



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电子整机装配工艺

费小平 主编 陈必群 副主编

<http://www.phei.com>

电子技术
应用专业



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

中等职业教育国家规划教材（电子技术应用专业）

电子整机装配工艺

费小平 主 编

陈必群 副主编

TN05
F1

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是职业院校电子信息类专业系列教材之一。本教材的编写遵循“理论够用，实践为重”的原则。全书共分10章，前9章为理论知识，内容包括电子元器件、常用材料和工具、表面安装技术、印制电路板的设计与制作、焊接工艺、整机装配工艺、整机调试与检验、电子产品的技术文件及产品认证和体系认证，每章后有小结和习题；第10章为各知识点的实训项目。

本书可作为职业院校电子信息类专业教材，也可作为电子工程技术人员的参考用书及电子企业对员工的技术培训教材。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电子整机装配工艺/费小平主编. —北京: 电子工业出版社, 2007.7

中等职业教育国家规划教材. 电子技术应用专业

ISBN 978-7-121-04661-2

I. 电… II. 费… III. 电子设备—装配—工艺—专业学校—教材 IV. TN05

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第097750号

策划编辑: 蔡葵

责任编辑: 韩玲玲

印 刷: 北京市海淀区四季青印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18.75 字数: 480千字

印 次: 2007年7月第1次印刷

印 数: 5 000册 定价: 25.50元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

中等职业学校教材工作领导小组

主任委员：陈 伟 信息产业部信息化推进司司长

副主任委员：辛宝忠 黑龙江省教育厅副厅长

李雅玲 信息产业部人事司处长

尚志平 山东省教学研究室副主任

马 斌 江苏省教育厅职社处处长

黄才华 河南省职业技术教育教学研究室主任

苏渭昌 教育部职业技术教育中心研究所主任

王传臣 电子工业出版社副社长

委 员：(排名不分先后)

唐国庆 湖南省教科院

张志强 黑龙江省教育厅职成教处

李 刚 天津市教委职成教处

王润拽 内蒙古自治区教育厅职成教处

常晓宝 山西省教育厅职成教处

刘 晶 河北省教育厅职成教处

王社光 陕西省教育科学研究所

吴 蕊 四川省教育厅职成教处

左其琨 安徽省教育厅职成教处

陈观诚 福建省职业技术教育中心

邓 弘 江西省教育厅职成教处

姜昭慧 湖北省职业技术教育研究中心

李栋学 广西壮族自治区教育厅职成教处

杜德昌 山东省教学研究室

谢宝善 辽宁省基础教育教研培训中心职教部

安尼瓦尔·吾斯曼 新疆维吾尔自治区教育厅职成教处

秘 书 长：李 影 电子工业出版社

副秘书长：柴 灿 电子工业出版社



随着 21 世纪信息化时代的到来,电子技术迅猛发展,促使电子产品向数字化、智能化、微型化方向发展,加速了电子产品的更新换代,促进了电子应用型人才的培养。目前,与发达国家相比,我国电子行业的工艺水平还存在差距,还缺乏一大批懂理论、会管理、能操作的技术应用型人才。因此,我们必须努力缩小差距,提高电子产品的生产工艺和生产管理水平,培养更多既有实践经验又具专业知识的电子技术应用型人才。

本教材是为适应职业院校培养“既有必需的理论知识和良好的职业道德,又有较强的职业技能和专业知识应用能力”人才的需要,结合国家职业技能鉴定规范,在原《电子整机装配实习》一书的基础上,对课程内容与知识点进行重新筛选、充实、组合后,按照“理论够用,实践为重”的原则编写的。本教材与《电子整机装配实习》相比,增添了部分新器件的内容,增加了产品质量管理、工艺管理和计算机辅助设计等部分内容,删除了常用仪器仪表的介绍,削减了设计文件的篇幅。考虑到课程组织教学的实效性,本教材各知识点的所有实训项目都集中编写,以便于组织实施教学。在教学组织上,既可采用集授课与实训于一体的教学方式,也可采用授课与实训分别进行的教学形式。在课程的时间安排上,既可采用集中教学,也可采用分阶段教学。在课时安排上,建议实训课时不低于理论课时。

