

# 项目

## 常用电工仪表的 使用与测量

### □ 教学目标 □

掌握电工测量的基本方法；

熟悉常用电工仪表的结构与原理；

学会用万用表测量电压、电流、电阻、二极管的极性参数；

学会用兆欧表检查设备绝缘电阻，用钳形电流表直接测量线路电流；

学会用接地电阻测量仪测量接地装置的接地电阻；

掌握功率表、电能表的安装要求及测量方法。

## 任务一 万用表的使用

### ▶▶▶ 任务要求

了解万用表的结构，学会用万用表测量电压、电流、电阻、二极管的极性参数。

### □ 知识链接 □

万用表是共用一个表头，集电压表、电流表和欧姆表于一体的多功能、多量程的测量仪器。一般的万用表可以测量直流电压、直流电流、交流电压、电阻和音频电平等电学量，有些万用表还可以测量交流电流、电容量、电感量和晶体管的主要参数。常见的万用表有指针式万用表和数字式万用表。指针式万用表是以表头为核心部件的多功能测量仪表，测量值由表头指针指示读取；数字式万用表的测量值由液晶显示屏直接以数字的形式显示，读取方便，有些还带有语音提示功能。

### 一、指针式万用表

以 MF500 型机械式万用表为例进行介绍。

## 1. 基本结构

MF500 型万用表的外形如图 2-1 所示。



图 2-1 MF500 型万用表的外形

(1)表头。表头是一只高灵敏度的磁电式电流表,是万用表的“心脏”。表头灵敏度和表头内阻是表头的两个主要参数。表头灵敏度是指表头指针满刻度偏转时流过表头的直流电流值,此值越小,说明表头灵敏度越高,高档万用表可达几微安。表头内阻是指表头线圈的直流电阻,约为几百欧至数千欧,此值越大越好。

(2)测量路线。测量线路是由多量程的直流电流表、直流电压表、整流式交流电压表和欧姆表等的测量线路组合而成的,经过转换开关来选择所需的测量项目和量程。

(3)表盘。表盘上有与各种测量项目相对应的标尺,还有各种符号、字母。MF500 型万用表表盘符号、字母意义见表 2-1。

表 2-1 MF500 型万用表表盘符号、字母意义

符号或字母	意 义
MF500	M 表示仪表,F 表示多用式,500 表示型号
20000Ω/VD. C	用 2.5 V、10 V、50 V、250 V、500 V 挡测直流电压时,输入电阻为每伏 20 kΩ,相应灵敏度为 50 μA
V~2.5kV 4000Ω/V	万用表测交流电压和用 2 500 V 挡测直流电压时,输入电阻为每伏 4 kΩ,相应灵敏度为 250 μA
Ω 标度尺	专供测量电阻用(注意刻度不均匀)
$\sim$ 标度尺	供测量交流、直流电压和直流电流用
10V 标度尺	专供测量 10 V 以下的交流电压用
dB 标度尺	以分贝为单位测量电路增益或衰减
-2.5	测量直流电压和直流电流时的准确度是标度尺满刻度偏转的 2.5%
~5	测量交流电压时的准确度是标度尺满刻度偏转的 5.0%
Ω2.5	测量直流电阻时的准确度是读数值 的 2.5%
0dB=1mW600	分贝标度尺以 600 Ω 负载上得到 1 mW 功率为 0 dB
—	万用表应水平放置使用

(4)转换开关。一般转换开关都是由多个固定触点和活动触点构成的,当固定触点和某个活动触点接触时就接通这对触点所控制的线路,从而接通不同的测量线路,完成选择测量项目和量程的任务。可见,转换开关是万用表的关键部件,要求转换开关的触点必须紧密可靠,导电良好;活动触点定位准确,拨动时应干脆、具有弹性、手感舒适;拨动后不允许停留在两个挡位之间,而且一旦确定,稍用力再旋转不应有左右松动感。

(5)面板结构。MF500型万用表的面板上半部是表头,表头正下方是表头指针机械调零旋钮,右下角标有“+”的插孔插红表笔,标有“\*”的插孔插黑表笔,面板左下方还有两个供测量2500V以内的交直流电压和电路增益或衰减dB值的专用插孔,使用时,将红表笔从“+”插孔拔出,插入对应的插孔,黑表笔不动,即可测量对应值。在插孔的正中间有一个零欧姆调整旋钮。除此以外,还有两个挡位选择转换开关。

另外,MF500-B和MF500-C型万用表还有专供测量三极管直流放大系数的插孔。

## 2. MF500型万用表的使用方法

(1)零位调整。使用之前应注意指针是否在左边零位,如不在零位,可用螺丝刀旋转机械调零旋钮,使指针指示在零位。

(2)直流电压测量。先将右边转换开关旋至“V”位置,左边转换开关旋至相应的直流电压挡,再将测试表笔跨接在被测电压两端。

**注意:**红表笔接高电位端,黑表笔接低电位端。若不能大致确定被测电压的数值,应先选大量程挡,再根据实测值选择合适挡位。

读数视第二条刻度线,读数方法为

$$\text{满刻度数据/挡位数据} = \text{指针指示值/被测电压实际值}(X)$$

(3)直流电流测量。先将左边转换开关旋至“A”的位置,右边转换开关旋至相应的直流电流挡,再将测试表笔串在电路中。其他内容与直流电压的测量方法相似。

(4)交流电压测量。其测量方法与测量直流电压相似(左边转换开关旋至相应的交流电压挡)。交流10V挡在标度尺盘上有专用刻度线,其他挡位的读数应视第二条刻度线。

**说明:**在测量直流和交流电压时,若被测电压大于500V,可将红表笔插入“2500V”孔,其他按前述相同的方法进行测量。读数同样视第二条刻度线,即

$$\text{满刻度数据}/2500 = \text{指针指示值/被测电压实际值}(X)$$

当被测电压大于2500V时,须应用其他方法进行测量。

(5)电阻测量。测量电阻之前应先将电阻的电源断开,将电路中的电容进行放电;然后将万用表左边选择开关旋至“Ω”位置,右边选择开关旋至相应的欧姆挡,短路两表笔,指针即向右偏转,调节欧姆挡调零旋钮,使指针指向右边“0”;接着就可用表笔去测未知电阻值。

如果短路两表笔,指针调不到“0”,就说明表内电池不足,应更换新电池。若万用表长期不用,应将电池取出,防止电池腐蚀而影响其他零件。

读数视第一条刻度线,其方法为

$$\text{被测电阻值} = \text{指针指示值} \times \text{挡位的倍数}$$

(6)三极管共发射极直流放大系数的测量。先将转换开关旋转到“hFE”位置,再把三极管的c、b、e三极分别插入万用表的c、b、e插座内,这时就可以在hFE刻度线上读出三极管直流放大系数的大小(此值为参考值,仅供小功率管测定),但应注意PNP管和NPN管应插在不同的三个孔内。

### 3. 机械式万用表的使用注意事项

- (1) 仪表在测试时,不能旋转开关旋钮。
- (2) 仪表切忌放在振动很大的桌子上,并应经常保持桌面的清洁。
- (3) 在测量过程中,读数时眼睛应位于指针的正上方,以减少读数误差。
- (4) 在选择量程时,应尽量使指针偏转到标度尺满刻度偏转的  $2/3$ ,如事先无法估计被测测量值的大小,可从最大量程挡逐渐减少到合适的挡位。
- (5) 当测量直流电流时,仪表应与被测电路串联,禁止将仪表直接跨接在被测电路的电压两端,以防损坏仪表。
- (6) 在测量电阻时,应将被测电路中的电源断开,如果电路中有电容器,那么应先将其放电后才能测量。
- (7) 测量完毕,应将转换开关置于交流电压的最大挡,防止因误置开关旋钮进行测量而使仪表损坏。
- (8) 为了确保安全,测量交直流高电压时,应严格执行高压操作规程,双手必须戴高压绝缘手套,地板上应铺置高压绝缘橡胶板,测试时应小心谨慎。

## 二、数字万用表

数字万用表又称数字多用表(DMM),是目前最常用的一种数字仪表,其主要特点是准确度高、分辨率强、测试功能完善、测量速度快、显示直观、过滤能力强、省电,便于携带。数字万用表的外形结构如图 2-2 所示,其类型很多,但使用方法差别不大。

### 1. 使用方法

使用前,应认真阅读使用说明书,熟悉电源开关、量程开关、插孔和特殊插口的作用。

(1) 将 ON/OFF 开关置于“ON”位置,检查电池电压,若电池电压不足,将显示在显示器上,这时需要更换电池;若显示器没有显示,则进行以下操作步骤。

(2) 测试笔插孔旁的符号表示输入电压或电流不应超过指示值,这是为了保护内部线路免受损伤。

(3) 测试前,功能开关应置于适当的量程。

### 2. 测试项目

#### 1) 电压的测量

数字万用表的一个最基本功能是测量电压,其测量交流电压的能力由被测信号的频率限制。大多数数字万用表可以精确测量  $50\sim 500$  Hz 的交流电压。

(1) 直流电压的测量。

- ① 将黑表笔插入“COM”插孔,红表笔插入“V/ $\Omega$ ”插孔。
- ② 将功能开关置于直流电压挡(V $-$ )量程范围,并将测试表笔连接到待测电源(测开路电压)或负载(测负载电压)上,红表笔所接端的极性将同时显示于显示器上。
- ③ 查看读数并确认单位。



图 2-2 数字万用表

**注意：**

- ①如果不知道被测电压范围,应将功能开关置于最大量程并逐渐下降。
- ②如果显示器只显示“1”,表示过量程,那么功能开关应置于更高量程。
- ③“MAX 1000V”表示不要测量高于1 000 V的电压,显示更高的电压值是可能的,但有损坏内部线路的危险。
- ④当测量高电压时,要格外注意避免触电。

**(2)交流电压的测量。**

- ①将黑表笔插入“COM”插孔,红表笔插入“V/ $\Omega$ ”插孔。
- ②将功能开关置于交流电压挡(V $\sim$ )量程范围,并将测试表笔连接到待测电源或负载上。测量交流电压时,没有极性显示。

**2)电流的测量****(1)直流电流的测量。**

- ①将黑表笔插入“COM”插孔,当测量最大值为200 mA的电流时,红表笔插入“mA”插孔;当测量最大值为20 A的电流时,红表笔插入“20A”插孔。
- ②将功能开关置于直流电流挡(A $-$ )量程范围,并将测试表笔串联接入到待测负载上,电流值显示的同时,将显示红表笔的极性。

**注意：**

- ①如果使用前不知道被测电流范围,就将功能开关置于最大量程并逐渐下降。
- ②“MAX 200mA”表示最大输入电流为200 mA,过量的电流将烧坏熔丝;20 A量程无熔丝保护,测量时间不能超过15 s。

(2)交流电流的测量。其测量方法与测量直流电流相似,只是挡位应打到交流挡,测量完毕后应将红表笔插回“V/ $\Omega$ ”插孔,若忘记这一步而直接测电压,则表或电源会损坏。

**3)电阻的测量**

将表笔插入“COM”和“V/ $\Omega$ ”插孔中,把旋钮旋到“ $\Omega$ ”中所需的量程,用表笔接在电阻两端金属部位。

**注意：**

- (1)如果被测电阻值超出所选择量程的最大值,就将显示过量程(“1”),应选择更高的量程。对于大于1 M $\Omega$ 或更高的电阻,要几秒后读数才能稳定,这是正常的。
- (2)当没有连接好时,如开路情况,仪表显示为“1”。
- (3)当检查被测线路的阻抗时,要保证移开被测线路中的所有电源。被测线路中如有电源和储能元件,会影响线路阻抗测试的正确性。
- (4)测量中可以用手接触电阻,但不要把手同时接触电阻两端,以防触电。

**4)二极管的测量**

数字万用表可以测量发光二极管和整流二极管。测量时,表笔位置与电压测量时一样,将旋钮旋到“蜂鸣二极管”挡;用红表笔接二极管的正极,黑表笔接负极,此时会显示二极管的正向压降。肖特基二极管的正向压降约为0.2 V,普通硅整流管约为0.7 V,发光二极管为1.8~2.3 V。调换表笔,显示屏显示“1”为正常,因为二极管的反向电阻很大,否则此管已被击穿。

**5)三极管的测量**

把万用表打到“蜂鸣二极管”挡,先假定A脚为基极,用黑表笔与该脚相接,红表笔与其

他两脚分别接触。若两次读数均为 0.7 V 左右,再用红表笔接 A 脚,黑表笔接触其他两脚,若均显示“1”,则 A 脚为基极,且此管为 PNP 管。

与指针式万用表不同,数字万用表可以利用“hFE”挡来判断发射极和集电极。先将挡位旋钮打到“hFE”挡,可以看到挡位旁有一排小插孔,分为 PNP 管和 NPN 管的测量。若已经判断出管型,则将基极插入对应管型“b”孔,其余两脚分别插入“c”“e”孔,此时可以读取数值,即  $\beta$  值;再固定基极,对调其余两脚,再次读数。比较两次读数,读数较大的管脚位置与表面的“c”“e”相对应。

### 6) 电容的测量

将被测电容插入电容插座中,将量程功能选择开关置于 CAP(电容)相应量程上,即可测得电容值。

**注意:**在未插入电容时,显示值可能不为零,这是正常的。

### 7) 通断测试

(1)将黑表笔插入“COM”插孔,红表笔插入“V/ $\Omega$ ”插孔,将功能开关置于“蜂鸣”挡,并将表笔连接到待测二极管,读数为二极管正向压降的近似值。

(2)将表笔连接到待测线路的两端,如果两端电阻值低于 70  $\Omega$ ,那么内置蜂鸣器发声。

## 3. 使用注意事项

(1)当测量电流没有读数时,说明内部熔丝已断,应更换同规格的熔丝。

(2)当显示屏出现“LOW BAT”或“- +”时,表明电池容量不足,应更换。

(3)用完仪表后,应将电源关断。

## 三、指针式万用表与数字万用表的对比

(1)指针式万用表是一种平均值式仪表,它具有直观、形象的读数指示,一般读数值与指针摆动角度密切相关,所以很直观。

数字万用表是瞬时取样式仪表。它采用 0.3 s 取一次样来显示测量结果,有时每次取样结果只是十分相近,但并不完全相同,因而读取结果不如指针式万用表方便。

(2)指针式万用表由于内阻较小,且多采用分立元件构成分流分压电路,因此频率特性是不均匀的(相对数字式来说),而数字万用表的频率特性相对好些。

数字万用表由于内部采用了运放电路,内阻可以做得很大,往往在 1 M $\Omega$  以上(可以得到更高的灵敏度)。这使得对被测电路的影响可以更小,测量精度较高。

(3)指针式万用表内部结构简单,所以成本较低,功能较少,维护简单,过流过压能力较强。

数字万用表内部采用了多种振荡、放大、分频保护等电路,所以功能较多,如可以测量温度、频率(在一个较低的范围)、电容、电感,以及做信号发生器等。

(4)指针式万用表输出电压较高,电流也大,可以方便地测试可控硅、发光二极管等。数字万用表由于内部多用集成电路构成,因此过载能力较差,损坏后一般不易修复。其输出电压较低(通常不超过 1 V),不便于测试一些电压特性特殊的元件(如可控硅、发光二极管等)。

技能训练

## 万用表的使用

### 一、训练要求

通过用万用表测量交流电压、直流电压、直流电流、电阻、二极管的极性参数,掌握万用表的使用方法。

### 二、设备器材

万用表,调压器,直流稳压电源,电阻 5 个。

### 三、训练内容及操作程序

#### 1. 交流电压测量

测量前,先在训练室总电源处接一个调压器,用来改变工作台上插座盒的交流电压,以供测量使用,由教师调节测量电压。

使用万用表的交流电压挡进行测量,将交流电压测试数据填入表 2-2 中。

表 2-2 交流电压测试数据

测量次数	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
量程					
读数值/V					

#### 2. 直流电压测量

按图 2-3 所示电路,把电阻连接成串联、并联网路,a、b 两端接在可调直流稳压电源的输出端上,输出电压酌情确定。用万用表直流电压挡测量串联、并联网路中两点间的直流电压,将直流电压测量数据填入表 2-3 中。

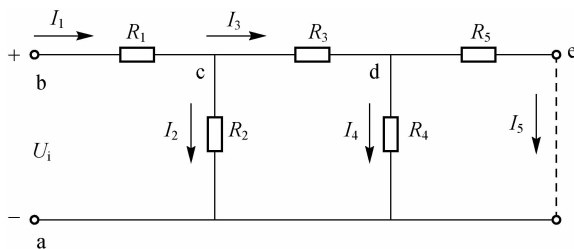


图 2-3 实测电路

表 2-3 直流电压测量数据

电压测量	$U_{ab}$	$U_{ac}$	$U_{ad}$	$U_{bc}$	$U_{cb}$
量程					
读数值/V					

### 3. 直流电流测量

在串联、并联电阻网络各支路中串入万用表,用直流电流挡测量各支路的直流电流,将直流电流测量数据填入表 2-4 中。

表 2-4 直流电流测量数据

电流测量	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$
量程					
读数值/mA					

### 4. 直流电阻测量

使用万用表欧姆挡测量,并正确选择欧姆挡的倍率。先测量单个电阻的阻值,然后测量串联、并联电阻网络中两点间的电阻值。将直流电阻测量数据填入表 2-5 中。

表 2-5 直流电阻测量数据

单个电阻	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$
标称值					
欧姆挡倍率					
读数值/ $\Omega$					
两数值之差					
电路电阻	$R_{ab}$	$R_{ac}$	$R_{ad}$	$R_{ae}$	$R_{be}$
欧姆挡倍率					
读数值/ $\Omega$					

### 5. 注意事项

- (1)通电工作要经指导教师检查无误且在场的情况下进行。
- (2)要注意人身与带电体保持安全距离,手不得触及带电部分。

## 四、评分标准

表 2-6 评分标准

序号	项目内容	评分标准	配分	扣分	得分
1	测量交流电压	(1)量程选择错误,每次扣 4 分; (2)读数错误,每次扣 4 分	20		
2	测量直流电压	(1)量程选择错误,每次扣 4 分; (2)读数错误,每次扣 4 分	20		
3	测量直流电流	(1)量程选择错误,每次扣 4 分; (2)读数错误,每次扣 4 分	20		
4	测量直流电阻	(1)量程选择错误,每次扣 4 分; (2)读数错误,每次扣 4 分	20		



续表

序号	项目内容	评分标准	配分	扣分	得分
5	训练报告	未按照要求完成报告或内容不正确,扣 10 分	10		
6	安全文明生产	违反安全文明生产规程,扣 5~10 分	10		
	定额时间 45 min	每超时 5 min 及以内扣 5 分		成绩	
	备注	除定额时间外,各项目扣分不得超过该项配分			



## 巩固提高

- 下列选项中,对指针式万用表描述不正确的是( )。
  - 在电子、电气产品的维修中,指针式万用表是不可缺少的测量工具之一
  - 指针式万用表的使用范围很广,可以测量电阻、电流和电压等参数
  - 指针式万用表具有结构简单、使用方便等特点
  - 指针式万用表的最大特点是可以数字形式显示出来
- 常见的万用表有\_\_\_\_\_万用表和\_\_\_\_\_万用表两种。
- 万用表有两支表笔,分别用\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_标志,测量时将其中的\_\_\_\_\_插到\_\_\_\_\_端;\_\_\_\_\_插到\_\_\_\_\_端。
- 在测量电阻前,须对万用表进行\_\_\_\_\_。
- 为什么用电阻挡测量电压会有烧坏万用表的危险?
- 为什么不同挡位测量电阻都要进行  $0\ \Omega$  校正?

