



全国高等职业教育规划教材

电子产品工艺与质量管理

牛百齐 曹秀海 张艳芬 编著
辛琦 主审

- ◆ 以电子产品整机生产为主线，系统讲解各环节的工艺、方法。
- ◆ 以典型电子产品制作为实例，突出技能训练，可操作性强。
- ◆ 体现新技术、新工艺，通俗易懂，实用有效。

电子教案下载网址 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

电子产品工艺与质量管理

牛百齐 曹秀海 张艳芬 编著

辛琦 主审



机械工业出版社

本书的编写以培养实践能力、提高操作技能为出发点,强调理论联系实际,反映电子技术领域的新发展。书中以电子产品整机生产为主线,内容涉及电子产品生产的全过程。全书共分为 8 章,分别介绍了常用电子元件的识别、检测与选用,印制电路板的设计与制作,焊接技术,表面安装技术,电子产品的整机装配、调试和质量管理等知识。以通用、典型的收音机产品作为实例,详细介绍了电子产品生产环节中的工艺、方法和操作步骤,并用电子产品设计制作实例作为综合实训项目,以巩固读者所学的知识 and 技能。

本书可作为高职高专电子信息工程技术、应用电子技术等专业的教材,也可作为职业技能培训用书,还可供从事电子信息技术的有关人员参考。

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

电子产品工艺与质量管理 / 牛百齐, 曹秀海, 张艳芬编著. —北京: 机械工业出版社, 2013.12

(全国高等职业教育规划教材)

ISBN 978-7-111-44157-1

I. ①电… II. ①牛…②曹…③张… III. ①电子产品—生产工艺②电子产品—质量管理 IV. ①TN05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 226728 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

责任印制: 李 洋

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2013 年 10 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·14.25 印张·348 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-44157-1

定价: 32.00 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

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

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）

于宝明	尹立贤	王用伦	王树忠	王新新	任艳君
刘 松	刘 勇	华天京	吉雪峰	孙学耕	孙津平
孙 萍	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	胡克满	姚建永	钮文良	聂开俊
夏西泉	袁启昌	郭 勇	郭 兵	郭雄艺	高 健
曹 毅	章大钧	黄永定	曾晓宏	谭克清	戴红霞

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 蔡建军

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、电子专业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

当前,电子技术迅速发展,电子产品与人们的生活愈加密不可分,同时市场竞争也日趋激烈,电子企业为了自身发展,需要不断提高产品的质量和可靠性,对工程技术人员也提出了更高的素质要求,不仅要掌握产品的工艺技术,还要懂得质量管理。

为了适应形势,更好地培养应用型技能人才,本书编著在高等职业教育教学改革与实践的基础上,结合高职高专的办学定位、岗位需求、学生学业水平等情况,总结多年教学经验,编写了这本《电子产品工艺与质量管理》。

本书的编写以培养实践能力、提高操作技能为出发点,强调理论联系实际,反映电子技术领域的新发展。其特点如下:

1) 紧密结合电子产品的生产实际。本书以电子产品整机生产为主线,内容涉及电子产品生产的全过程。系统讲述了常用电子元器件的识别、检测与选用,印制电路板的设计与制作,焊接技术,表面安装技术,电子产品的整机装配、调试和质量管理等知识。

2) 突出技能训练,可操作性强。以通用、典型的收音机产品作为实例,详细介绍了电子产品生产环节中的工艺、方法和操作步骤,并用电子产品设计制作实例作为综合实训项目,以巩固读者所学的知识和技能。

3) 体现新知识、新技术、新工艺和新方法。本书介绍了贴片元器件,表面安装技术、PCB 的计算机设计、波峰焊和再流焊等内容,力求反映本领域的最新发展。

4) 理论分析简明,结构完整,可选择性强。本书的编写遵循认知规律,深入浅出,通俗易懂。方便学生理解和掌握,全书共分为 8 章,各章相对独立,方便学校根据自身的条件和设备情况灵活选择内容。

本书可作为高等职业院校电子信息类或其他相关专业的教材,建议教学学时为 60~90 学时,教学时可结合具体专业实际,对教学内容和教学时数进行适当调整。

本书由山东济宁职业技术学院牛百齐编写第 1、4 章,曹秀海编写第 5、6、7 章,营口职业技术学院张艳芬编写第 2、3、8 章。全书由牛百齐统稿,辛琦主审。主审对本书提出了许多宝贵意见,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中疏漏之处在所难免,恳请专家、同行批评指正,也希望得到读者的意见和建议。

