

### 第三章 常用电工仪表

电气设备的安装、调试及检修过程中，常常需要测量电流、电压、电阻等电气参数。万用表、兆欧表和钳形电流表等电工仪表，是电工日常工作中经常使用的测量工具。学会这些常用电工仪表的使用，掌握电流、电压和电阻等电气参数的测量方法，也是电工的基本技能。

#### 第一节 万用表

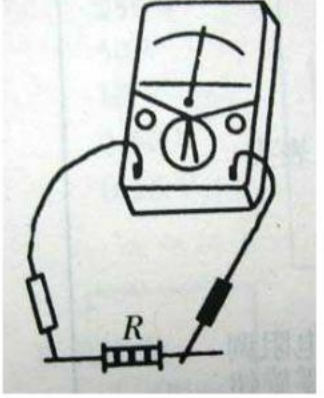
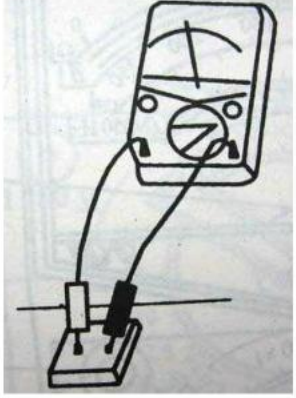
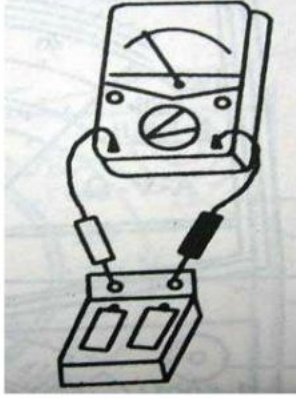
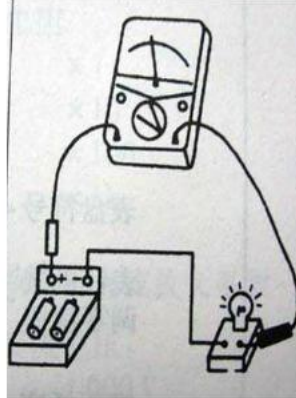
万用表（现称多用表）是能测量多种电气参数、有多种量程的携带式电工仪表。它是电工维修中最基本、最常用的检测仪表。万用表型号繁多，目前主要按其结构分成模拟式（指针式）和数字式两大类。

##### 一、万用表的种类与用途

###### （一）万用表的种类

模拟式（指针式）万用表		数字式万用表
 <p>MF 系列万用表</p>	 <p>500 型万用表</p>	
模拟式万用表结构简单，读数方便，能直观反映被测量的连续变化过程和变化的趋势。因其经济可靠，故使用十分普遍。		数字式万用表具有较高的准确度和分辨力；对测量对象的影响较小，且功能齐全，测量参数种类多。

## (二) 万用表的用途

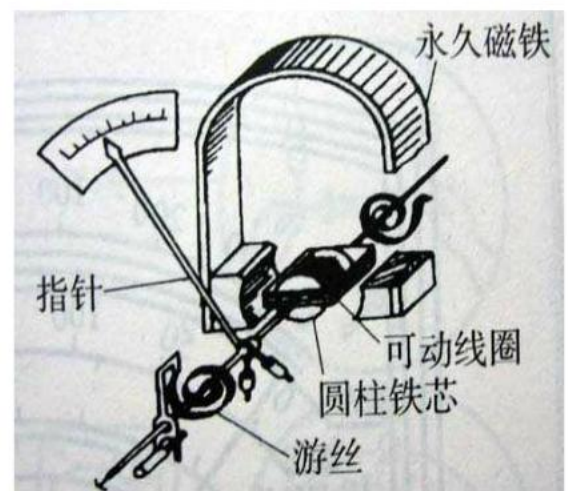
测电阻 (可检查电路通断)	测交流电压	测直流电压	测直流电流
			
<p>万用表在电工维修中主要用于检测电阻、交流电压、直流电压与电流。有的还能测量交流电流、音频电平、三极管正向压降、三极管静态放大系数以及电容、电感等参数。</p>			

## 二、模拟式万用表的主要结构

万用表的主要组成部分是：表头、转换开关和测量线路。

表头是测量机构，是万用表的关键部分。

其性能参数决定整表的性能，主要参数是灵敏度和内阻。灵敏度是指表头指针满刻度偏转时流过表头的直流电流。该值越小，表头灵敏度越高。表头内阻是指表头可动线圈的直流电阻值。一般表头的灵敏度为数十至数百毫安，内阻为数百至数千欧。表头的灵敏度越高，内阻越大，万用表的性能就越好。



