

双色印刷

基础看图学技能丛书

看图学



KANTUXUE WANYONGBIAO  
SHIYONG JINENG



# 万用表 使用技能

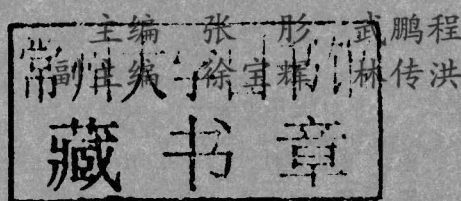
张彤 武鹏程◎主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

零基础看图学技能丛书

# 看图学万用表 使用技能



机械工业出版社

本书着重介绍了指针式万用表、数字式万用表的基本使用和扩展使用方法,以及在检测典型家用电器元件、电气线路时的使用方法,并介绍了万用表的检修知识。本书没有过多、过深的理论知识,着重用图示的方式展示操作方法,即使是入门者也能够轻松看懂,按照书中介绍的步骤轻松完成检测。

本书适合广大家电维修人员和电子爱好者阅读,也可作为技能培训班的培训教材,还可作为职业类学校的教学参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

看图学万用表使用技能/张彤,武鹏程主编. —北京:  
机械工业出版社, 2017.12  
(零基础看图学技能丛书)  
ISBN 978-7-111-58918-1

I. ①看… II. ①张… ②武… III. ①复用电表—  
使用方法—图解 IV. ①TM938.107-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第003683号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:陈玉芝 责任编辑:陈玉芝 陈文龙

责任校对:王欣 封面设计:陈沛

责任印制:孙炜

北京中兴印刷有限公司印刷

2018年4月第1版第1次印刷

169mm×239mm·12.25印张·260千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-58918-1

定价:39.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88361066

读者购书热线:010-68326294

010-88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

金书网:www.golden-book.com

教育服务网:www.cmpedu.com

# 前言

万用表又叫多用表、三用表、复用表，是一种多功能、多量程的测量仪表。常用的万用表可以测量直流电流、直流电压、交流电压、电阻和音频电平等，高档万用表可以测量交流电流、电容量、电感量及半导体的一些参数。

从万用表强大的功能就可以看出，万用表的使用极其广泛。本书由浅入深地介绍了典型指针式万用表和数字式万用表的功能与使用方法、技巧，并分别介绍了使用指针式万用表和数字式万用表检测常用元器件，使用万用表检测电气线路中的故障，以及使用万用表检测家用电器的方法与技巧，同时还介绍了万用表常见的故障及检修方法。

本书内容深入浅出、图文并茂、语言通俗易懂，具有较强的实用性和可操作性，适合广大家电维修人员和电子爱好者阅读，也可作为技能培训班的培训教材，还可以作为职业类学校的教学参考用书。

本书由张彤、武鹏程任主编，徐宝辉、林传洪任副主编，参与编写的人员还有崔国伟、胡兴平、张磊、郑德立、张东升、李伟平、郑玉贵、胡虎、王伟奇、于建成、武寅。本书由赵雪清任主审。

