

2009

常用电子元件的识别与测量



熊静平 胡伟明 何世超 徐彬彬 刘杰

湖南城市学院

2009/12/19

第一章	用万用表检测电阻器	6
1.1	电阻的命名方法	6
1.2	电阻的主要参数	6
1.3	电阻器的检测	8
1.4	电阻器体积与额定功率对照	11
1.5	国家标准电阻标称值	12
第二章	用万用表检测电容器	13
2.1	电容器的分类	13
2.2	电容的型号命名及标志方法	15
2.3	电容的质量判断及电解电容极性的判别方法	21
2.4	电容的使用注意事项	22
2.5	用指针万用表测量电容	23
第三章	用万用表检测电感器	27
3.1	电感器的作用与电路图形符号	27
3.2	电感器的结构与特点	27
3.3	电感器的种类	32
3.4	电感器的主要参数	33
3.5	电感器的检测方法	35
第四章	用万用表检测变压器	35
4.1	变压器的作用及电路图形符号	35
4.2	变压器的结构与特点	36
4.3	变压器的种类	43

4.4	变压器的主要参数	43
4.5	变压器的检测方法	44
第五章	用万用表检测晶体二极管	47
5.1	半导体分立元器件命名方法	47
5.2	半导体二极管的极性判别	48
5.3	半导体二极管的选用	50
5.4	二极管的检测方法	50
第六章	用万用表检测晶体三极管	55
6.1	检测普通晶体三极管	55
6.1.1	普通晶体三极管的型号和命名	55
6.1.2	普通晶体三极管的参数	58
6.1.3	普通晶体三极管的选用	62
6.1.4	普通晶体三极管的检测	63
6.2	检测光电晶体三极管	70
6.3	检测达林顿晶体三极管	71
6.4	检测其他晶体三极管	73
6.4.1	带阻晶体三极管的检测	73
6.4.2	带阻尼行的电阻的检测	74
6.4.3	差分对管的检测	75
6.4.4	电力晶体管的检测	75
第七章	用万用表检测场效应晶体管	76
7.1	场效应晶体管的特点和分类	76

7.1.1	场效应晶体管的特点	76
7.1.2	场效应管的种类	76
7.2	结型场效应管（JFET）的检测和质量判断	77
7.2.1	结型场效应管的电极和沟道类型的判别	77
7.2.2	结型场效应管放大能力的估测	77
7.2.3	结型场效应管好坏的判断	78
7.3	绝缘栅型场效应管（MOSFET）的检测和质量判别 ..	78
第八章	用万用表检测晶闸管	79
8.1	晶闸管的性能	80
8.2	晶闸管的种类	80
8.3	晶闸管的型号命名	80
8.4	晶闸管的作用	80
8.5	晶闸管的参数	81
8.6	晶闸管的选用	81
8.7	晶闸管的检测	82
第九章	用万用表检测集成电路	85
9.1	集成电路的引脚识别	85
9.2	集成电路的检测方法	86
第十章	显示器	91
10.1	数码显示器	91
10.2	液晶显示器	103
10.3	真空荧光显示器与辉光数码管	108

第十一章 电声器件

11.1 电声器件型号命名方法

11.2 扬声器

11.3 用万用表检测扬声器并进行质量判别

11.4 耳机，耳塞机

11.5 传声器

11.6 用万用表检测并判别动圈式传声器和驻极体传声器

第十二章 用万用表检测其他元件

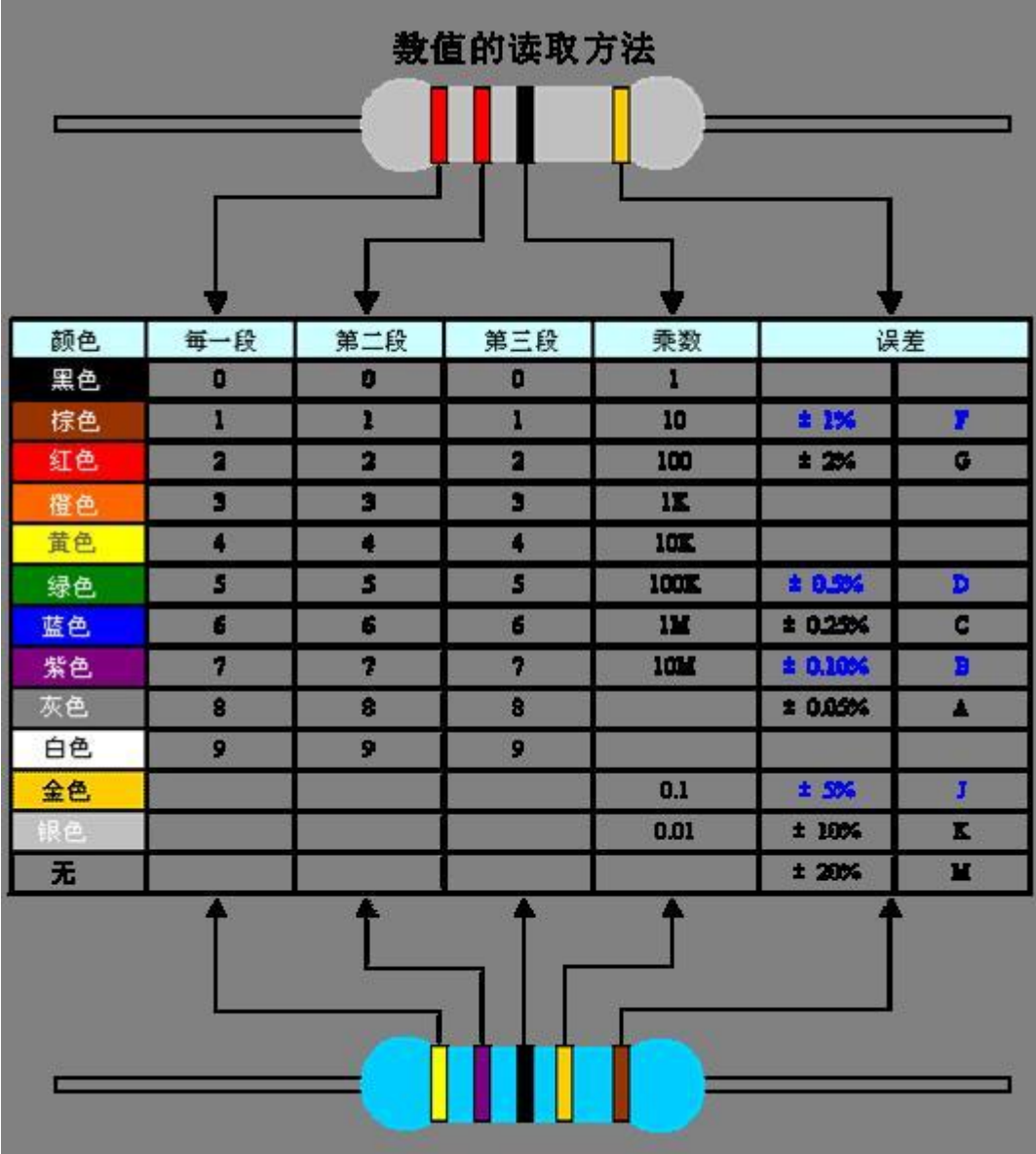
11.1 单结晶体管

11.2 发光二极管

11.3 继电器开关

第一章 用万用表检测电阻器

1.1 电阻的命名方法



1.2 电阻的主要参数

- a. 标称阻值:标称在电阻器上的电阻值称为标称值. 单位: Ω , $k\Omega$, $M\Omega$. 标称值是根据国家制定的标准系列标注的, 不是生产者任意标定的. 不是所有阻值的电阻器都存在.

b. 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. 误差代码:F 、 G 、 J、 K… (常见的误差范围是: 0.01%, 0.05%, 0.1%, 0.5%, 0.25%, 1%, 2%, 5% 等)

c. 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. 常见的有 1/16W 、 1/8W 、 1/4W 、 1/2W 、 1W 、 2W 、 5W 、 10W

阻值和误差的标注方法

a. 直标法—将电阻器的主要参数和技术性能用数字或字母直接标注在电阻体上.

eg: 5.1k Ω 5% 5.1k Ω J

b. 文字符号法—将文字、数字两者有规律组合起来表示电阻器的主要参数.

eg: 0.1 Ω = Ω 1=0R1, 3.3 Ω =3 Ω 3=3R3, 3K3=3.3K Ω

c. 色标法—用不同颜色的色环来表示电阻器的阻值及误差等级. 普通电阻一般有 4 环表示,精密电阻用 5 环.

d. 数码法: 用三位数字表示元件的标称值。从左至右, 前两位表示有效数位, 第三位表示 10^n ($n=0\sim 8$)。当 $n=9$ 时为特例, 表示 $10^{(-1)}$ 。

0-10 欧带小数点电阻值表示为 XRX, RXX. eg :

471=470 Ω 105=1M 2R2=2.2 Ω

塑料电阻器的 103 表示 $10 \times 10^3 = 10\text{k}$ 。片状电阻多用数码法标示，如 512 表示 $5.1\text{k}\Omega$ 。电容上数码标示 479 为 $47 \times 10^{(-1)} = 4.7\text{pF}$ 。而标志是 0 或 000 的电阻器，表示是跳线，阻值为 0Ω 。数码法标示时，电阻单位为欧姆，电容单位为 pF，电感一般不用数码标示。

1.3 电阻器的检测

1. 固定电阻器的检测。

A 将两表笔(不分正负)分别与电阻的两端引脚相接即可测出实际电阻值。为了提高测量精度，应根据被测电阻标称值的大小来选择量程。由于欧姆挡刻度的非线性关系，它的中间一段分度较为精细，因此应使指针指示值尽可能落到刻度的中段位置，即全刻度起始的 $20\% \sim 80\%$ 弧度范围内，以使测量更准确。根据电阻误差等级不同。读数与标称阻值之间分别允许有 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 或 $\pm 20\%$ 的误差。如不相符，超出误差范围，则说明该电阻值变值了。

B 注意：测试时，特别是在测几十 $\text{k}\Omega$ 以上阻值的电阻时，手不要触及表笔和电阻的导电部分；被检测的电阻从电路中焊下来，至少要焊开一个头，以免电路中的其他元件对测试产生影响，造成测量误差；色环电阻的阻值虽然能以色环标志来确定，但在使用时最好还是用万用表测试一下其实际阻值。

2. 水泥电阻的检测。检测水泥电阻的方法及注意事项与检测普通固定电阻完全相同。

3. 熔断电阻器的检测。在电路中，当熔断电阻器熔断开路后，可根据

经验作出判断：若发现熔断电阻器表面发黑或烧焦，可断定是其负荷过重，通过它的电流超过额定值很多倍所致；如果其表面无任何痕迹而开路，则表明流过的电流刚好等于或稍大于其额定熔断值。对于表面无任何痕迹的熔断电阻器好坏的判断，可借助万用表 $R \times 1$ 挡来测量，为保证测量准确，应将熔断电阻器一端从电路上焊下。若测得的阻值为无穷大，则说明此熔断电阻器已失效开路，若测得的阻值与标称值相差甚远，表明电阻变值，也不宜再使用。在维修实践中发现，也有少数熔断电阻器在电路中被击穿短路的现象，检测时也应予以注意。

4. 电位器的检测。检查电位器时，首先要转动旋柄，看看旋柄转动是否平滑，开关是否灵活，开关通、断时“喀哒”声是否清脆，并听一听电位器内部接触点和电阻体摩擦的声音，如有“沙沙”声，说明质量不好。用万用表测试时，先根据被测电位器阻值的大小，选择好万用表的合适电阻挡位，然后可按下述方法进行检测。

A 用万用表的欧姆挡测“1”、“2”两端，其读数应为电位器的标称阻值，如万用表的指针不动或阻值相差很多，则表明该电位器已损坏。

B 检测电位器的活动臂与电阻片的接触是否良好。用万用表的欧姆档测“1”、“2”（或“2”、“3”）两端，将电位器的转轴按逆时针方向旋至接近“关”的位置，这时电阻值越小越好。再顺时针慢慢旋转轴柄，电阻值应逐渐增大，表头中的指针应平稳移动。当轴柄旋至极端位置“3”时，阻值应接近电位器的标称值。如万用表的指针在

电位器的轴柄转动过程中有跳动现象,说明活动触点有接触不良的故障。

5. 正温度系数热敏电阻 (PTC) 的检测。检测时,用万用表 $R \times 1$ 挡,具体可分两步操作:

A 常温检测(室内温度接近 25°C);将两表笔接触 PTC 热敏电阻的两引脚测出其实际阻值,并与标称阻值相对比,二者相差在 $\pm 2\Omega$ 内即为正常。实际阻值若与标称阻值相差过大,则说明其性能不良或已损坏。

B 加温检测;在常温测试正常的基础上,即可进行第二步测试—加温检测,将一热源(例如电烙铁)靠近 PTC 热敏电阻对其加热,同时用万用表监测其电阻值是否随温度的升高而增大,如是,说明热敏电阻正常,若阻值无变化,说明其性能变劣,不能继续使用。注意不要使热源与 PTC 热敏电阻靠得过近或直接接触热敏电阻,以防止将其烫坏。

6. 负温度系数热敏电阻 (NTC) 的检测。

(1)、测量标称电阻值 R_t

用万用表测量 NTC 热敏电阻的方法与测量普通固定电阻的方法相同,即根据 NTC 热敏电阻的标称阻值选择合适的电阻挡可直接测出 R_t 的实际值。但因 NTC 热敏电阻对温度很敏感,故测试时应注意以下几点:

AR_t 是生产厂家在环境温度为 25°C 时所测得的,所以用万用表测量 R_t 时,亦应在环境温度接近 25°C 时进行,以保证测试的可信度。

B 测量功率不得超过规定值,以免电流热效应引起测量误差。

C 注意正确操作。测试时，不要用手捏住热敏电阻体，以防止人体温度对测试产生影响。

(2) 估测温度系数 α_t

先在室温 t_1 下测得电阻值 R_{t1} ，再用电烙铁作热源，靠近热敏电阻 R_t ，测出电阻值 R_{t2} ，同时用温度计测出此时热敏电阻 R_t 表面的平均温度 t_2 再进行计算。

7. 压敏电阻的检测。用万用表的 $R \times 1k$ 挡测量压敏电阻两引脚之间的正、反向绝缘电阻，均为无穷大，否则，说明漏电流大。若所测电阻很小，说明压敏电阻已损坏，不能使用。

8. 光敏电阻的检测。

A 用一黑纸片将光敏电阻的透光窗口遮住，此时万用表的指针基本保持不动，阻值接近无穷大。此值越大说明光敏电阻性能越好。若此值很小或接近为零，说明光敏电阻已烧穿损坏，不能再继续使用。

B 将一光源对准光敏电阻的透光窗口，此时万用表的指针应有较大幅度的摆动，阻值明显减些。此值越小说明光敏电阻性能越好。若此值很大甚至无穷大，表明光敏电阻内部开路损坏，也不能再继续使用。

C 将光敏电阻透光窗口对准入射光线，用小黑纸片在光敏电阻的遮光窗上部晃动，使其间断受光，此时万用表指针应随黑纸片的晃动而左右摆动。如果万用表指针始终停在某一位置不随纸片晃动而摆动，说明光敏电阻的光敏材料已经损坏。

1.4 电阻器体积与额定功率对照

在使用电阻器时，一是阻值要准确，二是功率要符合电路要求。如果有的电阻没有标明功率大小，我们可从电阻的体积上大致判断出它的功率。电阻器体积与额定功率对应关系见表。

表:电阻器体积与额定功率对照

名 称	型 号	额定功率 /W	外形尺寸/mm	
			最大直径	最大长度
超小型碳膜电阻	RT13	1/8	1.8	4.1
高要求碳膜电阻	RT14	1/4	2.5	6.4
小型碳膜电阻	RTX	1/8	2.5	6.4
普通碳膜电阻	RT	1/4	5.5	18.5
普通碳膜电阻	RT	1/2	5.5	28.0
普通碳膜电阻	RT	1	7.2	30.5
普通碳膜电阻	RT	2	9.5	48.5
金属膜电阻	RJ	1/8	2.2	7.0
金属膜电阻	RJ	1/4	2.8	8.0
金属膜电阻	RJ	1/2	4.2	10.8
金属膜电阻	RJ	1	6.6	13.0
金属膜电阻	RJ	2	8.6	18.5
片状电阻		1/20	2 (长)	1.25 (宽)
片状电阻		1/10 ~ 1/8	3.2 (长)	1.6 (宽)

维库电子市场网
www.dzsc.com
全球最大IC采购网站

1.5 国家标准电阻标称值

标称值系列

1. E24（误差±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
2. E12（误差±10%）：1.0，1.2，1.5，1.8，2.2，3.0，3.9，
4.7，5.6，6.8，8.2
3. E6（误差±20%）：1.0，1.5，2.2，3.3，4.7，6.8
4. 标称额定功率：
5. 线绕电阻系列：3W，4W，8W，10W，16W，25W，40W，50W，7
5W，100W，150W，250W，500W
6. 非线绕电阻系列：0.05W，0.125W，0.25W，0.5W，1W，2W，
5W

第二章 用万用表检测电容器

2.1 电容器的分类

电容器包括固定电容器和可变电容器两大类。其中固定电容器又可根据其介质材料分为云母电容器、陶瓷电容器、纸 / 塑料薄膜电容器、电解电容器和玻璃釉电容器等；可变电容器也可以是玻璃、空气或陶瓷介质结构。

以下附表列出了常见电容器的字母符号。

字	<u>电容器</u> 介质材料	字	<u>电容器</u> 介质材料
---	-----------------	---	-----------------

母		母	
A	钽电解	L	聚脂等极性有机薄膜
B	聚笨乙烯等非极性 有机薄膜	N	铌电解
C	高频陶瓷	O	玻璃膜
D	铝电解	Q	漆膜
E	其他材料电解	T	低频陶瓷
G	合金电解	V	云母纸
H	纸膜复合	Y	云母
I	玻璃釉	Z	纸
J	金属化纸		

电容的耐压和绝缘电阻

电容长期可靠地工作，它能承受的最大直流电压，就是电容的耐压，也叫做电容的直流工作电压。如果在交流电路中，要注意所加的交流电压最大值不能超过电容的直流工作电压值。 表 1 是常用固定电容直流工作电压系列。有*的数值，只限电解电容用。

常用固定电容的直流电压系列

1.6	4	6.3	10	16	25	32
*	40	50	63			

100	125*	160	250	300*	400	450
*	500	630	1000			

由于电容两极之间的介质不是绝对的绝缘体，它的电阻不是无限大，而是一个有限的数值，一般在 1000 兆欧以上。电容两极之间的电阻叫做绝缘电阻，或者叫做漏电电阻。漏电电阻越小，漏电越严重。电容漏电会引起能量损耗，这种损耗不仅影响电容的寿命，而且会影响电路的工作。因此，漏电电阻越大越好。

2.2 电容的型号命名及标志方法

1) 电容的型号命名

各国电容器的型号命名很不统一，国产电容器的命名由四部分组成：

第一部分：用字母表示名称，电容器为 C。

第二部分：用字母表示材料。

第三部分：用数字表示分类。

第四部分：用数字表示序号。

电容的种类很多，为了区别开来，常用几个拉丁字母来表示电容的类别。第一个字母 C 表示电容，第二个字母表示介质材料，第三个字母以后表示形状、结构等。上图是小型纸介电容，下图是立式

矩开密封纸介电容。表 1 列出电容的类别和符号。表 2 是常用电容的几项特性。

顺 序	类 别	名 称	简 称	称 号
第一个字母	主 称	<u>电</u> 容 器	容	C
第二个字母	介质材料	纸 介 电 解 云 母 高频瓷介 低频瓷介 金属化纸介 聚苯乙烯等有机 薄膜 涤纶等有机薄膜	纸 电 云 瓷	Z D Y C T J B L
第三个字母 以后	形 状	筒 形 管 状 立式矩形 圆片形	筒 管 立 圆	T G L Y
	结 构	密 封	密	M

	大 小	小 型	小	X
--	-----	-----	---	---

表 2 常用电容的几项特性

电容种类	容量范围	直流工作电压 (V)	运用频率 (MHz)	准确度	漏电阻 (MΩ;a;)
中小 型纸 介电 容	470pF~0.22uF	63~630	8 以下	I ~ III	>5000
金属 壳密 封纸 介电 容	0.01uF~10uF	250~1600	直流， 脉动直流	I ~ III	>1000~5000
中、小 型金 属化 纸介	0.01uF~0.22uF	160、250、 400	8 以下	I ~ III	>2000

电容					
金属壳密封金属化纸介电容	0.22uF~30uF	160~1600	直流，脉动 <u>电流</u>	I ~ III	>30~5000
薄膜电容	3pF~0.1uF	63~500	高频、低频	I ~ III	>10000
云母电容	10pF~0.51uF	100~7000	75~250以下	02~ III	>10000
瓷介电容	1pF~0.1uF	63~630	低频、高频 50~3000以下	02~ III	>10000
铝电解电容	1uF~10000uF	4~500	直流，脉动直流	IV V	

钽、铌 电解 电容	0.47uF~1000 uF	6.3~160	直流， 脉动直流	IIIIV	
瓷介 微调 电容	2/7pF~7/25p F	250~500	高频		>1000~1000 0
可变 电容	最小>7pF 最大<1100pF	100 以上	低频，高 频		>500

2) 电容的标志方法:

- (1) 直标法: 用字母和数字把型号、规格直接标在外壳上。
- (2) 文字符号法: 用数字、文字符号有规律的组合来表示容量。文字符号表示其电容量的单位: P、N、u、m、F 等。和电阻的表示方法相同。标称允许偏差也和电阻的表示方法相同。小于 10pF 的电容，其允许偏差用字母代替: B——±0.1pF，C——±0.2pF，D——±0.5pF，F——±1pF。
- (3) 色标法: 和电阻的表示方法相同，单位一般为 pF。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:

颜色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---

耐压	4V	6.3V	10V	16V	25V	32V	40V	50V	63V
----	----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

（4） 进口电容器的标志方法：进口电容器一般有 6 项组成。

第一项：用字母表示类别：

第二项：用两位数字表示其外形、结构、封装方式、引线开始及与轴的关系。

第三项：温度补偿型电容器的温度特性，有用字母的，也有用颜色的，其意义如下表所示：

序号	字母	颜色	温度系数	允许偏差	序号	字母	颜色	温度系数	允许偏差
1	A	金	+100		12	R	黄		-220
2	B	灰	+30		13	S	绿		-330
3	C	黑	0		14	T	蓝		-470
4	G			±30	15	U	紫		-750
5	H	棕	-30	±60	16	V			-1000
6	J			±120	17	W			-1500
7	K			±250	18	X			-2200
8	L	红	-80	±500	19	Y			-3300
9	M			±1000	20	Z			-4700
10	N			±2500	21	SL			+350~-100

									0
11	P	橙	-150		22	YN			-800~-580 0
备注：温度系数的单位 10e -6/℃；允许偏差是 % 。									

第四项：用数字和字母表示耐压，字母代表有效数值，数字代表被乘数的 10 的幂。

第五项：标称容量，用三位数字表示，前两位为有效数值，第三为是 10 的幂。当有小数时，用 R 或 P 表示。普通电容器的单位是 pF，电解电容器的单位是 uF。

第六项：允许偏差。用一个字母表示，意义和国产电容器的相同。也有用色标法的，意义和国产电容器的标志方法相同。

2.3 电容的质量判断及电解电容极性的判别方法

视电解电容器容量大小，通常选用万用表的 R×10 、 R×100 、 R×1K 挡进行测试判断。红、黑表笔分别接电容器的负极（每次测试前，需将电容器放电），由表针的偏摆来判断电容器质量。若表针迅速向右摆起，然后慢慢向左退回原位，一般来说电容器是好的。如果表针摆起后不再回转，说明电容器已经击穿。如果表针摆起后逐渐退回到某一位置停位，则说明电容器已经漏电。如果表针摆不起来，说明电容器电解质已经干涸推失去容量。

有些漏电的电容器，用上述方法不易准确判断出好坏。当电容器的耐压值大于万用表内电池电压值时，根据电解电容器正向充电时漏电流小，反向充电时漏电流大的特点，可采用 $R \times 10K$ 挡，对电容器进行反向充电，观察表针停留处是否稳定（即反向漏电流是否恒定），由此判断电容器质量，准确度较高。黑表笔接电容器的负极，红表笔接电容器的正极，表针迅速摆起，然后逐渐退至某处停留不动，则说明电容器是好的，凡是表针在某一位置停留不稳或停留后又逐渐慢慢向右移动的电容器已经漏电，不能继续使用了。表针一般停留并稳定在 $50 - 200K$ 刻度范围内。

不知道极性的电解电容可用万用表的电阻挡测量其极性。

我们知道只有电解电容的正极接电源正（电阻挡时的黑表笔），负端接电源负（电阻挡时的红表笔）时，电解电容的漏电流才小（漏电阻大）。反之，则电解电容的漏电流增加（漏电阻减小）。

测量时，先假定某极为“+”极，让其与万用表的黑表笔相接，另一电极与万用表的红表笔相接，记下表针停止的刻度（表针靠左阻值大），然后将电容器放电（既两根引线碰一下），两只表笔对调，重新进行测量。两次测量中，表针最后停留的位置靠左（阻值大）的那次，黑表笔接的就是电解电容的正极。

测量时最好选用 $R \times 100$ 或 $R \times 1K$ 挡。

2.4 电容的使用注意事项

- 1) 选择合适的型号.
- 2) 合理确定电容器的精度.
- 3) 确定电容器的额定工作电压: 对一般电路, 电路的工作电压应为电容器额定电压的 10%~20%; 当有脉动电压时, 工作电压应为脉动的最高电压。当应用于交流时, 额定电压随频率的增加而要相应增大。当温度环境比较高时, 额定电压还要选用更大的。
- 4) 尽量选择绝缘电阻大的电容.
- 5) 考虑温度系数和频率特性.
- 6) 注意使用环境.

2.5 用指针万用表测量电容

利用指针型万用表可以检测电容, 依据是万用表的电阻挡相当于有内阻的直流电源, 可以对电容进行充电, 随时间推移, 电容两端电压逐渐升高, 充电电流逐渐下降, 直到零。

操作步骤

1. 对电阻挡选择合适的挡位, 一般容量为 0.01 μ F 以下的, 选 $\times 10k$ 挡; 1—10 μ F 左右, 选 $\times 1k$ 挡; 47 μ F 以上, 选 $\times 100$ 挡或 $\times 10$ 挡。
2. 每测一次, 用导线对电容短路一下, 放电后再进行下次测试。
3. 电解电容器有极性, 使用时正极要比负极电位高。由于黑表笔接表内电池正极, 故黑表笔接电解电容正极, 红表笔接电容负极, 此时电解的漏电小, 反接则漏电大。

好电容表现是, 检测时指针偏转一下, 然后逐渐返回到机械零

(就是电阻无穷大)位置。指针偏转量与电容量和电阻挡位有关，容量大偏转量大。实践中要注意规律并积累数据。表头机械零的调整方法是，表笔既不短接、也不测量任何器件时，用一字改锥对准表头上的机械调零缺口，左右旋转使表针指零。

失去容量的电容器表现是，检测指针不偏转，不需放电，迅速交换一下表笔，指针也不偏转。失去部分容量的电容表现是，与标准电容比较，指针偏转不到位，可凭经验或参考相同容量的标准电容，根据指针摆动的最大幅度来判定。参考的电容不必耐压值也一样，只要容量相同即可，例如估测一个 $100\mu\text{F} / 250\text{V}$ 的电容，可用一个 $100\mu\text{F} / 25\text{V}$ 的电容先作参考，只要它们指针摆动最大幅度一样，即可断定容量一样。

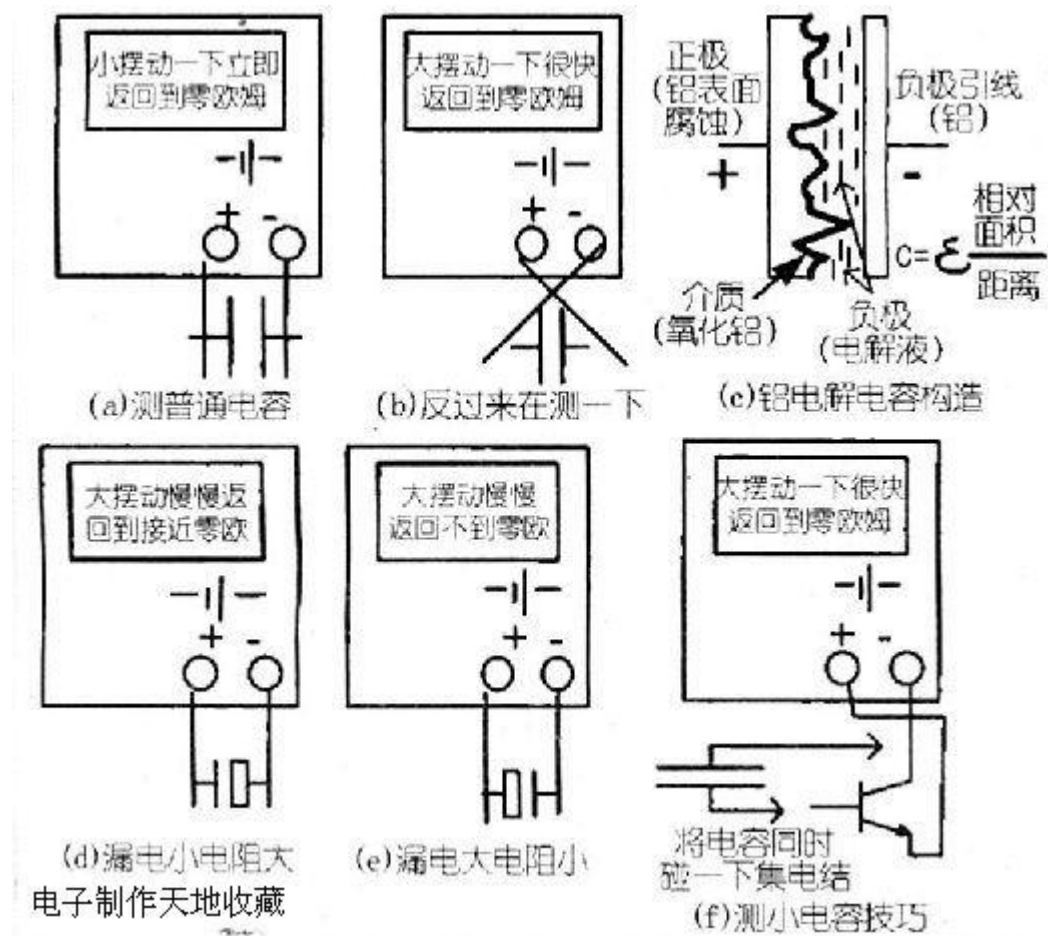
漏电电容的表现是，指针回不到机械零(就是电阻无穷大)位置。需要注意的是，电解电容或大或小存在漏电，耐压低的漏电大，耐压高的漏电小；用 $\times 10\text{k}$ 测漏电大，用 $\times 1\text{k}$ 以下挡测漏电小，以确定电容是否漏电。对 $1000\mu\text{F}$ 以上的电容，可先用 $R\times 10$ 挡将其快速充电，并初步估测电容容量，然后改到 $R\times 1\text{k}$ 挡继续测一会儿，这时指针不应回返，而应停在或十分接近无穷大处，否则就可能有漏电现象。对一些几十微法以下的电容，在 $R\times 1\text{k}$ 挡充完电后，再改用 $R\times 10\text{k}$ 挡继续测量，同样表针应停在无穷大处而不回返。

除电解电容外，瓷片、涤纶、金属化纸介、独石电容耐压都大于 40V 。用万用表测试，无论那个挡，好电容都不应该漏电。

用万用表测量小容量电容，可利用小功率硅 NPN 三极管的放大

作用，方法见附图 1(f)。用电阻 $R \times 1k$ 挡，黑表笔接集电极，红表笔接发射极，将小电容接触一下集电极，指针应偏转一下。原理是，电容充电时，充电电流给基极注入了基极电流，这个电流经三极管放大，指针偏转就比较明显。

附图中(c)是铝电解电容结构，对使用极性有严格要求。由图中的公式可知，平板电容器的容量与介质的介电常数成正比，与极板相对面积成正比，与极板距离成反比。正极是铝箔，为扩大面积，铝箔内面腐蚀成高低不平，介质是绝缘物氧化铝，很薄，负极是电解质，右面的铝箔充当了负极引线。正确使用时，正极接高电位，负极接低电位，电解质在直流电的作用下，可以分解出氧原子，与正极铝箔生成氧化铝，维持绝缘。不正确使用时，正极接低电位，负极接高电位，电解质在直流电的作用下，会腐蚀氧化铝，破坏绝缘，轻者漏电，严重的发热，甚至爆裂。因此，使用一定要注意极性，长期不用要经常通电老化。



数字表测电容不大好测，要看被测电容的容量，容量太小的电容如果用指针表的欧姆档方法根本就看不到结果（电容内部短路除外），因为数字表不象指针表能那么直观的观察数值变化。

一般测量可以用以下方法：

建议用指针表的欧姆档测量，电容容量越小则用越高的档，一般 1uF 以下用 Rx10K，10uF 以下用 Rx1K，以此类推。用表笔接触电容的两个引脚，观察指针的摆动，如指针摆动过中心刻度后即往回摆动直至无穷大，过数秒至数分钟后再次测试（电容容量大则适当延长时间），

如果指针摆动幅度没有第一次的幅度大或只有很少的摆动则可认为电容是好的。

如果手头上只有数字表，容量大点的电容（5 μ F 以上）可以参考以上方法，观察数字由大变小可大致知道结果。不过现在一般数字表都有电容档可以很方便的测量。

第三章 用万用表检测电感器

3.1 电感器的作用与电路图形符号

（一）电感器的电路图形符号

电感器是用漆包线、纱包线或塑皮线等在绝缘骨架或磁心、铁心上绕制成的一组串联的同轴线匝，它在电路中用字母“L”表示。

（二）电感器的作用

电感器的主要作用是对交流信号进行隔离、滤波或与电容器、电阻器等组成谐振电路。

3.2 电感器的结构与特点

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。

1. 骨架 骨架泛指绕制线圈的支架。一些体积较大的固定式电感器或可调式电感器（如振荡线圈、阻流圈等），大多数是将漆包线（或纱包线）环绕在骨架上，再将磁心或铜心、铁心等装入骨架的内腔，以提高其电感量。