## 任务二 钳形电流表与兆欧表的使用

### 任务要求

学会用钳形电流表直接测量线路电流,用兆欧表检查设备绝缘电阻。

### 知识链接

#### 一、钳形电流表的使用

钳形电流表是一种不需要断开电路即可测量电流的电工仪表,如图 2-4 所示。

##### 1. 钳形电流表的使用方法

使用前,先将其量程转换开关转到合适的挡位,手持胶木手柄,用食指等四指勾住铁心开关,用力握,打开铁心开关,将被测导线从铁心开口处引入铁心中央。松开铁心开关使铁心闭合,钳形电流表指针偏转,读取测量值。再打开铁心开关,取出被测导线,即完成测量工作。

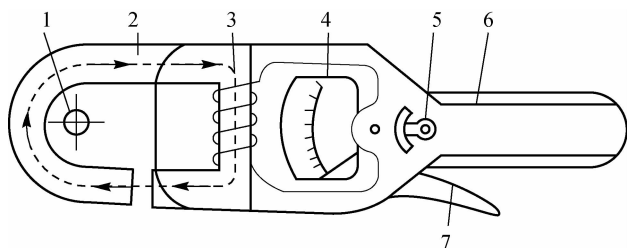


图 2-4 钳形电流表

1—被测导线；2—铁心；3—二次绕组；4—表头；  
5—量程调节开关；6—胶木手柄；7—铁心开关

## 2. 钳形电流表使用时的注意事项

- (1) 被测线路电压不得超过钳形电流表所规定的使用电压，以防止绝缘击穿，导致触电事故的发生。
- (2) 若不清楚被测电流大小，则应由大到小逐级选择合适挡位进行测量，不能用小量程挡测大电流。
- (3) 测量过程中不得转动量程开关。需要转换量程时，应先脱离被测线路。
- (4) 为提高测量值的准确度，被测导线应置于钳口中央。

## 二、兆欧表的使用

兆欧表又称绝缘电阻表，俗称摇表，是常用的高阻测量仪表，可用来测量电路、电机绕组、电缆、电气设备等的绝缘电阻。

### 1. 兆欧表的结构

常用的兆欧表是由磁电系比率表、高压直流电源（包括手摇发电机和晶体管直流变换器两种）和测量线路等组成的。高压直流电源在测量时向仪表与被测绝缘电阻提供测量用直流高电压，一般有 500 V、1 000 V、2 500 V、5 000 V 等几种。使用时要求与被测电气设备的工作电压相适应。

兆欧表有三个接线柱，其中两个较大的接线柱上标有“接地 E”和“线路 L”，另一个较小的接线柱上标有“保护环”或“屏蔽 G”，其结构如图 2-5 所示。

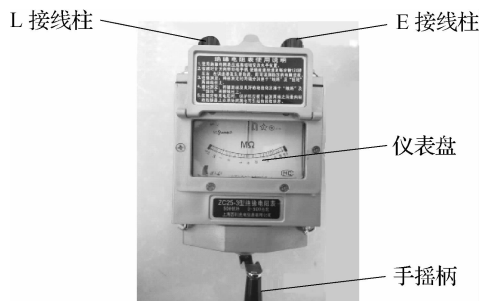


图 2-5 兆欧表的结构

### 2. 兆欧表的接线和测量方法

(1) 照明及动力线路对地绝缘电阻的测量。如图 2-6(a) 所示，将兆欧表接线柱 E 可靠接地，接线柱 L 与被测电路连接。按顺时针方向由慢到快摇动兆欧表的手柄，待兆欧表指针稳定后（约 1 min）读数。这时，兆欧表指示的数值就是被测线路的对地绝缘电阻值，单位是  $M\Omega$ 。

(2) 电动机绝缘电阻的测量。电动机绕组对地绝缘电阻的测量接线如图 2-6(b) 所示。

接线柱 E 接电动机机壳(应清除机壳上接触处的漆或锈等),接线柱 L 接电动机绕组。摇动兆欧表的手柄读数,测出电动机对地绝缘电阻。拆开电动机绕组的星形或三角形联结的连线。用兆欧表的两接线柱 E 和 L 分别接电动机的两相绕组,如图 2-6(c)所示。摇动兆欧表的手柄读数,此接法测出的是电动机绕组的相间绝缘电阻。

(3)电缆绝缘电阻的测量。测量时的接线方法如图 2-6(d)所示。将兆欧表接线柱 E 接电缆外壳,接线柱 G 接电缆线芯与外壳之间的绝缘层上,接线柱 L 接电缆线芯,摇动兆欧表的手柄读数,测量结果是电缆线芯与电缆外壳的绝缘电阻值。

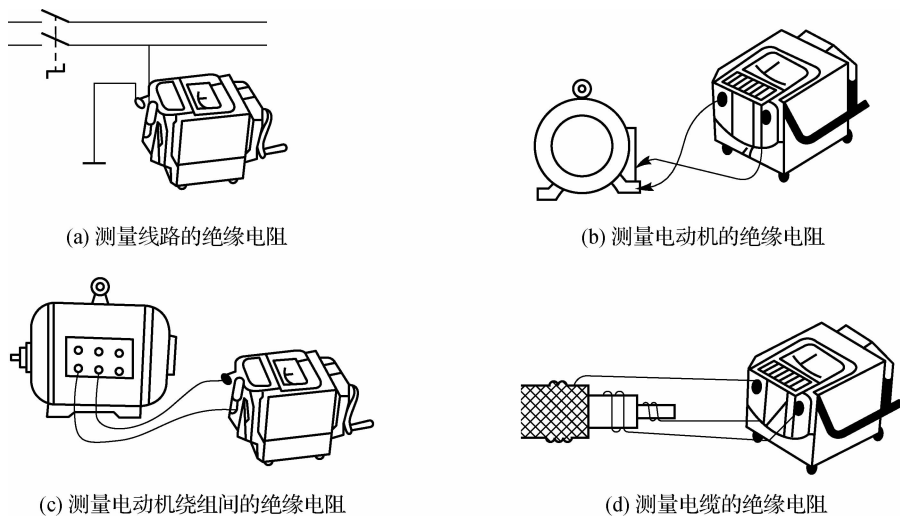


图 2-6 兆欧表的接线图

### 3. 兆欧表的选用

选用兆欧表时,其额定电压一定要与被测电气设备或线路的工作电压相适应,测量范围也应与被测绝缘电阻的范围相适合。

表 2-7 列举了不同额定电压的兆欧表的选用要求。

表 2-7 不同额定电压的兆欧表的选用要求

测量对象	被测绝缘的额定电压/V	所选兆欧表的额定电压/V
线圈绝缘电阻	500 以下	500
	500 以上	1 000
电机及电力变压器 线圈绝缘电阻	500 以下	1 000~2 500
发电机线圈绝缘电阻	380 以下	1 000
电气设备绝缘	500 以下	500~1 000
	500 以上	2 500
绝缘子	—	2 500~5 000

### 4. 使用兆欧表的注意事项

(1)测量电气设备绝缘电阻时,必须先断电,经短路放电后才能测量。

(2)测量时,兆欧表应放在水平位置上,未接线前先转动兆欧表做开路试验,指针是否指在“∞”处;再把兆欧表的接线柱 L 和接线柱 E 短接,轻摇手柄,看指针是否为“0”。若开路指“∞”,短路指“0”,则说明兆欧表是完好的。

(3)兆欧表接线柱的引线应采用绝缘良好的多股软线,同时各软线不能绞在一起。

(4)兆欧表测完后应立即使被测物放电,在兆欧表手柄未停止转动和被测物未放电前,不可用手触及被测物的测量部分或拆除导线,以防触电。

(5)测量时,摇动手柄的速度由慢逐渐加快,并保持 120 r/min 左右的转速约 1 min,此时读数较为准确。如果被测物短路,指针指零,应立即停止摇动手柄,以防表内线圈发热烧坏。

(6)在测量了电容器、较长的电缆等设备的绝缘电阻后,应先将接线柱 L 的连接线断开,再停止摇动,以避免被测设备向兆欧表倒充电而损坏仪表。

(7)测量电解电容的介质绝缘电阻时,应按电容器耐压的高低选用兆欧表。接线时,使接线柱 L 与电容器的正极连接,接线柱 E 与负极连接,切不可反接,否则会使电容器击穿。

## 技能训练

### 兆欧表、钳形电流表的使用

#### 一、训练要求

学会用兆欧表检查设备绝缘电阻,用钳形电流表直接测量线路电流。

#### 二、设备器材

钢丝钳、螺丝刀;三相笼型异步电动机;钳形电流表、兆欧表及附件;铜芯绝缘软线适量。

#### 三、训练内容及操作程序

(1)将一台三相笼型异步电动机的接线盒拆开,取下所有接线桩之间的连接片,使三相绕组 U<sub>1</sub>、U<sub>2</sub>、V<sub>1</sub>、V<sub>2</sub>、W<sub>1</sub>、W<sub>2</sub> 各自独立。用兆欧表测量三相绕组之间、各相绕组与机座之间的绝缘电阻,将测量结果记入表 2-8 中。

表 2-8 电动机绕组绝缘电阻的测量

电动机额定值				兆欧表		绝缘电阻/MΩ					
功率/kW	电流/A	电压/V	接法	型号	规格	U—V	U—W	V—W	U 相对地	V 相对地	W 相对地

(2)按电动机铭牌规定,恢复有关接线桩之间的连接片,使三相绕组按出厂要求连接,并将其接入三相交流电路。令其通电运行,用钳形电流表检测其起动瞬时的起动电流和转速达额定值后的空载电流,并将检测结果记入表 2-9 中。

(3)在电动机空载运行时,人为断开一相电源,如取下某一相熔断器,用钳形电流表检测缺相运行电流(检测时间尽量短),测量完毕立即关断电源并将检测结果记入表 2-9 中。

表 2-9 电动机起动电流和空载电流的测量

单位:A

钳形电流表		起动电流		空载电流		导线在钳口绕两匝后的空载电流		缺相运行电流			
型号	规格	量程	读数	量程	读数	量程	读数	量程	读数		
									U	V	W

## 四、评分标准

表 2-10 评分标准

序号	项目内容	评分标准	配分	扣分	得分
1	兆欧表的使用	(1)兆欧表使用前未检查仪表,扣 10 分; (2)兆欧表测量时未放平稳,扣 10 分; (3)兆欧表手柄摇动得不均匀,扣 10 分		20	
2	兆欧表测量绝缘电阻	(1)接线错误,扣 10 分; (2)读数错误,扣 10 分; (3)绝缘体表面未处理干净,扣 5 分; (4)未按规定完成测量,扣 10 分		20	
3	钳形电流表的使用	(1)钳形电流表量程选择错误,扣 15 分; (2)钳形电流表读数错误,扣 10 分		20	
4	钳形电流表测量电流	(1)指针出现明显振动,扣 15 分; (2)测量结果错误,扣 15 分		20	
5	训练报告	未按照要求完成报告或内容不正确,扣 10 分		10	
6	安全文明生产	违反安全文明生产规程,扣 5~10 分		10	
定额时间 45 min		每超时 5 min 及以上扣 5 分		成绩	
备注		除定额时间外,各项目扣分不得超过该项配分			



## 巩固提高

1. 简述钳形电流表的工作原理及使用注意事项。
2. 兆欧表由哪几部分组成? 各部分的作用是什么?
3. 简述兆欧表测量电阻的工作原理。

## 任务三 接地电阻测量仪的使用

### 任务要求

学会用接地电阻测量仪测量接地装置的接地电阻。

## 知识链接

## 一、基本结构

接地电阻测量仪又称接地摇表,主要用于测量电气系统、避雷系统等接地装置的接地电阻和土壤电阻率。它也是一种携带式指示仪表,形式多样,用法也不尽相同,但工作原理同钳形电流表与兆欧表基本一样。本任务将以 ZC-8 型接地电阻测量仪为例介绍其基本结构及使用方法。ZC-8 型接地电阻测量仪的外形及附件如图 2-7 所示。

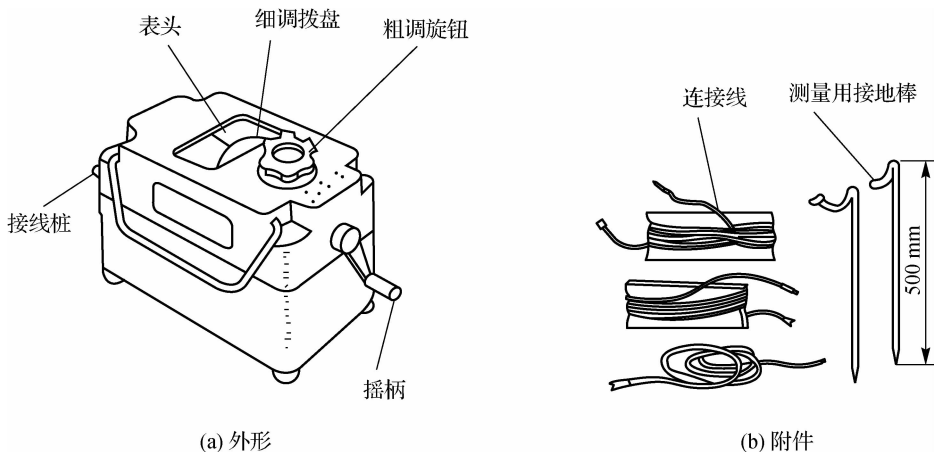


图 2-7 ZC-8 型接地电阻测量仪的外形及附件

ZC-8 型接地电阻测量仪由高灵敏度的检流计 G、交流发电机 M、电流互感器 TA 及调节电位器  $R_p$ 、测量用接地极 E、电压辅助电极 P 和电流辅助电极 C 等组成,被测接地电阻  $R_x$  接于 E 和 P 之间。

## 二、测量方法与步骤

(1)将两个接地探针沿接地体辐射方向分别插入距接地体 20 m、40 m 的地下,插入深度为 400 mm,如图 2-8(a)所示。

(2)将接地电阻测量仪平放于接地体附近并进行接线,其等效原理如图 2-8(b)所示,接线方法如下。

①用最短的专用导线将接地体与接地测量仪的接线端  $E'$  (三端钮的测量仪)或与 C2、短接后的公共端(四端钮的测量仪)相连。

②用最长的专用导线将距接地体 40 m 的测量探针(电流探针)与测量仪的接线钮  $C'$  相连。

③用余下的长度居中的专用导线将距接地体 20 m 的测量探针(电位探针)与测量仪的接线端  $P'$  相连。

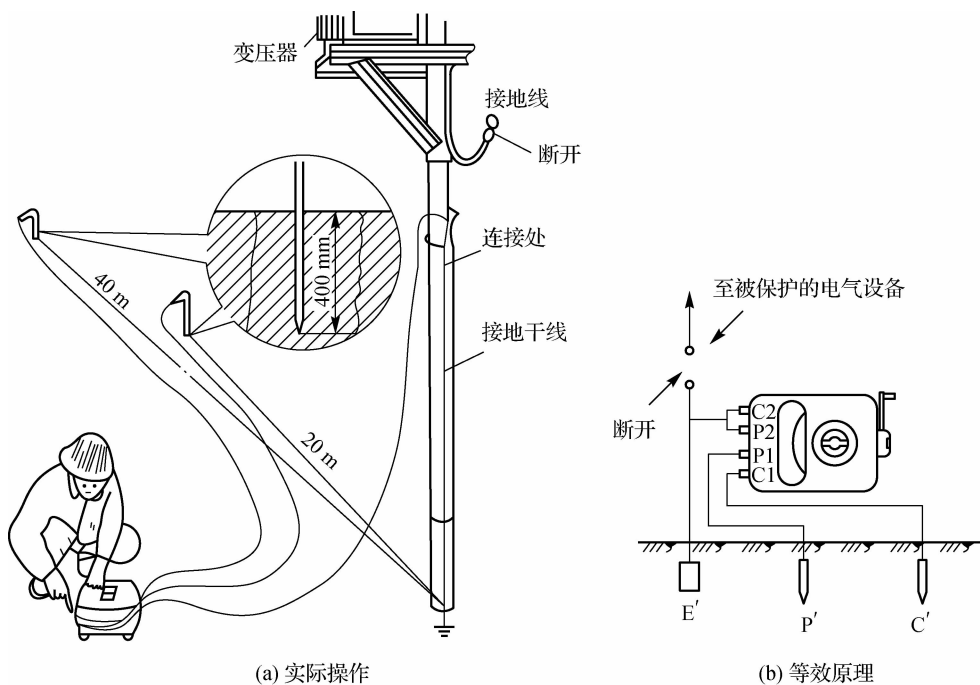


图 2-8 接地电阻测量仪操作示意图

(3)将测量仪水平放置后,检查检流计的指针是否指向中心线,否则调节“零位调整器”使测量仪指针指向中心线。

(4)将“倍率标度”(粗调旋钮)置于最大倍数,并慢慢地转动发电机摇柄(指针开始偏移),同时旋动“测量标度盘”(细调拨盘)使检流计指针指向中心线。

(5)当检流计的指针接近平衡时(指针接近中心线)加快转动摇柄,使其转速达到 120 r/min 以上,同时调整“测量标度盘”,使指针指向中心线。

(6)若“测量标度盘”的读数过小(小于 1)不易读准确,则说明倍率标度倍数过大。此时应将“倍率标度”置于较小的倍数,重新调整“测量标度盘”使指针指向中心线上并读出准确读数。

(7)计算测量结果,即  $R_{\text{地}} = \text{“倍率标度”读数} \times \text{“测量标度盘”读数}$ 。

### 三、注意事项

- (1)禁止在有雷电或被测物带电时进行测量。
- (2)仪表携带、使用时须小心轻放,避免剧烈振动。

## 技能训练

### 接地电阻测量仪的使用

#### 一、训练要求

学会用接地电阻测量仪测量装置的接地电阻。

## 二、设备器材

钢丝钳、螺丝刀等电工工具；接地线若干；接地电阻测量仪 1 台。

## 三、训练内容及操作程序

(1)用接地电阻测量仪测量某接地系统的接地电阻,并将有关数据记入表 2-11 中。

表 2-11 接地电阻测量记录 1

接地装置名称	接地电阻测量仪		探针间距			探针入地深度/cm		接地电阻值/ $\Omega$
	型号	量程	E—P	P—C	E—C	P	C	

(2)用接地电阻测量仪测定训练室或附近某避雷装置或电气设备接地系统的接地电阻,并将有关数据记入表 2-12 中。

表 2-12 接地电阻测量记录 2

接地装置名称	接地电阻测量仪		探针间距			探针入地深度/cm		接地电阻值/ $\Omega$
	型号	量程	E—P	P—C	E—C	P	C	

## 四、评分标准

表 2-13 评分标准

序号	项目内容	评分标准	配分	扣分	得分
1	接地电阻测量仪的使用准备	(1)接地电阻测量仪使用前未检查,扣 10 分; (2)接地电阻测量仪测量时未放水平,扣 10 分; (3)“零位调整器”未调节,扣 10 分	20		
2	接地电阻测量仪测量接地电阻	(1)两个接地探针安放位置不对,扣 10 分; (2)接线错误,每处扣 5 分; (3)测量前未调节,每处扣 10 分; (4)读数错误,扣 10 分; (5)没有按规定完成测量,扣 10 分	60		
3	训练报告	未按照要求完成报告或内容不正确,扣 10 分	10		
4	安全文明生产	违反安全文明生产规程,扣 5~10 分	10		
	定额时间 45 min	每超时 5 min 及以内扣 5 分	成绩		
	备注	除定额时间外,各项目扣分不得超过该项配分			





## 巩固提高

简述接地电阻测量仪的结构,并说明怎样用它测量接地电阻。

# 任务四 功率与电能的测量

## 任务要求

熟悉功率表、电能表的结构、性能、规格,熟练掌握功率表、电能表的安装要求及测量方法。

## 知识链接

### 一、功率的测量

#### 1. 功率表的结构与工作原理

测量电功率的仪表通常采用电动系测量机构,既可以测量直流电路的功率,也可以测量正弦和非正弦交流电路的功率,而且准确度高,因此获得广泛应用。

电动式功率表的结构如图 2-9 所示,主要分为固定部分和可动部分。固定部分是由两个平行对称的线圈组成,这两个线圈可以彼此串联或并联连接,从而得到不同的量限。可动部分主要有转轴和装在轴上的可动线圈、指针、空气阻尼器、产生反抗力矩和将电流引入动圈的游线组成。

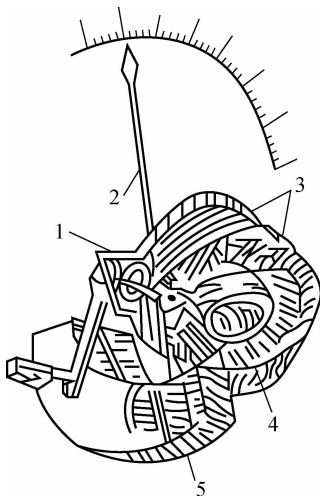


图 2-9 电动式功率表的结构

1—游线; 2—指针; 3—线圈; 4—可动线圈; 5—空气阻尼器

电动式功率表的两种接线方式如图 2-10 所示,图中固定线圈串联在被测电路中,流过的电流就是负载电流。因此,这个线圈称为电流线圈。可动线圈在表内串联一个阻值很大的电阻  $R$  后与负载并联,流过线圈的电流与负载的电压成正比,因而这个线圈称为电压线圈。固定线圈产生的磁场与负载电流成正比,该磁场与可动线圈中的电流相互作用,使可动线圈产生一个力矩,并带动指针转动。在任一瞬间,转动力矩的大小总是与负载电流及电压瞬时值的乘积成正比,但由于转动部分有机械惯性存在,因此偏转角决定了力矩的平均值,也就是电路的平均功率,即有功功率。

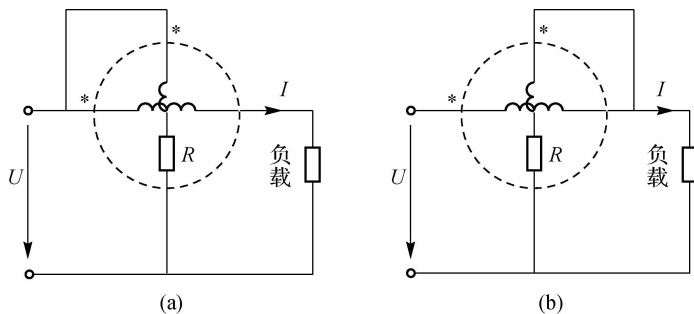


图 2-10 电动式功率表的两种接线方式

由于电动式功率表是单向偏转,偏转方向与电流线圈和电压线圈中的电流方向有关。为了使指针不反向偏转,通常把两个线圈的始端都标有“\*”或“±”符号,习惯上称为同名端或发电机端,接线时必须将有相同符号的端钮接在同一根电源线上。当弄不清电源线在负载的哪一边时,指针可能反转,这时只需将电压线圈端钮的接线对调一下,或将装在电压线圈中更换极性的开关转换一下即可。

图 2-10(a)、(b)所示的两种接线方式,都包含功率表本身的一部分损耗。在图 2-10(a)的电流线圈中流过的电流显然是负载电流,但电压线圈两端的电压却等于负载电压加上电流线圈的电压降,即在功率表的读数中多出了电流线圈的损耗。因此,这种接法比较适用于负载电阻远大于电流线圈电阻(电流小、电压高、功率小的负载)的测量。例如,在日光灯实验中镇流器功率的测量,其电流线圈的损耗就要比负载的功率小得多,功率表的读数就基本上等于负载功率。在图 2-10(b)中,电压线圈上的电压虽然等于负载电压,但电流线圈中的电流却等于负载电流加上电压线圈的电流,即功率表的读数中多出了电压线圈的损耗。因此,这种接法比较适用于负载电阻远小于电压线圈电阻及大电流、大功率负载的测量。

在使用功率表时,不仅要求被测功率数值在仪表量限内,而且要求被测电路的电压和电流值也不超过仪表电压线圈和电流线圈的额定量限值,否则会烧坏仪表的线圈。因此,选择功率表量限,就是选择其电压和电流的量限。

## 2. 功率表的读数

功率表前面板示意图如图 2-11 所示。功率表的电压线圈量限有几个,电流线圈的量限一般也有两个。若实验室设计的日光灯电路实验的功率表电流量限为  $0.5 \sim 1 \text{ A}$ ,电流量程换接片按图 2-11 中实线的接法,即功率表的两个电流线圈串联,其量限为  $0.5 \text{ A}$ ;若换接片按虚线连接,即功率表两个电流线圈并联,量限为  $1 \text{ A}$ 。表盘上的刻度为 150 格。

