

# 电子工艺实习教程

主编 罗辑

副主编 申跃 张帆

主审 肖蕙蕙

重庆大学出版社

## 内 容 简 介

摇摇本书是按照高等学校电子工艺实习课程大纲的要求,根据编者多年从事电子工艺实习课程教学的经验  
和电子工艺的最新发展而编写的。

本书的组成系统是根据电子工艺实习的需要,本着“理论够用为度,重在实践”的精神而构建。全书共分  
怨章,内容包括:安全用电常识、常用电子测试仪器的使用、电子元器件的识别与检测、焊接技术、印制电路板、  
电子技术文件及识图、整机工艺设计与生产、电子产品生产线及产品的环境试验、常规电子工艺实习项目。在  
附录中还对常规电子工艺实习项目进行了工艺分析和介绍。

本书可作为高等学校各相关专业电子工艺实习教材,又可作为电类专业课程设计、项目训练、毕业设计、  
电子技术实践和创新的实用指导书。同时,也可供有关工程技术人员参考。

摇摇图书在版编目(CIP)数据

摇摇电子工艺实习教程/罗辑主编.重庆:重庆大学出版  
社,2009.12

摇摇ISBN 978-7-309-07151-2

摇摇I. ①电... ②罗... ③摇 III. ①电子技术—高等学校—教材  
IV. ①摇

摇摇中国版本图书馆(CIP)数据核字(2009)第 000000 号

### 电子工艺实习教程

主 编 罗 辑

副主编 申跃 张帆

主 编 肖 蕙 蕙

责任编辑 周摇立 版式设计 周摇立

责任校对 文摇鹏 责任印制 张摇策

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人 张鹤盛

社址 重庆市沙坪坝正街 8 号重庆大学(南区)内

邮编 400018

电话:(023) 23210000 23210001

传真:(023) 23210002 23210003

网址 <http://www.cqup.com.cn>

邮箱 [zhanghe@china.cn](mailto:zhanghe@china.cn) (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

\*

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 10.5 字数 250千字

2009年 12月第 1 版 2009年 12月第 1 次印刷

印数:1—5000

ISBN 978-7-309-07151-2 定价:18.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换  
版权所有,请勿擅自翻印和用本书  
制作各类出版物及配套用书,违者必究

# 前言

摇摇电子工艺实习课程是以工艺性和实践性为主的专业技术基础课程,是理工科各相关专业工程训练的重要内容,是实践教学的基本环节之一,也是培养学生创新能力的重要环节。

电子工艺实习作为技能训练,既是基本技能和工艺知识的入门向导,又是创新实践的开始和创新精神的启蒙。要构筑一个基础扎实、充满活力的实践平台,仅靠课堂上的讲授和动手训练是不够的,需要有一本既能指导学生实习,又能开阔眼界,既是教学的参考书,又是指导实践的实用资料。本书编者正是立足于这个目标,以长期从事电子产品的研制、开发和生产以及直接组织实施电子工艺实习教学的经验为依托,广泛收集最新资料编写了《电子工艺实习教程》一书。

本书的组成系统是根据电子工艺实习的需要,本着“理论够用为度,重在实践”的精神而构建的。以工艺性和实践性为基础,以掌握电子工艺技术为目标,在介绍常用电子测试仪器和元器件、焊接技术等基本知识的基础上,详细分析了印制电路板设计与制作工艺、电子技术文件及识图、整机工艺设计与生产、电子产品生产线及产品的环境试验等与电子工艺制定直接相关的知识,并结合常规电子实习项目进行了工艺分析。本书内容充实、详略得当、可读性强、信息量大,兼有实用性、资料性和先进性,书中含有大量来自生产实践的经验。本书文字流畅、图文并茂,便于学生在学习过程中更好的理解,与同类书相比,本书自有独到之处。

书中所有图形符号采用中华人民共和国国家标准 GB/T 1587—1995,文字符号采用 GB/T 1587—1995,量和单位采用 GB/T 1587—1995。

本书可作为理工科高校各相关专业电子工艺实习教材,又可作为课程设计、项目训练、毕业设计、电子技术实践和创新的实用指导书。同时,也可供其他有关专业和电气方面的工程技术人员参考。

摇摇本书由重庆工学院罗辑主编。第猿猿缘章由罗辑编写 ;第  
圆章由申跃编写 ;第源章由张帆编写 ;第远章由曹秋玲编写 ;第  
苑章由张帆和高家利编写 ;第愿章由罗辑和李红松编写 ;第怨  
章由申跃和曹秋玲编写。全书由罗辑负责统稿和定编。

重庆工学院肖蕙蕙教授为本书主审 ,她对本书进行了细  
致、详尽的审阅 ,提出了许多宝贵意见。在此表示感谢 !

