

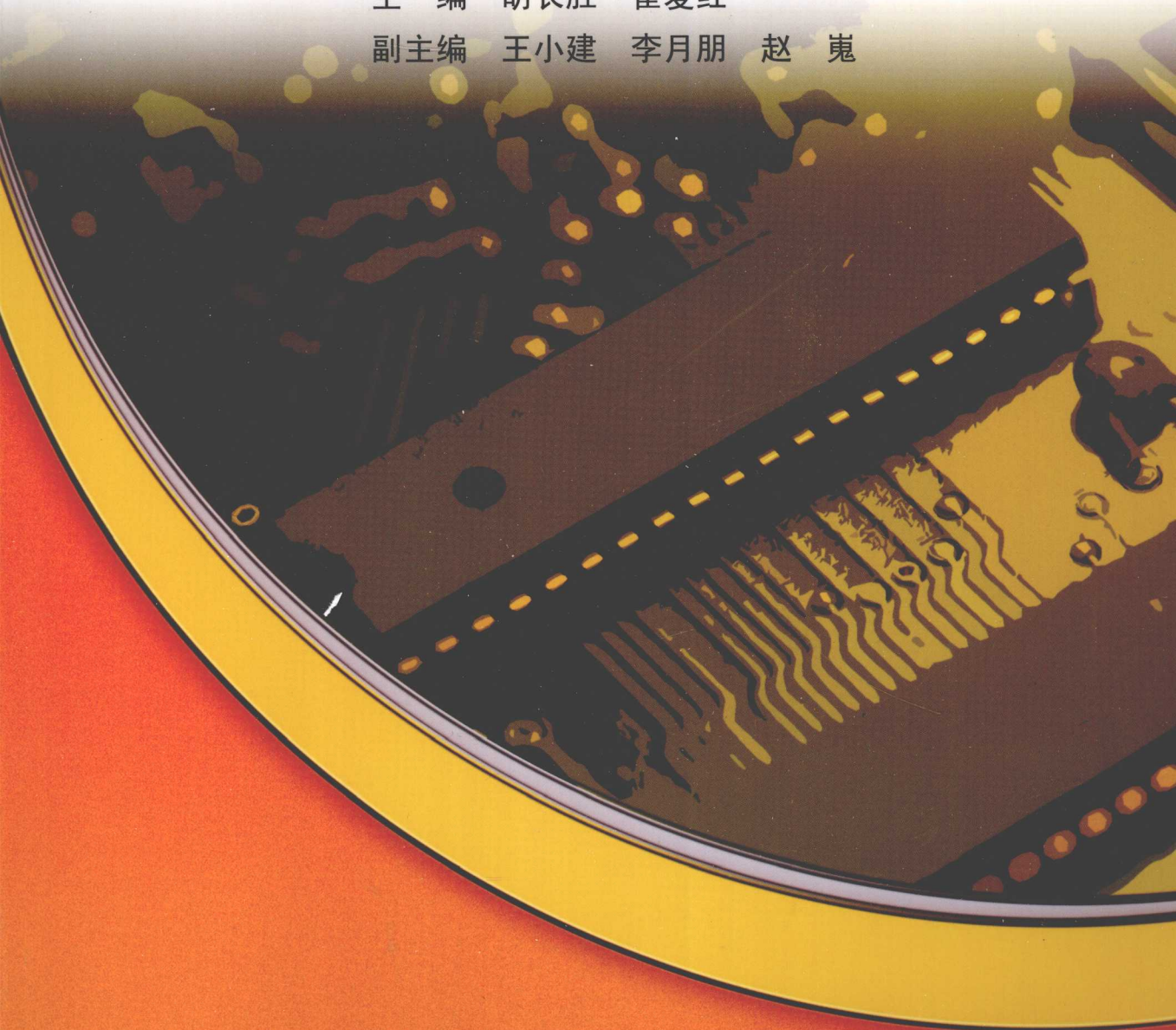


21世纪高职高专规划教材·数控系列

电子技能实训

主 编 胡长胜 崔爱红

副主编 王小建 李月朋 赵 嵬



中国人民大学出版社

21 世纪高职高专规划教材·数控系列

电子技能实训

主 编 胡长胜 崔爱红
副主编 王小建 李月朋 赵嵬

中国人民大学出版社
· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电子技能实训/胡长胜等主编

北京: 中国人民大学出版社, 2010

21 世纪高职高专规划教材·数控系列

ISBN 978-7-300-12280-9

I. ①电…

II. ①胡…

III. ①电子技术-高等学校: 技术学校-教材

IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 107335 号

21 世纪高职高专规划教材·数控系列

电子技能实训

主 编 胡长胜 崔爱红

副主编 王小建 李月朋 赵崑

出版发行 中国人民大学出版社

社 址 北京中关村大街 31 号

邮政编码 100080

电 话 010-62511242 (总编室)

010-62511398 (质管部)

010-82501766 (邮购部)

010-62514148 (门市部)

010-62515195 (发行公司)

010-62515275 (盗版举报)

网 址 <http://www.crup.com.cn>

<http://www.ttrnet.com> (人大教研网)