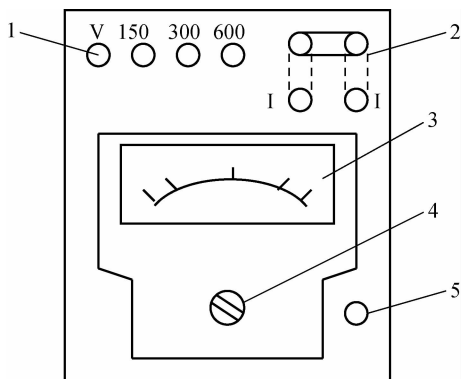


图 2-11 功率表前面板示意图

- 1—电压接线端子；2—电流接线端子；3—标度盘；  
4—指针零位调整器；5—转换功率正负的旋钮

若功率表电压量限选 300 V,电流量限选 1 A,用这种额定功率因数为 1 的功率表去测量,则每格 =  $\frac{300 \text{ V} \times 1 \text{ A}}{150} = 2 \text{ W}$ ,即实数的格数乘以 2 才是实际被测功率值。

若电压量限选 300 V,电流量限选 0.5 A,则每格 =  $\frac{300 \text{ V} \times 0.5 \text{ A}}{150} = 1 \text{ W}$ ,即实数的格数乘以 1 为被测功率数值。因此,功率表实际测量的功率  $P$  应满足以下换算公式。

$$P = \frac{\text{被选的电压量限} \times \text{被选的电流量限}}{\text{仪表满刻度的格数}} \times \text{实测格数}$$

### 3. 功率表的使用说明

以 D34-W 型低功率因数功率表为例进行介绍,其外形如图 2-12 所示,主要用于直流电路中测量小功率或交流 50 Hz 电路中测量功率。



图 2-12 D34-W 型低功率因数功率表的外形

#### 1) 功率表的技术指标

该表的准确度等级为 0.5 级,额定功率因数  $\cos \varphi = 0.2$ 。其基本技术特性如下。

(1) 仪表串联电路的额定电流为双量限,供应下列规格:0.25/0.5 A,0.5/1 A,1/2 A,2.5/5 A,5/10 A。

(2) 仪表并联电路的额定电压为三量限, 供应下列规格: 25/50/100 V, 50/100/200 V, 75/150/300 V, 150/300/600 V。

(3) 仪表串联电流电路的直流电阻值见表 2-14。

表 2-14 仪表串联电流电路的直流电阻值

额定电流/A	量限/A	直流电阻值/ $\Omega$
0.25/0.5	0.25	39.09
	0.5	9.272
0.5/1	0.5	10.044
	1	2.511
1/2	1	2.26
	2	0.57
2.5/5	2.5	0.412
	5	0.103
5/10	5	0.11
	10	0.027

(4) 仪表并联电压电路电流为 30 mA 时各量限的直流电阻值见表 2-15。

表 2-15 仪表并联电压电路电流为 30 mA 时各量限的直流电阻值

额定电流/A	量限/A	直流电阻值/ $\Omega$
25/50/100	25	833.3
	50	1 666.7
	100	3 333.3
50/100/200	50	1 666.7
	100	3 333.3
	200	6 666.7
75/150/300	75	2 500
	150	5 000
	300	10 000
150/300/600	150	5 000
	300	10 000
	600	20 000

## 2) 使用注意事项

(1) 使用时仪表应水平放置, 并尽可能远离强电流导线或强磁场地点, 以免使仪表产生附加误差。

(2) 仪表指针若不在零位, 可利用表盖上的零位调整器进行调整。

(3) 测量时如果仪表指针反方向偏转, 应改变换向开关的极性, 即可使指针顺方向偏转。切忌互换电压接线, 以免使仪表产生误差。

### 3) 仪表指示值的计算

仪表的指示值可按下式计算。

$$P=C\alpha$$

式中,  $P$  为功率,  $W$ ;  $C$  为仪表常数, 即刻度每格所代表的功率数, 具体见表 2-16;  $\alpha$  为仪表偏转后指示格数。

表 2-16 功率表每格所代表的功率数

型 号	刻度每格所代表的功率数/W												
	电流/A	电压/V											
		25	50	100	50	100	200	75	150	300	150	300	600
D34-W	0.25	0.01	0.02	0.04	0.025	0.05	0.1	0.025	0.05	0.1	0.05	0.1	0.2
	0.5	0.02	0.04	0.08	0.05	0.1	0.2	0.05	0.1	0.2	0.1	0.2	0.4
	0.5	0.025	0.05	0.1	0.05	0.1	0.2	0.05	0.1	0.2	0.1	0.2	0.4
	1	0.05	0.1	0.2	0.1	0.2	0.4	0.1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.8
	1	0.05	0.1	0.2	0.1	0.2	0.4	0.1	0.2	0.4	0.25	0.5	1
	2	0.1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.8	0.2	0.4	0.8	0.5	1	2
	2.5	0.1	0.2	0.4	0.25	0.5	1	0.25	0.5	1	0.5	1	2
	5	0.2	0.4	0.8	0.5	1	2	0.5	1	2	1	2	4
	5	0.25	0.5	1	0.5	1	2	0.5	1	2	1	2	4
	10	0.5	1	2	1	2	4	1	2	4	2	4	8

## 二、电能的测量

### 1. 电能表的作用和分类

电能表是计量耗电量的仪表, 具有累计功能。

电能表按用途分为有功电能表和无功电能表。有功电能表的规格常用的有 1.5 A、2 A、3 A、5 A、6 A、10 A、15 A、25 A、30 A、40 A、50 A、60 A、75 A 和 100 A 等多种; 无功电能表的额定电流都为 5 A, 额定电压有 100 V 和 380 V 两种。

电能表按结构分有单相表、三相三线表和三相四线表三种(但无功电能表没有单相的)。凡用电量超过 120 A 的, 有功电能表须配装电流互感器; 无功电能表必须与电流互感器配合使用, 额定电压为 100 V 的还应配装电压互感器。

### 2. 电能表的结构与工作原理

单相电能表由励磁部分、阻尼部分、走字系统和基座等部分组成, 其中励磁部分分电流和电压两部分。感应式单相电能表的结构及工作原理如图 2-13 所示。

电压线圈是常通电的, 产生磁通  $\Phi_U$  的大小与电压成正比; 电流线圈在通过电流时产生磁通  $\Phi_I$ , 其大小与电流成正比; 走字系统的铝盘置于上述磁场中, 切割磁场产生力矩而转动; 由永久磁铁组成的阻尼部分可避免因惯性作用而使铝盘越转越快, 以及阻止铝盘在负载消除后继续旋转。

三相三线电能表由两组如同单相表的励磁系统集合而成, 由一组走字系统构成复合计数; 三相四线电能表由三组如同单相表的励磁系统集合而成, 同样由一组走字系统构成复合计数。

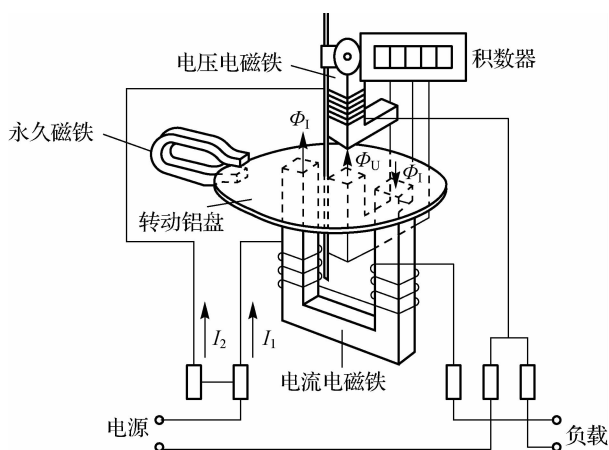


图 2-13 感应式单相电能表的结构及工作原理

### 3. 单相电能表

#### 1) 单相电能表的选用

选用单相电能表应注意以下内容。

(1) 应选用换代的新产品,如 DD861、DD862、DD862a 型。新产品具有使用寿命长、性能稳定、过载能力大、损耗低等优点。因此,应优先选用 86 系列单相电能表。

(2) 电能表的额定电压必须符合被测电路电压的规格。例如,照明电路的电压为 220 V,电能表的额定电压也必须是 220 V。

(3) 电能表的额定电流必须与负载的总功率相适应。在电压一定(220 V)的情况下,根据公式  $P=IU$  可以计算出对于不同电流的单相电能表,即可装用电器的最大总功率。例如,额定电流为 10 A 的单相电能表可装用电器的最大功率为  $P=IU=10\text{ A}\times 220\text{ V}=2\ 200\text{ W}$ 。

#### 2) 单相电能表的接线

电能表的接线比较复杂,在接线前要查看附在电能表上的说明书,根据说明书的要求和接线图把进线和出线依次对号接在电能表的接线端子上。接线的基本原则是:电能表的电压线圈应并联在线路上,电流线圈应串联在线路上。

单相电能表的接线方法:电能表的接线端子都按从左至右编号,国产有功单相电能表的接线方法为①、③接进线,②、④接出线,如图 2-14 所示。

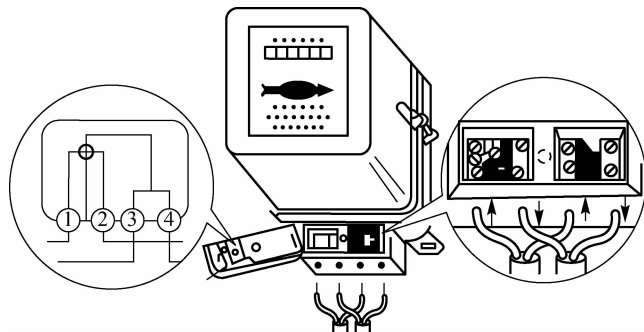


图 2-14 单相电能表的接线

### 3) 单相电能表的安装要求

- (1) 电能表应装在干燥处,不能装在高温潮湿或有腐蚀性气体的地方。
- (2) 电能表应装在没有振动的地方,因为振动会使零件松动,使计量不准确。
- (3) 安装电能表不能倾斜,一般电能表倾斜  $5^\circ$  会引起 1% 的误差,倾斜太大会导致铝盘不转。

(4) 电能表应装在厚度为 25 mm 的木板上,木板下面及四周边缘必须涂漆防潮。允许和配电板共用一块木板,电能表须装在配电板的左方或下方。单相电能表与配电板的排列位置如图 2-15 所示。

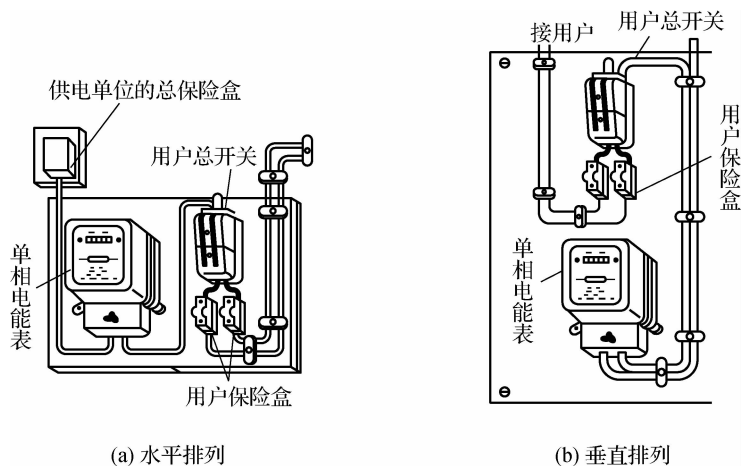


图 2-15 单相电能表与配电板的排列位置

(5) 为了安全和抄表方便,木板离地面的高度不得低于 1.4 m,但也不能过高,通常 2 m 较为适宜,若需并列安装多只电能表,则两表间的中心距离不得小于 200 mm。

## 4. 三相电能表

### 1) 三相电能表的分类

根据被测电能的性质,三相电能表可分为有功电能表和无功电能表。根据被测线路的不同,三相电能表可分为三相四线制和三相三线制两种。

三相四线制有功电能表的额定电压一般为 220 V,三相三线制有功电能表的额定电压一般为 380 V。额定电流有 1.5 A、2 A、3 A、5 A、6 A、10 A、15 A、20 A、25 A、30 A、40 A、60 A、75 A、100 A 等数种,其中额定电流为 5 A 的可经电流互感器接入电路。

### 2) 三相电能表的安装

(1) 三相有功电能表的安装。

① 三相四线制有功电能表。测量三相四线制用电量,通常用 DT1 型或 DT2 型三元件三相电能表,该表接线盒内有 11 个接线端子,从左至右由 1~11 依次编号。图 2-16(a) 所示为直接接入时的原理图,图 2-16(b) 所示为经电流互感器接入时的原理图,图 2-16(c) 所示为接线端子及进出线的接线示意图。

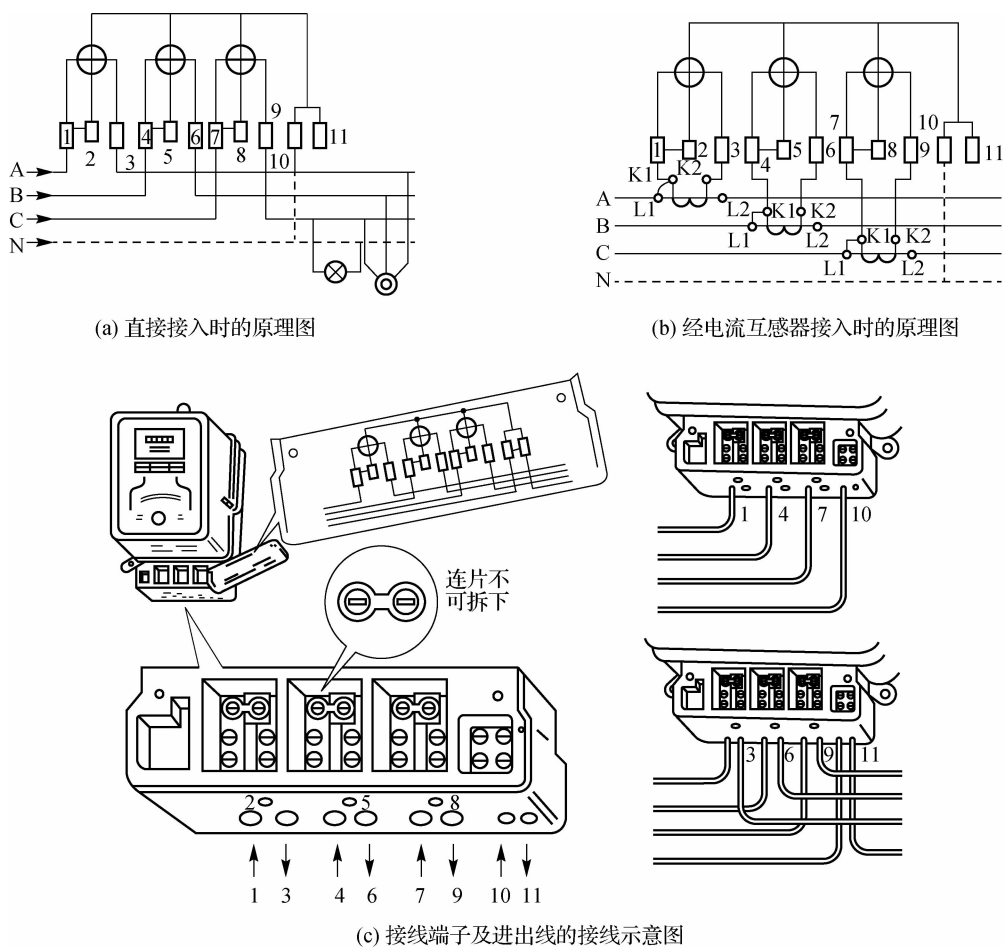


图 2-16 DT 型三相四线制有功电能表的正确接线

②三相三线制有功电能表。三相三线制有功电能表由两个驱动元件组成，两个铝盘固定在同一个转轴上，故称为两元件电能表。

三相三线制有功电能表用于三相三线电路中，第一个元件的电压线圈和电流线圈分别接  $U_{UV}$ 、 $I_U$ ，第二个元件的电压线圈和电流线圈分别接  $U_{wv}$ 、 $I_w$ 。接线错误时，将会使电能表不转或反转。

三相三线制有功电能表的正确接线如图 2-17 所示。图 2-17(a)所示为直接接入时的原理图，图 2-17(b)所示为它的安装方法，图 2-17(c)所示为经电流互感器接入时的原理图，图 2-17(d)所示是它的安装方法。



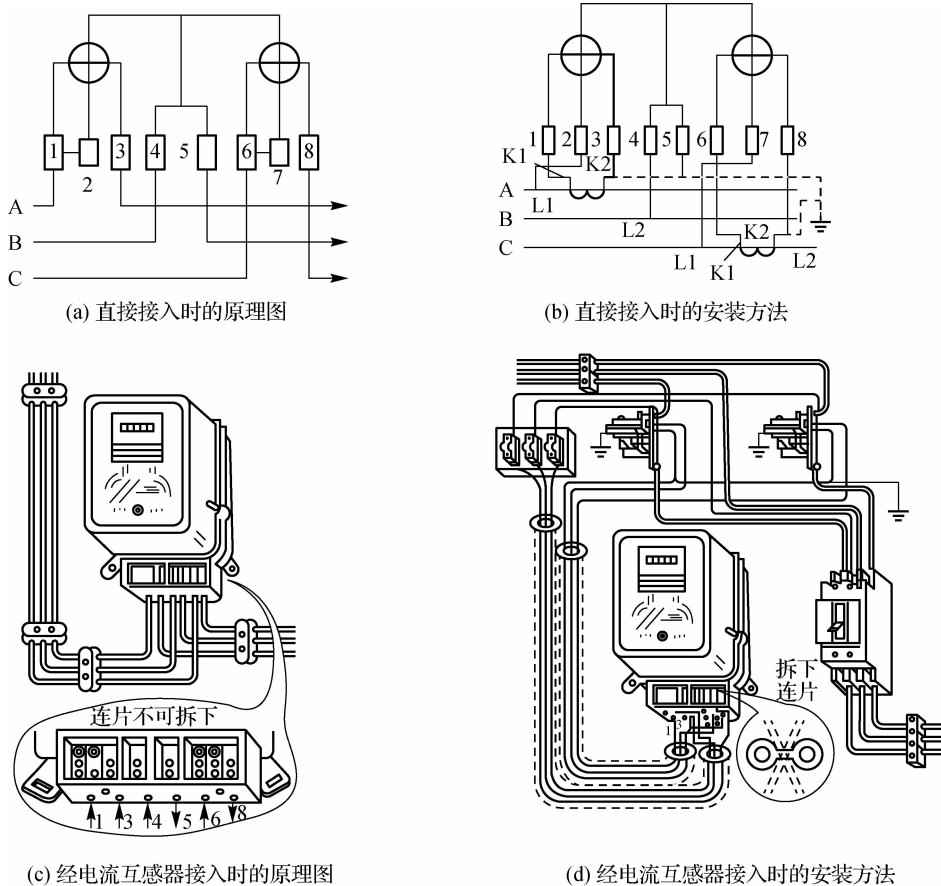


图 2-17 三相三线制有功电能表的正确接线

(2) 三相无功电能表的安装。

① 三相四线制无功电能表。在三相四线制无功电能的测量中,最常用的一种带附加电流线圈结构的无功电能表,如 DX1 型、DX15 型和 DX18 型等,其接线原理图如图 2-18 所示。

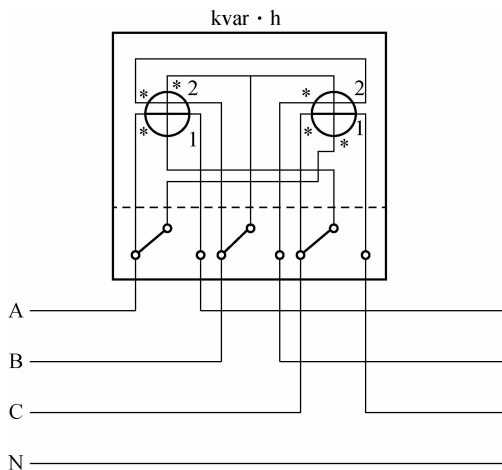


图 2-18 带附加电流线圈结构的三相四线制无功电能表接线原理图

②三相三线制无功电能表。在三相三线制无功电能的测量中,最常用的是一种具有  $60^\circ$  相位角的三相无功电能表,如 DX2 型和 DX8 型等,其接线原理图如图 2-19 所示。

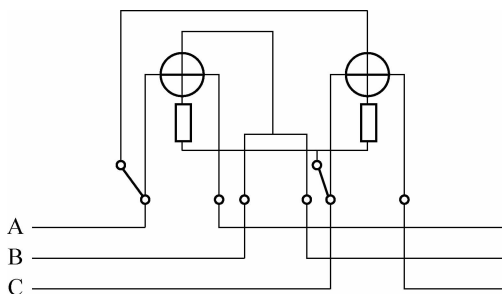


图 2-19 具有  $60^\circ$  相位角的三相三线制无功电能表的接线原理图

### 3) 带互感器的三相电能表的接线

(1)电压互感器。电压互感器实质上是一个降压变压器。一般规定电压互感器的二次绕组的额定电压为 100 V,一次绕组的匝数比二次绕组的匝数多得多。不同量程的电压互感器,其一次绕组的匝数不同,所以一次绕组可接入不同的电压。电压互感器的接线图如图 2-20 所示。

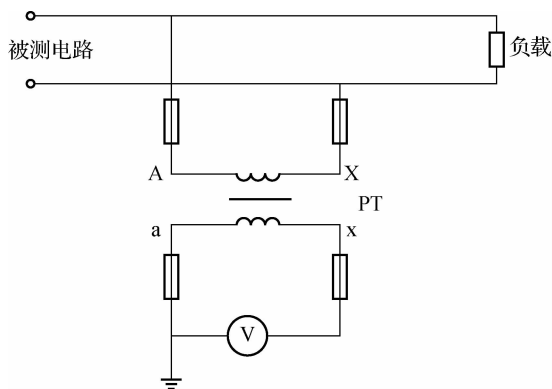


图 2-20 电压互感器的接线图

电压互感器一次侧与二次侧的额定电压之比等于其匝数之比,而一次侧与二次侧匝数之比是一常数,称为电压互感器的变比( $K_u$ )。被测电压等于二次侧电压表读数乘以变比。

