



中等职业教育课程改革创新教材  
中等职业教育机电系列教材



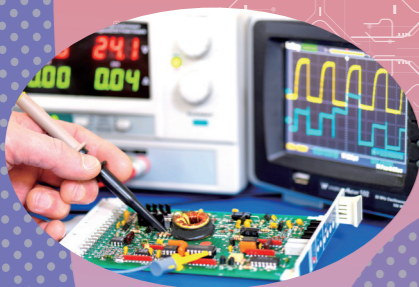
中等职业教育课程改革创新教材  
中等职业教育机电系列教材

# 电子测量仪器

主编 朱勇 李波

## 电子测量仪器

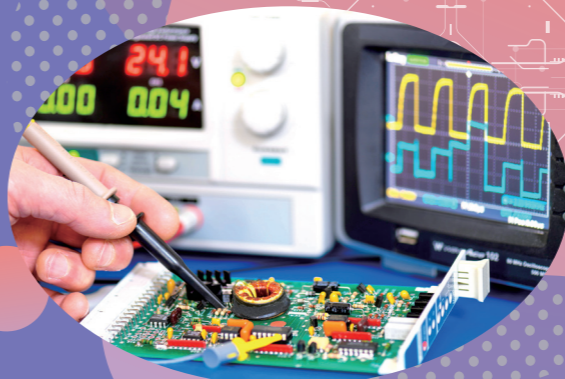
DIANZI  
CELIANG  
YIQI



## 电子测量仪器

主编 朱勇 李波

DIANZI  
CELIANG  
YIQI



引入现代电子测量的新方法、新产品、新发展和新技术，以电子测量仪器为中心，包含职业技能鉴定的理论知识和操作项目，实用性强。

选题策划：马子涵  
责任编辑：卢尚坤  
封面设计：黄燕美



定价：42.00元

哈尔滨工程大学出版社  
Harbin Engineering University Press

哈尔滨工程大学出版社  
Harbin Engineering University Press

中等职业教育课程改革创新教材  
中等职业教育机电系列教材

# 电子测量仪器

► 主 编 朱 勇 李 波  
副主编 陈 熠

DIANZI  
CELIANG  
YIQI

## 内 容 简 介

本书共 14 个项目,内容包括电子测量仪器和维护常识、指针式万用表的使用、数字式万用表的使用、电子示波器的使用、信号发生器的使用、数字式频率计和电子计数器的使用、交流毫伏表的使用、频率特性测试仪的使用、晶体管特性图示仪的使用、数字电桥的使用、钳形电流表的使用、兆欧表的使用、直流稳压电源的使用、常用电子测量仪器的综合应用。

本书可作为中等职业学校机电类、自动化类、电子信息类等专业的教材,也可供相关技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

电子测量仪器/朱勇,李波主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2020.8

ISBN 978-7-5661-2616-0

I. ①电… II. ①朱… ②李… III. ①电子测量设备  
IV. ①TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2020)第 129118 号

选题策划 马子涵

责任编辑 卢尚坤

封面设计 黄燕美

---

出版发行 哈尔滨工程大学出版社  
社 址 哈尔滨市南岗区南通大街 145 号  
邮政编码 150001  
发行电话 0451-82519328  
传 真 0451-82519699  
经 销 新华书店  
印 刷 三河市骏杰印刷有限公司  
开 本 787 mm×1 092 mm 1/16  
印 张 14.5  
字 数 300 千字  
版 次 2020 年 8 月第 1 版  
印 次 2020 年 8 月第 1 次印刷  
定 价 42.00 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn

---

服务电话:400-615-1233

# 前言

## PREFACE



本书旨在使学生掌握电子类工作岗位群所需要的理论知识和工艺方法，能够从事电子产品组装、电子产品调试、电子产品检修等工作，以适应相关岗位群的实际工作需要。

本书以技能培养为主线来设计项目训练内容，按照项目教学模式组织编写内容，符合当前职业教育发展的需要。全书的项目内容按照“项目概述、学习目标、安全规范、实践操作、知识链接、思考与练习、项目检测”的顺序排列，在保证培养学生基本能力的基础上，重点培养学生分析问题、解决问题的能力。

本书以培养电子测量基本技术和工程应用能力为目标，系统地阐述了各种电子测量仪器仪表的工作原理与使用方法。内容包括指针式万用表、数字式万用表、电子示波器、信号发生器、数字式频率计、电子计数器、交流毫伏表、频率特性测试仪、晶体管特性图示仪、数字电桥、钳形电流表、兆欧表等的使用。本书内容深入浅出、通俗易懂，各项目均配置了习题。本书在选材上具有先进性、系统性和实用性，内容丰富，实用面广。

本书采用项目教学法形式，体现了课程标准所规定的全部内容，相关的理论知识和工艺方法都将在一系列项目实施的工作过程中分别学习。本书还充分兼顾了有关职业技能鉴定的理论知识和操作项目，具有实际操作的指导性，反映了现代电子测量技术的新方法、新产品、新发展和新技术，以适应日益发展的社会需求。

本书可作为中等职业学校机电类、自动化类、电子信息类等专业的教材，也可供相关技术人员参考。

本书由朱勇、李波任主编，陈熠任副主编，张仕强参与了编写工作。具体编写分工如下：朱勇编写了项目一至项目七、项目十四，李波编写了项目八至项目十一，陈熠编写了项目十二、项目十三，张仕强负责在编写过程中提供资料。

由于编者水平有限，书中难免有不当之处，敬请广大读者批评指正，以便进一步完善本教材。

编者



# 目录

CONTENTS



项目一	电子测量仪器和维护常识	001
项目二	指针式万用表的使用	011
项目三	数字式万用表的使用	038
项目四	电子示波器的使用	061
项目五	信号发生器的使用	082
项目六	数字式频率计和电子计数器的使用	111
项目七	交流毫伏表的使用	126
项目八	频率特性测试仪的使用	131
项目九	晶体管特性图示仪的使用	136
项目十	数字电桥的使用	148
项目十一	钳形电流表的使用	154
项目十二	兆欧表的使用	164
项目十三	直流稳压电源的使用	173
项目十四	常用电子测量仪器的综合应用	184
实验一	常用电子测量仪器的使用	184
实验二	OTL低频功率放大器	189
实验三	集成低频功率放大器	193

实验四	串联型晶体管直流稳压电源 .....	196
实验五	集成稳压器 .....	202
实验六	晶闸管可控整流电路 .....	206
实验七	晶体管共射极单管放大器 .....	210
实验八	波形发生器 .....	218

**参考文献**

..... 225

# 项目一

## 电子测量仪器和维护常识

项目一

项目二

项目三

项目四

项目五

项目六

项目七

### 项目概述

测量是按照某种规律，用数据来描述观察到的现象，即对事物做出量化描述。测量是对非量化实物的量化过程。本项目主要对电子测量仪器的基本知识、维护基本措施、检修的一般程序进行介绍，使学生在了解电子测量仪器基本知识的基础上能认知电子电路测量的基本方法和电子测量仪器的操作方法，并能知道如何维护电子测量仪器，做好安全防护和注意事项。

### 学习目标

- (1) 了解电子电路测量的基本方法。
- (2) 掌握检修电子测量仪器的一般程序。
- (3) 熟悉电子测量仪器使用的注意事项。

### 安全规范

- (1) 仪器运行时，切勿打开外盖。
- (2) 为避免损坏仪表，不要输入超过各量程挡所规定的最大值。
- (3) 仪器使用完毕，应先切断高压开关，然后切断低压开关。

