



全国高等职业教育规划教材

电子产品装配与 调试项目教程

牛百齐 万 云 常淑英 主编

- 以项目为载体，将电子产品装配与调试工艺融入工作任务中。
- 以培养技能为主线，学中做，做中学，快速掌握并应用。
- 含丰富的实物及操作图片，真实、直观，方便教学。



电子课件下载网址 www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

主编姓名
袁国强

单位名称
常州大学

全国高等职业教育规划教材

电子产品装配与调试项目教程

主 编 牛百齐 万 云 常淑英

副主编 陈应华 武铂睿 吴春玉



机械工业出版社

本书以项目为单元,以工作任务为引领,以操作技能为主线,采用“学中做,做中学,学做一体化”模式,将理论知识与技能训练结合,将电子产品生产环节分解为诸多工作任务,通过有针对性的任务操作训练,逐步掌握一个个小的技能点,从而实现对整个项目单元知识、技能的全面掌握。

本书紧密结合电子产品的生产实际,以电子产品整机生产为主线,共分7个项目,系统讲述了电子元器件的识别、检测、选用,电路板的设计、制作,电子产品的焊接工艺,整机的装配、调试工艺。最后通过电子产品制作训练巩固所学知识和技能。

本书可作为高职、中职院校电子、机电及相关专业的教材使用,也可作为电子产品生产、调试、维修等岗位的培训教材,还可供电子爱好者及有关工程技术人员参考。

本书配有授课电子课件,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

电子产品装配与调试项目教程 / 牛百齐, 万云, 常淑英主编. —北京: 机械工业出版社, 2016.6
全国高等职业教育规划教材
ISBN 978-7-111-53480-8

I. ①电… II. ①牛… ②万… ③常… III. ①电子设备—装配(机械)—高等职业教育—教材 ②电子设备—调试方法—高等职业教育—教材
IV. ①TN805

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 073318 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 王 颖 责任编辑: 王 颖

责任校对: 张艳霞 责任印制: 李 洋

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2016 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·15.75 印张·387 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-53480-8

定价: 39.90 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

服务咨询热线: (010) 88379833

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: (010) 88379649

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网: www.golden-book.com

前 言

当前,电子技术迅速发展,电子产品与人们的生活越加密不可分,随着人们对电子产品需求量的不断增大,需要大批电子产品安装与调试人员。

为了更好地满足社会及教学的需要,编者结合办学定位、岗位需求情况,贯彻项目驱动教学理念,以培养学生的应用能力为出发点,实现技能型人才的培养目标,在总结多年的教学改革实践中的成功经验基础上,编写了本书。

本书以项目为单位组织教学活动,打破传统知识传授方式,变书本知识传授为动手能力培养,体现职业能力为本位的职业教育思想。主要特点如下:

1) 紧密结合电子产品的生产实际。以电子产品整机生产为主线,系统讲述了电子元器件的识别、检测、选用,电路板的设计、制作,电子产品的焊接工艺,整机的装配、调试工艺。

2) 以项目任务来构建完整的教学组织形式。本书以项目为单元,以工作任务为引领,以操作为主线,以技能为核心,项目编排由易到难,循序渐进,符合认知规律。

3) 采用“学中做,做中学,学做一体化”模式,将理论知识与技能训练结合,将电子产品生产环节分解为诸多工作任务,通过有针对性的任务操作训练,逐步掌握一个个小的技能点,从而实现整个项目单元知识、技能模块的全面掌握。

4) 理论知识叙述通俗易懂、简明扼要。对理论知识以实用为目的,书中选用了大量的实物及操作图片,使知识和技能直观化、真实化,方便教学。

5) 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、再流焊等内容,力求反映本领域的最新发展。

全书共分 7 个项目,分别是常用电子元器件的识别与检测、电子元器件的焊接、印制电路板的设计与制作、表面安装元器件的识别与焊接、电子产品的整机装配、电子产品的调试及电子产品制作训练。

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。

本书可作为高职、中职院校电子、机电及相关专业的教材使用,也可作为电子产品生产、调试、维修等岗位的培训教材,还可供电子爱好者及有关工程技术人员参考。

本书由牛百齐、万云、常淑英担任主编,陈应华、武铂睿、吴春玉担任副主编,参加编写的人员还有彭程、曹秀海、李秀芳、孙萌、梁海霞、许斌。本书在编写过程中,参考了许多专家的著作和资料,济宁职业技术学院的领导和老师给予了大力支持,在此对他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不妥、疏漏或错误之处在所难免,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

