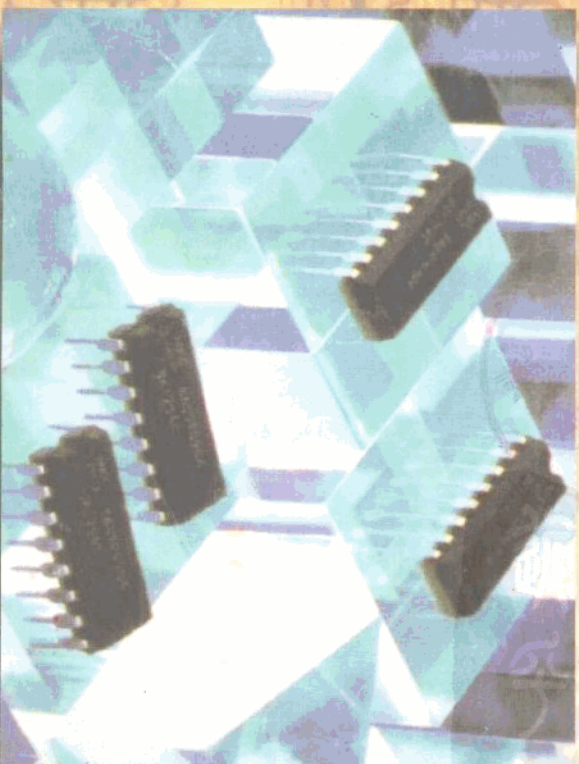


怎样选用无线电元器件

宁明栋 高保存 龙水清 主编



如何看电路图系列丛书

山西科学技术出版社

内 容 提 要

本书从业余无线电爱好者的需要出发,介绍了常用无线电元件的型号命名方法、主要参数、作用和类别及其选用方法。前五章分别介绍了电阻器、电容器、电感元件、电声器件、磁头、显示器件及显像管等元件;第六章介绍了二极管、三极管以及常用音响、电视机集成电路等半导体器件。书中还搜集了部分国家标准资料供读者在维修工作中选用。

本书力求为广大电子爱好者及家电维修、维修人员选用无线电元件提供极大的方便,本书也可供工厂技术人员及职业技术学校师生参考。

目 录

第一章 电阻器

第一节 电阻器的型号命名方法	(1)
第二节 电阻器的主要参数	(3)
第三节 电阻器的作用和类别	(8)
第四节 电阻器的选用	(15)
第五节 电位器的结构特点和选用常识	(18)

第二章 电容器

第一节 电容器的型号命名方法	(25)
第二节 电容器的主要参数	(26)
第三节 电容器的作用和类别	(29)
第四节 电容器的选用	(40)

第三章 电感元件

第一节 线圈	(42)
第二节 变压器	(50)
第三节 滤波器	(63)
第四节 延迟线	(67)

第四章 电声器件、磁头

第一节 扬声器	(69)
第二节 传声器	(76)
第三节 拾音器	(81)
第四节 磁头	(82)

第五章 显示器件及显像管

第一节 发光二极管	(88)
第二节 液晶显示器	(90)
第三节 荧光数码管与辉光数码管	(92)
第四节 显像管	(93)

第六章 半导体器件

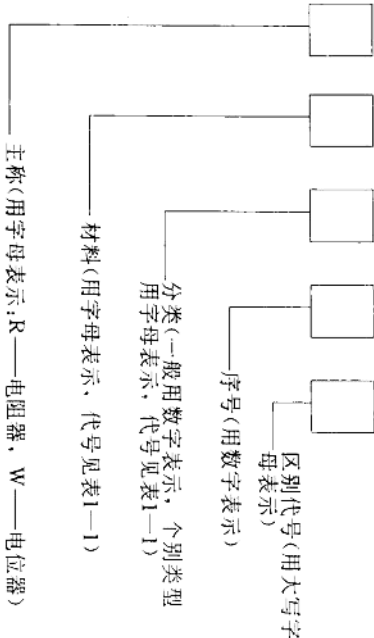
第一节 半导体器件的型号命名方法	(103)
第二节 半导体二极管	(106)
第三节 半导体三极管	(119)
第四节 半导体集成电路	(139)

第一章 电阻器

电阻器是人们利用高电阻率的材料,制造成具有一定阻值、一定形状、一定技术性能的在电路中起电阻作用的元件。它广泛地应用于工业、农业、国防建设以及家用电器等各种电子设备中,是组成电路最基本的元件之一。学习无线电技术必须要掌握它,熟练地应用它。本章将介绍电阻器的型号命名方法、主要参数、作用、类别以及电阻器的选用常识。

第一节 电阻器的型号命名方法

根据 GB2470—81 的规定,电阻器的型号由下列几部分组成:



各部分组成的意义可参见表 1—1。第四部分用数字表示序号,以区分外形尺寸和性能指标。

表 1—1 电阻器的材料、分类代号及其意义

材 料		分 类					
代号	意 义	数字代号	意 义		字母代号	意 义	
			电阻器	电位器		电阻器	电位器
T	碳 膜	1	普 通	普 通	G	高功率	—
H	合成膜	2	普 通	普 通	T	可 调	—
S	有机实心	3	超高频	—	W	—	微漏
N	无机实心	4	高 阻	—	D	—	多圈
J	金属膜	5	高 温	—			
Y	氧化膜	6	—	—			
C	沉积膜	7	精 密	精 密			
1	玻璃釉膜	8	高 压	特种函数			
X	线 绕	9	特 殊	特 殊			

说明：新产品的分类根据发展情况予以补充。

说明:新产品的分类根据发展情况予以补充。

对材料、特征相同,仅尺寸、性能指标略有差别但基本上不影响互换的产品给同一序号。

对材料、特征相同,仅尺寸、性能指标有所差别已明显影响互换时(但该差别仍并非本质的,而属于今后统一技术标准时应予统一的差别),仍给同一序号,但在序号后用一字母作为区别代

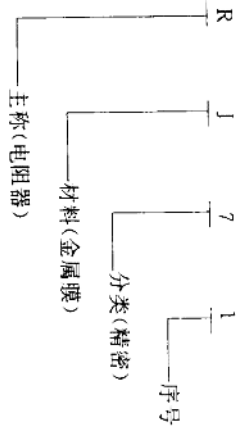
号。此时该字母作为该型号的组成部分。但在统一该产品技术标准时应取消区别代号。

根据部颁标准 ST1155-77 的规定,敏感电阻器型号由主称、材料、分类、序号等部分组成。主称用 M 表示敏感电阻器。材料和分类部分的意义参见表 1-2。需要说明一点,热敏电阻器分类中的“普通”,是指工作温度在 $-55^{\circ}\text{C} \sim +315^{\circ}\text{C}$ 范围内,没有特殊的技术和结构要求者。