### 知识链接

## 一、电子测量仪器的基本知识

测量是指为确定被测对象的量值而进行的实验过程。电子测量是测量的一个重要分支，是指以电子技术为理论基础，以电子测量设备和仪器为工具，对各种电量进行测量。

### 1. 电子测量的内容

用万用表测量市电电压的大小，用示波器测量信号的波形，都属于电子测量的范围。电子测量的范围很广，主要包括以下4项内容。

#### 1) 基本电量的测量

基本电量的测量包括电压、电流和功率等的测量。

#### 2) 电信号的波形及特征测量

电信号的波形测量可以直观地观察到各种电信号的波形，电信号的特征测量包括各种电信号的幅度、频率、相位、周期和失真度等的测量。



### 3) 电路元器件参数的测量

电路元器件参数的测量包括电阻、电容、电感、阻抗及其他参数（如三极管的放大倍数、电感的品质因数  $Q$  等）的测量。

### 4) 电路特性的测量

电路特性的测量包括电路的衰减量、增益、灵敏度和通频带等的测量。

## 2. 电子测量的基本方法

### 1) 直接测量法

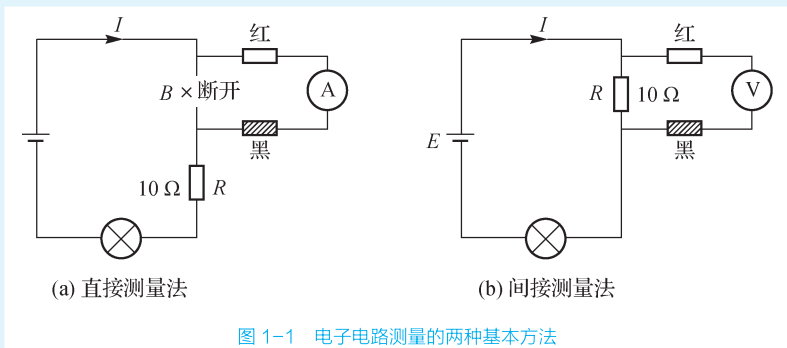
使用已知标准定度的电子仪器，对被测量值直接进行测量，从而测得其数据的方法，称为直接测量法，如用电压表测量交流电源电压等，下面举例说明直接测量法的应用。如图 1-1 (a) 所示，如果想知道流过灯泡的电流的大小，可以在  $B$  点将电路断开，再将电流表的两支表笔分别接在断开处的两端，电流流过电流表，电流表就会显示电流的大小。

需要说明的是，直接测量并不意味着就是用直读式仪器进行测量，许多比较式仪器虽然不一定能直接从仪器刻度盘上获得被测量的值，但因参与测量的对象就是被测量，所以这种测量仍属于直接测量。一般情况下直接测量法的精度比较高。

### 2) 间接测量法

使用已知标准定度的电子仪器，不直接对被测量值进行测量，而对一个或几个与被测量具有某种函数关系的物理量进行直接测量，然后通过函数关系计算出被测量值，这种测量方法称为间接测量法。例如，要测量电阻的消耗功率，可以通过直接测量电压、电流或测量电流、电阻，然后根据  $P=UI=I^2R=U^2/R$  求出电阻的功率，下面举例说明间接测量法的应用。如图 1-1 (b) 所示，如果想知道流过灯泡电流的大小，可以用电压表测量电阻  $R$  两端的电压  $U$ ，然后根据欧姆定律 ( $I=U/R$ )，就可以求出电流的大小。

同样是测一个电路的电流大小，可以采用图 1-1 (a) 所示的直接测量法，也可以采用图 1-1 (b) 所示的间接测量法。图 1-1 (a) 中的直接测量法可以直接读出被测对象的量值大小，但需要断开电路；而图 1-1 (b) 中的间接测量法不需要断开电路，比较方便，但测量后需要通过欧姆定律进行计算。



直接测量法和间接测量法没有优劣之分，在进行电子测量时，选择哪一种方法要根据实际情况来决定。

有的测量需要直接测量法和间接测量法兼用，称为组合测量法。例如，将被测量和另外几个量

组成联立方程，通过直接测量这几个量最后求解联立方程，从而得出被测量的大小。

### 3) 直读测量法与比较测量法

直读测量法是直接从仪器仪表的刻度盘上读出测量结果的方法。如一般用电压表测量电压，利用频率计测量信号的频率等都是直读测量法。这种方法是根据仪器仪表的读数来判断被测量的大小，这种方法简单方便，因而被广泛采用。

比较测量法是在测量过程中，通过被测量与标准量直接进行比较而获得测量结果的方法，电桥就是比较测量法应用的典型例子，它是利用标准电阻（电容、电感）对被测量进行测量。

## 3. 电子测量仪器的放置

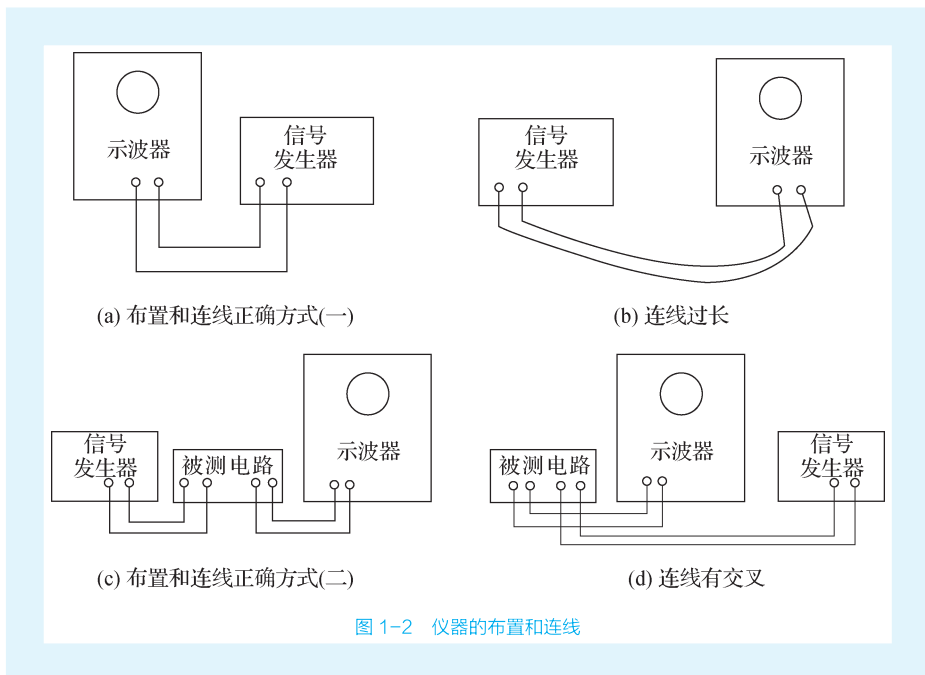
在电子测量中完成一项电参量的测量，往往需要数台测量仪器及各种辅助设备。例如，要观测负反馈对单级放大器的影响，就需要低频信号发生器、示波器、电子电压表及直流稳压电源等仪器。电子测量仪器的摆放位置、连接方法等是否合理都会对测量过程、测量结果及仪器自身安全产生影响，因此要注意以下两点：

### 1) 进行测量前应安排好电子测量仪器的位置

放置仪器时，应尽量使仪器的指示表或显示器与操作者的视线平行，以减少视差；对那些在测量中需频繁操作的仪器，其位置的安排应方便操作者的使用；在测量中当需要两台或多台仪器重叠放置时，应把质量轻、体积小的仪器放在上层；对散热量大的仪器还要注意它的散热条件及对邻近仪器的影响。

### 2) 电子测量仪器之间的连线

电子测量仪器之间的连线除了稳压电源输出线，其他的信号线要求使用屏蔽导线，而且要尽量短，尽量做到不交叉，以免引起信号的串扰和寄生振荡。例如，在图 1-2 所示的仪器布置中，图 1-2 (a)、图 1-2 (c) 的布置和连线是正确的，而图 1-2 (b) 的连线过长，图 1-2 (d) 连线有交叉，后两种情况都是不妥当的。



## 4. 电子测量仪器的接地

电子测量仪器的接地有两层意义：一是以保障操作者人身安全为目的的安全接地，二是以保证电子测量仪器正常作为目的的技术接地。

### 1) 安全接地

安全接地的“地”是指真正的大地，即实验室大地。大多数电子测量仪器都使用 220 V 交流电源，而仪器内部的电源变压器的铁心及初级、次级之间的屏蔽层都直接与机壳连接，正常时，绝缘电阻很大（达 100 M $\Omega$ ），人体接触机壳是安全的；当仪器受潮或电源变压器质量不佳时，绝缘电阻会明显下降，人体接触机壳就可能触电。为了消除隐患，要求接地端良好接地。

### 2) 技术接地

技术接地是一种防止外界信号串扰的方法，这里所说的“地”并非真正的大地，而是指等电位点，即测量仪器及被测电路的基准电位点。技术接地一般有一点接地和多点接地两种方式。前者适用于直流或低频电路的测量，即把测量仪器的技术接地点与被测电路的技术接地点连在一起，再与实验室的总地线（大地）相连；多点接地则应用于高频电路的测量。

## 二、电子仪器维护的基本措施

认真做好电子仪器的日常维护工作，对延长仪器的正常工作寿命、减少仪器的故障、确保安全使用和保证测量准确度等方面，都具有十分重要的作用。维护措施大致可归纳为下列 6 条。