(2)电流互感器。电流互感器相当于一个“降流”变压器,一般规定电流互感器的二次绕组的额定电流为 5 A,一次绕组的匝数比二次绕组的匝数少得多。电流互感器的接线图如图 2-21 所示。

电流互感器一次侧与二次侧的电流之比等于其匝数之比的倒数,而一次侧与二次侧匝数之比的倒数是一常数,称为电流互感器的变比( $K_i$ )。被测电流等于二次侧电流表读数乘以变比。

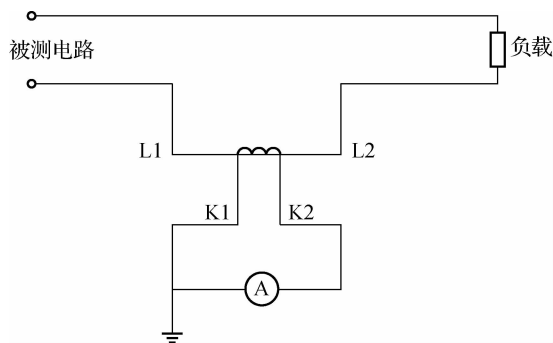


图 2-21 电流互感器的接线图

(3) 电能表加装互感器的接线。三元件三相四线制有功电能表经互感器接入三相电路时的接线图如图 2-22 所示。

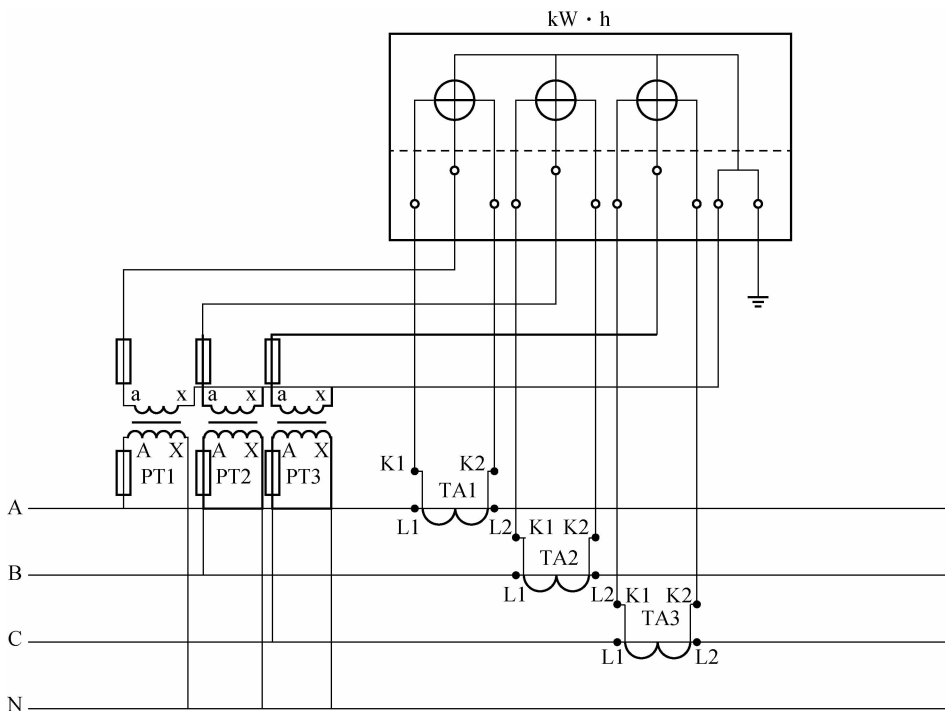


图 2-22 三元件三相四线制有功电能表经互感器接入三相电路时的接线图

两元件三相三线制有功电能表 and 三相三线制无功电能表经互感器接入三相电路时的接线图如图 2-23 所示。

(4) 互感器接线时的注意事项。

① 与互感器一次侧接线端子连接时, 可用铝芯导线, 但与二次侧接线端子连接的则必须采用铜芯导线。

② 与二次侧接线端子连接的导线, 应选用截面积为  $1.5 \text{ mm}^2$  或  $2.5 \text{ mm}^2$  的单股铜芯绝缘线; 中间不得有接头, 也不可采用软线。

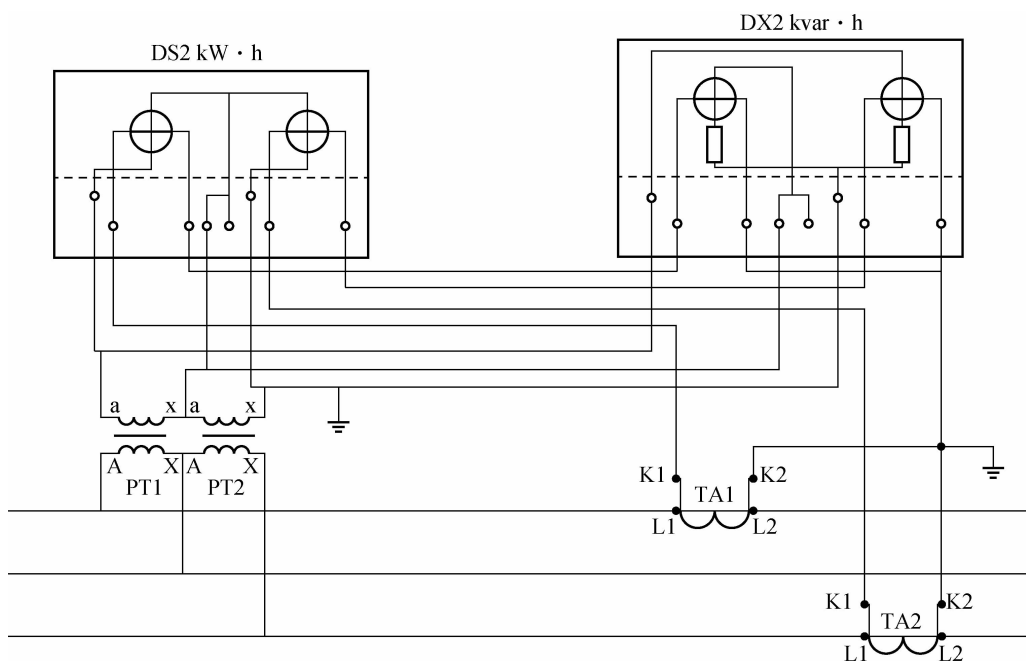


图 2-23 两元件三相三线制有功电能表和三相三线制无功电能表  
经互感器接入三相电路时的接线图

③互感器一次侧接线端子的 L1 接主回路的进线, L2 接主回路的出线;互感器二次侧接线端子的 K1 或“+”接电能表电流线圈的进线端子, K2 或“-”接电能表电流线圈的出线端子。(在实际连线时,应将三个电流线圈的出线端子、三个 K2 分别先进行星形联结,然后把两星形的中点用一根导线连在一起)。

④互感器二次侧的 K2 或“-”接线端子、外壳和铁心都必须进行可靠接地。

⑤互感器宜装在电能表上方。

(5)电能表带互感器接线时电能的读数。当电能表与所标明的互感器配套使用时,可直接从电能表上读出所测电路的度数;当电能表与所标明的互感器不同时,只有根据电压互感器的电压变比和电流互感器的电流变比对读数进行换算,才能得到被测电能的数值。

## 技能训练

### 单相电能表的安装与调试

#### 一、训练要求

熟悉单相电能表的结构、性能、规格,学会选择单相电能表及相关元件,熟练掌握单相电能表的安装要求及测量方法。

## 二、设备器材

配电板 1 块；单相电能表 (DD862-4) 1 块；瓷底胶盖闸刀开关 (HK1-15/2) 1 个；熔断器 (RC1-10A) 2 副；二芯塑料护套线 (BV1.5) 2.5 m；常用电工工具 1 套。

## 三、训练内容及操作程序

### 1. 训练安装接线图

单相电能表与配电板的安装接线图如图 2-24 所示。

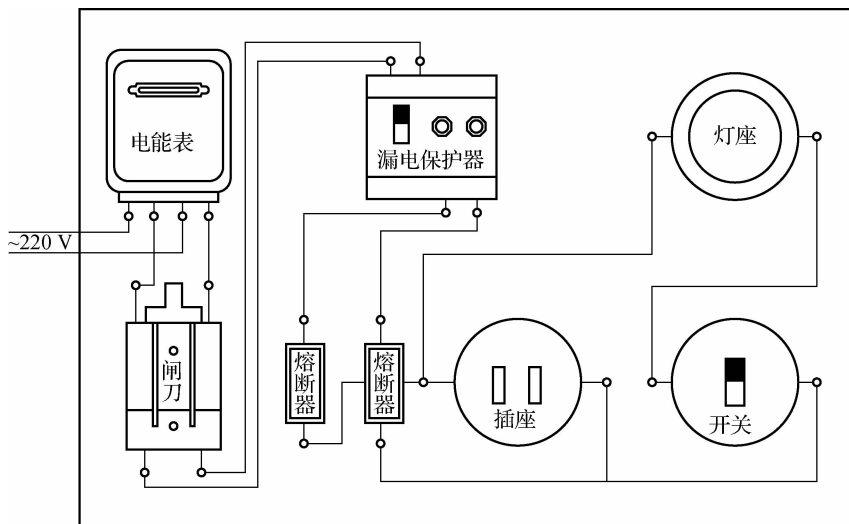


图 2-24 单相电能表与配电板的安装接线图

### 2. 训练步骤

- (1) 按要求在木板上确定配电板尺寸。
- (2) 在配电板上标出各电器的位置。
- (3) 在配电板上安装各电器。
- (4) 按护套线路的敷设方法敷设导线。
- (5) 检查线路连接是否正确。
- (6) 接入负载，通电试验。
- (7) 练习完毕，经指导教师检查、评定后，做好各项结束工作。

## 四、评分标准

表 2-17 单相电能表安装评价标准与评分细则

序号	评价内容	考核要求	评分细则	配分	扣分	得分
1	工作准备	清点器件、仪表、电工工具、电动机,并摆放整齐	工具准备少一项扣 2 分,工具摆放不整齐扣 5 分	10		
2	元器件安装	(1)按规程正确安装元器件; (2)安装牢固整齐; (3)不损坏元器件; (4)安装前应对元器件检查	(1)不按规程正确安装,扣 10 分; (2)元器件松动,不整齐,每处扣 3 分; (3)损坏元器件,每个扣 10 分; (4)不用仪表检查元器件,扣 2 分	20		
3	安装工艺、操作规范	(1)电能表安装垂直; (2)线路连接符合工艺要求	(1)电能表不垂直,扣 10 分; (2)线路连接不合工艺要求,每处扣 3 分	30		
4	功能	线路通电正常工作,各项功能完好	一次通电不成功扣 15 分,二次通电不成功扣 30 分	30		
5	6S 规范	(1)行为文明、良好的职业操守; (2)安全用电,操作符合规范; (3)训练完后清理、清扫工作现场	(1)迟到、做其他事,酌情扣 10 分以内; (2)违反安全用电规范,每处扣 2 分; (3)未清理、清扫工作现场,扣 5 分	10		
定额时间 90 min		每超时 5 min 及以上扣 5 分		成绩		
备注		除定额时间外,各项目扣分不得超过该项配分				



## 巩固提高

1. 绘出两表法测三相三线制电路功率的接线图。
2. 绘出单相电能表的接线图。若某用户的总负荷为 3 000 W,则最少要选用多少安的电能表?
3. 绘出带电流互感器的三相四线有功电能表的接线图。

# 项目

## 电动机与变压器的 使用与检修

### □ 教学目标 □

- 掌握变压器的结构、工作原理及其作用；
- 能正确选用和测试变压器；
- 能进行变压器的运行维护与检修；
- 熟悉三相异步电动机的基本结构、工作原理及机械特性；
- 掌握三相异步电动机常见故障的检修方法,能进行三相异步电动机的拆装与维修；
- 熟悉单相异步电动机的基本结构、工作原理及机械特性；
- 能进行单相异步电动机的维护与检修。

## 任务一 变压器的选用与检修

### ▶▶▶ 任务要求

掌握变压器的结构、工作原理及其作用,能正确选用和测试变压器。若变压器在运行过程中出现异常,则能根据变压器维护检修规程,采用正确的检修方法排除故障,并填写检修记录。

### □ 知识链接 □

#### 一、变压器的工作原理和基本结构

变压器是一种静止的电气设备。它是根据电磁感应原理,将某一等级的交流电压和电流转换成同频率的另一等级的电压和电流的设备,即具有变换电压、变换电流和变换阻抗的作用,因此无论在电力系统、电气测量、电子线路还是自动控制系统中都具有广泛的应用。

##### 1. 变压器的工作原理

图 3-1 所示为单相变压器原理图。图中,在闭合的铁心上绕有两个互相绝缘的绕组,它

们之间只有磁的耦合,没有电的联系。其中,与交流电源相接的绕组称为原绕组或一次绕组,简称原边或初级;与用电设备(负载)相接的绕组称为副绕组或二次绕组,简称副边或次级。

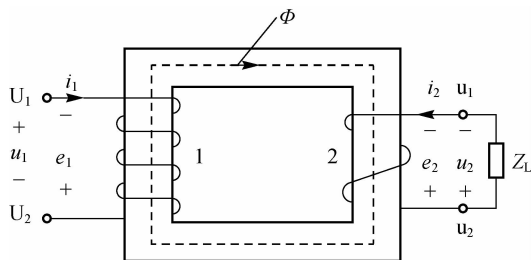


图 3-1 单相变压器原理图

当交流电源电压  $u_1$  加到一次绕组后,就有交流电流  $i_1$  通过该绕组,在铁心中产生交变的磁通  $\Phi$ 。交变的磁通  $\Phi$  沿铁心闭合,同时交链一次、二次绕组,在两个绕组中分别产生感应电动势  $e_1$  和  $e_2$ 。如果二次侧带负载,便产生二次电流  $i_2$ ,即二次绕组有电能输出。

由电磁感应定律可得

$$e_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad (3-1)$$

$$e_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} \quad (3-2)$$

式中,  $N_1$ 、 $N_2$  分别为一次、二次绕组的匝数;  $\Phi$  为主磁通, Wb。

由式(3-1)、式(3-2)可得

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = K \quad (3-3)$$

可见,变压器一次、二次绕组感应电动势的大小正比于各绕组的匝数,而绕组的感应电动势近似等于各自的电压。因此,只要改变绕组匝数比,就能改变变压器的输出电压。

## 2. 电力变压器的基本结构

电力变压器主要由铁心、绕组、绝缘套管、油箱及附件等部分组成。在电力系统中应用最广泛的是油浸式电力变压器,其基本结构如图 3-2 所示。

### 1) 铁心

铁心构成了变压器的磁路,同时又是套装绕组的骨架。铁心分为铁心柱和铁轭两部分。铁心柱上套绕组,铁轭将铁心柱连接起来形成闭合磁路。为了减少铁心中的磁滞、涡流损耗,提高磁路的导磁性能,铁心一般用高磁导率的冷轧硅钢片叠装而成,其厚度一般为 0.25~0.35 mm,两面涂以厚 0.02~0.23 mm 的漆膜,使片与片之间绝缘。

### 2) 绕组

绕组是变压器的电路部分,常由绝缘铜线或铝线绕制而成。电力变压器的绕组一般采用同心式结构,同心式的高、低压线圈套在铁心柱上。在一般情况下,高压线圈与低压线圈之间,以及低压线圈与铁心柱之间都留有一定的绝缘间隙和散热通道(油道或气道),并用绝缘纸筒隔开。当低压线圈靠近铁心柱时,因为低压线圈与铁心柱所需的绝缘距离比较小,所以线圈的尺寸缩小,整个变压器的体积也就减小了。



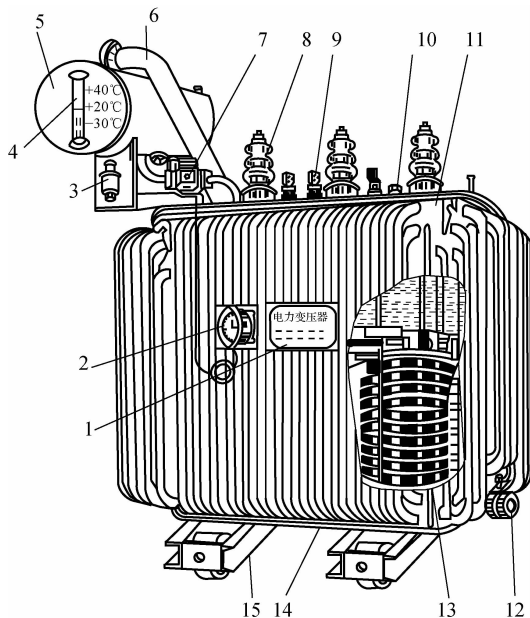


图 3-2 油浸式电力变压器的基本结构

- 1—铭牌；2—信号式温度计；3—吸湿器；4—油表；5—储油柜；6—安全气道；  
7—气体继电器；8—高压套管；9—低压套管；10—分接开关；11—油箱；  
12—放油阀门；13—器身；14—接地板；15—小车

### 3) 绝缘套管

变压器的引线从油箱内穿过油箱盖时,必须经过绝缘套管,从而使高压引线和接地的油箱绝缘。绝缘套管是一根中心导电杆,外面有瓷套管绝缘。为了增加爬电距离,套管外形做成多级伞形。10~35 kV 绝缘套管一般采用充油结构,如图 3-3 所示,电压越高,其外形尺寸越大。

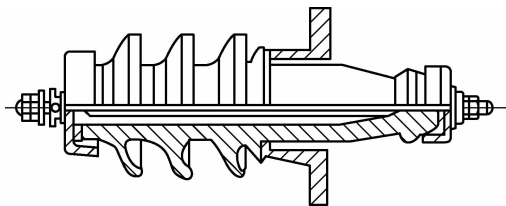


图 3-3 10~35 kV 绝缘套管

### 4) 油箱与冷却装置

变压器的器身浸在充满变压器油的油箱里。变压器油是一种矿物油,具有很好的绝缘性能,它有两个作用:一是在变压器绕组与绕组、绕组与铁心及油箱之间起绝缘作用;二是变压器油受热后产生对流,对变压器铁心和绕组起散热作用。

油箱有许多散热油管,以增大散热面积。为了加快散热,有的大型变压器采用内部油泵强迫油循环,外部用变压器风扇吹风或用自来水冲淋变压器油箱等,这些都是变压器的冷却方式。

### 5) 保护装置

变压器的保护装置包括储油柜、吸湿器、防爆管、气体继电器、温度计、油位计、事故排油阀门等。

(1)储油柜。储油柜安装在变压器顶部,通过弯管及阀门等与变压器的油箱相连。储油柜侧面装有油位计,储油柜内的油面高度随变压器油的热胀冷缩而变动。其作用是保证变压器油箱内充满油,减少油与空气的接触面积,适应绝缘油在温度升高或降低时体积的变化,防止绝缘油的受潮和氧化。

(2)吸湿器。吸湿器又称呼吸器,作用是清除和干燥进入储油柜空气中的杂质和潮气,它通过一根联管引入储油柜内高于油面的位置。柜内的空气随着变压器油位的变化通过呼吸器吸入或排出。呼吸器内装有硅胶,硅胶受潮后会变成红色,应及时更换或干燥。

(3)防爆管(安全气道)。防爆管的主体是一根长的钢质圆管,出口处有一块厚度约为2 mm的密封玻璃片(防爆膜)。当变压器内部发生故障时,温度急剧上升,使油箱里的油剧烈分解产生大量气体,箱内压力剧增,玻璃片破碎,气体和油从管口喷出,流入储油坑,防止了油箱爆炸起火或变形。

(4)气体继电器。气体继电器安装在储油柜与变压器的联管中间。当变压器内部发生故障产生气体或油箱漏油使油面降低时,气体继电器动作,发出信号,若事故严重,可使断路器自动跳闸,对变压器起保护作用。

(5)温度计。变压器的温度计直接监视变压器的上层油温。

(6)油位计。油位计又称油标或油表,是用来监视变压器油箱内油位变化的装置。变压器的油位计都装在储油柜上,为便于观察,在油管附近的油箱上标出相当于油温为 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的三个油面线标志。

### 6)分接开关

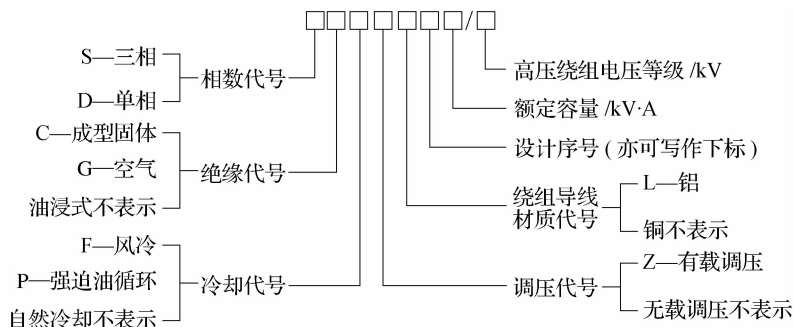
变压器的输出电压可能因负载和一次侧电压的变化而变化,为了使配电系统得到稳定的电压,必要时需要利用变压器调压。变压器调压的方法是在一次侧(高压侧)绕组上设置分接开关,用以改变线圈匝数,从而改变变压器的变压比,进行电压调整。抽出分接的这部分线圈电路称为调压电路,这种调压的装置称为分接开关,或称调压开关,俗称“分接头”。

## 3. 变压器的型号和额定值

按照国家标准《电力变压器》的规定,变压器在规定的运行环境和运行条件下的主要技术参数称为额定值。额定值通常都标注在变压器的铭牌上,是选用变压器的重要依据。

### 1)型号

型号可以表示一台变压器的结构特点、额定容量、电压等级、冷却方式等内容。例如,SL-500/10表示三相油浸式自冷双线圈铝线,额定容量为 $500\text{ kV}\cdot\text{A}$ ,高压侧额定电压为 $10\text{ kV}$ 级的电力变压器。变压器型号含义如下所示。



## 2) 额定值

(1) 额定电压  $U_N$  (kV 或 V)。额定电压是指变压器长时间运行所承受的工作电压(三相为线电压)。其中,  $U_{1N}$  为规定加在一次侧的电压;  $U_{2N}$  为一次侧加额定电压、二次侧空载时的端电压。

