

学技能超简单

学电子元件 超简单

蔡杏山◎主编

全新升级版



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

学技能超简单

学电子元器件超简单

(全新升级版)

蔡杏山 主编



机械工业出版社

本书是一本介绍电子元器件的图书，主要内容有电阻器，电容器，电感器与变压器，二极管，晶体管，光电器件，电声器件，显示器件，晶闸管、场效应晶体管与 IGBT，贴片元器件与集成电路，常用传感器，用数字万用表检测常用电子元器件，常用电工器件。

本书基础起点低、语言通俗易懂、内容图文并茂且循序渐进，读者只要有初中文化程度，就能通过阅读本书而轻松掌握电子元器件知识与技能。本书适合作为初学者系统学习电子元器件的自学图书，也适合作为职业院校电类专业的电子元器件教材。

图书在版编目（CIP）数据

学电子元器件超简单：全新升级版/蔡杏山主编. —2 版.
—北京：机械工业出版社，2016.9
（学技能超简单）
ISBN 978-7-111-54421-0

I. ①学… II. ①蔡… III. ①电子元件-基本知识②电子元器件-基本知识 IV. ①TN6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 174544 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：徐明煜 责任编辑：徐明煜 阎洪庆

责任校对：肖琳 封面设计：马精明

责任印制：李飞

北京铭成印刷有限公司印刷

2016 年 9 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·17 印张·415 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-54421-0

定价：49.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线：010-88361066

机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-68326294

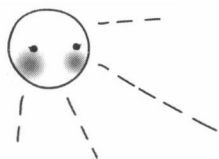
机工官博：weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网：www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网：www.cmpedu.com



前言 >>>>>>>>



《学电子元器件超简单》一书自推出以来深受读者欢迎，取得了非常不错的销售成绩。在惊喜的同时，我们也发现了书中的一些不足，再加上热心读者为本书提出了一些好的建议，因此我们决定对《学电子元器件超简单》一书进行修订。

修订后，本书仍保持第1版的主要特点：

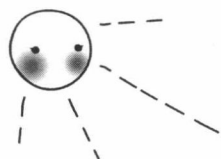
- ◆ **基础起点低。**读者只需具有初中文化程度即可阅读本书。
- ◆ **语言通俗易懂。**书中少用专业化的术语，遇到较难理解的内容用形象比喻说明，尽量避免复杂的理论分析和烦琐的公式推导，图书阅读起来会感觉十分顺畅。
- ◆ **采用图文并茂的方式表现内容。**书中大多采用读者喜欢的直观形象的图表方式表现内容，使阅读变得非常轻松，不易产生阅读疲劳。
- ◆ **内容安排符合人的认识规律。**在图书内容顺序安排上，按照循序渐进、由浅入深的原则进行，读者只需从前往后阅读图书，便会水到渠成。
- ◆ **突出显示书中知识要点。**为了帮助读者掌握书中的知识要点，书中用阴影和文字加粗的方法突出显示知识要点，指示学习重点。
- ◆ **网络免费辅导。**读者在阅读时遇到难理解的问题，可登录易天电学网（www.eTV100.com），观看有关辅导材料或向老师提问进行学习，读者也可以在该网站了解本书的新书信息。

《学电子元器件超简单（全新升级版）》的改进主要有：

- ◆ **删掉一些陈旧或少用的内容，**另外对一些旧符号、旧图形和旧电路进行更新，并对其重新进行描述说明。
- ◆ **为了增强临场感，**将一些绘制图换成实物图，让读者在阅读图书时就有仿佛亲自现场操作的感觉，这样在实践时可以很快上手。
- ◆ **在第1版的基础上进行了扩展，**除了让图书内容更完善外，还增加了很多实用的内容，使图书有较高的性价比。

本书由蔡杏山担任主编。在编写过程中得到了许多教师的支持，其中蔡玉山、詹春华、黄勇、何慧、黄晓玲、蔡春霞、邓艳姣、刘凌云、刘海峰、刘元能、邵永亮、王娟、何丽、万四香、梁云、李清荣、朱球辉、何彬、蔡任英和邵永明等参与了部分章节的编写工作，在此一致表示感谢。由于编者水平有限，书中的错误和疏漏在所难免，望广大读者和同仁予以批评指正。

