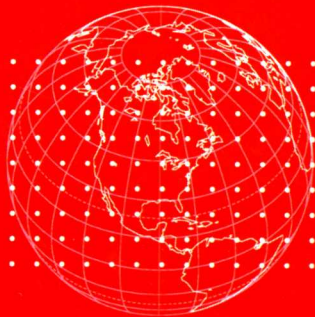


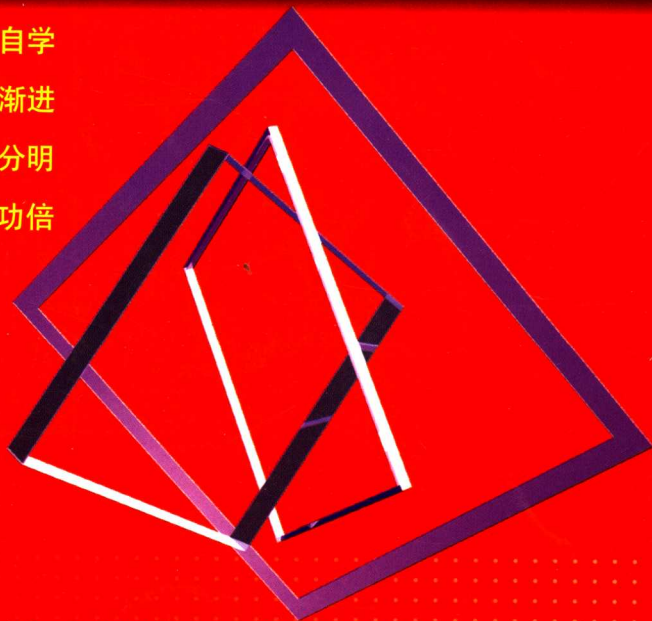
电子爱好者读本



常用电子元件 及其应用

陈永甫 主编

名师导读，宜于自学
由浅入深，循序渐进
重点突出，层次分明
学以致用，事半功倍



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

电子爱好者读本

常用电子元件及其应用

陈永甫 主编

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

常用电子元件及其应用/陈永甫主编. —北京: 人民邮电出版社, 2005. 8
(电子爱好者读本)

ISBN 7-115-13409-X

I. 常... II. 陈... III. 电子元件 IV. TN6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 041139 号

内 容 提 要

本书是“电子爱好者读本”的元件篇, 主要介绍电气、电子电路中常用的电子元件, 包括电阻器、敏感型电阻器、电容器、电感线圈、继电器、电声器件、石英晶体谐振器及陶瓷谐振元件等。本书的编写以实用性和培养应用能力为出发点, 各章选材讲究、内容精练, 以通俗的语言简明扼要地介绍常用电子元件的组成、工作原理、特性, 以及使用中的注意事项、如何选用和检测等实际问题。书中列举了很多典型应用电路和实例, 分析元件在电路中的作用及使用要点, 还给出大量数据、图表, 资料来源确切, 实用性强。

本书适用于广大电子爱好者, 大中专院校、技校和职业院校的电气、电子类专业的师生, 以及电气、电子类工程技术人员、技师和维修人员。

电子爱好者读本 常用电子元件及其应用

◆ 主 编 陈永甫

责任编辑 刘 朋

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 720 × 980 1/16

印张: 19.75

字数: 362 千字

2005 年 8 月第 1 版

印数: 1-6 000 册

2005 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-13409-X / TN · 2483

定价: 26.00 元

读者服务热线: (010) 67129264 印装质量热线: (010) 67129223

“电子爱好者读本”序言

随着科学技术的发展和高新技术的广泛应用，电子技术在国民经济的各个领域所起的作用越来越大，并深深地渗透到人们的生活、工作、学习的各个方面。新的世纪已跨入以电子技术为基础的信息化社会，层出不穷的电子新业务、电子新设施几乎无处不在，举目可见。掌握一定的电子技术知识和技能是电子信息时代对每个国民提出的要求和召唤，也是提高素质、搞好本职工作的需要。

我国的电子爱好者逾千万，而且每年都有大量青少年出于对电子技术的偏爱而源源不断地加入到这个行列中来。如何帮助这些电子爱好者尽快地学习和掌握电子技术基础知识和技能，尽快地融入这个五彩缤纷的电子世界，是众多电子科学普及工作者和教育者关心和考虑的问题。

