

# 目 录

- 实验一 叠加原理和戴维南定理
- 实验二 日光灯电路的联接分析
- 实验三 三相负载电路
- 实验四 电容器充、放电过渡过程的研究
- 实验五 三相异步电动机试验
- 实验六 异步电动机控制（一）
- 实验七 异步电动机控制（二）
- 实验八 接地电阻的测量
- 实验九 设计性实验 多台电动机继电—接触控制电路的设计

## 附常用仪器仪表的使用

- 一 万用电表
- 二 兆欧表
- 三 功率表

## 实验注意事项

- 1、实验前应预习，明确该实验项目的要求，主要步骤及注意事项。
- 2、必须注意安全，实验时要穿绝缘胶鞋，禁止配戴金属饰物，防止触电。进行电动机实验时更应注意防止发辫，袖口等被卷入转动部分，以免发生事故。
- 3、在实验过程中如发生事故或出现异常现象（如嗅到焦味）应立刻切断电源，进行检查。
- 4、实验时应正确选用和保护仪器设备；要有科学的态度，培养科学分析的方法；要精神集中，认真操作；在实习组中要共同研究。接线完毕，学员自己先检查是否正确，经教师复查同意后才接通电源进行试验。合上电源开关前，要通知同组实习的同学注意。
- 5、实验过程中应细心观察，如实记录实验数据，填写好“学生实验考核卡”，把实验结果给教师批阅评分后方可拆线。
- 6、实验后应先切断电源然后拆线。把仪表、设备和导线整理好，保持实验室清洁。
- 7、按要求写实验报告于下次实验前缴交。

## 实验报告（规格）

课程：

专业：

姓名：

实验名称：

一、预习要求：

写出本实验的目的要求，所需设备及注意事项。

二、列表写出实验数据并进行分析。

三、回答实验指导书中该次实验所提的问题。

四、通过本实验有何收获、问题和建议。

# 实验一 叠加原理和戴维南定理

## 一、实验目的

1. 加深对叠加原理和戴维南定理的理解
2. 熟悉使用万用电表

## 二、原理简述

1. 在几个电动势作用的线性电路中，某一支路的电流（或电阻上的电压）等于各个电源电动势单独作用时在该支路产生电流（或电阻上的电压）的代数和。这就是叠加原理，它反映了线性电路的基本性质。

2. 任何一个有源二端线性网络均可用一个电动势为  $E_o$ 、内阻为  $R_o$  的电压源等效替代。 $E_o$  的值等于该二端网络的开路电压， $R_o$  的值等于该网络除源后的入端电阻。这就是戴维南定理。

## 三、仪器设备

1. 直流稳压电源一台
2. 万用电表一只
3. 实验底板一块

## 四、实验内容及步骤

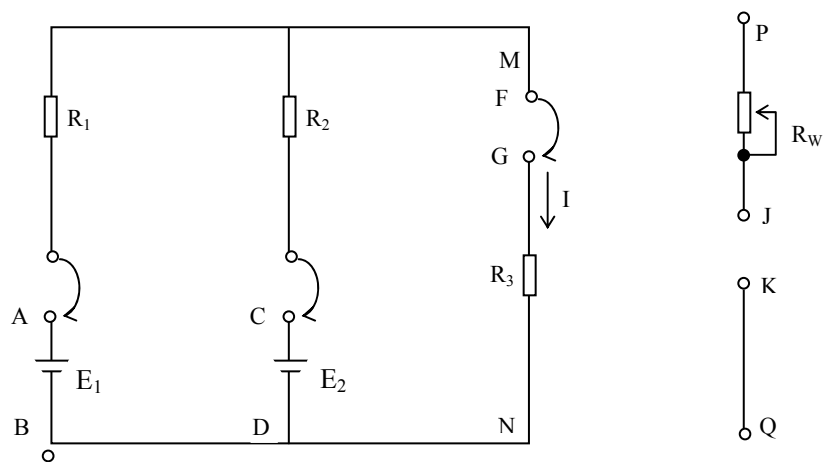


图 1-1 实验电路

(I) 叠加原理的验证

1. 首先, 用万用电表欧姆档分别测量实验板中电阻  $R_1$ 、 $R_2$  和  $R_3$  阻值, 记于表 1 中。
2. 调节稳压电源, 用万用电表直流电压档 (D.C V) 测量直流稳压电源两边的输出电压, 使  $E_1=7$ ,  $E_2=5$  伏, 记于表 1 中。

表 1

$E_1$	$E_2$	$R_1$		$R_2$		$R_3$	
		标称值	实测值	标称值	实测值	标称值	实测值

3. 按图 1-1 电路联接好, 按表 2 要求, 用万用电表分别测量 MN 两点间的电压  $U_{MN}$  和通过  $R_3$  的电流, 将数据记于表 2 中。

表 2

数据 电量 次序	$U_{MN}$		I		误差%	
	计算	实测	计算	实测	电流	电压
$E_1$ 、 $E_2$ 同时作用	$U_{MN} =$	$U_{MN} =$	$I =$	$I =$		
$E_1$ 作用, $E_2$ 除去	$U'_{MN} =$	$U'_{MN} =$	$I' =$	$I' =$		
$E_1$ 除去, $E_2$ 作用	$U''_{MN} =$	$U''_{MN} =$	$I'' =$	$I'' =$		

注: 除去  $E_1$  或  $E_2$  时, 可将实验板中的夹子从 A (或 C) 移到 B (或 D) 接线柱则可。

(II) 戴维南定理的验证

1. 测二端网络的开路电压  $U_o$  (即等效电压源电动势  $E_o$ )。按图 1-1 电路接好, 并将电源电压调至  $E_1=7$  伏,  $E_2=5$  伏, 将 GF 接线断开, 用万用电表测输出端 MN 间的电压  $U_o$ , 记于表 3 中。

2. 接上负载电阻  $R_3$ , 即将 GF 接通, 再测 MN 间的电压 (负载端电压)  $U_L$ 。

3. 然后将 GF 断开, 选取万用电表直流毫安档适当量程, 串接于 GF 间, 测负载电流  $I_3$ , 由测量数据可计算出  $R_o$ , 见注 1。

4. 测等效电源内阻  $R_o$ 。

将图 1-1 中的线夹从 A 改接 B, 由 C 改接 D, 断开 GF, 将万用电表 “ $\Omega$ ” 档取适当的量程, 调好零欧姆后, 测 MN 两端的电阻  $R_o$ , 并将上述数据记于表 3 中。

表 3

E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	U <sub>0</sub>	U <sub>L</sub>	I <sub>3</sub>	R <sub>0</sub>		
					实测值	测算值（注 1）	计算值（注 2）

注 1:  $\because \frac{U_0 - U_L}{R_0} = \frac{U_L}{R_3}$

$$\therefore R_0 = \frac{U_0 - U_L}{U_L} \cdot R_3$$

注 2:  $R_0 = R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

4. 将各稳压电源关掉, 把 E<sub>2</sub> 从 CD 改接至 NQ, 万用电表 mA 档串接在 JK 间, 把 R<sub>3</sub> 的线夹从 F 改接至 P, 组成电压源电路向 R<sub>3</sub> 供电。如图 1-2 所示。

调可变电阻 R<sub>w</sub>=R<sub>0</sub> 值, 调 E<sub>0</sub>=U<sub>0</sub>, 测负载电流 I<sub>L</sub> 和负载 R<sub>3</sub> 的电压 U<sub>GN</sub>, 记于表 4 中, 比较 I<sub>L</sub> 与 I<sub>3</sub>, U<sub>GN</sub> 与 U<sub>L</sub> 是否相等。

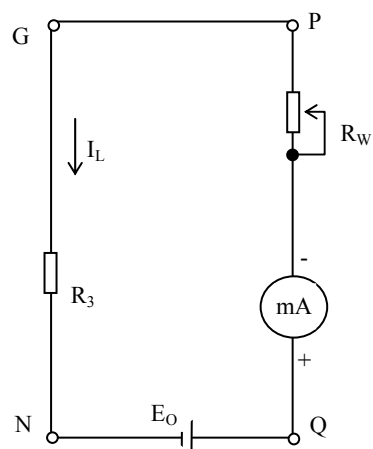


图 1-2

表 4

E <sub>0</sub>	R <sub>w</sub> =R <sub>0</sub>	I <sub>L</sub>	U <sub>GN</sub>	误差%	
				电流	电压

5. 实验完毕, 经指导教师考核评分后, 方可拆线, 并把仪器设备整理好。

## 五、实验报告

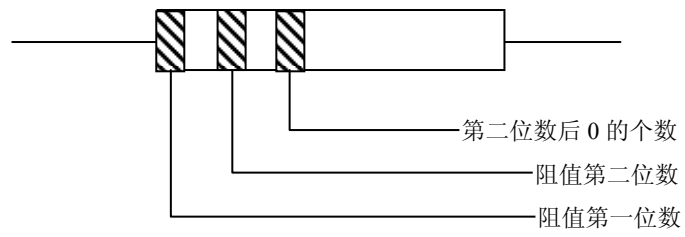
1. 写出表 2 中各电流值、电压值的计算过程（用叠加原理）。并与实测值相比较, 看是否相符。

2. 应用叠加原理的前提是什么? 用实测电流值 (I'、I''、I) 和电阻值 R<sub>3</sub>, 分别计算所耗功率, 从而说明在这方面能否适用叠加原理。

3. 将表 3、表 4 实验数据比较, 看是否相同, 从而验证戴维南定理。

[附]电阻值的色标

颜色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白
数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9



金色：在第三环时为  $10^{-1}$ ，在第四环时表示误差 5%。

银色：在第三环时为  $10^{-2}$ ，在第四环时表示误差 10%。

## 实验二 日光灯电路的联接分析

### 一、实验目的

1. 了解日光灯电路的工作原理，学习日光灯电路的接线方法。
2. 分析当日光灯电路（电感性负载）并联适当的电容时，对电路功率因数的影响。
3. 学会使用单相功率表及电度表。