前言	
项目 1 常用电子元器件的识别与检测	1
任务 1.1 电阻器的识别与检测	1
1.1.1 电阻器的基础知识	1
1.1.2 固定电阻器识别与检测	5
1.1.3 电位器的识别与检测	11
1.1.4 敏感电阻器的识别与检测	14
1.1.5 任务训练 电阻器的识别与检测	17
任务 1.2 电容器的识别与检测	18
1.2.1 电容器的基本知识	18
1.2.2 电容器的识别	19
1.2.3 电容器的检测	24
1.2.4 任务训练 电容器的识别与检测	26
任务 1.3 电感器、变压器的识别与检测	28
1.3.1 电感器的识别与检测	28
1.3.2 变压器的识别与检测	33
1.3.3 任务训练 电感器、变压器的识别与检测	38
任务 1.4 半导体器件的识别与检测	39
1.4.1 半导体器件的命名方法	39
1.4.2 二极管的识别与检测	39
1.4.3 半导体晶体管的识别与检测	44
1.4.4 场效应晶体管的识别与检测	47
1.4.5 集成电路的识别与检测	49
1.4.6 任务训练 半导体器件的识别与检测	51
任务 1.5 电声器件的识别与检测	53
1.5.1 扬声器的识别与检测	53
1.5.2 传声器的识别与检测	55
1.5.3 任务训练 电声器件的识别与检测	57
思考与练习	58
项目 2 电子元器件的焊接	60
任务 2.1 焊接工具、材料的使用	60
2.1.1 焊接的基础知识	60
2.1.2 焊接工具及使用	62

2.1.3	焊接材料的选用	68
任务 2.2	电子元器件的手工焊接	71
2.2.1	手工焊接的过程	71
2.2.2	焊接的质量检验	75
2.2.3	手工拆焊技术	77
2.2.4	任务训练 手工焊接与拆焊	80
任务 2.3	电子元器件的自动焊接	81
2.3.1	浸焊	81
2.3.2	波峰焊	83
2.3.3	再流焊	86
2.3.4	焊接技术的发展趋势	87
2.3.5	任务训练 手工浸焊	88
	思考与练习	89
项目 3	印制电路板的设计与制作	90
任务 3.1	印制电路板的设计	90
3.1.1	印制电路板的种类与结构	90
3.1.2	印制电路板设计原则	93
3.1.3	印制导线的尺寸和图形	96
3.1.4	印制电路板电路的干扰及抑制	98
3.1.5	印制电路板的人工设计	100
3.1.6	印制电路板的计算机设计	102
3.1.7	任务训练 设计印制电路板	116
任务 3.2	印制电路板的制作	116
3.2.1	刀刻法制作印制电路板	116
3.2.2	热转印法制作印制电路板	118
3.2.3	用感光板制作印制电路板	120
3.2.4	任务训练 制作印制电路板	122
任务 3.3	印制电路板的生产工艺及质量检验	123
3.3.1	印制电路板的生产工艺	123
3.3.2	印制电路板质量检验	127
	思考与练习	128
项目 4	表面安装元器件的识别与焊接	129
任务 4.1	表面安装元器件的识别	129
4.1.1	表面安装技术	129
4.1.2	表面安装元器件	130
4.1.3	任务训练 识别表面安装元器件	137
任务 4.2	表面安装元器件的手工焊接	138
4.2.1	一般 SMC/SMD 元器件的手工焊接	138
4.2.2	SMD 集成电路的手工焊接	140

