

全国中等职业技术学校楼宇智能化专业教材

QUAN

SHUXUEXIAOLOUYUZHINENGHUAZHUANYEJIAOCAI



人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

曾 勇 主编

电子基础知识与技能

DIANZI
JICHU ZHISHI
YU JINENG



中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校楼宇智能化专业教材

电子基础知识与技能

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子基础知识与技能/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2013

ISBN 978 - 7 - 5167 - 0513 - 1

I. ①电… II. ①人… III. ①电子技术 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 211714 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

*

北京谊兴印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13 印张 282 千字

2014 年 2 月第 1 版 2014 年 2 月第 1 次印刷

定价: 24.00 元

读者服务部电话: (010) 64929211/64921644/84643933

发行部电话: (010) 64961894

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

如有印装差错, 请与本社联系调换: (010) 80497374

我社将与版权执法机关配合, 大力打击盗印、销售和使用盗版图书活动, 敬请广大读者协助举报, 经查实将给予举报者奖励。

举报电话: (010) 64954652

前言

进入21世纪,智能楼宇技术飞速发展,对社会生活各方面的影响日益深刻,相关技能人才的需求量也随之增加。为了更好地适应中等职业技术学校楼宇智能化专业的教学需求和企业的用人要求,我们组织全国有关学校的一线教师和行业专家,开发了本套教材。

本套教材包括《建筑基础知识》《楼宇智能化概论》《电工基础知识与技能》《电子基础知识与技能》《综合布线与网络通信》《安全防范系统实务》《火灾报警与消防联动系统实务》《供配电系统监控实务》《照明系统监控实务》《环境控制系统实务》,以及《电梯基础知识与保养》。本套教材的开发过程一直以如下理念作为指导:

第一,以就业为导向,突出职业教育特色。全套教材面向楼宇智能化设备操作和维护技能人才的培养,以对口岗位需求为原点,依据职业能力和相关知识两个维度确定内容。在夯实基础的同时,为学生提供良好的职业发展平台。

第二,体现职业教育改革趋势,坚持贴近实际、贴近生活、贴近学生的原则。依据现有教学条件,以工程任务为载体,引导学生在实践中领悟知识、获得技能,培养自主学习的意识、能力和信心,激发学生的学习兴趣。

第三,紧跟楼宇智能化技术发展,符合时代要求。教材立足当前,放眼未来,既选择通用设备类型展开实训,又尽可能多地介绍行业新知识、新技术和新设备,从而帮助学生尽快适应工作岗位的需要,提高人才培养质量。

本套教材可供全国中等职业技术学校楼宇智能化专业选用,也可作为职业培训教材。教材的编写工作得到了广东、江苏、浙江等省人力资源和社会保障厅及有关学校的大力支持,在此,我们表示诚挚的谢意。

人力资源和社会保障部教材办公室

目 录

项目一 半导体器件及其应用	(1)
任务一 二极管的判别与应用	(1)
任务二 三极管的判别与应用	(25)
项目二 放大电路及其应用	(42)
任务一 单管放大电路及其应用	(42)
任务二 负反馈多级放大电路及其应用	(69)
项目三 直流稳压电源	(83)
任务一 串并联型稳压电源	(83)
任务二 集成稳压电源	(97)
项目四 集成运算放大器及其应用	(106)
任务一 集成运放及其线性应用	(106)
任务二 集成运放的非线性应用	(120)
项目五 组合逻辑电路及其应用	(132)
任务一 门电路及其应用	(132)
任务二 组合逻辑电路及其应用	(147)
项目六 时序逻辑电路及其应用	(165)
任务一 触发器及其应用	(165)
任务二 555 定时器及其应用	(178)
任务三 时序电路及其应用	(188)

