

# 目 录

<b>第一章 电阻器的测量与检修</b>	
一、电阻器的定义、种类和符号	1
二、固定电阻器的测量与检修	1
三、电位器的测试与使用维修	6
四、敏感电阻器的测量与检修	13
五、光敏电阻器的测试与使用	15
六、热敏电阻器的测试与使用	19
七、熔断电阻器的测试与使用	28
<b>第二章 电容器的测量与检修</b>	
一、电容器概述	32
二、固定电容器的测量与检修	35
三、可变(半可变)电容器的测量与检修	45
四、附录	49
<b>第三章 电感线圈的测试和使用维修</b>	
一、电感线圈的测试	61
二、电感线圈常见故障修理	62
<b>第四章 示波管的测量与应用</b>	
一、示波管的结构原理与特点	64
二、常见示波管参数表	65
三、示波管的测量方法	65
<b>第五章 显像管与插座的测量和使用维修</b>	
一、显像管的测量与检修	67
二、彩色显像管插座的测试和使用维修	86
<b>第六章 晶体二极管的测试和使用维修</b>	
一、普通二极管的测试和使用维修	90
二、稳压二极管的测试和使用维修	96
三、硅整流桥堆的测试和维修代换	101
四、高压硅堆和整流桥堆的测试与使用	102
五、发光二极管的测试和使用维修	107
<b>第七章 晶体三极管的测试和使用维修</b>	
一、晶体三极管的测试	111
二、晶体三极管的使用维修	120
<b>第八章 单结晶体管的测试和应用</b>	

一、普通单晶体管的测试和应用 .....	123
二、可调单晶体管的测试和应用 .....	126
<b>第九章 场效应晶体管的测试和应用</b>	
一、结型场效应晶体管的测试 .....	129
二、绝缘栅场效应晶体管的测试 .....	133
三、场效应管(结型、绝缘栅型)的应用 .....	138
<b>第十章 可控硅的测试和使用</b>	
一、单向可控硅的测试和使用 .....	140
二、双向可控硅的测试和使用 .....	146
<b>第十一章 电子管的测量与应用</b>	
一、电子管的结构原理与特点 .....	151
二、电子管的测试方法 .....	154
三、电子管的使用 .....	156
<b>第十二章 扬声器的测试与维修</b>	
一、扬声器的测试 .....	158
二、扬声器的使用和维修 .....	161
<b>第十三章 传声器的测试与使用维修</b>	
一、传声器的技术特性指标 .....	166
二、各类传声器的结构原理与特点 .....	167
三、常见传声器的检测方法 .....	178
四、传声器的使用 .....	179
五、传声器的维修 .....	180
<b>第十四章 拾音器的测试与使用维修</b>	
一、拾音器的结构原理与特性 .....	184
二、拾音器的检测方法 .....	187
三、拾音器的维修与更换 .....	187
<b>第十五章 继电器的测试和使用维修</b>	
一、继电器的分类及型号命名法 .....	189
二、常用继电器的结构原理与特点 .....	194
三、常用继电器的测试方法 .....	198
四、继电器的选用 .....	200
五、继电器的维修 .....	201
<b>第十六章 盒式机磁头的测试和使用维修</b>	
一、盒式机磁头的测试 .....	204
二、盒式机磁头常见故障修理 .....	206
<b>第十七章 晶体的测试和使用维修</b>	
一、晶体的测试 .....	212
二、晶体常见故障修复 .....	212

三、晶体使用注意事项 .....	213
<b>第十八章 声表面波滤波器的测量与检修</b>	
一、声表面波滤波器简述 .....	214
二、声表面波滤波器的测量 .....	215
三、声表面波滤波器的检修 .....	215
<b>第十九章 压电陶瓷片、压电陶瓷滤波器、压电陶瓷陷波器的测试与应用</b>	
一、压电陶瓷片的测试与应用 .....	220
二、压电陶瓷滤波器的测试与使用维修 .....	222
三、压电陶瓷陷波器的测试与使用维修 .....	228
<b>第二十章 延迟线的测试与使用维修</b>	
一、色度延迟线 .....	231
二、亮度延迟线 .....	235
<b>第二十一章 电视高频头的测试与检修</b>	
一、机械调谐高频头 .....	239
二、电子调谐高频头 .....	244
<b>第二十二章 电视用各类变压器的测试与维修</b>	
一、电源变压器 .....	248
二、开关电源变压器 .....	249
三、行推动变压器 .....	250
四、行振荡变压器 .....	250
五、场振荡变压器 .....	251
六、音频输出变压器 .....	251
七、中频变压器 .....	252
八、枕校变压器 .....	252
<b>第二十三章 音响用各类变压器的测试与维修</b>	
一、电源变压器 .....	254
二、输入、输出变压器 .....	257
三、中频变压器 .....	259
四、超音频变压器 .....	261
<b>第二十四章 行输出变压器、电视偏转线圈的测试与维修</b>	
一、行输出变压器的结构原理与特点 .....	264
二、行输出变压器的测试方法 .....	266
三、行输出变压器的故障维修 .....	268
四、电视偏转线圈的测试与维修 .....	269
<b>第二十五章 消磁电阻的测试和使用维修</b>	
一、消磁电阻的测试 .....	275
二、消磁电阻常见故障修理 .....	277
三、消磁电阻使用注意事项 .....	277

<b>第二十六章 压敏电阻器的测试与应用</b>	
一、压敏电阻器的原理与特点 .....	279
二、压敏电阻器的性能与用途 .....	280
三、压敏电阻器的测试方法 .....	285
四、压敏电阻器的典型应用 .....	286
<b>第二十七章 彩电频道预选开关的测试和使用维修</b>	
一、频道预选开关的测试 .....	287
二、频道预选开关常见故障修理 .....	289
三、频道预选开关使用注意事项 .....	290
<b>第二十八章 微型电动机的测试与检修</b>	
一、微型电动机的结构原理与特性 .....	292
二、微型电动机的测试方法 .....	297
三、微型电动机的故障维修 .....	298
<b>第二十九章 压力传感器的测试与使用</b>	
一、压力传感器的原理与特点 .....	301
二、压力传感器的特性参数 .....	303
三、压力传感器的测试方法 .....	307
四、压力传感器的选用 .....	307
<b>第三十章 数字集成电路的测试与使用</b>	
一、数字集成电路的原理与特性 .....	309
二、数字集成电路的测试方法 .....	312
三、数字集成电路的使用 .....	313
<b>第三十一章 荧光数码管的测试与使用</b>	
一、荧光数码管的型号命名与管脚识别 .....	316
二、荧光数码管的电路原理 .....	316
三、常用荧光数码器的结构原理与技术特性 .....	317
四、荧光数码管的测试方法 .....	318
<b>第三十二章 辉光数码管的测试与应用</b>	
一、辉光数码管的性能与特点 .....	320
二、辉光数码管的测试方法 .....	324
三、辉光数码管的典型应用 .....	325
<b>第三十三章 光电管与光电倍增管的测试和应用</b>	
一、光电管与光电倍增管的原理与特点 .....	326
二、光电管与光电倍增管的特性参数 .....	328
三、光电管的测试方法 .....	329
四、光电管与光电倍增管使用说明 .....	329
<b>第三十四章 太阳能电池的测试与使用</b>	
一、太阳能电池的原理与特性 .....	330



二、太阳能电池的测试方法 .....	335
<b>第三十五章 荧光灯的测试与使用</b>	
一、荧光灯型号的命名与结构原理 .....	336
二、荧光灯的特性参数 .....	336
三、荧光灯的测试方法 .....	337
四、荧光灯的使用说明 .....	338
<b>第三十六章 霍尔器件的测试与应用</b>	
一、霍尔器件的原理与应用 .....	339
二、常用霍尔器件的结构特点与性能 .....	339
三、霍尔器件的测试方法 .....	343
<b>第三十七章 CMOS-LED 光电组件的测试与使用</b>	
一、CMOS-LED 光电组件的结构功能与特性 .....	345
二、CMOS-LED 光电组件的测试方法 .....	352
三、CMOS-LED 光电组件的使用 .....	353
<b>第三十八章 硅光敏管的测试与使用</b>	
一、硅光敏管的工作原理 .....	354
二、常用光敏二极管的性能特点 .....	354
三、常用光敏三极管的性能特点 .....	358
四、硅光敏管的测试方法 .....	361
<b>第三十九章 光耦合器的测试与使用</b>	
一、光耦合器的原理与特点 .....	363
二、光耦合器的特性参数 .....	365
三、光耦合器的测试方法 .....	368
<b>第四十章 集成运算放大器的测试与应用</b>	
一、集成运算放大器的分类与型号命名法 .....	371
二、集成运算放大器的结构原理与特点 .....	372
三、集成运算放大器的特性参数 .....	376
四、集成运算放大器的测试方法 .....	378
五、集成运算放大器的用途 .....	381
<b>第四十一章 片状元器件的测试与使用</b>	
一、片状元器件的类型与特点 .....	382
二、片状元器件的原理与测试方法 .....	382
三、片状元器件的使用注意事项 .....	386
<b>第四十二章 耳机的测试与维修</b>	
一、耳机的分类和结构特点 .....	387
二、耳机的特性参数 .....	388
三、耳机的测试、修复、代换与自制 .....	389
<b>第四十三章 液晶显示器的测试与使用</b>	

一、液晶显示器的原理与特点 .....	392
二、液晶显示器的特性参数 .....	393
三、液晶显示器的测试方法 .....	396
<b>第四十四章 电视集成电路的测试与使用维修</b>	
一、电视集成电路的分类与作用 .....	398
二、电视集成电路的检测方法 .....	401
三、电视集成电路的修复与代换 .....	403
<b>第四十五章 各类电池的测试与使用</b>	
一、各类电池的特性与测试方法 .....	406
二、电池的使用与维护 .....	413
<b>第四十六章 音箱的测试与制作</b>	
一、音箱的结构原理与特点 .....	414
二、音箱的测试方法 .....	417
三、音箱的制作方法 .....	418
<b>第四十七章 电子测光装置的测试与使用维修</b>	
一、电子测光元件的原理、特点与应用 .....	420
二、电子测光元件的测试与检修 .....	422
<b>第四十八章 软磁性器件的测试与使用</b>	
一、软磁材料的特点与用途 .....	424
二、常用软磁铁氧体器件的结构原理 .....	426
三、软磁铁氧体器件的测试方法 .....	429
<b>第四十九章 音响集成电路的测试与使用维修</b>	
一、音响集成电路主要技术参数和术语的意义 .....	430
二、音响集成电路的测试方法 .....	432
三、音响集成电路修复利用法 .....	435

# 第一章 电阻器的测量与检修

## 一、电阻器的定义、种类和符号

(一)定义:在电路中用于稳定和调节电路的电压和电流,构成分压器和分流器,改变电路的时间常数,以及作为匹配元件或消耗电能的负载,既能导电又对电流有限制作用的元件就称为电阻器。常用符号“R”表示。电阻的基本单位为欧姆( $\Omega$ ),常用单位有欧( $\Omega$ )、千欧( $k\Omega$ )和兆欧( $M\Omega$ ),单位换算关系如下:

$$1M\Omega=1000k\Omega, 1k\Omega=1000\Omega$$

电阻器是各种家用电器电路中最基本的和应用较多的元器件之一。

(二)种类和符号:电阻器的种类较多,从实用维修角度上分,有固定电阻、可变电阻(电位器)和敏感电阻等三种。

以下分别介绍其测量与检修。

## 二、固定电阻器的测量与检修

### (一)固定电阻的定义、种类及应用

1. 定义:凡阻值不变的电阻器就称为固定电阻器。
2. 种类及应用:如表 1-1 所示。

表 1-1

序号	种类	特点及用途
1	普通型:线绕、碳膜、金属膜、金属氧化膜、玻璃釉膜、有机实芯、无机实芯	功率为 0.1~10W,工作电压在 1000V 以下,一般的电子设备中使用。
2	精密型:线绕、碳膜、金属膜、金属箔	精度可达 0.1~2%,箔式可达 0.005%,主要用于精密测量装置及计算设备中。如高频头、万用表等使用。
3	功率型:线绕、碳膜、金属膜	一般阻值在几千欧以下,功率在 300W 以下,用于大功率的电路中。如电源电路、电视行输出电路等使用。
4	高压型:玻璃釉膜、合成碳膜	工作电压从 10~100kV,尺寸细而长,一般用于高压装置,如行输出电路。
5	高阻型:金属膜、玻璃釉膜、合成碳膜	阻值在 $10^7\sim 10^{15}\Omega$ ,功率很小,一般用于微小电流的测量仪器中。
6	高频型:金属氧化膜、金属箔	自身电容电感很小,工作频率在 10MHz 以上,一般用于发信、接收机中。

如图 1-1(a)、(b)分别为各种固定电阻器的实物及常用电路符号。

### (二)普通固定电阻器的测量与检修

#### 1. 测量

(1)开路测量法:所谓开路测量即是对独立的电阻元件测量,这是精确测量。

测量固定电阻的方法是:测量前应先将万用表调零,把红、黑表笔相碰,调整“调零”旋

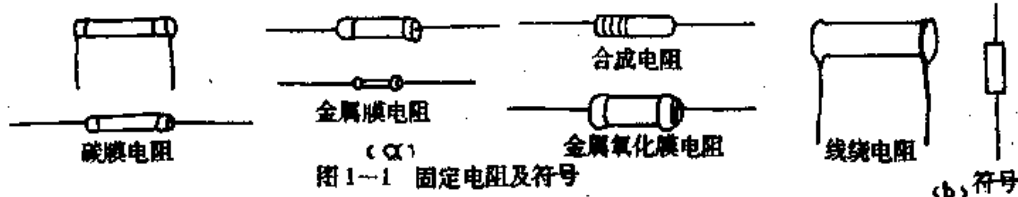


图 1-1 固定电阻及符号

钮,使指针向右偏转到“0Ω”处,如图 1-2(a)所示:

万用电表的电阻有几档量程,表针所指数与量程数相乘即为被测电阻的阻值。如将万用表置于  $R \times 100\Omega$  档时,将红、黑表笔短接,使表头指针偏转指示阻值为零,然后将表笔并联在被测固定电阻的两脚上,此时指针指示在“5”上,即

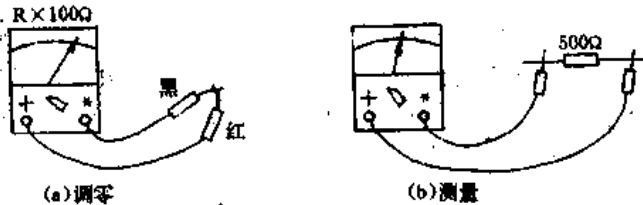


图 1-2

该被测固定电阻的阻值为  $5 \times 100 = 500\Omega$ ,如图 1-2(b)所示。在测量中,如果指针不摆动,可能档位太小,应把万用表置于  $R \times 1k\Omega$  档,并重新调零后再测;如果指针摆动太小,还可加大档位,直到指针指示在表头刻度中间位置,即全刻度起始的 20~80%弧度范围内较为准确,读出阻值,测量即告结束。

在测量中,如发现在最高档位时指针仍不摆动,则表示该固定电阻内部开路,不可再用;反之,在最低档位时指针仍指示为零,则表示该固定电阻内部短路,也不能再用。测量时还应注意,拿表笔的两手手指不可同时碰触在被测固定电阻的两脚上,否则因人体电阻与被测电阻并联而影响测量精度。

数字式万用表一般无需调零,可直接测量。

(2)在路测量法:所谓在路测量指元件处于印刷板上电路之中的不带电测量(注:电路绝不能带电,而且还应对电容等储能元件放电)。它是在对电路原理经过详细分析,估计某一固定电阻有可能损坏时,进行的一种粗略测量。这种测量应不断积累经验,才能对维修有帮助。

如怀疑实际电路中某一只  $10k\Omega$  固定电阻烧坏时,将万用表置于  $R \times 1k\Omega$  档,将红、黑表笔短接后调零,在排除该电阻上没有并联大电容或电感等元件的情况下,把两表笔并联在  $10k\Omega$  电阻上,如果指针指示的阻值接近(一般略低于)  $10k\Omega$  时,则可排除该电阻故障的可能性;如果指示的阻值与  $10k\Omega$  相差太大时,则该电阻有可能坏了。此时可将电阻的一只脚焊脱,使之与印刷电路分开,再进行开路测量,以判断其好坏。

测量固定电阻时应遵守如下诗训:

开路测量先校零,两手不可并电阻。

在路粗测应放电,人员表头两安全。

## 2. 常见故障及检修

在电路中,当流过固定电阻的电流远大于电阻的额定值时将烧坏电阻,其现象为表面变黑或焦化,也有的不变色,一般阻值都要变大,严重时内部烧断,阻值无穷大。变值的电阻应换上同规格的新电阻,不可继续使用。

检修,对于变色烧坏的电阻可选用相同规格的电阻直接代换。对于没有变色的可疑电阻,可采用两种办法检修:一是将同规格电阻并联在可疑电阻上,如果此时电器故障现象消

失,则证明该电阻确已烧坏,一般是阻值变得太大甚至开路。二是为了安全起见,先将可疑电阻焊开进行测量,将表头指示值与电路图上标准值比较,如相符则该电阻是好的,如不符(相差较大)则需查明原因后代换之。注意,对于烧坏的电阻一般不便修复,而且价值不大。

### (三)不需测量的固定电阻器

在固定电阻器中,有些电阻的阻值及误差已标明在电阻上,有些电阻用色环来表示其大小与误差,在家电维修中,如要求不是很精确,一般不需万用表测量,可直接判读(目测)后使用。下面介绍快速识别这些电阻阻值的方法。

#### 1. 数值表示法

直接把电阻阻值和误差用数字印在电阻上的方法称为数值表示法。

(1)国内:如  $5k\Omega \pm 10\%$ ,表示阻值为  $5000\Omega$ ,误差为  $10\%$  的电阻。见图 1-3。如  $100\Omega 1$ ,表示阻值为  $100\Omega$ 、误差为  $5\%$  的电阻。有的没有标明误差等级,则一律表示误差为  $20\%$ 。

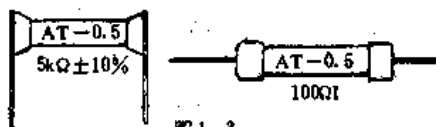


图 1-3

(2)国外:电阻的单位与我国相同,但标记时不加小数点。例如  $5k1$  为  $5.1k\Omega$ 、 $1M2=1.2M\Omega$ 、 $2\Omega 2=2.2\Omega$  等。

#### 2. “谐音”记忆快速识别色环电阻法:

在家用电器中,色环电阻被广泛使用。因其在装配、调试和检修过程中,不用万用表测量,不需摆动电阻方位,就可从不同角度看清色环,从而读出阻值大小的优点,故使用较为方便,很受维修者的喜爱。但在实际维修中,修理人员常常感到色环电阻难于记忆,一时记住隔天忘,难于识读。下面介绍一种“谐音”记忆快速识别色环电阻的方法。

一般色环电阻为四个环,其中前二环依次表示电阻的第一位数与第二位数,第三环表示在一二环数字后面应加零的个数,第四环表示电阻值的误差,如无此环时即表示误差为  $20\%$ 。色环意义见表 1-2。

表 1-2 色码符号所代表的意义

符号	A	B	C	D
颜色	第一位数	第二位数	倍乘数	误差
黑	—	0	$\times 10^0=1$	1%
棕	1	1	$\times 10^1=10$	2%
红	2	2	$\times 10^2=100$	3%
橙	3	3	$\times 10^3=1000$	4%
黄	4	4	$\times 10^4=10000$	—
绿	5	5	$\times 10^5=100000$	—
蓝	6	6	$\times 10^6=1000000$	—
紫	7	7	$\times 10^7=10000000$	—
灰	8	8	$\times 10^8=100000000$	—
白	9	9	$\times 10^9=1000000000$	—
金	—	—	$\times 10^{-1}=0.1$	$\pm 5\%$

续表

符号	A	B	C	D
颜色	第一位数	第二位数	倍乘数	误差
银	--	--	$\times 10^{-2} = 0.01$	$\pm 10\%$
本身颜色	--	--	--	$\pm 20\%$

快速识读的关键在于要牢记每一色环所代表的数字及其意义,再按照电阻阻值的进位(千进位)法即可推算出电阻的阻值。

所谓“谐音”记忆法,即用同音字来代替每种颜色所表示的数字,且该同音字与各颜色名称组成一个有实在意义的词,既形象、顺口,又便于记忆。方法如下:

黑色(0)——黑洞(洞谐音“0”)

棕色(1)——棕叶(叶谐音“1”)

红色(2)——红桃2(扑克牌中的一张牌)

橙色(3)——衬衫(衬谐音“橙”、衫谐音“3”)

黄色(4)——黄世仁(世谐音“4”、电影《白毛女》中一人名)

绿色(5)——落伍(落谐音“绿”、伍谐音“5”)

蓝色(6)——难留(难谐音“蓝”、留谐音“6”)

紫色(7)——紫旗(旗谐音“7”)

灰色(8)——挥手吧(挥谐音“灰”、吧谐音“8”)

白色(9)——白酒(酒谐音“9”)

金色( $\pm 5\%$ )——金无(无谐音“5”,指误差)

银色( $\pm 10\%$ )——银失(失谐音“10”,误差)

无色( $\pm 20\%$ )——五二零(是一种农药名称)

将上述方法编顺口溜如下:

色环标志要记住,黑色圆洞本是零。


(标称阻值及误差)(黑0)

棕叶衬衫红桃二,难留落伍黄世仁。

(棕1橙3红2)(绿5蓝6黄4)

白酒紫旗挥手吧,金无银失五二零。

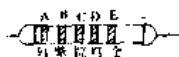
(白9紫7灰8)(金5%银10%无20%)

例如  阻值及误差  $470\Omega \pm 5\%$

橙橙红银  $3.3k\Omega \pm 10\%$

红红绿无  $2.2M\Omega \pm 20\%$

另外请注意,某些精密电阻的色环标志是用五个色环来表示的,其中1~3环表示电阻的有效数值,第4环表示在1~3环后应加零的个数,第5环表示允许误差。例如:



$\Rightarrow 271 \times 10^2 \Omega \pm 5\% = 27.1k\Omega \pm 5\%$

#### (四)固定电阻器有关资料介绍

##### 1. 标称阻值及误差

电阻的阻值是按标准化系列进行生产的,如表1-3列出了各种电阻的系列化标称值及误差。表中所列数值分别乘以1、10、100、10000、100000、1000000,即可得出 $1\Omega\sim 9.1M\Omega$ 的电阻值。表1-4还列出了电阻的精度等级。

表1-3

系列及允许的偏差			系列及允许的偏差		
$E_{24}$	$E_{12}$	$E_6$	$E_{24}$	$E_{12}$	$E_6$
$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
1.0	1.0	1.0	3.3	3.3	3.3
1.1			3.6		
1.2	1.2		3.9	3.9	
1.3			4.3		
1.5	1.5	1.5	4.7	4.7	4.7
1.6			5.1		
1.8	1.8		5.6	5.6	
2.0			6.2		
2.2	2.2	2.2	6.8	6.8	6.8
2.4			7.5		
2.7	2.7		8.2	8.2	
3.0			9.1		

表1-4

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

##### 2. 选用固定电阻器的注意事项

(1)型号的选取:在要求不高的电路中,一般选用普通型电阻器,其价格便宜,货源充足。特殊电路中使用的电阻器,应选择专用型电阻器,保证电路的性能指标并稳定可靠地工作。金属膜电阻的性能较好,精度和稳定性高,可用于要求精度高的家用电器中。线绕电阻器因其分布电感电容大,一般不可用于高频电路中,但它具有在高温下稳定性好、精度高、噪声小、温度系数极小的特点,可用在大功率电路或精密电路中。

(2)阻值和精度的选择:阻值的选择应根据实际电路中电阻的实际值进行计算,选择与计算值相近似的标称值。如计算结果为 $5.2k\Omega$ 时,则应选择标称值为 $5.1k\Omega$ 的电阻。假如电路对阻值的精度要求较高时,也可将两个或更多的电阻串并联使用(串并联的电阻阻值悬殊不宜太大,并注意功率要求),如计算结果为 $650\Omega$ 时,可将标称值为 $330\Omega$ 和 $220\Omega$ 的两个电阻串联后使用。精度的选择应根据使用的场合来定,特殊电路选用高精度电阻,如005、01级,一般电路选用普通电阻,如I、II级。

(3)功率选择:电阻的功率应选择比计算的耗散功率( $I^2R$ )大,这样可防止因电阻温度升高而引起的热噪声,一般选为耗散功率的两倍以上。如果功率大时应选择大功率电阻。

(4)耐压选择:一般电路对电阻的耐压没有要求,故电阻很少标示耐压值,但高压电路就

对电阻的耐压有严格的要求,超过其耐压值时将会烧坏或产生飞弧现象。电阻在高电压下使用时,对高阻值电阻,其应用值应小于最高电压。

(5)使用注意事项:为了电阻在长时间使用有较好的稳定性,使用前应对其老化;对功耗较大的电阻器应采用螺钉或支架固定起来,以便散热和防止震动;电阻器的引脚不可从根部折弯,这样容易折断,一般应在约 0.5cm 处打弯较佳;焊接电阻时时间不要过长,以防温度过高引起阻值变化,影响精度;大功率(10W 以上)电阻的使用,应该有散热的空间;保存电阻器时应保持表面漆膜完整,否则会影响其性能。

### 三、电位器的测试与使用维修

电位器是一种机电元件,它靠电刷在电阻体上滑动,取得与电刷位移成一定关系的输出电压。

电位器的接线原理图如图 1-4 所示。外加电压  $U_r$  加在电阻体的 A、B 端,动触点 C 把电阻  $R_0$  分成  $R_x$  和  $R_0 - R_x$  两部分(即 AC 和 CB 两段的电阻),而输出电压  $U_c$  则从动接点 C 和 A 两端之间取得,因此,电位器是一个四端元件。1、2、3 分别为电位器的三个引出端。

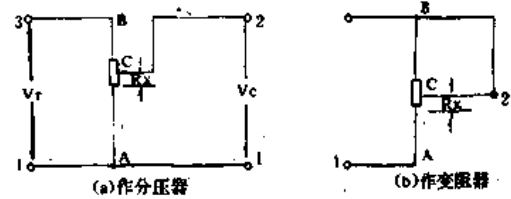


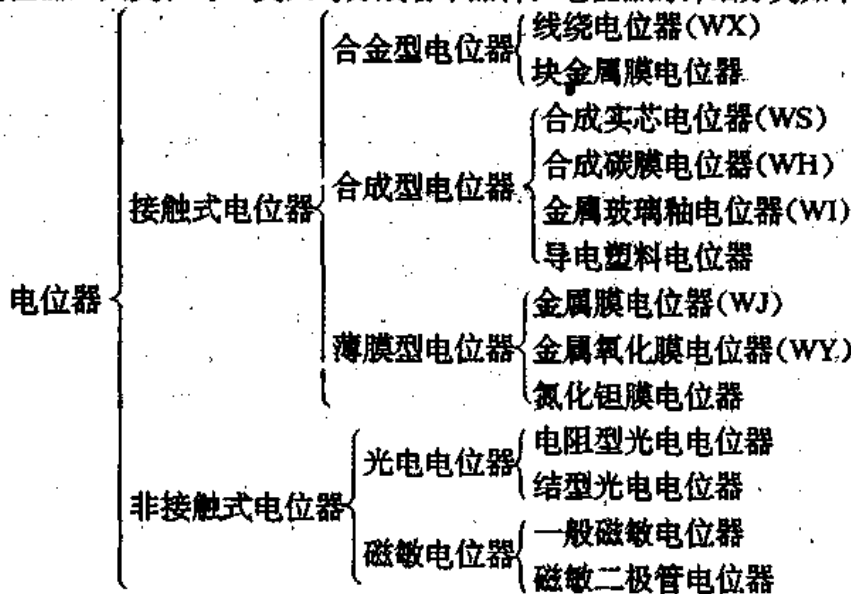
图 1-4

电位器也可作变阻器,作变阻器时它是一个两端元件,这时 2 端和 B 端短接成一个引出端,动接点电刷在电阻体上滑动可以平滑地改变电阻值。由电位器的电原理图可知,电位器和变阻器的结构原理是相同的,只是它们的用法和接线不同而已,因此,电位器和变阻器这两个名词在使用时通常是不加区别的,实际上电位器在电路中也常作变阻器用。

#### (一)电位器的分类

一般的电位器都有一个电刷与电阻体直接接触,称为接触式电位器。另外还有一种不是依靠电刷与电阻体的机械接触,而是通过其它方式来获得电压输出,因而没有摩擦力矩,也没有磨损,这种电位器称为非接触式电位器。如光电电位器、磁敏电位器等。

接触式电位器是最常用的电位器,按其电阻体材料可分为线绕电位器、合成电位器和薄膜电位器三大类。每一类又可分成若干品种。电位器的详细分类如下所示。





电位器按调节机构的运动方式可分为旋转电位器和直滑电位器。用转轴使电刷作旋转运动的电位器称旋转电位器,用滑柄使电刷作直线运动的电位器称直滑电位器。旋转角小于 $360^\circ$ 的旋转电位器称单圈电位器。大于 $360^\circ$ 的称多圈电位器。多圈电位器的总角度一般为 $(2\sim 40)\times 360^\circ$ ,其电阻体制成螺旋形的又可称螺旋电位器。

电位器按结构特点可分为单联电位器、多联电位器、带开关电位器、锁紧电位器、抽头电位器等。由两个或两个以上电位器组合成的电位器称双联电位器、多联电位器。用同一调节轴(或滑柄)对各联电位器作同步调节的称同步多联电位器,用各自的调节轴(或滑柄)对各联电位器作独立调节的称异步多联电位器。备有开关的电位器称带开关电位器,开关的形式有多种,如推位式、按键式等。调节机构经调定后可以用锁紧装置加以固定的电位器称锁紧电位器。电阻体上有中间抽头引出端的电位器称抽头电位器。

电位器按用途可分为:普通电位器、精密电位器、微调电位器、功率电位器以及专用电位器。普通电位器在电子设备中仅作一般调节用,对其输出特性精度要求不高。精密电位器的阻值精度,输出特性以及稳定性都比较高,用于电子设备中的精密调节。微调电位器在电子设备中用来调整电压或电流,通常一经调定后,不再经常调节。功率电位器能承受较大的耗散功率。作为专门用途的电位器有:高频电位器、高压电位器、耐热电位器、快速电位器等,以适应各种不同的需要。

电位器按输出特性的函数关系可分为线性电位器和非线性电位器两种类型。输出比 $U_c/U_r$ 与行程比 $\varphi/\theta$ ( $\varphi$ 为转角, $\theta$ 为总转角)成直线关系的电位器称线性电位器(X式),不成直线关系的电位器称非线性电位器。非线性电位器又分为指数电位器(Z式)、对数电位器(D式)及其它特殊函数电位器(S式)、如正弦、余弦电位器。图1-5给出了X、Y、D式电位器的输出特性。

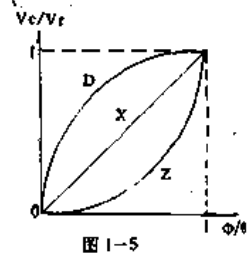


图 1-5

## (二) 电位器主要参数的定义

① 标称阻值——标在电位器上的名义总阻值称标称阻值。电位器的标称阻值采用  $E_{12}$  和  $E_6$  系列。允许偏差对于非线绕电阻器有  $\pm 20\%$ 、 $\pm 10\%$  以及  $\pm 5\%$ ,对于线绕电位器有  $\pm 10\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 2\%$  以及  $\pm 1\%$ 。

② 符合度——符合度或称符合性,是指电位器的实际输出函数特性和所要求的理论函数特性之间的符合程度。显然,这也是电位器的精度。符合度用实际函数特性和理论函数特性之间的最大偏差对外加总电压的百分数表示。

③ 线性度——当电位器的理论函数特性为一条直线时,这时的符合度即为线性度。

④ 分辨力——在线绕电位器中,由于动接点在绕组上的移动具有从前一线匝跳到后一线匝那样的跳动特性,因而其输出电压的变化是带有阶梯性的。为了评定电位器阶梯性所引起的误差,采用分辨力这一概念。对于线性电位器,分辨力用动接点在绕组上每移动一匝所发生的电压(或电阻)变化与外加总电压(或总电阻)的百分比表示。线性电位器分辨力的定义如图 1-6 所示。由图 1-6 可见,分辨力决定了电位器的理论精度(可能有的最高精度),并在

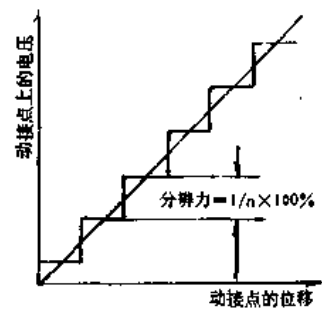


图 1-6

数值上等于其两倍。

对于函数电位器,由于绕组上每一线匝的电阻不同,因此每一匝上的电压也是不同的。这时,分辨力是个变数。当谈到分辨力时,一般是指函数特性曲线斜率最大一段的平均分辨力。

除了上述电分辨力(电压或电阻)之外,还有角分辨力的概念。角分辨力是指输出电压(或电阻)发生由电分辨力所确定的变化时,动接点在绕组上必须旋转的角度。对于线绕电位器,其角分辨力可由有效电转角(动接点在绕组有效部分的总转角)与绕组有效部分的总匝数之比来确定。

⑤动噪声——这是电位器所特有的噪声,它是改变电阻值时,动接点在电阻体表面移动所发生的噪声。

对于线绕电阻器来讲,则除了动接点与绕组之间的接触噪声以外,还有分辨力噪声和短接噪声。分辨力噪声是由电阻变化的阶梯性所产生的噪声,它与分辨力成正比。短接噪声是当动接点在绕组上移动而短接相邻线匝时产生的,它与流过绕组的电流、线匝的电阻以及动接点和绕组间的接触电阻成正比。

### (三)各类常用电位器的性能与特点

#### 1. 合成碳膜电位器(WH)

##### (1)合成碳膜电位器的特点

合成碳膜电位器的电阻体是用分别经过研磨的炭黑、石墨和石英粉等与有机粘合剂(树脂漆)配成悬浮液,涂覆于基体表面,经过聚合而成。这种电位器阻值范围较宽,分辨力较好,容易获得直线式或函数式输出特性,工艺简单,价格便宜。缺点是电流噪声和非线性较大,耐潮性以及阻值稳定性差。由于合成碳膜电位器工艺简单、价格低廉,因此是目前电子技术中应用最广泛的电位器品种。如收音机中用的大型和小型带旋转开关的电位器,电视机中用的带推拉开关的电位器和直滑电位器,电子仪器中用的高负载电位器以及各种微调电位器等,一般都是合成碳膜电位器。

##### (2)常用合成碳膜电位器特性参数表(见表1-5)

表1-5

型号	额定功率(W)	阻值特性	阻值范围(Ω)	允许偏差	最大工作电压(V)	工作温度(°C)	温度系数(PPM/°C)	旋转角度或行程	动噪声mV/V
WH <sub>5</sub>	0.5	X	470~4.7M	M	200	-25~+70	≤100k; ≤±1000	≥250°C	
	0.25	D、Z	4.7k~2.2M	M	150	-55~+70	≥150k; ≤±2000		
WH15-1B	0.1	X	1k~2.2M	M	100				≤50mV
WH15-K2	0.05	Z、D	4.7~470k	M	75				≤50mV
WH19	0.25	X	1k~2.2M	M	200	-25~+70	≤10k; ≤±2000	≥250°C	耐磨试验前: ≤50mV 试后:70mV
	0.1	D、Z	4.7~470k	M	160		≥150k; ≤±3000		
WH20	0.25	X	470~1M	M	200	-25~+70	≤100k; ≤1500	20±2mm	≤50mV
	0.1	Z、D	4.7~470k	M	160		≥100k; ≤3000		

续表

型号	额定功率(W)	阻值特性	阻值范围(Ω)	允许偏差	最大工作电压(V)	工作温度(°C)	温度系数(PPM/°C)	旋转角度或行程	动噪音mV/V
WH23	0.5	X	1k~1M	M	150	-40~+70	≤100k; ≤±1500	>60mm	耐磨试验前: ≤50mV 试后: ≤70mV
	0.25	Z,D	4.7~100k	M	100		≥150k; ≤±3000		
WH130	0.1	X	470~4.7M	M	150	-40~+70	≤100k; ≤±1000	≥290°	耐磨试验前: ≤50mV 试后: ≤70mV
	0.05	D,Z	4.7k~2.2M	M	100		≥150k; ≤±2000		
WH144	0.25	X	220~2.2M	M	350	-25~+100	≤±1000	≥290°	
WH167	0.1	X	470~2.2M	M	100	-25~+70	≤±2000	≥250°	
WH181	0.1	X	470~2.2M	M	150	-25~+70	≤100k; ≤±2000	≥290°	≤50
	0.05	Z,D,S	1~470k	M	100		≥150k; ≤±3000		
WH182	0.1	X	470~2.2M	M	150	-25~+70	≤100k; ≤±2000	≥290°	≤50
	0.05	Z,D,S	1~470k	M	100		≥150k; ≤±3000		
WH185	0.1	X	470~4.7M	M	150	-40~+70	≤100k; ≤±1000	≥290°	≤50
	0.05	Z,D	4.7k~2.2M	M	100		≥150k; ≤±2000		
WH139	0.25	X	1k~1M	M	350				≤50
WH143-1	0.1	X	1k~2.2M	M	100				≤50
WH143-2	0.05	Z,D	4.7~470k	M	75				≤50
WH161	0.05	Z,D	4.7~680k	M	75				
WH162	0.1	X	1k~1M	M	100				
WH140	0.1	X	470~1M	M	100				
WH12-1	0.1	X	470~1M	M	100				
WH115-2	0.1	X	470~1M	M	100				
WH209-A	0.1	X	1~100k	M	160				
WH209	0.1	X	1~100k	M	160				
WH210	0.05	Z	1~100k	M	75				

## 2. 合成实芯电位器

### (1) 合成实芯电位器的特点

合成实芯电位器分使用有机粘合剂和无机粘合剂的两种。最常用的是有机粘合剂的实芯电位器,它的电阻体是用炭黑、石墨作导电压粉,然后的塑压成电阻体。

有机实芯电位器与合成碳膜电位器相比,其优点是:耐热性较好,功率较大,可靠性高,耐磨性好。同是它的结构也很简单,可制成体积很小的电位器,但工艺比较复杂,因此产量不大,应用不如合成碳膜电位器广泛。

无机粘合剂实芯电位器是用陶瓷作基座,用炭黑、石墨以及低温玻璃釉粘合剂混合制成压粉,装入基座的凹槽中,经烧结而成。电刷用耐热塑料与炭黑、石墨压制塑合而成,耐磨性

好。此种电位器的主要特点是耐热性好,但工艺复杂。由于目前耐热性好这方面可以用金属玻璃釉电位器来代替,因此无机实芯电位器很少生产。

(2)常用合成实芯电位器特性参数表(见表1-6)

表1-6

型号	额定功率 (W)	阻值特性	阻值范围 (Ω)	允许偏差	最高工作电压 (V)	机械寿命 (周)	备注
WS-1	0.5	X	100~4.7M	K、M	315	10000	非锁紧型
WS-2							锁紧型
WS23A			100~4.7k	M		300	卧式

3. 金属玻璃釉电位器(W1)

(1)金属玻璃釉电位器的特点

(1)金属玻璃釉电位器是以金属(如钯、银、铯、钨)、金属氧化物(如氧化钨、氧化钨、氧化铈)、难熔化合物(如碳化钨、氮化钛、二硅化钼)等作为导电物质,用玻璃釉作粘结剂,并用有机粘合剂混合成浆料,用涂、喷或丝网印刷等方法被覆于陶瓷或玻璃基片上,经烘干,高温烧结而制成。

不同金属玻璃釉的性能差别很大。钯—银金属玻璃釉电位器具有以下特点:阻值范围比金属膜电位器和线绕电位器都宽,耐热性很好,可以用在环境温度较高的地方。比率负载大,并且承受过载能力强,电阻温度系数较小,耐磨性、耐潮性、分辨力、高频特性、可靠性都很好,而且价格低廉,因此是很有前途的电位器品种。其缺点是:接触电阻及电流噪声较大。

(2)常用金属玻璃釉电位器的特性参数表(见表1-7)

表1-7

产品型号	额定功率 (W)	阻值范围 (Ω)	允许偏差 (%)	环境温度范围 (°C)	额定温度 (°C)	抗电强度 (V)	旋转寿命 (周)	电阻温度系数 (PPM/°C)	调节函数
W110-1	0.25	100~1M	±10、±20	-55~+125	+85	250	100		
W110-2	0.25	100~1M	±10、±20	-55~+125	+85	250	100		
WTW21	0.75	100~2.2M	±10	-55~+125	+70	1000	200	100,150	18
WTW23-1	0.5	100~1M	±10、±20	-55~+125		900	100	500~700	22
WTW23-2	0.5	100~1M	±10、±20	-55~+125		900	100	500~700	22
WTW31	0.25	100~1M	±10、±20	-55~+125	+85	500	100	700	4

4. 金属膜电位器(WJ)

(1)金属膜电位器的特点

金属膜电位器的电阻体是金属薄膜,它包括以下几种:镍—铬系合金薄膜、贵金属合金薄膜以及铬—一氧化硅薄膜等。金属膜电位器耐高温、分辨力好、电阻温度系数小、高频特性好。其缺点是阻值范围窄、接触电阻大、耐磨性差。

(2)常用金属膜电位器特性参数表(见表1-8)

表 1-8

名称	型号	额定功率 (W)	阻值特性	阻值范围 ( $\Omega$ )	允许偏差	最大工作电压 (V)	环境温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	旋转圈数	外形尺寸 mm		
									D	L	I
金属膜微调电位器	WJW2	0.25	X	150~150k	M	200	-55~+125	$\geq 36$	8.4	32	12
敞开式微调金属膜电位器	WTW5	0.05	X	1~100k	M	50	-40~+85		6	6	12

### 5. 线绕电位器(WX)

#### (1) 线绕电位器的特点

线绕电位器的电阻体是用电阻合金线在绝缘骨架上绕制而成。线绕电位器按用途分有：普通线绕电位器、精密线绕电位器、功率线绕电位器以及微调线绕电位器。

线绕电位器的优点是：接触电阻小、精度高、温度系数小。其缺点是分辨力差、阻值偏低（高阻值时电阻线很细，易断线），而且绕组具有分布电感和分布电容，限制了它的高频使用。

#### (2) 常用线绕电位器特性参数表(见表 1-9)

表 1-9

型号	额定功率 (W)	阻值特性	阻值范围 ( $\Omega$ )	允许偏差 (%)	最高工作电压 (V)	线性精度 (%)	机械角度	机械寿命 (周)	环境温度范围 ( $^{\circ}\text{C}$ )	额定温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )
WX8-2,3	8		27~20k	$\pm 5, \pm 10$				2000 500	-55~+125	85
WXX-3A, 4A	0.5		27~2.7k	$\pm 5, \pm 10$				200	-55~+125	85
WXX-5, 6	0.5		27~4.7k	$\pm 5, \pm 10$				200	-55~+125	85
WXX-5A, 6A	0.5		27~4.7k	$\pm 5, \pm 10$				200	-55~+125	85
WXD3-13	2	X	220~68k	$\pm 2, \pm 5, \pm 10$	160	$\pm 0.1, \pm 0.2$ $\pm 0.3, \pm 0.5$	3600°	5000		
WXD4-23	3	X	330~100k	$\pm 2, \pm 5, \pm 10$	200	$\pm 1$	3600°	10000		
WXD2-53	1.6	X	330~47k	$\pm 2, \pm 5, \pm 10$	160	$\pm 0.2, \pm 0.3$ $\pm 0.5, \pm 1$	3600°	5000		

#### (四) 电位器的测试方法

##### 1. 用万用表测量

检测时，应首先测量电位器的阻值是否正常，即电阻片接线端“1”和“3”阻值应为其标称值；然后，再测量电位器中心接线端与电阻体的接触情况，将一根表笔接中心接线端，另一根表笔接其余两端片中的任意一个。慢慢将转轴从一个极端位置旋转至另一个极端位置，其阻值则应从零（或标称值）连续变化到标称值（或零）。在旋转过程中，表针指示应平稳移动，不应有跳动现象。在转动电位器转轴的过程中，应该旋转灵活，松紧适当，手感良好。

带开关的电位器，还应检查开关部分是否良好。当将开关断开或接通时，应发出清脆的“喀哒”声。开关接通时，两端之间的阻值应为零，开关断开时，阻值应无穷大。

##### 2. 用示波器测量

示波器可测量电位器的滑动噪声。测量时的接线如图 1-7(a)所示。外接一直流电源，使一恒定直流经电位器，电位器的输出电压加至示波器的垂直通道 y 轴。如果电位器性能良

好,无噪声,示波器屏幕上显示一条光滑的水平直线光迹,如图 1-7(b)所示。如果电位器有噪声,屏幕上的光迹便有毛刺出现,如 1-7(c)所示。测试时示波器 AC- $\perp$ -DC 开关置于 AC 位置,水平工作方式开关(或 x 轴选择)置于“A”或“扫描”位置。

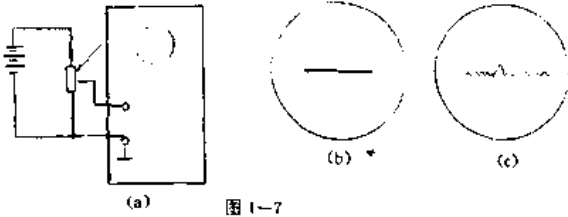


图 1-7

由于外界电波的干扰较为严重,引线的感应也会引起噪声显示,若将引线从电位器处断开,仍有噪声,即为感应噪声;若噪声消失或减小,则是电位器不良所致(静态噪声)。测试时引线应尽可能短。

### (五) 电位器的修复与代换

#### 1. 电位器的修复

##### (1) 电位器接触不良

接触不良的原因主要有:电阻片与弹性接触片间存在油垢、碳膜粉或灰尘杂质等,弹性接触片对电阻片压力太小,使弹性接触片在随活动臂旋转时,其触点与电阻片时通时断或存在不稳定的接触电阻;碳膜片被磨损出现 1 条或 2 条磨痕(拆开电位器可在电阻片上看到);3 个焊片铆接处松动;中心引脚与主轴(主轴和弹性触片是相通的)接触太松。修复方法如下:

①清洗。将电位器拆开,露出电阻片和弹性接触片,用药棉沾无水酒精反复擦洗电阻片和弹性接触片,以清除它们上面沾附的各种杂质。擦洗时还应不时转动活动臂,以尽量使在隐蔽处的杂质也被清除掉。也可不拆开外壳而用注射器往电位器缝隙中注入无水酒精或清洗剂,立即反复旋转多次,直至电位器恢复正常。若电阻片严重磨损,须更新或修理。

②调整电阻片的接触位置。电位器的电阻片有磨损凹痕时,可调整接触点位置来解决。修理时可用镊子拨动弹簧接触片,使其触点在电阻片上的位置改变一下,或增加触点对电阻片的压力。不同类型的电位器修理方法不同。例如,用碳粒做成的触点不易磨损电阻片,被磨损的是碳粒触点,可用电动机的碳刷或碳棒加工后代换。圆点铜刷作触点的电位器结构简单,在大型电位器中广泛采用。修理时,可适当用力向电阻片这端调整压杆,使其与电阻片接触良好。

③引脚松动。可用小锤轻轻敲紧,或用钳子夹紧即可。但若有裂痕所造成的,应更换电阻片或电位器。

##### (2) 电位器开关的修复

小型电位器开关主要靠转轴带动一块胶板来拨动开关触点,使用次数过多,易使拨动胶板的长方形孔变为椭圆形,开关无法打开或关闭,可更换拨动胶板,或自制一块拨动胶板,故障即可排除。

大型电位器开关使用次数过多,其开关弹力减弱,使开关失灵,产生开不得、关不死或接触不良。可用铲刀将铆钉铲开,并撬开隔离层,调整弹簧的弹力后放回原处,再用铆钉按原位铆紧,若无合适的新铆钉,可用粗质铝线代替。

##### (3) 电位器限位卡失灵的修复

小型电位器旋至终端时,卡不住,主要是由于限位卡松动变形滑过凸卡柱引起的。拆开

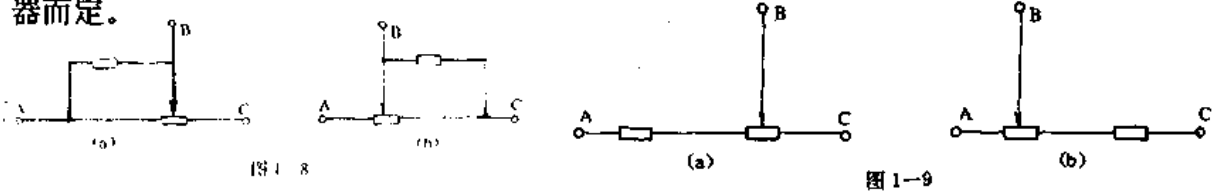
旋转轴,用钢凿轻轻凿紧两边,调整好高度,用钳子小心矫正折弯的动触片,再一一装好即可。

## 2. 电位器的代换

损坏严重无法修复的电位器只有更换,若代换耐压、功率应不小于原电位器。

### (1) 低阻值电位器的代换

低阻值电位器损坏,可用高阻值电位器并接电阻器的方法解决。并接的电阻器可接在A、B两点,如图1-8(a)所示;也可接在B、C两点,如图1-8(b)所示,可视具体电路和电位器而定。



### (2) 高阻值电位器的代换

高阻值电位器损坏,可用低阻值电位器串接电阻器的方法解决。串接的电阻器可接在电位器A端,如图1-9(a)所示;也可串接在电位器的C端,如图1-9(b)所示。可视具体电路和电位器而定。

## 四、敏感电阻器的测量与检修

### (一) 敏感电阻的定义、种类及应用

1. 定义:电阻值跟随温度、光通、电压、机械力、磁通、湿度和气体浓度等的变化而变化的电阻称为敏感电阻器,如图1-10所示。

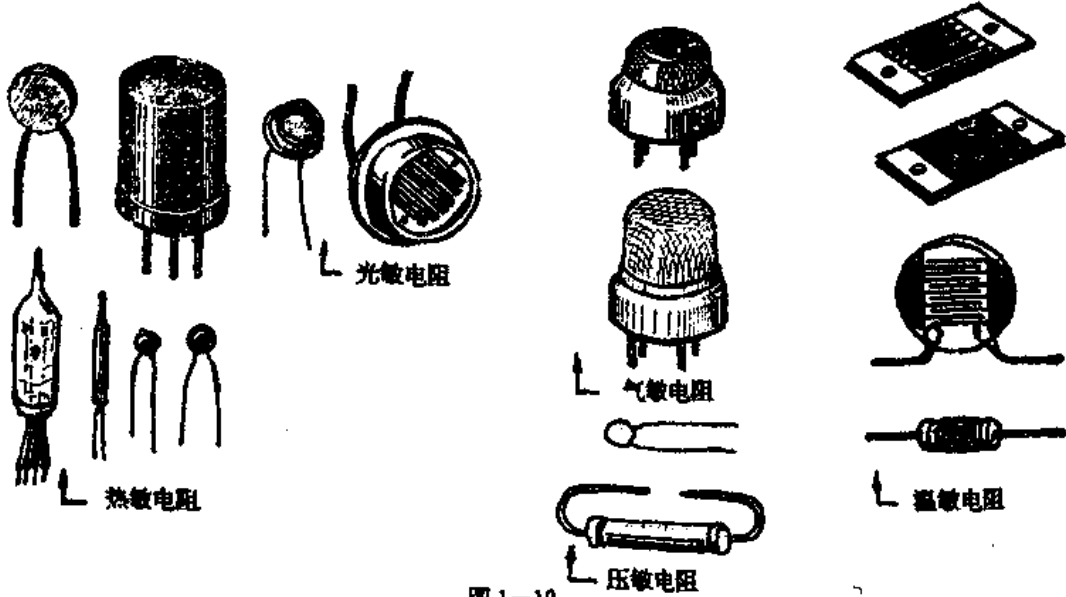


图1-10

### 2. 种类及应用

敏感电阻器的种类较多,如热敏、光敏、压敏、力敏、磁敏、湿敏和气敏电阻器等,下面只列举家用电器中常用的两种敏感电阻。

(1) 保险丝电阻:保险丝电阻起着电阻和保险熔丝的双重作用。保险丝电阻有两种,一种是负温度系数的压敏电阻器,其特点是:当在它两端施加的电压增加到某一特定值时,因过

流使表面温度达到  $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ , 电阻值将急剧减小, 电阻层便剥落而熔断; 另一种是正温度系数的热敏电阻器, 其特点是: 当在它两端加的电压超过额定值时, 其电阻值急剧增大, 使电路处于开路状态。两种保险丝电阻具有同样的作用, 即实现在高电压大电流时保护其他元件不致烧坏的目的。

保险丝电阻多应用于彩电的电源电路、行场扫描电路和录像机的电源电路, 用以提高整机的安全性和经济性。

保险丝电阻一般为低阻抗(几到几十欧姆), 小容量( $1/8\sim 1\text{W}$ ), 其电路符号尚不统一, 如图 1-11(a)所示为几种彩电上用保险丝电阻的符号。如图 1-11(b)所示为保险丝电阻的外形图, 上面只有一个色环, 色环颜色表示阻值, 其判读方法与固定电阻器色环相同。

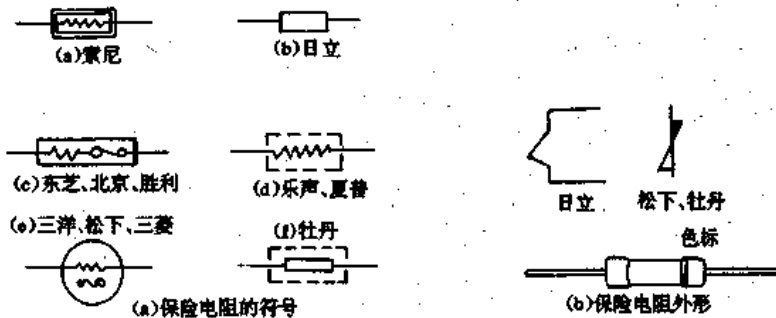


图 1-11

(2) 消磁电阻: 消磁电阻是一种具有正温度系数的热敏电阻, 即随着温度的升高其阻值将迅速增大。常温下消磁电阻为低阻抗(如  $12\Omega$ 、 $18\Omega$ 、 $27\Omega$ 、 $30\Omega$  等)。它与消磁线圈串联组成彩色显像管的自动消磁电路。图 1-12 为消磁电阻及代表符号。

彩色显像管被磁化的原因: 电视机外部的强磁场、内部的铁制件及显像管内外的铁制件, 在使用时由于内外磁场的作用会产生剩磁并积累增加, 严重地影响显像管的色纯和会聚, 影响正常收看。

自动消磁原理: 以长虹彩电为例, 它是利用开机时, 使自动消磁线圈内流过一个由大到小迅速衰减的交变电流达到消磁的。刚开机时, 消磁电阻  $D_{300}$  阻值很小 ( $18\Omega$ ), 消磁线圈流过一个很大的消磁电流以达消磁的目的, 同时电流经  $D_{300}$  上时温度上升, 阻值迅速增大, 最后使电流减至很小以维持消磁电阻的温度和保持高阻值。消磁线圈  $L_{310}$  内流过的电流刚开始时可达  $10\text{A}$  左右, 最后稳定在  $1.5\text{mA}$  左右(开机后三分钟达稳定值)。

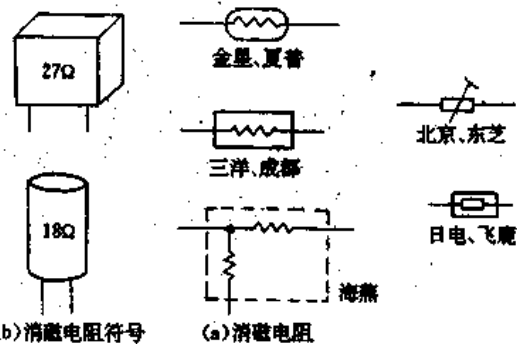


图 1-12

## (二) 敏感电阻的测量与检修

### 1. 保险丝电阻的测量与检修

(1) 测量: 首先测量保险丝电阻在常温下的电阻值, 方法同固定电阻。如阻值正常, 再用万用表测量其性能。测量时, 将万用表表笔并联在保险丝电阻两端, 同时用人体对它加热(可用手拿住), 使温度升高, 看表头指针偏转。假如体温太低, 不足以使阻值变化较大, 还可用发热器件(如电炉、灯泡、电烙铁等)进行烘烤。如温度升高时, 阻值迅速增大, 则该保险丝电阻

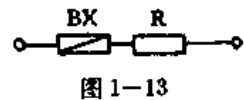


是正温度系数的热敏电阻；如阻值迅速降低，则为负温度系数的压敏电阻。

保险丝电阻的在路测量：判断估计某一保险丝电阻烧坏时，可进行在路粗略测量，测量条件有两点：一是关机一段时间确信保险丝电阻已冷却；二是确信保险丝电阻上无电压，将万用表置  $R \times 1\Omega$  档，当测得阻值较大或阻值近似为零时，该被测保险丝电阻已烧坏。如果测得阻值较小且接近常温值时，该被测保险丝电阻基本是好的，这时可焊开一只脚进行开路加温测量，以检查保险丝电阻性能的好坏，方法同“开路测量”。

(2)检修：保险丝电阻的故障现象是，表面烧焦脱落，内部开路，使其电阻值很大。保险丝电阻烧坏后不便修复，只有更换。但是保险丝电阻市面上难买到，而且价格较贵。下面介绍几种在实际检修中的“土”代换方法。

A、根据流过原保险丝电阻的电流值，选用相同（或接近）电流规格的保险丝代换之，如在保险丝上串联一只等于原保险丝电阻常温阻值的电阻更佳。如图 1-13 所示。

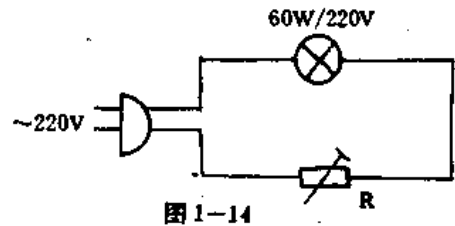


B、选用功率为  $1/4W$  或  $1/8W$ 、阻值等于原保险丝电阻常温阻值的碳膜电阻代换。原理是：当流过该碳膜电阻的电流过大时，该电阻将被烧焦而内部开路，或碳膜脱落而开路。注意，不可用金属膜电阻代替。

C、用  $\phi 0.1 \sim \phi 0.6mm$  的漆包线绕在损坏了的保险丝电阻上，根据该电路的电流确定所绕圈数。电流大的少绕，电流小的多绕，一般绕 10 圈左右。

## 2. 消磁电阻的测量与检修

(1)测量：消磁电阻的测量方法同正温度系数的保险丝电阻，另外还可给消磁电阻直接加交流 220V 试验。其方法如图 1-14 所示：把消磁电阻  $R$  与 60W 白炽灯串联后接入交流 220V 电源中去，如果灯泡亮一下后很快熄灭，则说明该消磁电阻是好的；如果不亮则是坏的，表现为开路；如果亮度不变则说明消磁电阻失效。



一只性能良好的消磁电阻，通几秒钟电后其外壳发烫，万用表测得的阻值很大，且随温度的降低，阻值也将跟着减小。

(2)检修：消磁电阻故障现象，一般内部烧破碎而导致开路，摇动时有响声。可将消磁电阻盖子打开，将碎片中的大的一块放于两个电极极点之间即可照常使用。如果碎片太小，则只有购新代换。

测量敏感电阻器时应遵守如下诗训：

先测常温电阻值，加热升温看表头。

只要指针偏转灵，岂管它是正与负。

## 五、光敏电阻器的测试与使用

光敏电阻器是一种电导率随吸收的光量子多少而变化的电子元件。它是利用半导体的光电导效应特性制成的。当某种物质受到光的照射时，载流子浓度增加，从而增加了电导率，这就是光电导效应。这附加的电导称为光电导。

光敏电阻器适用于探测、光电控制、照度计、光报警等装置中，广泛应用于国防、科研和工农业生产等领域中。

### (一)光敏电阻器的分类

为了介绍光敏电阻器的分类,需先了解一些有关“光”的知识。所谓光,通常是指频谱从无线电的毫米波到X射线的电磁波。在这个波段范围内可以进一步分为几个区,其大致划分如图1-15所示。

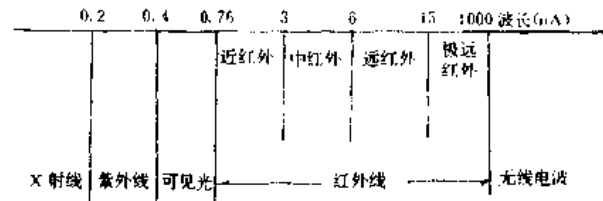


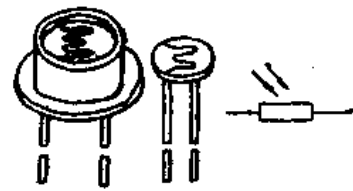
图1-15

根据光敏电阻器的光谱特性,光敏电阻器可分为三种:

1. 紫外光敏电阻器:这种电阻器对紫外光较灵敏。如硫化镉、硒化镉光敏电阻器等。可用于探测紫外线。
2. 可见光敏电阻器:它包括硒、硫化镉、碲化镉、硫硒化镉以及碲化镉、砷化镉、硅、锗硫化锌光敏电阻器等。主要用于各种光电自动控制、光电计数、光电跟踪以及照相机的自动曝光等场合。
3. 红外光敏电阻器:主要有硫化铅、碲化铅、硒化铅、铋化铟、铋镉汞、碲锡铅、锗掺汞、锗掺金等光敏电阻器。它广泛用于导弹制导、卫星姿态监视、气体分析、无损探伤、人体病变探测、红外光谱、红外通信等国防、科研和工农业生产中。

### (二)光敏电阻器的结构原理

光敏电阻器对光线非常敏感。没有光线照射时器件呈高阻。有光照时,材料中便激发出自由电子与空穴,使体电阻减小。随着照度的增高,电阻值迅速降低。光敏电阻的外形及符号如图1-16所示。



(a)外形 (b)符号

图1-16

光敏电阻器的结构特点是,把条状的光敏材料封装在圆形管壳内。有的还用玻璃等透明材料制成的管帽,起保护作用。和普通电阻器一样,它也有两个引线。

光敏电阻器的光照特性如图1-17所示,图中的曲线a、b,分别代表两种光敏电阻的光照特性,即电阻值 $R$ 与照度 $E$ 的关系曲线,图中采用对数座标。在没有光照( $E=0$ )时,器件的电阻称为暗阻 $R_D$ ,暗阻一般在几百千欧至几十兆欧范围内。在规定照度(例如 $E=1000L_x$ )的情况下,电阻值降成几千欧,甚至几百欧,此时的电阻就叫作亮阻,用 $R_L$ 表示。显然,暗阻愈高愈好,亮阻越低越好。

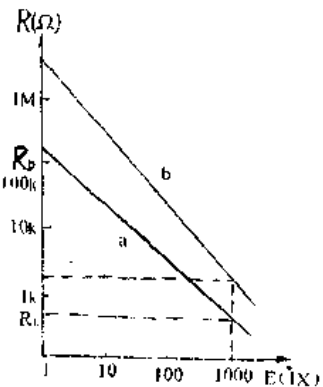


图1-17

常用光敏电阻器的外形图及尺寸规格如图1-18所示。

### (三)光敏电阻器的特性

#### 1. 光敏电阻器主要参数的定义

①亮电阻( $R_L$ )——光敏电阻器在受到光照时所具有的阻值称亮电阻。一般规定在A光源,色温 $2854 \pm 50K$ ,照度 $100L_x$ 条件下测量。

②暗电阻( $R_D$ )——光敏电阻器在无光照( $0L_x$ )时所具有的阻值称为暗电阻。由于暗电阻随关闭光源的时间增长而增加,所以规定在关闭光源30s后测量暗电阻。

③亮电流( $I_L$ )——在一定的外加电压下,受到光照时,通过光敏电阻器的电流称为亮电

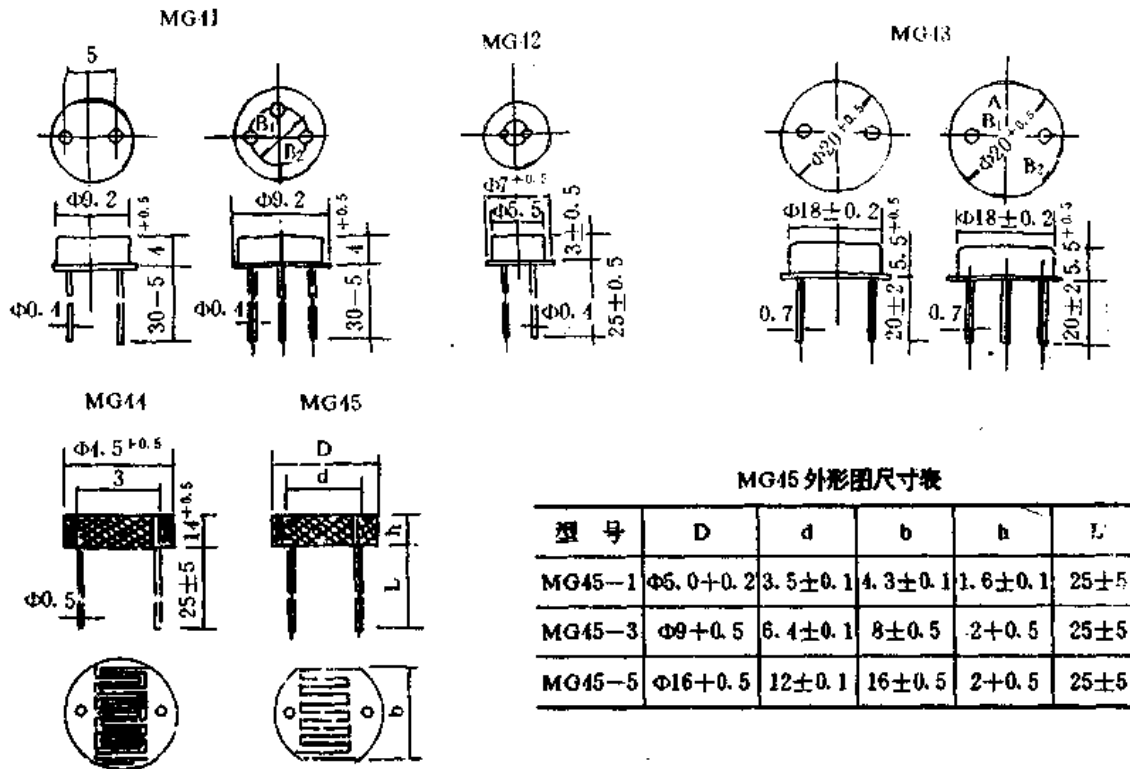


图 1-18

流。

④暗电流( $I_0$ )——在一定的外加电压下,没有光照时,流过光敏电阻器的电流称为暗电流。

⑤光电流( $I_p$ )——亮电流与暗电流之差称为光电流。

⑥灵敏度——表示光敏电阻器灵敏度的方法有多种,常用的有阻值变化倍数、电阻灵敏度、电流灵敏度、比灵敏度和灵敏阈等。

暗电阻与亮电阻的比值称为电阻变化倍数。暗电阻与亮电阻之差同暗电阻之比称为电阻灵敏度。单位入射光通量下的光电流称为电流灵敏度。可表示为光电流  $I_p$  与照射在光敏电阻器上的光通量  $\Phi$  之比。电流灵敏度也称为光电灵敏度或积分灵敏度。实际上,光电流的大小除了与光通量有关外,还与外加电压有关。外加电压为 1V 时的光电灵敏度,称为比灵敏度。以上灵敏度的表示方法常用于可见光谱范围。而在微量辐射能的测量中,主要在红外技术中通常用灵敏阈的概念,其定义为:当光敏电阻器外接负载中产生的信号  $S$  与其内部噪声  $N$  之比  $S/N=1$  时,所需的最小辐射功率( $W$ )。光敏电阻器的内部噪声是由它们的电气特性所决定的。噪声电平越低,灵敏阈越小,说明灵敏度高。

⑦时间常数——当光敏电阻器上的光照跃增(或跃减)时,亮电流并不能立刻跃增(或跃减)到相应的最终稳定值,而要经过一段时间才能达到。这就是光敏电阻器的时间延迟现象,也称惯性。为了表征光电流对光照响应的快慢,引入时间常数的概念。定义为:从光照跃变开始到达稳定亮电流的 63% 所需的时间,称为时间常数。用  $\tau$  表示。显然  $\tau$  越小说明响应越快,也称惯性小。在一定范围,测量光越强,上升时间越快。反之测量光越弱则越慢。因此一般规定在  $100L_x \cdot A$  光源条件下测试。

⑧光谱特性——光谱特性表示光敏电阻器对不同波长光的敏感程度。相应于具有一定敏感程度的波长区间,称为光谱响应范围,也称光谱敏感范围。相应于光谱响应最敏感的波长数值称为光谱响应峰值。

⑨温度系数——光敏电阻温度系数是指温度每变化1℃,亮电阻的相对变化。温度系数随测试光照强弱而变化,所以该系数一般规定在照度为100L<sub>x</sub>条件下测试。

⑩照度指数(r)——表征光照与亮电阻关系特性的参数称为照度指数,又称r值。其定义为:光照和光敏电阻亮电阻变化曲线在双对数坐标上的斜率。为了测试和计算的方便,一般在照度为1、10、100、1000L<sub>x</sub>分段测试和计算。

## 2. 常用光敏电阻器特性参数表(见表1-10)

表1-10

型号	外径尺寸 (mm)	额定功率 (mW)	亮阻 (kΩ)	暗阻 (MΩ)	使用环境 温度(℃)	时间常数 (ms)	最高工作 电压(V)	封装方式
MG41-2	Φ9.2	20	R≤1~10	R≥0.1~10	-40~+70	≤20	100	金属玻璃全密封
MG41-4	Φ9.2	100	R≤100~200	R≥50~100	-40~+70	≤20	150	金属玻璃全密封
MG41-1×2	Φ9.2	10×2	R≤2~5	R≥1~5	-40~+70	≤20	2×50	金属玻璃全密封
MG42-0	Φ7	5	R≤2~20	R≥0.1~2	-25~+55	≤50	20	金属玻璃全密封
MG42-1	Φ7	10	R≤50~100	R≥10~20	-25~+55	≤20	50	金属玻璃全密封
MG43-5	Φ20	200	R≤2~10	R≥1~10	-40~+70	≤20	250	金属玻璃全密封
MG43-4×2	Φ20	100×2	R≤2~5	R≥1~5	-40~+70	≤20	2×125	金属玻璃全密封
MG44-0	Φ4.5	5	R≤2~20	R≥0.2~5	-40~+70	≤50	20	树脂封装
MG45-1	Φ6	10	R≤2~10	R≥1~10	-40~+70	≤20	50	树脂封装
MG45-3	Φ9	50	R≤2~10	R≥1~10	-40~+70	≤20	150	树脂封装
MG45-5	Φ16	200	R≤2~10	R≥1~10	-40~+70	≤20	250	树脂封装

注意:光敏电阻器的每种型号根据亮阻范围有几个不同的规格。

- MG光敏电阻器适用于可见光光谱范围0.4~0.76μm。
- MG41-1×2及MG43-4×2均为双光敏电阻器,亮阻值相对误差≤±20%。
- 使用时应加限流电阻,以防光敏电阻器接受光照突然变化而超载。
- 光敏电阻器宜存于常温、干燥处,并避免光直接照射。

### (四)光敏电阻器的测试方法

利用万用表检测光敏电阻器的测试电路如图1-19所示。

下面以可见光敏电阻器为例,来详细介绍其测试方法。

选择R×1k档,表笔分别与管脚接通。用黑纸遮住光敏电阻时,电阻读数应接近于无穷大。有光照时,电阻减小,还可以把器件管帽对准入射光线,用小纸片在上面晃动,改变器件的照度,万用表指针就会随接收光线的强弱而向左、右摆动。假如指针始终停在无穷大位置,说明光敏材料损坏或内部引线开路。

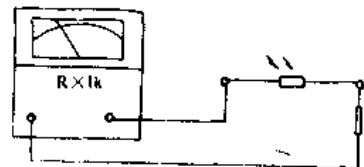


图1-19

## 六、热敏电阻器的测试与使用

热敏电阻器是一种电阻值随温度变化的电子元件。热敏电阻器有二种类型,即正温度系数热敏电阻和负温度系数热敏电阻,两者在温度变化时阻值变化方向相反。凡是在工作温度范围内,其电阻值随温度升高而增加的电阻器称为正温度系数热敏电阻器,简称 PTC 热敏电阻器;反之,阻值随温度增加而减小的称为负温度系数热敏电阻器,简称 NTC 热敏电阻器。

### (一)热敏电阻器主要特性参数

①实际阻值( $R_T$ )——热敏电阻器的实际阻值  $R_T$ ,是在一定的环境温度下,采用引起阻值变化不超过 0.1%的测量功率所测得的电阻值。实际阻值也称为零功率阻值、不发热功率阻值或冷阻值。

②标称阻值( $R_{25}$ )——标称阻值是指环境温度为 25℃时的实际阻值。

③材料常数(B)——材料常数 B 是用来描述电阻材料物理特性的一个参数,又称热灵敏度指标。其单位为开(K)。

④温度系数( $\alpha_T$ )——温度系数  $\alpha_T$  表示温度变化 1℃,电阻器实际阻值的相对变化。

⑤耗散常数(H)——热敏电阻器在电功率的作用下,温度要升高,并向周围媒质散发热量,耗散功率  $\Delta P$  与温升  $\Delta t$  之比称为耗散常数,它定义为:温度每增加 1℃所耗散的功率。这是用来描述热敏电阻器工作时,电阻体与外界环境进行热交换的一个物理量。单位为 W/℃。

⑥热容量(C)——热敏电阻器具有一定的热容量 C,它表示温度升高 1℃,热敏电阻器所吸收的热量。并可表示为比热和质量的乘积。由于热敏电阻器具有热容量,因此它具有一定的热惰性,也就是温度改变需要一定的时间。

⑦时间常数( $\tau$ )——热敏电阻器在无功耗状态下,当环境温度由一个特定温度向另一个特定温度突然改变时,电阻体的温度变化了这两个特定温度之差的 63.2%所需的时间。通常将两个特定温度选为 85℃和 25℃或者 100℃和 0℃。

⑧功率灵敏度( $P_s$ )——热敏电阻器的功率灵敏度定义为:阻值变化 1%时所消耗的外加功率。其大小取决于热敏电阻的温度系数与环境介质之间的热交换特性。

⑨额定功率( $P_R$ )——额定功率  $P_R$  是热敏电阻器在规定的技术条件下,长期连续负载所允许的耗散功率。在此功率下,电阻体自身的温度不应超过最高工作温度。通常所给出的额定功率值是环境温度 +25℃时的额定功率,若环境温度高于 +25℃时,必须相应降低负载。

⑩最高工作温度( $T_{max}$ )——最高工作温度是热敏电阻器在规定的技术条件下,长期连续工作所允许的最高温度。它是环境温度  $t$  和自身温升  $\Delta t$  之和。

⑪最低工作温度( $T_{min}$ )——最低工作温度是热敏电阻器在规定的技术条件下,长期连续工作所允许的最低温度。

⑫最大允许功率( $P_M$ )——最大允许功率是热敏电阻器在正常大气压力和最高工作温度下,长期连续负荷所允许的耗散功率。在此功率下,热敏电阻器本身的实际温度应不超过最高工作温度。

⑬测量功率( $P_c$ )——热敏电阻器的测量功率是指在规定的环境温度下,电阻器受测量电流加热所引起的阻值变化不超过 0.1%时所消耗的电功率。

⑭转变点温度( $T_c$ )——转变点温度是指热敏电阻器电阻——温度特性曲线上的拐点温度,也称居里温度。

⑮标称电压——是稳压用热敏电阻器在规定的温度下,与标准工作电流所对应的电压值。

⑯加热丝电阻( $R_h$ )——旁热式热敏电阻器在室温下,用不致使加热丝发热的功率测得的电阻值。

⑰热电阻值( $R_n$ )——旁热式热敏电阻器在加热丝上通过给定的工作电流时,电阻器达到热平衡时的电阻值。

⑱最大加热电流( $I_{max}$ )——环境温度为  $25^{\circ}\text{C}$ ,使旁热式热敏电阻器阻值稳定在容许的最小阻值,在加热丝上允许通过的最大电流。

⑲热耦合系数( $K$ )——使旁热式热敏电阻器的电阻体达到相同的热电阻值时,其直热功率  $P_1$  与旁热功率  $P_2$  之比。 $K$  的大小取决于热敏电阻器的结构,通常  $K$  大于 0.5。

⑳最大允许瞬时过载电流——热敏电阻器在规定的温度和保持性能不变的条件下,瞬时所能承受的最大电流值。

㉑最大允许电压波动——稳压用热敏电阻器在规定的温度和工作电流范围内,允许电压波动的最大值。

## (二)常用热敏电阻器的结构与性能特点

### (1)MZ11A 型补偿用正温度系数热敏电阻器

MZ11A 型热敏电阻器在直流电路中作温度补偿之用。MZ11A 的使用条件如下。环境温度： $-55\sim+100^{\circ}\text{C}$ ；冲击：频率为  $60\sim 80$  次/分，加速度达  $147\text{m/s}^2$ ；振动：振频为  $50\text{Hz}$ ，加速度达  $98\text{m/s}^2$ ；阻值允许偏差： $\pm 10\%$ ， $\pm 20\%$ ；在  $+100\pm 2^{\circ}\text{C}$  下持续 24 小时后阻值变化： $\leq \pm 5\%$ ；相对湿度： $+40\pm 3^{\circ}\text{C}$  时达  $98\%$ ；大气压力：达  $1999.5\text{Pa}$ ；离心：加速度达  $147\text{m/s}^2$ ；在温度  $+40\pm 3^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为  $98\%$  下，经 48 小时后，其阻值变化： $\leq \pm 5\%$ ；经  $-55\sim+100^{\circ}\text{C}$  三次温度循环后，阻值变化： $\leq \pm 5\%$ 。MZ11A 外形结构尺寸如图 1-20 所示。其主要参数如表 1-11 所示。

表 1-11

参 数	参数值
标称阻值( $\Omega$ )	56~10k $\Omega$
温度系数( $10^{-2}/^{\circ}\text{C}$ )	2~8
耗散常数( $\text{mW}/^{\circ}\text{C}$ )	10
时间常数(s)	50
测定功率( $\text{mW}$ )	0.1
额定功率(W)	1/2

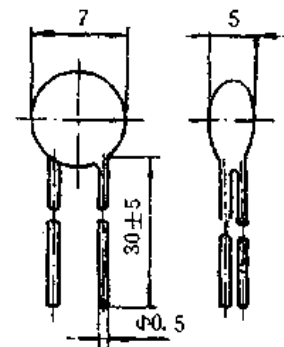


图 1-20

### (2)MZ72 型正温度系数热敏电阻器

MZ72 型消磁用正温度系数热敏电阻器是彩色电视机的自动消磁元件,开关元件及限流元件。MZ72 型正温度系数热敏电阻器的使用条件如下。环境温度： $-10\sim 40^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度： $+40\pm 2^{\circ}\text{C}$  时达  $96\%$ ；大气压力： $115\sim 141\text{kPa}$ ；振动：频率为  $10\sim 55\text{Hz}$ ，加速度达  $98\text{m/s}^2$ 。

$s^2$ 。MZ72 的主要参数如表 1-12 所示；短时耐压如图 1-21(a) 及表 1-13 所示；消磁电路如图 1-21(b)、1-21(c) 所示；外形尺寸如图 1-21(d) 所示。

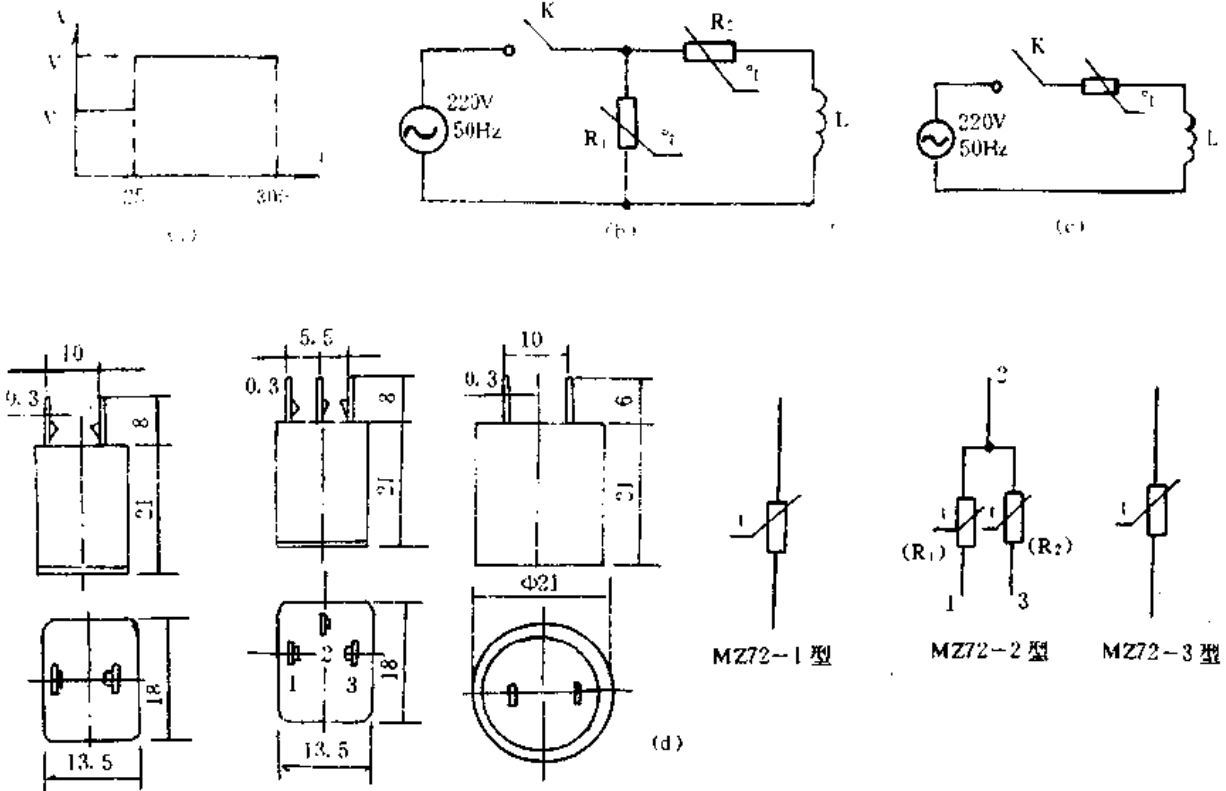


图 1-21

表 1-12

参数	单位	MZ72-1 型	MZ72-2 型	MZ72-3 型
标称阻值(F)	$\Omega$	15, 18, 22, 27, 33	15, 18, 22, 27, 33	39, 47
阻值允许偏差	%	$\pm 20, \pm 30$	$\pm 20, \pm 30$	$\pm 20$
旁路电阻阻值	$\Omega$		250~1000	
额定电压(AC, 50Hz)	V	220	220	300
最大电压(AC, 50Hz)	V	290	290	360
额定电压下平衡功率	W	$\leq 2.2$	$\leq 2.2$	$\leq 2.2$
220V 电压下起始电流( $I_0$ )	A <sub>P-P</sub>	$\geq 15$	$\geq 15$	$\geq 10 \sim 20$
220V 电压下 1s 时电流( $I_1$ )	mA <sub>P-P</sub>	$\leq 500$	$\leq 500$	$\leq 300$
220V 电压下 60s 时电流( $I_{60}$ )	mA <sub>ms</sub>	$\leq 15(R=15\Omega)$ $\leq 10(\text{其余阻值})$	$\leq 15(R=15\Omega)$ $\leq 10(\text{其余阻值})$	$\leq 10$

表 1-13

电压(V)	MZ72-1	MZ72-2	MZ72-3
$V_1(\text{rms. Ac})$	270	270	420
$V_2(\text{rms. Ac})$	420	420	750

(3) PTC-SM27 型热敏电阻器

PTC—SM27 型彩电消磁热敏电阻器用于彩色电视机消除杂散磁场。其主要参数如表 1—14 所示,外形尺寸如图 1—22 所示。

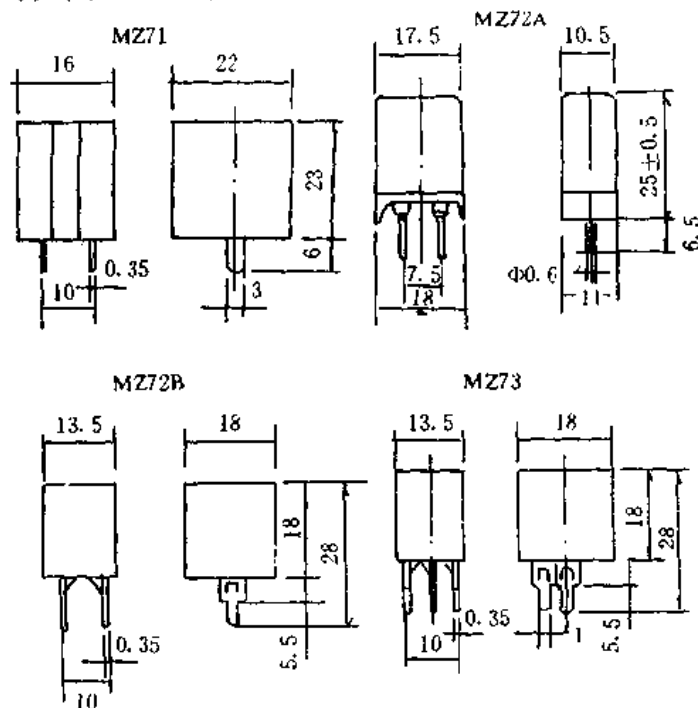


图 1-22

表 1-14

型 号	MZ71	MZ72A	MZ72B	MZ73
参 数				
额定电压(V)	220	220	220	220
标称阻值( $\Omega$ )	40 $\pm$ 30% 20 $\pm$ 30%	18 $\pm$ 20%	18 $\pm$ 20% 12 $\pm$ 20%	27 $\pm$ 20%
起始电流 (A <sub>P-F</sub> )	40 $\Omega$ : >10 20 $\Omega$ : >15	>15	18 $\Omega$ : >15 12 $\Omega$ : >20	>15
残余电流 (mA)	40 $\Omega$ : 30s <10 20 $\Omega$ : 30s <10	30s <10	18 $\Omega$ : 30s <10 12 $\Omega$ : 30s <10	30s <5
恢复特性	2 倍初始值	2 倍初始值	2 倍初始值	2 倍初始值
短时耐电压	40 $\Omega$ : 420V 1' 15" 750V 3' 45" 20 $\Omega$ : 360V 1' 15" 500V 3' 45"	420V 1'	18 $\Omega$ : 420V 1' 12 $\Omega$ : 365V 1'	270V 1' 350V 3'

#### (4) PTC(口琴式发热体)热敏电阻器

PTC 热敏电阻器,即正温度系数热敏电阻,在居里温度  $T_c$  以前元件的电阻值几乎不变,而在  $T_c$  点以上显示急剧正温度系数。可用于温度补偿、温度检测、控制、定温发热、过热保护、无触点开关等一系列装置上,口琴式发热体主要用于窗式空调机、暖风机、干燥机等家



用电器作为热源。PTC 发热体发热量不受电源电压波动的影响, 即有定温发热特性, 可根据环境温度自动调整发热量, 调整发热量容易、迅速, 通电几秒钟可达所需温度, 故省电、可靠。其外形尺寸如图 1-23 所示。主要参数如表 1-15 所示。

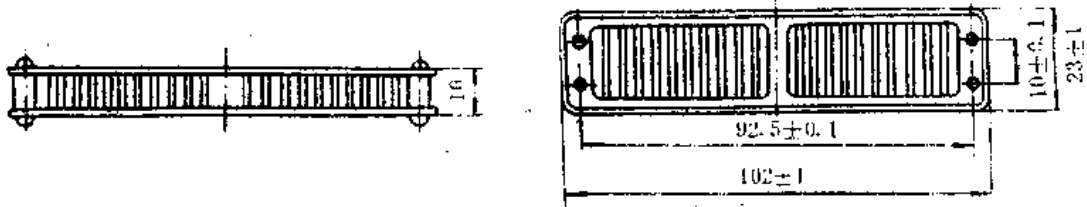


图 1-23

表 1-15

型号	工作电压范围(V)	耐压(V)	起始电流(A)	吹风功率(W)	无风功率(W)	发热片片数	外形尺寸(mm)	备注
MZ12	180~260	440	$\leq 3.5$	$\geq 300$	$\leq 50$	$29 \pm 1$	$102 \times 23 \times 12$	-
MZ13			$\leq 5.0$	$\geq 400$	$\leq 68$	$39 \pm 1$	$128 \times 23 \times 12$	发热片倾斜一定角度

(5) PTC 型马达启动用热敏电阻器

PTC 型马达启动用热敏电阻器用于电冰箱压缩机及小功率电动机自控启动。其主要参数如表 1-16 所示。

表 1-16

型号	居里点	电阻值( $\Omega$ )	最大电压(A <sub>rms</sub> )	最大电流(A <sub>rms</sub> )	耗散功率				引出形状	
					A型	B型	C型	D型	A型	B型
PTC-S MZ91	AR (120°C)	$3.3 \pm 30\%$	160	12	3.8 以下	3.7 以下			固定 焊片 引出	固定 焊片 引出
		$1.7 \pm 30\%$	180	12						
		$6.8 \pm 30\%$	200	10						
		$10 \pm 30\%$	225	9	3.5 以下	3.2 以下				
		$15 \pm 30\%$	250	8						
		$22 \pm 30\%$	300	7						
		$33 \pm 30\%$	355	6						
$47 \pm 30\%$	400	5								
PTC-S MZ92	AR (120°C)	$4.7 \pm 30\%$	180	15	4.5 以下	3.0 以下			固定 焊片 引出	固定 焊片 引出
		$6.8 \pm 30\%$	225	13						
		$10 \pm 30\%$	315	12						
		$15 \pm 30\%$	355	10						
		$22 \pm 30\%$	400	9						
		$33 \pm 30\%$	450	8						
		$47 \pm 30\%$	500	7						

续表

型号	阻值点	电阻值 ( $\Omega$ )	最大电压 ( $A_{rms}$ )	最大电流 ( $A_{rms}$ )	耗散功率				引出形状	
					A型	B型	C型	D型	A型	B型
PTC-S MZ93	AS (135°C)	3.3±30%	160	12	2.8以下 (25°C)				固定焊 片引出 (ABCD 通用)	
		4.7±30%	180	12						
		6.8±30%	200	10						
		10±30%	225	9						
		15±30%	250	8						
		22±30%	300	7						
PTC-S MZ94	AS (135°C)	4.7±30%	160	10	2.5以下 (5°C)				固定焊 片引出 (ABCD 通用)	
		6.8±30%	180	9						
		10±30%	200	8						
		15±30%	225	7						
		22±30%	250	6						

(6) MO<sub>2</sub> 型抑制浪涌用负温度系数热敏电阻器

MO<sub>2</sub> 型抑制浪涌用负温度系数热敏电阻器供电子管、显像管灯丝供电回路和电源设备抑制浪涌电流。其外形尺寸如图 1-24 所示,主要参数如表 1-17 所示。

表 1-17

参数	单位	MO <sub>2</sub> -1	MO <sub>2</sub> -2
外径(D)	mm	17	24
标称阻值	$\Omega$	150±20%	5±30%
B值	K	3610±5%	2790±5%
电阻温度系数	10 <sup>-2</sup> /°C	-4.06	-3.14
时间常数(在空气中)	s	≤80	≤120
耗散常数(在空气中)	mW/°C	≥14	≥25
最大工作电流(AC,有效值)	A	0.5	2
绝缘电阻(100V,DC)	M $\Omega$	≥100	≥100
绝缘耐电压(AC,有效值)	V	≥500	≥500

## (7) MF11 型负温度系数热敏电阻器

MF11 型普通用负温度系数热敏电阻器主要在半导体收音机和电视机电路中作温度补偿用,也可在温度测量和温度控制电路中作感温元件用。MF11 的使用条件如下。环境温度: -40~+80°C;相对湿度: +40±2°C时达 93±3%;大气压力: 达 46655Pa;振动: 振频为 10~500Hz,加速度达 98m/s<sup>2</sup>;冲击: 频率为 40~80 次/分,加速度达 245m/s<sup>2</sup>;离心: 加速度达 98m/s<sup>2</sup>。外形尺寸如图 1-25(a)所示。其功率温度特性曲线如图 1-25(b)所示。其阻值温度特性曲线如图 1-25(c)所示。其标称阻值范围及允许偏差如表 1-18 所示。

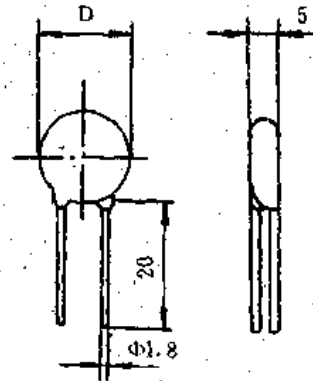


图 1-24

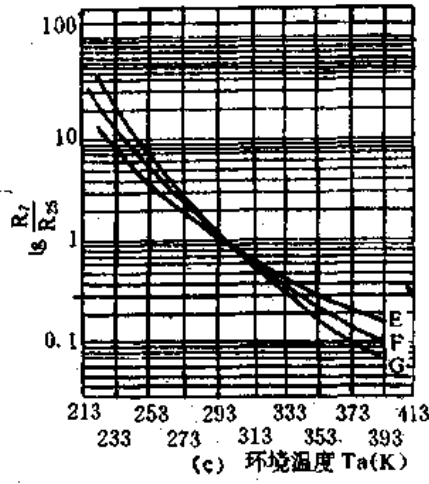
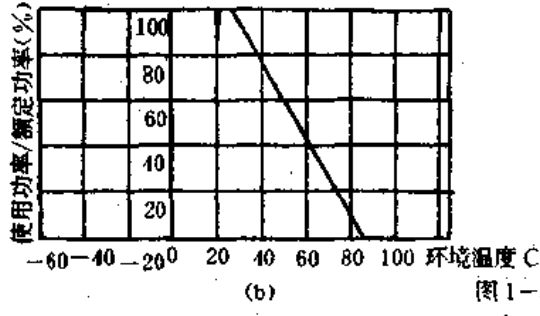
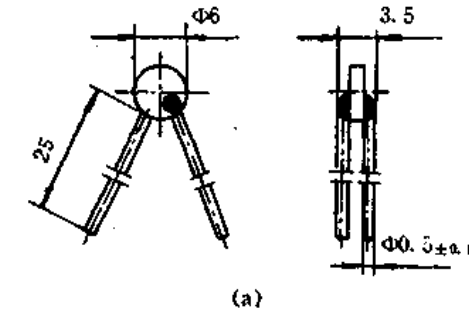


图 1-25

表 1-18

标称阻值范围	允许偏差	标称阻值系列
$10\Omega \leq R_{25} \leq 100\Omega$	±20%	E6
$100\Omega \leq R_{25} \leq 100k\Omega$	±5%	E24
	±10%	E12
	±20%	E6

(8)MF12 型普通用负温度系数热敏电阻器

MF12 型普通用负温度系数热敏电阻器主要在各种交直流电路中作温度补偿用,也可用于温度测量和温度控制电路。其使用条件如下。环境温度: -40~+85°C;相对湿度: +40±2°C时达 93±3%;离心:加速度达 98m/s<sup>2</sup>;大气压力:达 4398.9Pa;振动:振频为 10~500Hz,加速度达 98m/s<sup>2</sup>;冲击:频率为 40~80 次/分,加速度达 196m/s<sup>2</sup>。MF12 的主要参数如表 1-19、表 1-20

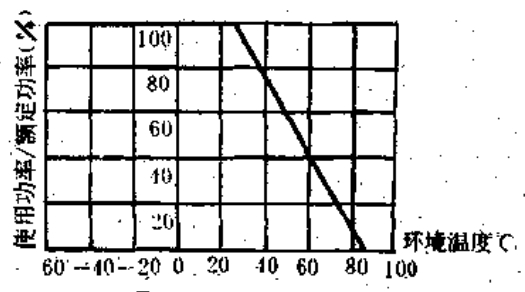


图 1-26

所示;其标称阻值、允许偏差及标称阻值系列应符合表 1-21 的规定。MF12 的典型特性曲线如图 1-26 所示。其阻值温度特性曲线如图 1-27 所示(图中:曲线 H 的标称 B 值为 3900K;曲线 I 的标称 B 值为 4700K;曲线 J 的标称 B 值为 5600K;R<sub>T</sub> 为环境温度为 T 时的实际阻值)。

表 1-19

型号	温度特性代号	标称阻值范围	标称 B 值范围 (K)	电阻温度系数范围 α <sub>25</sub> (×10 <sup>-2</sup> /°C)
MF12-1	I	1~430kΩ	4230~5170	-(4.76~5.83)
	J	470kΩ~1MΩ	5040~6160	-(5.68~6.94)

续表

型号	温度特性代号	标称阻值范围	标称B值范围 (K)	电阻温度系数范围 $\alpha_{25}(\times 10^{-2}/^{\circ}\text{C})$
MF12-2	I	1~100k $\Omega$	4230~5170	-(4.76~5.83)
	J	110k $\Omega$ ~1M $\Omega$	5040~6160	-(5.68~6.94)
MF12-3	H	56~510k $\Omega$	3510~4240	-(3.95~4.84)
	J	560~5600 $\Omega$	4230~5170	-(4.76~5.83)

表 1-20

型号	额定功率 (W)	测量功率 (mW)	时间常数 (s)	耗散常数 (mW/ $^{\circ}\text{C}$ )	最高工作温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )
MF12-1	0.25	0.04	$\leq 10$	$\geq 3$	125
MF12-2	0.5	0.07	$\leq 20$	$\geq 5$	125
MF12-3	1	0.2	$\leq 60$	$\geq 12$	125

表 1-21

标称阻值范围	允许偏差	标称阻值系列
$10\Omega \leq R_{25} \leq 100k\Omega$	$\pm 20\%$	E <sub>6</sub>
$100\Omega \leq R_{25} \leq 100k\Omega$	$\pm 5\%$	E <sub>24</sub>
	$\pm 10\%$	E <sub>12</sub>
	$\pm 20\%$	E <sub>6</sub>
$R_{25} > 100k\Omega$	$\pm 10\%$	E <sub>12</sub>
	$\pm 20\%$	E <sub>6</sub>

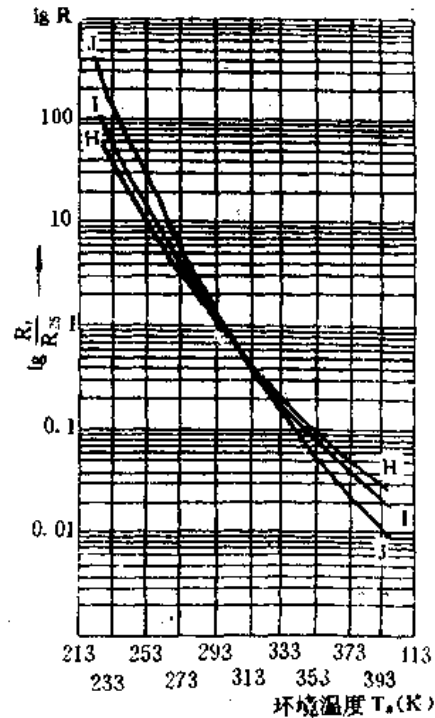


图 1-27

(9) MF18 型厚膜负温度系数热敏电阻器

MF18 型厚膜负温度系数热敏电阻器供彩色电视机、黑白电视机中的集成电路作线性补偿和功放级温度补偿。MF18 的使用条件如下。环境温度： $-40 \sim +70^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度： $+40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 时达 96%；大气压力：达 2~10kPa；振动：振频 10~500Hz；加速度<sup>(a)</sup> 147m/s<sup>2</sup>；碰撞：加速度达 147m/s<sup>2</sup>；离心：速度达 98m/s<sup>2</sup>。其外形尺寸与负荷温度曲线见图 1-28(a)、(b)所示。

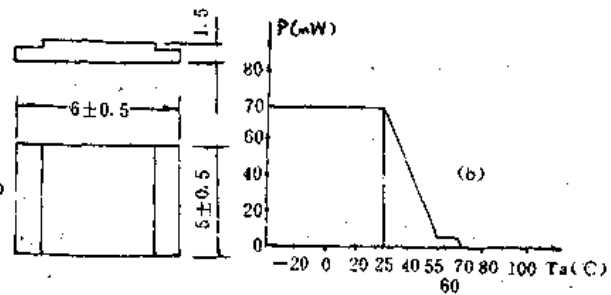


图 1-28

MF18 的主要参数如下：

标称阻值范围：100 $\Omega$ ~1k $\Omega$

B 值及偏差：3300 $\pm$ 600K

测量功率： $\leq 0.06\text{mW}$

额定功率：70mW；

时间常数： $\leq 20\text{s}$

耗散常数： $\geq 2\text{mW}/^{\circ}\text{C}$ ；

阻值允许偏差:  $\pm 5\%$ ,  $\pm 10\%$ ,  $\pm 20\%$ ;

重量:  $\leq 5g$ ;

阻值温度特性如表 1-22:

表 1-22

温度(°C)	-55	-15	0	25	50	75	100
$R_T/R_{25}$	33.3	4.13	2.81	1	0.409	0.182	0.0941

(10)MF54-1 型负温度系数热敏电阻器

MF54-1 型负温度系数热敏电阻器主要用于需要温度补偿的交、直流电路,电冰箱的测温 and 控温。其使用条件如下。环境温度:  $-55 \sim +85^\circ\text{C}$ ;相对湿度:  $+40 \pm 2^\circ\text{C}$  时达 96%;大气压力: 达  $2 \sim 104\text{kPa}$ ;振动: 加速度  $98\text{m/s}^2$ , 频率  $10 \sim 500\text{Hz}$ ;碰撞: 加速度达  $245\text{m/s}^2$ ;离心: 加速度达  $98\text{m/s}^2$ , 其外形尺寸如图 1-29 所示。

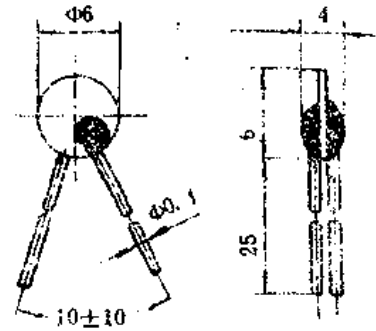


图 1-29

MF54-1 的主要参数如下:

标称阻值范围  $8.2 \sim 330\Omega$ ;

阻值允许偏差:  $\pm 10\%$ ,  $\pm 20\%$ ;

B 值范围:  $1200 \sim 2400\text{K}$ ;

时间常数:  $\leq 40\text{s}$

耗散常数:  $\geq 5\text{mW}/^\circ\text{C}$ ;

测量功率:  $0.25\text{W}$ ;

重量:  $1g$ ;

阻值温度特性如表 1-23:

表 1-23

T(°C)	-55	-15	0	25	50	75	100	125
$R_T/R_{25}$	10.3	2.75	1.83	1.00	0.58	0.36	0.23	0.15

(三)热敏电阻器的测试方法

1. 判断热敏电阻器的好坏与类型

热敏电阻器应首先测量在正常温度下的电阻值。若阻值正常,再用手捏住热敏电阻,使其温度升高。如果体温不足以使阻值变化较大,可用发热元件如灯泡、电烙铁进行烘烤。当温度升高,此时阻值增大,表明该热敏电阻是正温度系数电阻;否则,便是负温度系数热敏电阻。如果温度发生变化,而电阻值不发生变化,表明该热敏电阻失效。若需精确测量热敏电阻器的阻值应使用万用电桥测量。

2. 负温度系数热敏电阻器 NTC 的测量

在业余条件下可以用万用表电阻档来检测 NTC 热敏电阻。具体方法如下;

(1)测量零功率电阻值  $R_0$

测量  $R_0$  时需注意两点:第一,测量功率不宜超过规定值,以免电流热效应引起测量误差;第二,环境温度应接近于  $25^\circ\text{C}$ 。以 MF12-1 型热敏电阻为例,其额定功率  $1\text{W}$ ,测量功率

$P_1 = 0.2 \text{ mW}$ 。假定标称电阻值为  $10 \text{ k}\Omega$ ，测试电流应为： $I = \sqrt{\frac{P_1}{R_1}} = \sqrt{\frac{0.2 \times 10^{-3}}{10 \times 10^3}} = 141 \mu\text{A}$ 。显然选择  $R \times 1 \text{ k}$  档比较合适，该档满度电流  $I_m$  一般为几十至一百几十微安。500 型万用表  $R \times 1 \text{ k}$  档的  $I_m$  为  $150 \mu\text{A}$ ，与  $141 \mu\text{A}$  很接近。

对于低阻值的热敏电阻器，亦应尽量选较高的电阻档，以减小测试电流引起的热效应。

### (2) 估测电阻温度系数 $\alpha$

估测  $\alpha$  的方法是：首先在室温  $t_1$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) 下测得电阻值  $R_{t_1}$ ，再用电烙铁作为热源，靠近热敏电阻  $R_T$ ，记下电阻值  $R_{t_2}$ ，并用温度计测出  $R_T$  表面的平均温度值  $t_2$ ，然后代入下式估算  $\alpha$ ：

$\alpha \approx \frac{R_{t_2} - R_{t_1}}{R_{t_1}(t_2 - t_1)}$ 。对于 NTC 热敏电阻， $\alpha < 0$ ，而 PTC 热敏电阻的  $\alpha > 0$ ，根据这一点也可以区分 NTC 和 PTC 热敏电阻。

注意事项： $t_2$  温度测量的准确与否，对计算  $\alpha$  影响很大。温度计应尽量远离电烙铁，并可多测几点温度值，再取平均。当体温高于环境温度时，用手摸住热敏电阻器，也能观察到电阻读数的变化。在正确选用电阻档的前提下，若读数为零欧或无穷大，均说明热敏电阻已经损坏。

### 3. 正温度系数热敏电阻器 PTC 的测量

下面介绍用万用表检查 PTC 热敏电阻器的方法。被测元件以 MZ72B 为例，标称阻值为  $12 \Omega \pm 20\%$  (即  $9.6 \sim 14.4 \Omega$ )。

测试电路如图 1-30 所示。直流稳压电源调至  $10 \text{ V}$ 。准备两块万用表，其中表 I 拨置  $500 \text{ mA}$  档与 PTC 串联后接电源。用表 II 的  $50 \text{ V}$  档监测电源电压。在接通电源开关的瞬间，表 I 的表针冲过  $500 \text{ mA}$ ，然后迅速降低，经过  $36 \text{ s}$  降成  $80 \text{ mA}$ ，对应电阻值从  $13.5 \Omega$  增至  $125 \Omega$ 。等 PTC 恢复冷态之后，把 E 调至  $30 \text{ V}$ ，表 I 拨于  $5 \text{ A}$  档，在通电的瞬间电流接近  $2 \text{ A}$ ，经过  $8 \text{ s}$  时间即降成  $30 \text{ mA}$ ，对应的电阻值为  $3 \text{ k}\Omega$  左右。

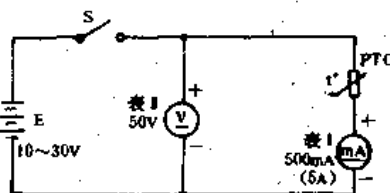


图 1-30

另一种测量 PTC 热敏电阻的方法是，将其直接并在  $220 \text{ V}$  电源两端，用钳流表测量电流变化情况。经过  $30 \text{ s}$  后，钳流表读数接近于零，说明残余电流很小。

注意事项：每次测量应在 PTC 元件降成室温后进行。钳流表存在惯性，不能反映出起始电流的峰值。为此可用脉冲示波器进行测量，并观察电流的衰减过程。

## 七、熔断电阻器的测试与使用

熔断电阻是一种具有双重功能的电子元件，具有电阻和过流熔断器的作用，一旦过载它将迅速熔断。熔断电阻器广泛应用于彩电、音响等高档电器设备的电源电路、电子滤波器的输入回路、以及各类电子仪器之中。熔断电阻图形符号如图 1-31 所示。

在许多电路图中也有在普通电阻的电路符号旁边标上英文字母 (Fusible) 来表示的。熔断电阻在电路正常工作时，仅起到一个小电阻的作用，若电路因故障出现大电流时，熔断电阻在很短时间内熔断，切断电源，以保护电路其它元件。

