

面向  
全国大学生  
电子设计竞赛  
系列教材

21世纪高等学校  
电子信息类  
专业核心课程  
工程型规划教材

# 电子产品 制作工艺

陈春艳 主 编  
刘竹林 贾玉凤 副主编  
许 琳 丁福强 参 编

清华大学出版社



面向  
全国大学生  
电子设计竞赛  
系列教材

21世纪高等学校  
电子信息类  
专业核心课程  
工程型规划教材



# 电子产品 制作工艺

陈春艳 主 编  
刘竹林 贾玉凤 副主编  
许 琳 丁福强 参 编

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书是兼顾课堂教学和全国大学生电子设计竞赛的特点和需要而编写的,全书以收音机为载体,贯穿了 CDIO 理念,介绍电子产品制作的整个过程。全书分 7 个项目,项目 1 介绍电子元器件的识别与检测;项目 2 和项目 3 通过 Altium 软件介绍印刷电路板的设计与制作;项目 4 和项目 5 介绍元器件的插装、焊接与整机装配工艺;项目 6 介绍电子产品的整机调试;项目 7 介绍电子产品整机检验与防护。

本书内容精练,有很强的实践性和应用性,全书参考并借鉴了大量来自于企业的应用实例,既可作为电子信息类专业学生参加电子设计竞赛、技能大赛前的培训教材,也可作为高等专科学校和职业院校电子类专业学生的教材与参考书,同时可供相关应用领域的工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

电子产品制作工艺/陈春艳主编. —北京:清华大学出版社,2015

21 世纪高等学校电子信息类专业核心课程工程型规划教材

ISBN 978-7-302-41345-5

I. ①电… II. ①陈… III. ①电子工业—产品—生产工艺—高等学校—教材 IV. ①TN05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 194560 号

责任编辑:梁颖 薛阳

封面设计:傅瑞学

责任校对:白蕾

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市中晟雅豪印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:20

字 数:449 千字

版 次:2015 年 9 月第 1 版

印 次:2015 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.00 元

---

产品编号:060502-01

## 编委会

---

- 主任：张有志，山东大学信息科学与工程学院教授  
山东凯文科技职业学院信息学院院长  
全国大学生电子设计竞赛山东赛区专家组成员  
曾独立获得国家级二等优秀教学成果奖，享受国务院政府特殊津贴
- 副主任：张平慧，原山东大学本科教学评估中心副主任，研究员  
全国大学生电子设计竞赛山东赛区组委会秘书长
- 姜威，山东大学信息科学与工程学院教授  
全国大学生电子设计竞赛专家组成员，山东赛区专家组组长
- 黄争，美国德州仪器(TI)公司中国大学计划部工程师  
全国大学生电子设计竞赛山东赛区专家组成员
- 委员(按姓氏字母顺序排序)：陈春艳、韩晓敏、黄淑珍、黄争、姜威、李凤鸣、王晓红、  
张平慧、张有志、郑焯

# 序 言

---



全国大学生电子设计竞赛是由教育部发起,教育部高等教育司和信息产业部人事教育司组织的,面向全国各类、各层次大学生的学科竞赛,是在大学生中开展的最广泛的赛事之一。竞赛的组织运行模式遵循“政府主办、专家主导、学生主体、社会参与”16字方针。截至目前,全国大学生电子设计竞赛已经有20年的历史。20年来,全国大学生电子设计竞赛在促进我国高等学校电子信息、自动化和计算机类专业和相关课程内容的改革,加强大学生创新能力、动手能力和协作精神的培养,提高学生的业务素质,以及针对实际问题进行分析解决的综合能力等方面发挥了重要作用,也为优秀人才的脱颖而出创造了良好条件,因而全国大学生电子设计竞赛备受社会关注。各高校也都非常重视,除了在相关课程的日常教学中加大训练力度外,还在选拔参赛队员前后组织相关辅导和强化训练。近年来,参加全国大学生电子设计竞赛的高职高专院校学生逐年增多,亟需适合这类学生的竞赛培训教材。

另外,目前全国每年都有大批大学毕业生毕业后找不到工作,而大批用人单位却苦于招不到理想的人才。原因是多方面的,其中大学教育与社会需求严重脱节是非常重要的原因之一。为此,各高校都积极在教学内容和教学方法等方面进行改革,以尽快适应行业发展和社会对人才的需求,因此,迫切需要一批适用于应用型工程技术人才培养的教材。

