

新编无线电元器件应用手册

唐道济 康叔同 编著

江苏科学技术出版社

内 容 提 要

本手册主要介绍收音机、扩音机、录音机、电视机以及其它无线电、电子设备中的常用元器件的原理、结构、特点、使用维护和制作要点。搜集了有实用价值的数值、图表和资料，并提供有关经验计算公式。内容简明，资料较新，较详。

这次再版，进行了全面修订，更新补充了大量内容和资料，以使更加切合实用。

新编无线电元器件应用手册

唐道济 康叔同 编著

出版发行：江苏科学技术出版社

经 销：江苏省新华书店

印 刷：江苏南通县印刷总厂

开本787×1092毫米1/32印张16,375 字数351,000

1990年10月第1版 1990年10月第1次印刷

印数1—14,500册

ISBN 7-5345-1043-0

TN·28

定价：5.30元

责任编辑 黄 森

目 录

第一篇 电阻器和电位器

- 一、电阻器..... (1)
- 二、非线性电阻器..... (12)
- 三、电位器..... (16)

第二篇 电容器

- 一、固定电容器..... (24)
- 二、可变电容器..... (50)
- 三、微调电容器..... (55)

第三篇 高频电感器和变压器

- 一、高频电感器..... (58)
- 二、高频磁芯——软磁铁氧体..... (66)
- 三、高频变压器..... (70)
- 四、中频变压器..... (72)
- 五、LC组件..... (95)

六、磁性天线.....(97)

七、录音机、电视机专用电感及变压器.....(101)

第四篇 低频电感器和变压器

一、低频阻流线圈.....(108)

二、音频变压器.....(111)

三、电源变压器.....(119)

四、变压器用硅钢片铁心系列.....(129)

第五篇 电子管

一、电子管的参数及特性曲线.....(140)

二、电子管特性表的使用.....(147)

三、电子管应用须知.....(162)

四、常用电子管等效对照.....(165)

五、荧光显示管.....(171)

六、显像管.....(172)

第六篇 半导体器件

一、半导体二极管.....(191)

二、晶体管.....(249)

三、场效应晶体管.....(348)

第一篇 电阻器和电位器

一、电 阻 器

电阻器简称电阻，它是电子设备中使用最多的基础元件，主要用途是稳定和调节电路中的电流和电压，或者作为电路的负载。

1. 电阻器的分类

表 1-1 (A) 电 阻 器 标 志 符 号 (第一、二部分)

RT	碳膜电阻器	RI	玻璃釉膜电阻器	RXY	被轴线绕电阻器
RH	合成碳膜电阻器	RTX	小型碳膜电阻器	RXQ	酚醛涂层线绕电阻器
RJ	金属膜电阻器	RTL	测量用碳膜电阻器	RXYC	耐潮被轴线绕电阻器
RY	氧化膜电阻器	RTCP	超高频碳膜电阻器	RXI	精密线绕电阻器
RC	沉积膜电阻器	RHZ	高阻合成膜电阻器	RR	热敏电阻器
RX	线绕电阻器	RHY	高压合成膜电阻器	RM	压敏电阻器
RS	有机实芯电阻器	RHZZ	真空兆欧合成膜电阻器	RG	光敏电阻器
RN	无机实芯电阻器	RJJ	精密金属膜电阻器		

电阻器可分实心、薄膜和线绕三类。国产电阻器的型号标志用字母表示，如表1-1。第一部分为元件主称，由字母R表示。第二部分由字母表示电阻体使用材料。第三部分由数字或字母表示电阻器的基本性能。第四部分用数字表示每一种类电阻器中的序号。

表1-1 (B) 电阻器标志符号 (第三部分)

1	2	3	4	5	7	8	9	G	T
普	普	超	高	高	精	高	特	高	可
通	通	高	阻	温	密	厂	殊	功	调
		频						率	

电阻器的不同类型结构及外形见图1-1。

实心电阻是用碳黑、石墨等导电物质，加入填充料及粘合剂并加引线压制成实心棒形，经热处理而成，外有聚合树脂层保护，也称固体电阻。这种电阻的阻值范围通常从几 Ω 到22M Ω 。

实心电阻是一种小型的电阻，体积小而功率大，阻值范围宽，耐脉冲电压，可靠性极高，特别在1M Ω 以上的高阻值时更为明显，如果合理使用，几乎不会产生断路故障，对短时间的过载也安全。但它的精密度较低，使用误差等级在 $\pm 10\sim 20\%$ ，对温度及湿度的依存性较大，噪声系数较大，适用于不要求高精度的场合。

