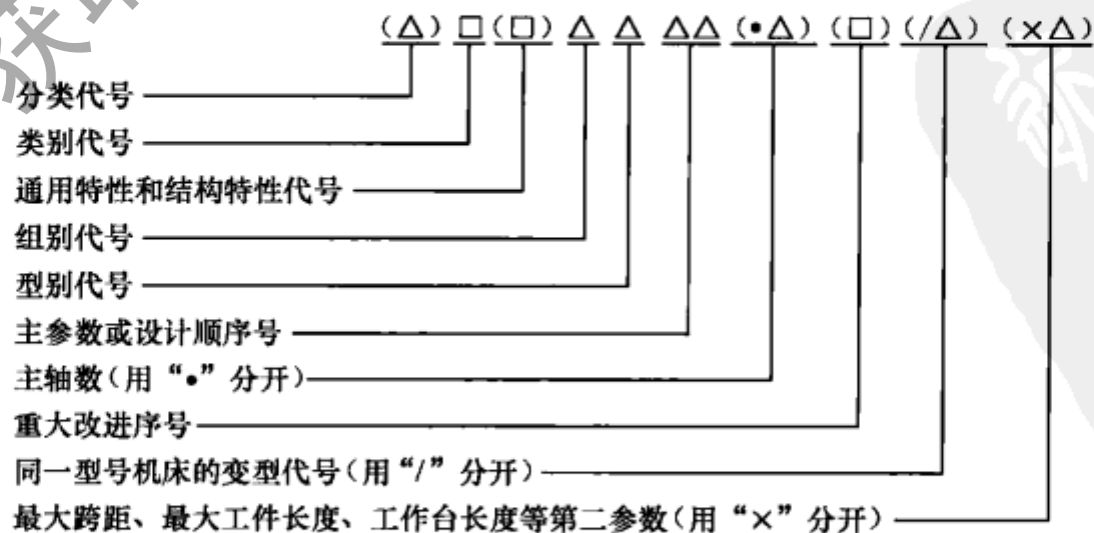
图 5-38 操作手柄不在零位

想一想 X62W 型卧式万能铣床控制线路具有哪些连锁与保护功能？它们是如何实现的？

知识链接

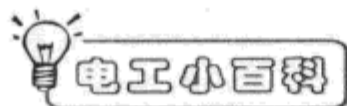
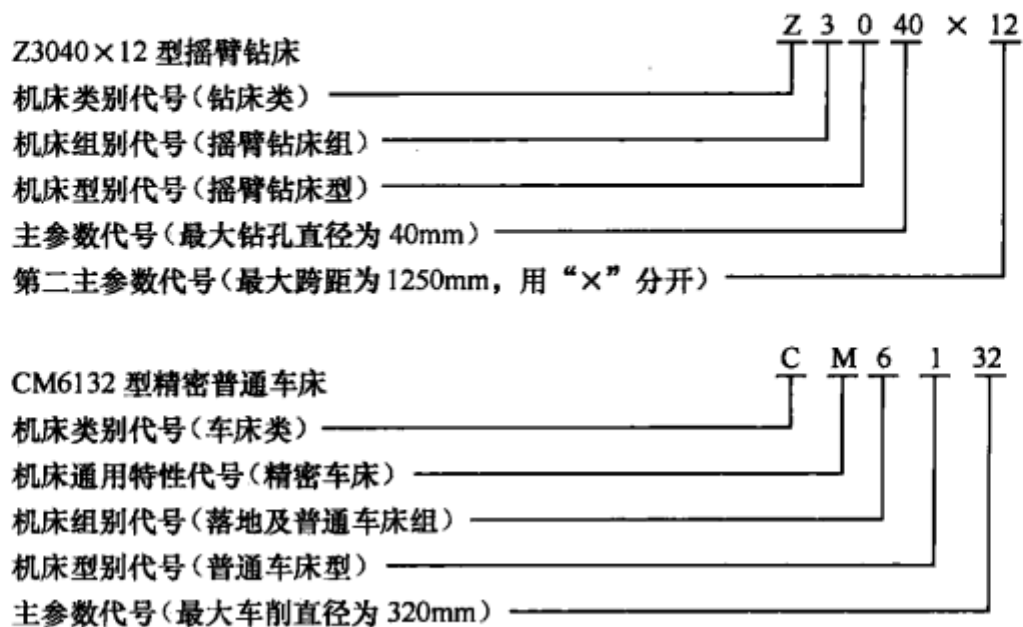
机床型号的表示方法

机床型号由汉语拼音字母和阿拉伯数字组合而成。型号中包含：机床的类别代号、机床的特性代号（包括通用特性代号和结构特性代号）、机床的组别和型别代号、主要性能参数代号、机床重大改进序号等。通用机床的型号表示方法如下。



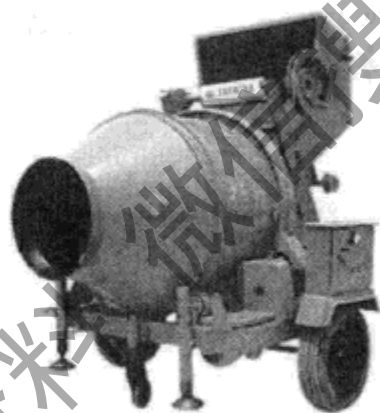
在上述型号中，“□”为大写的汉语拼音字母，“△”为阿拉伯数字。“( )”内的代号或数字，当无内容时则不表示，若有内容时应去掉括号。下面举例说明机床型号的含义。





### 混凝土搅拌机及控制电路

目前在建筑行业中搅拌混凝土普遍使用锥形反转出料混凝土搅拌机，其工作特点是正转搅拌、反转出料。图 5-39 所示为 JZC350 型锥形反转出料混凝土搅拌机及其电气控制电路。



(a) 实物图

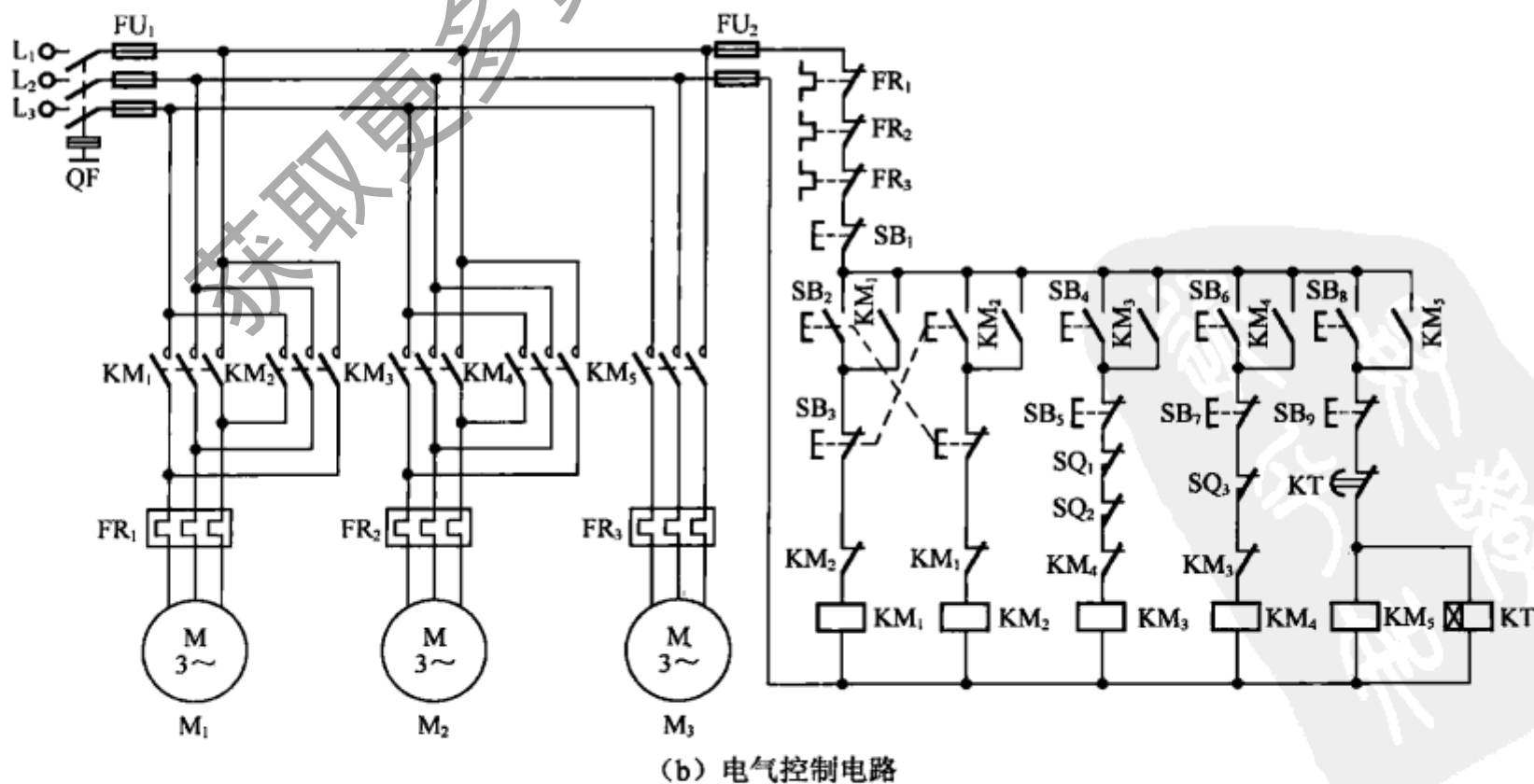


图 5-39 JZC350 型混凝土搅拌机及其控制电路

## 5.4 电力变压器运行中的检查与维护

### ——对症下药多思量

在《轻轻松松学电工——基础篇》中，我们学习了电力变压器的结构、安装等知识，下面继续学习电力变压器运行中的检查与维护常识。

#### 5.4.1 电力变压器运行中的检查——有无异音或渗漏，巡视检查观察够

##### 1. 外部检查

① 检查油枕内和充油套管内油面的高度，密封处有无渗漏现象。如油面过高，一般是由于冷却装置运行不正常或变压器内部故障等造成油温过高引起的。如油面过低，应检查变压器各密封处是否有严重漏油现象，油阀门是否关紧。油标计内的油色应是透明微带黄色，如呈红棕色，可能是油位计脏污所造成的，也可能是变压器运行时间过长，油温过高而使油质变坏引起的。

② 检查变压器上层油温（如图 5-40 所示）。变压器上层油温一般应在  $85^{\circ}\text{C}$  以下，强迫油循环水冷却的变压器应为  $75^{\circ}\text{C}$ 。如油温突然升高，则可能是冷却装置有故障，也可能是变压器内部有故障。对油浸自冷变压器，如散热装置各部分的温度有明显不同，则可能是管路有堵塞现象。

③ 检查变压器的响声是否正常。变压器正常运行时，一般有均匀的“嗡嗡”声，这是交变磁通引起铁芯震动而发出的声音。如果运行中有其他声音，则属于声音异常。

④ 检查绝缘套管是否清洁，有无破损、裂纹及放电烧伤痕迹，如图 5-41 所示。

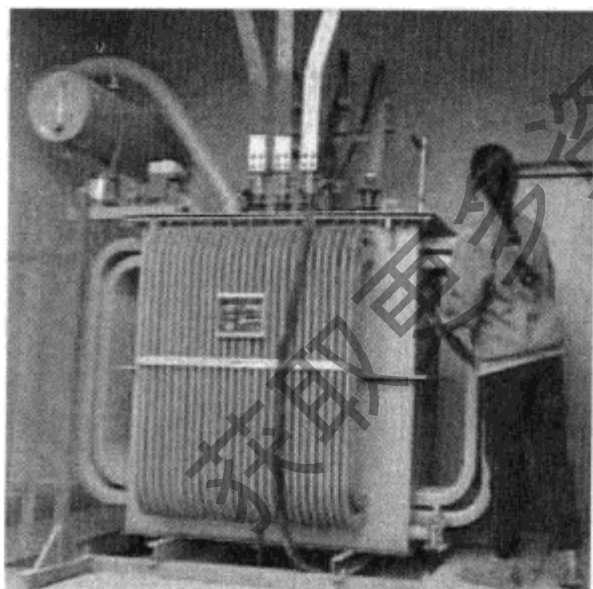


图 5-40 检查变压器上层油温

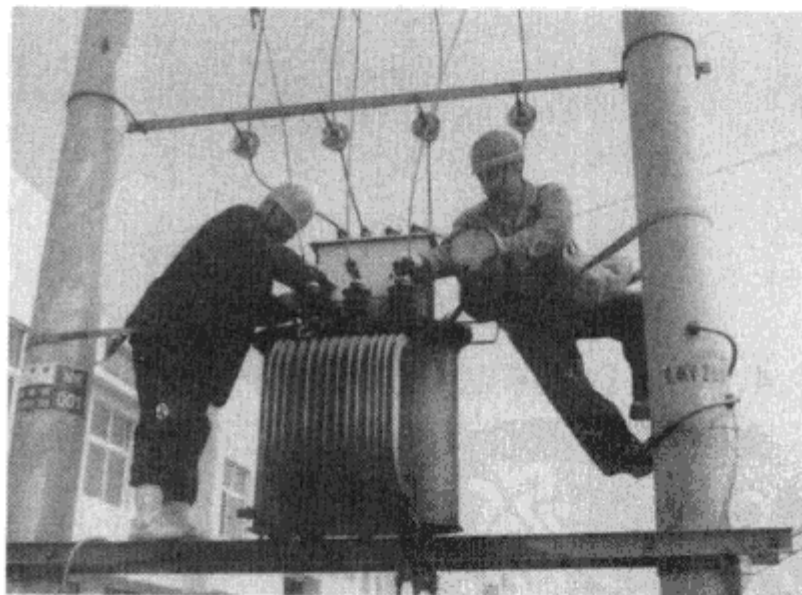


图 5-41 变压器的外部检查

⑤ 检查冷却装置的运行情况是否正常。对于强迫油循环水冷或风冷的变压器，应检查油和水的温度、压力等是否符合规定。在冷却器中，油压应比水压高  $(1\sim 1.5) \times 9.8 \times 10^4 \text{Pa}$ 。冷却器出水中不应有油，水冷却器部分应无漏水现象。

⑥ 一、二次母线的连接点应接触良好，不过热。

⑦ 呼吸器应畅通，硅胶吸潮不应达到饱和（通过观察硅胶是否变色来鉴别）。

⑧ 防爆管上的防爆膜应完整，无裂纹，无存油。

⑨ 检查瓦斯继电器是否动作。

⑩ 外壳接地应良好。

## 2. 变压器的负荷检查

① 室外安装的变压器如没有固定安装的电流表时，应测量最大负荷及代表性负荷的电流。

② 室内安装的变压器装有电流表、电压表的，应记录每小时负荷，并画出日负荷曲线。

③ 测量三相电流的平衡情况。对 Y, yn0 连接的变压器，中性线上的电流不应超过低压绕组额定电流的 25%。

④ 变压器的运行电压不应超过额定电压 $\pm 5\%$ 。如果电源电压长期过高或过低，应调整变压器分接头，使二次电压趋于正常。

## 3. 变压器的特殊巡视

① 刮大风时检查变压器附近有无容易被吹动飞起的杂物，防止其被吹落到带电部分，并注意引线的摆动情况。

② 在大雾天气检查套管有无闪络、放电现象。

③ 在大雪天气检查变压器顶盖至套管连线间有无积雪、挂冰情况，油位表（如图 5-42 所示）、温度计、瓦斯继电器有无积雪覆盖情况。

④ 雷雨时检查变压器各侧避雷器上计数器的动作情况，检查套管有无破损、裂缝及放电痕迹。

⑤ 气温突变时，检查油位及油温变化情况。目前比较先进的测温度装置是红外线测温仪（如图 5-43 所示），人在较远处就可测量变压器及线路的温度。

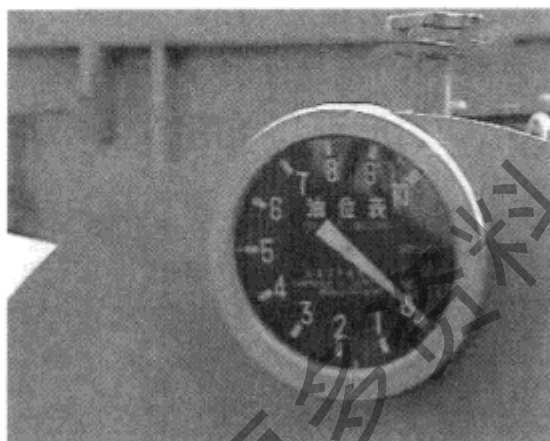


图 5-42 设置在油枕上的油位表

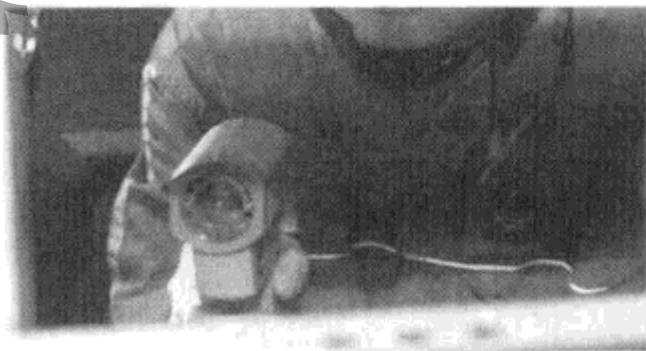


图 5-43 红外线测温仪

## 4. 变压器的停电检查

变压器除巡视检查外，还应有计划地进行停电检查，如图 5-44 所示。变压器停电检查一般应完成以下项目。



图 5-44 停电检查并清扫变压器

- ① 清扫瓷套管及有关附属设备。
- ② 检查母线及接线端子等连接点的接触情况。
- ③ 摇测绕组的绝缘电阻以及接地电阻。

### 知识链接

## 变压器分类型号的含义

20世纪80年代,我国推广使用了S7和SLZ7等系列低损耗(节能型)电力变压器,它们具有体积小、损耗低、节能、节省运行费用等优点。20世纪90年代中后期又推广使用了S9系列变压器,它的性能得以进一步提高。目前,国内生产的变压器种类很多,其分类型号的含义见表5-4。

表 5-4 变压器分类型号的含义

分类项目	符 号	分类项目	符 号
三相变压器	S	自耦变压器	O
单相变压器	D	三绕组变压器	S
油浸自冷式	— (或J)	无励磁调压	—
油浸风冷式	F	有载调压	Z
油浸水冷式	S	铝线变压器	L
强迫油循环	P	卷绕式铁芯	R
干式空气自冷	G	全密封	M

想一想 如何对电力变压器进行外部检查和停电检查?

### 5.4.2 变压器常见故障原因分析——出现故障有先兆,种种诱因分析到

#### 1. 变压器声音异常的原因

① 当有大容量的动力设备启动时,负荷变化较大,使变压器声音增大,如图5-45所示。如变压器带有电弧炉、晶闸管整流器等负荷时,由于有谐波分量,所以变压器的声音也会变大。

② 过负荷会使变压器发出很高而且沉重的“嗡嗡”声。

③ 个别零件松动,如铁芯的穿芯螺钉夹得不紧,会使铁芯松动,变压器会发出强烈而不均匀的噪声。

④ 内部接触不良,或绝缘有击穿时,变压器会发出放电的“噼啪”声。

⑤ 系统短路或接地,通过很大的短路电流时,变压器会有很大的噪声。

⑥ 系统发生铁磁谐振时,变压器会发出粗细不均



图 5-45 变压器有异常声音



的噪声。

## 2. 正常负荷和正常冷却方式下变压器油温升高的原因

涡流或供夹紧铁芯用的穿芯螺钉绝缘损坏，均会使变压器的油温升高。涡流使铁芯长期过热而引起硅钢片间的绝缘破坏，这时铁损增大，油温升高。而穿芯螺钉绝缘破坏后，穿芯螺钉与硅钢片短接，这时有很大的电流通过穿芯螺钉，螺钉发热，使变压器的油温升高。

变压器散热装置有故障，如蝶阀堵塞或关闭，风扇故障或变压器室的通风状况不良等，会使油温升高。

此外，绕组局部层间或匝间短路，内部连接点有故障，接触电阻增大，二次侧出线上有大电阻短路等，也会使油温升高。

## 3. 油色显著变化的原因

发现油色变化过大时，应取油样化验。取油样化验时，发现油内含有杂质和水分，油的酸价增高、闪点降低和绝缘强度降低时，说明油质急剧下降，易引起绕组与外壳击穿，造成事故。此时，必须尽快进行处理。

## 4. 油枕或防爆管喷油的原因

当电力系统突然短路而保护装置又拒动，或内部有短路故障而出气孔和防爆管堵塞时，内部的高温和高热会使变压器油突然喷出，喷油后使油面降低，有可能引起瓦斯保护动作。

## 5. 三相电压不平衡的原因

- ① 三相负载不平衡，引起中性点位移，使三相电压不平衡。
- ② 系统发生铁磁谐振，使三相电压不平衡。
- ③ 绕组局部发生匝间和层间短路，造成三相电压不平衡。

## 6. 继电保护动作的原因

继电保护动作一般说明变压器内部有故障。瓦斯保护是变压器的主要保护，它能监视变压器内部发生的大部分故障，常常是先轻瓦斯保护动作发出信号，然后重瓦斯保护动作引起跳闸。

轻瓦斯动作的原因有以下几个方面。

- ① 滤油、加油和冷却系统不严密，致使空气进入变压器内部。
- ② 温度下降和漏油，致使油位缓慢降低。
- ③ 变压器内部故障，产生少量气体。
- ④ 变压器内部短路。
- ⑤ 保护装置二次回路故障。

当通过外部检查未发现变压器有异常现象时，应查明瓦斯继电器中气体的性质。当变压器的差动保护和瓦斯保护同时动作时，在未查明原因和消除故障时，严禁合闸送电。

## 7. 绝缘瓷套管闪络和爆炸的原因

套管密封不严，因进水而使绝缘受潮损坏；套管的电容芯子制造不良，内部游离放电；或套管积垢严重，以及套管上有大的裂纹，均会造成套管闪络和爆炸事故。

## 8. 分接开关故障

变压器油箱上有“吱吱”的放电声，电流表的指针随响声发生摆动，瓦斯保护可能发出信号，油的闪点降低。这些现象都可能是因分接开关故障而出现的。

## 9. 变压器着火

变压器着火时，应首先将所有断路器和隔离开关拉开，然后用消防设备进行灭火。若变压器箱盖着火，则应打开其下部的油门放油。灭火时，应遵守电气消防的有关规定。

**想一想** 电力变压器有哪些常见故障？其故障原因分别是什么？

### \*5.4.3 变压器组件的检修——分接开关吸湿器，组件检修工作细

一般来说，在额定条件下使用的电力变压器故障率比较低。电力变压器一旦出现故障，由于检修工作相当复杂，常常是送电力设备修制厂进行维修。这里仅介绍变压器组件的检修工艺和质量标准，供大家参考。

#### 1. 散热器的检修

散热器的检修工艺和质量标准见表 5-5。

表 5-5

散热器的检修

检修工艺	质量标准
① 采用气焊或电焊，对渗漏点进行补焊处理	① 焊点准确，焊接牢固，严禁使焊渣落入散热器内
② 对于带法兰盖板的上、下油室，应打开法兰盖板，清除油室内的焊渣、油垢，然后更换胶垫	② 上、下油室内都洁净，法兰盖板密封良好
③ 清扫散热器表面，油垢严重时可用金属洗净剂（去污剂）清洗，然后用清水冲净、晾干。清洗时管接头应可靠密封，防止进水	③ 表面保持洁净
④ 用盖板将接头法兰密封，加油压进行试漏	④ 试漏标准 片状散热器：0.05~0.1MPa，10h 管状散热器：0.1~0.15MPa，10h
⑤ 用合格的变压器油对内部进行循环冲洗	⑤ 内部清洁
⑥ 重新安装散热器	⑥ 注意阀门的开闭位置，阀门的安装方向应统一，指示开闭的标志应明显、清晰。注意安装好散热器的拉紧钢带

#### 2. 压油式套管的检修

压油式套管（与本体油连通的附加绝缘套管）的检修工艺和质量标准见表 5-6。

表 5-6

压油式套管（与本体油连通的附加绝缘套管）的检修

检修工艺	质量标准
① 检查瓷套有无损坏之处	① 瓷套应保持清洁，无放电痕迹，无裂纹，裙边无破损
② 套管解体时，应依次按对角松动法兰螺栓	② 防止法兰松动时受力不均而损坏套管
③ 拆卸瓷套前应先轻轻晃动，使法兰与密封胶垫间出现缝隙后再拆下瓷套	③ 防止瓷套碎裂
④ 拆卸导电杆和法兰螺栓前，应防止导电杆摇晃而损坏瓷套。拆下的螺栓应进行清洗，丝扣损坏的应予以更换或修整	④ 螺栓和垫圈的数量要补齐，不可丢失

续表

检修工艺	质量标准
⑤ 取出绝缘筒（包括带覆盖层的导电杆），擦除油垢，绝缘筒及导电杆表面的覆盖层应妥善保管（必要时应干燥）	⑤ 妥善保管，防止受潮和损坏
⑥ 检查瓷套内部，并用白布擦拭；在套管外侧根部根据情况喷涂半导体漆	⑥ 瓷套内部清洁，无油垢，半导体漆喷涂均匀
⑦ 有条件时，应将拆下的瓷套和绝缘件送入干燥室内进行轻度干燥，然后再组装	⑦ 干燥温度为 70~80℃，时间不少于 4h，升温速度不超过 10℃/h，防止瓷套出现裂纹
⑧ 更换新胶垫，位置要放正	⑧ 胶垫压缩均匀，密封良好
⑨ 将套管垂直放置于套管架上，组装时与拆卸的顺序相反	⑨ 注意绝缘筒与导电杆相互之间的位置，中间应有固定圈防止窜动，导电杆应处于瓷套的中心位置

### 3. 充油套管的检修

充油套管的检修工艺和质量标准见表 5-7。

表 5-7

充油套管的检修

	检修工艺	质量标准
更换套管油	① 放出套管中的油； ② 用热油（温度为 60~70℃）循环冲洗后放出； ③ 注入合格的变压器油	① 放尽残油； ② 至少循环 3 次，将残油及其他杂质冲出； ③ 油的质量应符合 GB/T 7665—87（已被 GB/T 7665—2005 替代）的规定
套管解体	① 放出内部的油； ② 拆卸上部接线端子； ③ 拆卸油位计上部压盖螺栓，取下油位计； ④ 拆卸上瓷套与法兰连接螺栓，轻轻晃动后取下上瓷套； ⑤ 取出内部绝缘筒； ⑥ 拆卸下瓷套与导电杆连接螺栓，取下导电杆和下瓷套	① 放尽残油； ② 妥善保管，防止丢失； ③ 拆卸时，防止玻璃油位计破损； ④ 注意不要碰坏瓷套； ⑤ 垂直放置，不得压坏或变形； ⑥ 分解导电杆底部法兰螺栓时，防止导电杆晃动而损坏瓷套
检修与清扫	① 所有卸下的零部件应妥善保管，组装前应擦拭干净； ② 绝缘筒应擦拭干净，如绝缘不良，可在 70~80℃ 的温度下干燥 24~48h； ③ 检查瓷套内、外表面并清扫干净，检查铁瓷结合处的水泥填料有无脱落现象； ④ 为防止油劣化，在玻璃油位计外表涂刷银粉； ⑤ 更换各部法兰胶垫	① 妥善保管，防止受潮； ② 绝缘筒应洁净，无起层，无漆膜脱落和放电痕迹，绝缘良好； ③ 瓷套内、外表面应清洁，无油垢、杂质，无裂纹，水泥填料无脱落现象； ④ 银粉涂刷应均匀，并沿纵向留一条 30mm 宽的透明带，以监视油位； ⑤ 胶垫压缩均匀，各部密封良好

续表

检修工艺	质量标准
① 组装与解体的顺序相反； ② 组装后注入合格的变压器油； ③ 进行绝缘试验	① 导电杆应处于瓷套中心位置，瓷套缝隙均匀，防止局部受力而使瓷套出现裂纹； ② 油质应符合 GB/T 7665—87 的规定； ③ 按电力设备预防性试验标准进行

#### 4. 无励磁分接开关的检修

无励磁分接开关的检修工艺和质量标准见表 5-8。

表 5-8 无励磁分接开关的检修

检修工艺	质量标准
① 检查开关各部件是否齐全、完整	① 完整，无缺损
② 松开上方头部定位螺栓，转动操作手柄，检查动触头转动是否灵活，若转动不灵活，应进一步检查卡滞的原因；检查绕组实际分接是否与上部指示位置一致，否则应进行调整	② 机械转动灵活，转轴密封良好，无卡滞，上部指示位置与下部实际接触位置应一致
③ 检查动、静触头间接触是否良好，触头表面是否清洁，有无氧化变色、镀层脱落及碰伤痕迹，弹簧是否松动。发现有氧化膜时，可用碳化钨和白布带擦拭清除；触柱严重烧损时应更换	③ 触头接触电阻小于 $500\Omega$ ，触头表面应保持光洁，无氧化变质、碰伤及镀层脱落现象。触头接触压力用弹簧秤测量应为 $0.25\sim 0.5\text{MPa}$ ；或用 $0.02\text{mm}$ 塞尺检查，应无间隙，接触严密
④ 检查触头分接线是否紧固，发现松动时应拧紧锁住	④ 开关上的所有紧固件均应拧紧，无松动
⑤ 检查分接开关绝缘件有无受潮、剥裂或变形现象，表面是否清洁。发现表面脏污时，应用无绒毛的白布擦拭干净。绝缘筒严重剥裂、变形时应更换；操作杆拆下后，应放入油中或用塑料布包上	⑤ 绝缘筒应完好，无破损、剥裂、变形现象，表面清洁，无油垢；操作杆绝缘良好，无弯曲变形
⑥ 对于检修的分接开关，在拆前做好明显标记	⑥ 拆装前后指示位置必须一致，各相手柄及传动机构不得互换
⑦ 检查绝缘操作杆与 U 形拨叉接触是否良好，如有接触不良或放电痕迹，应加装弹簧片	⑦ 使其保持良好接触

#### 5. 吸湿器的检修

吸湿器的检修工艺和质量标准见表 5-9。

表 5-9 吸湿器的检修

检修工艺	质量标准
① 将吸湿器从变压器上卸下，倒出内部的吸附剂，检查玻璃罩，应完好，并进行清扫	① 玻璃罩清洁、完好
② 把干燥的吸附剂装入吸湿器内。为便于监视吸附剂的工作性能，一般可采用变色硅胶，并在顶盖下面留出 $1/6\sim 1/5$ 高度的空隙	② 新装吸附剂应经干燥处理，颗粒不小于 $3\text{mm}$



续表

检修工艺		质量标准				
③ 失效的吸附剂由蓝色变为粉红色，可置入烘箱干燥，干燥温度从 120℃ 升至 160℃，时间为 5h。还原后再用	③ 还原后应呈蓝色					
④ 更换胶垫	④ 胶垫质量符合标准规定					
⑤ 在下部的油封罩内注入变压器油，并将罩拧紧（新装吸湿器，应将密封垫拆除）	⑤ 加油至正常油位线，能起到呼吸作用					
⑥ 为防止吸湿器摇晃，可用卡具将其固定在变压器油箱上	⑥ 运行中吸湿器安装牢固，不受变压器震动影响					
⑦ 吸湿器的容量可根据下表选择						
硅胶 (kg)	油 (kg)	$H_1$ (mm)	$H_2$ (mm)	$\phi$ (mm)	玻璃筒 (mm)	配储油柜直径 (mm)
0.2	0.15	216	100	105	$\phi 80/100 \times 100$	$\leq 250$
0.5	0.2	216	100	145	$\phi 120/140 \times 100$	310
1.0	0.2	266	150	145	$\phi 120/140 \times 150$	440
1.5	0.2	336	200	145	$\phi 120/140 \times 200$	610
3	0.7	336	220	205	$\phi 180/200 \times 220$	800
5	0.7	436	300	205	$\phi 180/200 \times 300$	900

## 6. 安全气道的检修

安全气道的检修工艺和质量标准见表 5-10。

表 5-10 安全气道的检修

检修工艺	质量标准								
① 放油后将安全气道拆下来进行清扫，去掉内部的锈蚀和油垢，并更换密封胶垫	① 检修后进行密封试验，注满合格的变压器油，并倒立静置 4h，应不渗漏								
② 内壁装有隔板，其下部装有小型放水阀门	② 隔板焊接良好，无渗漏现象								
③ 上部防爆膜片应安装良好，均匀拧紧法兰螺栓，防止膜片破损	③ 防爆膜片应采用玻璃片，禁止使用薄金属片。玻璃片的厚度可参照下表								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>管径 (mm)</th> <th>150</th> <th>200</th> <th>250</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>玻璃片厚度 (mm)</td> <td>2.5</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	管径 (mm)	150	200	250	玻璃片厚度 (mm)	2.5	3	4
管径 (mm)	150	200	250						
玻璃片厚度 (mm)	2.5	3	4						
④ 安全气道与储油柜间应有连管或加装吸湿器，以防止由于温度变化引起防爆膜片破裂。对于囊密封式储油柜，防止由吸湿器向外冒油	④ 连管无堵塞，接头密封良好								
⑤ 安全气道内壁涂刷绝缘漆	⑤ 内壁无锈蚀，绝缘漆涂刷均匀，有光泽								

## 7. 阀门及塞子的检修

阀门及塞子的检修工艺和质量标准见表 5-11。

表 5-11

阀门及塞子的检修

检修工艺	质量标准
① 检查阀门的转轴、挡板等部件是否完整、灵活和严密，更换密封垫圈，必要时更换零件	① 经 0.05MPa 油压试验，挡板应关闭严密，无渗漏；轴杆密封良好；指示开、闭位置的标志清晰、正确
② 阀门应拆下来进行分解检修，研磨接触面，更换密封填料，缺损的零件应配齐，对有严重缺陷无法处理者应更换	② 阀门检修后应做 0.15MPa 压力试验，不漏油
③ 对变压器本体和附件各部的放油（气）塞、油样阀门等进行全面检查，并更换密封胶垫；检查丝扣是否完好，有损坏现象而又无法修理者应更换	③ 各密封面无渗漏



## 笑话：改反转

一吊扇反转，送 Z 电工维修。三条引线，一只电容，接来接去，改来改去，要不反转，速度正常；要不正转，速度上不去。无奈，Z 电工把扇叶掰过来就完事了。

## \*5.5 变频器的调试与维护

## ——手动病除好节电

变频器是将工频交流电变为频率和电压可调的三相交流电的电气设备，用来驱动交流异步（同步）电动机进行变频调速。变频器不但能满足不同生产工艺的需要，而且节能效果显著，因而应用很广泛。图 5-46 所示为两种通用型变频器。

