



电子技术基础教材

电子元器件与 实用电路基础

(第3版)

韩广兴 等编著

- 电阻器、电容器、电感器、变压器及晶体管的功能与特点
- 直流电路、交流电路、基本放大电路的结构、原理及应用
- 功率放大器、电机及驱动电路的结构、原理及应用
- 振荡电路、脉冲数字电路、电源电路的结构、原理及应用



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

电子元器件与实用电路基础

(第3版)

韩广兴 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是学习电子技术的入门教材。全书从认识电子元件和半导体器件入手，到对各种实用电路的结构、性能和工作原理，由浅入深地进行详细讲解。特别是以大量的实用单元电路为例进行图解，使读者易懂易学。本书的重点是对各种常用电路的工作原理及所用元器件，用图示方法形象直观地将它们的外形、标记、特征、性能及安装方法等表示出来。电路分析以实用为主，简化了公式推导和计算，适于自己动手制作。具有中学文化程度的业余爱好者能够读懂本书。

本书可作为各类专业院校和培训班的电子基础教材，也是家电维修人员和电子企业技术工人的电子基础入门教材。同时也可作为广大电子爱好者的自学用书。

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

电子元器件与实用电路基础 / 韩广兴等编著. — 3 版. — 北京: 电子工业出版社, 2008.10
ISBN 978-7-121-07369-4

I. 电… II. 韩… III. ①电子元件—技术培训—教材②电子电路—技术培训—教材 IV. TN6 TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 139655 号

责任编辑: 谭佩香

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

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: 17.5 字数: 426 千字

印 次: 2008 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册 定价: 29.80 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 zlt@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

前 言

本书是《电子元器件与实用电路基础》的修订本。自 2002 年第一版出版以来，承蒙读者厚爱，重印了 6 次。2005 年根据读者的要求对部分内容进行了修改，出版了修订版，修订出版后更受读者欢迎，又重印了 8 次，前两版累计销售 6 万册。已被很多电子职业技术学院选为电子专业的基础教材。最近我们吸取了广大读者和电子职业技术学院师生的意见和建议，同时为适应电子技术领域的新技术新产品的发展和市场的变化，现修订为第 3 版，以满足读者的需求。

本书的第 3 次修订主要注重以下几个方面：

书中所介绍的电子元器件和实用电路的相关内容与实际的生产实践相结合，重点介绍当前电子产品中常用的电子元器件的种类特点及实用知识，删去陈旧的内容。在电路知识方面，注重理论与实践的更好结合，突出实用性，将烦琐的理论计算和公式推导用通俗易懂的实例代替，增加实用电路知识的内容。在表达形式上尽量多用图少用文，使全书更生动、形象、易学易懂。在编写方式上，充分考虑读者的文化层次，在通俗易懂上下功夫，使之深入浅出。

随着我国电子科学技术的发展和基础工业实力的增强，近年来我国电子制造业得到了迅速的发展，并从电子产品的制造大国向电子产品制造的强国迈进，很多国产品牌产品正在跨入世界名牌的行列。电子制造业的发展，吸引了大批新生力量加入到电子制造业的行列之中。市场的竞争就是产品质量的竞争，说到底就是人才的竞争。产品的不断升级换代，必然对从业人员的知识和技能提出了更高的要求。普及电子元器件和电路应用知识，训练电子产品的生产、装配、调试和维修的基本技能，练习加工和制造的基本功，都需要从基础开始，本书就是电子行业上岗和入门的基础教材。

电子元器件是组成电子产品的最基本的单元。电子产品又是由多个基本单元电路构成的。因而电子元器件与基本单元电路是紧密结合的组件。认识电子元器件、学习基本电子电路的基本知识是学习电子技术的第一步。了解电子元器件的性能、特点和使用方法，学会基本电子电路的应用和调试方法，特别是检测、试制和试验的操作技能，才能进一步学习各种专业电子技术，提升自己的技术水平。

为了便于初学者入门，本书从构成电路的基本元器件（电阻器、电容器、电感器、半导体二极管、晶体三极管、场效应晶体管，以及集成电路）的结构、功能和应用开始，一步一步地介绍由这些元器件构成的常用基本电路。例如直流和交流基本电路、整流电路、稳压电路、放大电路、振荡电路、电源供电电路，以及各种电路实例等等。为了引起初学者的兴趣，本书以人们生活中经常遇到的典型电子产品为例，详解各种单元电路的基本结构，各元器件的功能和工作原理。特别是在对各种电路中的元器件的介绍方面，从外形、

