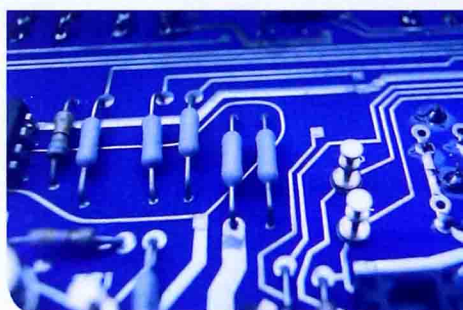
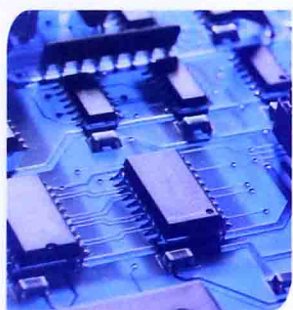


RLC电子元器件应用基础

RLC DIANZIYUANJIJIAN YINGYONG JICHU

王水平 周佳社 李 丹 刘宏玮 张 宁 编著



西北工业大学出版社

RLC电子元器件 应用基础

王水平 周佳社 李丹 刘宏玮 张宁 编著

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书从应用的角度主要对三种最基本的电子元器件电阻器(R)、电感器(L)和电容器(C)进行了讲述。全书共分为3章。第1章电阻器(R),主要讲述电阻器的一般常识(其中包括命名法、阻值辨认法、封装形式等)、种类和应用,特别是不同种类电阻器的优缺点,以及在实际应用中如何发挥其优点并避免其缺点,最后还给出了各种电阻器在不同用途中的典型应用实例。第2章和第3章分别以同样的手法讲述了电感器(L)和电容器(C)。在对电感器的讲述中,主要以变压器为主,分别讲述了低频变压器和高频变压器,以及组成变压器的磁性材料、漆包线、骨架、绝缘介质、加工工艺等。讲述电容器时,主要以介质为主,分析了不同介质组成的电容器的优缺点和适用的场合并讲述了安规电容器,包括安规电容器的应用、参照标准、各种认证标志以及安全等级不同时对安规电容器的要求。另外,在3个章节中还分别加进去了一些相应的国家标准。

本书具有较强的实用性和可操作性,非常适合于从事电子技术应用、设计、开发、生产、调试工作的工程技术人员阅读,特别是可供高等学校电力电子技术专业的师生参考,还可作为“开关电源原理与应用设计”课程的辅助参考书。

图书在版编目(CIP)数据

RLC电子元器件应用基础/王水平等编著. —西安:西北工业大学出版社, 2015.2

ISBN 978-7-5612-4336-7

I. ①R… II. ①王… 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(2015)第041155号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号 邮编:710072

电话:(029) 88493844 88491757

网址:www.nwpup.com

印刷者:兴平市博闻印务有限公司

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:23.625

字数:492千字

版次:2015年5月第1版 2015年5月第1次印刷

定价:50.00元

前言

一个小战斗的凯旋，一场大战役的胜利，靠的是精兵良将。在当今电子信息化时代，小到一个收音机，大到一套城市的交通、安防、照明等信息化指挥和管理中心的精兵良将或者马前卒却是电阻器（R）、电感器（L）和电容器（C）。

由于本书的读者对象为电子工程技术人员，电子材料、仪器仪表、家电维修人员，大专院校、职校师生等，因此笔者在编写的过程中力图做到章节的划分更趋合理，组成这些元器件材料、介质、封装形式的叙述更加简洁明了，变压器的设计计算更加详细准确，在不同应用领域中典型应用电路的举例更具有先进性、实用性、通用性和广泛性。笔者在查阅了大量电子元器件方面的论文、资料和书籍的基础上，特别是生产厂家的产品手册和国家标准，集多年来从事电子元器件应用方面的教学、科研、设计和开发的经验，紧紧围绕电子元器件使用者所希望的实用、通用、明了、简洁和多快好省的要求来编写本书。

近几年来，随着微电子学和技术工艺、光刻技术、磁性材料学以及陶瓷烧结加工工艺与其他边沿技术科学的不断改进和飞速发展，R，L，C电子元器件从性能和封装形式上都有了突破性的发展，并且由此也产生出了许多能够提高人们生活水平和改善人们工作条件的产品，如电动自行车、无级变速汽车、变频空调、逆变焊机、快速充电器、电力机车、电力冶炼设备、掌上计算机、触摸屏手机、LCD超薄型显示器和彩电等。R，L，C电子元器件以其独有的性能稳定、体积小、质量轻、封装形式多样化、品种种类齐全等特点已经渗透到了与电有关的各个领域。在这些领域中，由于电阻式（如热敏电阻、光敏电阻、力敏电阻和磁敏电阻等）、电感式（如电流互感器和电压互感器等）和电容式（如电容式触摸屏和开关电容功率变换器（电荷泵）等）传感器的性能和封装形式比原来有了突破性的改进，才使得物联网得以实现。另外，体积越来越小的表贴式和微带式R，L，C电