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 电阻器的基本知识	1
1.1.2 常用电阻器及选用	6
1.1.3 电阻器的检测	9
1.2 电容器	11
1.2.1 电容器的基本知识	11
1.2.2 常用电容器及选用	13
1.2.3 电容器的检测	15
1.3 电感器和变压器	17
1.3.1 电感器	17
1.3.2 变压器	20
1.3.3 电感器与变压器的检测	21
1.4 半导体器件	22
1.4.1 半导体器件的命名方法	22
1.4.2 半导体二极管	23
1.4.3 半导体晶体管	25
1.4.4 场效应晶体管	28
1.4.5 集成电路	29
1.5 电声器件	31
1.5.1 扬声器	31
1.5.2 传声器	32
1.6 实训	35
1.6.1 实训 1 电阻器、电容器、电感器的识别与检测	35
1.6.2 实训 2 半导体器件与电声器件的识别与检测	37
1.7 习题	41
第 2 章 印制电路板的设计与制作	42
2.1 印制电路板的种类与结构	42
2.2 印制电路板的设计	44
2.2.1 印制电路板的设计原则	44
2.2.2 印制导线的尺寸和图形	46
2.2.3 印制电路板电路的干扰及抑制	49

2.2.4	印制电路板的设计步骤和方法	51
2.3	印制电路板的制作	52
2.3.1	手工制作方法	52
2.3.2	印制电路板的生产工艺	54
2.3.3	印制电路板质量检验	57
2.4	印制电路板的计算机设计	58
2.4.1	Protel 2004 电路板设计软件简介	58
2.4.2	原理图设计	60
2.4.3	PCB 设计	66
2.5	实训 手工制作印制电路板	71
2.6	习题	72
第 3 章	焊接技术	73
3.1	焊接的基础知识	73
3.1.1	焊接与锡焊	73
3.1.2	焊接工具	74
3.2	焊接材料	78
3.2.1	焊料	78
3.2.2	助焊剂与阻焊剂	79
3.3	手工焊接技术	81
3.3.1	手工焊接的过程	81
3.3.2	焊接的质量检验	85
3.3.3	手工拆焊技术	88
3.4	自动焊接技术	90
3.4.1	浸焊	90
3.4.2	波峰焊	91
3.4.3	再流焊	95
3.4.4	焊接技术的发展趋势	96
3.5	实训 手工焊接技术	97
3.6	习题	98
第 4 章	表面安装技术	99
4.1	表面安装技术概述	99
4.1.1	表面安装技术的发展过程	99
4.1.2	表面安装技术的特点	100
4.2	表面安装元器件	101
4.2.1	表面安装元器件的种类	101
4.2.2	表面安装元器件 SMC	101
4.2.3	表面安装元器件 SMD	106
4.3	表面安装材料与设备	109
4.3.1	表面安装材料	109

4.3.2	表面安装设备	110
4.4	表面安装工艺	115
4.4.1	SMT 的安装方式	115
4.4.2	表面安装的自动焊接工艺	116
4.4.3	表面安装的手工焊接工艺	118
4.5	实训 SMC /SMD 的手工焊接	122
4.6	习题	124
第 5 章	电子产品的整机装配	125
5.1	电子产品整机装配基础	125
5.1.1	整机装配的内容与方法	125
5.1.2	整机装配的工艺流程	126
5.1.3	整机装配生产流水线	127
5.2	印制电路板的装配	128
5.2.1	印制电路板装配的工艺流程	128
5.2.2	元器件的引线成形加工	129
5.2.3	电子元器件的安装工艺	131
5.3	导线的加工	134
5.3.1	绝缘导线的加工	134
5.3.2	屏蔽导线或同轴电缆的加工	135
5.3.3	线扎的成形加工	138
5.4	整机的连接与总装	140
5.4.1	整机的连接	140
5.4.2	整机总装	142
5.5	实训 收音机的整机装配	144
5.6	习题	148
第 6 章	电子产品的调试	149
6.1	调试要求与调试方案	149
6.1.1	调试要求	149
6.1.2	调试方案	150
6.2	电子产品的调试	151
6.2.1	静态调试	151
6.2.2	动态调试	153
6.2.3	整机性能测试与调整	155
6.3	电子产品的质量检验	156
6.3.1	质量检验的方法和程序	156
6.3.2	电子产品故障检测方法	158
6.3.3	收音机电路原理与检修方法	159
6.4	实训 收音机的调试	163
6.5	习题	168