项目一 半导体器件及其应用

半导体器件是利用半导体材料特殊电特性来完成特定功能的电子器件，具有体积小、质量轻、使用寿命长、输入功率小、功率转换效率高等优点，在电子电路中得到了广泛的应用。由半导体器件发展而成的集成电路，特别是大规模和超大规模集成电路，大大推进了电子设备的微型化、可靠性和灵活性。

任务一 二极管的判别与应用

任务要求

1. 掌握二极管的结构、符号，了解二极管的主要参数。
2. 熟悉二极管的判别方法。
3. 能利用万用表，对二极管进行质量判别及极性判别。
4. 掌握二极管半波整流稳压电路的安装与测试方法。

基础知识

一、二极管的结构和符号

半导体二极管制造材料有硅（Si）、锗（Ge）及化合物半导体，它用途广泛，可用来产生、控制、接收、变换、放大信号和进行能量转换等。生活中经常见到的商铺外的广告LED显示屏、各种门禁控制、电梯显示、艺术装饰灯等都会用到半导体二极管，如图1—1—1所示。



想一想

举例说明你在何处曾经见到过二极管，它在电路中起什么作用呢？

半导体材料是指导电性能介于导体和绝缘体之间的物体。半导体理论证实在半导体中存在两种导电的带电物体：一种是带负电的自由电子（有时称为电子），另外一种带正电的空穴，它们在外电场的作用下，都有定向移动的效应，都能形成电流，通常称为载流子。

不加杂质的半导体称为本征半导体，在本征半导体中加不同杂质，能产生两种类型杂质半导体，它们是P型半导体和N型半导体。P型半导体又称为空穴型半导体，其内部空穴数量多于自由电子，即空穴是多数载流子，自由电子是少数载流子（图1—1—2）。例



图 1—1—1 无处不在的二极管

如，在硅晶体中加入微量的硼元素，可得到 P 型硅。N 型半导体又称为电子型半导体，其内部自由电子是多数载流子，空穴是少数载流子（图 1—1—3）。例如，在硅单晶体中加入微量磷元素，可以得到 N 型硅。

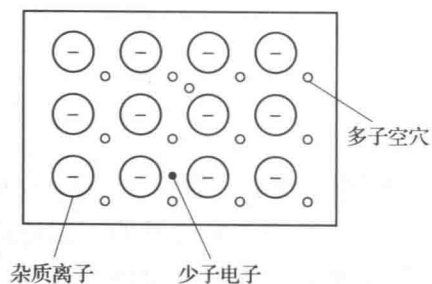


图 1—1—2 P 型半导体

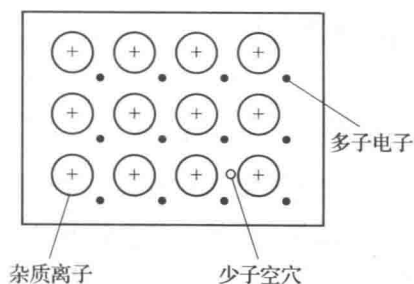


图 1—1—3 N 型半导体

半导体二极管简称二极管，是在硅或者锗单晶基片上加工出 P 型区和 N 型区，从 P 型区引出二极管的正极，从 N 型区引出二极管的负极，两个区域之间有个结合部，它是一个特殊的薄层，称为 PN 结。二极管的内部其实就是一个用硅或者锗材料制造的 PN 结，半导体二极管的结构和图形符号如图 1—1—4 所示。

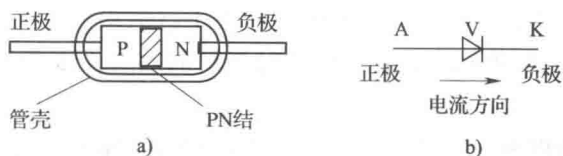


图 1—1—4 二极管的结构和符号

a) 结构 b) 图形符号



按照所用材料不同,二极管可分为硅管和锗管两大类。二极管的内部分为P型半导体区和N型半导体区,交界处形成PN结。从P区引出的电极为正极,用符号“A”表示,从N区引出的电极为负极,用符号“K”表示。