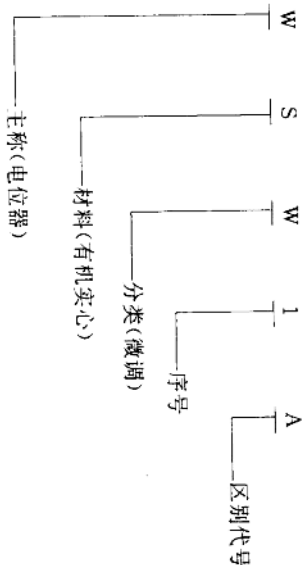
表 1-2 敏感电阻器材料和分类的意义

字母代号	意 义	数字代号	分 类			
			负温度系数	正温度系数	意 义	
F	负温度系数热敏材料	1	普通	普通	光 敏	压 敏
Z	正温度系数热敏材料	2	稳压	稳压	紫外	氧化硅
G	光 敏 材 料	3	微波		紫外	氧化锌
Y	压 敏 材 料	4	旁热		可见	
S	湿 敏 材 料	5	测温	测温	可见	
C	磁 敏 材 料	6	控温		可见	
L	力 敏 材 料	7	测量	消磁	红外	
Q	气 敏 材 料	8	线性		红外	
		9		恒温	红外	

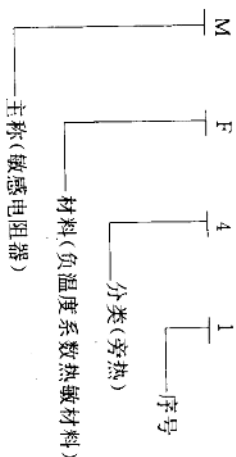
示例一 RJ71 型精密金属膜电阻器



示例二 WSW1A 型微调有机实心电位器



示例三 MF41 旁热式热敏电阻器



第二节 电阻器的主要参数

电阻器的主要参数有：标称阻值和允许偏差、标称功率、最高工作电压、稳定性、噪声电动势、高频特性和温度特性等。要正确地选用、识别电阻器，就应了解它的主要参数。一般只考虑标称阻值、允许偏差和标称功率。但在一些有特殊要求的电路中，应综合考虑相关的其它参数。下面我们介绍几个电阻器的主要参数，供读者在选用时参考。

一、标称阻值和允许偏差

电阻器上面所标的阻值就是电阻器的标称阻值。单位为欧姆(Ω)。阻值的范围很广，可从几欧到几十兆欧，但都必须符合国家规定的标准系列。普通电阻器的标称阻值应为表 1—3 所列数值的 10^n 倍，其中 n 为正整数、负整数或零。

表 1—3 电阻器标称阻值系列

系列	偏 差
E24	1.0; 1.1; 1.2; 1.3; 1.5; 1.6; 1.8; 2.0; 2.2; 2.4; 2.7; 3.0; 3.6; 3.9; 4.3; 4.7; 5.1; 5.6; 6.2; 6.8; 7.5; 8.2; 9.1
E12	1.0; 1.2; 1.5; 1.8; 2.2; 2.7; 3.3; 3.9; 4.7; 5.6; 6.8; 8.2
E6	1.0; 1.5; 2.2; 3.3; 4.7; 6.8

以 E24 系列中的 3.9 为例，电阻器的标称阻值可为 0.39Ω 、 3.9Ω 、 39Ω 、 390Ω 、 $3.9k\Omega$ 、 $39k\Omega$ 、 $390k\Omega$ 、 $3.9M\Omega$ 等。其它各项依此类推。

精密电阻器标称阻值系列，除采用 E24 系列外，还采用了分

得更细的 E48、E96、E192 等系列。

电阻器的允许偏差是指实际阻值对于标称阻值的允许最大偏差范围，它标志着电阻器的精度。偏差越小，精度越高，反之，精度就低。

例如：一只电阻器上标着 $1k\Omega \pm 5\%$ ，实测阻值范围在 $0.95k\Omega \sim 1.05k\Omega$ 均为合格。若标记为 $1k\Omega \pm 20\%$ ，则实测范围为 $0.8k\Omega \sim 1.2k\Omega$ 。在某些特殊情况下，可在偏差范围内精确地选择标准系列中没有的电阻器。

电阻器的标称阻值和允许偏差一般都标在电阻体上，其标志方法可分为以下几种。

1. 直标法

直标法是将电阻器的标称阻值和允许偏差，用阿拉伯数字和文字符号直接标记在电阻体上。电阻值的单位应符合以下规定：

欧姆，用 Ω 表示；

千欧，用 $k\Omega$ 表示；

兆欧，用 $M\Omega$ 表示。

例如，图 1—1 所示的电阻器，电阻值为 $5.1k\Omega$ ，偏差为 $\pm 5\%$ 。

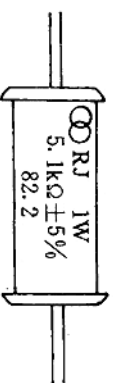


图 1—1 电阻器直标法示意

直标法也有的是把偏差等级标出来，即印有 $5.1k\Omega I$ ，说明为 I 级偏差 $\pm 5\%$ 。若没有印偏差值或偏差等级的，则表示该电阻器的允许偏差为 $\pm 20\%$ 。

2. 文字符号法

文字符号法是将电阻器的标称阻值和允许偏差，用文字、数字符号有规律地组合标志在电阻体上的方法。

电阻器标称值的标志符号应符合以下规定：

欧姆 (Ω)，用 R 表示；

千欧 (kΩ)、用 k 表示；
兆欧 (MΩ)、用 M 表示；
千兆欧 (GΩ)、用 G 表示；
兆兆欧 (TΩ)、用 T 表示。

同时规定,阻值的整数部分写在阻值单位标志符号的前面,阻值的小数部分写在阻值单位标志符号的后面。

例如: 0.33Ω, 标志符号为 R33; 5.1Ω, 标志符号为 5R1; 4.7kΩ, 标志符号为 4k7; 2.2MΩ, 标志符号为 2M2。

电阻器的允许偏差标志符号参见表 1—4。普通电阻器常用的 J、K、M 应熟记其意义。如图 1—2 所示, 5k1 表示标称阻值为 5.1kΩ, J 表示允许偏差为 ±5%。

