

从零开始学电子技术丛书

# 从零开始学

# 电子元器件 识别与检测技术

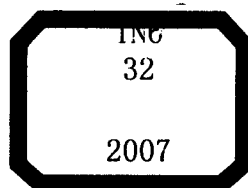
刘建清 主编  
刘为国 王春生 张涛 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

从零开始学电子技术丛书



# 从零开始学电子元器件 识别与检测技术

刘建清 主编  
刘为国 王春生 张涛 编著

国防工业出版社

·北京·

## 内 容 简 介

学习电子技术离不开电子元器件的识别、检测与更换。本书就是为使初学者从零开始,快速掌握电子元器件的识别与检测技术而编写的。本书对各种常用电子元器件的外形结构、作用性能、识别及检测技术进行了系统的分析和介绍,内容新颖、资料翔实、通俗易懂,具有较强的针对性和实用性。

本书可供电子工业领域中的技工、工矿企业的技术人员、电气工人、农村电工、家电维修人员以及无线电爱好者阅读,也可作为中专、中技的教材或教学参考书使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

从零开始学电子元器件识别与检测技术/刘建清主编;  
刘为国,王春生,张涛编著. —北京:国防工业出版社,  
2007.1

(从零开始学电子技术丛书)

ISBN 7-118-04765-1

I. 从... II. ①刘...②刘...③王...④张...  
III. ①电子元件—识别②电子元件—检测 IV. TN60

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 109328 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 20 $\frac{3}{4}$  字数 470 千字

2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

## 丛书前言

我们所处的时代是一个知识爆炸的新时代。新产品、新技术层出不穷,电子技术的发展更是日新月异。可以毫不夸张地说,电子技术的应用无处不在,电子技术正在不断地改变着我们的生活,改变着我们的世界。

读者朋友:当你妙趣横生的电子世界发生兴趣时;当你彷徨于就业的关口,想成为电子产业中的一名员工时;当你跃跃欲试,想成为一名工厂的技术革新能手时;当你面对“无所不能”的“单片机”,梦想成为一名自动化高手时;当你的头脑里冒出那么多的奇思妙想,急于把它们应用于或转化为产品时……都是那么急切地想补充自己有关电子技术方面的知识,这时,你首先想到的是找一套适合自己学习的电子技术图书阅读。《从零开始学电子技术丛书》正是为了满足广大读者特别是电子爱好者的实际需要和零起点入门的阅读要求而编著的。

和其他电子技术类图书相比,本丛书具有以下特点:

内容全面,体系完备。本丛书给出了广大电子爱好者学习电子技术的全方位解决方案,既有初学者必须掌握的电路基础、模拟电路和数字电路等基础理论,又有电子元器件检测、电子测量仪器的使用、电路仿真与设计等操作性较强的内容,还有电气控制与PLC、单片机、CPLD等综合应用方面的知识,因此,本丛书内容翔实,覆盖面广。

通俗易懂,重点突出。传统的电子技术图书和教材在介绍电路基础和模拟电子技术等内容时,大都借助高等数学这一工具进行分析,这就给电子爱好者自学电子技术设置了一道门槛,使大多数电子爱好者失去了学习的热情和兴趣。本丛书在编写时,完全考虑到了初学者的需要,不涉及高等数学方面的公式,尽可能地把复杂的理论通俗化和实用化,将烦琐的公式简化,再辅以简明的分析及典型的实例,从而形成了本丛书通俗易懂的特点。为了满足不同层次读者的需求,本丛书对难点和扩展知识用“\*”进行了标注,初学者可跳过此内容。

实例典型,实践性强。本丛书最大程度地强调了实践性,书中给出的例子大都经过了验证,可以实现,并且具有代表性;本丛书中大多数书都配有光盘,光盘中收录了书中的实例、常用软件、实验程序和大量珍贵资料,以方便读者学习和使用。

内容新颖,风格活泼。本丛书所介绍的都是电子爱好者最为关心并且在业界获得普遍认同的内容,本丛书的每一分册都各有侧重,又互相补充,论述时疏密结合,重点突出。对于重点、难点和容易混淆的知识,书中还特别进行了标注和提示。