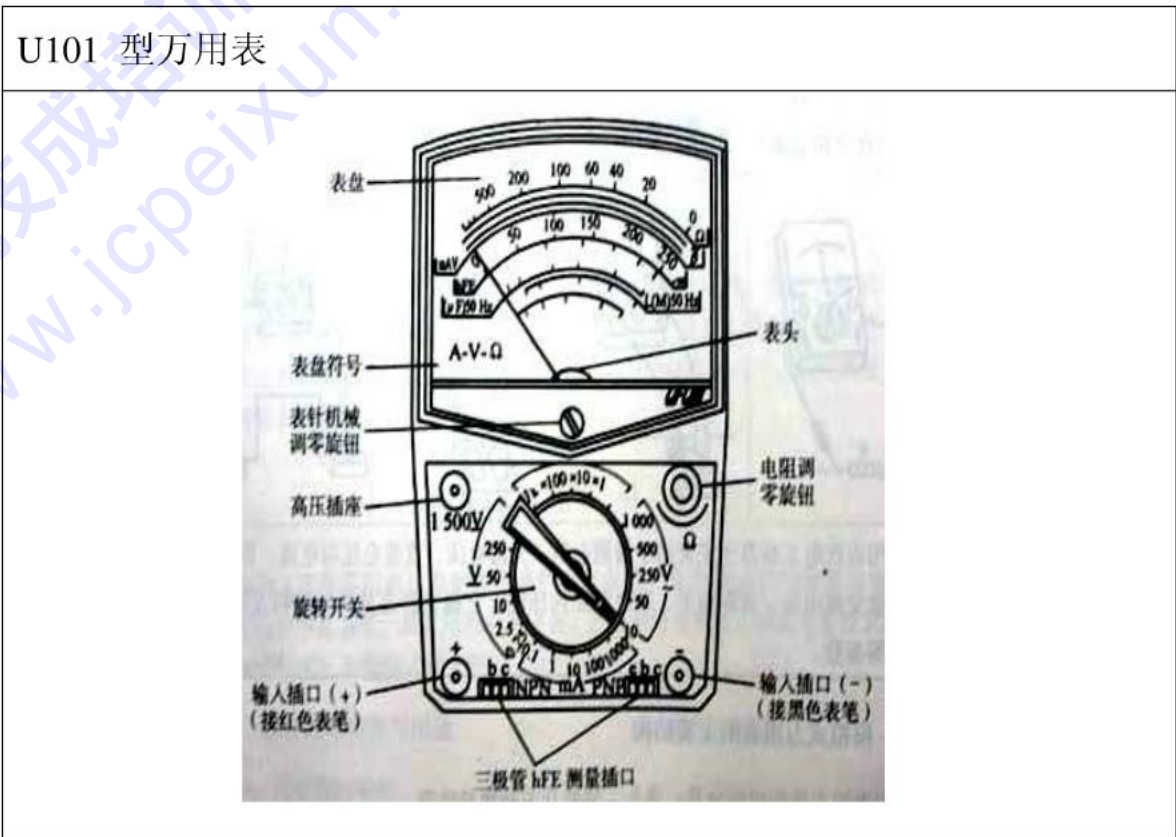
转换开关可供使用者对测量项目和量程的选择。

测量线路安装在表内，与表头和转换开关组成多量程的交直流电压、交直流电流、电阻与其它电量的测量功能。

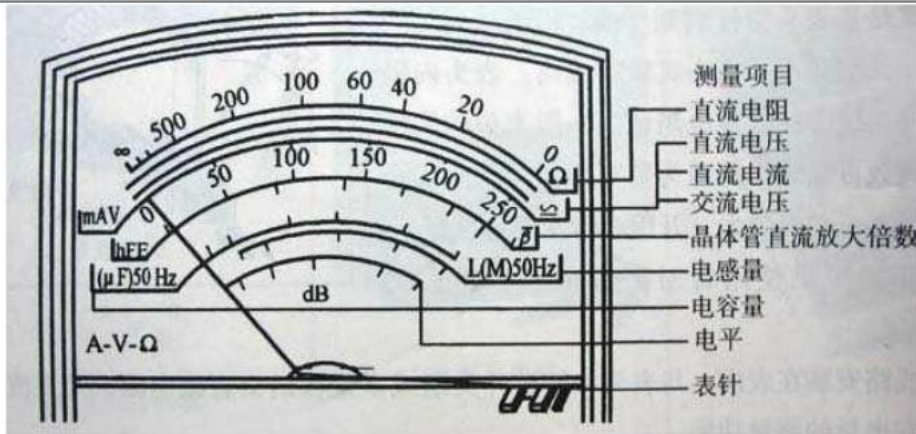


要掌握万用表的使用，必须熟悉万用表的表面结构和转换开关。

下面以 U101 型万用表为例说明。



表盘刻度标尺



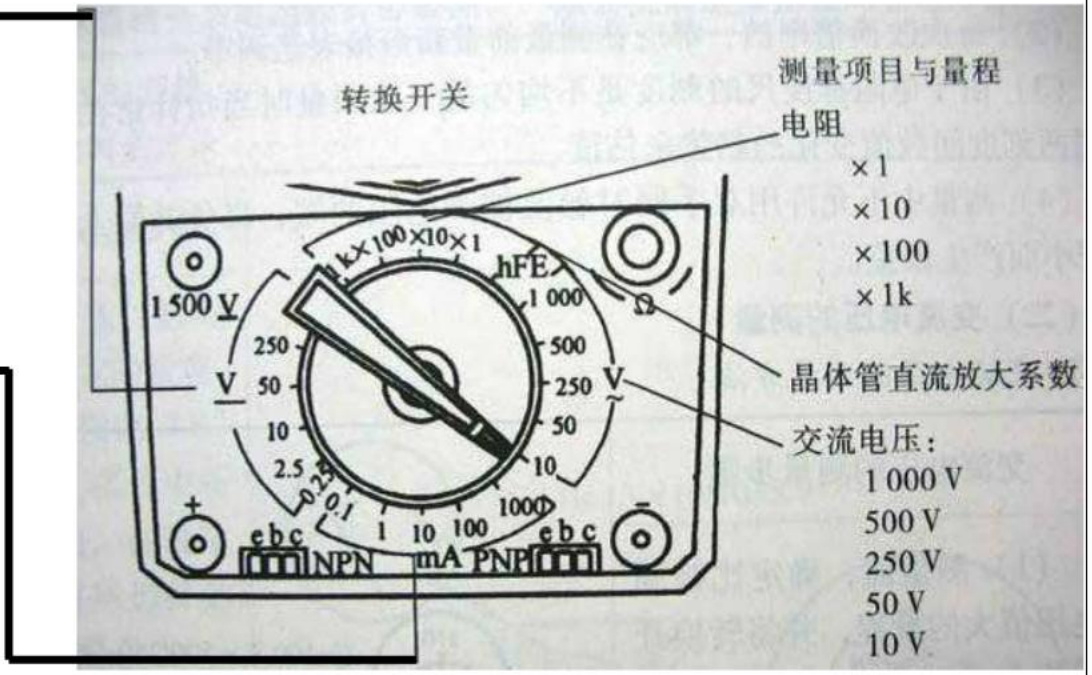
表盘上有对应各测量项目的标度尺，测量时作读数用。标度尺刻度有均匀和不均匀两种。直流标度尺用“DC”或“—”表示；交流标度尺用“AC”或“~”表示；电阻标度尺有“Ω”表示。电阻标度尺的零点在右端，且左端标有“∞”；其余各标度尺的零点都在左端。除有交、直流共用的标度尺外，另有一条 10V 的交流电压标度尺，这是为了提高低电压测量精度而专设的。

# 转换开关

测量项目与量程

直流电压：  
500V  
250V  
50V  
10V  
2.50V  
0.25V

直流电流：  
1000mA  
100 mA  
10 mA  
1 mA  
0.1 mA



测量项目与量程

电阻  
×1  
×10  
×100  
×1k

晶体管直流放大系数

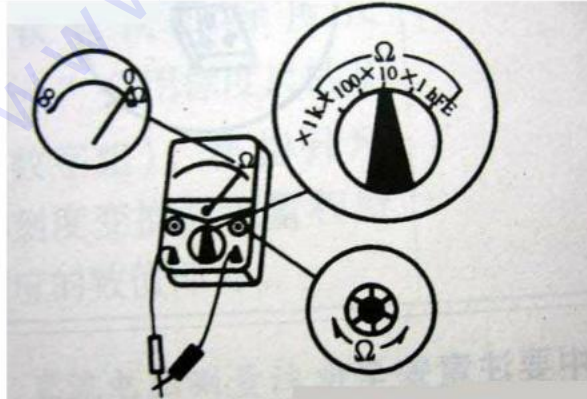
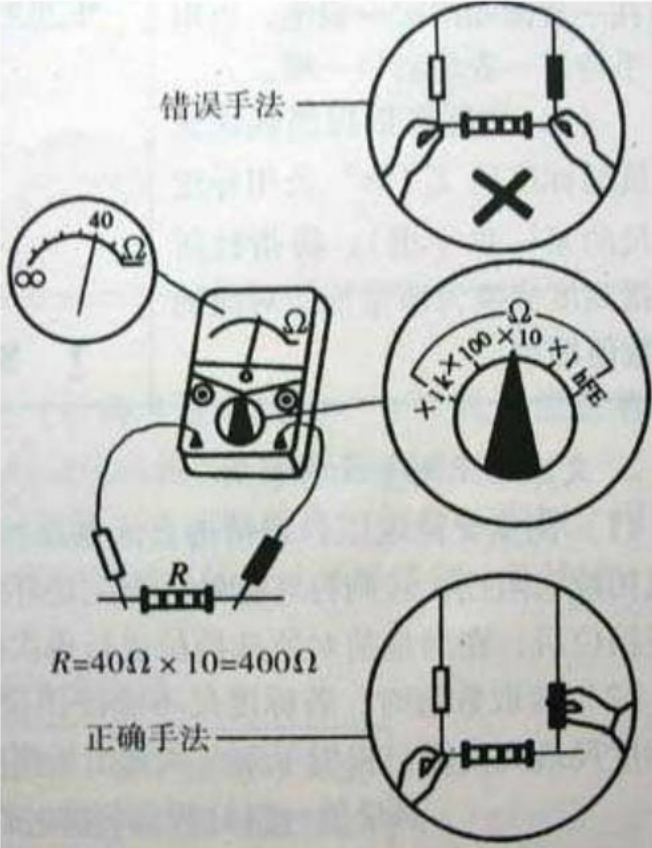
交流电压：  
1 000 V  
500 V  
250 V  
50 V  
10 V

### 三、万用表的使用

掌握万用表的使用，必须正确使用转换开关，注意转换开关所选择的测量项目与量程，并熟练掌握标度尺的正确读法。

#### (一) 电阻的测量

##### 1、电阻的测量方法

测量前短接指针调零	
	
电阻测量步骤	
<p>(1) 确认被测电阻不带电，按其估测的数值选择倍率挡，将转换开关指向“Ω”项目内的某一倍率挡。</p> <p>(2) 将表笔短接，检查指针是否指零；若不指零，应调节“电阻调零旋钮”使指针指零。</p> <p>(3) 将表笔接被测电阻两端，此时指针所指刻度乘以所选定挡位的倍率即为被测电阻的阻值。</p>	

##### 2、电阻测量注意事项

(1) 要防止因选择倍率挡不适当（小倍率挡测大电阻或用大倍率挡测小电阻）所造成的读数误差，此情况应通过改换倍率挡来重新测量。

(2) 每次改换倍率挡，都应在测量前重新短接表笔调零。

(3) 由于电阻标度尺的刻度是不均匀的，故测量时当指针指在两刻度中间时，要根据两刻度间数值变化的趋势来估读。

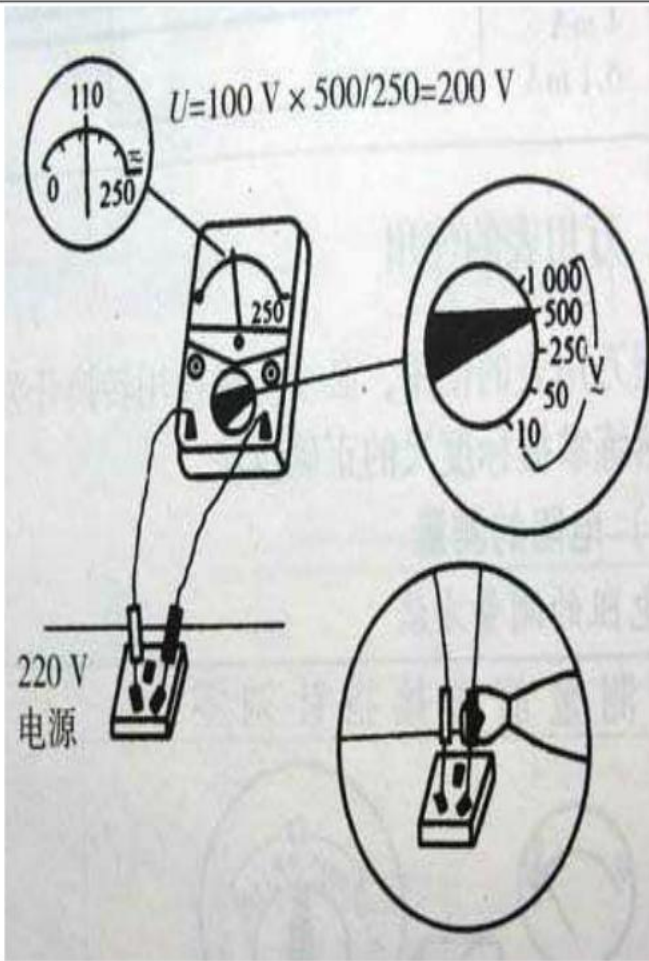
(4) 测量中不允许用双手同时触及被测电阻两端，以免并联上人体电阻，造成读



数变小而产生误差。

## （二）交流电压的测量

### 1、交流电压的测量方法

<p>交流电压的测量步骤</p>	
<p>（1）测量前，确定比被测电压值大的量程，并将转换开关指向“V”（或“ACV”）项目中所选定的量程挡，在表笔接入线路前对所选择的挡位作再次确认。</p> <p>（2）测量时，将表笔并联在被测电路或被测元件的两端。应掌握单手操作方法：先在一被测端固定一表笔，再用手持另一表笔测另一端。</p> <p>（3）按所选量程挡确认选读的标度尺“V”公用标度尺的某一数字组），将指针所指刻度变换为该量程所对应的数值即可。</p>	

！ 操作中要注意安全！

### 2、交流电压测量注意事项

（1）测量交流电压，若错选直流电压挡位，表头指针会略微抖动；但若错选直流电流挡或电阻挡，轻则打弯指针，重则烧坏表头，这是很难修复的。因此，一定要养成选好挡位后，在测量前对所选挡位进行再次确认的良好习惯。

