



普通高等教育“十二五”高职高专规划教材

专业课（理工科）系列

电子产品 生产工艺与管理

中国高等教育学会 组织编写

主 编 邵 玫

DIANZI CHANPIN
SHENGCHAN GONGYI YU GUANLI

 中国人民大学出版社



普通高等教育“十二五”高职高专规划教材·专业课(理工科)系列

电 子 产 品

生产工艺与管理

中国高等教育学会 组织编写

主 编 邵 玫
副主编 申利民
参 编 王 力 颜 慧 卫静婷

中国人民大学出版社
· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电子产品生产工艺与管理/邵玫主编. —北京: 中国人民大学出版社, 2013. 12
ISBN 978-7-300-18304-6

I. ①电… II. ①邵… III. ①电子产品-生产工艺 ②电子产品-生产管理 IV. ①TN05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 294686 号

普通高等教育“十二五”高职高专规划教材·专业课(理工科)系列

电子产品生产工艺与管理

中国高等教育学会 组织编写

主 编 邵 玫

副主编 申利民

参 编 王 力 颜 慧 卫静婷

Dianzi Chanpin Shengchan Gongyi yu Guanli

出版发行 中国人民大学出版社

社 址 北京中关村大街 31 号

邮政编码 100080

电 话 010-62511242 (总编室)

010-62511398 (质管部)

010-82501766 (邮购部)

010-62514148 (门市部)

010-62515195 (发行公司)

010-62515275 (盗版举报)

网 址 <http://www.crup.com.cn>

<http://www.ttrnet.com> (人大教研网)

经 销 新华书店

印 刷 北京密兴印刷有限公司

规 格 185mm×260mm 16 开本

版 次 2013 年 12 月第 1 版

印 张 13.75

印 次 2013 年 12 月第 1 次印刷

字 数 311 000

定 价 27.80 元

版权所有 侵权必究

印装差错 负责调换

前 言

目前,我国已成为世界电子产品生产加工基地,需要大量具备现代电子制造专业知识和技能工程技术人员。

现代电子产品制造技术包括元器件、电路基板、组装工艺材料、组装设备、组装工艺、组装质量检测、组装系统控制与管理等多项技术,是一门综合型工程技术。要掌握这样一门综合型工程技术,必须经过系统地专业知识学习和培训。

十多年来,世界电子产品的硬件装配生产已全面转变到以 SMT (Surface Mount Technology, 表面组装技术) 为核心的第四代联装工艺。SMT 已成为当代电子产品制造必不可少的技术之一,是先进电子制造技术中的重要组成部分。

广州铁路职业技术学院为了满足电子制造行业对人才的需求,开设了“电子产品工艺与管理”专业,并开设了专业核心课程《电子产品生产工艺与管理》,与企业共建了校中厂——SMT 生产实训车间,作为专业和课程配套的实践教学场所。本书编者通过总结多年的教学经验及电子企业工作经历,编写了本书。

本书力求体现以下特色:

- 本书从电子产品制造技术的实际出发,从通孔插装元器件开始,按照元器件、工艺材料、电路板组件联装工艺、整机生产工艺、工艺管理及质量控制的顺序,系统介绍电子产品生产的全过程,突出 SMT 第四代电子产品联装技术。
- 素材新。本书以生产实训车间加工生产真实产品为案例,介绍整机电子产品生产的工艺过程,配有从零件、配件、电路板组件到整机的实物图片。
- 针对每个项目内容,安排对应的实践训练任务。在任务实施的过程中,学生能够熟悉和掌握电路板组件及整机的装配工艺流程、质量控制要求及相关设备的使用操作方法,把理论、实践、实训融为一体。
- 本书在内容编排上符合高职学生的认知规律,内容组织上体现高职教育的职业性、实践性、开放性,适合采用“教—学—做”一体的教学方法。

