

## 电阻器基础知识与检测方法

### 一、基础知识

电阻器是电路元件中应用最广泛的一种,在电子设备中约占元件总数的 30%以上,其质量的好坏对电路工作的稳定性有极大影响。它的主要用途是稳定和调节电路中的电流和电压,其次还作为分流器分压器和负载使用。

#### 1. 分类

在电子电路中常用的电阻器有固定式电阻器和电位器,按制作材料和工艺不同,固定式电阻器可分为:膜式电阻(碳膜 RT、金属膜 RJ、合成膜 RH 和氧化膜 RY)、实芯电阻(有机 RS 和无机 RN)、金属线绕电阻(RX)、特殊电阻(MG 型光敏电阻、MF 型热敏电阻)四种。



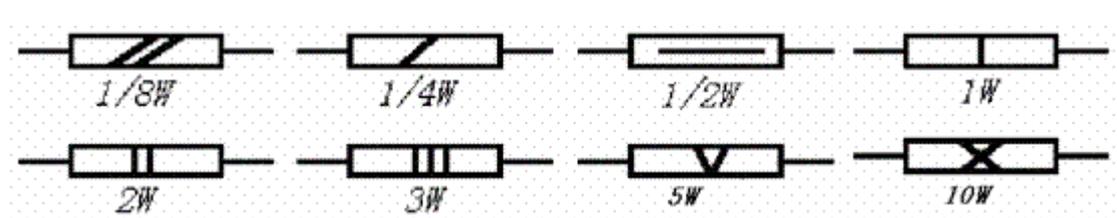
表 1 几种常用电阻的结构和特点

电阻种类	电阻结构 和特点	实物图片
碳膜电阻	气态碳氢化合物在高温和真空中分解,碳沉积在瓷棒或者瓷管上,形成一层结晶碳膜。改变碳膜厚度和用刻槽的方法变更碳膜的长度,可以得到不同的阻值。碳膜电阻成本较低,性能一般。	
金属膜电阻	在真空中加热合金,合金蒸发,使瓷棒表面形成一层导电金属膜。刻槽和改变金属膜厚度可以控制阻值。这种电阻和碳膜电阻相比,体积小、噪声低、稳定性好,但成本较高。	
碳质电阻	把碳黑、树脂、粘土等混合物压制后经过热处理制成。在电阻上用色环表示它的阻值。这种电阻成本低,阻值范围宽,但性能差,很小采用。	
线绕电阻	用康铜或者镍铬合金电阻丝,在陶瓷骨架上绕制成。这种电阻分固定和可变两种。它的特点是工作稳定,耐热性能好,误差范围小,适用于大功率的场合,额定功率一般在 1 瓦以上。	
碳膜电位器	它的电阻体是在马蹄形的纸胶板上涂上一层碳膜制成。它的阻值变化和中间触头位置的关系有直线式、对数式和指数式三种。碳膜电位器有大型、小型、微型几种,有的和开关一起组成带开关电位器。 还有一种直滑式碳膜电位器,它是靠滑动杆在碳膜上滑动来改变阻值的。这种电位器调节方便。	

线绕电位器	用电阻丝在环状骨架上绕制成。它的特点是阻值范围小，功率较大。	
-------	--------------------------------	---

## 2. 主要性能指标

**额定功率：**在规定的环境温度和湿度下，假定周围空气不流通，在长期连续负载而不损坏或基本不改变性能的情况下，电阻器上允许消耗的最大功率。为保证安全使用，一般选其额定功率比它在电路中消耗的功率高 1-2 倍。额定功率分 19 个等级，常用的有 0.05W、0.125W、0.25 W、0.5 W、1 W、2 W、3 W、5 W、7 W、10 W，在电路图中非线绕电阻器额定功率的符号表示如下图：



**标称阻值：**产品上标示的阻值，其单位为欧，千欧、兆欧，标称阻值都应符合下表所列数值乘以  $10^N$  欧，其中 N 为整数。

表 2 标称阻值系列

允许误差	系列代号	标称阻值系列											
5%	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
		3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1
10%	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
20%	E6	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8						