第 7 章 电子产品的质量管理	169
7.1 工艺文件	169
7.1.1 工艺文件概述	169
7.1.2 工艺文件的格式	170
7.1.3 工艺文件的编制	172
7.2 电子产品的可靠性	179
7.2.1 电子产品可靠性的内容	180
7.2.2 电子产品可靠性的指标	180
7.2.3 电子元器件的失效规律	182
7.2.4 提高电子产品可靠性的方法	184
7.3 电子产品的质量管理	186
7.3.1 质量管理概述	186
7.3.2 电子产品认证	188
7.3.3 ISO 9000 质量管理体系认证	190
7.4 习题	194
第 8 章 电子产品设计制作实例	196
8.1 串联型直流稳压电源	196
8.2 精密串联型稳压电源	197
8.3 音乐彩灯电子控制器	199
8.4 空气净化器	201
8.5 酒精检测仪	203
8.6 声光控延时开关	205
8.7 短波收音机	207
8.8 远程拾音器	210
8.9 红外线双向对讲机	213
参考文献	216

第1章 常用电子元器件

电子元器件是构成电子产品的基本元素，它的性能和质量直接影响电子产品质量，因此，学习电子元器件的识别与检测知识是设计、组装和维修电子产品必不可少的环节，是掌握电子产品生产工艺的基础。

1.1 电阻器

1.1.1 电阻器的基本知识

电阻器是电路中应用最多的电子元器件之一，它在电路中起到限流、降压、偏置、负载、匹配和取样等作用，其质量的好坏对电路工作的稳定性有很大影响。

电阻器用符号 R 表示，单位为欧姆 (Ω)。常用单位还有千欧 ($k\Omega$) 和兆欧 ($M\Omega$)，其换算关系为： $1k\Omega=10^3\Omega$ ， $1M\Omega=10^3k\Omega=10^6\Omega$ 。

1. 电阻器的种类

电阻器的种类繁多，按阻值特性分为：固定电阻、可变电阻（电位器）和敏感电阻。按材料种类可分为：碳膜电阻、金属膜电阻、金属氧化膜电阻和线绕电阻等。

固定电阻器是指阻值固定不变的电阻器，主要用在阻值固定而不需要调节变动的电路中；阻值可以调节的电阻器称为可变电阻器（又称为变阻器或电位器），其又分为可变和半可变电阻器。半可变（或微调）电阻器主要用在阻值不经常变动的电路中；敏感电阻器是指其阻值对某些物理量表现敏感的电阻元件。常用的敏感电阻有热敏、光敏、压敏、湿敏、磁敏、气敏和力敏电阻器等。它们是利用某种半导体材料对某个物理量敏感的性质而制成的，也称为半导体电阻器。

常用电阻器的电路符号如图 1-1 所示。



图 1-1 常用电阻器的电路符号

a) 固定电阻 b) 可变电阻 c) 电位器 d) 热敏电阻

2. 电阻器的主要技术参数

(1) 标称阻值

在电阻器表面所标注的阻值称为电阻器的标称阻值，电阻器的阻值通常是按照国家标准中的规定进行生产的。目前，电阻器标称阻值系列有 E6、E12、E24 系列，其中 E24 系列最全。表 1-1 所示为通用电阻器的标称阻值系列和允许偏差。

电阻的标称阻值为表中所列数值的 10^n 倍。以 E12 系列中的标称值 1.5 为例，它所对

应的电阻标称阻值为 1.5Ω、15Ω、150Ω、1.5kΩ、15kΩ、150kΩ和 1.5MΩ等，其他系列以此类推。

表 1-1 通用电阻器的标称阻值系列和允许偏差

系 列	允 许 误 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

在电路图上，为了简便起见，凡是阻值在 1kΩ以下的电阻，可不标“Ω”的符号，凡是阻值在 1kΩ以上，1MΩ以下的电阻，其阻值只需加“k”，1MΩ以上阻值的电阻，其值后只需加“M”的符号。

(2) 允许误差

在电阻的实际生产中，由于所用材料、设备和工艺等方面的原因，电阻的标称阻值往往与实际阻值有一定的偏差，这个偏差与标称阻值的百分比称为电阻器的相对误差，允许相对误差的范围称为允许误差，也称为允许偏差，普通电阻的允许误差可分三级，I 级（±5%），II 级（±10%），III 级（±20%）。精密电阻的允许误差可分为±2%、±1%、…、±0.001%等 10 多个等级。电阻的精度等级可以用符号标明，如表 1-2 所示。误差越小，电阻器的精度越高。

