

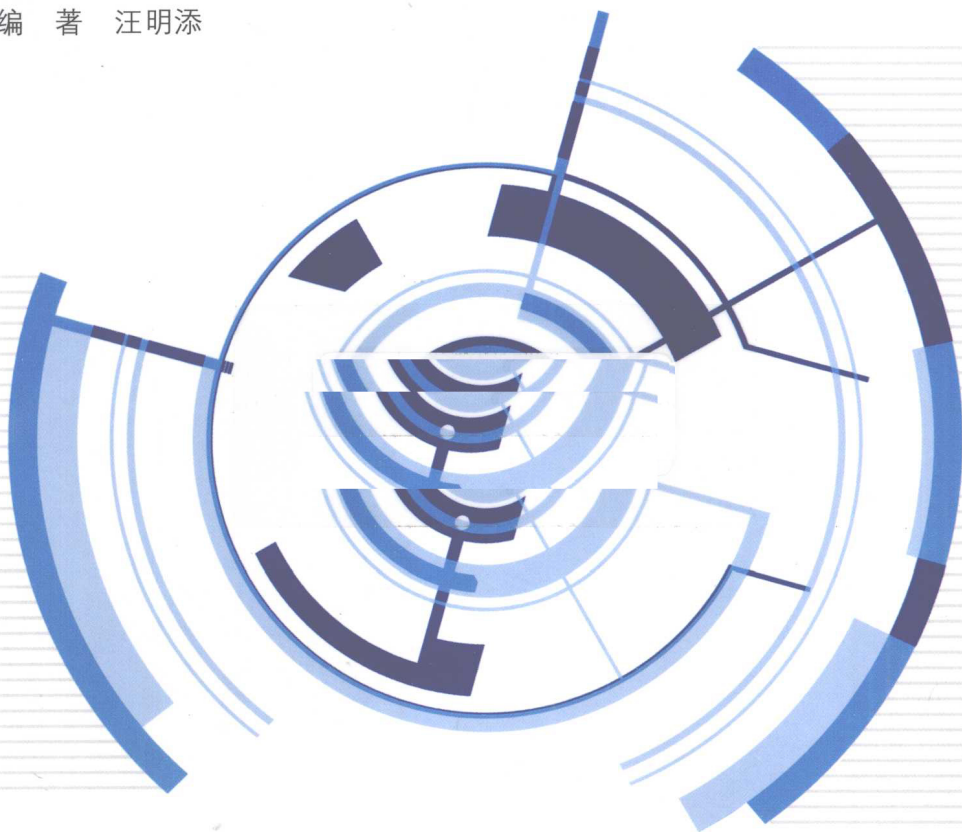


面向“十二五”高等学校精品规划教材·电子信息类
高等教育课程改革项目研究成果

电子元器件和材料

Dianzi Yuanqijian He Cailiao

编 著 汪明添



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

面向“十二五”高等学校精品规划教材·电子信息类
高等教育课程改革项目研究成果

DIANZIYUANQIJIANHECAILIAO

电子元器件和材料

■ 汪明添 编著

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

内 容 简 介

本书主要包括：电阻器、电容器、电感器、变压器、电接触件、电声器件、压电器件、半导体器件、集成电路、显示器件、表面组装元器件和电子材料。每种元器件介绍了它的外形、符号、命名方法、工作特性、主要应用、使用注意事项、好坏判断等。每章后面配有习题，书末配有两个基本技能训练。

本书可作为高等院校电子与信息类专业的教材，也可作为相关领域工程技术人员的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

电子元器件和材料/汪明添编著. —北京：北京理工大学出版社，2010.7

ISBN 978 - 7 - 5640 - 3174 - 9

I. ①电… II. ①汪… III. ①电子元件 - 高等学校：技术学校 - 教材②电子器件 - 高等学校：技术学校 - 教材 IV. ①TN6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 081040 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 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 15.75

字 数 / 317 千字

版 次 / 2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 2000 册

定 价 / 33.00 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

本教材是高等教育电子信息类贯通制系列教材之一,根据教育部培养目标和对本课程的基本要求编写而成。

元器件是组成电子电路的最小单元。任何行业应用的电器、高科技电子产品、复杂的电子电路,都是由多种元器件组合成的。学习元器件的相关知识是掌握电子技术的基础。《电子元器件和材料》是电子信息类专业入门知识的重要技术基础课程。