（2）读取数值时，若标度尺不能按挡位量程直读，应按指针位置、转换开关位置和标度尺最大刻度，根据下列公式算出被测电压数值：

测量值=指针所指刻度×挡位量程/标度尺最大刻度

（3）严禁在测量中拨动转换开关，需要转换其它量程时，表笔应先撤离被测点再

转换。

(4) 测量高压时，不要用手同时持双笔测量，以防表笔漏电伤人。

! 交流电压的测量，一定要严格遵守安全操作规程：一定要认真检查表笔绝缘有否破损；一定要正确选择挡位与量程

### (三) 直流电压的测量

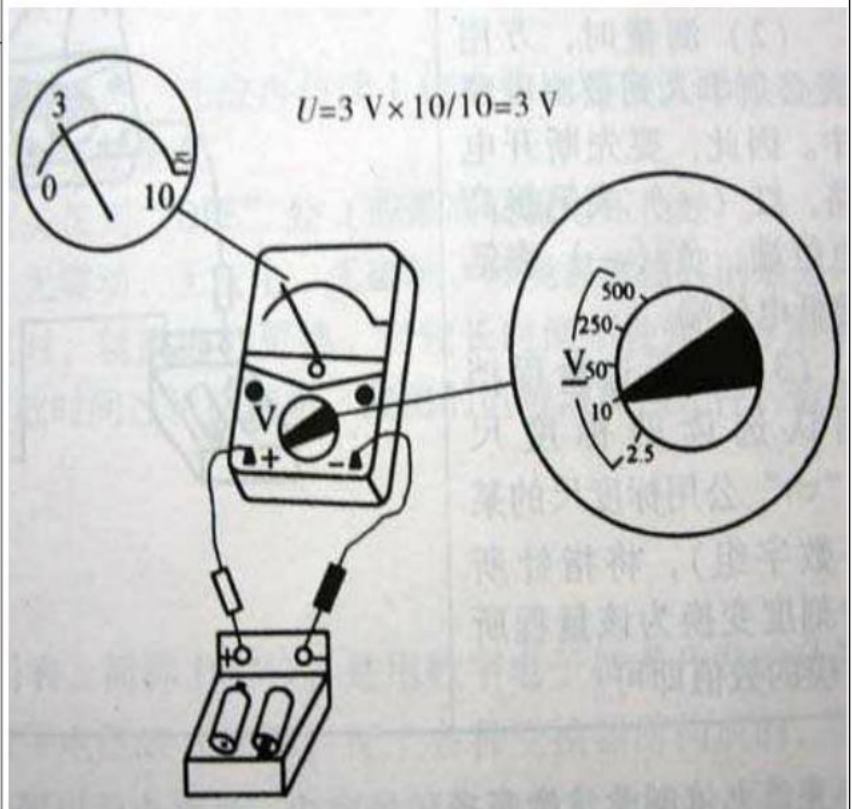
#### 1、直流电压的测量方法

##### 直流电压的测量步骤

(1) 测量前，选定比被测电压值大的量程，并将转换开关拨向“V”（或“DCV”）项目中所选定的量程挡，在表笔接入线路前对所选择的挡位作再次确认。

(2) 测量时，将表笔并联在被测线路或元件的两端，但一定要将正（红）表笔接高电位端，而负（黑）表笔接低电位端。

(3) 按所选量程挡确认选读的标度尺（“—”公用标度尺的某一数字组），将指针所指刻度变换为该量程所对应的数值即可。



#### 2、直流电压测量注意事项

(1) 测量前，必须注意表笔的正负极性（红表笔插入表的“+”孔，黑表笔插入表的“-”孔）。若表笔接反了，测量时表针会反向偏转，容易撞弯表针。

(2) 测量时，若不清楚被测两点的电压高低，可选用较高的测量范围挡，用表笔轻触一下被测点，视表针的偏转方向确定表笔与被测点的极性是否接错。若接错，交换表笔再测即可。



(3) 其它注意事项可参照交流电压测量注意事项。

**!** 测量直流高压时，要严格遵守安全操作规程；要正确选择挡位与量程。

#### (四) 直流电流的测量

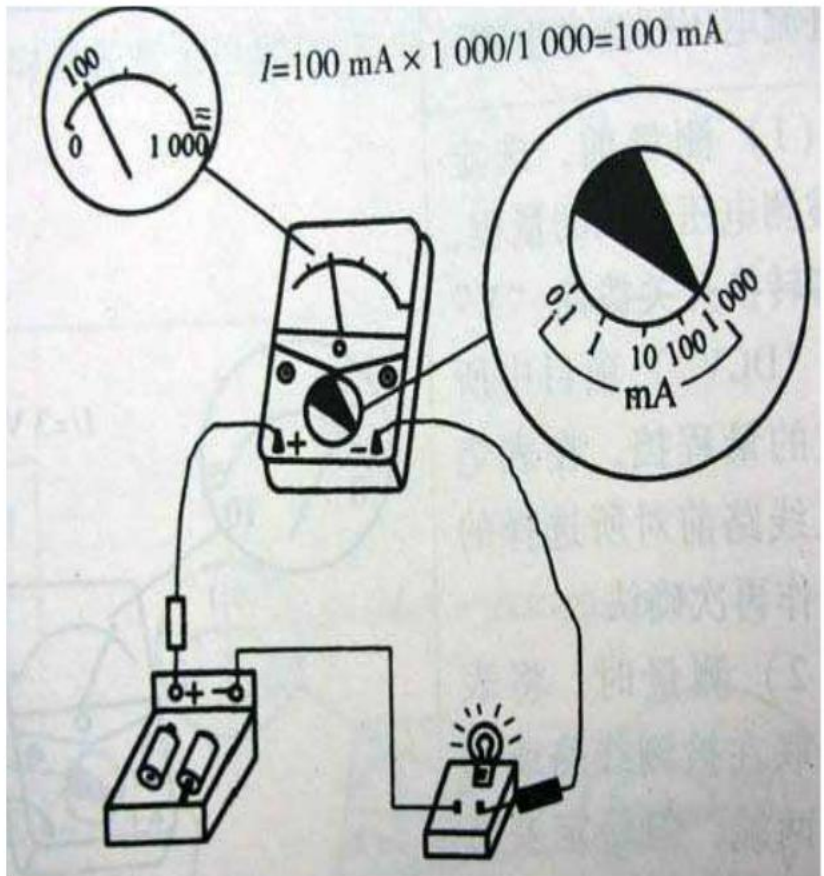
##### 1、直流电流的测量方法

###### 直流电流的测量步骤

(1) 测量前，确定比估计电流值大的量程，并将转换开关拨向“mA”（或“DCA”）项目中所选定的量程挡，在表笔接入线路前对所选择的挡位作再次确认。

(2) 测量时，万用表必须串入到被测电路中，因此要先断开电路，红表笔接高电位端，黑表笔接低电位端。

(3) 按所选量程挡确认选读的标度尺（“ $\square$ ”公用标度尺的某一数字组），将指针所指刻度变换为该量程所对应的数值即可。



##### 2、直流电流测量注意事项

(1) 测量直流电流，一定要注意将万用表串入被测电路中，若误将表与负载并联，由于表的内阻很小，会造成短路烧坏仪表。

(2) 严禁在测量过程拨动转换开关选择量程，以免使仪表受到损坏。

(3) 其它注意事项可参照交、直流电压测量注意事项。



#### 四、万用表的选用

万用表一般都能满足交、直流电压 0~500V，直流电流 0~500mA，电阻 0~2M $\Omega$  的测量。特殊的带有高压量程（2500V），交、直流大电流量程（5A），电容、电感、音频电平与晶体管测试等。就表头灵敏度而言，灵敏度越高，即测量仪表对被测电路的影响越小，测量的误差也越小。万用表灵敏度分高、中、低 3 类。从测量准确度分析，一般万用表的准确度等级为直流 2.5 级，交流 5.0 级。高准确度万用表的准确度为直流 1.0 级，交流 1.5 级。万用表的准确度角可分精密、较精密和普通 3 类。选用万用表，应根据测量对象及使用要求选用合适的型号。在电工、电力方面的测量，可采用低灵敏度（1000~4000  $\Omega/V$ ）、多量程、高稳定度的万用表。对电子电路的测量，可采用具有较高灵敏度（20000  $\Omega/V$ ）的万用表。当然，业余人员在一般场合，可采用价格不高的普通型万用表。

由于万用表使用十分频繁，为了避免因使用不当或粗心大意造成测量错误或仪表损坏，使用人员应养成良好的使用习惯，即：反复核对挡位及量程；未知量程时应先用最大量程；测量时最好先用表笔轻触被测点一下，随即脱开，视指针偏转大小及速度，再次核对挡位及量程。一般要求是：

（1）对新使用的仪表，应先认真阅读说明书，了解仪表的性能，并熟悉其使用方法。

（2）使用前，观察表头指针是否指向电流（电压）标度尺的零位。若不在零位，应调整表头下方的机械调零旋钮，使其指零。

（3）应通过量程的选择，尽量使测量时表头指针偏转到标度尺满刻度偏转的 2/3 左右，以减少测量时的误差。

（4）读数时，除了应读出整数位外，还应再估读 1 位小数。对有镜面的表盘，当看到指针与镜面的像重合时，读数为最准确。

（5）测量完毕，应将转换开关拨到“OFF”外（或最高交流电压挡处）。

(6) 万用表应放置在干燥、无震动、无灰尘、无磁场、环境温度适宜的地方。

(7) 发现表内电池电量不足时，就要进行更换。对较长时间不使用的万用表，应将表内电池取出，以免电池因存放时间过长而变质，漏出的电解液腐蚀元件，造成仪表的损坏。

## 五、数字万用表

数字万用表（又称数字多用表，简称 DMM），是用数字电子技术开发的从多数字式测量仪表中的一种，它是由数字电压表（DVM）配上各种变换器所构成的，因此具有交直流电压、交直流电流、电阻以及电感量、电容量等各种测量功能。与传统指针型模拟式的万用表相比，其优点主要有：

(1) 由于它的高灵敏度、高输入阻抗和抗干扰能力较强，所以其测量准确度要比模拟式的万用表高。

(2) 自动化和智能化程度很高。利用其各种逻辑功能、存贮功能和电压基准，仪表容易实现量程和极性的自动转换，测量数据可自动记录和处理，而且，仪表还可自动校准及自动诊断故障。

