

内

工人阶级必须领导一切

显示仪表的原理、使用、维修

1970.4



上海自动化仪表二厂

情报资料室

显示仪表的原理、使用、维修

总 目 录

- 第一讲 电子器件和微电机
- 第二讲 测量线路的计算
- 第三讲 稳压电源
- 第四讲 电子放大器
- 第五讲 晶体管放大器
- 第六讲 干扰问题及其抗干扰措施
- 第七讲 机械结构
- 第八讲 显示仪表专用测试设备
- 第九讲 EWC、EQC显示仪表的生产校验
- 第十讲 维护及修理
- 第十一讲 新产品介绍(之一) 多点给定
- 第十二讲 新产品介绍(之二) 带自动PID调节器
- 第十三讲 新产品介绍(之三) 条型滚筒碳膜纸式任意程序给定器

第 一 讲

电子器件和微电机

目 录

第一讲 电子器件和微电机

第一章 电阻器、电位器、电容器	1
一、电阻器	1
1. 电阻器的分类	1
2. 电阻器的技术指标	1
3. 各种不同类型电阻器的特点和用途	3
二、电位器	4
三、电容器	5
1. 电容器的分类	5
2. 电容器的技术指标	5
3. 各种不同类型电容器的特点和用途	8
4. 使用电容器须知	9
四、电阻器、电位器和电容器的标注法	10
1. 在原理图上的标注法	10
2. 规格标注法	11
五、常用电阻器、电位器、电容器的型号	11
第二章 电子管	13
一、真空二极管	13
1. 真空二极管的结构和单向导电作用	13
2. 真空二极管的一般数据、使用极限值及阳极特性	14
3. 单相整流器	16
4. 平滑滤波器	19
二、三极电子管	20
第三章 半导体元件	23
一、半导体概述	24

二、半导体二极管的单向导电作用	26
三、P-n 面结型半导体二极管的伏安特性	28
四、半导体二极管的类型及构造	29
五、半导体二极管的应用及注意事项	31
1. 常用的几种典型整流线路及其主要参数	31
2. 特殊二极管	31
3. 半导体二极管特性参数	34
六、晶体三极管的构造及原理	35
七、半导体器件新旧型号对照	38

第四章 微电机	39
一、伺服电动机	39
1. 伺服电动机的结构特点	40
2. 伺服电动机的动作原理	41
3. 伺服电动机的主要特性	44
4. 伺服电动机的使用与维护	44
二、同步电动机	45
1. 同步电动机的主要结构	45
2. 同步电动机的动作原理	46
三、测速发电机	49
1. 测速发电机的分类	49
2. 测速发电机的主要结构	49
3. 测速发电机的工作原理	50
4. 测速发电机的主要特性	53

附录 一、ND-F-08 型和 ND-F-09 型伺服电机组	55
二、微型同步电动机系列品种一览表	56
三、ND 系列伺服电机型号和减速比	57
四、伺服电动机系列品种一览表	58

最高指示

领导我们事业的核心力量是中国共产党。

指导我们思想的理论基础是马克思列宁主义。

第一讲 电子器件和微电机

第一章 电阻器、电位器、电容器

一、电阻器

1. 电阻器的分类:

(1) RT型碳膜电阻: 将瓷管基体置于真空或含氧很少的中性气体的密封容器内, 然后热分解气态碳氢化合物, 使在陶瓷基体上沉淀一层石墨结晶, 控制石墨层厚度并利用刻槽的方法, 以达到所需要的阻值。

(2) RJ型金属膜电阻: 在真空中加热合金, 使其蒸发到陶瓷基体的表面, 形成导电金属膜, 改变金属膜的长度和厚度就可以获得不同的阻值。

(3) RS型实心碳质电阻: 该电阻是用粒状导电材料(如石墨、微黑等), 掺入粘土、石棉等填充物, 拌和后加粘合剂制成棍状, 改变其炭配成分, 即可得到不同的阻值。

(4) RX Y型线绕电阻: 用康铜或其他合金丝绕在陶瓷骨架上, 然后表面涂复一层玻璃釉。

2. 电阻器的技术指标:

(1) 电阻器的准确度和标称系列:

加工出来的电阻器其实际阻值与规定值之间的偏差称为该电阻器的准确度。一般分以下各级:

表 1-1

级 别	005	01	02	I	II	III
误 差	$\pm 0.5\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

标准电阻器的阻值称为标称电阻值, 标称电阻值组成的系列称为标称系列, 表 1-2 为电阻值优选系列。(它同样也适用于电容器)。

电阻值和电容值优选系列

表 1-2

E 24 $\pm 5\%$	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2
	1.1	1.3	1.6	2.0	2.4	3.0	3.6	4.3	5.1	6.2	7.5	9.1
E 12 $\pm 10\%$	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2
E 6 $\pm 20\%$	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8						

表内的系列对电阻值而言，适用于 $1\Omega \sim 10M\Omega$ ，对电容值，适用于 $10\mu\text{MF}$ 到 $10000\mu\text{MF}$ 。而 $0.01\mu\text{F}$ 到 $2000\mu\text{F}$ 只用 E 12 系列。 $1\mu\text{MF}$ 到 $10\mu\text{MF}$ 只用 E 6 系列。

(2) 电阻器的额定功率：

电阻中通过电流之后，会产生热量，使电阻器本身的温度升高。当超过某额定值时，阻值将显著产生变化，甚至于烧毁。所以我们规定在标准大气压力下，环境温度一定，电阻能长期负载，而不改变其性能的功率称为额定功率 P_H 。RT 型碳膜电阻的额定功率是指环境温度为 $+40^\circ\text{C}$ 的容许功率。它的功率通常分为 $\frac{1}{8}$ 、 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{2}$ 、 1 、 2 、 5 、 10 、 100 （单位为瓦）。

(3) 电阻器的额定电压：

对于一定功率的电阻，加在其上的极限允许电压称为额定电压，额定电压可按下列公式计算：

$$U_H = \sqrt{P_H R} \quad (1-1)$$

其中： U_H ——额定电压； P_H ——额定功率； R ——电阻值。

(4) 电阻器的稳定性：

电阻器的稳定性与它的种类、使用条件，安装时的质量有关，常用下列参数来评定。

电阻的温度系数：

当温度每变化 1°C 时，其阻值的相对变化称之为电阻的温度系数。手册上所给出的是指使用条件下，某一温度范围内变化的平均值。用数学式表示：

$$TKR = \frac{R_2 - R_1}{R_1 (t_2 - t_1)} \text{度}^{-1} \quad (1-2)$$

其中： TKR ——温度系数；

t_1, t_2 ——使用时规定的二个上下限温度；

R_1, R_2 ——对应于 t_1 及 t_2 时的电阻值。

碳膜电阻 t_1 和 t_2 分别为 -60°C 和 $+20^{\circ}\text{C}$ 或 $+20^{\circ}\text{C}$ 和 $+100^{\circ}\text{C}$ 。该种电阻的 TK_R 为负值，在 -0.05% 到 -0.20% 之间，其他类型的 TK_R 有正有负。

电阻的耐潮系数：

电阻的耐潮系数是指在环境温度 $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $95 \sim 98\%$ 的情况下放置 40 小时后，阻值的相对变化值。碳膜和金属膜电阻可以长期工作在相对湿度 98% 的环境中，耐潮系数约为百分之几。我们使用电阻时，不要损坏防护层，以免降低防潮性能。

电阻的老化系数：

这个系数是在一定环境温度下（炭膜 RT 型是 $+20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ）加上 1.5 至 3 倍额定功率，经过 100 小时后阻值的相对变化值。老化现象是电阻器本身发生的不可逆的物理化学过程。环境条件对老化速度有显著影响，例如温度愈高，老化速度也愈快。因此往往利用这一特点在使用电阻器前，预先将它进行人工老化，以减少在运用过程中阻值变化的影响。

(5) 电阻器的噪声：

线绕电阻器的噪声只决定于热噪声。它仅与阻值、温度、和外界电压的频带有关，可用公式表示为：

$$U_t^2 = 4KT \Delta f R \quad (1-3)$$

其中： U_t^2 —— 热噪声的有效电压，单位为伏特。

T —— 绝对温度，单位为“度”。

K —— 玻兹曼常数等于 1.37×10^{-23} 焦/度。

Δf —— 外界电压频带，单位为赫。

R —— 电阻值，单位为“欧”。

非线绕电阻除了热噪声之外，还有电流噪声，这是因为在外加电压作用下，导电微粒间产生不规则的振动，使电阻值起伏变化，对流过电阻的电流起调制作用。这种噪声与外加电压近乎正比关系。碳膜电阻的噪声当外加电压为 1 伏时，在 10 微伏左右。

3. 各种不同类型电阻器的特点和用途：

(1) RT 型炭膜电阻：

特点： 1) 稳定性较好，温度系数小。

2) 运用频率高。

3) 噪声小。

4) 功率数值愈大, 价格愈贵, 但价格与阻值无关。

5) 电阻值、准确度, 一般均用文字标在电阻器上, 功率不标出。

6) 平均使用寿命在 5000 小时左右。

用途: 广泛应用于直流、交流和脉冲电路之中。

(2) RJ 型金属膜电阻:

特点: 1) 耐热性、稳定性比碳膜电阻更好。

2) 同样功率下, 尺寸比碳膜电阻小 40% 到 50%。

3) 制造工艺复杂, 成本较高, 价格昂贵。

4) 电阻值、准确度一般标注在电阻器上面。

用途: 应用于要求较高的交流、直流和脉冲电路之中。

(3) RS 型实心碳质电阻:

特点: 1) 制作简单, 价格便宜。

2) 可靠性高。

3) 过载能力大。

4) 噪声电势也大。

5) 高频下介质损耗大。

6) 常用色标表示准确度和阻值。

用途: 因其稳定性较差, 仅适用于要求不高的交直流电路。

(4) 线绕电阻器:

特点: 1) 阻值不高。

2) 功率较大。

3) 可以制成精密量测用电阻器。

4) 运用频率较低。

5) 阻值、准确度、额定功率常标注在电阻器上。

用途: 1) 适用于功率较大的回路, 通常额定功率大于 10 W 就需用线绕电阻。

2) 适用于制用高精度阻值。

二、电位器:

电位器分为线绕电位器和碳膜电位器两类, 它的技术指标与电阻器基本上相同。通常电位器按阻值与转角之间的关系分为直线、对数和指数式三种。

直线式用 $\times$ 表示

对数可用 D 表示

指数可用 Z 表示

电位器的阻值也已标准化，相应于表 1-2 中的 E12 和 E6 系列。非线性电位器常属第三级准确度，功率从 0.5W~2W，阻值从几百欧到几兆欧。

三、电容器

1. 电容器的分类：

电容器按其介质大致可以分为如下几类：

(1) 云母电容器：该种电容器是以云母作为介质的，导电材料往往用银浆喷在云母片上还原而成，然后按容量要求控制迭片的多少和大小，以达到我们所需要的容量。

(2) 纸介电容器：该种电容器是以特种的电容器纸作为介质的，导电材料是铝箔。将纸和铝箔交替卷在一起，卷成芯子，将芯子装入容器之中灌以油或腊而成。

(3) 陶瓷电容器：该种电容器是以陶瓷作为介质，将银浆喷在瓷片上，高温下还原而成。

(4) 电解电容器：该种电容器是将铝箔在酸溶液中蚀成多孔状，以增加有效面积，然后在其表面涂上一层浆状物质，卷合起来而成。

2. 电容器的技术指标：

(1) 标称容量值和准确度：

1) 标称容量值：电容器的标称容量值与电阻器的标称容量值相同，可参照表 1-1。

2) 准确度，电容器的准确度係指实测值与标称值的误差它被划分为如下等级：

表 1-3

级 别	00(01)	0(02)	I	II	III	IV	V	VI
最大误差 (± %)	± 1%	± 2%	± 5%	± 10%	± 20%	+20% -10%	+50% -20%	+50% -30%

但是并非每一类电容器均包含各级准确度和标称容量系列中所有容量值。

(2) 电容器的耐压：电容器的耐压随外界电压的频率、波形而改变，实用上在一定温度和气压下定出的耐压技术指标有：

1) 直流工作电压 U_w ：表示在该电压下电容器能持续可靠地工作，直到寿命终止。

2) 试验电压 $U_{\text{试}}$: 表示较短时间内 (通常为5秒或1分钟) 能承受的最大电压。如不加特殊说明, $U_{\text{试}}$ 是指直流电压或频率为50赫的交流电压幅值而言, $U_{\text{试}}$ 与工作电压有一定关系。

$$\text{对有机介质 } \frac{U_{\text{试}}}{U_{\text{工}}} \approx 2-3$$

$$\text{对无机介质 } \frac{U_{\text{试}}}{U_{\text{工}}} \approx 1.5-2$$

3) 交流工作电压 $U_{\sim}$, 表示长期工作所允许的交流电压有效值。在交流电压作用下, 介质损耗增加, 发热量增加, 同时, 也容易发生表面放电或电极边缘的空气游离击穿, 因而 $U_{\sim}$ 总小于 $U_{\text{工}}$, 频率愈高 $U_{\sim}$ 愈小, 表1-4、表1-5及表1-6分别表示纸介电容器铝电解电容器允许的交流工作电压值。

纸电容器和金属化纸电容器允许的交流电压
最大幅值 U_M 对直流工作电压 $U_{\text{工}}$ 的百分比

表1-4

频率 f (赫)	$\frac{U_M}{U_{\text{工}}} \%$	频率 f (赫)	$\frac{U_M}{U_{\text{工}}} \%$
50	20	1000	5
100	15	10000	2
400	10		

CZM型密封纸介电容器允许的交流电压值

表1-5

直流工作电压 (伏)	允许交流电压有效值 (伏)				极限脉冲电压 (伏)		
	在 $f=50$ 赫		在 $f=500$ 赫		在重复频率不大于1000, 脉冲宽度0.5-5微秒, 脉冲电流5安以下		
	$C \leq 2\mu F$	$C \geq 4\mu F$	$C \leq 2\mu F$	$C \geq 4\mu F$			
200	160	130	100	50	$C \leq 0.01\mu F$	$C = 0.01$	$C = 0.1-1\mu F$
400	250	200	125	75	150	100	60
600	300	250	150	100	250	150	100
1000	400	350	200	150	350	250	150
1500	500	—	250	—	500	300	200
					600	400	300

CD型铝电解电容器允许的交流电压最大值
 U_M ($f=50\text{ Hz}$) 与直流工作电压 U_N 的百分比

表 1-6

额 定 电 容 量 (微法)	交 流 电 压 幅 值 U_M 与 直 流 工 作 电 压 U_N 的 百 分 比 (%)			
	对 N 和 B 组直流工作电压		对 T 和 G 组直流工作电压	
	$U_N=3\sim 50\text{ V}$	$U_N=150\sim 500\text{ V}$	$U_N=20\sim 50\text{ V}$	$U_N=150\sim 450\text{ V}$
2-20	15	10	25	10
30-100	10	6	15	8
大于100	5	—	8	—

(3) 电容器使用的环境条件:

1) 电容器的工作温度:

纸介电容器: 纸介电容器的工作温度和防潮浸渍材料的耐热性有关。如用石蜡、地蜡、油蜡、凡士林、纤维脂等浸渍料的电容器工作温度限制在 $+60^\circ\text{C}$ ~ $+80^\circ\text{C}$, 如用耐热性 E 级和 B 级的合成树脂作浸渍料, 工作温度上限可达 100°C ~ 125°C , 国内生产的 CF 型耐热聚四氟乙烯电容器, 环境温度允许到 $+200^\circ\text{C}$ 。

电解电容器: 使用环境温度一般分为四组:

1. 特别耐寒的称 T 组: 工作温度 -60°C 到 $+60^\circ\text{C}$ 。
2. 高耐寒的称 G 组: 工作温度 -50°C 至 $+60^\circ\text{C}$ 。
3. 耐寒的称 N 组: 工作温度 -40°C 至 $+60^\circ\text{C}$ 。
4. 不耐寒的称 B 组: 工作温度 -10°C 至 $+60^\circ\text{C}$ 。

2) 电容器工作环境的相对湿度: 电容器允许的工作环境湿度范围根据电容器密封性的好坏, 可以分为:

允许工作在相对湿度为 98% 场合, 如各类型的密封电容器

允许工作在相对湿度为 80% 场合, 如各类型的非密封性电容器

(4) 电容器的温度稳定性:

衡量电容器电容量的稳定性有二种不同的方法。

1) 电容温度系数: 电容的绝对变化量 ($C_2 - C_1$) 与相应的温度变化量 ($t_2 - t_1$) 和原电容量 C_1 乘积之比的百分数称为电容温度系数, 用数学式表达:

$$TKC = \frac{C_2 - C_1}{C_1(t_2 - t_1)} 100\% \text{ 度}^{-1} \quad (1-4)$$

式中: C_1 是温度 t_1 时的电容量, t_1 通常是正常工作温度 $+15^\circ\text{C} \sim +25^\circ\text{C}$ 。

C_2 是温度 t_2 时的电容量, t_2 通常是指极限工作温度。

(e) 如果电容量与温度的关系是非线性的, 通常就不用 TKC 来表示, 而用室温变到允许环境温度极限值时电容量的相对变化百分比来表示。

$$\text{即 } \Delta C = \frac{C_2 - C_1}{C_1} 100\% \quad (1-5)$$

CZM-C 型瓷管密封纸介电容器、当温度从 $+20 \pm 5^\circ\text{C}$ 变到 $+70^\circ\text{C}$ 时, ΔC 不大于 $\pm 5\%$; 当温度从 $+20 \pm 5^\circ\text{C}$ 变到 -60°C 时, ΔC 不大于 $\pm 10\%$ 。

同样 CD-N 组电介电容器, 当温度自 $+20 \pm 5^\circ\text{C}$ 变化到 $+60^\circ\text{C}$ 时, ΔC 不大于 $+30\%$, 当温度从 $+20 \pm 5^\circ\text{C}$ 变化到 -40°C 时, ΔC 不大于 -50% 。

(5) 电容器的漏电流:

电容器中用的介质并不是理想的绝缘材料, 因此在电容器的两引出端上加上电压之后, 往往会产生漏电流, 由于漏电的结果, 会使仪器的工作不稳定。所以对阻止漏电也是电容器一项指标。对于电解电容器的漏电流, 当温度为 $+20 \pm 5^\circ\text{C}$ 时, 不能超过下式计算得到的数值。

$$I = KC U = \times 10^{-4} + m \quad (1-6)$$

式中: I —— 漏电流 (mA)

K —— 温度常数: 温度 $+20 \pm 5^\circ\text{C}$ 时, $K=1$

C —— 标称容量: (μF)

U —— 直流工作电压: (V)

m —— 常数,

标称容量小于等于 $5\mu\text{F}$ 者 $m = 0.2 \text{ mA}$

标称容量为 $8 \sim 50\mu\text{F}$ 者 $m = 0.1 \text{ mA}$

标称容量大于 $50\mu\text{F}$ 者 $m = 0$

关于其他电容器的特性, 请参阅有关手册。

3. 各种不同类型电容器的特点和用途:

(1) 纸介电容器:

特点: 1) 漏阻极小, 损耗大, 寄生电感大。

2) 非密封性型稳定性较差。

3) 种类和结构较多。

用途: 1) 适用于偶合, 旁路和去偶。

2) 适用于直流电路及频率小于 0.5 MC 左右的交流电路。

(2) 铝电解电容器:

特点: 1) 电容量大。容量愈高, 耐压愈低。

2) 漏电流和损耗较大。

3) 稳定性差。

4) 具有正负极性。

5) 不能用于交流电路。

用途: 用于直流和脉动电路, 例如整流, 滤波, 去偶。

(3) 云母电容器:

特点: 1) 漏阻大, 损耗小, 寄生电感小,

2) 尺寸比同容量的纸介电容器要大。

3) 稳定性比纸介电容器高。

4) 价格贵。

用途: 1) 在低频放大器中常用作级间偶合、移相、旁路、高频等。

4. 使用电容器须知:

正确使用电容器, 对延长电容器使用寿命和提高线路质量具有重要意义, 对于纸介和电介电容的使用的注意事项叙述于后。

(1) 纸介电容使用注意事项:

1) 纸介电容器常有内外电极之分。通常在某表面标有一个黑圈或黑条来表示外层极片引出端, 接线时应把该端接于低电位一端, 以起屏蔽作用。

2) 对于长期运行的纸介电容器, 如果环境温度超过 $+60^{\circ}\text{C}$ 为了增加可靠性, 降低电容器老化的可能性, 纸介电容的使用电压比标定的允许工作电压要降低 10% 。

(2) 电介电容器使用注意事项:

1) 电介电容器具有正负极性, 不能工作在交流电压下, 但可工作在脉动电压下。

2) 电解电容的工作电压值最好比标定的直流工作电压低 $10-20\%$, 因为作为电解质的氧化膜的击穿电压值与标定电压接近, 留有余量就能防止电源波动或负载波动时因过电压而击穿。

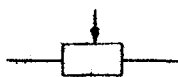
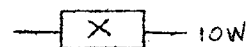
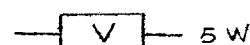
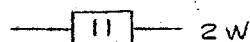
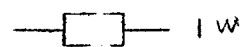
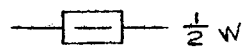
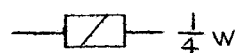
3) 使用储存过久的电解电容器时, 因氧化膜可能分解, 使用时必须

缓慢加电压，促使形成完整氧化膜（这个过程叫做“重新赋能”）。

四、电阻器、电位器和电容器的标注法。

1. 在原理图上的标注法：

固定电阻



电位器一般符号



可变电阻



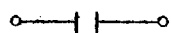
线绕电位器



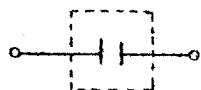
线绕电阻



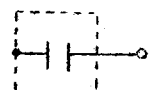
带抽头线绕固定电阻



非金属外壳，两引出线
例：模塑型云母电容器



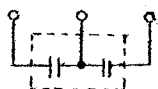
金属外壳，两引出线
例：密封纸介电容器



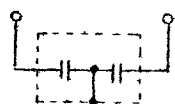
金属外壳，一引出线，一端接外壳
例：铝电解电容器



金属外壳，二引出线，一端接外壳
例：支持式电容器



金属外壳，两组电容，三引出线
例：密封型纸介电容器



金属外壳，两组电容，二引出线
例：密封型纸介电容器

2. 规格标注法:

(1) 电阻器规格标注常按以下次序:

型号 — 瓦数 — 阻值 — 准确度 — 噪声电组别

例如碳膜电阻

RT-0.5-51K-Ⅲ-B

(2) 电位器规格标注方式有二:

A. 单联电位器, 型号 — 瓦数 — 阻值 — 阻值与旋转角的关系 — 轴长与轴的类型。

例如: WTG-I-0.5-470D-60L

即碳膜电位器I型, 0.5瓦, 470Ω, 对数式, 轴长60mm, L表示轴端铣成平面。

B. 双联电位器其规格用分数表示, 分母为靠近紧固螺母的电位器规格。

WTG-Ⅲ- $\frac{1}{0.5} \cdot \frac{56 \times}{68Z13U}$

即碳膜电位器Ⅲ级精确度一个电位器56Ω1W, 直线式。一个电位器为68Ω, 0.5W, 指数式, 电位器轴长13mm, 带U型槽。

(3) 电容器的规格标注法:

电容器的标注次序为:

型号 — 耐压 — 温度系数组别 — 电容量 — 准确度

例: CY-500-B-200-Ⅱ

是云母电容, 耐压500V, 温度系数B组, 电容量200μμF准确度二级。

但是对于电解电容器常不标注准确度而标注耐寒能力, 它的标注次序为:

型号 — 耐压 — 容量 — 使用环境

例: CDM-200-30-N

是密封电解电容, 耐压200V, 电容30μF, 使用环境是耐寒组。

五. 常用电阻器, 电位器、电容器的型号

实芯电阻器	RS
碳膜电阻器	RT
测量用碳膜电阻器	RTL
小型碳膜电阻器	RTX
金属膜电阻器	RJ