由于时间与编者能力有限，书中难免存在错误及疏漏之处，敬请读者批评指正。

编 者



# 目录

## 前言

|                      |    |
|----------------------|----|
| <b>第 1 章 指针式万用表</b>  | 1  |
| 1.1 万用表的结构及基本测量原理    | 2  |
| 1.1.1 指针式万用表的结构      | 2  |
| 1.1.2 直流电流的测量原理      | 4  |
| 1.1.3 电压的测量原理        | 5  |
| 1.1.4 电阻的测量原理        | 6  |
| 1.2 指针式万用表的基础测量      | 8  |
| 1.2.1 电压的测量          | 8  |
| 1.2.2 电流的测量          | 10 |
| 1.2.3 电阻的测量          | 11 |
| 1.2.4 电容、电感的测量       | 12 |
| 1.3 电子元件的检测          | 14 |
| 1.3.1 二极管的检测         | 14 |
| 1.3.2 晶体管的检测         | 22 |
| 1.3.3 场效应晶体管的检测      | 27 |
| 1.3.4 晶闸管的检测         | 29 |
| 1.4 指针式万用表的变通使用      | 33 |
| 1.4.1 用交流电压档应急测量直流电压 | 33 |
| 1.4.2 用小电流档测量小电压     | 35 |
| 1.4.3 用万用表测量大内阻电路的电压 | 36 |
| 1.4.4 测量非正弦周期性电压     | 37 |
| 1.4.5 检修彩色电视机的干扰信号   | 39 |
| 1.4.6 测量彩色显像管的灯丝电压   | 40 |
| <b>第 2 章 数字式万用表</b>  | 41 |
| 2.1 了解数字式万用表的结构      | 42 |
| 2.1.1 数字式万用表的特点及性能参数 | 42 |
| 2.1.2 数字式万用表的组成及工作原理 | 46 |
| 2.1.3 特型电路的工作原理      | 53 |
| 2.2 数字式万用表的基础测量      | 60 |
| 2.2.1 电压的测量          | 60 |
| 2.2.2 电流的测量          | 62 |

|            |                              |            |
|------------|------------------------------|------------|
| 2.2.3      | 电阻的测量 .....                  | 63         |
| 2.2.4      | 电容、二极管和晶体管的测量 .....          | 64         |
| 2.2.5      | 蜂鸣器电路及典型低压电器的测量 .....        | 65         |
| 2.3        | 数字式万用表的变通使用 .....            | 86         |
| 2.3.1      | 温度的测量 .....                  | 86         |
| 2.3.2      | 电感的测量 .....                  | 86         |
| 2.3.3      | 检测电缆线(或电线)断芯的位置 .....        | 87         |
| 2.3.4      | 检测扬声器 .....                  | 88         |
| 2.3.5      | 检测电池放电功能 .....               | 90         |
| <b>第3章</b> | <b>万用表的功能改进及使用技巧 .....</b>   | <b>93</b>  |
| 3.1        | 指针式万用表的改进及使用技巧 .....         | 94         |
| 3.1.1      | 提高电压档输入阻抗的方法 .....           | 94         |
| 3.1.2      | 增设“R $\times$ 10k”档的方法 ..... | 95         |
| 3.1.3      | 增设蜂鸣器测试功能的方法 .....           | 96         |
| 3.1.4      | 给500型万用表添加直流2.5A量程的方法 .....  | 97         |
| 3.2        | 数字式万用表的改进及使用技巧 .....         | 97         |
| 3.2.1      | 提高基准电压稳定性的方法 .....           | 97         |
| 3.2.2      | 增设直流10 $\mu$ A档的方法 .....     | 99         |
| 3.2.3      | 附加测量占空比装置的方法 .....           | 100        |