**允许误差：**电阻器和电位器实际阻值对于标称阻值的最大允许偏差范围，它表示产品的精度，允许误差的等级如下表所示。

表 3 允许误差等级

级别	005	01	02	I	II	III
允许误差	0.5%	1%	2%	5%	10%	20%

标称阻值与误差允许范围的标识方法

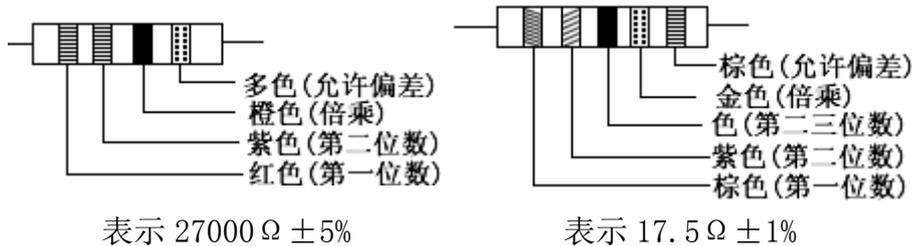
表 4 色环颜色所代表的数字或意义

色 别	第一色环 最大一位数字	第二色环 第二位数字	第三色环 应乘的数	第四色环 误 差
棕	1	1	10	
红	2	2	100	
橙	3	3	1000	
黄	4	4	10000	
绿	5	5	100000	
蓝	6	6	1000000	
紫	7	7	10000000	
灰	8	8	100000000	
白	9	9	1000000000	
黑	0	0	1	
金			0.1	±5%
银			0.01	±10%
无色				±20%

### 示例

1) 在电阻体的一端标以彩色环，电阻的色标是由左向右排列的，图 1 的电阻为  $27000\ \Omega \pm 0.5\%$ 。

2) 精密度电阻器的色环标志用五个色环表示。第一至第 3 色环表示电阻的有效数字，第 4 色环表示倍乘数，第 5 色环表示容许偏差，图 2 的电阻为  $17.5\ \Omega \pm 1\%$



在电路图中电阻器和电位器的单位标注规则

阻值在兆欧以上，标注单位 M。比如 1 兆欧，标注 1M；2.7 兆欧，标注 2.7M。

阻值在 1 千欧到 100 千欧之间，标注单位 k。比如 5.1 千欧，标注 5.1k；68 千欧，标注 68k。

阻值在 100 千欧到 1 兆欧之间，可以标注单位 k，也可以标注单位 M。比如 360 千欧，可以标注 360k，也可以标注 0.36M。

阻值在 1 千欧以下，可以标注单位  $\Omega$ ，也可以不标注。比如 5.1 欧，可以标注 5.1 $\Omega$  或者 5.1；680 欧，可以标注 680 $\Omega$  或者 680。

**最高工作电压：**它是指电阻器长期工作不发生过热或电击穿损坏时的电压。如果电压超过规定值，电阻器内部产生火花，引起噪声，甚至损坏。下表是碳膜电阻的最高工作电压。

表 5 碳膜电阻的最高工作电压

标称功率 (W)	1/16	1/8	1/4	1/2	1	2
----------	------	-----	-----	-----	---	---

最高工作电压 (V)	100	150	350	500	750	1000
------------	-----	-----	-----	-----	-----	------

**稳定性:** 稳定性是衡量电阻器在外界条件（温度、湿度、电压、时间、负荷性质等）作用下电阻变化的程度

(1) 温度系数  $a_t$ ，表示温度每变化 1 度时，电阻器阻值的相对变化量。

即：
$$a_t = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)} \text{ (1/度)}$$
 式中：R1、R2 分别为温度  $t_1$  和  $t_2$  时的电阻值

(2) 电压系数  $a_v$  表示电压每变化 1 伏时，电阻器阻值的相对变化量，即：
$$a_v = \frac{R_2 - R_1}{R_1(U_2 - U_1)} \text{ (1/伏)}$$
 式中：R1、R2 分别是电压为  $U_1$  和  $U_2$  时的电阻值

