

学技能超简单

学

电子元器件

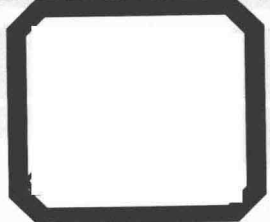
超简单

蔡杏山◎主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

学技能超简单

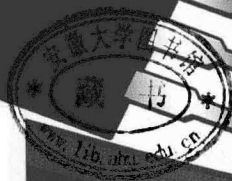
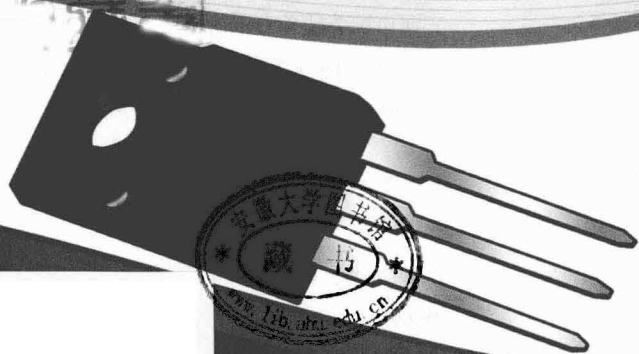


学

电子元器件

超简单

蔡杏山◎主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书是一本介绍电子元器件识别、检测和应用的图书，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、继电器与干簧管、贴片元器件与集成电路。

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。

本书适合作初学者系统学习电子元器件的自学图书，也适合作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/蔡杏山主编. —北京：机械工业出版社，2012. 10
（学技能超简单）

ISBN 978-7-111-39871-4

I. ①学… 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（2012）第 227660 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

版式设计：霍永明 责任校对：赵蕊

封面设计：马精明 责任印制：乔宇

三河市国英印务有限公司印刷

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 13.5 印张 · 307 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-39871-4

定价：38.00 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

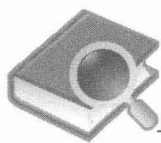
网络服务

社服务中心：(010)88361066 教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010)68326294 机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010)88379649 机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010)88379203 封面无防伪标均为盗版



前 言

电工、电子技术在现代社会中应用极为广泛，小到家庭的照明，大到神舟飞船的控制及通信系统，只要涉及用电的地方，就有电工、电子技术存在。电工技术属于强电技术，电子技术属于弱电技术，在以前，电工技术与电子技术的应用区分比较明显，而今越来越多的领域将电工技术与电子技术融合在一起，实现弱电对强电的控制。正因为如此，社会上对同时掌握电工与电子技术的复合型人才需求越来越多。

“家有万贯，不如一技在身”，技术会伴随一生，源源不断地创造财富。很多人已认识到技术的重要性，也非常想学好一门技术，但苦于重返学校或培训机构学习的成本太高。为了让无一技之长的人能低成本轻松掌握电工或电子技术，我们推出了这套《学技能超简单》丛书，让读者通过阅读本套丛书就能轻松快速掌握电工和电子技术。

《学技能超简单》丛书主要有以下特点：

- ◆ **基础起点低。**读者只需具有初中文化程度即可阅读本套丛书。
- ◆ **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，图书阅读起来感觉会十分顺畅。
- ◆ **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，可登录易天教学网（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套丛书的新书信息。

本书由蔡杏山任主编，在编写过程中还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、何宗昌、朱球辉、何彬、蔡任英、万四香、李清荣和邵永明等参与了部分章节的编写工作。由于我们水平有限，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
1.1.1 外形与符号	1
1.1.2 功能	1
1.1.3 标称阻值	2
1.1.4 标称阻值系列	4
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	8
1.1.9 电阻器的型号命名方法	9
1.2 电位器	10
1.2.1 外形与符号	10
1.2.2 结构与原理	11
1.2.3 应用	11
1.2.4 种类	12
1.2.5 主要参数	13
1.2.6 检测	13
1.2.7 选用	15
1.3 敏感电阻器	15
1.3.1 热敏电阻器	15
1.3.2 光敏电阻器	18
1.3.3 湿敏电阻器	20
1.3.4 压敏电阻器	21
1.3.5 气敏电阻器	23
1.3.6 力敏电阻器	25
1.3.7 磁敏电阻器	26
1.3.8 敏感电阻器的型号命名方法	28

