



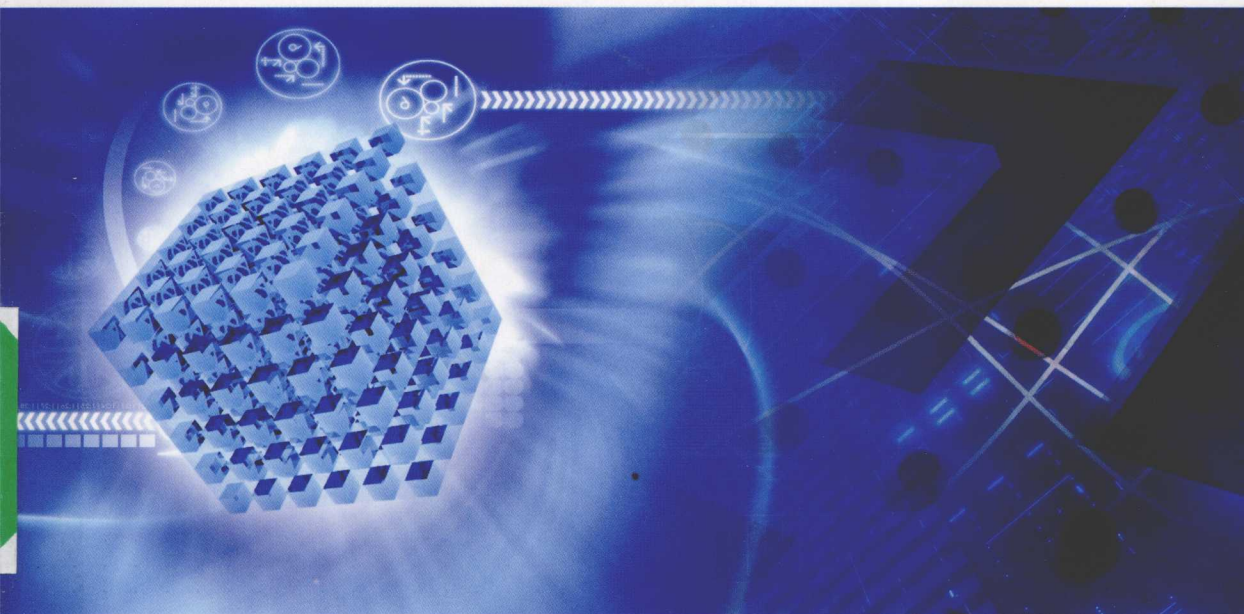
21世纪

全国高等教育应用型精品课规划教材

# 电子元器件与电子制作

dianzi yuankqjian yu dianzi zhizuo

◆ 主编 徐根耀



 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

# 电子元器件与电子制作

主 编 徐根耀

副主编 蔡 军 肖春燕 王 蓓

主 审 熊帮书

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

# 内 容 简 介

本教材分为三大部分：第一部分为电子元器件部分。第二部分为基本技能训练部分。包括常用电子制作工具的介绍和使用方法；焊接工艺，常用电子仪器仪表的使用。第三部分为电子制作部分。对印刷电路板的制作，电子产品的安装、焊接、调试、故障排除等作了详细的介绍。本教材可作为电子信息、自动化、机电一体化以及计算机等专业学生的教材。同时也可作为电子设计制作竞赛的参考书，对电子工程技术人员、电子爱好者也具有很好的参考价值。

## 版权专有 侵权必究

---

图书在版编目 (CIP) 数据

电子元器件与电子制作/徐根耀主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2009. 8

ISBN 978-7-5640-2695-0

I. 电… II. 徐… III. ①电子元件—高等学校—教材  
②电子器件—高等学校—教材 IV. TN6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 150727 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市南阳印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 22.5

字 数 / 422 千字

版 次 / 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 1500 册

定 价 / 36.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

---

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

# 出版说明

21 世纪是科技全面创新和社会高速发展的时代，面临这个难得的机遇和挑战，本着“科教兴国”的基本战略，我国已着力对高等学校进行了教学改革。为顺应国家对于培养应用型人才的要求，满足社会对高校毕业生的技能需要，北京理工大学出版社特邀一批知名专家、学者进行了本系列规划教材的编写，以期能为广大读者提供良好的学习平台。

