



电子技术基础教材

# 元器件

(修订版)

姚金生 郑小利 等编著

- 电子元件和电声器件
- 光电器件和传感器件
- 片状器件和显示器件
- 半导体器件和集成电路

累计销售 **50万** 册



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

# 元 器 件

(修订版)

姚金生 郑小利 等编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 提 要

本书主要介绍电子产品中常用的电子元器件、电声器件、半导体器件、光电器件与传感器件、显示器件、电真空器件及片状元器件的基本工作原理, 主要技术指标及性能, 技术参数的测试, 元器件的安装与焊接, 元器件的代换方法, 同时还介绍了对某些元器件的简单修理方法, 并为读者提供了常用元器件的技术参数及常用元器件的代换元器件等翔实的技术资料。

本书在 2001 年版本的基础上补充了许多新型的半导体器件、光电器件、传感器件及显示器件, 增加了新型元器件的具体型号、技术参数及应用电路。新的版本具有更强的资料性和实用性, 更加贴近读者的实际应用。

本书是一本通俗、新颖、实用的科普读物, 适合电子产品的生产技术人员、维修人员、应用人员阅读; 可作为电子技校、职业学校、中等专业学校的电子技术基础教材; 也可作为广大电子爱好者的学习参考书。

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

元器件 / 姚金生等编著. —修订版. —北京: 电子工业出版社, 2004.10  
ISBN 7-121-00410-0

I. 元... II. 姚... III. 电子元件 IV. TN6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 100212 号

责任编辑: 谭佩香

印 刷: 北京天竺颖华印刷厂

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

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 21 字数: 504 千字

印 次: 2004 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 10000 册 定价: 25.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系电话: (010)68279077。质量投诉请发邮件至 [zlts@phei.com.cn](mailto:zlts@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

# 出版说明

三年前应电子技术培训教材编委会之邀请，作者改写了 10 年前编著的一本《元器件》电子科普读本，成为从事家用电器的维修人员、元器件生产企业的技术人员和广大电子爱好者的教材及参考书，受到广大读者的青睐。

电子技术的发展日新月异，新型电子元器件层出不穷。应广大读者的要求，作者又在原修订本的基础上，做了较大的修改和补充，增加的内容超过了原书稿内容的二分之一。作者力求跟上电子技术不断发展的步伐，补充了许多新型元器件的内容，并在原书着重讲述元器件的基本原理、特性、参数及应用的基础上，增加了部分新型元器件的具体型号、数据及应用电路，力图使科普图书更加贴近实际，使之具有资料性和实用性更强的特点。例如，增加了视频头和多种实用集成电路；增加了光电开关；增加了新型彩色显像管和数码显示器件，以及将片状元器件扩展成一章等等。希望上述修改及扩编能给读者以更丰富、实用的内容。

本书的特点是通俗、新颖、实用、语言简朴。适合具有初中以上文化程度，从事或准备从事家用电器维修，电子产品生产和电子技术应用的广大读者阅读。可作为中等专业学校、技校、职校的电子技术专业基础课教材。也可作为培养军地两用人才的电子类教科书。在阅读本书时，应在掌握每种元器件工作原理的基础上，着重对它们在电路中的作用加深理解。这是因为随着电子技术的发展，电子元器件的外形及功能都发生了很大变化，但它们在电子电路中的作用、功能则基本上是不变的。例如，半导体集成电路是当今电子元器件中发展最快、最为活跃的一员，不论是集成度、外封装类型以及新型电路，都在日新月异地变化，但其工作原理，内部结构仍然是相似的。了解它的基本知识，对合理应用及了解其发展都是有益的。

由于电子元器件种类实在是太繁杂了，其发展速度之快更是令世人目不暇接，作者水平有限，在本书介绍的电子元器件中难免挂一漏万，甚至有错误及不妥之处，敬请广大读者批评指正。