本书力求做到以下几个特点。

1. 保证内容基本够用,同时尽量避免和后续电子专业课程内容的重复。力求便于教师教学,便于学生学习和记忆。淡化理论和内部结构,突出实践和外部应用。结合当前职业院校培养技能型人才的要求,力求内容够用、实用。

2. 注重实践。“电子元器件和材料”是一门实用性很强的课程,本教材在阐述元器件结构和特性的同时,也用了较大篇幅简述了元器件的检测和应用。在教材后面列有技能训练,旨在提高学生对本课程理论知识的理解,提高学生的实践动手能力和学习兴趣。

3. 通俗易懂。本书在内容的取舍上严格按高校教材“必需”和“够用”的原则进行,使教材内容做到清楚、准确、简洁。在编写过程中,尽量注意深入浅出,论证清楚,力求做到通俗易懂,可读性好。为此,编者在书中插入了大量的元器件实物图片,使得学习更直观、更形象、更生动、更容易理解和记忆。

本书由汪明添编著。在本书的编写过程中,得到了谢忠



福、吴政江、袁永红、陆忠梅、吴文涛老师的支持和帮助，在此谨致深切谢意。

本书在编写过程中参考了大量文献和书籍，在此，对这些文献和书籍的作者深表感谢。

由于编者水平有限，本书难免存在欠妥之处，并且新型材料和元器件不断出现，真诚希望广大读者批评指正、完善和更新。

本书配有电子课件。作者邮箱：wmt8899@sina.com。

编 者

目录 >>>>

Contents

第1章 电阻器	1
1.1 固定电阻器	1
1.1.1 电阻器的电路符号和主要性能参数	1
1.1.2 电阻器的型号命名	2
1.1.3 电阻器的识别方法	3
1.1.4 常用固定电阻器及特点	5
1.1.5 固定电阻器的测量与代换	8
1.2 可变电阻器	9
1.2.1 常用电位器	10
1.2.2 电位器的主要参数	11
1.2.3 电位器的结构和种类	12
1.2.4 电位器的检测	12
1.3 敏感电阻器	13
1.3.1 热敏电阻器	13
1.3.2 压敏电阻器	14
1.3.3 熔断电阻器	15
1.3.4 其他敏感电阻器	16
习题1	18
第2章 电容器	20
2.1 电容器	20
2.1.1 电容器的电路符号、单位和型号命名	20
2.1.2 电容器的常用参数	22
2.2 电容器的分类	24
2.2.1 常用的无极性电容器	24
2.2.2 电解电容器	27
2.2.3 可变电容器和微调电容器	29
2.3 电容器的检测与选用	31
2.3.1 电容器的检测	31
2.3.2 电容器的选用	34



习题2	37
-----------	----

第3章 电感器和变压器	38
-------------------	----

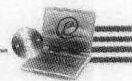
3.1 电感器	39
3.1.1 电感器的结构和图形符号	39
3.1.2 电感器的主要参数和型号命名	40
3.1.3 电感器的种类	41
3.1.4 电感器的常见故障、检测与代用	45
3.2 变压器	46
3.2.1 变压器的原理、图形符号、种类和主要参数	46
3.2.2 各种用途的变压器	48
3.2.3 变压器的检测	53
习题3	53

第4章 电接触件	55
----------------	----

4.1 开关	55
4.1.1 常用的开关	55
4.1.2 开关的主要参数、检测和选用	60
4.2 接插件	61
4.2.1 接插件的分类、主要参数和选用	61
4.2.2 常用的接插件	62
4.3 继电器	64
4.3.1 继电器的基本组成和分类	65
4.3.2 普通电磁继电器	65
4.3.3 特种电磁继电器	68
4.3.4 固态继电器	69
4.3.5 继电器应用举例	72
习题4	73

第5章 电声器件	74
----------------	----

5.1 传声器	74
5.1.1 传声器的种类及电路符号	74
5.1.2 传声器的常用参数	75
5.1.3 常见的传声器及其应用	76
5.1.4 传声器的使用与维修	80