### (一) 常用熔断电阻器的结构与性能特点

#### (1) RF10、RF11 型熔断电阻器

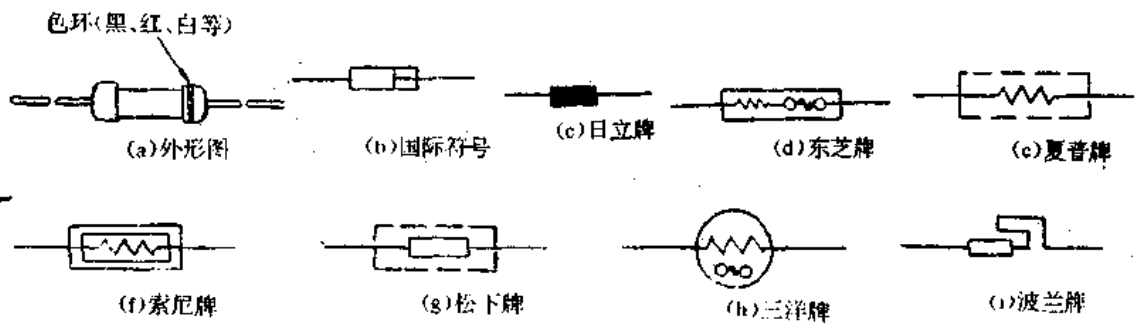


图 1-31

RF10 型熔断电阻器是涂复型,使用环境温度 $-55\sim+70\sim+125^{\circ}\text{C}$ ,RF11 型熔断电阻器为瓷外壳型,其中 RF11-0.5 为圆柱形瓷外壳,其余为方形瓷外壳,RF10、RF11 型熔断电阻器是彩电配套元件,都具有阻燃能力。其主要特性参数如表 1-24 所示。

表 1-24

型号	功率 (W)	阻值范围 ( $\Omega$ )	精度 $\pm$ (%)	稳定度 (%)	温度系数 ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	外形尺寸 (mm)	绝缘电压 (V)
RF10	0.25	0.47~1k	5.10	5	350	$\phi 2.5 \times 7$	250
	0.5	0.47~1k	5.10	5	350	$\phi 3.9 \times 10.5$	250
	1	0.47~1k	5.10	5	350	$\phi 6.5 \times 14$	350
	2	0.47~1k	5.10	5	350	$\phi 6.5 \times 17$	350
RF11	0.5	0.33~1.5k	5.10	5	350	$\phi 6.3 \times 13.5$	1000
	1	0.33~1k	5.10	5	350	$6.5 \times 6.5 \times 14$	1000
	2	0.33~1k	5.10	5	350	$7.4 \times 7.4 \times 19$	1000
	3	0.33~3.3k	5.10	5	350	$10.5 \times 10.5 \times 23$	1000

### (2) RRD0910 型熔断电阻器

RRD0910 型熔断电阻器应用于彩电、黑白电视机、收录机、扩大机等电器装置中。其在正常使用条件下起电阻器的作用,当电路出现异常时迅速熔断,对电路及元器件起到保护作用。其外形尺寸如图 1-32(a)所示,其熔断特性如图 1-32(b)所示。

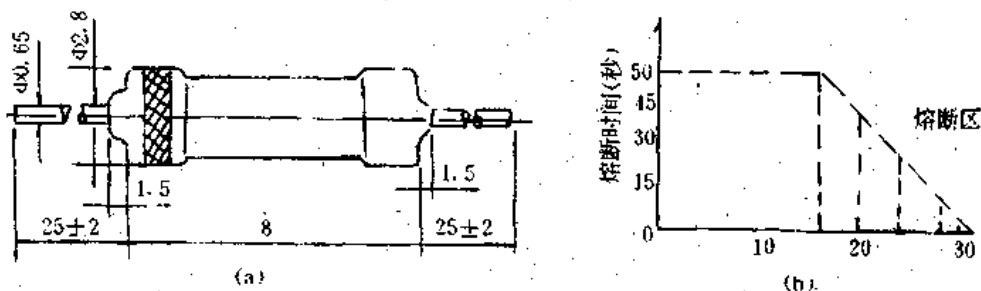


图 1-32

RRD0910 的主要特性参数如下。

环境温度: $-55\sim+125^{\circ}\text{C}$ ( $+70^{\circ}\text{C}$ 时满负荷);

相对湿度: $+40^{\circ}\text{C}$ 时达  $93\pm 3\%$ ;

大气压力:达  $0.666\text{kPa}$ ;

振动:加速度达  $150\text{m/s}^2$ ;

冲击:加速度达  $500\text{m/s}^2$ ;

离心:加速度达  $250\text{m/s}^2$ ;

额定功率:  $0.25\text{W}$ ;

阻值范围:  $1\sim 100\Omega$ ;

标称阻值允许偏差:  $\pm 5\%$ ;

温度系数:  $+800, -0\text{ ppm}/^\circ\text{C}$ ;

断续负荷:电阻器两端接入电压、通  $1\text{s}$  间断  $25\text{s}$ , 循环三次后阻值变化不大于  $\pm 10\%$ 。

### (3)RRD0911 型瓷外壳熔断电阻器

RRD0911 型瓷外壳熔断电阻器主要是为彩色、黑白电视机配套使用,也可用在其它电器设备中。其在电路正常工作情况时,可作电阻器使用;一旦电路发生故障时,可作保险丝使用,对整机起保护作用。外形尺寸如图 1-33(a)、(b)所示。

RRD0911 型的主要特性参数如下。

环境温度:  $-25\sim +155^\circ\text{C}$  ( $+70^\circ\text{C}$  时满负荷);

阻值范围:  $0.5\Omega\sim 10\text{k}\Omega$ ;

温度系数:  $\pm 500\text{ppm}/^\circ\text{C}$ ;

标称阻值允许偏差:分为  $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$  两种;

断续过负荷:  $2.5\sim 3$  倍额定电压通  $1\text{s}$  断  $25\text{s}$

10000 次。

温度循环:  $-25\sim +85^\circ\text{C}$  五个周期。

其外表尺寸如表 1-25 所示。

表 1-25

型号	额定功率 (W)	外形尺寸(mm)			
		L	I	d	b
RRD0911-1	1	$13\pm 1$	$27\pm 3$	$\phi 0.6\pm 0.1$	$5.5\pm 1$
RRD0911-2	2	$18\pm 1$	$27\pm 3$	$\phi 0.8\pm 0.1$	$6.5\pm 1$
RRD0911-3	3	$22\pm 1$	$35\pm 3$	$\phi 0.8\pm 0.1$	$9\pm 1$

其熔断性能等如表 1-26 所示。

表 1-26

标称阻值范围( $\Omega$ )	施加功率倍数	熔断时间(s)
2.2~15	16	$\leq 45$
18~47	12	$\leq 30$
56~1k	20	$\leq 20$

### (4)RRD 系列熔断电阻器

RRD 系列为最常用的熔断电阻器,其特性参数如表 1-27 所示。

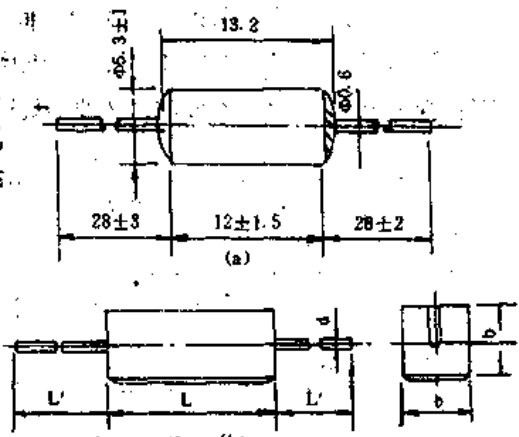


图 1-33



表 1-27

型 号	额定功率 (W)	尺 寸				阻值范围 (Ω)	最大熔断时间(s)						
		L	D或W	d	I		10R <sub>H</sub>	12R <sub>H</sub>	16R <sub>H</sub>	20R <sub>H</sub>	25R <sub>H</sub>	30R <sub>H</sub>	40R <sub>H</sub>
RRD	0.25	9.5	Φ4	0.6	25	0.47~1k	160	120	60	30	15	10	7
RRD	0.5	12	Φ5.6	0.8	25	0.47~1k	160	120	60	30	15	10	7
RRD	1	13	5.5	0.8	25	0.47~1k	60	45	30	20	12	7	
RRD	2	18	6.4	0.8	25	0.47~1k	60	45	30	20	12	7	

## (二)熔断电阻器的测试与代换

### 1. 熔断电阻器的测试方法

熔断电阻器的测试电路图如 1-34 所示。

其测试方法与测普通电阻的方法一样。即利用万用表的电阻档可以判断熔断电阻器是否开路或短路。如测试结果阻值为无穷大,证明此熔断电阻器断路;若阻值为零,则证明此熔断电阻器短路;利用万用表的 R×1 档,还能测量出熔断电阻器的标称阻值。

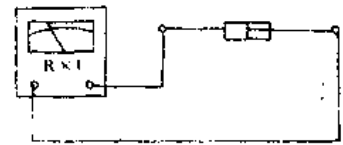


图 1-34

### 2. 熔断电阻器的代换

熔断电阻损坏,可用同类型号代换。若临时找不到熔断电阻器,应急代换可用一个电阻(与熔断电阻阻值相同)和一个保险管串联代换,具体如图 1-35 所示。

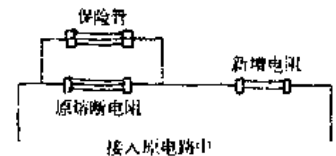


图 1-35

## 第二章 电容器的测量与检修

### 一、电容器概述

#### (一) 电容器的定义及应用

1. 电容器的定义:能储存正、负电荷的容器称为电容器。电容器的结构原理是非常简单的,如图 2-1 所示,两个相互靠近的平板导体,中间夹一层不导电的绝缘介质便构成了一个电容器。或者说,凡是绝缘物质隔开的两个导体的组合便构成了一个电容器。因此从广义角度来说,很多地方都存在电容器,比如楼层与楼层之间、楼层与

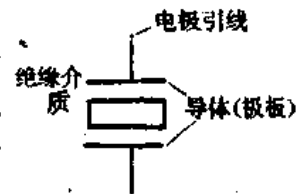


图 2-1

地面之间、晒衣铁丝与地面之间、云层与大地之间等等,就存在电容器,能够存储电荷。不过这些电容器是自然存在的,称之为分布参数型电容器,它不是我们要讨论的范畴。我们要讨论测量的电容器是指人为生产出来的,具有较大储存能力的电容器,这种电容器称之为集中参数型电容器。

电容器常用字母“C”表示,它的基本单位为“法拉”,用字母“F”表示,但在实际应用时法拉的单位太大,通常用较小的辅助单位“微法拉”(μF)和“微微法拉”(μμF 或 pF),它们之间的关系换算如下:

$$1\text{F(法拉)}=10^6\mu\text{F(微法)}=10^{12}\text{pF(微微法)}$$

$$1\mu\text{F}=10^{-6}\text{F}=10^6\text{pF}$$

$$1\text{pF}=10^{-12}\text{F}=10^{-6}\mu\text{F}$$

#### 2. 电容器的应用

电容器是各种家用电器中最基本的和应用较多的元器件之一。主要用于直流电源的滤波、高低频信号的耦合,高低频信号的旁路,与其它元件组成谐振回路,作谐振电路的调谐元件,隔离直流,电光和电热能量转换、微积分电路元件、定时电路元件和电机启动元件等。

#### (二) 电容器的种类及电路符号

##### 1. 电容器的种类

电容器的种类是很多的,根据电容器的容量是否可调分为三类:

按容量能否可调分类

- 固定电容器
- 可变电容器
- 半可变(微调)电容器

根据电容器所用绝缘介质分类,有空气介质电容器、云母电容器、纸介电容器、小型金属化电容器、瓷介电容器和电解电容器等。种类列于表 2-1。

表 2-1

序号	大类	小类	小类包含类	
1	气体介质电容器	空气电容器	空气可变电容器 空气微调电容器	
		真空电容器 充气式电容器		
2	有机固体介质电容器	纸介电容器	固体浸渍电容器 液体浸渍电容器	
		有机薄膜电容器	聚丙烯电容器	
			聚苯乙烯电容器	
			聚四氟乙烯电容器	
			涤纶电容器	
			漆膜电容器	
			薄膜可变电容器	
		薄膜微调电容器		
3	无机固体介质电容器	陶瓷电容器	低频陶瓷电容器 高频陶瓷电容器 瓷介微调电容器	
		云母电容器	云母微调电容器	
		玻璃釉电容器		
4	液体介质电容器	油渍电容器		
5	复合介质电容器	纸膜混合电容器		
6	电解介质电容器	铝电解电容器	有极性电容器 无极性电容器	
		铌电解电容器		
		钽电解电容器	固体钽电解电容器 液体钽电解电容器	

2. 电容器实物图举例及电路符号(见图 2-2)

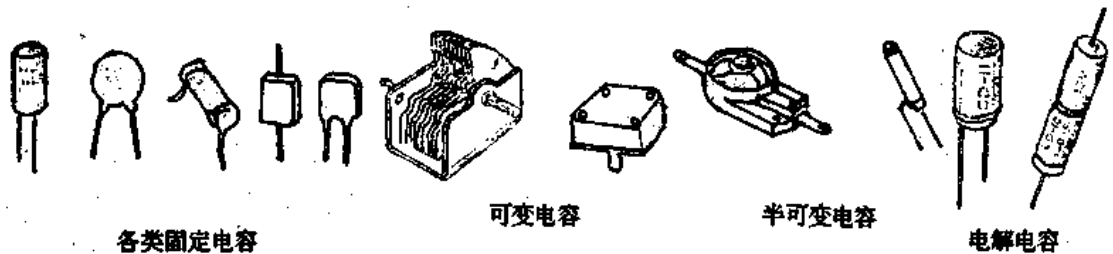
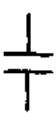



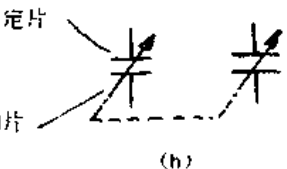
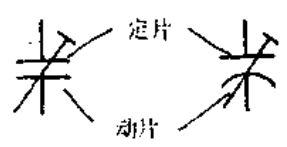
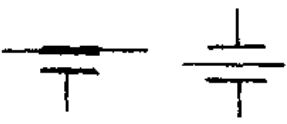


图 2-2

电容器的电路符号如表 2-2:

表 2 2

序号	电路符号	符号意义
1		普通固定电容器
2	 	(a)有正、负极性的电解电容器 (b)无极性(双极性)电解电容器
3	 	(a)单联可变电容器 (b)双联可变电容器
4		半可变(微调)电容器
5		穿心式电容器

### (三)电容器的充放电原理简介

#### 1. 电容器的充电过程

电容器最基本的特性是能储存电荷。

如图 2-3 所示,  $E$  为直流电源,  $R$  为放电限流电阻, 当  $K$  接到“1”位时, 电容器的两极板间接上了电源  $E$ , 在电场力的作用下, 电源负极的自由电子将移动到与它相连的  $B$  极板上, 使  $B$  极板带有负电荷, 而另一极板  $A$  上的自由电子移动到电源正极, 使  $A$  极板出现等量正电荷, 电荷的移动直到极

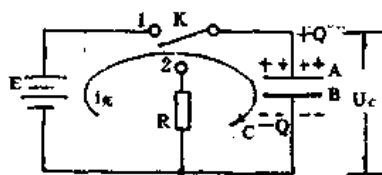


图 2-3

板间电压与电源电压相等时为止。这样, 在两极板间便建立了电场, 撤去电源后, 由于电容器中间是绝缘介质, 这些电荷只能互相吸引, 而不会自行“跑掉”。即电容器上储存了一定的电荷和电场能量。我们把电容器储存电荷和电场能量的过程叫做电容器的充电。

当外加电源电压升高时, 电容器两极板上储存的电荷也将随之增加, 类似于水涨船高。对某一个电容器来说, 其中任一极板所储存的电量  $Q$ , 与两极板间的电压降  $V_c$  的比值 ( $Q/V_c$ )

$V_c$ )是一个常数,它反映了电容器储存电荷的能力,但对于不同的电容器,这个比值是不相等的,我们把这个比值叫做电容器的电容量。

电容器充电的规律为:开始时充得快,充电电流大,后面充得慢,充电电流逐渐减小到接近于零,呈图 2-4 曲线所示。

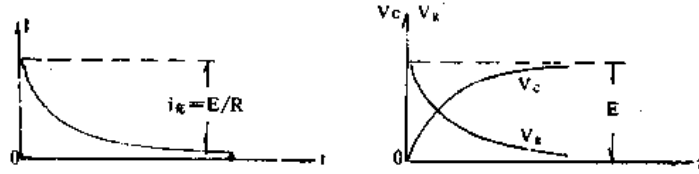


图 2-4

## 2. 电容器的放电过程

如图 2-5 所示,当 K 置于“2”位时,断开了电源 E,使电容器 C 与电阻 R 构成一个回路,此时 A 极板上的正电荷将经 R 运动到 B 极板,与 B 极板上的负电荷相中和,随着中和的进行,A、B 两极板上的电荷不断减少,直到全部中和掉,电容器 C 上的电场和电压也随之消失。我们把电容器释放电荷和电场能量的过程叫做电容器的放电。电路中电阻 R 起限流作用。

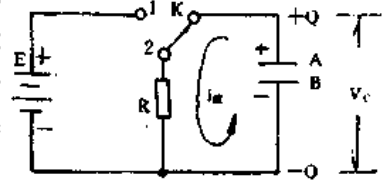


图 2-5

电容器放电的规律与充电类似,只是放电电流方向改变了,如图 2-6 所示。

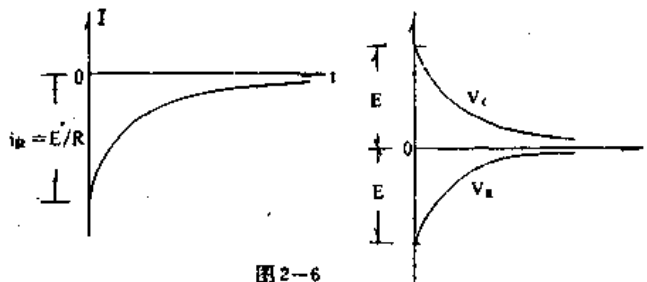


图 2-6

根据上述原理,得出电容器的重要特性:电容器两端的电压不能突变。即是说,电容器上储存的电荷不是瞬间充上的,也不是瞬间放完的,而是要经过一段时间才能充满或放完,我们称这个时间叫做电容器的充放电时间常数,它等于电容(F)、电阻( $\Omega$ )的乘积,用字母“ $\tau$ ”表示,即  $\tau = C \cdot R$ ,单位为“秒”。由此可知,在电阻相同的情况下,容量大的电容器, $\tau$  便大,容量小的电容器, $\tau$  便小。这一特点为我们下面要进行的测量提供了判断依据。

下面介绍固定电容器和可变(半可变)电容器的测量与检修

## 二、固定电容器的测量与检修

凡电容量为固定不可调的电容器就叫固定电容器。

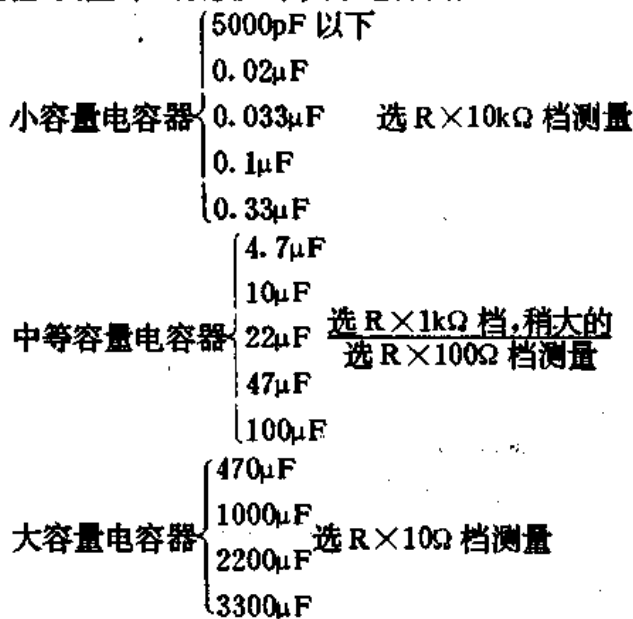
### (一)固定电容器的粗略测量

所谓粗略测量是指对电容器能否储存电荷的大概测量,也即充放电性能的测量,其容量的大小只能根据电阻档位和指针偏转角度来粗略估计。这是一种家电维修中最常采用的测量。

#### 1. 测量原理及万用表欧姆档位的选择

电容器常见的故障是击穿、漏电、内部开路和失效等。击穿将造成短路,漏电会增大损

耗,开路使电容器失去储能功能,失效常表现为容量下降。利用万用表的“Ω”档检测电容器,是根据电容器的充放电原理进行的。对于容量不同的电容器应选择不同的档位进行测量。根据经验,测量时一般按如下关系选择档位。



大于 4700μF 的电容器选 R×1Ω 档测量(注:测大容量电容器时,电表内的电池要用较新的,减小内阻和充电时间。)

注意,在选 R×10kΩ 时,因表内电压较高,测试时不可超过被测电容器的耐压值。

### 2. 5000pF 以上电容器(含电解)的测量

(1)容量、性能的判断:如图 2-7 所示,根据容量大小选好档位,注意,此时万用表既是电容器的充电电源又是电容器充放电的监视器。当将两表笔与电容器两电极相接触时,指针先向右边偏转一个角度(表示表内电池对电容器充电),然后很快向左边返回到∞位置(表示对电容器充电完毕,所以电容器的电阻逐渐变大)。交换表笔再接触碰电极一下,指针仍向右摆动一下后复原,并且这一次向右摆动的幅度应比前一次大(因电容器上原已充有电,交换表笔后便改变了充电电源的极性,电容器要先放电后充电,所以指针偏转角度较前次大)。

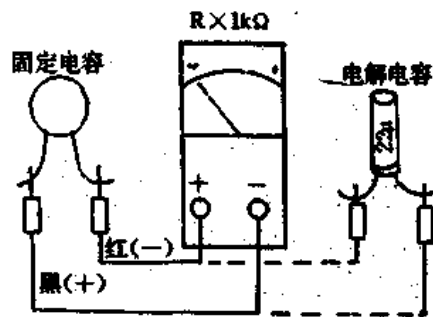


图 2-7

如果测量大容量电容时,在交换表笔再测之前,应该把电容器的两脚相碰一下,使前一次测量中被充上的电荷释放掉,以避免因放电电流大而致使指针摆动时打弯。

被测电容器的容量的粗略判断,可根据测量时指针摆动角度的大小来确定。如果电容量越大,则指针摆动越大,如图 2-8 所示。相反,电容量越小时,则指针摆动角度越小。我们利用这一特点,可以大致比较两个或两个以上电容器容量的大小,以便维修时选用。

被测电容器性能的判断。对于小容量电容器来说,分为五种情况考虑。一是测试时指针摆动一下后很快返回到∞,说明该电容器是好的;二是指针摆动一下后回不到∞,而指示在某一电阻数值上,说明该电容器绝缘介质漏电,这个电阻就是它的漏电电阻,一般表现为容

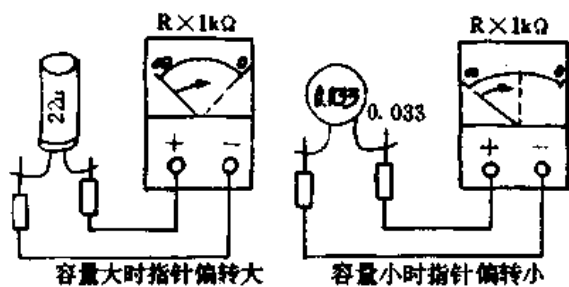


图 2-8

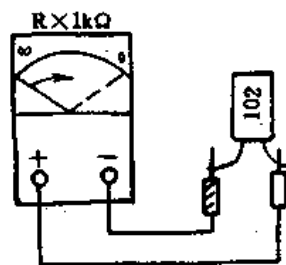


图 2-9

量下降,即所谓的低效。正常的小容量电容器的漏电电阻是很大的,约为几十至几百兆欧,若小于几兆欧时就不能使用了;三是指针不摆动,仍在 $\infty$ 处,说明该电容器有可能内部开路,有可能因容量太小(小于 5000pF)而充放电不明显所致;四是指针摆动到“0”位上不返回,说明该电容器已击穿短路,如图 2-9 所示;五是指针摆动到刻度中间某一位置后不动了,交换表笔再测时也同样指示在前一次位置上,如同测量一只电阻一样,说明该电容器已失效,相当于一只电阻。

对于测量中等容量以上的电容器来说,不能完全用上述标准进行判断。因为容量越大的电容器漏电越大,漏电越大则漏电电阻就越小。就是说对于一只正常的大电容器,在规定的 $\Omega$ 档位测量时指针一般不可能返回到 $\infty$ 位置,这是与上述一、二点不尽相同的地方。所以在测量时要注意区别,其余三、四、五点是相同的,可作为判断的依据。

(2)电容器漏电的测量:电容器漏电是绝对的,不漏电是相对的,但当漏电太大甚至击穿短路就不能再用了。我们希望电容器的漏电越小越好,即绝缘电阻(漏电电阻)越大越好。

用万用表  $R \times 1k\Omega$  档或  $R \times 10k\Omega$  档可以测量电容器的漏电。测试前必须将表头进行调零,并且测试时两手不可并于电容器的两脚上,否则会有较大的测量误差。如图 2-10 所示,若指针是先向右方向( $R \rightarrow 0$ )摆动一下,然后逐步返回到  $R \rightarrow \infty$  的方向,则说明该电容器漏电很小;若指针回不到 $\infty$ 处,而是指示在中间某一电阻数值上,这个数值

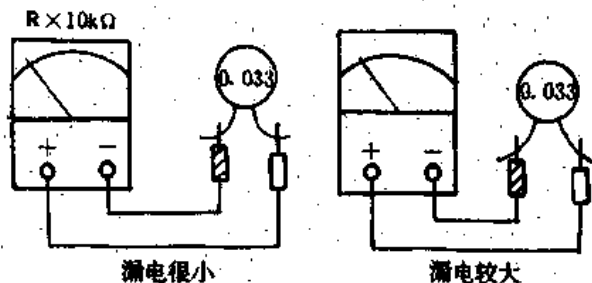


图 2-10

便是该电容器的漏电电阻,说明电容器漏电较大。一般电容器的漏电电阻如果小于几兆欧时,漏电严重,便不能使用。如果被测电容器的容量在 5000pF 以上,万用表仍在  $R \times 10k\Omega$  档测试时,指针仍不摆动,与没有并接电容器时一样,说明该被测电容器内部已开路,如果是电解电容器,说明其内部的电解质已干涸,不能使用。

用耳机和电池可以检查大容量电容的漏电。电路如图 2-11 所示。当耳机和电容器与电池接触时,电池经耳机对电容器充电,耳机中便会有“喀”的响声,如果再多接触几次,听不到“喀”声,说明电容器是正常的,这是因为电容器充的电已经等于外加电源电压,无充电电流经过耳机,可见该电容器漏电很小。如果每碰一下(或等一会再碰一下)均有“喀”

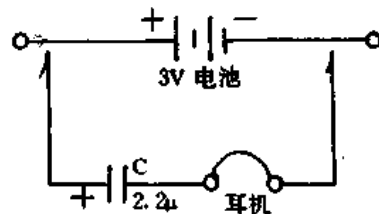


图 2-11

声,说明电容器有漏电。如果第一次碰时就没有“喀”声,可调换方向再碰一下,如仍无“喀”声,说明该电容器已开路。

用万用表电流档也可以测量电解电容器的漏电。电路如图 2-12 所示,万用表置  $1 \times 1\text{mA}$  (或  $50\mu\text{A}$ ) 档,  $C_x$  为被测电解电容器,  $E$  为不超过  $C_x$  耐压的测试电源。测量前计算出被测电容器的允许漏电流,按下式计算:

$$I_{\text{漏}} = K C_x E \times 10^{-4} + M (\text{mA})$$

其中:  $I_{\text{漏}}$ —电解允许漏电流(mA)

$K$ —常数(+20°时  $K=1$ , +60°时  $K=3$ )

$C_x$ —被测电容器标称容量( $\mu\text{F}$ )

$E$ —直流工作电压(V)

$M$ —常数( $C_x < 5\mu\text{F}$  时  $M=0.2$ ,  $C_x = 5 \sim 50\mu\text{F}$  时  $M=0.1$ ,  $C_x > 50\mu\text{F}$  时  $M=0$ )

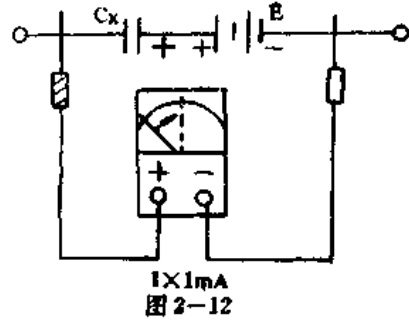
将测量后的漏电流与计算出的允许漏电流比较,要求漏电流越小越好,不得超过允许漏电流。

例如:测量一只 CD-Z 型  $10\mu\text{F}/25\text{V}$  的电解电容器,  $E$  选 25V, 先计算该电解电容器允许漏电流如下:

$$\begin{aligned} I_{\text{漏}} &= K C_x E \times 10^{-4} + M = 1 \times 10 \times 25 \times 10^{-4} + 0.1 \\ &= 0.125 (\text{mA}) \end{aligned}$$

然后,万用表置  $1\text{mA}$  档测得实际漏电流为  $0.04\text{mA}$ , 同允许漏电流相比小得多,说明被测电解电容器性能良好。

(3) 电解电容器正、负极性的判断。电解电容器内部结构如图 2-13 所示,它的介质是一层极薄的附着在金属极板上的氧化膜。氧化膜如同晶体二极管一样,具有单向导电的性质,不过其正极引线类似于 N 型半导体,负极引线相当于 P 型半导体。因此在将电解电容器接入电路使用时,应将它的正极引线接在电位高的地方,负极引线接电位低的地方,这样相当



1x1mA  
图 2-12

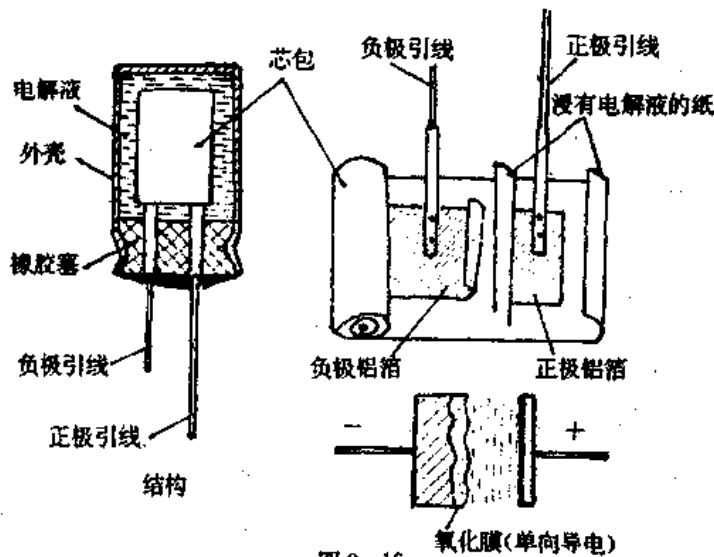


图 2-13



给电容器加了一个反向电压,其漏电电流小,而漏电阻大。反之,如果将正端接低电位,负端接高电位,即相当加了一个正偏,则电容器的漏电电流较大,而漏电阻较小,这样会导致电容过热或击穿漏液,严重时会引起电容爆炸。所以为了防止使用中出错,通常都在电解电容器上标明其正极(+)或负极(-)。

但是由于各种原因,致使电解电容器上“+”“-”极性的标志模糊不清时,使用之前必须弄清其“+”“-”极性后才可以接入电路,对此,可根据电解电容器正向漏电阻大于反向漏电阻的特点,用万用表的欧姆档进行判断。具体判别方法是:先任意测量一下电容器的漏电阻,记住其大小,如图 2-14 所示。然后将电容器两脚相碰短路放电后,再交换表笔测一下,读出大致漏电阻。根据两次测量出的漏电阻进行比较,以阻值较大的那一次为准,黑表笔所接的那一端即为电解电容器的正极,另一端是负极。也就是说 A 脚为正、B 脚为负。如果经两次测量后还比较不出漏电阻大小和区别极性的话,可进行多次测量来判断。一般情况是,如果档位选得太低时,两个阻值较接近且较大,这时要更换到较高档位测量,直到两个电阻明显区别为止。

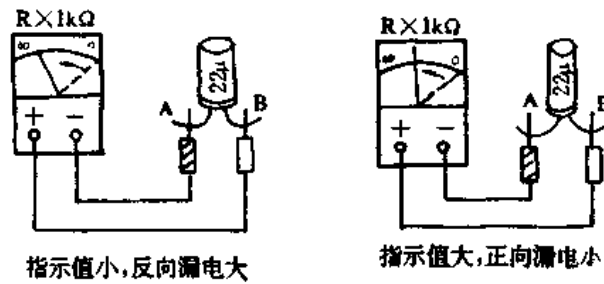


图 2-14

### 3. 5000pF 以下小容量电容器的测量

5000pF 以上的电容器可直接用万用表测量,指针均会有偏转,但 5000pF 以下的电容器,因容量太小,即使万用表置于最高档  $R \times 10k\Omega$  测量,由于充放电时间常数很短,充放电电流极小,不足以推动指针偏转。如果是电容器内部短路或漏电还可用万用表测量,如果是内部开路或估测容量大小时就比较困难了,必须采取其它办法来完成测试任务。

以下介绍四种测试方法供选择。

(1) 万用表加放大环节测量法。电路如图 2-15 所示,  $BG_1$ 、 $BG_2$  构成复合放大管,其集电极反向直流电压由万用表提供,要求管子  $\beta$  应尽量大,如  $\beta > 100$ 。万用表档位一般选  $R \times 1k\Omega$  档,为了测量效果更明显,并且管子耐压足够大的话,可选择  $R \times 10k\Omega$  档。测量时将被测电容  $C_x$  去碰  $BG_2$  的 A、B

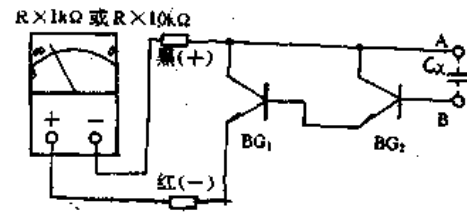
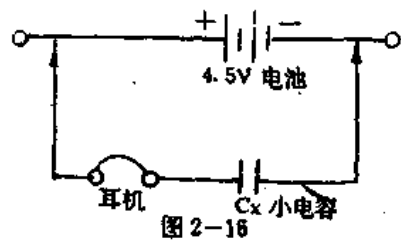


图 2-15

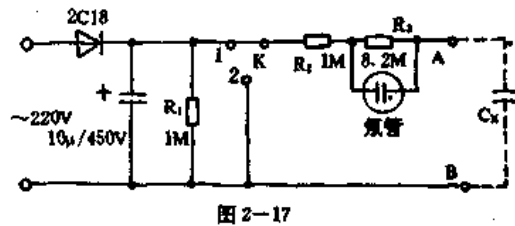
两端。当  $C_x$  两脚同时触碰 A、B 两端时,表内电池向电容充电,虽然充电电流极小,但由于复合管的放大作用,在触碰的瞬间充电过程将使指针产生较大幅度的摆动。

当  $C_x$  碰 A、B 两点后,如果指针向右( $R \rightarrow 0$ )有较大偏转,然后又逐渐返回到接近起始位置,就说明该被测电容器是好的;如果量程置最大档指针均不偏转,说明该电容器已开路;如果指针偏转后没有返回,指示在近乎“0”位置,说明该电容器已短路;如果指针偏转后不能回摆到原来位置,而是指示在中间某处,说明该电容器有漏电电流。

(2)耳机和电池测量法。电路如图2-16所示,当耳机和被测电容 $C_x$ 去触碰电池两端时,耳机发出“喀喀”声,连续碰几次,声音变小,直到无声,说明被测电容 $C_x$ 是好的;如果一直碰一直有“喀喀”声,说明被测电容 $C_x$ 短路或严重漏电;如果正反向碰均无“喀喀”声,说明被测电容已开路。测量应注意,因电容量很小,为了使测量有效,在被测电容器耐压范围内应尽量提高电池电压。



(3)氖管辉光检测法。电路如图2-17所示,这个电路可以检测68~5000pF电容器的性能。元件要求:整流管D的耐压应 $>350V$ ,整流电流 $\geq 100mA$ ;滤波电容C的耐压应 $\geq 450V$ ;氖管可用试电笔中的氖泡或日光灯启辉器内放电管,被测电容器 $C_x$ 接于A、B两端。



检测原理是:交流220V电压经D整流,C滤波后得到约300V直流电压。当K置于“1”档时,电流经K、 $R_2$ 、 $R_3$ 对 $C_x$ 充电,因电容两端的电压不能突变,而且开始时充电电流较大,大部分电压降在 $R_2$ 、 $R_3$ 上,其中 $R_3$ 上分得的电压最大,这个电压使氖管辉光。氖管导通后内阻减小,充电电流便流过氖管。随着充电的进行, $C_x$ 两端的电压越来越高,这将使充电电流越来越小,直到充满时充电电流近似为零,这时氖管因无电流流过而熄灭,说明被测电容 $C_x$ 是好的。氖管发光时间长则说明被测电容的容量大,反之则小。在测量中,如果氖管始终亮时,说明被测电容器漏电严重;如果氖管不亮,将电容调换电极后也不亮,则有可能是被测电容开路,或者是电容器容量太小所致。

注意,每次测试完后,应将K置于“2”位,让 $C_x$ 放电;因该测试电路是用220V交流电作动力源,所以应用时要防止触电。

(4)同规格电容器代换比较法。例如测量一只68pF的电容器时,就可从一种家电的实际电路中找出与它相同(或接近)的电容器,用被测电容去代换它,然后开机试验,如电路工作正常,说明被测电容器是好的。如原成都牌集成电路黑白电视机中,6.5MHz第二伴音的耦合电容 $C_{301}$ 就是68pF,可将68pF的被测电容代换 $C_{301}$ ,开机试听,如有声音,说明被测电容是好的,如果声小或无声,说明被测电容器是坏的。

这种测试方法虽然比较麻烦,要打开机盖,要动电烙铁,但对于实际维修却是很有价值的,且测试更为直观有效。

## (二)固定电容器的容量测量

根据经验,在维修中是极少测量电容器的容量的,一则电容器上已标明了容量,二则借助万用表粗测便可使用,三则可采用代换电容的方法来判断。但是在要求精度较高的电路中,其电容器的容量必须尽可能做到精确才能保证电路正常工作:比如电视机中行、场振荡器的定时电容,若容量偏大或偏小,均会造成行场扫描不同步,图像跳跃闪烁,影响正常收看。对此,粗测已不能满足要求,应该进行精确测量;另外,当电容器上的标称容量模糊不清时,也需要测量。不过,要单纯用500型万用表来完成对容量的测量是比较麻烦的,还必须借助于其它辅助电路才能完成。下面介绍几种测量方法供参考。

### 1. 测量普通固定电容器的容量

测试电路如图 2-18 所示,此电路可以测量  $10\text{pF}\sim 100\mu\text{F}$  的非电解电容器。B 为自耦变压器,C 为基准参考电容, $C_x$  为被测电容器,C 与  $C_x$  构成电容分压器,自耦变压器次级电压  $V_1$  的大小应根据 C、 $C_x$  的耐压来调节。

测试时,将万用表置于交流电压档,先测出电压  $V_1$ ,然后接上被测电容  $C_x$ ,再测出  $C_x$  上电压  $V_2$ ,根据电容分压原理,通过计算,便可得出被测电容器的容量  $C_x$ ;

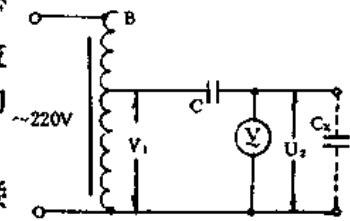


图 2-18

$$C_x = \left(\frac{V_1}{V_2} - 1\right)C$$

例如:测量一只耐压为 250V,误差为  $\pm 5\%$  的电容器,其标志已模糊不清。选基准电容器的容量为  $0.47\mu\text{F}$ ,耐压也为 250V,将自耦变压器的输出电压  $V_1$  调整到 100V,接上  $C_x$  后测得  $V_2=67\text{V}$ ,代入上式:

$$C_x = \left(\frac{100}{67} - 1\right) \times 0.47 = 0.23(\mu\text{F})$$

分析:与  $0.23\mu\text{F}$  较接近的标称容量为  $0.22\mu\text{F}$ ,有  $+4.3\%$  的误差,在允许误差范围之内,说明被测电容  $C_x$  原来的标称值容量为  $0.22\mu\text{F}$ 。

测试时请注意:

(1)因电路中有交流 220V 高电压,所以要注意人物安全。

(2)基准电容 C 的选择:为了减小测量误差,一是容量要尽可能选接近被测电容  $C_x$  的容量,如果被测电容  $C_x$  的容量模糊不清时,可选与之体积相当的电容器,这可以预先准备一套电容器作测试之用,一般维修人员都能做到;二是尽量选择高精度电容器,为精密密封聚苯乙烯电容器;三是选择耐压较高的电容器。

(3)在 C、 $C_x$  耐压范围内,尽量提高电源电压  $V_2$ ,以选择万用表较高的电压档测量,可以减小测量误差。因为万用表电压档位越高,其内电阻越大,测量时表头的分流作用越小。

(4)考虑到部分维修人员没有自耦变压器,可采用图 2-19 所示的另一种测试电路。变压器 B 可用收录机中的降压变压器代替,如 6V、9V、12V、15V 等变压器任选一种。这种测试电路的输入电源电压  $V_1$  是固定的低电压,所以测试起来更为简单方便和安全,方法同上。只是测试的容量范围有限,不如上述采用自耦式变压器电路灵活。

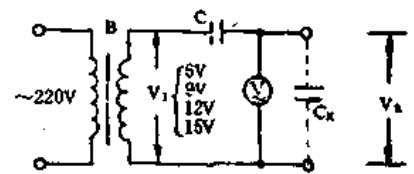


图 2-19

### 2. 测量电解电容器的容量

测试电路如图 2-20 所示,电源电压 E 根据自己条件选定,不能超过被测电容器的耐压值太多,K 为测试开关, $R_1$  为充电限流电阻, $R_2$  为被测电容放电电阻, $R_0$  为万用表内阻, $C_x$  为被测电容器。测试时,万用表置电压档,当开关 K 合上时,E 经  $R_1$  对  $C_x$  充电,待  $C_x$  上的充电电压达到电源电压 E(即  $V_{C_x}=E$ )

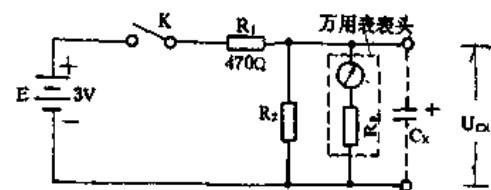


图 2-20

时,断开开关K,此时  $C_x$  经  $R_2$ 、 $R_0$  开始放电,根据放电规律可以计算,被测电容器的容量大小由下式决定:

$$C_x = \frac{t}{R \ln \frac{E}{V}} \times 10^6$$

其中:  $C_x$ —被测电容器的容量( $\mu\text{F}$ )

$V$ —指  $V_{C_x}$  由  $V_{C_x} = E$  下降至某一确定电压值( $V$ )

$t$ —指  $V_{C_x}$  下降到某一确定值  $V$  所需的时间( $s$ )

$R$ —为放电电阻  $R_2$  与万用表内阻  $R_0$  的并联值(即  $R = \frac{R_2 R_0}{R_2 + R_0}$ )( $\Omega$ )

例如:测量一只耐压为  $50\text{V}$ 、误差为  $\pm 10\%$  的电容器,如果选  $E = 3\text{V}$ ,  $V = \frac{E}{3}$ , 取  $R = R_2 // R_0 = 5\text{k}\Omega$ 。当  $K$  闭合后使  $V_{C_x}$  上升到  $3\text{V}$  时,断开  $K$ 。在断开  $K$  时便开始计时。当  $V_{C_x}$  下降到  $V = \frac{E}{3} = 1\text{V}$  时,立即停表并记下所用时间  $t$ , 现假设  $t = 11\text{s}$ 。则:

$$C_x = \frac{t}{R \ln \frac{E}{V}} \times 10^6 = \frac{11}{5 \times 10^3 \ln \frac{3}{1}} \times 10^6 = 2000 (\mu\text{F})$$

分析:与  $2000\mu\text{F}$  较接近的标称值容量为  $2200\mu\text{F}$ , 有  $9.1\%$  的误差,在允许误差范围之内,说明被测电容原有标称值容量为  $2200\mu\text{F}$ 。

测试时请注意:

(1)  $R$  的选择:应根据被测电容的大小来选用,当  $C_x$  大时,  $R$  可选小一些,这样可提高测量精度,但  $R_2$  又不可太小,太小则放电时间太短,不便计时。  $R$  由两部分电阻( $R_2$ 、 $R_0$ )确定,假设  $R$  取  $5\text{k}\Omega$  时,只要知道万用表在电压档的内阻  $R_0$  就可以计算出  $R_2$  的大小。如万用表的灵敏度为  $20\text{k}\Omega/\text{V}$ , 用直流  $10\text{V}$  档,则该档内阻为  $20\text{k}\Omega/\text{V} \times 10\text{V} = 200\text{k}\Omega$ , 由  $R = \frac{R_2 R_0}{R_2 + R_0}$

$$\text{得 } R_2 = \frac{R R_0}{R_0 - R} = \frac{5\text{k}\Omega \times 200\text{k}\Omega}{200\text{k}\Omega - 5\text{k}\Omega} \approx 5.1\text{k}\Omega$$

(2) 为了测试方便,可先算出下列数据,即当  $E/V$  分别等于  $2$ 、 $3$ 、 $4$  时,对应的自然对数值为:  $\ln 2 = 0.693$ ,  $\ln 3 = 1.099$ ,  $\ln 4 = 1.386$ , 一般  $V_{C_x}$  下降到  $V = (\frac{1}{3} \sim \frac{1}{5})E$  时,测量出的容量比较精确。

(3) 输入电源电压  $E$  也可从收录机或黑白电视机中取出,但  $E$  不能超过被测电容器的耐压值。

### 3. 用比较法测电容器的容量

电路如图 2-21 所示,如无自耦变压器可选用收录机用变压器代替。 $C$  为比较电容器,  $C_x$  为被测电容器。测量时,万用表置交流电压档,先将  $K$  置于“a”位,串接  $C_x$ , 看指针偏转数  $V_2$ , 再将  $K$  搬至“b”位,串接  $C$ , 再看指针偏转数  $V_2'$ , 把  $V_2'$  与  $V_2$  比较,有三种情况:

$$V_2' \text{ 与 } V_2 \text{ 比较} \begin{cases} \text{① } V_2' = V_2, \text{ 说明 } C_x = C \\ \text{② } V_2' > V_2, \text{ 说明 } C_x > C \\ \text{③ } V_2' < V_2, \text{ 说明 } C_x < C \end{cases}$$

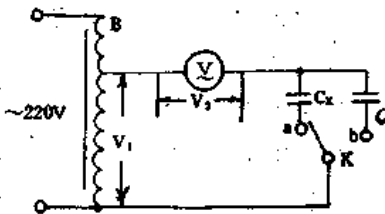


图 2-21

对于②、③两种情况,需要分别换比较电容C后再测,直至 $V_2'=V_2$ ,即 $C_x=C$ 为止,因此最好预先准备一套精度比较高的比较电容器作测试时选用。测量时还应注意: $V_1$ 与 $V_2'$ 的差值( $V_1-V_2'$ )不能超过 $C_x$ 或C的耐压值,并且要防止触电。此种测量方法精度较高,但比较电容不易准备。

### (三)固定电容器的检修及代换

要求:凡要代换电容器,必须在万用表测试性能之后进行。

#### 1. 普通固定电容器的检修及代换

(1)检修:普通固定电容器击穿或严重漏电后,不便修复,且现在市面上容易买到也无多大修理价值。如因引脚折断或锈断的,经去锈处理后重新焊上即可使用。如果是轻微漏电致使容量下降的,视具体电路要求处理。如对用于滤波、旁路等要求不高的电容器,作为应急还可继续使用,而对用于定时、谐振的电容器则应代换。

(2)代换:尽量按原规格电容器代换,规格应包括电容器的制作材料、容量和耐压。

当无相同介质材料的电容器时,请按如下原则选择代换电容器:如果是做耦合、旁路用的可选择涤纶电容器,也可选用纸介电容器;如果用在高频电路的,可选瓷介电容器和云母电容器。

当无相同容量和耐压的电容器时,请按如下原则选择代换电容器:

A、大容量电容器的代换:在修理中,如遇到代换大容量电容器而手头又没有时,如图2-22所示,可采用多个小容量电容器并联的办法来解决。电容器并联的容量计算公式为 $C_{\#}=C_1+C_2+C_3+\dots$ ,并联电容器的总耐压等于其中最小耐压。

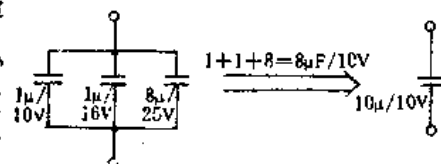


图 2-22

B、高耐压电容器的代换:如果没有高耐压电容器可供代换时,可采用多个耐压低的电容器串联的办法解决。如图2-23所示,如需用一只 $4\mu\text{F}/450\text{V}$ 的电容器,可选用两只 $8\mu\text{F}/250\text{V}$ 的电容器串联来满足。若容量不等的电容器串联,其总容量的计算公式与电阻的并联公式相似,为 $C_{\#}=\frac{C_1 \cdot C_2}{C_1+C_2}$ 。而耐压的分配又类似于电阻串联的耐压分配,电容大的电

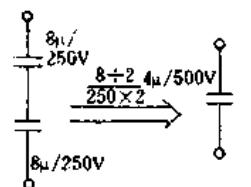


图 2-23

容器两端电压较高,其耐压计算公式为: $V_{C1}=\frac{C_1}{C_1+C_2} \cdot V_{\#}$ 。因此,代换时,既要注意容量要求,更要注意每个电容器的耐压要求(一定要经计算后选用)。

C、小容量电容器的制作:有的容量很小的电容器损坏后,手头没有,也不愿“兴师动众”去很远的地方购买,况且现在市面上微型元件还不很丰富。对此可以亲手制作。一是将两根 $\Phi 0.8\text{mm}$ 左右的漆包线胶合起来,就制成了一个小容量电容器,如图2-24所示,一端空着不相碰,用于调节容量,另一端去皮后作为电极引线,其容量的大小决定绞合的松紧。二是用双面敷铜板的边角料制作小容量电容器,如图2-25所示,把敷铜板锯成

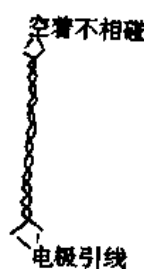


图 2-24

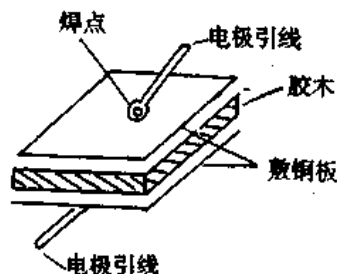


图 2-25

把敷铜板锯成

方形小块,从两面铜板上焊出两根电极引线,然后在电容器外表面涂上一层漆即可。电容器的面积和形状根据容量大小和安装位置决定,经试验,1.5mm厚的敷铜板每 $30(\text{mm})^2$ 面积的容量是1pF。

## 2. 电解电容器的检修及代换

(1)检修:电解电容器简称“电解”,其常见故障是击穿短路,漏电和开路。

击穿短路的主要原因是:外加电压超过电解的耐压值;使用时将正、负极接反,反向漏电增大,电解发热;使用时间太久使正向漏电加大。对于短路的电解不能修复,只能代换。

引起漏电大的主要原因是:除了具备上述短路的原因外,电解储存时间较长,它的氧化膜介质老化变薄,使漏电流加大,性能变坏,这种电解在使用前可用充电的方法加以激活老化,可以恢复原有的性能。充电时请注意电解的极性应与外加电源极性一致。电路如图2-26所示,老化时,所加电压为电解耐压值的1.1~1.2倍,并由储存时间的长短决定老化时间,一般储存半年或一年以内的老化半小时,储存在一年以上的为一个小时。容量大的可适当延长老化时间。假若经两次以上老化,漏电没有明显减小,则该电解“无可救药”,不能使用。

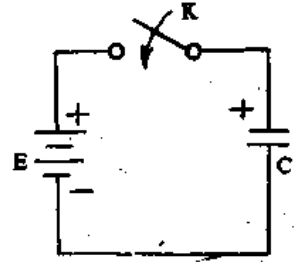


图2-26

引起开路的原因是:由于震动,或由于焊接电解时拨动电解力量过猛,致使电极与内部的金属箔接触不良直至开路。对此可用小银头或小钳子敲几下电极,使其与内部箔可靠接触,如果还不行,可拆开电解芯子,重新安装好电极,再装好密封即可。

另外,电解还有一种较特殊的故障,即在寒冷的天气使用或储存时,内部电解液容易凝固甚至结冰,造成容量下降,给人一种电解低效的假象,实际等温度回升(或人为升温)后即可正常。

需要说明的是,现在市售的电解品种多、价格越来越低,对于小容量电解如果不是急需或要求不高时,没有修理价值,对于大容量电解倒可酌情检修。

### (2)代换

按如下要求进行:

①注意电解的生产日期,一般电解上都标明制造时间,应尽量选用近期产品。如无日期或日期看不清楚时,可用万用表测试漏电阻或容量,也可直接代换后看效果。

②电解的耐压应高于原电解所在电路处的电压。如果电路中同时存在交直流分量时,那么交流电压的峰值与直流电压之和不能超过电解的耐压。如图2-27所示,若某一电解的耐压为10V,那么 $(V_0 + V_m)$ 不能超过10V。焊接电解时要特别注意其极性。一般电解不专门用于交流电路,因交流在负半周时会使电解漏电增大,但如果有直流作为“偏置”以保证电解“正向”运用的话,还是可以的。电解一般用于整流滤波或脉动电路中。

③、电解在高频电路中使用时应并联一只小电容器。电解在高频时的等效电路如图2-28所示。 $L$ 为等效电感,当频率较高时,电解相当一个感性元件, $R_p$ 为电解的介质损耗电阻, $R_s$ 为等效串联损耗电阻,在高频低温时电解相当一只大电阻。因此电解在高频中使用,其容量要下降,损耗会增大,所以要给它并联上一个高频损耗较小的小电容器(如云母、纸介等电容器),以免高频受到损失,否则起不到正常的滤波、旁路作用。

④大容量电解和高耐压电解的代换,代换原则与前面一样,要注意容量与耐压两个问

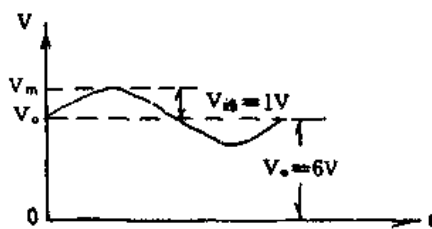


图 2-27

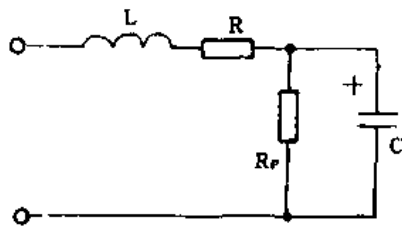


图 2-28

题,因电解的绝缘电阻不可能完全相同,会产生分压不均现象,造成分压大的电解首先击穿,所以应如图 2-29 在每个串联电解上并联一只大(270kΩ~1MΩ)的均压电阻。

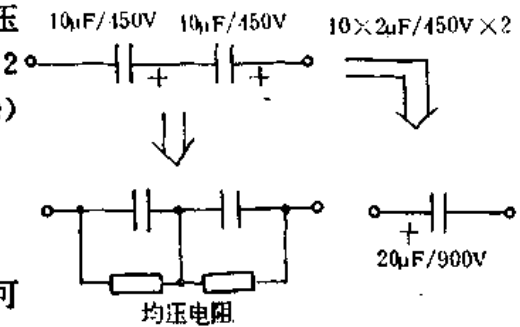
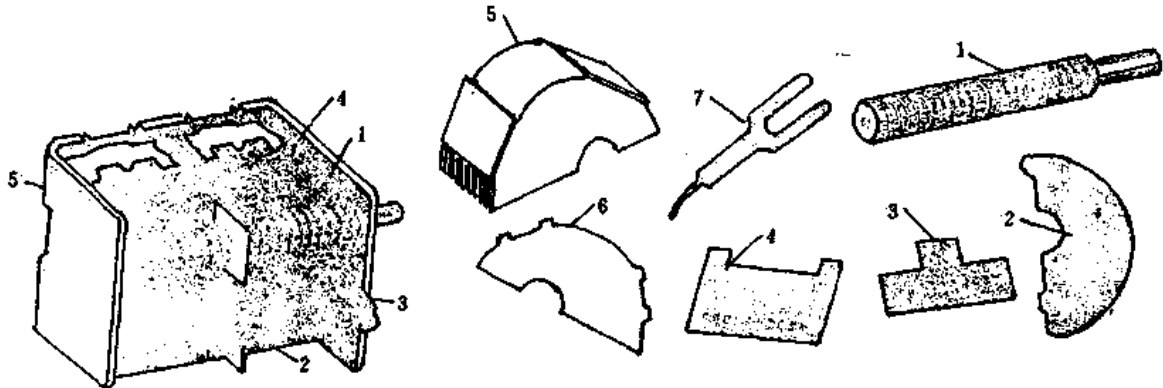


图 2-29

### 三、可变(半可变)电容器的测量与检修

#### (一)可变(半可变)电容器概述

为便于维修者选用,有必要介绍一下可变(半可变)电容器的结构、特点和用途。



1. 动片轴 2. 动片 3, 4. 固定片 5. 已成组的定片 6. 定片 7. 接触簧片

图 2-30

#### 1. 可变电容器

容量可以调节的电容器叫做可变电容器。常用的可变电容器有空气介质和固体介质两种,目前以固体介质电容器的应用最广。

空气可变电容器主要用于电子管收音机和专用设备中,现已不多见。它用空气作为介质,一般由两组铝片组成电极,一组固定不动的叫定片,一组附有转柄可以转动的叫动片,如图 2-30 所示。每个可变电容器的最大容量在 200~500pF 之间,最小容量在 10~50pF 之间。这种电容器的特点是精确度高,损耗小和温度稳定性高。

固体介质电容器在动片与定片之间常用云母和塑料薄膜作介质,并且密封在塑料盒内,如图 2-31(a)、(b)所示。电容器的最大容量一般为 270pF 或 360pF,最小容量大约为 7pF。

可变电容器(空气、固体介质)按结构又可分为单联、双联、三联……等,而双联可变又分为等容双联和差容双联,所以在购买和代换可变电容器时一定要注意,防止搞错。

(1)单联可变电容器:如图 2-32 所示,空气单联的定片固定在电容骨架上,动片与转轴相连。当转动转轴时,动片组可旋转 0~180°,电容量也跟着改变,其容量一般标明在电路符

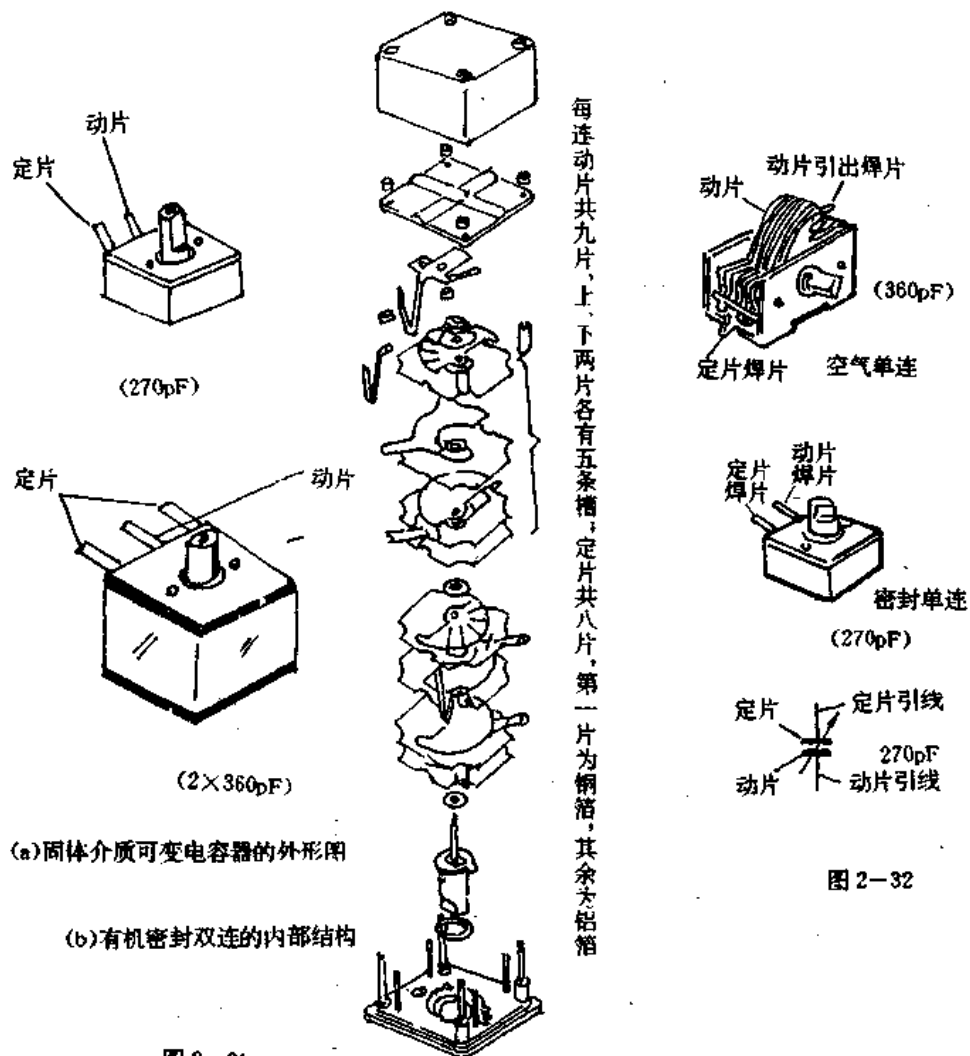
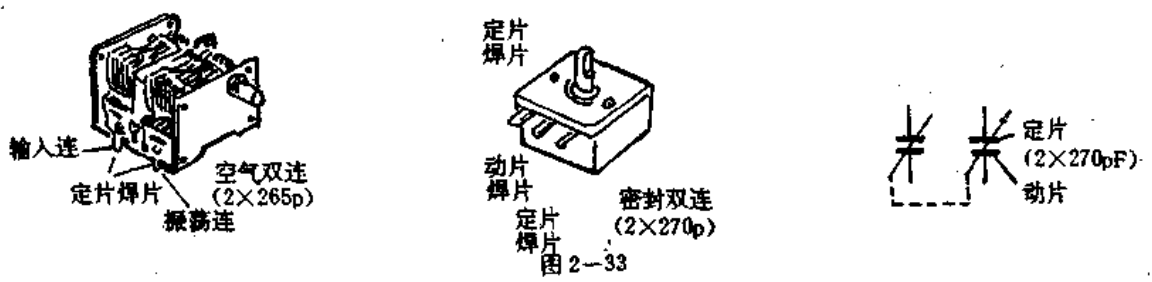


图 2-31

图 2-32

号的旁边，如  $7/270\text{pF}$ 。这种电容器一般用于简单收音机(如直放式)中作选台用。

(2) 双联等容可变电容器：如图 2-33 所示。所谓“等容”是指每联的最大容量是相等的，而且在调节过程中还保持动态相等。这种双联适用于超外差式收音机，作选台用，应用广泛。密封双联有三个引出焊片，中间一个为动片，两边的是两组定片，安装时动片接地，一组定片接到收音机的输入回路，另一组定片接到振荡回路。



(3) 双联差容可变电容器：如图 2-34 所示。所谓“差容”指两联的最大容量是不相等的，而且在调节过程中始终保持一个差值。它的电路符号与等容双联相同，但从容量标注上便可将它们区分开，如在符号旁边标上  $2 \times 270\text{pF}$  或在每联上标上  $7/270\text{pF}$ ，说明此双联是等容的，如在一联标上  $290\text{pF}$ ，而在另一联标上  $250\text{pF}$ ，说明此双联为差容的。差容双联常用于单



波段和多波段收音机中。容量大的一联接输入电路,称为天线联,而容量小的一联接振荡回路,称为振荡联。判别大小容量的方法是:对于密封双联,如外壳透明则可看到定片片数少的一联是振荡联;对于空气双联,定片片数少而片距小的一联为天线联,定片片数多而片距大的一联为振荡联,在代用时不可接反。

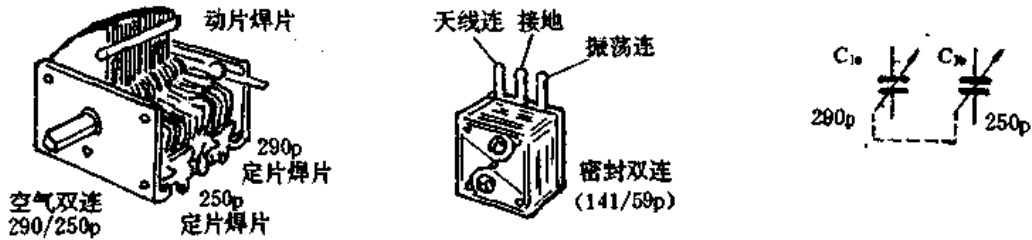


图 2-34

另外,实用中还有三联或四联的可变电容器,如黑白电视机特高频高频头的可变电容器。

注意,安装可变电容器时,一定要将动片组接地,以消除用手转动时产生的噪声;一般可变电容器顺时针转动轴柄时,电容量减小,反时针旋转时则容量增大。

### 2. 半可变电容器

容量调节范围较小的可变电容器叫半可变电容器(或称微调电容器)。它通常用陶瓷、云母作介质,如图 2-35 所示。

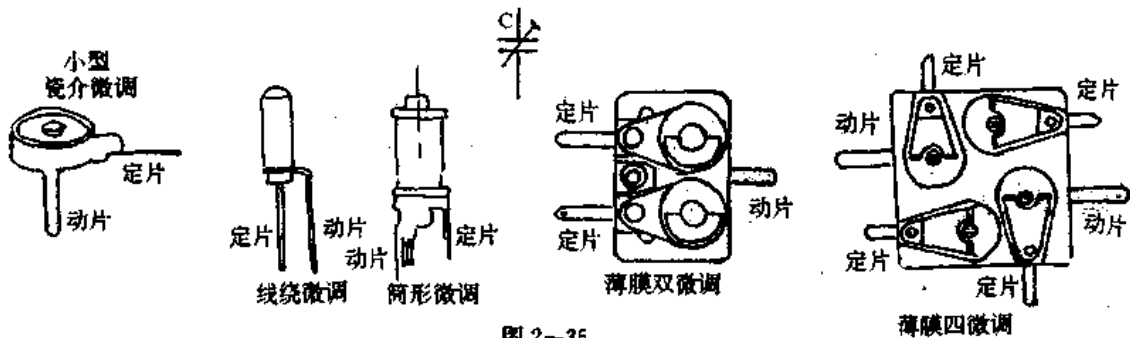


图 2-35

半可变电容器的容量变化范围很小,一般为几微微法至几十微微法,变化范围用分数表示,如  $7/30\text{pF}$ 、 $5/20\text{pF}$ ,分子表示最小容量,分母表示最大容量。这种电容器在电路中用作微调补偿、校正等。

#### (二) 可变(半可变)电容器的测量

可变(半可变)电容器的容量较小,用万用表较难测量,这里的测量主要是指动片与定片之间有无短路和引出片是否良好。测量方法如图 2-36 所示。将万用表置最高档  $R \times 10\text{k}\Omega$ ,两表笔分别与电容器的定片和动片相连,看指针是否摆动;如无摆动,再来回旋动转轴,看指针是否仍停在  $\infty$  处不动,如不动则说明被测电容器是好的。如果指针偏向“0”位或中间某一数值上,则说明被测电容器发生碰片短路或受潮,应修复或代换。另外,还要测量动片、定片与各自的引出焊片之间的电阻,此时万用表放于  $R \times 1\Omega$  档,看是否松动导致接触不良,正常时接触电阻应近似为零,如果有阻值或指针有跳跃现象,都应进行检修。

#### (三) 可变(半可变)电容器的检修

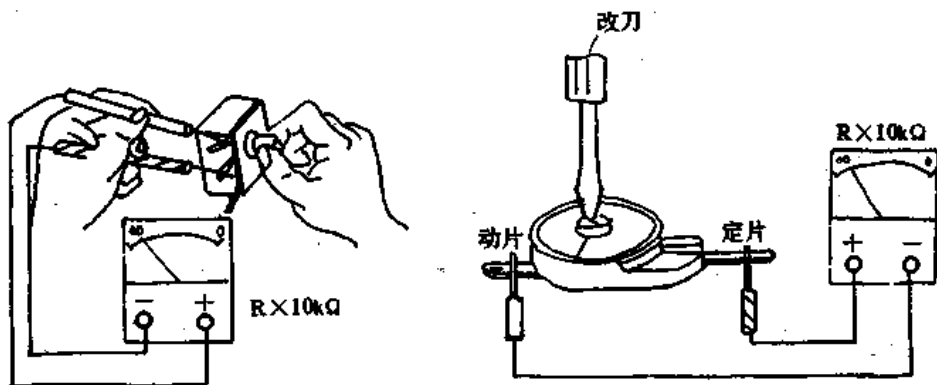


图 2-36

可变(半可变)电容器的常见故障是碰片、片距不均匀、受潮、动定片与引出片接触不良和旋转不灵等。

### 1. 空气可变电容器检修举例(见表 2-3)

表 2-3

序号	故障现象	排除方法
1	调节收音机选台,调到某一刻度时有“喀喀”声,收不到电台。关机测试发现动、定片碰片。	(1)轴承磨损、旋转时不圆滑造成碰片,需换滚球; (2)动、定片变形碰片,需用无齿尖钳子小心拨动开。
2	收音机声音时有时无,灵敏度低,关机测试,发现动片与引出片接触不良。	用酒精清洗,如果极片松动则应重新拧紧。
3	能收到电台,但每转动一下转轴均有调谐杂声,检查发现为金属氧化起毛和灰尘积聚过多引起。	用零号细砂条擦拭后,再用电吹风将细屑粒吹干即可。

### 2. 固体密封双联可变电容器检修举例(见表 2-4)

表 2-4

序号	故障现象	排除方法
1	收音时有“沙沙”声,灵敏度低,声音时断时续。检查为动片轴与引出簧片因摩擦产生接触不良。	将双联背壳上的四个螺丝孔,拧下其中一个孔里的螺帽,然后剪一块小木棒,轻轻塞进后盖板与背壳间的空隙处,再拧上螺帽。木块大小要合适,使动片与引出簧片接触良好为止。
2	能收到电台,但转轴转到 180°时,还可继续旋转,成了所谓的“团团”转。	拆开封盖检查: (1)如果是转轴定位脚歪的拨正即可; (2)如果是定位脚损坏或磨损,可找一块同样大的塑料块重新粘合或孔上一段大头针即可。
3	调节转轴选台时,出现“喀喀”噪声,这是由有机薄膜介质因摩擦时产生静电感应所致。	(1)用纯酒精从背壳的四个螺孔灌入,并来回旋转双联轴,以便酒精浸入薄膜,待酒精挥发后即可消除。(2)如果是因双联内灰尘过多或介质碎裂引起,则应拆开修理。

### 3. 半可变电容器检修举例(见表 2-5);

表 2-5

序号	故障现象	排除方法
1	能收到电台,但信号不稳,并有啸叫或噪声。	检查发现动片旋转螺丝太松,螺丝动片与动片引出片接触电阻大,造成容量不稳定,应设法使其良好接触或代换。
2	微调过紧,如用力调整时动片螺丝可以调动,而动片调不动,即不能调节容量。	浸入高级清洁剂或润滑油,直到转动灵活为止。

四、附录

(一)国外电容器的标志方法

1. 标称容量标志方法(见表 2-6)

表 2-6

序号	标志法	说明	实物举例
1	标有单位的直接表示法	这种表示法又称为电容量的 p、n、μ、m 表示法,一般用 2~4 位数字和一个字母表示标称容量,其中数字表示有效数值,字母表示容量单位的量级,即 p 表示微微法(10 <sup>-12</sup> F),n 表示毫微微法(10 <sup>-9</sup> F),μ 表示微微法(10 <sup>-6</sup> F),m 表示毫法(10 <sup>-3</sup> F),它们的大小关系是:m>μ>n>p,量级为千进位。有些电容用 R 表示小数点。	
2	不标单位的直接表示法	这种表示法中,如果用一位到四位大于 1 的数表示时,其容量单位为 pF,如果用零点几或零点零几表示时,其容量单位为 μF。	
3	色码表示法	沿着电容器引线方向,前两环色码表示容量的有效数字,颜色黑棕红橙黄绿蓝紫灰白分别代表 0~9 十个数字,第三色环表示在前两环数字后面应加零的个数,其容量为 pF,注意,有些电容器的色环较宽,其宽度相当于两个甚至三个色环的宽度,那么这一色环就表示两个或三个相同的数字。	

序号	标志法	说明	实物举例
4	数码表示法	数码一般为三位数,容量单位为pF,其前两位数表示电容量的有效数值,第三位表示在前两位数后要加零的个数。有一种特例,如果第三位用9表示时,说明该电容器的容量是1~9.9pF范围,即该电容的容量为有效数值乘 $10^{-1}$ 。	
5	色点表示法	这种电容器上常有七个色点,各点意义如图(a)所示。色点颜色(同色环法)也为十种。表示加“0”个数的色点常用黑棕红橙四色,分别表示 $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$ 和 $\times 1000$ ;误差色点常用黑蓝两色,分别表示误差 $\pm 20$ 和 $+100$ ;工作电压色点常用红绿两色,分别表示耐压为250V和500V。等级和特性一般不考虑。识读如图(b)。	

为了维修时便于参照计算,现将上述标志方法及相应的计算和标称容量值列于表2-7:

表2-7

国外标志法	计算方法	实际标称容量
3	$3(\text{pF})$	3pF
40	$40(\text{pF})$	40pF
0.2	$0.2\mu\text{F}$	$0.2\mu\text{F}$
56n	$56 \times 10^{-9}(\text{F})$	$0.056\mu\text{F}$
3p3	$3.3(\text{pF})$	3.3pF
R33	$0.33(\mu\text{F})$	$0.33\mu\text{F}$
103	$10 \times 10^3(\text{pF})$	$0.01\mu\text{F}$
152	$15 \times 10^2(\text{pF})$	1500pF
221	$22 \times 10^1(\text{pF})$	220pF
229	$22 \times 10^{-1}(\text{pF})$	2.2pF

续表

国外标志法	计算方法	实际标称容量
333	$33 \times 10^3 (\text{pF})$	$0.033 \mu\text{F}$
红、红、橙	$22 \times 10^3 (\text{pF})$	$0.022 \mu\text{F}$
棕、绿、黄	$15 \times 10^4 (\text{pF})$	$0.15 \mu\text{F}$
蓝、灰、橙	$68 \times 10^3 (\text{pF})$	$0.068 \mu\text{F}$
黄、紫、黄	$47 \times 10^4 (\text{pF})$	$0.47 \mu\text{F}$

## 2. 误差标志方法

(1) 直标法: 即将电容器的误差直接标在电容器外壳上, 这又常分为两种, 一种是直接标出误差量, 如  $68 \pm 0.5 \text{pF}$ , 表示标称容量是  $68 \text{pF}$ , 误差量为  $\pm 0.5 \text{pF}$ , 另一种是用百分数标出误差, 如图 2-37 所示。

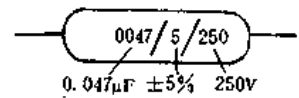


图 2-37

(2) 字母标志法: 目前大多数电容器用字母表示误差, 字母表示的百分数误差见表 2-8:

表 2-8

字母	D	F	G	J	K	M	N	P	S	Z
误差(%)	$\pm 0.5$	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 5$	$\pm 10$	$\pm 20$	$\pm 30$	+100 -0	+50 -20	+80 -20

## (二) 常用电容器的特性比较

为了便于维修时正确选用电容器, 把常用电容器的特性列于表 2-9。

表 2-9

介质	结构	容量	耐压	绝缘电阻	稳定性	体积	使用场合	备注
空气	可变、固定	小	高	高	好	大	高频	
陶瓷	固定、微调	小、中	中、高	高	最好	小	高频	有不同温度系数
云母	固定、微调	小、中	高	高	好	小	高频、高压	
纸介	固定	小、中	高	中	差	小、中	低频	
电解	固定	大	低、中	低	差	小、中、大	电源、滤波、低频	有正负极性
金属膜	固定	小、中	高	高	好	小	低频	击穿后可“自愈”

## (三) 固定电容器标称容量系列

1. 无机介质电容器(包括瓷介、玻璃介质和云母电容器)的标称容量, 应符合表 2-10 所列数值之一(或表中所列数值再乘以  $10^n$ , 其中  $n$  为正整数或负整数)。

表 2-10

允许偏差			允许偏差		
$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
E24	E12	E6	E24	E12	E6
1.0	1.0	1.0	3.3	3.3	3.3
1.1			3.6		

续表

允许偏差			允许偏差		
±5%	±10%	±20%	±5%	±10%	±20%
E24	E12	E6	E24	E12	E6
1.2	1.2		3.9	3.9	
1.3			4.3		
1.5	1.5	1.5	4.7	4.7	4.7
1.6			5.1		
1.8	1.8		5.6	5.6	
2.0			6.2		
2.2	2.2	2.2	6.8	6.8	6.8
2.4			7.5		
2.7	2.7		8.2	8.2	
3.0			9.1		

注:1. 标称容量小于10pF的电容器,允许偏差分为±0.2pF、±0.4pF、±1pF三种,其中大于4.7pF的电容器标称容量值采用E24系列,小于和等于4.7pF的电容器标称容量值采用E12系列。

2. 允许偏差为 $\begin{matrix} +80\% & +\text{不规定} \\ -20\% & -20\% \end{matrix}$ 其标称容量值采用E6系列。

(2)有机介质电容器(包括纸介、金属化纸介、纸膜混合介质、有机薄膜介质和金属化薄膜介质)的标称容量系列,应符合表2-11的规定(小于或等于1μF者,为表2-11所列数值再乘以10<sup>n</sup>,其中n为正整数或负整数)。

表2-11

允许偏差	±5%		±10%		±20%	
容量范围	100pF~1μF		1μF~50μF			
标称容量	1.0	3.3	1	2	15	20
	1.5	4.7	4	6	30	50
	2.2	6.8	8		60	80
			10		100	

注:1. ±5%的允许偏差仅于必要时采用。

2. <1μF的电容器,当E6系列不能满足使用时,可补充E12系列的有关数值。

3. 高频(无极性)有机薄膜介质电容器的标称容量应符合表2-11所列数值之一(或表列数值再每次以10<sup>n</sup>,其中n为正整数或负整数)。

(3)钽、铌、钛、铝等电解电容器的标称容量应符合表2-12所列数值之一(或表列数值再乘以10<sup>n</sup>,其中n为正整数或负整数)。

表2-12

标称容量(μF)	1; 1.5; (2); 2.2; (3); (3.3); 4.7; (5); 6.8
允许偏差	±10%; ±20%; $\begin{matrix} +50\% \\ -20\% \end{matrix}$ ; $\begin{matrix} +100\% \\ -10\% \end{matrix}$

注：括号里的数值新设计时不允许采用。

#### (四)认识电容器的名称

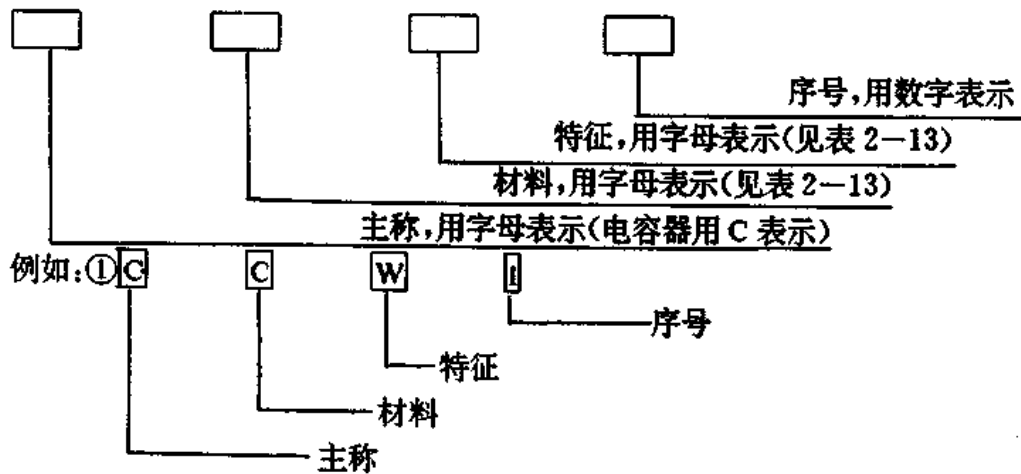
##### 1. 电容器的材料、特征代号及其意义(见表 2-13)

表 2-13

材 料		特 征				
符 号	意 义	符 号	意 义			
			瓷介电容器	有机电容器	云母电容器	电解电容器
C	瓷介	1	圆片	非密封	非密封	箔式
Y	云母	2	管型	非密封	非密封	箔式
I	玻璃釉	3	迭片	密封	密封	烧结粉液体
O	玻璃膜	4	独石	密封	密封	烧结粉固体
B	聚苯乙烯	5	穿心	穿心		
Z	纸介	6			支柱	
J	金属化纸介	7				无极性
H	混合介质	8	高压	高压	高压	
L	涤纶	9		特殊		特殊
F	聚四氟乙烯	G	高功率			
Q	漆膜	W	微调		微调	小型
V	云母纸	X				
T	低频瓷					
LS	聚碳酸酯					
D	铝电解					
A	钽电解					
N	铌电解					
G	合金电解					
E	其它材料电解					

##### 2. 电容器的命名方法

电容器型号由下列各部分组成：



表示为微调瓷介电容器。

②CA30—160V—3.3 $\mu$ F

表示为液体钽电解电容器,额定工作电压为160V,电容量为3.3 $\mu$ F。

③CJ3—250V—0.022—Ⅰ

表示为密封金属化纸介电容器,额定工作电压为250V,电容量为0.022 $\mu$ F,允许误差为 $\pm 10\%$ 。

### (五)常用电容器的实物图、特点和用途

#### 1. 瓷介电容器

(1)CCX1、CCX、CCX—D、CCX—G、CCX—Y 小型瓷介电容器(见图 2—38)

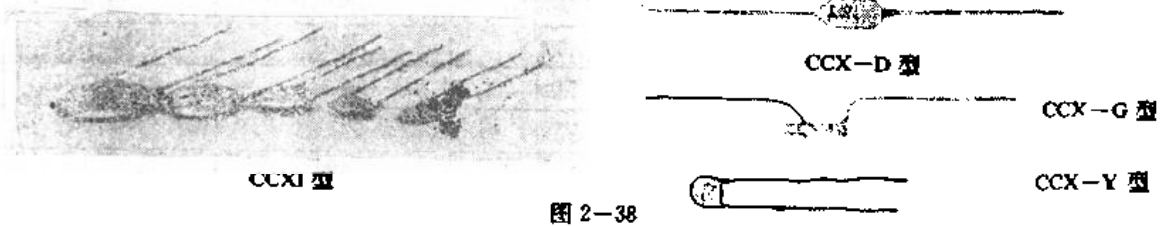


图 2—38

说明:分高频瓷介和铁电瓷介两种,外形有圆片形、管形及叠片等。常用于晶体管电路的回路和隔直流电路中。

(2)CCDG 型管形低压瓷介电容器(见图 2—39)

说明:以瓷管为介质,内外镀金属层作为电容器的两极,由两根导线引出,在一端标有色漆,显示温度系数组别。这种电容器用于振荡电路中作隔直流、旁路和温度补偿等。



CCDG 型  
图 2—39

C403 型  
图 2—40

(3)C403 型铁电瓷介电容器(见图 2—40)

说明:外形为圆片,体积小,容量大、常温下漏电小,稳定性好。用作电路的滤波和旁路。

(4)C402、C404 型高压铁电瓷介电容器(见图 2—41)



C402 型

图 2—41

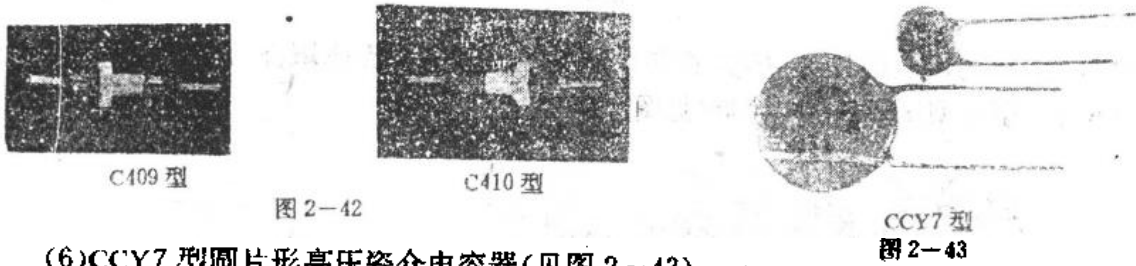
C404 型

说明:C404 型为圆片形,C402 型为圆筒形,用螺丝引出电极。用于整流滤波,C404 型还可作倍压元件。



(5) C409、C410 穿心式铁电瓷介电容器(见图 2-42)

说明:用铁电瓷管作介质,内外银层作电极。其中内电极用铜棒引出,外电极用螺丝引出,螺丝可穿过机壳并固定在上面。用作隔直流和旁路。



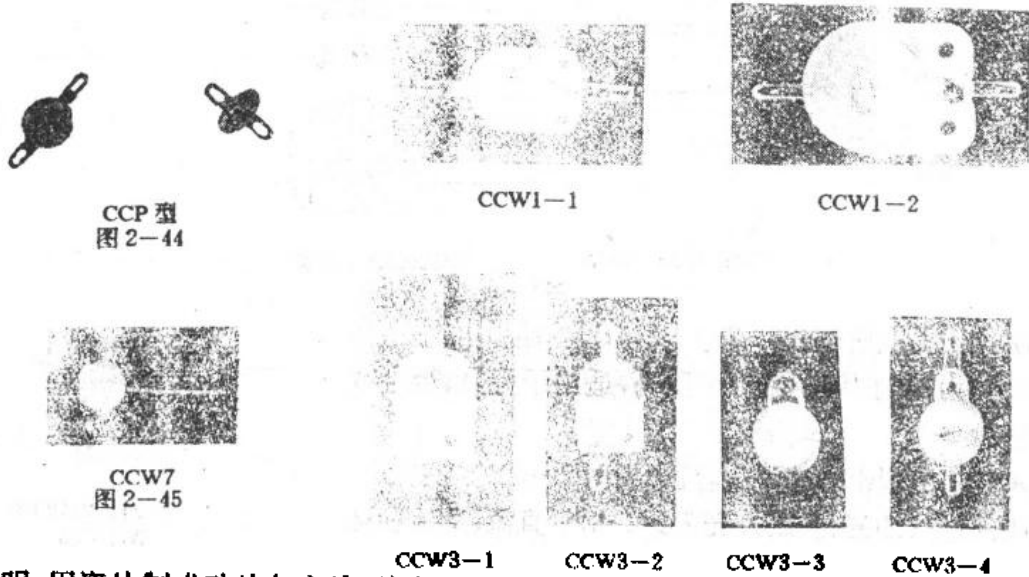
(6) CCY7 型圆片形高压瓷介电容器(见图 2-43)

说明:圆片形,适用于高压电路中。

(7) CCP 型超高频瓷介电容器(见图 2-44)

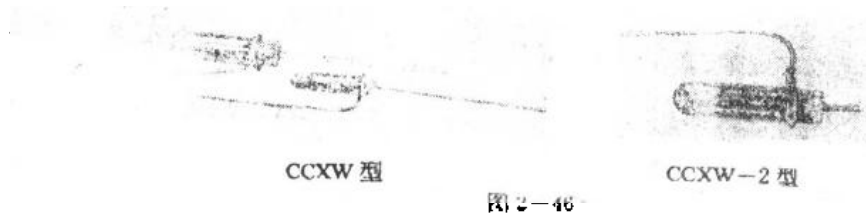
说明:圆片形,用扁铜片作电极。用于超高频(500MHz)电路中,作耦合、补偿和旁路。

(8) CCW1、CCW3、CCW7 型微调瓷介电容器(见图 2-45)



说明,用瓷片制成动片与定片,片上一面有半圆形的镀银层,作为电容器极板,调动动片即可改变容量。常用于回路的频率微调。

(9) CCXW、CCXW-2 型微调拉线瓷介电容器(见图 2-46)



说明:在空心瓷管内部串入铜丝作为一个电极,外面绕镀锡铜丝,并引出一个头作第二个电极。常用于收音机振荡回路作微调。

2. 云母电容器

(1) CY 型云母电容器(见图 2-47)

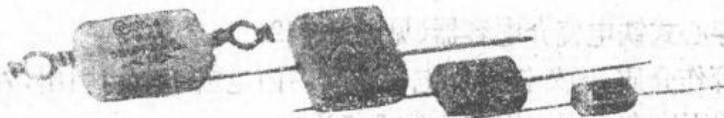


图 2-47

说明：云母作介质，塑封，长方形、性能稳定，常用于高频电路作耦合、旁路和滤波。  
 (2)CYX 型小型压塑云母电容器(见图 2-48)

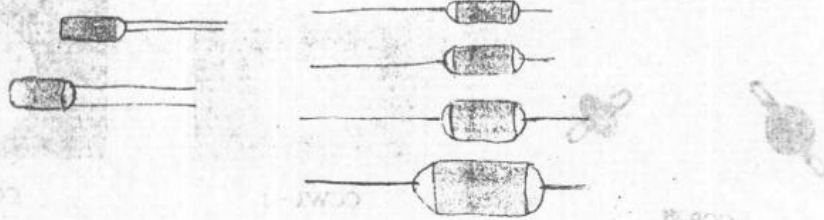


图 2-48

说明：长方形，电极为轴向引出，使用同 CY 型云母电容器。

### 3. 纸介电容器

(1)CZ11、12 型纸介电容器(见图 2-49)



CZ11(CZX-3)型

CZ12(CZX-2)型

图 2-49

说明：纸介、纸质外壳。其中 CZ11 为单端引出电极，体积小，CZ12 为轴向引出电极，耐压高，适用于旁路、耦合或高压场合。

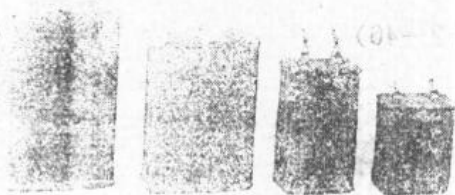
(2)CZ31 小型密封油浸电容器(见图 2-50)

说明：纸介、油浸、金属外壳密封。用于直流、交流和脉动电路，作耦合、旁路、脉冲扫描等。



CZ31(CZMX)型

图 2-50



CZ40(CZM-L)型

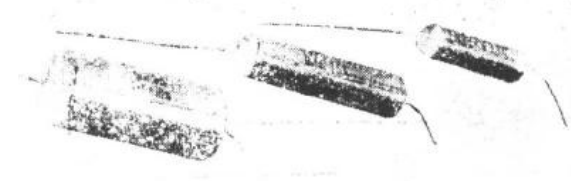
CZ41(CZM-W)型

图 2-51

(3)CZ40、41 型密封油浸电容器(见图 2-51)

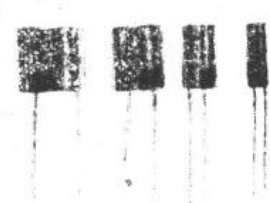
说明：纸介油浸、金属外壳密封，适用于直流、脉动及脉动电路，耦合、滤波、旁路。

### 4. 金属化纸介电容器



CJ10(CZJX)型

图 2-52



CJ11(CZJZ)型

(1)CJ10、11 型小型金属化纸介电容器(见图 2-52)

说明:塑料封装,用于电路的旁路、滤波、隔直流。

(2)CZJ8 型环氧包封金属化纸介电容器(见图 2-53)

说明:金属化纸介,环氧树脂封装、用作直流或脉动电路旁路、滤波、隔直。



CZJ8 型  
图 2-53

### 5. 聚苯乙烯电容器

CB10、11 型聚苯乙烯电容器(见图 2-54)



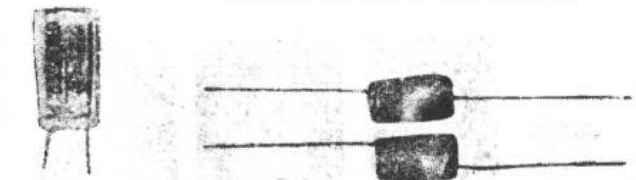
图 2-54

说明:外壳和介质均用聚苯乙烯,温度特性差,用作振荡回路元件、旁路、隔直流等。

### 6. 涤纶电容器

(1)CL10 型低压涤纶电容器(见图 2-55)

说明:用涤纶作介质,用于直流或脉动电路中作耦合、旁路等。

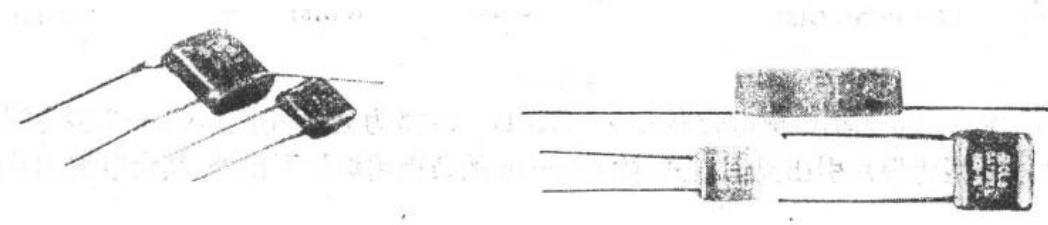


CL10-1 型

CL10-2 型

图 2-55

(2)CL20、30 型铝金属化涤纶电容器(见图 2-56)



CL20-1 型

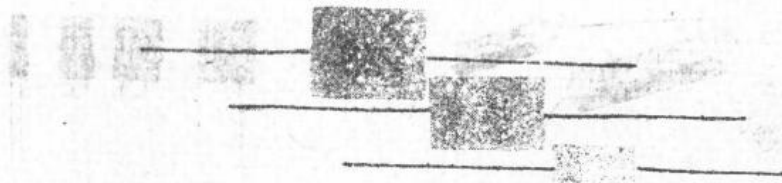
CL20-1 型

图 2-56

说明:用铝金属化薄膜涤纶作介质,用于耦合、滤波、隔直流等。

### 7. 玻璃釉电容器

(1)CI 型玻璃釉电容器(见图 2-57)

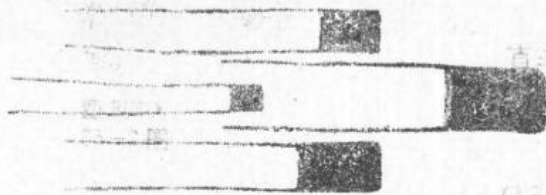


CI 型  
图 2-57

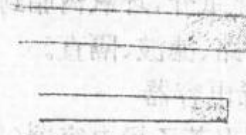
说明:用于直流、交流或高频电路中作耦合、隔直流、滤波、振荡等。

(2)CI3 型高介陶瓷玻璃釉电容器(见图 2-58)

说明:用高介陶瓷作介质,误差大,用于损耗及容量稳定性要求不高的直流和低频电路中,作耦合、滤波、旁路。



CI3 型  
图 2-58



CI4 型  
图 2-59

(3)CI4 型高频陶瓷玻璃釉电容器(见图 2-59)

说明:高频陶瓷作介质,用于直流、交流和脉动电路作耦合、旁路、振荡,还可用于高频电路中。

## 8. 电解电容器

(1)CD 型电解电容器(见图 2-60)

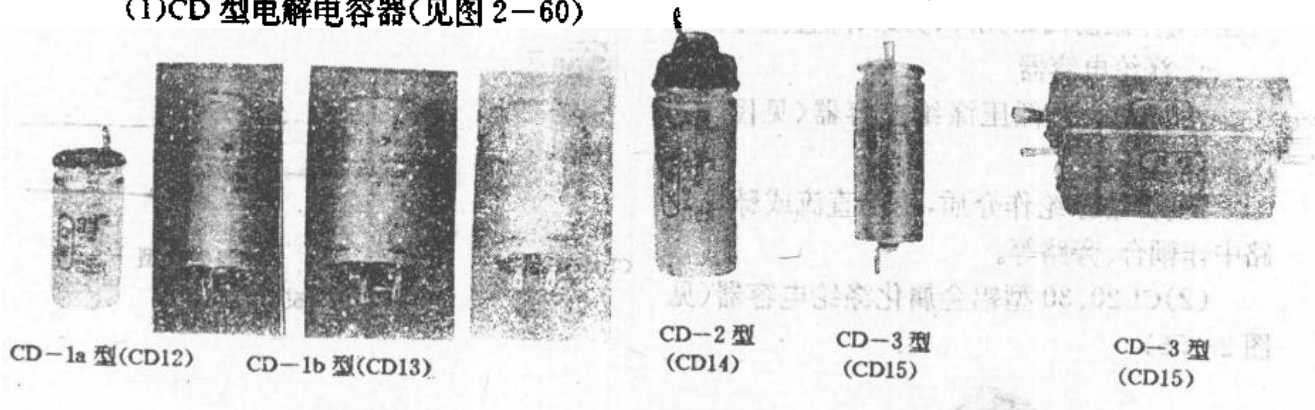


图 2-60

说明:图 2-60 为铝电解电容器,CD-1a、CD-1b 型为夹圈固定式,CD-2 型为螺母固定式,CD-3 型为焊片引出无固定式,除 CD-1b 的负极用焊片引出外,其余电解的负极都是外壳。

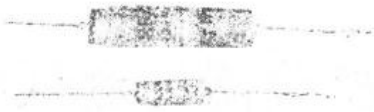
(2)CD10、11 型(即 CDX 型)小型电解电容器(见图 2-61)

说明:CD10 型绝缘片引出端为正极,铝壳引出端为负极。CD11 型引出线长者为正,并在旁侧铝壳上标有“+”号,短线为负极。用于直流或脉动电路作滤波、旁路、耦合等。

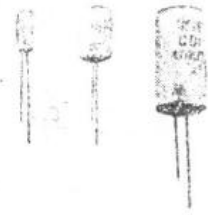
(3)CDZ 型组合式电解电容器(见图 2-62)



CI4 型  
图 2-59



CD10(CDX-3)型



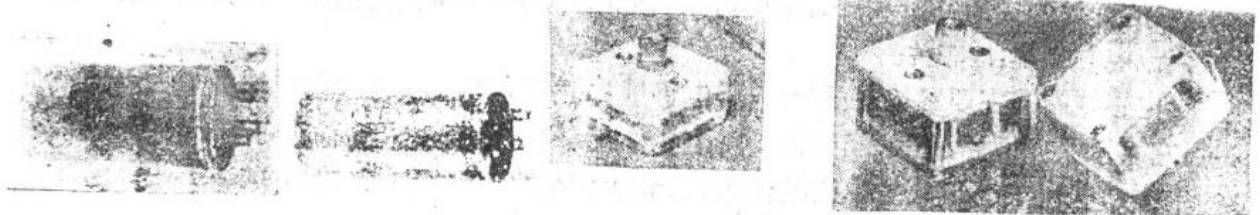
CD11(CDX-1)型

图 2-61

说明:所谓“组合式”,即用两只或三只电解电容器合装在一个铝壳内。两只组合的有两个引出头,三只的有三个引出头。铝外壳为公共的负极。用于直流、脉动电路中作滤波、旁路。

### 9. 固体介质可变电容器

(1)单、双联固体薄膜介质可变电容器(见图 2-63)



CDZ 型  
图 2-62

CBM-X-270(CBG-X-270)型

CBM-2X-270(CBG-2X-270)型  
图 2-63

说明:CBM-X-270 型为单联,有两个引出片,CBM-2X-270 型为等容双联,有三个引出片。用于收音机中作调谐选台、振荡用。

(2)小型差容双联固体薄膜介质可变电容器(见图 2-64)

说明:结构和使用与 CBM-2X-270 型相同,但体积稍小。

(3)小型三联固体介质可变电容器(见图 2-65)

说明:有机薄膜作介质,有三组容量相等的动片和定片,塑料骨架,透明塑料封装。用于高级收音机中作选台用。



CBM-2X-60 型  
图 2-64



CBG-3X-340 型  
图 2-65



圈、铁氧体芯线圈和铁芯线圈,按绕制方法分有单层、多层、蜂房、带磁芯、固定、可变等线圈,按电感量是否可变又分为固定、可变、微调等线圈。电感线圈通常由骨架、绕组、屏蔽罩、磁芯等构成,但也有无磁芯或屏蔽罩的,有的甚至连骨架也没有(如用于较高频率的线圈),这要根据需要来决定,如图 3-1 所示为常用电感线圈的外形及电路符号图。

## 一、电感线圈的测试

### 1. 电感量的测试

测量电感量要用专门的测试仪器(电感电容电桥或 Q 表),普通维修人员不具备,下面介绍一种用万用表进行间接测试的方法。如图 3-2 测试电路,找一只调压变压器或收录机用的 10V 左右电源变压器,  $L_x$  为被测电感线圈,  $R$  为电位器,如图 3-2(b)将待测线圈  $L_x$  等效为一个纯电感  $L$  与线圈内阻  $r$  相串联。先进行如下推算:

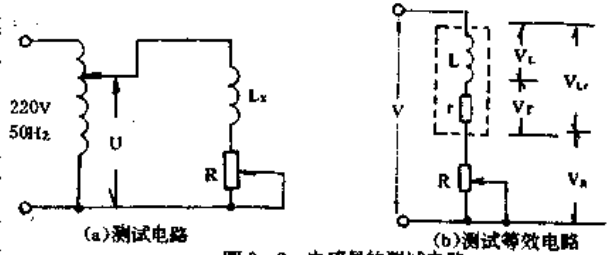


图 3-2 电感量的测试电路

$$\because V_{Lr}^2 = V_L^2 + V_r^2 \quad V_r = I \cdot r = \frac{V_R}{R} \cdot r$$

$$\therefore V_L = \sqrt{V_{Lr}^2 - V_r^2} = \sqrt{V_{Lr}^2 - \left(\frac{V_R}{R}\right)^2 \cdot r^2}$$

$$= V_R \sqrt{\left(\frac{V_{Lr}}{V_R}\right)^2 - \left(\frac{r}{R}\right)^2} = X_L \cdot I$$

$$= 2\pi fL \cdot \frac{V_R}{R} = 100\pi L \cdot \frac{V_R}{R}$$

$$\therefore L = \frac{R}{100\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{V_{Lr}}{V_R}\right)^2 - \left(\frac{r}{R}\right)^2}$$

然后,用万用表分别测出  $R$ 、 $r$ 、 $V_{Lr}$ 、 $V_R$ ,并代入上式即可算出被测线圈的电感量。通常因线圈的内阻  $r$  很小,即  $R \gg r$ ,所以上式还可简化为:

$$L \approx \frac{R}{100\pi} \cdot \frac{V_{Lr}}{V_R}$$

如果调节变压器的输出电压,使得  $V_R = 10V$ ,并调节电位器使得  $R = 3140\Omega$  的话,则计算更为简单:

$$L = \frac{3140}{100 \times 3.14} \times \frac{V_{Lr}}{10} = V_{Lr}$$

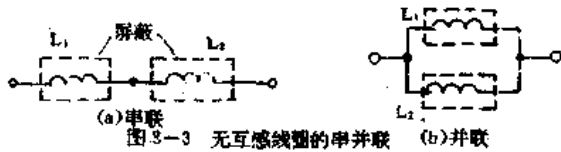
即是说,在这种条件下,线圈上的压降数值就是该线圈的电感量数值。如果电压的单位是伏特(V),则电感量的单位就是亨利(H)。

使用上述方法要注意安全,一是要防止触电;二是要防止烧坏元器件。比如被测线圈电感量太小(高频线圈)、而电位器电阻值处于较小位置时,就容易烧坏变压器或电位器。

电感量的估测:一般用于短波(或更高频率)的电感线圈,圈数较少,有的只有几圈,其电感量在几个微亨的范围;用于低频(长波)的电感线圈,圈数较多,其电感量可达数千微亨;而用于中波段的电感线圈,介于短波与长波之间,电感量为几百微亨。

无互感线圈串并联的计算方法:如图 3-3 所示,当电感线圈串联时,其总的电感量等于

各分电感量之和,即  $L=L_1+L_2+L_3+\dots$ ;当电感线圈并联时,其总电感量的倒数等于各分电感量的倒数之和,即  $\frac{1}{L}=\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2}+\frac{1}{L_3}+\dots$ 。



固定电感线圈电感量及误差的识别:固定电感线圈的电感量及误差通常在外壳上均有标记,有的用数字直接标出、有的用色点、色环间接标出。如图 3-4 所示为几种典型电感线圈的标记方法。SP 型电感线圈的标记方法是:用三位数字表示,与电阻的表示方法相似,即第一、二位数为有效数字,第三位表示在前面两位数之后应加“0”的个数,小数点用 R 表示,最后用英文字母 J(±5%)、K(±10%)、M(±20%)表示误差,如 161K 表示电感量为 160μH,误差为 ±10%,又如 8R2J 表示电感量为 8.2μH,误差为 ±5%;PL 型电感线圈的标记方法是:用色点表示电感量,与色环电阻标记方法相似,即数字与颜色的对应关系和色环电阻标记法相同,其误差用 ±10%和 ±20%两种表示;L 型电感线圈的标记方法是:用色点表示电感量,也与色环电阻标记方法相似,只是顺序不同而已,其误差只有 ±10%一种。

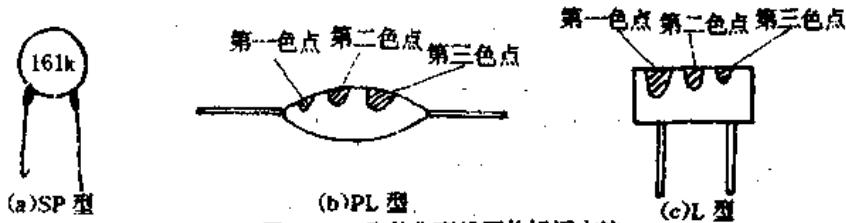


图 3-4 几种典型线圈的标记方法

## 2. 测试好坏

在家电维修中,如怀疑某个线圈有问题时,通常并不是通过测试电感量来判断的,而是作简单测试,方法如下:

(1)通断测试:测试前应切断电源,将万用表置于  $R \times 1\Omega$  档,一是进行在路直接测试,如果阻值很小说明线圈是通的,可正常使用;二是如果阻值较大时,为了测试准确,可先将线圈的一只脚与电路断开再行测试,若阻值较小说明正常,如果阻值很大甚至指针不摆动,说明线圈断线开路,应进行修理。

(2)阻值测试:当怀疑线圈有短路或开路时,可用  $R \times 1\Omega$  档测试线圈的阻值进行判断,假如你使用的万用表是 500-2 型(有 DC 档)的话,则会使测试更为精确些,并可测试出一套经验数据,作为以后维修时参考。一般高频线圈的直流内阻在零点几到几欧姆之间,低频线圈的内阻在几百到几千欧姆之间,而中频线圈的内阻在几欧姆到几十欧姆之间。测试时请注意:有的线圈圈数少或线径粗,直流电阻很小,即使用  $R \times 1\Omega$  档测试阻值也可能为零,这属于正常现象,如果阻值很大或为无穷大时,说明线圈断线开路。

## 二、电感线圈常见故障修理

电感线圈的故障率相对是比较低的,下面简单介绍几种故障的排除方法:

### 1. 断线开路

电感线圈断线后用万用表就可以测量出来,引起断线的主要原因有这样几种:一是由于线径太细、强度较低,在使用中拨动时弄断;二是受潮霉断,这种情况居多;三是由于长时间地通过大电流而烧断,这种情况较少。一般高频线圈的故障以断线开路较多。如果断线部位



在引出端或表层时,先将线圈从电路板上卸下,再将断线头刮净焊上即可使用;如果断线部位在深层时,可先将线圈烘烤至松软后,再轻轻地将线圈一层一层拆下,直到找到断头为止,然后刮净线头焊上,并按原来绕法及圈数绕好,为防止因温度升高将焊锡熔化而再次断线,应将两断头互相勾接再焊为宜,如有条件还应进行浸漆处理;如果是小型固定电感器(如色码电感)出现内部断线时,则不便修理,只有找电感量相等或相近的线圈进行代换。

## 2. 线圈短路

电感线圈短路用万用表测电阻不容易检查出来,但通过测电流和感觉线圈发烫可以间接地进行判断,引起线圈短路故障的原因有:一是外加电压过高将绝缘层击穿造成短路;二是长时间地通过大电流,使得温度超过额定值而烧坏绝缘层造成短路;三是使用时间较长后,绝缘层老化或自然脱落造成短路。一般低频线圈容易出现短路故障,因电流大、电压高。在电视机中最容易出现短路故障的线圈有:电源滤波器、偏转线圈、行线性调节器等。对于短路性故障,如果短路不严重、匝与匝之间没有被烧结在一起,可先进行烘烤,再进行浸漆,一般还可以使用,如果短路严重则只有更换,不可侥幸使用,否则会“殃及池鱼”。

## 3. Q 值下降

电感线圈 Q 值下降是不容易察觉出来的,只是感到电器性能不如从前而已,比如收音机出现移频、噪声增大,电视机出现飘台等,可能就是有关谐振回路的线圈性能变坏引起。引起 Q 值下降的原因大多是受潮发霉造成,这种故障在夏季、雷雨季节或沿海地区最容易产生。对此可将线圈进行烘烤驱潮,然后用石蜡或胶封固,避免再次受潮而影响 Q 值。

### (三)电感线圈使用注意事项

1. 在选用电感线圈时,应选性能参数相等或相近的使用,一是电感量要与电路要求一致,特别是调谐回路的线圈电感量数值要精确,否则会使灵敏度下降、选择性变坏,严重时不能正常工作,如果电感量过大或过小时,可以通过减少或增加线圈匝数来满足,对于带有可调磁芯的线圈,在测量调试时,应将磁芯调到中间位置,当电感量相差较大时,也可以采用串、并联的方法解决;二是 Q 值越高越好,对于相同电感量的两个电感线圈来说,根据 Q 值的定义( $X_L/R$ ),应选择 R 值小者使用,或者选择 L 值相同而线径粗者使用;三是外加电压和通过的电流不能超过其额定值;四是线圈的机械强度和外形尺寸也应符合要求。

2. 使用或代换线圈时,首先应进行性能测试,特别是有屏蔽外壳(线)的线圈,要细心测量,以防止线圈与屏蔽壳短路,再就是对线圈进行防潮处理,以免受潮霉烂而降低 Q 值,主要方法是浸漆、石蜡(胶)封固;焊接时温度不宜过高,因个别线圈的引脚是用塑料固定的,容易烫坏变形,同时还应注意接线正确,否则电路不仅不能正常工作,而且还会引起短路故障,烧坏其它元器件。

## 第四章 示波管的测量与应用

示波管属于静电偏转式阴极射线管。它利用电子光学的原理,把阴极发射出来的电子聚成细束,并控制其偏转,使它打到荧光屏上而产生亮点,快速移动的亮点在荧光屏上显示成为曲线或图像。

示波管被广泛应用于测量技术、医疗仪器和雷达等方面,例如常用在示波器中显示波形,用在医疗设备中显示心电图等等。

### 一、示波管的结构原理与特点

示波管的结构原理图如图 4-1 所示。

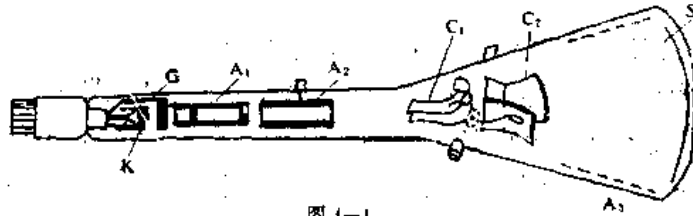


图 4-1

示波管的外壳为一漏斗状的玻璃壳,管内抽气至高真空( $10^{-4}$ Pa 以上)。其中 K 为涂氧化物阴极,内有热丝。G 是一个圆筒,顶部开有小孔,称为控制极。控制极电位比阴极越负,电子就越不容易跑出来。改变控制极的电位,就可以控制射出来的电子数量,从而控制打到荧光屏上的亮度。 $A_1$ 、 $A_2$  是一些圆筒和膜片组合,分别称为第一阳极、第二阳极。第一阳极接固定电压,作加速电子用,第二阳极接可调电压,作聚焦用。常把上述这一套系统称为电子枪。

这一来直径很细的电子束如果不受任何影响,就径直地打到荧光屏 S 上。荧光屏是在玻璃壳内涂有一层荧光粉,电子束径直地打到荧光屏上,就在中心处产生一个小亮点。在  $A_2$  和荧光屏之间安置两对互相平行的偏转板。在  $C_1$  和  $C_2$  上加上变化的电压,就能使电子束按照电压的变化作静电偏转,打在荧光屏不同的位置上,从而在荧光屏上显示出曲线来。亮点在屏上的位移正比于加在偏转板上的电压,每伏电压引起亮点偏转的距离,称为偏转灵敏度。

为了防止电子束散焦和使电子获得更大的能量,以便打到荧光屏上激发较亮的光迹,常在荧光屏附近的玻璃壳内涂有石墨层,并与第二阳极后的膜片连接,成为第三阳极或独立成第四阳极。第三或第四阳极接最高电压,作为加速用,使光点足够亮。

电子停止轰击荧光屏后,亮点并非马上消失,而是有一定的余辉时间。余辉时间定义为亮度的初始值下降到 1/10 所需的时间。并规定:

小于 $1\mu\text{s}$	极短余辉
$1\sim 10\mu\text{s}$	短余辉
$10\sim 1000\mu\text{s}$	中短余辉
$1\sim 100\text{ms}$	中等余辉
$100\sim 1000\text{ms}$	长余辉

1s 以上

极长余辉

二、常用示波管参数表(见表 4-1)

表 4-1 常用示波管参数表

参 数 型 号	$U_f$ (V)	$I_f$ (A)	$U_{M1}$ (V)	$U_{s1}$ (V)	$U_{s2}$ (V)	$U_{s3}$ (V)	$U_{s4}$ (kV)	$U_{D1}$ (mm/V)	$U_{D2}$ (mm/V)	$D_s$ (cm)	余 辉	颜 色
5SJ38J	6.3	0.6	-60	138~300	1000			0.13	0.11	5.3	中等	绿
7SJ32J	6.3	0.6	-40~-60	120~200	500			0.35	0.33	7.2	中等	绿
8SJ31J	6.3	0.6	-35~-70	250~400	1500			0.45	0.31	7.8	中等	绿
8SJ40J	6.3	0.6	-52~-80	220~400	1500		3	0.35	0.26	7.8	中等	绿
13SJ22J	6.3	1.2	-30~-90	400	350~550	1500	3	0.7	0.5	13.6	中等	绿
13SJ36J	6.3	0.6	-30~-95	2000	374~690	2000		0.32	0.25	13.3	长	橙
13SJ37J	6.3	0.6	-45	302~518	1500	3000	4	0.43	0.37	13.3	中等	绿
13SJ38J	6.3	0.6	-50	300~515	1000	3000		0.32	0.52	13.6	中等	绿
13SJ50J	6.3	0.6	-40~-100	200~500	1500	1500	15	3.2	1.2	13.3	中等	绿
16SJ1J	6.3	0.6	-35~-70	300~1500	1500		3	0.8	0.6	16	中等	绿

注： $U_{M1}$ ——截止控制极电压

$U_{D1}$ ——靠近电子枪(垂直)偏转灵敏度

$U_{D2}$ ——靠近荧光屏(水平)偏转灵敏度

$D_s$ ——屏幕直径

三、示波管的测量方法

1. 示波管阴极发射能力的测试方法

示波管一旦衰老之后,亮度显著降低,波形也变得暗淡.通过检查阴极发射电子的能力,可以判断示波管是否衰老.测试电路如图 4-2 所示.测试方法:给管子加额定灯丝电压  $U_f$ ,预热两分钟,万用表置于  $R \times 100$  档,黑表笔接控制极 M,红表笔接阴极 K,表针的偏转角度即反映出阴极电流的大小.若测出的  $I_k < 0.2\text{mA}$ ,说明管子已衰老.下面将以实例介绍其详细测试方法.