特征、标记及性能等，都通过图解方式，形象直观、深入浅出、循序渐进地进行讲解。

本书是学习电子技术的入门教材，具有中学文化程度就能读懂。本书可作为各类专业院校的电子基础教材，既适合于家电维修人员和电子企业的技术工人阅读，也适合电子技术业余爱好者学习。

本书中的应用实例为电子产品中的实际电路图，为了便于讲授，对原机型的电路图中不符合国家标准的图形及符号未做修改，以便读者在识图时能将电路板上的元器件与电路图上的元器件相对应。在此，特别加以说明。

参加本书编写的还有韩雪涛、吴瑛、张丽梅、郭爱武、孟雪梅、郭海滨、刘秀东、张明杰、胡丽丽、贾立辉、路建歆、崔文林、韩雪冬、吴玮、孙承满、高瑞征、吴惠英等同志。

为了便于学习，依托天津市涛涛多媒体公司制作了配套的 VCD 系列教学演示光盘，通过视频演示的方法结合实际的电子产品，介绍应用在收录机、电视机、影碟机等产品中常见的电子元器件和基本电路的应用实例，通过对实际电路的介绍，犹如读者进行实战演习，巩固书本上所学的知识，为自学入门提供了良好的条件。为了扩展知识面，开通了专门的技术咨询服务网站。读者如果有什么问题也可以通过电话和信件的方式与我们进行联系和交流。

全书所有的内容都是以国家职业技能资格认证标准为依据的。学习者通过学习除增强技能外，还可申报相应的国家职业资格考核认证，以获得国家统一的职业资格证书。读者如果在考核认证方面有什么问题或需要什么资料，也可直接与我们联系。

网址：<http://www.taoo.cn>

联系电话：022-83718162/83715667/83713312

地址：天津市南开区华苑产业园天发科技园 8-1-401

邮编：300384

图书联系方式：tan_peixiang@phei.com.cn

编著者

2008 年 8 月

目 录

第 1 章 常用电子元器件的基本功能和特点	1
1.1 电阻器	1
1.1.1 电阻器的功能	1
1.1.2 电阻器的种类和特点	2
1.1.3 电阻器的规格和参数	3
1.1.4 半可调电阻器	4
1.1.5 特殊电阻器	4
1.2 电位器	8
1.2.1 电位器的功能和特点	8
1.2.2 电位器的种类	9
1.3 电容器	10
1.3.1 电容器的功能	10
1.3.2 电容器的结构和特点	11
1.3.3 电容器的种类和特点	11
1.4 电感元件	14
1.4.1 电感元件的功能	14
1.4.2 电感量计量单位和特性	14
1.4.3 电感元件的种类	15
1.4.4 电感线圈的基本参数	16
1.5 变压器	17
1.5.1 变压器的种类	18
1.5.2 变压器的常用铁芯	19
1.5.3 变压器的特性	19
第 2 章 直流电路	21
2.1 电子电路的基本概念	21
2.2 电路中的电流和电压	21
2.2.1 电流	21
2.2.2 电压与电动势	22
2.3 欧姆定律	23
2.4 电路的工作状态	25
2.4.1 有载工作状态	25
2.4.2 开路状态	25
2.4.3 短路状态	26
2.5 电功及电功率	26
2.5.1 电功	26
2.5.2 电功率	27