二、二极管的工作特点、主要参数和分类

1. 二极管的工作特点

(1) 二极管的单向导电性 二极管的导电性能可以用图1—1—5所示的实验来说明,把二极管V、可调直流稳压电源E,开关S、限流电阻R和指示灯H按图1—1—5a所示用导线连接后,闭合开关认真观察指示灯的状态是亮还是不亮,然后把二极管的正负极对调,如图1—1—5b所示,闭合开关后,再认真观察指示灯的状态是亮还是不亮。

图1—1—5a所示的灯亮说明此时二极管的电阻很小,导电性能良好,称为“导通”状态。图1—1—5b指示灯不发亮,说明此时二极管的电阻很大,导电性能极差,称为“截止”状态。

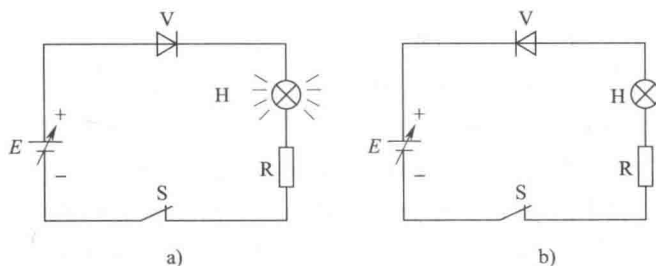


图1—1—5 二极管的导电性能实验

a) 正偏导通 b) 反偏截止

定义:二极管导通时,其正极电位高于负极电位,此时的外加电压称为正向电压,二极管处于正向偏置状态,简称“正偏”;二极管截止时,其正极电位低于负极电位,此时的外加电压称为反向电压,二极管处于反向偏置状态,简称“反偏”。

结论:二极管在加正向电压时导通,加反向电压时截止,这就是二极管的单向导电性。

(2) 二极管的伏安特性曲线

1) 正向特性 在起始阶段(oa),外加正向电压很小,二极管呈现很大的电阻,正向电流很小,二极管几乎不导通。常把这个正向电压很小的范围称为死区,相应的电压称为死区电压。使二极管开始导通的临界电压称为开启电压或门坎电压,通常用 U_{on} 表示,硅管的开启电压 U_{on} 约为0.5 V,而锗管的开启电压 U_{on} 约为0.1~0.2 V。



当外加正向电压超过 U_{on} 值以后, 正向电流迅速增大, 二极管电阻变得很小, 这时二极管处于正向导通状态, 如图 1—1—6 曲线中的 ab 段, ab 段曲线较陡直。二极管正向导通时, 硅管的正向压降约为 0.7 V 左右, 锗管的正向压降约为 0.3 V 左右。

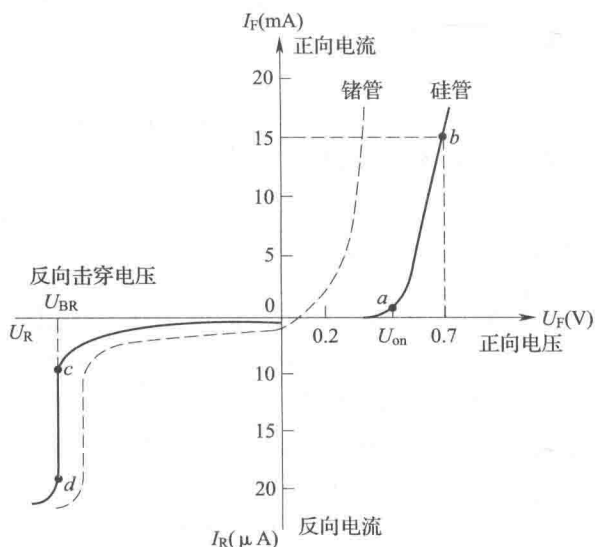


图 1—1—6 二极管的伏安特性曲线

2) 反向特性 在起始的一段范围内 (oc), 只有很小的反向电流, 称为反向饱和电流或反向漏电流。 oc 段称为截止区。对于小功率硅管, 反向电流为零点几微安, 而锗管的反向电流为十几微安。在实际应用中, 反向电流越小, 二极管的质量越好。