把握新知,结合实际。电子技术发展日新月异,为适应时代的发展,本丛书还对电子技术的新知识做了详细的介绍;本丛书中涉及的应用实例都是编著者开发经验的提炼和总结,相信一定会给读者带来很大的帮助。在讲述电路基础、模拟和数字电子技术时,还

专门安排了计算机辅助软件的仿真实验,实验过程非常接近实际操作的效果,使电子技术的学习变得更为直观,使学习变得更加生动有趣,这可以加深读者对电路理论知识的认识。

总之,对于需要学习电子技术的电子爱好者而言,选择《从零开始学电子技术丛书》不失为一个好的选择。本丛书一定能给你耳目一新的感觉,当你认真阅读之后将会发现,无论是你所读的书,还是读完书的你,都有所不同。

感谢本丛书的策划者——电子科普领域中的知名专家、中国电子学会高级会员刘午平先生,他与我们共同交流,共同探讨,达成了共识,确立了写作方向,并为本丛书的编排、修改和出版做了大量卓有成效的工作,他以丰富的专业知识和认真、敬业的态度为我们所敬佩;感谢山东持恒开关厂总经理陈培军先生和山东金曼克电气集团设计处总工程师高广海先生,他们对本丛书的编写提出了很多建设性的意见和建议,为本丛书的许多实验提供了强有力的支持与帮助,并参与了部分图书的编写工作;感谢网络,本丛书的许多新知识、新内容都是我们通过网络而获得的,我们在写作过程中遇到的许多疑难问题也大都通过网络得以顺利解决,对于这么多乐于助人、无私奉献的站主和作者们,无法在此一一列举,只能道一声“谢谢了!”感谢众多电子报刊、杂志的编辑和作者,他们为本丛书提供了许多有新意、有实用价值的参考文献,使得这套丛书能够别出心裁、与时俱进;感谢国防工业出版社,能与国内一流的出版社合作,我们感到万分的荣幸;感谢其他对本丛书的出版付出过辛勤工作的人士,没有他们的热心与支持,本丛书不知何时才能与读者见面!

最后,祝愿本丛书的每一位读者在学习电子技术的过程中,扬起风帆,乘风破浪!

丛书编者

# 前 言

电子元器件是组成电子电路的最小单位,也是修理中需要检测和更换的对象。本书对常用电子元器件的外形、性能、识别及检测技术进行了系统的分析,内容新颖、资料翔实、通俗易懂,具有较强的针对性和实用性。

按照结构清晰、层次分明的原则,本书可分为以下几部分:

第一部分为基本元器件篇。主要包括本书的第一章~第七章。重点介绍了电阻、电容、电感、变压器、二极管、三极管、场效应管、晶闸管的基本组成,识别方法和检测技巧。这些元器件是电路的基本组成元件,也是必须理解和掌握的内容。

第二部分为特殊元器件篇。主要包括本书的第八章~第十二章。重点介绍了电声器件、石英晶体、陶瓷器件、开关、插接件、继电器、传感器和显示器件的识别及检测,这些元器件虽不如基本元器件应用广泛,但在电路中具有特殊的作用,是分析和理解电路的基础。

第三部分为集成电路篇。主要包括本书的第十三章、第十四章。重点介绍了常用集成电路的分类、识别、检测和拆焊,并对应用十分广泛的集成稳压器进行了详细的分析。

第四部分为贴片元器件篇。主要包括本书的第十五章。贴片状元器件(SMD/SMC)是无引线或短引线的新型微小型元器件,它适合于在没有通孔的印制板上安装,是表面组装技术(SMT)的专用元器件。目前,片状元器件已在计算机、移动通信设备、医疗电子产品等高科技产品和摄像机、彩电高频头、VCD机等家用电器中得到广泛应用。本篇重点分析了常用片状元件的性能及识别技巧,可供维修和使用片状元件时参考。