本书由广州铁路职业技术学院邵玫主编,申利民为副主编。广东工程职业技术学院王力、广东水力电力职业技术学院颜慧、广东理工职业技术学院卫静婷参与编写。其中邵玫编写项目 2、项目 4、项目 5、项目 6、项目 8 及附录,申利民编写项目 7、项目 9,王力编写项目 3,邵玫、颜慧共同编写项目 1,邵玫、卫静婷共同编写项目 10,全书由邵玫负责统稿。

由于编者水平、经验有限,书中难免存在错误及不妥之处,敬请读者在阅读与使用过程中提出宝贵意见,以便及时改正。

编者
2013 年 9 月

目 录

项目 1 通孔插装元器件的识别与选用	1
项目要求	1
相关知识	1
1.1 电阻器	1
1.2 电位器	7
1.3 电容器	10
1.4 电感器与变压器	15
1.5 半导体分立器件	19
1.6 集成电路	26
任务与实施	32
习题	35
 项目 2 表面组装元器件的识别与选用	 36
项目要求	36
相关知识	36
2.1 表面组装技术简介	36
2.2 表面组装元器件概述	42
2.3 无源元件 SMC	45
2.4 有源器件 SMD	50
任务与实施	55
习题	57
 项目 3 制造电子产品常用工艺材料	 58
项目要求	58
相关知识	58
3.1 THT 组装常用工艺材料	58
3.2 SMT 组装常用工艺材料	65
任务与实施	71
习题	72

项目 4 通孔插装工艺	73
项目要求	73
相关知识	73
4.1 通孔插装工艺流程	73
4.2 元器件整形与插装	74
4.3 手工焊接	79
4.4 自动焊接	83
任务与实施	87
习题	88
项目 5 表面组装工艺	89
项目要求	89
相关知识	89
5.1 表面组装方式与组装工艺流程	89
5.2 焊膏和贴装胶涂敷工艺	93
5.3 表面组装贴装工艺	100
5.4 表面组装焊接工艺	106
任务与实施	114
习题	115
项目 6 表面组装质量检测	116
项目要求	116
相关知识	116
6.1 表面组装质量检测概述	116
6.2 自动光学检测	120
6.3 自动 X 射线检测	123
6.4 在线测试	126
任务与实施	129
习题	129
项目 7 电子产品整机生产工艺	130
项目要求	130
相关知识	130
7.1 电子产品整机装配	130
7.2 电子产品整机调试与检验	136
7.3 电子产品整机老化和例行试验	142
任务与实施	145

习题	146
项目 8 电子产品工艺文件的认识与编制	147
项目要求	147
相关知识	147
8.1 电子产品工艺文件的认识	147
8.2 电子产品工艺文件的编制	149
任务与实施	166
习题	166
项目 9 电子产品组装过程中的静电防护	167
项目要求	167
相关知识	167
9.1 静电及其危害	167
9.2 静电防护	170
任务与实施	177
习题	178
项目 10 电子产品制造过程中的工艺管理和质量管理	179
项目要求	179
相关知识	179
10.1 电子产品制造过程中的工艺管理	179
10.2 电子产品制造过程中的质量管理	182
10.3 电子产品生产过程中的质量控制	188
10.4 ISO 9000 系列国际质量标准	193
10.5 产品认证和 3C 强制认证	197
任务与实施	204
习题	205
附录 电子工艺常用英文缩略语	206
参考文献	209

项目 1 通孔插装元器件的识别与选用

项目要求

本项目介绍常用通孔插装元器件的类型、主要技术指标、标识方法和选用原则。通过对电路板组件(PCBA)所需通孔插装元器件的识别、检测,使学生熟悉各类常用通孔插装元器件的外形结构;训练学生能够正确识别、检测和使用通孔插装元器件,达到能熟识常用元器件,判别元器件质量好坏的目的。