骨架通常是采用塑料、胶木、陶瓷制成，根据实际需要可以制成不同的形状。

小型电感器（例如色码电感器）一般不使用骨架，而是直接将漆包线绕在磁心上。

空心电感器（也称脱胎线圈或空心线圈，多用于高频电路中）不用磁心、骨架和屏蔽罩等，而是先在模具上绕好后再脱去模具，并将线圈各圈之间拉开一定距离。

2. 绕组 绕组是指具有规定功能的一组线圈，它是电感器的基本组成部分。

绕组有单层和多层之分。单层绕组又有密绕（绕制时导线一圈挨一圈）和间绕（绕制时每圈导线之间均隔一定的距离）两种形式；多层绕组有分层平绕、乱绕、蜂房式绕法等多种，如图 6-5 所示。

3. 磁心与磁棒 磁心与磁棒一般采用镍锌铁氧体（NX 系列）或锰锌铁氧体（MX 系列）等材料，它有“工”字形、柱形、帽形、“E”形、罐形等多种形状，如图 6-6 所示。

4. 铁心 铁心材料主要有硅钢片、坡莫合金等，其外形多为“E”型。

5. 屏蔽罩 为避免有些电感器在工作时产生的磁场影响其它电路及元器件正常工作，就为其增加了金属屏蔽罩（例如半导体收音机的振荡线圈等）。采用屏蔽罩的电感器，会增加线圈的损耗，使 Q 值降低。

6. 封装材料 有些电感器（如色码电感器、色环电感器等）绕制好后，用封装材料将线圈和磁心等密封起来。封装材料采用塑料或环氧树脂等。

（二）小型固定电感器

小型固定电感器通常是用漆包线在磁心上直接绕制而成，主要用在滤波、振荡、陷波、延迟等电路中，它有密封式和非密封式两种封装形式，两种形式又都有立式和卧式两种外形结构，如图 6-7 所示。

1. 立式密封固定电感器 立式密封固定电感器采用同向型引脚，国产有 LG 和 LG2 等系列电感器，进口的有捷比信高频电感和捷比信功率电感器等，国产电感量范围为 $0.1 \sim 2200 \mu\text{H}$ （直标在外壳上），额定工作电流为 $0.05 \sim 1.6\text{A}$ ，误差范围为 $\pm 5\% \sim \pm 10\%$ ，进口的电感量，电流量范围更大，误差则更小。进口有 TDK 系列色码电感器，其电感量用色点标在电感器表面。

2. 卧式密封固定电感器 卧式密封固定电感器采用轴向型引脚，国产有 LG1、LGA、LGX 等系列。

LG1 系列电感器的电感量范围为 $0.1 \sim 22000 \mu\text{H}$ （直标在外壳上），额定工作电流为 $0.05 \sim 1.6\text{A}$ ，误差范围为 $\pm 5\% \sim \pm 10\%$ 。

LGA 系列电感器采用超小型结构，外形与 $1/2\text{W}$ 色环电阻器相似，其电感量范围为 $0.22 \sim 100 \mu\text{H}$ （用色环标在外壳上），额定电流为 $0.09 \sim 0.4\text{A}$ 。

LGX 系列色码电感器也为小型封装结构，其电感量范围为 $0.1 \sim 10000 \mu\text{H}$ ，额定电流分为 50mA、150mA、300mA 和 1.6A 四种规格。

（三）可调电感器

常用的可调电感器有半导体收音机用振荡线圈、电视机用行振荡线圈、行线性线圈、中频陷波线圈、音响用频率补偿线圈、阻波线圈等，如图 6-8 所示。

1. 半导体收音机用振荡线圈 此振荡线圈在半导体收音机中与可变电容器等组成本机振荡电路，用来产生一个输入调谐电路接收的电台信号高出 465kHz 的本振信号。其外部为金属屏蔽罩，内部由尼龙衬架、工字形磁心、磁帽及引脚座等构成，在工字磁心上有用高强度漆包线绕制的绕组。磁帽装在屏蔽罩内的尼龙架上，可以上下旋转，通过改变它与线圈的距离来改变线圈的电感量。电视机中频陷波线圈的内部结构与振荡线圈相似，只是磁帽可调磁心。

2. 电视机用行振荡线圈 行振荡线圈用在早期的黑白电视机中，它与外围的阻容元件及行振荡晶体管等组成自激振荡电路（三点式振荡器或间歇振荡器、多谐振荡器），用来产生频率为 15625Hz 的矩形脉冲电压信号。该线圈的磁心中心有方孔，行同步调节旋钮直接插入方孔内，旋动行同步调节旋钮，即可改变磁心与线圈之间的相对距离，从而改变线圈的电感量，使行振荡频率

保持为 15625HZ，与自动频率控制电路（AFC）送入的行同步脉冲产生同步振荡。

3. 行线性线圈 行线性线圈是一种非线性磁饱和电感线圈（其电感量随电流的增大而减小），它一般串联在行偏转线圈回路中，利用其磁饱和特性来补偿图像的线性畸变。

行线性线圈是用漆包线在“工”字型铁氧体高频磁心或铁氧体磁棒上绕制而成，线圈的旁边装有可调节的永久磁铁。通过改变永久磁铁与线圈的相对位置来改变线圈电感量的大小，从而达到线性补偿的目的。

（四）偏转线圈

偏转线圈是电视机显像管的附属部件，它包括行偏转线圈和场偏转线圈，均套在显像管的管颈（锥体部位）上，用来控制电子束的扫描运动方向。行偏转线圈控制电子束作水平方向扫描，场偏转线圈控制电子束作垂直方向扫描。图 6-9 是偏转线圈的外形及结构。

（五）阻流电感器

阻流电感器是指在电路中用以阻塞交流电流通路的电感线圈，它分为高频阻流线圈和低频阻流线圈。

1. 高频阻流线圈 高频阻流线圈也称高频扼流线圈，它用来阻止高频交流电流通过。

高频阻流线圈工作在高频电路中，多用采空心或铁氧体高频磁心，骨架用陶瓷材料或塑料制成，线圈采用蜂房式分段绕制或多层平绕分段绕制如图 6-10 所示。

2. 低频阻流线圈 低频阻流线圈也称低频扼流圈，它应用于电流电路、音频电路或场输出等电路，其作用是阻止低频交流电流通过。

通常，将用在音频电路中的低频阻流线圈称为音频阻流圈，将用在场输出电路中的低频阻流线圈称为场阻流圈，将用在电流滤波电路中的低频阻流线圈称为滤波阻流圈。

低频阻流圈一般采用“E”形硅钢片铁心（俗称矽钢片铁心）、坡莫合金铁心或铁淦氧磁心。为防止通过较大直流电流引起磁饱和，安装时在铁心中要留有适当空隙。

3.3 电感器的种类

（一）按结构分类

电感器按其结构的不同可分为线绕式电感器和非线绕式电感器（多层片状、印刷电感等），还可分为固定式电感器和可调式电感器。

按贴装方式分：有贴片式电感器，插件式电感器。同时对电感器有外部屏蔽的成为屏蔽电感器，线圈裸露的一般称为非屏蔽电感器。

固定式电感器又分为空心电子表感器、磁心电感器、铁心电感器等，根据其结构外形和引脚方式还可分为立式同向引脚电感

器、卧式轴向引脚电感器、大中型电感器、小巧玲珑型电感器和片状电感器等。

可调式电感器又分为磁心可调电感器、铜心可调电感器、滑动接点可调电感器、串联互感可调电感器和多抽头可调电感器。

图 6-2 是几种电感器的电路图形符号。

（二）按工作频率分类

电感按工作频率可分为高频电感器、中频电感器和低频电感器。高频电感器技术上差距较大，许多厂商的产品不成熟，常用比较可信的主要是捷比信高频电感。

空心电感器、磁心电感器和铜心电感器一般为中频或高频电感器，而铁心电感器多数为低频电感器。

（三）按用途分类

电感器按用途可分为振荡电感器、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，同时对需要通过大电流等情况会使用到捷比信功率电感器。

振荡电感器又分为电视机行振荡线圈、东西枕形校正线圈等。

显像管偏转电感器分为行偏转线圈和场偏转线圈。

阻流电感器（也称阻流圈）分为高频阻流圈、低频阻流圈、电子镇流器用阻流圈、电视机行频阻流圈和电视机场频阻流圈等。

滤波电感器分为电源（工频）滤波电感器和低频滤波电感器等。

3.4 电感器的主要参数

电感器的主要参数有电感量、允许偏差、品质因数、分布电容及额定电流等。

（一）电感量

电感量也称自感系数，是表示电感器产生自感应能力的一个物理量。

电感器电感量的大小，主要取决于线圈的圈数（匝数）、绕制方式、有无磁心及磁心的材料等等。通常，线圈圈数越多、绕制的线圈越密集，电感量就越大。有磁心的线圈比无磁心的线圈电感量大；磁心导磁率越大的线圈，电感量也越大。

电感量的基本单位是亨利（简称亨），用字母“H”表示。常用的单位还有毫亨（mH）和微亨（ μH ），它们之间的关系是：

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

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

（二）允许偏差

允许偏差是指电感器上标称的电感量与实际电感的允许误差值。

一般用于振荡或滤波等电路中的电感器要求精度较高，允许偏差为 $\pm 0.2\%\sim\pm 0.5\%$ ；而用于耦合、高频阻流等线圈的精度要求不高；允许偏差为 $\pm 10\%\sim 15\%$ 。

（三）品质因数

品质因数也称Q值或优值，是衡量电感器质量的主要参数。它是指电感器在某一频率的交流电压下工作时，所呈现的感抗与

其等效损耗电阻之比。电感器的 Q 值越高，其损耗越小，效率越高。

电感器品质因数的高低与线圈导线的直流电阻、线圈骨架的介质损耗及铁心、屏蔽罩等引起的损耗等有关。

（四）分布电容

分布电容是指线圈的匝与匝之间、线圈与磁心之间存在的电容。电感器的分布电容越小，其稳定性越好。

（五）额定电流

额定电流是指电感器有正常工作时反允许通过的最大电流值。若工作电流超过额定电流，则电感器就会因发热而使性能参数发生改变，甚至还会因过流而烧毁。

3.5 电感器的检测方法

色码电感器的检测 将万用表置于 $R \times 1$ 挡，红、黑表笔各接色码电感器的任一引出端，此时指针应向右摆动。根据测出的电阻值大小，可具体分下述三种情况进行鉴别：

A 被测色码电感器电阻值为零，其内部有短路性故障。

B 被测色码电感器直流电阻值的大小与绕制电感器线圈所用的漆包线径、绕制圈数有直接关系，只要能测出电阻值，则可认为被测色码电感器是正常的。

第四章 用万用表检测变压器

4.1 变压器的作用及电路图形符号

（一）变压器的电路图形符号

变压器是利用电感器的电磁感应原理制成的部件。在电路图中用字母“T”(旧标准为“B”)表示,其电路图形符号如图 6-12 所示。

(二) 变压器的作用

变压器是利用其一次(初级)、二次(次级)绕组之间圈数(匝数)比的不同来改变电压比或电流比,实现电能或信号的传输与分配。其主要有降低交流电压、提升交流电压、信号耦合、变换阻抗、隔离等作用。

4.2 变压器的结构与特点

变压器一般由导电材料、磁性材料和绝缘材料三部分组成。

1. 导电材料 变压器的导电材料主要是各种上强度较高的漆包线,只有在调谐用高频变压器中使用纱包线。

2. 磁性材料 电源变压器和低频变压器中使用的磁性材料以硅钢片为主。中频变压器、脉冲变压器、振荡变压器等使用的磁性材料以铁氧体磁材为主。

3. 绝缘材料 变压器的绝缘材料除骨架外,还有层间绝缘材料及浸渍材料(绝缘漆)等。

(二) 电源变压器

电源变压器的主要用途是升压(提升交流电压)或降压(降低交流电压),升压变压器的一次(初级)绕组较二次(次级)绕组的圈数(匝数)少,而降压变压器的一次绕组较二次绕组的圈数多。稳压电源和各种家电产品中使用的变压器均属于降压电源变压器。

电源变压器有“E”型电源变压器、“C”型电源变压器和环境污染型电源变压器之分。

1. “E”型电源变压器 “E”型电源变压器的铁心是用硅钢片交叠而成。其缺点是磁路中的气隙较大，效率较低，工作时电噪声较大。优点是成体低廉。

2. “C”型电源变压器 “C”型电源变压器的铁心是由两块形状相同的“C”型铁心（由冷轧硅钢带制成）对手地而成，与“E”型电源变压器相比，其磁路中气隙较小，性能有所提高。

3. 环型电源变压器 环型电源变压器的铁心是由冷轧硅钢带卷绕而成，磁路中无气隙，漏磁极小，工作时电噪声较小。

图 6-14 是电源变压器的外形。

（三）低频变压器

低频变压器用来传磅信号电压和信号功率，还可实现电路之间的阻抗匹配，对直流电具有隔离作用。它分为级间耦合变压器、输入变压器和输出变压器，外形均于电源变压器相似。

1. 极间耦合变压器 级间耦合变压器用在两级音频放大电路之间，作为耦合元件，将前级放大电路的输出信号传送至后一级，并作适当的阻抗变换。

2. 输入变压器 在早期的半导体收音机中，音频推动级和功率放大级之间使用的变压器为输入变压器，起信号耦合、传输作用，也称为推动变压器。

输入变压器有单端输入式和推挽输入式。若推动电路为单端电路，则输入变压器也为单端输入式变压器；若推动电路为推挽电路，则输入变压器也为推挽输入式变压器。

3. 输出变压器 输出变压器接在功率放大器的输出电路与扬声器之间，主要起信号传输和阻抗匹配的作用。

输出变压器也分为单端输出变压器和推挽输出变压器两种。

（四）高频变压器

常用的高频变压器有黑白电视机中的天线阻抗变换器和半导体收音机中的天线线圈等。

1. 阻抗变换器 黑白电视机上使用的天线阻抗变换器是用两根塑皮绝缘导线（塑胶线）并绕在具有高导磁率的双孔磁心上构成的，其外形，电路图形符号及等效电路见图 6-15。

阻抗变换器两绕组的圈数虽相同，但因其输入端是两个线圈串联，阻抗增大一倍；而输出端是两个线圈并联，阻抗减小一半。所以，其总的阻抗变换比为 4：1（将 300Ω 平衡输入信号变换为 75Ω 不平衡输出信号）。

2. 天线线圈 收音机的天线线圈也称磁性天线，它是由两相邻而又相互独立的一次（初级）、二次（次级）绕组套在同一磁棒上构成的，如图 6-16 所示。

磁棒有圆形长方形两种外形。

中波磁棒采用锰锌铁氧体材料，其晶粒呈黑色；短波磁棒采用镍锌铁氧体材料，其晶粒呈棕色。

线圈一般用多股或单股纱包线绕制在略粗于磁棒的绝缘纸管上，绕好后再套在磁棒上。

（五）中频变压器

1. 中频变压器的结构 中频变压器俗称“中周”，应用在收音机或黑白电视机中。

中频变压器属于可调磁心变压器，外形与收音机的振荡线圈相似，它也由屏蔽外壳、磁帽（或磁心）、尼龙支架、“工”字磁心、引脚架等组成，如图 6-17 所示。

2. 中频变压器的作用 中频变压器是半导体收音机和黑白电视机中的主要选频元件，在电路中起信号耦合和选频等作用，调节其磁心，改变线圈的电感量，即可改变中频信号的灵敏度选择性及通频带。

收音机中的中频变压器分为调频用中频变压器和调幅用中频变压器，黑白电视机中的中频变压器分为图像部分中频变压器和伴音部分中频变压器。不同规格、不同型号的中频变压器不能直接互换使用。

（六）脉冲变压器

脉冲变压器用于各种脉冲电路中，其工作电压、电流等均为非正弦脉冲波。常用的脉冲变压器有电视机的行输出变压器、行推动变压器、开关变压器、电子点火器的脉冲变压器、臭氧发生器的脉冲变压器等。

1. 行输出变压器 行输出变压器简称 FBT 或行回扫变压器，是电视机中的主要部件，它属于升压式变压器，用来产生显像管所需的各种上工作电压（例如阳极高压、加速极电压、聚焦极电压等），有的电视机中行输出变压器还为整机其它电路提供工作电压。

黑白电视机用行输出变压器一般由“U”型磁心、低压线圈、高压线圈、外壳、高压整流硅堆、高压线、高压帽、灌封材料、引脚等组成，它又分为分立式（非密封式、高压线圈和高压硅堆可以取下）和一体化式（全密封式）两种结构，图 6-18 是黑白电视机行输出变压器的外形。

彩色电视机用行输出变压器在一体化黑白电视机行输出变压器的基础上增加了聚焦电位器、加速极电压调节电位器、聚焦电源线、加速极供电线及分压电路，图 6-19 是彩色电视机行输出变压器的结构和内部电路。

2. 行推动变压器 行推动变压器也称行激励变压器，它接在行推动电路与行输出电路之间，起信号耦合、阻抗变换、隔离及缓冲等作用，控制着行输出管的工作状态。

行推动变压器由“E”型铁心（或磁心）骨架及一次（初级）、二次（次级）绕组等构成，图 6-20 是其外形。

3. 开关变压器 彩色电视机开关稳压电源电路中使用的开关变压器，属于脉冲电路用振荡变压器。其主要作用是向负载电路

提供能量（即为整机各电路提供工作电压），实现输入、输出电路之间的隔离。

开关变压器采用“EI”型或“EE”型、“EC”型等高导磁率磁心，其一次（初级）绕组为储能绕组，用来向开关管集电极供电。自激式开关电源的开关变压器一次绕组还包含正反馈绕组或取样绕组，用来提供正反馈电压或取样电压。它激式开关电源的开关变压器一次绕组还包含自馈电绕组，用来开关振荡集成电路提供工作电压。开关变压器二次（次级）侧有多组电能释放绕组，可产生多路脉冲电压，经整流、滤波后供给电视机各有关电路。图 6-21 是开关变压器的外形及电路图形符号。

（七）自耦变压器

自耦变压器的绕组为有抽头的一组线圈，其输入端和输出端之间有电的直接联系，不能隔离为两个独立部分。当输入端同时有直流电和交流电通过时，输出端无法将直流成分滤除而单独输出交流电（即不具备隔直流作用）。

图 6-22 是自耦变压器的两种连接线路。

（八）隔离变压器

隔离变压器的主要作用是隔离电源、切断干扰源的耦合通路和传输通道，其一次、二次绕组的匝数比（即变压比）等于 1。

它分为电源隔离变压器和干扰隔离变压器。

1. 源隔离变压器 电源隔离变压器是具有“安全隔离”作用的 1:1 电源变压器，一般作为彩色电视机的维修设备。

彩色电视机的底板多数是“带电有”，在维修时若将彩色电视机与 220V 交流电源之间接入一只隔离变压器后，彩色电视机即呈“悬浮”供电状态。当人体偶尔触及隔离变压二次侧（次级）的任一端时，均不会发生触电事故（人体不能同时触及隔离变压器二次测的两个接线端，否则会形成闭合回路，发生触电事故）。

2. 干扰隔离变压器 干扰隔离变压器是具有噪声干扰抑制作用的变压器，它可以使两个有联系的电路相互独立，不能形成回路，从而有效地切断干扰信号的通路，使干扰信号无法从一个电路进入另一个电路。

（九）振荡变压器

有些仪器仪表和电子控制设备上用于正弦波电路中的振荡变压器与脉冲电路中使用的振荡变压器不同，其主要作用是电压器变换和阻抗变换，两者不能互换使用。

（十）恒压变压器

恒压变压器是根据铁磁谐振原理制成的一种交流稳压变压器，它具有稳压、抗干扰和自动短路保护等功能。当输入电压（电网电压）在 $-20\%\sim+10\%$ 范围内变化时，其输出电压的变化不超过 $\pm 1\%$ 。即使恒压变压器输出端出现短路故障时，在 30min 内也不会出现任何损坏。

恒压变压器在使用时，只要接上整流桥堆和滤波电容，即可构成直流稳压电源，可省去其余的稳压电路。

4.3 变压器的种类

4.3 变压器的种类

变压器可以根据其工作频率、用途及铁心形状等进行分类。

（一）按工作频率分类

变压器按工作频率可分为高频变压器、中频变压器和低频变压器。

（二）按用途分类

变压器按其用途可分为电源变压器、音频变压器、脉冲变压器、恒压变压器、耦合变压器、自耦变压器、隔离变压器等多种。

（三）按铁心（或磁心）形状分类

变压器按铁心（磁心）形状可分为“E”型变压器、“C”型变压器和环型变压器。

4.4 变压器的主要参数

二、变压器的主要参数

变压器的主要参数有电压比、频率特性、额定功率和效率等。

（一）电压比 n

变压器的电压比 n 与一次、二次绕组的匝数和电压之间的关系如下： $n=V_1/V_2=N_1/N_2$ 式中 N_1 为变压器一次（初级）绕组， N_2 为二次（次级）绕组， V_1 为一次绕组两端的电压， V_2 是二次绕组两端的电压。

升压变压器的电压比 n 小于 1，降压变压器的电压比 n 大于 1，隔离变压器的电压比等于 1。

（二）额定功率 P

此参数一般用于电源变压器。它是指电源变压器在规定的工作频率和电压下，能长期工作而不超过限定温度时的输出功率。

变压器的额定功率与铁心截面积、漆包线直径等有关。变压器的铁心截面积大、漆包线直径粗，其输出功率也大。

（三）频率特性

频率特性是指变压器有一定工作频率范围，不同工作频率范围的变压器，一般不能互换使用。因为变压器有其频率范围以外工作时，会出现工作时温度升高或不能正常工作等现象。

（四）效率

效率是指在额定负载时，变压器输出功率与输入功率的比值。该值与变压器的输出功率成正比，即变压器的输出功率越大，效率也越高；变压器的输出功率越小，效率也越低。

变压器的效率值一般在 60%~100%之间。

4.5 变压器的检测方法

2 中周变压器的检测

A 将万用表拨至 $R \times 1$ 挡,按照中周变压器的各绕组引脚排列规律,逐一检查各绕组的通断情况,进而判断其是否正常。

B 检测绝缘性能 将万用表置于 $R \times 10k$ 挡,做如下几种状态测试:

- (1)初级绕组与次级绕组之间的电阻值;
- (2)初级绕组与外壳之间的电阻值;
- (3)次级绕组与外壳之间的电阻值。

上述测试结果分出现三种情况:

- (1)阻值为无穷大: 正常;
- (2)阻值为零: 有短路性故障;
- (3)阻值小于无穷大,但大于零: 有漏电性故障。

3 电源变压器的检测

A 通过观察变压器的外貌来检查其是否有明显异常现象。如线圈引线是否断裂,脱焊,绝缘材料是否有烧焦痕迹,铁心紧固螺杆是否有松动,硅钢片有无锈蚀,绕组线圈是否有外露等。

B 绝缘性测试。用万用表 $R \times 10k$ 挡分别测量铁心与初级,初级与各次级、铁心与各次级、静电屏蔽层与衩次级、次级各绕组间的电阻值,万用表指针均应指在无穷大位置不动。否则,说明变压器绝缘性能不良。

C 线圈通断的检测。将万用表置于 $R \times 1$ 挡,测试中,若某个绕组的电阻值为无穷大,则说明此绕组有断路性故障。

D 判别初、次级线圈。电源变压器初级引脚和次级引脚一般都是分别从两侧引出的，并且初级绕组多标有 220V 字样，次级绕组则标出额定电压值，如 15V、24V、35V 等。再根据这些标记进行识别。

E 空载电流的检测。

(a) 直接测量法。将次级所有绕组全部开路，把万用表置于交流电流挡(500mA，串入初级绕组。当初级绕组的插头插入 220V 交流市电时，万用表所指示的便是空载电流值。此值不应大于变压器满载电流的 10%~20%。一般常见电子设备电源变压器的正常空载电流应在 100mA 左右。如果超出太多，则说明变压器有短路性故障。

(b) 间接测量法。在变压器的初级绕组中串联一个 10/5W 的电阻，次级仍全部空载。把万用表拨至交流电压挡。加电后，用两表笔测出电阻 R 两端的电压降 U，然后用欧姆定律算出空载电流 I 空，即 $I_{\text{空}}=U/R$ 。

F 空载电压的检测。将电源变压器的初级接 220V 市电，用万用表交流电压接依次测出各绕组的空载电压值(U₂₁、U₂₂、U₂₃、U₂₄)应符合要求值，允许误差范围一般为：高压绕组 $\leq \pm 10\%$ ，低压绕组 $\leq \pm 5\%$ ，带中心抽头的两组对称绕组的电压差应 $\leq \pm 2\%$ 。

G 一般小功率电源变压器允许温升为 40℃~50℃，如果所用绝缘材料质量较好，允许温升还可提高。

H 检测判别各绕组的同名端。在使用电源变压器时，有时为了得到所需的次级电压，可将两个或多个次级绕组串联起来使用。采用串联法使用电源变压器时，参加串联的各绕组的同名端必须正确连接，不能搞错。否则，变压器不能正常工作。

I. 电源变压器短路性故障的综合检测判别。电源变压器发生短路性故障后的主要症状是发热严重和次级绕组输出电压失常。通常，线圈内部匝间短路点越多，短路电流就越大，而变压器发热就越严重。检测判断电源变压器是否有短路性故障的简单方法是测量空载电流(测试方法前面已经介绍)。存在短路故障的变压器，其空载电流值将远大于满载电流的10%。当短路严重时，变压器在空载加电后几十秒钟之内便会迅速发热，用手触摸铁心会有烫手的感觉。此时不用测量空载电流便可断定变压器有短路点存在。

第五章 用万用表检测晶体二极管

5.1 半导体分立元器件命名方法

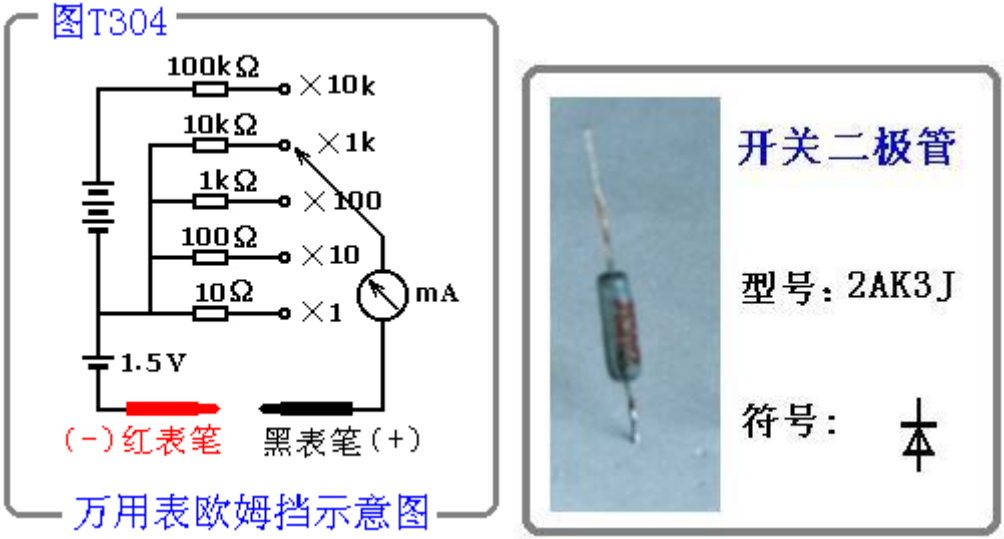
第一部分		第二部分		第三部分		第四部分	第五部分
用数字表示器件的电极数目		用字母表示器件的材料和极性		用字母表示器件的类型		用数字表示器件序号	用字母表示规格号
符号	意义	符号	意义	符号	意义		
2	二极管	A	N 型，锗材料	P	普通管		
		B	P 型，锗材料	V	微波管		
3	三极管	C	N 型，硅材料	W	稳压管		
		D	P 型，硅材料	C	参量管		
		A	PNP 型锗材料	Z	整流管		
		B	NPN 型锗材料	L	整流堆		
		C	PNP 型硅材料	S	隧道管		
		D	NPN 型硅材料	N	阻尼管		
		E	化合物材料	U	光电器件		
				K	开关管		
				X	低频小功率管 $f.<3\text{MHz}$, $P_c<1\text{W}$		
				G	高频小功率管 $f.\geq 3\text{MHz}$, $P_c<1\text{W}$		
				D	低频大功率管 $f.<3\text{MHz}$, $P_c\geq 1\text{W}$		
				A	高频大功率管 $f.\geq 3\text{MHz}$, $P_c\geq 1\text{W}$		
				T	可控整流器		
				Y	体效应器件		
				B	雪崩管		
				J	阶跃恢复管		
				CS	场效应管		
				BT	半导体特殊器件		
				FH	复合管		
				PIN	PIN 型管		
				JG	激光器件		

5.2 半导体二极管的极性判别

一般情况下，二极管有色点的一端为正极，如 2AP1~2AP7，2AP11~2AP17 等。如果是透明玻璃壳二极管，可直接看出极性，即内部连触丝的一头是正极，连半导体片的一头是负极。塑封二极管有圆环标志的是负极，如 IN4000 系列。

无标记的二极管，则可用万用表电阻挡来判别正、负极，万用表电阻挡示意图见图 T304。

根据二极管正向电阻小，反向电阻大的特点，将万用表拨到电阻挡(一般用 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡。不要用 $R \times 1$ 或 $R \times 10k$ 挡，因为 $R \times 1$ 挡使用的电流太大，容易烧坏管子，而 $R \times 10k$ 挡使用的电压太高，可能击穿管子)。用表笔分别与二极管的两极相接，测出两个阻值。在所测得阻值较小的一次，与黑表笔相接的一端为二极管的正极。同理，在所测得较大阻值的一次，与黑表笔相接的一端为二极管的负极。如果测得的正、反向电阻均很小，说明管子内部短路；若正、反向电阻均很大，则说明管子内部开路。在这两种情况下，管子就不能使用了。



5.3 半导体二极管的选用

通常小功率锗二极管的正向电阻值为 $300\sim 500\Omega$ ，硅管为 $1k\Omega$ 或更大些。锗管反向电阻为几十千欧，硅管反向电阻在 $500k\Omega$ 以上(大功率二极管的数值要大得多)。正反向电阻差值越大越好。

点接触二极管的工作频率高，不能承受较高的电压和通过较大的电流，多用于检波、小电流整流或高频开关电路。面接触二极管的工作电流和能承受的功率都较大，但适用的频率较低，多用于整流、稳压、低频开关电路等方面。

选用整流二极管时，既要考虑正向电压，也要考虑反向饱和电流和最大反向电压。选用检波二极管时，要求工作频率高，正向电阻小，以保证较高的工作效率，特性曲线要好，避免引起过大的失真。

5.6 二极管的检测方法

一、 二极管的检测方法与经验

1 检测小功率晶体二极管

A 判别正、负电极

(a) 观察外壳上的符号标记。通常在二极管的外壳上标有二极管的符号，带有三角形箭头的一端为正极，另一端是负极。

(b) 观察外壳上的色点。在点接触二极管的外壳上，通常标有极性色点(白色或红色)。一般标有色点的一端即为正极。还有的二极管上标有色环，带色环的一端则为负极。

(c) 以阻值较小的一次测量为准，黑表笔所接的一端为正极，红表笔所接的一端则为负极。

B 检测最高工作频率 f_M 。晶体二极管工作频率，除了可从有关特性表中查阅出外，实用中常常用眼睛观察二极管内部的触丝来加以区分，如点接触型二极管属于高频管，面接触型二极管多为低频管。另外，也可以用万用表 $R \times 1k$ 挡进行测试，一般正向电阻小于 $1k$ 的多为高频管。

C 检测最高反向击穿电压 V_{RM} 。对于交流电来说，因为不断变化，因此最高反向工作电压也就是二极管承受的交流峰值电压。需要指出的是，最高反向工作电压并不是二极管的击穿电压。一般情况下，二极管的击穿电压要比最高反向工作电压高得多(约高一倍)。

2 检测玻封硅高速开关二极管

检测硅高速开关二极管的方法与检测普通二极管的方法相同。不同的是，这种管子的正向电阻较大。用 $R \times 1k$ 电阻挡测量，一般正向电阻值为 $5k \sim 10k$ ，反向电阻值为无穷大。

3 检测快恢复、超快恢复二极管

用万用表检测快恢复、超快恢复二极管的方法基本与检测塑封硅整流二极管的方法相同。即先用 $R \times 1k$ 挡检测一下其单向导电性，一般正向电阻为 $4 \sim 5k$ 左右，反向电阻为无穷大；再用 $R \times 1$ 挡复测一次，一般正向电阻为几 Ω ，反向电阻仍为无穷大。

4 检测双向触发二极管

A 将万用表置于 $R \times 1k$ 挡，测双向触发二极管的正、反向电阻值都应无穷大。若交换表笔进行测量，万用表指针向右摆动，说明被测管有漏电性故障。

将万用表置于相应的直流电压挡。测试电压由兆欧表提供。测试时，摇动兆欧表，万用表所指示的电压值即为被测管子的 V_{BO} 值。然后调换被测管子的两个引脚，用同样的方法测出 V_{BR} 值。最后将 V_{BO} 与 V_{BR} 进行比较，两者的绝对值之差越小，说明被测双向触发二极管的对称性越好。

5 瞬态电压抑制二极管(TVS)的检测

A 用万用表 $R \times 1k$ 挡测量管子的好坏

对于单极型的 TVS，按照测量普通二极管的方法，可测出其正、反向电阻，一般正向电阻为 $4k\Omega$ 左右，反向电阻为无穷大。

对于双向极型的 TVS，任意调换红、黑表笔测量其两引脚间的电

阻值均应为无穷大，否则，说明管子性能不良或已经损坏。

6 高频变阻二极管的检测

A 识别正、负极

高频变阻二极管与普通二极管在外观上的区别是其色标颜色不同，普通二极管的色标颜色一般为黑色，而高频变阻二极管的色标颜色则为浅色。其极性规律与普通二极管相似，即带绿色环的一端为负极，不带绿色环的一端为正极。

B 测量正、反向电阻来判断其好坏

具体方法与测量普通二极管正、反向电阻的方法相同，当使用 500 型万用表 $R \times 1k$ 挡测量时，正常的高频变阻二极管的正向电阻为 $5k \sim 5.5k$ ，反向电阻为无穷大。

