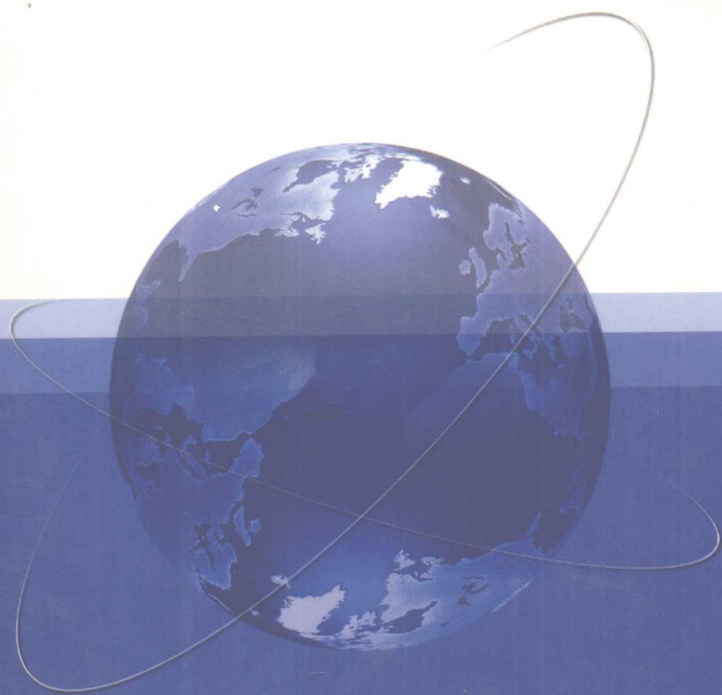




21世纪高职高专规划教材

常用电子元器件



林 钢 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高职高专规划教材

常用电子元器件

主 编	无锡商业职业技术学院	林 钢
副主编	无锡商业职业技术学院 靖江工业学校	程军武 商联红
参 编	河南职业技术学院 金华职业技术学院 西安理工大学高等技术学院	屈芳升 赵 云 姚升荣
主 审	无锡市无线电元件六厂	陆庆谊

机 械 工 业 出 版 社

本书是根据教育部教高[2000]2号文件精神,由中国机械工业教育协会牵头组织编写的21世纪高职高专规划教材。书中主要介绍了电阻器、电位器、电容器、电感器与变压器、电接触件与保护元件、晶体管、集成电路、显示器件、压电器件、电声器件、片式元器件等常用电子元件的性能、特点、作用以及识别、检测和使用知识。全书以实用为主,适当介绍一些新型元器件,重点培养学生的综合应用能力和实际操作能力。

本书可作为高职高专电子信息类专业的基础教材,同时也可作为电子技术工作者、家电维修人员、广播电视技术人员、广大无线电爱好者及发烧友的专业或自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

常用电子元件/林钢主编. —北京:机械工业出版社,
2004.8

21世纪高职高专规划教材

ISBN 7-111-14937-8

I. 常… II. 林… III. 电子元件-高等学校:技术
学校-教材 IV. TN6

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第070487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:余茂祚 责任编辑:余茂祚 版式设计:冉晓华

封面设计:饶薇 责任印制:洪汉军 责任校对:吴美英

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005年7月第1版·第2次印刷

787mm×1092mm $1/16$ ·15印张·368千字

定价:23.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

封面无防伪标均为盗版

21 世纪高职高专规划教材

编 委 会 名 单

编委会主任 王文斌 郝广发

编委会副主任 (按姓氏笔画为序)

马元兴	王茂元	王明耀	王胜利	王锡铭
田建敏	刘锡奇	杨文兰	杨 飒	李兴旺
李居参	杜建根	余元冠	沈国良	沈祖尧
陈丽能	陈瑞藻	张建华	茆有柏	徐铮颖
符宁平	焦 斌			

编委会委员 (按姓氏笔画为序)

王志伟	付丽华	成运花	曲昭仲	朱 强
齐从谦	许 展	李茂松	李学锋	李连邨
李超群	杨克玉	杨国祥	杨翠明	吴诗德
吴振彪	吴 锐	肖 琬	何志祥	何宝文
陈月波	陈江伟	张 波	武友德	周国良
宗序炎	俞庆生	恽达明	姜 洁	晏初宏
倪依纯	徐炳亭	唐志宏	崔 平	崔景茂

总 策 划 余茂祚

策 划 助 理 于奇慧

前言

21世纪是以微电子技术为核心的信息社会。随着现代科学技术的发展,一方面对电子元器件的要求越来越高,另一方面元器件的品种越来越多,性能越来越好,如从电子管、晶体管发展到集成电路、超大规模集成电路,电子设备整机的体积、质量减小了,可靠性却大大提高了。任何一个简单或复杂的电子装置、设备或系统,都是由作用各不相同的电子元件组装而成的,了解常用电子元器件的种类和基本特性,掌握常用电子元器件的检测方法,从而正确地使用常用电子元器件,是电子信息行业从业人员,尤其是电子产品设计、制造和维修人员必须具备的知识和能力。

本书是2年制或3年制,高职高专电子信息类专业的专业基础教材,建议教学课时为80学时。同时也可作为电子技术工作者、家电维修人员、广播电视技术人员、广大无线电爱好者及发烧友的专业或自学参考书。