**噪声电动势:** 电阻器的噪声电动势在一般电路中可以不考虑，但在弱信号系统中不可忽视。

线绕电阻器的噪声只习作定于热噪声（分子扰动引起）仅与阻值、温度和外界电压的频带有关。薄膜电阻除了热噪声外，还有电流噪声，这种噪声近似地与外加电压成正比。

**高频特性:** 电阻器使用在高频条件下，要考虑其固定有电感和固有电容的影响。这时，电阻器变为一个直流电阻（ $R_0$ ）与分布电感串联，然后再与分布电容并联的等效电路，非线绕电阻器的  $LR=0.01-0.05$  微亨， $CR=0.1-5$  皮法，线绕电阻器的  $LR$  达几十微亨， $CR$  达几十皮法，即使是无感绕法的线绕电阻器， $LR$  仍有零点几微亨。

### 3. 命名方法

根据部颁标准（SJ-73）规定，电阻器、电位器的命名由下列四部分组成：第一部分（主称）；第二部分（材料）；第三部分（分类特征）；第四部分（序号）。它们的型号及意义见下表。

表 6 电阻器的型号命名法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表示主称		用字母表示材料		用数字或字母表示特征		序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	
R	电阻器	T	碳膜	1, 2	普通	包括： 额定功率 阻值 允许误差 精度等级
RP	电位器	P	金属膜	3	超高频	
		U	合成膜	4	高阻	
		C	沉积膜	7	高温	
		H	合成膜	8	精密	
		I	玻璃釉膜	9	电阻器-高压	
		J	金属膜	G	电位器-特殊函数	
		Y	氧化膜	T	特殊	

	S	有机实芯	X	高功率
	N	无机实芯	L	可调
	X	线绕	W	小型
	R	热敏	D	测量用
	G	光敏		微调
	M	压敏		多圈

示例：RJ71-0.125—5.1kI 型的命名含义：R 电阻器-J 金属膜-7 精密-1 序号-0.125 额定功率-5.1k 标称阻值 -I 误差 5%。

#### 4. 选用常识

根据电子设备的技术指标和电路的具体要求选用电阻的型号和误差等级；额定功率应大于实际消耗功率的 1.5-2 倍；电阻装接前要测量核对，尤其是要求较高时，还要人工老化处理，提高稳定性；根据电路工作频率选择不同类型的电阻。

### 二、检测方法与经验

#### 1. 固定电阻器的检测

将两表笔(不分正负)分别与电阻的两端引脚相接即可测出实际电阻值。为了提高测量精度，应根据被测电阻标称值的大小来选择量程。由于欧姆挡刻度的非线性关系，它的中间一段分度较为精细，因此应使指针指示值尽可能落到刻度的中段位置，即全刻度起始的 20%~80% 弧度范围内，以使测量更准确。根据电阻误差等级不同。读数与标称阻值之间分别允许有  $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$  或  $\pm 20\%$  的误差。如不相符，超出误差范围，则说明该电阻值变值了。B 注意：测试时，特别是在测几十 k $\Omega$  以上阻值的电阻时，手不要触及表笔和电阻的导电部分；被检测的电阻从电路中焊下来，至少要焊开一个头，以免电路中的其他元件对测试产生影响，造成测量误差；色环电阻的阻值虽然能以色环标志来确定，但在使用时最好还是用万用表测试一下其实际阻值。

#### 2. 水泥电阻的检测

检测水泥电阻的方法及注意事项与检测普通固定电阻完全相同。

#### 3. 熔断电阻器的检测

在电路中，当熔断电阻器熔断开路后，可根据经验作出判断：若发现熔断电阻器表面发黑或烧焦，可断定是其负荷过重，通过它的电流超过额定值很多倍所致；如果其表面无任何痕迹而开路，则表明流过的电流刚好等于或稍大于其额定熔断值。对于表面无任何痕迹的熔断电阻器好坏的判断，可借助万用表 R $\times 1$  挡来测量，为保证测量准确，应将熔断电阻器一端从电路上焊下。若测得的阻值为无穷大，则说明此熔断电阻器已失效开路，若测得的阻值与标称值相差甚远，表明电阻变值，也不宜再使用。在维修实践中发现，也有少数熔断电阻器在电路中被击穿短路的现象，检测时也应予以注意。