(2) 额定电流  $I_N$  (A)。额定电流是指变压器额定容量下允许长期通过的电流, 分为一次侧额定电流  $I_{1N}$  和二次侧额定电流  $I_{2N}$  (三相为线电流)。

(3) 额定容量  $S_N$  (kV·A)。额定容量是指变压器的视在功率, 表示变压器在额定条件下的最大输出功率, 通常变压器一次、二次侧的额定容量设计为相同值。其大小是由变压器的额定电压与额定电流决定的, 也受到环境温度、冷却条件的影响。

单相变压器的额定容量为  $S_N = U_N I_N$ , 三相变压器的额定容量为  $S_N = \sqrt{3} U_N I_N$ 。

(4) 额定频率  $f_N$  (Hz)。我国规定的标准工业用电的频率为 50 Hz。

此外, 变压器还有额定效率、温升等额定值, 铭牌上还会给出短路电压、联结组别、空载损耗、短路损耗、运行方式、冷却方式、质量等参数。

## 二、变压器的选用与故障分析

### 1. 变压器的选用

变压器的选择, 先要调查用电场所的电源电压、用户的实际用电负荷和所在场所的条件, 然后参照变压器铭牌标示的技术数据逐一选择。一般应从变压器容量、电压、电流及环境条件综合考虑。

#### 1) 额定电压的选择

变压器额定电压的选择主要依据输电线路的电压等级和用电设备的额定电压。在一般情况下, 变压器原边绕组的额定电压应与线路额定电压相等。因为变压器至用电设备往往需要经过一段低压配电线路, 为计量其电压损失, 变压器副边绕组的额定电压通常应超过用电设备额定电压的 5%。例如, 一般中小型工厂通常是由电网的三相电源供电, 进线电压大多是 10 kV, 而用电设备的额定电压以 380/220 V 居多, 因此变压器的额定电压通常选为 10 kV/400 V。

#### 2) 额定容量的选择

在平时选用配电变压器时, 如果把容量选择过大, 就会形成“大马拉小车”的现象, 这不仅增加了设备投资, 而且还会使变压器长期处于空载状态, 使无功损失增加。如果变压器容量选择过小, 就会使变压器长期处于过负荷状态, 易烧毁变压器。因此, 正确选择变压器容量是电网降损节能的重要措施之一。

变压器容量能否正确选择, 关键在于工厂总电力负荷(用电量)能否正确统计计算。由于工厂设备不是同时工作, 即使同时工作也不是同时满负荷工作, 因此工厂总负荷不是各用电设备容量的总和, 而需要乘以一定的系数(需要系数), 该系数可在有关设计手册中查到。需要系数一般为 0.2~0.7, 如机床制造厂为 0.25, 电机制造厂为 0.33, 仪器仪表厂为 0.37, 橡胶制品厂为 0.5~0.6。

例如, 已知某电机制造厂的设备总容量为 1 800 kW, 功率因数  $\cos \varphi$  为 0.85, 则有功计算负荷  $P_{js} = \text{需要系数 } K_d \times \text{设备总容量 } P_e = 594 \text{ kW}$ , 视在功率  $S_{js} = P_{js} / \cos \varphi = 698.8 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 。根据变压器的等级可选用一台 800 kV·A 的三相变压器。

### 3) 台数的选择

当总负荷小于  $1\,000\text{ kV}\cdot\text{A}$  时,一般选用一台变压器;当总负荷大于  $1\,000\text{ kV}\cdot\text{A}$  时,可选用两台技术数据相同的变压器并联运行。对于特别重要的负荷,一般也应选用两台变压器,当一台出现故障或检修时,另一台仍能保证重要负荷的正常供电。

## 2. 变压器的故障分析

### 1) 引出线端头断裂

若一次回路有电压而无电流,一般是一次线圈的端头断裂;若一次回路有较小的电流而二次回路既无电流也无电压,一般是二次线圈端头断裂。端头断裂通常是线头折弯次数过多、猛拉线头、焊接处霉断(焊剂残留过多)或引出线过细等原因造成的。

若断裂线头处在线圈的最外层,可掀开绝缘层,挑出线圈上的断头,焊上新的引出线,包好绝缘层即可;若断裂线头在线圈内层,一般无法修复,需要拆开重绕。

### 2) 线圈匝间短路

存在匝间短路,短路处的温度会剧烈上升。若短路发生在同层排列左右两匝或多匝之间,过热现象较轻;若发生在上下层之间的两匝或多匝之间,过热现象就严重。通常是遭受外力撞击或漆包线绝缘老化等原因造成的。

如果短路发生在线圈的最外层,可掀去绝缘层后,在短路处局部加热(对浸过漆的线圈,可用电吹风加热)。待漆膜软化后,用薄竹片轻轻挑起绝缘已破坏的导线,若线芯未损伤,可插入绝缘纸,裹住后掀平;若线芯已损伤,应剪断,去除已短路的一匝或多匝导线,两端焊接后垫妥绝缘纸,掀平。用以上两种方法修复后均应涂上绝缘漆,吹干,再包上外层绝缘。如果故障发生在无骨架线圈两边沿口的上下层之间,一般也可按上述方法修复。若故障发生在线圈内部,一般无法修理,需拆开重绕。

### 3) 铁心噪声过大

变压器的铁心噪声有电磁噪声和机械噪声两种。电磁噪声通常是设计时铁心磁通密度选用得过高,或变压器过载,或存在漏电故障等原因造成的;机械噪声通常是铁心没有压紧,在运行时硅钢片发生机械振动造成的。

如果是电磁噪声,属于设计原因的,可换用质量较高的同规格硅钢片;属于其他原因的,应减轻负载或排除漏电故障。如果是机械噪声,应压紧铁心。

### 4) 线圈漏电

线圈漏电故障的基本特征是铁心带电和线圈温升增高,通常是线圈受潮或绝缘老化引起的。若是受潮,烘干后故障即可排除;若是绝缘老化,严重的一般较难排除,轻度的可拆去外层包裹的绝缘层,烘干后重新浸漆。

### 5) 线圈过热

线圈过热通常是过载、漏电或设计不佳所致;若是局部过热,则是匝间短路造成的。

### 6) 输出侧电压下降

这一故障通常是原边输入的电源电压不足(未达到额定值)、副边绕组存在匝间短路、铁心短路、漏电或过载等原因造成的。

### 三、小型单相变压器的制作

#### 1. 变压器线圈的绕制

小型单相变压器的绕制包括选择导线和绝缘材料、木心和框架的制作、线圈的绕线、绝缘处理、铁心镶片、成品测试等几道工序。

##### 1) 选择导线和绝缘材料

绝缘材料的选用必须考虑耐压要求和允许厚度,层间绝缘厚度应按 2 倍层间电压的绝缘强度选用。计算时先算出每层匝数,再算出每个线圈的厚度,最后算出总厚度。若铁心窗口容纳不下,可适当增加铁心厚度,降低每伏匝数。对于 1 000 V 以下要求不高的变压器,也可用电压的峰值,即  $\sqrt{2}$  倍层间电压为选用标准。对铁心绝缘及绕组间的绝缘,按对地电压的 2 倍来选用。一般层间绝缘用牛皮纸,其厚度为 0.05 mm。对于线径较粗的绕组,层间也可用 0.12 mm 厚的青壳纸或较厚牛皮纸;如线径较细,可采用厚度为 0.02~0.03 mm 的透明纸或塑料薄膜,线圈间的绝缘厚度在电压不超过 250 V 时可采用 2~3 层牛皮纸或 0.12 mm 厚的青壳纸。因为线圈是绕在绝缘框架上的,所以铁心窗口有效长度只能算额定长度的 95%。

##### 2) 木心和框架的制作

(1) 制作木心。木心套在绕线机转轴上支撑绕组骨架,以便进行绕线。木心(见图 3-4)通常用杨木或杉木按铁心尺寸( $a \times b$ )稍加大些制成,尺寸为  $a' \times b'$ ,以便镶插硅钢片。木心的长度  $L'$  应比铁心窗口高度  $h$  大一些,木心中心孔直径为 10 mm,必须钻得正直;木心四边亦须垂直,否则绕线时会出现晃动、绕组不易平齐等缺点。木心的边角需要用砂纸略磨成圆角,以便套进骨架,绕好后抽取也容易。

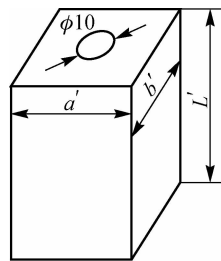


图 3-4 木心

(2) 制作骨架(绕组架)。骨架有纸质无框骨架和有框骨架两种。

① 纸质无框骨架。用弹性纸(又称压制板)制作,表 3-1 列出了制作骨架用的弹性纸的厚度。纸质无框骨架如图 3-5(a)所示,长度  $h'$  以比铁心窗高  $h$  少 2 mm 左右为宜,骨架边沿也必须平整垂直。弹性纸的长度取为

$$L = 2(b' + t) + a' + 2(a' + t) = 2b' + 3a' + 4t$$

表 3-1 制作骨架的弹性纸的厚度

变压器容量 $P_s/V \cdot A$	30	50	300 以下	300~1 000
弹性纸厚度 $t/mm$	0.5	0.8	1.0	1.0~1.5

沿图 3-5(b)中虚线用裁纸刀划出浅沟,以便弯折,沟的深度以不划穿纸厚为原则。沿沟痕把弹性纸折成四方形,第 5 面与第 1 面重叠,用胶水黏合。

② 有框骨架。对于电压较高的变压器则用有框骨架来绕线,有框骨架可用钢纸板或玻璃纤维板等材料制成,如图 3-6 所示。框架由上、下两块边框板,四侧面采用两种形状的夹板拼合而成,一个完整的框架称为“活络框架结构”。 $t$  为夹板厚度,图中尺寸单位均为 mm。

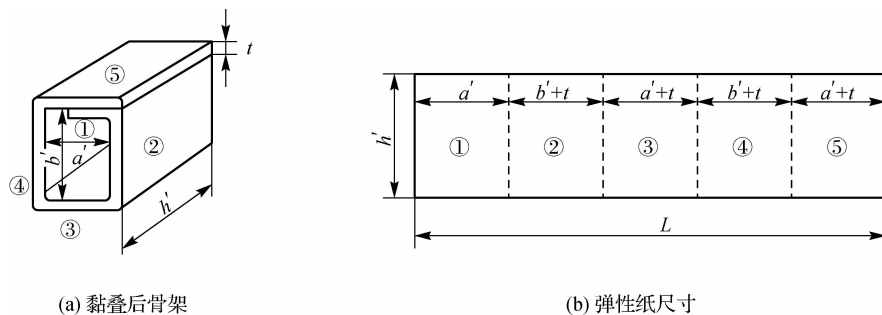


图 3-5 纸质无框骨架

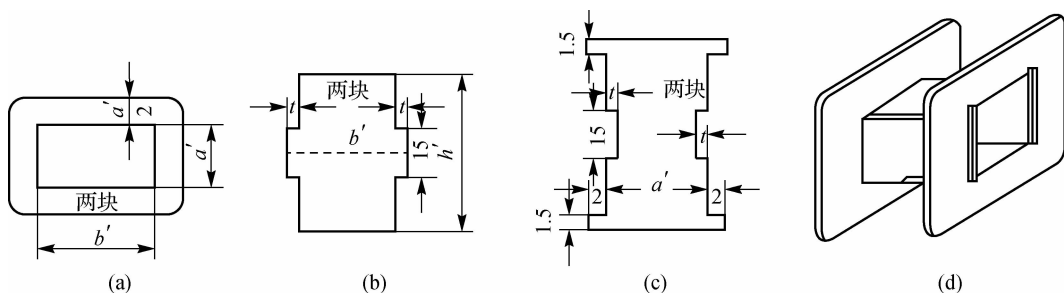


图 3-6 有框骨架

### 3) 绕线

现以纸质无框骨架为例来绕制, 变压器电压在 500 V 以下。裁剪的绝缘纸(布)的宽度应等于纸质无框骨架的长度, 且其长度应稍大于骨架的周长, 但需计入绕组逐渐绕大后所需的裕量。对于 500 V 以下的变压器, 层间绝缘按导线直径粗细而有所不同。例如, 线径大于 0.2 mm 的多采用电缆纸; 线径小于 0.2 mm 的多采用透明纸。绕制程序如下。

- (1) 木心固定在绕线机轴上, 并在木心上套好纸质无框骨架, 如图 3-7(a) 所示。
- (2) 用一层电缆纸与一层黄蜡布重叠在一起绕两周后用胶水粘牢, 作为绕组与铁心间的绝缘。
- (3) 开始绕线, 线头压入一条 1 cm 宽的黄蜡布折条, 以便抽紧起头, 如图 3-7(b) 所示。

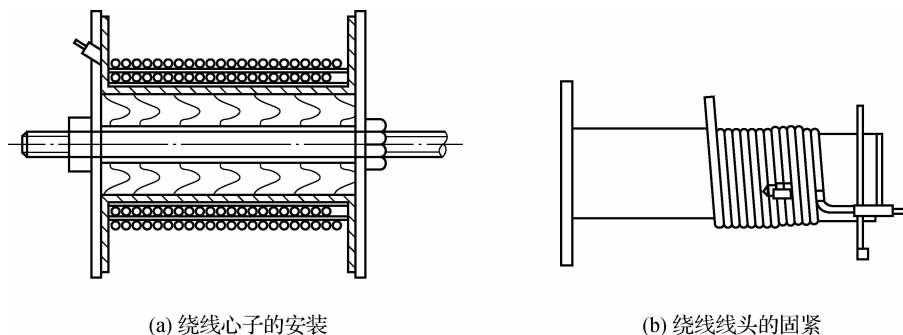


图 3-7 绕线

- (4) 起绕时导线距骨架边沿留出 2~3 mm 的空间。
- (5) 导线要求绕得紧密而且整齐, 不允许有叠线现象。绕线时将导线稍微拉向绕组前进

的相反方向(约 $5^\circ$ ),如图 3-8 所示。拉线的手顺绕组前进方向移动,拉力大小随导线直径的增大而稍微变大,这样导线就容易排齐而且紧密。

(6)每绕完一层刷一层薄凡立水,垫上一层层间绝缘纸,再绕下一层。当中间有抽头时,若线径小于 $0.2\text{ mm}$ ,应采用多股软线焊接引出;若线径大于 $0.2\text{ mm}$ ,可按图 3-9 所示方法,利用绕组原线绞合引出。

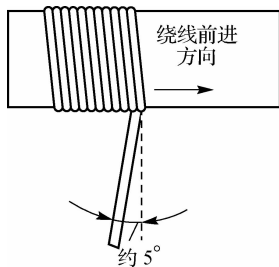


图 3-8 绕组前进的方向

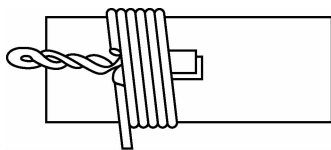


图 3-9 绕组原线绞合引出

(7)一次侧绕完后,用一层电缆纸与一层黄蜡布重叠在一起绕两周后用胶水粘牢,作为一次绕组与二次绕组间的层间绝缘。

(8)对于电子设备中用的电源变压器,需要在原、副边绕组间放置静电屏蔽层。屏蔽层用 $0.1\text{ mm}$ 左右的薄铜箔,在铜箔上焊一根多股软线引出接地,如图 3-10 所示。

(9)绕组间绝缘处理方法是在铜箔外再垫上一层绝缘。

(10)对于绕组末端的固定,可用 $1\text{ cm}$ 宽的黄蜡布折条按图 3-7(b)所示方法处理。

(11)按上述同样的方法绕二次侧绕组。

(12)最外层的绝缘可按绕组间的绝缘方法处理。

(13)绕完后在所有引出线上套上绝缘套管并焊接在接线片上。

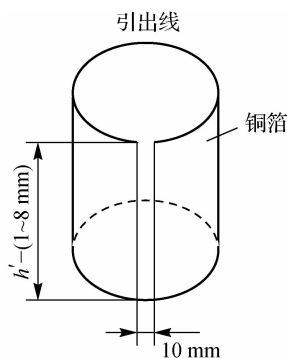


图 3-10 静电屏蔽层

## 2. 变压器的绝缘处理

为了提高线圈的防潮能力和增加绝缘强度,线圈绕好后,一般均应进行绝缘处理。处理的方法是将绕好的线圈放在电烘箱内加温到 $70\sim 80^\circ\text{C}$ ,预热 $3\sim 5\text{ h}$ ,取出后立即浸入 1260 漆等绝缘清漆中约 $0.5\text{ h}$ ,取出后放在避风处滴干,然后进入烘箱加温到 $80^\circ\text{C}$ ,烘烤 $12\text{ h}$ 即可。

若无烘箱,可在绕组绕制过程中,每绕完一层,就涂刷一层薄的 1260 漆等绝缘清漆,然后垫上绝缘,继续绕下一层,线圈绕好后,通电烘干。通电烘干的办法是用一个 $500\text{ V}\cdot\text{A}$ 的自耦变压器及交流电流表与欲烘干的变压器的高压绕组串联(低压绕组短路),如图 3-11 所示。逐渐增大自耦变压器的输出电压,使电流达到高压绕组额定电流的 $2\sim 3$ 倍( $0.5\text{ h}$ 后,线圈摸时应烫手,此时为 $70\sim 80^\circ\text{C}$ ),线圈通电干燥 $12\text{ h}$ 即可。

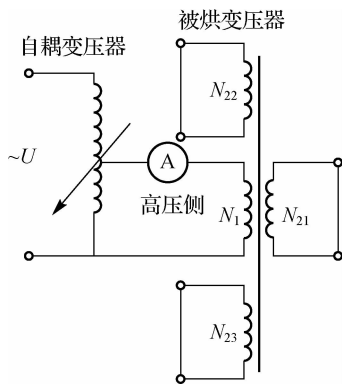


图 3-11 待烘干绕组的接法

### 3. 变压器铁心的装配

铁心镶片要求紧密、整齐,否则会使铁心截面达不到设计要求,造成磁通密度增大,在运行时硅钢片会发热并产生振动噪声。

镶片时,在线圈两边,两片两片地交叉对镶,镶到即将结束时,则一片一片地交叉对镶。当线圈中镶满硅钢片时,余下大约  $1/6$  的硅钢片往往比较难镶,俗称紧片。紧片需要用一字螺丝刀撬开硅钢片夹缝才能插入,还要用木槌轻轻敲入。在插镶条形片时,切忌直向插片,以免擦伤线圈。当骨架较小或线圈体积较大时,切不可强行将硅钢片插入,以免损伤骨架和线圈。可将铁心间的中心柱或两边柱锤紧些,或将线圈套在木心上,用两块木板夹住线圈两侧,在台虎钳上缓慢地将它稍许压扁一些后再进行镶片。

镶片完毕后,应把变压器放在平板上,两头用木槌敲打平整,E形硅钢片的对接口间不能留有空隙;然后用螺钉或夹板固紧铁心;最后,把引出线焊到焊片上或连接在接线柱上,如图 3-12 所示。

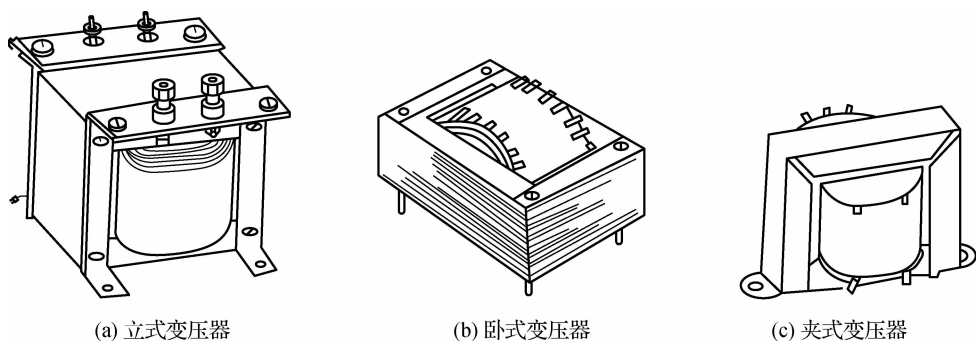


图 3-12 小型变压器的外形结构及引出线

### 4. 变压器成品的一般测试

完成上述工序后,可对变压器成品进行一般测试。

#### 1) 绝缘电阻测试

用兆欧表测量各绕组间和它们对铁心(地)的绝缘电阻,对于 400 V 以下的变压器,其值不低于 90 M $\Omega$ 。

#### 2) 空载电压测试

当原边电压加到额定值时,副边各绕组的空载电压允许误差为:副边高压绕组误差  $\Delta U_1 \leq \pm 5\%$ ;副边低压绕组误差  $\Delta U_2 \leq \pm 5\%$ ;中心抽头电压误差  $\Delta U \leq \pm 2\%$ 。

#### 3) 空载电流测试

当原边输入额定电压时,其空载电流为 5%~8%的额定电流值。

## 技能训练

### 小型变压器的测试与故障检修

#### 一、训练要求

用给定的设备器材,分别用交流法和直流法判别变压器同名端;用兆欧表、万用表测试



变压器相关参数,判断变压器是否正常;若在运行过程中出现异常,能采用正确的检修方法排除故障并编写检修报告。

## 二、设备器材

万用表,兆欧表,交流电压表,直流毫安表,尖嘴钳,螺丝刀,小型变压器,滑杆电阻器( $75\ \Omega/10\ \text{A}$ )等。

## 三、训练内容及操作程序

### 1. 判别变压器同名端

变压器同名端是指在同一交变磁通的作用下的任一时刻,初级线圈和次级线圈中都具有相同电势极性的端头。判别变压器同名端的方法有两种,即交流法和直流法。

(1)交流法。如图 3-13 所示,把两个线圈的任意两端(X 和 x)连接,然后在 AX 上加一低电压  $u_{AX}$ ,测量  $U_{AX}$ 、 $U_{Aa}$ 、 $U_{ax}$ 。若  $U_{Aa} = |U_{AX} - U_{ax}|$ ,则说明 A 与 a、X 与 x 为同名端;若  $U_{Aa} = |U_{AX} + U_{ax}|$ ,则说明 A 与 x、X 与 a 为同名端。

