

21 世纪系列规划教材 • 电子技术专业

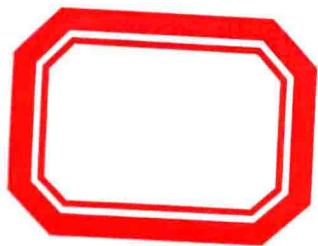
# 电子产品制作工艺与检测

主 编 ◎ 廖 芳 丁瑞昕  
副主编 ◎ 熊增举 兰巧云  
张 莉

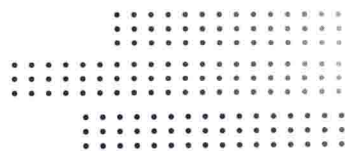
DIANZI CHANPIN ZHIZUO GONGYI YU JIANCE



北京师范大学出版集团  
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP  
北京师范大学出版社

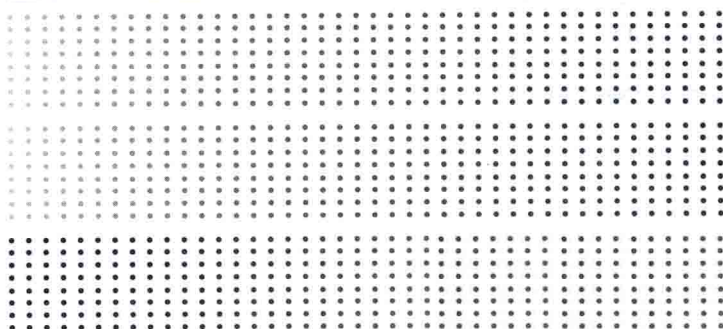
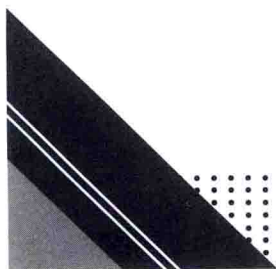


系列规划教材 • 电子技术专业



# 电子产品制作工艺与检测

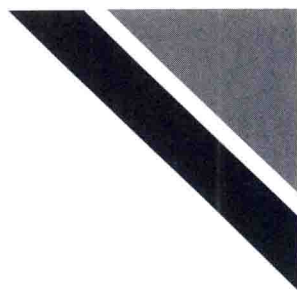
DIANZI CHANPIN ZHIZUO GONGYI YU JIANCE



主 编 ◎ 廖 芳  
副主编 ◎ 熊增举  
张 莉  
参 编 ◎ 于东红  
主 审 ◎ 梁 超

丁瑞昕  
兰巧云

刘 广



北京师范大学出版集团  
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP  
北京师范大学出版社

---

图书在版编目 ( CIP ) 数据

电子产品制作工艺与检测 / 廖芳, 丁瑞昕主编. —北京: 北京师范大学出版社, 2013.9

(21世纪系列规划教材)

ISBN 978-7-303-16763-0

I. ①电… II. ①廖…②丁… III. ①电子工业-产品-生产工艺-高等职业教育-教材②电子工业-产品-检测-高等职业教育-教材 IV. ①TN05②TN06

中国版本图书馆CIP数据核字 (2013) 第 172896 号

---

营销中心电话 010-58802755 58800035  
北师大出版社职业教育分社网 <http://zjfs.bnup.com>  
电子信箱 [zhijiao@bnupg.com](mailto:zhijiao@bnupg.com)

---

出版发行: 北京师范大学出版社 [www.bnup.com](http://www.bnup.com)

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印刷: 保定市中国画美凯印刷有限公司

经销: 全国新华书店

开本: 184 mm × 260 mm

印张: 18.5

字数: 420 千字

版次: 2013 年 9 月第 1 版

印次: 2013 年 9 月第 1 次印刷

定价: 27.00 元

---

策划编辑: 周光明

责任编辑: 周光明

责任编辑: 高霞

装帧设计: 国美嘉誉

责任校对: 李菡

责任印制: 孙文凯

**版权所有 侵权必究**

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

## 前言

《电子产品制作工艺与检测》是一本实践性很强的技能型专业教材,教材以培养电子行业的高技能型人才为宗旨,强调理论与实践的结合、教材与实际的结合,注重电子产品及电路等方面的制作工艺与检测等方面的知识传授,达到电子制作工艺实际技能培养的目的。本教材根据电子制造业、电路设计与制板、现代电子设备的检测与维修等就业岗位群的实际需要,同时考虑电子类职业技能鉴定和各种层次的电子竞赛等方面的要求,采用项目任务的方式进行编写;教材内容包括了电子产品制作的完整的工艺过程、电子产品制作中的检测方法和技巧。

本教材的主要特点:

1. 本教材以“项目导向、任务驱动、教学做三位一体”的教学理念来构建教材格式。以电子制作工艺与检测作为“项目导向”,以电子产品的装配、调试、检测、维护等主要岗位工作任务为驱动,分解教学任务,确定教学单元,进行化整为零、由浅入深、强化训练的教材结构的设计。