| 3.2.4      | 增加频率测试、读数保持功能的方法 .....       | 101        |
| 3.2.5      | 增加自动关机功能及常用表笔改造小窍门 .....     | 109        |
| <b>第4章</b> | <b>电气检修中万用表的使用 .....</b>     | <b>114</b> |
| 4.1        | 使用万用表检测电气与电子线路 .....         | 115        |
| 4.1.1      | 使用万用表检测墙体中的导线接头 .....        | 115        |
| 4.1.2      | 使用万用表测量电烙铁的电阻及功率 .....       | 115        |
| 4.1.3      | 利用万用表对纽扣电池充电 .....           | 116        |
| 4.2        | 使用万用表检测电动机 .....             | 117        |
| 4.2.1      | 使用万用表简易判断电动机的极数 .....        | 117        |
| 4.2.2      | 测算三相电动机的转速 .....             | 118        |
| 4.2.3      | 绕组断路故障的检测 .....              | 119        |
| 4.2.4      | 绕组多根断线的检测 .....              | 119        |
| 4.2.5      | 绕组短路故障的检测 .....              | 120        |
| 4.3        | 使用万用表检测电气控制线路 .....          | 121        |
| 4.3.1      | 使用万用表检测电气线路故障的常用方法 .....     | 121        |
| 4.3.2      | 断路故障的检修 .....                | 124        |
| 4.3.3      | 短路(短接)故障的检修 .....            | 126        |
| 4.3.4      | 电动机正反转控制电路的检测 .....          | 127        |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| <b>第 5 章 使用万用表检修家用电器</b> | 129 |
| 5.1 照明线路的检测              | 130 |
| 5.1.1 用万用判断市电零线及相线       | 130 |
| 5.1.2 线路负载的检测            | 131 |
| 5.2 电加热器的检测              | 133 |
| 5.2.1 电加热器的典型应用          | 133 |
| 5.2.2 电加热器的检测            | 134 |
| 5.2.3 电饭煲的性能检测           | 135 |
| 5.2.4 电熨斗的性能检测           | 136 |
| 5.3 制冷电器的检测              | 137 |
| 5.3.1 制冷电器的典型应用          | 137 |
| 5.3.2 压缩机的检测             | 137 |
| 5.3.3 直流电动机的检测           | 142 |
| 5.3.4 起动器的检测             | 144 |
| 5.3.5 温控器的检测             | 145 |
| 5.4 全自动洗衣机的检测            | 149 |
| 5.4.1 电磁阀的检测             | 149 |
| 5.4.2 电动机的检测             | 150 |
| 5.4.3 洗衣机性能的检测           | 151 |
| 5.5 小家电的检测               | 154 |
| 5.5.1 温控器的检测             | 154 |
| 5.5.2 磁控管的检测             | 155 |
| 5.5.3 变压器的检测             | 158 |
| 5.5.4 数码显示器件的检测          | 159 |
| 5.5.5 电热杯性能的检测           | 161 |
| <b>第 6 章 万用表的检修</b>      | 162 |
| 6.1 指针式万用表的检修            | 163 |
| 6.1.1 指针式万用表的检查          | 163 |
| 6.1.2 指针式万用表常见故障排除       | 165 |
| 6.2 数字式万用表的检修            | 170 |
| 6.2.1 数字式万用表的检查          | 170 |
| 6.2.2 数字式万用表常见故障排除       | 179 |
| <b>附录</b>                | 187 |
| 附录 A 常用电量符号及单位换算         | 188 |
| 附录 B 常用万用表电路原理图          | 189 |