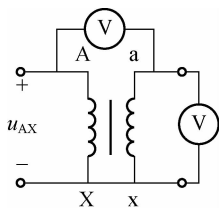


图 3-13 用交流法测变压器的同名端

(2)直流法。如图 3-14 所示,将开关 S 突然闭合,若电流表正偏,则 A 与 a 为同名端;若电流表反偏,则 A 与 x 为同名端。

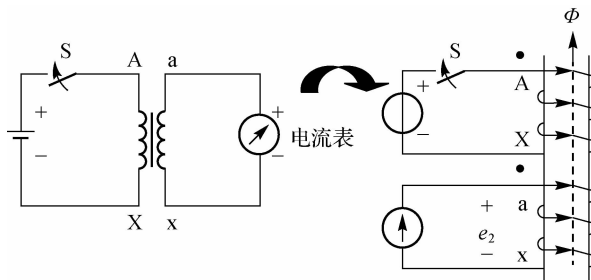


图 3-14 用直流法测变压器的同名端

### 2. 绝缘电阻的检查

绝缘电阻的检查包括原、副边之间,线圈与铁心之间,线圈匝间三个方面的绝缘检查。

### 3. 通电检查

- (1)开路检查。测量副边电压和原边电流是否正常,并记录数据;测变压器的变比是否正常。
- (2)额定负载检查。测量原边、副边电流和电压,看是否正常。
- (3)变压器工作一段时间后,检查变压器温度是否过高,是否有异常声音。
- (4)记录该小型变压器的型号、额定电压、额定电流、副边电压、容量及变压比等参数。

## 四、评分标准

表 3-2 小型变压器故障检修训练考核评价表

序号	项目内容	考核要求	评分细则	配分	扣分	得分
1	训练前的准备工作	准备好工具器材;调试好训练设备	(1)工具准备不全,每少一样扣2分; (2)设备未调试检查,每缺一处扣5分	10		
2	判别变压器同名端	按接线图正确接线,会正确使用仪表,判别结果正确	(1)接线错误,每错一处扣5分; (2)仪表使用错误,每次扣5分; (3)损坏线路和设备,每次扣10分; (4)结果错误,扣20~30分	30		
3	绝缘电阻的检查	用兆欧表正确检查变压器的绝缘情况	(1)兆欧表使用错误,每次扣5分; (2)测量结果错误,每次扣5分	10		
4	通电检查	用万用表正确测出开路与带额定负载时的电流和电压;能用看、听、测等方法判断变压器的运行状况,若出现异常,根据变压器维护检修规程,采用正确的方法排除故障	(1)测量数据不正确,每处扣5分; (2)变压器的变比计算错误,扣5分; (3)损坏万用表,扣5分; (4)排除故障的方法选择不当,每次扣5分; (5)排除故障时产生新的故障,每个扣10分	40		
5	6S规范	整理、整顿、清扫、安全、清洁、素养	(1)没有穿戴防护用品,扣4分; (2)未清点工具、仪器,扣2分; (3)乱摆放工具,乱丢杂物,完成任务后不清理工位,扣2~5分; (4)违规操作,扣5~10分	10		
定额时间 90 min		每超时 5 min 及以上扣 5 分		成绩		
备注		除定额时间外,各项目扣分不得超过该项配分				



## 巩固提高

1. 根据小型变压器的故障现象,分析故障原因,简述处理方法。

故障现象 1:电源接通后无电压输出。

故障现象 2:温升过高或冒烟。

故障现象 3:运行中噪声过大。

故障现象 4:二次侧电压下降。

2. 参观变电所或配电房,了解供电系统和变压器的结构、配线情况。

## 任务二 三相异步电动机的使用与检修

### 任务要求

熟悉三相异步电动机的基本结构、工作原理及机械特性,掌握其拆装步骤及工艺,能正确判别三相异步电动机绕组的首尾端并进行通电运行,掌握常见故障的检修方法。

### 知识链接

#### 一、三相异步电动机的结构与工作原理

##### 1. 三相交流异步电动机的结构

三相交流异步电动机在结构上主要由静止不动的定子和转动的转子两大部分组成,定子和转子之间有一道缝隙,称为气隙。此外,电动机还有机座、端盖、轴承、接线盒、风扇等其他部件。异步电动机根据转子绕组的不同结构形式,可分为笼型和绕线型两种。笼型异步电动机的结构如图 3-15 所示。

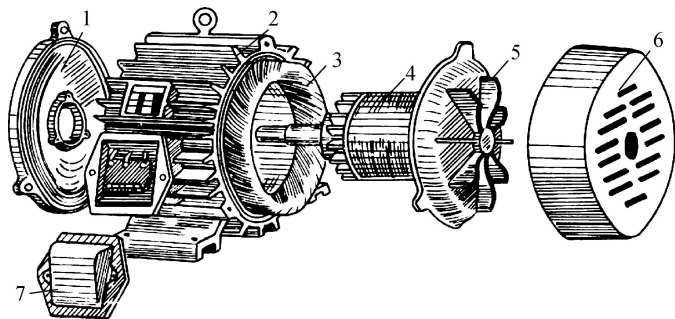


图 3-15 笼型异步电动机的结构

1—端盖；2—定子；3—定子绕组；4—转子；  
5—风扇；6—风扇罩；7—接线盒

##### 1) 定子

定子的作用是产生旋转磁场,主要由定子铁心、定子绕组和机座三部分组成。

(1) 定子铁心。定子铁心构成电动机磁路的一部分,铁心槽内嵌放绕组。为减少铁心损耗,一般由 0.5 mm 厚的彼此绝缘的、导磁性能较好的硅钢片叠压而成。定子冲片如图 3-16 所示,定子铁心安装在机座内。

(2) 定子绕组。定子绕组构成电动机的电路,通入三相交流电后在电机内产生旋转磁场。高强度漆包线绕制而成的线圈嵌放在

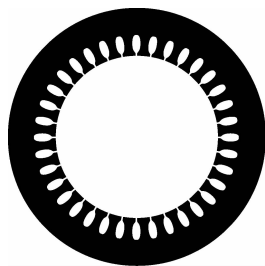


图 3-16 定子冲片

定子槽内,再按照一定的接线规律,相互连接成绕组。

定子绕组的连接:三相异步电动机的定子绕组通常有6根引出线,分别与电动机接线盒内的6个接线端连接。按国家标准,6个接线端中的始端分别标以U<sub>1</sub>、V<sub>1</sub>、W<sub>1</sub>,末端分别标以U<sub>2</sub>、V<sub>2</sub>、W<sub>2</sub>。根据电动机的容量和需要,三相定子绕组可以选择星形联结或三角形联结,如图3-17所示。大中型异步电动机通常用三角形联结,中小容量异步电动机可按需要选择星形联结或三角形联结。

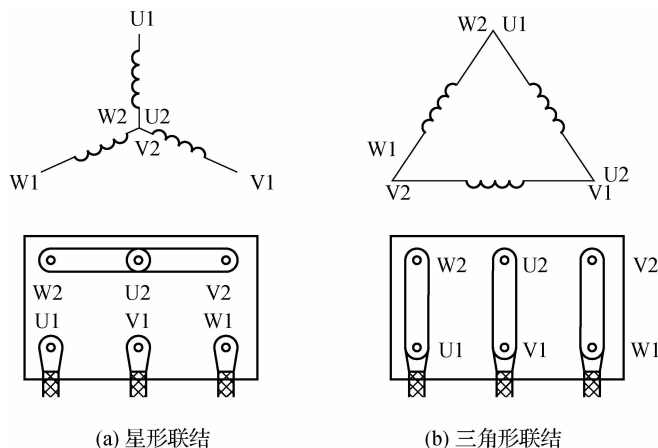


图 3-17 三相绕组的联结

(3)机座。机座用于固定和支撑定子铁心及端盖。中小型电动机一般用铸铁机座,大型电动机的机座用钢板焊接而成。

## 2) 转子

转子是异步电动机的转动部分,它在定子绕组旋转磁场的作用下产生感应电流,形成电磁转矩,通过联轴器或带轮带动其他机械设备做功。转子主要由转子铁心、转子绕组和转轴三部分组成,整个转子靠端盖和轴承支撑。

(1)转子铁心。转子铁心构成电动机磁路的一部分,铁心槽内嵌放绕组。转子铁心一般也由0.5 mm厚的彼此绝缘的、导磁性能较好的硅钢片叠压而成,如图3-18所示。转子铁心固定在转轴或转子支架上。

(2)转子绕组。异步电动机的转子绕组分为笼型转子和绕线转子两种。

①笼型转子。在转子铁心的每个槽中插入一根裸导条,在铁心两端分别用两个短路环把导条连接成一个整体,绕组的形状如图3-18(b)所示。如果去掉铁心,绕组的外形像一个鼠笼,故称为笼型转子。中小型电动机的笼型转子一般用熔化的铝浇铸在槽内而成,称为铸铝转子,如图3-19所示。在浇铸时,一般把转子的短路环和冷却用的风扇一起用铝铸成。

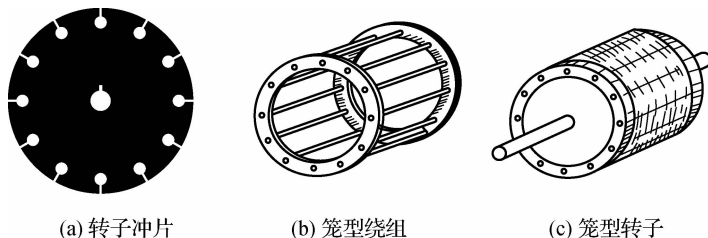


图 3-18 笼型转子绕组

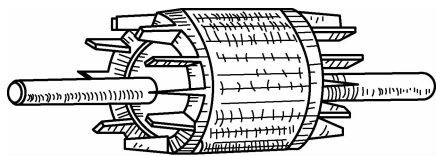


图 3-19 铸铝转子

②绕线转子。绕线转子绕组和定子绕组相似,也是一个用绝缘导线绕成的三相对称绕组,嵌放在转子铁心槽中,接成星形。三个端头分别接在与转轴绝缘的三个滑环上,再经一套电刷引出来与外电路相连,如图 3-20 所示。

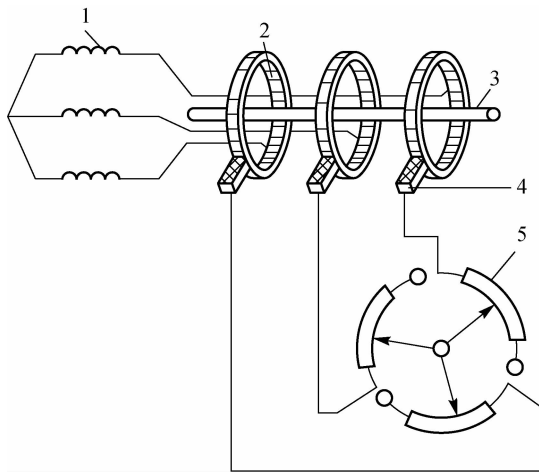


图 3-20 绕线转子与外部变阻器的连接

1—绕组; 2—集电环; 3—轴; 4—电刷; 5—变阻器

(3)转轴。转轴的作用是支撑转子,使转子能在定子槽内腔均匀地旋转,传导三相电动机的输出转矩,一般由中碳钢制成。

### 3) 气隙

定子、转子之间的间隙称为气隙,感应电动机的气隙是均匀的。气隙大小对异步电动机的运行性能和参数影响较大。励磁电流由电网供给,气隙越大,励磁电流也就越大,而励磁电流又具有无功性质,从而使电网的功率因数降低;气隙过小,则将引起装配困难并导致运行不稳定。因此,感应电动机的气隙大小往往为机械条件所能允许达到的最小数值,中小型电机的气隙一般为  $0.1 \sim 1 \text{ mm}$ 。

## 2. 三相异步电动机的工作原理

### 1) 转动原理

如图 3-21 所示,异步电动机的定子铁心里嵌放着对称的三相绕组  $U_1U_2$ 、 $V_1V_2$ 、 $W_1W_2$ 。转子是一个闭合的多相绕组笼型电动机,图中定子、转子上的小圆圈表示定子绕组和转子导体。当定子绕组接通对称三相电源后,绕组中便有三相电流通过,在空间产生了旋转磁场,转速为  $n_1$ 。旋转磁场切割转子上的导体产生感应电势和电流,此电流又与旋转磁

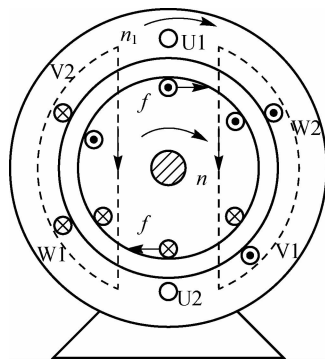


图 3-21 三相电动机转动原理图

场相互作用产生电磁转矩,使转子跟随旋转磁场同向转动。由于转子中的电流和所受的电磁力都是由电磁感应产生,因此也称为感应电动机。

## 2) 转差率

电动机转子的转速  $n$  总是小于旋转磁场的转速  $n_1$ , 否则转子绕组中无感应电动势和感应电流产生,也就没有电磁转矩了,这是异步电动机“异步”的由来。

同步转速  $n_1$  与转子转速  $n$  之差  $n_1 - n$ , 与同步转速  $n_1$  的比值称为转差率,用字母  $s$  表示。

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \quad (3-4)$$

作为感应电动机,转速在  $0 \sim n_1$  变化,其转差率  $s$  在  $0 \sim 1$  变化。

异步电动机负载越大,转速越慢,其转差率就越大;反之,其转差率就越小。在正常运行范围内,转差率的数值较小,一般为  $0.01 \sim 0.06$ , 即感应电动机的转速很接近同步转速。

## 二、三相异步电动机的铭牌数据与机械特性

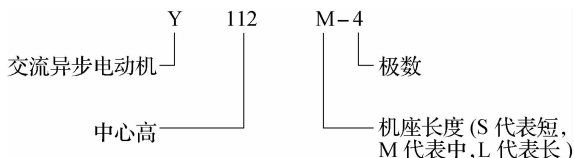
### 1. 三相异步电动机的铭牌数据

在三相异步电动机的机座上都装有一块铭牌,如图 3-22 所示。铭牌上标出了该电动机的一些数据,要正确使用电动机,必须看懂铭牌,下面以 Y112M-4 型电动机为例来说明铭牌数据的含义。

三相异步电动机					
型号	Y112M-4	额定电压	380 V	额定频率	50 Hz
额定功率	4.0 kW	额定电流	8.8 A	绝缘等级	B 级
额定转速	1 440 r/min	接 法	$\Delta$	工作方式	连续
产品编号	05638	重 量	59 kg		年 月
			电机厂		

图 3-22 三相异步电动机的铭牌

(1)型号。三相异步电动机的产品型号是由汉语拼音大写字母和阿拉伯数字组成的。型号中主要包括产品代号、设计序号、规格代号和特殊环境代号等。产品代号表示电动机的类型;设计序号表示电动机的设计顺序,用阿拉伯数字表示;规格代号用中心高、机座长度、铁心长度、功率、电压或转数表示。异步电动机的型号举例说明如下。



(2)额定功率。额定功率是指在额定运行状态下运行时转子轴上输出的机械功率,用  $P_N$  表示,单位为 W 或 kW。

(3)额定电压。额定电压是指在额定运行状态下运行时规定加在电动机定子绕组上的线电压,用  $U_N$  表示,单位为 V 或 kV。

(4)额定电流。额定电流是指在额定运行状态下运行时电动机定子绕组输入的线电流,用  $I_N$  表示,单位为 A 或 kA。

(5)额定频率。额定频率是指在额定运行状态下运行时电动机定子绕组所加电源的频率,用  $f_N$  表示,单位为 Hz。国产异步电动机的额定频率为 50 Hz。

(6)额定转速。额定转速是指电动机在额定负载时的转子转速,用  $n_N$  表示,单位为 r/min。

(7)绝缘等级及温升。绝缘等级是指电动机定子绕组所用的绝缘材料的等级。绝缘材料的耐热有 A、E、B、F、H、C 六种常见的规格,见表 3-3。温升表示电动机发热时允许升高的温度。例如,温升为 80 °C,意为当环境温度为 40 °C 时,则电动机温度可再升高 80 °C,即不可超过 120 °C,否则就要缩短电动机的使用寿命。

表 3-3 电动机允许温升与绝缘材料耐热等级的关系

单位:°C

绝缘耐热等级	A	E	B	F	H	C
绝缘材料的允许温度	105	120	130	155	180	180 以上
电动机的允许温升	60	75	80	100	125	125 以上

(8)防护等级。电动机外壳的防护等级是用字母 IP 和其后面的两位数字表示的。IP 为国际防护的缩写。IP 后面的第一位数字代表第一种防护形式(防尘)的等级,共分 0~6 七个等级;第二个数字代表第二种防护形式(防水)的等级,共分 0~8 九个等级。数字越大,表示防护的能力越强。例如,IP44 表示电动机能防护大于 1 mm 固体物入内,同时能防水入内。

(9)接法。接法是指电动机在额定电压下定子绕组的连接方法。若铭牌上写“接法  $\Delta$ ”,额定电压“380V”,表明电动机额定电压为 380 V 时应接成“ $\Delta$ ”形。若写“接法 Y/ $\Delta$ ”,额定电压“380/220V”,表明电源线电压为 380 V 时应接成 Y 形,电源线电压为 220 V 时应接成“ $\Delta$ ”形。

(10)工作方式。工作方式指电动机运行的持续时间,分为连续运行、短时运行、断续运行三种。连续运行是指电动机可按铭牌规定的各项额定值,不受时间限制连续运行;短时运行指电动机只能在规定的持续时间限值内运行,其时间限制为 10 min、30 min、60 min 和 90 min 四种;断续运行是指电动机长期运行于一系列完全相同的周期条件下,周期时间为 10 min,标准负载持续率有 15%、25%、40%、60% 四种。例如,标明 25% 表示电动机在 10 min 为一个周期内运行时间为 25%,停车时间为 75%。

## 2. 三相异步电动机的机械特性

### 1) 三相异步电动机的机械特性曲线

三相异步电动机的机械特性是指异步电动机工作在额定电压和额定频率下,按规定的接线方式接线,定子、转子外接电阻为零时, $n$  与  $T$  的关系,即  $n=f(T)$ 。图 3-23 所示为三相异步电动机的机械特性曲线。

(1)AB 部分。这部分随着负载转矩  $T$  的增加,转速降低,根据电力拖动系统稳定运行的条件,称为可靠稳定运行部分或工作部分,或称为稳定区。异步电动机的机械特性的工作部分接近于一条直线,只是在转矩接近最大值时弯曲较大,故一般在额定转矩以内,感应电动机的机械特性曲线可看作直线。

电动机一般都工作在稳定区 AB 段上,在这个区域里,负载转矩变化时,异步电动机的转速变化不大,这种机械特性称为“硬”特性。三相异步电动机的这种“硬”特性很适用于一般金属切削机床。

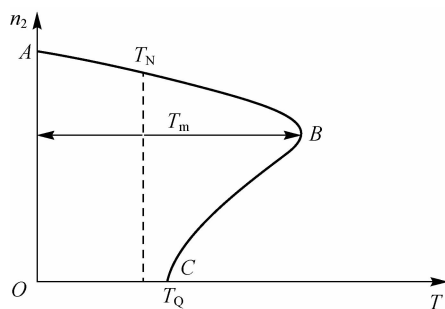


图 3-23 三相异步电动机的机械特性曲线

(2)BC 部分。这部分随着转矩的减小,转速也减小,特性曲线为一条曲线,称为机械特性的曲线部分。只有当异步电动机带动通风机负载时,才能在这部分稳定运行;而对恒转矩负载或恒功率负载,在这部分不能稳定运行,因此有时候这一部分也称为非工作部分,或称为非稳定区。

### 2) 三相异步电动机从起动到正常运行的过程分析

如图 3-23 所示,电动机在接通三相电源时的起动瞬间,即  $n=0$  时,电动机的电磁转矩为起动转矩  $T_Q$ 。这时,如果电动机的起动转矩小于负载转矩 ( $T_Q < T_F$ ),那么电动机将无法起动,称为堵转;如果  $T_Q > T_F$ ,那么电动机的转速  $n$  将不断上升,电动机的电磁转矩  $T$  也将从  $T_Q$  开始沿着机械特性曲线的  $CB$  段上升,经过最大转矩  $T_m$  后又沿着曲线  $BA$  段逐渐减小。当电磁转矩达到  $T=T_F$  时,电动机以稳定的转速  $n$  运行。

当轴上的机械负载  $T'_F$  增大(如车床切削量加大)时,电动机减速,在曲线  $BA$  段,随着电动机转速的下降,电磁转矩增加。当  $T$  增加到与  $T'_F$  相等时,电动机达到新的平衡,此时电动机以比原来转速  $n$  稍低的速度  $n'$  稳定运行。

反之,当轴上负载转矩减少时,电动机的转速增加,此时,电动机将以较高的转速稳定运行。 $BA$  段稳定运行区的特点是:当负载增加时,电动机转速减小;当负载减小时,电动机转速增加,可以自动进行调节。

当电动机轴上的负载转矩超过其最大转矩  $T_m$  时,电动机的转速将很快下降,直到停转。如果电动机工作在不稳定运行区  $BC$  段,当负载增加时,转速  $n$  要下降,电磁转矩  $T$  要减小,使转速还要下降,如此下去,直到停转为止。相反,当电动机工作在不稳定运行区  $BC$  段时,若负载减小,则转速升高,转矩增加,转速更高,当电磁转矩  $T$  超过最大值  $T_m$  以后,则随转速的升高而减小,直至电磁转矩  $T$  等于负载转矩  $T_F$  时,电动机稳定运行。

实际应用中的电动机,由于电源电压波动及负载变化,电磁转矩  $T$  和负载转矩  $T_F$  的变化是不可避免的。因此,实际上电动机不可能在不稳定运行区运行。

## 三、三相异步电动机常见故障检修

电动机经过长期的运行,会发生各种故障。及时判断故障原因并进行相应处理,是防止故障扩大,保证设备正常运行的重要工作。表 3-4 列出了三相异步电动机的常见故障现象、故障原因和处理方法,供分析处理故障时参考。