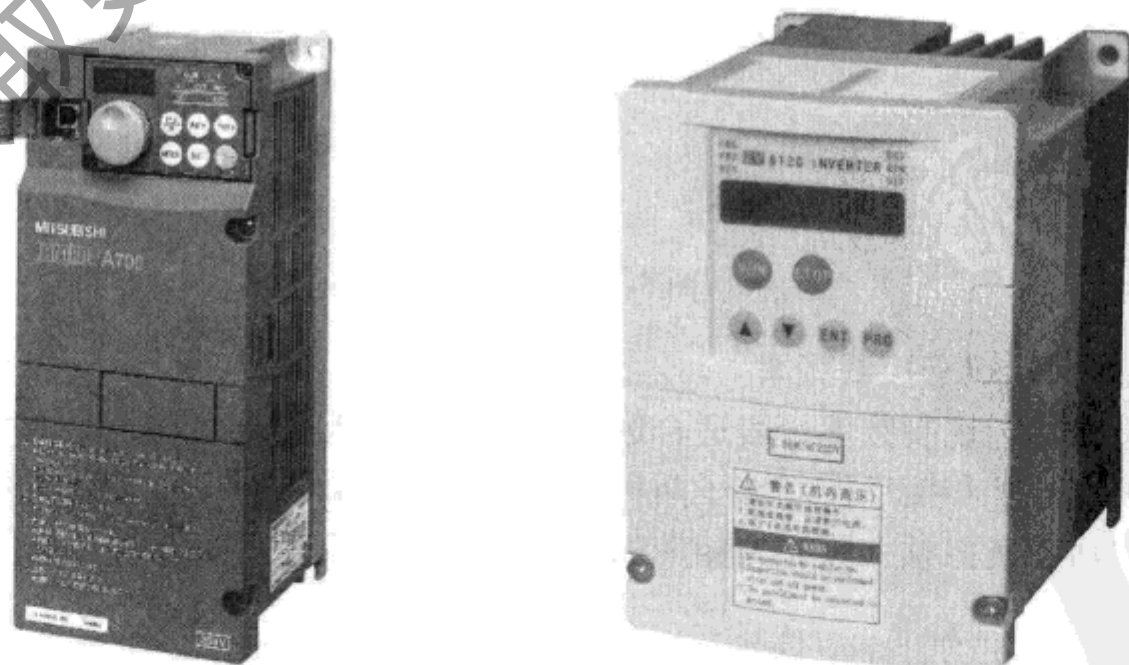


图 5-46 通用型变频器

### 5.5.1 变频器的功能设置——输出频率欲改变，发令只需按按键

变频器的功能主要是通过操作面板上的功能键和外功能端子来设置的，下面以频率控制功能为例加以说明。

频率控制功能是变频器的基本功能之一，变频器根据控制的要求，输出频率的变化范围有的为0~60Hz，有的为0~250Hz或0~400Hz。控制变频器输出频率的方法有以下几种。

#### 1. 由操作面板上的功能键控制频率

利用变频器操作面板上的数字增加键（ $\wedge$ 或 $\triangle$ ）或数字减小键（ $\vee$ 或 $\nabla$ ）可进行升速或降速操作。

#### 2. 预置操作

通过面板上的预置功能键对需要的频率进行预置，然后按下运行键（RUN），变频器即可变换到给定频率。

#### 3. 由操作面板上的功能电位器控制频率

有的变频器操作面板上装有控制按钮（如图5-47所示），当通过预置程序将变频器的频率控制预置为由操作面板电位器控制时，则可通过改变操作面板上的电位器来控制变频器的输出频率。



图 5-47 变频器的操作面板

#### 4. 由外功能端子控制频率

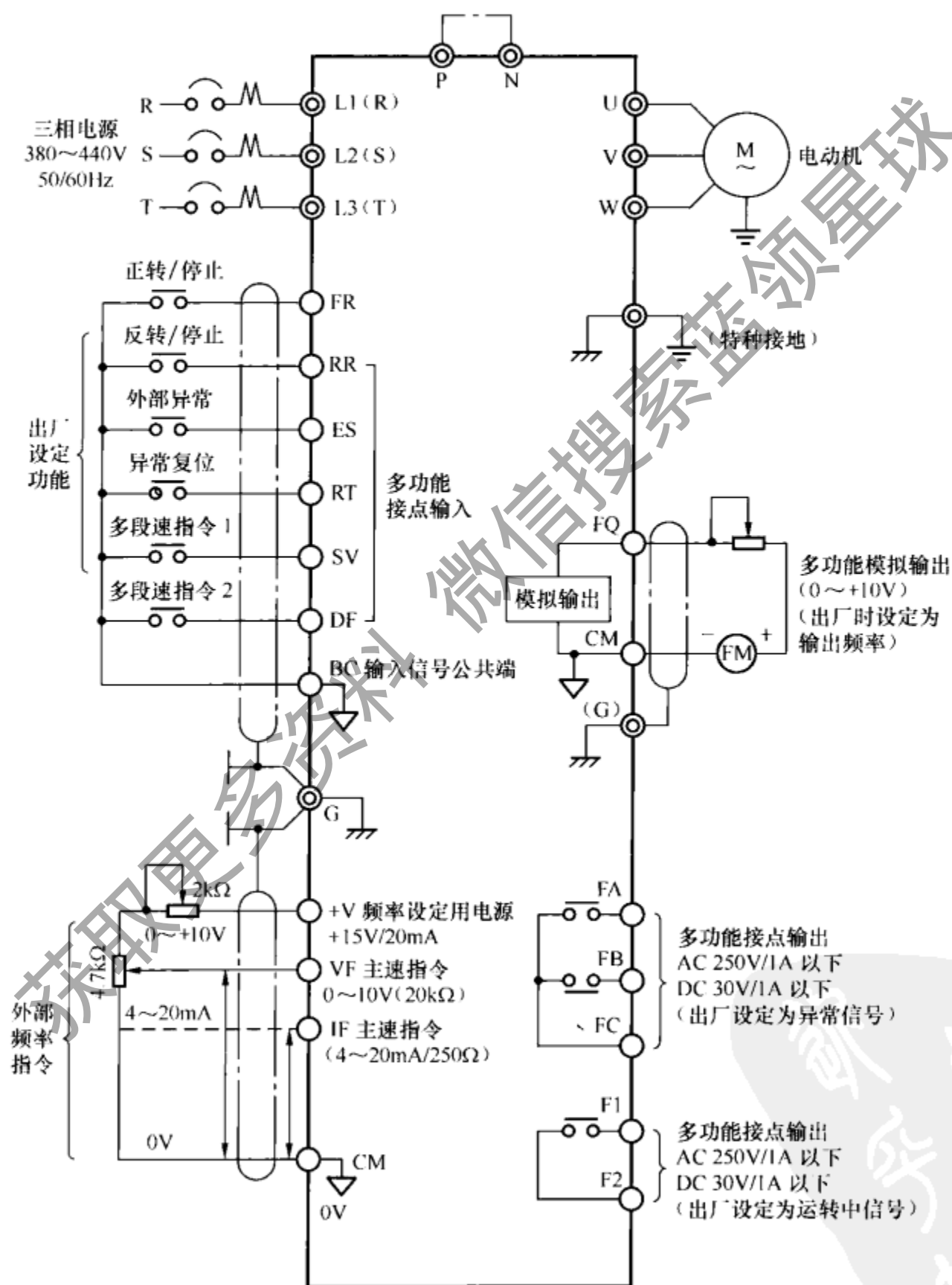
由外功能端子控制频率一般适合远距离操作或引入自动控制。外功能频率控制端子分为模拟信号控制端子和接点控制端子两种。在使用这些端子进行频率控制时，首先通过操作面板上的预置功能键将频率预置为相应的外端子控制，即可由外端子（模拟端子或数字端子）进行控制。

与频率有关的控制功能设置还有最高频率、基本频率、上限频率和下限频率、加速时间和减速时间等，其功能参数设置可参考相关变频器说明书进行。

## 知识链接

## 变频器的接线

对变频器进行接线时,输入电源必须接到端子 R、S、T 上,输出电源必须接到端子 U、V、W 上,若接错,会烧坏变频器。变频器的基本接线如图 5-48 所示,变频器主回路配线如图 5-49 所示。



注: ① 主速指令由参数 no42 选择为电压(VF)或电流(IF)指令, 出厂时设定为电压(VF)指令。

② +V 端子额定输出为 +5V、20mA。

③ 多功能模拟输出(FQ、CM)为外接频率/电流表用。

图 5-48 变频器的基本接线图



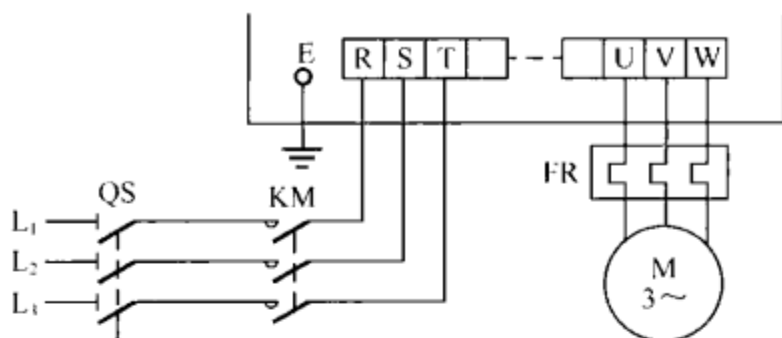


图 5-49 变频器主回路配线图

## 5.5.2 变频器的检查与调试——通电检查做试验，全速高速随人愿

在使用变频器之前，要进行一系列的检查和调试。变频器的调试工作，其方法和步骤和一般的电气设备调试基本相同，应遵循“先空载，再轻载，后重载”的规律。

### 1. 通电前的检查

变频器安装、接线完成后，在通电前应进行下列检查。

#### (1) 外观检查

外观检查包括检查变频器的型号是否有误，安装环境有无问题，装置有无脱落或破损，电缆的直径和种类是否合适，电气连接有无松动，接线有无错误，接地是否可靠等。

#### (2) 绝缘电阻的检查

一般在产品出厂时已进行了绝缘试验，尽量不要用摇表（兆欧表）测试，万不得已用兆欧表测试时，要按以下要领进行测试。若违反测试要领，会损坏设备。

① 主电路。拆开全部主电路、控制电路等的端子座和外部电路的连接线；用公共线连接主电路端子 R、S、T、P1、P、N、DB、U、V、W，如图 5-50 所示。其中，R、S、T 为主回路电源输入端子，U、V、W 为变频器输出端子（接电动机），P、N 为直流电源端子。用兆欧表测试时，仅在主电路公用线和大地（接地端子 PE）之间进行检测，兆欧表若指示  $5M\Omega$  以上，就属正常。

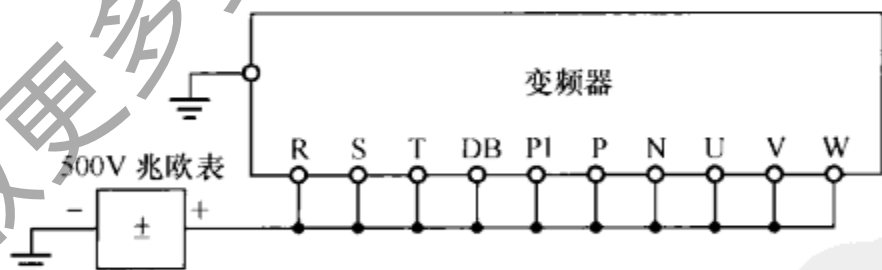


图 5-50 用兆欧表测试主电路的绝缘电阻

② 控制电路。不能用兆欧表对控制电路进行测试，否则会损坏电路中的元器件。测试仪器要选用高阻量程万用表，完全拆开控制电路端子的外部连接，进行对地之间的电路测试，测量值若在  $1M\Omega$  以上，就属正常。

用万用表测试接触器、继电器等控制电路的连接是否正确。

### 2. 通电检查

在断开电动机负载的情况下，对变频器通电，主要进行以下检查。

#### (1) 观察显示情况

各种变频器在通电后，显示屏的显示内容都有一定的变化规律，应对照说明书，观察其通电后的显示过程是否正常。变频器的显示内容可以切换显示，通过操作面板上的操作按钮

进行显示内容切换,观察显示的输出频率、电压、电流、负载率等是否正常,如图 5-51 所示。

### (2) 观察风机

变频器内部都有风机,用于排出内部的热空气。可用手在出风口试探风机的出风量,并注意倾听风机的声音是否正常。

### (3) 测量进线电压

测量三相进线电压是否正常,若不正常,应查出原因,确保供电电源正常。

### (4) 进行功能预置

根据生产机械的具体要求,对照产品说明书,进行变频器内部功能的设置。



图 5-51 观察显示屏的显示内容

## 3. 空载试验

将变频器的输出端与电动机相接,使电动机不带负载,主要测试以下项目。

### (1) 测试电动机的运转情况

对照说明书在操作面板上进行一些简单的操作,如启动、升速、降速、停止、点动等。观察电动机的旋转方向是否与所要求的一致,如不一致,则加以更正。通过逐渐升高运行频率,观察电动机在运行过程中是否运转灵活,有无杂音,有无震动现象,是否平稳等。

### (2) 电动机参数的自动检测

对于需要应用矢量控制功能的变频器,应根据说明书的要求,在电动机处于空转状态时测定电动机的参数。有的新型变频器也可以在静止状态下进行自动检测。

## 4. 带载测试

变频调速系统的带载试验是指将电动机与负载连接起来进行试车。带载试验主要测试的内容如下。

### (1) 低速运行试验

低速是指该生产机械所要求的最低转速。电动机应在该转速下运行 1~2h (视电动机的容量而定,容量大者时间应长一些)。主要测试的项目有:生产机械的运转是否正常,电动机在满载运行时温升是否超过额定值。

### (2) 全速启动试验

将给定频率设定在最大值,按启动按钮,使电动机的转速从零一直上升至生产机械所要求的最大转速,测试以下内容。

① 启动是否顺利。电动机的转速是否从一开始就随频率的上升而上升。如果在频率很低时,电动机不能很快旋转起来,说明启动困难,应适当增大  $U/f$  值,或增大启动频率。

② 启动电流是否过大。将显示内容切换至电流显示,观察在启动全过程中电流的变化。如因电流过大而跳闸,应适当延长升速时间;如机械对启动时间并无要求的话,最好将启动电流限制在电动机的额定电流以内。

③ 观察整个启动过程是否平稳。检查整个启动过程是否在某一频率时有较大的震动。如有,则将运行频率固定在发生震动的频率下,以确定是否发生机械谐振以及是否有预置回避频率的必要。

④ 在停机状态下是否旋转。如图 5-52 所示,对于风机,应注意观察在停机状态下风叶

是否因自然风而反转。如有反转现象，则应预置启动前的直流制动功能。

### (3) 全速停机试验

在停机试验过程中，注意观察以下内容。

① 直流电压是否过高。把显示内容切换至直流电压显示，观察在整个降速过程中直流电压的变化情况。如因电压过高而跳闸，应适当延长降速时间。如降速时间不宜延长，则应考虑加入直流制动功能，或接入制动电阻和制功单元。

② 拖动系统能否停住。当频率降至零时，检查机械是否有“蠕动”现象，并了解该机械是否允许蠕动。如需要制止蠕动时，应考虑预置直流制动功能。

### (4) 高速运行试验

把频率升高至与生产机械所要求的最高转速相对应的值，运行 1~2h，并观察电动机的带载能力和机械运转是否平稳。

## 技能提高

### 变频器的安装

① 变频器的工作环境温度范围一般为 $-10\sim+40^{\circ}\text{C}$ ，当环境温度高于变频器规定的温度时，变频器要降额使用或采取相应的通风冷却措施。

② 变频器应安装在不受阳光直射、无灰尘、无腐蚀性气体、无可燃性气体、无油污、无蒸汽滴水等环境中。变频器在震动场所应用时，要采取相应的防震措施。

③ 将变频器用螺栓垂直安装在坚固的物体上，从正面就可以看到变频器的文字键盘，不能上下颠倒或平放安装。变频器在运行过程中会产生热量，为保持气流畅通，周围要留有一定空间，如图 5-53 所示。

④ 如果将变频器安装在控制柜中，柜的上方要安装排风扇。一个柜内安装多台变频器时，要横向安装，且排风扇安装位置要正确，如图 5-54 所示。

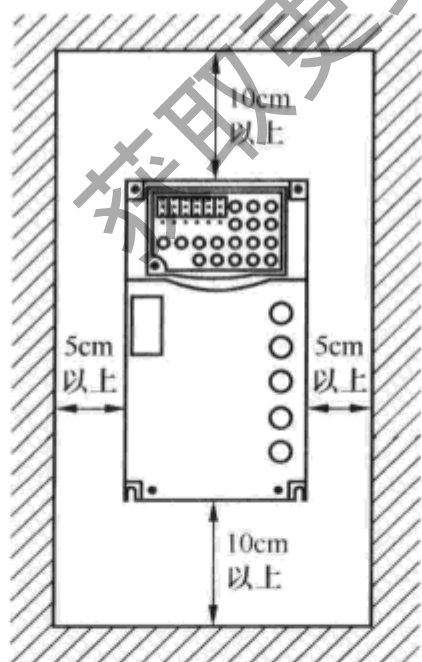
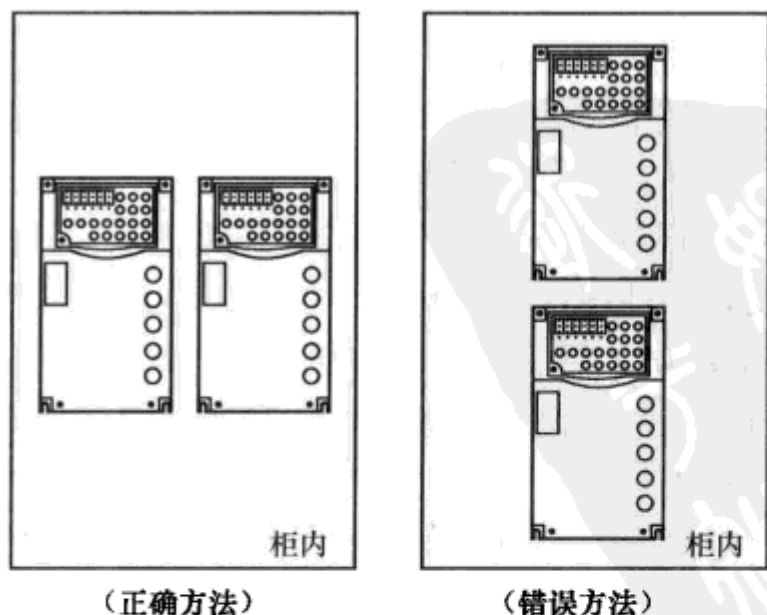


图 5-53 变频器周围空间示意图



(正确方法)

(错误方法)

图 5-54 控制柜中安装多台变频器示意图

⑤ 在多灰尘的场所安装变频器时，应采取防尘措施。

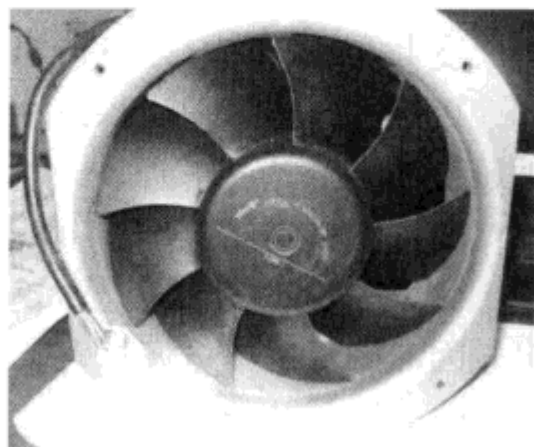


图 5-52 变频器风机

### 5.5.3 变频器的维护——矫枉过正勤维护，保养检查仪表助

#### 1. 日常检查与维护

为了保证变频器长期可靠地运行，一方面要严格按照使用手册规定的方法安装、操作变频器，另一方面要认真做好变频器的日常检查与维护工作。

- ① 检查变频器的运行参数是否在规定范围内，电源电压是否正常。
- ② 检查操作面板显示是否正常，仪表指示是否正确，是否有震动、振荡等现象。
- ③ 检查冷却风扇是否运转正常，有无异常声音。
- ④ 检查变频器和电动机是否有异常噪声、异常震动及过热的迹象。
- ⑤ 检查变频器及引出电缆是否有过热、变色、变形、异味、噪声等异常情况。
- ⑥ 检查变频器的周围环境是否符合标准规范，温度和湿度是否正常。

#### 2. 定期检查

根据用户使用环境情况，每隔3~6个月对变频器进行一次定期检查。在定期检查时，先使变频器停止运行，切断电源，再打开机壳进行检查，如图5-55所示。但必须注意，即使切断了电源，主电路直流部分滤波电容器的放电也需要时间，须待充电指示灯熄灭，确认直流电压已降到安全电压（直流25V以下）后，再进行检查。定期检查项目如下。

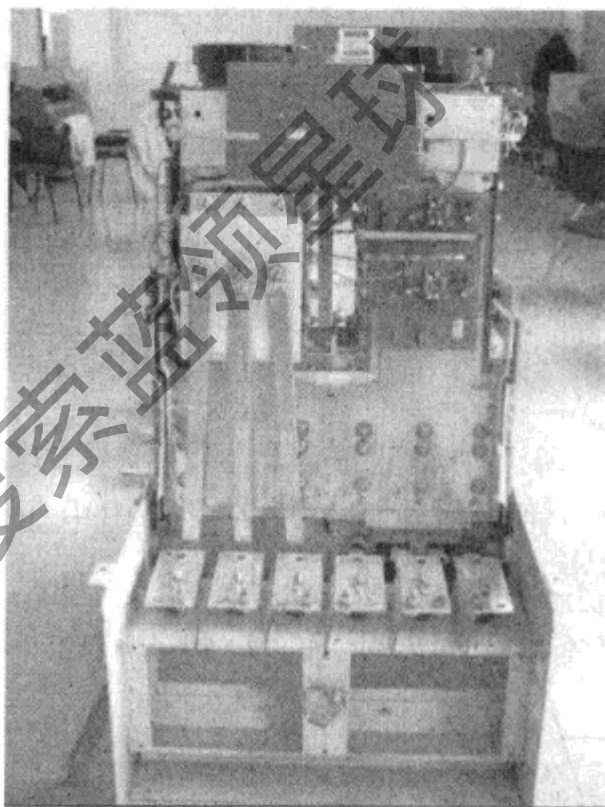


图 5-55 定期检查变频器

- ① 输入、输出端子和铜排是否过热、变色、变形。
- ② 控制回路端子螺钉是否松动，如松动，可用螺丝刀拧紧。
- ③ 输入端子座 R、S、T 与输出端子座 U、V、W 是否有损伤现象。R、S、T 和 U、V、W 端子与铜排的连接牢固与否，如不牢固，可用扳手拧紧。
- ④ 主回路和控制回路端子的绝缘是否满足要求。
- ⑤ 电力电缆和控制电缆有无损伤和老化变色现象。
- ⑥ 在污损的地方，用抹布蘸上中性化学剂擦拭；用吸尘器吸去电路板、散热器、风道上的粉尘，保持变频器散热性能良好，如图5-56所示。
- ⑦ 对于长期不使用的变频器，应进行充电试验，以使变频器主回路中电解电容器的特性得以恢复。充电时，应使用调压器慢慢升高变频器的输入电压直至额定电压，通电时间应在2h以上。可以不带负载。充电试验至少每年1次。
- ⑧ 变频器的绝缘测试，其方法见5.5.2节中的介绍。值得注意的是，不要对控制回路进行绝缘测试，否则有可能造成变频器损坏。

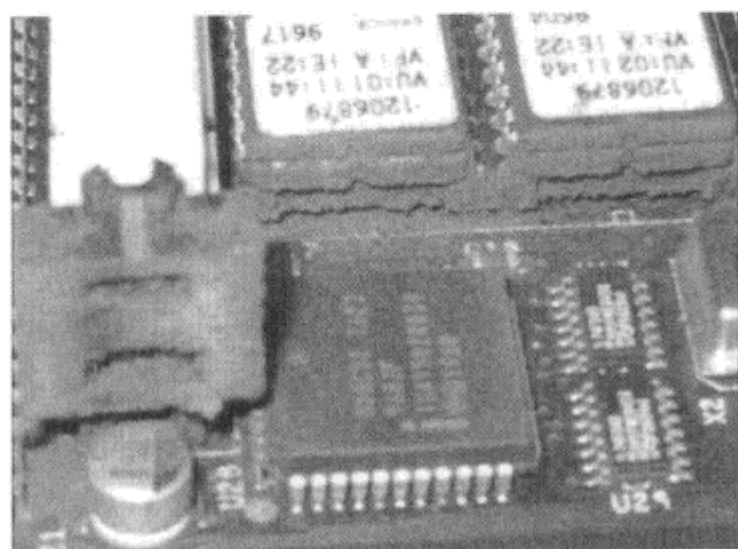
#### 3. 零部件更换

变频器中不同种类零部件的使用寿命不同，并随其安置的环境和使用条件而改变，建议下列零部件在损坏之前应予以更换。

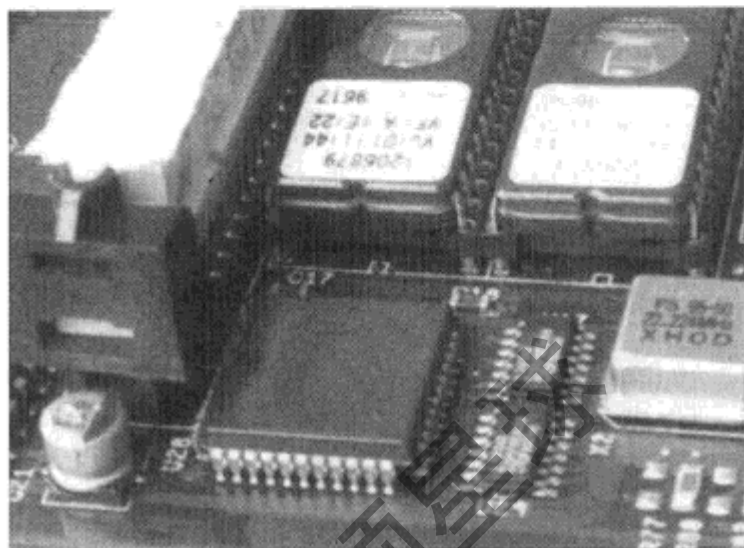
- ① 冷却风扇使用3年应更换。



- ② 直流滤波电容器使用 5 年应更换。
- ③ 电路板上的电解电容器使用 7 年应更换。
- ④ 其他零部件根据情况适时进行更换。



(a) 清洁前



(b) 清洁后

图 5-56 电路板清洁前后对比

#### 4. 检测变频器时测量仪表的选用

由于变频器的输入、输出电压或电流中均含有不同程度的谐波分量，用不同类型的测量仪表会测量出不同的结果，并有很大的差别，有些甚至是错误的。因此，在选择测量仪表时应区分不同的测量项目和测试点，选择不同的测试仪表，如表 5-12 所示。

表 5-12

主电路测量推荐使用的仪表

测定项目	测定位置	测定仪表	测定值基准
电源侧电压 $U_1$ 和电流 $I_1$	R-S、S-T、T-R 间的电压和 R、S、T 中的电流	电磁式仪表	变频器的额定输入电压和电流值
电源侧功率 $P_1$	R、S、T	电动式仪表	$P_1 = P_{11} + P_{12} + P_{13}$ (三功率表法)
输出侧电压 $U_2$	U-V、V-W、V-U 间	整流式仪表	各相间的电压差应在最高输出电压的 1% 以下
输出侧电流 $I_2$	U、V、W 的线电流	电磁式仪表	各相间的电流差应在变频器额定电流的 10% 以下
输出侧功率 $P_2$	U、V、W 和 U-V、V-W	电动式仪表	$P_2 = P_{21} + P_{22}$ (二功率表法或三功率表法)
整流器输出	直流电源正 (DC+)、负 (DC-) 极之间	磁电式仪表	$1.35U_1$ ，再生时最大为 950V (390V 级)，仪表机身 LED 显示发光

#### 5. 变频器主电路的测量

变频器主电路的测量电路如图 5-57 所示。变频器的输入电源为 50Hz 的交流电，其测量方法与传统电气测量方法基本相同，但变频器输入、输出侧的电压和电流中均含有谐波分量，应按表 5-12 选择不同的测量仪表和测量方法，并注意校正。

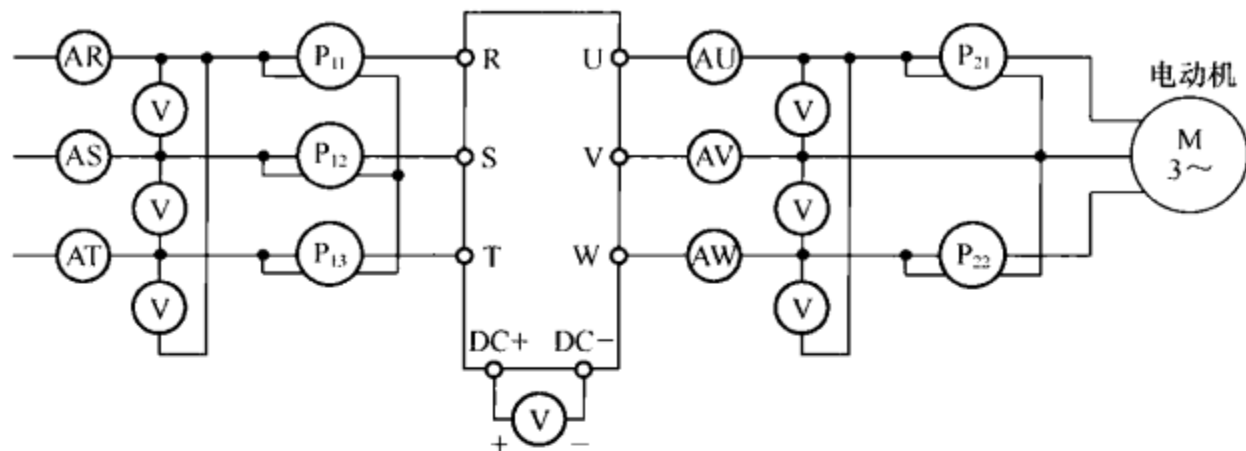


图 5-57 变频器主电路的测量电路

### (1) 输出电流的测量

变频器的输出电流中含有较大的谐波分量，因此应选择能测量畸变电流波形有效值的仪表，如 0.5 级电磁式（动铁式）电流表和 0.5 级电热式电流表，测量结果为包括基波和谐波在内的有效值。当输出电流不平衡时，应测量三相电流并取其算术平均值。当采用电流互感器时，在低频情况下电流互感器可能饱和，应选择适当容量的电流互感器。

### (2) 输入、输出电压的测量

整流式电压表（0.5 级）最适合测量输出电压，数字式电压表不适合输出电压的测量。

输入电压的测量可以使用电磁式电压表或整流式电压表。考虑会有较大的谐波，推荐采用整流式电压表。

### (3) 输入、输出功率的测量

变频器的输入、输出功率应使用电动式功率表或数字式功率表测量，输入功率采用三功率表法测量，输出功率可采用三功率表法或二功率表法测量。当三相不对称时，用二功率表法测量将会有较大的误差。当不平衡率大于 5% 时，应采用三功率表法测量。

### (4) 输入电流的测量

变频器的输入电流应使用电磁式电流表测量其有效值。为防止输入电流不平衡时的测量误差，应测量三相电流，并取三相电流的平均值。

### (5) 功率因数的测量

对变频器而言，由于输入电流中包含有谐波，用功率因数表测量会产生较大的误差，因此应根据测量的功率、电压和电流计算实际功率因数。另外，因为通用变频器的输出随着频率而变化，除非必要，测量变频器的输出功率因数无太大意义。

### (6) 直流母线电压的测量

在对变频器进行维护时，有时需要测量直流母线电压。直流母线电压的测量是在通用变频器带负载运行时进行的，在滤波电容器或滤波电容器组两端进行测量。用直流电压表测得的直流母线电压应等于线路电压的 1.35 倍，这是实际的直流母线电压。一旦电容器被充电，此读数应保持恒定。由于是滤波后的直流电压，还应将交流电压表置于同样位置测量交流纹波电压。当读数超过交流 5V 时，这就预示着滤波电容器可能失效，应采用 LCR 自动测量仪（如图 5-58 所示）或其他仪器进一步测量电容器的容量及其介质损耗等。如果电容量低于标称容量的 95% 时，应予以更换。

### (7) 电源阻抗的影响

当怀疑谐波含量较多时应测量电源阻抗值，以便确定是否需要加装输入电抗器。最好采

用谐波分析仪进行谐波分析,并对系统进行综合分析、判断。当电压畸变率大于 4%时,应考虑加装交流电抗器抑制谐波,也可以加装直流电抗器,以提高功率因数,并有减小谐波的作用。

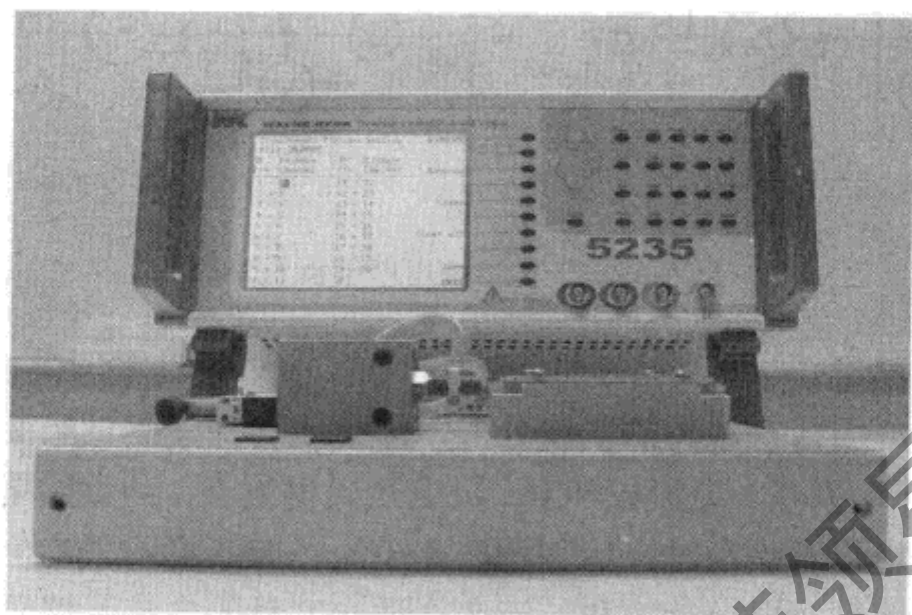


图 5-58 LCR 自动测量仪

#### (8) 压频比的测量

测量变频器的压频比可以帮助查找故障。测量时应将整流式电表(万用表、电压表)置于交流电压最大量程,在变频器输出频率为 50Hz 时,在变频器输出端子(U、V、W)处测量送至电动机的线电压,读数应等于电动机的额定电压。接着,调节变频器输出频率为 25Hz,电压读数应为上一次读数的 1/2;再调节变频器输出频率为 12.50Hz,电压读数应为电动机额定电压的 1/4。如果读数偏离上述值较大,则应该进一步检查其他相关项目。

**想一想** 在对变频器进行维护时,如何对主电路进行测量?

### 5.5.4 变频器的常见故障与处理——跳闸事故原因多,有的放矢故障躲

变频器常见的故障类型主要有过电流、短路、接地、过电压、欠电压、电源缺相、内部过热、变频器过载、CPU 异常、通信异常等。当发生这些故障时,变频器保护会立即动作并停机,显示故障代码或故障类型。大多数情况下可以根据显示的故障代码迅速查明故障原因并排除故障,但也有一些故障的原因是多方面的,并不是由单一因素引起的,因此需要从多个方面查找,逐一排除才能找到故障点。如过电流故障是最常见、最易发生也是最复杂的故障之一,引起过电流的原因往往需要从多个方面进行分析,才能找到故障的根源。