5.2 电声转换器	81
5.2.1 扬声器	81
5.2.2 耳机	86
5.3 蜂鸣器	88
5.3.1 电磁式蜂鸣器	88
5.3.2 电子式蜂鸣器	89
5.4 磁头	91
5.4.1 磁头的种类	91
5.4.2 磁头的结构、图形符号和参数	92
5.4.3 磁头的保养、代换和调整	94
习题5	97
 第6章 压电器件	 99
6.1 压电效应的基础知识	99
6.1.1 压电效应	99
6.1.2 压电材料	99
6.2 几种常用的压电器件	100
6.2.1 石英晶体元件	100
6.2.2 压电陶瓷片	102
6.2.3 声表面波滤波器	105
习题6	107
 第7章 半导体器件	 108
7.1 半导体的基础知识	108
7.1.1 半导体的概念	108
7.1.2 本征半导体	108
7.1.3 杂质半导体	110
7.1.4 PN结及其单向导电性	111
7.2 二极管	113
7.2.1 二极管结构、分类、特性和参数	113
7.2.2 常用二极管	114
7.2.3 二极管主要应用	125
7.2.4 二极管的检测和代用	126
7.3 晶体三极管	129
7.3.1 晶体三极管的结构、分类、型号和命名	129



7.3.2	晶体三极管的特性曲线	130
7.3.3	晶体三极管的主要参数	132
7.3.4	晶体三极管的检测、更换和代用	133
7.3.5	达林顿三极管	136
7.4	场效应管	136
7.4.1	场效应管的结构和工作原理	137
7.4.2	场效应管的参数和使用特点	141
7.4.3	场效应管的检测	143
7.4.4	双栅极场效应管	143
7.4.5	功率 MOS 场效应晶体管	144
7.4.6	绝缘栅双极晶体管	144
7.5	晶闸管	146
7.5.1	单向晶闸管的结构、特性和工作原理	147
7.5.2	单向晶闸管的主要参数	148
7.5.3	单向晶闸管的检测	149
7.5.4	双向晶闸管的结构、特性和工作原理	150
7.5.5	双向晶闸管的检测	151
7.5.6	晶闸管的应用	152
7.5.7	特种晶闸管	153
7.6	单结晶体管	155
7.6.1	单结晶体管的结构、符号和型号	155
7.6.2	单结晶体管的工作原理、特性曲线和参数	157
7.6.3	单结晶体管的检测	158
7.6.4	单结晶体管的自激振荡电路	158
习题 7		160

第 8 章	集成电路	162
8.1	集成电路的分类、型号和命名	162
8.1.1	集成电路的分类	162
8.1.2	集成电路的型号和命名	163
8.2	数字集成电路	165
8.2.1	TTL 与 CMOS 数字集成电路	165
8.2.2	数字集成电路使用注意事项	166
8.3	模拟集成电路	167
8.3.1	模拟集成电路的特点和种类	167



8.3.2 集成运算放大器	168
8.3.3 集成线性稳压器	172
8.4 光电耦合器	175
8.4.1 光电耦合器的特点、结构和符号	175
8.4.2 光电耦合器的好坏判别	177
8.5 集成电路的使用	177
8.5.1 集成电路引脚的识别和故障判断	177
8.5.2 集成电路的拆卸方法	179
习题8	180
第9章 显示器件	181
9.1 半导体数码管	181
9.1.1 半导体数码管的结构及工作原理	181
9.1.2 LED数码管的检测	183
9.1.3 LED点阵显示器	183
9.1.4 LED显示器实例简介	185
9.2 液晶显示器	186
9.2.1 扭曲向列型液晶的旋光效应及显示原理	186
9.2.2 数字液晶显示器	187
9.2.3 矩阵式液晶显示板	187
9.3 等离子体显示器件	188
9.4 CRT显示器件	189
9.4.1 CRT显示器的分类	189
9.4.2 黑白显像管	190
9.4.3 彩色显像管	191
9.5 荧光显示器	191
9.6 氖灯显示器	192
习题9	192
第10章 表面组装元器件	194
10.1 表面组装元器件的特点和分类	194
10.1.1 表面组装元器件的特点	194
10.1.2 表面组装元器件的分类	195
10.2 常见表面组装元器件	196
10.2.1 片式电阻器	196



