



全国高等职业教育规划教材

电子工艺与技能 实训教程

主 编 夏西泉 刘良华
副主编 王锡惠 曾 春



电子课件下载网址 www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



全国高等职业教育规划教材

电子工艺与技能实训教程

主 编	夏西泉	刘良华
副主编	王锡惠	曾 春
参 编	代才莉	刘 鹏
主 审	任德齐	



机械工业出版社

全书以理论够用为度、注重培养学生的实践基本技能为目的,具有指导性、可实施性和可操作性的特点。全书共分9章,主要内容包括常用电子元器件的结构、主要参数、识别与判别;PCB的设计基础、工艺流程、手工制作的方法与步骤;PCB焊接基础、手工焊接、浸焊操作要领与步骤;导线的加工工艺流程、焊接种类、形式和方法;电子产品组装中元器件加工与安装方法、整机组装中连接种类及工艺过程;电子产品调试方案设计、调试种类和方法;组装与调试技能在电子产品实例中的应用;常用表面贴装元器件的类型、主要参数、识别与判别以及表面贴装元器件的贴焊工艺与常用表面安装设备操作工艺流程;工艺文件的编制、电子产品质量管理及ISO 9000标准等。

本书内容丰富,取材新颖,图文并茂,直观易懂,具有很强的实用性,可供高等职业院校电子信息技术、通信技术、电气工程、自动化等专业的学生使用,也可作为实践指导教师和从事电子工作的工程技术人员的参考用书。

本书配套授课电子教案,需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册、审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 1239258369,电话: 010-88379739)。

图书在版编目(CIP)数据

电子工艺与技能实训教程 / 夏西泉, 刘良华主编. —北京: 机械工业出版社, 2011.7

全国高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-34459-9

I. ①电… II. ①夏… ②刘… III. ①电子技术—高等职业教育—教材 IV. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第100785号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑: 王颖 版式设计: 张世琴

责任校对: 肖琳

责任印制: 乔宇

北京汇林印务有限公司印刷

2011年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·18.25印张·448千字

0001-3000册

标准书号: ISBN 978-7-111-34459-9

定价: 33.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

全国高等职业教育规划教材电子类专业 编委会成员名单

主 任 曹建林

副 主 任 张中洲 张福强 董维佳 俞 宁 杨元挺 任德齐
华永平 吴元凯 蒋蒙安 祖 炬 梁永生

委 员 (按姓氏笔画排序)

尹立贤	王用伦	王树忠	王新新	邓 红	任艳君
刘 松	刘 勇	华天京	吉雪峰	孙学耕	孙津平
朱咏梅	朱晓红	齐 虹	张静之	李菊芳	杨打生
杨国华	汪赵强	陈子聪	陈必群	陈晓文	季顺宁
罗厚军	姚建永	钮文良	聂开俊	袁 勇	袁启昌
郭 勇	郭 兵	郭雄艺	高 健	崔金辉	曹 毅
章大钧	黄永定	曾晓宏	蔡建军	谭克清	

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 戴红霞

出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近60所高等职业院校的骨干教师对在2001年出版的“面向21世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

随着电子信息技术的迅速发展,电子工艺水平也取得了长足的进步,这为现代电子企业提高产品的质量和可靠性奠定了坚实的基础。但是,要生产出外观时尚、功能齐全的现代电子数码产品,仅有先进的设备与生产线显然是不够的,还需要大量熟练掌握电子工艺技能、熟悉现代化电子产品生产全过程的技能型专门人才。

近年来,我国高等职业教育蓬勃发展,职业教育改革也在不断深入,为了培养大量高素质技能型专门人才,国家号召各高职院校大力推行工学结合、突出实践能力的人才培养模式改革,加强校企合作、突出实训、实习基地建设,以达到改善办学条件、彰显办学特色、全面提高教学质量的目的。这在政策和理念上为高技能人才培养提供了保障机制。

为此,编者结合新世纪职业教育的特点和多年从事电子工艺教学实践,本着以理论够用为度,注重培养读者的实践基本技能为目的编写了这本教材,旨在使读者具备电子工艺与品质管理等方面的基础知识,具有电子产品生产领域中的工艺设计、制作、调试、安装和日常维修等相关能力,以满足现代电子企业对电子工艺性人才的日益需求。

本书在编写中具有如下特点:

1) 力求反映新知识、新技术、新工艺、新方法。本书既有传统元器件的识别与判别、PCB手工制作及焊接、电路静态与动态调试等内容;也有 SMT 元器件的识别与判别、SMT 贴焊技术、CAD 软件设计 PCB、IPC-A-610D(电子组件的可接受性要求)评价标准等关于 SMT 的工艺知识;还引入了现代化生产过程中质量管理和质量保证标准——ISO 9000 系列标准;同时,也增加了 LCD、PDP、触摸屏等广泛应用的新器件,以达到反映知识更新和科技发展最新动态的目的。

2) 力求体现训练的可操作性、机型的典型性。本书紧密联系实际,突出技能训练,全书共有 26 个技能项目,主要包括常用元器件识别与检测、PCB 设计与制作、手工焊接、电路板组装及调试、SMT 设备操作及工艺流程、工艺文件编制等内容。各训练项目均具可操作性,这对加强学生实践技能的培养起到了极其重要的作用。另外,选用了 3 个通用而又典型的电子产品作为整机安装与调试的综合训练项目,旨在培养学生综合运用知识解决实际问题的能力。

3) 力求体现技能项目的多样性与趣味性相结合。本书技能训练项目中既可操作到指针式万用表、普通示波器、热风焊枪、BGA 植锡等仪表和新型手工焊接设备;也可操作到数字万用表、数字电桥、DDC 数字信号发生器、数字存储示波器等新型调测设备;还可操作到 PC、激光打印机以及快速制作 PCB 的设备;更要操作到锡膏印刷机、贴片机、回流焊机以及 SMT 相关检测等设备,这些都大大地增加了本书的趣味性。尤其是 PCB 的制作成功,小型电子产品——收音机、开关电源、声光延时控制器的装调成功,更能体现学生的成就感。

4) 力求做到技能操作与职场健康安全意识相配合。本书技能训练项目中,不管是在检测与调试的误差、生产环节的用电安全等方面,还是在设备的安装连接、操作安全等方面都以“实训注意事项”的形式给予提示,意在零距离培养读者掌握比较全面而细致的管理规范 and 具备现场操作安全意识,以保证企业操作者的生命和财产安全,实现企业经济可持续发展。

5) 力求做到内容丰富全面、通俗易懂、各章相对独立。本书既有传统电子工艺方面的知识,也有现代电子产品大量使用的 SMT 方面的内容,还有企业产品质量管理和保证的标准。全书内容丰富、取材新颖、图文并茂、直观易懂,具有很强的实用性,且各章相对独立,易于选取。

本书建议安排学时数为:40~70 学时,使用者可根据自身的办学条件与设备的投入灵活地选择内容。

本书由夏西泉、刘良华担任主编,王锡惠、曾春担任副主编,代才莉、刘鹏为参编。第 3 章由刘良华编写,第 4 章由曾春编写,第 5 章由王锡惠编写,第 6 章由代才莉编写,第 9 章由刘鹏编写,第 1 章、第 2 章、第 7 章、第 8 章由夏西泉编写,且负责全书统稿和定稿工作。

本书在编写过程中,参考了国内大量学者科研成果和网络资源,得到了重庆电子工程职业学院包华林院长的悉心指导,重庆工商职业学院任德齐教授审阅了全书,并提出了许多宝贵的意见和建议。另外,在图形图片的处理和文字的校对方面也得到了赖永会老师的大力支持,在此一并致以诚挚的谢意。

由于现代电子工艺技术发展极为迅速,加上作者水平有限和编写时间仓促,书中出现一些错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评与指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

