



电子大讲堂  
系 ■ 列 ■ 图 ■ 书

- 实力派作者倾力打造
- 以“师生交流”的全新形式讲授知识
- 一套非常适合自学的电子技术入门读物

# 教你应用 电子元件

# 蔡老师

蔡杏山 主编



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS



电子大讲堂  
系·列·图·书

教你应用  
电子元器件

蔡老师

蔡杏山 主编

人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

蔡老师教你应用电子元器件 / 蔡杏山主编. — 北京:  
人民邮电出版社, 2011.1  
(电子大讲堂系列图书)  
ISBN 978-7-115-24483-3

I. ①蔡… II. ①蔡… III. ①电子元件—基本知识②  
电子器件—基本知识 IV. ①TN6

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第231417号

## 内 容 提 要

本书是“电子大讲堂系列图书”中的一本。全书共分12课,主要内容有电阻器、电容器、电感器、变压器、二极管、三极管、光电器件、电声器件、显示器件、晶闸管、场效应管、IGBT、继电器、干簧管、贴片元器件与集成电路等。

本书内容丰富,形式新颖,图文并茂,通俗易懂,适合广大电子技术爱好者、家电维修人员和相关从业人员阅读学习。

电子大讲堂系列图书

### 蔡老师教你应用电子元器件

- 
- ◆ 主 编 蔡杏山  
责任编辑 姚予疆  
执行编辑 王朝辉
  - ◆ 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>  
北京百善印刷厂印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 15  
字数: 344千字 2011年1月第1版  
印数: 1-4000册 2011年1月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-24483-3

定价: 29.00元

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

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号



# 前 言

21 世纪是以微电子技术和数字电子技术为特征的信息时代，电子技术在国民经济各领域中起着越来越重要的作用，并且更加深入地渗透到我们的工作、学习和生活当中。

许多青少年电子技术爱好者和电子技术从业人员都希望能学习和掌握一定的电子技术基本知识 with 技能，但是广大初学者普遍感到入门难，电子理论书籍看不懂，元器件不了解，电路图走不通，仪器仪表不会用，电子制作无从下手等。

为了帮助广大初学者和务工人员较快、较全面地学习和掌握电子技术，我们根据初学者的特点和要求，结合长期从事电子技术教学工作的实践，编写了这套“电子大讲堂系列图书”。本套丛书邀请了几位实力派的作者，化身为老师，通过老师授课、师生交流的新颖形式讲解了电子技术的基本知识和操作技能，重点突出了实用技术和方法技巧。这种新颖的形式使得内容直观易懂，文字生动活泼，重点内容更容易理解和掌握，真正起到手把手教你学的效果。

本书是“电子大讲堂系列图书”中的一本。全书共分 7 课。第 1 课讲授固定电阻器、电位器、敏感电阻器和排阻的结构、工作原理和检测等内容；第 2 课讲授固定电容器和可变电容器的结构、工作原理和检测等内容；第 3 课讲授电感器与变压器的结构、工作原理和检测等内容；第 4 课讲授普通二极管和具有特殊功能的稳压二极管、变容二极管、双向触发二极管、双基极二极管、肖特基二极管、快恢复二极管和瞬态电压抑制二极管等内容；第 5 课讲授普通三极管的结构、工作原理、3 种状态、主要参数和检测以及一些特殊三极管等内容；第 6 课讲授发光二极管、光电二极管、光电三极管和光电耦合器的结构、性质和检测等内容；第 7 课讲授扬声器、耳机、蜂鸣器和话筒的结构、工作原理和检测方法等内容；第 8 课讲授 LED 数码管、LED 点阵显示器、真空荧光显示器和液晶显示屏的结构、工作原理和检测方法等内容；第 9 课讲授单向晶闸管、门极可关断晶闸管和双向晶闸管的结构、工作原理和检测方法等内容；第 10 课讲授场效应管和 IGBT 的结构、工作原理和检测方法等内容；第 11 课讲授电磁继电器、固态继电器、干簧管和干簧继电器的结构、工作原理和检测方法等内容；第 12 课讲授各种常用的贴片元器件和集成电路的特点、种类、封装形式和引脚识别等内容。

本书内容丰富，形式新颖，图文并茂，通俗易懂，适合广大电子技术爱好者、家电维修人员和相关从业人员阅读学习，并可作为职业技术学校 and 务工人员上岗培训的基础教材。书中如有不当之处，欢迎广大读者朋友批评指正。

作 者

# 目 录

## 第 1 课 电阻器

第 1 讲 固定电阻器	1
1.1.1 实物外形与图形符号	1
1.1.2 功能	2
1.1.3 标称阻值	2
1.1.4 标称阻值系列	5
1.1.5 额定功率	5
1.1.6 选用	6
1.1.7 检测	8
1.1.8 种类	9
1.1.9 型号命名方法	10
第 2 讲 电位器	11
1.2.1 实物外形与图形符号	11
1.2.2 结构与工作原理	12
1.2.3 应用	12
1.2.4 种类	13
1.2.5 主要参数	14
1.2.6 检测	15
1.2.7 选用	17
第 3 讲 敏感电阻器	17
1.3.1 热敏电阻器	18
1.3.2 光敏电阻器	20
1.3.3 压敏电阻器	22
1.3.4 湿敏电阻器	24
1.3.5 气敏电阻器	26
1.3.6 力敏电阻器	28
1.3.7 磁敏电阻器	29
1.3.8 型号命名方法	30
第 4 讲 排阻	33
1.4.1 实物外形	33
1.4.2 命名方法	33
1.4.3 种类与结构	33