10.2.2	片式电容器	197
10.2.3	片式矩形电感器	199
10.2.4	片式晶体管和集成电路	199
10.3	表面安装技术	200
10.3.1	表面安装技术的特点和组成	200
10.3.2	表面安装技术的典型工艺	201
10.3.3	手工更换表面组装元器件的方法	202
习题 10		203
第 11 章	电子材料	204
11.1	绝缘材料	204
11.1.1	绝缘材料的基本性能	204
11.1.2	绝缘材料的种类	206
11.2	导电材料	210
11.2.1	导电金属	210
11.2.2	电线电缆	212
11.2.3	其他导电材料	215
11.3	磁性材料	217
11.3.1	概述	217
11.3.2	磁性材料的基本磁性能	219
11.3.3	常用的软磁材料和硬磁材料	221
习题 11		223
附录 A	敏感电阻器的型号命名方法	224
附录 B	半导体分离元件的型号和命名	225
附录 C	9000 系列晶体三极管性能及电气参数	229
附录 D	部分国外常用硅整流二极管的主要参数	230
附录 E	部分常用数字集成电路	231
技能训练一	电磁继电器的检测	235
技能训练二	发光二极管及数码管的检测	237
参考文献		239

第 1 章 电 阻 器

各种导电材料对通过的电流总呈现一定的阻碍作用，并将电流的能量转换成热能，这种阻碍作用称为电阻。具有电阻性能的实体元件称为电阻器。加在电阻器两端的电压 U 与通过电阻器的电流 I 之比，称为该电阻器的电阻值 R ，单位为欧姆 (Ω)。

电阻器在电路中的用途是阻碍电流通过。具体来说，电阻器在电气装置中的作用，大致可以归纳为降低电压、分配电压、限制电路电流、向各种电子元器件提供必要的工作条件（电压或电流）等几种功能。

电阻器一般分为固定电阻器、可变电阻器和敏感电阻器三大类。

1.1 固定电阻器

1.1.1 电阻器的电路符号和主要性能参数

1. 电阻器的电路符号和单位

凡阻值固定不能调节的电阻器都称为固定电阻器。图 1.1 (a) 是我国国标电阻器符号；图 1.1 (b) 是国外常用电阻器的符号；图 1.1 (c) 是标有该电阻器额定功率的电阻器符号。在电路中，大部分电阻器的功率较小，除个别额定功率要求较高以外，电路图中一般不标出电阻器的额定功率。

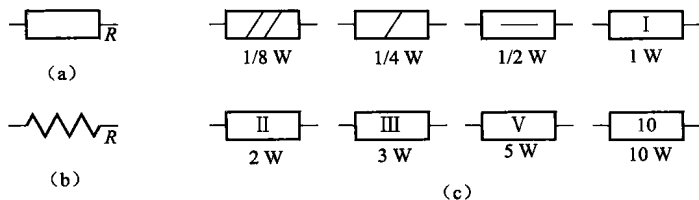


图 1.1 固定电阻器的电路符号

(a) 中国电阻器符号；(b) 国外常用电阻器符号；(c) 标有额定功率的电阻器符号

电阻器单位有： Ω 、 $k\Omega$ 、 $M\Omega$ 、 $G\Omega$ 、 $T\Omega$ 等，它们的关系如下：

$1 T\Omega = 1\,000 G\Omega$ ； $1 G\Omega = 1\,000 M\Omega$ ； $1 M\Omega = 1\,000 k\Omega$ ； $1 k\Omega = 1\,000 \Omega$ 。



2. 电阻器的主要性能指标

1) 标称阻值

为了便于工业上大量生产和使用者在一定范围内选用, 国家规定了一系列值作为电阻器的阻值标准, 即标称阻值系列。

我国电阻器的标称阻值有 E6、E12、E24、E48、E96、E192 几种, 其中 E6、E12 和 E24 比较常用, 见表 1.1。标称值不连续分布, 若将表中各数乘 10^n 可得到不同阻值的电阻器, 如 1.1×10^3 为 $1.1 \text{ k}\Omega$ 电阻器。