#### 1. 变频器常见故障诊断

富士通用变频器如图 5-59 所示,其故障诊

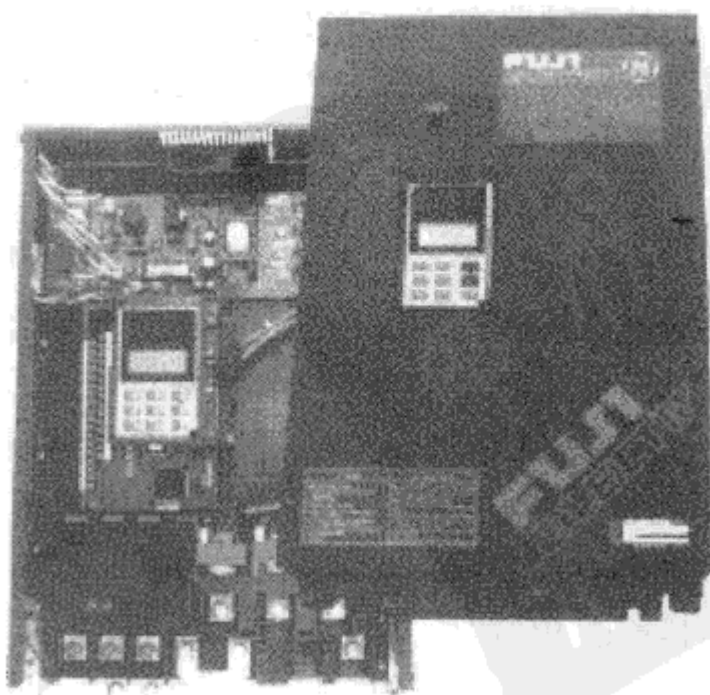


图 5-59 富士通用变频器

断方法见表 5-13。其他品牌变频器的故障诊断流程与此也是一样的，只是故障代码不同而已。

表 5-13

富士通用变频器常见故障诊断方法

故障现象	跳闸原因	故障诊断
过电流故障：出现过电流时在面板上显示字符“OC1”（加速时过电流）、“OC2”（减速时过电流）或“OC3”（恒速时过电流）	过电流或主回路功率模块过热	可能是短路、接地、过负载、负载突变、加/减速时间设定得太短、转矩提升量设定得不合理、变频器内部故障或谐波干扰大等
过电压故障：出现过电压时在面板上显示字符“OU1”（加速时过电压）、“OU2”（减速时过电压）或“OU3”（恒速时过电压）	直流母线产生过电压	电源电压过高，制动力矩不足，中间回路直流电压过高，加/减速时间设定得太短，电动机突然甩负载，负载惯性大，载波频率设定得不合适等
欠电压故障：出现欠电压时在面板上显示字符“LU”	交流电源欠电压、缺相、瞬时停电	电源电压偏低，电源断相，在同一电源系统中有大启动电流的负载启动，变频器内部故障等
过热故障：出现过热故障时在面板上显示字符“OH”	散热器过热	负载过大，环境温度高，散热片吸附的灰尘太多，冷却风扇工作不正常或散热片堵塞，变频器内部故障等
变频器过载、电动机过载故障：出现变频器过载、电动机过载故障时在面板上显示字符“OLU”、“OL1”（电动机1过载）或“OL2”（电动机2过载）	负载过大，保护设定值不正确	负载过大或变频器容量过小，电子热继电器保护设定值太小，变频器内部故障等

## 2. 变频器的事故处理

变频器在运行中出现跳闸即视为事故。跳闸事故的处理有以下几种方法。

### (1) 电源故障的处理

如电源瞬时断电或电压低落并出现“欠电压”显示，瞬时过电压并出现“过电压”显示，都会引起变频器跳闸停机。待电源恢复正常后即可重新启动。

### (2) 外部故障的处理

如输入信号断路，输出线路开路、断相、短路、接地或绝缘电阻很小，电动机故障或过载等，变频器即显示“外部”故障而跳闸停机。经排除故障后，即可重新启用。

### (3) 内部故障的处理

如内部风扇断路或过热，熔断器断路，器件过热，存储器错误，CPU 故障等，可切换至工频运行，不致影响生产。待内部故障排除后，即可恢复变频器运行。

变频装置一旦发生内部故障，如在保修期内，要通知厂家或代理商负责保修。

根据故障显示的类别和数据进行下列检查。

① 打开机箱后，首先观察内部是否有断线、虚焊、烧焦气味或变质变形的元器件，如有则及时处理。



② 用万用表检测电阻的阻值和二极管、开关管及模块的通断电阻,判断其是否有开断或击穿现象。如有,按原标称值和耐压值更换,或用同类型的代替。

③ 用双踪示波器检测各工作点波形,采用逐级排除法判断故障位置。

(4) 功能参数设置不当的处理

当参数预置后,若空载试验正常,加载后出现“过电流”跳闸,可能是启动转矩设置得不够或加速时间不足;也有的运行一段时间后,转动惯量减小,导致减速时“过电压”跳闸,修改功能参数并适当延长加速时间便可解决。

### 技能提高

## 检修变频器应注意的问题

- ① 严防虚焊、虚连、错焊、连焊以及接错线,特别是不要把电源线误接到输出端。
- ② 通电后在静态下检查指示灯、数码管和显示屏是否正常,预置数据是否适当。
- ③ 有条件者,可用一小电动机进行动态模拟试验。
- ④ 做好带载试验检查。

### 实例分析

例 5.5 JR2C 型变频器在使用时突然不能正常运行,自诊断系统显示“OC”故障代码。

分析与检修:JR2C 型变频器具有自诊断功能,在运行时如检测到故障,就将显示相应的故障代码。

导致显示“OC”代码的原因有:电动机的电流大于变频装置的额定电流,使过电流保护电路动作,停止输出;电动机的配线短路或接地、负载侧发生接地事故,均可能会导致主回路出现过电流或压敏元件(ZCT)接地保护电路动作,停止输出;发生过负载现象,从而使输出停止;加速时间设定过短,使过电流保护电路动作,停止输出;变频器内部元器件损坏或变值,变频器不能正常运行或无法运行。当故障发生在主电路或与换流元件有关的部位时,逆变将失败,过电流保护电路动作时也将显示“OC”。

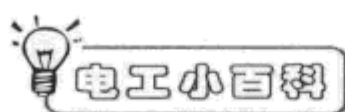
检查变频器负载侧的配线,用万用表测量配线之间的电阻值,结果发现电阻值很小,怀疑电动机损坏。重换一只新的同型号的电动机后通电试机,“OC”代码不再出现,故障排除。

如果故障属加速时间设定过短,可重新调整变频调速装置的电位器 7RH,延长加速时间,故障即可被排除。

例 5.6 JR2C 型变频器在使用中突然不能正常运行,且故障自诊断系统显示“OP”。

分析与检修:JR2C 型变频器显示“OP”故障代码的原因主要有:电源电压过高,超过变频装置的限定值时,过电压保护电路动作,停止输出;减速时间过短,使电动机处在超同步状态,此时电动机的再生能量将馈至主电路,使主电路中的直流电压升高,当超过限定值时,过电压保护电路动作,停止输出。

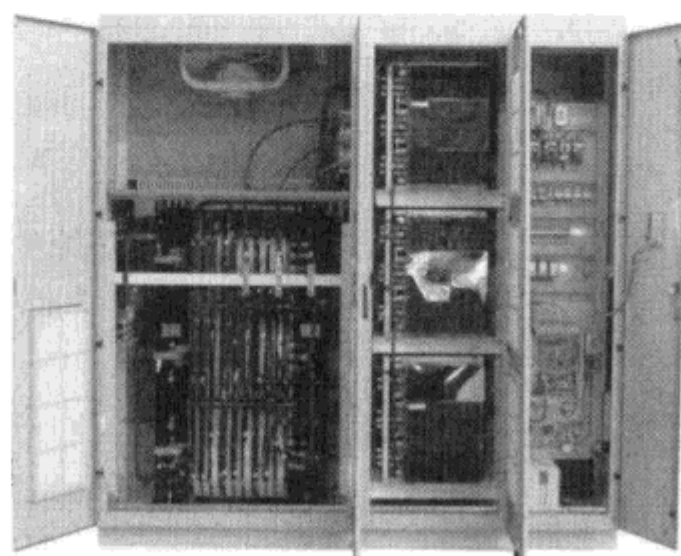
在本例中经检查,发现故障是由上述第二个原因引起的。重换调整电位器 8RH(减速时间调整电位器),延长减速时间后,故障被排除。



## 高频变频器柜的区域划分与接地措施

为了抑制变频器工作时的电磁干扰，安装时可依据各外围设备的电气特性，将其分别安装在不同的区域，如图 5-60 所示。

高压变频器柜的构成



① 变频器部 ② 功率单元部 ③ 控制部

### ① 变频器部

- 多重干式变压器 (3kV/630V, 6kV/630V)
- 冷却风扇 (有压换气扇)

### ② 功率单元部

- 三相 630V 输入、单相输出变频器

3kV 级: 9 个单元

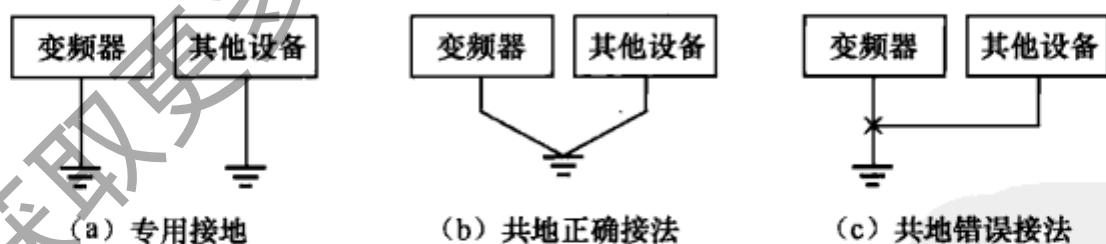
6kV 级: 18 个单元

### ③ 控制部

控制基板、继电器、控制用变压器、控制熔断器、I/O 控制端子等

图 5-60 高频变频器柜区域划分

安装时，电动机电缆的地线应在变频器侧接地，但最好电动机与变频器分别接地。在处理接地时，如采用公共接地端，不能经过其他装置的接地线接地，要独立走线，如图 5-61 所示。电动机电缆和控制电缆应使用屏蔽电缆，机柜内为强制要求，将屏蔽金属丝网与地线连接。



(a) 专用接地

(b) 共地正确接法

(c) 共地错误接法

图 5-61 变频器的接地

## 第6章 电工综合应用

### ——足智多谋显神通

电工的工作范围相对比较宽泛，大到加工制造、电气自动化控制，小到生活照明、工具制作、家用电器简单故障的排除等，这些都与人们的生产及生活密切相关。本章介绍的知识及技能虽然不是很全面、很“专业”，但对提高电工的综合能力具有一定的帮助和启迪作用。

通过本章学习，要求达到以下目标。

#### 知识目标

- ① 掌握触电急救的措施和方法。
- ② 了解洗衣机、电风扇等家用电器的故障类型。
- ③ 熟记常用电工速算口诀。

#### 能力目标

- ① 在有特殊需要的场合，利用自制小工具解决工作中遇到的问题。
- ② 积累实际操作经验。
- ③ 掌握触电急救的方法。
- ④ 掌握常用小家电简单故障的排除方法。

## 6.1 自制常用工具

——物尽其用真方便

### 6.1.1 自制小电钻——电机钻头巧组合，小件钻孔能凑合

许多家庭都有闲置的收录机、VCD影碟机、儿童电动玩具，一般来说，这些电器机芯上的电动机是好的。把电动机从机芯上拆卸下来，将电动机主导轴的一端打磨成一个较长的螺钉旋具形状，刀口宽度为所需的钻孔直径。然后通过主导轴轴承把电动机与主导轴连接起来，让电动机转矩传到钻头上面。使用时，在电动机电刷上加8~12V直流电源即可。

直流电源可用成品12V可调电源，也可用家中闲置的可调电源（如蓄电池照明灯充电器等），还可用收录机上的电源变压器加装整流电路自制。

自制直流小电钻在电路板等不十分坚硬的物品上钻孔比较方便，如图6-1所示。

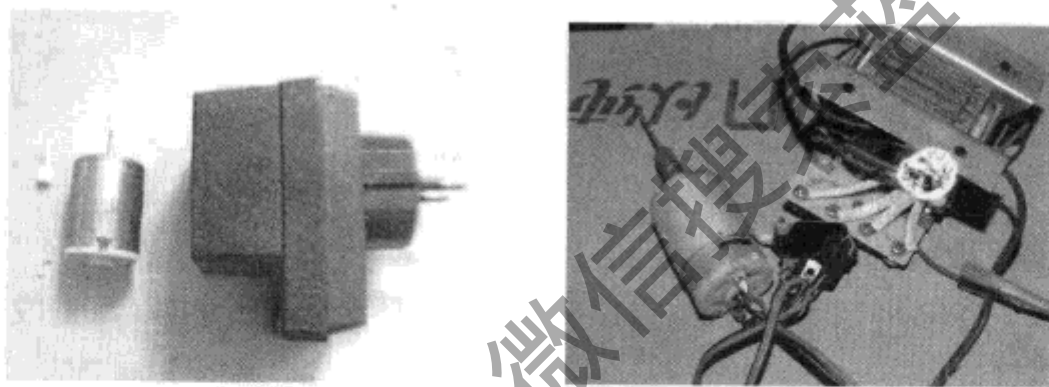


图6-1 自制直流小电钻

### 6.1.2 自制镊子和割刀——铝条锯条稍加工，使用起来很轻松

#### 1. 自制镊子

采用长约26cm的废铝条，将其加热变红后，迅速放入冷水中，再按镊子形状折过来，并在砂轮上将一端磨尖即可。

#### 2. 自制割刀

将已废弃了的钢锯条按照需要的长度折断，然后在砂轮上打磨成刃口，割刀就做成了。

自制的镊子和割刀如图6-2所示。

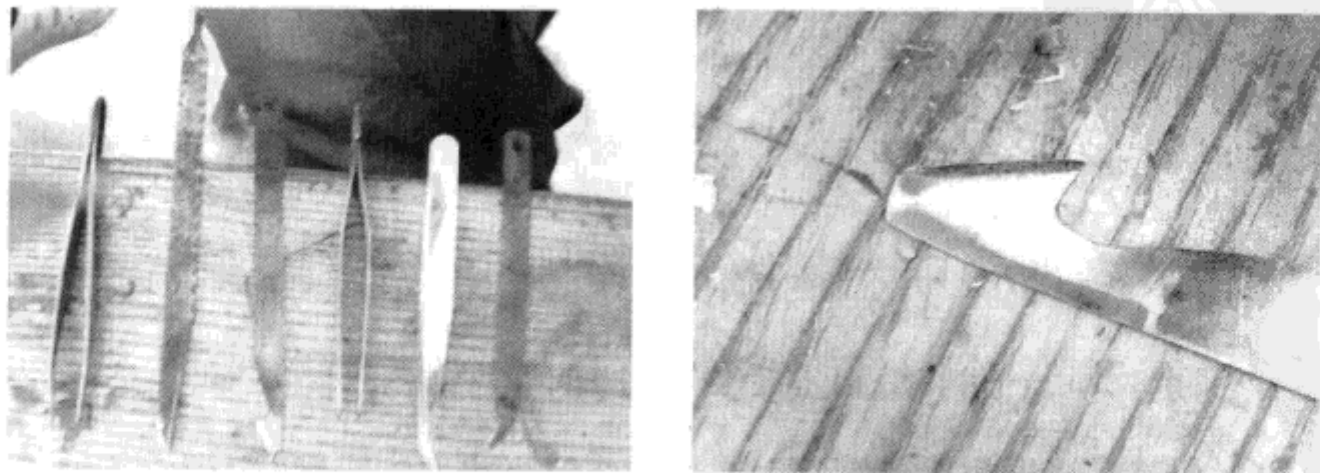


图6-2 自制镊子和割刀



### 6.1.3 自制旋具——临时应急拆螺钉，自制旋具能搞定

#### 1. 自制无感螺钉旋具

截取适当长度的塑料牙刷，将其打磨成螺钉旋具的形状，再用细砂纸抛光即可，如图 6-3 所示。



图 6-3 自制无感螺钉旋具

#### 2. 自制永磁螺钉旋具

首先将验电笔中的弹簧、电阻和氖泡取出，换成一个圆柱形状的磁铁，再在磁铁两端垫上两块绝缘片即可，如图 6-4 所示。注意此时不可再用于测试带电体。

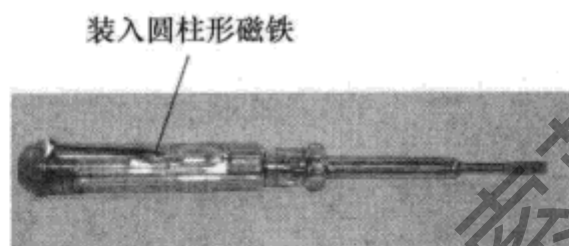


图 6-4 自制永磁螺钉旋具

#### 3. 自制凹口螺钉旋具

在一字形旋具（俗称平口起子）的刃口中间用锉刀锉成一个凹口，就成了凹口螺钉旋具，可用于拆卸专用螺钉。

#### 4. 自制三角形螺钉旋具

三角形螺钉旋具可用一把中号平口或梅花螺丝刀改装而成。先用砂轮把螺丝刀的平口或梅花部分磨去，然后用电动砂轮把磨掉平口或梅花部分的螺丝刀磨成三角形，再按照图 6-5 所示的样子，用平锉将其打磨成形状和大小与需要拆卸的内三角形螺钉一致的三角形即可。

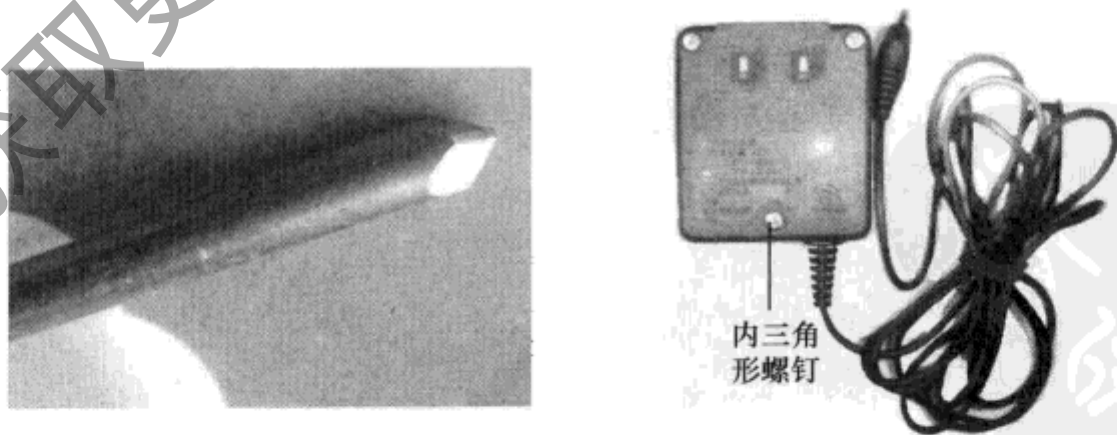


图 6-5 用自制三角形螺钉旋具拆卸内三角形螺钉

### 6.1.4 自制通针——钢丝锉成尖楔状，尾部弯圈像模样

通针又称为撑棒，一般用 8 号钢丝制成。制作时将头部锉成楔状，为了便于操作，在尾部再弯个圆圈，如图 6-6 所示。

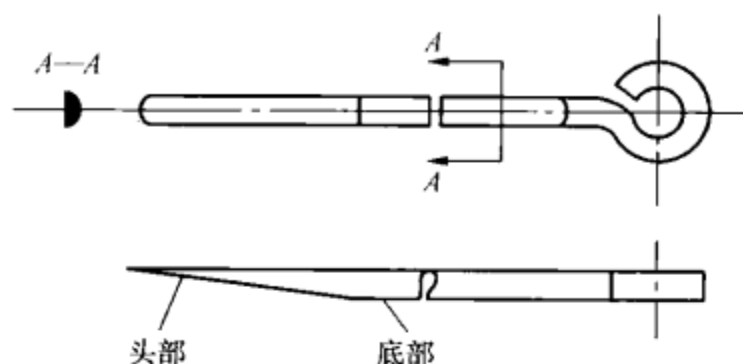


图 6-6 通针外形图

通针的作用是对槽绝缘进行折合、封口，将槽内导线压紧，便于插入槽楔。

### 6.1.5 自制集成电路起拔器——圆规改制起拔器，拆卸芯片有力气

找一个铁皮圆规，拔出圆规脚上的钢针和铅芯插座，然后在圆规脚上安装两块夹片，具体操作如图 6-7 所示。

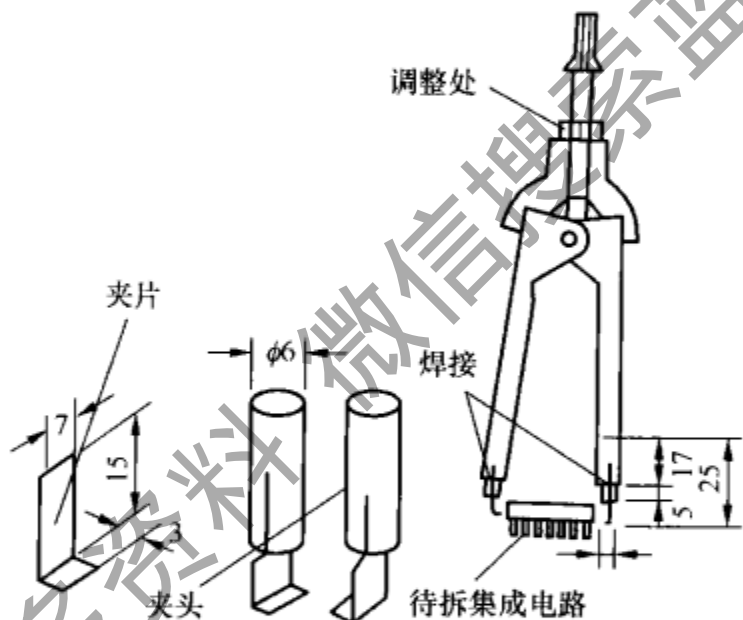


图 6-7 自制集成电路起拔器

使用时，首先调松起拔器上的调整螺母，让起拔器的两夹头张开，并将夹头对准待拔集成电路的两塑封端。接着调紧螺母，用两夹片把集成电路两端夹牢。当集成电路引脚上的焊锡被吸净后，将起拔器提起即可拆下集成电路。

### 6.1.6 自制墙内电源暗线短路探测器——手握探头沿路行，故障点处音乐停

由于线材质量不佳和施工不善等原因，墙内暗线会出现短路故障。利用自制短路探测器查找故障的准确率可达百分之百。

#### 1. 制作

##### (1) 准备材料

带 $\phi 3.5\text{mm}$ 耳机插座的袖珍收音机 1 部，老黑白电视机分立式高压包线圈 1 个，两端带 $\phi 3.5\text{mm}$ 插头的屏蔽线 1.5m 左右， $\phi 3.5\text{mm}$ 插座 1 个，录音机磁带盒 1 个。

##### (2) 制作方法

① 感应探头的制作。在高压包线圈平面处锯掉硅柱盒，并从硅柱盒中金属电极上引出一

根引线，与高压包线圈的另一根引线一起分别焊到 $\phi 3.5\text{mm}$ 插座上，装入磁带盒中。利用感应探头探测墙壁内电源线通过音频电流时所产生的磁场变化来形成感应信号。

② 收音机的改装。利用收音机的低放电路放大感应探头送来的感应音乐信号，通过原收音机扬声器进行监听。把收音机的耳机插口与扬声器的连接线断开，将扬声器的非地端（“+”端）直接接在低放电路的输出端上。断开音量电位器上端，使其与检波输出电路连接；将检波输出电路接在原耳机 $\phi 3.5\text{mm}$ 插座的常闭静触点上，音量电位器上端改接在原耳机 $\phi 3.5\text{mm}$ 插座的常闭动触点上。这样，不插入感应探头时，放大的是广播电台信号，原收音功能不变。当插入感应探头时，插座的常闭触点分离，放大的是感应音频信号，可通过扬声器监听被检查线路的情况。

## 2. 使用

首先准备 1 台扩音机，用定阻（或定压）输出带磁带放音的扩音机最好，用家用功放加音源播放设备也行。总之，能放音乐就可以。

具体操作方法如下。

① 将短路的电源线路与前端供电线路彻底断开，把该线路上并联的所有用电器（包括电灯和用插头的移动电器）的电源开关断开，对于有插头的用电器应拔下插头。

② 用万用表测量已短路的两根电源线间的电阻，根据所测电阻选择合适的输出阻抗，并将扩音机的输出端分别连接在两根电源线上。需要说明的是：若线路的短路电阻小，则选择扩音机的低阻输出；若线路的短路电阻大，则选择扩音机的高阻输出。不然，会损坏扩音机。

③ 打开扩音机播放熟悉的音乐，将音量调到大小合适。

④ 将感应探头绑在一根竹竿上，把双插头屏蔽线的一头插入感应探头信号输出插口，另一头插入收音机的信号输入插口。打开收音机电源开关，把音量调到大小合适。

⑤ 人站在地面上，用感应探头从连接扩音机的故障电源线路一端开始，顺着墙内电源线路的走向依次向后探测。此时，应该能从扬声器中听到由扩音机播放的音乐声。

⑥ 当感应探头移到某个位置（无论是干路还是支路）时，若声音减小或消失，则临界点就是短路点。此时，凿开此处的墙壁，就可以排除短路故障了。

### 6.1.7 自制晶闸管检测仪——引脚对应插孔放，按下按钮看灯亮

下面介绍的这款自制的晶闸管检测仪具有制作简单、使用方便的特点，电路如图 6-8 所示。图中 A、K、G 分别为 3 个小插孔，LED 为绿色发光二极管，E 为 6V 电池，AN 是一个常开式按钮。电工在安装或维修时，运用该晶闸管检测仪检查晶闸管，快速方便。

#### 1. 判断单向晶闸管的极性

将不明极性的晶闸管的 3 个引脚任意插入 3 个孔中，若 LED 发光，说明 A 孔插的是 G 极（控制极），K 孔插的是 K 极（阴极），G 孔插的是 A 极（阳极）。若插入后 LED 不亮，按一下按钮 AN，LED 发光，则 A 孔插的是 A 极，K 孔插的是 K 极，G 孔插的是 G 极。同理，其他情况皆可知晓。

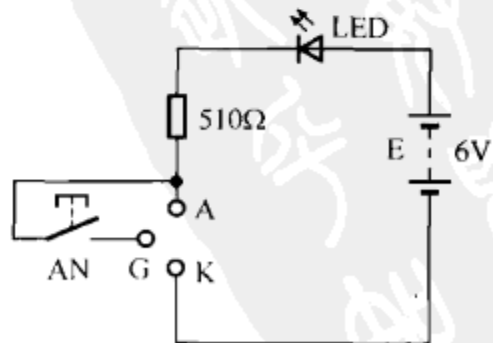


图 6-8 晶闸管检测仪电路原理图

### 2. 判断双向晶闸管的极性

将不知极性的双向晶闸管的3个引脚任意插入3个孔中，若LED发光，将A、K两孔中的脚对调，LED仍发光，说明K孔中插入的是G极；若插入后LED不亮，按一下按钮AN后即亮，说明K、A、G3个孔对应的分别是K、A、G3个引脚。根据同一原理，其他情况也都容易知晓。

### 3. 判断单向晶闸管的好坏

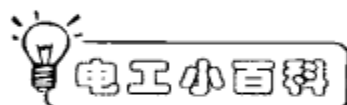
将A、K、G3个引脚分别插入A、K、G3个孔，若LED不亮，按一下按钮AN后即亮，说明晶闸管是好的。

### 4. 判断双向晶闸管的好坏

将K、A、G3个引脚分别插入K、A、G3个孔内，若LED不发光，按一下按钮AN后LED立即发光，说明双向晶闸管是好的。

## 能力PK

按照6.1节介绍的方法自制一个小电钻、永磁螺钉旋具和集成电路起拔器。



## 电线剥削器

一位小学生看到电工师傅安装空调器时，由于电线又粗又硬，不能用剥线钳剥皮，而改用电工刀削，速度比较慢，于是，他想发明一种新的电线剥削器，适用于粗细不同的电线，且便于使用和携带。如图6-9所示，他把一块正六边形有机玻璃一分为二，在上面分别钻上圆孔，再把两个双面刀片放在两块有机玻璃中间。在刀片两端有孔处和有机玻璃圆孔处，用螺钉、螺母固定住。

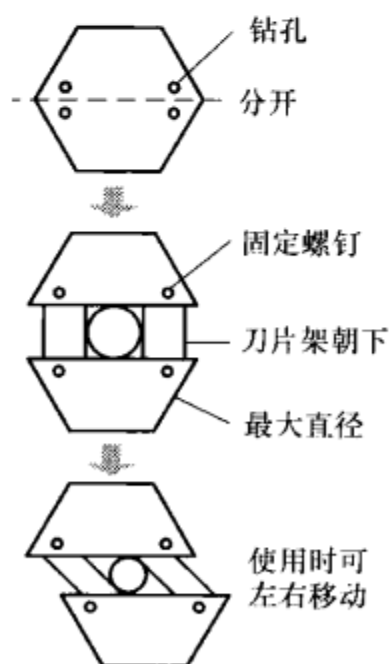


图6-9 电线剥削器

这实际上组成了一个平行四边形，压缩上底和下底，可以改变两条斜边（刀片）之间的距离，因此，可以适应较细电缆线绝缘层的剥削工作。



## 6.2 电工操作小经验

——日积月累本领高

### 6.2.1 巧换电炉丝——量取炉丝有多长，通电定型槽中放

在更换新炉丝时，往往需要拉伸电炉丝；但拉伸电炉丝的长度难以确定，不是拉长了，就是拉得不够，而且容易造成电炉丝密疏不一，影响电炉丝的使用寿命。用下面介绍的方法可以方便而均匀地把电炉丝拉伸好。

取一根旧的胶织电线，按电炉盘内槽位把电线盘在炉盘内，随后将盘中的一段电线剪下，并从电炉盘内取出拉直。然后找一块长条绝缘木板，把电线放在木板上，在电线两端所在位置旋入两个木螺钉。取下电线，把需换的新炉丝拉开，两头固定在这两个螺钉上。然后找一段电线把 220V 的电源接在电炉丝两端，通电半分钟左右，电炉丝就会自行发热定型。取下电炉丝并将其盘在电炉盘内，接上插头即可使用，如图 6-10 所示。



图 6-10 电炉和电炉丝

### 6.2.2 巧查电线短路故障——电炉串于保险处，测量电流查短路

低压线路发生短路故障，如果线路较长，线路上的灯泡或其他负载较多，故障点又不明显时，查找故障点是非常困难的。这时，可将一只 1000W 的电炉串接在保险丝刚接出的出线端。接通电源，由于线路中有短路点，电源电压几乎全部加到 1000W 电炉丝两端，从短路点到负载这段线路上便有电流流过，线路其他部分却无电流通过。可用钳形电流表的小挡位去测量线路中各处的电流。测量时可分段进行，如果测出无电流，说明短路故障点在测量点到电炉丝之间的线路上；如果测得有电流，则说明故障点还在中间位置的后面线路上，如图 6-11 所示。这样继续向后查找，逐步缩小测量范围。当测得电流在有与无的分界点时，便可顺利地找出故障点了。

利用这种方法可查找线路较长且分支线路较多地段的电器短路故障点，其优点是：在不分段断开电线、不破坏线路的整体布局的情况下，即可快捷准确地确定故障点。对于较长的架空线路来说，此法尤为实用。但在使用此法时要把正常的负载开关断开，再查找故障点。

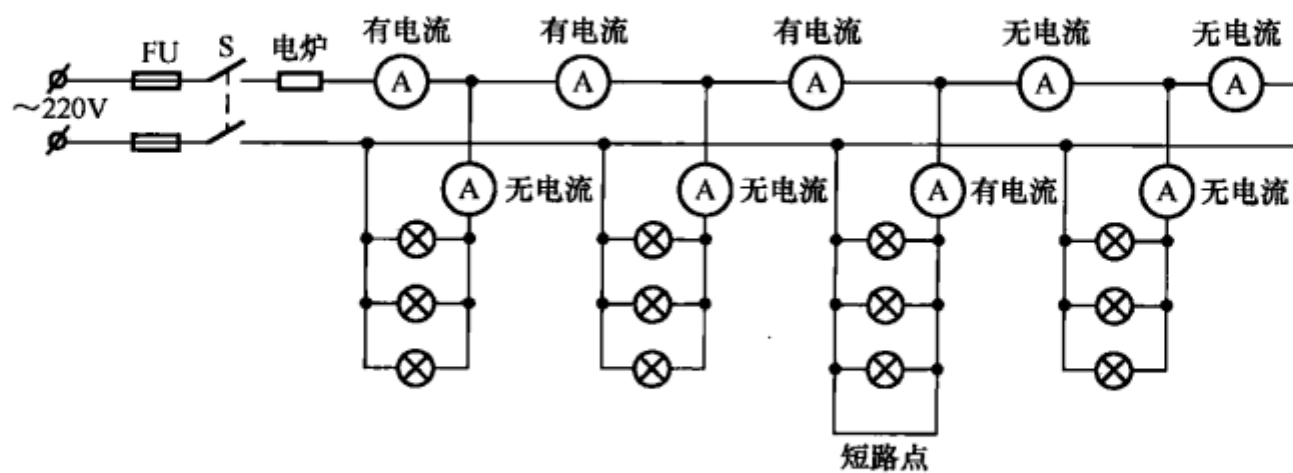


图 6-11 用钳形电流表查找短路点示意图

### 6.2.3 拆卸电器的注意事项——分析结构看仔细，根据螺钉选工具

修理电气设备，有时需要局部或全部把它们拆开，找出故障点，分析故障原因，再动手修理。要求既要能拆卸电器，又不能把它拆坏，这就需要操作时谨慎行事。

① 对待修理的对象要仔细观察，明确它的用途、结构、材料以及不同部件的组成，然后确定拆卸的方法及步骤，如图 6-12 所示。

② 必须切断电源，将开关置于断开位置；对于使用电池的电器，应先取出电池，以保证拆卸、修理工作的安全，如图 6-13 所示。

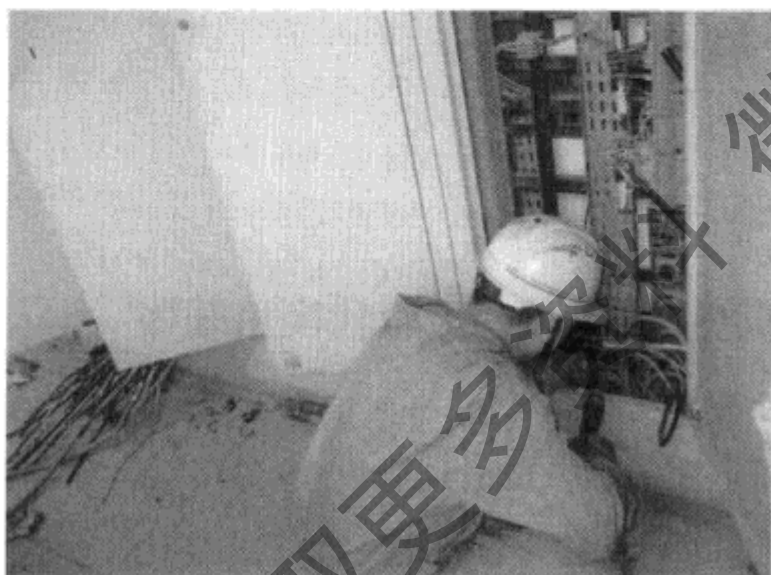


图 6-12 仔细观察，确定拆卸方法



图 6-13 取出电池后再拆卸

③ 仔细寻找拆卸部位，特别是隐藏的螺钉位置。一般先卸外盖螺钉，再卸与内部机件有联系的螺钉。螺钉应集中放置，以免丢失。如部件规格、数量特别多时，则应分部件或归类分别存放，并做好记号。有的机器连接的方法比较特殊，应仔细寻找。

