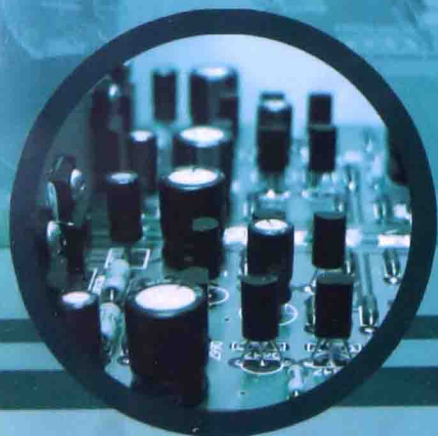


DIANZICHANPIN
SHENGCHANYUJIANYAN

电子产品 生产与检验

殷侠 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

DIANZICHANPIN
SHENGCHANYUJIANYAN

电子产品 生产与检验

殷侠 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以电子产品“从图纸到合格成品”为主线进行介绍，主要内容包括常用元器件的介绍和选用、印制电路板制作的工艺流程、电路板的手工焊接和老化筛选及装配、SMT贴片机的操作和日常维护、电子产品检验和品质管理相关技术文件的编写等。可以使专业技术人员掌握电子元器件检测的基本知识、电子产品的工艺知识和工艺技能，理解电子产品的工艺文件和质量保证文件，养成适应电子企业安全规范和ESD防护的职业素养。

本书描绘了从图纸到电子产品完整加工工艺和制作全过程，既可供高等职业院校电子信息类专业学生使用，也可作为电子整机产品制造培训教材，还可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子产品生产与检验/殷侠编著. —北京: 中国电力出版社, 2015. 1

ISBN 978-7-5123-6774-6

I. ①电… II. ①殷… III. ①电子产品—生产工艺②电子产品—检验 IV. ①TN0

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第268550号

中国电力出版社出版发行

北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 杨淑玲 责任印制: 蔺义舟 责任校对: 常燕昆

航远印刷有限公司印刷·各地新华书店经售

2015年1月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·10.5印张·247千字

定价: 29.80元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

本书以工作过程为导向，根据本行业企业专家对本专业所对应的职业岗位群进行的职业能力分析，紧密结合相关职业资格的考核要求，确定了本课程的内容。本书编写按照工学结合的课程设计要求，从简单到复杂。载体采用企业化的真实产品，按照企业标准化生产的要求编写完整的工艺流程。通过训教一体化训练，可使学生掌握高新电子制造企业的生产技术岗位所需的基本技能，如电子元器件的物料准备，印制电路板制作的基本流程和操作技能，电路板的手工安装，SMT 贴片机的编程和维护保养，整机检验、产品段位测试技术以及品质管理等。

本书按照“以能力为本位，以职业实践为主线，以项目课程为主体的模块化专业课程体系”的总体设计要求，以形成掌握电子产品制造工艺的基本技术和操作技能为基本目标，紧紧围绕工作任务完成的需要来选择和组织课程内容，突出工作任务与知识的联系，使读者在完成职业任务的过程中，掌握电子元器件的基本知识、电子产品的工艺知识和工艺技能，理解电子产品的工艺文件和质量保证文件，养成适应电子企业 5S 规范和 ESD 防护的职业素养。

本书可供高等职业院校电子信息类专业学生使用，也可作为培训教材，用于现代电子制造企业的 PCB 电路板的制作岗位，电子产品生产线安装岗位，SMT 岗位，测试技术岗位，物料准备、品质检验与管理岗位的培训使用。

全书由九江职业技术学院殷侠编著，浙江机电职业技术学院戴一平教授审阅了书稿，并提出了宝贵意见。同时在编写过程中参考了大量参考文献，而且得到了陈梓城教授的鼓励和指导，在此表示诚挚的谢意！

由于编者水平有限，不妥之处在所难免，敬请同行专家及读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 常用元器件及其选用	1
1.1 电阻器和电位器	1
1.1.1 常用电阻器及其选用	1
1.1.2 电位器及其选用	6
1.1.3 电阻器、电位器阻值的测量	8
1.2 电容器	9
1.2.1 电容器的分类	9
1.2.2 电容器的主要参数	10
1.2.3 电容器的容量标注方法	10
1.2.4 常用电容器	11
1.2.5 电容器的测试	16
1.2.6 电容器的选用常识	17
1.3 电感器	17
1.3.1 电感器的分类	18
1.3.2 电感器的主要参数	18
1.3.3 常用电感器	18
1.4 变压器和继电器	19
1.4.1 变压器的分类	19
1.4.2 继电器的分类和主要参数	21
1.4.3 继电器的选用常识	23
1.5 半导体二极管	24
1.5.1 半导体二极管的分类	24
1.5.2 常用半导体二极管	24
1.5.3 半导体二极管的测试	25
1.5.4 半导体二极管的选用	26
1.6 半导体晶体管	26
1.6.1 双极型晶体管及其选用	26
1.6.2 场效应晶体管及其选用	31
1.7 常用光电器件	33
1.7.1 光电二极管及其应用	33
1.7.2 光电二极管的测试	34
1.7.3 发光二极管及其应用	34
1.7.4 发光二极管的测试	35