本书具有较强的针对性和实用性,内容新颖、资料翔实、通俗易懂,同时,考虑到读者使用方便,对书中所给出的元器件均进行了认真的分类和总结。

由于时间仓促,书中错漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

作 者

# 目 录

<b>第一章 电阻器与电位器的识别与检测</b> .....	1
<b>第一节 电阻器的识别及检测</b> .....	1
一、电阻器的定义及分类.....	1
二、电阻器的字母代号及其意义.....	4
三、电阻器的基本参数.....	4
四、电阻器的识别.....	7
五、电阻器的串联与并联.....	9
六、电阻器的作用及选用.....	10
七、电阻器的检测.....	11
八、电阻器的修复与代换.....	11
<b>第二节 电位器的识别及检测</b> .....	12
一、电位器的分类及外形.....	12
二、电位器的参数.....	13
三、电位器的作用及选用.....	14
四、电位器的检测.....	15
五、电位器的修复.....	15
<b>第三节 特殊电阻的识别及检测</b> .....	16
一、熔断电阻器.....	16
二、熔断丝.....	17
三、热敏电阻.....	18
四、压敏电阻(VSR).....	22
五、光敏电阻.....	23
六、排电阻.....	24
<b>第二章 电容器的识别与检测</b> .....	25
<b>第一节 电容器的识别与检测</b> .....	25
一、电容器的定义与分类.....	25
二、常见电容介绍.....	26
三、电容器的基本参数.....	29
四、电容器的型号与标志识别.....	31
五、电容器的串联与并联.....	33
六、电容器的作用与选用.....	36

七、电容器的检测与代换 .....	37
第二节 可变电容器的识别与检测 .....	39
一、可变电容器的种类及特点 .....	39
二、可变电容器检测 .....	41
第三节 电磁干扰滤波电容器使用方法 .....	41
一、电容引线的作用 .....	41
二、温度的影响 .....	42
三、电压的影响 .....	43
四、穿心电容的使用 .....	43
<b>第三章 电感器件的识别与检测 .....</b>	<b>45</b>
第一节 电感线圈的识别与检测 .....	45
一、电感线圈的定义及分类 .....	45
二、电感线圈的主要参数 .....	47
三、电感线圈的标志识别 .....	48
四、电感线圈的串联与并联 .....	48
五、电感线圈的检测 .....	49
六、铁氧体简介 .....	49
第二节 变压器的识别与检测 .....	50
一、变压器的定义及分类 .....	50
二、变压器的主要作用 .....	52
三、变压器的主要参数 .....	53
四、电源变压器和隔离变压器 .....	54
五、电源变压器的设计 .....	56
六、电源变压器的检测 .....	60
七、电源变压器的修理 .....	63
<b>第四章 晶体二极管的识别与检测 .....</b>	<b>65</b>
第一节 晶体二极管概述 .....	65
一、二极管的结构 .....	65
二、二极管的分类和命名 .....	65
三、二极管的伏安特性 .....	66
第二节 整流二极管、整流桥和高压硅堆的检测 .....	67
一、整流二极管 .....	67
二、整流桥组件 .....	70
三、高压硅堆 .....	74
第三节 快恢复/超快恢复、开关和肖特基二极管的检测 .....	74
一、快恢复/超快恢复二极管 .....	74
二、硅高速开关二极管 .....	77



三、肖特基二极管 .....	77
第四节 稳压二极管的检测 .....	78
一、稳压管的特性 .....	78
二、稳压管的选择及应用 .....	79
三、稳压二极管的检测 .....	80
四、常见稳压二极管介绍 .....	82
第五节 变容二极管的检测 .....	82
一、变容二极管的特性 .....	82
二、变容二极管的检测 .....	83
第六节 发光和红外接收二极管的检测 .....	83
一、发光二极管 .....	83
二、光敏二极管和红外接收二极管 .....	89
第七节 其他二极管的检测 .....	91
一、检波二极管 .....	91
二、瞬态电压抑制二极管(TVS) .....	91
三、双向触发二极管 .....	93
四、双基极二极管 .....	95
五、精密二极管 .....	96
<b>第五章 晶体三极管的识别与检测 .....</b>	<b>98</b>
第一节 晶体三极管概述 .....	98
一、三极管的分类 .....	98
二、三极管的外形和结构 .....	99
三、三极管的工作电压 .....	99
四、三极管的电流分配关系 .....	101
五、三极管的输入输出特性曲线 .....	102
六、晶体三极管的主要技术参数 .....	105
七、晶体三极管的代换原则 .....	108
第二节 中小功率三极管的检测 .....	109
一、中小功率三极管的性能 .....	109
二、中小功率三极管的检测 .....	110
第三节 大功率三极管的检测 .....	112
一、大功率晶体三极管的特性 .....	112
二、大功率晶体三极管的检测 .....	112
三、常见大功率三极管介绍 .....	113
第四节 对管的检测 .....	116
第五节 达林顿管的检测 .....	117
一、普通达林顿管 .....	118

