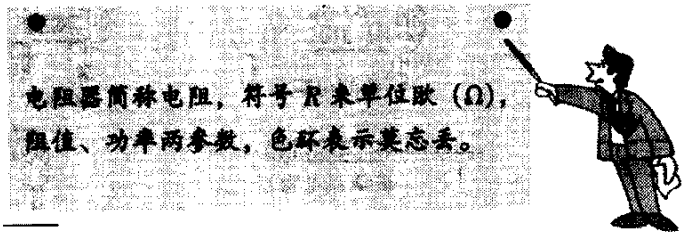
## 1.1 电阻器

### 1.1.1 认识电阻器




**说明** 电阻器简称为电阻，是一种最基本、最常用的电子元件。由于制造材料和结构不同，电阻器有许多种，常见的有：碳膜电阻器、金属膜电阻器、有机实芯电阻器、线绕电阻器、固定抽头电阻器、可变电阻器、滑线式变阻器、片状电阻器等，如图（a）所示。在业余电子制作中一般常用碳膜或金属膜电阻器。

电阻器的文字符号为“$R$”，在电路图中常用的符号如图（b）所示。

电阻器的主要参数有电阻值和额定功率两项。电阻值简称阻值，基本单位是欧姆，简称欧（Ω）。常用单位还有千欧（kΩ）和兆欧（MΩ）。它们之间的换算关系是：$1M\Omega = 1000k\Omega$，$1k\Omega = 1000\Omega$。电阻器上阻值的标示方法有两种：一种是直标法，如5.1Ω的电阻器上印有“5.1”或“5R1”字样；6.8kΩ的电阻器上印有“6.8k”或“6k8”字样。另一种是色环法，在电阻器上印有4或5道色环表示阻值等。对于4环电阻器，第1、2环表示两位有效数字，第3环表示倍乘数，第4环表示允许偏差；对于5环电阻器，第1、2、3环表示三位有效数字，第4环表示倍乘数，第5环表示允许偏差，如图（c）所示。

额定功率是电阻器的另一主要参数，常用电阻器的功率有1/8、1/4、1/2、1、2、5W等，大于5W的直接用数字注明，如图（d）所示。使用中应选用额定功率等于或大于电路要求的电阻器。

色环一般采用黑、棕、红、橙、黄、绿、蓝、紫、灰、白、金、银12种，它们的意义见下表。

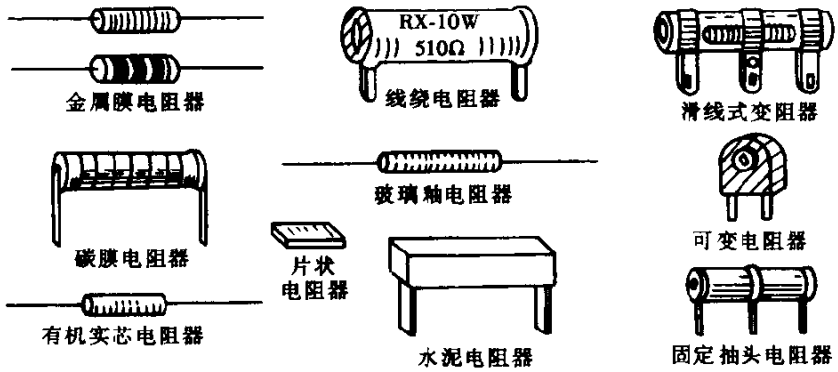
色环颜色的意义

| 颜　色 | 有效数字 | 倍乘数 | 允许偏差 |
|---|---|---|---|
| 黑 | 0 | $\times 10^0$ | |
| 棕 | 1 | $\times 10^1$ | ±1% |
| 红 | 2 | $\times 10^2$ | ±2% |
| 橙 | 3 | $\times 10^3$ | |
| 黄 | 4 | $\times 10^4$ | |
| 绿 | 5 | $\times 10^5$ | ±0.5% |
| 蓝 | 6 | $\times 10^6$ | ±0.25% |
| 紫 | 7 | $\times 10^7$ | ±0.1% |
| 灰 | 8 | $\times 10^8$ | |
| 白 | 9 | $\times 10^9$ | |
| 金 | | $\times 10^{-1}$ | ±5% |
| 银 | | $\times 10^{-2}$ | ±10% |

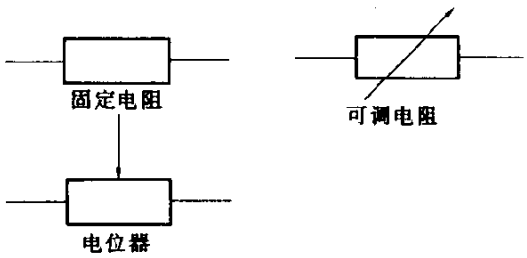
例如：有一电阻器的色环为棕、黑、黄、金，棕表示1、黑表示0、黄表示$\times 10^4$，金代表±5%，该电阻器的阻值为100000Ω，即100kΩ，误差±5%。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