本教材的显著特点是简明、实用,紧密结合电子企业的生产工艺和管理实际,突出了新知识、新技术和新工艺的应用,将能力培养和技能提高贯穿于始终。读者通过对本教材的学习,可了解电子产品的特点和制造过程,熟悉产品生产中各工序的要求,掌握产品装配的基本技能和整机装配工艺,充分认识生产工艺和生产管理与产品质量的关联性。

本书由常州信息职业技术学院费小平老师担任主编,常州信息职业技术学院陈必群老师担任副主编。其中,陈必群老师完成第 3、4、5、6、7 章和第 10 章中实训 4、5、6、7、8、9、10、11、12、13 的编写,费小平老师完成第 1、2、8、9 章和第 10 章中实训 1、2、3 的编写及全书的统稿工作。

由于电子技术发展迅速,装配工艺不断改进,加之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。

编者

2007 年 7 月



目 录



第1章 电子元器件	1
1.1 常用电子元器件简介	1
1.1.1 电阻器	1
1.1.2 电容器	7
1.1.3 电感器	11
1.1.4 半导体分立器件	16
1.1.5 集成电路	23
1.1.6 光电器件	27
1.1.7 电声器件	29
1.1.8 电磁元件	32
1.1.9 机电元件	33
1.2 电子元器件的检验和筛选	42
1.2.1 外观质量检验	42
1.2.2 电气性能使用筛选	43
1.3 本章小结	45
1.4 思考与习题1	45
第2章 常用材料和工具	46
2.1 常用导线与绝缘材料	46
2.1.1 导线	46
2.1.2 绝缘材料	50
2.2 覆铜板	52
2.2.1 覆铜板的组成与制造	52
2.2.2 覆铜板的技术指标和性能特点	54
2.3 其他常用材料	56
2.3.1 磁性材料	56
2.3.2 黏合剂	57
2.3.3 静电防护材料和设备	58
2.3.4 电子安装小配件	61
2.4 常用装接工具	62
2.4.1 装配工具	62
2.4.2 焊接工具	67

2.5	本章小结	71
2.6	思考与习题 2	71
第 3 章	表面安装技术	73
3.1	概述	73
3.1.1	SMT 的发展过程	73
3.1.2	SMT 技术的特点	74
3.2	SMT 工艺的生产材料	75
3.2.1	膏状焊料	75
3.2.2	无铅焊料	78
3.2.3	助焊剂	81
3.2.4	黏合剂	82
3.3	表面安装元器件	84
3.3.1	表面安装元器件的种类和规格	85
3.3.2	表面安装元器件的极性识别	103
3.3.3	使用表面安装元器件的注意事项	104
3.4	SMT 电路板组装方案和装配焊接设备	105
3.4.1	SMT 电路板组装方案	105
3.4.2	SMT 电路板装配焊接设备	108
3.5	本章小结	129
3.6	思考与习题 3	130
第 4 章	印制电路板的设计与制作	131
4.1	概述	131
4.1.1	印制电路板的作用	131
4.1.2	印制电路板的种类	132
4.2	印制电路板的设计	134
4.2.1	印制电路板的设计目标	134
4.2.2	印制电路板的设计步骤	135
4.2.3	印制电路板的设计要求	137
4.2.4	SMT 印制电路板的设计	143
4.2.5	印制电路板 CAD/EDA 软件简介	146
4.3	印制电路板的制造工艺	148
4.3.1	印制电路板的制造工艺流程	148
4.3.2	手工自制印制电路板的方法	150
4.4	本章小结	152
4.5	思考与习题 4	153
第 5 章	焊接工艺	154
5.1	焊接材料	154
5.1.1	焊料	154
5.1.2	助焊剂	155