1.4 排阻	29
1.4.1 实物外形	29
1.4.2 命名方法	30
1.4.3 种类与结构	30
第2章 电容器	32
2.1 固定电容器	32
2.1.1 结构、外形与符号	32
2.1.2 主要参数	32
2.1.3 性质	33
2.1.4 极性	36
2.1.5 种类	37
2.1.6 串联与并联	39
2.1.7 容量与偏差的标注方法	41
2.1.8 检测	42
2.1.9 选用	43
2.1.10 电容器的型号命名方法	44
2.2 可变电容器	45
2.2.1 微调电容器	45
2.2.2 单联电容器	46
2.2.3 多联电容器	46
第3章 电感器与变压器	48
3.1 电感器	48
3.1.1 外形与符号	48
3.1.2 主要参数与标注方法	48
3.1.3 性质	50
3.1.4 种类	52
3.1.5 检测	53
3.1.6 选用	53
3.1.7 电感器的型号命名方法	54



3.2 变压器	54	4.6.3 常用肖特基二极管的 主要参数	84
3.2.1 外形与符号	54	4.7 快恢复二极管	84
3.2.2 结构、工作原理和功能	54	4.7.1 外形与符号	84
3.2.3 特殊绕组变压器	56	4.7.2 特点、应用和检测	85
3.2.4 种类	57	4.7.3 常用快恢复二极管的 主要参数	85
3.2.5 主要参数	59	4.8 瞬态电压抑制二极管	86
3.2.6 检测	60	4.8.1 外形与符号	86
3.2.7 选用	61	4.8.2 性质	86
3.2.8 变压器的型号命名方法	62	4.8.3 检测	86
第4章 二极管	63	第5章 晶体管	88
4.1 半导体和普通二极管	63	5.1 晶体管	88
4.1.1 半导体	63	5.1.1 外形与符号	88
4.1.2 普通二极管	64	5.1.2 结构	88
4.1.3 整流二极管与整流桥	68	5.1.3 电流、电压规律	89
4.1.4 开关二极管	70	5.1.4 放大原理	92
4.1.5 二极管型号命名方法	71	5.1.5 三种状态说明	93
4.2 稳压二极管	73	5.1.6 主要参数	96
4.2.1 外形与符号	73	5.1.7 检测	97
4.2.2 工作原理	73	5.1.8 晶体管型号命名方法	101
4.2.3 应用	74	5.2 特殊晶体管	101
4.2.4 主要参数	74	5.2.1 带阻晶体管	101
4.2.5 检测	74	5.2.2 带阻尼晶体管	102
4.3 变容二极管	75	5.2.3 达林顿晶体管	103
4.3.1 外形与符号	75	第6章 光电器件	105
4.3.2 性质	76	6.1 发光二极管	105
4.3.3 容量变化规律	76	6.1.1 普通发光二极管	105
4.3.4 主要参数	77	6.1.2 双色发光二极管	106
4.3.5 检测	77	6.1.3 三基色发光二极管	107
4.4 双向触发二极管	78	6.1.4 闪烁发光二极管	110
4.4.1 外形与符号	78	6.1.5 红外线发光二极管	111
4.4.2 性质	78	6.1.6 发光二极管的型号命名方法	112
4.4.3 特性曲线	79	6.2 光敏二极管	113
4.4.4 检测	79	6.2.1 普通光敏二极管	113
4.5 双基极二极管	80	6.2.2 红外线接收二极管	115
4.5.1 外形、符号、结构和等效图	80	6.2.3 红外线接收组件	116
4.5.2 工作原理	81	6.3 光敏晶体管	117
4.5.3 检测	82	6.3.1 外形与符号	117
4.6 肖特基二极管	83	6.3.2 性质	117
4.6.1 外形与符号	83		
4.6.2 特点、应用和检测	83		