编者



目 录 >>>>>>



前 言

第1章 电阻器 1

1.1 固定电阻器 1	1.2.5 主要参数 12
1.1.1 外形与符号 1	1.2.6 检测 13
1.1.2 功能 1	1.2.7 选用 14
1.1.3 标称阻值 2	1.3 敏感电阻器 14
1.1.4 标称阻值系列 4	1.3.1 热敏电阻器 14
1.1.5 额定功率 4	1.3.2 光敏电阻器 16
1.1.6 选用 5	1.3.3 湿敏电阻器 18
1.1.7 检测 6	1.3.4 压敏电阻器 20
1.1.8 种类 7	1.3.5 力敏电阻器 22
1.1.9 电阻器的型号命名 方法 8	1.3.6 敏感电阻器的型号命名 方法 23
1.2 电位器 9	1.4 排阻 24
1.2.1 外形与符号 9	1.4.1 实物外形 24
1.2.2 结构与原理 9	1.4.2 命名方法 24
1.2.3 应用 10	1.4.3 种类与结构 25
1.2.4 种类 11	1.4.4 检测 26

第2章 电容器 28

2.1 固定电容器 28	2.1.8 检测 38
2.1.1 结构、外形与符号 28	2.1.9 选用 39
2.1.2 主要参数 28	2.1.10 电容器的型号命名 方法 39
2.1.3 性质 29	2.2 可变电容器 40
2.1.4 极性 31	2.2.1 微调电容器 40
2.1.5 种类 33	2.2.2 单联电容器 41
2.1.6 串联与并联 35	2.2.3 多联电容器 42
2.1.7 容量与偏差的标注 方法 36	

第3章 电感器与变压器	43
3.1 电感器	43
3.1.1 外形与符号	43
3.1.2 主要参数与标注方法	43
3.1.3 性质	45
3.1.4 种类	46
3.1.5 检测	48
3.1.6 选用	48
3.1.7 电感器的型号命名 方法	48
3.2 变压器	49
3.2.1 外形与符号	49
3.2.2 结构、工作原理和 功能	49
3.2.3 特殊绕组变压器	51
3.2.4 种类	52
3.2.5 主要参数	53
3.2.6 检测	54
3.2.7 选用	56
3.2.8 变压器的型号命名 方法	56
第4章 二极管	57
4.1 半导体和普通二极管	57
4.1.1 半导体	57
4.1.2 普通二极管	57
4.1.3 整流二极管与整流桥	62
4.1.4 开关二极管	64
4.1.5 二极管型号命名方法	65
4.2 稳压二极管	67
4.2.1 外形与符号	67
4.2.2 工作原理	67
4.2.3 应用	68
4.2.4 主要参数	68
4.2.5 检测	68
4.3 变容二极管	69
4.3.1 外形与符号	69
4.3.2 性质	70
4.3.3 容量变化规律	71
4.3.4 主要参数	71
4.3.5 检测	71
4.4 双向触发二极管	72
4.4.1 外形与符号	72
4.4.2 性质	72
4.4.3 特性曲线	72
4.4.4 检测	73
4.5 双基极二极管	74
4.5.1 外形、符号、结构和 等效图	74
4.5.2 工作原理	74
4.5.3 检测	75
4.6 肖特基二极管	76
4.6.1 外形与图形符号	76
4.6.2 特点、应用和检测	77
4.6.3 常用肖特基二极管的主要 参数	77
4.7 快恢复二极管	78
4.7.1 外形与图形符号	78
4.7.2 特点、应用和检测	78
4.7.3 常用快恢复二极管的主要 参数	79
4.8 瞬态电压抑制二极管	79
4.8.1 外形与图形符号	79
4.8.2 性质	80
4.8.3 检测	80
第5章 晶体管	81
5.1 普通晶体管	81
5.1.1 外形与符号	81



5.1.2 结构.....	81	5.1.8 晶体管型号命名方法.....	93
5.1.3 电流、电压规律.....	82	5.2 特殊晶体管.....	94
5.1.4 放大原理.....	84	5.2.1 带阻晶体管.....	94
5.1.5 三种状态说明.....	85	5.2.2 带阻尼晶体管.....	94
5.1.6 主要参数.....	88	5.2.3 达林顿晶体管.....	95
5.1.7 检测.....	90		