2.6	电阻的连接	27
2.6.1	电阻器的串联	27
2.6.2	电阻器的并联	28
2.6.3	电阻器的混联	29
2.7	电容的连接和计算方法	30
2.7.1	电容器的串联	30
2.7.2	电容器的并联	31
2.8	电感器的连接和计算方法	32
2.8.1	电感器的串联	32
2.8.2	电感器的并联	32
2.9	直流电路的分析与计算方法	33
2.9.1	电流定律(克希霍夫第一定律)	33
2.9.2	电压定律(克希霍夫第二定律)	33
2.9.3	叠加定理	34
2.9.4	戴维南定理	34
2.9.5	诺顿定理	35
第3章	正弦交流电路	37
3.1	交流信号的特点	37
3.2	正弦交流信号的特点	38
3.3	正弦交流电的主要物理量	39
3.3.1	周期、频率和角频率	39
3.3.2	初相位和相位差	39
3.4	正弦交流电的有效值	40
3.5	正弦交流电的向量表示法	40
3.6	正弦交流电路	42
3.6.1	由单一元件构成的交流电路	42
3.6.2	由混合元件构成的交流电路	45
3.7	谐振电路	48
3.7.1	串联谐振电路	48
3.7.2	并联谐振电路	50
第4章	电动机及驱动电路	53
4.1	电磁基本概念	53
4.1.1	磁场与磁力线	53
4.1.2	电动力产生原理	57
4.2	直流电动机	58
4.2.1	直流电动机的基本结构及分类	58
4.2.2	直流电动机的工作原理	59
4.2.3	直流电动机的功率和效率	62
4.2.4	直流电动机的电压平衡关系	63
4.2.5	直流电动机的启动、调速与反转	63
4.3	录音机电动机及驱动电路	65
4.3.1	录音机电动机的结构特点	65

4.3.2	录音机电动机的稳速装置	67
4.4	实用电路	71
4.4.1	光控电动机驱动电路	71
4.4.2	可双向旋转的光控电动机驱动电路	72
第 5 章	半导体器件	73
5.1	半导体的基本特性	73
5.1.1	物质的导电特性	73
5.1.2	半导体的种类和特点	73
5.2	半导体二极管	76
5.2.1	载流子的漂移和扩散	76
5.2.2	PN 结及其单向导电性	77
5.3	半导体三极管	83
5.3.1	三极管的结构	83
5.3.2	三极管的电流放大作用	84
5.3.3	晶体管的特性曲线	88
5.3.4	晶体管的主要参数	91
5.4	场效应晶体管	93
5.4.1	结型场效应晶体管	93
5.4.2	绝缘栅型场效应晶体管 (MOS FET)	96
5.4.3	场效应晶体管与普通三极管的比较	97
5.5	晶闸管 (可控硅)	97
5.5.1	晶闸管的结构、特点及电路符号	97
5.5.2	晶闸管的工作原理	98
5.5.3	主要技术参数	98
5.6	半导体器件型号命名方法	99
5.7	集成电路	99
第 6 章	基本放大电路	101
6.1	放大器的种类和特点	101
6.1.1	放大器的基本功能	101
6.1.2	放大器的种类	102
6.1.3	电压放大和电流放大	102
6.2	基本放大电路的构成	103
6.2.1	基本放大电路的组成	103
6.2.2	静态工作点的设置	104
6.2.3	电流的放大作用	106
6.2.4	信号中直流与交流的关系	107
6.3	共发射极放大电路的工作原理	108
6.3.1	直流通路和交流通路	108
6.3.2	静态工作点的计算	108
6.3.3	交流参数的计算	109
6.3.4	非线性失真	115
6.3.5	放大电路的稳定性	116

6.4	共集电极放大电路	119
6.4.1	静态工作点的计算	120
6.4.2	交流参数的计算	120
6.5	共基极放大器	121
6.5.1	共基极电路的静态工作点	121
6.5.2	交流参数的计算	122
6.6	放大电路的频率特性	123
6.6.1	影响频率特性的主要元件	123
6.6.2	放大器的频率特性	124
6.6.3	影响频率特性的因素	125
6.6.4	展宽频带的方法	126
6.7	场效应晶体管放大电路	128
6.7.1	自给偏压共源极放大电路	128
6.7.2	栅极接正电位的共源极放大电路	130
6.8	调谐放大电路	131
6.8.1	调谐放大器的功能	131
6.8.2	基本调谐放大电路的构成及特点	133
6.8.3	L、C 并联谐振回路及频率特性	133
6.8.4	调谐放大器性能分析	135
6.8.5	实用调谐放大电路	137
6.9	放大电路中的负反馈	139
6.9.1	反馈的基本概念	139
6.9.2	反馈类型的识别	140
6.9.3	负反馈对放大电路性能的影响	142
6.9.4	负反馈放大电路分析举例	144
6.10	关于分贝的概念	146
第 7 章	直流放大器	147
7.1	直流放大器的功能特点	147
7.2	直接耦合放大电路	147
7.2.1	单管直接耦合放大电路	147
7.2.2	两级直接耦合放大电路	149
7.3	直接耦合放大电路的零点漂移	150
7.3.1	零点漂移的概念及产生的原因	150
7.3.2	抑制零点漂移的方法	150
7.4	差动放大电路	150
7.4.1	基本差动放大电路	150
7.4.2	发射极耦合差动放大电路	152
7.4.3	差动放大电路的连接方式	153
7.5	运算放大电路	155
7.5.1	运算放大电路的基本接法	155
7.5.2	运算放大电路的典型应用	157