本系列规划教材贴合实践。作者在编写之际，广泛考察了各校应用型学生的学习实际，本着“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格，以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点，力求提高学生的实际运用能力，使学生更好地适应社会需求。

## 一、教材定位

- ✦ 以就业为导向，培养学生的实际运用能力，以达到学以致用目的。
- ✦ 以科学性、实用性、通用性为原则，以使教材符合课程体系设置。
- ✦ 以提高学生综合素质为基础，充分考虑对学生个人能力的提高。
- ✦ 以内容为核心，注重形式的灵活性，以便学生易于接受。

## 二、编写原则

- ✦ 定位明确。为培养应用型人才，本系列教材所列案例均贴合工作实际，以满足广大企业对于应用型人才实际操作能力的需求，增强学生在就业过程中的竞争力。
- ✦ 注重培养学生职业能力。根据专业实践性要求，在完成基础课的前提下，使学生掌握先进的相关操作软件，培养学生的实际动手能力，提高学生迅速适应工作岗位的能力。

## 三、丛书特色

- ✦ 系统性强。丛书各教材之间联系密切，符合各个学校的课程体系设置，为学生构建牢固的知识体系。
- ✦ 层次性强。各教材的编写严格按照由浅及深，循序渐进的原则，重点、难点突出，以提高学生的学习效率。

- ✦ 先进性强。吸收最新的研究成果和企业的实际案例，使学生对当前专业发展方向有明确的了解，并提高创新能力。
- ✦ 操作性强。教材重点培养学生的实际操作能力，以使理论来源于实践，并最大限度运用于实践。

北京理工大学出版社

# 前 言

随着我国的高等教育从精英教育向大众教育的转变，高等学校的培养模式也从单一的研究型，转变为多样化的培养模式。绝大多数的大学都以立足于经济建设，面向社会、面向企业，培养实用型、复合型的应用型人才来构建人才培养模式。本教材是为高等院校电子专业培养应用型人才的需要而编写的。因此，在内容的编写上具有针对性，突出应用能力的培养。学生在学完《模拟电子技术》、《数字电子技术》等课程后，能够通过本书的学习和训练，系统地了解作为一个电子技术人才所应了解的电子元器件知识，常用仪器仪表的使用方法。通过制作电子产品，掌握基本的电子工艺和电子装配技能，提高对基本理论的应用能力，为毕业后从事电子技术工作，打下坚实的基础。

本教材是编者总结了在电子企业工作的工作以及教学经验的基础上编写的。在内容的编排上以实用、够用为度。

本教材分为三大部分：

第一部分为电子元器件部分。着重介绍了常用电子元器件参数、检测以及选用的基本知识。和以往的此类教材不同的是：本教材增加了继电器、光电耦合器、SMD 等元器件的介绍。

第二部分为基本技能训练部分。包括常用电子制作工具的介绍和使用方法；焊接工艺，常用电子仪器仪表的使用。

第三部分为电子制作部分。对印刷电路板的制作，电子产品的安装、焊接、调试、故障排除等作了详细的介绍。同时介绍了大量的电子制作实例，供读者学习、训练基本功。这些实例，有的是较简单的单元电路，有的是较复杂的综合性电路，以利学生循序渐进的学习。本书特别介绍了单片机产品制作实例，以加强读者对单片机的训练。在电子产品日益智能化的今天，这一点显得尤为重要。