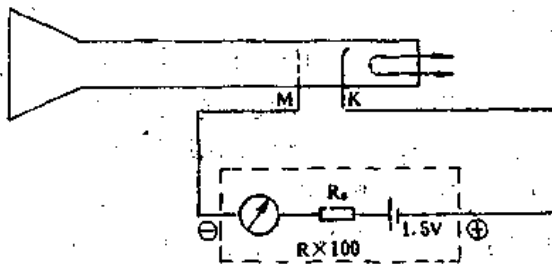


图 4-2

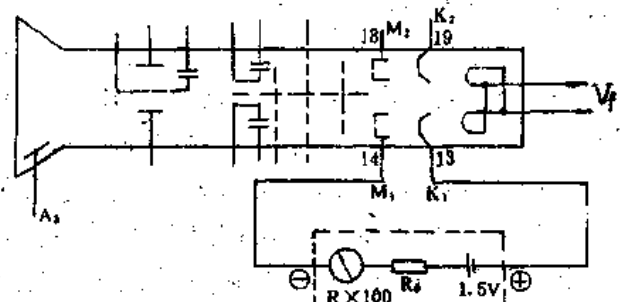


图 4-3

实例一:测量 13SJ23 型双线示波管,测量电路如图 4-3 所示.

先接通 6.3V 灯丝电压预热两分钟.选择 MF30 型万用表的  $R \times 100$  档,黑表笔接控制极  $M_1$  (⑭脚),红表笔接阴极  $K_1$  (⑬脚),表针指在  $300\Omega$  处,对应于  $n=45$  格.因此阴极电流:  
 $I_{k1} = 12\mu\text{A}/\text{格} \times 45 \text{格} = 540\mu\text{A} = 0.54\text{mA} > 0.2\text{mA}$ .

用同样方法测量阴极  $K_2$  (⑩脚) 对控制极  $M_2$  (⑬脚) 的发射电流  $I_{k2}$ , 也是  $0.54\text{mA}$ 。说明双灯示波管中两个电子枪的对称性极好。因为  $I_{k1}$ 、 $I_{k2}$  均大于  $0.2\text{mA}$ , 该示波管的质量良好。

实例二: 测量一只 13SJ37J 单灯示波管。该管子在 SBE-5 型示波器中已使用十多年, 亮度显著降低。用读取电流法读出  $n=13$  格, 故阴极电流:

$I_k = 12\mu\text{A}/\text{格} \times 13 \text{ 格} = 156\mu\text{A} = 0.156\text{mA} < 0.2\text{mA}$ ; 说明管子已严重衰老, 需要换新管。

注意事项: ①有的示波器亮度降低, 也可能是示波管正常, 而外部电路(如高压电路)出现故障, 此时采用本方法即可排除对示波管的怀疑。②不要用  $R \times 1k$  档测  $I_k$  值。因实际的  $I_k$  为几百微安, 而一般万用表的  $R \times 1k$  档满度电流仅为几十至一百几十微安。③测量示波管时必须加额定的灯丝电压  $U_f$ 。若  $U_f$  过低, 阴极在欠热状态下发射电子, 容易造成阴极“中毒”, 损坏阴极材料, 缩短管子使用寿命。若  $U_f$  过高, 还有可能烧断灯丝。④在上述测量中, 因为其他电极均未加工作电压, 所以测出的阴极电流与正常工作时的  $I_k$  会有一定差异。但作为相对比较, 还是颇有实用价值的。⑤测量过程中, 表笔极性不得接反。倘若黑表笔接阴极, 红表笔接控制极, 管子必然截止, 使  $I_k = 0$ 。

## 2. 示波管高压的测试方法

电子示波器中的示波管需要加上直流高压。一般示波管辅助阳极上有  $2 \sim 3kV$  的高压(通常是对阴极而言), 大多数万用表只有  $500V$  档, 无法测量如此高的电压。

参照前面介绍的“示波管阴极发射能力的测量方法”外接合适的降压电阻, 即可使用万用表的低电压档测量示波管上的高压。鉴于示波管的高压负载电流仅  $1 \sim 3\text{mA}$ , 因此需采用电压灵敏度较高的万用表改装, 以免由于分流作用造成高压跌落, 测量不准。

现以  $500$  型万用表为例, 其直流电压灵敏度为  $20k\Omega/V$ ,  $500V$  档满度电流仅  $50\mu\text{A}$ , 分流作用很小。该档内阻  $R_v = 10M\Omega$ , 欲将量程扩展到  $20kV$ , 需串降压电阻:  $R = (20k\Omega/V \times 20kV) - 10M\Omega = 390M\Omega$ 。由于扩展后的电压表满度电流不变, 故降压电阻的额定功率为:  $P = I_m^2 R = (50 \times 10^{-6})^2 \times 390 \times 10^6 = 0.975W$ 。因测量时间很短, 可用  $39$  只  $10M\Omega$ 、 $1W$  的金属膜电阻串联成  $390M\Omega$ 。有条件的最好使用 RHY-35 型高压合成膜电阻, 其耐压为  $35kV$ , 选标称值为  $390M\Omega$ 、功率  $5W$ 。

注意事项: ①必须确保人身安全。老式示波器(例如 SB-10、SBE-5 型), 直接采用变压器升压, 没有高频振荡器, 一旦误触高压, 就会有生命危险。近年来生产的示波器中的高压, 均是将振荡器产生的高频电压进行升压、整流、滤波后获得的。尽管电压高达几千伏至上万伏, 但电流却很小, 不超过几毫安, 一般不会危及生命安全。因为人体误触高压端时相当于并联一个负载, 使振荡回路的品质因数大大降低, 输出电压迅速下降, 导致振荡器停振, 无高压输出。但在测量时应避免受到高压电击。②必须把外接电阻  $R$  放进绝缘性能良好的空心胶木棒内, 并引出一个带弯钩的金属触头。预先挂在测试点上再通电测量, 全部引线均改用胶皮线。

# 第五章 显像管与插座的测量与使用维修

## 一、显像管的测量与检修

显像管是电视机上很关键的器件,它的任务是完成电—光的转换,再现黑白(或彩色)图像。显像管价格昂贵,大约是一部电视机三分之一以上的价钱。所以,往往用户因显像管坏而苦恼。因此无论对用户还是对维修人员来说,显像管是最有修理价值和维护保养价值的器件。

显像管分为黑白显像管和彩色显像管。彩色显像管有三种:三枪三束管、单枪三束管和自会聚管,前两种显像管因电路较复杂调整较烦琐而趋于淘汰,现在生产和使用最多的是自会聚管。显像管类型较多,具有不同的屏幕尺寸、偏转角和管颈,荧光屏屏面有圆球形和平面形,其中平面形(直角)是发展方向,但目前绝大多数彩色显像管都是圆球形的。不论哪种显像管,其测试方法和维修保养方法是基本相同的。

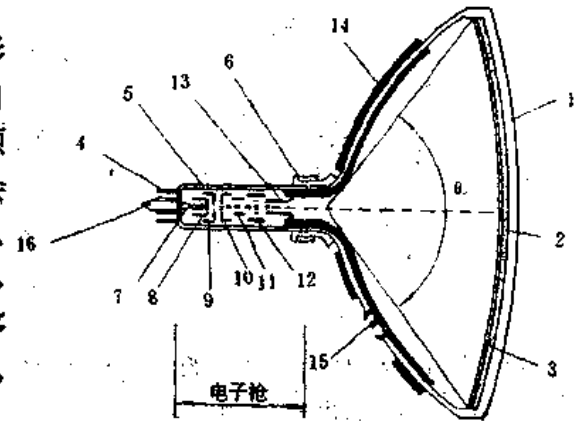


图 5-1 黑白显像管的构造

### (一) 显像管的测试

#### 1. 显像管的构造及管脚连线名称

要正确测试显像管,必须先弄清其构造和管脚连线名称,尤其管脚名称要记住。

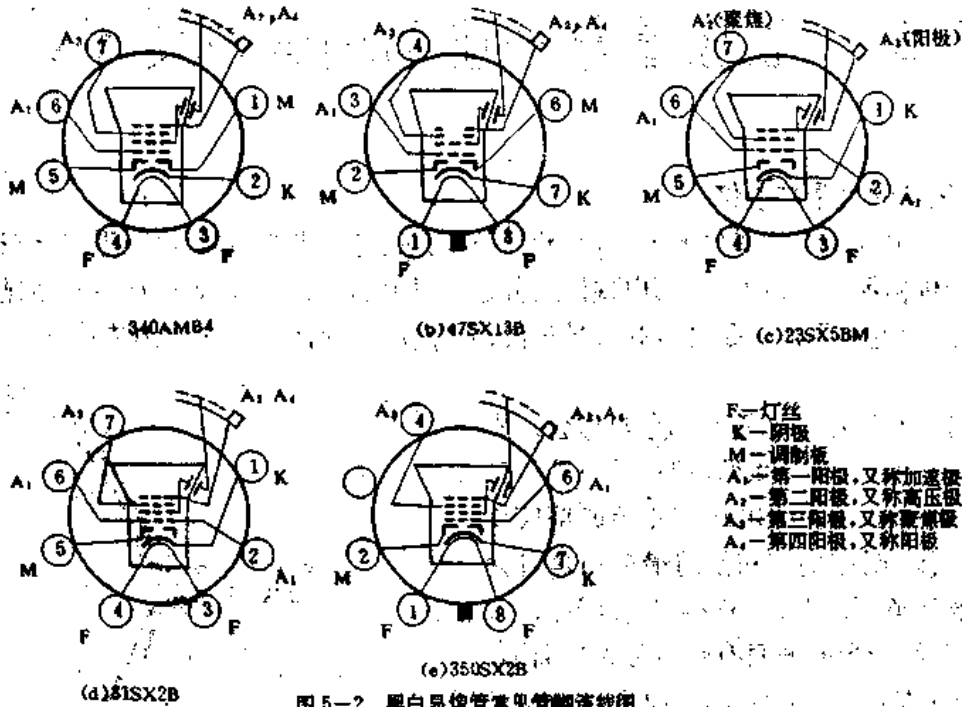
##### (1) 黑白显像管的构造及管脚连线名称

黑白显像管的构造如图 5-1 所示,各部分名称及作用如表 5-1。

表 5-1 黑白显像管结构名称及作用

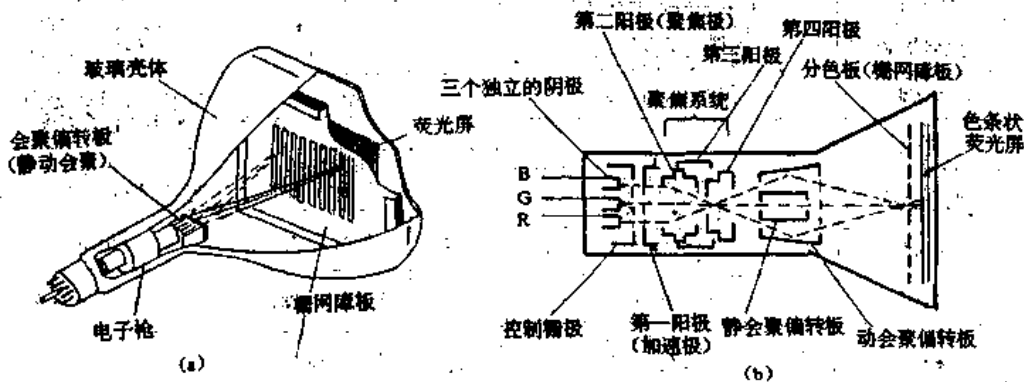
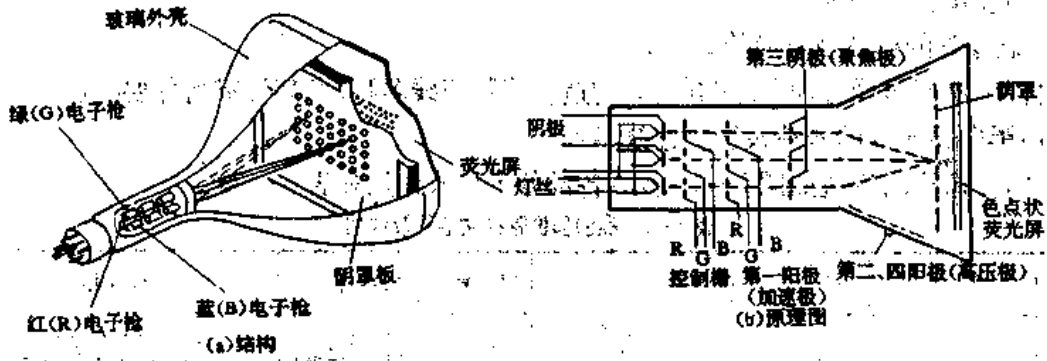
序号	名称	作用	序号	名称	作用
1	屏		10	第一阳极 (又称加速极)	它上面加有几百伏正电压,使电子加速
2	荧光膜	电子束射上时发光	11	第二阳极 (又称高压极)	它和第四阳极相连,使电子再加速
3	金属铂膜	增强亮度并防止离子冲击荧光屏	12	第三阳极 (又称聚焦极)	它和二、四阳极组成电子透镜使电子束聚为一点
4	管脚	和外电路连接	13	第四阳极 (又称阳极)	它上面加有上万伏电压,使电子进一步加速
5	管壳		14	外导电层	高压滤波
6	偏转线圈	附加件,控制电子束运动	15	阳极电压帽	高压输入端
7	灯丝	加热阴极	16	抽真空收口	
8	阴极	发射电子			
9	栅极	对阴极为负电位,可控制电子发射数			

显像管管脚数分为七脚管和八脚管两种,它们的主要区别是:七脚管的灯丝一般是③、④两脚,而八脚管的灯丝一般是①、⑧两脚。常见管脚连线名称如图 5-2 所示。



(2) 彩色显像管的构造及管脚连线名称

三枪三束式显像管的构造及工作原理图如图 5-3 所示,由图可知,红、绿、蓝三枪的阴



极、调制极和加速极是独立的。单枪三束式显像管的构造及工作原理图如图 5-4 所示,其红、绿、蓝三枪的调制极以上电极是合在一起公用的。自会聚显像管的红、绿、蓝调制极以上电极也是公用的,其测试方法与单枪三束显像管类似,其构造及工作原理图从略。常见彩色显像管管脚连线图如图 5-5 所示。

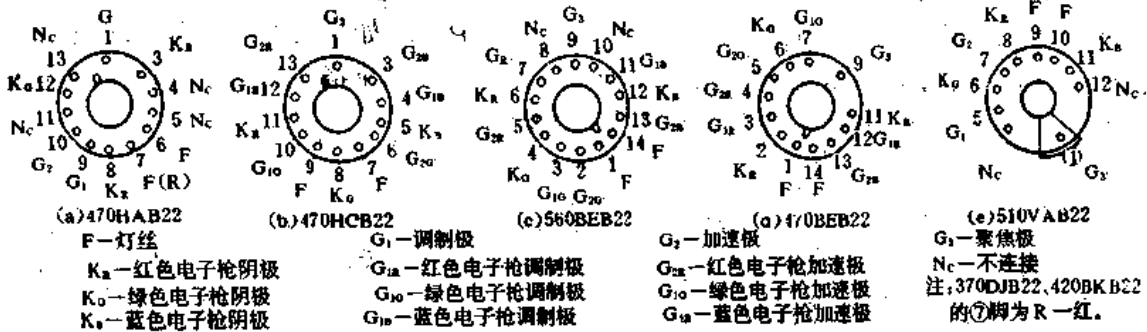


图 5-5 彩色显像管常见管脚连线图

### (3) 显像管的管脚判别方法

①黑白显像管的管脚判别方法。对于七脚管,①脚与⑦脚之间的间隔较大,将“间隔”朝下,面对管脚,“间隔”左边第一脚即为①脚,从①脚起顺时针数即为①、②…⑦脚;对于八脚管,①脚与⑧脚之间有突耳(也称定位键),将“突耳”朝下,面对管脚,“突耳”左边第一脚即为①脚,从①脚起顺时针数即为①、②…⑧脚。

②彩色显像管的管座判别方法。彩色显像管均有突耳,分为小突耳和大突耳,大突耳中有一个电极,一般为聚焦极。对于“小突耳”管,如将“小突耳”朝下,面对管脚,“小突耳”左边第一脚即为①脚,数法同上。对于“大突耳”管,其中的一个电极一般是①脚,如将“大突耳”朝下,则左边第一脚即为②脚,从②脚起数法同上。但有个别“大突耳”管左边第一脚为①脚,为避免弄错,在测试检修中应对照电原理图及有关资料分析判断。

## 2. 显像管的测试

### (1) 静态测试

静态测试适用于选配显像管或检修机上显像管,它可以粗略地判断显像管的性能优劣。如果是测试机上显像管,应先拔下显像管管座和高压帽,然后用一根导线一端接地,一端插入高压嘴将显像管内石墨层的电荷放电,以免测试时遭电击或损坏万用表。

#### ①测试灯丝

将万用表置  $R \times 1\Omega$  档,测量显像管灯丝管脚,七脚形管灯丝是③、④脚,八脚型管灯丝为①、⑧脚,观察是否导通,若不通说明灯丝已经断路,若万用表指针在表头最大处摆动,说明灯丝与引线脚间脱焊接触不良,也可能是灯丝断裂处因间隙很小而时通时不通。观察导通时的灯丝电阻值(此时称为灯丝冷态电阻) $R_{F_{冷}}$ ;对于灯丝电压为 6.3V 的显像管,灯丝电阻一般在  $1.5\Omega$  左右,对于灯丝电压为 11V(或 12V)的显像管,灯丝电阻一般在  $20\Omega$  左右即为正常。灯丝冷态电阻的计算:用公式  $R_{F_{冷}} = R_{F_{热}}/6 = (V_F/I_F)/6$ 。例如,计算国产彩虹牌彩色显像管的冷态电阻,查该管参数可知:额定灯丝电压  $V_F$  为 6.3V,额定灯丝电流  $I_F$  为 0.68A,代入上式得  $R_{F_{冷}} = (6.3V/0.68A) \times 1/6 = 1.54\Omega$ 。由计算公式应明白一点,显像管灯丝(钨丝)具有正温度特性,正常工作时的热态电阻是冷机时的冷态电阻的六倍左右,即开机瞬间灯丝电流很大,一般为额定电流的 5~7 倍,这就是开机时为何灯丝会闪亮一下的原因,也是

灯丝烧断的主要原因。

### ②测试各电极

将万用表置  $R \times 10k\Omega$  档, 分别测试灯丝与阴极、阴极与调制栅极、调制栅极与加速极、加速极与聚焦极或高压阳极、聚焦极与高压阳极之间的电阻值, 观察万用表指针位置。如果指针不摆动说明显像管各电极绝缘正常, 管子处于良好状态, 如果指针在最大处摆动, 说明各电极之间有金属毛刺、杂物或电极相碰的现象, 如果指针迅速指到零欧位, 则说明各电极间相碰短路, 管子不能再使用, 或需要修理后才能使用。

### (2)截止电压的测试

给显像管插上管座, 插上高压帽, 开机供给显像管各电极额定电压, 使其处于正常工作状态。等显像管显示出明亮的光栅后, 再反时针旋转亮度电位器, 直到光栅刚刚看不见时, 将万用表置于直流电压 250V 档, 把表笔的正端接显像管的阴极(如②脚)、负表笔接地(或调制极), 此时万用表上所指示的电压值便是该管(阴极调制)的截止电压  $V_{KJ}$ 。如图 5-6 所示。测量中如发现截止电压较低, 可换用直流 50V 档测试。

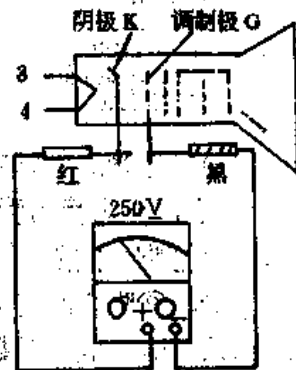


图 5-6 测显像管的截止电压

### 测试注意事项:

①在电子枪阴极上不能加视频图像信号, 使荧光屏上只出现纯白光栅, 否则测出的截止电压不准确, 一般要比实际的高。此时可将高频头频道开关置于空频道位, 或将天线插头拔掉。

②测试环境最好是暗些, 避免外界强光的干扰, 影响测试数据的准确性。

### 测试截止电压的意义:

①代换显像管时, 应首先测试出新管的截止电压, 再与原管截止电压作比较, 以便调整新管的截止电压, 使其工作于最佳状态。否则显像管将不能正常工作, 甚至可能危及管子的寿命。

②截止电压偏低的显像管, 表现为荧光屏宽度不足、图像清晰度差的现象, 此时应设法适当提高加速极电压来解决; 截止电压偏高的显像管, 表现为荧光屏亮度关不灭、图像对比度不足的现象, 此时应设法适当降低加速极电压, 或提高视放极的放大倍数, 用足够大的视频图像信号去推动显像管工作。

### (3)测试阴极发射电子能力

阴极发射电子束电流的大小, 对显像管的亮度和图像清晰度起着极为重要的作用, 也是决定显像管寿命的一个重要指标, 所以希望阴极发射电子的能力越强越好, 或者说阴极的活性度越大越好。下面介绍一种简单的测试方法。

如图 5-7 所示, 按下显像管管座, 只给灯丝接上规定的电压, 如图中灯丝额定电压为 12V。将万用表置  $R \times 1k\Omega$  档, 正表笔接显像管阴极、负表笔接调制极, 此时相当在栅阴极间加有 1.5V 的电源, 阴极所发射的电子会部分地打到调制极上形成电流, 如果阴极发射电子能力强, 则打到调制极上去的电子就多。

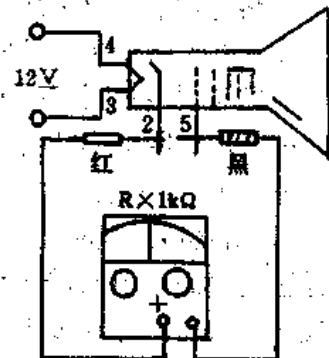


图 5-7 测试阴极发射电子能力



形成的电流就大,所测得的阴、栅极间的电阻值就小,因此可以根据测量的电阻值来粗略地估计阴极发射电子束电流能力的大小。一般情况下,如果电阻值在  $10\text{k}\Omega$  以下,则说明显像管阴极发射能力很强,管子处于良好的工作状态;如果电阻值在  $100\text{k}\Omega$  左右时,则说明阴极发射能力还可以,管子还能继续使用;如果电阻值在  $500\text{k}\Omega$  以上,则说明阴极发射能力相当差,荧光屏几乎没有光栅,显像管寿命已告终。

测试说明:

①若电阻值大于  $500\text{k}\Omega$  时,显像管就该报废了,但还可采取“激活”显像管阴极的办法使其起死回生,继续正常使用,此法在后面检修中讲;

②从维修角度看,这种测量方法简单实用,但不能以一概全,因显像管类型较多,即使是同类型管,其阴极与调制极间的距离不同,阴极发射面积大小也不一样等,致使测量的电阻值不尽相同。为了提高判断的准确度,可多测试一些显像管的数据作为参考;

③测试彩色显像管阴极发射能力时,要分别测出三个电阻值,我们既希望这三个电阻值要小,还要求三个电阻值应尽量大小一致,否则会产生彩色偏色(白平衡不良)的现象。具体测量方法同上,只给灯丝供给额定电压,万用表置  $R \times 100\Omega$  档,负表笔接调制极(一般接地)、红表笔去分别碰接红、绿、蓝三个阴极,测量出三个电阻值。如果阻值在  $1 \sim 4\text{k}\Omega$  之间,则说明管子阴极发射能力强,管子未老化;如果阻值在  $4 \sim 10\text{k}\Omega$  之间,则说明管子阴极发射能力减弱,但还可继续使用;如果阻值在  $10\text{k}\Omega$  以上,则说明管子阴极发射能力很差,老化严重。如果某一支或三支电子枪老化时,也可进行激活再生。

## (二)显像管常见故障的检修

### 1. 显像管老化的检修

#### ①显像管老化判断

a. 开机后如果出现光栅(图像)很慢,亮度上升到正常值的时间较长,说明显像管老化。

b. 平常一般将电视机亮度开关开到中间位置,若开到最大位时光栅仍然较暗,说明显像管老化。

c. 聚焦不良,图像清晰度严重下降,当亮度和对比度开大时,图像中最亮的部分反而变暗,并且图像模糊,甚至变为负像,说明管子已老化。

d. 测试阴极发射电子能力,发现栅阴极间电阻值高达几百千欧,说明管子老化严重。

e. 彩色电视机刚开机时光栅偏向某一色(即白平衡不良),过一段时间后逐步恢复正常,说明管子某一个阴极或两个阴极老化。

#### ②显像管老化的检修

##### a. 激活阴极

对黑白显像管的激活方法:将灯丝电压提高到比额定工作电压高  $2 \sim 6\text{V}$ ,在调制栅极上加  $5\text{V}$  左右的正电压,其余电极空着,加电“激活”保持 5 分钟。经过激活后的显像管其亮度和清晰度均有明显好转。如果激活后效果不大,可适当提高电压数值或延长时间,多激活几次,然后用万用表检查栅阴极间电阻,如电阻在  $100\text{k}\Omega$  以下,且亮度、清晰度较好,说明显像管“激活”成功,此管还可继续使用一段时间。

对彩色显像管的激活方法:分两种情况,一是三支电子枪老化程度一样,此时的激活方法同黑白显像管;二是某一支电子枪老化时,可对此枪单独进行激活,但激活方法与黑白显

像管有所不同。因为大多数彩色显像管的灯丝是并联的,如果激活时将灯丝电压提高过大,对需激活的老化电子枪是合适的,但同时会降低另两支正常电子枪阴极的寿命。因此激活时灯丝电压只稍提高一点即可,如灯丝电压为 6.3V 时可提高到 7.5V,灯丝为 11V 时可提高到 13.5V,灯丝为 12V 时可提高到 15V。同时给需激活的电子枪调制极上加 5V 正电压,通电“激活”保持 5 分钟,如效果不好可继续提高电压或延长“激活”时间,直到满意为止。

### b. 提高灯丝电压

显像管老化后亮度下降,可适当提高灯丝电压来解决。提高灯丝电压后可使阴极温度上升,让阴极发射出更多的电子。提高灯丝电压的方法如下:

方法之一:如图 5-8 所示,有些电视机灯丝电压的绕组多数都有一个升压抽头,对此可用升压抽头供电。为保证灯丝安全,可串一只 3Ω 左右的限流电阻,以减小开机瞬间的大电流。

方法之二:如图 5-9 所示,如无升压抽头,可直接用  $\Phi 0.5\text{mm}$  以上的多股塑料线在变压器的铁芯上穿绕 10~15 圈,与原灯丝绕组串起来供给灯丝,串联时应注意两组线圈的极性,可用万用表交流 50V 档测试,如果接反则电压不仅不会增大,反而会减小。

方法之三:可将  $\Phi 0.5\text{mm}$  以上的多股塑料线在行输出变压器铁氧体磁芯上穿绕 3~5 圈的绕组,利用行输出变压器的回扫电压向灯丝供电。

方法之四:如图 5-10 所示,可购买一只 9V (或 12V)、10W 的收录机用变压器,将初级并在机内电源变压器初级,次级与灯丝相连供电。同样道理,可在灯丝电路中串联一只 5Ω 左右的限流电阻。

方法之五:如图 5-11 所示,可从电源稳压器之前(即桥式整流器之后)引 17V 电压,加降压限流电阻后供给灯丝使用,调整 R 的大小,用万用表测试使灯丝电压约在 13.5~14V 为好。

方法之六:如图 5-12 所示,可从行输出级电源自举升压取得,加合适的降压电阻后供给灯丝使用。

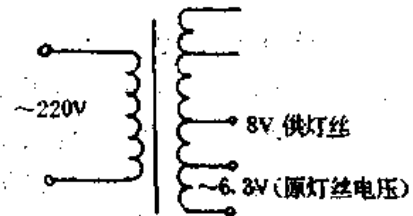


图 5-8 指示灯丝电压方法

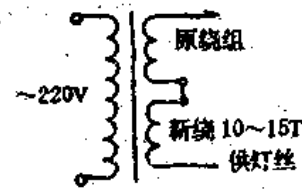


图 5-9 提高灯丝电压方法

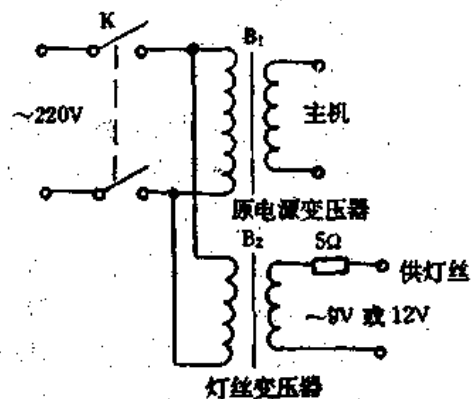


图 5-10 提高灯丝电压方法

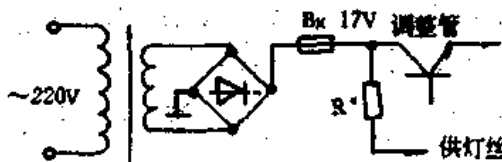


图 5-11 提高灯丝电压方法

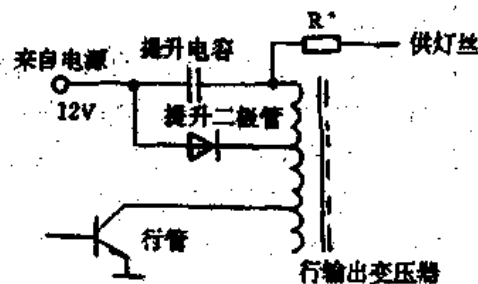


图 5-12 提高灯丝电压方法

提高灯丝电压虽然可以提高屏幕亮度,但却使阴极温度过高,阴极表面发射电子的活性物质会过多过快地蒸发,降低阴极寿命,灯丝也容易被烧断,电极之间还会产生漏电等,所以要权衡利弊,不可提高过多。

### c. 提高加速极电压

提高加速极电压后可从阴极表面拉出更多的电子,从而提高荧光屏的亮度,使老化显像管复活。提高加速极电压的方法:对于黑白显像管,如图 5-13 所示,其加速极电压一般都是经整流后用固定分压电阻供给,对此可调整分压电阻( $R_2 \uparrow$  或  $R_1 \downarrow$ )以增大加速极电压。为调整更加方便,可将固定分压电阻改为电位器分压调整供电。对于彩色显像管,一般均设有专门的加速极电压调整电位器,适当调整提高即可满足。

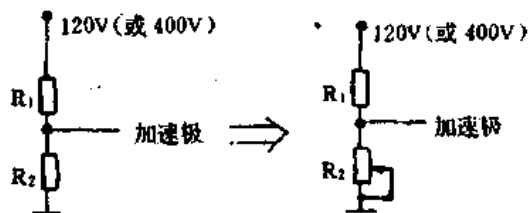


图 5-13 提高加速极电压方法

提高加速极电压虽然可以提高亮度,延长使用时间,但同时截止电压也会提高,还应适当调整显像管的工作状态,另外也会缩短管子的寿命,提高也不可过多。

### d. 提高阳极高压

提高阳极电压的目的,是进一步加速电子的运动速度和动能,使之轰击荧光粉的力量更大,从而提高显像管的亮度。提高阳极高压的方法:减小行逆程电容器的容量,使逆程反峰电压升高,阳极高压也随之升高。逆程电容也不能减小太多,否则逆程扫描时间过短,使行幅度变窄,一般减小量掌握在原电容量的  $1/5 \sim 1/10$  之间。

提高阳极高压后,再调节行扫描幅度使行幅满屏。如发现提高高压时显像管有打火现象,应适当降低高压,即稍加大逆程电容的容量。应用此法应注意:在提高阳极高压使亮度增大的同时,有可能使聚焦变差,所以还应该结合调整聚焦电压,使图像清晰度最佳;另外,阳极高压不可提得过高,否则容易产生打火,并且对荧光粉的损伤也较大,影响显像管寿命。

### e. 降低阴极直流电压

降低阴极相对于栅极的直流电压,相当于提高了加速极电压,同样可提高屏幕亮度。如图 5-14 所示。因管子老化后,亮度电位器调至最右端(最亮处)时屏幕亮度仍然很暗,这时

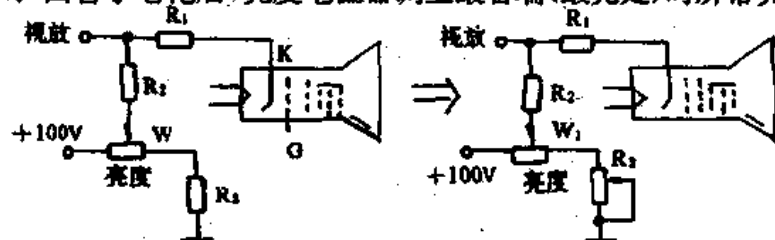


图 5-14 降低阴极直流电压

可通过减小  $R_3$  的阻值使阴极电位下降,亮度即可提高。为了调整更为方便,可将  $R_3$  改为电位器,它相当于一只副亮度电位器。

## 2. 显像管灯丝断裂的检修

①造成显像管灯丝断裂的原因:一是因电视机在正常工作时挪动或在运输过程中震动太大引起;二是焊接灯丝时因灯丝较细( $0.03\text{mm}$ ),与引出脚不便点焊,而是采用压焊的方法连接,其接触电阻较大,甚至大于灯丝的冷态电阻( $20\Omega$ 左右),因此每次开机瞬间灯丝在

压焊处产生闪光现象,引起发热,经多次使用就可能使灯丝断裂;三是供给灯丝的电压长期超过额定值,如市电电压偏高,或电视机电源电路参数变化使输出电压偏高等,都有可能烧断灯丝;再就是由于生产灯丝时质量不过关,如灯丝粗细不均匀时也极容易烧断。

## ②修复方法

一般灯丝断裂处的间隙是很小的,采用以下任一高电压电击法是可以使其重新熔接修复的。

方法之一,市电击法。如图 5-15 所示,拔下显像管管座,将一根塑料导线焊在电源变压器初级与灯丝④脚之间,另用一根塑料导线,一端与 60W 白炽灯泡焊在一起,另一端绕在一根 25cm 左右的绝缘棒上,再用一根短导线将灯泡与电源保险丝 BX 相连。然

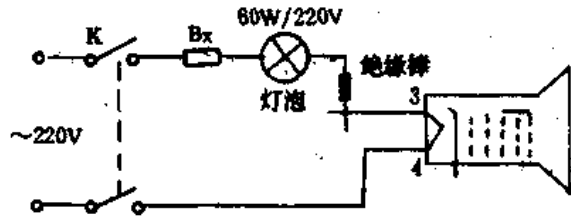


图 5-15 市电电击法

后开机,用绝缘棒上的导线头去碰灯丝③脚,如果灯泡闪亮几下后一直亮,说明灯丝断裂处被熔接上了,应迅速移开绝缘棒,如果灯泡没有亮,则说明灯丝断裂处间隙较大,这时可用喇叭磁钢在显像管电子管尾部周围移动,以加快断丝熔接。灯丝熔接导通的时间不宜太长,控制在 1s 以内,否则管子的阴极会因过热而损坏。

方法之二,兆欧表电击法。拔下显像管管座,用绝缘导线将灯丝两脚引出线接到 500V 兆欧表的两个输出端子上,然后摇动兆欧表,同时观察兆欧表上指针的摆动,当兆欧表指针指到零位时,立即停止摇表,此时说明灯丝已经电击击通,显像管起死回生。

方法之三,自身高压拉弧电击法。如无兆欧表,可利用电视机自身高压拉弧电击修复,在操作无误的情况下,对黑白显像管的修复率可达 85% 以上。操作方法是,确认为灯丝断裂后,拔下显像管管座和高压帽,将各管脚分别用塑料套管套上,以防止短路,将高压线吊离机板稍远上方固定的,在灯丝脚上(如③、④脚)焊接两根绝缘导线,其中一根导线与高压帽的导电卡簧部分连接,另一根导线用夹子或缠绕在长约 25cm 左右的绝缘棒上(以便安全操作使用),此时便形成一个高压回路,即高压帽—灯丝—底板。注意,两根引线不能绞在一起,也不能与机板或接地线相距太近。操作时,手持绝缘棒一端,将有导线头的一端置于离底板约 3cm 左右的地方,为了防止引线高压与底板击穿短路,可在底板上方放置 0.2cm 左右的纸或书,然后开机,将绝缘棒缓慢移向底板方向,这时断裂的灯丝两端在高压强电场的作用下而相互吸引,并开始打火,当发现引线间开始拉弧时,说明灯丝已经碰接。继续调整绝缘棒与底板的距离,可看到拉弧为断续的一条线,便可关机测量灯丝电阻,如果仍为断路可再次重复上述过程,但最好应间隔几分钟后进行,并且每次拉弧电击的时间不能太长,以免击穿高压包。

显像管电击修复后,要避免机械震动,取下两根引线,安上管座和高压帽,开机老炼并控制亮度,约 3~4 小时仍然正常,说明显像管电击修复成功,即可正式使用。

### 3. 显像管灯丝与阴极漏电或短路的检修

显像管电子枪电极间漏电或碰极短路最多是灯丝与阴极,其次才是栅极与阴极或加速极。因灯丝是在阴极罩中,温度最高。正常时灯丝与阴极之间的电阻应是 $\infty$ ,如漏电或碰极短路时,万用表置  $R \times 10\Omega$  档测量,阻值很小甚至等于零。灯丝与阴极漏电或碰极短路有三

种情况：一是静态(冷态)短路，这是由于灯丝、阴极发生变形相碰所致；二是动态短路，即在静态时不短路，开机一段时间后由于灯丝和阴极工作受热变形或膨胀，造成相碰短路；三是显像管内有脏物(如金属毛刺、石墨颗粒等)附着在阴极与灯丝上造成漏电或短路。当阴极与灯丝短路后，会使视频图像信号通过灯丝直接到地或通过灯丝绕组对地的分布电容旁路到地，结果造成图像淡、清晰度下降，严重时无图像，满屏回扫线，且亮度关不灭。灯丝与阴极短路后可采用以下方法加以检修：

#### ①敲击法

将电视机荧光屏朝下，用手或小橡胶锤轻轻敲击拍动显像管管颈部分，这样如有脏物就会被震落而离开电子枪，也会使灯丝与阴极分离。然后用万用表测灯丝、阴极电阻，如为 $\infty$ 则说明敲击成功，再通电试机。需注意的是敲击拍动的力量要适当，因管颈脆弱而易破损。

#### ②翻转法

因灯丝线径很小(0.03mm)，机械强度较小，长时间处于高温下，由于机械震动(如挪动、声震)会使灯丝变形向下坠，造成与阴极相碰短路。这时如果用敲击法不能解决问题，可将显像管翻转 $180^\circ$ 使用。如果翻转后仍然短路，在通电的情况下一边轻轻敲击管颈，一边用一块较大磁铁置于管颈电子枪下方，可帮助灯丝向相反方向变形。再用万用表测灯丝、阴极间电阻为 $\infty$ 后，将偏转线圈翻转 $180^\circ$ 并加长高压线即可。

#### ③电击法

如果采用上述方法均不能修复时，还可采用高电压电击法。

例一：如图 5-16 所示，拔下显像管管座，用 400V 高压给一只  $20\mu\text{F}/600\sim 1000\text{V}$  的电解电容器充电，然后将该电容器的两条引线去碰触灯丝与阴极脚，这时电容器上的电压经电极短路处烧掉脏物或金属毛刺，这样便排除了漏电或短路。如果一次效果不明显，再次给电解电容器充电后进行电击。

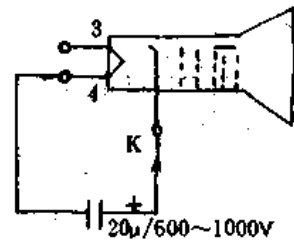


图 5-16 电容器电击法

例二：如图 5-17 所示为彩色显像管的绿阴极与灯丝碰极短路，造成无图像、满屏绿色。拔下显像管管座和高压帽，取三根塑料导线，一根将灯丝①脚(或⑦脚)与彩电电源开关  $K_{1-2}$  左端相连，第二根将 60W 白炽灯泡与  $K_{1-1}$  左端相连，第三根将灯泡与绿阴极  $K_0$ (⑫脚)相连。然后开机进行瞬间电击，如果发现管颈部位有火花，且灯泡闪亮一下即灭，则说明电击成功。如不行可多开几次开关进行电击。

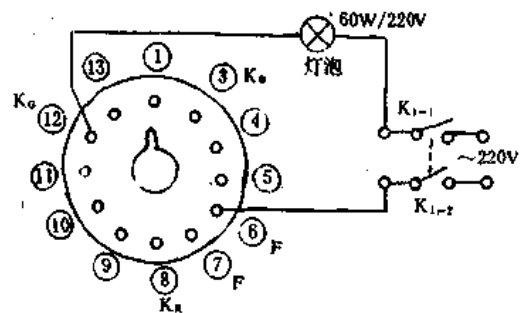


图 5-17 电击法修彩管电极短路

还可利用电视机内阳极高压进行电击，方法与检修灯丝断裂相同。应用电击法时既要胆大又要心细，一定要保证安全。

#### ④悬浮电压法

灯丝与阴极短路后，如用上述方法不能奏效，则这只显像管就不能再使用了。因短路时会将视频图像信号全部短路(灯丝直流供电)或部分短路(灯丝交流供电、高频成份)到地。对此可采用悬浮电压法使显像管重现“柳暗花明”，管子又可继续正常工作。方法如下：

方法之一：如图 5-18 所示，购一只收录机用 6.3V(或 12V)/10W 的小型变压器给灯丝供电。变压器的初级连接于电源开关右端，将灯丝脚脱离机板后，再与变压器次级相连即可。

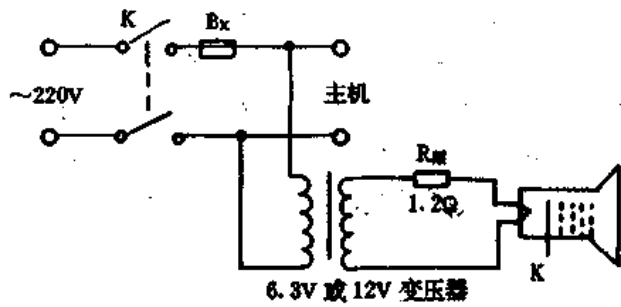


图 5-18 悬浮电压供电法

方法之二：把显像管灯丝脚引线焊开，即脱离电路板，用  $\Phi 0.6\text{mm}$  的塑料导线在行输出变压器无绕组一边的磁芯上绕一个 8 圈左右的小线圈，在线圈上串联一只限流电阻后与灯丝脚相连，由行输出变压器向灯丝供电。使用此方法时应注意：绕组圈数的多少要视灯丝亮度与原来相差不大为准则；如果荧光屏上出现多条长短不齐的水平亮线时，可改变一下绕在行输出变压器上线圈的松紧或匝距及上下位置即可消除。

#### ⑤线圈扼流法

如图 5-19 所示，取一段半导体收音机用的天线磁芯棒，用  $\Phi 0.44\sim\Phi 0.64\text{mm}$  的丝包线或漆包线，在上面绕两只 90~100 匝的高频扼流圈  $L_1$ 、 $L_2$ ，然后将  $L_1$ 、 $L_2$  分别串联在灯丝与电源之间，这样就可阻止视频图像的高频成份旁路到地。



图 5-19 线圈扼流法

对于供给直流 12V 的灯丝来说，其中有一只脚是接地的，如③脚接地，那么在③脚上串联的扼流圈  $L_1$  应适当多绕圈数，这样效果会更好、图像清晰度更高。在灯丝电路中串联上高频扼流圈后，总会降去一部分灯丝电压，使灯丝电压偏低，尤其交流灯丝电压降得更多些，对此应注意适当调高灯丝电源电压来弥补，保证灯丝获得额定的工作电压。

#### 4. 显像管栅极与阴极漏电或短路的检修

显像管调制栅极与阴极漏电或短路后，电视机将出现无图像和满屏回扫线的故障现象，并且荧光屏光栅很亮、不受控制。对此除了可选用“灯丝与阴极漏电或短路”的任一检修方法排除外，下面再介绍一种检修方法：

电极代换法。如图 5-20 所示，将原栅极引线从管脚上焊下，把管座上栅极与阴极脚用导线相连，再将原加速极引线焊下不用，把原栅极引线焊在加速极脚上，然后开机调整聚焦

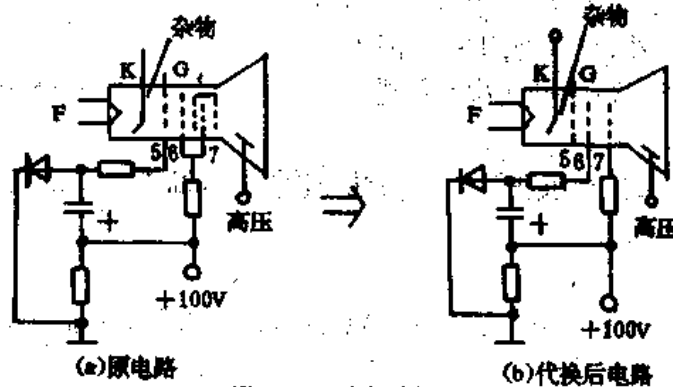


图 5-20 电极代换法

电压使聚焦最好,代换即告完成。这种改动是把栅极、阴极相连后作为阴极,而把加速极作为栅极使用。改动后因无加速极电压,亮度、对比度和聚焦会比原来差,但一般仍可以正常收看。如效果不理想,可调整灯丝电压或高压使其满意为止;如果对比度过小,可在视放管发射极对地间接一只 4700pF 的电容,以减小视放负反馈,提高增益。其实栅极脚空着也无妨,反正它已与阴极短路。需注意的是这种方法不适合彩色显像管。

### 5. 显像管打火的检修

显像管打火现象分为管内打火(如高压电极与加速极、聚焦极)和管外打火(如高压嘴、偏转线圈处),打火时会听到“啪!啪”声或“吱吱”声,荧光屏出现不规则黑、白点或肋条,高压嘴或偏转线圈处会看到散射状的蓝光,并伴有臭氧味。这不仅影响电视机正常工作,使图像模糊、图像边缘发毛、行场不同步等,更严重的是跳火电压会损坏机内元器件,尤其视放管和高放管极易烧坏,所以遇有打火必须立即修理。常见的打火现象及排除方法如下:

#### ①管内打火

管内打火的原因:一是电子枪零件上有金属毛刺、尖锐棱角和脏物,在高压强电场作用下发生尖端放电引起打火,从管颈处可看见打火时突然闪亮一下,这一般在高压阳极与加速极或聚焦极间产生;二是管内真空度下降,残留气体分子在强电场作用下产生电离,引起电极间瞬时短路而打火,在管颈处发现有蓝、紫色光。排除打火的方法有以下几种:

a. 将显像管的阳极高压略为降低一些使用,通过增大行逆程电容或降低行输出级的供电电压来满足;

b. 对于彩色显像管,可将三基色视放管焊下,然后将三只 50~100kΩ 电阻分别焊接在三个视放管的集电极与地之间,同时将亮度、对比度调到最小,再开机工作 3 小时左右,使管内充分地打火,以便烧掉毛刺、脏物等,最后恢复电路即可正常工作;

c. 如图 5-21 所示,采用高压电击法修理。取下管座,将各电极(含灯丝)并在一起成一个电极,给高压阳极加上比额定高压高几倍的电压(交直流皆可,一般为 40kV)进行瞬时高压击穿,促使电极间跳火,使金属毛刺或脏物烧毁。此方法应注意:高压应分级逐步提高,即可由 0→10kV→20kV→30kV→40kV,且击穿时间不能过长,掌握在半分钟以内,如过长会使电极间局部放电,使显像管真空度下降,结果将适得其反。另外一般维修人员可能不具备高压(40kV)设备,那就采用前两种方法排除好了。

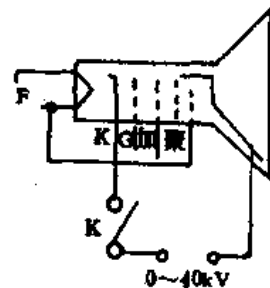


图 5-21 高压电击法消除打火

#### ②管外打火

管外打火主要有两处:一是偏转线圈与管内电子枪高压电极间的玻璃表面打火,这是由于玻璃材料的电绝缘性能差,几千伏乃至上万伏电压容易将其击穿。打火严重者有“啪啪”声、轻者有“吱吱”声,并有散射状蓝光和臭氧味。对此可在偏转线圈与管颈之间加几层绝缘薄膜,或在中间涂上绝缘硅胶即可排除。

二是高压嘴及其附近区域打火,这是显像管打火(或拉弧)最多出现的部位。引起高压嘴打火的原因主要有:一则由于空气潮湿,高压嘴或高压线上金属卡簧锈蚀,使两者接触不良而拉弧打火,锈蚀严重时完全不接触,电视机出现有声音无光栅故障,只是偶尔震动使其接触时屏幕一亮一灭;显像管外石墨层到高压嘴之间的玻璃表面有水汽,引起高压嘴与外石墨

层长距离拉弧打火。二则由于高压帽和高压嘴因有金属毛刺而接触不良引起打火。三则由于高压嘴边缘有石墨粉粒或灰尘引起打火。

对以上种种打火可采用以下任一方法排除：

方法之一：小心取下高压帽、高压线(注意对地放电)，用细砂纸轻轻砂去高压嘴、高压卡簧上生锈的地方，直到发亮为止。砂时注意不要碰到玻璃外壳，以免产生划痕，然后用棉花棍蘸无水酒精清洗高压嘴和高压卡簧，一定要把高压嘴里的锈块清理干净，并将高压帽塑料内外表面清洗干净，待酒精挥发或用电吹风适当加温干燥后，安上高压帽即可正常使用。

方法之二：仔细检查高压帽塑料有无烧痕或烧焦的地方，若有烧焦点，用小刀刮净，再用酒精洗干净，重点在内表面。然后在内外表面刷一层绝缘清漆，若烧焦面大则必须换新；高压卡簧与高压线应可靠接触，如有虚焊需将卡簧刮亮后重新焊接，高压卡簧锈蚀严重的也应更换。

方法之三：用酒精清洗外石墨层到高压嘴之间的玻璃，然后采取以下任一措施消除打火均有效：在高压嘴周围玻璃约 3cm 半径内涂一层“灭弧灵”(市面有售)；或用电烙铁(不带焊锡)将松香熔滴在高压嘴 3cm 半径内；或用酒精松香溶液用毛笔刷在高压嘴周围；或用酒精漆片溶液在高压嘴周围均匀地涂刷 2~3 层；或用工业用黄油涂擦在高压帽内表面和高压嘴周围；或将有机玻璃捣碎溶于三氯甲烷溶液中，待溶解后薄薄地涂在高压嘴周围；或把废塑料机壳捣碎放入二甲苯溶化后再涂刷在高压嘴周围等等。维修者根据情况，可自由选择。

显像管的打火是没有什么规律性的，有时几秒钟打一次，有时几小时打一次，有时甚至几天都不打一次，但有时却突然打火很严重。即使采取了上述多种防止打火的措施，但过一段时间或一时市电电压偏高又有可能打火，凡打火都是危害性的。因此为了确保机内元器件的安全，除积极消除外，还可在显像管阴极与地之间接一放电器，如接一只放电氖管 R-150D，这样万一打火使高电压跳窜到阴极时，氖管启辉导通将高压泄放到地。

## 6. 显像管石墨层引起的故障检修

显像管石墨层是用胶体石墨涂刷或喷涂上的，其作用是和管内高压导电电极构成一只几百微微法的高压滤波电容，对阳极高压平滑滤波，使其工作稳定。石墨层常见故障是脱落、接地不良或与地断路等。

### ①石墨层脱落的修复

石墨层容易与空气中的二氧化碳化合生成白色的碳酸钾，使石墨层表面析出白色结晶，称为“反白”，而“反白”处的石墨层容易脱落。当脱落面积不超过总面积的三分之一时，电容量变化不大，基本不影响电视机工作。而当石墨层脱落严重时，电容量下降，使阳极高压变低。表现为显像管屏幕光栅变暗，聚焦变差，图像变大，影响收看。对此可采用以下任一方法解决：

方法之一：漆片石墨涂覆法。用柔软的绸布或棉布蘸酒精将显像管上剩余的石墨层擦拭干净，用 30g 漆片放进 100g 的酒精瓶中加盖密封，约 10 小时左右漆片充分溶解后，将漆片溶液倒在容器里，再加入 30g 左右的石墨调匀。涂覆前先在显像管原石墨层范围内用中号毛笔涂一层 502 胶水，因 502 胶水比漆片与玻璃的粘附力强，约需 10 分钟后将显像管荧光屏朝下放置，在原石墨层处均匀涂上漆片溶液，待 4 小时干燥后即可使用。

方法之二：清漆石墨涂覆法。同样先将显像管上石墨层清洗干净，将硝基清漆、硝基稀释



剂(即香蕉水)、石墨按 1:2:1 的比例,倒进容器中搅匀,然后均匀涂覆在原石墨层处,待干燥 2 小时后即使用。

以上两法中若没有石墨,也可用黑铅笔或电池芯柱研磨成粉代替。

方法之三:铝箔纸铺覆法。如果维修者不具备上述条件,可找几张干净而平整的香烟盒防潮铝箔纸铺覆,注意用万用表测试选择金属“铝箔纸”,因有些不是金属的。操作方法是:先用绸、棉布蘸酒精清除显像管上剩余石墨,然后用胶水将铝箔纸均匀,平整地铺粘在原石墨层范围内。注意使铝箔纸距离高压嘴至少在 5cm 以上,避免高压打火。粘贴时各铝箔纸边缘迭合部分不能涂胶水,如果迭合部分贴合不好会有接触电阻,可用绝缘黑胶布从外表面粘压紧。铺粘结束后,用万用表  $R \times 1\Omega$  档检查各铝箔纸之间的电阻,必须使其良好接触。等胶水干燥后,安上接地爪或金属编织屏蔽线的接地拉簧即可使用。

### ② 石墨层与地开路的检修

显像管外石墨层是应该可靠接地的,一般是通过“接地爪”或“金属屏蔽线”与机芯“地”相连,一方面由于接地爪或屏蔽线严重生锈,与石墨层脱离了电气连接,另一方面由于运输、挪动或长期声震等使得接地爪处的石墨层磨损,造成开路现象。石墨层与地开路后产生的故障现象与石墨层大片脱落类似。处理方法是:取下接地爪或屏蔽线,用小刀或细砂纸去除生锈部分即可;也可在接地爪(或屏蔽线)与石墨层之间垫一层较薄的金属皮。然后用万用表  $R \times 1\Omega$  档测量,一只表笔与石墨层任一点相碰,另一只表笔与机芯“地”相碰,阻值应为零。

### ③ 石墨层与接地爪(或屏蔽线)打火的检修

这种打火是由于接地爪(或屏蔽线)与石墨层接触不良引起的,打火时光栅出现横条黑带,图像抖动不稳,喇叭中发出“啪!啪”声,可看见打火处有火花。处理方法是:用细砂纸或小刀除去接地爪(或屏蔽线)生锈部分,将接地爪整形或收紧屏蔽线拉簧,使之与石墨层可靠接触即可排除。

## 7. 彩色显像管磁化的消除

彩色显像管内部的金属障板和外部的金属骨架等在受到地磁场或各种具有磁场的物体(如收录机、音箱及电冰箱等)磁化后,会产生剩磁,它将对彩色显像管的三条电子束产生附加偏转力,使电子束的运动发生改变而偏离原有轨迹,从而使三条电子束流的大小不能跟随相应的视频图像信号而改变,造成图像彩色失真、图像模糊,在图像背景上出现无法消除的色斑。一般机内设有专门的自动消磁电路,每开机一次都要对彩色显像管消磁一次。但如果被外界强磁场严重磁化时,它就无能为力了,这时必须进行机外消磁。现介绍消磁方法如下:

①用  $\Phi 0.6 \sim \Phi 0.8\text{mm}$  的漆包线绕成 1000 匝左右 30cm 直径的圆环,在外面缠上绝缘黑胶布,然后接上交流 220V 电压即可进行消磁。如图 5-22 所示,打开电视机电源,等荧光屏出现光栅后,将消磁圆环与荧光屏保持平行,然后在荧光屏前面慢慢地作圆周运动,方向保持不变,等转动几圈后边转动边慢慢地移开屏面,当移至距离电视机 2~3m 时放下圆环,切断线圈电源消磁完毕。

②取一捆 50m 或 100m 的现成塑料导线卷,把一只 150W 以上的白炽灯泡与之串联作为消磁线圈使用,此法简

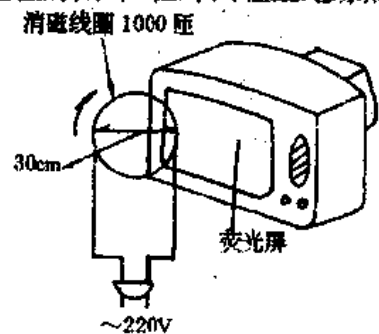


图 5-22 自制消磁线圈消磁

捷方便。在导线线圈两头加上市电 220V 电压,同时打开电视机,消磁方法同上。串联白炽灯泡的目的是防止导线圈数少、阻抗小而短路 220V 电源。

③用 4 英寸外磁式喇叭的磁钢作消磁器,一般维修者手头都有,操作安全,消磁方法同上,效果很好。

上述消磁方法,如果消一次效果不够理想,可重复消几次,直到满意为止。

### (三)显像管的正确使用维护方法

黑白显像管的使用寿命为 3000 小时,实际在 5000 小时以上,彩色显像管为 15000 小时,实际在 20000 小时以上。显像管是电视机中最为贵重的器件,假如使用维护不当,一旦损坏是个不小的损失,而且购新换代又比较麻烦。因此,如何正确使用和维护好显像管,使其“健康长寿”,无论对用户还是对维修人员都显得极为重要。

#### 1. 显像管使用维护注意事项

①显像管内真空度很高,相对来说外部会受到强大的大气压力,使用时必须小心。在搬运、安装和清洁时,不能碰击,不能划伤和撞伤玻璃表面。拿显像管时,不应抓拿管颈部分,应双手托住屏面对角线处,因管颈是显像管最脆弱的地方。放置管子时应让屏面朝下,且垫以弹性柔软物体。擦拭荧光屏最好用柔软的绸子或棉布,也可用照相机镜头纸,擦时要关机进行。锥体部分的灰尘,最好用电吹风“冷风”档或“气猫”除尘。不用电视机时,应将防尘套子套好,避免油烟、灰尘腐蚀,还可保护屏面。如果长期不用时,应定期开一次机驱潮。

②显像管应工作于额定电压,假如偏离了典型应用电压值,既会出现各种故障又会缩短其寿命。为了保证各极电压工作于额定值,一是要对照有关显像管的参数资料,测试各电极电压,如有不妥应设法调整。二是在电压波动大的地方,最好采用稳压电源给电视机供电。

③在使用或维修电视机过程中,要防止烧伤荧光粉。当扫描电路出现故障时,在屏幕上有可能出现一个亮点或一条亮线,此时电子束集中轰击荧光粉的一个点或一条线,使荧光粉过热而烧伤,时间长后就会在屏幕上出现一个黑斑或一条黑线。对此用户应立即关机,送修后再用,对维修人员来说应立即关小亮度,待修复后再开大亮度。

④更换显像管时应注意,一是要选择同型号、最好是同厂家的管子,如果买不到同型号管子,必须选用参数(常用黑白、彩色显像管参数见表 5-2、表 5-3)接近的代换,否则因光电参数和机械尺寸差异会影响图像质量和管子寿命;二是管脚引出线与管座要配套,否则会使电压“张冠李戴”,如将加速极电压加在灯丝上,造成误伤;三是管座与机芯的连线应选用多股软线,可以晃动,不得拉紧,否则会损伤管脚或拉破管颈,影响寿命,而且维修也不方便;四是更换后别忘了石墨层必须可靠接地。

表 5-2 部分黑白显像管特性

屏尺寸(英寸)	型 号	偏转角度(度)	管颈直径(mm)	灯丝电压(V)	灯丝电流(mA)	第一阳极电压(V)	第二极、四极电压(kV)	第三极电压(V)	最大调制量(V)	截止电压(V)		极限使用条件				管脚连接图	生产厂家	
										调 制	阴 调	灯丝电压(V)		第一极电压(V)	第二极、四极电压(kV)			第三极电压(V)
												最小	最大					
9	23SX5B	90	20	12	95	400	500~ -50	9000	19	-20~ -60		11	13	500	500V	1100	C	国产

续表

屏尺寸(英寸)	型号	偏转角度(度)	管颈直径(mm)	灯丝电压(V)	灯丝电流(mA)	第一阳极电压(V)	第二阳极电压(kV)	第三阳极电压(V)	最大调制量(V)	截止电压(V)		极限使用条件					管脚连接图	生产厂家	
										调谐	阴调	灯丝电压(V)		第一阳极电压(V)	第二阳极电压(kV)	第三阳极电压(V)			
												最小	最大						最大
12	31SX2B(津光)	90	20	12	85	120	12	0~400	21	-25~ -60		11	13	300	14		D	天津显像管厂	
	31SX3B(河北)	90	20	12	85	120	12	0~400	19	-30~ -70		11	13	200	14		A	石家庄显像管厂	
	31SX3B(宇宙)	90	20	12	85	120	12	0~400	19	-32~ -65		11	13	200	14		A	无锡显像管厂	
	31SX3B(海狮)	90	20	12	90	120	12	0~400	23		30~55	11	13	250	14	500	A	上海电子管四厂	
	31SX3B(京显)	90	20	12	90	120	12	0~400	21	-35~ -85		11	13	200	14		A	北京显像管厂	
	31SX3B(佛山)	90	20	12	90	120	12	0~400	19	-32~ -65		11	13	200	14		A	佛山显像管厂	
	31SX3B(南京)	90	20	12	85	120	12	0~400	19	-25~ -65		11	13	200	14		A	南京显像管厂	
	12VCBP4	90	20	11	140	130	12				30~ 50							A	台湾CLT
	12VCGP4	90	20	11	140	100	12				30~ 50							A	台湾CLT
	310HKB4	90	20	12	75	100	10	0~300			35~ 55	10.8	13.2	440	14		A	日本NEC	
	A31-20W	90	20	11	72	250	11	0~300			37~ 63	9.9	12.1	440	15		A	日本NEC	
	A31-510W	110	20	11	140	130	11	0~300			35~ 55	9.9	12.1	250	15		A	日本NEC	
310HGB4	110	20	11	140	250	11	0~300			37~ 63	9.9	12.1		15		A	日本NEC		
31JK4B	90	20	11	70	250	11	0~350	35	-30~ -70		9.9	12.1	350	13	500	A	苏联		
310HCB4	90	20	12.6	64	120	12	0~400			31~ 50	11.3	13.9	250	16	1100	A	日本松下		
310HJB4	90	20	11	91	110	12	-130~ 170			53~79	9.9	12.1	130	16	1100	A	日本松下		
310GNB4A	90	20	12	75	100	10	0~400			35~ 55				14	1100	A	日本东芝		
310GNB4	90	20	12	75	100	10	-100~ 200			35~ 55	10.8	13.2	250	14	1100	A	日本NEC		
340AMB4	90	20	12	75	100	12	0~ 400			35~ 55	10.8	13.2	250	16	1100	A	日本东芝		
340BOB4	90	20	12	75	300	12	0~ 300			31~ 65	10.8	13.2	440	16		A	日本NEC		
340BZB4	90	20	11	91	110	12	-110~ 170			48~ 74	9.9	12.1	130	16	1100	A	日本松下		
340CGB4	90	20	11	82	100	12	0~ 300			35~ 55	9.9	12.1	250	16		A	日本NEC		
A34-111W	90	20	11	140	130	12	0~ 150			45~ 65	9.9	12.1		17	1000	A	台湾飞利浦		
A34-510W	90	20	11	140	130	12	0~ 300			35~ 55	9.9	12.1	250	16		A	日本NEC		
350SX2B	70	36.5	6.3	600	300	12	-100~ 425			-30~ -90			500	16	1000	E	国产		
350SX3B	70	36.5	6.3	600	400	12	-100~ 450	28		-38~ -85	5.7	6.9	500	15	1000	E	国产		

续表

屏尺寸(英寸)	型号	偏转角度(度)	管径直径(mm)	灯丝电压(V)	灯丝电流(mA)	第一阳极电压(V)	第二极电压(kV)	第三极电压(V)	最大调制量(V)	截止电压(V)		极限使用条件					管脚连接图	生产厂家
										栅调	阴调	灯丝电压(V)		第一极电压(V)	第二极电压(kV)	第三极电压(V)		
												最小	最大					
16	40SX12B	114	28.6	6.3	600	400	14	0~500	30	-30 -80		5.7	6.9	550	16	1000	B	国产
	43SX3B	70	36.5	6.3	600	300	14	100~425	25	-30 -90							E	国产
17	440BFB4	90	20	12	75	100	13	0~400		35~55	10.8	13.2	250	16	1000	A	日本东芝	
	440CFB4	90	20	12	75	100	13	0~300		35~55	10.8	13.2	250	16		A	日本 NEC	
	440CVB4	90	20	11	91	110	13	130~170		35~55	9.9	12.1	250	17.5		A	日本松下	
	440BVB4	110	20	11	140	300	13	0~300		31~65	9.9	12.1	440	16		A	日本 NEC	
	440CEB4	110	20	11	72	130	13	0~300		30~50	9.9	12.1	250	16		A	日本 NEC	
	A44-510W	110	20	11	140	130	13	0~300		35~55	9.9	12.1	250	16		A	日本 NEC	
18	A47-27W/2	110	29	6.3	300	400	20	0~400		36~66			550	20	1000		罗马尼亚	
	47SX13B	110	28.6	6.3	600	400	16	0~500	32	-30 -80	5.7	6.9	550	18	1000	B	大连玻璃制品厂	
20	500BTB4	114	28.6	12	75	100	16	0~400		35~55	10.8	13.2	250	20	1000	B	日本东芝	
	500CGB4	114	28.6	12	75	100	16	0~300		35~55	10.8	13.2	250	22		B	日本 NEC	
	500CEB4	114	28.6	11	140	150	16	0~400		35~55	9.9	12.1	250	23	1000	B	日本东芝	
	500CDB4	114	28.6	11	140	130	16	0~300		35~55	9.9	12.1	250	22		B	日本 NEC	
	500MB4	114	28.6	6.3	243	150	16	0~400		33~62	5.7	6.9	250	23	1000	B	日本东芝	

注:管脚连接见图 5-2.

表 5-3 部分彩色显像管主要特性

屏尺寸(英寸)	型号	系列	偏转角度(度)	管径直径(mm)	灯丝电压(V)	灯丝电流(mA)	加速极电压(V)	聚焦极电压(V)	截止电压(光点)(V)	阳极高压(kV)	极限使用条件					管脚连接图	生产厂家
											灯丝电压(V)		加速极电压(V)	聚焦极电压(V)	阳极高压(kV)		
											最小	最大					
14	37SX101Z	SSI	90	29.1	6.3	680	460~820	4140~4840	110~200	22	5.7	6.9	1000	5500	25	A	咸阳显像管厂
	370DJB22	SSI-M I	90	29.1	6.3	600	300	3700~4400	50~120	22	5.7	6.9	1000	6000	24.5	A	国外
	370DGB22	SSI-M II	90	29.1	6.3	600	150~415	3700~4400	-100	22	5.7	6.9	1000	6000	24.5	B	国外
	370AUB22	SSI	90	29.1	6.3	600	150~415	3360~4000	-100	20	5.7	6.9	1000	6000	22.5	B	国外
	370DLB22	SSI-M I	90	29.1	6.3	600	150~415	3700~4400	-100	22	5.7	6.9	1000	6000	26	B	日本东芝
	370FHB22	SSI	90	29.1	6.3	700	480	3200~4300	80~160	19	5.7	6.9	1000	6000	23	A	日本三菱
	370DCB22	三枪荫罩	90	36.5	6.3	900	150~390	-75~400	60~130	20	5.7	6.9	1000	1100	24	D	日本日立

续表

屏尺寸(英寸)	型号	系列	偏转角(度)	管颈直径(mm)	灯丝电压(V)	灯丝电流(mA)	加速极电压(V)	聚焦极电压(V)	截止电压(光点)(V)	阳极高压(kV)	极限使用条件					管脚连接图	生产厂家
											灯丝电压(V)		加速极电压(V)	聚焦极电压(V)	阳极高压(kV)		
											最小	最大					
16	420KB22	SSI-M I	90	29.1	6.3	600	300	3360~4000	60~120	23	5.7	6.9	1000	6000	26	A	国外
	420HB22	SSI-M I	90	29.1	6.3	600	150~415	3860~4600	-100	23	5.7	6.9	1000	6000	26	B	国外
	420AKB22	SSI	90	29.1	6.3	600	150~415	3860~4600	-100	22	5.7	6.9	1000	6000	25	B	国外
	420MB22	SSI-M I	90	29.1	6.3	600	150~415	3700~4400	-100	22	5.7	6.9	1000	6000	26	B	日本东芝
18	470HAB22	SSI-M I	90	29.1	6.3	600	300	4200~5000	60~120	25	5.7	6.9	1000	6000	27.5	A	国外
	470GZB22	SSI-M I	90	29.1	6.3	600	150~415	4200~5000	-100	25	5.7	6.9	1000	6000	27.5	B	国外
	470FCB22	SSI	90	29.1	6.3	600	150~415	4200~5000	-100	25	5.7	6.9	1000	6000	27.5	B	国外
	470HCB22	SSI-M I	90	29.1	6.3	600	150~415	3860~4600	-100	23	5.7	6.9	1000	6000	27.5	B	日本东芝
	470FZB22	RIS-M I	110	29.1	6.3	600	150~415	3860~4600	-100	23	5.7	6.9	1000	6000	27.5	B	日本东芝
	470EB22	单枪三束	90	36.5	6.3	900	100~700	0~400	57~125	24	5.7	6.9	1600	1000	27	D	日本索尼
	470DB22	三枪荫罩	90	36.5	6.3	900	200~600	100~300	75~180	20	5.7	6.9	1000	1000	23	D	日本日立
20	470CTB22	三枪荫罩	90	36.5	6.3	900	200~520	4200~5000	65~150	25	5.7	6.9	1000	6600	27.5	D	日本松下
	510LAB22	SSI-M I	90	29.1	6.3	600	150~415	4200~5000	60~120	25	5.7	6.9	1000	6000	27.5	B	国外
	510HJB22	SSI	90	29.1	6.3	600	150~415	4200~5000	-100	25	5.7	6.9	1000	6000	27.5	B	国外
	510KZB22	RIS-M I	110	29.1	6.3	600	150~415	4200~5000	-100	25	5.7	6.9	1000	6000	27.5	B	国外
	510FXB22	低阻自会聚	90	29.1	6.3	900	330~670	1630~4800	80~170	24	5.7	6.9	1000	6000	27.5	A	日本 NEC
	510LCB22	SSI-M I	90	29.1	6.3	600	300	3860~4600	80~160	23	5.7	6.9	1000	6000	27.5	A	日本东芝
	510LDB22	SSI-M I	90	29.1	6.3	600	150~415	3860~4600	-100	23	5.7	6.9	1000	6000	27.5	B	日本东芝
	510HWB22	SSI	90	29.1	6.3	675	460~820	4700~5500	110~200	25	5.7	6.9	1000	6600	27.5	A	日本日立
22	510VAB22	SSI	90	29.1	6.3	675	460~820	6200~7500	110~200	24	5.7	6.9	1000	8000	27.5	E	日本东芝
	56SX101Z	SSI	110	29.1	6.3	680	460~820	4700~5500	64~104	25	5.7	6.9	1000	6050	27.5	A	中国咸阳
	560GB22	RIS-M I	110	36.5	6.3	730	150~415	4200~5000	-100	25	5.7	6.9	1000	6000	27.5	C	国外
	560EB22	RIS-M I	110	36.5	6.3	730	150~415	4030~4800	-100	24	5.7	6.9	1000	6000	27.5	C	日本东芝
	560AWB22	SSI-M I	90	29.1	6.3	600	150~415	4030~4800	-100	24	5.7	6.9	1000	8000	27.5	B	日本东芝

注:管脚连接图见图 5-5。

⑤显像管在使用中应避免震动,尽量不要挪动位置,一则会使管子上的附件发生位移,二则对彩电来说容易因地磁而出现色斑现象,三则会使高温下的灯丝变形或折断;显像管还应远离强磁物体,避免磁化,也不要阳光下长时间暴晒,以免降低荧光粉的发光效率;为保护阴极,开机之前可将亮度旋钮反时针转到最小,待开机几秒钟(2s左右)后再顺时针调大亮度;如果把电视机从寒冷的室外搬进暖和的房间时,较大的温差对管子不利,因此需过2小时以上才能开机收看。

## 2. 显像管的保护电路集锦

下面介绍的显像管保护电路,结构简单,造价低廉,行之有效。

①高压自动调整保护电路。如图5-23所示,在阳极高压电路中串上一只  $470\text{k}\Omega \sim 1\text{M}\Omega/1\text{W}$  的限流电阻和一个  $510\text{pF}/15\text{kV}$  的滤波电容。工作原理:正常工作时,若阳极电流为  $100\mu\text{A}$ ,则限流电阻的压降  $V_R = 1\text{M}\Omega \times 100\mu\text{A} = 100\text{V}$ ,此值很小,不影响管子工作;若高压打火时,阳极电流会瞬间增大数倍,则R上的降压也增大数倍,从而降低了阳极高压,削弱其打火程度。

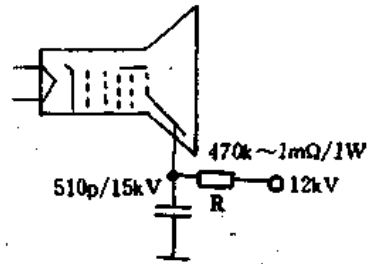


图 5-23 高压自动调整保护电路

②半压启辉电路。如图5-24所示,在灯丝电路中串一只降压电阻R,且在R上并联开关K。工作原理:开机时灯丝上只有6V电压,避免开机大电流(600mA)对灯丝的冲击,稍后合上K,灯丝加全压。注意:为操作方便,可将对比度电位器改成带开关的旋转式电位器,开大对比度时K便合上。

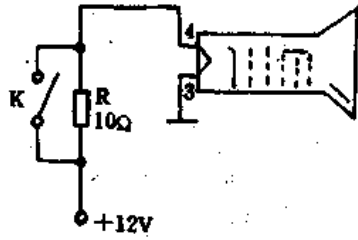


图 5-24 半压启辉电路

③灯丝限流电路。如图5-25所示,BG选3CK3,(或3AX25、3AX81、3CK4)、 $h_{FE} = 90$ ,  $R = 8\text{k}\Omega$  可调。工作原理:开机时,BG导通,灯丝电流  $I_f (= I_c = I_b \cdot h_{FE})$  约  $120\text{mA}$ ,灯丝电压  $V_f (= 20\Omega \times 120\text{mA})$  为  $2.4\text{V}$ ,随着灯丝电阻的迅速增大,BG很快饱和, $I_f$ 降为稳定的  $90\text{mA}$  额定值。这样便克服了开机瞬间大电流使灯丝闪亮的现象,使灯丝一直呈暗红色。

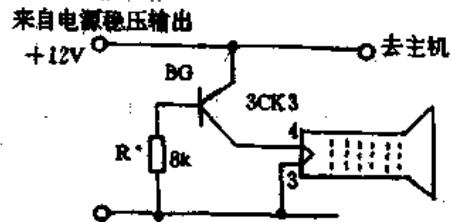


图 5-25 灯丝限流电路

④行电源延时电路。如图5-26所示,把行电源线断开,将此延时电路串联上去。基本原理:一般的电视机刚开机时,阴极温度较低,发射电子能力较差,但高压阳极已有高电压,它将强行从阴极拉出电子,加速阴极的老化。加此电路后让灯丝、阴极先预热工作,而让行扫描电路延后工作。工作原理:开机瞬间,灯丝加上额定电压预热阴极,但电容器C两端的电压不能突变,即  $V_c = 0$ ,  $BG_1$ 、 $BG_2$  截止,输出为零,行扫描不工作。随着电源经  $R_1$  对C充电,使  $V_c$  上升,当  $V_c = 0.6\text{V}$  时,  $BG_1$  导通,  $BG_2$  很快饱和,输出约  $11.8\text{V}$ ,行扫描开始工作,产生高压供显像管使用。调整  $R_1$  可改变延时时间。

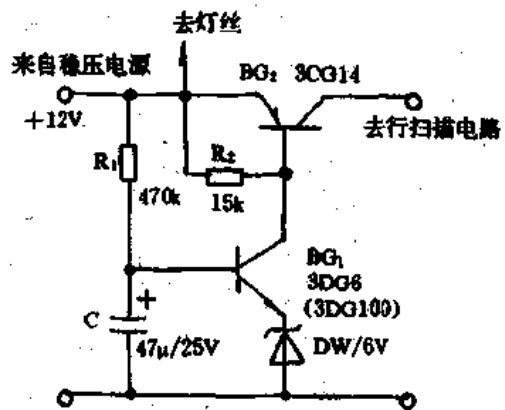


图 5-26 行电源延时电路

⑤限流延时电路。如图5-27所示,只在原串联型稳定电源电路上增加三个元件:一个是降压电阻R,将原12V的灯丝脚引线改接在R右端,由整流17V经R降压后供给灯丝;二是二极管D;三是在调整管左端接开关  $K_2$ 。工作原理:开机(合  $K_1$ )时,17V经R输出约7V电压给灯丝,阴极预热工作,几秒钟(2s为宜)后合

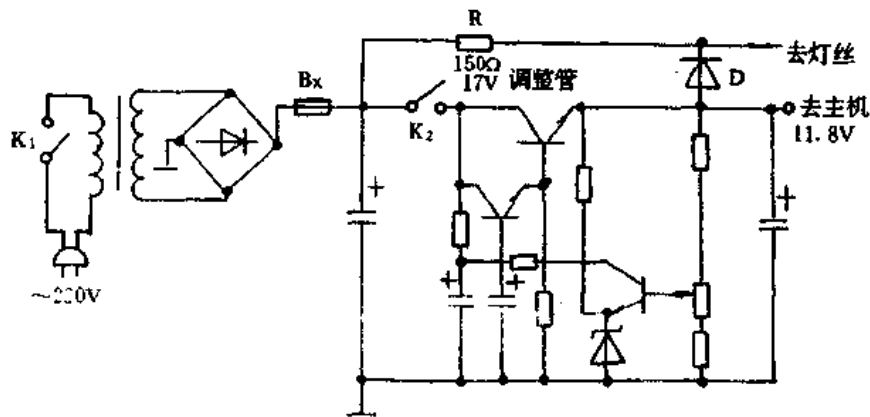


图 5-27 限流延时电荷

上  $K_2$ , 稳压输出 12V, 行扫描等电路开始工作, 同时  $D$  导通供给灯丝 11.8V ( $D$  锗管降压 0.2V) 电压。其实此电路与图 5-26 电路不同, 但保护原理是一样的。另外开关  $K_2$  可由电源开关  $K_1$  改接代替, 此时开关机就由插拔插头来控制。也可将对比度电位器改为带开关的旋转式电位器, 其开关接  $K_2$ 。

### ⑥灯丝限流过压保护电路。

电路之一: 如图 5-28 所示, 断开原灯丝脚引线改接在延时电路的输出  $C$ 、 $D$  端, 将延时电路输入  $A$ 、 $B$  端并接在稳压电源输出端。工作原理: ①限流原理:  $BG_1$  与  $R_1$  组成灯丝限流电路, 开机时,  $BG_1$  导通并起限流作用, 灯丝电流不超过额定值的 1.2~1.4 倍, 当灯丝电阻随温升迅速增大后,  $BG_1$  饱和, 灯丝加上 11.8V 电压。  $R_1$  大小的确定: 断开  $R_2$ , 开机调整  $R_1$ , 万用表监测, 使灯丝电流为额定值时固定  $R_1$ , 即可。 ②过压保护原理:  $BG_2$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  组成过压保护电路, 调整  $R_2$  让灯丝电压、电流为额定值时, 使  $BG_2$  处于临界(似通非通)工作状态, 对限流电路  $BG_1$  无影响; 当灯丝电压升高时, 电源经  $R_2$ 、 $R_3$  分压后,  $BG_2$  基极电压随之升高,  $BG_2$  开始导通, 电压越高  $BG_2$  导通越强,  $BG_2$  的  $V_{ce}$  下降,  $BG_1$  的  $V_{ce}$  跟着下降,  $BG_1$  导通程度减弱, 管压降增大, 结果使输出加到灯丝的电压下降, 从而保护了灯丝。此电路灵敏度较好, 当电源电压由 12V 升高到 14V 时,  $BG_1$  就会完全截止。为了克服  $BG_1$  的饱和管压降(0.2V), 可适当提高输入电压, 如将 12V 升到 12.2V。  $C$  为  $BG_1$  的防自激电容,  $BG_1$ 、 $BG_2$  选  $BV_{ceo} \geq 30V$ ,  $h_{fe} > 60$ 。

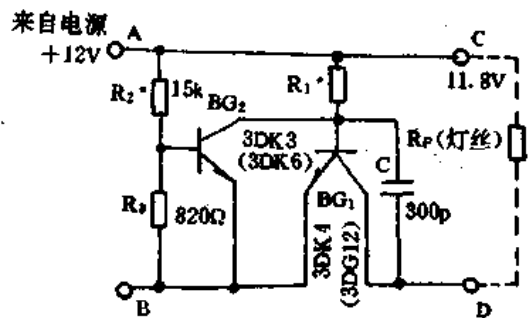


图 5-28 灯丝限流过压保护电路

电路之二: 如图 5-29 所示, 保护电路的  $V_1$  取自串联型稳压电源 12V 输出端,  $V_2$  取自电流整流 17V,  $V_{fb}$  与灯丝相连供电。工作原理: ①限流原理: 接通电源瞬间,  $BG_1$  基极由  $V_2$  经  $R_1$  提供偏压而导通, 因  $R_{F1}$  很小, 所以灯丝电压较低约为 2.5V, 此时灯丝电流 ( $I_f = 2.5V/20\Omega$ ) 约为 125mA。随着  $R_f$  增大, 供给灯丝的电压将自动升高,  $V_{fb}$  很快上升到额定值,  $I_f$  也随之下降到额定值。 ②过压保护原理: 正常工作时, 通过调整  $R_3$  使  $BG_2$  处于临界(似通非通)工作状态, 当输入电压  $V_1$ 、 $V_2$  升高时,  $R_3$  上电压随之升高,  $BG_2$  导通,  $BG_2$  的  $V_{ce}$  下降, 即  $BG_1$  基极电位下降(这时  $D_1$ 、 $D_2$  失去稳压作用),  $BG_1$  的  $V_{ce}$  增大, 使  $U_{fb}$  减小, 从而

保证了灯丝电压的稳定。BG<sub>1</sub> 选  $I_{CM} > 500\text{mA}$ ,  $P_{CM} > 500\text{mW}$ ,  $BV_{\infty} \geq 30\text{V}$ ,  $h_{FE} > 20$  的管子, BG<sub>2</sub> 选  $h_{FE} > 40$  的管子。

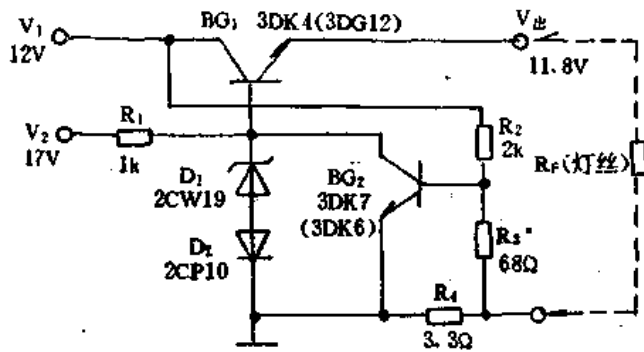


图 5-29 灯丝限流过压保护电路

## 二、彩色显像管插座的测试和使用维修

彩色显像管插座是显像管各电极(除高压阳极外)与显像管电路的连接媒体,其质量的优劣直接影响到光栅和图像的好坏。由于彩色显像管所需的电压很高(如加速极为 480~850V、聚焦极为 4.5~6kV),所以彩管插座比黑白插座的结构更为复杂、性能要求更高。彩管插座的型号不同,其口径大小和引出的脚数也不相同,但其测试维修方法却是基本相同的。如图 5-30 所示为彩管的一种常用插座外形示意图,图 5-31 是该插座的内部结构图。由图可知,插座内加有放电保护装置,它的作用是放掉各极上积累的电荷或跳变高压脉冲电压,即当其电压超过放电间隙的耐压值时,放电间隙击穿将高压泄放掉,以保护显像管电路不致烧坏,尤其是要保护三色视放管。早期彩电的放电保护装置(放电间隙器)是安装在插座外面的,通常焊接在显像管电路板背面,打开机器外壳即可看到。聚焦极放电环的形状与其它极不一样,并且因该极电压较高,其放电环与聚焦极接线片(头)的间隙距离也比较大,有的高档彩电的放电保护装置采用专门的放电管,其效果和安全性能更好。

### (一)彩管插座的测试

1. 测试各引出脚(头)与该脚对应的插孔,将万用表拨在  $R \times 1$  档,找一根大头针(或缝衣针、针头、细铁丝)插入要测试的插孔,然后一只表笔与大头针相碰,另一只表笔与对应的引出脚相碰,观察表头指示,正常时阻值应该为零,如果阻值忽大忽小不稳定,说明该脚有锈蚀或接触不良现象,必须处理后才能上机使用。测试聚焦极时,先要将该极的绝缘(塑料)防尘盖打开,以便露出聚焦极接线头方便测试。

2. 测试各电极间的绝缘电阻,将万用表拨在  $R \times 10k$  档,分别测试相邻两脚间的绝缘电阻,正常时阻值应该为无穷大,如果阻值不是无穷大,说明插座内部有锈蚀现象、或者有灰尘和毛刺,必须进行彻底清理后才能使用,否则对电路有危害;如果测得某两脚间的电阻值较小甚或为零时,说明两脚内可能因严重锈蚀、灰尘或毛刺而引起短路,这种情况的危害性最大,更加不能使用。

### (二)彩管插座常见故障修理

彩色显像管插座是电视机易损件之一,其故障率较高。常见故障及修理方法如下:

#### 1. 放电环极片氧化锈蚀

由于空气潮湿或环境污染(如烧蜂窝煤),容易造成插座内放电环极片(铜片)氧化,打开



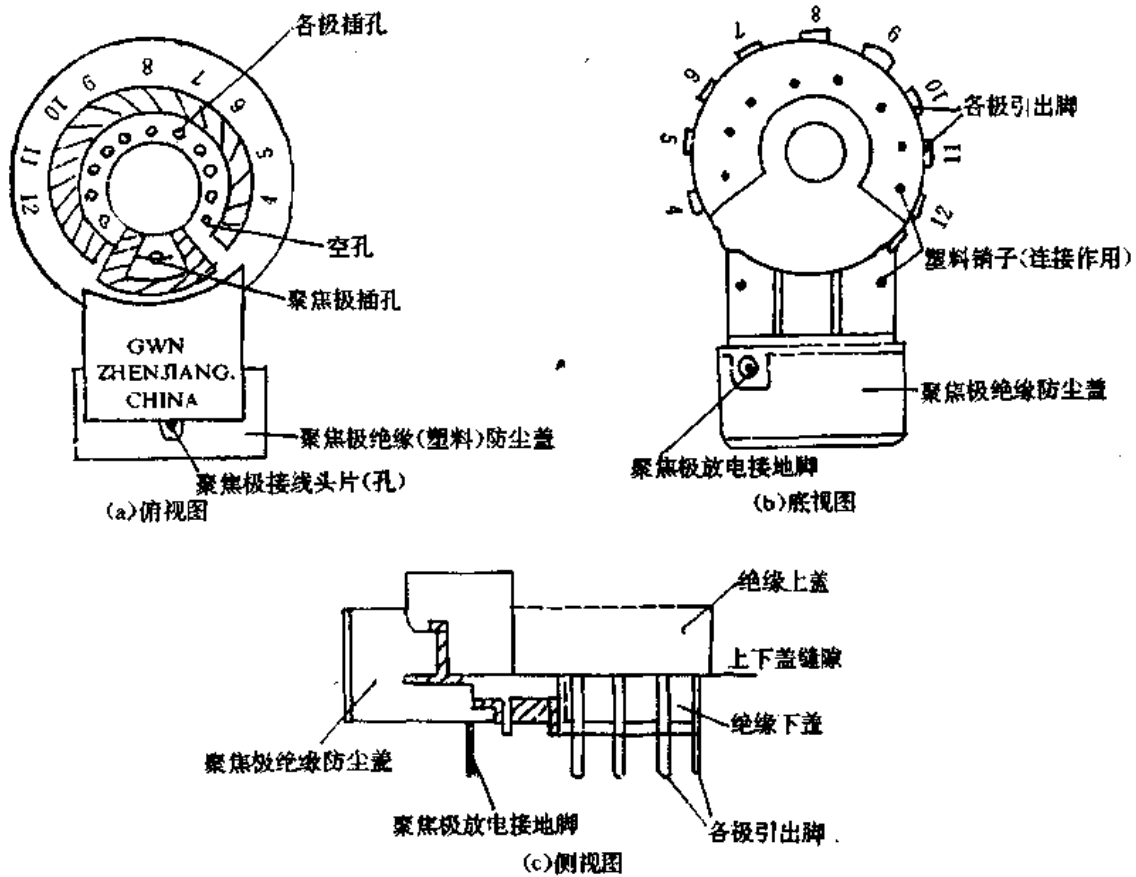


图 5-30 彩管插座外形示意图

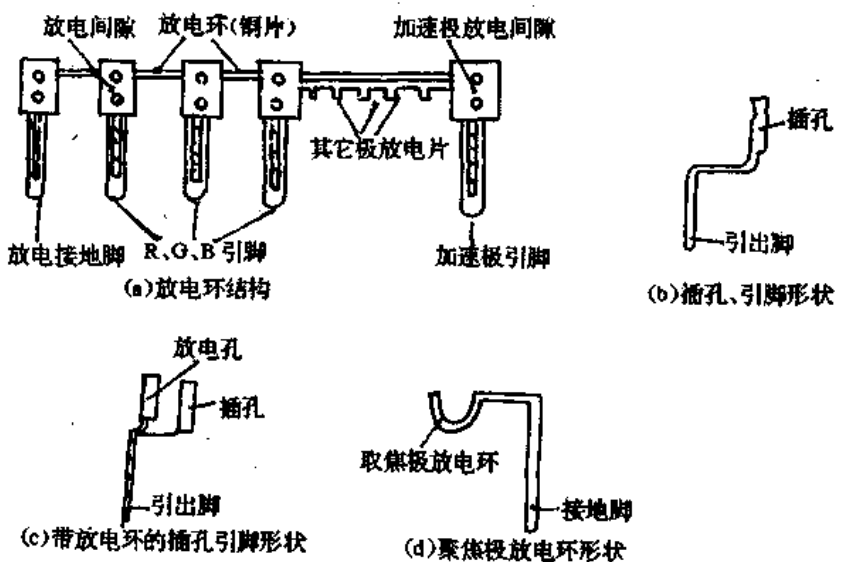


图 5-31 彩管插座内部结构图

外壳即可看到,在其表面有一层绿色氧化物,这种故障率是较高的。极片氧化后,使得放电间隙减小,耐压值降低,电压稍微偏高就会有击穿漏电现象,电视机不能正常收看。出现这种故障的一般现象是:图像模糊、散焦、或者光栅暗淡,开机约需等半小时后才能逐渐正常,严重时满屏偏色、亮度和对比度失控、无图(或图淡),只是声音正常,测试各极电压均偏低,个别电压(如加速、聚焦电压)会随着温升驱潮而逐步升高。对此故障的处理方法是:打开防尘盖

以及上下盖,用纯酒精进行擦洗,必须去除附着绿色氧化物后方可恢复正常使用。

如果嫌打开插座外壳清洗较麻烦(有些插座还不容易打开)的话,可用下面方法进行处理:先焊下插座,将其放置在15%左右的盐酸溶液中浸泡几分钟,让被氧化而生成的氧化铜与盐酸充分反应生成氯化铜而溶解,然后取出插座用清水冲洗几分钟,清洗干净后再用纯酒精洗几次,最后用电吹风将其吹干(或自然挥发干),即可正常使用。

#### 2. 放电环间隙中有灰尘杂质或毛刺物

由于通过彩电插座的电压较高,根据静电感应原理,许多带电灰尘极易吸进插座内,再就是生产工艺粗糙,使得放电环极片有毛刺不光滑。这种故障除了会出现上述现象外,毛刺或灰尘偶尔短路时还会使屏幕出现闪烁偏色或断续光栅带色现象,影响正常收看。对此故障的修理方法同上,对于金属毛刺物应该用小刀轻轻刮掉,使极片表面光滑为止。

#### 3. 聚焦极接线片(头)处氧化生锈

根据维修经验,当彩电出现图像模糊、散焦,甚至刚开机时有声无光栅,约需等半小时以后才见到光栅和图像故障时,多半是彩管插座的聚焦极接线片(头)处出问题了。该处的故障主要是氧化生锈,严重时高压连接线被锈断,聚焦极高压只能通过锈蚀物传给聚焦极接线片,因此图像非常模糊不清,若关机后再开机时,图像模糊的时间略有缩短。对此故障的修理方法是:不需焊下插座,只要将聚焦极绝缘防尘盖打开,去除氧化物,并将聚焦极高压线头重新剥出一段,再给聚焦极片和线头烫上锡重新焊上即可正常使用。

#### 4. 插座塑料外壳绝缘电阻下降

造成这种故障的原因有:一是插座使用时间长而老化造成绝缘电阻下降,二是氧化(表面有一层绿色氧化物)也会使绝缘电阻下降,当绝缘电阻下降到几十千欧时就会出现上述故障现象,各极电压也要下降或极间电压互相短路,影响正常使用。此故障不容易判断出来,因总认为塑料是绝缘材料,往往会走弯路,有些维修者只好采取代换的办法。实际上这种故障还是容易判断的,只要在按前述测试方法确定各电极无问题时,就可怀疑是塑料外壳有问题,对此可将万用表置 $R \times 10k$ 档测量外壳上(尤其绿色部分)任意两点间的电阻加以判断,如果阻值在几十千欧左右说明外壳绝缘性能下降。对于这种插座也是可以修理的,方法是:一用刀片轻轻刮除表面绿色氧化物,直到表面露出纯白色为止,再用万用表 $R \times 10k$ 档测量任意两点间电阻,如果阻值在几百千欧以上即可上机使用;二是用纯酒精擦洗后放在白炽灯旁烘烤几小时,再在外壳的内壁上涂上薄薄一层硅脂,以提高绝缘性能。

### (三)彩管插座使用注意事项

1. 检修时要特别小心,因插座与显像管脚接合得较紧,且显像管尾部玻璃薄而脆弱,在拔下安上插座时,用力要小而均匀,绝不可用力猛拔,否则会造成较大的损失;在机上测试时,一要拔下插座(连同电路板),使测量方便而精确,二要断开电源保证安全;焊接时烫引出脚的时间不宜过长,以免烫坏塑料外壳。

2. 插座的更换。根据维修经验,当插座损坏并经上述方法修理后,一般很难恢复到原有的性能,使用一段时间(有长有短)后仍会出现类似的故障现象,修理虽然可以延长使用寿命,或可作为应急处理,但不能解决根本问题,对此就必须进行更换。购买插座应选择相同的型号,以保证合适的安装尺寸和较高的耐压保护性能,为此最好带上原来的坏插座对照着购买;在购买时还应注意,有的插座虽然型号相同,但仍需选择质量好的或名牌产品,因型号相

同其性能不一定相同,比如放电环耐压偏低偏高就起不到保护作用,在许可的条件下,最好是当场用“一字”型改刀撬开外壳,观察一下是否安装有放电环(或放电管)和检查质量的好坏,但撬外壳时要小心,否则容易损坏外壳。

# 第六章 晶体二极管的测试和使用维修

由一个P-N结组成的半导体器件叫晶体二极管,其一般电路符号和内部结构如图6-1所示。它通常有两个电极,靠近P型半导体的电极是正极(阳极),如图中三角形所示,三角形代表电流的方向,靠近N型半导体的电极是负极(阴极),如图中竖直线所示。正向运用(加左正右负电压)时导通,反向运用时截止,具有单向导电特性。晶体二极管的种类

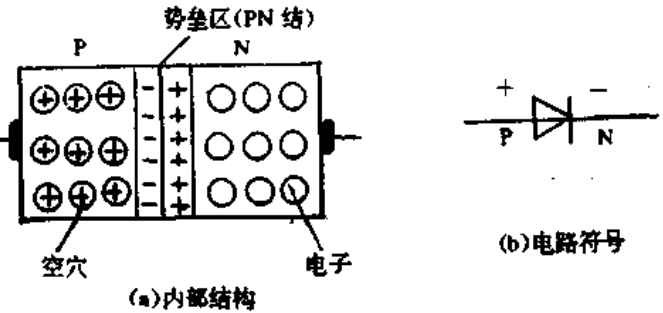


图6-1 二极管内部结构和电路符号

较多,按材料分:有锗二极管、硅二极管、砷化镓二极管等;按结构分:有点接触型二极管、面接触型二极管等;按用途分:有检波二极管、整流二极管、稳压二极管等。下面介绍家用电器产品中常用晶体二极管的测试方法,因二极管损坏后一般不能修复,加之现在晶体管的代换资料很多很齐全,所以除重点介绍测试外,只简单介绍使用维修。

## 一、普通二极管的测试和使用维修

普通二极管一般是指用于整流、检波、混频、阻尼、开关等二极管,这类管子的使用率很高,对它的测试方法如下。

### (一)普通二极管的测试

#### 1. 测试好坏

一只正常的二极管它的正向电阻较小,而反向电阻较大,用万用表可以大致测量其质量的好坏。如图6-2所示,万用表置R×1k档,用红黑表笔分别与二极管的两个电极相接,测量它的正、反向电阻值,两者相差越大越好,即正向电阻要小,反向电阻要大。如果正反向电阻都是∞,说明二极管内部断线开路;如果正反向电阻均为零,则为两个电极之间短路(PN结击穿);如果测得正、反向电阻很接近,说明二极管失去单向导电性(或称为失效),不能使用。常见的普通二极管用R×1k档测得的正常电阻值见表6-1。

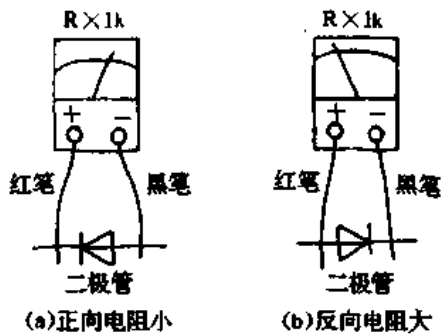


图6-2 万用表测量二极管

表6-1 用万用表R×1kΩ档测量常见普通二极管的好坏

接法 类型	正向	反向	管子好坏
锗管	1kΩ左右	100kΩ以上	好的
硅管	4~8kΩ左右	∞	

续表

类型 \ 接法	正向	反向	管子好坏
锗、硅管	0	0	击穿短路损坏
	$\infty$	$\infty$	断路损坏
	正、反向电阻比较接近		失效

## 2. 判别极性

如果二极管的正负极性标记不清时,可用万用表进行测试判别。注意:在用万用表电阻档测试时,对于电表内的电池正极是接在黑表笔一端的,如图 6-2 所示,用万用表测量二极管的电阻时,测得阻值小(正向运用)的那次,则黑表笔接的就是二极管的正极;如果测得的阻值大(反向运用),则红表笔接的就是二极管的正极。

## 3. 判别锗、硅管

(1)电阻法。锗管和硅管的主要区别是:正向运用时,硅管的起始电压(即导通电压)比锗管大;反向运用时,硅管的反向饱和电流比锗管小。这些区别反映在直流电阻上,表现为硅管的正、反向电阻都比锗管大,据此便可通过测量正、反向电阻来判断是锗管还是硅管,参考数值见表 6-1。具体测试方法是:将万用表拨在  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  档,测量二极管的正向导通电阻,根据表头指针的偏转角度来判断。如果指针都指示在中间或中间偏右的位置,表明被测管是硅二极管;如果指针偏到靠近  $0\Omega$  的位置,表明该管是锗二极管。