4.2.3	SMC/SMD 元器件的手工拆除	141
4.2.4	任务训练 表面安装元器件的手工焊接	143
任务 4.3	表面安装元器件的自动焊接	145
4.3.1	表面安装材料	145
4.3.2	表面安装设备	146
4.3.3	表面安装元器件的自动焊接	151
4.3.4	表面安装的自动焊接工艺	152
思考与练习		154
项目 5	电子产品的整机装配	156
任务 5.1	电子产品工艺文件的编制	156
5.1.1	工艺文件概述	156
5.1.2	工艺文件的格式	157
5.1.3	工艺文件的编制	159
任务 5.2	电子产品整机装配	166
5.2.1	电子产品整机装配基础	166
5.2.2	印制电路板的装配	169
5.2.3	元器件的引线成形加工	171
5.2.4	电子元器件的安装工艺	173
5.2.5	导线的加工	175
5.2.6	线扎的成形加工	180
5.2.7	任务训练 收音机 PCB 装配	182
任务 5.3	整机的连接与总装	185
5.3.1	整机的连接	185
5.3.2	整机的总装	187
5.3.3	任务训练 收音机的整机装配	189
思考与练习		190
项目 6	电子产品的调试	192
任务 6.1	编制调试方案	192
6.1.1	调试方法与要求	192
6.1.2	调试内容与程序	193
任务 6.2	电子产品调试仪器的使用	194
6.2.1	调试仪器设备介绍	194
6.2.2	任务训练 示波器的使用	197
6.2.3	任务训练 低频信号发生器的使用	202
6.2.4	任务训练 函数信号发生器的使用	203
任务 6.3	电子产品的调试	205
6.3.1	静态调试	205
6.3.2	动态调试	207
6.3.3	整机性能测试与调整	209

6.3.4 任务训练 收音机的调试·····	210
任务 6.4 电子产品的质量检验与故障检测·····	217
6.4.1 质量检验的方法和程序·····	217
6.4.2 电子产品故障检测方法·····	219
6.4.3 任务训练 收音机的故障检测·····	220
思考与练习·····	222
项目 7 电子产品制作训练·····	223
任务 7.1 桥式整流电路的制作·····	223
任务 7.2 集成稳压电路的制作·····	224
任务 7.3 串联稳压电源的制作·····	226
任务 7.4 晶体管放大器的制作·····	228
任务 7.5 OTL 分立元件功率放大器的制作·····	230
任务 7.6 简易数码录音机的制作·····	232
任务 7.7 热释红外传感报警器的制作·····	234
任务 7.8 调频对讲、收音机的制作·····	238
参考文献·····	243

项目 1 常用电子元器件的识别与检测

项目目标

- 1) 熟悉常用电子元器件的分类、性能、特点。
- 2) 掌握常用电子元器件的主要参数及标志方法。
- 3) 掌握常用电子元器件的识别、使用及检测方法。

任何一个简单或复杂的电子产品，都是由各种作用不同的电子元器件组成的，电子元器件的性能和质量直接影响电子产品质量。因此了解和掌握各个电子元器件的特性、技术参数、规格型号、识别及检测方法，对于电子产品的组装、调试和维修具有非常重要的意义。

任务 1.1 电阻器的识别与检测

1.1.1 电阻器的基础知识

当电流流过导体时，导体对电流呈现的阻碍作用称为电阻。在电路中具有电阻性能的实体元件称为电阻器。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： $1k\Omega=10^3\Omega$ ， $1M\Omega=10^3k\Omega=10^6\Omega$ 。

电阻器是电路中最常用的电子元器件之一，常用来稳定和调节电流、电压，组成分流器和分压器，在电路中起到限流、降压、去耦、偏置、负载、匹配及取样等作用，其质量好坏对电路工作的稳定性有很大影响。常用电阻器的外形如图 1-1 所示。