子元器件的出现，使许多电子产品采用电池供电成为可能，使许多电子产品小型化和微型化后变为便携式产品成为可能。因此，R，L，C电子元器件成为各种电子设备和系统高效率、低功耗、低成本、小型化和安全可靠运行的关键，同时R，L，C电子元器件技术目前已成为各种学科中备受人们关注的热门学科。

本书内容共分3章。第1章电阻器（R），主要讲述电阻器（R）的一般常识（其中包括命名法、阻值辨认法、封装形式等）、种类和应用，特别是不同种类电阻器（R）的优、缺点，以及在应用中如何发挥其优点并避免其缺点，最后还给出了各种电阻器（R）在不同用途中的典型应用实例。第2章和第3章以同样的手法分别讲述了电感器（L）和电容器（C）。在对电感器进行讲述中，主要以变压器为主，分别讲述了低频变压器和高频变压器，以及组成变压器的磁性材料、漆包线、骨架、绝缘介质、加工工艺等。在讲述电容器（C）中，主要以介质为主，最后还讲述了安规电容器。另外，在3个章节中还分别加进去了一些相关的国家标准。

本书第1章由王水平和周佳社完成，第2章由刘宏伟完成，第3章由李丹完成，书中所推出的应用电路以及实验验证均由硕士研究生张宁完成。全书由王水平统稿。

在本书的编著过程中，笔者参阅了大量的国内外有关材料学、微电子学和电子元器件学等方面的论文、专著和资料，特别是国内一些电子元器件生产厂家的产品手册，其中还引用了部分内容，在此对这些论文、专著、资料和产品手册的作者们表示谢意。此外，在本书定稿之前，中国电源学会常务理事、西安市电源学会理事长侯振义教授和中国电源学会常务理事、中国电源学会特种电源专业委员会主任史平均高级工程师分别对本书进行了认真、详细的审读，提出了许多改进性的修改意见，使得本书更加完善，在此也表示诚挚的谢意。

由于笔者的文字组织能力和专业技术水平有限，因此书中的不足之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵的批评意见。

编著者

2014年4月

目 录

第1章 电阻器 (R)	1
1.1 电阻器的阻抗特性	1
1.2 电阻器的命名标准	3
1.3 电阻器的重要参数	6
1.4 电阻器的分类	14
1.5 电阻器的作用	42
第2章 电感器和变压器 (L)	70
2.1 电感器	70
2.2 共模电感器和差模电感器	110
2.3 变压器	123
第3章 电容器 (C)	216
3.1 电容器的阻抗特性	216
3.2 无机电容器	227
3.3 有机电容器	257

3.4	电解电容器	324
3.5	超级电容器	348
3.6	安规电容器	355
3.7	电容器的应用	361
参考文献		371

第1章 电阻器 (R)

1.1 电阻器的阻抗特性

1.1.1 电阻器的低频阻抗特性

电阻器在低频和直流电路中，它的阻抗特性呈现纯阻性阻抗，可由 $R=K$ 表示， K 是与组成电阻器的材料有关的常数，其阻抗频率特性曲线如图1-1所示。

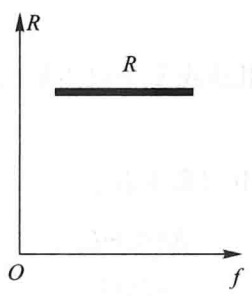


图1-1 电阻器在低频或直流电路中的阻抗频率特性曲线

1.1.2 电阻器的高频阻抗特性

电阻器的高频等效电路如图1-2所示，其中电感 L 是模拟电阻器两端的引线和电阻膜刻槽等所引起的寄生电感，电容 C 是由于实际引线结构所引起的电荷分离效应而导致的分布电容。根据电阻器的等效电路，可以很方便地计算出整个电阻器的阻抗为

$$Z = j\omega L + \frac{1}{j\omega C + \frac{1}{R}} \quad (1-1)$$

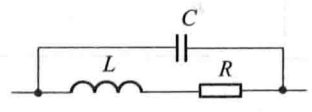


图1-2 电阻器的高频等效电路图

图1-3所示为电阻器的阻抗绝对值与频率之间的关系曲线。从曲线中就可以看出，低频时电阻器的阻抗是 R ，然而当频率升高并超过一定值时，寄生电容的影响就占主导地位，它会引起电阻器阻抗的下降。当频率继续升高时，由于引线电感的影响，总的阻抗上升，引线电感在很高的频率下代表一个无穷大的阻抗。