我们的电子邮件地址是：[tan\\_peixiang@phei.com.cn](mailto:tan_peixiang@phei.com.cn)。

编者 2004.4.1

# 目 录

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 第 1 章 电子元件 .....             | 1  |
| 1.1 电阻器 .....                | 1  |
| 1.1.1 电阻器的作用 .....           | 1  |
| 1.1.2 各种各样的电阻器 .....         | 1  |
| 1.1.3 电阻器的主要技术参数 .....       | 3  |
| 1.1.4 半可调电阻器 .....           | 5  |
| 1.1.5 电阻器的质量鉴别与代用 .....      | 6  |
| 1.1.6 几种特殊的电阻器 .....         | 7  |
| 1.2 电位器 .....                | 12 |
| 1.2.1 电位器的结构与作用 .....        | 12 |
| 1.2.2 各种电位器 .....            | 13 |
| 1.2.3 电位器的命名方法和主要技术指标 .....  | 16 |
| 1.2.4 电位器的修理与代用 .....        | 17 |
| 1.3 电容器 .....                | 17 |
| 1.3.1 固定电容器 .....            | 18 |
| 1.3.2 电容器的主要技术参数 .....       | 26 |
| 1.3.3 固定电容器的质量检查、代用和修理 ..... | 27 |
| 1.3.4 可变电容器的结构与规格 .....      | 30 |
| 1.3.5 可变电容器的修理与代用 .....      | 32 |
| 1.3.6 半可变电容器(微调电容器) .....    | 33 |
| 1.4 电感元件 .....               | 34 |
| 1.4.1 线圈的自感与电感量 .....        | 35 |
| 1.4.2 电感器的种类与参数 .....        | 36 |
| 1.4.3 家用电器中常见的电感线圈 .....     | 38 |
| 1.4.4 电感器的测量与代用 .....        | 41 |
| 1.4.5 变压器的工作原理和结构 .....      | 42 |
| 1.4.6 变压器的主要技术参数 .....       | 43 |
| 1.4.7 各种用途的变压器 .....         | 44 |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| 1.4.8 变压器的故障及修理 .....       | 48        |
| 1.4.9 磁性元件 .....            | 49        |
| 练习题 .....                   | 52        |
| <b>第 2 章 电声元件与继电器 .....</b> | <b>53</b> |
| 2.1 扬声器 .....               | 53        |
| 2.1.1 电动扬声器的发声原理 .....      | 53        |
| 2.1.2 扬声器的种类 .....          | 55        |
| 2.1.3 扬声器的主要技术参数 .....      | 57        |
| 2.1.4 怎样选用扬声器 .....         | 59        |
| 2.1.5 扬声器与放大器的配接 .....      | 61        |
| 2.1.6 扬声器的更换与修理 .....       | 62        |
| 2.2 耳机及耳塞机 .....            | 63        |
| 2.3 微型直流音响器 .....           | 65        |
| 2.4 传声器 .....               | 65        |
| 2.4.1 传声器的工作原理 .....        | 65        |
| 2.4.2 传声器的使用与维修 .....       | 69        |
| 2.5 磁头 .....                | 69        |
| 2.5.1 音频磁头的结构及种类 .....      | 70        |
| 2.5.2 音频磁头的主要参数 .....       | 70        |
| 2.5.3 音频磁头的检测方法 .....       | 72        |
| 2.5.4 磁头的保养与代换 .....        | 72        |
| 2.5.5 视频磁头 .....            | 74        |
| 2.6 石英谐振器及陶瓷滤波器 .....       | 75        |
| 2.6.1 石英谐振器 .....           | 75        |
| 2.6.2 陶瓷滤波器 .....           | 77        |
| 练习题 .....                   | 78        |
| <b>第 3 章 开关与继电器 .....</b>   | <b>79</b> |
| 3.1 开关 .....                | 79        |
| 3.1.1 各种各样的开关 .....         | 79        |
| 3.1.2 机械开关的电路符号与技术指标。 ..... | 81        |
| 3.1.3 薄膜开关 .....            | 82        |
| 3.1.4 电子开关 .....            | 83        |

