

# 第 1 章 常用电子元器件

电子元器件是电子制作中最基本的“零件”。电子电路中具有某些独立功能的单元，如放大电路、振荡电路、检波电路等，都是由许多电子元器件构成的，通常可分为无源元件（习惯上称为元件）和有源元件（习惯上称为器件）两类。前者包括电阻器、电容器、电感器、电声器件等，后者包括晶体二极管、晶体三极管、集成电路等。本章着重学习这些电子元器件的基本知识。

## 1.1 电阻器和电位器

电阻器简称电阻，是电子电路中应用最多的元件之一。电阻器在电路中用于分压、分流、滤波（与电容器组合）、耦合、阻抗匹配、负载等。电阻器在电路中常用符号“R”表示，电阻值的国际单位为欧姆，简称欧（ $\Omega$ ）。1 $\Omega$ 是电阻的基本单位，在实际电路中，常用的单位还有千欧（k $\Omega$ ）和兆欧（M $\Omega$ ）。三者的换算关系为

$$1\text{M}\Omega=1000\text{k}\Omega; \quad 1\text{k}\Omega=1000\Omega$$

电位器是由一个电阻体和一个转动或滑动系统组成的。在家用电器和其他电子设备电路中，电位器用来分压、分流和用来作为变阻器。在晶体管收音机、CD 唱机、电视机等电子设备中电位器用于调节音量、音调、亮度、对比度、色饱和度等。当它作为分压器时，是一个四端电子元件；当它作为变阻器时，是一个两端电子元件。

### 1.1.1 电阻器和电位器的命名、分类及参数

#### 1. 电阻器和电位器的型号命名

国产电阻器、电位器的型号一般由下列五部分组成。

第一部分：主称，用字母表示，R 表示电阻器，W 表示电位器。

第二部分：导电材料，用字母表示，具体含义见表 1-1。

第三部分：一般用数字表示分类，个别类型用字母表示，见表 1-2。

表 1-1 电阻器、电位器及其材料字母表示

| 类别 | 名称   | 符号 | 字母顺序 |
|----|------|----|------|
| 主称 | 电阻器  | R  | 第一字母 |
|    | 电位器  | W  |      |
| 材料 | 碳膜   | T  | 第二字母 |
|    | 金属膜  | J  |      |
|    | 氧化膜  | Y  |      |
|    | 合成碳膜 | H  |      |
|    | 有机实心 | S  |      |
|    | 无机实心 | N  |      |
|    | 沉积膜  | C  |      |
|    | 玻璃釉  | I  |      |
|    | 线绕   | X  |      |

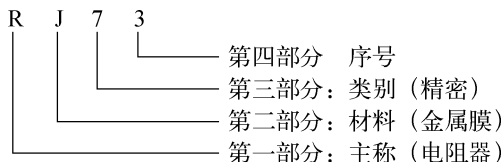
表 1-2 电阻器与电位器的代号

| 数字代号 | 意义  |      | 字母代号 | 意义  |     |
|------|-----|------|------|-----|-----|
|      | 电阻器 | 电位器  |      | 电阻器 | 电位器 |
| 1    | 普通  | 普通   | G    | 高功率 | 高功率 |
| 2    | 普通  | 普通   | T    | 可调  | —   |
| 3    | 超高频 | —    | W    | —   | 微调  |
| 4    | 高阻  | —    | D    | —   | 多圈  |
| 5    | 高温  | —    | X    | 小型  | 小型  |
| 6    | —   | —    | J    | 精密  | 精密  |
| 7    | 精密  | 精密   | L    | 测量用 | —   |
| 8    | 高压  | 特种函数 | Y    | 被釉  | —   |
| 9    | 特殊  | 特殊   | C    | 防潮  | —   |

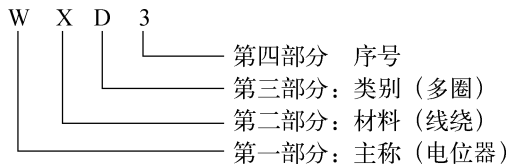
第四部分：序号，用数字表示。对主称、材料相同，仅性能指标、尺寸大小有差别，但基本不影响互换使用的产品，给予同一序号；若性能指标、尺寸大小明显影响互换时，则在序号后面用大写字母作为区别代号。

第五部分：区别代号，用字母表示。区别代号是当电阻器（电位器）的主称、材料特征相同，而尺寸、性能指标有差别时，在序号后用 A、B、C、D 等字母予以区别。举例如下。

### (1) 精密金属膜电阻器



### (2) 多圈线绕电位器



## 2. 电阻器和电位器的分类

### (1) 电阻器的分类

电阻器的种类很多，通常有固定电阻器、可变电阻器和敏感电阻器。按电阻器结构形状和材料不同，可分为线绕电阻器和非线绕电阻器。线绕电阻器有通用线绕电阻器、精密线绕电阻器、功率型线绕电阻器等；非线绕电阻器有碳膜电阻器、金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器、合成碳膜电阻器、棒状电阻器、管状电阻器、片状电阻器、纽扣状电阻器、金属玻璃釉电阻器、有机合成实心电阻器、无机合成实心电阻器等。

下面介绍几类常用电阻器的性能及结构。

#### ① 碳膜电阻器

碳膜电阻器是通过真空高温热分解的结晶碳沉积在柱状或管状的陶瓷骨架上制成的。碳膜电阻器稳定性好、噪声低、阻值范围较宽，既可制成小至几欧的低值电阻器，也可制成几十兆欧的高值电阻器，且生产成本低廉，应用广泛。在 $-55^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ 的环境温度中，可按 100% 的额定功率使用。碳膜电阻器的外形与结构如图 1-1 所示。

#### ② 金属膜电阻器与金属氧化膜电阻器

金属膜电阻器的外形和结构与碳膜电阻器相似，如图 1-2 所示。它多采用合金粉真空蒸发制成。

金属膜电阻器的性能比碳膜电阻器更为优越，它稳定性好，耐热性能好，温度系数小，在同样的功率条件下，体积比碳膜电阻器小很多，但其脉冲负荷稳定性比较差。金属膜电阻器的阻值范围为  $1\Omega\sim 200\text{M}\Omega$ ，可在 $-55^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$ 的环境温度中，按 100% 的额定功率使用。这类电阻常用在质量要求较高的电路中，金属氧化膜电阻器的性能与金属膜电阻器相似，但它不适用于长期工作的电路中。因为它长期工作的稳定性较差，但耐热性很好。阻值范围为  $1\Omega\sim 100\text{k}\Omega$ 。

#### ③ 线绕电阻器

线绕电阻器是用高密度电阻材料镍铬丝或锰铜丝、康铜丝绕在瓷管上制成的，分固定

式和可调式两种。表面覆盖一层玻璃釉的为釉线绕电阻器；表面覆盖保护有机漆或清漆的为涂漆线绕电阻器；绕制没有保护的裸线的为裸式线绕电阻器。图 1-3 所示为线绕电阻器的外形与结构。

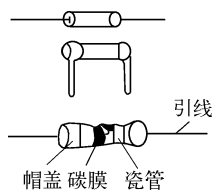


图 1-1 碳膜电阻器的外形与结构图

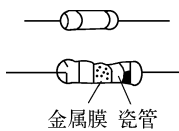


图 1-2 金属膜电阻器的外形与结构图

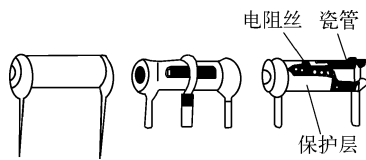


图 1-3 线绕电阻器的外形与结构图

线绕电阻器的特点是噪声小，甚至无电流噪声；温度系数小、热稳定性好、耐高温，工作温度可以达到  $315^{\circ}\text{C}$ 。但它体积大、阻值较低，大多在十万欧以下。同时线绕电阻器由于结构上的原因，分布电容和电感系数都比较大，不能在高频电路中使用。这类电阻器通常在大功率电路中作为降压或负载等使用，阻值范围为  $0.1\Omega\sim 5\text{M}\Omega$ 。

#### ④ 片状电阻器

片状电阻器是一种表面安装元件，是随着电子技术的发展而产生的新型元件。片状电阻器是由陶瓷基片、电阻膜、玻璃釉保护层和端头电极组成的无引线结构电阻元件。它体积小、重量轻、性能优良、温度系数小、阻值稳定、可靠性强，但其功率一般不大。阻值范围为  $10\Omega\sim 10\text{M}\Omega$ ，低阻值范围为  $0.02\sim 10\Omega$ 。