④ 如有产品说明书或维修说明书，则应按要求进行。拆卸时，要记住拆卸的次序、步骤，对于比较复杂的步骤要做好记录，以便于以后安装。

⑤ 只要能找到毛病，能着手修理即可，能不拆的就不必拆。凡没有把握拆装的，或需要用专门工具、专门手段检测的部位，最好不轻易拆卸。

⑥ 螺钉、螺母在一些特殊位置时要认准拧松的方向；有的运转部件或有双扣的部件会设计有反扣，如方向认定错误，则会损坏螺钉或越拧反而越紧。

⑦ 如有的螺钉锈死，可先在螺纹处滴入几滴机油，待浸透后再用螺丝刀或扳手拧动，不

可用蛮力，否则会破坏螺钉槽或拧断螺杆。

⑧ 在拆卸控制旋钮时，先看是否有顶紧螺钉。如有，应先松开顶紧螺钉后再拉出旋钮。如无顶紧螺钉，对于过紧的旋钮，可以用干净的布包裹起来后，再均匀向外拉动。切勿乱撬乱砸，以免损坏旋钮。

⑨ 对加工有高光洁度或有高级油漆涂层的部位，拆卸时可在钳口、扳手咬口上包一层软布后再操作。

#### 6.2.4 判断荧光灯灯管是否漏气的方法——两端红光中间暗，灯管漏气要更换

当荧光灯电路接通后，灯管两端发出像白炽灯似的红光，但中间不亮，在灯丝部位没有闪烁现象，尽管启辉器跳动，灯管却不启动，这种现象说明灯管已慢性漏气，如图 6-14 所示。凡是慢性漏气的灯管，通电点燃不久灯丝就会熔断。



图 6-14 荧光灯灯管漏气

#### 6.2.5 电钻碳刷的应急代换——碳刷磨损火花放，应急代换用碳棒

小型手电钻的碳刷是易磨损件，磨损严重时碳刷与转子之间会严重打火，需更换新碳刷。如果一时没有找到合适的碳刷，可以用 2 号废旧电池的碳棒按原碳刷尺寸磨好代用，如图 6-15 所示。

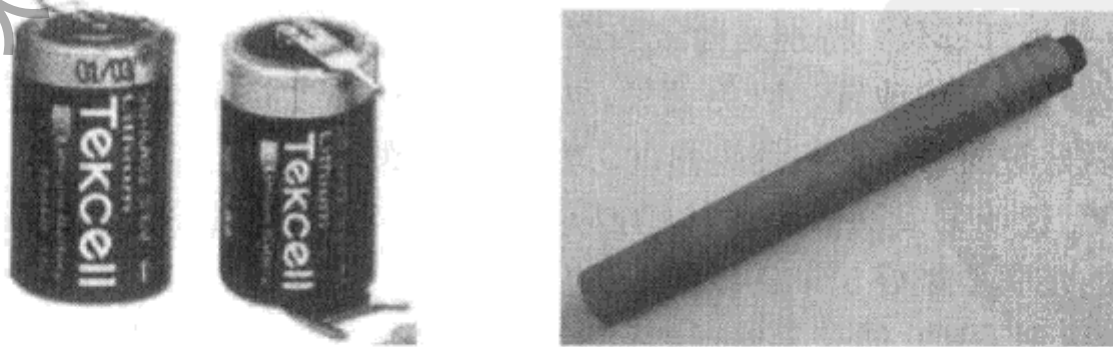


图 6-15 电池和碳棒

#### 6.2.6 铁管穿电线的简易方法——铁管有弯难穿线，线栓螺母引路线

电线穿入铁管时，常因铁管拐弯多而难以穿过。这时可找一个比管径小一些的螺母，将

棉线栓在它的上面，然后把螺母放入管子里，利用重力使它在管内向下滑动（操作时应适当调整管子的位置），经过几个弯就可把棉线从下面管口带出来，再通过棉线把电线带进管子里，就能顺利穿电线了。

### 6.2.7 在铁板上打孔——铁板打孔硬逗硬，薄用钢锥厚用冲

电工在安装工作中，有时会碰到给零部件打孔。下面介绍几种在没有专用打孔工具的情况下，利用简单工具在金属板上进行打孔的方法。

#### 1. 在较薄铁板上打孔

在较薄铁板上打孔的方法很多。可把需打孔的铁板平放在木板上，然后用手拿钢锥在铁板上加压钻眼，直到钻到合适的眼为止；也可取与孔同样大小的铁钉，用小锤敲击铁钉在铁板上打孔。这两种方法打出的孔背面都有毛刺，需用平锉把毛刺锉平。最好的方法是把铁板放在木墩上，然后把与孔同样大小的铁钉尖端去掉，再用板锉把去尖部位打平，最好锉出较锋利的刃来。打孔时将铁钉垂直放在需打孔位置上，用小锤用力一敲，这样打出来的孔就比较规则了，如图 6-16 所示。

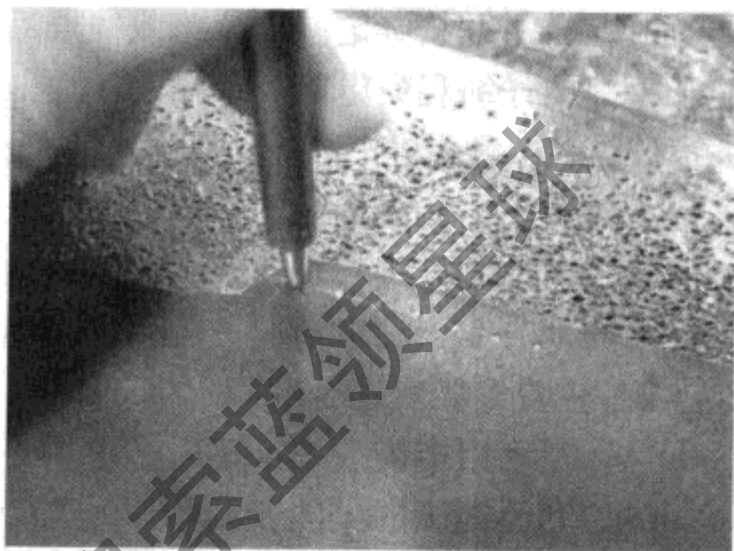


图 6-16 在较薄铁板上打孔

#### 2. 在较厚铁板上打孔

在较厚铁板上打孔一般用冲子。冲子可用废三角锉、柴油机废气门杆、废自行车轴或脚踏杆为材料自制，自制时在砂轮上磨出锥形冲尖，注意在尖端处要留有一个平台。

打孔时，根据孔的大小，在需打孔处放一个比孔稍大一点的螺母，孔的中心与螺母中心相对。然后将冲子放在打孔处中心，用力一敲，孔就打出来了。冲孔后，孔背面有毛刺，需用板锉锉平。直径为 10mm 以上的较大孔可先用冲子或锤子把铁板敲成凹坑，然后翻过来，将凹起的部位用锉锉平，即出孔。这样打出的孔不太规则，可用小圆锉扩眼、整形。

### 6.2.8 电能表的灵活运用——电路漏电难查找，确定故障看电表

#### 1. 用电能表查找照明线路漏电故障

漏电是照明线路的常见故障，查找照明线路漏电的部位十分困难，因此照明线路漏电故障最难修。维修人员若能巧用家用电能表查找照明线路漏电故障，往往事半功倍，具体方法如下。

##### (1) 首先判断是否确实发生了漏电

其方法是：断开电源总开关，取下所有的照明灯泡，关闭所有的电器，也就是让所有的用电器停止工作。然后合上电源总开关，仔细观察电能表的铝盘是否转动，若转动，表明漏电，且转得越快漏电越严重；若不转动，说明不漏电。

##### (2) 判断漏电性质

取下所有的照明灯泡，关闭所有的电器，然后接通相线，切断零线，用试电笔测试零线，若试电笔氖管不亮，电能表铝盘转动，则表明只有相线对地漏电；若试电笔氖管点亮，则可以肯定相线和零线之间有漏电的地方，且试电笔氖管越亮，相线和零线之间漏电越严重。然后进一步观察电能表铝盘的转动情况，若零线断开后电能表铝盘的转速不变，则表明只有相



线和零线之间有漏电的地方；若零线断开后电能表铝盘的转速变慢但不停止，则表明相线与零线、相线与大地之间均有漏电现象。

### (3) 确定漏电范围

取下所有的分路熔断器或断开所有的分路刀闸，若电能表铝盘转速不变，则表明是总线漏电；若电能表铝盘停转，则表明分路漏电；若电能表铝盘转速变慢但不停转，则表明总线与分路均漏电。

### (4) 找出漏电点

用上面的方法确定漏电分路或线段后，逐个拉断该线路上灯具的开关，每关掉一个灯泡的开关都要仔细观察电能表铝盘的转速。当拉断某一开关时，若电能表铝盘停转，则表明被关掉的这条支路漏电；若转速变慢，则表明除该支路漏电外还有其他漏电处；若所有灯具开关都关掉后，电能表铝盘的转速仍不变，则表明该段干线漏电。当把故障范围缩小到一个较短的线段内，便可进一步检查该段线路的接头以及电线穿墙转弯、交叉、绞合、容易腐蚀和易受潮的地方有无漏电情况。当找出漏电点后，应及时妥善处理。

## 2. 校验电能表是否准确

当怀疑家用电能表不准确时，可用下面的方法校验。

### (1) 利用准确的电能表校验

取一块准确的电能表，按照电能表的安装要求，将其安装在家用电能表的后边，让两块电能表同时工作一段时间。若两块电能表在这段时间内的读数相同或十分接近，说明家用电能表是准确的；若差值过大，说明原来的那块家用电能表不准确，需要校验。

### (2) 利用功率已知的电器估测

家用电能表的表盘上都标有电能表常数  $C$ ，它表示的意义是：电能表计度器记录  $1\text{kWh}$  电能时圆盘旋转的圈数，单位一般是  $\text{r/kWh}$ ，如图 6-17 所示。知道了电能表常数，若怀疑某电能表计量不准确，可用以下方法粗测。接上一个已知功率的负载，记下圆盘转过一定圈数所用的时间，然后与根据电能表常数所计算出的时间比较，如果两者相差不是很大，则可认为电能表基本正常。

举例说明如下：将一只额定电压为  $220\text{V}$ 、额定功率为  $100\text{W}$  的白炽灯泡接入电路中，而将其他所有的家用电器、照明设备关断。在电源开关合上后，把家用电能表转动一周的时间记录下来。

可按以下公式计算出不同功率  $P$  (W) 时电能表转  $n$  圈应走的时间  $t$ ，即：

$$t = 3600 \times 1000 \times n \div (C \times P) (\text{s})$$

如电能表常数为  $2400\text{r/kWh}$ ，将一只  $100\text{W}$  的白炽灯开启，可计算出电能表转一圈所需时间  $t = 3600 \times 1000 \times 1 \div (2400 \times 100) = 15$  (s)。

若所测时间与计算时间接近，就说明该电能表是准确的。为了保证测量的准确性，可增加转数  $n$  为  $5 \sim 10$ ，用圈数  $n$  去除转  $n$  圈所用的时间  $t$ ，即得电能表转一圈所用的时间。由于电源电压不一定是  $220\text{V}$ （有条件时可用稳压器提高测试的准确性），再加之电能表的计量存



图 6-17 电能表额定参数的标示



在误差，所以这两个时间大体相等就可以了。

校验电能表时应注意：电器的额定电压应与电能表的额定电压相符，所用电器的功率不小于电能表额定功率的10%。

### 3. 测定家用电器的实际功率

利用电能表表盘上的电能表常数  $C$  和计时工具就可以测定家用电器的实际功率。要测定哪个电器的功率，仅使这个电器工作，记下该电器工作时电能表转盘转过的转数  $n$  和转过这些转数所用的时间  $t$ 。计时工具的单位若用  $s$ ，用下面的公式计算时要换算成  $h$ 。将记录的这些数据代入公式  $P=n/(Ct)$ ，就可以算出被测电器的功率  $P$ ，单位是  $kW$ （千瓦）。

## 6.2.9 电器维修中的几个技巧——维修重技巧，故障逃不了

① 拉：在维修时，对有些用仪器、仪表检查不明显的故障，如似接非接的不明处，用手在不带电时轻轻拉一下，使不明故障变明显，有利于检查并排除。

② 切（割）：对于合不上电源等短路形式的故障，可以采用切割的方法，一般先从负载侧一步一步地进行排除，这可大大减少排除故障所用的时间。

③ 挑：若故障在低压控制电器不明处，如开关、插座、闸刀、熔断器的压紧螺钉和电气接头连接处，可采用工具“挑”的方法发现、排除接触不良和不易发现的故障点。

④ 敲：对带电的设备，可以采用带绝缘的棒等物体对可疑故障点逐一轻轻敲击，看负载状态的变化，从而找出故障点。

⑤ 垫：在接头处或震动处，可以采取“垫”的方法将接头之间的绝缘加厚或将导线与设备垫平，以减少因收缩力而造成的故障。

⑥ 望：用眼睛观察，看各种电气元件外观的变化情况。如观察触点是否烧熔、氧化，熔断器的熔体熔断指示器是否跳出，热继电器是否脱扣，导线和线圈是否烧焦，整定值是否合适，瞬时动作整定电流是否符合要求等。

⑦ 闻：出现故障后，断开电源，将鼻子靠近电动机、自耦变压器、继电器、接触器、绝缘导线等处，闻闻是否有焦糊味。如有焦糊味，则表明电器绝缘层已被烧坏，主要原因是过载、短路或三相电流严重不平衡等。

⑧ 听：主要听有关电器在故障发生前后发出的声音有否差异。如听电动机启动时是否有“嗡嗡”声，接触器线圈得电后噪声是否很大等。

⑨ 摸：故障发生后，断开电源，用手触摸或轻轻推拉导线及电器的某些部位，看有无异常变化。如摸电动机、自耦变压器和电磁线圈表面，感觉温度是否过高；轻拉导线，看连接是否松动；轻推电器活动机构，看移动是否灵活等。

⑩ 问：向现场操作人员了解故障发生前后的情况。如故障发生前是否过载、频繁启动；故障发生时是否有异常声音和震动，有没有冒烟、冒火等现象。

### 技能提高

## 注重经验积累

经验是指由实践得来的知识或技能，是一种快速的临场反应，它是电工综合素质的体现。经验只能在实际操作中逐渐获得。

学技术，其实就是学经验。平时注重经验积累，把自己看到的、听到的、领悟到的施工操作方法、思路甚至失败原因的分析等，用笔记本记录下来。养成习惯，日积月累，这对今后的工作会大有益处。

### 惨痛教训

## 凭“经验”换保险被电弧灼伤

某化工厂电位车间维修班维护电工刘某，在检修二级中控配电室低压电容柜时，在未断电的情况下直接用手钳拔瓷插式保险。因操作不当，手钳与相邻的保险搭接引起短路，形成的电弧将面对电容柜的刘某的双手、脸、颈大面积严重灼伤，幸亏及时送进医院救治，刘某才脱离了生命危险。但电气短路烧毁了电容柜上的不少电气元件，造成该柜连接系统单体停车长达 3.5h，给生产造成了较大损失。

刘某在拔瓷插式保险时，本来可用岗位上配备的专用工具——保险起拔器，可是他自以为经验丰富，用手钳直接带电拔保险而导致短路。这是发生事故的直接原因。

## 6.3 巧灭电气火灾

### ——巧借东风重安全

扑救电气火灾时，首先应切断电源。切断电源时，应严格按照规程要求操作。

① 火灾发生后，由于烘烤及烟熏等原因，电气设备的绝缘可能已经受损，所以在操作时，应用绝缘良好的工具操作。

② 选好电源切断点。切断电源的地点要选择适当，在夜间切断电源时，应考虑临时照明电源问题。

③ 若需剪断电源，应注意非同相电源应在不同部位剪断，以免造成短路。剪断电线的部位应选有支撑的地方，以免电线剪断后掉落下来而造成接地短路或触电事故。

④ 如果因情况特殊必须带电灭火时应该注意，对初期的电气火灾可用专用灭火器灭火，如二氧化碳、1211、干粉灭火器等。

为了保证灭火人员和车辆的安全，应当使人体与带电体之间保持足够的距离。如电压为 110kV 时，最小安全距离为 3m；电压为 220kV 及以上时最小安全距离为 5m。同时水枪的喷嘴必须接地良好，操作人员必须穿绝缘靴，戴绝缘手套。有些单位设有固定式或半固定式灭火装置，可以将其迅速启动，以扑灭电气火灾。

### 知识链接

## 干粉灭火器的使用方法

干粉灭火器适用于扑救各种易燃、可燃液体和气体火灾，以及电气火灾。

干粉灭火器最常用的开启方法为压把法，具体如下：用右手提着灭火器到火灾现场，如图 6-18 (a) 所示；除掉铅封，如图 6-18 (b) 所示；拔掉保险销，如图 6-18 (c) 所示；用

左手握着喷管，右手提着压把，如图 6-18 (d) 所示；在距离火焰 2m 远的地方，右手用力压下压把，左手拿着喷管左右摆动，喷射干粉覆盖整个燃烧区，如图 6-18 (e) 所示。

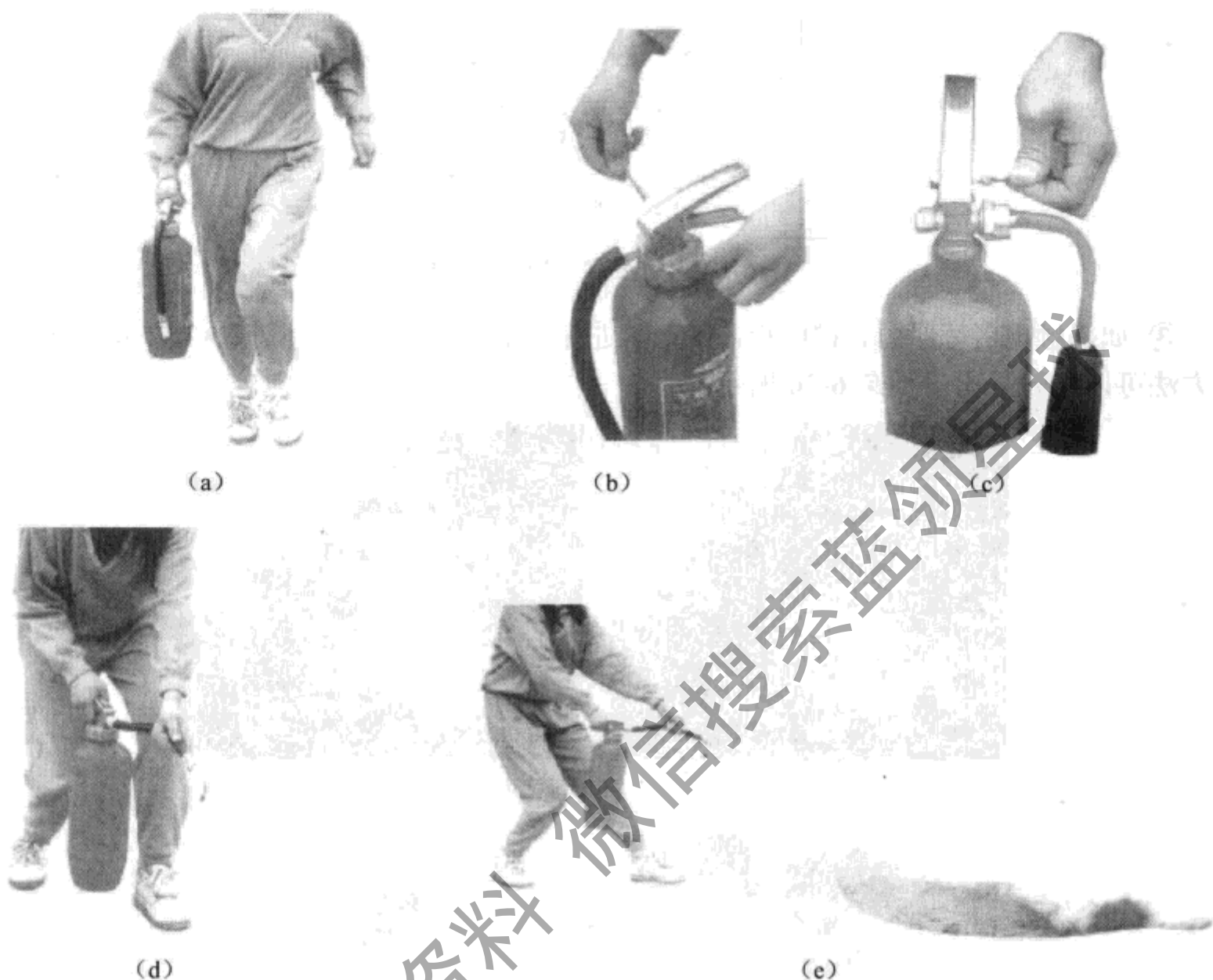


图 6-18 干粉灭火器的使用方法

想一想 当发生电气火灾时，电工应当如何及时切断电源？使用干粉灭火器的步骤是什么？

## 6.4 触电急救措施

——因地制宜动作快

触电又称电击，是指一定的电流或者电能（静电）通过人体，造成机体损伤或功能障碍，甚至死亡的事故。遇到意外触电事故应采取以下措施。

① 立即关闭电源开关，拔掉插头，使触电者很快脱离电源。

② 若无法关上开关，可站在绝缘物上（如一叠厚报纸、塑料布、木板等），用干燥的扫帚或木棒等将触电者拨离电源，或用绳子、裤子或其他任何干布条绕过触电者的腋下或腿部，把触电者拖离电源，如图 6-19 所示。切勿直接用手触及伤者，也不要潮湿的工具或金属物体把触电者拨开，否则，施救者也会遭到电击。



图 6-19 用绝缘物体将电线移开

③ 如果触电者呼吸、心跳停止，要立即进行人工呼吸或胸外心脏按压，必要时这两种急救方法可以同时采用，如图 6-20 所示。



(a) 口对口人工呼吸法



(b) 胸外心脏挤压法



(c) 同时采用人工呼吸法和胸外心脏挤压法

图 6-20 人工呼吸法和胸外心脏挤压法



④ 若触电者曾经昏迷、身体被烧伤等，必须打电话呼叫救护车，边抢救边求救，如图 6-21 所示。



图 6-21 边抢救边求救

### 知识链接

#### 触电急救

有人触电快施救，脱离电源有讲究，  
 高处触电防摔伤，及时下运心莫慌。  
 尚存心跳无呼吸，人工呼吸口对齐。  
 心跳暂停不可怕，胸外心脏可挤压，  
 呼吸停止心不跳，二法并用能见效。  
 现场抢救不能停，及时求救 120。  
 抢救求救莫分心，千万别打强心针。

具体的触电抢救方法见表 6-1。

表 6-1

触电抢救方法

触电者症状	实施方法	抢救方法
有心跳，无呼吸	口对口人工呼吸法	① 使触电者身体伸直，仰卧，头部尽量后仰，鼻孔朝天； ② 捏紧触电者的鼻子，贴嘴吹气，使其胸部扩张； ③ 吹 2s，停 3s，5s 为一个周期最恰当（如果触电者的口掰不开，可向鼻孔吹气）
有呼吸，心跳停止或不规则	胸外心脏挤压法	① 使触电者仰卧在硬地上； ② 抢救者跨腰跪在触电者腰部两侧，两手相叠，中指对准凹腔，掌根用力压胸膛，压下 3~4cm，慢压突放，手掌不离胸膛，以每分钟 80~100 次效果最好； ③ 抢救儿童时用单手，以每分钟 100 次左右为宜
呼吸和心跳均停止	口对口人工呼吸和胸外心脏挤压法	① 一人抢救，采取两种方法交替进行，即吹气 2~3 次，再挤压心脏 10~15 次，而且吹气和挤压的速度可提高一些； ② 两人抢救，每 5s 吹气一次，每 1s 挤压一次，两人交替进行

## 技能提高

## 触电者脱离电源后的移动方法

抢救触电者，原则上不移动，就地抢救。若现场很危险或不适宜急救，才允许移动触电者。移动触电者时最好有多人参加，否则，触电者被迫做难以完成的动作，有可能会加重伤情。

把触电者放在担架或门板上移动最为理想。若没有担架或替代物，可由3人分别抬着触电者的头部、腰部和腿部，使触电者保持原姿势，轻轻移动，如图6-22所示。移动时注意不要扭动触电者的颈部和身体、碰触受伤部位和束缚触电者的身体。

由两人搬移时，两人的手腕互相交叉握在一起，让触电者坐于其上，同时将触电者的两条手臂分别放在两搬移者的肩部，轻轻移动，如图6-23所示。

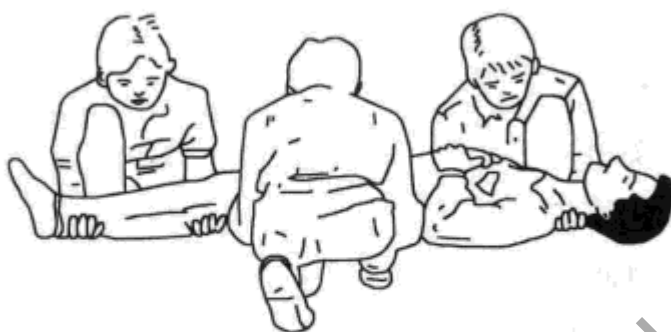


图 6-22 3个人配合移动触电者



图 6-23 两人配合移动触电者

不得已由一个人搬移时，搬移者可将自己的手从触电者背部伸到其腋下，握住触电者的一只手臂，轻轻移动，如图6-24(a)所示。注意不要扭动触电者的颈部和背部。若触电者腕部没有骨折，可抓住其两臂背着搬移，如图6-24(b)所示。

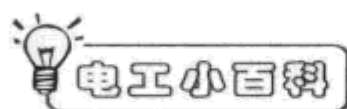


(a) 移动方法之一



(b) 移动方法之二

图 6-24 一个人移动触电者



## 抢险救灾一定要注意自身安全

2008年5月12日四川汶川发生地震，大量电杆倒塌，电力线路供电中断，城市乡村大面积停电。有许多电力抢险队日夜奋战在救灾第一线，他们总结出的抢修电力故障的经验是值得广大电工学习的。

在抢修电网和电力设施时，一定要注意自身的安全。在余震未消的非常时期，地质条件复杂，要防止滚落的石头、塌方和倒杆伤人。

在抢修前，一定要仔细检查自己使用的安全防护器具（如安全带、安全帽、登杆工具等）是否良好。工作前，一定要勘察好抢修现场，对那些危险点要有针对性地做好防范措施，一定要防止高处坠落的物体和机械造成伤害。

在登杆或登塔时，一定要检查杆塔基础是否牢固、脚扣是否良好，要戴好安全帽，始终系好安全带。对于不熟悉的地理环境和电力设施，抢修工作不可盲目进行，要摸清实情，排除隐患，保证电力抢修工作有序进行，如图6-25所示。



图6-25 永远的记忆——电力职工抢险救灾

在抢修电力设施时，应特别注意加强安全管理，防止恢复送电时引发火灾和人身伤亡事故。

## \*6.5 小家电故障检修

——技高一筹修家电

### 6.5.1 洗衣机常见故障的检修——脱水洗衣出故障，电容电机细测量

目前常用的洗衣机有大容量双筒洗衣机和全自动洗衣机，其常见故障检修方法见表6-2和表6-3。

表 6-2

双筒洗衣机常见故障的检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
漏水	<p>① 排水阀弹性太大或排水拉绳过短,排水橡胶圈放不下去,导致与排水口四周接触不严密,有间隙;</p> <p>② 排水管外部划伤、破裂而漏水;</p> <p>③ 排水橡胶圈老化开裂或失去弹性,导致密封性能变差,从而引起漏水;</p> <p>④ 脱水过程中漏水的原因可能有:脱水轴波轮橡胶套内的密封圈损坏或密封不严,波轮橡胶套本身有裂痕或老化,波轮橡胶套与脱水外筒排水口粘连不紧密或使用中脱胶而造成漏水</p>	<p>① 适当调节排水阀的弹性、排水拉带的长短,重新安装好排水管;</p> <p>② 更换新排水管;</p> <p>③ 更换排水橡胶圈;</p> <p>④ 根据故障现象进行相应的维修或更换新部件</p>
震动、噪声大	<p>① 洗衣时机身发出“砰砰”的响声,该故障多是洗衣筒与外壳之间产生碰撞,洗衣机放置的地面不平整或4只底脚未与地面保持良好接触造成的;</p> <p>② 洗衣时波轮转动发出“咯咯”的摩擦声,可能是波轮旋转时与洗衣筒底部相摩擦,或者波轮螺钉松动,或者波轮外圈碰擦洗衣筒;</p> <p>③ 电动机转动时,皮带发出“噼啪”声,该故障是由于传动皮带松弛而引起的</p>	<p>① 调整洗衣机重心,放置平稳,或在4个底脚垫上适当的垫块。</p> <p>② 可放水,不放衣物进行检查,此时若在波轮转动时仍有“咯咯”的摩擦声,说明是由于波轮旋转时与洗衣筒的底部有摩擦引起的。如再放入衣物,响声会更大,则故障原因可能是波轮螺钉松动。可先拆卸下波轮,再在轴底端加垫适当厚度的垫圈,以增加波轮与筒底的间隙,消除两者的碰撞或摩擦。若是波轮外圈碰擦洗衣筒,则应卸下波轮,重新修整后再装上。</p> <p>③ 将电动机机座的紧固螺钉拧松,将电动机向远离波轮轴的方向转动,使传动皮带绷紧,再将机座的紧固螺钉拧紧</p>
漏电	<p>① 筒内的水带电,一般是波轮轮轴和带电部位相连通引起的;</p> <p>② 壳体带电,可能是电源线损伤,也可能是电容器本身损坏;</p> <p>③ 有感应电;</p> <p>④ 有静电</p>	<p>① 重点检查筒下电气元件的绝缘情况和漏水现象,直到排除故障为止。</p> <p>② 检查是否存在外皮破损、铜线裸露现象,查出漏电部位后应用绝缘胶布包好;如电容器损坏,应更换电容器。</p> <p>③ 一是将洗衣机地线接好;二是对调电源接地线孔,将原来插入地线孔的插片改插火线孔。</p> <p>④ 消除静电有两种方法:其一是更换皮带或皮带轮;其二是将皮带在清水中浸泡2h左右,取出后擦干水分,重新装上即可</p>

续表

故障现象	产生原因	检修方法
定时器发生故障而造成电动机不运转	① 发条脱落或断裂; ② 齿轮损坏, 齿轮啮合不良, 凸轮组件损坏或松动; ③ 触点打火; ④ 受潮或进水	更换定时器
电动机绕组短路或断路	① 洗涤电动机主、副绕组的电阻值不同; ② 脱水电动机主、副绕组的电阻值不符合要求	① 用万用表欧姆挡 ( $R \times 10$ 或 $R \times 1$ 挡) 测量公共端与另外两根引线间的电阻值, 如其测量值基本一致 (一般为几十欧), 则说明该电动机正常; 如其测量值相差很大时, 则阻值小的那个绕组有短路现象; 如果阻值为无穷大, 则绕组断路, 可对绕组进行处理或重绕。 ② 用万用表欧姆挡测量主、副绕组的电阻值, 如主绕组的电阻值为 $65 \sim 95\Omega$ , 副绕组的阻值为 $110 \sim 200\Omega$ (副绕组比主绕组的电阻值大 50% 左右), 说明该电动机正常; 如小于上述值, 则说明电动机有短路现象; 如果阻值为无穷大, 则说明绕组断路, 可对绕组进行处理或重绕

表 6-3

全自动洗衣机常见故障的检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
通电后, 按下功能键, 指示灯不亮, 波轮不转动, 电动机无声	① 电源插头和插座接触不良或损坏; ② 定时器开关接触不良或损坏; ③ 功能键接触不良或损坏; ④ 机内电气导线脱落; ⑤ 指示灯损坏或接触不良	① 修理或更换插座, 并使插头与插座接触良好; ② 检修或更换定时器; ③ 检修或更换功能键; ④ 找出脱落导线, 重新焊接; ⑤ 更换指示灯或重新紧固好
通电后, 按下功能键, 指示灯亮, 波轮不转动, 电动机有“嗡嗡”声	① 波轮被异物卡住; ② 轴套内的含油轴承碎裂, 卡住波轮轴, 使其不能转动; ③ 皮带脱落或断裂; ④ 大皮带轮与波轮的紧固螺钉松动; ⑤ 洗衣机电容器容量减小或损坏; ⑥ 电动机绕组有一相开路	① 排除卡住波轮的异物; ② 更换轴承; ③ 重新装好皮带或更换新皮带; ④ 拧紧紧固螺钉; ⑤ 更换电容器; ⑥ 重绕线圈或更换



续表

故障现象	产生原因	检修方法
洗衣机不能进水	① 进水阀过滤网堵塞; ② 进水阀动作失灵; ③ 电磁铁芯与进水阀连接的开口销损坏; ④ 水位压力开关接触不良; ⑤ 程序控制器内部接触不良	① 清洗过滤网; ② 更换进水阀; ③ 更换开口销; ④ 更换水位压力开关; ⑤ 更换程序控制器
在洗涤过程中突然停转	① 传动皮带脱落或折断; ② 紧固螺钉松脱; ③ 波轮底部有异物; ④ 波轮轴抱轴或严重缺油	① 重新装上皮带或换新皮带; ② 重新紧固螺钉; ③ 清除异物; ④ 更换或加油
不能排水或排水不畅	① 排出管出口位置太高; ② 排水管内有杂物; ③ 排水管折弯或压扁; ④ 排水阀拉带松扣,排水阀门的开启程度减小; ⑤ 排水过滤网被线头等杂物堵塞; ⑥ 排水电磁铁线圈开路; ⑦ 电磁铁与程控器间的导线断路	① 降低排水管出口位置; ② 清除杂物; ③ 修理或更换排水管; ④ 适当调紧排水阀拉带; ⑤ 清除杂物; ⑥ 更换电磁铁线圈; ⑦ 重新连接好导线
洗涤时波轮只能单向转动	① 控制正反转的触片始终闭合; ② 控制正反转的触片断开; ③ 程控器内的微电机故障; ④ 棘爪不到位,抱簧将洗涤轴和脱水轴抱在一起,使洗涤轴不能转动; ⑤ 抱簧头断裂; ⑥ 小油封漏水,引起离合套、脱水轴及抱簧表面锈蚀,相互间的配合过紧; ⑦ 紧固件松动	① 把触片分开,用砂纸进行磨光; ② 调整簧片; ③ 更换微电机; ④ 调整棘爪位置; ⑤ 更换抱簧头; ⑥ 清洗离合套、抱簧及脱水轴,除锈后在抱簧内侧涂上黄油,同时更换小油封; ⑦ 调整、拧紧紧固螺钉
洗涤时,脱水筒也跟着转动	① 离合器扭簧滑动或断裂而引起脱水筒沿逆时针方向转动; ② 刹车太松而造成脱水筒沿顺时针方向转动	① 更换弹簧; ② 调松离合器的顶开螺钉,调紧刹车带
脱水时脱水筒突然停止转动	① 洗衣机盖板被打开; ② 安全开关太灵敏; ③ 电动机不旋转; ④ 皮带打滑; ⑤ 方丝离合簧或离合套磨损	① 盖好盖板; ② 更换安全开关; ③ 找出原因并修复; ④ 调整电动机与离合器的间距或更换皮带; ⑤ 更换方丝离合簧或离合套