书中主要介绍了电阻器、电位器、电容器、电感器与变压器、电接触件与保护元件、晶体管、集成电路、显示器件、压电器件、电声器件、片式元器件等常用电子元器件的性能、特点、作用以及识别、检测和使用知识。每一章后均附有一定量的复习思考题。全书以实用为主,力求简明扼要、通俗易懂、直观形象、内容新颖和突出应用。本书的编写目的是使学生在初步掌握电子技术基础后,能综合深入地了解 and 掌握电路中元器件和材料的特点、性能,加深对电路的理解,提高综合应用能力。

本书立足于常用和基本的电子元器件。随着科学技术的飞速发展,新型元器件不断涌现,因篇幅所限,在此只能选择其中的一部分做些介绍,适当体现新知识、新技术。由于电子元器件所涉及的内容很广,而教学课时有限,在实际教学过程中,可根据需要组织教学内容,做适当的补充。

本书由河南职业技术学院屈芳升编写第1章,金华职业技术学院赵云编写第2、3章,靖江工业学校商联红编写第4、8、9章,无锡商业职业技术学院程军武编写第5章,西安理工大学高等技术学院姚升荣编写第6章,无锡商业职业技术学院林钢编写第7、10章和附录,本书由林钢任主编并统稿,由程军武、商联红任副主编。

本书由无锡市无线电元件六厂副厂长、高级工程师陆庆谊担任主审。主审对全书进行了认真细致的审阅,并提出了许多修改意见。在本书编写过程中还得到了主、参编所在单位领导的大力支持和机械工业出版社职业教育教材分社领导的具体指导,在此一并表示感谢!

由于编写时间仓促,编者水平有限,书中错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

前言

第1章 电阻器	1
1.1 固定电阻器	1
1.2 敏感电阻器	8
1.3 电位器	23
1.4 微调电阻器	27
复习思考题	28
第2章 电容器	29
2.1 固定电容器	29
2.2 电解电容器	39
2.3 可变电容器和微调电容器	44
复习思考题	47
第3章 电感器与变压器	48
3.1 电感器	48
3.2 变压器	55
复习思考题	63
第4章 电接触件与保护元件	64
4.1 开关	64
4.2 接插件	68
4.3 继电器	72
4.4 保护元件	80
复习思考题	82
第5章 晶体管	84
5.1 晶体二极管	84
5.2 晶体三极管	102
5.3 场效应晶体管	109
5.4 晶闸管	116
复习思考题	122
第6章 集成电路	123
6.1 集成电路种类、型号 及应用	123
6.2 数字集成电路	129
6.3 集成运算放大器	130
6.4 集成稳压器	137
6.5 信号产生及频率变换 集成电路	145
6.6 集成光耦合器	149
6.7 音响集成电路	152
6.8 其他集成电路	160
复习思考题	164
第7章 显示器件	166
7.1 小型显示器件	166
7.2 CRT显示器	172
7.3 平板显示器件	177
复习思考题	180
第8章 压电器件	181
8.1 压电效应	181
8.2 常用的压电器件	181
复习思考题	187
第9章 电声器件	188
9.1 扬声器及耳机	188
9.2 传声器	195
9.3 微型电磁讯响器	198
9.4 电声器件的型号命名、检测 和使用	199
复习思考题	202
第10章 片式元器件	203
10.1 片式元器件的特点	203
10.2 片式元器件的种类	203
10.3 片式元器件的使用	212
复习思考题	215
附录	216
附录A 国内外IC主要生产厂家的 产品型号前缀	216
附录B 常用电子元器件中英文 对照	225
参考文献	231

第1章 电 阻 器

电子在物体内做定向运动时会遇到阻力，这种阻力称为电阻。具有一定电阻数的元件称为电阻器，习惯上简称电阻。电阻器是组成电子电路必不可少的元件。

由实验可知，物体电阻的大小与其长度 L 成正比，与其横截面积 S 成反比，用公式表示为

$$R = \rho L / S$$

式中的比例系数 ρ 称做物体的电阻率，它与物体材料的性质有关。不同材料的电阻率是不同的。相同材料做成的导体，直径越大电阻越小，长度越长电阻越大。本章主要介绍电阻器的基本知识及电阻器的选用和检测知识。

1.1 固定电阻器

1.1.1 固定电阻器的种类和型号命名

固定电阻器根据其制造材料和结构的不同，可分为碳膜电阻器、金属膜电阻器、氧化膜电阻器、合成膜电阻器、有机合成实心电阻器、玻璃釉电阻器、线绕电阻器、片状电阻器等多种。

常用电阻器的型号一般由四部分组成，各部分有其确切的含义，如图 1-1 所示。其中每部分代表的含义见表 1-1。

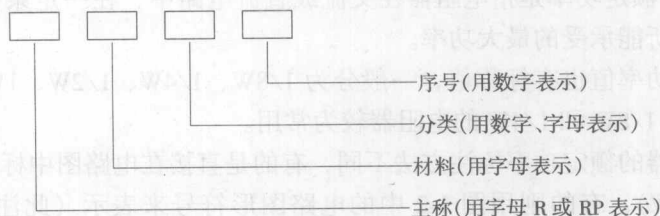


图 1-1 电阻器型号的组成部分

例如：电阻器型号为 RJ75，表示该电阻器是金属膜精密电阻器，序号为 5；型号为 RX28 的电阻器，表示该电阻器是阻燃型线绕电阻器，序号为 8。

1.1.2 固定电阻器的主要参数

固定电阻器的主要参数有标称阻值（简称阻值）、额定功率和允许误差。了解电阻的一些主要参数可以合理的选用电阻。

1. 标称阻值 标称阻值通常是指电阻器上标注的电阻值。电阻值的基本单位是欧姆（简称欧），用“ Ω ”表示。在实际应用中，还常用千欧（ $k\Omega$ ）和兆欧（ $M\Omega$ ）来表示。兆欧（ $M\Omega$ ）、千欧（ $k\Omega$ ）、欧姆（ Ω ）之间的换算关系是：