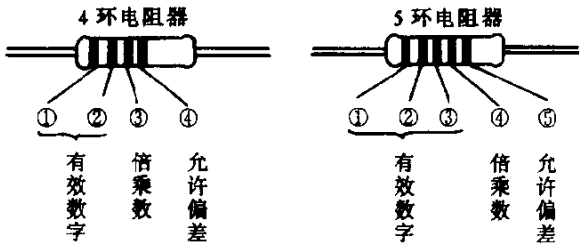
图解



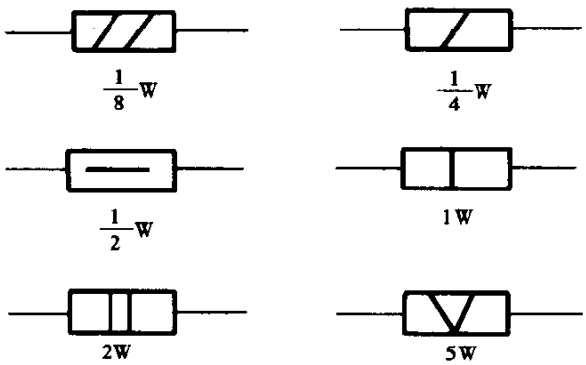

(a)常见的电阻器




(b)图形符号

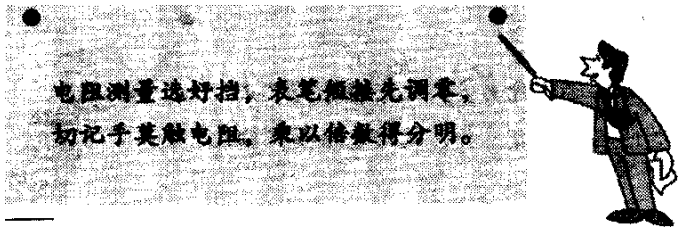



(c)用色环表示的电阻器




(d)额定功率图形表示

## 1.1.2 检测电阻器

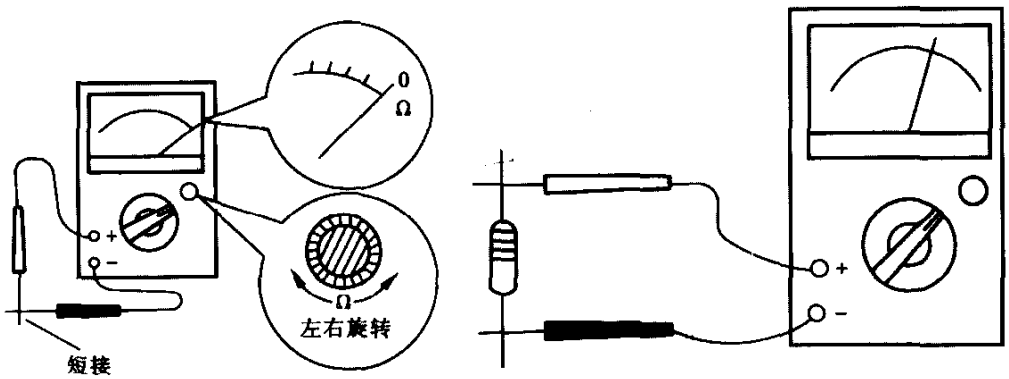



**说明** 电阻器的好坏可用万用表的电阻挡检测。检测时，首先根据电阻器阻值的大小，将万用表上的挡位旋钮转到适当的Ω挡位。然后将两表笔互相短接，转动“调零”旋钮使表针指向电阻刻度的“‘0”位（满度），见图(a)。

然后将万用表两表笔（不分正、负）分别与电阻器的两端引线相接，表针应指在相应的阻值刻度上。如表针不动、指示不稳定或指示值与电阻器上标示值相差很大，则该电阻器已损坏。在测量几十千欧以上阻值的电阻器时，注意不可用手同时接触电阻器的两端引线，以免接人体电阻带来测量误差，见图（b）。

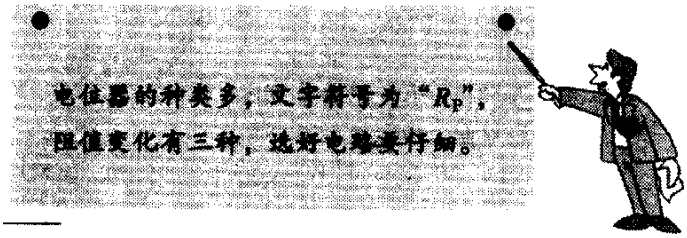
用万用表测量电阻读数时，要注意表针指示应在刻度线的中部或右部位置，换挡位后应重新“调零”，实测的电阻值应用指针指的数值乘以倍率。例如电阻挡位是 10Ω，表针指示为 15，则该电阻器的阻值为 $15 \times 10\Omega = 150$（Ω）；如果电阻挡位是 1k，表针指示为 15，则该电阻器的阻值为 $15 \times 1\text{k} = 15$（kΩ）。

**图解**




(a)万用表“调零”　　(b)测量电阻器

## 1.1.3 认识电位器

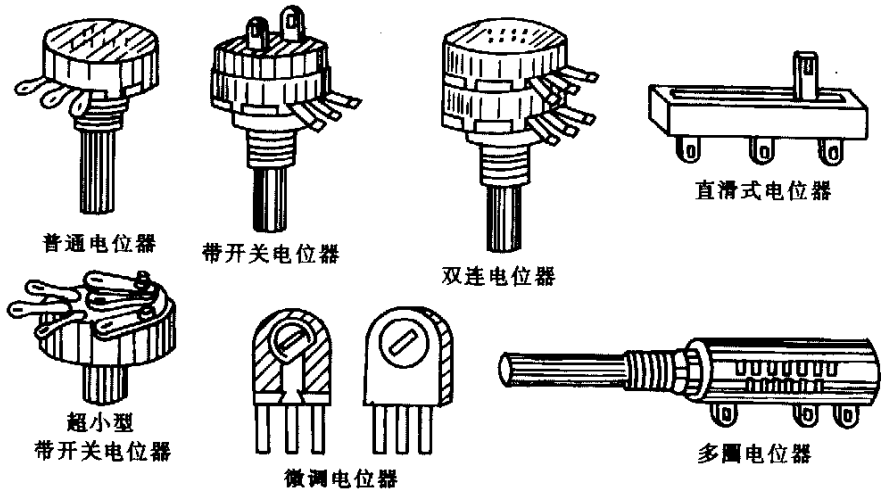



**说明** 电位器是一种最常用的可调电子元件。电位器是从可变电阻器发展派生出来的，它由一个电阻体和一个转动或滑动系统组成，其动臂的接触刷在电阻体上滑动，即可连续改变动臂与两端间的阻值。电位器有许多种类，较常见的有：普通旋转式电位器、带开关电位器、超小型带开关电位器、直滑式电位器、多圈电位器、微调电位器、双连电位器等，如图 a) 所示。电位器的文字符号为“$R_P$”，在电路图中常用的符号如图 1.1.1 中的图(b) 所示。

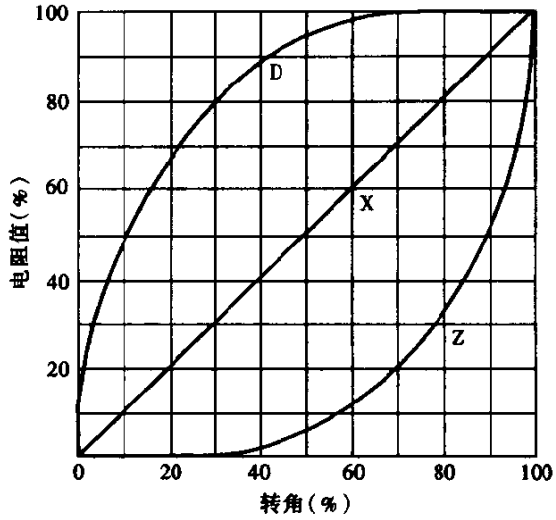
电位器的主要参数除标称阻值和额定功率外，还有阻值变化特性，它是指其阻值随动臂的旋转角度或滑动行程而变化的关系。常见的电位器阻值变化规律有直线式（X型）、指数式（Z型）、对数式(D型）三种。三种形式的电位器阻值随活动触点的旋转角度变化的曲线如图（b) 所示。图中纵坐标表示当某一角度时的电阻实际数值与电位器总电阻值的百分数，横坐标是旋转角与最大旋转角的百分数。