表 1-2 允许偏差常用符号

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

(3) 额定功率

额定功率是指电阻器在产品标准规定的大气压和额定温度下，电阻长时间安全工作所允许消耗的最大功率。一般常用的有 1/8W、1/4W、1/2W、1W、2W 和 5W 等多种规格。在使用过程中，电阻的实际消耗功率不能超过其额定功率，否则会造成电阻器过热而烧坏。在电路图中，电阻器额定功率采用不同符号表示，如图 1-2 所示。

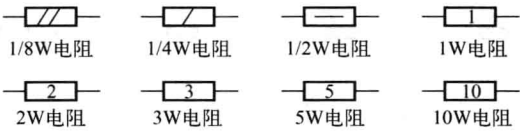


图 1-2 电阻器额定功率的符号表示

(4) 温度系数

温度每变化 1℃时，引起电阻阻值的相对变化量称为电阻的温度系数，用α表示。

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)}$$

上式中，R₁、R₂ 分别为温度在 t₁、t₂ 时的阻值。

温度系数可正、可负，温度升高，电阻值增大，称该电阻具有正的温度系数，温度升高，电阻值减小，称该电阻具有负的温度系数。温度系数越小，电阻的温度稳定度越高。

3. 电阻器的识别

(1) 电阻器的命名

我国电阻器的命名由 4 个部分组成，如图 1-3 所示。

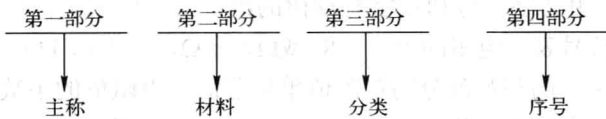


图 1-3 电阻器的命名

第一部分是产品的主称，用字母 *R* 表示一般电阻器，用 *W* 表示电位器，用 *M* 表示敏感电阻器。

第二部分是产品的主要材料，用一个字母表示。

第三部分是产品的分类，用一个数字或字母表示。

第四部分是生产序号，一般用数字表示。

电阻器的型号命名中字母和数字的意义如表 1-3 所示。

表 1-3 电阻器的型号命名中字母和数字的意义

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表示产品的主称		用字母表示材料		用数字或字母表示分类		用数字表示序号
符 号	意 义	符 号	意 义	符 号	意 义	意 义
<i>R</i>	电阻器	<i>T</i>	碳膜	1	普通	包括：
<i>W</i>	电位器	<i>H</i>	合成膜	2	普通	额定功率
		<i>P</i>	硼碳膜	3	超高频	阻值
		<i>U</i>	硅碳膜	4	高阻	允许误差
		<i>C</i>	沉积膜	5	高温	精度等级
		<i>I</i>	玻璃釉膜	7	精密	
		<i>J</i>	金属膜	8	电阻器-高压	
		<i>Y</i>	氧化膜	9	电位器-特殊	
		<i>S</i>	有机实心	<i>G</i>	高功率	
		<i>N</i>	无机实心	<i>T</i>	可调	
		<i>X</i>	线绕	<i>X</i>	小型	
				<i>L</i>	测量用	
				<i>W</i>	微调	
				<i>D</i>	多圈	

例如，有一电阻为 RJ71-0.25-4.7k I 型，其表示含义如下：

R—主称，电阻；*J*—材料为金属膜；7—分类，为精密型；1—序号为 1；0.25—额定功率 1/4W；4.7k—标称阻值 4.7kΩ；*I*—允许误差等级，±5%。

WSW-1-0.5-4.7k±10%型，其表示含义如下：

W—主称，电位器；*S*—材料为有机实心；*W*—分类，为微调型；1—序号为 1；0.5—额

定功率 1/2W；4.7k—标称阻值 4.7kΩ；允许误差等级，±10%。

(2) 电阻器的标志方法

1) 直标法。直标法主要用在体积较大（功率大）的电阻器上，它将标称阻值和允许偏差直接用数字标在电阻器上。例如，在图 1-4 中所示电阻器采用直标法标出其阻值为 2.7kΩ，允许偏差为 5%。