第 8 章 功率放大器	159
8.1 功率放大器的特点	159
8.1.1 功率放大器的基本特点	159
8.1.2 功率放大器的种类	159
8.1.3 甲类放大器的特性	161
8.2 乙类推挽功率放大电路	163
8.2.1 乙类推挽功率放大电路的结构和工作原理	163
8.2.2 乙类放大器的计算	165
8.3 互补对称功率放大电路	167
8.3.1 甲乙类的互补对称电路	167
8.3.2 单电源互补对称电路	168
8.3.3 采用复合管的互补对称电路	170
8.4 集成功率放大电路	171
8.4.1 集成功率放大器的输出级电路	171
8.4.2 集成功率放大器的典型应用	173
8.5 音频功率放大器	175
8.5.1 音频功率放大器的种类	175
8.5.2 音频功率放大器的性能指标	176
8.5.3 音频功率放大器的电路结构和工作原理	182
8.6 实用电路	196
8.6.1 大功率双声道音频放大器	196
8.6.2 杜比环绕立体声解码集成电路	197
8.6.3 环绕声信号处理电路	199
8.6.4 多声道音频信号处理电路	199
第 9 章 振荡电路	201
9.1 振荡电路的基本原理	201
9.1.1 振荡现象	201
9.1.2 振荡电路工作原理	202
9.2 振荡器的组成及振荡条件	202
9.2.1 振荡器的组成	202
9.2.2 振荡条件	204
9.3 LC 正弦振荡电路	204
9.3.1 互感耦合 LC 振荡电路	205
9.3.2 三点式振荡电路	206
9.4 石英晶体振荡电路	209
9.4.1 石英晶体谐振器的特性	209
9.4.2 石英晶体正弦波振荡电路	210
9.5 RC 正弦波振荡电路	212
9.5.1 移相式振荡器电路	212
9.5.2 桥式振荡电路	213
9.6 实用电路	215
9.6.1 “钟声”效果发生器的电路及制作	215

9.6.2 单声道变双声道立体声转换电路	218
第 10 章 脉冲信号和数字电路	219
10.1 脉冲信号和数字电路	219
10.2 脉冲信号的基本特点	220
10.3 脉冲信号的产生电路	221
10.3.1 RC 电路	221
10.3.2 RL 电路	223
10.3.3 RC 电路和应用	225
10.4 多谐振荡器	227
10.4.1 非稳态多谐振荡器	228
10.4.2 双稳态电路	231
10.4.3 单稳态电路	237
10.4.4 间歇振荡器	244
10.4.5 锯齿波产生电路	246
第 11 章 电源电路	251
11.1 电源电路的功能和结构	251
11.2 变压和整流电路	252
11.2.1 变压器	252
11.2.2 整流电路	252
11.2.3 半波整流电路	252
11.2.4 全波整流电路	253
11.2.5 桥式整流电路	255
11.3 滤波电路	256
11.3.1 电容滤波电路	256
11.3.2 电感滤波电路与 LC 滤波电路	258
11.4 稳压电路	259
11.4.1 稳压管稳压电路	259
11.4.2 串联型稳压电路	260
11.5 稳压电路实例分析	262
11.5.1 低压小电流稳压电源	262
11.5.2 典型稳压电源电路	263
11.6 集成稳压电源	264
11.6.1 三端集成稳压器的基本应用电路	264
11.6.2 提高输出电压的应用电路	265
11.6.3 扩大输出电流的电路	265
11.7 开关电源	266
11.7.1 开关电源的基本特点	266
11.7.2 开关电源的基本构成	267
11.8 电路应用实例	269