1.7.5	光电晶体管及其应用	36
1.7.6	光电晶体管的简易测试	37
1.7.7	光耦合器及其选用	37
1.7.8	光耦合器的测试	40
1.8	模拟集成电路和数字集成电路	41
1.8.1	集成电路的分类	41
1.8.2	集成运算放大器的分类	41
1.8.3	典型集成运算放大器的测试及选用原则	43
1.8.4	集成稳压器的分类	44
1.8.5	常用集成稳压器的测试	45
1.8.6	数字集成电路的分类及性能粗测	46
1.9	晶闸管和单结晶体管	47
1.9.1	晶闸管及其测试	48
1.9.2	双向晶闸管及其测试	50
1.9.3	触发二极管及其测试	51
1.9.4	单结晶体管及其测试	52
1.10	接插件	53
1.10.1	常用接插件	53
1.10.2	接插件的使用注意事项	56
第2章 电子产品印制电路板制作技术		58
2.1	印制电路板的组成及类型	58
2.1.1	印制电路板组成特点	58
2.1.2	印制电路板类型	58
2.1.3	印制电路常用基板	58
2.2	印制电路板的制板方法	59
2.2.1	印制电路板的制板要求	59
2.2.2	印制电路板铜箔引线的布线	61
2.2.3	印制电路板铜箔引线的焊盘	68
2.2.4	印制导线和元器件的屏蔽	69
2.2.5	印制电路板图绘制的具体要求	70
2.2.6	自制印制电路板图的几种方法	72
2.3	印制电路板的腐蚀方法	76
2.3.1	腐蚀用的容器及工具	76
2.3.2	腐蚀液	77
2.3.3	印制电路板的腐蚀	78
2.3.4	印制电路板腐蚀后的处理	78
2.4	特殊类型印制电路板的制作方法	80
2.4.1	带金属化孔的双面印制电路板	80
2.4.2	感光印制电路板	81

2.5	实验室化学法制作印制电路板实训	82
2.5.1	电镀沉铜	82
2.5.2	覆感光膜	86
2.5.3	感光膜曝光	88
2.5.4	感光膜显影	90
2.5.5	覆铜板蚀刻	92
2.5.6	覆铜板镀锡	92
2.5.7	覆阻焊膜	93
2.5.8	阻焊膜曝光	93
2.5.9	阻焊膜显影	94
2.5.10	阻焊膜加固	94
2.5.11	裁板	94
第3章	元器件的焊接和老化筛选	95
3.1	焊接工具	95
3.1.1	直热式电烙铁	95
3.1.2	调温式电烙铁	96
3.1.3	吸锡电烙铁	96
3.1.4	半自动电烙铁	97
3.1.5	热风工作台	97
3.2	电烙铁的选用、使用方法及常见故障	98
3.2.1	电烙铁的选用	98
3.2.2	电烙铁的使用方法	99
3.2.3	电烙铁的常见故障及其维护	100
3.3	焊料、助焊剂、焊膏、阻焊剂及其选用	100
3.3.1	焊料	100
3.3.2	助焊剂	101
3.3.3	焊膏	103
3.3.4	阻焊剂	104
3.4	焊接工艺	104
3.4.1	THT与SMT	104
3.4.2	对焊接点的基本要求	105
3.4.3	手工焊接的操作要领	106
3.4.4	印制电路板的手工焊接工艺	107
3.4.5	普通元器件的拆焊	108
3.4.6	微型元器件的手工焊接、拆焊	109
3.4.7	工业生产中的焊接	113
3.5	焊接质量的检查	116
3.5.1	目视检查	116
3.5.2	手触检查	116

3.5.3	焊接缺陷的产生原因及排除方法	117
3.6	电子元器件的老化筛选	121
3.6.1	可靠性测试	121
3.6.2	电子元器件的老化筛选	123
3.7	元器件的装配工艺	124
3.7.1	元器件引脚成形	125
3.7.2	元器件引脚及导线端头焊前加工	126
3.7.3	导线、线扎和电缆的安装	127
3.7.4	元器件的插装方法	130
3.7.5	印制电路板的焊前检查	132
3.7.6	印制导线的修复	132
3.7.7	元器件插装后的引脚处理	133
第4章	电子产品表面贴装技术	135
4.1	SMT 简介	135
4.2	元器件简介	135
4.3	焊接材料简介	138
4.4	丝网印刷简介	139
4.5	贴片机简介	141
4.6	回流焊简介	142
4.7	SMT 测试方法简介	143
第5章	电子产品的工艺文件和质量保证文件	145
5.1	工艺文件	145
5.1.1	工艺文件的定义和作用	145
5.1.2	电子产品工艺文件的分类	145
5.1.3	工艺文件的成套性	146
5.1.4	编制工艺文件的原则	146
5.1.5	编制工艺文件的要求	146
5.1.6	工艺图样管理及工艺纪律	146
5.2	工艺编制示例	147
5.3	产品质量保证文件	154
5.3.1	产品保证文件的种类	154
5.3.2	提供产品保证文件的基本原则	154
5.3.3	产品合格证	154
5.3.4	产品保修单	155
5.3.5	产品质量保险单	155
5.3.6	产品保证文件的编制要求	155
	参考文献	157