为满足高等职业院校和高等专科学校学生电子设计竞赛培训和应用型电子工程技术人才培养的需要,2012年,全国大学生电子设计竞赛山东赛区组委会组织了一批有多年指导电子设计竞赛经验的老师,编写了适合高职高专类学生的《全国大学生电子设计竞赛培训教程》。2013年,在总结前期教材编写出版经验的基础上,组委会又组织编写了这套既可用于全国大学生电子设计竞赛,也可用于电子信息类专业的电子产品设计与制作核心能力培养的工程型系列教材,以期推动大学生电子设计竞赛和高等学校电子信息类专业的教学改革和教材建设。

该系列教材由清华大学出版社出版,被列为“21世纪高等学校电子信息类专业核心课程工程型规划教材”和“面向全国大学生电子设计竞赛系列教材”,具体包括《模拟电子技术》、《数字电子技术》、《微控制器技术——MSP430单片机应用技术》、《传感器应用技术》、《电子产品制作技术》和《FPGA/CPLD应用技术》。

鉴于目前各高校对参加电子设计竞赛学生的培训多半是在完成计划内课程教学的基础上再补充一些与竞赛有关的内容,并进行适当的强化训练,该系列教材的定位是首先满足课堂教学,同时兼顾电子设计竞赛培训的需求。如果学生学完这套丛书的内容,

参加电子设计竞赛前只需要再强化实践技能的训练即可；如果学校教学计划中没有安排这套教材中的全部课程(如“传感器应用技术”、“电子产品制作技术”和“FPGA/CPLD 应用技术”等课程并不是所有学校都开设)，竞赛培训时就要补充有关内容。

该系列教材的适用对象是高职高专和应用型本科电子信息类专业的学生，因此，没有列选“嵌入式系统”和“DSP 技术”课程。虽说这两门课程也是电子设计竞赛和电子产品设计与制作所必需的课程，但由于其难度较大，高职高专学生学习起来比较困难，所以这套丛书中没有包括这两门课程的教材。

该系列教材体现了基于 CDIO 的项目化教学的工程教育理念。目前，为了使高等教育特别是高等工程教育很好地适应社会需求，各高校都在积极进行人才培养模式方面的探索。但由于各学校学生的基础、教师水平、教学经费投入和教学条件都有很大差异，其他学校成功的做法，拿到自己学校就不一定行得通。纵观国内外高等学校成功的教学改革经验，我们认为基于 CDIO(构思、设计、实现、运行)的项目化教学模式对二、三类本科和高职高专的工程类专业具有一定的借鉴价值。因为它提倡基于 CDIO 的理念，以项目为主线组织教学内容和教学活动，把“学科导向”变为“项目导向”，把“学以致用”变为“学以致用”，把强调学科知识的完备性与系统性变为注重项目训练的系统性与完整性；让学生在项目的过程中学习必要的专业基础知识，基础知识以“必需、够用”为度；加强学生能力的培养，注重培养学生应用所学知识解决实际问题的能力，指导学生循序渐进地完成好一个个精选的、适合于多数学生的工程项目，使学生在项目的过程中提高项目构思、设计、实现、运行的能力，然后再运用这种能力去解决新的工程实际问题，从而提高适应工作环境和技术的发展变化的能力。这种教学模式体现在本科与高职、学校与学校之间的差异关键在于如何选好符合学生实际的项目。基于这种考虑，我们在这套教材的编写过程中尽量体现这种理念。

该系列教材打破了传统的理论体系，采用基于 CDIO 工程教育理念的项目化教学模式，将每门课程的核心内容融入一个个项目中，根据项目的需要，按照项目内容、必备知识、项目实施和扩充知识的架构对传统教材内容进行了重组，把每个项目的实施过程归纳为“构思、设计、实现、运行”4 个步骤，以加强对学生进行工程项目实施能力的培养。所选项目的难度科学合理，一般难度、中等难度、较高难度的项目各占一定比例。每部教材都编入了一两个有代表性的综合项目，所选综合项目覆盖了本课程的主要内容，而教材中的其他项目基本上就是这些综合项目的子模块(子项目)。