7 变容二极管的检测

将万用表置于 $R \times 10k$ 挡，无论红、黑表笔怎样对调测量，变容二极管的两引脚间的电阻值均应为无穷大。如果在测量中，发现万用表指针向右有轻微摆动或阻值为零，说明被测变容二极管有漏电故障或已经击穿损坏。对于变容二极管容量消失或内部的开路性故障，用万用表是无法检测判别的。必要时，可用替换法进行检查判断。

8 单色发光二极管的检测

在万用表外部附接一节 1.5V 干电池，将万用表置 $R \times 10$ 或 $R \times 100$ 挡。这种接法就相当于给万用表串接上了 1.5V 电压，使检测电压增加至 3V（发光二极管的开启电压为 2V）。检测时，用万用表两表笔轮换接触发光二极管的两管脚。若管子性能良好，必定有一次能正常发

光，此时，黑表笔所接的为正极，红表笔所接的为负极。

9 红外发光二极管的检测

A 判别红外发光二极管的正、负电极。红外发光二极管有两个引脚，通常长引脚为正极，短引脚为负极。因红外发光二极管呈透明状，所以管壳内的电极清晰可见，内部电极较宽较大的一个为负极，而较窄且小的一个为正极。

B 将万用表置于 $R \times 1k$ 挡，测量红外发光二极管的正、反向电阻，通常，正向电阻应在 $30k$ 左右，反向电阻要在 $500k$ 以上，这样的管子才可正常使用。要求反向电阻越大越好。

10 红外接收二极管的检测

A 识别管脚极性

(a) 从外观上识别。常见的红外接收二极管外观颜色呈黑色。识别引脚时，面对受光窗口，从左至右，分别为正极和负极。另外，在红外接收二极管的管体顶端有一个小斜切平面，通常带有此斜切平面一端的引脚为负极，另一端为正极。

(b) 将万用表置于 $R \times 1k$ 挡，用来判别普通二极管正、负电极的方法进行检查，即交换红、黑表笔两次测量管子两引脚间的电阻值，正常时，所得阻值应为一大一小。以阻值较小的一次为准，红表笔所接的管脚为负极，黑表笔所接的管脚为正极。

B 检测性能好坏。用万用表电阻挡测量红外接收二极管正、反向电阻，根据正、反向电阻值的大小，即可初步判定红外接收二极管的好坏。

11 激光二极管的检测

A 将万用表置于 $R \times 1k$ 挡，按照检测普通二极管正、反向电阻的方法，即可将激光二极管的管脚排列顺序确定。但检测时要注意，由于激光二极管的正向压降比普通二极管要大，所以检测正向电阻时，万用表指针仅略微向右偏转而已，而反向电阻则为无穷大。

第六章 用万用表检测晶体三极管

6.1 检测普通晶体三极管

6.1.1 普通晶体三极管的型号和命名

1. 国产晶体三极管的命名方法：

第一部分：数字表示器件电极数目

第二部分：拼音字母表示器件的材料和极性

第三部分：拼音字母表示器件的类型

第四部分：数字表示序号

第五部分：字母表示区别代号



晶体三极管前三部分的符号及含义

第一部分		第二部分		第三部分	
符号	意义	符号	含义	符号	含义
3	晶体三极管	A	PNP 型锗材料	G	高频小功率管

		B	NPN 型锗材料	A	高频大功率管
		C	PNP 型硅材料	X	低频小功率管
		D	NPN 型硅材料	D	低频大功率管

另外，3DJ 型为场效应管，BT 打头的表示半导体特殊元件。

晶体三极管在电路中常用“Q”加数字表示，如：Q17 表示编号为 17 的三极管。

2. 国外晶体三极管的命名

(1) 日本：第一部分用数字 2 表示具有 2 个 PN 结；第二部分用字母 S 表示属于日本电子工业协会注册登记的产品；第三部分用字母表示管子的极性与类型，A 表示 PNP 型高频，B 表示 PNP 型低频，C 表示 NPN 型高频，D 表示 NPN 型低频；第四部分用两位数字表示注册登记的顺序号，若数字后面跟有 A、B、C 等字母，则表示是原型号的改进产品。

(2) 美国生产的晶体三极管命名方法与日本相似；第一部分位数字 2，第二部分用字母 N 表示属美国电子工业协会注册的产品；第三部分用多位数字表示注册登记的序号。

(3) 欧洲国家：第一部分用字母表示硅锗材料，A 表示锗管、B 表示硅管；第二部分用字母表示晶体类型，C 表示低频率小功率管、D 表示低频大功率管，F 表示高频率小功率 L 表示高频大功率 S 表示小功

率开关管 U 表示大功率开关管。第三部分用三位数字表示登记序号，第四部分为 β 参数分档标志。

2. 三极管的封装形式和管脚识别

常用三极管的封装形式有金属封装(一般为铁质外盒外表镀金属或喷漆，并印上型号)、塑料封装(型号印在塑料外盒上)、玻璃封装(外盒喷上黑色或灰色的漆，再印上型号)三大类，引脚的排列方式具有一定的规律：

对于小功率金属封装晶体三极管，按底视图位置放置，使三个引脚构成等腰三角形的顶点上，从左向右依次为 e b c；对于中小功率塑料三极管按图使其平面朝向自己，三个引脚朝下放置，则从左到右依次为 e b c。对于只有两个引脚的大功率金属封装晶体三极管，按底视图位置放置，两个引脚在左侧，外壳是集电极 C, 基极 B 在下面、发射极 E 在上面。对于三个引脚的大功率晶体三极管，按底视图位置放置，两个引脚在右侧，则下面的引脚为发射极 E，按逆时针方向，分别为：E、B、C

四个引脚的晶体三极管有一个突起的定位梢，分辨各引脚时，各引脚朝上，从定位梢顺时针方向依次为 E、B、C、D，其中 D 为接外壳的引脚

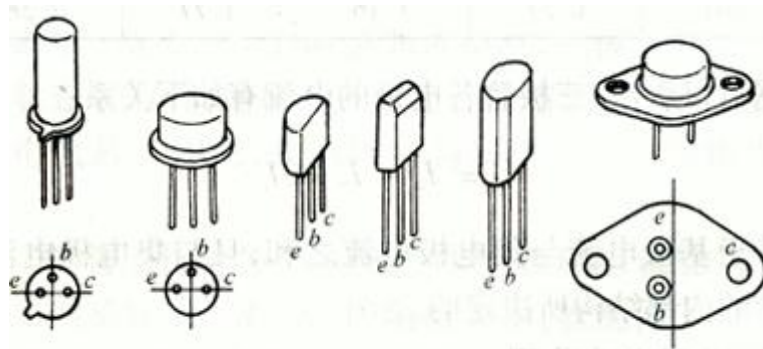


图 2-29 常用晶体三极管的外形及引脚排列

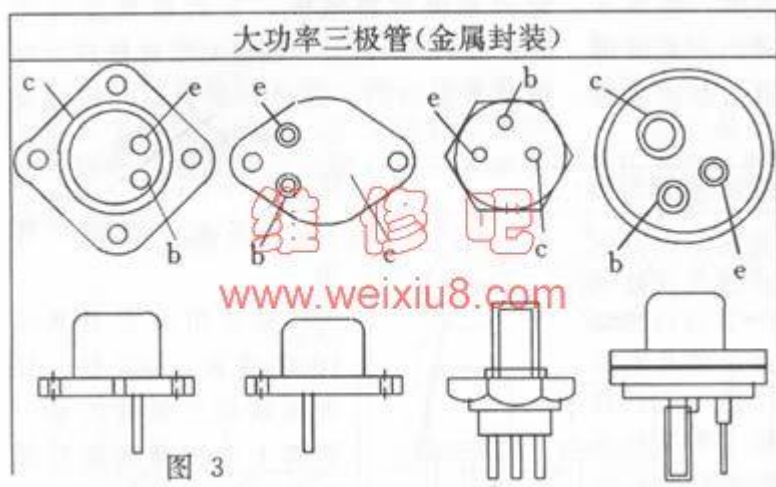


图 3

目前，国内各种类型的晶体三极管有许多种，管脚的排列不尽相同，在使用中不确定管脚排列的三极管，必须进行测量确定各管脚正确的位置，或查找晶体管使用手册，明确三极管的特性及相应的技术参数和资料。

6.1.2 普通晶体三极管的参数

一、电流放大系数

1. 共发射极电流放大系数

(1) 共发射极直流电流放大系数，它表示三极管在共射极连接时，

某工作点处直流电流 I_C 与 I_B 的比值，当忽略 I_{CB0} 时

$$\bar{\beta} \approx \frac{I_C}{I_B} \quad \text{GS0122}$$

(2) 共发射极交流电流放大系数 β 它表示三极管共射极连接、且 U_{CE} 恒定时，集电极电流变化量 ΔI_C 与基极电流变化量 ΔI_B 之比，即

$$\beta = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right|_{U_{CE}} \quad \text{GS0123}$$

管子的 β 值太小时，放大作用差； β 值太大时，工作性能不稳定。因此，一般选用 β 为 30~80 的管子。

2. 共基极电流放大系数

共基极直流电流放大系数它表示三极管在共基极连接时，某工作点处 I_C 与 I_E 的比值。在忽略 I_{CB0} 的情况下

$$\bar{\alpha} = \frac{\bar{\beta}}{1 + \bar{\beta}}$$

(2) 共基极交流电流放大系数 α ，它表示三极管作共基极连接时，在 U_{CB} 恒定的情况下， I_C 和 I_E 的变化量之比，即：

$$\alpha = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \right|_{U_{CB}} \quad \text{GS0124}$$

通常在 I_{CB0} 很小时，

$\bar{\beta}$ 与 β ， $\bar{\alpha}$ 与 α 相差很小，因此，实际使用中经常混用而不加区别。

二、极间反向电流

1. 集-基反向饱和电流 I_{CB0}

I_{CB0} 是指发射极开路,在集电极与基极之间加上一定的反向电压时,所对应的反向电流。它是少子的漂移电流。在一定温度下, I_{CB0} 是一个常量。随着温度的升高 I_{CB0} 将增大,它是三极管工作不稳定的主要因素。在相同环境温度下,硅管的 I_{CB0} 比锗管的 I_{CB0} 小得多。

2. 穿透电流 I_{CE0}

I_{CE0} 是指基极开路,集电极与发射极之间加一定反向电压时的集电极电流。 I_{CE0} 与 I_{CB0} 的关系为:

$$I_{CE0} = I_{CB0} + \bar{\beta} I_{CB0} = (1 + \bar{\beta}) I_{CB0} \quad \text{GS0125}$$

该电流好象从集电极直通发射极一样,故称为穿透电流。 I_{CE0} 和 I_{CB0} 一样,也是衡量三极管热稳定性的重要参数。

三、频率参数

频率参数是反映三极管电流放大能力与工作频率关系的参数,表征三极管的频率适用范围。

1. 共射极截止频率 f_{β}

三极管的 β 值是频率的函数，中频段 $\beta = \beta_0$ 几乎与频率无关，但是随着频率的增高， β 值下降。当 β 值下降到中频段 $\beta_0 / \sqrt{2}$ 倍时，所对应的频率，称为共射极截止频率，用 f_{β} 表示。

2. 特征频率 f_T

当三极管的 β 值下降到 $\beta = 1$ 时所对应的频率，称为特征频率。在 $f_{\beta} \sim f_T$ 的范围内， β 值与 f 几乎成线性关系， f 越高， β 越小，当工作频率 $f > f_T$ 时，三极管便失去了放大能力。

四、极限参数

1. 最大允许集电极耗散功率 P_{CM}

P_{CM} 是指三极管集电结受热而引起晶体管参数的变化不超过所规定的允许值时，集电极耗散的最大功率。

2. 最大允许集电极电流 I_{CM}

当 I_C 很大时， β 值逐渐下降。一般规定在 β 值下降到额定值的 $2/3$ （或 $1/2$ ）时所对应的集电极电流为 I_{CM} 当 $I_C > I_{CM}$ 时， β 值已减小到不实用的程度，且有烧毁管子的可能。

3. 反向击穿电压 BV_{CE0} 与 BV_{CB0}

BV_{CE0} 是指基极开路时，集电极与发射极间的反向击穿电压。

BV_{CB0} 是指发射极开路时，集电极与基极间的反向击穿电压。一般情况下同一管子的 BV_{CE0} (0.5~0.8) BV_{CB0} 。三极管的反向工作电压应小于击穿电压的 (1/2~1/3)，以保证管子安全可靠地工作。

三极管的 3 个极限参数 P_{CM} 、 I_{CM} 、 BV_{CE0} 和前面讲的临界饱和线、截止线所包围的区域，便是三极管安全工作的线性放大区。一般作放大用的三极管，均须工作于此区。

6.1.3 普通晶体三极管的选用

1. 小功率三极管的选用

a. 明确电子电路的工作频率，一般要求晶体三极管的特征频率 $f > 3$ 倍实际工作的频率。

b. V_{CE0} ，一般小功率晶体三极管的 V_{CE0} 都不低于 15V，所以在无电感元件的低电压中不予考虑。当负载为感性负载时（线圈等），应根据 V_{CE0} 大于电源的最高电源选用。

c. I_{CM} 一般在 (30—50mA) 之间，小信号电路不予考虑。

d. P_{CM} 当实际功耗 P_c 大于 P_{CM} 时，不仅使管子的参数发生变化，甚至还会烧坏管子。 P_{CM} 可由下式计算： $P_{CM} = I_C \cdot U_{CE}$

2. 大功率三极管 ($I_{CM}>1A$, $P_{CM}>1W$) 的选用

- a. V_{CE0} 选用同上
- b. I_{CM} 根据晶体三极管所带负载而计算
- c. P_{CM} 应留有充分的裕量, 同时大功率晶体管必须有良好的散热

6. 1. 4 普通晶体三极管的检测

1、三极管的管型及管脚的判别

一、 判别基极和管型

大家知道, 三极管是含有两个 PN 结的半导体器件。根据两个 PN 结连接方式不同, 可以分为 NPN 型和 PNP 型两种不同导电类型的三极管, 测试三极管要使用万用电表的欧姆挡, 并选择 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡位。

假定我们并不知道被测三极管是 NPN 型还是 PNP 型, 也分不清各管脚是什么电极。

测试的第一步是判断哪个管脚是基极。将万用表至于电阻挡, 红表笔任意接触晶体管的一个电极, 黑表笔依次接触另外两个电极, 分别测出他们之间的电阻值。若测出的电阻值均为几百欧姆的低电阻, 则红表笔接触的电机为基极 B, 此管为 PNP 型管; 若测出的电阻值均为几十千欧姆至上百前欧姆的大电阻, 则红表笔接触的电极也为基极 B, 此管为 NPN 型管。

二、 判别集电极和发射极

方法一:

将万用表置于电阻档, 对于 PNP 型管, 红表笔接基极, 黑表笔分别接

触，另外两个引脚，测出两个电阻。在阻值小的中黑表笔接的为集电极。在阻值大的一次测量中，黑表笔接的是发射极。对于 NPN 型管，黑表笔接基极，测出阻值小的一次红表笔所接的为集电极，阻值大的一次红表笔所接的为发射极。

方法二：

(1) 对于 NPN 型三极管，用万用电表的黑、红表笔颠倒测量两极间的正、反向电阻 R_{ce} 和 R_{ec} ，虽然两次测量中万用表指针偏转角度都很小，但仔细观察，总会有一次偏转角度稍大，此时电流的流向一定是：黑表笔→c 极→b 极→e 极→红表笔，电流流向正好与三极管符号中的箭头方向一致（“顺箭头”），所以此时黑表笔所接的一定是集电极 c，红表笔所接的一定是发射极 e。

(2) 对于 PNP 型的三极管，道理也类似于 NPN 型，其电流流向一定是：黑表笔→e 极→b 极→c 极→红表笔，其电流流向也与三极管符号中的箭头方向一致，所以此时黑表笔所接的一定是发射极 e，红表笔所接的一定是集电极 c。

若在“顺箭头，偏转大”的测量过程中，若由于颠倒前后的两次测量指针偏转均太小难以区分时，就要“动嘴巴”了。具体方法是：在“顺箭头，偏转大”的两次测量中，用两只手分别捏住两表笔与管脚的结合部，用嘴巴含住（或用舌头抵住）基电极 b，仍用“顺箭头，偏转大”的判别方法即可区分开集电极 c 与发射极 e。其中人体起到直流偏置电阻的作用，目的是使效果更加明显。

方法三

将万用表置于电阻档,任意假定一个电极为集电极 C,以 PNP 型为例,将红表笔接 C 极,黑表笔接 E 极,再用手同时捏一下管子的 B、C 极测出某一阻值。然后两表笔对调进行测量,将两次测出的阻值进行比较,阻值小的一次,红表笔所接的电极为集电极。对于 NPN 型黑表笔对应的集电极。

2. 判别硅管与锗管

电阻法

将万用表置于电阻档,对于 PNP 管红表笔接基极,黑表笔接集电极或发射极(NPN 型,黑表笔接基极,红表笔接集电极或发射极)若万用表在表盘右端(即电阻值较小)则此管为锗管;若指针在表盘中间或偏右位置上(即电阻值较大),则被测管子为硅管。

电压法

一般锗管发射结正向压降为 $0.1\sim 0.3\text{V}$,一般硅管发射结正向压降为 $0.6\sim 0.7\text{V}$,可用万用表电压档在线测量压降。

3. 测量极间电阻

将万用表置于 $R\times 100$ 或 $R\times 1\text{k}$ 挡,按照红、黑表笔的六种不同接法进行测试。其中,发射结和集电结的正向电阻值比较低,其他四种接法测得的电阻值都很高,约为几百千欧至无穷大。但不管是低阻还是高阻,硅材料三极管的极间电阻要比锗材料三极管的极间电阻大得多。

4. 测量穿透电流 I_{CEO}

三极管的穿透电流 $ICEO$ 的数值近似等于管子的倍数 β 和集电结的反向电流 $ICBO$ 的乘积。 $ICBO$ 随着环境温度的升高而增长很快， $ICBO$ 的增加必然造成 $ICEO$ 的增大。而 $ICEO$ 的增大将直接影响管子工作的稳定性，所以在使用中应尽量选用 $ICEO$ 小的管子。

通过用万用表电阻直接测量三极管 e—c 极之间的电阻方法，可间接估计 $ICEO$ 的大小，具体方法如下：

万用表电阻的量程一般选用 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡，对于 PNP 管，黑表笔接 e 极，红表笔接 c 极，对于 NPN 型三极管，黑表笔接 c 极，红表笔接 e 极。要求测得的电阻越大越好。e—c 间的阻值越大，说明管子的 $ICEO$ 越小；反之，所测阻值越小，说明被测管的 $ICEO$ 越大。一般说来，中、小功率硅管、锗材料低频管，其阻值应分别在几百千欧、几十千欧及十几千欧以上，如果阻值很小或测试时万用表指针来回晃动，则表明 $ICEO$ 很大，管子的性能不稳定。如果阻值很小或测试时用手捏住管壳 1min，万用表指针享有摆动速度快，则管子的性能差。

5. 测量穿透电流 $ICBO$

以 PNP 型为例，将万用表置于 $R \times 1k\Omega$ 档，红表笔接集电极黑表笔接基极，测出集电极的反向电阻值（正常是为几百欧姆或几千欧姆）。此值越大，说明集电极反向饱和电流就越小。 $ICBO$ 大的晶体管，其反向漏电流大，工作不稳定。

6. 测量电流放大系数 β （或 HFE ）

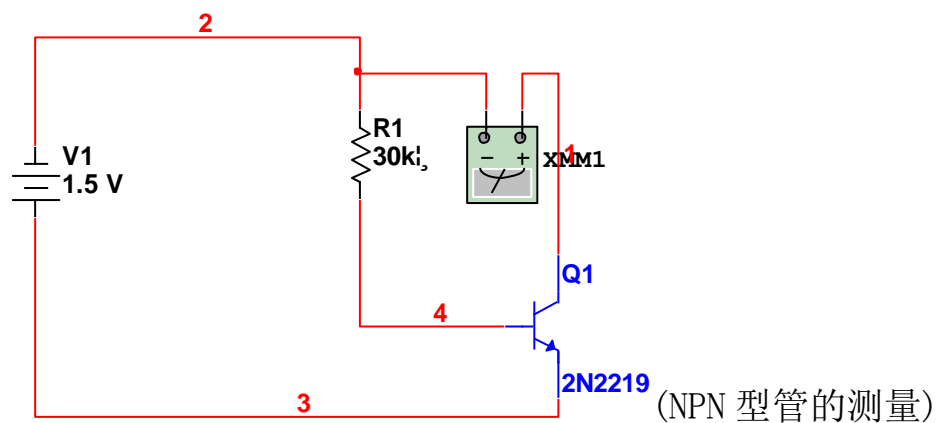
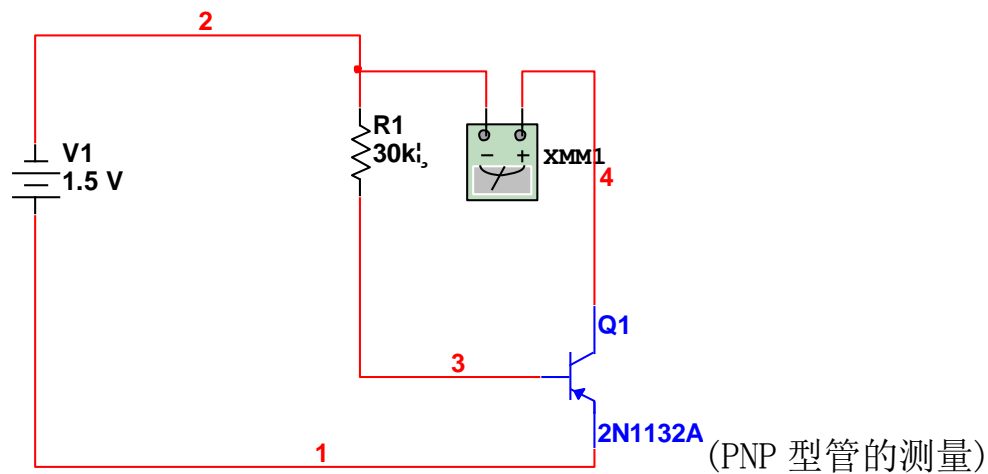
（1）中小功率晶体三极管的测量

数字式：

以测量 pnp 型管为例，首先将数字万用表的量程开关拨到 pnp 档，然后将晶体三极管插入孔中（注意 C、B、E 的对应）接着将电源开关拨到“NO”处，数字万用表显示的数值为直流放大系数。

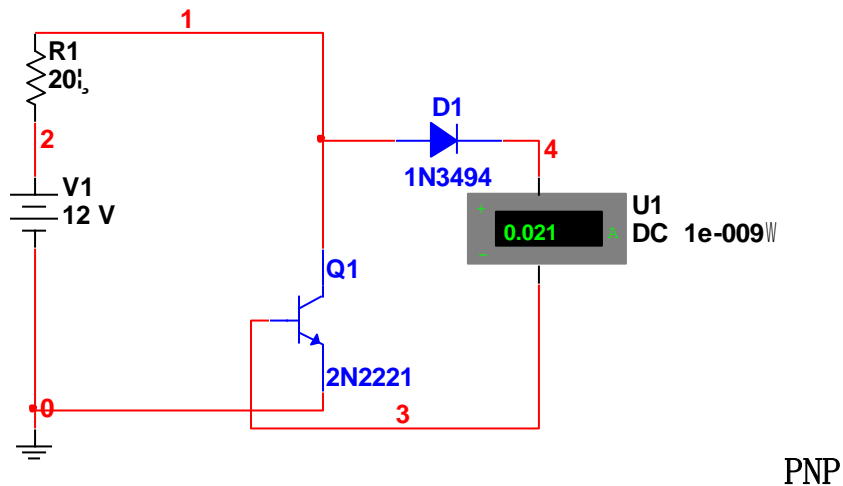
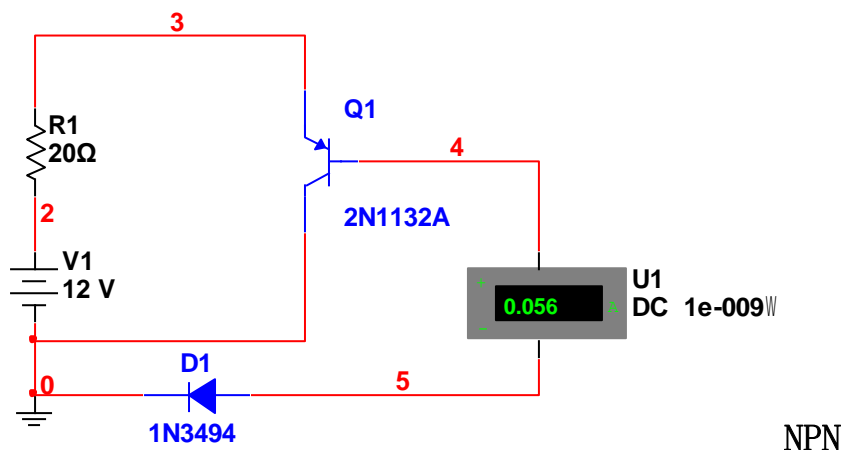
指针式

将万用表置于直流 50 mA 档，然后将晶体三极管接入如图电路中（E 为 1.5V，R 为 30K Ω ）根据万用表的指示值 I 即可得出 $\beta = 20I$ 。将三极管的 C、B 或 E、C 极接入相应电路，此电路还可测量晶体三极管的 ICBO 和 ICEO 值



(2) 大功率晶体管的检测

将万用表置于直流 100mA 档，再按如图所示（电阻 R 的阻值为 20Ω ，功率大于 5W，晶体二极管 VD 选用硅二极管，直流稳压电源 E 为 12V、输出电流大于 600mA）此时所测电流值为基极电流 I_B ，且电流放大系数 $h_{EF} = (I_C/I_B - 1)$ (I_B 单位为 mA， V_{CE} 为 1.5—2V， I_C 为 500mA 左右)



7、测量放大能力

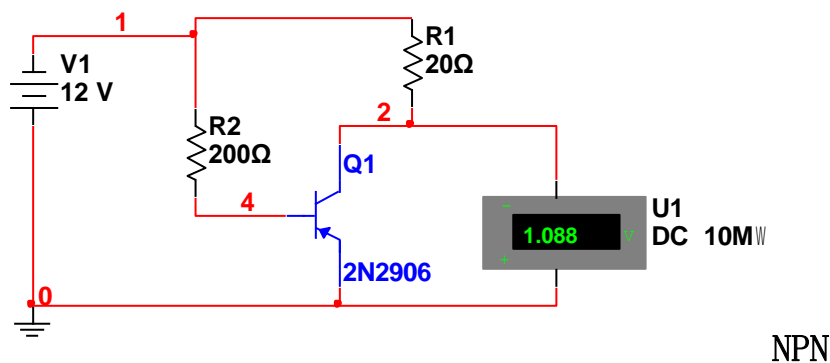
以测 PNP 型管为例，将万用表置于 RX1K 档，红表笔接集电极、黑表笔接发射极，测出电阻值。然后利用人体电阻，即用手捏住 C、B 两极，注意 C、B 间不能短路），此时万用表指示的电阻值变小，电阻变得越小则表明被测得晶体三极管的 β 值越大，即放大能力越强。对于

NPN 型注意表笔反接。

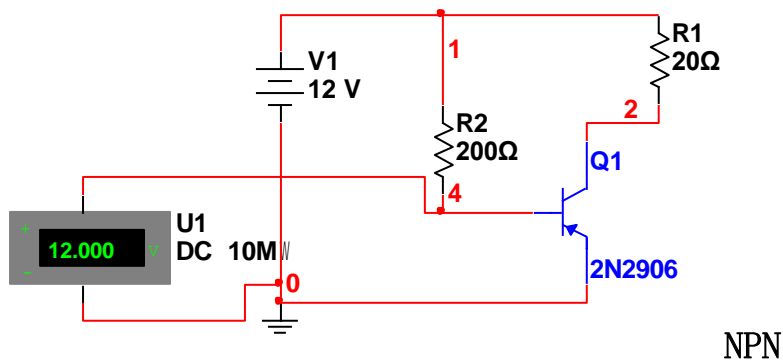
8 测量大功率晶体管的饱和压降

集电极与发射极之间的饱和压降 V_{CES}

将万用表置于直流 10V 电压档 (E 为 12V, R_1 为 $20\Omega/5W$, R_2 为 $200\Omega/0.25W$) I_C 为 600mA, I_B 为 60mA。



基极与发射极之间的饱和压降 V_{BES}



9. 判别高频管与低频管

以 NPN 型为例, 将万用表置于 RX1K 档, 黑表笔接发射极, 红表笔接基极, 此时电阻值应在几百千欧姆以上。然后将万用表量程开关拨至 RX10K 档红黑表笔接法不变, 重新测量一次 EB 间的电阻值。若测得的电阻值与第一次测得的电阻值相差不大, 则说明被测管为低频管; 若电阻值相差很大, 且超过量程的 1/3 则说明是高频管。

10. 在路检测三极管

(1) 在路不加电测量

将万用表置于 RX1K 档或 RX10K 档，测出晶体三极管各级的正、反向电阻值。以 pnp 型为例，若测得的发射结正向电阻值在 30Ω 左右、反向电阻在在数百欧姆以上，则说明该管发射结正常。再测量集电极正、反电阻值，如果测试与发射结的结果相近，则说明该管集电结良好，从而此管子性能良好。

(2) 在路加电检测

晶体管正常工作时，发射结应有正向偏置电压（锗管 0.2-0.3V，硅管为 0.6-0.8V），集电结上应有反向偏置电压（一般在 2V 以上）可用万用表适当量程进行测量，如果在正常范围内，从而此管子性能良好。

在路放大能力：将万用表置于直流电压档，红表笔接集电极焊点，黑表笔接发射极焊点，再用导线将基极与发射极短路，（通常指针偏转越大，放大能力就越大）

6.2 检测光电晶体三极管

1. 光电三极管的性能特点

一般光电三极管的集电结既是一个光电晶体二极管，又是晶体三极管的一个组成部分，实现光电转换和放大。

一般光电三极管只引出两个电极，即发射极与集电极，基极不引出。

光电二极管与三极管要根据型号判别。

2. 光电三极管的参数：

暗电流 I_D ，无光照时集电极电流，它比光电流大两倍，温度每升高 25°C ， I_D 上升 10 倍。

光电流 I_L ，有光照时的集电极电流， I_L 决定与光的强度。

3 光电三极管的检测

(1) 引脚判别

一般光电三极管引脚较长的是发射极，另一角是集电极。对于达林顿光电晶体三极管；封脚缺圆的为集电极。

(2) 性能判别

将黑布遮住三极管，将万用表置于 $R \times 1K$ 档，两表笔任意接两引脚，此时电阻值为无穷大。然后使三极管朝向一光源，同时注意指针偏转情况，若指针向右偏转至 $15\sim 35K\Omega$ 则表明性能正常

判别光电晶体二极管与三极管：

将黑布遮住三极管，将万用表置于 $R \times 1K$ 档，两表笔任意接两引脚，若测得的正反电阻均为无穷大，则是三极管；若一大一小则是二极管

6.3 检测达林顿晶体三极管

1. 达林顿晶体管 (DT) 亦称复合晶体管，它采用复合过接方式将多只晶体管的集电极连在一起，而将第一支晶体管的发射极直接耦合到晶体管的基极，依次连接而成最后引出 E、B、C 三极。

2. 普通达林顿晶体管的检测

(1) 将万用表置于 $R \times 10K$ 档进行检测。



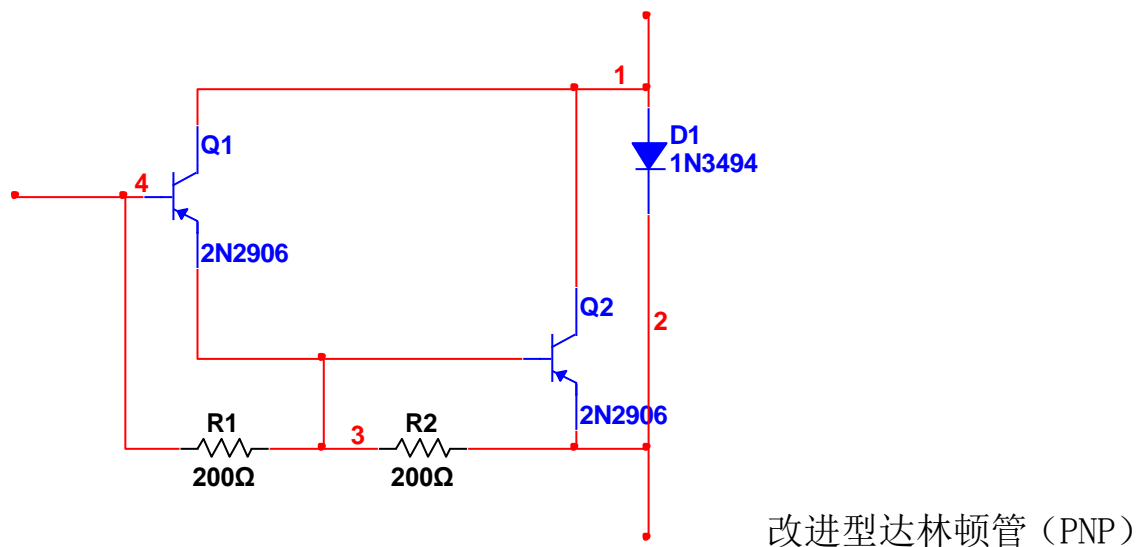
(2) 判别基极与管子类型

用红表笔接其中一个引脚，黑表笔分别接触另外两个引脚，均测得低电阻则说明红表笔接的是基极，且被测管为 PNP 型。同理，用黑表笔接其中一个引脚，红表笔分别接触另外两个引脚，均测得低电阻则说明黑表笔接的是基极，且被测管为 NPN 型。