表 3-4 三相异步电动机的常见故障现象、故障原因和处理方法

故障现象	故障原因	处理方法
通电后电动机不起动,无异常声音,也无异味和冒烟	(1)无三相电源(至少两相断路); (2)熔丝熔断(至少两相熔断); (3)过流继电器整定值调得过小,通电后即起作用,断开电路; (4)控制设备接线错误	(1)检查电源回路开关,熔丝、接线盒处是否有断点,予以修复; (2)检查熔丝型号、熔断原因,换新熔丝; (3)调节继电器整定值与电动机配合; (4)改正接线
通电后电动机不起动,然后熔丝烧断	(1)定子绕组相间短路; (2)电动机缺一相电源,或定子线圈一相反接; (3)新修的电动机定子绕组接线错误; (4)定子绕组接地; (5)熔丝截面过小; (6)电源线短路或接地	(1)查出短路点,予以修复; (2)检查刀闸是否有一相未合好,或电源回路有一相断线,消除反接故障; (3)查出误接处,并予以更正; (4)消除接地; (5)更换熔丝; (6)消除接地点
通电后电动机不起动,电动机内有“嗡嗡”声	(1)绕组引出线末端接错或绕组内部接反; (2)定、转子绕组有断路(一相断线)或电源一相失电; (3)电动机负载过大或转子卡住; (4)电源回路接点松动,接触电阻大; (5)电源电压过低; (6)小型电动机装配太紧或轴承内油脂过硬; (7)轴承卡住	(1)检查绕组极性,判断绕组首末端是否正确; (2)查明断点,予以修复; (3)减轻电动机负载或查出并消除机械故障; (4)紧固松动的接线螺丝,用万用表判断各接头是否假接,予以修复; (5)检查是否把规定的三角形接法误接为星形接法,是否由于电源导线过细使压降过大,予以修正; (6)重新装配使之灵活;更换合格油脂; (7)修复轴承
额定负载运行时转速低于额定值	(1)电源电压过低(低于额定电压); (2)三角形( $\Delta$ )接法的电动机误接成星形(Y); (3)笼型电动机的转子断笼或脱焊; (4)定、转子局部线圈错接、反接; (5)修复电动机绕组里增加匝数过多; (6)电动机过载; (7)绕线转子绕组中断相或某一相接触不良; (8)绕线电动机的集电环与电刷接触不良,从而使接触电阻增大,损耗增大,输出功率减少; (9)控制单元接线松动; (10)电源缺相; (11)定子绕组的并联支路或并绕导体断路; (12)绕线电动机转子回路串电阻过大; (13)机械损耗增加,从而使总负载转矩增大	(1)测量电源电压,设法改善; (2)检测接线方式,纠正接线错误; (3)采用焊接法或冷接法修补笼型电动机的转子断条; (4)查出误接处,予以改正; (5)恢复电动机的正确匝数; (6)减少电动机负载; (7)对于绕线式电动机滑环接触不良,应及时修理与更换; (8)调整电刷压力,用细砂布磨好电刷与集电环的接触面; (9)检查控制回路的接线,特别是给定端与反馈接头的接线,保持接线正确可靠; (10)对于由于熔断器断路出现的断相运行,应查出原因,处理所更换熔断器的熔丝; (11)检查断路处并修复; (12)适当减小转子回路串接的变阻器阻值; (13)对于机械损耗过大的电动机,应检查损耗原因,处理故障

续表

故障现象	故障原因	处理方法
电动机三相电流相差大	(1)绕组首尾端接错； (2)重绕时,定子三相绕组匝数不相等； (3)电源电压不平衡； (4)绕组存在匝间短路、线圈反接等故障	(1)检查绕组首尾端接错处,并纠正； (2)重新绕制定子绕组,保证三相绕组匝数相同； (3)测量电源电压,设法消除不平衡； (4)查找匝间短路故障点,将反接线圈纠正,消除绕组故障
电动机空载电流大	(1)电源电压过高； (2)修复时,定子绕组匝数减少过多； (3)星形联结电动机误接为三角形； (4)转子装反,使定子铁心未对齐,有效长度减短； (5)气隙过大或不均匀； (6)大修拆除旧绕组时,使用热拆法不当,使铁心烧损	(1)检查电源,设法恢复额定电压； (2)重绕定子绕组,恢复正确匝数； (3)改接为星形； (4)重新装配； (5)更换新转子或调整气隙； (6)检查铁心或重新计算绕组,适当增加匝数
电动机运行时 有异常响声	(1)轴承磨损或油内有沙粒等异物； (2)新修电动机的转子与定子绝缘纸或槽楔相擦； (3)定子、转子铁心松动； (4)轴承缺油； (5)风道堵塞或风扇摩擦风罩； (6)定子、转子铁心相擦； (7)电源电压过高或不平衡； (8)定子绕组错接或短路； (9)电动机安装基础不平； (10)转子不平衡； (11)轴承严重磨损； (12)电动机缺相运行	(1)更换或清洗轴承； (2)修剪绝缘,削低槽楔； (3)检修定子、转子铁心,固定松动的铁心； (4)加润滑油； (5)清理风道,重新安装风罩； (6)消除擦痕,必要时车小转子； (7)检查并调整电源电压； (8)消除定子绕组故障； (9)检查紧固安装螺栓及其他部件,保持平衡； (10)校正转子中心线； (11)更换磨损的轴承； (12)检查定子绕组供电回路,查出缺相原因,做相应处理
电动机运行中 振动过大	(1)气隙不均匀； (2)磨损轴承间隙过大； (3)转子平衡； (4)铁心变形或松动； (5)轴承弯曲； (6)联轴器(皮带轮)中心未校正； (7)风扇不平衡； (8)机壳或基础强度不够； (9)电动机地脚螺栓松动； (10)笼型转子开焊、断路,绕线转子断路； (11)定子绕组故障	(1)调整气隙,使之均匀； (2)检修轴承,必要时更换； (3)校正转子动平衡； (4)校正重叠铁心； (5)校直轴承； (6)重新校正,使之符合规定； (7)检修风扇,校正平衡,纠正其几何形状； (8)进行加固； (9)紧固地脚螺栓； (10)修复转子绕组； (11)修复定子绕组

故障现象	故障原因	处理方法
电动机外壳带电	(1) 误将电源线与接地线搞错； (2) 电动机的引出线破损； (3) 电动机绕组绝缘老化或损坏，对机壳短路； (4) 电动机受潮，绝缘能力降低	(1) 检测电源线与接地，纠正接线； (2) 修复引出线端口的绝缘； (3) 绕组绝缘严重损坏应及时更换； (4) 用兆欧表测量绝缘电阻是否正常，确定受潮程度，若较严重，则应进行干燥处理

## 技能训练

### 三相异步电动机的拆装

#### 一、训练要求

准备好拆卸电动机的工具和器材，将三相异步电动机的电源线路断开，做好拆卸前的相关记录工作，按照正确的拆卸顺序拆卸电动机。仔细观察各组成部件的结构，检查各组成部件的质量；认真做好各组成部件的装配准备工作，按照拆卸相反的顺序装配电动机，通电试车，检查装配质量。

#### 二、设备器材

表 3-5 所需设备、工具、材料表

名称	型号或规格	单位	数量
常用电工工具	验电器, 螺钉旋具(一字形、十字形), 钢丝钳, 断线钳, 电工刀, 斜口钳, 剥线钳等	套	1
万用表	MF-47	块	1
兆欧表	ZC25 型、500 V	块	1
钳形电流表	MG24	只	1
拆装工具	拉具, 油盘, 活扳手, 锤子, 纯铜棒, 钢套筒, 毛刷	套	1
三相笼型异步电动机	Y112M-4	台	1

#### 三、训练内容及操作程序

##### 1. 拆卸前的准备工作

- (1) 准备好拆卸工具，特别是拉具、套筒等专用工具。
- (2) 选择和清理拆卸现场。
- (3) 熟悉待拆电动机的结构及故障情况。
- (4) 做好标记。
  - ① 标出电源线在接线盒中的相序。

- ② 标出联轴器或皮带轮在轴上的位置。
- ③ 标出机座在基础上的位置,整理并记录好机座垫片。
- ④ 拆卸端盖、轴承、轴承盖时,记录好哪些在负荷端,哪些在非负荷端。
- (5) 拆除电源线和保护接地线,测定并记录绕组对地绝缘电阻。
- (6) 把电动机拆离基础,搬至修理拆卸现场。

## 2. 拆卸步骤

三相异步电动机的拆卸步骤如图 3-24 所示。

- (1) 用拉具从电机轴上拆下皮带轮或联轴器。
- (2) 用螺丝刀等工具卸掉前轴承(负荷侧)外盖。
- (3) 用螺丝刀和撬棍等工具拆下前端盖。
- (4) 用螺丝刀等工具拆下风罩。
- (5) 用撬棍等工具拆下风扇。
- (6) 用螺丝刀等工具拆下后轴承(非负荷侧)外盖。
- (7) 用螺丝刀和撬棍拆下后端盖。
- (8) 抽出转子。不应划伤定子,不应损伤定子绕组端口,平稳地将转子抽出。
- (9) 拆下转子上的前、后轴承和前、后轴承内盖。

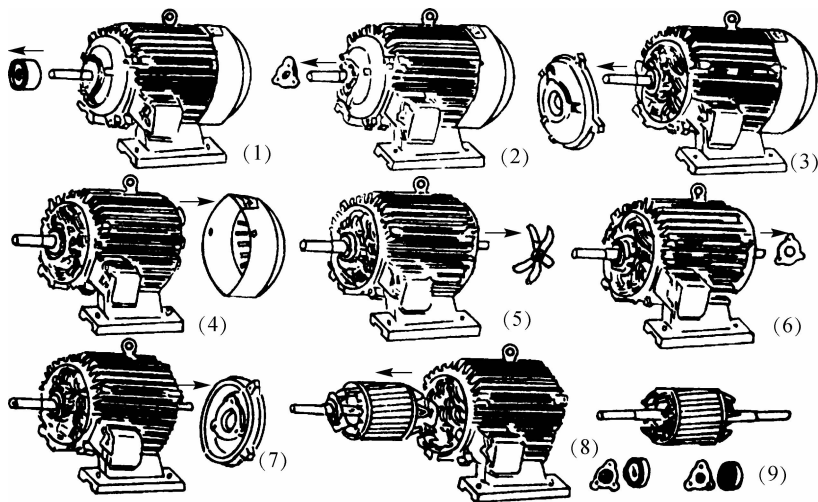


图 3-24 三相异步电动机的拆卸步骤

## 3. 装配前的准备工作

- (1) 认真检查装配工具、场地是否清洁、齐备。
- (2) 彻底清扫定子、转子内部表面的尘垢,最后用汽油沾湿的棉布擦拭(汽油不能太多,以免浸入绕组内部破坏绝缘)。
- (3) 用灯光检查气隙、通风沟、止口处和其他空隙有无杂质和漆瘤,若有则清除干净。
- (4) 检查槽楔、绑扎带、绝缘材料是否松动脱落,有无高出定子铁心内表面的地方,如有应清除。
- (5) 检查各相绕组冷态直流电阻是否基本相同,各相绕组对地绝缘电阻和相间绝缘电阻是否符合要求。

#### 4. 装配步骤

原则上按拆卸相反步骤进行电动机的装配。

#### 5. 通电试车

接通电动机电源电路,通电试车,检查装配质量。

为保证人身安全,在通电试车时,应认真执行安全操作规程的有关规定:一人监护,一人操作。

### 四、评分标准

表 3-6 三相笼型异步电动机拆装考核评价表

序号	项目内容	考核要求	评分细则	配分	扣分	得分
1	拆卸前的准备工作	准备好工具器材,做好拆卸前的有关记录工作	(1)工具准备不全,每少一样扣 2 分; (2)拆卸前的记录项目,每少一项扣 2 分	10		
2	拆卸过程	按正确的拆卸顺序和工艺要点拆卸电动机	(1)拆卸过程的顺序,每错一步扣 5 分; (2)损坏有关部件,每处扣 10 分; (3)每少拆一项,扣 5 分	30		
3	装配前的准备工作	准备好工具器材,做好装配前有关部件的检查工作	(1)工具准备不全,每少一样扣 2 分; (2)装配前的检查项目,每少检一项扣 2 分	10		
4	装配过程	按正确的装配顺序和工艺要点装配电动机	(1)装配过程的顺序,每错一步扣 5 分; (2)损坏有关部件,每处扣 10 分; (3)每少装或装错一项,扣 5 分	30		
5	通电试车	电动机通电正常工作,且各项功能完好	(1)一次通电试车不转或有其他异常情况,扣 3 分; (2)没有找到不转或其他异常情况的原因,扣 5 分; (3)电动机开机烧电源,本项记 0 分	10		
6	6S 规范	整理、整顿、清扫、安全、清洁、素养	(1)没有穿戴防护用品,扣 4 分; (2)拆装前未清点工具、仪器,扣 2 分; (3)未经试电笔测试前,用手触电动机,扣 5 分; (4)乱摆放工具,乱丢杂物,完成任务后不清理工位,扣 2~5 分; (5)违规操作,扣 5~10 分	10		
定额时间 90 min		每超时 5 min 及以内扣 5 分		成绩		
备注		除定额时间外,各项目扣分不得超过该项配分				

## 技能训练

## 三相异步电动机定子绕组首尾端的判别

## 一、训练要求

在维修电动机时,常常会遇到线端标记已丢失或模糊不清,从而无法辨识的情况。为了正确接线,必须重新确定定子绕组的首尾端,可分别应用直流法、交流法与灯泡检测法判别三相异步电动机定子绕组的首尾端。

## 二、设备器材

万用表,三相笼型异步电动机,电压表,36 V 交流电源等。

## 三、训练内容及操作程序

## 1. 用低压交流电源和电压表测定定子绕组的首尾端

- (1)先用万用表电阻挡查明每相绕组的两个出线端,并做标记。
- (2)将三相绕组中任意两相绕组串联,另两端与电压表相连,接线图如图 3-25(a)所示。
- (3)将余下一相绕组与单相调压器或 36 V 照明变压器的输出端相连。

(4)经指导教师检查许可后,将调压器输出电压调到零,接通开关 S,调节输出电压,使其逐渐升高,同时观察电压表有无读数。若电压表无读数,即电压表指针不偏转,则说明连在一起的两绕组的出线端同为首端或尾端;若电压表有读数,则说明连在一起的两绕组的出线端中一个是首端、一个是尾端。这样,可以将任意一端定为已知首端,其余三个端即可定出首尾端,并标注 U<sub>1</sub>U<sub>2</sub>、V<sub>1</sub>V<sub>2</sub>。

(5)将确定出首尾端的其中一相绕组接调压器,另两相绕组又串联相接,再与电压表相连,如图 3-25(b)所示。重复步骤(4)的过程,即可根据已知的一相绕组的首尾端确定未知一相绕组的首尾端,并标上 W<sub>1</sub>W<sub>2</sub>。

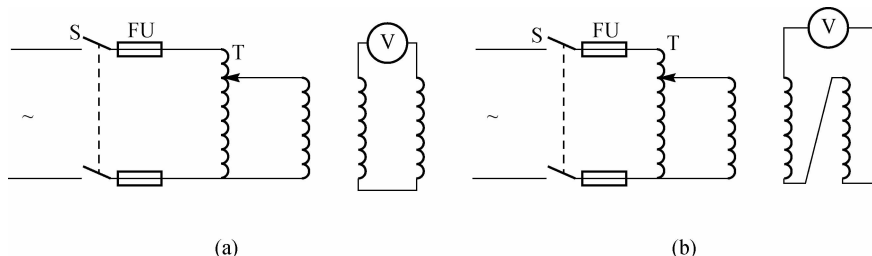


图 3-25 用低压交流电源和电压表测定定子绕组的首尾端

## 2. 用 220 V 交流电源和灯泡测定定子绕组的首尾端

在用 220 V 交流电源测定定子绕组的首尾端时,通电时间应尽量短,以免绕组过热而破坏绝缘,有条件时,可用 36 V 机床照明变压器及 36 V 灯泡代替。

(1)用万用表查明每相绕组的两个出线端,也可将灯泡与一个出线端相串联后,其余5个出线端中的一个和电源相接,灯泡发光者为同相的两出线端。用同样的方法测定两绕组后,余下一组不测自明。

(2)将任意两绕组相串联,另两端接在电压相符的灯泡上(用36 V交流电源接36 V灯泡),如图3-26(a)所示。

(3)将另一相绕组两出线端与220 V交流电源相接,经指导教师检查许可后,方可通电进行实验。

(4)观察灯泡是否点亮。若灯泡不亮,则说明连在一起的两出线端同为首端或尾端;若灯泡亮,则说明连在一起的两出线端中一个是首端,一个是尾端。可任意设定其中一个出线端为首端,即可确定其余三个出线端的首端或尾端,并标上 $U_1U_2$ 、 $V_1V_2$ 。做此项实验时,如果灯泡不亮,应改换接线,让灯泡亮起来,使实验成功的现象明显,增加可见度和可信度。

(5)将已有标记的一相绕组与未知的一相绕组相串联,再连接好灯泡。将已有标记的另一相绕组接通电源,如图3-26(b)所示。重复上述实验过程,即可确定未知一相绕组的首尾端。

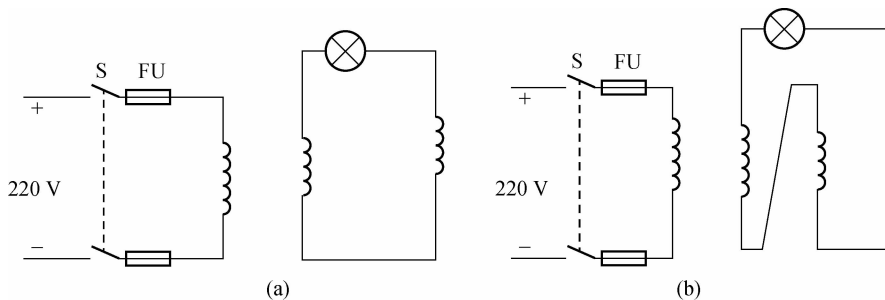


图 3-26 用交流电源和灯泡测定定子绕组的首尾端

### 3. 用低压直流电源和万用表测定定子绕组的首尾端

在应用此方法时,接通电源的时间应尽量短,若时间过长,则极易损坏电源。

(1)用万用表查明每相绕组的两个出线端。

(2)将任意两相绕组串联后,接于万用表的直流毫安挡。

(3)将另一相绕组与直流电源相接,做短暂的接通与断开,如图3-27(a)所示。

(4)在接通与断开电源的瞬间,观察万用表指针是否摆动。若万用表指针不摆动,将其串联的两绕组出线端调换一下,这时万用表指针应该有摆动,说明接在一起的两出线端中,一个是首端,一个是尾端。若调换端线后,接通或断开电源的瞬间,万用表指针仍不摆动,则可能是各接点有接触不良的地方,或者是万用表量程较大,进行适当调整后,万用表指针就能摆动了。

(5)将确定出首尾端的一相绕组与未知首尾端的一相绕组相串联,再接万用表。将已确定出首尾端的另一相绕组接电源,如图3-27(b)所示。重复步骤(4)的实验过程,就可以确定出未知一相绕组的首尾端。

(6)如图3-27(c)所示,将万用表较小量程的毫安挡与任意一相绕组的两出线端相连,再把另一相绕组的两出线端通过开关S接电源,并先指定准备接电源的“+”端的绕组出线端为首端,接“-”端的绕组出线端为尾端。当电源开关S闭合时,若万用表的指针右摆,则与

万用表正极相连的出线端是尾端,与万用表负极相连的出线端是首端。若万用表指针左摆,则调换电源正负极,使其右摆进行测定。另一相绕组也进行相应的判断即可。

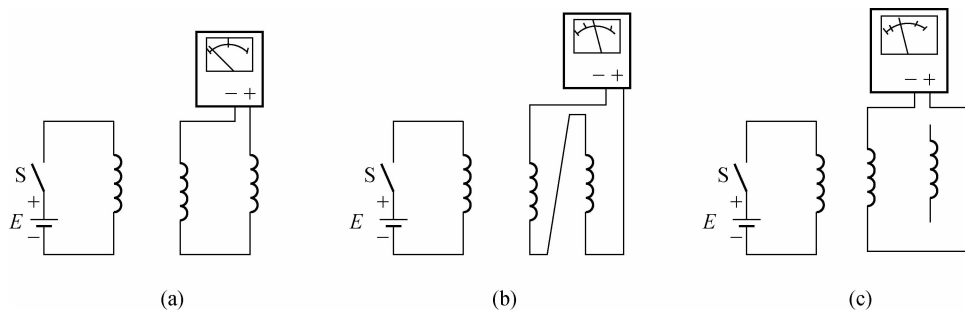


图 3-27 用低压直流电源和万用表测定定子绕组的首尾端

## 四、评分标准

表 3-7 三相异步电动机定子绕组首尾端判别训练考核评价表

序号	项目内容	考核要求	评分细则	配分	扣分	得分
1	用低压交流电源和电压表测定首尾端	按正确的接线图接线,会正确使用仪表,注意安全,判别结果正确	(1)接线错误,每处扣 5 分; (2)不会使用万用表,扣 10 分; (3)注意安全不够,扣 5~10 分; (4)结果错误,扣 30 分	30		
2	用交流电源和灯泡测定首尾端	按训练原理图正确接线,注意安全,判别结果正确	(1)接线错误,每处扣 5 分; (2)注意安全不够,扣 5~10 分; (3)结果错误,扣 30 分	30		
3	用低压直流电源和万用表测定首尾端	按正确的接线图接线,会正确使用仪表,注意安全,判别结果正确	(1)接线错误,每处扣 5 分; (2)不会使用万用表,扣 10 分; (3)注意安全不够,扣 5~10 分; (4)结果错误,扣 30 分	30		
4	6S 规范	整理、整顿、清扫、安全、清洁、素养	(1)没有穿戴防护用品,扣 4 分; (2)训练前,未清点工具、仪器、耗材,扣 2 分; (3)未经试电笔测试前,用手触电动机,扣 5 分; (4)乱摆放工具,乱丢杂物,完成任务后不清理工位,扣 2~5 分; (5)违规操作,扣 5~10 分	10		
定额时间 90 min		每超时 5 min 及以上内扣 5 分		成绩		
备注		除定额时间外,各项目扣分不得超过该项配分				