### 1. 防尘、去尘

要保证电子仪器处于良好的备用状态，首先应保持其外表的整洁。因此，防尘与去尘是一项最基本的维护措施。

大部分电子仪器都备有专用的防尘罩，仪器使用完毕后应注意加罩。在使用塑料罩的情况下，最好要等温度下降后再加罩，以便水汽散发。如果没有专用的仪器罩，应设法盖好，或将仪器放进柜橱内。玻璃纤维的罩布对使用者的健康有危害，玻璃纤维进入仪器内也不易清除，甚至会引起元器件的接触不良和干涩等问题，因此严禁使用。此外，应禁止将电子仪器无遮盖地长期搁置在水泥地或靠墙的地板上。平时要常用毛刷、干布或蘸有绝缘油（如废弃的变压器油）的抹布纱团将仪器的外表擦刷干净，但不要使用蘸水的湿布抹擦，避免水汽进入仪器内部，锈蚀机壳脱漆部分。如果发现仪器外壳黏附松香，切忌使用刀口铲刮，应该使用蘸有酒精的棉花擦除；如果黏附焊油，应该使用光油或四氯化碳擦除或用刀口小心地刮下来。

对于电子仪器内部的积灰，通常利用检修仪器的机会，使用“皮老虎”或长毛刷吹刷干净。应当指出，在清理仪器内部积尘时，最好不要变动电路元器件与接线的位置，以及避免拔出电子管、石英晶体等插接器件。必要时应事先做好记号，以免复位时插错位置。

### 2. 防潮、驱潮

电子仪器内部的电源变压器和其他线绕元件（如线绕电阻器、电位器、电感线圈、表头动圈等）的绝缘强度，经常会由于受潮而下降，发生湿电击穿，甚至霉烂断线，使仪器发生故障。因此，对于电子仪器，必须采取有效的防潮与驱潮措施。

电子仪器存放的地点最好选择比较干燥的房间，室内门窗应利于阳光照射、通风良好。在精密

仪器内部,或者存放仪器的柜橱里应放置硅胶布袋,以吸收空气中的水分。应定期检查硅胶是否干燥(正常应呈白色半透明颗粒状)。如果硅胶结块变黄,表明它的吸水功能已经下降,应调换新的硅胶袋,或者把结块的硅胶加热烘干,使其恢复颗粒状继续使用。在新购仪器的木箱内,一般附有存放硅胶的塑料袋,应将其扯开,取出硅胶,改装入布袋后使用。此外,在仪器橱内,也可装置100 W左右的灯泡,或者25 W左右的红外线灯泡,定期通电驱潮。长期搁置不用的电子仪器,在使用之前应进行排潮烘干工作。通常可以把仪器放置在大容积的恒温箱内,用60℃左右温度加热2~4 h。在缺少大容积恒温箱,或者需要大量进行排潮工作时,可使用适当电功率的调压自耦变压器,先将市电交流电源的电压降低到190 V左右,使仪器在较低的电源电压下通电1~2 h,然后将交流电源电压升高至220 V额定值,继续通电1~2 h。这样同样可达到排潮烘干的效果。否则,受潮的电子仪器在使用220 V交流电源供电时,往往会发生内部电源变压器或整流电路跳火、击穿或局部短路等故障。

根据气候变化的规律,控制仪器存放房间门窗的启闭时间,是一种经济的防潮方法。通常在室内安装可换算相对湿度的干湿球温度计。当室内湿度大于75%时,特别是在大雨前后,应关闭门窗。一般早晨的湿度较大,不宜过早开窗,待雾气消失、太阳出来后,再打开门窗为宜。天气晴朗时,应敞开门窗通风。可利用阳光驱潮,但应避免强烈的阳光直接照射。在多雨季节,如果室内存放仪器比较集中,可关闭门窗,并使用辐射式电炉,以提高室温,排除室内潮气。

### 3. 防热、排热

绝缘材料的介电性能会随着温度的升高而下降,而电路元器件的参量也会受温度的影响(如碳质电阻和电解电容器等往往会由于过热而变值、损坏),特别是半导体器件的特性,受温度的影响比较明显,如晶体管的电流放大系数和集电极穿透电流,都会随着温度的上升而增大。这些情况将导致电子仪器工作不稳定,甚至发生故障。因此,对于仪器的温升都有一定的限制,一般不得超过40℃;而仪器的最高工作温度不应超过65℃,即以不烫手为限。通常室内温度以保持在20~25℃最为合适。如果室温超过35℃,应采取通风、排热等人工降温措施,也可适当缩短仪器连续工作的时间,必要时应取下机壳盖板,以利于散热。但应特别指出:禁止在存放电子仪器的室内,用洒水或放置冰块的方法来降温,以免水蒸气侵蚀仪器。

许多电子仪器,特别是消耗电功率较大的仪器设备,大多在内部装置有小型的换气电风扇,以辅助通风冷却。对于这类仪器,应定期检查电风扇的运转情况。如果运转缓慢或干涩停转,会导致仪器温升过高而损坏。此外,还要防止电子仪器长时间受阳光暴晒,以免使仪器机壳的漆层受热变黄、开裂甚至翘起,特别是仪器的刻度盘或指示电表,往往因久晒受热而导致刻度漆面开裂或翘起,造成显示不准确甚至无法使用。所以,放置或使用电子仪器的场所如有东、西向的窗户,应装置窗帘,特别是在炎夏季节,应注意挂窗帘。

### 4. 防振、防松

大部分电子仪器的机壳底板上都安装有防振用的橡胶垫脚。如果发现橡胶垫脚变形、硬化或者脱落,应及时调换更新。在搬运或移动仪器时应轻拿轻放,严禁剧烈振动或者碰撞,以免损坏仪器的插件和表头等元器件。在检修仪器的过程中,不应漏装弹簧垫圈、电子管屏蔽罩及弹簧压片等紧固用零件。特别是在搬运笨重仪器之前,应注意检查仪器上的把手是否牢靠。对于装有塑料或人造

革把手的仪器设备，在搬运的时候应手托底部，以免把手断裂而摔坏仪器。

在放置电子仪器的桌面上，不应进行敲击锤打的工作。靠近仪器集中存放的地方，不应装置或放置振动很大的机电设备，仪器的开关、旋钮、刻度盘、接合器等的锁定螺钉、螺母应注意紧固，必要时可加少许清漆，以免松脱。新仪器开箱启用时，应注意保存箱内原有的防振器材（如万连纸盒、泡沫塑料匣、塑料气垫、纸筋、木花等），以备重新装箱搬运时使用。

## 5. 防腐蚀

电子仪器应避免靠近酸性或碱性物体（如蓄电池、石灰桶等）。仪器内部如装有电池，应定期检查，以免电池漏液或腐烂。如果长期不用，应取出电池另行存放。对于附有标准电池的电子仪器（如数字式直流电压表、补偿式电压表等），在搬运时应防止倒置，装箱搬运时，应取出标准电池另行运送。电子仪器如果需要较长时间包装存放，应使用凡士林或黄油涂擦仪器面板的镀层部件（如钮子开关、面板螺钉、把手、插口、接线柱等）和金属的附配件，并用油纸或蜡纸包封，以免受到腐蚀，使用时，可用干布把涂料抹擦干净。

## 6. 防漏电

由于电子仪器大都使用市电来供电，因此，防漏电是一项关系到使用安全的重要维护措施，特别是对于采用双芯电源插头，而仪器的机壳又没有接地的情况，如果仪器内部电源变压器的一次绕组对机壳之间严重漏电，则仪器机壳与地面之间就可能有相当大的交流电压（100～200 V）。这样，人手碰触仪器外壳时，就会感到麻电，甚至发生触电事故。所以，必须定期检查电子仪器的漏电程度，即在仪器不接市电电源的情况下，把仪器的电源开关接通，然后用绝缘电阻表（兆欧表）检查仪器电源插头对机壳之间的绝缘是否符合要求。根据一般规定，电气用具的最小允许绝缘电阻不得低于500 k $\Omega$ ，否则应禁止使用，且应进行检修或处理。

# 三、电子仪器使用注意事项

电子仪器如果使用不当，很容易发生人为损坏事故，轻则影响测量工作，重则造成仪器严重损坏。各种电子仪器的说明书上都有操作规程和使用方法，必须严格遵守。在使用电子仪器前后及在使用过程中，一般都应注意下述事项，以确保安全，防止事故，减少故障。

## 1. 仪器开机前的注意事项

（1）在开机通电前，应检查仪器设备的工作电压与市电交流电压是否相符；检查仪器设备的电源电压变换装置是否正确地插在相应电压的部位（通常有110 V、127 V、220 V三种电源电压部位）。有些电子仪器的熔丝管插塞还兼做电源电压的变换装置，应特别注意在调换熔丝管时不能插错位置（如果使用220 V电源而误插到110 V的位置，开机通电时就会烧断熔丝，甚至会损坏仪器内部的电路元器件）。

（2）在开机通电前，应检查仪器面板上各种开关、旋钮、刻度盘、接线柱、插孔等是否松脱或滑位，如果发生这些现象应加以紧固或整位，以防止因此而牵断仪表内部连线，甚至造成断开、短路及接触不良等人为故障。