限于编者的水平 ,书中难免有不少缺点和错误 ,恳请广大  
读者批评指正。

编摇者

圆园园年 员月

# 目录

第 1 章 安全用电常识 .....	1
1.1 触电及其对人体的伤害 .....	1
1.2 用电安全技术简介 .....	1
1.3 电子装焊操作安全 .....	2
1.4 触电急救与电气消防 .....	2
第 2 章 常用电子测试仪器的使用 .....	3
2.1 万用表 .....	3
2.2 示波器 .....	3
2.3 频率特性测试仪 .....	3
2.4 晶体管特性图示仪 .....	3
2.5 低频信号发生器 .....	3
2.6 高频信号发生器 .....	3
2.7 数字式频率计 .....	3
第 3 章 电子元器件的识别与检测 .....	3
3.1 电阻器 .....	3
3.2 电位器 .....	3
3.3 电容器 .....	3
3.4 电感器 .....	3
3.5 二极管 .....	3
3.6 三极管 .....	3
3.7 半导体集成电路 .....	3
3.8 开关及插接件 .....	3
第 4 章 焊接技术 .....	3
4.1 焊接工具 .....	3
4.2 焊料与助焊剂 .....	3
4.3 焊接工艺 .....	3
4.4 工业生产中电子产品焊接技术简介 .....	3
第 5 章 印制电路板 .....	3
5.1 印制电路及印制电路板 .....	3
5.2 覆铜板的性能与选用 .....	3

第 1 章 印制电路板上的干扰及抑制 .....	1
第 2 章 印刷板电路设计的一般原则 .....	2
第 3 章 印制电路板的排版设计 .....	3
第 4 章 印制电路板的加工制作 .....	4
第 5 章 电子技术文件及识图 .....	5
第 6 章 标准及标准化 .....	6
第 7 章 电子技术文件 .....	7
第 8 章 电器识图常识 .....	8
第 9 章 整机工艺设计与生产 .....	9
第 10 章 整机工艺设计 .....	10
第 11 章 产品的生产过程 .....	11
第 12 章 电子产品生产线及产品的环境试验 .....	12
第 13 章 电子产品生产线 .....	13
第 14 章 电子产品的调试 .....	14
第 15 章 电子整机产品的老化和环境试验 .....	15
第 16 章 常规电子工艺实习项目 .....	16
第 17 章 超外差式调幅(AM)、调频(FM)收音机 .....	17
第 18 章 便携式数字万用表 .....	18
第 19 章 $\mu$ 视黑白电视机原理与安装、调试 .....	19
第 20 章 印制电路板(功率放大器)的制作 .....	20
参考文献 .....	21

# 第 1 章

## 安全用电常识

在电子设备的装配调试中,要使用各种工具和仪器,同时还可能接触危险的高压电。而且,随着国民经济各行各业电气化、自动化水平不断提高,从家庭到办公室,从学校到工矿企业,几乎没有不用电的场所。如不掌握必要的安全用电知识,操作中缺乏足够的警惕,就可能发生人身、设备事故。因此,普及安全用电知识,防止电气事故,做到安全用电是十分必要的。

安全用电技术是研究如何预防用电事故及保障人身、设备安全的一门技术。在本章里,将简述防止人身触电,保障人身安全的一些知识,了解电子技术操作中有哪些不安全的因素及预防措施。

### 触电及其对人体的伤害

人体是可以导电的。触电是电流的能量作用于人体或转换成其他形式的能量作用于人体造成的伤害。

#### 触电对人体的伤害

发生触电事故后,人所受到的伤害分为电击和电伤两类。

##### (一)电击

电击是电流通过人体内部,影响呼吸、心脏和神经系统,造成人体内部组织损伤乃至死亡的触电事故。由于人体触及带电导体、漏电设备的外壳,以及因雷击或电容放电等都可能导致电击。大部分触电死亡事故由电击造成很多,通常说的触电事故基本上都是指电击而言。