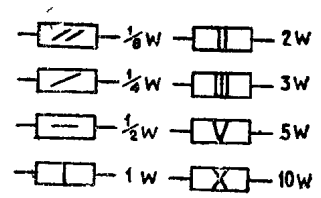
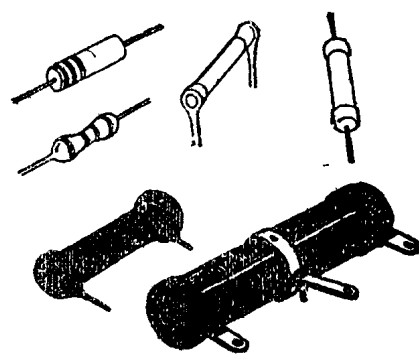
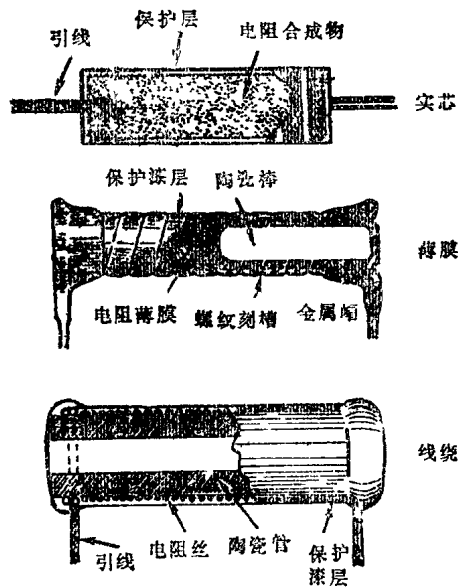


图1-1 电阻器的结构和外形

薄膜电阻是在陶瓷管或陶瓷棒的表面被覆以电阻薄膜，再以刻螺旋形槽纹获取所需电阻值，两端装以连有引线的罩帽与薄膜保持良好接触，电阻体的外层保护用漆层（国外称非绝缘型）或聚合树脂厚涂层，或以树脂压制成型模外套，或将电阻体封入金属或陶瓷管。常见的薄膜电阻有碳膜电阻、金属膜电阻等，其结构和特点分述如下。

碳膜电阻是将碳氢化合物在高温真空中分解，使其在瓷管或瓷棒上形成一层结晶碳膜而成，阻值范围通常为 $5.1\Omega \sim 10M\Omega$ 。这种电阻具有较高的稳定性，温度系数较小（阻值 $<100k\Omega$ ， $-4 \times 10^{-4}/^{\circ}C$ ； $<1M\Omega$ ， $-5 \times 10^{-4}/^{\circ}C$ ； $>1M\Omega$ ， $-8 \times 10^{-4}/^{\circ}C$ ），有充分的可靠性，长期使用后阻值变化极小，允许长期工作于 $+70^{\circ}C$ ，寿命长，能使用到几MHz的高频范围，在放大器中使用时引起的噪声较小，价格低廉。所以碳膜电阻是一种优良的电阻器，应用较为广泛。它的精密度很高，误差等级有 $\pm 1\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 5\%$ 及 $\pm 10\%$ 。但这种电阻的高阻档常有膜层脱离现象，造成开路故障，选用时应予注意。

小型碳膜电阻（RTX或RT13）适用于各种电子设备中的交直流电路和脉冲电路，以及一般高频电路，应用最为广泛。测量用碳膜电阻（RTL）有良好的稳定性和精度，老化系数小，接触电阻小，主要用于测量设备的交直流电路和脉冲电路中作半精密型电阻使用。

金属膜电阻的电阻膜是使用真空蒸发法（镍铬合金）或烧渗法（金铂合金）生成的金属膜，阻值范围通常为 30Ω 到 $50M\Omega$ 。这种电阻的性能比碳膜电阻好，工作频率范围及稳定性都更高，特别是体积小巧，高温下的温度系数很小（优于 $\pm 2.0 \times 10^{-4}/^{\circ}C$ ），噪声很小，金

属膜电阻能在全负载下长期工作于 $+125^{\circ}\text{C}$ 。它的精密度极高，可制得精密级的电阻，误差等级有 $\pm 0.25\%$ 、 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 1\%$ 及 $\pm 5\%$ 。金属膜电阻作为精密和高稳定的电阻而被广泛应用。

通用型金属膜电阻(RJ)适用于一般交直流或脉冲电路。精密型(RJJ或RJ9)的阻值允许偏差在 $\pm 2 \sim 0.001\%$ 内，而且稳定性、温度系数、噪声系数及可靠性均高于普通型，但体积较大。高压型(RJ80)可承受几十kV电压。功率型(RJG)可以较小体积承受较大功率。