2. 本教材为学校、行业和企业共同合作完成。电子行业、企业提供电子制作工艺与检测方面的电子制作和检测的新技术、新工艺、新知识、新手段;学校教师运用高职教学的新理念,结合电子技能竞赛和电子类相关的职业技能鉴定的知识要点确定教材内容,并组织编写教材,使教材内容来源于实践,又高于实践。

3. 本教材强调电子制作工艺与检测的实际技能的培养。教材精选了17个相关的技能操作项目穿插在项目任务中,供学生进行实操操作,及时、有效地将理论知识转化为实际操作技能,加强了学生动手操作能力的培养。

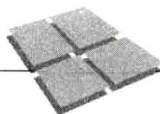
4. 本教材的结构安排新颖、独特。教材中的每个教学项目前,提出了“项目任务”,进行了“项目任务分解”,分解出各任务的“知识点”和“技能技巧”,并配备了大量的操作图片,有利于帮助学生的理解和吸收,有利于学生有条理、有重点地学习;每个教学项目中给出了“项目教学导航”,有利于教师的教学和指导,有利于整本教材内容的融会贯通;每个教学项目结束时,配备有项目学习的归纳总结及自我测试,用于检测学习效果;书末还给出了自我测试的参考答案。

5. 本教材配备了相应的电子课件,可供教师在教学中使用,也可供学生复习或自学。

教学建议:

由于《电子产品制作工艺与检测》是一门实践性很强的技能型教材,在教学中,理论教学宜采用电子课件与板书相结合的方式进行;实践教学采用课堂实训、集中实训、





第二课堂的形式进行。

教学课时分配采用理论课时：实践课时=1：2 的方式进行教学。具体的课堂教学课时分配如表 1 所示。

表 1 教学课时分配参考表

| 教学内容               | 理论课时 | 实践课时 | 总课时 | 备 注                  |
|--------------------|------|------|-----|----------------------|
| 项目一<br>常用电子元器件及其检测 | 8    | 12   | 20  |                      |
| 项目二<br>手工焊接工艺      | 3    | 8    | 11  | 另加 12 个课时的课外实训(第二课堂) |
| 项目三<br>电子产品制作的准备工艺 | 4    | 8    | 12  | 另加 8 个课时的课外实训(第二课堂)  |
| 项目四<br>自动焊接技术      | 3    | 0    | 3   |                      |
| 项目五<br>电子整机装配与拆卸   | 3    | 2    | 5   | 另加 4 个课时的课外实训(第二课堂)  |
| 项目六<br>电子整机调试      | 6    | 28   | 34  | 另加 20 个课时的课外实训(第二课堂) |
| 项目七<br>电子整机的检验与防护  | 3    | 2    | 5   | 另加 4 个课时的课外实训(第二课堂)  |
| 合计                 | 30   | 60   | 90  |                      |

本教材由江西信息应用职业技术学院廖芳、梁超、熊增举、兰巧云、于东红、刘广、广州工程技术职业学院丁瑞昕、广东松山职业技术学院张莉老师参加编写。其中廖芳教授、丁瑞昕老师担任本教材的主编，梁超老师担任主审，熊增举、兰巧云、张莉老师担任副主编，于东红、刘广参与编写。廖芳、丁瑞昕完成了项目一、项目七、前言、[自我测试]参考答案的编写，以及教材的统稿工作；熊增举完成项目六的编写；兰巧云完成项目三的编写；于东红、张莉完成项目四、项目五的编写工作；刘广完成项目二的编写。在教材编写过程中，华为技术有限公司的王天养工程师、广东九联科技有限公司骆丙漂工程师等提供了技术支持与帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平和经验有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。请您把对本教材的建议和意见告诉我们，便于今后的修订和完善。谢谢！

E-mail: 0791-5275357@163.com

编 者

## 目 录

## 项目一 常用电子元器件及其检测

- ..... (1)
- 任务一 万用表及其使用 ..... (2)
- 任务二 电子元器件检测中常用  
工具及其使用 ..... (6)
- 任务三 电阻及其检测 ..... (8)
- 任务四 电容及其检测 ..... (21)
- 任务五 电感和变压器及其检测  
..... (29)
- 任务六 分立半导体器件及其  
检测 ..... (33)
- 任务七 集成电路的识别及其  
检测 ..... (43)
- 任务八 表面安装元器件 ..... (53)
- 任务九 LED 数码管及其检测  
..... (54)
- 任务十 其他常用电子元器件的  
检测 ..... (56)
- 技能操作训练 1 万用表测量直流  
电流和直流电压 ..... (62)
- 技能操作训练 2 电阻、电容、  
电感和变压器的识别与检测  
..... (64)
- 技能操作训练 3 二极管、三极  
管的识别与检测 ..... (65)
- 技能操作训练 4 集成电路的引  
脚识别与检测 ..... (67)

## 技能操作训练 5 机械开关、接

- 插件、熔断器及电声器件的检测 ...  
..... (68)