(2)测量电压法。一般锗二极管的正向电压为  $0.1 \sim 0.3V$ ,硅二极管的正向电压为  $0.6 \sim 0.8V$ ,可根据其正向电压区别锗、硅二极管。如图 6-3 所示,  $D$  为普通二极管,  $E$  是  $1.5V$  干电池,  $R$  是限流电阻,取  $220\Omega$  左右。接通电路,万用表放在直流  $2.5V$  档,测量二极管的正向导通电压  $V_D$ ,如果  $V_D$  在  $0.3V$  以下则为锗管,  $V_D$  在  $0.7V$  左右则为硅管。此法的优点是判别较为准确直观,缺点是需附加元器件。

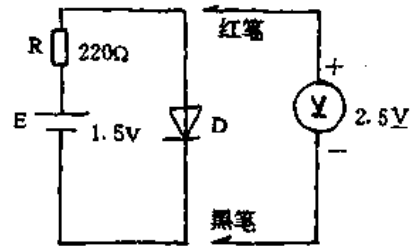


图 6-3 测量正向电压区别锗、硅二极管

(3)读取电压法。这种方法是利用万用表的欧姆档来测试通过负载(被测元器件)的电流和加在负载两端的电压,并且不需外加电源,而是用欧姆档输出的电压作为测试电路的电源。如图 6-4 所示,图中虚线框内为万用表,  $R_0$  为各个欧姆档的中心值,500 型万用表在  $R \times 1$  档时的欧姆中心值是  $10\Omega$ ,在  $R \times 10$  档的时为  $100\Omega$ ,依此类推。  $E$  是表内电池,它作为测试电路的电源,电压分别为  $1.5V$  和  $9V$ 。  $R_x$  既可是电阻也可是晶体二极管。

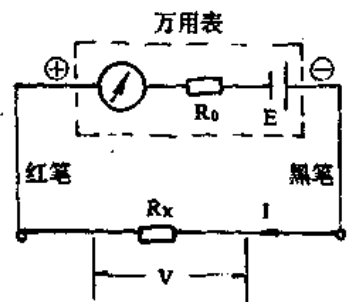


图 6-4 读取电流法、电压法原理图

读取电流法的公式是:

$$I = Kn$$

式中  $K$  是电流比例系数,  $n$  是表头指针向右偏转格参数。如图 6-5 所示,  $n$  是在电流(电压)刻度线上从左到右数出的格数,500 型万用表电流(电压)刻度线的总格数( $n_M$ )为 50 格,即  $n_M = 50$  格。  $K = E/n_M R_0$ ,因各欧姆档的中心值表  $R_0$  不相等,所以各档的  $K$  也不相等。

如选用  $R \times 1k$  档测量时,  $E = 1.5V$ ,  $R_0 = 10k\Omega$ , 则  $K = \frac{1.5V}{10k\Omega \times 50 \text{ 格}} = 3\mu A/\text{格}$ , 它意义是: 表针向右偏转 1 格时, 被测元器件上就有  $3\mu A$  的电流通过。由此可得 500 型万用表  $R \times 1k$  档时读取电流法的公式为:

$$I = 3n(\mu A)$$

这样, 在测试时只要数一下指针向右偏转的格数  $n$  即可算出通过被测元器件的电流, 使测试更为直接和简单。例如, 当  $n = 10$  格时,  $I = 3n = 3 \times 10 = 30\mu A$ , 当  $n = 15$  格时, 则  $I = 3 \times 15 = 45\mu A$ 。

读取电压法的公式是:

$$V = K'n'$$

式中  $K'$  是电压比例系数,  $K' = E/n_M$ , 它只与电池电压  $E$  有关, 以 500 型万用表为例, 当  $E = 1.5V$  时,  $K' = \frac{1.5V}{50 \text{ 格}} = 0.03V/\text{格}$ , 当  $E = 9V$  时,  $K' = \frac{9V}{50 \text{ 格}} = 0.18V/\text{格}$ , 它们的意义是, 当  $n' = 1$  格时, 加在被测元器件上的电压分别为  $0.03V$  和  $0.18V$ 。 $n'$  是指从右向左倒数到指针的格数, 如图 6-5 所示。由此可得 500 型万用表读取电压法和两个公式是:

$$R \times 1, R \times 10, R \times 1k; V_1 = 0.03n'(V) \quad (1)$$

$$R \times 10k; V_2 = 0.18n'(V) \quad (2)$$

例如, 在  $R \times 1k$  档测量时, 若  $n' = 5$  格, 则  $V = 0.03 \times 5 = 0.15V$ , 若  $n' = 15$  格, 则  $V = 0.03 \times 15 = 0.45V$ 。

为了便于今后使用上述方法测量元器件, 现将几种常用万用表在各电阻档测试参数列于表 6-2~表 6-9。

表 6-2 500 型万用表利用电阻档测量电流、电压参数表

电阻档	电池电压 $E$ (V)	欧姆中心值 $R_0$ ( $\Omega$ )	满度电流 $I_M$ (mA)	总分度格数 $n_M$ (格)	电流比例系数 $K$ (mA/格)	读取电流法公式	电压比例系数 $K'$ (V/格)	读取电压法公式
$R \times 1$	1.5	10	150	50	3	$I = 3n(\text{mA})$	0.03	$V = 0.03n'(V)$
$R \times 10$		100	15		0.3	$I = 0.3n(\text{mA})$		
$R \times 100$		1k	1.5		30 $\mu A/\text{格}$	$I = 30n(\mu A)$		
$R \times 1k$		10k	150 $\mu A$		3 $\mu A/\text{格}$	$I = 3n(\mu A)$		
$R \times 10k$	9	100k	90 $\mu A$		1.8 $\mu A/\text{格}$	$I = 1.8n(\mu A)$	0.18	$V = 0.18n'(V)$

表 6-3 MF10 型万用表利用电阻档测量电流、电压参数表

电阻档	电池电压 $E$ (V)	欧姆中心值 $R_0$ ( $\Omega$ )	满度电流 $I_M$ (mA)	总分度格数 $n_M$ (格)	电流比例系数 $K$ ( $\mu A/\text{格}$ )	读取电流法公式	电压比例系数 $K'$ (V/格)	读取电压法公式
$R \times 1$	1.5	13	115.4	50	2.3mA/格	$I = 2.3n(\text{mA})$	0.03	$V = 0.03n'(V)$
$R \times 10$		130	11.54		230	$I = 230n(\mu A)$		
$R \times 100$		1.3k	1.154		23	$I = 23n(\mu A)$		
$R \times 1k$		13k	115.4 $\mu A$		2.3	$I = 2.3n(\mu A)$		
$R \times 10k$		130k	11.54 $\mu A$		0.23	$I = 0.23n(\mu A)$		
$R \times 100k$	15	1.3M	11.54 $\mu A$		0.23	$I = 0.23n(\mu A)$	0.3	$V = 0.3n'(V)$

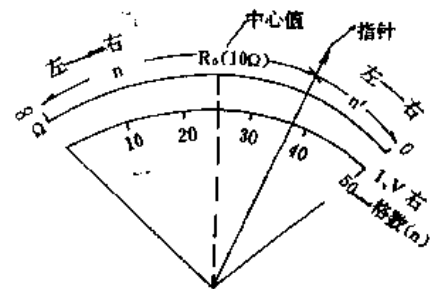


图 6-5 万用表欧姆档读取电流、电压的刻度显示

表 6-4 MF14 型万用表利用电阻档测量电流、电压参数表

电阻档	电池电压 E (V)	欧姆中心值 R <sub>0</sub> (Ω)	满度电流 I <sub>M</sub> (mA)	总分度格数 n <sub>M</sub> (格)	电流比例系数 K (μA/格)	读取电流法公式	电压比例系数 K' (V/格)	读取电压法公式
R×1	1.5	75	20	50	0.4mA/格	I=0.4n(mA)	0.03	V=0.03n'(V)
R×10		750	2		40	I=40n(μA)		
R×100		7.5k	200μA		4	I=4n(μA)		
R×1k	15	75k	200μA		4	I=4n(μA)	0.3	V=0.3n'(V)

表 6-5 MF19 型万用表利用电阻档测量电流、电压参数表

电阻档	电池电压 E (V)	欧姆中心值 R <sub>0</sub> (Ω)	满度电流 I <sub>M</sub> (mA)	总分度格数 n <sub>M</sub> (格)	电流比例系数 K (mA/格)	读取电流法公式	电压比例系数 k' (V/格)	读取电压法公式
R×1	1.5	24	62.5	50	1.25mA/格	I=1.25n(mA)	0.03	V=0.03n'(V)
R×10		240	6.25		125	I=125n(μA)		
R×100		2.4k	625μA		12.5	I=12.5n(μA)		
R×1k		24k	62.5μA		1.25n	I=1.25n(μA)		
R×10k	15	240k	62.5μA	1.25	I=1.25n(μA)	0.3	V=0.3n'(V)	

表 6-6 MF28-A 型万用表利用电阻档测量电流、电压参数表

电阻档	电池电压 E (V)	欧姆中心值 R <sub>0</sub> (Ω)	满度电流 I <sub>M</sub> (mA)	总分度格数 n <sub>M</sub> (格)	电流比例系数 K (μA/格)	读取电流法公式	电压比例系数 k' (V/格)	读取电压法公式
R×10	1.5	60	25	50	500	I=500n(μA)	0.03	V=0.03n'(V)
R×100		600	2.5		50	I=50n(μA)		
R×1k		6k	250μA		5	I=5n(μA)		
R×10k	15	60k	250μA		5	I=5n(μA)	0.3	V=0.3n'(V)

表 6-7 MF30 型万用表利用电阻档测量电流、电压参数表

电阻档	电池电压 E (V)	欧姆中心值 R <sub>0</sub> (Ω)	满度电流 I <sub>M</sub> (μA)	总分度格数 n <sub>M</sub> (格)	电流比例系数 K (μA/格)	读取电流法公式	电压比例系数 k' (V/格)	读取电压法公式
R×1	1.5	25	60mA	50	1.2mA/格	I=1.2n(mA)	0.03	V=0.03n'(V)
R×10		250	6mA		120	I=120n(μA)		
R×100		2.5K	600		12	I=12n(μA)		
R×1k		25k	60		1.2	I=1.2n(μA)		
R×10k	15	250k	60	1.2	I=1.2n(μA)	0.3	V=0.3n'(V)	

表 6-8 MF64 型万用表利用电阻档测量电流、电压参数表

电阻档	电池电压 E (V)	欧姆中心值 $R_0$ ( $\Omega$ )	满度电流 $I_M$ ( $\mu A$ )	总分度格数 $n_M$ (格)	电流比例系数 K ( $\mu A$ /格)	读取电流法公式	电压比例系数 $k'$ (V/格)	读取电压法公式
R×1	1.5	25	60mA	50	1.2mA/格	$I=1.2n$ (mA)	0.03	$V=0.03n'$ (V)
R×10		250	6mA		120	$I=120n$ ( $\mu A$ )		
R×100		2.5k	600		12	$I=12n$ ( $\mu A$ )		
R×1k		25k	60		1.2	$I=1.2n$ ( $\mu A$ )		
R×10k	15	250k	60	12	$I=12n$ ( $\mu A$ )	0.3(V)	$V=0.3n'$ (V)	

表 6-9 MF104 型万用表利用电阻档测量电流、电压参数表

电阻档	电池电压 E (V)	欧姆中心值 $R_0$ ( $\Omega$ )	满度电流 $I_M$ ( $\mu A$ )	总分度格数 $n_M$ (格)	电流比例系数 K ( $\mu A$ /格)	读取电流法公式	电压比例系数 $k'$ (V/格)	读取电压法公式
R×1	1.5	14	107mA	50	2.14mA/格	$I=2.14n$ (mA)	0.03	$V=0.03n'$ (V)
R×10		140	10.7mA		214	$I=214n$ ( $\mu A$ )		
R×100		1.4k	1.07mA		21.4	$I=21.4n$ ( $\mu A$ )		
R×1k		14k	107		2.14	$I=2.14n$ ( $\mu A$ )		
R×10k		140k	10.7		0.214	$I=0.214n$ ( $\mu A$ )		
R×100k	15	1.4M	10.7	0.214	$I=0.214n$ ( $\mu A$ )	0.3	$V=0.3n'$ (V)	

那么,现在就用读取电压法判别锗、硅二极管,其方法如下:

500 型万用表拨在 R×1k 档,如图 6-6 所示,黑表笔接 D 正极、红表笔接 D 负极,指针偏转。例如测某只二极管时,从左倒数到指针位置的格数  $n'=7$  格,  $V_D=K'n'=0.03n'$  (V) = 0.03V/格×7 格 = 0.21V,说明被测管为锗二极管。又如再测量另一只二极管时,  $n'=23$  格,则  $V_D=K'n'=0.03n'$  (V) = 0.03V/格×23 格 = 0.69V,表明被测管是硅二极管。

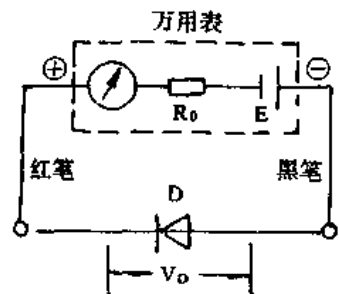


图 6-6 判别锗、硅二极管方法

### (二)测试和使用维修注意事项

1. 用万用表欧姆档测试时,不能外接电源,此时电路中的电流由万用表的内接电池提供。弄清所用万用表各欧姆档的内电池电压大小,避免高电压击毁低耐压的二极管。一般用 R×100 或 R×1k 档测量二极管比较安全,也比较准确,因 R×1 档提供的电流大,而 R×10k 档输出的电压高,容易烧坏或击穿二极管。在用读取电流法或读取电压法测试时,如必须用 R×1 或 R×10k 档时,动作要快,测试时间要短。当然,假若测试大功率二极管(如整流管)时,因其正向电阻只有几十欧姆,就可选择 R×1 或 R×10k 档测试。

2. 因晶体二极管是非线性元件,正向压降与正向电流不成正比关系,正向电流愈大时,正向电阻愈小,而各欧姆档提供的正向电流均不一样大,通常档位小的提供的电流就大,反之则小,所以在各档位测出的正、反向电阻是不一样的,这属正常现象。除此还与使用万用表的型号有关,因不同的型号其欧姆中心值等性能也不一样,所以用不同型号测出的阻值也可



能不一样。

3. 晶体二极管损坏后,应尽量选用原型号同规格的代换,如实在没有原型号二极管,也应选择性能非常接近的代换。

(1) 检波二极管损坏后,可用专门用于检波的国产管代换,其型号有:2AP1~2AP17、2AP21~2AP28、2AP30等,其中2AP9、2AP10应用得最多;也可以用废高频三极管(如3AG型)代换。高频三极管损坏后,一般还有一个PN结(如b-e结)是好的,经万用表测量其正、反向电阻正常后即可使用,需注意的是,低频二极管及高频硅管不能代换检波二极管。

(2) 整流二极管的代换原则是:一是选用同规格的代用;二是在用其它性能相近的二极管代换时,必须保证其反向耐压和最大整流电流不能低于原二极管,否则易烧毁;三是用废三极管代换,不论是高频还是低频三极管,虽要符合上述两条要求及b-e结完好,均可用于代换,特别是损坏的大功率三极管(如功放管、调整管、行管等)最适合代换整流二极管。另外,如图6-7所示,如果用其它型号的二极管代换,而其最大整流电流又小于原二极管时,可用几只二极管并联起来代用,如图6-7(a)所示,为了使每个整流二极管流过的电流相等,应在每个二极管上串一只均流电阻,均流电阻约为每个二极管正向电阻的3~4倍;如果反向耐压较小时可用几只二极管串联起来代用,如图6-7(b)所示,只是应在每个串联二极管上并联一只大的均压电阻,以防止分压不均而击坏二极管,一般均压电阻为整流二极管反向电阻的几分之一。

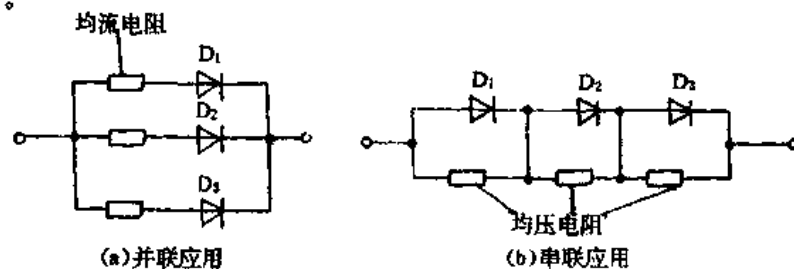


图6-7 用不同规格二极管代换整流二极管

在应急修理中,如没有万用表时,还可以采用从下方法粗略判别晶体二极管的好坏和极性:

(1) 从外观上判断管型和电极。一般二极管外壳上都有标记,可根据二极管的名字(如2AP)判断它属于锗管还是硅管;还可根据二极管上印的电路符号“ $\rightarrow$ ”确定其正、负极性,有的二极管上有色点标志,那么红点一边的引线即为正极,还有一些透明外壳的二极管,其晶体片或者红、黑圆环的一边即为负极;有的塑封二极管,其白色环的一边即为负极;有的大功率(一个电极为螺栓柱的)整流二极管,其螺栓柱那端就是负极。

(2) 耳机检查法。如图6-8所示,找一节1.5V的干电池(直流稳压电源也行)和一个耳机(喇叭也行),两者串联起来,并且另接两根裸露线头A、B。然后用A、B线头去碰二极管的两个电极,耳机中应有“咔咔”声,再交换A、B线头去碰二极管电极时,也应有“咔咔”声,比较两次声音的大小,声音相差越大,说明二极管的性能越好。如果两次相碰时声音都较小甚至无声,则说明二极管已损坏或内部断路;如果两次声音都较大,并且无差别,则说明管子已

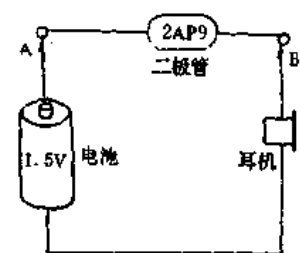


图6-8 耳机检查晶体二极管好坏

经失效或击穿短路。以声音大的那次为准,与电池 A 头(正)相碰的那端便是二极管的正电极,与耳机 B 头相接的那端是二极管的负极。

## 二、稳压二极管的测试和使用维修

稳压管一般用硅半导体材料制成,具有普通二极管的单向导电特性,但反向使用时具有稳定电压的特点,常用来稳定电源电压。其工作原理是:当反向电压加大到一定程度,反向电流会突然增大,这时二极管因击穿而进入击穿区。伏安特性曲线如图 6-9 所示,进入此区(BC 段)后,其反向电流在很大范围内变化时,二极管两端的反向电压能基本保持不变,稳压二极管就是根据反向电流在一定范围内反向电压不随反向电流变化的特点进行稳压的。即是说稳压管是工作于反向击穿区的,这是与普通二极管相区别的地方。当然反向工作电流不能过大,不能超过其最大反向电流  $I_{ZM}$ ,否则将击穿稳压管。

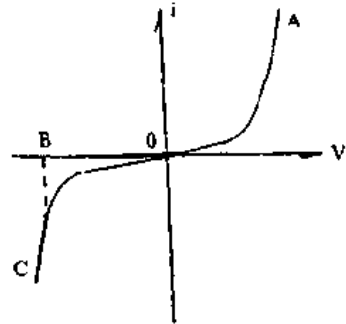


图 6-9 稳压二极管伏安特性曲线

稳压管可用作稳压器、电压基准、过压保护和电平转换等。稳压管的种类较多,从外形上区分有塑封外壳、金属外壳和玻璃外壳等,大多数稳压管是两只管脚,也有个别为三只管脚的,如 2DW7 型系列稳压管。稳压管的稳定电压在 1~200V 之间,但常用稳压管的稳定电压在 4~30V 之间。稳压管的电路符号如图 6-10 所示,DW 代表稳压管,其中 D 表示二极管,W 表示稳压管。下面介绍测试及其注意事项。

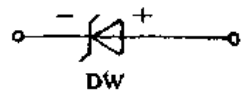


图 6-10 稳压管电路符号

### (一) 稳压二极管的测试

#### 1. 检查好坏和极性

因稳压二极管在未工作于反向击穿区时,同普通二极管一样具有单向导电性,所以可用万用表测量其好坏和极性。将万用表置  $R \times 1k$  档(注意:电表的内电池电压不能大于被测管的稳压值),用红、黑表笔分别是与两电极相碰,记住表针指示的位置,再交换表笔后去碰两电极,比较两次测试结果,如果正向电阻越小而反向电阻越大,说明稳压管性能良好,可以使用;如果正反向电阻均很大或很小则说明稳压管开路或击穿短路,不能使用;如果正反向电阻比较接近,说明稳压管已失效。

在测试中,对于一只性能良好的稳压管来说,测得阻值小的那次,其黑表笔相碰的电极就是稳压管的正极,测得阻值较大的那次红表笔相碰的电极是稳压管的正极。另外,如一时没有万用表时,也可从外壳上判别极性,一般稳压管外壳均标有极性,如“+、-”或“ $\leftarrow$ ”。有的标有色环(如黑色)端为负极,也可参考上节测量普通二极管的方法判断,如“耳机检查法”。

#### 2. 测试稳定电压 $V_Z$

稳定电压即是稳压二极管的稳压电压,也即工作电压(或稳压电压)。测试稳定电压  $V_Z$  的方法如下:

##### (1) 单表测量法

如果稳压二极管的稳定电压  $V_Z < 9V$ ,使用一只万用表(500 型)就可以测量。如图 6-11 所示,万用表置  $R \times 10k$ (内电池电压  $E = 9V$ )档,黑表笔接稳压管负极,红表笔接正极,稳

稳压管处于反向运用状态,采用读取电压法即可测试计算出稳压管的稳定电压。例如测量一只 2CW55 稳压管,红表笔接正极,黑表笔接负极,观察表针摆动位置,数出偏转格数,  $n' = 37$  格,查表 6-2 由公式  $V = 0.18n'$  (V) 可得:

$$V_z = 0.18\text{V/格} \times 37\text{格} = 6.7\text{V}$$

还可用读取电流法测出该稳压管的工作电流  $I_z$ ,因  $n = n_M - n' = 50 - 37 = 13$  格,查表 6-2 由公式  $I_z = 1.8n$  ( $\mu\text{A}$ ) 可得:

$$I_z = 1.8\mu\text{A/格} \times 13\text{格} = 23.4\mu\text{A}$$

应用此法测量  $V_z < 9\text{V}$  的稳压管非常简便快捷,  $V_z < 9\text{V}$  的常用国产稳压管有: 2CW1、2CW9~2CW15、2CW55、2CW56、2DW1、2DW2、2DW7、2CW101~2CW106、2CW332~2CW345 等。

如果记不住表 6-2 中读取电压(电流)法公式来测试计算时,还可用下面公式进行测试计算:

$$V_z = \frac{ER_{Dw}}{R_{Dw} + R_0 n}$$

式中  $E$  为万用表在  $R \times 10k$  档时的内部电压,  $E = 9\text{V}$ ,  $R_{Dw}$  是万用表  $R \times 10k$  档测出的稳压管反向电阻值,  $R_0$  是万用表欧姆档中心值, 500 型万用表  $R_0 = 10\Omega$ ,  $n$  为电阻档倍率数 (500 型  $R \times 10k$  档:  $n = 10k = 10000$ )。只要测试出  $R_{Dw}$  即可计算出稳压管的稳定电压值  $V_z$ 。例如仍然测量 2CW55 稳压管,如图 6-3 所示,万用表置  $R \times 10k$  档,读出该稳压管此时反向电阻  $R_{Dw} = 350k\Omega$ ,代入上式:

$$V_z = \frac{9\text{V} \times 350k\Omega}{350k\Omega + 10\Omega \times 10000} = 7\text{V}$$

即该稳压管的稳定电压为 7V。

### (2) 双表测量法

如果稳定电压  $V_z$  在 9~18V 之间,此时用一只万用表已不能满足需要,因它提供的电压不能使稳压管工作于反向击穿状态。对此可用两只万用串联起来测量,为方便测试计算,最好选用相同型号的万用表。如图 6-12 所示为测试电路。例如测试一只 2CW110 稳压管,选两只 500 型万用表,均置于  $R \times 10k$  档,观察表针指示位置,两表偏转格数相同,其中一只表的格数  $n' = 33$  格,因现在的电池总电压  $E_g = 2E = 18\text{V}$ ,所以电压比例系数  $k' = 0.18\text{V/格} \times 2 = 0.36\text{V/格}$ ,查表 6-2 由公式  $V_z = 0.18n'$  (V) 得:

$$V_z = 0.36n' = 0.36 \times 33 = 11.9\text{V}$$

即该稳压管的稳定电压为 11.9V,查手册可知 2CW110 的  $V_z = 12\text{V}$ ,与测试结果相近。稳定电压在 9~18V 之间的常用国产稳压管有: 2CW110~2CW113、2CW345~2CW353 等。

### (3) 借助兆欧表测量法

如果手头有兆欧表,不仅可以提供大小适宜的外加电源,以克服万用表本身电源电压的

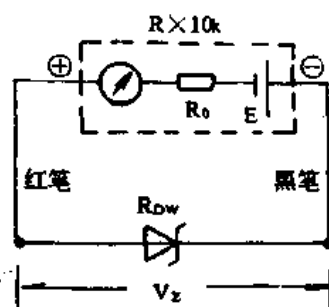


图 6-11 万用表测量  $V_z < 9\text{V}$  稳压管的稳定电压

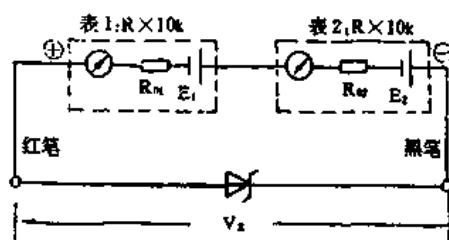


图 6-12 两个万用表测量  $9\text{V} < V_z < 18\text{V}$  稳压管的稳定电压

不足,而且使测量更为精确。如图 6-13 所示为借助兆欧表配合万用表测量稳压二极管的电路。操作方法是:按均匀转速摇兆欧表,使发电机输出的直流电压逐渐升高,当达到稳压二极管的反向击穿电压时,稳压管反向击穿,稳压管便进入稳压区,此时如再略加快速度摇动兆欧表时(不能过快,以免电压过高而损坏二极管),其反向电压并不增加,即使兆欧表的输出直流电压稳定在  $V_z$  值上,此值可通过万用表指针显示出来,这便是稳压管的稳定电压  $V_z$ 。

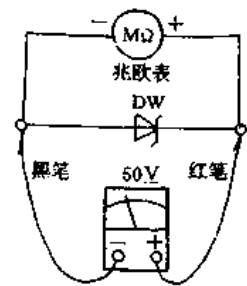


图 6-13 借助兆欧表测量稳压二极管的稳定电压  $V_z$

例如,利用 ZC25-4 型兆欧表,配合 500 型万用表测量一只 2CW340 型稳压管,万用表置直流 10V 档,测得  $V_z=5V$ ,查手册符合要求。又如测量一只 2CW118 型稳压管,万用表拨到直流 50V 档,测得  $V_z=29.5V$ ,查手册可知 2CW118 的稳定电压为 30V,说明该被测稳压管符合要求。

#### (4) 外加直流稳压电源测量法

同样道理,如果万用表本身的内装电池电压比被测稳压管的  $V_z$  低时,就测不出稳压管的稳压值来。据此,除了可用上述方法测量外,如果手头有连续可调的直流稳压电源时,即可借用来加到稳压管两端,使其击穿并稳定在一定值上,再观察万用表上的指示值,这个稳定值便是该被测稳压管的稳定电压值  $V_z$ 。如图 6-14 所示。其操作方法及举例与借用兆欧表测量法相似。不再详述。

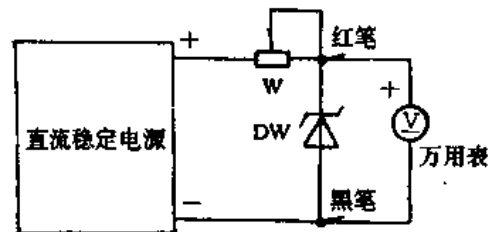


图 6-14 外加直流稳压电源测量稳定电压

### 3. 区别稳压管与普通二极管的方法

(1) 外形区别。对于标记清楚的管子来说,要区别稳压管与普通二极管是比较容易的,一是看管子的名字(如或 2CW 或 2AP);二是看管子外壳标记符号“ $\nabla$ ”、“ $\nabla$ ”即可判断。但对于标记不清楚的管子就难以区别了。因仅靠外形观察,极易错误判断,如容易把 2CW7 稳压管看成是小功率二极管,把具有三只脚的 2DW7 型系列稳压管当成晶体三极管。

(2) 性能区别。稳压管与普通二极管的性能有着很大的差别:一是稳压管工作于反向击穿状态,而普通二极管则工作于正向运用状态;二是普通二极管的反向击穿电压一般在 40V 以上,有的高达几百伏、上千伏,并且从伏安特性曲线上看,其反向击穿的一段不陡峭,即是说反向击穿电压的范围比较大,其动态电阻也大。而对于稳压管,当其反向电压超过稳定电压  $V_z$  时,反向电流将突然增大,但稳压管两端的电压却基本保持不变,从伏安特性来看,反向击穿的一段很陡峭,动态电阻很小。

(3) 万用表测试判别。根据上述特点就可以用万用表测量加以区别。方法如下:

① 万用表拨至  $R \times 1k$  档,先判定被测管子(稳压管或普通二极管)的极性;再将万用表置于  $R \times 10k$  档,红表笔与管子正极相碰,黑表笔与管子负极相碰,此时给管子加的是反向电压,观察表头指示,如果电阻较小测为稳压管,电阻很大或无穷大的是二极管。若怀疑此管稳压值高时,可参考前面测试稳压管稳定电压的方法加以区别,即提高外加电源电压,直到使稳压管反向击穿为止,如用双表(万用表)法加以区别,参见图 6-12 电路。

② 借助兆欧表或直流稳压电源提供的电压,将被测管反向击穿(参见图 6-13、图 6-14

电路),万用表置于直流 50V 档测量,观察表头指示,如果反向击穿电压小于 40V 则为稳压管,大于 40V 则为二极管。测试时请注意:我们知道,有的二极管其反向击穿电压可能比 40V 还低,如 2AP8(20V 左右),而有的稳压管其稳定电压  $V_z$ (工作电压)可能比 40V 还高,如 2DW51(51V 左右)、2CW375(150V 左右)等,如仍按上述方法测量就可能把它们分别判为稳压管和二极管。遇到这种情况也是很容易区分的,根据稳压管与二极管的反向击穿特性曲线陡峭程度的不同,即可区别。方法是:如果采用的是图 6-5 所示电路(兆欧表提供电源),由于摇兆欧表的速度不可能绝对均匀,即输出的直流电压肯定有所波动,加在被测管两端的反向电压大小有所变化,这个变化反映在万用表表头上,倘若指针摆动较大则为二极管,表针基本不动的则为稳压管;如果采用的是图 6-6 所示电路(连续可调直流稳压电源提供电压),在当被测管反向击穿后,略为调动输出电压,使其有所变化,此时倘若指针摆动较大则为二极管,基本不动者为稳压管。

为了判别准确,在测量过程中,既要注意万用表指针指示电压数值的大小,又要仔细观察指针的摆动情况,二者结合起来加以区别,方可避免错误判断。

#### 4. 认识检测 2DW7 型系列稳压管

(1)结构特点。2DW7 型(2DW7A~2DW7C)稳压管是精密型稳压管,具有良好的温度补偿作用,稳定性好,用于精密电子稳压源中。其外形和内部结构如图 6-15 所示,与普通稳压管不同的是,它是由两个 PN 结背靠背反向串联构成的,它有三个管脚。

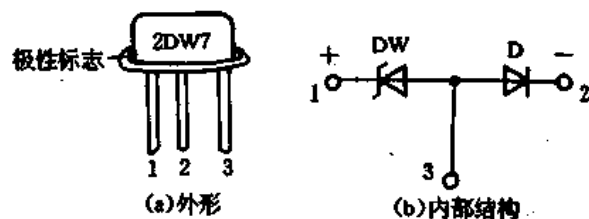


图 6-15 2DW7 型系列稳压管外形及内部结构

使用时,一个 PN 结(DW)作稳压管用,另一个 PN 结(D)作二极管正向使用,起温度补偿作用。因此它的稳定电压  $V_z$  应等于稳压管的稳定电压  $V_{DW}$  与二极管的正向电压  $V_D$  之和,即  $V_z = V_{DW} + V_D$ ,  $V_z$  在 6~6.5V 之间。

(2)极性和性能判别。如图 6-16 所示,从外观上判别,靠近管帽上白点的那只脚为①脚,让管脚正对自己,从①脚起顺时针数,分别为②脚和③脚。如果标记不清时,可用万用表测试判断,方法是:用  $R \times 1k$  档,先假定某只脚为③脚,用黑表笔接③脚,红表笔分别去接另外两只脚,若此时阻值均较小,则假定是正确的,这时让管脚正对自己,从③脚起反时针数,分别是②脚和①脚;若此时阻值均很大,则假定是错误的,应重新假定③脚,直到找准③脚为止。

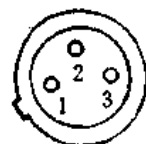


图 6-16 2DW7 型稳压管管脚顺序图

性能好坏判别方法是:对于一只极性清楚(或已判别清楚)的 2DW7 型稳压管来说,万用表仍拨在  $R \times 1k$  档,用黑表笔接③脚,红表笔分别去接①和②脚,若发现两个阻值(14k $\Omega$ 左右)大小接近,则说明该被测稳压管是好的;若发现两个阻值均为  $\infty$  时,说明稳压管内部已开路损坏,不能再用了;若发现一个阻值正常,另一个为  $\infty$  时,说明一个 PN 结已开路损坏,剩下的一个 PN 结仍可使用;若发现两个阻值接近或等于零时,则说明稳压管已击穿短路,不能使用。再交换表笔测量,即红表笔接③脚,黑表笔分别接①和②脚,若发现两个阻值均为  $\infty$  时,说明该管基本是正常的;若发现两个阻值均很小甚至为零时,说明该管已击穿短路;若是一个阻值为  $\infty$ ,另一个阻值很小或接近零时,则说明该管一个 PN 结已低效或击穿,不能使用。

(3)使用方法。通常让①脚接电源正极,②脚接电源负极,③脚空着备用。如果当①脚或②脚损坏后,可把③脚与①或脚②脚作为单个普通稳压管或二极管使用。

## (二)测试和使用维修注意事项

### 1. 测试注意事项

在测试稳压管的极性和好坏时,不能用高电阻档,比如500型万用表高电阻(如 $R \times 10k$ )档的内电池电压(9V)较高,对于工作电压 $V_z$ 低于9V的稳压管,测出的正反向电阻均很小,使测试不准确,造成错误判断。如果用万用表测量稳压管的稳定电压 $V_z$ 时,其被测稳压管的工作电压 $V_z$ 应低于 $R \times 10k$ 档内电池电压,即 $V_z < E$ ,否则不可能将稳压管击穿;如果借助兆欧表测量稳压管的稳定电压 $V_z$ 时,应注意以下几点:一是兆欧表直流电源输出后与稳压管的连接要正确,即必须保证稳压管的负极接电源的正极输出端,而稳压管的正极接电源负极输出端;二是万用表的直流电压档量程要大于被测管的稳定电压 $V_z$ ,否则因量程低而容易使表针打弯,严重时则会烧坏万用表;三是摇动兆欧表的速度要均匀,不可忽快忽慢,否则使加在稳压管两端的电压忽大忽小,致使表头指针摆动不定,无法准确测试。

### 2. 使用注意事项

使用稳压管时应注意这样几点:一是注意稳压管的稳定电压必须与实际电路需要的电压相符;二是注意极性连接,保证稳压管的正极接低电位端,负极接高电位端;倘若发现稳压输出电压低,只有0.7V左右,就说明稳压管接反了,需调换极性后方可使用;三是在稳压电路中加限流保护电阻,因稳压管处于反向击穿状态,其反向击穿电流不能超过工作电流 $I_{zm}$ ,以保证稳压管的安全;四是对于塑封稳压管,不要把管脚绕轴向转动,以防损坏。另外,在焊接稳压管时速度要快,电烙铁温度不能过高,一般选25W左右的电烙铁较适宜。

### 3. 代用注意事项

稳压管损坏后应尽量选用同型号同规格管子代换,如手头一时没有原型号管子代换时,可采用如下方法应急代用加以修复。

(1)如果所用稳压管的稳压值较低时,可用发光二极管、整流管代用,如一只不行,可串联两只或三只,其效果与原型号差不多。

(2)如果手头的稳压管稳定电压值略比原型号低一些时,可串联一只硅二极管加以提高,如图6-17所示,原型号是一只7V稳压管,但现只有一只6.3V的稳压管,此时可找一只普通硅整流二极管与稳压管反向串联后接入原电路即可达到要求。

(3)若原型号稳压管稳定的电压值较高时,可用几只稳压值较小的稳压管正向串联后代用,如图6-18所示。

(4)用小电流稳压管代换大电流稳压管。如原型号稳压管工作电流较大而手头又没有大电流稳压管时,可用小电流稳压管代用;方法是把稳压二极管与三极管组合起来

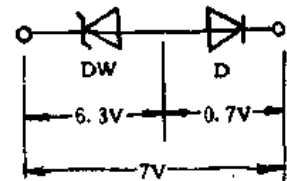


图 6-17 串联硅二极管提高稳定电压值

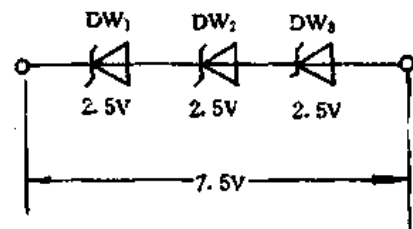


图 6-18 用低值稳压管代用高值稳压管

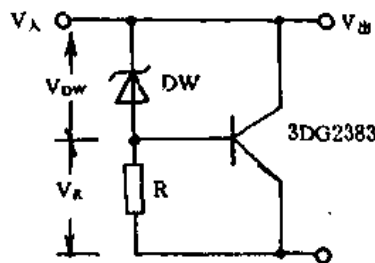
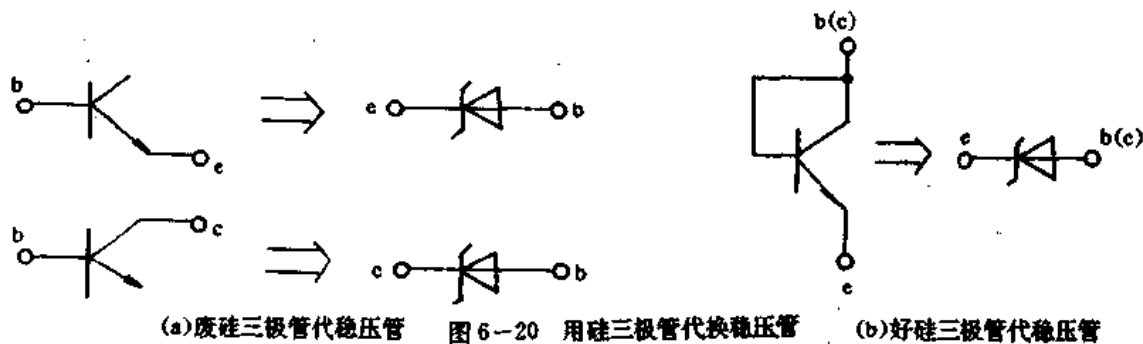


图 6-19 小电流稳压管代换大电流稳压管方法

代用,如图 6-19 所示。工作原理是:当  $V_{\lambda}$  升高时,  $V_{DW} + V_R$  也升高,但由于 DW 的稳压作用,  $V_{DW}$  值基本不变,所以  $V_{\lambda}$  的增加主要引起电阻 R 上的压降  $V_R$  的增加,  $V_R$  升高又引起三极管  $I_b, I_c$  的升高,结果使输出电压  $V_{\text{出}}$  基本不变;当输入电压  $V_{\lambda}$  下降时,情况相反,  $V_{\text{出}}$  基本不变。

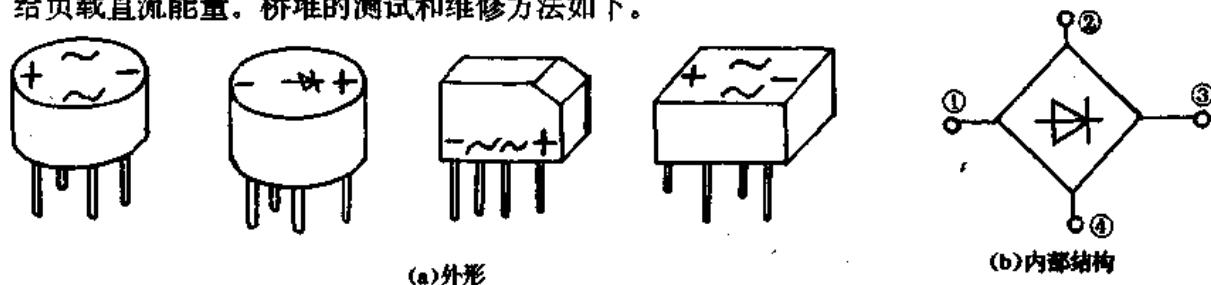
(5)可用硅三极管的一个 PN 结代用,同样能起稳压作用,一般是用三极管(NPN 型)的 b-e 结代用,代用时,其 b 极作为稳压管的正极与电源负端相连,e 极作为稳压管的负极与电源正端相连,如图 6-20 所示。可供代用的硅三极管型号有 3DG、3DK、3DA、3DD、3CG 等。



(a) 废硅三极管代稳压管 (b) 好硅三极管代稳压管

### 三、硅整流桥堆的测试和维修代换

硅整流桥堆是把四只整流二极管按桥式结构连接并用塑料封装在一起的,它与用四只整流二极管组成的桥式整流器的结构和作用均相同,由于它的整流电流大,体积小、使用方便,被广泛用于电视机电源整流电路中。桥堆的常见外形和内部结构如图 6-21 所示。桥堆有四只脚,使用中,通常用相对的两只脚②脚、④脚接交流电源,如接电源变压器的次级,另一对脚①脚、③脚为直流电压输出端,有正、负之分,一般接负载或经滤波、稳压后接负载,供给负载直流能量。桥堆的测试和维修方法如下。



(a) 外形 (b) 内部结构

#### (一) 硅整流桥堆的测试

##### 1. 逐个测量法

将万用表拨在  $R \times 1k$  档,分别测量四只二极管的正反向电阻值,如检查普通二极管一样,如图 6-21(b)所示,比如测量①脚、②脚间二极管的好坏,先将红表笔接②脚,黑表笔接①脚,测出正向电阻,然后交换表笔测出反向电阻,照此方法再测量其它三只二极管,每管子测两次,共测八次。比较每两次的测量结果,若正向电阻很小,反向电阻为  $\infty$ ,就说明该桥堆是好的;若测量到其中一只二极管正反向电阻均很大或很小或反向电阻变小时,说明桥堆已损坏或低效,虽然只有一只二极管损坏,但也不能再使用,必须更换或检修。

##### 2. 简易测量法

上述方法检测桥堆详细可靠,但测试过程较繁琐。这里再介绍一种简单方法,只需测三

次即可确定桥堆的好坏。如图 6-21(b)所示,将万用表置  $R \times 10k$  档,测量交流电源输入端②脚、④脚间的正反向电阻,由电路结构可知,无论两表笔怎样连接测量,对于一只性能良好的桥堆,其②脚、④脚间的正反向电阻均应很大,因每次测量总有二极管是反向运用状态;假如测得正反向电阻较小(如只有几千欧)时,则说明桥堆中有一只或多只二极管有击穿或漏电现象,不能再使用了。仅靠上述测量还不能判断桥堆中某只二极管是否有开路性故障和正向电阻变大的故障,对此还应测试直流输出端①脚、③脚间的正向电阻,方法是:万用表置  $R \times 1k$  档,红表笔接③脚,黑表笔接①脚,如果此时测出的正向电阻略比单只二极管正向电阻大,说明桥堆正常;如果正向电阻接近单只二极管的正向电阻,说明桥堆中有一只或两只(两臂)二极管击穿;如果正向电阻较大,比两只二极管正向电阻大很多,说明桥堆中的二极管有正向电阻变大或有开路性故障。

### 3. 桥堆管脚位置的判别

由图 6-21 可知,管脚位置已标明在桥堆的外壳上,一看便可确定,但有的桥堆标记不清,或标记有错误时,就不能盲目接入电路,否则会烧毁桥堆和其它元器件,对此就须用万用表判定桥堆管脚的准确位置。判别方法是:先找出直流输出正极(即③脚)端,假定某只脚为③脚,万用表置  $R \times 1k$  档,红表笔接③脚,用黑表笔分别去接①脚、②脚、④脚,如果三次均有较小阻值(导通电阻),则说明假定是正确的,即③脚为桥堆的直流输出正极;如果三次测试中,有一脚通或全不通,则说明假定是错的,需另假定③脚重新测试,直到找到真正的③脚为止。找到③脚后,其余各脚便好确定了:仍用红表笔接③脚,用黑表笔分别测试另三只脚的正向电阻,其中阻值最大的那只脚即为直流电压输出端的负极,剩下两只脚为交流输入端,没有正负极性之分。

## (二) 硅整流桥堆的维修代换

### 1. 硅整流堆的修补

桥堆损坏通常是其中一只二极管击穿或开路,不会全部损坏的。如果手头有同规格的桥堆则可直接代换,如果一时没有也有修理的价值。比如测得桥堆中某只二极管开路时,可找一只耐压和工作电流与桥堆相近的整流二极管,焊接在已损坏管子的两个脚之间,就可以正常使用了。一般说开路性故障比较少见,往往是击穿短路的现象较多,对此可将短路的二极管用两根引线引出,再在引线上加适当电压(低于桥堆的耐压),把已击穿的 PN 结进行瞬间电击熔断。电击时时间要短,如一次不行可进行多次,直至用万用表测量开路为止,对于耐压大于 300V 的桥堆,可以直接用 220V 市电进行电击,将其熔断,然后再按上述方法在断桥上海一只同规格的整流二极管即可使用。

### 2. 硅整流桥堆的代换

桥堆的代换有三种方法,一是尽量用同规格的代换;二是用性能相近的桥堆代换;三是用四只性能相近的整流二极管代换,其效果没有多大差别,线路连接同图 6-21 所示桥式接法。

## 四、高压硅堆和整流桥堆的测试与使用

高压硅堆和整流桥堆均是由整流二极管构成的特殊半导体整流器件。

高压硅堆由若干只硅二极管串联而成,它主要用于电视机行输出电路进行高压整流,为显像管的第二阳极提供直流高压。高压硅堆具有体积小、耐压高、损耗低、频率特性好等优点



点。

整流桥堆有两种类型，一种是半波整流桥；一种是全波整流桥。半波整流桥由两只整流二极管组成；全波整流桥将四只硅整流二极管接成桥路形式，再用环氧树脂（或绝缘塑料）封装而成。整流桥具有体积小、使用方便、各整流管的参数一致性能好等优点。整流桥堆的应用十分广泛。它大量运用于电视、音响、录像、通讯等各类电子设备之中。

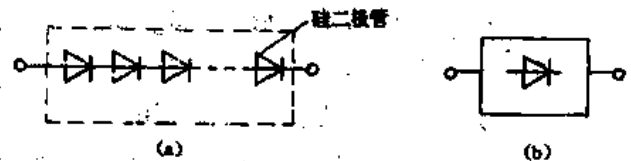


图 6-22

### (一) 高压硅堆

#### 1. 高压硅堆的结构原理与特性

高压硅堆由许多只高压硅二极管串联而成，其内部结构和电路符号分别如图 6-22 (a)、(b) 所示。

常用高压硅堆的技术特性参数如表 6-10 所示：

表 6-10

型号	额定整流电流(25℃时的平均值)(mA)	正向电压降(V)	额定工作电压(kV)	反向电流(μA)	反向恢复时间(μs)	最高工作频率(kHz)	用途
2CLG5H 2CLG5I 2CLG5J 2CLG5K	5	30 40 40 40	15 20 25 30	≤5	≤1		用于黑白、彩色电视机电压整流
2CLG12 2CLG15 2CLG20	5	25 30 35	12 15 20	≤5	≤1.2		
2DGL3H 2DGL3I 2DGL3J 2DGL3K 2DGL3L	5	30 35 40 45 50	12 15 20 25 30	≤10	≤1.2		
2DGL15/0.005 2DGL20/0.005 2DGL25/0.005 2DGL30/0.005 2DGL50/0.005	5	30 40 50 60 100	15 20 25 30 50	≤5	≤0.5 ≤0.5 ≤0.5 ≤0.5	≥200	
DH26-8 DH26-10 DH26-12 DH26-16 DH26-20	2	30 35 40 50 60	8 10 12 16 20	≤5			

#### 2. 高压硅堆的测试方法

##### (1) 电压测试法

利用高压硅堆的整流作用，选择万用表的直流电压档能检测高压硅堆的好坏。其测试电路如图 6-23 所示。

测试方法及原理：将万用表拨至直流 250V 或 500V 档，与高压硅堆串联后接到 220V 交流电源上。由于硅堆的整流作用，表针的偏转角度反映的是半波整流后的电流平均值。因此，硅堆与直流电压表构成了一只半波整流式的交流电压表。

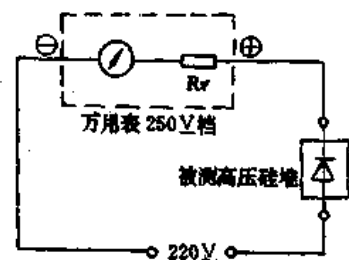


图 6-23

当被测高压硅堆按照正向接法连接时,电压表读数在 30V 以上即为合格。当按反向接法连接时,表针应反向偏转。若表针始终不动,可能是高压硅堆内部开路,使电流不能通过电压表,但也可能是高压硅堆内部击穿短路。短路时交流电压虽能直接加于万用表上,然而由于交流电源频率为 50Hz,表针来不及摆动,所以总指在零位上。

区分短路与开路的方法很简单,只要此时把万用表拨到交流电压档 250V 或 500V 档位上,若此时读数为 220V 交流电压值,则证明被测高压硅堆短路,因为这时测出的是交流电源的电压值。若此时读数为零,则说明被测高压硅堆内部已经开路。

### (2) 借助兆欧表测试法

虽然高压硅堆具有单向导电性,但其内阻很高,即使利用万用表  $R \times 10k$  档测试,其正、反向电阻也均为无穷大,因此,按照常规方法很难检查其好坏,这里介绍借用兆欧表进行测试的方法。

利用兆欧表测试高压硅堆的测试电路如图 6-24 所示。其中图 6-24(a) 为正向电阻测试图;图 6-24(b) 为反向电阻测试图。

测试方法及原理:兆欧表 E 接线柱(+极)和 L 接线柱(-极)分别连接高压硅堆的两个金属帽,并用夹子夹紧。按额定转速摇兆欧表,从兆欧表刻度盘上读出电阻值,然后改变高压硅堆的极性后重测一次。若一次阻值很大,另一次阻值较小,说明硅堆是好的,而且正、反向电阻相差愈多愈好。若两次读数都接近无穷大,说明内部开路。若两次读数都接近于零,说明内部击穿短路。假设两次电阻值接近,表明该硅堆已失效。为了读数方便,亦可在高压硅堆上并一只万用表,选择 DC500V 档分别测出正、反向压降,如图中虚线所示。测正向电阻时电压读数较小,测反向电阻时电压读数很大,接近于兆欧表的开路电压,以利用 ZC 25-4 型兆欧表实测一只 2DGL (反向耐压 12kV) 型高压硅堆为例,正向电阻约  $0.5M\Omega$ ,反向电阻为  $800M\Omega$ ,二者相差 1600 倍,证明被测硅堆质量良好。

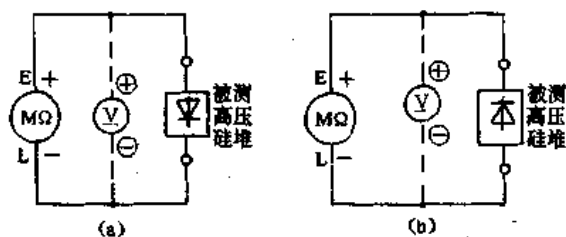


图 6-24

### (3) 借助三极管测试法

借助三极管测试高压硅堆的测试电路如图 6-25(a)、(b) 所示。万用表拨至  $R \times 10k$  档。 $T_1$ 、 $T_2$  构成达林顿管放大器。 $T_2$  的发射极接红表笔,集电极接黑表笔,由  $R \times 10k$  档提供电源电压。设  $T_1$ 、 $T_2$  的电流放大系数分别为  $h_{FE1}$  和  $h_{FE2}$ ,则总电流放大系数为: $h_{FE} \approx h_{FE1} \cdot h_{FE2}$ 。

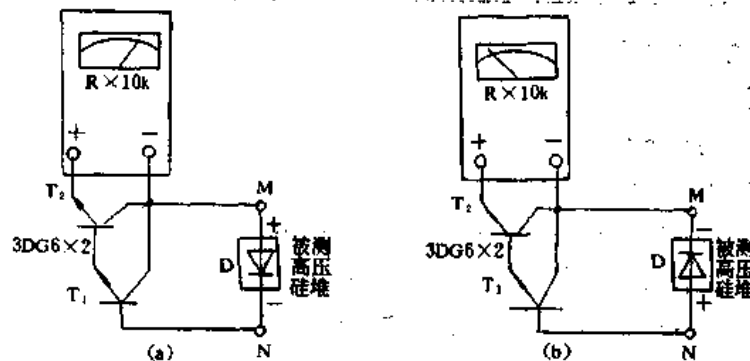


图 6-25

将被测高压硅堆 D 接于 M、N 之间,假定其正向电阻为  $R_D$ 。若表针偏转格数超过满刻度的 1/2。证明 M 点接 D 的正极,N 点接 D 的负极。此时,  $R \times 10k$  档内电池 E 经过  $R_D$  给达林顿管提供基极电流  $I_b = (E - V_{BE1} - V_{BE2}) / (R_0 + R_D)$ 。式中,  $V_{BE1}$ 、 $V_{BE2}$  分别为  $T_1$ 、 $T_2$  的发射结正向电压,  $R_0$  为  $R \times 10k$  档欧姆中心值。  $I_b$  经过放大之后,产生的  $I_c$  使表针偏转,如图 6-25(a)所示。

如果高压硅堆的极性接反,因其反向电阻很大,放大器截止,万用表上无电流通过,表针就指在  $\infty$  处,如图 6-25(b)所示。据此可以判定高压硅堆的正、负极性。

倘若上述两种接法时表针均停在  $\infty$  位置,证明高压硅堆内部开路。反之,表针总指在  $0\Omega$  处,说明高压硅堆内部击穿短路。

$T_1$ 、 $T_2$  可选 3DG6、3DG12 等型号,每只管子的放大系数在 40~60 倍即可。

#### (4) 借助 220V 交流电源测试法

利用 220V 交流电源和万用表 500V 档检查高压硅堆的电路如图 6-26 所示。首先找出 220V 交流电源的火线,然后把万用表拨至 500V 档,红表笔接火线,黑表笔接高压硅堆的一端,再用手指摸住高压硅堆另一端。若表针正向偏转,则说明黑表笔接的是正极;表针反向偏转时黑表笔接的是负极。如果表针不动,说明高压硅堆已损坏。

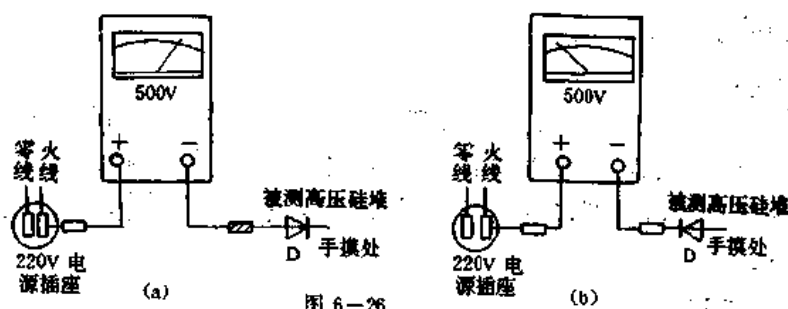


图 6-26

本方法的原理是利用被测高压硅堆作半波整流器。正向接法时, D 在交流电的正半周导通,负半周截止,输出为正压。整流后得到的平均值电流沿着火线  $\rightarrow$  电压档内阻  $R_V \rightarrow$  D  $\rightarrow$  人体对地绝缘电阻  $\rightarrow$  大地的途径,流过万用表,使表针正向偏转。如果 D 的极性接反了,就在负半周导通,正半周截止,输出为负压,使表针反向偏转。正向偏转时,表针一般可偏转几个小格。万用表灵敏度愈高,偏转愈明显。

注意事项:为保证安全,万用表直流电压灵敏度应不低于  $20k\Omega/V$ ,即 500V 档内阻  $R_V = 20k\Omega/V \times 500V = 10M\Omega$ 。  $R_V$  起限流保护作用,可将通过人体的电流限制在几十微安以下。

#### (二) 整流桥堆

整流桥堆有两种类型,一种由两只二极管构成,称为半桥整流堆;另一种由四只二极管构成,称为全桥整流堆。整流桥堆广泛应用于各类电子设备中。

##### 1. 半桥整流堆

##### (1) 半桥整流堆的结构原理

半桥整流堆的外形和内部结构电路如图 6-27 所示。半桥整流堆内部有两只二极管,这两只二极管是相互独立的。

##### (2) 半桥整流堆的测试方法

半桥整流堆可用万用表进行测试。测试方法如下：  
将万用表量程置于  $R \times 10\Omega$  档，测量两只二极管的正、反向电阻，其正向电阻值为几十欧左右；将万用表量程置于  $R \times 10k\Omega$  档，其反向阻值为无穷大。

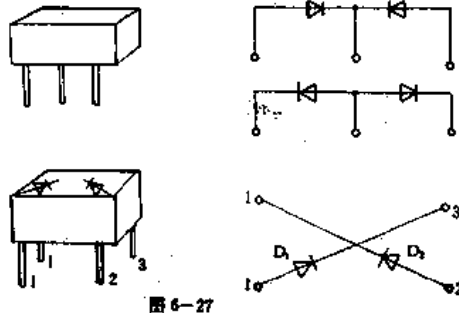


图 6-27

## 2. 全桥整流堆

### (1) 全桥整流堆的结构原理

全桥整流堆内部有四只二极管，其外形和内部结构电路如图 6-28 所示。

全桥整流堆有四个引出端，其中交流输入端、直流输出端各两个。以国产整流桥 QSZ2A/50V 为例，该器件在环境温度  $T_A = 25^\circ\text{C}$  的条件下，最大整流电流的平均值为 2A，最高反向工作电压为 50V。小功率整流桥可以直接焊在印刷电路板上；大、中功率整流桥需用螺钉固定，并且要加散热器。

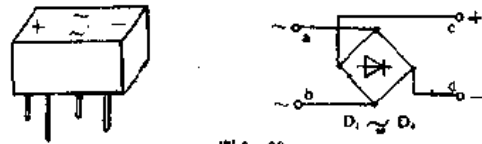


图 6-28

### (2) 全桥整流堆的测试方法

#### ① 电压测试法

使用交流电，应用万用表可以对全桥整流堆进行检测，其方法为：将全桥整流堆和调压器接好，加上合适的负载，并用万用表交流电压档监测调压器输出的交流电压。调节手柄，将电压慢慢升到规定值，再测其输出直流电压是否正常。为谨慎起见，可在调压器输出端接入相应的保险丝。

#### (2) 电阻测试法

由全桥整流堆的内部电路可知，它由四只二极管构成，因此可仿照检测半导体二极管的方法来判断其好坏。

例如，将 MF30 型万用表拨至  $R \times 1k\Omega$  档，依次测量 QSZ2A/50V 整流桥 a、b、c、d 之间的正、反向电阻，数据见表 6-11；

表 6-11

测量端	正向电阻(kΩ)	反向电阻
a-c	10	$\infty$
a-d	10	$\infty$
b-c	9.5	$\infty$
b-d	11	$\infty$

因为测出的正向电阻较小，而反向电阻均匀很大，证明被测整流桥堆的质量良好。

上述测量共需进行八次，比较繁琐。实际上只需测出 a-b、b-a 之间的电阻均为无穷大，而 d-c 间正向电阻约为  $25 \sim 30k\Omega$  (实测为  $27k\Omega$ )，即可判定无击穿短路现象。因为只要有一只管子被击穿短路，a、b 间电阻就总有一次为  $9 \sim 10k\Omega$ 。例如，假定  $D_2$  击穿后使 a、c 之

间短路,那末 b-a 间的电阻(黑表笔接 b,红表笔接 a)就近似等于  $D_1$  的正向电阻。

注意事项:

①对于其他型号的整流桥,利用  $R \times 1k\Omega$  档测得的正向电阻值会有差异,但判断方法相同。也可选择  $R \times 100$ 、 $R \times 10$  或  $R \times 1$  档测量,都不会损坏整流桥。此法亦适用检查硅整流半桥。

②两只整流管相串联(例如全整流桥内部电路图 6-28 中的  $D_1$ 、 $D_2$ )时,测它们的正向电阻  $R_{\Sigma}$  要比单独测每只管子正向电阻后再相加的数值大一些,即  $R_{\Sigma} > R_{D1} + R_{D2}$ 。查表 6-11,单测  $D_1$  或  $D_2$  的正向电阻仅  $10k\Omega$ ,而  $R_{\Sigma} = 27k\Omega > 20k\Omega$ 。其原因是整流管属于非线性器件,正向电阻与正向电流的大小有关。

③采用读取电压法可以测量各桥臂上整流管的正向压降。图 6-29 示出了 MB25A/800V 整流桥中的二极管最大(极限)正向特性。由图 6-29 可见,正向电流愈大,正向压降也愈大。当  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,瞬时正向电流为 50A 时,正向电压  $V_F = 1.4\text{V}$ 。为使测量值与工作值接近,应选择万用表  $R \times 1$  档读取  $V_F$ 。

④需引起注意的是,在市场廉价整流桥中,有的管壳上印的  $\sim$ 、 $\sim$ 、 $+$ 、 $-$  标记位置并不准确,少数产品甚至错位  $90^\circ$ 。若按所标管脚位置接入电路,会把直流端误接交流端,将整流桥烧毁。为保险起见,接入电路前应先万用表查明实际管脚位置与标记是否相符。如果不符,应以实际位置为准。

⑤使用大、中功率整流桥时需配合合适的散热器,并且在二者接触面上涂一层导热硅脂,以便降低 PN 结的结温,避免过热而损坏。图 6-30 示出了 MB25A/800V 整流桥的平均输出电流与最高结温的关系。显然,  $T_m$  愈高表示管壳愈热,就应适当降低整流桥的平均输出电流。若要维持输出电流不变,必须利用风冷降低结温。

⑥本方法也适用于检测三相整流器模块。

### 五、发光二极管的测试和使用维修

发光二极管是具有将电信号转变成成为光信号的器件。它与普通二极管一样具有一个 PN 结和单向导电特性。在 PN 结上加上正向电压时, P 区的空穴就会注入到 N 区,而 N 区的电子就会注入到 P 区,电子与空穴就会在 PN 结内相遇复合,在复合的过程中将释放出的能量大部分以光的形式辐射出来,发出鲜艳的光彩。发光二极管常用 LED 表示,它的外形及电路符号如图 6-31 所示。发光二极管发出的光的颜色与半导体材料掺杂和光的波长有关,常见单色发光二极管的颜色有:红、绿、黄、橙等,还有由多只发光二极管组合而成的双色和多色发光二极管,双色发光二极管分别发出红光和绿光,也能组合出黄色光,多色管发出的光的颜色就更多更复杂了。

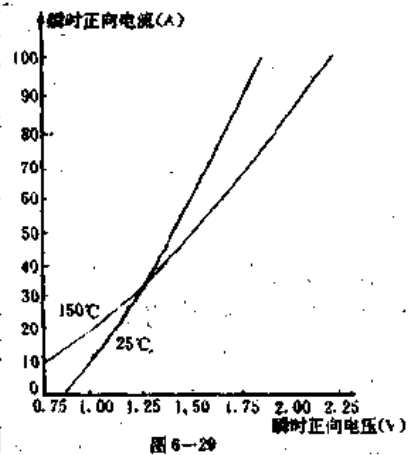


图 6-29

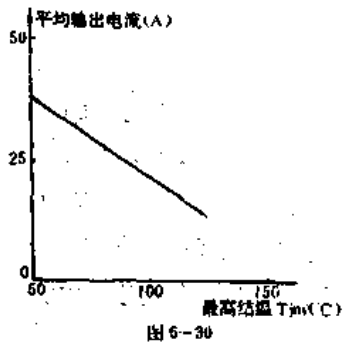


图 6-30

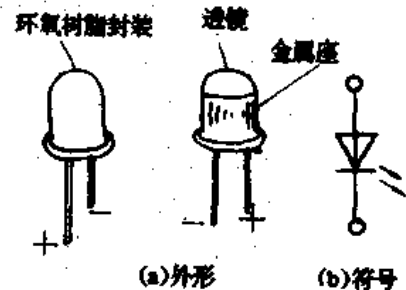


图 6-31 发光二极管的外形和电路符号

发光二极管具有如下特点：低正向电压(1.5~2.5V)、小电流(5~30mA)就可导通发光，随着电流增大亮度会增强，它属于电流控制型器件；发光响应速度快，约 $10^{-7}\sim 10^{-8}$ s，适合在高频电路中工作；体积小、可靠性高、耐振动冲击、功耗低、寿命长。

发光二极管具有如下作用：它被广泛地用在家用电器中，如收音机、收录机、组合音响和电子仪器等的电平指示器、调谐指示器、电流指示器、彩灯等；由发光二极管的伏安特性曲线可知，它在正向导通时有一定的稳压作用。一是可用作代换损坏的稳压二极管；二是可用作直流稳压器中的稳压二极管，提供基准电压，并有发光指示；还可组成数码管、字符管等，有些电子计算机和一些自动控制设备都用它作信号显示器。

根据家电中使用情况，本节只介绍单色发光二极管的测试和维修使用注意事项。

### (一) 发光二极管的测试

#### 1. 单表测量发光二极管

(1) 测量正反向电阻。如图6-32所示，万用表拨至 $R\times 10k$ 档，若正向电阻低于 $50k\Omega$ 、反向电阻大于 $350k\Omega$ ，表明发光二极管是好的；若正反向电阻均为无穷大，表明发光二极管内部已开路；若正反向电阻均为零，表明发光二极管内部已击穿短路。测量正向电阻时，万用表黑表笔接的那个电极便是发光二极管的正极，另一端为负极。

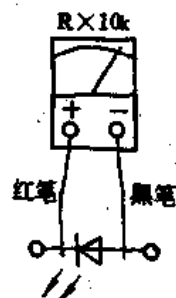


图6-32 万用表测量发光二极管好坏

用此法测量时请注意：因发光二极管的正向电阻比普通二极管大，其导通开启电压(起始电压)也高，所以不适合用 $R\times 1k$ 以下的档位(1.5V)测试，因发光二极管大多不能导通，其结果是正反向电阻均为无穷大，造成错误判断；而通常用 $R\times 10k$ 档，此档内电池电压(9V或15V)高，能够提供正确的测试数据。

(2) 测量发光情况。仅仅凭测量正反向电阻不能肯定地说发光二极管就是好的，比较可靠的测量，还应该检查其发光情况。如图6-33所示，万用表置于 $R\times 10k$ 档，要使发光二极管发光，可在万用表上串一只1.5V干电池，注意电池极性应与万用表内电池顺向串联，这样总的电压就为3V，发光二极管就会发出晶莹艳丽的光来，如果不能发光就说明管子已坏。

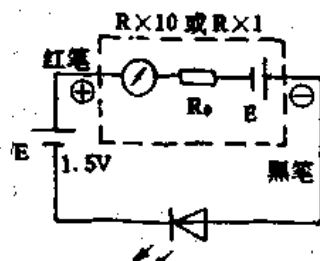


图6-33 万用表检查发光二极管的发光情况

用此方法测量请注意：如果觉得发光亮度不够还可以降低档位，置于 $R\times 1$ 档检查，但通常不宜拨在 $R\times 1$ 档，因该档电阻小，导通电流大，很容易烧毁发光二极管，即使拨在 $R\times 1$ 档测试，时间也不要太长；也不能放在 $R\times 10k$ 档检查，此档虽无危险，但因内阻很大，不仅在单表 $R\times 10k$ 检查时不会使发光二极管发光，即使照上述在该档串联一只1.5V干电池也不会导通发光。

#### 2. 双表测量发光二极管

测量正向电压 $V_F$ 。测量电路如图6-34所示，采用前面讲过的读取电压法即可测量出发光二极管正向电压 $V_F$ ，以提供维修代换数据。将两只万用表拨在 $R\times 10$ 档，这时电压比例系

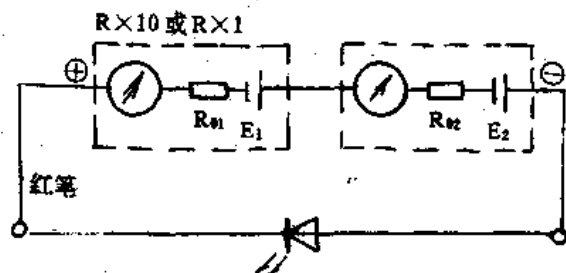


图6-34 双表检查发光二极管的 $V_F$

数  $K'$  应为其中一只的两倍,即  $K' = 2E/n_M$ ,查表 6-2 可知,500 型万用表  $R \times 10$  档电压比例系数为  $0.03V/格$ ,因单表测量时的计算公式是:

$$UF = K'n'$$

所以双表测量计算公式为:

$$V_F = 2K'n' = 2 \times 0.03n' = 0.06n'$$

例如测量一只发光二极管,将两只 500 型万用表串联并置于  $R \times 10$  档,管子发光正常,表头指示在  $n' = 35$  格,则该发光二极管的正向电压  $V_F = 0.06n' = 0.06 \times 35 = 2.1(V)$ 。

用此法时请注意:

(1)最好选用相同型号的万用表进行测量,便于测试计算;倘若没有同型号万用表时,也可用不同型号的两只万用表串联后测量,测试方法同上,只是计算稍复杂一点,其公式为:

$$V_F = K_1 n_1 + K_2 n_2$$

式中: $K_1$ 、 $K_2$  分别是两表的电压比例系数, $n_1$ 、 $n_2$  为两表的电压偏转(倒数)格数。

(2)如果手头只有一只(或一时借不到)万用表时,也可以采用单只万用表( $R \times 10$  档)来测量发光二极管的正向电压  $V_F$ ,测试电路如图 6-3 所示,此时的计算公式仍然同上,即  $V_F = 2K'n'$ 。因计算公式中  $K' = 2E/n_M$ ,也就是说电池电压是按单只电池的两倍计算的,为了减小测试误差,要求外接电池和表内电池最好都用新的。

(3)上述测试中,万用表均置于  $R \times 10$  档,实际应用时,应以发光亮度属于中等为准,否则测试结果会与标准值相差甚远,比如观察亮度太暗或太亮都应及时调整欧姆档位再行测试。

另外,如果手头没有万用表或在应急修理时,还可采用以下方法判断发光二极管的极性、好坏和发光情况:

(1)外观判断极性。对于一些老式发光二极管,其管子有金属管座,管侧有一突起耳朵,靠近耳朵的电极便是正极;对于新式发光二极管,是用透明或半透明的环氧树脂封装制成的,环氧树脂起放大和聚焦作用,这种发光二极管的电极引脚长者为正;无论什么形状的发光二极管,在其两个引线的内部分别有两个金属片,观察其大小,大的金属片(小平台状)为负极,小的为正极;如图 6-35 所示,可以利用干电池或稳压电源供电,检查发光二极管的正负极和发光情况,为避免烧坏管子,应在电路中串联一只  $100\Omega$  左右电位器加以限流,并且外加电压要控制在  $3V$  左右为宜。

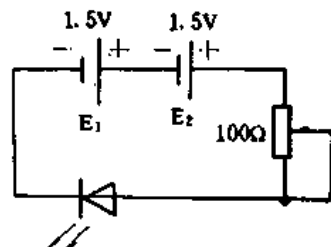


图 6-35 用干电池检查发光二极管

## (二)发光二极管的维修和使用注意事项

### 1. 发光二极管的激活

发光二极管损坏后,通常是内部的触丝被烧开路,或是生产厂家点焊不过关引起失效,如果烧坏程度不是很严重,可以采用如下方法将其激活:

(1)如图 6-36 所示,用交流  $220V$  市电加限流电阻进行电击复活。先将 A 端与发光二极管一只脚接好,再用 B 端裸导线去触碰管子的另一只脚,动作要迅速,电击一次不行可进行多次,直到万用表

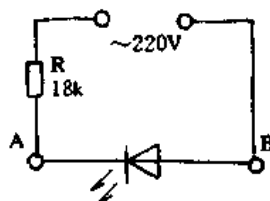


图 6-36 交流电电击复活发光二极管

测量正向电阻正常为止。使用此法必须注意安全。

(2)用兆欧表电击复活。如图 6-37 所示,兆欧表的正极接发光二极管正极,负极与负极相连,按一定速度摇动兆欧表,同时用万用表(置直流 250V)监测电压,使其输出电压在 150V 左右保持 5s,一次不行可多次,直到发光二极管触丝接通发光为止。

## 2. 发光二极管使用注意事项

(1)在发光二极管的驱动电路中加限流电阻,电阻大小根据外加电压来确定,保证其外加电压(1.5~2.5V)和通过的电流(10mA 左右)不超过额定值,还可在发光二极管两端反向并联一只整流二极管(如图 6-38 所示)加以保护,且在高温环境下使用时还应降低外加电压使用。

(2)焊接发光二极管时,应尽量使印刷板的安插孔与管脚间距相等,避免环氧树脂被撕裂;如果管脚间距小于安插孔距需要折弯时,应在焊前先成形,不可在焊时加大间距,因带高温的管脚同样会使环氧树脂变形,严重者会使内部触丝断开而造成报废,成形时用尖嘴钳夹住管脚根部并保持不动,然后折弯管脚下部使其成为所需形状;焊接时间要尽量短,控制在 4s 以内为宜,且用镊子或尖嘴钳夹住管脚根部加以散热,焊好待冷却后再移开散热工具,用 25W 以下电烙铁焊接为好。

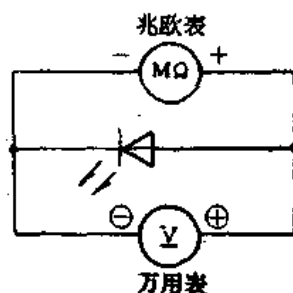


图 6-37 兆欧表电击复活发光二极管

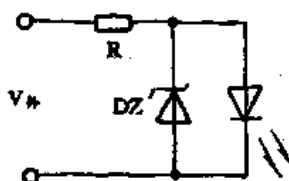


图 6-38 并联整流二极管保护发光二极管



# 第七章 晶体三极管的测试和使用维修

由两个 P-N 结组成的半导体器件叫做晶体三极管,它是电流控制型器件,即用输入电流的变化来控制输出电流的变化,且输出电流的变化量比输入电流的变化量大许多倍,因此

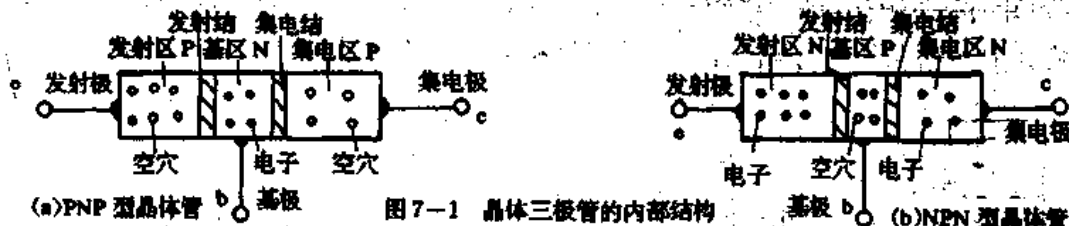


图 7-1 晶体三极管的内部结构

它的主要作用便体现在对输入信号的放大上。与二极管比较,相同点是每个 PN 结也都具有单向导电特性,并且二者都被广泛用于家电等电子设备中;不同点是晶体三极管有两个 PN 结,平常习惯简称为“晶体管”,并且具有放大作用。晶体三极管的内部结构如图 7-1 所示,它有三个电极:发射极,用符号 e 表示;基极,用 b 表示;集电极,用 c 表示。三个电极分别与晶体管内部半

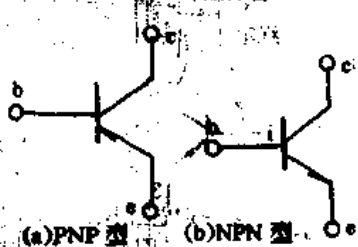


图 7-2 晶体三极管的电路符号

导体的三个区相连接,即发射区、基区和集电区。根据三个区域半导体的类型(P 型或 N 型)不同,晶体管可分为 PNP 型(图 7-1(a))和 NPN 型(图 7-1(b))两大类。构成规律是:如果基区是 N 型半导体,发射区和集电区是 P 型半导体,便组成 PNP 型晶体三极管;如果基区是 P 型半导体,发射区和集电区是 N 型半导体,便组成 NPN 型晶体三极管。在半导体三个区域的交界面上形成两个 PN 结,发射区与基区交界面形成的 PN 结叫发射结,简称 e 结,集电区与基区交界面形成的 PN 结叫集电结,简称 c 结。根据半导体材料的不同,无论是 PNP 型还是 NPN 型晶体管,又分为锗晶体三极管和硅晶体三极管。从工作原理上看,PNP 型三极管和 NPN 型三极管是完全一样的,所不同的是,PNP 型三极管是靠空穴导电,发射区发射的多数载流子是空穴,而 NPN 型三极管是靠电子导电,发射区发射的多数载流子是电子。晶体管的电路符号如图 7-2 所示。

## 一、晶体三极管的测试

### 1. 判断晶体管的好坏

如图 7-3 所示,由晶体管的内部结构可知,两个 PN 结实际相当于两个背靠背连接的二极管,只是在两个二极管的公共端再引出一根引线作为基极便构成了三极管(晶体管基区很薄,绝不可以误认为将两个二极管就能组成一个三极管)。因此要判断晶体管的好坏,如同

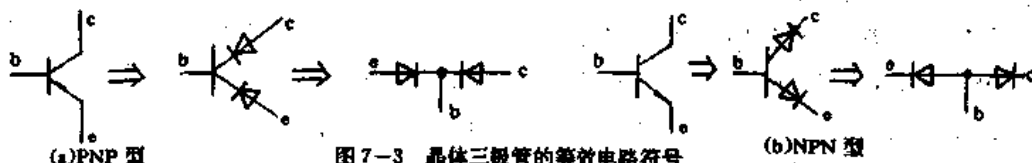


图 7-3 晶体三极管的等效电路符号

判断晶体二极管好坏一样,只需测量两个二极管(PN结)的正反向电阻即可,只是测试方法稍复杂一点。

如图7-4所示,万用表置于 $R \times 1k$ 或 $(R \times 100)$ 档,因不知道极性,所以将红表笔任意与一个脚(电极)相碰,用黑表笔去碰第二只脚,如果测得的阻值较小,再交换表笔重测这两脚时阻值很大,就说明晶体管中的一个PN结是好的;反之,若测得阻值很大,交换表笔重测后阻值较小,也说明晶体管中的一个PN结是好的。但是,如果两次测得的阻值均很大时,这有两种情况:一是被测PN结可能已开始损坏,二是可能测的是两个PN结(c结和e结)。由图7-5可知,正常晶体管的集电结与发射结之间的正反向电阻都是很大的,如遇这种情况,应及时将其中一只表笔调到与晶体管的第三脚相碰,再重复上述测试过程便可准确判别。

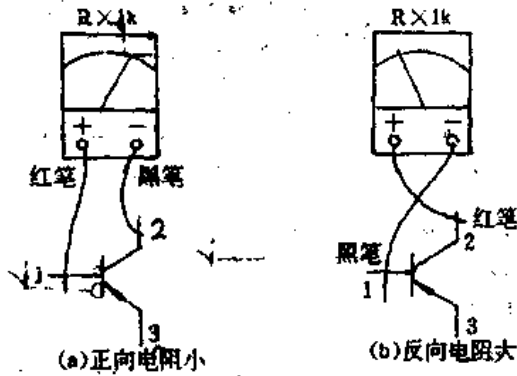


图7-4 测量晶体管的好坏。

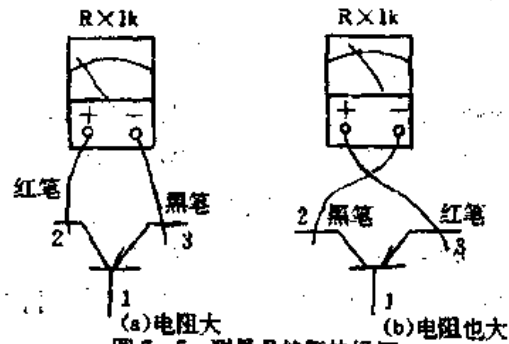


图7-5 测量晶体管的好坏

测试第二个PN结的方法是,如图7-6所示,测试好第一个PN结后,任意固定一只表笔(如红表笔,见图7-6(a)不动,用黑表笔去碰晶体管的第三脚,若测得阻值较小,再交换表笔(见图7-6(b))测得阻值很大,就说明晶体管的第二个PN结也是好的,同时也说明该被测晶体三极管是好的,可以使用;假如固定黑表笔不动,而用红表笔去碰晶体管的第三脚,测得阻值很大,交换表笔后测得的阻值也很大,便出现图7-5所示的现象,即测的是两个PN结的正反向电阻,对此应另外固定表笔,如按第一次固定方法测试就是正确的。

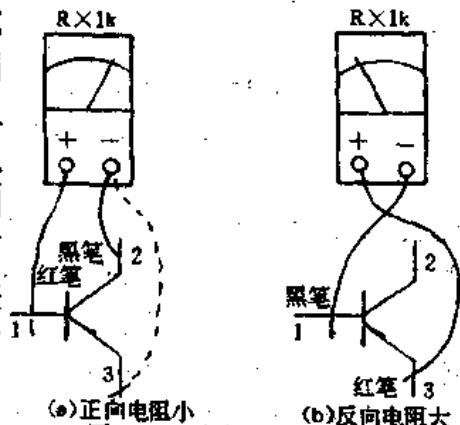


图7-6 测量晶体管的好坏

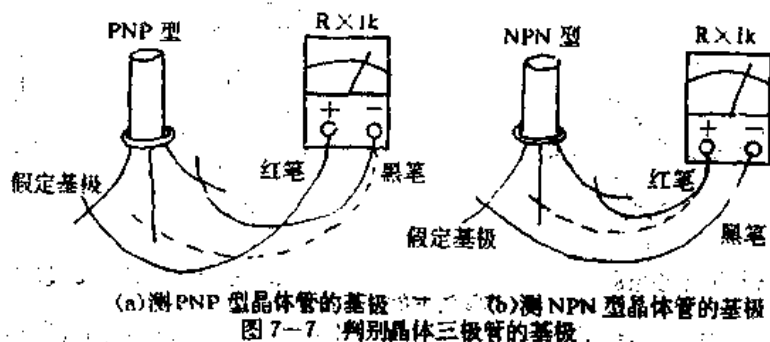
如同测试晶体二极管一样,测得两个PN结的正反向电阻相差越大,说明晶体三极管的性能越好。测试NPN型晶体管的方法与PNP型晶体管相同。

## 2. 判别晶体管的基极和管型

通过上述测量确定一只晶体管性能良好后,就可以用万用表判别出它的基极来。如图7-3可知,对于PNP型晶体管来说,假若用红表笔接基极,而用黑表笔分别去接集电极和发射极,就等于分别给两个PN结加上了正向电压,使PN结正向导通,测得的阻值均较小;对于NPN型晶体管来说,假若用黑表笔接基极,而用红表笔分别去接集电极和发射极,也同样给两个PN结加上了正向电压而导通,这时测得的阻值也较小。根据这一原理,就可以方便地测出基极,并能确定所测晶体管的管型(PNP型或NPN型)。方法如下:

如图7-7所示,测试时,可以任意假定晶体管三个电极引线中的一根为基极,万用表置

$R \times 1k$  (或  $R \times 100$ ) 档, 红表笔与假定“基极”相碰, 再用黑表笔分别去碰另外两个电极, 如果测得的阻值都较小, 就说明红表笔接的管脚是所要找的基极, 同时也说明该被测晶体管的类型属于 PNP 型的。为了检验测试的准确性, 还可交换表笔再测试一下, 即用黑表笔接触假定“基极”, 而用红表笔分别去接另外两电极, 如果测得的阻值都很大, 就证明上述测试结果是正确的。



如果仍用红表笔接假定“基极”, 而用黑表笔分别接另外两个电极, 测得阻值都很大, 反之用黑表笔接假定“基极”, 用红表笔接另两脚时测得阻值都很小, 就说明假定“基极”是 NPN 型晶体管的基极。

在上述两种测试过程中, 如果遇到测试结果一个阻值很大一个阻值较小时, 原假定“基极”错了, 需要换一个脚重新假定再进行测试, 直到找到真正的基极为止。

### 3. 判别晶体管的发射极和集电极

基极和管型确定后, 可用下述方法判定剩下的两根电极引线, 看哪根是发射极、哪根是集电极。

(1) 测量发射结、集电结正向电阻法。由晶体管内部结构可知, 不论 PNP 管还是 NPN 管, 为了保证集电区收集空穴(或电子)的能力, 一般集电区与基区之间的 PN 结结面做得比发射结结面大, 所以两个 PN 结的正向电阻略有区别, 即发射结的正向电阻略比集电结的正向电阻大。根据这一特点, 就可以很方便地判别出晶体管的发射极和集电极。方法是: 万用表置于  $R \times 1k$  档, 分别测量被测晶体管两个 PN 结的正向电阻, 仔细观察两次表针指示的位置, 以 PNP 型晶体管为例, 指示阻值大时, 黑表笔所接的电极就是被测管的发射极, 另一脚为集电极; 对于 NPN 型晶体管来说, 表针指示阻值大时, 红表笔所接的电极就是被测管的发射极, 另一脚就是集电极。

应用此法需注意几点: 一是两个 PN 结的正向电阻相差甚少, 需反复测试和仔细观察比较, 建议最好用单眼观察; 二是这种方法判别发射极和集电极简单快速, 并且大多数情况下都是准确的, 作者在长期讲学和维修中主要采用此法测量; 三是也有少数例外的情况, 就是说有些晶体管两个 PN 结的正向电阻几乎就没有什么差别, 对此应采用下面介绍的方法进行测试。

#### (2) 测量发射极与集电极间正反向电阻法

前面讲过, 测试发射极与集电极间的正反向电阻是很大的, 但是二者也有大小之别, 由此便可用万用表测试判别出发射极和集电极。如图 7-8 所示, 万用表置在  $R \times 1k$  档, 对于 PNP 型晶体管(管型先已判定)来说, 用两表笔分别去碰未确定的两个电极(c、e 极), 测出一

一个阻值,交换表笔后再测出一个阻值,比较两次测试结果,以阻值小的那次为准,黑表笔接的那个脚便是发射极,剩下一脚即为集电极;对于NPN型晶体管来说,以阻值小的那次为准,红表笔接的那个脚便是发射极,另一脚即为集电极。

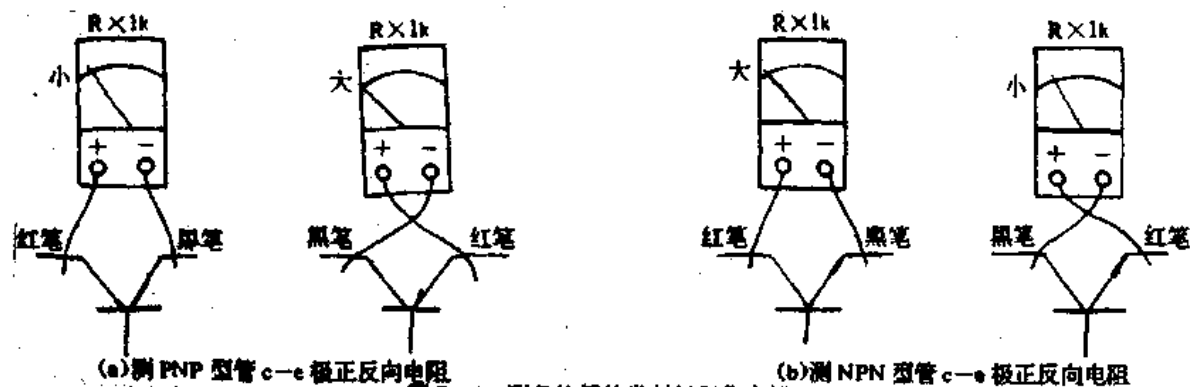


图 7-8 测晶体管的发射极和集电极

测试原理是:对于PNP型晶体管来说,阻值小的那次,红表笔接集电极,黑表笔接发射极,一方面相当于给发射结加上较小的正向电压,有利于发射区的多数载流子空穴向基区扩散,另一方面又相当于给集电结加上反偏电压,有利于收集由基区渡越而来的空穴,其结果形成微小的导通电流,所以测得的电阻值就小一些;反之,如果红表笔接发射极,而黑表笔接集电极,就等于给发射结加了反偏电压,给集电结加了正向电压,因集电区是低掺杂,不利于多数载流子的扩散导通,所以测出的阻值就大一些。

应用此法时请注意:对于一只性能很好的晶体管来说,其发射极与集电极间的正反向电阻是很大的,往往按上述方法测试时,正反向电阻均指示在 $\infty$ 处,也就无法判别出发射极和集电极。对此不可以通过加大万用表的欧姆档位测试,据笔者经验,因用 $R \times 10k$ 档测量时,要么阻值均很大,要么阻值一个很大( $\infty$ )、一个稍小,如仍以阻值小的那次为准判断,就很容易出错。比如测试一只3DG(NPN)型高频管,如图7-9所示,比较两次测试结果,以阻值小的为准,按理黑表笔接的应该是集电极,但实际接的电极刚好相反,即黑表笔接的是发射极,这是什么原因呢?如图7-9(a)所示,由于此时相当于给集电结加上了正向电压,而给发射结加上了反偏电压,这样,一方面由于万用表输出电压(9V)较高,另一方面由于高频管的发射结的反向击穿电压 $V_{BR}$ (1~5V)很低,结果使发射结被反向击穿(可逆性)而有所导通,因此测得的阻值反而小些。

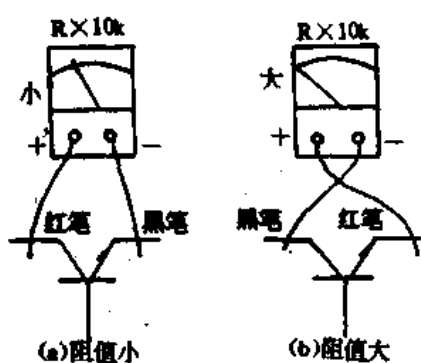


图 7-9 测晶体管的发射极和集电极

那么遇到正反向电阻很大,既不能用 $R \times 10k$ 档准确判断,而用 $R \times 1k$ 档又测不出怎么办呢?请及时采用下述方法测试判别。

### (3) 加基极偏置测量

其原理就是测有无放大倍数或放大大小来判定。此法原理参见后面放大倍数 $\beta$ 的测试方法,该法判定比较准确。对于NPN管来说,用红、黑表笔分别接在除基极外的任意两极上,如图7-10所示,再用手去捏住基极和黑表笔极,然后再将红黑表笔对调重测一次。比较两次表针偏转的大小,以偏转大(放大倍数大)的一次为准,黑表笔接的是集电极,红表笔接

的是发射极。对于PNP管来说,应用手捏住基极和红表笔极,指针偏转大的一次,红表笔接的是集电极,黑表笔接的是发射极。

#### 4. 测试晶体管的反向饱和电流

测试晶体管的反向饱和电流以 PNP 型晶体管为例。

(1)集电极反向饱和电流  $I_{CO}$  的测试。如图 7-11 所示,万用表置于  $R \times 1k$  档,红表笔接管子集电极,黑表笔接基极,这样给集电结加的是反偏电压,测出的阻值便是集电结的反向电阻,表针指示值应为几百千欧或无穷大。我们希望此值越大越好,越大就说明晶体管集电极反向饱和电流  $I_{CO}$  就小,反之就说明  $I_{CO}$  太大,晶体管的性能不好,反向漏电大工作不稳定,不宜使用。

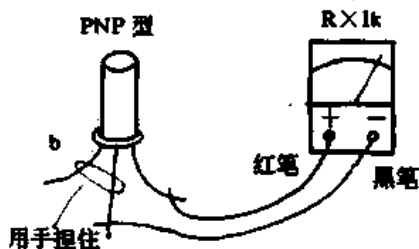


图 7-10 判别晶体管发射极和集电极

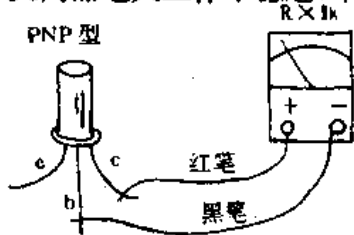


图 7-11 测量晶体管

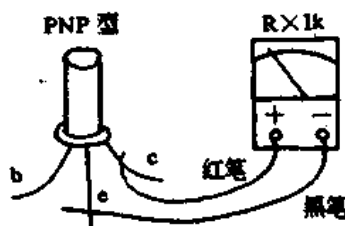


图 7-12 测晶体管的  $I_{CEO}$

(2)测量集电极—发射极穿透电流  $I_{CEO}$ 。如图 7-12 所示,万用表拨在  $R \times 1k$  档,红表笔接集电极,黑表笔接发射极,观察表针指示阻值的大小,我们也希望此值( $100k\Omega$  以上)越大越好,如果太小就说明晶体管的穿透电流  $I_{CEO}$  太大,管子性能就比较差,不能使用。

(3)热稳定性的测试。在上述穿透电流的测试过程中,可以用手捏着晶体管的管壳,给管子逐渐加热,边测边升温,并注意观察表针是否移动。如果表针移动既快又多,则说明管子的热稳定性很差,使用时管子噪声会很大,工作不稳定,不能使用。如果移动的很慢且小,则说明管子的热稳定性还可以,可以使用。

测试 NPN 型晶体管的方法与上述相似,只是表笔应反接。一般硅管的反向饱和电流比锗管小,在选购晶体管时应选择  $I_{CO}$ 、 $I_{CEO}$  较小的管子。

#### 5. 测试晶体管的电流放大系数 $\beta$

晶体管三极管具有放大作用,这是由它们的内部结构所决定的。一是发射区掺入的杂质浓度较高,有利于向基区注入多数载流子(空穴或电子);二是为了保证注入基区的载流子能在很短的时间内几乎全部渡越到集电区去,减少在基区的复合机会,基区总是做得很薄(约为几个微米至几十微米),而且掺入的杂质浓度很低;三是集电结的结面做得比发射结大,有利于收集载流子。

基于上述特点,虽然发射区和集电区同是 P 型区或同是 N 型区,但在使用中不能把发射极当集电极,而把集电极当发射极用。并且从结构上看,晶体三极管是否是由两个二极管构成的,但也不能用两个二极管组成三极管使用,道理很简单,它不具备晶体三极管的特殊结构和放大作用。

因为晶体管共发射极放大电路应用得最多,所以这里只讲测试这种放大电路的电流放

大系数(倍数) $\beta$ 。如图7-13所示,将万用表放于 $R \times 1k$ 档,仍以PNP型晶体管为例。如图7-13(a)、红表笔接集电极,黑表笔接发射极,测出一个阻值;再如图7-13(b)所示,在集电极与基极间接入一个 $100k\Omega$ 电阻,这时表针指示的阻值将变小,阻值约在 $10k\Omega$ 左右。我们希望此值越小越好,越小说明晶体三极管的电流放大系数 $\beta$ 越大,放大能力越强。如果表针指示的阻值( $10k\Omega$ )减小到偏置电阻值( $100k\Omega$ )的 $1/10$ 以下即为好管子,可以使用,如果指示阻值比偏置阻值小不了多少,表示管子放大能力弱,甚至没有放大能力,不能使用。

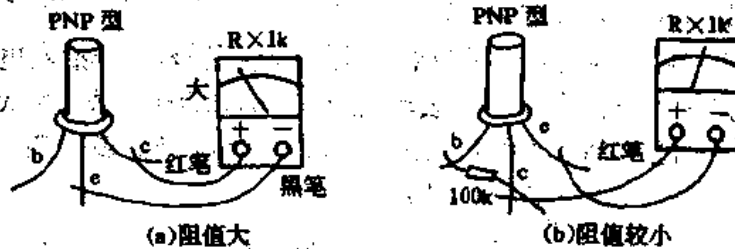


图7-13 测试晶体管的放大倍数

测试原理:如图7-13(c)所示,未加 $100k\Omega$ 电阻时,电路中只有穿透电流通过,因 $I_{ce0}$ 很小,所以测得的阻值很大。在集电极与基极间接入 $100k\Omega$ 电阻后,其发射结加上了正向电压,有利于发射区多数载流子(空穴)向基区扩散,使得集电极电流增大,所以测得的阻值就很小。另外,由于集电极与基极间接入的电阻阻值是一定的,其基极电流 $I_b$ 也就一定了,而集电极电流 $I_c = \beta I_b$ ,对于电流放大倍数 $\beta$ 大的管子,集电极电流也相应地大,表针指示的阻值自然就小了。因此,可用上述方法测试比较出晶体三极管 $\beta$ 值的大小来。

如果觉得外加 $100k\Omega$ 电阻不方便连接,作为维修中的粗略估测,也可以用手指( $R_F$ )代替固定电阻进行测量,只要加上 $R_F$ 后指针有明显的偏转,就说明该管的放大能力强,可以使用。如果手指太干燥,可沾上少许清水。另外,有些维修人员习惯用舌头舔基极测试,指针偏转幅度会大些,便于测试判断,只是这里不提倡用这种方法,一则不卫生,二则形成习惯后长期使用会对人体有一定影响。

测试NPN型晶体管放大倍数时,只需将两表笔交换后测量即可。

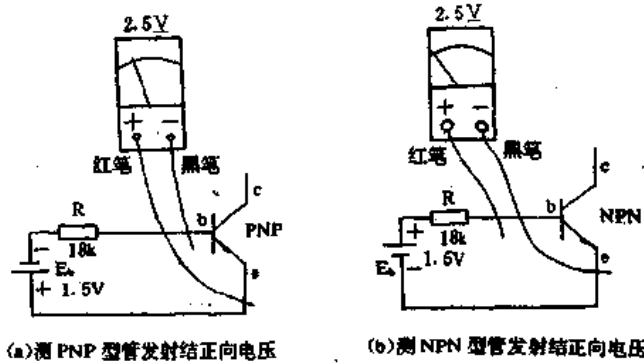
## 6. 判断锗管和硅管

国产晶体管中,一般大多把锗管做成PNP型,而把硅管做成NPN型,可以根据这个特点,通过测量管型或从管壳上的标志便可很容易地判别出锗管和硅管。但对于进口管和小部分国产管就不一定了,因在两种管型中既有锗管又有硅管,对此必须经过测试才能确定。方法如下:

(1)测量电阻法。将万用表置于 $R \times 1k$ 档,测量晶体管的发射结(或集电结)正向电阻,如果表针指示在中间或中间偏右的位置,说明该管是硅管;如果表针指示在右边接近零而不到零的位置,说明该管是锗管。此法可用 $V = K'n'$ 公式计算出电压值,若为 $0.2V$ 左右则为锗管,若为 $0.6V$ 左右则为硅管。

(2)测量电压法。我们知道,锗晶体管发射结的正向电压降一般在 $0.1 \sim 0.3V$ ,而硅晶体管发射结的正向压降为 $0.6 \sim 0.8V$ ,根据这一特点便可通过如图7-14所示测试电路,判别出锗管和硅管。如图7-14(a)所示,对于PNP型管来说,电源 $E_0$ 的正极接发射极,负极接

基极,  $R$  是限流电阻, 万用表置于直流  $2.5V$  档, 红表笔接发射极, 黑表笔接基极, 如果测得的正向电压  $U_{be}$  在  $0.2V$  左右即为锗管, 如果  $U_{be}$  在  $0.7V$  左右则为硅管。如图 7-14(b) 所示, 测试 NPN 型管时, 只需将电源  $E_0$  和表笔极性交换后测量即可。



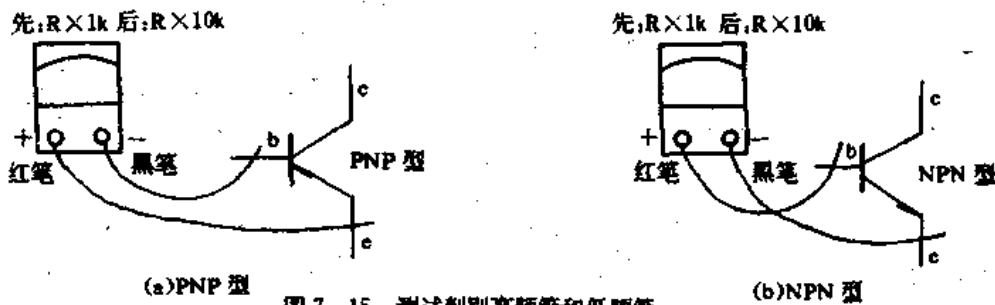
(a) 测 PNP 型管发射结正向电压 (b) 测 NPN 型管发射结正向电压  
图 7-14 测量锗管和硅管

如果管子在机器上, 可通电测试  $U_{be}$  ( $U_{bc}$ ) 值直接判断。跟 (1) 完全一样。只是出发点不一样。

### 7. 判别高频管和低频管

高频管和低频管一般不能互换使用, 因二者的特性不同, 高频管可以工作在几兆几十兆甚至上百上千兆赫, 而低频管只能工作于  $3MHz$  以下。但在使用中, 如果不知道管子的型号, 又不知道管子属于高频管还是低频管时, 就应该通过测试判别后再合理使用, 以发挥晶体管的最佳效能。万用表判断是粗略的, 对于精密设备则应选购标称准确的管子使用。

测试电路如图 7-15 所示, 通过测试晶体管发射结反向电阻来区别高低频管。如图 7-15(a) 所示, 对于 PNP 型晶体管, 万用表先拨在  $R \times 1k$  档, 红表笔接发射极, 黑表笔接基极, 测出发射结的反向电阻值; 然后将万用表拨到  $R \times 10k$  档, 两表笔不动再测试一个反向电阻值。比较两次测试结果, 如果两次测试电阻无明显变化, 说明被测管为低频管; 如果第二次测得的电阻有明显减小, 即指针向右偏转超过满度的  $1/3$ , 就说明被测管是高频管。



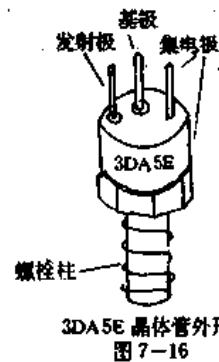
(a) PNP 型 (b) NPN 型  
图 7-15 测试判别高频管和低频管

测试原理是: 将万用表由  $R \times 1k$  档转拨到  $R \times 10k$  档测量时, 若阻值没有明显的变化, 说明该管是低频管, 因低频管是合金型 PN 结, 它的耐压在十几伏以上, 此时表内电池电压 ( $9V$ ) 不足以将发射结反向击穿, 所以测得阻值仍然很大; 如果阻值有明显的减小变化时, 则说明该管是高频管, 因高频管多为合金扩散型 PN 结, 它的耐压值 ( $1 \sim 5V$ ) 较低, 此时表内电池电压就可以将其反向击穿导通, 所以测得的阻值明显地减小。

另外, 一般情况下, 在硅管中大多数是高频管, 而锗管中大多数是低频管, 因此, 根据前面介绍的方法, 只要判别出被测管是硅管的话就多是高频管, 是锗管的话便多是低频管。

## 8. 大功率晶体管的测试

大功率晶体管过去一般指功率大于 1W 的晶体管,但现在生产的晶体管功率更大,高达数十瓦上百瓦都有,因此这个 1W 功率的定义有所提高。大功率晶体管有如下特点:一是均有散热装置,散热装置有的是外加的散热片,有的就是晶体管的管壳,如 BU508A、3AD30C、3DD15D、DD03C、DS33 等;二是有的晶体管看上去只有两个电极,但实际上外壳便是一个电极,这个电极通常是集电极,并具有散热作用;有的晶体管看上去有四个管脚,如 3DA5E,它的外形如图 7-16 所示,帽盖上有三个脚,左边是发射极,中间是基极,右边是集电极,其实集电极管脚与外壳以及螺栓柱是连在一起作为一个电极使用的。三是大功率晶体管的反向饱和电流  $I_{\infty}$  和穿透电流  $I_{\infty}$  较大。



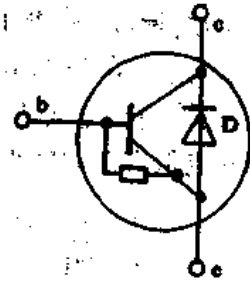
3DA5E 晶体管外形  
图 7-16

针对上述特点,在测试大功率晶体管时应注意两点:一是注意对管脚的分辨要准确;二是测试时万用表应降低欧姆档位,一般放在  $R \times 10$  或  $R \times 1$  档测量。因功率管反向饱和电流和穿透电流都较大,假如仍用  $R \times 1k$  ( $R \times 100$ ) 档测量管子的正反向电阻时,就会出现阻值均很小的现象,使得测试误差大,甚至误认为管子是坏的。有的大功率管由于穿透电流  $I_{\infty}$  太大或击穿电压  $V_{\infty}$  太低,即使使用  $R \times 1$  档测量其反向电阻,也可能会很低,对此不能简单地该管当成坏管处置,还应再进一步测试它的放大能力,如果放大倍数是好的,这个管子就可以使用。测量大功率管的电流放大系数时请注意,除万用表置低档位外,加在集电极与基极之间的偏置电阻  $R$  (或  $R_b$ ) 也应降低阻值,一般  $R$  取  $500 \sim 1000\Omega$  比较合适。

以上是分析大功率管的特点和测试时的要求,至于具体测试方法步骤仍与前面讲的普通晶体管的测试相同,不再详述。

## 9. 特殊行管的测量

一般的行输出管其内部结构与普通晶体管相同,测试方法如上所述,比较简单。但因现在的电视机屏幕越来越大,显像管需要的扫描功率和阳极高压也很大很高,这就给行输出管提出了很高的要求,比较突出的是行管应具有耐高反压的能力。为此目的,目前生产的许多行管其内部结构有所改进,如图 7-17 所示:一是在基极与发射极之间并联一只  $35\Omega$  左右的小电阻  $r$ ;二是在集电极与发射极之间接有一只阻尼二极管  $D$ 。对于这种结构的行管不能按前面介绍的常规测量,否则肯定会误判为坏管而弃之不用。

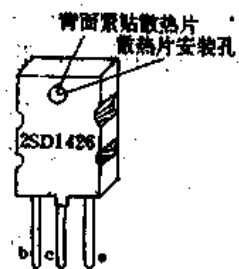


特殊行管的内部结构  
图 7-17

下面以行管 2SD1426 为例,介绍测试方法、数据和维修技巧。2SD1426 管的外形见图 7-18。

(1)测发射极与基极间正反向电阻。万用表拨在  $R \times 1$  档,先用红表笔接基极,黑表笔接发射极,测得反向电阻为  $35\Omega$ ,实际测的是固定电阻的阻值,然后用黑表笔接基极,红表笔接发射极,测得的正向电阻为  $11\Omega$ ,实际测的是固定电阻与发射极正向电阻的并联总电阻。

(2)测发射极与集电极间正反向电阻。万用表仍置于  $R \times 1$  档,先用红表笔接集电极,黑表笔接发射极,测得的阻值为  $14\Omega$ ,实际测的是阻尼二极管的正向电阻;然后用黑表笔接集电极,红表笔接发射极,测得阻值为



行管 2SD1426 外形  
图 7-18



$\infty$ 。

(3)测集电极与基极间正反向电阻。万用表还是放在 $R \times 1$ 档,先用红表笔接集电极,黑表笔接基极,测得的正向电阻为 $11\Omega$ ;然后用黑表笔接集电极,红表笔接基极,测得的反向电阻为 $\infty$ 。