本教材可作为电子信息、自动化、机电一体化以及计算机等专业学生的教材。同时也可作为电子设计制作竞赛的参考书，对电子工程技术人员、电子爱好者也具有很好的参考价值。

本教材由徐根耀主编，蔡军、肖春燕、王蓓任副主编，由熊帮书教授主审。本教材在编写过程中还得到南昌中天电气有限责任公司技术部的大力支持，在此特别表示感谢。

由于编者水平有限，对于教材中的错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 上篇:电子元器件篇

<b>第 1 章 电阻器</b> .....	(3)
1.1 电阻器 .....	(3)
1.2 电位器 .....	(9)
1.3 电阻器与电位器的检测 .....	(11)
1.4 电阻器与电位器的正确选用 .....	(12)
习题 1 .....	(13)
<b>第 2 章 电容器</b> .....	(14)
2.1 电容器的分类 .....	(14)
2.2 电容器的型号命名方法 .....	(15)
2.3 电容器的主要特性参数 .....	(16)
2.4 电容器的标注方法 .....	(17)
2.5 几种常用电容器 .....	(18)
2.6 电容器的检测 .....	(21)
2.7 电容器的选用 .....	(21)
习题 2 .....	(22)
<b>第 3 章 电感器</b> .....	(23)
3.1 电感线圈 .....	(23)
3.2 变压器 .....	(27)
习题 3 .....	(32)
<b>第 4 章 半导体分立器件</b> .....	(33)
4.1 半导体分立器件的命名方法 .....	(33)
4.2 半导体二极管 .....	(38)
4.3 半导体三极管 .....	(43)
4.4 场效应晶体管 .....	(50)
4.5 晶闸管 .....	(53)
习题 4 .....	(59)
<b>第 5 章 集成电路</b> .....	(60)
5.1 集成电路的分类 .....	(60)
5.2 半导体集成电路的型号命名方法 .....	(62)

5.3	集成电路的封装与引脚排列的识别 .....	(63)
5.4	集成电路的一般检测方法 .....	(65)
5.5	集成电路的正确选择、使用 .....	(66)
	习题5 .....	(67)
<b>第6章</b>	<b>电声器件 .....</b>	<b>(68)</b>
6.1	扬声器 .....	(68)
6.2	耳机 .....	(71)
6.3	传声器 .....	(72)
	习题6 .....	(75)
<b>第7章</b>	<b>开关与接插件、继电器 .....</b>	<b>(76)</b>
7.1	开关与接插件 .....	(76)
7.2	继电器 .....	(81)
	习题7 .....	(86)
<b>第8章</b>	<b>光电器件 .....</b>	<b>(87)</b>
8.1	光电元件 .....	(87)
8.2	光电耦合器 .....	(93)
8.3	LED 数码管 .....	(95)
	习题8 .....	(97)
<b>第9章</b>	<b>贴片元件 .....</b>	<b>(98)</b>
9.1	贴片元件的分类 .....	(98)
9.2	几种常见的贴片元件 .....	(98)
	习题9 .....	(103)

## 中篇：技能基础篇

<b>第10章</b>	<b>常用电子装接工具与材料 .....</b>	<b>(107)</b>
10.1	常用装配工具 .....	(107)
10.2	常用焊接工具 .....	(109)
10.3	焊接材料 .....	(116)
10.4	常用导线与绝缘材料 .....	(120)
10.5	其他常用材料 .....	(124)
	习题10 .....	(125)
<b>第11章</b>	<b>电子装配及焊接工艺 .....</b>	<b>(126)</b>
11.1	印刷板基础知识 .....	(126)
11.2	安装 .....	(134)
11.3	焊接技术 .....	(140)
	习题11 .....	(157)



<b>第 12 章 基本识图</b> .....	(158)
12.1 电路图、方框图和装配图 .....	(158)
习题 12 .....	(161)
<b>第 13 章 常用仪器和仪表的使用</b> .....	(162)
13.1 万用表 .....	(162)
13.2 直流稳压稳流电源 .....	(169)
13.3 信号发生器 .....	(172)
13.4 示波器 .....	(177)
13.5 毫伏表 .....	(183)
13.6 频率特性测试仪 .....	(185)
13.7 晶体管特性图示仪 .....	(187)
习题 13 .....	(192)