## 项目一 归纳总结 ..... (69)

## 自我测试 1 ..... (70)

## 项目二 手工焊接工艺 ..... (72)

- 任务一 焊接的基本知识 ..... (72)
- 任务二 焊接材料 ..... (74)
- 任务三 手工焊接工具 ..... (79)
- 任务四 手工焊接技术 ..... (86)
- 任务五 拆焊 ..... (91)
- 任务六 焊点的质量分析 ..... (94)
- 任务七 无铅焊接技术 ..... (98)

## 技能操作训练 6 电烙铁的检测

- 及维修 ..... (101)

## 技能操作训练 7 手工焊接 ... (102)

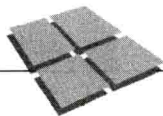
- 技能操作训练 8 电子元器件的  
拆焊 ..... (103)

## 项目二 归纳总结 ..... (104)

## 自我测试 2 ..... (105)

## 项目三 电子产品制作的准备工艺

- ..... (106)
- 任务一 电路图的识读 ..... (106)
- 任务二 元器件引线的成型加工  
..... (110)
- 任务三 导线的加工 ..... (116)



|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| 任务四 印制电路板的制作 .....                   | (129) |
| 技能操作训练 9 导线端头的处理、加工与检测 .....         | (141) |
| 技能操作训练 10 手工自制印制板 .....              | (144) |
| 技能操作训练 11 元器件的成型与安装 .....            | (146) |
| 项目三 归纳总结 .....                       | (147) |
| 自我测试 3 .....                         | (149) |
| 项目四 自动焊接技术 .....                     | (150) |
| 任务一 浸焊 .....                         | (150) |
| 任务二 波峰焊接技术 .....                     | (153) |
| 任务三 再流焊 .....                        | (156) |
| 任务四 表面安装技术 SMT .....                 | (158) |
| 项目四 归纳总结 .....                       | (166) |
| 自我测试 4 .....                         | (166) |
| 项目五 电子整机装配与拆卸 ...                    | (168) |
| 任务一 电子整机装配的技术要求 .....                | (168) |
| 任务二 电子产品的装配工艺流程 .....                | (170) |
| 任务三 电子产品常用的连接工艺 .....                | (174) |
| 任务四 电子整机的拆卸 ...                      | (181) |
| 技能操作训练 12 电子产品的拆卸与重装 .....           | (185) |
| 项目五 归纳总结 .....                       | (187) |
| 自我测试 5 .....                         | (188) |
| 项目六 电子整机调试 .....                     | (189) |
| 任务一 调试的基本知识 ...                      | (189) |
| 任务二 调试仪器及其使用 .....                   | (193) |
| 任务三 整机电路调试 .....                     | (203) |
| 任务四 调试举例 .....                       | (210) |
| 任务五 调试过程中的故障查找及处理 .....              | (223) |
| 技能操作训练 13 万用表的安装与调试 .....            | (230) |
| 技能操作训练 14 超外差式收音机的安装与调试 .....        | (233) |
| 技能操作训练 15 集成可调式直流稳压电源的设计、制作与调试 ..... | (237) |
| 技能操作训练 16 气体烟雾报警电路的设计、制作与调试 ...      | (240) |
| 项目六 归纳总结 .....                       | (242) |
| 自我测试 6 .....                         | (243) |
| 项目七 电子整机的检验与防护 .....                 | (244) |
| 任务一 电子产品的技术文件 .....                  | (244) |
| 任务二 电子产品的质量管理和质量标准 .....             | (249) |
| 任务三 电子产品的检验 ...                      | (256) |
| 任务四 电子整机产品的防护 .....                  | (259) |
| 技能操作训练 17 超外差式收音机技术文件的识读与检验 .....    | (264) |
| 项目七 归纳总结 .....                       | (265) |
| 自我测试 7 .....                         | (267) |
| 自我测试参考答案 .....                       | (268) |

## 项目一 常用电子元器件及其检测

### >>> 项目任务

学会识别常用电子元器件，了解常用电子元器件的特点和用途，熟练掌握用万用表检测电子元器件的好坏。

### >>> 项目任务分解

1. 电阻、电容、电感元件的外观识读、主要技术参数与检测；
2. 半导体器件的引脚识别、主要特性与检测；
3. 开关件、接插件、熔断器及电声器件的外观识别、作用与检测；
4. 表面安装元器件的外观特点和种类。

### >>> 项目教学导航

选用一套超外差收音机或其他电子产品的整机及套件，展示构成电子产品整机的元器件外形结构，初步了解电子元器件与电子产品的关联关系，由此引入电子元器件及其检测的教学，配合技能操作训练1~训练5，将电子元器件及其检测的理论知识及时转化为实际技能。

电子元器件是构成电子产品的基本组成单元，是电子制作的基本要素。图1.1所示为构成超外差收音机的各种元器件的外形结构图，含有电阻、电容、中周、电位器、变压器、二极管、三极管、天线线圈、电池、扬声器等电子元器件。