【知识要求】

- 熟悉常用通孔插装元器件的外形和特征。
- 熟悉常用通孔插装元器件的命名和标识方法。
- 熟悉常用通孔插装元器件的主要参数和功能。

【技能要求】

- 能够正确识别各种通孔插装元器件。
- 能够正确识读常用通孔插装元器件的参数指标。
- 能够使用便携式仪表判断常用通孔插装元器件性能的好坏。

相关知识

1.1 电阻器

电阻器是电子产品整机中使用最多的基本元件之一。统计表明,电阻器在一般电子产品中要占到全部元器件总数的50%以上。电阻器是一种消耗电能的元件,在电路中用于稳定、调节、控制电压或电流的大小,起限流、降压、偏置、取样、调节时间常数、抑制寄生振荡等作用。

1.1.1 电阻器的分类和命名方法

1. 电阻器的分类

电阻器的种类很多,几种常用电阻器的外形,如图1—1所示。

(1) 按照制造工艺或材料,电阻器可分为以下几种。

①合金型:用块状电阻合金拉制成合金线或碾压成合金箔制成的电阻,例如,线绕电

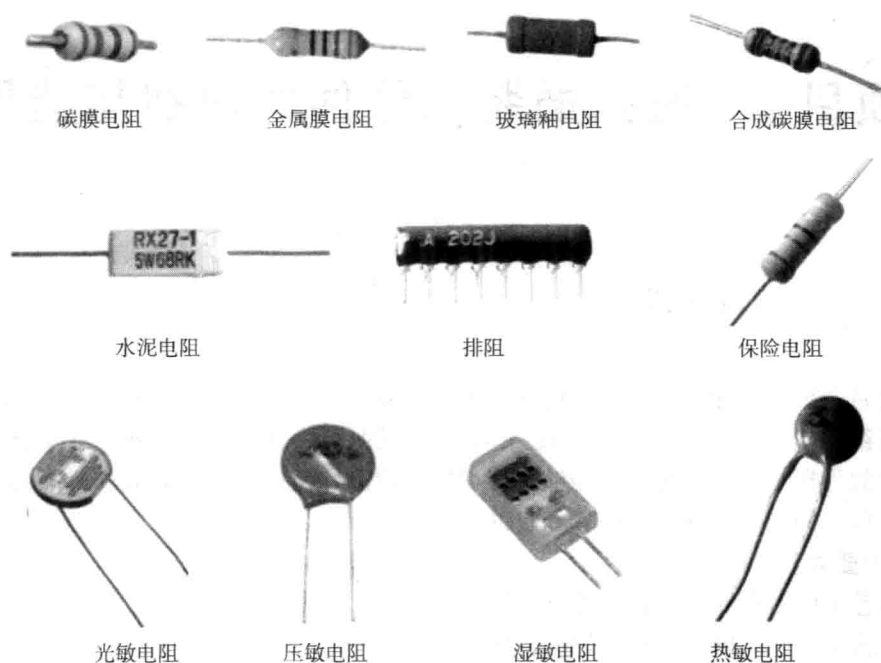


图 1—1 常用电阻器的外形

阻、精密合金箔电阻等。

②薄膜型：在玻璃或陶瓷基体上沉积一层电阻薄膜，薄膜材料有碳膜、金属膜、化学沉积膜及金属氧化膜等。

③合成型：电阻体由导电颗粒和化学黏结剂混合而成，可以制成薄膜或实芯两种类型，常见的有合成膜电阻和实芯电阻。

(2) 按照使用范围及用途，电阻器可划分为以下几种。

①普通型：能适应一般技术要求的电阻，额定功率范围为 $0.05 \sim 2\text{W}$ ，阻值为 $1\Omega \sim 22\text{M}\Omega$ ，允许偏差有 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 等。

②精密型：有较高的精密度及稳定性，功率一般不大于 2W ，标称值在 $0.01\Omega \sim 20\text{M}\Omega$ 之间，精度在 $\pm 2\% \sim \pm 0.001\%$ 之间分挡。

③高频型：电阻自身电感量极小，常称为无感电阻。用于高频电路，阻值小于 $1\text{k}\Omega$ ，功率范围宽，最大可达 100W 。

④高压型：用于高压装置中，功率在 $0.5 \sim 15\text{W}$ 之间，额定电压可达 35kV 以上，标称阻值可达 $1\text{G}\Omega$ ($1\,000\text{M}\Omega$)。