## 第 2 课 电容器

第 1 讲 固定电容器	36
2.1.1 结构、实物外形与图形符号	36
2.1.2 主要参数	36
2.1.3 性质	37
2.1.4 极性	41
2.1.5 种类	42
2.1.6 串联与并联	44
2.1.7 容量标注方法与误差表示方法	46
2.1.8 检测	47
2.1.9 选用	48
2.1.10 型号命名方法	49
第 2 讲 可变电容器	51
2.2.1 微调电容器	51
2.2.2 单联电容器	52
2.2.3 多联电容器	53
第 3 课 电感器与变压器	
第 1 讲 电感器	55
3.1.1 实物外形与图形符号	55
3.1.2 主要参数与标注方法	56
3.1.3 性质	57
3.1.4 种类	59
3.1.5 检测	60
3.1.6 选用	60
3.1.7 型号命名方法	61
第 2 讲 变压器	63
3.2.1 实物外形与图形符号	63
3.2.2 结构、工作原理和功能	63
3.2.3 特殊绕组变压器	65

3.2.4 种类	66
3.2.5 主要参数	68
3.2.6 检测	69
3.2.7 选用	70
3.2.8 型号命名方法	71

## 第4课 二极管

### 第1讲 二极管

4.1.1 半导体	73
4.1.2 二极管	74
4.1.3 型号命名方法	79

### 第2讲 稳压二极管

4.2.1 实物外形与图形符号	81
4.2.2 工作原理	81
4.2.3 应用	82
4.2.4 主要参数	83
4.2.5 检测	83

### 第3讲 变容二极管

4.3.1 实物外形与图形符号	85
4.3.2 工作原理	85
4.3.3 主要参数	87
4.3.4 检测	87

### 第4讲 双向触发二极管

4.4.1 实物外形与图形符号	88
4.4.2 性质	88
4.4.3 检测	89

### 第5讲 双基极二极管

4.5.1 实物外形、图形符号、结构和等效图	91
4.5.2 工作原理	91
4.5.3 检测	93

### 第6讲 肖特基二极管

4.6.1 实物外形与图形符号	94
4.6.2 特点、应用和检测	95
4.6.3 主要参数	95

### 第7讲 快恢复二极管

4.7.1 实物外形与图形符号	96
4.7.2 特点、应用和检测	97
4.7.3 主要参数	98

### 第8讲 瞬态电压抑制二极管

4.8.1 实物外形与图形符号	98
4.8.2 性质	99
4.8.3 检测	99

## 第5课 三极管

### 第1讲 三极管

5.1.1 实物外形与图形符号	101
5.1.2 结构	102
5.1.3 电流、电压规律	102
5.1.4 放大原理	105
5.1.5 3种状态说明	106
5.1.6 主要参数	110
5.1.7 检测	111
5.1.8 型号命名方法	115

### 第2讲 特殊三极管

5.2.1 带阻三极管	117
5.2.2 带阻尼三极管	117
5.2.3 达林顿三极管	118

## 第6课 光电器件

### 第1讲 发光二极管

6.1.1 普通发光二极管	121
6.1.2 双色发光二极管	123
6.1.3 三基色发光二极管	124
6.1.4 闪烁发光二极管	127
6.1.5 红外线发光二极管	128
6.1.6 型号命名方法	129

### 第2讲 光电二极管

6.2.1 光电二极管	131
6.2.2 红外线接收二极管	133

6.2.3 红外线接收组件	134
<b>第 3 讲 光电三极管</b>	136
6.3.1 实物外形与图形符号	136
6.3.2 性质	136
6.3.3 检测	137
<b>第 4 讲 光电耦合器</b>	138
6.4.1 实物外形与图形符号	138
6.4.2 工作原理	138
6.4.3 检测	139

## 第 7 课 电声器件

<b>第 1 讲 扬声器</b>	142
7.1.1 实物外形与图形符号	142
7.1.2 种类与工作原理	143
7.1.3 主要参数	143
7.1.4 检测	144
7.1.5 型号命名方法	145
<b>第 2 讲 耳机</b>	146
7.2.1 实物外形与图形符号	146
7.2.2 种类与工作原理	147
7.2.3 检测	147
<b>第 3 讲 蜂鸣器</b>	148
7.3.1 实物外形与图形符号	148
7.3.2 种类、工作原理	149
<b>第 4 讲 话筒</b>	150
7.4.1 实物外形与图形符号	150
7.4.2 工作原理	150
7.4.3 主要参数	151
7.4.4 种类	152
7.4.5 检测	153
7.4.6 电声器件的型号命名方法	154