二、大功率达林顿管 .....	118
第六节 带阻三极管的特性与检测 .....	120
一、带阻三极管的特性 .....	120
二、带阻三极管的检测 .....	121
第七节 光敏三极管的检测 .....	122
一、光敏三极管的特性和主要参数 .....	122
二、光敏三极管的检测 .....	123
第八节 晶体管阵列器件 .....	124
第九节 三极管的特殊用途 .....	125
一、扩流 .....	125
二、代换 .....	125
三、模拟 .....	126
<b>第六章 场效应管的识别及检测</b> .....	127
第一节 结型场效应管的检测 .....	127
一、结型场效应管的结构和原理 .....	127
二、结型场效应管的特性曲线和参数 .....	128
三、结型场效应管的检测 .....	129
第二节 绝缘栅场效应管的检测 .....	130
一、绝缘栅场效应管的结构和原理 .....	130
二、绝缘栅场效应管的特性曲线和参数 .....	132
三、绝缘栅场效应管的检测 .....	134
四、绝缘栅场效应管使用注意事项 .....	138
第三节 场效应管的应用 .....	139
一、直流小信号调制电路 .....	139
二、代替限流电阻 .....	140
三、限流器 .....	140
<b>第七章 晶闸管(可控硅)的识别与检测</b> .....	141
第一节 晶闸管概述 .....	141
一、晶闸管的种类 .....	141
二、晶闸管的外形和命名 .....	141
三、晶闸管的主要参数 .....	143
四、晶闸管的选用 .....	144
第二节 单向晶闸管的识别与检测 .....	145
一、单向晶闸管的特性 .....	145
二、单向晶闸管的应用 .....	146
三、单向晶闸管的检测 .....	146
四、单向晶闸管的代换 .....	147

第三节	双向晶闸管的识别与检测	148
一、	双向晶闸管的特性	148
二、	双向晶闸管的应用	149
三、	双向晶闸管的检测	149
第四节	可关断晶闸管的识别与检测	150
一、	可关断晶闸管的特性	150
二、	可关断晶闸管的应用	151
三、	可关断晶闸管的检测	152
第五节	BTG 晶闸管的识别与检测	153
一、	BGT 晶闸管的特性	153
二、	BTG 晶闸管的应用	154
三、	BTG 晶闸管的检测	155
第六节	四端小功率晶闸管的识别与检测	155
一、	四端小功率晶闸管的特性	155
二、	四端小功率晶闸管的检测	156
第七节	光晶闸管的识别与检测	157
一、	光晶闸管的结构与原理	157
二、	常见光晶闸管	158
三、	光晶闸管的使用	159
四、	光晶闸管的检测	159
第八节	其他晶闸管的识别与检测	160
一、	逆导晶闸管	160
二、	温控晶闸管	161
三、	晶闸管模块	161
<b>第八章</b>	<b>电声器件的识别与检测</b>	<b>164</b>
第一节	扬声器的识别与检测	164
一、	扬声器的特性及种类	164
二、	扬声器的主要技术参数	166
三、	扬声器的检测	167
四、	扬声器使用注意事项	167
五、	扬声器的更换	168
第二节	耳机的识别与检测	169
一、	耳机的特性	169
二、	耳机的检测	169
三、	耳机的维修	169
第三节	压电陶瓷蜂鸣片和蜂鸣器的识别与检测	170
一、	压电陶瓷蜂鸣片	170