6.3.3 检测	118	8.2.4 检测	146
6.4 光耦合器	119	8.3 液晶显示屏	147
6.4.1 外形与符号	119	8.3.1 笔段式液晶显示屏	148
6.4.2 工作原理	119	8.3.2 点阵式液晶显示屏	150
6.4.3 检测	120	第9章 晶闸管	152
6.5 光遮断器	121	9.1 单向晶闸管	152
6.5.1 外形与符号	121	9.1.1 实物外形与符号	152
6.5.2 工作原理	122	9.1.2 结构原理	152
6.5.3 检测	122	9.1.3 主要参数	154
第7章 电声器件	124	9.1.4 检测	154
7.1 扬声器	124	9.1.5 种类	155
7.1.1 外形与符号	124	9.1.6 晶闸管的型号命名方法	156
7.1.2 种类与工作原理	124	9.2 门极关断晶闸管	157
7.1.3 主要参数	125	9.2.1 外形、结构与符号	157
7.1.4 检测	126	9.2.2 工作原理	158
7.1.5 扬声器的型号命名方法	126	9.2.3 检测	158
7.2 耳机	127	9.3 双向晶闸管	159
7.2.1 外形与符号	127	9.3.1 符号与结构	159
7.2.2 种类与工作原理	128	9.3.2 工作原理	159
7.2.3 内部接线及检测	129	9.3.3 检测	160
7.3 蜂鸣器	129	第10章 场效应晶体管与 IGBT	162
7.3.1 外形与符号	129	10.1 结型场效应晶体管	162
7.3.2 种类及结构原理	130	10.1.1 外形与符号	162
7.3.3 无源和有源蜂鸣器的区别	130	10.1.2 结构与原理	163
7.4 传声器	130	10.1.3 主要参数	164
7.4.1 外形与符号	130	10.1.4 检测	164
7.4.2 工作原理	131	10.1.5 场效应晶体管型号命名方法	166
7.4.3 主要参数	131	10.2 绝缘栅型场效应晶体管	166
7.4.4 种类与选用	132	10.2.1 增强型 MOS 管	166
7.4.5 检测	133	10.2.2 耗尽型 MOS 管	169
7.4.6 电声器件的型号命名方法	134	10.3 绝缘栅双极型晶体管	170
第8章 显示器件	136	10.3.1 外形、结构与符号	171
8.1 LED 数码管与 LED 点阵显示器	136	10.3.2 工作原理	171
8.1.1 一位 LED 数码管	136	10.3.3 检测	172
8.1.2 多位 LED 数码管	139	第11章 继电器与干簧管	173
8.1.3 LED 点阵显示器	141	11.1 电磁继电器	173
8.2 真空荧光显示器	145	11.1.1 外形与图形符号	173
8.2.1 外形	145	11.1.2 结构与应用	173
8.2.2 结构与工作原理	145	11.1.3 主要参数	174
8.2.3 应用	146	11.1.4 检测	175



11.1.5 继电器的型号命名方法	176	12.1.5 贴片晶体管	189
11.2 固态继电器	177	12.2 集成电路	190
11.2.1 特点	177	12.2.1 简介	190
11.2.2 直流固态继电器	177	12.2.2 特点	191
11.2.3 交流固态继电器	179	12.2.3 种类	191
11.3 干簧管与干簧继电器	181	12.2.4 封装形式	192
11.3.1 干簧管	181	12.2.5 引脚识别	194
11.3.2 干簧继电器	182	12.2.6 好坏检测	195
第12章 贴片元器件与集成电路	184	12.2.7 直插式集成电路的拆卸	200
12.1 贴片元器件	184	12.2.8 贴片集成电路的拆卸与焊接 ...	203
12.1.1 贴片电阻器	184	12.2.9 集成电路的型号命名方法	204
12.1.2 贴片电容器	186	附录 常用晶体管的性能参数及	
12.1.3 贴片电感器	187	用途	206
12.1.4 贴片二极管	188		