表 1—4 允许偏差标志符号规定

对称偏差标志符号			不对称偏差标志符号	
允许偏差%	标志符号	允许偏差%	标志符号	允许偏差%
±0.001	E	±0.5	D	+100
±0.002	X	±1	F	-10
±0.005	Y	±2	G	+50
±0.01	H	±5	J	-20
±0.02	U	±10	K	+80
±0.05	W	±20	M	-20
±0.1	B	±30	N	+ 不规定
±0.2	C			-20

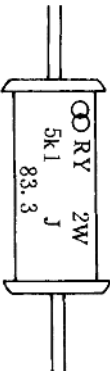


图 1—2 电阻器文字符号法示意

3. 色标法

色标法是指用不同的颜色表示电阻器的不同的标称阻值和允许偏差(其规定见表 1—5),在电阻上用色环标志。这种方法颜色醒目,标志清晰,不易褪色,从电阻器周围各个方向都能看清其标称阻值和偏差,在无线电整机装配调试和检修过程中极为方便。因此,目前国际上的电阻器广泛采用色环标志法。

表 1—5 固定电阻器色标符号规定

颜色	有效数字	乘数	允许偏差%
银色	—	10^{-2}	±10
金色	—	10^{-1}	±5
黑色	0	10^0	—
棕色	1	10^1	±1
红色	2	10^2	±2
橙色	3	10^3	—
黄色	4	10^4	—
绿色	5	10^5	±0.5
蓝色	6	10^6	±0.2
紫色	7	10^7	±0.1
灰色	8	10^8	—
白色	9	10^9	+50 -20
无色	—	—	±20

普通电阻器用四色环标志,精密电阻器用五色环标志。紧靠电阻体一端头的色环为第一位,露着电阻体本色较多的另一端为末位。

图 1—3 所示的是用四色环标志的普通电阻器。前两位为有效

数字，第三位为乘数，第四位为允许偏差。图中，黄色表示第一位数为4，紫色表示第二位数为7，红色表示乘数为 10^2 ，金色表示允许偏差为 $\pm 5\%$ 。这只电阻器的标称阻值为 $47 \times 10^2 = 4.7k\Omega$ 。

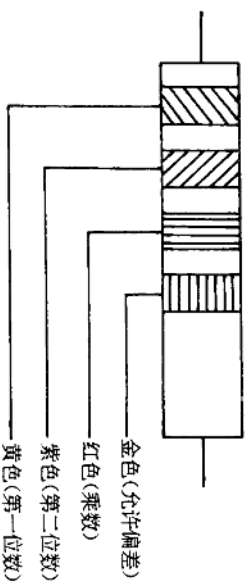


图 1—3 四色环标志的普通电阻器

图 1—4 所示的是用五色环标志的精密电阻器。前三位为有效数字，棕色表示第一位数为1，紫色表示第二位数为7，绿色表示第三位数为5，金色表示乘数为 10^{-1} ，末位棕色表示允许偏差为 $\pm 1\%$ 。该电阻器的标称阻值为 $175 \times 10^{-1} = 17.5\Omega$ 。

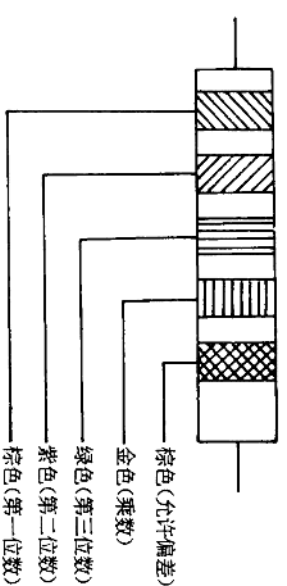


图 1—4 五色环标志的精密电阻器

对初学者来说，一是记不清各种颜色所代表的数，二是觉得计算比较繁杂。为了帮助读者记忆，编成下面一段口诀：

棕红橙黄绿，
一二三四五；
蓝紫灰白黑，
六七八九零；
金 1 银 11 无 111，
允许偏差要记清。

另外，当你比较熟练后还会发现，一看到乘数的颜色即能想到它的阻值范围。以四色环的电阻器为例，对第一位数来读，第三位是棕色为百欧，红色为千欧，橙色为十千欧……

例如：前三位分别是棕绿棕为 150Ω ；黄紫红为 $4.7k\Omega$ ；绿棕橙为 $51k\Omega$ 。读者可多读多练，逐步熟练掌握它。

4. 数码表示法

在产品上用三位数字表示元件的标称阻值的方法称为数码表示法，简称数码法。常见一些进口机心上的微调电阻器用此标志法。数码从左至右，第一、二位为有效数字，第三位为乘数 10^n 的 n （可看作在前两位数后加零的个数）。单位为“ Ω ”。

例如：标志是102，电阻器阻值为 $1k\Omega$ ；标志是473，电阻器阻值为 $47k\Omega$ 。

偏差标志仍采用文字符号法。

二、电阻器的额定功率

电阻器的额定功率系指电阻器在直流或交流电路中，当大气压力为 $86 \sim 106kPa$ ，在产品标准中规定的温度下，长期连续负荷所允许消耗的最大功率。在该功率限度以下，电阻器可以正常工作，其性能不会显著改变，也不会损坏。

电阻器所能承受的功率负荷与环境温度有密切的关系，由图1—5中的负荷曲线可见。

当环境温度低于额定环境温度时，即 $t \leq t_n$ 时，电阻器可满负

荷使用，当环境温度高于额定环境温度时，即当 $t > t_R$ 时，电阻器允许承受的功率按直线下降，应降负荷使用；当环境温度达到最高环境温度，即 $t = t_{max}$ 时，允许承受的功率为零。

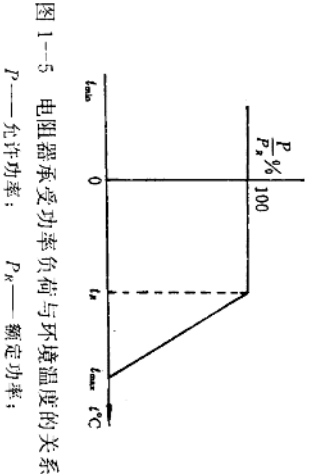


图 1-5 电阻器承受功率负荷与环境温度的关系

t_R ——额定环境温度； t_{min} ——最低环境温度； t_{max} ——最高环境温度
 P_R ——允许功率； P_R ——额定功率；
 不同类型的电阻器，负荷曲线亦不同。正确地选择电阻器的功率范围，应该是长期连续工作该电阻器的温升不超过 t_R 点。否则，将不能保证电阻器稳定可靠地工作。
 电阻器额定功率系列应符合标准，即表 1—6 的规定。

表 1—6 电阻器额定功率系列 (W)