续表

故障现象	产生原因	检修方法
洗涤时有异常声响	① 离合器的皮带轮开裂; ② 紧固件松动; ③ 棘爪不到位; ④ 内轴含油轴承磨损或内、外轴之间有杂质	① 更换皮带轮; ② 检查并紧固; ③ 调整好棘爪位置; ④ 更换含油轴承或清理内、外轴之间的杂质

### 6.5.2 电风扇常见故障的检修——“嗡嗡”作响不出风，更换电容好轻松

电风扇常见故障的检修方法见表 6-4。

表 6-4 电风扇常见故障的检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
通电后不转动	① 电源线断路; ② 插头与插座接触不良; ③ 罩极绕组接触不良; ④ 定子绕组断路; ⑤ 电容器断路、短路或容量不够; ⑥ 轴承孔太松,引起定子与转子摩擦; ⑦ 轴承太紧或卡死; ⑧ 电风扇绕组断路; ⑨ 定时开关损坏	① 检查电源线; ② 检修插头、插座; ③ 查找故障点,重新焊接; ④ 更换新绕组; ⑤ 更换电容器; ⑥ 更换轴承; ⑦ 更换轴承; ⑧ 重绕绕组; ⑨ 更换定时开关
转速慢	① 电源电压过低; ② 吊扇转子下沉; ③ 吊扇平面轴承损坏或缺油; ④ 绕组匝间短路; ⑤ 电容器的容量不够或损坏; ⑥ 风叶斜度不够	① 调整电源电压; ② 重新装配转子; ③ 更换轴承或清洗、加油; ④ 更换短路绕组; ⑤ 更换新的电容器; ⑥ 校正风叶斜度或更换风叶
摇头失灵	① 摇头机构磨损; ② 齿轮磨损,失去传动能力; ③ 连杆横杆磨损严重; ④ 连杆开口销脱落或断掉; ⑤ 摇头传动部分不灵活或被卡死; ⑥ 离合器弹簧断裂; ⑦ 离合器下面的滚珠脱落; ⑧ 软轴钢丝接头脱焊	① 更换严重磨损件; ② 更换齿轮; ③ 更换连杆横杆; ④ 重新装好开口销; ⑤ 对传动部位进行清洗、加油; ⑥ 更换离合器弹簧; ⑦ 重新装配滚珠; ⑧ 重新焊接
电风扇时转时停	① 开关内部有接触不良处; ② 电容器接线端子接触不良;	① 检修或更换开关; ② 进行焊接处理;

续表

故障现象	产生原因	检修方法
电风扇时转时停	③ 摇头零件配合过紧, 转到某一位置时被卡死; ④ 进线有破损、短路或折断处; ⑤ 连接线有接触不良处; ⑥ 主、副绕组断路或短路碰线	③ 修配配合过紧零件, 使其转动灵活; ④ 更换新的进线; ⑤ 重新焊接接触不良处; ⑥ 重新绕制绕组
调速失灵	① 调速开关短路; ② 调速电抗器短路; ③ 调速绕组引出线接触不良; ④ 开关接触不良; ⑤ 调速绕组短路	① 更换调速开关; ② 更换调速电抗器; ③ 重新焊接; ④ 修复开关; ⑤ 重绕调速绕组

### 6.5.3 饮水机常见故障的检修——烧水不热冷冰冰, 多查线路发热芯

饮水机常见故障的检修方法见表 6-5。

表 6-5 饮水机常见故障的检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
加热指示灯亮, 但不能加热	① 手动复位温控器未复位; ② 电热管接线脱落或接触不良; ③ 电热管已烧断	① 按下复位按钮; ② 检查并使其接触良好; ③ 更换同规格的电热管
水温过高或过低	① 加热温控器动作温度过高或过低; ② 温控器安装不良或安装腔内有异物而造成传热不好, 影响动作温度	① 调整或更换加热温控器; ② 拆下温控器, 清理安装腔内的毛刺、异物后, 再在安装腔和温控器面上涂抹一薄层硅脂并装好
指示灯不亮, 不能加热	① 停电; ② 保险丝熔断; ③ 电源插头与插座接触不良或电源线断路	① 来电后再使用; ② 查明原因后更换同型号的保险丝; ③ 修理或更换插头、插座及电源线
漏电	① 进水接头、进水管、进水单向阀漏水, 导致电热管、温控器、带电导线接头受潮; ② 电热管引脚封口严重积污或氧化, 使爬电距离缩短到 1mm 以下; ③ 热罐漏水; ④ 带电导线外露, 与金属件、热罐、侧板等碰触; ⑤ 电热管密封圈损坏; ⑥ 电热管被击穿短路, 管壁有裂纹, 水渗进内部	① 接好橡胶管, 更换破裂件, 然后进行干燥驱潮处理; ② 清理积污或氧化物, 再进行干燥处理, 使绝缘电阻在 2MΩ 以上; ③ 修理或更换热罐; ④ 修理外露接头并加绝缘保护套; ⑤ 更换密封圈; ⑥ 更换电热管

续表

故障现象	产生原因	检修方法
打开热水龙头,热水流出速度慢或不出水	① 热水瓶中的水已用完; ② 聪明座入水口被标签等堵塞; ③ 热罐进水口被异物堵塞; ④ 热罐进水管或热水出水管扭曲,进、出水不畅; ⑤ 进水单向阀内部被异物堵塞,阀芯顶住阀盖,不能自由下沉或上升; ⑥ 排气单向阀的阀芯和阀盖被油污粘死,不能自由下沉或上升,空气不能进入热罐	① 换上新的一瓶水; ② 清除聪明座上的异物后,再装上水瓶; ③ 清除异物; ④ 正确安装好进、出水管; ⑤ 检查并清除异物; ⑥ 拆出排气单向阀,清洗油污,装好后用手摇动单向阀芯使之能上下移动,再将单向阀装回原处
漏水	① 龙头漏水、渗水; ② 聪明座漏水; ③ 单向阀漏水; ④ 排水管漏水; ⑤ 硅橡胶管漏水; ⑥ 热罐漏水	① 修理或更换水龙头; ② 修理或更换聪明座; ③ 修理或更换单向阀; ④ 修理或更换排水管; ⑤ 选用松紧程度合适的管子并按要求捆扎好; ⑥ 修理或更换热罐

#### 6.5.4 电饭煲常见故障的检修——通电灯亮不发热,发热盘坏要不得

电饭煲常见故障的检修方法见表6-6。

表6-6

电饭煲常见故障的检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
不发热	① 电源插头和插座接触不良或断线; ② 煮饭开关接触不良; ③ 操作按键未按下; ④ 发热盘电热元件断路; ⑤ 磁铁限温器失效; ⑥ 双金属片保温器失效	① 检修插头和插座,使之接触良好; ② 检修开关; ③ 按下操作按键; ④ 更换发热盘; ⑤ 更换磁铁限温器; ⑥ 修理或更换保温器
煮糊饭	① 限温器不能及时断开; ② 压紧弹簧失去弹性; ③ 电压过低,致使煮饭时间过长	① 更换限温器; ② 更换压紧弹簧; ③ 待电压恢复正常后再煮饭
不能自动保温或保温不正常	① 温控器触点或触片损坏; ② 温控器烧坏	① 更换温控器触片; ② 更换温控器
煮不熟饭	① 限温器失效; ② 内锅与电热盘之间有异物; ③ 内锅变形,热传导不良; ④ 内锅加水不足	① 更换限温器; ② 检查并清除异物; ③ 内锅需整形或更换; ④ 按规定添加适量的水

### 6.5.5 AV 放大器常见故障的检修——“嗡嗡”杂音小而细，检查电源或屏蔽

日前家庭影院中一般采用 AV 放大器，其常见故障的检修方法见表 6-7。

表 6-7

AV 放大器常见故障的检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
播放节目时伴有交流声	① 设备之间连接的信号线接触不良，特别是屏蔽线的屏蔽层未接地或接地不良； ② 信号线与功放的电源线或荧光灯的接线过分靠近或平行； ③ 设备内部故障	① 检查信号线，确保接地良好； ② 改变信号线的位置； ③ 检查整流电源、滤波电路及各部分的接地点
无混响效果或混响效果不良	① 混响开关未接通； ② 混响电平旋钮放置不当，导致电平太低； ③ 外接混响器连接不正确，接线断路、短路或操作有误； ④ 内部混响电路故障	① 接通混响开关； ② 适当提高混响电平； ③ 正确连接和调整好外接混响器； ④ 修复
AV 放大器不工作，指示灯也不亮	① 电源线与插头未接好或损坏； ② 保险丝烧断； ③ 开关未接通或损坏	① 插好插头，修复或更换； ② 更换保险丝； ③ 接通开关或予以修复
左、右声道中只有一个声道的扬声器能放出声音	① 平衡控制旋钮或声像方位控制旋钮的位置不当，偏到一边； ② 某声道的某一台设备（包括信号源、放大器和扬声器）或某一条信号线、插头、插座有故障或未接好	① 把平衡控制旋钮或声像方位控制旋钮放到正中； ② 逐台设备进行试验，把左、右声道的信号线交换后试听，即可判别是哪一台设备或哪一条信号线有故障，随即更换或修复
AV 放大器声音正常，无图像显示	① 视频电缆断路、短路或未接好； ② 视频输入/输出设备的插头和插座断线、短路、未插好或位置插错； ③ 输入选择开关的视频挡有故障； ④ 电视机未接电源线，接线错误或设置的频道位置不对	① 修复或更换电缆并正确连接； ② 插好视频输入/输出设备的插头、插座，若有断路或短路处则需更换或修复； ③ 修复或更换开关； ④ 正确连接和调整电视机

#### 能力 PK

练习维修洗衣机漏电故障和电风扇不能送风故障。

## 6.6 电工速算口诀选编

——念念有词真简单

### 1. 单相负荷电流的估算

#### (1) 口诀

单相电压二二零，四点五倍要记清。

单相电压三百八，二点五倍应记下。



## (2) 说明

这一口诀介绍了单相负荷电流的估算方法。

单相负荷电压为 220V 时,这类负荷的功率因数大多为“1”,如最常见的照明负荷,其电流为容量的 4.5 倍 [即用电设备的功率 (kW) 乘以 4.5 便可]。

例如:求 2kW 碘钨灯的电流。

根据口诀可知,电流为  $2 \times 4.5 = 9$  (A)。

还有一类用电设备的两根电源线都是相线,称为单相 380V 用电设备,其电流为容量的 2.5 倍。如行灯变压器、交流电焊机等,电流值为功率 (kVA) 乘以 2.5。

例如:功率为 28kVA 的交流电焊机,初级接成单相 380V,求它的初级电流。

根据口诀可知,电流为  $28 \times 2.5 = 70$  (A)。

## 2. 低压 380/220V 架空线路送电能力的估算

## (1) 口诀

低压输出能力低,一般不过二里地。

线路压降百分五,核算之时用荷矩。

三相荷矩三十八,单相六个负荷矩。

## (2) 说明

一般低压供电大都采用 380/220V 三相四线制供电系统,三相 380V 用于动力,单相 220V 用于照明。低压线路的送电能力不论容量或距离都很有限,当线路电压降为 5% 时,负荷矩用千瓦·千米 (kW·km) 表示。采用通常的裸铝线时,三相送电负荷矩一般为 38kW·km 左右,单相为 6kW·km 左右,此时所用裸铝导线的截面积为  $150\text{mm}^2$ 。若要求输送容量继续加大,那么导线要用更粗的,施工就更加困难,也不经济,且低压线路的电压和功率都损失较大。所以,送电距离不能太远,一般在 1km 左右,距离较远时应改为高压输电线路送电。

## 3. 低压 380/220V 架空线路导线截面积的估算

## (1) 口诀

架空铝线选粗细,先求送电负荷矩。

三相荷矩乘以四,单相改乘二十四。

若用铜线来送电,一点七除选截面。

## (2) 说明

线路导线截面积的选用是经常遇到的实际计算问题。导线选粗了,会造成浪费,很不经济;导线选细了,不能满足供电质量和安全要求。这一口诀介绍了现场计算导线截面积的简便方法。

首先要知道送电的负荷矩,即送电负荷乘以送电距离。当求出送电负荷矩后,导线截面积的大小用负荷矩乘以系数,便可直接算出。当架空线路采用裸铝导线,允许电压损失率按 5% 考虑时,380/220V 三相四线制架空线路的系数为 4,单相 220V 架空线路的系数为 24,即:

$$\text{三相线路: } S = 4M$$

$$\text{单相线路: } S = 24M$$

式中:  $S$  为所求导线截面积 ( $\text{mm}^2$ ),  $M$  为负荷矩 ( $\text{kW} \cdot \text{km}$ )。

这就是口诀所说“三相荷矩乘以四,单相改乘二十四”的意思。为了满足机械强度的要求,当计算出导线截面积不足  $16\text{mm}^2$  时,应按  $16\text{mm}^2$  选用。

若采用铜导线且其余条件相同时,可用以上方法按铝导线算出结果后再除以 1.7,即为所选的铜导线截面积。这就是说输送同样大小负荷矩的线路,铜导线比铝导线要细一点,正如口诀所讲“若用铜线来送电,一点七除选截面”。

例如:若新建 380V 三相架空线路长 850m,输送功率为 10kW,允许电压损失率为 5%,求应采用多大截面积的铝线。

根据口诀可知: $S=4M=4\times 10\times 0.85=34(\text{mm}^2)$ ,即选  $35\text{mm}^2$  的铝导线。

若改用铜线,则有: $S=4M/1.7=4\times 10\times 0.85\div 1.7=20(\text{mm}^2)$ ,即可选  $25\text{mm}^2$  的铜导线。

#### 4. 架空裸导线安全电流的估算

##### (1) 口诀

截面倍数把流算,铝线 16 六倍半。

25、五倍顺减半,95、120 到三。

顺号双双再减半,铜升高温九折算。

##### (2) 说明

这个口诀直接给出了导线的安全电流和截面积的倍数关系,介绍了利用导线截面积乘以倍数直接求其安全电流的方法。

① 对于架空线路,最常用的是铝绞线(包括钢芯铝绞线),规格截面积从  $16\text{mm}^2$  开始增加。口诀说“铝线 16 六倍半”,指的是  $16\text{mm}^2$  铝绞线的安全电流约为截面积的 6.5 倍,即:

$$16\times 6.5=104(\text{A})$$

② “25、五倍顺减半,95、120 到三”说的是  $25\text{mm}^2$  铝线的安全电流是截面积的 5 倍,以后顺着线号增大,倍数关系依次减小 0.5,直到  $95\text{mm}^2$  和  $120\text{mm}^2$ ,其安全电流都为截面积的 3 倍。

③ 口诀“顺号双双再减半”说的是顺着线号往上排列,电流和截面积的倍数关系为两个两个一组,倍数减去 0.5。

综上所述,导线截面积与电流的倍数关系见表 6-8。

表 6-8

导线截面积与电流的倍数关系

导线截面积 ( $\text{mm}^2$ )	16	25	35	50	70	95	120	150	180
电流是截面积的倍数	6.5	5	4.5	4	3.5	3			2.5

口诀最后说的“铜升”是指如果架空导线使用的是铜线,其安全电流可按铝线升一级(即高一个线号)计算,如  $16\text{mm}^2$  的铜线可视为  $25\text{mm}^2$  铝线。同时,还指出以上安全电流均是按环境温度为  $25^\circ\text{C}$  的情况计算的,若环境温度长期高于  $25^\circ\text{C}$ ,可先按以上方法计算,再打九折,即口诀中“高温九折算”的意思。

#### 5. 直接启动的电动机的控制开关及熔丝的选择

##### (1) 口诀

容量三倍供电流,七千以下直接投。

六倍千瓦选开关,四倍千瓦选保险。

##### (2) 说明

该口诀适合 380V 笼型电动机,一般当供电线路(或供电变压器)的容量不小于电动机容量的 3 倍时,才允许电动机直接启动,这就是口诀“容量三倍供电流”的意思。电动

机的启动电流较大,一般是额定电流的4~7倍,通常7kW及以下的小容量电动机才允许直接启动。对于容量较大的电动机,当负载的启动转矩不大时,常采用降压启动,以限制启动电流。

直接启动常使用的开关有三相胶盖闸刀开关、铁壳开关等,其额定电流可按电动机容量的6倍进行选择;作短路保护用的熔丝电流,可按电动机容量的4倍选择。这就是口诀说的“六倍千瓦选开关,四倍千瓦选保险”的意思。

例如:4.5 kW电动机用铁壳开关直接启动,其开关容量如何选用?若用闸刀开关,熔丝如何选用?

根据口诀可知,开关、熔丝的额定电流分别为:

$$4.5 \times 6 = 27 \text{ (A)}, 4.5 \times 4 = 18 \text{ (A)}$$

故开关选30A,熔丝选20A。

## 6. 电动机供电回路熔丝的选择

### (1) 口诀

单台电机选熔丝,四倍千瓦便得知。

多台最大千瓦四,其余乘二求和值。

### (2) 说明

电动机供电回路用熔丝作保护时,熔丝选择是否正确,对于电动机正常运转来说关系很大。选小了,无法避开电动机启动时的冲击电流;选大了,起不到保护作用。本口诀直接给出了熔丝电流与电动机容量(kW)的倍数关系。

当回路只给一台电动机供电时,熔丝大小就是电动机功率(kW)的4倍,即“四倍千瓦便得知”。当供电回路中接有多台电动机时,总配电盘上的熔丝选择为其中最大一台电动机的功率(kW)乘以4,再加上其余电动机的功率(kW)乘以2即可,正如口诀所说“多台最大千瓦四,其余乘二求和值”。最后说明,口诀所指的是380V电动机供电回路。

## 7. 常用熔丝熔断电流的估算

### (1) 口诀

额流断流不能乱,断比额大倍数算。

锌片倍半铜丝二,铅锡合金二倍半。

### (2) 说明

正确使用熔丝对于安全供电和用电设备正常工作来说关系很大。常有不能正确使用熔丝的情况,如乱用铁丝、铜丝代替,或熔丝配得很粗而不熔断,当线路发生过负荷或其他情况而产生大电流时,造成熔断器或被保护的用电器烧坏,甚至引起线路着火等事故,应引起我们的重视。为此,对于熔丝的额定电流和熔断电流两个概念不能混淆。

熔丝允许长期通过的电流叫额定电流,熔丝开始熔断的电流叫熔断电流。所以,平常我们说的几安熔丝是指熔丝的额定电流。额定电流并不等于熔断电流,熔断电流要比额定电流大。如何由额定电流计算熔断电流,就是本口诀讲的问题。

“断比额大倍数算”,指的是熔丝的熔断电流比额定电流大多少倍,可用倍数来计算。也就是说,熔丝的额定电流乘以倍数,即为它的熔断电流。熔丝不同则倍数不同,常见锌片熔丝约为1.5倍,铜制熔丝为2倍,铅锡合金熔丝为2.5倍。只要我们记住这一口诀,一拿到某种熔丝,就能够从额定电流估算出它的熔断电流,有助于正确选用熔丝。

## 8. 已知 380V 三相电动机容量，求其过载保护热继电器元件额定电流和整定电流

### (1) 口诀

电机过载寻保护，热继电器来帮助。  
额定电流好确定，估计两倍千瓦数。  
整定电流怎样调，额流倍半安培数。

### (2) 说明

① 容易过负荷的电动机应装设过载保护，长时间运行无人监视的电动机或 3kW 及以上的电动机也宜装设过载保护。过载保护装置一般采用热继电器或断路器的延时过电流脱扣器。

② 选用热继电器作为过载保护装置，调热元件的选择很关键。若等级选大了，就得调至低限，常造成电动机停转，影响生产；若等级选小了，只能向高限调，往往造成电动机过载时不动作，甚至烧毁电动机。

③ 正确选用 380V 三相电动机的过载保护热继电器，需弄清同一系列的热继电器可装用不同额定电流的热元件。热元件的整定电流按“估计两倍千瓦数”选用，热继电器的额定电流应大于或等于热元件的额定电流。

## 9. 已知异步电动机的容量，计算其空载电流

### (1) 口诀

电机空载算电流，容量八折左右求；  
旧小极多千瓦数，新大极少零点六。

### (2) 说明

异步电动机空载运行时，三相绕组中通过的电流称为空载电流。绝大部分的空载电流用来产生旋转磁场，称为空载激磁电流，是空载电流的无功分量。还有很小一部分空载电流用于产生电动机空载运行时的各种功率损耗（如摩擦、通风和铁芯损耗等），这一部分是空载电流的有功分量，因占的比例很小，可忽略不计。因此，空载电流可以认为都是无功电流。从这一观点来看，它越小越好，这样电动机的功率因数提高了，对电网供电是有好处的。如果空载电流大，因定子绕组的导线截面积是一定的，允许通过的电流也是一定的，则允许流过导线的有功电流就只能减小，电动机所能带动的负载就要减小，电动机出力降低，带过大的负载时，绕组就容易发热。但是，空载电流也不能过小，否则又要影响到电动机的其他性能。一般小型电动机的空载电流为额定电流的 30%~70%，大、中型电动机的空载电流为额定电流的 20%~40%。具体到某台电动机的空载电流是多少，在电动机的铭牌或产品说明书上一般不标注。可电工常需知道此数值是多少，以此数值来判断电动机修理的质量好坏，以及能否使用。

上面的口诀可供在现场快速求算电动机空载电流的具体数值，它是依据众多的测试数据而得到的。它符合“电动机的空载电流一般是其额定电流的 1/3”和“电动机的空载电流不超过容量（kW）便可使用”的原则（指检修后的旧式、小容量电动机）。

口诀“容量八折左右求”是指一般电动机的空载电流值是电动机额定容量（kW）的 0.8 倍左右。中型 4 或 6 极电动机的空载电流就是电动机容量（kW）的 0.8 倍；新系列、大容量、极数偏小的 2 极电动机，其空载电流按“新大极少零点六”计算；旧的、老系列、较小容量、极数偏大的 8 极以上的电动机，其空载电流按“旧小极多千瓦数”计算，即空载电流值近似等于容量（kW），但一般小于此数值。

运用该口诀计算电动机的空载电流，所得结果与电动机说明书上标注的以及实测的电流值可能有一定的误差，但完全能满足电工日常工作的需要。

#### 10. 通过测量知电力变压器二次侧电流，求算其所带负荷容量

##### (1) 口诀

已知配变二次压，测得电流求千瓦。  
电压等级四百伏，一安零点六千瓦。  
电压等级三千伏，一安四点五千瓦。  
电压等级六千伏，一安整数九千瓦。  
电压等级十千伏，一安一十五千瓦。  
电压等级三万五，一安五十五千瓦。

##### (2) 说明

电工在日常工作中常常会遇到上级部门或管理人员等问及电力变压器运行情况，负荷是多少。电工本人也常常需要知道变压器的负荷是多少。负荷电流易得知，直接看配电装置上设置的电流表或用相应的钳形电流表便可测得；可负荷功率是多少，不能直接看到和测得，这就需靠本口诀求算，否则用常规公式来计算，既复杂又费时间。

例如：当测得电力变压器二次侧（电压等级为400V）负荷电流后，用此数值（A）乘以系数0.6便得到负荷功率（kW），即“电压等级四百伏，一安零点六千瓦”。其余电压等级时所带负荷容量可按照口诀中告诉的数字计算。

#### 11. 通过测量白炽灯照明线路电流，求算其负荷容量

##### (1) 口诀

照明电压二二零，一安二百二十整。

##### (2) 说明

工矿企业的照明多采用220V的白炽灯。照明供电线路指从配电盘到各个照明配电箱的线路，照明供电干线一般为三相四线，负荷为4kW以下时可用单相。照明配电线路指从照明配电箱接至照明器或插座等照明设施的线路。不论是供电线路还是配电线路，只要用钳形电流表测得某相线电流值，然后乘以系数220，就是该相线所带负荷容量。

测电流求容量数，有助于电工分析配电箱内保护熔体经常熔断、配电导线发热的原因等，从而迅速解决照明干线三相负荷容量不平衡问题。

#### 12. 已知笼型电动机容量，求算与之配套的断路器中脱扣器的整定电流

##### (1) 口诀

电机保护断路器，还得配套脱扣器。  
脱扣形式有多种，常用过流脱扣器。  
动作电流整定值，估算要靠容量计。  
瞬时一般为二十，较小电机二十四；  
延时脱扣三倍半，两倍整定热扣器。

##### (2) 说明

自动断路器常用在笼型电动机供电线路上，作为不经常操作的断路器。如果操作频繁，可加串一个接触器。断路器利用其中的电磁脱扣器（瞬时）进行短路保护，利用其中的热脱扣器（或延时脱扣器）进行过载保护。断路器的脱扣器整定电流值计算是电工常遇到的问题，



该口诀给出了整定电流值和所控制的笼型电动机容量 (kW) 之间的倍数关系。

例如,“延时脱扣三倍半,两倍整定热扣器”说的是作为过载保护的自动断路器,其延时脱扣器的电流整定值可按所控制电动机额定电流的 1.7 倍选择,即 3.5 倍功率 (kW) 选择。热脱扣器的电流整定值应等于或略大于电动机的额定电流,即按电动机容量 (kW) 的 2 倍选择。

### 13. 三相笼型异步电动机配控保护设备的选用

#### (1) 口诀

开关启动,千瓦乘 6;

熔体保护,千瓦乘 4。

#### (2) 说明

该口诀所指的是三相 380V 笼型电动机所配开关熔体 (A) 与电动机容量 (kW) 的倍数关系。

对于小型笼型电动机,当启动不频繁时,可用铁壳开关(或其他有保护罩的开关)直接启动。铁壳开关的容量 (A) 应为电动机功率 (kW) 的 6 倍左右才安全,这是因为启动电流很大的缘故。这种用开关直接启动的电动机容量最大不应超过 10kW,一般以 4.5 kW 以下为宜。

笼型电动机通常采用熔断器作为短路保护,但熔断器中的熔体电流又要考虑避开启动时的大电流。为此,一般熔体电流可按电动机功率 (kW) 的 4 倍选择。具体选用时,同铁壳开关一样,应按产品规格选用,这里不便多介绍。不过熔丝(软铅丝)的规格还不大统一,目前仍用号码表示。

熔断器可单独装在磁力启动器之前,也可与开关合成一套(如铁壳开关内附有熔断器)。选用的熔体在使用中如出现在开动时熔断的现象,应查明原因。若无短路现象,则可能是还没有避开启动电流。这时允许换大一级的熔体,必要时也可换大两级的,但不宜更大。

### 14. 电阻串联和并联后总阻值的计算

#### (1) 口诀

电阻串联值相加,越串越长阻越大。

电阻并联值减小,相当截面在增大。

并联总阻较难求,各值先要求倒数,

倒数之和的倒数,并联之后总电阻。

并联电阻仅哥俩,可用简式来求它,

两者之积线上坐,两者之和居下头。

#### (2) 说明

在电工实际作业中,特别是在处理家用电气和电气控制设备的故障时,经常要遇到电阻的串并联问题。用  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、……、 $R_n$  代表将要连接在一起的各个电阻的阻值,用  $R_{\text{串}}$  代表串联后的总电阻,  $R_{\text{并}}$  代表并联后的总电阻,则有如下的计算关系式。

$$R_{\text{串}} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n$$

$$R_{\text{并}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}}$$

$$\text{或 } \frac{1}{R_{\text{并}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

当只有  $R_1$  和  $R_2$  两个电阻并联时，则总电阻等于两个电阻阻值之积除以两个电阻阻值之和，可简单记忆为“积比和”。

$$R_{\text{并}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

## 15. 电容器并联和串联的计算

### (1) 口诀

电容串联值下降，相当板距在加长；  
各容倒数再求和，再求倒数总容量。  
电容并联值增加，相当板面在增大；  
并后容量很好求，各容数值来相加。  
想起电阻串并联，电容计算正相反；  
电容串联电阻并，电容并联电阻串。

### (2) 说明

两个及以上的电容器相串联时，只有最靠边的两块极板起作用，相当于极板之间的距离加大了，因电容与该距离成反比关系，所以总电容将下降。设有 3 个电容器相串联，各自的电容分别为  $C_1$ 、 $C_2$  和  $C_3$ ，则总电容  $C$  为：

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

两个及以上的电容器相并联时，相当于极板的面积增大了，因电容与该面积成正比关系，所以总电容将增大。设有 3 个电容器相并联，各自的电容分别为  $C_1$ 、 $C_2$  和  $C_3$ ，则总电容  $C$  为：

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

从上述关系可以看出，电容器串联的电容计算相当于电阻并联的阻值计算，而电容器并联的电容计算相当于电阻串联的阻值计算，即口诀中所说的“想起电阻串并联，电容计算正相反；电容串联电阻并，电容并联电阻串”，可用此进行记忆。

## 16. 整流电源的计算

### (1) 口诀

交流电压变直流，输出电压怎求出？  
输入电压为一百，单相半波为四五，  
三相半波一一七，半波两倍全波数。  
如若采用晶闸管，从零开始到上数。  
管子反压要记住，单相三相不同数。  
单相桥式一四一，三相桥式二三九。

## (2) 说明

现代工业以及家庭生活中使用的很多直流电都是由交流电经过整流后得到的。这种得到直流电的方法比使用直流发电机发出直流电的方法投资少，设备简单可靠，占地面积也少，还有一个最大的优点是几乎没有噪声。

整流电路有单相和三相、半波和全波、不可控和可控等多种分类方式。

本口诀给出的是有关输出直流电压和整流二极管在工作中所承受的反压（反向电压）两方面的数值计算方法。其中“输入电压为一百”是指将整流电路的交流输入电压有效值（应当注意的是，在三相整流电路计算中，“输入电压”是相电压而不是线电压，如给出的是线电压，应根据三相电源的接线方法计算出相电压）设定为 100V，并以此为基值来给出直流输出电压或整流管的反压值，即以下几句口诀给出的数据。

① 输出的直流电压：单相半波整流为 45V，三相半波整流为 117V。口诀中没有直接给出全波整流的数值，只是说“半波两倍全波数”，读者经过心算就可得到：单相全波整流为 90V，三相全波整流为 234V。

② 整流管的反压：单相桥式为 141V，三相桥式为 239V。

③ 当实际给出的交流输入电压不是 100V 时，则将实际值除以 100，再乘以上面给出的数值即可得到要求的实际值。

④ 口诀中提到的“如若采用晶闸管，从零开始到上数”是说，当整流器件（即整流二极管）采用晶闸管（一度曾被称为“可控硅”）时，则成为了直流输出电压可控的整流电源，此时其直流输出电压可由零开始连续调整到上述数值（45V、117V、90V 和 234V）。在晶闸管整流电路中，常用的方法是一半数目的整流器件用晶闸管，剩余一半仍采用普通的整流二极管。这种整流电路即称为半控整流电路。

## 17. 三相四线制供电时中性线（零线）最小截面积的计算

## (1) 口诀

零线截面看相线，七零三五为界线。

七零为铝三五铜，小于相等大一半。

## (2) 说明

零线的最小截面积要根据同电路相线的数值来确定，铝线（含铝绞线和钢芯铝绞线）相线截面积以  $70\text{mm}^2$  为界线，铜绞线以  $35\text{mm}^2$  为界线（口诀“七零三五为界线。七零为铝三五铜”）。在界线以下时，和相线相同；在界线以上时，可取相线截面积的 50%（口诀“小于相等大一半”）。

## 18. 地理导线允许载流量的计算

## (1) 口诀

地理导线保安全，载流数值要有限。

截面四至九十五，截面倍数粗略算。

四个平方按八倍，每增一级一倍减。

二五、三五均四倍，五十、七十倍数三。

最大截面九十五，数值最小两倍半。

土壤温度二十五，不是二五要折算。

摄氏五度增两成，四十五度七折算。

## (2) 说明

本口诀给出的是直埋地下导线的安全载流量允许值的计算方法，是以导线截面积（单位为  $\text{mm}^2$ ）数值的倍数形式给出的。因为考虑押韵和好记，有些倍数规律和具体值与相关标准中给出的实际值有一定的差距，但相差不超过  $\pm 10\%$ ，可以说较小，不会造成不允许的偏差。

口诀中的“四个平方按八倍，每增一级一倍减”是说，截面积为  $4\text{mm}^2$  的导线允许载流量为  $8 \times 4 = 32(\text{A})$ ，然后截面积增加一档，倍数减少 1。例如增加两档的导线截面积为  $10\text{mm}^2$ ，则其允许的载流量为  $(8-2) \times 10 = 60(\text{A})$ 。

表 6-9 给出了相关标准中的规定数值，读者可对照本口诀记忆，在实际应用中当然应以该表中给出的为准。

表 6-9 地理线在长期连续负荷下允许的载流量

导线标称截面积 ( $\text{mm}^2$ )	允许载流量 (A)	导线标称截面积 ( $\text{mm}^2$ )	允许载流量 (A)
4	31	35	135
6	40	50	165
10	55	70	205
16	80	95	250
25	105		

口诀中的最后 4 句“土壤温度二十五，不是三五要折算。摄氏五度增两成，四十五度七折算”是说，上述允许载流量数值是在埋电线的土壤（接近导线部分）温度为  $25^\circ\text{C}$  时给出的（另外，导线在该载流量负荷下的温度将不超过  $65^\circ\text{C}$ ），如果使用地点土壤的温度低于或超过  $25^\circ\text{C}$ ，其允许的载流量需要进行折算后给出。例如， $5^\circ\text{C}$  时在  $25^\circ\text{C}$  数值的基础上增加两成，即增加  $20\%$ （实际上可增加  $22\%$ ）， $45^\circ\text{C}$  时是  $25^\circ\text{C}$  数值的 7 成，即为  $70\%$ （实际上是  $70.7\%$ ）。表 6-10 给出了相关标准中给出的折算系数。

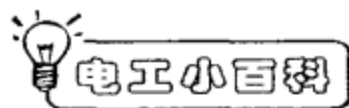
表 6-10 不同温度时导线载流量的折算系数

实际温度 ( $^\circ\text{C}$ )	载流量折算系数 $K$	实际温度 ( $^\circ\text{C}$ )	载流量折算系数 $K$
5	1.22	30	0.935
10	1.17	35	0.865
15	1.12	40	0.791
20	1.06	45	0.707
25	1.00		

当实际温度不为表中的数值并对计算结果要求较准确时，可用插值法进行计算得出实际温度时的折算系数。例如，求土壤的最高温度为  $18^\circ\text{C}$  时的折算系数  $K$ 。由表 6-10 可知，土壤温度为  $15^\circ\text{C}$  和  $20^\circ\text{C}$  时的折算系数  $K_{15}$  和  $K_{20}$  分别为 1.12 和 1.06，用插值法计算  $18^\circ\text{C}$  时的折算系数  $K_{18}$  为：

$$\frac{K_{18} - K_{15}}{K_{20} - K_{15}} = \frac{18 - 15}{20 - 15}$$

解上式可得， $K_{18} = 1.084$ 。



### 国产电能表电压线圈绕制数据

表 6-11 给出了国产电能表电压线圈的绕制数据。

表 6-11 国产电能表电压线圈绕制数据

型 号	额定电压 (V)	线径 (mm)	匝 数	型 号	额定电压 (V)	线径 (mm)	匝 数
DD1	110	0.17 (0.18)	5000	DT2	220	0.12	10000
DD5	220	0.12	10000	JNP-3	220	0.1	13000
DD6	220	0.1	13000	JNP-1	380	0.08	22000
DD10	220	0.13	8500	JNP-1	100	0.15	6500
DD14	220	0.15	6500	JNP-2	100	0.15	6500
DS1	100	0.16	4500	HQ	220	0.1	13000
DS1	110	0.17	4750	S-1	220	0.1	12600~13000
DS1	220	0.12	9500	ST-3	380	0.09	18000
DS1	380	0.09	16000	DX1	110	0.17	4750
DX1	100	0.18	4000	DX1	380	0.1	16000
DS2	380	0.1	16000	DD861	220	0.12	10000
DS2	380	0.08	22000	DD862	220	0.15	6500
DS2	100	0.15	6000	DT862	380	0.09	16000
DS4	380	0.1	16000	DS862	380	0.09	16000
DT1	220	0.12	10000	DS15	380	0.08	16000