对于广大电子爱好者来说，显然，自学是他们学习电子技术的重要方式。但自学碰到的问题很多，首要的问题就是选择适合于自学的课本或读物。目前，国内虽然出版了不少不同版本的电气、电子类教材，但大都是面向全日制大中专院校或脱产学习的职业院校学生编写的，而适用于电子爱好者自学的读本并不多见。没有适合的课本或读物，自学的困难是显而易见的。

笔者年少时，出于对无线电的好奇进而痴迷，并选择了无线电专业学习，后长期从事电子技术的应用、开发和教学工作。作为一个工作多年的电子爱好者，深知自学的艰辛和电子爱好者的需求。为电子爱好者编写一套通俗易懂的电子读本，是笔者多年的愿望。根据自学的特点，结合自己长期的学习心得、实践体验和教学经验，编写了这套电子通俗读本。

这套电子爱好者读本先期包括《电工电子技术入门》、《常用电子元件及其应用》、《常用半导体器件及模拟电路》、《数字电路基础及快速识图》等，后期将推出电子技术专题读物。各读本的内容前后关联（先原理，后应用；先元件，后电路；先基础，后专题），可组成一套较系统的电子技术读物。但各册的内容又相对独立，读者可视自身情况进行选择，如初学者可系统地阅读，有一定基础者可择册选读。

本套读本在内容安排上尽量做到由浅入深、循序渐进、内容精练、概念清晰、应用性强；在编写上，尽量用通俗的语言和图文结合的方式，阐明电磁学、电子技术各相关方面的基本原理和基本物理概念，尽量避开冗长的理论分析，淡化烦琐的数学推导，简明扼要地阐明必须掌握的核心内容及问题的实质，突出应

用；在写法上，每章节按“要点”、“基本内容”、“例题”（或“实例”）依次讲解，还有选择地设置了“相关知识”、“知识链接”、“应用知识”等栏目，重点突出、层次分明。

这套电子爱好者读本虽然是为广大电子爱好者编写的，但也适合于在读的大中专院校及职业院校的学生阅读、参考。全日制学生必学科目多，课业重。过量的知识灌输、冗长的理论分析以及复杂的数学推导，使多数学生头脑胀满、不堪重负。本套读本的内容涵盖了电气、电子类专业的电磁学、电工学、电子技术基础（包括模拟电子技术和数字电子技术）、电子元器件等课程的主要内容，但内容精练、选材得当。对电磁学、电工学及电子技术中的重要定律（定理）和相关概念、原理，均有明确的定义和扼要说明，表述确切、概念清晰、重点突出。本套读本可帮助读者从过量灌输的知识中理清思绪、分清主次、抓住并掌握核心内容和问题的实质。同时，本套读本除基本内容外，还编进了大量应用知识、相关知识、具体应用实例、分析方法、设计技巧和实践经验，这对于培养能力、扩大知识面和提高素质是有益的。

本套读本由陈永甫主笔，谭秀华、陈一民、高国君、龙海南、李芬华、潘立冬、舒冬梅、景春国、张微、陈立和张梦儒等参加了编写工作。

关于书中相关栏目的说明

◆ **要点**：位于每节的开始，点明该节的实质内容或结论，以利于读者了解所讲述的中心内容和精髓所在。

◆ **基本内容**：是本节的主要部分，对“要点”点明的内容进行详细介绍或系统论证，突出基本概念和基本定律，语言通俗，易学易懂。

◆ **例题**：结合内容，列举典型例题，以有助于深入理解课程内容，消化所学知识，并从中学习解决问题的方法，提高分析问题的能力。

◆ **相关知识**：穿插于各章节之中，对与所讲内容相关的知识或连带的技术（信息）做扼要说明或介绍，加强知识间的链接，拓宽知识面。

◆ **应用知识**：穿插于各章节中，结合书中内容，联系实际，列举应用实例或典型现象，进行简短说明或分析，学用结合，提高读者的应用能力和动手制作能力。

◆ **图表的使用**：为了便于理解所讲内容，书中安插了大量配图，图形绘制精细，表达确切，图文结合，易学易懂；书中也配备了大量数据表格，资料来源确切、翔实，可直接用来进行电路计算或工程设计。

