



面向“十二五”高职高专精品规划教材
高等职业教育课程改革项目研究成果

电工电子技术实验指导

DIANGONG DIANZI JISHU SHIYAN ZHIDAO

主编 王琳 金建平 顾六平

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

面向“十二五”高职高专精品规划教材
高等职业教育课程改革项目研究成果

DIANGONGDIANZIJIISHUSHIYANZHIDAO

电工电子技术实验指导

■ 主编 王琳 金建平 顾六平

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书与《电工电子技术》课程相配套,结合笔者多年教学实践经验编写。全书分为两部分:第一部分为常用电工电子仪器仪表的使用;第二部分为电工电子实验,介绍电工、模拟电子技术、数字电子技术的基本实验和技能训练等内容。附录部分给出了半导体器件命名方法和管脚判别方法、常用部分集成电路引脚功能及电子电路的故障分析与排除等内容。

本书可作为高等职业院校、专科学校、本科院校的二级职业技术学院、民办高校的机电及工科类各专业电工电子技术课的实验指导书,也可供从事相关技术工作的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术实验指导 / 王琳, 金建平, 顾六平主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2010. 2

ISBN 978 - 7 - 5640 - 3020 - 9

I. ①电… II. ①王…②金…③顾… III. ①电工技术 - 实验 - 高等学校 - 教学参考资料②电子技术 - 实验 - 高等学校 - 教学参考资料
IV. ①TM - 33②TN - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 015577 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 9.25

字 数 / 189 千字

版 次 / 2010 年 2 月第 1 版 2010 年 2 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 4000 册

定 价 / 20.00 元

责任校对 / 张沁萍

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前言

电工电子技术是高职高专工科非电类专业的重要专业基础课。电工电子实验的主要任务是帮助理解所学的理论知识，培养学生的操作能力及解决实际问题的能力。本书根据教育部对高职高专电工电子技术实验课程教学基本要求编写，与电工电子技术教材相配套的实验指导书。它结合教学实际，吸收了各校近年来在电工电子实验方面所取得的经验，解决了教材缺乏配套实验指导书的问题。

本书分两个模块，第一个模块介绍常用电工电子仪器仪表的使用，主要包括电工测量仪表基本知识及电流表、电压表、万用表、功率表、示波器、函数信号发生器、交流毫伏表的使用方法和注意事项等内容；第二个模块为电工电子实验部分，包含了电工、模拟电子技术、数字电子技术的基本实验，具体有基尔霍夫定律及电位、电压关系的验证，叠加原理和戴维南定理验证，日光灯电路和功率因数的提高，三相交流电路，单相变压器，三相异步电动机的基本控制，常用电子仪器的使用，晶体管共射极单管放大器，负反馈放大器，基本运算放大电路，整流滤波与稳压电路，集成门电路逻辑功能转换及测试，集成触发器及其应用，计数器及其应用。通过做这些实验，使学生提高自己的动手能力，同时对涉及的理论知识也有了更深入的理解。

本书的附录部分给出了半导体器件命名方法和管脚判别方法、常用部分集成电路引脚功能及电子电路的故障分析与排除等内容。

本教材兼顾了非电类各专业的实验要求，各学校可以根据具体情况进行选做。

本书的第一章和附录部分由王琳编写；第二章中的电工实



验部分由金建平编写、模拟电子技术实验部分和数字电子技术实验部分由顾六平编写。全书由王琳负责统稿，王诗军担任主审。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请大家提出宝贵建议和意见。