#### ⑤ 热敏电阻器

热敏电阻器是用一种对温度极为敏感的半导体材料制成的非线性元件。电阻值随温度升高而变小的为负温度系数热敏电阻器；随温度升高而增大的为正温度系数热敏电阻器。目前使用较多的为负温度系数的电阻器。图 1-4 所示为部分直热式热敏电阻器的外形结构图。

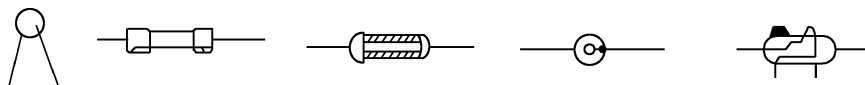


图 1-4 直热式热敏电阻器的外形结构图

#### ⑥ 压敏电阻器

压敏电阻器是一种特殊的非线性电阻器。当加在压敏电阻器两端的电压至某一临界值时，它的阻值会急剧变小。在电子电路中，它常用做过压保护和稳压元件。压敏电阻器按伏安特性可分为对称型（无极性）压敏电阻器和非对称型（有极性）压敏电阻器两种；按结构可分为体型压敏电阻器和结型压敏电阻器两种。

#### (2) 电位器的分类

电位器的种类较多，按所使用的电阻材料分为碳膜电位器、碳质实心电位器、金属膜电位器、玻璃釉电位器、线绕电位器等。

下面介绍几种常用的电位器。

#### ① 碳膜电位器

碳膜电位器的电阻体是用碳黑、石墨、石英粉、有机黏合剂等配成悬浮液，并喷涂在玻璃纤维板或者胶纸板上制成的。电阻片上两端焊片间的电阻值是电位器的最大阻值，滑动

臂与两端焊片之间的阻值随触点位置改变而变化。改变滑动臂在碳膜片上的位置，就可以达到调节电阻阻值大小的目的。碳膜电位器的结构简单、阻值范围宽、寿命长、价格低、型号多，但功率不太高，一般小于2W。图1-5所示为其外形结构图。

### ② 线绕电位器

线绕电位器的电阻体是由电阻体和带滑动触点的转动系统组成的。它的耐热性好，温度系数小；噪声很低、精度高、有较大的功率。在同样的功率下，线绕电位器的体积最小，但它的分辨率低，高频特性差。图1-6所示为其外形结构图。

### ③ 单圈式电位器

单圈式电位器是线绕电位器的一种。它的滑动臂只能在360°范围内旋转。图1-5、图1-6所示的都属单圈式电位器。

### ④ 多圈式电位器

多圈式电位器的滑动臂从一个极端位置滑动到另一个极端位置，它的轴要转动一圈以上。这种电位器的电阻丝紧紧地绕在外有绝缘层的粗金属线上，金属线圈绕成螺旋形，装在有内螺纹的壳体内。电位器的滑动臂由转轴带动，能沿着螺旋形的金属线移动。多圈式电位器的转轴每旋转一周，其滑动臂仅移动一个螺距，因此用它可对电阻值进行细微的调节。多圈式电位器适用于需精密微调的电路。

### ⑤ 多圈微调电位器

多圈微调电位器用涡轮、蜗杆结构调节电阻，涡轮上装有滑动臂，旋转蜗杆时涡轮随着转动。蜗杆转动一周，涡轮转动一齿，滑动臂便在电阻体上进行圆周运动，对电阻值进行细微调节。图1-7所示为其外形结构图。

### ⑥ 单联、双联和多联电位器

单联电位器有自身独立的转轴，前面介绍的电位器都属于单联电位器。

多联电位器是将两个或两个以上电位器装在同一根轴上构成的。多个电位器可公用一个旋轴，以达到简化结构节省零件的效果。此类电位器大部分用在低频衰减器或需同步的电路中。图1-8所示为其外形结构图。

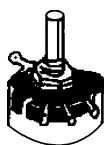


图 1-5 碳膜电位器  
外形结构图

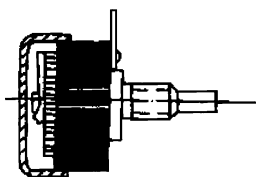


图 1-6 线绕电位器  
外形结构图



图 1-7 多圈微调电位器  
外形结构图

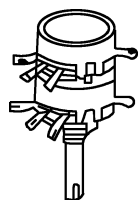


图 1-8 多联电位器  
外形结构图

### ⑦ 锁紧型电位器

锁紧型电位器的轴套为圆锥形，并开有槽口。当螺帽向下旋紧时，轴套将锁紧，转轴位置不变，以防止调好的电阻值变化。该电位器的阻值处于固定状态，比较适用于需经常移动的电子仪器。图1-9所示为其外形剖面图。

### ⑧ 带电源开关电位器

带电源开关电位器即在电位器上附带有开关装置。开关和电位器虽然同轴相连，但又彼此独立。电位器能起到控制电路通断的作用。其开关既可做成单刀单掷、双刀双掷、单刀

双掷等，也可做成推拉或旋转开关，既节省元件，又美化面板，常用于收音机、电视机中作为音量控制兼电源开关。图 1-10 所示为其外形结构图。

### ⑨ 直滑式电位器

直滑式电位器的电阻材料为碳膜，电阻体为直条形，通过调节滑轮柄可改变其阻值。它工艺简单，可由滑臂的位置大致判断阻值，被广泛地应用在收音机、录音机、电视机和一些电子仪器上。它的外形结构图如图 1-11 所示。

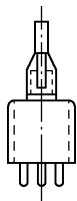


图 1-9 锁紧型电位器的外形剖面图

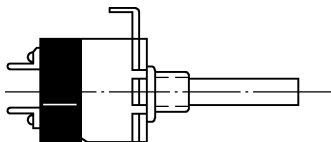


图 1-10 带电源开关电位器的外形结构图

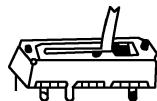


图 1-11 直滑式电位器的外形结构图

## 3. 电阻器和电位器的主要参数

### (1) 电阻器的主要参数

#### ① 标称阻值与允许误差

标识在电阻器上的阻值称为标称阻值。但电阻的实际值往往与标称阻值有一定差距，即误差。两者之间的偏差允许范围为允许偏差，它标志着电阻器的阻值精度。通常电阻器的阻值精度可由下式计算：

$$\delta = \frac{R - R_R}{R_R} \times 100\%$$

式中  $\delta$ ——允许误差；

$R$ ——电阻器的实际阻值 ( $\Omega$ )；

$R_R$ ——电阻器的标称阻值 ( $\Omega$ )。

按规定，电阻器的标称阻值应符合阻值系列所列数值。常用电阻器标称阻值系列见表 1-3。电阻器的精度等级见表 1-4。

表 1-3 常用电阻器标称阻值

| 允许误差                            | 标称阻值 $\times 10^n \Omega$ ( $n$ 为整数) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------------------|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $\pm 5\%$ (E <sub>24</sub> 系列)  | 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 | 6.0 | 6.8 | 7.5 | 8.2 | 9.1 |
| $\pm 10\%$ (E <sub>12</sub> 系列) | 1.0                                  | 1.2 | 1.5 | 1.8 | 2.2 | 2.7 |     |     |     |     |     |     |
|                                 | 3.3                                  | 3.9 | 4.7 | 5.6 | 6.8 | 8.2 |     |     |     |     |     |     |
| $\pm 20\%$ (E <sub>6</sub> 系列)  | 1.0                                  |     | 1.5 |     | 2.2 |     |     |     |     |     |     |     |
|                                 | 3.3                                  |     | 4.7 |     | 6.8 |     |     |     |     |     |     |     |

表 1-4 电阻值的精度等级

| 精度等级 | 005         | 01 (或 00) | 02 (或 0)  | I         | II         | III        |
|------|-------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 允许误差 | $\pm 0.5\%$ | $\pm 1\%$ | $\pm 2\%$ | $\pm 5\%$ | $\pm 10\%$ | $\pm 20\%$ |

a. 文字符号直标法：用阿拉伯数字和文字符号两者有规律的组合来表示标称阻值、额定

功率、允许误差等级等。符号前面的数字表示整数阻值，后面的数字依次表示第一位小数阻值和第二位小数阻值，其文字符号所表示的单位见表 1-5。如 1R5 表示  $1.5\Omega$ ，2K7 表示  $2.7k\Omega$ ，

表 1-5 文字符号直标法中文字符号所表示的单位

|      |                |                     |                     |                      |                         |
|------|----------------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|
| 文字符号 | R              | K                   | M                   | G                    | T                       |
| 表示单位 | 欧姆( $\Omega$ ) | 千欧姆( $10^3\Omega$ ) | 兆欧姆( $10^6\Omega$ ) | 千兆欧姆( $10^9\Omega$ ) | 兆兆欧姆( $10^{12}\Omega$ ) |