# 第 1 章

## 指针式万用表

- 1.1 万用表的结构及基本测量原理
- 1.2 指针式万用表的基础测量
- 1.3 电子元器件的检测
- 1.4 指针式万用表的变通使用



## 1.1

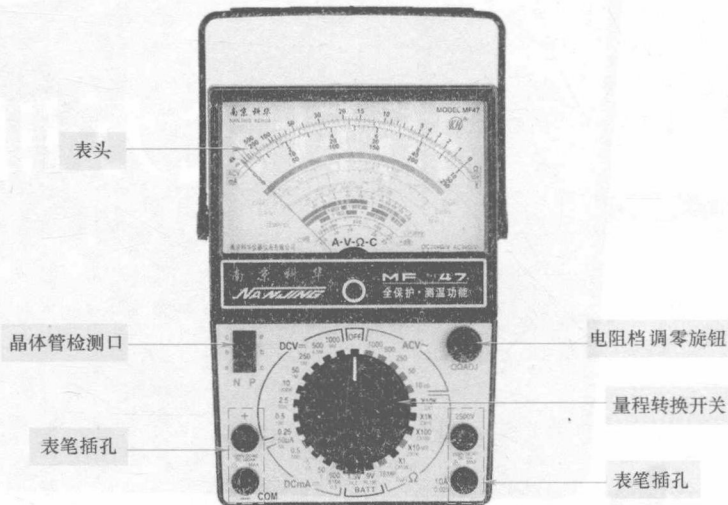
## 万用表的结构及基本测量原理

## 第1章

## 1.1.1 指针式万用表的结构

指针式万用表是最常用的一种工具类电测仪表，它携带、使用方便，可以完成多量程、多种电量的测量，在电子产品检测维修及电气工程领域被广泛使用。

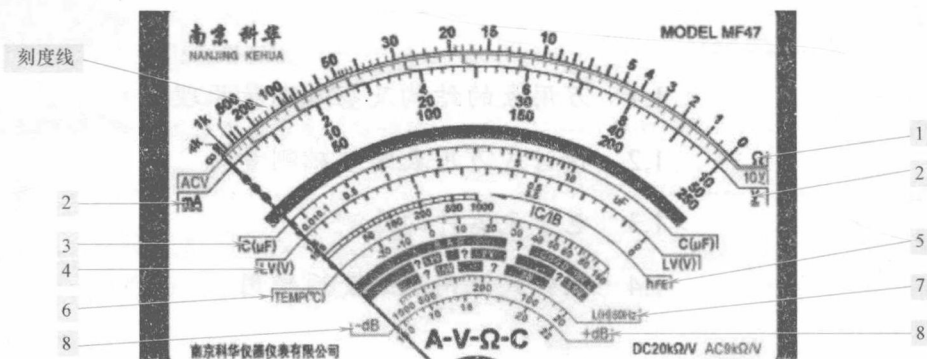
指针式万用表的外观如下图所示：



常见的指针式万用表面板上都设有表头、量程转换开关和表笔插孔等。

## 表头

指针式万用表的表头是灵敏电流计，表头的刻度上印有各种符号、刻度线及数值，如下图所示：

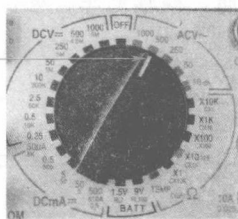


- |   |                                          |   |                                              |
|---|------------------------------------------|---|----------------------------------------------|
| 1 | 第1条刻度线用“ $\Omega$ ”标示,测量电阻的阻值时应查看这条刻度线   | 2 | 第2条刻度线用“V”和“mA”标示,测量交、直流电压/电流时应查看这条刻度线       |
| 3 | 第3条刻度线用“C( $\mu$ F)”标示,测量电容器的容量时应查看这条刻度线 | 4 | 第4条刻度线用“LV(V)”标示,测量时的负载电压可查看这条刻度线            |
| 5 | 第5条刻度线用“hFE”标示,测量晶体管放大倍数时应查看这条刻度线        | 6 | 第6条刻度线用“TEMP( $^{\circ}$ C)”标示,测量温度时应查看这条刻度线 |
| 7 | 第7条刻度线用“L(H) 50Hz”标示,测量电感的电感量时应查看这条刻度线   | 8 | 第8条刻度线用“-dB”和“+dB”标示,测量音频信号电平时应查看这条刻度线       |

## 量程转换开关

指针式万用表的量程转换开关是一个多档位的旋转开关,用来选择测量项目及其量程,如右图所示:

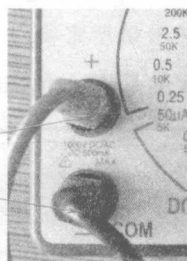
表明当前选项



## 表笔及其插孔

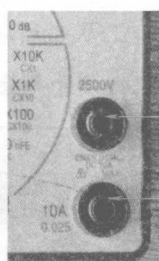
指针式万用表的表笔分为红色和黑色两根,使用时红表笔插入标有“+”或“2500V”(或“10A”)的插孔,黑表笔插入标有“-”的插孔,如下图所示:

正常测量时,  
红、黑表笔  
插孔



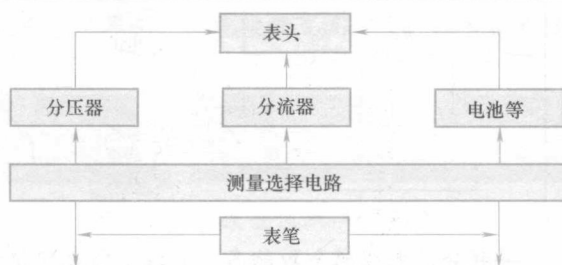
大电压测量时  
红表笔插孔

小电流测量时  
红表笔插孔



## 基本测量原理

不同型号的万用表的电路不尽相同,但它们的基本电路结构大同小异。万用表的基本电路结构框图如右图所示:



## 表头

指针式万用表通常都采用磁电式测量机构作万用表的表头，它的满刻度偏转电流一般为几微安到几百微安。

表头的满偏电流越小，其灵敏度也就越高。

相应万用表的电压灵敏度就越高。

好的表头具有的特性

测量电压时表的内阻越大，对被测电路的影响就越小。

## 测量电路

测量电路中的元器件绝大部分是各种类型和各种数值的电阻元件，如线绕电阻、碳膜电阻、电位器等，此外在测量交流电压的电路中还有整流器件。

万用表是多量程直流电流表

万用表是多量程直流电压表

万用表是多量程程电阻表

万用表测量电路

## 量程转换开关

万用表中各种测量种类及量程的选择是靠量程转换开关的切换来实现的。量程转换开关里面有固定触点和活动触点，当固定触点和活动触点闭合时接通电路。

活动触点称为“刀”

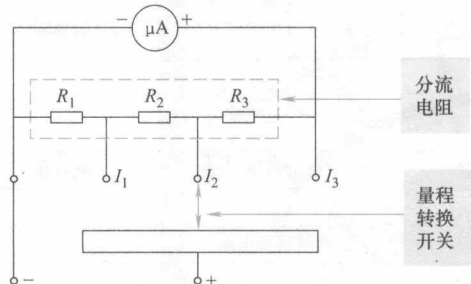
旋转“刀”的位置可以使得某些活动触点与固定触点闭合，从而相应地接通所需要的测量电路。

万用表中所用的量程转换开关往往都是特别的，通常有多刀和几十个掷。

## 1.1.2 直流电流的测量原理

万用表的直流电流测量电路，实质上是一个多量程的直流电流表测量电路。

通常采用闭路式多量程分流器电路，如下图所示：



在测量电路中，各分流电阻彼此串联，再与表头并联，形成一个闭合环路，经量程转换开关切换，改变与表头并联的分流电阻阻值，以实现测量不同量程的电流。

$$I_1 > I_2 > I_3$$

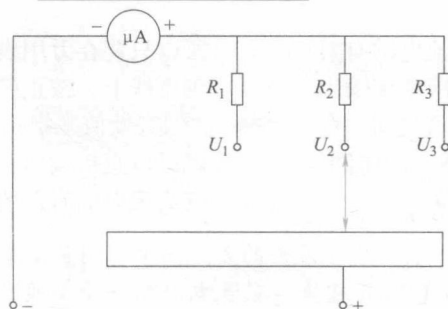
并联分流电阻的个数越多，并联支路电阻值就越大，其直流电流量程就越小。

## 1.1.3 电压的测量原理

## 直流电压的测量原理

万用表的直流电压测量电路，实质上是一个多量程的直流电压表测量电路。采用附加电阻与表头串联，可以扩大电压测量的范围。

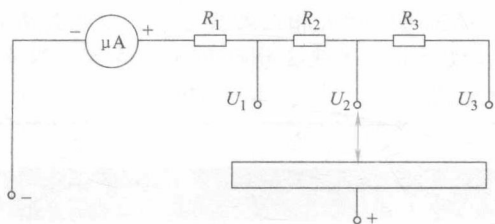
## 单用式附加电阻电路



在单用式附加电阻电路中，每个电压量程采用单独的附加电阻，各档之间互不影响，若某档附加电阻损坏，其他各档仍可正常工作。

## 共用式附加电阻电路

万用表常用的电路是高低电压档的附加电阻共用，即共用式附加电阻电路，如下图所示：



这种电路的优点是可以节省绕制电阻的材料。

这种电路的缺点是当低电压档的附加电阻损坏时，高电压档也不能工作。

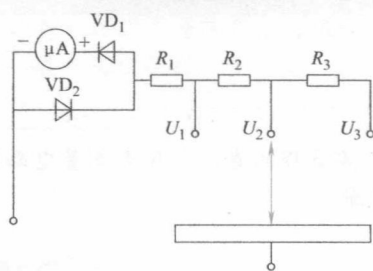
## 交流电压的测量原理

万用表的表头是一个磁电系动圈式测量机构，只能接收直流信号，而不能直接接收交流信号。测量过程如下：

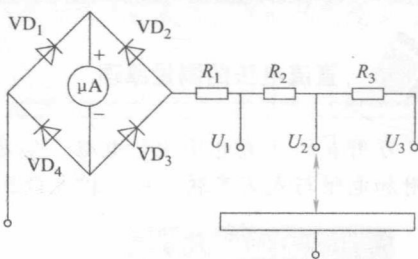
- |                 |                         |                               |
|-----------------|-------------------------|-------------------------------|
| 1 用磁电系的表头测量交流电量 | 2 把交流信号整流成直流信号，再送给磁电系表头 | 3 把被测的交流电转换成相应的直流电，才能进行交流电的测量 |
|-----------------|-------------------------|-------------------------------|