二、压电陶瓷蜂鸣器 .....	171
第四节 传声器的识别与检测 .....	171
一、驻极体话筒 .....	172
二、动圈式话筒 .....	175
三、电容式话筒 .....	176
<b>第九章 石英晶体、陶瓷元件和延迟线的识别与检测 .....</b>	<b>178</b>
第一节 石英晶体的识别与检测 .....	178
一、石英晶体的特性 .....	178
二、石英晶体的种类、型号和参数 .....	179
三、石英晶体的检测 .....	181
四、石英晶体的修理 .....	182
第二节 陶瓷元件的识别与检测 .....	183
一、声表面波器件 .....	183
二、陶瓷滤波器和陶瓷陷波器 .....	186
三、陶瓷鉴频器 .....	186
第三节 超声延迟线的识别与检测 .....	186
一、亮度延迟线 .....	187
二、色度延迟线 .....	188
<b>第十章 开关、接插件和继电器的识别与检测 .....</b>	<b>191</b>
第一节 开关器件的识别与检测 .....	191
一、机械开关 .....	191
二、薄膜开关 .....	193
三、接近开关 .....	194
四、光电开关 .....	195
第二节 接插件的识别 .....	196
第三节 继电器的识别与检测 .....	197
一、继电器的分类 .....	197
二、普通电磁继电器 .....	198
三、固态继电器(SSR) .....	203
四、干簧管和干簧继电器 .....	207
<b>第十一章 传感器件的识别及检测 .....</b>	<b>209</b>
第一节 传感器概述 .....	209
一、传感器的组成 .....	209
二、传感器的分类 .....	209
三、传感器的选择和使用 .....	210
第二节 磁敏传感器 .....	211
一、霍尔元件 .....	211

二、霍耳传感器	213
第三节 气敏传感器	213
一、气敏传感器的结构与特性	214
二、气敏传感器的应用	214
三、气敏传感器的检测	216
第四节 光敏传感器	216
一、光敏电阻	217
二、光敏二极管	217
三、光敏三极管	217
四、光电耦合器	217
第五节 温度传感器	219
一、热敏电阻	219
二、热敏三极管	219
三、热电偶	219
四、热释电温度传感器	221
第六节 湿敏传感器	225
一、氯化锂湿敏电阻	225
二、半导瓷湿敏电阻	225
第七节 声敏传感器	226
第八节 电感式传感器	227
一、高频振荡器	227
二、振荡检测器及射随输出电路	228
三、金属探测原理	228
<b>第十二章 显示器件的检测</b>	229
第一节 LED数码管的识别与检测	229
一、LED数码管的结构和原理	229
二、LED数码管的分类	230
三、LED数码管的性能特点	231
四、LED数码管的检测	231
五、注意事项	231
第二节 彩色显像管的识别与检测	232
一、彩色显像管的分类及特性	232
二、自会聚显像管的构造	236
三、自会聚显像管的性能要求	238
四、彩色显像管的检测	239
五、彩色显像管的代换	243
第三节 示波管和真空荧光显示屏简介	245

一、示波管 .....	245
二、真空荧光显示屏 VFD .....	246
第四节 液晶显示屏简介 .....	247
一、TN 型液晶显示器件 .....	248
二、TFT 液晶显示屏 .....	251
第五节 等离子显示屏(PDP)简介 .....	255
一、等离子显示屏概述 .....	255
二、等离子显示屏的分类 .....	256
三、等离子显示屏的结构 .....	256
<b>第十三章 集成电路的识别及检测</b> .....	<b>258</b>
第一节 集成电路的分类和主要技术参数 .....	258
一、集成电路的分类 .....	258
二、集成电路的主要技术参数 .....	260
第二节 集成电路的识别 .....	261
一、集成电路的外形和符号识别 .....	261
二、集成电路的型号识别 .....	261
三、集成电路的引脚识别 .....	266
第三节 集成电路的检测、拆卸和焊接 .....	270
一、集成电路的检测 .....	270
二、集成电路的拆焊 .....	275
<b>第十四章 集成稳压器的识别与检测</b> .....	<b>279</b>
第一节 三端固定电压集成稳压器 .....	279
一、78××系列三端固定正压集成稳压器 .....	279
二、79××系列三端固定负压集成稳压器 .....	283
三、29××低压差集成稳压器的检测 .....	284
第二节 三端可调集成稳压器 .....	285
一、三端可调集成稳压器的特性 .....	285
二、三端可调稳压器的原理及使用 .....	288
三、三端可调集成稳压器的检测 .....	289
第三节 四端、五端集成稳压器 .....	290
一、PQ 系列四端稳压器 .....	290
二、五端可调集成稳压器 .....	291
三、具有复位功能的五端 5V 集成稳压器 .....	292
四、输出电压可控的五端稳压器 .....	293
第四节 电压变换器和取样集成电路 .....	294
一、MAX6××系列 AC-DC 电压变换器 .....	294
二、三端取样集成电路 .....	296