该系列教材兼顾了高职高专学生电子设计竞赛和电子设计与制作核心能力培养的需要，以工程应用为重点，尽量淡化基础理论的难度，基础知识以“必需、够用”为原则；结合电子产品设计与制作的工程实际，突出重点与主流技术，如《数字电子技术》、《模拟电子技术》和《电子产品制作技术》中突出历年电子设计竞赛中常用的电路模块和技术，《微处理器技术》中以竞赛赞助商 TI 公司的 430 系列单片机为主，《FPGA/CPLD 应用技术》中选用业内著名商家 Altera 公司提供的主流芯片和开发系统等。

在该系列教材编写过程中聘请了行业企业的工程技术人员参与，每部教材的编者中至少有一位是来自行业企业的一线工程技术人员。行业企业一线工程技术人员有着丰富的工程实践经验，他们最清楚相关专业中哪些课程是最有用的，传统教材中哪些内容

是工作中必需的,哪些是可有可无的,哪些是很少用到甚至是没有用的。聘请行业企业工程技术人员参与教材编写,使教材的编写得到了更多先进技术的支持,获得了更多来源于工程实际的案例资源。他们把自己丰富的工程实践经验引入教材,使教材内容更具有新意,更贴近行业企业的实际应用。

该系列教材的主编、副主编和其他作者均有丰富的教学和工程实践经验,多数作者还有指导大学生电子设计竞赛的经验,有的作者指导的学生代表队还获得过全国奖。他们有着强烈的责任意识、质量意识和创新意识,对教材编写过程中每个细节的工作都精益求精,使教材的质量达到了较高水平。

该系列教材编写过程中得到了德州仪器(TI)公司和 Altera 公司的大力支持,公司提供了许多宝贵的资料供在教材编写时选用。教材的编写中还参考了部分兄弟院校教师和学生的作品,由于这些作品中有的还没有正式发表,因而无法在参考文献中一一列出,在此一并表示感谢。

张有志

2014年3月于济南

# 前 言

---



随着电子技术的发展,社会对电子设计竞赛活动关注的持续升温,电子、通信和机电等专业的学生对电子产品制作工艺方面知识的需求越来越高,这些专业的学生应了解掌握这类的理论知识和应用技能,从而为日后独立开展工作打下较为宽广的基础,本书是为电子设计竞赛赛前培训和高职高专电子产品设计与制作课程教学需要而编写的,内容精练,实用,体现了“必需、够用”和精讲多练的原则。

本书主要以 HX108-2 型收音机作为载体,以 CDIO 作为项目教学理念,从元器件的识别与检测,到印刷电路板的设计与制作、元器件的插件焊接、整机装配与调试,再到电子产品检验与防护等方面,较为详细、系统地介绍了电子产品制作的步骤和工艺,把每个项目的实施过程分为“构思,设计,实现,运行”四个步骤。内容集中,结构紧凑,剪系统性强,着眼实用和应用,兼顾理论,课后习题附有相应的实训项目,可提高学生电子产品设计与制作的基础知识和实际应用能力,包括识别与检测元器件能力,识图、绘图能力,印刷电路板设计能力,仪器仪表使用能力,焊接能力,整机装配和调试应用能力等。

本书特色有以下几个方面:

(1) 与现有的电子设计竞赛培训教材不同,本书适用对象为高职高专类学生,全书概括了电子设计制作所必备的知识精华,具有很强的实用性,不仅能够满足电子设计竞赛的需求,而且有利于提高学生的职业素质和就业竞争能力。

(2) 全书以收音机的制作作为项目载体,每个项目的实施都体现 CDIO 的工程教育理念,贯穿了电子产品制作的整个过程,使学生在做项目的过程中提高项目构思、设计、实现和运行的能力,然后再运用这种能力去解决新的工程实际问题,从而提高学生对工作环环和技术发展的适应能力。

(3) 行业企业工程技术人员参与教材编写,可得到更多的先进技术支持,全书参考并借鉴了大量来自企业的工程实际案例。把他们丰富的工程实践经验引入教材,使教材内容更富新意,更贴近行业企业的应用实际。