仪器面板上的增益、输出、辉度、调制等旋钮，应按逆时针方向向左转到底，即旋置于最小部

位,防止由于仪器通电后可能出现的冲击而造成损伤或失常。如辉度太强,会使示波管的荧光屏烧毁;增益过大,会使指示电表受到冲击等。在被测量值不便估计的情况下,应把仪器的衰减或量程选择开关置于最大挡位,防止仪器过载受损。

(3)在开机通电前,应检查电子仪器的接地情况是否良好,这是关系到测量的稳定性、可靠性和人身安全的重要问题,特别是多台电子仪器联用的场合,最好使用金属编织线作为各台仪器的接地连线,而不要使用实心或多芯的导线作为接地线,否则由于杂散电磁场的感应作用,可能引入干扰信号,这对灵敏度较高的电子仪器影响尤大。

## 2. 仪器开机时的注意事项

(1)在开机通电时,应先接通电子仪器上的低压开关,待仪器预热 $5\sim 10\text{ min}$ 后,再接通高压开关,否则可能引起仪器内部整流电路的元器件(整流管或滤波电解电容器等)产生跳火、击穿等故障。对于使用单一电源开关的仪器,开机通电后,也应预热 $5\sim 10\text{ min}$ ,待仪器工作稳定后使用。

(2)在开机通电时,应注意观察仪器的工作情况,即用眼看、耳听、鼻闻来检查仪器是否有不正常的现象。如果发现仪器内部有响声、臭味、冒烟等异常现象,应立即切断电源。在尚未查明原因之前,禁止再次开机通电,以免扩大故障。只用单一电源开关的仪器设备,由于没有“低压”预热的过程,开机通电时可能出现短暂的冲击现象(如指示电表短暂的冲击,或者偶尔出现一两次声响),可不急于切断电源,待仪器稳定后再依情况而定。

(3)在开机通电时,如果仪器的熔丝烧断,应调换相同规格的熔丝管后再开机通电一次。如果第二次开机通电又烧断熔丝,应立即检查,不应再调换熔丝管进行第三次通电,更不要随便加大熔丝的规格或者用铜线代替,否则会导致仪器内部故障扩大,甚至会烧坏电源变压器或其他元器件。

(4)对于内部有通风设备的电子测量仪器,在开机通电后,应注意仪器内部风扇是否运转正常。如发现风扇有碰片声或旋转缓慢,甚至停转,应立即切断电源进行检修,否则通电时间久了,将使仪器的工作温度过高,甚至烧坏风扇或其他电路元器件(如大功率的晶体管等)。

## 3. 使用仪器时的注意事项

(1)在使用仪器的过程中,对于面板上各种旋钮、开关、刻度盘等的扳动或调节动作,应缓慢稳妥,不可猛扳、猛转。当遇到转动困难时,不能硬扳、硬转,以免造成松脱、滑位、断裂等人为故障,此时应切断电源进行检修。仪器通电工作时,禁止敲打机壳。对于笨重的仪器设备,在通电工作的情况下,不应用力拖动,以免仪器受振损坏。对于输出、输入电缆的插接或取离应握住套管,不应直接拉扯电线,以免拉断内部导线。

(2)对于消耗电功率较大的电子仪器,在使用过程中应避免切断电源后立即重新开机使用,否则可能引起熔丝烧断。应等仪器冷却 $5\sim 10\text{ min}$ 后再开机。

(3)信号发生器的输出端不应直接连到有直流电压的电路上,以免电流注入仪器的低阻抗输入衰减器,烧坏衰减器电阻。必要时,应串联一个相应工作电压和适当电容量的耦合电容器后,再连接信号电压到测试电路上。

(4)使用电子仪器进行测试工作时,应先连接低电位的端子(即地线),再连接高电位的端子(如探测器的探针等)。反之,测试完毕应先拆除高电位的端子,再拆除低电位的端子,否则会导致

仪器过载，甚至打坏指示电表。

#### 4. 仪器使用后的注意事项

(1) 仪器使用完毕，应先切断高压开关，然后切断低压开关，否则由于电子管灯丝的余热，可能使电路在非正常的条件下工作，造成意外的故障。

(2) 仪器使用完毕，应先切断仪器的电源开关，然后取离电源插头。禁止只拔掉电源插头而不切断仪器电源开关的简单做法，也应注意不要养成只切断电源开关而不取离电源插头的习惯。前一种情况会导致再次使用仪器时，容易忽略开机前的准备工作，而使仪器产生不应有的冲击现象；后一种情况可能导致忽略仪器局部电路的电源切断，而使这一部分的电路一直处于通电状态（如数字频率计的主机电源开关和晶体振荡器部分的电源开关一般都是分别装置的）。

(3) 仪器使用完毕，应将使用过程中暂时取离或替换的零附件（如接线柱、插件、探测器、测试笔等）整理并复位，以免散失或错配而影响工作和测量准确度。必要时应将仪器加罩，以免灰尘的积累。

### 四、电子仪器检修的一般程序

电子仪器使用一段时间后，或者由于维护和使用不当，仪器内部的电路元器件、转换开关、指示电表、电源变压器等，经常会出现老化、变值、漏电、击穿、开断、烧坏及接触不良等问题，导致仪器性能下降，或者出现各种故障，这就需要及时地进行检修。通常可将电子仪器的检修程序归纳为9条：了解故障情况、观察故障现象、初步表面检查、研究工作原理、拟定测试方案、分析测试结果、查出故障整修、修后性能检定和填写检修记录。

#### 1. 了解故障情况

在检修电子仪器之前，要确切了解仪器发生故障的经过情况，以及已发现的故障现象，这对于初步分析仪器故障的产生原因很有启发作用。了解被使用仪器的使用周期、出现故障时的操作和故障现象，由此推断仪器出现故障的一切可能原因。究竟是什么原因，需要进一步观察故障现象后才能确定。

#### 2. 观察故障现象

检修电子仪器必须从故障现象入手。对待修仪器进行定性测试，进一步观察与记录故障的确切现象与轻重程度，对于判断故障的性质和发生故障的部位很有帮助。但是必须指出，对于烧熔丝、跳火、冒烟、焦味等故障现象，必须采用逐步加电压（指加交流电源的电压）的方法进行观察，以免扩大仪器的故障。

#### 3. 初步表面检查

在检修电子仪器时，为了加快查出故障产生原因的速度，通常是先初步检查待修仪器面板上的开关、旋钮、刻度盘、插头、插座、接线柱、表头、探测器等是否有松脱、滑位、断线、卡阻和接触不良等问题；或者打开盖板，检查内部电路的电阻、电容、电感、电子管、石英晶体、电源变压器、熔丝管等是否有烧焦、漏液、击穿、霉烂、松脱、破裂、断路和接触不良等问题。问题一经发现，应立即予以更新修整。

#### 4. 研究工作原理

如果初步表面检查没有发现问题,或者对已发现的故障进行整修后仍存在原来的故障现象,甚至又有其他元器件损坏,就必须进一步认真研究待修仪器说明书所提供的有关技术资料,即电路结构框图、整机电路原理图和电路工作原理等,以便分析产生故障的可能原因,确定需要检测的电路部位。即使对比较熟悉的仪器设备,维修者也应该检查核对电路原理图,联系故障现象进行思维推理,否则将无从下手,事倍功半。必须认真研究仪器的工作原理,才能拟定测试方案,并根据测试的结果,进一步分析和确定故障的原因与部位。

#### 5. 拟定测试方案

根据电子仪器的故障现象,以及对仪器工作原理的研究,拟定检查故障原因的方法、步骤和所需测试仪表的方案,以便做到心中有数,这是进行仪器检修工作的重要程序。检测故障的方法通常有两种:一种是“信号注入法”,在电路的各级输入端逐级加入激励信号,观察显示现象,从而判断故障产生的原因;另一种是“信号寻迹法”,用直流电压加到仪器的输入端(通常利用万用表电阻挡的1.5V内电池电压),然后借助电子示波器观测各级输出信号波形和电压是否正常。

#### 6. 分析测试结果

下一步是根据测试所得到的结果——数据、波形、反应,进一步分析产生故障的原因和部位。通过再测试、再分析,确定完好的部分及故障的部分,直至查出损坏、变值、虚焊的元器件为止。仪器的修理者对于故障原因的正确认识,只有在不断地分析测试结果的过程中,才能由片面到全面,由个别到系统,由现象到实质。这是检修电子仪器的整个程序中最关键且最费时的环节。