当反向电压 U_R 增大到超过某一值时, 反向电流突然急剧增大, 这种现象称为反向击穿, 如图 1—1—6 曲线中的 cd 段。反向击穿时的电压称为反向击穿电压, 用符号 U_{BR} 表示。二极管在正常使用时应避免出现反向击穿, 因此所加的反向电压应小于 U_{BR} 。需要说明的是, 二极管反向击穿时并不一定损坏, 只是在没有限流措施时, 反向电流 I_R 超过一定限度, PN 结过热, 才会烧毁造成二极管永久性损坏。

2. 二极管的主要参数

(1) 最大整流电流 I_{FM} 它是指二极管长期运行时允许通过的最大正向平均电流。实际工作时二极管的正向平均电流不得超过此值, 否则二极管可能会因过热而损坏。

(2) 最高反向工作电压 U_{RM} 它是指二极管正常工作时所允许外加的最高反向电压。若二极管两端电压超过此值有可能导致二极管反向击穿。

上述两个参数是选用二极管的重要依据。

3. 二极管的分类

(1) 按材料分类, 有硅二极管和锗二极管等。



(2) 按二极管的结构分类, 有点接触型二极管和面接触型二极管 (键型二极管、合金型二极管、扩散型二极管、平面型二极管、台面型二极管) 等, 如图 1—1—7 所示。

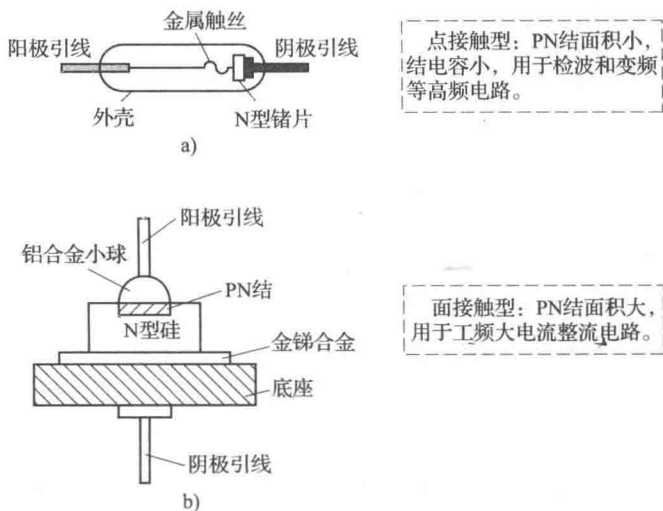


图 1—1—7 点接触型、面接触型二极管的结构示意图及特点

a) 点接触型 b) 面接触型

(3) 按用途分类, 有下面几种常见的不同用途的二极管。

1) 整流二极管 (见图 1—1—8) 整流二极管的内部结构为一个 PN 结, 外形封装有金属壳封、塑料封装和玻璃封装等多种形式, 它主要用于整流电路, 利用二极管的单向导电性, 将交流电变为直流电。由于整流管的正向电流较大, 所以整流二极管多为面接触型二极管, PN 结面积大、结电容大, 但工作频率低。