编 者

目录 >>>>

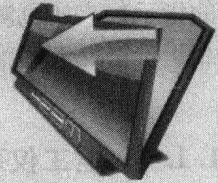
Contents

第一章 常用电工电子仪器仪表使用	(1)
1.1 电工测量仪表基本知识	(2)
1.2 电流表和电压表	(5)
1.3 万用表	(7)
1.4 功率表	(12)
1.5 示波器	(15)
1.6 函数信号发生器	(25)
1.7 交流毫伏表	(28)
第二章 电工电子实验	(30)
实验一 基尔霍夫定律及电位、电压关系的验证	(31)
实验二 叠加原理和戴维南定理验证	(35)
实验三 日光灯电路和功率因数的提高	(40)
实验四 三相交流电路	(44)
实验五 单相变压器	(48)
实验六 三相异步电动机的基本控制	(53)
实验七 常用电子仪器的使用	(57)
实验八 晶体管共射极单管放大器	(62)
实验九 负反馈放大器	(68)
实验十 基本运算放大电路	(72)
实验十一 整流滤波与稳压电路	(79)
实验十二 集成门电路逻辑功能转换及测试	(84)
实验十三 集成触发器及其应用	(91)
实验十四 计数器及其应用	(98)
附录 1 用万用表检测常用电子元器件	(103)
附录 2 电阻器的标称值及精度色环标志法	(108)
附录 3 半导体器件型号命名方法	(111)
附录 4 常用半导体器件的参数	(112)

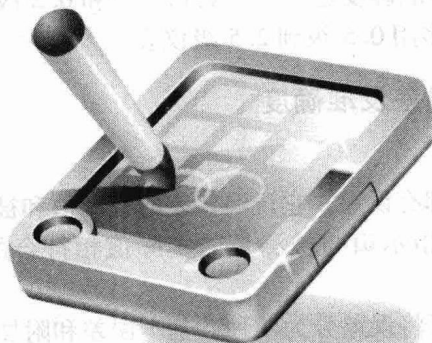


附录 5	半导体集成电路的命名方法·····	(118)
附录 6	常用部分集成电路引脚功能·····	(120)
附录 7	贴片式元器件简介·····	(125)
附录 8	常用电容器、电阻器、电感器、二极管及三极管外形图·····	(129)
附录 9	常用电子元器件文字、电路代表符号及其意义·····	(132)
附录 10	电子电路的故障分析与排除·····	(138)
参考文献	·····	(142)

第一章



常用电工电子仪器仪表使用





1.1 电工测量仪表基本知识

能直接指示被测量大小的仪表叫指示仪表。测量电压、电流、功率、功率因数、频率等电量的指示仪表叫电测量指示仪表，简称电工仪表。由于电测量指示仪表具有结构简单、稳定可靠、价格低廉和维修方便等一系列优点，所以在生产实际和教学、科研中得到广泛的应用。

1.1.1 电工仪表的分类

电工仪表的种类很多，分类方法各异，但主要有以下几种分类方式。

1. 根据电工测量仪表的动作原理分类

电工测量仪表按动作原理分类，可分为磁电系、电磁系、电动系、整流系、感应系等类型。磁电系电工仪表，一般用来测量直流电流、电压、电阻；电磁系、整流系仪表一般测量交流电压、电流；电动系仪表可以测量电流、电压、电功率、功率因数等。

2. 根据被测电量的名称（或单位）分类

按被测电量的名称分有电流表（安培表、毫安表和微安表）、电压表（伏特表、毫伏表）、功率表（瓦特表）、电度表、相位表（或功率表）、频率表、兆欧表以及其他多种用途的仪表，如万用表等。

3. 根据被测电流的种类分类

电工测量仪表根据测量电流的种类不同可分为直流表、交流表、交直流两用表。

4. 根据仪表的准确度等级分类

电工仪表测量的准确度级别可分为0.1级、0.2级、0.5级、1.0级、1.5级、2.5级、5.0级共七个等级，数字越小准确度越高。一般0.1级和0.2级仪表用来作标准仪器，以校准其他工作仪表；而实验中多用0.5级到2.5级仪表。

1.1.2 电工仪表的误差及准确度

1. 仪表误差的分类

任何一个仪表在测量时都有误差，它说明仪表的指示值和被测量的实际值之间的差异程度，而准确度则说明仪表的指示值与被测量的实际值相符合的程度。误差越小，准确度越高。

根据引起误差的原因，可将误差分为两种：基本误差和附加误差。

(1) 基本误差

基本误差即指示仪表在正常条件下进行测量时所具有的误差。它是仪表本身所固有的，即由于结构上制作不完善而产生的。此仪表的正常工作条件是指：



- ① 仪表指针调整到零点；
- ② 仪表按规定的工作位置安放；
- ③ 仪表在规定的温度、湿度下工作；
- ④ 除地磁场外，没有外来电磁场；
- ⑤ 对于交流仪表，电流的波形是正弦波，频率为仪表的正常工作频率。