线绕电阻器额定功率系列	非线性电阻器额定功率系列
0.05; 0.125; 0.25; 0.5; 1; 2; 4; 8; 10; 16; 25; 40; 50; 75; 100; 150; 250; 500	0.05; 0.125; 0.25; 0.5; 1; 2; 5; 10; 25; 50; 100

在电路图中，表示电阻器额定功率的图形符号如图 1—6 所示。小于 1/4W 的一般不标功率符号，大于 10W 的用阿拉伯数字加单位表示，如 25W。

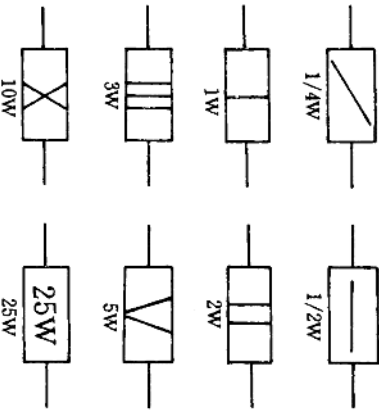


图 1—6 电阻器额定功率的图形符号

三、最高工作电压

电阻器的最高工作电压也称最大工作电压，是指在产品标准规定的条件下，长期连续工作不发生过热或电击损坏问题的最高电压。

前面已经介绍了电阻器的额定功率和标称阻值。从电工学的知识中我们知道，允许加到电阻器两端的电压数值为它的额定电压 U_R 。即

$$U_R = \sqrt{P_R \cdot R_R} \quad (1-1)$$

式中 P_R ——额定功率；

R_R ——标称阻值。

当工作电压高于额定电压值时，电阻器承受功率将超过额定功率，从而导致发热损坏。但仅从发热状态考虑是不够的。例如一只 RS11 实心电阻器，额定功率为 1W，标称阻值为 1MΩ，仅从发热状态考虑，最高可加 1000V 电压，但技术条件规定最高工作电压为 500V。这是由电阻器的材料、结构等因素决定的。若电压

超过了500V,该电阻器会产生极间飞弧,导致阻值变小或发生击穿短路。对于高阻值非线性绕电阻器,要特别注意这一点。

最高工作电压可以根据下式计算:

$$U_{\max} = \sqrt{P_R \cdot R_{Lj}} \quad (1-2)$$

式中 P_R ——额定功率;

R_{Lj} ——临界阻值。

R_{Lj} 是根据电阻器的额定功率以及它的结构、尺寸等因素而确定的。同一种材料制成的电阻器,尺寸不同,结构不同,额定功率不同,其临界阻值也不相同。

由于使用的需要,有时生产的电阻器的标称阻值高于临界阻值 R_{Lj} ,按(1—2)式计算的额定电压会高于最高工作电压 $U_{\max}$ 。在使用时实际工作电压不应超过最高工作电压 $U_{\max}$,以免造成工作失常。

综合上述情况,在使用电阻器时,当阻值 $R < R_{Lj}$ 时,工作电压应低于额定电压。当阻值 $R > R_{Lj}$ 时,电压必须低于最高工作电压,以免产生极间击穿、飞弧现象或烧坏。

四、温度特性

电阻器的温度特性用温度系数来表示,它表示温度每变化1℃时,电阻值的相对变化量。一般电阻器要求温度系数要小,因为这样热稳定性越好。但对于热敏电阻器却是温度灵敏度越高越好。

五、噪声电动势

电阻器的噪声是产生于电阻器中的一种不规则的电压起伏。通常用噪声电动势来表示,单位为 $\mu V/V$ 或分贝(dB)。固定电阻器包括热噪声和电流噪声两部分。可变电阻器除此之外还有滑动噪声。

热噪声是由于导体中自由电子的不规则热运动,使导体任意两点间发生不规则的电压变化。是一种不可抑制的物理现象,在任何类型的电阻器中都存在,不取决于材料和结构,仅与阻值、温度和外加电压的频率有关。

电流噪声是由于导体通过电流时,导电微粒之间以及非导电微粒之间不断发生碰撞而产生机械振动,并使微粒之间的接触电阻不断变化的结果。当直流电压加在电阻器两端的时候,电流将被起伏的电阻所调制,这样电阻两端除了直流电压降外,还会有不规则的交变电压分量,这就是电流噪声。它与外加直流电压成正比,并与电阻器的材料、结构等因素有关。通常金属膜和碳膜电阻器的噪声较小,而合成膜和实心电阻器的噪声就很高。

电阻器的噪声对电路中有用信号是一种干扰。因此在选用电阻器时,一定要注意电路对噪声的要求,合理地选择电阻器。对于接收机的高放级或高增益的前置放大器电路,应该选用噪声电动势低的电阻器,如金属膜电阻器、碳膜电阻器。

六、高频特性

电阻器在交流条件下工作时,随着工作频率的提高,电阻器本身的分布电感和分布电容所起的作用越来越明显,影响越来越大,因此,在高频电路中,应选用分布电感和分布电容小的电阻器,通常线绕电阻器的分布电感要比非线性绕电阻器大得多,高频电路中一般不采用线绕电阻器。

七、稳定性

稳定性是指在指定的时间内,电阻器受到诸如环境条件、电负荷等各种因素作用时,保持其初始阻值的能力。阻值的变化越小,稳定性越好。

以上介绍了电阻器的几个最基本的参数。电阻器的参数还很多,如绝缘电压、绝缘电阻、老化系数,以及耐湿性、耐机械振

动和冲击等，这里就不一一列举了。

第三节 电阻器的作用和类别

在电路中，电阻器用来稳定和调节电流、电压，作分流器和分压器；在电源电路中作去耦电阻、限流保护电阻；与电容器配合作滤波器；并可作消耗电路的负载电阻，等等。电阻器在电路图中的文字符号用 R 或 r 表示。图形符号见图 1—7。

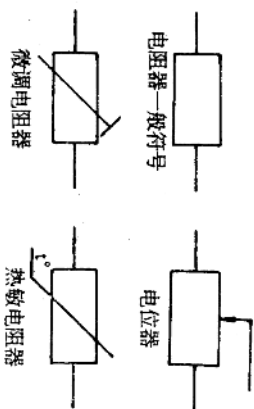


图 1—7 几种常用电阻器的图形符号

电阻器可分为固定式和可变式两大类。固定电阻器在各种电子设备中应用最广泛。主要用于阻值固定不变的电路中，起限流、分流、分压、降压、负载或匹配等作用。现在一些电子设备中所用的电阻排也属于固定电阻器的一种。它是将若干个相同阻值的电阻器一端连接，组合在一起，既保证了各支路的一致性，又缩小了整机体积，简化了装配工艺。