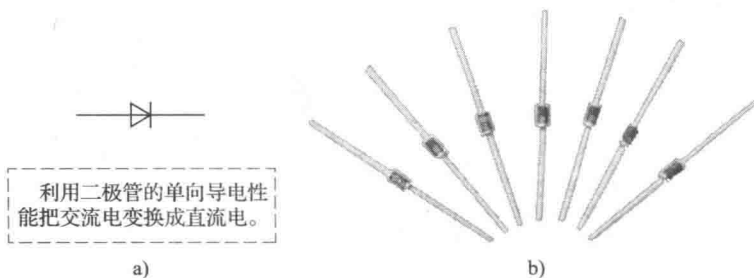


图 1—1—8 整流二极管的图形符号、特点和外形

a) 图形符号 b) 外形

2) 稳压二极管 (见图 1—1—9) 稳压二极管在电子设备电路中, 起稳定电压的作用。稳压二极管有金属外壳、塑料外壳等封装形式。

稳压二极管在起稳定作用的范围内, 其两端的反向电压值, 称为“稳定电压”, 用符号 U_z 表示。不同型号的稳压二极管, 稳定电压是不同的。

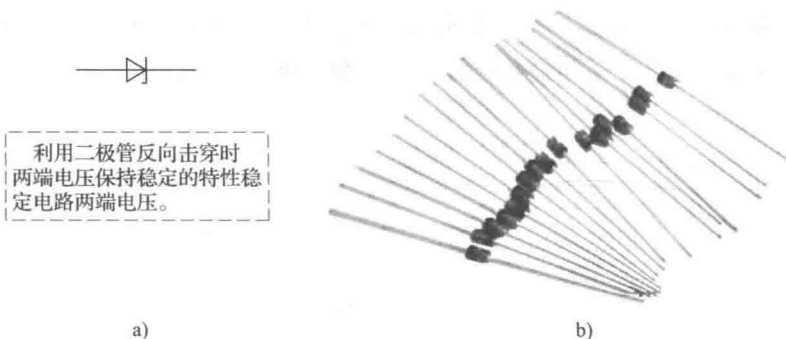


图 1—1—9 稳压二极管的图形符号、特点和外形

a) 图形符号 b) 外形



当稳压二极管的反向电压增大到击穿电压时，反向电流开始急剧增大，只要小于它的允许值，稳压二极管就不会热击穿而损坏。此时反向电流变化很大，而它两端的电压几乎不变，这就是稳压管的稳压特性。另外，如果反向电压减小或者撤除，稳压二极管能恢复到击穿前的状态，能反复使用。

3) 发光二极管 (见图 1—1—10) 发光二极管采用砷化镓、磷化镓、镓铝砷等材料制成。不同材料制成的发光二极管，能发出不同颜色的光。有发绿色光的磷化镓发光二极管；有发红色光的磷砷化镓发光二极管；有发红外光的砷化镓二极管；有双向变色发光二极管（加正向电压时发红色光，加反向电压时发绿色光）；还有三颜色变色发光二极管等。它的外形有圆形的、方形的、三角形的、组合型等。封装形式有金属、陶瓷和全塑料 3 种形式，并以陶瓷和全塑料为主。



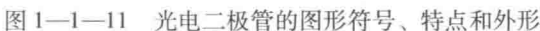
图 1—1—10 发光二极管的图形符号、特点和外形

a) 图形符号 b) 外形



当发光二极管的内部结构为一个 PN 结，而且具有单向导电性时，在发光二极管的 PN 结上加上正向电压，这时由于外加电压产生电场的方向与 PN 结内电场方向相反，使 PN 结

4) 光电二极管 (见图 1—1—11) 光电二极管和普通二极管一样,也是由一个 PN 结组成的半导体器件,也具有单向导电特性。但是,在电路中不是用它做整流元件,而是通过它把光信号转换成电信号。



此外,还有很多其他不同用途的二极管,例如变容二极管、检波二极管、开关二极管、红外光电二极管、红外发光二极管以及激光二极管等,在电子电路中也得到了较为广泛的应用。

二极管根据外形、结构、材料、功率和用途可分成各种类型,按照各个国家的不同标准,其命名的方法也不同。目前应用较多的国产二极管型号命名方法和美国制造二极管型号的命名方法介绍如下。