第 1 章 常用元器件及其选用

1.1 电阻器和电位器

1.1.1 常用电阻器及其选用

电阻器在日常生活中一般直接称为电阻，是一个限流元件。阻值不能改变的称为固定电阻器，阻值可变的称为电位器或可变电阻器。电阻器选择应考虑功能、质量、效率、功能价格比、服务等因素。

1. 电阻器的分类

电阻器在电子产品中是必不可少的、用得较多的元件之一。它的种类繁多，形状各异，功率也各有不同，在电路中常用来控制电流、分配电压。

(1) 按结构和材料分类。电阻器按结构分类，可分为固定电阻器、可变电阻器两大类。

固定电阻器的种类比较多，按材料不同，主要分为碳质电阻器、碳膜电阻器和线绕电阻器等。固定电阻器的电阻值是固定不变的，阻值的大小就是它的标称阻值。固定电阻器的文字符号常用字母“R”表示，在电路图中的符号如图 1-1 所示。

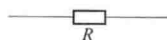


图 1-1 电阻器的符号

可变电阻器主要指可调电阻器、电位器。它们的阻值可以在某一个范围内变化。

(2) 按用途分类。电阻器按用途不同可分为精密电阻器、高频电阻器、高压电阻器、大功率电阻器、热敏电阻器和熔断电阻器等。

2. 电阻器的主要参数

电阻器的主要参数有标称阻值、阻值误差、额定功率、最高工作温度、最高工作电压、静噪声电动势、温度特性和高频特性等。选用电阻器时，一般只考虑标称阻值、额定功率和阻值误差，其他几项参数，只在有特殊需要时才考虑。

(1) 标称阻值。电阻器的标称阻值是指电阻器表面所标的阻值。电阻器上所标的阻值是按国家规定的阻值系列标注的，见表 1-1。因此，必须按国家对电阻器的标称值范围来选用电阻器。使用时，将表中的数值乘以 1、10、100、1000、…、 10^n (n 为整数) 就可成为这一阻值系列。例如，E24 系列中的 1.5 就有 1.5 Ω 、15 Ω 、150 Ω 、1.5k Ω 、15k Ω 等。

表 1-1

标称阻值系列

标称值系列	允许误差	误差等级	标称电阻系列
E24	$\pm 5\%$	I	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	$\pm 10\%$	II	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	$\pm 20\%$	III	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8

标称阻值的表示方法有直标法、文字符号法和色标法。

1) 直标法。直标法就是将电阻器的阻值和阻值误差直接打印在电阻器上,如图 1-2 所示。

2) 文字符号法。文字符号法是将文字、数字有规律地组合起来表示出电阻器的阻值与阻值误差。标志符号规定如下:

欧姆 (10^0 欧姆) 用 Ω 表示。

千欧 (10^3 欧姆) 用 $k\Omega$ 表示。

兆欧 (10^6 欧姆) 用 $M\Omega$ 表示。

吉欧 (10^9 欧姆) 用 $G\Omega$ 表示。

太欧 (10^{12} 欧姆) 用 $T\Omega$ 表示。

例如, 0.1Ω 的标志为 $\Omega 1$, 1Ω 的标志为 1Ω , $1k\Omega$ 的标志为 $1k\Omega$, $3.3k\Omega$ 的标志为 $3k3$, $1000M\Omega$ 的标志为 $1G$, $3.3 \times 10^{12}\Omega$ 的标志为 $3T3$, 如图 1-2 所示。

3) 色标法。色标法就是用不同颜色的色环表示电阻器的阻值和阻值误差。电位器上有三道或者四道色环,靠近电阻器端头的为第一道色环,其余顺次为第二、三、四道色环。第四道色环表示误差,若没有,则其误差为 $\pm 20\%$ 。色环的表示方法如图 1-3 所示。

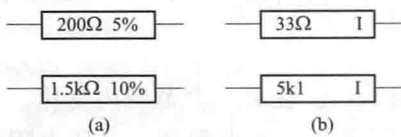


图 1-2 标称阻值的直标法和文字符号法

(a) 直标法; (b) 文字符号法

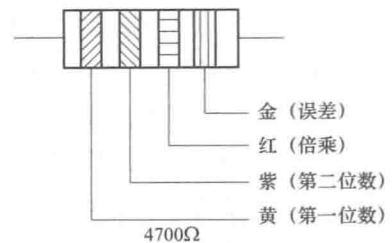


图 1-3 色环的表示方法

电阻色环所代表的意义见表 1-2。若一个电阻器的色环分别为红、紫、棕、银,则这个电阻器的阻值为 270Ω ,误差为 $\pm 10\%$ 。注:精密电阻有五道色环,第一、二、三道色环为第 1、2、3 位有效数字,表示方法同表 1-2 第一位。第四色环为倍乘因素,银色为 $\times 10^{-2}$,金色为 $\times 10^{-1}$,其余见表 1-2 中第三色环表示方法。第五色环为误差,棕色表示误差 $\pm 1\%$,红色表示误差 $\pm 2\%$,绿色表示为误差 $\pm 0.5\%$,蓝色表示为误差 $\pm 0.25\%$,紫色表示误差 $\pm 0.1\%$ 。