第6章 光电器件..... 97

6.1 发光二极管.....	97	6.3 光敏晶体管.....	109
6.1.1 普通发光二极管.....	97	6.3.1 外形与符号.....	109
6.1.2 双色发光二极管.....	98	6.3.2 性质.....	109
6.1.3 三基色发光二极管.....	99	6.3.3 检测.....	110
6.1.4 闪烁发光二极管.....	102	6.4 光耦合器.....	111
6.1.5 红外线发光二极管.....	102	6.4.1 外形与符号.....	111
6.1.6 发光二极管的型号命名 方法.....	104	6.4.2 工作原理.....	111
6.2 光敏二极管.....	105	6.4.3 检测.....	112
6.2.1 普通光敏二极管.....	105	6.5 光遮断器.....	113
6.2.2 红外线接收二极管.....	107	6.5.1 外形与符号.....	113
6.2.3 红外线接收组件.....	108	6.5.2 工作原理.....	113
		6.5.3 检测.....	114

第7章 电声器件..... 116

7.1 扬声器.....	116	7.3.1 外形与符号.....	121
7.1.1 外形与符号.....	116	7.3.2 种类及结构原理.....	121
7.1.2 种类与工作原理.....	116	7.3.3 类型判别.....	122
7.1.3 主要参数.....	117	7.4 传声器.....	122
7.1.4 检测.....	117	7.4.1 外形与符号.....	122
7.1.5 扬声器的型号命名 方法.....	118	7.4.2 工作原理.....	123
7.2 耳机.....	119	7.4.3 主要参数.....	123
7.2.1 外形与符号.....	119	7.4.4 种类与选用.....	124
7.2.2 种类与工作原理.....	120	7.4.5 检测.....	125
7.2.3 内部接线及检测.....	120	7.4.6 电声器件的型号命名 方法.....	126
7.3 蜂鸣器.....	121		

第8章 显示器件..... 128

8.1 LED数码管与LED点阵 显示器.....	128	8.1.1 一位LED数码管.....	128
		8.1.2 多位LED数码管.....	131



8.1.3 LED 点阵显示器	133	8.2.4 检测	140
8.2 真空荧光显示器	137	8.3 液晶显示屏	140
8.2.1 外形	137	8.3.1 笔段式液晶显示屏	140
8.2.2 结构与工作原理	137	8.3.2 点阵式液晶显示屏	142
8.2.3 应用	139		
第9章 晶闸管、场效应晶体管与 IGBT	145		
9.1 单向晶闸管	145	9.3.3 检测	153
9.1.1 实物外形与符号	145	9.4 结型场效应晶体管	155
9.1.2 结构原理	145	9.4.1 外形与符号	155
9.1.3 主要参数	147	9.4.2 结构与原理	155
9.1.4 检测	147	9.4.3 主要参数	157
9.1.5 种类	149	9.4.4 检测	157
9.1.6 晶闸管的型号命名 方法	150	9.4.5 场效应晶体管型号命名 方法	159
9.2 门极关断晶闸管	151	9.5 绝缘栅型场效应晶体管	159
9.2.1 外形、结构与符号	151	9.5.1 增强型 MOS 管	159
9.2.2 工作原理	151	9.5.2 耗尽型 MOS 管	162
9.2.3 检测	151	9.6 绝缘栅双极型晶体管	163
9.3 双向晶闸管	152	9.6.1 外形、结构与符号	164
9.3.1 符号与结构	152	9.6.2 工作原理	164
9.3.2 工作原理	152	9.6.3 检测	165
第10章 贴片元器件与集成电路	166		
10.1 贴片元器件	166	10.2.4 封装形式	173
10.1.1 贴片电阻器	166	10.2.5 引脚识别	174
10.1.2 贴片电容器	167	10.2.6 好坏检测	174
10.1.3 贴片电感器	168	10.2.7 直插式集成电路的 拆卸	179
10.1.4 贴片二极管	169	10.2.8 贴片集成电路的拆卸与 焊接	181
10.1.5 贴片晶体管	170	10.2.9 集成电路的型号命名 方法	182
10.2 集成电路	170		
10.2.1 简介	170		
10.2.2 特点	171		
10.2.3 种类	172		
第11章 常用传感器	183		
11.1 气敏传感器	183	11.1.2 结构	184
11.1.1 外形与符号	183	11.1.3 应用	184