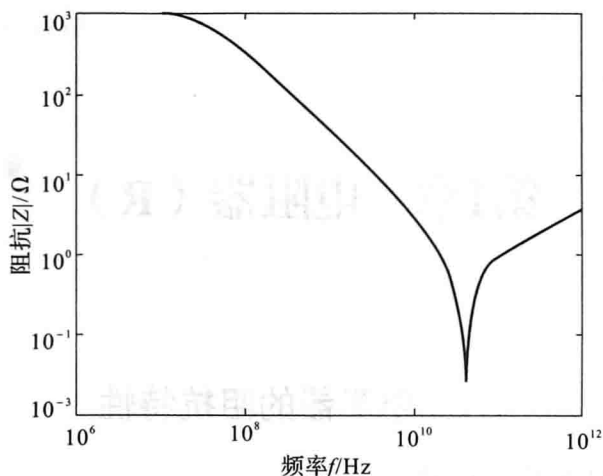


图1-3 一个典型1kΩ电阻器阻抗绝对值与频率之间的关系曲线

1.1.3 电阻器的串并联

1. 电阻器的串联

如图1-4所示的电路是两只电阻器或多个电阻器的串联电路，其总的等效电阻器阻值和功率的计算如下：

对于图1-4 (a)，也就是两只电阻器串联：

$$R=R_1+R_2 \quad (1-2)$$

$$P=P_1+P_2 \quad (1-3)$$

式中， R_1 和 R_2 分别为电阻器 R_1 和 R_2 的阻值； P_1 和 P_2 分别为电阻器 R_1 和 R_2 的功率。

对于图1-4 (b)，也就是多只电阻器串联：

$$R=R_1+R_2+\cdots+R_n \quad (1-4)$$

$$P=P_1+P_2+\cdots+P_n \quad (1-5)$$

式中， R_1, R_2, \dots, R_n 分别为电阻器 R_1, R_2, \dots, R_n 的阻值； P_1, P_2, \dots, P_n 分别为电阻器 R_1, R_2, \dots, R_n 的功率。

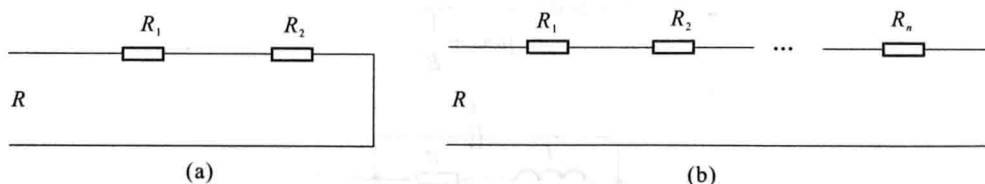


图1-4 电阻器的串联电路图

(a) 两只电阻器串联；(b) 多只电阻器串联

2. 电阻器的并联

如图1-5所示的电路是两只电阻器或多只电阻器的并联电路，其总的等效电阻器阻值和功率的计算如下：

对于图1-5 (a), 也就是两只电阻器并联:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} \quad (1-6)$$

$$P = P_1 + P_2 \quad (1-7)$$

对于图 1-5 (b), 也就是多只电阻器并联:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} \quad (1-8)$$

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n \quad (1-9)$$

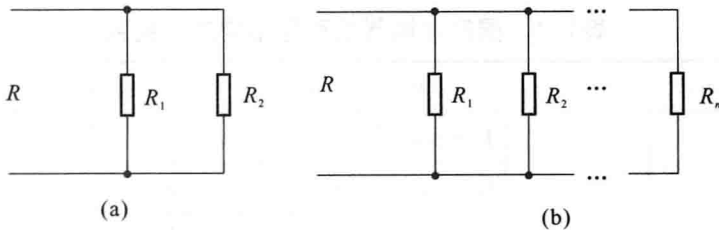


图1-5 电阻器的并联电路图

(a) 两只电阻器并联; (b) 多只电阻器并联

3. 电阻器的串并联讨论

从电阻器串并联的计算公式就可以看出, 电阻器串联以后其等效电阻值变大(相加), 电阻器并联以后其等效电阻值变小, 但是不管是电阻器的串联还是并联其等效功率均相加而变大。