2) 文字符号法。用文字符号和数字有规律的组合，在电阻上标示出主要参数的方法。具体方法为：用文字符号表示电阻的单位（R 或 Ω 表示 Ω，k 表示 kΩ，M 表示 MΩ），电阻值（用阿拉伯数字表示）的整数部分写在阻值单位前面，电阻值的小数部分写在阻值单位的后面。用特定字母表示电阻的偏差，可见表 1-2。例如 R12 表示 0.12Ω，1R2 或 1Ω2 表示 1.2Ω，1k2 表示 1.2kΩ。

如图 1-5 所示，电阻器采用文字符号法标出 8R2J 表示阻值为 8.2Ω，允许偏差为 ±5%。

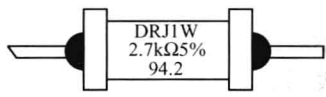


图 1-4 电阻器的直标法

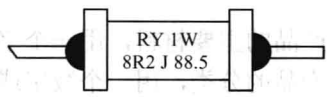


图 1-5 电阻器的文字符号法

3) 数码法。数码法是用 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。

例如：103k，“10”表示两位有效数字，“3”表示倍乘为 103，k 表示允许偏差为 ±10%。同理 222J 表示阻值标称值为 2.2kΩ，允许偏差为 ±5%。

电阻值的 4 位数码表示法中，前 3 位表示有效数字，第 4 位表示有多少个 0，单位是 Ω，如 1502=15 000Ω=15kΩ。

4) 色环标志法。用不同颜色的色环表示电阻器的阻值和误差，简称为色标法。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。

电阻器四色环标志时，四色环所代表的意义为：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 1-6a 所示。

电阻器五色环标志时，五色环所代表的意义为：从左到右第一、二、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。其表示方法如图 1-6b 所示。色标符号规定如表 1-4 所示。

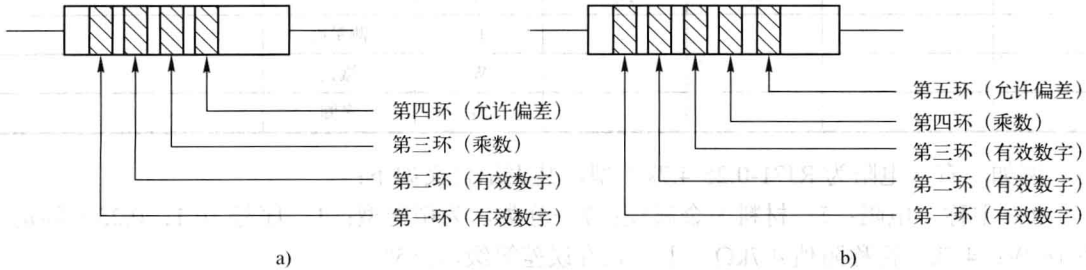


图 1-6 电阻器的色环标注法

a) 四环色标法 b) 五环色标法

表 1-4 色标符号规定

	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	/	/	/
倍乘率	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	/	$\pm 50 \sim \pm 20$	/	± 5	± 10	± 20

色环顺序的识读：从色环到电阻引线的距离看，离引线较近的一环是第一环；从色环间的距离看，间距最远的一环是最后一环即允许偏差环；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；若均无以上特征，且能读出两个电阻值，可根据电阻的标称系列标准，若在其内者，则识读顺序是正确；若两者都在其中，则只能借助于万用表来加以识别。

如：红、红、红、银四环表示的阻值为 $22 \times 10^2 = 2200\Omega$ ，允许偏差为 $\pm 10\%$ 。

如：棕、黑、绿、棕、棕五环表示阻值为 $105 \times 10^1 = 1050\Omega = 1.05k\Omega$ ，允许偏差为 $\pm 1\%$ 。

4. 电位器

电位器是一种阻值连续可调的电阻器，在电子产品中，经常用它进行阻值、电位的调节。

电位器对外有 3 个引出端，其中两个为固定端，一个为滑动端（也称为滑动触头）。滑动端在两个固定端之间的电阻体上做机械运动，使其与固定端之间的电阻发生变化。图 1-7 所示的碳膜电位器，转动电位器的转柄时，动片在电阻体上滑动，动片到两定片之间的阻值大小发生改变。当动片到一个定片的阻值增大时，动片到另一个定片的阻值减小。