现将上述测试结果列于表7-1以供参考。

表7-1

黑表笔	e	b	c	c	b	c
红表笔	b	e	c	c	c	b
阻值( $\Omega$ )	35	11	14	$\infty$	11	$\infty$

由上表得出两点启示:一是在测试行输出管时,如果测试出电阻值与表中大致相同,就可认为该被测管是带有阻尼二极管的行管;二是对这种行管各电极的判别方法如下:由该管内部结构和测试数据可知,行管的外壳就是集电极,很容易判断;主要是判断发射极和基极。测量发射结的正反向电阻,以电阻小的那次为准,黑表笔接的电极便是该管的基极,另一脚就为发射极了。

仍以2SD1426管为例,现将这种行管的常见故障及维修方法介绍如下:

(1)电阻 $r$ 烧开路,测得 $b-e$ 极正向电阻为 $11\Omega$ ,反向电阻为 $\infty$ ,对此可在 $b、e$ 极间外接一只 $35\Omega$ 左右电阻即可恢复使用。

(2)发射结或电阻 $r$ 击穿短路:测得 $b-e$ 极正反向电阻均为零;发射结开路损坏:测得 $b-e$ 极正反向电阻均为 $35\Omega$ ,此管不能再用。

(3)阻尼二极管击穿短路时,测得 $c-e$ 极正反向电阻均为零,不能再用;阻尼二极管开路损坏时,测得 $c-e$ 极正反向电阻均为 $\infty$ ,对此可在 $c、e$ 极间外接一只阻尼二极管即可恢复使用。

2SD1426行管损坏后如不能修复,可以用其它行管代换,一是直接代换,如2SD900B、2SD1398、D209、BU208、D900B、DF104E~F等;二是用耐压较高的普通行管或其它大功率管代换,但同时应外接一只阻尼二极管。在此还应说明一下,一般普通行管可以与稳压电源中的调整管互换使用,而带阻尼的行管是专门生产来作为行输出管使用的,不能代换调整管使用。

#### 10. 晶体管三极管的在路测试方法

在修理家电中,有时因晶体管不便焊下来,有时为了节省时间,往往喜欢直接在电路板上测试晶体管性能的好坏。测试方法如下:

(1)静态测量法。即不加电测量,万用表置欧姆档。因晶体管的偏置电阻和负载电阻一般在千欧级,很少几十欧的,所以为了减小外电路对测试结果的影响,以提高测试的准确性,万用表应置于低阻档,通常用 $R \times 10$ (或 $R \times 1$ )档测量。因在路晶体管的电极已在印刷板上标明,不必再测,只测量晶体管两个PN结的正反向电阻加以判断即可。以PNP型晶体管为例,先测发射结正反向电阻,如果测得正向电阻在 $30\Omega$ 左右,而反向电阻在数百欧以上,说明该管发射结是良好的;再测集电结正反向电阻,如果与测试发射结的结果相接近,也说明该管集电结良好,并且作为粗略测量,由此可以断定该被测晶体管性能是良好的,可以继续使用;如果测得正反向电阻很接近(较大或很小),就说明该管可能有问题,电阻较大时可能

是PN结开路损坏,很小时可能PN结击穿短路。对此应将晶体管从电路板上焊下来作进一步的精确测量。测量NPN型晶体管的方法与测PNP型管相似,只是应交换表笔,其正反向阻值略为大一些属于正常现象。

(2)动态测量法,即加电测量。加电测量不适合高电压下工作的晶体管。下面以NPN型硅管为例,前提是已确知偏置电路无故障。测试内容:一是测晶体管发射结的正向电压(即正向特性) $U_{be}$ ,万用表拨在直流2.5V档,如果测得 $U_{be}$ 为0.7V左右,就说明该管基本是好的,可以使用;如果此电压偏离正常值太多,说明该管可能有问题,需焊下再行测量。二是测试晶体管的放大能力,万用表仍放在直流电压档,但档位的高低应根据管子集电极电压大小确定,将红表笔靠在集电极焊点上,黑表笔靠在发射极焊点上,用镊子瞬间将基极与发射极(或基极与地)短路一下,注意现象表头指针的摆动情况,如果摆动较大,即管子的集电极电压变化大;说明该晶体管是好的,我们希望此值变化越大越好,越大说明管子放大能力强;如果指针摆动幅度很小,说明管子有问题,需焊下测量或代换掉。

晶体管的反向击穿电压( $U_{ce0}$ 、 $U_{ce}$ 、 $U_{ce(sat)}$ )是重要的参数,特别是对于高耐压晶体管(如行管、视放管)更为重要,但考虑到一般维修人员测试条件有限,并且在维修中其主要精力都用在分析和排除故障上面,实际不可能对晶体管作全面的测试,也没有必要,一般只作如前所述的简单测量后即上机使用,因此这里不再介绍测量反向击穿电压的方法。

## 二、晶体三极管的使用维修

### 1. 晶体三极管色点标志的意义

许多国产晶体管管壳上标有色点,它是用来表示管子电流放大倍数的,这给维修使用晶体管带来很大的方便,一看色点便能知道该管的放大能力如何。这些色点与相应的放大倍数对照见表7-2。

表7-2 晶体管各色点与放大倍数对照表

色 标	棕	红	橙	黄	绿
$\beta_{ac}$	0~15	15~25	25~40	40~55	55~80
色 标	蓝	紫	灰	白	黑
$\beta_{ac}$	80~120	120~180	180~270	270~400	>400

### 2. 晶体三极管的代换维修原则

晶体管损坏之后,如不能修复,就只能用其它管子代换。维修代换时应遵守如下原则。

(1)同型号管子代换。原则上要求代换管的极性与原管相同,即PNP型代换PNP型,NPN型代换NPN型;并要求锗管代换锗管,硅管代换硅管。但锗管与硅管也可以互换,只是要注意管子的参数应符合要求,并要调整供电电源极性和偏置电阻。

(2)高低频管的代换。原则上要求低频管代换低频管、高频管代换高频管,但高频管可以代换低频管,而低频管不能代换高频管,高频管代换低频管时,还要注意原电路的功率不能超过高频管;高频管损坏后可以用开关管代换。

(3)功率管的代换。要求用相应大小的功率管代换;但大功率管可以代换中功率管,中功率管可以代换小功率管。

(4)对额定值的要求。一是新管的集电极与发射极间最大反向电压 $V_{ce0}$ 、集电极最大允许电流 $I_{cm}$ 和集电极最大允许功率 $P_{cm}$ 必须大于或等于原管;二是新管的特征频率 $f_r$ 为原电

路工作频率的 5~10 倍。比如,电路工作频率为 50MHz 时,则要求新管的  $f_T > 250\text{MHz}$ 。

(5) 差分对管或推挽对管中的一管子损坏时,为了保证对管间的一致性,最好同时代换。

(6) 高性能管代换低性能管。一是低噪声管可以代换高噪声管;二是  $\beta$  高的管子可以代  $\beta$  低的管子,但  $\beta$  也不能比原管高的太多,因  $\beta$  过高的晶体管稳定性较差, $I_{CEO}$  小的管子可以代  $I_{CEO}$  大的管子。

(7) 用复合管代换单管。如果原管的功率或放大倍数较大,而手头只有小功率、低放大倍数的管子,就可以由两只(或两只以上)的管子组成复合管来代换原管。两只管子可以是同一种导电类型,也可以是不同的导电类型,组合出的复合管其等效电路应和原管导电类型一样。复合管的  $\beta$  值为两管  $\beta$  值的乘积,因此具有较大的放大倍数。复合管的组成原则是:既要保证导电类型,又要保证管脚的连接必须构成电流通路。几种常见复合管的类型如图 7-19

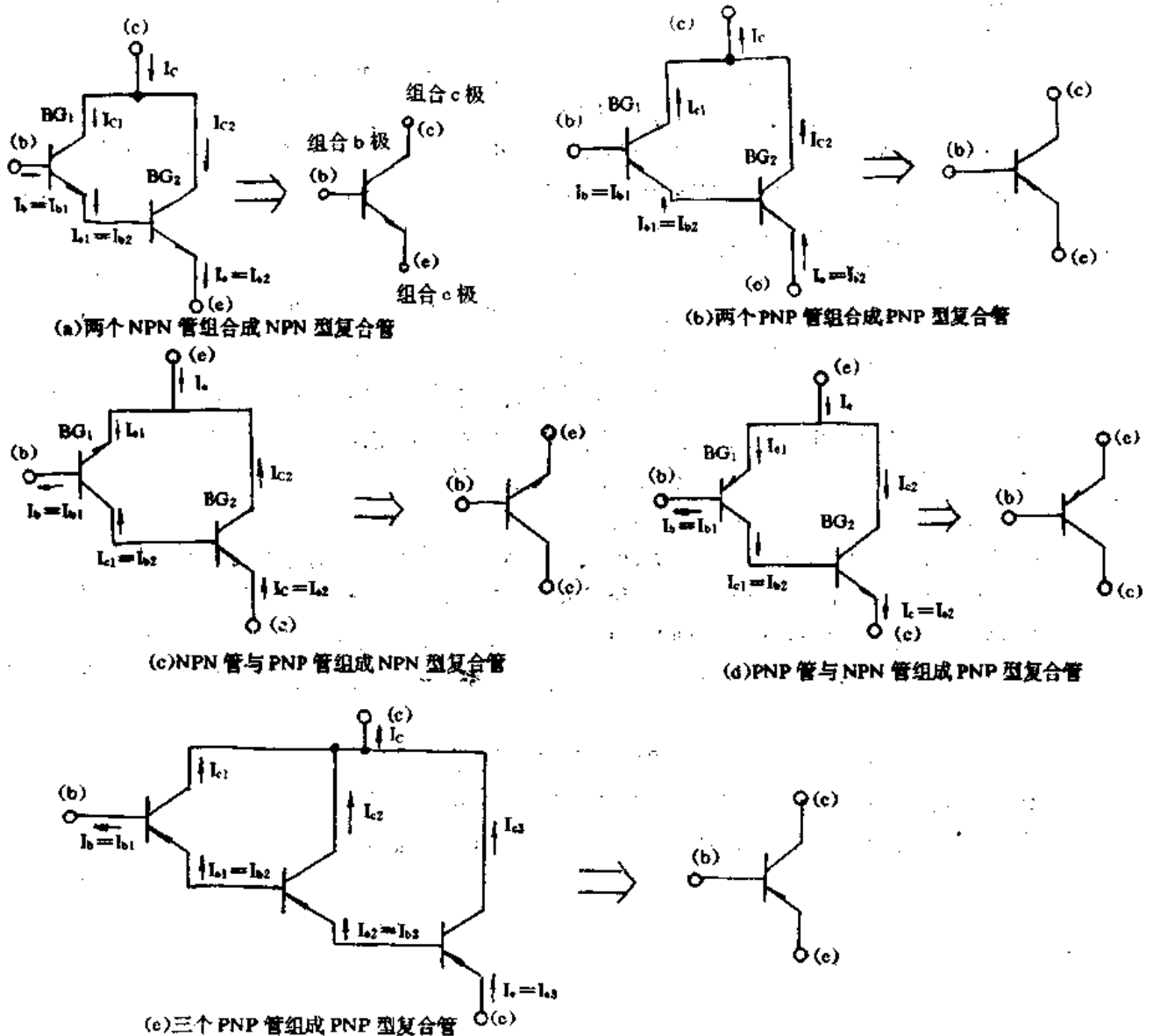


图 7-19 几种常见复合管的类型

所示。由图可知,复合管的导电性总是取决于组成复合管的第一只管的导电性。

(8) 代换晶体管时,要弄清原管子在电路中的作用和原理,还要查清损坏原管的原因,以免换新管后重蹈覆辙。取下原管时还应记住各电极的孔位,避免焊错位置,焊接时速度要快,最好用 45W 以下的电烙铁,并能边焊边散热。

### 3. 晶体管损坏后的应急修理

下面以电视机为例介绍晶体管损坏后的应急修理方法,以供修理其它家电时作为参考。这些方法灵活实用,快速简捷,还解决了代换元件紧张的状况。

(1) 高频管损坏后的修理。电视机调谐器中的高频管损坏后,如果没有同型号管子代换时,对于接收电视信号较强的地区,可将原高频管焊下不用,用一根短路线把 b、c 极焊点连接起来,虽然灵敏度有所下降,但基本不影响收看;对于电视信号较弱的地区,如果装有天线放大器的话,作为应急修理也可以用同样方法解决。对于收不到超高频(UHF)频段电视节目的地区,还可将 U 头中的高频管取下来,用以代换 V 头中损坏的高放管,待以后购到高频管后再行复原。

(2) 中放管损坏后的修理。根据经验,中放管中损坏率较高的是具有 AGC 特性的第一、二级。如果手头没有同型号管代换,可采取如下措施应急修理:一是去掉已损坏管子的那级放大,并用短路线将 b、c 极焊点连起来继续使用,因中放部分大多为三至四级放大,增益高且频带宽,对收看效果影响不是很大;二是将三、四级的中放管调一只来代换前级的损坏管,但前提条件是三、四级中放管必须具有 AGC 特性。

(3) 抗干扰管损坏后的修理。抗干扰(消噪)管正常情况下是没有工作的,只有在干扰电平达到一定强度时才工作,以抑制干扰,保证电视机正常工作。根据这一特点,当该管损坏后如无同型号管代换,可将其暂时拆下不用,并将 c、e 极连起来,待以后购到新管再焊上。

(4) 视放管损坏后的修理。视放管的功率大耐压高,用普通晶体管不能代替,如一时没有合适管子代换时,可以用电源复合调整管代换,而用其它耐压稍低的中功率管去替补原复合调整管。另外,还可考虑用耐压比较高的行推动管代换视放管。

(5) 行管损坏后的修理。对于黑白电视机中的行管,因耐压不是很高,如果是软击穿(可逆性)可以与电源调整管互换使用;如果行管损坏严重不能当调整管使用时,还可以将电视机中由三极管改作“二极管”使用的管子再改过来,作整体调整使用。这样既不外添晶体管又能修复电视机,当然前提是这种电视机中有“三改二”的晶体管才行;对于彩电行管(或其它大功率管)损坏后,可根据前面所述,即可用小功率、中功率、耐压较高的晶体管组合成复合管代用。

代换高、中放晶体管时请注意,大多数高频管有四个电极引线,如 3DG56D、3DG79D、3DG80D 等。使用时要分清管脚,以 3DG56D 高频管为例,它的外形如图 7-20 所示。管脚排列规律是:让管脚正对自己,以突耳为准,“突耳”左边一脚为发射极,左边第二脚为基极,第三脚为集电极,最后一脚(即“突耳”右边一脚)为屏蔽脚,屏蔽脚与管子外壳连在一起作为屏蔽抗干扰使用,用万用表测试时此脚与外壳的电阻值等于零时为正常。

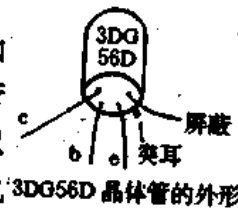


图 7-20

# 第八章 单结晶体管的测试和应用

## 一、普通单结晶体管的测试和应用

单结晶体管是具有一个PN结(单结)的半导体器件,它有三个电极,即一个发射极和两个基极,所以又称为双基极二极管,通常用UJT表示。它是一种电流控制型负阻电子器件,即加到它两端的电压增加时,流过器件的电流反而减小,这一特点同可控硅(晶闸管)相同。因此在电子设备中得到广泛的应用。国产单结晶体管的型号有BT31~BT37。

单结晶体管的外形和内部结构示意图如图8-1所示。在N型硅片的左端,发射极(铝棒)与硅片间构成PN结,在右边引出两个电极,分别为第一基极 $b_1$ 和第二基极 $b_2$ ,一般PN结距离第二基极 $b_2$ 略近些,在测试时可作为参考。

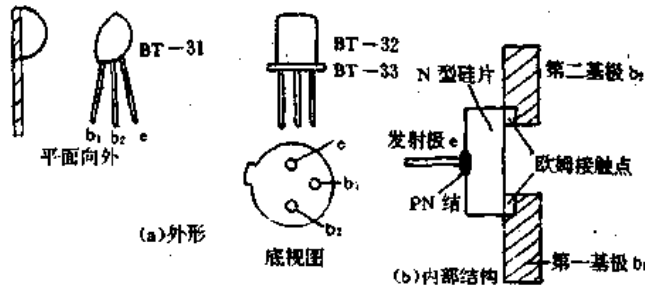


图8-1 单结晶体管的外形和内部结构示意图

单结晶体管的电路符号和等效电路如图8-2所示,发射极的箭头倾斜指向 $b_1$ ,表示PN结电流只流向 $b_1$ ,两个基极引出线 $b_1$ 、 $b_2$ 相对于基极成直角,表示两条引出线同基极是欧姆接触。两个基极 $b_1$ 与 $b_2$ 之间呈现纯电阻性,称为基极电阻 $R_{bb}$ ( $=R_{b1}+R_{b2}$ ),其阻值范围在 $2\sim 15k\Omega$ 之间。其中 $R_{b1}$ 为第一基极与发射极之间的电阻,其数值随发射极电流 $I_e$ 而变化,即管子导通进入负阻区后, $I_e$ 越大 $R_{b1}$ 越小,所示图中用可变电阻表示。 $R_{b2}$ 为第二基极与发射极之间的电阻,其数值与 $I_e$ 无关。发射结具有整流特性,用二极管等效之。

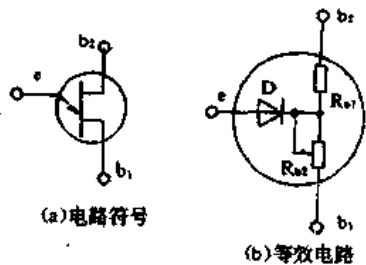


图8-2 单结晶体管的电路符号和等效电路

### (一)单结晶体管的测试

#### 1. 判断电极

(1)判断发射极 $e$ 。因为单结晶体管两个基极之间的直流电阻呈纯电阻性,即正、反向测试的阻值( $2\sim 15k\Omega$ )均相等,根据这一特点,用万用表电阻档 $R\times 1k\Omega$ 来测试单结晶体管任意两个引脚之间的电阻,只要正反向电阻相等的两个引脚必是两个基极,那么剩下的一个电极便是发射极 $e$ 了。

(2)判断基极 $b_1$ 和 $b_2$ 。因为发射极距离第二基极 $b_2$ 近些,所以发射极 $e$ 与 $b_2$ 间的正向电阻 $R_{b2}$ 比发射极 $e$ 与 $b_1$ 间的正向电阻 $R_{b1}$ 略小些,根据这一特点,即可区别出 $b_1$ 和 $b_2$ :万

用表仍置  $R \times 1k$  档,黑表笔接发射极,红表笔分别去碰两个基极,以测得正向电阻小的那次为例,红表笔所接的脚即为第二基极  $b_2$ ,则另一脚便是第一基极  $b_1$ 。

应注意的是,由于单结管的分压比  $\eta (= \frac{R_{b1}}{R_{b1} + R_{b2}})$  与发射极  $e$  的位置和管子的制造工艺有关,按照上述方法测出的两个基极不一定适合所有的管子,在实用中如发现工作不够理想时,可将原来判定的两个基极  $b_1$ 、 $b_2$  交换后使用试一下。

## 2. 判断质量好坏

### (1) 极间电阻的测试

①两基极间电阻  $R_{bb}$  的测试:万用表置  $R \times 1k$  档,两表笔分别接  $b_1$ 、 $b_2$ ,如果测得单晶体管的正、反向电阻  $R_{bb}$  在  $2 \sim 15k\Omega$  之间,说明单结管是好的;如果测得阻值很小或很大,说明单结管击穿短路或开路损坏,不能使用。

②测试发射极和两个基极间的正向电阻:万用表置  $R \times 1k$  档,黑表笔接发射极,红表笔分别接第一基极和第二基极,如果表针指示在表头中间附近的位置,就说明管子是好的。测试时请注意,单结管 PN 结的正向电阻略比普通硅二极管的正向电阻大些,因这个正向电阻还包括了一部分基极体电阻。如果测出的正向电阻为零或为无穷大,说明单结管已损坏。

③测试发射极和两个基极间的反向电阻:万用表置  $R \times 1k$  档。红表笔接发射极,黑表笔分别接  $b_1$ 、 $b_2$ ,若测得的阻值接近无穷大,说明单结管是好的;如果测得的阻值很小,说明单结管已击穿,不能再使用了。

### (2) 测试负阻特性

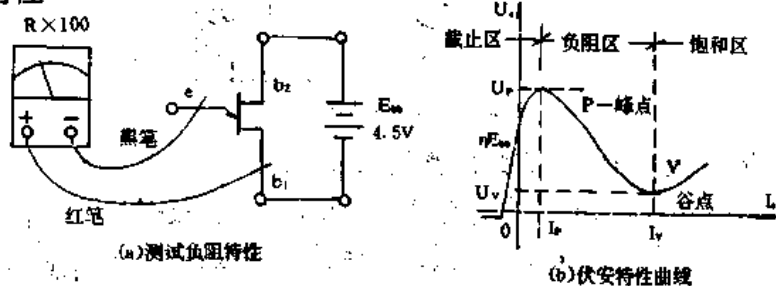


图 8-3 单晶体管的测试电路和伏安特性

单晶体管的测试电路和伏安特性如图 8-3 所示。由伏安特性曲线可知,单结管有三种工作区域(状态),即截止区、负阻区和饱和区,单结管通常工作于负阻区,我们希望此区域范围越宽越好。在测试中,如果只测试极间电阻和 PN 结的好坏不是不够的,还应该检查它的负阻特性。测试负阻特性的电路如图 8-3(a)所示,在单结管  $b_1$ 、 $b_2$  间外加 4.5V 电源(即  $E_{bb}$ ),万用表置  $R \times 100$  档,黑表笔接发射极,红表笔接第一基极  $b_1$ ,这相当于在  $e-b_1$  之间加有 1.5V 的正向电压,此时表针应指在无穷大处,表示单结管的  $U_e < U_p$  (峰点导电电压),管子仍处于截止状态,还未到达负阻区,说明管子正常是好的。如果表针有明显偏转,说明管子已导通,表明管子无负阻特性,或者说负阻特性差、分压比  $\eta$  太低,在  $R_{b2}$  上的降压太小,使等效二极管处于正向电压而导通,管子性能不好,不能使用。分压比  $\eta$  是单结管的重要参数,其正常范围应为  $0.3 \sim 0.9$ ,据此可作进一步的测试判断:测试条件不变,如果表针向右偏转 10% 以上,说明管子已经导通,此时  $U_e > \eta E_{bb} + U_p$  ( $U_p$  为等效硅二极管的门限电压,约 0.7V),现将已知数代入不等式就可以计算出分压比  $\eta$  值,若  $\eta$  值在  $0.3 \sim 0.9$  之间则管子负

阻特性良好。计算如下：

由不等式  $U_e > \eta E_{bb} + U_D$  计算：

$$1.5V > \eta \cdot 4.5V + 0.7V$$

$$\eta < 0.18$$

显然  $\eta$  值太低不能使用；如果将 4.5V 电源降到 3V 测量时，若管子不能导通，说明管子还能用，此时的  $\eta > 0.27$ ，反之若管子能够导通，按上述方法计算可得  $\eta < 0.27$ ， $\eta$  太小管子也不能用了；如果继续降低电源电压，由 3V 降到 1.5V 时，若管子能够导通，说明管子的 PN 结处于正向 ( $U_e > U_F$ ) 运用状态，进入了负阻区，并且此时的  $\eta$  (0.27~0.53) 较大，管子性能良好可以使用。

## (二) 单结晶体管的使用

1. 由于单结晶体管具备负阻特性，其内部结构简单，热稳定性好，并且具有稳定的触发电压和极小的触发电流，被广泛用于现代电子设备中，如用于电视机中的场振荡器，作为振荡管使用，还用于可控硅的触发电路、锯齿波发生器、阶梯波发生器、单稳、双稳及延时继电器，还大量用于自动控制、脉冲和数字等电路中。另外，单结管还可用来代替损坏的双向二极管。在使用单结管时，其外加直流电源的连接方法是：电源正极接  $b_2$ 、负极接  $b_1$ 。

2. 为了正确使用单结晶体管，再将其主要参数介绍如下：

(1) 基极间电阻  $R_{bb}$ ：指发射极开路时，基极  $b_1$  与  $b_2$  间的电阻， $R_{bb}$  一般在 2~15k $\Omega$  之间，其数值随温度上升而增大，具有温度补偿作用。

(2) 分压比  $\eta$ ： $\eta = R_{b1} / (R_{b1} + R_{b2})$ ，它是由管子内部结构所决定的，其正常范围是 0.3~0.9。

(3) 峰点电压  $U_F$ ：单结晶体管刚开始出现负阻特性时，加在  $e-b_1$  间的电压。 $U_F = \eta E_{bb} + U_D$ ， $U_D$  为等效二极管的门限电压，常温下约为 0.7V。

(4) 峰点电流  $I_F$ ：对应于峰点电压  $U_F$  处的电流，即管子的导通起始电流，数值很小，在几个微安。

(5) 谷点电压  $U_V$ ：单结晶体管由负阻区开始进入饱和区时，发射极  $e$  与第一基极  $b_1$  间的电压，一般为 1~4V，小些为好。

(6) 谷点电流  $I_V$ ：对应于谷点电压  $U_V$  处的电流，一般为几个毫安，大些为好。

(7) 发射极饱和压降  $V_{ce}$ ：在最大发射极额定电流  $I_{em}$  时，发射极与第一基极  $b_1$  间的压降，一般小于 4~5V。

(8) 耗散功率  $P_{0.2M}$ ：指基极  $b_2$  最大耗散功率，目前常用的有 300mW 和 500mW 两种。

## 3. 单结晶体管的实际应用电路

为了帮助读者理解、测试和应用单结晶体管，下面简要介绍一种单结晶体管的实际电路——自激多谐振荡器。

(1) 电路介绍。自激多谐振荡器电路如图 8-4 所示， $E_{bb}$  为两基极外加电源，正极接  $b_2$ 、负极接  $b_1$ ， $R_e$  为发射极电阻， $C$  为储能电容， $R_e C$  构成振荡器的定时电

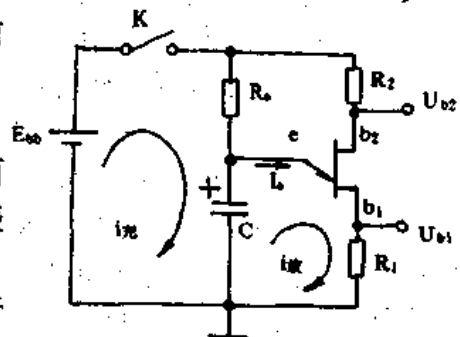


图 8-4 自激多谐振荡器电路

路,  $R_1$  是负载电阻,  $R_2$  起温度补偿作用, 保证振荡器稳定地工作。因  $R_1, R_2 \ll R_{bb}$ , 所以  $b_1, b_2$  间的电压  $U_{bb} \approx E_{bb}$ 。

(2) 简单工作原理

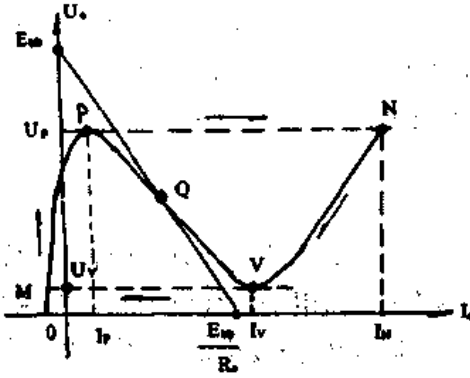


图 8-5 自激多谐振荡器工作原理

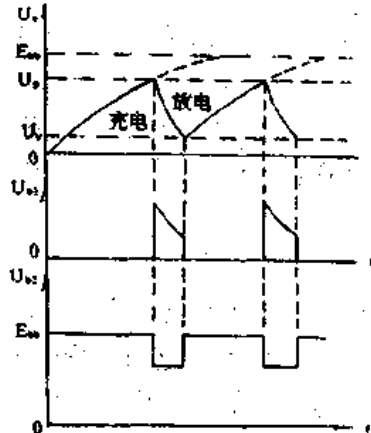


图 8-6 自激多谐振荡器各极输出波形

振荡器工作原理如图 8-5 所示。当合上开关 K 后,  $E_{bb}$  经  $R$  向  $C$  充电,  $C$  上的电压  $U_e (=U_c)$  开始上升, 其充电时间常数  $\tau = R \cdot C$ 。在  $U_e$  未充到  $\eta E_{bb} + U_D$  之前, 单结管处于截止状态。由于静态工作点  $Q$  设在负阻区, 所以工作点向  $Q$  点方向移动(如箭头所示)。当  $U_e$  上升到峰点电压  $U_p (= \eta U_{bb} + U_D)$  时, 发射结处于正向运用而导通, 这时电容  $C$  经单结管大电流放电, 由于电容器上的电压不能突变, 因此工作点上升到  $P$  点后, 一下子由  $P$  点突跳到  $N$  点, 因此电流  $I_c$  发生了跳变, 由  $I_p$  增至  $I_n$ 。此时, 电容  $C$  主要经过  $e-b_1$  间很小的输入电阻及  $R_1$  快速放电, 随着放电电流的逐渐减小, 工作点由  $N$  点沿着特性曲线向  $Q$  点移动。当  $U_e$  降到谷点电压  $U_v$  时, 由于电容器电压不能突变, 所以, 工作点一下子由  $V$  跳至  $M$  点, 发射结处于反偏而截止,  $C$  放电结束。然后  $E_{bb}$  又经  $R$  向电容  $C$  充电, 再次重复上述过程, 形成自激振荡。振荡器各极输出波形如图 8-6 所示, 由图可知, 从发射极(即电容  $C$  上)可获得锯齿波输出, 从第一基极上可得到正向尖脉冲输出, 从第二基极  $b_2$  上可得到方波脉冲输出。这种振荡器又称为弛张振荡器, 它的自激振荡周期近似为:

$$T = R \cdot C \ln \frac{1}{1-\eta}$$

二、可调单晶体管的测试和应用

(一) 可调单晶体管的结构特点

可调单晶体管又称可编程单晶体管或程控单晶体管, 通常用 PUT 表示。它的外形和内部结构如图 8-7 所示。由图 8-7(b) 可知, 这是一种四层 PNP、三端、具有负阻特性的半导体器件, 内部有多个 PN 结, 由于它与单晶体管作用相似, 所以也把它称为单结管。又因它与单晶体管有着明显的区别, 即单晶体管一旦制成后, 就无法改变各种参数(如  $R_{b1}, R_{b2}, R_{bb}, \eta, I_p, I_v$  等), 而这种单晶体管则不同, 它可以通过调节外接电阻  $R_1, R_2$  而达到调整各种参数的目的, 因此就又称它为可调单

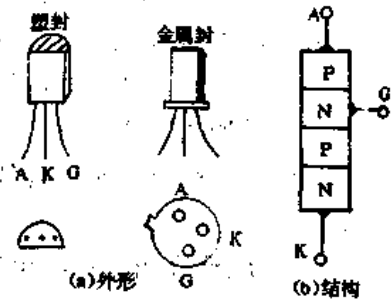


图 8-7 可调单晶体管的外形和内部结构



结晶体管。国产可调单结晶体管的型号有 BT40、XG901D 等。

可调单结晶体管有三个电极，分别是阳极 A、阴极 K 和门极 G。门极是从靠近阳极的 N 型半导体材料上引出的，在使用中请注意与可控硅(晶闸管)相区别，可控硅的控制极 G 则是从靠近阴极的 P 型半导体材料上引出的。

### (二) 可调单结晶体管的简单工作原理

可调单结晶体管的等效电路和电路符号如图 8-8 所示，由等效电路可知，可调单结晶体管可以看成是由一只 PNP 型硅管和一只 NPN 型硅管组成的复合管。当阳极电压  $U_A$  高于门极电压  $U_G$  约 0.7V 时管子便可导通，即当  $U_A \geq U_G + U_T$  ( $U_T$  为 A-G 间 PN 结的正向电压降，或叫补偿电压) 时，BG<sub>2</sub> 导通，集电极电流  $I_{c2}$  增大，又使 BG<sub>1</sub> 导通， $I_{c1}$  随之增大，又进一步使 BG<sub>2</sub> 导通，形成强烈的正反馈，使得

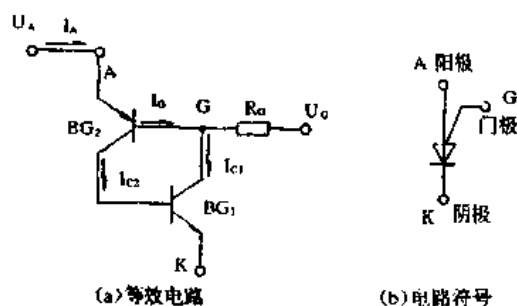


图 8-8 可调单结晶体管的等效电路和电路符号

阳极 A 与阴极 K 之间的电阻急剧下降，呈现负阻特性。电路符号中，门极 G 从“二极管”正端引出，请注意与可控硅相区别，可控硅的控制极 G 是从“二极管”的负端引出的。

### (三) 可调单结晶体管的测试

#### 1. 判断电极

由图 8-7 可知，可调单结管的三个电极特点是：A-G 间只有一个 PN 结，而 A-K 和 G-K 间却有多多个正、反向串联的 PN 结，即是说，A-G 间的正向电阻较小，而 A-K 与 G-K 间的正、反向电阻均很大。据此可以先判断出 A、G 电极。方法是：万用表置  $R \times 1k$  档，红、黑表笔任意分别接一个电极，如果测得的电阻值较低，就说明是 A、G 之间 PN 结的正向电阻，此时红表笔所接的脚是门极，黑表笔接的脚即是阳极 A。如果测得的电阻值很大时，应及时调整表笔，直到测出阻值小的两个电极。测出阳极 A 和门极 G 后，剩下的电极便是阴极 K 了。

上述测试结果可作为判断一只可调单结晶体管质量好坏的标准。

#### 2. 判断触发能力

判断出可调单结管各电极后，就可以进一步判断其触发能力。

由于可调单结管的触发灵敏度极高，往往在阳极 A 与门极 G 开路的情况下，当门极 G 上有较小的感应电压时就会使管子触发导通。如图 8-9(a) 所示，先用一根塑料导线将 A、G 连在一起，使管子始终处于截止状态，再将万用表置  $R \times 10$  档，黑表笔接阳极 A，红表笔接阴极 K，这时表针应没有偏转，即停在无穷大处；再如图 8-9(b) 所示，断开塑料导线后，用手去触摸门极 G，用人体感应电压使管子导通，如果 A、G 间的电阻值急剧下降到  $10\Omega$  左右或更低，说明管子触发能力强，可以使用；如果指针只是微微有些偏转或根本无反应，说明管子性能不好，不能使用。

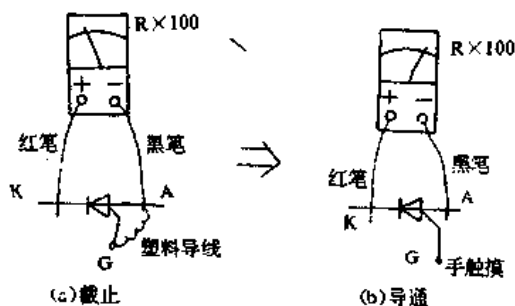


图 8-9 可调单结晶体管触发能力的测试

管子导通，如果 A、G 间的电阻值急剧下降到  $10\Omega$  左右或更低，说明管子触发能力强，可以使用；如果指针只是微微有些偏转或根本无反应，说明管子性能不好，不能使用。

### (四) 可调单结晶体管的应用

由于可调单结晶体管的参数可调,并且灵敏度高、漏电流很小,脉冲上升时间快、输出功率较大,不仅具有同单结晶体管一样的广泛应用,而且使用灵活方便,受到维修人员的喜爱,在使用可调单结管时,其外加直流电源的连接方法是:电源正极接阳极A、负极接阴极K。为了帮助理解和正确测试及使用可调单结晶体管,现简要介绍一种实际应用电路——自激弛张振荡器。

自激弛张振荡器电路及各极波形如图8-10所示。电路中 $R_A$ 与C组成振荡器的定时支路, $R_L$ 为负载电阻, $R_1$ 、 $R_2$ 为门极分压电阻,改变其大小即可实现调整管子的参数,以满足对电路的要求。简单工作原理是:当接通电源时,电源对电容C充电,由于电容上的电压 $U_C(=0)$ 不能突跳,阳极电压 $U_A(=U_C=0)$ 小于 $U_G$ ,A-G间的PN结处于反偏状态,管子截止;随着充电的进行,使 $U_A(U_C)$ 不断上升,当 $U_A > U_G + 0.7V$ 时,管子触发导通,阳极A与阴极K之间的电阻值急剧减小,此时电容C通过 $R_{AK}$ 和 $R_L$ 放电,使 $U_C(U_A)$ 逐渐下降,当 $U_A(U_C)$ 下降到比 $U_G$ 小时,管子截止,电容C放电结束,电源再次对电容C充电,管子再次导通,重复上述过程,形成自激振荡。振荡波形如图8-10(b)所示。

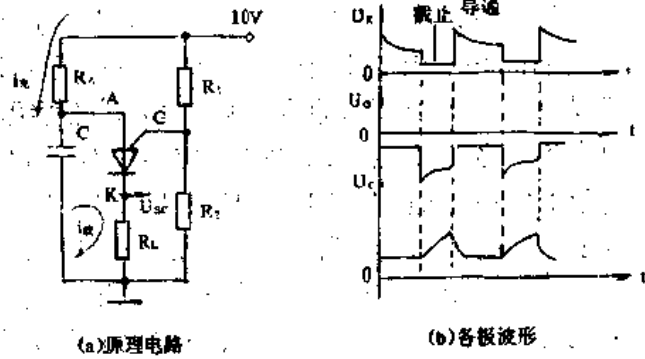
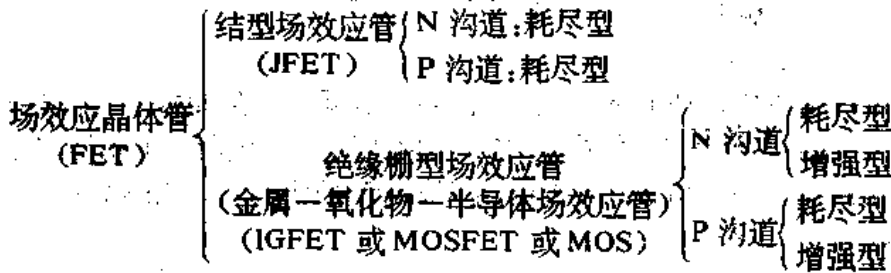


图8-10 自激弛张振荡器电路和各极波形

# 第九章 场效应晶体管的测试和应用

场效应晶体管简称为场效应管,我们知道,晶体管是电流控制型器件,而场效应管则是利用电场的效应来控制电流的,因此而命名为场效应管。晶体管工作时发射结要加正向电压,处于导通状态时的输入阻抗很低,而场效应管的栅极(相当于晶体三极管基极)几乎没有电流,输入阻抗相当高,可达  $10^8 \sim 10^{12} \Omega$  以上,这就便于与高阻话筒、电子管相配接和级间耦合。场效应管还具有噪声小、消耗功率低、无二次击穿、动态工作范围宽等特点,其性能明显优于晶体三极管。

场效应管分为两大类,它们是结型场效应管和绝缘栅型场效应管。结型场效应管的结构特点是具有两个PN结,而绝缘栅型场效应管的结构特点是栅极与其它电极(漏、源极)是绝缘的。场效应管按导电沟道内半导体材料的不同,可分为N沟道和P沟道两种,按导电方式不同又可分为耗尽型和增强型。一般结型场效应管都是耗尽型的,绝缘栅场效应管既有耗尽型又有增强型。因此场效应管便有六种类型:



下面介绍测试场效应管的方法。

## 一、结型场效应晶体管的测试

以N沟道结型场效应管为例,它的外形和内部结构示意图如图9-1所示。结型场效应管的外形有金属封装型、塑封型和环氧型三种。如图9-1(b)所示,由内部结构可知,结型场效应管是在一块N型硅半导体材料上制成两个PN结,将两个P<sup>+</sup>型区连在一起作为一个电极,叫做栅极G,再从N型硅上下两端引出两个电极,分别是漏极D和源极S,它们分别相当于电子管的栅极、阳(屏)极和阴极,或者说相当于晶体三极管的基极、集电极和发射极。N型半导体中的多数载流子—电子是从源极出发流到漏极的。载流子流经的路径叫做导电沟

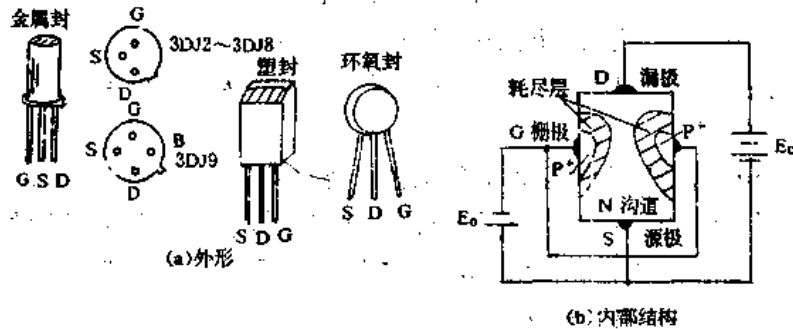


图9-1 结型场效应管的外形和内部结构示意图

道，N 型半导体中电子流经的路径叫做 N 沟道(图 9-1(b)即是)，P 型半导体中空穴流经的路径叫做 P 沟道。

结型场效应管的电路符号如图 9-2 所示，竖直线表示沟道，栅极上的箭头表示由 P 型半导体指向 N 型半导体，漏、源极用直角线引出，表示二者可以互换使用，效果一样。

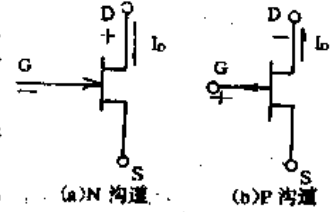


图 9-2 结型场效应管的电路符号

结型场效应管用作放大器时的供电原则是：对于 N 沟道管来说，漏源极间加正向电压  $V_{DS}$ ，即漏极接电源正端、源极接负端，栅源极间加反向电压  $V_{GS}$ ，即栅极接电源负端、源极接正端。这样栅极电压相对于漏、源极均为负的，即 PN 结处于反向运用状态，如图 9-2 所示。因此栅极几乎没有电流，输入阻抗很高，可达  $10^9\Omega$  以上，对于 P 沟道管两种电源的极性刚好相反。

它的基本工作原理是：通过改变栅源极负电压  $V_{GS}$  大小来改变 PN 结耗尽层的宽度，如增大负偏压  $V_{GS}$ ，耗尽层将变宽，使导电沟道变窄，沟道电阻增大，从而使漏极电流  $I_D$  减小，如果继续增大负偏压，两个 PN 结会延伸靠拢，阻断导电沟道，使  $I_D$  减小到零，管子截止，这种情况称为“夹断”。反之，如果减小负偏压  $V_{GS}$ ，漏极电流  $I_D$  将增大，即是说栅源极电压  $V_{GS}$  的大小能控制漏极电流  $I_D$ ，如果在输入端(G-S 极)加上交变信号，那么在输出端(D-S 极)将会得到被放大的信号输出。

### 1. 判断结型场效应管的电极

分析：测试电路示意图如图 9-3 所示，由管子结构可知，栅极 G 到漏极 D 与源极 S 之间为两个 PN 结，而漏、源极之间是对称结构，呈纯电阻性，即正反向电阻基本相等，根据这一特点用万用表便可很容易判断各电极。方法是：在不知管型的情况下，首先确定漏、源极，再确定栅极。

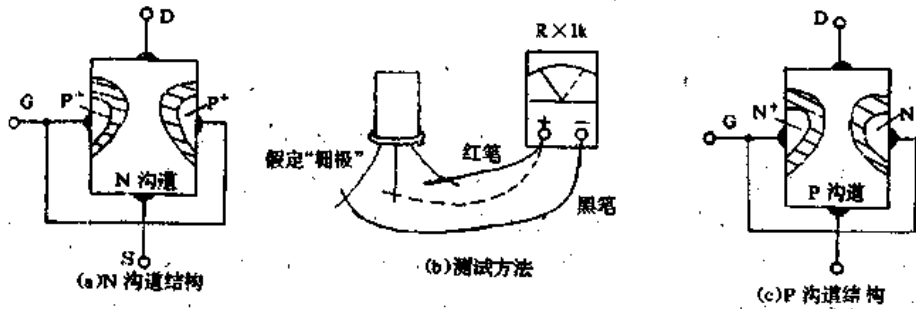


图 9-3 判断结型场效应管电极示意图

万用电表置  $R \times 1k$  档，然后反复测试管子的三个电极，只要其中两脚的正、反向测试电阻值相等，约为几千欧姆时，这两个极必定是漏、源极。当然为了验证还得确定剩下那只是栅极，该脚对漏、源极中任一脚的正、反向电阻应是不一样大的(PN 结)，若一样，说明该管是坏的。

当用黑表笔与栅极相接，再用红表笔分别去触碰另外两个极，若两次测出的电阻均较小(几至几千欧)，说明测的是 PN 结的正向电阻，被测管属于 N 沟道场效应管。若两次测出的电阻均很大，说明测的是 PN 结的反向电阻，被测管属于 P 沟道场效应管。

源极与漏极可以互换使用，故无必要再区分了。

## 2. 判断结型场效应管的放大能力

如图 9-4 所示,以测量 N 沟道场效应管为例,万用表置  $R \times 1k$  档,黑表笔接漏极 D,红表笔接源极 S,给场效应管加上 1.5V 的正向电源电压,此时表针指示出的是漏源极间的电阻值。然后用手捏住栅极 G,将人体的 50Hz 感应电压作输入信号加到栅极上,控制 PN 结耗尽层和沟道的宽度,由于管子的放大作用,其  $V_{DS}$  和  $I_D$  均会发生变化,也即漏、源极间的电阻发生变化,在表头上可

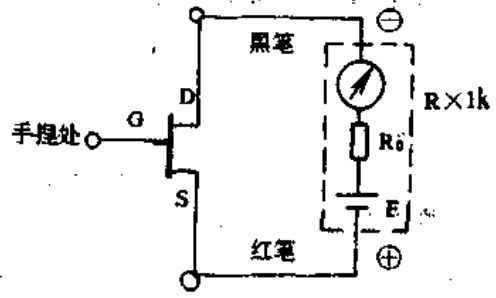


图 9-4 判断结型场效应管的放大能力

观察到指针有较大幅度的摆动,由此说明该管的放大能力较强,如果指针摆动的幅度较小,则表明管子的放大能力弱,如果根本不摆动,表明管子已无放大能力,不能使用。

在测试中请注意,因人体感应的 50Hz 交流电压较大(几十伏),并且不同的场效应管在使用欧姆档测量时的工作点可能不一样(工作于饱和区或非饱和区),所以用手捏栅极测量时,指针可能向右偏转( $R_{DS}$ 减小),也可能向左偏转( $R_{DS}$ 增大),均属正常现象。经验表明,多数管子的  $R_{DS}$  是增大的,即指针一般向左偏转,少数管子的  $R_{DS}$  减小,指针向右偏转,另外,指针偏转后还可能有微微摆动,这与手握栅极的松紧程度和感应电压大小变化有关,也属正常现象。总之,无论指针摆动方向如何,只要有较大的摆动,就证明管子具有放大能力,且摆动幅度越大,放大能力越强。

测试时还应注意:由于每测试一次,其栅、源 PN 结上都会充上少量电荷,建立起电压  $V_{GS}$ ,此时如果再行测试时表针有可能不摆动,对此应将 G-S 极间短路一下,一则便于再次测试;二则有利于管子的安全存放。

测试结型场效应管的放大能力,还可以参照测试晶体三极管放大能力的有关方法进行,在此不再叙述。

## 3. 测试结型场效应管的好坏

万用表置于  $R \times 1k$  档,先测试 PN 结的正反向电阻,对于 N 沟道管来说,用黑表笔接栅极,用红表笔分别去接漏极和源极,如果测试出的两个正向电阻值都较小(约为几千欧),再交换表笔测出的两个反向电阻值都很大,就说明 PN 结是好的,可以使用;如果发现正反向电阻很小(接近于零)、很大或大小接近时,说明管子已坏,不能再用。测量 P 沟道时交换表笔按上述方法判别即可。然后测试管子的漏、源极间电阻  $R_{DS}$ ;万用表档位不变,如果测得漏、源极间电阻都一样大,约为几千欧,说明导电沟道是良好的;如果测得电阻  $R_{DS}$  很大,说明导电沟道内部开路;如果  $R_{DS}$  很小接近于零,说明内部击穿短路,均不能用。

## 4. 测试结型场效应管的主要参数

结型场效应管的伏安特性曲线如图 9-5 所示,图中虚线左侧为不饱和区,右侧为饱和区。结型场效应管在作为放大器作用时,通常都工作于饱和区。在饱和区范围内,当电压  $V_{DS}$  变化时,电流  $I_D$  的变化不明显,即是说漏极电流  $I_D$  基本上与漏极电压  $V_{DS}$  无关, $I_D$  只随栅极电压  $V_{GS}$  的变化而变

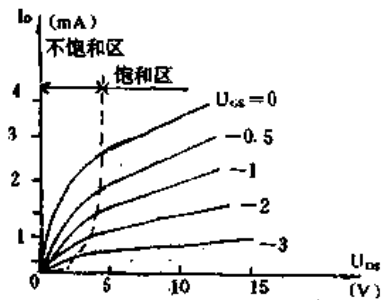


图 9-5 结型场效应管的伏安特性曲线

化。在零偏压时,跨导  $g_m$  (类似于放大倍数) 有最大值  $g_{m0}$ , 我们称  $g_{m0}$  为零偏压跨导, 它与通导电阻  $R_{on}$  成反比关系, 即:

$$g_{m0} = \frac{1}{R_{on}}$$

通导电阻是指在  $V_{GS}=0$ 、 $V_{DS}$  又较小时的沟道电阻。

(1) 测量通导电阻  $R_{on}$  和零偏压跨导  $g_{m0}$

测量通导电阻  $R_{on}$  的电路如图 9-6 所示, 将栅极 G 与源极 S 短路, 使  $V_{GS}=0$ , 管子处于零偏压状态。万用表置  $R \times 100$  档, 黑表笔接漏极 D, 红表笔接源极 S (对于 P 沟道管表笔反接), 这时测出的电阻值即为通导电阻  $R_{on}$ ,  $R_{on}$  约为几百欧到几千欧。然后将测出的  $R_{on}$  值代入公式  $g_{m0} = 1/R_{on}$  即可求出零偏压跨导。例如, 测试一只 N 沟道结型场效应管 3DJ2, 万用表仍置  $R \times 100$  档测得  $R_{on} = 600\Omega$ , 代入上式:

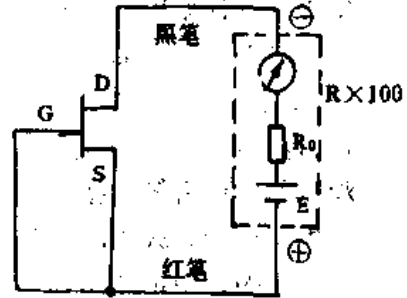


图 9-6 测量结型场效应管的通导电阻

$$g_{m0} = \frac{1}{R_{on}} = \frac{1}{600} \approx 1667 \mu S$$

(2) 测量夹断电压  $V_P$

所谓夹断电压, 即是指当漏极电流  $I_D \rightarrow 0$  (如  $I_D = 1 \mu A$ ) 时, 加在栅源极间的电压  $V_{GS}$ , 此时  $V_{GS} = V_P$  (图 9-5 特性曲线中  $V_P = -2.5V$ )。

夹断电压的测试电路如图 9-7 所示, 用双表法 (表型不相同也可以) 测量, 两表均置于  $R \times 10k$  档, 万用表 1 的黑表笔接管子 (N 沟道) 的源极 S, 红表笔经过电位器 W 滑动触头接管子的栅极 G, 这样利用万用表内电池 (9V) 给栅-源极加上反偏电压  $V_{GS}$ 。表 2 的黑表笔接管子的漏极 D, 红表笔接管子的源极 S, 这样利用万用表内电池 (9V) 给管子加上正向工作电压。电位器 W 起着分压作用, 通过调整其滑动触头便可改变电压  $V_{GS}$ , 以实现漏极电流  $I_D$  的控制。这里电位器取  $100k\Omega$ , 正好等于 500 型万用表  $R \times 10k$  档的欧姆中心值, 因此电位器两端的电压  $V_W = E_1/2 = 4.5V$ 。测量方法是: 调整电位器 W, 同时观察表 2 指针的偏转情况, 当指针向左偏转到 1 格 (约  $1.8 \mu A$ ) 左右时停止调整 W, 这时取下电位器, 分别测出  $R_1$ 、 $R_2$  的大小, 然后根据下面公式就可以计算出夹断电压  $V_P (=V_{GS})$  的值:

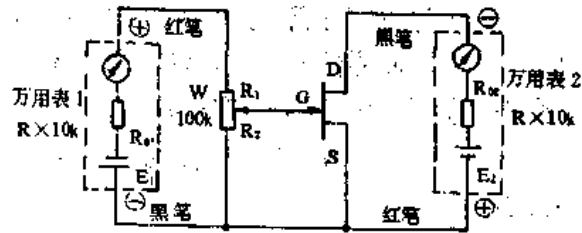


图 9-7 测量结型场效应管的夹断电压  $U_P$

实际测试中只需测出  $R_2$  的值并代入上式就可以求出夹断电压了。对于测试 P 沟道管应将两只万用表的表笔交换。另外, 如果手头只有一只万用表时, 可以用内阻很低的直流电源代替第一只万用表进行测量, 此时电位器应尽量取得大一点, 使其两端的电压降近似等于外加直流电源电压。

$$V_P = -\frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{E_1}{2} = -\frac{R_2}{100k} \cdot \frac{9V}{2} = -4.5 \times 10^{-5} R_2 (V)$$

另外, 结型场效应管又分为单栅和双栅两种。单栅是把管内的两个  $P^+$  型扩散区 (N 沟

道)连在一起作为一个栅极使用,前面讲的即是,而双栅则是从管内的两个P<sup>+</sup>型扩散区分别引出电极,作为第一栅极G<sub>1</sub>和第二栅极G<sub>2</sub>单独使用,这样便形成了四极型场效应管,它的电路符号如图9-8(a)所示。使用时比较灵活,让信号从G<sub>1</sub>或G<sub>2</sub>输入都行。另外,结型场效应管还分为单管和对管,前面讲的即是单管。所谓对管是把两只性能完全相同的管子(单管)制作在同一个硅片上,电路符号如图9-8(b)所示,两管独立对称,适合在差分电路中使用。这两种管子的测试方法同单栅单结管类似。

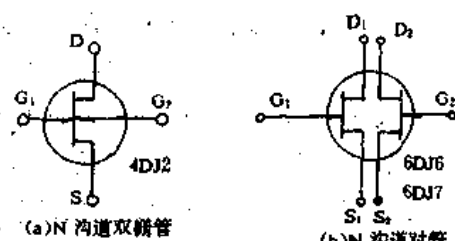


图9-8 结型N沟道双栅管和对管的电路符号

## 二、绝缘栅场效应晶体管的测试

绝缘栅场效应管的种类较多,有PMOS、NMOS和VMOS功率管等,但目前应用最多的是MOS管。MOS绝缘栅场效应管也即金属-氧化物-半导体场效应管,通常用MOS表示,简称作MOS管。它具有比结型场效应管更高的输入阻抗(可达 $10^{12}\Omega$ 以上),并且制造工艺比较简单,使用灵活方便,非常有利于高度集成化。绝缘栅场效应管也分为N沟道管和P沟道管,每种沟道的管子其导电方式又分为耗尽型和增强型两种。下面以N沟道增强型场效应管为重点介绍MOS管的结构原理和测试方法,并简要介绍VMOS功率管的测试方法。

如图9-9所示,N沟道MOS管是以P型硅为衬底,在其表面制成两个高掺杂浓度的扩散区N<sup>+</sup>,并从N<sup>+</sup>型区上分别引出两根线,一是漏极D,一是源极S。通常在管子内部已将源极与P型衬底连在一起。在两个扩散区之间硅片表面有一层很薄的二氧化硅绝缘膜,其上的金属板作为管子的栅极引出,可见,栅极是与漏、源极相绝缘的,故而得名绝缘栅场效应管。由结构可知,两个扩散区中间隔着P型区,如果只是给漏

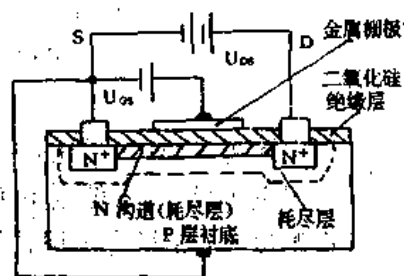


图9-9 N沟道增强型MOS场效应管的内部结构

源极加上正向工作电压而栅极电压 $V_{GS}=0$ 时,便不会有漏极电流 $I_D$ (只有很小的PN结反向电流)流通,管子处于截止状态。如果在栅极加上正向电压时,就会在栅极下表面产生一个电场,这个电场把P型硅内的电子吸引到表面上来,在两个扩散区N<sup>+</sup>之间感应出带负电的电子载流子,即在P型硅表面形成了可导电的反型层,这个反型层成为导电沟道,称为N沟道,它把漏极和源极连接起来。这时在漏极加上电压 $V_{DS}$ ,并使 $V_{GS}$ 大于管子的开启电压 $V_T$ (约+2V左右)时,就会有电流流过N沟道,管子便处于导通状态。

当 $V_{GS}$ 继续增大时,沟道(反型层)中的电子数目也增多,沟道的电阻随之减小,管子的导通程度增强,即 $I_D$ 增加。相反,若使 $V_{GS}$ 减小时, $I_D$ 也减小。如图9-10所示为漏源极电压 $V_{DS}$ 一定时 $I_D$ 随 $V_{GS}$ 变化的转移特性关系曲线。由图9-10(a)可知,这种管子当 $V_{GS} < V_T$ 时,管子栅极下面导电沟道消失,

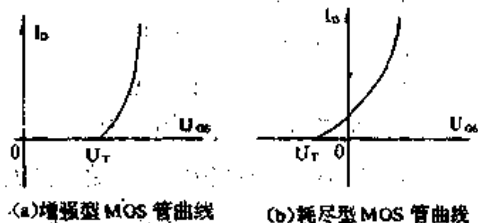


图9-10 N沟道增强型和耗尽型MOS管转移特性曲线

管子截止,  $I_D=0$ ; 当  $V_{GS}>V_T$  时, 管子栅极下面便形成导电沟道, 管子导通, 并且  $I_D$  随  $V_{GS}$  的增大而增大, 我们把这种管子叫做增强型 MOS 场效应管。

顺便提一下, 什么叫耗尽型 MOS 场效应管呢? 上面谈到的二氧化硅绝缘层是纯净的, 而耗尽型 MOS 管所用的二氧化硅里面, 人为地使其掺有一些带正电荷的杂质, 即使栅极上未加正电压时, 这些正电荷所形成的电场同样会把 P 型硅中的电子吸引到表面上来, 形成导电沟道, 一旦在漏源极上加电压  $V_{DS}$ , 管子就会导通。同图 9-10(b) 可知, 甚至在这种管子栅极上加上一定的负电压  $V_{GS}$  时, 管子也能导通, 我们称这种管子叫做耗尽型 MOS 场效应管。对于结型场效应管来说, 只有耗尽型一种。

绝缘栅场效应管四种类型的电路符号以及作为放大器用时所加电源电压极性如图 9-11 所示, 图中箭头表示导通时电流的方向, 与栅极相连的竖直线表示金属板, 长的竖直线表示沟道, 增强型的沟道线画成三段, 表示漏、源极之间在零偏压下是没有导电沟道的, 沟道右边的中线表示衬底, 通常在内部是与源极相连的, 金属栅极与沟道没有直接相连, 表示它们是绝缘的。

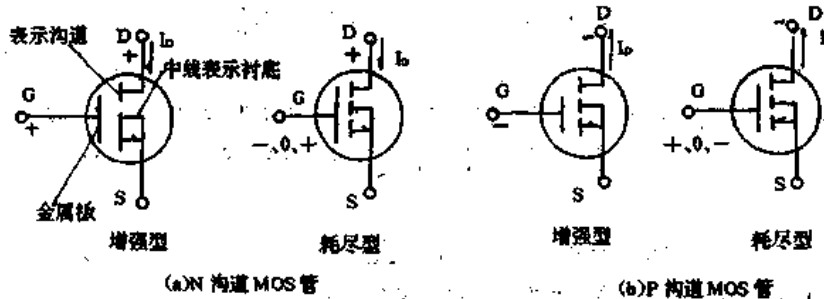


图 9-11 绝缘栅(MOS)场效应管的电路符号及供电标示

由上述可见, MOS 管的四种类型各具特点不同, 应用灵活。例如用耗尽型管子时, 其栅极电压可正可负, 在零偏压下也能导通, 并且线性动态范围宽, 不致出现阻塞现象。

在测试 MOS 管之前请特别要注意, 因为 MOS 场效应管最容易发生烧毁(自焚), 比如购买时是好的, 但用时你会发现管子烧坏了, 真是莫名其妙。其实道理很简单, 一是它的绝缘电阻(即输入电阻)相当的高, 可达  $10^{12}\Omega$  以上; 其二是栅极与衬底间形成的电容器(二氧化硅作介质), 其容量又非常地小, 如果栅极感应而携带少量正电荷时, 就很难泄放掉, 这少量的电荷储存在非常小的电容器上, 将在栅极上产生很高的电压  $V_{GS}(=V_c=\frac{Q}{C})$ , 便会击穿二氧化硅层, 即烧坏管子。一般只要栅极电压大于 50V 时, 管子就有被烧坏的危险。MOS 管是非常“娇气”的。有鉴于此, 通常 MOS 管生产出来后都要把各脚绞合在一起, 或存放在金属箔里, 使  $V_{GS}=0$ , 避免积累电荷。在测试时更要倍加小心, 防止栅极上产生很高的感应电压。建议测试时, 先用一根裸导线一端缠在手腕上, 另一端与大地相连, 这样便将人体对地短路, 然后取出 MOS 管, 将管脚分开或拆掉短路线, 如果未将人体短路到地, 最好不要用手去接触管脚, 取管子时只准拿管子外壳。

### 1. 判断 MOS 管的电极

由于 MOS 管的栅极与漏、源极间是绝缘的, 根据这一特点就可首先找出栅极来。万用表置  $R \times 100$  档, 假定某脚为“栅极”, 用黑表笔与它相连, 再用红表笔分别去碰另外两脚, 若两次测得的阻值均为无穷大, 且交换表笔测量也一样时, 就说明假定“栅极”为真正的栅极



G。

需说明的是:上述测量方法和结果若是对耗尽型 MOS 管肯定是正确的,但若是测量增强型 MOS 管就不一定准确了。我们知道,增强型 MOS 管在静态时,不仅栅极与漏、源极间是绝缘的,而且因无导电沟道(耗尽型本身则有)其漏、源极之间的电阻也是相当大的,按上述测量就会误把漏极或源极判为栅极了。因此,无论测试耗尽型还是增强型,均应作进一步的检验。检验方法是:找到栅极后,再将两表笔分别接到漏、源极,让栅极悬空,如果指针有轻微摆动就证明测试结果是正确的,如果没有摆动,必须重新假定“栅极”进行测量。

最后判断漏极 D 和源极 S,对于耗尽型 MOS 管,找到栅极 G 后,用红、黑表笔测漏极和源极间电阻,其阻值在几百欧到几千欧范围内,并且正、反向电阻略有差别,以阻值略小的那次为准,黑表笔接的是漏极 D,红表笔接的便是源极 S。另外,有些 MOS 管的源极 S 与外壳是连在一起的,如日本产 3SK 系列管,更容易判别出 S 极。对于增强型 MOS 管来说,应给栅极加上合适感应信号,才能测试判别出漏、源极和漏源极间电阻值。

测试结束后,还应将管脚绞合在一起,或放在金属箔中,及时泄放掉栅极上的电荷。

## 2. 判断 MOS 管的好坏

判断方法之一:万用表置  $R \times 100$  档,测试各电极之间的电阻。对于耗尽型 MOS 管,若测得 G-D、G-S 间正反向电阻为无穷大,说明绝缘良好,管子正常可用,如果阻值较小,说明氧化膜已击穿损坏,管子不能用;测 D-S 间电阻在几百欧至几千欧为正常,如果阻值很大或很小,说明漏、源极间开路或击穿短路,管子已坏。对于增强型 MOS 管,在确定栅极无感应电压的情况下,测 G-D、G-S、D-S 间的正反向电阻均是无穷大为正常,如果阻值较小为管子坏,让栅极悬空,表笔接 D、S 极,若指针有摆动为正常。

判断方法之二:以 N 沟道 MOS 管(耗尽型和增强型)为例。如图 9-12(a)连接好线路,然后万用表置  $R \times 100$  档,黑表笔接 D、红表笔接 S,给管子漏极加上正向工作电压。如图 9-12(b)所示,观察表头指示,对于耗尽型 MOS 管, $R_{DS}$  应在几百欧至几千欧之间,对于增强型 MOS 管应为无穷大,就证明管子是好的。然后用短路线跨接在  $R_1$  上端与漏极之间,如图 9-12(c)所示,这时无无论耗尽型还是增强型 MOS 管,正常时电阻值都应该发生变化(减小)。若再反复多次地接上和取下短路线,应看到指针向左或向右偏转,如果偏转的幅度越大,表明栅极的控制能力越强,管子的性能优良,可以使用。对于 P 沟道 MOS 管交换表笔测试判断。

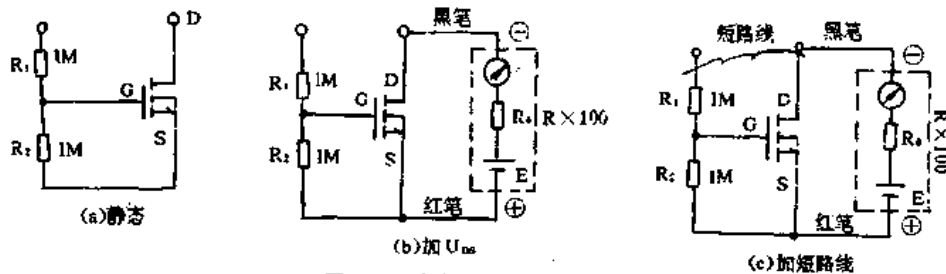


图 9-12 判断 N 沟道 MOS 管好坏

## 3. 判断 MOS 管的放大能力(跨导)

判断方法之一:如图 9-13 所示,以 N 沟道 MOS 管为例,万用表置  $R \times 100$  档,黑表笔接 D 极,红表笔接 S 极,让 G 极悬空,然后用手指去摸一下 G 极,无论是耗尽型管还是增强

型管,如果指针有较大的偏转,说明管子有放大作用;如果用手捏住G极,表针偏转幅度越大,说明管子的放大能力越强。反之,如果指针摆动较小或不摆动,说明MOS管的放大能力弱或已损坏。

测试理由:如图9-14所示,当用于指摸或捏栅极时,手(未接地)上的正电荷把栅极上的电子吸引到栅极引线的端头,在栅极的金属板上留下了正电荷,经过静电感应便在P型衬底表面上产生了负电荷而形成很高的电压,即形成了N导电沟道,使D-S极电阻减小,所以万用表指针发生了偏转。

判断方法之二:上述方法虽然测试灵敏度高,便于观察,但因手直接与栅极相碰,对管子有一定的击穿危险性。测试电路还是图9-14,现改用手拿改刀(起子)的绝缘部分,让改刀头去接触栅极G进行测量。指针的偏转幅度要小一些,但同样可以起到判断放大能力的作用。

判断方法之三:这是一种更为安全慎重的方法。测试电路仍如图9-14不变,用塑料棒或者钢笔套的塑料部分,在化纤(或丝绸、绵布)衣裤和头皮上摩擦后,由远到近地向MOS管栅极G移动,正常的管子,万用表指针会发生偏转,而且距离越近,指针偏转幅度越大,说明管子的放大能力较强,判断原理同上。但千万不能让塑料与栅极直接相碰,否则容易烧坏管子。根据距离和指示阻值的大小,可以大概判断出管子放大倍数(跨导)的大小,并可作为配对挑选管子的参考。如果塑料件靠栅极很近甚或已经接触上时,表头指针仍无反应,说明管子已经坏了,不能使用。使用此法请注意两点:一是塑料件必须由远到近测量;二是注意观察表头指示,不可使指针打弯。

值得指出的是,实际上以上的测量是不一定可靠的,只能作为大概参考,因为MOS管的栅极上很容易感应上杂散磁场,使MOS管被触发(增强型)导通或导通程度加强(耗尽型)。

#### 4. 双栅MOS场效应管的测试

绝缘栅场效应管只有一个栅极G时称为“单栅MOS管”,前面测试的MOS管均是单栅管,有两个栅极G时称为“双栅MOS管”。单栅MOS管的型号如3D01~3D04(都为N沟道),双栅管的型号如4DJ2、4D01等。它们的管脚图如图9-15所示。一般常用的双栅管都是耗尽型的,即未加栅偏压时管子就有原始沟道。

双栅MOS管的性能比单栅管更好,它是一种新型的高频低噪声放大管,输入阻抗更高,比结型场效应管要高几个数量级,反馈电容更小,可在甚高频和超高频稳定可靠地工作,

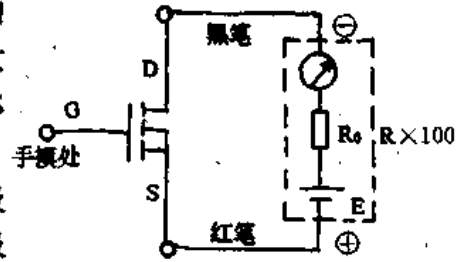


图9-13 判断N沟道MOS管的放大能力

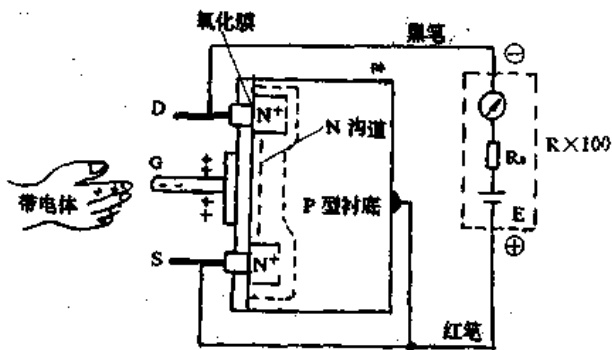


图9-14 N沟道MOS管栅极产生感应电荷示意图

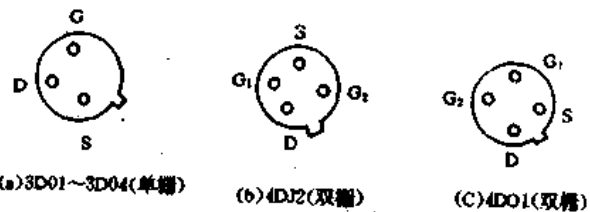


图9-15 MOS场效应管(单、双栅)和管脚图

目前在电视机高频调谐器(高频头)中被大量采用。双栅MOS管的外形、内部结构和电路符号如图9-16所示。作为放大器使用时,直流供电与单栅管相同(见图9-16(c)标示),第一栅极 $G_1$ 一般加高频信号,也称信号栅,第二栅极 $G_2$ 加AGC控制电压,也称控制栅,它的两个栅极都能控制漏极电流 $I_D$ 。双栅管具有良好的AGC特性,线性动态范围宽,抗交叉调制性能强。对双栅管(耗尽型)的测试方法如下:

(1)判断电极。万用表置 $R \times 100$ 档,红、黑表笔任意与两脚相接,如果测出的阻值较小(在几百欧到几千欧),说明两表笔接的是漏源两电极,其中以阻值略小的那次为准,黑表笔接的是D,则红表笔接的是S。然后仍用黑表笔接D,红表笔接S,用手指去摸两个栅极,其中指针向左侧偏转角度较大(阻值)的那次,手摸的栅极即为 $G_2$ 极,剩下的一脚就是 $G_1$ 极。

(2)判断好坏。万用表仍置 $R \times 100$ 档,测得D-S极间电阻在几百欧至几千欧范围,说明沟道良好,若是很大或很小,说明沟道开路或击穿损坏;万用表拨到 $R \times 10k$ ,如图9-16(b)结构可知,分别测量 $G_1-G_2, G_1, G_2-D, G_1, G_2-S$ 极间的电阻均为无穷大属正常,反之管子损坏。

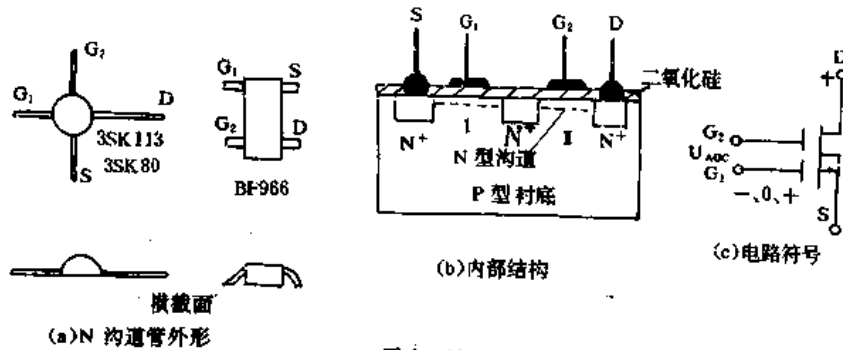


图9-16

(3)判断放大能力(跨导)。判断双栅MOS管的放大能力,除了可以采用判断单栅MOS管放大能力的方法外,还可用如图9-17所示电路测试判断(此法较为安全)。先用一段塑料花线(电灯线)线芯把 $G_1, G_2$ 连在一起,然后万用表置 $R \times 100$ 档,黑表笔接D、红表笔接S,再用手指摸或捏塑料花线外部,将人体感应电压加在 $G_1, G_2$ 极上,观察指针偏转的幅度大小,如偏转越大,管子的放大能力就越强。反之越弱,如无反应,说明管子损坏不能用。此法还可以用来判断标志不清的MOS管电极。

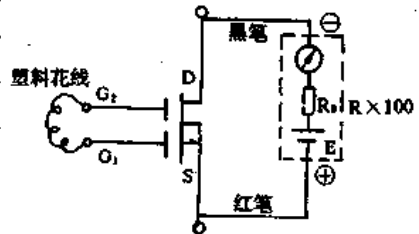


图9-17 判断双栅MOS管的放大能力

由于肖特基势垒双栅MOS管,不能用万用表测试,它的结构相当于两个二极管串联,测试时的静电感应很可能将管子击穿损坏,对此只能通过开路测量或代换法加以判断。

### 5. VMOS 功率场效应管的测试

VMOS管的外形和内部结构示意图如图9-18所示,图9-18(b)为P沟道VMOS管,栅极做成V形槽状,使得栅极表面和氧化膜表面的面积较大,有利于大电流控制,栅极仍然与漏、源极是绝缘的,因此VMOS管也是绝缘栅场效应管。漏极D从芯片上引出。与MOS管比较,一是源极与漏极的面积大;二是垂直导电(MOS管是沿表面水平导电),二者决定了

VMOS管的漏极电流 $I_D$ 比MOS管大。电流 $I_D$ 的流向为：从重掺杂 $N^+$ 型区源极出发，通过P沟道进入轻掺杂 $N^-$ 漂移区，然后到达漏极。这种管子的耐压高、功率大，被广泛用于放大器、开关电源和逆变器中，使用时要注意加装散热器，以免烧坏管子。对VMOS管的测试方法如下：

(1)判断电极。万用表置 $R \times 1k$ 档，分别测试三个电极间的阻值，如果其中一脚与另两脚间的电阻为无穷大，且交换表笔测试仍一样，说明这一脚为栅极G。由图9-18(b)可以看出，源、漏极之间相当于一个PN结，测其正、反向电阻，以阻值较小(约几千欧)的那次为准，黑表笔接的是源极(P型)S，红表笔接的就是漏极(N型)D。对N沟道VMOS管判断相反。一般VMOS管的漏极D与外壳(或散热片)是连在一起的，这就是更容易区分漏、源两电极了。

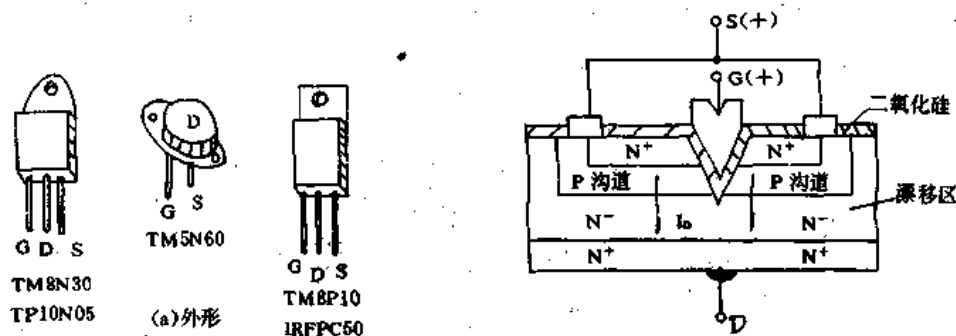


图9-18 VMOS功率场效应管的外形和内部结构示意图 (b)内部结构示意图

(2)判断好坏。①万用表置 $R \times 1k$ 档，先短路一下栅—源极，泄放掉栅极上感应的电荷，然后用黑表笔接S，红表笔接D，如测出的阻值在几千欧，再短接一下G、S后交换表笔测得阻值在 $\infty$ ，说明管子漏、源极间PN结是好的。②用花线将G、S短路起来，万用表置 $R \times 1$ 档，黑表笔接S，红表笔接D，如测得的阻值在几欧姆，说明管子是好的，并且阻值越小，还说明管子的放大能力越强。其判断理由是：将G、S极短路并用黑表笔接源极S时，就相当于给栅极加上了正偏压，这个正电压产生的电场会把源极 $N^+$ 型和P沟道区内的电子吸附到氧化膜的表面，从而分离出大量的空穴参与导电，使电流剧增，电阻减小。③万用表置 $R \times 10$ 档，分别测量G—S、G—D极间的正反向电阻，如果都为 $\infty$ ，说明管子是好的，否则说明栅极与漏、源极间有漏电或者击穿损坏。对于N沟道管交换表笔测试即可。

VMOS管的放大能力(跨导)的测量可参考MOS管进行。

### 三、场效应管(结型、绝缘栅型)的应用

#### 1. 应用场效应管时的注意事项

(1)场效应管的种类较多，使用前必须弄清管子的型号和导电极性，如无同型号管子代换时，应通过查手册或测试选择性能参数相近的管子代用，切不可盲目地接入电路。

(2)焊接管子时电烙铁外壳应良好接地，或者利用电烙铁条热焊接，焊上电路板时应先焊漏、源极，后焊栅极，焊下(拆下)电路板时应先焊漏、源极，最后焊栅极。建议无论是焊上还是焊下，先用较细软的裸导线把管子的三个电极缠绕短接后再焊，较为安全。

(3)测试绝缘栅场效应管(MOS、VMOS)时，仪器、仪表外壳和线路板都必须良好接地，取管子时不得拿管脚，应拿管壳，存放管子时，应将各电极短接起来，保证栅、源极之间为同电位，现在有的MOS管在其内部已有保护措施，如有的管(如3DO1D-B)在型号后面加有

字母B的即是。加保护电路的方法是：在栅、源极间反向串联(背靠背)两只稳压二极管，见图9-19。稳压管的稳压值约为30V，假如栅极上感应产生30V以上电压时，稳压管就会击穿导通，使栅极上聚积的电荷泄放掉。而我们知道，MOS管栅极上的耐压(即二氧化硅的击穿电压)在50V以上，因此有了保护二极管后，可以保证管子不会被击穿。这样在存放或焊接管子时就不用将电极短路了。不过，凡加有保护稳压管的MOS管，其输入阻抗会有所下降，甚至降低到结型管的数量级。

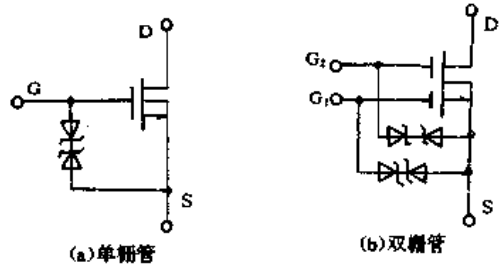


图9-19 具有保护电路的MOS管

(4)由于MOS管的输入阻抗很高，电极间或电路板上的灰尘、油污或受潮后都会使输入阻抗降低，影响管子性能，对此在维修中应特别注意清洁。

### 2. 场效应管的实际电路举例

同晶体管电路一样，场效应管有三种基本电路：共源、共漏和共栅放大器电路，它也有自己的偏置电路：固定偏置、自给偏置和混合稳定(分压式)偏置。

如图9-20为N沟道结型场效应管放大器的实际电路，它是扩音机中的输入(前置)级。其元件作用同普通晶体三极管放大电路相似，它的输入阻抗 $Z_{in}$ 较高，计算时不考虑管子的栅源电阻 $R_{GS}$ ， $Z_{in} \approx R_1 // R_2 = 750k\Omega$ ，这有利于与高输出阻抗的话筒匹配连接。

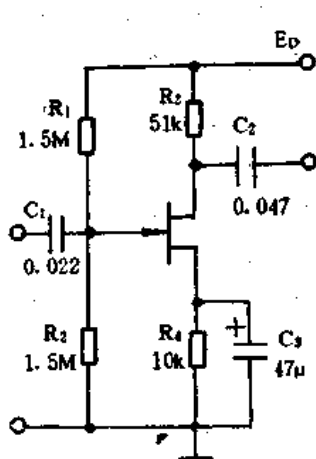


图9-20 扩音机输入放大电路

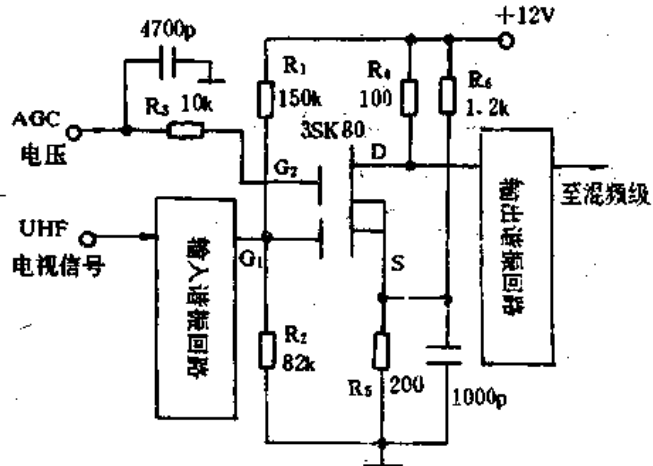


图9-21 彩电电子调谐器高放电路(UHF部分)

如图9-21为彩色电视机电子调谐器高放电路(UHF部分)的简化电路，高频管采用N沟道耗尽型双栅场效应管， $R_1$ 、 $R_2$ 是第一栅极 $G_1$ 的分压式偏置电阻， $R_5$ 、 $R_6$ 为源极的偏置电阻， $R_4$ 为漏极(或称放大器)的负载电阻。UHF电视信号经过输入谐振回路(高通)后加到第一栅极(信号栅) $G_1$ 上，再经放大后从漏极谐振回路输出，AGC电压(0~7V)经 $R_3$ 加到第二栅极(控制栅) $G_2$ 上，实现对放大器增益的控制，AGC范围在15dB以上。该放大器的功率增益较高(约20dB左右)，工作频率高(可达900MHz)，带宽约为12MHz。该电路还可作为共用天线系统和UHF的天线放大器，也可作为简卫714接收机的高频放大器使用。

# 第十章 可控硅的测试和使用

## 一、单向可控硅的测试和使用

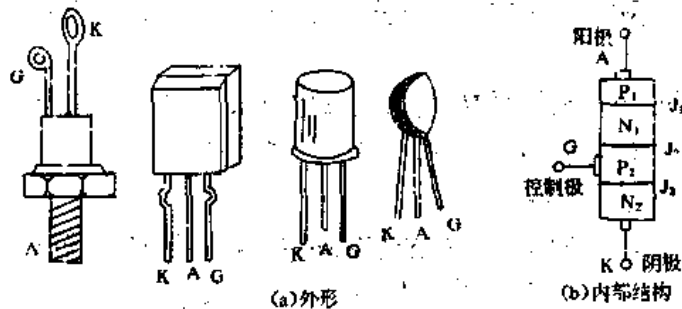


图 10-1 普通可控硅(晶闸管)的外形和内部结构示意图

这里普通可控硅是指单向可控硅。可控硅又称为晶体闸流管,简称晶闸管,常用字母 SCR 表示。可控硅是一种大功率半导体控制器件,它具有很大的功率放大倍数,比如用几伏电压、几百毫安电流,就可以控制几百安、上千安和数千伏的工作电流电压,其功率放大倍数可达数十万倍以上;它还具有体积小、重量轻、效率高、寿命长、使用灵活方便等突出的优点,被广泛用于可控整流、交流调压、逆变、保护和开关电路中。在彩色电视机中可控硅的使用比较多,常用在电流调整、电源启动、过压保护和行输出电路中。可控硅的外形和内部结构示意图如图 10-1 所示,由图 10-1(b)可知,它是具有 PNPN 四层结构的三端半导体器件,内部有三个 PN 结  $J_1$ 、 $J_2$ 、 $J_3$ ,外部有三个电极,从  $P_1$  区引出的一个电极叫阳极 A,从  $N_2$  区引出的一个电极叫阴极 K,从  $P_2$  区引出的一个电极叫控制极 G。可控硅的等效电路和电路符号如图 10-2 所示,由图可知,可控硅可以看成是由 PNP 和 NPN 两个晶体管互联构成的。

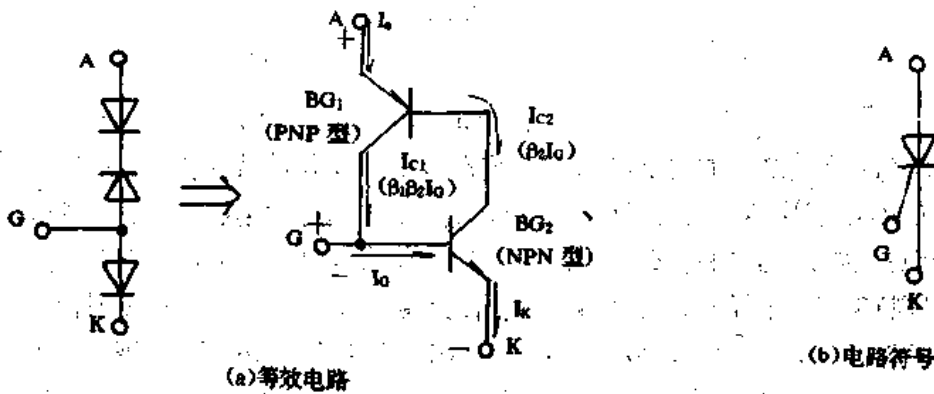


图 10-2 可控硅的等效电路和电路符号

可控硅的工作原理是:当控制极 G 不加电压,而在阳极 A 到阴极 K 之间加正向电压时,可控硅并不导通(称正向阻断),这是因为 PN 结  $J_2$  处于反偏状态,若在阳极到阴及之间

加反向电压时,因PN结 $J_1$ 、 $J_2$ 处于反偏状态,可控硅也并不导通(称反向阻断);如果在阳极到阴极之间加正向电压的同时,在控制极上加一个反向电压,因PN结 $J_3$ 处于反偏状态,可控硅仍不导通,但若在控制极上加一个正向电压时,可控硅便立即导通。因此可控硅的工作条件是:阳极与控制极相对于阴极之间都必须加正向电压,才能使可控硅处于导通状态。

可控硅导通时相当于一个开关在闭合状态,阻断时相当于一个开关在断开状态。可控硅导通后,可以通过几安、几百安乃至上千安的电流。而且一旦导通后,控制极就不再起作用,不论控制极有无控制电压,它将继续保持导通状态(这也是与晶体管所不同的)。只有当阳极通过的电流减小到某一较小的数值(称维持电流)或在阳极上加反向电压时,才恢复到阻断状态。

可控硅的导通原理是:如图10-2(a)所示,当在控制极加上一定的正向电压时,就给晶体管 $BG_2$ 提供了基极电流 $I_0$ ,使 $BG_2$ 导通,其集电极电流 $I_{c2}$ 为 $\beta_2 I_0$ ,这个电流同时又是晶体管 $BG_1$ 的基极电流,从而使 $BG_1$ 也导通,其集电极电流 $I_{c1}$ 为 $\beta_1 \beta_2 I_0$ , $I_{c1}$ 又使 $I_0$ 进一步增大, $I_0 \uparrow \rightarrow I_{c2} \uparrow \rightarrow I_{c1} \uparrow$ 。由此可见,因两个晶体管中每一个管子的集电极电流同时就是另一个管子的基极电流,只要提供足够大的控制极电流 $I_0$ ,就会产生强烈的正反馈而使两个晶体管迅速成为饱和导通状态。导通以后,控制极就不再起作用了,这是什么原因呢?这是由于晶体管导通后, $BG_2$ 的基极始终有 $BG_1$ 的集电极电流提供触发电流,因此控制极只在刚接上触发信号(电压)的那一瞬间才起“触发”作用。

### (一)普通可控硅的测试

#### 1. 判断电极

如图10-2(a)所示,可控硅的控制极与阴极之间有一个PN结,类似于一只二极管,具有单向导电特性,而阳极与控制极和阴极之间有多个PN结,因这些PN结是反串在一起的,正反向电阻均是很大的。根据这些特点,就可利用万用表很方便地判别出各电极来。将万用表置于 $R \times 1k$ (或 $R \times 100$ )档,任意测试两个电极间的正反向电阻,如果测得其中两个电极的电阻较小(正向,几到十几千欧),而交换表笔后测得的电阻很大(反向,几十到几百千欧),那么,以阻值较小的为准,黑表笔所接的电极就是控制极,而红表笔所接电极就是阴极,剩下的电极便是阳极了。测试中,若测得的正反向电阻均很大时,应及时调换电极再测试,直至找到正反向电阻一大一小的两个电极为止。

#### 2. 判断好坏

(1)极间电阻的测试。如果测得阳极A与控制极G和阴极K之间的正反向电阻均很大,而控制极与阴极间具有单向特性时,则说明可控硅是好的;如果测试阳极与控制极和阴极间的正反向电阻较小甚至为零,而控制极与阴极间的正反向电阻很接近甚至为零时,说明可控硅性能变差或内部击穿短路;如果测得各电极间的电阻均为无穷大,就说明可控硅内部开路损坏。

测量控制极与阴极之间的正反向电阻时请注意:一般正反向电阻都相差很大,但由于制造工艺上的原因,使得控制极与阴极间正反向电阻有可能差别较小,但只要反向电阻明显地比正向电阻大就证明可控硅是好的。普通可控硅的测试参考数据见表10-1。

表 10-1 普通可控硅的测试参考数据(R×1k 档)

测量电极	正向电阻	反向电阻	性能好坏
AK	接近∞	接近∞	正常
GK	几百欧到几千欧	几十到几百千欧	正常
AK、GK、GA	很小或为零	很小或为零	内部击穿短路
AK、GK、GA	∞	∞	内部开路损坏

(2)判断触发导通能力

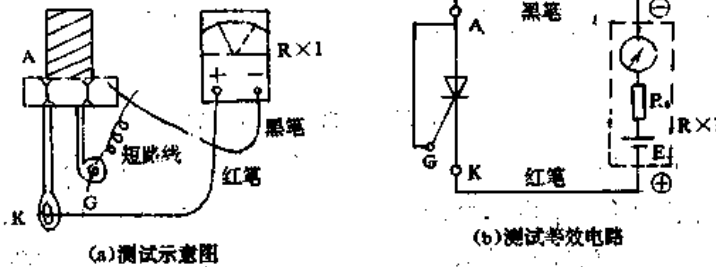


图 10-3 判断单向可控硅的触发导通能力

判断方法之一：万用表置 R×1 档，黑表笔接阳极 A，红表笔接阴极 K，给阳极加上正向电压，此时观察表头指示，阻值应很大。然后如图 10-3 所示，用一根短路线把阳极和控制极连起来，这样也给控制极加上正向触发电压，此时观察万用表指示，如果发现阻值明显变小，就说明可控硅有可能被触发导通，再拆去短路线，如果指针仍指在原来较小的位置，就说明可控硅确已触发导通，并且说明可控硅性能良好，可以使用。反之，如果短路线拆去前后，指针均不动，说明可控硅有可能损坏。在测试中，我们还会发现一种情况，即当给控制极加触发电压时，可控硅便导通，而当撤去触发电压时，可控硅就不导通了，这可能是导通电流太小（小于维持电流）或导通管压降太大所致，这属正常现象，并不影响对可控硅性能的判断。

判断方法之二：有些可控硅（如大功率）需要的触发电流和维持导通电流较大，若采用上述方法测试而可控硅不能触发导通时，可采用如图 10-4 所示电路进行测量，即在万用表的红表笔上串一只 1.5V 干电池，使干电池与表内电池正向串联（顺串）在一起。加一节干电池后，对于一只性能良好的可控硅来说，一般都能触发导通，否则说明可控硅是坏的。如果身边有两只万用表的话，可将两只万用表串联后进行测量，串的这只万用表就相当于加了一节干电池。

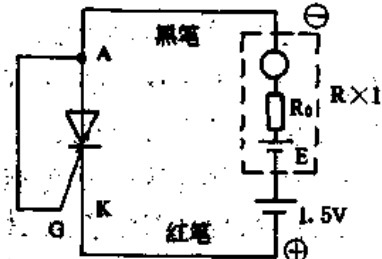


图 10-4 判断可控硅的触发导通能力

判断方法之三：电路如图 10-5 所示，万用表拨在直流 100mA 档，用两节 1.5V 干电池串联提供电源，电阻起限流作用，防止导通时电流过大打表。连接好电路后，开关 K' 处于断开位置，此时表针应没有偏转，指示为零，表明可控硅没有导通，如果有指示，表明可控硅已击穿或性能变差。然后合上 K'，如果表针有明显的偏转，说明可控硅是好的，如果无偏转，可控硅可能是坏

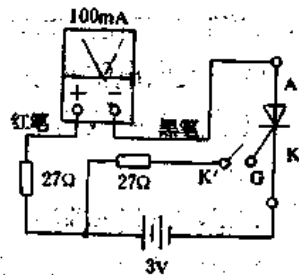


图 10-5 判断可控硅的触发导通能力



的,可再加一节干电池再试。可控硅导通后再断开开关  $K'$ ,如果指针指示在原来位置不动,表明可控硅仍维持导通,性能良好;如果指针回到零位,说明可控硅恢复阻断,有可能是坏的,但也有可能是维持导通电流太小所致。

### 3. 其它判断方法

(1)外观识别电极。有些可控硅外壳上标有“+”、“-”极性,“+”表示可控硅的阳极,“-”表示可控硅的阴极,余下一极便是控制极;如图 10-6(a)所示,有些十几到两百安培的可控硅做成螺栓型的,其螺纹(螺帽)是阳极,其金属编织线(或金属硬线)中的粗长线电极为阴极,短而细的电极为控制极。如图 10-6(b)所示,有些大电流(200A 以上)可控硅则做成平板型的,其金属编织线电极为控制极,其中间凹下去部分为阴极,而凸出部分是阳极。

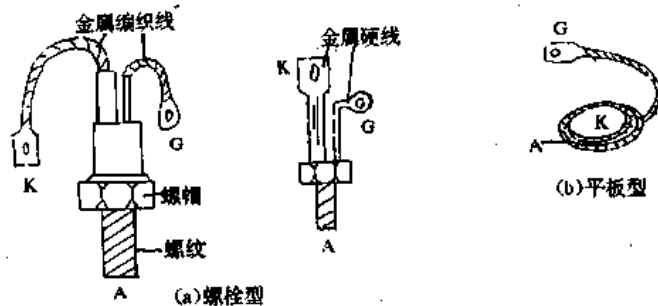


图 10-6 从外观上判断可控硅的电极

有些带有散热安装孔的塑封型可控硅,就同晶体管一样,如图 10-7(a)所示,其阳极(类似集电极)一般排列在三个电极的中间位置且与散热孔是连在一起的,如果让塑封面对着我们,从左往右数起分别为阴极、阳极和控制极。如图 10-7(b)左图所示的可控硅,如同大功率晶体管(如 3DD15)一样,外壳即是阳极,让管脚朝向我们,并使管脚距离安装孔较近的那端朝上,这样左边的电极即是控制极,右边的电极即是阴极。如图 10-7(b)右图所示的可控硅,它有一只小突耳,如让管脚对向我们,那么从突耳起顺时针数,分别是控制极、阴极和阳极。

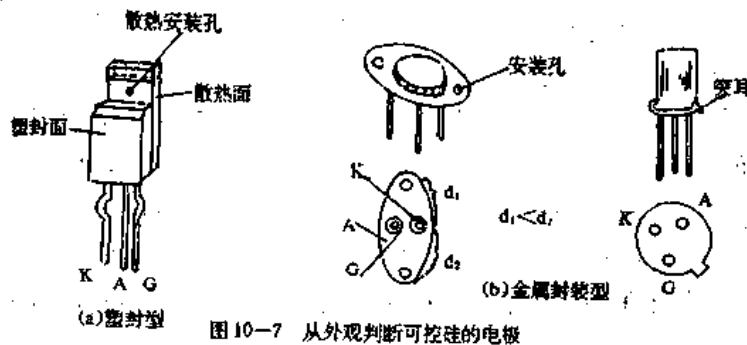


图 10-7 从外观判断可控硅的电极

利用外观形状和标志进行判别也不是绝对准确的,如遇判断不准或无法判断时,最可靠的办法还是用前面介绍的方法——用万用表进行测量判断。

(2)用电池、小电珠判断触发导通能力。电路如图 10-8 所示,电池用 1.5V 干电池,小电珠用手电筒上电珠,开关  $K'$  实际可用一根短路线代替。当合上  $K'$  时,若电珠发光,说明可控硅被触发导通,若断开  $K'$  时电珠继续发光,说明可控硅是好的,可以使

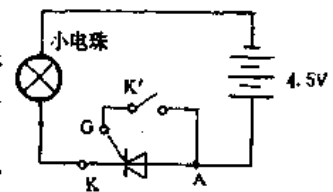


图 10-8 判断可控硅的触发导通能力

用。如果在没有合上K'时电珠就已发光,说明可控硅击穿损坏;如果合上K'时电珠发光,断开K'时不发光,说明可控硅有可能是坏的,对此可再串一节1.5V电池以增大导电电流试验。这种方法适宜在身边暂时没有万用表时的应急判断。

## (二)可控硅的使用注意事项

### 1. 可控硅的伏安特性及参数

可控硅的阳极到阴极间所加的电压与通过的电流之间的关系叫做伏安特性曲线(如图10-9所示),它分为正向特性(第一象限)和反向特性(第三象限)。可控硅的主要参数如下:

(1)转折电压  $U_{BO}$ :在控制极开路 and 正向阻断的情况下,当阳极电压增大到一定程度,可控硅也能导通,曲线突然从A段跳过虚线B段进入曲线C段,此时C段曲线形状类似普通晶体二极管的正向特性。我们把这个导通电压称为可控硅的转折电压  $U_{BO}$ 。可控硅导通后,阳极电压(管压降)很快跌落下来,大约1V左右,而大部分电压降在了负载上。在实际使用中正向电压大大低于转折电压  $U_{BO}$ ,否则很容易击穿损坏可控硅。

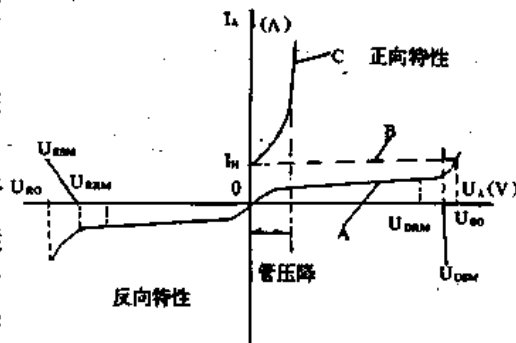


图10-9 可控硅的伏安特性曲线

(2)断态不重复峰值电压  $U_{DSM}$ :在控制极开路 and 正向阻断时,曲线A段弯曲点的电压叫做断态不重复峰值电压。使用中不能接近更不能超过此电压。

(3)断态重复(正向阻断)峰值电压  $U_{DRM}$ :指在控制极开路 and 正向阻断时不致使可控硅正向击穿导通的电压,也即可以重复加在可控硅上的安全峰值电压。规定这个电压为断态不重复峰值电压  $U_{DSM}$  的80%。断态重复峰值电压也称为正向阻断峰值电压、正向电压或耐压值。如可控硅3CT5的  $U_{DRM}=30\sim 3000V$ 。

(4)反向重复峰值电压:指在控制极开路时不致使可控硅反向击穿导通的电压,也即可以重复加在可控硅上的安全峰值电压。规定这个电压为反向不重复峰值电压  $U_{RRM}$  的80%。反向重复峰值电压也称为反向峰值电压或反向电压。如3CT5的  $U_{RRM}=30\sim 3000V$ 。

(5)额定正向平均电流  $I_T$ :是在环境温度为  $+40^{\circ}C$  时,可控硅导通可连续通过50Hz正弦半波电流的平均值,即正常工作电流(也称通态平均电流),通常所讲的10A、20A的可控硅元件,就是指它的额定正向平均电流为10A、20A,比如3CT5的  $I_T=5A$ 。

(6)正向平均压降  $U_T$ :指可控硅通过额定正向平均电流时在阳极与阴极之间电压降的平均值。正向平均电压也称通态平均电压、正向压降或管压降。一般可控硅的正向压降在1V左右,如3CT5的  $U_T=1.2V$ 。

(7)维持电流  $I_H$ :指在控制极断开后,可控硅保持导通状态所必须的最小正向电流,一般为几十到一百多毫安,小功率可控硅  $I_H$  较小,大中功率可控硅  $I_H$  较大。如3CT5的  $I_H$  在40mA左右。

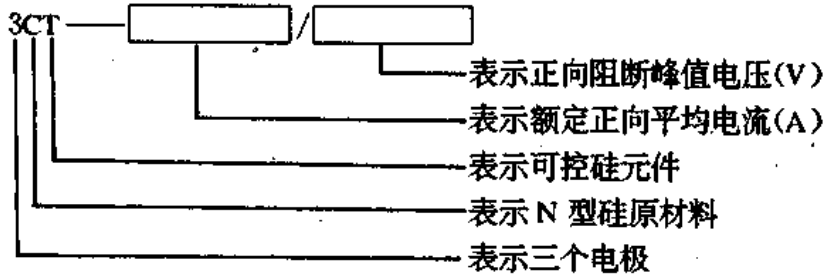
(8)控制极触发电压  $V_o$ :指可控硅从阻断转变为导通状态时控制极上所加的最小直流电压(也称触发电压),小功率可控硅的触发电压一般为1~1.5V,大中功率可控硅的触发电压为几到十几伏。如3CT5的  $V_o$  在3.5V左右。

(9)控制极触发电流  $I_g$ : 指在阳极与阴极之间加直流 6V 电压时,使可控硅完全导通所必需的最小控制极直流电流(也称触发电流),小功率可控硅的触发电流为几百微安到几毫安,大中功率可控硅的触发电流为几十到几百毫安。如 3CT5 的  $I_g$  在 50mA 左右。

一般可控硅出厂时都带有一张合格证,标明主要参数,购买和使用时就可对照参数选择合适的可控硅,如无合格证可以通过查手册和实际测试后才能使用。

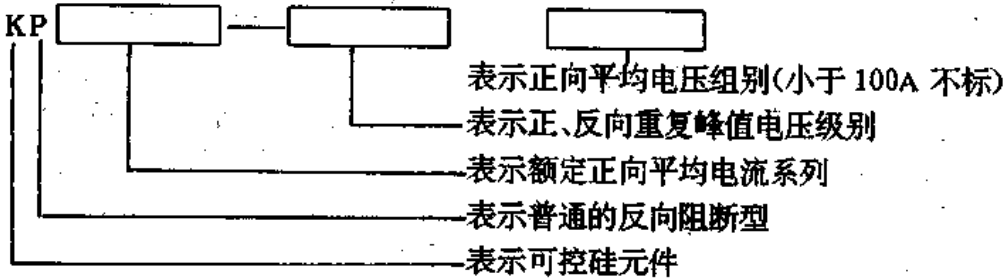
## 2. 可控硅型号命名方法和使用注意事项

(1)可控硅型号命名方法:我国生产可控硅型号有 3CT 型和 KP 型两种。其中 3CT 型号的命名方法如下:



3CT 型可控硅由五部分组成,如 3CT5/800,表示正向阻断峰值电压(即断态重复峰值电压)为 800V,额定正向平均电流(即通态平均电流)为 5A。

KP 型号的命名方法如下:



KP 型也由五部分组成,其中“KP”后面的第一个方格表示额定正向平均电流系列,规定从 1~1000A 共分成 14 级,方格中的数字就是电流值。“KP”后面的第二个方格表示正、反向重复峰值电压级别,规定把 100~3000V 分成 20 级,1000V 以下每一级相差 100V,1000V 以上每一级相差 200V。在型号中表示时要求略去个位数和十位数,而只用它的百位数和千位数来表示。所以 1000V 以下共有 1~10 十个级别,1000V 以上共有 12~30 十个级别(没有奇数)。实际应用中只要取级数乘以 100 就是它的正反向重复峰值电压的实际数值。比如一只可控硅的级别为 24,则其正反向重复峰值电压就为  $24 \times 100 = 2400V$ 。最后一个方格表示正向平均电压的组别,规定分为几个组,即 A、B、C……I 九组。A 组表示  $V_F \leq 0.4V$ ,B 组表示  $0.4 < V_F \leq 0.5V$ ,以后每组递增 0.1V。

(2)可控硅使用注意事项:

①外加电压极性要正确,即阳极到阴极之间加正向电压,控制极到阴极之间也加正向电压。

②为了保证可控硅安全工作,应选择额定耐压为实际工作电压的 2~3 倍,正向平均电流为实际工作电流的 1.5~2 倍的管子。

③为了保证可控硅可靠地导通,应尽量用大的触发电压和触发电流,因触发电压、电流

较大可以相应降低可控硅的转折导通电压。比如额定触发电压为 2.5V 的,可使用 4.5V 以上的电压,但为防止 PN 结烧毁,一般以不超过 10V 为好。

④焊接或紧固可控硅时,必须保证电气接触良好,否则因很小的接触电阻就会引起很大的功率消耗。

⑤可控硅的保护方法:一是散热,可控硅是大功率器件,散热是一个突出的问题,规定 20A 以下的可控硅靠自身散热器自然散热,20A 以上的大电流可控硅则必须强迫冷却,其方法有风冷和水冷散热。二是过流保护,虽然在选择可控硅时已留有余量,但也可能出现超过额定值的情况,为此可在可控硅阳极或阴极串联一个熔断器,应选快速熔断器,如 RSL、RSO、RSS 等型号。

⑥可控硅损坏后的修理:如果是可控硅性能变坏引起误导通,造成电器工作时好时坏,只要确认其它元件无问题,则可暂时拆去可控硅不用,待买到同型号可控硅时再焊上使用;根据可控硅的结构特点和原理,可用合适参数的三极管组成复合管代用;可以选择同型号或相同参数(正反向重复峰值电压、额定正向平均电压、控制极触发电压和电流)的可控硅代换,各种型号的进口可控硅均可用国产可控硅代换,代换时要注意外形尺寸相近,以便安装。

## 二、双向可控硅的测试和使用

双向可控硅是在普通可控硅的基础上发展起来的,顾名思义,它是一种具有双向导电特性的可控硅。从外形上看双向可控硅和普通可控硅很相似,同样有三个电极,只是在这三个电极中,除了控制极 G 的名称相同外,其余两个电极的名称不再叫做阳极和阴极,而统称为主电极,用  $T_1$ 、 $T_2$  表示。它的外形也分为螺栓型、平板型、塑封和金属封装型等(参见普通可控硅的外形)。双向可控硅广泛用于调节电流电压、交流开关、灯具调光等。双向可控硅的内部结构和电路符号如图 10-10 所示,它是一种 NPNPN 五层结构的半导体器件,从等效内部结构来看,它相当于两只普通可控硅反向并联构成的。也就是说,它能直到两只普通可控硅的作用,所不同的是,两只普通可控硅反向并联运用时有两个控制极,而双向可控硅只需一个控制极(或称一个共控制极)就能使其在两个方向上触发导通。因此双向可控硅的触发电路相对来说是比较简单的,这不仅给设计、制造带来方便,而且因缩小了体积,降低了成本、使用灵活简单,也给维修者带来了方便,这也是双向可控硅最为突出的优点。国产双向可控硅有 3CTS 和 KS 两种型号。