X 型电位器的阻值变化与转角成直线关系。也就是电阻体上导电物质的分布是均匀的，所以单位长度的阻值相等。它适用于一些要求均匀调节的场合，如分压器、偏流调整等电路中。Z型电位器在开始转动时，阻值变化较小而在转角接近最大转角一端时，阻值变化比较明显。因为人耳对微小的声音稍有增加时，感觉很灵敏，但声音大到某一值后，即使声音功率有了较大的增加，人耳的感觉却变化不大，这种电位器适合于音量控制电路，因为采用这种电位器进行音量控制，可获得音量与电位器转角近似于线性的关系。 D 型电位器的阻值变化与 Z 型正好相反，它在开始转动时阻值变化很大，而在转角接近最大值附近时，阻值变化就比较缓慢。D 型电位器适用于音调控制等电路。

**图解**




(a)电位器的种类

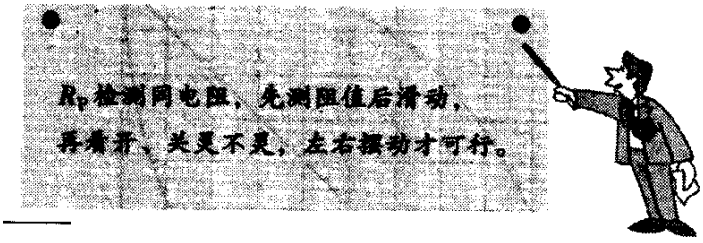



(b)阻值变化特性曲线

MEMO 电位器如有轻微接触不良的，可用纯酒精清洗碳膜片及动片触点；电位器内如果碳膜磨损严重而接触不良时，可将金属刷触点轻轻向里或向外弯曲一些，改变金属刷在碳膜上的运动轨迹；如果电位器有一定片与碳膜间断路（多为涂银处开路），而另一定片又未用或与动片焊连在一起，这时交换两定片的焊接位置，仍可正常使用。例如：电位器 A 定片与碳膜断路，这时可焊下电位器 A 定片，换焊上 B 定片。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

### 1.1.4 检测电位器

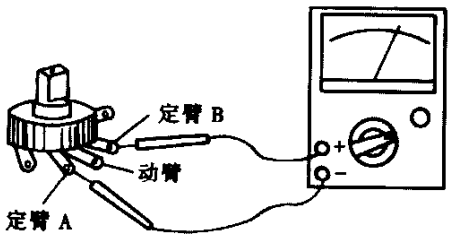



**说明** 电位器也可用万用表的电阻挡进行检测。先检测标称阻值，根据电位器标称阻值的大小，将万用表置于适当的Ω挡位，两表笔（不分正、负）分别与电位器的两定臂相接，表针应指在相应的阻值刻度上。如表针不动、指示不稳定或指示值与电位器标称值相差很大，则该电位器已损坏，见图（a)。

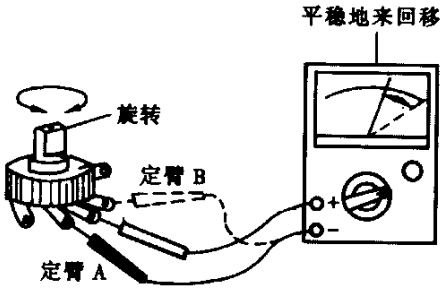
然后检测动臂与电阻体的接触是否良好。用万用表一表笔与电位器动臂相接，另一表笔与定臂A相接，来回旋转电位器旋柄，万用表表针应随之平稳地来回移动。如表针不动或移动不平稳，则该电位器动臂接触不良。然后再将接定臂A的表笔改接至定臂B，重复以上检测步骤，见图（b)。

再后检测电位器的开关。将万用表置于Ω挡位，两表笔分别接开关接点A和B，旋转电位器旋柄使开关交替地“开”与“关”，观察表针指示。开关“开”时表针应指向最右边（满度）开关“关”时表针应指向最左边（电阻∞)。可重复若干次以观察开关有无接触不良。

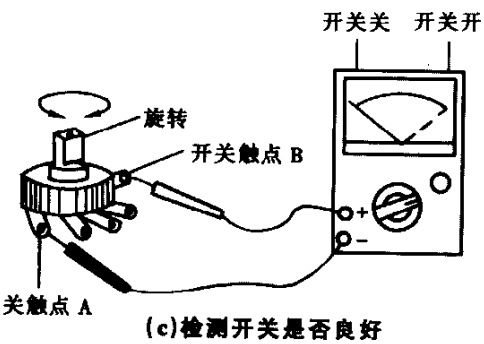
**图解**




(a)检测电位器的阻值

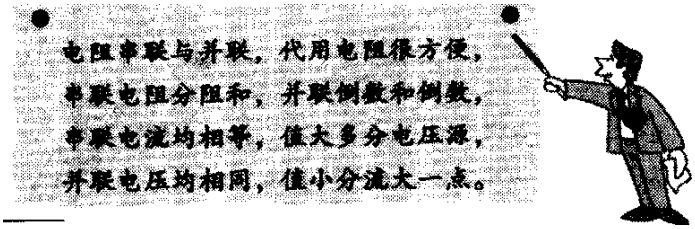



(b)检测动臂是否接触良好




(c)检测开关是否良好

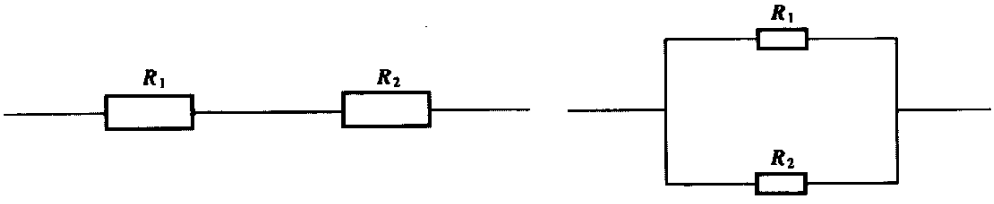
### 1.1.5 电阻器的串联和并联




**说明** 利用电阻器的串联与并联的方法，可代用暂时找不到的电阻器。如当一只电阻器的阻值不能满足需要时，可采用串联的方法予以解决；当一只电阻器的功率不能满足需要时，可采用并联的方法予以解决。两只电阻器串联时，总电阻 $R_S = R_1 + R_2$，电阻愈串联总阻值愈大；流过各电阻器的电流相等；各串联电阻器上的电压之和等于加在串联电路两端的电源电压，但阻值大的电阻器电压降大。例如，需要一只 3kΩ 的电阻器，而手上没有这一阻值的电阻器，但有 1kΩ 和 2kΩ 的电阻器，将这两只电阻器串联后就能得到所需要的 3kΩ 电阻器，如图（a）所示。