1.2 电阻器的命名标准

1.2.1 电阻器的命名标准

电阻又称电阻器。国产电阻器的命名标准由四部分组成(不包含敏感电阻), 第一部分为主称, 用字母表示, 表示产品的名字, 如R表示电阻, W表示电位器(可变电阻), M表示敏感电阻。第二部分为材料, 用字母表示, 表示电阻体用什么材料制成, 不同字母所表示的电阻体材料见表1-1。第三部分为分类, 一般用数字表示, 个别类型用字母表示, 其对应关系见表1-1。第四部分为序号, 用数字表示, 表示同类产品不同品种, 以区别产品的外形尺寸和性能指标等, 例如RT11就表示是普通碳膜电阻。

例如：RJ75（精密金属膜电阻器） RT10（普通碳膜电阻器）
 R——电阻器（第一部分） R——电阻器（第一部分）
 J——金属膜（第二部分） T——碳膜（第二部分）
 7——精密（第三部分） 1——普通型（第三部分）
 5——序号（第四部分） 0——序号（第四部分）

RX28（阻燃型线绕电阻器） RJ90-B0.5（0.5W型金属膜熔断电阻器）
 R——电阻器（第一部分） R——电阻器（第一部分）
 X——线绕（第二部分） J——金属膜（第二部分）
 2——阻燃型（第三部分） 9——熔断型（第三部分）
 8——序号（第四部分） 0-B0.5——不燃性、额定功率为0.5W（第四部分）

表1-1 国产电阻器的型号组成对应关系

第一部分		第二部分	第三部分	第四部分
R表示固定电阻	W表示电位器	M表示敏感电阻	T表示碳膜电阻	1表示普通型电阻
			H表示合成膜电阻	2表示阻燃型电阻
			S表示有机实芯电阻	3表示超高频电阻
			N表示无机实芯电阻	4表示高阻抗电阻
			J表示金属膜电阻	5表示高温电阻
			Y表示氮化膜电阻	6表示精密电阻
			C表示沉积膜电阻	7表示精密电阻
			I表示玻璃釉膜电阻	8表示高压电阻
			X表示线绕电阻	9表示特殊电阻
			F表示复合膜电阻	G表示大功率电阻
			U表示硅碳膜电阻	T表示可调电阻
		O表示玻璃膜电阻	-	

第四部分为序号，用数字表示，表示同类产品不同品种，以区别产品的外形尺寸和性能指标等。用个位数字表示，或无数字表示

1.2.2 电位器（可变电阻）的命名标准

电位器是具有三个引出端、阻值可按某种变化规律调节的电阻元件。电位器通常由电阻体和可移动的电刷组成。当电刷沿电阻体移动时，在输出端即获得与位移量成一定关系的电阻值或电压。电位器既可作三端元件使用也可作二端元件使用。后者可视作可变电阻器。国产电位器（可变电阻）的命名标准由四部分组成，如图1-6所示。第一部分为主称，用字母W表示。第二部分为电位器体材料代号，用字母表示，表示电阻体用什么材料制成，不同字母表示的电阻体材料见表1-2。第三部分为分类代号，一般用字母表示，不