表 1-2

电阻色环代表的意义

色环颜色	第一色环 (第一位数)	第二色环 (第二位数)	第三色环 (应乘的数)	第四色环 (允许误差)
黑	0	0	10^0	
棕	1	1	10^1	
红	2	2	10^2	
橙	3	3	10^3	
黄	4	4	10^4	
绿	5	5	10^5	

续表

色环颜色	第一色环 (第一位数)	第二色环 (第二位数)	第三色环 (应乘的数)	第四色环 (允许误差)
蓝	6	6	10^6	
紫	7	7	10^7	
灰	8	8	10^8	
白	9	9	10^9	
金			10^{-1}	$\pm 5\%$
银			10^{-2}	$\pm 10\%$
无色				$\pm 20\%$

(2) 阻值误差。电阻器的实际阻值并不完全与标称阻值相符，而是存在着误差。实际阻值与标称阻值的差值除以标称阻值所得的百分数就是阻值误差。普通电阻器的阻值误差一般分为三级，即 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ ，或用Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级表示。阻值误差越小，表明电阻器的精度越高。

(3) 额定功率。电阻器接入电路后，有电流通过时便会发热，如果温度过高就会将其烧毁。通常，在规定温度和 $(9.6 \sim 10.4) \times 10^5$ Pa的大气压下，电阻器在交流或直流电路中能长期连续工作所消耗的最大功率，称为额定功率。在电路图中，用图 1-4 所示的符号来表示。

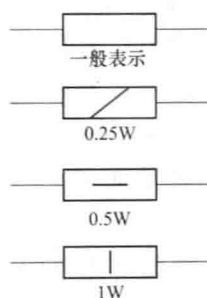


图 1-4 电阻器的额定功率符号

3. 常用电阻器及其选用

(1) 碳质电阻器。这种电阻器是实心的，因而又称为实心型电阻器。它的内部没有绝缘瓷棒，引线从内部引出。它是由碳粉、填充料和粘合剂等材料压制而成的。由于这种电阻器成本低、价格较低，故曾得到广泛的应用，但它的阻值误差较大，不稳定，噪声大，体积大，所以现在一般不再采用。

(2) 碳膜电阻器。这种电阻器由于具有稳定性好、高频特性好、噪声小、可在 70°C 的温度下长期工作等优点，因而得到广泛的应用，如用在收录机、电视机以及其他一些电子产品中。碳膜电阻器是由结晶碳在高温与真空的条件下沉淀在瓷棒上或瓷管骨架上制成的，它的外表常涂成绿色。

(3) 金属膜电阻器。除具有碳膜电阻器的特点外，还具有较好的耐高温特性（能在 125°C 的温度下长期工作）和精度高的特点。因而在对精度要求较高的电路中都采用这种电阻器（如各种测试仪表）。这种电阻器是用合金粉在真空条件下蒸发于瓷棒骨架表面制成的。它的外表常涂成红色或棕色，外形如图 1-5 (a) 所示。

(4) 金属氧化膜电阻器。这种电阻器与金属膜电阻器的性能和形状基本相同，而且具有更高的耐压、耐热性能，可与金属膜电阻器互换使用。它的不足之处是长期工作的稳定性稍差。其外形如图 1-5 (b) 所示。

(5) 线绕电阻器。它是由镍、铬、锰铜、康铜等合金电阻绕在瓷管上制成的，外表涂有耐热的绝缘层或酚醛层。其外形如图 1-6 所示。

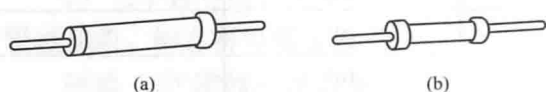


图 1-5 常用电阻器

(a) 金属膜电阻器；(b) 金属氧化膜电阻器

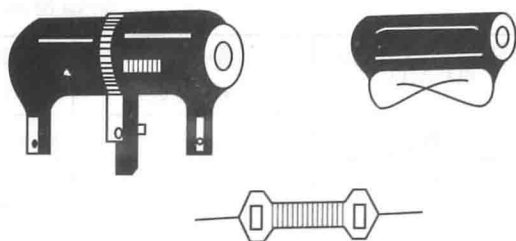


图 1-6 线绕电阻器

线绕电阻器具有精度高、稳定性好的特点，能承受较高的温度（能在 300°C 左右的温度下连续工作）并具有较大的功率。因此在万用表、电阻箱中作为分压器和限流器，在电源电路中作为限流电阻。

(6) 热敏电阻器。特点是电阻值随温度的变化而发生明显的变化。热敏电阻器主要在电路中作温度补偿之用，也可用作温度测量和在温度控制电路中用作感温元件。

热敏电阻器可分为两大类：一类是负温度系数（NTC）的热敏电阻器；另一类是正温度系数（PTC）的热敏电阻器。负温度系数的热敏电阻器的阻值随温度的升高而减小；正温度系数的热敏电阻器的阻值随温度的升高而增大。