电阻器并联后总电阻愈小，总电阻 $R_P$ 的倒数等于各并联电阻的倒数之和，总电阻 $1/R_P = 1/R_1 + 1/R_2$；各电阻支路电流之和等于并联回路中的总电流，即总电流 $I = I_1 + I_2$；并联电阻两端的电压相等；并联电路中，哪个支路的电阻值大，流过它的电流就小，反之则大，以此可判断电阻并联电路中各支路电流的大小，如图（b）所示。

**图解**




(a)电阻器的串联　　(b)电阻器的并联

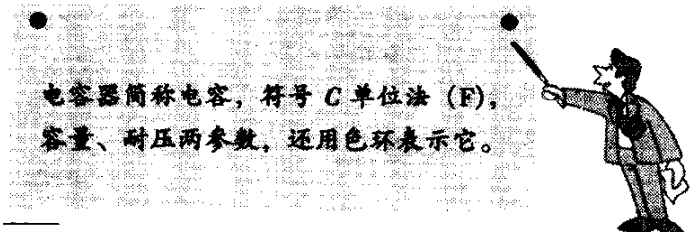
**MEMO** 熔断电阻器损坏后，若无同型号熔断电阻器更换，可以用电阻器与熔断器串联后代用。

用电阻器与熔断器串联来代换熔断电阻器时，电阻器的阻值应与损坏熔断电阻器的阻值和功率相同。

对电阻值较小的熔断电阻器，也可以用熔断器直接代用。熔断器的额定电流值也可根据上述的计算公式计算出。

## 1.2 电容器

### 1.2.1 认识电容器




**说明** 电容器简称电容，是最常见的电子元器件之一，其文字符号为 $C$。顾名思义，电容器就是“储存电荷的容器”，所以电容器具有储存一定电荷的能力。尽管电容器品种繁多，但它们的基本结构和原理是相同的。两片相距很近的金属中间被绝缘物质（固体、气体或液体）所隔开，就构成了电容器。两片金属称为极板，中间的绝缘物质叫做介质。电容器只能通过交流电而不能通过直流电，因此常用于振荡电路、调谐电路、滤波电路、旁路电路和耦合电路中。

根据其结构电容器可分为固定电容器、可变电容器和半可变电容器，目前使用最多的是固定容量的电容器。若按极性来分，电容器可分为有极性的电解电容和无极性的普通电容；根据其介质材料可以分为金属化电容器、瓷片电容器、涤纶（聚酯）电容器、云母电容器、空气电容器、纸介电容器、独石电容器、铝电解电容（CA）器、铌电解电容（CN）器、钽电解电容器等，如图（a）所示。

电容器的文字符号为“$C$”，在电路图中常用的符号如图（b）所示。

电容器的主要参数有电容量和耐压两项。电容器贮存电荷的能力叫做电容量，简称容量，基本单位是法拉，简称法（F）。在实际运用中常用微法（$\mu$F）、纳法（nF）和皮法（pF）作单位。它们之间的换算关系是：$1F=10^6\mu F$，$1\mu F=1000nF$，$1mf=1000pF$。

电容器上容量的标示方法常见的有三种：一种是直标法，如 100pF 的电容器上印有“100”字样；0.01$\mu$F 的电容器上印有“0.01”字样；2.2$\mu$F 的电容器上印有“2.2$\mu$”或“2$\mu$2”字样；47$\mu$F 的电容器上印有“47$\mu$”字样，如图（c）所示。

第二种是文字符号法，采用字母或数字、两者结合的方法来标注电容的主要参数。其中，容量有两种标注法：一是省略 F，用数字和字母结合进行表示，如 10p 代表 10pF，3p3 代表 3.3pF，8n2 代表 8200pF。二是用 3位数字表示，其中第一、二位为有效数字位，表示容量值的有效数，第三位为倍率，表示有效数字后的零的个数，电容量的单位为 pF。如 203表示容量为 $20\times10^3pF=0.02$（$\mu$F）；102 表示容量为 $10\times10^2pF=1000$（pF）；224 表示容量为 $22\times10^4pF=0.22$（$\mu$F）等。如果第三位数为 9，表示 $10^{-1}$而不是 10 的 9 次方，例如 479表达为就是 $47\times10^{-1}=4.7$（pF）。

文字符号法中采用字母标示容量允许偏差，各字母代表的含义如下表所示。

电容器容量允许偏差用字母代表的含义

| 字母符号 | 允许偏差 | 字母符号 | 允许偏差 | 字母符号 | 允许偏差 |
|---|---|---|---|---|---|
| X | ±0.001% | G | ±2% | C | ±0.25% |
| E | ±0.005% | J | ±5% | K | ±10% |
| L | ±0.01% | P | ±0.02% | M | ±20% |
| D | ±0.5% | W | ±0.05% | N | ±30% |
| F | ±1% | B | ±0.1% | 不标注 | ±20% |

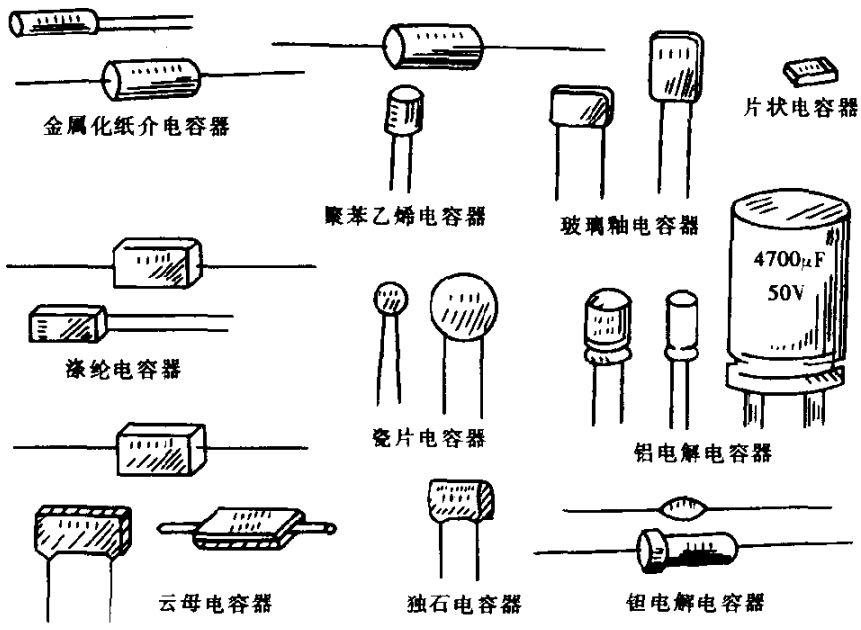
工作温度范围采用字母和数字标示，工作温度范围中负温度用字母表示，正温度则用数字表示，如下表所示。例如一个电容标志为 682JD4，则表示电容的容量为 6800pF ± 5%，工作温度范围 - 55 ~ + 125℃。

电容器工作温度范围表示法

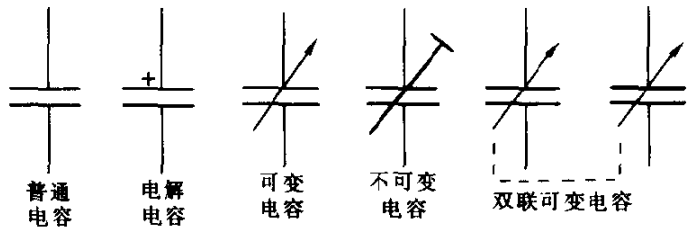
| 符号 | A | B | C | D | E | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 温度(℃) | - 10 | - 25 | - 40 | - 55 | - 65 | + 55 | + 70 | + 85 | + 100 | + 125 | + 155 | + 200 | + 250 |

第三种色标法，电容的色标法与电阻相似，单位一般为 pF。对于圆片或矩形片状等电容，非引线端部的一环为第一色环，以后依次为第二色环、第三色环……色环电容也分 4 环和 5环形式，有些产品还有距 4 环或 5环较远的第五或第六环，这两环往往代表电容特性或工作电压。第一、二（三，五色环）环是有效数字，第三（四，五色环）环是后面加的 “0” 的个数，第四（五，五色环）环是误差，各色环代表的数值与色环电阻一样（见 1.1.1中表）。另外，若某一道色环的宽度是标准宽度的 2或3 倍，则表示这是相同颜色的 2 或 3道色环。

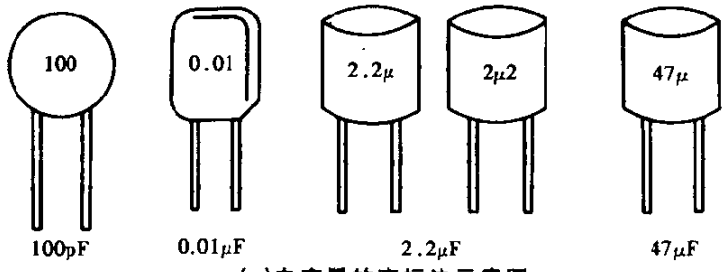
图解




(a)各种电容器




(b)图形符号




(c)电容器的直标法示意图

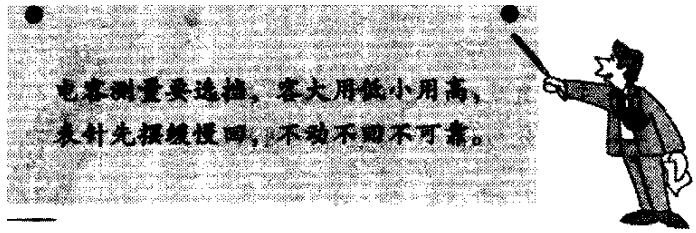
小型电解电容器的耐压也有用色标法的，位置靠近正极引出线的根部，所表示的意义如下表所示。

小型电解电容器的耐压色标法

| 颜色 | 黑 | 棕 | 红 | 橙 | 黄 | 绿 | 蓝 | 紫 | 灰 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 耐压（V） | 4 | 6.3 | 10 | 16 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 |

电容器两电极之间是绝缘的，直流电无法通过电容器。但是交流电可以通过在两电极之间充、放电而“通过”电容器。因此电容器的基本功能是隔直流通交流。电容器的各项作用都是这一基本功能的具体应用。

## 1.2.2 检测电容器

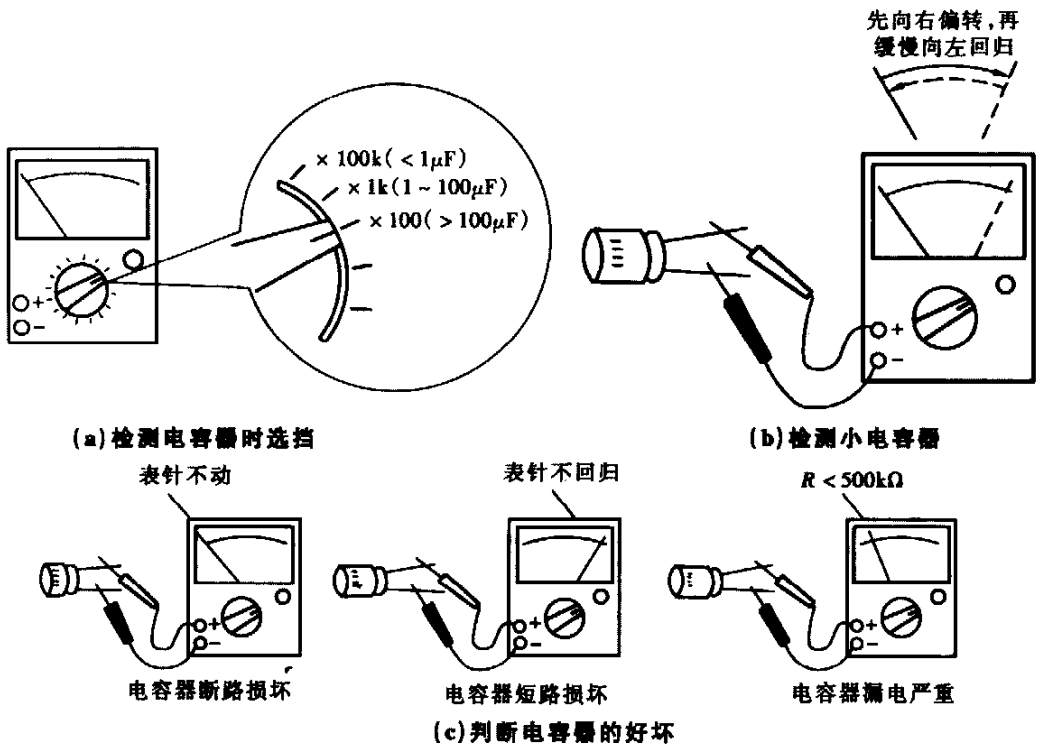



**说明** 电容器的好坏可用万用表的电阻挡检测。检测时，根据电容器容量的大小，选择电阻挡位。100μF以上的电容器用“ $R\times100$”挡，1～100μF的电容器用“ $R\times1k$”挡，1μF以下的电容器用“ $R\times10k$”挡，如图(a)所示。

测量时用万用表的两表笔（不分正、负）分别去与电容器的两引脚相接，在刚接触的一瞬间，表针应向右偏转，然后缓慢向左回归。对调两表笔后再测，表针应重复以上过程。电容器容量越大，表针右偏越大，向左回归也越慢。对于容量 $<0.01\mu F$ 的电容器，由于充电电流极小，几乎看不出表针右偏，只能检测其是否短路，如图（b)所示。

检测时，如果万用表表针不动，说明该电容器已断路损坏；如果表针向右偏转后不向左回归，说明该电容器已短路损坏；如果表针向左回归稳定后，阻值指示小于 500kΩ，说明该电容器漏电较大，也不宜使用，如图（c)所示。

**图解**

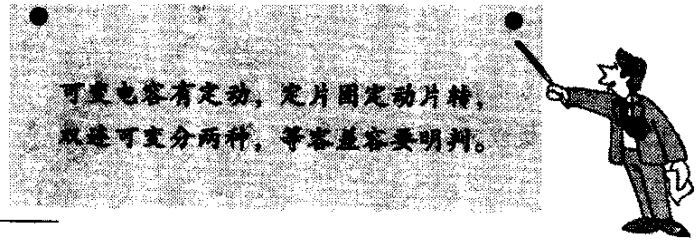



(a)检测电容器时选挡　(b)检测小电容器

(c)判断电容器的好坏

需要全本请访问 www.ertongbook.com

## 1.2.3 认识可变电容器

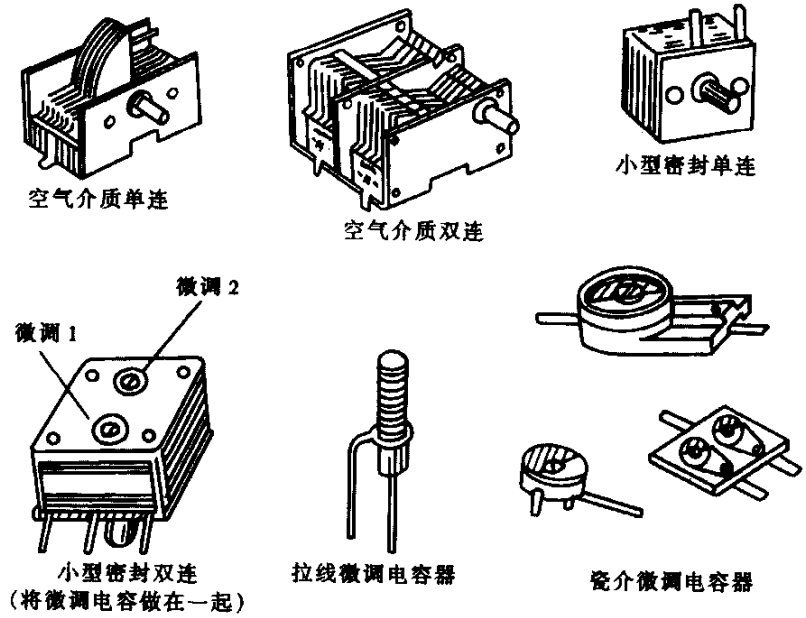



**说明** 可变电容器由两组金属片组成电极，其中，一组固定不动，称为定片；另一组安装在旋轴上可以旋转，称为动片。定片与动片之间的介质有空气介质和固体介质两类。常见的可变电容器有：空气单连可变电容器、空气双连可变电容器、小型密封单连可变电容器、小型密封双连可变电容器、瓷介微调电容器、拉线微调电容器等。

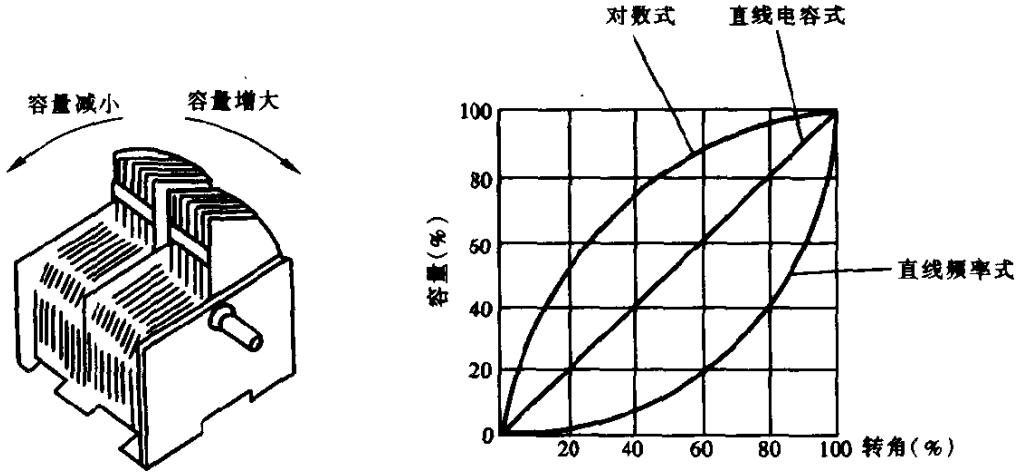
可变电容器的文字符号也为“$C$”，在电路图中常用的符号如图（b）所示。

可变电容器动片的旋转角度通常为 180°，动片全部旋入定片时容量最大，全部旋出时容量最小。按容量随动片旋转角度变化的特性，可变电容器可分为直线电容式、直线频率式、对数式等。双连可变电容器的两连容量可以相等（等容式），也可以不等（差容式），如图（b）所示。超外差收音机中的小型密封双连可变电容器一般选用差容式可变电容器。

**图解**



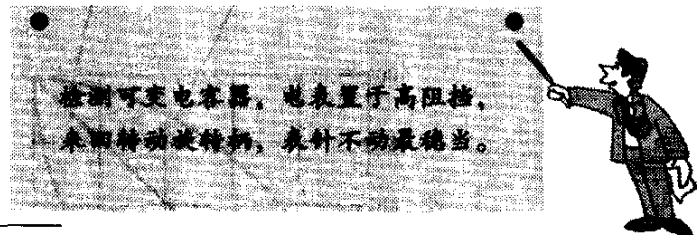

(a)各种可变电容器




(b)可变电容器的容量变化特性曲线

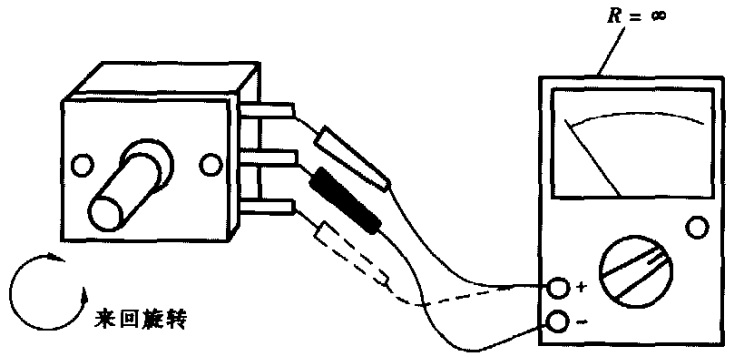
MEMO 半可变电容器又称微调电容器，它的容量变化范围为几皮法到几十波法之间，其容量变化范围远小于可变电容器。收音机中的微调电容器可分为以下三种： ①瓷介质微调电容器，这种微调电容器的体积比较大，它往往是单个的，不与可变电容器组合在一起。②有机薄膜介质微调电容器，它还分为单微调、双微调和四微调电容器等几种，它往往与可变电容器组合在一起，是目前应用最广泛的微调电容器。③拉线微调电容器，在一些小型收音机中采用拉线微调电容器，因为它的体积较小。

### 1.2.4 检测可变电容器




**说明** 可变电容器用万用表的电阻挡只能检测其有否短路现象。方法是：将万用表置于“$R\times1k$”或“$R\times10k$”挡，两表笔（不分正、负）分别与可变电容器的两端引线可靠相接，来回旋转可变电容器的旋柄，万用表指针均应不动。如旋转到某处指针摆动，说明可变电容器有短路现象，不能使用。对于双连可变电容器，应对每一连分别进行检测。

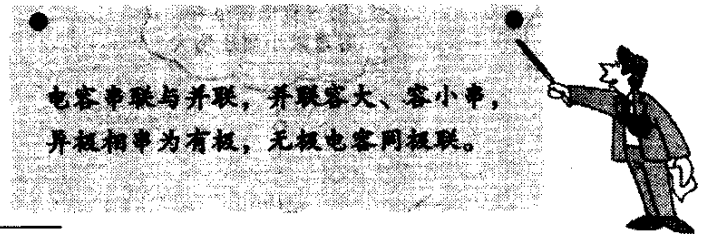
**图解**




可变电容器检测示意图

**MEMO** 检修微调电容器和可变电容器时应注意以下几点：①对于动片、定片之间的灰尘故障，可滴入纯酒精加以清洗。②对于受潮故障，可用灯泡或电吹风作烘干处理。③对空气双连转柄松动引起的接触不良问题，可先用纯酒精清洗，然后再滴入一滴润滑油，但对薄膜可变电容器不宜作滴油处理；对于引脚断故障，可以设法重新焊好引脚。

## 1.2.5 电容器的串联和并联

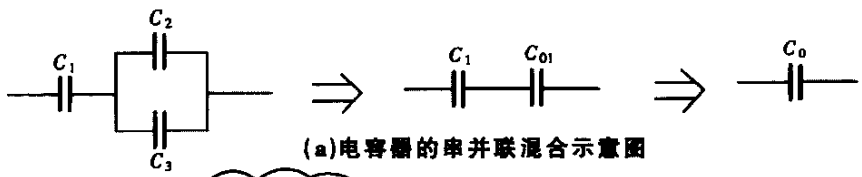



**说明** 利用电容器的串联、并联及串并联混合等多种方法，可代用暂时找不到的电容器。如当一只电容器的耐压不能满足需要时，可采用串联的方法，以提高耐压；当一只电容器的电容量不能满足需要时，可采用并联的方法，以增大电容量；当耐压与电容量都需提高时，可采用串并联混合的方法予以解决，如图（a）所示。当两个电容器串联或并联使用时，其串联总电容量 $C_s$、并联总电容量 $C_P$可按下式进行计算 $C_s = C_1C_2/(C_1 + C_2)$，$C_P = C_1 + C_2$。当电容器串联代用时，如果它们的电容量不相同，则电容量小的电容器分得的电压高。所以，在串联代用时，最好选用电容量与耐压均相同的电容器，否则电容量小的电容器有可能由于分得的电压过高而被击穿。当电容器并联使用时，每只电容器的耐压均应高于电路中的电压。目前，电容器的规格很多，为了使电路简洁，一般情况下，应尽量使用单个电容器，而不采用串联、并联或串并联混合使用的方法。

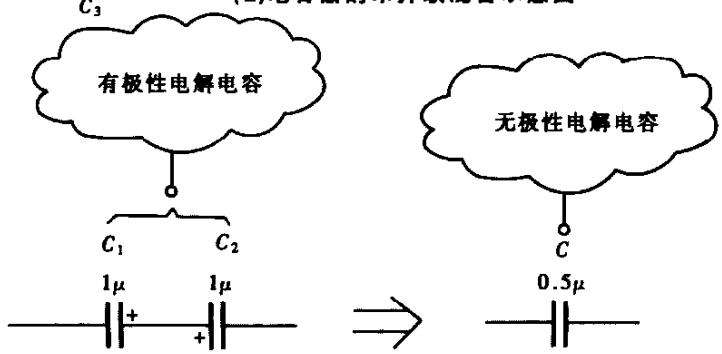
无极性电解电容应用无极性电解电容来代替，无法办到时可用两只容量大一倍的有极性电容逆串联后代替。例如，需要一只 0.5μF 的无极性电解电容，可以用两只 1μF 的有极性电解电容进行逆串联，如图（b）所示，得到 0.5μF的无极性电解电容。