#### 7. 查出故障整修

电子仪器的故障,无非是个别元器件损坏、变位、松脱、虚焊等引起的,或是个别点断开、短路、虚焊、接触不良等造成的。通过检测查出原因后,就可以进行必要的选配、更新、清洗、重焊、调整、复制等整修工作,使仪器恢复正常功能。最简单的整修方法是更换一只同类型规格的部件。但应该指出,对于某些比较贵重或者比较难买的元器件,应该仔细检查其损坏的程度,如果通过一定的整修或者适当调整电路参数尚能使用,应尽量加以利用。此外,有些元器件的选配要求不一定非常严格,其规格、数值略有出入也可替代,主要是根据整修后性能检定的结果来决定取舍。

#### 8. 修后性能检定

对修复后的电子仪器需要进行定性测试,粗略地核定其主要功能是否正常。如果整修更新的元器件会影响仪器的主要技术性能,在修复后还应进行定量测试,以便进行必要的调整与校正,保持仪器的测量准确度。

#### 9. 填写检修记录

修复一台仪器后,为了能在理论上和实践上有所提高,必须认真填写检修记录。每台仪器应配置一个记录本。一般来说,检修记录的内容应包括待修电子仪器的名称、型号、厂家、机号、送修日期、委托单位、故障现象、检测结果、原因分析、使用器材、修复日期、修后性能、检修费用、检修人、验收人等。



 思考与练习

1. 电子电路测量的基本方法有哪几种?
2. 电子测量仪器的接地有哪几种方法?
3. 电子仪器维护的基本措施有哪些?
4. 电子仪器使用过程中应注意哪些事项?
5. 电子仪器检修的一般程序有哪些?

项目一

项目二

项目三

项目四

项目五

项目六

项目七

## 项目二

# 指针式万用表的使用

### 项目概述

指针式万用表是一种多功能、多量程的测量仪表，一般指针式万用表可测量直流电流、直流电压、交流电流、交流电压、电阻和音频电平。本项目主要对指针式万用表的结构组成、使用方法、常见故障分析及检修、使用注意事项和使用技巧进行简单的讲解，希望学习者在学习完本项目内容后能熟悉指针式万用表面板上常用旋钮的作用，并通过实际操作测量电阻、直流电压、直流电流来了解其工作原理。

指针式万用表检测电流示意图如图 2-1 所示。

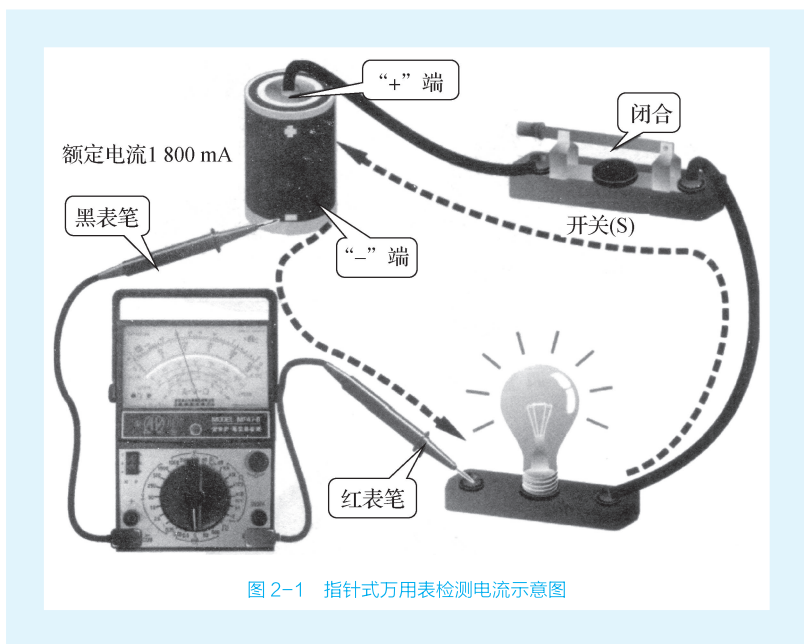


图 2-1 指针式万用表检测电流示意图

### 学习目标

- (1) 熟悉指针式万用表面板上常用旋钮的作用。
- (2) 掌握指针式万用表的使用方法和使用技巧。
- (3) 能够使用指针式万用表完成检测操作。
- (4) 了解指针式万用表的常见故障及排除方法。

## 安全规范

- (1) 测电流或电压时,手不要接触表笔金属部分,以免触电。
- (2) 绝对不允许用电流挡或电阻挡去测量电压。
- (3) 禁止在测量高压或大电流时拨动转换开关,以免产生电弧将转换开关的触点烧毁。

## 实践操作

### 1. 测量电阻

MF47 型指针式万用表最广泛的应用是测量电阻。测量方法很简单,将万用表的红、黑表笔分别接在待测电阻的两端,根据万用表的电阻挡位和指针在欧姆刻度线上的指示数确定电阻值。

#### 1) 选择挡位

将万用表的转换开关调整至电阻挡,如图 2-2 所示。



图 2-2 调整万用表的转换开关至电阻挡

#### 2) 欧姆调零

选好合适的电阻挡后,将红、黑表笔短接,指针自左向右偏转,这时指针应指向“0” $\Omega$ (表盘的右侧,电阻刻度的 0 值);如果不在“0” $\Omega$ 处,就需要调整欧姆调零旋钮使万用表指针指向“0” $\Omega$ 刻度,如图 2-3 所示。

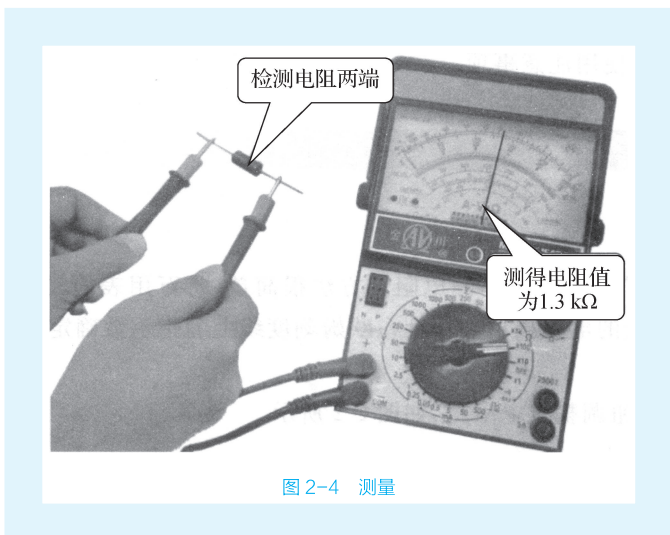


图 2-3 欧姆调零

**注意：**每次更换量程前，必须重新进行欧姆调零。

### 3) 测量

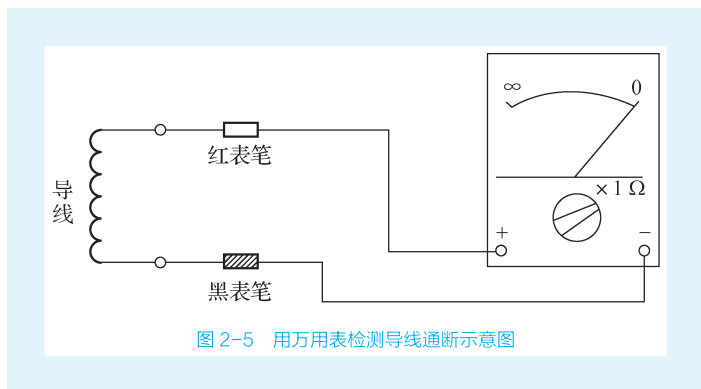
将红、黑表笔分别接在被测电阻的两端，表头指针在欧姆刻度线上的示数乘以该电阻挡位的倍率，即为被测电阻值，如图 2-4 所示。



被测电阻的值为表盘的指针指示数乘以欧姆挡位，即被测电阻值 = 刻度示值 × 倍率 (单位:  $\Omega$ )，这里选用  $\times 100 \Omega$  挡测量，指针指示“13”，则被测电阻值 =  $13 \Omega \times 100 = 1\ 300 \Omega = 1.3 \text{ k}\Omega$ 。

### 4) 应用举例

电阻挡不但可以测一些元器件的阻值大小，还可以检测导线的通断，检测示意图如图 2-5 所示。图中带绝缘层的导线很长，无法知道它的通断，这时可用万用表电阻挡进行检测。先将转换开关置于  $\times 1 \Omega$  挡，然后将红、黑表笔短接进行欧姆调零，再将红、黑表笔分别接导线的两端，观察表针的指示。若表针指示为  $0 \Omega$ ，说明导线的电阻为  $0 \Omega$ ，导线是正常导通的；如果表针指示的阻值为无穷大，则表明导线开路了。