<b>第十五章 片状元器件的识别</b> .....	297
<b>第一节 常用片状电阻器及其识别</b> .....	297
一、片状电阻器的阻值和允差标注方法.....	297
二、常见片状电阻器介绍.....	298
<b>第二节 常用片状电容器及其识别</b> .....	300
一、片状电容器容量和允差标注方法.....	300
二、常见片状电容器介绍.....	301
<b>第三节 常用片状电感器及其识别</b> .....	303
一、片状电感电感量的标注方法.....	303
二、常见片状电感器介绍.....	303
<b>第四节 常用片状二极管及其识别</b> .....	304
一、片状二极管的型号、结构及标注.....	304
二、常见片状二极管介绍.....	305
<b>第五节 常用片状三极管、场效应管及其识别</b> .....	308
一、片状三极管的型号识别.....	308
二、片状三极管及场效应管介绍.....	308
<b>第六节 常用片状稳压IC及其识别</b> .....	310
一、五脚稳压模块.....	310
二、六脚稳压模块.....	310
<b>附录 国内外晶体管型号命名法</b> .....	311
一、中国晶体管型号命名法.....	311
二、日本晶体管型号命名法.....	312
三、国际电子联合会晶体管型号命名法.....	314
四、美国晶体管型号命名法.....	315
<b>参考文献</b> .....	317

# 第一章 电阻器与电位器的识别与检测

电阻器是一种最基本的电子元件,从阻值方面可分为固定电阻器(电阻器)、可变电阻器(电位器)和特种电阻器三大类。在电路中,电阻器多用来进行降压、分压、分流、阻抗匹配等。本章主要从识别和检测等几个方面,对电阻器和电位器进行系统分析。

## 第一节 电阻器的识别及检测

### 一、电阻器的定义及分类

#### 1. 电阻器的定义

电阻器通常也称为电阻,是一个为电流提供通路的电子器件,可以定义为每单位电流在导体上所引起的电压。

电阻( $R$ ) = 电压( $U$ ) / 电流( $I$ ),即

$$R=U/I$$

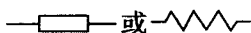
电阻没有极性(正、负极),这与电源不同,因此在电路中可以任意连接。

电阻元件的基本特征是消耗能量,其基本参量是电阻值( $R$ ),单位为欧姆( $\Omega$ )、千欧( $k\Omega$ )和兆欧( $M\Omega$ )。其中

$$1k\Omega = 1000\Omega$$

$$1M\Omega = 1000k\Omega$$

电阻的电路符号为



#### 2. 电阻器的分类

电阻按电阻体材料、结构形状、引出线及用途等分成多个种类,如图 1-1 所示。

电阻的常见外形如图 1-2 所示。

电阻的种类虽多,但常用的主要为 RT 型碳膜电阻、RJ 型金属膜电阻、RX 型线绕电阻和片状电阻,其中,过去的国产 RT 型电阻外表通常涂覆绿漆,RJ 型金属膜电阻则涂覆红漆,且一般都印上型号及规格等,较易识别。近年来随着进口及合资产品大量上市,RT 型电阻中以色环电阻占据主流地位,其底色并不很一致;RX 型线绕电阻外表多为黑色,被釉线绕电阻则多为深绿或浅绿色。片状电阻外表一般都为黑色,且上面标注有代表阻值的数字;若不为黑色且标注为 0 或 000 或根本无标注,这种片状元件并非电阻,而是一种用于代替连接导线、阻值为零的“桥接元件”。