第1章 常用电子元器件 1

1.1 电阻器 1

1.1.1 固定电阻器 1

1.1.2 可变电阻器 5

1.1.3 敏感电阻器 8

1.1.4 技能实训1——电阻器的识别与判别 13

1.2 电容器 15

1.2.1 固定电容器 15

1.2.2 可变电容器 18

1.2.3 技能实训2——电容器的识别与判别 19

1.3 电感器 21

1.3.1 线圈类电感器 22

1.3.2 变压器类电感 24

1.3.3 技能实训3——电感器的识别与判别 25

1.4 晶体二极管与单结晶体管 28

1.4.1 晶体二极管 28

1.4.2 特殊二极管 31

1.4.3 单结晶体管 33

1.4.4 技能实训4——晶体二极管与单结晶体管的识别与判别 35

1.5 晶体管与场效应晶体管 37

1.5.1 晶体管 37

1.5.2 场效应晶体管 42

1.5.3 技能实训5——晶体管与场效应晶体管的识别与判别 44

1.6 晶体闸流管 46

1.6.1 单向晶闸管 46

1.6.2 双向晶闸管 47

1.6.3 可关断晶闸管 48

1.6.4 技能实训6——晶体闸流管的识别与判别 48

1.7 光敏器件 50

1.7.1 光敏二极管 50

1.7.2 光敏晶体管 51

1.7.3 光耦合器 52

1.7.4 技能实训7——光敏器件的识别与判别 53

1.8 电声器件 55

1.8.1 传声器 56

1.8.2 扬声器 57

1.8.3 技能实训8——电声器件的识别与判别 58

1.9 显示器件 60

1.9.1 LED数码管 60

1.9.2 LCD显示器 61

1.9.3 PDP显示屏 63

1.9.4 触摸显示屏 63

1.9.5 技能实训9——显示器件的识别与判别 66

1.10 开关器件 68

1.10.1 继电器 68

1.10.2 熔断器 72

1.10.3 技能实训10——开关器件的识别与判别 73

1.11 习题 74

第2章 PCB的设计与制作 76

2.1 PCB设计基础 76

2.1.1 覆铜板概述 76

2.1.2 PCB常用术语介绍 77

2.1.3 PCB设计规则 78

2.1.4 PCB高级设计 81

2.2 PCB 设计实例	84	3.3.7 技能实训 14——PCB 手工焊接 ...	118
2.2.1 电路原理图的设计流程	84	3.4 浸焊和波峰焊	121
2.2.2 网络表的产生	85	3.4.1 浸焊	121
2.2.3 印制电路板的设计流程	85	3.4.2 波峰焊	122
2.2.4 技能实训 11——PCB 的设计	86	3.4.3 技能实训 15——PCB 手工浸焊 ...	123
2.3 PCB 制作基本过程	93	3.5 新型焊接	125
2.3.1 胶片制版	94	3.5.1 激光焊接	125
2.3.2 图形转移	94	3.5.2 电子束焊接	126
2.3.3 化学蚀刻	95	3.5.3 超声焊接	126
2.3.4 过孔与铜箔处理	95	3.6 习题	126
2.3.5 助焊与阻焊处理	95	第 4 章 导线加工与焊接	128
2.4 PCB 的生产工艺	95	4.1 常用材料	128
2.4.1 单面 PCB 生产流程	95	4.1.1 常用导线	128
2.4.2 双面 PCB 生产流程	96	4.1.2 常用绝缘材料	130
2.4.3 多层 PCB 生产流程	97	4.2 导线加工工艺	131
2.5 PCB 的手工制作	97	4.2.1 绝缘导线的加工工艺	131
2.5.1 漆图法制作 PCB	98	4.2.2 线扎的成形加工工艺	133
2.5.2 贴图法制作 PCB	99	4.2.3 屏蔽导线的加工工艺	134
2.5.3 刀刻法制作 PCB	99	4.2.4 技能实训 16——导线加工	135
2.5.4 感光法制作 PCB	99	4.3 导线焊接工艺	138
2.5.5 热转印法制作 PCB	99	4.3.1 导线焊前处理	139
2.5.6 技能实训 12——PCB 的手工 制作	100	4.3.2 导线焊接种类	139
2.6 习题	106	4.3.3 导线焊接形式	140
第 3 章 PCB 的焊接技术	107	4.3.4 导线拆焊方法	141
3.1 常用焊接材料与工具	107	4.3.5 技能实训 17——导线焊接	141
3.1.1 常用焊接材料	107	4.4 习题	144
3.1.2 常用焊接工具	109	第 5 章 电子产品装配工艺	145
3.1.3 技能实训 13——常用焊接工具 检测	111	5.1 组装基础	145
3.2 焊接条件与过程	112	5.1.1 组装内容与级别	145
3.2.1 焊接基本条件	112	5.1.2 组装特点与方法	146
3.2.2 焊接工艺过程	113	5.1.3 组装技术的发展	146
3.3 PCB 手工焊接	114	5.2 印制电路板组装	147
3.3.1 手工焊接姿势	114	5.2.1 元器件加工	147
3.3.2 手工焊接步骤	114	5.2.2 元器件安装	149
3.3.3 手工焊接要领	115	5.2.3 印制电路板组装方式	151
3.3.4 焊点基本要求	116	5.2.4 技能实训 18——HX108-2 型 收音机电路组装	152
3.3.5 缺陷焊点分析	117	5.3 整机组装	155
3.3.6 手工拆焊技术	117	5.3.1 整机组装过程	155
		5.3.2 整机连接	156