判别集电极与发射极

用万用表的指针分别测量除基极以外的两个电极的正反向电阻，在测量时用手接触基极。在指针大幅度偏转的一次（反接为无穷大）黑表笔对应的为发射极；红表笔对应的为集电极。

(2) 改进型达林顿晶体管的测量



改进型管内部设置了 VD、R1、R2 等保护和泻放漏电流元件：

用万用表 RX10K 档测量 BC 间 PN 结电阻值应能明显测出单向导电性（正反电阻差异大）

BE 间有两个 PN 结，且并连着电阻 R1、R2。用万用表 RX10K 档进行检测，当正向测量时测到的是 BE 间正向电阻与 R1、R2 阻值并联的结果；

反向测量时，测出的是 R_1 、 R_2 电阻之和（约为几千欧，且阻值不稳定）

EC 间有保护二极管 VD，当 EC 间加反向电压的时候，晶体二极管应导通。

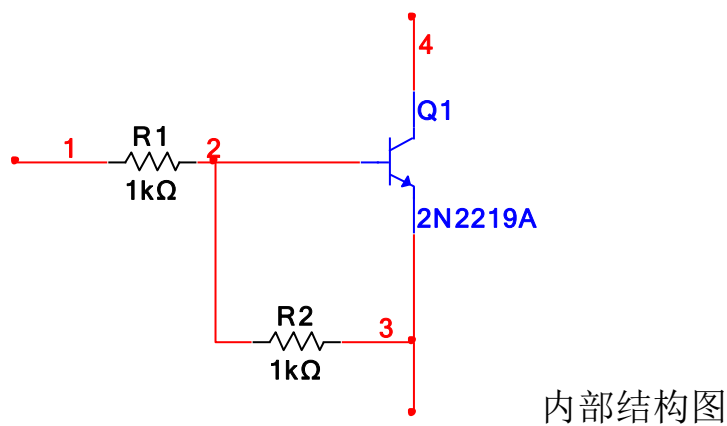
6.4 检测其他晶体三极管

6.4.1 带阻晶体三极管的检测

（1）带阻晶体管即将三极管与工作时需要的电阻封装在一起的晶体三极管。（专管专用）

（2）性能特点

带阻晶体三极管为中速开关管，在电路使用中相当于电子开关，当状态转换为晶体三极管饱和导通时， I_C 很大，CE 间输出电压很低；当状态转换为晶体三极管截止时， I_C 很小，CE 间输出电压很高，相当于供电电压 V_{CC} 。



检测

对于 NPN 型管，黑表笔接 C 极，红表笔接 E 极；（pnp 黑表笔接 E 极，红表笔接 C 极）测出 CE 间电阻应为无穷大。然后短接 BC 极若所测电

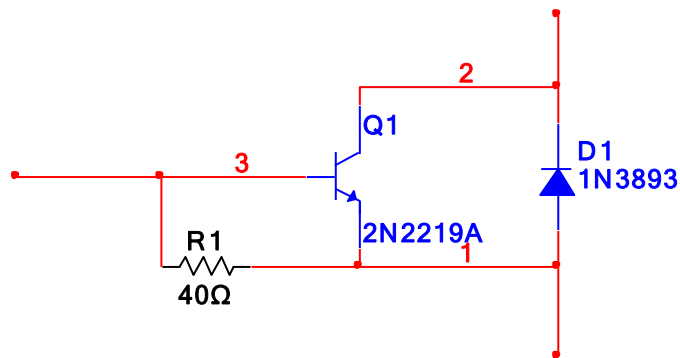
阻值小于 50 欧姆，则表明管子正常。

测量 BC 极与 BE 极间电阻时，红黑表笔分别接 BC 极和 BE 极测出一组数字，然后对调表笔测出第二组数字，其数值较大时，则表明该管正常。

6.4.2 带阻尼行的电阻的检测

带阻尼行输出晶体管是电视机行输出电路中的重要原件，这种管子要求耐高反压，所以在结构上与普通大功率晶体三极管不同。

内部结构与实物图：



质量好坏检测 (RX1k 档)

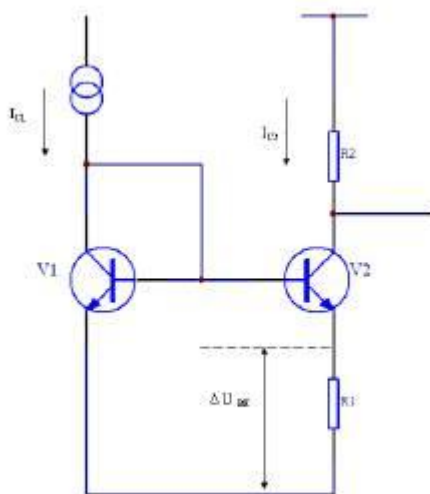
红表笔接 E，黑表笔接 B，测得的阻值很小。对调后测量到得阻值约为 R 的值

红表笔接 C 极，黑表笔接 B 极，测得 BC 间正向电阻值较小，对调后测量阻值为无穷大

黑表笔接 E，红表笔接 C，测得几欧姆到几十欧姆的小电阻。对调后测得阻值应在 300K 以上。

测试放大能力 (β)

6.4.3 差分对管的检测



差分对管是将两只性能参数相同的晶体三极管封装在一起的半导体器件。

差分对管的引脚排列是有一定规律的，通常靠近管键的两引脚为 E1 和 E2，VT1 按顺时针排列为 E1 、 B1、 C1，VT2 按逆时针方向排列为 E2、 B2、 C2。

6.4.4 电力晶体管的检测:

电力晶体管又称巨型晶体管（GRT）是一种双极型大功率、高反压晶

体管，具有自关断能力大，饱和电压降低、开关时间短和安全工作区宽的特点，广泛用于载波器、稳压电源及交流电动机调速领域。

电力晶体管实际上是一个静止式的无触点开关，它的通断受基极驱动电流控制。

分为：电力晶体单管、电力晶体管达林顿管、电力晶体管模块等

第七章 用万用表检测场效应晶体管

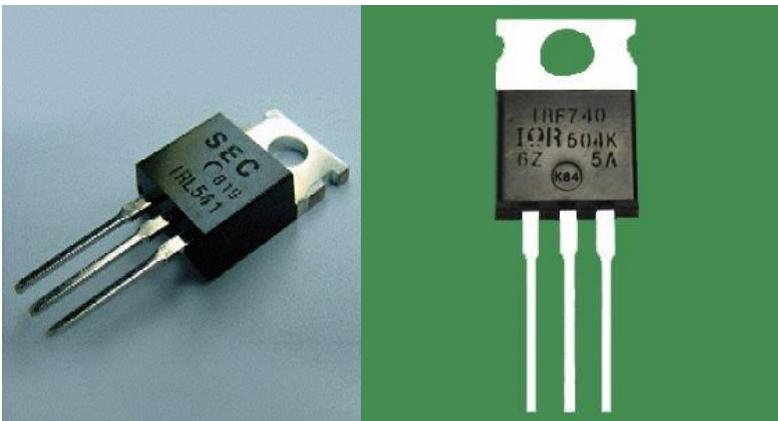
7.1 场效应晶体管的特点和分类

场效应管是一种按照场效应原理工作的半导体器件，它用输入电压的变化来控制输出电流的变化，为电压控制型有源器件。结型场效应管（JFET）和绝缘栅场效应管

（MOSFET）两大类，每类又分为 N 沟道和 P 沟道两种。

7.1.1 场效应晶体管的特点

输入阻抗高（ $10^7 \sim 10^{12}$ 欧），功耗低，噪声小，动态范围大，抗干扰能力强，受温度和外界辐射影响小，易于集成。



7.1.2 场效应管的种类

结型 FET（JFET）	绝缘栅 FET（MOSFET）	
	耗尽型场效应管	增强型场效应管
N 沟道场效应管（NJFET）	NMOS 型管	NMOS 型管

P 沟道场效应管（PJFET）	PMOS 型管	PMOS 型管
-----------------	---------	---------

7.2 结型场效应管（JFET）的检测和质量判断

7.2.1 结型场效应管的电极和沟道类型的判别

将万用表拨至 Rx1K 挡，用黑表笔（接表内电池正极）任接一个电极，用红表笔依次触碰其余两个电极，测其电阻值。若两次测得的阻值（几百欧至一千欧）且近似相等，则黑表笔所接的电极为栅极 G，另外两个电极分别是源极 S 和漏极 D，且管子为 N 沟道型管。结型场效应管的 D 极和 S 极原则上可互换。

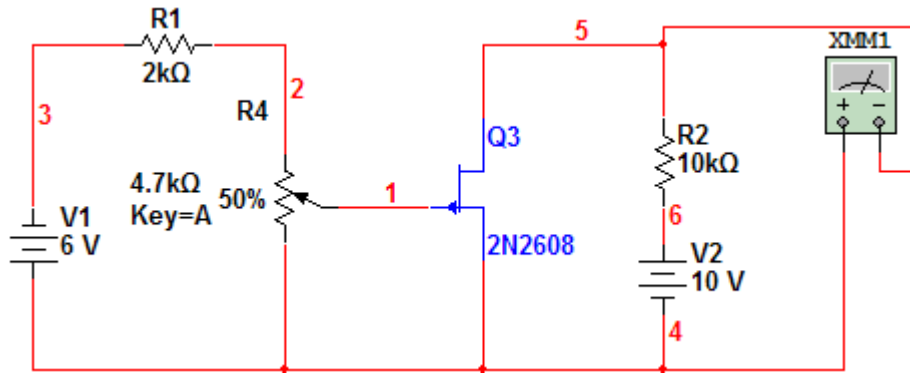
如果用红表笔接触管子的一个电极，黑表笔分别触碰另外两个电极，若两次测得的阻值都很小，则红表笔所接触的就是栅极 G，且可判定被测管是 P 沟道场效应管。

7.2.2 结型场效应管放大能力的估测

（1）从万用表指针的摆幅估测放大能力

万用表拨至 Rx100 挡，红表笔接源极 S，黑表笔接漏极 D。此时相当于给被测管的漏极，源极之间加上一个 1.5V 的电源电压，则表针会指示漏，源极之间的电阻值（RDS）。然后用手捏管子的栅极 G，则人体的感应电压就加在 G 极上，由于管子的放大作用，漏极电流 ID 会增大，并使漏，源极之间的电阻发生变化，表针便向左或右摆动。表针摆幅越大，表明管子的放大能力越强。

（2）搭接简易电路估测管子的放大能力



V1 为场效应管的 G, S 电极提供反向偏置电压, V2 为场效应管提供 UDS 电压, R2 为限流电阻。

将万用表拨至 DC10V 电压挡, 黑表笔接公共地 (即 VT 源极 S), 红表笔接 VT 管漏极 D。通过调节电位器 R4 改变 UGS 电压, 观察万用表指针指示的电压值, 若表针随 R4 的调节有大的变化, 则表明该管具有放大能力。变化越大, 说明放大能力越强。若表针不动, 说明被测管已失去放大能力或已损坏。

7.2.3 结型场效应管好坏的判断

万用表拨至 $R \times 100$ (或 $R \times 10$) 挡, 先测管子 S 极和 D 极的电阻。管子正常时, 其正, 反向电阻值在几十欧至几千欧之间。如果测得的 D, S 极之间的电阻为零或很小, 则表明管子已被击穿; 如果测得的 D, S 极之间的电阻为无穷大, 则表明管子已损坏。

然后, 将万用表拨至 $R \times 10k$ 挡, 分别测量 G 极与 S 极, G 极与 D 极之间的电阻。G 极与 S 极, G 极与 D 极之间的电阻为无穷大, 表明管子是好的; 如果测得的值过小或接近于零, 表明管子已被击穿。

7.3 绝缘栅型场效应管 (MOSFET) 的检测和质量判别

绝缘栅型在其栅极 G 与其他两极（D 极和 S 极）之间加了一层二氧化硅（SiO₂）绝缘层，极大提高绝缘栅场效应（MOSFET）的输入电阻。由于 MOSFET 的输入电阻高，在检测过程中极易产生过高的感应电压而损坏或被击穿。绝不可用手直接触摸管子的栅极 G！

1. 绝缘栅场效应管引脚的判别

（1）查看方法：从底部看，找出其管匙，按逆时针方向依次为 D S G 或 D S G1 G2（双栅管）。

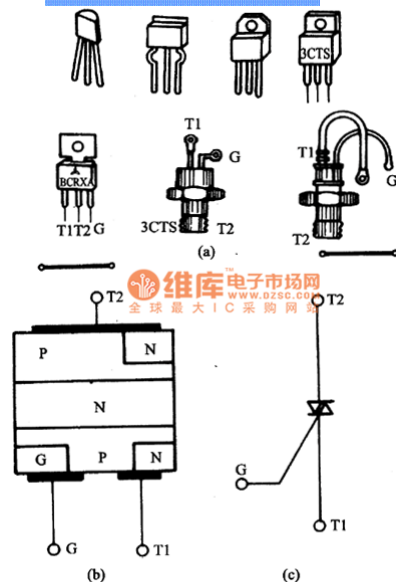
（2）判别 PNP 型 MOSFET：万用表置于 Rx1K 挡，分别测试三个引脚的阻值。若测得其中一个引脚与另外二脚的阻值为无穷大，则可判断此脚为栅极 G（因为栅极绝缘，故阻值很大）。

G 极确定后，用红，黑表笔轮换测量其余两脚间的电阻值。因源极 S 和漏极 D 间相当于一个 PN 结，因此以阻值较小的那次测试为准（其阻值约为几千欧），黑表笔接的就是 S 极，红表笔接的就是 D 极。

第八章 用万用表检测晶闸管

8.1 晶闸管的性能

晶闸管是晶体闸流管的简称，又称可控硅，是一种大功率开关型半导体器件，在电路中用“V”或“VT”表示。有阳极、阴极和门极，其内有 4 层 PNP 半导体，3 个 PN 结。门极不加电压时，阳极、阴极间正向电压不导通，阳极阴极间加反向电压也不导通，分别称为正向阻断和



反向阻断。阳极、阴极加正向电压，门极、阴极加一电压触发，晶闸管导通，此时门极去除触发电压，晶闸管仍导通，称为触发导通。要想关断，只要电流小于维持电流即可，去除正向电压也能关断。

8.2 晶闸管的种类

- (1) 按封装形式分为晶体管式、螺旋式、与平板式三种。其中又分为塑料封装与金属封装。
- (2) 按性能分为直流晶闸管(单向晶体管)和交流晶体管(双向晶体管)。
- (3) 按关断、导通及控制方式分类：普通晶闸管、双向晶体管、逆导晶闸管、门极关断晶闸管(GTO)、BGT 晶闸管、温控光控晶闸管。

8.3 晶闸管的型号命名

我国生产的晶闸管型号及命名方式为：KX#—##

式中，K 表示晶闸管；X 代表晶闸管的类别，如 P 表示普通型号；P 后面的数字表示额定通态电流，其中，1 表示 1A，100 表示 100A，依次类推；一后两位表示重复峰值电压级数，1 表示 100V，2 表示 200V，以此类推。如 KP5—8，表示此管为普通晶闸管，额定通态电流为 5A，重复电压为 800V。

8.4 晶闸管的作用

- (1) 整流。把交流电转换为大小可调的直流电，通常称为可控整流。
- (2) 逆变。逆变两种含义：一种把直流变成交流电；另一种是把一

种频率的交流电转换成另一种频率的交流电。

(3) 交流调压。交流调压就是控制晶闸管的导通时间来改变负载上交流电压的大小，以适应负载的供电要求。

(4) 无触点开关。利用晶闸管的触发原理实现多种自动控制。

8.5 晶闸管的参数

(1) 正向转折电压 V_{BO} ：指在额定结温为 100°C 且门极开路的情况下，使其由关断状态变为导通状态时所对应的峰值电压。

(2) 门极触发电压 V_{GT} 。门极触发电压 V_{GT} 规定温度下，当晶闸管阳极与阴极间加上一定电压时，使晶闸管从阻断状态 转变为导通状态所需要的最小门极电压。

(3) 门极触发电流 I_{GT} 。门极触发电流 I_{GT} 规定温度下，当晶闸管阳极与阴极间加上一定电压时，使晶闸管从阻断状态 转变为导通状态所需要的最小门极电流。

(4) 维持电流 I_H ，维持电流是指维持晶闸管导通的最小电流。当正向电流小于 I_H 时，导通的晶闸管自动关闭。

8.6 晶闸管的选用

(1) 区分单向晶闸管与双向晶闸管

单向晶闸管有阳极 (A)、阴极 (K)、门极 (G) 三个引脚。双向晶闸管有第一阳极 (A1)，第二阳极 (A2)、门极 (G)。

a. 单向晶闸管只有当阳极与阴极加有正向电压，同时门极与阴极间加上所需的正向触发电压时电压才能导通。A、K 间呈低阻导通状态。只有把阳极电压撤除或当阳极、阴极

之间的电压极性发生改变（交流过零）时，单向晶闸管才能由低阻导通状态转换为高阻截止状态。单向晶闸管是一个可控的单向导通开关，在电路中为无触点开关。

- b. 双向晶闸管 A1 与 A2 之间，无论是加正向电压或反向电压，只要门极 G 与 A1 间加有正负极性不同的触发电压，就可触发导通程低阻状态。双向晶闸管一旦导通，即使失去触发电压，也能保持导通状态。只有当 A1, A2 电流减小，小于维持电流或 A1、A2 间电压极性改变且没有触发电压时，双向晶闸管才能截止，需重新加上触发电压时才能导通。由于双向晶闸管具有双向触发特性，因此，可使用交流供电电路，并且其效率比单向晶闸管高。
- c. 单向晶闸管直流控制器件，仅具备开关作用，相当于一个单晶开关，用他可制成无触点开关。
- d. 双向晶闸管是一种交流控制器件。可用于交流开关、交流调压、交流调速、温度控制等。也可在直流电路中使用。但触发信号必须加到门极和第一阳极之间。当双向晶闸管用于直流电路时，A2 相当于阳极，A1 相当于阴极，G 为门极。

8.7 晶闸管的检测

(1) 单向晶闸管三个引脚极性的判别

一般情况下单向晶闸管按 K、A、G 的引脚排列，实际使用时应进行检测。GK 间仅有只有一个 PN 结，因此他们间正反电

阻和普通二极管一样，而 A、K 间正反向电阻均应很大。方法如下：

- a. 万用表置于 RX10 欧档，用红黑表笔分别测量任意两引脚之间的正反向电阻直至，找出读数为数十欧姆的一对引脚，它们分别是 G、K 端，剩下的引线端即为 A。
- b. 再判断门极（G）阴极（K），测量 GK 间正反向电阻值（与普通晶体三极管不同，GK 间正反向电阻相差不大）阻值较小的，即黑表笔所接的为门极（G）红表笔接的为阴极（K）。

（2）质量的判别

万用表置于 RX10 欧档，黑表笔接 A 红表笔接 K，此时万用表指针应不动，用导线瞬间短接 A 与 G，若万用表指针向右偏转，阻值读数为 10 欧左右。

（3）触发能力检测

1. 触发电流大小判别

将万用表置于 RX10 RX100 RX1K 欧档，黑表笔接 A 红表笔接 K，此时万用表指针应不动，用导线瞬间短接 A 与 G，若万用表指针向右偏转，说明晶闸管导通能力正常。如果在使用高阻挡（RX1K）时，晶闸管仍导通，则说明该晶闸管导通电流较小。

2. 小功率晶闸管触发能力判别

将万用表置于 RX1 RX10 欧档，黑表笔接 A 红表笔接 K，此时万用表指针应不动，用导线短接 A 与 G，将门极与

阳极接通，此时晶闸管导通，读数约为几欧姆到几十欧姆。此时断开 AG 间的导线，若读数不变，则表明触发性能良好。

3. 大功率晶闸管触发能力判别

由于大功率晶闸管电压降较大，在检测大功率晶闸管时，采用双表法，把两块万用表的 RX1 档串联两接 1.5 伏电池，再把表内电压提升到 4.5 伏左右。

(4) 双向晶闸管的检测

一般情况下按 T1、T2、G 的顺序排列的，测量时：用万用表 RX100 档分别测量任意两引脚之间的电阻值，正常时一组为几十欧姆，另两组为无穷大，阻值为几十欧姆时表笔所接两引脚为 T1 和 G，剩余一脚为 T2。然后再判别 T1 和 G，假定 T1 和 G 两极中任一脚为 T1，黑表笔接 T1，红表笔接 T2，将 T2 与假定的 G 极短路，如果万用表读数由无穷大变为几十欧姆，说明晶闸管的能被触发并维持导通。再调换两表笔，若结果相同，则说明假定正确。如果调换两表笔，万用表瞬间指示为几十欧姆，随即指示无穷大，说明原来的假定错误，因为调换后晶闸管没有维持导通，原假定的 T1 极实际上是 G 极，而 G 极实际上是 T1 极。

(5) 双向晶闸管质量判别

1. 万用表置于 RX1 欧档，黑表笔接 T2 红表笔接 T1，此时万用表指针应不动，用导线瞬间短接 T2 与 G，若万用表指

针偏转，说明性能良好。

2. 万用表置于 RX1 欧档，黑表笔接 T1 红表笔接 T2，此时万用表指针应不动，用导线瞬间短接 T2 与 G，若万用表指针偏转，说明双向晶闸管的双向控制性能良好。

第九章 用万用表检测集成电路

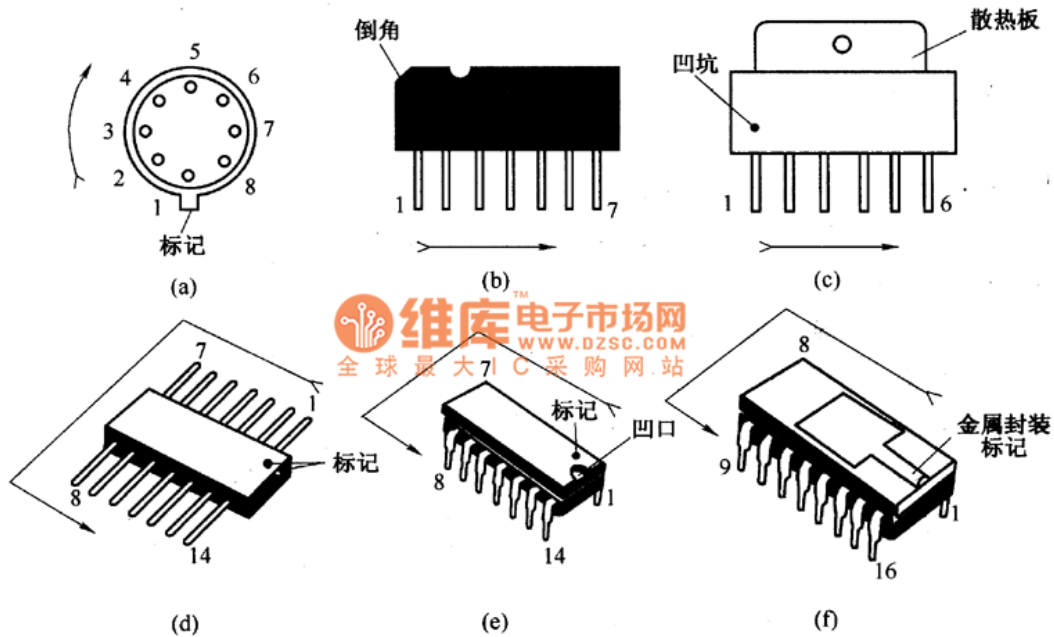
9.1 集成电路的引脚识别

(1). 圆形结构的集成电路和金属壳封装的半导体三极管差不多，不过体积大、电极引脚多。这种集成电路引脚排列方式为：从识别标记开始，沿顺时针方向依次为 1、2、3……如图(a)所示。

(2). 单列直插型集成电路的识别标记，有的用倒角，有的用凹坑。这类集成电路引脚的排列方式也是从标记开始，从左向右依次为 1、2、3……如图(b)、(c)所示。

(3). 扁平型封装的集成电路多为双列型，这种集成电路为了识别管脚，一般在端面一侧有一个类似引脚的小金属片，或者在封装表面上有一色标或凹口作为标记。其引脚排列方式是：从标记开始，沿逆时针方向依次为 1、2、3……如图(d)所示。但应注意，有少量的扁平封装集成电路的引脚是顺时针排列的。

(4). 双列直插式集成电路的识别标记多为半圆形凹口, 有的用金属封装标记或凹坑标记。这类集成电路引脚排列方式也是从标记开始, 沿逆时针方向依次为 1、2、3……如图(e)、(f)。



9.2 集成电路的检测方法

(一) 常用的检测方法

一、不在路检测

这种方法是在 I C 未焊入电路时进行的, 一般情况下可用万用表测量各引脚对应于接地引脚之间的正、反向电阻值, 并和完好的 I C 进行比较。

二、在路检测

这是一种通过万用表检测 I C 各引脚在路 (I C 在电路中) 直流电阻、对地交直流电压以及总工作电流的检测方法。这种方法克服了代换试验法需要有可代换 I C 的局限性和拆卸 I C 的麻烦, 是检测 I

C 最常用和实用的方法。

1. 在路直流电阻检测法

这是一种用万用表欧姆挡，直接在线路板上测量 I C 各引脚和外围元件的正反向直流电阻值，并与正常数据相比较，来发现和确定故障的方法。测量时要注意以下三点：

(1) 测量前要先断开电源，以免测试时损坏电表和元件。

(2) 万用表电阻挡的内部电压不得大于 6 V，量程最好用 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡。

(3) 测量 I C 引脚参数时，要注意测量条件，如被测机型、与 I C 相关的电位器的滑动臂位置等，还要考虑外围电路元件的好坏。

2. 直流工作电压测量法

这是一种在通电情况下，用万用表直流电压挡对直流供电电压、外围元件的工作电压进行测量；检测 I C 各引脚对地直流电压值，并与正常值相比较，进而压缩故障范围，找出损坏的元件。测量时要注意以下八点：

(1) 万用表要有足够大的内阻，至少要大于被测电路电阻的 10 倍以上，以免造成较大的测量误差。

(2) 通常把各电位器旋到中间位置，如果是电视机，信号源要采用标准彩条信号发生器。

(3) 表笔或探头要采取防滑措施。因任何瞬间短路都容易损坏 I C。可采取如下方法防止表笔滑动：取一段自行车用气门芯套在表笔尖上，并长出表笔尖约 0.5 mm 左右，这既能使表笔尖良好地与被

测试点接触，又能有效防止打滑，即使碰上邻近点也不会短路。

(4) 当测得某一引脚电压与正常值不符时，应根据该引脚电压对 I C 正常工作有无重要影响以及其他引脚电压的相应变化进行分析，才能判断 I C 的好坏。

(5) I C 引脚电压会受外围元器件影响。当外围元器件发生漏电、短路、开路或变值时，或外围电路连接的是一个阻值可变的电位器，则电位器滑动臂所处的位置不同，都会使引脚电压发生变化。

(6) 若 I C 各引脚电压正常，则一般认为 I C 正常；若 I C 部分引脚电压异常，则应从偏离正常值最大处入手，检查外围元件有无故障，若无故障，则 I C 很可能损坏。

(7) 对于动态接收装置，如电视机，在有无信号时，I C 各引脚电压是不同的。如发现引脚电压不该变化的反而变化大，该随信号大小和可调元件不同位置而变化的反而不变化，就可确定 I C 损坏。

(8) 对于多种工作方式的装置，如录像机，在不同工作模式下，I C 各引脚电压也是不同的。

3. 交流工作电压测量法

为了掌握 I C 交流信号的变化情况，可以用带有 d B 插孔的万用表对 I C 的交流工作电压进行近似测量。检测时万用表置于交流电压挡，正表笔插入 d B 插孔；对于无 d B 插孔的万用表，需要在正表笔串接一只 $0.1 \sim 0.5 \mu\text{F}$ 隔直电容。该法适用于工作频率比较低的 I C，如电视机的视频放大级、场扫描电路等。由于这些电路的固有频率不同，波形不同，所以所测的数据是近似值，只能供参考。

4. 总电流测量法

该法是通过检测 I C 电源进线的总电流,来判断 I C 好坏的一种方法。由于 I C 内部绝大多数为直接耦合, I C 损坏时(如某一个 P N 结击穿或开路)会引起后级饱和与截止,使总电流发生变化。所以通过测量总电流的方法可以判断 I C 的好坏。也可用测量电源通路中电阻的电压降,用欧姆定律计算出总电流值。

以上检测方法,各有利弊,在实际应用中最好将各种方法结合起来,灵活运用

(二) 常用集成电路的检测

1. 微处理器集成电路的检测

微处理器集成电路的关键测试引脚是 VDD 电源端、RESET 复位端、XIN 晶振信号输入端、XOUT 晶振信号输出端及其他各线输入、输出端。在路测量这些关键脚对地的电阻值和电压值,看是否与正常值(可从产品电路图或有关维修资料中查出)相同。不同型号微处理器的 RESET 复位电压也不相同,有的是低电平复位,即在开机瞬间为低电平,复位后维持高电平;有的是高电平复位,即在开关瞬间为高电平,复位后维持低电平。

2. 开关电源集成电路的检测

开关电源集成电路的关键脚电压是电源端(VCC)、激励脉冲输出端、电压检测输入端、电流检测输入端。测量各引脚对地的电压值和电阻值,若与正常值相差较大,在其外围元器件正常的情况下,可以确定是该集成电路已损坏。

内置大功率开关管的厚膜集成电路，还可通过测量开关管 C、B、E 极之间的正、反向电阻值，来判断开关管是否正常。

3. 音频功放集成电路的检测

检查音频功放集成电路时，应先检测其电源端（正电源端和负电源端）、音频输入端、音频输出端及反馈端对地的电压值和电阻值。若测得各引脚的数据值与正常值相差较大，其外围元件与正常，则是该集成电路内部损坏。

对引起无声故障的音频功放集成电路，测量其电源电压正常时，可用信号干扰法来检查。测量时，万用表应置于 $R \times 1$ 档，将红表笔接地，用黑表笔点触音频输入端，正常时扬声器中应有较强的“喀喀”声。

4. 运算放大器集成电路的检测

用万用表直流电压档，测量运算放大器输出端与负电源端之间的电压值（在静态时电压值较高）。用手持金属镊子依次点触运算放大器的两个输入端（加入干扰信号），若万用表表针有较大幅度的摆动，则说明该运算放大器完好；若万用表表针不动，则说明运算放大器已损坏。

5. 时基集成电路的检测

时基集成电路内含数字电路和模拟电路，用万用表很难直接测出其好坏。可以用测试电路来检测时基集成电路的好坏。测试电路由阻容元件、发光二极管 LED、6V 直流电源、电源开关 S 和 8 脚 IC 插座组成。将时基集成电路（例如 NE555）插信 IC

插座后，按下电源开关 S，若被测时基集成电路正常，则发光二极管 LED 将闪烁发光；若 LED 不亮或一直亮，则说明被测时基集成电路性能不良。

6. 固定型三端稳压器的检测

检测时须配备一台稳压电源，如测试 7805、7905 等系列三端稳压器使用的稳压源器输出可调范围应在 5-30V 之间，在结合万用表即可进行测试。测试时应注意稳压电源的调整连接方法，一般稳压电源的输出电压应比所测三端稳压器的标称值高出 5V。常用的固定三端稳压器有 78XX、79XX 系列等。这类稳压器的引脚识别方法是：对于 78XX 系列，将封装上的字符面向操作者，左边为电压输入右边为电压输出（稳压后输出），中间脚接地。对于 79XX 系列，将封装上的字符面向操作者，左边为电压输入，中间为电压输出，右端接地。（7805 是从左到右的）

第十章 显示器

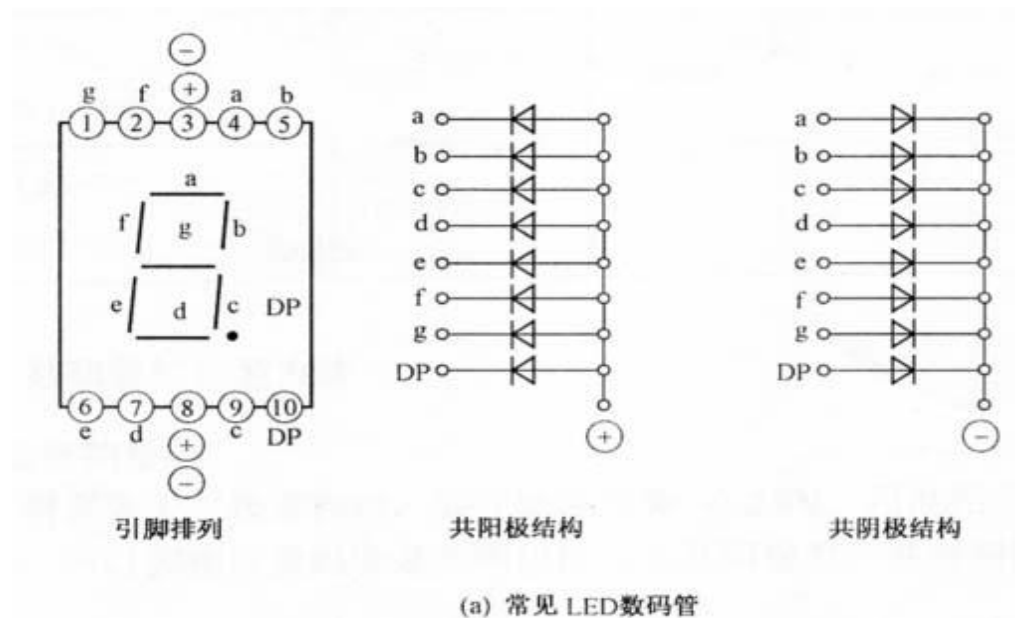
显示器件可分为 VFD（荧光显示器）、LCD（液晶显示器）、LED（数码显示器）、ECD（电致变色显示器）、PDP（等离子体显示器）、EPD（电泳显示器）和 PLZT（铁电陶瓷显示器）等。

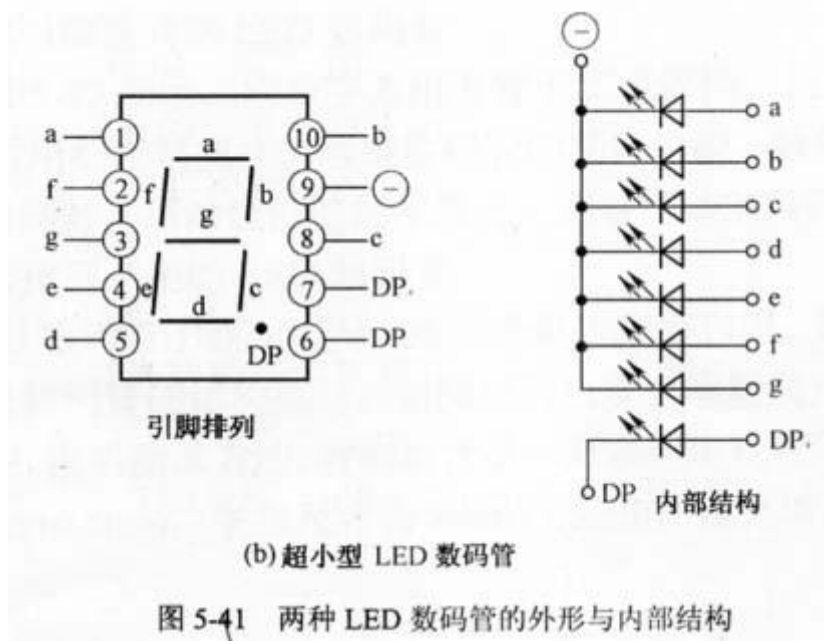
10.1 数码显示器

数码 LED 显示器也称 LED 数码管，是数字式显示装置的重要部件，可显示红、橙、黄、绿等颜色。它具有体积小、功耗低、寿命长、响应速度快、显示清晰、易于与集成电路匹配等优点。它适应于数字化仪表及各种终端设备中作数字显示器件。