(2) 附加误差

当仪表不是在正常工作条件下工作时，除了上述基本误差外所出现的误差。例如温度、外磁场等不符合仪表正常工作条件时，都会引起附加误差。

2. 仪表误差的几种表示形式

(1) 绝对误差

仪表指示的数值（以下简称“示值”） A 和被测量的实际值 A_0 之间的差值叫做仪表的绝对误差，用 Δ 表示：

$$\Delta = A - A_0$$

被测量的实际值可由标准表（用来检定工作仪表的高准确度仪表）指示。

绝对误差的单位与被测量的单位相同。

(2) 相对误差

测量不同大小的被测量的值时，用绝对误差难以比较测量结果的准确度，这时要用相对误差来表示。

相对误差是绝对误差与被测量的实际值之间的比值，通常用百分数来表示，即：

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\% \approx \frac{\Delta}{A} \times 100\%$$

例如：用同一只电压表测量实际值为 100 V 的电压时，指示 101 V；测量实际值为 20 V 的电压时，指示 19.2 V，则相对误差分别为

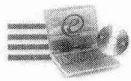
$$\gamma_1 = \frac{101 - 100}{100} \times 100\% = 1\%$$

$$\gamma_2 = \frac{19.2 - 20}{20} \times 100\% = -4\%$$

可见，虽然测量 20 V 电压时的绝对误差小些，但它对测量结果的影响却大些，占了测量结果的 $|-4\%|$ 。在工程上，凡是要求计算测量结果时，一般都用相对误差来表示。

(3) 引用误差

相对误差虽然可以说明测量结果的准确度，衡量测量结果与被测量实际值之间的差异程度，但还不足以用来评价仪表的准确度。这是因为同一个仪表的绝对误差在刻度的范围内变化不大，而近似于常数，这样就使得在仪表标度尺的各个不同的部位，相对误差不是一个常数，而且变化很大。



例如：一只测量范围为 0 ~ 250 V 的电压表，若在标度尺的“220 V”处的绝对误差为 +2 V，则该处的相对误差 γ_1 为 0.9% ($\gamma_1 = \frac{2}{220} \times 100\% = 0.9\%$)。

若在标度尺的“10 V”处的绝对误差为 +1.8 V，则该处的相对误差 γ_2 为 18% ($\gamma_2 = \frac{1.8}{10} \times 100\% = 18\%$)。比较 γ_1 和 γ_2 ，可以看出，用相对误差来比较仪表基本误差的大小是不合适的。

γ_1 、 γ_2 之所以变化很大，主要是在计算相对误差时分子接近于一个常数，而分母却是一个变数的缘故。如果用指示仪表的上限（量程）作分母，就解决了上述问题，因此指示仪表的准确度通常采用“引用误差”来表示。

引用误差是绝对误差与仪表上限比值的百分数，即：
$$\gamma_n = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\% \quad (1-1)$$

实际上，由于仪表各指示值的绝对误差不一定相等，其值有大有小、符号有正有负，为了评价仪表在准确度方面是否合格，式（1-1）中的分子应该取标度尺工作部分所出现的最大绝对误差，即

$$\gamma_m = \frac{\Delta_m}{A_m} \times 100\% \quad (1-2)$$

式（1-2）中 γ_m 为最大引用误差或仪表的允许误差， Δ_m 为仪表指示值的最大绝对误差。

3. 仪表的基本误差及准确度

根据国家标准（电工测量指示仪表通用技术条件）规定，引用误差用来表示仪表的基本误差，它表示仪表的准确度的等级。仪表在规定条件下工作时，在它的标度尺工作部分的所有分度线上，可能出现的基本误差的百分数值，称为仪表的准确度等级。各等级准确度的指示仪表在规定条件下使用时的基本误差不许超过仪表准确度等级的数值。