◆ **小结**：每一章的结尾都附有小结，起画龙点睛的作用。只要读懂了每节开头的“要点”及后面的“小结”，应该说已经掌握了该章的实质内容和精髓。“要点”和“小结”旨在帮助读者掌握课程内容的重点，检查学习效果，并起到归纳总结的作用。

目 录

第1章 电阻器与电位器	1
1.1 电阻器	1
1.1.1 电阻器的常见种类	1
1.1.2 电阻器的型号命名方法和主要技术参数	4
1.1.3 电阻器的标称值系列和标识方法	7
相关知识 电阻器色标的认读	11
1.2 特种固定电阻器	11
1.2.1 熔断电阻器	11
1.2.2 水泥电阻器	15
1.3 电位器	17
1.3.1 电位器的作用、型号命名和分类	17
1.3.2 电位器的主要技术参数	20
1.3.3 常用电位器	21
1.3.4 不同调节方式的电位器	26
1.3.5 电位器的质量检测和选用	29
小结	32
第2章 敏感型电阻器	34
2.1 敏感型电阻器型号的命名方法	34
2.2 热敏电阻器	35
2.2.1 热敏电阻器的分类和型号命名方法	35
2.2.2 正温度系数热敏电阻器	36
2.2.3 负温度系数热敏电阻器	40
应用知识 采用热敏电阻器的温升告知器	42
2.3 光敏电阻器	43
2.3.1 光敏电阻器的工作机理和结构	43
2.3.2 光敏电阻器的基本特性和主要参数	44
2.3.3 MG型光敏电阻器	46
应用知识 采用光敏电阻器的应急自动照明灯电路	47

两款趣味天明报晓电路	48
2.4 湿敏电阻器	49
2.4.1 湿度及湿敏电阻器的分类	49
2.4.2 烧结型半导体陶瓷湿敏元件	50
2.4.3 涂覆膜型陶瓷湿敏元件	55
2.4.4 硅烧结型湿敏电阻器	57
2.4.5 电阻型结露传感器	58
应用知识 蔬菜大棚湿度检测、自动通风伴蟋蟀报叫电路	60
高湿度暖房玻璃防结露自动排气装置电路	61
2.5 压敏电阻器	61
2.5.1 压敏电阻器的特性及常见种类	62
2.5.2 氧化锌压敏电阻器	62
2.5.3 压敏电阻器的典型应用	65
2.5.4 选用压敏电阻器的注意事项	67
应用知识 压敏电阻器的安装与使用	68
2.6 电阻型气敏元件	68
2.6.1 概述	68
2.6.2 电阻型半导体气敏传感器的基本工作原理	69
2.6.3 电阻型 SnO_2 系气敏传感器	70
2.6.4 半导体气敏传感器的应用	73
应用知识 显示酒气浓度的酒精检测电路	74
矿灯型瓦斯超标报警电路	75
小结	76
第3章 电容器	78
3.1 电容器的基本概念	78
3.1.1 什么是电容器	79
3.1.2 电容器的电容量	79
3.1.3 影响电容器电容量的因素	80
3.1.4 电容器的分类及其命名方法	81
3.2 电容器的充电和放电	83
3.2.1 电容器的充电过程	83
3.2.2 电容器的放电过程	84
3.2.3 从充、放电过程看电容器的特性	85

应用知识 电容储能型静电灭鼠器	86
3.3 电容器中的电场能及其应用	88
应用知识 利用电火花放电加工机件	89
3.4 电容器的串联和并联	90
3.4.1 电容器的并联	90
3.4.2 电容器的串联	91
3.4.3 电容器的混联	93
3.5 可变电容器和半可变(微调)电容器	94
3.5.1 可变电容器	95
3.5.2 半可变电容器	98
应用知识 可变和半可变电容器在电路中的作用	99
3.6 电容器的基本参数、种类和选用	100
3.6.1 电容器的主要技术参数	101
3.6.2 无极性固定电容器	104
3.6.3 电解电容器	112
3.6.4 常用电容器的选用	116
相关知识 电容器的标注和识别方法	118
3.7 电容器的质量检测和判别	119
应用知识 电容器在选型和使用时的注意事项和建议	122
小结	124
第4章 电感线圈	126
4.1 电感线圈的分类和图形符号	126
4.2 线圈的自感和自感电动势	127
4.2.1 线圈的自感和自感电动势	127
4.2.2 线圈的电感量	128
4.2.3 电感线圈中的磁场能	129
应用知识 利用自感作用设计日光灯电路和汽车点火电路	129
4.3 电感线圈的主要技术参数	131
4.4 常用电感线圈的种类和特点	132
4.4.1 单层空心线圈	132
4.4.2 多层线圈	133
4.4.3 蜂房式线圈	133
4.4.4 磁心线圈	133