5.3.3 整机总装	160	7.1.2 电路组装	183
5.3.4 技能实训 19——HX108—2 型 收音机整机组装	161	7.1.3 整机装配	185
5.4 整机质检	164	7.1.4 技能实训 21——HX108—2 型 调幅收音机动态调试	186
5.4.1 外观检查	164	7.2 JMD20 型小体积开关电源的 装调	192
5.4.2 电路检查	164	7.2.1 电路原理	193
5.4.3 出厂试验	164	7.2.2 电路组装	195
5.4.4 型式试验	165	7.2.3 整机装配	196
5.5 习题	165	7.2.4 技能实训 22——JMD20 型小体积开 关电源整机调试	196
第 6 章 电子产品调试工艺	166	7.3 DT—8 型声光延时控制器的 装调	204
6.1 调试过程与方案	166	7.3.1 电路原理	204
6.1.1 生产阶段调试	166	7.3.2 电路组装	206
6.1.2 调试方案设计	167	7.3.3 整机装配	207
6.1.3 调试工艺卡举例	168	7.3.4 技能实训 23——DT—8 型声光延 时控制器整机调试	208
6.2 静态测试	168	7.4 习题	210
6.2.1 静态测试内容	169	第 8 章 表面贴装技术 (SMT)	211
6.2.2 电路调整方法	170	8.1 SMT 概述	211
6.3 动态测试	170	8.1.1 安装技术的发展概况	211
6.3.1 动态电压测试	170	8.1.2 SMT 的特点	212
6.3.2 波形测试	170	8.1.3 SMT 生产线分类	212
6.3.3 幅频特性测试	172	8.1.4 SMT 设备组成	213
6.4 在线测试	172	8.2 表面安装元器件	214
6.4.1 生产故障分析 (MDA)	172	8.2.1 无源器件 (SMC)	214
6.4.2 在线电路测试 (ICT)	172	8.2.2 有源器件 (SMD)	218
6.4.3 功能测试 (FT)	173	8.2.3 技能实训 24——SMC/SMD 的 识别与判别	220
6.5 自动测试	173	8.3 SMC/SMD 的贴焊工艺	223
6.5.1 自动测试流程	173	8.3.1 SMC/SMD 的贴装方法	224
6.5.2 自动测试硬件设备	173	8.3.2 SMC/SMD 的贴装类型	224
6.5.3 自动测试软件系统	173	8.3.3 SMC/SMD 的焊接方式	225
6.6 收音机电路调试	174	8.3.4 SMC/SMD 的焊接特点	226
6.6.1 直流调试	174	8.3.5 技能实训 25——SMC/SMD 的 手工焊接	226
6.6.2 交流调试	174	8.4 表面安装设备介绍	231
6.6.3 电路故障原因	175	8.4.1 焊膏印刷机	231
6.6.4 技能实训 20——HX108—2 型 收音机静态调试	175	8.4.2 贴片机	237
6.7 习题	180		
第 7 章 电子产品装调实例	181		
7.1 HX108—2 型调幅收音机的 装调	181		
7.1.1 电路原理	181		

8.4.3 回流焊机	245	9.2 电子产品质量管理	272
8.4.4 检测设备	252	9.2.1 质量管理概述	272
8.5 习题	257	9.2.2 产品设计质量管理	272
第9章 工艺文件与质量管理	259	9.2.3 产品试制质量管理	272
9.1 电子产品工艺文件	259	9.2.4 产品制造质量管理	273
9.1.1 工艺文件基础	259	9.2.5 ISO 9000 标准	273
9.1.2 编制工艺文件	261	9.2.6 质量认证意义与程序	276
9.1.3 工艺文件的成套性	262	9.2.7 3C 强制认证	277
9.1.4 技能实训 26——HX108—2 型 收音机装配工艺文件编制	263	9.3 习题	278
		参考文献	279