1.1.3 电工仪表的正确使用

使用电工仪表时，必须使仪表有正常的工作条件，否则会引起一定的附加误差。例如，使用仪表时，应使仪表按规定的位置放置；仪表要远离外磁场；使用前应使仪表的指针在零位，如果仪表指针不在零位，则可调节调零器使指针指到零位。此外，在进行测量时，必须注意正确读数，也就是说，在读取仪表的指示值时，应该使观察的视线与仪表标尺的平面垂直。如果仪表标尺表面上带有镜子，在读数时就应该使指针盖住镜子中的指针影子，这样就可大大减小和消除读数误差，从而提高读数的准确性。

读数时，若指针所指示的位置在两条分度线之间，可估计一位数字。若追求读出更多的位数，超出仪表准确度的范围，也没有什么意义。反之，如果记录位数太少，以致低于测量仪表所能达到的准确度，也是不对的。



1.2 电流表和电压表

1.2.1 电流表

1. 电流表的功能

测量电流的仪表称为电流表，表盘上标有符号“A”，其外形如图1-1所示。

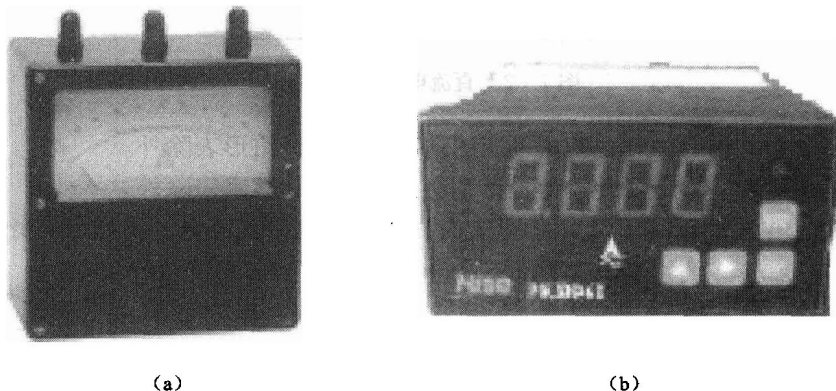


图1-1 电流表的外形
(a) 指针式电流表；(b) 数字式电流表

电流表按测量对象可分为直流电流表和交流电流表；按电流表的结构可分为指针式、数字式和钳形电流表。

2. 使用方法

无论是直流电流表还是交流电流表，在测量电路电流时均与被测电路串联。下面以指针式电流表为例进行介绍。

接线前要搞清电流表极性。通常直流电流表的接线柱旁标有“+”和“-”两种符号，“+”为电流流入，而“-”为电流流出，接线方法如图1-2所示。交流电流表在接线时不分极性，交流电流表的读数一般都是正弦波的有效值。

3. 注意事项

- ① 电流表接入电路前要进行必要的机械调零。
- ② 注意所测电流的性质，选择合适的电流表。
- ③ 测量直流电流时，不仅要注意量程，而且要注意极性，否则会烧毁电流表。
- ④ 在不知电路电流大小的情况下，应选用大量程电流表，然后逐渐减小量程，直至合适的量程为止。

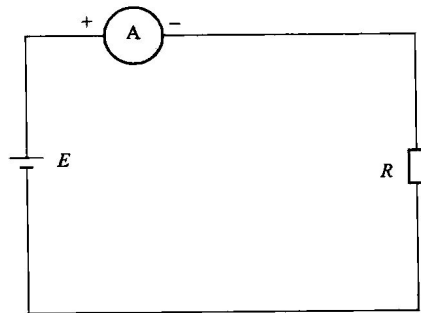


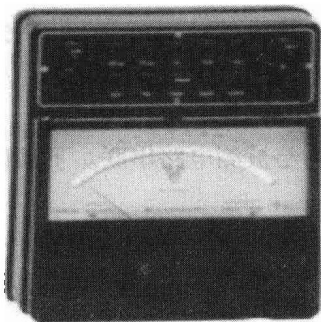
图 1-2 直流电流表的接线

- ⑤ 电流表接入电路中，应在断开电源的情况下进行，钳形表除外。
- ⑥ 读数时视线应垂直于仪表指针，否则会发生误差，数字表除外。
- ⑦ 测量供电电压大于 36 V 电路的电流时，尤其是测量交流电，要注意人身安全。