金属氧化膜电阻的薄膜由能水解的氯化物在炽热的陶瓷棒表面分解沉积而成。这种电阻的膜层均匀，性能与金属膜电阻相同，但耐热性更高($+140 \sim 235^{\circ}\text{C}$)，允许短时间超负载使用，其温度系数为 $\pm 3 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ 。高频特性好，成本低，特别适于制作较低阻值(数百k Ω 以下)的电阻器，阻值范围通常为 1Ω 到 $200\text{k}\Omega$ 。

沉积膜电阻是用单纯的化学反应在陶瓷棒上沉积一电阻膜层经热处理而成，它主要用来制作数k Ω 以下的低值电阻器。缺点是其性能易受潮气和电解腐蚀的影响。

合成膜电阻是在陶瓷棒上涂覆一层特殊的合成漆膜而制成。其电性能和稳定性均较差，但易制得高阻值的膜($10 \sim 10^6\text{M}\Omega$)，故主要作为高阻及高压电阻器。

高压型合成膜电阻(RHY)主要使用于高压装置中作分压器和吸收器，以及作放电和熄弧电阻。高阻型合成膜电阻主要用于微小电流测量仪器仪表中，又分非密封型(RHZ)和真空密封型(RHZZ)。

玻璃釉电阻也称金属玻璃釉电阻或厚膜电阻。它性能稳定，可靠性高，体积小，重量轻，高频特性好，价格低。单向引出线的小功率型能直接插入印制电路板，便于提高整机装配密度和改进整机性能。高压型适用于彩色电视机中的聚焦高压回路、高压分压器等交直流及脉冲高压设备中。小型薄片化的无引线结构片状电阻能直接焊接在印制电路板上，由于其高频性能优良，生产工艺简单，价格便宜，易于实现自动化生产，在各种收音机、电视机、立体声装置等整机中已得到广泛应用。

线绕电阻是用电阻系数大的特殊合金导线（镍铬合金、锰铜等）在陶瓷骨架上绕制而成，为保护功率型线绕电阻的电阻丝不受机械损伤，一般都涂有玻璃釉绝缘层或其他耐热绝缘层，阻值范围通常为零点几 Ω 到33k Ω 。线绕电阻的精密度极高，误差等级可达 $\pm 0.01\%$ ，一般为 $\pm 1 \sim 5\%$ 。能在 $+300^{\circ}\text{C}$ 高温下工作，它的稳定性高、噪声极小，温度系数极小（ $\pm 0.3 \sim 0.5 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ ），又不易老化，电性能很好。但一般结构的线绕电阻电感较大，不能用于2~3MHz以上高频电路，也不易获得高阻值（100k Ω 以上），因阻值再高，电阻丝太细，容易断线。这种电阻通常在要求大耗散功率（3W以上）的场合或在精密仪表及设备中使用。

熔断电阻是一种能在电路中起过载保护作用的双重功能新型电阻器。当电路中无过载时它起电阻作用，一旦电路中发生过载，流过电阻的电流增大，会使电阻体熔断而起保护重要元器件作用。

水泥电阻是一种小体积大功率的新型电阻器。它是将耐热合金电阻丝卷绕在陶瓷骨架上，并置于矩形陶瓷外壳中，中间填充以类似水泥的无机粘合剂，再经干燥和高温固化而成。这种电阻具有优良的灭火性、耐燃性、耐电弧性和耐湿性，是一种体积很小而安全性最高的大功率电阻器。

2. 电阻器的特性参数和选用

电阻器的基本单位是欧 (Ω)，但其大阻值常用基本单位的千倍和百万倍即千欧 ($k\Omega$) 和兆欧 ($M\Omega$) 来标定。

电阻器的实际电阻值与标称电阻值之比称为误差度，它表示电阻器的精度，一般分 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 三级。在要求准确度特别高的地方如测试仪表、倒相器电路或要求对称的场

表 1-2 电阻器标称阻值系列

允 许 偏 差	$\pm 5\%$	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
	$\pm 10\%$	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	
	$\pm 20\%$	E6	1.0				1.5				2.2			
			3.3				4.7				6.8			

本标准规定了线绕和非线绕电阻器的标称阻值系列，供新设计或改进电阻器时选择标称阻值用。电阻器的标称阻值应符合表列数值之一或表列数值再乘以 10^n ，其中 n 为正整数或负整数。