第 1 章

电 阻 器

1.1 固定电阻器

固定电阻器是指生产出来后阻值就固定不变的电阻器，简称电阻器或电阻。

1.1.1 外形与符号

固定电阻器的实物外形和电路符号如图 1-1 所示。

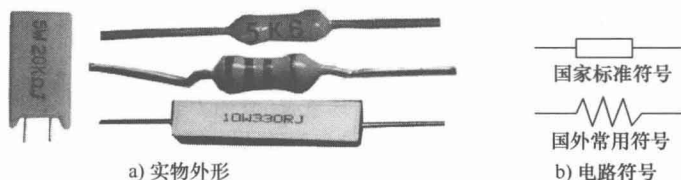
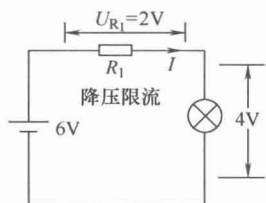


图 1-1 固定电阻器的实物外形和电路符号

1.1.2 功能

电阻器的功能主要有降压限流、分流和分压。

电阻器的降压限流功能

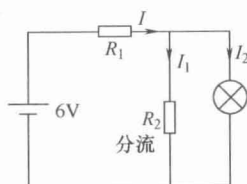


电阻器 R_1 与灯泡串联，如果用导线直接代替 R_1 ，加到灯泡两端的电压有 6V，流过灯泡的电流很大，则灯泡将会很亮。串联电阻器 R_1 后，由于 R_1 上有 2V 电压，灯泡两端的电压就被降低到 4V，同时由于 R_1 对电流有阻碍作用，流过灯泡的电流也就减小。电阻器 R_1 在这里就起着降压限流功能。



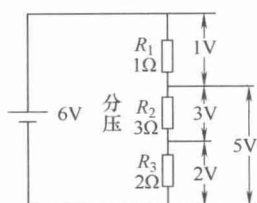
(续)

电阻器的分流功能



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。电阻器 R_2 的这种功能称为分流。

电阻器的分压功能



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其表面标注阻值。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。标注电阻器标称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标称阻值和偏差的方法。直标法的阻值单位有欧(Ω)、千欧($k\Omega$)和兆欧($M\Omega$)。

(1) 偏差表示方法

直标法表示偏差一般采用两种方式: 一是用罗马数字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 $\pm 20\%$; 二是用字母来表示, 字母与阻值偏差对照见表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

直标法表示形式一：用“数值+单位+偏差”表示 12kΩ ± 10% 12kΩ 10% 12kΩ II 12kΩ K 阻值均为12kΩ，偏差均为±10%	左图四个电阻的偏差表示形式不同，但都表示阻值为12kΩ，偏差为±10%。
直标法表示形式二：用单位代表小数点表示 1k2 1.2kΩ 3R3 3.3Ω 3M3 3.3MΩ R33 0.33Ω	电阻器上的1k2表示1.2kΩ，3M3表示3.3MΩ，3R3（或3Ω3）表示3.3Ω，R33（或Ω33）表示0.33Ω。
直标法表示形式三：用“数值+单位”表示 12kΩ 12k 阻值均为12kΩ，偏差为±20%	这种表示形式没标出偏差，表示偏差为±20%，左图中的电阻器的阻值都为12kΩ，偏差为±20%。
直标法表示形式四：用数字直接表示 12 12Ω 120 120Ω	一般1kΩ以下的电阻采用这种形式，左图中的两个电阻采用这种表示方式，12表示12Ω，120表示120Ω。