4.4.5 阻流圈(扼流圈)	134
4.4.6 脱胎空心线圈	134
相关知识 小型固定电感器的标识方法	135
4.5 半导体收音机中的磁性天线和振荡线圈	136
4.5.1 磁性天线	137
4.5.2 磁棒的种类	138
4.5.3 调谐输入回路	140
4.5.4 磁棒、磁棒线圈和可变电容器的选配	141
4.5.5 收音机的本机振荡线圈	142
应用知识 磁棒的选用	145
如何制作一根中、短波合用的磁棒	146
4.6 电感线圈的检测和使用	147
4.6.1 电感线圈的检测	147
4.6.2 电感线圈的代换	148
应用知识 采用磁棒线圈的低阻耳塞三管收音机	149
小结	151
第5章 继电器	153
5.1 概述	153
5.2 继电器的分类	154
5.3 继电器的型号命名方法及电路图形符号	156
相关知识 继电器的基本型号和系列规格数据	158
5.4 电磁式继电器	159
5.4.1 电磁式继电器的结构和工作原理	160
5.4.2 电磁式继电器的主要技术参数	161
5.4.3 常用中、小型电磁式继电器	163
应用知识 采用继电器控制的延时节电灯电路	165
5.5 舌簧管继电器	166
5.5.1 干簧管继电器	166
5.5.2 其他类型的舌簧管继电器	170
5.5.3 舌簧管继电器的型号命名和标识	172
应用知识 采用干簧管的门窗防入侵语音报警电路	173
5.6 双金属片温控开关和温度继电器	175
5.7 继电器的检测、选择和使用	177

5.7.1 电磁式继电器和干簧管继电器的检测	177
5.7.2 电磁式继电器的选择和使用注意事项	182
应用知识 简易照明关灯自动控制电路	184
5.8 固态继电器	185
5.8.1 概述	185
5.8.2 固态继电器的分类和型号命名方法	187
5.8.3 固态继电器的基本结构及其工作原理	188
5.8.4 固态继电器的主要参数	190
5.8.5 固态继电器的控制及驱动方法	194
5.8.6 使用固态继电器的注意事项	203
应用知识 JGC 型参数固态继电器及其应用	205
小结	208
第6章 电声器件	211
6.1 电声器件型号的命名方法	211
6.2 扬声器	212
6.2.1 扬声器的电声转换原理	213
6.2.2 扬声器的种类和特点	215
6.2.3 扬声器的主要技术参数	219
6.2.4 电动式薄型 HDB-29 系列扬声器简介	226
6.2.5 扬声器的选用和质量鉴别	227
相关知识 椭圆形扬声器等效口径的计算	229
6.3 耳机和耳塞机	230
6.3.1 耳机和耳塞机的分类	230
6.3.2 电磁式和电动式耳机的结构与工作原理	230
6.3.3 常见耳机、耳塞机及其主要性能参数	232
6.3.4 耳机的检查和检测	235
6.4 HC 和 HCM 系列小型电磁讯响器	236
6.4.1 电磁讯响器的系列类别和特点	237
6.4.2 HC-12 系列电磁讯响器	237
6.4.3 HCM-12 系列电磁讯响器	239
6.4.4 HCM12-X 系列电磁讯响器	239
6.5 微型直流音响器	240
6.5.1 微型直流音响器的结构及种类	240