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| 3.2 插头、插座、印制板及电缆插座..... | 85         |
| 3.2.1 小型插头座.....        | 85         |
| 3.2.2 印制板插座及多心插座.....   | 86         |
| 3.2.3 指示灯.....          | 91         |
| 3.2.4 电子管的管座.....       | 92         |
| 3.2.5 保险元件.....         | 93         |
| 3.3 继电器.....            | 96         |
| 3.3.1 各种继电器的工作原理.....   | 96         |
| 3.3.2 继电器的主要技术参数.....   | 98         |
| 3.3.3 继电器的附加电路.....     | 99         |
| 3.3.4 继电器应用举例与维护.....   | 99         |
| 3.3.5 小型磁保持湿簧管继电器.....  | 101        |
| 3.3.6 电子继电器.....        | 103        |
| 练习题.....                | 106        |
| <b>第4章 光电器件.....</b>    | <b>107</b> |
| 4.1 普通发光二极管.....        | 107        |
| 4.1.1 普通发光二极管.....      | 107        |
| 4.1.2 电压型发光二极管.....     | 108        |
| 4.1.3 闪烁发光二极管.....      | 109        |
| 4.1.4 红外发光二极管.....      | 109        |
| 4.1.5 红光半导体激光二极管.....   | 111        |
| 4.2 光电管和光电耦合器.....      | 112        |
| 4.2.1 光电二极管.....        | 112        |
| 4.2.2 硅光电池.....         | 114        |
| 4.2.3 光电三极管.....        | 115        |
| 4.2.4 光电耦合器.....        | 117        |
| 4.2.5 各种光电开关.....       | 118        |
| 4.2.6 光晶闸管.....         | 119        |
| 4.3 光电显示器件.....         | 121        |
| 4.3.1 半导体LED数码显示器.....  | 121        |
| 4.3.2 液晶(LCD)显示器.....   | 128        |
| 4.3.3 荧光数码管.....        | 130        |
| 4.3.4 辉光数码管.....        | 131        |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 练习题 .....                       | 131        |
| <b>第 5 章  半导体分立器件 .....</b>     | <b>133</b> |
| 5.1  晶体二极管 .....                | 133        |
| 5.1.1  半导体基本知识 .....            | 133        |
| 5.1.2  晶体二极管的工作原理 .....         | 134        |
| 5.1.3  各种晶体二极管 .....            | 135        |
| 5.1.4  晶体二极管的主要技术参数 .....       | 148        |
| 5.1.5  晶体二极管的质量鉴别与代用 .....      | 150        |
| 5.2  晶体三极管 .....                | 150        |
| 5.2.1  晶体三极管的工作原理 .....         | 150        |
| 5.2.2  晶体三极管的分类与外形 .....        | 154        |
| 5.2.3  晶体三极管的主要技术参数 .....       | 157        |
| 5.2.4  晶体三极管的简易测试方法 .....       | 160        |
| 5.2.5  晶体三极管对管 .....            | 161        |
| 5.2.6  大功率管的检测方法 .....          | 162        |
| 5.2.7  达林顿管 .....               | 163        |
| 5.2.8  晶体三极管的更换与代用 .....        | 164        |
| 5.3  场效应晶体管 .....               | 165        |
| 5.3.1  结型场效应晶体管的工作原理 .....      | 165        |
| 5.3.2  MOS 场效应晶体管的工作原理 .....    | 167        |
| 5.3.3  场效应管的主要技术参数 .....        | 168        |
| 5.3.4  如何鉴别场效应管的好坏 .....        | 170        |
| 5.3.5  场效应晶体管的应用与代用 .....       | 173        |
| 5.3.6  高压复合场效应晶体管(FETRON) ..... | 174        |
| 5.4  晶闸管和单结晶体管 .....            | 175        |
| 5.4.1  普通单向晶闸管的工作原理 .....       | 175        |
| 5.4.2  双向晶闸管 .....              | 177        |
| 5.4.3  可关断晶闸管 .....             | 179        |
| 5.4.4  晶闸管的主要技术参数 .....         | 180        |
| 5.4.5  多种用途的晶闸管 .....           | 181        |
| 5.4.6  用万用表检查晶闸管的好坏 .....       | 182        |
| 5.4.7  单结晶体管 .....              | 183        |
| 5.5  晶体管阵列器件 .....              | 185        |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 练习题 .....                   | 186        |
| <b>第 6 章 半导体集成电路 .....</b>  | <b>187</b> |
| 6.1 半导体集成电路的基本知识 .....      | 187        |
| 6.1.1 集成电路外形 .....          | 187        |
| 6.1.2 集成电路的内部结构 .....       | 190        |
| 6.1.3 集成电路与分立元器件电路的差别 ..... | 191        |
| 6.1.4 千姿百态的集成电路 .....       | 191        |
| 6.2 半导体数字集成电路 .....         | 192        |
| 6.2.1 双极型数字集成电路 .....       | 192        |
| 6.2.2 MOS 数字集成电路 .....      | 194        |
| 6.3 半导体模拟集成电路 .....         | 197        |
| 6.3.1 模拟集成电路的特点和种类 .....    | 197        |
| 6.3.2 音频放大集成电路 .....        | 200        |
| 6.3.3 稳压集成电路 .....          | 203        |
| 6.3.4 集成运算放大器 .....         | 209        |
| 6.4 半导体功放模块电路 .....         | 216        |
| 6.4.1 傻瓜 175、275 功放电路 ..... | 216        |
| 6.4.2 D 系列傻瓜功放电路 .....      | 217        |
| 6.4.3 AMP-1200 集成功放电路 ..... | 219        |
| 6.5 半导体音乐集成电路 .....         | 220        |
| 6.5.1 半导体音乐集成电路的组成 .....    | 221        |
| 6.5.2 各色各样的音乐集成电路 .....     | 222        |
| 6.5.3 音乐集成电路的妙用 .....       | 229        |
| 6.6 半导体集成电路的应用与代用 .....     | 233        |
| 6.6.1 集成电路的命名与技术参数 .....    | 233        |
| 6.6.2 判断集成电路的好坏 .....       | 234        |
| 6.6.3 集成电路的更换与代用 .....      | 235        |
| 练习题 .....                   | 236        |
| <b>第 7 章 半导体传感器 .....</b>   | <b>237</b> |
| 7.1 热敏半导体器件 .....           | 237        |
| 7.1.1 热敏电阻器 .....           | 237        |
| 7.1.2 PN 结温度传感器 .....       | 240        |