## 第 8 课 显示器件

<b>第 1 讲 LED数码管与LED点阵显示器</b>	157
8.1.1 一位LED数码管	157

8.1.2 多位LED数码管	160
8.1.3 LED点阵显示器	163
<b>第 2 讲 真空荧光显示器</b>	167
8.2.1 实物外形	167
8.2.2 结构与工作原理	168
8.2.3 应用	169
<b>第 3 讲 液晶显示屏</b>	170
8.3.1 笔段式液晶显示屏	171
8.3.2 点阵式液晶显示屏	173

## 第 9 课 晶闸管

<b>第 1 讲 单向晶闸管</b>	176
9.1.1 实物外形与图形符号	176
9.1.2 结构与工作原理	177
9.1.3 主要参数	178
9.1.4 检测	179
9.1.5 晶闸管的种类	180
9.1.6 晶闸管的型号命名方法	181
<b>第 2 讲 门极可关断晶闸管</b>	182
9.2.1 实物外形、结构、等效电路与图形符号	183
9.2.2 工作原理	183
9.2.3 检测	183
<b>第 3 讲 双向晶闸管</b>	185
9.3.1 图形符号与结构	185
9.3.2 工作原理	185
9.3.3 检测	186

## 第 10 课 场效应管与IGBT

<b>第 1 讲 结型场效应管 (JFET)</b>	189
10.1.1 实物外形与图形符号	189
10.1.2 结构与工作原理	190

10.1.3	主要参数	191
10.1.4	检测	192
10.1.5	场效应管的型号命名方法	193

**第2讲** 绝缘栅型场效应管 .....194

10.2.1	增强型 MOS 管	194
10.2.2	耗尽型 MOS 管	197

**第3讲** 绝缘栅双极型晶体管 (IGBT) .....199

10.3.1	实物外形、结构、等效图与图形符号	199
10.3.2	工作原理	200
10.3.3	检测	200

## 第11课 继电器与干簧管

**第1讲** 电磁继电器 .....202

11.1.1	实物外形与图形符号	202
11.1.2	结构与应用	203
11.1.3	主要参数	203
11.1.4	检测	204
11.1.5	继电器的型号命名方法	205

**第2讲** 固态继电器 .....206

11.2.1	特点	206
--------	----	-----

11.2.2	直流固态继电器	207
11.2.3	交流固态继电器	209

**第3讲** 干簧管与干簧继电器 .....212

11.3.1	干簧管	212
11.3.2	干簧继电器	213

## 第12课 贴片元器件与集成电路

**第1讲** 贴片元器件 .....216

12.1.1	贴片电阻器	216
12.1.2	贴片电容器	218
12.1.3	贴片电感器	219
12.1.4	贴片二极管	220
12.1.5	贴片三极管	221

**第2讲** 集成电路 .....222

12.2.1	简介	222
12.2.2	特点	223
12.2.3	种类	224
12.2.4	封装形式	225
12.2.5	引脚识别	226
12.2.6	型号命名方法	227

附录 .....229

参考文献 .....232



# 第 1 课 电 阻 器

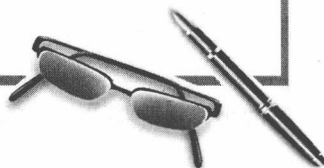


蔡老师：电阻器是一种最为常用的电子元件，在电路中，它具有降低电压、限制电流、

分流电流和分配电压的作用。电阻器主要分为固定电阻器、电位器和敏感电阻器 3 类，固定电阻器的阻值固定无法改变，电位器的阻值可通过手动调节来改变，而敏感电阻器会随施加条件（如温度、湿度、压力、光线、磁场和气体）变化而阻值发生变化。排阻是一种将多只电阻器以一定方式连接起来并封装成多引脚的元件。

本课讲授的内容主要有：

- (1) 固定电阻器
- (2) 电位器
- (3) 敏感电阻器
- (4) 排阻



## 第 1 讲 固定电阻器

电阻器是电子电路中最常用的元件之一，电阻器简称电阻。电阻器种类很多，通常可以分为 3 类：固定电阻器、电位器和敏感电阻器。

### 1.1.1 实物外形与图形符号

固定电阻器是一种阻值固定不变的电阻器。固定电阻器的实物外形与图形符号如图 1-1 所示，在图 1-1 (b) 中，上方为国家标准的电阻器图形符号，下方为国外常用的电阻器图形符号（在一些国外技术资料中常见）。

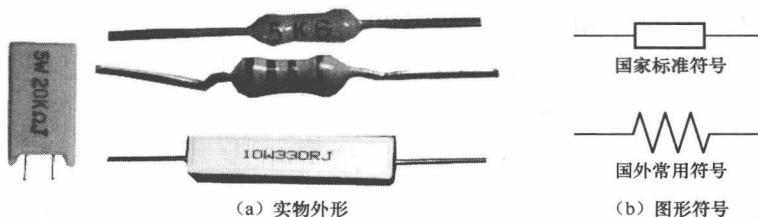
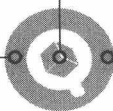