(3) 数字显示使测量结果的读数迅速、准确、清楚，克服了人为误差。

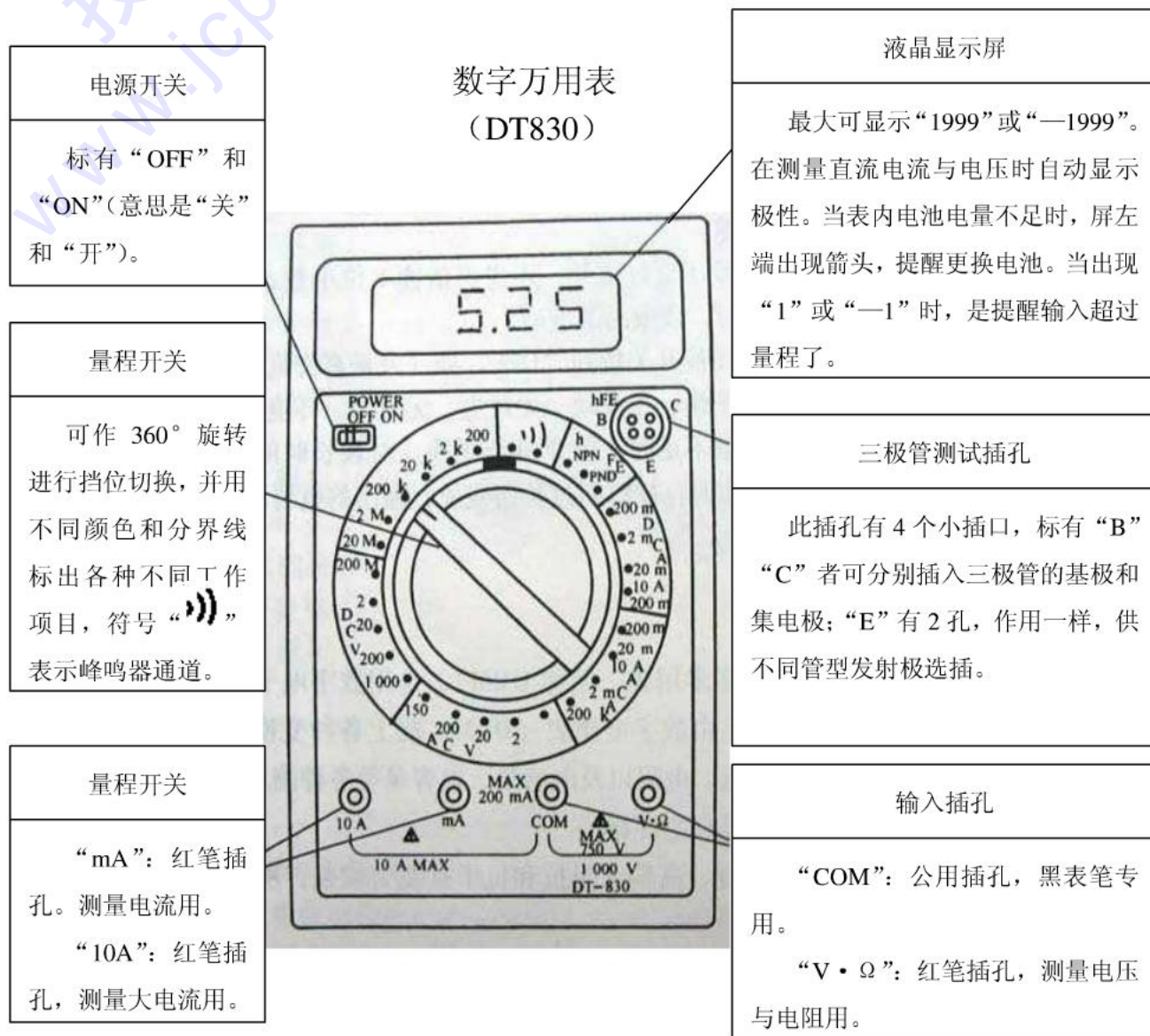
数字万用表的主要不足之处是：它难以像指针式仪表那样能够直观地反映被测量的连续变化过程和变化的趋势，且维修上也较困难。然而，由于其优点突出，便于携带的袖珍式数字万用表已逐步成为专业技术人员的常用测量工具。

目前，国内已有不少厂家生产数字万用表。其中一些厂家的产品在性价比上已适合一般的技术人员和业余爱好者的要求。



## (一) 数字万用表的表面结构

DT 系列数字表是袖珍式数字万用表的典型产品，基本型号有 DT830、DT860，而 DT890、DT960、DT990 等型号比基本型号增加了测量电容、频率等功能。下面以 DT830 袖珍式数字万用表为例介绍。

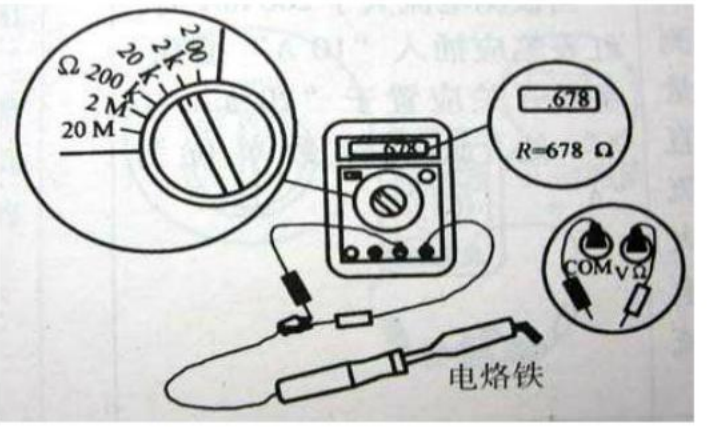
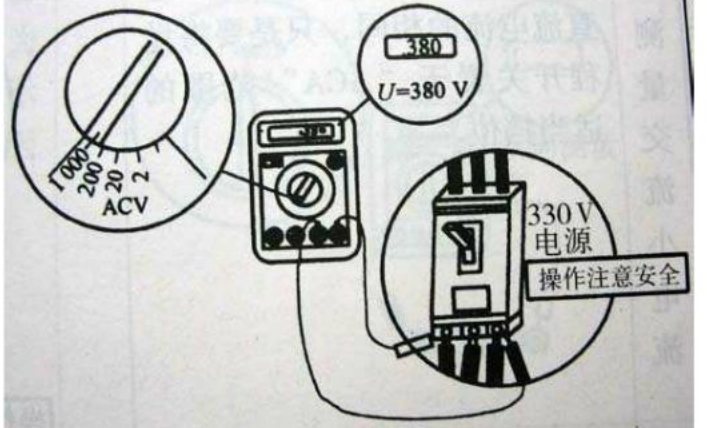
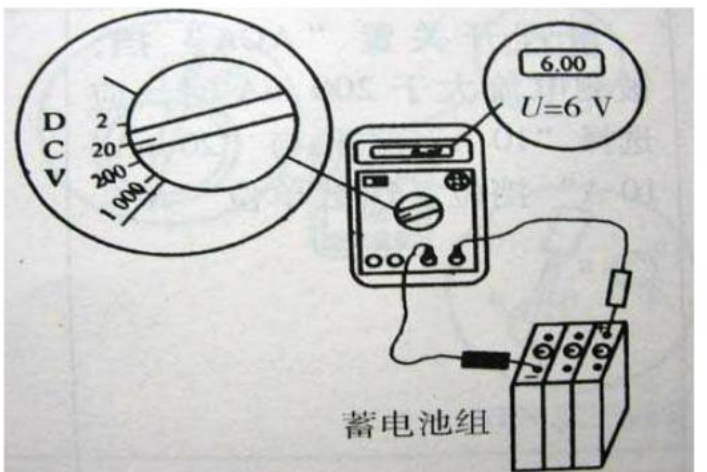


电池盒在表的背后，依“OPEN”字样往下推便可卸下盖子更换电池。在卸下电池盖时，还可以发现 1 只 1.5A 的快速熔断管，仪表在“DCA”和“ACA”量程内超负载工作时，熔断管内熔丝会立即熔断，从而起到保护作用。

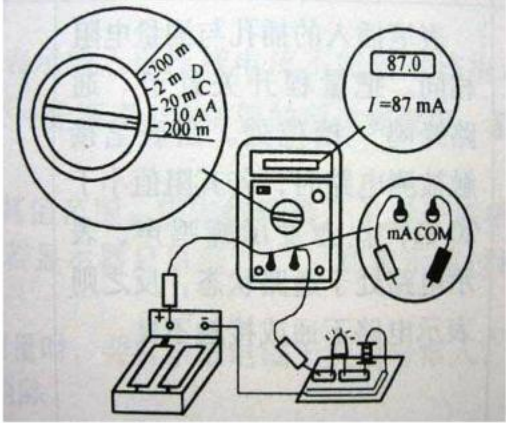
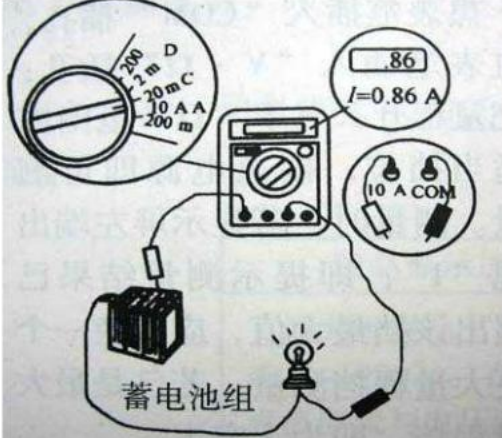