经 销 新华书店

印 刷 三河汇鑫印务有限公司

规 格 185 mm × 260 mm 16 开本

版 次 2010 年 7 月第 1 版

印 张 9.5

印 次 2010 年 7 月第 1 次印刷

字 数 222 000

定 价 20.00 元

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换

前 言

电子技术给社会带来了前所未有的变革,以计算机技术、现代控制技术、电子通信技术为代表的新技术正在影响着人类生活的各个方面。电子产品制造技术正由传统的插件工艺向表面贴装工艺、回流焊等自动焊接方式转变,对从业人员的技能要求也从基本操作层面向操作高端复杂设备过渡。在我国很多电子产品制造企业新产品的研发和试制过程中,由于生产规模和生产订单数量的限制,多数采用以手工插件(贴片)和焊接为主的操作方式。只有较为现代化的生产单位才具备诸如自动贴片机、回流焊机等先进的生产设备,且只有在进行大规模生产时才能真正运行起来。电子产品的生产人员,多数进入电子产品生产的手工插装、手工焊接、调试、维修和组装岗位,因而掌握手工操作技能更为必要。只有少数的职员从事与自动化生产设备操作直接相关的工作,且在上岗之前都要进行针对性的培训。因此,对于面临初次进入社会,进入电子行业从事相关岗位工作的学生来说,具备电子技术的基本操作技能是必需的。

全书以职业能力的培养为主线,结合高职高专教育的时代背景,注意吸收目前国内外电子类专业理论教学和技能训练的成功经验,突出了实训教材的应用特色,注重动手能力的培养,在每一章都结合本章主要内容设置了实践训练项目,有利于学生在学习过程中牢固掌握与活学活用。电子电路的设计与制作内容,有利于培养学生的创新能力和应用能力。为培养学生分析问题与解决问题的能力,选择了装配、调试和检测等综合实训内容,有利于提高学生处理实际问题的能力,拉近与职业岗位的距离。

本教材由胡长胜、崔爱红担任主编,王小建、李月朋、赵嵬担任副主编。其中第一章由赵嵬编写,第二章由李月朋编写,第三章由王小建编写,第四章由崔爱红编写,第五章由胡长胜编写。另外,为保证该套书的质量,特设了编委会,主任:赵志恒;主审:孟华兴、于树中;编委会委员(按姓氏拼音字母为序):黄瑞芳、胡生夕、李敏华、李素其、李新、任静、司宇佳、吴书博、张晓。

由于编者水平有限,书中错漏在所难免,不当之处,恳请读者批评指正。

编者

2010年4月

目 录

第一章 基本技能	1
第一节 常用工具及其使用	1
第二节 万用表及其使用	5
第三节 元器件的识读与检测	8
技能实训1 使用万用表测试常用电子元件	40
技能实训2 工具使用训练:导线加工和元器件成形加工	42
本章小结	45
习题	45
第二章 常用测量仪器的使用	46
第一节 稳压电源的使用	46
第二节 双踪示波器的使用	51
第三节 函数信号发生器的使用	61
技能实训3 低频放大电路测量与记录实训	68
本章小结	69
习题	70
第三章 PCB 板设计	71
第一节 印制板的手工设计与制作	71
第二节 PCB 设计软件应用	76
技能实训4 电路板的手工设计与制作	96
技能实训5 使用 Protel 软件画 PCB 图	98
本章小结	100
习题	100
第四章 手工焊接技能	101
第一节 焊接基本知识	101
第二节 手工焊接基本操作	105
技能实训6 手工焊接技能练习:电烙铁的使用	112
技能实训7 使用万能电路板规划电路与焊接	113
本章小结	115
习题	115
第五章 电子装配技能	116
第一节 电子装配基本知识	116
第二节 装配技术文件	120
第三节 电子工艺文件的识读	123

第四节 电子装配中的调试技能	126
第五节 电路故障检查分析及排除方法	128
技能实训 8 TY502 型一装响收音机装配与调试	131
技能实训 9 数字电子钟的组装与调试	135
本章小结	141
习题	141
参考文献	142

第一章 基本技能

第一节 常用工具及其使用

一、钳口工具

钳子是一种用来紧固的工具，有些钳子还具有切断功能。使用钳子时，将钳口朝内侧，便于控制钳切部位，用小指伸在两钳柄中间来抵住钳柄，张开钳头，这样分开钳柄灵活。钳子的种类很多，但是它们都有一个用于夹紧材料的部分，称为“钳口”。钳口用杠杆控制，能够产生很大的夹紧力。常用的钳口工具有很多，下面分别加以介绍。

1. 钢丝钳

钢丝钳简称钳子，又叫卡丝钳、老虎钳，是钳夹和剪切工具，由钳头、钳柄两部分组成。钳头又分钳口、齿口、刀口及铡口四部分，钳柄主要有铁柄和绝缘柄两种。钳子的绝缘塑料管耐压 500V 以上，用它可以带电剪切电线。常用的钢丝钳有 150mm、175mm、200mm 及 250mm 等多种规格。其外形如图 1—1 所示。