热敏电阻器按结构不同可分为直热式和旁热式两种。用得较多的是直热式热敏电阻器，它利用电阻体本身通过电流时产生热量的特点，使电阻值发生变化。旁热式热敏电阻器除了有一个普通电阻外，还有一个热源电阻，并将两者密封于高真空的玻璃壳中。

热敏电阻器的主要参数有标称阻值、温度系数、额定功率、时间常数和最高工作温度。额定功率是指热敏电阻器在温度为 25°C 、相对湿度为 $45\% \sim 80\%$ 、标准大气压下长期连续工作所允许的耗散功率。时间常数是热敏电阻器对温度变化响应的速度。最高工作温度就是在规定的技术条件下，热敏电阻器长期连续工作所允许的最高温度。

热敏电阻器从外形上分类，有片状、杆状、垫圈状、珠状和管状等，如图 1-7 所示。负温度系数热敏电阻器的有关参数见表 1-3。

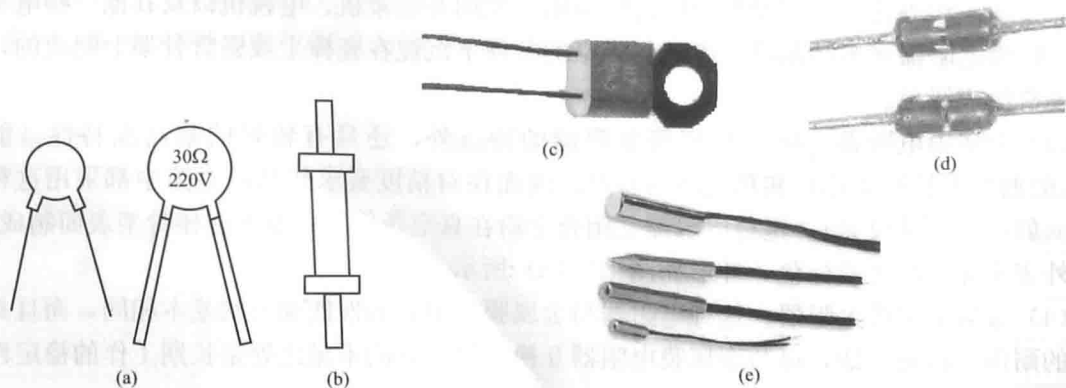


图 1-7 热敏电阻器

(a) 片状；(b) 杆状；(c) 垫圈状；(d) 珠状；(e) 管状

表 1-3 负温度系数热敏电阻器的参数

型号	参数	标称阻值/ Ω	温度系数 (%)	额定功率/W	时间常数/s	最高工作温度/ $^{\circ}\text{C}$
MF11E		10~100	- (2.23~2.72)	0.25	≤ 30	85
MF11F-G		110~15 $\times 10^3$	- (2.73~4.09)	0.25	≤ 30	85
MF12		56~1 $\times 10^6$	- (3.95~6.94)	0.25~1.0	10~60	125
MF13		820~3 $\times 10^5$	- (2.73~4.09)	0.25	≤ 30	125
MF14		820~3 $\times 10^5$	- (2.73~4.09)	0.5	≤ 60	125
MF15		10 ⁴ ~10 ⁶	- (3.95~5.83)	0.5	≤ 30	125
MF16H		10 ⁴ ~47 $\times 10^3$	- (3.95~4.84)	0.5	≤ 60	125
MF16I		51 $\times 10^3$ ~10 ⁶	- (4.76~5.83)	0.5	≤ 60	125

测量热敏电阻器时不宜用普通万用表，因表的电流过大，会使热敏电阻器发热而造成阻值的变化。

(7) 熔断电阻器。在正常工作情况下使用时，熔断电阻器具有普通电阻器的电气特性。当电路发生故障、电源电压发生变化、某个电器件发生短路或失效时，熔断电阻器就会超负荷，且在规定的时间内熔断开路，从而起到保护电路的作用。

熔断电阻器按其工作方式可分为可修复型和不可修复型两种。可修复型电阻器由低熔点焊料焊接一根弹性金属片构成，当负荷过大、温度过高时，低熔点焊料的焊点就会融化，弹性金属片脱开，使电路开路。不可修复型电阻器在通过超负荷电流时，会使涂有熔断料的电阻膜层或绕组线熔断，从而使电阻器断开，使电路得到保护。

(8) 片状电阻器。它是新一代超小型电子元件。它没有引线，占用很小的安装空间，受分布电容、分布电感影响小，使高频设计易于实现，并适合于自动装配。自动安装机可同时装配 50~60 个片状电阻器，降低了电子产品的成本，并使其体积大大缩小、耗电减少、可靠性提高，因而具有广阔的发展前景。

片状电阻器的形状有矩形和圆柱形两种。矩形片状电阻器很薄，适用于装置超薄型产品。它有两种型号：3216 型号，长 3.2mm，宽 1.6mm，厚 0.45~0.6mm，阻值范围 1 Ω ~10M Ω ，功率 0.125W，耐压 200V，精度小于或等于 5%；2125 型号，长 2.0mm，宽 1.25mm，厚 0.35~0.5mm，阻值范围 1 Ω ~10M Ω ，功率 0.1W，耐压 200V，精度小于或等于 5%。