2. 色环法

色环法是指在电阻器上标注不同颜色的圆环来表示标称阻值和偏差的方法。图1-2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。

(1) 色环含义

要正确识读色环电阻器的标称阻值和偏差，必须先了解各种色环代表的意义。以四环电阻器为例，四环电阻器各色环颜色代表的意义及数值见表1-2。



图1-2 色环电阻器



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（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

第一环 红色 (代表 “2”)
第二环 黑色 (代表 “0”)
第三环 红色 (代表 “ 10^2 ”)
第四环 金色 (代表 “ $\pm 5\%$ ”)

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

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。

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标称阻值和偏差。

(3) 五环电阻器的识读

五环电阻器的标称阻值与偏差的识读方法与四环电阻器基本相同，不同之处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的颜色除了有金色或银色外，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 1-3 所示。

1.1.4 标称阻值系列

虽然电阻器是由厂家生产出来的，但厂家也不能随意生产任何阻值的电阻器。为了生

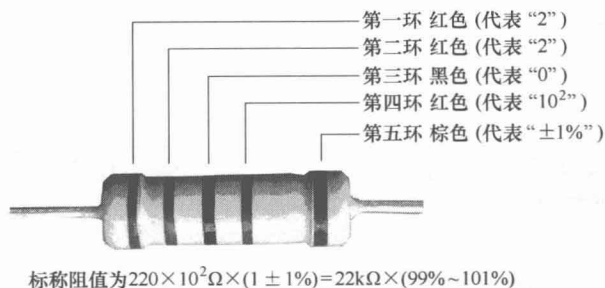


图 1-3 五环电阻器识读

产、选购和使用的方便，国家规定了电阻器阻值的系列标称阻值，该标称阻值分为 E-24、E-12 和 E-6 三个系列。电阻器的标称阻值系列见表 1-3。

表 1-3 电阻器的标称阻值系列

标称阻值系列	允许偏差 (%)	偏差等级	标 称 阻 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阻值的 10^n (n 为正整数) 倍。如 E-24 系列的偏差等级为 I，允许偏差范围为 $\pm 5\%$ ，若要生产 E-24 系列的电阻器，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。

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。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 0.125W 、 0.25W 、 0.5W 、 1W 、 2W 、 5W 和 10W 等。小电流电路一般采用额定功率为 $0.125 \sim 0.5\text{W}$ 的电阻器，而大电流电路中常采用额定功率 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，可根据标注值来识别功率大小。图 1-4 中的电阻器标注的额定功率值为 10W ，阻值为 330Ω ，偏差为 $\pm 5\%$ 。

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 1-5 中的一大一小两个色环电阻器，大电阻的功率更大。碳膜、金属膜电阻器的长度、直径与额定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 。

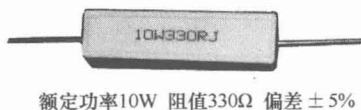


图 1-4 根据标注识别额定功率

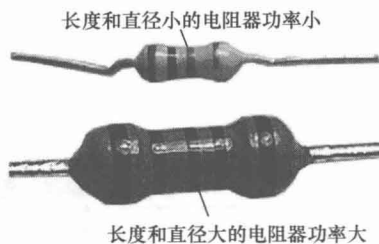


图 1-5 根据长度和直径来判别功率大小

表 1-4 碳膜、金属膜电阻器的长度、直径与额定功率的对应关系

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, 为了表示电阻器额定功率大小, 一般会在电阻器符号上标注一些标志。电路图中电阻器的额定功率标志如图 1-6 所示, 1W 以下用线条表示, 1W 以上的直接用数字表示功率大小 (旧标准用罗马数字表示)。