图 1—2(a) 中的 1 为钳头部分；2 为钳柄部分；3 是钳口；4 是齿口；5 是刀口；6 是铡

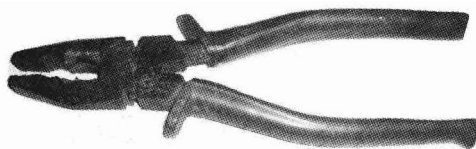


图 1—1 钢丝钳

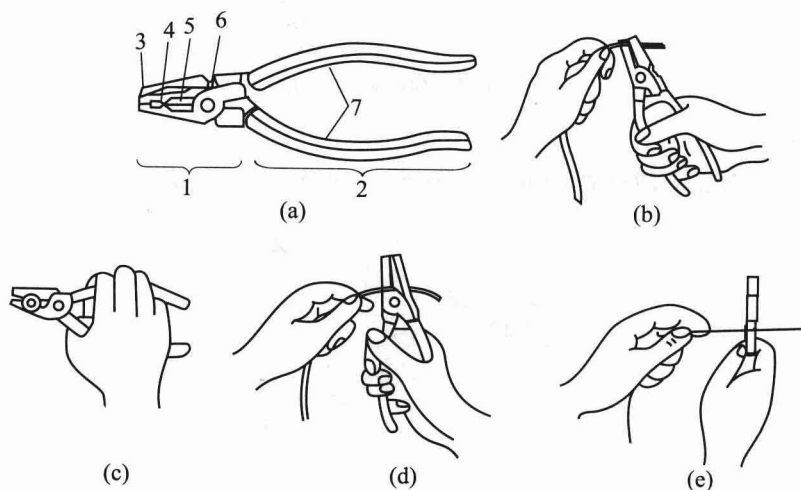


图 1—2 钢丝钳的结构和使用方法

口；7 是绝缘套。图 1—2(b) 是弯铰导线的操作图例；图 1—2(c) 是紧固螺母的操作图例；图 1—2(d) 是剪切导线的操作图例；图 1—2(e) 是侧切钢丝的操作图例。

钢丝钳的用法有很多种，钳口可以用来弯铰或钳夹导线线头；齿口可用来紧固或拧松螺母；刀口可用来剖切软电线的橡皮或塑料绝缘层，也可用来切剪电线、铁丝；侧口可以用来切断电线、钢丝等较硬的金属线。

使用钢丝钳应注意：

- (1) 使用前，先检查钢丝钳的绝缘柄是否完好，以免带电作业时造成触电事故。
- (2) 使用钢丝钳带电剪切导线时，不得用刀口同时剪切不同电位的两根导线，以免发生短路事故。
- (3) 使用中切忌乱扔，以免损坏绝缘塑料管。
- (4) 不可将钢丝钳当锤使用，以免刃口错位、转动轴失圆，影响正常使用。

2. 尖嘴钳

尖嘴钳又称为修口钳，因其头部尖细，特别适用于对其他工具难以达到的部位进行操作。尖嘴钳的结构和用法与钢丝钳类似，其外形如图 1—3 所示。

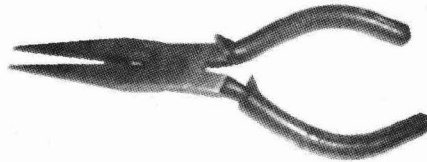


图 1—3 尖嘴钳

尖嘴钳可以用来剪断较细的导线，较小的螺钉、螺帽、垫圈等，也可用来修整单根导线（如导线平直、弯曲、打圈）以及剥开单股导线接头塑料绝缘层等。尖嘴钳的握法如图 1—4 所示。

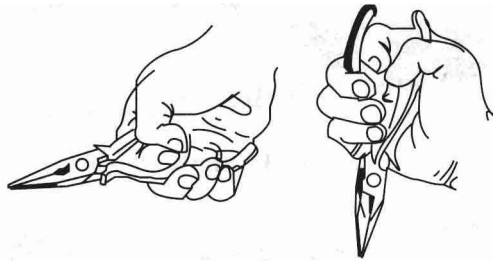


图 1—4 尖嘴钳的握法

3. 剥线钳

剥线钳是专门用来剥削较细小导线（截面为 6mm^2 及以下）端头绝缘层的工具，其外形如图 1—5 所示。

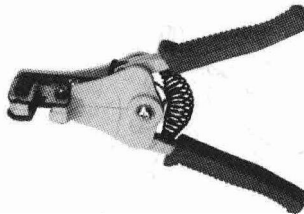


图 1—5 剥线钳

使用剥线钳应注意：

(1) 使用剥线钳剥开导线绝缘层时，先将要剥开导线的绝缘长度用标尺定好，然后将待剥削的导线放入比导线直径稍大的刃口，再用手将两钳柄果断地一捏，随即松开，绝缘皮便与芯线脱开。

(2) 剥线钳在使用时要注意选好刀刃孔径，当刀刃孔径选大时难以剥离绝缘层，若刀刃孔径选小时又会切断芯线，只有选择合适的孔径才能达到剥线钳的使用目的。

4. 斜口钳

斜口钳又称为断口钳，用于剪断导线或其他金属引脚、塑料等，在印制电路板焊接完成后，可以很方便地使用斜口钳剪断过长的引脚。斜口钳的外形如图 1—6 所示。

在使用过程中，斜口钳不能剪断较粗的金属丝或当作镊子夹东西。

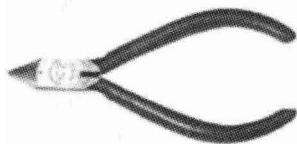


图 1—6 斜口钳

二、紧固工具

1. 普通螺丝刀

普通螺丝刀又称为起子或改锥，是用于安装、紧固或拆卸螺钉的工具。

螺丝刀的式样较多，按照其刃部形状可分为一字形和十字形两种，如图 1—7 所示；按照手柄材料可分为木柄、塑料柄、夹柄和金属柄等四种；按照操作形式可分为自动、电动和气动等；按照金属旋杆是否穿过手柄部分可分为普通式和穿心式两种。有些螺丝刀的刃部经过磁化处理，具有磁性，可以吸附小螺钉，方便装配操作。