圆柱形片状电阻器成本低，是标准规格。目前世界上流行的尺寸是 $\phi 2.2\text{mm} \times 5.9\text{mm}$ ，也生产 $\phi 1.6\text{mm} \times 3.2\text{mm}$ 和 $\phi 1.0\text{mm} \times 2.0\text{mm}$ 的电阻器。

片状电阻器的阻值大小用色环表示，第一、二道色环表示有效数字，第三道色环表示倍乘。它没有表示误差的色环，色环标志的数值同普通电阻。

(9) 电阻网络。又称为电阻排或集成电阻器。它是将按一定规律排列的分立电阻器集成在一起的组合型电阻器。其外形如图 1-8 所示。

(10) 电阻器的选用常识。

1) 要根据电路的用途选择不同种类的电阻器。对要求不高的电子电路，如收音机、中档收录机及电视机等可选用碳膜电阻器。对整机质量、工作稳定性以及可靠性要求较高的电

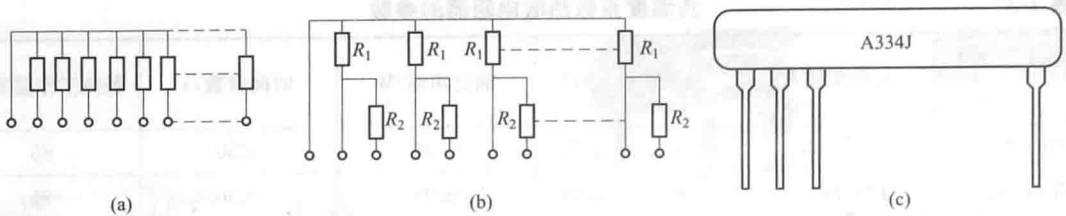


图 1-8 电阻网络

(a) 边侧并联电阻网络；(b) 分压电阻网络；(c) 并联单列直插式电阻网络

路，可选用金属膜电阻器。对于仪器、仪表电路，应选用精密电阻器或线绕电阻器。但在高频电路中不能使用线绕电阻器。

2) 所选用电阻器的额定功率不能过大，也不能过小。如果选用的额定功率超过实际消耗的功率太多，就势必要增大电阻的体积；如果额定功率低于实际消耗功率，就不能保证电阻器安全可靠地工作。一般情况下，所选用电阻器的额定功率大于实际消耗功率的两倍左右，以保证电阻器的可靠性。

3) 电阻器的阻值误差选择。在一般电路中，选用阻值误差为 $10\% \sim 20\%$ 的电阻器即可。在特殊电路中，则根据要求选用。

4) 电阻器的代用。大功率的电阻器可代换小功率的电阻器，金属膜电阻器可代换碳膜电阻器，固定电阻器与半可调电阻器可相互代替使用。

1.1.2 电位器及其选用

电位器是具有三个引出端、阻值可按某种变化规律调节的电阻元件，通常由电阻体和可移动的电刷组成。当电刷沿电阻体移动时，在输出端即获得与位移量成一定关系的电阻值或电压。

1. 电位器的分类

电位器按电阻体所用材料不同，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、有机实心电位器和玻璃釉电位器等。

电位器按结构不同，分为单圈式、多圈式电位器，单联、双联电位器，带开关电位器，锁紧和非锁紧型电位器。

电位器按调节方式的不同，分为旋转式和直滑式两种。其中旋转式电位器的滑动臂在电阻体工作时旋转运动，单圈式、多圈式电位器就属于这种。常用电位器的外形及符号如图 1-9 所示。

(1) 碳膜电位器。这种电位器的结构比较简单，主要由马蹄形电阻片和滑动臂构成，随滑动触头的位置改变，就可达到改变电阻的目的。碳膜电位器的阻值范围比较宽，一般为 $100\Omega \sim 4.7M\Omega$ ，它的功率一般都在 $2W$ 以内。这种电位器具有噪声小、稳定性好以及品种多等优点，因此广泛应用于收音机、收录机和电视机等家电及无线电电子设备中。

(2) 线绕电位器。这种电位器由合金电阻丝绕在环状骨架上制成。线绕电位器的优点是能承受较大功率，精确度较高，而且耐热性能和耐磨性能较好。线绕电位器的缺点是当电流通过合金电阻丝时，会产生分布电容和分布电感，这将影响整个电路的稳定性，故在高频电路中不宜采用。

(3) 直滑式电位器。这种电位器的形状一般为长方体，通过滑动触点来改变电阻值。直滑式电位器多用于收录机和电视机。它的功率小，阻值范围为 $470\Omega \sim 2.2M\Omega$ 。