11.1.4	检测	184	11.3.4	型号命名与参数	191	
11.1.5	常用气敏传感器的主要 参数	185	11.3.5	引脚识别与检测	192	
11.1.6	应用举例	185	11.3.6	应用	193	
11.2	热释电人体红外线传感器	186	11.4	热电偶	194	
11.2.1	结构与工作原理	186	11.4.1	热电效应与热电偶测量 原理	194	
11.2.2	引脚识别	188	11.4.2	结构说明	196	
11.2.3	常用热释电传感器的主要 参数	188	11.4.3	利用热电偶配合数字万用表 测量电烙铁的温度	196	
11.2.4	应用	188	11.4.4	好坏检测	197	
11.3	霍尔传感器	189	11.4.5	多个热电偶连接的灵活 使用	197	
11.3.1	外形与符号	190	11.4.6	热电偶的种类及特点	199	
11.3.2	结构与工作原理	190				
11.3.3	种类	191				
第 12 章 用数字万用表检测常用电子元器件						201
12.1	数字万用表的结构与测量 原理	201		测量	213	
12.1.1	数字万用表的面板 介绍	201	12.2.9	电容容量的测量	213	
12.1.2	数字万用表的基本组成及测量 原理	203	12.2.10	温度的测量	214	
12.2	数字万用表的使用	206	12.2.11	数字万用表使用注意 事项	215	
12.2.1	直流电压的测量	206	12.3	用数字万用表检测常用电子 元器件的方法	216	
12.2.2	直流电流的测量	207	12.3.1	电容好坏的检测	216	
12.2.3	交流电压的测量	208	12.3.2	二极管极性和好坏的 检测	217	
12.2.4	交流电流的测量	209	12.3.3	晶体管类型、引脚极性和 好坏的检测	217	
12.2.5	电阻阻值的测量	209	12.3.4	晶闸管的检测	222	
12.2.6	二极管的测量	210	12.3.5	市电相线和零线的 检测	224	
12.2.7	线路通断测量	212				
12.2.8	晶体管放大倍数的 测量	213				
第 13 章 常用电工器件						226
13.1	开关、熔断器、断路器和漏电 保护器	226		检测	233	
13.1.1	开关的识别与检测	226	13.2	接触器与继电器	237	
13.1.2	熔断器的识别与检测	228	13.2.1	交流接触器的识别与 检测	237	
13.1.3	断路器的识别与检测	229	13.2.2	热继电器的识别与 检测	240	
13.1.4	漏电保护器的识别与 检测	233				

13.2.3 小型电磁继电器的识别与检测	244	13.2.6 时间继电器的识别与检测	252
13.2.4 中间继电器的识别与检测	247	13.2.7 干簧管与干簧继电器的识别与检测	254
13.2.5 固态继电器的识别与检测	247		
附录	257		
附录 A 半导体器件型号命名方法	257	附录 B 常用晶体管的性能参数及用途	260

电 阻 器



1.1 固定电阻器

1.1.1 外形与符号

固定电阻器是指生产出来后阻值就固定不变的电阻器。固定电阻器的实物外形和电路符号如图 1-1 所示。

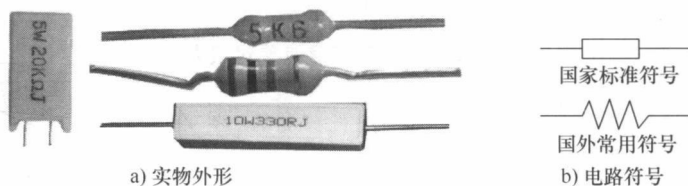


图 1-1 固定电阻器

1.1.2 功能

电阻器的功能主要有降压限流、分流和分压。电阻器的降压限流、分流和分压说明如图 1-2 所示。

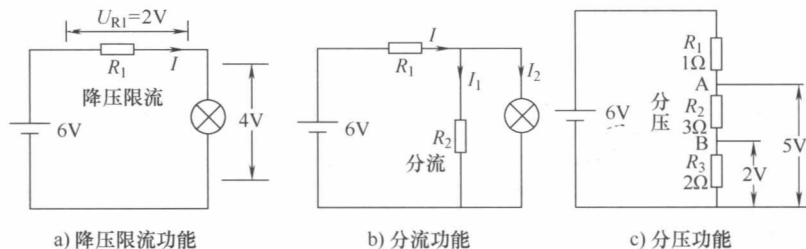


图 1-2 电阻器的功能

在图 1-2a 电路中, 电阻器 R_1 与灯泡串联, 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 在这里就起着降压和限流功能。