同字母代表的类别见表1-3。第四部分为序号，用数字表示，表示同类产品中不同品种，以区别产品的外形尺寸和性能指标等。

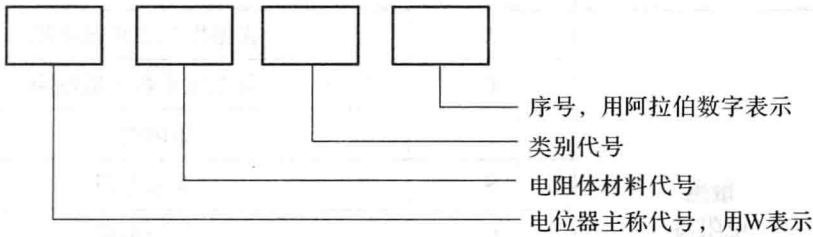


图1-6 电位器（可变电阻）的命名标准示意图

例1: WXD2型多圈线绕电位器

例2: WIW101型玻璃釉螺杆菌驱动预调电位器

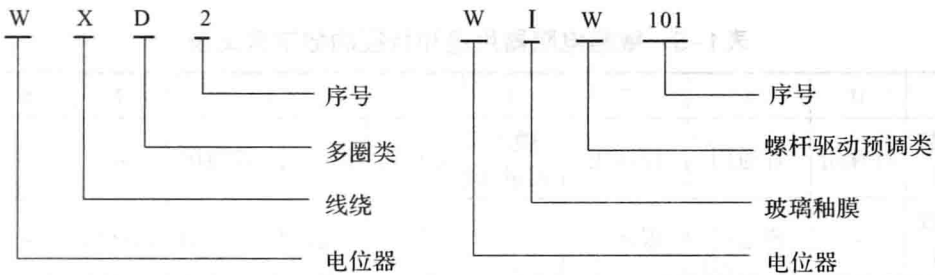


表1-2 电位器体材料代号含义表

代号	H	S	N	I	X	J	Y	D	F
材料	合成碳膜	有机实芯	无机实芯	玻璃釉膜	线绕	金属膜	氧化膜	导电塑料	复合膜

表1-3 电位器分类代号含义表

代号	类别	代号	类别	代号	类别	代号	类别
G	高压类	D	多圈旋转精密类	W	螺杆菌驱动预调类	Z	直滑式低功率类
H	组合类	M	直滑式精密类	Y	旋转预调类	P	旋转功率类
B	片式类	X	旋转式低功率类	J	单圈旋转预调类	T	特殊类

1.2.3 敏感电阻器的命名标准

敏感电阻是指电阻器件的阻抗特性对温度、电压、湿度、光照、气体、磁场、压力等的作用呈现一定的敏感规律。敏感电阻的符号是在普通电阻的符号中加一斜线并在旁边加注敏感电阻的类别，如T/V就表示是压敏电阻。根据我国电子工业部的规定，敏感电阻的命名由四部分组成。第一部分为主称，用M表示敏感元件；第二部分为类别，用字母表示，其表示内容见表1-4；第三部分为用途和特征，用数字或字母表示，其表示内容见表1-5和表1-6；第四部分为产品的序列号，用数字表示。

表1-4 敏感电阻器主称和类别代号含义表

主称（第一部分）		类别（第二部分）	
符号	含义	符号	含义
M	敏感电阻器	Z	正温度系数热敏电阻
		F	负温度系数热敏电阻
		Y	压敏电阻
		S	湿敏电阻
		Q	气敏电阻
		G	光敏电阻
		C	磁敏电阻
		L	力敏电阻

表1-5 敏感电阻器用途和特征的数字含义表

种类	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
负温度系数热敏电阻	特殊用	普通用	稳压用	微波测量用	旁热式	测温用	控温用	-	线性用	-
正温度系数热敏电阻	-	普通用	限流用	-	延迟	测温用	控温用	消磁用	-	恒温用
光敏电阻	特殊用	紫外光	紫外光	紫外光	可见光	可见光	可见光	红外光	红外光	红外光
力敏电阻	-	硅应变计	硅应变计	硅堆	-	-	-	-	-	-

表1-6 敏感电阻器用途和特征的符号含义表

种类	W	G	P	N	K	L	H	E	B	C	S	Q	Y
压敏电阻	稳压用	高压保护用	高频用	高能	高可靠型	防雷用	灭弧用	消噪用	补偿用	消磁用	-	-	-
湿敏电阻	-	-	-	-	-	控湿用	-	-	-	测湿用	-	-	-
气敏电阻	-	-	-	-	-	可燃性	-	-	-	-	-	-	烟敏
磁敏电阻	电位器	-	-	-	-	-	-	电阻器	-	-	-	-	-

1.3 电阻器的重要参数

1.3.1 固定电阻器的表示符号

1. 固定电阻器的表示符号

我国电阻器在电路图中的标准表示符号如图1-7（a）所示，国外电阻器的标准表示符号如图1-7（b）所示。在电路图中所出现的电阻器一般均注明图中所示的一些信息，至于是什么材料的电阻器应该根据实际用途和价格等因素来确定。

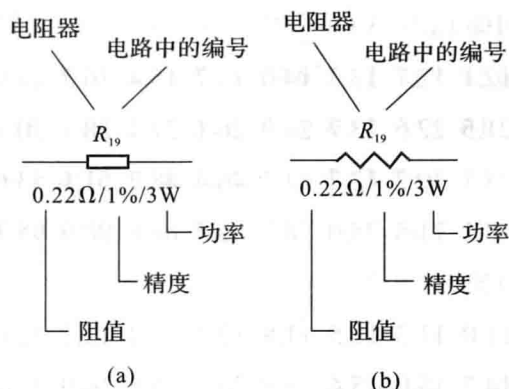


图1-7 电阻器的标准表示符号

(a) 国内标准符号; (b) 国外标准符号

3.1.2 固定电阻器阻值的表示方法

1. 标称值及误差

工业电阻器的阻值大小是按E6, E12, E24, E48, E96, E116, E192系列规范分度的。所谓E12分度规范阻值分为12挡, E24分度规范是把阻值分为24挡, ……各分度规范阻值及其误差范围见表1-7。