$$1M\Omega = 10^3k\Omega = 10^6\Omega$$

$$1k\Omega = 10^3\Omega$$

表 1-1 固定电阻器型号命名组成部分的含义

主 称		材 料		分 类		序 号
符 号	意 义	符 号	意 义	符 号	意 义	
R R、RP	电阻器 电位器	T	碳膜	1	普通	用个位数或 无数字表示
		P	硼碳膜	2	普通或阻燃	
		U	硅碳膜	3	超高频	
		H	合成膜	4	高阻	
		I	玻璃釉膜	5	高温	
		J	金属膜	7	精密	
		Y	氧化膜	8	高压电位器；特殊电阻	
		S	有机实心	9	特殊	
		N	无机实心	G	高功率	
		X	线绕	T	可调	
		C	沉积膜	X	小型	
		G	光敏	L	测量用	
				W	微调	
				D	多圈	

电阻标称阻值有 E24 系列和 E12 系列，其中 E24 系列分别有 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 乘以 10^1 、 10^2 、 10^3 …所得数值；E12 系列分别有 1.0、1.2、1.5、1.8、2.2、2.7、3.3、3.9、4.7、5.6、6.8、8.2 乘以 10^1 、 10^2 、 10^3 …所得数值。

2. 额定功率 额定功率是指电阻器在交流或直流电路中，在一定条件下（如规定的温度下）长期工作时所能承受的最大功率。

电阻器的额定功率值也有标称值，一般分为 1/8W、1/4W、1/2W、1W、2W、3W、4W、5W、10W 等，其中 1/8W 和 1/4W 的电阻器较为常用。

电路图中电阻器的额定功率标注方法不同，有的是直接在电路图中标出该电阻器的功率数值（如 2W 或 10W），有的则用图 1-2 中的电路图形符号来表示（此注法 GB/T 4728.4—1999 中已取消）。

3. 允许误差 一只电阻器的实际阻值不可能与标称阻值绝对相等，两者之间会存在一定的误差，我们将该误差允许范围称为电阻器的允许误差。

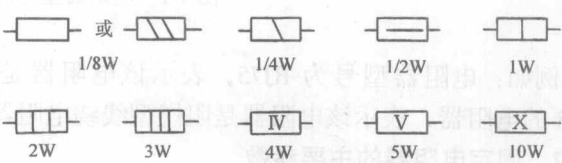


图 1-2 不同功率电阻器的图形符号

通常，普通电阻器的允许误差为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ ，如 E24 系列电阻器阻值允许误差为 $\pm 5\%$ ，E12 系列电阻器阻值允许误差为 $\pm 10\%$ ；而高精度电阻器的允许误差则为 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.5\%$ 。可见，允许误差小的电阻器，其阻值精度就越高，稳定性越好，但其生产成本相对较高，价格也贵。

1.1.3 固定电阻器的标识

固定电阻器的标识方法有直标法、文字符号法和色标法。

1. 直标法 采用直标法的电阻器，其电阻值用阿拉伯数字、允许误差（用百分数表示）和单位符号直接标注在电阻器的表面上。额定功率较大的电阻器，额定功率也直接标注在电阻器上。

直标法电阻值的单位有欧姆（Ω）、千欧（kΩ）和兆欧（MΩ）。例如， $(1.5 \pm 5\%) \text{ k}\Omega$ ，5W $(6.8 \pm 10\%) \Omega$ 等。

2. 文字符号法 采用文字符号法标注参数的电阻器，其电阻值和允许误差用数字与符号有规律的组合在一起表示。通常，文字符号（如 R、K、M）前面的数字表示整数电阻值，文字符号后面的数字表示小数点后面的小数阻值。后面的文字符号（如 B、C、D、F、G、J、K、M、N）表示该电阻的允许误差。

允许误差用符号表示时，其中 B 为 $\pm 0.1\%$ ，C 为 $\pm 0.25\%$ ，D 为 $\pm 0.5\%$ ，F 为 $\pm 1\%$ ，G 为 $\pm 2\%$ ，J 为 $\pm 5\%$ ，K 为 $\pm 10\%$ ，M 为 $\pm 20\%$ ，N 为 $\pm 30\%$ 。例如，3R3K 表示电阻器的电阻值为 3.3Ω ，允许误差为 $\pm 10\%$ ；4K7J 表示电阻器的电阻值为 $4.7\text{k}\Omega$ ，允许误差为 $\pm 5\%$ 。