例如：RJ71—0.125—5k1—II

允许误差  $\pm 10\%$   
 标称阻值 ( $5.1k\Omega$ )  
 额定功率  $1/8W$   
 型号

由标号可知，它是精密金属膜电阻器，额定功率为  $1/8W$ ，标称阻值为  $5.1k\Omega$ ，允许误差为  $\pm 10\%$ 。

b. 色标法：色标法将电阻器的类别及主要技术参数的数值用颜色（色环或色点）标注在它的外表面上。色标电阻（色环电阻）器可分为三环、四环、五环三种标法。其含义如图 1-12 和图 1-13 所示。

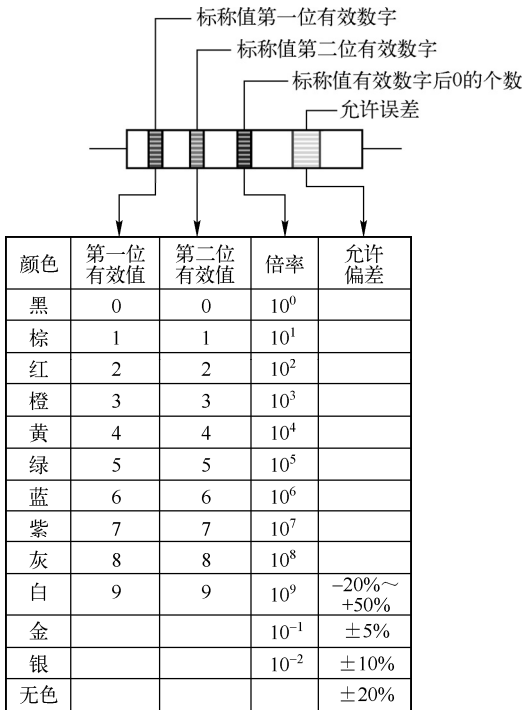


图 1-12 两位有效数字阻值的色环表示法

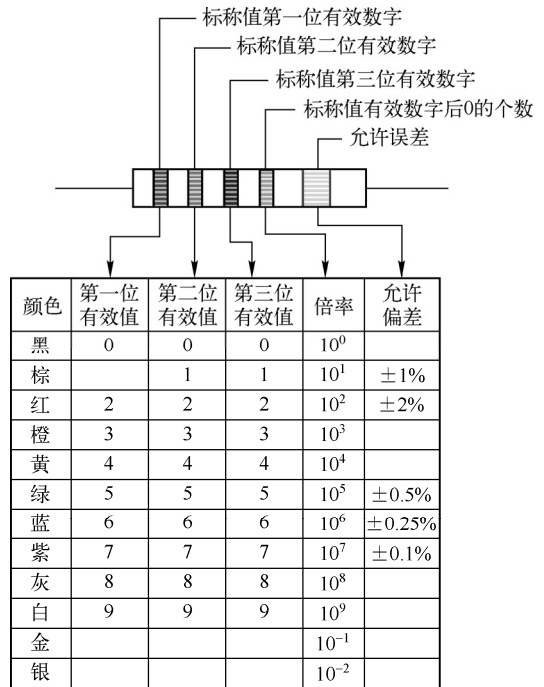


图 1-13 三位有效数字阻值的色环表示法

三色环电阻器的色环表示标称电阻值（允许误差均为  $\pm 20\%$ ）。例如，色环为棕黑红，表示  $10 \times 10^2 = 1.0k\Omega \pm 20\%$  的电阻器。

四色环电阻器的色环表示标称值（二位有效数字）及精度。例如，色环为棕绿橙金表示  $15 \times 10^3 = 15k\Omega \pm 5\%$  的电阻器。

五色环电阻器的色环表示标称值（三位有效数字）及精度。例如，色环为红紫绿黄棕表示  $275 \times 10^4 = 2.75 \text{M}\Omega \pm 1\%$  的电阻器。

一般四色环和五色环电阻器表示允许误差的色环的特点是该环离其他环的距离较远。较标准的表示应是表示允许误差的色环的宽度是其他色环的（1.5~2）倍。

有些色环电阻器由于厂家生产不规范，无法用上面的特征判断，这时只能借助万用表判断。

### ② 电阻器的额定功率

额定功率是指电阻器在交流或者直流电路中，在正常工作情况下，电阻器长期连续工作所允许承受的最大功率。对于同一类电阻器，额定功率的大小取决于它的几何尺寸和表面积。电阻器的额定功率系列见表 1-6。

表 1-6 电阻器的额定功率系列

| 种 类    | 额定功率系列/W |       |      |      |     |   |   |    |    |    |     |    |     |    |     |     |     |     |
|--------|----------|-------|------|------|-----|---|---|----|----|----|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| 线绕电阻器  | 0.05     | 0.125 | 0.25 | 0.5  | 1   | 2 | 4 | 8  | 10 | 16 | 25  | 40 | 50  | 75 | 100 | 150 | 250 | 500 |
| 非线绕电阻器 | 0.05     | 0.125 | 0.25 | 0.5  | 1   | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 |    |     |    |     |     |     |     |
| 线绕电位器  | 0.25     | 0.5   | 1    | 1.6  | 2   | 3 | 5 | 10 | 16 | 25 | 40  | 63 | 100 |    |     |     |     |     |
| 非线绕电位器 | 0.025    | 0.05  | 0.1  | 0.25 | 0.5 | 1 | 2 | 3  |    |    |     |    |     |    |     |     |     |     |

表示电阻功率的通用符号见表 1-7。

如果电阻器符号上没有瓦数的标识，就表明对该电阻器功率要求不严格，我们可以根据其体积大小来判断功率。

### ③ 电阻器的最大工作电压（极限工作电压）

最大工作电压是指电阻器长期工作而不发生过热或击穿损坏等现象的电压。电阻器的最大工作电压用下式计算：

$$U_{\text{MAX}} = \sqrt{P_{\text{R}} \cdot R_{\text{LJ}}}$$

式中  $U_{\text{MAX}}$ ——最大工作电压（V）；

$P_{\text{R}}$ ——额定功率（W）；

$R_{\text{LJ}}$ ——临界阻值（ $\Omega$ ）。

临界阻值由电阻器的额定功率及它的结构、外形尺寸等因素确定。

在实际使用中，当  $R < R_{\text{LJ}}$  时，一定要使电阻器在低于额定工作电压下工作。当  $R > R_{\text{LJ}}$  时，则必须低于最高工作电压，以免烧坏或产生极间击穿和飞弧现象。

### （2）电位器的参数

电位器除与电阻器有相同的参数外，还有以下特定的几个参数。

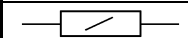
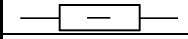
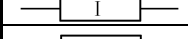
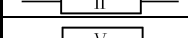
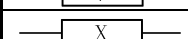
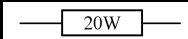

#### ① 最大阻值和最小阻值

电位器的标称阻值是指该电位器的最大阻值。最小阻值又称为零位阻值。由于触点存在接触电阻，因此最小电阻值不可能为零。

#### ② 阻值变化特性

它是指阻值随活动触点的旋转角度或滑动行程的变化而变化。这种变化可以是任何函

表 1-7 电阻功率的通用符号

| 图 形 符 号   | 名 称     |
|---|---------|
|    | 1/4W 电阻 |
|   | 1/2W 电阻 |
|  | 1W 电阻   |
|  | 2W 电阻   |
|  | 5W 电阻   |
|  | 10W 电阻  |
|  | 20W 电阻  |

说明：功率大于 10W，小于 1/4W 的电阻，用阿拉伯数字标注，例如 20W。

数形式。常用的有直线式、对数式和反对数式，分别用 X、Z、D 表示。它们的变化规律如图 1-14 曲线的所示。

- 直线式电位器，其阻值变化和转角呈线性关系，此类电位器多用在分压电路中。
- 对数式电位器，该类电位器开始转动时阻值变化小，转动角度增加阻值变化大，此类电位器多用在音量控制电路中。
- 反对数式（旧称指数式）电位器，其变化方式与对数式电位器相反，当其转动角度增加时，其阻值反而减小，此类电位器多用于音调控制电路中。

### ③ 动噪声

当电位器在外加电压作用下，其动接触点在电阻体上滑动时，产生的电噪声称为电位器的动噪声，其对家用电器及其他电子设备，如电视机、CD 唱机等影响很大，选用时宜用动噪声小的电位器。