5.1.3	阻焊剂	157
5.2	焊接的基本知识	157
5.2.1	概述	158
5.2.2	锡焊机理	159
5.2.3	锡焊焊点的形成过程和条件	163
5.3	手工焊接	164
5.3.1	手工焊接方法	164
5.3.2	手工焊接技巧	165
5.3.3	拆焊	167
5.3.4	焊点质量及检查	168
5.3.5	SMT 元器件的手工焊接	170
5.4	电子工业自动化焊接技术	171
5.4.1	浸焊	171
5.4.2	波峰焊	172
5.4.3	再流焊	174
5.5	本章小结	175
5.6	思考与习题 5	175
第 6 章	整机装配工艺	176
6.1	整机装配工艺概述	176
6.1.1	整机装配的内容与特点	176
6.1.2	整机装配的基本要求	177
6.1.3	整机装配工艺过程	178
6.2	整机装配的准备工序	179
6.2.1	元器件的引线成型	179
6.2.2	导线的加工	181
6.3	部件的装配工艺	182
6.3.1	印制电路板的组装	183
6.3.2	面板、机壳的装配	189
6.3.3	其他部件的装配	191
6.4	整机总装工艺	192
6.4.1	整机总装的特点	192
6.4.2	整机总装的工艺流程	193
6.4.3	整机总装的工艺原则及基本要求	196
6.4.4	总装接线工艺	196
6.5	整机包装	198
6.5.1	产品包装分类	199
6.5.2	包装材料和要求	199
6.5.3	整机包装的工艺与注意事项	203
6.6	其他连接	204
6.6.1	压接	204

6.6.2	绕接	204
6.6.3	粘接	206
6.6.4	铆接	207
6.6.5	螺纹连接	208
6.7	本章小结	209
6.8	思考与习题 6	209
第 7 章 整机调试与检验		211
7.1	整机调试	211
7.1.1	调试工作的内容、程序和要求	211
7.1.2	调试仪器的选择和使用	212
7.1.3	在线检测 (ICT)	213
7.1.4	调试举例	214
7.1.5	调试的安全措施	222
7.2	整机检验	223
7.2.1	检验概述	223
7.2.2	检验的分类	224
7.3	电磁兼容技术	227
7.3.1	电磁干扰	227
7.3.2	电磁屏蔽	229
7.4	本章小结	230
7.5	思考与习题 7	231
第 8 章 电子产品的技术文件		232
8.1	概述	232
8.1.1	技术文件的分类和编写要求	232
8.1.2	技术文件的标准化要求	232
8.2	设计文件	233
8.2.1	设计文件的编号及组成	234
8.2.2	常用设计文件的介绍	236
8.3	工艺文件	239
8.3.1	工艺文件的分类	239
8.3.2	工艺文件的编制	239
8.3.3	常用工艺文件简介	242
8.4	本章小结	252
8.5	思考与习题 8	252
第 9 章 产品认证和体系认证		253
9.1	概述	253
9.1.1	认证的概念及含义	253
9.1.2	认证的类别	253
9.2	产品认证	254

9.2.1	产品认证概况	254
9.2.2	中国强制认证 (3C)	256
9.2.3	国外产品认证	259
9.3	体系认证	262
9.3.1	ISO9000 体系认证	262
9.3.2	ISO14000 体系认证	264
9.3.3	OHSAS18000 体系认证	267
9.3.4	ISO9000、ISO14000 与 OHSAS18000 体系的结合	268
9.4	本章小结	268
9.5	思考与习题 9	268
第 10 章 实训项目		270
实训项目 1	电阻器、电位器的识别与测试	270
实训项目 2	电容器的识别与测试	272
实训项目 3	常用半导体器件的测试	273
实训项目 4	分立元器件的焊接	276
实训项目 5	集成电路的焊接	277
实训项目 6	特殊元器件的焊接	277
实训项目 7	元器件的拆焊	278
实训项目 8	电线、电缆线的加工	278
实训项目 9	由简单电子产品印制电路图绘出电原理图 (驳图)	279
实训项目 10	单面印制电路板的手工制作	280
实训项目 11	组装直流稳压电源	281
实训项目 12	整机选装	284
*实训项目 13	参观电子企业, 熟悉整机生产工艺流程	285
参考文献		286

第1章 电子元器件

电子元器件是整机或电子仪器中具有独立电气功能的基本单元,如电阻器、电容器、晶体管、集成电路、变压器和接插件等。熟悉各类电子元器件的性能、特点和用途,对设计、安装和调试电子产品十分重要。本章将对常用的电子元器件,从其类别、性能、选用等方面进行简单介绍。