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| 7.2 光敏半导体器件.....         | 240        |
| 7.2.1 光敏电阻.....          | 240        |
| 7.2.2 光敏二极管和光敏三极管.....   | 241        |
| 7.2.3 半导体色敏管.....        | 243        |
| 7.3 热释电传感器.....          | 244        |
| 7.4 气敏传感器.....           | 246        |
| 7.5 湿敏传感器.....           | 249        |
| 7.6 力学量传感器.....          | 251        |
| 7.7 磁敏传感器.....           | 254        |
| 练习题.....                 | 256        |
| <b>第8章 电真空器件 .....</b>   | <b>257</b> |
| 8.1 电子管 .....            | 257        |
| 8.1.1 热电子发射 .....        | 257        |
| 8.1.2 电子管的基本结构与工作原理..... | 258        |
| 8.1.3 千姿百态的电子管 .....     | 259        |
| 8.2 黑白显像管.....           | 259        |
| 8.2.1 黑白显像管的结构 .....     | 259        |
| 8.2.2 黑白显像管的工作原理.....    | 260        |
| 8.2.3 电子枪.....           | 261        |
| 8.2.4 荧光屏.....           | 262        |
| 8.2.5 玻璃外壳.....          | 263        |
| 8.2.6 黑白显像管的参数与使用.....   | 263        |
| 8.3 彩色显像管.....           | 265        |
| 8.3.1 三枪三束彩色显像管 .....    | 265        |
| 8.3.2 单枪三束彩色显像管 .....    | 270        |
| 8.3.3 自汇聚彩色显像管 .....     | 271        |
| 8.3.4 新型彩色显像管 .....      | 272        |
| 8.3.5 彩色显像管的新方向 .....    | 274        |
| 8.4 磁控管 .....            | 274        |
| 练习题 .....                | 276        |
| <b>第9章 片状元器件 .....</b>   | <b>277</b> |
| 9.1 片状元器件的特点及分类 .....    | 277        |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 9.2 片状无源元器件 .....                  | 278        |
| 9.3 片状有源器件 .....                   | 283        |
| 9.4 表面组装技术和焊接方法 .....              | 285        |
| 9.5 业余条件下片状元器件的拆装 .....            | 285        |
| 练习题 .....                          | 286        |
| <b>第 10 章 元器件的安装、焊接及有关资料 .....</b> | <b>287</b> |
| 10.1 焊接原理及焊接工具 .....               | 287        |
| 10.2 手工焊接技术 .....                  | 288        |
| 10.3 常用电气图的图形符号及文字符号 .....         | 289        |
| 10.4 部分新旧电气图形符号对照 .....            | 297        |
| 10.5 国内外晶体管型号命名法 .....             | 298        |
| 10.6 国内外 C-MOS 集成电路互换表 .....       | 306        |
| 10.7 国内外电视机常用集成电路代换表 .....         | 311        |
| 10.8 小型电源变压器的设计图表 .....            | 313        |
| 10.9 干电池和钮扣电池的参数 .....             | 319        |
| <b>附录 A 练习题答案 .....</b>            | <b>321</b> |

线绕电阻器(RX)是用镍铬合金、锰铜合金等电阻丝绕在绝缘的支架上制成的。绝缘支架多用陶瓷骨架或胶木骨架。绕成后其外面通常涂有耐热的釉绝缘层或绝缘漆。图 1-1(a)是线绕电阻器的外形。线绕电阻器一般可以承受较大的电功率(3~100 W),可以在 300℃左右的高



温下连续工作。它的热稳定性好。例如,在整流电源中的滤波电阻、降压电阻多采用线绕电阻器。线绕电阻器的另一个特点是精度高、噪声小。由于电阻丝的电阻率是固定的,精确控制绕制的圈数可以制成高精确阻值的电阻器,精度可达千分之一或万分之一。万用电表中的分压器、分流器大多采用线绕电阻器。线绕电阻器有固定电阻值的,也有可变电阻值的。线绕电阻器的型号中有RX标志。后面若加有字母Y表示表层有釉,Q表示酚醛涂层,C表示具有耐潮性。例如符号RXY表示涂釉线绕电阻器。线绕电阻器的阻值及允许偏差一般都标注在它的外表面上。可变阻值线绕电阻器是在固定式线绕电阻器的绝缘层上开一条轴向长槽,使各圈电阻丝在槽中露出,并在电阻器上装上可沿轴向滑动的铜圈构成。移动铜圈的位置即可在电阻器的一端和铜圈间得到不同的电阻值,从而达到改变阻值的目的。