##### (二)电伤

电伤是指电流的热效应、化学效应或机械效应等对人体造成的危害。包括电烧伤、电烙印、皮肤金属化、电光眼、机械损伤等多种伤害。电伤是由于发生触电而导致的人体外表创伤。主要介绍以下三种:

##### 电烧伤

由于电的热效应而烧伤人体皮肤、皮下组织、肌肉,甚至神经。电烧伤引起皮肤发红、气泡、烧焦、坏死。

### 圆)电烙印

电烙印是由电流的机械和化学效应造成人体触电部位的外部伤痕,通常是表皮的肿块。

### 猿)皮肤金属化

这是一种化学效应。它是由于带电体金属通过触电点蒸发进入人体造成的,局部皮肤呈现相应金属的特殊颜色。

### 员)猿)触电对人体伤害程度的因素

触电对人体的伤害程度与通过人体电流的大小、通电时间、电流途径、电流的性质及人体状况等因素有关。其中通过人身电流的大小和通电时间是起决定作用的因素。

#### (员)电流的大小

一定限度的电流不会对人造成损伤。通过人体的电流越大,人体的生理反应越明显,感觉越强烈,引起心室颤动所需时间越短,致命的危险性就越大。电流对人体的作用如表 员)猿)所示。

表 员)猿) 电流对人体的作用

电流 猿)猿)	对人体的作用
约 猿)猿)	无感觉
员)	有轻微感觉
员)~猿)	有刺激感,一般电疗仪器取此电流
猿)~ 猿)	感到痛苦,但可自行摆脱
猿)~ 猿)	引起肌肉痉挛,短时间无危险,长时间有危险
猿)~ 猿)	强烈痉挛,时间超过 猿)猿)即有生命危险
猿)~ 猿)	产生心脏性纤颤,丧失知觉,严重危害生命
跃 猿)	短时间内(员)猿)以上)造成心脏骤停,体内造成电烧伤

#### (圆)电流的持续时间

电流对人体的伤害同持续作用的时间密切相关。可以用电流与时间乘积(也称电击强度)来表示电流对人体的危害。触电保护器的一个主要指标就是额定断开时间与电流乘积小于 猿)猿)实际产品可达到 猿)猿)故可有效防止触电事故。

#### (猿)电流的性质

电流的性质不同对人体损伤也不同。直流电一般引起电伤,交流电则电伤与电击同时发生,交流电的危险性大于直流电,特别是 猿)~ 猿)的交流电对人体最危险。人们日常使用的市电正是在这个危险的频段(我国为 猿)猿),但当交流电频率达到 猿)猿)时,对人体危害很小,用于理疗的一些仪器采用的就是这个频段。另外,电压越高,危险性越大。

#### (源)电流的途径

电流通过人体,严重干扰人体正常生物电流。电流流过心脏会引起心室颤动,较大的电流还会使心脏停止跳动。电流流过大脑,会造成脑细胞损伤、死亡。电流流过神经系统,会导致神经紊乱,破坏神经系统正常工作。电流流过呼吸系统可导致呼吸停止。电流流过脊髓可造

成人体瘫痪等。

(缘)人体自身条件

包括人体电阻、年龄、性别、皮肤完好程度及情绪等。

人体是一个不确定的电阻。皮肤干燥时电阻可呈现  $10^5 \Omega$  以上,而一旦潮湿,电阻可降到  $10^3 \Omega$  以下。人体还是一个非线性电阻,随着电压升高,电阻值减小。