2) 允许误差

允许误差是指电阻器的标称值与实际阻值之差。在电阻器的生产过程中, 由于技术原因实际电阻值与标称电阻值之间难免存在偏差, 因而规定了一个允许误差参数, 也称为精度, 即

$$\text{电阻器的允许误差} = \frac{\text{电阻器的实际值} - \text{电阻器标称值}}{\text{电阻标称值}} \times 100\%$$

常用电阻器的允许误差分别为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 和 $\pm 20\%$, 对应的精度等级分别为 I、II 和 III 级。

表 1.1 电阻器参数表

系列	允许误差/%	标 称 值	精度等级
E24	$\pm 5\%$	1.0 1.1 1.2 1.3 1.5 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.7 3.0	I
		3.3 3.6 3.9 4.3 4.7 5.1 5.6 6.2 6.8 7.5 8.2 9.1	
E12	± 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	II
E6	± 20	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8	III

3) 额定功率 P

额定功率是指在一定条件下, 电阻器能长期连续负荷而不改变性能的允许功率。额定功率的大小也称瓦 (W) 数的大小, 如 $1/8 \text{ W}$ 、 $1/4 \text{ W}$ 、 $1/2 \text{ W}$ 、 1 W 、 2 W 、 3 W 、 5 W 、 10 W 、 20 W , 一般印在电阻器的表面上, 如图 1.1 (c) 所示。如果无此标示, 可由电阻器的体积大致判断其额定功率的大小。如 $1/8 \text{ W}$ 电阻其外形尺寸为 8 mm 、直径为 2.5 mm ; $1/4 \text{ W}$ 电阻器的外形尺寸长为 12 mm 、直径为 2.5 mm 。

此外, 电阻器的参数还有: 最高工作温度、极限工作电压、稳定性、噪声电动势、绝缘电阻、绝缘耐压、高频特性和机械强度等。

1.1.2 电阻器的型号命名

根据国家标准 (GB 2470—1981) 的规定, 国产电阻器的型号由四个部分组成。见



表 1.2。

表 1.2 电阻器和电位器的型号命名方法

第一部分：主称		第二部分：电阻器材料		第三部分：产品分类		第四部分：序列号
字母	含义	字母	含义	符号	产品类型	用数字表示
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	
W	电位器	H	合成碳膜	2	普通	
		I	玻璃釉膜	3	超高频	
		J	金属膜	4	高阻	
		N	无机实心	5	高温	
		S	有机实心	6	—	
		X	线绕	7	精密	
		Y	氧化膜	8	高压	
		C	沉积膜	9	特殊	
				G	高功率	
				T	可调	
				W	微调	
				D	多圈可调	

例如，RJ-71 为精密金属膜电阻；RXT-2 为可调线绕电阻；RT-2 为普通碳膜固定电阻器。

1.1.3 电阻器的识别方法

电阻器的主要参数（标称阻值和允许误差）可标在电阻器上，以供识别。固定电阻器的常用标志方法有以下三种。

1. 直接标志法

直接标志法是指将电阻器的主要参数和技术性能指标直接印制在电阻器表面上。它适用于体积较大（大功率）的电阻。直标法中的标称阻值是用阿拉伯数字和单位符号在电阻器的表面直接标出。直标法中的误差表示有直标误差和罗马文字误差两种。

直标误差就是用百分数表示允许误差，如图 1.2

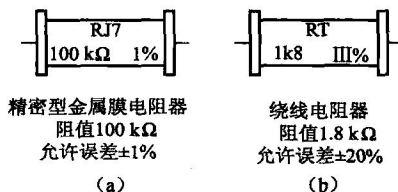


图 1.2 直接标志示意图



(a) 所示。

罗马文字误差就是用罗马文字表示允许误差，用“Ⅰ”、“Ⅱ”、“Ⅲ”表示误差等级。“Ⅰ”表示“ $\pm 5\%$ ”，“Ⅱ”表示“ $\pm 10\%$ ”，“Ⅲ”表示“ $\pm 20\%$ ”，如图 1.2 (b) 所示。