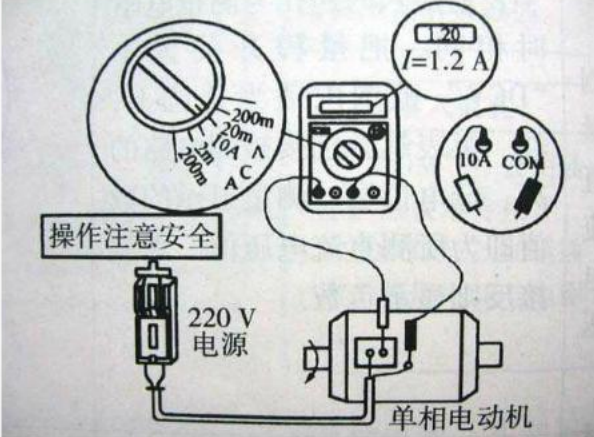
## (二) 数字万用表的使用

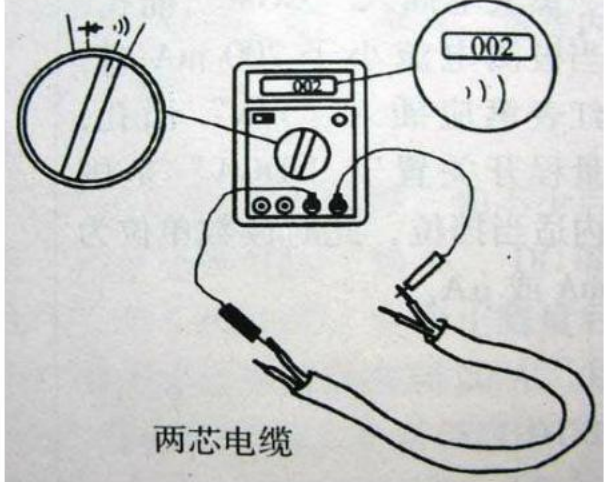
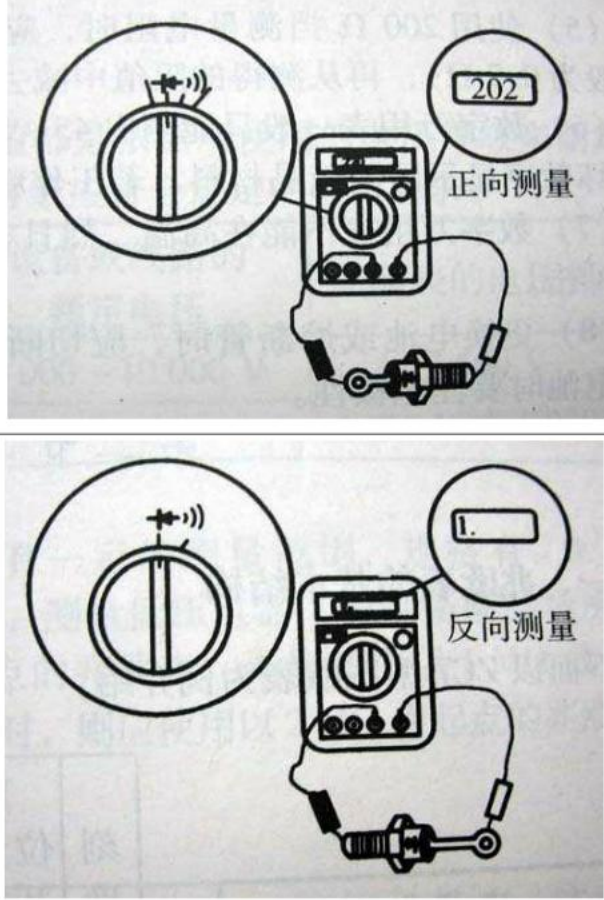
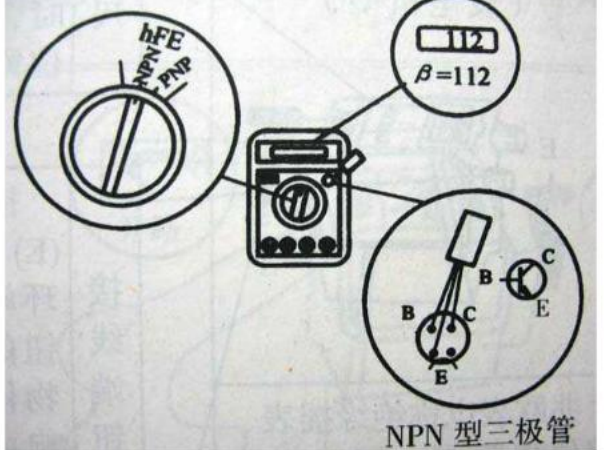
目前，数字万用表型号很多，而且功能大部分都比 DT830 要强，如不少后期

生产的 DT 系列数字万用表，都已能在测量中自动显示被测量的属性（如 AC、DC 等）和测量单位（如 mV、V、mA、 $\Omega$ 、k $\Omega$  等）；并增加了自动关机功能，在停止测量后，大约经过 15min 仪表可以自行切断电源；而 10A 插孔的电流量程也提高到 20A。由于不同型号的万用表测量指标都有所不同，使用时请仔细阅读说明书。下面仍以 DT830 数字万用表为例介绍。

<p>测量电阻</p>	<p>黑表笔插入“COM”插孔，红表笔插入“V·<math>\Omega</math>”插孔；把量程开关置于“<math>\Omega</math>”范围内适当挡位，接通电源即可测量。测量时，若显示屏左端出现“1”，即提示测量结果已超出该挡最大值，应转换一个更大量程挡测量；若已是最大量程挡，即为无穷大。</p>	
<p>测量交流电压</p>	<p>表笔插入的插孔与测量电阻时相同。把量程开关置于“ACV”范围内适当挡位即可进行测量。测量显示的数值即为所测交流电压值。</p>	
<p>测量直流电压</p>	<p>表笔插入的插孔与测量电阻时相同。把量程开关置于“DCV”范围内适当挡位上，红、黑表笔分别接被测电路的高、低电位端。测量显示的数值即为所测直流电压值。表笔接反则显示负数。</p>	




<p>测量直流小电流</p>	<p>黑表笔插入“COM”插孔，当被测电流小于 200mA 时，红表笔应插入“mA”插孔，量程开关置于“DCA”范围内适当挡位，此时读数单位为 mA 或 <math>\mu\text{A}</math>。</p>	
<p>测量直流大电流</p>	<p>当被测电流大于 200mA 时，红表笔应插入“10A”插孔，量程开关置于“200mA/10A”处，此时读数单位为“A”。</p>	
<p>测量交流小电流</p>	<p>测量交流电流的方法与测量直流电流的相同，只是要将量程开关置于“ACA”范围的适当挡位。</p>	
<p>测量交流大电流</p>	<p>量程开关置“ACA”挡，被测电流大于 200mA 时，应选择“10A”插孔与“200mA/10A”挡位，读数单位“A”。</p>	

<p>检 查 电 路 通 断</p>	<p>表笔插入的插孔与测量电阻相同。把量程开关置于“通路蜂鸣”挡位处。当表笔接触被测电路时，若其阻值小于 <math>20\Omega</math>，就会发出蜂鸣声，表示电路处于通路状态，反之则表示电路不通或接触不良。</p>	 <p>两芯电缆</p>
<p>检 测 晶 体 二 极 管</p>	<p>正向测量 表笔插入的插孔与测量电阻相同。将量程开关拨到标有二极管符号的挡位上，若红、黑表笔分别接二极管的正、负端，则显示的数字为二极管的正向压降。</p> <p>反向测量 若红、黑表笔分别接二极管的负、正端，如显示数字为“1”，表示管子正常；如显示数字为“0.00”或其它，则表示管子已损坏。</p>	 <p>正向测量</p> <p>反向测量</p>
<p>测 量 晶 体 三 极 管 的 hFE 值</p>	<p>把被测三极管插入三极管测试插孔（注意各电极位置），把量程开关拨至与管型号一致的挡位（“PNP”或“NPN”）处，确认无误后接上仪表电源，屏上显示的数值即为该三极管的 hFE 值。</p>	 <p>NPN 型三极管</p>



### (三) 数字万用表的使用与保养注意事项

(1) 测试表笔插孔旁边的“”符号，表示输入电压或电流不能超过该提示值，以保护内部线路免受损害。测量前，转换开关一定要置于所需要的项目和量程。量程转换时，一定要将表笔与电路脱离。

(2) 测电压与电流值时，如事先不知道其值范围，应先将转换开关置于该项目的最大量程测量，然后再调整到合适的量程。若显示器只显示“1”，则表示超过量程，应将转换开关置于更大量程挡测量。

(3) 在高灵敏度挡，特别是 200mV 挡测量时，会有杂散电磁干扰信号窜入，显示一定的数值，这时可将两表笔短接一下即可消除。

(4) 由于人体与大地间存在分布电容，所以不能用数字万用表测量人体的等效电阻。同理，在测量元器件电阻时，也不能用手碰触表笔尖。

(5) 使用 200  $\Omega$  挡测量电阻时，应先将两表笔短接，测出两表笔导线的电阻值（一般为 0.2  $\Omega$ ），再从测得的阻值中减去此值，才是该电阻的真实值。

(6) 数字万用表只能测出 45~500Hz 的低频信号，不能测高频信号，否则容易损坏数字显示屏的液晶材料。若工作频率超过 2kHz，则测量误差会明显增大。


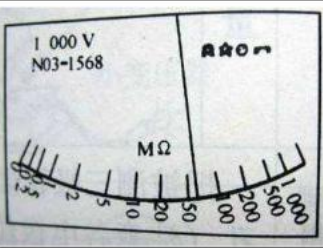
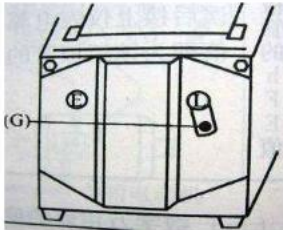
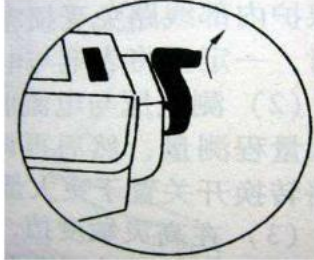
(7) 数字万用表不能在高温、烈日、高湿度环境中使用和保存，同时应避免受到强烈冲击。

(8) 更换电池或熔断管时，应切断电源，并用同样规格的新电池或熔断管替换。更换电池时要注意极性。

## 第二节 兆欧表

### 一、兆欧表的基本结构

下面以 ZC7 型兆欧表为例介绍。

 <p>兆欧表 (发电机型)</p>	<p>刻度标尺</p> <p>刻度标尺不均匀,单位为 <math>M\Omega</math>; 刻度有从 0 开始,也有从 <math>1M\Omega</math> 或 <math>2M\Omega</math> 开始的;未测量时,指针可停在任一位置。</p>	
<p>兆欧表也称绝缘摇表、绝缘电阻表,用于测量变压器、电机、电缆等电气设备以及电气线路的绝缘电阻。</p>	<p>接线端钮</p> <p>接线柱分别为“地”(E)、“线”(L)和保护环端钮(G)。“G”端钮的作用是防止被测物体表面漏电流的影响。</p>	
	<p>发电机手柄</p> <p>由手摇发电机和磁电式流比计组成电源和测量机构。</p>	

### 二、兆欧表的选用

#### (一) 电压等级的选择

各种电器设备与电气线路绝缘电阻的合格值都是依据所使用的电压等级来制定的。因此,用兆欧表检测绝缘电阻,兆欧表的电压等级应符合规定的电压要求:

设备或线路的额定电压	兆欧表的电压等级	设备或线路的额定电压	兆欧表的电压等级
100V 以下	250V	3000~10000V	2500V
100~500V	500V	10000V 以上	2500V 或 5000V
500~3000V	1000V		

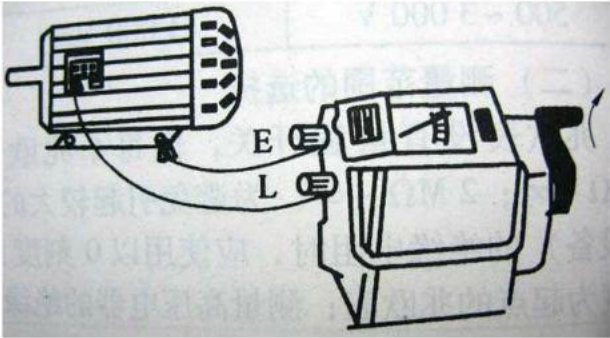
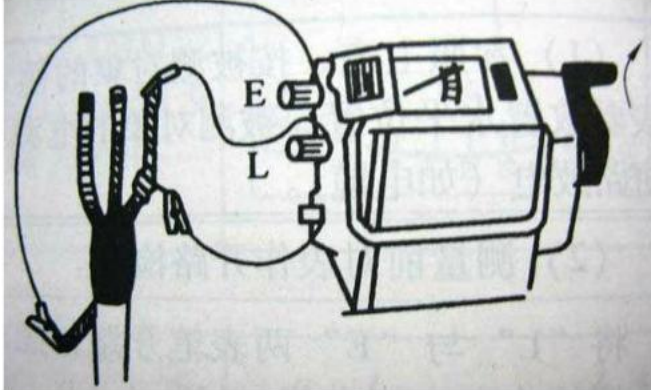