线绕电阻器也可以根据需要进行自制,方法很简单。根据电阻器所需的功率(瓦数)选择适合的电阻丝,在自制的“1”形胶木片上绕制。先测出单位长度的阻值,估算出所需阻值的长度,待测得差不多时再进行测量,直至达到要求之值。然后两端焊接好并做出引线即成一个自制的线绕电阻器了。万用表电流挡分流器烧坏时就可以用这种方法自制电阻器,进行修复。但需注意,一般电阻丝不易沾锡,焊接时不妨用些助焊剂以使焊接牢靠,免得影响阻值的稳定。但焊完后要用无水乙醇棉球将焊点擦洗干净,以防焊油腐蚀焊点。

薄膜电阻器是用蒸镀的方法将一定电阻率的材料蒸镀于绝缘材料表面制成的。图1-1(b)是薄膜电阻器的外形图。最常用的蒸镀材料是碳或某些合金,绝缘材料主要是瓷管(棒)。这就是碳膜电阻器和金属膜电阻器。

碳膜电阻器是将结晶碳沉积在陶瓷棒骨架上制成的。碳膜电阻器的电压稳定性好,造价便宜,并可在70℃以下长期工作。收录机、电视机中的电阻器大多采用碳膜电阻器。碳膜电阻器所允许的额定功率较小,一般为1/8~2W。碳膜电阻器的型号中有RT标志,其阻值及误差等级常用数字或色点色环直接标记在电阻器的外表面上。不过其额定功率不在电阻器外表面上标出,而以电阻器的直径和长度的不同加以区别:体积大的功率大,体积小的功率小,碳膜电阻器的额定功率估算见表1-1所列。

金属膜电阻器是用真空蒸镀的方法将合金材料蒸镀于陶瓷棒骨架表面制成的。它的型号中有RS标志,外表常涂以红漆或棕漆。这种电阻器有较好的耐高温性能,可以在125℃下长期工作。它还适宜工作在较宽的频率范围,它的噪声小,温度系数低,稳定性好,精度高。在相同的额定功率下,它的体积可以比碳膜电阻器小一半。金属膜电阻器的功率一般为1/2W至几W。在仪器仪表及通信设备中都大量采用金属膜电阻器,其精度可达±0.05%。其阻值及精度等级标在外皮上,额定功率由体积大小确定。金属膜电阻器额定功率估算见表1-2所列。

表 1-1 碳膜电阻器额定功率估算

| 额定功率(W) | RT 电阻器尺寸 |        |
|---------|----------|--------|
|         | 长度(mm)   | 直径(mm) |
| 0.06    | 8        | 2.5    |
| 0.125   | 12       | 2.5    |
| 0.25    | 15       | 4.5    |
| 0.5     | 25       | 4.5    |
| 1.0     | 28       | 6      |
| 2.0     | 46       | 8      |

表 1-2 金属膜电阻器额定功率估算

| 额定功率(W) | RJ 电阻器尺寸 |         |
|---------|----------|---------|
|         | 长度(mm)   | 直径(mm)  |
| 1/8     | 6~8      | 2~2.5   |
| 1/4     | 7~8.3    | 2.5~2.9 |
| 1/2     | 10.8     | 4.2     |
| 1       | 13.0     | 6.6     |
| 2       | 18.5     | 8.6     |

实心电阻器是由石墨、炭黑等导电材料及不良导电材料混合并加入黏合剂后压制而成的。其外形如图 1-1(c)所示。它的外形与薄膜电阻器差不多,不过它的内部没有绝缘瓷棒,而是实心的,引线从内部引出。实心电阻器成本低,价格便宜,但阻值误差较大,且噪声大,稳定性差。目前在家用电器中较少采用,但在低档电器中还有时用到。实心电阻器的型号中有 RS 标志。

氧化膜电阻器(RY)是在绝缘瓷棒上沉积一层金属氧化膜制成的。它的外形及性能均与金属膜电阻器相同,但其制造工艺较简单,成本低,且耐热、耐压性能更好,可以替代金属膜电阻器使用。氧化膜电阻器的额定功率从  $1/8\text{ W}$  至数  $\text{W}$ (大的可达  $10\text{ W}$ )不等,也可以由体积大小区别其功率大小。