表1-7 电阻器各分度规范阻值及误差范围表

系列	阻值计算及有效数字	误差	说明
E6	$10^{\frac{n}{6}}$ ($n=0, \dots, 5$); 2位	20%	低精度电阻
E12	$10^{\frac{n}{12}}$ ($n=0, \dots, 11$); 2位	10%	低精度电阻
E24	$10^{\frac{n}{24}}$ ($n=0, \dots, 23$); 2位	5%	普通精度电阻
E48	$10^{\frac{n}{48}}$ ($n=0, \dots, 47$); 3位	1%, 2%	半精密电阻
E96	$10^{\frac{n}{96}}$ ($n=0, \dots, 95$); 3位	0.5%, 1%	精密电阻
E116	$10^{\frac{n}{116}}$ ($n=0, \dots, 115$); 3位	0.2%, 0.5%, 1%	高精密电阻
E192	$10^{\frac{n}{192}}$ ($n=0, \dots, 191$); 3位	0.1%, 0.25%, 0.5%	超高精密电阻

工业标准电阻器阻值误差分为0.05%, 0.1%, 0.2%, 0.25%, 0.5%, 1%, 2%, 5%, 10%, 20%。各系列标称值如下:

1) E6系列标称值 (20%)。

1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8

2) E12系列标称值 (10%)。

1.0 1.2 1.5 1.8 2.2 2.7 3.3 3.9 4.7 5.6 6.8 8.2

3) E24系列标称值 (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

3.3 3.6 3.9 4.3 4.7 5.1 5.6 6.2 6.8 7.5 8.2 9.1

4) E48系列标称值 (1%)。

10.0 10.5 11.0 11.5 12.1 12.7 13.3 14.0 14.7 15.4 16.2 16.9
17.8 18.7 19.6 20.5 21.5 22.6 23.7 24.9 26.1 27.4 28.7 30.1
31.6 33.2 34.8 36.5 38.3 40.2 42.2 44.2 46.4 48.7 51.1 53.6
56.2 59.0 61.9 64.9 68.1 71.5 75.0 78.7 82.5 86.6 90.9 95.3

5) E96系列标称值 (1%)。

10.0 10.2 10.5 10.7 11.0 11.3 11.5 11.8 12.1 12.4 12.7 13.0
13.3 13.7 14.0 14.3 14.7 15.0 15.4 15.8 16.2 16.5 16.9 17.4
17.8 18.2 18.7 19.1 19.6 20.0 20.5 21.0 21.5 22.1 22.6 23.2
23.7 24.3 24.9 25.5 26.1 26.7 27.4 28.0 28.7 29.4 30.1 30.9
31.6 32.4 33.2 34.0 34.8 35.7 36.5 37.4 38.3 39.2 40.2 41.2
42.2 43.2 44.2 45.3 46.4 47.5 48.7 49.9 51.1 52.3 53.6 54.9
56.2 57.6 59.0 60.4 61.9 63.4 64.9 66.5 68.1 69.8 71.5 73.2
75.0 76.8 78.7 80.6 82.5 84.5 86.6 88.7 90.9 93.1 95.3 97.6

6) E116系列标称值 (0.1%, 0.2%, 0.5%)。

10.0 10.2 10.5 10.7 11.0 11.3 11.5 11.8 12.0 12.1 12.4 12.7 13.0
13.3 13.7 14.0 14.3 14.7 15.0 15.4 15.8 16.0 16.2 16.5 16.9 17.4
17.8 18.0 18.2 18.7 19.1 19.6 20.0 20.5 21.0 21.5 22.0 22.1 22.6
23.2 23.7 24.0 24.3 24.7 24.9 25.5 26.1 26.7 27.0 27.4 28.0 28.7
29.4 30.0 30.1 30.9 31.6 32.4 33.0 33.2 34.0 34.8 35.7 36.0 36.5
37.4 38.3 39.0 39.2 40.2 41.2 42.2 43.0 43.2 44.2 45.3 46.4 47.0
47.5 48.7 49.9 51.0 51.1 52.3 53.6 54.9 56.0 56.2 57.6 59.0 60.4
61.9 62.0 63.4 64.9 66.5 68.0 68.1 69.8 71.5 73.2 75.0 75.5 76.8
78.7 80.6 82.0 82.5 84.5 86.6 88.7 90.9 91.0 93.1 95.3 97.6