## (二) 测量范围的选择

兆欧表没有量程开关，但每个兆欧表都有一定的测量范围，规格有： $0\sim\infty$ ； $1\text{M}\Omega\sim\infty$ ； $2\text{M}\Omega\sim\infty$ 。为避免引起较大的误差，测量低压电器（特别是潮湿场所的电器设备）的绝缘电阻时，应使用以 0 刻度为起点的兆欧表，不能使用以  $1\text{M}\Omega$  或  $2\text{M}\Omega$  刻度为起点的兆欧表；测量高压电器的绝缘电阻时，则应使用以  $2\text{M}\Omega$  为起点的兆欧表。

## 三、兆欧表的使用方法

<p>(1) 参照上表，按被测对象的额定电压选定相应电压等级的兆欧表。注意：表要放置水平位置；被测对象的电源必须全部切断；对通电后含电容的设备应先短路放电（如电缆）。</p>	
<p>(2) 测量前对表作开路检验。</p> <p>将“L”与“E”两表笔开路，摇动手柄的速度为额定值（<math>120\text{r}/\text{min}</math>），表指针稳定在刻度尺“<math>\infty</math>”处为正常。必须注意：此时两表笔间有 <math>500\text{V}</math> 以上的电压，由于发电机的内阻很大，此电压对人体虽无危险，但手触及表笔会麻手，容易造成其它事故。</p>	
<p>(3) 测量前对表作短路检验。</p> <p>将“L”与“E”两表笔短路，缓慢摇动手柄，指针指向“0”为正常。此时摇动即止，切勿加速，否则容易烧坏兆欧表。</p>	
<p>(4) 测线路或设备的相间绝缘。</p> <p>将“L”与“E”端钮各接一相。右图所示为测电动机定子绕组的相间绝缘电阻。</p> <p>测量时摇动手柄，应从慢到快地加速到 <math>120\text{r}/\text{min}</math>，保持 <math>1\text{min}</math>，在指针稳定时读出数值。</p>	

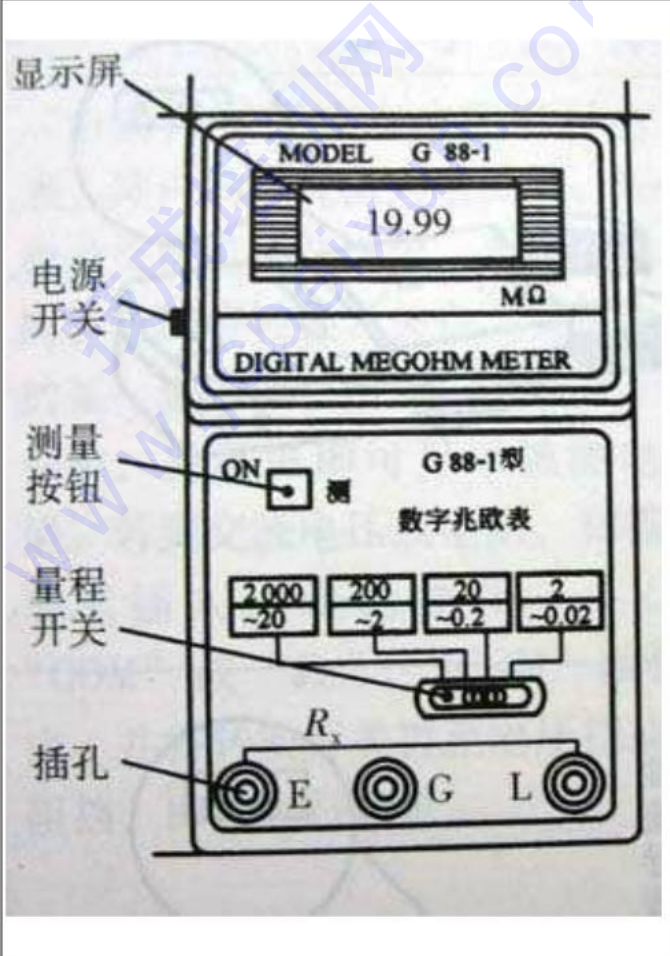
<p>(5) 测量设备或线路的对地绝缘。</p>	
<p>测量时将“L”接被测点，“E”接良好的接地线或设备金属外壳。</p> <p>右图所示为测电动机绕组对地绝缘电阻。</p>	
<p>(6) 测量电缆线路绝缘。</p>	
<p>除了和(4)或(5)一样将E和L接线端接好外，还需将电缆中间绝缘层用裸铜线缠绕数匝后接于“G”端钮。</p> <p>右图所示为测电缆头的相线对地绝缘电阻。</p>	
<p>(7) 测量完毕，被测设备必须充分放电，特别是电缆、高压电机、电容器、变压器等设备，放电时间应尽可能长些，完全放电后才可拆线。</p>	

- (1) 摇动手柄时若指针指“0”，表示被测线路短路，应马上停止摇动，  
**!** 以防仪表损坏。
- (2) 为确保安全，测量前一定要将被测对象断电及放电。

#### 四、数字式兆欧表

兆欧表除手摇式外，现在还有用晶体管直流变换器替代手摇发电机来提供电源的兆欧表，用这种兆欧表来测量绝缘电阻就不用手摇了。这种表的特点是体积小、质量小、携带方便、测量范围广。由于是数字读数，所以准确度高。下面简介其中最基本的一种。



表面结构	使用方法
	<p>(1) 把电源开关从“OFF”拨到“ON”位置，仪表处于准备使用状态。</p> <p>(2) 用测量线将被测对象接至仪表的“E”和“L”插孔，“E”为接地端，“L”为接线路端。当要求被测对象加保护环消除泄漏效应时，保护环电极导线接至仪表“G”插孔。</p> <p>(3) 选择适当量程后，以左手大拇指按住“ON”按钮，待仪表显示屏的数字显示稳定就可读数。当显示为“1”时，则表示被测绝缘电阻大于量程范围，需要把量程开关拨向高一挡。当仪表发出“嘟嘟”声时，表示绝缘电阻低于设定值。</p> <p>当显示屏左方出现“BT”或“←”符号时，表示表内电池供电不足，需更换电池。</p> <p>(4) 使用完毕，应把电源开关拨回“OFF”位置。</p>

### 第三节 钳形电流表

#### 一、常用的钳形电流表

T301 型钳形电流表	MG24 型钳形电流表
	
<p>钳形电流表简称钳表，它主要用于在不断开电路的情况下，直接测量低压交流电路带绝缘导线的电流。T301 型钳形电流表用于测量交流电流；MG24 型钳形电流表除能测量交流电流外，还能测量交流电压、直流电流、直流电压和电阻。</p>	<p>钳表的量程与表盘刻度</p> 

## 二、钳形电流表的使用方法

低压钳形电流表只能测量低压交流电流，不能用于高压带电测量。

测量前应先把电流零位调好。

测量前应选好量程挡，避免因用小量程挡测大电流而损坏仪表。若不能估测被测电流，可先置于量程最高挡，根据读数大小一级级向小量程挡转换，尽可能使指针在全刻度的一半左右，以便得到较准确的读数。

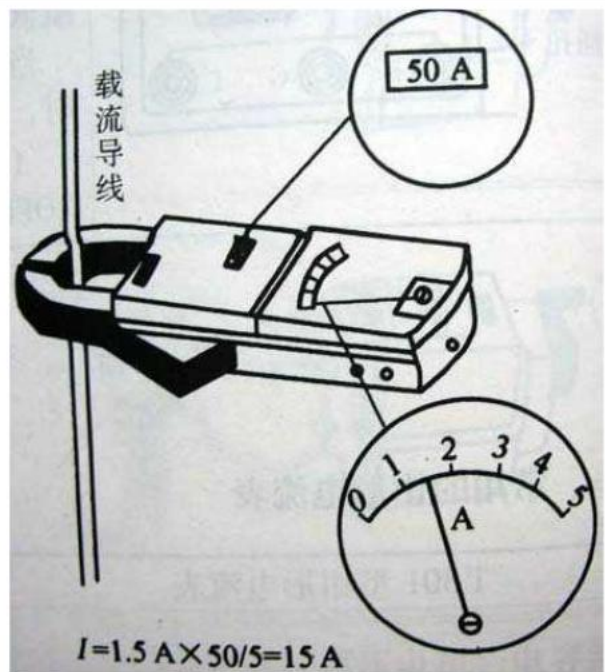


紧握把手将钳口张开，把被测载流导线引于钳口内中间，导线应处于钳口内中央处，以免产生较大误差。

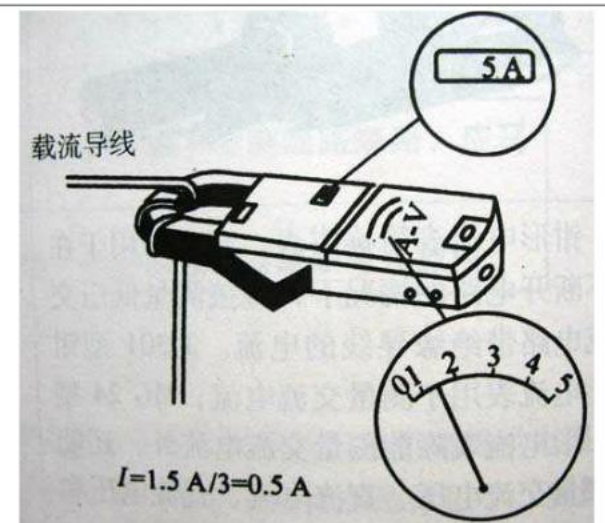
测量时钳口应紧密结合，如有杂音，可重新开合一次；如仍有杂音，应检查钳口有无污垢存在，污垢可用汽油擦干净。

松手让钳口关闭，就可从表盘读出被测电流的大小。此时指针指示的数值乘以量程与标尺最大刻度的比值，便是被测电流值。

测量过程中绝不能切换量程挡，否则容易造成钳表的损坏。



若被测电流较小，可将载流导线在钳表的钳口上绕几圈，然后将读数除以所绕圈数即为被测电流值。



**！** 严禁测量无绝缘的裸线的电流，否则会造成触电事故！



### 三、数字多功能钳形电流表简介

#### 数 字 式 多 功 能 钳 形 电 流 表

右图为数字式多功能钳形电流表，除可测量交流大电流外，还可以测量交流电压与电阻。测交流电流时，只要将转换开关拨至交流电流的某一量程挡，将通电导体置于钳口中，显示屏即可显示被测电流值。若测交流电压或电阻，则需将表笔插入仪表的插孔（“V”、“COM”或“ $\Omega$ ”、“COM”插孔）内，并将转换开关拨至电压挡或电阻挡，即可进行测量。



!