下面重点介绍一下应用最普遍的碳膜电阻、金属膜电阻和线绕电阻的特点。

##### 1) 碳膜电阻器

碳膜电阻器的外形和内部结构如图 1-3 所示。



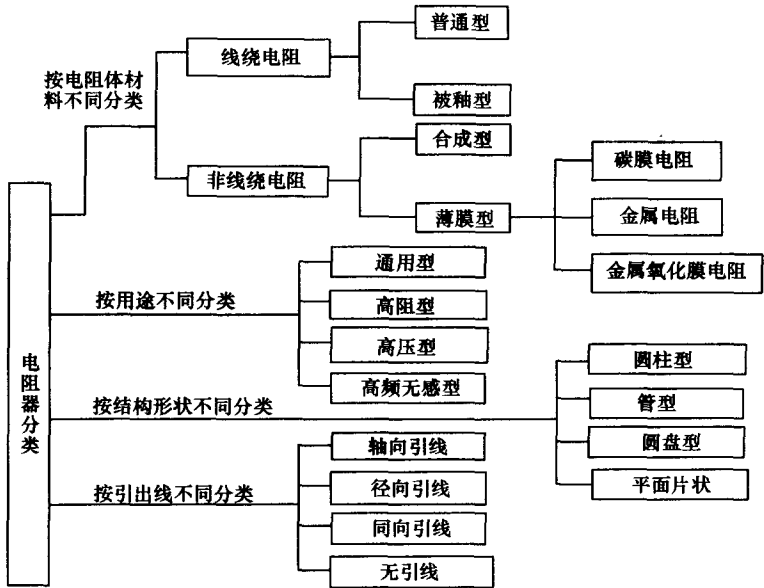


图 1-1 电阻的分类

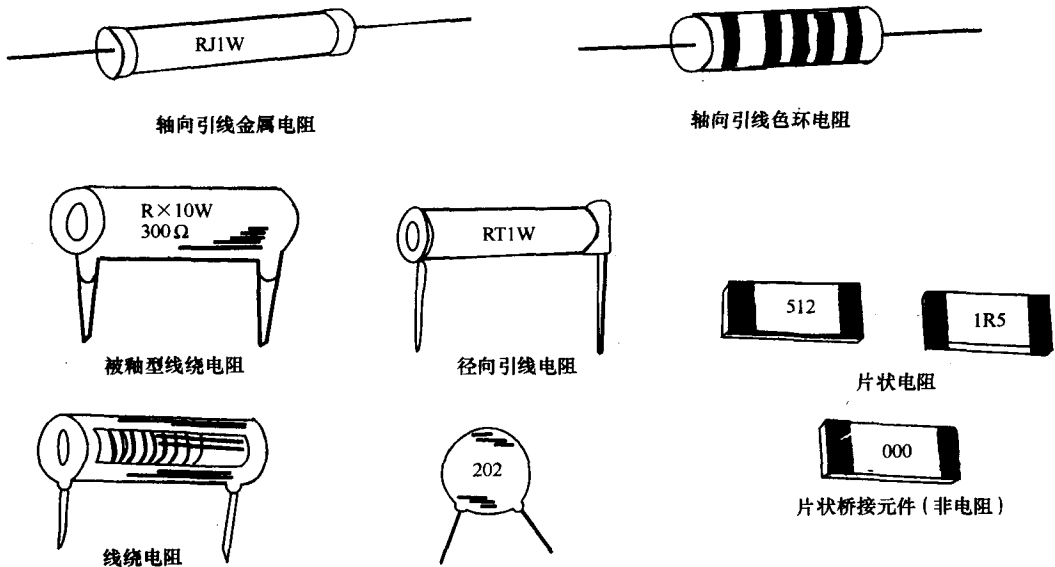


图 1-2 电阻的常见外形

这种电阻器是用结晶碳沉积在瓷棒或瓷管上制成的。改变碳膜的厚度和用刻槽的方法变更碳膜的长度,可以得到不同的阻值,碳膜电阻的主要特点是高频性能好,价格低。碳膜电阻是应用最多的一种电阻。

## 2) 金属膜电阻器

常用的金属膜电阻器的外形和内部构造如图 1-4 所示。

金属膜电阻器的电阻膜是通过真空蒸发等方法,使合金粉沉积在瓷基体上制成的。刻槽和改变金属膜厚度可以精确地控制阻值。金属膜电阻器的主要特点是耐热性能好,