## 下篇:电子制作

<b>第 14 章 电路板设计</b> .....	(195)
14.1 创建工程 .....	(196)
14.2 创建原理图文件 .....	(198)
14.3 创建 PCB 文件 .....	(208)
<b>第 15 章 MF47 型万用电表原理及组装</b> .....	(220)
15.1 万用表的种类 .....	(220)
15.2 指针式万用表的结构、组成与特征 .....	(221)
15.3 指针式万用表最基本的工作原理 .....	(222)
15.4 MF47 型万用表安装步骤 .....	(224)
<b>第 16 章 直流稳压电源及其制作</b> .....	(232)
16.1 直流稳压电源的组成 .....	(232)
16.2 桥式整流电路 .....	(232)
16.3 滤波电路 .....	(234)
16.4 稳压电路 .....	(235)
16.5 直流稳压电源设计 .....	(239)
16.6 其他直流稳压电源电路 .....	(242)
<b>第 17 章 S66E 六管超外差式收音机原理及组装</b> .....	(244)
17.1 超外差收音机原理 .....	(244)
17.2 S66E 的安装 .....	(247)
17.3 调试及故障排除 .....	(250)
<b>第 18 章 模拟电子、数字电子制作集锦</b> .....	(255)
18.1 函数信号发生器的制作 .....	(255)

18.2	集成功率放大器的制作 .....	(259)
18.3	超温报警电路的模拟装置 .....	(266)
18.4	触摸、声控双功能延时灯 .....	(271)
18.5	定时循环排气扇控制器 .....	(274)
18.6	热释电红外控制电路 .....	(277)
18.7	红外线控制自动干手器 .....	(279)
18.8	光控自动调光灯 .....	(282)
18.9	路灯开关的模拟电路 .....	(284)
18.10	红外自动计数器的模拟装置 .....	(287)
<b>第19章</b>	<b>单片机应用系统设计 .....</b>	<b>(290)</b>
19.1	软件编译与调试 .....	(290)
19.2	十字路口交通灯模拟控制器设计 .....	(305)
19.3	单片机与PC机的串口通讯设计 .....	(325)
19.4	语音报站系统设计 .....	(340)
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>(349)</b>

# 上篇：电子元器件篇



# 第 1 章 电阻器

电子在导体中运动时受到的阻碍作用称为电阻，电阻器是这种阻碍作用的集中体现。电阻器是组成电路的基本元件之一，在电路中起限流、分流、降压、分压、负载、与电容配合作滤波器及阻抗匹配等作用，广泛应用于各种电子产品和电子设备中。

电阻的基本单位为欧姆 ( $\Omega$ )，为了识别和计算方便，电阻值也常用千欧 ( $k\Omega$ )、兆欧 ( $M\Omega$ ) 来表示。在电子电路中，电阻器用字母 R 表示，其图形符号如图 1-1 所示。



图 1-1 电阻器的图形符号

## 1.1 电阻器

### 1.1.1 电阻器的分类

由于新材料、新工艺的不断发展，电阻器的品种不断增多。电阻器通常分为三类：固定电阻器、可调电阻器及特殊电阻器。电阻器的具体分类如图 1-2 所示。

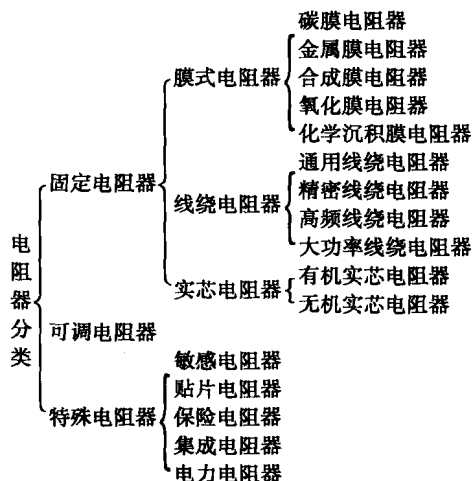


图 1-2 电阻器的分类

### 1.1.2 电阻器的型号命名方法

根据国家标准 GB2470-81《电子设备用电阻器，电容器型号命名方法》的规定，电阻器的型号由四部分组成：第一部分用字母表示电阻器的主称；第二部分用字母表示电阻器的主要材料；第三部分用数字或字母表示产品的主要特征；第四部分用数字表示序号，以区别电阻器的外形尺寸和性能指标如表 1-1 所列。