1.1 常用电子元器件简介

1.1.1 电阻器

1. 电阻器的基本知识

电流通过导体时,导体对电流有一定的阻碍作用,这种阻碍作用称为电阻。在电路中起电阻作用的元件称为电阻器,通常简称电阻。电阻的文字符号是 R ,基本单位是 Ω (欧姆),还有较大的单位 $k\Omega$ (千欧)和 $M\Omega$ (兆欧)。它们之间的换算关系为

$$1M\Omega=10^3k\Omega=10^6\Omega$$

电阻器的主要用途是稳定和调节电路中的电流和电压,作分流器和分压器,以及作为消耗电能的负载电阻。

电阻器由电阻体、基体(骨架)、引出线和保护层等4部分组成,如图1.1所示。电阻器可以做成棒形、片形等各种形状。

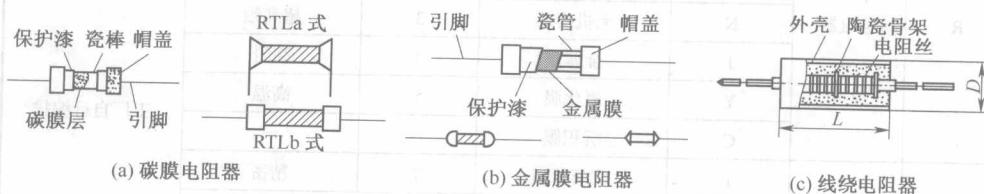


图 1.1 电阻器的典型结构

2. 电阻器的分类及命名方法

(1) 电阻器的分类

电阻器按工作特性及电路功能可分为固定电阻器、可变电阻器(包括微调电阻器和电位器)和特殊电阻器。它们的外形和图形符号如图1.2所示。由于制作的材料不同,电阻器也可分为碳膜电阻器、金属膜电阻器和线绕电阻器等。特殊电阻器按功能可分为敏感电阻器、水泥电阻器和熔断电阻器等。

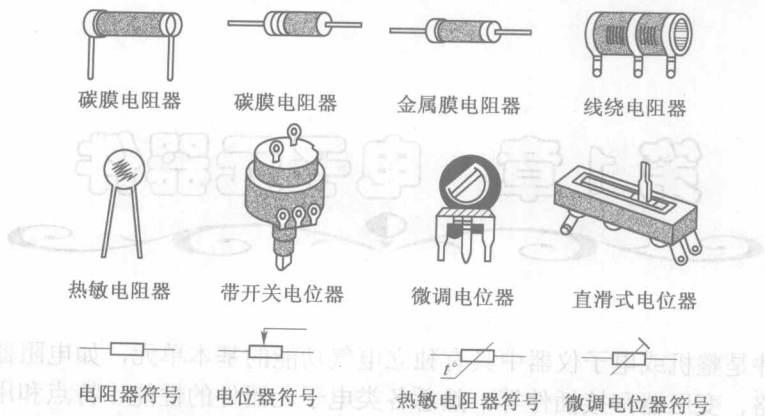
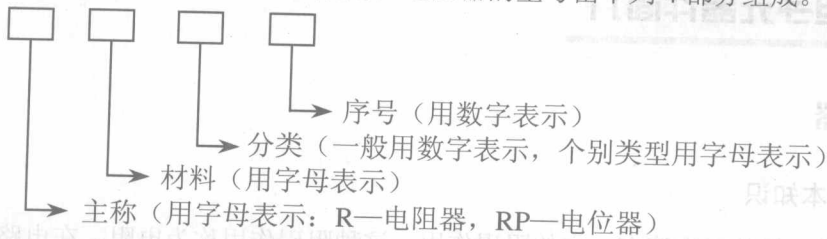


图 1.2 部分电阻器的外形及图形符号

(2) 电阻器的命名

根据国标 GB 2470—1981 规定，电阻器的型号由下列 4 部分组成。



电阻器的材料、分类代号及其意义见表 1-1。

表 1-1 电阻器的材料、分类代号及其意义

第一部分：主称		第二部分：电阻体材料		第三部分：类别		第四部分：序号
字母	含义	字母	含义	符号	产品类型	用数字表示
R	电阻器	T	碳膜	0		工厂自行编排
		H	合成碳膜	1	普通	
		S	有机实芯	2	普通	
		N	无机实芯	3	超高频	
		J	金属膜	4	高阻	
		Y	氧化膜	5	高温	
		C	沉积膜	6	—	
RP	电位器	I	玻璃釉膜	7	精密	工厂自行编排
		X	线绕	8	高压	
				9	特殊	
				G	高功率	
				W	微调	
RP	电位器			T	可调	工厂自行编排
				D	多圈可调	