2. 文字符号法

文字符号法是用字母和数字符号有规律地组合来表示标称电阻值。允许误差也用文字符号表示。其规律是：符号位 (Ω 、K、M、G、T) 表示电阻值的数量级别，如标识为 5k7 中的 k 表示电阻值的单位为 $k\Omega$ ，符号前面的数字表示电阻值整数部分的大小，符号后面的数字表示小数点后面的数值，即该电阻器的阻值为 5.7 $k\Omega$ 。

例： $0.33 \Omega \rightarrow 33 \Omega$ $3.3 \Omega \rightarrow 33 \Omega$ $33 \Omega \rightarrow 33 \Omega$ $330 \Omega \rightarrow 330 \Omega$
 $3.3 k\Omega \rightarrow 33 k\Omega$ $33 k\Omega \rightarrow 33 k\Omega$ $3.3 M\Omega \rightarrow 33 M\Omega$ $33 M\Omega \rightarrow 33 M\Omega$
 $3300 M\Omega \rightarrow 33 G$ $33 G \rightarrow 33 000 M\Omega$ $3.3 \times 10^6 M\Omega \rightarrow 33 T$

表示允许误差的符号见表 1.3。

表 1.3 表示允许误差的文字符号

文字符号	B	C	D	F	G	J	K	M	N
允许误差/%	± 0.1	± 0.25	± 0.5	± 1	± 2	± 5	± 10	± 20	± 30

文字符号标志法一般在大功率电阻器的应用较多，具有识读方便和直观的特点。

3. 色环标志法

1) 四色环电阻

普通电阻器大多为四色环电阻。其最靠近电阻器一端的第一条色环的颜色表示第一位有效数字；第二条色环的颜色表示第二位有效数字；第三条色环的颜色表示倍乘率；第四条色环的颜色表示允许误差。

2) 五色环电阻

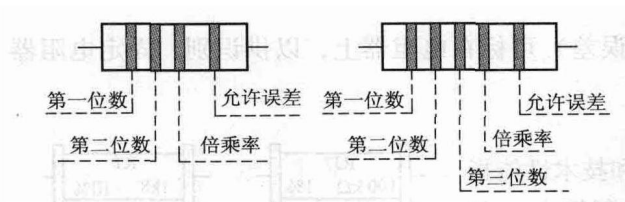


图 1.3 色环标志示意图

精密电阻器大多为五色环电阻。其中第一、第二、第三条色环代表第一、第二、第三位有效数字，第四条表示倍乘率，第五条表示允许误差，如图 1.3 所示。

四环电阻器色标符号规定见表 1.4。

在识读时，要区别电阻器的第一条色环和最后条色环，否则会引起误读。以四环电阻的区别为例，首先第四环（允许误差）和第三环的距离比其他环间的距离较大（如图 1.3 所示）。其次，若误将第一环有效数字位读为误差位，则可能没有与它对应的误差颜色或有效数字颜色（见表 1.4）。最后用万用表测出



电阻器阻值应与读出的阻值之差在合理的范围内, 否则说明色环顺序读反了。

表 1.4 电阻器色标符号规定

颜色	第一色环	第二色环	第三色环 (倍乘)	第四色环 (允许误差) /%
黑	0	0	$\times 10^0$	
棕	1	1	$\times 10^1$	± 1
红	2	2	$\times 10^2$	± 2
橙	3	3	$\times 10^3$	
黄	4	4	$\times 10^4$	
绿	5	5	$\times 10^5$	± 0.5
蓝	6	6	$\times 10^6$	± 0.2
紫	7	7	$\times 10^7$	± 0.1
灰	8	8	$\times 10^8$	
白	9	9	$\times 10^9$	$-50 \sim +20$
金	—	—	$\times 10^{-1}$	± 5
银	—	—	$\times 10^{-2}$	± 10
本色 (或称无色)	—	—	—	± 20

例如, 红紫橙金 $27 \times 10^3 (1 \pm 5\%) \Omega = 27 (1 \pm 5\%) \text{ k}\Omega$

棕黑红银 $10 \times 10^2 (1 \pm 10\%) \Omega = 1 (1 \pm 10\%) \text{ k}\Omega$

白紫蓝银绿 $976 \times 10^{-2} (1 \pm 0.5\%) \Omega = 9.76 (1 \pm 0.5\%) \Omega$

1.1.4 常用固定电阻器及特点

固定电阻器可根据制作材料和工艺的不同, 分为碳膜、金属膜和绕线等不同类型。

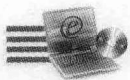
1. 碳膜电阻器

碳膜电阻器 (RT) 是在磁棒或瓷管上按一定的要求先涂一层碳质电阻膜, 然后在两端装上帽盖, 焊上引线, 并在表面加涂保护漆, 最后印上技术参数。图 1.4 为某碳膜电阻器实物图。