3. 色标法 色标法是用标在电阻器上不同颜色的色环来表示该电阻的电阻值和允许误差的。

(1) 普通精度电阻器的色标识别：普通精度电阻器一般用 4 条色环来表示其参数，其中三条表示电阻值，一条表示误差范围。

第一色环（最靠近电阻端部的色环）表示第一位数字，第二色环表示第二位数字，第三色环表示倍乘（即在前面两位数字后面加 0 的个数），第四色环表示误差范围。

普通精度电阻器色环颜色与数值对照见表 1-2。

表 1-2 普通精度电阻器色环颜色与数值对照表

色环颜色	第一色环	第二色环	第三色环	第四色环
	电阻值第一位有效数字	电阻值第二位有效数字	电阻值有效数后 0 的个数（倍乘）	电阻值精度（%）
黑	—	0	$10^0 = 1 \times 1\Omega$	± 1
棕	1	1	$10^1 = 10 \times 10\Omega$	± 2
红	2	2	$10^2 = 100 \times 100\Omega$	± 3
橙	3	3	$10^3 = 1000 \times 1\text{k}\Omega$	± 4
黄	4	4	$10^4 = 10000 \times 10\text{k}\Omega$	—
绿	5	5	$10^5 = 100000 \times 100\text{k}\Omega$	± 0.5
蓝	6	6	$10^6 = 1000000 \times 1\text{M}\Omega$	± 0.2
紫	7	7	$10^7 = 10000000 \times 10\text{M}\Omega$	± 0.1
灰	8	8	$10^8 = 100000000 \times 100\text{M}\Omega$	—
白	9	9	$10^9 = 1000000000 \times 1000\text{M}\Omega$	—
金	—	—	$10^{-1} = 0.1 \times 0.1\Omega$	± 5
银	—	—	$10^{-2} = 0.01 \times 0.01\Omega$	± 10
无色	—	—	— —	± 20

图 1-3 是普通精度电阻器的色环表示法。

(2) 精密电阻器的色标识别：精密电阻器一般用 5 条色环来表示其参数，其中四条表示电阻值，一条表示误差范围。

第一色环（最靠近电阻端部的色环）表示第一位数字，第二色环表示第二位数字，第三色环表示第三位数字，第四色环表示倍乘，第五色环表示误差范围。

精密电阻器色环颜色与数值对照见表 1-3。

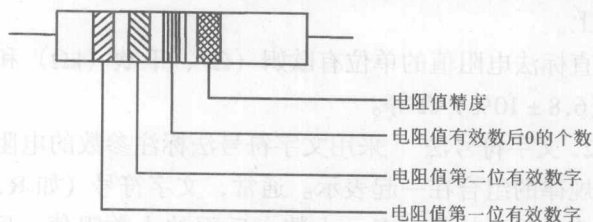


图 1-3 普通精度电阻器的色环表示法

表 1-3 精密电阻器色环颜色与数值对照表

色环颜色	第一色环 电阻值第一位有效数字	第二色环 电阻值第二位有效数字	第三色环 电阻值第三位有效数字	第四色环 电阻值有效数后 0 的个数 (倍乘)	第五色环 电阻值精度 (%)
黑	0	0	0	$10^0 \times 1\Omega$	—
棕	1	1	1	$10^1 \times 10\Omega$	± 1
红	2	2	2	$10^2 \times 100\Omega$	± 2
橙	3	3	3	$10^3 \times 1k\Omega$	—
黄	4	4	4	$10^4 \times 10k\Omega$	—
绿	5	5	5	$10^5 \times 100k\Omega$	± 0.5
蓝	6	6	6	$10^6 \times 1M\Omega$	± 0.25
紫	7	7	7	$10^7 \times 10M\Omega$	± 0.1
灰	8	8	8	$10^8 \times 100M\Omega$	—
白	9	9	9	— —	—
金	—	—	—	$10^{-1} \times 0.1\Omega$	—
银	—	—	—	$10^{-2} \times 0.01\Omega$	—

图 1-4 是精密电阻器的色环表示法。

1.1.4 常用的固定电阻器

1. 碳膜电阻器 碳膜电阻器是采用碳膜作为导电层，属于膜式电阻器的一种。它是将通过真空高温热分解出的结晶碳沉积在柱形或管形陶瓷骨架上制成的。改变碳膜的厚度和使用刻槽的方法，可以变更碳膜的长度，得到不同的阻值。碳膜电阻器的外形如图 1-5 所示。

碳膜电阻器可分为普通碳膜电阻器、测量型碳膜电阻器、高

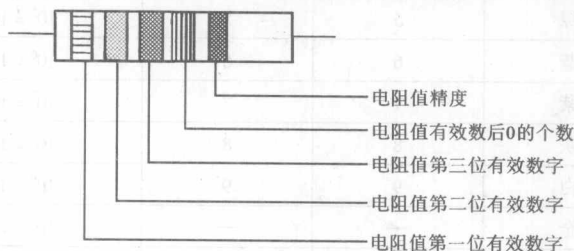


图 1-4 精密电阻器的色环表示法

频碳膜电阻器、精密碳膜电阻器和硅碳膜电阻器等多种。

2. 金属膜电阻器 金属膜电阻器是采用金属膜作为导电层, 也属于膜式电阻器的一种。它是用高真空加热蒸发(或高温分解、化学沉积、烧渗等)技术, 将合金材料(有高阻、中阻、低阻三种)蒸镀在陶瓷骨架上制成的。通过刻槽或改变金属膜厚度, 可以控制电阻值的大小。金属膜电阻器的外形如图 1-6 所示。

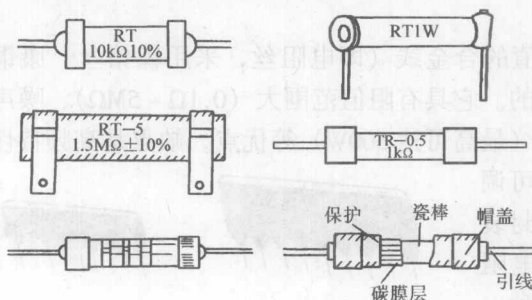


图 1-5 碳膜电阻器的外形

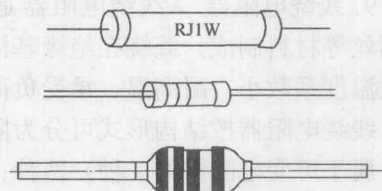


图 1-6 金属膜电阻器的外形

金属膜电阻器可分为普通金属膜电阻器、半精密金属膜电阻器、低阻半精密金属膜电阻器、高精密金属膜电阻器、高阻金属膜电阻器、高压金属膜电阻器、超高频金属膜电阻器和无引线精密金属膜电阻器等多种。