## 2. 测量直流电压

### 1) 选择量程

将万用表的红、黑表笔连接到万用表的表笔插孔中，并将转换开关调整至直流电压挡，如

图 2-6 所示。由于电路中电源电压只有 3 V，所以选用 10 V 挡。若不清楚电压大小，应先用最高电压挡测量，然后逐渐换用低电压挡。

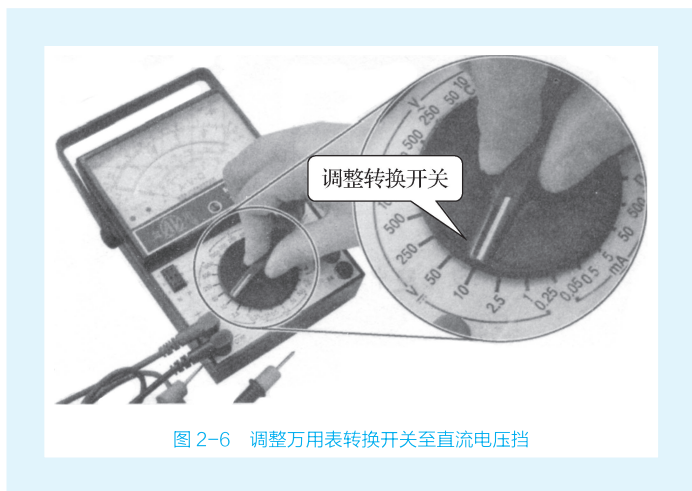


图 2-6 调整万用表转换开关至直流电压挡

## 2) 测量方法

万用表应与被测电路并联。红表笔应接被测电路和电源正极相接处，黑表笔应接被测电路和电源负极相接处，如图 2-7 所示。

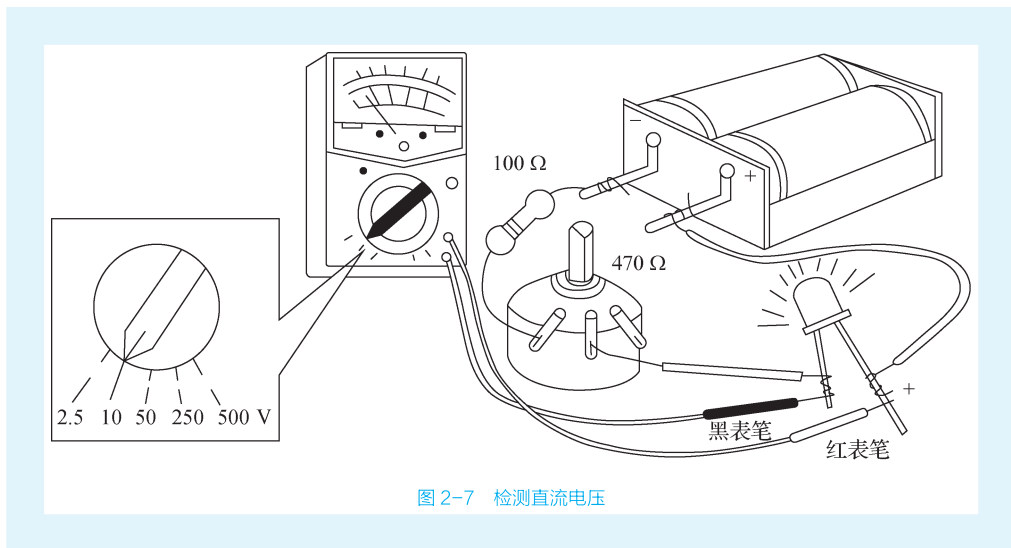


图 2-7 检测直流电压

## 3) 正确读数

仔细观察表盘，直流电压挡刻度线是第二条刻度线，用 10 V 挡时，可用刻度线下第三行数字直接读出被测电压值。注意读数时，视线应正对指针。

## 4) 应用举例

(1) 测量电路中元器件两端电压。这里以测量电路中一个电阻两端的电压为例来说明，测量示意图如图 2-8 所示。

因为电路的电源电压为 10 V，故电阻  $R_1$  两端电压不会超过 10 V，所以将转换开关置于直流电压 10 V 挡，然后红表笔接被测电阻  $R_1$  的高电位端 ( $A$  点)，黑表笔接  $R_1$  的低电位端 ( $B$  点)，再观

察表针指在 6 V 位置, 则  $R_1$  两端的电压  $U_{R_1}=6\text{ V}$  ( $A$ 、 $B$  两点之间的电压  $U_{AB}$  也为 6 V)。

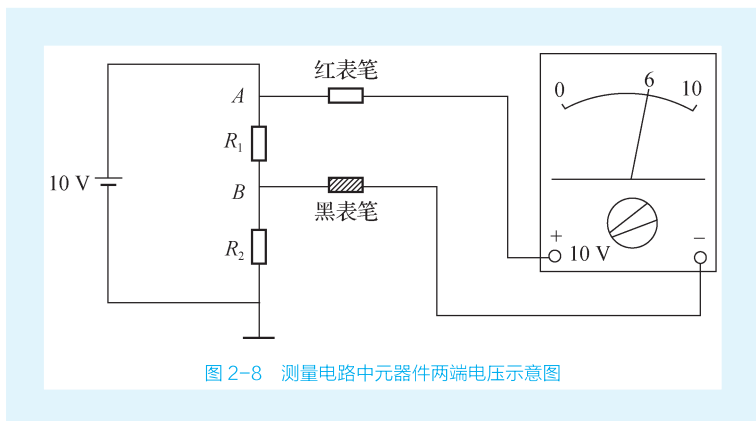


图 2-8 测量电路中元器件两端电压示意图

(2) 测量电路中某点的电压。这里以测量电路中三极管集电极的电压为例来说明, 测量示意图如图 2-9 所示。

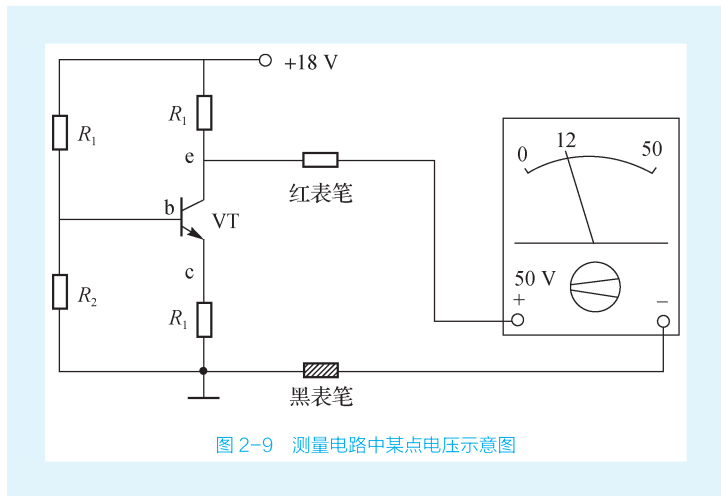


图 2-9 测量电路中某点电压示意图

电路中某点电压实际就是指该点与地之间的电压。因为电路的电源电压为 18 V, 它大于 10 V 但小于 50 V, 估计三极管 VT 的集电极电压会大于 10 V 而小于 50 V, 所以将转换开关置于直流电压 50 V 挡, 然后红表笔接三极管的集电极, 黑表笔接地, 再观察表针指在 12 V 刻度处, 则三极管的集电极电压就为 12 V。

### 3. 测量交流电压

#### 1) 选择量程

万用表的交流电压挡主要有 10 V、50 V、250 V、500 V、1 000 V、2 500 V 共 6 个量程。交流电压挡的测量方法与直流电压挡的测量方法基本相同, 不同之处是转换开关要放在交流电压挡处, 以及红、黑表笔搭接时不需再分高、低电位 (正、负极)。

#### 2) 应用举例

下面以测量市电电压的大小来说明交流电压的测量方法。估计市电电压不会大于 250 V 且最接近 250 V, 故将转换开关置于交流电压 250 V 挡, 然后将红、黑表笔分别插入交流市电插座, 即让

红、黑表笔与交流市电相接。读数时查看第二条刻度线，再观察表针所指刻度对应的数值（读最大值为 250 那组数），现观察表针指的数值为 230，故市电电压为 230 V。

#### 4. 测量直流电流

##### 1) 选择量程

万用表直流电流挡标有“mA”，分为  $50\ \mu\text{A}$ 、0.5 mA、5 mA、50 mA、500 mA 共 5 个量程。应根据电路中的电流大小选择量程，如不知电流大小，应选用最大量程。

##### 2) 测量方法

万用表应与被测电路串联。应将电路相应部分断开后，将万用表表笔接在断点的两端。红表笔应接在和电源正极相连的断点，黑表笔接在和电源负极相连的断点，如图 2-10 所示。