图 1-1 固定电阻器



## 1.1.2 功能

固定电阻器的主要功能有降压、限流、分流和分压。固定电阻器的功能说明如图 1-2 所示。

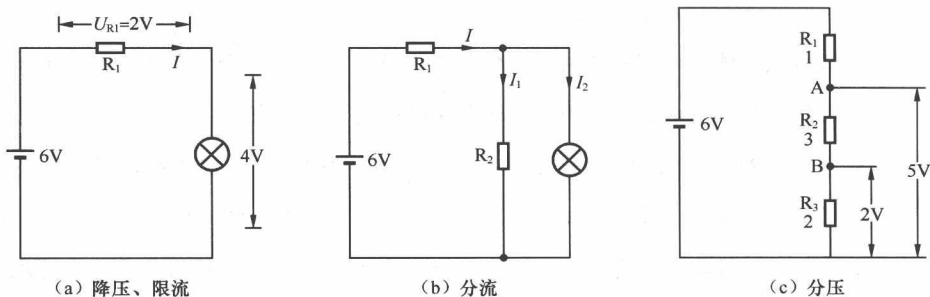


图 1-2 固定电阻器的功能说明图

### 1. 降压、限流

在图 1-2 (a) 所示电路中, 电阻器  $R_1$  与灯泡串联在一起, 如果用导线直接代替  $R_1$ , 加到灯泡两端的电压有 6V, 流过灯泡的电流很大, 灯泡将会很亮; 串联电阻器  $R_1$  后, 由于  $R_1$  上有 2V 电压, 灯泡两端的电压就被降低到 4V, 同时由于  $R_1$  对电流有阻碍作用, 流过灯泡的电流也就减小。电阻器  $R_1$  在这里就起着降压、限流功能。

### 2. 分流

在图 1-2 (b) 所示电路中, 电阻器  $R_2$  与灯泡并联在一起, 流过  $R_1$  的电流  $I$  除了一部分流过灯泡外, 还有一部分经  $R_2$  流回到电源, 这样流过灯泡的电流减小, 灯泡变暗。 $R_2$  在这里起着分流功能。

### 3. 分压

在图 1-2 (c) 所示电路中, 电阻器  $R_1$ 、 $R_2$  和  $R_3$  串联在一起, 从电源正极出发, 每经过一只电阻器, 电压会降低一次, 电压降低多少取决于电阻器阻值的大小。阻值越大, 电压降低越多。如图中所示的  $R_1$ 、 $R_2$  和  $R_3$  可将 6V 的电源电压分出 5V 和 2V 的电压。

## 1.1.3 标称阻值

为了表示阻值的大小, 电阻器在出厂时会在表面标注阻值。标注在电阻器上的阻值称为标称阻值。电阻器的实际阻值与标称阻值往往有一定的差距, 这个差距称为误差。电阻器标称阻值和误差的标注方法主要有直标法和色环法。

### 1. 直标法

直标法是指用文字符号 (数字和字母) 在电阻器上直接标注出阻值和误差的方法。直标法

的阻值单位有欧姆 ( $\Omega$ )、千欧 ( $k\Omega$ ) 和兆欧 ( $M\Omega$ )。

误差大小表示一般有两种方式：一是用罗马数字 I、II、III 分别表示误差为  $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ ，如果不标注误差，则误差为  $\pm 20\%$ ；二是用字母来表示，各字母对应的误差见表 1-1，如 J、K 分别表示误差为  $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 。

▼ 表 1-1 字母与阻值误差对照表

字 母	对应误差	字 母	对应误差
W	$\pm 0.05\%$	G	$\pm 2\%$
B	$\pm 0.1\%$	J	$\pm 5\%$
C	$\pm 0.25\%$	K	$\pm 10\%$
D	$\pm 0.5\%$	M	$\pm 20\%$
F	$\pm 1\%$	N	$\pm 30\%$

直标法常见形式主要有以下几种。

(1) 用“数值+单位+误差”表示

图 1-3 (a) 中所示的 4 只电阻器都采用这种表示方式，它们分别标注  $12k\Omega \pm 10\%$ 、 $12k\Omega$  II、 $12k\Omega 10\%$ 、 $12k\Omega K$ ，虽然误差标注形式不同，但都表示电阻器的阻值为  $12k\Omega$ ，误差为  $\pm 10\%$ 。

(2) 用单位代表小数点表示

图 1-3 (b) 中所示的 4 只电阻采用这种表示方式， $1k2$  表示  $1.2k\Omega$ ， $3M3$  表示  $3.3M\Omega$ ， $3R3$  (或  $3\Omega 3$ ) 表示  $3.3\Omega$ ， $R33$  (或  $\Omega 33$ ) 表示  $0.33\Omega$ 。

(3) 用“数值+单位”表示

这种标注法没有标出误差，表示误差为  $\pm 20\%$ 。图 1-3 (c) 中所示的两只电阻器均采用这种表示方式，它们分别标注  $12k\Omega$ 、 $12k$ ，表示的阻值都为  $12k\Omega$ ，误差为  $\pm 20\%$ 。