3. 氧化膜电阻器 氧化膜电阻器是用铈和锡等金属盐溶液喷雾到炽热(约 550°C)的陶瓷骨架表面上沉积后制成的。它与金属膜电阻器相比, 具有阻燃、导电膜层均匀、膜与骨架基体结合牢固、抗氧化能力强等优点, 其缺点是阻值范围小(通常在 200kΩ 以下)。

4. 合成膜电阻器 合成膜电阻器是将炭黑、石墨、填充料与有机粘合剂配成悬浮液, 将其涂覆于绝缘骨架上, 再加热聚合制成的。

合成膜电阻器一般分为高阻合成膜电阻器、高压合成膜电阻器和真空兆欧合成膜电阻器。

5. 化学沉积膜电阻器 化学沉积膜电阻器是用单纯的化学反应在绝缘基体(需经活化处理)上沉积一层电阻膜而制成的, 它主要用来弥补金属膜电阻器的低阻值部分。其优点是可以沉积在任何形状的基体上, 缺点是薄膜易受潮和电解腐蚀, 需外加保护层。

6. 有机实心电阻器 有机实心电阻器是由颗粒状导电物(炭黑、石墨等)、填充物(云母粉、石英粉、玻璃粉、二氧化钛等)和有机粘合剂(如酚醛树脂等)等材料混合并热压成形后, 再装入塑料外壳内制成的, 其外形见图 1-7 所示。

有机实心电阻器具有较强的过负荷能力, 但其固有噪声较高, 稳定性较差, 分布电感和分布电容也较大, 只可作为普通电阻器使用, 而不能用于要求较高的电路中。

7. 无机实心电阻器 无机实心电阻器是由导电物质(炭黑、石墨等)、填充料与无机粘合剂(如玻璃釉等)混合压制成形后高温烧结而成的。其优点是电阻温度系数较小, 稳定性好, 缺点是阻值范围较小。

8. 金属玻璃釉电阻器 金属玻璃釉电阻器是由金属

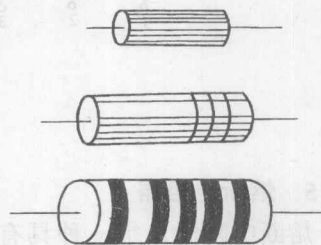


图 1-7 有机实心电阻器外形

氧化物（如钨、银、钼、铈、锡、铟等）和玻璃釉粘合剂混合后涂覆在陶瓷骨架上，再经高温烧结而成的。

金属玻璃釉电阻器具有耐高温、耐潮湿、性能稳定、噪声小、阻值范围大（ $4.7\Omega \sim 200M\Omega$ ）等特点，应用范围较广。

常见的金属玻璃釉电阻器有小型玻璃釉电阻器、高压玻璃釉电阻器及高阻高压玻璃釉电阻器。

9. 线绕电阻器 线绕电阻器是用高阻值的合金线（即电阻丝，采用镍铬丝、康铜丝、锰铜丝等材料制成）缠绕在绝缘基棒上制成的。它具有阻值范围大（ $0.1\Omega \sim 5M\Omega$ ）、噪声小、电阻温度系数小、耐高温、承受负荷功率大（最高可达 $500W$ ）等优点，缺点是高频特性差。

线绕电阻器按结构形式可分为固定式和可调式（属于可变电阻器的一种）两种；按表面封装形式又可分为被釉线绕电阻器、涂漆线绕电阻器、水泥线绕电阻器、瓷壳线绕电阻器等多种。