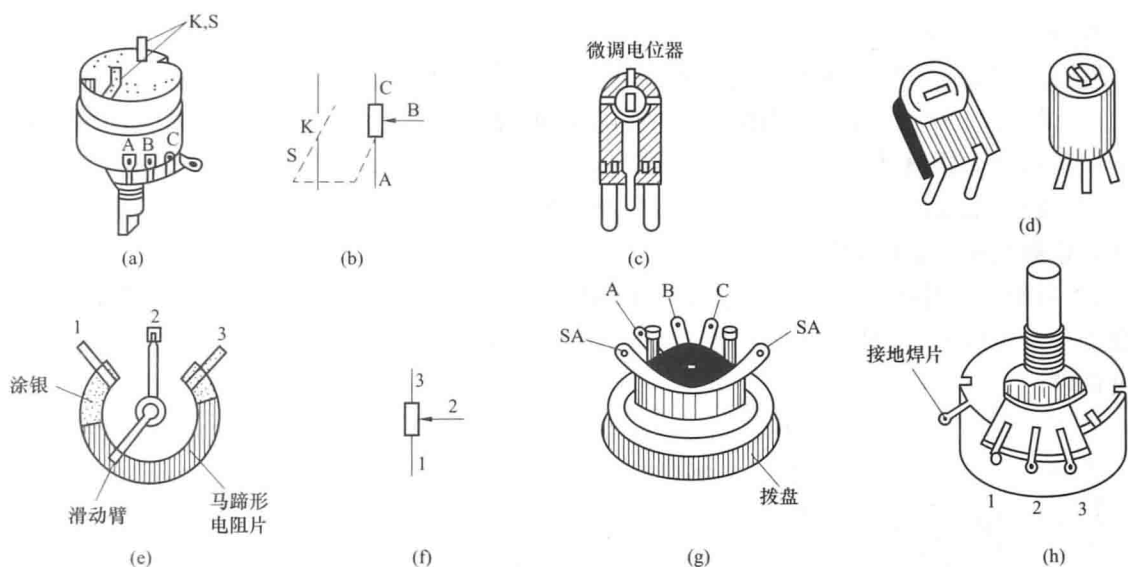


图 1-9 常用电位器的外形及符号

(a) 大型带开关电位器外形；(b) 带开关电位器符号；(c) 微调电位器外形；(d) 微型电位器外形；
 (e) 图 (a)、(g)、(h) 所示电位器内部结构示意图；(f) 电位器符号；(g) 带开关电位器外形；(h) 大型电位器外形

(4) 旋转式电位器。这种电位器一般是圆弧形，触点在圆弧上，通常的旋转角度约 $270^{\circ} \sim 300^{\circ}$ 。一种新型旋转式电位器称为方形电位器，其特点是采用碳精触头，耐磨性能好，装有插入式焊片和插入式支架，所以能直接插入印制电路板中，不需另设支架，使用起来很方便；它常用于电视机亮度、对比度和色饱和度的调节，阻值范围在 $470\Omega \sim 2.2M\Omega$ 之间。

(5) 多圈微调电位器。它由蜗杆蜗轮减速机构、电阻体、接触电刷、基片及外壳等组成。多圈微调电位器的结构示意图如图 1-10 所示。蜗杆、蜗轮用齿啮合，当蜗杆旋转一周时，蜗轮才转动一个齿的行程。电刷是与蜗轮相连接的，调节帽与蜗杆为一体，这样当调节帽旋转一周时，电刷在电阻体上仅移动了一个很小的行程，起到了精细调节电阻和提高分辨率的作用。

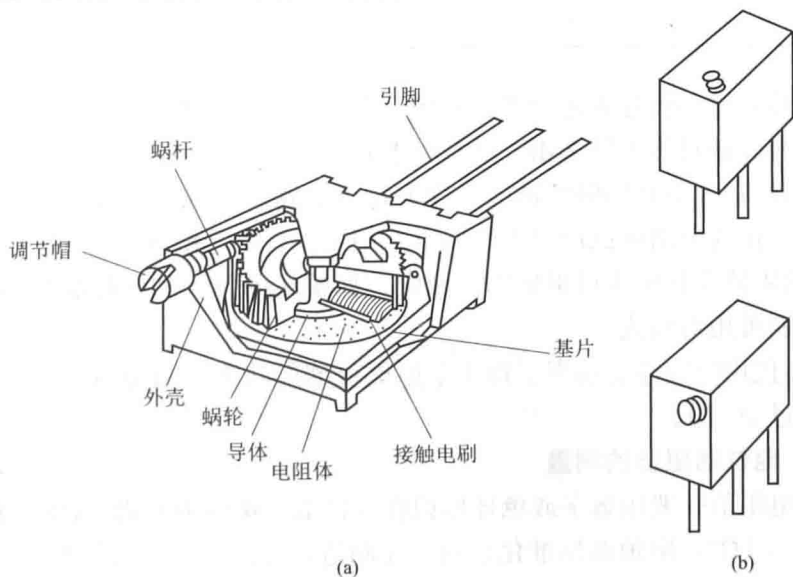


图 1-10 多圈微调电位器

(a) 结构示意图；(b) 外形图

2. 电位器的参数

除与电阻器相同的参数外, 电位器还有如下一些参数:

(1) 阻值的变化形式。指电位器的阻值随转轴的旋转角度而变化的形式。变化规律有三种不同的形式, 即直线式、对数式和指数式。

1) 直线式。直线式用字母 X 表示, 阻值随转轴的旋转作均匀的变化, 并与旋转角度成正比。也就是说阻值随旋转角度的增大而增大。这种电位器适于作分压、偏流的调整等。

2) 对数式。对数式用字母 D 表示, 阻值随转轴的旋转作对数规律的变化。也就是说阻值变化一开始较大, 而后变化逐渐减慢。这种电位器适于作音调控制和黑白电视机的黑白对比度调整。