(4) 用数字直接表示

一般  $1k\Omega$  以下的电阻器采用这种表示方式。图 1-3 (d) 中所示的两只电阻器采用这种表示方式， $12$  表示  $12\Omega$ ， $120$  表示  $120\Omega$ 。

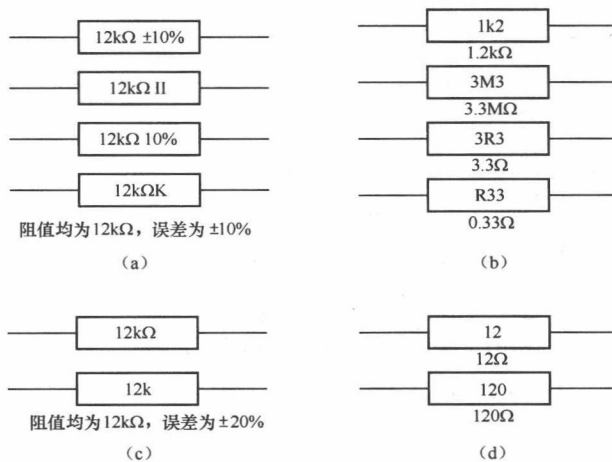


图 1-3 直标法表示阻值的常见形式

## 2. 色环法

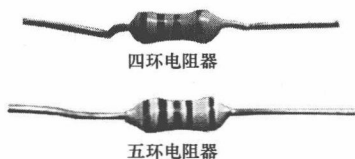


图 1-4 色环电阻器

色环法是指在电阻器上标注不同颜色圆环来表示阻值和误差的方法。图 1-4 所示的两个电阻器就采用了色环法来标注阻值和误差。其中一只电阻器上有 4 条色环，称为四环电阻器；另一只电阻器上有 5 条色环，称为五环电阻器，五环电阻器的阻值精度较四环电阻器更高。

(1) 色环含义

要正确识读色环电阻器的阻值和误差，须先了解各种色环代表的意义。四环电阻器各色环颜色代表的意义及数值见表 1-2。

▼ 表 1-2 四环电阻器各色环颜色代表的意义及数值

色环颜色	第一环（有效数）	第二环（有效数）	第三环（倍乘数）	第四环（误差数）
棕	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
红	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
橙	3	3	$\times 10^3$	—
黄	4	4	$\times 10^4$	—
绿	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.2\%$
紫	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	$\times 10^8$	—
白	9	9	$\times 10^9$	—
黑	0	0	$\times 10^0$	—
金	—	—	$10^{-1}$	$\pm 5\%$
银	—	—	$10^{-2}$	$\pm 10\%$
无色环	—	—	—	$\pm 20\%$

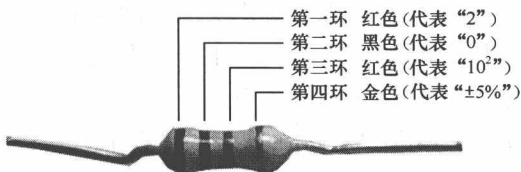
(2) 四环电阻器的识读

四环电阻器阻值与误差的识读如图 1-5 所示。四环电阻器的识读具体过程如下所述。

第一步：判别色环排列顺序。

四环电阻器的色环顺序判别规律如下。

① 四环电阻器的第四条色环为误差环，一般为金色或银色，因此如果靠近电阻器一个引脚的色环颜色为金、银色，该色环必为第四环，从该环向另一引脚方向排列的 3 条色环顺序依次为三、二、一。



标称阻值为  $20 \times 10^2 \Omega \times (1 \pm 5\%) = 2k\Omega (95\% \sim 105\%)$

图 1-5 四环电阻器阻值和误差的识读

② 对于色环标注标准的电阻器，一般第四环与第三环间隔较远。

第二步：识读色环。

按照第一、二环为有效数环，第三环为倍乘数环，第四环为误差数环，再对照表 1-2 各色环代表的数字识出色环电阻器的阻值和误差。

(3) 五环电阻器的识读

五环电阻器阻值与误差的识读方法与四环电阻器基本相同，不同在于五环电阻器的第一、二、三环为有效数环，第四环为倍乘数环，第五环为误差数环。另外，五环电阻器的误差数环颜色除了有金、银色外，还可能是棕、红、绿、蓝和紫色。五环电阻器阻值和误差的识读如图 1-6 所示。

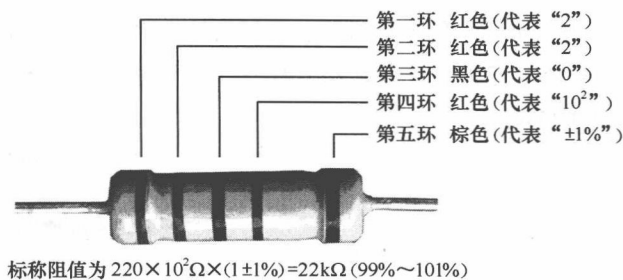


图 1-6 五环电阻器阻值和误差的识读

### 1.1.4 标称阻值系列

电阻器是由厂家生产出来的,但厂家不是随意生产任何阻值的电阻器的。为了生产、选购和使用的方便,国家规定了电阻器阻值的系列标称值,该标称值分 E-24、E-12 和 E-6 等 3 个系列,具体见表 1-3。