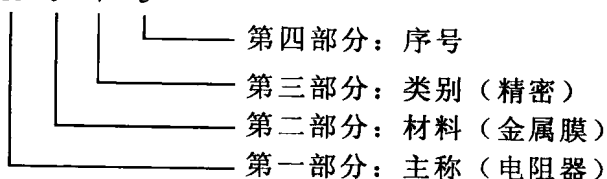
表 1-1 电阻器型号命名方法

第一部分：主称		第二部分：材料		第三部分：特征分类			第四部分：序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义		
					电阻器	电位器	
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	普通	对主称、材料相同，仅性能指标、尺寸大小有差别，但基本不影响互换使用的产品，给予同一序号；若性能指标、尺寸大小明显影响互换时，则在序号后面用大写字母作为区别代号
W	电位器	H	合成膜	2	普通	普通	
		S	有机实芯	3	超高频	—	
		N	无机实芯	4	高阻	—	
		J	金属膜	5	高温	—	
		Y	氧化膜	6	—	—	
		C	沉积膜	7	精密	精密	
		I	玻璃釉膜	8	高压	特殊函数	
		P	硼碳膜	9	特殊	特殊	
		U	硅碳膜	G	高功率	—	
		X	线绕	T	可调	—	
		M	压敏	W	—	微调	
		G	光敏	D	—	多圈	
		R	热敏	B	温度补偿用	—	
				C	温度测量用	—	
				P	旁热式	—	
				W	稳压式	—	
				Z	正温度系数	—	

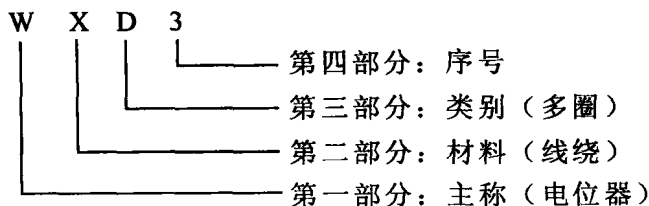
例如：

(1) 精密金属膜电阻器

R J 7 3



## (2) 多圈线绕电位器



## 1.1.3 电阻器的主要特性参数

## 1. 额定功率

电阻器的额定功率是指电阻器在交、直流电路中长时间连续工作不损坏，或不显著改变其性能的条件下所允许消耗的最大功率。它并不是电阻器在电路中工作时一定要消耗的功率，而是电阻器在电路工作中所允许消耗的最大功率。不同类型的电阻器具有不同系列的额定功率，如表 1-2 所列。

表 1-2 电阻器的功率等级

名称	额定功率 (W)					
	0.25	0.5	1	2	5	—
实芯电阻器	0.25	0.5	1	2	5	—
	0.5	1	2	6	10	15
线绕电阻器	25	35	50	75	100	150
	0.025	0.05	0.125	0.25	0.5	1
薄膜电阻器	2	5	10	25	50	100

## 2. 标称阻值

阻值是电阻的主要参数之一，不同类型的电阻器，阻值范围不同，不同精度的电阻器其阻值系列亦不同。根据国家标准，常用的标称电阻值有 E6、E12、E24 系列，如表 1-3 所列。实际阻值与标称阻值的相对误差称为允许偏差。常用的精度有  $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ ，精密电阻精度要求更高，如  $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$  和  $\pm 0.5\% \sim \pm 0.001\%$  等。

表 1-3 标称值系列

标称值系列	精度	标称阻值							
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0
E24	$\pm 5\%$	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
		1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	—	—
E12	$\pm 10\%$	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2	—	—
		E6	$\pm 20\%$	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8

注：表中数值再乘以  $10^n$ ，其中  $n$  为正整数或负整数，即为系列阻值

### 3. 允许精度等级

由于生产电阻器工艺水平的差别，产品的实际阻值与标称阻值之间有一定的误差。实际阻值与标称阻值的相对误差为电阻精度。允许相对误差的范围叫做允许偏差，也称为精度等级。一般说来，精度等级高的电阻，价格也高。在电子产品设计中，应该根据电路的不同要求，选用不同精度的电阻。电阻的精度等级可用符号标明如表 1-4 所列。