第1章 常用电子元器件

本章要点

- 能描述电阻器、电容器和电感器等元件的性能、特征和用途
- 能描述晶体二极管、晶体管、场效应晶体管和晶闸管等器件的性能、特征和用途
- 能描述电声器件（传声器和扬声器）的性能、特征和用途
- 能描述光电器件（光电二极管、光敏晶体管、光耦合器）的性能、特征和用途
- 能描述显示器件（LED、LCD、PDP 和触摸屏）的性能、特征和用途
- 能描述开关器件（继电器和熔断器）的性能、特征和用途
- 会正确识别电阻器、电容器和电感器等元件
- 会正确识别晶体二极管、晶体管、场效应晶体管和晶闸管等器件
- 会正确识别电声器件、光耦合器等器件
- 会正确识别继电器、LED 数码管等器件
- 能熟练检测和判别电阻器、电容器和电感器等器件的好坏
- 能熟练检测和判别晶体二极管、晶体管、场效应晶体管和晶闸管等器件的好坏
- 能熟练检测和判别电声器件、光电器件的好坏
- 能熟练检测和判别显示器件、开关器件的好坏

1.1 电阻器

电阻器是电子产品中使用得最多且必不可少的一种元件，它在电路中具有限流、分压、检测、阻抗匹配等作用。可将电阻器分为固定电阻器、可变电阻器和敏感电阻器。下面就这3类电阻器的基本特性进行具体介绍。

1.1.1 固定电阻器

1. 常见固定电阻器实物、单位与电路符号

1) 常见固定电阻器实物如图 1-1 所示。

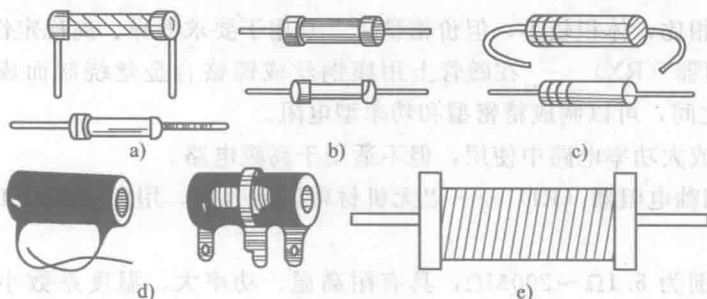


图 1-1 常见固定电阻器实物图

a) 碳膜电阻器 b) 金属膜电阻器 c) 碳质电阻器 d) 线绕电阻器 e) 精密线绕电阻器

2) 常见固定电阻器的单位与电路符号

常见固定电阻器在使用中常用的单位有：欧 [姆] (Ω)、千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$) 和吉欧 ($G\Omega$) 等，其换算关系为 $1G\Omega=10^3 M\Omega=10^6 k\Omega=10^9 \Omega$ 。