本书不仅可用于高职高专学生全国电子设计竞赛的培训,还可用作高职高专学生电子设计制作的实训教材,对电子信息应用领域的工程技术人员也有较高的参考价值。

本书项目 1、项目 4、项目 5 及 2.4.2 节、3.4 节、6.1 节和 6.3 节由山东凯文科技职业学院的陈春艳编写,并完成全书的统稿,项目 2、项目 3(除 2.4.2 节和 3.4 节外)和附录 B



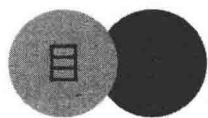
由湖北工业职业技术学院刘竹林编写,项目6(除6.1节和6.3节外)和项目7及附录A由济南职业学院的贾玉凤编写,全书由青岛锐捷智能仪器有限公司的许琳主审,并且提出了大量的宝贵建议,全书大纲由山东凯文科技职业学院的丁福强拟定并提出很多宝贵建议,该学院的殷宪忠老师和石家庄通合电子科技股份有限公司的李乃曦,淄博海信电子有限公司的田秀新也给本书提供了大量宝贵意见,在此一并深表谢意!

山东大学张有志教授和张平慧教授为本书的完成提供了很大的支持和帮助,在此表示感谢!同时也对给予我们支持帮助的同事和家人表示感谢!

由于编者水平有限,且时间仓促,书中难免存在错漏和不当之处,恳请读者批评指正!

编 者

2015年4月



项目 1 HX108-2 型收音机元器件识别与检验 .....	1
1.1 项目内容 .....	1
1.2 必备知识 .....	1
1.2.1 常用检验仪表 .....	1
1.2.2 常用电子元器件识别与检验 .....	4
1.3 项目实施 .....	30
1.3.1 构思——拟定元器件检测方案 .....	30
1.3.2 设计——编制作业指导书 .....	31
1.3.3 实现——完成检测过程 .....	33
1.3.4 运行——验收入库 .....	34
1.4 扩充知识 .....	35
1.4.1 常用电子元器件的合理选用 .....	35
1.4.2 质量控制与安全操作规程 .....	39
习题 1 .....	42
项目 2 HX108-2 型收音机印刷电路板设计 .....	43
2.1 项目内容 .....	43
2.2 必备知识 .....	43
2.2.1 认识电路板 .....	43
2.2.2 绘制 PCB 的工具软件介绍 .....	44
2.2.3 印刷电路板设计过程 .....	46
2.3 项目实施 .....	54
2.3.1 构思——制定 PCB 设计方案 .....	54
2.3.2 设计——编制作业指导书 .....	54
2.3.3 实现——按流程完成 PCB 绘制 .....	55
2.3.4 运行——检验与验收 .....	119
2.4 扩充知识 .....	124
2.4.1 常用菜单及功能快捷键 .....	124
2.4.2 印制板设计技巧 .....	125

习题 2 .....	129
项目 3 HX108-2 型收音机印刷电路板制作 .....	132
3.1 项目内容 .....	132
3.2 必备知识 .....	132
3.3 项目实施 .....	135
3.3.1 构思——拟定 PCB 制作方案 .....	135
3.3.2 设计——编制作业指导书 .....	136
3.3.3 实现——完成 PCB 制作过程 .....	136
3.3.4 运行——检验、验收 .....	154
3.4 扩充知识 .....	154
3.4.1 丝网印刷工艺制作印制板 .....	154
3.4.2 感光法制作印制板 .....	155
习题 3 .....	157
项目 4 HX108-2 型收音机的插装与焊接 .....	158
4.1 项目内容 .....	158
4.2 必备知识 .....	158
4.2.1 安全规则 .....	158
4.2.2 常用焊接材料和工具 .....	161
4.2.3 元器件的插装 .....	164
4.2.4 手工焊接 .....	169
4.2.5 焊点检验 .....	174
4.2.6 拆焊方法 .....	179
4.3 项目实施 .....	181
4.3.1 构思——拟定插装焊接方案 .....	181
4.3.2 设计——编制作业指导书 .....	182
4.3.3 实现——元器件的插装焊接 .....	184
4.3.4 运行——焊接质量检验 .....	186
4.4 扩充知识 .....	186
4.4.1 浸焊与波峰焊 .....	186
4.4.2 表面组装技术——SMT .....	189
习题 4 .....	194