一字螺丝刀常见的规格有 50、100、150 和 200 等规格。十字螺丝刀常见的规格有 I 号、II 号、III 号和 IV 号，适用于不同大小的螺钉。

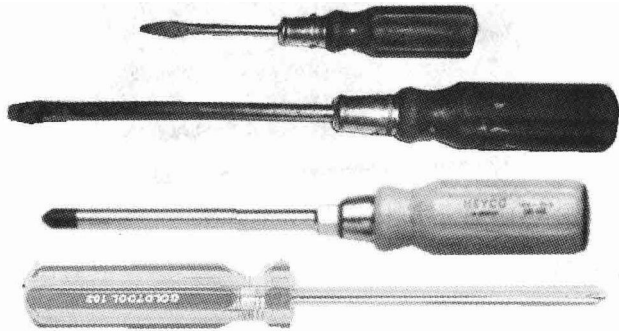


图 1—7 常见的螺丝刀

螺丝刀的使用方法如图 1—8 所示。使用较大的螺丝刀时，一般以右手的掌心顶紧手柄，利用拇指、食指和中指垂直顶着螺丝旋转手柄。

使用较小螺丝刀时，用食指摁住手柄的顶端，用大拇指和中指夹着手柄用力旋转。

使用螺丝刀时应注意：

(1) 一般要使用与螺钉尺寸相吻合的螺丝刀（一字螺丝刀通常使用螺钉的槽部长度和刃口宽一样的型号），掌心必须要顶紧手柄的末端，顶的力量占七成，旋转的力量占三成比较合适，顶的力量不足时，螺丝刀会从螺钉的槽部滑出，螺钉或螺丝刀的尖端部可能会遭到破损而无法拧紧（或旋出）螺钉。

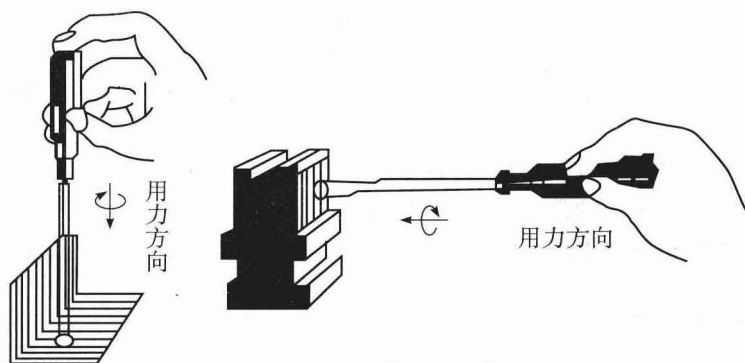


图 1—8 螺丝刀的使用方法

(2) 带电作业时，手不得触碰螺丝刀的金属杆部分，以免发生触电事故。

2. 无感螺丝刀

无感螺丝刀的手柄通常采用绝缘材料制成，专门用于无线电产品中电感类元件的调试，可以减少调试过程中人体对电路的感应。

3. 六角螺丝刀

在手机主板、电脑主板等电子线路板中有很多螺丝是专用的，必须使用六角螺丝刀才能卸开。常见的六角螺丝刀如图 1—9 所示。

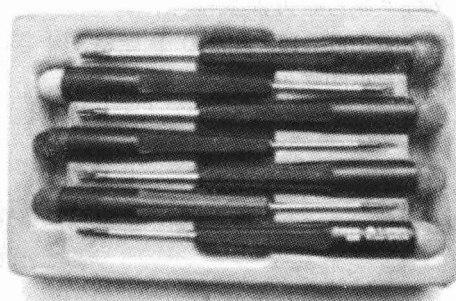


图 1—9 六角螺丝刀

三、其他常用工具

1. 小刀

小刀用来刮去焊接导线和元器件引脚上的绝缘层或氧化层，有时印制电路板需要修整，也要使用小刀。

2. 锥子

锥子也称为通针，用于焊接时通开印制电路板上的小孔。为了清除某些小孔中的杂物，锥子尖有圆形和三角形两种。

3. 镊子

镊子用于夹持细小的元器件和导线，在焊接某些不耐热的元器件时，用镊子夹住元器件的引线，可以起到散热的作用。若夹持较大的元器件时，应该换用头部带齿的大镊子或平口钳。使用时注意保护镊子，如镊子变形就不好用了。

第二节 万用表及其使用

万用表具有用途多、量程广、使用方便等优点，是电子测量中最常用的工具。它可以用来测量电阻、交流电压和直流电压。有的万用表还可以测量晶体管的主要参数及电容器的电容量等。掌握万用表的使用方法是电子技术的一项基本技能。

常见的万用表有指针式万用表和数字式万用表。指针式万用表是以表头为核心部件的多功能测量仪表，测量值由表头指针指示读取。数字式万用表的测量值由液晶显示屏直接以数字的形式显示，读取方便，有些还带有语音提示功能。万用表是公用一个表头，集电压表、电流表和欧姆表于一体的仪表。

一、MF-50 型指针式万用表

1. 概述

指针式万用表又称为模拟式万用表，主要指磁电式万用表。指针式万用表主要由磁电式测量机构（俗称表头）、测量电路和转换开关组成。

MF-50 型万用表为磁电式整流系仪表，通过转换开关测量交直流电压、交直流电流、电阻及音频电平、晶体管静态直流放大倍数 H_{FE} 、 $ICEO$ 、 LI 、 LV 、电容、电感等。如图 1—10 所示为 MF-50 型万用表面板。