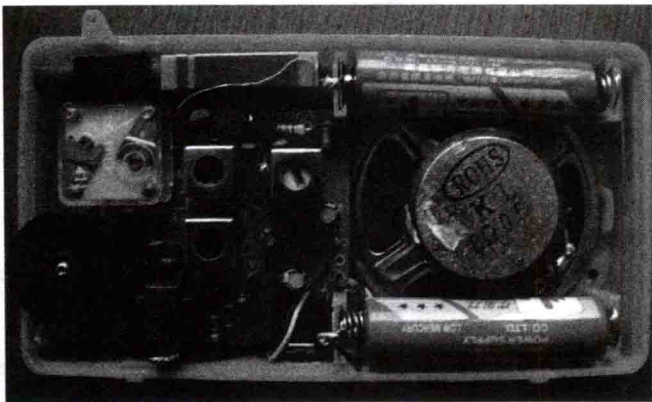


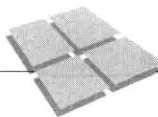
图 1.1 构成超外差收音机的各种元器件的外形结构图

电子元器件的种类很多，通常有以下几种分类形式：

(1) 按元器件的用途、特点分，可分为电阻、电容、电感、变压器、半导体分立元器件、集成电路、开关件、接插件、熔断器以及电声器件等。

(2) 按安装工艺分，可分为传统的通孔插件元器件 THC(Through Hole Component) 和表面安装元件 SMC、表面安装器件 SMD。





(3)按元器件的使用性质分,可分为有源元器件和无源元器件两大类。有源元器件的特点是:必须有电源才能支持其工作,且输出取决于输入信号的变化,如三极管、场效应管、集成电路等均为有源元器件。无源元器件的特点是:无论电源、信号如何变化,它们都有各自独立、不变的性能特性,如电阻、电容、电感、开关件、接插件、熔断器等均属于无源元器件。通常,把有源元器件称为器件,把无源元器件称为元件。

学习电子元件的主要性能、特点,正确识别、选用电子元件,学会使用万用表检测电子元件的性能与好坏,是制作、调试和维修电子产品过程中不可缺少的重要环节。

## 任务一 万用表及其使用

万用表亦称为三用表、多用表、复用表,是一种多功能、多量程的测量仪表,是电子技术工作者最常用的测量仪表。一般万用表可用于测量直流电流、交流电流、直流电压、交流电压、电阻、晶体管共射极电流放大系数和音频电平;有的还可以测量电容量、电感量等。同时,万用表也是检测各种元器件好坏的常用工具。

根据万用表的结构和显示方式的不同,万用表可分为“指针式万用表”和“数字式万用表”两种。

### 知识点 1.1.1 指针式万用表的功能结构

指针式万用表又称为模拟式万用表,可以用于测量直流电流、直流电压、交流电压、电阻、晶体管共射极电流放大系数等电路参数。以 MF-47 型指针式万用表为例,介绍指针式万用表的面板结构和使用方法。

#### 1. 万用表的面板结构

指针式万用表面板上主要有:表头(包括表头和刻度盘)、功能转换开关、欧姆调零旋钮、机械调零旋钮和表笔插孔。图 1.2 所示为 MF-47 型指针式万用表的

##### (1)表头

万用表的表头是用于显示测量数据的。表头上的表盘印有多条刻度线,其中右端标有“ $\Omega$ ”的是电阻刻度线,其右端为零,左端为 $\infty$ 。符号“-”或“DC”表示直流刻度读数,“~”或“AC”表示交流刻度读数,



图 1.2 MF-47 型指针式万用表结构图

“ $\simeq$ ”表示交流和直流共用的刻度线。电阻刻度值分布是不均匀的,电压、电流测量刻度为均匀刻度。

### (2) 机械调零旋钮

表头的下端设有机械调零旋钮,用以校正指针读数。在测量之前,先使用螺丝刀调节万用表的机械调零旋钮(指针定位螺丝),使万用表指针指示在刻度盘最左端电流为零的位置,避免测量时带来的读数误差。

### (3) 功能转换开关

万用表的功能转换开关是一个多挡位的旋转开关,用来选择测量项目和量程。如:测量直流电流——将功能转换开关的箭头位置对准“mA”;测量直流电压——“V”;测量交流电压——“ $\simeq$ V”;测量电阻——“ $\Omega$ ”。不同的测量项目可以划分为几个不同的量程。

### (4) 表棒及表棒插孔

万用表的表棒分为红、黑两只。使用时将红表棒插入万用表的“+”极插孔,黑表棒插入“-”极插孔。

### (5) 欧姆调零旋钮

在测量电阻之前,将红、黑表棒的金属杆短接,万用表指针右偏转到刻度盘右端的零欧姆刻度处,若指针不在零欧姆刻度处,则需调节电阻调零旋钮,使指针落在零欧姆刻度处,以保证电阻测量读数的准确性。