6.5.2 微型直流音响器的性能及特点	241
6.5.3 微型直流音响器的应用	242
6.6 传声器	244
6.6.1 传声器的种类	244
6.6.2 传声器的主要技术参数	245
6.6.3 动圈式传声器	247
6.6.4 电容式传声器	251
6.6.5 驻极体传声器	253
6.6.6 晶体式传声器	261
6.6.7 铝带式传声器	262
6.6.8 炭粒式传声器	263
6.6.9 近讲式传声器	264
应用知识 声控式电子音乐生日蜡烛电路	266
传声器的合理安放及正确使用	267
小结	269
第7章 石英晶体谐振器、陶瓷谐振元件和压电蜂鸣器	271
7.1 石英晶体谐振器	271
7.1.1 石英晶体片的压电效应及晶体谐振器	271
7.1.2 石英晶体谐振器的种类、型号和技术参数	274
7.1.3 石英晶体谐振器的检测和使用	281
应用知识 四款石英晶体谐振器	282
7.2 陶瓷谐振元件	284
7.2.1 陶瓷谐振元件的结构和特性	284
7.2.2 国产陶瓷谐振元件的型号命名方法及种类	285
7.2.3 国产陶瓷谐振元件的性能和参数	288
应用知识 精确的1Hz时钟信号源	292
7.3 压电蜂鸣器	293
7.3.1 压电陶瓷片的发声原理和结构	293
7.3.2 压电陶瓷片的主要性能参数	294
7.3.3 压电陶瓷片的应用	297
7.3.4 压电陶瓷片的检测	300
应用知识 压电效应的可逆性及其应用	301
小结	302

第 1 章

电阻器与电位器

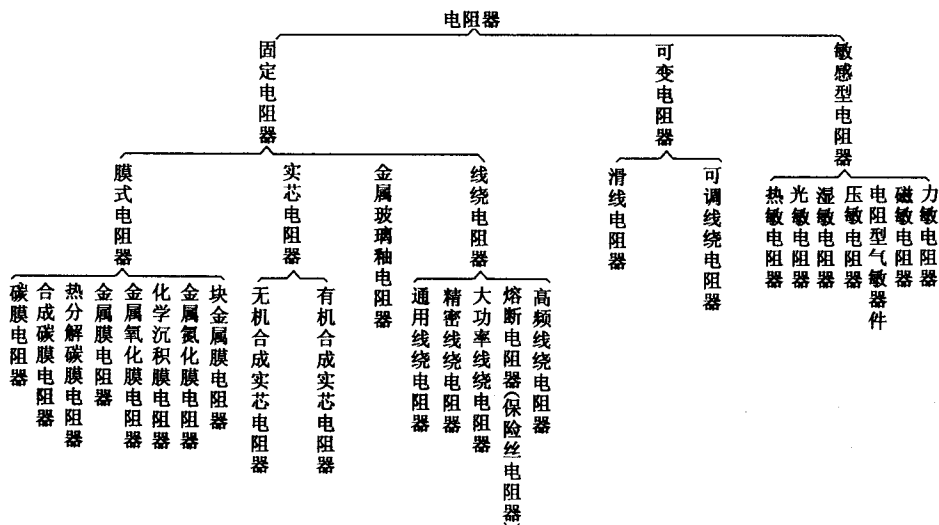
1.1 电阻器

要点

电阻器简称电阻，是电子电路中应用最多的电子元件。它在电路中的作用为：降低电压，分配电压，限制电流。按其制造材料和结构的不同，可有不同的分类方式。不同类型的电阻器，其特点、用途不同。