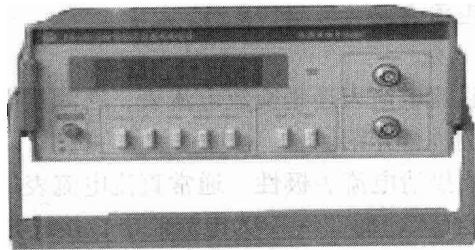
1.2.2 电压表

1. 功能

在电工电子实验中，测量电路两端电压的仪表称为电压表，也称伏特表，表盘上标有符号“V”。其外形如图 1-3 所示。



(a)



(b)

图 1-3 电压表的外形

(a) 指针式电压表；(b) 数字式电压表

因量程不同，电压表又分为毫伏表、伏特表等多种规格；电压表按测量对象，可分为直流感电压表和交流电压表；按测量的显示方式，可分为指针式电压表和数字式电压表。



2. 使用方法

无论是直流电压表还是交流电压表，测量时都应和被测电路并联，为了使被测电路不因接入电压表而受影响，电压表的内阻应尽可能大。测量直流电压时，要注意将电压表的“+”极接高电位，“-”极接低电位，否则有可能损坏仪表。接线图如图 1-4 所示。

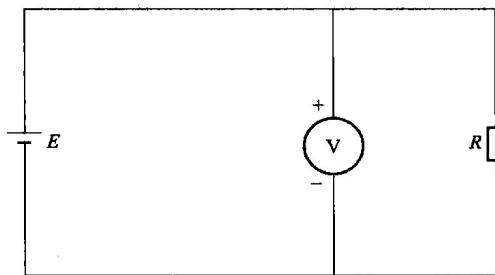


图 1-4 直流电压表的接线

3. 使用注意事项

一般来说，在选择和使用电压表时，除了要选择测量范围、频率范围、误差和输入阻抗合适的电压表外，还应注意以下几个方面。

① 调零。测量电压之前应注意检查指针是否处在零位，否则应进行机械调零或电气调零，必要时还应注意通电预热。

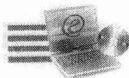
② 量程选择。除非所用电压表为非线性刻度的电压表或者被测信号是特殊信号，应尽量使指针处在满刻度值的 $2/3$ 以上区域。如果事先不知道被测电压的大小，可以先从大量程开始逐步减小量程，直至量程合适为止。

③ 拆、接线顺序。由于电子电压表灵敏度较高，测量时应先接入与机壳相连的测试线（接地线），然后再接入另一测试线。测量结束时，应按相反顺序取下连接线，否则外界或者内部的感应信号有可能使仪表指针偏转超过量程而损坏表头。测量时，接地点应可靠接地。

1.3 万 用 表

万用表可以测量交直流电压、电流，还可以测量电阻，有些万用表还可测量电容、功率、晶体管共射极直流放大系数 h_{FE} 和电子元件的检测，故称为万用表。它具有量程多、用途广、使用简单、携带方便等优点，所以是电子线路和电器设备检测不可缺少的电工测量仪表。

万用表的种类和型号繁多，性能也各不相同，可以归纳为两大类：模拟万用表和数字万



用表。

1.3.1 模拟万用表

下面以 MF-30 型袖珍式万用表为例,说明万用表的使用方法。MF-30 型万用表的面板图如图 1-5 所示,使用前需调整调零旋钮,使指针准确指示在刻度尺的零位置。