## 2. 万用表的使用注意事项

万用表使用前,应将万用表水平放置,将表棒插入表孔,然后检查万用表的指针是否停在表盘左端的零位,如有偏离,可用小螺丝刀调节表头上的机械调零旋钮,使表针指零;然后将功能转换开关旋到相应的项目和量程上即可。

万用表使用后,应拔出表笔,将选择开关旋至“OFF”挡或旋至交流电压最大量程挡;若长期不用,应将表内电池取出,以防电池电解液渗漏而腐蚀内部电路。

## 技能技巧 1 指针式万用表的使用技巧

### 1. 万用表测电阻的方法和步骤:



图 1.3 万用表测电阻的方法和步骤框图

#### (1) 选择量程

将红表棒插入万用表的“+”极插孔,黑表棒插入“-”极插孔;估计被测电阻的阻值,调节功能转换开关,选择合适的电阻倍率挡位。

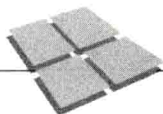
通常的电阻(倍率)挡位分为:×1, ×10, ×100, 1k, ×10k 等,合适的电阻挡位是指在测量中,万用表的指针指示在刻度盘中间 1/3 的位置范围,这时的读数比较精确。

#### (2) 欧姆调零

注意:电阻测量时,每变换一次欧姆挡的倍率,都必须重新进行欧姆调零。

#### (3) 测量

测量电阻时,用左手握持电阻,右手用握筷子的姿势握住表棒的绝缘端,将表棒的金属杆与电阻的引脚良好接触。测量时注意:手不能同时触及电阻的两金属引脚,以免人体电阻并入被测电阻,影响电阻的测量精度。



#### (4) 读数

从刻度盘最上端的欧姆刻度上读取指针指向的数据(刻度示值), 则被测电阻的大小为:

$$\text{被测电阻值} = \text{刻度示值} \times \text{倍率}(\Omega)$$

注意: 读数时, 视线应与表盘垂直, 即实际指针与刻度盘上的镜中指针重合, 才能正确地读取刻度示值。

### 2. 万用表测直流电压的方法

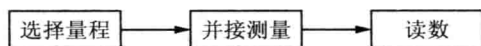


图 1.4 万用表测电压的方法和步骤框图

#### (1) 选择合适的量程

在测量  $\leq 1000\text{V}$  的电压时, 将红表棒插入“+”极插孔, 黑表棒插入“-”极插孔; 估计被测电压的大小, 将调节功能转换开关拨到小于但最接近测量值的 V 量程, 这时的读数比较精确。若测量为  $2500\text{V} \geq \text{测量值} > 1000\text{V}$  的电压, 则将红表棒插入面板右下角的 2500V 表棒插孔中, 黑表棒插入“-”极插孔; 将调节功能转换开关拨到 1000V 量程即可。

#### (2) 测量

测量直流电压时, 将万用表直接并联在被测电路中。即将红表棒接被测电压的高电位端, 黑表棒接被测量电压的低电位端进行测量。

#### (3) 读数

根据表头刻度盘上标有“V”符号的刻度线上指针所指数字, 读出刻度示值, 并结合功能转换开关所指的量程值、刻度盘上的最大刻度值(即电压满刻度偏转值), 计算出被测直流电压的大小为:

$$\text{被测直流电压} = \frac{\text{刻度示值}}{\text{满刻度偏转值}} \times \text{量程}$$

### 3. 万用表测直流电流的方法

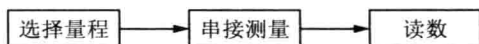


图 1.5 万用表测电流的方法和步骤框图

#### (1) 选择合适的量程

在测量  $\leq 500\text{mA}$  的电流时, 将红表棒插入“+”极插孔, 黑表棒插入“-”极插孔; 估计被测电流的大小, 将调节功能转换开关拨到小于但最接近测量值的电流量程, 这时的读数比较精确。若测量  $5\text{A} \geq \text{测量值} \geq 500\text{mA}$  的电流, 则将红表棒插入面板右下角的 5A 表棒插孔中, 黑表棒插入“-”极插孔; 将调节功能转换开关拨到 500mA 电流量程即可。

#### (2) 测量

测量直流电流时, 将万用表串接在被测电路中。即将被测电路断开, 红表棒接被测电路的高电位端, 黑表棒接被测量电路的低电位端进行测量。

#### (3) 读数

根据刻度盘上标有“mA”符号的刻度线上指针所指数字, 读出刻度示值, 并结合功能转换开关所指的量程值、刻度盘上的最大刻度值(即电流满刻度偏转值), 读取并计算出被测直流电流的大小为:



$$\text{被测直流电流} = \frac{\text{刻度示值}}{\text{满刻度偏转值}} \times \text{量程}$$

#### 4. 万用表测交流电压的方法

测交流电压的方法与测量直流电压相似,不同的在于交流电没有正、负极性之分,所以测量交流时,表棒也就不需分正、负。读数方法与上述的测量直流电压的读法一样,只是刻度示值是根据刻度盘上标有交流“V~”符号的刻度线上的指针位置读取。