例如：RJ71 表示精密金属膜固定电阻器；RT22 表示普通碳膜固定电阻器；RX81 表示高压线绕固定电阻器；RPXD3 表示多圈可调线绕电位器。



3. 常用的电阻器的特点及应用

(1) 碳膜电阻器 (RT)

碳膜电阻器是一种应用最早、最广泛的电阻器。碳膜电阻器的阻值范围宽 ($10\Omega\sim 10\text{M}\Omega$)，其最大的特点是价格低廉。

(2) 金属膜电阻器 (RJ)

金属膜电阻器的特点是工作环境温度范围广 ($-55\sim +125\text{ }^{\circ}\text{C}$)、温度系数小、精度高、噪声低、体积小 (与同功率的碳膜电阻相比)。

(3) 线绕电阻器 (RX)

线绕电阻器的特点是精度高、稳定性好、噪声低、功率大，耐高温，可以在 $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高温下正常工作。线绕电阻器一般适用于测量仪器和其他精度要求高的电路中；其缺点是固有电感较大，因而不宜在高频电路中使用。

4. 电阻器的主要技术参数

电阻器的结构、材料不同，其性能就有一定的差异。在选择和使用电阻器时，必须掌握各种电阻器的特性。电阻器的主要技术参数有标称阻值和允许偏差、额定功率、温度系数等。

(1) 标称阻值和允许偏差

标称阻值是指电阻器上所标示的名义阻值。所有标称阻值都必须符合标称阻值系列。常用的标称阻值有 E6、E12、E24 系列，见表 1-2。实际阻值与标称阻值的相对误差称为允许偏差。常用的精度有 I 级 ($\pm 5\%$)、II 级 ($\pm 10\%$)、III 级 ($\pm 20\%$)，精密电阻的精度要求更高，如 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.5\%\sim \pm 0.001\%$ 等。

表 1-2 电阻器标称阻值系列

标称值系列	允许偏差	电阻器、电位器、电容器标称							
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0
E24	I 级($\pm 5\%$)	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
		1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9
E12	II 级($\pm 10\%$)	4.7	5.6	6.8	8.2	—	—	—	—
		1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8	—	—
E6	III 级($\pm 20\%$)								

注：表中数值乘以 10^n (其中 n 为整数) 即为系列阻值。

(2) 额定功率

额定功率是指在直流或交流电路中，在正常大气压力及额定温度条件下，电阻器长期连续负荷所允许消耗的最大功率，通常又称标称功率。额定功率是选择电阻器的主要参数之一。各种功率的电阻器在电路图中采用不同的符号表示，如图 1.3 所示。

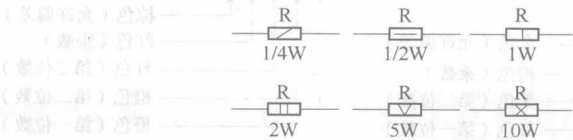


图 1.3 电阻器额定功率在电路图中的表示法



(3) 温度系数

一般情况下,电阻器的阻值随工作温度的变化而变化。这种变化将会影响电路工作的稳定性,因此应使其尽可能小。通常用电阻器温度系数来表示电阻器的温度稳定性,它表示温度每升高或降低 1°C 所引起的电阻值的相对变化。温度系数越小,电阻器的稳定性越好。

此外,电阻器的技术参数还有绝缘电阻、绝缘电压、稳定性、可靠性、非线性度等。

5. 电阻器的标识

大部分电阻器只标注标称阻值和允许偏差。电阻器的标识方法有直标法、文字符号法、数码标识法和色标法等 4 种。

(1) 直标法

直标法是指用阿拉伯数字和单位文字符号在电阻器的表面直接标出标称阻值和允许偏差的方法。允许偏差用百分数表示。其优点是直观,易于判读。

(2) 文字符号法

文字符号法是指用阿拉伯数字和字母符号按一定规律的组合来表示标称阻值及允许偏差的方法。其优点是读识方便、直观,多用在大功率电阻器上。

文字符号法规定:用于表示阻值时,字母符号 Ω (R)、k、M、G、T 之前的数字表示阻值的整数,之后的数字表示阻值的小数值,字母符号表示阻值的倍率。字母符号所表示的阻值允许偏差见表 1-3。