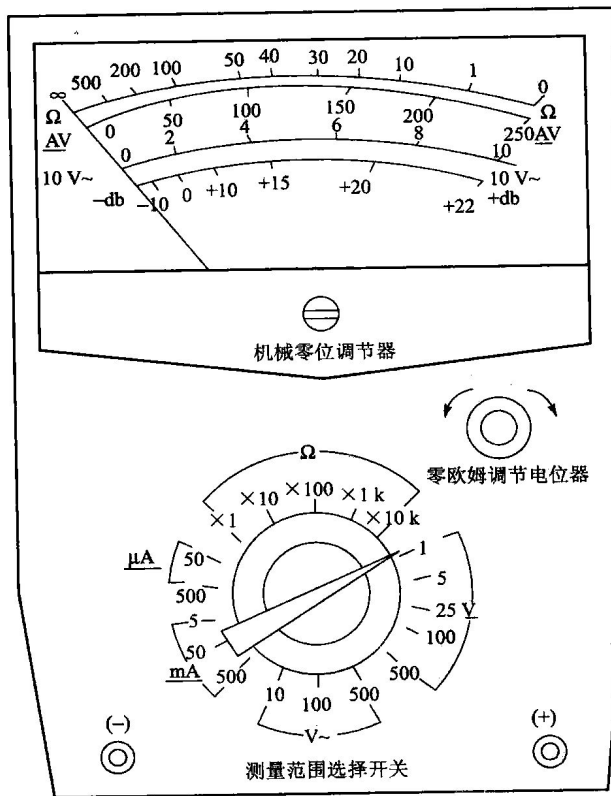


图 1-5 MF-30 型万用表面板

1. 直流电流的测量

MF-30 型袖珍式万用表的直流电流量程为 $50\ \mu\text{A}$ 、 $500\ \mu\text{A}$ 、 $5\ \text{mA}$ 、 $50\ \text{mA}$ 、 $500\ \text{mA}$ 五挡。将转换开关 S 拨至 μA 或 mA 中某一挡,就可按此量程测量直流电流。指针偏转时按面板上第二条标有“mA”的刻度尺读数,但要注意面板上的刻度是最大量程 $500\ \text{mA}$,其他量程应按比例读数,如当转换开关拨在 $5\ \text{mA}$ 挡时,读取的刻度值应除以 100,当转换开关拨在 $500\ \mu\text{A}$ 挡时,读取的刻度值应除以 10^3 。



在实际使用时, 如果对被测电流的大小不了解, 应先用最大挡量程试测, 以防止指针被打坏, 然后再选用适当的量程, 减小测量误差。接线方法与直流电流表一样, 应把万用表串联在电路中, 让电流从“+”端流进, “-”端流出。

使用万用表前必须把测量范围的选择开关旋到与被测电量相应的量程上(有些表由两个转换开关来共同实现)。

2. 直流电压的测量

直流电压的量程有 1 V、5 V、25 V、100 V 和 500 V 五挡, 仍按面板上第二条刻度读数, 该刻度尺的右端除标有“mA”外, 还标有“V”, 表示这条刻度尺为电流、电压共用。各挡量程同样按比例读数。测量直流电压时, 应把万用表与被测电路并联, 并注意“+”、“-”号不要接反。

测量电压时, 电表的内阻越高, 从被测电路取用的电流越小、被测电路受到的影响也就越小。通常用表的灵敏度来表示这一特征。所谓灵敏度就是表的总内阻与电压量程之比。MF-30 型万用表在直流 25 V 挡上表的总内阻为 500 k Ω , 故其灵敏度为 500 k Ω /25 V = 20 k Ω /V。

3. 交流电压的测量

交流电压的量程有 10 V、100 V 和 500 V 三挡, 面板第二条刻度尺的左端标有“ ∞ ”符号, 表示该刻度尺为交、直流电压共用。因此交流电压的测量值也从这条刻度尺按比例读取, 读取的数值为交流电压的有效值。当被测电压较低时, 对读数有较大影响, 所以在面板上另有第三条标有“10 V ~”的刻度尺, 专供 10 V 交流挡读数用。