## 巩固提高

1. 简述三相异步电动机的拆卸步骤。
2. 哪些原因会造成三相异步电动机断相？断一相后三相异步电动机会出现什么故障现象？断相有什么危害？应怎样处理？

# 任务三 单相异步电动机的使用与检修

## 任务要求

熟悉单相异步电动机的基本结构及工作原理,掌握单相异步电动机的拆卸与组装,能进行常见故障的检修。

## 知识链接

单相异步电动机与同容量的三相异步电动机相比较,具有体积较大、运行性能较差、效率较低的缺点。因此,一般只制成小型和微型系列,容量在几瓦到几百瓦之间。

### 一、单相交流异步电动机的基本原理

单相异步电动机起动运转的关键是设法建立旋转磁场。不同类型单相电动机产生旋转磁场的方法也不同,常见的是电容起动式单相异步电动机。

电容起动式单相异步电动机的定子中装有两相绕组,一相称主绕组,另一相称副绕组。主绕组直接与电源连接,副绕组与一个电容器串联后与主绕组并联接入电源,其接线如图 3-28 所示。两个绕组由同一单相电源供电,由于副绕组支路中串有电容器,因此两个绕组中的电流相位不同。如果电容  $C$  选择合适,那么可以使两个电流的相位差为  $90^\circ$ 。相差  $90^\circ$  的两个正弦交流电分别通入在空间上互差  $90^\circ$  的两个绕组,就会产生旋转磁场(实际上两个绕组中的电流有一定的相位差,便可以产生旋转磁场,并不一定准确相差  $90^\circ$ )。

电动机起动后,借助离心开关  $S$ ,自动把起动绕组的电源切断,电动机进入正常运行。

### 二、单相异步电动机的结构

单相异步电动机的结构与三相异步电动机的结构相似,即由产生旋转磁场的定子铁心和绕组,产生感应电动势、电流并形成电磁转矩的转子铁心和绕组组成,普通单相异步电动机的内部结构如图 3-29 和图 3-30 所示。但因电动机使用场合的不同,其结构形式也不同。

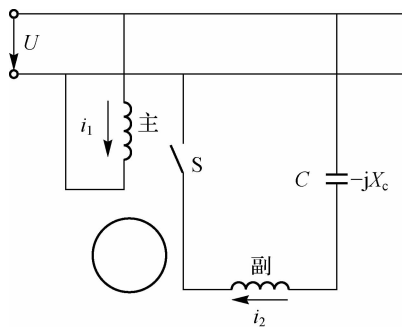


图 3-28 电容起动式单相异步电动机的接线

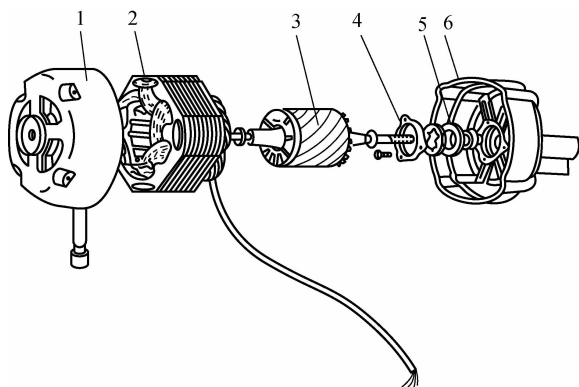


图 3-29 台扇电动机的内部结构

1—前端盖；2—定子；3—转子；4—轴承盖；  
5—油毡圈；6—后端盖

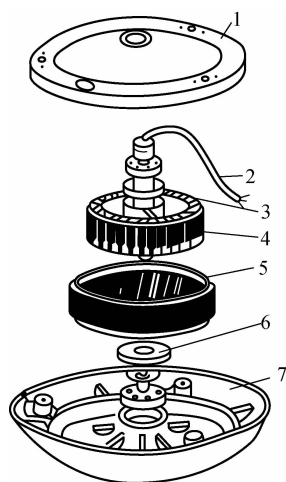


图 3-30 吊扇电动机的内部结构

1—上端盖；2—引出线；3,6—挡油罩；  
4—定子；5—外转子；7—下端盖

### 三、单相交流异步电动机的反转与调速

#### 1. 反转

(1) 只要任意改变工作绕组或起动绕组的首端、末端与电源的接线,就可改变旋转磁场的方向,从而使电动机反转。因为异步电动机的转向是从电流相位超前的绕组向电流相位落后的绕组旋转的,如果把其中的一个绕组反接,等于把这个绕组的电流相位改变了 $180^\circ$ 。假如原来这个绕组是超前 $90^\circ$ ,则改接后就变成了滞后 $90^\circ$ ,结果是旋转磁场的方向随之改变。

(2) 改变电容器的接法也可改变电动机的转向。若洗衣机需经常正转、反转,如图 3-31 所示。当定时器开关处于图中所处位置时,电容器串联在  $U_1U_2$  绕组上, $U_1U_2$  绕组上电流  $I_U$  超前于  $Z_1Z_2$  绕组上电流  $I_Z$  相位约  $90^\circ$ ,经过一定时间后,定时器开关将电容从  $U_1U_2$  绕组切断,串联到  $Z_1Z_2$  绕组上,则电流  $I_Z$  超前于  $I_U$  相位约  $90^\circ$ ,从而实现了电动机的反转。这种单相交流异步电动机的工作绕组与起动绕组可以互换,所以工作绕组、起动绕组的线圈匝数、粗细、占槽数都应相同。

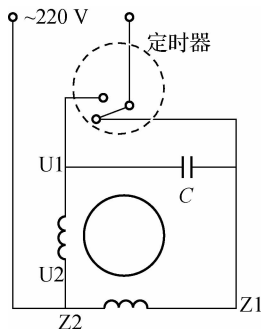


图 3-31 洗衣机电动机的正转、反转控制

## 2. 调速

单相交流异步电动机和三相异步电动机一样,恒转矩负载的转速调节是较困难的。在风机型负载情况下,调速一般有以下方法。

### 1) 串电抗器调速

这种调速方法将电抗器与电动机定子绕组串联,通电时,利用在电抗器上产生的电压降,使加到电动机定子绕组上的电压低于电源电压,从而达到降压调速的目的。因此,用串电抗器调速时,电动机的转速只能由额定转速向低速调速。其调速电路如图 3-32 所示。

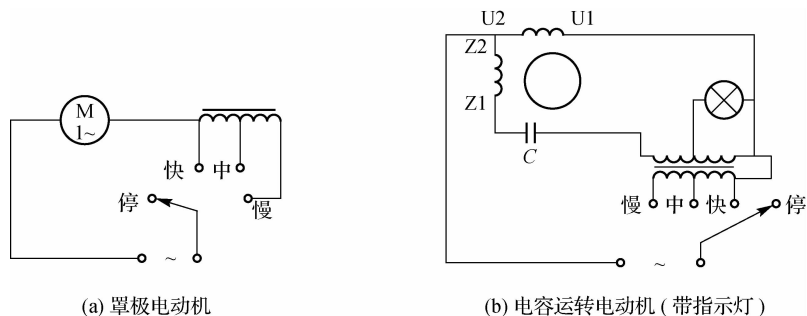


图 3-32 单相交流异步电动机串电抗器调速电路

串电抗器调速方法的线路简单、操作方便,但只能有级调速,且电抗上消耗电能;另外电压降低后,电动机的输出转矩和功率明显降低,因此只适用于转矩及功率都允许随转速降低而降低的场合,目前只用于吊扇上。

### 2) 绕组抽头调速

电容运转式电动机在调速范围不大时,普遍采用定子绕组抽头调速。这种调速方法是在定子铁心上再放一个调速绕组 D1D2(又称中间绕组),它与工作绕组 U1U2 及起动绕组 Z1Z2 连接后引出若干抽头(一般为 3 个),通过改变调速绕组与工作绕组、起动绕组的连接方式,调节气隙磁场大小来实现调速的目的。这种调速方法通常有 L 型接法和 T 型接法两种,如图 3-33 所示。

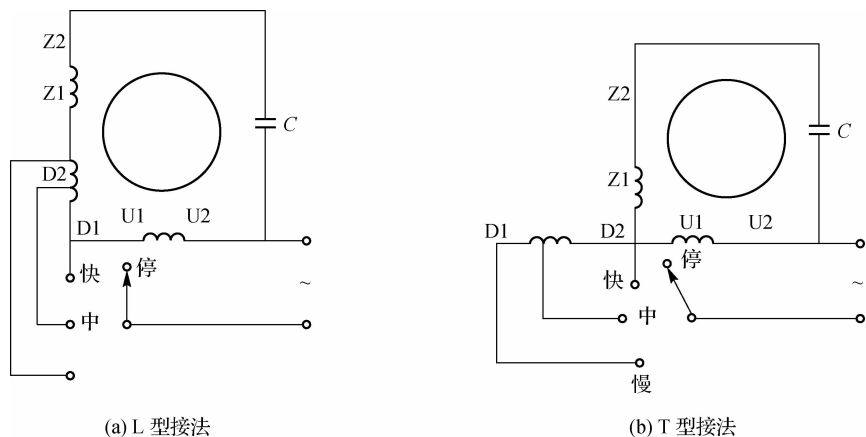


图 3-33 单相交流电动机绕组抽头调速接线图

与串电抗器调速相比,绕组抽头调速省去了调速电抗器铁心,降低了产品成本,节约了

电抗器的能耗。其缺点是绕组嵌线和接线比较复杂,电动机与调速开关的接线较多。

### 3) 串电容调速

将不同容量的电容串入单相交流异步电动机电路中,也可调节电动机的转速。电容容抗与电容量成反比,故电容量越小,容抗就越大,相应的电压降也就越大,电动机转速就越低;反之,电容量越大,容抗就越小,相应的电压降也就越小,电动机转速就越高。

### 4) 自耦变压器调速

可以通过调节自耦变压器来调节加在单相交流异步电动机上的电压,从而实现电动机的调速。

### 5) 晶闸管调压调速

前面介绍的各种调速电路都是有级调速,而采用晶闸管调压的无级调速已越来越多。如图 3-34 所示,利用改变晶闸管  $V_2$  的导通角来实现调节加在单相交流异步电动机上的交流电压的大小,从而达到调节电动机转速的目的。该调速方法可以实现无级调速,缺点是一些电磁干扰,目前常用于吊扇的调速上。

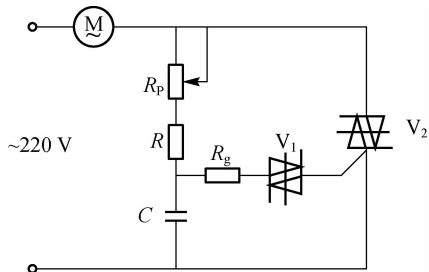


图 3-34 晶闸管调压调速原理图

### 6) 变频调速

变频调速适合各种类型的负载,随着交流变频调速技术的发展,单相变频调速已在家用电器上应用,如变频空调器等,它是交流调速控制的发展方向。

## 四、单相交流异步电动机常见故障及处理

单相交流异步电动机的许多故障,如机械构件故障和绕组断线、短路等,无论在故障现象和处理方法上都和三相异步电动机相同。但由于单相交流异步电动机结构上的特殊性,它的有些故障与三相异步电动机不同,如起动装置故障、辅助绕组故障、电容器故障及由于气隙过小引起的故障等。表 3-8 列出了单相交流异步电动机的常见故障,并对故障产生的原因和处理方法进行了分析,可供检修时参考。

表 3-8 单相交流异步电动机的常见故障现象、故障原因和处理方法

故障现象		故障原因	处理方法
通电后电动机不能起动	电动机发出“嗡嗡”声,用外力推动后可正常旋转	(1) 辅助绕组内开路; (2) 起动电容器损坏; (3) 离心开关或起动继电器触点未合上; (4) 罩极电动机短路环断开或脱焊	(1) 用万用表或试灯找出开路点,加以修复; (2) 更换电容器; (3) 检修起动装置触点; (4) 焊接或更换短路环

续表

故障现象		故障原因	处理方法
通电后电动机不能起动	电动机发出“嗡嗡”声,外力也不能使之旋转	(1)电动机过载; (2)轴承损坏或卡住; (3)端盖装配不良; (4)转子轴弯曲; (5)定子、转子铁心相擦; (6)主绕组接线错误; (7)转子导条断条	(1)测负载电流判断负载大小,若过载则减载; (2)修理或更换轴承; (3)重新调整端盖,使之装正; (4)校正转子轴; (5)若系轴承松动造成,应更换轴承,否则应锉去相擦部位,校正转子轴线; (6)重新接线; (7)修理转子
	没有“嗡嗡”声	(1)电源断线; (2)进线线头松动; (3)主绕组内有断路; (4)主绕组内有短路,或因过热烧毁	(1)检查电源恢复供电; (2)重接线; (3)用万用表或试灯找出断点并修复; (4)修复
电机转速达不到额定值		(1)过载; (2)电源电压过低; (3)主绕组有短路或错接; (4)笼型转子端环和导条断裂; (5)机械故障(轴弯、轴承损坏或污垢过多); (6)起动后离心开关故障使辅助绕组不能脱离电源(触点焊牢、灰屑阻塞或弹簧太紧)	(1)检查负载、减载; (2)调整电源; (3)检查修理主绕组; (4)检修转子; (5)校正轴,清洗修理轴承; (6)修理或更换触点及弹簧
电动机发热	起动后很快发热	(1)主绕组短路; (2)主绕组接地; (3)主、辅绕组间短路; (4)起动后,辅助绕组断不开,长期运行而发热烧毁; (5)主、辅绕组相互间接错	(1)拆开电动机,检查主绕组短路点并修复; (2)用兆欧表或试灯找出接地点,垫好绝缘,刷绝缘漆,烘干; (3)查找短路点并修复; (4)检修离心开关或起动继电器,修复; (5)重新接线,更换烧毁的绕组
	运行中电动机温升过高	(1)电源电压下降过多; (2)负载过重; (3)主绕组轻微短路; (4)轴承缺漆或损坏; (5)轴承装配不当; (6)定、转子铁心相擦; (7)大修重绕后,绕组匝数或截面搞错	(1)提高电压; (2)减载; (3)修理主绕组; (4)清洗轴承并加油; (5)重新装配轴承; (6)找出相擦原因; (7)重新换绕组
	电动机运行中冒烟,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)绝缘老化脱落,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整体更换绕组

续表

故障现象	故障原因	处理方法
电动机运行中噪声大	(1)绕组短路或接地； (2)离心开关损坏； (3)转子导条松脱或断条； (4)轴承损坏或缺油； (5)轴承松动； (6)电动机端盖松动； (7)电动机轴向游隙过大； (8)有杂物落入电动机； (9)定子、转子相擦	(1)查找故障点,修复； (2)修复或更换离心开关； (3)检查导条并修复； (4)更换轴承或加油； (5)重新装配或更换轴承； (6)紧固端盖螺钉； (7)轴向游隙应小于 0.4 mm,过松则应加垫片； (8)拆开电动机,清除杂物； (9)进行相应修理
触摸电动机外壳有触电、麻手感	(1)绕组接地； (2)接线头通地； (3)电机绝缘受潮漏电； (4)绕组绝缘老化而失效	(1)查出接地点,进行处理； (2)重新接线,处理其绝缘； (3)对电动机进行烘潮； (4)更换绕组
电动机通电时,熔丝熔断	(1)绕组短路或接地； (2)引出线接地； (3)负载过大或由于卡住电动机不能转动	(1)找出故障点修复； (2)找出故障点修复； (3)负载过大应减载,卡住时应拆开电动机进行修理

## 技能训练

### 单相交流异步电动机的拆装及其电容器的检测

#### 一、训练要求

准备好拆卸电动机和检测电容器的工具和器材,按与三相交流异步电动机相似的方法拆卸单相交流异步电动机,仔细观察各组成部件的结构,用万用表检测电动机使用电容器的质量,按照拆卸相反的顺序装配电动机,通电试车检查装配质量。

#### 二、设备器材

表 3-9 所需设备、工具、材料表

名称	型号或规格	单位	数量
常用电工工具	验电器,螺钉旋具(一字形、十字形),钢丝钳,断线钳,电工刀,斜口钳,剥线钳等	套	1
万用表	MF-47	块	1
兆欧表	ZC25 型、500 V	块	1
单相异步电动机	用装有单相异步电动机的吊扇代替	台	1

### 三、训练内容及操作程序

#### 1. 拆卸单相交流异步电动机

- (1) 做好拆卸前的准备工作。
- (2) 按照与拆卸三相交流异步电动机相同的方法拆卸单相交流异步电动机。
- (3) 仔细检查电动机的各组成部分,熟悉其结构。

#### 2. 检测电容器

(1) 用指针式万用表进行检测。对本台电动机所用的电容器和另外准备的几个电容器进行标记,再用检测电容器的方法逐个用万用表进行测试,并将测试结果及参数记录在表 3-10 中。

表 3-10 用指针式万用表检测电容器

检测电 容序号	万用表型号 及使用挡位	万用表表笔第一次接 通放电后的电容时,表指针 的最大偏转刻度	最大偏转后缓慢返 回到达的刻度	电容器两端对外 壳的电阻值	结论
1					
2					
3					
4					
:					

把万用表拨至“R×100k”或“R×1k”挡,用螺丝刀或导线短接电容两接线端进行放电后,把万用表两表笔接电容两出线端。表针摆动可能为以下情况。

- ① 指针先大幅度摆向电阻零位,然后慢慢返回表面数百千欧的位置,表示电容器完好。
- ② 指针不动,表示电容有开路故障。
- ③ 指针摆到电阻零位后不返回,表示电容器内部已击穿短路。
- ④ 指针摆到刻度盘上某较小阻值处,不再返回,表示电容器泄漏电流较大。
- ⑤ 指针能正常摆动和返回,但第一次摆幅小,表示电容器容量已减小。
- ⑥ 把万用表拨至“R×100k”挡,用表笔测电容器两接线端对地电阻,若指针为零说明电容已接地。

测定电容量:有的万用表可通过外接电源直接测定电容器的电容量。电容器  $C$  接入 220 V 交流电路中,用电流表、电压表测得  $C$  的电流  $I$  和端电压  $U$ 。测量时,为保证安全,应设置熔丝作为保护。通电后,尽快(1~2 s)记录下  $U$ 、 $I$  值,用式(3-5)估算电容量。

$$C=3\ 180 \frac{I}{U} \quad (3-5)$$

式中, $C$  为被测电容的电容量, $\mu\text{F}$ ;  $I$  为电流表读数,A;  $U$  为电压表读数,V。

**注意:**式(3-5)仅适用于工频 50 Hz 的电源。若测出电容量比电容额定值低 20% 以上,则电容已失效,应予以更换。

- (2) 用数字式万用表进行检测。现在的数字式万用表一般都可以直接测出电容器的容

量。用数字式万用表对每个电容器进行测试,并将测试结果及参数记录在表 3-11 中。

表 3-11 用数字式万用表检测电容器

检测电容序号	万用表型号	电容器标称容量	实测电容容量	结 论
1				
2				
3				
4				
5				

### 3. 装配单相交流异步电动机

原则上按拆卸相反的顺序进行电动机的装配。

### 4. 通电试车

接通电动机电源电路,通电试车,检查装配质量。

## 四、评分标准

表 3-12 单相交流异步电动机的拆装及其电容器的检测考核评价表

序号	项目内容	考核要求	评分细则	配分	扣分	得分
1	拆卸检测前的准备工作	准备好工具器材,做好拆卸前的有关记录工作	(1)工具准备不全,每少一样扣 2 分; (2)拆卸前的记录项目,每少一项扣 2 分	10		
2	拆卸过程	按正确的拆卸顺序和工艺要点拆卸电动机	(1)拆卸过程的顺序,每错一步扣 5 分; (2)损坏有关部件,每处扣 10 分; (3)每少拆一项,扣 5 分	15		
3	电容器的检测	按正确的方法用万用表和试灯检测电容器的质量	(1)不会使用万用表检测,扣 10 分; (2)不会用试灯法检测,扣 10 分; (3)检测结果错误,每处扣 5 分	30		
4	装配前的准备工作	准备好工具器材,做好装配前有关部件的检查工作	(1)工具准备不全,每少一样扣 2 分; (2)装配前的检查项目,每少检一项扣 2 分	10		
5	装配过程	按正确的装配顺序和工艺要点装配电动机	(1)装配过程的顺序,每错一步扣 5 分; (2)损坏有关部件,每处扣 10 分; (3)每少装或装错一项,扣 5 分	15		
6	通电试车	电动机通电正常工作,且各项功能完好	(1)一次通电试车不转或有其他异常情况,扣 3 分; (2)没有找到不转或其他异常情况的原因,扣 5 分; (3)电动机开机烧电源,本项记 0 分	10		



续表

序号	项目内容	考核要求	评分细则	配分	扣分	得分
7	6S 规范	整理、整顿、清扫、安全、清洁、素养	(1)没有穿戴防护用品,扣 4 分; (2)拆装前未清点工具、仪器,扣 2 分; (3)未经试电笔测试前,用手触电动机,扣 5 分; (4)乱摆放工具,乱丢杂物,完成任务后不清理工位,扣 2~5 分; (5)违规操作,扣 5~10 分	10		
定额时间 90 min		每超时 5 min 及以上扣 5 分		成绩		
备注		除定额时间外,各项目扣分不得超过该项配分				



### 巩固提高

1. 一台新吊扇安装好后通电运转,发现转速很慢,可能存在什么故障? 如何查找?
2. 一台电容运行台式风扇,通电时只有轻微振动,但不转动。若用手拨动风扇叶则可以转动,但转速较慢,这是什么故障? 应如何检查?
3. 如何改变电容起动单相交流异步电动机的转向? 单相罩极式异步电动机的转向可以改变吗? 为什么?
4. 你家的电吹风、台式风扇、吊扇、换气扇、变频空调的调速方法是哪种? 画出其调速控制线路图。