固定电阻器的文字符号用“R”来表示。在电子产品中，固定电阻器的电路符号如图 1-2 所示。

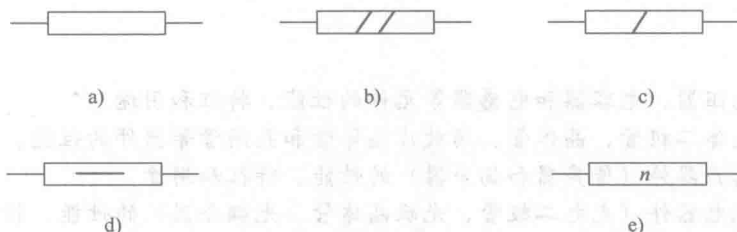


图 1-2 固定电阻器的电路符号

a) 一般符号 b) 1/8W 电阻器 c) 1/4W 电阻器 d) 1/2W 电阻器 e) nW 电阻器

2. 常见固定电阻器的结构特征与命名方法

(1) 常见固定电阻器的结构特征

1) 碳膜电阻器 (RT) ——在陶瓷骨架表面上沉积成碳结晶导电膜而形成。其结构如图 1-3 所示。

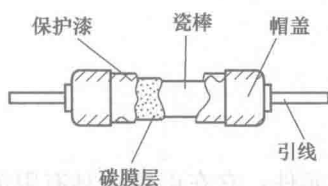


图 1-3 碳膜电阻器的结构图

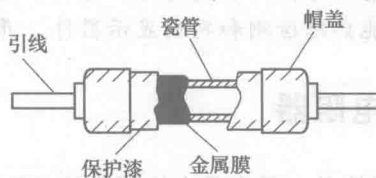


图 1-4 金属膜电阻器的结构图

碳膜电阻的阻值范围在 $1\Omega\sim 10M\Omega$ 之间，价格低廉，广泛用于各种电子产品中。

2) 金属膜电阻器 (RJ) ——在陶瓷骨架表面，经真空高温或烧渗工艺蒸发沉积一层金属膜或合金膜而形成。其结构如图 1-4 所示。

金属膜电阻的阻值范围在 $1\Omega\sim 10M\Omega$ 之间，温度系数小，稳定性好，噪声低，与同功率下的碳膜电阻相比，体积较小，但价格稍贵，常用于要求低噪、高稳定性的电路中。

3) 线绕电阻器 (RX) ——在磁管上用康铜丝或镍铬合金丝绕制而成。其阻值范围在 $0.01\Omega\sim 10M\Omega$ 之间，可以制成精密型和功率型电阻。

常在高精度或大功率电路中使用，但不适用于高频电路。

4) 金属玻璃釉电阻器 (RI) ——以无机材料做粘合剂，用印刷烧结工艺在陶瓷基体上形成电阻膜。

其电阻值范围为 $5.1\Omega\sim 200M\Omega$ ，具有耐高温、功率大、温度系数小、耐湿性好的特点。常用它制成小型化贴片电阻。

5) 实心电阻器 (RS) ——在用有机树脂和碳粉合成电阻率不同的材料后热压而成。

其电阻值范围为 $4.7\Omega \sim 22M\Omega$ ，过负荷能力强，不易损坏，可靠性高，价格低廉，但其他性能都较差，常用在高可靠性的电路中。

6) 合成碳膜电阻器 (RH) —— 有高压型和高阻型的电阻器。

高压型电阻的阻值范围为 $47 \sim 10^3 M\Omega$ ，耐压分成 10kV 和 35kV 的两档；高阻型电阻的阻值范围更大，在 $10 \sim 10^6 M\Omega$ 范围之内。

7) 电阻排 (集成电阻) —— 运用掩膜、光刻、烧结等工艺技术，在一块基片上制成多个参数、性能一致的电阻器。目前广泛应用在微控制器的电子产品中。

(2) 常用固定电阻器的命名方法

根据国家标准 GB2470—81 的规定，电阻器的命名方法示意图如图 1-5 所示。其中电阻器的材料、分类代号及其含义如表 1-1 所示。

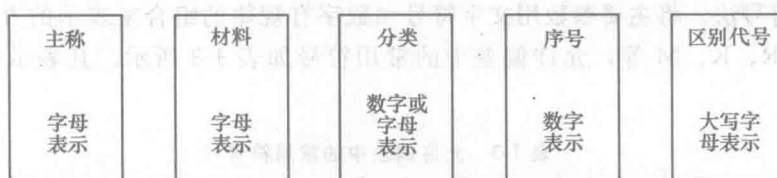


图 1-5 电阻器的命名方法示意图

主称常用 R 表示一般电阻器，用 W 来表示电位器，用 M 表示敏感电阻器。

表 1-1 电阻器的材料、分类代号及其含义

材 料		分 类					
字母代号	含 义	数字代号	含 义		字母代号	含 义	
			电阻器	电位器		电阻器	电位器
T	碳 膜	1	普 通	普 通	G	高功率	/
H	合 成 膜	2	普 通	普 通	T	可 调	/
S	有机实心	3	超高频	/	W	/	微 调
N	无机实心	4	高 阻	/	D	/	多 圈
J	金 属 膜	5	高 温	/	说明：		
Y	氧 化 膜	6	/	/			
C	沉 积 膜	7	精 密	精 密			
I	玻璃釉膜	8	高 压	函 数			
X	线 绕	9	特 殊	特 殊			

例如，RJ71 型为精密金属膜电阻器。WSW1A 型为微调有机实心电位器。

3. 电阻器的主要参数

(1) 标称值与允许偏差

标注在电阻体上的标准值称为电阻器的标称值。但是，电阻器的实际值往往与标称值不完全相符，即存在一定的误差，如果误差在允许的范围之内，该电阻器就是合格器件。

按规定，电阻器的标称阻值应符合阻值系列中的数值。常用电阻器标称值系列列表如表 1-2 所示。

表 1-2 常用电阻器标称值系列表

系列	偏差	标称值
E24	I 级±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	II 级±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	III 级±20%	1.0、1.5、2.2、3.3、4.7、6.8