电阻器按其材料结构，可分为膜式的（包括碳膜、金属膜、氧化膜、玻璃釉厚膜等）、金属线绕的、实心的（包括有机实心和无机实心）等几种。由于材料和结构不同，同阻值的电阻器，其技术性能有所不同，所以在有些电子设备的安装和维修过程中，不

能仅考虑阻值和功率，而应将材料结构的因素考虑进去。有关这方面的内容将在选用一节中详细介绍。这里先了解一下常见的几类电阻器的性能特点。

一、膜式电阻器

膜式电阻器是以圆柱形的陶瓷棒或瓷管为基体，通过一定的工艺在其表面覆以导电的电阻膜，两端装上连有引线的罩帽与电阻膜保持良好的接触，电阻体的外层用漆或聚合树脂作为保护层。电阻值的大小与电阻膜的厚度和面积有关。按照电阻膜所用材料的不同，又分为碳膜电阻器、金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器、金属玻璃釉膜电阻器等。

1. 碳膜电阻器

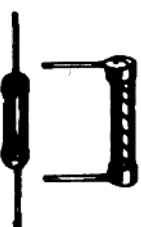


图 1—8 碳膜电阻器

碳膜电阻器通常是采用汽油或庚烷通过真空高温热分解出结晶碳，沉积在棒状或管状的陶瓷骨架上制成的。常见碳膜电阻器的外形如图 1—8 所示。

碳膜电阻器具有较高的性能指标。它的电压稳定性好，电压的改变对阻值影响极小；高频特性好；固有的噪声电动势较小，约在 $10\mu\text{V/V}$ 以下；温度系数小（阻值小于 $100\text{k}\Omega$ 时，温度系数为 $\pm 4 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ 左右；小于 $1\text{M}\Omega$ 时，为 $\pm 5 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ 左右；大于 $1\text{M}\Omega$ 时，为 $\pm 8 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ 左右），可长期工作在 $+70^\circ\text{C}$ 的温度下；阻值范围大，可从几欧到几兆欧；但功率范围不大，一般约为 $\frac{1}{8}\text{W} \sim 2\text{W}$ ，最大可到 10W 。

碳膜电阻器的价格低廉，广泛地用于各类无线电产品中。

碳膜电阻器除制作普通型电阻器外，也可制作成高频电阻器和精密电阻器。

普通型碳膜电阻器的规格及主要特性参数列于表 1—7 中。

表1—7 普通型碳膜电阻器的规格及主要特性

电阻器 品 种	额定 功率 (W)	标称阻值 范 围	最大工作电压 (V)			大气压 力为 —0.06Pa 时的直流 试验电压 (V)
			直流或交流有效值		脉冲	
			4.3kPa ~103kPa	0.6kPa ~4.3kPa	4.3kPa ~100kPa	
RT-0.125	0.125	5.1Ω~1MΩ	100	—	100	—
RT-0.25	0.25	10Ω~5.1MΩ	350	350	750	700
RT-0.5	0.5	10Ω~10MΩ	500	400	1000	800
RT-1	1	27Ω~10MΩ	700	500	1500	900
RT 2	2	27Ω~10MΩ	1000	750	2000	1350
RT-5	5	47Ω~10MΩ	1500	800	5000	1500
RT-10	10	47Ω~10MΩ	2000	1000	10000	1800

2. 金属膜电阻器

金属膜电阻器的制作过程通常是将金属或合金材料在高真空加热使其蒸发，然后沉积到温度较低的电阻基体上形成薄膜；改变材料成分或膜的厚度，就能改变电阻器的电气性能。根据制造工艺不同，外形结构分成密封和非密封的两种。其外形图如图1—9所示。

金属膜电阻器具有优异的电性能。它的工作频率范围宽，可在高频电路中使用；电压稳定性好，耐热性好，额定温度的范围在—55℃~+125℃；噪声电动势微小；阻值范围较宽，可制成高精度的精密电阻器；体积比额定功率相同的碳膜电阻器小。常应用于电性能要求较高的电子设备中，价格也高于碳膜电阻器。但金属膜电阻器由于金属膜结构的不均匀和不完整，脉冲负载能力差，因此在脉冲状态下工作的电阻器，不宜选用金属膜电阻器。

目前生产的金属

膜电阻器品种很多。现列举一些产品，供选用时参考。

表1—8是几种普通型金属膜电阻器的特性参数；表1—9是几种精密型金属膜电阻器的特性参数。

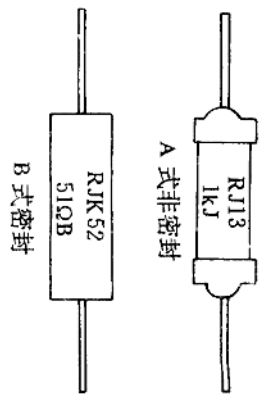


图1—9 金属膜电阻器

表1—8 几种普通型金属膜电阻器的参数

型 号	额定功率 (W)	标称阻值	允许偏差	最大工作电压 (V)		温度系数 (1/℃) × 10 ⁻⁶		结构 形式
				交、 直流	脉 冲	正温	负温	
RJ	0.125	100Ω~510kΩ	J、K	150		±600	±100	A
RJ	0.25	1Ω~1MΩ	J、K	250	500	±600	±1000	A
RJ	0.5	1Ω~5.1MΩ	J、K	350	750	±600	±1000	A
RJ	1	1Ω~10MΩ	J、K	500	1000	±600	±1000	A
RJ	2	3.9Ω~10MΩ	J、K	750	1200	±600	±1000	A
RJ13	0.125	100Ω~510kΩ	J、K	150		±500	±500	A
RJ11	0.25	4.7Ω~2.2MΩ	F、G、J	250		±100	±100	A
RJ15	0.5	4.7Ω~1MΩ	F、G、J	350		±100	±100	A
RJ16	1	10Ω~10MΩ	J、K	500		±500	±500	A
RJ17	2	10Ω~10MΩ	J、K	500		±500	±500	A

表 1—9 几种精密型金属膜电阻器的参数

型 号	额定功率 (W)	标称阻值	允许偏差	最大工作电压 (V)			温度系数 (1/°C) × 10 ⁻⁶	结构 形式
				交、 直流	脉冲	正温	负温	
RJ10	0.25	1kΩ~1MΩ	W, B	250	500	±15	±50	B
RJ73	0.125	511Ω~100kΩ	B, C, D, F	200		±15		A
RJ74	0.25	1kΩ~510kΩ	B, C, D, F	250		±15		A
RJ75	0.5	1kΩ~1MΩ	B, C, D, F	350		±15		A
RJ76	1	1kΩ~1MΩ	B, C, D, F	500		±15		A
RJK52	0.05	10Ω~0.796MΩ	B, C, D, F	200		±25		B
RJK53	0.1	10Ω~2MΩ	B, C, D, F	200		±25		B
RJK54	0.125	1Ω~4.02MΩ	B, C, D, F	300		±25		B
RJK55	0.25	1Ω~8.06MΩ	B, C, D, F	350		±25		B
RJK56	0.5	1Ω~15MΩ	B, C, D, F	500		±25		B