电阻器(俗称电阻)在电路图中用文字符号  $R$  表示,单位是欧(姆),单位符号用希腊字母  $\Omega$  表示。有时用千欧( $\text{k}\Omega$ )、兆欧( $\text{M}\Omega$ )表示,它们之间的关系是:

$$1\text{ M}\Omega = 1\,000\text{ k}\Omega = 1\,000\,000\ \Omega$$

### 1.1.3 电阻器的主要技术参数

电阻器的主要技术参数有标称阻值、阻值误差和额定功率。

(1) 标称阻值。即电阻器表面所标的阻值。阻值有两种标示方法,一种是直接用数字标出,体积小的电阻器则用色环或色点表示阻值。色环色点标示法的规则(又称色码标示法)见表 1-3 所列。色标电阻器的标记如图 1-2 所示。

表 1-3 色环色点标示法规则

| 色 别 | 第一色环<br>第一位数 | 第二色环<br>第二位数 | 第三色环<br>应乘位数                   | 第四色环<br>误差  |
|-----|--------------|--------------|--------------------------------|-------------|
| 棕   | 1            | 1            | $\times 10^1=10$               | $\pm 2\%$   |
| 红   | 2            | 2            | $\times 10^2=100$              | $\pm 3\%$   |
| 橙   | 3            | 3            | $\times 10^3=1\,000$           | $\pm 4\%$   |
| 黄   | 4            | 4            | $\times 10^4=10\,000$          | —           |
| 绿   | 5            | 5            | $\times 10^5=100\,000$         | $\pm 0.5\%$ |
| 蓝   | 6            | 6            | $\times 10^6=1\,000\,000$      | $\pm 0.2\%$ |
| 紫   | 7            | 7            | $\times 10^7=10\,000\,000$     | $\pm 0.1\%$ |
| 灰   | 8            | 8            | $\times 10^8=100\,000\,000$    | —           |
| 白   | 9            | 9            | $\times 10^9=1\,000\,000\,000$ | —           |
| 黑   | —            | —            | $\times 10^0=1$                | $\pm 1\%$   |
| 金   | —            | —            | $\times 10^{-1}=0.1$           | $\pm 5\%$   |
| 银   | —            | —            | $\times 10^{-2}=0.01$          | $\pm 10\%$  |
| 无色  | —            | —            | —                              | $\pm 20\%$  |

例如,用四个色环表示阻值及误差的电阻器,四个环的颜色分别为黄、绿、红、银,则表示该电阻器阻值为  $4\,500\text{ 欧}(4.5\text{ k}\Omega)$ ,误差为  $\pm 10\%$ 。

电阻器的标称阻值不是随意选定的。为了便于工业大量生产和使用者在一定范围内选用,



国家规定出一系列的标称值。不同误差等级的电阻器有不同数目的标称值；误差越小，电阻器的标称值越多。电阻器标称值见表 1-4 所列。

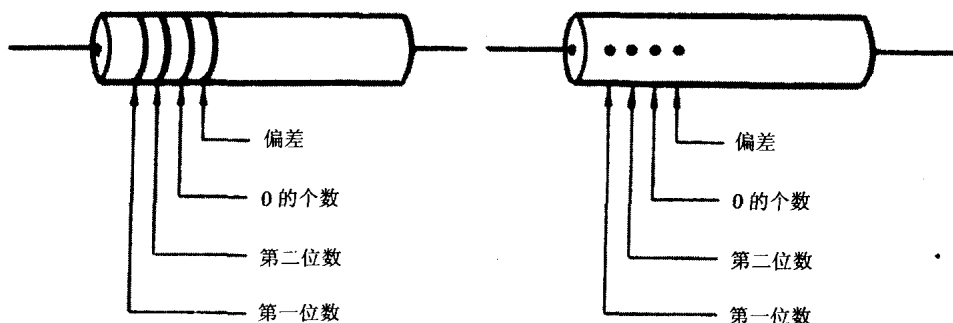


图 1-2 色标电阻器的标记

表 1-4 电阻器标称值

| 标称值系列       | 电阻标称值 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| E24(误差±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 |
| E12(误差±10%) | 1.0   |     | 1.2 |     | 1.5 |     | 1.8 |     | 2.2 |     | 2.7 |     |
| E6(误差±20%)  | 1.0   |     |     |     | 1.5 |     |     |     | 2.2 |     |     |     |
| E24(误差±5%)  | 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(误差±10%) | 3.3   |     | 3.9 |     | 4.7 |     | 5.6 |     | 6.8 |     | 8.2 |     |
| E6(误差±20%)  | 3.3   |     |     |     | 4.7 |     |     |     | 6.8 |     |     |     |

将表中标称值乘以 10、100、1 000…就可以扩大阻值范围。例如，表中的“2.2”包括 2.2 Ω、22 Ω、220 Ω、2.2 kΩ、22 kΩ、220 kΩ、2.2 MΩ 等这一阻值系列。在设计电路时要尽量选择标称值系列，无标称系列数时应选相近值。