例如: $\Omega 33 \rightarrow 0.33 \Omega$; $3k3 \rightarrow 3.3 k\Omega$; $33M \rightarrow 33 M\Omega$; $3G3 \rightarrow 3\ 300 M\Omega$; $1T \rightarrow 10^6 M\Omega$ 。

表 1-3 阻值允许偏差的文字符号表示法

允许偏差/%	标志符号	允许偏差/%	标志符号	允许偏差/%	标志符号	允许偏差/%	标志符号
± 0.001	E	± 0.02	U	± 0.5	D	± 10	K
± 0.002	X	± 0.05	W	± 1	F	± 20	M
± 0.005	Y	± 0.1	B	± 2	G	± 30	N
± 0.01	H	± 0.2	C	± 5	J		

(3) 数码标识法

数码标识法是用 3 位整数表示电阻阻值的方法。数码从左向右:前面的两位为有效值,第三位数为零的个数(或倍率 10^n),单位为 Ω 。

例如: 512J 表示阻值为 $5\ 100 \Omega$,误差为 $\pm 5\%$; 393K 表示阻值为 $39\ 000 \Omega$,误差为 $\pm 10\%$ 。

(4) 色标法

色标法是指用不同颜色的色环在电阻器表面标出标称阻值和允许偏差的方法,是目前最常用的电阻器标识方法。能否识别色环电阻,是考核电子行业人员的基本项目之一。如图 1.4 所示,为电阻器色环表示示意图,电阻器的色标符号规定见表 1-4。

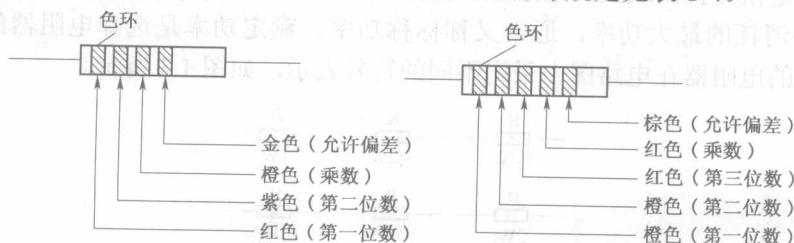


图 1.4 电阻器的色环表示

表 1-4 色标符号

颜色	有效数字	倍率	允许误差/%	颜色	有效数字	倍率	允许误差/%
黑色	0	10^0	—	紫色	7	10^7	± 0.1
棕色	1	10^1	± 1	灰色	8	10^8	—
红色	2	10^2	± 2	白色	9	10^9	$+50 \sim 20$
橙色	3	10^3	—	金色	—	10^{-1}	± 5
黄色	4	10^4	—	银色	—	10^{-2}	± 10
绿色	5	10^5	± 0.5	无色	—	—	± 20
蓝色	6	10^6	± 0.2				

色标法又分为四色环色标法和五色环色标法。普通电阻器大多用四色环色标法来标注，四色环的前两条色环表示阻值的有效数字，第三条色环表示阻值倍率，第四条色环表示阻值允许偏差范围；精密电阻器大多用五色环法来标注，五色环的前三条色环表示阻值的有效数字，第四条色环表示阻值倍率，第五条色环表示允许偏差范围。例如，色标为红紫橙金的电阻阻值为 $27 \times 10^3 \Omega = 27 \text{ k}\Omega$ ，误差为 $\pm 5\%$ 。

6. 可变电阻器

可变电阻器是指阻值在规定范围内可连续调节的电阻器，又称电位器。电位器靠一个活动点（电刷、动触点）在电阻体上滑动，可以获得与转角（或位移）成一定关系的电阻值。

(1) 结构和种类

电位器由外壳、滑动片、电阻体和 3 个引出端组成，如图 1.5 所示。

电位器的种类很多，按调节方式可分为旋转式（或转柄式）和直滑式电位器；按联数可分为单联式和多联式电位器；按有无开关可分为无开关和有开关两种；按阻值输出函数特性可分为线形电位器（A 型）、对数式电位器（B 型）和指数式电位器（C 型）3 种。可变电阻器常见的外形如图 1.6 所示。