⑤高阻型：阻值在 $10\text{M}\Omega$ 以上，最高可达 $10^{14}\Omega$ 。

⑥集成电阻（电阻排）：一种电阻网络，具有体积小、规整化、精密度高等特点，特别适用于电子仪器仪表及计算机产品中。

(3) 其他种类。

①熔断电阻：这种电阻又叫做保险电阻，兼有电阻和熔断器的双重作用。在正常工作

状态下它是一个普通的小阻值（一般几欧姆到几十欧姆）电阻，但当电路出现故障、通过熔断电阻器的电流超过该电路的规定电流时，它就会迅速熔断开路。与传统的熔断器和其他保护装置相比，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，被广泛用于电子产品中。

②水泥电阻：水泥电阻是一种绕线电阻，是将电阻线绕于耐热瓷件上，外面加上耐热、耐湿及耐腐蚀材料保护固定并把绕线电阻体放入方形瓷器框内，用特殊不燃性耐热水泥填充密封。由于其外形像是一个白色长方形水泥块，故称水泥电阻。

水泥电阻功率大、散热好，具有良好的阻燃、防爆特性和高达 $100\text{M}\Omega$ 的绝缘电阻，被广泛使用在开关电源和功率输出电路中。

③敏感型电阻：使用不同材料及工艺制造的半导体电阻，具有对温度、光照度、湿度、压力、磁通量、气体浓度等非电物理量敏感的性质，这类电阻叫做敏感电阻。通常有热敏、压敏、光敏、湿敏、磁敏、气敏、力敏等不同类型的敏感电阻。利用这些敏感电阻，可以制作用于检测相应物理量的传感器及无触点开关。

另外，按阻值可否调节，可分为固定电阻器和可变电阻器。

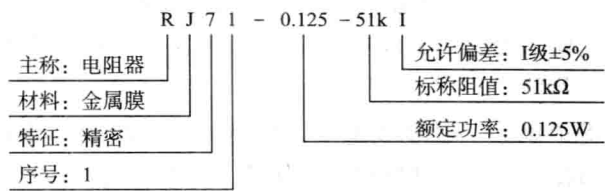
2. 电阻器的命名方法

根据国家标准 GB/T 2470—1995 的规定，电阻器的型号由四部分构成，如表 1—1 所示。

表 1—1 电阻器的型号

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表示主称		用字母表示材料		用数字或字母表示特征		用字母和数字表示含义
符号	含义	符号	含义	符号	含义	额定功率 阻值 允许偏差 精度等级等
R W	电阻器 电位器	T	碳膜	1, 2 3 4 5 7 8 9 G T X L W D	普通 超高频 高阻 高温 精密 电阻器—高压 电位器—特殊 高功率 可调 小型 测量用 微调 多圈	
		H	合成膜			
		P	硼碳膜			
		U	硅碳膜			
		C	沉积膜			
		I	玻璃釉膜			
		J	金属膜			
		Y	氧化膜			
		S	有机实芯			
		N	无机实芯			
		X	线绕			
		R	热敏			
		G	光敏			
		M	压敏			

例如，RJ71-0.125-51kI 型电阻器。



即 RJ71 表示精密金属膜电阻器，其额定功率为 0.125W，标称电阻值为 51kΩ，允许偏差为±5%。

1.1.2 电阻器的主要参数和标识方法

1. 电阻器的主要参数

电阻器的主要参数有额定功率、标称阻值、阻值精度（允许偏差）、温度系数、非线性度等。由于电阻器的表面积有限以及对参数关注的程度不同，一般只标注阻值、精度、材料和额定功率几项；对于额定功率小于 0.5W 的小电阻器，通常只标注阻值和精度，其材料及额定功率通常由外形尺寸和颜色判断。

（1）额定功率。电阻器在电路中长时间连续工作不损坏或不显著改变其性能所允许消耗的最大功率，称为电阻器的额定功率。电阻器的额定功率并不是电阻器在电路中工作时一定要消耗的功率，而是电阻器在电路中工作时，允许消耗功率的最大限度。