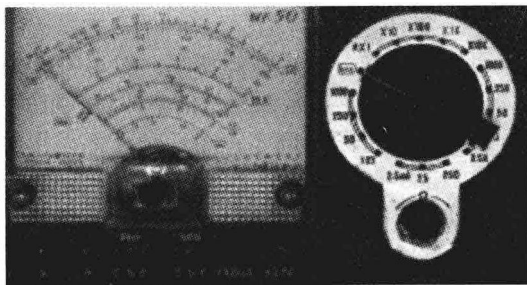


图 1—10 MF-50 型万用表面板

2. 组成

MF-50 型万用表面板主要由表头、转换开关、调零旋钮和接线插孔几部分组成，下面分别加以介绍。

(1) 表头的工作原理是利用电磁感应将电量的变化转换成指针偏转角度的变化，从而读出数据。表头由刻度线、指针和机械调零钉组成，由指针所指刻度线的位置读取测量值，机械调零钉位于表盘下部中间的位置。

MF-50 型万用表有 8 条刻度线，其中前 5 条为常用刻度。从上往下数，第一条刻度线是测量电阻时读取电阻值的欧姆刻度线。第二条刻度线是用于交流电压和直流电流读数的共用刻度线。第三条刻度线是测量 10V 以下交流电压的专用刻度线。第四、第五条刻度线是测量三极管放大倍数的专用刻度线。

(2) 转换开关的作用是选择测量的项目及量程，如表 1—1 所示。

表 1—1 指针式万用表的测量项目及量程选择

测量项目	可选量程
直流电压	有 2.5V、10V、50V、250V、1 000V 五个量程挡位
交流电压	有 10V、50V、250V、1 000V 四个量程挡位
直流电流	有 2.5mA、25mA、250mA 三个常用挡位，及 100μA、2.5A 两个扩展量程挡位
电阻	有 $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$ 、 $\times 1k$ 、 $\times 10k$ 五个倍率挡位
三极管	h_{FE}

3. 使用方法

(1) 机械调零。

在使用万用表之前，如果指针不在零位线上，应先进行机械调零。水平放置万用表，调整表头指针下面的机械调零螺栓，使指针准确指在刻度尺左边的零位上。

测量电阻前还应进行欧姆调零，选择合适的电阻挡位，将红黑表笔短接，转动欧姆调零旋钮，使指针对准电阻刻度的零值。

(2) 交、直流电流测量。

根据所测电流的大小，把开关转到相应的电流挡上，测量时将万用表串接在被测电路中，红表笔接触在电路的正端，黑表笔接触在电路负端。注意不能接反表笔。

(3) 交、直流电压测量。

将红黑表笔分别接在“+”、“-”（或“COM”）插孔中，选择合适量程，将表笔跨接在被测电路两端。测量直流电压时，红表笔接触电路的正端，黑表笔接触电路的负端。

(4) 直流电阻测量。

先将开关转到合适的电阻挡范围内，进行欧姆调零。然后将红黑表笔分别与电阻的两端接触，即可测出被测电阻的阻值，指针读数乘以挡位倍率即为电阻值。

注意：每次改变挡位，均应先进行欧姆调零；测量时手不得接触表笔的金属部位，以免影响测量结果。

(5) 三极管直流放大系数 h_{FE} 的测量。

测量 h_{FE} 时，应把开关转到 $R \times 1k$ ，调好欧姆零位，再把开关转到 h_{FE} 处，把晶体管 c, b, e 三极插入万用表上的 c, b, e 插座内，这时在 h_{FE} 刻度上即可读出 h_{FE} 的大小。

4. 注意事项

(1) 指针式万用表使用前应先进行机械调零，测量电阻前应先进行欧姆调零。

(2) 测量时手不得接触表笔的金属部位，以保证人身安全和测量的精确程度。

(3) 当万用表使用完毕后，应将转换开关调至“OFF”挡，该挡是万用表专用停止使用挡，内部电路使万用表的表头，处于较大的阻尼状态下，能有效保护电表不易损坏。有的万用表没有该专用挡位，可将转换开关拨至交流电压的最高挡位，如 AC 1 000V 挡。然后拨下表笔，将表笔的连线绕大圈整理好，放入盒内。不要将表笔的连线绕在表笔上，以免缠绕过紧，折断表笔导线中的铜丝。

二、DT890 型数字万用表

1. 概述

数字万用表以十进制数字直接显示读数，具有读数直接、精确度高、功能齐全、测量速度快和小巧轻便等特点。下面以 DT890 型数字万用表为例对其详细介绍。DT890 是一种三位半数字万用表。可用来测量直流和交流电压、电流，电阻，二极管，电容，晶体管的 h_{FE} 参数

以及进行电路通断检查。

2. 组成

图 1—11 所示为 DT890 型数字万用表的面板，它由 LCD 显示器、量程选择开关、电源开关和表笔插孔等组成。

LCD 显示器具有自动显示极性功能，若被测量为负值，则显示值前将带“-”号；若超出量程范围，则显示“1”或“-1”的提示字样。

量程选择开关为旋转式，位于面板的中间位置，用以选择不同的功能和量程。

电源开关有“ON”和“OFF”两种状态，使用万用表时电源开关应处于“ON”的状态，测量完毕后应置于“OFF”位置。数字万用表表内必须装上 9V 电池，才能进行各种测量，电池盒装有熔丝管，起过载保护的作用。