### 知识点 1.1.2 数字式万用表的功能结构

以 VC890C 数字万用表为例,介绍数字式万用表的使用方法。图 1.6 所示为 VC890C 数字万用表的面板结构图。

数字式万用表可以用于测量直流电流、交流电流、直流电压、交流电压、电阻、电容等电路参数。与指针式万用表相比,数字式万用表具有可以直接从显示屏上读出被测量的数据、而不需要进行数据换算的优点,但数字万用表有时测量的数据稳定性不高,难以读出稳定、准确的数据。

### 技能技巧 2 数字式万用表的使用技巧

数字式万用表测量各种电路参数的方法、步骤如下:

#### 1. 电压测量的方法和步骤

- (1) 将黑表笔插入“COM”插座,红表笔插入 V/Ω 插座;
- (2) 测量直流电压时,将量程开关转至相应的直流电压挡位(V—)上;测量交流电压时,将量程开关转至相应的交流电压挡位(V~)上。然后将测试表笔直接并接在被测电路上,则万用表的显示器立即显示出被测电压的大小与极性(测量交流电压不显示极性,读出的数据为交流电压的有效值)。

测量电压时的注意事项:若无法估计被测电压的范围,则测量时应将量程开关转到最高的挡位,然后根据显示值转至相应挡位上;如果屏幕显示“1”,表明已超过量程范围,须将量程开关转换到较高的电压挡位上。

#### 2. 电流测量的方法和步骤

- (1) 将黑表笔插入“COM”插座,红表笔插入“mA”插座中(被测电流 $\leq 200\text{mA}$ ),或红表笔插入“20A”插座中(被测电流 $\leq 20\text{A}$ );

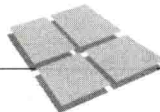
(2) 测量直流电流时,将量程开关转至相应的 DCA 挡位上;测量交流电流时,将量程开关转至相应的 ACA 挡位上。然后将被测电路断开,测试表笔串接在被测电路上,则万用表的显示器立即显示出被测电流的大小与极性(测量交流电流不显示极性,读出的数据为交流电流的有效值)。

测量电流时的注意事项:若无法估计被测电流的范围,则测量时应将量程开关转到最高的挡位,然后根据显示值转至相应挡位上;如果屏幕显示“1”,表明已超过量程



图 1.6 VC890C 数字万用表结构图





范围,须将量程开关转换到较高的电流挡位上;在测量 20A 电流时,万用表内部的测量电路易发热,如长时间测量会影响测量精度甚至损坏仪表。

### 3. 电阻测量

(1)将黑表笔插入“COM”插座,红表笔插入 V/ $\Omega$  插座;

(2)将量程开关转至相应的电阻量程上,然后将两表笔并接在被测电阻上。从显示器读出被测电阻的阻值大小。

测量电阻时的注意事项:数字万用表刻度盘上的电阻刻度,为该量程的最大指示值。如果测量的电阻值超过所选量程值,则显示屏会显示“1”,这时应将开关转至较高挡位上;当测量电阻值超过 1M $\Omega$  以上时,读数需几秒时间才能稳定,这在测量高电阻时是正常的;测量在线电阻时,应将被测电路的所有电源切断、将所有电容放电之后,才可进行。

### 4. 电容测量

(1)将黑表笔插入“COM”插座,红表笔插入“mA”插座;

(2)将量程开关转至相应的电容量程上(20n, 或 2 $\mu$ , 或 200 $\mu$ ),两表笔并接在被测电容的两个电极引脚上;若测量电解电容,应将红表笔接在被测电容的“+”极端。从显示器读出被测电容的容量大小。

测量电容时的注意事项:如果屏幕显示“1”,表明已超过量程范围,须将量程开关转至较高挡位上;在测试电容容量之前,必须对电容应充分地放电,以防止损坏仪表。

### 5. 二极管及通断测试

(1)将黑表笔插入“COM”插座,红表笔插入 V/ $\Omega$  插座;

(2)将量程开关转至二极管测试挡“ $\rightarrow$ ”,并将表笔并接到待测试的二极管,读数为二极管正向压降的近似值;

(3)将表笔连接到待测线路的两点,如果两点之间电阻值低于约(70 $\pm$ 20) $\Omega$ ,则内置蜂鸣器发声。

### 6. 三极管 $h_{FE}$ 测量

(1)将量程开关置于  $h_{FE}$  挡;