万用表的交流电压测量电路用的是半波整流或全波整流及共用附加电阻电路，如下页图所示：

## 半波整流电路



## 全波整流电路



磁电系测量机构加上整流电路构成的整流式仪表

指针偏转角度正比于整流电流的平均值

正弦交流电的有效值与相应整流输出的平均值之间,存在着确定的比例关系

所以只要在万用表刻度线上,按正弦波的有效值来指示,就可以直接读出正弦交流电的有效值

利用万用表测量非正弦交流电的有效值,将会由于波形的差异而带来测量误差。

在万用表中,为了读数方便,要求交流电的有效值与直流电公用一个刻度线。为满足这一要求,又要提高表头在测量交流电时的灵敏度,常采用以下两种方法:

一是交流电测量档与直流电测量档各用一套电阻。

测量交流电时提高灵敏度的方法

二是交流电测量档与直流电测量档共用一套电阻,但必须设法改变表头电流的分流关系。

以上两种方法都可以使万用表在测量交流电时增大相应表头电流,以达到交流与直流公用同一刻度线的目的。由于受二极管非线性伏安特性和温度特性的影响,万用表的交流档灵敏度要比直流档的灵敏度低。

### 1.1.4 电阻的测量原理

万用表的电阻测量电路,实质上是一个多量程的电阻表测量电路。

电阻表的基本测量原理如右图所示:

根据欧姆定律可得流过表头的电流为:

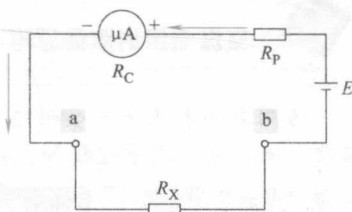
$$I = \frac{E}{(R_C + R_p + R_X)}$$

表头内阻  $R_C$       表内电池电压  $E$       被测电阻  $R_X$       调零电位器电阻  $R_p$

表内电池电压  $E$  一定。

表头内阻  $R_C$  和调零电位器电阻  $R_p$  一定。

表头电流  $I$  与被测电阻  $R_X$  之间存在一定的对应关系,即不同的被测电阻  $R_X$  就会有不同的表头电流  $I$ 。





如果表头的刻度线直接按电阻值刻度，就可以直接读出电阻值的大小，所以测电阻值实际上仍是测电流值。

当  $R_x=0\Omega$  时

当  $R_x=0\Omega$  时，表头电流  $I$  最大，调节调零电位器电阻为  $R_p$

流过表头的电流  $I$  等于满偏电流：
$$I_C = \frac{E}{R_C + R_p}$$

当调节调零电位器之后，电阻由原来的  $R_p$  调整到  $R'_p$ ，所以表头电流  $I$  就等于满偏电流：

$$I_C = \frac{E}{R_C + R'_p}$$

则指针达到电流满刻度位置时，正对应着电阻为“0”刻度的位置。

当  $R_x = \infty$  时

当  $R_x = \infty$  时，表头电流  $I=0A$ ，因此表头的机械零点位置正好是电阻为“ $\infty$ ”刻度的位置。所以电阻档的刻度线是反向刻度的。

当  $R_x$  为  $0 \sim \infty$  之间的任意值时

当  $R_x$  为  $0 \sim \infty$  之间的任意值时，表头指针将指示在电流满刻度（电阻“0”刻度处）与机械零位（电阻“ $\infty$ ”刻度处）之间的相应位置上。由于流过表头的电流  $I$  与被测电阻  $R_x$  之间不成比例，所以，电阻刻度线的分度是不均匀的，如下图所示：