其制造过程如下: ① 先将碳研磨成粉末微粒。② 将磁棒或玻璃棒打磨成圆柱体和长方体, 制成电阻器的基体, 如图 1.5 (a) 所示。③ 用磨压工艺制造电阻器的金属帽头, 并焊接金属引脚, 如图 1.5 (b) 所示。



图 1.4 某碳膜电阻器实物图



④ 组装碳膜电阻器初坯，在帽头上涂强力胶，然后紧密地套在磁棒两端，如图 1.5 (c) 所示。⑤ 采用喷涂或沉积方法，使碳的微粒均匀地附在绝缘棒和金属帽上，再经热处理形成不脱落的碳膜层，制成电阻器的坯体，如图 1.5 (d) 所示。⑥ 在坯体表面喷涂保护漆，并印上各种标志，就成为成品，如图 1.5 (e) 所示。这种电阻体的导电材料是碳膜层，故称为碳膜电阻器。

碳膜电阻器稳定性好，电压的改变对阻值影响很小。其阻值范围大，可以制作成几欧姆的低阻值电阻，也可以制作成几十兆欧的高阻值电阻。而且碳膜电阻制作成本低，价格便宜，因此是目前使用最多的一种电阻器，常在要求不高的收音机和录音机中得到广泛使用。

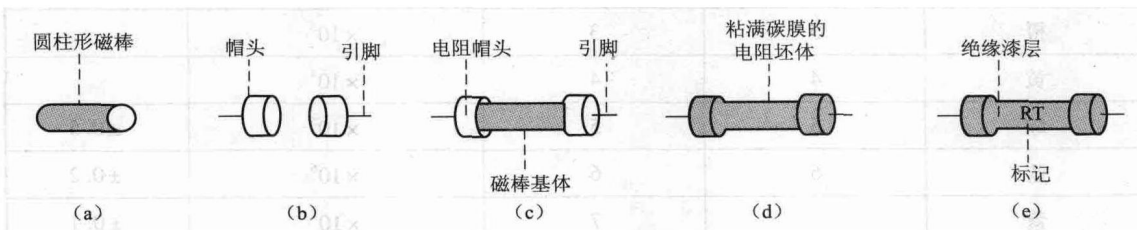


图 1.5 碳膜电阻器制造过程

(a) 碳膜电阻器基体；(b) 电阻帽头和引脚；(c) 碳膜电阻器初坯；
(d) 碳膜电阻器坯体；(e) 碳膜电阻器成品

2. 金属膜电阻器

金属膜电阻器 (RJ) 的外形和碳膜电阻器的相似，只是在磁棒或瓷管表面用真空蒸发或烧渗法制成金属膜，如镍铬合金膜和金铂合金膜等。金属膜电阻器体积更小，除具有碳膜电阻器的特征外，它比碳膜电阻器的精度更高，稳定性更好，噪声更低，阻值范围更宽，最明显的是其耐热性能超过了碳膜电阻器。由于制作成本高，因此价格较贵。这类电阻器主要用于精密仪器仪表和高档的家用电器中，如音响设备、录像机等。图 1.6 所示为某金属膜电阻器实物图。

3. 金属氧化膜电阻器

金属氧化膜电阻器 (RY) 是在磁棒上沉积一层金属氧化膜制成的，它的外形与性能均与金属膜电阻器相同，但其制造工艺简单，成本低，耐热耐压性能更好。精度不如金属膜电阻器。图 1.7 为某金属氧化膜电阻器实物图。



图 1.6 金属膜电阻器

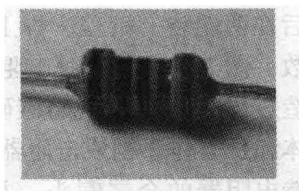


图 1.7 金属氧化膜电阻器