还有一种不燃性金属膜熔断电阻器，广泛应用于彩色电视机等高档电器产品及仪器设备中，它的温度系数小于±250×10⁻⁶/°C，有涂漆和瓷外壳两种结构，阻值范围为0.47Ω~1kΩ，具有充当电阻和保险丝之用的双重功能。图 1—10 是常见熔断电阻器的外形图。



图 1—10 熔断电阻器

表 1—10 所列是几种常用熔断电阻器的特性参数。

表 1—10 几种常用熔断电阻器的特性参数

型 号	额定功率 (W)	熔断时间 (s)	额定功耗达到以下倍率时							
			10PH	12PH	16PH	20PH	25PH	30PH	40PH	
RKD	0.25	470Ω~1kΩ	160	120	60	30	15	10	7	
RKD	0.5	470Ω~1kΩ	160	120	60	30	15	10	7	
RKD	1	470Ω~1kΩ	60	45	30	20	12	7		
RKD	2	470Ω~1kΩ	60	45	30	20	12	7		

另外，金属膜电阻器在制造过程中，通过合金粉成分的调节和成膜工艺的更换，基体的选配，结构上的调整，还可以制成高阻金属膜电阻器、高压金属膜电阻器、高频及超高频金属膜电阻器和各种形状不同的供微波使用的衰减片。

3. 金属氧化膜电阻器

金属氧化膜电阻器的耐热性很好，极限温度可达 200℃~240℃。大功率的金属氧化膜电阻器，加上冷却装置，功率可达数百千瓦。这种电阻器的导电膜和基体结合得很牢固，耐酸碱和抗盐雾的能力很强，但由于材料某些特性所限，阻值范围不能超过几百千欧。

4. 金属玻璃釉电阻器

金属玻璃釉电阻器又称金属陶瓷电阻器或厚膜电阻器。它的电阻体是将金属或金属氧化物粉末与玻璃釉粉按一定比例混合后，用有机粘结剂调制成具有一定粘度的浆料，再采用丝网印刷法印制在基片上，经烧结而成。

金属玻璃釉电阻器具有很好的性能。它的阻值范围宽，温度系数小，噪声小，比功率高（可做的体积较小），耐潮湿，耐高温，负荷稳定性好。

目前使用于电子手表中的小型玻璃釉电阻器，额定功率为

1/8W，阻值范围为4.7Ω~10MΩ，使用环境温度为一55℃~+125℃，额定温度可达85℃，最高工作电压为100V。

二、线绕电阻器

线绕电阻器是用高电阻率的合金线（即电阻丝，常用康铜丝和镍铬丝）绕在陶瓷骨架上制成的。其表面无保护层的，为裸式线绕电阻器；被覆一层玻璃釉的，为被釉线绕电阻器；涂覆一层有机材料漆或清漆的，为涂漆线绕电阻器。表面采用了涂覆措施后，有利于电阻器的机械保护，同时提高了它对环境变化的稳定性。



图 1—11 被釉线绕电阻器

线绕电阻器的优点是耐高温，热稳定性好；温度系数小；电流噪声小；功率范围大，最大可达几百瓦，能承受较大的负载。但阻值范围较小，普通线绕电阻器的阻值范围从十分之几欧到几万欧。精密线绕电阻器阻值范围较宽，可达到5MΩ，允许偏差极小。常用于要求电阻精度高稳定性好的电路中，如万用表、电阻箱、精密测量仪器仪表及电子计算机和无线电定位设备中。

线绕电阻器的缺点是体积大，分布电感和分布电容都比较大，不能用于2MΩ以上的高频电路中。

线绕电阻器的品种很多。这里列举部分产品，供选用时参考。图 1—11 是RX20 型被釉线绕电阻器的外形图，分为固定式和可调式两种。其它线绕电阻器外形有的与B 式密封型金属膜电阻器相似，这里就不一一列举了。几种常用的线绕电阻器的参数见表 1—11。

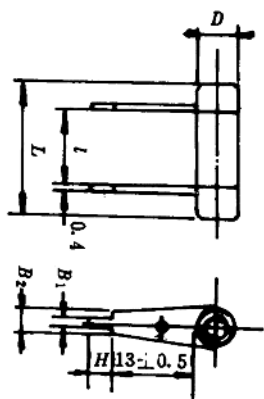
表 1—11 几种常用的线绕电阻器的参数

产 品 名 称	型 号	额定功率 (W)	标称阻值 范 围	允 许 偏 差	环境温度 (℃)
普通线绕电阻器	RX21	1	1Ω~1kΩ	G、J	-55~+125
普通线绕电阻器	RX21	2	0.15Ω~5.1kΩ	G、J	-55~+125
普通线绕电阻器	RX21	4	0.15Ω~10kΩ	G、J	-55~+125
普通线绕电阻器	RX21	8	0.15Ω~33kΩ	G、J	-55~+125
涂漆线绕电阻器	RXX	3	0.1Ω~510Ω	G、J	-55~+250
涂漆线绕电阻器	RXX	6.5	0.1Ω~10kΩ	G、J	-55~+250
涂漆线绕电阻器	RXX	10	0.1Ω~30kΩ	G、J	-55~+250
精密线绕电阻器	RX70	0.25	1Ω~500kΩ	B、C、D、F	-55~+125
精密线绕电阻器	RX70	0.5	1Ω~1MΩ	B、C、D、F	-55~+125
精密线绕电阻器	RX70	0.75	1Ω~2MΩ	B、C、D、F	-55~+125
精密线绕电阻器	RX70	1	1Ω~4MΩ	B、C、D、F	-55~+125
精密线绕电阻器	RX70	2	1Ω~5MΩ	B、C、D、F	-55~+125
耐潮被釉线绕电阻器	RX20	2.5	5.1Ω~430Ω	J、K	-55~+315
耐潮被釉线绕电阻器	RX20	7.5	5.1Ω~3.3kΩ	J、K	-55~+315
耐潮被釉线绕电阻器	RX20	10	5.1Ω~10kΩ	J、K	-55~+315