获取更多资料





## \*第7章 解读常用电气控制电路

### ——欲除故障先识图

识读常用电气控制电路的能力高低是衡量电工技术水平高低的重要标志之一。强化识图能力训练,不仅是电工本职工作的需要,也是科学技术发展和社会不断进步对提高电工素质的需要。为此,本章从检修的角度出发,精选了生产生活中比较常见的具有代表性的一些电路进行分析,对初学者不容易理解的疑难点作了特别的提示,让读者达到举一反三、触类旁通的效果。

通过本章学习,要求达到以下目标。

#### 知识目标

- ① 掌握用单根导线远距离控制电动机启停的方法和注意事项。
- ② 了解电动机间歇运行控制线路的几种形式。
- ③ 了解三速电动机定子线圈的连接方式。
- ④ 了解两台水泵互为备用的控制方法。
- ⑤ 了解多开关控制、调光控制、无线遥控分组控制和自动延时等特殊照明控制的方法。
- ⑥ 了解对交流接触器进行技术改造的意义。

#### 能力目标

- ① 根据提供的电路图,能够指出各个元器件的名称、规格和作用。
- ② 根据电路图,能分析电路的工作过程。
- ③ 能正确识读电动机常用控制电路、特殊照明控制电路、楼顶自动供水电路和交流接触器直流运行电路。

## 7.1 电动机控制电路

——电机工作听使唤，电路控制为关键

### 1. 单根导线远地控制电动机启停电路

工厂的水泵房或农村的排灌站一般离操作人员的住处较远，为了能在住处控制电动机启动和停止，就需要架设控制线。用两个按钮控制一台电动机启动和停止，一般需要3根导线。要是能用一根导线远地控制电动机启动和停止，就可以省掉两根导线。如果架设距离很远，这种节约是很有经济意义的。

图7-1所示是一种单根导线远地控制电动机启停电路。远地控制时，按一下启动按钮SB<sub>3</sub>，远地的L<sub>3</sub>相电源给交流接触器KM供电，KM吸合，电动机启动运转。放松按钮SB<sub>3</sub>后，就地L<sub>3</sub>相电源经电阻R给KM供电。在远地停车时，按下按钮SB<sub>4</sub>，KM线圈两端短路，KM释放，电动机停转。

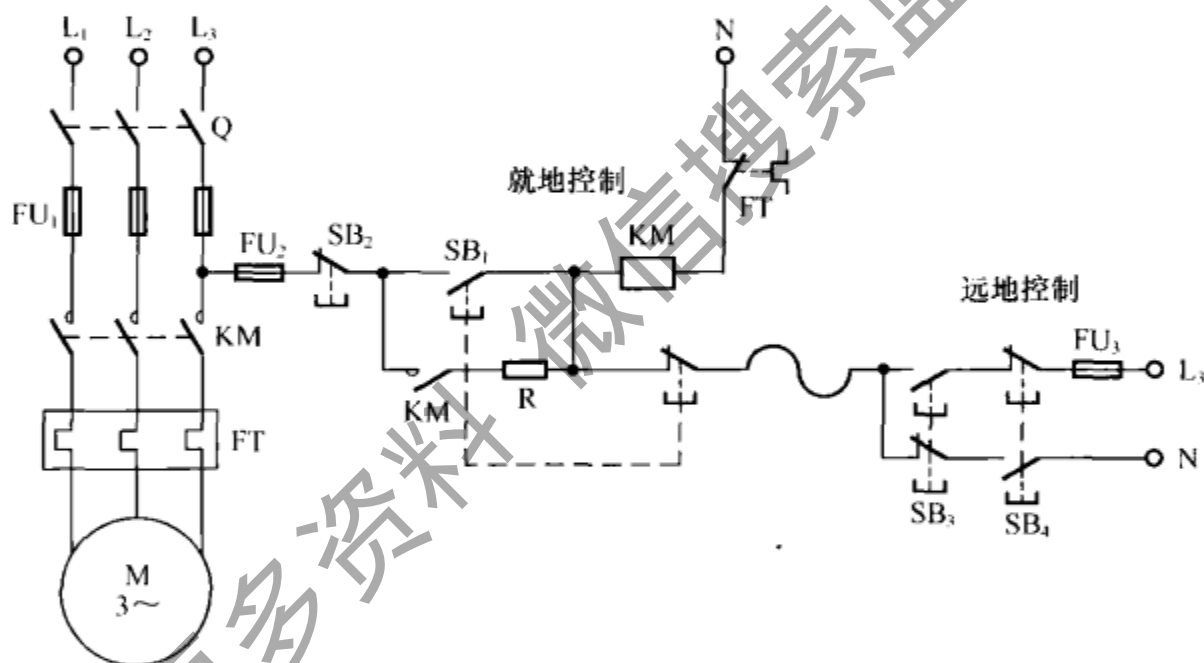


图 7-1 单根导线远地控制电动机启停电路

在正常运行时，KM 线圈与电阻 R 串联。电阻 R 的阻值要选合适，若阻值过大，启动时交流接触器 KM 会产生回跳；若阻值过小，在远地停车时，流经 R 的电流太大，而且电阻的功率和体积都很大。R 的阻值可根据试验确定，以使交流接触器能可靠启动，在远地停车时流经 R 的电流又不太大为宜。

图中 SB<sub>1</sub>、SB<sub>2</sub> 分别为就地控制的启动、停止按钮。

SB<sub>1</sub> 按钮的常闭触点的作用是：如果凑巧，就地有人按下启动按钮 SB<sub>1</sub>，在同一时刻，远地有人误按停止按钮 SB<sub>4</sub>，要是不接 SB<sub>1</sub> 的常闭触点，从图中可以看出，就地的 L<sub>3</sub> 相电源对零线短路，会造成事故。串接了 SB<sub>1</sub> 的常闭触点后，就地启动时，通过 SB<sub>1</sub> 的常闭触点切断就地 and 远地之间的连线，从而避免上述问题的发生。

安装时，将交流接触器 KM、启动按钮 SB<sub>1</sub>、停止按钮 SB<sub>2</sub> 及电阻 R 就地安装。而启动按钮 SB<sub>3</sub>、停止按钮 SB<sub>4</sub> 及熔断器 FU<sub>3</sub> 远地安装。就地 and 远地之间只架设一根导线。接线时，要注意找对相序。如果就地控制线路接 L<sub>1</sub> 或 L<sub>2</sub> 相，则远地的熔断器 FU<sub>3</sub> 也要接 L<sub>1</sub> 或 L<sub>2</sub> 相。

## 2. 电动机间歇运行控制电路

图 7-2~图 7-4 所示是几种比较实用的电动机间歇运行控制电路。

图 7-2 所示控制电路的工作原理是：合上开关 SA，交流接触器 KM 和时间继电器  $KT_1$  得电吸合，电动机启动运转，当运转到  $t_1$  时间时， $KT_1$  的延时闭合触点闭合，接通了继电器 KA 和时间继电器  $KT_2$  的线圈电路。KA 吸合后，其常闭触点断开，切断 KM 和  $KT_1$  线圈电路，电动机停止运转， $KT_2$  保持通电吸合状态。经过延时时间  $t_2$  后， $KT_2$  的延时断开触点断开，KA 和  $KT_2$  先后断电释放，KA 的常闭触点闭合，再次接通 KM 线圈电路，电动机再次启动。重复上述动作，实现间歇运行。

在图 7-2 中，按钮 SB 为手动控制按钮。打开开关 SA，按下按钮 SB，KM 吸合，电动机启动运转；放松按钮 SB，KM 断电释放，电动机停转。电动机运行时间不受时间继电器控制。

图 7-3 所示控制电路的工作原理是：合上开关 SA，电动机不马上启动（即交流接触器不马上吸合）而要延迟一定的时间（由  $KT_1$  时间继电器控制），当电动机运行一段时间后（由  $KT_2$  时间继电器控制），自动停转至规定时间（仍由  $KT_1$  时间继电器控制），然后再启动，如此周而复始地间歇运行。

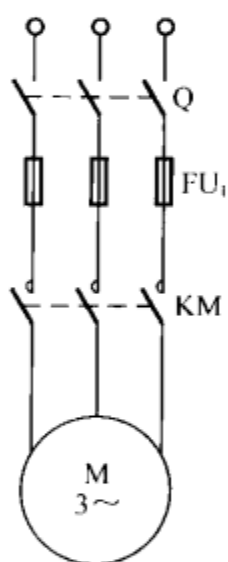


图 7-2 电动机间歇运行控制电路之一

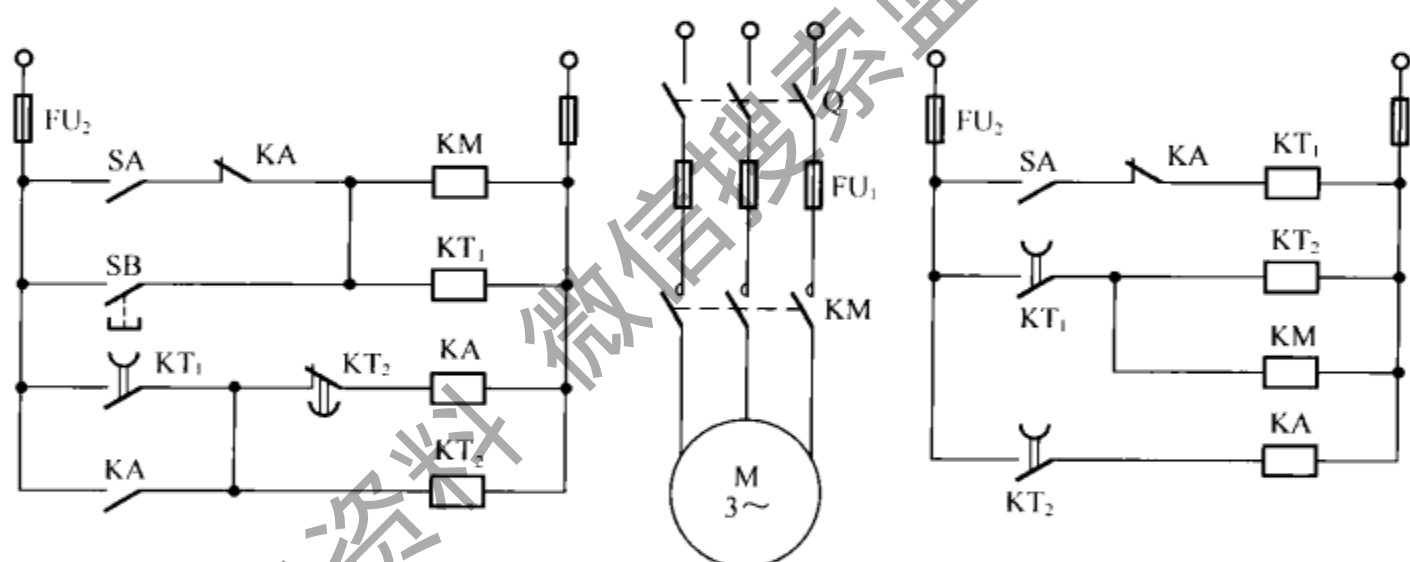


图 7-3 电动机间歇运行控制电路之二

图 7-4 所示控制电路的工作原理是：该电路为可逆间歇运行电路，可实现正转—停—反转—停控制。图中  $KM_1$ 、 $KM_2$  分别为电动机正、反转交流接触器， $KT_1$  为控制电动机正、反转运行时间的的时间继电器， $KT_2$  为控制电动机停止时间的的时间继电器。工作时，合上开关 SA， $KT_2$  吸合，停车时间  $t_1$  开始计时。至  $t_1$  时， $KT_2$  的延时触点闭合，接通  $KT_1$  线圈电路， $KT_1$  吸合并暂时自锁。这时  $KT_1$  的触点 5-6 断开，切断  $KT_2$  线圈电路， $KT_2$  断电释放； $KM_1$  得电吸合并自锁，电动机正转启动运转，运行时间  $t_2$  开始计时。 $KM_1$  的常开触点 1-2 闭合，继电器 KA 得电吸合并自锁，KA 的常闭触点 3-4 断开，常开触点 5-6 闭合，为接通  $KM_2$  线圈电路做准备。正转运行至  $t_2$  时， $KT_1$  的延时断开常闭触点 1-2 断开， $KT_1$  和  $KM_1$  断电释放，电动机正转停止。这时  $KT_2$  又得电吸合，停车时间  $t_1$  又开始计时。至  $t_1$  时， $KT_2$  的延时触点闭合，接通  $KT_1$  和  $KM_2$  线圈电路， $KT_1$ 、 $KM_2$  得电吸合，电动机反转启动运行，运行时间  $t_2$  又开始计时。 $KM_2$  的常闭触点 1-2 断开，切断 KA 线圈电路，KA 断电释放，KA 的常开触点 5-6 断开，常闭触点 3-4 闭合。反转运行至  $t_2$  时， $KT_1$  的延时断开常闭触点 1-2 断开， $KT_1$ 、 $KM_2$  断电释放，电动机反转停止。这时  $KT_2$  再次得电吸合，重复上述动作。断开开关 SA，电动机停止运行。

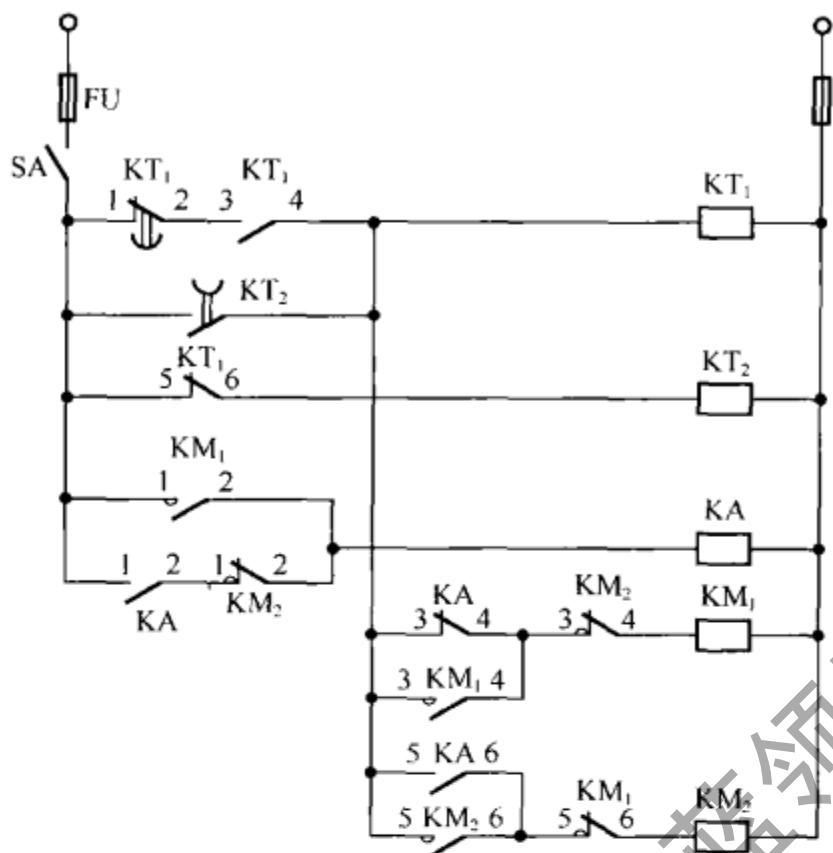


图 7-4 电动机间歇运行控制电路之三

此控制电路的特点是：能控制电动机正、反转间歇运行，且正、反转运行时间相同，正、反转停止时间也相同。

### 3. 电动机过电流保护电路

如图 7-5 所示，电路中使用一只互感器来感应电流，在三相电动机电流超过正常工作电流时，过电流继电器 KI 达到吸合电流而吸合，其常闭触点断开，KM 失电释放，使主回路断电，从而保护电动机过流时断开电源。

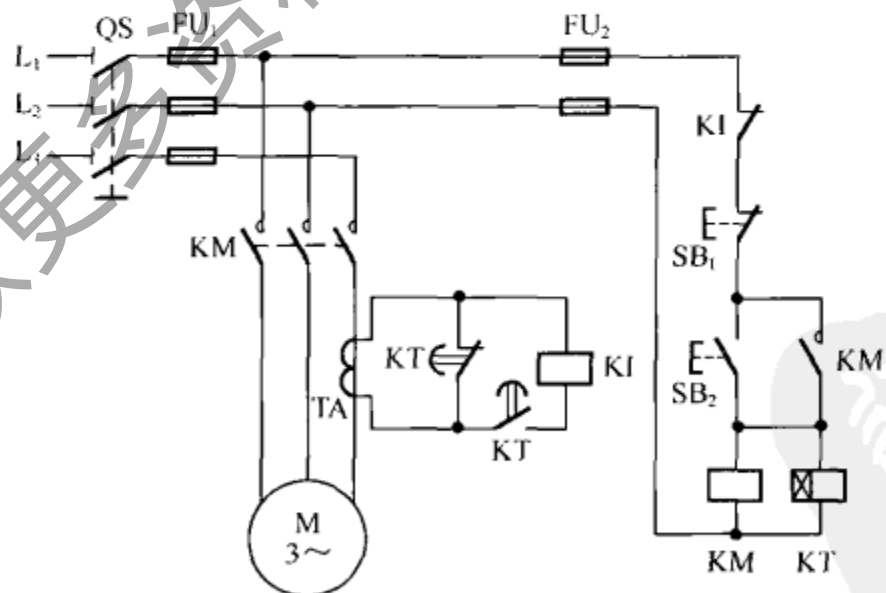


图 7-5 电动机过电流保护电路

在电动机启动时，电流较大，用时间继电器的常闭触点先短接电流互感器 TA，避免电动机启动电流流过 KI 而产生误动作。待电动机启动完毕后，电流降为正常，时间继电器 KT 经延时后动作，其常闭触点断开，常开触点闭合，把 KI 接入电流互感器电路中。

### 4. 零序电压断相保护电路

如图 7-6 所示，电容器  $C_1 \sim C_3$  接成人工的中性点“E”。当电动机正常运行且三相电源平

衡时，“E”点电位为零，变压器  $T_2$  无输出，三极管 VT 截止，继电器 KA 不吸合，其常闭触点保持闭合，电动机正常运行。

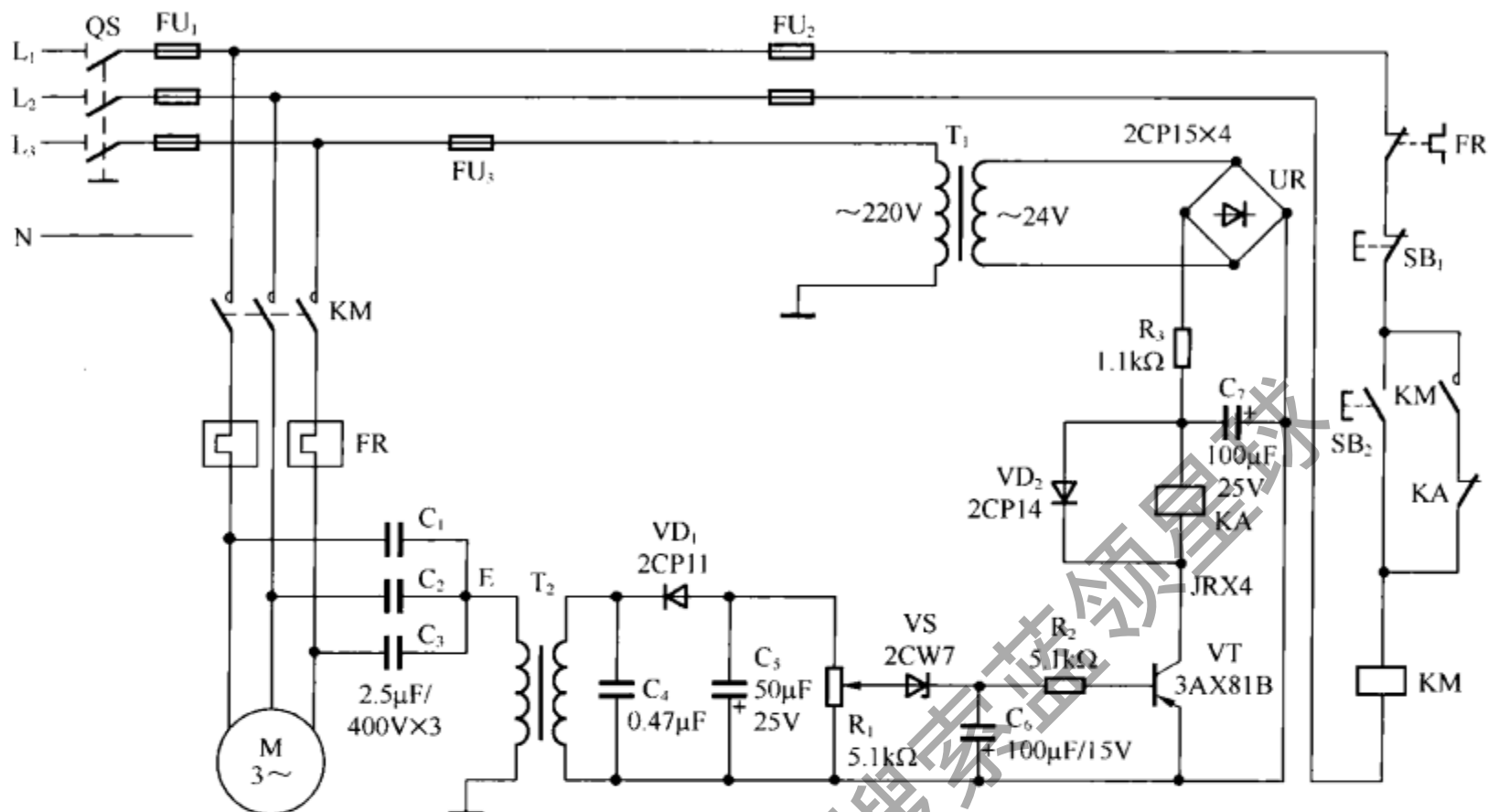


图 7-6 零序电压断相保护电路

当三相电源断相或三相不平衡时，“E”点电位高于零电位，其通过变压器  $T_2$  耦合，经  $VD_1$  整流和  $C_5$  滤波，再经稳压管 VS 稳压以及电阻  $R_1$ 、电容  $C_6$  延时后加至三极管 VT 的基极，使其导通。继电器 KA 得电吸合，其常闭触点断开，KM 失电释放，电动机 M 失电停转。

### 5. 三速电动机定子绕组的连接方式

要使电动机低速工作时，只需将三相电源接至  $U_1$ 、 $V_1$ 、 $W_1$ ，并将  $W_1$  和  $U_3$  出线端并接，其余 6 个出线端空着不接，电动机定子绕组接成  $\Delta$  形低速运转，如图 7-7 (b) 所示。

若要使电动机以中速工作，只要将三相电源接至  $U_4$ 、 $V_4$ 、 $W_4$  出线端，而将其余 7 个出线端空着不接，电动机定子绕组接成 Y 形以中速运转，如图 7-7 (c) 所示。

若将三相电源接至  $U_2$ 、 $V_2$ 、 $W_2$  出线端，而将  $U_1$ 、 $V_1$ 、 $W_1$  和  $U_3$  并接，其余 3 个出线端空着不接，则电动机定子绕组接成 YY 形高速运转，如图 7-7 (d) 所示。

图中  $W_1$  和  $U_3$  出线端分开的目的是，当电动机定子绕组接成 Y 形中速运行时，不会在  $\Delta$  形接法的定子绕组中产生感应电流。

### 6. 倒顺开关控制电动机正反转电路

KD-3 倒顺开关控制电动机正反转电路由倒顺开关和三相交流电动机组成。

倒顺开关的接线端子如图 7-8 所示，其中端子①、②、③分别接三相交流电源的  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  相，端子④、⑤、⑥分别接三相交流电动机的 U、V、W 端子。当操作开关手柄扳到“顺”的位置时，①和④，②和⑤、③和⑥端子接通，电动机得电正向运行，如图 7-8 (a) 所示。当操作开关手柄扳到“停”的位置时，端子①和④（⑦）、②和⑤（⑧）、③和⑥（⑨）之间都不通 [如图 7-8 (b) 所示]，电动机不能工作。当操作开关手柄扳到“倒”的位置时，①和⑦、②和⑧、③和⑨端子接通 [如图 7-8 (c) 所示]， $L_2$ 、 $L_3$  换相，电动



机获得反相序电源而反向运行。

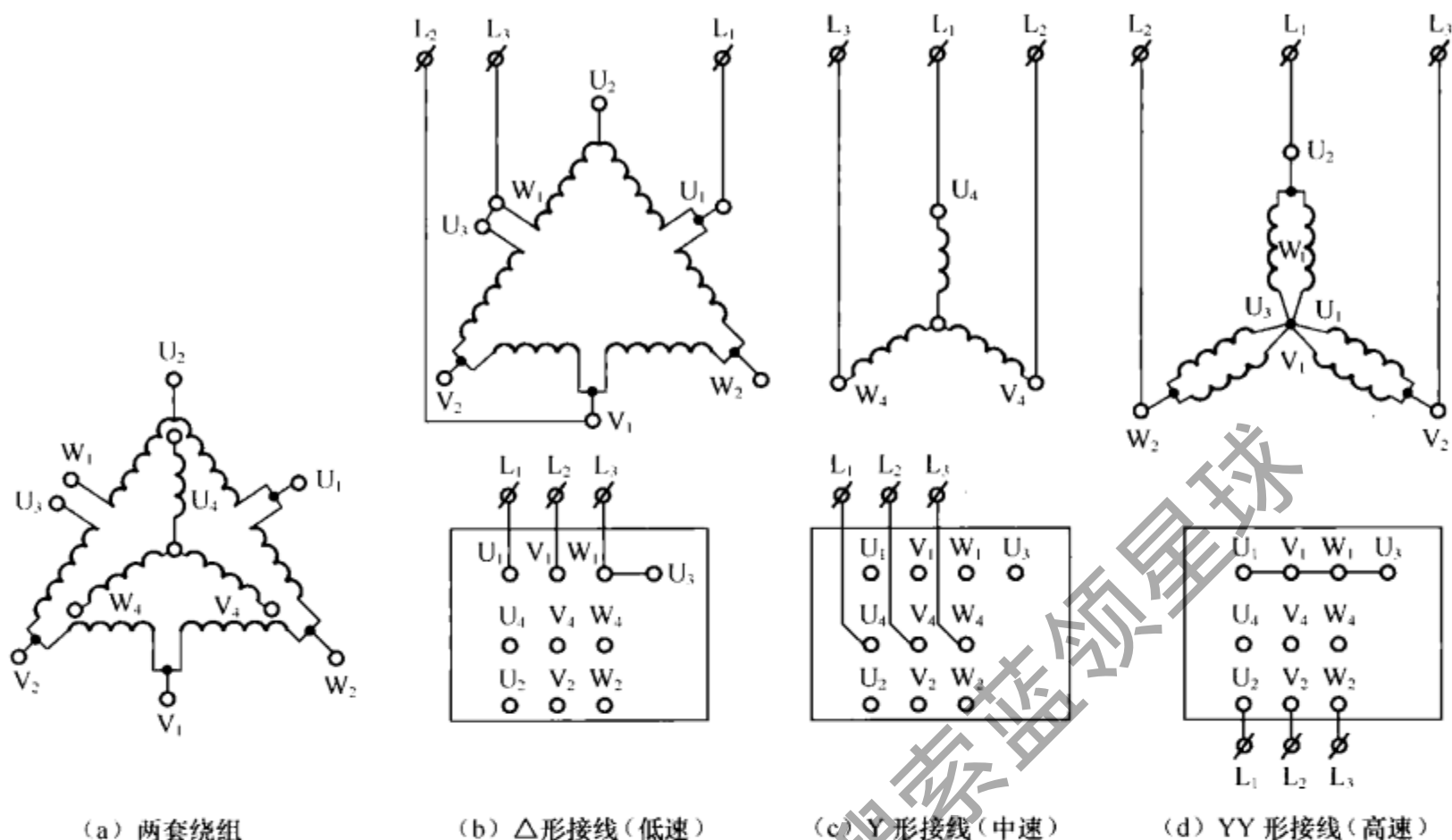


图 7-7 三速电动机定子绕组的连接方式

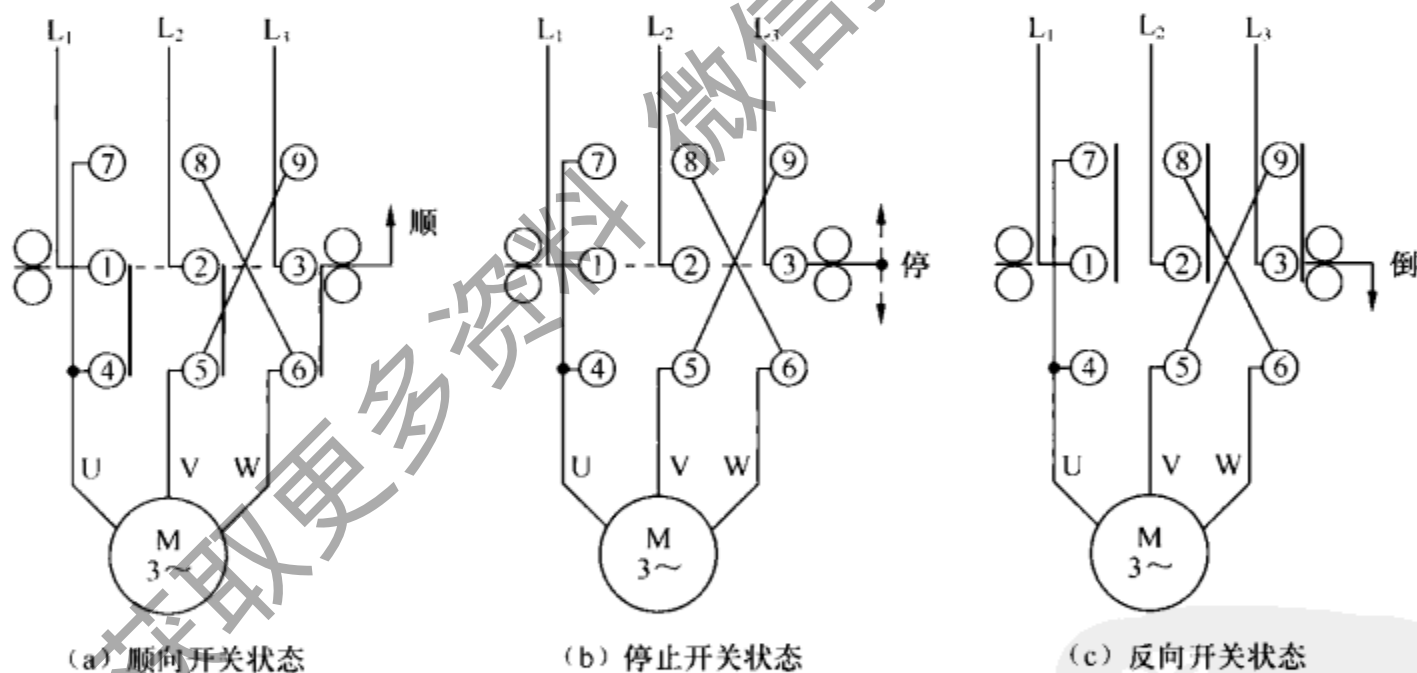


图 7-8 KD-3 倒顺开关控制电动机正反转电路

**注意** 对电动机运行换向时，必须先停后开，然后再按照所需的方向操作倒顺开关。

### 7. 两台水泵互为备用控制电路

如图 7-9 所示，两台水泵互为备用控制电路由主电路和控制电路等组成，各台水泵的主电路和控制电路完全相同。主电路包括电源开关、交流接触器主触点、热继电器元件和三相交流电动机等。控制电路包括选择开关、交流接触器线圈、时间继电器、控制按钮、水位信号控制接点以及信号指示灯等。

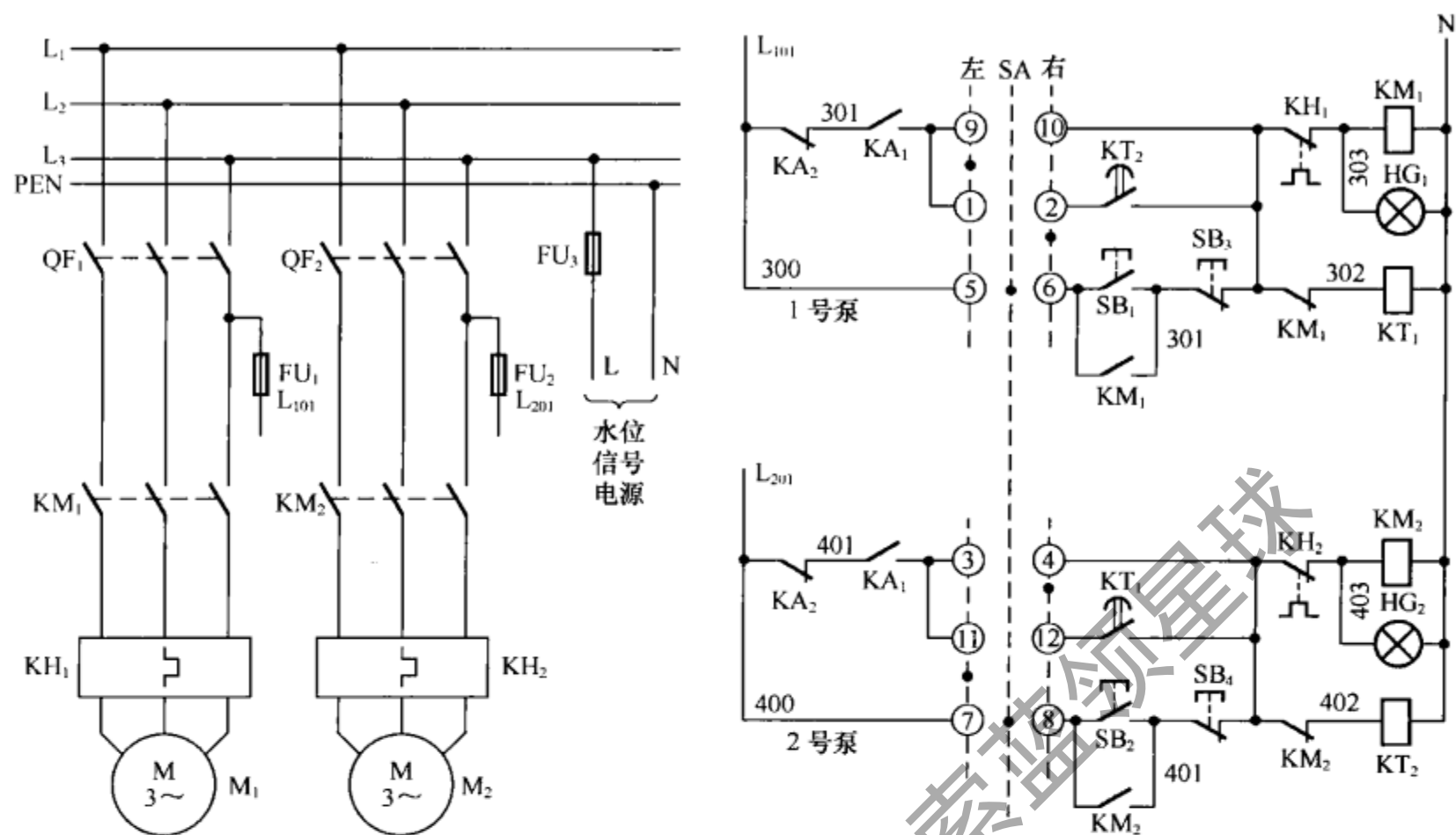


图 7-9 两台水泵互为备用控制电路

图中采用对应的控制电路，电源开关  $QF_1$ 、 $QF_2$  断开时， $L_{101}$ 、 $L_{201}$  均断电，交流接触器  $KM_1$ 、 $KM_2$  均不能工作。水位信号电路采用图 7-10 或图 7-11 所示电路。