### 二、概述

#### 1. 日光灯电路的组成

日光灯电路如图 5-1 所示，由开关 K、熔断器 RD、镇流器 L 及灯管、启动器 S 等部分组成。

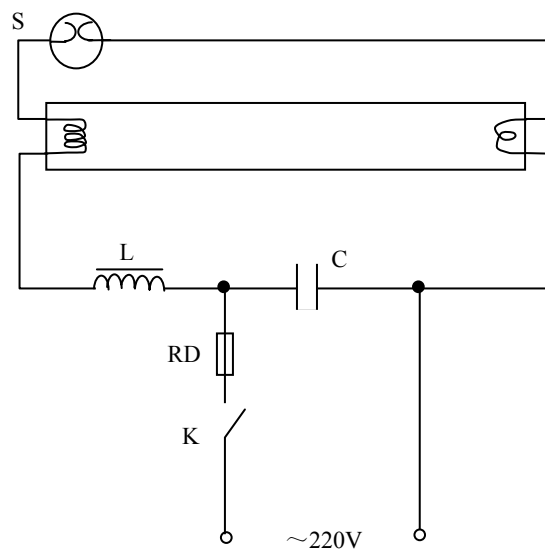


图 2-1 日光灯的基本电路

- (1) 开关：作用是控制电路的接通和断开。
- (2) 熔断器：主要用作电路的短路保护。
- (3) 镇流器：是一个绕在硅钢片铁心上的电感线圈，作用是限制和稳定日光灯的电流，此外它与启动器配合，在日光灯启动时产生较高的自感电动势加在灯管两端，激发灯管点燃。
- (4) 灯管：是一支内壁涂有荧光粉的玻璃管，管内抽真空后充入惰性气体（氙气）及少量水银，灯管两端装有灯丝。
- (5) 启动器：是一个小型辉光管，相当于一只自动开关。其作用是当日光灯启动时配

合镇流器使灯管点燃，灯亮后即停止工作。其玻璃泡内充有氖气且有两个分开的电极，一为固定电极，一为由双金属制成的可动电极。双金属片是由热膨胀系数不同的两种金属所组成，内层金属的膨胀系数较大。为了保护电极触头和减少对附近的干扰，在两电极间并联一个纸质电容器。

(6) 电容器：并联于电路上，作用是提高线路的功率因数。

## 2. 日光灯工作原理

合上开关，接通电源，此时启动器二电极触点处在断开位置，电源电压全部加在启动器二电极间，使启动器玻璃泡内产生气体放电，可动电极的双金属片受热膨胀向外弯伸而与固定电极接触，电路接通，电流通过灯管灯丝使之受热而发射电子，为点燃灯管作准备。

启动器内两电极接触后，玻璃泡内停止气体放电，可动电极的双金属片冷却收缩而与固定电极分开，在此瞬间，电路中电流突然发生变化，镇流器产生很大的自感电势，此自感电势与电源电压一起加在灯管两端，使灯管内的气体放电，水银汽化，水银蒸汽由于受到灯丝发射的高速电子的碰撞电离而产生波长较短的紫外线照射到灯管壁上的荧光粉而发光。

日光灯电路串联镇流器后成为一个电感性负载，功率因数较低，故在电路中并联适当的电容器，提高线路的功率因数。

## 三、实验设备

1. 开关及熔断器各一个
2. 日光灯一支（220V、30W）
3. 镇流器一只（瓦数与日光灯相同）
4. 启动器一个
5. 可变电容一组（如图 2-2 所示）
6. 电流表插试箱一个（如图 2-3 所示）
7. 交流电流表一个（0-1A）
8. 万用表一个。

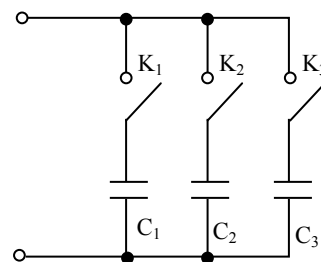


图 2-2 电容接线



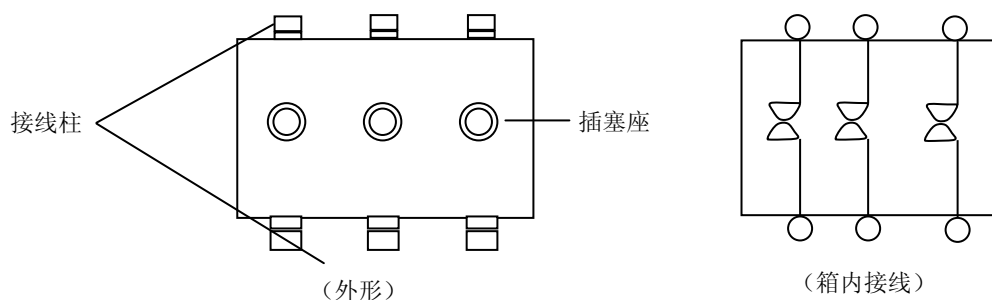


图 2-3 电流表插试箱

#### 四、实验步骤

##### 1. 选定电压

将万用电表的换接旋扭转到交流电压 500 伏档，测量实验台电源的线电压和相电压，以便选定本实验所需电压的电源接线柱（从线压为 380 伏的接线柱 U、V、W、N 中选取 220V 接线）

##### 2. 准备电流表

本实验需要测量日光灯电路的总电流  $I$ 、电容支路的电流  $I_c$  及灯管支路的电流  $I_{RL}$ ，为此应在各支路中分别串接入三个交流电流表。如图 2-4 所示。为了节省交流电流表的个数，可用图 2-3 的电流表插试箱来代替。

插试箱上每一个插塞座可视为连接电流表的位置，插塞座的两极平时是接通的。当连接电流表的插塞插入插塞座后，两极即分开。每极都分别与电流表的一极引线相连，这就相当于这支路中串接一个电流表。

##### 3. 联接电路

将本实验所需的设备按图 2-4 联接成日光灯实验电路，电路中的电容器可用可变电容代替，实验前应将电容各开关拨到“断开”位置。

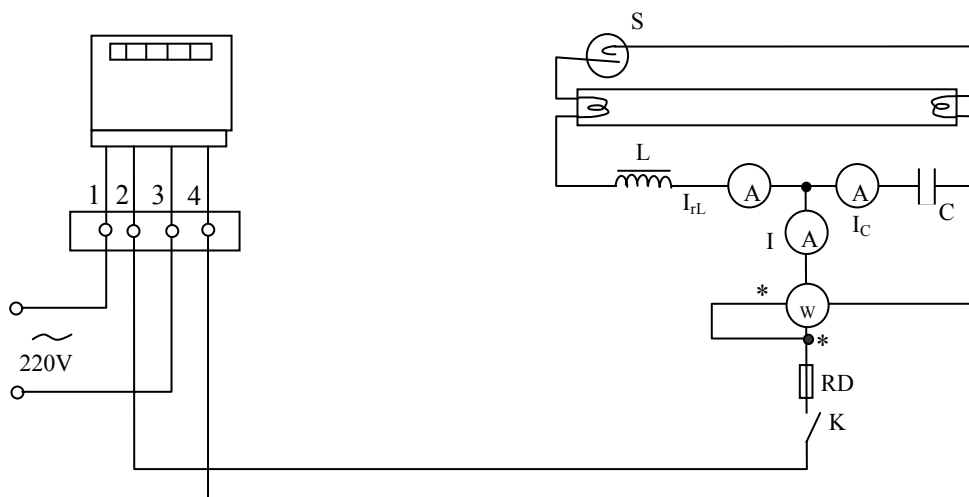


图 2-4 日光灯实验电路

#### 4. 进行实验

(1) 请辅导教师检查电路，得同意后方可合上电源开关。

(2) 观察日光灯电路是否正常工作。

(3) 按下表要求，依次操作和观察，并将实验所得数据记于表中。

并联容量		0	1 $\mu f$	2 $\mu f$	3 $\mu f$	4 $\mu f$	5 $\mu f$	6 $\mu f$	7 $\mu f$
测量数据	U (伏)								
	$U_R$ (伏)								
	$U_L$ (伏)								
	$I_{RL}$ (安)								
	$I_c$ (安)								
	I 安								
	P								
计算	$\cos\phi=p/UI$								

注：U——电源电压  $U_L$ ——镇流器二端电压

$U_R$ ——灯管二端电压

#### (4) 测量日光灯电路的电功

①电度表的电流线圈（图 5-5 中水平方向绘的线圈）跟负载串联，其电压线圈（图中垂直的线圈）跟电源并联，当负载一定时，电度表铝盘匀速转动。负载增加，则转速加快。

②图 2-5 电路不必再接线，图 2-4 接通电源，待日光灯正常工作后，观察表盘转动，并认识电度表的读数。

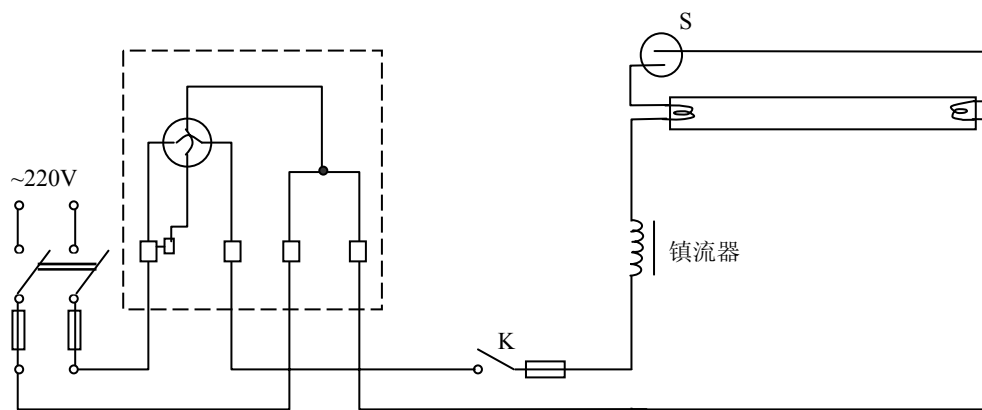


图 2-5

(5) 实验完毕，拉开电源开关，经教师检查实验数据后，拆除线路，将仪器导线整理好，评分后方可离开实验室。

## 五、实验报告

1. 在日光灯电路中并联不同的电容后，总电流  $I$  如何变化？ $\cos\varphi$  如何变化？试分析其原因，并绘出有关相量图。
2. 灯管支路中的电流  $I_{rL}$ ，与并入电容  $C$  的多少有无关系？为什么？当干路电流  $I$  最小时，比较相应的  $I_{rL}$  与  $I_C$  的大小，并稍加解析。
3. 灯管两端电压、镇流器两端电压相加是否等于电源电压？为什么？

## 实验三 三相负载电路

### 一、实验目的

1. 学习三相交流电路中负载的星形和三角形联接的方法。
2. 验证三相对称负载作星形和三角形联接时，线电压和相电压，线电流和相电流的关系。
3. 观察不对称负载作星形和三角形联接时的情况，加深理解中性线的作用。

### 二、概述

1. 三相负载有星形接法和三角形接法，作星形连接时，将各相负载的一个同名端相接在一起，把另一个同名端分别与电源的对应相线相接。作三角形联接时，将一相负载的末端与另一相负载的始端依次相接，形成△形，把△形的三个顶点引线，接于三相电源上。