表笔插孔有“COM”、“V/ Ω ”、“A”和“10A”四个插孔。使用时，黑表笔应插入“COM”插孔，红表笔按照测量种类和大小插入“V/ Ω ”、“A”和“10A”插孔。 h_{FE} 插孔用于测量三极管的 h_{FE} 值，测量时将三极管的 B、C、E 级插入相应插孔。



图 1—11 DT890 型数字万用表面板

3. 使用方法

(1) 测量前准备。

将黑表笔插入 COM 插孔，红表笔插入 V/ Ω 插孔（红表笔为“+”极），再将量程放置在测量的挡极上，按下 ON-OFF 键，即可测量。

(2) 直流电压测量。

将开关置于 DCV 量程范围，并将表笔跨接在被测负载或信号源上，在显示电压读数时同时会指出红表笔的极性来。

(3) 交流电压测量。

将开关置于 ACV 量程范围并将表笔跨接在被测负载或信号源上，此时，显示器显示出被测电压读数。

(4) 直流电流测量。

1) 当最高测量电流为 200mA 时，将黑表笔插入 COM 插孔内，将红表笔插入 A 插孔。如测 10A 挡则将红表笔移至 10A 的插孔。

2) 将开关置于 DCA 量程范围，将试电笔串入被测电路中，红表笔的极性将与数字同时指示出来。

(5) 交流电流测量。

1) 将黑表笔插入 COM 插孔内，当最高测量电流为 200mA 时红表笔插入 A 插孔；当需要 10A 量程时将红表笔移至 10A 插孔。

2) 将开关置于 ACA 量程并将表笔串入被测电路。此时，显示器显示出被测交流电流读数。

(6) 电阻测量。

将开关置于所需 Ω 量程上，并将测试笔跨接在被测电阻两端。如果被测电阻超过所用量

程,则会指示出超量程 (“1”),需换用高档量程,当被测电阻阻值在 $1\text{M}\Omega$ 以上时,此表需数秒方能达稳定读数。

(7) 电容测量。

1) 在接入被测电容之前,注意显示值需为 000,每改变一次量程须重调零 (ZERO ADJ)。

2) 将欲测电容插入电容插座,有需要时注意连接极性。如当测量极性电容时应注意其极性,分别将它插入 “+” (CX 符号) 插座和 “-” (CX 下面) 插座,否则会使电容损坏 (测量前被测电容应先放电)。当测试大电容时,需要长时间方可得到最后稳定读数。

(8) 声音通断检查。

将开关置于 “ ” 量程并将表笔跨接在欲检查电路两端,若被检查两点之间电阻值小于 30Ω ,蜂鸣器发出声音,表示电路导通。

(9) 二极管测量。

将开关置于 “ ” 挡并将试电笔接到二极管两端。电流正向导通,将显示此二极管的正向压降 ($500\sim 800\text{mV}$),若被测二极管是坏的,将显示 “000” (短路),或 “1” (不导电)。二极管反向检查时,如果被测二极管是好的,将显示 “1”;损坏,就显示 “000” 或其他值。

(10) 晶体管 h_{FE} 测量。

将开关置于 h_{FE} 挡上,先决定晶体管是 NPN 型的还是 PNP 型的,再将 E, B, C 三脚分别插入面板上方晶体管插座正确的插孔内,此时显示器将显示出 h_{FE} 的近似值。

4. 注意事项

(1) 当屏幕显示 “LO BAT” 或 “ ” 时,表示电池电压不足,应考虑更换一个新电池,否则测量结果有可能不准确。

(2) 测量完成,应把电源开关置于 “OFF” 的位置。长时间不使用,应取出电池。

(3) 不得在高温、暴晒、潮湿、灰尘多等恶劣环境下使用或存放。

第三节 元器件的识读与检测

一、电阻、电容、二极管、三极管、场效应管、晶闸管等

1. 电阻器和电位器

电阻器通常缩写为 R ,它的主要功能是阻碍电流流过。而通常在电子产品中所指的电阻,是指电阻器这样一种元件。电阻器是一种必不可少的电子元件,在电路中起到限流、分压、负载等作用。

电位器是一种可以连续调节阻值的电阻。在电路中电位器经常用来进行阻值和电位的调节,在收音机、电视机等电子设备中,电位器用来调节音量、亮度、对比度等。

(1) 电阻器和电位器的种类。

电阻器按照结构形式分类可分为固定电阻和可变电阻;按照制作材料分为线绕电阻、膜式电阻和碳质电阻等;按照用途分类有精密电阻、高频电阻、大功率电阻、热敏电阻、熔断电阻等;按照引出线可分为轴向引线电阻和无引线电阻。电阻器的外形如图 1—12 所示。