### 猿猿猿 触电伤害的类型

(猿)单相触电

人体触电器设备的一相电源而触电,如图 猿猿猿 所示。若触及猿猿猿 三相四线中性点直接接地系统中的一相电源,触电电压为猿猿猿。

另一种单相触电情况,如图 猿猿猿 所示,触电后果根据电压高低、绝缘情况,电网中性是否接地而定。

(圆)两相触电

人体同时接触电的任何两相电源,触电电压为线电压,如图 猿猿猿 所示,触电后果严重。

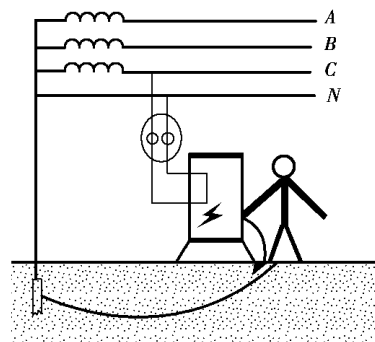


图 猿猿猿 单相触电示意图

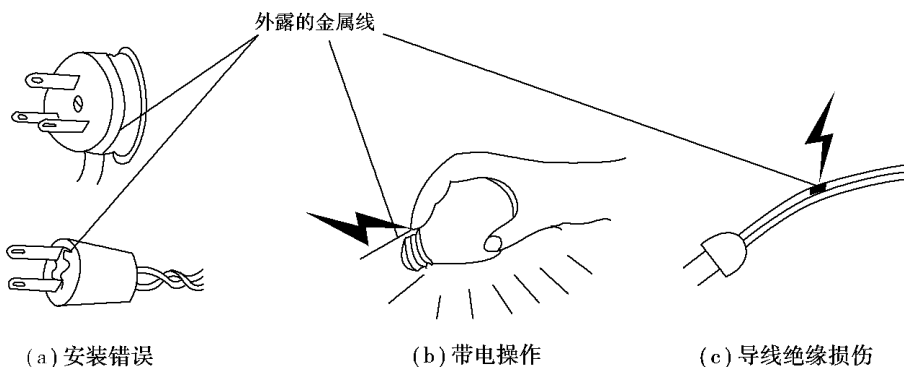


图 猿猿猿 单相触电示意图

(猿)静电接触

在检修电器或科研工作中有时发生电器设备已断开电源,但在接触设备某些部分时发生触电,这样的现象是静电电击。静电电击是由于静电放电时产生的瞬间冲击电流,通过人体部位造成的伤害。

(源)跨步电压

在故障设备附近,例如电线断落在地上,在接地点周围存在电场,当人走进这一区域,将因跨步电压而使人触电,如图 猿猿源 所示。

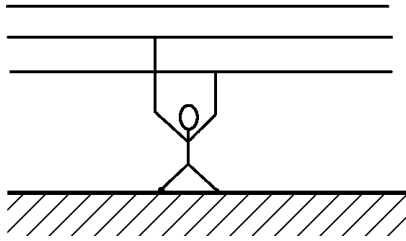


图 员圆 两相触电示意图

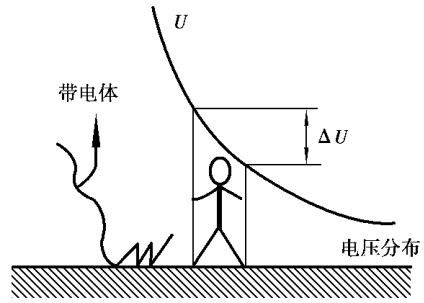


图 员圆 跨步电压使人触电

## 员圆 用电安全技术简介

### 员圆 安全电压

交流安全电压在任何情况下有效值不得超过 缘灾,直流安全电压为 苑灾,我国规定的安全电压等级是 源灾、猿灾、圆灾、员灾、远灾。当电压超过 圆灾时,必须采取防止直接接触带电体的保护措施。

通过人体电流的大小,主要取决于施加于人体的电压和人体本身的电阻。人体电阻包括皮肤电阻和体内电阻,其中皮肤电阻随外界条件不同有较大的变化,一般干燥的皮肤电阻约在 员园噪以上,但随着皮肤的潮湿加大,电阻会减少,可减小到 员噪以下。安全电压是对人体皮肤干燥时而言的。因此,倘若人体出汗,又用湿手接触 猿灾的电压时,同样会受到电击,此时安全电压也不安全了。

### 员圆 接地保护和接零保护

#### (员) 接地

即将电器设备的某一部分与大地土壤做良好的电气连接,一般通过金属接地体并保证接地电阻小于 源灾。

在低压配电系统中,有变压器中性点接地和不接地两种系统,相应的安全措施有接地保护和接零保护两种方式。

#### (圆) 接地保护

在中性点不接地系统中,如没有接地保护,此时人体电流为  $I = \frac{U}{\sqrt{3}R_{\text{地}} + R_{\text{人}}}$ ,式中  $U$  为相电压,  $R_{\text{人}}$  为人体电阻,  $R_{\text{地}}$  为相线对地阻抗。当接上保护地线时,相当于给人体电阻并上一个接地电阻  $R_{\text{地}}$ ,此时人体电流为  $I = \frac{U}{\sqrt{3}R_{\text{地}} + R_{\text{人}}}$ ,由于  $R_{\text{地}} \ll R_{\text{人}}$ ,从而避免了触电危险,如图 员圆 所示。