(2)决定所测晶体管为 NPN 或 PNP 型,将发射极、基极、集电极分别插入测试相应的插孔,即可从显示屏上读出三极管的  $h_{FE}$  数值。

## ► 任务二 电子元器件检测中常用工具及其使用

电子元器件检测时,有时需要使用一些工具辅助,如螺钉旋具、钟表起子、无感起子等。下面对检测用辅助工具的名称、外形结构、特点及用途做一简要介绍。

### 知识点 1.2.1 手动螺钉旋具

螺钉旋具也称为螺丝刀,俗称改锥或起子,多用于紧固或拆卸螺钉。在元器件检测时,螺丝刀用于调整可调元件(如:微调电阻、可变电容、中周等)的调节范围。

螺钉旋具有多种形式,根据螺钉旋具不同的头部形状可分为:一字形、十字形两类螺钉旋具;根据螺钉旋具旋转动力的不同又分为:手动、电动、风动、自动等形式。使用时,应根据螺钉的大小、规格、类型、使用场合和紧固的松紧程度、可调元件调节螺钉的头部大小不同,选用不同规格的螺钉旋具。

常用的手动螺钉旋具如图 1.7 所示,是用于手工装拆(旋转)一字形和十字形的机螺钉、木螺钉和自攻螺钉等。



图 1.7 常用的手动螺钉旋具外形结构图

螺丝刀有多种规格尺寸供选用，常用的一字形螺丝刀的规格如表 1.1 所示。

表 1.1 常用一字形螺丝刀

(单位: mm)

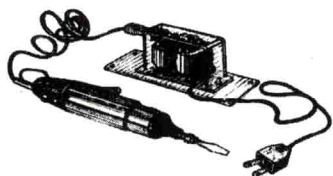
| 公称尺寸  | 全长  |     | 公称尺寸  | 全长  |     | 公称尺寸  | 全长  |     |
|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|
|       | 木柄  | 塑料柄 |       | 木柄  | 塑料柄 |       | 木柄  | 塑料柄 |
| 50×3  |     | 100 | 150×4 | 235 | 220 | 100×6 | 210 | 190 |
| 65×3  |     | 115 | 50×5  | 135 | 120 | 125×6 | 235 | 215 |
| 65×3  |     | 125 | 65×5  | 150 | 135 | 150×7 | 270 | 250 |
| 75×3  |     | 125 | 75×5  | 160 | 145 | 200×8 | 335 | 310 |
| 100×3 | 185 | 170 | 200×5 | 285 | 270 | 250×9 | 400 | 370 |

### 知识点 1.2.2 机动螺钉旋具

常用的机动螺钉旋具分为电动和风动两大类(分别称为电批和风批), 适合在大批量流水线上使用。电批和风批的外形结构如图 1.8 所示。

电批具有体积小、重量轻、使用方便的特点, 特别适用于小型电子整机产品如电视机、手机、仪器仪表等的小规格螺钉的装拆。但电批在工作时, 会产生电磁干扰。

风批必须配备空压机, 需要安装高压气管等管路才能使用, 其体积大、噪声大, 但不会产生电磁干扰。在对干扰有特别要求的场合, 宜采用风批, 而不宜采用电批。



(a) 小型电批的外形图



(b) 风批的外形图



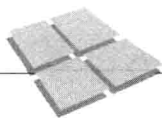
(c) 机动螺钉配套的旋杆

图 1.8 小型电动和风动螺钉旋具

自动螺钉旋具(自动螺丝刀、自动改锥)的外形如图 1.9 所示, 适用于旋动头部带槽的机螺钉和木螺钉。自动螺钉旋具通过调节开关的不同位置, 完成顺旋、倒旋和同旋三种动作, 具有达到一定力矩时自动停止的特点, 减轻了操作者的劳动强度, 提高了生产效率, 特别适合在批量生产及要求一致性好的条件下使用。



图 1.9 自动螺钉旋具



### 知识点 1.2.3 钟表起子

钟表起子是通体为金属的小型螺丝起子，它的端头有各种不同的形状（一字或十字等）和大小，手柄为带竖纹的细长金属杆，其手柄的上端装有活动的圆形压板，如图 1.10 所示。

钟表起子主要用于小型或微型螺钉的装拆，有时也用于小型可调元件的调整。使用时，用食指按压住圆形压板，用大拇指和中指旋转手柄即可装拆小螺钉。由于钟表起子的通体为金属，因此使用时要特别注意安全用电，必须断电操作。



图 1.10 钟表起子

### 知识点 1.2.4 无感起子

无感起子是用非磁性材料（如象牙、有机玻璃或胶木等非金属材料）制成的，用于调整高频谐振回路中电感与电容的大小。使用无感起子，可避免由于金属体及人体感应现象对高频回路产生影响，确保高频电路顺利、准确地调整。例如：可用于收音机和电视机等的高中频谐振回路、电感线圈、微调电容器、磁帽、磁芯的调整，会获得满意的调试效果。

常用的无感起子多用尼龙棒制造，或由顶部镶有不锈钢片的塑料压制而成，如图 1.11 所示。频率较高时应选用尼龙棒制成的无感旋具；频率较低时，可选用头部镶有不锈钢片的无感旋具。