电位器按照所使用的材料可分为碳膜电位器、碳质实心电位器、金属膜电位器、玻璃釉电位器和线绕电位器等。

(2) 电阻器和电位器的主要参数。

1) 标称阻值与允许误差。

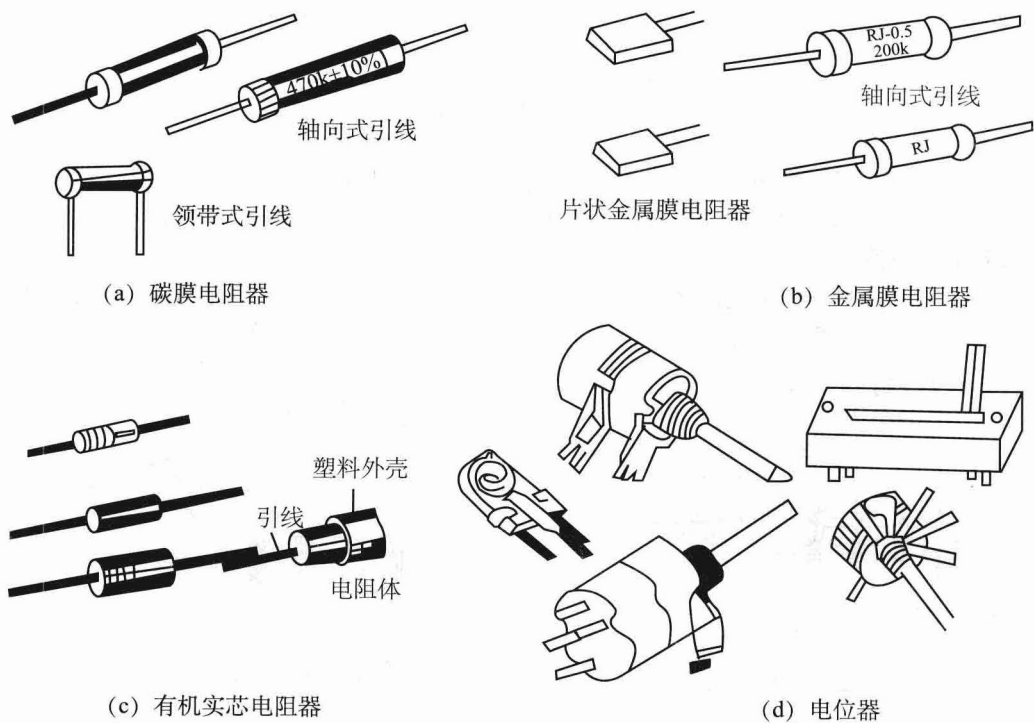


图 1—12 电阻器和电位器

标称阻值是标示在电阻器上的阻值。标称阻值往往与实际阻值存在一定的偏差，这个偏差与标称阻值之间的比例关系为电阻的误差，它标志着电阻器的阻值精度。常用电阻器的标称阻值及允许误差等级如表 1—2 和表 1—3 所示。

表 1—2 电阻器标称阻值

标称值系列	精度	标称阻值														
E24	±5%	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9
		4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1						
E12	±10%	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2			
E6	±20%	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8									

表 1—3 常用电阻器的允许误差等级

允许误差	±0.5%	±1%	±5%	±10%	±20%
等级	005	01	I	II	III
文字符号	D	F	J	K	M

电阻的国际单位是欧姆，简称欧，用 Ω 表示。在实际的电路中，常用的单位还有 $k\Omega$ （千欧）和 $M\Omega$ （兆欧），三者的关系为

$1k\Omega = 1\,000\Omega, 1M\Omega = 1\,000k\Omega$

电阻的阻值有以下几种标示方法：

直接标示法：直接将电阻的阻值等参数标注在电阻器的外表面上。例如电阻上印有 $2.7k\Omega 5\%$ ，表示电阻器的阻值为 $2.7k\Omega$ ，误差为 $\pm 5\%$ 。电阻器直接标示法如图 1—13 所示。



图 1—13 电阻器直接标示法

文字符号法：将标称阻值和允许误差用文字和数字有规律地组合来表示电阻的阻值。文字符号前的数字表示电阻阻值的整数部分，文字符号后的数字表示电阻阻值的小数部分。例如 2R2K 表示阻值为 2.2Ω，误差为 ±10%。