## 1.1.2 电阻器和电位器的测量

### 1. 电阻器的测量

#### (1) 机械式万用表测量电阻器

用机械式万用表测量电阻器之前，需对其调零，选择要使用的挡位，将红、黑两只表笔短接，调节调零螺母使表头指针阻值为零，然后用表笔接被测固定电阻器的两个引出端，此时表头指针偏转的指示值，即为被测电阻器的阻值。如果指针不摆动，则可将机械式万用表换到阻值较大挡位，并重新调零后再次测量。如果指针仍不摆动，可能该电阻器内部断路，应进行故障检查。如果指针摆动到指示为零，可将机械式万用表置于阻值较小挡位（每次换挡均需调零后才能进行测量）。在测量时，注意人体手指不要触碰被测固定电阻器的两个引出端，以免影响测量结果。

如果认为用万用表测量电阻器的阻值精度不够准确，则可以用晶体管特性图示仪来测量，测量方法类似测量普通二极管的方法，但要注意在被测电阻器所允许的最大功耗内进行测量。

对于热敏电阻器，在万用表测量之前先测量室温下的电阻值，检测阻值是否正常。

测量热敏电阻器的阻值时，可通过人体对其加热（如用手拿住），使其温度升高，观察阻值变化。如果体温不足以使其阻值产生较大变化，则可用发热元件（如灯泡、电烙铁等）进行加热。当温度升高时，其阻值增大，则该热敏电阻是正温度系数的热敏电阻；若其阻值降低，则是负温度系数的热敏电阻。

另外，可用万用表测量热敏电阻两端电压来绘制伏安特性曲线，并据此判断热敏电阻的好坏。具体方法如下。

首先要了解机械式万用表各欧姆挡的短路电流和开路电压。例如，500 型万用表，其  $R \times 1\Omega$ 、 $R \times 10\Omega$ 、 $R \times 100\Omega$ 、 $R \times 1k\Omega$  挡的短路电流分别为 100mA、10mA、1mA、100 $\mu$ A（两表笔短接，表针指示到零欧姆时，流过表笔的电流）；它们的开路电压均为 1.2V（指两表笔开路，表针指示为无穷大时，两表笔之间的电压）。

测量时，首先用  $R \times 1\Omega$  挡，从直流电压和电流刻度上读出通过该电阻的电流为 22mA，

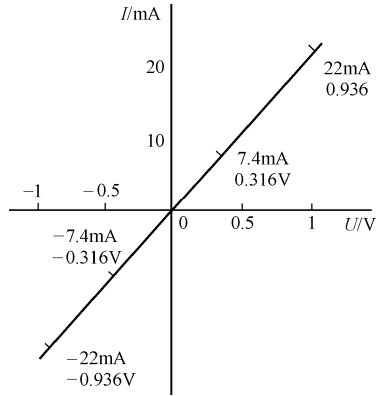


图 1-14 用万用表测得的热敏电阻两端伏安特性曲线



两端电压为 0.936V，测得阻值为 42Ω；再将机械式万用表置于 R×10Ω挡，这时短路电流为 7.4mA，开路电压为 0.316V，读出阻值仍为 42Ω。再将表笔对调，重复进行上述测量，把 4 组电流和电压值标示在图 1-14 的直角坐标上，绘制出伏安特性曲线。如果特性曲线接近直线，说明该被测热敏电阻特性良好；如果曲线弯曲，则说明该被测热敏电阻特性不好。

### (2) 数字式万用表测量电阻器

由于本教材选用的数字式万用表型号为 VC9807A，因此后面凡涉及数字万用表的，均为 VC9807A 型数字式万用表。

将量程开关拨至欧姆挡的合适量程，把黑表笔插入 COM 插孔，红表笔插入 V/Ω插孔。注意在数据读取时，在 200Ω挡，单位是Ω；在 2K 到 200K 挡，单位为 kΩ；2M 以上的，单位是 MΩ。将红、黑两只测试表笔分别连接到待测电阻器的两只管脚上，两只表笔不分正负。在测量某个单只电阻器时，可以用手将电阻器的某一支管脚和测试表笔捏在一起，再用另一支表笔连到电阻器的另一支管脚上，这样可以保持表笔和电阻器有良好的接触，便于读取数据。注意不要将手指同时捏住电阻器两个管脚，这样人体电阻会使测量结果偏小，影响测量的精确度。

需要注意的是，如果用数字式万用表对在线电阻器进行测量，在测量之前，必须先关断电路电源，再对电阻器进行测量，否则会对万用表或电路板造成不必要的损坏。

如果进行低电阻器的精确测量，必须从测量值中减去测量导线的电阻。典型的测试导线的阻值在 0.2Ω到 0.5Ω之间。如果测试导线的阻值大于 1Ω，就要更换测试导线。如果被测电阻值超出所选择量程的最大值，将显示过量程 1，此时应将量程开关拨到更高的量程，对于大于 1MΩ或更高的电阻，要几秒钟后读数才能稳定。如果数据一直显示过量程 1，则可能该电阻器内部断路，应进行故障检查。

将测量所得到的数据记录到表 1-8 中。

## 2. 电位器的测量

可以使用一些小技巧对电位器的质量进行初步的判断。转动电位器的旋柄，观察旋柄转动是否平滑，如果转动不平滑，并可听到电位器内部接触点和电阻体发出“沙沙”声，说明质量不好。再观察电位器的开关是否灵活，通常情况下，电位器的开关在通断时能发出清脆的“咔嗒”声。

也可以用万用表对电位器的好坏进行检测。因不涉及具体电阻值的测量，以下测量方法对机械式万用表和数字式万用表都适用。在电位器测量前，首先测量两端的两片焊片之间的阻值，也就是其标称阻值，看其是否与标注值相符合。再检查电位器的开关接触是否良好。用万用表的低阻值挡来测量，表笔接两焊片，调节开关通断，观察万用表的阻值变化情况。最后，测量电位器动触点的接触状况。测量端点为中间焊片和两端的任意一片焊片。测量时，缓缓旋转转轴，观察电位器的阻值是否在零及标称阻值之间连续变化。若万用表读数连续变化，则电位器动触点接触良好；否则该电位器动触点的接触不良，或电阻片的碳膜涂层不均匀，有严重污染。

同轴电位器的测量与通用电位器原理相似。测试电路如图 1-15 所示。

先分别测量电位器 A 的 1、3 两端及电位器 B 的 1、3 两端的电阻值，这两个阻值应与标称值相符。然后将电位器逆时针旋到底，将两只万用表

表 1-8 电阻测量记录表

| 序号 | 色环 | 标称阻值 | 允许误差 | 实际阻值 | 实际误差 | 质量 |
|----|----|------|------|------|------|----|
| 1  |    |      |      |      |      |    |
| 2  |    |      |      |      |      |    |
| 3  |    |      |      |      |      |    |
| 4  |    |      |      |      |      |    |
| 5  |    |      |      |      |      |    |
| 6  |    |      |      |      |      |    |
| 7  |    |      |      |      |      |    |
| ⋮  |    |      |      |      |      |    |

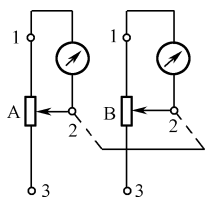


图 1-15 同轴电位器的测试电路

分别接电位器 A 的 1、2 两端和电位器 B 的 1、2 两端，顺时针旋转同轴电位器的轴柄，观察两块万用表的阻值是否同步变化。

再用同样方法测量同轴电位器 A 的 2、3 两端和电位器 B 的 2、3 两端阻值变化是否同步，读数是否连续。性能良好的同轴电位器，标称阻值应相等或近似相等，在旋转轴柄时同步误差（阻值误差）极小，且无阻值突变的情况。

### 1.1.3 电阻器和电位器的选用与代用

#### 1. 电阻器的选用与代用

##### (1) 电阻器的选用

###### ① 型号的选取

根据各种电阻器的特点，对于一般的电子线路和电子设备，可以使用普通的碳膜或碳质电阻器，它们价格便宜，货源充足；对于高品质的扩音机、录音机、电视机等，应选用较好的碳膜电阻、金属膜电阻或线绕电阻，以便提高精度；对于测量电路或仪表、仪器电路，应选用精密电阻器，以满足高精度的需要；在高频电路中，应选用表面型电阻器或无感电阻器等分布参数小的电阻器。