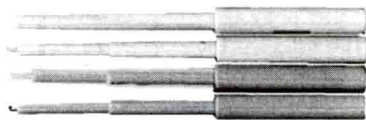


图 1.11 无感小旋具

### 知识点 1.2.5 集成电路起拔器

集成电路 IC 起拔器是一种从电路板上拔取（拆卸）IC 的工具，如图 1.12 所示。



图 1.12 集成电路起拔器

## 任务三 电阻及其检测

当电流通过导体时，导体对电流呈现的阻碍作用称为电阻。电阻的符号用字母“R”表示。电阻的基本单位是欧姆“ $\Omega$ ”，常用单位有“ $k\Omega$ 、 $M\Omega$ 、 $G\Omega$ ”等，各单位之间的关系为：

$$1k\Omega = 10^3\Omega, 1M\Omega = 10^6\Omega, 1G\Omega = 10^9\Omega$$

电阻是电子产品中不可缺少且用量最大的元件。电阻是耗能元件，它吸收电能并把电能转换成其他形式的能量。

常用电阻的外形结构如图 1.13 所示。





图 1.13 常用电阻器的外形结构

### 知识点 1.3.1 电阻的分类

在电路中，电阻主要有分压、分流、负载(能量转换)等作用，用于稳定、调节、控制电路中电压或电流的大小。电阻的常用电路符号如图 1.14 所示。

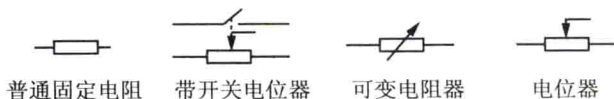


图 1.14 电阻的电路符号

电阻的种类有很多，其命名方式及分类方式如下：

#### 1. 电阻的命名方法

国产电阻型号的命名是由主称、材料、分类和序号 4 个部分组成的，如图 1.15 所示。

第一部分——主称：用字母表示，表示产品的名称。

第二部分——材料：用字母表示，表示电阻体的组成材料。

第三部分——分类：用数字或字母表示，表示产品的特点、用途。

第四部分——序号：用数字表示，表示同类电阻中的不同品种，以区分电阻的外形尺寸和性能指标的微弱变化等。

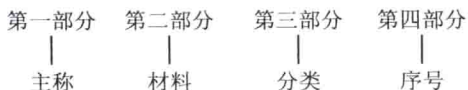
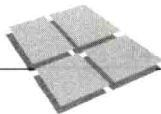


图 1.15 电阻型号的命名方法





电阻型号中各部分的含义如表 1.2、表 1.3 所示。

表 1.2 电阻命名方法的含义

| 第一部分 |       | 第二部分 |      | 第三部分      |     |      |
|------|-------|------|------|-----------|-----|------|
| 主 称  |       | 材 料  |      | 分类(用途、特点) |     |      |
| 符号   | 含义    | 符号   | 含义   | 符号        | 含义  |      |
|      |       |      |      |           | 电阻  | 电位器  |
| R    | 电阻    | T    | 碳膜   | 1         | 普通  | 普通   |
| W    | 电位器   | H    | 合成膜  | 2         | 普通  | 普通   |
| M    | 敏感电阻器 | S    | 有机实芯 | 3         | 超高频 | —    |
|      |       | N    | 无机实芯 | 4         | 高阻  | —    |
|      |       | J    | 金属膜  | 5         | 高温  | —    |
|      |       | Y    | 氧化膜  | 6         | 精密  | —    |
|      |       | C    | 沉积膜  | 7         | 精密  | 精密   |
|      |       | I    | 玻璃釉膜 | 8         | 高压  |      |
|      |       | X    | 线绕   | 9         |     | 特殊函数 |
|      |       | R    | 热敏   | G         | 高功率 | —    |
|      |       | G    | 光敏   | T         | 可调  | —    |
|      |       | Y    | 压敏   | X         | —   | 小型   |
|      |       |      |      | W         | —   | 微调   |
|      |       |      |      | D         | —   | 多圈   |
|      |       |      |      | L         |     | 测量用  |

表 1.3 敏感电阻命名方法的含义

| 材 料 |           | 分 类 |       |       |           |
|-----|-----------|-----|-------|-------|-----------|
| 符号  | 含 义       | 符号  | 含 义   |       |           |
|     |           |     | 负温度系数 | 正温度系数 | 光敏电阻 压敏电阻 |
| F   | 负温度系数热敏材料 | 1   | 普通    | 普通    | 碳化硅       |
| Z   | 正温度系数热敏材料 | 2   | 稳压    | 稳压    | 氧化锌       |
| C   | 磁敏材料      | 3   | 微波    |       | 氧化锌       |
| G   | 光敏材料      | 4   | 旁热    |       | 可见光       |
| L   | 力敏材料      | 5   | 测温    | 测温    | 可见光       |
| Q   | 气敏材料      | 6   | 微波    |       | 可见光       |
| S   | 湿敏材料      | 7   | 测量    |       |           |
| Y   | 压敏材料      |     |       |       |           |

例 1.1 指出 RT11 及 WHX2 的含义。

解：RT11 为普通碳膜电阻；WHX2 为合成膜小型电位器。