▼ 表 1-3 电阻器的标称阻值系列

标称阻值系列	允许误差	误差等级	标称值
E-24	±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
E-12	±15%	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
E-6	±20%	III	1.0, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8

国家标准规定,生产某系列的电阻器,其标称阻值应等于该系列中标称值的  $10^n$  ( $n$  为正整数) 倍。如 E-24 系列的误差等级为 I, 允许误差范围为 ±5%, 若要生产 E-24 系列(误差为 ±5%) 的电阻器, 厂家可以生产标称阻值为  $1.3\Omega$ 、 $13\Omega$ 、 $130\Omega$ 、 $1.3\text{k}\Omega$ 、 $13\text{k}\Omega$ 、 $130\text{k}\Omega$ 、 $1.3\text{M}\Omega$ …… 的电阻器, 而不能生产标称阻值是  $1.4\Omega$ 、 $14\Omega$ 、 $140\Omega$ …… 的电阻器。

### 1.1.5 额定功率

额定功率是指在一定的条件下元器件长期使用允许承受的最大功率。电阻器额定功率越大, 允许流过的电流越大。固定电阻器的额定功率也要按国家标准进行标注, 其标称系列有  $1/8\text{W}$ 、 $1/4\text{W}$ 、 $1/2\text{W}$ 、 $1\text{W}$ 、 $2\text{W}$ 、 $5\text{W}$  和  $10\text{W}$  等。小电流电路一般采用功率为  $1/8 \sim 1/2\text{W}$  的电阻器, 而大电流电路中常采用  $1\text{W}$  以上的电阻器。

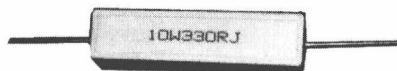
电阻器额定功率识别方法如下所述。

① 对于标注了功率的电阻器, 可根据标注的功率值来识别功率大小。图 1-7 中所示的电阻器标注的额定功率值为  $10\text{W}$ , 阻值为  $330\Omega$ , 误差为 ±5%。

② 对于没有标注功率的电阻器, 可根据长度和直径来判别其功率大小。长度和直径值越大, 功率越大。

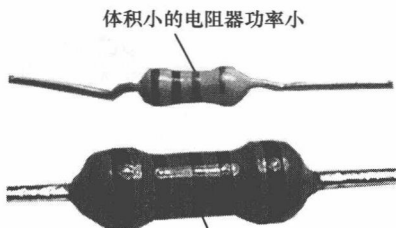


图 1-8 中所示的一大一小两只色环电阻器，体积大的电阻器的功率更大。碳膜、金属膜电阻器的长度、直径与功率的对应关系可参见表 1-4，例如一个长度为 8mm、直径为 2.6mm 的金属膜电阻器，其功率为 0.25W。



功率10W 阻值 330Ω 误差 ±5%

图 1-7 根据标注识别功率



体积大的电阻器功率大

图 1-8 根据体积大小来判别功率

▼ 表 1-4 碳膜、金属膜电阻器的长度、直径与功率对照表

碳膜电阻器		金属膜电阻器		额定功率/W
长度/mm	直径/mm	长度/mm	直径/mm	
8	2.5			0.06
12	2.5	7	2.2	0.125
15	4.5	8	2.6	0.25
25	4.5	10.8	4.2	0.5
28	6	13	6.6	1
46	8	18.5	8.6	2

③ 在电路图中，为了表示电阻器的功率大小，一般会在电阻器图形符号上标注一些标志。电阻器上标注的标志与对应功率值如图 1-9 所示，1W 以下用线条表示，1W 以上（含 1W）的直接用数字表示功率大小（旧标准用罗马数字表示）。

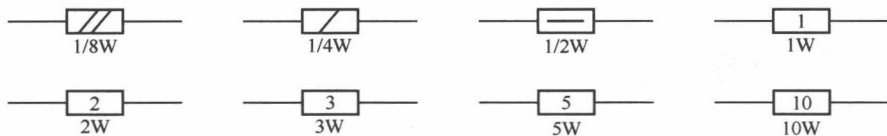


图 1-9 电路图中电阻器的功率标志

### 1.1.6 选用

电子元器件的选用是学习电子技术的一个重要内容。在选用元器件时，不同技术层次的人考虑的问题不同，从事电子产品研发的人员需要考虑元器件的很多参数，这样才能保证生产出来的电子产品性能好，并且不易出现问题；而对大多数从事维修、制作和简单设计的电子爱好者来说，只要考虑元器件的一些重要参数就可以解决实际问题。本书中介绍的各种元器件的选用方法主要是针对广大初、中级层次的电子技术人员。