#### 4. 电位器的检测

检查电位器时，首先要转动旋柄，看看旋柄转动是否平滑，开关是否灵活，开关通、断时“喀哒”声是否清

脆，并听一听电位器内部接触点和电阻体摩擦的声音，如有“沙沙”声，说明质量不好。用万用表测试时，先根据被测电位器阻值的大小，选择好万用表的合适电阻挡位，然后可按下述方法进行检测。

A 用万用表的欧姆档测“1”、“2”两端，其读数应为电位器的标称阻值，如万用表的指针不动或阻值相差很多，则表明该电位器已损坏。

B 检测电位器的活动臂与电阻片的接触是否良好。用万用表的欧姆档测“1”、“2”(或“2”、“3”)两端，将电位器的转轴按逆时针方向旋至接近“关”的位置，这时电阻值越小越好。再顺时针慢慢旋转轴柄，电阻值应逐渐增大，表头中的指针应平稳移动。当轴柄旋至极端位置“3”时，阻值应接近电位器的标称值。如万用表的指针在电位器的轴柄转动过程中有跳动现象，说明活动触点有接触不良的故障。

## 5.正温度系数热敏电阻(PTC)的检测

检测时，用万用表  $R \times 1$  挡，具体可分两步操作：A 常温检测(室内温度接近  $25^{\circ}\text{C}$ )；将两表笔接触 PTC 热敏电阻的两引脚测出其实际阻值，并与标称阻值相对比，二者相差在  $\pm 2\Omega$  内即为正常。实际阻值若与标称阻值相差过大，则说明其性能不良或已损坏。B 加温检测；在常温测试正常的基础上，即可进行第二步测试—加温检测，将一热源(例如电烙铁)靠近 PTC 热敏电阻对其加热，同时用万用表监测其电阻值是否随温度的升高而增大，如是，说明热敏电阻正常，若阻值无变化，说明其性能变劣，不能继续使用。注意不要使热源与 PTC 热敏电阻靠得过近或直接接触热敏电阻，以防止将其烫坏。

## 6.负温度系数热敏电阻(NTC)的检测

### (1) 测量标称电阻值 $R_t$

用万用表测量 NTC 热敏电阻的方法与测量普通固定电阻的方法相同，即根据 NTC 热敏电阻的标称阻值选择合适的电阻挡可直接测出  $R_t$  的实际值。但因 NTC 热敏电阻对温度很敏感，故测试时应注意以下几点：A  $R_t$  是生产厂家在环境温度为  $25^{\circ}\text{C}$  时所测得的，所以用万用表测量  $R_t$  时，亦应在环境温度接近  $25^{\circ}\text{C}$  时进行，以保证测试的可信度。B 测量功率不得超过规定值，以免电流热效应引起测量误差。C 注意正确操作。测试时，不要用手捏住热敏电阻体，以防止人体温度对测试产生影响。

### (2) 估测温度系数 $\alpha_t$

先在室温  $t_1$  下测得电阻值  $R_{t1}$ ，再用电烙铁作热源，靠近热敏电阻  $R_t$ ，测出电阻值  $R_{t2}$ ，同时用温度计测出此时热敏电阻  $R_t$  表面的平均温度  $t_2$  再进行计算。

## 7.压敏电阻的检测

用万用表的  $R \times 1k$  挡测量压敏电阻两引脚之间的正、反向绝缘电阻，均为无穷大，否则，说明漏电流大。若所测电阻很小，说明压敏电阻已损坏，不能使用。

## 8. 光敏电阻的检测

A 用一黑纸片将光敏电阻的透光窗口遮住，此时万用表的指针基本保持不动，阻值接近无穷大。此值越大说明光敏电阻性能越好。若此值很小或接近为零，说明光敏电阻已烧穿损坏，不能再继续使用。B 将一光源对准光敏电阻的透光窗口，此时万用表的指针应有较大幅度的摆动，阻值明显减小。此值越小说明光敏电阻性能越好。若此值很大甚至无穷大，表明光敏电阻内部开路损坏，也不能再继续使用。C 将光敏电阻透光窗口对准入射光线，用小黑纸片在光敏电阻的遮光窗上部晃动，使其间断受光，此时万用表指针应随黑纸片的晃动而左右摆动。如果万用表指针始终停在某一位置不随纸片晃动而摆动，说明光敏电阻的光敏材料已经损坏。