1.1.1 电阻器的常见种类

电阻器按照其结构和性能的不同，可分为固定电阻器、可变电阻器和敏感型电阻器三大类，具体分类如下：



一、固定电阻器

固定电阻器的电阻值是固定不变的，一经制成不再改变。它的种类繁多，可按其电阻体材料、结构形状或用途的不同进行分类。

电阻器的种类虽多，但常用的主要有 RT 型碳膜电阻器、RJ 型金属膜电阻器和 RX 型线绕电阻器等。图 1-1 是各种常用的电阻器的外形图。

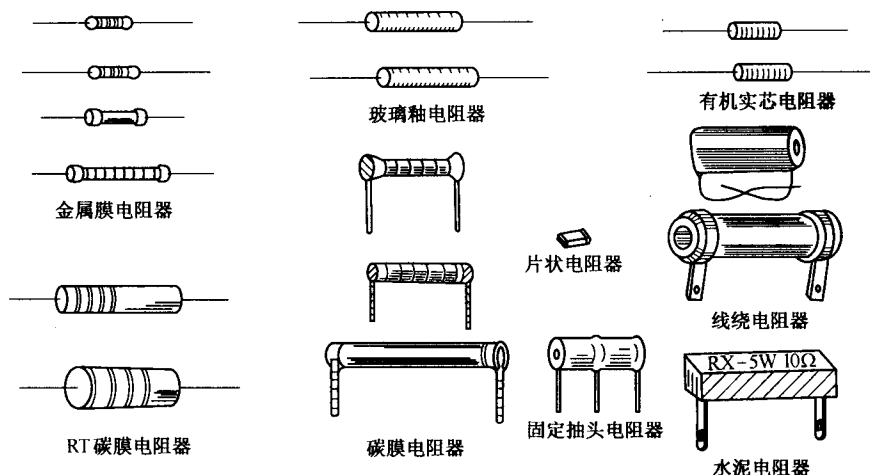


图 1-1 各种常用的电阻器的外形

1. 碳膜电阻器

这种电阻器的电阻体是在高温下将有机化合物热分解产生的碳沉积在瓷棒或瓷管表面而制成的，其型号标志为 RT。改变碳膜的厚度和用刻槽的方法来改变碳膜的长度，可得到不同的阻值。

碳膜电阻器的阻值范围宽，有良好的阻值稳定性，高频特性好，电阻温度系数不大且是负值，价格低廉。

除了普通碳膜电阻器外，还有高频电阻器和精密型电阻器等。

碳膜电阻器是我国目前生产量最大、应用最广的一种电阻器，它广泛应用于收音机、录放机、电视机及其他电子设备和仪器中。

2. 金属膜电阻器

这种电阻器的电阻体采用真空蒸发或阴极溅射等工艺，使合金粉沉积在陶瓷基体表面上，并形成一层很薄的金属膜或合金膜。通过改变金属膜厚度或刻槽可以精确地控制其电阻值。金属膜电阻器的型号标志为 RJ。

金属膜电阻器的主要特点是耐热性能好，其额定工作温度为 70°C ，最高可

达 155°C 。它与碳膜电阻器相比较,具有体积小、稳定性好、噪声低、温度系数小等优点,但成本稍高。

通过合金粉成分的调节和成膜工艺的更换等方法,除普通金属膜电阻器外,还可制成精密型、高阻型、高频型、高压型和高温型等多种类型的金属膜电阻器。

金属膜电阻器在要求较高的通信机、雷达机、医疗和电子仪器中得到广泛应用,在收音机、录音机、电视机等民用电子产品中也得到较多的使用。

3. 线绕电阻器

这种电阻器是用高电阻率的镍铬合金或锰铜等合金金属线在绝缘骨架上绕制而成的。它具有耐高温(可达 300°C)、温度系数低、阻值精度高、稳定性好、强度高、耐腐蚀性能好等优点,其型号标志为 RX。线绕电阻器的额定功率较大($4\sim 300\text{W}$),常用在电源电路中作为限流电阻等。也可制成功率较大的精密型电阻器,用作分流电阻(如电动仪表、万用表等中常采用这种电阻器)。但由于为线绕式,其分布电容和分布电感大,高频性能差,不宜用于高频电路。

除上述3种电阻器外,还有合成膜电阻器(RH型)、有机实芯电阻器(RS型)、无机实芯电阻器(RN型)、金属氧化膜电阻器(RY型)、化学沉积膜电阻器(RG型)、玻璃釉膜电阻器(RI型)等,它们各具特点,都有一定的应用。

二、可变电阻器

可变电阻器又称半可调电阻器,它的阻值可在一定范围内进行手动调整,主要用在阻值不需经常变动的电路里,用来进行工作点的精确调整(如晶体管的偏流或偏压)或电压定位。可变电阻器的外形如图1-2所示。常见的可变电阻器