合中，应该使用 $\pm 2\%$ 或 $\pm 1\%$ 的误差等级。一般使用允许偏差 $\pm 10\%$ 即可，要求较高的可为 $\pm 5\%$ 允许偏差。不同误差度的电阻器的标准标称值可参阅表1-2。

电阻器的阻值通常都标在电阻体上。标志方法由2个字母和数字组成，前一个字母表示倍乘数，而且此字母位置即小数点位置，后一个字母表示允许误差。

第一个字母的意义： Ω 或R=1倍；K= 10^3 倍；M= 10^6 倍。

第二个字母的意义：B= $\pm 0.1\%$ ；C= $\pm 0.25\%$ ；D= $\pm 0.5\%$ ；F= $\pm 1\%$ ；G= $\pm 2\%$ ；H= $\pm 2.5\%$ ；J= $\pm 5\%$ ；K= $\pm 10\%$ ；M= $\pm 20\%$ 。

如：R47K表示 $0.47\Omega \pm 10\%$ ，5 Ω 1J表示 $5.1\Omega \pm 5\%$ ，3K9K表示 $3.9k\Omega \pm 10\%$ ，22KJ表示 $22k\Omega \pm 5\%$ ，1M2G表示 $1.2M\Omega \pm 2\%$ 。

老标志法则在电阻体上直接标明阻值和误差度，允许偏差由罗马字表示，I= $\pm 5\%$ 、II= $\pm 10\%$ 、III= $\pm 20\%$ 。如220 Ω I表示 $220\Omega \pm 5\%$ ，3.3K II表示 $3.3k\Omega \pm 10\%$ 。也有省去基本单位符号 Ω 者。

电阻器还用色码法以颜色表示阻值及误差度，如表1-3及附图。

电阻器的温度系数是指温度每变化 1°C 时，电阻器阻值的相对变化。它是表征电阻器稳定性的主要参数。

电阻器的老化系数是表征电阻器寿命长短的参数，它是在电阻器两端所加电压不超过最高工作电压，长期负载于额定耗散功率后，电阻器阻值的相对变化的百分数。

表 1-3 电阻器的色标

颜色	A 第1位数	B 第2位数	C 倍 乘 数	D 允许误差
黑	0	0	$\times 1$	
棕	1	1	$\times 10$	$\pm 1\%$
红	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
橙	3	3	$\times 10^3$	
黄	4	4	$\times 10^4$	
绿	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.2\%$
紫	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$
灰	8	8		
白	9	9		
金			$\times 0.1$	$\pm 5\%$
银			$\times 0.01$	$\pm 10\%$
无色				$\pm 20\%$

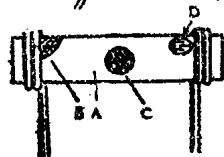
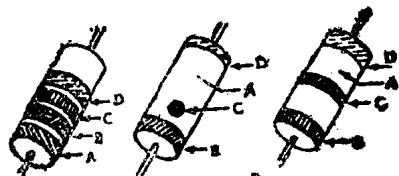


表 1-3 附 图



注：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，例如：

A	B	C	D	
红	红	棕	金	$220\Omega \pm 5\%$
黄	紫	橙	银	$47k\Omega \pm 10\%$

②精密电阻的色环标志用五个色环表示。第1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色环表示允许误差。例如：

A	B	B	C	D	
棕	黑	绿	棕	棕	$1.05k\Omega \pm 1\%$

电阻器的耗散功率就是允许在电阻器上长期负载的最大功率。对非线绕电阻器而言，同一类型电阻器的直径和长度越大，允许耗散功率也越大。标称耗散功率常用的有0.05、0.125 ($1/8$)、0.25 ($1/4$)、0.5 ($1/2$)、1、2、5、8、10、16及25W等。

除耗散功率外，电阻器两端所加的电压也有一个限度，这就是最高工作电压。如电压超过规定值，电阻器内部会产生火花，引起噪声，甚至损坏。这个最高工作电压，对碳膜电阻及金属膜电阻而言，标称耗散功率1/16W的为100V，1/8W的为150V，1/4W的为250V，1/2W的为350V，1W的为500V，2W的为750V。

各类电阻器的最高工作温度见表1-4。如果安装位置不良或几只电阻放在一起，则必须降低电阻器的负载。电阻器的工作温度为电阻器本身功率耗散所产生的热，电子管及其它元

表1-4 电阻器最高工作温度(℃)

类 型	最高工作温度 (降功率使用)	最 高 环 境 温 度 (允许负载为额定功率)
碳膜电阻器	+100	+40
金属膜电阻器	+125	+70
氧化膜电阻器	+125	+70
沉积膜电阻器	+85	+40
合成膜电阻器	+70~85	+40
线绕电阻器	+125~275	+70