## 1. 选用举例

在选用电阻器时，主要考虑电阻器的阻值、误差、额定功率和极限电压。

### (1) 选择要求

如图 1-10 所示的电路中，要求通过电阻器 R 的电流  $I = 0.01\text{A}$ ，请选择合适的电阻器来满足电路实际要求。

### (2) 选择过程

电阻器的选用过程如下所述。

① 确定阻值。用欧姆定律可求出电阻器的阻值  $R = U/I = 220\text{V}/0.01\text{A} = 22\ 000\Omega = 22\text{k}\Omega$ 。

② 确定误差。对于电路来说，误差越小越好，这里选择电阻器误差为  $\pm 5\%$ 。若难以找到误差为  $\pm 5\%$  的电阻器，也可选择误差为  $\pm 10\%$  的。

③ 确定功率。根据功率计算公式可求出电阻器的功率大小为  $P = I^2 R = (0.01\text{A})^2 \times 22\ 000\Omega = 2.2\text{W}$ 。为了让电阻器能长时间使用，选择的电阻器功率应在实际功率的两倍以上，这里选择电阻器功率为  $5\text{W}$ 。

④ 确定被选电阻器的极限电压是否满足电路需要。当电阻器用在高电压、小电流的电路时，可能功率满足要求，但电阻器的极限电压小于电路加到它两端的电压，电阻器会被击穿。

电阻器的极限电压可用  $U = \sqrt{PR}$  来求，这里的电阻器极限电压  $U = \sqrt{5\text{W} \times 22\ 000\Omega} \approx 331\text{V}$ ，该值大于其两端所加的  $220\text{V}$  电压，故可正常使用。当电阻器的极限电压不够时，为了保证电阻器在电路中不被击穿，可根据情况选择阻值更大或功率更大的电阻器。

综上所述，为了让图 1-10 所示电路中的电阻器 R 能正常工作并满足要求，应选择阻值为  $22\text{k}\Omega$ 、误差为  $\pm 5\%$ 、额定功率为  $5\text{W}$  的电阻器。

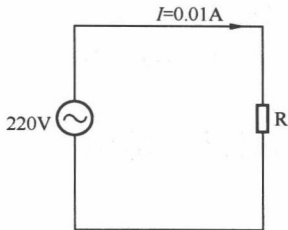


图 1-10 电阻器选用例图

## 2. 选用技巧

在实际工作中，经常会遇到所选择的电阻器无法与要求一致的情况，这时可按下面的方法解决。

① 对于要求不高的电路，在选择电阻器时，其阻值和功率应与要求值尽量接近，并且额定功率只能大于要求值，若小于要求值，电阻器容易被烧坏。

② 若无法找到某个阻值的电阻器，可采用多只电阻器并联或串联的方式来解决。电阻器串联时阻值增大，并联时阻值减小。

③ 若某只电阻器功率不够，可采用多只大阻值的小功率电阻器并联，或采用多只小阻值的小功率电阻器串联，不管是采用并联还是串联，每个电阻器承受的功率都会变小。至于每只电阻器应选择多大功率，可用  $P = U^2/R$  或  $P = I^2 R$  来计算，再考虑两倍左右的余量。

在图 1-10 所示电路中，如果无法找到  $22\text{k}\Omega$ 、 $5\text{W}$  的电阻器，可用两个  $44\text{k}\Omega$  的电阻器并联来充当  $22\text{k}\Omega$  的电阻器。由于这两个电阻器阻值相同，并联在电路中消耗功率也相同，单只电阻器在电路中承受的功率  $P = U^2/R = 220^2\text{V}/44\ 000\Omega = 1.1\text{W}$ ，考虑两倍的余量，功率可选择  $2.5\text{W}$ 。也就是说，将两只  $44\text{k}\Omega$ 、 $2.5\text{W}$  的电阻器并联，可替代一只  $22\text{k}\Omega$ 、 $5\text{W}$  的电阻器。

如果采用两只  $11\text{k}\Omega$  电阻器串联代替图 1-10 中所示的电阻器，两只阻值相同的电阻器串联在电路中，它们消耗的功率相同，单只电阻器在电路中承受的功率  $P = (U/2)^2/R = 110^2\text{V}/11\ 000\Omega = 1.1\text{W}$ ，考虑两倍的余量，功率选择  $2.5\text{W}$ 。也就是说，将两只  $11\ \text{k}\Omega$ 、 $2.5\text{W}$  的电阻器串联，同样可替代一只  $22\text{k}\Omega$ 、 $5\text{W}$  的电阻器。

### 1.1.7 检测

固定电阻器常见故障有开路、短路和变值。检测固定电阻器使用万用表的欧姆挡（即电阻挡）。

在检测时，先识读出电阻器上的标称阻值，然后选用合适的挡位并进行欧姆校零，然后开始检测电阻器。测量时为了减小测量误差，应尽量让万用表表针指在欧姆刻度线中央，若表针在刻度线上过于偏左或偏右时，应切换更大或更小的挡位重新测量。