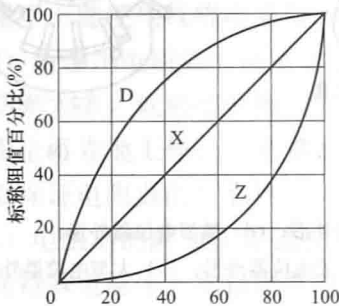


图 1-11 阻值变化与转角的关系曲线

3) 指数式。指数式用字母 Z 表示, 阻值随转轴的旋转作指数规律变化。也就是说阻值变化一开始比较缓慢, 以后随转角的加大, 阻值变化也逐渐加快, 这种电位器适于作音量控制。三种形式电位器的阻值变化规律曲线如图 1-11 所示。

(2) 动态噪声。由于电阻体阻值分布的不均匀性和滑动触头接触电阻的存在, 电位器的滑动臂在电阻体上移动时会产生噪声。这种噪声将对电子设备产生不良的影响。

3. 电位器的识别与选用

在电位器的外壳上用字母表示它的型号, 其意义见表 1-4。

表 1-4 电位器的标志符号

电位器类别	标志符号	电位器类别	标志符号
碳膜电位器	WT	有机实心电位器	WS
合成碳膜电位器	WTH (WH)	玻璃釉电位器	WI
线绕电位器	WX		

电位器的轴端式样一般分为光轴式、带螺钉旋具槽式和铰平面式。其转轴的轴柄长短也不一样, 在使用时要视具体条件选用, 可从以下几个方面考虑:

1) 电位器的体积大小和转轴的轴端式样要符合电路的要求, 如经常旋转调整的电位器应选用铰平面式; 作为电路调试用的电位器可选用带螺钉旋具槽式。

2) 电位器的阻值变化形式可根据用途而定, 如偏流调整、分压控制及音量调节等可用直线式, 音调控制可用对数式。

3) 电位器在代用时应注意功率不得小于原电位器的功率, 阻值可比原电位器的略大或略小 (一般不超过 20%)。

1.1.3 电阻器、电位器阻值的测量

电位器或者电阻值一般用数字或色环标识在元件上, 单位为欧姆 (Ω)、千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$)、太欧 ($T\Omega$), 阻值按标准化系列优先制造, 允许有一定的偏差。

1. 电阻器的测量

电阻器在使用前要进行测量, 看其实际阻值与标称阻值是否符合。差值是否在电阻器的

标称误差内。

用万用表测量电阻器时要注意：测量时，手不能同时接触被测电阻器的两根引线，以免人体的电阻影响测量的准确性。测量电路中的电阻器时，必须将电阻器的一端从电路中断开，以防电路中的其他元器件影响测量结果。测量电阻器的阻值时，应根据电阻值的大小选择合适的量程。由于万用表的欧姆挡刻度线是非线性关系，在欧姆挡的中间段，分度较细而且准确，因此在测量电阻时，应尽可能使表针落在刻度盘的中间段，以提高测量精度。

2. 电位器的测量

如图 1-9 所示，电位器的引脚分别为 A、B、C，开关引脚为 K 和 S。首先用万用表测量电位器的标称阻值。根据标称阻值的大小，选择合适的挡位，测 A、C 两端的阻值是否与标称阻值相符，如阻值为无穷大时，则表明电阻体与其相连的引脚断开了。然后测 A、B 或者 B、C 两端的阻值，并慢慢地旋转转轴，若这时表针平稳地朝向一个方向移动，没有跌落和跳跃现象，则表明滑动触头与电阻体接触良好。最后用 $R \times 1$ 挡测 K 与 S 之间的阻值，转动转轴使电位器的开关接通或者断开，阻值应为零或者无穷大，否则说明开关坏了。

说明：用万用表测电阻值简单方便，但不精确，一般用来粗测。若需要精确测量电阻值，应采用电桥法。

1.2 电 容 器

电容器是由两个金属板中间夹有绝缘材料（绝缘介质）构成的。由于绝缘材料不同，构成的电容器的种类也不同。

电容器在电路中具有隔断直流电、通过交流电的作用，常用于极间耦合、滤波、去耦、旁路及信号调谐（选择电台）等方面。它是电子设备中不可缺少的基本元件。

1.2.1 电容器的分类

电容器的种类很多，形状各异。按结构的不同可分为固定电容器、可变电容器和半可变电容器。





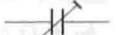
按介质材料的不同可分为气体介质电容器（空气电容器）、液体介质电容器（油浸电容器）、无机固体介质电容器（云母电容器、陶瓷电容器）、电解电容器。电解电容器按电解质形态的不同又可分为液式和干式两种；按阳极材料的不同可分为铝电解电容器、钽电解电容器、铌电解电容器和钛电解电容器等。

按有无极性可分为有极性电容器和无极性电容器。

在电路图中，电容器的符号见表 1-5。

表 1-5

电容器的常用符号

新国标	旧国标	新国标	旧国标
 固定电容器	 固定电容器	 可调电容器	 可调电容器
 电解电容器	 电解电容器	 微调电容器	 半可调电容器