使用有交流电压挡的多功能钳形电流表时，测量电流与电压应分别进行，切不能同时测量。

### 技能训练六 万用表的使用

#### I、训练目的

能正确使用万用表测量电阻、交流电压、直流电压和直流电流等。

#### II、训练器材

- (1) 模拟式万用表（或数字式万用表）；
- (2) 三相交流调压器 1 台（带电压表）；
- (3) 直流稳压电源 1 台；

- (4) 测试用电阻若干个（含低值与高值电阻）；
- (5) 电烙铁、小功率变压器、220V 灯泡和小容量三相异步电动机各 1 个（台）；
- (6) 测试直流电流与电压用线路板 1 块；
- (7) 100 mm 螺钉旋具 1 把。

### III、训练前准备

- (1) 了解万用表面板各部分的基本结构与作用；
- (2) 明确用万用表测量各基本物理量时的使用方法与注意事项；
- (3) 按图准备好测量直流电压与电流用的线路板；
- (4) 准备测量用的三相四线电源板（应有漏电保护装置）；
- (5) 将三相调压器接好。

### IV、训练内容

- (1) 了解万用表的面板结构与旋转开关的挡位功能；
- (2) 了解万用表的表盘标度尺的意义与读数练习；
- (3) 用万用表测量交流电压、直流电压与电流；
- (4) 用万用表测量电阻。

### V、训练方法

(1) 了解万用表的面板结构与转换开关的挡位功能的训练步骤：

- (1) 观察实验用万用表的面板，明确各部分的名称与作用。
- (2) 将万用表面板的平面简图画在技能训练报告六（一）的第（1）题中。
- (3) 将万用表面板的各部分名称与作用填在技能训练报告六（一）的表 1 中。
- (4) 观察转换开关各挡位的功能，将转换开关平面简图画在技能训练报告六（一）的第（3）题中。



(5) 将转换开关各挡位的功能填在技能训练报告六（一）的表 2 中。

(6) 用小螺钉旋具调节机械调零旋钮，并将指针调准在零位。

注意：调整的幅度要小，动作要慢，掌握方法即可。

(7) 拆开电池盒盖，学会电池的安装。

(2) 了解万用表的表盘标度尺的意义与读数练习的训练步骤：

(1) 观察表盘，明确各标度尺的意义、最大刻度与刻度的特点。

(2) 在技能训练报告六（二）的第（3）题中画出标度尺的简图。

(3) 进行各物理量及各挡位的读法训练。

(4) 阅图完成技能训练报告六（二）的第（4）题。

(3) 用万用表测量交流电压、直流电压与电流的训练步骤：

(1) 将万用表转换开关置交流电压 500V 以上挡，测量三相交流电的线电压与相电压，并将测量数据填入技能训练报告六（三）的表 1 中。

(2) 用交流调压器分别调出 100V、36V 和 12V 的电压值，根据不同的电压值选择合适的交流电压量程来测量，并将测量数据填入技能训练报告六（三）的表 1 中。

注意：测量时要严格按安全要求操作，测量完毕应将电源关闭。

(3) 将测试板（见附图）电源接在直流稳压源（12~24V）的输出端子上，用万用表分别测出附图中标出的电压值，并将测量数据填入技能训练报告六（三）的表 2 中。

注意：（1）要正确选择直流电压的挡位与量程；（2）要确定被测点电位的高低。

(4) 用万用表测量各段线路的电流值。测量时，应先将测量点断开，将两表笔串入断开点中，将测量数据填入技能训练报告六（三）的表 3 中。

注意：（1）要正确选择直流电流挡位与量程；（2）要确定被测两点电位的高低；（3）测量完毕应关闭电源。

（4）用万用表测量电阻的训练步骤：

（1）用万用表测量 5 个电阻的阻值，并将测量数据填入技能训练报告六（四）的表 1 中。

注意：要根据阻值大小调整倍率，每次调整倍率后都要重新调零。

（2）用万用表分别测量下列电器元件的电阻值，并将测量数据填入技能训练报告六（四）的表 1 中。

1) 电烙铁发热丝。

2) 变压器初级和次级线圈。

3) 220V 灯泡钨丝。

4) 交流电动机定子绕组线圈。先将电动机接线盒内的绕组各线头连接线拆出，再根据线头标志分别测量 ( $U_1$ 、 $U_2$ )，( $V_1$ 、 $V_2$ ) 和 ( $W_1$ 、 $W_2$ ) 3 对线头的电阻值。

（3）分别用正确手法与错误手法测量 4 只阻值相差 100 倍的电阻，将测量数据填入技能训练报告六（四）的表 2 中。分析为什么会有此结果。

（5）数字万用表的使用：

若使用数字万用表进行测量，除表盘标度尺与读数训练不需要进行外，其它训练内容都可与模拟式万用表相同，并可根据需要增加交流电流和电路通断的测量。操作方法与安全要求请参考教材中的有关部分。

技能训练报告基本上要按模拟式万用表的各技能训练报告填写。

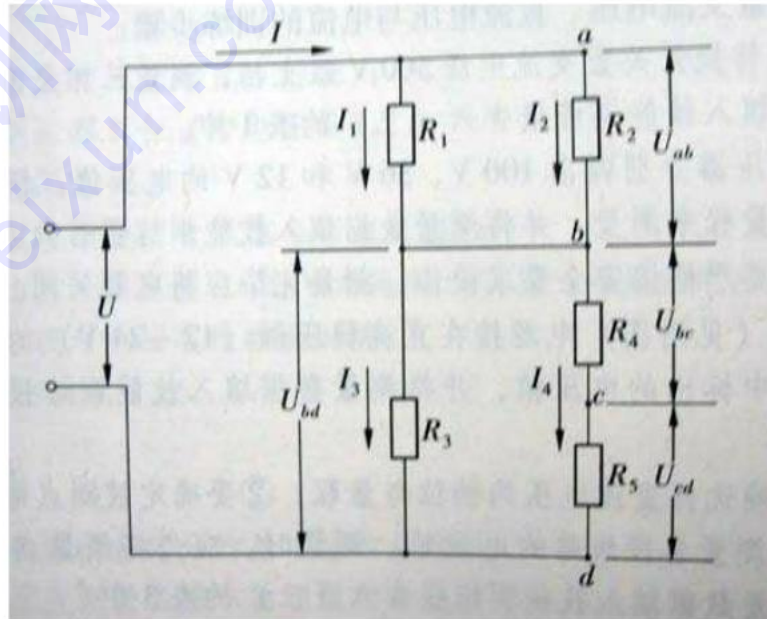
附：测量直流电压与电流的线路图

测量直流电压与电流用的线路如下图：其中：

$R_1=20\text{ k}\Omega$ ， $R_2=91\Omega$ ， $R_3=680\Omega$ ， $R_4=56\text{ k}\Omega$ ， $R_5=10\text{ k}\Omega$ 。



将电阻连接在线路板上，为了测量电流的方便，可在电流测试点用接线桩相连。







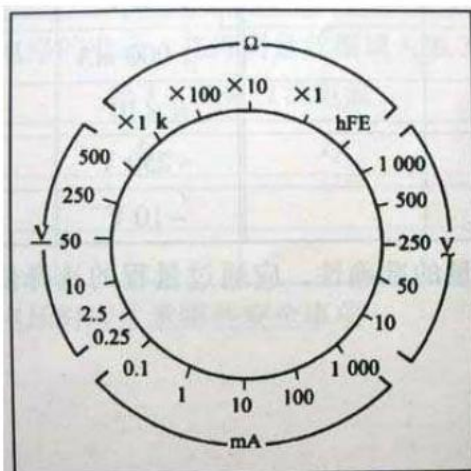
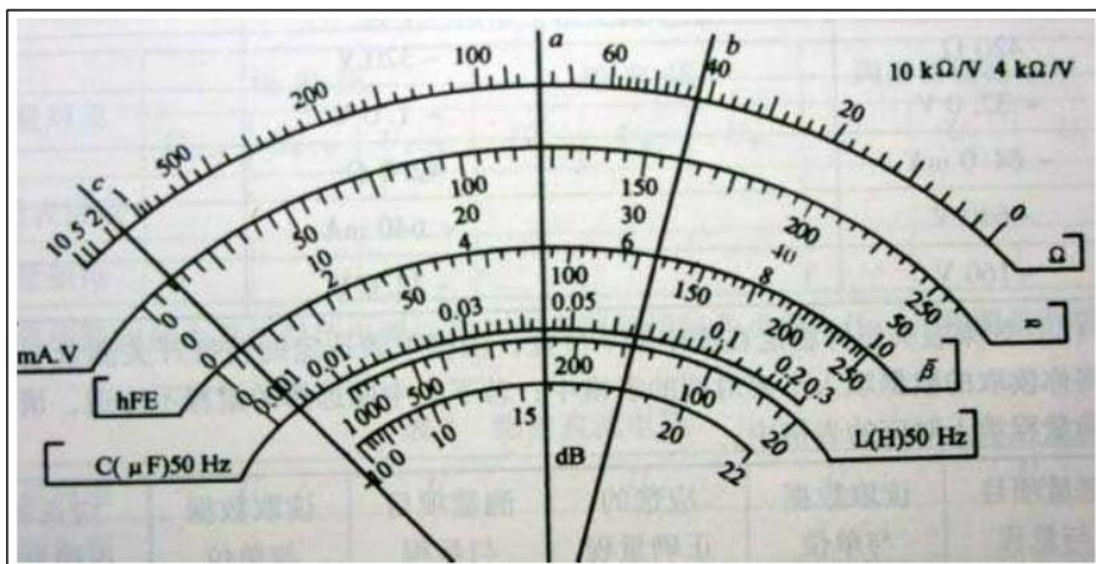