色标法：用不同颜色的色环表示电阻的阻值和误差。常见的色环电阻有四环和五环电阻两种，后者属于精密电阻。色环电阻的颜色—数码对照表如图 1—14 所示。

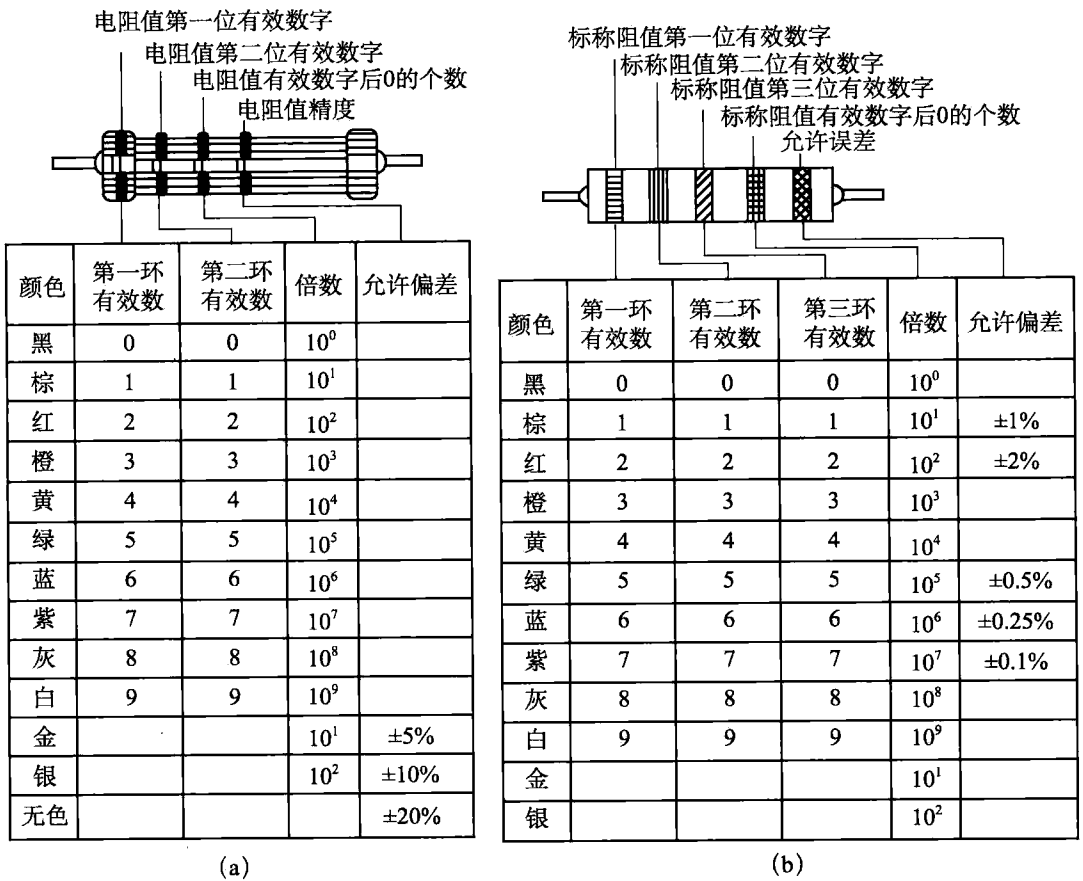


图 1—14 色环电阻的颜色—数码对照表

色环电阻的规则是最后一圈代表误差，对于四环电阻，前二环代表有效值，第三环代表乘上的 10 的次方数。第一色环的识别方法：第一色环一般是在最左边，偏差色环常稍远于前面几个色环。金、银色环不是第一色环，若色环分布均匀或标记不清时，只能用万用表测量。色环电阻识别的示例如表 1—4 所示。

表 1—4

色环电阻识别举例

色环顺序	类别	查表所得对应数值	合算所得电阻
蓝灰黑金	普通	6 8 1 $\pm 5\%$	68
红红棕银	电阻	2 2 10 $\pm 10\%$	220
棕黑绿金红	精密	1 0 5 0.1 $\pm 2\%$	10.5
棕红蓝棕紫	电阻	1 2 6 10 $\pm 0.1\%$	1 260

数码表示法：用三位数码表示电阻的标称阻值，数码从左到右，前两位为有效值，第三位为乘数，即在前两位有效值后所加零的个数。例如 103 表示有效值是 10，乘数为 3 即 10^3 ，阻值为 10k Ω 。

2) 额定功率。

在规定的环境温度下，电阻器长期工作而不改变其性能所容许消耗的最大功率叫做额定功率，单位为瓦（W）。在使用电阻时，切不可超过其额定功率，在实际工作中，电阻的额定功率比实际耗散功率大 1.5~2 倍才安全可靠。

电阻的额定功率与体积大小有关，体积越大，额定功率数值也越大。

3) 最大工作电压。

电阻两端所加电压有一个限度，这就是最大工作电压，超过这个值会引起噪声，甚至损坏组件，功率越高，最大工作电压也越高。

4) 噪声特性。

电阻会在使用中会产生两种噪声，一是电阻热噪声，是电子热骚动的结果；二是电噪声，电流通过导体时因微粒的接触面积发生变化，引起不稳定而产生噪声。噪声越小，电阻器性能越好。

5) 电位器其他参数。

电位器的主要参数除与电阻器相同之外，还有如下参数：滑动噪声、电位器分辨率、电阻膜耐磨性、双联电位器同步性、电位器阻值变化规律等。

(3) 电阻器和电位器的检测。

1) 电阻器的检测。

电阻的阻值测量主要使用万用表测量法，将两表笔（不分正负）分别与电阻的两端引脚相接即可测出实际电阻值。为了提高测量精度，应根据被测电阻标称值的大小来选择量程。由于欧姆挡刻度的非线性关系，它的中间一段分度较为精细，因此应使指针指示值尽可能落到刻度的中段位置，即全刻度起始的 20%~80% 弧度范围内，以使测量更准确。根据电阻误差等级不同，读数与标称阻值之间分别允许有 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 或 $\pm 20\%$ 的误差。如不相符，超出误差范围，则说明该电阻器有损坏。

注意：测试时，特别是在测几十 k Ω 以上阻值的电阻时，手不要触及表笔和电阻的导电部分；被检测的电阻应从电路中焊下来，至少要焊开一个头，以免电路中的其他组件对测试产生影响，造成测量误差；色环电阻的阻值虽然能以色环标志来确定，但在使用时最好还是用万用表测试一下其实际阻值。

2) 电位器的检测。

检查电位器时，首先要转动旋柄，检查旋柄转动是否平滑，开关是否灵活，开关通、断时“喀哒”声是否清脆，并听一听电位器内部接触点和电阻体摩擦的声音，如有“沙沙”声，说明质量不好。用万用表测试时，先根据被测电位器阻值的大小，选择好万用表的合适电阻