(2) 阻值误差(或称偏差)。电阻器上的标称值只表示该电阻器阻值在此标称值附近。如果用仪表测量会发现它的实际值与标称值并不完全相同，这说明存在阻值误差。确切地说，阻值误差等于电阻实际值和标称值之差，除以标称值所得的百分数。电阻器的允许误差分为三个等级：I 级为±5%，II 级为±10%，III 级为±20%。

(3) 电阻器的额定功率。当电流通过电阻器时，电流会对电阻器做功，电阻器会发热。电阻器所能承受的发热是有限度的，如果电阻器上所加电功率大于它所能承受的电功率时，电阻器就会因温度过高而烧毁。所以电阻器要有规定的额定功率。通常在规定的气压、温度等条件下，电阻器长期工作时所允许承受的最大电功率称为额定功率。额定功率的单位是瓦(W)。一般电阻器分为 1/8 W、1/4 W、1/2 W、1 W、2 W、5 W、10 W 等数值。额定功率越大、电阻器的体积也越大。一般收录机、电视机中多采用 1/8 W、1/4 W、1/2 W 电阻器，少数电流较大场合采用 1 W、2 W 甚至 5 W 电阻器。

在电路图中，通常都标出电阻器额定功率大小的图形符号。表示电阻器额定功率的图形符号如图 1-3 所示。10 W 以上直接在电阻上标出。

每一个电阻器都有其最大的耐压值，称为最大工作电压。当电阻器两端电压超过极限工

作电压时,电阻器的膜间或线间就会产生电飞弧,造成击穿以至烧毁。电阻器的额定功率越大,其最大工作电压相对也越高。

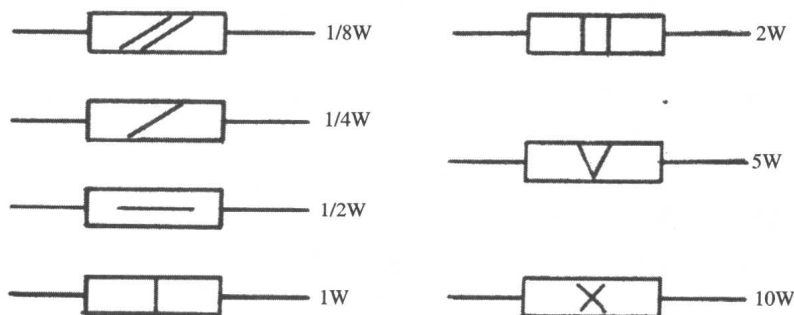


图 1-3 表示电阻器额定功率的图形符号

部分碳膜电阻器的最大工作电压参数规格见表 1-5(a)所列。

部分金属膜电阻器的最大工作电压参数规格见表 1-5(b)所列。

表 1-5(a) 部分碳膜电阻器的最大工作电压参数规格

| 型 号      | 额定功率 W | 标称电阻范围                      | 最高工作电压(V) |
|----------|--------|-----------------------------|-----------|
| RT-0.125 | 0.125  | 5.1 $\Omega$ ~1 M $\Omega$  | 100       |
| RT-0.25  | 0.25   | 10 $\Omega$ ~5.1 M $\Omega$ | 350       |
| RT-0.5   | 0.5    | 10 $\Omega$ ~10 M $\Omega$  | 400       |
| RT-1     | 1      | 27 $\Omega$ ~10 M $\Omega$  | 500       |
| RT-2     | 2      | 27 $\Omega$ ~10 M $\Omega$  | 750       |
| RT-5     | 5      | 47 $\Omega$ ~10 M $\Omega$  | 800       |
| RT-10    | 10     | 47 $\Omega$ ~10 M $\Omega$  | 1 000     |

表 1-5(b) 部分金属膜电阻器的最大工作电压参数规格

| 型 号      | 额定功率(W) | 标称电阻范围                      | 最高工作电压(V) |
|----------|---------|-----------------------------|-----------|
| RT-0.125 | 0.125   | 30 $\Omega$ ~510 k $\Omega$ | 150       |
| RT-0.25  | 0.25    | 30 $\Omega$ ~1 M $\Omega$   | 200       |
| RT-0.5   | 0.5     | 30 $\Omega$ ~5.1 M $\Omega$ | 250       |
| RT-1     | 1       | 30 $\Omega$ ~10 M $\Omega$  | 300       |
| RT-2     | 2       | 30 $\Omega$ ~10 M $\Omega$  | 350       |

### 1.1.4 半可调电阻器

半可调电阻器又称微调电阻器。半可调电阻器外形如图 1-4 所示。它主要用在阻值不需经常变动的电路里。例如偶尔需要调整的晶体管偏流电阻或电源滤波电阻等。一种半可调电阻器是用于小电流电路中,多为碳膜电阻器,其额定功率较小。另一种是用于电流较大电路中,多为线绕电阻器,电源滤波用半可调电阻器就是这种类型的电阻器。