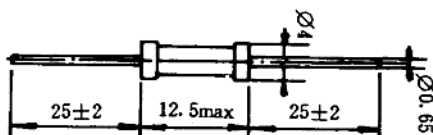
目前彩色电视机等整机电路中广泛采用的大功率的线绕电阻器，有难燃性涂漆线绕电阻器和水泥线绕电阻器。难燃性涂漆线绕电阻器的外形一般为圆柱形，引线形式分为a 式（径向式）和b 式（轴向式），外形及尺寸规格如图 1—12 所示。水泥线绕电阻器的外形为长方体，用陶瓷材料封装，引线形式也分为a 式与b 式两种，外形及尺寸规格如图 1—13 所示。

常见的以上两种大功率线绕电阻器的型号及性能特性参数列于表 1—12 中。它们的额定温度均为70℃，环境温度范围均为一

55℃~+275℃。额定功率达到10W以上的大功率水泥线绕电阻器，一般都带有金属散热器。



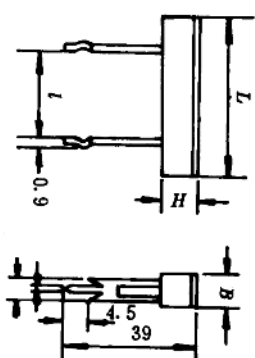
品种	外形尺寸 (mm)					
	D	L	l	H	B ₁	B ₂
RX25-3	5.5±1	30±1.5	12.5±0.5	4±0.5	1±0.1	4.5±1
RX25-6	6.5±1	42±1.5	15±0.5	4.5±0.5	3.1±0.1	5.5±1



a. RX25X 型线绕电阻的外形及尺寸规格 b. RX28 型电阻的外形图
图 1—12 难燃性油漆线绕电阻器

表 1—12 几种大功率线绕电阻器的特性参数

型号	额定功率 (W)	阻值范围 (Ω)	允许偏差 (1/℃) × 10 ⁻⁶	温度系数 (V)	耐压 (MΩ)	绝缘电阻 (MΩ)	外形图
RX25	3.6	1.8~3.9	J、K	≤ ± 260	500	20	图 1—12 a
RX26	10	3.3	K	≤ ± 500	1000	1000	图 1—12 b
RX27	2	2.2~33	J	≤ ± 250	1000	1000	图 1—13 a
RX28	0.5	0.15~1	K	≤ ± 350	500	20	图 1—12 b
RX29	5, 10	6.2, 180	J	≤ ± 250	1000	1000	图 1—13 a



品种	外形尺寸 (mm)			
	L	H	B	l
RX29-5	27±1.5	9.5±0.5	8.5±0.5	15±1.5
RX29-10	48±1.5	9.5±0.5	9.5±0.5	38±1.5

a. RX29 型电阻的外形图 b. RX27 型电阻的外形图
图 1—13 水泥线绕电阻器

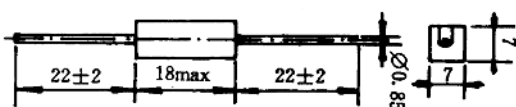
三、实心电阻器

实心电阻器按制作材料的类型，又分为无机实心电阻器和有机实心电阻器。无机实心电阻器能承受高温，但温度系数较大。主要在无线电发射机中用作防止寄生振荡的电阻器和镇流电阻器，以及在强电工程中作为电加热元件。

有机实心电阻器有很高的可靠性和很强的过载能力。但其噪声较高，有较大的分布电容和分布电感，电压和温度稳定性较差。因此，只能用于一般电路中，不宜在要求较高的电路中使用。

四、敏感电阻器

敏感电阻器是根据其特性（主要是电阻率）对于温度、电压、湿度、光通量、气体浓度、磁通和机械力等作用的敏感性而制成的，如热敏、压敏、湿敏、光敏、气敏、磁敏和力敏电阻器等。利用这类元件可以构成能检测相应物理量的探测器，如辐射热探测



器、红外探测器等。是自动检测和自动控制中不可缺少的组成部分，也可作为电路中补偿元件或用于其它用途。

敏感电阻器在电路中的符号是在普通电阻器符号中间加一斜线，表示随外界条件（温度、电压、湿度、光度等）的变化而变化，并用不同字母注明敏感电阻器的类型，如 t° 、 V ……图形符号参见图1—7。

1. 热敏电阻器

热敏电阻器是一种电阻值随温度变化的电子元件。它可以随温度（温度）直接转换为电量。在工作温度范围内，其电阻值随温度升高而增加的电阻器称为

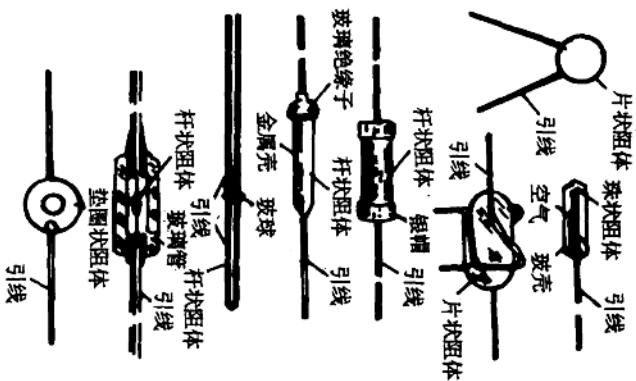


图 1—14 常见的直热式热敏电阻结构外形图

度升高而增加的电阻器称为正温度系数热敏电阻器，简称 PTC 热敏电阻器。反之称为负温度系数热敏电阻器，简称 NTC 热敏电阻器。按阻值随温度变化的大小及变化速度，可分为缓变型和突变型两种；按电阻器受热的形式来分，可分为直热式和旁热式两种；按其形状、结构来分，又可分为棒状、圆片、方片、方体、珠状、线管状、薄膜及厚膜等热敏电阻器。常见直热式热敏电阻器的外形结构如图 1—14 所示。

在收音机、电视机的某些功放电路中，最常采用的是利用负温度系数的热敏电

阻器进行温度补偿。例如收音机的功放输出级，电视机伴音功放或场扫描电路中的一些晶体管的基极或发射极；用一只热敏电阻器与基极偏置电阻或发射极电阻并联，利用负温特性保持工作点的稳定或对晶体管发射结电阻随温度升高而增大时起补偿作用。在实际应用中，利用热敏电阻器负温特性的例子很多，在这里不一一列举。现将部分普通负温度系数热敏电阻器的主要特性列于表 1—13，供选用时参考。