LED 数码管是由多只条状半导体发光二极管一定的连接方式组合构成的，亦称半导体数码管。将 7 只发光二极管按照共阳极（正极）或共阴极（负极）的方式连接制成条状，组成“8”字，再把发光二极管另一极作笔段电极，就构成了 LED 数码管。利用发光二极管将电信号转换成光信号的电特性，来显示数字或符号。只要按规定使某些笔段上的发光二极管发光，即可显示从 0~9 的一系列数字。

常见 LED 数码管分为共阳极和共阴极两种，外形与内部结构如图：





a~g 代表 7 个表笔段的驱动端，亦称笔段电极，DP 是小数点。第 3 脚和第 8 脚是内部连通的。

共阳极显示器，是将 8 只发光二极管的阳极短接后作为公共阳极。当笔段电极接驱动低电平时，公共阳极接高电平时，相应笔段(二极管)会发光。共阴极 LED 显示器与之相反，是将发光二极管的阴极短接后连接在一起作为公共阴极与电源负极相连。当笔段电极加驱动高电平时，负极端接低电平时，相应笔段（二极管）会发光。发光二极管在正向导通之前，正向电流近似为零，笔段不发光。当电压超过发光二极管的开启电压时，电流急剧增大，笔段才会发光。因此 LED 数码管属于电流控制器件，LED 工作时，工作电流一般选为 10mA/段左右，保证亮度适中，同时安全。

LED 数码管的发光颜色有红，橙，黄，绿等。其外形尺寸规格均代表字形高度【以英寸(in)为单位】，分 0.3in, 0.5in, 0.8in, 1.0in, 1.2in, 1.5in、2.5in、3.0in、5.0in、8.0in 共 10

种规格。LED 数码管一般由数字集成电路驱动，有时还配上晶体管，才能正常显示。

LED 显示器分类

- 1, 按封装尺寸分类，一般分为大、中、小型三种。通常中、小型的采用双列直插式，大型的采用印刷版插入式。
- 2, 按显示位数的分类，根据管位的不同数量一般可分为单管位、双管位、四管位以及多管位。
- 3, 按发光强度分类：按发光强度通常分为普通发光二极管和高发光强度显示器两种。普通发光强度显示器的发光强度 $I_v \geq 0.3\text{mcd}$, 而高发光强度显示器的发光强度 $I_v \geq 5\text{mcd}$, 而且后者工作电流小于前者，约为 1mA 电流即可发光。
- 4, 按字形结构分类：按字形结构通常分数码管和符号管两种。
- 5, 按发光颜色分类。LED 发光颜色可分为红、橙、黄、绿等多种。

表 5-7 常见国产 LED 数码管的主要参数及国外对应产品型号

型 号	主要参数	国外互换型号	型 号	主要参数	国外互换型号
BS224	1 位 0.3 英寸 共阳/红/高亮	TLR332	BS341	1 位 0.5 英寸共阴/绿	LTS547G
BS225	1 位 0.3 英寸 共阴/红/高亮	TLR332	BS342	1 位 0.5 英寸共阳/绿	LTS546G
BS241	1 位 0.5 英寸 共阴/红/高亮	LTS547R	BS343	1 位 0.4 英寸共阴/绿	GL8N056
BS242	1 位 0.5 英寸 共阳/红/高亮	LTS546R	BS344	1 位 0.4 英寸共阳/绿/高亮	LTS4501AG
BS243	1 位 0.4 英寸 共阴/红/高亮	LTS4740AP	BS582	1 位 2.3 英寸共阳/橙	M01231A
BS244	1 位 0.4 英寸共阳/红	LTS4701AP	BS583	1 位 2.3 英寸共阳/橙	M01231C
BS247-2	1 位 1 英寸 共阴/红/高亮	GL8P01	2BS246	2 位 0.5 英寸共阳/红	TLR325
BS266	1 位 0.8 英寸 共阳/红/高亮	HDSP-3401			

LED 数码显示器的检测

(1) 判别 LED 数码显示器的极性

对于标识不清的 LED，可以通过万用表 R*10 挡来确定其极性。因 LED 的正向工作电压一般位 1.5~2V，故需采用 R*10 挡并且外接一节 1.5V 电池进行升压。

测量时，将黑表笔串接一节 1.5V 干电池（电池的负极接万用表“-”端，正极接黑表笔）后，接数码显示器任一引脚不动，用红表笔依次触碰其余个引脚。若同一位数码管上的几个笔段均发光，则说明被测数码显示器位共阳极结构，且黑表笔接的是该数码管的公共阳

极。

若测量时各位数码管均不亮,则应对调表笔,即将红表笔串接 1.5V 干电池(电池的负极接红表笔,正极接万用表的“+”端)后,接数码管显示器任一引脚不动,用黑表笔去依次接触其余各引脚。若测量时同一位数码管上各笔段均发光,则说明被测数码显示器为共阴极结构,且红表笔接的是该数码管的公共阴极。

(2) 检测已知极性的 LED 数码显示器

对于已知极性的 LED 数码显示器,用万用表 R \times 10K 挡直接测量其内部各发光二极管的正向电阻值,即可判断其好坏。

共阴极 LED,可将万用表的红表笔与公共阴极相接不动,用黑表笔依次去触碰其他各个引脚,触碰到哪个引脚,相应的笔段发光,同时万用表的指针也会大幅度向右摆动。

共阳极 LED,可将万用表的黑表笔与公共阳极相接不动,用红表笔依次去触碰其他各个引脚,正常时相应的笔段应发光,万用表的指针也会大幅度向右摆动。

若测量数显示器公共端与某引脚之间的正向电阻值为 0 或为无穷大(相应的笔段不亮),则说明该显示器内部有发光二极管击穿或损坏。

检测 LED 数码管应注意的事项

(1) 在判定结构形式时,若黑表笔固定接某脚,红表笔碰触其他任一脚都不亮,说明被测管属共阳极式,应交换表笔位置后重测。

(2) 上述 LED 的小数点是完全独立的,这给设计电路也带来方

便，使用更灵活。若将 DP-与 \ominus 短接，则用高电平驱动 DP+时小数点发光。反之，将 DP+接 \oplus ，再用低电平驱动 DP-时小数点才发光。

1. 用二极管档检测

将数字万用表置于二极管档时，其开路电压为+2.8V。用此档测量 LED 数码管各引脚之间是否导通，可以识别该数码管是共阴极型还是共阳极型，并可判别各引脚所对应的笔段有无损坏。

(1) 检测已知引脚排列的 LED 数码管

检测接线如图 5-42 所示。将数字万用表置于二极管档，黑表笔与数码管的 h 点（LED 的共阴极）相接，然后用红表笔依次去触碰数码管的其他引脚，触到哪个引脚，哪个笔段就应发光。若触到某个引脚时，所对应的笔段不发光，则说明该笔段已经损坏。

(2) 检测引脚排列不明的 LED 数码管

有些市售 LED 数码管不注明型号，也不提供引脚排列图。遇到这种情况，可使用数字万用表方便地检测出数码管的结构类型、引脚排列以及全笔段发光性能。

下面举一实例，说明测试方法。被测器件是一只彩色电视机用来显示频道的 LED 数码管，体积为 20mm×10mm×5mm，字形尺寸为 8mm×4.5mm，发光颜色为红色，采用双列直插式，共 10 个引脚。

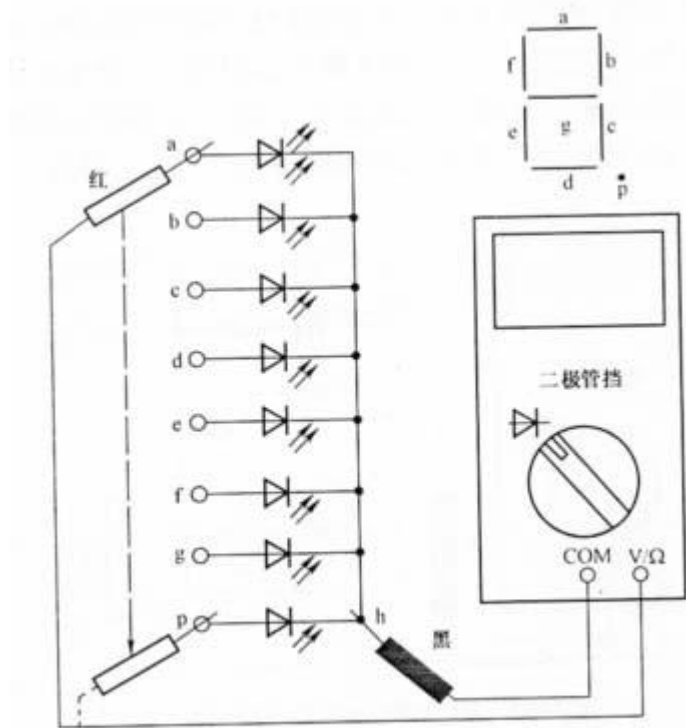


图 5-42 检测已知引脚排列的 LED 数码管

0) E9 m

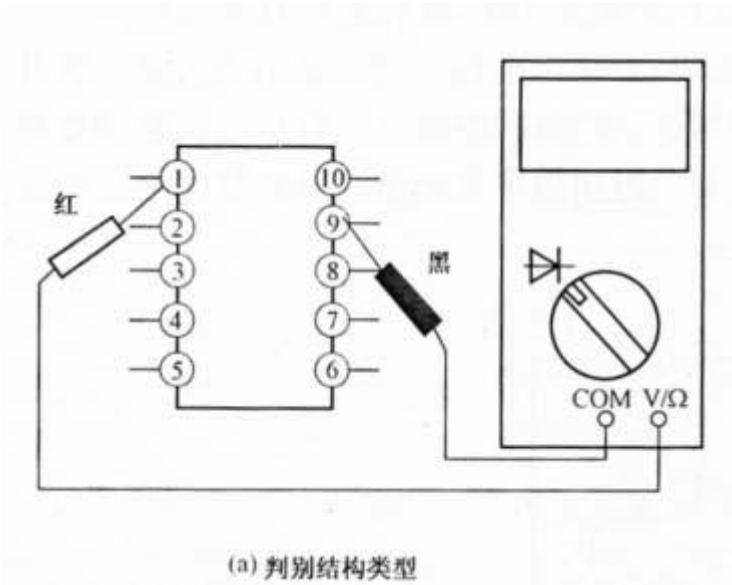
2 J) s& W0 G4 d

将数字万用表置于二极管档，红表笔接在①脚，然后用黑表笔去接触其他各引脚，只有当接触到⑨脚时，数码管的 a 笔段发光，而接触其余引

a. 3（所万用表）示脚时则不发光。由此可知，被测管时共阴极结构类型，⑨脚是公共阴极，①脚则是 a 笔二判别数码管的结构类型！

w& }6 H+ n9 l, P

检测接线如图 5-4a 段的引出脚。4 S! A3 i2 E8 n



Q, p

/ ^ (| (U. ~" u

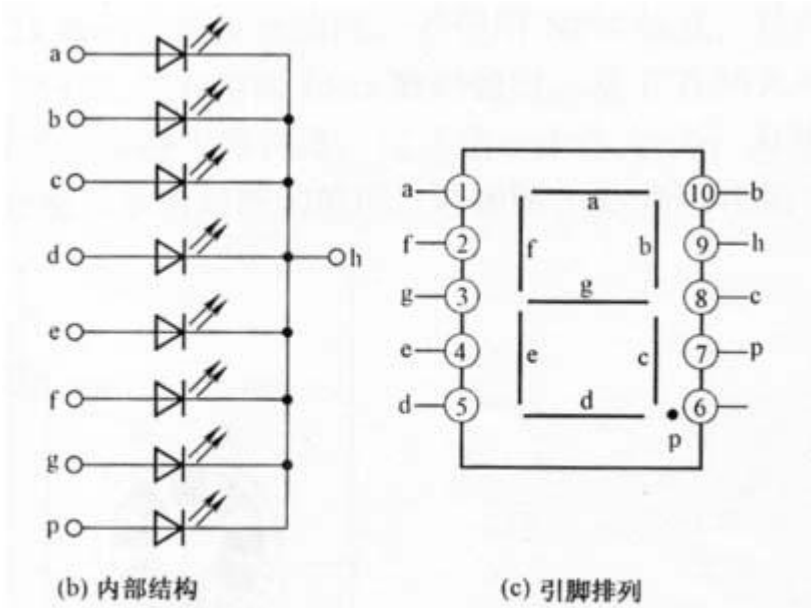


图 5-43 检测引脚排列不明的 LED 数码管的连线图

+ q7 ?! e' 12 p0

{

b. 判别引脚排列

仍使用数字极管档，将黑表笔固定接在⑨脚，用红表笔依次接触②、③、④、⑤、⑧、⑩、⑦脚时，数码管的 f、g、e、d、c、b、p 笔段先后分别发光，据此绘出该数码管的内部结构和引脚排列（面对笔段的一面），如图 5-43 (b)、(c) 所示。

c. 检测全笔段发光性能

前两步已将被测 LED 数码管的结构类型和引脚排列测出。接下来还应该检测一下数码管的各笔段发光性能是否正常。检测接线如图 5-44 所示，将数字万用表置于二极管档，把黑表笔固定接在数码管的公共阴极上（⑨脚），并把数码管的 a~p 笔段端全部短接在一起。然后将红表笔接触 a~p 的短接端，此时，所有笔段均应发光，显示出“8”字。

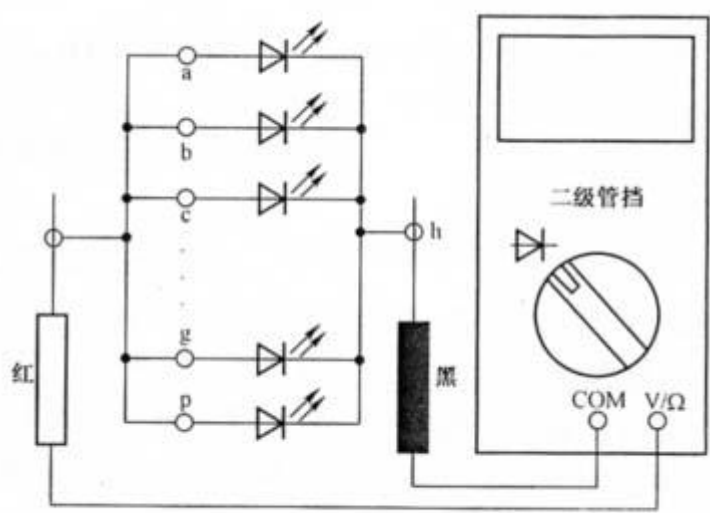


图 5-44 检测全笔段发光情况的接线图

在作上述测试时，应注意以下几点：

(1) 检测中,若被测数码管为共阳极类型,则只有将红、黑表笔对调才能测出上述结果。特别是在判别结构类型时,操作时要灵活掌握,反复试验,直到找出公共电极(h)为止。

e1 p* n8 r; Q' z8 T

(2) 大多数LED数码管的小数点是在内部与公共电极连通的。但是,有少数产品的小数点是在数码管内部独立存在的,测试时要注意正确区分。

! L- o6 g0 @9 v2 i! @" I

2. 用hFE档检测

利用数字万用表的hFE档,能检查LED数码管的发光情况。若使用NPN插孔,这是C孔带正电,E孔带负电。例如,在检查LTS547R型共阴极LED数码管时,从E孔插入一根单股细导线,导线引出端接(一)级(第③脚与第⑧脚在内部连通,可任选一个作为(一));再从C孔引出一根导线依次接触各笔段电极,可分别显示所对应的笔段。若按5-45所示电路,将第④、⑤、①、⑥、⑦脚短路后再与C孔引出线接通,则能显示数字“2”。把a~g段全部接C孔引线,就显示全亮笔段,显示数字“8”。

0 a# r2 s' [5 p/ w) 0# L

/ a5 H' ?/ P" j0 N9 S. t

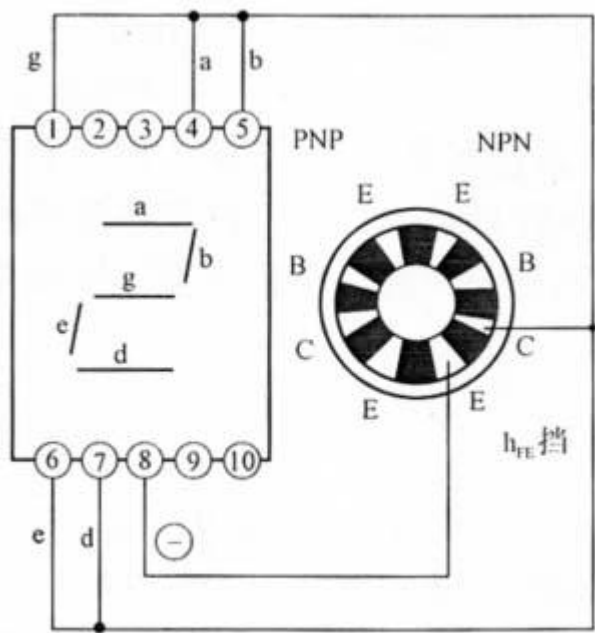


图 5-45 用 h_{FE} 挡检测共阴极 LED 数码管的接线图

检测时，若某笔段发光黯淡，说明器件已经老化，发光效率变低。如果显示的笔段残缺不全，说明数码管已经局部损坏。注意，检查共阳极 LED 数码管时应改变电源电压的极性。

如果被测 LED 数码管的型号不明，又无引脚排列图，则可用数字万用表的 h_{FE} 档进行如下测试：

- (1) 判定数码管的结构类型（共阴或共阳）。
- (2) 识别引脚列。
- (3) 检查全笔段发光情况。

具体操作时，可预先把 NPN 插孔的 C 孔引出一根导线，并将导线接在假定的公共电极（可任设一引脚）上，再从 E 孔引出一根导线，用此导线依次去触碰被测管的其他引脚。根据笔段发光或不发光的情

况进行判别验证。测试时，若笔段引脚或公共引脚判断正确，则相应的笔段就能发光。当笔段电极接反或公共电极判断错误时，该笔段就不能发光。

数字万用表 hFE 档所提供的正向工作电流约 20mA，做上述检查绝对不会损坏被测器件。

需注意的是，用 hFE 档或二极管档不适用于检查大型 LED 数码管。由于大型 LED 数码管是将多只发光二极管的单个字形笔段按串、并联方式构成的，因此需要的驱动电压高（17V 左右），驱动电流大（50mA 左右）。检测这种管子时，可采用 20V 直流稳压电源，配上滑线电阻器作为限流电阻兼调节亮度，来检查其发光情况。

10.2 液晶显示器

液晶是介于固体和液体之间的一种有机化合物。一般情况，它和液体一样可以流动，但它在不同方向上的光学特性不同，类似于晶体性质。故称为液晶。

液晶显示器属于被动型显示器件，是利用液晶的电光效应、通过交流电场控制环境光在显示部位的反射或透射来显示的，它本身不发光，不能在光线黑暗的环境下显示。

液晶显示器具有如下特点：

①工作电压低（2~6V），微功耗（ $1\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 以下），能与 CMOS 电路匹配。

②显示柔和，字迹清晰，不怕强光冲刷，光照越强对比度越大，显示效果越好。

- ③体积小，重量轻，多为平行板。
- ④设计、生产工艺简单
- ⑤具有高可靠性，长寿命，廉价。

液晶显示器的分类：

- ①按转换机理分类：可分为扭曲向列（TN）型、动态散射（DS）型、宾主（GH）型、超扭曲（STN）型、电控双折射（ECB）型、双频型、变相（PC）型和储存型等。
- ②按驱动方式分类 可分为静态驱动式和动态驱动式
- ③按用途分类 可分为时钟用、手表用、计算机用、仪器仪表用、微型彩电用、电脑显示器用、影碟机用、点阵显示器用等。
- ④按结构分类 可分为反射型、透射型和投影型等多种
- ⑤按连接方式分类 按液晶显示器与驱动电路之间的连接方式可分为导电橡胶式连接和插针式连接。

用万用表检测液晶显示器

应用广泛的三位半静态显示液晶屏的引脚如图（1），一般引脚均按此排列。一般显示器背极（也称公共极）在最边缘最后一个引脚，而且较宽，通常液晶显示器上有 1~4 个背极引脚。

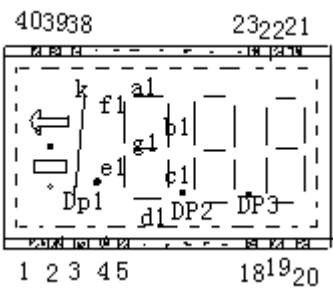


图 1

平时我们主要检测液晶显示器有无断笔或连笔现象，并检测它的清晰程度。

(1) 用万用表 R*10k 挡检测

将任一表笔固定在液晶显示屏的背极上，用另一表笔依次接触其他各引脚，当表笔接触到某一笔段引脚时，该笔段就应显示出来。如果能看到清晰、无毛边的显示各笔段，说明该显示器质量良好。如果发现某笔段不显示，有缺笔现象，或发现某些笔段连在一起了，有连笔现象，说明此显示器质量不佳。检测中会遇到某引脚和背极间电阻为零的情况，则此引脚也时背极。

检测中应注意以下问题：

①上面检测中，有时在测某笔段时，会出现邻近笔段也显示出来，这是感应显示，不时故障。此时用手摸一摸邻近笔段与公共极，就可以消除感应显示。

②液晶显示器不宜长时间在直流电压下工作，所以用万用表的 R*10k 挡检测时，时间不要过长。

③由于万用表的 R*10k 挡内部有 9~15V 的电池，而液晶显示器的阈值为 1.5V，为了避免损坏显示屏，最好将表笔上串联一个 40~60 k Ω 电阻器。

④在检测时，用表笔接触显示器引脚，用力不要太大，用力太大容易划伤引脚膜造成液晶显示器接触不良。

⑤当液晶显示器出现断故障时，多为断笔引脚侧面引线开路所致，可以用削尖的 6B 铅笔，在引脚根部划几下，用石墨将其连

接，仍可继续使用。

（2）加电检测法

此法用 3V 直流电源（两节 1.5V 电池串联），将任一极（如正极）接在显示器公共极上，用电池负极依次接触显示器其他各引脚，与某引脚相关的笔段就会显示出来。这种方法实质和万用表的 R*10k 挡检测一样，只是用外接电源。

加电检测法也可以用交流电。取一段长度约为 1m 的绝缘软导线，用左手手指接触液晶显示屏的公共电极，右手拿软导线，让软导线靠近 220 交流电源线，这样软导线上就可以感应出 50Hz、零点几伏（依线长短，靠近程度而定）的交流电压，用软导线一端的金属部分依次去接触显示器其他各引脚，正常的液晶显示器，各个引脚能依次显示出相应笔段的笔画来。

用数字式万用表检测液晶显示器

液晶显示器采用低电压（3~6V），功耗甚微（0.3~100 μ W），适宜与 CMOS 电路直接相配，可用于各种自动化检测设备数字显示，尤其适用于电池供电的携带式数字仪表（如数字式万用表）

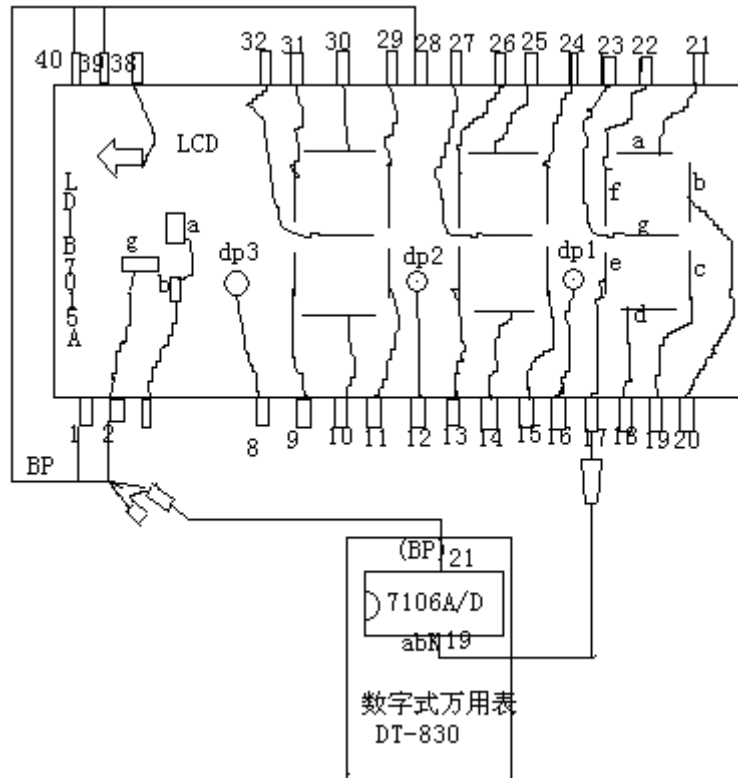


图 2

方法如图(2)卸开数字万用表的后盖,在其内部的7106A/D转换器集成电路的第21脚(BP)的插座上插入一根单股导线,在另一端接入一个线夹,再把线夹与LCD背极BP夹牢。再用另一根单股导线插入7106A/D转换器集成电路的第19脚abK,其另一端接一支表笔,与LCD的某一个笔画电极相接触。然后打开数字式万用表的电源开关,将量程转换开关拨至任意一个电阻挡(例如 $2k\Omega$),数字式万用表的两表笔不接触,此时从其abK端与(BP)端分别输出50HzD方波电压。当表笔依次碰触液晶显示器各笔画a,b,c,d,e,f,g的电极时,正常时应都能发光;如某笔画不显示,说明该笔画已损坏;若是发光暗淡,则表明被测液晶显示器已经接近于失效。

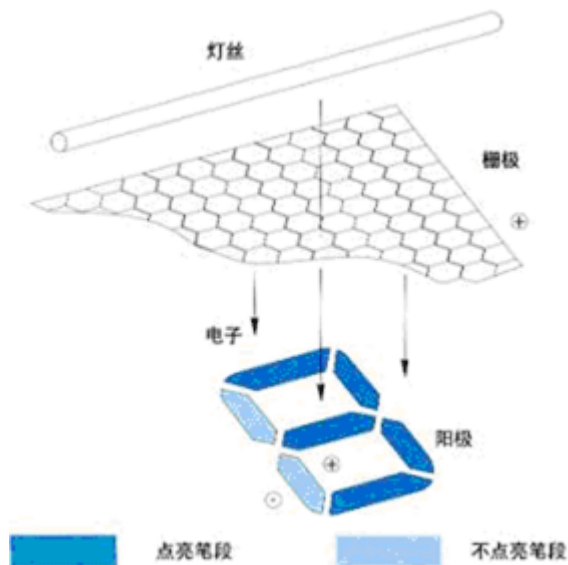
10.3 真空荧光显示器与辉光数码管

(1) 真空荧光显示器的特点

真空荧光显示器 (VFD)。它是利用真空荧光管进行显示的，其工作方式类同于电子管。VFD 的特点时工作电压低、亮度高、体积小，而且它的价位较低；与 LED 相比能显示出较小的字体，且没有方向性。

(2) 真空荧光显示器的结构

真空荧光显示器也称荧光真空管，由玻璃外壳、灯丝 (F)、阳极、栅极等构成：



真空荧光显示器，阴极由钨丝做成，它是一种直热式灯丝，给其加上交流电压，温度升高至 700°C 左右时开始发射电子。阳极用来收集电子，做成字符、数字状，上面涂有荧光物质。在阳极与阴极之间时栅极，它是极薄的金属网，它的作用是控制电子轰击阳极表明荧光粉的速度。阳极加的信号为段信号，栅极加的控制信号叫栅位信号。

VFD 正常工作时，阳极电压、栅极电压相对灯丝电压信号而言均为正电位，否则显示器不发光。

（3）真空荧光显示器的驱动方式

VFD 的基本驱动方式分为静态驱动和动态驱动。

- ① VFD 静态驱动显示器有公共阴极（灯丝）、公共栅极和每一区域相对应的阳极段位，各阳极间彼此独立。静态驱动显示器是利用阳极截止特性来工作的，灯丝需加上额定的交流电压，静态驱动中，栅极是连在一起给加恒定的正电压；阳极是分别引出，由译码驱动电路有选择地施加正电压；阴极由变压器直接提供交流电压。此种驱动方式适宜位数较少的真空荧光显示器。图（无）

② VFD 动态驱动显示器是利用其阳极截止特性和栅极截止特性进行工作的，动态驱动中，各个位的栅极连在一起、并分别按位引出；各个段位的阳极也连在一起，且栅极、阳极上均由驱动电路（集成电路）提供脉冲电压。为了保证荧光显示器显示准确无误，在不需要显示的区域上加一个低于灯丝电压的负截止电压（通常是加在栅极上），使这些段位完全不亮。

VFD 是一个真空显示器，为了维持其真空度，四周用玻璃粉进行了密封，内装环状消气器，并留有排气管。

真空荧光显示器的选用

真空荧光显示器属于低压荧光发生器件，广泛用于录像机、影碟机、功率放大器等影音器材中。选用时，首先应根据应用要求选择其

显示内容（是数字显示、字符显示还是模拟显示等），然后再根据驱动电路的类型来选择真空荧光显示器是动态驱动还是静态驱动型。

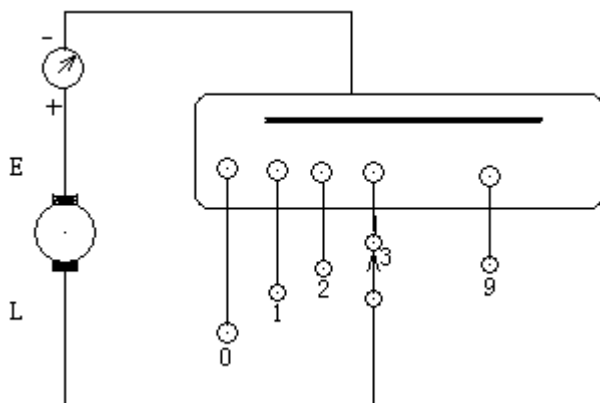
用万用表检测真空荧光显示器

真空荧光显示器正常工作时，其灯丝加上 $2.5 \sim 3.8\text{V}$ 交流电压（根据型号而异）后，用手挡住外界光照射，应能隐约看到横向灯丝呈微红色。可用万用表测量灯丝电压是否正常。若灯丝电压正常，但看不到灯丝发红光，则可判断该显示器已坏。

用万用表检查辉光数码管

辉光数码管属于冷阴极辉光管，具有十个阴极和一个阳极，管内充有氖气，当某个阴极与阳极之间的电压大于起辉电压时，该阴极起辉，由于十个阴极制成 $0 \sim 9$ 共十个数码形状，故可显示相应数字。若阴极与阳极之间的电压低于熄灭电压，该阴极即熄灭。

辉光数码管查其好坏的电路如图：



用万用表检查辉光数码管电路图

当万用表如图示接法时可测出数码管的阴极电流。图中开关 S

为单刀十位转换开关，可依次接通各个阴极。若将万用表并联在辉光管的两端，可测出辉光管的起辉电压。

当以额定转速摇绝缘电阻表时，其发出的直流电压迅速升高，当超过辉光管的起辉电压时，开关所接通的阴极起辉，显示出相应数码。若发出的辉光很暗，则说明辉光管已衰老；若显示数字少笔画，则表明所对应的阴极局部开路。

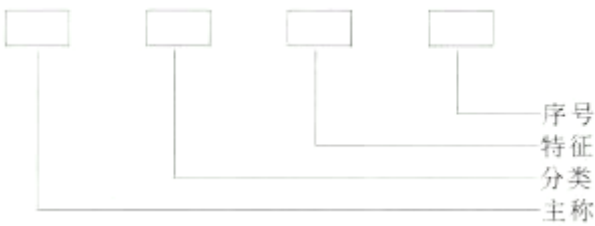
第十一章 电声器件

电声器件是指能将音频电信号转换成声音信号或将声音信号转换成音频信号的器件。例如，扬声器就是将音频信号转变成声音信号的电声器件；传声器则是把声音信号转变成音频信号的电声器件。电唱机的电唱头，耳机，蜂鸣器，讯响器等也属于电声器件

11.1 电声器件型号命名方法

1.1 电声器件型号命名方法

电声型号命名一般由四部分组成



电声器件主称部分

表 12-1 电声器件型号中主称部分的代表符号及意义			
主 称	代 表 符 号	主 称	代 表 符 号
扬声器	Y	声柱(扬声器)	YZ
传声器	G	号筒式组合扬声器	HZ
耳机	E	耳机传声器组	EG
送话器	O	扬声器系统	YX
受话器	S	复合扬声器	TF
送话器组	N	送受话器(组)	NS
两用换能器	H	通信帽	TH

型号命名的第二部分类别

表 12-2 电声器件型号中分类部分的代表符号及意义			
分 类	代 表 符 号	分 类	代 表 符 号
电磁式	C	压电式	Y
动圈式(电动式)	D	电容式(静电式)	R
带式	A	驻极体式	Z
等电动式(平膜音圈式)	E	碳粒式	T

型号命名的第三部分特征

表 12-3 电声器件型号中特征部分的代表符号及意义			
特 征 1	代 表 符 号	特 征 2	代 表 符 号
号筒式	H	高频	G
椭圆式	T	中频	Z
球顶式	Q	低频	D
接触式	J	立体性	L
气导式	I	抗噪声	K
耳塞式	S	测试用	C
耳挂式	G	飞行用	F
听诊式	Z	坦克用	T
头戴式	D	舰艇用	J
手提式	C	炮兵用	P

示例：

Y D G 50-1

扬声器 电动式 高频 标称口径 50mm

生产序号, 1

电动式高频扬声器

11.2 扬声器

1.2 扬声器



扬声器中最广泛应用的是电动式纸盆扬声器。当电动式扬声器音圈通以音频信号时，音圈就会产生一个随音频电流变化的磁场，并与永久磁铁的磁场相互作用，使音圈受力振动，并带动纸盘振动，驱动空气发出声波。

1.2.1 扬声器的种类和主要技术参数

扬声器又称“[喇叭](#)”。是一种十分常用的电声换能器件，在出声的电子电路中都能见到它。

1. 扬声器的种类

电动式（动圈式）扬声器，静电式（电容式）扬声器，压电式（晶体式）扬声器，电磁式扬声器。

扬声器按重放音的工作频带分为以下几种：

（1）高音扬声器

专门重放功率放大器输出音频信号的高频部分的扬声器单元。

其结构形式主要有号解式、锥盆式、球顶式和铝带式等几大类。工作频率为2500~16000Hz。

(2) 中音扬声器

专门重放功率放大器输出音频信号的中频部分的扬声器单元，工作频率为500~7500Hz。

(3) 低音扬声器

专门重放低音信号，工作频率为15~5000Hz。

(4) 宽频带扬声器

它的工作频率可覆盖音频的高，中，低全频段。

2. 扬声器的主要技术参数

(1) 标称功率

长时间正常工作时输入的电功率。常用功率为 0.1W, 0.25W, 0.5W, 1W, 3W, 5W, 10W, 50W, 100W, 200W。

扬声器所能承受的最大功率大于额定功率的 1.5~2 倍。

(2) 标称阻抗

扬声器在额定功率下的交流阻抗值。常用有 4 欧, 8 欧, 16 欧, 32 欧。数值上约为扬声器音圈直流电阻值得 1.2~1.3 倍。

(3) 频率响应特性

扬声器输出声压随输入信号频率而变化的特性，在扬声器加上恒定幅值的不同频率的音频信号，检测扬声器的输出声压。

(4) 灵敏度

当在扬声器加上相当于在额定阻抗 1W 电功率的噪声信号电压时，在参考轴上离参考点 1M 处产生的声压 P (Pa)。灵敏度反映了扬声器电声转换效率的高低。

(5) 失真度

谐波失真：扬声器发出的声音与原来的声音不尽相同，而是放出的声音中出现了原信号频率的高次谐波。

互调失真：高次谐波与原许多音频成分相互作用，还会产生新的频率分量。

(6) 指向特性

扬声器发声时在空间各方向辐射声压的分布情况。

扬声器的标称尺寸：

标称尺寸是指扬声器正面最大直径尺寸

1.2.2 电动式扬声器

1. 电动式纸盆扬声器结构

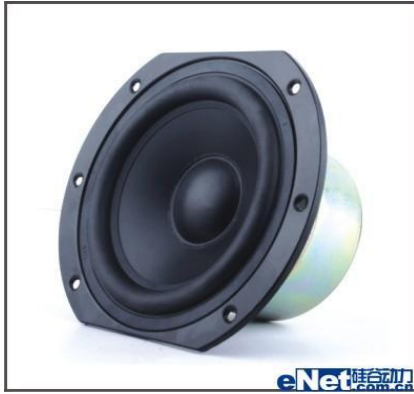
动圈式扬声器由三部分组成：①振动系统，包括锥形纸盆、音圈和定心支片等；②磁路系统，包括永义磁铁、导磁板和场心柱等；③辅助系统，包括盆架、接线板、压边和防尘盖等。

2 电动式纸盆扬声器原理

音圈上的线圈在电流作用下产生了交变磁场，并与永久磁铁产生的大小和方向均不变的固定磁场相互作用。

优点是结构简单，体积小，中，低音频率响应好，缺点是辐射效率低。

1.2.3 球顶式扬声器



扬声器发声时通过振动膜直接向空中辐射的。

分类：

(1) 硬球顶扬声器：具有良好的瞬间响应特性，发音清晰，音色层次分明。

(2) 软球顶扬声器：重放音较硬球顶扬声器的发音柔和，有悠扬，轻松感。

共同优点：失真小，音质好，瞬态特性好，重放频带较宽，指向性好。

缺点是换能效率低。

1.2.4 号筒式扬声器



号筒式扬声器的优点是效率高，可高达 10%~40%。缺点是低频响应差，频带较窄。

1.2.5 压电式扬声器（晶体片扬声器）



www.china.cn 利用压电陶瓷等的压电效应和振膜制成的。

当音频信号输入时，由于压电效应，压电陶瓷晶体片将发生机械伸缩或弯曲，从而带动振膜发声。

1.2.6 电磁式扬声器



这是一种利用磁路变化而振动，发声的扬声器，其原理为：当音频信号电流通过固定的线圈时，它产生的磁场使铁芯（衔铁）磁化，并围绕支点作振动。通过杠杆带动纸盆发声。

1.2.7 平板式扬声器

优点是具有宽而平坦的频响特性，非线性失真小，具有较高的音质。

11.3 用万用表检测扬声器并进行质量判别

1.3 用万用表检测扬声器并进行质量判别

1.3.1 扬声器的外观检查和试听鉴别

1. 扬声器的外观检查

查看扬声器的纸盆是否完好。检查时，用双手均匀地轻轻按下纸盆，倾听有无摩擦声（由音圈与导磁体相蹭时发出的声音）。

2. 扬声器的音质直观判别

口径越大，纸盆边越软的扬声器，其低音越丰富，声音低沉而浑厚。口径小，纸盆硬而轻的扬声器，则高音特性好。

可将扬声器接在音响设备上试听，音量有小到大放出。

优质扬声器，其发声浑厚（低音），高亢（高音），和谐（谐音丰富），音域广，有力度，有层次。在音量加大后，细听有无音质嘶哑，浑浊，沙哑现象，有无刺耳，不和谐声。

1.3.2 用万用表检测扬声器的质量和性能参数

1. 扬声器发声的检查

检测方法 1：将万用表置于 $R \times 1$ 挡，一支表笔（不分正负）与扬声器的任一引出端相接，另一表笔与另一引出端断续的碰触，这时扬声器应发出“喀，喀”声，万用表的指针也会相应摆动。

检测方法 2：用一节干电池，+，-两端各接上一根导线，用两根导线断续的触碰扬声器的两根引出端，扬声器应发出“喀，喀”声，说明扬声器是好的。

2. 用万用表粗测扬声器的阻抗

(1) 将万用表置于 $R \times 1$ 挡，并认真进行该欧姆挡的校零，一支表笔

(不分正负)与扬声器的任一引出端相接,另一表笔与另一引出端碰触。

(2)测出扬声器的直流电阻 r , 如 $r=6.6$ 欧。

(3)计算阻抗 Z , $Z=(1.1\sim 1.3)r$. 通常中小型扬声器系数为 1.2.

测试时,先调零,后测试,测试时间不宜过长。

2. 扬声器相位(极性)的判断

在制作组合音响,两只扬声器的高,低音扬声器的相位(极性)是不能接反的。并联使用时,各扬声器的正极与正极相连;若串联使用,上面扬声器的负极应与下面扬声器的正极相连。

(1) 扬声器极性(相位)的判别方法

1. 用万用表检测

将万用表置于直流电流 $50\mu\text{A}$ 挡,将红黑表笔分别接在扬声器的两引出端,然后用手轻弹一下扬声器纸盆。若指针向右摆动,说明红表笔所接一端为扬声器的正端(+),黑表笔所接一端为扬声器的负端(-);若指针向左摆动,红表笔所接一端为扬声器的负端,黑表笔所接一端为扬声器的正端。

2. 采用外接电池判断

用一节大号干电池,+, -两端各接上一根导线,用两根导线分别接扬声器的两根引出端,在接通电源的瞬间,观察纸盆的振动方向,若纸盆向前运动,则电池正极(+)的一端为扬声器的正极;若纸盆向后(靠近磁铁方向)运动,则接电池负极的一端为负极。

注意不要长时间测试。若扬声器为高阻抗(如 32 欧或以上)的,将

两节 1.5V 电池接后再使用。

11.4 耳机，耳塞机

1.4 耳机，耳塞机

耳机，耳塞机是电声转换器件，文字符号“B 或 BE”。

1.4.1 耳机和耳塞机的种类

按换能方式	按声道	按结构外形
电动式耳机	单声道耳机	头戴式耳机
电磁式耳机	双声道耳机	耳挂式耳机
压电式耳机		耳塞式耳机
静电式耳机		贴身式耳机
平膜音圈式耳机		听诊式耳机
平板式耳机		
立体声红外耳机		

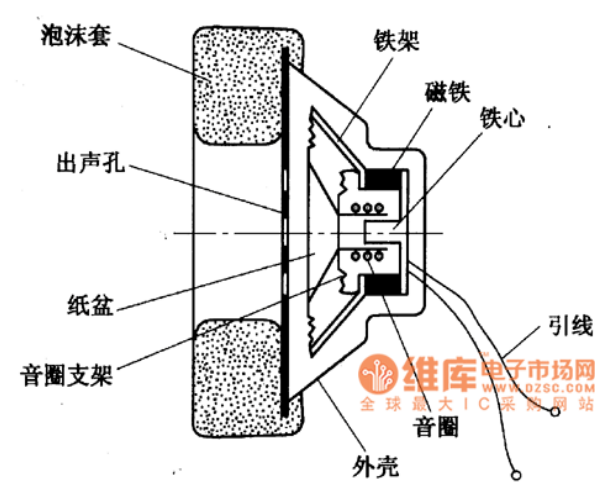
2. 耳机的型号命名方法

第一部分用字母 E 表示，为主称；第二部分表示耳机的类型，用字母表示；第三部分为耳机的特征，用字母或数字表示；第四部分表示序号，用数字表示。

耳机型号中类别，特征个字母的含义

第二部分:	类别	第三部分:	特征
符号	字母意义	符号	字母意义
D	电动式	D	头戴式
C	电磁式	G	耳挂式
E	平膜音圈式	S	耳塞式
Y	压电式	L	立体声
R	静电式	Z	听诊式

1.4.2 电动式耳机



(b) 内部结构



(a) 外形

电动式耳机用振动膜片代替扬声器的纸盆，耳机的阻抗一般较低。音

频信号电流通过耳机音圈时，音圈产生的交变磁场与磁场的恒定磁场相互作用，从而使音圈按照音频频率振动并带动音膜同频振动而发声。

电动式耳机灵敏度高，频率特性好，低音较丰富。

1.4.3 电磁式耳机

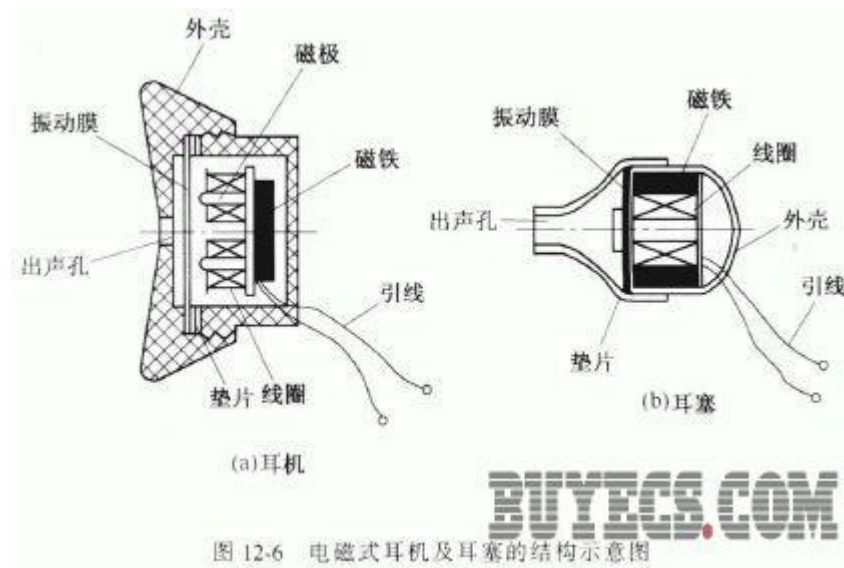


图 12-6 电磁式耳机及耳塞的结构示意图

1.4.4 耳机的性能参数

(1) 阻抗是耳机和耳塞的重要参数，注意阻抗匹配。耳机的阻抗大于或小于电路的输出阻抗，会影响功率的输出和重放音质。低阻抗（4~16 欧）耳机，中阻抗（25~200 欧）耳机，高阻抗（600~2000 欧）耳机。

(2) 灵敏度，频率响应，谐波失真等。

一般耳机频率范围在 30kHz~20kHz，高性能耳机在 16Hz~25kHz；

一般耳机的灵敏度应不小于 90dB/mW，高灵敏耳机则在 100~116dB/mW；

一般耳机的谐波失真可小于 2%，高保真耳机低于 0.5%。

1.4.5 耳机的检查和检测

1. 耳机和耳塞机的一般检查

耳机常发生音圈引出线断开，连接线折断，音圈与音膜脱离等现象。

耳机的故障主要有开路故障和音质差故障。

开路故障：万用表拨至 $R \times 100$ 挡，轻轻点触耳机的两根引线，正常时耳机应发出“咔咔”声。若“咔啦”声大而清脆，耳机灵敏度高，性能好。

若发现声音小或发音不正音质差，则可能是音圈与音膜错位，音膜变形等。

若声音时有时无，则说明耳机连线接触不好，应检查耳机易折断的根部。

2. 双声道耳机的检测

这样的耳机插头应有三个引出端。通常在插头后端的接触点为公共端，前端和中间段分别为左，右声道的引出端。

将万用表置于 $R \times 1$ 欧挡，并进行 0 校准。万用表任一表笔接在耳机插头根部的公共点上，然后用另一表笔分别触及耳机插头的另外两个引出点，此时应发出“喀，喀”声，表针同时偏转，指出阻值，如 20 欧，且左右声道的阻值应相等或相近（对称）。

若测量时无声，指针偏摆至 0 欧附近，说明被测通道内部引线或插头处有短路的地方；

若测量时无声，指针也不偏转，说明被测通道内部有引线断开或焊点处已断开；

若测量时电阻值正常，但发声很弱，可能是耳机插头处有虚焊或耳机

振动膜片与音圈等有装配不到位的地方。

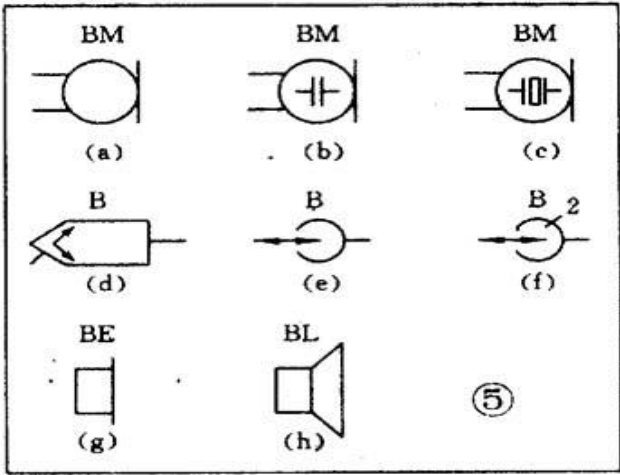
11.5 传声器

1.5 传声器

1 传声器的种类

按换能原理	按声作用方式	按声传播的指向性	按输出阻抗
电动式	压强式	全向式	低阻抗(<2k 欧)
驻极体型	压差式	单向心形	高阻抗 (>2k 欧)
压电式晶体	组合式	单向超心形	
压电陶瓷式	线列式	单向超指向式	
电容式	抛物线式	双向式	
铝带振动膜	反射镜式	可变指向式	

2 传声器的型号，文字符号和电路图形符号



传声器电路图形符号

传声器的命名包括四部分

第一部分：主称，用 C 表示传声器

第二部分：类型，用字母表示

第三部分：特征。用数字或字母表示

第四部分：生产序号，用数字表示

传声器第二部分（类型）中字母代号的含义

字母代号	含义	字母代号	含义
D	动圈式（电动式）	Y	压电式
A	带式	Z	驻极体式
B	电容式（静电式）	T	炭粒式

1.5.2 传声器的主要性能参数

（1）灵敏度

灵敏度是指传声器在一定声压作用下，将声音转换为输出电压信号的

能力，单位为 mV/Pa 。

常用分贝（dB）表示, $1000\text{mV}/\text{Pa}=0\text{dB}$ 。

（2）频率响应

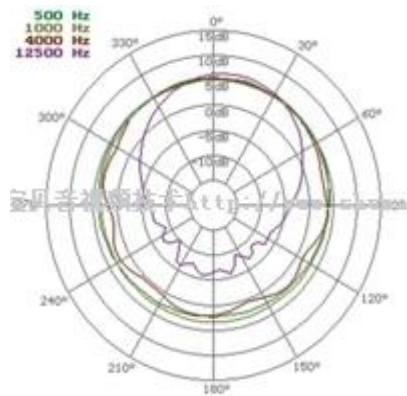
频率响应是指传声器灵敏度与声音频率间的关系，是频率特性。

（3）输出阻抗

传声器的输出阻抗是指它的输出端的交流阻抗，输出阻抗通常是在 1000Hz 频率下测得的。

（4）指向性（拾音方向性图）

指向性是指传声器灵敏度随声波入射方向而变化的特性。用方向性系数 D 来描述，主要有三种。



1. 全向性：指传声器对来自四面八方的声波有大体相同的灵敏度，其有效拾音范围呈圆形。
2. 单向性：指传声器的正面灵敏度明显高于背面或侧面。
3. 双向性：指传声器的前，后面有大体相同的灵敏度，而两侧的灵敏度较低。有效拾音范围在传声器的正面和背面。

1.5.3 动圈式（电动式）传声器



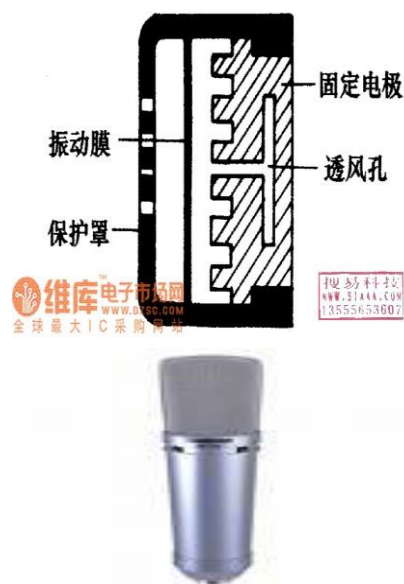
1. 动圈式传声器的传声原理

电压——膜片振动——音圈振动——音圈切割磁力线产生音频电压
——阻抗匹配变压器——

2. 用于阻抗匹配的输出变压器

由于音圈输出的感应电压及输出阻抗低，为了提高输出电压，装入输出变压器，便于与扩音机输入阻抗相匹配。

1.5.4 电容式传声器



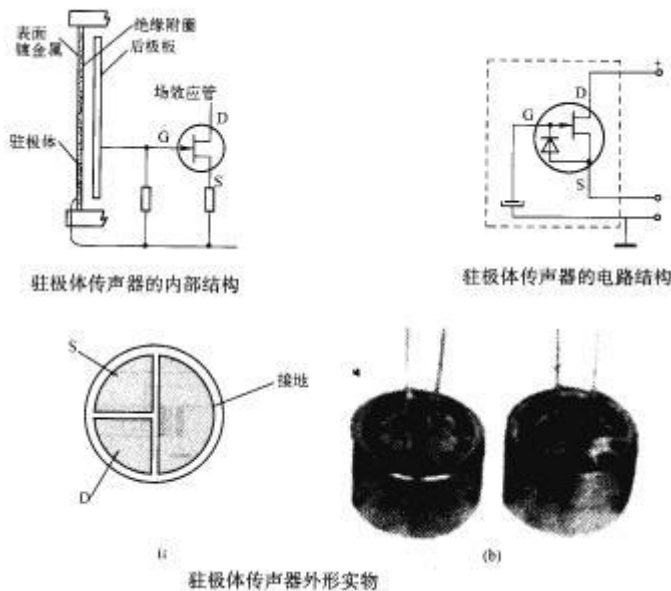
电容式传声器是一种靠电容量的变化而引起声——电转换作用的传声器。

1. 电容式传声器的工作原理

电压——膜片振动——容量变化——充、放电电流随声音变化——在 R 上产生电压信号

电容式传声器的优点是频率响应好，固有噪声电平低，失真小。但由于激化用的直流电压高（约 250V），放大级装在壳体内，传声器体积较大，使用时需供给较高的直流电压。

1.5.5 驻极体传声器



1. 驻极体传声器的结构和声——电转换原理

11.6 用万用表检测并判别动圈式传声器和驻极体传声器

1.6.1 用万用表检测并判断动圈式传声器

动圈式传声器分为低阻抗传声器和高阻抗传声器。

1. 判断动圈式传声器有无短路，断路故障

将万用表置于 $R \times 1$ 挡，用两个表笔（不分正负）断续碰触传声器的两个输出端，传声器应发出“咔咔”声。若传声器无任何声响，表明有

故障。

并从测得的电阻值来判断故障的性质：若测得的电阻值为 0 欧，说明传声器输出呈短路；如果测出的电阻值为无穷大，说明输出已短路。

2. 用万用表检测动圈式传声器的输出电阻

对于低阻抗传声器，万用表置于 $R \times 1$ 挡，打开传声器开关，用两个表笔（不分正，负端）接触传声器的两个引出端，测其电阻值，一般阻值在 $50 \sim 300$ 欧。

对于高阻抗传声器，万用表置于 $R \times 100$ 挡，测得阻值一般在 $500 \sim 1600$ 欧。

3. 用万用表 50 μ A 挡粗测传声器灵敏度

将万用表置于 50 μ A 挡，两表笔与动圈式传声器两个输出端相接，然后对准传声器讲话（由远及近），若万用表指针不动，说明传声器有故障；若指针摆动，说明传声器可用。

对于两个或两个以上的传声器可粗测其灵敏度高低，方法是固定好传声器，且讲话人与传声器（头）的距离和高度不变的条件下，万用表的指针随声音的摆动幅度越大者，表明传声器的灵敏度越高。

1.6.2 用万用表检测并判断驻极体传声器

1. 驻极体传声器的源极（S）和漏极（D）的判断

将万用表的换挡开关置于 $R \times 1K$ 挡，然后将黑表笔接在驻极体传声器底部输出端口的任一点上，红表笔则接在另一点上，记下表头指示，阻值较大者，表明黑表笔接触的点为漏极，红表笔接触的点为源极。

2. 用万用表检测并判断驻极体传声器质量

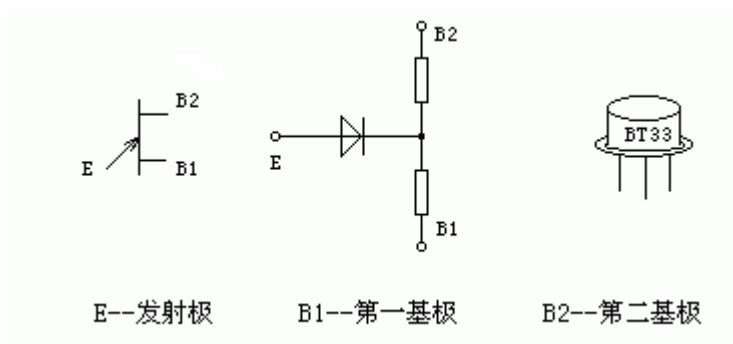
将万用表的换挡开关置于 $R \times 1K$ 挡，根据驻极体与外电路连接方式不同。对于二端式，即源极输出传声器，用万用表黑表笔接传声器底部漏极 D，红表笔接传声器的接地端。测试者向传声器吹气，万用表若有指示，说明传声器正常，指示值越大，灵敏度越高。

对于三端式，漏极输出。用万用表黑表笔接它的漏极 D，红表笔接源极 S，并同时接接地端（S 端与接地端之间用短路线跨接）。检测方法同上。

第十二章 用万用表检测其他元件

11.1 单结晶体管

单结晶体管 UJT 又叫双基极二极管，这是由于它有一个 PN 结和三个电极（一个发射极和两个基极）的缘故。UJT 具有负阻特性，可广泛用于定时、振荡、双稳及调光、调温等电路。国产 UJT 典型产品有 BT31~ BT37，国外典型产品有 2N4646、2N4648 等。它的符号和外形见附图



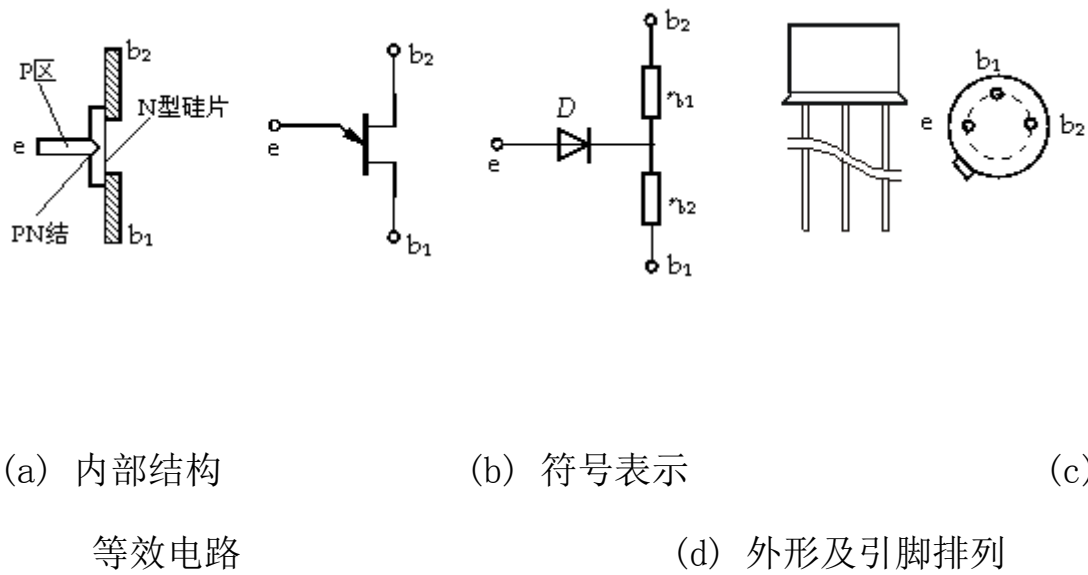
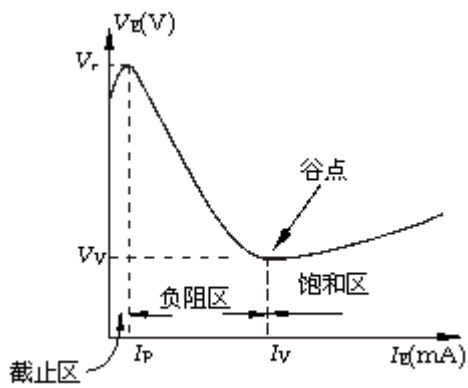


图 1 单结管的内部结构、符号表示、等效电路以及引脚排列

单结管的内部结构、符号表示、等效电路以及引脚排列，如图 1(a)、(b)、(c)、(d)所示。引脚 b_1 、 b_2 分别为第一基极和第二基极（双基极）， e 为发射极。 e 极和 N 型硅片间构成一个 PN 结。PN 结 A 点至两基极间的等效电阻分别用 r_{b1} 和 r_{b2} 表示。两基极间的电阻用 r_{BB} 表示， $r_{BB} = r_{b1} + r_{b2}$ 。



单结管的伏安特性曲线示于图 2。共分三个区——截止区、负阻区、饱和区。

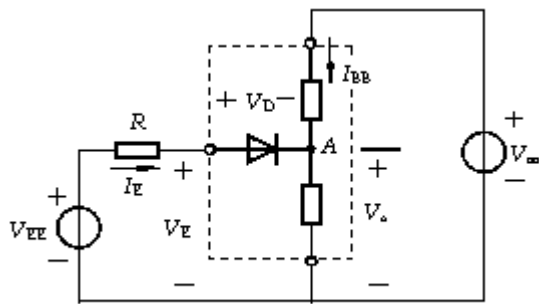


图3

图 3 为单结管的工作原理图。在电路中让基极 2 (b_2) 比基极 1 (b_1) 电位较正，图中电源电压 V_{BB} 的正极接 b_2 、负极接 b_1 ；发射极接触发电压 V_E 。

即使 UJT 处于截止区，从 B_1 到 B_2 仍有少量电流。沿着 N 型硅片存在着一个电压梯度 V_A 。发射极电压 V_E 等于启动或峰值电压 V_P ($V_P = V_A + V_D$ ， V_D 为 eb_1 之间的正向压降，一般约为 $0.6 \sim 0.7V$)，PN 结是正偏置，单结晶体管导通。启动时， b_1 和 E 之间的电阻很快的降低，从 b_1 到 b_2 的电流增加，同时从 E 也有一个相当大的电流流出，使 r_{b1} 为低阻态，管子也进入负阻区。 V_E 低于低谷电压 (V_V) 后，管子进入饱和区，使单结晶体管截止。发射极启动电压 V_P 是由分压比 $\eta = r_{b1}/r_{BB}$ 确定的。

单结晶体管的特点

① 常工作时, R_{B1} 的阻值是随发射极电流 I_E 而变化的, 是一个可变电阻。

② 单结晶体管导通的条件是, 发射极电压 U_E 等于峰点电压 U_P ; 导通后, 使单结晶体管恢复截止的条件是, 发射极电压 U_E 小于谷点电压 U_V 。

③ 单结晶体管的峰点电压 U_P 与外加电压 U_{BB} 和管子的分压比 η 有关。外加电压相同而分压比不同的管子或对同一管子外加电压 U_{BB} 不同时, 峰值电压都不相同。

④ 不同单晶体管的谷点电压 U_V 和谷点电流 I_V 不相同, 而且同一单结晶体管外加电压 U_{BB} 不同时, U_V , I_V 也不相同, 一般 U_V 在 $2 \sim 5V$ 。

部分单结晶体管参数表

型号	参数名称	分压比	基极间电阻 /k Ω	发射极与第一基极 反向电压 /V	反向 电流/ μA	饱和压 降/V	峰值 电流/ μA	调制电 流/mA	耗散功率 /mW
	测试条件	$U_{BB}=20V$	$U_{BB}=20V$ $I_E=0$	$I_{E0}=1\mu A$	$U_{EB0}=60V$	$U_{BB}=20V$ $I_E=50mA$	$U_{BB}=20V$	$U_{BB}=15V$ $I_E=50mA$	
BT31A	参数 值	0.3~0.55	3~6	≥ 60	≤ 1	≤ 5	≤ 2	9~30	< 300
BT31B		0.3~0.55	5~10	≥ 60	≤ 1	≤ 5	≤ 2	9~30	< 300
BT31C		0.45~0.75	3~6	≥ 60	≤ 1	≤ 5	≤ 2	9~30	< 300
BT31D		0.45~0.75	5~10	≥ 60	≤ 1	≤ 5	≤ 2	9~30	< 300
BT31E		0.65~0.85	3~6	≥ 60	≤ 1	≤ 5	≤ 2	9~30	< 300
BT31F		0.65~0.85	5~10	≥ 60	≤ 1	≤ 5	≤ 2	9~30	< 300

BT32A	0.3~0.55	3~6	≥60	≤1	≤4.5	≤2	9~35	≤300
BT32B	0.3~0.55	5~10	≥60	≤1	≤4.5	≤2	9~30	300
BT32C	0.45~0.75	3~6	≥60	≤1	≤4.5	≤2	9~35	300
BT32D	0.45~0.75	5~10	≥60	≤1	≤4.5	≤2	9~35	300
BT32E	0.65~0.85	3~6	≥60	≤1	≤4.5	≤2	9~35	300
BT32F	0.65~0.85	5~10	≥60	≤1	≤4.5	≤2	9~35	300
BT33A	0.3~0.55	3~6	≥60	≤1	≤4.5	≤2	9~40	500
BT33B	0.3~0.55	5~10	≥60	≤1	≤5	≤2	9~40	500
BT33C	0.45~0.75	3~6	≥60	≤1	≤5	≤2	9~40	500
BT33D	0.45~0.77	5~10	≥60	≤1	≤5	≤2	9~40	500
BT33E	0.65~0.85	3~6	≥60	≤1	≤5	≤2	9~40	500
BT33F	0.65~0.85	5~10	≥60	≤1	≤5	≤2	9~40	500

注：UBB 为两基极间电压，IE0 为反向电流，UEB0 为 E-B 间反向电压，
IE 为发极电流。

用万用表判断单结晶体管发射极和两个基极：

E 的判断：将万用表的量程转换开关拨至 R*1k 挡，测量单结晶体管任意两个引脚之间的阻值。正反向电阻值相等的两个引脚是基极 B1、B2，剩下的即为发射极 E。

基极判断：将万用表的量程转换开关拨至 R*1k 挡, 黑表笔接发射极，红表笔分别接两个基极，测得正向电阻值略小的那个引脚为第二基极 B2，另一引脚则是第一基极 B1。

（上述测基极方法不一定适合所有的单结晶体管。如在安装中发现工作不理想，只需将原来判定的两个基极交换一下即可）

用万用表检测单结晶体管

通过用万用表测试单结晶体管的极间电阻阻值，即可粗略判定它的好坏，方法：

① 两基极的极间电阻 R_{BB} 的阻值判断单结晶体管的好坏：万用表量程拨至 $R \times 1k$ 挡，红黑表笔分别接 B1, B2，如果测得正反向电阻值在 $2 \sim 15 k\Omega$ 之间，则表明被测单结晶体管是好的。如果测得的电阻值很小，表明管子短路击穿；阻值很大则是开路损坏，均不可用。

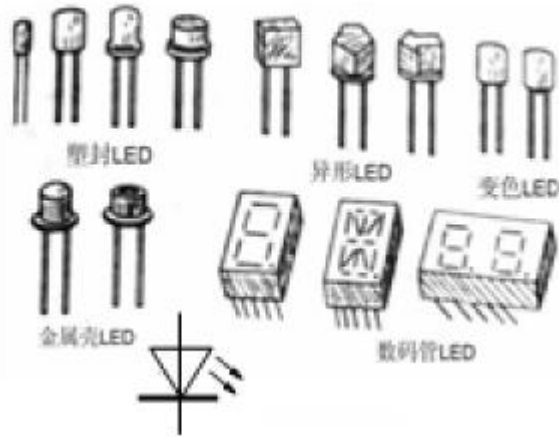
② 由发射极和两基极间的正向电阻值判断单结晶体管的好坏：万用表量程拨至 $R \times 1k$ 挡，黑表笔接发射极，红表笔分别接 B1 和 B2，万用表指针指在表头刻度中间附近，则表明被测单结晶体管是好的；如果测得的阻值为零或无穷大，则证明其已经损坏。

③ 由发射极和两基极间的反向电阻值判断单结晶体管的好坏：万用表量程拨至 $R \times 1k$ 挡，红表笔接发射极，黑表笔接 B1 之后再接 B2，若万用表指针接近 ∞ 处，表明被测单结晶体管是好的；若测值很小，则被击穿，不可用。

11.2 发光二极管

发光二极管通常是用砷化镓、磷化镓等制成的一种新型器件。它具有工作电压低、耗电少、相应速度快、抗冲击、性能好以及轻而小的特点，被广泛应用于单个显示电路或作成七段矩阵式显示器。而在数字电路实验中，常用做逻辑显示器。

发光二极管的种类很多,从发光颜色来分,有发红光的磷砷化镓、砷铝镓、磷化镓发光二极管;发黄光的碳化硅发光二极管;发绿光的磷化镓、砷化镓发光二极管以及发蓝光和紫光的发光二极管。此外,还有红外发光二极管变色发光二极管等。



几种常见的发光二极管及其符号

发光二极管的引脚识别: 一般来讲,引脚较长的为正极,较短的为负极。对金属壳封装的那种,靠近凸块的那条引脚为正极,另一条引脚为负极。当二极管无上述特征可辨时,可以用万用表检测。方法是:将万用表的转换开关拨在 $R \times 10K$ 挡,如果发光二极管是好的,指针指示值为 $50 \sim 80k\Omega$,则红表笔接的是发光二极管的负极,还表笔接的是正极;如果万用表读数大 $400k\Omega$,则红表笔接的引脚为正极,还表笔接的为负极。

变色发光管外形及图形符号:

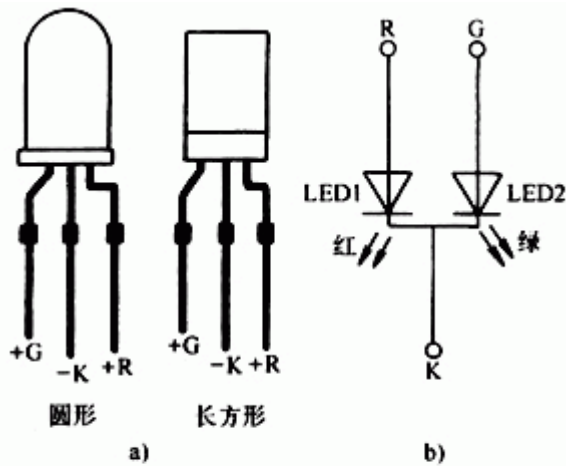


图 4-24 三端变色发光二极管的外形图
和电路图形符号
a) 外形 b) 电路图形符号

发光二极管的主要参数

① 于大工作电流 I_{FM} 它是指发光二极管长期正常工作时，所允许通过的最大电流。比如，BT-208 型红色发光二极管的最大工作电流为 30mA。FG133003 型黄色发光二极管最大正向电流为 50mA。

② 正向电压 U_F 它是指通过规定的正向电流时，发光二极管两端产生的正向电压。比如，BT311-X 型发光二极管的正向电压为 1.9V，BT-208 型红色发光二极管的正向电压小于或等于 2.5。

③ 反向电流 I_R 它指发光二极管两端加上规定的反向电压时，管内的反向电流。比如，BT-105N 型绿色发光二极管的反向电流为 10 μA 。

④ 发光强度 I_o 它表示发光二极管亮度大小的参数，其值为通过规定的电流时，在管芯垂直方向上单位面积所通过的光通量，单位是毫坎德拉 (mcd)。比如，BT-108 型绿色发光二极管的发光强度为

0.5mcd。

⑤发光波长 λ_F 它是指发光二极管在一定工作条件下，所发出光的峰值（为发光强度最大一点）对应的波长，也称峰值波长 λ 。由发光波长可知发光二极管的发光颜色。比如发光波长 λ_p 为700nm的发光二极管颜色为红色； λ_p 为620nm的管发橙色光。表11-1和11-2列出几种发光二极管的参数。

普通发光二极管参数表

型号	材料	发 光 颜 色	封 装 形 式	最大值			电参数				光参数			
				P_M /	I_{FM}	U_R	U_F /V		I_R / μA		I_o /mcd			λ_p /
				mW	/ mA	/V	ma x	I_F /mA	ma x	V_R /V	mi n	典 型 值	I_F /mA	$^\circ A$
FG1140 00	GaAsP/Ga As	红	红 色 散 射	30	20	≥ 5	2	10	10 0	5	0. 3	1.0	10	6600
FG1120 00	GaAsP/Ga As	红	无 色 散 射	30	20	≥ 5	2	10	10 0	5	0. 3	1.2	10	6600
FG1130 00	GaAsP/Ga As	红	红 色	30	20	≥ 5	2	10	10 0	5	0. 4	2.0	10	6600

			透 明											
FG1110 00	GaAsP/Ga As	红	无 色 透 明	30	20	≥ 5	2	10	10 0	5	0. 4	2.5	10	6600
FG3140 00	Gap/Gap	红	红 色 散 射	50	20	≥ 5	2. 5	10	50	5	0. 4	1.5	10	7000
FG3120 00	Gap/Gap	红	无 色 散 射	50	20	≥ 5	2. 5	10	50	5	0. 4	1.5	10	7000
FG3130 00	Gap/Gap	红	红 色 透 明	50	20	≥ 5	2. 5	10	50	5	0. 5	2.5	10	7000
FG3110 00	Gap/Gap	红	无 色 透 明	50	20	≥ 5	2. 5	10	50	5	0. 5	2.5	10	7000

FG321000	GaAsP/GaAs	橙	橙色 散射	50	20	≥5	2.5	10	100	5	0.4	2.0	10	6100
FG322000	GaAsP/GaAs	橙	无色 散射	50	20	≥5	2.5	10	100	5	0.4	2.0	10	6100
FG32000	GaAsP/GaAs	橙	橙色 透明	50	20	≥5	2.5	10	100	5	0.5	3.5	10	6100
FG321000	GaAsP/GaAs	橙	无色 透明	50	20	≥5	2.5	10	100	5	0.5	3.5	10	6100
FG334000	GaAsP/GaAs	黄	黄色 散射	50	20	≥5	2.5	10	100	5	0.4	2.5	10	5850
FG332000	GaAsP/GaAs	黄	无色	50	20	≥5	2.5	10	100	5	0.4	2.5	10	5850

			散 射											
FG3330 00	GaAsP/Ga As	黄	黄 色 透 明	50	20	>=5	2.5	10	100	5	0.5	4.0	10	5850

HG410 系列砷化镓红外发光二极管

参数分 类	正向工作 电流	正向压 降	发射功 率	反向漏电 流	反向耐 压	结电容	工作截 止频率
符号	I_F	U_F	I_P	I_R	U_R	C_f	f
单位	mA	V	mW	μA	V	pF	MHZ
条 件 号		I_F =30mA	I_F =30mA	U=80V	I_R =100mA	f=1kHz	
HG411	30	≤1.5	1~1.5	≤50	≥5	<200	1
HG412	30	≤1.5	1.5~2	≤50	≥5	<200	1
HG413	30	≤1.5	2.0~2.5	≤50	≥5	<200	1

注：用途：用于光电自动控制及光电耦合的红外光源，也可作快速光源用。

工作温度：-55~+100℃。

相对湿度：≤98%

使用发光二极管时应注意的问题

①正确弯折引脚：不能折到二极管底部，应在焊接前弯折引脚，不能在焊到印制板上后再进行弯折。

②焊接要求：焊接点应尽量远离引脚根部，最小焊接距离为 8mm，防止温度过高，造成内部断路。

③防止过电流：一般发光二极管在工作电流 I_F 为 1mA 时启辉，随着 I_F 的增加，亮度不断增大，当 $I_F > 5\text{mA}$ 时亮度不再显著增加。单色发光二极管的极限工作电流 I_F 一般在 20~30mA 范围，超过此值将会烧坏，所以发光二极管的工作电流应在 5~20mA 范围，一般选有 5mA 左右较为合适。

用万用表检测发光二极管

(1) 正、负极的检测

用万用表的 $R \times 1k$ 挡测发光二极管的正、反向电阻值。一般正向电阻值小于 $50 \sim 80k\Omega$ ，反向电阻值应大于 $400k\Omega$ 。若正、反方向电阻值均为零，说明器内部已短路。若正、反方向电阻值均为无穷大，说明其内部已断路。测量值小的一次，万用表黑表笔接的是二极管的正极。目前使用的发光二极管，全部采用透明材料封装，管子引脚一长一短，长的是正极，短的是负极。

(2) 发光二极管的检测

将万用表置于 $R \times 1k$ 挡，由于万用表内有 9V 电池，可以启动发光二极管，但由于电流很小，二极管只能发出微弱的光。若用双表法（将

两表串联), 发光二极管会发出较明亮的彩色光。使用双表法时, 两块万用表的型号要相同。列如, 用两块 MF-30 型万用表, 拨到 $R \times 10$ 挡, 因为万用表的内阻为 250Ω , 串联后总电阻为 500Ω , 二极管上通过的电流很小, 约为 3mA , 管子发光很弱。如果万用表用两块 500 型的, 置于 $R \times 10$ 挡, 因一块万用表的内阻为 100Ω , 则通过二极管的电流达 7.5mA , 二极管发光很亮。

实际测量中, 一般不太注意万用表的内阻, 可以将两块表都先拨到 $R \times 10$ 挡, 如果二极管发光很弱, 再将两块表都拨到 $R \times 1$ 挡。

用万用表检测变色发光二极管

(1) 变色发光二极管的结构

变色发光二极管实际上是在一个管壳内装了两只发光二极管的管芯, 一只是红色的, 一只是绿色的, 良管的负极连在一起, 其代表符号如图 4-24(b) 所示, 当在红管正极和公共端加上 1V 以上的电压 (应串上限流电阻) 时, 变色发光管发红光; 加在绿管发绿光; 两管同时加上上述电压时则发橙光。红管和绿管的额定工作电流为 10mA , 如某一管的电流大而另一管的电流小, 就会发出和上述三种颜色不同的颜色, 这就是变色发光二极管名称的由来。

(2) 变色发光二极管的检测

管子的正负极检测同单色二极管一样, 不再重复。检测它的发光情况, 将万用表置于 $R \times 10$ 挡, 把黑表笔串联一只 1.5V 电池, 红表笔接 K, 黑表笔接 R, 管子应发红光。将红表笔接 K, 黑表笔接 G, 管子应发绿光。将红表笔接 K, 黑表笔同时接 R 和 G, 管子应发出复色的

橙光。在测试过程中，若发现某次测量时二极管不发光，说明此发光二极管已损坏。

若采用双表法做此检测，就不可串入一节电池，方法与上述过程相同。

发光二极管的选用

- ① 发光二极管和普通二极管一样是由一个 PN 结构成的，它具有单向导电特性。因它们能耗低，可直接用集成电路或双极型电路推动发光，可选用作为家用电器和其他电子设备的通断指示或数值显示。如果我们把发光二极管的管芯制成条状，用 7 个条形发光二极管组成七段式数码管和符号管，如图(11-30)可作为数字化仪表、计算机和其他电子设备的数字显示。

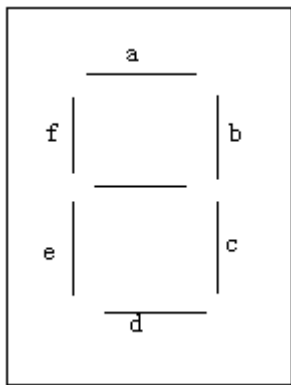


图 11-30 七段式数码管

- ② 它具有体积小、工作电压低，亮度高、寿命长、视角大等特点。比如 BSR3161 型发红光的磷化镓发光二极管的每段工作电压只有 2.5V，发光强度大于 0.35mcd；BSR4103G 型发光二极管发光强度大于 1.5mcd；BSR6103C 型管的工作电压 2.5V，发光强度大于 10mcd。

- ③ 选用发光二极管时，可根据要求选择发光二极管的颜色，通

常电源指示灯可选红色。根据安装位置，选择管子形状和尺寸。

④更换发光二极管时，焊接时间不宜过长、温度不宜过高，以免损坏发光二极管。其工作电压形式交流、直流均可。

11.3 继电器开关

1、继电器的分类

常用的继电器主要有电磁式继电器、干簧式继电器、时间继电器、磁保持湿簧式继电器和固态继电器等。

电磁式继电器（电磁继电器）又分为交流电磁继电器、直流电磁继电器、大电流继电器、小型电磁继电器、常开型电磁继电器、常闭型电磁继电器、极化继电器、双稳态继电器、逆流继电器、缓吸继电器、缓放继电器、快速继电器等多种。

固态继电器又分为直流型固态继电器、交流型固态继电器、功率固态继电器、高灵敏度固态继电器、多功能开关型固态继电器、固态时间继电器、参数固态继电器、无源固态温度继电器、双向传输固态继电器等。

根据触电负荷的形态和机能等方面，可以分为无特殊机能的通用继电器；动作速度特别快的快速继电器；具有延时释放机能的延时继电器；极小的驱动电流就能动作的灵敏继电器；在吸合或释放时仅需加上电流脉冲，而动作状态的保持不需要电流的自保继电器等，此外，触点负荷、形状特征和防护特征，还可以分为下述三类继电器。

① 按触点负荷分类

a. 小功率继电器 JR 型，触点负荷：直流纯电阻时，功率为 5~50W；交流负载为 15~120V*A。

b. 中功率继电器 JZ 型，触点负荷：直流纯电阻时，功率为 50~150W；交流负载为 120~500V*A。

c. 大功率继电器 JQ 型，触点负荷：直流纯电阻时，功率大于 150W；交流负载大于 500V*A。

②按形状特征分类 可分为微型继电器（代号 W，最长边尺寸不大于 10mm），超小型继电器（代号为 C，最长边不超过 25mm）和小型继电器（代号 X，最长边尺寸不大于 50mm）。

③按防护特征分类 可分为封闭式继电器（代号 F）和密封式继电器（代号 M）。用罩壳将线圈和触点等加以防护的继电器叫封闭式继电器；用焊接或其他方法将线圈和触点等封闭在一个不漏气的罩壳内，与周围介质相隔离的继电器叫密封式继电器。

国产继电器的分类及型号命名法见表

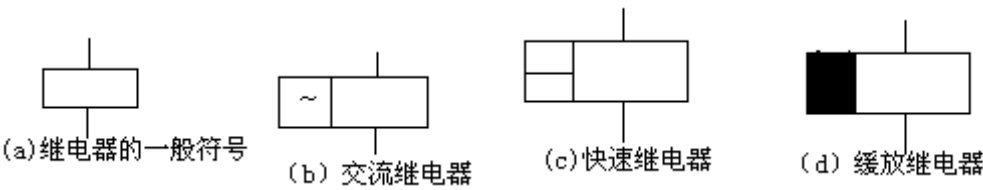
工具有无触点来划分，还有无触点、有触点两大类。型号中的字母 J 均代表继电器。

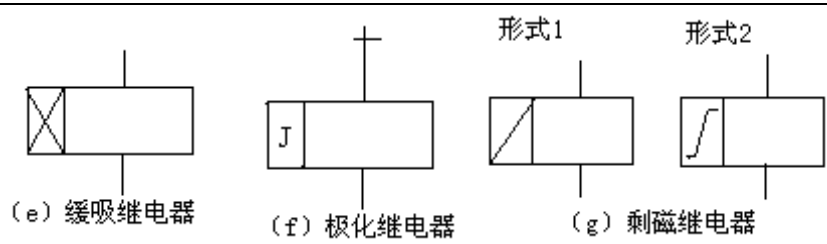
国产继电器分类及型号命名法

类型	名称	型号命名	特点
电磁式器电器 (EMR)	直流电磁继电器	JW、JR、JZ、JQ	控制电流为直流
	交流电磁继电器	JL	控制电流为交

	器		流
固态继电器 (SSR)	直流型固态继电器	JG(DC)	全固态器件，控制直流
	交流型固态继电器	JG(AC)	全固态器件，控制交流
热继电器	温度继电器	JU	受温度控制
	电热式继电器	JE	受热量控制
舌簧管	干簧管	GAG	干式触点
	湿簧管	GAS	湿式触点
舌簧继电器	干簧式继电器	JAG	采用干簧管
	磁保持湿簧式继电器	JAS	采用湿簧管
极化继电器	极化继电器	JH	由极化磁场与电流方向控制
时间继电器	电磁时间继电器	JSC	通过减缓磁场变化实现延时
	电子时间继电器	JSB	由电子元器件构成延时电路

继电器的电路图形符号：





继电器其电路代号为 K，一般由四部分组成：固定磁路部分（包括轭铁和铁芯）；可动磁路部分（衔铁）；绕在铁芯上的线圈和簧片系统（包括簧片、触点等）。

继电器的轭铁、铁芯和衔铁通常都是用磁导率高、矫顽力小的软磁材料制成（如电工软铁）。



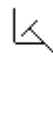


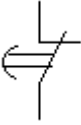

电磁继电器是在自动控制电路中起控制与隔离作用的执行部件，它是利用电磁原理使触点闭合或断开来控制相关电路。实际上，它是一种可以用低电压、小电流来控制大电流、高电压的自动开关。

电磁继电器的图形符号

电磁式继电器触点的图形符号如表 12-2 所示。在电路中触点组的画法是以线圈不通电时的原始状态画的。

表 12-2 电磁式继电器触点的常用图形符号

	动断（常闭）触点		动合（常开）触点此符号也可作开关符号
	先断后合转换触点		延时闭合的动合触点

	中间断开的双向触点		延时断开的动合触点
	先合后断转换触点		延时闭合的动断触点
	双动合触点		延时断开动断触点
	双动断触点		

电磁继电器的主要参数

①吸合电压（电流） 继电器所有触点从释放状态到达工作状态所对应的电压或电流的最小值。（该电参量不能作为可靠工作值）。

为了能够使继电器的吸合动作可靠，必须给线圈加上稍大于吸合电压（电流）的实际电压值，但不能太高，否则将烧坏线圈。

② 释放电压（电流） 继电器所有触点恢复到释放状态时所对应的电压或
电流最大值。

为能保证继电器按需要可靠释放，在继电器释放时，其线圈上的电压必须小于释放电压(电流)。

③ 额定电压（电流） 继电器可靠工作电压的电压或电流。工作时输入继电器的电参
量应该等于这一数值，通常为吸合电压或电流的 1.5 倍。

④吸合时间或释放时间 从继电器线圈中电流开始变化到接点闭合(或释放)两瞬间的时间间隔。吸合时间或释放时间与铁芯尺寸、衔铁行程等有关。

⑤触点负荷 触点负荷是指继电器的触点,允许通过的最大电流和所加的最高电压。即触点能够承受的负载大小。超过此电流值和电压值时,就会影响继电器正常工作,甚至损坏继电器触点。

⑥直流电阻 线圈的直流电阻,一般允许有 $\pm 10\%$ 的误差。它与线圈的匝数及线圈的额定工作电压成正比。

⑦线圈电源与线圈功率 线圈电源是指继电器线圈使用的工作电源类型(用来说明使用的是交流电还是直流电)。线圈功率是指继电器线圈所消耗的额定功率。

正确使用电磁式继电器

继电器的种类很多,用途各异,不同的继电器其特征参数各不同,因此选用时必须了解清楚继电器的特征参数后再使用,否则将使继电器的可靠性的得不到保证,进而使被控制电路失去控制。选用电磁继电器时,应根据电路的要求从以下几个方面来考虑。

(1) 选择额定工作电压与额定工作电流

驱动电压、电流小于继电器额定电压、电流值,则不能保证继电器的正常工作。如大于额定电压、电流值,则可能使继电器线圈烧坏。继电器的额定电压一般应小于或等于其控制电路的工作电压。用晶体管或集成电路驱动的直流电磁式继电器,其线圈额定电流(一般为吸合

电流的 2 倍) 应在驱动电路的输出电流范围之内。

(2) 选择触点类型急触点负荷

触点类型(单组触点、双组触点、多组触点及常开式触点、常闭式触点等)

触点负荷主要指触点所能承受的电压、电流的数值。如果电路中的电压、电流超过触点所能承受的电压、电流,在触点断开时会产生火花,这会缩短触点的寿命,甚至烧毁触点。所选继电器的触点负荷应高于其触点所控制电路的最高电压和最大电流。

(3) 选择合适的体积

(4) 线圈的规格

线圈规格的选择与继电器的吸合电流(或吸合电压)、释放电流和工作电流的数值有关。一般给予继电器的工作电流比吸合电流大,即为 1.5~1.8 倍,但又必须小于继电器线圈的额定电流,因为线圈有一定的电阻,有电流过线圈时,会使继电器发热,温度上升,所以电流又不能太大。继电器线圈电阻与动作电压(或电流)的关系是成正比的。

用万用表检测电磁式继电器

电磁继电器(EMR)简称继电器。它是由控制电流通过线圈所产生的电磁吸力驱动磁路中的可动部分而实现的触点开、闭或功能转换的。灵敏继电器是其中常见的一类,由于它灵敏度高、驱动电流小、耗电少、体积小、控制能力强,因此被广泛用于磁控、光控、温控等领域。灵敏继电器又分微型继电器、超小型继电器和小型继电器三种,

它们的最长边尺寸依次为 $1 < 10\text{mm}$ 、 $25\text{mm} > 1 > 10\text{mm}$ 、 $50\text{mm} > 1 > 25\text{mm}$ 。典型产品有 JRW、JRC、JRX、JQX 等系列，额定直流电压分 3V、6V、9V、12V、15V、18V、24V、27V、36V、48V 等规格。

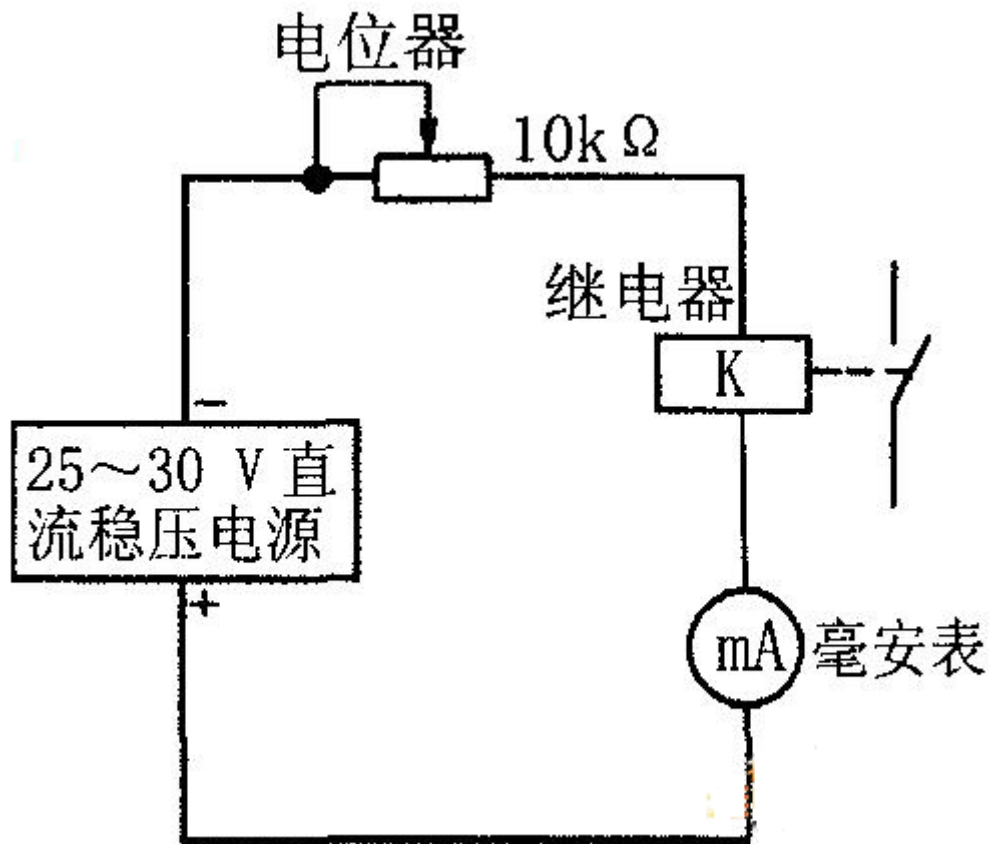
(1) 检测触点的接触电阻：用万用表 $R \times 1\Omega$ 档，测量继电器常闭触点的电阻值，正常值应为 0。再将衔铁按 F，同时用万用表测量常开触点的电阻值，正常值也应为 0。若测出某组触点有一定阻值或为无穷大，则说明该触点已氧化或触点已被烧蚀。

若测得继电器电磁线圈的电阻值为无穷大，则说明该继电器的线圈已开路损坏。若测得线圈的电阻低于正常值许多，则是线圈内部有短路故障。

(2) 估测吸合电压与释放电压：将被测继电器电磁线圈的两端接上 0~35 V 可调式直流稳压电源(电流为 2 A)后，再将稳压电源的电压从低逐步调高，当听到继电器触点吸合动作声时，此时的电压值即为(或接近)继电器的吸合电压。额定工作电压一般为吸合电压的 1.3~1.5 倍。

在继电器触点吸合后，再逐渐降低电磁线圈两端的电压。当调至某一电压值时继电器触点释放，此电压即是继电器的释放电压(一般为吸合电压的 10%~50%)

(3) 估测吸合电流和释放电流：将被测继电器电磁线圈的一端串接 1 只毫安电流表(可用万用表毫安档)后再接直流稳压电源(25~30 V)的正极，将电磁线圈的另一端串接 1 只 10 kW 的线绕电位器后与稳压电源的负极相连，如图所示。



接通电源后，将电位器的阻值由最大逐渐调小，当调至某一阻值时继电器动作，其常开触点闭合，此时电流表的读数即是继电器的吸合电流（继电器的工作电流一般为吸合电流的 2 倍）。再缓慢增大电位器的阻值，当继电器触点由吸合状态突然释放时，电流表的读数即为继电器的释放电流。

将继电器和测量电路断开，用万用表的电阻档测量电磁线圈的直流电阻值，用测得的电阻值乘以继电器的工作电流，得到的即是继电器的工作电压值。

用万用表检测继电器线圈通断

(1) 目测法

目测法就是先从外观上检查，一要看继电器引脚有无断线、开路、生锈；二要看线圈是有无松动、发霉、烧焦等现象；三要看常开、常闭触点是否正常。带有铁芯的继电器还要看它的铁芯有无松动和破损。如有上述现象，继电器的质量就存在问题，需要万用表测量。

(2) 用万用表对继电器的通电线圈的方法是：万用表选用 $R \times 1$ 挡，两支表笔接继电器通电线圈的两个引出脚，所测电阻值由继电器通电线圈的匝数和线径决定。匝数多、线径细的线圈电阻值大。若测得的电阻值为无穷大，则说明继电器通电线圈已经开路；若测的阻值为零，则说明短路。另外，测量时要注意继电器通电线圈局部短路、断路的问题，线圈局部短路时阻值比正常值小一些。

用万用表检测继电器常开、常闭触点

用万用表检测继电器常开、常闭触点的方法是：万用表选用 $R \times 10k$ 挡，万用表的两支表笔先测量常开触点，若测得的电阻值为无穷大，则说明常开触点正常；如果测量的阻值不是无穷大，则说明常开触点没有断开，已损坏。再将万用表欧姆挡调到 $R \times 1$ 挡，测量常闭触点，若测量的阻值为零，则说明常闭触点正常。如果测量的阻值不为零，则说明常闭触点没有闭合，接触不良或已经损坏。

干簧式继电器

干簧式继电器的特点是结构简单、动作灵活、寿命长（可正常动作 $10^6 \sim 10^7$ 次）、成本低、动作速度快、使用方便，可广泛用于控制电路、接近开关中。

用万用表检测干簧管

检测干簧管可以用万用表电阻档，以常开式两端干簧管为例，如果使用**数字**万用表的电阻档，可按图 1 接线。将数字万用表的两根表笔分别接干簧管的两根引线，此时电阻值应为无穷大。用一小块磁铁靠近干簧管，此时万用表的阻值应显示为 0，说明干簧管的两簧片已接通。当拿开小磁铁后，万用表的显示应又回到无穷大。符合以上测试现象的干簧管是好的。如果小磁铁靠近干簧管，万用表显示不为零；拿开小磁铁时，万用表显示不是无穷大，这样的干簧管就不能使用。

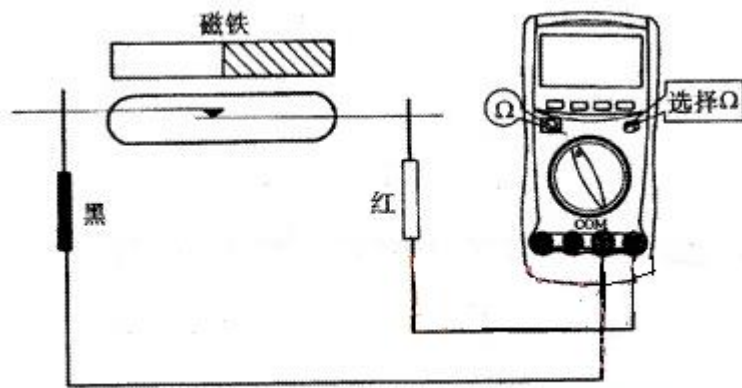


图 1 用数字万用表检测干簧管

如果用指针式万用表测试，以用 mf47 万用表测试常开式两端干簧管为例：除了可按图 1 所示连接测试外，还可以用万用表自身的磁场进行测试：把万用表拨到 $R \times 1$ 档，两根表笔分别接干簧管的两根引线，此时万用表指针应指在无穷大位置。当把干簧管靠近万用表中司

(机械调零螺钉处)时, 万用表指针应向右偏转指在“0” ω 处。测试连接图如图 2 所示。

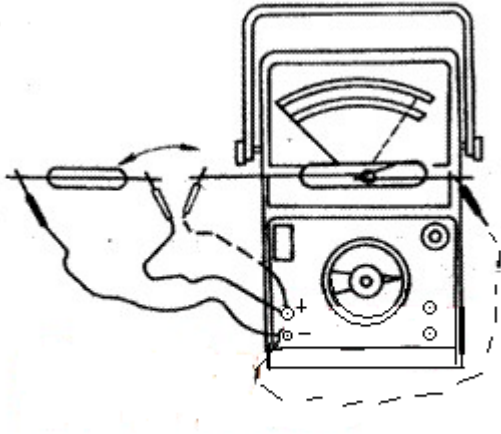


图 2 用指针式万用表测干簧管

按照干簧式继电器的线圈额定电压通电, 将万用表置于 $R \times 1$ 挡, 万用表的两表笔分别接继电器的两触点引脚 (H 型), 若万用表的指示值为 0, 表明继电器良好, 若万用表没有指示或有一定的阻值, 表明继电器有故障, 当线圈没有通电时, 其阻值应为 ∞ 。

磁保持湿簧式继电器

磁保持湿簧式继电器是利用湿簧管作为转换接触点的继电器。磁保持湿簧式继电器有湿簧管、衔铁、永久磁铁和电磁线圈等构成。

磁保持湿簧式继电器的特点是只需供给改变状态用的脉冲信号即可, 而不需要保持状态所需要的励磁磁场, 也就是说不需要给励磁线圈通以保持状态用的励磁电流。

正确选用磁保持湿簧式继电器

(1) 选择磁保持湿簧式继电器的触点形式

由于磁保持湿簧式继电器中湿簧管的触点有先合后断与先断后合

两种类型，在使用时应根据负载电路的要求来使用

(2) 选择电线圈的工作电压

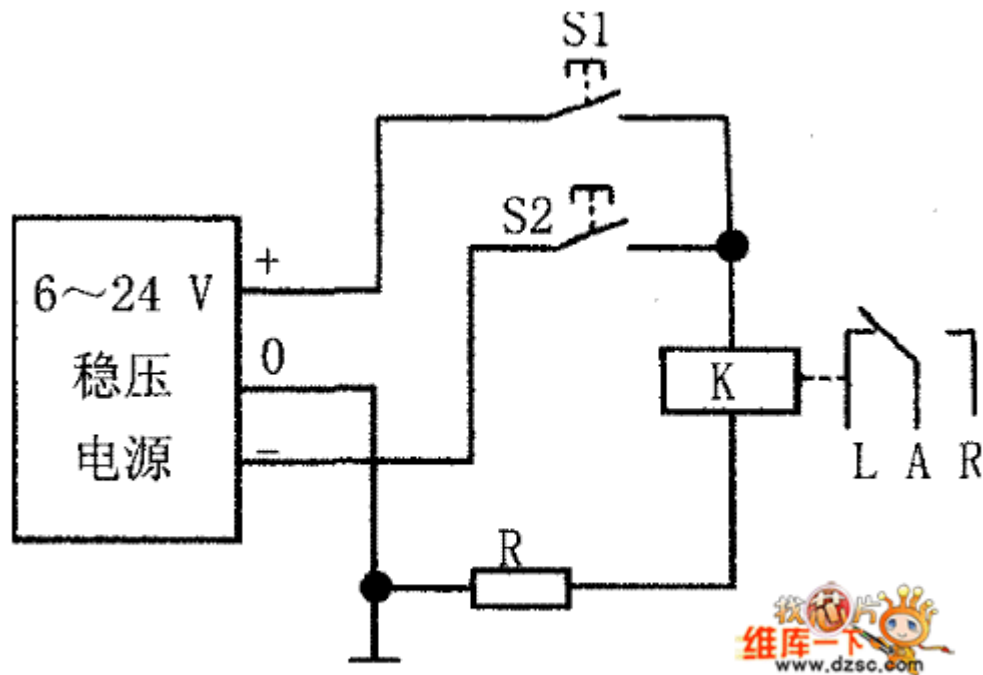
小型磁保持湿簧式继电器电磁线圈的工作电压（直流脉冲电压）有 $\pm 6\text{V}$ ， $\pm 9\text{V}$ ， $\pm 12\text{V}$ ， $\pm 24\text{V}$ 等。选择适合的工作电压，才能保证继电器及应用电路的正常工作。

用万用表检测磁保持湿簧式继电器

(1) 检测触点的电阻值：用万用表 $R \times 1\ \Omega$ 档，测量磁保持湿簧式继电器衔铁片（动触点）外接线端与两组静触点的外接线端之间的电阻值。正常时，衔铁片应与某一个静触点接通（实测电阻值应为0），而与另一个静触点断开（实测电阻值应为无穷大）。若测得衔铁片与两个静触点之间的电阻值均为无穷大，则说明继电器内部的触点已损坏或接触不良。