根据中华人民共和国国家标准, 半导体器件型号由五部分组成, 其每一部分的含义见表 1—1—1。

表 1—1—1

国产半导体器件的型号命名方法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分	第五部分
用数字表示器件的电极数目		用汉语拼音字母表示器件的材料和极性		用汉语拼音字母表示器件的类别		用数字表示器件序号	用汉语拼音字母表示规格
符号	意义	符号	意义	符号	意义		
2	二极管	A	N 型锗材料	P	普通管		
				V	微波管		
		B	P 型锗材料	W	稳压管		
				C	参量管		
		C	N 型硅材料	Z	整流管		
				L	整流堆		
		D	P 型硅材料	S	隧道管		
				N	阻尼管		
				U	光电器件		
				K	开关管		

例如，2AP7 表示 N 型普通二极管。

2. 美国半导体器件命名法

根据美国电子工业协会（EIA）规定的半导体器件型号命名方法见表 1—1—2。

表 1—1—2

美国半导体器件型号命名法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分		第五部分	
用符号表示器件的等级		用数字表示 PN 结数目		用字母表示材料		用数字表示器件登记序号		用字母表示同一器件的不同档次	
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义
J	军品	1	二极管	N	表示该器件已在美国电子工业协会（EIA）注册登记	2~4 位数字	登记顺序号	A、B、C、…	表示器件改进型
无	非军品								

例如，1N4148 表示开关二极管。

四、二极管在智能楼宇设备中的应用

在关于智能楼宇的一系列设施和设备中，二极管也具有较为普遍的应用，例如用于交直流转变的整流二极管，以及在智能楼宇中作为光电传感器（图 1—1—12）发射装置的发光二极管和作为接收装置的光电二极管等。

光电传感器（红外线光电传感器）是通过把光强度的变化转换成电信号的变化来实现控制的。



一般情况下,光电传感器由三部分构成,分别为发送器、接收器和检测电路。

光电传感器的工作框图如图 1—1—13 所示。发送器对准目标发射光束,发射的光束一般来源于半导体光源,如发光二极管(LED)、激光二极管及红外发射二极管。光束不间断地发射,或者改变脉冲宽度。接收器由光电二极管、光电三极管、光电池组成。在接收器的前面,装有光学元件如透镜和光圈等;在其后面是检测电路,它能滤出有效信号并应用该信号。

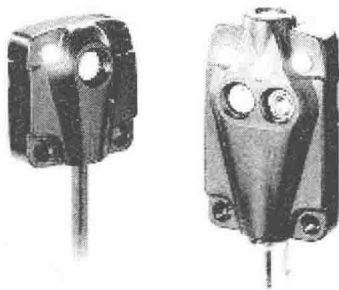


图 1—1—12 光电传感器

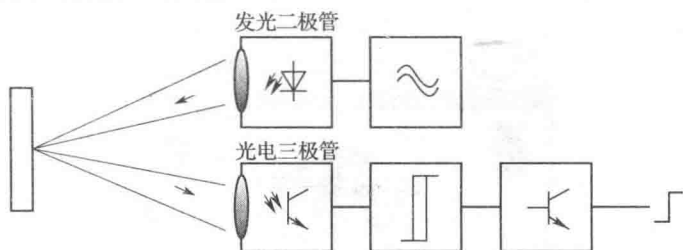


图 1—1—13 光电传感器的工作框图

五、万用表的使用

对于普通的电子元器件,通常在使用前都要对其质量和极性进行判别,而判别最方便也是最常用的仪器就是万用表。

万用表主要用于测量电压、电流和电阻,另外可粗略判断电感器、电容器、二极管和三极管、集成电路等元器件的性能好坏。它具有体积小、使用方便、检测精度高、成本低廉及测量项目多等一系列优点,应用极为广泛。

目前,人们通常使用的万用表有模拟式(又称指针式,见图 1—1—14)和数字式(见图 1—1—15)两大类。本任务只介绍模拟式万用表及其电阻挡的使用方法和相关知识。