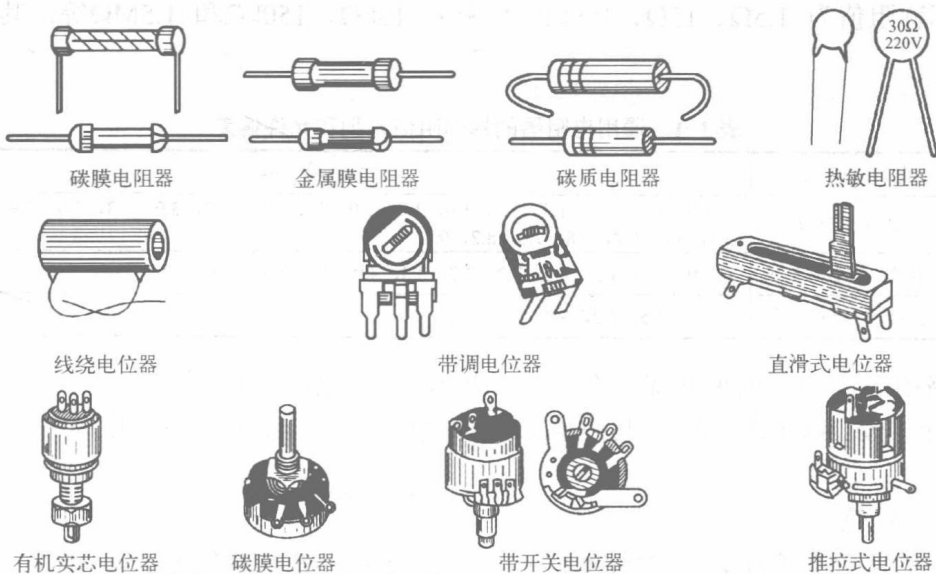


图 1-1 常用电阻器的外形

1. 电阻器的种类

电阻器种类繁多，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。按用途可分为：高频电阻、高压电阻、大功率电阻及熔断电阻等。按阻值特性分为：固定电阻、可变电阻（电位器）和敏感电阻。

固定电阻器是指阻值固定不变的电阻器，主要用于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 1-2 所示。

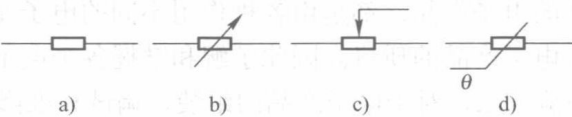


图 1-2 常用电阻器的电路符号

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

电阻器上所标示的名义阻值称为标称阻值。为了满足使用者的需要，电子工业生产了不同阻值的各种电阻器。显然，不可能做到要什么阻值就有什么样的阻值。为了达到既满足使用者对规格的各种要求，又便于大量生产，使规格品种简化到最低程度，国家规定按一系列标准化的阻值生产，这一系列阻值叫作电阻器的标称阻值系列。常用的标称系列有 E6、E12、E24 等，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 、 $1.5k\Omega$ 、 $15k\Omega$ 、 $150k\Omega$ 和 $1.5M\Omega$ 等，其他系列依次类推。

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 ($\pm 5\%$)	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 ($\pm 10\%$)	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 ($\pm 20\%$)	1.0, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8

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

(2) 允许误差

在电阻的实际生产中，由于所用材料、设备及工艺等方面的原因，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叫作允许误差，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%等十多个等级。电阻的精度等级可以用符号标明，允许偏差常用符号如表 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 及 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 1-3 所示。



图 1-3 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， R_1 、 R_2 分别为温度 t_1 、 t_2 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。

除上述参数外，电阻器还有静噪声、频率特性及稳定度等参数。对于要求较高的电路，如低噪声放大器和超高频电路等，要求静噪低，电阻器的分布电容和分布电感应尽量小，电阻值不应随频率的升高而变化等，对电阻器应提出静噪声和频率特性等要求。

3. 电阻器的命名

我国电阻器的命名由 4 个部分组成，如图 1-4 所示。



图 1-4 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见表 1-3。

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
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	包括额定功率、阻值、允许误差、精度等级
W	电位器	H	合成膜	2	普通	
		P	硼碳膜	3	超高频	
		U	硅碳膜	4	高阻	
		C	沉积膜	5	高温	
		I	玻璃釉膜	7	精密	
		J	金属膜	8	电阻器-高压	
		Y	氧化膜	9	电位器-特殊	
		S	有机实心	G	高功率	
		N	无机实心	T	可调	
		X	线绕	X	小型	
				L	测量用	
				W	微调	
				D	多圈	

例如，有一电阻为 RJ71-0.25-4.7k I 型，其表示含义如下：

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

WSW-1-0.5-4.7k±10%型，其表示含义如下：

W—主称为电位器；S—材料为有机实心；W—分类为微调型；1—序号为 1；0.5—额定功率为 1/2W；4.7k—标称阻值为 4.7kΩ；允许误差等级为±10%。

4. 电阻器的选用

(1) 按用途选择电阻器的种类

电路中使用什么种类的电阻器，应按其用途进行选择。如果电路对电阻器的性能要求不高，可选用碳膜电阻；如果电路对电阻器的工作稳定性、可靠性要求较高，可选用金属膜电阻；对于要求电阻器功率大、耐热性好、频率不高的电路，可选线绕电阻；精密仪器及特殊要求的电路中选用精密电阻器。