10. 排电阻器 排电阻器（简称排阻）是一种将按一定规律排列的分立电阻器集成在一起的组合型电阻器，也称集成电阻器或电阻器网络。

排电阻器有单列式（SIP）和双列直插式（DIP）两种外形结构，内部电阻器的排列又有多种形式。图 1-8、图 1-9 所示分别是排电阻器的外形及内部结构。

排电阻器具有体积小、安装方便等优点，广泛应用于各种电子电路中，与大规模集成电路（如 CPU 等）配合使用。

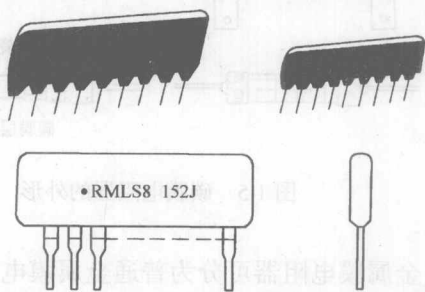


图 1-8 排电阻器外形

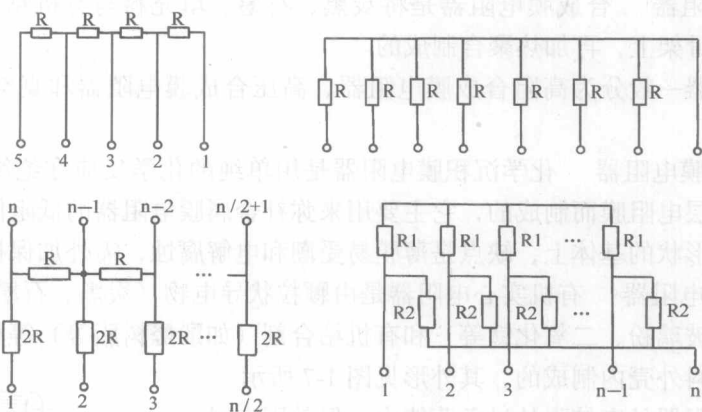


图 1-9 排电阻器内部电路

1.1.5 熔断电阻器

熔断电阻器，是一种具有电阻器和熔断器双重作用的特殊元件。它在电路中用字母“RF”或“R”表示，图 1-10 是其电路图形符号。

熔断电阻器分为可恢复式熔断电阻器和一次性熔断电阻器两种。

1. 可恢复式熔断电阻器 可恢复式熔断电阻器是将普通电阻器（或电阻丝）用低熔点焊料与弹簧式金属丝（或弹性金属片）串联焊接在一起后，再密封在一个圆柱形或方形的外壳中，外壳有金属和透明塑料等几种。

在额定电流内，可恢复式熔断电阻器起固定电阻器作用。当电路出现过电流时，可恢复式熔断电阻器的焊点首先熔化，使弹簧状金属丝（或弹性金属片）与电阻器断开。在排除电路故障后，按要求将电阻器与金属丝（或金属片）焊好，即可恢复正常作用。

常用的可恢复式熔断电阻器有 TH 系列和 R×90 系列等。

2. 一次性熔断电阻器 一次性熔断电阻器又称不可恢复式熔断电阻器，它在电路正常工作时起固定电阻器作用。当其工作电流超过额定电流时，熔断电阻器将会像熔断器一样熔断，对电路进行保护，一次性熔断电阻器熔断后，无法进行修复，只能更换新的熔断电阻器。

一次性熔断电阻器按电阻体使用材料可分为线绕式熔断电阻器和膜式熔断电阻器。

(1) 线绕式熔断电阻器：线绕式熔断电阻器属于功率型涂釉电阻器，其阻值较小，通常用于工作电流较大的电路中。

在制作过程中，将功率型涂釉电阻器的一部分用细线绕制或裸露（不涂釉质保护层），在被保护电路出现过电流故障时，电阻器的细线绕制部分或裸露部分（不涂釉部分）将会因过热而烧断，对电路进行保护。

(2) 膜式熔断电阻器：膜式熔断电阻器是目前使用最多的熔断电阻器，它又分为碳膜熔断电阻器、金属膜熔断电阻器和金属氧化膜熔断电阻器等多种。

膜式熔断电阻器在制作时，通常是膜层局部的螺纹间距缩短或在膜层表面涂覆低熔点的玻璃浆料（玻璃粉与金属氧化物等的混合物），当通过熔断电阻器的工作电流过大时，电阻器的导电膜层将迅速熔断。

膜式熔断电阻器的外壳有陶瓷、有机硅树脂、阻燃漆等材料，封装外形有长方形、圆柱形、腰鼓形等多种形式。

常用的国产金属膜熔断电阻器有 RJ90—A、RJ90—B 系列和 RF10、RF11 系列。

RJ90—A 系列有 0.5W、1~3W 四种规格。阻值范围在 0.22~5.1Ω，均采用腰鼓形封装外形，属于涂覆型（电阻膜外涂覆阻燃漆）熔断电阻器。

RJ90—B 系列为陶瓷封装型熔断电阻器，也分 0.5W、1~3W 四种规格，其中 0.5W 熔断电阻器封装外形为圆柱形，1~3W 熔断电阻器封装外形为长方形。图 1-11 是 RJ90 系列金属膜熔断电阻器的外形。

RF10 系列熔断电阻器为涂覆型色环金属膜熔断电阻器，有 0.25W、0.5W、1W 和 2W 四种规格，阻值为 0.33Ω~10kΩ。

RF11 系列熔断电阻器为陶瓷外壳金属膜熔断电阻器，有 0.5W、1~3W 四种规格，阻值范围与 RF10 系列相同，其封装外形有圆柱形和长方形两种形式。图 1-12 是 RF 系列金属膜熔断电阻器的外形。

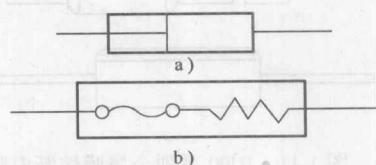


图 1-10 熔断电阻器的电路图形符号

a) 标准电路图形符号 b) 进口电子产品中常用的电路符号

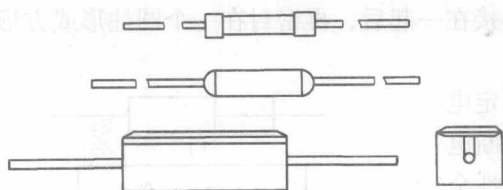


图 1-11 RJ90 系列金属膜熔断电阻器外形

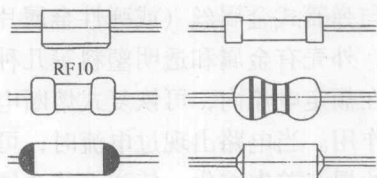


图 1-12 RF 系列金属膜熔断电阻器外形

1.1.6 电阻器的检测和选用

1. 电阻器的检测 检测固定电阻器和熔断电阻器，主要是测量电阻器的实际电阻值。测量时，可将万用表置于电阻档的适当量程（为了使测量准确，欧姆刻度应尽可能使用万用表刻度盘的中间一段），两表笔分别接在电阻器的两个引脚上，然后读出电阻值。