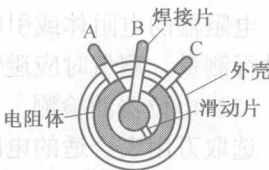


图 1.5 电位器的结构图



图 1.6 可变电阻器常见的外形

(2) 主要技术参数

电位器的主要技术参数除了标称阻值、允许偏差和额定功率与固定电阻器相同外，还有以下几个主要参数。

- ① 零位电阻，是电位器的活动点（电刷）处于始、末端时，活动电刷与始、末端之间存在的接触电阻。此值不为零，而是电位器的最小阻值。
- ② 阻值变化特性，指电位器的阻值随活动点（电刷）移动的长度或转轴转动的角度变



化的关系,也就是电位器的输出特性。常用的阻值变化特性有3种,如图1.7所示。

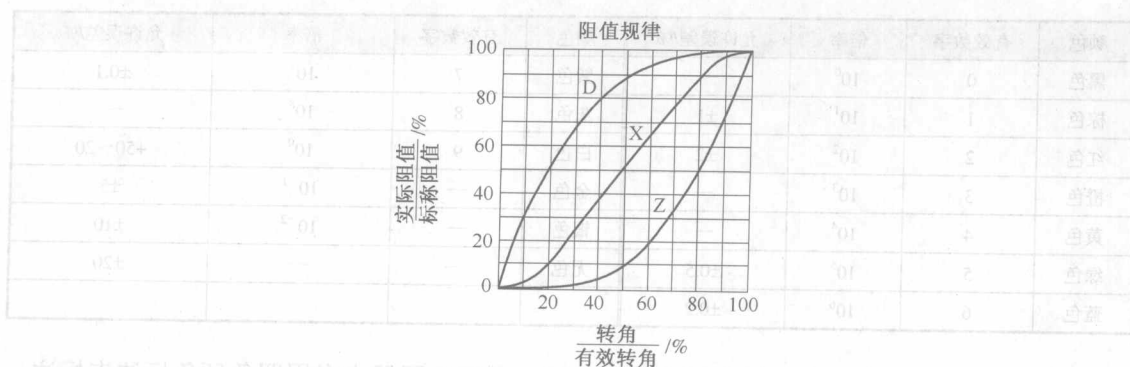


图 1.7 阻值变化特性曲线图

- 直线式(X型):随着动触点位置的变化,电位器阻值的变化接近直线;
- 指数式(Z型):电位器阻值的变化与动触点位置的变化成指数关系;
- 对数式(D型):电位器阻值的变化与动触点位置的变化成对数关系。

电位器的其他参数还有负荷耐磨寿命、分辨力、符合性、绝缘电阻、噪声、旋转角度范围等。

7. 电阻器的检测和选用

(1) 电阻器的检测

电阻器的电阻体或引线折断及外壳烧焦可以从外观看出。其阻值可用万用表合适的电阻挡进行测量,测量时应避免手指并接在电阻的两个引脚上。

(2) 电位器的检测

选取万用表合适的电阻挡,用表笔分别连接电位器的两个固定端,测出的阻值即为电位器的标称阻值;然后将两表笔分别接电位器的固定端和活动端,缓慢转动电位器的轴柄,指针应平稳地移动。如发现有断续或跳跃现象,说明该电位器接触不良。

(3) 电阻器的选用

- ① 选用的电阻的额定功率值,应高于其在电路工作中实际阻值的0.5~1倍。
- ② 考虑温度系数对电路工作的影响,同时根据电路特点来选择正、负温度系数的电阻。
- ③ 电阻的允许偏差、非线性及噪声应符合电路要求。
- ④ 考虑工作环境与可靠性、经济性。