在图 1-2b 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，还有一路经 R_2 流回到电源，这样流过灯泡的电流减小，灯泡变暗。 R_2 的这种功能称为分流。

在图 1-2c 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，每经过一个电阻器，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，图中的 R_1 、 R_2 和 R_3 分别分担了 1V、3V 和 2V 电压，这样 R_2 和 R_3 上共有 5V 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，这个差距称为偏差。电阻器标注阻值和偏差的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偏差的方法。直标法的阻值单位有欧（ Ω ）、千欧（ $k\Omega$ ）和兆欧（ $M\Omega$ ）。

(1) 误差表示方法

直标法表示误差一般采用两种方式：一种是用罗马数字 I、II、III 分别表示偏差为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ ，如果不标注偏差，则偏差为 $\pm 20\%$ ；另一种是用字母来表示，各字母对应的偏差见表 1-1，如 J、K 分别表示偏差为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 。

表 1-1 字母与阻值偏差对照表

字 母	对应偏差 (%)	字 母	对应偏差 (%)
W	± 0.05	G	± 2
B	± 0.1	J	± 5
C	± 0.25	K	± 10
D	± 0.5	M	± 20
F	± 1	N	± 30

(2) 直标法常见的表示形式

直标法常见的表示形式如图 1-3 所示。

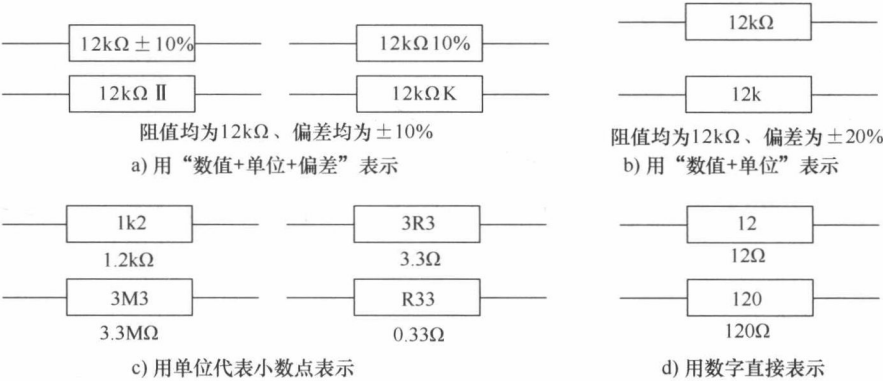


图 1-3 直标法常见的表示形式



2. 色环法

色环法是指在电阻器上标注不同颜色圆环来表示阻值和偏差的方法。图 1-4 中的两个电阻器就采用了色环法来标注阻值和偏差，其中一只电阻器上有四条色环，称为四环电阻器，另一只电阻器上有五条色环，称为五环电阻器，五环电阻器的阻值精度比四环电阻器高。

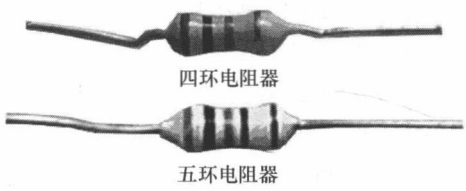


图 1-4 色环电阻器

(1) 色环含义

要正确识读色环电阻器的阻值和偏差，必须先了解各种色环代表的意义。色环电阻器各色环代表的意义见表 1-2。

表 1-2 四环色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 (偏差数)
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	$\times 10^0 = 1$	
金				$\pm 5\%$
银				$\pm 10\%$
无色环				$\pm 20\%$

(2) 四环电阻器的识读

四环电阻器的识读如图 1-5 所示。四环电阻器的识读过程如下：

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有：

1) 四环电阻的第四条色环为偏差环，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色或银色，该色环必为第四环，从该环向另一引脚方向排列的三条色环顺序依次为三、二、一。