项目 5 HX108-2 型收音机的整机装配 .....	198
5.1 项目内容 .....	198
5.2 必备知识 .....	198
5.2.1 常用装配工具 .....	198
5.2.2 整机装配工艺流程 .....	201
5.2.3 整机装配注意事项 .....	219
5.3 项目实施 .....	220
5.3.1 构思——拟定装配方案 .....	220
5.3.2 设计——编制作业指导书 .....	220
5.3.3 实现——完成整机装配 .....	221
5.3.4 运行——整机装配检验 .....	222
5.4 扩充知识 .....	223
5.4.1 整机装配工艺流程举例 .....	223
5.4.2 整机装配的质量检验 .....	226
习题 5 .....	227
项目 6 HX108-2 型收音机调试 .....	231
6.1 项目内容 .....	231
6.2 必备知识 .....	231
6.2.1 调试设备 .....	231
6.2.2 整机调试方法 .....	241
6.2.3 整机调试的要点 .....	248
6.3 项目实施 .....	249
6.3.1 构思——拟定调试方案 .....	249
6.3.2 设计——编制作业指导书 .....	249
6.3.3 实现——完成调试过程 .....	251
6.3.4 运行——调试结果分析 .....	258
6.4 扩充知识 .....	263
6.4.1 常见电子产品调试实例 .....	263
6.4.2 电子产品调试的工艺管理 .....	266
6.4.3 无线电调试工的技能要求 .....	269
习题 6 .....	270

项目 7 HX108-2 型收音机检验与防护 .....	273
7.1 项目内容 .....	273
7.2 必备知识 .....	273
7.2.1 检验的概念与分类 .....	273
7.2.2 外观检验 .....	277
7.2.3 性能检验 .....	278
7.2.4 防护的意义与技术要求 .....	281
7.2.5 防护工艺 .....	282
7.3 项目实施 .....	285
7.3.1 构思——选择检验与防护的方案 .....	285
7.3.2 设计——编制作业指导书 .....	286
7.3.3 实现——完成检验与防护 .....	287
7.3.4 运行——验收报告 .....	288
7.4 扩充知识 .....	289
7.4.1 电子产品的静电防护 .....	289
7.4.2 电子产品的雷击浪涌防护 .....	297
习题 7 .....	300
附录 A 常用电气图形符号 .....	301
附录 B 2012 年全国职业院校技能大赛评分依据 .....	303
参考文献 .....	305

# 项目 1 HX108-2 型收音机元器件识别与检验

电子元器件是在电路中具有独立电气功能的基本单元。元器件是电子产品制作过程中必不可少的基本材料,在电子产品中占有重要地位。熟悉和掌握各类元器件的性能、特点和使用方法等,对电子产品的设计和制造有十分重要的作用。

## 1.1 项目内容

电子设备的可靠性问题在工业、军事和民用等部门得到广泛重视,实践证明,设计和生产定型后,投入使用的整机设备发生故障的原因,70%左右出自某个元器件的失效。为了保证电子产品能够稳定、可靠地长期工作,必须在装配前对所使用的电子元器件进行检验,其目的在于验证一批元器件是否合格。本项目主要内容是通过对 HX108-2 型收音机元器件的识别及检验,来掌握一般电子产品制作过程中元器件的检验筛选方法,为确保生产的整机设备产品质量和可靠性奠定基础。

## 1.2 必备知识

### 1.2.1 常用检验仪表

“万用表”是万用电表的简称,是电子制作的一个必不可少的工具。万用表能测量电流、电压、电阻、有的还可以测量三极管的放大倍数、频率和电容值等。万用表有很多种,其中包括机械指针式万用表和数字式万用表。

#### 1. 指针式万用表

(1) 测量电阻:先将表笔搭在一起短路,使指针向右偏转,随即调整  $\Omega$  调零旋钮,使指针恰好指到 0。然后将两根表笔分别接触被测电阻(或电路)两端,读出指针在欧姆刻度线(第一条线)上的读数,再乘以该挡标的数字,就是所测电阻的阻值。例如用  $R \times 100$  挡测量电阻,指针指在 80,则所测得的电阻值为  $80 \times 100 = 8k$ 。由于  $\Omega$  刻度线左部读数较密,难于看准,所以测量时应选择适当的欧姆挡。使指针在刻度线的中部或右部,这样读数比较清楚准确。每次换挡,都应重新将两根表笔短接,重新调整指针到零位,才能测