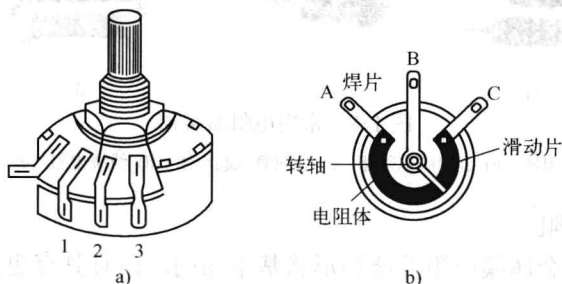


图 1-7 碳膜电位器

a) 外形 b) 内部结构

(1) 电位器的种类

电位器的种类很多，按材料不同分为碳膜电位器、线绕电位器、金属膜电位器、碳质实心电位器和玻璃釉电位器等；按结构不同分为单圈式和多圈式电位器、单联式和双联式电位器；按调节方式划分为旋转式（或转轴式）和直滑式电位器；按有无开关分为开关电位器和无开关电位器。

(2) 电位器的主要技术指标

1) 标称值。标称阻值是标注在电位器表面上的阻值，即电位器两个固定端之间的电阻值。

2) 额定功率。额定功率是指电位器两个固定端上允许消耗的最大功率。

3) 滑动噪声。当电位器的滑动端在电阻体上滑动时，滑动端触点与电阻体的滑动接触时所产生的噪声。滑动噪声要求越小越好。

4) 分辨率。分辨率是指电位器对输出量可实现的最精细的调节能力,一般线绕电位器的分辨率较差。

5) 阻值变化规律。电位器的阻值变化规律有按线性变化、指数变化或者对数变化等形式。

1.1.2 常用电阻器及选用

1. 常用电阻器

(1) 碳膜电阻器

碳膜电阻器有良好的稳定性,负温度系数小,能在 70°C 的温度下长期工作,高频特性好,受电压频率影响较小,噪声电动势较小,脉冲负荷稳定,阻值范围宽,阻值范围一般为 $1\Omega\sim 10\text{M}\Omega$,额定功率有 $1/8\text{W}$ 、 $1/4\text{W}$ 、 $1/2\text{W}$ 、 1W 、 2W 、 5W 和 10W 等,其制作容易,生产成本低,广泛应用在电视机、音响等家用电器产品中。实物外形如图 1-8a 所示。

(2) 金属膜电阻器

金属膜电阻器除具有碳膜电阻器的特点外,还具有比较好的耐高温特性(能在 125°C 的高温下长期工作),当环境温度升高后,其阻值随温度的变化很小,工作频率较宽,高频特性好,精度高,但成本稍高、温度系数小。在精密仪表和要求较高的电子系统中使用。实物外形如图 1-8b 所示。

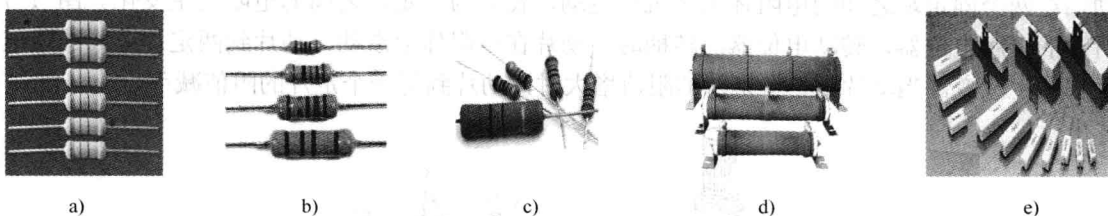


图 1-8 常用电阻器实物

a) 碳膜电阻器 b) 金属膜电阻器 c) 金属氧化膜电阻 d) 线绕电阻 e) 水泥电阻

(3) 金属氧化膜电阻

金属氧化膜电阻与金属膜电阻性能和形状基本相同,而且具有更高的耐压、耐热性能。金属氧化物的化学稳定性好,具有较好的机械性能,硬度大,耐磨,不易损伤,金属氧化膜电阻功率大,可高达数百千瓦,电阻阻值范围窄,温度系数比金属膜电阻大,稳定性高等特点。实物外形如图 1-8c 所示。

(4) 线绕电阻器

线绕电阻器是用康铜、锰铜等特殊的合金制成细丝绕在绝缘管上制成的,外面有一层保护层,保护层有一般釉质和防潮釉质两种。这种电阻的优点是:阻值精确,有良好的电气性能、工作可靠、稳定,温度系数小,耐热性好,功率较大。缺点是阻值不大,成本较高。线绕电阻适用于功率要求较大的电路之中,有的可用于要求精密电阻的地方。但因存在电感,不宜用于高频电路。实物外形如图 1-8d 所示。