#### (猿) 接零保护

在三相四线中性点接地系统中电气设备必须接零,如图 员圆 所示。一旦相线碰到外壳即形成与零线之间的短路,产生很大电流,使熔断器或过流开关断开,切断电流,因而可防止电击源。

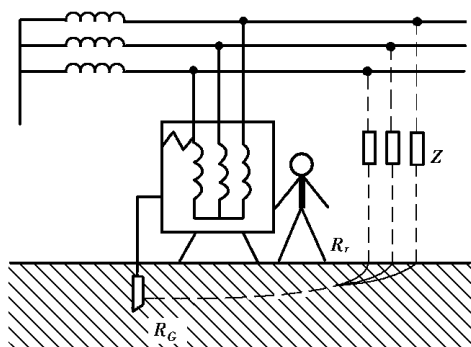


图 1-1-1 接地保护示意图

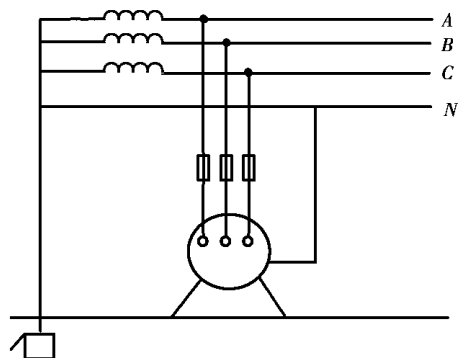


图 1-1-2 接零保护示意图

危险。

应注意的是这种系统中的保护接零必须是接到保护零线上而不能接到工作零线上。保护零线同工作零线,虽然它们对地的电压都是 0V,但保护零线上是不能接熔断器和开关的,而工作零线上则根据需要可接熔断器及开关。

### 1.1.3 过流保护

接地保护和接零保护只是解决了电器外壳漏电及意外触电问题,而另一种故障表现为电器并不漏电,由于电器内部元器件故障或由于电网电压升高引起电流增大、温度升高,超过一定限度导致电器损坏甚至引起火灾。对于这类故障,常用以下几种自动保护元件和装置。

#### (一) 过流保护

用于过流保护的装置和元件主要有熔断丝、电子继电器及聚合开关,它们都是串接在电源回路中防止意外电流超限。

熔断丝用途最广,主要特点是简单、价廉,但反应速度慢且不能自动恢复。

电子继电器过流开关,也称电子熔断丝,主要特点是速度快,可自动恢复,但较复杂,成本高。

聚合开关实际是一种阻值可以突变的正温度系数电阻器,当电流在正常范围呈低阻(约几毫欧~几欧 $\Omega$ ),当电流超过阈值后阻值很快增加几个数量级,使电路电流降至数毫安。一旦温度恢复正常,电阻又降至低阻,故其有自锁及恢复特性。由于体积小,结构简单,工作可靠且价格低,故可广泛用于各种电气设备及家庭。

#### (二) 过压保护

过压保护器是一种安全限压自控部件,其工作原理如图 1-1-3 所示,使用时并联于电源电路中。当电源正常工作时功率开关断开,一旦设备电源失常或失效超过保护阈值,采样放大

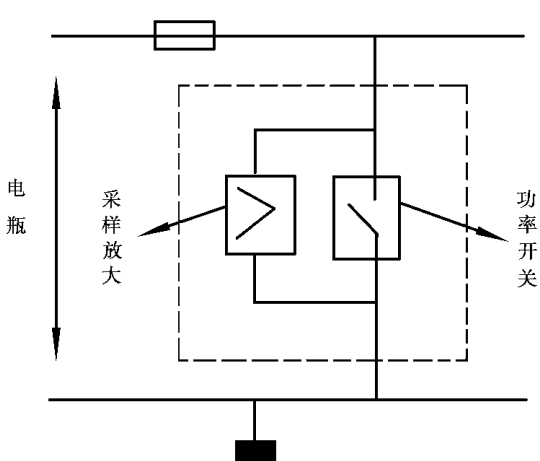


图 1-1-3 过压保护器示意图

电路将使功率开关闭合,将电源短路,使熔断器断开,保护设备免受损失。

#### (猿)温度保护

电器工作时温度超过设计标准将造成绝缘失效从而引发安全事故。除传统的温度继电器外,热熔断器也是一种新型有效而且经济实用的温度保护器。其外形如同一只电阻器,正常工作时相当于一只阻值很小的电阻,一旦电器温度超过阈值,立即熔断从而切断电源回路。