合上电源开关  $QF_1$ 、 $QF_2$ ，操作 SA 确定运行泵和备用泵。SA 位于右边时，选择  $M_2$  工作， $M_1$  备用；SA 位于中间时，电动机  $M_1$ 、 $M_2$  可手动启停，以便进行检修或调试；SA 位于左边时，选择  $M_1$  工作， $M_2$  备用。

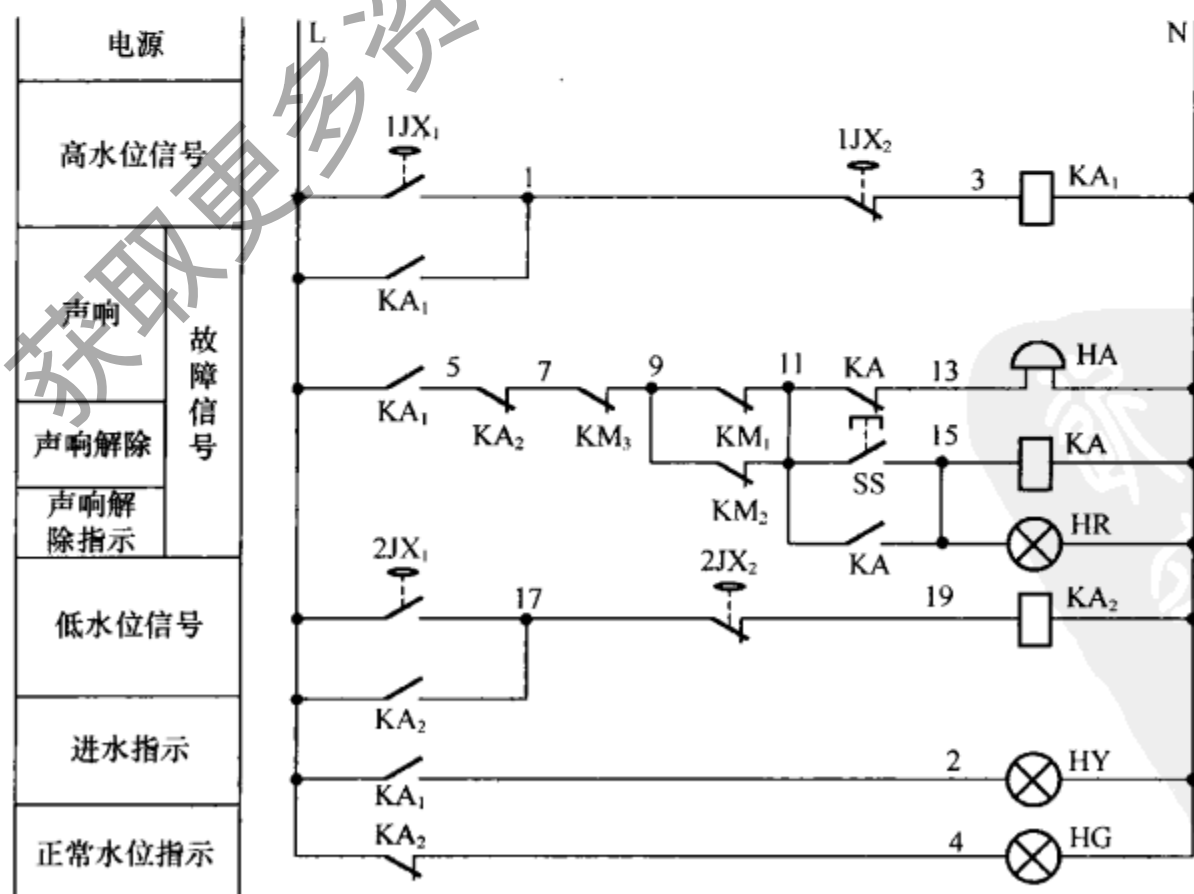


图 7-10 GSK 二用一备水泵水位信号电路

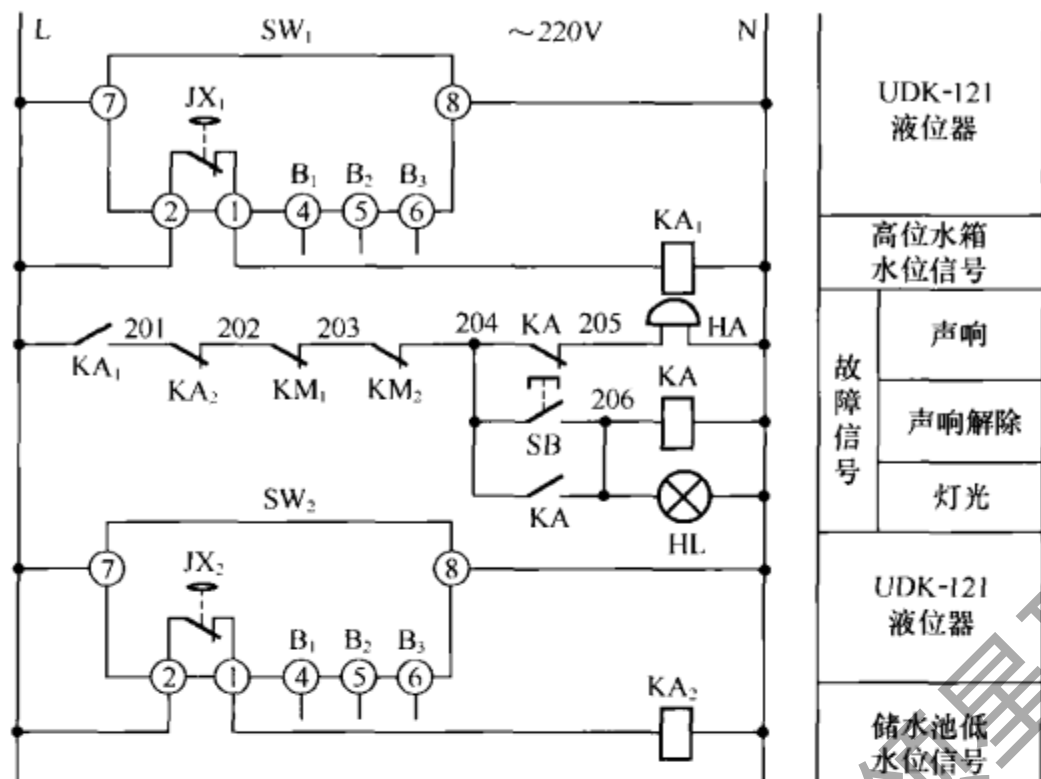


图 7-11 互为备用 UDK-121 水位信号电路

当储水池水位超过最低水位时，继电器  $KA_2$  不动作，其常闭触点（300~301）、（400~401）处于闭合状态。高位水箱或水塔中的水处于低水位时， $KA_1$  的触点（301~①）、（401~③）闭合，允许  $M_1$  或  $M_2$  启动。这时如果开关 SA 选择“右”挡，则接触器  $KM_2$  的线圈得电动作，其主触点闭合， $M_2$  水泵得电运行； $KM_2$  的触点（④~402）断开，禁止时间继电器  $KT_2$  工作。若电动机  $M_2$  因故障停机，则继电器  $KA_1$  的触点（401~③）、 $KA_2$  的触点（400~401）、SA 的触点（③~④）及  $KM_2$  的常闭触点（④~402）都处于闭合状态，时间继电器  $KT_2$  的线圈得电，延时开始。延时时间结束后， $KT_2$  的延时闭合触点（⑩~②）闭合，接触器  $KM_1$  的线圈得电动作，使水泵  $M_1$  代替  $M_2$  运行。当高位水箱或水塔中的水到达高水位时， $KA_1$  的触点（301~①）断开， $M_1$  停止运行。

知识链接

异步电动机控制电路的基本环节

异步电动机控制电路的基本环节有：点动、长动（自锁）、正反转控制（连锁）、顺序控制、多点启停控制、时间控制和行程控制等。

能力PK

图 7-12 所示为两台电动机启动和停车的控制电路， $KM_1$  控制电动机  $M_1$ ， $KM_2$  控制电动机  $M_2$ ，两台电机启动的顺序是\_\_\_\_\_，两台电动机停转的顺序是\_\_\_\_\_，其中  $KH_1$  和  $KH_2$  是\_\_\_\_\_，用作\_\_\_\_\_保护。

提示：第一台电动机先启动，第二台电动机后启动，第二台电动机先停转，第一台电动机后停转，热继电器，过载保护。

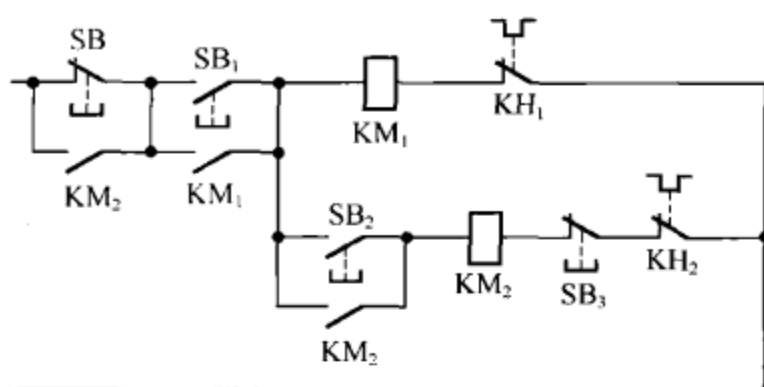


图 7-12 两台电动机启动和停车控制电路

图 7-13 为某台异步电动机的控制电路。按  $SB_1$  可实现\_\_\_\_\_，按  $SB_2$  可实现\_\_\_\_\_，按  $SB_3$  可实现\_\_\_\_\_，其中 KH 的作用是\_\_\_\_\_。

提示：启动，点动，停车。

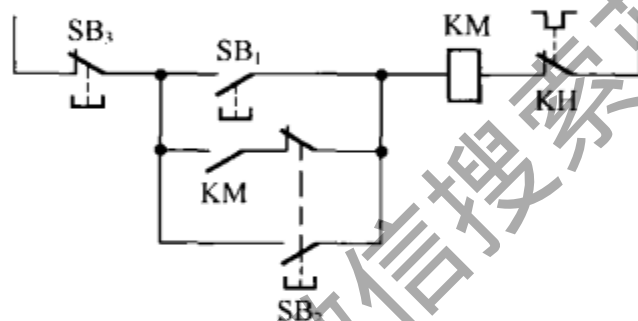


图 7-13 某异步电动机控制电路

## 7.2 几种特殊用途的照明灯控制电路

### ——开关灯具巧配合，灯随人愿去工作

#### 1. 多开关控制

对于家庭中走廊、门厅、卫生间、楼梯间等处的照明灯具，可在户门入口处、客厅沙发附近、卧室床头附近等地方设置集中控制板，对相关灯具实现多点控制。这样既利于节能，又能给使用者带来方便。例如，当有人叫门时，主人可以在床上预先点亮门厅和楼梯间的灯；当主人想去厕所时，也可在床上预先点亮门厅和厕所的灯；主人也可在进入卧室前先点亮卧室的灯，还可在躺到床上后关掉（或打开）卧室的灯。

##### (1) 两个开关控制一盏灯

电路如图 7-14 (a) 所示， $S_1$  和  $S_2$  均为单极双位开关，在它们之间需安排两根连接导线。当  $S_1$  与  $S_2$  都拨向上端或都拨向下端时，照明灯 EL 亮。当  $S_1$  与  $S_2$  的拨向不同（一个拨向上端，另一个拨向下端）时，照明灯 EL 不亮。

图 7-14 (b) 所示为另一种接线方法。在两个开关  $S_1$ 、 $S_2$  之间只需要一根连接导线，同样可以达到两个开关控制同一盏灯的效果。当  $S_1$  与  $S_2$  的拨向相同时，两个二极管为顺向串联，照明灯 EL 亮。当  $S_1$  与  $S_2$  的拨向不同时，两个二极管为反向串联，照明灯 EL 不

亮。由于二极管的存在，电路变成了半波整流供电，灯泡的亮度有所降低。这种方法适用于两个开关相距较远、对灯光亮度要求不高的场合。二极管  $VD_1 \sim VD_4$  一般可用 1N4007 型号的。如果所用灯泡的功率超过 200W，则应用 1N5408 等型号的、整流电流更大的二极管。

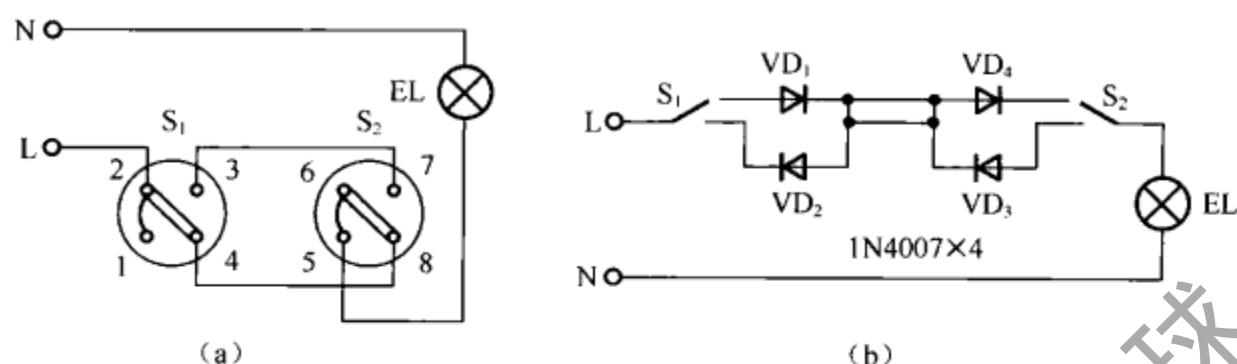


图 7-14 两个开关控制一盏灯电路

## (2) 楼梯照明灯的多开关控制

在两处控制一盏灯电路的基础上，在双联开关  $S_1$  和  $S_3$  之间加一个三联开关  $S_2$ ，就能实现在三处控制同一盏电灯（如图 7-15 所示）。从图中可以看出，现在电路处于断开状态，只要在  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  三个地方中的任一处（例如  $S_1$ ）扳动开关，都能使电路接通，电灯发光；再在  $S_2$  或  $S_3$  处扳动开关，都能将电路断开。

如果没有双联开关和三联开关，用两个单刀双掷开关和一个双刀双掷开关也能满足在三处控制一盏电灯的要求，具体电路连接如图 7-16 所示。

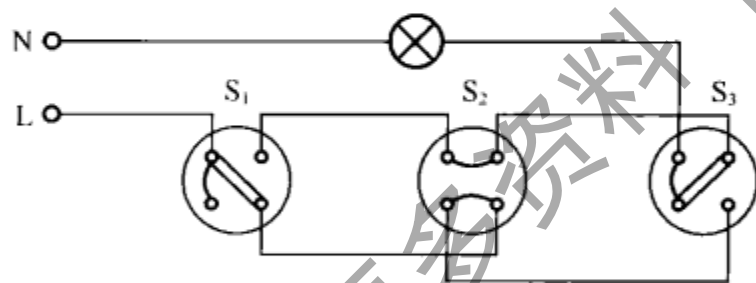


图 7-15 三个开关控制一盏灯电路

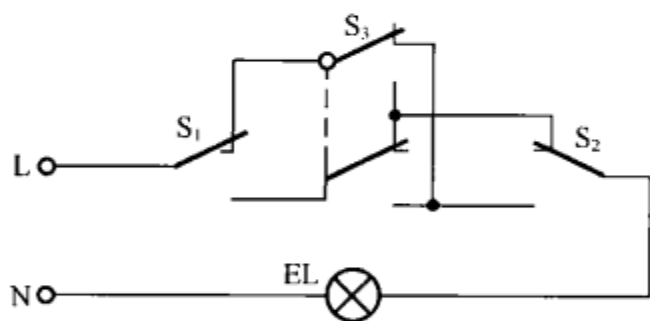


图 7-16 用双掷开关构成的三处控制一盏灯电路

## 2. 调光控制

### (1) 降低亮度的电路

在某些亮度要求不高的场合，例如楼道、走廊等，可以降低灯泡的亮度使用，其优点是既可以节电，又可延长灯泡的使用寿命。在图 7-17 (a) 所示电路中，将两个功率相同的 220V 白炽灯泡串联使用，每个灯泡只获得 110V 电压，虽然灯泡的亮度降低了，但寿命却延长许多。

在图 7-17 (b) 所示电路中串入一个整流二极管，使得白炽灯泡只在 220V 交流电源的半个周期中有电流通过，灯泡获得的有效电压值下降，所以灯泡的发光亮度降低而寿命延长。

### (2) 简易调光电路

在图 7-18 (a) 所示电路中， $S$  为单极三位开关。当把  $S$  拨向最下端时，灯泡  $EL$  为最大亮度；当把  $S$  拨向中间时，由于整流二极管  $VD$  串入电路，灯泡  $EL$  的亮度为最大亮度的 50%



左右；当把 S 拨向最上端时为关灯。

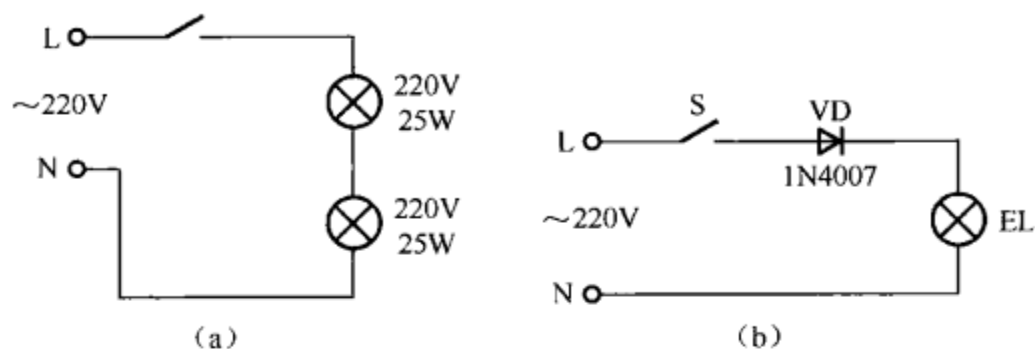


图 7-17 降低灯泡亮度的电路

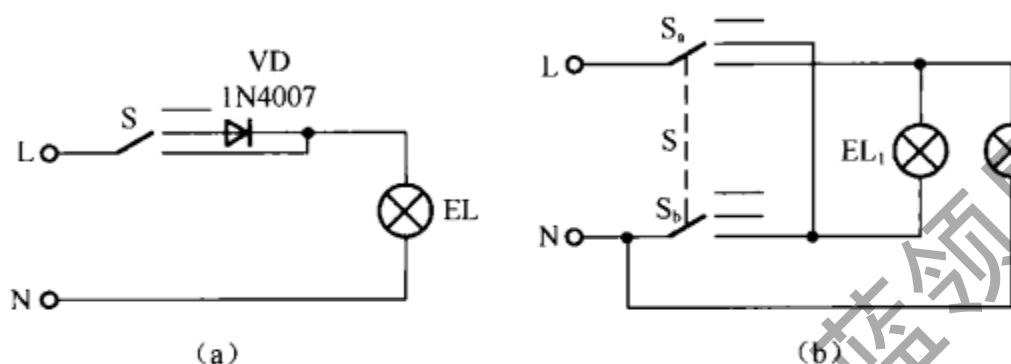


图 7-18 白炽灯简易调光电路

图 7-18 (b) 所示电路为一个开关控制两盏灯的简易调光电路，S 为双极三位开关， $S_a$  与  $S_b$  联动。当把 S 拨向最下端时，灯泡  $EL_1$  与  $EL_2$  并联接入电源，两灯全亮；当把 S 拨向中间时，灯泡  $EL_1$  与  $EL_2$  串联接入电源，两灯半亮；当把 S 拨向最上端时为关灯。

### (3) 晶闸管调光电路

应用晶闸管可以实现无级调光，图 7-19 (a) 所示为采用单向晶闸管的调光电路。调节电位器 RP 可改变  $C_1$  的充电时间常数，即改变 VS 的导通角。减小 RP 的阻值，VS 的导通角增大，灯光亮度增强；增大 RP 的阻值，VS 的导通角减小，灯光亮度减弱。在实际制作时，RP 可选用带开关的电位器，并使开关 S 刚打开时 RP 处于最大阻值位置。这样，在使用中打开开关时灯光微亮，然后再逐步调亮，效果较好。

图 7-19 (b) 所示为采用双向晶闸管的调光电路。双向晶闸管 VS 直接接在交流回路中，VD 为双向触发二极管。调节电位器 RP 可改变 VS 的导通角，从而达到调光的目的。

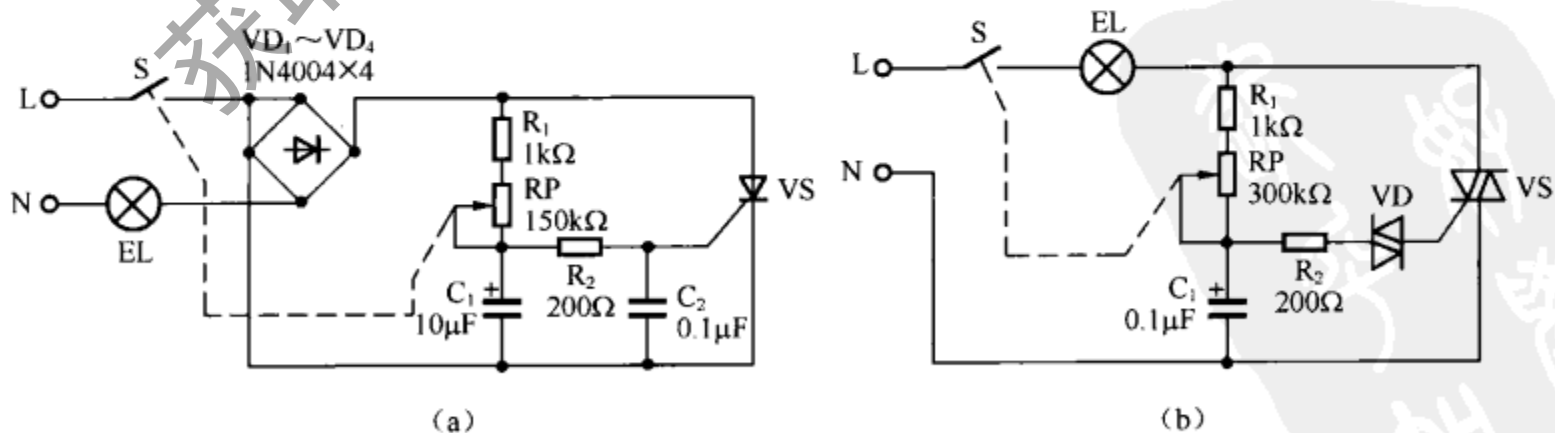


图 7-19 晶闸管调光电路

### 3. 自动延时关灯

自动延时关灯电路主要应用在楼梯、走道、门厅等只需要短时间照明的场合。

图 7-20 (a) 所示为时间继电器构成的自动延时关灯电路。KT 是时间继电器，按一下控制按钮 SB，时间继电器 KT 吸合，触点 KT-1 接通照明灯泡 EL 的电源使其点亮。当松开 SB 时，触点 KT-1 并不立即断开，而是延时一定时间后才断开。该电路的延时时间可通过时间继电器上的调节装置进行调节。

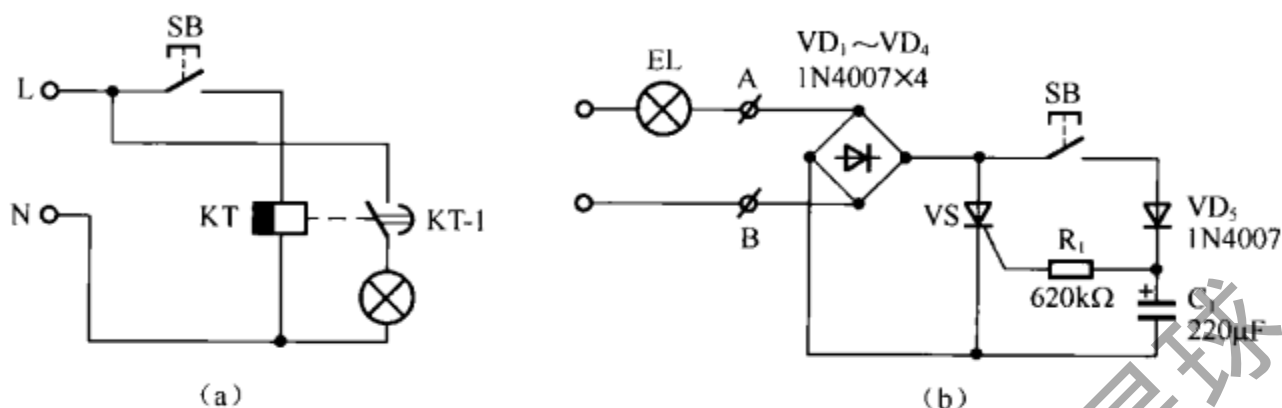


图 7-20 自动延时关灯电路

图 7-20 (b) 所示为采用晶闸管的自动延时关灯电路，可通过改变  $C_1$  或  $R_1$  来调节延时时间，其延时时间在 2~3min 内可调。该电路体积小，可直接放入开关盒内取代原有的电灯开关。

#### 4. 光控照明灯

光控照明灯主要适用于楼道、公共厕所等场所，其电路如图 7-21 中虚线框内部分所示。VS 是普通的单向晶闸管，其触发信号由电阻 R 和光敏电阻 RL 对 220V 交流电的分压（忽略电灯丝电阻）得到。VD 是普通二极管，主要用于防止 RL 两端的反向电压对 VS 控制极的损坏。白天，环境自然光线较强，RL 呈低阻值（2kΩ 以下），VS 处于阻断状态，电灯 EL 不亮；夜晚，环境自然光线变暗，RL 呈高阻值（1MΩ 以上），VS 从 RL 两端获得足够的触发电压而导通，电灯 EL 通电自动点亮。

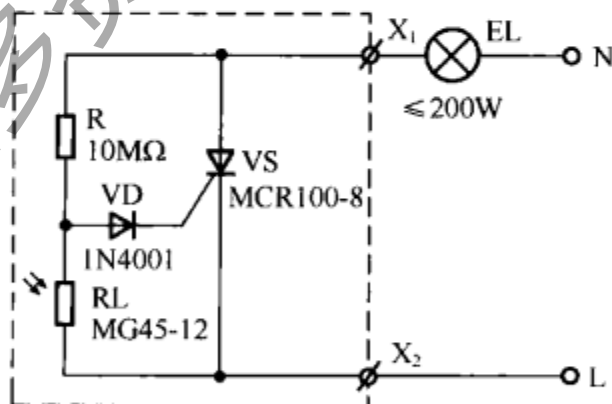


图 7-21 光控照明灯电路

电灯 EL 工作时，加在它两端的是半波脉冲电压，实测直流平均电压约为 99V，灯泡的实际功率仅为标称功率的 30% 左右。这样不仅节电，而且还能有效防止因深夜电网电压升高而造成灯丝过电压损坏，使得灯泡的使用寿命大大延长。

#### 5. 无线遥控分组开关

无线遥控分组开关电路如图 7-22 所示，该电路可将吊灯等大型灯具的若干个灯泡分为 4 组，通过遥控器分别控制各组灯泡的开与关。遥控器和接收模块 IC<sub>1</sub> 采用微型无线电遥控组件。

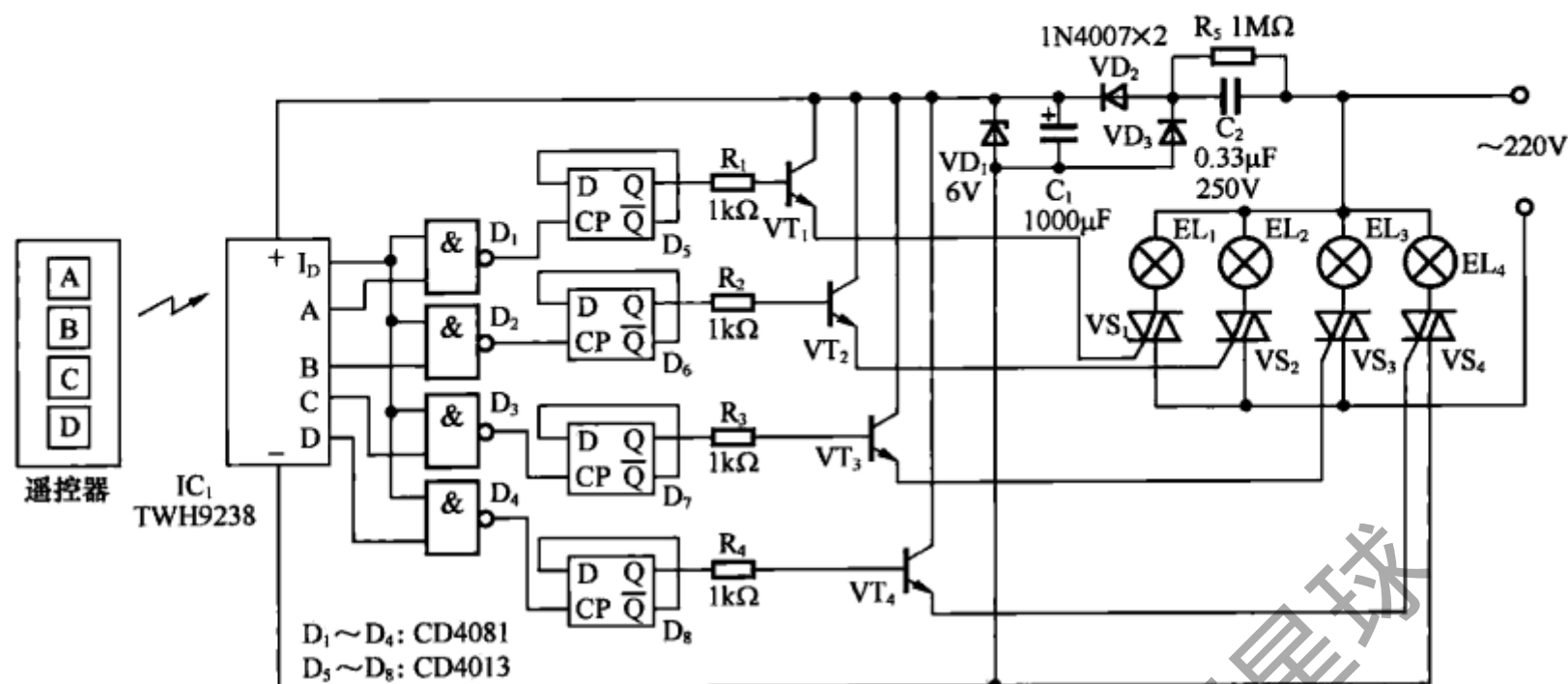
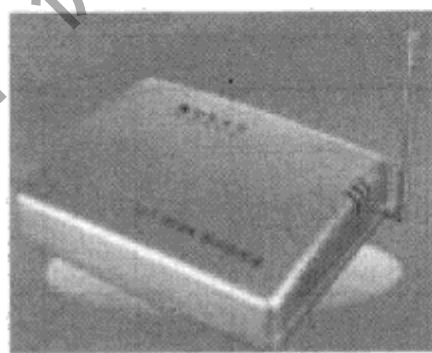


图 7-22 无线遥控分组开关电路

遥控器共具有 A、B、C、D 4 个按键，每个按键控制一组灯泡的开与关。在接收控制电路中，IC<sub>1</sub> 为接收模块 TWH9238。通过遥控器上的 4 个按键，即可随意遥控大吊灯的 4 组灯泡的开或关；也可将天花板上的灯具分为 4 组，用该开关进行分组遥控。无线遥控分组开关的遥控器和发射器的实物外形如图 7-23 所示。



(a) 遥控器



(b) 发射器

图 7-23 无线遥控分组开关的遥控器和发射器

## 6. 宾馆客房供电电路

近年来普遍流行在宾馆客房中设置多功能床头控制柜，大大方便了旅客的需求。客房标准间供电电路如图 7-24 所示。

宾馆客房供电电路主要由照明干线、空调器控制电路、换气扇控制电路以及电视机和电冰箱控制电路等构成，其集中控制装置主要是多功能床头柜，如图 7-25 所示。

走道灯、房间的一般照明、床头灯以及电视机等的电源均可在多功能床头柜上进行控制。在客房门口及多功能床头柜上设有“请勿打扰”及“访客门铃”等控制功能。为了节能，客房均设有节能钥匙，除电冰箱及走道灯外，都能自动切除电源。进门后将钥匙插入节能盒内，则可自由开启室内的一切用电设备。凡是四级以上的客房，走道灯都应作为备用照明，床头灯应采用可调光产品。等级标准较高的客房可不设一般照明，如要设，可采用不同形式的

漫射型灯具或向上照的装饰灯。一般客房可用荧光灯，它安装在窗帘盒上方，光由天花板向下反射，使光照效果良好。其次，本例还给出火灾报警用 1W 音箱以及三波段收音机等，实际应用时可根据需要增减。