## 技能训练报告六 万用表的使用（二）

### ——万用表的表盘标度尺的意义与读数练习

班级：      姓名：      学号：      日期：

(1) 阅读下图，根据要求完成下列各题。



(1) 如果表头指针稳定在图中的 a 位置，请将读数填入下表中。

测量项目与量程	读取数据及单位	测量项目与量程	读取数据及单位
$R \times 1$		$\sim 10V$	
$\sim 1000V$		$— 2.5mA$	
$— 100mA$		$R \times 10$	
$— 250V$		$— 50V$	
$R \times 100$		$R \times 1k$	
$— 0.1mA$		$— 10V$	



(2)如果表头指针稳定在图中的 b 位置，根据下表记录的数据确认测量的项目与量程，并填入对应的表格中。

读取的数据与单位	转换开关的选择	读取的数据与单位	转换开关的选择
— 6.4V		4.2k $\Omega$	
— 0.64mA		— 0.16mA	
~ 32.0V		42k $\Omega$	
420 $\Omega$		~ 320V	
— 32.0V		— 1.6V	
— 64.0mA		42.0 $\Omega$	
~ 640V		— 640mA	
~ 160V		~ 32.0V	

(3)如果表头指针稳定在图中的 c 位置，根据下表选定的转换开关测量项目与量程，将你读取的数据填入下表对应的表格中；若下表中原选择的量程不合适，请将重选的正确量程填入对应的表格中。

测量项目与量程	读取数据与单位	应选的正确量程	测量项目与量程	读取数据与单位	应选的正确量程
~ 250V			— 50V		
— 10 mA			— 1000mA		
R $\times$ 100			R $\times$ 10		
~ 1kV			~ 250V		
— 100mA			— 10V		

(2)为了提高万用表测量的准确性，应通过量程的选择使指针指向标度尺的哪一区域？

(3) 画出实验用万用表标度尺的简图。

## 技能训练报告六 万用表的使用（三）

### ——用万用表测量交流电压、直流电压与电流

班级：          姓名：          学号：          日期：

(1) 用万用表测量三相交流电压，并将测量数据填入表 1。

表 1 测量三相交流电压

测量对象	线电压			相电压			调压器输出电压		
	$U_{U-V}$	$U_{U-W}$	$U_{V-W}$	$U_U$	$U_V$	$U_W$	$U_1$	$U_2$	$U_3$
万用表量程									
测量数据									

(2) 将线路板接上直流稳压电源，用万用表测量线路各点的电压，并将测量数据填入表 2 中。

表 2 测量直流电压

测量对象	$U$	$U_{ab}$	$U_{bc}$	$U_{cd}$	$U_{bd}$
选择量程					
测量数据					

(1) 用万用表测量各段电路的电流，并将测量数据填入表 3 中。

表 1 测量直流电流

测量对象	$I$	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$
选择量程					
测量数据					

(4) 用万用表测量交流电压时应注意哪些安全事项？

(5) 用万用表测量直流电流或电压时，若不知“+”和“-”极，应如何处理？



## 技能训练报告六 万用表的使用（四）

### ——用万用表测量电阻

班级：      姓名：      学号：      日期：

(1) 用万用表测量各电阻的电阻值，并将测量数据填入表 1 中。

表 1 电阻的测量

测量对象	色 码 电 阻					
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>		R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>
选择量程						
测量数据						
测量对象	电烙铁发 热丝电阻	控制变压器线 圈电阻		220V 灯泡 钨丝电阻	交流电动机定子绕组线圈 电阻	
	功率： W	功率： W		功率： W	U 绕组	V 绕组 W 绕组
选择量程		初级 线圈	次级 线圈			
测量数据						

(2) 分别用正确手法与错误手法测量 3 只阻值相差 100 倍的标称定值电阻，将测量数据填入表 2 中。

表 2 电阻测量的误差比较

标称电阻阻值	R <sub>1</sub> =		R <sub>2</sub> =		R <sub>3</sub> =	
正确手法测量	阻值	误差	阻值	误差	阻值	误差
错误手法测量	阻值	误差	阻值	误差	阻值	误差

根据上述测量误差作出分析：

## 技能训练七 钳形电流表的使用

### I、训练目的

能正确使用钳形电流表测量交流电流。

### II、训练器材

- (1) 钳形电流表 1 台（型号不限）；
- (2) 三相异步电动机 1 台；
- (3) 大电流的单相用电设备 1 台（如 1000W 以上的电热器具）；
- (4) 220V 灯泡与灯座各 1 个；
- (5) 交流三相四线电源板（应设三相与单相控制开关与漏电保护装置）1 块；
- (6) 导线若干。

### III、训练前准备

- (1) 了解钳形电流表的使用方法与安全要求；
- (2) 将三相异步电动机、大电流的单相用电设备和 220V 灯泡用稍长的导线接在电源控制板上（导线截面应满足大容量设备的工作电流）；

### IV、训练内容

- (1) 使用钳形电流表测量三相电动机的启动电流和空载电流；
- (2) 使用钳形电流表测量单相用电设备的电流。

### V、训练方法

使用钳形电流表测量三相电动机的启动电流和空载电流的训练步骤：

(1) 安全检查后将电动机的电源开关合上，电动机空载运转，将钳形电流表拨到合适的挡位，将电动机电源线逐根钳入钳形电流表中，分别测量电动机的三相空载电流，并将测量数据填入技能训练报告七的表 1 中。

注意：(1) 电动机底座应固定好；(2) 合上电源前应作安全检查；(3) 运行中



若电动机声音不正常或有过大的颤动，应马上将电动机电源关闭。

(2) 关闭电动机电源使电动机停转，将钳形电流表拨到合适的挡位（按电动机额定电流值的 5~7 倍估计），然后将电动机的一相电源线钳入钳形电流表中，在电动机合上电源开关的同时立刻观察钳形电流表的读数变化（启动电流值）。

注意：(1) 电动机短时间内多次连续启动会使电动机发热，因此应集中注意力观察启动瞬间的电流值，争取一次成功；(2) 测量完毕应马上将电动机电源开关断开。

(3) 安全检查后将大电流单相用电设备的电源开关合上，选择合适的挡位，用钳形电流表分别测量大电流设备的两根电源线的电流值，并将测量数据填入技能训练报告七的表 2 中。

注意：电热设备通电时，会产生很高的温度，要做好安全防护措施。

(4) 将灯泡的一根电源线在钳口上绕 3~5 圈，安全检查后将 220V 灯泡的电源开关合上，用钳形电流表分别测量灯泡的电流值，将测量数据填入技能训练报告七的表 2 中，将测得的电流值除以圈数算出流过灯泡的实际电流值。

(5) 将全部电源关闭，拆除连线，放好仪表，完成技能训练报告七。

## 技能训练报告七 钳形电流表的使用

班级：                      姓名：                      学号：                      日期：

(1) 将钳形电流表测量的电动机空载电流值填入表 1。

表 1 用钳形电流表测量电动机空载电流

测量对象	三相电动机空载电流			三相电动机 三相电流之和
	U 相	V 相	W 相	
测量数据				

(2) 将钳形电流表测量的单相设备电流值填入表 2

表 2 用钳形电流表测量单相设备电流

测量对象	大电流单相设备 (                      ) 功率：                      kW		220V 灯泡 功率：                      kW				
			圈数		测量值	实际值	
测量数据							

(3) 写出你使用的钳形电流表的型号和各挡位的数值。

(4) 使用钳形电流表测量电流时，有哪些安全要求？

## 技能训练八 兆欧表的使用

### I、训练目的

能正确使用兆欧表测量电气设备的绝缘电阻。

### II、训练器材

- (1) 500V 与 1000V 兆欧表各 1 台；
- (2) 三相交流异步电动机（380V）1 台；
- (3) 高压电缆头 1 个；
- (4) 高压验电器 1 台，高压绝缘棒 1 支。

### III、训练前准备

- (1) 了解兆欧表的选用；
- (2) 明确用兆欧表测量低压电气设备绝缘电阻的方法与安全注意事项；
- (3) 明确用兆欧表测量高压电缆绝缘电阻的方法与安全注意事项。

### IV、训练内容

- (1) 使用 500V 兆欧表测量三相电动机的相间绝缘与相对地绝缘；
- (2) 使用 1000V 兆欧表测量高压电缆头的相间绝缘与相对地绝缘。

### V、训练方法

(1) 使用 500V 兆欧表测量三相电动机的相间绝缘与相对地绝缘的训练步骤：

(1) 将电动机切断电源，把接线盒内的电动机绕组线圈 6 条引出线拆开（如无记号应先作好记号，以便测试后恢复接线）。

(2) 按要求对兆欧表作开路检查与短路检查。

(3) 用兆欧表测量电动机的三相绕组的相间绝缘电阻值与对地绝缘电阻值，并将测量数据填入技能训练报告八的表 1 中。

(2) 使用 1000V 兆欧表测量高压电缆头的相间绝缘与相对地绝缘的训练步骤：

(1) 按要求对兆欧表作开路检查与短路检查。



- (2) 模拟高压停电、验电、放电及操作保护的安全措施（边操作边口述）。
- (3) 用 1000V 兆欧表测量高压电缆头的相间绝缘电阻值与相对地绝缘电阻值，并将测量数据填入技能训练报告八的表 2 中。
- (4) 测量完毕，按要求收好仪表，清理现场，并完成技能训练报告八。

## 技能训练报告八 兆欧表的使用

班级：                      姓名：                      学号：                      日期：

(1) 用 500V 兆欧表测量电动机的三相相间绝缘电阻值与对地绝缘电阻值，并将测量数据填入表 1 中。电动机绕组相序自定。

表 1 测量电动机的三相相间绝缘电阻值与对地绝缘电阻值

测量对象	三相电动机绕组相间绝缘电阻			三相电动机绕组对地绝缘电阻		
	$R_{U-V}$	$R_{V-W}$	$R_{W-U}$	$R_{U-地}$	$R_{U-地}$	$R_{U-地}$
测量数据						

(2) 用 1000V 兆欧表测量高压电缆头的相间绝缘电阻值与相对地绝缘电阻值，并将测量数据填入表 2 中。

表 2 测量高压电缆头的相间绝缘电阻值与对地绝缘电阻值

测量对象	高压电缆头的相间绝缘电阻			高压电缆头的相对地绝缘电阻		
	$R_{U-V}$	$R_{V-W}$	$R_{W-U}$	$R_{U-地}$	$R_{U-地}$	$R_{U-地}$
测量数据						

(3) 若用兆欧表检查接在线路上的高压电缆头，要做好哪些安全措施才能进行？

(4) 对不同电压等级的设备（或线路），应如何选用兆欧表来测量其绝缘电阻值？

(5) 不同电压等级的设备（或线路），安全投入运行的最小绝缘电阻值是多少？