当  $R_x = R_C + R'_p$  时（ $R_C + R'_p$  为电阻表的总内阻），
$$I_C = \frac{E}{2R_C + 2R'_p} = \frac{I_C}{2}。$$

虽然电阻表刻度线的刻度范围是  $0 \sim \infty$ ，但是由于电阻表的刻度线分布不均匀，使得实用的测量范围只在  $0.1 \sim 10$  倍欧姆中心值之间。

电阻表的欧姆中心值确定了电阻表的有效测量范围

如果被测电阻超出该范围太大，则无法得到准确的测量结果。

为使万用表能在较大范围内准确测量电阻值，万用表电阻测量电路都采用多量程的电阻表电路，为了公用一条电阻刻度线，可将欧姆中心值按 10 的倍率扩大，以扩大电阻测量的量程。

例如“ $R \times 1$ ”档的欧姆中心值为  $50\Omega$ ，那么其他档的欧姆中心值就取  $500\Omega$ 、 $5k\Omega$  等，从而构成“ $R \times 1$ ”“ $R \times 10$ ”“ $R \times 100$ ”等倍率档的电阻表。

## 1.2

## 指针式万用表的基础测量

## 第1章

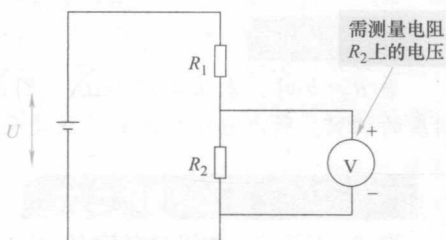
## 1.2.1 电压的测量

在使用指针式万用表测量电压时，需要注意区别直流电压和交流电压。

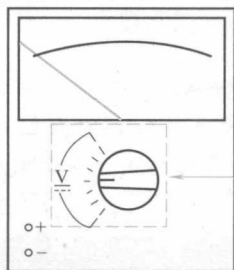
## 直流电压的测量

测量直流电压时，万用表构成直流电压表，直接并接于被测电阻两端。

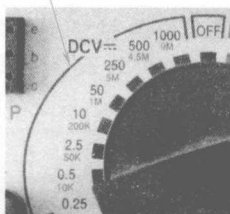
如右图所示，若需测量电阻  $R_2$  上的电压，将电压表并接于  $R_2$  上即可。



测量 1000 V 及其以下直流电压时，转动万用表上的量程转换开关至所需的直流电压档，如下图所示：

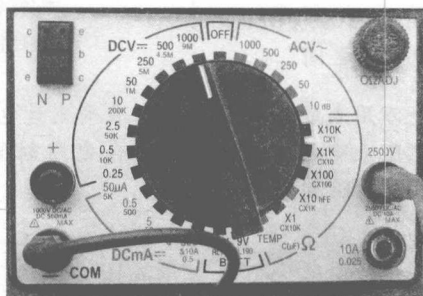
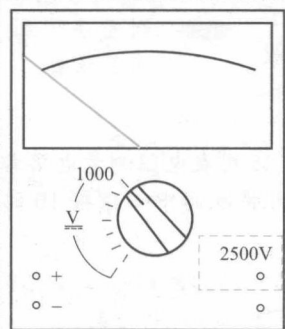


直流电压档

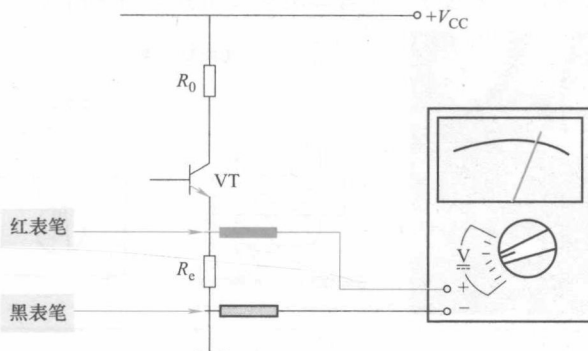


测量 1000 ~ 2500V 的直流电压时，将量程转换开关置于直流“1000V”档，并将红表笔改插入 2500V 专用插孔，如下图所示：

红表笔插在 2500V 插孔



测量晶体管发射极电压 ( $R_e$  上的压降) 的示意图如下图所示:



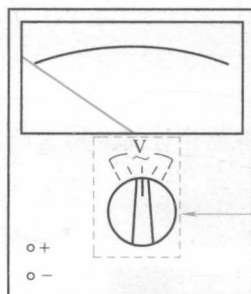
将红表笔接 VT 发射极、黑表笔接地 (即万用表并接于电阻  $R_e$  上), 指针即指示出被测晶体管发射极的电压值。



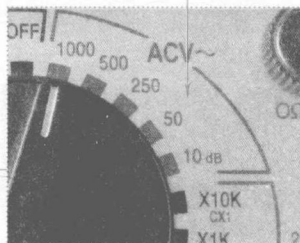
## 交流电压的测量

测量交流电压与测量直流电压相似, 不同之处是两表笔可以不分正、负。

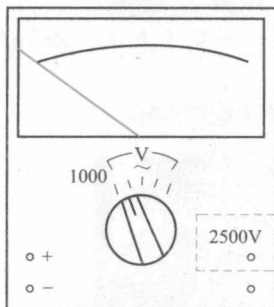
测量 1000V 及其以下交流电压时, 转动万用表上的量程转换开关至所需的交流电压档, 如下图所示:



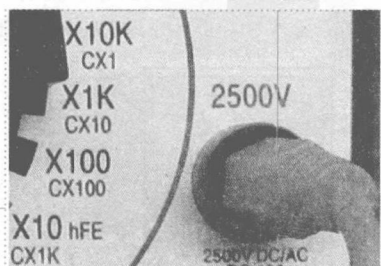
交流电压档



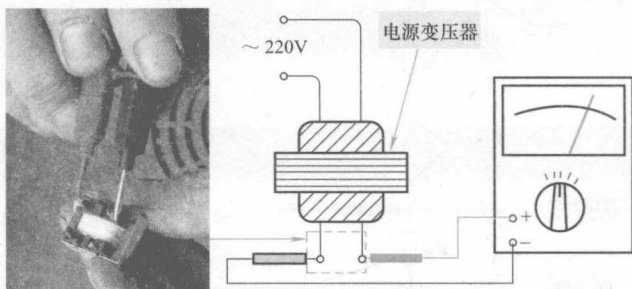
测量 1000 ~ 2500V 的交流电压时, 将量程转换开关置于交流 “1000V” 档, 并将红表笔改插入 2500V 专用插孔, 如下图所示:



红表笔插  
2500V 插孔

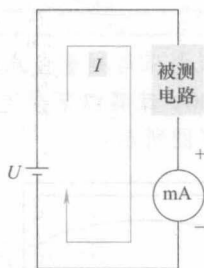
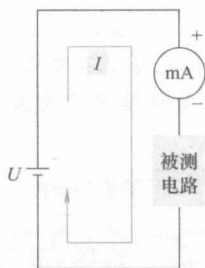


万用表两表笔不分正、负，分别接电源变压器二次侧的两个引出端，指针即指示出被测交流电压值。测量电源变压器二次电压示意图如下图所示：

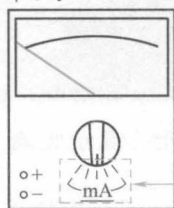


## 1.2.2 电流的测量

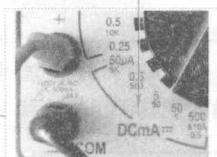
测量直流电流时，万用表构成的电流表应串入被测电路，可以串入电源正极与被测电路之间，也可以串入被测电路与电源负极之间，如下图所示：



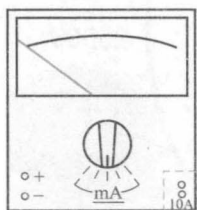
测量  $0 \sim 500\text{mA}$  直流电流时，转动万用表上的量程转换开关至所需的直流电流档，如下图所示：



直流电流档



测量  $500\text{mA} \sim 10\text{A}$  的直流电流时，将量程转换开关置于直流“ $500\text{mA}$ ”档，并将红表笔改插入  $10\text{A}$  专用插孔，如下图所示：



红表笔插10A插孔