(2) 检测励磁线圈：如下图所示，用直流稳压表（6~24V）给磁保持湿簧式继电器的励磁线圈加一个正脉冲电压或负脉冲电压，看磁保持湿簧式继电器的衔铁片是否动作。若衔铁片不动作，则是励磁线圈已经损坏。

用万用表电阻挡只能测出励磁线圈是否开路（线圈开路后，其阻值为无穷大），而局部短路故障无法测出。



磁保持湿簧式继电器的检测电路

固态继电器

几种常见的固态继电器：



固态继电器 (Solid State Relay, 缩写 SSR), 是由微电子电路, 分立电子器件, 电力电子功率器件组成的无触点开关。用隔

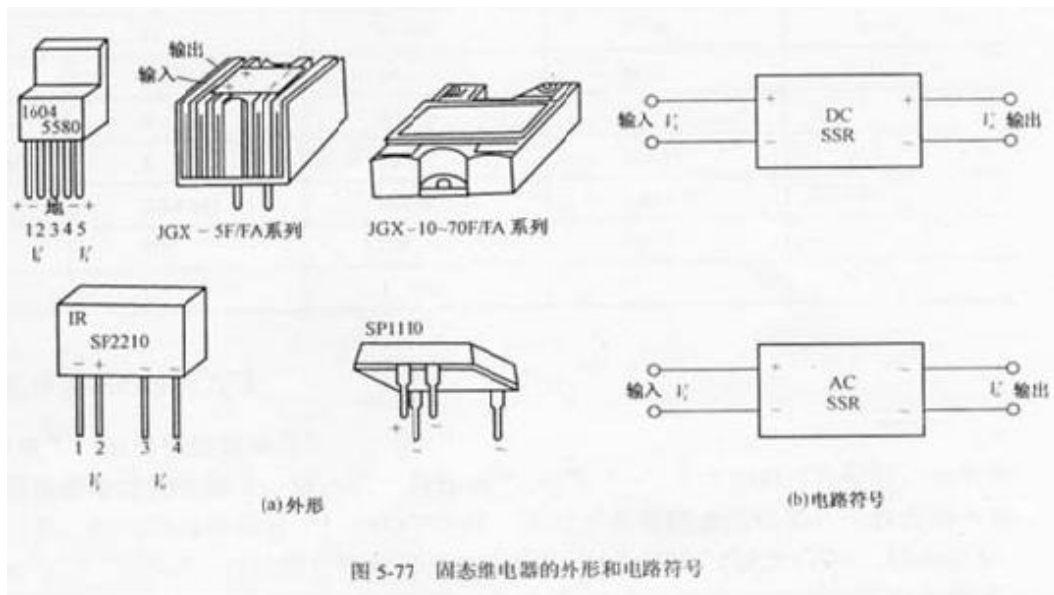
离器件实现了控制端与负载端的隔离。固态继电器的输入端用微小的控制信号，达到直接驱动大电流负载。对于控制电压固定的控制信号，采用阻性输入电路。控制电流保证再大于 5mA。对于大的变化范围的控制信号（如 3-32V）则采用恒流电路，保证在整个电压变化范围内电流在大于 5mA 可靠工作。隔离驱动电路：隔离电路采用光-电耦合和高频变压器耦合（磁电耦合），光电耦合通常使用光电二极管—光电三极管，光电二极管—双向光控可控硅，光伏电池，实现控制侧与负载侧隔离控制。高频变压器耦合是利用输入的控制信号产生的自激高频信号经耦合到次级，经检波整流，逻辑电路处理形成驱动信号。SSR 的功率开关直接接入电源与负载端，实现对负载电源的通断切换。主要使用有大功率晶体三极管（开关管-Transistor），单向可控硅（Thyristor 或 SCR），双向可控硅（Triac），功率场效应管（MOSFET），绝缘栅型双极晶体管（IGBT）。固态继电器可以方便的与 TTL, MOS 逻辑电路连接。专用的固态继电器可以具有短路保护，过载保护和过热保护功能，与组合逻辑固化封装就可以实现用户需要的智能模块，直接用于控制系统中。

性能与应用：固态继电器是具有隔离功能的无触点电子开关，在开关过程中无机械接触部件，因此固态继电器除具有与电磁继电器一样的功能外，还具有逻辑电路兼容，耐振耐机械冲击，安装位置无限制，具有良好的防潮防霉防腐蚀性能，在防爆和防止臭氧污染方面的性能也极佳，输入功率小，灵敏度高，控制功率

小，电磁兼容性好，噪声低和工作频率高等特点。目前已广泛应用于计算机外围接口设备，调温、调速、调光、电机控制、电炉加温控制、电力石化、医疗器械、金融设备、煤碳、仪器仪表、交通信号等领域。

二、固态继电器的组成

固态继电器有三部分组成：输入电路，隔离（耦合）和输出电路。按输入电压的不同类别，输入电路可分为直流输入电路，交流输入电路和交直流输入电路三种。有些输入控制电路还具有与 TTL/CMOS 兼容，正负逻辑控制和反相等功能。固态继电器的输入与输出电路的隔离和耦合方式有光电耦合和变压器耦合两种。固态继电器的输出电路也可分为直流输出电路，交流输出电路和交直流输出电路等形式。交流输出时，通常使用两个可控硅或一个双向可控硅，直流输出时可使用双极性器件或功率场效应管。



三、固态继电器的优缺点

1、固态继电器的优点

(1) 高寿命，高可靠:SSR 没有机械零部件，有固体器件完成触点功能，由于没有运动的零部件，因此能在高冲击，振动的环境下工作，由于组成固态继电器的元器件的固有特性，决定了固态继电器的寿命长，可靠性高。

(2) 灵敏度高，控制功率小，电磁兼容性好:固态继电器的输入电压范围较宽，驱动功率低，可与大多数逻辑集成电路兼容不需加缓冲器或驱动器。

(3) 快速转换:固态继电器因为采用固体器件，所以切换速度可从几毫秒至几微妙。

(4) 电磁干扰小:固态继电器没有输入“线圈”，没有触点燃

弧和回跳，因而减少了电磁干扰。大多数交流输出固态继电器是一个零电压开关，在零电压处导通，零电流处关断，减少了电流波形的突然中断，从而减少了开关瞬态效应。

2、固态继电器的缺点

(1) 导通后的管压降大，可控硅或双相控硅的正向降压可达 $1\sim 2\text{V}$ ，大功率晶体管的饱和压降也在 $1\sim 2\text{V}$ 之间，一般功率场效应管的导通电阻也较机械触点的接触电阻大。

(2) 半导体器件关断后仍可有数微安至数毫安的漏电流，因此不能实现理想的电隔离。

(3) 由于管压降大，导通后的功耗和发热量也大，大功率固态继电器的体积远远大于同容量的电磁继电器，成本也较高。

(4) 电子元器件的温度特性和电子线路的抗干扰能力较差，耐辐射能力也较差，如不采取有效措施，则工作可靠性低。

(5) 固态继电器对过载有较大的敏感性，必须用快速熔断器或 RC 阻尼电路对其进行过在保护。固态继电器的负载与环境温度明显有关，温度升高，负载能力将迅速下降。

(6) 主要不足是存在通态压降（需相应散热措施），有断态漏电流，交直流不能通用，触点组数少，另外过电流、过电压及电压上升率、电流上升率等指标差。

正确选用固态继电器

(1) 选用固态继电器的类型

选用固态继电器时，应根据受控电路的电源类型、电源电压和电源电流来确定固态继电器的电源类型和固态继电器的负载能力。一般情况下，继电器的输出功率应大于受控电路功率的 1 倍以上。

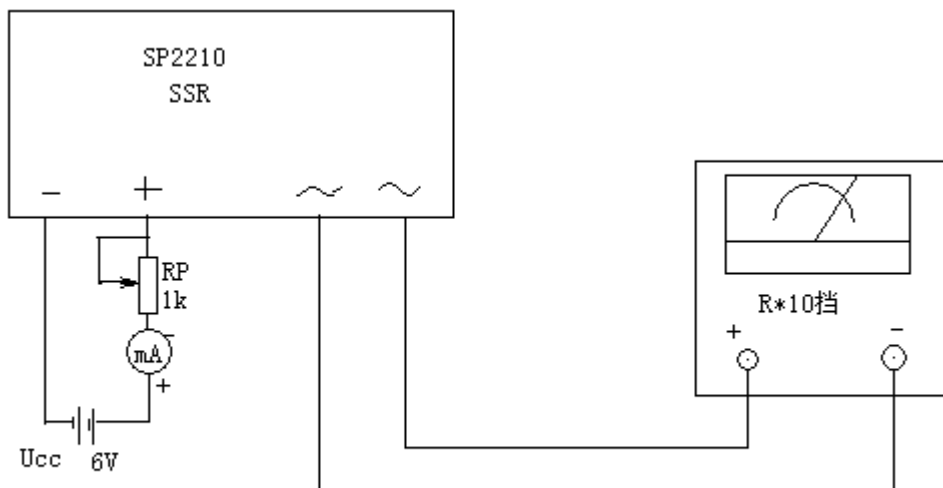
(2) 选择固态继电器的带负载能力

应根据受控电路的电源电压和电流来选择固态继电器的输出电压和输出电流。一般交流型固态继电器的输出电压为 AC20~380V，电流为 1~10A；直流型固态继电器的输出电压为 DC4~55V，电流为 0.5~10A。

一般情况下，继电器的输出功率应大于受控电路功率的 1 倍以上。若受控电路为电感性负载，则继电器输出电压与输出电流应高于受控电路电源电压与电流的 2 倍以上。

用万用表检测固态继电器

现以 SP2210 型交流型固态继电器为例，测试电路如下图：



检测AC-SSR的电路

该器件的额定输入电流为 $10 \sim 20\text{mA}$ ，选 $U_{cc}=6\text{V}$ ，RP 为输入限流可调电阻，将一万用表拨至 50mA 挡测输入电流，用另一块万用表的 $R \times 10$ 挡测输出端电阻。调节 RP 使 I 为 20mA ，测得电阻值为 95Ω ，说明内部双向晶闸管已经导通（相当于继电器吸合）。再断开 U_{cc} ，用 $R \times 1\text{k}$ 挡测输出端电阻为无穷大（相当于继电器释放）。

对于直流型固态继电器，采用直流负载电源。

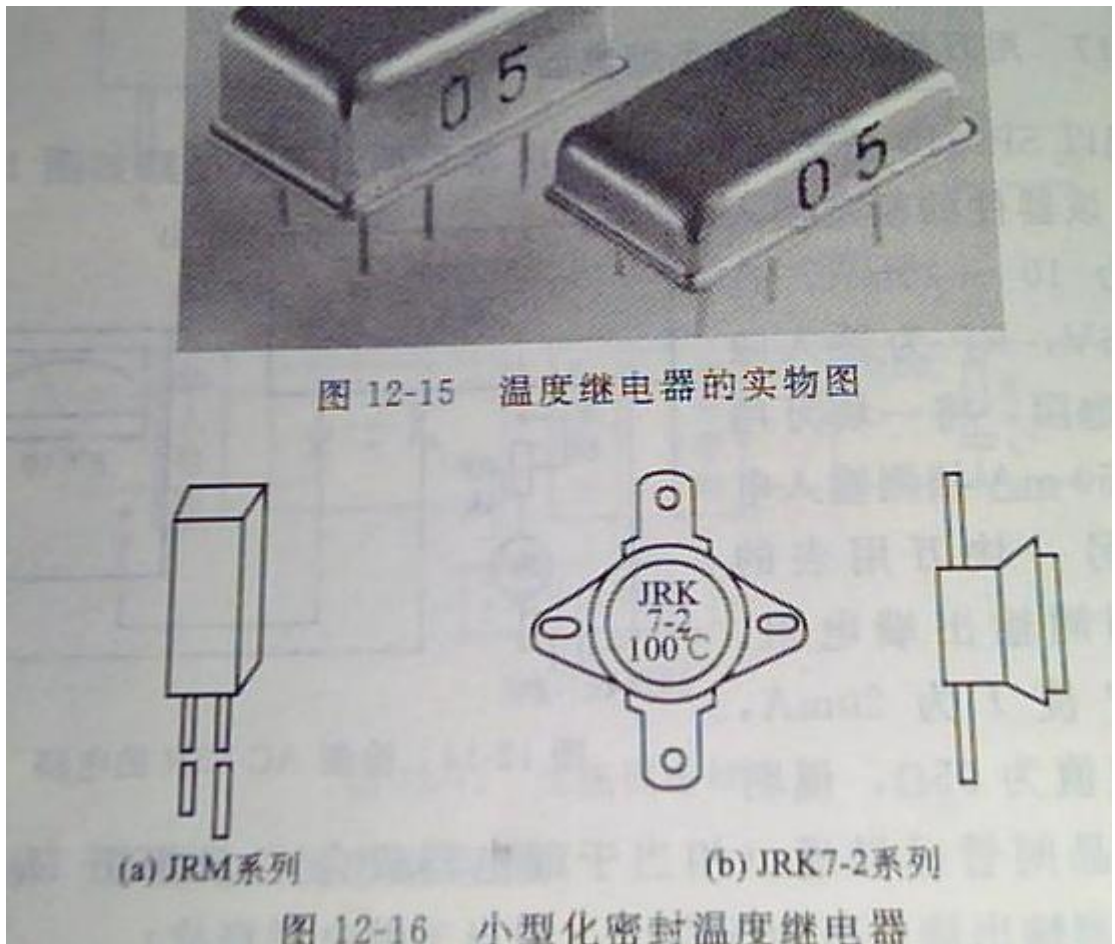
注意事项：

检测固态继电器时也可以不接负载及负载电源，直接用万用表 $R \times 1$ 挡测量输出端电阻。当 SSR 导通时电阻应为几欧至几十欧，关断时电阻为无穷大。

温度继电器

温度继电器 一般采用双金属片作感温与控温原件。双金属

片是由两种温度膨胀系数不同的薄金属片构成的。当达到额定动作温度时，薄金属片就受热变形，产生弯曲，将触点接通或断开，达到自动控温目的。



JMR 系列温度继电器的外形如图 12-16 (a) 所示，其中 JRM-A 型的外形尺寸仅为 $5.5\text{mm} \times 4\text{mm} \times 18\text{mm}$ 。触点容量 DC28V, 1A, 1.5A、2A、3A。动作温度为 $20^{\circ}\text{C} \sim 75^{\circ}\text{C}$ （分若干挡），允许误差为 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。环境温度为 $+10^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ 。初始动作温度与恢复温度之差小于 2°C 。JMR 系列铲平可广泛用于各种直流低压电器（例如直流电动工具）中。他采用借车感温方式进行固定温度控制，具有灵敏度高、稳定性好、恢复温度与初始动作温度接近、结构简单、安装方便等优点。

用万用表检测温度继电器

现以 JRK7-2 (60℃) 温控器为例, 介绍其检测方法。该器件的触点为常闭式。在室温下用万用表 $R \times 1$ 挡测量两个触点之间的电阻应为零。为检查其控温特性, 可用打火机烘烤金属帽约 5s, 继电器即动作, 触点断开时伴有“喀拉”声, 证明其动作正常。

为了测出动作温度值, 亦可将标准水银温度计与控温器的金属帽部分侵入 60~65℃ 热水中 (触点不得浸水), 观察动作过程并记录动作温度值。

在温控器动作、触点断开时, 用 ZC25-3 型兆欧表实测关断电阻大于 $1000M\Omega$ 。

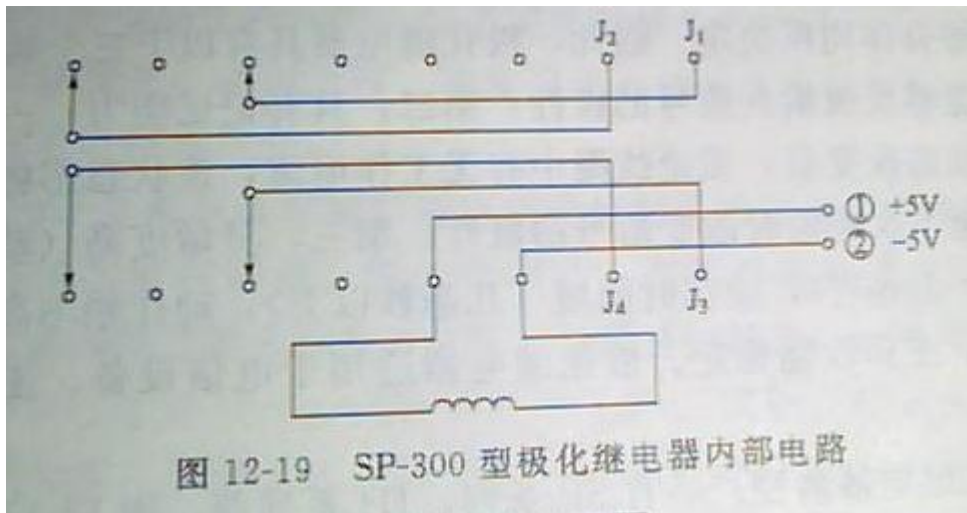
极化继电器

极化继电器亦称记忆继电器, 其通断状态随输入信号的极性而转换。它与普通电磁式继电器的重要区别在于, 内部春在两个磁场, 除了由输入信号通过线圈所产生的磁场之外, 还增加了由永久磁钢 (或极化线圈) 形成的极化磁场, 触点的通断状态则由这两个磁场的综合作用所决定。因此, 极化继电器具有以下三个特点: 第一, 它能够反映输入信号的极性; 第二, 具有记忆能力, 一旦衔的动作状态改变后, 无论线圈中有无工作电流, 该状态都将保持下去, 直至下次通

电时改变信号的极性；第三，灵敏度高（动作功率仅 $0.01 \sim 10\text{mW}$ ），动作时间短（几毫秒以下），动作频率高（大于 300Hz ），工作性能稳定。极化继电器适用于电信设备、逆变电源等领域。

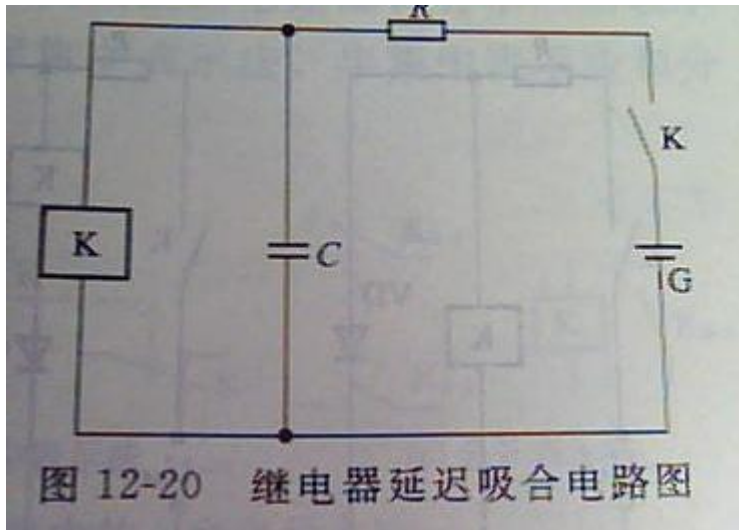
用万用表检测极化继电器

首先用万用表 $R \times 10$ 挡测量各引脚之间的通断情况，从中找出线圈的位置，同时测出线圈电阻值为 318Ω ，其余引脚均为开路。再给线圈加上 $+5\text{V}$ 信号，用 $R \times 1$ 挡测出各组闭合触点对应的引脚。然后断开信号，检查闭合触点的状态应能保持。最后改变输入信号的极性，原来闭合的触点应全部断开。根据检测结果绘出 SP-300 型极化继电器的内部电路如下图所示。试验证明被测继电器质量是否良好。



继电器在使用中需注意的问题

- ① 为了保证继电器可靠工作，应按继电器产品规定的技术要求（如额定工作电压、吸合电流等）进行使用。
- ② 继电器的延迟吸合和延迟释放。



上图 12-20 所示为使继电器延迟吸合的电路。 R 、 C 数值不同，延迟的时间也不同，这种电路可以得到较长的延迟时间。

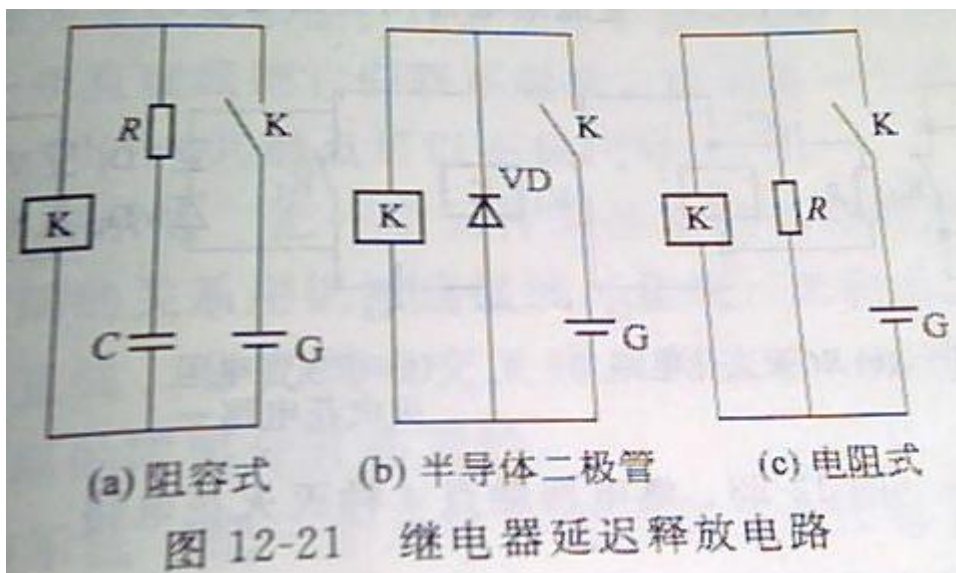
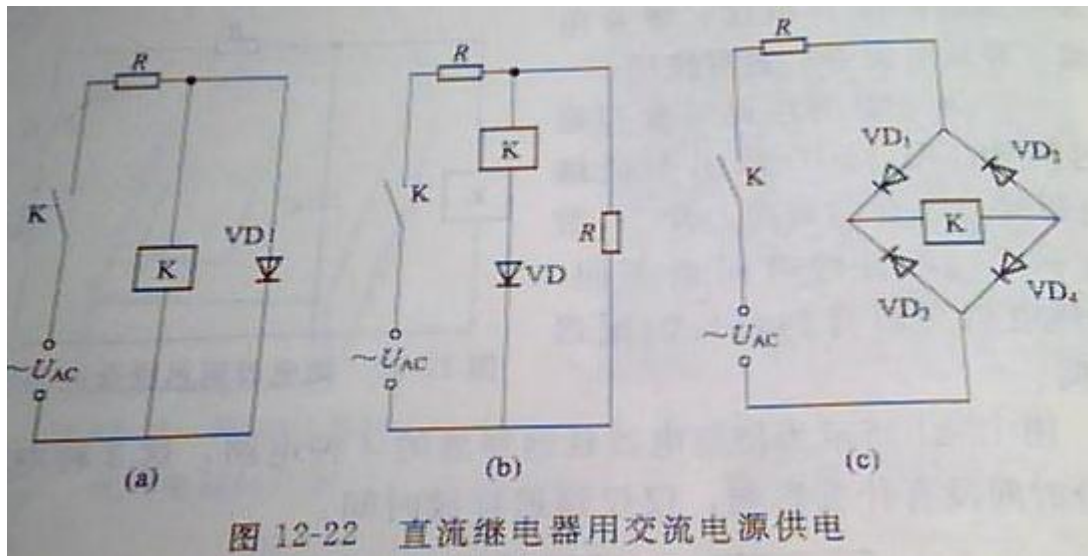
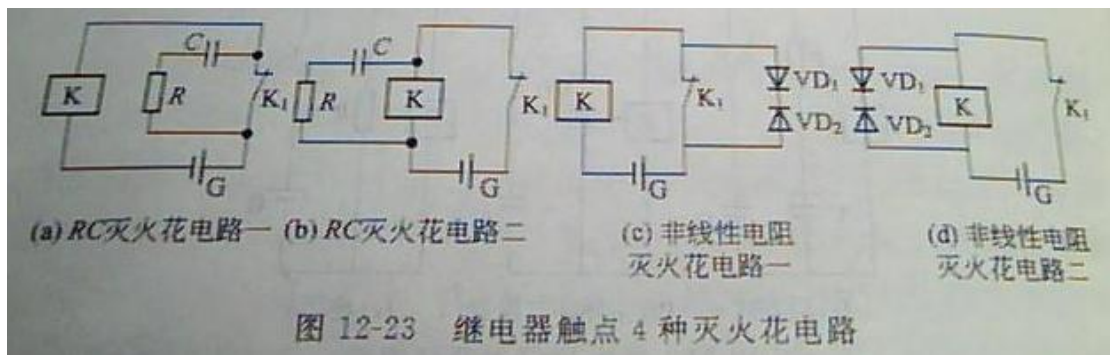


图 12-21 为使继电器延迟释放的 3 种电路，这 3 种电路对吸合时间没有什么影响，仅仅延迟释放时间。

③ 直流继电器使用交流电的方法。采用图 12-22 所示电路，就可以将交流电供直流继电器使用。



- ④ 电器触点的保护 由于继电器触点在切断电流的一瞬间会产生火花（电弧），将触点烧坏，使接触电阻增大，为了提高继电器的工作可靠性，延长使用寿命，有时需要在继电器的触点两端增设灭火花电路。其工作原理是当触点断开时，使触点间所产生的电压不超过火花放电的电压。图 12-23 所示为常用的 4 种灭火花电路。

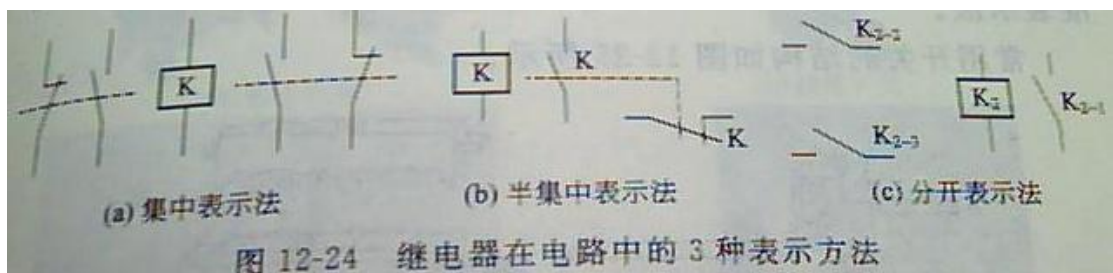


- ⑤ 电器的使用温度 当继电器线圈通电工作时，由于线圈有一定的电阻，因此通电后会发热使温度升高，于是线圈的电阻也随着温度上升而增加（铜线的电阻温度系数为 $0.004/^{\circ}\text{C}$ ），如果继电器的电压不变，则流过继电器的电流会随着温度的升高而减少。因此，

为了保证继电器在较大温度范围内可靠工作，给予继电器的工作电流比吸合电流大。但是也不能太大，因为继电器的允许温升、耗散功率是有一定规定的，电流过大容易将线圈烧坏。

电路中继电器的识别

不同用途的电路图，有不同的表示方法，通常有 3 种基本的方法，即集中表示法、半集中表示法和分开表示法，如图 12-24 所示。



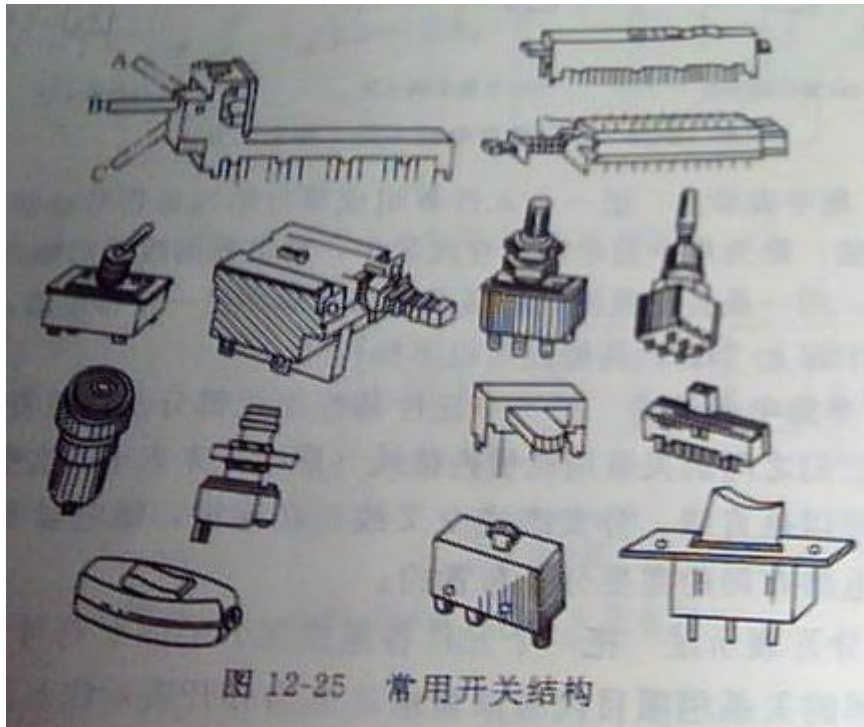
- ① 集中表示法 把一个元件个组成部分的图形符号绘制在一起的方法，称为集中表示法。（继电器的线圈和触点绘制在一起，用一条直虚线把它们联系起来，以示是一个继电器，这是在线圈中标上“K”，其触点可以不标代号）
- ② 半集中表示法 把一个元件某些组成部分的图形符号分开布置，它们之间的关系用机械连接线（虚线）来表示
- ③ 分开表示法 把一个元件各组成部分的图形符号分开布置，它们之间的关系用项目代号来表示，称为分开表示法。

开关的正确选用与检测

开关，在电子装置中是不可缺少的元件之一，常用于换接地电路。开关有多种，如钮子开关、波段开关、按钮开关、微动开关、船形开关等。

在电路图中，开关用字母“S”或“SA”、“SB”表示（不包括电力电路中的开关）。有些电路图中用“K”表示，是旧标准表示法。

常用的开关结构如图 12-25 所示

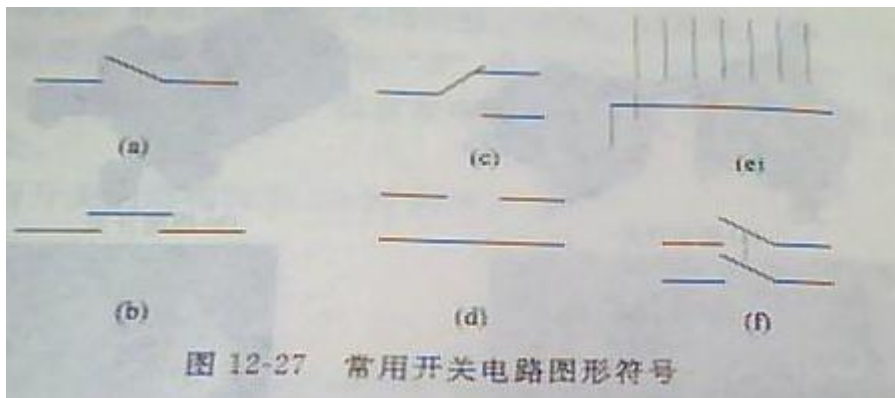


常见开关的电路图形符号

几种常见的开关实物图如下



常用开关电路图形符号见图 12-27



常用开关的主要参数

- ① 额定电压 额定电压是指开关在正常工作时所允许的安全电压。若加在开关两端的电压大于此值，便会造成两个触点间打火击穿。
- ② 额定电流 当开关接通时所允许通过的最大安全工作电流。当电流超过此值时，开关的触点就会因电流太大而烧毁。
- ③ 绝缘电阻 绝缘电阻是指开关的导体部分（金属构件）与绝缘部分的电阻值。绝缘电阻值应在 $100\text{M}\Omega$ 以上。
- ④ 接触电阻 接触电阻是指开关在导通状态下，每对触点之间的电阻值。一般要求接触电阻值在 $0.1\sim 0.5\Omega$ 以下，此值越小越好。
- ⑤ 耐压 耐压是指开关对导体及地之间所能承受的最低地那压值。

- ⑥ 寿命 寿命是指开关在正常工作条件下，能操作的次数。一般要求在 5000~35000 次左右。

开关的正确选用与检测

(1) 开关的正确选用

- ① 根据地电路的用途，选择不同类型的开关。
- ② 根据电路数和每个电路的状态选择，确定开关的刀数和掷数。
- ③ 根据开关安装位置，选择外形尺寸、安装尺寸及安装方式。
- ④ 根据电路的工作电压与通过的电流等选择合适的开关，在选用时，其额定电压、额定电流都要留有余量，一般为 1~2 倍即可。
- ⑤ 在维修中要更换开关，又没有原型号可换时，则需要考虑引脚的多少、安装位置的大小、引脚之间的间距大小等问题。

(2) 开关的检测

- ① 观察开关的手柄是否能活动自如，或有松动现象，能否转换到位。观察引脚是否有折断、紧固螺钉有否松动等现象。
- ② 测量触点间的接触电阻。测量方法是用万用表的 $R \times 1$ 挡，一支表笔接其开关的刀触点引脚，另一支表笔接其他触点引脚，让开关处于接通状态，所测阻值应在 $0.1 \sim 0.5 \Omega$ 以下，如大于此值，表明触点之间有接触不良的故障。
- ③ 量开关的断开电阻 测量方法是用万用表的 $R \times 10k$ 挡，一支表笔接开关的刀触点引脚，另一支表笔接其他触点的引脚，让开关处于断开状态，此时所测的阻值应大于几百千欧姆。如小于几百千欧姆时，表明开关触点之间有漏电现象。

-
- ④ 测量各触点间电阻 用万用表的 $R \times 10k$ 挡测量各组独立触点间的电阻值, 应为 ∞ , 各触点与外壳之间的电阻值也应为 ∞ 。若测出有一定的阻值表明有漏电现象。
- ⑤ 开关的故障 开关的故障率比较高, 其主要故障是接触不良、不能接通、触点间有漏电、工作状态无法转换等。其中接触不良的故障较为多见, 表现为时通时断, 且造成的原因有很多种。其中有触点氧化, 触点打火而损坏, 触点表明脏污等。此类故障可通过无水酒精洗触点的方法得以解决。