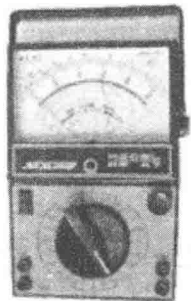


图 1—1—14 模拟式万用表

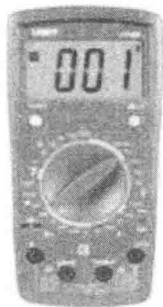


图 1—1—15 数字式万用表

1. 模拟式万用表的机械结构

模拟式万用表的面板如图 1—1—16 所示,它主要由表头、表盘、转换开关、机械调零旋钮、电阻挡欧姆调零旋钮和表笔插孔等组成。



图 1—1—16 模拟式万用表整机

(1) 表头

表头是万用表的重要组成部分，万用表的性能在很大程度上取决于表头的好坏，表头一般由指针、表盘、磁路系统及偏转系统组成。万用表使用的表头一般都是内阻较大、灵敏度较高的磁电式微安直流电流表头。MF47 型万用表使用的是内阻 $1\text{ k}\Omega$ ，满刻度电流为 $82\text{ }\mu\text{A}$ 的直流表头。由于直流表头只允许电流从“+”极流入，从“-”极流出，所以万用表的表笔插孔（或接线柱上）标有“+”和“-”的记号。在测量直流电压或电流时，若将极性接反，一则读不出数值；二则有可能将指针打弯，使用时应注意这一点。

(2) 表盘

由于万用表的测量项目较多,为了便于指针读数,表盘上印有多条刻度线,并附有各种符号和字母加以说明。掌握各条刻度线的读法及正确理解表盘上各种符号和字母的意义,是正确使用万用表的关键之一。

MF47 型万用表表盘（见图 1—1—17）上共设置了 8 条标度尺：最上面的标度尺是测量电阻用的；下面的是直流电流、直流电压和交流电压三者公用的标度尺，其上标有三组读数（0~250；0~50；0~10）；另外是 0~10 V 交流电压专用标度尺；测量电容容量的标度尺（测量时，转动开关至交流 10 V 挡位置）；测量负载电压 LV 和负载电流 LI 的标度尺；测量 PNP 和 NPN 型晶体管直流放大系数 h_{FE} 的标度尺；测量电感的标度尺；最下面一条是测电平用的标度尺（dB 刻度线）。

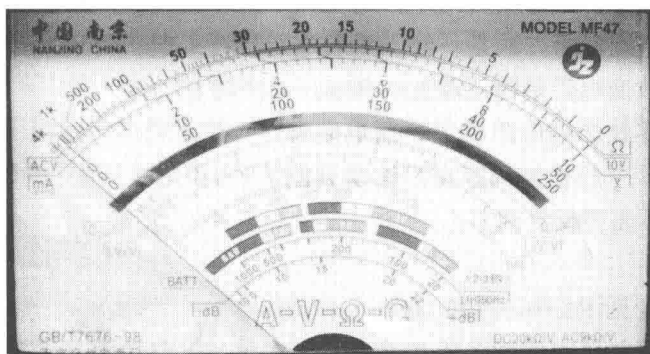


图 1—1—17 MF47 型万用表表盘

注意：用万用表测量时，其表盘刻度线上的“读数”与“实测值”很容易混淆。其实这两者是有所不同的，“读数”是指从刻度线上直接读出的数值，而“实测值”则是该读数所代表的被测量的数值（含单位），它往往要通过换算获取。当然，有时这两者在数值上是相同的，而许多情况下是不同的，这些都将在后续课程中加以理解和识读。

(3) 转换开关

MF47 型万用表只使用一只转换开关（见图 1—1—18），完成测量项目和量程的选择。而有的万用表，如 MF500 型万用表使用两只转换开关，其中一只用来选择测量项目，另一只用来选择量程。万用表除了可以利用转换开关来选择量程外，还可以通过改变表笔插头的位置改变测量量程。