表 1-4 电阻的精度等级符号

允许误差 (%)	±0.001	±0.002	±0.005	±0.01	±0.02	±0.05	±0.1
等级符号	E	X	Y	H	U	W	B
允许误差 (%)	±0.2	±0.5	±1	±2	±5	±10	±20
等级符号	C	D	F	G	J (Ⅰ)	K (Ⅱ)	M (Ⅲ)

### 4. 温度系数

电阻的温度系数指的是温度每变化 1℃，电阻器阻值的变化量与原来的阻值之比。它有两种类型：一种是正温度系数型，另一种是负温度系数型。温度系数越小，说明电阻越稳定。在实际应用中，应根据不同要求来选用不同温度系数的电阻器。

#### 1.1.4 电阻器的标注方法

电阻器标称阻值和允许误差一般都标在电阻体上，常用的标注方法有直标法、文字符号法和色环标志法三种。

##### 1. 直标法

直标法是在电阻器出厂前，将电阻器的主要参数直接印制在电阻器的表面上的标注方法。这种方法简单明了、读数方便，主要用于功率和体积较大的电阻器。电阻的直标法如图 1-3 (a) 所示。

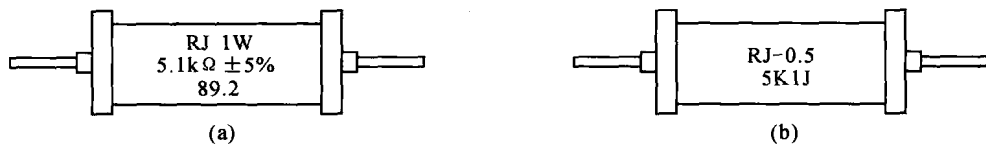


图 1-3 电阻器的直标法与文字符号法

##### 2. 文字符号法

文字符号法就是用阿拉伯数字和文字符号两者有规律的组合来表示标称阻值，额定功率、允许误差等级等。符号前面的数字表示整数阻值，后面的数字依次表示第一位小数阻值和第二位小数阻值，其文字符号所表示的单位如表 1-5 所列。例如，1R5 表示 1.5Ω，2K7 表示 2.7kΩ。



表 1-5 电阻器文字符号表示的单位

文字符号	R	K	M	G	T
表示单位	欧姆 ( $\Omega$ )	千欧姆 ( $10^3\Omega$ )	兆欧姆 ( $10^6\Omega$ )	千兆欧姆 ( $10^9\Omega$ )	兆兆欧姆 ( $10^{12}\Omega$ )

文字符号法中的误差也是用字母表示的，其字母代表的意义如表 1-4 所示。图 1-3 (b) 所示电阻器为金属膜电阻器，额定功率为 0.5W，标称阻值为 5.1 $\Omega$ ，允许误差为  $\pm 5\%$ 。

### 3. 色环标志法

色环标志法是将电阻器的类别及主要技术参数的数值用颜色（色环或色点）标注在它的外表面上。色环标志法主要用于小型电阻。普通电阻用四色环表示其阻值和允许误差。第一、第二环表示有效数字，第三环表示倍率，与前三环距离较大的第四环表示精度。精密电阻采用五个色环，第一、二、三环表示有效数字，第四环表示倍率，与前四环距离较大的第五环表示精度。有关色环标注的含义如图 1-4 和图 1-5 所示。

颜色	第一位有效值	第二位有效值	倍率	允许误差/%
黑	0	0	$10^0$	
棕	1	1	$10^1$	
红	2	2	$10^2$	
橙	3	3	$10^3$	
黄	4	4	$10^4$	
绿	5	5	$10^5$	
蓝	6	6	$10^6$	
紫	7	7	$10^7$	
灰	8	8	$10^8$	
白	9	9	$10^9$	-20 ~ +50
金			$10^{-1}$	$\pm 5$
银			$10^{-2}$	$\pm 10$
无色				$\pm 20$

图 1-4 两位有效数字阻值的色环表示法