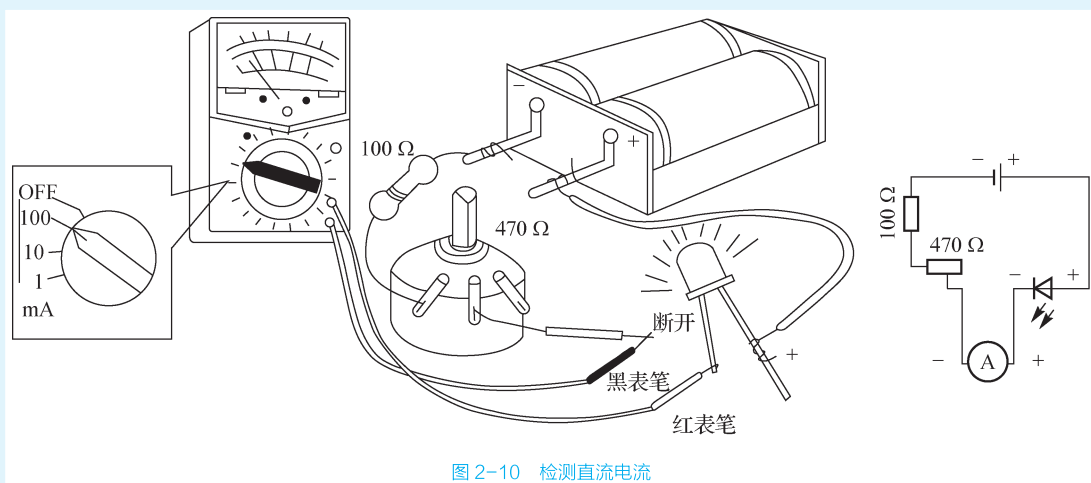


图 2-10 检测直流电流

##### 3) 正确读数

直流电流挡刻度线仍为第二条，如选 500 mA 挡时，可读第二条刻度线指针指示数，读数后乘以 10 即可。

##### 4) 应用举例

下面以测量流过一只灯泡的电流大小来说明直流电流的测量方法，如图 2-11 所示。

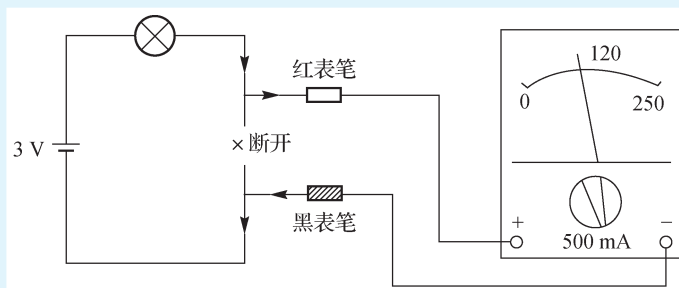


图 2-11 测量流过一只灯泡的电流示意图

估计流过灯泡的电流不会超过 500 mA，故将转换开关置于 500 mA 挡，再将被测电路断开，然后将红表笔置于断开位置的高电位处，黑表笔置于断开位置的另一端，这样才能保证电流由红表笔流进，从黑表笔流出，表针才能朝正方向摆动，否则表针会反偏。读数时观察表针指的刻度的数值为 120，故流过灯泡的电流为 240 mA。

## 5. 测量发光二极管

### 1) 直流电压测量

将发光二极管、电阻和电位器接成图 2-7 所示的电路，旋转电位器使发光二极管正常发光，利用这个电路练习用万用表测量电压。发光二极管是一种特殊的二极管，通入一定电流时，它的透明管壳就会发光。发光二极管有多种颜色，常在电路中做指示灯。

(1) 按图 2-7 连接电路。电路不做焊接，可采用图 2-12 所示方法将导线两端绝缘皮剥去，缠绕在元件接点或引线上。注意相邻接点间引线不可相碰。

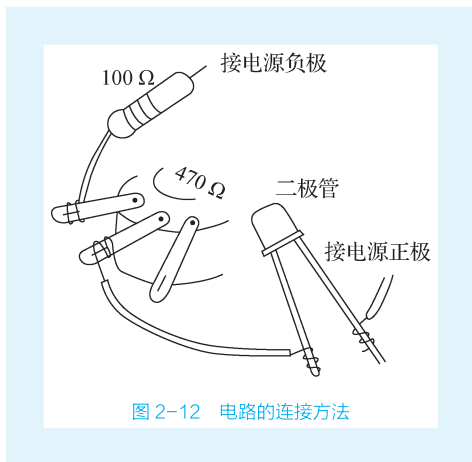


图 2-12 电路的连接方法

(2) 检查电路无误后接通电源，旋转电位器，发光二极管亮度将发生变化。使发光二极管亮度适中。

(3) 将万用表按前面所述的使用前应做到的要求准备好，并将转换开关置于 10 V 挡。

(4) 手持表笔绝缘杆，将红、黑表笔分别接触电池盒正、负两极引出焊片，测量电源电压。正确读出并记录电压数值。

(5) 将万用表红、黑表笔按图 2-7 所示接触发光二极管两引脚，测量发光二极管两极间电压。正确读出并记录电压数值。

(6) 用万用表测量固定电阻器两端电压。首先判断红、黑表笔应接触的位置，然后测量，最后读出并记录固定电阻器两端电压。

在以上 (4)、(5)、(6) 三步的测量中，哪一项电压值若小于 2.5 V，可将万用表选择开关换为 2.5 V 挡再测量一次，比较两次测量结果（换量程后应注意刻度线的读数）。

(7) 测量完毕，断开电路电源。按前面讲的万用表使用后应做到的要求收好万用表。

### 2) 直流电流测量

(1) 按图 2-10 连接电路，使发光二极管正常发光。

(2) 按前面所述的使用前的要求准备好万用表并将转换开关置于 100 mA 挡。



(3) 如图 2-10 所示, 断开电位器中间接点和发光二极管负极间引线, 形成“断点”。这时, 发光二极管熄灭。

(4) 将万用表串接在断点处。红表笔接发光二极管负极, 黑表笔接电位器中间接点引线。这时, 发光二极管重新发光。万用表指针所指刻度值即为通过发光二极管的电流值。

(5) 正确读出并记录通过发光二极管的电流值。

(6) 旋转电位器转柄, 观察万用表指针的变化情况和发光二极管的亮度变化, 并记录发光二极管的最大电流与最小电流。

(7) 测量完毕, 断开电源, 按要求收好万用表。

通过以上操作, 可以进一步体会电阻器在电路中的作用。

## 知识链接

### 一、MF47 型指针式万用表的组成

MF47 型指针式万用表面板如图 2-13 所示, 面板主要由刻度盘、转换开关、旋钮和一些插孔组成。

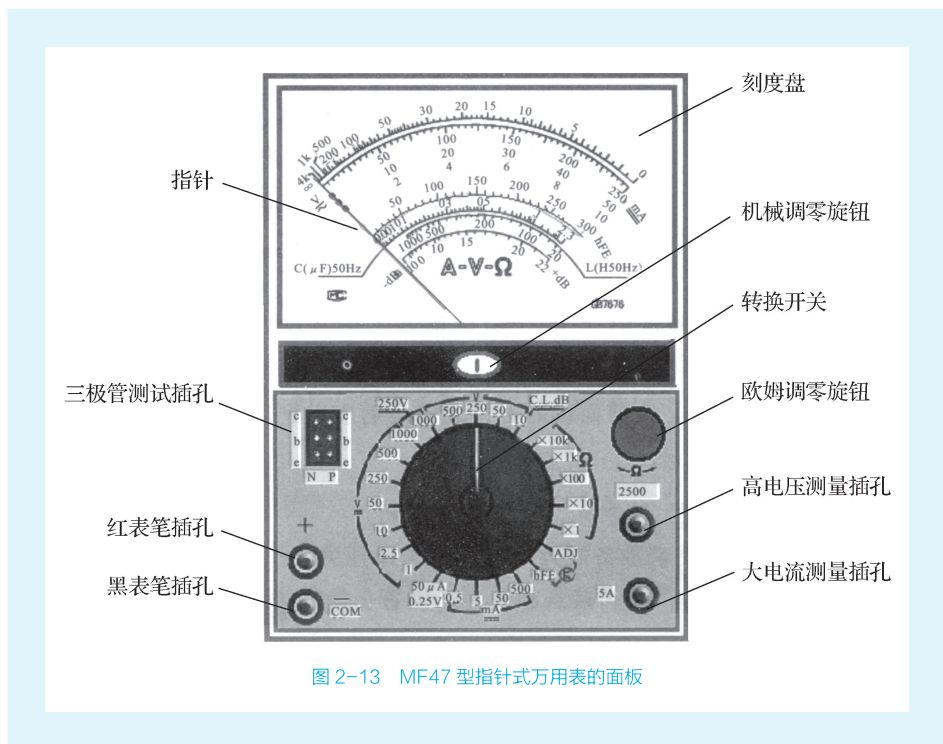


图 2-13 MF47 型指针式万用表的面板

MF47 型指针式万用表是磁电式多量程万用表, 能测量直流电流、直流电压、交流电压及直流电阻等多种基本电量, 被广泛应用于电子实验和电器的维修和测试中。

指针式万用表的形式很多, 但基本结构是类似的。指针式万用表主要由表头、转换开关、测量线路、表笔和表笔插孔组成。

## 1. 表头

万用表的表头采用高灵敏度的磁电式机构，是测量的显示装置。表头实际上是一个灵敏电流表，测量电阻、电压和电流时都经过电路转换成驱动电流表的电流。电流表的结构如图 2-14 所示。

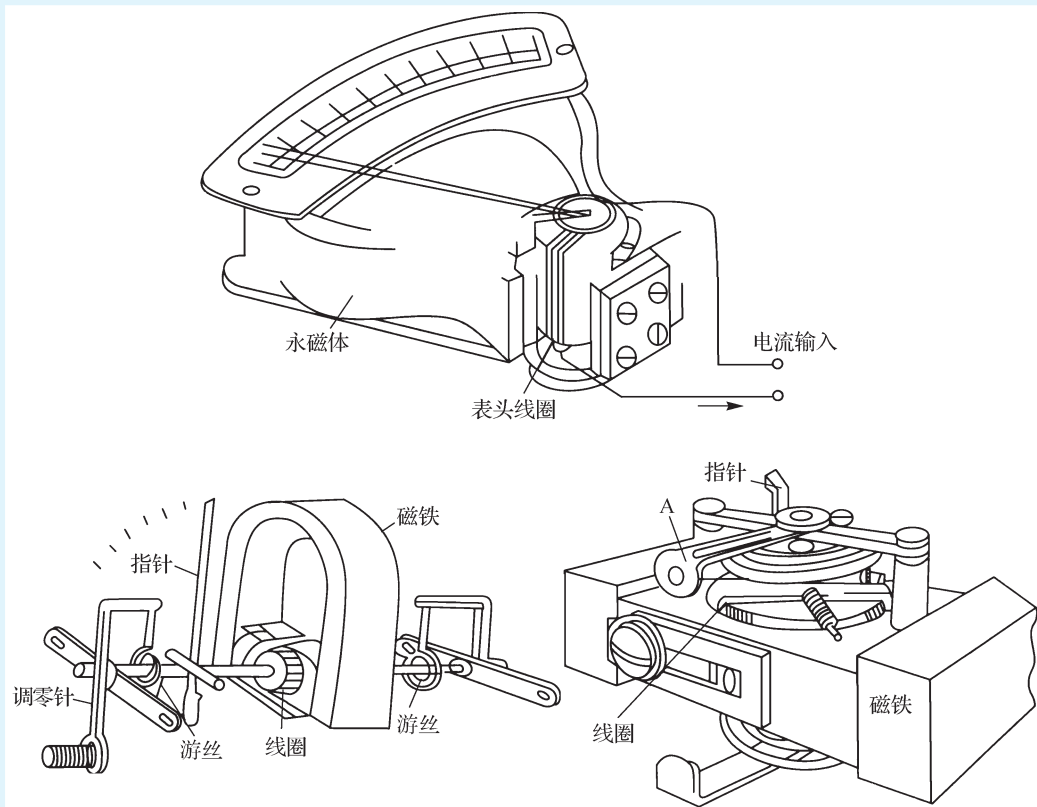


图 2-14 电流表的结构

表头上的表盘印有多种符号、刻度线和数值。符号“A-V-Ω”表示这只电表是可以测量电流、电压和电阻的多用表。表盘上印有多条刻度线，其中右端标有“Ω”的是电阻刻度线，其右端为零，左端为“∞”，且刻度值分布是不均匀的。符号“—”或“DC”表示直流，“~”或“AC”表示交流，“≡”表示交流和直流共用的刻度线。刻度线下的几行数字是与转换开关的不同挡位相对应的刻度值。另外，表盘上还有一些表示表头参数的符号，如 20 kΩ/V、9kΩ/ ~ V 等。还设有机械调零旋钮（螺钉），用以校正指针在左端指零位。

## 2. 转换开关

万用表的转换开关是一个多挡位的旋转开关，用来选择被测电量的种类和量程（或倍率）。万用表转换开关如图 2-15 所示，一般的万用表测量项目包括“mA”（直流电流）、“V”（直流电压）、“V”（交流电压）、“Ω”（电阻），每个测量项目又分为几个不同的量程（或倍率）以供选择。

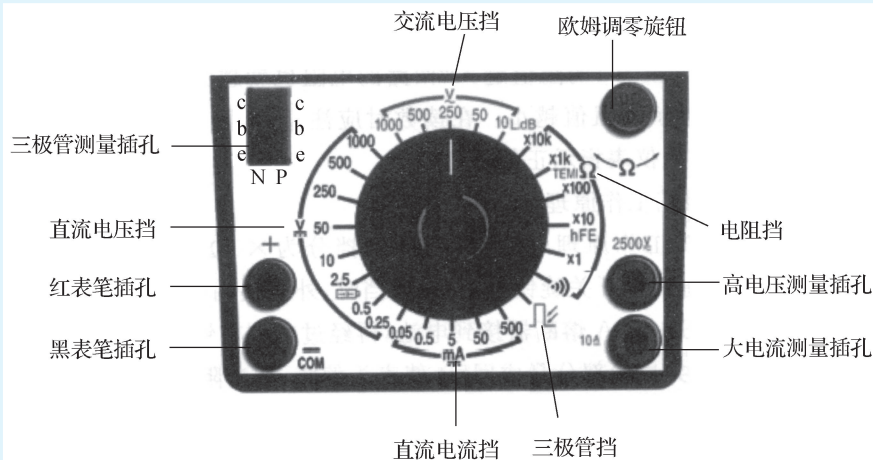


图 2-15 万用表转换开关及插孔

### 3. 测量线路

测量线路将不同性质和大小的被测电量转换为表头所能接受的直流电流，万用表可以测量直流电流、直流电压、交流电压和电阻等多种电量。当转换开关拨到直流电流挡，可分别与 5 个接触点接通，用于  $50\ \mu\text{A}$ 、 $0.5\ \text{mA}$ 、 $5\ \text{mA}$ 、 $50\ \text{mA}$  和  $500\ \text{mA}$  量程的直流电流测量；同样，当转换开关拨到电阻挡，可用  $\times 1\ \Omega$ 、 $\times 10\ \Omega$ 、 $\times 100\ \Omega$ 、 $\times 1\ \text{k}\Omega$ 、 $\times 10\ \text{k}\Omega$  倍率分别测量电阻；当转换开关拨到直流电压挡时，可用于  $0.25\ \text{V}$ 、 $1\ \text{V}$ 、 $2.5\ \text{V}$ 、 $10\ \text{V}$ 、 $50\ \text{V}$ 、 $250\ \text{V}$ 、 $500\ \text{V}$  和  $1\ 000\ \text{V}$  量程的直流电压测量；当转换开关拨到交流电压挡时，可用于  $10\ \text{V}$ 、 $50\ \text{V}$ 、 $250\ \text{V}$ 、 $500\ \text{V}$ 、 $1\ 000\ \text{V}$  量程的交流电压测量。

### 4. 表笔和表笔插孔

表笔分为红、黑两只。使用时应将红表笔插入标有“+”的插孔中，黑表笔插入标有“-”的插孔中。另外，MF47 型指针式万用表还提供  $2\ 500\ \text{V}$  交直流电压扩大插孔及  $5\ \text{A}$  直流电流扩大插孔。使用时分别将红、黑表笔移至对应插孔中即可。

## 二、MF47 型指针式万用表的使用方法

### 1. 万用表电阻挡的使用

万用表最常用的功能就是能测量各种规格电阻器的阻值。本节重点学习万用表电阻挡的工作原理、万用表的正确操作方法及测量过程中应注意的问题。

#### 1) 指针式万用表电阻挡的测量原理

指针式万用表最简单的测量原理如图 2-16 所示。测电阻时把转换开关 SA 拨到电阻挡，使用内部电池做电源，由外接的被测电阻、 $E$ 、 $R_p$ 、 $R_1$  和表头部分组成闭合电路，形成的电流使表头的指针偏转。设被测电阻为  $R_x$ ，表内的总电阻为  $R$ ，形成的电流为  $I$ ，则

$$I = \frac{E}{R_x + R} \quad (2-1)$$