2. 负载作 Y 形联接时，如果负载是对称的则有  $U_L = \sqrt{3} U_P$ ,  $I_L = I_P$  的关系，此时  $I_0 = 0$ ,  $U_{00'} = 0$ ，中线可不要。 $U_{00'}$  为电源中性点 0 与负载中性点 0' 间的电压。

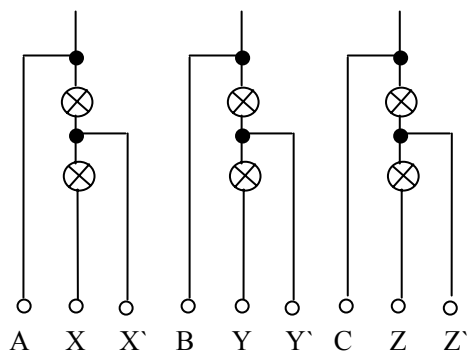
如果负载不对称，又无中线，则各相负载上的电压不对称， $U_L \neq \sqrt{3} U_P$ ，在负载极不对称的情况下，会引起阻抗大的相电压过高，以至不能正常工作，甚至会烧毁设备。

因此，不对称负载作 Y 形联接时，必须接上中线，中线的作用就在于使各相负载的电压分别等于对应各相电源的相电压，也就是使各相负载的电压对称。

3. 负载作△形联接时，各相负载的电压分别等于对应的电源电压，而电源的电压通常都是对称的，所以负载电压也是对称的。当负载对称时有  $U_L = U_P$  及  $I_L = \sqrt{3} I_P$  的关系。

### 三、实验设备

1. 三相负载灯底板一块
2. 交流电流表 (0-1.0A) 一个
3. 万用表一个
4. 电流表插试箱二个



### 四、实验步骤

#### 1. 负载 Y 形联接

底板示意图

- (1) 按图 3-1 所示接好线路。经教师检查认可后，合上 380 伏电源开关。
- (2) 使负载对称，测量  $U_L$ 、 $U_P$  及  $I_L$  并将数据记入表 3-1 中。

(3) 使负载不对称, 不接中线, 测量  $U_L$ 、 $U_P$ 、 $I_L$  和  $U_{00'}$  并将数据记入表 3-1 中。

(4) 拉开电源开关  $K_1$ , 接上中线, 负载灯数同步骤 (3) 的, 合上  $K_1$ , 测量  $U_L$ 、 $U_P$ 、 $I_L$  和  $I_0$ , 将测量数据记入表 3-1 中。

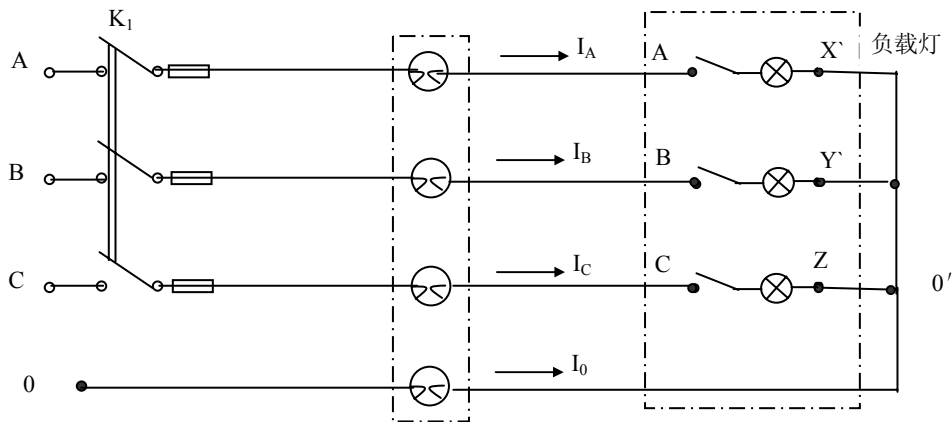


图 3-1 负载的星形联接

表 3-1

测量 数据 负载 情况		线电压 $U_L$ (伏)			相电压 $U_P$ (伏)			$U_{00'}$ (伏) (注)	电流 $I_L=I_P$ (安)			$I_0$ (安)	各相灯瓦 数		
		$U_{AB}$	$U_{BC}$	$U_{CA}$	$U_A$	$U_B$	$U_C$		$I_A$	$I_B$	$I_C$		A	B	C
对 称	有 中 线														
	无 中 线														
不 对 称	有 中 线														
	无 中 线														

(注):  $U_{00'}$  为电源中性点 0 与负载中性点  $0'$  间的电压

## 2. 负载 $\Delta$ 形联接

(1) 按图 3-2 接好线路经教师检查认可后, 合上电源开关  $K_1$ 。

(2) 使各相负载对称, 测量  $U_P$ 、 $I_L$  和  $I_P$  将数据记入表 3-2 中。

(3) 使负载不对称, 重测  $U_P$ 、 $I_L$  及  $I_P$ , 将数据记入表 3-2 中。

(4) 测线电流和相电流的电路联接如图 (a) 所示, 其原理与图 (b) 相对应。

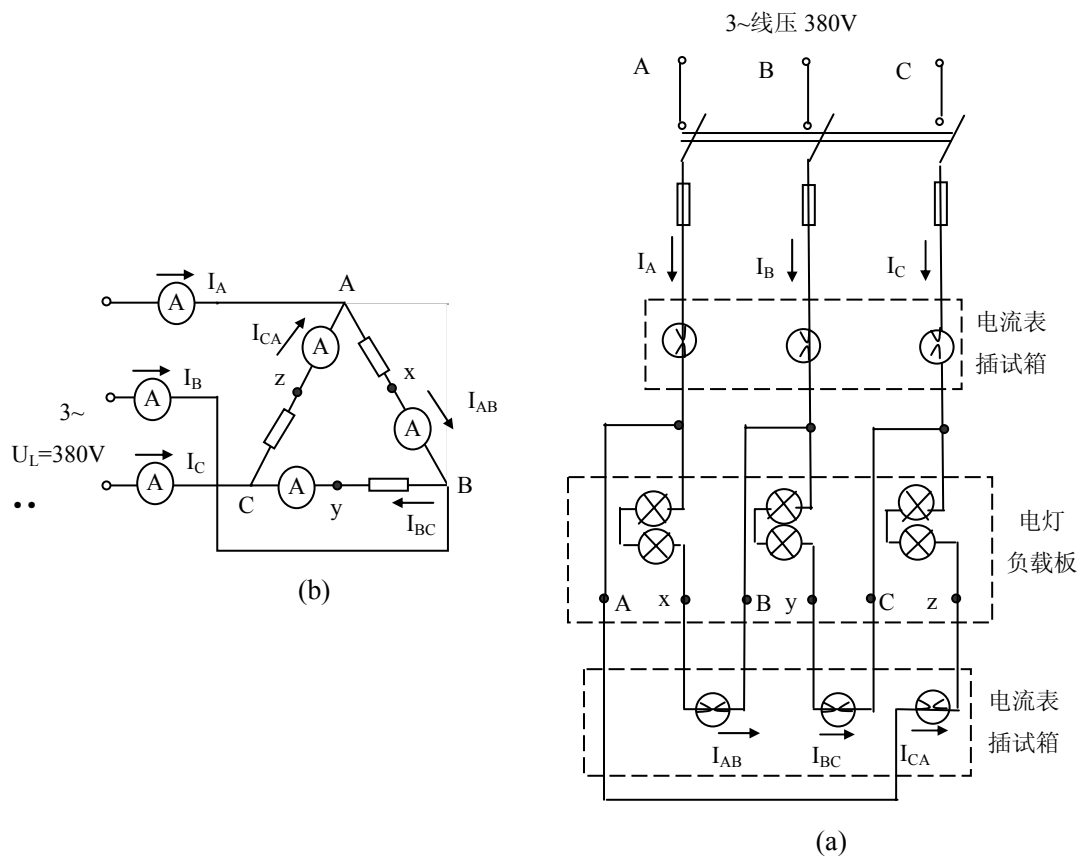


图 3-2 负载的 $\Delta$ 联接

最后，将上述各实验结果记录好，断开电源，把仪器设备整理复原，保持实验室整洁。

测量 数据 负载 情况	线电压 $U_L=U_P$ (伏)			线电流 $I_L$ (安)			相电流 $I_P$ (安)			各相灯 瓦 数			备 注
	$U_{AB}$	$U_{BC}$	$U_{CA}$	$I_A$	$I_B$	$I_C$	$I_{AB}$	$I_{BC}$	$I_{CA}$	AB	BC	CA	
对 称													
不 对 称													

## 五、实验报告

1. 通过实验所知，谈谈负载 Y 按时中性线的作用和实际应用中应注意的问题。
2. 负载作 $\Delta$ 接时，其中一相电源线（火线）断了，则各相电灯的亮度如何变化？为什么？

## 实验四 电容器充、放电过渡过程的研究

### 一、实验目的

研究由电阻与电容器串联组成的电路接通于恒定电压源时的充放电过渡过程，通过本实验绘制出充电及放电电压与电流特性曲线。

### 二、原理简述

在 RC 电路中，电容器的充、放电过程，其两端电压随时间按指数规律变化。充电时， $U_c = U(1 - e^{-t/RC})$ ，按指数律增长。当  $t = \tau = RC$  时， $U_c = 0.632U$ ，即经过一个时间常数  $\tau$  后，电容二端电压充至电源电压  $U$  的 63.2%；放电时， $U_c = Ue^{-t/RC}$ ，按指数律衰减，当  $t = \tau = RC$  时， $U_c = 0.368U$ ，即经过一个时间常数  $\tau$  后，电容二端电压降至原来电压  $U$  的 36.8%。

若  $U=15$  伏，则  $0.632 \times 15 = 9.48 \approx 9.5V$

$0.368 \times 15 = 5.52V$ 。

### 三、实验仪器

直流稳压电源

直流毫安表（0-10mA）一只，秒表一只

万用电表一只，实验底板一块。

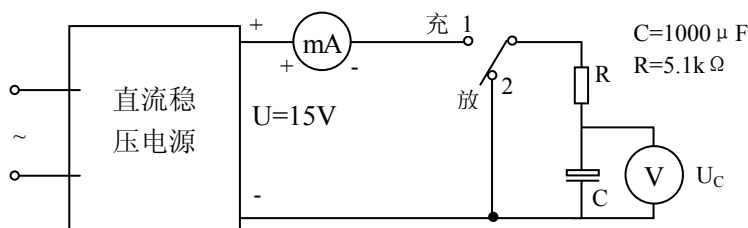


图 4-1 充电实验电路

### 四、实验步骤

#### （I）充电实验

1. 按图 4-1 接好线路（注意电解电容  $C$  的极性），经教师检查无误后，开启电源，调节直流稳压电源的输出电压为 15V（为了减少误差，建议用同一万用电表量测）。