(2) 电阻器额定功率的选用

在电路设计和使用中，选用电阻器的功率不能过大也不能过小。如选用功率过大，势必增大电阻的体积，选用过小，就不能保证电阻器安全可靠的工作。一般选用电阻的额定功率值，应是电阻在电路工作中实际消耗功率值的 1.5~2 倍。

(3) 电阻器的阻值和误差的选择

在选择电阻器时，要求参数符合电路的使用条件，所选电阻器的阻值应接近电路设计的

阻值，优先选用标准系列的电阻器。一般电路使用的电阻器允许误差为 $\pm 5\% \sim \pm 10\%$ 。在特殊电路中根据要求选用。

另外，选用电阻时还要考虑工作环境与可靠性，首选要了解电子产品整机工作环境条件，然后与电阻器技术性能中所列的工作环境条件相对照，从中选用条件相一致的电阻器；还要了解电子产品整机工作状态，从技术性能上满足电路技术要求，保证整机的正常工作。

1.1.2 固定电阻器识别与检测

固定电阻器是最为常用的电阻器，主要作用是为电路提供电压或者电流通路，常用于阻值固定而不需要调节变动的电路中。

1. 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 1-5 中电阻器采用直标法标出其阻值为 $2.7\text{k}\Omega$ ，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 $\text{k}\Omega$ ，M 表示 $\text{M}\Omega$ ），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，可参考表 1-2。例如 R12 表示 0.12Ω ，1R2 或 $1\Omega 2$ 表示 1.2Ω ，1k2 表示 $1.2\text{k}\Omega$ 。

电阻器的文字符号法如图 1-6 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 $\pm 5\%$ 。

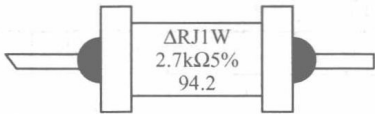


图 1-5 电阻器的直标法

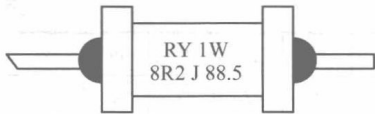


图 1-6 电阻器的文字符号法

(3) 数码法

电阻值的数码表示法有 3 位和 4 位两种表示方法，如图 1-7 所示。

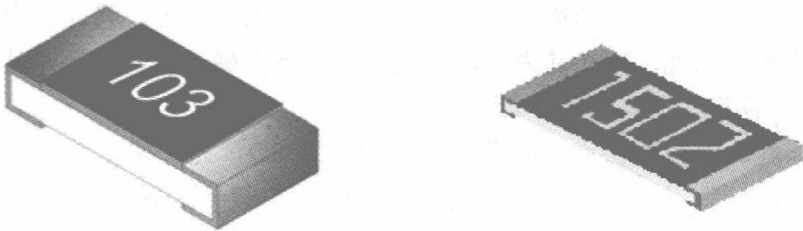


图 1-7 电阻值数码表示法

3 位数码来表示电阻值的识别方法时，从左到右第 1、2 位为有效数值，第 3 位为倍乘数（即零的个数），单位为 Ω ，常用于贴片元件。例如：103，“10”表示为两位有效数字，

“3”表示倍乘为 10^3 ，103表示阻值标称值为 $10\text{k}\Omega$ 。

电阻值的4位数码表示法中，前3位表示有效数字，第4位表示倍乘数，单位是 Ω ，例如1502表示 $150\times 10^2\Omega=15\text{k}\Omega$ 。

(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，第三色环表示倍乘数（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1-8a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，第四色环表示倍乘数（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1-8b所示。色标符号规定如表1-4所示。