图（c）所示是有极性电解电容顺串联电路，电路中的 $C_1$和 $C_2$都是有极性电解电容，两电容连接方式见图中所示，这样的连接称为有极性电解电容顺串联。顺串联的结果是仍然为一只有极性电容器，$C_1$正极为串联电容正极，$C_2$负极为串联后负极。顺串联后的总电容量减小，耐压提高。

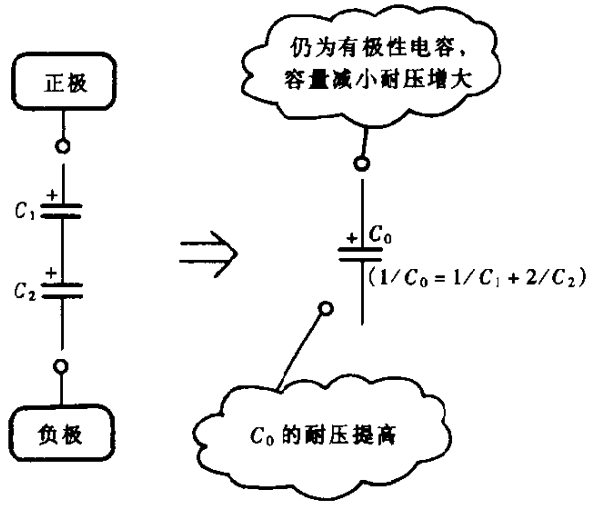
**图解**




(a)电容器的串并联混合示意图




(b)有极性电解电容进行逆串联

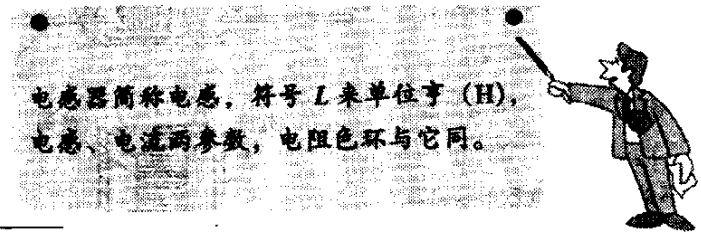



(c)有极性电解电容顺串联

**MEMO** 选用电容器时应注意以下几点：①对于低频电路和直流电路，可选用价格较低的纸介或金属化纸介电容器，也可选用低频瓷介（CT型）电容。②要求较高的中高频或音频电路，可选用塑料薄膜（CB、CL）型电容器；有特殊要求的可选用它们中的优质品。 ③高频电路中，一般选用高频瓷介（CC型）云母或穿心瓷介电容，④电源滤波、退耦、旁路等电路中需用大容量电容器，一般可选用铝电解电容器。银（铌）电解电容器的性能稳定可靠，但价格较高，通常只用于要求较高的定时电路中。⑤对于高压电路，一般应选用高压瓷介或其他专用高压型电容。 ⑥对于可变和微调电容器，如果不受体积大小的限制，则可选用空气介质型的。

## 1.3 电感器

### 1.3.1 认识电感器




**说明** 电感器习惯上简称为电感，是常用的基本电子元件之一。电感器种类繁多，形状各异，较常见的有：单层平绕空芯电感线圈、间绕空芯电感线圈、脱胎空芯线圈、多层空芯电感线圈、蜂房式电感线圈、带磁芯电感线圈、磁罐电感线圈、高频阻流圈、低频阻流圈、固定电感器等，如图（a）所示。电感器的文字符号为“ $L$ ”，在电路中常用的符号如图（b）所示。

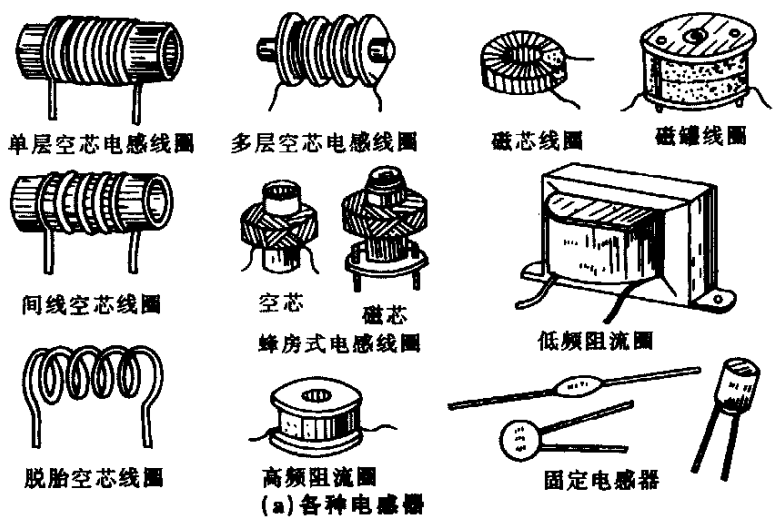
固定电感器是一种通用性强的系列化产品，线圈（往往含有磁芯）被密封在外壳内，具有体积小、重量轻、结构牢固、电感量稳定和使用安装方便的特点，如图（c）所示。

电感器的主要参数是电感量和额定电流。电感量的基本单位是亨利，简称亨，用字母“H”表示。在实际应用中，一般常用毫亨（mH）或微亨（μH）作单位。它们之间的相互关系是：1H = 1000mH，1mH = 1000μH。电感量的标示方法有两种，一种是直标法，即将电感量直接用文字印在电感器上，如图（d）所示。

另一种是色标法，即用色环表示电感量，其单位为μH。第1、2环表示两位有效数字，第3环表示倍乘数，第4环表示允许偏差，见图（e）。各色环颜色的含义与色环电阻器相同，可参阅1.1.1中表。额定电流是指电感器在正常工作时，所允许通过的最大电流。使用中，电感器的实际工作电流必须小于额定电流，否则电感线圈将会严重发热甚至烧毁。

电感器是利用自感应原理工作的。电感线圈在通过电流时会产生自感电动势，自感电动势的大小与通过电感线圈的电流的变化率成正比，并且总是反对原电流的变化。因此，电感具有通直流、阻交流的功能。

**图解**




(a)各种电感器

需要全本请访问 www.ertongbook.com