电阻器实质上是把吸收的电能转换成热能的能量转换元件。电阻器在电路中消耗电能，并使自身的温度升高，其负荷能力取决于电阻器在长期稳定工作的情况下所允许发热的温度。根据我国无线电行业标准 SJ618 《电阻器标准阻值系列》，不同类型的电阻器有不同的额定功率系列，通常的功率系列值有 0.05~500W 之间的数十种规格。选择电阻器的额定功率，应该判断它在电路中的实际功率，一般选择额定功率是实际功率的 1.5~2 倍。电阻器的额定功率系列，如表 1—2 所示。

表 1—2 电阻器的额定功率系列 (W)

线绕电阻器额定功率系列	0.05、0.125、0.25、0.5、1、2、4、8、10、16、25、40、50、75、100、150、250、500
非线性电阻器额定功率系列	0.05、0.125、0.25、0.5、1、2、5、10、25、50、100

在电路图中，电阻器的额定功率标识在电阻的图形符号上，如图 1—2 所示。

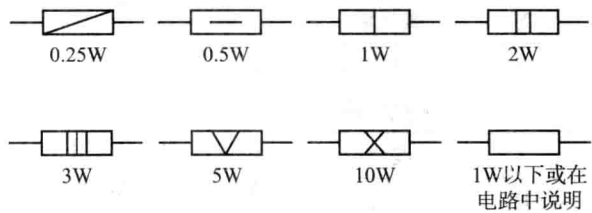


图 1—2 标有电阻器额定功率的电阻符号

额定功率 2W 以下的小型电阻器，其额定功率值通常不在电阻体上标出，观察外形尺

寸即可确定；额定功率 2W 以上的电阻器，因为体积比较大，其功率值可在电阻体上用数字标出。电阻器的额定功率主要取决于电阻体的材料、外形尺寸和散热面积。一般来说，额定功率大的电阻器，其体积也比较大。

(2) 标称阻值。阻值是电阻的主要参数之一，不同类型的电阻，阻值范围不同；不同精度等级的电阻器，其数值系列也不相同。根据我国无线电行业标准 SJ618《电阻器标准阻值系列》，常用电阻器的标称阻值系列，如表 1—3 所示。将表 1—3 中的数值乘以 $10^n \Omega$ (n 为整数)，就成为这一阻值系列。例如，E24 系列中的 1.8 就代表有 1.8Ω 、 18Ω 、 180Ω 、 $1.8k\Omega$ 、 $18k\Omega$ 、 $180k\Omega$ 等系列电阻值。在设计电路时，应该尽可能选用阻值符合标称系列的电阻。

表 1—3 常用电阻器的标称阻值系列

系列	允许偏差	电阻系列标称值											
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	1.1	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											

(3) 阻值精度（允许偏差）。实际阻值与标称阻值的相对误差为电阻精度，允许相对误差的范围叫做允许偏差（简称允差，也称为精度等级）。普通电阻的允许偏差可分为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 等，精密电阻的允许偏差可分为 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 0.001\%$ 等十多个等级。一般来说，精度等级高的电阻，价格也更高。在电子产品设计中，应该根据电路的不同要求，选用不同精度的电阻。

(4) 温度系数。电阻阻值随温度变化而变化，不同电阻材料的温度系数相差很大。一般情况下，应该采用温度系数较小的电阻；而在某些特殊情况下，则需要使用温度系数大的热敏电阻器，这种电阻器的阻值随着环境和工作电路的温度不同而敏感地变化。它有两种类型，一种是正温度系数型，另一种是负温度系数型。热敏电阻一般在电路中用作温度补偿或测量调节元件。

金属膜、合成膜电阻具有较小的正温度系数，碳膜电阻具有负温度系数。适当控制材料及加工工艺，可以制成温度稳定性很高的电阻。

2. 电阻器的标识方法

阻值和允许偏差在电阻器上常用的标识方法有四种。

(1) 直接标识法。直接标识法是指将电阻器的阻值和误差等级直接用数字和文字符号标识在电阻器上。对小于 $1\,000\Omega$ 的阻值只标出数值，不标单位。精度等级只标Ⅰ级或Ⅱ级，Ⅲ级不标注。电阻器的直接标识，如图 1—3 所示。电阻器的表面上印有 RXYC-50-T-1k5-±10%，表示其为耐潮披釉线绕可调电阻器，额定功率为 50W，阻值为 $1.5k\Omega$ ，允许偏差为 $\pm 10\%$ 。

(2) 文字符号法。文字符号法是指将需要标识的主要参数用文字和数字符号有规律地标识在电阻器上。欧姆用 Ω 表示，千欧 ($10^3\Omega$) 用 k 表示，兆欧 ($10^6\Omega$) 用 M 表示，吉欧 ($10^9\Omega$) 用 G 表示，太欧 ($10^{12}\Omega$) 用 T 表示。电阻值的整数部分写在阻值单位的前面，电阻值的小数部分写在阻值单位的后面。电阻器文字符号标识，如图 1—4 所示，3R9

表示 3.9Ω。

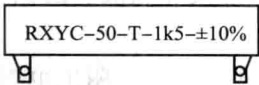


图 1—3 电阻器直接标识图

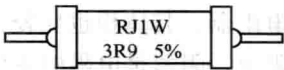


图 1—4 电阻器文字符号标识法

用文字符号标识电阻器，很多时候电阻器的允许偏差用特定的字母表示，常用电阻器允许偏差等级、文字符号，如表 1—4 所示。

表 1—4 常用电阻器允许偏差等级文字符号

允许偏差	±0.5%	±1%	±5%	±10%	±20%
等级	005	01	I	Ⅱ	Ⅲ
文字符号	D	F	J	K	M

(3) 数码标识法。数码标识法是指用 3 位阿拉伯数字标注在电阻器上来表示电阻器的标称值的方法。前两位代表电阻值的有效数，第三位数 n 表示倍乘 10^n （即有效值后 0 的个数），这里 n 取 0~8，而 9 却是个特例，意思是 10^{-1} ，单位默认为 Ω，电阻器的允许偏差表示与文字符号法相同。例如，102J 表示该电阻标称阻值为 $10 \times 10^2 = 1\text{k}\Omega$ ，J 表示该电阻的允许偏差为 ±5%；756K 表示该电阻标称阻值为 $75 \times 10^6 = 75\text{M}\Omega$ ，K 表示该电阻的允许偏差为 ±10%。

(4) 色环标识法。为了适应电子元器件不断小型化的发展趋势，在电阻体上印制色环表示数值及允许偏差，称为色环标识法，该方法也最为成熟统一。现在，能否识别色环电阻，已经是考核电子行业从业人员的基本项目之一，国际统一的色环识别规定，如表 1—5 所示。

表 1—5 国际统一的色环识别规定

颜色	有效数字	倍率（乘数）	允许偏差（%）
黑	0	10^0	—
棕	1	10^1	±1
红	2	10^2	±2
橙	3	10^3	—
黄	4	10^4	—
绿	5	10^5	±0.5
蓝	6	10^6	±0.25
紫	7	10^7	±0.1
灰	8	10^8	—
白	9	10^9	-20~+50
金	—	10^{-1}	±5
银	—	10^{-2}	±10
无色	—	—	±20

普通电阻大多用四个色环表示其阻值和允许偏差。第一、二环表示有效数字，第三环表示 10^n ，第四环与前三环距离较大（约为前几环间距的 1.5 倍），表示允许偏差。例如，红、红、红、银四环表示的阻值为 $22 \times 10^2 = 2\,200\Omega$ ，允许偏差为 $\pm 10\%$ ；又如，绿、蓝、金、金四环表示的阻值为 $56 \times 10^{-1} = 5.6\Omega$ ，允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

精密电阻采用五个色环标识，前三环表示有效数字，第四环表示 10^n ，与前四环距离较大的第五环表示允许偏差。例如，黄、橙、黑、红、棕五环表示阻值为 $430 \times 10^2 = 43\,000\Omega = 43\text{k}\Omega$ ，允许偏差为 $\pm 1\%$ ；又如，棕、紫、绿、银、绿五环表示阻值为 $175 \times 10^{-2} = 1.75\Omega$ ，允许偏差为 $\pm 0.5\%$ 。电阻器的色环标识法，如图 1—5 所示。



图 1—5 电阻器的色环标识法

1.1.3 电阻器的正确选用与质量判别

1. 电阻器的正确选用

在选用电阻器时，不仅要求其各项参数符合电路的使用条件，还要考虑外形尺寸和价格等多方面的因素。一般来说，电阻器应该选用标称阻值系列，允许偏差多用 $\pm 5\%$ 或 $\pm 1\%$ 的，额定功率选择电路中实际功耗的 1.5~2 倍。

在研制电子产品时，要仔细分析电路的具体要求。在那些稳定性、耐热性、可靠性要求比较高的电路中，应该选用金属膜或金属氧化膜电阻；如果要求功率大、耐热性能好，工作频率又不高，则可选用线绕电阻；对于无特殊要求的一般电路，可使用碳膜电阻，以便降低成本。

2. 电阻器的质量判别方法

(1) 看电阻器表面有无烧焦、引线有无折断现象。

(2) 再用万用表电阻挡测量阻值，合格的电阻值应该稳定在允许的误差范围内，若超出误差范围或阻值不稳定，则不能选用。

(3) 根据“电阻器质量越好，其噪声电压越小”的原理，使用“电阻噪声测量仪”测量电阻噪声，判别电阻质量的好坏。

1.2 电位器

电位器也叫可调电阻器，常用的电位器外形，如图 1—6 所示。电位器有三个引出端：其中两个引出端为固定端，固定端之间的电阻值是固定的；另一个是滑动端（也称中心抽头），滑动端可以在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。习惯上，把滑动端带有手柄、易于调节的称为电位器，把不带手柄、调节不方便的称为可调（微调）电阻器。



图 1—6 常用的电位器外形

1.2.1 电位器的分类

电位器的种类很多，用途各异，可从不同的角度进行分类。虽然我国行业标准《电子设备用电位器型号命名方法》（ST/T10503—94）规定了电位器的命名符号，但市场上常见电位器的标号并不完全一致，介绍电位器的手册也往往是各厂家根据生产的品种而编排的，规格、型号的命名及代号也有所不同。因此，在产品设计时必须根据电路特点及要求，查阅产品手册，了解性能，合理选用。

电位器可按用途、材料、结构特点、阻值变化规律、驱动机构的运动方式等因素进行分类。常见的电位器分类，如表 1—6 所示。

表 1—6 电位器分类

分类形式			举例
材 料	合金型	线绕	线绕电位器（WX）
		金属箔	金属箔电位器（WB）
	薄膜型		金属膜电位器（WJ），金属氧化膜电位器（WY），复合膜电位器（WH），碳膜电位器（WT）
	合成型	有机	有机实芯电位器（WS）
		无机	无机实芯电位器，金属玻璃釉电位器（WD）
	导电塑料		直滑式（LP），旋转式（CP）
用途			普通，精密，微调，功率，专用（高频，高压，耐热）

续前表

分类形式		举例
阻值变化规律	线性	线性电位器 (X)
	非线性	对数式 (D), 指数式 (Z), 正余弦式
结构特点		单圈, 多圈, 单联, 多联, 有止挡, 无止挡, 带推拉开关, 带旋转开关, 锁紧式
调节方式		旋转式, 直滑式

1.2.2 电位器的主要参数

描述电位器的参数很多, 但一般来说, 最主要的几项指标有标称阻值、额定功率、滑动噪声、分辨力、机械零位电阻、阻值变化规律等。

1. 标称阻值

标在产品上的名义阻值, 其系列与电阻器的阻值标称系列相同。根据不同的精度等级, 实际阻值与标称阻值的允许偏差范围为 $\pm 20\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$, 精密电位器的精度可达到 $\pm 0.1\%$ 。