## 猿猿猿 电子装焊操作安全

### 猿猿猿 安全用电常识

#### (员)安全用电原则

员)只要用电就存在危险;

圆)侥幸心理是事故的催化剂;

猿)不接触低压带电体,不靠近高压带电体。

#### (圆)安全措施

员)根据工作场所情况正确使用安全电压,我国安全电压等级为猿灾、圆灾、员灾、远灾等,特殊场所必须使用员灾或远灾;

圆)火线必须进开关;

猿)零线上不能装熔断器;

源)随时检查所用电器插头、电线,发现破损老化及时更换;

缘)所有金属外壳的用电器及配电装置都应该装保护接地或保护接零。

#### (猿)接通电源前的检查

任何新的或搬运过的以及自己不了解的用电设备,不要冒失拿起插头就往插头上插,一定要做好“四查而后插”。四查为:

员)查电源线有无破损;

圆)查插头有无外露金属或内部松动;

猿)查电源线插头两极有无短路,同时外壳有无通路;

源)查设备所需电压值是否与供电电压相符。

#### (源)检修、调试电子设备的注意事项

员)检修调试前,一定要了解检修对象的电器原理,特别是电源系统和单元电路功能;

圆)不要以为断开电源开关就没有触电危险。拔下插头以后,要对仪器内大容量电容进行放电。如对电视显像管高压帽进行放电处理后,才能认为是安全的;

猿)在电视机调试时,高压帽应包好,不要接触高压帽;

源)需要带电检查调试时,要先用试电笔检查外壳和裸露导线是否带电,使用万用表测电压,一定要测有关部分对地导电;

缘)洗手未擦干或手潮湿时,不要带电作业;

远)测试、装接电力线路尽可能采用单手操作,另一只手放到背后或衣袋中。

远

## 1.1 电子装焊操作安全规则

### (1) 养成安全操作习惯

① 人体触及任何电器装置和设备时先断开电源；

② 不要惊吓正在操作人员，不要在实习场地打闹；

③ 触及电路的任何金属部分之前都应进行安全调试；

④ 实习场地要讲究文明生产，文明操作，各种工具、设备摆放合理、整齐，不要乱摆、乱放，以免发生事故。

### (2) 防止机械损伤

① 在使用钻床时，不要带手套或披散长发操作钻床；

② 拆焊有弹性元件时，不要离太近；

③ 用螺丝刀拧紧螺钉时，另一只手不要握在螺丝刀刀口方向。

### (3) 防止烫伤

烫伤在电子装焊过程中是频繁发生的一种安全事故，这种烫伤一般不会造成严重后果，但也会给操作者造成伤害。只要注意操作安全，烫伤完全可以避免。

① 烙铁头在没有确信脱离电源时，不能用手摸；

② 烙铁头多余的锡不要乱甩；

③ 易燃品远离电烙铁；

④ 防止电路中发热电子元件烫伤，如变压器、大功率器件、电阻、散热片等，特别是电路发生故障时有些发热器件可高达几百摄氏度；

⑤ 操作者在焊接时，头不要离烙铁头太近，以防焊锡有时飞溅起来被烫伤；

⑥ 防止过热液体烫伤，电子装焊中接触到的主要有熔化状态的焊锡及加热的溶液（如腐蚀印制板时加热腐蚀液）。

## 1.2 触电急救与电气消防

### 1.2.1 触电急救

当发生触电事故时，千万不要惊慌失措，必须用最快的速度使触电者脱离电源。一定要记住：当触电者未脱离电源前，本身就是带电体，同样会使抢救者触电。

脱离电源最有效的措施是拉闸或拔出电源插头。在一时找不到或来不及找电源的情况下，可用绝缘物（如带绝缘柄的工具、木棒、塑料管等）移开或切断电源线。关键是一要快，二要使自己不触电，一两秒的迟缓都可能造成无可挽救的后果。

脱离电源后如果病人呼吸、心脏尚存，应尽快送医院抢救。若心跳停止，应用人工心脏挤压法维持血液循环。若呼吸停止，应立刻施行口对口人工呼吸。若心跳、呼吸全停，应同时采用上述两种方法，并向医院告急求救。