万用表对转换开关的要求是：接触可靠，导电性能好，旋转时轻松而又有弹性，并能听到清脆的响声，旋转定位准确而且左右不晃动。

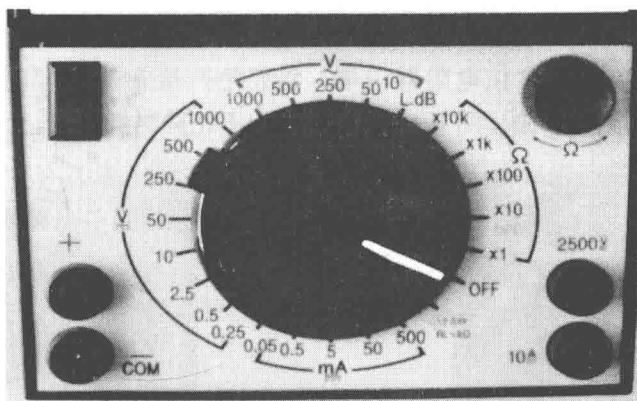


图 1—1—18 MF47 型万用表转换开关及刻度

(4) 机械调零旋钮与欧姆调零旋钮

万用表调零可分为两类：

第一类是机械调零：此项调零不需要用电池，调零时用一字旋具缓慢调节表盘上的机械调零旋钮，使指针指在左侧刻度的起始线位置上，方可进行测量。



第二类是电阻调零,也称欧姆调零:此项调零只在测量电阻时使用,同时需使用表内电池方可进行。电阻调零的方法是将红、黑表笔短接在一起,再旋动欧姆调零旋钮,使指针指在 $0\ \Omega$ 处。若改变电阻量程还需重新调零,方法同上。

注意:机械调零能影响电阻调零,而电阻调零不影响机械调零,一般机械调零在没有受到剧烈震动的情况下,不需要反复调零。

(5) 表笔

万用表的表笔(见图 1—1—19)有红色和黑色两支。测量前,将红色表笔插入万用表的表笔插孔(或接线柱上)的“+”端,将黑色表笔插入“-”端。

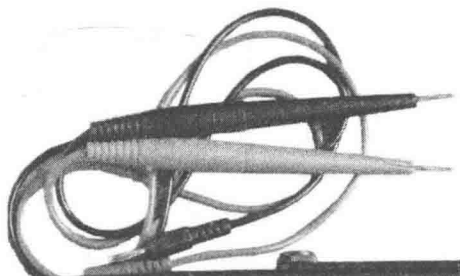


图 1—1—19 万用表表笔

2. 万用表测量普通电阻

万用表电阻挡测量电阻值的步骤如下:

(1) 选挡位、量程

首先将万用表功能开关旋转至电阻测量挡位,然后根据被测电阻器的阻值,选择合适量程。MF47 型万用表共有 5 挡量程,分别为 $R \times 1$, $R \times 10$, $R \times 100$, $R \times 1\ k$, $R \times 10\ k\Omega$ 。对于设置有两只转换开关的万用表,应将功能开关拨至电阻挡位,再将量程开关拨至适当量程。

(2) 电阻调零

将万用表的两只表笔短接后,调节面板上的欧姆调零旋钮,使指针指在“0”的位置上。欧姆调零是测量电阻值之前必不可少的步骤,而且每换一次量程都必须重新欧姆调零。

(3) 测量电阻值

右手握持两表笔,左手拿住电阻器一端,将表笔跨接在被测量电阻器两引线上,图 1—1—20 所示为正确测量方法,图 1—1—21 所示为不正确测量方法。



图 1—1—20 电阻测量正确方法



图 1—1—21 电阻测量不正确方法

(4) 读表

将指针在刻度线上的读数与所在电阻挡位对应量程的倍率相乘,即可得到所测的电阻值,即实测值或称指示值。

例如,指针在刻度线上的读数为 100,量程选择在 $R \times 100$,则被测电阻值为: $R = 100 \times$