7) E192系列标称值 (0.1%, 0.2%, 0.5%)。

10.0 10.1 10.2 10.4 10.5 10.6 10.7 10.9 11.0 11.1 11.3 11.4
11.5 11.7 11.8 12.0 12.1 12.3 12.4 12.6 12.7 12.9 13.0 13.2
13.3 13.5 13.7 13.8 14.0 14.2 14.3 14.5 14.7 14.9 15.0 15.2
15.4 15.6 15.8 16.0 16.2 16.4 16.5 16.7 16.9 17.2 17.4 17.6
17.8 18.0 18.2 18.4 18.7 18.9 19.1 19.3 19.6 19.8 20.0 20.3
20.5 20.8 21.0 21.3 21.5 21.8 22.1 22.3 22.6 22.9 23.2 23.4
23.7 24.0 24.3 24.6 24.9 25.2 25.5 25.8 26.1 26.4 26.7 27.1
27.4 27.7 28.0 28.4 28.7 29.1 29.4 29.8 30.1 30.5 30.9 31.2
31.6 32.0 32.4 32.8 33.2 33.6 34.0 34.4 34.8 35.2 35.7 36.1

36.5 37.0 37.4 37.9 38.3 38.8 39.2 39.7 40.2 40.7 41.2 41.7
 48.7 49.3 49.9 50.5 51.1 51.7 52.3 53.0 53.6 54.2 54.9 55.6
 56.2 56.9 57.6 58.3 59.0 59.7 60.4 61.2 61.9 62.6 63.4 64.2
 64.9 65.7 66.5 67.3 68.1 69.0 69.8 70.6 71.5 72.3 73.2 74.1
 75.0 75.9 76.8 77.7 78.7 79.6 80.6 81.6 82.5 83.5 84.5 85.6
 86.6 87.6 88.7 89.8 90.9 92.0 93.1 94.2 95.3 96.5 97.6 98.8

2. 阻值表示方法

1) 色环阻值表示法。色环阻值表示法多用于直插式轴向封装电阻器。它的具体内容如图1-8所示。

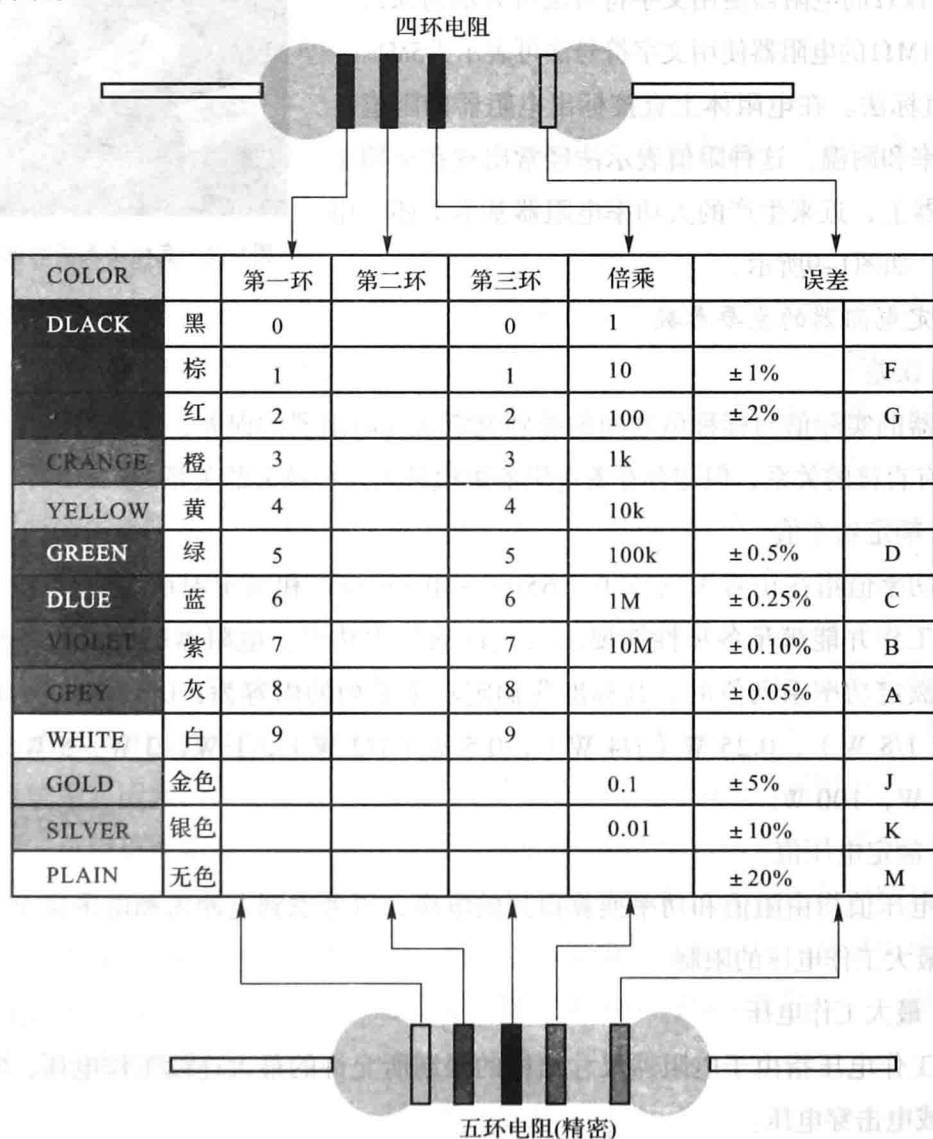


图1-8 电阻器的色环阻值表示法示意图

2) 数码阻值表示法。用三位（对于普通精度）或四位（对于高精度）数码表示电阻器阻值的数值，单位为Ω。例如：102（三位数码）或1001（四位数码）的电阻器所表

示的阻值就为 $10\ 00\Omega$ 或 $100\ 0\Omega$ ，即 $1k\Omega$ ；101或1 000的电阻器所表示的阻值就为 100Ω 或 $100\ \Omega$ ，即 100Ω ；105或1004的电阻器所表示的阻值就为 $1\ 000\ 000\Omega$ 或 $1\ 000\ 000\Omega$ ，即 $1M\Omega$ 。数码阻值表示法多用于SMC贴片封装的电阻器中。

3) 文字符号阻值表示法。文字符号阻值表示法是用数字表示电阻器阻值的有效数字，用字母R表示 Ω 、k表示 $k\Omega$ 、M表示 $M\Omega$ 作为阻值单位，并且规定整数部分位于单位符号前，小数部分放在单位符号后。例如：

I. 0.51Ω 的电阻器使用文字符号法可表示为R51；

II. 5.1Ω 的电阻器使用文字符号法可表示为5R1；

III. $5.1k\Omega$ 的电阻器使用文字符号法可表示为5k1；

IV. $5.1M\Omega$ 的电阻器使用文字符号法可表示为5M1。

4) 直标法。在电阻体上直接标出电阻器的阻值、误差、功率和耐温。这种阻值表示法经常出现在早期生产的电阻器上，近来生产的大功率电阻器基本上还沿用这种方法，如图1-9所示。

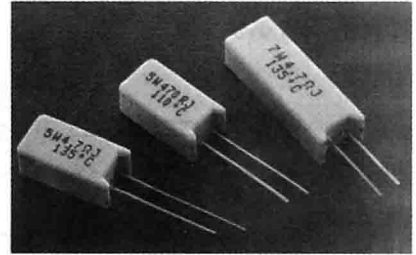


图1-9 直标法标明的电阻器图示

3. 固定电阻器的主要参数

(1) 误差

电阻器的实际值与标称值之间的差别就定义为电阻器的误差，实际上误差与标称值之间并没有直接的关系，但却存在着电阻器阻值越大误差越大的关系。

(2) 额定功率值

额定功率值指在正常大气压下（ $650\sim 800\text{mmHg}$ ）和额定温度（ $T_c = 25^\circ\text{C}$ ）下，长期连续工作并能满足各项性能要求所允许的最大功率。电阻器的额定功率也是采用标准化的额定功率系列值的，其标准化额定功率系列的内容为： 0.05 W （ $1/16\text{ W}$ ）， 0.125 W （ $1/8\text{ W}$ ）， 0.25 W （ $1/4\text{ W}$ ）， 0.5 W （ $1/2\text{ W}$ ）， 1 W ， 2 W ， 5 W ， 10 W ， 25 W ， 50 W ， 100 W 。

(3) 额定电压值

额定电压值指由阻值和功率换算得到的电压，再考虑到电冲击和电击穿上升到一定值后，受最大工作电压的限制。

(4) 最大工作电压

最大工作电压指由于电阻器尺寸结构的限制所允许的最大连续工作电压，实际上就是电冲击或电击穿电压。

(5) 温度系数

温度系数指在某一规定环境温度范围内，温度改变 1°C 时电阻值的变化量，可用下式表示：