表 1—13 普通负温度系数热敏电阻器的主要特性

型 号	主要用途	额定功率 (W)	标称阻值范围	电阻温度系数范围 $\alpha_{25} (\times 10^{-2}/^{\circ}\text{C})$	标称 B 值范围 (K)	最高工作温度	热时间常数 (s)
MF11	温度补偿	0.25	10 Ω ~100 Ω	—(2.23~2.72)	1982~2420	85 $^{\circ}\text{C}$	≤ 60
MF11	测 温	0.25	110 Ω ~4.7k Ω	—(2.73~3.34)	2430~2970	85 $^{\circ}\text{C}$	≤ 60
MF11	控 温	0.25	5.1k Ω ~15k Ω	—(3.34~4.09)	2970~3630	85 $^{\circ}\text{C}$	≤ 60
MF12-1	温度补偿	1	1 Ω ~430k Ω	—(4.76~5.83)	4230~5170	125 $^{\circ}\text{C}$	≤ 60
MF12-1	测 温	0.5	470k Ω ~1M Ω	—(5.56~6.94)	5040~6160	125 $^{\circ}\text{C}$	≤ 60
MF12-2	测 温	0.5	1 Ω ~100k Ω	—(4.76~5.83)	4230~5170	125 $^{\circ}\text{C}$	≤ 60
MF12-2	控 温	0.25	110k Ω ~1M Ω	—(5.68~6.94)	5040~6160	125 $^{\circ}\text{C}$	≤ 60
MF12-3	温度补偿	0.25	56 Ω ~510 Ω	—(3.96~4.84)	3510~4240	125 $^{\circ}\text{C}$	≤ 60
MF12-3	测 温	0.25	560 Ω ~5600k Ω	—(4.76~5.63)	4230~5170	125 $^{\circ}\text{C}$	≤ 60
MF13	温度控制	0.25	0.82 Ω ~10k Ω	—(2.73~3.34)	2430~2970	125 $^{\circ}\text{C}$	≤ 30
MF13	温度补偿	0.25	11k Ω ~300k Ω	—(3.34~4.09)	2470~3630	125 $^{\circ}\text{C}$	≤ 30
MF14	温度控制	0.5	0.82 Ω ~10k Ω	—(2.73~3.34)	2430~2970	125 $^{\circ}\text{C}$	≤ 60
MF14	温度补偿	0.5	11k Ω ~300k Ω	—(3.34~4.09)	2470~3630	125 $^{\circ}\text{C}$	≤ 60
MF15	温度控制	0.5	100 Ω ~47k Ω	—(3.95~4.84)	3520~4280	155 $^{\circ}\text{C}$	≤ 30
MF15	温度补偿	0.5	51k Ω ~1000k Ω	—(4.70~5.80)	4230~5170	155 $^{\circ}\text{C}$	≤ 30
MF16	温度控制	0.5	10 Ω ~47k Ω	—(3.95~4.84)	3510~4240	125 $^{\circ}\text{C}$	≤ 60
MF16	温度补偿	0.5	51 Ω ~100k Ω	—(4.76~5.83)	4230~5170	125 $^{\circ}\text{C}$	≤ 60

彩色电视机的消磁电路中采用的是正温度系数热敏电阻器。它与消磁线圈串联而成的消磁电路，在接通电源的起始瞬间，由于热敏电阻器阻值较小，流过的电流很大，消磁线圈中便产生很强的交变磁场，其数值常常高达500AT~1000AT，随着时间的推移，大电流通过热敏电阻器，使其温度升高，阻值变大，电流随之减小，消磁线圈内的消磁电流在极短的时间(2s~4s)内迅速下降至最低极限(0.3AT)，从而有效地实现消磁。

常见国产的彩色消磁用的热敏电阻器的参数列于表1-14。

表1-14 几种彩色消磁用热敏电阻的特性参数

型 号	标称阻值 (Ω)	允许偏差	额定电压 (V)	最大电压 (V)	衰减电流
MZ71	18、27、40	M、N	220	270	$I_0 (P-P) \geq 15A$
MZ72	15、22、33	M、N	220	270	$I_1 (P-P) \leq 450mA$
MZ73	27、33	M、N	220	270	$I_{50} (P-P) \leq 10mA$

2. 压敏电阻器

当电阻器外加电压增加到某一临界值时，其阻值急剧减小的电阻器称为压敏电阻器。它是利用半导体材料具有非线性伏-安特性原理制成的，因此也称非线性电阻器。非线性是由外加电压引起的，在工作状态下，随着电压的微小变化阻值急剧地变化。伏-安特性曲线有对称型和非对称型两种，如图1-15(a)所示。图1-15(b)为几种不同压敏电阻器的伏-安特性曲线。

压敏电阻器与其它非线性器件(如稳压二极管、稳压二极管)相比，除具有温度系数小、电压范围宽(几伏~几万伏)、非线性优良、耐冲击性能好、寿命长、体积小和价廉等优点外，还具有对称或非对称的非线性伏-安特性，因此压敏电阻器得到广泛应用。

压敏电阻器可使用在各种交、直流电路中作稳压、调幅、变频、非线性补偿、函数变换和自动控制的元件等。在某些情况下，一只压敏电阻器可以取代许多元件，从而大大地简化了线路，降低了成本，提高了整机的可靠性。例如我国生产的电话自动交换机中，就是利用压敏电阻器消除继电器接点的火花，从而节省了大量的阻容元件。

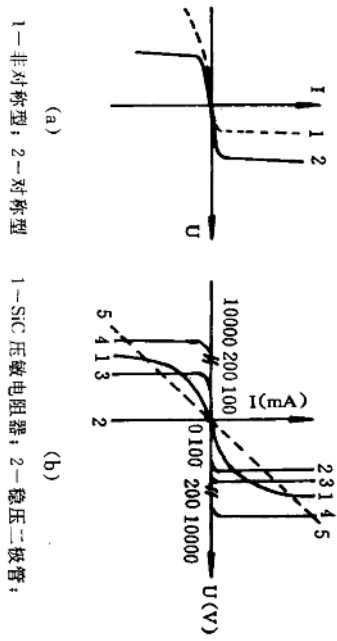


图1-15 压敏电阻器的伏-安特性

压敏电阻器的品种很多。按其材料和结构的不同可分成很多种。从外形来分主要有片形和棒形的两种。

3. 气敏电阻器

气敏电阻器是一种阻值对某种气体浓度敏感变化的电子元件。它是利用某些半导体材料吸收某种气体后发生氧化或还原反应而使电阻率改变这一特性做成的。利用气敏电阻器制成的气体探测器，可用于各种管道和密封系统的探漏、环境污染监测、安全防火，以及自动控制等许多方面。目前在半导体工业、石油化工及科研方面都有广泛的应用。制造气敏电阻器的材料是对气体敏感的半导体材料，它的主要成分是金属氧化物。气敏电阻器的