第 1 章 常用电子元器件的基本功能和特点

1.1 电阻器

1.1.1 电阻器的功能

物体对电流通过的阻碍作用称为“电阻”，利用这种阻碍作用做成的元件称为电阻器，简称“电阻”。

在电子设备中有多种电子元器件，其中电阻器是使用最多的元件。它的功能是通过分压电路为其他电子元器件提供所需的电压，通过限流电路提供所需的电流。

不同材料的物体对电流的阻力是不同的，同时，电阻（ R ）还与物体的长度（ L ）成正比，而与其横截面积（ S ）成反比，电阻的公式为：

$$R = \rho L/S$$

式中的比例系数 ρ 称为物体的电阻系数或电阻率，它与物体材料的性质有关，在数值上等于单位长度、单位截面积的物体在 20℃ 时所具有的电阻值。

表 1-1 列出了常用导体的电阻率。银、铜、铝等的电阻率比较小，因此，铜、铝被广泛地用来制作导线。银的电阻率虽小，但由于价格昂贵，常用做镀银线。而有些合金，如康铜、镍铬合金等的电阻率较大，常用来制造电热器及电阻器的电阻丝。

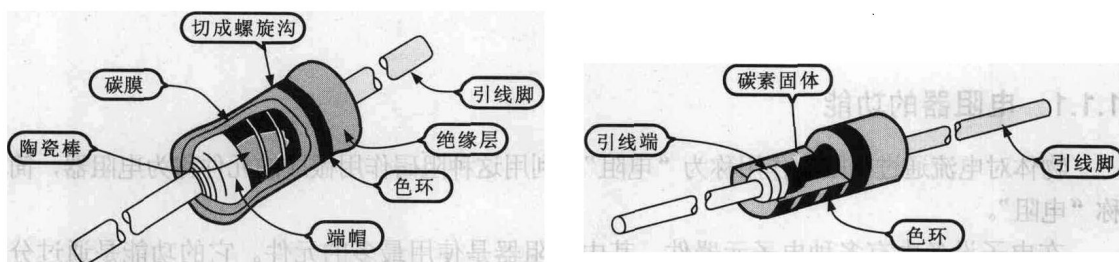
表 1-1 常用导体的电阻率

材料名称	20℃ 时的电阻率 ρ ($\Omega \cdot m$)
银	0.016
铜	0.0172
金	0.022
铝	0.029
铂	0.0477
钨	0.049
锌	0.059
镍	0.073
铁	0.0978
铂	0.105
锡	0.114
铅	0.206
汞	0.958
碳	25
康铜 (54%铜, 46%镍)	0.50
锰铜 (86%铜, 12%锰, 2%镍)	0.43

不同材料的电阻率是不同的。相同材料做成的导体，其直径越大，电阻越小；反之电阻则越大。其长度越长，电阻越大；反之电阻则越小。

此外，导体的电阻大小还与温度有关。对金属材料，其电阻随着温度的升高而增大；对石墨和炭，其电阻随温度的升高而减小。

为了便于安装在电路板上，电阻器通常制成如图 1-1 所示的形状，图中示出了电阻器的结构，两个引脚是用来焊接的，在密度电路中也有微型无引线贴片电阻器。



(a) 碳膜电阻器的结构

(b) 碳质实心电阻器的结构

图 1-1 电阻器的结构

1.1.2 电阻器的种类和特点

电阻器按其结构可分为固定电阻器和半可调电阻器两大类。固定电阻器的电阻值是固定的，一经制成不再改变。半可调电阻器的电阻值可以在一定范围内调整。

固定电阻器的种类很多，常用的有：线绕电阻器、薄膜电阻器、碳膜电阻器、金属膜电阻器和实心电阻器等几种，各类固定电阻器的外形如图 1-2 所示。



(a) 线绕电阻器

(b) 碳膜电阻器

(c) 金属膜电阻器

(d) 有机实心电阻器

图 1-2 各类固定电阻器的外形


线绕电阻器是用镍铬合金、锰铜合金等电阻丝绕在绝缘支架上制成的，其外面涂有耐热的釉绝缘层，外形如图 1-2 (a) 所示。线绕电阻器一般可承受较大的电功率。

薄膜电阻器是利用蒸镀的方法将具有一定电阻率的材料蒸镀在绝缘材料表面制成的，图 1-2 (b) 和图 1-2 (c) 所示是薄膜电阻器的外形图。常用的蒸镀材料是碳或某些金属合金，因而薄膜电阻器有碳膜电阻器（用“RT”标识）和金属膜电阻器（用“RJ”标识）之分。