电阻器的标称值和偏差在电阻体上标注的方法有以下几种。

1) 直标法。将主要参数直接标注在元件表面上的方法。这种方法主要用于体积较大的元器件，其表示方法如图 1-6a 所示。

2) 文字符号法。将主要参数用文字符号和数字有规律的组合来表示的方法。标称值中常用符号是：R、K、M 等，允许偏差中的常用符号如表 1-3 所示。其表示方法如图 1-6b 所示。

表 1-3 允许偏差中的常用符号

文字符号	W	B	C	D	F	G	J	K	M	N	R	S	Z
偏差/ (%)	±0.05	±0.1	±0.2	±0.5	±1	±2	±5	±10	±20	±30	+100 -10	+50 -20	+80 -20

例如，2R2K 即 $(2.2 \pm 0.22) \Omega$ ；R33J 即 $(0.33 \pm 0.165) \Omega$ 。

3) 数码法。用 3 位数码来表示电阻值的方法，其允许偏差通常用字母符号表示。识别方法是，从左到右第 1、2 位为有效数值，第 3 位为乘数（即零的个数），单位为 Ω ，常用于贴片元件。其表示方法如图 1-6c 所示。

例如，103K 标称值为 $10k\Omega$ ，允许偏差为 K。

222J 标称值为 $2.2k\Omega$ ，允许偏差为 J。

4) 色标法。用不同的颜色点或环来表示电阻器主要参数的方法。其中的颜色是有具体规定的。色标符号的规定如表 1-4 所示。

表 1-4 色标符号的规定

颜色 参数	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	黑	金	银	无
有效数字	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	/	/	/
乘数	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^0	10^{-1}	10^{-2}	/
偏差/(%)	±1	±2	/	/	±0.5	±0.25	±0.1	/	+50 -20	/	±5	±10	±20
额定电压/V	6.3	10	16	25	32	40	50	63	/	4	/	/	/

色标法的电阻器有四色环标注和五色环标注两种，前者用于普通电阻器，后者用于精密电阻器。

四色环电阻器的识别方法是：从左到右第一、二色环表示有效值，第三色环表示乘数（即零的个数），第四色环表示允许偏差，单位为 Ω 。其表示方法如图 1-6d 所示。

五色环电阻器的识别方法是：从左到右第一、二和三色环表示有效值，第四色环表示乘数（即零的个数），第五色环表示允许偏差，单位为 Ω 。电阻器标称值与偏差的表示方法示意图如图 1-6e 所示。

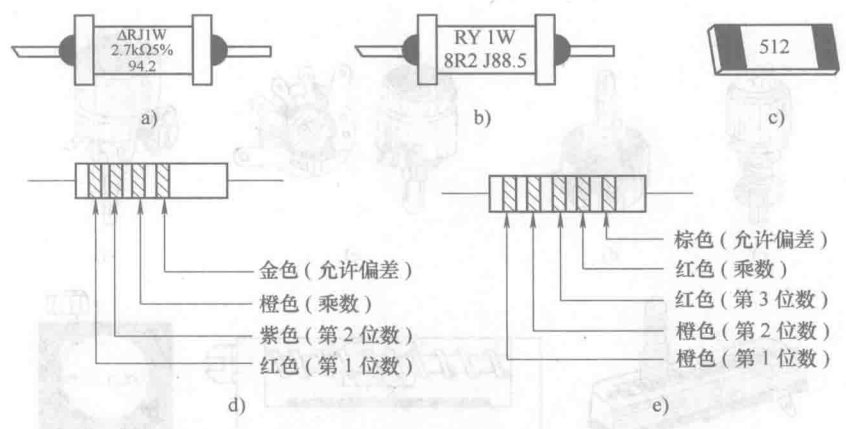


图 1-6 电阻器标称值与偏差的表示方法示意图

a) 直标法 b) 文字符号法 c) 数码法 d) 四色环色标法 e) 五色环色标法

色环电阻识读技巧：①金、银色只能出现在色环的第三、四位的位置上，而不能出现在色环的第一、二位上。②从色环间的距离看，距离最远的一环是最后一环即允许偏差环。③从色环距电阻引线的距离看，离引线较近的一环是第一环。④均无以上特征，且能读出两个电阻值，可根据电阻的标称系列标准判别，若在其内者，则识读顺序是正确的；若两者都在其中，则只能借助于万用表来加以识别。