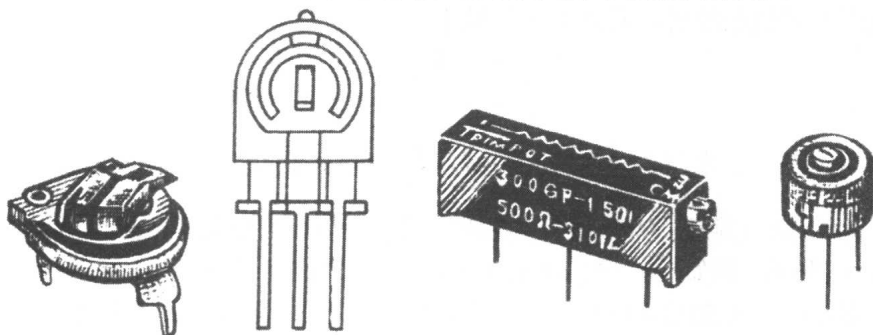


图 1-4 半可调电阻器外形

### 1.1.5 电阻器的质量鉴别与代用

电阻器的质量好坏比较容易鉴别。对新的电阻器先要进行外观检查,看外形是否端正、标志是否清晰、保护漆层是否完好。然后可以用万用电表的电阻挡测量一下阻值,看其阻值与标称值是否一致,相差之值是否在电阻器标称范围之内。对安装在电器装置上的电阻器,可以从外观上初步观察判断其是否损坏。通常表面漆层发棕黄或变黑是电阻器过热甚至烧毁的征兆,可对此重点加以检查。注意用万用电表测量在电路中的电阻时,应把电阻器的一端与电路断开,以免由于电路元件的并联影响测量的准确性。当然检查电器中电阻器时一定要在切断电源的前提下才能进行。测量高阻值(例如  $1\text{ M}\Omega$  以上)电阻器时,不允许用两只手同时接触表笔两端,否则会将人体电阻并联于被测电阻器上而影响测量的准确性。要精确测量某些仪表的电阻值时需使用电阻电桥。

测量半可调电阻器时,先用万用电表测量一下整个电阻之值,然后再将表笔分别接于活动端及一个固定端,同时徐徐调(滑)动活动端,看电阻值是否连续发生变化——由大变小或由小变大,最终为零(接近零)或等于两固定端之阻值。收音机、电视机中的半可调电阻器常因日久积尘或锈蚀而造成接触不良。如发现测量值偏大(或开路),可用棉球蘸无水乙醇(无水酒精)擦洗一下,一般即可恢复正常。

电阻器是电气装置中不太容易发生故障的元件。但因其用量大,可能由于其他元件的损坏(例如晶体管击穿等)而造成它的损坏。电阻器常见故障有两种,一种是阻值变化,且往往是阻值变大甚至变为无穷大——电阻器断路。这时需换上新的电阻器。另一种是内部或引出端接触不良,这是造成收音机或电视机杂音、断续工作的原因之一。半可调电阻器更容易发生这种故障,检修时应加倍细心。

一旦发现固定电阻器损坏,通常需要换上一只等阻值、等瓦数的新电阻器。如果手头没有合适阻值或瓦数的电阻器时,可以用下列方法代用。

用几个阻值较小的电阻器串联代替大阻值电阻器。串联的总阻值等于各串联电阻器阻值之和,即  $R_A = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$ 。电阻器的串联如图 1-5(a)所示。

用几个阻值较大的电阻器并联代替小阻值电阻器。当然应使并联后的总阻值等于要代替的电阻器阻值。如果是两只电阻器并联,并联总阻值

$$R_A = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

当两电阻器阻值相等时,其并联阻值减半。若由  $n$  个电阻器并联,则

$$\frac{1}{R_A} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

如果用  $n$  个相同的电阻器  $R$  并联,则  $R_A = \frac{R}{n}$ 。电阻器的并联如图 1-5(b)所示。

串、并联小功率电阻器代替大功率电阻器。将两只以上的小功率电阻器串联而后再并联,可代替大功率电阻器。例如:有一只  $100\ \Omega/4\text{ W}$  的电阻器损坏,手头只有  $50\ \Omega/4\text{ W}$  和  $200\ \Omega/2\text{ W}$  的电阻器,则可将两只  $50\ \Omega/4\text{ W}$  电阻器串联,得到等效的  $100\ \Omega/4\text{ W}$  电阻器,也可以将两只  $200\ \Omega/2\text{ W}$  电阻器并联,得到等效的  $100\ \Omega/4\text{ W}$  电阻器。需要指出,无论串联或并联两只以上不同阻值的电阻器,其各自分担的功率是不同的,其功率数值为:

