

# 电子技术与工艺训练

## ——常用电子元器件

# 常用电子元器件

## 本章主要内容：

- 电阻
- 电容
- 电感
- 二极管
- 三极管
- 重点难点：

元器件的辨识，测量

# 一. 电阻器

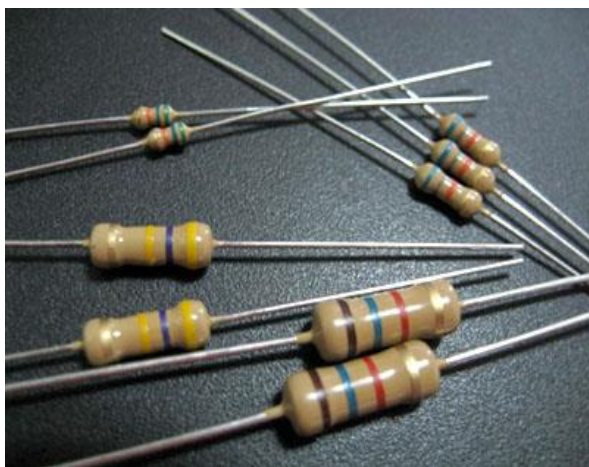
电阻器简称电阻。是一种耗能元件。在电路里主要起分压、分流、限流、负载等作用。是最基本的电子元器件。

## 1.1电阻的分类

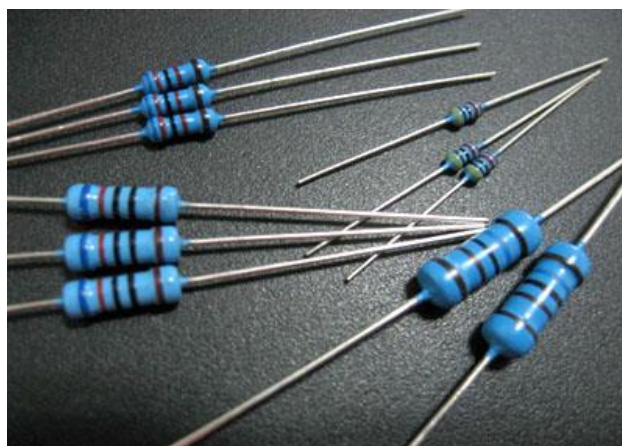
固定电阻、可调电阻、特种电阻(敏感电阻)

## 1.1.1 常见固定电阻器

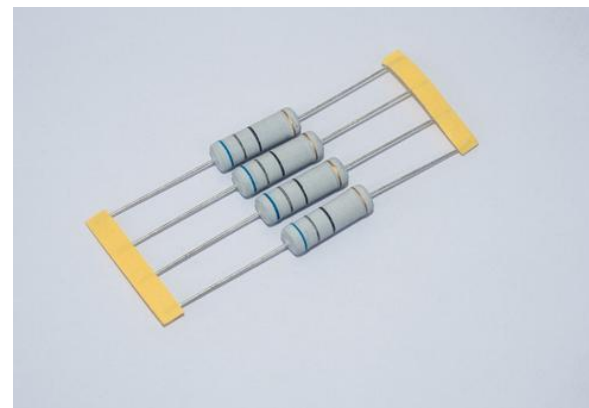
碳膜电阻 (RT)



金属膜电阻(RJ)



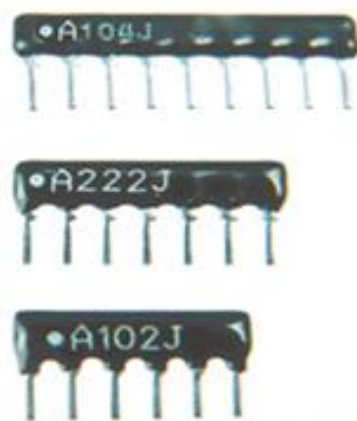
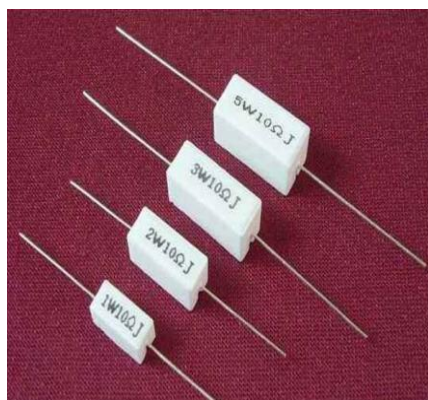
金属氧化膜电阻



线绕电阻



水泥电阻



排阻



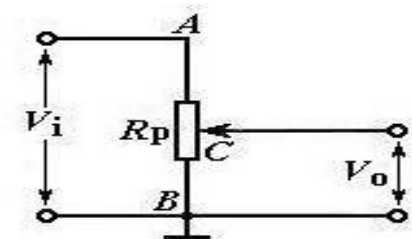
熔断电阻(RF) 保险丝



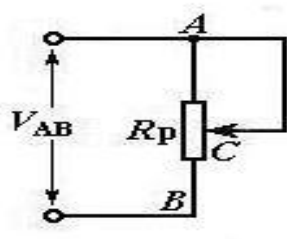
贴片式电阻



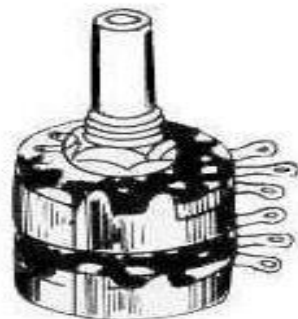
## 1.1.2 常见可变电阻的外形及结构



(a) 电位器



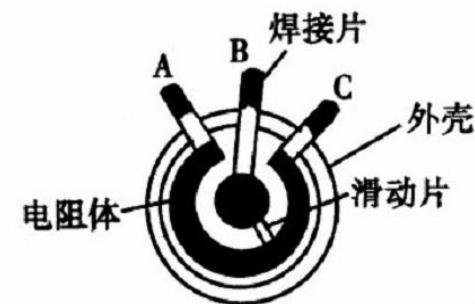
(b) 可调电阻器



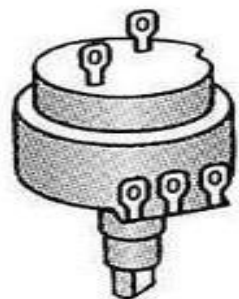
(c) 合成碳膜电位器



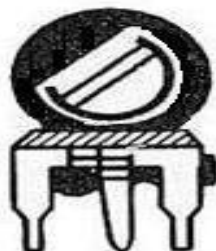
(d) 有机实心电位器



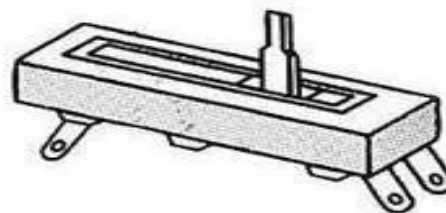
电位器的结构



(e) 带开关电位器



(f) 微调电位器

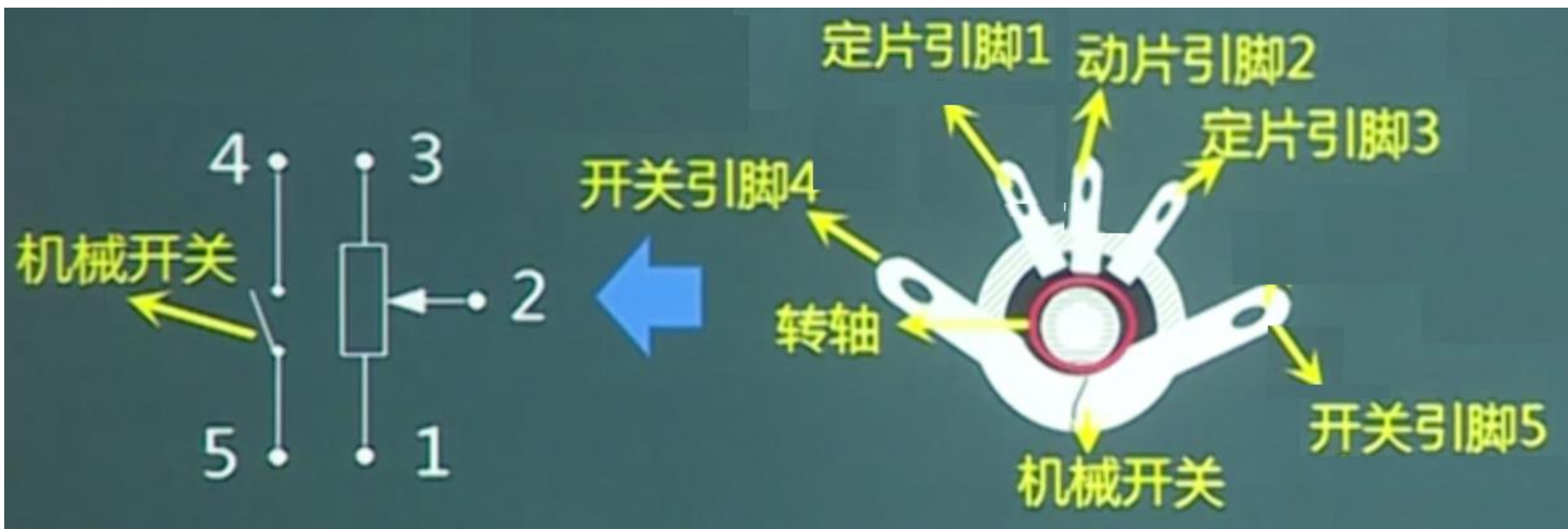


(g) 直滑式电位器

电位器结构：  
由外壳、滑动轴、电阻体和3个引出端组成

## • 带开关电位器

- ◆带开关电位器是将开关与电位器合为一体
- ◆结构上增加了一个机械开关，旋转转轴可以改变机械开关的开断。



## 1.1.3 常见敏感电阻的外形特点

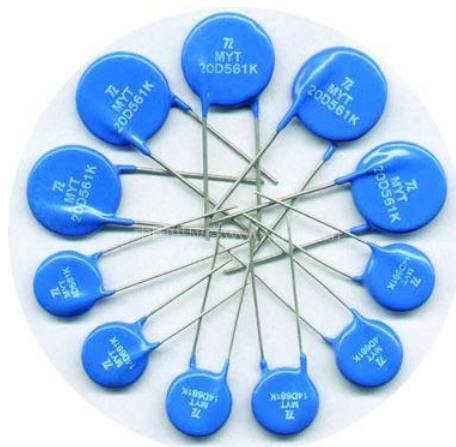
应用于检测和自动化控制等技术领域。

热敏电阻(MF\MZ)

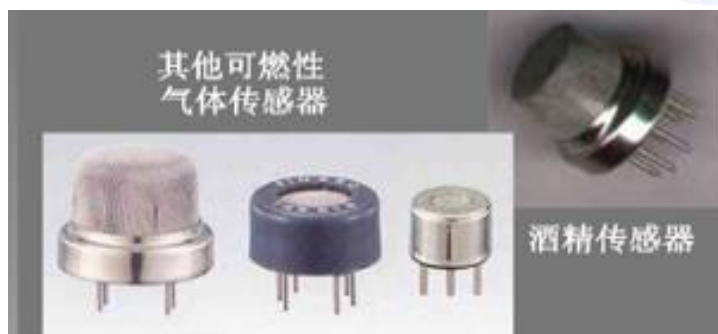


(a) 常见负温度系数 (NTC) 热敏电阻

压敏电阻 (MY)



光敏电阻(MG)



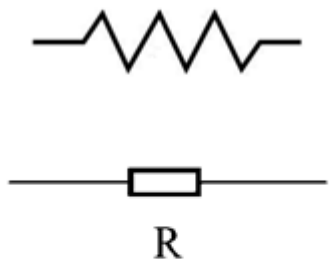
气敏电阻(MQ)



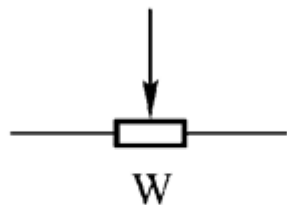


## 1.2 电阻的识别

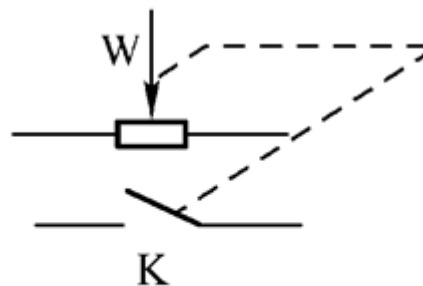
- 在电路原理图中，固定电阻通常用大写英文字母“R”表示，可变电阻通常用大写英文字母“W”表示，排阻通常用大写英文字母“RN”表示。



(a) 固定电阻



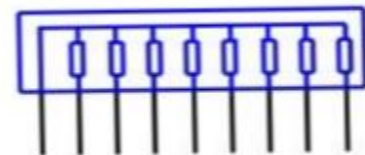
(b) 可变电阻



(c) 带开关电位器



敏感电阻



排阻

## 1.2.1电阻的型号命名

根据国标GB/T2470-1995，国产电阻（电容器）的型号由五部分组成：

第一部分：用字母表示主称。

如：R——表示电阻器；W——表示电位器。

第二部分：用字母表示材料。

如：T——碳膜；H——合成膜；S——有机实 芯；N——无机实芯；J——金属膜；X——线绕；Y——氧化膜；等。

第三部分：用字母或数字表示分类。

如：X——小型；J——精密；W——微型。等等。

第四部分：用数字表示序号。

第五部分：用字母表示区别代号。

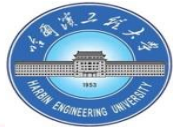


表1 电阻器的材料、分类代号及其意义

材 料		分 类					
字母 代号	意义	数字 代号	意义		字母 代号	意义	
			电阻器	电位器		电阻器	电位 器
T	碳膜	1	普通	普通	G	高功率	-
H	合成膜	2	普通	普通	T	可调	-
S	有机实芯	3	超高频	-	W	-	微调
N	无机实芯	4	高阻	-	D	-	多圈
J	金属膜	5	高温	-	说明：新型产品的分类根据发展情况予以补充		
Y	金属氧化膜	6	-	-			
C	化学沉积膜	7	精密	精密			
I	玻璃釉膜	8	高压	函数			
X	线统	9	特殊	特殊			

表2 敏感电阻的材料、分类代号及其意义

材 料		分 类			
字母 代号	意 义	数字 代号	意 义		
			温度	光敏	压敏
F	负温度系数热敏	1	普通	-	碳化硅
Z	正温度系数热敏	2	稳压	-	氧化锌
G	光敏	3	微波	-	氧化锌
Y	压敏	4	旁热	可见光	-
S	湿敏	5	测温	可见光	-
C	磁敏	6	微波	可见光	-
L	力敏	7	测量	-	-
Q	气敏	8	-	-	-



# 1.2.2 电阻的主要技术指标

- 1.标称阻值:标称在电阻器上的电阻值称为标称值。 单位:  $\Omega$ ,  $k\Omega$ ,  $M\Omega$ ,  $G\Omega$ ,  $T\Omega$ 。
- ◆ 常用的标称电阻值系列有E6、E12、E24、E48、E96、E192系列，也适用于电位器和电容器。

标称值系列	允许偏差	电阻器、电位器、电容器标称							
E24	I级（±5%）	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
E12	II级（±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	—	—	—	—
E6	III级（±20%）	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8	—	—

注：上表中数值乘以 $10^n$ （其中n为整数）即为系列阻值。



## 1.2.2 电阻的主要技术指标

**2.允许误差:**电阻器的实际阻值对于标称值的最大允许偏差范围称为允许误差。

◆ 常见的误差范围：精密电阻（0.01%，0.05%，0.1%，0.5%，0.25%，1%，2%等），普通电阻（5%，10%，20%等）

◆ 误差代码：F、G、J、K...

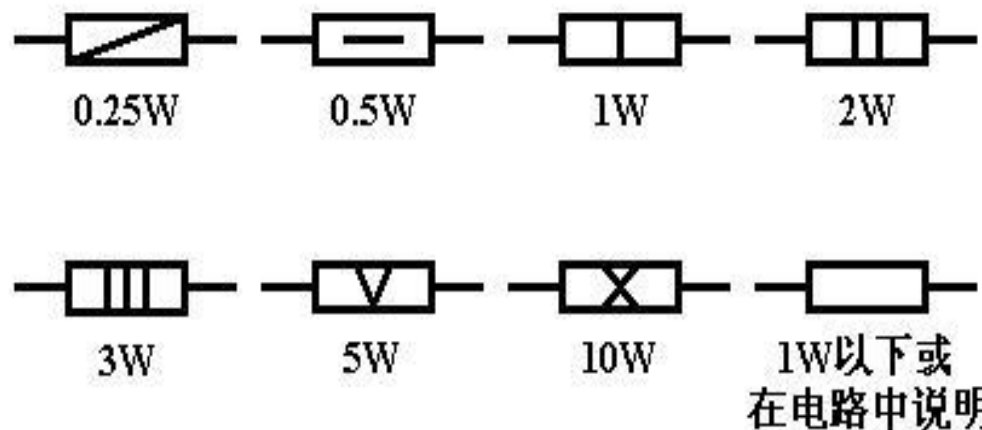
允许误差 (%)	±0.001	±0.002	±0.005	±0.01	±0.02	±0.05	±0.1
等级符号	E	X	Y	H	U	W	B
允许误差 (%)	±0.2	±0.5	±1	±2	±5	±10	±20
等级符号	C	D	F	G	J (I)	K (II)	M (III)

## 1.2.2 电阻的主要技术指标

### 3.额定功率:

指在规定的环境温度下,假设周围空气不流通,在长期连续工作而不损坏或基本不改变电阻器性能的情况下,电阻器上允许的消耗功率。

- ◆ 电阻的额定功率与体积大小有关,电阻器的体积越大,额定功率越大。
- ◆ 常见的有1/16W、1/8W、1/4W、1/2W、1W、2W、5W、10W



其他主要参数:

4.温度系数

5.噪声

6.最高工作电压等

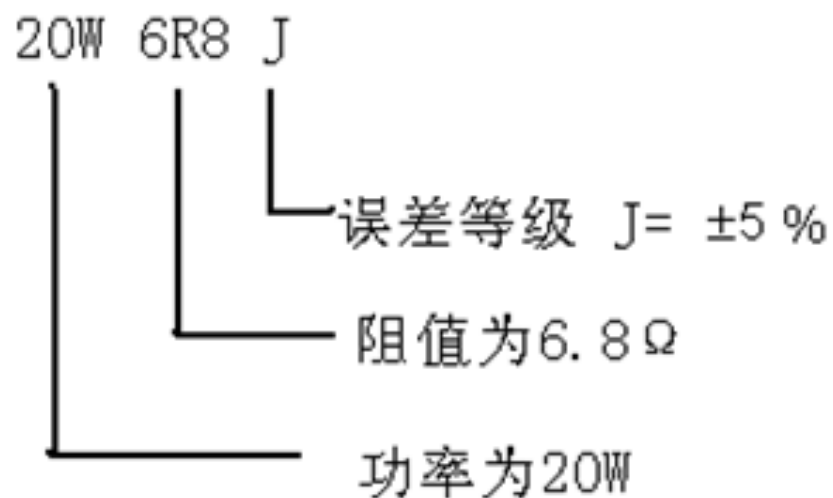
## 1.2.3 电阻的标识方法

电阻的阻值表示方法主要有以下四种。

### 1. 直标法

直标法就是将电阻的阻值和误差等级用数字和文字符号直接标在电阻体上。

例如：电阻体上标注 20W6R8J

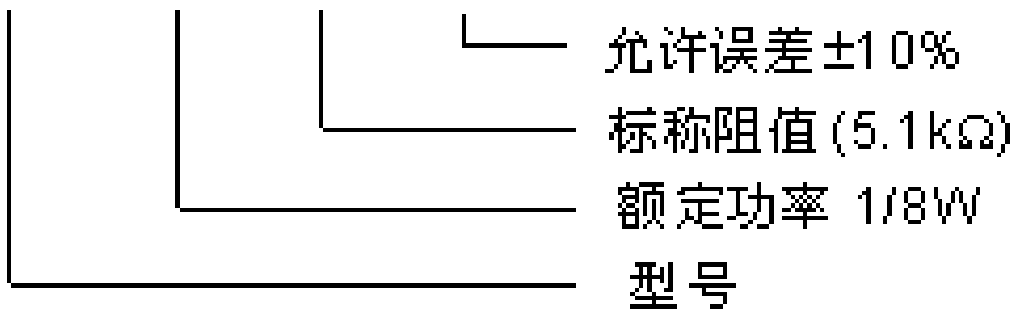


## 2. 文字符号法

文字符号法就是将电阻的标称值和误差用数字和文字符号按一定的规律组合标识在电阻体上。

- ◆ 误差未标注为 $\pm 20\%$
- ◆ 阻值单位标志有5种，欧姆用R表示，千欧（ $10^3\Omega$ ）用k表示，兆欧（ $10^6\Omega$ ）用M表示；吉欧（ $10^9\Omega$ ）用G表示，太欧（ $10^{12}\Omega$ ）用T表示
- ◆ 整数部分在阻值单位标志前，小数部分在单位标志后

RJ71-0.125-5k1-II



### 3. 色环法

- ◆ 四环法、五环法、六环法  
(同五环, 最后一环为温度系数)
- ◆ 首环距离本体一端较近
- ◆ 末环即误差环距离前几环距离较大
- ◆ 金色、银色一般不会用作首环

数值的读取方法

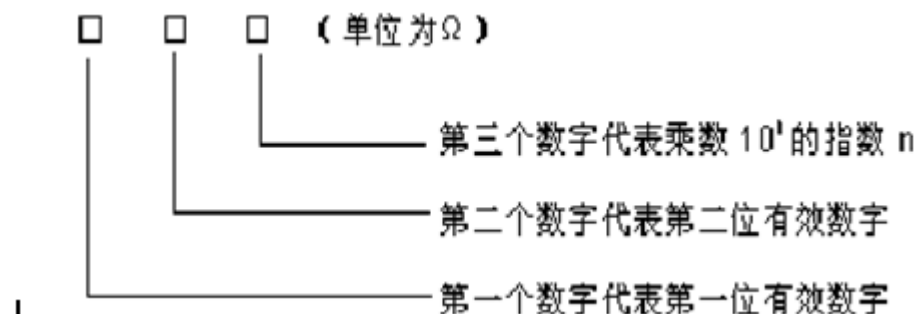
颜色	每一段	第二段	第三段	乘数	误差
黑色	0	0	0	1	
棕色	1	1	1	10	$\pm 1\%$
红色	2	2	2	100	$\pm 2\%$
橙色	3	3	3	1K	
黄色	4	4	4	10K	
绿色	5	5	5	100K	$\pm 0.5\%$
蓝色	6	6	6	1M	$\pm 0.25\%$
紫色	7	7	7	10M	$\pm 0.10\%$
灰色	8	8	8		$\pm 0.05\%$
白色	9	9	9		
金色				0.1	$\pm 5\%$
银色				0.01	$\pm 10\%$
无					$\pm 20\%$



## 4. 数码表示法

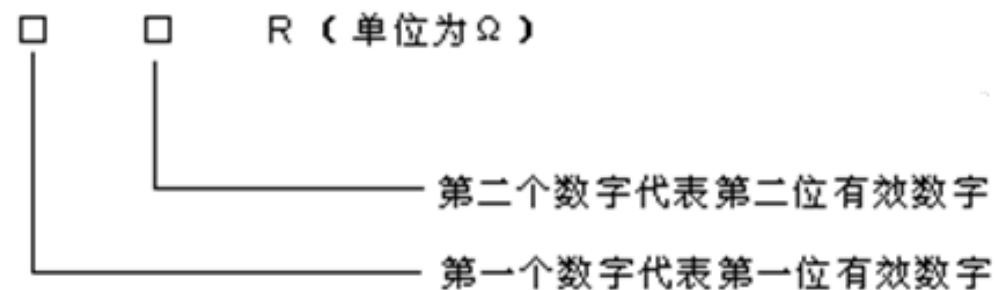
### (1) 三位数字标注法

- ◆ 从左至右，前两位表示有效数字，第三位表示 $10^n$ , ( $n=0-8$ ), 当 $n=9$ 时为特例，表示 $10^{-1}$ 。如：标注为“103”的电阻其阻值为 $10 \times 103 = 10k \Omega$ 。
- ◆ 标志是0或000的电阻，表示是跳线阻值为0欧。
- ◆ 数码法的默认单位为欧姆。
- ◆ 数码法用字母表示元件的误差等级，标注方法与文字符号法相同。
- ◆ 片状元件多用数码法表示。

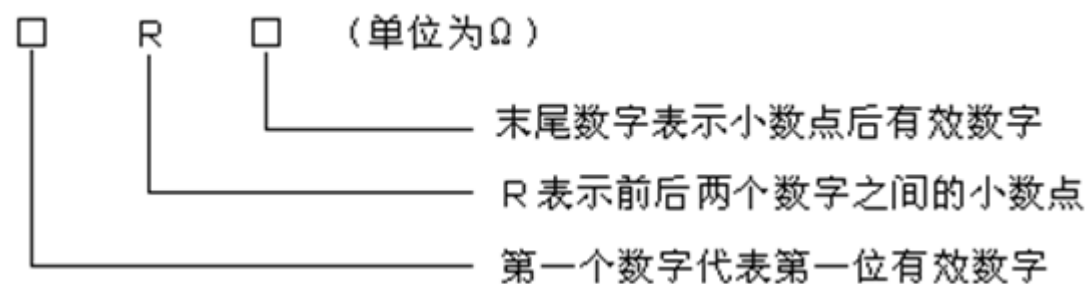


### (2) 二位数字后加R标注法

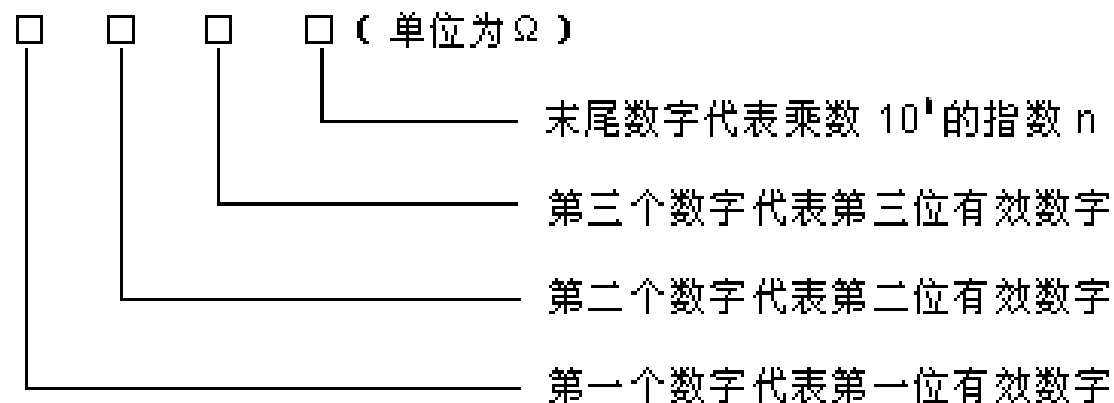
标注为“51R”的电阻其电阻值为 $51 \Omega$



### (3) 二位数字中间加R标注法 标注为9R1的电阻其阻值为 $9.1\ \Omega$



### (4) 四位数字标注法 标注为5232 的电阻其阻值为 $523 \times 10^2 = 52.3\ \text{K}\Omega$



## 1.3 电阻的检测

### 1. 指针式万用表测电阻

#### (1) 万用表选择合适的档位

为了提高测量精度，应根据**电阻**标称值（**电流、电压**）的大小来选择挡位。应使指针的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）。**量程太大和太小都会影响测量精度。**



## (2) 万用表欧姆校零

采用指针式万用表检测，还需要执行将表针**校（调）零**这一关键步骤，方法是将万用表置于某一欧姆挡后，红、黑表笔短接，调整微调旋钮，使万用表指针指向**右侧0 $\Omega$** 的位置，然后再进行测试。注意！**每选择一次量程，都要重新进行欧姆校零。**



(a) 调零前状态



(b) 调零后状态

### (3) 用万用表测量与读数

将两表笔分别与电阻的两端引脚相接即可(不分正负), 测出实际电阻值。测量时, 待表针停稳后读取读数, 然后乘以倍率, 就是所测之电阻值。



(a) 小阻值电阻测量



(b) 大阻值电阻测量



## ◆手不要同时触及电阻两端引脚



(a) 正确



(b) 错误



- 2. 数字式万用表测电阻
- 用数字式万用表测电阻，所测阻值更为准确。将黑表笔插入“COM”插座，红表笔插入“ $V\Omega$ ”插座。
- 万用表的挡位开关转至相应的电阻挡上，打开万用表电源开关（电源开关调至“ON”位置），再将两表笔跨接在被测电阻的两个引脚上，万用表的显示屏即可显示出被测电阻的阻值。



- 数字式万用表测电阻一般**无须调零**，可直接测量。
- 如果电阻值**超过所选挡位值**，则万用表显示屏的左端会显示“**1**”，这时应将开关转至较高档位上。
- 当测量电阻值超过 $1\text{ M}\Omega$ 以上时，显示的读数需几秒钟才会稳定，这是用数字式万用表测量时出现的正常现象，这种现象在**测高电阻值**时经常出现。
- 当输入端开路时，万用表则显示过载情形。另外，测量在线电阻时，要确认被测电路所有电源已关断及所有电容都已完全放电时才可进行。

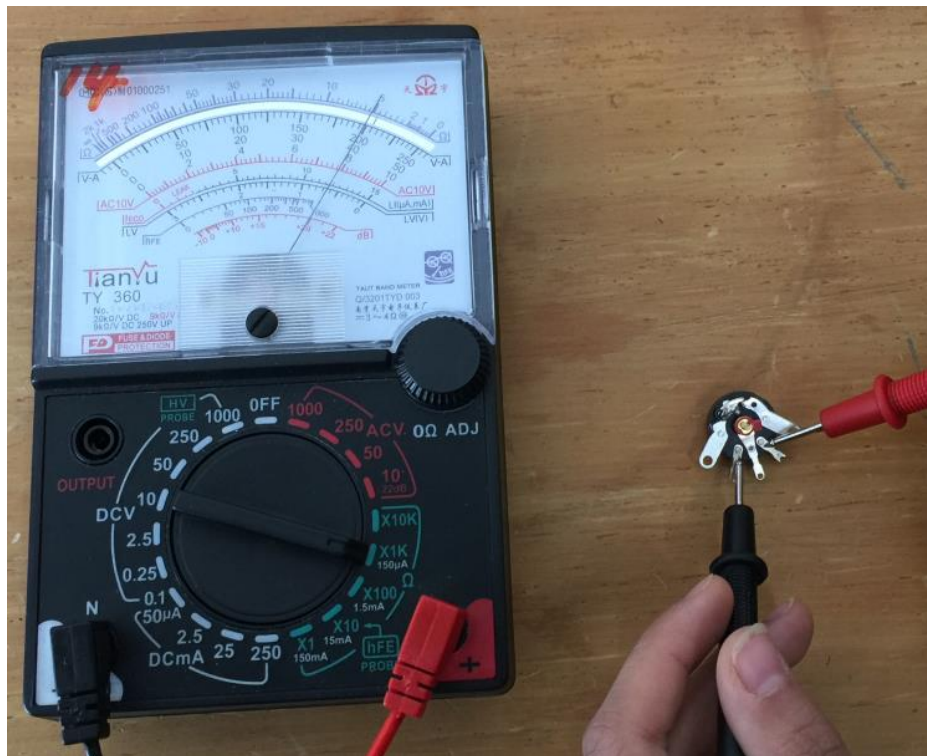
### 3. LCR电桥测试电阻



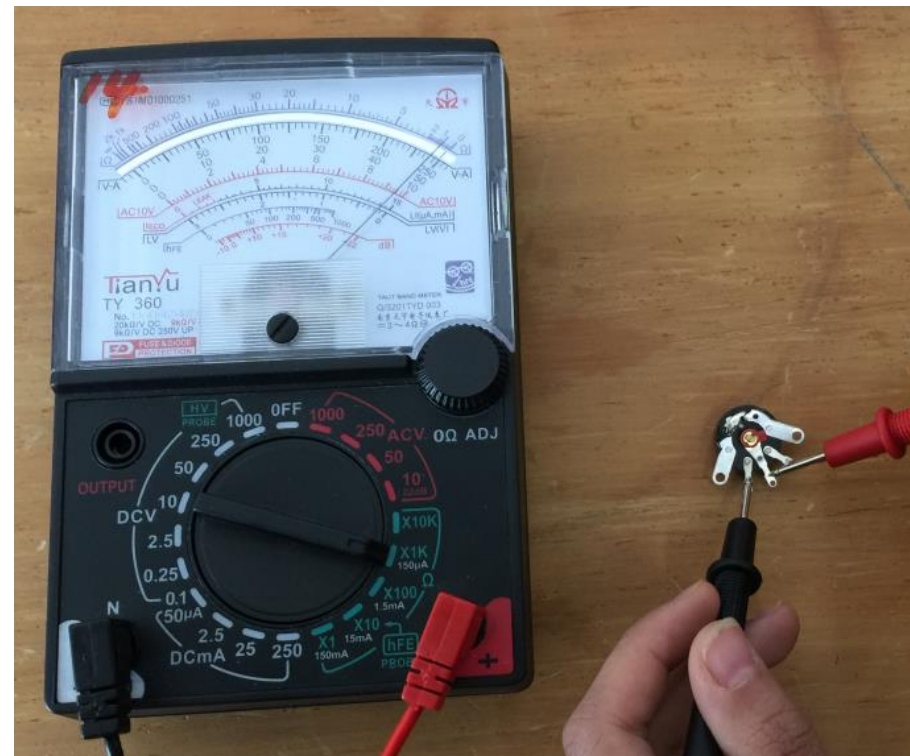


## 4. 开关电位器检测

### 1) 阻值检测



➤ 标称值检测：最大阻值

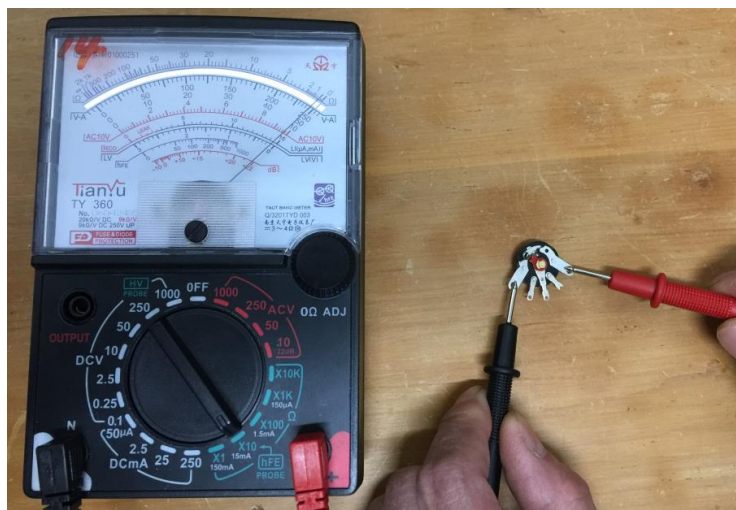


➤ 可变阻值检测：应连续变化



## 2) 开关检测

闭合开关，开关引脚两端电阻为零；开关打开，开关引脚两端电阻为 $\infty$ 。



a) 开关闭合



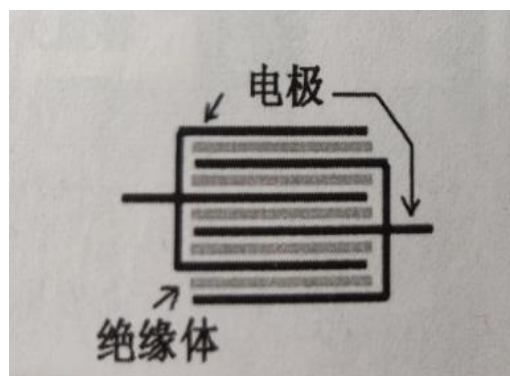
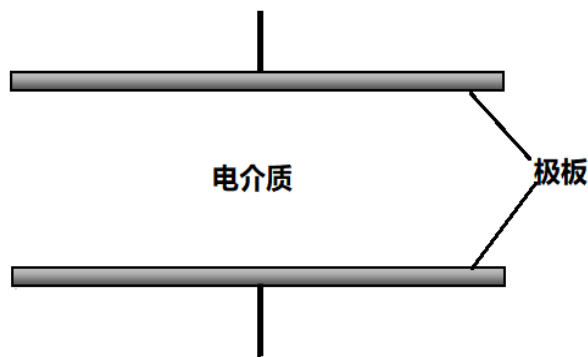
b) 开关断开

## 二、电容器

1. 电容器分类
2. 电容器识别
3. 电容器的检测

## 二、电容器

◆ 电容器是由两个平行极板（导体）及它们之间的绝缘材料组成。



◆ 电容具有存储电能的元件，具有充放电特性和通交流、隔直流的能力。

◆ 主要用于电源滤波、信号滤波、信号耦合、旁路、调谐等电路中。

## 2.1 电容的分类

- ◆ 固定电容器
- ◆ 可变电容器
- ◆ 微调电容器

## 2.1.1不同绝缘介质电容器特点

### 1、有机介质电容器

#### 有机薄膜电容器

纸介电容器（型号：CZ）



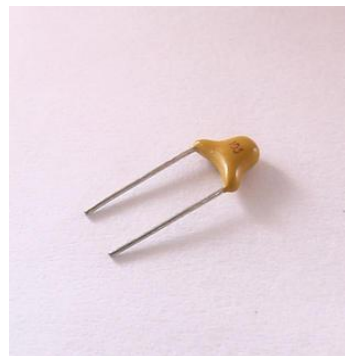
金属化纸介电容器（型号：CJ1）



包括，涤纶电容、聚乙烯电容，聚苯乙烯，聚丙烯电容，聚碳酸酯电容等。

## 2、无机介质电容器

陶瓷电容器



云母电容器（型号：CY）



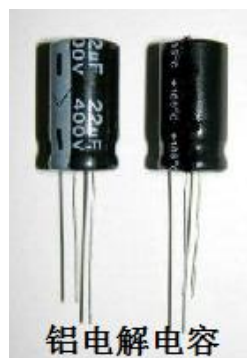
玻璃釉电容器



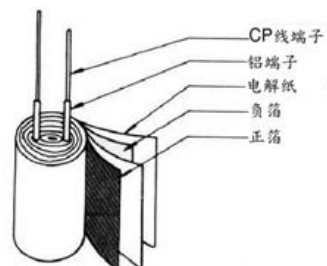


### 3、电解电容器

铝电解电容器（型号：CD）



铝电解电容



铝电解电容



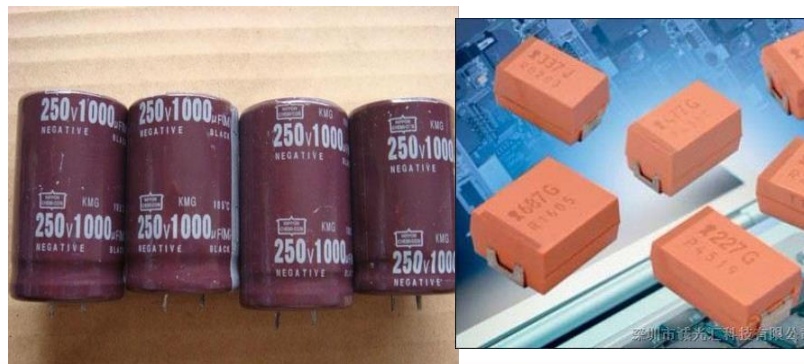
贴片电解电容

钽电解电容器（型号：CA）



钽电容

铌电解电容



## 收音机中的固定电容



$C_4$  (220uf) :  
 $C_2$  (10uf) :  
 $C_5$ 、 $C_8$  (4.7uf) :  
 $C_9$  (1uf) :

电解电容



$C_6$ 、 $C_7$ 、 $C_{10}$ 、 $C_{11}$  (0.022uf) :  
 $C_{12}$  (2200pf) :

瓷片电容



$C_3$  (0.01uf) :

涤纶电容

## 2.1.2 可调电容的外形及特点

单联可变电容



双联可变电容



## 2.1.3 微调电容的外形及特点



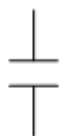
(a) 通孔式



(b) 贴片式

## 2.2 电容的识别

- ◆ 在电路原理图中电容用字母 “C”表示。
- ◆ 常用电容在电路原理图中的符号如图所示。
- ◆ 电容量大小的基本单位是法拉（F），简称法。常用单位还有毫法（mF）、微法（ $\mu\text{F}$ ）、纳法（nF）、皮法（pF）。它们之间的换算关系是：
  - $1\text{mF}=10^{-3}\text{F}$       $1\mu\text{F}=10^{-6}\text{F}$       $1\text{nF}=10^{-9}\text{F}$       $1\text{pF}=10^{-12}\text{F}$



(a) 普通电容



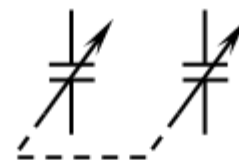
(b) 电解电容



(c) 可变电容



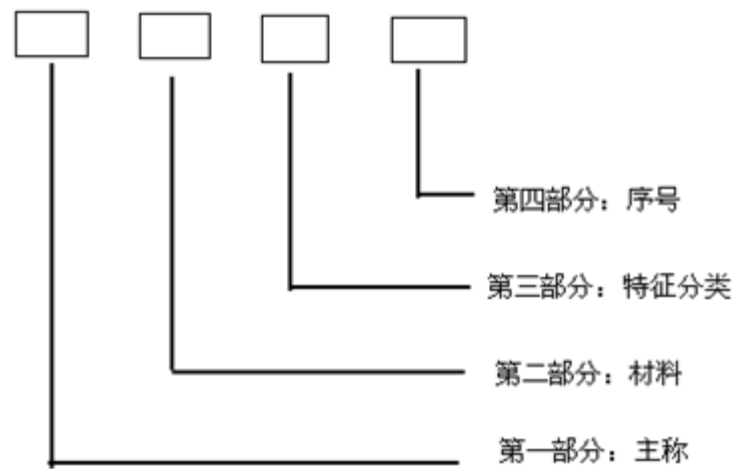
(d) 微调电容



(e) 双联可变电容

## 2.2.1 电容的型号命名法

- 各国电容器的型号命名很不统一，国内电容器(方法同电阻)的型号命名一般由四部分组成
- 示例：
  - (1) CD-11：铝电解电容（箔式），序号为11；
  - (2) CC1-1：圆片形瓷介电容，序号为1；
  - (3) CZJX：纸介金属膜电容，序号为X。



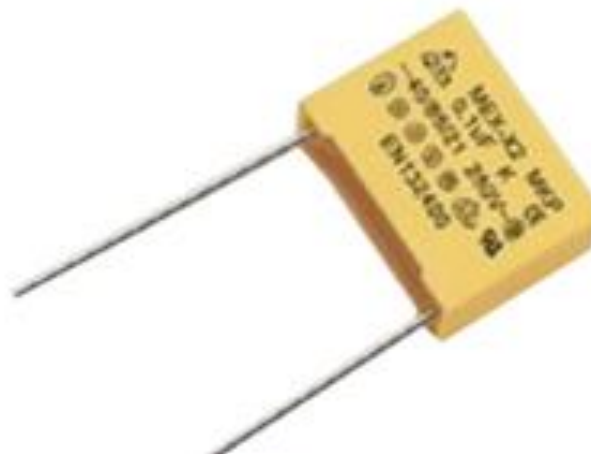


## 2.2.2 电容的主要技术指标

- ◆ 额定电压（耐压）
- ◆ 允许误差等级
- ◆ 标称电容量
- ◆ 频率特性
- ◆ 温度系数
- ◆ 绝缘电阻（漏电电阻）
- ◆ 损耗角等

## 2.2.3 电容的表示方法

- 1.直标法
- 直标法是将电容的标称容量、耐压及偏差直接标在电容体上。例如：4700 $\mu$ F 25V。若是零点零几，常把整数位的“0”省去，如.01 $\mu$ F表示0.01 $\mu$ F。
- 没有标注耐压值的通常为50V。
- 电容器误差直接表示方法：如10 $\pm$ 0.5pF,误差就是 $\pm$ 0.5pF。



## 2. 数字表示法

数字表示法是只标数字不标单位的直接表示法。采用此种方法的仅限于单位为pF和uF两种，一般无极性电容默认单位为pF，电解电容默认单位为uF。



## 3. 数码表示法

数码表示法一般用三位数字来表示容量的大小，其中前两位为有效数字，后一位表示倍率，即乘以 $10^i$ ， $i$ 为第三位数字，若第三位数字9，则乘 $10^{-1}$ 。单位为pF。



## 4. 色码表示法

- 色码表示法与电阻器的色环表示法类似，颜色涂于电容器的一端或从顶端向引线排列。色码一般只有三种颜色，前两环为有效数字，第三环为倍率，容量单位为pF。



## 5. 字母数字混合表示法

- 字母数字混合表示法用2~4位数字和一个字母表示标称容量，其中数字表示有效数值，字母表示数值的单位。字母有时既表示单位也表示小数点。



## 2.2.4d 电容的极性识别

有极性电容一般为铝电解电容和钽电解电容。

### 1. 通孔式（插针式）极性电容的识别

- 通孔式有极性电容引线较长的为正极，若引线无法判别则根据标记判别，铝电解电容标记负号一边的引线为负极，钽电解电容正极引线有标记。



## 2.3 电容器的检测

### 2.3.1 LCR电桥测试电容





## 2.3 电容器的检测

### 2.3.2 指针式万用表测试电容的可充放电特性

将指针万用表的红、黑表笔接电容两极，万用表指针应向右摆动一定角度，然后逐渐向左返回，直到停在某一位置。说明电容具有可充放电特性。



$$\tau = RC$$

选择R\*1K档

## 2.3 电容器的检测

普通固定电容器检测时，针对不同容量选用合适的量程。

### (1) 容量在 $0.01\mu\text{F}$ 以上固定电容的检测

将指针式万用表调至 $R \times 1\text{K}$ 欧姆挡，并进行欧姆调零，然后，观察万用表指示电阻值的变化。

- ◆ 若表笔接通瞬间，万用表的指针应向右微小摆动，然后又回到无穷大处，调换表笔后，再次测量，指针也应该向右摆动后返回无穷大处，可以判断该电容正常；
- ◆ 若表笔接通瞬间，万用表的指针摆动至“0”附近，可以判断该电容被击穿或严重漏电；
- ◆ 若表笔接通瞬间，指针摆动后不再回至无穷大处，而是停在距离无穷大较远的位置，可判断该电容器漏电严重，不能使用；
- ◆ 若两次万用表指针均不摆动，可以判断该电容已开路。

## (2) 容量小于 $0.01\mu\text{F}$ 的固定电容的检测

检测 $10\text{pF}$ 以下的小电容，因电容容量太小，用万用表进行测量，**只能检查其是否有漏电、内部短路或击穿现象。**

测量时选用万用表 $R \times 1\text{K}$ 挡，将两表笔分别任意接电容的两个引脚，阻值应为无穷大。如果阻值很小或测出阻值为零，可以判定该电容漏电损坏或内部击穿。



### (3) 电解电容的容量较一般固定电容大的多。

- ◆ 测量前应让电容充分放电，即将电解电容的两根引脚短路，把电容内的残余电荷放掉。
- ◆ 将指针万用表的红表笔接电容负极，黑表笔接电容正极。在刚接通的瞬间，万用表指针应向右偏转较大角度，然后逐渐向左返回，直到停在某一位置。此时的阻值便是电解电容的正向绝缘电阻，一般应在几百千欧姆以上；
- ◆ 调换红黑表笔，指针重复前边现象，最后指示的阻值是电调换表笔测量电容的反向绝缘电阻，应略小于正向绝缘电阻。





### 2.3.3 数字式万用表检测电容

数字万用表测量电容的电容量，并不是所有电容都可测量，要依据数字万用表的测量档位来确定。

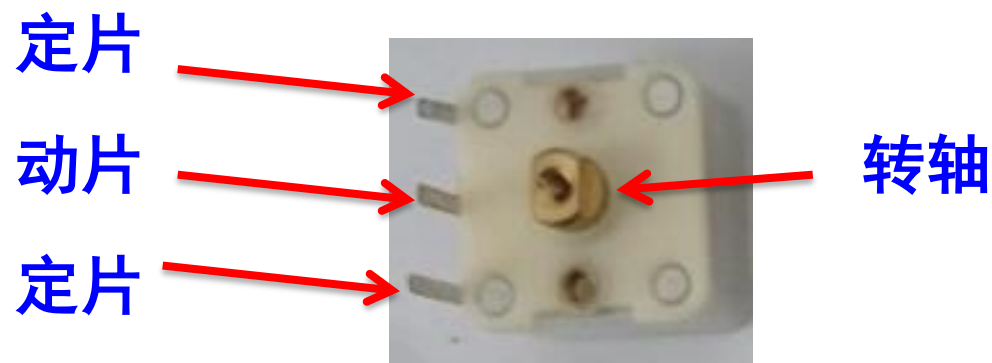
用数字万用表测量电容的电容量具体方法是将**数字万用表置于电容档**，根据电容量的大小选择适当档位，**待测电容充分放电后**，将待测电容直接插到测试孔内或**两表笔分别直接接触进行测量**。数字万用表的显示屏上将直接显示出待测电容的容量。





## 双 联

### 测量仪表：指针万用表R\*1k档



- 反复轻轻转动转轴，检查双联是否有发卡的现象。同时测量动片与定片之间的电阻，旋转过程中，指针应在无穷大位置不动。
- 若有时指针指向0，说明动片与静片之间存在短路点。
- 若转向某一角度，指针指向某一阻值，说明动片与定片之间存在漏电现象。

## 三. 电感器

电感器，简称电感，是将电能转换为磁能并储存起来的元件。用绝缘导线（例如漆包线、纱包线、塑皮线等）在绝缘骨架或磁心、铁芯上单层或多层绕制而成的一组串联同轴线匝。

- 特性：通直流，阻交流
- 作用：用于扼流、滤波、耦合、变压、调谐选频、传送信号等
- 电感的结构：电感器一般由骨架、绕组、屏蔽罩、封装材料、磁心或铁心等组成

## 3.1 电感的分类

### 1: 按工作频率分类

高频电感器、中频电感器和低频电感器。

### 2: 按用途分类

振荡电感器、校正电感器、显像管偏转电感器、阻流电感器、滤波电感器、隔离电感器、被偿电感器等

### 3: 按结构分类

线绕式电感器和非线绕式电感器，还可分为固定式电感器和可调式电感器

# 常见电感器



空心单层线圈



空心多层线圈



磁环线圈



铁芯线圈



色环电感



工字电感



可调电感



贴片电感



工字贴片电感



可调贴片电感

## 3.2 电感的识别

在电路原理图中，电感常用符号“L”或“T”表示，不同类型的电感在电路原理中通常采用不同的符号来表示。

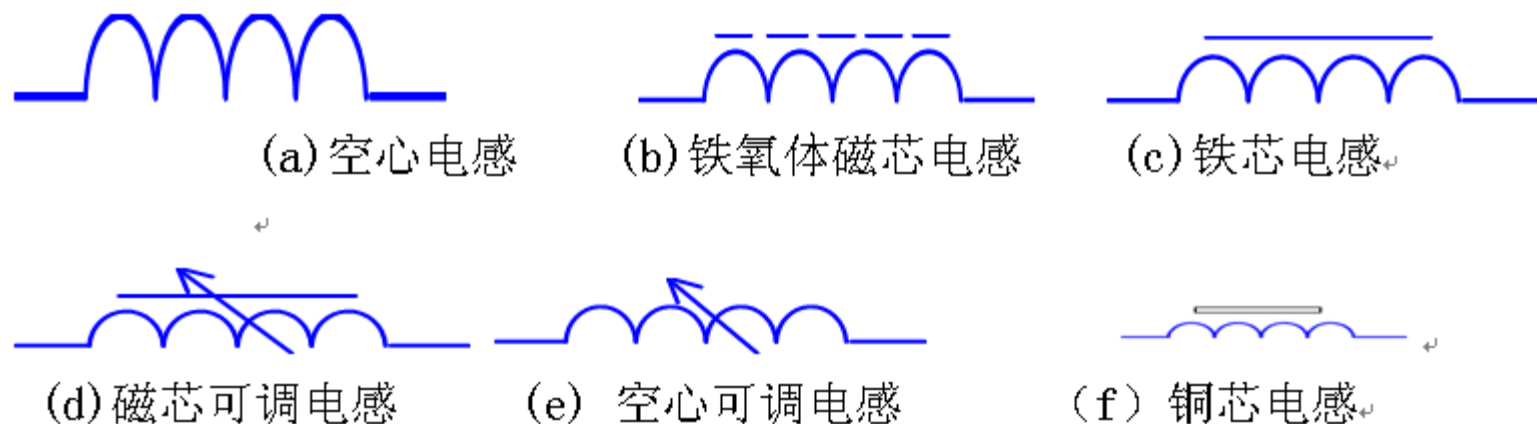


图 3.20 不同类型的电感符号

电感量的基本单位是亨利(H)，简称亨，常用单位有毫亨(mH)、微亨( $\mu\text{H}$ )和纳亨(nH)。他们之间的换算关系为 $1\text{H}=10^3\text{mH}=10^6\mu\text{H}=10^9\text{nH}$ 。



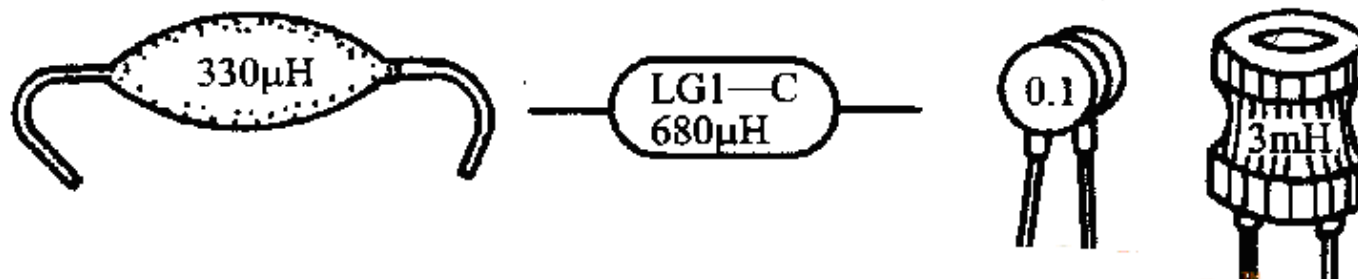
## 3.2.1 电感器的主要技术指标

- ◆ 电感量
- ◆ 品质因数 $Q$
- ◆ 允许误差
- ◆ 分布电容
- ◆ 额定电流
- ◆ 线圈的损耗电阻

## 3.2.2 电感的表示方法

### 1. 直标法

- 直标法是将电感的标称电感量用数字直接标在电感体上，电感量单位后面的英文字母表示允许误差。例如：**560 $\mu$ HK**,表示该电感电感量是**560 $\mu$ H**，允许误差为 **$\pm 10\%$** 。



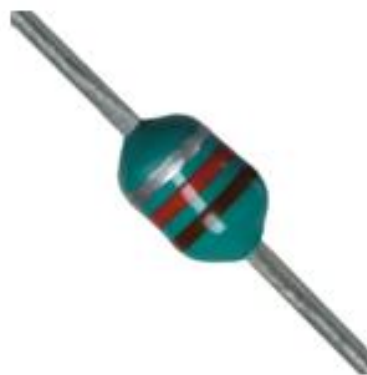
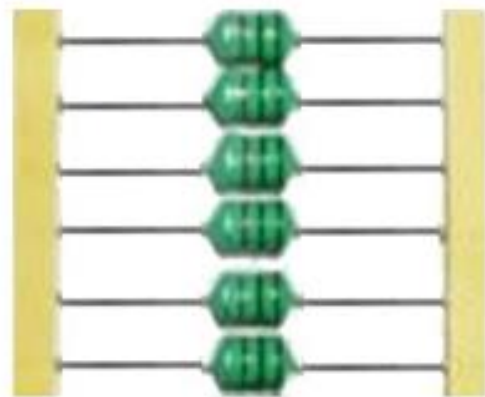
## 2. 文字符号法

- 文字符号法是将电感的标称值和偏差值用**数字和文字符号法按一定的规律组合**标示在电感体上。采用文字符号法表示的电感通常是一些小功率电感，单位通常为nH或 $\mu\text{H}$ 。用 $\mu\text{H}$ 做单位时，“**R**”表示小数点；用“nH”做单位时，“**N**”表示小数点。
- 允许误差与直标法相同。



### 3.色标法

- 色标法是在电感表面涂上不同的色环来代表电感量（与电阻类似），通常用**三个或四个色环表示**。识别色环时，紧靠电感体一端的色环为第一环，露出电感体本色较多的另一端为末环，末环代表允许误差。注意：用这种方法读出的色环电感量，**默认单位为微亨（ $\mu\text{H}$ ）**。



## 4. 数码表示法

- 数码表示法是用三位数字来表示电感量的方法，常用于贴片电感上。

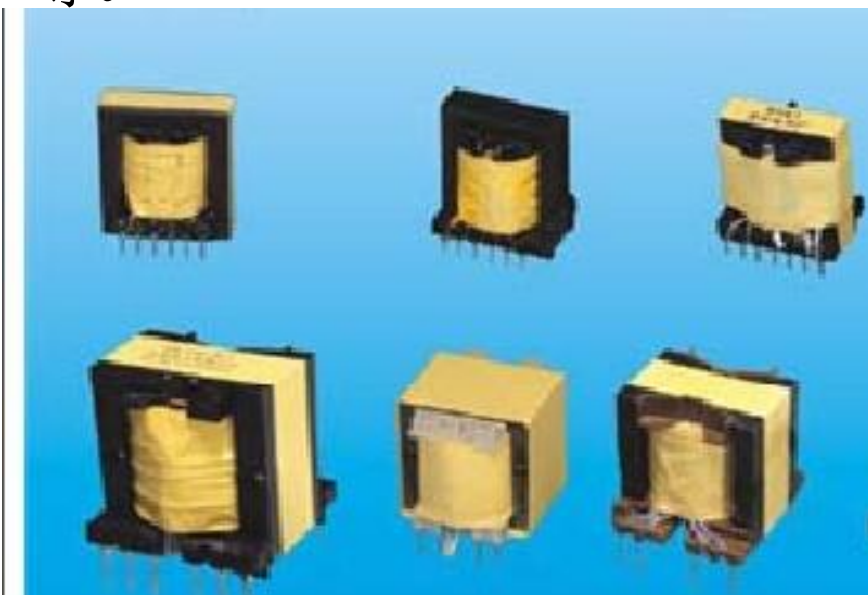


三位数字中，从左至右的第一、第二位为有效数字，第三位数字表示有效数字后面所加“0”的个数。注意：用这种方法读出的色环电感量，默认单位为微亨（ $\mu\text{H}$ ）。如果电感量中有小数点，则用“R”表示，并占一位有效数字。例如：标示为“330”的电感为  $33 \times 10^0 = 33\mu\text{H}$



## 3.2.3 变压器 (T)

变压器是利用电磁感应原理来改变交流电压的装置，由初级线圈（一次绕组）、次级线圈（二次绕组）和铁芯（或磁心）构成。用来从一个电路向另一个电路传递电能或传输信号，作用是为电压变换、电流变换、信号传输、阻抗匹配等。



铁氧体磁心变压器



铁氧体磁心微调变压器



双绕组抽头变压器



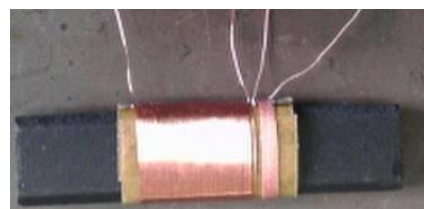
三绕组变压器



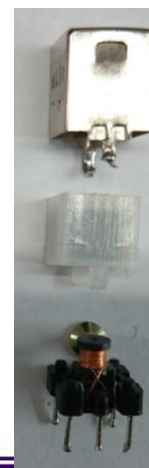
自耦变压器

# 收音机中的电感器

- 1、高频变压器——磁棒天线、磁芯。  
用于收音机的调谐电路。

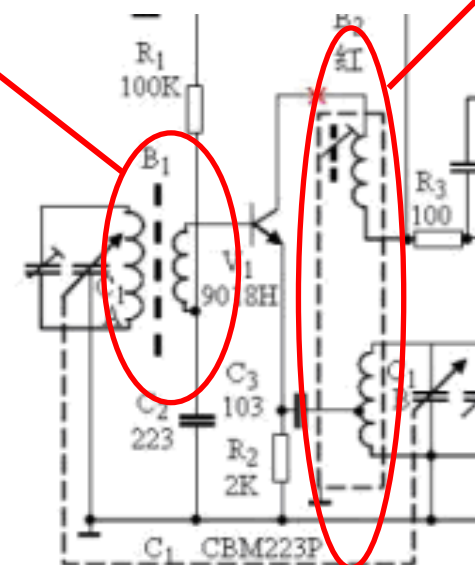


- 2、中频变压器——中周及本振、磁芯。  
超外差收音机的中频负载，与电容匹配组成调谐回路。

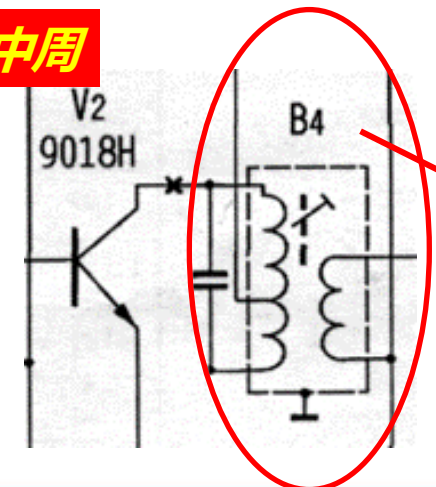


天线

本振

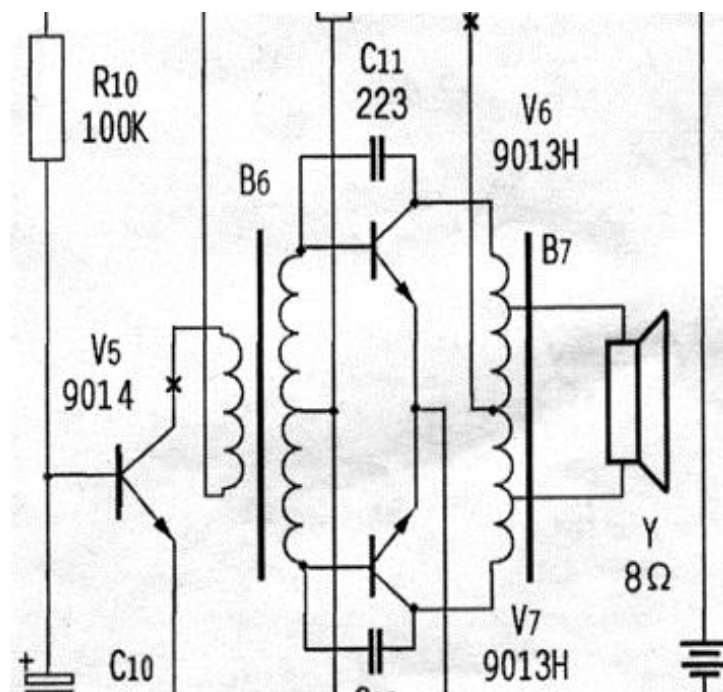


中周



### 3、低频变压器——音频变压器、铁芯

包括输入、输出变压器。在低频放大器与功率放大器电路中做耦合及匹配用。



## 3.2.3 变压器的主要技术指标

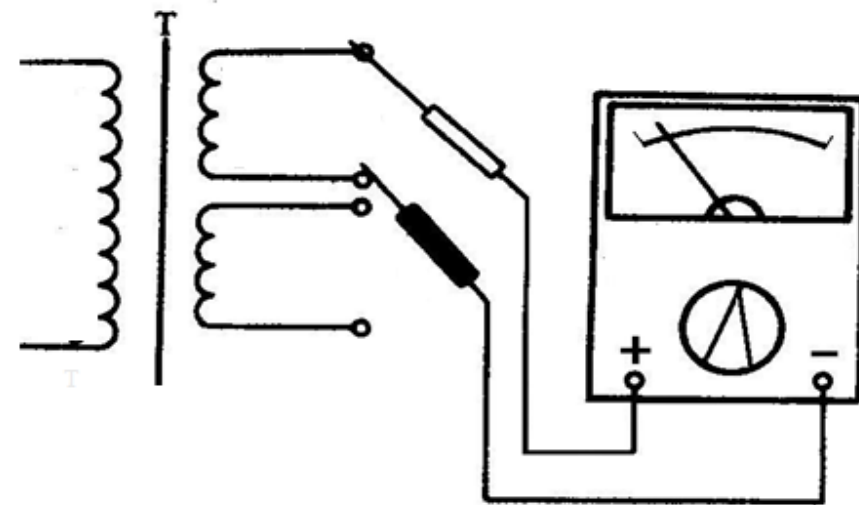
- ◆ 变压比
- ◆ 额定功率
- ◆ 效率
- ◆ 空载电流
- ◆ 绝缘电阻等

## 3.4 检测电感器和变压器质量

### 1. 通过测量绕组的直流电阻初步判断电感器的的好坏：

用万用表电阻档测量电感器，变压器绕组的通断及阻值大小。被测电感器、变压器内阻的大小与电感线圈所用的漆包线线径、绕制圈数有关，线径越细，圈数越多，则电阻值越大。

- 将万用表调至 $R \times 1\Omega$ 或 $R \times 10\Omega$ 档，红黑表笔接任一绕组两引出端。
- 若测得绕组的直流电阻是无穷大，则说该绕组内部导线已断；当绕组内部断路时，测量的阻值可能会不固定，变化范围大且测量结果时大时小。
- 若已知绕组的正常直流电阻值，而测得电阻值比该绕组正常直流电阻值小得多，说明绕组有严重匝间短路。



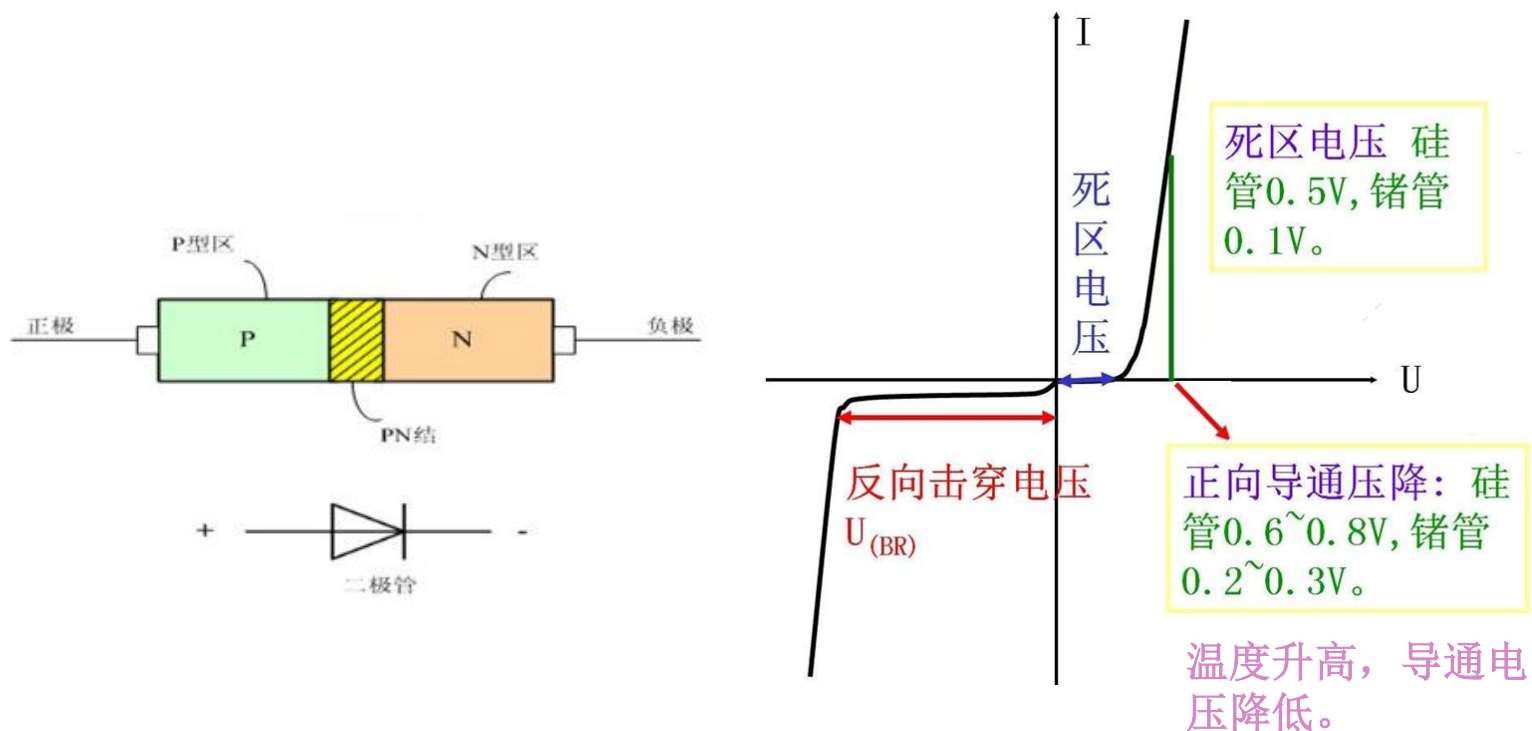
正常情况下各绕组间、绕组与铁心间、绕组与屏蔽层间的绝缘电阻都应是无限大。



- ◆ 电感线圈的**电感量 $L$** 、 **$Q$ 值**等参数可用**电感测量仪**、万用电桥和 **$Q$ 表**进行测量。
- ◆ 电感器、变压器引出线如果是漆包线，要保持非焊接部位漆包膜完整，在焊接前先用**刮刀清除焊接部位的漆膜**或打火机烧蚀焊接部位的漆膜后抹去漆膜。

# 二极管

二极管是具有**单向导电**性能的半导体器件，传统的制作材料是硅、锗以及砷磷化合物。一般由在电路中做整流、检波、稳压、钳位等用途。



二极管的特性



实物图片

## • 4.1 二极管的分类

**按半导体材料：**锗二极管、硅二极管、砷化镓二极管；

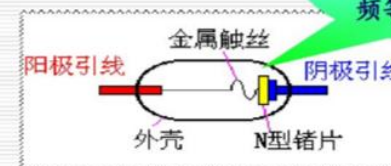
**按结构工艺：**点接触型二极管、面接触型二极管、平面型

**按用途：**整流二极管、开关二极管、稳压二极管、检波二极管、发光二极管、钳位二极管等；

**按频率：**普通二极管、快恢复二极管等；

**按引脚结构：**有二引线型、圆柱型（玻封或塑封）和小型、塑封型。

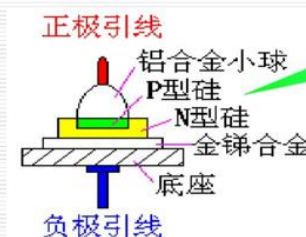
### 1. 点接触型二极管



PN结面积小，结电容小，用于检波和变频等高频电路。

点接触型二极管的结构示意图

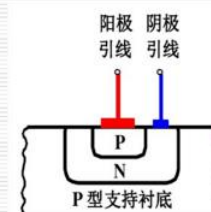
### 2. 面接触型二极管



PN结面积大，用于工频大电流整流电路。

面接触型

### 3. 平面型二极管



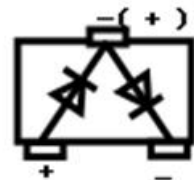
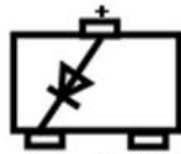
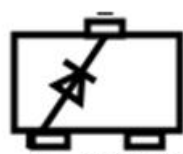
往往用于集成电路制造艺中。PN结面积可大可小，用于高频整流和开关电路中。

平面型

## 整流二极管



(a) 通孔式

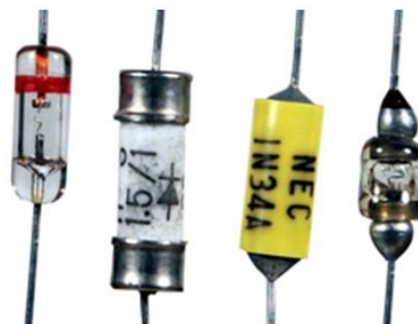


+ NC (空脚)

- NC (空脚)

(b) 贴片式

## 检波二极管



## 稳压二极管



(a) 通孔式



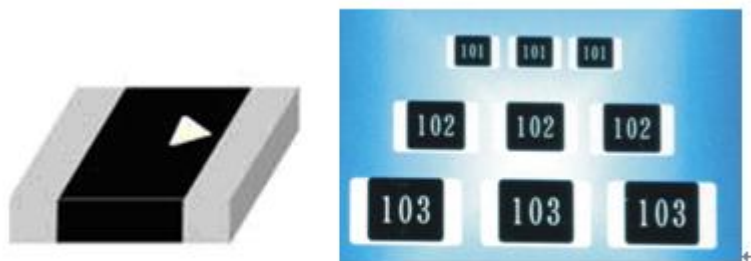
(b) 贴片式



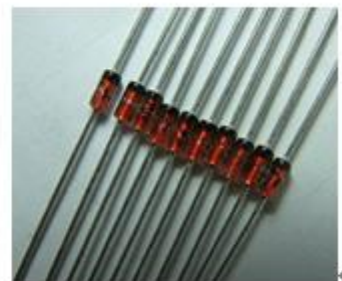
## 开关二极管



(a) 通孔式



(b) 贴片式

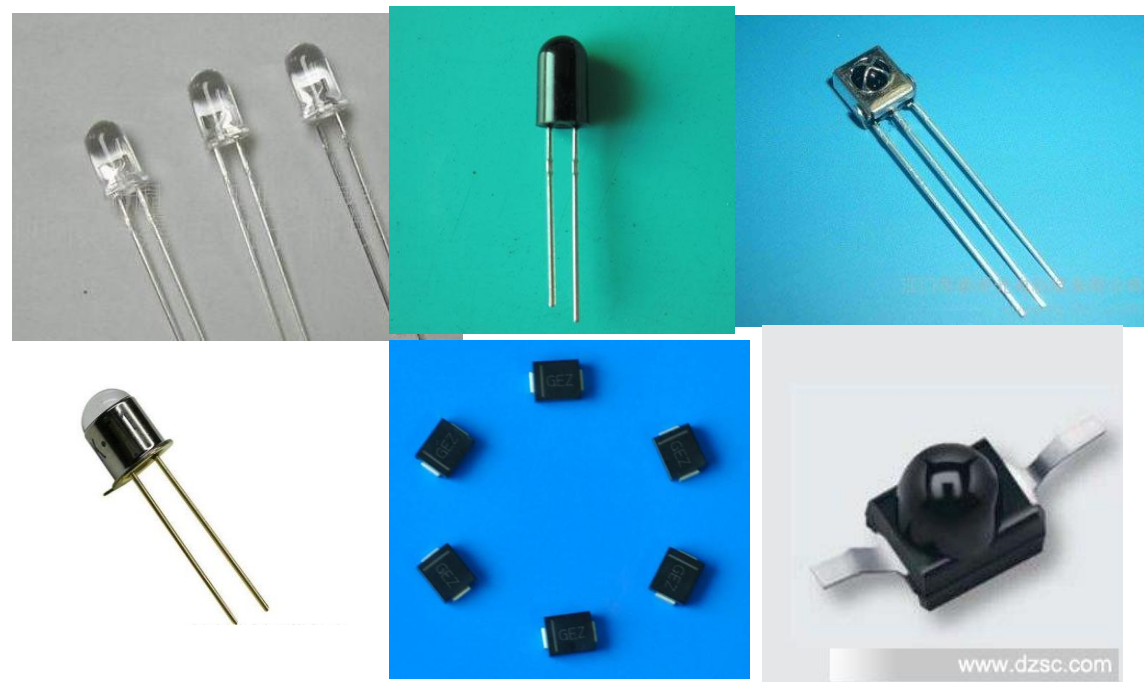


## 发光二极管

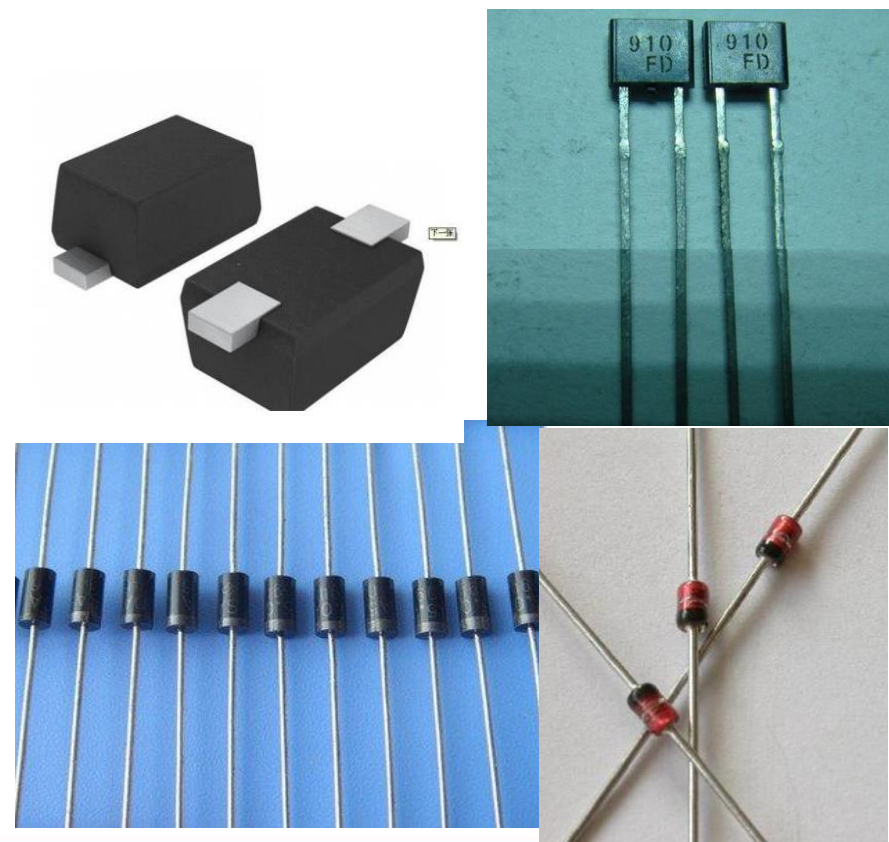




## 光敏二极管

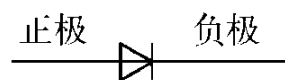


## 变容二极管

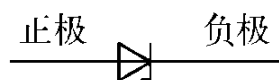


## 4.2 二极管的识别

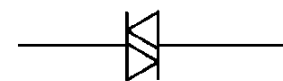
普通二极管在电路中常用字母“D”、“V”、“VT”或“VD”表示，稳压二极管在电路中用字母“ZD”表示。



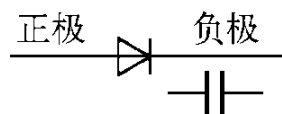
(a) 普通二极管



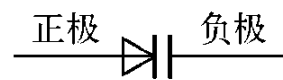
(b) 稳压二极管



(c) 双向触发二极管



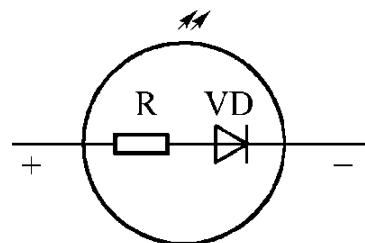
(d) 变容二极管



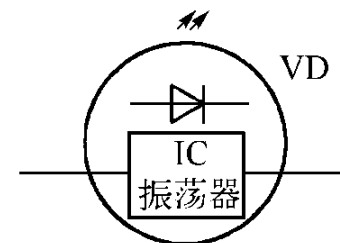
(e) 发光二极管



(f) 光电二极管



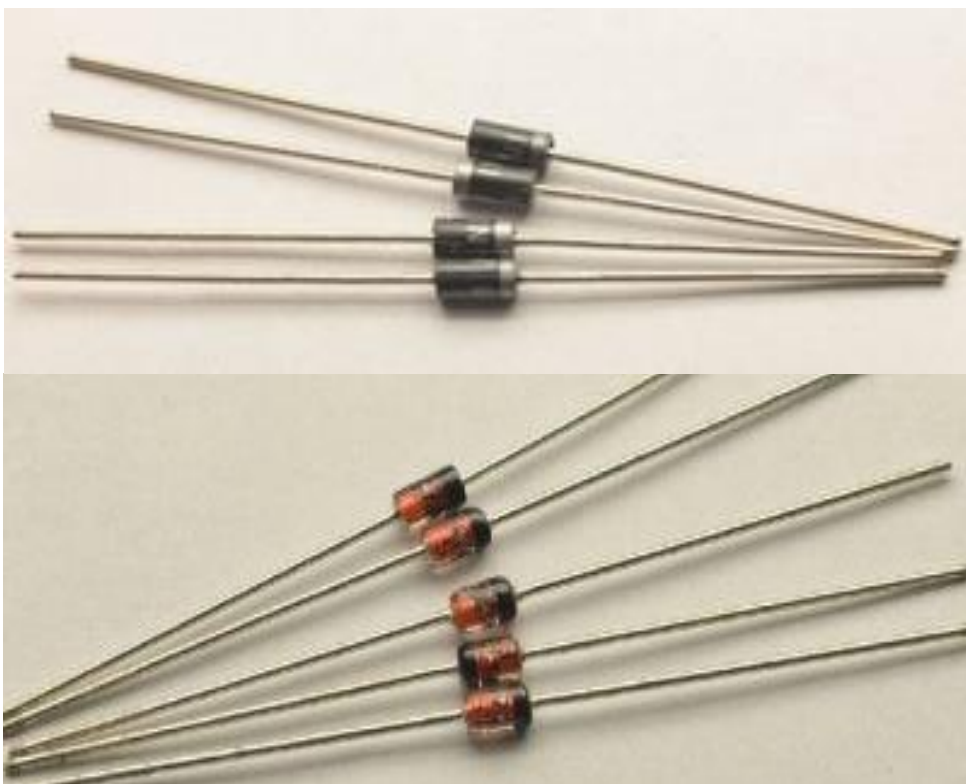
(g) BTV 系列电压型发光二极管



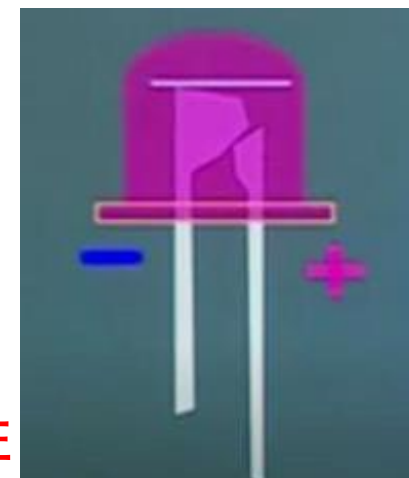
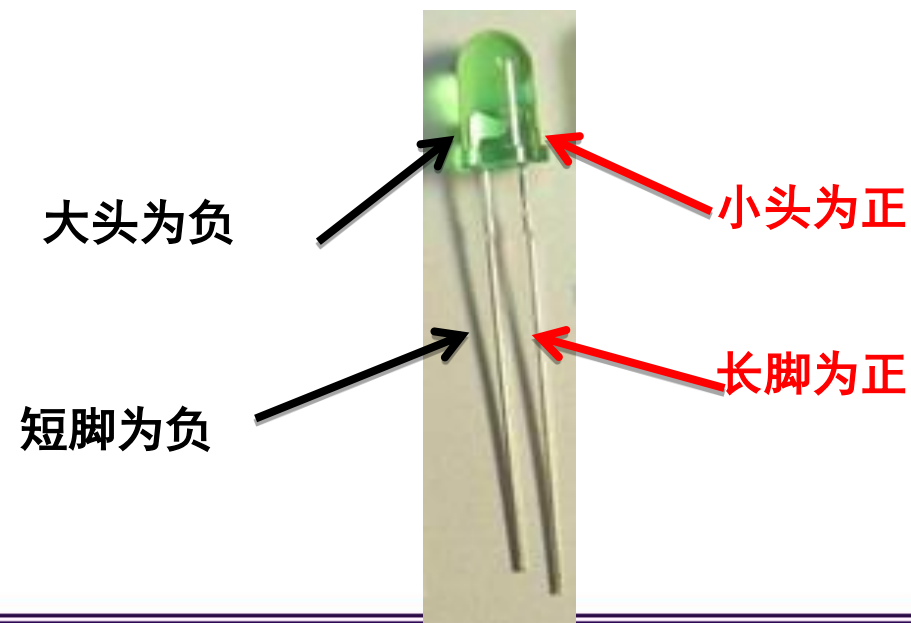
(h) BTS 系列闪烁型发光二极管

## 二极管正负极辨识

◆ 有黑色或白色条纹的一端为负极，  
另一端为正极。



◆ 发光二极管内部金属片小的一端为正，或者长引脚为正。



# 半导体器件命名（国家标准GB249-2017）

第一部分	第二部分	第三部分	第四部分	第五部分
阿拉伯数字	汉语拼音字母	汉语拼音字母	阿拉伯数字	汉语拼音字母
电极数	材料和极性	器件类别	登记顺序号	规格号
2-二极管	A-N型锗材料 B-P型锗材料 C-N型硅材料 D-P型硅材料	P-小信号管、H-混频管、V-检波管 W-电压调整管和电压基准管、 C-变容管、Z-整流管、L-整流堆、 K-开关管、S-隧道管、N-噪声管、 F-限幅管、		
3-三极管	A-PNP型锗材料 B-NPN型锗材料 C-PNP型硅材料 D-NPN型硅材料	X-低频小功率晶体管 ( $f_a < 3\text{MHz}$ , $P_c < 1\text{W}$ )、 G-高频小功率晶体管 ( $f_a \geq 3\text{MHz}$ , $P_c < 1\text{W}$ )、 D-低频大功率晶体管 ( $f_a < 3\text{MHz}$ , $P_c \geq 1\text{W}$ )、 A-高频大功率晶体管 ( $f_a \geq 3\text{MHz}$ , $P_c \geq 1\text{W}$ )、 T-闸流管)、Y-体效应器件、B-雪崩管、 CS-场效应管、BT-特殊晶体管、FH-复合 管、GF-发光二极管、GD-光电二极管…….		

2CP—普通硅二极管；2AP—普通锗二极管；2CZ—硅整流二极管；

3AD50C：锗材料PNP型低频大功率三极管；3DG201B：硅材料NPN型高频小功率三极管

## 二极管的主要技术指标

- ◆ 额定正向工作电流
- ◆ 反向击穿电压
- ◆ 最高反向工作电压 $U_R$
- ◆ 最大浪涌电流 $I_F$
- ◆ 最高工作频率等

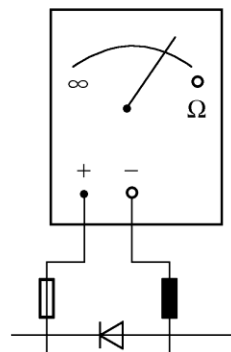
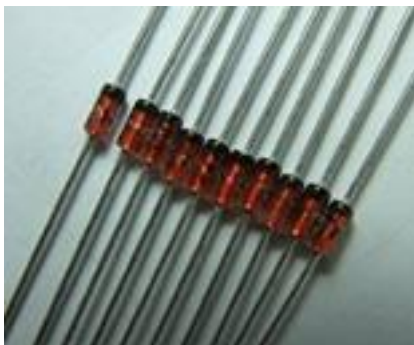


## 4.3 二极管的检测

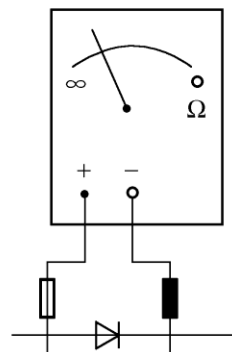
### 4.3.1 普通二极管的检测

#### 1. 指针式万用表检测普通二极管

测量判断的依据：**二极管的正向电阻小，反向电阻大，差越大越好。**



(a) 正向电阻测量



(b) 反向电阻测量



(c) 实测正向电阻



(d) 实测反向电阻

- 指针万用表的**红表笔接的是内电源负极，黑表笔接的是内电源的正极**
- 使用R\*100或R\*1k档，将二极管的**正反向电阻**各测一次，测量时可单手但不可双手同时接触引脚
- 一般二极管**正向电阻为几千欧以内，反向电阻为几百千欧以上**

## 2. 数字万用表二极管检测普通二极管

- 数字万用表的红表笔接内部电池的正极，黑表笔接内部电池的负极，和指针万用表刚好相反。
- 将数字万用表置于**二极管档**，红表笔插入“V/ $\Omega$ ”插孔，黑表笔插入“COM”插孔。
- 当PN结完好且正偏时，显示的是PN结两端的**正向压降**（mV）
- 反偏时，显示“1”（溢出标志）



(a) 正向



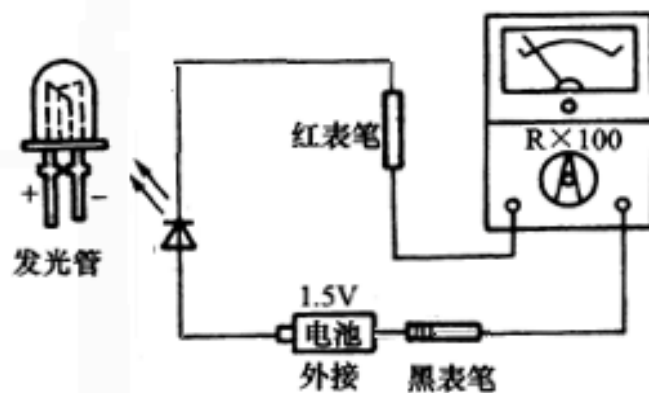
(b) 反向

### 4.3.2 发光二极管的检测

单色发光二极管正向导通电压为 $1.5\text{V}-3\text{V}$ ,不同颜色发光二极管正向导通电压不同。

#### 1.采用指针万用表

万用表打到 $R \times 100$ , 黑表笔串一个 $1.5\text{V}$ 电池, 然后接发光二极管正极, 红表笔接发光二极管负极, 如果发光二极管发光, 则此二极管为好的, 否则, 发光二极管已损坏。



## 2. 采用数字万用表

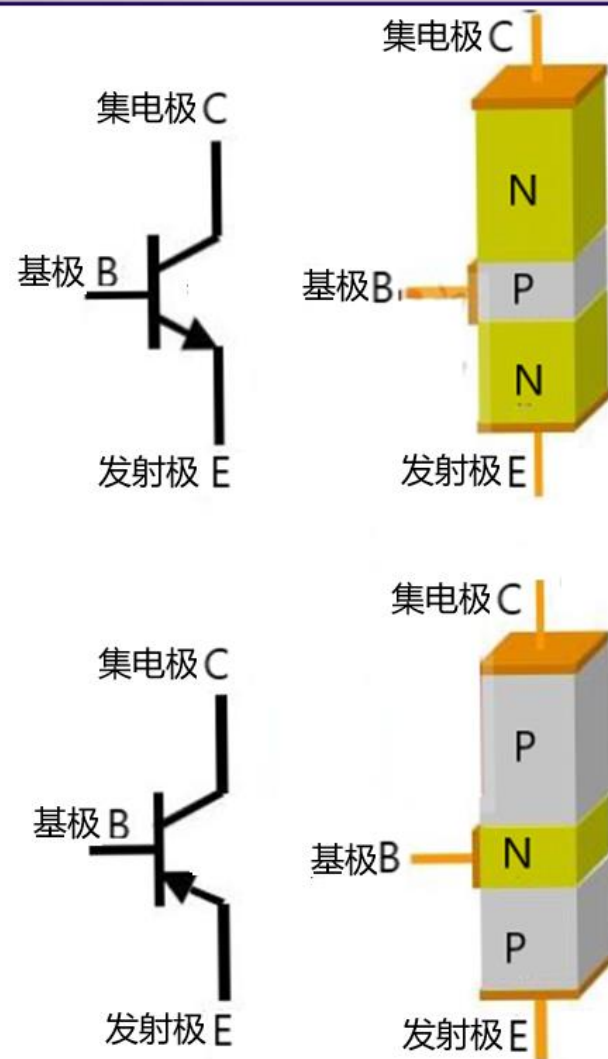
利用数字型万用表量程是“200”的电阻档，红表笔接发光二极管正极，黑表笔接负极。

如果发光二极管发光，说明发光二极管是好的，否则发光二极管质量有问题；



## 五.三极管

- 晶体三极管也称双极型晶体管，简称**三极管**，具有**电流放大**作用，也可用作**电子开关**。
- 三极管是在**一块半导体基片**上制作**两个相距很近的PN结**，两个**PN结**把整块半导体分成三个部分，**中间部分是基区**，两侧分别是发射区和集电区，排列方式有**NPN型**和**PNP型**。





## 5.1 三极管的分类

- 1) 按材质分：硅管、锗管。
- 2) 按结构分：NPN、PNP。
- 3) 按功能分：开关管、功率管、达林顿管等。
- 4) 按功率分：小功率管、大功率管。
- 5) 按工作频率分：低频管、高频管。
- 6) 按安装方式：插件三极管、贴片三极管。

## 5.1.1 几种常见三极管的外形及特点

### 1. 小功率三极管

通常情况下，把集电极最大允许耗散功率 $P_{CM}$ 在1W以下的三极管称为小功率三极管。



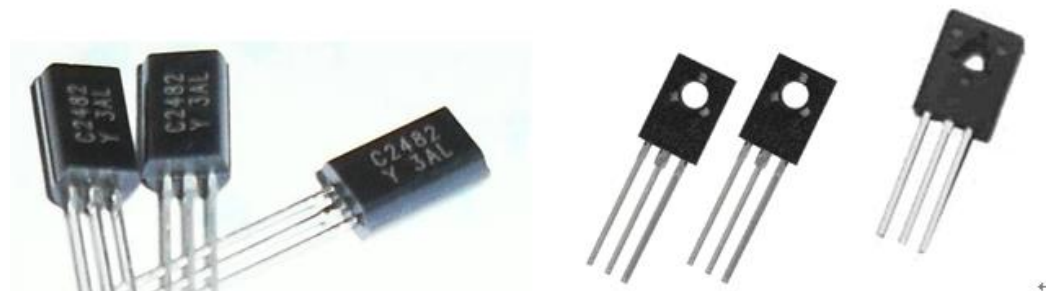
(a) 金属封装



(b) 塑料封装

## 2.中功率三极管

中功率三极管主要用在驱动和激励电路，为大功率放大器提供驱动信号。通常情况下，集电极最大允许耗散功率PCM在1~10W的三极管称为中功率三极管。



(a) 塑料封装



(b) 金属封装

### 3.大功率三极管

集电极最大允许耗散功率PCM在10W以上的三极管称为大功率三极管。



(a) 金属封装



(b) 塑料封装

## 5.1.2 贴片三极管的外形及特点

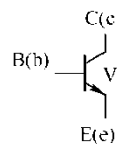
采用表面贴装技术SMT（Surface Mounted Technology）的三极管称为贴片三极管。贴片三极管有三个引脚的，也有四个引脚的。在**四个引脚**的三极管中，**比较大的一个引脚是集电极**，**两个相通引脚是发射极**，余下的一个引脚是基极。



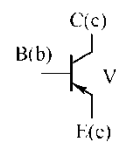


## 5.2 三极管的识别

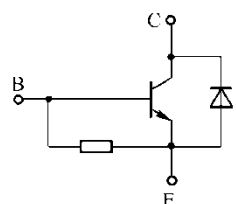
三极管在电路中常用字母“Q”、“V”或“VT”加数字表示。



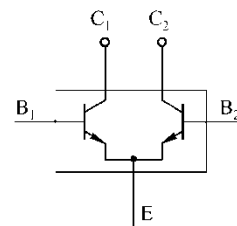
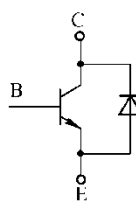
(a) NPN型三极管电路符号



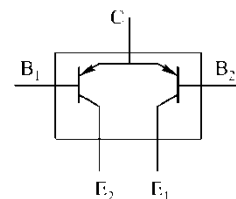
(b) PNP型三极管电路符号



(c) 带阻尼三极管电路符号

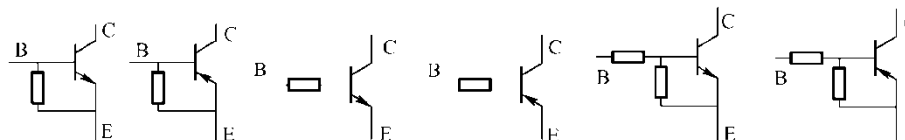


NPN型



PNP型

(d) 差分对管电路符号



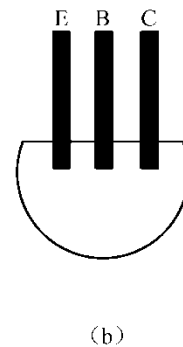
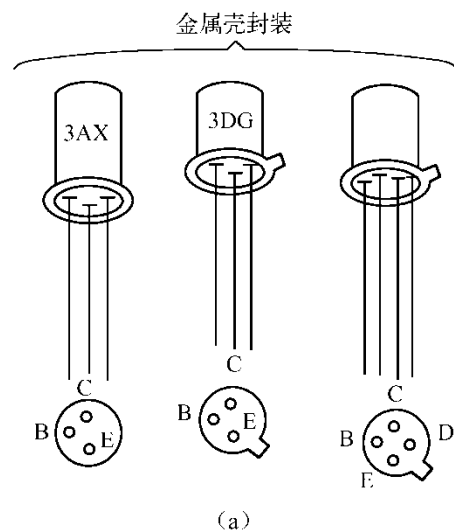
(e) 带阻三极管电路符号

## 5.2.1 引脚识别

不同封装的三极管引脚的排列方式具有一定的规律，通常在网上可以查出。

对于国产**小功率金属封装**三极管，底视图位置放置，使三个引脚构成等腰三角形的顶点，从左向右依次为e、b、c；有管键的管子，从管键处按顺时针方向依次为e、b、c，其管脚识别图如图（a）所示。

对于国产**中小功率塑封**三极管使其平面朝向外，半圆形朝内，三个引脚朝上放置，则从左到右依次为e b c，其管脚识别图如图（b）

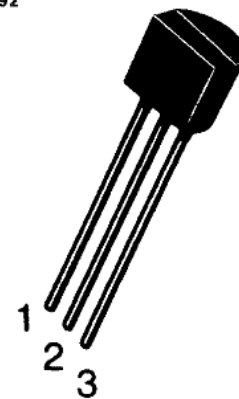


现今比较流行的三极管9011~9018系列为高频小功率管，除9012和9015为PNP型管外，其余均为NPN型管。

常用9011~9018系列三极管管脚排列如图所示。平面对着自己，引脚朝下，从左至右依次是E、B、C，即1是发射极E，2是基极B，3是集电极C

○

TO-92



1. Emitter 2. Base 3. Collector

## 5.2.2 三极管的主要技术指标

- ◆ 电流放大系数 $\beta$
- ◆ 耗散功率 $P_{CM}$
- ◆ 频率特性
- ◆ 集电极最大电流  $I_{CM}$
- ◆ 最大反向电压
- ◆ 反向电流等
- ✓ 通常通过网络查询的方法查询三极管的型号、规格、主要参数

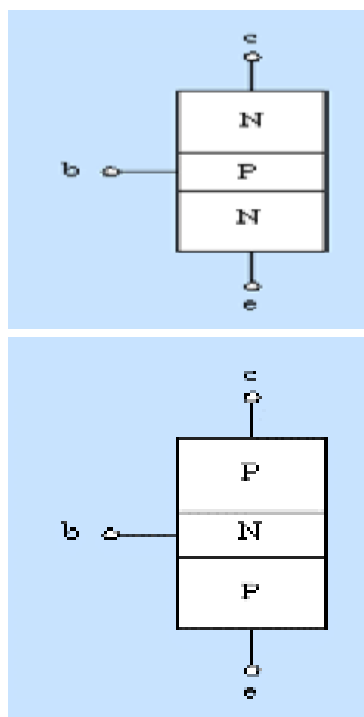
## 5.3 三极管的检测

### 5.3.1 指针式万用表检测三极管

#### 1. 已知各极，判定好坏，测量三极管极间电阻

通过指针式万用表测量普通三极管的三个电极的极间电阻的大小来初步判断三极管的好坏，选择 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 电阻档位，分别测量**be**、**bc**、**ce**之间的正反电阻。

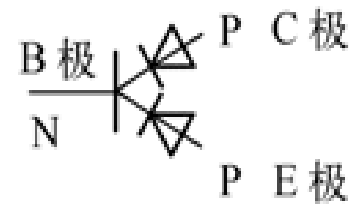
对于NPN型三极管，be、bc极间的正向电阻约为200欧到20千欧，反向电阻接近无穷大，且ce之间的正反向电阻都趋于无穷大，则此三极管为性能基本良好。



NPN 型



PNP 型



三极管的内部等效图



## 2. 指针型（数字）万用表测量三极管的直流放大倍数

- ◆ 将万用表拨至 $R \times 10$  (hFE) 档，将红黑表笔短接进行欧姆调零，以确保读数的精准
- ◆ 将待测三极管的三个引脚插入指针型万用表的三极管插孔。
  - 有两组孔：一组为NPN型三极管插孔，一组是PNP型三极管插孔。
  - 表针偏转时所插孔所标注的类型就是该三极管的类型，三个孔所标识的字母就是三极管的三个电极。
- ◆ 读数。直到表针向右偏转停下的时候进行读数，表盘中 (Hfe) 所指的读数为该是三极管的直流放大倍数。



小结:

# 小 结