8. 特殊电阻器

这里只介绍电子设备中应用较多的熔断电阻器、水泥电阻器、敏感电阻器。

(1) 熔断电阻器

熔断电阻器又称保险电阻器,是一种新型的兼电阻器和熔断器双重作用的功能元件。它在正常工作情况下使用时,起一个普通电阻器的作用;一旦电路出现故障,流过熔断电阻器的电流超过该电路的规定负荷时,熔断电阻器迅速熔断开路。与传统的熔断器或其他保护装置相比,熔断电阻器具有结构简单、使用方便、熔断功率小、熔断时间短等优点。因此熔断电阻器已被广泛应用于电子产品中。选用熔断电阻器应考虑功率大小和阻值大小,如果功率过大或阻值过大都不能起到保护作用。



熔断电阻器的电阻值较小，一般为几欧姆至几十欧姆。现在使用的熔断电阻器大部分都是不可逆的，即熔断后不能恢复使用。焊接熔断电阻器时动作要快，避免电阻器长时间加热而引起阻值的变化。在存放和使用过程中，要保持漆膜的完整。

(2) 水泥电阻器

水泥电阻器是将电阻丝绕制在陶瓷骨架上，将其装入陶瓷外壳，再以类似水泥的黏合剂填充，经固化而成。水泥电阻器的电阻丝同焊脚引线之间采用压接方式，在负载短路的情况下，压接处可迅速熔断，以保护电路。水泥电阻器具有优良的阻燃、防爆特性和绝缘性能（绝缘电阻达 $100\text{ M}\Omega$ ），同时它散热好、功率大，所以广泛应用于计算机、电视机、仪器仪表中。

(3) 敏感电阻器

敏感电阻器是指电阻值对温度、光通量、电压、湿度、磁通、气体浓度和机械力等物理量敏感的电阻元件，这些元件分别称为热敏、光敏、压敏、湿敏、磁敏、气敏和力敏电阻器。其中，在家用电器中用得最多的是热敏和光敏电阻器。

1.1.2 电容器

1. 电容器的基本知识

电容器是由两个彼此绝缘、相互靠近的导体与中间一层不导电的绝缘介质构成的，两个导体称为电容器的两极，分别用导线引出。电容器能把电能转换成电场能储存起来，具有储存电荷的能力，是一种储能元件。电容器是组成电子电路的基本元件之一，在电子电路中起耦合、滤波、隔直流、调谐、振荡等作用。

2. 电容器的分类及命名方法

(1) 电容器的分类

电容器，按结构可分为固定电容器、可变电容器和微调电容器；按绝缘介质可分为空气介质电容器、云母电容器、瓷介电容器、涤纶电容器、聚苯乙烯电容器、金属化纸介电容器、电解电容器、玻璃釉电容器、独石电容器等。

常见电容器的外形和符号如图 1.8 所示。

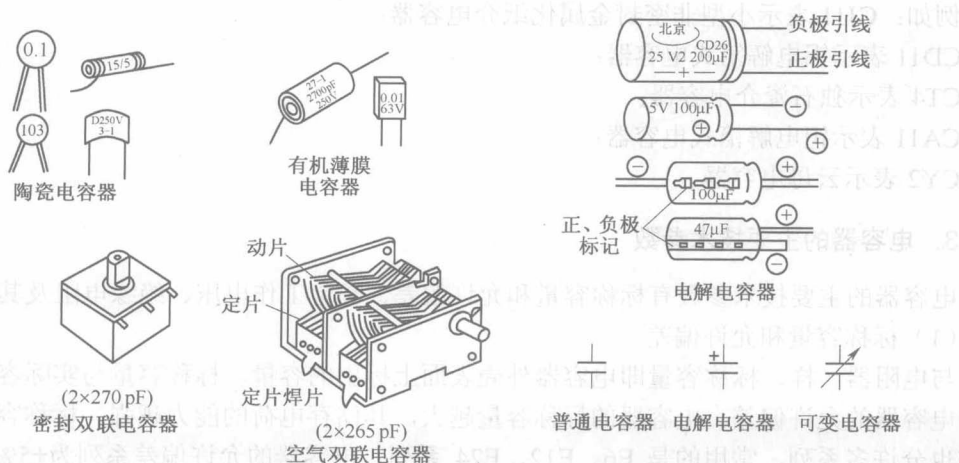


图 1.8 常见电容器的外形和符号