(2) 额定功率

电阻器额定功率是指在正常条件下，电阻器长期连续工作并满足规定的性能要求时，所允许消耗的最大功率。电阻器额定功率系列如表 1-5 所示。

表 1-5 电阻器额定功率系列 (单位: W)

非线性电阻	0.05、0.125、0.25、0.5、1、2、5、10、25、50、100
线绕电阻	0.125、0.25、0.5、1、2、4、8、10、16、25、40、50、75、100、150、250、500

额定功率 2W 以下的电阻一般不在电阻器上标出，额定功率 2W 以上的电阻才在电阻器上用数字标出，而在电路图上没有特别标记功率的电阻器，则一般为 1/8W。电阻器额定功率符号如图 1-2 所示。

1.1.2 可变电阻器

1. 常见可变电阻器实物与电路符号

- 1) 常见可变电阻器实物如图 1-7 所示。
- 2) 常用可变电阻器的电路符号如图 1-8 所示。

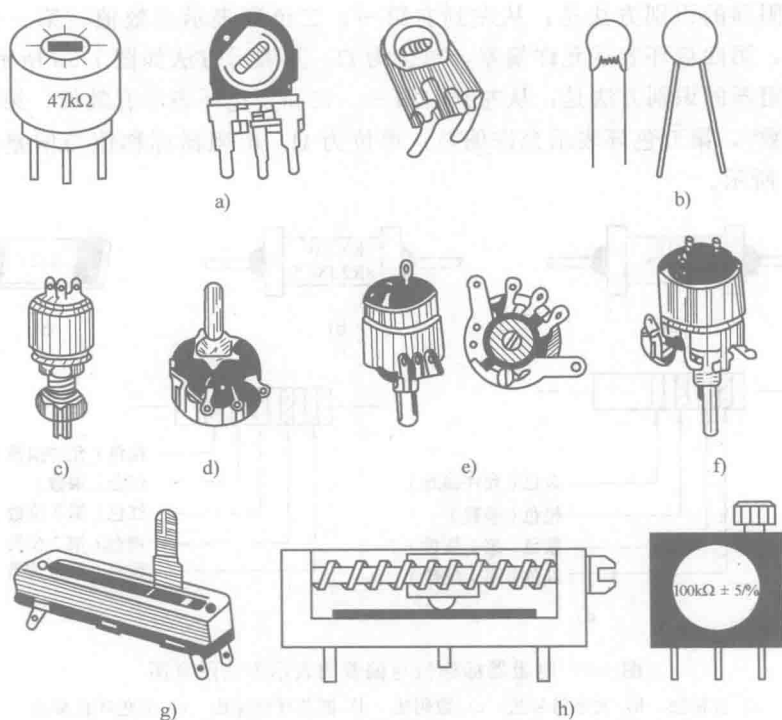


图 1-7 常见可变电阻器实物图

- a) 可调电阻器 b) 热敏电阻器 c) 有机实心电位器 d) 碳膜电位器
e) 带开关电位器 f) 推拉式电位器 g) 直滑式电位器 h) 多圈微调电位器

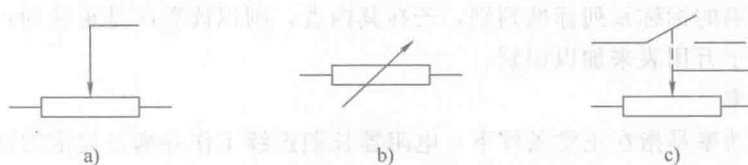


图 1-8 常用可变电阻器的电路符号

- a) 一般符号 b) 可调电阻器 c) 带开关的电位器

2. 常用可变电阻器的分类与结构特点

(1) 常见可变电阻器（电位器）的分类

电位器种类有很多，按材料、调节方式、结构特点、阻值变化规律、用途等可分成多种类型的电位器。电位器的种类如表 1-6 所示。

表 1-6 电位器的种类

分类方式		种 类
材料	合金型电位器	线性电位器、块金属膜电位器
	合成型电位器	有机和无机实心型、金属玻璃釉型、导电塑料型
	薄膜型电位器	金属膜型、金属氧化膜型、碳膜型、复合膜型
按调节方式		直滑式、旋转式（分单圈和多圈两种）