###### ② 阻值和精度的选取

电阻值应根据电路实际需要的计算值选择系列表中近似的标称值。若有高精度要求的，则应选择精密电阻器。

###### ③ 额定功率的选择

电阻器的额定功率应选得比计算的耗散功率大，在一般情况下，选择为耗散功率的两倍以上。耗散功率可由下式计算：

$$P_H = I^2 R \quad \text{或} \quad P_H = U^2 / R$$

式中  $P_H$ ——电阻的耗散功率 (W)；

$I$ ——通过电阻的平均电流或交流电流有效值 (A)；

$U$ ——电阻两端的电压 (V)；

$R$ ——电阻值 ( $\Omega$ )。

若要求功率较大，应选用功率电阻器。如果是进行电器的电路维修或电路的安装，则在选用电阻器的功率时，原则上按照电路图上标注的数据即可。

当电阻器在脉冲状态下工作时，只要脉冲平均功率不大于额定功率即可。

###### ④ 注意最高工作电压的限制

在选用电阻器时，电阻器的耐压应高于工作电压。电阻器在高压使用时，对于高阻值电阻器，其应用值应小于最高工作电压。

##### (2) 电阻器的代用

当电阻器损坏而一时又找不到相同规格的新元件替换时，可采用下列方法代用：

① 串联小电阻以代用大电阻。将两个或两个以上的小电阻串联连接，可以代用大电阻。串联电阻的总和等于各电阻的阻值之和。

② 并联大电阻以代用小电阻。将两个或两个以上的大电阻并联后可以代用小电阻。并联电阻总和的倒数等于各个电阻的倒数之和。

③ 将小功率电阻串联后代用大功率电阻。将两个或两个以上的小功率电阻串联后，总

功率为各电阻的功率之和。

④ 在不考虑体积和价格的情况下，在相同标称阻值时，大功率电阻可代用小功率电阻；金属膜电阻可代用碳膜电阻；可调电阻可代用固定电阻。

## 2. 电位器的选用

### (1) 电位器结构和尺寸的选择

选用电位器时应注意尺寸大小和旋转轴柄的长短，轴端式样和轴上是否需要紧锁装置等配合电路装配要求。

### (2) 电位器额定功率的选择

电位器的额定功率可用固定电阻器的功率公式计算，但式中的电阻值应取电位器的最小电阻值；电流值应取电阻值为最小时流过电位器的电流值。

### (3) 电位器阻值变化特性的选择

应根据用途选择，可参考有关章节内容。另外，电位器还需选轴旋转灵活，松紧适当，无机械噪声的。对于带开关的电位器，需要检查开关是否良好。

注意：电位器上由于带有转动机构，不可能进行有效的密封，因此不能在高温下使用。

## 1.1.4 电阻器与电位器的常见故障

### 1. 电阻器的常见故障

① 阻值变化。用万用表检查时可发现实际阻值与标称阻值相差很大，一般都是阻值变大，超过了允许的偏差范围。阻值变化无法修复时，只有换新的电阻器。

② 断路。断路故障有的可用眼睛检查，如引线折断、脱落、松动、断裂等；有的则必须用万用表测量，正确测量时若万用表读数为无穷大，此时应换新的电阻器。

③ 内部接触不良。固定式电阻器多因内部接触不良，工作时会有微小跳火现象，给电子电器带来杂音、噪声、时通时停等故障。

### 2. 电位器的常见故障

① 电位器常因碳膜磨损而接触不良。从外观可判断电位器发生接触不良的故障时，可先拆开外壳检查一下损坏的程度，如果只是轻度磨损造成的接触不良，可用无水酒精或四氯化碳棉球将碳膜擦洗干净，然后适当调整滑臂在碳膜上的压力即可。

② 电位器开关结构损坏有三种情况：一是关不断或开不通；二是接触不良，通断不灵；三是开关部分脱落。这三类故障都可用万用表查出和用眼睛看出。修理时，对于第一种和第三种情况，必须更换新元件。对于第二种情况，可根据出现的问题对开关进行修理。若接触不良是因触点氧化，可刮净排除；若是因小弹簧弹力减退造成的接触不良，换新弹簧即可。

## 1.2 电 容 器

电容器具有充放电能力，在无线电工程中占有非常重要的地位。在电路中它可用于调谐、隔直流、滤波、交流旁路等。电容器用符号 C 表示。电容的国际单位为法拉，简称法 (F)。常用的单位有微法 ( $\mu\text{F}$ ) 和皮法 (pF) 等。电容单位之间的换算关系为

$$1\text{F}=10^3\text{mF}; \quad 1\text{mF}=10^3\mu\text{F}; \quad 1\mu\text{F}=10^3\text{nF}; \quad 1\text{nF}=10^3\text{pF}$$

## 1.2.1 电容器的命名、分类及参数

### 1. 电容器的型号命名

根据标准 SJ—73 的规定，国产电容器的型号由下列五部分组成。

第一部分：主称，用字母表示（一般用 C 表示）。

第二部分：材料，用字母表示，具体含义见表 1-9。

表 1-9 电容器材料、特征表示方法表

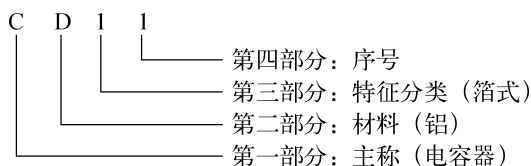
| 材 料 |       | 特 征 |       |       |       |       |
|-----|-------|-----|-------|-------|-------|-------|
| 符号  | 意义    | 符号  | 意 义   |       |       |       |
|     |       |     | 瓷介电容器 | 云母电容器 | 有机电容器 | 电解电容器 |
| C   | 瓷介    | 1   | 圆片    | 非密封   | 非密封   | 箔式    |
| Y   | 云母    | 2   | 管形    | 非密封   | 非密封   | 箔式    |
| I   | 玻璃釉   | 3   | 叠片    | 密封    | 密封    | 烧结粉液体 |
| O   | 玻璃膜   | 4   | 独石    | 密封    | 密封    | 烧结粉固体 |
| B   | 聚苯乙烯  | 5   | 穿心    | —     | 穿心    | —     |
| Z   | 纸介    | 6   | —     | 支柱    | —     | —     |
| J   | 金属化纸介 | 7   | —     | —     | —     | 无极性   |
| H   | 混合介质  | 8   | 高压    | 高压    | 高压    | —     |
| L   | 涤纶    | 9   | —     | —     | 特殊    | 特殊    |
| F   | 聚四氟乙烯 | G   | 高功率   | —     | —     | —     |
| D   | 铝电解   | W   | 微调    | 微调    | —     | —     |
| A   | 钽电解   | X   | —     | —     | —     | 小型    |

第三部分：特征，用字母或数字表示，具体含义见表 1-9。

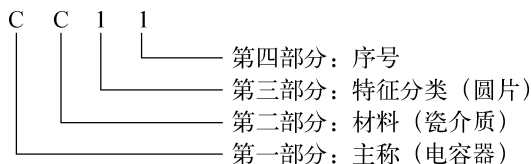
第四部分：序号，用数字表示。对主称、材料相同，仅尺寸、性能指标略有不同，但基本不影响互使用的产品，给予同一序号；若尺寸性能指标的差别明显，影响互换使用时，则在序号后面用大写字母作为区别代号。

第五部分：区别代号，用字母表示。区别代号是当电容器的主称、材料特征相同，而尺寸、性能指标有差别时，在序号后用字母或数字予以区别。

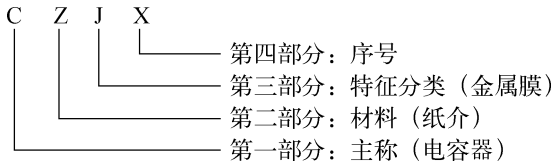
#### (1) 铝电解电容器



#### (2) 圆片形瓷介电容器



### (3) 纸介金属膜电容器



## 2. 电容器的分类

电容器的种类很多，分类方法也各有不同。根据介质材料不同电容器可分为：气体介质电容器（空气电容器、真空电容器、充电电容器）、液体介质电容器（油浸电容器）、无机固体介质电容器（纸介电容器、涤纶电容器）、电解介质电容器（液式、干式）、复合介质电容器（纸膜混和电容器）。从结构上分可分为固定电容器、可变电容器和微调电容器。

接下来介绍几种常用电容器的结构、性能特点和用途。

### (1) 瓷介电容器

图 1-16 所示为圆片形和管形瓷介电容器的外形结构图。

瓷介电容器以陶瓷材料作为介质，它的电极在瓷片表面，是用烧结渗透的方法形成银层面构成的，并焊上引出线。

瓷介电容器的耐热性好、稳定性好、耐腐蚀性好，且体积小、绝缘性好。瓷介电容器介质损耗小，常用于高频电路中，且介质材料丰富，结构简单，易于开发新产品。但其容量较小，机械强度低。

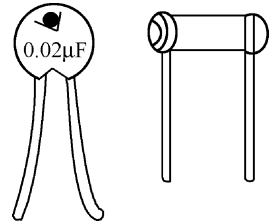


图 1-16 圆片形和管形瓷介电容器的外形结构图

### (2) 云母电容器

云母电容器是用云母作为介质，在两块铝箔或钢片间夹上云母绝缘层，从金属箔片上接出引线构成的。这两块金属箔是电容器的极片，图 1-17 (a) 为其内部结构。现多在云母表面直接喷涂上银层，而作为电容器的电极。如果把许多隔有云母的电极叠合起来，便构成一个容量较大的云母电容器，如图 1-17 (b) 所示。常见的云母电容器的外壳是用胶木粉压制成的。图 1-17 (c) 所示为其外形结构图。

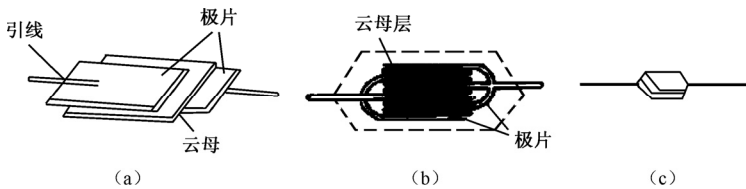


图 1-17 云母电容器结构图

云母电容器稳定性高、精密度高、可靠性高、温度特性好、频率特性好、绝缘电阻高，是优良的高频电容器之一。

### (3) 有机薄膜介质电容器

有机薄膜介质电容器是以聚苯乙烯、聚四氟乙烯、聚碳酸酯等有机薄膜作为介质，以铝箔为电极或者直接在薄膜上蒸发一层金属膜为电极，再经卷绕封装而制成的电容器，其外形图如图 1-18 所示。

有机薄膜电容器的体积小，绝缘电阻较大，漏电极小，耐压较高。其耐压小的为 3~100V，一般为 250~1000V，有的高达 3000V。

这类电容器的耐热性较差，在焊接时应注意焊接时间及引脚长度。

#### (4) 金属化纸介电容器

金属化纸介电容器是用真空蒸发的方法在涂有漆的纸上蒸发极薄的金属膜作为电极，用这种金属化纸卷成芯，套上外壳，加上引线后封装而成的，其结构示意图如图 1-19 所示。

金属化纸介电容器的体积小、容量大，具有自愈能力，但其稳定性、老化性能、绝缘电阻都比瓷介电容器、云母电容器等差，适用于对频率和稳定性要求不高的电路。

#### (5) 电解电容器

电解电容器的介质是一层极薄的附着在金属极板上的氧化膜，其阳极是附着有氧化膜的金属极，阴极则是液体、半液体和胶状的电解液。

电解电容器按阳极材料不同可分为铝电解、钽电解、铌电解电容器，其外形图如图 1-20 所示。

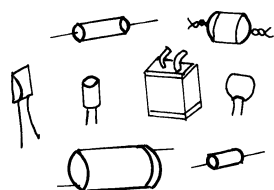


图 1-18 有机薄膜介质电容器外形图



图 1-19 金属化纸介电容器结构示意图

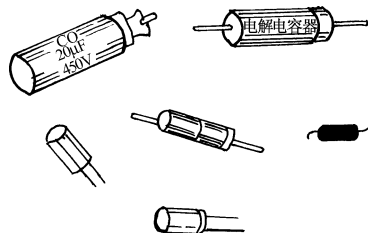


图 1-20 电解电容器外形图

铝电解电容器一般简称为电解电容器。铝电解电容器单位体积的电容量大，重量轻；介电常数比较大，且价格不贵，在低压时优点突出。但其时间稳定性差，不易存放，电容量误差大，耐压不高。

钽电解电容器分为固体钽电解电容器和液体钽电解电容器。前者正极是用钽粉压块烧结而成的，介质为氧化钽；液体钽电解电容器的负极为液体电解质，并采用银外壳。常见的钽电解电容器外形图如图 1-21 所示。

钽电解电容器容量大，性能较铝电解电容器稳定、绝缘电阻高、漏电流小、寿命长，可长期存储使用；使用温度范围广，可在 $-55^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 下工作，但价格高。一般它仅在要求高的电路中使用。

在使用各种具有极性的电解电容器时一定要注意分辨其正负极。

#### (6) 玻璃釉电容器

玻璃釉电容器是将钠、钙、硅等化合物的玻璃釉混合，经烧结而制成薄片，在薄片上敷涂银电极后，根据不同的容量要求将几片叠在一起焙烧，再在端面上涂银，焊出引线而制成的。为了防潮，电容器外面还涂有一层绝缘漆。它的外形图如图 1-22 所示。

玻璃釉电容器耐高温、抗潮湿性强、损耗小，在温度高、相对湿度大的情况下其工作性能可以与云母电容器和瓷介电容器相比。

#### (7) 可变电容器

可变电容器常由一组或几组同轴的单元组成，前者称单联，后者称多联，如双联、三联等，并在各组单元之间由金属屏蔽板隔开，以防止寄生耦合。

可变电容器的介质有空气、固体介质等。它的极片由两组相互平行的铜或铝金属片组

成，其中一组平行片（动片）可旋转进入另一组平行片（定片）的空隙内，通常旋转的角度是 180°。随着转入有效面积的改变，电容量也变化。全部旋入，容量最大。可变电容器的典型外形结构图如图 1-23 所示。

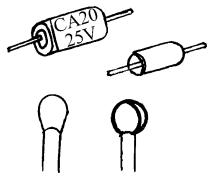


图 1-21 铝电解电容器  
外形图

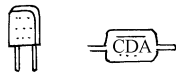


图 1-22 玻璃釉电容器  
外形图

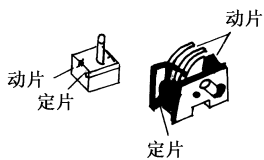


图 1-23 可变电容器的  
典型外形结构图

可变电容器的种类很多，常用的有以下几类。

- ① 单联可变电容器：由一个单元的动、定片组成。
- ② 等容双联可变电容器：由两组同轴可变电容器组成，其外形图如图 1-24 所示。
- ③ 差容双联可变电容器：由两组不同容量的同轴可变电容器组成。图 1-25 所示为差容空气介质双联可变电容器，多用于电子管超外差收音机上。

图 1-26 所示为差容密封双联可变电容器，它们采用薄膜作为介质，多用在袖珍式收音机上。为减小收音机的体积，在双联的后面还附有两个微调电容器。

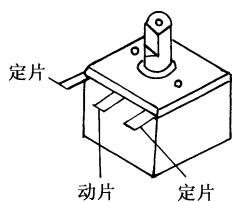


图 1-24 等容双联可变  
电容器外形图

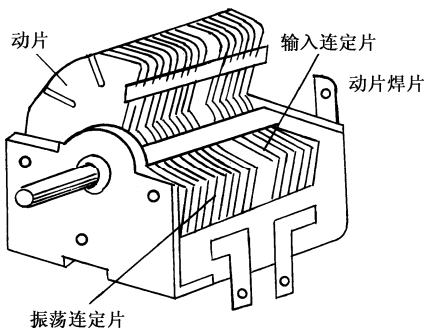


图 1-25 差容双联可变  
电容器外形图

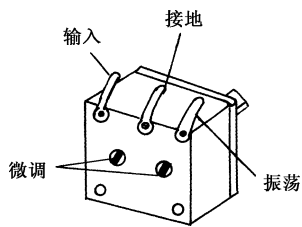


图 1-26 差容密封双联可变  
电容器外形图

注意：在使用可变电容器时，必须把动片可靠接地，否则会引起噪声信号。

④ 微调电容器：微调电容器能对电容量进行微量调节，常用云母、陶瓷或聚苯乙烯等材料作为介质。在高质量的通信设备和电子仪器中，也有用空气作为微调电容器介质的，常用于电路中的补偿电容或校正电容。

### 3. 电容器的主要参数

电容器的参数很多，使用时，一般仅以电容器的容量和额定工作电压作为主要选择依据。

标识在电容器上的电容量称为标称容量。在实际生产中，电容器的电容量具有一定的分散性，无法做到和标称容量完全一致。电容器的标称容量与实际容量的允许最大偏差范围称为电容量的允许偏差。允许偏差可从下式求得

$$\delta = \frac{C - C_R}{C_R} \times 100\%$$

式中  $\delta$ ——允许偏差；

$C$ ——电容器的实际容量 (F);

$C_R$ ——电容器的标称容量 (F)。

电容器的精度等级见表 1-10。

表 1-10 电容器的精度等级

| 精度级别   | 00 (01) | 0 (02) | I  | II  | III | IV         | V          | VI          |
|--------|---------|--------|----|-----|-----|------------|------------|-------------|
| 允许偏差/% | ±1      | ±2     | ±5 | ±10 | ±20 | +20<br>-10 | +50<br>-20 | +100<br>-30 |

电容器的规格标识有两种表示方法。

① 直接标识法：即用文字、数字或符号直接打印在电容器上的表示方法。它的规格标识一般为“型号—额定直流工作电压—标称容量—精度等级”。

例如：CJ 3—400—0.01—II，表示密封金属化纸介电容器，额定直流工作电压为 400V，电容量为 0.01 $\mu$ F，允许误差±10%。

另外可用数字和字母结合标识，例如 100nF 用 100n 表示。

还可用三位数字直接标识的，第一、二位数为容量的有效数位，第三位为倍数，表示有效数字后面零的个数，单位为 pF。

电容器允许误差标识符号见表 1-11。

② 色环表示法：用三到四个色环表示电容器的容量和允许误差。各颜色所代表的意义见表 1-12。

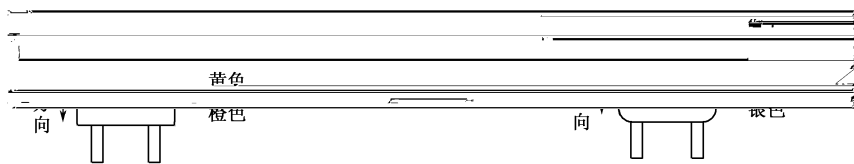
表 1-11 电容器允许误差标识符号

| 符号 | 允许误差/% | 符号 | 允许误差/%   |
|----|--------|----|----------|
| E  | ±0.001 | F  | ±1       |
| X  | ±0.002 | G  | ±2       |
| Y  | ±0.005 | J  | ±5       |
| H  | ±0.01  | K  | ±10      |
| U  | ±0.02  | M  | ±20      |
| W  | ±0.05  | N  | ±30      |
| B  | ±0.1   | R  | +100~-10 |
| C  | ±0.2   | S  | +50~-20  |
| D  | ±0.5   | Z  | +80~-20  |

表 1-12 电容器的容量和允许误差色环表示法

| 颜色 | 有效数字 | 乘数               | 允许误差 | 颜色 | 有效数字 | 乘数            | 允许误差   |
|----|------|------------------|------|----|------|---------------|--------|
| 银  | —    | $\times 10^{-2}$ | ±10  | 绿  | 5    | $\times 10^5$ | ±0.5   |
| 金  | —    | $\times 10^{-1}$ | ±5   | 蓝  | 6    | $\times 10^6$ | ±0.2   |
| 黑  | 0    | $\times 10^0$    | —    | 紫  | 7    | $\times 10^7$ | ±0.1   |
| 棕  | 1    | $\times 10^1$    | ±1   | 灰  | 8    | $\times 10^8$ | —      |
| 红  | 2    | $\times 10^2$    | ±2   | 白  | 9    | $\times 10^9$ | +5~-20 |
| 橙  | 3    | $\times 10^3$    | —    | 无色 | —    | —             | ±20    |
| 黄  | 4    | $\times 10^4$    | —    |    |      |               |        |

图 1-27 所示为色环表示法电容器。



(a) 电容值： $47 \times 10^3 \text{ pF} = 0.047 \mu\text{F}$

(b) 电容值： $15 \times 10^4 \text{ pF} \pm 10\% = 0.15 \mu\text{F} \pm 10\%$

图 1-27 色环表示法电容器

## 1.2.2 电容器的测量

### 1. 机械式万用表测量电容器

简单、粗略地检测电容器是否漏电、断路、短路，可以用万用表的最高量程，将两只



表笔分别接触电容器的两个引出端，观察表头指针是否先顺时针方向跳动再慢慢回到无穷大方向。如果回不到无穷大，则表头指针所指数值，就是其漏电阻阻值。除电解电容外，其漏电阻阻值一般都在几兆欧姆以上。此方法一般适宜测量  $0.02\mu\text{F}$  以上容量的电容器。

用万用表测量电容器的容量，可利用一个  $10\text{V}$  交流电源作为测试电源，万用表置交流  $10\text{V}$  电压挡。万用表、测量电源、被测电容器按图 1-28 所示连接。

如果万用表有电容刻度线，可直接读出被测电容器的电容值。对于没有电容刻度线的万用表，可读出表针在交流  $10\text{V}$  刻度线上的位置，然后根据测得的电压按照相应的数据计算出电容值。

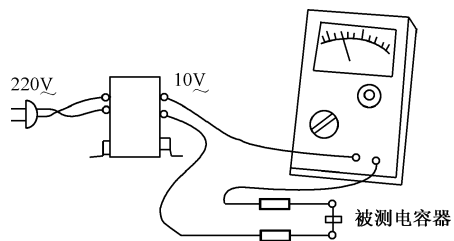


图 1-28 用万用表测量电容器容量示意图

用万用表的欧姆挡可检测电容器的漏电情况。

置万用表于  $R \times 1\text{K}$  挡，校零后，两表笔分别接在被测电容器的两引出极上，测一般电容器，表笔不分极性。表头指针首先顺时针偏转（偏转幅度由被测电容器的容量决定），然后缓缓逆时针偏转。表针静止时所指的阻值，即为该电容器的漏电阻。

一般电容器的漏电阻（绝缘电阻）较大，但电解电容器的在几兆欧姆左右，如果所测的阻值远小于上述阻值，则被测电容器漏电严重，无法正常使用。

如果被测电容器的容量在  $0.01\mu\text{F}$  以上，将万用表置于  $R \times 10\text{K}$  高阻量程挡，而表头指针并不摆动，则说明该被测电容器内部可能已断路。但当电容器容量较小（指小于  $5000\text{pF}$ ）时，由于充放电的时间太短，表头指针摆动不明显，则需要根据情况进行判断。

另外，测量前要注意对万用表进行调零，以免产生误差。

电解电容器的引出极有正（+）、负（-）极性的区别，可用万用表测其正、反向漏电阻来判断其正、负极性。其正向漏电阻要比反向漏电阻大。测量时将红、黑两表笔分别接电容器的两端，然后将红、黑两表笔对调再测量，比较两次的阻值。阻值大的一次，黑表笔所接的一端为正极，红表笔所接的一端为负极（此处为机械式万用表表笔接法，具体正负极的确定应根据万用表红黑表笔所接电压的高低来判断）。

一般情况下，电解电容器上都标出了极性，当极性标识模糊时，可用以上方法判别。

双联可变电容器的两组与轴柄相连的动片是用一个焊片引出的，而两组的定片则用两个焊片引出，定片与动片之间都是绝缘的，因此用万用表欧姆挡测量时动片与定片之间都不应出现较小阻值，且旋转双联的动片至任何位置，情况应该相同。如果它们之间导通了，就说明动片与定片短路了。

另外，可变电容器旋轴和动片应有稳固的连接。当转动旋转轴时，用手轻摸动片组的外缘，不应感觉有任何活动现象。如已松动，则不应采用。

## 2. 数字式万用表测量电容器

在用数字万用表测量电容器时，要注意对电容器进行放电处理。特别是对于刚从电路板上取下的大容量电容器，一定要对其进行放电处理，否则电容器产生的放电电荷会对数字万用表造成损坏。放电方法为用数字万用表表笔的金属笔头对电容器两个管脚进行短接处理，或用手指将两个管脚捏在一起接触一下即可。

用数字万用表也可以粗步判断电容器是否漏电、断路、短路。将数字万用表拨至电阻挡，为保证有一定的充电过程，电容值越小，选用的电阻挡应越大。在电容器进行短路处理

后，将红表笔接电容正极，黑表笔接电容负极，数字万用表内部的基准电源将对电容器进行充电。正常时，数字万用表显示的数值将从一低值开始逐渐升高，直至显示溢出为 1。如果充电开始即显示溢出 1，说明电容断路。如果电容始终显示有一定电阻值或为 0，说明电容漏电或已短路。

需要注意的是，上述方法能测量的电容范围在 0.1 $\mu$ F 以上。电容值小于 0.1 $\mu$ F 时，由于充电时间太短，数字万用表将始终显示溢出 1。

将量程开关调到电容量程 C(F)挡的合适量程，在转换量程的过程中，存在有一定的复零时间和漂移读数，这不会影响到测量的精度。下一步就将电容器的两个管脚插入专用的电容测试插槽中。对于无极性电容器，如瓷介电容器可不用区分正负极，直接插入电容测试插槽中。对于有极性的电容，如电解电容器，需把“+”极管脚插到数字万用表“+”极性插槽，而将“-”极管脚插到数字万用表“-”极性插槽。注意在测量大电容时，数字万用表的读数需要一定时间才能稳定下来。

将测量电容器所得到的数据填入表 1-13。

表 1-13 电容测量记录表

| 序号 | 类型 | 标称电容值 | 实际电容值 | 误差 | 质量 |
|----|----|-------|-------|----|----|
| 1  |    |       |       |    |    |
| 2  |    |       |       |    |    |
| 3  |    |       |       |    |    |
| 4  |    |       |       |    |    |
| 5  |    |       |       |    |    |
| 6  |    |       |       |    |    |
| 7  |    |       |       |    |    |
| ⋮  |    |       |       |    |    |

### 1.2.3 电容器的选用与代用

#### 1. 电容器的选用

① 根据电路的要求合理选用型号。例如，纸介电容器一般用于低频耦合、旁路等场合；云母电容器和瓷介电容器适合使用在高频电路和高压电路中；电解电容器（有极性电解电容器只能用于直流或脉动直流电路中）较多使用在电源滤波或退耦电路中。

② 合理确定电容器的精度。在大多数情况下，对电容器的容量要求并不严格。在振荡电路、延时电路及音调控制电路中，电容器的容量则应尽量与要求相一致；而在各种滤波电路及某些要求较高的电路中，其误差值应小于 $\pm 0.3\% \sim \pm 0.5\%$ 。

③ 电容器额定工作电压的确定。一般电容器的工作电压应低于额定电压的 10%~20%。

④ 要注意通过电容器的交流电压和电流。有极性的电解电容器，不宜在交流电路中使用，以免被击穿。

注意：电容器的性能与环境条件密切相关，所以在使用时应注意。在湿度较大的环境中使用的电容器，应选择密封型，以提高设备的抗潮湿性能等；在工作温度较高的环境中，电容器易于老化；在寒冷地区必须选用耐寒的电解电容器。

#### 2. 电容器的代用

电容器损坏后，一般都要用同规格的新电容器代换。若无合适的元件换用，可采用代用法解决，代用的原则如下：

① 在容量、耐压相同，体积不限制时，瓷介电容器与纸介电容器可以互换代用。

② 在价格相同体积不限制时，可用耐压和容量相同的云母电容器代用金属化纸介电容器。

③ 对工作频率、绝缘电阻值要求不高时，同耐压、同容量的金属化纸介电容器可代用

云母电容器。

④ 无条件限制，同容量耐压高的电容器可代用耐压低电容器，误差小的电容器可代用误差大的电容器。

⑤ 不考虑频率影响，同容量、同耐压的金属化纸介电容器可代用玻璃釉电容器。

⑥ 防潮性能要求不高时，同容量、同耐压的非密封型电容，可代用密封型电容器。

⑦ 串联两只以上不同容量、不同耐压的大电容可代用小电容；串联后电容器的耐压要考虑到每个电容器上的压降都要在其耐压允许范围内。

⑧ 并联两只以上的不同耐压、不同容量的小容量电容器，可代用大电容器，并联后的耐压以最小耐压电容器的耐压值为准。

## 1.2.4 电容器的常见故障

### 1. 固定式电容器的常见故障

固定式电容器的常见故障主要是短路、断路、漏电、容量减退四种。

### 2. 可变电容器的常见故障

可变电容器结构复杂，常见故障要比固定式电容器多得多。现将空气介质和薄膜介质可变电容器的常见故障分述如下。

#### (1) 空气介质可变电容器常见故障

① 定、动片相碰。碰到这种故障，首先观察定、动片相碰情况。如果是所有定、动片都相碰，检查顶轴螺丝是否松动，或顶轴螺丝与轴接触处的钢珠是否失落。如果只有其中一组定、动片相碰，其原因可能是定片组移位造成的。

② 转动不灵活。其原因主要是顶轴螺丝调节不当，或中间轴套钢珠内有杂质。

③ 漏电。漏电故障主要是由动、定片间有异物、灰尘或铝片氧化物太厚造成的。

④ 定片或动片松动。定片或动片松动会使收音机产生高频机振，从而引起高频啸叫。

#### (2) 薄膜介质可变电容器常见故障

① 杂音。薄膜介质可变电容器产生杂音的原因很多，比较常见的有几种：

a. 薄膜磨损造成的杂音。薄膜片磨损后，一般应换新元件排除。

b. 静电效应产生的杂音。表现为调谐时有啪啪声，这是由于双联经常转动摩擦所致，可从螺丝孔处滴入几滴纯酒精，并来回转动几次即可排除。此时收音机也可能会无音或音小，待双联内水分挥发完后就可自动恢复正常了。

c. 接触不良。接触不良也有几种情况，常见的有动片轴螺母松动或四只固定螺母松动造成的杂音，以及电容器内有灰尘污垢造成的杂音等。这时可拆开双联，若螺母松动时拧紧即可；有灰尘污物用酒精棉球漂洗干净，使其接触良好即可。

d. 定、动片间有杂质造成的杂音。拆下双联电容器防尘罩，将其浸泡在酒精中来回搅动，并不断旋转双联的旋转角度，便于杂质随酒精流出。约 10 分钟后取出晾干即可。

② 旋转不动。其主要原因是内部薄膜磨损穿孔后，动片被绊着或堵着，需更换新双联。

③ 旋转轴空转。其主要原因是轴端紧固螺母松脱造成的，拆开防尘罩拧紧螺母即可排除。

④ 旋转角度不对。旋转角度小于  $180^\circ$ （正常情况旋转角度为  $180^\circ$ ）的原因与旋转不动相

同；旋转角度大于  $180^\circ$ ，是由于动片定位卡损坏造成的。拆开双联对定位卡进行修整即可。

⑤ 防尘罩上微调电容损坏。对于防尘罩上的微调电容，多数机型采用胶接法，把防尘罩与补偿电容换掉即可。不换成双联的，更不能只撬下微调，应防止撬坏双联。

## 1.3 电感线圈和变压器

电感线圈是根据电磁感应原理制成的器件。它广泛地应用在如滤波器、调谐放大器或振荡器中的谐振回路、均衡电路、去耦电路等电子电路中。电感线圈用符号  $L$  表示。电感量的基本单位为亨利（H），简称亨。在实际应用中亨利太大了，常用的单位还有毫亨（mH）、微亨（ $\mu\text{H}$ ）。三者间的换算关系为

$$1\text{H}=1000\text{mH}; 1\text{mH}=1000\mu\text{H}$$

### 1.3.1 电感线圈

#### 1. 电感线圈的型号命名

国产电感线圈的型号由下列四个部分组成。

第一部分：主称，用字母表示（ $L$  为线圈、 $ZL$  为阻流圈）；

第二部分：特征，用字母表示（ $G$  为高频）；

第三部分：型式，用字母表示（ $X$  为小型）；

第四部分：区别代号，用字母  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $\dots$  表示。

#### 2. 电感线圈的种类

电感线圈的种类很多，如根据绕组形式可分为单层线圈和多层线圈等。下面分别介绍不同结构电感线圈的外形结构与特点。

##### （1）单层线圈

单层线圈的电感量较小，约在几个微亨至几十微亨之间。为了提高线圈的  $Q$  值，单层线圈的骨架常使用介质损耗小的陶瓷和聚苯乙烯材料制作，所以单层线圈比较适合用在高频电路中。图 1-29 所示为常见的单层线圈外形结构图。

单层线圈的绕制可采用密绕和间绕。间绕线圈每匝间都相距一定的距离，分布电容较小。当采用粗导线时，可获得高  $Q$  值和高稳定性。密绕线圈的体积较小，但圈间电容较大，这使  $Q$  值和稳定性都有所降低。但间绕线圈电感量不能做得很大，因而它可以使用在要求分布电容小，稳定性高，而电感量较小的场合。电感量大于  $15\mu\text{H}$  的线圈，则采用密绕。

##### （2）多层线圈

如要获得较大电感量时单层线圈已无法满足。因此，当所要求电感量大于  $300\mu\text{H}$  时，就应采用多层线圈。它的外形结构图如图 1-30 所示。

多层线圈在圈与圈和层与层之间都存在电容，因此多层线圈的分布电容较单层线圈分布电容大大增加。线圈层与层间的电压相差较多，当层间的绝缘较差时，线圈之间易于发生跳火、绝缘击穿等问题，为此多层线圈常采用分段绕制、加大各段之间距离、减小线圈的固有电容等方法。