若测出的电阻值与标称电阻值不符，则说明该电阻器的误差较大或已变值。若测得电阻器的电阻值为无穷大，则说明该电阻器已开路损坏。

2. 电阻器的选用

(1) 固定电阻器的选用：固定电阻器有多种类型，选择哪一种材料和结构的电阻器，应根据应用电路的具体要求而定。

高频电路应选用分布电感和分布电容小的非线绕电阻器，例如碳膜电阻器、金属膜电阻器和氧化膜电阻器等。

高增益小信号放大电路应选用低噪声电阻器，例如金属膜电阻器、碳膜电阻器和线绕电阻器，而不能使用噪声较大的合成膜电阻器和有机实心电阻器。

线绕电阻器的功率较大，电流噪声小，耐高温，但体积较大。普通线绕电阻器常用于低频电路或电源电路中作限流电阻器、分压电阻器、泄放电阻器或大功率管的偏压电阻器；精度较高的线绕电阻器多用于固定衰减器、电阻箱、计算机及各种精密电子仪器中。

所选电阻器的电阻值应接近应用电路中计算值的一个标称值，应优先选用标准系列的电阻器。一般电路使用的电阻器允许误差为 $\pm 5\% \sim \pm 10\%$ 。精密仪器及特殊电路中使用的电阻器，应选用精密电阻器。

所选电阻器的额定功率，要符合应用电路中对电阻器功率容量的要求，一般不应随意加大或减小电阻器的功率。若电路要求是功率型电阻器，则其额定功率可高于实际应用电路要求功率的 1~2 倍。

(2) 熔断电阻器的选用：熔断电阻器是具有保护功能的电阻器。选用时应考虑其双重性能，根据电路的具体要求选择其阻值和功率等参数。既要保证它在过负荷时能快速熔断，又要保证它在正常条件下能长期稳定的工作。电阻值过大或功率过大，均不能起到保护作用。

1.2 敏感电阻器

随着控制技术与家用电器的日益发展，敏感电阻器得到了越来越广泛的应用。由于它在电路中起感测作用，因此，实际上也属于传感器的范畴。敏感电阻器的种类很多，本节将对几种常用的敏感型电阻进行介绍。

1.2.1 热敏电阻器

热敏电阻器是一种对温度反应较敏感、阻值会随着温度的变化而变化的非线性电阻器，通常由单晶、多晶等对温度敏感的半导体材料制成。

热敏电阻器在电路中用文字符号“RT”或“R”表示，其电路图形符号如图 1-13 所示。

1. 热敏电阻器的种类 热敏电阻器根据其结构、形状、灵敏度、受热方式及温变特性的不同可以分为多种类型。

(1) 按结构及形状分：热敏电阻器按其结构及形状可分为圆片形（片状）热敏电阻器、圆柱形（柱形）热敏电阻器、圆圈形（垫圈状）热敏电阻器等多种，如图 1-14 所示。

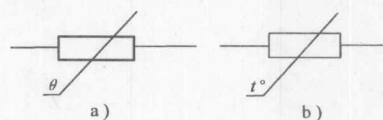


图 1-13 热敏电阻器的
电路图形符号

a) 新图形符号 b) 旧图形符号

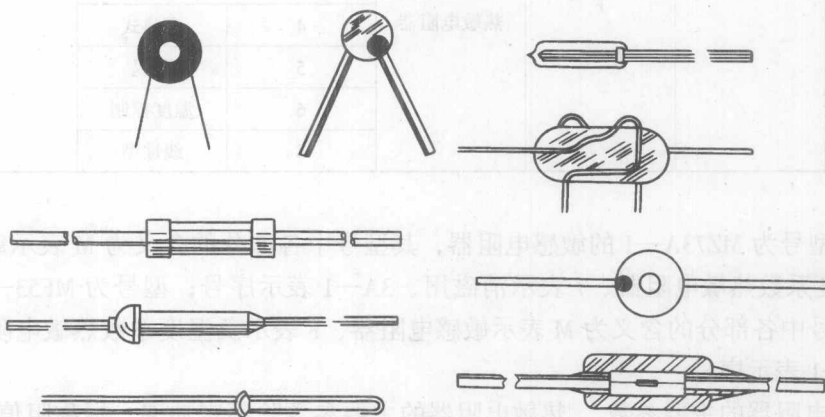


图 1-14 热敏电阻器的外形

(2) 按对温度变化的灵敏度分：热敏电阻器按其温度变化的灵敏度可分为高灵敏度型（突变型）热敏电阻器和低灵敏度型（缓变型）热敏电阻器。

(3) 按受热方式分：热敏电阻器按其受热方式可分为直热式热敏电阻器和旁热式电阻器。

(4) 按温变特性分：热敏电阻器按其温变（温度变化）特性可分为正温度系数（PTC）热敏电阻器和负温度系数（NTC）热敏电阻器。

2. 热敏电阻器的型号命名方法 热敏电阻器的型号命名分为四部分：

第一部分用字母“M”表示主称为敏感电阻器。

第二部分用字母表示敏感电阻器的类别，“Z”表示正温度系数热敏电阻器，“F”表示负温度系数热敏电阻器。

第三部分用数字 0~9 表示热敏电阻器的用途或特征。

第四部分用数字或字母、数字的混合表示序号，代表某种规格、性能。

热敏电阻器型号中各部分的含义见表 1-4。

表 1-4 热敏电阻器型号中各部分的含义

主 称		类 别		用途或特征		序 号
字母	含义	字母	含义	数字	含义	
M	敏感电阻器	Z	正温度系数热敏电阻器	1	普通型	一般用数字或字母、数字的混合表示序号。代表着某种规格、性能等
				5	测温	
				6	温度控制	
				7	消磁	
				9	恒温	
		F	负温度系数热敏电阻器	0	特殊型	
				1	普通型	
				2	稳压	
				3	微波测量	
				4	旁热式	
				5	测温	
				6	温度控制	
				8	线性型	