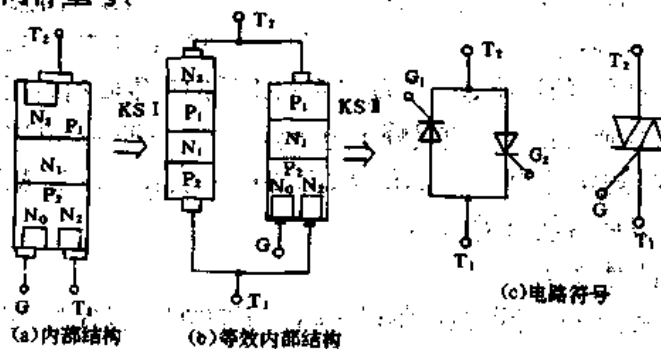


图 10-10 双向可控硅的内部结构和电路符号

双向可控硅的伏安特性曲线如图 10-11 所示,根据结构原理可知,它的特性曲线相当于两个普通可控硅的特性曲线构成的,所以在一、三象限(正、反向)的特性曲线应该是对称

的。其工作原理是：在主电极  $T_2$  上加(相对  $T_1$ )正电压  $U_{T_2T_1}$  并使其不断增大，当这个电压增大到转折电压  $U_{R0}$  时，如图 10-10(b) 中右边的可控硅 KS II 导通，导通电流的方向由  $T_2$  流向  $T_1$ ，这便是第一象限的特性曲线，我们称为正向特性；反之，在主电极  $T_1$  上加上(相对  $T_2$ )正电压  $U_{T_1T_2}$  并使其逐渐增大到转折电压  $U_{R0}$  时，如图 10-10(b) 中左边的可控硅 KS I 导通，其导通电流的方向由  $T_1$  流向  $T_2$ ，这便是第三象限的特性曲线，我们称为反向特性。

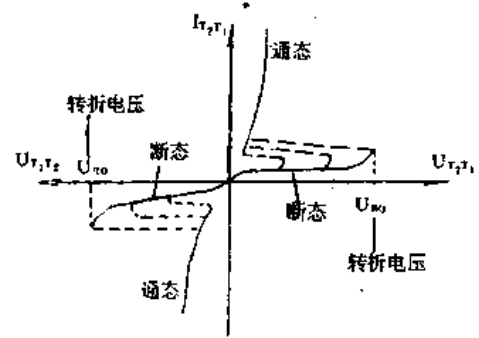


图 10-11 双向可控硅的伏安特性曲线

由上分析可知，与普通可控硅不同的另一特点是，双向可控硅不仅在主电极  $T_2$  上加正电压(此时  $T_2$  相当于阳极)时能导通，而且主电极  $T_1$  上加正电压(此时  $T_1$  又相当于阳极)时也能导通，它无所谓阳极和阴极，也不分阳极和阴极。不仅如此，而且对控制极的触发信号来说，也无论是正的或负的，均能使双向可控硅触发导通，因此使用起来非常方便，比如可以用交流信号作为触发信号而把双向可控硅当做一只双向交流开关来使用。

根据外加电压极性的不同，双向可控硅有四种触发导通方式，现列在表 10-2 中，供使用时选择。

表 10-2 双向可控硅的四种触发导通方式

导通方式	电路	原理
第一象限正向触发方式		工作电压为 $T_2$ 正 $T_1$ 负，触发电压为 $G$ 正 $T_1$ 负，导通电流的方向是由 $T_2$ 流向 $T_1$ 。我们称这种方式为第一象限的正向触发方式。
第一象限负向触发方式		工作电压仍为 $T_2$ 正 $T_1$ 负，而使触发电压反向，即 $G$ 负 $T_1$ 正，导通电流的方向仍从 $T_2$ 流向 $T_1$ 。我们称这种方式为第一象限的负向触发方式。
第三象限正向触发方式		工作电压反向，即 $T_1$ 正 $T_2$ 负，触发电压为 $G$ 正 $T_1$ 负，导通电流的方向则从 $T_1$ 流向 $T_2$ 。我们称这种方式为第三象限的正向触发方式。

导通方式	电路	原理
第三象限负向触发方式		<p>工作电压仍为 <math>T_1</math> 正 <math>T_2</math> 负,而使触发电压反向,即 <math>G</math> 负 <math>T_1</math> 正,导电电流的方向仍从 <math>T_1</math> 流向 <math>T_2</math>。我们称这种方式为第三象限的负向触发方式。</p>

在上述四种触发方式中,由于负向触发方式所需的触发电压和电流均较小,在实际应用中,选用负向触发方式比较多。

### (一)双向可控硅的测试

#### 1. 判断极性

判断方法之一:由双向可控硅的内部结构可知,控制极  $G$  与主电极  $T_1$  之间是由一块  $P$  型半导体连接的,两电极间的电阻(体电阻)为几十欧姆,根据这一特点就可方便地判别出各电极来。先确定主电极  $T_2$ :将万用表置在  $R \times 10$  档,用黑表笔接任一电极,再用红表笔去接另外任一电极,如果表头指示为几十欧姆电阻,就说明两表笔所接电极为控制极和主电极  $T_1$ ,那么余下的电极便是主电极  $T_2$ ;如果指针不动,仍停在  $\infty$  处,应及时调整表笔所接电极,直到测出电阻值为几十欧姆的两电极,从而确定主电极  $T_2$  为止。再区分控制极  $G$  和主电极  $T_1$ :现假定两电极中任一个为主电极  $T_1$ ,则另一个就为控制极  $G$ ,万用表置于  $R \times 10$  档,用黑表笔接主电极  $T_2$ (已确定),再用红表笔去接假定的主电极“ $T_1$ ”,并用红表笔笔尖碰一下  $G$  后再离开,如果表针发生偏转,指示在几或几十欧姆上,就说明假定的主电极“ $T_1$ ”为真正的主电极  $T_1$ ,而另一电极也为真正的控制极  $G$ ;如果表针没有偏转,说明假定是错的,应重新假定  $T_1$  和  $G$ ,即让黑表笔仍接  $T_2$ ,而将红表笔接新“ $T_1$ ”,如果判别结果同上,即可区分出控制极  $G$  和主电极  $T_1$ 。

判断方法之二:先确定主电极  $T_2$ :将万用表置于  $R \times 1k$  档,现假定双向可控硅任意一个脚为主电极“ $T_2$ ”,并用黑表笔接“ $T_2$ ”,再用红表笔去分别触碰另外两个电极,如果指针没有偏转,指示在  $\infty$  处,就说明黑表笔所接为主电极  $T_2$ ,这是因为主电极  $T_2$  与  $T_1$  和  $G$  之间有多个正反向串的  $PN$  结,它们之间的电阻值是很大的;如果红表笔触碰其中的一个电极时指针不偏转,而触碰另一个电极时发生了偏转,说明原来的假定是错的,应重新假定  $T_2$ ,再按上述方法测试判断,直至找到真正的  $T_2$  为止。找到  $T_2$  后,剩下的两个电极就是  $G$  和  $T_1$ ,由于设计上的需要以及内部结构特点决定, $G$  和  $T_1$  之间仍然存在正反向电阻特性,只是正反向电阻差别不是很大。将万用表置于  $R \times 10$  档,两表笔与  $G$ 、 $T_1$  相接,测试正反向电阻,以阻值小的那次为准,黑表笔接的电极为主电极  $T_1$ ,而红表笔接的电极为控制极  $G$ 。

测试时请注意,在测量大功率双向可控硅时,应尽量使用低阻档,如不行还可象测试普通可控硅一样,在万用表表笔上串上一节或多节  $1.5V$  干电池,使测试更为可靠。

#### 2. 判断好坏

判断方法之一:测量极间电阻法。将万用表置于  $R \times 1k$  档,如果测得  $T_2-T_1$ 、 $T_2-G$  之间的正反向电阻接近  $\infty$ ,而万用表置于  $R \times 10$  档测得  $T_1-G$  之间的正反向电阻在几十欧姆

时,就说明双向可控硅是好的,可以使用;反之,若测得 $T_2-T_1$ 、 $T_2-G$ 之间的正反向电阻较小甚或等于零,而 $T_1-G$ 之间的正反向电阻很小或接近于零时,就说明双向可控硅的性能变坏或击穿损坏。不能使用;如果测得 $T_1-G$ 之间的正反向电阻很大(接近 $\infty$ )时,说明控制极 $G$ 与主电极 $T_1$ 之间内部接触不良或开路损坏,也不能使用。

判断方法之二:检查触发导通能力。万用表置于 $R \times 10$ 档;①如图10-12(a)所示,用黑表笔接主电极 $T_2$ ,红表笔接 $T_1$ ,即给 $T_2$ 加正向电压,再用短路线将 $G$ 与 $T_1$ (或 $T_2$ )短接一下后离开,如果表头指针发生了较大偏转并停留在一固定位置,说明双向可控硅中的一部分(其中一个单向可控硅 $KS II$ )是好的;②如图10-12(b)所示,

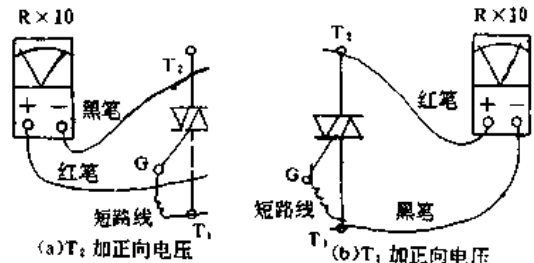


图10-12 判断双向可控硅的触发导通能力

改黑表笔接主电极 $T_1$ ,红表笔接 $T_2$ ,即给 $T_1$ 加正向电压,再用短路线将 $G$ 与 $T_1$ (或 $T_2$ )短接一下后离开,如果结果同上,也证明双向可控硅中的另一部分(其中的一个单向可控硅 $KS I$ )是好的。测试到止说明双向可控硅整个都是好的,即在两个方向(在不同极性的触发电压下)均能触发导通。

判断方法之三:检查触发导通能力。如图10-13所示,取一只 $10\mu F$ 左右的电解电容器,将万用表置于 $R \times 10k$ 档(9V电压),对电解电容器充电 $3\sim 5s$ 后来代替图10-12中的短路线,即利用电容器上所充的电压作为触发信号,然后再将万用表置于 $R \times 10$ 档,照图10-13(b)连接好后进行测试。测试时,电容 $C$ 的极性可任意连接,同样是碰触一下后离开,观察表头指针偏转情况,如果测试结果与“判断方法之二”相同,就证明双向可控硅是好的。

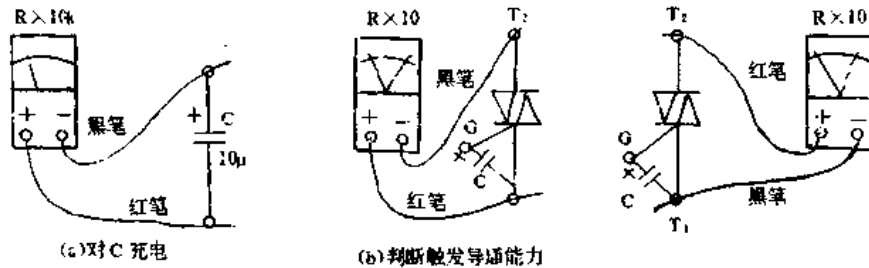


图10-13 判断双向可控硅的触发导通能力

应用此法判断双向可控硅的触发导通能力更为可靠。由于电解电容器上充的电压较高,使触发信号增大,更利于判断大功率双向可控硅的触发能力。

另外,如果在修理中一时没有万用表时,也可参照测试普通可控硅的方法,用干电池、小电珠来判断双向可控硅的好坏。

## (二)双向可控硅使用注意事项

使用双向可控硅时,除了应遵循普通可控硅的注意事项外,还应注意以下三个问题:

1. 虽然双向可控硅的触发电压可正可负,但如前所述,应选择容易触发的负向触发方式,并且要求触发电压、电流也应尽量大一些,一般使触发电流比额定值大1.5倍左右为宜。
2. 双向可控硅如果是双向损坏时只有报废不用,对此如无同规格的可控硅代换时,可选两只普通可控硅反向并联来代替,代换时要注意额定电流值的换算,否则电路不能正常工

作,因普通可控硅在合格证中给出的额定电流值( $I_{KP}$ )是平均值,而双向可控硅给出的额定电流值( $I_{KS}$ )是有效值,两者大小不一样,其换算关系是: $I_{KP}=0.45I_{KS}$ 。

3. 双向可控硅如果是单向击穿短路(或开路)的,只要控制极G是好的,还可以当作单向可控硅使用。因此在判断双向可控硅好坏时,要认真细致,判断准确,确定它是双向损坏还是单向损坏,以便区别不同情况进行处理。



# 第十一章 电子管的测量与应用

电子管历史悠久,从问世至今已有一百多年的发展史。电子管的特征是具有密封的玻璃(或金属等)管壳,内部的电子在真空状态下工作。它具有耐压高、耐过载、耐辐射、受环境温度影响小等优点。

虽然有些电子管已逐步被半导体器件所淘汰,但它的某些优良特性仍是目前的半导体所难以匹敌的,因此,电子管至今仍有很多应用,它在电子技术中还占有一定的地位。

## 一、电子管的结构原理与特点

电子管主要由灯丝、阴极、栅极、阳极、金属件(如吊丝、弹簧、引出线、管针、支杆)和消气剂、云母片、玻璃壳等部分组成。

阴极:阴极的作用是发射电子。它的结构有两种形式:一种是直热式,在灯丝上涂上一层氧化钡或氧化锶等氧化物,以增强电子发射能力,灯丝就是阴极,直接接通电源。另一种是旁热式,在灯丝外面套上一个涂有同样氧化物的金属套管作阴极,直热式和旁热式的阴极如图 11-1 所示。灯丝接通电源,从而使阴极受热而发射电子。直热式阴极较旁热式阴极经济,而且预热时间短。旁热式阴极优点是机械强度高,而且可以用交流电加热。对灯丝的材料除要求能耐高温外,还要求化学性能稳定,蒸发少,因此常用钨丝做灯丝,用镍等作套管。

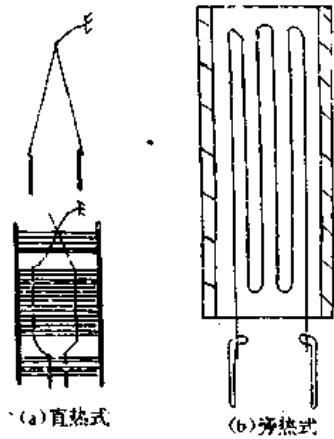


图 11-1 电子管的阴极

栅极:栅极的作用是控制从阴极发射到阳极的电子流。栅极是用一种较细的金属丝,绕在两个支架杆上构成网栅状,有如栅

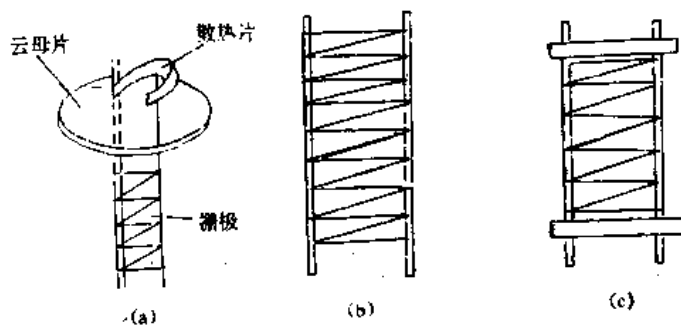


图 11-2 电子管的栅极

档,所以叫栅极,如图 11-2 所示。其中散热片是为了降低栅极温度,云母片用来固定各电极。用作栅极的材料,要求有较高的机械强度,不易变形,熔点高,蒸发少,化学性能稳定,容易导热等等。符合上述要求的材料有镍、钼、钨及其合金,最常用的是钼丝。

阳极:阳极又称板极或屏极,它的任务是接收阴极发射来的电子而获得阳极电流。为了更好地把阴极发射的电子接收下来,常把阳极做成扁圆形,包围着阴极。如图 11-3 所示。由

于受阴极的热辐射,阳极温度很高,所以对阳极材料除要求有良好的导电性能及机械强度外,还要有良好的导热性能。通常阳极材料多用镍片,但也有用复铝铁皮。

只有阴极和阳极的电子管称为二极管,在二极管的阳极和阴极之间加装几个电极(栅极)就成了多极管,如若加装一个电极就为三极管,加装两个电极成为四极管(常称为束射管),加装三个电极成为五极管。这些多极管的主要用途是收信放大、检波、振荡、变频、混频、调制、解调等。

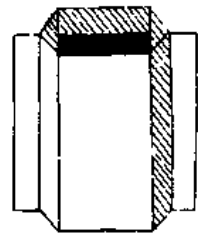


图 11-3 电子管的阳极

### 1. 三极管

#### (1) 三极管的放大作用

三极管的电路符号如图 11-4 所示。栅极用符号  $g$  表示,栅极具有控制阳极电流  $i_a$  的作用。由于栅极与阴极之间的距离较阳极与阴极间的距离近得多,所以栅极对阴极发射电子的影响也较阳极的影响大得多。即是说,栅极控制电子的能力要比阳极大得多。栅压  $u_g$  有少量的变化,就能引起阳极电流  $i_a$  发生较大的变化,这就是三极管具有放大作用的原因。

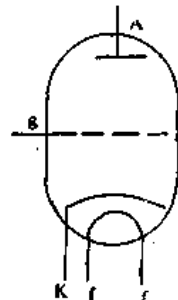


图 11-4

#### (2) 三极管的参数

①跨导。跨导的定义是:在阳极电压  $u_a$  保持不变时,栅压  $u_g$  在某一工作点上变化一个增量  $\Delta u_g$ ,将引起阳极流  $i_a$  相应地变化一个增量  $\Delta i_a$ ,比值  $\frac{\Delta i_a}{\Delta u_g}$  称

跨导,用符号  $S$  表示,即:  $S = \frac{\Delta i_a}{\Delta u_g} |_{u_a(\text{恒定})}$  (mA/V)。跨导具有电导的性质,其物理意义是:在阳压固定不变的条件下,当栅压变化 1V 时,阳流变化了多少毫安。它表明栅压控制阳流的能力。跨导越大,栅压控制阳流的能力就越强。电子管的跨导可以从已知的阳栅特性曲线簇上求出。特性曲线的不同部分的跨导值是不一样的。曲线越陡(即斜率越大),跨导就越大。所以在特性曲线的直线部分,跨导最大,而且各点跨导差不多相同。因此,电子管手册中给出的跨导,都是指直线部分的跨导值。一般三极管的跨导值约为 2~10(mA/V)。

②内阻。内阻的定义是:在栅压保持不变时,阳压  $u_a$  在某一工作点上变化一个增量  $\Delta u_a$ ,将引起阳流相应地变化一个增量  $\Delta i_a$ ,比值  $\frac{\Delta u_a}{\Delta i_a}$  称为内阻,用符号  $R_i$  表示,即:  $R_i = \frac{\Delta u_a}{\Delta i_a} |_{i_a(\text{恒定})}$  ( $\Omega$ )。当  $i_a$  为毫安,  $u_a$  为伏时,则  $R_i$  为千欧。内阻的物理意义是:在栅压保持不变的条件下,阳流变化 1mA,阳压需要变化多少伏。这表明了阳极对阳流的控制能力。内阻越小,阳压控制阳流的能力就越强。内阻也可以从阳极特性曲线上求出,由于电子管的阳极特性曲线不是直线,所以曲线上各点的内阻值也不相同,曲线越陡(即斜率越大)时,内阻越小,曲线越平直(即斜率越小)则内阻越大。一般三极管的内阻值为 500 $\Omega$ ~100k $\Omega$  之间。

③放大系数。放大系数的定义是:阳压变化一个增量  $\Delta u_a$ ,为了保持阳流  $i_a$  不变,栅压  $u_g$  必须相应地变化一个  $\Delta u_g$ ,  $\Delta u_g$  与  $\Delta u_a$  比值的绝对值,称为放大系数,用符号  $\mu$  表示,即  $\mu = \left| \frac{\Delta u_g}{\Delta u_a} \right| |_{i_a(\text{恒定})}$ 。放大系数没有单位。它表明栅压对阳流的影响比阳压对阳流的影响大多少倍。一般三极管的放大系数在 5~100 之间。

④三个参数之间的关系。电子管的三个参数  $S$ 、 $R_i$  和  $\mu$  三者之间有一定的关系,这个关

系可用下式求得:根据  $R_i$  的定义:  $R_i = \frac{\Delta u_a}{\Delta i_a}$ , 因为增量  $\Delta u_a$  与  $\Delta i_a$  一定是同符号的, 所以:  $R_i = \frac{\Delta u_a}{\Delta i_a} = \left| \frac{\Delta u_a}{\Delta i_a} \right|$ 。又根据  $S$  的定义:  $S = \frac{\Delta i_b}{\Delta u_g}$ , 增量  $\Delta i_b$  与  $\Delta u_g$  也是同符号的, 所以  $S = \frac{\Delta i_b}{\Delta u_g} = \left| \frac{\Delta i_b}{\Delta u_g} \right|$ 。把  $R_i$  与  $S$  相乘可得  $R_i S = \left| \frac{\Delta u_a}{\Delta i_a} \right| \times \left| \frac{\Delta i_b}{\Delta u_g} \right| = \left| \frac{\Delta u_a}{\Delta i_a} \right| = \mu$  (倍)。则  $\mu$  可以写成:  $\mu = R_i S$ 。这个方程称为电子管的内部方程。它表示电子管的三个参数之间的相互关系, 即放大系数等于内阻与跨导的乘积。

## 2. 四极管

### (1) 四极管的结构特点

束射四极管主要用作功率放大。它和三极管所不同的是多了一个叫做帘栅极  $g_2$  和束射屏。其电路符如图 11-5 所示。

束射管是利用帘栅极和阳极之间的空间电荷来克服二次电子转移的影响。为了做到这一点, 就要求帘栅极和阳极之间有均匀而密集的电子流。因此, 束射管在结构上必须采取措施。

束射管的结构特点是:

① 阴极做成矩形, 有相当大的发射面积, 阴极与栅极之间的间距也相当均匀。由阴极发射出来的电子流很大, 而且也很均匀。

② 栅极和帘栅极在单位长度上绕的圈数相等, 层数对得很准, 排列的位置也很整齐, 从而形成对栅。这样, 一方面可以减少帘栅极电流, 从而减少帘栅极上的功率损耗和温度, 增加流向阳极电子数目, 使输出功率增大。另一方面实现电子流在栅丝间成束形射出, 使帘栅极与阳极间获得密集而均匀的空间电荷, 形成最低电位。

③ 帘栅极和阳极间的距离相当宽阔, 使这个区域内的空间电荷增多。

④ 帘栅极和阳极之间的两侧装置了一对由金属片做成的束射屏, 它和阴极连在一起。它的作用是防止阳极上的二次电子从各个栅极支柱的两侧绕道转移向帘栅极, 使电子流更加集中地向中间密集发射。从而消除了二次电子转移产生负阻效应的影响。

### (2) 四极管的用途

束射四极管的特点是当栅极上输入一个较小的电压, 可以在阳极上得到较大的输出功率  $P_o$ , 而且工作在特性曲线较宽的水平部分上, 失真小, 耗电少, 因此用于甲类或乙类音频功率放大, 能保证有足够的音量。所以四极管常常作为功率放大级, 以推动扬声器。

## 3. 五极管

### (1) 五极管的结构和抑制栅极的作用

在四极管的阳极和帘栅极之间再加上一个栅极  $g_3$  就构成了五极管。  $g_3$  称为抑制栅极。由于跨路电容  $C_{ak}$  的影响, 使得三极管工作在高频时容易自激。因此, 束射四极和五极管就是为了克服这一缺点。

五极管的结构及电路符号如图 11-6 所示。帘栅极与抑制栅极和控制栅极一样, 也是用金属丝绕制成的。由于三极管的主要缺点是放大倍数不高, 阳极和栅极之间的极间电容又会引起信号失真。增加一个帘栅极成为四极管之后, 虽然减小了阳极和栅极之间的跨路电容, 达到屏蔽的目的。但它的缺点是: 仍然避免不了阴极发射出来的高速电子在冲击阳极时打出

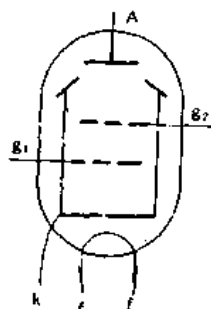


图 11-5

来的二次电子转移到帘栅极去。为此,必须加一个抑制二次电子转移的抑制栅极,抑制栅极与阴极连在一起,与阴极同电位,所以二次电子受到抑制栅极的排斥而返回到阳极上去。这样,既可以起到束射四极管的作用,又可以克服四极管的缺点,较好地改善了四极管的性能。

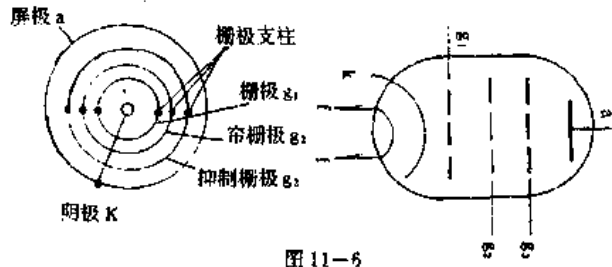


图 11-6

## (2) 五极管的用途、分类和要求

五极管可以用来作电压放大和功率放大,按不同的使用场合,分为高频五极管和低频五极管。根据五极管不同的特性,又可分为锐截止五极管、遥截止五极管和输出五极管。

对低频功率放大五极管的特性要求:

- ① 栅极特性曲线要靠左,以适应较大的输入信号。
- ② 特性曲线应该在尽可能小的阳极电压下,由返转情况过渡到直截情况即从上升转到平直,以获得最大功率输出。
- ③ 帘栅极电流应该小,以减少帘栅极损耗。

对高频电压放大五极管的特性要求:

- ① 跨路电容小;
- ② 跨导高,以获得较大的放大倍数;
- ③ 高内阻,不致引起降低(负载)谐振回路的 Q 值。

## 4. 七极管

### (1) 七极混频管

七极混频管的电路符号如图 11-7 所示。管内有五个栅极; $g_3$  为信号栅,从天线输入回路送入电台的信号。 $g_1$  为本振信号输入栅。 $g_{2,4}$  为帘栅极。 $g_5$  为抑制栅,与阴极连接在一起。

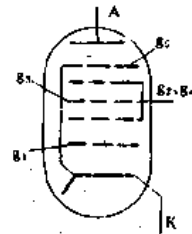


图 11-7

### (2) 七极变频管

七极变频管管内也有五个栅极,它和混频管不同之处是在第二栅的边杆上连有两片小金属片。这样,阴极 K、第一栅  $g_1$ 、第二栅的小金属片三者可以看成是一个三极管,用以产生本地振荡。通过  $g_2$  的电子流,已经受到等幅本振频率电压的调制,再和输入信号作用,使阳极电流产生这两个频率的和频以及差频等电流分量,由中频变压器 B 选出它们的差频(中频)而完成变频。有些七极变频管为了减少  $g_2$  吸收的电子数,第二栅  $g_2$  只有边杆而没有栅丝,因为本振信号不需要太强。七极变频管其本振电压受信号电压的影响,频率和电压的稳定度都受到牵连,特别在频率高于 20MHz 时更甚。

以上介绍的是普通电子管,在玻璃泡内包含一个管组(例如二极管、三极管和五极管等)。除此之外,还有孪生电子管(在玻璃泡内包含有两个相同的管组,例如双屏极二极整流管、双二极管和双三极管等),以及复合电子管(它在一个玻璃泡内包含有一个公共阴极和几个不同的管组,例如二极三极管、双二极三极管、二极五极管等)等。

## 二、电子管的测试方法

### 1. 电子管阴极发射能力的测试方法

电子管因使用日久而衰老后,阴极发射电子的能力明显下降,性能变坏。利用图 11-8 所示电路,可以检查电子管阴极发射能力。图 11-8 (a)为旁热式电子管阴极发射能力的测试方法图,图 11-8 (b)为直热式电子管阴极发射能力的测试方法图。

测量时管子只接通灯丝电压  $U_f$ , 预热两分钟,其他电压均不加。万用表拨于  $R \times 100$  档,黑表笔接栅极  $g$ ,红表笔接阴极  $K$ ,给被测管加上

1.5V 正栅偏压。阴极被灯丝预热后发射出微弱的电子,被栅极吸收形成栅流,引起万用表的指针偏转,偏转角度愈大,证明阴极发射能力愈强。采用读取电流法可直接读出栅流值,亦即阴极电流  $I_k$  值。对于普通电子管,若测出的  $I_k < 0.2\text{mA}$ ,即表明电子管已衰老。 $I_k$  愈大,阴极发射能力就愈强。也可以同性能良好的新电子管进行对比性试验,以确定管子是否衰老。

例如使用 MF30 型万用表  $R \times 100$  档,检查一只高  $\mu$  双三极管 6N2 的阴极发射能力,电路如图 11-9 所示。接通 6.3V 灯丝电压,预热两分钟。

首先测左半管。黑表笔接②脚,红表笔接③脚,测得电阻值为  $1150\Omega$ ,对应于  $n=34$  格,所以阴极电流为  $I_{k1} = 12\mu\text{A}/\text{格} \times 34 \text{ 格} = 408\mu\text{A} = 0.408\text{mA} > 0.2\text{mA}$ 。然后用同样方法测出右半管栅极与阴极间电阻为

$2000\Omega$ ,对应于  $n=28$  格,故阴极电流为  $I_{k2} = 12\mu\text{A}/\text{格} \times 28 \text{ 格} = 336\mu\text{A} = 0.336\text{mA} > 0.2\text{mA}$ 。

因为  $I_{k1} > I_{k2}$ ,证明左半管的阴极发射能力要比右半管强些。由于  $I_{k1}$ 、 $I_{k2}$  均大于  $0.2\text{mA}$ ,说明该管子并未衰老。

## 2. 电子管跨导 $S$ 的测量方法

跨导  $S$  是电子管的重要参数。测量电子管跨导的电路如图 11-10 所示。

$R_g$  是栅漏电阻,对于放大管一般取  $200 \sim 470\text{k}\Omega$ 。将万用表拨到  $10\text{mA}$  档,串入阳极电路中。 $E_a$  表示阳极电源电压,一般为  $200 \sim 250\text{V}$ 。阴极电阻  $R_k$  由固定电阻和可调电阻组成,也可以用一个电阻箱代替。另一只万用表拨于  $10\text{V}$  档测阴极电压。

先将  $R_k$  调到某一阻值,测出阴极电压  $V_{K1}$ ,同时测出阳极电流  $I_{a1}$ 。再改变  $R_k$  的阻值,测出相应的  $V_{K2}$  和  $I_{a2}$ 。最后代入下式求出被测管的跨导  $S = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_{Kk}} = \frac{I_{a2} - I_{a1}}{V_{K1} - V_{K2}}$  (mA/V)。

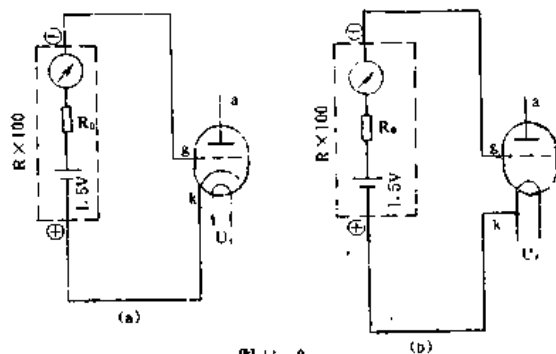


图 11-8

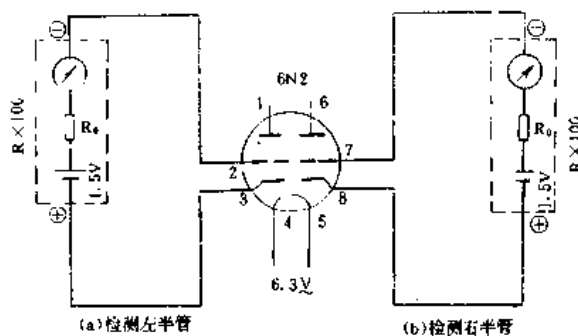


图 11-9

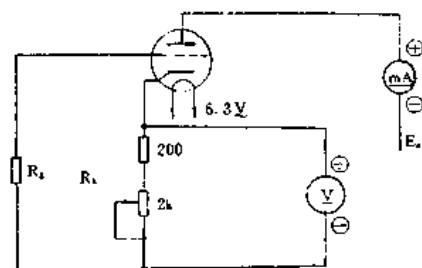


图 11-10

因栅极电阻  $R_g$  的电阻值很高,用 10V 档直接测栅极电压的误差太大,故改测阴极电压  $V_k$ 。这是由于阴极电阻  $R_k$  的阻值较小,测量误差也小。可以认为,  $V_{gk} = -V_k, \Delta V_{gk} = -(V_{k2} - B_{k1}) = V_{k1} - V_{k2}$ 。

下面举两个实例具体介绍跨导  $S$  的测量方法:

①选择 MF30 型万用表 10V 档测量  $V_k$ , MF10 型万用表拨至 10mA 档测量  $I_a$ , 测量一只高  $\mu$  双三极管 6N2 的跨导值。先测其左半管, ①脚接阳极电压  $E_a$ , 即  $V_a = E_a, E_a$  取自电子管收音机中的 215V 直流电压; 栅极②脚接 200k $\Omega$  栅漏电阻; 阴极③脚接  $R_k, R_k$  用 ZX21 型电阻箱代替。④脚与⑤脚接 6.3V 灯丝电压。

调整  $R_k = 600\Omega$ , 测得  $V_{k1} = 1.15V, I_{a1} = 1.9mA$ 。再调整  $R_k = 500\Omega$ , 测出  $V_{k2} = 1.08V, I_{a2} = 2.1mA$ 。代入上面介绍的公式中  $S = \frac{2.1 - 1.9}{1.15 - 1.08} = 2.86mA/V$ 。查手册, 6N2 在典型工作状态下 ( $V_a = 250V, V_{gk} = -1.5V, I_a = 2.3mA$ ), 跨导  $S = 2.1mA/V$ 。实测值比规定值要高一些, 证明被测管性能良好。

用 GS-5A 型电子管试验器复测左半管的跨导为 2.2mA/V, 证明管子确是好的。

②另测一只 6N2 的左半管, 当  $R_k = 600\Omega$  时,  $V_{k1} = 0.43V, I_{a1} = 0.74mA$ 。再调  $R_k = 400\Omega$  时,  $V_{k2} = 0.30V, I_{a2} = 0.76mA$  (MF30 型拨到 1V 档, MF10 型拨至 1mA 档)。所以  $S = \frac{0.76 - 0.74}{0.43 - 0.30} = 0.15mA/V < 2.1mA/V$ 。被测管跨导只有规定值的 1/14, 表明管子已损坏。

再用 GS-5A 型电子管试验器复测左半管,  $S = 0.28mA/V$ , 指在“坏”的区域之内, 证明左半管确已失效。

### 三、电子管的使用

使用电子管时需注意以下事项:

①电子管应该在额定灯丝电压条件下使用。

②电子管各电极的损耗功率, 不允许超过极限值。

③尽量避免采用灯丝串联电路。若避免不了时, 灯丝的电流特性要相同, 以防止各阴极的加热不均匀。

④电子管出厂前经过激活、老化和测试, 出厂后不允许对电子管进行机械和电气状态的老化。但允许对其电气性能和参数进行检测。

⑤使用旁热式电子管时, 阴极和灯丝间的电位差不得超过规定的极限值。为此, 常采用专用的灯丝变压器供电。为了消除漏电流不稳定的影响, 在不妨碍电路工作的条件下, 可在阴极和灯丝间接上一个约几万欧的分路电阻。

⑥正确选择第一栅极电路电阻很重要。这个电阻应当尽量地小, 对高跨导的电子管尤其是这样。通常, 宜采用自给栅偏压, 而不用固定偏压电路。对于高跨导 (大于 10mA/V) 的电子管, 可在阴极电路中接入一个较正常偏压所需阻值较大的电阻。但要注意, 此时阴极电位较高。为了保证需要的栅极负偏压, 必须供给栅极一个比阴极电位低的正电压, 使栅压对阴极为负值。

⑦电子管使用在极限参数情况下, 虽然仍能保持工作正常, 但寿命会迅速缩短。不允许在超极限参数情况下使用电子管。

⑧收信放大管在高温(+70℃)、低温(-55℃)、高湿度(相对湿度达98%、温度为40±2℃)的环境里工作时,仍然是稳定的。

⑨当环境温度升高时,电子管的工作稳定性取决于管壳发热最大部位的温度。管壳的温度决定于电子管热辐射、热传导、对流及散热面积,以及电子管周围物体的温度。因此在设计电子装置时应考虑:a. 使用屏蔽罩,应保证管壳能靠空气对流的作用把热量传导出去,而且屏蔽罩表面的热反射要小(例如黑色的屏蔽罩)。b. 装置中各元件的位置安排,应有利于电子管的散热。c. 要控制电子管的管壳温度,各种电子管的玻璃壳允许温度是不相同的。例如,功率输出管在工作时的允许极限温度,原则上不应超过90℃。

⑩除了只有特殊结构的高可靠性的电子管能在较高的加速度下工作以外,其它的收信放大管只能短时承受较小加速度的震动。因此,在使用时要注意电子管的减震。

⑪使用小型管(姆指式)及其它无管基的电子管(但具有管针)时,为了不使玻璃壳破裂或损坏,必须遵守下列条件:a. 使用电子工业部规定的电子管管座。b. 插入电子管时,应防止管座插孔内接触簧片的正常位置受到损坏。c. 应避免利用管座的空脚作连接焊片使用。d. 插拔电子管时,其方向应与管座平面垂直。

## 第十二章 扬声器的测试与维修

扬声器俗称喇叭,它是先将电能转变成机械能,机械能又转变成声能(声音)的器件。在家用电器设备中,它的应用相当广泛,也极其重要。如收音机、录音机及组合音响,若没有扬声器将失去其价值,电视机若无扬声器,便只能观看到活动的图像,却听不到美妙的声音。

扬声器的各类非常多,有压电式、电磁式、电动式、号筒式、数字式、同轴复合式、椭圆形和平膜形等,不胜枚举,而且仍在不断发展新品种。其中应用最多的要算是电动式纸盆扬声器,这种扬声器是1926年开始生产的,其声指标很高,结构简单坚固,成本低廉,是近70年一直为世界上采用最多的一种扬声器。

下面就以电动式扬声器为例说明其结构原理、测试方法和使用维修。

电动式纸盆扬声器外形结构剖视图如图12-1所示。它分为内磁式和外磁式两种,如图12-2所示。扬声器的图形符号如图12-3所示。它的结构主要由三部分组成,即磁回路系统(磁铁+铁芯+导磁体)、振动系统(纸盆+音圈)和辅助装置(定芯支片+盆架+垫圈)。

扬声器的是这样工作的:振动系统的音圈均匀地插进磁缝隙当中,如有音频电流通过音圈时,在音圈周围便产生随音频电流变化的磁场,由于音圈磁场与磁

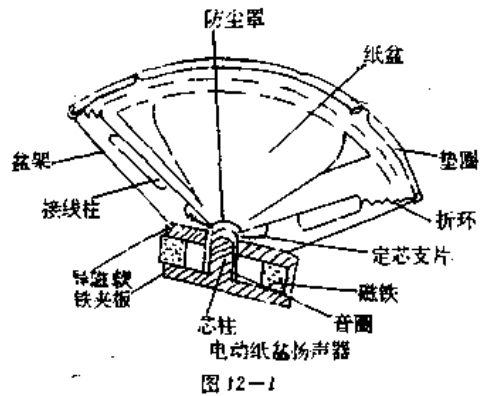


图 12-1

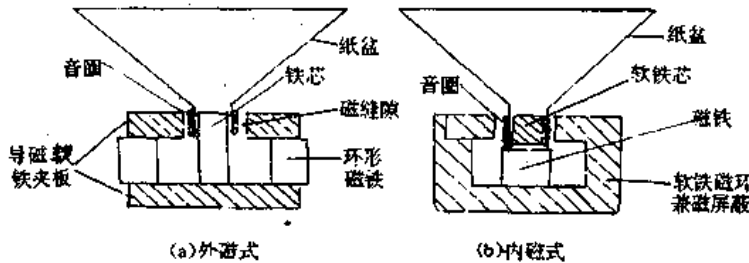


图 12-2 电动扬声器的种类

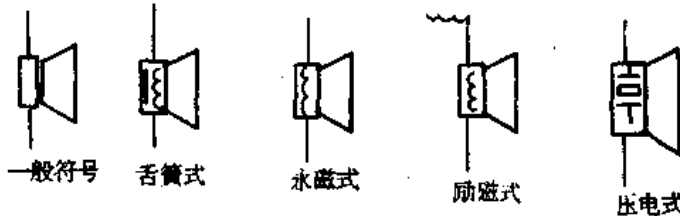


图 12-3 扬声器的图形符号

铁磁场的相互作用(相吸和相斥),将产生一种向前或向后的力,使音圈沿铁芯柱轴向运动,音圈的运动带动了纸盆的振动,纸盆的振动又使空气随之振动,从而产生了声音。其能量转换方式可概括为:电能—机械能—声能。

### 一、扬声器的测试



## (一)性能测试

### 1. 万用表测试好坏

将扬声器喇叭口朝下平放在桌面上,两接线柱正对自己,把万用表置  $R \times 1\Omega$  档,用红、黑表笔分别去触碰扬声器接线柱,如图 12-4 所示。如果发出“咔咔”声则说明扬声器是好的。若“咔咔”声越大则说明扬声器灵敏度越高、声音越宏亮;如果“咔咔”声很小,且万用表指针摆动也小,则说明扬声器性能下降,很可能是音圈有局部短路;如果根本没有“咔咔”声,且万用表指针也不摆动,则说明扬声器已损坏,这可能是引出线霉断开路,或是音圈烧断所致;如果扬声器虽无“咔咔”声,但指针却有摆动,则说明音圈可能是好的,但音圈被卡死不能振动;如果两表笔靠紧两接线柱不离开,而扬声器仍有“咔咔”声,则说明扬声器有接触不良现象,需排除后才能使用。

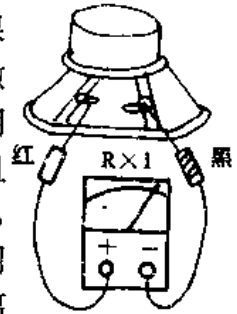


图 12-4

### 2. 万用表测试阻抗

阻抗也是衡量一只扬声器性能优劣的一个重要指标。通常扬声器上注明的标称阻抗是指在特定频率(400~1000Hz)下的交流阻抗,而用万用表测试的阻抗则是直流纯电阻。直流阻抗比交流阻抗值约小 1.1~1.3 倍,即  $R_x = (1.1 \sim 1.3)R_{\text{标}}$ 。测试阻抗方法有两种:一是用 500-1 型老式万用表测试,仍用  $R \times 1\Omega$  档,先校零,然后两表笔分别与引出线接线柱相碰,读出表头指示阻值,再用这个阻值乘上(1.1~1.3)倍,即为扬声器的阻抗值。如测试一只性能良好的扬声器,表头指示为 3.3 $\Omega$ ,取 1.2 倍,即  $R_x = 1.2 \times 3.3\Omega = 3.96\Omega$ ,就说明该扬声器的标称阻抗为 4 $\Omega$ ;如测试一只标称阻抗模糊不清的扬声器,表头指示为 14.1 $\Omega$ ,取 1.2 倍,则  $R_x = 1.2 \times 14.1\Omega = 16.9\Omega$ ,即说明该扬声器的阻抗是 16 $\Omega$ 。请注意,国内外生产的扬声器其阻抗值有较统一的规格:即 4 $\Omega$ 、8 $\Omega$ 、16 $\Omega$ 、32 $\Omega$  等,因此在使用或测试扬声器时,如遇标称值不清楚的,就可经过测试计算来进行判断,避免因阻抗不匹配而烧坏扬声器或功放级。每次测试计算之后,应将测试值与扬声器上的标称值进行比较,如果测试值接近标称值则说明扬声器基本是好的;如果测试值比标称值过大或过小,则说明扬声器性能下降,均不能正常发声。

第二种测试方法是:用 500-2 型新式万用表,这种型号的万用表有  $D\Omega$  档位,测试精度比较高。方法是:将左旋钮置“ $\Omega$ ”档、右旋钮置“ $D\Omega$ ”档,两笔相碰后校零,然后分别接触扬声器的接线柱,测出的阻值乘上(1.1~1.3)倍即为该扬声器的阻抗值。

测试时的注意事项:

(1)万用表应放置在欧姆最低档,因这档的内阻小、电流大,发出的“咔咔”声较大,测出的阻抗值精度也较高,而用其它稍高阻值的档位测试则不易判断。

(2)测试时万用表红、黑表笔可任意分别去碰扬声器接线柱,不分正负。

(3)在路测试扬声器好坏时必须关断电源,避免烧坏万用表;测试阻抗时应该与电路断开一根连线,以免影响测试精度。

### 3. 其它测试方法

在实际维修中,如身边没有万用表,为了应急,还可采取以下方法进行判断:

(1)电池判断法。如图 12-5 所示,将 1.5V 的干电池焊上两根引线,先将任一根线头与

扬声器的一个接线柱相连,再用另一根线头去断续触碰第二个接线柱,如发出“咔咔”声则说明该扬声器是好的;如果没有“咔咔”声则说明扬声器已坏。使用此法应注意两点:一是电池电压不能太高,否则容易损坏扬声器,一般用 1.5V(1号、2号、5号)干电池即可。二是电池要有电,否则极易造成误判断。三是碰触时间要短。

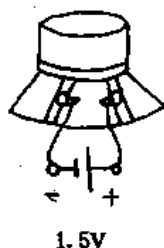


图 12-5

(2)替换法判别。在应急修理中如既无万用表又无干电池时,可将待测扬声器进行实际听音检查。即把扬声器焊接到收音机、收录机或组合音响上,与原机扬声器进行比较,在相同功率相同阻抗情况下,如果声音与原扬声器一样大,则说明该扬声器正常;如声音比原扬声器小很多则说明该扬声器性能下降或是音圈有局部短路;如果不发声则说明扬声器已坏,待修理后才能使用;如果声音及音质均比原扬声器好则说明该扬声器性能较好。用此法检查扬声器性能,既可听声音大小,还可判断音质的好坏。应注意的是,待测扬声器的标称功率及阻抗必须与原机扬声器相同,否则易烧毁扬声器或机器功放级。

## (二)相位的测试

相位测试是针对两只以上扬声器工作在一个系统中而言的。

我们知道,为了提高声音质量(音质),现在绝大多数收录机都是采用两只或两只以上的扬声器来传送声音,特别是组合音响使用的扬声器数目就更多了。在组装或维修代换这些扬声器时,如果不注意其相位关系,随便焊接上机器,那么就达不到令人满意的效果,严重时甚至使声音小而沉闷,这样既达不到欣赏娱乐的目的,还可能成为烦人的噪声。

在实际操作中,为了使声音宏亮和音质美妙,应将所有扬声器(有分频器的音箱扬声器除外)同相安装。这是因为,当两只(或两只以上)扬声器同相位时,其纸盆振动的相位也相同,即所有纸盆同时向前或同时向后运动,使纸盆前方产生的声波叠加,波幅增大,从而使得声音宏亮,在低频段还会使音质更好。但如果两只(或两只以上)扬声器的音圈相位相反时,纸盆的运动方向也相反,有的向前运动,同时有的向后运动,从而使扬声器前方空气压力互相抵消,波幅减小,声音低沉无力。还应指出的是,扬声器反相位连接后,还会损失人耳敏感频段 150~1000Hz,使得声音听起来失真、刺耳。当然,有时又需要两只扬声器反相位连接,比如将两只扬声器纸盆口相对合使用的情况。下面介绍几种测试判别扬声器相位的方法。

### 1. 万用表测试

(1)电阻法:万用表置  $R \times 1\Omega$  档,用任一只表笔接触扬声器的一个接线柱,另一只表笔一下一下地触碰扬声器另一个接线柱,同时仔细观察扬声器纸盆的运动方向,如果振幅太小看不清楚,可用手反复摸来判断。再用同样方法测试另一只扬声器,如果两只扬声器纸盆的运动方向一致,则说明它们音圈的相位是相同的;如果运动方向不一致,则说明相位相反,可把表笔对调后再测试,并在同相端注好标记。当扬声器并联运用时,就将同相端连在一起,而在串联运用时,则将不同极性端连在一起。

(2)电流法:万用表置直流 1mA 档,两只表笔分别接在扬声器的两接线柱上,用手一下一下轻压纸盆,使线圈在磁场中运动产生感生电流,此时仔细观察在向下压时表头指针的摆动方向(即感生电流方向),再用同样方法测试另一只扬声器,如果两只扬声器使指针摆动方向相同,则说明它们的相位是相同的;如果指针摆动相反,则说明相位反了,可将表笔对调后

再测试,并在同相位端注明标记。

### 测试时的注意事项:

(1)用电阻法时应尽量用低阻档,这样使纸盆的振幅增大,便于观察;用电流法时也应尽量用低电流档,这可使表头指针摆动幅度增大,容易判断。

(2)干电池也可以用来判断扬声器的相位,其原理及测试判断方法同万用表的电阻法。

(3)用万用表或干电池来测试判别相位有一定局限性。比如测试小口径的高音扬声器或号筒形的中、高音喇叭,就比较困难,因纸盆振幅小而看不清楚,音膜振幅情况更是看不清摸不出,又不能通过增大干电池的电压来判断,否则容易损坏音圈。

## 2. 声音比较法

声音比较法是指不需用万用表或干电池测试判断,而只凭听声音则可判断出相位情况,方法简单实用,准确度高。

(1)判断两只扬声器的相位:如图 12-6 所示,用两根 40cm 左右的花线,将两只扬声器并联后接到放大器的输出端,然后开机,两手各拿一只扬声器,使纸盆相对并逐渐靠拢,这时声音将发生变化。假如声音变大则说明  $Y_1$ 、 $Y_2$  的 1、3 端为同相位;假如声音变小则说明 1、3 端反相,需将其中任一只扬声器连线对调后才能使用。

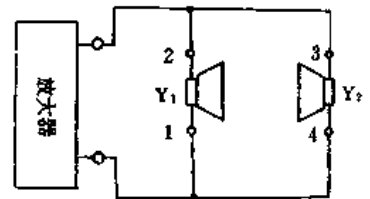


图 12-6

(2)判断多只扬声器的相位:如图 12-7 所示,如果放大器输出端接有四只扬声器,则先用适当长度的花线将其中三只扬声器  $Y_1$ 、 $Y_2$ 、 $Y_3$  并联后引出,并使纸盆朝上,再用 50cm 长的花线将另一只扬声器  $Y_4$  与之并联,手拿  $Y_4$ ,纸盆朝下,分别去靠近  $Y_1$ 、 $Y_2$ 、 $Y_3$  扬声器,遇到那只扬声器的声音增大则为同相,遇到声音变小则为反相,需调线后方可使用。

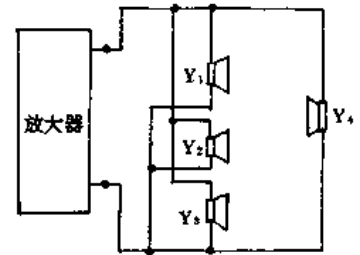


图 12-7

(3)判断音箱扬声器的相位:由于组合音箱中装有分频器,即有电感电容等电抗元件,会使通过的音频信号产生附加相移,因此仅从判断扬声器引出线的相位是否相同是不完全准确的。对于普通维修人员可采用如下方法进行判断:用两根约 1.5m 长的花线,把一只试验用扬声器与音箱上扬声器组并联,开机后手拿这只扬声器分别去靠拢音箱中的每一只扬声器,如果音箱扬声器的声音都同时增大或同时减小,则说明音箱上扬声器组连接的相位情况是正确的。根据经验:如果音箱分频器是双频带,即只有低、高音扬声器时,则低音扬声器和高音扬声器应反相连接;如果分频器是三频带,即具有高、中、低音扬声器时,则中音扬声器应与低音扬声器和高音扬声器反相连接。另外,如果音箱有倒相孔,则应该用吸音材料(如绵布或被子)将其暂时堵住。

## 二、扬声器的使用和维修

### (一)扬声器的使用

#### 1. 扬声器的选购

(1)外观检查:首先检查贴在扬声器背上的商标,看功率及阻抗是否符合要求,口径尺寸是否与原机相匹配。再看纸盆及防尘罩有无凹陷和破损,盆架有无变形(铁架)或裂口(塑料架),音圈引线接线柱是否牢固,用手摇晃扬声器有无异样声响。再仔细观察定心支片(也称

阻尼弹簧片)有无变形或缺陷等。

(2)静态检查:用一小铁件(如起子、尖嘴钳)靠近扬声器的磁钢,应有较大的吸引力;双手拿住扬声器,两只大拇指来回按动纸盆,应感到纸盆毫无阻碍,运动自如,若有摩擦感则说明音圈碰铁芯或铁圈(或外磁环)。接着再用一只大拇指从不同的方位按压纸盆,仍不能有摩擦感,否则该扬声器质量不好,音圈不完全在正中央,不能购买。

(3)动态检查:如前所述,可用万用表的 $R \times 1\Omega$ 档或1.5V干电池检查扬声器的性能优劣及阻抗大小。如果条件许可的话,最好在购买之前,找一信号源直接检查效果,比如找一部收音机或收录机,用新扬声器去代换机上扬声器试听,如果音量及音质都与原机扬声器差不多,则说明所挑选的扬声器质量是好的。

## 2. 扬声器使用注意事项

(1)功率要求:使用扬声器时应特别注意,加在上面的电功率绝对不允许超过其标称功率,否则很快被烧毁。而且在开机使用过程中,也不能将音量开得过大,否则不仅会损坏音圈,还会使纸盆破裂。通常将音量电位器开到三分之二即可。若扬声器功率不够大时,作为应急可在音量电位器上串联一只电阻以限制其音量。为了保护组合音响上扬声器(低音)不致烧坏,可在喇叭上串联一只约大于音频电流的保险丝。

(2)阻抗要求:要保证扬声器本身的阻抗与放大器的输出阻抗相匹配,否则既不能最大效率地发挥扬声器的作用且失真大,还会烧毁扬声器。如果身边备用的扬声器都不匹配时,可采用两个扬声器串、并联的办法加以解决。

(3)相位要求:如果是两只以上扬声器连在一起使用时,如前所述,必须保证对相位的要求。

(4)如果多只扬声器的标称值不一样时,则应选择其中功率及口径最大的扬声器作为主扬声器,比如用作音箱中的低音,而其它功率及口径小的扬声器作为高、中音辅助扬声器,这样既可保证设备安全又可保证好的音响效果。

(5)扬声器如有故障应及时修理或更换,不能凑合着听,使故障范围继续扩大,造成不必要的后患。

## (二)扬声器的维修

扬声器常见故障有:纸盆破裂、音圈烧坏、编织引出线霉断、音圈卡死等,造成声音低沉、失真、断续声、无声等现象,影响正常好听、欣赏。扬声器出现故障,除了少数修复后不降低性能外,一般都不容易恢复原性能质量。因此最好更换新扬声器,特别是高档录音机和组合音响。当然在要求不高的场合或应急使用时,扬声器维修还是有一定价值的。

### 1. 纸盆破裂的修补

造成纸盆存裂的原因,一是纸盆受潮并作剧烈振动引起裂缝;二是纸盆被虫子蛀食咬破,使喇叭发出刺耳的破锣声或撕裂声,音响效果变差。

如果纸盆裂缝短而细,可以用稠胶涂在裂缝附近表面,待干燥后即可粘合使用;如果裂缝较大,则可找一只废旧扬声器纸盆,剪下比破裂尺寸稍大一些的纸盆纸,用布揩去纸上的灰尘,用较稀的胶水粘在裂缝处,待阴干(勿用火烤)后即可使用。如果手头一时没有废纸盆,则可用照相机镜头纸或打字蜡纸的衬纸,在裂缝处连续粘贴上3~4层即可,效果不错。也可用纤维较长、质地较韧的纸粘补。还可用土白纸(即做风筝纸),采用橡胶水(补轮胎用)粘补

会得到满意效果。在用上述几种纸补纸盆时,如果需保持原黑色,可待胶水平后,在上面刷上一层墨汁或碳素墨水均可。如果裂缝或破损处位于纸盆边缘的折环区,所补纸张先要折成相应折环形状后再粘上去,但效果不够理想,最好还是找一只具备相同折环纹的废旧纸盆,剪一块大小合适的粘补上去,这样才不致于严重影响纸盆的弹性,基本保持原有的音质。如果纸盆破坏面积较大,出现大的窟窿,就需要更换新纸盆,或是换整个扬声器为好。

## 2. 音圈断路的维修

音圈断路的原因较多,如电流烧断开路、霉断、腐蚀及振动而断等。排除方法如下:

如图 12-8 所示,用电击法熔接音圈断路处。将 C 点连接好,然后用 A 端去碰 B 点,如果 A、B 接触的瞬间产生火花,且灯泡闪亮一下,说明音圈已熔接上。如果没有火花则可再多碰几下。图中灯泡有限流及指示作用。应用此法时要注意安全。

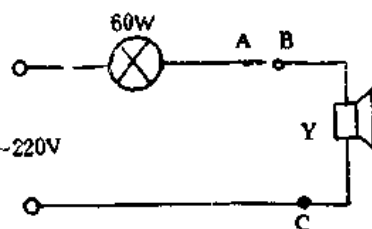


图 12-8

如果采用上述方法不能排除,还可用以下方法修理。

把扬声器的两根引出线从接线柱焊下,分别在扬声器盆架与纸盆及定芯支片的粘接处滴上香蕉水(或硝基稀释剂),待到粘合剂软化后,用小刀(要尖锐,可用剃须刀片做成)小心地把纸盆及定芯支片与盆架分离开,然后连同音圈一起取下,再用同样方法把防尘罩从纸盆上取下。一般断路点在音圈引出线与编织引出线焊点之间,这段线是用胶粘封的,不便查找和焊接。通常的做法是:把引出线与编织引出线焊开,重新从音圈两端各拆下一圈作为音圈引出线,这对放音效果没有明显的影响,然后用针在定芯支片上(原音圈引出线的位置)穿两个小孔,将引出线从两孔中穿过,再焊在编织引线上,焊时要注意,速度要快,避免烫坏纸盆。然后开始重新组装。组装的关键问题是音圈与铁芯柱间的间隙必须要均匀一致,否则会有摩擦感,影响发音效果。将音圈(含纸盆、定芯支片)按原来位置放入盆架内,用剪刀剪 4~6 条长 30mm、宽 4mm 厚簿适宜的照像胶片或牛皮纸,对称地插入音圈内径与铁芯柱之间,让音圈与铁芯间隙均匀,之后用快干胶(如橡胶水)把纸盆和定芯支片与盆架粘贴好。干后抽出胶片或纸条,并粘好防尘罩,再将编织引线焊到盆架接线柱上,就可以使用了。如遇到断路点在音圈内部时,则只能重新绕制一个新音圈代换了,不过这种情况较少。

## 3. 音圈短路的修理

音圈烧短路后,有的仍有声音、但很小,用万用表测试还容易造成错误判断,以为放大器有问题,但又查不出来,便将就着听,不再检修了。其结果可能造成“机毁喇叭亡”的后患。

音圈局部短路后,阻抗下降,一方面通过扬声器的音频电流增大,温度升高,使短路加重,另一方面扬声器与放大器阻抗失去匹配,使放大器负载加重,极易烧坏放大器。

遇到音圈短路的故障,一般只能更换或重新绕制。绕制音圈的方法如下:

(1)取下防尘罩,用香蕉水浸软纸盆及定芯支片与音圈圈芯(圆柱形音圈骨架)连接处,然后用小刀小心地取下音圈。

(2)圈芯(音圈骨架)的制作:在拆音圈线时容易将原音圈圈芯弄坏,如果完好无损则可继续在上面绕制,如果不行则可用下面方法重新制作圈芯:把用过的 120 照像胶卷(半卷即可)收紧后一头插入原音圈圈芯内,放松胶卷使其原音圈芯内径贴合紧密,再用牛皮纸把胶卷另一头卷上,并用胶水把纸卷粘住,在外表面刷上一层清漆,干后把纸卷(连同胶卷)从原

音圈中抽出,这个纸卷便是要做的理想的音圈圈芯。

(二)绕制音圈:为了增大强度,胶卷暂不要抽出圈芯,在圈芯上面绕上音圈线,用橡筋绑紧引出线端头,绕好第一层后,用清漆或胶水涂一遍,使第一层音圈固定;待干后再绕第二层,第二层音圈的每一圈线应绕在第一层中两圈线的槽里,如图 12-9 所示,绕好第二层后也涂上清漆或胶水,待干后抽出胶卷就可装进盆架了。装时要保持平衡,确保音圈在正中而无摩擦,具体安装方法详见前述“音圈断路”故障。

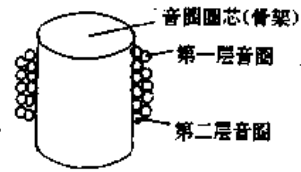


图 12-9

新绕制的音圈要与原规格一致。一是线径一致,若是漆包线粗了,磁缝隙容纳不下,细了则阻抗增大而不能与放大器匹配,使声音失真;二是圈数一样,在拆原音圈时要细心地数,按原圈数绕制音圈;三是绕的层数、音圈高度、音圈在圈芯上的位置等也应与原音圈相同。一般情况下,为了使音圈的引出线能在同一个方向,绕制音圈的层数均是取偶数的,如两层或四层,但大多为两层,即从左绕到右后,再从右绕回到左,音圈两根引出线都在左边。

#### 4. 音圈不正的修理

音圈不正指音圈偏向了一边,音圈圈芯与铁芯柱发生摩擦或放音振动时摩擦,严重时可能使音圈卡死而无声音。造成不正的原因大致有:一是厂家生产扬声器时没有放正;二是纸盆的纸张有不均匀性,使用一段时间后,纸盆一边的弹性严重减弱造成;三是虫子蛀食或人为所致。音圈不正轻则有“沙沙”干扰声或“噼啪”声,重则使声音低沉甚至不发声。修理方法是:如果手压纸盆摩擦感不强,可在弹性小的一边纸盆外圈的折环处涂上一层清漆或胶水,待干后通电试听,开大音量若无“沙沙”、“噼啪”声,则说明故障排除,此法简单快速。如果摩擦感较强,用毛笔蘸香蕉水涂在防尘罩周围,待原胶水软化后取下防尘罩,取 4~6 条长 30mm、宽 4mm 的牛皮纸条或胶卷片条,均匀地插入音圈和铁芯柱之间,使音圈处于正中央,再用香蕉水将音圈与纸盆结合处涂软,用电吹风烘干或晒干,然后抽出纸条即能使音圈正位,开机试听效果;如果还不很满意,也可同时用香蕉水把纸盆边缘的折环涂湿,同样烘干后抽出纸条,一般说来故障可以排除。

#### 5. 编织引线的修理和代用

扬声器音圈编织引出线的故障率是比较高的。一是在焊接音圈引出线与编织引出线的连接处时,使用了助焊剂,接点容易被腐蚀霉断,造成声音断续或无声,对此可用小刀小心轻刮两线的连接处,显出铜亮色后,用万用表就能判断出故障点。如确在连接点,可从多股花线中抽一根 5mm 左右的细铜线,焊接上即可。二是编织引出线生锈或振动时间长后,从中间断开,这种故障如不仔细观察或用表测试,容易误判断,因编织引出线中间一般加有丝棉线,往往是“藕断丝连”,不易察觉。此故障处理较简单,一是用收音机天线磁棒上的纱包软线线圈代用,截取合适长度,刮去两头清漆,上好焊锡后分别焊到纸盆音圈引出线与盆架接线柱上,并用松香或沥青封好白色焊点;其二是从多股花线中提出 5~8 根细铜线,取适当长度并紧成一股,在起子(改刀)上缠绕成螺旋管状态,目的是富有伸缩性,避免再振动时折断,两头烫上锡后焊上即可。

#### 6. 其它故障的修理

在潮湿地区使用扬声器,还会出现一种误判断的故障,即音圈铁芯柱严重锈蚀,铁锈塞

满了音圈与铁柱缝隙,将音圈卡死而无声,此故障容易判断为音圈不正。对此可把防尘罩取下,向铁柱周围浸些酒精,边浸边压纸盆,然后用较细的针或钢丝(带小钩)插入缝隙中,刮出铁锈即可,使音圈活动自如,如还不行只好取下音圈清洗最为有效。在修理中还会使防尘罩凹陷,或是小孩有意用手去按防尘罩,尤其音箱扬声器更易受到小孩“袭击”,对此若取下防尘罩进行整理是比较麻烦的,可用电工用黑胶布或医用白胶布粘住凹陷部位,再轻轻提起胶布,防尘罩就可以复原。此法也可用来粘下被吸附在磁铁和铁芯柱上的铁屑。

# 第十三章 传声器的测试与使用维修

传声器又称话筒,过去也有称麦克风或微音器的。传声器是一种将声信号转换为相应的电信号电声换能器件,它将声信号变为电信号后,经过放大,可以用来进行语言通信、录音、广播和扩声等。

传声器的种类很多,分类方法也不尽相同,常见的几种分类方法如图 13-1 所示。

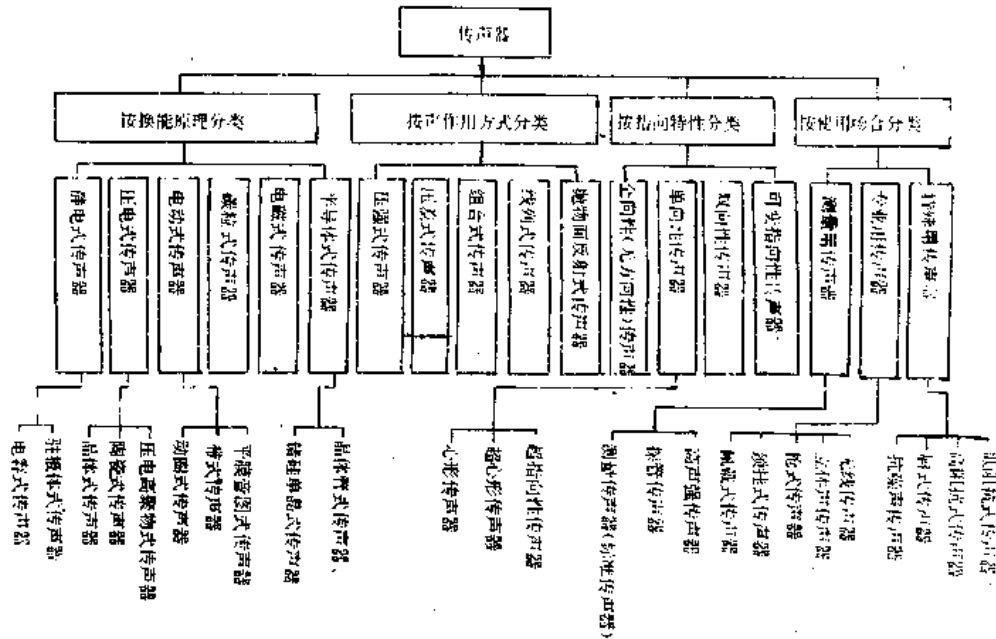


图 13-1

从换能原理来看,目前用得最广泛的传声器是动圈式、电容式、压电式等,其中以驻极体电容式和压电高聚合物式发展最快,且不断有新产品出现。

各种类型的传声器尽管在结构上有所不同,但它们总少不了一个振动系统。该系统受声波作用而引起振动,产生出相应的电压变化、电容变化或电阻变化。如动圈式传声器就是属于电压变化一类,而电容式传声器则是属于电容量变化一类,但最终还是利用电容变化使最后的输出仍为电压变化。所以,传声器种类虽多,但其基本原理仍大致相同。

### 一、传声器的技术特性指标

传声器的主要电声性能指标有:灵敏度、频率响应、指向性、输出阻抗和动态范围等。几种主要类型传声器的典型技术特性如表 13-1 所示。

表 13-1

类型	灵敏度(mV/Pa)	频率响应特性(Hz)	指向特性
动圈式传声器	>2.2	50~10000, <12dB	无指向性,心形
带式传声器	>2.0	50~10000, <12dB	8字形



续表

类型	灵敏度(mV/Pa)	频率响应特性(Hz)	指向特性
电容式传声器	>5.0	40~14000, ±6dB	无指向性, 心形, 8 字形
驻极体电容传声器	>3.0	50~18000, ±6dB	无指向性, 单指向性
晶体传声器	>1.0	60~8000, <±6dB	无指向性

### 1. 灵敏度

当声压为  $1\mu\text{bar}$  ( $0.1\text{Pa}$ ) 时, 传声器所产生的输出电压 (mV) 或电动势称为传声器的灵敏度, 单位为  $\text{mV}/\mu\text{bar}$ ,  $1\mu\text{bar}$  指在  $1\text{cm}^2$  的面积上, 声音振动压力为  $1.02\text{mgf}$  时的声压。由于测量传声器声压的方式不同, 其灵敏度又分作声压灵敏度和场强灵敏度, 两者的区别是: 声压灵敏度表示作用于传声器膜片上的声压, 而后者则表示该处空间的声压。一般技术说明书上指的都是场强灵敏度。根据负载情况不同, 灵敏度又可分为空载灵敏度和有载灵敏度。前者指的是传声器所产生的电动势, 后者指的是传声器在正常负载上所产生的电压。另外, 高阻传声器的灵敏度通常还用分贝来表示。

### 2. 频率响应

传声器的灵敏度与频率的关系, 称为传声器的频率响应。传声器的灵敏度随频率的变化而变化, 不是恒定不变的, 一般在频率高端或低端的灵敏度较低。

### 3. 固有噪声

传声器由于内部和导线中分子热运动, 以及周围空气的影响, 即便是最良好的传声器件, 在没有声压的作用时, 也仍有输出电压, 这一电压就是传声器的固有噪声。通常总是希望传声器的噪声电压和传声器受外来声压作用而产生的电压之比尽可能小。

### 4. 方向性

传声器有一定的方向性, 当声波从不同的角度向传声器入射时, 传声器在各个方向上的灵敏度是不一样的, 通常用方向系数  $D$  来描述传声器的方向特性。当声波以  $\theta$  角入射时, 传声器的灵敏度  $E_{\theta}$  与轴向入射  $\theta=0$  时的灵敏度  $E_0$  的比值, 称为传声器的方向特性, 即:  $D = E_{\theta}/E_0$ 。

## 二、各类传声器的结构原理与特点

### 1. 动圈式传声器

动圈式传声器是一种运动导体呈圆形线圈的电动式传声器。

动圈式传声器的原理结构如图 13-2 所示。这种传声器接受声波的振膜是采用金属铝 (或合金铝) 箔制成, 或采用聚碳酸酯、聚苯乙烯、聚酯树脂等合成树脂材料制成, 音圈 (圆管形线圈) 用铜或铝漆包线制成并粘接在圆形振膜上, 然后悬置在磁路系统形成的磁间隙中。

**基本工作原理:** 当声波激励振膜时, 粘接在振膜下面的音圈, 在磁路系统的磁间隙中也作相应振动, 因其切割磁力线而有感应电动势产生, 从而实现了声—机—电转换。此时的感应电动势输出为:  $E = Blv$ ; 其中,  $B$  为磁隙中的磁通密度,  $l$  为音圈导线的总长度,  $v$  为音圈的振动速度。

动圈式传声器的磁路结构有两种, 即内磁式和外磁式, 前者的磁体为圆柱形, 处于传声

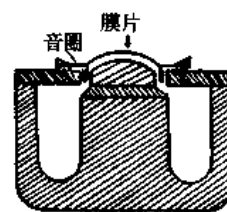


图 13-2

器的结构中心;后者的磁体为环形状,处于传声器的结构外围。对磁路设计的要求是,获得尽可能大的磁隙磁通密度。目前动圈式传声器的磁隙磁通密度已可高达  $0.7 \sim 0.8 \text{ Wb/m}^2$ 。

动圈式传声器的典型结构如图 13-3 所示。

从动圈式传声器的特性来看,其频率响应、输出电压、最大允许输出以及指向特性等取决于音圈、振膜尺寸、磁路的磁通密度和振膜振动速度等因素。为了在较宽频率范围内获得平直的响应,其振动系统一般采用力阻控制。动圈式传声器的音圈一般用很细的铜质或铝质漆包线绕制百匝之内,阻抗很低,约  $10\Omega$  左右,为了与扩音机的输入电路

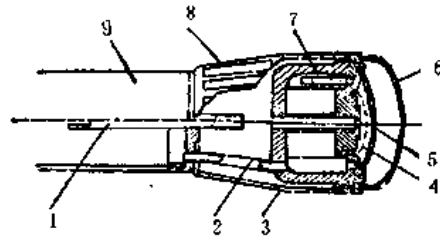


图 13-3

1—低频补偿管;2—声通道管;3—前罩壳;4—振膜;5—护盖;6—网罩;7—磁体;8—第二声道入射口;9—传声器壳体。

阻抗相匹配,故需一输出变压器将电压和输出阻抗升高,使之与第一级放大器耦合。输出变压器一般采用低损耗的高  $\mu$  铁芯,次级线圈按 EIA 标准给出  $30/50$ 、 $150/250$ 、 $2000\Omega$  数值。

常用的动圈式传声器输出阻抗分高、低两档,高的通常为  $20\text{k}\Omega$ ,低的有  $200\Omega$ 、 $600\Omega$  等,以适应不同的使用要求。为了工作方便,有些动圈式传声器还设有输出阻抗变换装置,通过改变其脚位或开关,就可方便地改变其输出阻抗。

动圈式传声器的输出接有单芯或双芯屏蔽电缆,单芯屏蔽电缆只能用于非平衡式传输;双芯屏蔽电缆则可用于平衡式传输。

动圈式传声器的特点是,具有牢固性好、抗机械震动强、工作稳定、寿命长、噪声电平低、价格便宜等优点;主要缺点是灵敏度较低。

## 2. 带式传声器

带式传声器也是一种电动式传声器,它因有一片很薄的扁平导体,其形状很象一根带子,所以称为带式传声器。

带式传声器的原理结构如图 13-4 所示。它比动圈式传声器结构要简单些。带状导体(也称振带)采用铝箔带或涂金塑料带(较高级的采用钛箔带或铍箔带),此振带既是振膜又相当于音圈。振带松弛地悬挂在磁路的极靴之间。

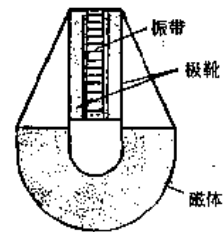


图 13-4

基本工作原理:在声波的作用下,振带产生振动,切割磁力线,两端即有相应的感应电动势输出,从而实现了声—机—电的转换。其输出感应电动势为:  $E = Blv$ 。

带式传声器在材料的选择、成形和组装方面都有较高的技术要求。为了提高灵敏度,首先要增大磁隙的磁通密度,在磁体积一定时,磁隙应越小越好,但随之振带变窄,激振力减小了,灵敏度提不高,所以,振带宽度一般控制在  $1.5 \sim 2\text{mm}$  之间。

振带的厚度是决定振动系统质量与顺性的主要因素。为了减小机械阻抗,振带应尽量薄些,但以工艺方便和不影响稳定性为前提,所以振带的厚度一般采用  $1 \sim 2\mu\text{m}$ 。

振带长,即振膜面积大,作为导体的有效长度也长,对提高灵敏度有利。但是,当振带长度大于高频声波波长时,传声器长度方向上的指向性就会变坏。因此,其长度一般控制在  $20 \sim 30\text{mm}$  之间。

带式传声器考虑到顺性的需要,一般将振带松弛地悬挂在磁隙正中。但由于磁隙较窄,稍有磕碰,振带就会碰到磁极。所以,为了提高稳定性和顺性,一般将振带做成波折状。

由于振带很短,相对于动圈式传声器的音圈的长度也很短,同时,振带的上下端又是夹在电极上的,它在极靴间的磁隙中作前后运动而产生电动势。所以,带式传声器的阻抗通常只有 $0.2\sim 0.4\Omega$ ,输出电压也很低。因此,带式传声器一般配有小型输入变压器,以提高其阻抗,能与通常的放大器输入阻抗( $30、600\Omega$ 等)相匹配,同时提高其输出电压。

配接的小型输入变压器必须装有磁屏蔽,变压器与振带之间的布线必须能抵消由传声器附近的电源变压器所产生的任何杂散电磁场的效应,否则传声器很可能会拾取哼声。

带式传声器的指向特性为8字形,所以其正面和背面的灵敏度相同,而左右两侧则十分不灵敏,这是因为带式传声器左右两侧的声音是在同一时刻到达它的正面和背面的,而且相位相同,所以声音会互相抵消。带式传声器也可以制成单指向性传声器,方法是在传声器内装置一个空腔或声学迷宫,同时把振带背面封闭起来,只留有一个小开口,这样就可以防止直达声全部到达振带的背面,从而使带式传声器中间部分是8字形指向特性,而周围部分是无方向特性,两者合在一起就形成了心形指向特性。根据这种方法设计的心形指向性带式传声器的结构原理如图13-5所示。

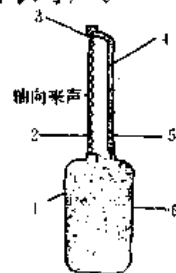


图 13-5

1-阻尼材料,2-振带;  
3-固定夹,4-音孔;  
5-壳体,6-声学迷宫

带式传声器的特点是:结构简单,它在 $20\sim 10000\text{Hz}$ 频率范围内的指向性呈8字形,灵敏度约为 $2\text{mV}/\text{Pa}$ ,在 $50\sim 10000\text{Hz}$ 内不均匀度小于 $12\text{dB}$ ,高低频响应好,有极好的音质,音色柔和而清澈,特别适用于语音拾声和舞台扩声;其缺点是怕震易损,比较娇嫩,年久振带易松弛造成灵敏度下降,所以不适合于在野外或经常移动的场所使用。

### 3. 平膜音圈式振速传声器

平膜音圈式振速传声器是一种等电动式结构的传声器。这种传声器心脏部分的换能器为一较薄的圆柱体,在它的两面设置有对称的入声口,在换能器下方的外壳内设置有阻抗匹配用变压器,为了防止产生振动噪声,还设置有防振机构,使其外壳在机械上与外界隔绝。

平膜音圈式传声器的原理结构剖视图如图13-6所示。其换能器由一大一小的两对环形磁体和一片很薄的蒸发上螺旋形平面音圈的聚酯振膜组成,平膜音圈平整地夹持在这两对环形磁体两侧的中间,其振膜的振速正比于空气质点的振速,振膜振动时的相位处处相等。

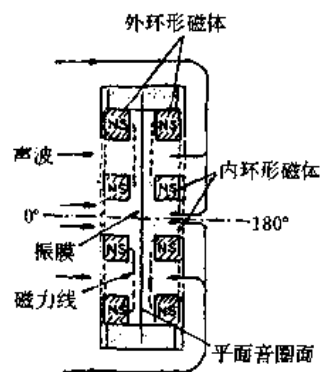


图 13-6

其工作原理为:由两对环形磁体所产生的磁力线从两对磁体的N极出发到S极(即磁场的方向为平膜音圈的径向),由于平膜音圈是夹持在两对环形磁体中间的,而每对磁体又是同极相对,这就加强了磁场的径向效果,并使其平膜音圈周围的磁场均匀。当平膜音圈振动时,由于振膜与音圈是一体化的,振膜就连同音圈一起振动,振膜上的印制音圈切割磁力线,并在音圈的两端产生与振膜振速成正比的电动势,从而实现了声电转换。

为了尽可能提高这种传声器的灵敏度,两对环形磁体应采用高磁能级的稀土金属磁体,以获得较高的磁通密度。

带式传声器由于振带与极靴之间的磁隙很窄,若有铁粉或尘埃等吸附在极靴上,极易阻碍振带的正常振动,易发生低频灵敏度下降等故障。而平膜音圈等电动式传声器,由于磁极板与平膜音圈之间的磁隙相当宽,即使有铁粉或尘埃进入,也很少会发生故障。但这种传声器为了确保低频灵敏度,其内部设置了低频特性转换器。在换能器两端面的入声口设置有铁制栅网,可使铁粉或尘埃吸附在该网上,以防止其直接进入磁路内部。

平膜音圈式传声器的音质与带式传声器的音质基本相似,同时还提高了声音的清晰度。这种新型传声器也可以与单指向性传声器组合,也可以做成实现MS方式的立体声传声器,且特别适合拾取室外电视立体声节目。

#### 4. 电容式传声器

电容式传声器是一种依靠电容量变化而起换能作用的传声器,也是目前运用最广、性能较好的传声器之一。

电容式传声器主要由极头、前置放大器、极化电源和电缆等部分组成,其原理结构如图13-7所示。

电容式传声器的极头实际上是一只电容器。只不过是电容器的两个电极,其中一个固定,另一个可动而已,通常两电极相隔很近(一般只有几十微米)。可动电极实际上是一片极薄的振膜(约 $25\sim 30\mu\text{m}$ )。固定电极是一片具有一定厚度的极板,板上开孔或槽,控制孔或槽的开口大小以及极板与振膜的间距,以改变共振时的阻尼而获得均匀的频率响应。

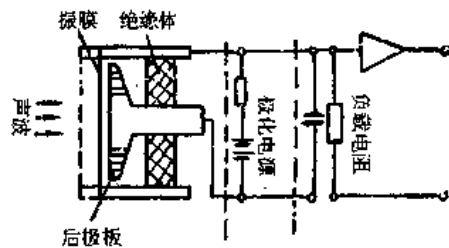


图13-7

振膜要求比强度值较高,一般采用金属化的塑料膜或金属膜。

在高聚物薄膜中,以聚酯膜的比强度为最高,金属化后常用作高保真广播电容传声器。金属膜的比强度则以钛膜和钛合金膜为最高,其次为镍膜及镍合金膜、铝合金膜、不锈钢膜等。钛合金膜因加工极其困难,所以只用在极少量的高级标准电容传声器上;而镍膜及镍合金膜由于工艺性好,可以电镀制膜,稳定性也极好,所以常用在测量电容传声器上。

电容式传声器的工作原理是:当振膜在声波作用下产生振动而引起电容量变化时,电路中电流也随之相应变化,这时负载电阻上就有相应的电压输出,从而完成了声电转换。

极头串接到直流极化电源和负载电阻的电路中。由于电容量发生变化时,充电电荷来不及释放或继续充入,所以电压的变化与电容量的变化是成反比的。

由于电容式传声器的电容小(约 $50\sim 100\mu\text{F}$ ),负载电阻大(约 $10\sim 15\text{M}\Omega$ ),所以其极头都需要连接一个阻抗变换用的前置放大器,将高阻抗转换为低阻抗。前置放大器早期多采用小型电子管阴极输出器,目前都已改用中频段具有极低内部噪声电压的场效应晶体管射随器,也有采用固体电路的。

极化电源有两组供电,一组供给预放大器,一组供给极头振膜的极化电压。极化电压一般为 $150\sim 200\text{V}$ ,采用外接电源时,一般为 $28\text{V}$ 。极化电源部分,有时还附有低频指向特性换能器。

电容式传声器的供电方法,广泛采用的有幻路供电和平行供电两种。幻路供电的主要优点是信号输出线和电源线合用,使电容传声器的多芯电缆减少为二芯屏蔽线,但这种方法的前置放大器必须是对称输入,否则无法工作。幻路供电一般有变压器中心抽头法和电阻模拟

中心抽头法两种类型;平行供电又称 A—B 供电,其最大特点是省去了输出变压器,它和幻路供电一样,信号输出线和电源线共用,使电容式传声器的电缆只需二芯屏蔽线,常用的平行供电有对称和非对称两种输出电路。

电容式传声器具有一系列突出的特点,如灵敏度高( $>0.8\text{mV}/\mu\text{bar}$ )、动态范围宽(120dB)、频率响应宽而平直(从 10Hz~20kHz)、以及优越的瞬态响应和稳定性、极低的机械振动灵敏度、音质良好等,但其制造工艺较复杂、比较娇气、成本也较高。所以广泛应用于电视、广播、电影及剧院中的高保真录音的场合,或用于科研上的精密声学测量的场合,甚至因其灵敏度极其稳定且可绝对校准,而将其精确标定电压,用作声学基准。

### 5. 驻极体式传声器

驻极体是一种永久性极化的电介质,利用这种材料制作的电容传声器,称之为驻极体式传声器。

驻极体式传声器是六十年代中期发展起来的一种新型传声器。由于驻极体材料的进步和极化工艺的改进,驻极体式传声器近年来发展极为迅速,现已大量用于收录机和助听器中,同时又大量开发了用于广播、录音、音响系统的普及式产品,并已逐渐取代电容式传声器。这种传声器在指标和性能上潜力极大,目前有的产品不但已可满足专业录音要求,而且已可制成测量用传声器。

驻极体式传声器的特性与驻极体材料的性能和极化工艺有密切关系。现最好的驻极体材料有聚四氟乙烯树脂(TFE)、聚全氟乙丙烯(TEFLON—FEP)、聚偏二氟乙烯(PVF<sub>2</sub>)等,它们的电荷密度大,稳定性好;其次是聚碳酸酯和聚丙烯(PP)等。驻极工艺有热驻极、电极化驻极、电晕极化驻极和电子轰击驻极等方法,其中以热驻极和电晕极化驻极工效高,使用最多,电子轰击驻极法可制备单极性驻极体材料。

驻极体式传声器的原理图如图 13—8 所示。这种传声器的换能器部分由一片一面蒸有金属的驻极体薄膜与一个开有若干小孔的金属电极(称为背极)构成。驻极体面与背极相对,中间有一空气隙。这实际上是一个以空气隙和驻极体作绝缘介质,以背极和驻极体上的金属层作为两个电极的介质电容器。电容器的两极之间接有一个电阻,这个电阻是传声器的前置放大器或是阻抗变换器的输入电阻。

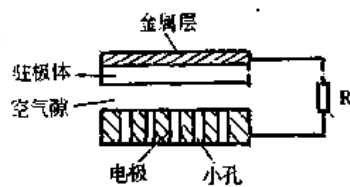


图 13—8

其工作原理是:由于驻极体薄膜(通常为 10~12 $\mu\text{m}$  厚)上有自由电荷,因此,当声波的作用而使振膜产生振动时,电容器两极之间就有了电荷量,于是改变了静态电容。电容量的改变使电容器的输出端之间产生了相应的交变电压信号,从而完成了声电转换任务。

驻极体式传声器,从结构上可分为两种形式:一种是振膜驻极体化,称为振膜驻极体传声器;一种是背极驻极体化,称为背极驻极体传声器,其结构分别如图 13—9 所示。早期的驻极体式传声器多采用振膜驻极体式,即用驻极体薄膜材料做振膜,但由于振膜的物理特性与传声器特性有关,故既要考虑传声器的声学特性,又要考虑振膜电荷特性,往往顾此失彼,所以近年来都采用喷溅方法把驻极

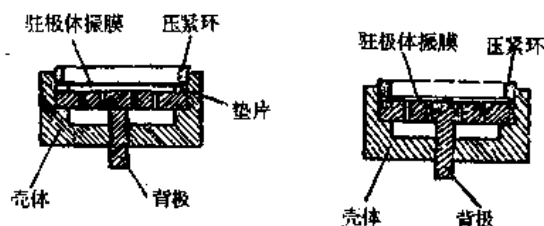


图 13—9

体材料喷溅在金属背极板上(即背极驻极体),而振膜则选用性能良好的聚酯膜,使传声器的性能有了明显提高。普及型振膜式驻极体传声器的实体剖视图如图 13-10 所示。

由于驻极体式传声器是一种高阻抗器件,必须使传声器与线路的耦合有高的输入阻抗、低的输出阻抗,所以必须采用阻抗变换器将输出阻抗降低,低噪声的场效应晶体管源极输出器就是用于此目的。源极输出器一般有两种接法,一种是正极接地,一种是负极接地。

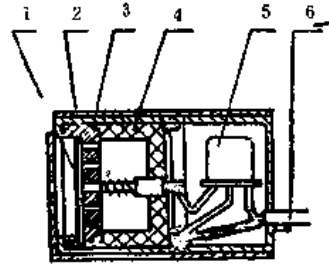


图 13-10

1-驻极体振膜;2-垫圈;3-背极;  
4-腔体;5-场效应晶体管;6-二芯屏蔽电缆

## 6. 晶体式传声器

利用某些晶体材料的压电效应而制成的传声器,称为晶体式传声器。

基本工作原理:当晶体的两面受到压力时,在两面间出现正负电荷,产生某一方向的电动势;当受到相反方向的应力时,晶体两面则产生与受压力相反的电荷和电动势。当晶体受到交变声波作用时,便产生音频电动势,从而实现了声电转换任务。

晶体式传声器分为膜片式和声电池式两种类型。

膜片式晶体传声器的原理结构如图 13-11 所示。这种传声器内有薄铝片或纸做成的锥形振动膜,膜的中心用连杆和晶体中心连接,晶体的两端则固定在传声器机壳上。晶片两面贴有薄铝膜作为电极,当振动膜受到音频信号振动时,通过连杆使晶体振动,在两个电极间产生电压。

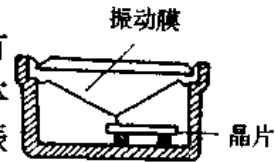


图 13-11

声电池式晶体传声器的原理结构如图 13-12 所示。声电池晶体式传声器由多块晶体组成,没有振动膜。

声电池式晶体传声器的主要优点是:频率响应好(50~15000Hz),失真度小。膜片式晶体传声器的主要优点是:输出电压高、价格便宜、使用方便;其缺点是:频率响应特性差,只有 60~8000Hz。

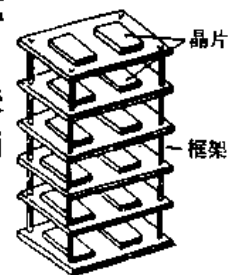


图 13-12

## 7. 陶瓷式传声器

陶瓷式传声器是利用钛酸钡、锆钛酸铅和铌镁酸铅等压电陶瓷材料制作的一种压电式传声器。

以锆钛酸铅为基础的陶瓷材料,由于具有良好的加工性,坚实和高居里温度(大约 300℃),而表现出天然晶体的特殊优点。这种材料是多晶体,经过各种加工(成型、烧结、蒸镀银电极),再通过极化而得到压电特性。

陶瓷式传声器与晶体式传声器相比较,在温湿情况下稳定性较好,能耐高温,不易损坏,有较好的信噪比,但灵敏度较低、内阻很高,只适合在 5MΩ 的电路中工作,所以不常用于专业录音。同时,由于这种传声器的频带较窄,如振膜式结构,很少能超过 5kHz;双陶瓷片直接式结构,也只能达到 10kHz,所以,一般多用于电话系统之中。

## 8. 压电高聚物式传声器

利用聚偏二氟乙烯(PVDF)等类压电高分子聚合物薄膜而制作的压电式传声器称之为压电高聚物式传声器。

这种新型传声器,由于高分子聚合物薄膜具有较明显的压电效应(这是本世纪四十年代

发现的),所以它可以克服晶体和陶瓷式传声器中的一些固有缺点,如振动系统质量大、劲度大、材料质地脆等。

目前通常所用的压电高聚物薄膜,主要是压电性能较高的聚偏二氟乙烯薄膜,近年来又发现利用氟化乙烯与三氟乙烯共聚体薄膜,即使不进行延伸,也具有相当高的压电性,比PVF<sub>2</sub>更优良。利用压电高聚物薄膜制作传声器,其结构十分简单,频率响应宽而平坦,且几乎不受潮气和灰尘的影响,但输出阻抗较高。

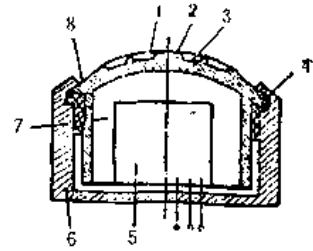


图 13-13  
1—PVF<sub>2</sub>薄膜; 2—环形支撑;  
3—小孔; 4—绝缘环; 5—前置放大器;  
6—外壳; 7—空腔; 8—内支撑垫

刚性支撑的压电高聚物薄膜传声器的结构剖视图如图 13-13 所示。其振膜直径为 30mm,厚度为 25 $\mu$ m。为了保证振膜在上下两个方向都能振动,内支撑垫上圆形凸起部分高 0.5mm,起刚性支撑作用。

这种传声器的工作原理是:当声波引起 PVF<sub>2</sub> 振膜振动时,支撑面上的 PVF<sub>2</sub> 振膜呈现轻微的弯曲形变,并利用其横向压电效应而提供输出电压,该电压经前置放大器取出。该传声器的灵敏度为 -58dB 左右。

一种结构更简单、且小型化的高聚物传声器剖视图如图 13-14 所示。它仅利用一片 PVF<sub>2</sub> 圆形薄膜作振膜,一层聚胺酯泡沫作背衬而构成。PVF<sub>2</sub> 振膜直径为 15mm,厚度为 30 $\mu$ m。该小型传声器灵敏度可达 -74dB,其电容量大约为 700 $\mu$ F。

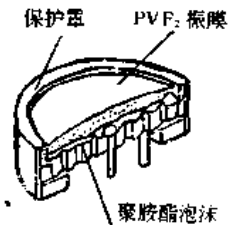


图 13-14

### 9. 电磁式传声器

电磁式传声器也称磁性传声器。其原理结构示意图如图 13-15 所示。其磁路结构和振膜基本上与动圈式传声器相同,但连接振膜的策动杆(或衔铁)是磁路的一个组成部分,它通常由坡莫合金等金属组成。

电磁传声器的工作原理是:当声波推动振膜振动时,衔铁也随之振动并通过磁路产生磁通变化,这时磁路中的线圈就会有相应的电压变化输出。

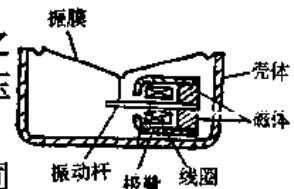


图 13-15

这种传声器的主要缺点是频率响应不好,低频时振膜有谐振,同时频带也较窄,早期曾使用过,现已基本不使用,但在一些特殊场合,可利用其小型、坚固、灵敏度高等特点作隐蔽式传声器用,或用作助听器。

### 10. 碳粒式传声器

碳粒式传声器是一种历史最悠久的传声器,早在无线电广播初期就被使用。这种传声器在碳粒盒内装入碳粒后,要在与碳粒接触的电极上预先接通直流电源,使电流值随碳粒电阻而变化。

碳粒式传声器的原理结构图如图 13-16 所示。

其工作原理是:当声压振动膜片振动时,促使碳粒盒内的碳粒振动,碳粒间的接触电阻随声压变化,从而获得输出电压,实现声电转换。

碳粒式传声器的特点是:频带很窄(200~400Hz),工作不稳定,非线性失真也较大,同时还需外接直流电源,使用很

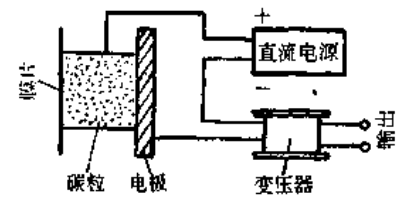


图 13-16

不方便,所以在广播系统早已不再使用。但它最大的优点是灵敏度高,无需加放大,所以目前仍在一些通信系统的电话机中作送话器用。

#### 11. 半导体式传声器

半导体式传声器有压阻传声器和晶体管传声器等形式。压阻传声器是在锗、硅等单晶或二极管上加压,使电阻变化,利用这种压阻效应,从而获得输出电压。

晶体管传声器是在晶体管上加压,使电流放大率减小,利用这种性质而制成的传声器。晶体管传声器的灵敏度较高,目前稳定性尚有问题,但如能充分发挥灵敏度高这一特点,将来会成为一种高质量的电声器件。

#### 12. 颈挂式传声器

这是一种用软带挂在使用者颈上的专业用传声器。它可让使用者在一定范围内方便地走动,所以一般用于公共场合的演说和电视现场报导,也可用于普通传声器无法进行录音的场合。

人们从口腔发出的声音是具有明显方向性的,且高频的传播角度很窄,当传声器吊挂在胸前进行声音传输时,高频响应将会变劣。因此,对于颈挂式传声器,必须对此频响进行适当的修正。如果把传声器响应曲线均衡到700Hz低凹处,就可使高频得到补偿,并减弱了胸腔的共鸣效应,获得很自然的声音质量。另外,在频响2~20kHz之间的高频段,一般应提升5~7dB,这是为了补偿传声器在口部下方处高频的不足,并在一定程度上也补偿了衣服的掩蔽效应。

颈挂式传声器一般均采用小型或微型的优质动圈式传声器和驻极体式传声器,这种传声器必须使用柔软的屏蔽传声器线。

#### 13. 佩戴式传声器

这是一种佩戴在使用者身上的专业传声器,也有称作饰针式传声器的。为了好看、隐蔽和装饰,人们常常将其设计成别针形、徽章形、胸花形和钮扣形等。

佩戴式传声器的作用和特点基本上与颈挂式相同,这种传声器根据佩戴在不同部位,也需对高频响应给予8~10dB的提升。另外,还需对传声器采取必要的防震措施,以减小和消除传声器本身和电缆线与使用者衣服产生的摩擦噪声。

这种传声器通常都是小型化的无方向性压强式传声器,分为有线式和无线式,无线式具有更大的优越性和灵活性。

#### 14. 可变指向性传声器

通过对单只传声器电路或相移元件的调整,可以改变其指向特性的传声器,称之为可变指向性传声器。

这种专业用传声器的指向特性一般可以在无方向、单向(心形)和双向(8字形)间改变。

最简单的改变方法,是在传声器的同一种壳体上组装两个具有互换性的传声器极头,由它们来分别供给无方向和心形响应,这两种极头都可是单振膜的,但对于心形响应的传声器,还应有一个声学网络;另一种方法,是在同一个传声器上组装两个极头单元,一个是无方向性单元,一个是双向单元,将两个单元的电输出通过转换开关,在传声器电路中进行不同的组合,即可改变其指向特性;再一种方法比较复杂,即采用机械方式调节传声器中的相移元件,使相移参数发生改变,从而达到改变其指向性的目的。



可变指向性传声器的可调相移元件的线路图如图 13-17 所示。从该图中可清晰地看出,这种传声器是如何通过改变加于一片振膜上的极化电压来改变其指向特性的。当极化电压强度通过开关电位器开到 A 位时,前后两片振膜上的电压相等,并高于后极板上的电压,此时传声器是压强式,是无方向性的;开到 B 位时,传声器是压差式,是双向的;开到 C 位时,则呈心形指向性。

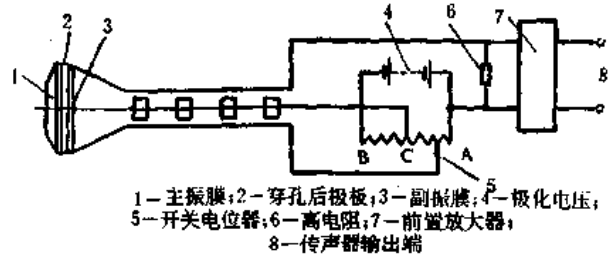


图 13-17

### 15. 线列式传声器

线列式专业传声器,是一种超指向性传声器。

这种传声器有两种基本形式:一种是陈列式,即把许多传声器单元排列在一条直线上,各单元的电输出在电路中相叠加,以调整成尖锐单指向特性,它主要用于声学测量;另一种是枪式,它只有一个传声器单元,但是在传声器极头前面或后面加装了一根很长的管子,管壁上开了一列进声孔或一条进声槽,以此来调整指向特性,它主要用于电视广播或电影录音等。

这两种形式的传声器都是利用声波的干涉原理来产生比较尖锐的超指向特性的,特点是可以接收较远处的声波。

枪式传声器的结构剖视图如图 13-18 所示。

枪式线列传声器的工作原理是:当声音从声干涉管的轴向( $0^\circ$ )入射时,所有从各声孔进入声干涉管的声音信号将同时到达传声器的振膜,因而没有相位干涉,可获得最大输出;当声音从声干涉管的两侧(以  $\theta$  角)入射时,由于声波到达传声器振膜平面所经过的路径长短不一,各声孔进入的声音信号间存在着相位差,所以在振膜处即产生相位干涉,从而获得超指向特性。

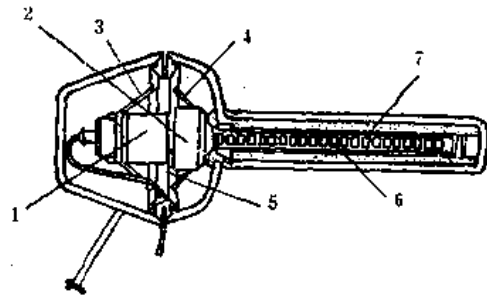


图 13-18

1-前置放大器;2-传声器极头;3、4-减震器前后吊带;  
5-减震器;6-声干涉管;7-防风罩

### 16. 立体声传声器

这是一种专为立体声录音而设计的专业用传声器。根据不同的立体声制式,一般是以两个以上的传声器单元组成。

立体声制式目前有:A/B 制式、X/Y 制式、M/S 制式、仿真头制式、真人头制式、ORTF 制式(或格森制式)、声像移动制式、声场制式、DIN 制式、奥尔森制式、M/S-X/Y 制式、三点制式和根特制式等等。但在实际应用中,以双声道立体声最为广泛,常见的立体声传声器则以 A/B 制式、X/Y 制式和 M/S 制式三种为主。

A/B 制式的立体声传声器是一种最简单的立体

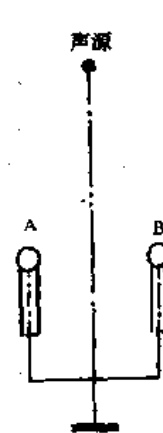


图 13-19

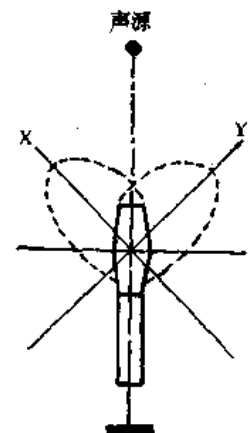


图 13-20

声传声器,它由两只性能完全相同的单声道传声器 A 和 B 按照要求拉开一定距离,固定在一个双头支架上。这种传声器示意图如图 13-19 所示。

X/Y 制式立体声传声器也是用两只性能完全相同的单声道传声器组成,它们的指向特性可以采用 8 字形,也可以采用心形,但是它是利用这两只传声器的极头一上一下的、近距离的、同轴安装在同一传声器壳体内。这种传声器示意图如图 13-20 所示。

M/Y 制式立体声传声器也是由两只单声道传声器组合成一体的。不过两只单声道传声器的指向性不同,一只用心形(或无方向性),一只用 8 字形。单向传声器极头向着正面(主轴方向),双向传声器极头向着侧面。这种传声器示意图如图 13-21 所示。

A/B 制式立体声传声器用于要求不高的一般立体声录音场合使用;X/Y 制式立体声传声器用于要求较高的广播、电视录音或扩音场合;M/S 制式立体声传声器则适合于专业录音和扩声用。

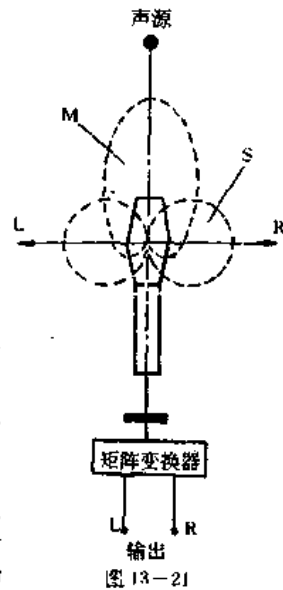


图 13-21

### 17. 无线传声器

无线传声器俗称无线话筒,这里据说的专业无线传声器,实际上是指无线传声器系统。它由微型无线传声器、小型发射机和接收机组成,这是一种以无线“开路”形式工作的传声设备,其工作原理方框图如图 13-22 所示。

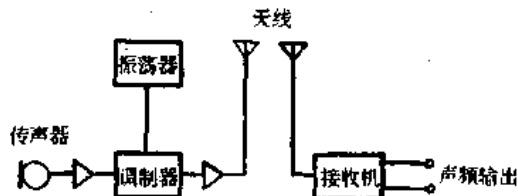


图 13-22

其工作原理是:传声器把声音信号变成电信号,通过小型发射机调制成高频信号从天线辐射出去,再由小型接收机接收并还原成音频信号。

无线传声器目前使用最多的是驻极体式传声器,其次是电容式传声器和动圈式传声器。

无线传声器系统由于具有不需电缆的机动灵活性,又兼有有线扩声设备高质量的电声性能,所以广泛应用在电化教学、展览解说、舞台艺术扩声、电视演播室、电影电视同期录音以及其它专业应用等场合。

### 18. 标准传声器

标准传声器是测量用传声器中的一种。它是一种在规定工作条件下,频率响应和灵敏度已知的高稳定度传声器。其频率响应和灵敏度是已按国际标准精确校准过的。而且每只标准传声器都必须单独校准和测量,并随附该只传声器的全部技术数据,使用一段时间后,还应到国家指定的计量部门去定期校准。

标准传声器的长期稳定性与材料有极重要的关系,选材时一定要保证其性能的长期稳定性、抗湿能力强、温度系数小,并且能在变化很大的环境温度中工作。如振膜通常用纯镍镀成;绝缘体通常用硅处理晶体或红宝石;底座与外壳一般用镍合金等。标准传声器的所有零件都是经过严密精确加工的,有些零件还必须经过严格的热处理和强化处理,以保证长期稳定性。

目前最常用的电容式和驻极体式标准传声器的典型结构如图 13-23 所示。

### 19. 探管传声器

这是一种用于探测声场而又不会对声场产生显著干扰的专用传声器。例如，为了测量自由场或小共振腔中某点的声压，而又一点也不干扰原有声学条件，这就必须在测量传声器的前面引入一根非常细长的高阻抗探管来进行测量。

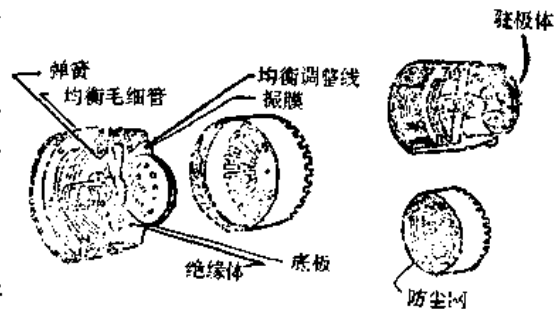


图 13-23

探管传声器的细长管会引起共振效应，所以通常在细长管里填加阻尼材料，以抑制其引起的共振效应。传声器前面加上探管后，会引起一定的衰减，因此在使用前应对其进行灵敏度和频响校准。

探管传声器的结构示意图如图 13-24 所示。

为了适应于对特高温、喷嘴、排气口、超音速飞机表面和导弹表面的声学测量，目前已发展了一种使用不锈钢结构、长探管、附有专门冷却装置的新型探管传声器。

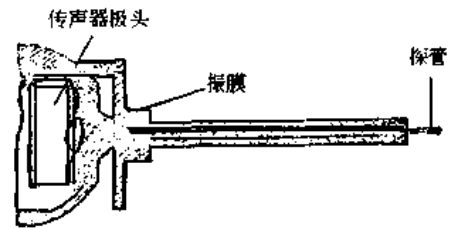


图 13-24

### 20. 高声强传声器

这是一种测量高声压级的专用传声器。这种传声器在设计时就充分考虑到了能测量 160dB 以上的高声压级，同时要求稳定可靠、抗振能力强。主要用于火箭、导弹发射场等特强声压的场合测量声压级和其它声学性能。

### 21. 唇式传声器

这是一种不太常见的抗噪型传声器，它采用压差原理制成，使用时需要利用近讲效应，将传声器靠近人口唇边，所以称为唇式传声器。

唇式传声器的原理结构图如图 13-25 所示。这种传声器多采用动圈式或带式结构的心形指向性极头制作，近年来也有采用驻极体结构的。使用时，嘴唇距传声器约 6~8mm 即可获得平坦的响应。为了保护这个距离，一般在传声器上设计有口罩，它一方面可保证正确使用，同时也可减小震音效应。

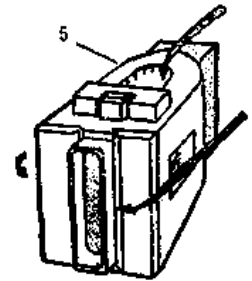


图 13-25

这种传声器主要用于环境噪声较大的场合，如室外广播、现场直播等。

### 22. 抛物面反射式传声器

这是一种强指向远距离定点拾声的传声器。它由一个抛物面反射器和放在抛物面焦点上的传声器组成。

其原理示意图如图 13-26 所示。这种传声器的工作原理十分简明，即声波经反射器反射后，在反射器焦点集结传给传声器，从而获得大的增益和强的指向性。

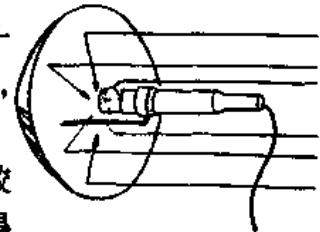


图 13-26

这种传声器在中频段和高频段效果很好，但在低频段效果较差。另外，当入射声波的波长大于反射直径时，其强指向性则变得很差。

抛物面传声器可用于野外生活录音(如大自然的鸟鸣声)，电影录音室，电视演播厅录制

远距离音响效果等,但由于该传声器的指向性与频率有关和反射器体积大等原因,限制了它的应用。

### 23. 透镜式传声器

透镜式传声器的原理示意图如图 13-27 所示。这种传声器与抛物面反射式传声器相类似,只不过是抛物面反射器改用声透镜来置换而已。声透镜用金属片制成。它的指向特性和灵敏度是由声透镜的尺寸与波长关系来决定的。

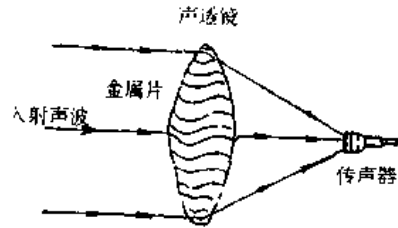


图 13-27

## 三、常用传声器检测方法

传声器的种类繁多,对其技术指标的测试如灵敏度、频率响应、指向性等项目,由于要用到专门的测试仪器和测试场所,业余条件下很难实现。下面仅就使用万用表,对日常常用传声器的检测方法加以介绍。

### 1. 驻极体电容传声器的检测

#### (1) 测试极性

驻极体电容传声器,内部接有场效应管和二极管,其电路如图 13-28 所示。它由声电转换系统和场效应管组成,在场效应管的栅极和源极间接有一只二极管,所以,可利用二极管的正反向电阻来判断驻极体电容传声器的漏极和源极。

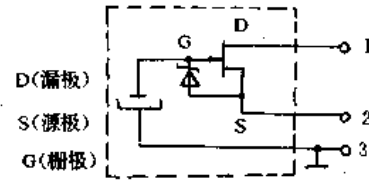


图 13-28

判定驻极体电容传声器极性的方法是:将万用表置于  $R \times 1k$  电阻档上,将黑表笔接任意一接点,红表笔接另一接点,记下表中的读数值;再交换两表棒的接触点,记下表中数值。比较两次测试结果。阻值较小的那一次,黑表笔接触点为源极,红表笔接触点为漏极。

#### (2) 检测好坏与灵敏度

用万用表检测驻极体电容话筒好坏与灵敏度的电路图如图 13-29 所示。

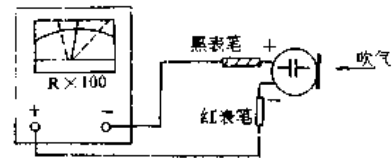


图 13-29

方法是:选择万用表  $R \times 100\Omega$  档,将黑表笔接传声器正极(即场效应管 D 漏极)、红表笔接其负极(即场效应管 S 源极),然后正对着传声器吹一口气。此时,万用表表针应作大幅度摆动。假如表针不动,可交换表笔位置后重新检测,若表针仍然不动,说明传声器已损坏。表针偏转角度越大,说明其灵敏度越高,若摆动幅度很小,则表明该传声器灵敏度低。实例:选择 500 型万用表  $R \times 100$  档,检查一只 CRZ2-9 型驻极体传声器。将黑表笔接屏蔽层,红表笔接芯线,表针指于  $1k\Omega$  处;间断吹气时,表针就大约在  $500\Omega \sim 2k\Omega$  范围内摆动,证明该传声器质量正常。

### 2. 动圈式传声器的检测

检测动圈式传声器的方法是:将万用表量程置于  $R \times 10\Omega$  档,两根表笔与传声器插头两端相连接,则高阻抗动圈传声器的直流阻值为  $1 \sim 2k\Omega$ ,低阻动圈传声器的直流电阻值为几十欧姆。

如果阻值无穷大,表明传声器内部开路;如果阻值趋于零,表明此传声器内部短路。因为传声器经常拿动,其插头内的接线很可能开路或短路,因此检查时应将传声器的插头旋开,观察接线柱上的接线有否问题。如接线、连线无问题,便可断定为该传声器损坏。

### 3. 传声器相位的检测

在同时使用两只以上传声器时(组合音响扩音或录音时),应注意传声器的相位。同相位时,数只传声器输出的电压相加,音量正常;相位相反时,数只传声器输出电压则相减,音量就减弱。

检测传声器是否同相位,可先将两只传声器接到放大器上,再将一只收音机或其它声源放在两只传声器等距离位置,调整一只传声器的音量控制旋钮至适中位置,并记下机器上的音量电平表或 LED 显示器所指示的位置;然后再调查另一只传声器的音量控制旋钮,并逐渐开大。这时如果音量指示增加,表明两只传声器是同相工作的;反之,则表明两只传声器是反相的。如果有几只传声器,均可用第一只传声器作为基准,方法由上述方法相同。如果机器上没有任何指示装置,也可用万用表检查机器输出端的交流电压,电压增加则是同相工作;反之,则是反相位。当检测到传声器处于反相位工作时,可将任一只的两根芯线对调一下位置,即可使其同相工作。

#### 四、传声器的使用

##### 1. 选择合适的传声器

需要高质量扩音、录音时,应选择电容式、驻极体式、铝带式或性能较好的动圈式传声器,如 SQ1-2、SQ3-2 型等。一般扩音和流动宣传车上,可选择普通高阻动圈式、压电式传声器。厅堂、舞台上的演唱、演奏,一般均选用高质量的动圈式传声器。环境噪声大时,应选择方向性强的传声器,如各种抗噪声型传声器、单向动圈式、膜片式晶体传声器等。

##### 2. 对传声器传输线的选用

高质量传声器要选择双芯绞合金属屏蔽线,一般传声器可采用单芯金属屏蔽线。传输线过长会引起杂音并增加频率失真。高阻传声器的传输线不宜超过 5m;低阻传声器的传输线应在 50m 以下。

##### 3. 传声器与声源的距离要适当

如果距离太近,会使传声器超过负荷,导致声音模糊;如果距离太远,又会引起环境反射声增加,使声音发飘,噪音增大。动圈式、晶体式传声器距声源 30~40cm 为好,铝带式传声器距声源以 50~60cm 为宜。

##### 4. 声源与传声器之间的角度

声源应对准传声器的中心线,以减小频率失真。应使偏离角保持在 $\pm 45^\circ$ 以内,角度偏离增加,则高音损失增大。

##### 5. 传声器的位置和高度

传声器放置的高度应尽量靠近声源的平均高度,但在扩音时,传声器不要对准和靠近扬声器,否则会引起正反馈而产生啸叫。

##### 6. 传声器的并联使用

在几个传声器同时使用的时候,应将各传声器分别接到相应的前置放大器,放大后再予以合并。几只传声器并联使用的接线图如图 13-30 所示。如果只有一个前置放大器,则要用隔离电阻将其隔开。如果采用直接并联则应选择同一型号的传声器。

##### 7. 严防敲击和跌打

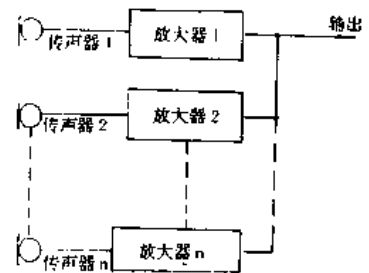


图 13-30

用吹气和敲击的方法试验传声器,都容易造成传声器的损坏。传声器最娇嫩的就是振膜,因此在搬运、使用和放置时,应严防强烈振动和敲击,以避免振膜损坏。

### 五、传声器的维修

#### 1. 传声器常见故障分析与检修一览表(见表 13-2)。

表 13-2

故障现象	可能产生的原因	消除与检修方法
无声	①插头未接好或接触不良	①重新插接,保证接触可靠
	②插头连线断线或短路	②排除短路,重新焊线
	③振膜破损	③修复或更换
	④音圈根部断或损坏	④放一圈后焊接好
	⑤换能部分损坏	⑤更换新换能器
嗡嗡声、哼哼声	①接地屏蔽线断	①重新接好接地屏蔽线
	②内部各焊点焊接不良	②查找焊点重新焊接好
	③内部散线,线间电容干扰	③重新捆扎散线
	④有声反馈	④调整前置放大器至适当放大量
声音小	①传声器内部接线不良	①查找后重新焊接好
	②输入端与传声器阻抗不匹配	②换用对应匹配的传声器或输入级,或传声器内使用阻抗匹配器
	③传声器换能部分失效	③更换换能器
声音失真、频率响应差	①输入端与传声器阻抗不匹配	①排除方法同上
	②传声器内部或传声器周围有铁屑等脏物	②清除传声器周围铁屑,或退磁后剔除铁屑
	③传声器传输线过长	③减短传输线至适当长度
声音模糊	①声源距传声器太近,声级过荷	①调整传声器至合理距离
	②输入级过荷	②降低输入级至适中
爆破声或风动声	①防风球未安装	①安装上合适防风球
	②防风球严重损坏	②更换新防风球
	③传声器与拾声水平角不对	③调整声入射角,使之达到 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 角或 $30^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 角

#### 2. 动圈式传声器的维修

##### (1) 振膜压扁的修复

首先,应将振动膜取下,其方法是:先在振动膜周围涂上海水或溶解物,过一会可用锋利小刀轻轻地将振膜剔开,并小心取出,将压扁的振膜凹下部分用手轻轻顶起,重新装好后便可使用。

如果振动膜破损,振膜又难以买到,可用一般耳机内芯代替,方法将耳机内芯固定在原传声器机芯处,间隔处用海绵垫满即可。

### (2)音圈的更换

首先要将损坏的音圈去除,并检查磁隙是否正常,有无杂质。如磁隙偏斜,应将两边螺钉松开,并将厚度适当的纸条插入磁隙,使磁隙均匀,然后将螺钉紧固;如有杂质,应将杂质剔除。

在装置新音圈时,将硬纸垫圈粘在磁铁上,并在纸圈上涂上胶水,小心地将音圈放入磁隙中,并将振动膜与纸圈粘在一起,趁胶水未干时,迅速调整好音圈位置。

调整音圈位置可用万用表  $R \times 1\Omega$  档,不断地用表笔触碰传声器引线(不可将表笔直接接在传声器引线上不动),振动膜发出“咔咔”响声,微微移动振动膜的位置,直至响声最大,并没有摩擦声,表明音圈位置已调好。

### (3)变压器损坏

动圈式传声器内有一只小型输出变压器,易出现断线、短路、引线折断等故障。变压器断线往往断的是引脚根部,可用锉刀将 20W 内热式电烙铁头部锉尖,进行焊接,焊接时动作要快。如变压器短路则需拆开重绕,采用乱绕法即可,中间也不必加绝缘。变压器损坏也可用一般小型收音机的输出变压器代换。

### (4)动圈式传声器故障检修表(见表 13-3)。

表 13-3

故障现象	部 位	检查结果	故障原因	修理方法
无 声	插塞	插塞内心与外壳阻值接近于零	短路	检修、更换
	话筒线	芯线与屏蔽网阻值接近于零	短路	检修、更换
	蛇皮管	管内芯线阻值无限大	芯线在接头处断线	拆开重焊
	话筒座	座的输出接点直流电阻值接近零	焊接点相碰短路	检修
	话筒 变压器	①初级阻值无穷大 ②次级阻值无穷大	①初级引线开路 ②次级绕线霉断	重焊 重绕
	音圈	①阻值无限大 ②阻值比正常小 ③阻值接近于零	①线圈断路或引线脱焊 ②线圈局部短路 ③两条音圈引线均碰话筒壳	重焊重绕检修
声 音 很 小	话筒线	芯线与屏蔽网阻值在 $50k\Omega$ 以下	芯线与屏蔽网漏电	检修或更换
	插塞	内心与外壳的直流电阻阻值在 $20k\Omega$ 以下	插塞绝缘不好	检修或更换
	话筒 变压器	①变压器次级输出阻值在 $20\Omega$ 以下 ②变压器次级输出端阻值接近于零 ③变压器次级输出端的阻值在 $100\Omega$ 以下	①拆装后误把初次级反接 ②引出线碰壳 ③变压器次级绕组局部短路	纠正 检修 重绕
	音圈	音圈电阻很小,几乎接近于零	音圈局部短路	重绕
声 音 小	音膜	变形	①对话筒吹气过猛 ②装拆时碰凹	更换或校正
	磁芯	①用万用表 $R \times 1$ 档断续测量音圈,但“喀喀”声小 ②磁铁吸力很小	①磁芯不正,与音圈相碰 ②失磁	调整 充磁

续表

故障现象	部位	检查结果	故障原因	修理方法
声音失真	音圈	音圈引出线与磁铁间有阻值	音圈线脱漆并碰磁芯	换新并校正
	音膜	变形	对话筒敲击或吹气过猛, 装拆时碰凹	更换或校正
	磁芯	用万用表 R×1 档碰触音圈时“喀喀”声音很小	磁芯偏歪磁隙不均匀	校正
有杂音	话筒线	芯线阻值有时正常有时变为无穷大	芯线时断时通	检查更换
	话筒变压器	初次级各绕组的欧姆读数时有时无	初次级线圈发霉	重绕

### 3. 晶体式传声器的维修

晶体式传声器内的酒石酸钾钠(罗谢尔盐)晶体在受潮、受热后易碎裂损坏。晶体损坏后,可以更换。

声电池式传声器是由多片晶片组成的,如遇某个晶片损坏,可将损坏的晶片去除还可继续使用,但性能有所下降,最好更换晶片或传声器内芯。

膜片式晶体传声器有时会出现膜片和传动杆之间脱开的故障,使膜片因吹气等原因而造成变形。处理方法是:可用香蕉水或其它溶液把膜片周围的胶溶化。然后将膜片取下,并轻轻地将膜片压平,再用胶水将膜片和传动杆粘牢。

### 4. 碳粒式传声器的维修

碳粒式传声器易出现无声、声小、失真等故障。一般是由于振动片损坏、碳精砂受潮结团、引线断等原因引起的。

如果振动片破裂,而口子又较小,可以铝箔粘好,如破损严重,需更换。

### 5. 铝带式传声器的维修

铝带式传声器易出现无声、音轻、失真大等故障,其原因有:接线脱焊、升压变压器损坏、铝带断裂等。

铝带断裂的修复:找一张铝箔(香烟包装铝箔或纸介电容器铝箔),放在干净光滑的玻璃面上,用棉花或海棉等柔软物体将它抹平,然后用两张图画纸将铝箔夹在中间,按需要的宽度将铝箔及图画纸剪下,再将它送入到绕线机两个齿轮中间,并注意位置要放正,然后缓缓地摇动绕线机手柄,使铝带压式呈皱纹形,铝带即制成。然后松动传声器内上、下两端螺钉,将铝带送放,先夹紧一端,调整铝带松紧合适后,再将另一端螺钉紧固。注意,铝带的松紧对传声器有很大影响,铝带过紧,传声器音小,灵敏度低;铝带过松,频响变差,声音发闷,铝带容易和磁铁相碰。

铝带式传声器音轻的原因有可能是永久磁铁磁性减弱,须充磁;也有可能是升压变压器局部短路,可重新绕制。

### 6. 驻极体电容传声器的维修

#### (1) 修复

驻极体电容传声器在盒式录音机和组合音响中广泛使用。驻极体电容传声器内部场效应管较易损坏,使驻极体电容传声器引线两端的电压偏低。可更换场效应管使故障排除。



驻极体电容传声器内芯都是装在一个金属外壳里的,启封时要小心。启封后,将印刷接点从有机玻璃支架上拆下,用电烙铁将损坏的场效应管焊下,选用一只同规格性能良好的场效应管焊在传声器上,更换后将传声器按原样装好即可。

## (2)代换

驻极体电容传声器有两端引线和三端引线之分,可互相代换。

①用两端引线传声器代替三端引线传声器时,应在电源线与输出端之间串接一只约 $5k\Omega$ 的降压电阻 $R$ ,再用一只耦合电容 $C$ 将信号从输出端送至前置放大电路中去,如图13-31所示。图中 $D$ 表示场效应管漏极; $S$ 表示场效应管的源极; $A$ 表示传声器外壳。

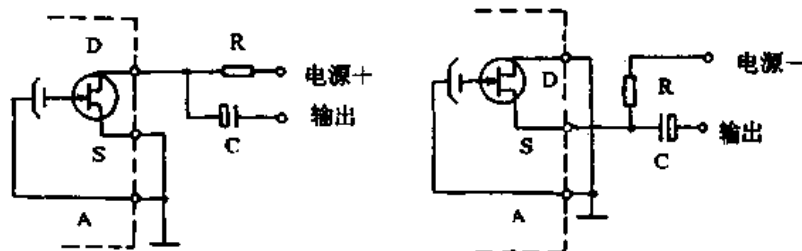


图 13-31

②用三端引线传声器代换二端引线传声器时,可将传声器 $S$ 极或 $D$ 极接外壳,然后再将输出信号接至前置放大器,如图13-32所示。

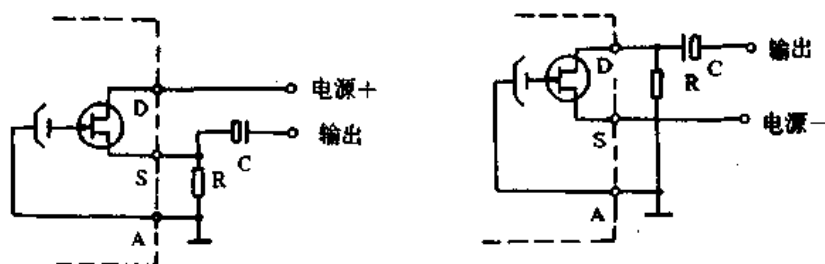


图 13-32

③国产有少数驻极体电容传声器,内部没装场效应管,输出点只有两端,代换时须将接外壳的一点接地,另一点接到前置放大级。注意,这种传声器内没有场效应管,它的输出阻抗很高,约在 $300M\Omega$ 以上,故不能与音频放大器前置级直接连接,必须接入到由场效应管作前置放大的机器中,才能正常使用。

在代换驻极体电容传声器时,如果出现无声、声小、失真以及立体声录音中两声道不对称等情况,可调整图13-32中的 $R$ ,即可排除故障。

## 第十四章 拾音器的测试与使用维修

拾音器又称为电唱头,它是唱机中的一种关键器件,其性能优劣对唱机的声音品质起着重要作用。

电唱机拾音器是将机械能转换为电能的一种换能器。当唱针沿着唱片声槽的刻纹振动时,它就将这种机械振动变换成了电信号。最常用的拾音器有电磁式、动圈式、压电式等类型。

近年来还出现了激光拾音器,它是一种光电转换器件,激光拾音器具有音质好,不磨损唱片的优点,但成本较高。

### 一、拾音器的结构原理与特性

#### 1. 普通电唱机唱头

##### (1) 电磁式唱头

电磁式拾音头是利用电磁感应原理制作的速度响应唱头,它的输出电压与唱针振动速度成正比。其基本工作原理是:通过唱针的振动使磁场发生变化,使与之交连的线圈感应出相应的电动势。这类唱头的结构如图 14-1 所示。

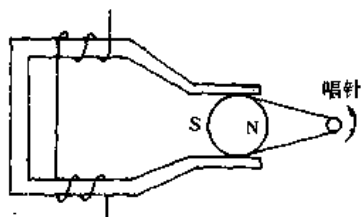


图 14-1

电磁式唱头品种繁多,性能极佳,常用在高保真立体声电唱机中,它又可分为可动磁铁型(MM)唱头和感应磁铁型(IM)唱头两种类型。

MM 唱头的基本结构是,唱针杆连着一块小磁铁在固定的线圈中振动,线圈因磁场的变化而感应出电压来,由于线圈绕在极板上,当磁铁振动方向和两片极板平行时,极板间的磁通量不变,线圈无输出电压;当磁铁在极板间做垂直方向的倾斜运动时,极板间的磁通量发生变化,线圈上感应出电压来。立体声唱头有两组极板,和唱片平面成  $45^\circ$  角,使两声道信号分离。可动磁铁型唱头额定输出电压为  $3\sim 10\text{mV}$ ,频率响应为  $20\sim 20000\text{Hz}$ ,针压质量为  $2\sim 4\text{g}$ ,常见型号有 MT-202MK、V-15NEW 等。

IM 唱头与 MM 唱头的不同之处在于可动磁铁型唱头靠磁铁振动来产生电压,振动系统的重量较大,难以获得良好的高频响应,而感应磁铁型唱头则将唱针杆后的磁铁更换为导磁率高的金属,使振动系统的重量减轻,使高频响应良好,且大信号失真较小,感应磁铁型(IM)唱头主要技术指标是:输出电压  $1\sim 5\text{mV}$ ,频响  $15\sim 25000\text{Hz}$ ,针压为  $2\sim 3\text{g}$ ,分离度  $15\sim 25\text{dB}$ ,常见型号有 10E-MKN 等。

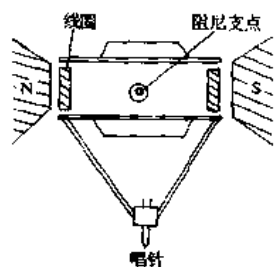


图 14-2

##### (2) 动圈式唱头

动圈式唱头的结构如图 14-2 所示。这种唱头的基本特点是:在唱针杆后连接一个圈数极少的线圈,该线圈被包围在磁场中,当针杆

振动时,线圈同时振动并切割磁力线,产生感应电压,这是目前最好唱头的一种,应用于超级立体声电唱机。其主要性能指标是:

输出电压 0.05~0.2mV,频率响应 10~25000Hz,分离度 20~30dB,针压为 2~3g。这处唱头的主要缺点是:输出电压小;耐震能力差;加工困难;价格昂贵。

### (3)压电式唱头

压电式唱头是利用石英晶体或陶瓷等材料,在施予压力而产生形变同时产生压电效应的原理制成的。其主要优点是输出电压高,前级放大器无需使用均衡网络,价格低廉,适合于大批量的生产,所以使用较普遍。压电式唱头可以分为晶体式和陶瓷式两种类型。

晶体式唱头的结构如图 14-3 所示。它由晶体、支架、唱针和外壳等组成。晶体片是一块酒石酸钾钠薄片,当唱针在音槽中振动时,晶体片就受到压力而有电压输出。晶体式唱头的频率响应一般为 70~7000Hz,质量好的可达 10000Hz。输出电平为 0~-5dB。质量只有 70~80g。酒石酸钾钠薄片灵敏度高,但是温度高于 55℃或晶片受潮时,都会造成损坏。

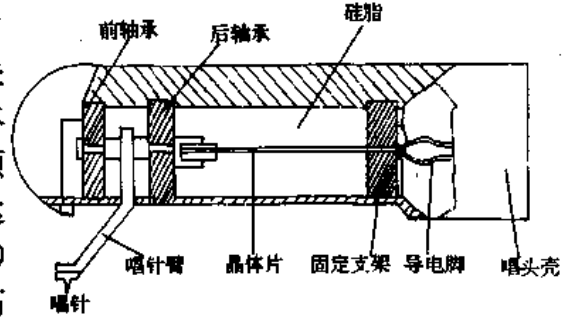


图 14-3

陶瓷式唱头是将酞酸钡做成的陶瓷放在很强的静电场中,使其分子发生极化现象,从而获得和酒石酸钾晶体类似的特性。其结构和晶体压电式唱头相同。

压电式唱头属幅度型拾音器,一般不要求放大器作频率均衡,但它的频率响应是不均匀的。低音部分输出较强,频率高于 200Hz 后,输出均匀地下降,约在 5000Hz 处,输出为最低值。而在 6000~7000Hz 内,输出出现一高峰值。

### (4)立体声唱头

立体声唱头从结构上来说,大体上也可分为电磁式和压电式两种,所不同点是在一枚唱针上带有两个互相垂直的线圈或晶体。它可以同时检拾两个声道的信号。

## 2. 电唱机唱针

唱针由针尖和针杆组成,其结构原理图如图 14-4 所示。针尖在声槽里循着唱片纹路的轨迹运行,随之引起机械振动并由针杆传递给换能装置转变为电信号,经放声设备将声音还原。

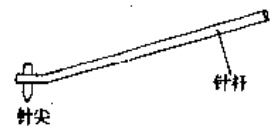


图 14-4

唱针在唱头声槽内呈曲线高速摩擦前进,所以唱针材料坚硬而且耐磨。普及型电唱机唱针采用人造宝石作材料,使用寿命为 40~50 小时(指在不影响频率响应指标情况下而言),高级电唱机唱针往往采用钻石作材料,使用寿命在 500~1000 小时以上。从唱针断面形状来区分,主要有以下三种。

### (1)圆锥形针

这种针尖的断面呈圆锥形,最为常见,圆锥形针的缺点是针尖在立体声唱片 V 型声槽中只有两点和声槽两壁相触,所以对声槽的磨损十分严重,同时循迹畸变较大,不能满足高保真的要求。

### (2)椭圆形针

这种针尖的断面呈椭圆形,与声槽两壁的接触面较大,使唱针和唱片的磨损减轻,同时

也改善了循迹畸变,是新兴的一种普及型唱针。

### (3) 郗巴塔(Shibata)针

郗巴塔针它属于多半径结构的唱针。从理论上讲,唱针针尖最好呈V字形,以保持针尖和声槽有最大接触面,但针尖过尖会刮坏声槽底部,使噪音增加,为此郗巴塔针尖做成椭圆形和V形的综合形状,即增大了接触面,针尖压强又不是很大,对声槽的磨损也小,放唱时有更好的循迹能力和高频响应能力。

郗巴塔唱针制造工艺复杂,安装也比较复杂,稍有偏差,会大大影响放唱效果。郗巴塔唱针主要用于四声道立体声唱片的放唱设备。

除上述三种常见的唱针外,还有:范丹虎(Van Den Hul)、ortofon MC30唱头(MC式)镶用的线接触(Fine Line)针头,以及ortofon MC2000(MC式)镶用的对称线接触(symmetrical Contact Line 缩写为SCL)针尖,它们在性能上各有千秋,谐波失真和相位失真非常低,放唱时音质清晰透明。

### 3. 激光唱机光唱头

光唱头是CD唱机的眼睛,它所发出的激光束不仅能拾取唱片上的各种数字信号,跟踪唱片上的纹迹,而且还可跟踪由于唱片偏斜和偏心等引起的比特变化。光唱头的技术难度大,是决定唱机性能的主要因素。常见的光唱头有以下三种:

#### (1) 滑动式光唱头

滑动式光唱头主要由光学系统和镜头驱动器两部分组成。滑动组件由一直线电机驱动,使光唱头从唱片中心向边缘移动。

#### (2) 旋转臂式光唱头

旋转臂式光唱头的光学系统装在旋转臂的端部,伺服电机驱动旋转臂和镜头一起旋转,使光唱头从唱片中心向边缘移动。

#### (3) 精聚焦(FF)光唱头

精聚焦(FF)光唱头是日本松下公司开发的。它的驱动器由四根特制的金属线悬挂支撑,不仅消除了水平和垂直方向的摩擦影响,而且提高了驱动器的抗振性能。另外四根金属悬线还是循迹跟踪和聚焦动圈的引线,它不易断裂,从而提高了驱动器的可靠性。

可见,光唱头主要包括半导体激光器(产生激光光源)、半反射镜、伺服反射镜、光栅准直透镜、光敏管等元器件组成。其工作原理是把半导体激光器产生的激光束经大孔径透镜聚焦后照射到CD唱片上。由于唱片上记录有许多凹坑,坑深约 $0.1\mu\text{m}$ ,坑底反射光所走的路程比被坑面反射的光所走的路程多 $0.2\mu\text{m}$ 。假定CD唱片材料折射率为1.5,半导体激光器产生的激光束波长为 $0.6\mu\text{m}$ ,则在唱片内的光束波长为 $0.4\mu\text{m}$ ( $0.6\mu\text{m}/1.5$ ),即坑底反射与坑面反射距离差正好等于唱片内光束波长的二分之一。在小坑部位,由于坑的尺寸与激光波长可以比拟,因此会产生衍射,反射光量减小,甚至使坑底反射光强度趋于零,而坑面反射光强度相对来说很大,这样可让反射光返回后经棱镜分裂,入射到光敏管检测器,把坑底与坑面强弱不同的反射光信号检出,成为一系列数字脉冲信号。这便是CD光唱头常采用的“透射光信号读取法。”

随着CD唱机的普及,光唱头的光学系统也日趋发展,主要趋势是简单、小型、轻量 and 低成本。

光唱头中激光源采用 AlGaAs 半导体激光二极管, 波长为  $800\mu\text{m}$ 。光检测器采用硅光敏二极管, 聚焦检测用的光敏二极管呈“田”字形配置, 又称四象限光敏二极管, 循迹跟踪误差信号另外用两个光敏二极管检测。

## 二、拾音器的检测方法

### 1. 唱针的检测

#### (1) 唱针的识别

圆锥形针, 这种针尖的断面呈圆锥形, 在国内最为常见, 国际电工委员会(IEC)推荐使用的这种唱针标志及规格如表 14-1 所示。

表 14-1

针尖半径(mm)	应用于唱片类型	颜色标志	图形标志
0.051~0.076	粗纹唱头	绿色	正方形
0.018~0.025	单声道密纹唱头	红色	倒三角形
0.013~0.018	双声道立体声唱头	蓝色	双连环形

#### (2) 唱针的检测

唱针使用一段时间后, 针尖会磨损变秃, 在 4g 左右针压下, 宝石唱针使用寿命为 100~150 小时; 钻石唱针为 500~1000 小时。检测唱针方法如下: ①听声音。唱针良好, 放音清亮逼真, 噪声小; 唱针磨损变秃, 放音小且失真, 杂音大, 唱针容易跳槽。②眼看。用放大镜观察唱尖是否磨秃或损坏。

### 2. 唱头的检测

唱头的好坏主要决定于压电晶体片的性能, 当晶片失效或断裂时, 放唱声音低微, 这可用万用表进行检测, 方法是: 将万用表电阻档拨至  $R \times 10k\Omega$  档, 测量唱头的两根输出引线的直流电阻值。如果阻值小于  $500k\Omega$  时, 则说明晶片失效(或有漏电现象); 如果阻值无穷大, 说明晶片断路(放唱无声音)。

## 三、拾音器的维修与更换

### 1. 唱头的维护

#### (1) 唱针去尘

在正常运转的唱盘上, 放唱声音失真, 噪声增大或经常出现跳槽现象时, 不一定是唱针使用寿命已到或唱尖磨秃引起的, 应用放大镜仔细检查一下唱针是否清洁, 若唱针上积聚灰尘或污物, 则需要细软毛刷轻轻刷动唱针, 以除去灰尘或污物。

#### (2) 唱针使用注意事项

①目前生产的唱片有 78、45、 $33\frac{1}{3}$ 、 $16\frac{2}{3}$  转等几种转速。其中, 78 转为快速, 属粗纹唱片; 后几种为慢速, 属密纹唱片。粗纹和密纹唱片的音槽宽窄不同, 放唱时应配相适应的唱针。有的唱头, 备有两种唱针, 它们的针尖半径不一样, 但粗看起来, 难以识别, 一般用颜色加以区分, 使用时, 不能通用, 须根据唱片正确选用唱针。如果用密纹唱针去放唱粗纹唱片, 唱针将和声槽底部直接接触, 在声槽两壁间滑来滑去, 产生失真, 且积在声槽底部的灰尘和唱片磨下的粉末均会使杂音增加。如果用粗纹唱针去放唱密纹唱片, 唱针顶端和声槽顶部两个边相接触, 两个边会产生不规则的尖角, 产生杂音, 长期使用, 会造成放唱失真增加, 唱片也

会滑槽造成损坏。

②唱针很脆,剧烈振动易引起碎裂。因此,放唱时应轻拿轻放,避免唱针损坏,唱机工作时,应将马达转速稳定后,再将唱头放到唱片上,唱片放完后,应先拿下唱头,然后关掉电源。

③放唱完毕应放下唱头护针罩(有些唱机没有),以保护唱针。

④唱机停止工作时,应将音臂固定于搁架上,以免撞击。

⑤放唱时,唱针一接触唱片就使音臂快速向转盘中心移动,这表明针尖已从针杆上脱落或焊接型唱尖的尖端工作部分与金属的保持杆脱焊或失落,需立即停机,更换唱针。

## 2. 唱头的修复与更换

### (1)唱头修复

唱头损坏,一般是由于晶体片失效引起的,不用换整个唱头,只要更换晶体片即可。更换晶体片时,应先打开唱头盖板,焊下银皮导电脚,从里面将晶体片取出。注意,晶体片很脆,如果直接用镊子夹取极易划伤晶体片,会使灵敏度降低,故应在将镊子上套上软橡皮管(如自行车用的气门芯橡皮管等),再在晶体片外垫一层泡沫塑料。更换时,晶体片插入的位置要正,晶体片尾部一定要固定好,以免在放唱时失真。唱头壳内部的硅脂起防潮、散热和密封作用,因此需将原来的硅脂重新敷在新晶体片周围。焊接银皮导电脚时,须用镊子夹住银皮,用小功率(20W 内热式)烙铁焊接,时间要尽量短。晶体片不要用手摸,以防沾污晶体片。

### (2)唱针更换

206 型电唱机唱针与耦合器装在一起。更换这类唱针较容易,但一定要使铜皮与传动橡皮紧贴在一起。如果唱针大小不合适,安装不上,可以适当的改进或更换唱尖,换唱尖时,要垂直铆好,然后点一滴 502 胶水即可。

### (3)唱头的更换

以常见的 F-2011、206 电唱机为例。先拧松 F-2011 电唱机的唱头罩壳上的两个螺钉,便可取下唱头,装上新的唱头,然后将唱头罩壳上的两个螺钉紧固好。更换 206 电唱机唱头更简便,只须将唱头拔下就可更换新唱头,新唱头插上后电唱机便可正常工作。

更换唱头后,如发现左右声道相反(如听 F-2011C 电唱机所附试机唱片就能十分简便地判定),只需将音频输出插头左、右交换一下便可解决。如果手头没有试机唱片,也可用万用表测量唱头输出端与电唱机输出插头是否对应接通。

# 第十五章 继电器的测试和使用维修

继电器是利用电磁原理工作的一种开关元件。继电器自十九世纪中叶首次在早期电报设备上使用以来,得到了广泛的应用和大力发展,现已成为各类自动化控制系统中一种不可缺少的基本元件。继电器品种规格繁多,其中仅电子技术常用继电器就多达几十个类型。

## 一、继电器的分类及型号命名法

### 1. 继电器分类表

(1)按作用原理及结构特征分类(见表 15-1)

表 15-1

分类号	名称	定义
	电磁继电器	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触点开、闭或转换功能的继电器。
电磁继电器	1 直流电磁继电器	控制电流为直流的电磁继电器。按触点负载大小分微功率、弱功率、中功率和大功率四种。
	2 交流电磁继电器	控制电流为交流的电磁继电器。按线圈电源频率高低分 50Hz 和 400Hz 两种。
	3 磁保持继电器	利用永久磁铁或具有很高剩磁特性的铁芯,使电磁继电器的衔铁在其线圈断电后仍能保持在线圈通电时的位置上的继电器。
4	混合式继电器	由电子元件和电磁继电器组合而成的继电器。一般输入部分由电子线路组成,起放大、整流等作用,输出部分则采用电磁继电器。
5	固体继电器	固体继电器是一种能够象电磁继电器那样执行开、闭线路的功能,且其输入和输出的绝缘程度与电磁继电器相当的全固体器件。
6	高频继电器	用于切换频率大于 10kHz 的交流线路的继电器。
7	同轴射频继电器	用来切换高频、射频线路而具有最小损耗的继电器,它由金属腔体和继电器部分等组成。
8	真空高压射频继电器	触点部分被密封在高真空的容器中,用来快速开、闭或转换高压、射频线路用的继电器。
	热继电器	利用热效应而动作的继电器,一般分为温度继电器和电热式继电器两种。
热继电器	9 温度继电器	当外界温度达到规定值时而动作的继电器。
	10 电热式继电器	利用控制电路内的电能转变成热能,当达到规定值时而动作的继电器。

续表

分类号	名称	定义	
11	仪表式继电器	根据某些仪表的工作原理(如电压表、电流表、功率表等)设计成的继电器。通常,仪表的指针或指示器兼动触点簧片的功能,当输入参量达到规定值时,便与另一可调的静触点闭合。	
12	光电继电器	利用光电效应而动作的继电器,由发光元件(如小型的白炽灯、磷化镓二极管等)和光敏器件构成。	
13	声继电器	利用声效应而动作的继电器。	
14	霍尔效应继电器	利用霍尔效应半导体片在磁场中产生的霍尔电势来实现控制作用的继电器。	
15	玻璃半导体继电器	根据玻璃半导体的体效应而实现触点开、闭或转换功能的继电器。	
16	谐振继电器	利用电路谐振或机械谐振的原理,使其能在一种或数种电源频率下动作的继电器。	
17	振动继电器	用交流或自断续电压使衔铁产生振动而连续闭合、断开或转换触点的继电器。	
18	差动继电器	当通过线圈中多个绕组间的输入参量(电流、电压或功率)的差额达到某一预定的值时即开始动作的继电器。	
19	步进继电器 (步进选择器)	由电磁驱动机构、转子和多个触点构成。当脉冲信号激励线圈时,就驱动衔铁,通过机械装置使多位触点组依次处于不同的工作位置上的继电器。	
20	特种继电器	某些具有特殊的结构型式或用途的继电器,如气压继电器、压电陶瓷继电器等。	
	极化继电器	由极化磁场与控制电流通过控制线圈所产生的磁场综合作用而动作的继电器。继电器的动作方向取决于控制线圈中流过的电流方向。	
极化继电器	21	二位置极化继电器	继电器线圈通电时,衔铁按线圈电流方向被吸向左边或右边的位置,线圈断电后,衔铁不返回。
	22	二位置偏倚极化继电器	继电器线圈断电时,衔铁恒靠在一边;线圈通电时,衔铁则被吸向另一边。
	23	三位置极化继电器	继电器线圈通电时,衔铁按线圈电流方向被吸向左边或右边位置;线圈断电后,衔铁总是返回到中间位置。
	时间继电器	当加上或除去输入信号时,输出部分需延时或限时到规定的时间才闭合或断开其被控线路的继电器。	



续表

分类号	名称	定义
时间继电器	24	电磁时间继电器 当线圈加上信号后,通过减缓电磁铁的磁场变化而获得延时的时间继电器。
	25	电子时间继电器 由分立元件组成的电子延时线路所构成的时间继电器,或由固体延时线路构成的时间继电器。
	26	混合式时间继电器 由电子或固体延时线路和电磁继电器组合构成的时间继电器。它具有延时范围广、精度高和容易获得任意延时等优点。
	27	电热式时间继电器 利用控制电路内的电能转换成热能,当达到某一预定值时而延时动作的时间继电器。
	28	电动机式时间继电器 由同步电动机与特殊的电磁传动机构来产生延时的时间继电器。主要由同步电动机、离合器、齿轮装置及延时触点等组成。
	舌簧继电器	利用密封在管内,具有触点簧片和衔铁磁路双重作用的舌簧的动作来开、闭或转换线路的继电器。
舌簧继电器	29	干簧继电器 舌簧管内的介质为真空、空气或充填某种惰性气体,即具有干式触点的舌簧继电器。
	30	湿簧继电器 舌簧片和触点均密封在玻璃管内,并通过管底水银槽中水银的毛细作用而使水银膜湿润触点的舌簧继电器。
	31	剩簧继电器 由剩簧管或由干簧管与一个或多个剩磁零件组成的自保持干簧继电器。
	舌簧管	由玻璃管密封的具有触点簧片和衔铁磁路双重作用的舌簧片所组成的触点组的组合件。
舌簧管	32	干簧管 舌簧管内的介质为真空、空气或充填某种惰性气体,即具有干式触点的舌簧管。
	33	湿簧管 舌簧片和触点均密封在玻璃管内,并通过管底水银槽中水银的毛细作用而使水银膜湿润触点的舌簧管。
	34	剩簧管 舌簧片为半硬磁材料的自保持干簧管。

## (2)按触点负载分类(见表 15-2)

表 15-2

名称	定义
微功率继电器	当触点开路电压为直流 27V 时,触点额定负载电流(阻性)为 0.1A、0.2A 的继电器。
弱功率继电器	当触点开路电压为直流 27V 时,触点额定负载电流(阻性)为 0.5A、1A 的继电器。
中功率继电器	当触点开路电压为直流 27V 时,触点额定负载电流(阻性)为 2A、5A 的继电器。

续表

名称	定义
大功率继电器	当触点开路电压为直流 27V 时,触点额定负载电流(阻性)为 10A、15A、20A、25A、40A……的继电器。

## (3)按外形尺寸分类(见表 15-3)

表 15-3

名称	定义
微型继电器	最长边尺寸不大于 10mm 的继电器。
超小型继电器	最长边尺寸大于 10mm,但不大于 25mm 的继电器。
小型继电器	最长边尺寸大于 25mm,但不大于 50mm 的继电器。

## (4)按防护特征分类(见表 15-4)

表 15-4

名称	定义
密封继电器	采用焊接或其它方法,将触点和线圈等密封在罩壳内,与周围介质相隔离,其泄漏率较低的继电器。
封闭式继电器	用罩壳将触点和线圈等封闭(非密封)加以防护的继电器。
敞开式继电器	不用防护罩壳来保护触点和线圈等的继电器。

## (5)按有无触点分类(见表 15-5)

表 15-5

名称	定义
无触点继电器	被控制回路的通断完全靠电或磁的关系来实现,而无机械触点的继电器,如磁继电器、半导体继电器等。
有触点继电器	被控制回路的通断靠机械触点的动作来实现的继电器,如电磁继电器、感应继电器、热继电器等。

## 2. 继电器型号命名法

## (1)电磁继电器等的型号命名法(见表 15-6)

表 15-6

分类号	名称	基本型号					规格代号	
		第一部分 主称	第二部分 形状特征	第三部分 短线	第四部分 序号	第五部分 防护特征	第六部分	
1	直流电磁继电器: 微功率 弱功率 中功率 大功率	JW(继微) JR(继弱) JZ(继中) JQ(继强)	W(微型) C(超小型) X(小型)		序号	F(封闭式) M(密封式)		
	2	交流电磁继电器						JL(继流)
	3	磁保持继电器						JM(继脉)

续表

分类号	名称	基本型号					规格代号
		第一部分	第二部分	第三部分	第四部分	第五部分	第六部分
		主称	形状特征	短线	序号	防护特征	
4	混合式继电器	基本外型号加 H	W(微型) C(超小型) X(小型)	—	序号	F(封闭式) M(密封式)	
5	固体继电器	JG(继固)					
6	高频继电器	JP(继频)					
7	同轴射频继电器	JPT(继频同)					
8	真空高压射频继电器	JPK(继频空)					
9	温度继电器	JU(继温)					
10	电热式继电器	JE(继热)					
11	仪表式继电器	JB(继表)					
12	光电继电器	JF(继光)					
13	声继电器	JV(继声)					
14	霍尔效应继电器	JO(继霍)					
15	玻璃半导体继电器	Jl(继玻)					
16	谐振继电器	JN(继振)					
17	振动继电器	JD(继动)					
18	差动继电器	JCD(差动)					
19	步进继电器	XB(步进)					
20	特种继电器	JF(特续)					

(2)极化继电器的型号命名法(见表 15-7)

表 15-7

分类号	名称	基本型号				规格代号
		第一部分	第二部分	第三部分	第四部分	第五部分
		主称	形状特征	短线	序号	
	极化继电器	JH(继化)	W(微型) C(超小型) X(小型)	—	序号	
21	二位置极化继电器				序号后加 E	
22	二位置偏倚极化继电器: 二位置偏右 二位置偏左				序号后加 Y	
					序号后加 Z	
					序号后加 S	
23	三位置极化继电器					

(3)时间继电器的型号命名法(见表 15-8)

表 15-8

分类号	名称	基本型号				规格代号
		第一部分	第二部分	第三部分	第四部分	第五部分
		主称	短划线	序号	防护特征	
24	电磁时间继电器	JSC(继时磁)	—	序号	M(密封) F(密闭)	
25	电子时间继电器	JSB(继时半)				
26	混合式时间继电器	JSB(继时混)				
27	电热式时间继电器	JSE(继时热)				
28	电动机式时间继电器	JSD(继时电)				

## (4)舌簧管及舌簧继电器的型号命名法(见表 15-9)

表 15-9

分类号	名称	基本型号				规格代号
		第一部分	第二部分	第三部分	第四部分	第五部分
		主称	短划线	序号	防护特征	
29	干簧继电器	JAG(继簧干)	—	序号	(M)(密封)	
30	湿簧继电器	JAS(继簧湿)				
31	剩簧继电器	JAT(继簧剩)				
32	干簧管	GAG(管簧干)				
33	湿簧管	GAS(管簧湿)				
34	剩簧管	GAT(管簧剩)				

## 二、常用继电器的结构原理与特点

尽管继电器的品种繁多,结构形式各异,但工作原理都是相同的。那就是利用电磁原理使衔铁吸合或断开,以实现其触点控制电气线路中的通或断。下面介绍几种常见继电器的结构原理及特点。

## 1. 电磁继电器

电磁继电器是最常见的也是应用最广泛的一种继电器。它的结构原理简图如图 15-1 所示。

其工作原理是:电信号通过线圈产生磁场,该磁场将衔铁吸合,衔铁带动触点使两触点断开或吸合;当电信号消失后,线圈磁场消失,衔铁在弹簧的作用下回复到原来位置,触点也随之复原。

电磁继电器的特点:结构简单,维修方便,成本低。多形式和多规格,也可以做成由直流、交流或交直流供电。

## 2. 舌簧继电器

舌簧继电器是一种新型的具有密封接点的继电器。由于将感应与执行机能集中在少数

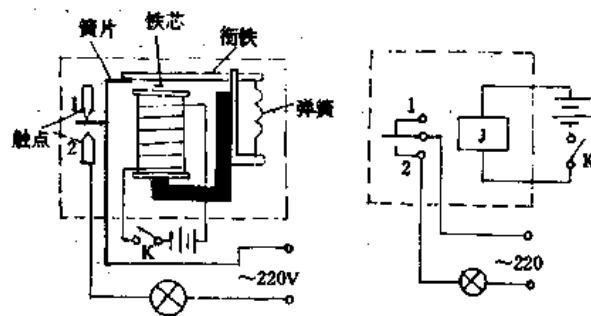


图 15-1

零件上,从而使结构大为简化。它广泛使用在通讯、检测计算技术、自动控制等各领域。  
干式舌簧继电器的结构如图 15-2 所示。

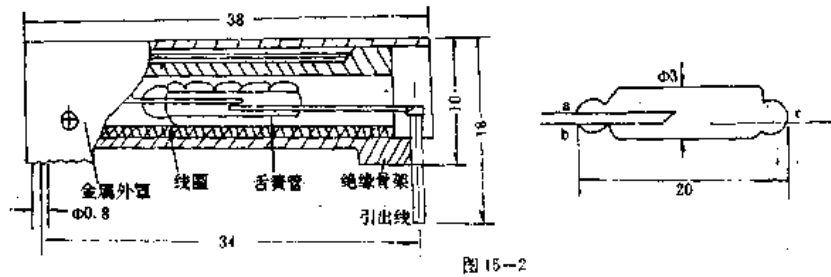


图 15-2

其工作原理是:线圈当中有舌簧管(或称干簧管),舌簧管是由导磁材料(充当接点作用的舌簧片)及玻璃管封接而成。当线圈通电后簧片被磁化,其自由端分别形成磁极而互相吸引或排斥,使被控电路接通或断开;当线圈断电后,舌簧在本身弹力作用下恢复原来状态。在同一舌簧继电器的线圈骨架内,可同时放入多个舌簧片,以获得多对接点。

干式舌簧继电器的特点:(1)结构简单,体积小,重量极轻。(2)接点密封于充有惰性气体的玻璃管中,有效地防止周围大气及尘埃的污染及腐蚀,因而可靠性高,其寿命一般可达  $10^8$  次。(3)可动部分质量小,且属于无纹链式连接,所以动作时间较短,一般吸合与释放时间均在  $0.5 \sim 2\text{ms}$  以内,很容易与电子线路的动作速度相配合。(4)吸合功率小,灵敏度高,容易被半导体元件启动。(5)不仅可以通过线圈反应各种电的信号,而且还可与永磁体作任意方位的配合,能反应各种非电信号。(6)无需调整,维修方便,生产效率高,价格便宜。干式舌簧继电器的缺点:切换容量低;过载能力较差;耐压低;出现颤抖现象;接点容易产生冷焊而出现粘牢现象。

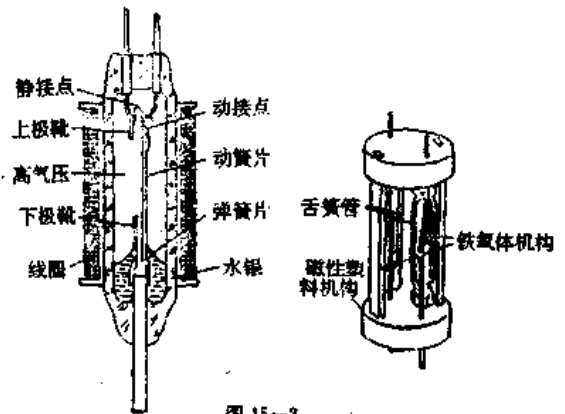


图 15-3

舌簧继电器除上述干式舌簧继电器外,还有水银湿式舌簧继电器及铁氧体剩磁式舌簧继电器,其结构原理简图如图 15-3 所示。

水银湿式舌簧继电器由于利用水银进行接点闭合。因此触点电流大,没有颤抖现象、寿命长、可达  $10^8 \sim 10^{10}$  次。它在精密仪器、数字测量装置、模拟数字变换器、负载开关中有广泛作用。铁氧体剩磁式舌簧继电器具有舌簧继电器的优点,而且动作速度更快,能自保持,吸合时间一般为几百微秒,动作灵敏,能与电子线路很好配合。

### 3. 磁电式继电器

磁电式继电器是一种灵敏度很高的小型继电器。其结构原理简图如图 15-4 所示。

其工作原理是:当动圈 3 通入电流后,在永磁磁场的作用下,动圈 3 受到力的作用,从而产生一个转矩,带动小杆转动使动静接点接通。当电流减少或消失时,小杆靠

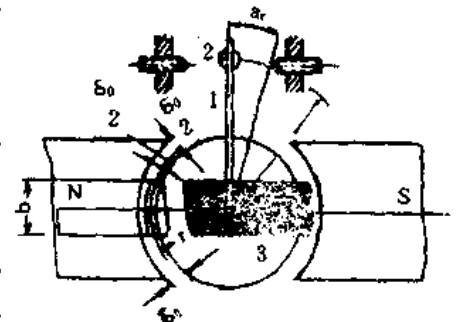


图 15-4

游丝弹簧作用而返回原来状态。

磁电式继电器的特点：(1)灵敏度极高，吸合功率小到  $10^{-10}W$ ，几乎可与电子式继电器相比拟；(2)返回系数高，最高可达 0.99；(3)能反应输入信号的方向(即极性)，具有一般极化继电器的作用，但较之更为灵敏；(4)具有足够的稳定性；(5)接点常用白金或镍合金制成，为了获得更高的灵敏度，接点压力很小(0.3~1.5 左右)，故控制功率较低(0.1~2W)，当用来切换电感性负载时必须选用适当的熄火花线路；(6)输入信号(电压或电流)应连续平稳地变化，可动部分不能承受冲击负荷。小杆偏转角度的大小能指示出输入信号的大小。

#### 4. 固体继电器

固体继电器(SSR)是由固体元件组成的无触点开关器件，其功能与电磁继电器相似。固体继电器种类很多。按照负载电源划分，可分成直流固体继电器(DC-SSR)，交流固体继电器(AC-SSR)两种。DC-SSR 属于五端器件，它以功率晶体管为开关器件，用来控制直流负载电源的通断。AC-SSR 则属于四端器件，以双向晶闸管(TRIAC)作为开关器件，用来控制交流负载电源的通断。按触点形式来划分有：常开式、常闭式两种。市售产品中以常开式居多。但是利用外部晶体管或门电路(反相器)，也可以把常开式改成常闭式。根据控制触发方式亦可划分成：直流型、交流型。交流型中又包括过零触发型与非过零触发型。以隔离方式划分有：光电耦合器隔离，变压器隔离等。从封装形式看，有单列直插式、双列直插式、长方体模块式等。

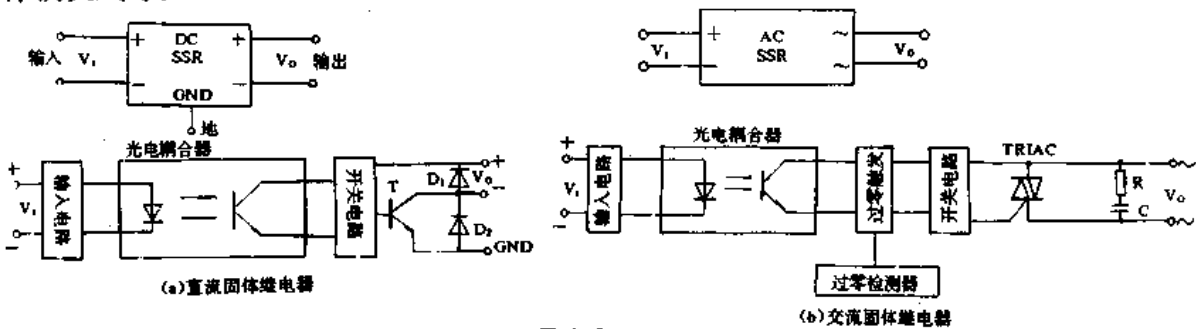


图 15-5

固体继电器的符号及内部电路如图 15-5。

它至少包括以下四部分：输入电路、隔离电路(一般为光电耦合器)、开关电路(功率晶体

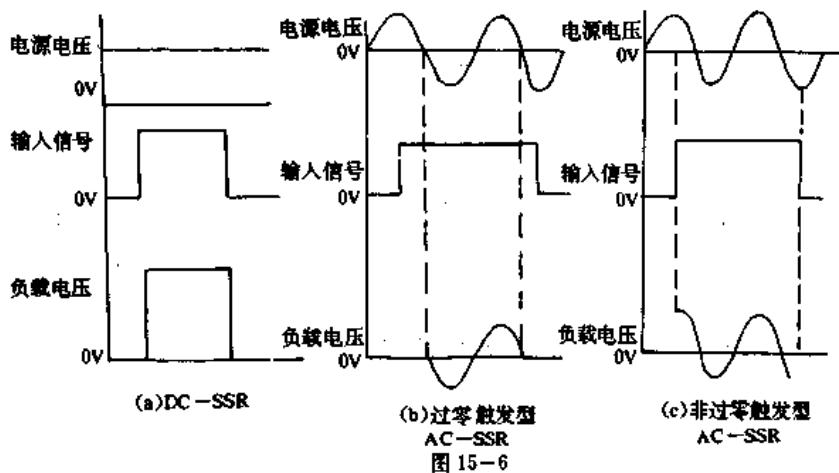


图 15-6

管或双向晶体管)、保护电路(续流二极管或RC吸收网络)。对于AC-SSR,还有控制触发器;对于过零触发型还应有零压检测器。

直流固体继电器、过零触发型及非过零触发型交流固体继电器的工作波形如图15-6所示。

由图可见,DC-SSR的工作原理是:当加上输入信号 $V_i$ (一般为高电平)时,直流负载电源被接通,负载上就有直流电压。对于过零触发型AC-SSR,仅当交流负载电源电压经过零点( $u(t)=0$ )时,负载电源才被接通。非过零型AC-SSR的特点是:一旦施以输入信号,不管交流负载电源的电压处于什么状态,都能立即接通负载电源。

固体继电器于70年代问世,在80年代获得迅速发展。它是集成电路、分立元件和微电子技术这三者的结晶。固体继电器具有驱动功率小、噪声低、可靠性好、抗干扰能力强、开关速度快、体积小、重量轻、寿命长、使用方便、能与TTL、HTL、CMOS电路兼容等优点。由于它具有电磁继电器无法比拟的优点,因此不仅能在自动化控制装置中取代电磁继电器,其用途还扩展到数控装置、计算机终端、测试仪器、舞台灯光控制等领域。尤为可贵的是,固体继电器耐振动、耐潮湿、耐腐蚀,能在环境恶劣、易燃易爆场合下工作。

### 5. 固体继电器组件

固体继电器组件是在固体继电器的基础上发展起来的新型无触点开关组件,它是由若干只固体继电器组合而成的。

固体继电器组件的内部电路示意图如图15-7所示。

使用固体继电器组件的方法非常灵活。由于器件内部各组固体继电器的一致性很好,因此既可以单独控制,也可以几组并联使用(扩展负载电流)或者串联使用(提高负载电压)。

### 6. 极化继电器

极化继电器的结构如图15-8所示。

其工作原理是:利用永久磁铁产生的极化磁通 $\Phi_m$ (也有用极化线圈产生的)和由输入信号通过工作线圈所产生的工作磁通 $\Phi_e$ 所产生的极化作用使衔铁从一种状态过渡到另一种状态。当输入信号消失后,由于衔铁在永久磁铁产生的极化磁通 $\Phi_m$ 产生的力对两端不平衡,因此衔铁回复到原来的位置。但也有些极化继电器当通以正信号时,衔铁偏向一边,而通以负信号时,衔铁通向另一边。当信号不改变方向或消失时,衔铁不动作。

极化继电器的特点是,具有高灵敏度,高稳定性和非常小的动作时间。动作功率可小达 $10^{-5} \sim 10^{-8}W$ 。动作时间可在几毫秒以下,工作频率可在300Hz以上,且具有“记忆”功能。即不论线圈中是否存在电流,其状态将继续保持下去。要改变该状态,必须在下一次通电时改变电流的极性。极化继电器在通讯、自动控制、系统保护电路中得到广泛应用。极化继电器的主要特点是切换容量小,体积较大。

### 7. 磁保持继电器

磁保持继电器又称脉冲继电器或磁闭锁继电器。它的结构原理与联系方式如图15-9所示。

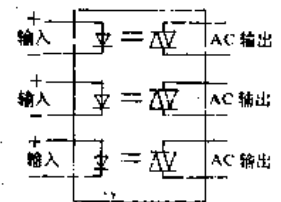


图 15-7

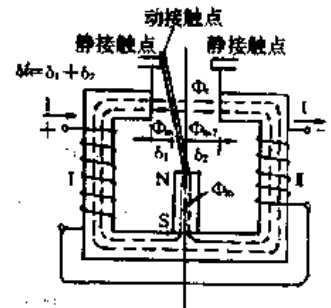


图 15-8

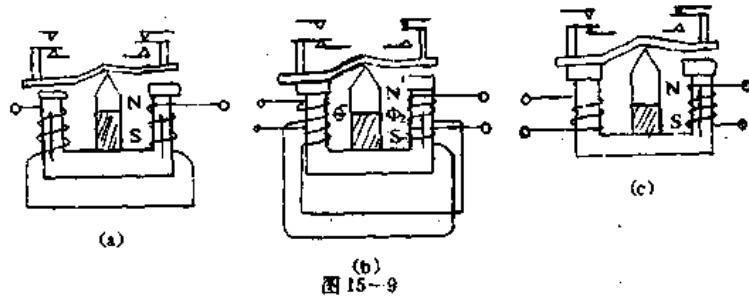


图 15-9

它的工作原理与双位式极化继电器相似。最显著的特点是：只需在线圈通以脉冲电流就可以实现工作状态的转换，而不需要在线圈中长期通电。它具有灵敏度高，动作速度快，抗振动与耐冲击等优点。接点的切换能力与一般电磁继电器相近。

### 三、常用继电器的测试方法

#### 1. 灵敏电磁继电器的测试方法

灵敏电磁继电器是继电器中常用的一类。由于它体积小、灵敏度高(驱动电流小)、耗电省、控制能力强，因此被广泛用于磁控、光控、温控等自动化控制领域。其典型产品有：JQX 系列、JRC 系列、JRX 系列、JRW 系列等。额定直流电压分为 6V、9V、12V、15V、18V、24V、27V、36V、48V 等规格。

灵敏电磁继电器的主要参数有：①直流电阻：线圈的直流电阻一般允许有±10%的误差。②吸合电压(或吸合电流)：继电器的所有触点从释放状态转入工作状态所对应的电压(电流)最小值。③释放电压(或释放电流)：继电器所有触点恢复到释放状态所对应的电压(电流)最大值。④额定电压(或额定电流)：保证继电器能可靠工作的电压(或电流)。通常额定电压(或电流)为吸合电压(或电流)的 1.5 倍。

继电器的这些技术参数均可利用万用表来进行测试。下面，将以 MF30 型万用表测量一只 JQX-4 型灵敏继电器为例，具体介绍其测试方法。

##### (1) 测量直流电阻 $R_j$

测量直流电阻  $R_j$  时，可直接用万用表的电阻档进行测试。例如 JQX-4 型的直流电阻  $R_j = 450\Omega \pm 10\%$ ，用  $R \times 10$  档实测结果为  $R_j = 450\Omega$ ，符合要求。

##### (2) 测量吸合电流 $I_x$ 或吸合电压 $U_x$

测量吸合电流  $I_x$  或吸合电压  $U_x$  的电路图如图 15-10 所示。

JQX-4 型的吸合电流  $I_x \leq 20\text{mA}$ 。测量时使用 24V 直流电源，万用表拨于 50mA 档。调节电位器  $R_f$ ，可以改变电路中电流的大小。 $R$  是保护电阻。测量时，首先将  $R_f$  的阻值调最大，然后逐步减小  $R_f$  的电阻值，当继电器从释放状态刚刚转入吸合状态时的电流值，就是吸合电流。实测吸合电流为 17mA。

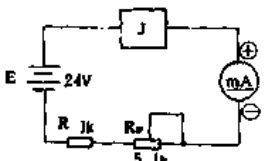


图 15-10

测量吸合电压的方法有两种，一种是在继电器线圈两端并上直流电压表测量，另一种是按公式  $U_x = I_x R_j$  进行计算。这里选择第一种方法，用 MF30 型 25V 档实测为 7.8V。若按下列公式计算： $U_x = I_x R_j = 17 \times 10^{-3} \times 460 = 7.82\text{V}$ ，可见两种方法的结果相同。

##### (3) 测量释放电压 $U_{SH}$ 和释放电流 $I_{SH}$

测量释放电压  $U_{SH}$  和释放电流  $I_{SH}$  的电路图与测量吸合电流  $I_x$  或吸合电压  $U_x$  的电路图



基本相同。区别只是电位器阻值需从小往大调,并增加一块直流电压表。当继电器从吸合状态刚刚转入释放状态时的电压,即为释放电压,所对应的电流为释放电流。实测  $U_{SH} = 2.3V$ ,  $I_{SH} = 5mA$ 。

#### (4)判断额定电压 $U$ 和额定电流 $I$

额定电压  $U$  和额定电流  $I$  的计算公式分别是:  $U = 1.5I_x \times R_j = 1.5U_x$ ;  $I = 1.5I_x$ 。将前面测出的  $U_x = 7.8V$  和  $I_x = 17mA$  分别代入上面的计算公式,所得结果为  $U = 11.7V$ ,取整数为  $12V$  (JQX-4 型的额定电压就规定为  $12V$ );同时求得  $I = 25.5mA$ 。

注意事项:继电器绝缘电阻需用兆欧表测量,测试时间为 1 分钟。继电器的吸合时间或释放时间,可用数字频率计的周期档测量,也可用长余辉的电子示波器来观察,示波器上应有外触发以及时标功能。

### 2. 干式舌簧管的测试方法

干簧管是具有干式接点的密封式开关。其结构简单,动作灵活,体积小,寿命很长(可正常动作  $10^6 \sim 10^7$  次),成本低,可广泛应用于各种控制电路、接近式开关,是干式舌簧继电器的主要部件。

检测干簧管的方法如下:

借助于万用表来检测干簧管的好坏,即简单,又实用。一方面万用表自身的泄漏磁场可使干簧管吸合,另一方面用电阻档能检测其通断。具体方法是把万用表拨至  $R \times 1$  档,两支表笔分别接干簧管的两个电极。当干簧管远离万用表时簧片断开,电阻为无穷大。然后把干簧管连同表笔一起移到表盘上,电阻值迅速变成零欧;表明簧片已经吸合,具体如图 15-11 所示。

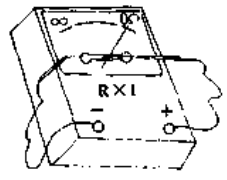


图 15-11

由于指针式万用表采用磁电式表头,由蹄形永久磁铁、极掌、圆柱形软铁、动圈、指针和刻度盘等组成,极掌与软铁空隙处的磁感应强度  $B$  可达几百毫特(mT),加之该磁场未加磁屏蔽,所以有泄漏现象。一般万用表表面上的泄漏磁场的磁感应强度为几毫特至几十毫特。试验表明,一般  $B = 1.0 \sim 2.0mT$  的磁场,就能使干簧管吸合。

注意事项:①必须将干簧管水平放置在表盘上面。如果竖直放置,因径向磁场很弱,簧片就无法吸合。②干簧管的电极引线依靠球状玻璃来固定,引线很坚硬。需要弯曲时应用尖嘴钳夹住根部,再用手弯,以免把球状玻璃掰碎。

### 3. 固体继电器的测试方法

常用固体继电器主要有:国产 GTJ 系列、CG3A 系列、CG3C 系列,美国 IR 公司的 16045580、SP1110、SP2210 等等。国产 CMOS 直接驱动高灵敏固体继电器的典型产品为 HY220A。

#### (1)电流测试法

利用万用表测量电流的方法,可以对固体继电器进行检测。下面以交流固体继电器 SP2210 为例,具体介绍其测试方法。

测试电路如图 15-12 所示。SP2210 型交流固体继电器的额定输入电流  $I_s = 10 \sim 20mA$ ,选  $V_{CC} = 6V$ , $R_F$  为输入限流电阻。将万用表拨于  $50mA$  档测量  $I_s$ 。交流负载电源采用  $220V$  交流电。EL 是  $220V$ 、

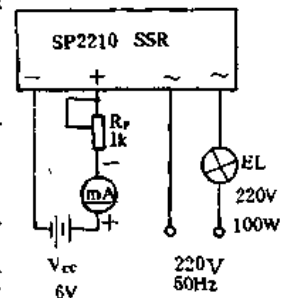


图 15-12

100W 的白炽灯,作为交流负载。调整  $R_F$ ,当  $I_S=10\sim 20\text{mA}$  时,灯泡应能正常发光,说明被测 SP2210 质量正常。当  $I_S<9\text{mA}$  时,灯泡熄灭; $I_S=25\text{mA}$  时,灯泡特别亮。对于直流固体继电器,需采用直流负载电源电压。

注意事项:①使用时,输入端必须加限流电阻,正、负极性也不得接反,输出端应避免短路,否则会损坏固体继电器。②焊接温度不宜过高,焊接一个引脚的时间控制在  $3\sim 5\text{s}$ 。当环境温度升高时,固体继电器的带负载能力会降低,必要时需加散热器。③白炽灯、电炉等电阻负载的冷态电阻很小,在开通瞬间会产生相当大的浪涌电流,因此选择固体继电器的容量应留有余地。④对于感性负载,必须考虑瞬态过电压和断态临界上升率( $du/dt$ )的影响。交流固体继电器内部大多有 RC 吸收回路,必要时还可在输出端并联一只金属氧化物压敏电阻(VSR)作过压保护。

## (2) 电阻测试法

利用测量电阻法也可以检查固体继电器的好坏。不加输入电压时,输出端电阻呈无穷大。当加上电压,有额定电流通过输入极时,内部的双向晶闸管(或功率晶体管)迅速导通,用万用表  $R\times 10$  档测得电阻值应为几十欧至几百欧。

其测试电路图如图 15-13 所示。选输入电压  $V_{CC}=6\text{V}$ ,将一块万用表拨于  $50\text{mA}$  档串入输入电路中。再将另一块万用表拨至  $R\times 10$  档,测量输出端电阻。调整限流电阻  $R_F$ ,使  $I_S=20\text{mA}$ ,测得电阻值为  $95\Omega$ ,说明内部双向晶闸管已经导通,这相当于继电器“吸合”。然后断开  $V_{CC}$ ,用  $R\times 1\text{k}\Omega$  档测量输出端电阻为无穷大,证明双向晶闸管关断,这相当于继电器“释放”。

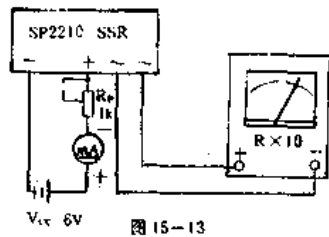


图 15-13

注意事项:①双向晶闸管的导通电阻值与  $I_S$  有关。以 SP2210 为例,在  $10\sim 20\text{mA}$  额定范围内, $I_S$  愈小,导通电阻愈大。当  $I_S=10\text{mA}$  时,导通电阻增加到  $150\Omega$  左右。当  $I_S=30\text{mA}$  时,减小到  $70\Omega$ 。②测输出端导通电阻时,宜选择  $R\times 10$  档。使用不同电阻档,读数也不相等。这是因为双向晶闸管导通后仍属于非线性元件,其导通电阻还与测试电压及测试电流有关。③测量交流固体继电器时不必考虑  $R\times 10$  档的表笔极性。但在测量直流固体继电器的导通电阻时,黑表笔应接输出+,红表笔接输出-,以便给内部功率晶体管施以正向测试电压。

## 4. 固体继电器组件的测试方法

固体继电器组件的典型产品有:  $3\times 2\text{A}110\text{V}$ 、 $3\times 2\text{A}220\text{V}$ 、 $6\times 2\text{A}110\text{V}$ 、 $6\times 2\text{A}220\text{V}$  等,此外还有大电流组合型固体继电器,如 S05220( $50\text{A}$ 、 $220\text{V}$ )、S05380( $50\text{A}$ 、 $380\text{V}$ )、S15220( $150\text{A}$ 、 $220\text{V}$ )、S15380( $150\text{A}$ 、 $380\text{V}$ )等。

检测固体继电器组件的方法,按照前面介绍的检测固体继电器的方法,分别检测组件里各组 SSR 的通断性能即可。例如,检测一只  $3\times 2\text{A}220\text{V}$  交流固体继电器时,可仿照上面的“电阻法”测试电路和方法进行。当  $I_S=38\text{mA}$  时,用 500 型万用表  $R\times 10$  档,测得其导通电阻为  $75\Omega$ ,关断时,测得其电阻值为无穷大。

## 四、继电器的选用

### 1. 选用继电器原则

正确选用继电器的原则是:①继电器的技术性能,如接点容量、动作参数、吸释时间、机

械和电气寿命等,应完全满足系统所提出的要求;②继电器的结构形式与外形尺寸,应能适合使用条件的需要;③经济合理,简单方便。

## 2. 选用继电器的方法与步骤

### (1)按输入信号的性质选

如反应热量或温度信号时应选用热或温度继电器;反应时间信号时应选用时间继电器;反应电流、电压或功率信号时应选用电流、电压或功率继电器;反应直流或交流信号时应选用直流或交流继电器;反应脉冲信号或有极性要求时应选用相应的脉冲或极化继电器等。

### (2)按使用场合选

不同的使用场合应选用相应的继电器,如灰尘、有害气体多的场合应选用密封或封闭式继电器;在有爆炸性气体的场合应选用防爆型继电器控制装置等。

### (3)按操作频率与寿命要求选

如操作频率较低时可以选用动作速度较低的一般电磁式继电器,要求动作速度较高时则可选用舌簧继电器,要求更高时就需选用半导体继电器。不同的继电器又具有不同的寿命,如小型密封继电器和保护用继电器的寿命通常为1~2万次,电话继电器可达百万次,舌簧继电器可达千万次,半导体继电器的寿命则更长,选用时必须按使用要求来确定相应继电器的种类。

### (4)按不同工作制选

继电器的工作制包括长期工作制、短期工作制、重复短期工作制等类型。工作制不同对继电器过载能力的要求不同,不同的继电器对不同工作制的适应能力也不一样,例如双金属片热继电器用作重复短期工作的电动机作过载保护时,由于它们之间的发热情况悬殊较大而可能出现误动作的情况,此时就需选用温度继电器。又如交流继电器对重复短期工作的适应能力也较差。这些在选择时也必须予以考虑。

### (5)按安装方式与尺寸选

安装方式有插入式、焊接式、长引出线式与螺栓或螺钉式等几种,外形尺寸有一般、小型、超小型与微型等几种,可根据使用要求分别选择。

此外,还要根据输入量选定继电器的输入参数,根据负载情况选定接点的种类与参数等等。

## 五、继电器的维修

### 1. 继电器常见故障

继电器在使用过程中,由于各种原因如产品质量不高或使用不当、维修不好等,常常发生各种各样的故障,最常见的故障有下列几种:

#### (1)接点故障

①由于接点的机械咬合(接点上形成的针状凸起与凹坑相互咬住)、熔焊或冷焊而产生拒绝断开的故障。②由于接触电阻变大和不稳定使电路无法正常接通的故障。③由于负载过大,或接点容量过小,或负载性质变化等而引起接点无法分合电路的故障。④由于电压过高,或接点间隙变小而出现接点间隙重新击穿的故障。⑤由于电源频率过高,或接点间隙电容过大而产生接点无法准确开断电路的故障。⑥由于各种环境条件不满足要求而造成接点工作的失误。⑦由于没有采用熄火花线路或其参数选用不当而造成接点的过度磨损或产生

不必要的干扰现象。

### (2) 线圈故障

①由于环境温度的变化(超过技术条件规定值)导致线圈温升超过允许值而引起线圈绝缘的损坏;由于潮湿而引起绝缘水平的严重降低;由于腐蚀而引起内部断线或匝间短路。②线圈电压超过110%额定电压而导致线圈损坏。③在使用维修时,可能由于工具的碰伤而使线圈绝缘损坏,或引出线折断。④工作于机床等机械设备附近的继电器,容易造成切削冷却液等易溶性溶液溅于线圈上,将线圈绝缘侵蚀破坏。⑤由于线圈电压接错,如额定电压为110V的线圈接到220V的电源电压上,或将交流电压线圈接到同样等级的直流电压上,将使线圈立即烧坏。⑥交流线圈不仅在超过110%额定电压时可能烧坏,而且当电压低于85%额定电压时,可能由于衔铁吸合不上或操作频率过高,也会导致线圈烧坏。⑦当交流线圈接上电压时,由于机构不灵或卡死等原因,使衔铁不能闭合而使线圈烧坏。

### (3) 磁路故障

①棱角和转轴的磨损,导致衔铁转动不灵或卡死的故障。②在有些直流继电器中,由于机械磨损,或非磁性垫片损坏,使衔铁闭合后的最小气隙变小,剩磁过大,导致衔铁不能释放——衔铁“粘住”不放的故障。③交流继电器铁芯上短路环断裂,或衔铁和铁芯极面生锈或侵入杂质时,将引起衔铁振动,产生噪音。④交流继电器山型铁芯中,由于两侧铁芯的磨损而使中柱铁芯的气隙消失时,将产生衔铁粘住不放的故障。

### (4) 其他故障

如各种零件产生变形或松动,机械损坏,镀层断裂或剥落,各带电部分与外壳间的绝缘不够,密封继电器漏气,反作用弹簧因疲劳而失去弹性。双金属片因电流过大而产生永久变形,各种整定值调整不当,产品已达预定寿命等。

## 2. 继电器维修基本事项

继电器产生故障的原因很多,但从有关的调查与统计来看,由于用户使用不当和维修不好而造成的故障约占30%左右,因此正确使用和认真维修是减少故障、保证可靠工作的重要一环。

### (1) 使用前的检查与试验

①外观检查:检查继电器的外形结构、外形尺寸、安装尺寸、接点组合形式和重量等是否符合规定的要求。②机械参数检查:检查继电器的接点压力、接点间隙和超程等是否符合规定要求。③电气参数检查:检查继电器接触电阻、线圈电阻、吸合与释放电压或电流、吸合与释放时间、接点回跳时间以及绝缘电阻等是否符合规定要求。④老化与筛选试验:有时为了确保系统工作的可靠性,用户还可以根据使用的要求,对继电器进行必要的老化与筛选试验,将一些质量较低的产品淘汰掉。⑤正式运行前的试操作:在投入正式运行前,应当对单个继电器或多个继电器按实际线路进行空载试操作,看它是否能正常工作或有无异常现象发生。

### (2) 运行过程中经常性和定期性检查与维护

①经常监视继电器的工作情况,随时发现并及时处理各种异常现象。②随时注意环境条件的变化,如温度的急剧变化,空气温度的改变,冲击振动条件的变化,以及有害气体的侵袭是否会引起继电器的腐蚀与污染等。

### (3) 定期检修

有些场合使用的继电器应定期地进行大修、中修和小修,这样才能有利于继电器的正常运行。在检查中一经发现有的零件已磨损和损坏,就应立即更换。经过修理的继电器,除了外观检查、机械与电气参数的检查外,条件许可时还应进行有关的试验。

# 第十六章 盒式机磁头的测试和使用维修

盒式机磁头是盒式录音机的关键部件之一，其质量的好坏直接影响到录、放音效果。磁头是电、磁能量转换器件，当录音时，它把电信号转换成磁信号，并存储(记录)在磁带上，需要放音时，再把磁带上的磁信号变换(读出)成电信号送往放大电路，即完成电—磁—电的转换。盒式机磁头的外形和内部结构如图 16-1 所示。录、放音磁头通常是用金属作屏蔽外壳，

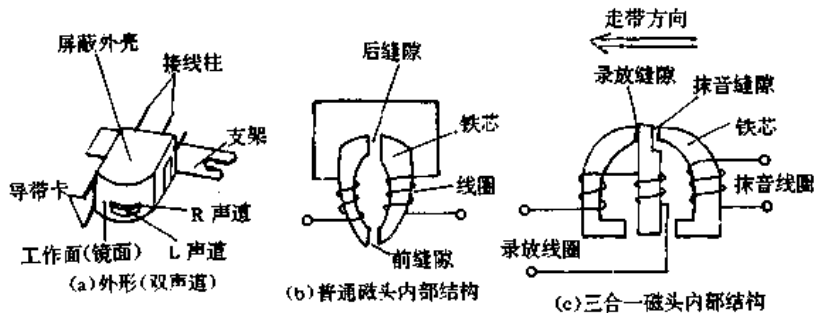


图 16-1 磁头的外形和内部结构

以消除外磁场的干扰，而抹音磁头则用塑料作外壳。录、放音磁头和抹音磁头的内部结构基本相似，即由高导磁率铁芯和绕在铁芯上的线圈组成，所以其测试维修方法也基本相同。如图 16-1(a)所示，对于双声道(立体声)磁头来说，如果将支架朝下，让工作面对准我们，则靠下面的磁迹(磁隙)为左(L)声道，其上为右(R)声道，这一特点给故障的判断提供了方便。为了增大磁带与磁头的接触面宽度，磁头工作面均做成圆弧形状。磁头按用途分，有录音(写)磁头、放音(读)磁头和抹音(擦)磁头，现在录音磁

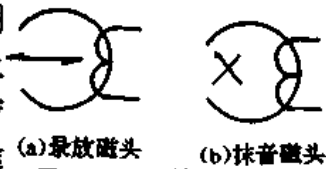


图 16-2 录放磁头和抹音磁头的电路符号

头和放音磁头都用一个磁头代替，称“录放音(读写)磁头”，即由一个磁头完成录音和放音两种功能。磁头按声道分，有单声道磁头(已逐步淘汰)、双声道磁头(立体声，用得最多)、四声道磁头(有的可作为循环走带录放音)，磁头有几个声道便有几个独立的线圈和几对接线柱。磁头按功能分，有录放磁头，三合一(录、放、抹音)磁头见图 16-1(c)、双缝抹音磁头(效果更佳)、组合旋转磁头(磁带的翻面、连续录放音)。磁头按偏磁和抹音形式分，有直流偏磁磁头、交流偏磁磁头、直流抹音磁头和交流抹音磁头。录放磁头和抹音磁头的电路符号如图 16-2 所示。

## 一、盒式机磁头的测试

### 1. 简单测试

通常在实际维修中为了应急，只对磁头作简单的通断测试，万用表置  $R \times 100$  档，测试的内容主要有三项：一是测试线圈的通断，如果线圈是通的，且阻值不是很小，就认为磁头是好的；二是对于多声道磁头来说，不仅要分别测试每组线圈的通断，还应测试线圈与线圈之间是否有短路现象，如无短路说明线圈正常；三是测试线圈与外壳(抹音头除外)是否有短路现象，如阻值为  $\infty$  说明正常。通过这三项测试可大致判断磁头的好坏。

## 2. 阻抗测试

根据录放音磁头阻抗的大小不同,可将磁头分为高、中、低三类:一般阻抗在  $1800\Omega$  左右的可称为高阻磁头,阻抗在  $1200\Omega$  左右的可称为中阻磁头,阻抗在  $600\Omega$  左右的可称为低阻磁头。这里所说的阻抗是指交流阻抗,交流阻抗要用专门测试仪表才能测试出来,比较麻烦,对于普通维修者来说是用万用表( $R \times 10$  或  $R \times 100$  档)进行测试的,即先测试磁头线圈的直流电阻,再根据经验数据将其粗略换算成交流阻抗,其换算方法如表 16-1:

表 16-1 磁头直流电阻与交流阻抗换算表

换 算 磁 头	阻 抗	
	直流电阻	相当于交流阻抗
单声道磁头	100~200 $\Omega$	600~1200 $\Omega$
	250~400 $\Omega$	1200~1800 $\Omega$
双声道(立体声)磁头	150~300 $\Omega$	600~1200 $\Omega$
	400 $\Omega$ 左右	1200~1800 $\Omega$

表 16-1 说明,在购买或测试更换磁头时,如果测得单声道磁头的直流电阻在  $100 \sim 200\Omega$  时,就可以购买或更换交流阻抗为  $600 \sim 1200\Omega$  的磁头,如果直流电阻在  $250 \sim 400\Omega$  时,则可用交流阻抗为  $1200 \sim 1800\Omega$  的磁头;如果测得双声道磁头的直流电阻在  $150 \sim 300\Omega$  时,就可用交流阻抗为  $600 \sim 1200\Omega$  的磁头,如果直流电阻是  $400\Omega$  左右时,则可用  $1200 \sim 1800\Omega$  的磁头。

另外,对于抹音磁头来说,测试结果有两种,即有两种抹音磁头:若测得直流阻值为几百欧则为直流抹音磁头,若测得直流电阻为几十欧则为交流抹音磁头。反之,如果经电路分析为直流抹音磁头,而测出的直流阻值反为几十欧,或分析为交流抹音磁头时,测出的阻值很大,就说明抹音磁头的性能不好,抹音效果很差。

## 3. 外观判别磁头功能

(1)性能判别:有的磁头使用时声音沉闷、高频特性很差、且左右声道音质音量不一致,但经上述测试又均正常,这时只要仔细观察一下,便可发现磁头的工作面已严重磨损,在工作面上磨出一条凹带痕迹,有的还可

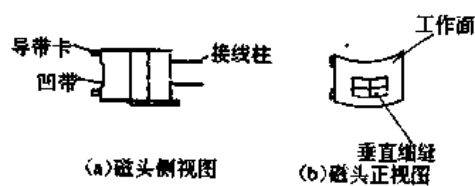


图 16-3 磨损磁头示意图

看到已磨出的一条垂直细缝,如图 16-3 所示。如果磁头有轻微磨损对性能指标影响不大,还可以继续使用,如果磨损严重就不能再用,必须更换。还有的磁头由于长时间使用,加之污染使工作面产生锈痕,磁头性能也会下降。由上可知,在购买新磁头时,不仅要严格测试,还应仔细观察外表,要求工作面必须光亮,并且没有垂直细缝。

(2)区别高、低阻抗磁头方法:一般中高档立体声收录机均使用低阻抗磁头,并用交流偏磁和交流抹音,而低档次收录机均使用高阻抗磁头,并用直流偏磁和直流抹音。反之,从整机电路图上分析,如果电路采用的是交流偏磁和交流抹音,说明该机用的是低阻磁头,若采用的是直流偏磁和直流抹音,说明该机用的是高阻磁头,由这一特点可以帮助验证万用表所测数据的准确性。

(3) 录放磁头与抹音磁头的区别:从封装材料上区别,录放磁头用金属作外壳,而抹音磁头则用白色或黑色塑料作外壳。从磁头运行方向上区别,抹音磁头在前,录放磁头在后,如图 16-4 所示。从工作缝隙大小上区别,抹音磁头大,而录放磁头小。

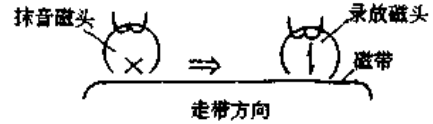


图 16-4 抹音磁头与录放磁头的安装位置

(4) 电磁和永磁抹音磁头的区别:抹音磁头按使用材料不同可分为电磁式和永磁式两种,从有无接线柱即可区别,凡有接线柱的是电磁(有偏磁电流)抹音磁头,而无接线柱的是永磁(永久磁铁)抹音磁头。

(5) 单、双声道磁头的区别:从接线柱的多少即可区别,即有一对接线柱的是单声道磁头,有两对接线柱的是双声道磁头。

## 二、盒式机磁头常见故障修理

### 1. 磁头脏污

磁头使用时间长后,磁带上的磁粉或灰尘容易粘附在磁头工作面上,堵塞磁头的工作缝隙,增大磁带与磁头缝隙间的间隔损耗,不仅会使录放音灵敏度严重下降,声音低沉、音质变坏、抹音不干净,还会划伤磁带,使磁带上的磁信号不断丢失,缩短磁带的使用寿命。磁头脏的判断方法有两种:一是用眼睛观察即可发现,二是有的带盒仓不便观察,对此只要在确定电路无问题的情况下,用一盘灵敏度高的原声维修带试放一下,就可以判断出来。通常磁头使用几十个小时后就应该清洗一次,清洗时应关掉录音机电源,并按下放音键(或拨开防误抹钩子后同时按下录、放音键),让磁头和压带轮突出,以便清洗,清洗方法有如下几种:

(1) 用磁头清洗带(有市售)清洗,但磁头清洗带对磁头的磨损较大,影响磁头的寿命,所以使用时要掌握好时间。

(2) 用药棉签蘸无水酒精、四氯化碳或磁头清洁液擦拭。清洗时棉签竹棍不要与磁头接触,否则会划伤磁头,也不要用力过大,否则会造成磁头的位移或机械变形;使用四氯化碳清洗效果好,但它是有毒液体,应特别小心,要反复擦拭,直到把脏物擦净、工作面发亮为止;同时还应清洗干净压带轮和主导轴,否则会造成扎带、逃带等故障现象。对于极脏的磁头,如用上述溶液不能擦净时,还可蘸一点牙膏进行擦拭,效果会更好。

(3) 用镜头纸或麂皮擦拭,取一张镜头纸或麂皮,将其捆在一根小竹棍端部,打开带仓门,按下功能键,轻轻擦拭磁头工作面,这种方法效果好,不仅使磁头工作面容易光亮,而且也不会损伤磁头。

(4) 用塑料泡沫或铅笔橡皮头擦拭,使用这种方法对特脏磁头的清洗更为有效,因为即使用力稍为大些也不会损伤磁头。

另外还可以用未抽过的香烟过滤嘴擦拭,如蘸清洁剂效果会更好。

### 2. 磁头方位角变动

如图 16-5 所示,盒式机磁头是用左右两个螺钉固定的,一端用固定螺钉固定在支架或固定支柱上,以保持磁头的高度,另一端用方位角螺钉固定,螺钉下面有弹簧,调整该螺钉可以调整磁头的方位角。磁头的标准方位角夹角应该是  $90^\circ$ ,它是指磁头

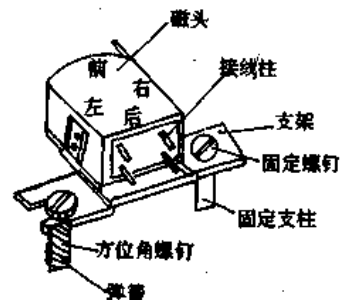


图 16-5 磁头安装示意图



缝隙与磁带轨迹保持垂直。造成磁头方位角变动的原因是：使用时间较长，开关带仓门引起机械振动，每操作一次录、放按键和停止键，均会使磁头沿主滑板作一次上下(或水平)滑动，容易使磁头的方位角螺钉和固定螺钉产生松动，从而引起磁头方位角变动。磁头方位角发生变动后有如下几种情形：一是若固定螺钉松动时，会使磁头前后倾斜不平，磁头工作时容易发生抖动，结果使得磁带与磁头的接触时紧时松，声音忽大忽小，左右声道音量大小不均，且会造成磁头偏磨，即一个声道缝隙磨损大，另一声道磨损小，缩短了磁头的使用寿命；固定螺钉松动还会使磁头高度增加，造成磁头缝隙不能完全对准磁带轨迹，容易串音。二是若方位角螺钉松动时，会使磁头左右倾斜，偏离 $90^\circ$ 夹角，结果使声音小且发闷，严重时没有声音或清晰度极差，无法正常使用；三是用该机(磁头)录制的磁带节目不能在其它机器上正常放音，失去了磁头录放音的兼容性功能。

因此，录音机使用一段时间后，如发现音质音量有变化时，应及时调整磁头方位角，使之保持在最佳位置。

根据维修经验，磁头的固定螺钉松动现象较少，而方位角螺钉则最容易松动，所以，调整磁头的方位角，主要是通过调整方位角螺钉来实现。调整方法是：找一盘特别熟悉的原声(立体声)音乐(高音丰富)的磁带，放进带盒仓座，按下放音键，并将音量电位器尽量调小，音调电位器调到最大，然后找一只微型十字改刀(改锥、起子)，慢慢调动方位角螺钉，边调边听，左右反复调整，直至调到音量最大，音质(高音)最好为止。

在调整中请注意：一是若螺钉调动一点而音量就增大很多时，应及时旋小音量电位器再继续调整，因声音在较大范围变化时人耳是不易感觉出来的；二是在调整方位角螺钉时，如果效果不太明显，可试着用改刀手柄部分轻轻按压磁头的前端或后端往往有效，这是因机架在使用过程中可能发生变形，引起磁头前后发生了倾斜，从而影响音量和音质。需注意的是按压的力度要合适，否则会使机械部分“矫枉过正”、将适得其反；三是带盒仓门都留有一个小孔，是供调方位角用的，若手头无微小改刀时，可用妇女用的钢丝发卡代替，将发卡搬直后伸进孔内，对准方位角螺钉调整，比较方便；四是在机外无法调整时，应不厌其烦地打开机壳调整，但调好后还要装机试听，因开机试听与装机试听的效果有可能不一样，这是因为带盒仓门的机械影响所致，调整中要以装机后试听效果最佳为好，因此要反复开装机；五是调整好方位角后，还要将磁带翻面试听，以达到正反面效果一致为止，除此还应另找一盘磁带对照试听，以验证磁头方位角的准确性和所录磁带的通用性；六是调整完后要及时滴上点油漆，封固方位角螺钉，待干后再使用。

另外，如果抹音磁头方位角发生变化时，会使抹音头缝隙偏离磁带轨迹，往往出现抹音不净的现象，而当再次录音时，磁带既有新录制的节目，又有原录制的节目。对此应调整抹音头，使得抹音磁头与录放磁头的工作缝隙在一条水平线上。

### 3. 磁头磨损

用肉眼或用手摸磁带是很光滑平整的，其实用高倍显微镜观察磁带表面，就会看到其表面布满了许许多多不连续的针状颗粒(磁粉)，并不光滑，可以说磁带表面就类似一张很细的“砂纸”，在运行过程中会不断地磨擦磁头工作面，因此磁头使用时间长后必然要磨损，这是正常现象，但磨损严重时，在其工作面上便出现一条凹带痕迹，磁头缝隙变宽，不仅使磁头的寿命大为缩短，而且录放音效果很差。磁头磨损后破坏了工作面的圆弧形状，磁带运作时

不能与磁头缝隙紧密相贴,从而增大了间隔损耗,灵敏度下降、噪声增大,尤其高音成份衰减更甚。对磨损严重的磁头只有更换掉,而对于轻度磨损但又对音质音量已有影响的磁头可以进行修整。修整方法是:取下磁头,先用稍粗砂纸打磨工作面两侧,将工作面磨成圆弧形状,再用细砂纸轻磨工作面,直到磁头弧面光洁闪亮为止。磁头使用一段时间后还会再磨损,但只要看不见垂直细缝还可再修整使用,如果效果已很差且已看得见垂直细缝则只有更换了。

磁头磨损是影响磁头寿命的重要因素,磨损分为均匀磨损和偏向磨损,均匀磨损是良性(正常)磨损,最可怕的是偏向磨损(简称偏磨),因偏磨使得铁芯缝隙的一侧磨损严重,工作缝隙宽度很快展宽,磁头也很快“寿终正寝”。所以,在使用录音机时,一方面要尽可能选择高品质、名牌磁带使用;另一方面使用一段时间后要仔细观察一下磁头工作面的磨损情况,若出现偏磨就应该及时调整磁头方位角;再就是要选用铁芯质量好的磁头,常用铁芯材料有玻莫合金、铁氧体和铝硅铁三种,其中铝硅铁硬度最高且耐磨,使用寿命最长,铁氧体磁头次之,玻莫合金磁头最短。

另外,使用录音机一般是放音的时间多而录音的时间少,但请注意:在放音过程中往往抹音磁头也同样受到污染和磨损,间接也影响了抹音头的性能。为了延长抹音磁头的寿命,可以剪一小方透明胶布或涤纶胶带粘贴在抹音磁头工作面上,这样既可使抹音头免遭磨损,又可避免污染,还不影响使用。一旦要录音时,只要揭掉胶布(胶带)即可,如果抹音磁场较强的话不揭掉胶布也可以满意抹音。在实际应用中,我们发现许多双卡机用户,因怕影响右边录音仓而使之闲置不用,只用左边放音仓,使得左边仓故障率(机械及磁头磨损)很高,其实不必过分“保护”右边录音仓,应均衡使用(至少要常用)才比较合理,假如怕磨损抹音磁头的话,不妨就采用上述方法加以保护好了。

#### 4. 磁头带磁

磁头带磁的主要原因有三点:一是用万用表测试阻值时带磁(也称剩磁);二是磁头距离强磁场(如喇叭)太近时带磁;三是磁带上磨损的磁粉粘附在磁头表面,给磁头“充磁”而带磁。磁头带磁后会影响到录放音效果,表现在高音衰减、录音噪声变大,严重时使录音信号失真,无法正常使用。因此,录音机使用一段时间(80小时左右)就应进行消磁,磁头消磁是针对录放磁头而言的,而抹音磁头不需要消磁。

检验磁头是否带磁的方法很简单,找一根未带磁性的缝衣针或大头针(一截细直铁丝也行),用软细线悬吊起来,然后伸进带盒仓,让针尖靠近磁头,如果磁头对针有吸引力,就证明磁头已带磁。

对磁头消磁可采用市售消磁器,消磁方法是:首先切断录音机电源,打开带仓门,取出磁带,按下放音键,然后在检查消磁器无问题的情况下,给消磁器加上220V电源,按下消磁器上的电源开关,将其伸进带盒仓,让端部接近录放磁头工作面,并沿磁头工作面来回移动5次左右,最后在保持消磁器通电的情况下,慢慢移出消磁器,待消磁器距离磁头50cm以上时才切断其电源,即完成消磁工作。

在操作中请注意几点:一是消磁器钳形端部不要直接与磁头工作面相碰,以免划伤磁头,对此可在消磁器端部贴上一层透明胶布加以保护;二是消磁器通电工作时间不宜过长,避免消磁器发热烧坏;三是消磁完后要及时装带试听,一般说效果会有明显变化,如嫌不理想时还可照上述方法再消磁一次。

另外,如当地买不到消磁器时,可以参照以下方法自制消磁器,效果同样很好,方法如下:

(1)用收音机的输出变压器改作消磁器。取出变压器的铁芯,去掉“一”字型铁芯,保留“E”字型铁芯,然后再装回线圈,并将线圈的首尾连线按图 16-6(a)连接好,消磁方法见图 16-6(b),具体消磁方法同上。交流电源从机内变压器次级引出,为方便起见,可在机壳上安装一电源插孔,随时可以消磁。消磁时要焊掉录放头的信号线。

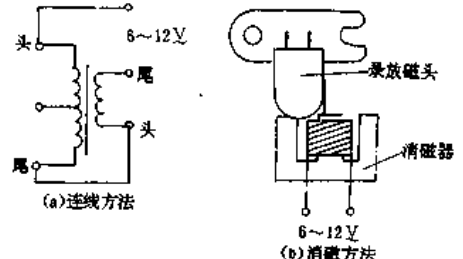


图 16-6 收音机的输出变压器改作消磁器

(2)废旧磁头作消磁器。此方法取材容易,也不需改制,只要将废旧磁头表面抛光,也从机内引了 6~12V 交流电源,让“消磁器”磁头缝隙对准被消磁磁头缝隙,待 10s 左右后平稳移开,消磁即告完成,消磁时也要焊开录放磁头的信号线。

(3)用本机抹音磁头作消磁器。方法是:取下本机抹音磁头,如果信号线不够长时可加长一截。消磁时,把录放磁头的插头拔掉或焊掉信号线,然后用左手拨开防误录钩子,右手按下录音键和放音键,这样抹音磁头中便有几十千赫的交流电流流过,就可按前述方法对录放磁头进行消磁了。消磁完毕要及时将抹音磁头恢复原位。

### 5. 磁头线圈开路

磁头线圈开路(断)有两种情况:一是线圈内部断,这种情况很少见,用万用表可以测出来。如遇内部断线,可以用电击法修复,方法是:取下磁头,在接线柱上焊上两根引线,并在其中一根线上串接一只 25W 左右的灯泡(如图 16-7 所示),然后迅速用 a、b 线头去碰 220V 交流电,如果碰触瞬间线头出现火花,或灯泡闪亮一下,说明线圈已接通,如不行,还可电击多次。使用此法要注意安全。二是与接线柱相连的信号线脱焊,信号线脱焊通常只有一根,这种故障率相对较高,若机器电路无问题而又无声,但用金属物接触磁头缝隙又有很大噪声时,很可能就是接线脱焊了,对此焊好后即可正常工作。

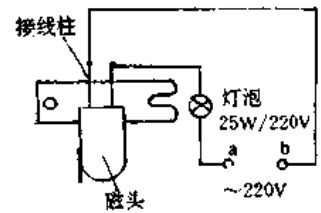


图 16-7 电击法修复磁头线圈开路

### (三)盒式机磁头使用注意事项

#### 1. 磁头的保养

平时要注意对磁头的保养,目的是延长磁头的寿命和发挥最佳效果。在使用中要注意经常观察磁头工作面的光亮程度,一旦发现有污迹要及时清洗;磁头使用一段时间后应进行方位角调整,使之处于最佳位置;为减轻磁头的磨损程度,在调方位角时要仔细观察磁头,以防磁头出现偏磨现象,还应选购高质量磁带使用;每用几十小时后就要对磁头消磁一下。

#### 2. 磁头的更换

磁头内部断线无法修复或磁头磨损严重时,就应更换新磁头。更换新磁头要注意以下几点:

(1)尽量选购同型号同尺寸的磁头代换,如无同规格磁头时也可选用性能、尺寸相近的代换。

(2)磁头的代换原则是:单声道磁头只能代换单声道磁头,双声道磁头代换双声道磁头;

双声道磁头可以代换单声道磁头,但单声道磁头不能代换双声道磁头。

(3)选购磁头方法:一是选择磁头工作面小且表面光洁度高的;二是阻抗接近,用万用表当场测试确定;三是各种尺寸相同或相差很少,磁头的主要尺寸如图 16-8 所示,第一个尺寸是支架上两个安装孔的中心距离 A,要求与原磁头基本相等,如不等则磁头无法固定在机上。第二个尺寸是磁头工作面到支架的垂直距离 B,

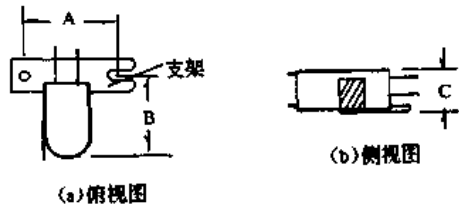


图 16-8 磁头主要尺寸示意图

如果 B 太小则磁带与磁头接触太松,声音小且会颤抖,如果 B 太大则磁带与磁头间的压力过大,不仅影响速度和音质,且会加速磁头磨损;第三个尺寸是磁头的高度 C,高度 C 太高太低都会影响效果,但如果实在买不到同高度的磁头时,可以采取如下措施加以补救:若 C 太高时,可将固定螺钉的支柱锉矮一些,若 C 太低时,可在支柱上垫一层适当厚度的垫片。

(4)更换磁头方法:焊下磁头信号线时,要记住信号线的颜色和所属声道,焊上新磁头之前用万用表测出每个声道的接线柱,因每个磁头接线柱的排列是不完全一样的,有的是横排,而有的是纵排,测试好后焊上相应的信号线,再按照前面所讲方法严格调整好磁头的方位角,如果有消磁器可对磁头作一次消磁。对于直流偏磁工作的录音机,更换磁头时还应注意磁头线圈的相位,如发现录放灵敏度低或失真严重时,可以对调磁头的两根信号连接线,效果会大不一样。

换下的磁头不要丢掉,还可以用来改作消磁器(内部未断线)或作电感滤波器用。

## 第十七章 晶体的测试和使用维修

石英晶体简称晶体，它是一种化学成份为二氧化硅构成的结晶体，其形状为两端是六角锥形的柱体。家电中所用的晶体是依照一定的切割方法，从石英体中切割出来的晶体片（石英片），并经过细心研磨而制成的。通常在一块研磨成的晶体片两面镀上一层很薄的金属，以便于引出电极。晶体的外形、内部结构和电路符号如图 17-1 所示。

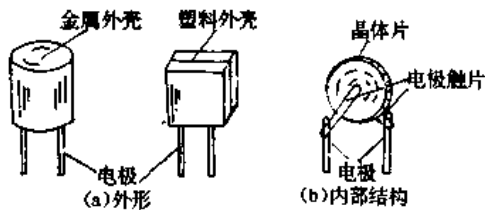


图 17-1 晶体的外形、内部结构和电路符号

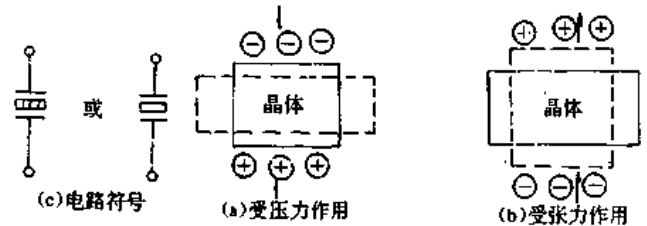


图 17-2 晶体压电效应示意图

晶体的工作原理：晶体有一个很可贵的特性是它具有压电效应。如图 17-2 所示，如果在晶体片上施加压力时，在晶体的某个方向的两面就会产生电荷：一个表面产生正电荷，而另一个表面产生负电荷；如果将压力改为张力（拉力）时，则产生电荷性质正好相反，我们把这种性质称为晶体的正压电效应。反之，如果在晶体两面加上电压时，它就会产生伸张或收缩的运动，这种性质称为晶体的反压电效应。

如图 17-3 所示为晶体的等效电路和实验电路。由于晶体具有反压电效应，在交流电压的作用下，晶体便会发生周期性的机械振动，又因为它具有压电效应，在作周期性的机械振动时，又将引起晶体两面电荷性质的周期性变化，所以，便在电路中形成一正弦交流电流  $i$ 。交流电流的大小是与机械振动的幅度成正比的，也即与外加交流电压的幅度成正比。

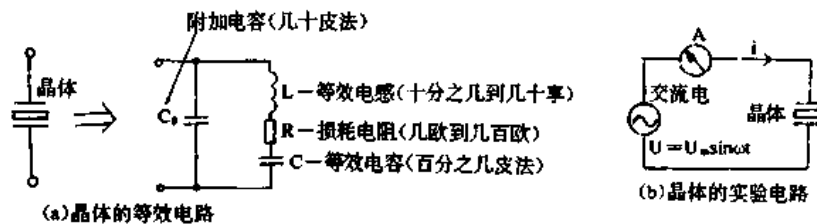


图 17-3 晶体的等效电路和实验电路

晶体机械振动的幅度及交流电流的大小是与外加交流电压的频率有关的，当外加交流电压的频率等于晶体的固有频率时，机械振动的振幅及交流电流都为最大，这种现象称为晶体的压电谐振，它相当于 LC 回路的串联谐振。因此，如图 17-3(a) 所示，可以把晶体等效为一个 LC 串联的谐振回路，又因在晶体片上镀有一层金属，这相当于在它的两端并联了一个附加电容  $C_0$ 。基于此，晶体的应用十分广泛，由等效电路可知，晶体的等效电感量很大，等效电容量很小，因此它是一种具有很高 Q 值的谐振元件。晶体常用在振荡器和滤波器电路中，它具有很高的频率稳定性和选频作用，工作非常稳定可靠。家电中彩色电视机（行振荡、遥控

器)、录像机和游戏机应用最多。

### 一、晶体的测试

晶体的测试很简单,正常情况下晶体两电极间的阻值应该为无穷大。测试方法是:将万用表拨在 $R \times 10k$ 档,两表笔分别与两电极相碰,观察表头指示,指针应在无穷大处不动;如果指针在无穷大处有轻微摆动,说明晶体片有漏电现象,或是电极触片与晶体片有接触不良现象,因接触不良就相当于电极触片在晶体片上划动,根据压电效应原理会产生电流,所以指针会产生轻微摆动;如果指针有偏转,说明晶体严重漏电;如果指针指到零位,说明晶体已被击穿损坏。测试时请注意:最好不进行在路测试,应取下或焊脱一只脚后测试,否则误差很大,不易判断。

### 二、晶体常见故障修复

#### 1. 晶体漏电

晶体的常见故障是漏电,表现为用万用表 $R \times 10k$ 档测量时,阻值在几至几百千欧不等。晶体漏电将会影响电路的工作状态和振荡频率,直接影响电器的正常工作,必须进行及时更换或修理。有些晶体损坏后市面上难以买到,对此应进行修理,变废为宝,修理方法如下:

(1)加热驱潮法:用电吹风或60W白炽灯泡对晶体进行烘烤,烤几分钟后再用万用表 $R \times 10k$ 档测试,如果阻值恢复到无穷大即可上机使用;如果阻值仍较小,还可继续烘烤,直到阻值变为无穷大为止;如果经过反复烘烤仍然无效时,可用刀片沿晶体外壳粘接缝口撬开,取出晶体片再用电吹风或灯泡直接烘烤,待几分钟测试阻值正常后,装回晶体片,用502胶水将外壳缝隙口粘牢即可使用。烘烤时请注意:一是不要烤坏塑料外壳;二是取晶体片时要特别小心,因晶体质地较脆,容易损坏。

(2)清洗法:照上述方法小心撬开晶体外壳,取下晶体片,一是将电极触片轻轻刮净,二是用纯酒精清洗晶体片表面,待其干燥后测试阻值,若为无穷大即可使用;若仍有阻值,可将其浸泡在纯酒精中几分钟,然后取出烘烤,直到阻值无穷大为止。

(3)变换方位法:有的晶体使用时间长或外加电压高而漏电时,细心观察晶体片与电极触片的接触处如有击穿的小孔,对此只要将晶体片变换(旋转)一下位置,让漏电小孔离开电极触片,再测量两电极阻值为无穷大即可。

(4)隔离法:若经过上述处理后,晶体阻值已恢复正常,或测阻值时指针在无穷大处有极细微的摆动,可以在晶体的任一电极上串联一只大电容,起到隔离的作用。实验证明,只要串一只大于3300pF以上的电容即可,因晶体的固有电容量很小,这样既不影响晶体频率又可避免晶体漏电。