碳膜电阻器的电压稳定性好，造价低，家电产品中大多采用碳膜电阻器。金属膜电阻器具有较高的耐高温性能，温度系数小，热稳定性好，噪声小等优点，但造价高。

实心电阻器是由石墨和炭黑等导电材料及不良导电材料混合并加入黏结剂后压制而成的，其外形如图 1-2 (a) 所示。实心电阻器的成本低，但电阻值误差大，稳定性差。

1.1.3 电阻器的规格和参数

电阻器的电路符号是“”，用字母“R”表示。电阻器的度量单位是欧姆，用字符“Ω”表示。并且规定电阻器两端加1伏特（记为1V）电压，通过它的电流为1安培（记为1A）时，定义该电阻器的电阻值为1欧姆（记为1Ω）。实际应用中常用千欧（kΩ）和兆欧（MΩ）来表示，它们之间的换算关系是：

$$1\text{ M}\Omega=10^3\text{ k}\Omega=10^6\text{ }\Omega$$

电阻器的主要参数有标称值、电阻值误差及额定功率。

电阻器的标称值是指电阻器表面所标识的电阻值。电阻值有两种标识方法：一种是直接用数字标出，即直标法，如图1-3所示；另一种是用不同的色环或色点标出，又称为色标电阻。图1-4所示是常用色标电阻器标识示意图。



图1-3 电阻值的直标法实例

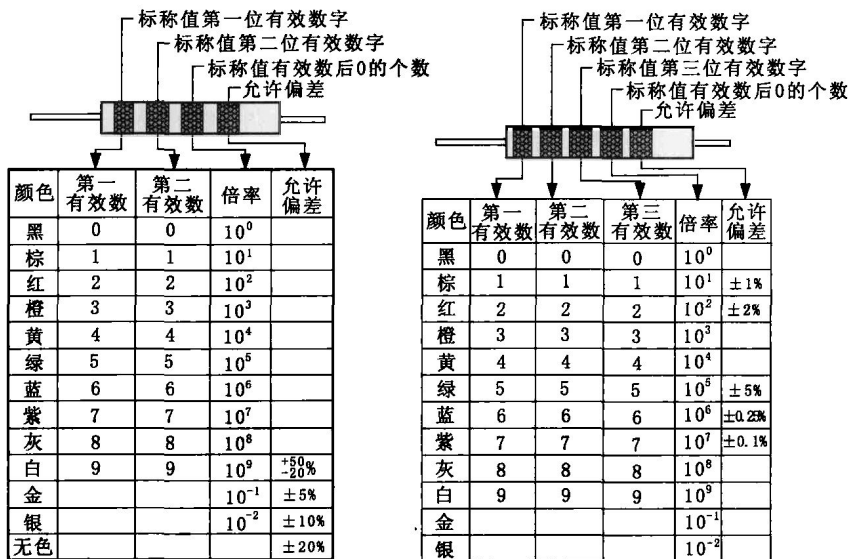


图1-4 常用色标电阻器标识示意图

电阻器的标称值并不是随意选定的。为了便于工业上大量生产和使用者在一定范围内选用，国家规定了E24系列标称值。

电阻器的标称值按E24系列规定，分别有1.0、1.1、1.2、1.3、1.5、1.6、1.8、2.0、2.2、2.4、3.0、3.3、3.6、3.9、4.3、4.7、5.1、5.6、6.2、6.8、7.3、7.5、8.2、9.1乘以10¹、10²、10³…所得数值。按E12系列规定，分别有1.0、1.2、1.5、1.8、2.2、2.7、3.3、3.9、4.7、5.6、6.8、8.2乘以10¹、10²、10³…所得数值。其中E24系列电阻器电阻值允许误差为±5%，而E12系列允许误差为±10%。

电阻器的额定功率是指在规定的电压和温度条件下,电阻器长期工作所允许承受的最大功率。额定功率的单位是瓦(W)。电阻器按功率可分为 1/8 W、1/4 W、1/2 W、1 W、2 W、5 W 和 10 W 等,一般额定功率越大,电阻器的体积也越大。