### 1.2.2 电气消防

为了防止电气设备发生火灾，应采取下列措施：

④线路的安装必须符合各项安全技术,如导线截面积大小、导线类型、熔断器的型号规格及电气间距等;

⑤定期检查线路的绝缘,发现绝缘损坏应立即修理;

⑥发现电子装置、电子设备等冒烟起火,要尽快切断电源(拉开总开关或失火电路开关);

⑦使用砂土、二氧化碳或四氯化碳等不导电灭火介质,忌用泡沫进行灭火。

# 第 2 章

## 常用电子测试仪器的使用

摇摇电子测试仪器是指利用电子技术对各种信息进行测量的设备。

以电子线路为基础的各种电子产品、电装置及设备,在研发、制作及生产前都必须对其所用元器件进行筛选检测。安装后必须进行测量、调试及检测,才能确保正常工作。由此可见电子测量技术在科学研究、生产建设中的作用是极其广泛和极为重要的。通过测量、分析、归纳,才能使研究课题得以准确和完善,才能使产品质量得以保证和提高,才能使科学技术水平得以不断发展。从某种意义上说,电子测量技术的水平是影响现代科学技术水平重要因素,电子测量技术的水平是提升现代科学技术水平的保证和基础。

本章简要介绍和讲解常用电子测试仪器及仪表的基本工作原理、使用方法,使同学们能正确地掌握其使用方法,提高分析测量结果的科学性、准确性,能设计测量方案,能排除故障,以便同学们在实习期间乃至于在今后的学习、工作中能正确使用电子测试仪器、仪表。

### 圆摇万用表

万用表(又称多用表或万用电表)是一种最常用的用途广泛的仪表。万用表分指针式和数字式两种类型。

指针式万用表是由磁电式微安表头加上相应的元器件构成的。当表头并联上不同阻值的分流电阻时,就构成不同量程的直流电流表;当表头串联上不同阻值的分压电阻时,就构成不同量程的直流电压表;当在表头上加上整流器、分流电阻或分压电阻时,就构成多量程的交流电流和交流电压表;当表头与外接电池和加上附加电阻、分流电阻时,就构成多量程的欧姆表。在此基础上还可以扩大范围,如测量晶体管类型、参数、测电感、电容值,测量放大器的特性等。万用表也正是由此而得名。

数字式万用表是在模拟指针式刻度测量的基础上,用数字形式直接将检测结果显示出来。它由直流数字电压表或加上一些转换器构成。不加任何转换器时,直流数字电压表只能用来测量直流电压值。当直流数字电压表加上“粤粤粤转换器”时,就构成多量程的交流电压表;在直流数字电压表前加上“粤粤转换器”时,就构成多量程的交、直流电压表;当直流数字电压表加上“Ω粤转换器”时,就构成多量程的欧姆表。

现以 MF47 型指针式万用表为例,说明万用表的使用方法。

MF47 型指针式万用表的主要技术性能及面板功能

MF47 型指针式万用表主要技术性能见表 1-1

表 1-1 MF47 型指针式万用表主要技术性能

量程范围	灵敏度及电压降	精确度	误差表示方法
直流电流 0.5mA~5mA~50mA~500mA 5mA~50mA~500mA	0.5mA	1.5级	以上量限的百分数计算
直流电压 0.5V~5V~50V~500V 5V~50V~500V	20μV/V	1.5级	以上量限的百分数计算
交流电压 0.5V~5V~50V~500V (有效值)~500V (有效值)	20μV/V	1.5级	以上量限的百分数计算
直流电阻 20Ω~200Ω~2kΩ~20kΩ 20Ω~200Ω~2kΩ~20kΩ	每伏中心刻度为 20Ω	1.5级 2.0级	以标度尺弧的百分数计算 以指示值的百分数计算
音频电平 0dB~120dB	0.5dB/V		
晶体管直流放大倍数	0.5~100		
电感	0.1~100μH		
电容	0.01~100μF		