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。

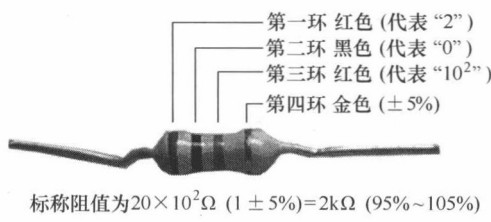


图 1-5 四环电阻器的识读

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，第四环为偏差数环，再对照表 1-2 各色环代表的数字识读出色环电阻器的阻值和偏差。

(3) 五环电阻器的识读

五环电阻器阻值和偏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，第五环为偏差数环。另外，五环电阻器的偏差数环颜色除了有金色、银色外，还可能是棕色、红色、绿色、蓝色和紫色。五环电阻器的识读如图 1-6 所示。

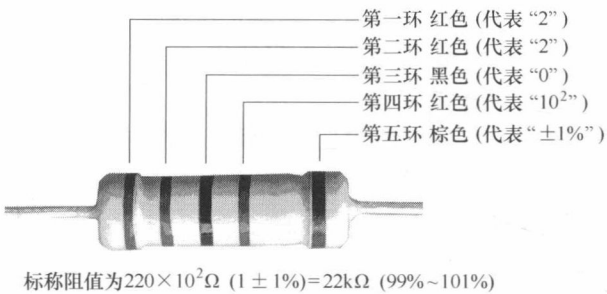


图 1-6 五环电阻器阻值和偏差的识读

1.1.4 标称阻值系列

电阻器是由厂家生产出来的，但厂家是不能随意生产任何阻值的电阻器。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 三个系列，具体见表 1-3。

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，允许偏差范围为 $\pm 5\%$ ，若要生产 E-24 系列 (误差为 $\pm 5\%$) 的电阻器，厂家可以生产标称阻值为 1.3Ω 、 13Ω 、 130Ω 、 $1.3\text{k}\Omega$ 、 $13\text{k}\Omega$ 、 $130\text{k}\Omega$ 、 $1.3\text{M}\Omega$ …的电阻器，而不能生产标称阻值是 1.4Ω 、 14Ω 、 140Ω …的电阻器。

表 1-3 电阻器的标称阻值系列

标称阻值系列	允许偏差 (%)	偏差等级	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

1.1.5 额定功率

额定功率是指在一定的条件下元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 $1/8\text{W}$ 、 $1/4\text{W}$ 、 $1/2\text{W}$ 、 1W 、 2W 、 5W 和 10W 等。小电流电路一般采用额定功率为 $1/8 \sim 1/2\text{W}$ 的电阻器，而大电流电路中常采用 1W 以上的电阻器。

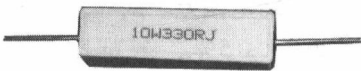
电阻器额定功率识别方法如下：

1) 对于标注了额定功率的电阻器，可根据标注的功率值来识别额定功率大小。图 1-7



中的电阻器标注的额定功率值为 10W，阻值为 330Ω，偏差为 ±5%。

2) 对于没有标注额定功率的电阻器，可根据长度和直径来判别其额定功率大小。长度和直径值越大，额定功率越大，图 1-8 中的一大一小两个色环电阻器，大电阻器的额定功率更大。碳膜、金属膜电阻器的长度、直径与额定功率对应关系可见表 1-4，例如一个长度为 8mm、直径为 2.6mm 的金属膜电阻器，其额定功率为 0.25W。



功率10W 阻值330Ω 偏差±5%

图 1-7 根据标注识别额定功率

表 1-4 碳膜、金属膜电阻器的长度、直径与额定功率对照表

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



图 1-8 根据体积大小来判别额定功率

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

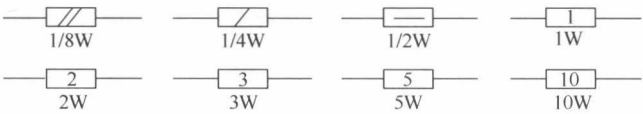


图 1-9 电路图中电阻器的额定功率标志

1.1.6 选用

电子元器件的选用是学习电子技术一个重要的内容，在选用元器件时，不同技术层次的人考虑问题不同，从事电子产品研发的人员需要考虑元器件很多参数，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、偏差、额定功率和极限电压。