电阻器的额定功率有的是直接标在电阻器上的,有的则用符号标识电阻器额定功率的大小,表示电阻器额定功率的图形符号如图 1-5 所示。

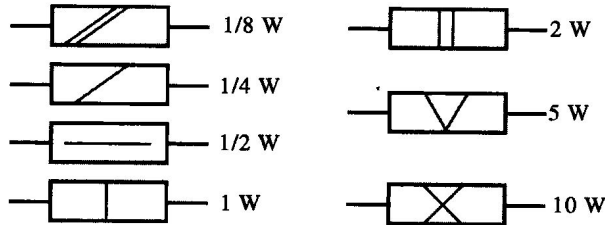


图 1-5 表示电阻器额定功率的图形符号

1.1.4 半可调电阻器

半可调电阻器又称微调电阻器,其外形如图 1-6 所示,它主要用在电阻值需调整、但又不需要经常变动的电路中。

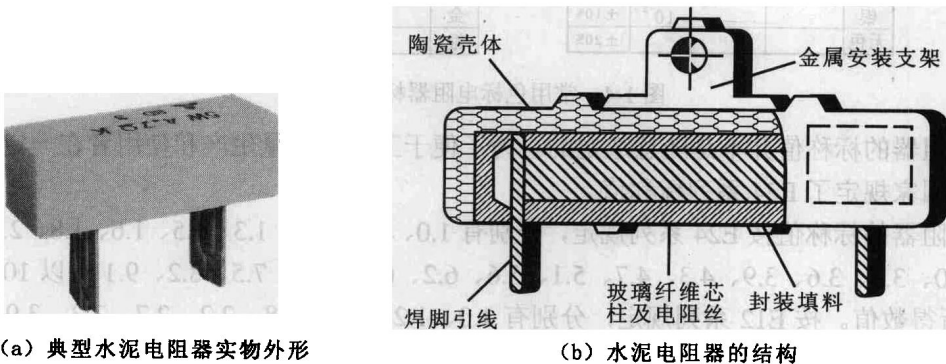


图 1-6 微调电阻器的外形图

1.1.5 特殊电阻器

1. 水泥电阻器

水泥电阻器是一种陶瓷绝缘的功率型线绕电阻器,例如彩色电视机中的大功率电阻器。水泥电阻器的外形及结构如图 1-7 所示。



(a) 典型水泥电阻器实物外形

(b) 水泥电阻器的结构

图 1-7 水泥电阻器外形及结构



水泥电阻器具有以下特点。

- (1) 采用陶瓷、矿质材料包封，散热好，功率大。
- (2) 采用工业高频电子陶瓷外壳，具有优良的绝缘性能，绝缘电阻大于 $100\text{ M}\Omega$ 。
- (3) 电阻丝被严密包封于陶瓷内部，具有优良的阻燃和防爆特性。电阻丝选用康铜、锰铜或镍铬等合金材料，有较好的稳定性和过负载能力。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，可迅速在压接处熔断，进行电路保护。
- (4) 具有多种外形和安装方式，可直接安装在印制电路板上，也可利用金属支架独立安装。

水泥电阻器有立式（如 HX27-IV 型）与卧式（如 RX27-3 型）两类。

2. 熔断电阻器

熔断电阻器又名熔断丝电阻器，是一种具有熔断丝及电阻器作用的双功能元件。在正常情况下，具有普通电阻器的电气功能；一旦电路出现故障时，该电阻器因过负荷会在规定的时间内熔断开路，从而起到保护其他元器件的作用。它经常使用在电源电路和电动机驱动电路中，常见熔断电阻器的符号与外形如图 1-8 所示。熔断电阻器的额定功率一般有 0.25 W 、 0.5 W 、 1 W 、 2 W 和 3 W 等规格，电阻值为零点几欧，少数为几十欧至几千欧。

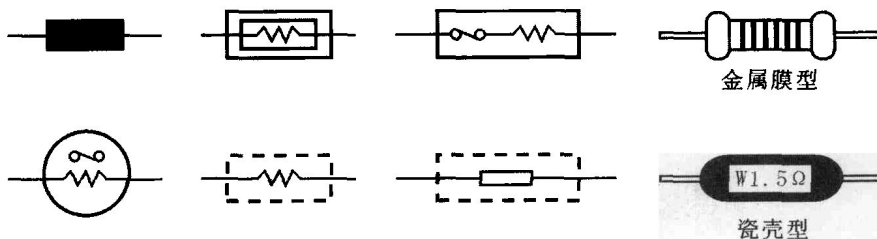


图 1-8 常见熔断电阻器的符号与外形

熔断电阻器多为灰色，用色环或数字表示电阻值。熔断电阻器的熔断时间一般为 10 s 。

熔断电阻器的常用型号有 RF10 型（涂覆型）、RF11 型（瓷外壳型）、RRD0910 型和 RRD0911 型（瓷外壳型）等。RF10 型电阻器表面涂有灰色不燃涂料，其电阻值用色环表示。RF11 的电阻值用字母表示，例如 $1\text{ W } 10\ \Omega$ 、 $2\text{ W } 1\ \Omega$ 等。也有的不标功率，只标电阻值，如 $1\ \Omega$ 、 $10\ \Omega$ 等。