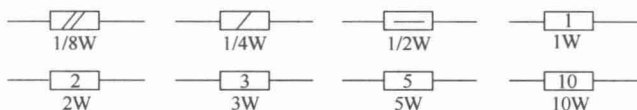


图 1-6 电路图中电阻器的功率标志

1.1.6 选用

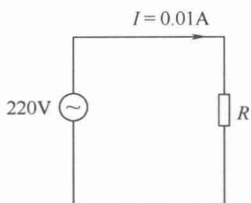
电子元器件的选用是学习电子技术的一个重要内容, 在选用元器件时, 不同技术层次的人考虑的问题不同, 从事电子产品研发的人员需要考虑元器件很多参数, 这样才能保证生产出来的电子产品性能好, 并且不易出现问题, 而对大多数从事维修、制作和简单设计的电子爱好者来说, 只要考虑元器件的一些重要参数就可以解决实际问题。本书中介绍的各种元器件的选用方法主要是针对广大初、中级的电子技术人员和电子爱好者。

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。



电阻器选用举例



在左图中,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。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 $R = U/I = (220/0.01)\Omega = 22\,000\Omega = 22\text{k}\Omega$ 。

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 $\pm 5\%$ 的电阻器,也可选择偏差为 $\pm 10\%$ 的电阻器。

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 $P = I^2 R = (0.01)^2 \times 22\,000\text{W} = 22\text{W}$,为了让电阻器能长时间使用,选择的电阻器的额定功率应在实际功率的两倍以上,这里选择额定功率为 5W 的电阻器。

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 $U = \sqrt{5 \times 22\,000}\text{V} \approx 331\text{V}$,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,为了让左图电路中电阻器 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. 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 若某个电阻器额定功率不够,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,再考虑两倍左右的裕量。

在上例中,如果无法找到 $22\text{k}\Omega$ 、 5W 的电阻器,则可用两个 $44\text{k}\Omega$ 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,所以并联在电路中消耗的功率也相同,单个电阻器在电路中承受功率 $P = U^2/R = (220^2/44\,000)\text{W} = 1.1\text{W}$,考虑两倍的裕量,可选择额定功率为 2.5W 的电阻器,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。

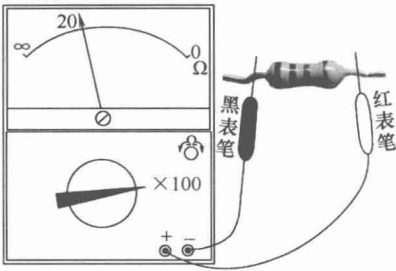
如果采用两个 $11\text{k}\Omega$ 电阻器串联来替代上例中的电阻器,两个阻值相同的电阻器串联在电路中,则它们消耗的功率相同,单个电阻器在电路中承受的功率 $P = (U/2)^2/R = (110^2/11\,000)\text{W} = 1.1\text{W}$,考虑两倍的裕量,选择额定功率为 2.5W 的电阻器,也就是说将两个 $11\text{k}\Omega$ 、 2.5W 的电阻器串联,同样可替代一个 $22\text{k}\Omega$ 、 5W 的电阻器。

1.1.7 检测

电阻器常见故障有开路、短路和变值。检测电阻器的故障应使用万用表的欧姆挡。

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挡校零，然后开始检测电阻器。测量时为了减小测量偏差，应尽量让万用表指针指在欧姆挡刻度线中央，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。

电阻器的检测



电阻器的检测如左图所示，具体过程如下：

第一步：将万用表的挡位开关拨至 $R \times 100$ 挡。

第二步：进行欧姆挡校零。将红、黑表笔短接，观察表针是否指在“ Ω ”刻度线的“0”刻度处，若未指在该处，应调节欧姆挡校零旋钮，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 $20 \times 100\Omega = 2k\Omega$ 。

若万用表测量出来的阻值与电阻器的标称阻值（ $2k\Omega$ ）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。

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四大类，每个大类中又可分为几小类。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	由碳质颗粒等导电物质、填料和粘合剂混合制成	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