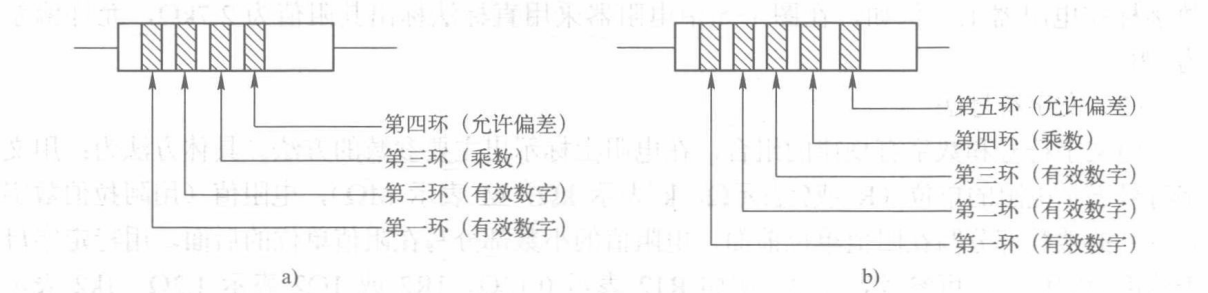


图 1-8 电阻器的色环标注法
a) 四环色标法 b) 五环色标法

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 $105\times 10^1=1050\Omega=1.05\text{k}\Omega$ ，允许偏差为 $\pm 1\%$ 。

2. 常用固定电阻器

(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

1Ω~10MΩ，额定功率有 1/8W、1/4W、1/2W、1W、2W、5W 及 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。碳膜电阻器实物外形如图 1-9 所示。

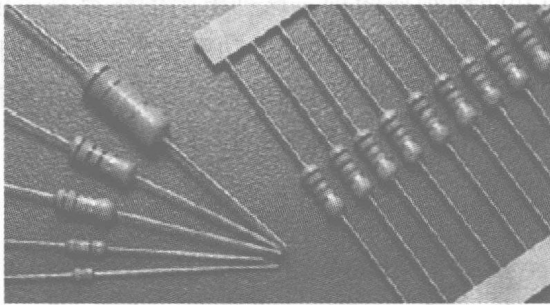


图 1-9 碳膜电阻器实物外形

(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℃ 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。金属膜电阻器实物外形如图 1-10 所示。

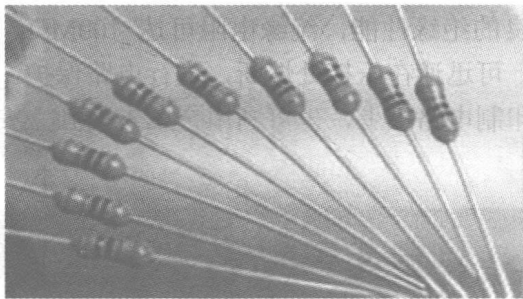


图 1-10 金属膜电阻器实物外形

(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。金属氧化膜电阻实物外形如图 1-11 所示。

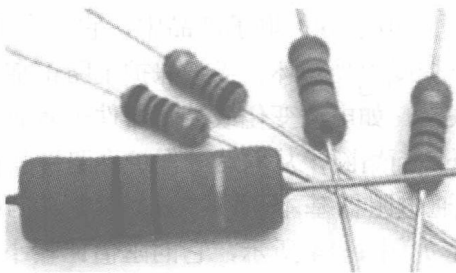


图 1-11 金属氧化膜电阻实物外形

(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。线绕电阻器实物外形如图 1-12 所示。

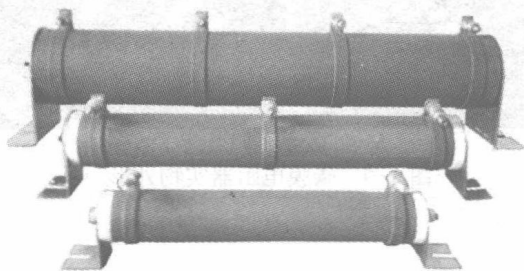


图 1-12 线绕电阻器实物外形

(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。水泥电阻实物外形如图 1-13 所示。

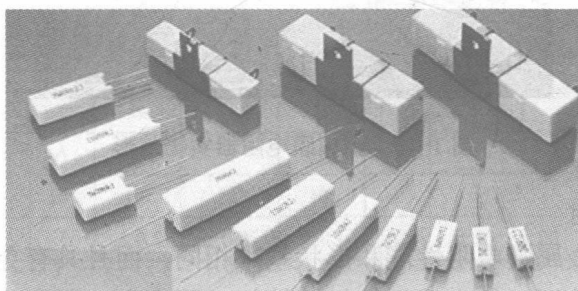


图 1-13 水泥电阻实物外形

(6) 熔断电阻器

熔断电阻器也称为保险电阻器，是一种双功能元件，它既有普通电阻的电气特性，又有熔丝的熔断特性，因而被广泛应用于各种电子产品中，它的主要作用是限流和过负荷熔断开路，以保护其他电子元器件不受或少受损坏。当被保护电路正常工作时，熔断电阻器呈普通电阻的特性，而一旦电路工作失常，如电源变化或某元器件失效而导致负载过重时，熔断电阻器就因过负荷使表面温度急剧升高而熔断，从而达到保护电路中其他元器件免受损坏的目的。