3. 热敏电阻器

通常，当温度上升时电阻器的电阻值只有微小的变化（增大），而热敏电阻器的电阻值则随温度变化很大。例如电视机中的消磁电阻器，温度升高时其电阻值也迅速增大，使消磁电流迅速减小。这类随温度升高而电阻值增大的热敏电阻器称为正温度系数电阻器。另外还有一种电阻器，当温度升高时其电阻值减小，这类随温度升高而电阻值减小的热敏电阻器称为负温度系数电阻器。它在电路中主要用来补偿普通电阻值增大的影响，即普通电阻器正温度系数和热敏电阻器的负温度系数相抵消。热敏电阻器常常在要求稳定性高的电路中使用，使电路不受温度影响。热敏电阻器用字母“R_t”表示。

热敏电阻器大多是由单晶、多晶半导体材料制成的。它的电阻值随温度的变化而变化。

目前用得较多的为负温度系数电阻器,可分为普通型负温度系数热敏电阻器、稳压型负温度系数热敏电阻器及测温型负温度系数热敏电阻器等。

4. 湿敏电阻器

湿敏电阻器常用来作为传感器,即用于检测湿度。例如录像机中在磁鼓旁设置一个结露电阻器(实际上就是湿敏电阻器),录像机内湿度过大时磁鼓会结露水。此电阻器的特点是湿度增加时电阻值也增大,当湿度从50%上升至90%时,电阻值从3 kΩ上升至40 kΩ。利用这个特点,可以将湿度信息变成电阻值的变化量。

湿敏电阻器是其电阻值随环境相对变化而变化的敏感元件,它的种类很多,常用的有硅湿敏电阻器、陶瓷湿敏电阻器、氯化锂湿敏电阻器和高分子聚合物湿敏电阻器等。

湿敏电阻器的基本结构均由感湿层(或湿敏膜)、引线电极和具有一定强度的绝缘基体组成。其外形结构如图1-9所示。

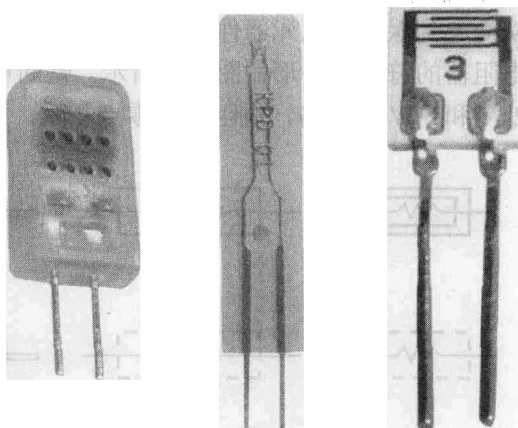


图 1-9 湿敏电阻器的外形图

5. 光敏电阻器

光敏电阻器大多数是由半导体材料制成的,它利用半导体的光导电特性,使电阻器的电阻值随入射光线的强弱发生变化。当入射光线增强时,它的电阻值会明显减小;当入射光线减弱时,它的电阻值会显著增大。

光敏电阻器的种类很多。根据所用导体材料不同,分为单晶光敏电阻器和多晶光敏电阻器;根据光敏电阻器的光谱特性,分为红外线光敏电阻器、可见光敏电阻器及紫外线光敏电阻器等。

光敏电阻器由玻璃基片、光敏层和电极组成。

光敏电阻器的外形结构多为片状,其外形结构和电路符号如图1-10所示。

6. 磁敏电阻器

磁敏电阻器是利用磁电效应改变电阻器的电阻值的原理制成的,其电阻值会随穿过它的磁通量密度的变化而变化。它的显著特点是,在弱磁场中电阻值与磁场的关系呈平方律增加,并有很高的灵敏度。磁敏电阻器多为片状,外形尺寸较小,在室温下初始电阻