准,如图 1.1 所示(以 MF47 型为例)。通过转换开关的旋钮来改变测量项目和测量量程。机械调零旋钮用来保持指针在静止时处在左零位。 $\Omega$ 调零旋钮是用来测量电阻时使指针对准右零位,以保证测量数值准确。

指针式万用表欧姆挡使用的注意事项:

① 选择合适的倍率。在欧姆表测量电阻时,应选适当的倍率,应使表针偏转至中心刻度附近(电阻挡的设计是以中心刻度为标准的)。最好不使用刻度左边三分之一的部分,这部分刻度密集会导致测量精度很差;

② 使用前要调零,每次转换量程之后应重新调零;

③ 不能带电测量;

④ 被测电阻不能有并联支路;

⑤ 测量晶体管和电解电容等有极性元器件的等效电阻时,必须注意两支表笔的极性;

⑥ 用万用表不同倍率的欧姆挡测量非线性元器件的等效电阻时,测出电阻值是不相同的。这是由于各挡位的中值电阻和满刻度电流各不相同所造成的,机械表中,一般倍率越小,测出的阻值越小。

(2) 测量直流电压、电流:使用前应首先检查指针是否在零位,若不在零位应进行机械零位调整,使指针调至零位。其次正确连接表笔,红表笔应插入标有“+”的插孔,黑表笔插入“-”的插孔。测直流电流和直流电压时,红表笔连接被测电压、电流的正极,黑表笔接负极。

指针万用表测量直流电压、电流时。

① 合理选择量程挡:测量电压、电流时,应使指针偏转至满刻度的  $1/2$  或  $2/3$  以上。使用万用表电压挡测量电压时,应将万用表并联在被测电路中。使用万用表电流挡测量电流时,应将万用表串联在被测电路中,因为只有串联才能使流过电流表的电流与被测支路电流相同。测量时,应断开被测支路,将万用表红、黑表笔串接在被断开的两点之间。特别注意电流表不能并联连接在被测电路中,这样做是很危险的,极易使万用表烧毁。

② 量程转换:应先断电,绝对不允许带电换量程,如需换挡,应先断开表笔,换挡后再去测量;切不可使用电流挡或欧姆挡测电压,否则会损坏万用表。

③ 注意被测电量极性。

④ 正确使用刻度和读数。

(3) 用欧姆挡判断二极管的极性时,注意+插孔是接表内电池的负极,-插孔是接表内电池的正极。

(4) 测交流电压、电流时,注意被测量的必须是正弦交流电压、电流,而被测信号的频率也不能超过说明书上的规定。

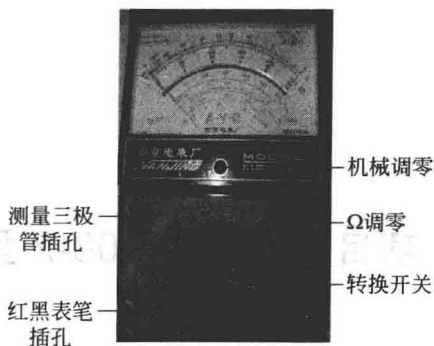


图 1.1 指针式万用表

万用表在使用时,必须水平放置,以免造成误差。同时,还要注意避免外界磁场对万用表的影响。指针万用表使用完毕,将转换开关放在交流电压最大挡位,避免损坏仪表。

## 2. 数字式万用表

数字万用表采用了集成电路模数转换器和数显技术,将被测量的数值直接以数字形式显示出来。数字万用表显示清晰直观,读数准确,与模拟万用表相比,其各项性能指标均有大幅度提高。

(1) 使用方法及注意事项。

① 插孔的选择。数字万用表一般有四个表笔插孔,测量时黑表笔插入 COM 插孔,红表笔则根据测量需要,插入相应的插孔。测量电压和电阻时,应插入 V/ $\Omega$  插孔;测量电流时注意有两个电流插孔,一个是测量小电流的,一个是测量大电流的,应根据被测电流的大小选择合适的插孔。如图 1.2 所示为数字式万用表。