(5) 水泥电阻

水泥电阻是将电阻线绕在耐热瓷片上,用特殊不燃性耐热水泥填充密封而成。其特点是:散热大,功率大,具有优良的绝缘性能,绝缘电阻可达 $100\text{M}\Omega$ 。具有优良的阻燃、防爆特性;在负载短路的情况下,可迅速在压接处熔断,进行电路保护。水泥电阻具有多种外

形和安装方式,可直接安装在印制电路板上,也可利用金属支架独立安装焊接。实物外形如图 1-8e 所示。

(6) 碳膜电位器

碳膜电位器是用经过研磨的碳黑、石墨、石英等材料涂敷于基体表面而成,该工艺简单,是目前应用最广泛的电位器。其优点是分辨力高、耐磨性好,寿命较长,阻值范围宽,约为 $100\Omega\sim 4.7M\Omega$ 。功率一般低于 2W,有 0.125W、0.5W、1W 和 2W 等。若做到 3W,体积显得很大。缺点是电流噪声,非线性大,耐潮性以及阻值稳定性差,精度较差,一般为 $\pm 20\%$ 。实物外形如图 1-9a 所示。

(7) 线绕电位器

线绕电位器是由康铜丝或镍铬合金丝作为电阻体,并把它绕在绝缘骨架上制成。其优点是接触电阻小,精度高,温度系数小。主要用做分压器、变阻器、仪器中调零和工作点等。其缺点是分辨力较差,阻值偏低,高频特性差,可靠性差,不适于高频电路。实物外形如图 1-9b 所示。

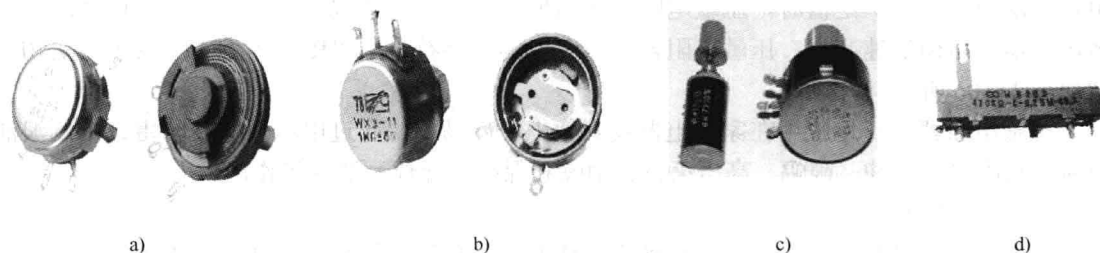


图 1-9 常用电位器实物图

a) 碳膜电位器 b) 线绕电位器 c) 带开关的电位器 d) 直滑式电位器

(8) 带开关的电位器

带开关的电位器常常在收音机中使用。其电位器上的开关用于电源的切断和导通,电位器用于音量控制,电位器动触点的位置改变与开关的导通与切断,用同一个轴进行控制。有旋转式开关电位器、推拉式开关电位器,其外形有多种。实物外形如图 1-9c 所示。

(9) 直滑式电位器

直滑式电位器的形状一般为长方体,电阻体一般为板条形,通过滑动触头来改变电阻值。直滑式电位器多用于收录机、电视机等家用电子产品中。它的功率小,阻值范围一般为 $470\Omega\sim 2.2M\Omega$ 。实物外形如图 1-9d 所示。

(10) 热敏电阻

热敏电阻器大多由单晶或多晶半导体材料制成,它的阻值会随温度的变化而变化。热敏电阻器在电路中的文字符号用“R”或“RT”表示。

按温度变化特性可分为:正温度系数(PTC)和负温度系数(NTC)热敏电阻器。PTC型热敏电阻器广泛应用于彩色电视机消磁电路、电冰箱压缩机起动电路及过热保护、过电流保护等电路中,还可用于如电子驱蚊器、卷发器等小家用电器中,作为加热元件。实物外形如图 1-10a 所示。

NTC 热敏电阻器广泛应用于电冰箱、空调器、微波炉、电烤箱、复印件和打印机等家用电器办公产品中,做温度检测、温度补偿、温度控制、微波功率测量及稳压控制之用。实物外形如图 1-10b 所示。