例如：型号为 MZ73A—1 的敏感电阻器，其型号中各部分的含义为 M 表示敏感电阻器、Z 表示正温度系数热敏电阻器、7 表示消磁用、3A—1 表示序号；型号为 MF53—1 的敏感电阻器，其型号中各部分的含义为 M 表示敏感电阻器、F 表示负温度系数热敏电阻器、5 表示测温用、3—1 表示序号。

3. 热敏电阻器的主要参数 热敏电阻器的主要参数除额定功率、标称阻值和允许误差等基本指标外，还有测量功率、材料常数、电阻温度系数、热时间常数、耗散系数、最高工作温度、开关温度、标称电压、工作电流、稳压范围、最大电压、绝缘电阻等。

(1) 测量功率：测量功率是指在规定的环境温度下，电阻体受测量电源加热而引起阻值变化不超过 0.1%时所消耗的功率。

(2) 材料常数：材料常数是反应热敏电阻器热灵敏度的指标。通常该值越大，热敏电阻器的灵敏度和电阻率越高。

(3) 电阻温度系数：电阻温度系数表示热敏电阻器在零功率条件下，其温度每变化 1℃所引起电阻值的相对变化量。

(4) 热时间常数：热时间常数是热敏电阻器的热惰性，即在不功率状态下，当环境温度突变时，电阻体温度由初值变化到最终温度之差的 63.2%所需的时间。

(5) 耗散系数：耗散系数是指热敏电阻器温度每增加 1℃所耗散的功率。

(6) 开关温度：开关温度是指热敏电阻器的零功率电阻值为最低电阻值两倍时所对应的温度。

(7) 最高工作温度：最高工作温度是指热敏电阻器在规定的标准条件下，长期连续工作时所允许承受的最高温度。

(8) 标称电压：标称电压是指稳压用热敏电阻器在规定温度下，与标称工作电流所对应

的电压值。

(9) 工作电流：工作电流是指稳压用热敏电阻器在正常工作状态下的规定电流值。

(10) 稳压范围：稳压范围是指稳压用热敏电阻器在规定环境温度范围内稳定电压的范围值。

(11) 最大电压：最大电压是指在规定环境温度下，热敏电阻器正常工作所允许连续施加的最高电压值。

(12) 绝缘电阻：绝缘电阻是指在规定环境条件下，热敏电阻器的电阻体与绝缘外壳之间的电阻值。

4. 正温度系数热敏电阻器 正温度系数热敏电阻器也称 PTC 型热敏电阻器，属于直热式热敏电阻器。

(1) 正温度系数热敏电阻器的结构与特性：正温度系数热敏电阻器是以钛酸钡 (BaTiO_3) 为主要原料，再掺入锶 (Sr)、锆 (Zr) 等稀土元素后制成的。其主要特性是在工作温度范围内具有正的电阻温度系数，即电阻值与温度变化成正比例关系，温度升高时，电阻值随之增大。

(2) 正温度系数热敏电阻器的作用与应用：正温度系数热敏电阻器在常温下，其电阻值较小，仅有几欧姆至几十欧姆，当流经它的电流超过额定值时，其电阻值能在几秒钟内迅速增大至数百欧姆至数千欧姆以上。

正温度系数热敏电阻器广泛应用于彩色电视机消磁电路、电冰箱压缩机起动电路及过热保护、过电流保护等电路中，还可在电驱蚊器和卷发器等小家电中当作电加热元件使用。图 1-15 为正温度系数热敏电阻器在彩色电视机中的应用电路。

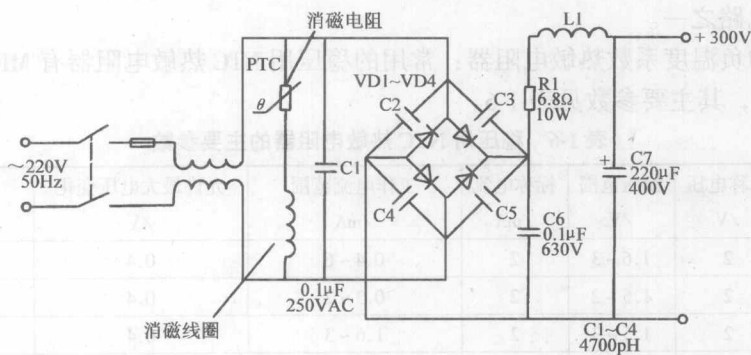


图 1-15 PTC 电阻器在彩色电视机中的应用电路

(3) 常用的正温度系数热敏电阻器：常用的限流用小功率 PTC 型热敏电阻器有 MZ2 系列和 MZ21 系列，其主要参数见表 1-5。

常用的彩色电视机消磁用 PTC 型热敏电阻器有 MZ71 ~ MZ75 系列，其主要参数可参阅有关资料。

5. 负温度系数热敏电阻器 负温度系数热敏电阻器也称 NTC 热敏电阻器，是应用较多的温度敏感型电阻器。