下面以测量一只标称阻值为  $2\text{k}\Omega$  的色环电阻器为例来说明电阻器的检测方法，测量接线如图 1-11 所示，具体步骤如下所述。

第一步：将万用表的挡位开关拨至  $R \times 100\Omega$  挡。

第二步：进行欧姆校零。将红、黑表笔短路，观察表针是否指在“ $\Omega$ ”刻度线的“0”刻度处，若未指在该处，应调节欧姆校零旋钮，让表针准确指在“0”刻度处。

第三步：将红、黑表笔分别接电阻器的两个引脚，再观察表针指在“ $\Omega$ ”刻度线的位置，图中表针指在刻度“20”，那么被测电阻器的阻值为  $20 \times 100\Omega = 2\text{k}\Omega$ 。

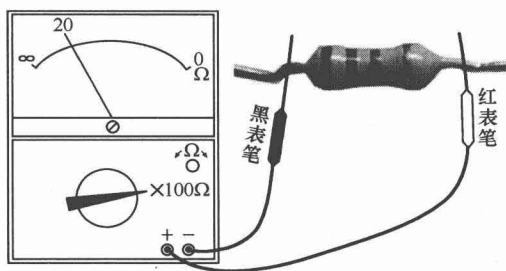


图 1-11 固定电阻器的检测

若万用表测量出来的阻值与电阻器的标称阻值相同，说明该电阻器正常（若测量出来的阻值与电阻器的标称阻值有些偏差，但在误差允许范围内，电阻器也算正常）。

若测量出来的阻值为  $\infty$ （即无穷大），说明电阻器开路。

若测量出来的阻值为  $0\Omega$ ，说明电阻器短路。


若测量出来的阻值大于或小于电阻器的标称阻值，并超出误差允许范围，说明电阻器变值。





王小帅：蔡老师，我有一个插座的指示灯不亮，拆开后发现里面仅有一只色环电阻器和一只红色指示灯，应该是它们坏了，我怎么判别呢？



蔡老师：红色指示灯应该是一只红色的发光二极管，有关它的好坏判别方法将在《第6课光电器件》介绍。我先介绍一下色环电阻器好坏判别方法，首先观察它的色环并识读出阻值，然后用万用表欧姆挡测量出它的实际阻值，若测量出来的阻值为无穷大，说明电阻器开路；若测量值与色环标注的阻值相同，说明电阻器正常，从而可以判断应该是发光二极管坏了。

 李蕾蕾: 如果是电阻器坏了, 是不是找一只阻值相同的电阻器更换就可以呢?

 王小帅: 应该还要考虑电阻器的功率大小。

 蔡老师: 是的, 更换时不但要求两者阻值相同, 还要求两者功率相同或者功率稍大于损坏的电阻器功率。由于色环电阻器一般未标出功率值, 更换时只要找一只阻值相同, 并且体积差不多小或稍大的色环电阻器就可以了。

## 1.1.8 种类

电阻器种类很多, 根据构成形式不同, 通常可以分为碳质电阻器、薄膜电阻器、线绕电阻器和敏感电阻器 4 大类, 每大类中又可分几小类。电阻器种类及特点见表 1-5。

▼ 表 1-5 电阻器种类及特点

大 类	构 成	小 类	特 点
碳质电阻器	用碳质颗粒等导电物质、填料和黏合剂混合制成一个实体的电阻器	无机合成实心碳质电阻器 有机合成实心碳质电阻器	碳质电阻器价格低廉, 但其阻值误差、噪声都大, 稳定性差, 目前较少采用
薄膜电阻器	用蒸发的方法将一定电阻率的材料蒸镀于绝缘材料表面而制成	碳膜电阻器 金属膜电阻器 金属氧化膜电阻器 合成碳膜电阻器 化学沉积膜电阻器 玻璃釉膜电阻器	碳膜电阻器成本低, 性能稳定, 阻值范围宽, 温度系数和电压系数低, 但承受功率较小, 这种电阻器是目前应用最广泛的电阻器。 金属膜电阻器比碳膜电阻器的精度高, 稳定性好, 噪声小, 温度系数小, 在仪器仪表及通信设备中大量采用。 金属氧化膜电阻器高温下稳定, 耐热冲击, 过载能力强, 耐潮湿, 但阻值范围比较小。 合成碳膜电阻器价格低, 阻值范围宽, 但噪声大, 精度低, 频率特性较差, 一般用来制作高压、高阻的小型电阻器, 主要用在要求不高的电路中。 玻璃釉膜电阻器耐潮湿、高温, 噪声小, 温度系数小, 主要应用于厚膜电路
线绕电阻器	用高阻合金线绕在绝缘骨架上制成, 外面涂有耐热的釉绝缘层或绝缘漆	通用线绕电阻器 精密线绕电阻器 大功率线绕电阻器 高频线绕电阻器	绕线电阻具有较低的温度系数, 阻值精度高, 稳定性好, 耐热耐腐蚀, 主要作为精密大功率电阻使用, 缺点是高频性能差, 时间常数大
敏感电阻器	由具有相关特性的材料制成	压敏电阻器 热敏电阻器 光敏电阻器 力敏电阻器 气敏电阻器 湿敏电阻器 磁敏电阻器	各种敏感电阻器介绍见本章第 3 讲内容