2. 将开关  $K$  置于“充”的位置，同时按秒表计时，在 5 秒时记录电压表读数。

3. 将  $K$  置于“放”一边，观察电压表读数变化，一直到读数为 0，表明电容  $C$  已放电

完毕（为了加快放电，可用导线直接跟电容二端短时接触）。

4. 重复步骤 2、3 两次，记下每次电压表的读数，将三次读数取平均值，将此电压值记于表一中。

5. 用  $t=10$  秒，15 秒，20 秒，25 秒，30 秒，与步骤 2、3、4 相同，分别读出相应的电压值记于表一中。

6. 根据电容器充电规律  $U_c=U(1-e^{-t/RC})$ ，测量当  $U_c=0.632U$  即 9.5V 时所需时间  $t$ ，记于表二中，并跟理论值的  $\tau=RC$  相比较。

7. 放电完毕，再将开关 K 置于“充”的位置，同时按秒表计时，在 5 秒时记录电流表的读数。

8. 测量充电电流的做法与电压相同，把所测数值记于表一中。

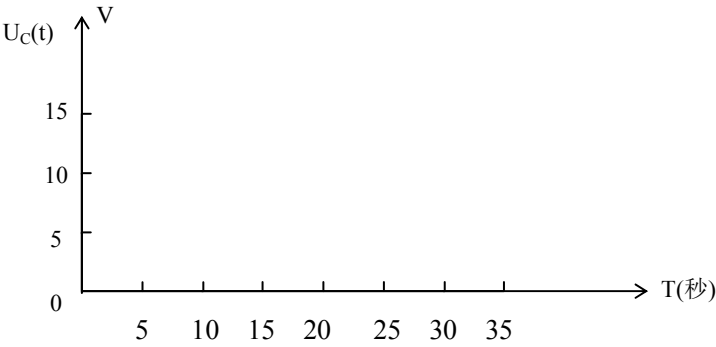


图 4-2 充、放电特性曲线

表一

时 间		充电电压		充电电流		放电电压		放电电流	
5 秒	第一次								
	第二次								
	第三次								
10 秒									
15 秒									
20 秒									
25 秒									
30 秒									

表二

电 压 (V)	实测所需时间 $t$ (s)	理论值 $\tau=RC$	误差%
充电 ( $U_c=63.2\%U$ )			
放电 ( $U_c=36.8\%U$ )			

（注）实测值与理论值有出入，主要原因之一是电解电容的标称值与实际值误差较大所致。



## (II) 放电实验

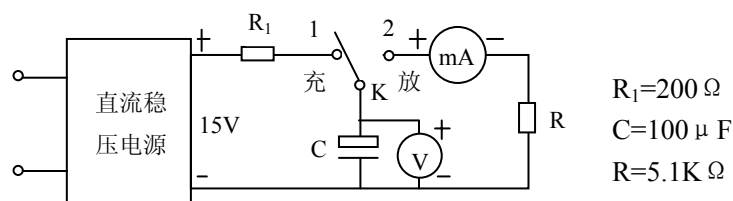


图 4-3 放电实验电路

1. 把电源关掉，按图 4-3 接好线路，经教师检查后，开启电源，调节直流稳压电源输出电压  $U=15\text{V}$ 。
2. 先将开关 K 置于“充”的位置，注意电压的读数稳定在  $15\text{V}$  时，表明电容已充好电。
3. 再将开关 K 从“充”转到“放”的位置，同时按秒表计时，达 5 秒时记录电压的读数后，再置开关 K 于“充”的位置，目的是使电容 C 重新达到稳态。
4. 重复步骤 2 与 3 两次，记下每次电压表的读数，将三次读数取平均值，记于表一中。
5. 用  $t=10$  秒、 $15$  秒、 $20$  秒、 $30$  秒，与步骤 2、3 相同，分别读出相应的电压值记于表一中。
6. 当  $U_c$  下降到起始电压的  $36.8\%$ （本实验即  $5.52\text{V}$ ）时，实测一次所需的放电时间  $t$  与  $\tau$  的理论值相比较，记于表二中。
7. 测量放电电流与放电电压的做法相同，把所测的数值记于表一中。

## 四、实验报告

1. 绘制出充电及放电电压和电流特性曲线。
2. 在充、放电过程中，电路中的电流与电容两端电压如何变化？（初态、暂态、稳态）分析其变化规律。
3. 实验计算值与理论值误差可能出在哪几方面？

## 实验五 三相异步电动机试验

### I. 电动机的绝缘试验

#### (一) 概述

一台电动机如初次使用，或是经过检修之后，或许停放许久未有使用等，在使用前都要经过绝缘试验。绝缘试验主要是检查定子各相绕组之间或是绕组对地（机壳）之间的绝缘程度是否合格。

对于中小容量的电动机，它的绝缘电阻通常是最低都要每伏一千欧，即对应于 1 伏的电压要有 1 千欧以上的绝缘电阻，对于工作在 380 伏的电机，电阻不应小于 0.5 兆欧 ( $0.5\text{M}\Omega$ ，即 50 万欧)，当然，绝缘电阻越大越好。

#### (二) 方法和步骤

本实验采用 500 伏摇表。

1. 摇表外面有两个接线柱，分别标有“L”和“E”符号。将二绝缘导线的一端分别接于二接线柱上，另二端分开，用手摇动摇表（转速约 120 转/分），表的指针应指向无穷大 ( $\infty$ )。如果把引线的两线端迅速碰一下，表的指针应偏转至零欧。

2. 测定电动机绕组的相间绝缘电阻时，将摇表“L”“E”的引线分别接至待测的不同相绕组的端头，摇动摇表，表的指针应指到 0.5 兆欧以上才算合格。见图 5-1 (a)。

3. 测定各相绕组对铁心（外壳）的绝缘电阻时，可将“L”引线接该相绕组的一个端头，“E”的引线与外壳相接，绝缘电阻也应在 0.5 兆欧以上才算合格。见图 5-1 (b)。

4. 观察兆欧表的读数并填于表 5-1 中。

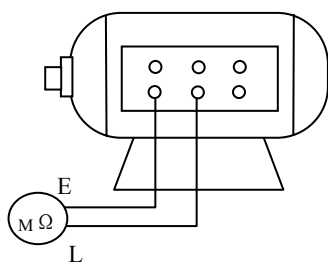


图 5-1 (a) 测相间绝缘电阻

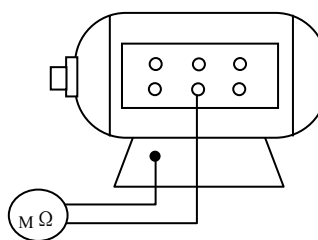


图 5-1 (b) 测相与外壳间的绝缘电阻

表 5-1

相间绝缘 (MΩ)			每相对地机壳绝缘 (MΩ)		
UV 相间	VW 相间	UW 相间	U 相	V 相	W 相

## II. 三相绕组始末端的判断

(一) 目的：掌握分辨三相绕组始末端的出线头

三相异步电动机定子三相绕组有六个线头，可接成 Y 形或  $\Delta$  形。电动机出厂时，六个出线头都标有符号。始端分别为  $U_1$ 、 $V_1$ 、 $W_1$  (旧符号为 A、B、C)，末端分别为  $U_2$ 、 $V_2$ 、 $W_2$  (旧符号为 X、Y、Z)，依据符号是不难进行正确联接的。如果电动机使用日久，标号混淆不清，不能辨别时，就有重新鉴定的必要。

(二) 原理

比较简便的是交流感应法。

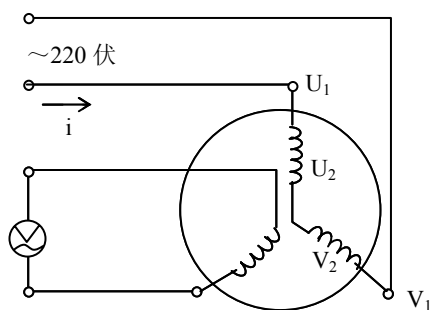


图 5-2 (a)

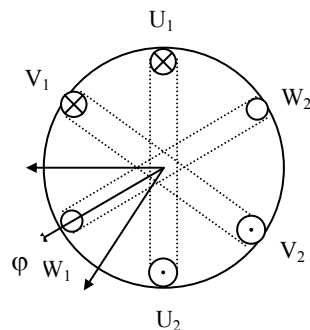


图 5-2 (b)

在图 5-2 (a) 中，第一相和第二相的绕组是末端和末端相接，虽有交流电流通过这两个互相串联的绕组，但第三组绕组所接的电压表读数近似为零，原因可以从图 5-2 (b) 看出。因绕组  $U_1-U_2$  和绕组  $V_1-V_2$  所产生的合成磁通  $\phi$  和第三相绕组的平面平行，故在第三相绕组中不会感生电动势。

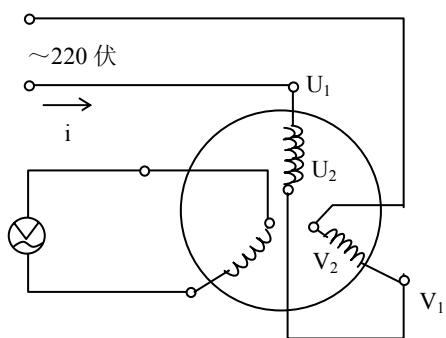


图 5-3 (a)

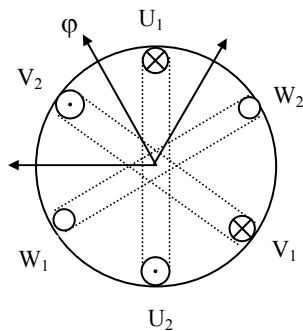


图 5-3 (b)

在图 5-3 (a) 中，第一组绕组的末端与第二相绕组的始端相接，交流电流通过此两个串联绕组后，第三相绕组所接的电压表有读数。原因可以从图 5-3 (b) 看出。因合成磁通  $\phi$  在第三绕组中感生了电动势。

### (三) 步骤

1. 应用万用电表的欧姆档，如图 5-4 所示，用测棒依次将每相绕组的出线头找出后，再进行确定它的始末端。

2. 如图 5-5 将任意两相绕组串联，第三相绕组开路。两个串联的绕组接上 220 伏的交流电源后，用万用电表交流电压档 (100V) 测量第三相绕组两端电压判断这两个绕组是始端与始端相接 (同名端相接)，或是始端与末端相接，把这两个串联绕组中的每一个绕组的始末端确定下来。如电压近似为零则判断第一、二相为尾端与尾端相联如图 5-2 (a)。若电压不近似为零，则判断第一相的尾端与第二相的首端相联。如图 5-3 (a)。

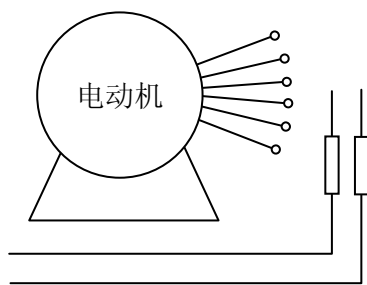


图 5-4

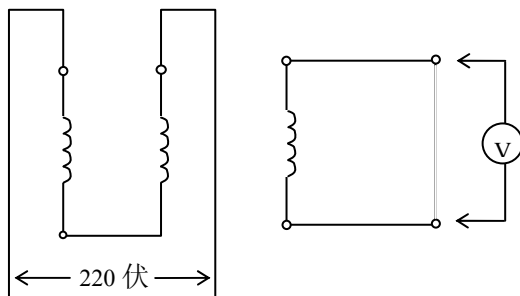


图 5-5

3. 将上述两个串联绕组拆开，将第三相绕组跟这两个拆开的绕组中的其中一个绕组串联，剩下的一个绕组开路，如“2”所述重做试验，定出第三相绕组的始末端。
4. 弄清三相绕组始末端后，正确把电动机接好运转，然后对调电源相序，观察电动机是否反转。

### III、异步电动机的起动

（一）说明：电动机的起动电流很大，约为额定电流的 4-7 倍。为了限制起动电流，鼠笼式三相异步电动机采用降压起动方法。常用的降压起动方法有自耦变压器起动和星—三角起动。本实验所用的是 QX1-13 型 Y— $\Delta$  起动。

这样的起动方法，能使起动时电流减少到为  $\Delta$  形直接起动时的三分之一。但必须是电动机正常运转时是  $\Delta$  接的情况下才能采用 Y- $\Delta$  起动法。

#### （二）步骤

1. 按图 5-6 接好线路。
2. 先把星三角起动器的开关置于 Y 接位置，再合上电源开关 Q，电动机作 Y 接起动。起动瞬间把起动电流记录下来。转动后把起动器开关扳到（ $\Delta$  接）一边，起动过程完毕。
3. 把电源开关 Q 拉下，待电动机停转后，把起动器开关扳到  $\Delta$  接位置，再合上电源开关 Q，电动机作  $\Delta$  接起动，起动瞬间把起动电流记入表中。

表

起 动 方 法	起 动 电 流	$I_{stY}/I_{st\Delta}$
Y- $\Delta$ 起动	$I_{stY} =$ 安	
$\Delta$ 形直接起动	$I_{st\Delta} =$ 安	

注意 ①电动机新旧符号：U<sub>1</sub> (D<sub>1</sub>)，V<sub>1</sub> (D<sub>2</sub>)，W<sub>1</sub> (D<sub>3</sub>)，U<sub>2</sub> (D<sub>4</sub>)，V<sub>2</sub> (D<sub>5</sub>)，W<sub>2</sub> (D<sub>6</sub>)  
 ②如电动机铭牌的额定电压是 380/220 伏，就应该使用线电压为 220 伏的三相电

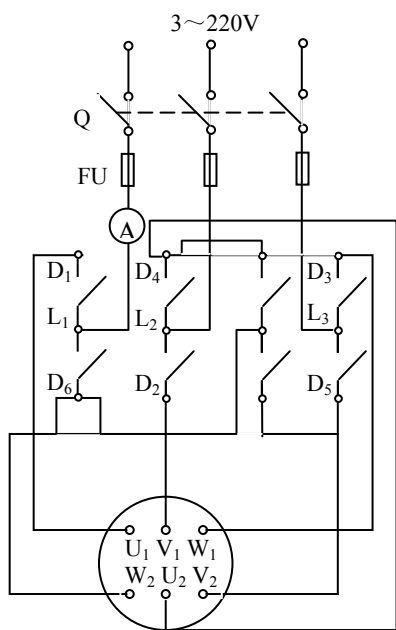


图 5-6

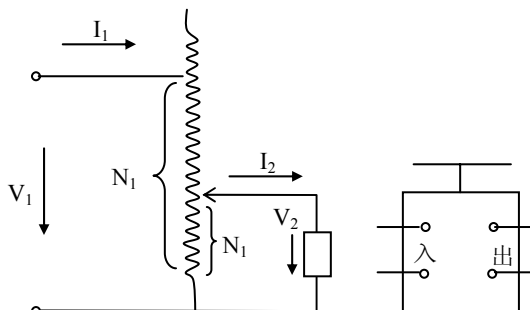


图 5-7

#### IV. 自耦变压器的认识与使用

自耦变压器如图 5-7 所示，它是初级和次级合用一个绕组的变压器。其中某一绕组同时为另一绕组的一部分，它和普通变压器一样可以升压也可以降压。

自耦变压器的作用与普通变压器相同。原、副绕组电压之比等于它们的匝数比，即：

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = K$$

自耦变压器多用于实验室或要求均匀调压的用电场合。输出电压可以从零伏平滑地变到 250V。

注意：自耦变压器不能作为安全变压器使用。

#### V. 实验报告

1. 简述判别定子绕组首尾端的方法。
2. 试叙电动机采用 Y-△起动法的条件，并证明用 Y-△起动时起动电流  $I_{stY}$  是△直接起动时电流  $I_{st\Delta}$  的三分之一。而实验数据此结果又有较大出入，应如何解析？
3. 为什么自耦变压器不能作为安全变压器使用？

## 实验六 异步电动机控制（一）

### 一、目的要求

熟识交流接触器的接线以及按要求正确控制电动机。

### 二、概述

1. 一般机床电动机的控制,多采用交流接触器,它可以达到远距离控制和欠压失压保护的目的。如配以热继电器,还可达到过电流保护的目的。

2. 交流接触器的构造,根据用途不同,接触器的触头分主触头和辅助触头两种。如CJX1-12型交流接触器有五个常开触头。其中三个可作为主触头,另外两个可作辅助触头,还有两个常闭的辅助触头。

图 6-1 是其结构示意图。

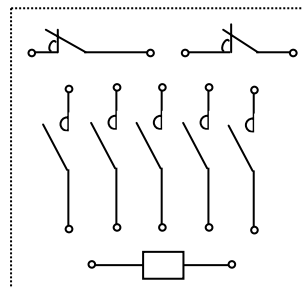


图 6-1 交流接触器结构示意图

3. 控制电动机点动和直接起动的线路;如图 6-2。所需设备除交流接触器外,还有“起动”和“停止”双联按钮。在接线时要注意“起动”按钮用常开触头,“停止”按钮用常闭触头。

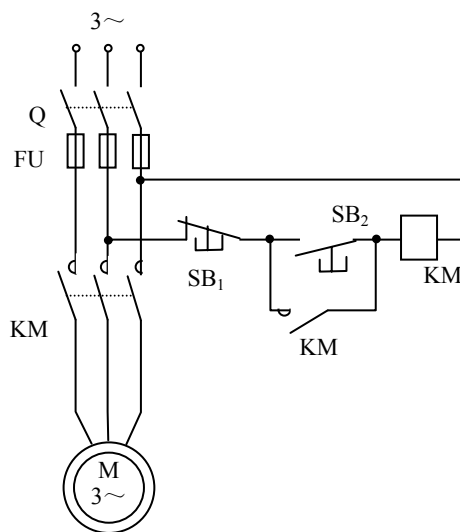


图 6-2

4. 电动机的顺序控制线路如图 6-3 所示,若有两台(或两台以上)的电动机,开动时必须按一定顺序要求,不能随便倒过来,这需要相应的交流接触器分别控制,在二次电路中,前者的常开触头与后者的吸持线圈串接。

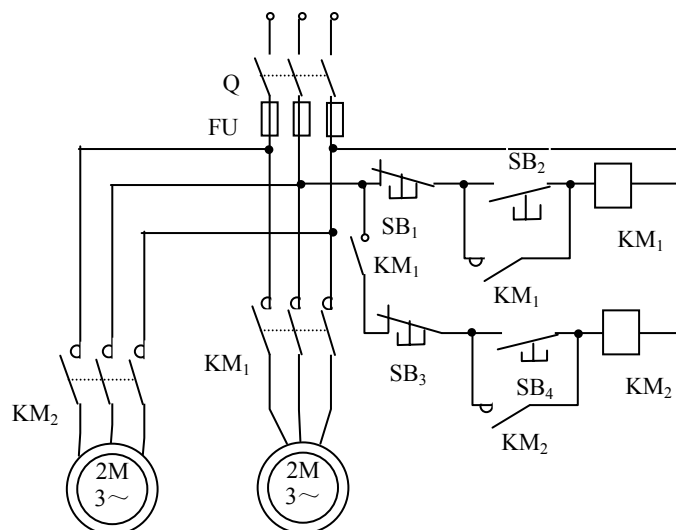


图 6-3 顺序控制电路

### 三、仪器设备

- |                    |     |
|--------------------|-----|
| 1. 交流接触器 CJX1-12 型 | 2 个 |
| 2. “起动”、“停止”双联按钮   | 两套  |
| 3. 三相交流电动机         | 二台  |

### 四、实验步骤

1. 首先对交流接触器和按钮的构造认识清楚，对着实物看清哪个是吸持线圈（它的额定电压是多少？接线头位置等），采用哪些主触头和辅助触头（常开与常闭），其接线位置在哪，切忌心中无数，随便接线。

2. 电动机的自锁控制直接起动线路如图 6-2 所示，按图接线，先接一次线路后接二次电路。要求引至“起动、停止”双联按钮的导线不超过三条。

3. 拉开电源开关，在上述电路的基础上，按图 6-3 线路联接，作电动机的顺序控制试验，接线要尽量做到主次分明，用线合理。

4. 根据实验要求，由同学自己设计异步电动机多地点控制电路图要求

①对电动机进行两地起动，两地停止控制，且其中一处能自动、又能点动控制。

②按照设计电路图接线，观察电动机的起动过程：

5. 实验完毕，把仪器设备及导线整理好。



## 五、实验报告中

1. 对于顺序控制线路，除了图 6-3 所示之外，你能想出另外的方案吗？

2. 某同学按图 6-2 接线，试验时，按下 QA。

①交流接触器不动作，其可能原因何在？

②交流接触器动作，电动机不转动或者转得较慢，并有“嗡嗡”声，试分析和处理故障。

## 实验七 异步电动机控制（二）

### 一、原理简述

对一台电动机的正反转控制，应该用两个交流接触器分别控制其正转与反转。主电路上用两相线交叉对换来达到目的。在控制线路中，为了防止因误操作而产生故障，必须有联锁措施，用常闭触头交叉串接在对方的二次电路中。图 7-1 为具有双重联锁的正反转控制线路。