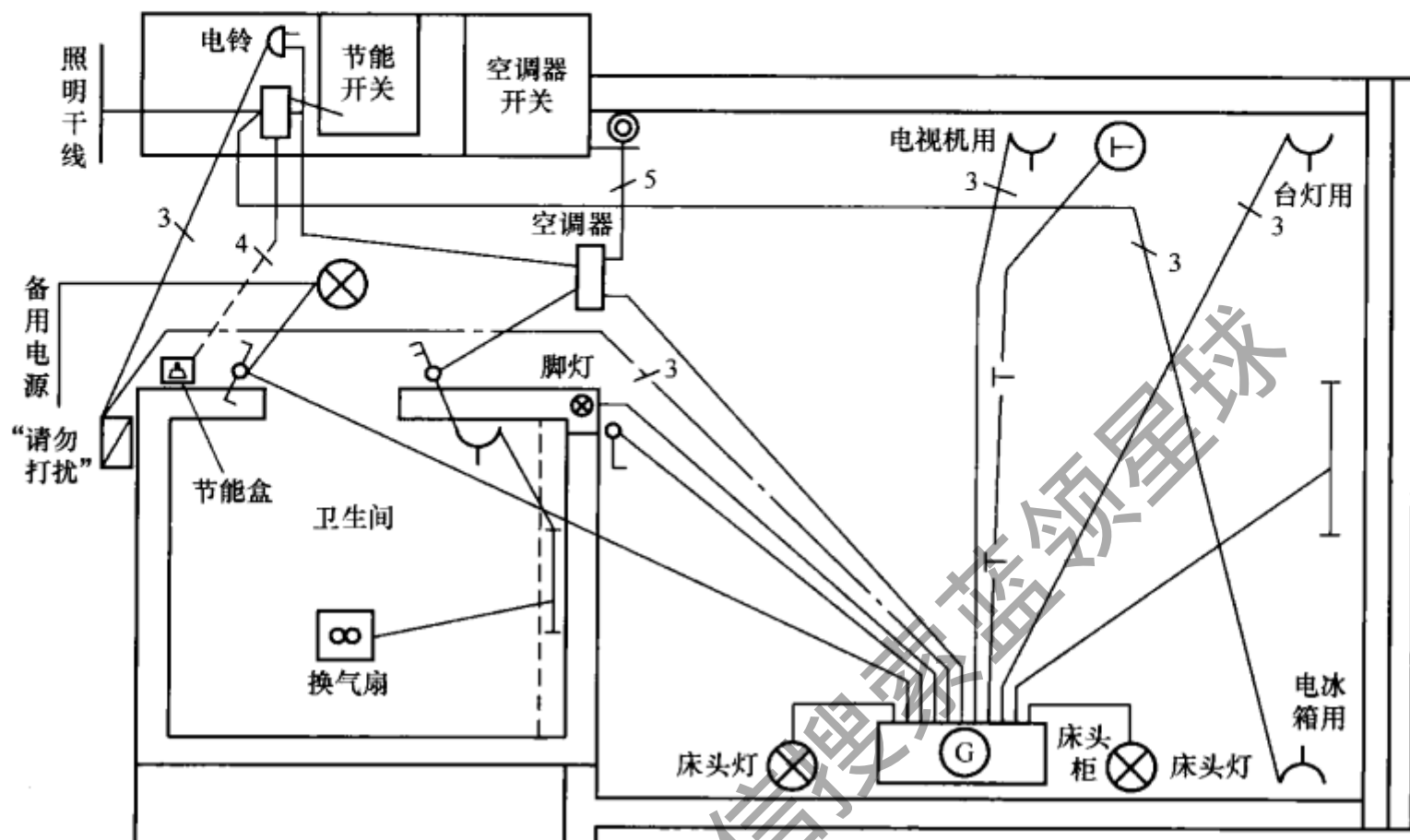


图 7-24 客房标准间供电电路

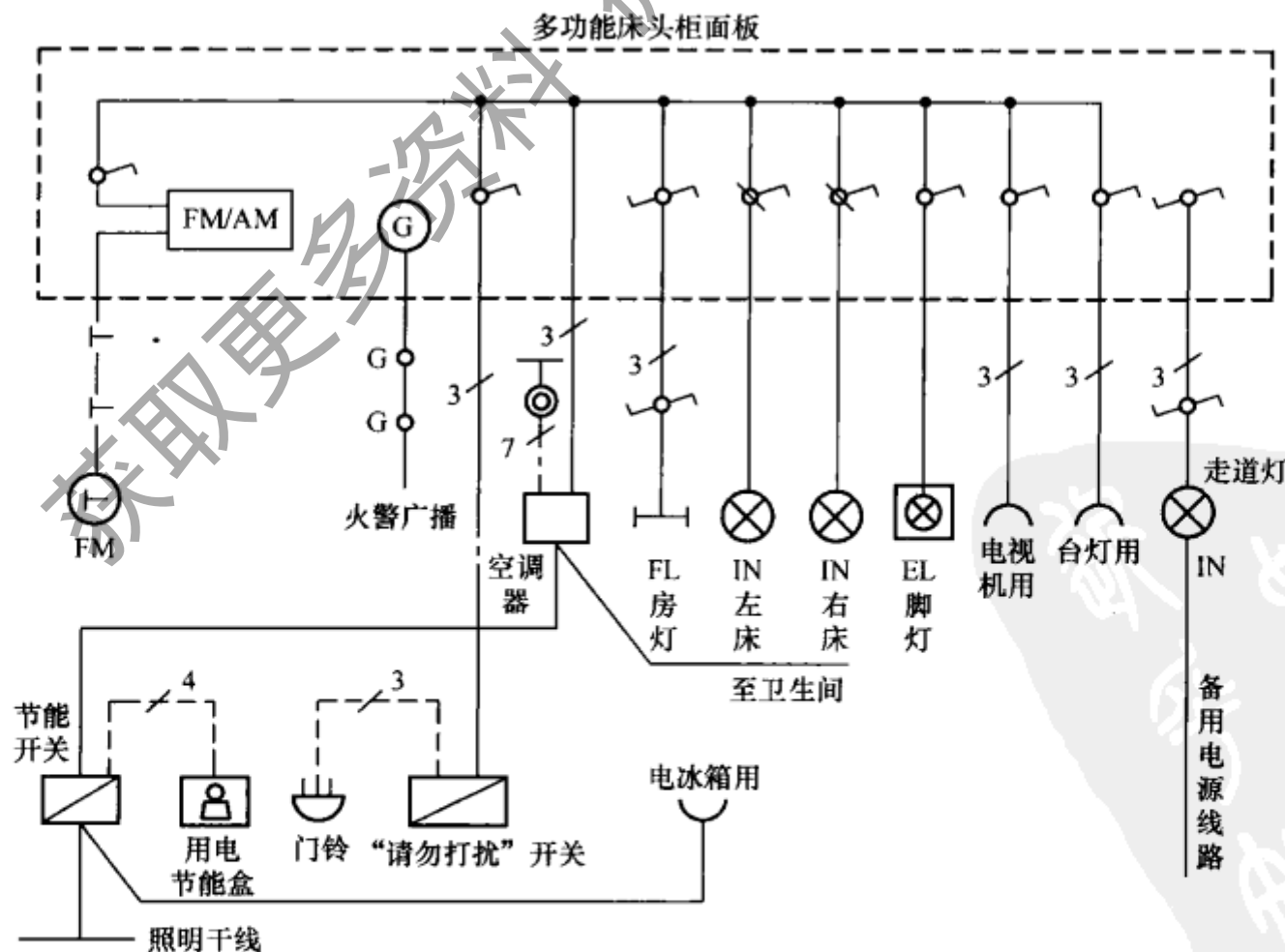



图 7-25 多功能床头柜与电器间的布线

客房卫生间一般设有镜前灯，多采用日光式荧光灯嵌入镜前，吊顶安装。

 想一想 实地看一看宾馆客房供电电路的具体布线方法。

### 电工小百科

#### 电工礼赞

牵着银线走千山  
披星戴月涉百川  
天马行空谁匹敌  
巍巍铁塔铸英魂  
花前月下双结伴  
无有儿郎丝寸荫  
儿女情长夜思盼  
千里银线诉衷肠  
君问男儿何处去  
万家灯火写千秋

## 7.3 楼顶自动供水电路

——预定水位线，水满自断电

楼顶自动供水电路如图 7-26 (a) 所示，它由主电路、水位信号电路和控制电路等组成。主电路包括电源开关 QF、交流接触器  $KM_1$  和  $KM_2$  的主触点、三相交流电动机 M 以及电磁阀 YV 等。水位信号电路包括电源变压器 T、桥式整流器 BUR、滤波电容器  $C_1$ 、集成稳压器 7812、楼底水池水位检测元器件 ( $N_1$ 、 $R_2 \sim R_4$ 、 $C_2$ 、 $KA_1$  和  $VD_2$ )、楼顶水池水位检测元器件 ( $N_2$ 、 $R_5 \sim R_8$ 、 $C_3$ 、 $KA_2$  和  $VD_3$ ) 以及水位电极 A~F 等。控制电路包括交流接触器  $KM_1$ 、 $KM_2$  的线圈以及中间继电器  $KA_1$ 、 $KA_2$  的常开触点等。

### 知识链接

#### 术语解释

接触器——对主电路进行控制的控制电器。

继电器——对控制电路进行控制的控制电器。

自锁——异步电动机控制电路的基本环节之一。

连锁——异步电动机控制电路的基本环节之一。

热继电器——用于进行过载保护的控制电器。

熔断器——用于对电路进行短路保护的电器。

异步电动机的转差率——电动机的旋转磁场与转子转速之差叫做转差，转差与同步转速（或旋转磁场转速）之比叫做转差率。



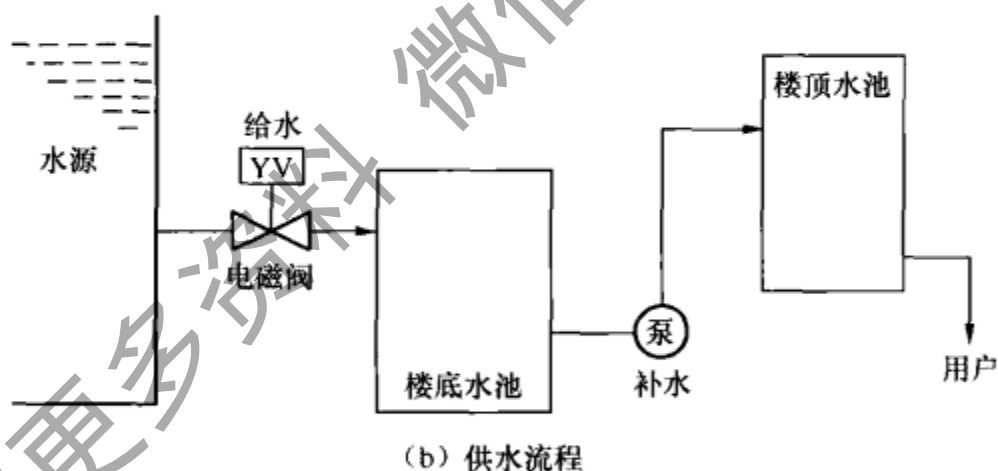
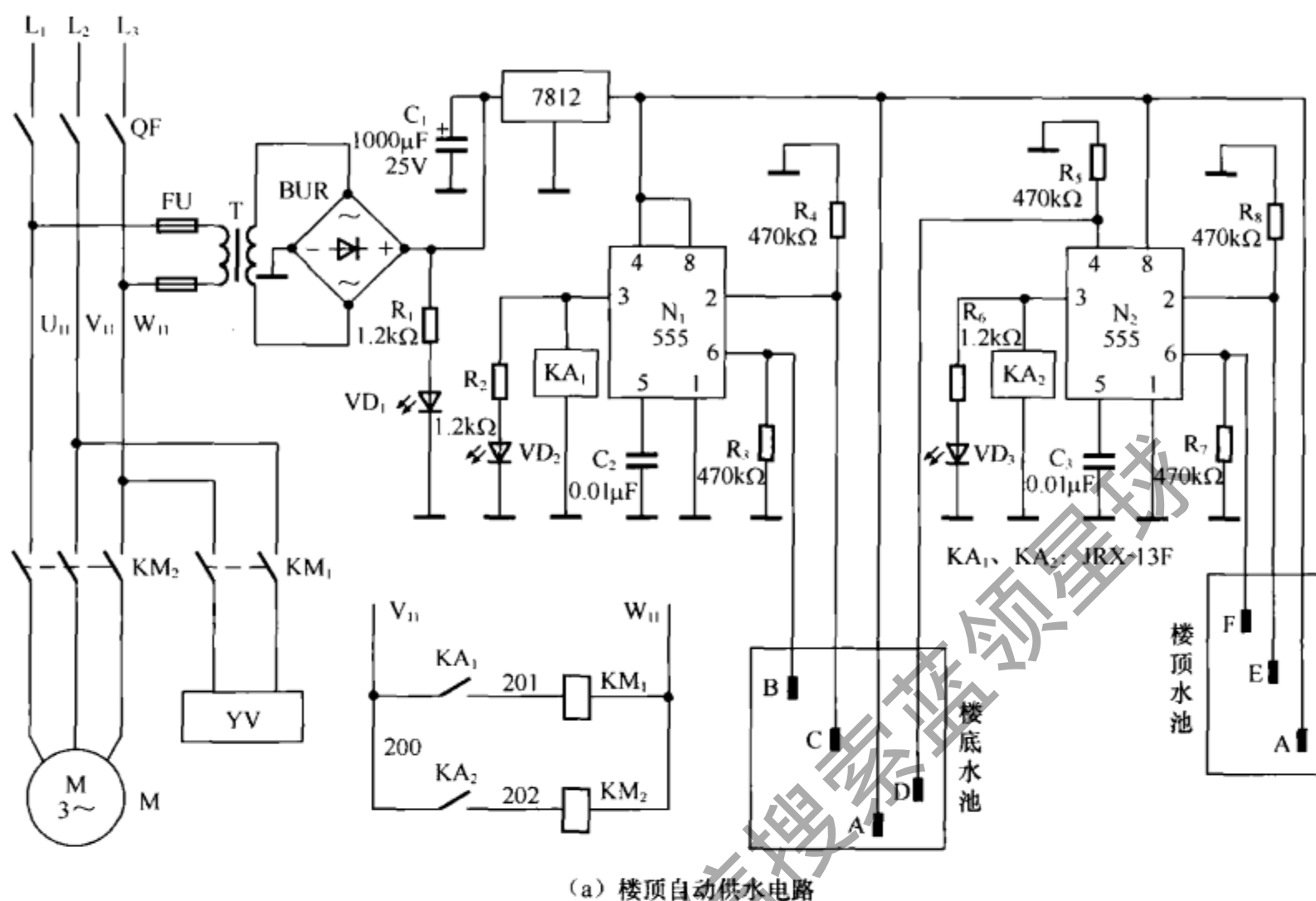


图 7-26 楼顶自动供水电路和供水流程

## 7.4 交流接触器直流运行电路

——交流接触改直流，多种方案可参照

交流接触器用来控制电动机、电炉等设备的启动与停止，是经常使用的一种低压电器。交流接触器是利用交流电工作的，在磁系统调整不好时会出现震动和噪声，运行电流大，温升高，严重时还会烧坏线圈，特别是对于大功率交流接触器，这些问题更为突出。同时，交流接触器的功率因数低，浪费电能。因此，有必要对交流接触器进行改造，较有效的办法是将交流接触器改为直流运行。

交流接触器改为直流运行优点很多。比如，可以消除运行时的震动和噪声，改善劳动条

件；可以降低释放电压，使交流接触器在电源电压波动很大时不会释放；可以使接触器线圈和铁芯的温升显著降低，从而延长了接触器的使用寿命；可以节省大量的有功和无功功率。因此，将交流接触器改为直流运行，对安全生产和节约电能都有较大的实际意义。

交流接触器改为直流运行的方案很多，按接触器吸合和运行状况，可分为交流吸合直流运行以及直流吸合直流运行两类。下面介绍几种交流接触器直流运行实用电路。

图 7-27 和图 7-28 所示是交流接触器直流运行电路。

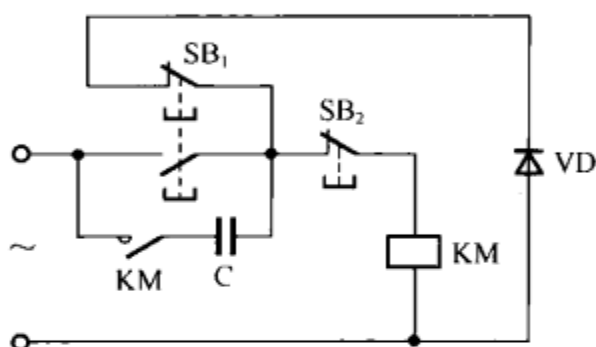


图 7-27 交流接触器直流运行电路之一

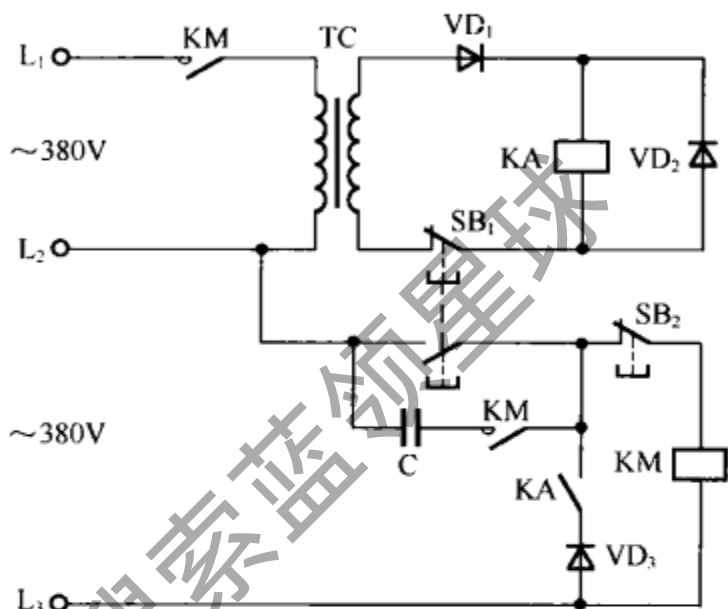


图 7-28 交流接触器直流运行电路之二

图 7-27 所示控制电路的工作原理是：启动时，按下启动按钮  $SB_1$ ，交流接触器  $KM$  的线圈接通交流电源而吸合， $KM$  的辅助触点闭合。放松按钮  $SB_1$ ，其常闭触点将二极管  $VD$  接通， $VD$  与  $KM$  线圈相并联。这时  $KM$  仍保持吸合状态，并转入直流运行。电容  $C$  串入电路起降压作用。正半波时（上正下负），电源电压经电容  $C$  加到  $KM$  线圈上，线圈电流的方向是从上到下；负半波时（下正上负），电源电压加在电容  $C$  上，这时  $KM$  线圈上产生自感电动势，二极管  $VD$  为自感电流提供通路，线圈电流的方向仍是从上到下。因此，正、负半波流经  $KM$  线圈上的电流方向不变，即放松按钮  $SB_1$  后，交流接触器进入直流运行。

交流接触器转为直流运行，就相当于一块直流电磁铁。直流电磁铁一旦吸合，磁阻极小，吸力最大，只需要较小的激磁安匝就可以保持吸合状态。线路中串联的电容起降压限流作用，使接触器的运行电流大大减小，所以可以节约电能。

交流接触器改为直流运行后，吸力稳定，消除了原来的运行噪声。

图 7-28 所示控制电路的工作原理是：按下启动按钮  $SB_1$ ， $L_2$  相和  $L_3$  相之间的 380V 电压加到  $KM$  线圈上， $KM$  吸合， $KM$  的辅助触点闭合，接通变压器一次侧电源。放松按钮  $SB_1$  后，继电器  $KA$  的线圈得电吸合， $KA$  的常开触点闭合，续流二极管与  $KM$  线圈相并联，接触器投入直流运行。

### 知识链接

#### 电容器容量的选取

在图 7-27 和图 7-28 所示电路中，电容  $C$  可参考以下数据选取（交流接触器线圈电压为 380V），电容器的额定电压要大于电源电压的两倍。

CJ10-40	0.47 $\mu$ F
CJ10-60	1 $\mu$ F
CJ10-100	1.47 $\mu$ F
CJ12B	2 $\mu$ F
CJ12B-400	4.47 $\mu$ F
CJ12B-600	6 $\mu$ F

图 7-29 所示控制电路的工作原理是：此电路是一种直流启动直流运行电路。启动时，按下启动按钮  $SB_1$ ，接触器  $KM$  立即吸合，其辅助触点接通了中间继电器  $KA$  的线圈电路， $KA$  吸合， $KA$  的常闭触点断开，切断二极管  $VD_1$ 、电阻  $R$  电路。中间继电器  $KA$  的作用是待  $KM$  吸合后，才切断  $VD_1$ 、 $R$  电路，以保证启动可靠。改变电阻  $R$  的阻值，可以调节  $KM$  启动时的吸力。减小  $R$  的阻值， $KM$  的启动吸力增大；反之，吸力减小。调试时，如发现启动时吸不上，可适当减小  $R$  的阻值。

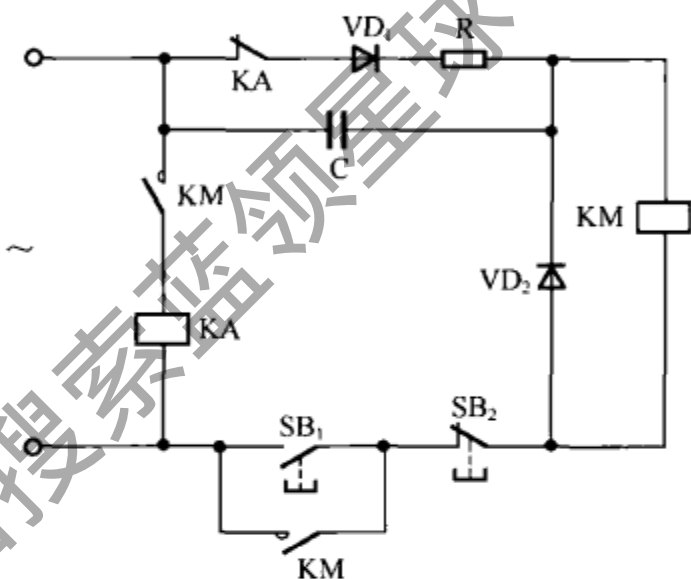


图 7-29 交流接触器直流运行电路之三

图 7-30 和图 7-31 所示的也是交流接触器直流运行电路。这两种电路的不同点是启动完成后，断开  $VD_1$ 、 $R$  的方法不一样。图 7-30 所示电路是借助启动按钮  $SB_1$  复位来切断的，而图 7-31 所示电路是利用接触器常闭触点来切断的。在图 7-30 所示电路中，启动时，接触器  $KM$  的线圈中流过很大的启动电流，所以按下  $SB_1$  的时间不宜太长，启动完毕后，应立即将按钮  $SB_1$  释放。在图 7-31 所示电路中，启动时线圈通电，开始吸合，其常闭触点断开，但常开触点尚未闭合时，电容  $C$  已串联在电路中，起到降压作用。如果  $C$  的容量偏小，会出现吸—放—吸—放现象，使接触器的衔铁跳动不停，不能顺利吸合。因此，要将电阻  $R$  及电容  $C$  的参数选择适当，一般可通过现场调试决定。

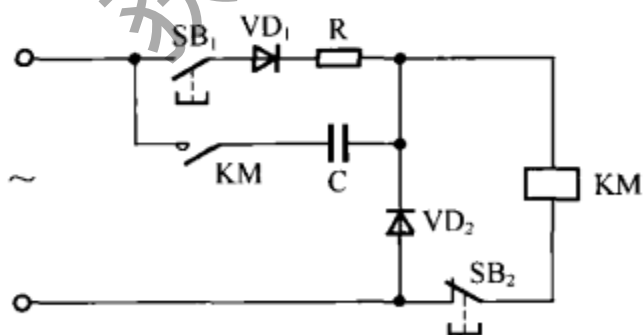


图 7-30 交流接触器直流运行电路之四

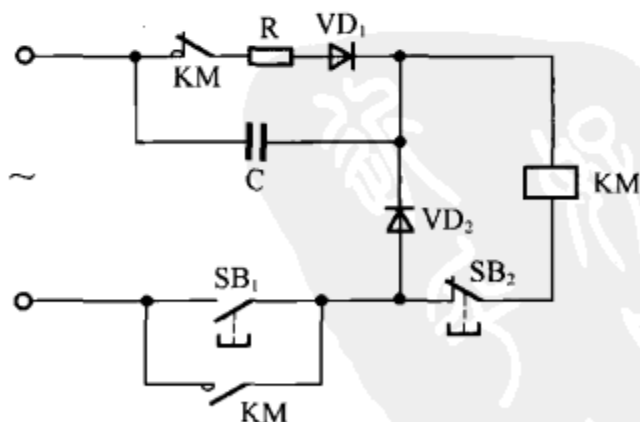


图 7-31 交流接触器直流运行电路之五

按钮  $SB_2$  为停止按钮，要接在靠近接触器线圈处。停止时，按下按钮  $SB_2$ ，接触器可瞬时释放。

## 知识链接

## 元器件参数的选取

在图 7-29~图 7-31 所示电路中的电容 C、二极管 VD<sub>1</sub> 和 VD<sub>2</sub> 及电阻 R 的参数,可参考表 7-1 选取。

表 7-1

元器件参数选取

R	C	VD <sub>1</sub>	VD <sub>2</sub>
15Ω, 1W	2μF	0.3A	0.3A
15Ω, 2W	2μF	0.3A	0.3A
15Ω, 5W	4μF	1A	1A
8Ω, 15W	10μF	1A	1A
5Ω, 25W	10μF	5A	5A

表 7-1 中电容 C 的额定电压为 800V, VD<sub>1</sub>、VD<sub>2</sub> 的额定电压分别为 400V、800V。接触器吸引线圈的额定电压为 380V。电容 C 的容量应尽量取小值,一般可通过试验决定,只要在启动时接触器能可靠吸合即可。

图 7-32 所示是交流接触器直流运行公用电源电路,其工作原理是:按下启动按钮 SB<sub>1</sub>, L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub> 相的 380V 电压经 VD<sub>5</sub> 半波整流,使接触器 KM 吸合, KM 的辅助触点接通保持回路。由于保持电压与合闸电压方向一致,所以接触器不会产生跳动,能够可靠吸合。

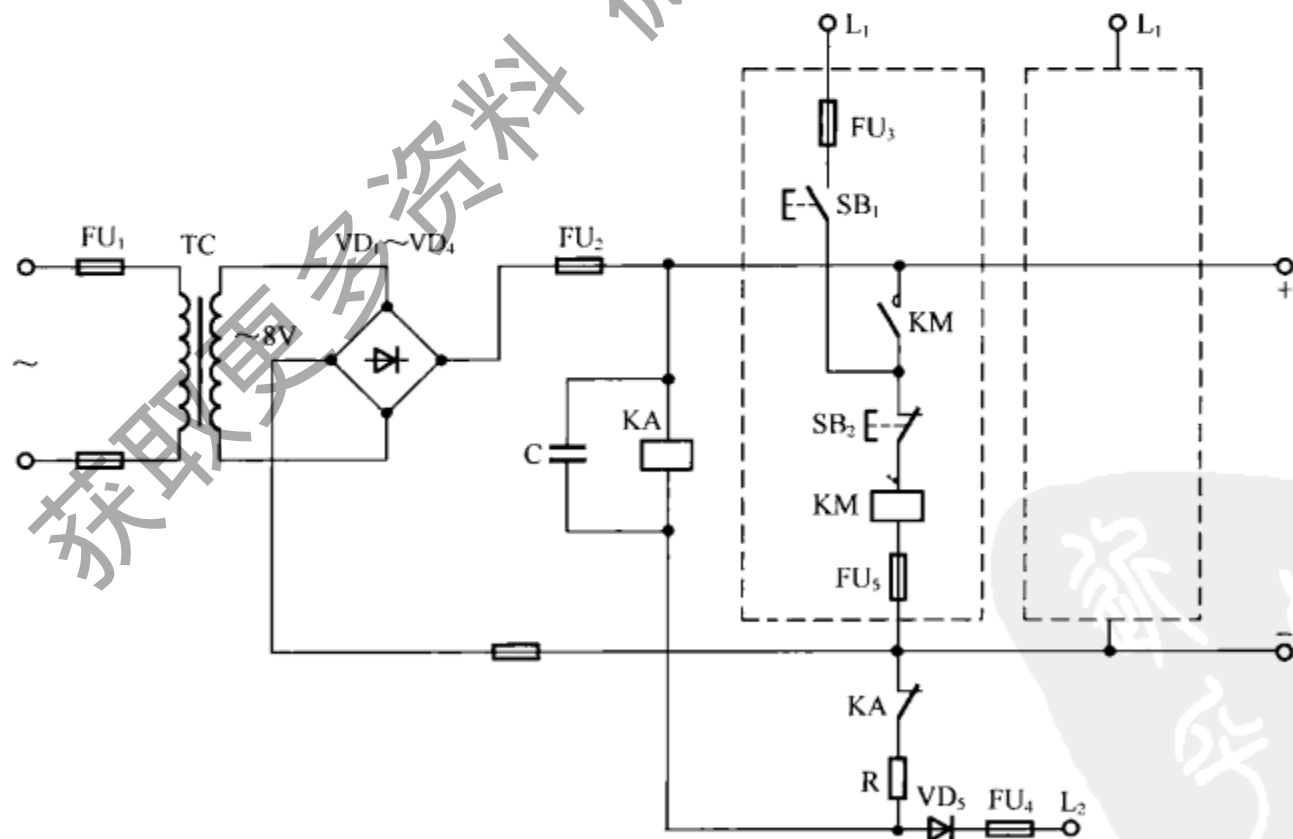


图 7-32 交流接触器直流运行电路之六

由于启动时接触器 KM 的线圈中流过很大的启动电流,所以持续时间不能过长。同时,在 KM 吸合时,把远高于保持电压的启动电压引入公用母线及启动回路中,因此在启动完成后必须迅速切断启动回路。图中,中间继电器 KA 就是用于完成这一任务的。

启动前,直流继电器 KA 的线圈两端只有很低的接触器保持电压,所以不会吸合。当 KM

吸合时，启动电压被引入公用母线，KA 吸合，KA 的常闭触点断开，迅速切断启动回路，同时也使公用母线与启动电压脱离。

当启动按钮复位后，中间继电器 KA 复位，其常闭触点闭合，为第二只交流接触器启动做准备。按下停止按钮 SB<sub>2</sub>，KM 断电释放。

第二只交流接触器的启动和停止过程与上述过程相同。

图 7-32 所示控制电路所需元器件少，投资低，合闸成功率高，适用于多只交流接触器直流运行场合。

### 知识链接

### 线路中主要元器件的参数

图 7-32 所示电路中主要元器件的参数如下。

VD <sub>1</sub> ~VD <sub>4</sub>	20A	600V;
VD <sub>5</sub>	20A	1000V;
C	0.47μF	630V;
R	5~6Ω	15~30W (用炉丝自制), 100~300VA 改绕为 220V/8V

图 7-33 所示为交流接触器双绕组直流运行电路。将交流接触器原线圈改绕，N<sub>1</sub> 为保持线圈，N<sub>2</sub> 为启动线圈。前者匝数多而线径小，后者匝数少而线径大，两组线圈都绕在原线圈骨架上。启动时，按启动按钮 SB<sub>1</sub>，两绕组由控制电源同时供电，N<sub>2</sub> 两端加上了经桥式整流后的直流电，这时吸力主要由 N<sub>2</sub> 产生。当启动结束时，KM 的常闭触点断开，磁系统起类似变压器的作用，N<sub>1</sub> 相当于变压器的一次绕组，N<sub>2</sub> 相当于二次绕组。N<sub>2</sub> 和桥式整流回路转变为低压半波负载电路。由两个绕组的合成磁势在铁芯中产生的磁通对衔铁保持吸合。因为 N<sub>1</sub> 两端电压高，匝数多，N<sub>2</sub> 匝数少，两端电压低，所以流经两绕组的电流小，从而实现了接触器在吸持时减小电流的目的。

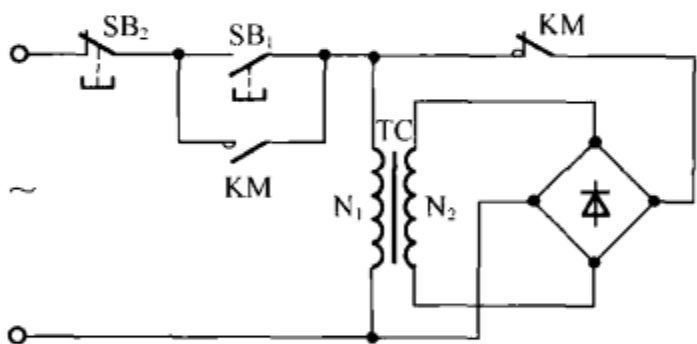


图 7-33 交流接触器直流运行电路之七

这种方案电路简单，元器件少，节电效果好，温升高，运行无声，不使用电容器，可靠性高。利用交流接触器原线圈骨架改绕，在接触器的构架上安装一块桥式整流板，按图接线，即可实现直流运行，外线路基本不变。

### 知识链接

### 线圈改绕参数

表 7-2 列出了几种规格的交流接触器线圈改绕参数，其中控制电源电压为 220V。

表 7-2 线圈改绕参数

型号	N <sub>1</sub> 绕组匝数	N <sub>2</sub> 绕组匝数	N <sub>1</sub> 绕组所用导线直径 (mm)	N <sub>2</sub> 绕组所用导线直径 (mm)
CJ12-100	7500	800	0.15	0.27



续表

型 号	N <sub>1</sub> 绕组匝数	N <sub>2</sub> 绕组匝数	N <sub>1</sub> 绕组所用导线直径 (mm)	N <sub>2</sub> 绕组所用导线直径 (mm)
CJ12-150	9000	1250	0.15	0.35
CJ12-250	7500	1100	0.15	0.41

## 技能提高

## 接触器维护常识

## ① 外部维护。

- 清扫外部灰尘。
- 检查各紧固件是否松动，特别是导体连接部分，防止接触松动而发热。

## ② 触点系统维护。

- 检查动、静触点位置是否对正，三相是否同时闭合，如有问题应调节触点弹簧。
- 检查触点磨损程度，磨损深度不得超过 1mm；触点有烧损、开焊脱落现象时，须及时更换；轻微烧损时，一般不影响使用。清理触点时不允许使用砂纸，应使用整形锉。
- 测量相间绝缘电阻，阻值不低于 10MΩ。
- 检查辅助触点动作是否灵活，触点行程应符合规定值；检查触点有无松动脱落，发现问题时应及时修理或更换。

## ③ 铁芯部分维护。

- 清扫灰尘，特别是运动部件及铁芯吸合接触面间。
- 检查铁芯的紧固情况，铁芯松散会引起运行噪声加大。
- 铁芯短路环有脱落或断裂现象要及时修复。

## ④ 电磁线圈维护。

- 测量线圈绝缘电阻。
- 检查线圈绝缘物有无变色、老化现象，线圈表面温度不应超过 65℃。
- 检查线圈引线连接情况，如有开焊、烧损现象，应及时修复。

## ⑤ 灭弧罩部分维护。

- 检查灭弧罩是否破损。
- 检查灭弧罩位置有无松脱和位置变化。
- 清除灭弧罩缝隙内的金属颗粒及杂物。



## 电工小百科

## 为什么要计划用电

计划用电不仅仅是在电力紧缺情况下保证电力生产安全、稳定、可靠及用电秩序的有效手段，而且在电力充裕的情况下，也是保证电网发电、供电平衡，促使用户节约用电，鼓励企业和家庭在电力负荷低谷时段用电的一种有效措施。

电力工业要消耗一次能源，才能供给全社会足够的电能。一次能源的储量是有限的，为了子孙后代着想，现代人应该计划用电，合理利用电能。

[ General Information ]

书名 = 轻轻松松学电工 应用篇

作者 = 杨清德主编

页码 = 263

ISBN = 263

SS号 = 12209116

dxNumber = 000006621601

出版时间 = 2008

出版社 = 该引擎未能查询到

定价 : 28.00

试读地址 = <http://book.szdnnet.org.cn/bookDetail.jsp?dxNumber=000006621601&d=07ED3FA80A8146687BD65A764DE52777&fenlei=181540&sw=%C7%E1%C7%E1%CB%C9%CB%C9%D1%A7%B5%E7%B9%A4>

全文地址 = <http://img9.5read.com/image/ss2.jpg.dll?did=b56&pid=97CE0F2745ABA56076CA52379D6007A57CC918CE1FADB14A3F2EEB43E6E435C51200BA443D5FD316E2F7D4DD6A64E3D5B73849E5124FE668C36899DEE661D930F64F83337EFF3142EC7D6217DD4318E724BDA042B173E1224939D63CDB969D22F02231EDDD259D33E7D29E803A09C96C07EE&jid=/>

获取更多资料 微信搜索 蓝蓝书库