件所发的热，以及工作时环境温度等因素所形成的温度总和。

电阻器的串、并联特性见图 1-2。

选择电阻器的耗散功率，可应用下列公式。为安全起见，实际值应比计算值大一些。因电阻器的热噪声随温度上升而增大，要求低噪声就须抑制温度上升，为此电阻器的额定功率要有充分富裕量。

$$P = I^2 R; \quad P = UI$$

式中 P —电阻器耗散功率 (W)； I —通过电阻器的电流 (A)；

R —电阻器阻值 (Ω)； U —电阻器两端的电压降 (V)。

在选用电阻时，还应注意下列几点：

在低噪声和超高频电路中（如电视机的高频头），应优先采用金属膜电阻或氧化膜电阻。在高增益前置放大的负载电路中，应使用比实际需要功率大一倍的高稳定薄膜电阻，以降低噪声。

选用薄膜电阻器时，应注意引线端子与电阻体的接触良好，否则会产生噪声和引起不可靠。外观上应选表面涂层没有损伤或变色。具有厚绝缘涂层、塑模外套的电阻耐压及耐湿性能好，并可使用于密集安装场合。

一般线绕电阻器都有较大的电感，通过交变电流时，周围将产生磁场变化，安装时应考

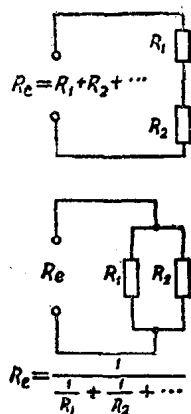


图1-2 电阻器的串、并联特性

慮可能引起的干抗影响。

同类电阻器在电阻值相同时，功率越大，则高频特性越差；在功率相同时，电阻值越大，则高频特性越差。RH、RS可工作到几十MHz，RT为100MHz，RJ、RY为几百MHz，而RX只能工作在50kHz以下。

电阻器接入电路时，其引线的长度应适当，还不能将引线作锐角弯曲和在根部弯折，弯折时不得拉伸引线。

电阻器在使用时，应避免外保护涂层的擦伤。在使用前应用欧姆表进行测量检验，以防止差错。

二、非线性电阻器

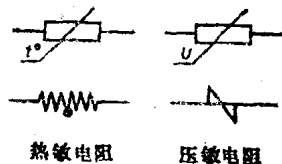


图1-5 非线性电阻符号
(符号中 t 可用 θ 代替， U 可用 V 代替)

常用的非线性电阻器有热敏电阻和压敏电阻，它们在电路中的符号见图1-3。

热敏电阻是一种由半导体制成的非线性电阻器，大多数热敏电阻的电阻体由金属氧化物粉末的混合物烧结而成。它的电阻值对温度变化极敏感，典型情况是电阻值随温度升高而变小，称为负温度系数热敏电阻；电阻值随温

度升高而增大的称为正温度系数热敏电阻(PTC)。负温度系数热敏电阻是目前使用最普遍的热敏电阻,其外形有圆片形、方片形和棒形,主要应用在温度补偿、温度测量、过载保护和振幅稳定等方面。正温度系数热敏电阻使用在彩色电视机的自动消磁电路、电机过热保护、温度控制和报警等方面。

热敏电阻的标称值是指环境温度为 25°C 时的电阻值。测量热敏电阻若使用普通欧姆表,因为它们的工作电流较大,会使热敏电阻发热而造成阻值改变,故用欧姆表测量时,尽可能用最大量程。当向热敏电阻吹气,或用手指按摸时,由于温度改变,阻值应变化。作温度补偿时,热敏电阻应紧贴在有关器件上装置。焊接时要防止过热。

正温度系数热敏电阻选用时应注意:①电阻上所加工作电压不得超过最大值,以免击穿;②应根据发热温度来源及应用类型进行选用;③不能用与其它元件串联来取得较高的允许工作电压或功率。

负温度系数热敏电阻选用时应注意:①用作测温时,电阻上所加工作电压不能过高,以免电阻体发热造成误差;②不能以并联使用来提高耗散功率。

压敏电阻也称VDR,它是一种对电压敏感的电阻器,它的电阻值在两端所加电压至一特定临界值时,随着电压的增加会急剧变小,表现出强烈的非线性。它在电子电路中常作抑制浪涌、过压保护和稳压元件用。

压敏电阻的种类及主要性能见表1-5。目前使用最多的是圆片形氧化锌陶瓷半导体元件