### 二、实习步骤

1. 按图 7-1 线路接线，要求从“正反停”三联按钮出来的导线不要超过五条，详细检

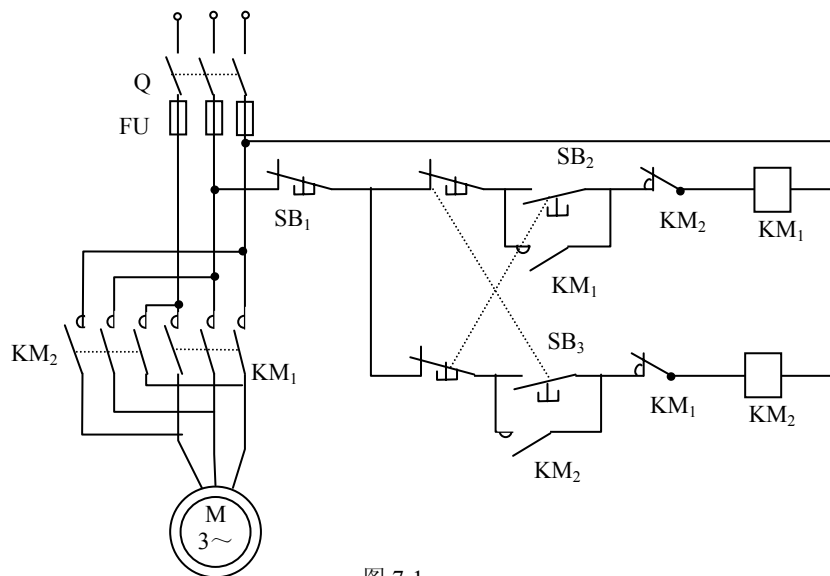


图 7-1

查后，经指导教师复检方可合上电源开关进行试验。

2. 电动机的时间控制（学生自行设计）。

[题目要求]：有两台三相异步电动机 1D 和 2D，要求 1D 先起动，经过一定延时后 2D 能自行起动；2D 起动后，1D 立即停车。试绘出控制线路（时间继电器最好不要长期通电）。

按学生本人绘制的控制线路接线，经老师检查后，合上电源观察电动机起动过程。

3. 实验完毕，将仪器设备及导线整理好。

### 三、实验报告

1. 正反转控制电动机，如无联锁措施，会有什么问题？
2. 解释自锁触点和联锁触点在电动机正反转控制线路中的作用。

3. 通过实验后，你对控制线路的接线有何体会？

## 实验八 接地电阻的测量

### 一、目的

学会测量接地电阻的方法

### 二、简述

1. 一项建筑工程，其防雷接地（或电气接地），接地电阻必须符合要求，所安装的地极或地网，要求测其接地电阻值。

另外，接地装置的接地电阻受外界条件的影响，会在较大的范围内变化，因此，各种接地装置的接地电阻应当定期测量，以检查其可靠性。工业企业各种接地装置的接地电阻，至少每年测量一次，一般应在雨季前或其他土壤最干燥的季节测量。

2. 人工接地体工频接地电阻的计算公式，随各种不同接地方式而异，一般单支垂直接地体的接地电阻  $R_d$  可按下式计算：当  $L \gg d$  时，

$$R_d = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{4L}{d}$$

式中： $\rho$  ——土壤电阻率（欧·米），见附表；

$L$  ——垂直接地体的长度（米）

$d$  ——接地体用圆钢时为圆钢直径（米）；用其他钢材时为等效直径；等边角钢为  $0.84 \times$  角铁每边宽度（米）；钢管为外径；扁钢为宽度一半。

经过计算后，还须实测核实接地电阻是否符合要求。

附表：

各种土壤电阻率

泥碳、沼泽地	20 欧·米	砂质粘土	100 欧·米
黑、园田土	50 欧·米	黄 土	200 欧·米
粘土	60 欧·米	砂 砾	1000 欧·米

### 3. 用电压表、电流表测量接地电阻

在缺乏接地电阻测量仪器的情况下，可用如图 8-1 方法：

如果电压极、电流极和  $R_x$  和电流极的对地电压曲线趋于零的范围之外，则可根据电流表读数  $I$  和电压表读数  $V$  求得接地电阻

$$R_x = \frac{V}{I}$$

[说明]

(A) 为了安全, 以及为了能使测量电流与电网分开, 消除电网可能给测量带来影响, 该交流电源必须是不接地的, 应采用双线圈变压器 (图 8-1 中的 B)。

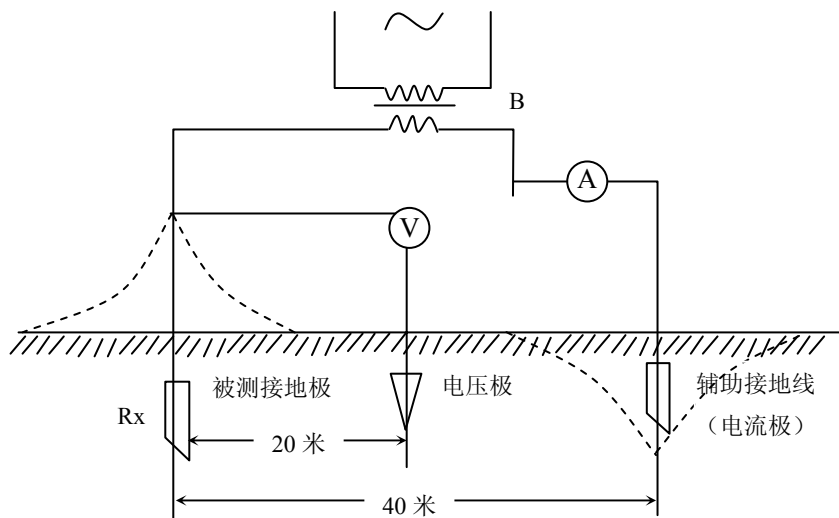


图 8-1

(B) 为了测量结果更符合实际情况, 希望测量时的接地电流不要太小, 测量时所用变压器容量一般在 1 千伏安以上, 测量电压不宜超过安全电压。

#### 4. 接地电阻测量仪测量法

接地电阻测量仪本身能产生交变的接地电流, 不需要外加电源。电流极和电压极也是配套的, 使用简单, 携带方便, 且抗干扰性能较好, 应用十分广泛。

接地电阻测量仪, ZC—8 型地阻测量仪的接线端钮, 如图 8-2 所示, 测量时分别接于被测接地体、电压极和电流极, 以大约每分钟 120 转的速度转动手柄, 即可产生适当的交流沿被测接地体和电流极构成回路, 稳定后, 可直接读出被测接地电阻值。

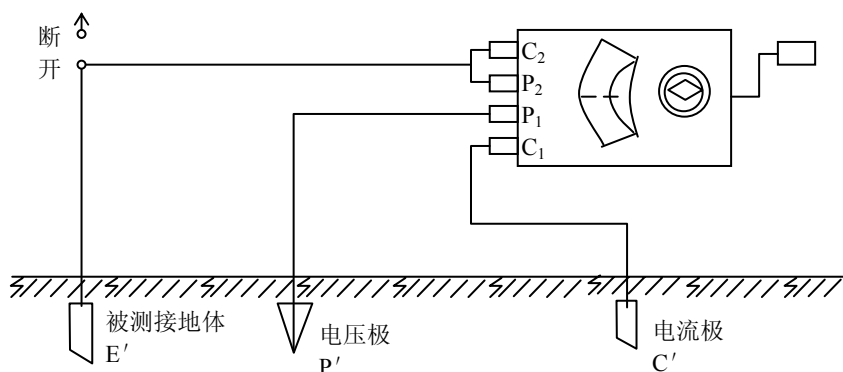


图 8-2

辅助电极与被测电极间的距离跟电流表—电压表法相同。

不论用哪种方法测量接地电阻时，均应将被测接地体同其他接地体分开，以保证测量的正确性。

### 三、实习

按 3 或 4 方法，分别对指定的接地体进行测量，求其接地电阻数值

[附]ZC—8 型接地电阻测量仪使用的读数方法：

1. 接线如图 8-2 所示，仪表板如图 8-3 所示。
2. 将仪表水平放置，检查检流计的指针是否指于中心线上，否则可用零位调整器调好。
3. 将倍率标度置于最大倍数，转动发电机摇把，同时旋动“测量标度盘”使检流计的指针指示中心线。
4. 如“测量标度盘”的读数小于 1 时，应将倍率标度置于较小的倍数（倍率标度置于较小的倍数 C 倍率标度有  $\times 10$ 、 $\times 1$ 、 $\times 0.1$  之档），再重新调正测“量标度盘”以得到正确的读数。

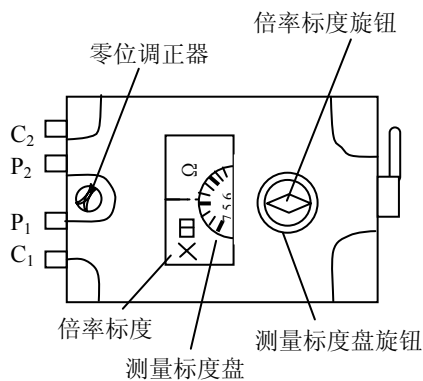


图 8-3

5. 用“测量标度盘”的读数乘以倍率标度的倍数，即为所测的接地电阻。

## 实验九 设计性实验 多台电动机继电器—接触器程序控制的简单设计

### 一、实验目的

1. 掌握多台电动机继电器—接触器程序设计的基本方法和步骤。
2. 按照工艺要求，设计控制线路原理图。

### 二、题目要求

一台大型精密机床，内由四台电动机 1D、2D、3D 和 4D。1D 为润滑油泵，2D 为冷却水泵，3D 和 4D 为主机动力。试按下列要求设计机床控制线路。

- (1) 1D、2D 先起动，3D、4D 才能起动。
- (2) 3D 要求既能正、反转，又能点动控制正、反转，并加两边终端保护。
- (3) 3D 起动后，经过一定延时后，4D 能自行起动（用空气式时间继电器），正常工作时，时间继电器线圈不带电。
- (4) 4D 要二地控制停车。
- (5) 4D 停车后，3D 才能停止。3D 停车后，1D、2D 才能停。
- (6) 每台电动机均具有欠压、过流、短路保护。各机工作时绿灯指示，停止时红灯指示，（指示灯电压为 380V）。

### 三、设计要求

1. 给出较正规的电气控制原理图。电气用的图形符号，按新国家标准（可参阅秦曾煌编的电工学上册有关部分）。
2. 简单说明控制系统的工作原理。
3. 写出所需设备元件，并在电工实验室完成实验。
4. 每一位同学必须在实验前一图将自己的设计线路交到电工实验室，由教师审阅。并统一安排实验时间。实验时，按学生本人绘制的设计线路图进行。

# [附]常用仪器仪表的使用

## 一、模拟万用电表

万用表是一种多用途的电表，可以用来测量直流电流、直流电压、交流电压、电阻和音频电率等。

万用表的种类很多，测量范围亦有各异，因此面板上的布置也不尽相同。图 1-1 是 MF-30 型万用表的面板图。

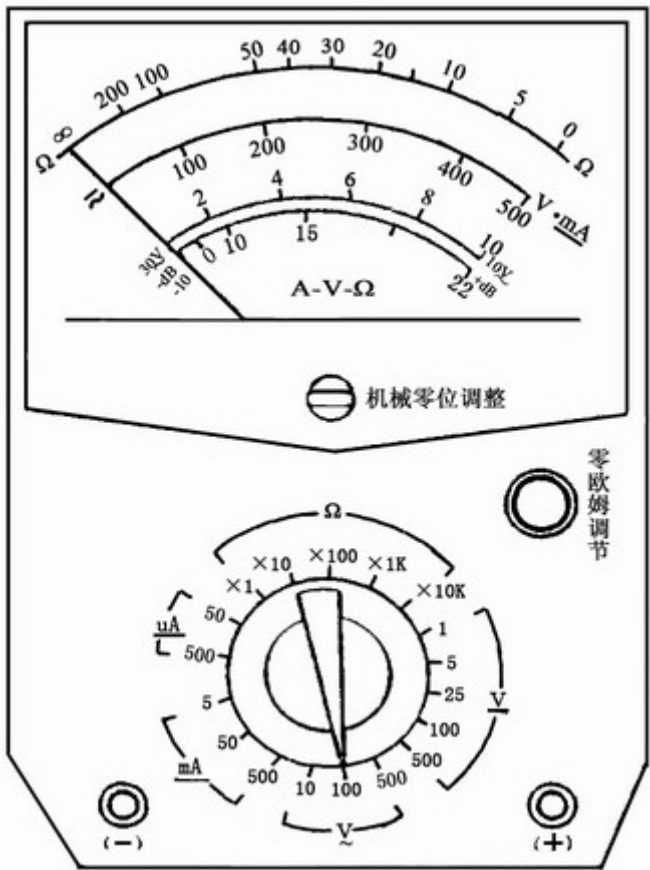


图 1-1 MF-30 型万用表面板图

### 1、万用表的使用方法

虽然万用表的型式多种多样，但使用方法大体相同。在此以 MF-30 型万用表为例来说明万用表的使用方法。

#### (1) 零位调整：

使用前应注意指针是否指在零位上。如不指在零位时，可调整表上的机械零位调节器，



调至零位。

(2) 直流电流的测量：

测量前先估计被测量的大小，再将转换开关旋在适当量限的直流微安或毫安的档位上。这时万用电表相当于一个直流微安（或毫安）表。假定转换开关旋在直流 5mA 挡位上，读表盘上 0~500V。mA 标度尺的数值，则被测电流的实际值=标度尺上的读数÷100。

在测量电流时，电表串联在被测支路中，待测的电流通过电表。因此，电表的内阻会造成一定数值的电压降（一般在几十毫伏到几百毫伏）。此电压降将引起电路工作电流的变化，造成测量误差。万用表毫安（mA）挡量限愈小，内阻愈大。适当选择大一些的量限，可以减少由电表内阻造成的误差。

(3) 直流电压的测量：

将测试杆红色短杆插在“+”插口，黑色短杆插在“-”插口。将范围选择开关旋至直流电压的五档范围内。如不能确定被测电压的大约数值时，应先将范围选择开关旋至最大量限上，根据指示值的大约数值，再选择适宜的量限位置上，使指针得到最大的偏转度。

(4) 交流电压测量：

方法与测量直流电压相似，只要将选择开关旋至交流电压范围内即可。

(5) 电阻的测量：

将选择开关旋至“Ω”各档范围，并将测试杆二端短路，指针即向“0Ω”偏转，调节零欧姆调正电位器，使指针准确指在欧姆刻度的零位上。然后将测试杆分开去测量未知电阻的阻值。

由于通过表头的电流与被测电阻不是正比关系，所以表盘上的电阻标度尺是不均匀的。图 1-2 最上一行为万用表表盘上的欧姆刻度。

万用表的Ω档分为×1、×10、×1k 等几档位置。刻度盘上Ω的刻度只有一行，其中 1、10、1k 等数值即为电阻Ω档的倍率。例如：转换开关旋在 1k 位置，测试笔外接一被测电阻  $R_x$ ，这时指针若指着刻度盘上的 30Ω，则  $R_x=30 \times 1k=30k \Omega$ 。

被测电阻的实际值=标度尺上的读数×倍率

由于电池的电动势会下降，所以在测量之前，先将两根测试笔短接，转动调零电位器，使指针指在 0Ω 的位置，而后再进行测量。

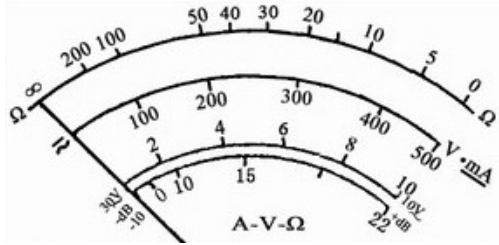


图 1-2 表盘上的刻度

## 2. 使用万用表时的注意事项

(1) 用一副红、黑测试笔分别插在表上的“+”、“-”(或“\*”)插孔里,每次测量前应预先选好待测的量限档级。

(2) 测电路上两点间电压时,黑色测试笔应接低电位点,红色测试笔应接高电位点。

(3) 测直流电流时,要把电表串入支路中,所以必须先把被测支路断开。如果没有断开支路就把两支测试笔搭到支路的两端点上去,实际上是用电流表去测电压,电表即被烧毁。

(4) 测电阻前,要进行零欧姆调节。测量时,指针愈接近欧姆刻度中心读数,测量结果愈准确,所以要选择适当的倍率。每换一个量限,都要重新调零。

绝对不能在带电电路上测量电阻。因为这样做实际上是把欧姆表当作电压表使用,极易使电表烧坏。

电阻(或电流)测量完毕后,应将转换开头旋至高电压(如 500V)档位,这是防止误用欧姆档(或电流档)测电压的良好习惯。

(5) 利用欧姆档来测试半导体元件时,要记住红测试笔接着表内电池的负端,表内电池的电流自黑色测试笔流出。

归纳起来,使用万用表时要遵循一看、二扳、三试、四测四个步骤。

一看:测量前,看看仪表联接是否正确,是否符合被测量的要求。要测电流时,仪表必须串联在被测的支路中;在测电阻前,仪表要调零。

二扳:按照被测电量的种类(如直流电压、电阻等)和估计的大小,将转换开关扳到适当的档位。

若不知被测量范围,可先选较高的量限,逐渐降低到适当的量限。

三试:测量前,先用测试笔触被测试点,同时观看指针的偏转情况。如果指针急剧偏转并超过量限,应立即抽回测试笔,检查原因,予以改正。

四测:试验中若无异常现象,即可进行测量,读取数据。

测量时,使用测试笔不要用力过猛,以免测试笔滑动碰到其它电路,造成短路或超压事故。

## 二、数字万用电表

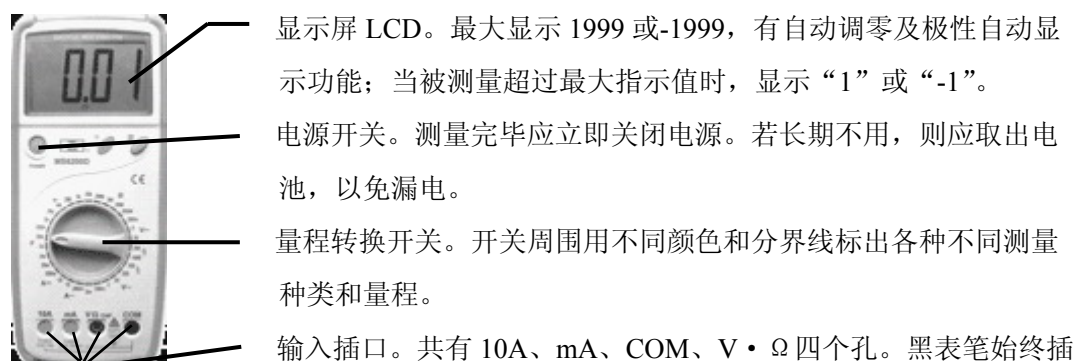
### 1、MS8200 型数字万用表的技术性能

- 防表笔误插装置
- 数据保持
- 背景光

- 显示器：最大显示数 1999，字高 28mm
- 直流电压（DC V）：200mV/2/20/200V $\pm$ 0.5%，1000V $\pm$ 0.8%
- 交流电压（AC V）：200mV $\pm$ 1.2%，2/20/200V $\pm$ 1.0%，700V $\pm$ 1.2%
- 直流电流：2m/20mA $\pm$ 1.0%，200mA $\pm$ 1.5%，10A $\pm$ 2.0%
- 交流电流：2mA $\pm$ 1.2%，200mA $\pm$ 2.0%，10A $\pm$ 3.0%
- 电 阻：200/2K/20K/200K/2M $\Omega$  $\pm$ 1.0%，200M $\Omega$  $\pm$ 5.0%
- 电 容：2n/20n/200n/2 $\mu$ /20 $\mu$ F $\pm$ 4.0%
- 通断测试
- 二极管测试
- 电 源：6F22(9V) X 1
- 外形尺寸：191 X 82 X 36mm
- 重 量：约 280g

## 2、数字万用表的结构

由于 MS8200 型数字式万用表应用了大规模集成电路，使操作变得更简便，读数更精确，而且还具备了较完善的过压、过流等保护功能。附图 1 为 MS8200 型数字万用表的面板布置图。其各部分作用：



附图 1

在 COM 孔内；红表笔则根据具体测量对象插入不同的孔内。在使用各电阻档、二极管档、通断档时，红表笔接“V $\cdot\Omega$ ”插孔（正极），黑表笔接“COM”插孔（负极）。这与模拟式万用表在各电阻档时的表笔带电极性恰好相反，使用时应特别注意。

## 3、基本使用方法

### （1）测直流电压

将电源开关拨至“ON”，量程开关拨至“DC V”范围内的合适量程，将红表笔插入

“V·Ω”孔内，把数字万用表与被测电路并联，即可进行测量。注意，量程不同，测量精度也不同。例如，测量一节 1.5V 的干电池，分别用 “2V”、“20V”、“200V”、“1000V” 档测量，其测量值分别为 1.552V、1.55V、1.6V、2V。所以不能用高量程档去测小电压。测量直流量时，数字万用表能自动显示极性。

#### (2) 测交流电压

量程开关拨至 “AC V” 范围内的合适位置，表笔接法同上。要求被测电压频率为 40~400Hz。

#### (3) 测直流电流

量程开关拨至 “DC A” 范围内的合适档。红表笔接 “mA” 孔 (<200mA) 或 “10A” 孔 (>200mA)，黑表笔接 “COM” 孔，并将数字万用表串联到被测电路中。

#### (4) 测交流电流

量程开关拨至 “AC A” 范围内的合适档。红表笔接 “mA” 孔 (<200mA) 或 “10A” 孔 (>200mA)，黑表笔接 “COM” 孔，并将数字万用表串联到被测电路中。

#### (5) 测量电阻

- a) 量程开关拨至 “Ω” 范围内的合适档。红表笔接 “V·Ω” 孔，黑表笔插入 “COM” 孔。如果被测电阻值超出所选择量程的最大值，万用表将显示 “1”，这时应选择更高的量程。
- b) 测量电阻时，红表笔为正极，黑表笔为负极，这与指针式万用表正好相反。因此，测量晶体管、电解电容器等有极性的元器件时，必须注意表笔的极性。
- c) 测电阻时，不能带电测量。因为测量电阻时，万用表由内部电池供电，如果带电测量则相当于接入一个额外的电源，可能损坏表头。

#### (6) 检查线路的通断

量程开关拨至蜂鸣器档，红、黑表笔分别接 “V·Ω” 和 “COM”。若被测线路电阻低于规定值 (20 ± 10 Ω)，蜂鸣器可发出声音，说明电路是通的。反之，则不通。

#### (7) 测量二极管

量程开关拨至标有二极管符号的位置。红表笔插入 “V·Ω” 孔，接二极管正极；黑表笔插入 “COM” 孔，接二极管负极。此时为正向测量，若管子正常，测锗管应显示 0.150~0.300V，测硅管应显示 0.550~0.700V。进行反向测试时，二极管的接法与上相反，若管子正常，将显示出 “1”；若管子已损坏，将显示 “000”。

#### (8) 测三极管的 hFE 值

根据被测管的类型（PNP 或 NPN）的不同，把量程开关转至“PNP”或“NPN”处，再把被测管的三个脚插入相应的 e、b、c 孔内，此时，显示屏将显示出 hFE 值的大小。

#### 4、注意事项

（1）测量电压时，应将数字万用表与被测电路并联。数字万用表具有自动转换极性的功能，测直流电压时不必考虑正、负极性。但若误用交流电压档去测量直流电压，或误用直流电压档去测量交流电压，将显示“000”，或在低位上出现跳数。

（3）测交流电压时，应当用黑表笔（接模拟地 COM）去接触被测电压的低电位端（例如信号发生器的公共地端或机壳），以消除仪表对地分布电容的影响，减少测量误差。

（4）测量电流时，应把数字万用表串联到被测电路中。如果电源内阻和负载电阻都很小，应尽量选择较大的电流量程，以降低分流电阻值，减小分流电阻上的压降，提高准确度。

（5）当液晶屏的左下角有电池符号在闪动时，表示电量不足，需要更换电池。

（6）严禁在测高压（220V 以上）或大电流（0.5A 以上）时拨动量程开关，以防止产生电弧、烧毁开关触点。

（7）测量焊在线路上的元件时，应当考虑与之并联的其他电阻的影响。必要时可焊下被测元件的一端再进行测量，对于晶体三极管则需焊开两个极才能做全面检测。

（8）严禁在被测线路带电的情况下测量电阻，也不允许测量电池的内阻。在检查电器设备上的电解电容器时，应切断设备上的电源，并将电解电容上的正、负极短路一下，防止电容上积存的电荷经万用表泄放，损坏仪表。

（9）测量完毕，应将量程开关拨到最高交流电压档，并关闭电源。若长期不用，还应取出电池，以免电池漏液。

## 二、兆欧表

兆欧表俗称摇表、高阻计或绝缘电阻测试仪等。它由一个手摇直流发电机、一个直流差放电流表、一组加速齿轮和一些附加电阻所组成。

兆欧表的应用较广，主要用于高低电机、电气设备、用电线路等的电气绝缘电阻的测定，以评定绝缘性能的好坏。

使用方法：

1. 测量前对兆欧表本身的检查。首先在兆欧表未接被测物之前摇动手柄到额定转速，（转速约为 120 转/分），这时指针应指在“∞”的位置上。其次将“线路”、“接地”两个接线柱短接，再缓慢转动仪表手柄，看指针是否指到“0”位置上。

经上述检查和调节后，如果兆欧表仍不能指“ $\infty$ ”或“0”位，说明该表已有故障，不能使用。

## 2. 测量线路的正确连接

通常兆欧表有三个接线柱，即“线路(L)”接线柱，“地线(E)”接线柱，“保护环”或“屏(G)”接线柱。测量时，线路的外壳或其导体部分上，将“保护环”或“屏(G)”接线柱接在被测设备的保护遮蔽环上或其他不需要测量的部分上。一般测量时只用线和地两个接线柱，“保护”接线柱只在被测表面有明显漏电的情况下才使用。

## 3. 测量

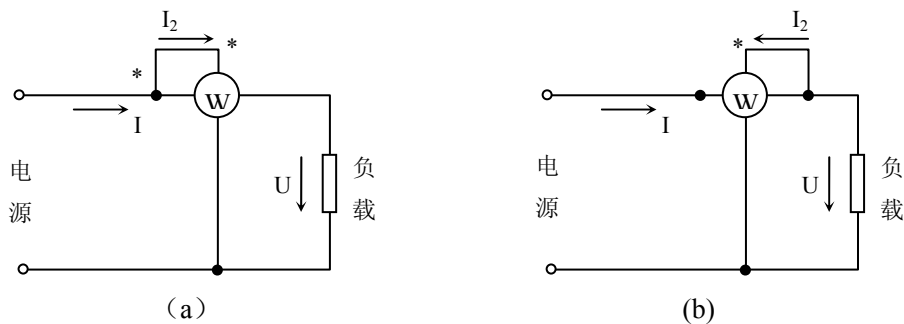
(1) 转动手柄，转速要保持在规定的范围之内，切忌忽快忽慢而造成指针摆动读数不准，一般规定的转速为 120 转/分。

(2) 绝缘电阻值随着测量时间长短而不同，一般以一分钟以后的读数为准，当遇到容量较大的被测物时应以指针稳定不动时的读数为准。

# 三、功率表

## 1. 功率表的正确接法

为了不使功率表指针反向偏转，在电流线圈和电压线圈的一个端钮标有“\*”或“±”等特殊标记，习惯上称为“同极性端”、“发电机端”或称“始端”。连接功率表时，只要保证对于有“\*”号的电流线圈一端，必须接在电源的一端，另一端接至负载；对于有“\*”号的电压线圈一端，可以接电流线圈的任一端，另一端应跨接到负载的另一端，表针就一定能够正向偏转。按照上述原则，功率表的正确接法有两种方式，如图五的(a)、(b)所示。



图五

## 2. 功率表接线方式的选择

如图五(a)所示，功率表电压线圈前接于线路中，这种接法适用于负载电阻远大于电流线圈的电阻的情况，这时电流线圈的电阻的损耗就比负载功率小得多，功率表的读数近似等于负载功率，测量结果误差较小。

如图五(b)所示，功率表电压线圈后接于线路中。这种接法适用于负载电阻远小于电

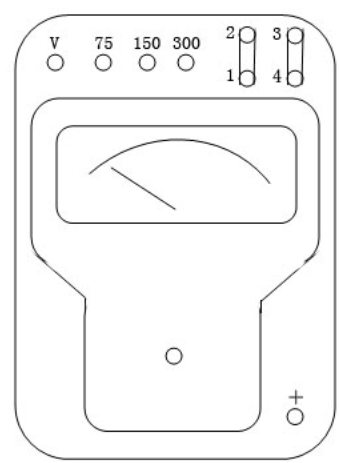
压线圈支路的总电阻的情况。这时电压线圈支路的总电阻的损耗比负载功率小得多，所以对测量结果影响较小。在实际工作中，可根据具体情况，选择图五（a）或（b）的接法。

3. 功率表的量程

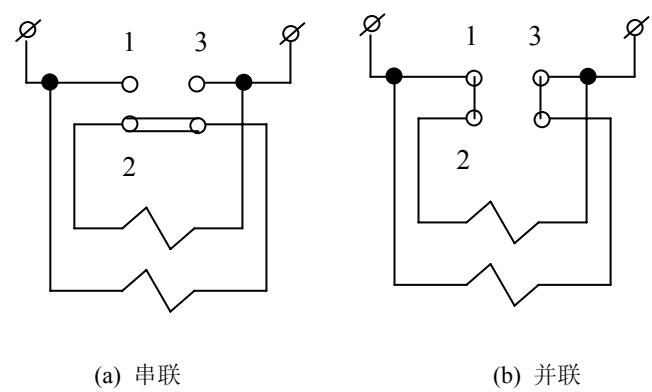
使用功率表时，不仅要求被测功率数值在量程以内，而且要求被测电路的电压和电流值也不超出它的电压线圈和电流线圈的额定量程值。

4. 功率表的量程扩大及读数方法

功率表一般有两个电流量程和两个或三个电压量程。表内有两个完全相同的电流线圈，它们的端头分别引至仪表的外壳上，如图六所示。“1”和“4”是一个线圈，“2”和“3”是另一个线圈。如用金属连接片将端头“2”和“4”连接，则二线圈串联（图七 a），这时电流量程为 0.5A。当“1”和“2”连接及“3”和“4”连接时，二线圈即成并联，量程为 1.0A（图七 b）。也就是说两个线圈由串联改成并联，电流量程就扩大一倍。



图六 功率表面板图



图七 用连接片改变电流量限