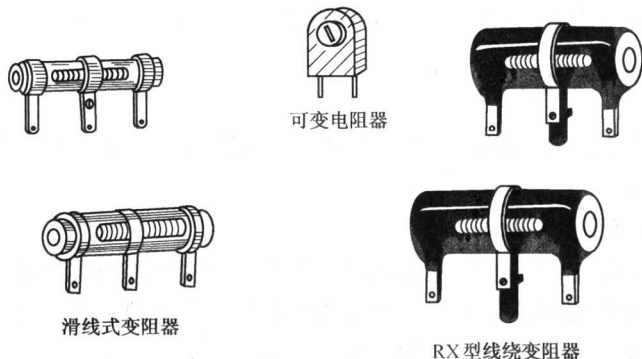


图1-2 常见可变电阻器的外形

有两种：一种是滑线式电阻器，多为线绕电阻，主要用在电流较大的电路中，如电源整流滤波电路和电源电压调整电路等；另一种可变电阻器为碳膜或合成膜电阻器，其额定功率较小，主要用在小电流偏置电路或精确定位电路中。

三、特种电阻器

所谓特种电阻器，是指这种电阻器不同于普通固定电阻器的阻流或降压的功能，而是具有某种特定的功能。例如熔断电阻器，当过流时会起保险丝的熔断功能。此外，还有功率型电阻器、水泥电阻器等。

四、敏感型电阻器

这类电阻器的电阻值随所处环境的某种物理量（如温度、湿度、光强、电压、气体浓度等）的变化而变化，也称电阻型敏感元件。这类电阻器在自动检测和控制电路中应用广泛。

1.1.2 电阻器的型号命名方法和主要技术参数

一、电阻器（电位器）型号命名方法

上节介绍了常见的固定电阻器和可变电阻器的几种类型，实际上电阻器种类很多。不同种类的电阻器，其电阻体使用的材料不同，制作工艺也不同，其特性各异，并采用了不同的符号标志。那么，电阻器的型号是如何命名的呢？又有什么规律呢？下面引用国家标准 GB 7159—87 列表说明。

电位器实际上是一种连续可调的电阻器，因此，它的型号命名方法与电阻器的命名方法相同。

电阻器和电位器的型号命名包括 4 个部分，如表 1-1 所示。

二、电阻器的主要参数

电阻器的参数有标称阻值、允许偏差、额定功率、最高工作电压、温度系数以及环境温度等。

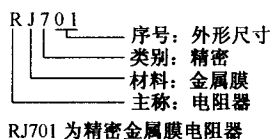
1. 标称阻值及允许偏差

标称阻值是指电阻器上标注的阻值。标称值往往和它的实际值之间有偏差，允许的最大偏差除以标称值所得的百分数叫做电阻的允许偏差，它反映了电阻器的精度。不同精度的电阻有一个相应的允许偏差。表 1-2 给出了常用电阻器的允许偏差及相应的精度等级。

表 1-1 电阻器和电位器的型号命名方法 (GB 7159—87)

第一部分：主称		第二部分：电阻材料		第三部分：类别			第四部分：序号
字母	含义	字母	含义	符号	电阻器	电位器	用数字表示
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	普通	
		H	合成膜	2	普通	普通	
		S	有机实芯	3	超高频	—	
		N	无机实芯	4	高阻	—	
		J	金属膜	5	高温	—	
W	电位器	Y	金属氧化膜	7	精密	精密	
		C	化学沉积膜	8	高压	特种函数	
		I	玻璃釉膜	9	特殊	特殊	
		P	硼碳膜	G	高功率	—	
		U	硅碳膜	T	可调	—	
		X	线绕	W	—	微调	
		F	熔断	D	—	多圈	

【示例 1】



【示例 2】

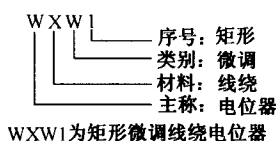


表 1-2 常用电阻器的允许偏差及相应的精度等级

电阻类型	精密型			普通型		
允许偏差	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
精度等级	005	01	02	I	II	III

固定电阻器的 I 级和 II 级大都能满足普通电路的设计要求；精度为 005、01 和 02 级的电阻器均为精密型电阻器，常用来供测量、比较电路及精密电子装置选用。

电阻器的允许偏差与它的标称阻值系列有关，详细的对应数据可查国家标准 GB 2471—1981。

2. 额定功率（标称功率）

当电阻器中通过电流的时候，电阻器会发热。如果电阻器的发热量超过它能