图 1.2 数字式万用表

② 测量量程的选择。根据被测量选择合适的量程范围,测直流电压置于 DCV 量程,测交流电压置于 ACV 量程,测直流电流置于 DCA 量程,测交流电流置于 ACA 量程,测电阻置于  $\Omega$  量程。

- 当数字万用表仅在最高位显示 1 或 -1 时,说明已超过量程,须调整量程。
- 用数字万用表测量电压时,应注意它能够测量的最高电压(交流有效值),以免损坏万用表的内部电路。
- 测量未知电压、电流时,应将功能转换开关先置于高量程挡,然后再逐步调低,直到合适的挡位。
- 与模拟表不同,数字万用表红表笔接内电池的正极,黑表笔接内部电池的负极。测量二极管时,将功能开关置于  $\rightarrow|$  挡,这时的显示值为二极管的正向压降,单位为 V,若二极管接反,则显示为 1。
- 测量晶体管的  $h_{fe}$  时,由于工作电压仅为 2.8V,测量的只是一个近似值。
- 测量完毕,应立即关闭电源;若长期不用,则应取出电池,以免漏电。

(2) 指针式万用表和数字式万用表的选用。

① 在电压挡,指针表内阻相对数字表来说比较小,测量精度相比较差。某些高电压微电流的场合甚至无法测准,因为其内阻会对被测电路造成影响(例如在测电视机显像管的加速级电压时测量值会比实际值低很多)。数字表电压挡的内阻很大,至少在兆欧级,对被测电路影响很小。但极高的输出阻抗使其易受感应电压的影响,在一些电磁干扰比较强的场合测出的数据可能是虚的。

② 测喇叭、耳机和动圈式话筒:应选用指针式万用表  $R \times 1\Omega$  挡,任一表笔接一端,另一表笔点触另一端,正常时会发出清脆响亮的“哒”声。如果不响,则是线圈断了,如果响声小而尖,则是有擦圈问题,也不能用。数字式万用表则无法测出。

③ 测电容:可选用指针式万用表电阻挡,根据电容容量选择适当的量程,一般情况



下,电容容量越小,选择的电阻欧姆挡容量越大,并注意测量时对于电解电容黑表笔要接电容正极。估测微皮法级电容容量的大小时:可凭经验或参照相同容量的标准电容,根据指针摆动的最大幅度来判定。

### 3. LCR 测试仪

LCR 测试仪能准确并稳定地测定各种各样的元器件参数,主要是用来测试电感、电容和电阻的测试仪。它具有功能直接、操作简便等特点,在电子产品生产进货检验、电子维修业对元器件的测试等方面应用较广。LCR 测试仪的使用方法:在测量电阻时,将红黑表笔分别接到 V/ $\Omega$  插孔和 COM 孔,选择好电阻量程进行测量,在测量电容、电感元器件时,将红黑表笔接到 C/L 插孔,选择好电容量量程或电感量量程进行电容量和电感量的测量,在显示屏上直接读取其数值。LCR 测试仪如图 1.3 所示。



图 1.3 LCR 测试仪

## 1.2.2 常用电子元器件识别与检验

各种家用电器上都普遍采用的元器件称为通用元器件,它们主要有电阻器、电容器、电感、变压器、晶体二极管、晶体三极管、集成电路和扬声器等。除此之外各种家用电器还有一些专用的元器件。任何复杂的电路都是电子元器件有机组合的结果,电路工作原理的分析实质就是对电路中电子元器件作用的分析,进一步讲就是运用电子元器件特性,对各种组成电路进行分析,可见掌握电子元器件知识对电路工作原理分析的重要性。识别电子元器件是第一要素。对某个具体的电子元器件识别主要有四个步骤:外形特征识别→电路符号识别与实物对应→引脚识别和引脚极性识别→元器件参数识别。

### 1. 电阻器

电阻器是所有电子装置中应用最为广泛的一种元器件,在电路中的主要用途有:限流、降压、分压、分流、阻抗匹配、负载、阻尼和取样等。

#### 1) 电阻器的分类

电阻器分为固定电阻器、可变电阻器和特殊电阻器。阻值不能改变的称为固定电阻器。阻值可变的称为电位器或可变电阻器。特殊电阻器分为保险电阻、敏感电阻器。部分常见电阻器的外形图如图 1.4 所示。