在图 1-10 中，要求通过电阻器 R 的电流 $I=0.01A$ ，请选择合适的电阻器来满足电路实际要求。电阻器的选用过程如下：

1) 确定阻值。用欧姆定律可求出电阻器的阻值 $R=U/I=220V/0.01A=22000\Omega=22k\Omega$ 。



2) 确定偏差。对于电路来说，偏差越小越好，这里选择电阻器偏差为 $\pm 5\%$ ，若难以找到偏差为 $\pm 5\%$ ，也可选择偏差为 $\pm 10\%$ 。

3) 确定额定功率。根据功率计算公式可求出电阻器的功率大小为 $P = I^2 R = (0.01\text{A})^2 \times 22000\Omega = 2.2\text{W}$ ，为了让电阻器能长时间使用，选择的电阻器额定功率应在实际功率的两倍以上，这里选择电阻器额定功率为 5W 。

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 $U = \sqrt{5 \times 22000}\text{V} \approx 331\text{V}$ ，该值大于两端所加的 220V 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额定功率更大的电阻器。

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

2. 电阻器选用技巧

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，这时可按下面方法解决：

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，可采用多个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) 若某个电阻器功率不够，可采用多个大阻值的小功率电阻器并联，或采用多个小阻值小功率的电阻器串联，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。至于每个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 中，如果无法找到 $22\text{k}\Omega$ 、 5W 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，单个电阻器在电路中承受功率 $P = U^2/R = (220^2/44000)\text{W} = 1.1\text{W}$ ，考虑两倍的余量，功率可选择 2.5W ，也就是说将两个 $44\text{k}\Omega$ 、 2.5W 的电阻器并联，可替代一个 $22\text{k}\Omega$ 、 5W 的电阻器。

如果采用两个 $11\text{k}\Omega$ 电阻器串联来替代图 1-10 中的电阻器，两个阻值相同的电阻器串联在电路中，它们消耗功率相同，单个电阻器在电路中承受的功率 $P = (U/2)^2/R = (110^2/11000)\text{W} = 1.1\text{W}$ ，考虑两倍的余量，功率选择 2.5W ，也就是说将两个 $11\text{k}\Omega$ 、 2.5W 的电阻器串联，同样可替代一个 $22\text{k}\Omega$ 、 5W 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档。

在检测时，先识读出电阻器上的标称阻值，然后选用合适的档位并进行欧姆校零，然后开始检测电阻器。测量时为了减小测量偏差，应尽量让万用表表针指在欧姆刻度线中央，若

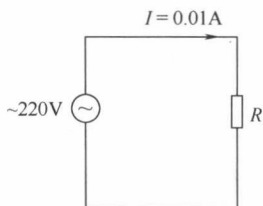


图 1-10 电阻选用例图



表针在刻度线上过于偏左或偏右时，应切换更大或更小的档位重新测量。

固定电阻器的检测如图 1-11 所示，具体过程如下：

第一步：将万用表的档位开关拨至 $R \times 100$ 档。

第二步：进行欧姆校零。将红、黑表笔短路，观察表针是否指在“ Ω ”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“ Ω ”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 $20 \times 100\Omega = 2\text{k}\Omega$ 。

若万用表测量出来的阻值与电阻器的标称阻值（ $2\text{k}\Omega$ ）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，但在偏差允许范围内，电阻器也算正常）。

若测量出来的阻值无穷大，说明电阻器开路。

若测量出来的阻值为 0，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，并超出偏差允许范围，说明电阻器变值。

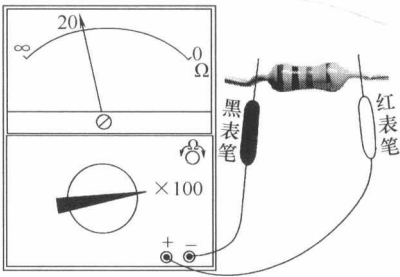


图 1-11 固定电阻器的检测

1.1.8 种类

电阻器种类很多，根据构成形式不同，通常可以分作碳质电阻器、薄膜电阻器、线绕电阻器和敏感电阻器四大类，每大类中又可分几小类。电阻器的种类及特点见表 1-5。

表 1-5 电阻器的种类及特点

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，但其阻值偏差、噪声电压都大，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材料蒸镀于绝缘材料表面制成	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 金属氮化膜电阻	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