熔断电阻器的外形与普通电阻器基本相同，只是熔断电阻器的外形比普通电阻器略微粗、长一些。熔断电阻器外形如图 1-14 所示，它的阻值比较小，一般是几欧到 100Ω 。由于熔断电阻器是一种双功能元件，所以选择和使用时要考虑其双重性能，既要保证能在正常条件下长期稳定工作，又要保证过负荷时能快速熔断。



图 1-14 熔断电阻器外形

(7) 排电阻器

排电阻器也称为集成电阻器或网络电阻器，它是一种按一定规律排列，集成多只分立电阻于一体的组合式电阻器。常见的排电阻器分为单列式（SIP）和双列直插式（DIP）两种外形结构，此外还有贴片式排阻（SMD）。排电阻器实物如图 1-15 所示。排电阻内部电路结构有多种形式，常见排电阻的内部电路如图 1-16 所示。排电阻具有体积小、安装方便、阻值一致性好等优点，广泛应用在各类电子产品中。

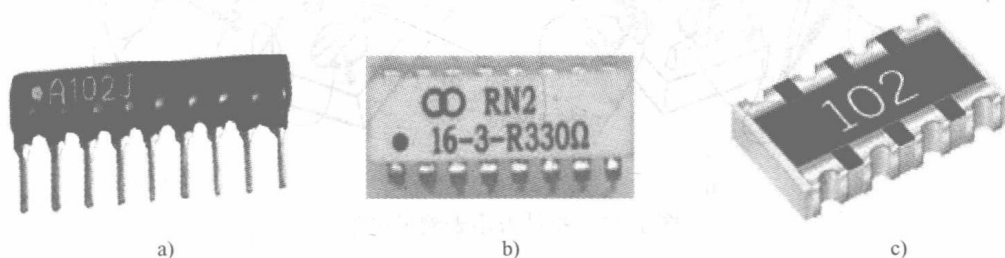


图 1-15 排电阻器实物

a) 单列式排电阻 b) 双列直插式排电阻 c) 贴片式排电阻

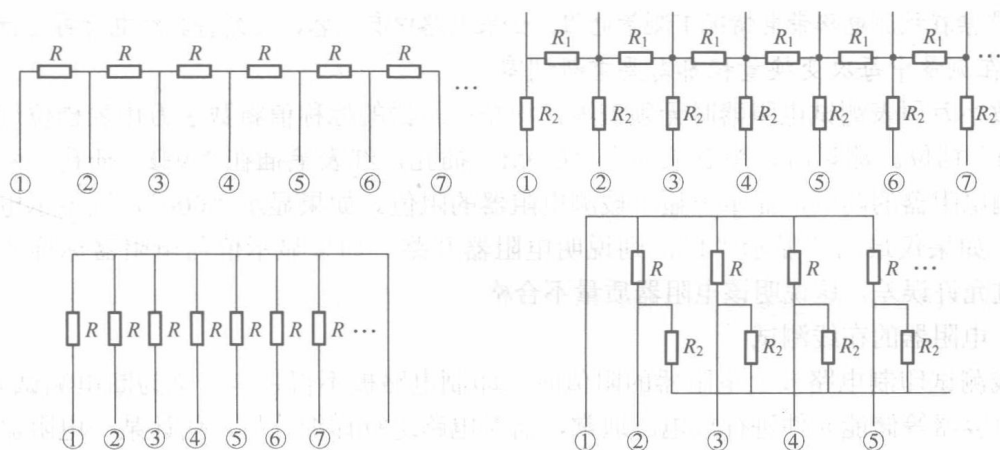


图 1-16 常见排电阻器的内部电路