2. 额定功率

电位器的额定功率是指两个固定端之间允许耗散的最大功率。一般电位器的额定功率为0.063、0.125、0.25、0.5、0.75、1、2、3 (W); 线绕电位器的额定功率比较大, 有0.5、0.75、1、1.6、3、5、10、16、25、40、63、100 (W)。应该特别注意, 电位器的固定端附近容易因为电流过大而烧毁, 滑动端与固定端之间所能承受的功率要小于电位器的额定功率。

3. 滑动噪声

当电刷在电阻体上滑动时, 电位器中心端与固定端之间的电压出现不规则的起伏, 这种现象称为电位器的滑动噪声, 它是由材料电阻率分布的不均匀性以及电刷滑动时接触电阻的不规律变化引起的。

4. 分辨力

对输出量可实现的最精细的调节能力, 称为电位器的分辨力。线绕电位器的分辨力较差。

5. 机械零位电阻

当电位器的滑动端处于机械零位时, 滑动端与一个固定端之间的电阻应该是零。但由于接触电阻和引出电阻的影响, 机械零位电阻一般不是零。在某些应用场合, 必须选择机械零位电阻小的电位器。

6. 阻值变化规律

调整电位器的滑动端, 其电阻值按照一定规律变化。常见电位器的阻值变化规律有线性变化 (X 型)、指数变化 (Z 型) 和对数变化 (D 型)。根据不同需要, 还可制成按照其他函数 (如正弦、余弦) 规律变化的电位器。

1.2.3 电位器的合理选用与质量检测

1. 电位器的合理选用

电位器的规格品种很多,在选用时,不仅要根据具体电路的使用条件(电阻值及功率要求)来确定,还要考虑调节、操作和成本方面的要求。下面是根据不同用途推荐电位器选用类型。

- (1) 普通电子仪器:合成碳膜或有机实芯电位器。
- (2) 大功率低频电路、高温情况:线绕或金属玻璃釉电位器。
- (3) 高精度:线绕、导电塑料或精密合成碳膜电位器。
- (4) 高分辨力:各类非线绕电位器或多圈式微调电位器。
- (5) 高频、高稳定性:薄膜电位器。
- (6) 调节后不需再动:轴端锁紧式电位器。
- (7) 多个电路同步调节:多联电位器。
- (8) 精密、微量调节:带慢轴调节机构的微调电位器。
- (9) 要求电压均匀变化:直线式电位器。
- (10) 音量控制电位器:指数式电位器。

2. 电位器的质量检测

(1) 用万用表欧姆挡测量电位器的两个固定端的电阻,并与标称值核对阻值。如果万用表指示的阻值比标称值大得多,表明电位器已坏;若指示的数值跳动,表明电位器内部接触不好。

(2) 测量滑动端与固定端的阻值变化情况。移动滑动端,若阻值从最小到最大之间连续变化,而且最小值越小,最大值越接近标称值,说明电位器质量较好;若阻值间断或不连续,说明电位器滑动端接触不良,则不能选用。

(3) 用“电位器动噪声测量仪”判别质量好坏。

3. 安装使用电位器的注意事项

(1) 焊接前要对焊点做好镀锡处理,去除焊点上的漆皮与污垢;焊接时间要适宜,不得加热过长,避免引线周围的壳体软化变形。

(2) 有些电位器的端面上备有防止壳体转动的定位柱,安装时要注意检查定位柱是否正确装入安装面板上的定位孔里,避免壳体变形;用螺钉固定的矩形微调电位器,螺钉不可压得过紧,避免破坏电位器的内部结构。

(3) 安装在电位器轴端的旋钮不要过大,应与电位器的尺寸相匹配,避免调节转动力矩过大而破坏电位器内部的停止挡。

(4) 插针式引线的电位器,为防止引线折断,不得用力弯曲或扭动引线。

1.3 电容器

电容器是电子设备中最基础、最重要的元器件之一,它的基本结构是一层绝缘材料