MF47 型指针式万用表面板见图 1-1

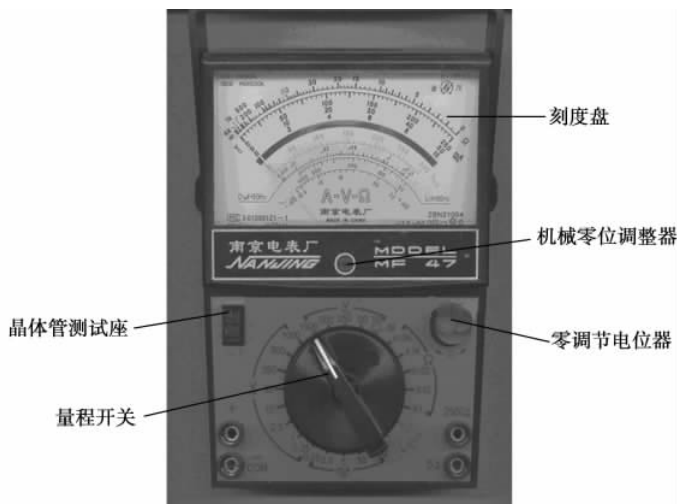


图 1-1 MF47 型指针式万用表面板

### 4.1.1 指针式万用表的基本使用方法

测试前,将万用表放置水平状态,并目视其表针是否处于零点(指电流、电压刻度的零点)若不在,则应调整表头下方的“机械零位调整”,使指针指向零点。

根据被测项,正确选用万用表上的测量项目量程开关。

测量电流、电压时,如已知被测量的数量级,则就选择与其相对应的数量级量程。如不知被测量值的数量级,则应从选择最大量程开始测量,当指针偏转角太小而无法精确读数时,再将量程减小。一般以指针偏转角不小于最大刻度的  $\frac{1}{3}$  为合理量程。

#### 万用表作电流表使用

①将万用表串接在被测电路中时,应注意电流的方向,正确的接法如图 4-1 所示。

②在指针偏转角大于或等于最大刻度  $\frac{1}{3}$  时,尽量选用大量程挡。因为量程愈大,分流电阻愈小,电流表的等效内阻小,此时被测电路引入的误差也愈小。

③在测量大电流(如  $10\text{A}$ )时,千万不要在测量过程中拨动量程开关,以免产生电弧,烧坏转换开关的触点。

#### 万用表作电压表使用

①将万用表并接在被测电路上,在测量直流电压时,应注意被测点电压的极性,正确的接法如图 4-2 所示。

②与上述电流表一样,为了减小电压表内阻引入的误差,在指针偏转角大于或等于最大刻度  $\frac{1}{3}$  时,尽量选用大量程挡。因为量程愈大,分压电阻愈小,电压表的等效内阻小,此时被测电路引入的误差也愈小。

③在测量交流电压时,不必考虑极性,只要将转换开关置于交流电压挡内,并联在被测两端即可。

#### 万用表作欧姆表使用

①测量时应首先调零。即将两表笔直接相碰(短路),并视其指针是否正指在零欧处(欧姆刻度零欧)。若未处在,则应调整表盘下方的“零欧调整器”,使指针正确指在零欧处。

②为了提高测试的精度和保证被测对象的安全,必须正确选择合适的量程挡。一般测电阻时,要求指针在全刻度的  $\frac{1}{3}$  ~  $\frac{2}{3}$  的范围内,这样测试精度才能满足要求。

③由于量程挡不同,流过  $R_x$  上的测试电流大小不同。如图 4-3 及图 4-4 可知,量程挡愈小,测试电流愈大,否则相反。所以,如果用万用表的小量程欧姆挡  $R_{\text{内}} \ll R_x$  去测量小电阻  $R_x$ (如毫安表的内阻)则  $R_x$  会流过大电流,如果该电流超过  $R_x$  所允许通过的电流,  $R_x$  会烧毁或把毫安表指针打弯。所以在测量不允许通过大电流的电阻时,万用表应置欧姆挡的大量程上。同时,在图中也可发现,量程挡愈大,内阻所接的电池电压愈高,所以在测量不能承受高电压的电阻时,万用表不宜置在大量程的欧姆挡上。如测量二极管或三极管的极间电阻时,就不能将欧姆挡置在  $R_{\text{内}} \ll R_x$  挡,不然易把管子的极间击穿。只能降低量程挡,让指针指在高阻端。但因电阻刻度是非线性的,在高阻端的刻度很密,易造成误差增大,通常可用

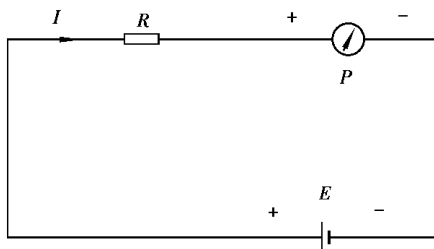


图 4-1 测量直流电压、电流时的正确接法