普通万用表可测量频率 45 Hz ~ 1 000 Hz 的正弦交流电, 但不能测量非正弦周期量。

4. 电阻的测量

将转换开关 S 拨向测量电阻“ Ω ”的位置上, 并把待测电阻 R_x 的两端分别与两表棒相接触, 这时表内电池 U_s 、调节电阻 R 、表头 μA 与待测电阻 R_x 组成回路, 便有电流通过表头使指针偏转。显然, R_x 越大, 则电流越小, 偏转角 α 也越小, 当被测电阻为无限大时, 电流为零, 指针不动, 指在 ∞ 刻度上; 反之, R_x 越小, 则 α 越大, 当 $R_x = 0$ 时, α 最大, 指针指在 0 刻度上。所以电阻的刻度方向与电流、电压的刻度方向相反, 它刻在面板的最上端, 标有“ Ω ”符号。刻度尺上所标的数值为 $R \times 1 \Omega$ 量程的欧姆数, 当使用 $R \times 10 \Omega$, $R \times 100 \Omega$ 、 $R \times 1 k\Omega$, $R \times 10 k\Omega$ 等量程时, 其阻值数等于读数乘以该量程的倍数。例如把转换开关 S 拨在 $R \times 100 \Omega$ 的位置上, 则读数乘以 100 才等于被测电阻的欧姆数。

在实际测量电阻时, 需要先对欧姆挡调零。调零时先将转换开关拨至所选的欧姆挡, 将两表棒短接, 这时指针应向满刻度方向偏转并指在零刻度上, 否则应转动零欧姆调节电位器进行校正, 然后再将两表棒分开去测量待测电阻。每换一挡量程, 都必须重新调零。如果转动电位器不能使指针调到零刻度上, 则说明表内的电池已用完, 需要进行更换。MF-30 型万用表内有 1.5 V 和 15 V 两节电池, $R \times 1 \Omega$ 至 $R \times 1 k\Omega$ 各挡用 1.5 V 普通干电池,



$R \times 10 \text{ k}\Omega$ 挡单独使用 15 V 叠层电池。

为了提高测量电阻的准确度，应尽量使用刻度尺的中间段（在全刻度的 20% ~ 80% 范围内），为此要选择合适的量程。

在测量电路中的某一电阻时，应将电路中的电源除去，不许在带电的线路上测量电阻，否则不但测量无效，还会损坏表头。如果被测量电阻在电路中有并联支路，则应将被测电阻的一端与电路分开后再测量。在测量大于 10 k Ω 的高电阻时，应注意不要用手同时接触两表棒的导电部分，以免影响测量值。

使用万用表时应注意转换开关的位置和量程，测量前应检查表笔所插位置是否正确，一般红色表笔接“+”插孔，黑色表笔接“-”插孔。测量直流电压和电流时注意正负极性，红色表笔应接电路中的高电位，黑色表笔应接电路中的低电位。测量结束时，应将转换开关旋到高电压挡，以免下次使用不慎而损坏电表。

此外，面板上的“+”端接在电池的负极，而“-”端是接电池正极的，因在测量电阻时，电流是从“-”端流出，经被测电阻后再回到“+”端的；这一点在测量电子元件时应特别注意。

1.3.2 数字万用表

随着数字技术的发展，数字式万用表（DMM）由于其以十进制数字直接显示，读数直接、简便、准确，功能多（可测量交直流电压、电流、电阻、电容、二极管等参数），分辨率高，测量速度快，输入阻抗高，功耗低，保护功能齐全等优点而被广泛应用。

1. 数字万用表的结构原理

数字万用表的核心部分为数字电压表（DVM），它只能测量直流电压。因此，各种参数的测量都是首先经过相应的变换器，将各参数转化成数字电压表可接受的直流电压，然后送给数字电压表 DVM。在 DVM 中，经过模/数（A/D）转换，变成数字量，然后利用电子计数器计数并以十进制数字显示被测参数。

2. DT890 型数字万用表使用方法

(1) DT890 型数字万用表的面板

DT890 型数字万用表的面板如图 1-6 所示。面板上有显示器、电源开关、 h_{FE} 测量插孔、电容测量插孔、量程转换开关、电容零点调节旋钮、四个输入插孔等，分别叙述如下。

① 显示器：最大指示值为 1999（31/2 位）或 -1999。如果显示器只显示“1”，则表示过量程，功能开关应置更高量程，但是在测电阻时，如无输入即表笔开路，显示器也显示“1”。如果无显示，则表示机内电池电压已不足，应立即更换电池。

② 电源开关：使用时将电源开关置于“ON”，使用完毕置于“OFF”位置。

③ 功能开关：测试之前，功能开关应置于与被测电量（电压、电流、电阻等）及其大小相应的量程挡级，在测量时不能转动功能开关。