#### 2. 晶体内部开路

晶体内部开路的故障现象是:晶体上机使用不起作用,而取下用万用表测试阻值却是正常(无穷大)的,此故障率虽然不高,但最容易造成错误判断。引起晶体内部开路的主要原因:一是电极触片弹力不够,由于震动而变形;二是电极触片受潮氧化而与晶体片开路;三是晶体片由于震动而碎裂造成。晶体内部开路后,用万用表无法判断,对此可采用代换法进行检查,如果手头没有现成晶体代换时,可将晶体外壳撬开检查,如果发现是电极触片变形,则将其整形使之与晶体片接触良好即可,如果发现晶体片已破碎则只有代换,而不能择其大者使

用,因晶体破碎后其固有频率发生了很大变化(即出现很大的频偏),装上也不能正常工作。

### 三、晶体使用注意事项

#### 1. 晶体的使用

晶体质脆易碎,比较娇气,要轻拿轻放,不要掉在地上;焊接晶体时温度不要太高,用25W左右电烙铁为宜,焊接时间要短;工作电压不能超过晶体额定值。

#### 2. 晶体的代换

晶体损坏而无法修复时,必须进行代换,代换方法有:一是购买同型号(同频率)晶体代换;二是用频率比较接近的晶体代换,比如用4.43MHz晶体代换4MHz晶体,这样可以拓宽代换的范围,因市面上难以买到同型号晶体,并且有的电器(如快乐牌HC2061型彩电)内有两个或两个以上晶体时,就可以“拆东墙补西墙”解决,但以“拆次补要”为原则;三是用频率接近的陶瓷滤波器(也具有压电效应)代换,比如彩电遥控盒中晶体(480kHz)损坏时,就可用中波收音机内的中频(465kHz)陶瓷滤波器代换,效果不错,只是要多准备几只陶瓷滤波器,因有部分陶瓷滤波器的Q值较低,要么不易起振、要么因外界因素(如电压下降)变化而容易停振,代换后以按键时指示灯亮并能控制彩电功能为准;四是用分立元件电感、电容器代换,我们知道,一块晶体可等效为一只大电感与一只小电容的串联电路,如图17-4所示,若是彩电遥控器晶体(480kHz)损坏后,就可用收音机中的中周电感L和电容器C串联(465kHz)代换之,如果嫌频率偏差太大或是遥控距离较短时,还可方便地通过调整电感磁芯或改变电容容量来满足。

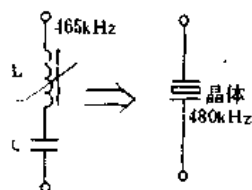


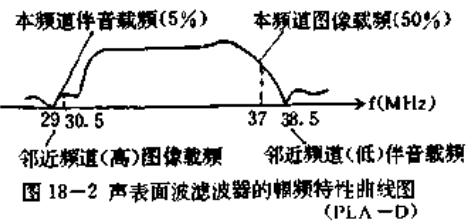
图 17-4 用电感、电容串联代替晶体

# 第十八章 声表面波滤波器的测量与检修

## 一、声表面波滤波器简述

声表面波滤波器简称 SAWF(SAW)或称“声表面”，广泛用于集成电路黑白、彩色电视机中，置于高频调谐器与中放电路之间，起中频选频滤波作用。它与 LC 分立元件中频选频电路比较有着突出的优点：元件少成本低，不需调整而稳定可靠，能很好地满足电视机对中频选频特性曲线的特殊要求，应用范围广，不仅可用在较低频率的家用电视机中，还可用在较高频率的卫星电视、雷达等领域中。

声表面波滤波器是在压电晶体基片上经蒸发形成两对金属叉指形电极(换能器)构成的，如图 18-1 所示。基本工作原理是：当在输入端(①、②脚)加上交流电信号时，在交流电场的作用下，经过压电效应，使晶体基片表面发生周期性的弹性形变，并沿着晶体基片表面向两个方向传播，便产生了声表面波。其中一个方向上的声表面波被吸声材料所吸收，另一个方向上的声表面波沿晶体基片表面传送到输出端(③、④脚)叉指电极上，再经过压电效应，又将周期性的弹性形变产生的声波转变为电信号，然后输出加至外接的负载上，这样便完成了电—声—电的转换过程，也即完成了选频滤波作用。当外加电视信号的频率等于声表面波滤波器的固有设计频率时，产生的声波最强，传输的效率也最高。



声表面波滤波器的幅频特性曲线如图 18-2 所示。

由于声表面的损耗较大(约 20dB)，因此在使用中一般在其前面加一级中放(称预中放)

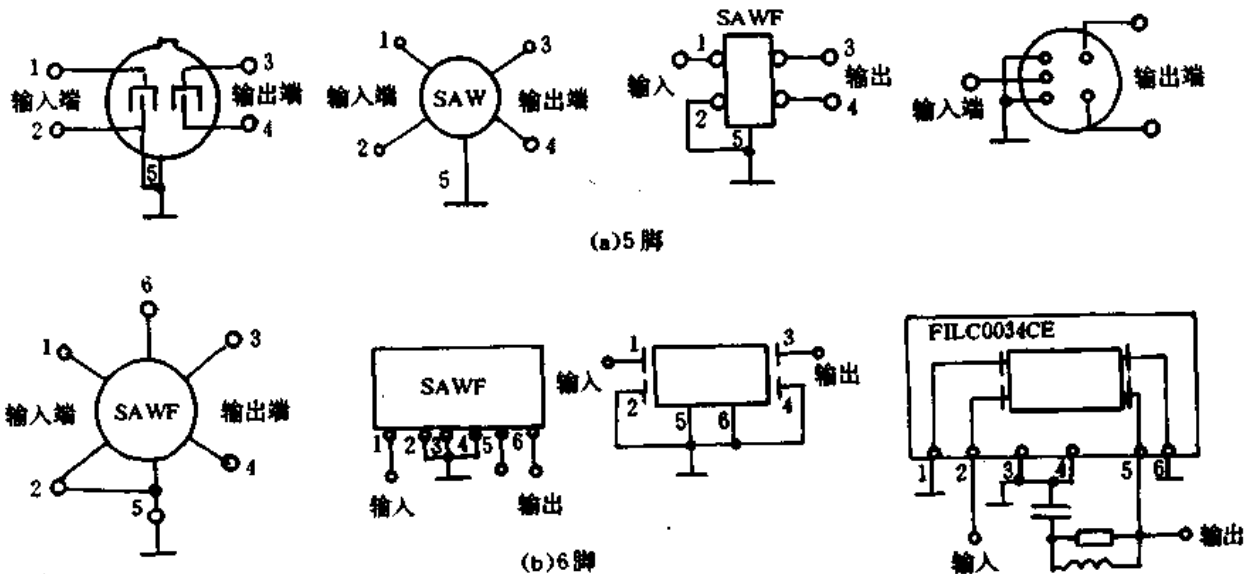


图 18-3 声表面波滤波器的常见电路符号和接法



给以补偿。

声表面波滤波器的常见电路符号和接法如图 18-3 所示。

## 二、声表面波滤波器的测量

如图 18-1 所示,无论哪种声表面波滤波器,其输入电极的叉指对(①、②脚)、输出电极的叉指对(③、④脚)以及输入、输出叉指对之间都是绝缘的,即是说它们之间的电阻值应是 $\infty$ 的,并且每一个电极与屏蔽接地脚间的电阻值也应是无穷大的。根据这一特点,我们便可用万用表对其进行性能测量。如图 18-4 所示,将万用表置  $R \times 1k$  (或  $\times 10k$ ) 档,分别测量输入脚①、②脚、输出脚③、④脚之间和输入、输出脚对屏蔽脚⑤之间的电阻值,如果表针在最大处不动,表明这只声表面滤波器是好的,可以使用;如果表针有摆动,指示在数十千欧或数百千欧,则表明声表面滤波器有漏电现象,一般不能使用;如果表针指示很小或为零,则表明声表面滤波器已击穿短路,不能使用。

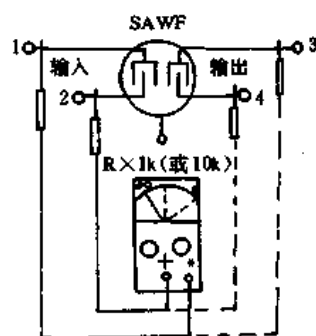


图 18-4 测量声表面波滤波器

## 三、声表面波滤波器的检修

由于声表面波滤波器的叉指电极之间距离很小,在使用中会被击穿而造成短路,再就是声表面滤波器内部压电材料上的金属膜部分容易漏电或短路,所以声表面滤波器最常见的故障就是漏电或击穿短路,只有极少数为内部接触不良或开路。出现故障时会使图像雪花点多、图像淡,彩色时有时无、噪声大、图像不稳定,严重时出现无图无声,甚至使光栅变得很暗等。检修方法如下:

### (一)不在路检修法

#### 1. 电击修复法

(1)中压电击法:从电路上先焊下已损坏的声表面滤波器,用一根导线将声表面的接地脚与电视机机芯“地”连接在一起,然后开机。对于黑白电视机,可从显像管加速极上取 100V 左右的中压,分别去碰触声表面的输入和输出叉指电极,碰触几次后再用万用表( $R \times 1k$  或  $\times 10k$ )测量,如果指针还有摆动,表明仍有漏电,需继续碰触电击,直至各电极间的阻值无穷大为止;对于彩色电视机,可从视放集电极上取 190V 左右的中压,经适当降压后再分别去碰触各叉指电极。电击时应注意,一是动作要迅速,以免烧坏声表面滤波器,二是要注意安全,尤其对彩电要小心。

(2)电容器电击法:可取一只 8200pF 的行逆程电容,在行管集电极处充电,然后将电容器两脚跨接在已焊下的声表面短路电极上,让电容器对其进行瞬间放电,然后再用万用表高阻档测量,如仍有指示,可再对电容器充电后进行电击,直到短路电极间电阻无穷大为止。电容器电击法较中压电击法安全,在检修中应根据具体情况选择。

#### 2. 高温烘烤法

(1)电吹风烘烤法:将普通家用电吹风置于热风档位,对着声表面滤波器烘烤 8 分钟左右后,再用万用表测量,如方便的话,也可边烘烤边测量,直至阻值正常为止。注意,此方法也可不焊下声表面进行,只是电视机不能加电开机。

(2)电烙铁烘烤:如果身边无电吹风,也可用电烙铁加热烘烤。应用此法应注意,因电烙铁的温度不便掌握,为防止烫坏声表面,应该边烘烤边测量,最好用电烙铁的烙铁套部分加温。

## (二)在路应急修理法

### 1. 隔直电容法

如图 18-5 所示,当判断声表面的输出电极④脚对地有漏电时,将使 TA7611AP 的①脚电压(正常为 5V)下降,造成无图无声故障,对此可将 b、c 间的铜箔割开,在 a、c 间接一只 1000pF 左右的隔直耦合电容器,这样既不需更换声表面,也不需检修声表面,而又能使电视机恢复正常工作。请注意,在遇有其它类似这种电路形式时,可采用此法应急修理;在代换声表面波滤波器时,为防止其漏电,也可预先在 a、c 间接上一只 1000pF 的电容器;隔直电容器容量不能太小,否则对中频电视信号有降压损耗。

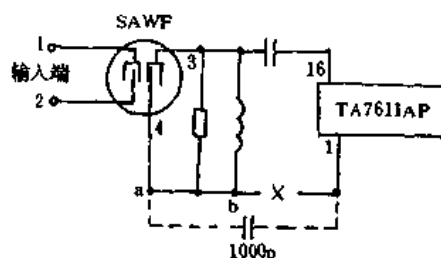


图 18-5 隔直电容法

在代换声表面波滤波器时,为防止其漏电,也可预先在 a、c 间接上一只 1000pF 的电容器;隔直电容器容量不能太小,否则对中频电视信号有降压损耗。

### 2. 电容代换法

如图 18-6 所示,当声表面漏电严重时,也可用电容器代换之,即省掉声表面滤波器不用。将①、③脚处的铜箔割开,然后把一只 1500pF 的瓷片电容器焊在 a、b 之间,电视机即可正常使用。因为我国的电视频道是国家统一划分的,分配给各地区的频道比较合理,加之电视台频道数又少,所以基本上不存在邻近频道干扰的问题,作为应急修理,一般能满足收看效果的要求。但当购到同型号的声表面滤波器还是及时更换为好。

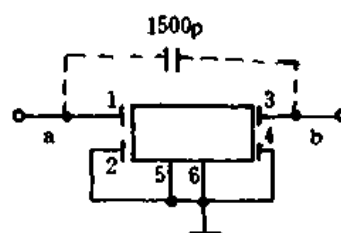


图 18-6 电容代换法

如图 18-7 所示,如果声表面的输出端两个电极是接图像中放集成电路,则应把声表面从电路上拆下,然后接上两只 1500pF 的瓷片电容器,以使电视机中频信号顺利传输。

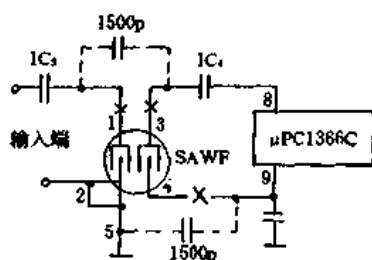


图 18-7 电容代换法

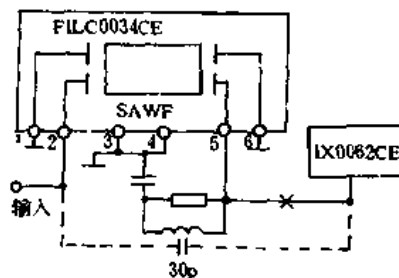


图 18-8 电容代换法

如图 18-8 所示为夏普彩电声表面滤波器故障的应急修理方法。

## (三)代换法

### 1. 直接代换法

代换声表面滤波器时应尽量选用同型号、同脚数的,并且引出脚的顺序和外形尺寸也应一致,以免在代换时引起其它故障,造成损失。一般进口电视机的声表面损坏后,也可用国产的直接代换。为供代换时作参考,现将部分国内和国外声表面滤波器的性能参数列于表 18-1 和表 18-2。

表 18-1 部分国产声表面波滤波器的性能参数

型号 项目	LNM 3720	LNM 3706	LNM 3708	LN37 MC	726D4	726D5	726F2	726F4	LBW2- 37M4	LBW2- 37M5	LM37B
图像载频 37MHz (dB)	-4±1	-3±2	-3±1.5	-4.5±2	-4±1	-3±1.5	-5±1	-5±1	≤-4.5	-4~-5	-6±1.6
色副载频 32.57MHz (dB)	-3±1.5	-1±1.5	-2±1.5	-2±1.5	-3±1	0~-3	0~-3	0~-3			-5±2
伴音载频 30.5MHz (dB)	-20±2	-8±3	-16±2	-18±2	-17±1	-8.5±3	-22±2	-26±2	-20±3	-25±3	-20±3
邻频道伴音抑制 38.5MHz (dB)	≤-35	≤-35	≤-35	≤-35	≤-35	≤-25	≤-32	≤-32	≤-40	≤-40	≤-40
邻频道图像抑制 29MHz (dB)	≤-35	≤-20		≤-30	≤-35	-20 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	≤-29	≤-30	≤-40	≤-40	≤-40
高端带外抑制 38.5~40MHz (dB)	≤-30	≤-25	≤-30	≤-30	≤-30	≤-30	≤-30	≤-30	≤-30	≤-30	
低端带外抑制 25~29MHz (dB)	≤-30	≤-25	-25~ -31	≤-30	<-30	<-30	-28~ -35	-29~ -35	≤-30	≤-30	
通带波动 (dB)	<0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	≤0.5	≤0.5	≤±0.5
通带群延时波动 (ns)	-50~ 50	-50~ 50	-50~ 50	≤100	-50~ 50	-50~ 50	-50~ 50	-50~ 50			
插入损耗 (dB)	≤26	≤26		18±2	26±2	28±2	28±2	28±2	≤20	≤20	
输入阻抗 (kΩ)					1.44	1.45	2.8	3.34			
输出阻抗 (kΩ)					0.55	1.50	0.9	1.32			
温度系数 (ppm/°C)	-95	-95	-95	-75	<-75	<-75	<-75	<-75			

续表

型号 项目	LNM 3720	LNM 3706	LNM 3708	LN37 MC	726D4	726D5	726F2	726F4	LBW2- 37M4	LBW2- 37M5	LM37B
适用电路	分立机 μPC 1366C	μPC 1366C	TA7611 AD		μPC 1366C	μPC 1366C	联合设计	联合设计			
生产厂家	江西 999 厂		北京元件 六厂	航天部二院				无锡元件二厂	上海新江 无线电厂		

表 18-2 部分国外声表面波滤波器的性能参数

型 号	特 征	插损		邻频道 伴音抑制		图像载频		色度副载频		伴音载频		邻频道 图像抑制	
		频率	衰减值	频率	衰减值	频率	衰减值	频率	衰减值	频率	衰减值	频率	衰减值
		MHz	dB	MHz	dB	MHz	dB	MHz	dB	MHz	dB	MHz	dB
HW2042 (日立)	单晶	34.8	26±1	38.5	≤-35	37	-3.8 ±0.5	32.57	-6±1	30.5	-16±2	29	≤-40
HW2043 (日立)	单晶	34	28±1	38.5	≤-40	34/37	-3.7 ±1	34/ 32.57	-3±1	34/ 30.5	-14±2	34/29	≤-40
F1029Y (东芝)	单晶	35	21(V)	38.5	≤-38	37	-4.6 ±1.6	32.57	-6.5 ±2.4	30.5	-15 ±3.2	29	≤-34
F1026V (东芝)	单晶	36	20(V)	39.5/38	≤-38	38	-5 ±1.5	33.57	-7 ±2.4	31.5	-17.4 ±3.2	30	≤-34
KAF- 370MR (三洋)	带延时		33±2	38.5	≤-40	37	-5 ±1.5	32.57	-3.8	30.5	-10.5 ±3	29	≤-40
KA- 370MF (三洋)	不带 延时		27±1	38.5	≤-40	37	-5 ±1.5	32.57	-4	30.5	-10 ±3	29	≤-40
SAF (村田)			≤20	38.5	≤-40	37	-4.5 ±1.2	32.57	-4.5 ±1.5	30.5	-20 ±3	29	≤-40
RW400 (飞利浦)				38.5	≤-40	37	-6	32.57	-6	30.5	-21	29	-44

## 2. LC 代换法

如图 18-9 所示,如果声表面滤波器损坏后,买不到相同型号的代换时,可参照分立元件电视的中频输入回路形式,用 LC 选频滤波网络代换之。

图中电感线圈可用电视机的中周改制,也可用  $\leq \Phi 0.1\text{mm}$  的漆包线绕制。代换时先拆

下声表面,按图 18-9(b)所示将代换组件焊在电路上即可。

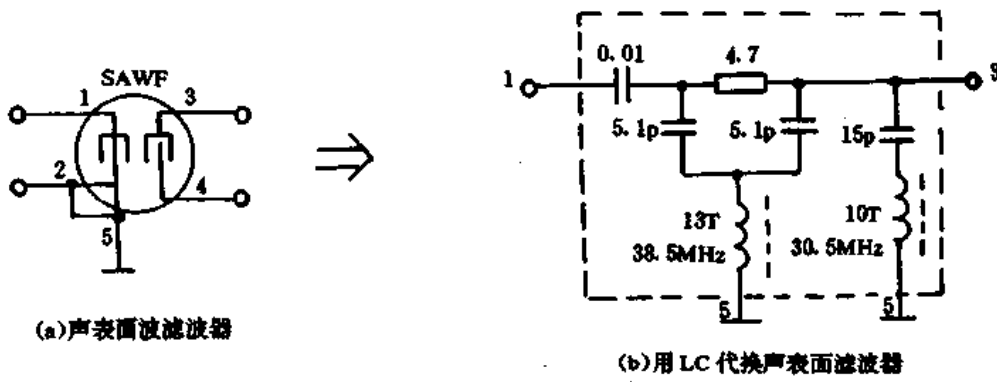


图 18-9 LC 代换法

# 第十九章 压电陶瓷片、压电陶瓷滤波器、压电陶瓷陷波器的测试与使用

## 一、压电陶瓷片的测试与应用

压电陶瓷片,是一种新型的电子元件,其用途十分广泛。

压电陶瓷片,系以锆钛酸铅压电陶瓷材料制成。主要用于压电扬声器、传声器、超声延迟线、测量振动和测量压力的传感器、电话中的送受话器等方面作机械能(声能)转换成电能,或在低功率下由电能转换成机械能的换能元件;也可应用于超声波清洗焊接、探伤、超声诊断、超声医疗、水声发射、引燃、引爆等作高压强功率时将电能转换成机械能的换能元件。

### (一)压电陶瓷片的原理与特性

压电效应具有可逆性,若在压电陶瓷片上施以音频电压,就能产生机械振动,发出声响;反之,压电陶瓷片受到机械振动(或压力)时,片上就产生一定数量的电荷 $Q$ ,从电极上可输出电压信号。

目前比较常见的锆钛酸铅压电陶瓷片(PZT),是用锆、钛、铅的氧化物配制后烧结而成的。鉴于人耳对频率约为 $3\text{kHz}$ 的音响最敏感,所以通常将压电陶瓷片的谐振频率 $f_0$ 设计在 $3\text{kHz}$ 左右。考虑到在低频下工作,仅用一片压电陶瓷片难以满足频率要求,一般采用双膜片结构,其外形与符号如图19-1所示。它是把直径为 $d$ 的压电陶瓷片与直径为 $D$ 的金属振动片复合而成的。 $D$ 一般为 $15\sim 40\text{mm}$ ,复合振动片的总厚度为 $h$ 。

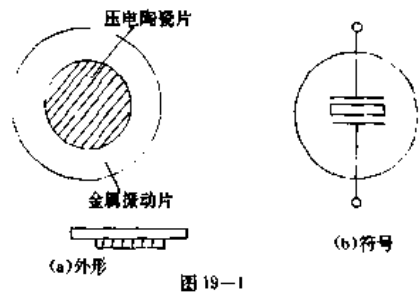


图 19-1

当压电材料一定时,谐振频率与 $h$ 成正比,与 $(D/2)^2$ 成反比。谐振频率 $f_0$ 与复合振动片的直径 $D$ 呈指数关系,如图19-2(a)所示。显然 $D$ 愈大,低频特性愈好。压电陶瓷片作传声器使用时,工作频率约为 $300\text{Hz}\sim 5\text{kHz}$ 。压电陶瓷片的阻抗 $Z$ 取决于 $d/D$ 之比,由图19-2(b)可见,阻抗随 $d/D$ 比值的增大而降低。

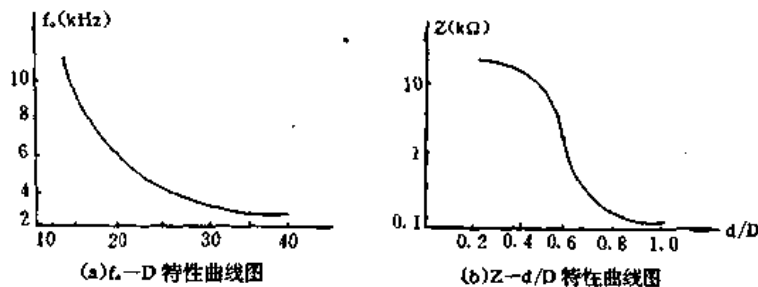


图 19-2

压电陶瓷片有两种驱动方式。第一种是自激振荡式驱动。其电路原理是通过晶体管放

大器提供正反馈,构成压电晶体振荡器,使压电陶瓷片工作在谐振频率 $f_0$ 上而发声。此时压电陶瓷片呈低阻抗,输出音量受输入电流控制,因此亦称为电流驱动型。

第二种为他激振荡式驱动,利用方波(或矩形波)振荡器来激励发声。这时压电陶瓷片一般工作于 $f_0$ 之外的频率上,因此阻抗较高,输入电流较小,它属于电压驱动式。其优点是音域较宽。音色较好。

常用压电陶瓷元件的性能参数,分别如表 19-1 和表 19-2 所示:

表 19-1 GS 型压电陶瓷元件技术性能表

指标类别	径向耦合系数 (%)	纵向耦合系数 (%)	介电常数 ( $\epsilon$ )	介质损耗 ( $\text{tg}\delta$ )	频率常数	用途
GS <sub>1</sub> 型	$\geq 55$		1900 $\pm$ 100	$\leq 0.02$	2100 $\pm$ 100	GS 型压电陶瓷元件系采用锆钛酸铅压电陶瓷材料制成。主要用于压电扬声器、话筒、继电器、超声延迟线、测量等方面。它具有较高的机电耦合系数和压电灵敏度。GS <sub>1</sub> 型为圆片型、圆柱型。GS <sub>2</sub> 型为长方形、正方形。GS <sub>3</sub> 型为环型、圆管型。
GS <sub>2</sub> 型	$\geq 55$	$\geq 25$	1900 $\pm$ 100	$\leq 0.02$	2100 $\pm$ 100	
GS <sub>3</sub> 型	$\geq 55$		1900 $\pm$ 100	$\leq 0.02$	2100 $\pm$ 100	

表 19-2 GF 型压电陶瓷元件技术性能参数

指标类别	径向耦合系数 (%)	纵向耦合系数 (%)	介电常数 ( $\epsilon$ )	介质损耗 ( $\text{tg}\delta$ )	机械品质因数 ( $Q_m$ )	原向耦合系数 (%)	频率常数	用途
GF <sub>1</sub> 型	$\geq 50$		1000 $\pm$ 20	$\leq 0.005$	500 $\pm$ 50	$\geq 50$	2100 $\pm$ 100	GF 型压电陶瓷元件系采用锆钛酸铅材料制成。主要应用于超声波清洗焊接、探伤、超声诊断、超声医疗、水声发射、引燃、引爆等方面。它具有较高的机电耦合系数及较低介质损耗。GF <sub>1</sub> 为圆片型、圆柱型。GF <sub>2</sub> 为长方形、正方形。
GF <sub>2</sub> 型		$\geq 25$	1000 $\pm$ 20	$\leq 0.005$	500 $\pm$ 50	$\geq 50$	2100 $\pm$ 100	

## (二) 压电陶瓷片的测试方法

### 1. 电压测试法

在业余条件下,可以用万用表的电压档来检查压电陶瓷片的质量好坏。具体方法是:将万用表拨至 2.5V 直流电压档,左手拇指与食指轻轻握住压电陶瓷片的两面,右手持两支表笔,红表笔接金属片,黑表笔横放在陶瓷表面上,如图 19-3 所示。然后左手拇指与食指稍用力压紧一下,随即放松,压电陶瓷片上就先后产生两个极性相反

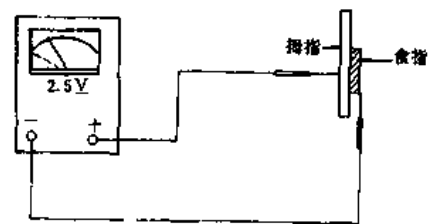


图 19-3

电压信号,使指针先是向右摆一下,接着返回零位,又向左摆一下。摆动幅度约为 0.1~0.15V。在压力相同的情况下,摆幅愈大,压电陶瓷片的灵敏度愈高。若表针不动,说明压电陶瓷片内部漏电或者破损。

交换两支表笔位置后重新试验,指针摆动顺序应为:向左摆→回零→向右摆→回零。

注意事项:

①如果用交流电压档,就观察不到指针摆动情况,这是由于所产生的电压信号变化较缓

慢的缘故。

②检查之前,首先用  $R \times 1k$  或  $R \times 10k$  档测量绝缘电阻,应为无穷大,否则证明漏电。压电陶瓷片受强烈震动而出现裂纹后,可用电烙铁在裂纹处薄薄地涂上一层焊锡,一般能继续使用。

③检查时用力不宜过大、过猛,更不得弯折压电陶瓷片;勿使表笔头划伤陶瓷片,以免损坏片子。

④若在压电陶片上一加恒定的压力,由于电荷不断泄漏,指针摆动一下就会慢慢地回零。

## 2. 电流测试法

利用万用表  $50\mu A$  档,也可以检查压电陶瓷片的好坏。电路如图 19-4 所示。将红表笔接金属片,黑表笔接压电陶瓷表面。两手沿轴向施以作用力  $+F$ 、 $-F$  时,表针应向右摆几个微安;再松开手时,表针又向左摆几个微安。设施力与松力时间均为  $\Delta t$ ,则通过微安表的电流平均值分别为:  $I_1 = +Q/\Delta t$ ,  $I_2 = -Q/\Delta t$ 。

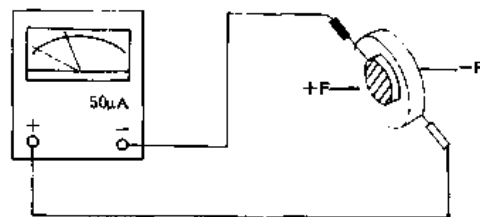


图 19-4

例如,将 MF64 型万用表拨至“+DC” $50\mu A$  档,测量一片  $\Phi 20$  的压电陶瓷片,表针摆动幅度为  $+3 \sim -3\mu A$ 。证明质量良好。

## 3. 借助反相器测试法

前面介绍过压电陶瓷片有自激振荡式驱动和他激振荡式驱动两种方式,下面是根据第二种方式而设计的检查压电陶瓷片的电路图见图 19-5。现采用一片 CC4069 六反相器,由反相器  $F_1$  和  $F_2$  构成两级反相式阻容振荡器, $F_3$  起隔离作用。接上压电陶瓷片后,即组成完整的蜂鸣器(BZ)电路。图中的数字表示 CC4069 的管脚号。实选  $R_1$  为

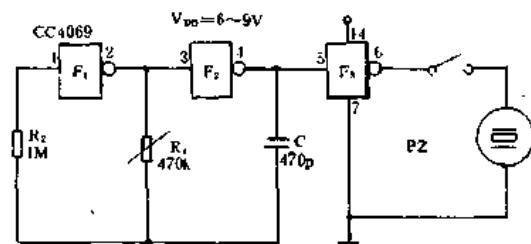


图 19-5

$470k\Omega$  可调电阻,  $C = 470pF$ ,  $FR_2 = 1M\Omega$ 。代入式  $(f_0 \approx \frac{0.455}{R_1 C_1})$  中求出输出方波频率  $f_0$  约为  $2kHz$ 。电源电压  $V_{DD}$  选  $6 \sim 9V$ 。

闭合开关 S 时,被测压电陶瓷片应能发声。然后逐渐调整  $R_1$ , 当  $R_1 \uparrow$  时,  $f_0 \uparrow$ , 音调升高; 当  $R_1 \downarrow$  时,  $f_0 \downarrow$ , 音调降低。

用这种方法还可测量压电陶瓷片的频率特性。

## 二、压电陶瓷滤波器的测试与使用维修

压电陶瓷滤波器是近年来发展较快的一种新型电子器件,它广泛应用于电视、音响、通讯等设备中。

压电陶瓷滤波器一般以锆钛酸铅压电陶瓷材料制成。它具有体积小、重量轻等特点。与 LC 滤波器相比,它有优良的温度、时间稳定性,并有高的 Q 值以及良好的矩形系数和选择性。一切用 LC 滤波器的地方,均可用压电陶瓷滤波器替代。

压电陶瓷滤波器种类规格众多,其中常用者的性能参数分别如表 19-3~表 19-7 所示。



表 19-3 465~30000kHz 压电陶瓷带通滤波器性能参数表

型号	规格	中心频率 $f_0$ (kHz)	带宽 $\Delta f$ (kHz)	通带波动 (dB)	插入损耗 (dB)	阻带衰减 (dB)	输入输出 阻抗( $\Omega$ )	用途
LT <sub>1</sub>	465-7	465±1	6~8	≤1.5	≤6	≥50	1000	LT 型陶瓷滤波器适用于电子设备中频滤波器及选频使用。表中所列型号适应的频率比较高,都在 465kHz 以上。
LT <sub>1</sub>	3000-275	4000±10	250~300	≤3	≤10	≥40	1000	
LT <sub>2</sub>	900-9	900±1.5	8~10	≤1	≤12	≥50	1000	
LT <sub>2</sub>	1000-30	1000±1.5	18~23	≤1	≤14	≥40	1000	
LT <sub>3</sub>	2000-25	2200±2	20~30	≤3	≤8	≥50	1000	
LT <sub>3</sub>	3500-20	3500±3	15~25	≤3	≤10	≥45	1000	
LT <sub>4</sub>	1500-25	1500±2.5	20~30	≤2	≤10	≥50	1000	
LT <sub>4</sub>	1650-40	1650±2	38~42	≤2	≤8	≥50	1000	
LT <sub>6</sub>	4312.5-50	4312.5±5	40~60	≤3	≤12	≥40	1000	
LT <sub>6</sub>	4500-25	4500±5	20~30	≤3	≤12	≥40	1000	
LT <sub>6</sub>	4700-90	4700±5	80~100	≤3	≤6	≥40	1000	
LT <sub>11</sub>	10000-850	10000±50	700~1000	≤5	≤10	≥40	500	
LT <sub>11</sub>	30000-150	30000±15	100~200	≤3	≤18	≥30	300	

表 19-4 LBD 型低频陶瓷带通滤波器性能参数表

外形尺寸	中心频率 $f_0$ (Hz)	通带宽度 $\Delta f$ (Hz)	插入损耗 (dB)	通带波动 (dB)	阻带衰减 (dB)	用途
62×32×15	700	≥±4	≤6	≤3	(0~ $f_0$ -200Hz)≥30	LBD-700~2500 型低频陶瓷滤波器用于音频范围。
53×32×15	900	≥±5	≤6	≤3	( $f_0$ +200Hz~4kHz)≥25	
53×32×15	1100	≥±5	≤6	≤3	( $f_0$ +200Hz~4kHz)≥25	
53×32×15	1300	≥±5	≤6	≤3	( $f_0$ +200Hz~4kHz)≥25	
53×32×15	1500	≥±5	≤6	≤3	( $f_0$ +200Hz~4kHz)≥25	
53×32×15	1700	≥±5	≤6	≤3	( $f_0$ +200Hz~4kHz)≥25	
53×32×15	1900	≥±5	≤6	≤3	( $f_0$ +200Hz~4kHz)≥25	
53×32×15	2100	≥±5	≤6	≤3	( $f_0$ +200Hz~4kHz)≥25	
53×32×15	2500	≥±5	≤6	≤3	( $f_0$ +200Hz~4kHz)≥25	



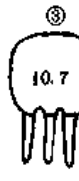

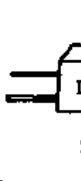


表 19-5 二端陶瓷滤波器性能参数表

型号	中心频率 $f_0$ (kHz)	电容量 (pF)	谐振阻抗 ( $\Omega$ )	3dB 带宽 $\Delta f$ (kHz)	用途
ZL-465A	465±2	≥500	≤60	4±2	二端陶瓷滤波器用于半导体收音机中放级发射极旁路电容,从而提高收音机选择性和减少收音机噪音。
LTX-465-2	465±2	500±100	≤30	5	
LBC-1-A	465±2	400±150	≤30	15±3	
LBC-1-B	465±2	400±150	≤50	4.5±2.5	

表 19-6 中频陶瓷滤波器性能参数表

型号	中心频率 $f_0$ (kHz)	dB 带宽 $\Delta f$ (kHz)	通带波动 (dB)	插入损耗 (dB)	阻带衰减 (dB)	50dB 处矩形系数 $\frac{\Delta f_{50dB}}{\Delta f_{6dB}}$	频率温度系数	用途
DL465~1,3	465±0.5	1.3~2	≤3	≤15	≥40	≤3	≤5×10 <sup>-5</sup>	用于接收机代替中频 LC 集中选择滤波器
DL465-10	465±1.0	10~12	≤3	8	≥50	2.2	≤5×10 <sup>-5</sup>	
LBC-2-A		≥1.5		≤10				
LBC-2-B	465±1	≥3						
LBC-2-C		≥5			≥50	≤2		
LBC-2-D		≥7						
LBC-2-E				≤6				
LBC-2-F	465±2							
LBC-2-6	465±1	2.2~4.4		≤9	≥60			
LTX-465	465±1	≥8(-3dB)		≤3	≥10		≤20×10 <sup>-6</sup>	
LTX-3								
LBC-1000	30~35			≤14		2		

表 19-7 电视、音响常用陶瓷滤波器性能参数表

型号规格		音响用					电视机用	
		LTX1A	LTX1B	3L465	LT465M	LTB10.7	LT6.5	LT6.5B
性能参数								
最大输出频率 $f_m$ (kHz)		465±1	465±2	465±1.5				
中心频率 $f_0$ (kHz)					465±1	10.7±0.1	6.49MHz±40	6.42MHz±30
通带宽度	$\Delta f-3dB$ (kHz)	≥7	≥6	≥4		≥240		
	$\Delta f-6dB$ (kHz)				≥10			
$f_m$ 时的等效电阻 $r_0$ (Ω)		≤20	≤20					
通带插入损耗 B (dB)				≤6	≤6	≤8	≤8	≤8
通带波动 $\Delta B$ (dB)						≤1	≤2	≤2
选择性	$f_0 \pm 10kHz$ 时 (dB)	≥6	≥6	≥10				
	$f_0 \pm 40kHz$ 时 (dB)					≥30		
	$f_0 \pm 1MHz$ 时 (dB)						≥25	≥25
阻带宽度	$\Delta f-20dB$ (kHz)					≤650	≤1000	≤1000
	$\Delta f-40dB$ (kHz)							
输入/出阻抗 Z (Ω)				2000/1000	1000	300	500	510
外形图		①	①	②	⑤	③	④	④
								
		10×7.8×4.5	10×7.8×4.5	10×8×2.5	11×8×2.5	23×11×9		

(一) 电视机用压电陶瓷滤波器

应用于电视伴音中频滤波的压电陶瓷滤波器又称为能陷多重模式陶瓷滤波器,近年来生产的电视机,几乎都由它成功的替代了传统的 LC 网络滤波器。

压电陶瓷滤波器在电视机中的作用是:利用图像中频(38MHz)与伴音第一中频(31.5MHz)之差来获得 6.5MHz 伴音第二中频。为了选出这一携带伴音信息的调频波,伴音中放电路必须具有如图 19-6 所示的选频特性。6.5MHz 压电陶瓷滤波器主要用于彩电伴音电路中作 6.5MHz 滤波。它将视频信号衰减而取出 6.5MHz 伴音中频信号送至伴音中频限幅放大器加以放大。由于该器件无需调整,可靠性高,不受外部磁场干扰,易于实现整机集成化、无调整化,加之其体积小、重量轻,因此广泛用于彩色电视机中。

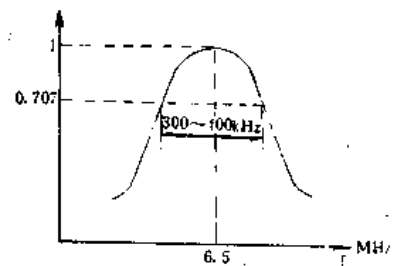


图 19-6

### 1. 电视陶瓷滤波器的工作原理及主要性能

6.5MHz 压电陶瓷滤波器的电路符号及其简化等效电路如图 19-7 所示。

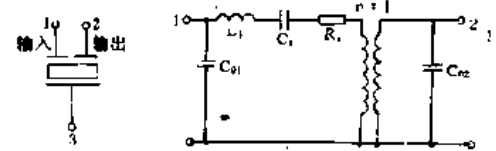


图 19-7

工作原理:当输入端电极上加上电信号时,由于压电效应使陶瓷体产生超声振动。这种机械振动使输出端电极间产生压电电流。此电流通过外接负载重新得到电信号。从等效电路来看,三端陶瓷滤波器相当于以两端滤波器等效电路中的电感为初级,加上次级电路形成的变压器耦合电路。变压器初级对 6.5MHz 频率串联谐振,起选频作用。

应用于电视伴音频率下的陶瓷滤波器,取沿振子厚度方向的振动形式。振子形状为圆形薄片和方形薄片,其厚度由器件的工作频率和所选用材料的频率常数决定,电极形式为点电极。

陶瓷滤波器的频率特性如图 19-8 所示,其中心频率  $f_0 = 6.5$  MHz,在 3dB 处的带宽为 310kHz,20dB 处的带宽为 580kHz,基本上满足了中放特性的要求。陶瓷滤波器与常规的 LC 滤波器比较,陶瓷滤波器插入损耗比较大,然而随着插入损耗的增大,其噪声电平也相应地下降了。所以最终还是可以得到和 LC 滤波器相同的信噪比。

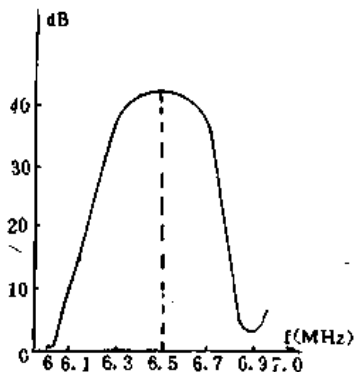


图 19-8

国产供伴音电路作中频滤波用的 LT-615 型系列陶瓷滤波器的主要技术参数如下。标称频率:6500kHz;带宽  $\Delta f(-3\text{dB})$ :  $\geq \pm 80\text{kHz}$ ;带宽  $\Delta f(-20\text{dB})$ :  $\leq 630\text{kHz}$ ;插入衰耗:  $\leq 6\text{dB}$ ;阻带衰耗:  $\leq 25\text{dB}$ ;阻带防卫度:  $\geq 25\text{dB}$  (6.5 + 1MHz),  $\geq 30\text{dB}$  (6.5 - 1MHz);输入出阻抗: 470 $\Omega$ ;频率温度系数:  $\leq \pm 50\text{ppM}/^\circ\text{C}$ ;通带波动  $\Delta b$ :  $\leq 2\text{dB}$ ;耐压: 50DC。

另外说明一下,3dB 宽带和阻带防卫度的指标及 3dB 带宽将直接影响滤波效果。带宽太窄,伴音音质差,受环境温度变化的影响大。带宽太宽,滤波效果差,选择灵敏度下降。3dB 带宽应选择能满足伴音要求的带宽再加上随温度漂移的变化量。滤波器的阻带防卫度(即带外抑制水平)应高一些,以减少其它干扰。另外,陶瓷振子存在着不同模式的泛音或由不同振动模式所产生的寄生响应,并且较有规律地存在于某一频率范围内。对于 LT-6.5MHz 陶瓷

滤波器寄生响应较严重的是在其三次谐波( $20 \pm 1\text{MHz}$ )的频率上,其电平一般在 $-20 \sim -40\text{dB}$ 上下;在 $2.2 \sim 3.5\text{MHz}$ 之间也有寄生响应,但比其三次谐波小,对于这种现象,必须注意。

## 2. 电视陶瓷滤波器的测试方法

电视用 $6.5\text{MHz}$ 压电陶瓷滤波器,可用万用表测试进行粗略判断。其测试电路如图19-9所示。

其测试方法是:用万用表 $R \times 10\text{k}$ 档进行测量时,其各引脚之间的电阻值均应为无穷大;如果陶瓷滤波器漏电或短路,万用表指示有一定阻值或为零。

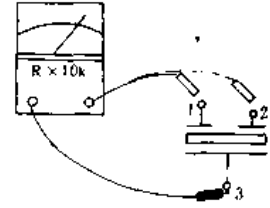


图 19-9

对于陶瓷滤波器的开路性故障,可用扫频仪观察其特性曲线是否正常,或装入电路中听其伴音是否正常,然后加以判定。

## 3. 电视陶瓷滤波器的使用

目前, $6.5\text{MHz}$ 陶瓷滤波器已广泛地用于各种型号的彩色电视机中,而且可与各种集成电路配合使用,应用时非常方便、可靠,且整机无需调整。但应用时需遵循以下的原则。

(1)注意阻抗的匹配。设计电路要考虑滤波器的输入和输出端的阻抗匹配。如果失配则通带衰耗会产生较大的波动,电性能变差。匹配要从两个方面考虑。一是电阻匹配,滤波器的匹配电阻由压电陶瓷材料决定,对用某一材料制作的滤波器,其匹配电阻由相应的产品指标中给出。用户使用时,一定要按规定的电阻与外电路配合,否则电性能变差,影响使用效果。另一是分布电容,由于压电陶瓷滤波器等效一个LC四端网络,外界很小的分布电容就会引起滤波器性能的很大变化,所以在整机应用时,要避免虚焊,保持可靠的电接触。

(2)滤波器在印制板中装配时,要尽量设法减小由电磁耦合引起的直通信号,适当加大输入和输出电路的布线距离,并加大输入输出线路的接地面积。印刷线要短而细,输入输出走线要相反,切忌平行走线,且中间可用印刷接地分开。

(3)陶瓷滤波器的特性不但与负载有关,而且也与激励信号大小有关。当信号电平增高时,滤波器中心频率降低,通带波动相应变化,同时振子易老化,破坏滤波器的可靠性。一般控制输入信号在 $0.1 \sim 0.3\text{V}$ 为宜,过大过小都合适。

(4)陶瓷滤波器在存放时一定要不要受潮,否则会使绝缘降低,阻带衰耗降低。

## 4. 电视陶瓷滤波器的常见故障

(1)开路、短路故障。陶瓷滤波器开路时,电视机无伴音;短路时,电视机也无伴音,但噪声变大。出现陶瓷滤波器开路、短路的原因有三种情况:①引线虚焊;②电极质量不好。检查时,可用 $280\# \sim 400\#$ 砂纸磨去滤波器两个主平面的包封层,待将露出两个振动腔,则可见涂复在陶瓷表面上的银电极。如银电极表面洁白光亮,其失效可能是陶瓷材料本身不良;若银电极表面发黑、发黄、锈斑等,则可能是生产过程中工艺不严格引起失效。③调频范围过大。

(2)漏电故障。滤波器漏电时,电视机的伴音常发出一种爆豆的响声。遇到这种故障,可采用“电击法”来修复。具体方法是,用 $100\text{V}$ 左右的电压,对陶瓷滤波器的两个电极进行瞬间通电。这个电压可以从电视机的直流稳压电源处引出。操作时,动作要快,如果一次不行,可反复多次进行,使漏电最小为止。

(3)温度稳定性差故障。电视机在刚开机时,伴音质量好,但看一段时间后,伴音变差。这

种故障多是由于 6.5MHz 陶瓷滤波器的温度稳定性差,因机内温升,造成滤波器频率漂移过大。引起频率漂移主要原因是压电陶瓷材料本身的温度特性差,或是包封材料的温度稳定性差,也有工艺控制不严造成的。

(4)阻带衰耗不够故障。陶瓷滤波器的阻带衰耗不够,会导致电视机伴音的杂声加大。造成的原因有:滤波器输入、输出引线之间绝缘不好而漏电,密封不好受潮而漏电,壳内混有导电气体使输入输出屏蔽隔离不好产生寄生耦合及互相感应,外界干扰等。

(5)产品一致性差。产品的一致性差,其主要原因是陶瓷滤波器的原材料质量差。现在使用的原材料均为化工原料,纯度和粒度均不够理想。另外,在制作滤波器时,电极厚度控制粗糙,这都影响了器件质量的一致性。

## (二)音响用压电陶瓷滤波器

在音响中,使用了 465kHz 和 10.7MHz 等几种压电陶瓷滤波器,它们的基本原理与上面介绍的电视用压电陶瓷滤波器大致相同,只是频率不一样,下面以 10.7MHz 陶瓷滤波器加以简要介绍。

### 1. 音响陶瓷滤波器的结构原理及特点

10.7MHz 压电陶瓷滤波器是为了适应音响收音部分的高性能化,增强可靠性、稳定性而设置的。它用作收音部分中频放大的选择网络,它的外形如图 19-10 所示,内部原理方框如图 19-11 所示。陶瓷滤波器用钛酸锆盐或钛酸钡等压电陶瓷来作为电力—机械转换元件。陶瓷滤波器频带宽、选择特性陡峭、无需调整。

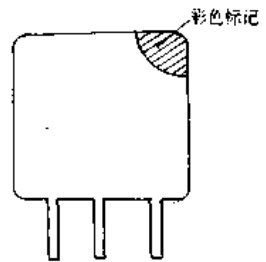


图 19-10

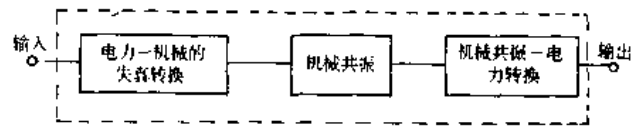


图 19-11

10.7MHz 压电陶瓷滤波器的识别方法:陶瓷滤波器用彩色标志(在陶瓷滤波器的右上方)来表示各种中心频率。其色标识别表 19-8 和表 19-9。

表 19-8 国产陶瓷滤波器色标识别表

档 别	色 标	中心频率(MHz)
A	红	10.70±0.03
B	蓝	10.67±0.03
C	黄	10.73±0.03
D	黑	10.64±0.03
E	白	10.76±0.03

表 19-9 进口陶瓷滤波器色标识别表

色 标	中心频率(MHz)
红	10.7
蓝	10.67
橙	10.73
黑	10.64
白	10.76
绿	10.61
黄	10.79

### 2. 音响陶瓷滤波器的测试方法

用万用表 R×10kΩ 档测量时,电阻值应无穷大。如果若有一定阻值或阻值为零,则是陶瓷滤波器漏电或短路。陶瓷滤波器开路可用扫频仪观察特性曲线加以判定,也可用替代法判定。

### 3. 音响陶瓷滤波器的维修方法

音响陶瓷滤波器若漏电或短路,可用“电击法”修复,即用 100V 左右的电压,对陶瓷滤波器短路的电极进行瞬间通电。操作时动作要快,瞬间放电时间要短。一次不行,可重复数

次。若还不能奏效,只有更换。

注意:在更换和代换陶瓷滤波器时,应使用同一色彩标志的产品。

### 三、压电陶瓷陷波器的测试与使用维修

彩色电视机中为了避免伴音、副载波进入视频通道,分别使用了 6.5MHz 和 4.5MHz 陶瓷陷波器。

压电陶瓷陷波器在彩色电视机中的作用是:由于彩色全电视信号不仅包含亮度信号,还包含色度信号。因而从视频检波后所得到的全电视信号被送到解码器之前,先将彩电全电视信号分解成亮度信号和色度信号。亮度信号是通过亮度通道放大的,同时抑制掉色度信号。为此要在亮度通道中利用一个 4.43MHz 窄带陷波电路将彩色副载波分量衰减 10dB 以上。

另外为了有效地吸收从视频检波输出的全电视信号中的 6.5MHz 伴音中频,防止伴音对图像通道的干扰,在视频放大电路的前级加有一个对 6.5MHz 串联谐振的陷波器,使 6.5MHz 的伴音中频不能进入视频放大电路。

在早期的彩色电视机中,无论是 4.43MHz 陷波器还是 6.5MHz 陷波器都是采用 LC 的串联或串并联或桥 T 型组合形式来完成陷波的功能。近年来大都采用了压电陶瓷陷波器,这是由于它做为彩电中专用的吸收伴音信号和副载波信号的器件,具有体积小、重量轻、无需调整、性能稳定、不受外界电磁场干扰的优点。

#### (一)陶瓷陷波器的工作原理与性能特点

压电陶瓷陷波器是利用压电陶瓷振子的谐振频率特性而制造出来的一种器件。

压电陶瓷陷波器的符号、频率阻抗特性和压电陶瓷振子的等效电路,分别如图 19-12 所示。

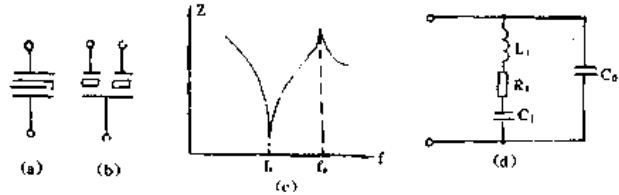


图 19-12

图 19-12(a)表示两端式结构;图 19-12(b)表示三端式结构;图 19-12(c)是两端

压电陶瓷振子的阻抗  $Z$  随频率  $f$  的变化曲线, $f_r$  是振子的谐振频率, $f_a$  是反谐振频率。当  $f=f_r$  时,振子的阻抗最小,将一个振子与电路负载并联,则在  $f=f_r$  时,负载上的是电平最小,即起到了陷波的作用,选择适当的陶瓷基片尺寸和电极尺寸,使  $f_r=6.5\text{MHz}$  或  $4.43\text{MHz}$  这样就可以得到 6.5MHz 陶瓷陷波器(或 4.43MHz 陶瓷陷波器)。三端陶瓷陷波器的原理也是利用陶瓷振子的阻抗频率特性制成的,只不过它是利用两个振子的迭加而使陷波深度提高。图 19-12(d)表示了两端振子的等效电路,其中: $L_1$ 、 $C_1$ 、 $R_1$  分别为振子的等效电感、电容和电阻, $C_0$  为静电容。

两端型陷波器主要用于预放吸收电路,三端型陶瓷陷波器则用于预视放的陷波电路。按规定用 XT 表示,通常以 XT6.5MA、XT4.43MA 代表两端式结构;XT6.5MB、XT4.43MB 代表三端式结构。

按照我国电视制式的规定,要求伴音陷波深度必须大于 26dB。参考陶瓷陷波器本身频率的误差,以及频漂的影响,所以实际上陷波深度必须大于 30dB,才能保证大量生产时不出现伴音干扰图像的问题。关于陷波器的频率特性,也要适量,如果频带太宽,会影响视频特性的高频分量;频率太窄将会使整个中频带变窄。表 19-10 列出了国产的 XT6.5MA、XT6.5MB、XT4.43MA 的技术参数。

表 19-10

参数名称	XT6.5MA	XT6.5MB	XT4.43MA
吸收频率(MHz)	6.5	6.5	4.43±0.75
吸收深度(dB)	>20	>30	>22
Δf20dB 带宽(kHz)	≥30	≥70	≥30
5MHz 处衰减(dB)	≤3	≤3	
3dB 衰减处低端频率(MHz)			≥3.05

对于技术参数,主要要求在标称频率附近的吸收带宽内衰减越大越好,在吸收带以外的区域衰减越小越好,且相位不要随频率变化。一般只要求两个参数,即标称频率点吸收(20dB)和吸收带宽。

### (二)陶瓷陷波器的测试方法

压电陶瓷陷波器可用万用表进行测量,其测试电路如图 19-13 所示。

其测试方法是:将万用表置于电阻档  $R \times 10k$  档,测量压电陶瓷陷波器各引脚的电阻值,正常时,无论是二端型还是三端型,其各脚间电阻均应为无穷大;如果压电陶瓷陷波器漏电或短路,万用表指示便有一定阻值或为零。

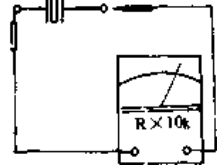


图 19-13

压电陶瓷陷波器的开路性故障,可用扫频仪观察其特性曲线或用替代法进行判断。

### (三)陶瓷陷波器的使用

#### 1. 正确使用压电陶瓷陷波器的方法

(1)选用时首先要合适地选用吸收深度和吸收带宽这两个参数。吸收深度一般大于 20dB 以上,吸收带宽不能太窄否则会出现副载波干扰,影响图像质量。

(2)注意终接阻抗的设计,一般要与生产厂产品说明书所给出的测试电路大致相同,否则会影响特性曲线。对于三端陷波器必须与连接电感一起使用,一般用  $15\mu H$  的电感为宜,调节电感量可改变吸收深度和吸收宽度。在要求陷波性能高的情况下,一般选用三端陷波器。因为三端陷波器比两端陷波器的吸收深度大、带宽宽。

(3)用于彩色电视机吸收伴音信号的 6.5MHz 陷波器,最好选择低频端特性曲线比较平缓的陷波器,以免陷波器对彩色信号产生干扰。

#### 2. 陶瓷陷波器的典型应用电路

XT6.5MA、XT6.5MB、4.43MA、4.43MB 压电陶瓷陷波器的典型应用电路分别如图 19-14 所示。

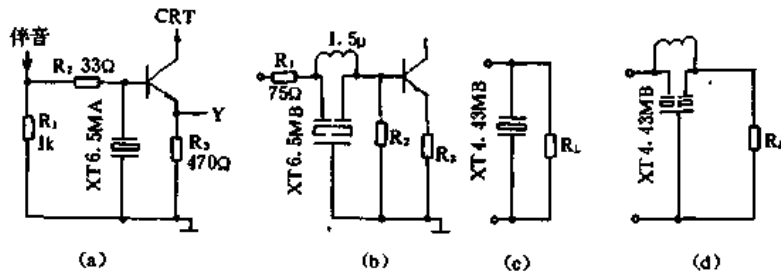


图 19-14

#### (四)陶瓷陷波器的故障检修

##### 1. 标称频率点吸收不够故障

造成标称频率点吸收不够的原因,一般为振子的空腔过小。检查的方法是用砂纸磨削产品正、反两面,直至出现空腔。将空腔内的杂物吹去,观察振动电极周围无树脂带的宽度,应有0.3mm以上。如果空腔过小,则可将振动电极周围的树脂刮去一些,再吹去杂物,此时陷波器就会变好。如果不是空腔过小的原因,可测量陷波器的最大吸收点频率 $f_0$ ,看是否与标称频率相差太大。如果发现最大吸收点(陷波点)频率与标称频率差别很大,这可能是陷波器温度系数过大,不稳定所致。若陷波频率与标称频率基本一致,那就是该批产品的材料问题(锆钛酸铅的介质损耗偏大,品质因数Q值过低)。

##### 2. 短路、开路故障

用于彩色电视机的压电陶瓷陷波器,如果开路,电视机屏幕上的噪声变大;短路,无亮度信号输出。造成短路、开路的原因一般是由于工艺的原因造成电极与引线接触不良或电极质量不好等。还有一种情况,使用时由于调频量过度,引起电极脱落。



## 第二十章 延迟线的测试与使用维修

延迟线是起延时作用的一种特殊器件。在彩色电视机中,使用了两种类型的延迟线。一种用于解码电路,称为色度延迟线,也称超声延迟线或 1H 延迟线;另一种用于亮度通道,称为亮度延迟线或 Y 延迟线。

超声波延迟线是彩电解码电路中梳状滤波器的核心元件,它将彩色信号分离为 U·V 信号,若超声波延迟线损坏,则屏幕上只有黑白图像而无彩色,如果其性能不良,彩色便不同步,出现爬行,俗称百叶窗干扰。亮度延迟线的作用是将亮度信号延时一段时间,以便使图像上亮度与色度重合,防止产生镶边现象。

### 一、色度延迟线

#### 1. 色度延迟线的原理与特点

##### (1) 色度延迟线的作用

在彩电中,为了实现兼容制,除了要传送图像轮廓的亮度信号以外,还需要传送能包含色调和色饱和度的色度信号。由于色调和色饱和这两个物理量很难直接传送,为此先要形成色差信号  $E(R-Y)$  和  $E(B-Y)$ 。在 PAL 制彩色编码过程中,采用平衡调幅法把色差信号分别调制在频率相同、但相位相差  $90^\circ$  的副载波上,并把被  $E(R-Y)$  所调制的副载波逐行倒相,这样形成两个互相正交、其中一个逐行倒相的已调色差信号,并分别用  $F_U$ 、 $F_V$  表示。在 PAL 制接收机的解码电路中,再把色度信号分离成两个已调色差信号  $F_U$  和  $\pm F_V$ ,再用两个同步检波器分别对  $F_U$  和  $\pm F_V$  进行信号分离,检出色差信号  $E(B-Y)$  和  $E(R-Y)$ 。

实现  $F_U$  和  $\pm F_V$  分离的电路称为延时解调器或梳状滤波器,它由色度延迟线、加法器和减法器三部分组成,其工作原理方框图如图 20-1 所示。

色度延迟线将中心频率为  $4.43361875\text{MHz}$ 、带宽为  $2\text{MHz}$  左右的色度信号延迟  $63.943\mu\text{s}$ ,即近似一行的时间,然后与直通信号在加法器和减法器中相加减,分离出  $F_U$  和  $\pm F_V$  两个分量。为了保证 U·V 信号的分离,在延时信号和直通信号中,附加了电感、电容、电阻和电位器等元件,用以补偿色度信号通过色度延迟线所产生的损耗,以保证直通信号和延时信号的幅度、相位相一致。色度延迟线的精度直接影响 U、V 两个分量的分离效果。近年来生产的彩电大都采用了以玻璃为延迟介质的色散型延迟线。由于采用了八次反射,所以具有体积小、重量轻、频率较宽、延迟时间精确等特点。

##### (2) 色度延迟线的工作原理

色度延迟线的外形及电路符号分别如图 20-2 所示。由于色度延迟线要将色度信号延迟  $63.943\mu\text{s}$ ,目前要

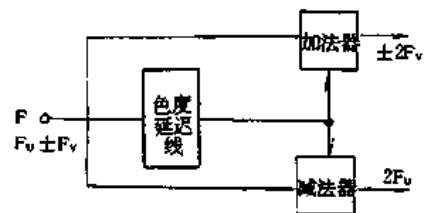


图 20-1

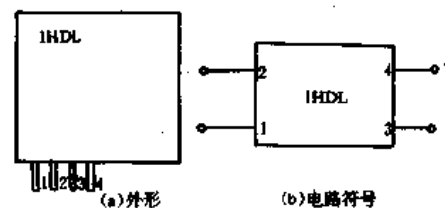


图 20-2

延时这样长的时间,都是将电振荡转换成超声波,让它在玻璃中传播,然后再转换成电信号输出。色度延迟线的内部结构原理图如图 20-3 所示。

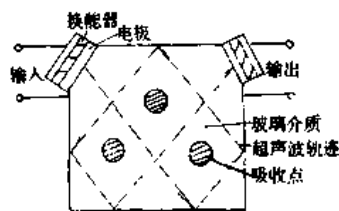


图 20-3

色度延迟线主要用锆钛酸铅系压电陶瓷作换能器、火石玻璃作为介质。换能器与玻璃介质之间用低温材料焊接,它既是超声波传播的介质,也是换能器的一个电极。输入端的换能器在色度信号电压激励下,产生超声波速,在玻璃介质内作定向传输。到达输出端时,那里的换能器吸收超声波,还原出色度信号电压输出。在整个传输过程中,电信号经历了两次压电换能和通过了一定长度的传播途径,造成了能量衰减和时间延迟。假设  $V$  为玻璃介质中超声波传播的速度, $L$  为玻璃介质中波束传播路径的长度,从输出端得到输入信号的延迟时间  $\tau=L/V$ 。如果超声波在玻璃中的传播速度为  $2.7 \times 10^3 \text{m/s} = 2.7 \text{mm}/\mu\text{s}$ ,那么要延迟  $63.943 \mu\text{s}$  的时间需要玻璃棒的长度为  $L = 2.7 \times 63.943 = 172.6461 \text{mm}$ 。这样长的玻璃延迟线使用起来极为不便。为了缩小体积采取多次反射的方法,并且延迟介质采用时间温度系数变化极小的特殊玻璃,变换元件采用变换效率极高的压电元件,超声波在这种介质中进行数次全反射后传播到输出端。满足了所需要的延迟时间要求,而且大大缩小了体积。在超声延时线内,超声波在延迟介质的侧面形成反射,使输出换能器增加了附加的失真信号。这些信号时间上有先有后,形成干扰信号输出。为了减少这些无用反射,在延迟介质的侧面某些部位涂有吸收材料以衰减这些无用信号的能量,以提高延迟线的性能。

### (3) 色度延迟线的技术性能

色度延迟线的质量水平,可通过以下的性能参数来衡量。

①延迟时间。加在色度延迟线输入端的信号到达输出端所需要的时间称为延迟时间。延迟时间表示方式有两种,即相位延迟和方框形延迟。两者间由于匹配电路和色度延迟线的带宽及输出输入阻抗等不同,在应用上需明确加以区分。相位延迟测量时,用正弦波信号加在色度延迟线上,从输入和输出间的相位差求得延迟时间;方框形延迟是在色度延迟线上加上方形脉冲调幅波,调载波信号时,从这个变调信号的调入、调出的滞后,求得延迟时间称为方框形延迟。在彩色电视机中都用相应延迟时间来表示。目前国产的色度延迟线的延迟时间均在  $63.943 \pm 0.005 \mu\text{s}$  的范围内。

②插入损耗。由于在色度延迟线中,超声波在介质的传播过程中产生衰减及换能器机电耦合系数小于 1 的缘故,使延迟线输入的能量在经过延迟线之后损失了一部分。衡量其能量损失的程度,用插入损耗表示。

③通带。色度延迟线的频率特性决定了对各种频率信号衰减的程度,偏离标称频率 ( $4.433619 \text{MHz}$ ) 越大,衰减越大。因此,确定频率为  $F_0$  信号衰减为  $0 \text{dB}$ ,那么使衰减  $-3 \text{dB}$  时的两信号频率值的间隔定为延迟线的通带。国产色度延迟线的  $-3 \text{dB}$  通带一般在  $3.43 \sim 5.23 \text{MHz}$  之间。

④三次反射与其它反射。电信号经输入换能器转变为超声波信号传输,在到达输出换能器端并转变为电信号输出时,延迟时间为  $\tau$ ,但由于材料阻抗和电阻匹配等因素,造成信号的反射折回输入端,这样往返就形成了  $2\tau, 3\tau, \dots$  等反射信号。这些信号通称为无用反射。根据无用反射的幅度与主信号的幅度比,可计算出无用反射值,而在无用反射中又分为  $3\tau$

和其它反射。

⑤绝缘电阻。绝缘电阻一般是在延迟线引出脚 1~2 和 3~4 间加 25V 直流电压,一分钟后用绝缘电阻仪测出的电阻值。

常用色度延迟线特性参数如表 20-1 所示:

表 20-1

型号	YJD-8(DLC)					YBC-3				YCS				PDL-343K						HN 8601																		
	A <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	E <sub>0</sub>	S <sub>0</sub>	I	II	III	IV	EN 645 A11	EN 645 A12	EN 645 A13	EN 645 A14	A	B	C	D	E	F																			
标称频率	MHz																			4.433619																		
相延迟	μs																			63.943																		
通带宽度	MHz																			3.63 ~ 5.23, 3.43 ~ 5.2, 3.63 ~ 5.23, 3.43 ~ 5.4, 3.43 ~ 5.23, 3.63 ~ 5.23, 3.43 ~ 5.23, 3.43 ~ 5.23, 3.43 ~ 5.23, 3.43 ~ 5.23, 3.43 ~ 5.23, 3.43 ~ 5.23, 3.43 ~ 5.23, 3.43 ~ 5.23, 3.43 ~ 5.23, 3.43 ~ 5.23, 3.43 ~ 5.23, 3.43 ~ 5.23, 3.43 ~ 5.23, 3.43 ~ 5.23																		
插入损耗	dB																			10, 9, 10, 9, 10, 9, 10, 9, 10, 9, 10, 9, 10, 9, 10, 9, 10, 9, 10, 9, 10																		
三次反射	dB																			≥28, ≥26, ≥28, ≥28, ≥28, ≥28, ≥28, ≥28, ≥28, ≥28, ≥28, ≥28, ≥28, ≥28, ≥28, ≥28, ≥28, ≥28, ≥28, ≥28																		
其它反射	dB																			≥26, ≥30, ≥26, ≥26, ≥26, ≥26, ≥26, ≥26, ≥26, ≥26, ≥26, ≥26, ≥26, ≥26, ≥26, ≥26, ≥26, ≥26, ≥26, ≥26																		
使用温度	°C																			-20~70, -20~70																		
端接电阻	Ω																			390, 560, 390, 560, 390, 560, 390, 560, 390, 560, 390, 560, 390, 560, 390, 560, 390, 560, 390, 560, 390																		
输入端电感 L <sub>1</sub>	μH																			5.6, 8.2, 6.2, 8.2, 10.5, 5.6, 6.2, 8.2, 10.5, 5.6, 8.2, 6.2, 10.5, 5.6, 8.2, 6.2, 10.5, 10, 8.6																		
输入端电感 L <sub>2</sub>	μH																			8.5, 8.2, 10, 8.2, 9.7, 8.5, 10, 8.2, 9.7, 8.5, 8.2, 10, 9.7, 8.2, 8.5, 10, 9.7, 10.6, 8.9																		
输入端电容 C <sub>1</sub>	pF																			20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20																		
输入端电容 C <sub>2</sub>	pF																			30, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 30																		
绝缘电阻	MΩ																			≥1, ≥1, ≥1, ≥1, ≥1, ≥1, ≥1, ≥1, ≥1, ≥1, ≥1, ≥1, ≥1, ≥1, ≥1, ≥1, ≥1, ≥1, ≥1, ≥1																		

## 2. 色度延迟线的测试方法

### (1) 万用表测试

用万用表检测:用万用表测试色度延迟线的电路图如图 20-4 所示。由于色度延迟线是以压电陶瓷作为换能器、玻璃作为介质构成的,因此,两输入端之间或两个输出端之间,以及输入、输出端的电阻值用万用表测出均应为无穷大,若各引脚之间有一定阻值,则可判定延迟线损坏。

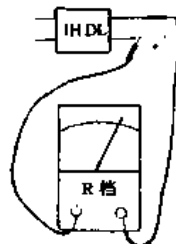


图 20-4

### (2) 仪器测试

借助仪器检测:如果色度延迟线存在的是开路性故障,须用示波器、扫频仪进行检测。当

色度延迟线内部开路时,使梳状滤波器无延迟信号,只有直通信号,引起 U、V 信号串耦,产生大面积爬行,这时可用示波器检查色度延迟线输出(在电路中测试)有无正常信号。简单的方法就是利用扫频仪进行粗略判断,测出大约以 4.43MHz 为中心的特性曲线,若无此曲线,则说明该延迟线损坏。具体方法

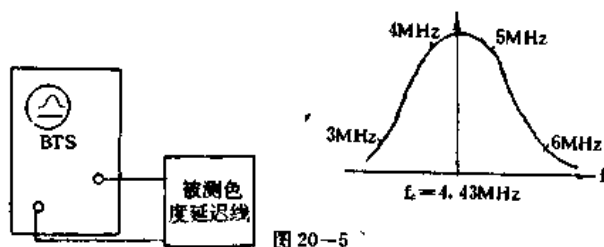


图 20-5

及测试波形如图 20-5 所示。

### 3. 色度延迟线的使用

根据不同的机型、不同匹配回路、不同的排板图等而选用不同型号的延迟线。因为延迟线的延迟时间要求精度甚高,在考虑选型时由于电路分布图时的分布参数、匹配电路元件的误差等均可能影响使用的效果,因此在对延迟线的选型中,不仅要正确选择延迟时间,而且要考虑阻抗匹配的合理,同时要注意插入损耗、无用反射及通带等参数。

图 20-6 为色度延迟线的应用电路实例。经 IC601 放大的色度信号由④脚输出加到延时解码器。此延时解调器分直通、延迟两路。直通一路把由④脚输出的色度信号经  $L_{602}$ 、幅度匹配电位器  $R_{606}$  以及隔直电容  $C_{610}$  加到③脚,然后送至集成电路内的加减矩阵电路。延时一路经  $C_{624}$ 、 $R_{610}$ 、 $L_{607}$ 、 $C_{629}$ 、延迟线 DL、 $L_{608}$ 、 $R_{609}$  和  $C_{623}$  加到集成电路⑨脚,再送往集成电路内的加

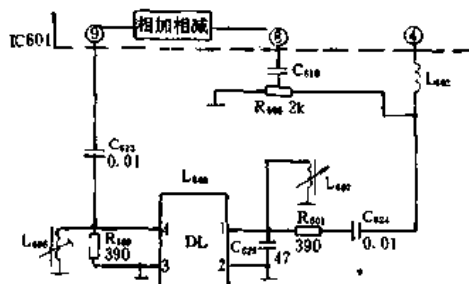


图 20-6

减矩阵电路,与直通信号一起在加减矩阵电路中分解色度信号,输出色度分量  $F_V$  和  $\pm F_V$ 。

### 4. 色度延迟线的故障维修

#### (1) 漏电损坏故障

漏电损坏故障表现为画面上只有黑白图像而没有彩色,这相当于延迟线不起作用了,这可能是换能器或延时介质等有问题,如传声介质玻璃破碎,工作电极断路或短路、或粘接有问题。可先将色度延迟线几个焊脚用酒精清洗干净,再用万用表电阻档重测一遍电阻值,以防漏电是由于延迟线外部焊脚灰尘过多、潮湿等引起的(这类故障时有发生)。如外部正常,可将延迟线外壳取下,只须用小起子轻轻撬动即可拆出(千万不要乱拆乱卸,因为色度延迟线以玻璃为介质,容易震碎裂而损坏)。拆出后,仔细观察内部引线有无断开脱落。

#### (2) 性能不好故障

当色度延迟线的性能不佳时,彩色电视机的图像彩色不同步,出现严重的爬行,即“百叶窗干扰”。这可能是延迟时间不准确及延迟线温度特性不良等而使性能参数延迟时间  $t_d$  漂移所致。

由于色度延迟线性能的变化,都是通过彩色电视机屏幕上彩色图像的质量来表现的,从使用者的实际需要出发。下面介绍一下如何在彩色电视机的屏幕上判断色度延迟线好坏的方法。

假设解码器电路调整是正确的,附属的各元件是好的,在彩色电视机的屏幕上观看彩条信号或彩色测试卡信号。若看到的彩色带和彩条边缘出现爬行现象(即是百叶窗式的明暗相间的水平条纹,这些条纹看起来是逐场向上移动的)和彩条边缘处相互串色,此时调节附属的电感和电位器,爬行现象消失或不明显,并且在彩条边缘处没有高频串色现象,那么可以认为色度延迟线的性能是比较好的。如果调整有关电感、电位器等补偿元件,彩条带和彩条边缘部分爬行现象不消失,同时彩条边缘还有串色,则说明色度延迟线性能较差。彩条带内的爬行(又称大面积爬行)是由色度延迟线的相延时误差太大造成的,色度信号在整个带内不能长彻底分离的原因。色度延迟线的群时延误差太大,一般造成彩色边缘处的爬行。在这种情况下,色度延迟线是不能再用了,需要换新的。

另一种现象就是彩色电视机接收黑白图像时正常,在接收彩色图像时,大面积爬行严重(即向上移动的黑白相间条纹较粗)。这种现象可认为是色度延迟线开路、没有延迟信号,只有直通信号,使  $F_U$ 、 $F_V$  信号不能彻底分离,相互串耦而引起的。最后一种现象是色度延迟线短路,对色度信号不起延迟作用,这时减法器没有信号输出,丢失了 U 信号,在屏幕上看到的彩条彩色是不正确的,黄色变成苍白玫瑰色,青色变成苍白绿色,绿变苍白绿色,紫色变深玫瑰色,红变深红,蓝变深绿色。不过色度延迟线短路的现象比较少见。

## 二、亮度延迟线

### 1. 亮度延迟线的原理与特点

#### (1) 亮度延迟线的作用

彩电的亮度通道,相当于黑白电视机的视放电路。但彩色电视机的亮度通道具有更多的功能和特点。它具有延时电路,其功能是把经过它的亮度信号延迟一段时间,以便与经过色度通道的色信号严格地同时到达彩色显像管。否则,将会在荧光屏上显示出水平方向亮、色错位的图像。见图 20-7。亮、色错位现象的产生主要是亮、色信号在各自通道中的传输速度不同所致。现行的彩色技术采用所谓“大面积着色”原理。一幅彩色图像,可以看成由亮度信号形成的黑白图像,再用色度信号“着色”而成,与黑白相片着色成彩色相片相似。但是在彩色电视机里,代表图像同一点信息的亮度信号与色度信号在解码器中是分别通过不同的通道传输和处理的。亮度信号经过的亮度通道,频带宽,传输速度快。色度信号经过色度通道,频带窄,传输速度较亮度信号慢。由于色差信号要在基色矩阵中和亮度信号混合,故这时的色度—亮度时差,便在电视屏幕上出现为图 20-7 所示那样的拖尾现象,即在图像的右边有镶边性重影。

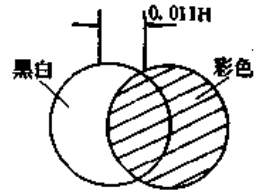


图 20-7

解决的方法是在亮度放大器中对亮度信号进行延迟,以保证在矩阵输入端的亮度、色度信号的延迟差  $\leq 0.5\mu\text{s}$ ,使图像上不出现拖边。另外,由于延迟线后面的一级放大器是射极跟随器,它具有较高的输入阻抗,延迟线输入电路需要有良好的匹配,否则会引起反射,导致延迟性能的恶化。

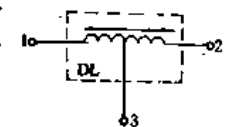


图 20-8

#### (2) 亮度延迟线的工作原理

亮度延迟线的电路符号如图 20-8 所示。“1”端为输入端，“2”端为输出端，“3”端为接地端。

亮度延迟线有的采用集总参数的电感  $L$  和电容  $C$  的多节网络构成,也有的采用分布参数元件构成。亮度延迟线的电路原理图分别如图 20-9 所示。其中图 20-9

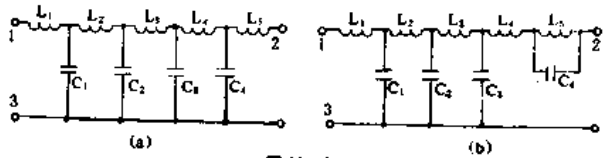


图 20-9

(a) 为不带副载波吸收回路的延迟线;图 20-9(b) 中  $L_5$  和  $C_5$  组成副载波吸收回路。延迟线  $L$  和  $C$  的大小决定亮度延迟线的主要特征参数,其延迟时间  $T_d = \sqrt{LC}$ ;特性阻抗  $Z_0 = \sqrt{L/C}$ 。

目前生产的亮度延迟线多采用半分布延迟线,其电路原理图如图 20-10 所示。半分布延迟线电容的形成是由信号线和地线(或叫电容线)并绕而成组成的分布电容。两根漆包线的绝缘层就是电介

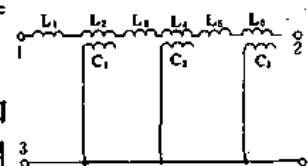


图 20-10

质,  $C_1 \sim C_3$  为分布电容,  $L_1 \sim L_3$  为电感线圈。为了提高线圈的  $Q$  值, 多数工厂采用磁性线作信号线, 这对于减少插入损耗和提高上升时间有利。它的电容值和电感值又是通过线圈匝数的多少来实现的。所以亮度延迟线设计的关键是如何确定线圈的匝数, 根据亮度延迟线的两个关键参数延迟时间  $T_d$  和特性阻抗  $Z_0$ , 通过公式  $T_d = \sqrt{LC}$  及  $Z_0 = \sqrt{L/C}$  可算出  $L, C$  值。根据亮度延迟线的另一个关键参数幅频特性及所用的骨架槽数确定段数  $n$ 。

### (3) 亮度延迟线的技术性能

衡量亮度延迟线性能的好坏, 除外观质量外, 一般都是根据下面这些关键技术参数来体现。

① 延迟时间  $T_d$ 。信号经过延时线传输后, 输出信号与输入信号相比的延迟时间称为延时线的延时量, 如图 20-11 所示。一节 LC 延时网络的延时量  $t_d = \sqrt{LC}$  (ns), 式中若  $L$  的单位用  $\mu\text{H}$ ;  $C$  的单位用  $\text{pF}$ , 则  $t_d$  的单位为 ns。取  $n$  节同样的 LC 网络, 总延时量  $T_d = nt_d$ 。例如取  $L = 45\mu\text{H}$ 、 $C = 20\text{pF}$ , 则每一节的延时量  $t_d = \sqrt{45 \times 20} = 30\text{ns}$ 。可见, 取  $n = 20$  即可满足总延时  $0.6\mu\text{s} = 600\text{ns}$  的要求。

测量时, 在亮度延迟线的输入端施加一矩形脉冲波, 其上升沿的斜率已定, 延迟线本身具有延迟作用且通频带宽度已定。因此, 在延迟线的输出端产生了畸变的矩形脉冲, 其上升沿斜率加大, 观察输入脉冲与输出脉冲上升沿的 50% 间的距离, 即得到亮度延迟线的延迟时间。

② 特性阻抗。计算亮度延时线的特性阻抗有重要意义, 因为电信号从前面的放大器输出加给延时线, 再由延时线输出加到后继电路输入端。在其间每一个环节上都要求达到阻抗匹配, 否则就会在不匹配处发生信号来回反射, 造成图像严重拖边甚至多个重影的现象。所以构成亮度延迟电路时, 必须十分注意阻抗匹配的问题。接在延迟线输入端及输出端的等效阻抗一定要等于延迟线的特性阻抗, 以抑制信号反射。

亮度延迟线特性阻抗为  $Z_0 = \sqrt{L/C}$  ( $\Omega$ )。式中的  $L$  与  $C$  为每一节延时网络的电感量与电容量。  $Z_0$  是从延迟线输入或输出端向延迟线看进去的阻抗值。从其电路原理图可以看出, 延迟线的结构是对称的, 因而它两端的特性阻抗也是相同的。由于亮度延迟线是一线性可逆网络, 其特性阻抗只取决于自身的结构和参数, 而不随外部条件变化而变化。当测得亮度延迟线自身的电感量  $L$  和电容量  $C$  之后, 按公式  $Z_0 = \sqrt{L/C}$  计算即可得到特性阻抗。例如  $L = 40\mu\text{H}$ 、 $C = 20 \times 10\text{pF}$  时, 则  $Z_0 = \sqrt{45 \times 10^{-6} / 20 \times 10^{-12}} = 1500\Omega$ 。

③ 幅频特性。由于亮度信号是一含有直流分量 (即频率为零) 的宽频带信号, 最高频率约达  $5.5\text{MHz}$ 。因此, 延时线必须具有不小于  $0 \sim 5.5\text{MHz}$  的通频带宽度, 才能使亮度信号中各频带分量均匀地通过。测量时, 在亮度延迟线输入端施加一扫描信号。由于延迟线对不同频率的激励响应不同, 随频率的增加, 其衰减增大。因此, 在延迟线的输出端可观察到延迟线的输出电压幅度随频率变化的曲线。

④ 副载波吸收回路衰减特性。对于带有副载波吸收回路的亮度延迟线, 在其输入端施加

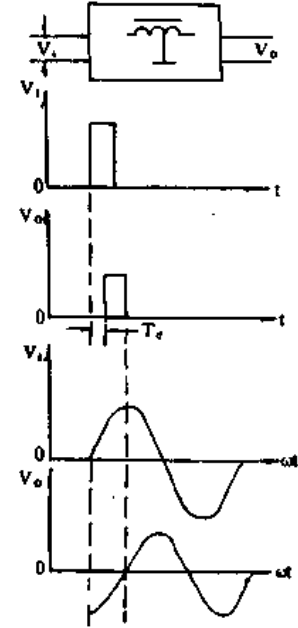


图 20-11

一频率恰好等于色度信号副载波频率 4.43MHz 的正弦波。由于延迟线对频率的信号呈很大的抑制,所以在高频毫伏表上就可以读出延迟线对副载波的衰减量。

⑤绝缘性能。由于形成亮度延迟线的电容是线间分布电容,且介质为黄腊,若线材或黄腊的绝缘性能不好,就会被击穿而发生短路现象。所以在延迟线的输入或输出端与“地”端施加 250V 以上的直流电压时,延迟线的绝缘电阻在 100MΩ 以上。

常用亮度延迟线技术性能如表 20-2 所示。

表 20-2

项 目 型 号		YCJ						YXL-2			DL					CDL	SDL	MT1	
		038A 18X	06A 18X	04B 16X	045 B18	05B 18	06B 18	08B 18	I	II	III	L	S	C	Z	M	1860	1800	660X
延迟时间	μs(±10%)	0.38	0.6	0.4	0.45	0.5	0.6	0.8	0.5	0.6	0.4	10~600					10 ~ 400	0.6	0.9
特性阻抗 Z <sub>0</sub>	kΩ(±10%)	1.8		1.6		1.8		1.8	1.6		1.0	1.0	1.0	1.2	1.5	1.8	1.8	1.6	
上升时间 T <sub>r</sub>	μs(max)	0.3						0.35	0.3		0.22		0.3			0.3	0.25		
预冲 PS	%	<4	3.5 ~ 7.5	7 ~ 11	0 ~ 6	4 ~ 8	5 ~ 9	10 ~ 14	8	9	10	0~15					7	3.5	
输出幅频特性	MHz(min)	4	3.5	2.8	3.5	4.0		3.0	1		2.8							4	
色副载波抑制	dB(min)	20	25	20				20											
插入损耗 L <sub>i</sub>	dB(max)	0.5	1.5	0.5	1.0	0.5		1.0	0.5		0.5					0.5	1.5		
直流电阻 R <sub>DC</sub>	Ω(max)	50	80	50	80	50	75	85	50	60	50	10	50	80		50	100		
绝缘电阻 R <sub>Z</sub>	MΩ(min)	100	500	200	100	200	100		100			200	100			100	200		
耐压	V(min)	DC500			150 1 分钟	DC100 1 分钟		DC100 1 分钟			100	500	100		100				
驻波比 SWR			1.7		1.4	1.25			1.25	1.7	1.5	0.25				1.2~1.8	1.5		

## 2. 亮度延迟线的测试方法

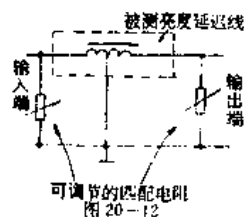
### (1) 万用表测试

万用表检测:从亮度延迟线符号及电路形式图可见,亮度延迟线的输入端“1”与输出端“2”是导通的,将万用表置于 R×1Ω 档时,直流电阻值为数十欧(阻值与延迟线的时间长短有关)。它们与公共端“3”是不通的。如果“1”、“3”端电阻为零,则表明亮度延迟线已短路;如果“1”、“2”端的电阻无穷大,则断定延迟线开路。亮度延迟线开路、短路均会造成亮度信号切断,只有解调后的色差信号,屏幕上无亮暗层次。当延时量不准时,出现彩色镶边。判断方法是将色饱和度关掉时黑白图像正常,再调节饱和度电位器,加上色彩,这时彩色与黑白图像不重合。如果彩色错位在右边,则是亮度延迟线延时量不够;如相反,则是延时量过大,调换适当延时量的延迟线,即可排除故障。

### (2) 仪器测试

借助于扫频仪,可测试亮度延迟线的幅频特性,正常幅频特性有 5MHz 带宽,否则会造成清晰度不良,检测时,亮度延迟线可直接连至扫频仪的输出输入端,两边须接上合适的匹配电阻。其测试电路的连接如图 20-12 所示。

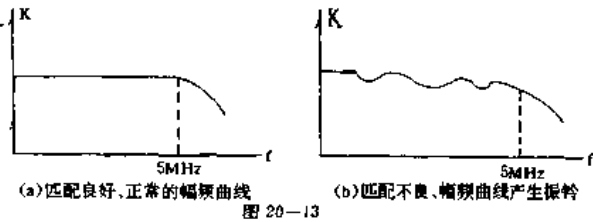
正常的幅频曲线如图 20-13(a)所示,如果不匹配,其幅频特性则



有较大起伏与振铃,如图 20-13(b)所示,这时就需要调整两端的匹配电阻,使其得到图 20-13(a)所示的正常幅频特性曲线。

### 3. 亮度延迟线的使用

目前彩电的型号、品种很多,由于采用的电路不同,各种机型使用的亮度延迟线也不同,所以在选用时应考虑以下几个主要问题。



(1)考虑选用的几个主要电参数。延迟时间、特性阻抗、副载波吸收回路的衰减是重点选用的参数。由于亮度延迟线主要是为了均衡亮、色信号的延时差,所以延迟时间是很重要的参数。若延迟时间选择不当,会产生拖边现象。目前国产的亮度延迟线,从延迟时间上分有 0.33、0.4、0.5、0.55、0.6、0.78 $\mu$ s 等等各种不同的规格。

由于各机型中亮度延迟线外接电路的匹配电阻不同,亮度延迟线的特性阻抗将随着外接电路匹配电阻而变化,若选择有误,传输能量将有很大损失,且会引起很大的反射产生杂波信号,干扰图像质量。国产的亮度延迟线的特性阻抗有 1.0、1.2、1.5、1.6、1.8k $\Omega$ 。

另外,不同机型副载波吸收回路的设置不同。若整机中没有设置独立的副载波吸收回路,则必须选用带有吸收回路的亮度延迟线,否则会使图像产生网纹干扰。对于带有副载波吸收回路的产品,为了调节陷波衰减量,部分产品利用磁芯来控制陷波点,上机使用时不需要重新调节,更不要把磁芯旋入线圈内部,以免影响延迟线的其它主要参数。

(2)选用时还要根据整机的结构设计选用合格的安装尺寸和体积。例如,CDL 型亮度延迟线为卧式,其尺寸为 44 $\times$ 14 $\times$ 18;而 MT 型则为立式,其尺寸为 28 $\times$ 10 $\times$ 10。这就需根据不同情况加以选用。

(3)图 20-14 为亮度延迟线应用电路的一个实例。其中 DL<sub>301</sub>就是亮度延迟线,L<sub>303</sub>和 R<sub>315</sub>起高频补偿作用,C<sub>306</sub>、R<sub>312</sub>和 C<sub>307</sub>、R<sub>326</sub>的作用是改善亮度信号的瞬态响应。

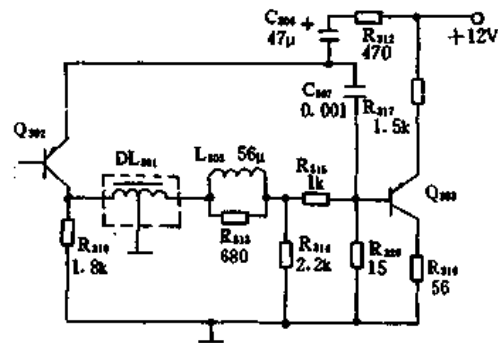


图 20-14

### 4. 亮度延迟线的故障维修

亮度延迟线是彩色电视机中的一个重要元件,它的质量好坏直接影响到电视机的收看效果,常见的故障有以下几种。

(1)延时不准。亮、色水平错位,图像产生彩色镶边现象,这可能是产品受环境影响老化而参数漂移等造成。

(2)亮度延迟线损坏。电视机在接收黑白图像时,延时线开路,使荧光屏上得不到黑白图像而呈现白色光栅。另外一个现象是由于延迟线开路影响了亮度通道中的直流偏置,因而显像管阴极的直流电压受到影响,以致得不到正常的亮度控制范围。

(3)延迟线插入损耗过大。当亮度延迟线的插入损耗过大,而使亮度信号太弱,使电视机表现为有伴音无光栅。

(4)阻抗失配。当亮度延迟线的输入端、输出端匹配用的电感、电容、电阻值变化,造成延迟线阻抗失配,使电视机屏幕上的黑白图像出现“振铃”现象,有时图像的右侧出现重影。



## 第二十一章 电视高频头的测试与检修

高频调谐器简称高频头。它有以下几个作用：一是选择所接收频道的信号，抑制其它频道和杂波信号的干扰；二是将接收频道的信号加以放大，提高接收灵敏度；三是将接收信号与本机振荡信号混频，输出固定的中频信号。

按照我国电视接收机的指标，高频头应满足下列主要技术要求：①功率增益为20~25dB；②具有图21-1所示的幅频特性；③噪声系数 $N_f < 8\text{dB}$ ；④本振频率稳定，偏移在 $\pm 200\text{kHz}$ 以内；⑤有一定的AGC作用范围；⑥其它，如要求高频头要与天线、中放有良好的匹配；方便切换频道等。

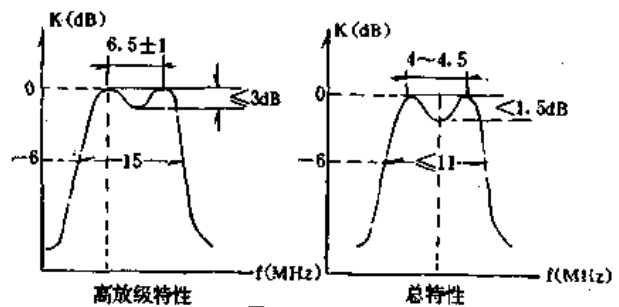


图 21-1

高频头的组成：高频头由输入回路、高频放大器、本机振荡器和混频器等四大部分组成，其原理方框图如图21-2所示。

高频头的分类：高频调谐器可按工作频率、调谐方式及组装方式等进行分类。若按工作频率划分，可分为VHF(30~300MHz)和UHF(470~1000MHz)高频头；按调谐方式划分，又可分为机械式(有转盘和转鼓两种)和电子式高频头；按组装方式划分，可分为VHF和UHF分立式、VHF与UHF一体式高频头。此外，还可按频率微调方式划分，可分为公共微调和独立微调高频头等。其中常用的高频头种类有滚筒式VHF高频头、转盘式VHF高频头、调容式UHF高频头及全频道电子调谐高频头等类型。

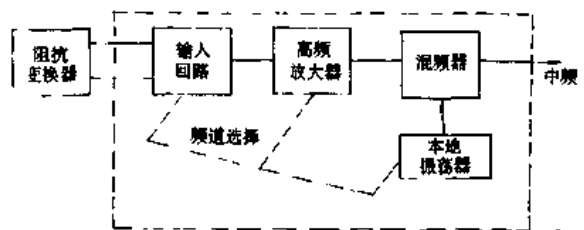


图 21-2

此外，还可按频率微调方式划分，可分为公共微调和独立微调高频头等。其中常用的高频头种类有滚筒式VHF高频头、转盘式VHF高频头、调容式UHF高频头及全频道电子调谐高频头等类型。

### 一、机械调谐高频头

机械式高频头主要运用于黑白电视机中，它又分为VHF(甚高频)调谐器和UHF(特高频)调谐器两种。VHF高频头用于接收1~12频道的电视信号，可独立工作；UHF高频头需与VHF高频头配合，方可接收13~57频道的电视信号。

#### (一)VHF机械式高频头

##### 1. VHF机械式高频头的结构原理与特点

机械式VHF高频头的方框原理图如图21-3所示。它由输入电路、高频放大器、本机振荡器和混频器四部分组成。VHF高频头是利用鼓形开关来切换频道和用微调电感来实现频率调谐的。其工作原理是：

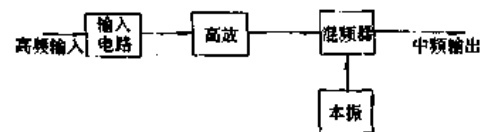


图 21-3

由输入电路初步选择所需接收的某一频道信号,通过高频放大器得到放大,其它频率的干扰信号在此都被衰减,经放大的信号与本机振荡信号在混频器中混频,取出其差频信号,作为中频信号,再送到中频放大器中放大。

VHF 机械式高频头的典型产品是 KP-12(2、3)型,它是我国电子工业部门联合设计的定型产品,并广泛应用于各种国产黑白和彩色电视机。使用时旋转开关旋至所需频道,同时,旋动微调旋钮以获得最佳的图像和伴音。该高频头按我国 VHF 波段 1~12 频道设计,输入输出阻抗为  $75\Omega$ ,输出伴音中频为 30.5MHz,图像中频为 37MHz,具有 25dB 的功率增益。其电路原理图如图 21-4 所示。各线圈数据及各晶体管电压电流数据分别如表 21-1 和表 21-2 所示。

表 21-1 KP-12 型高频头各晶体管电压及电流数据表

编号	作用	$V_c(V)$	$V_b(V)$	$V_e(V)$	$I_c(mA)$
BG <sub>1</sub>	高放	1.8~2.4	2.5~2.9	7.5~8	1~1.2
BG <sub>2</sub>	振荡	0.6~0.9	1.2~1.4	10~10.5	1.5~2
BG <sub>3</sub>	混频	1.8~2.5	2.2~2.9	9.5~10	2~2.5

表 21-2 KP-12 型高频头线圈数据表

频道	各频道 L <sub>5</sub> ~L <sub>9</sub> 线圈圈数					备注	高通滤波器线圈				
	输入回路		双回路		本振回路		代号	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>
	L <sub>5</sub>	L <sub>6</sub>	L <sub>7</sub>	L <sub>8</sub>	L <sub>9</sub>		圈数	11	10	9	11
1	13	13	17	22	14	1. 虚线内线圈用 $\phi 0.31mm$ , 其余用 $\phi 0.41mm$ 漆包线; 2. 各线圈均平绕, 内径 $\phi 3.5mm$ , 空心脱胎; 3. L <sub>8</sub> 反绕。	线径	$\phi 0.41mm$			
2	11	11	16	19	12		绕法	平绕 内径 $\phi 3.5mm$ 空心脱胎			
3	10	8	14	17	11						
4	7	6	10	13	9						
5	6	5	9	10	8						
6	2	5	6	7	4						
7	2	5	5	6	4						
8	2	5	5	6	3						
9	2	5	5	5	3						
10	2	4	5	5	3						
11	2	4	4	5	2						
12	2	4	4	4	2						

## 2. VHF 机械式高频头的测试方法

(1) 外观检查: 观察高频头各连线有无松脱, 拨动频道开关, 有无接触不良的故障。若接触不良, 应将高频头拆开用无水酒精清洗。

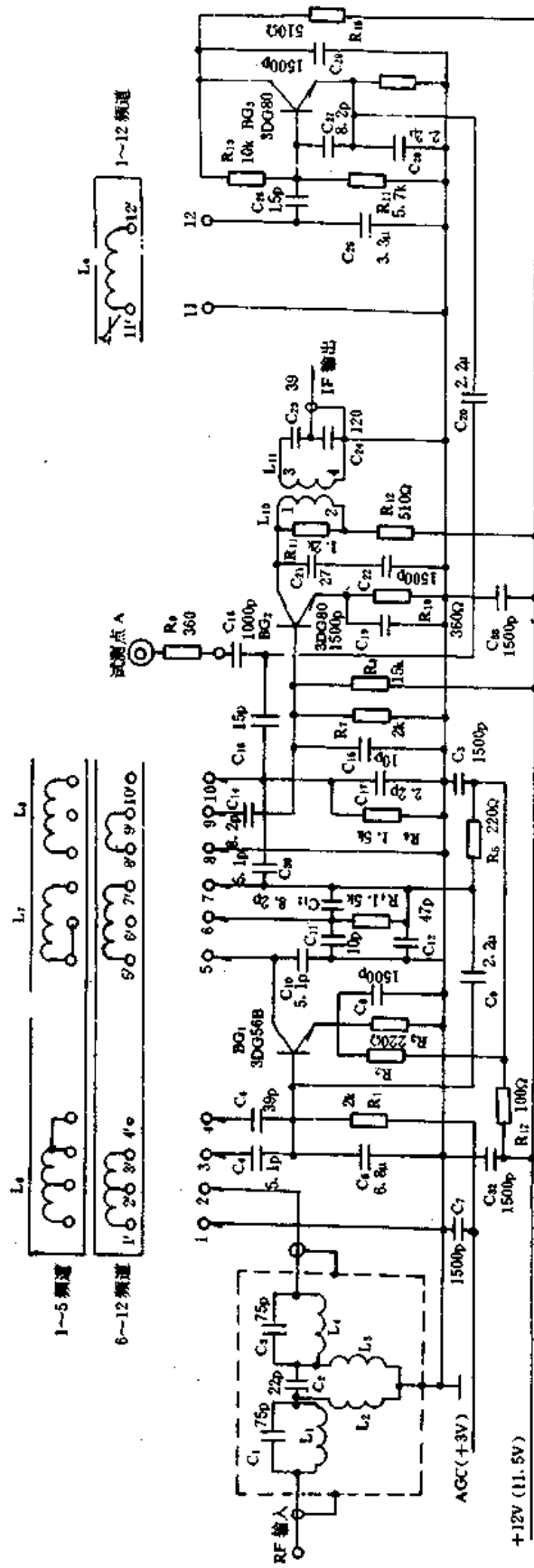


图 21-4

(2)外部测试:用万用表直流电压档检查高频头接线上的各点电压是否正常。主要测量 11.5V 供电电压和 3V 左右的 AGC 电压是否正常,若电压正常,需将高频头打开作进一步电压检测。

(3)内部测试:用万用表检测高频头(无图无声)故障的顺序如图 21-5 所示。

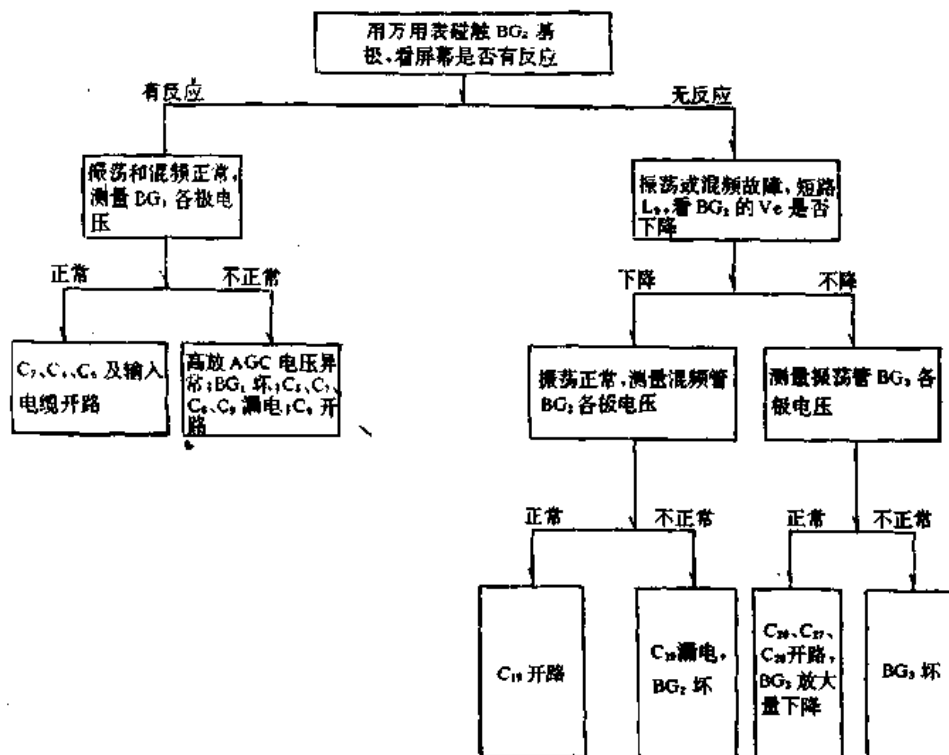


图 21-5

### 3. VHF 机械式高频头的故障维修

KP-12 型机械式 VHF 高频头的常见故障如表 21-3 所示。

表 21-3

故障现象	分析	常坏元件
各频道无图无声	公共耦合元件开路;调谐回路元件失效或损坏;晶体管损坏	C <sub>2</sub> 、C <sub>10</sub> 、C <sub>20</sub> 、C <sub>26</sub> 及输入输出电缆开路;C <sub>5</sub> 击穿;BG <sub>1</sub> ~BG <sub>3</sub> 损坏
某些频道无图无声	某些频道调谐回路开路,振荡停止工作或频率变化;耦合电容开路	L <sub>5</sub> ~L <sub>9</sub> 的触点 1'~12'开路;L <sub>5</sub> 调芯脱落;C <sub>4</sub> 、C <sub>6</sub> 开路
图像声音时有时无	元件接触不良	L <sub>5</sub> ~L <sub>9</sub> 触点 1~12 接触不良;BG <sub>1</sub> ~BG <sub>3</sub> 管脚虚焊
灵敏度低,画面雪花大,有时无彩色	除 AGC 电压异常外,高放、混频级增益下降,振荡过弱	C <sub>6</sub> 、C <sub>8</sub> 容量减少或开路;BG <sub>1</sub> ~BG <sub>3</sub> 放大量下降;C <sub>25</sub> 、C <sub>26</sub> 漏电
声音图像质量不能兼顾	振荡回路失谐,振荡回路频率偏移	C <sub>10</sub> 、C <sub>27</sub> 、C <sub>28</sub> 开路;L <sub>7</sub> 、L <sub>8</sub> 变值或 L <sub>9</sub> 调芯移位

### (二)UHF 机械式高频头

## 1. UHF 机械式高频头的结构原理与特点

UHF 机械式高频头的方框原理图如图 21-6 所示。当 VHF 高频头置于“U”频段时，VHF 高频头内的高放和混频转换成“U”频段中的中放电路，本振电路停振，同时 UHF 高频头内的电源被接通。从天线来的电视信号经过 UHF 高频头内的高放及混频电路后，得到中频信号，再送入 VHF

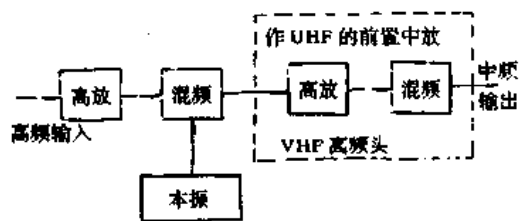


图 21-6

高频头进行前置中频放大，然后送到中频放大器中放大。UHF 高频头是通过四连可变电容器来实现选择电视频道的，电路结构采用谐振腔、分布电容、等效电感等组成振荡、选频、耦合电路。

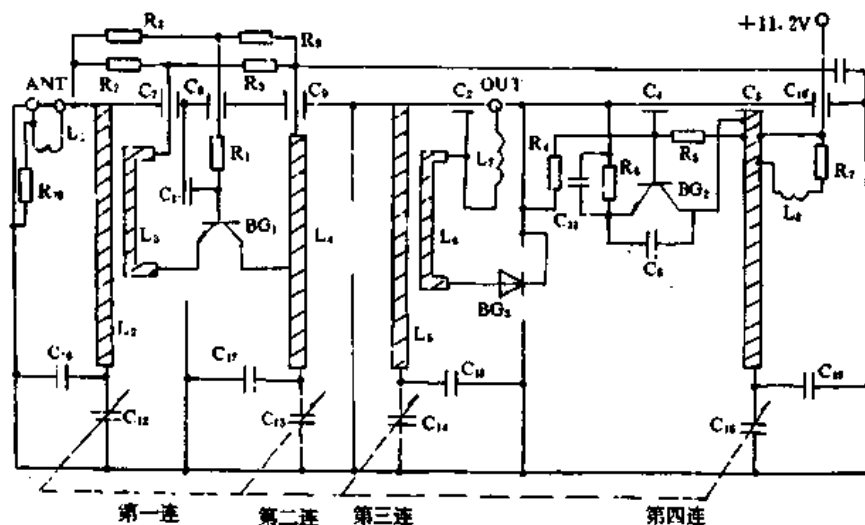


图 21-7

UHF 机械式高频头的典型产品有 JIT-2 型等，JIT-2 型高频头的电路原理图如图 21-7 所示。

## 2. UHF 机械式高频头的测试方法

(1) 外观检查：观察 11.2V 电源线和各插头有无松脱。穿芯电容间的几只电阻是否焊接良好，壳体是否严重锈蚀而影响电气性能，调谐轴机构是否性能良好。

(2) 电压测试法：判断 UHF 高频头工作是否正常，可用万用表直流电压档测量  $BG_1$ 、 $BG_2$  电压，正常供电情况下， $BG_1$  三极管 C、B、E 极电压分别为 11.2V、3.4V、2.8V（表明  $BG_1$  三极管性能良好）。 $BG_2$  是振荡管，它的 C、B、E 电压分别为 10.5V、6.4V、6.2V（表明  $BG_2$  三极管性能良好）。在实际检修中  $BG_1$  和  $BG_2$ （肖特基二极管）较易损坏。

(3) 电流测试法：正常电流为 16mA 左右，若电流过大，很可能是第二连动片、定片在转动时碰片引起的。可用万用表笔分别接外壳和  $C_9$  穿芯电容，万用表量程置于  $R \times 1k$  档。转动调谐器轴柄，发现有短路的地方时，可用小改锥把动片拨开一些，但不能拨得太多，以免影响频率特性。 $C_9$ 、 $C_{10}$  穿芯电容短路，也会造成电流过大的故障。若电流过小，应仔细观察电路有无脱焊处。

(4) 电阻测试法：测量混频管  $BG_3$  电阻时，只需拔下双头线的一端，万用表置于  $R \times 1k$

档,正向电阻为  $3\sim 4k\Omega$ ,反向电阻为  $500k\Omega$  左右,若反向电阻过小,则灵敏度会明显降低。各穿芯电容也可用万用表测量它们的开路电阻来判定其好坏。

### 3. UHF 机械式高频头的故障维修

这里仅以 J1T-2 型高频头为例,介绍常见故障及修复方法如下:

(1)灵敏度低:出现灵敏度低故障时,这时测量出的电压、电流值均正常,一般是无引线电容脱焊所致,特别是由于焊接时过热,易造成银层脱落,但整个片基本还在原位置,可用小改锥拨动  $R_1$ 、 $BG_1$  便可发现脱焊故障。 $C_1$  为  $36pF$  无引线电容,难以购买,可用  $36pF$  有引线瓷介电容代换,引线应尽可能剪短些。

(2)图像不稳定:出现图像不稳故障时,主要应检查动片轴上的几只镀青铜弹簧片的弹性是否良好。若低频端图像不稳定,应检查第一连的簧片,高频端图像不稳定时,则应检查第四连的簧片。用烙铁将簧片烫下后,重新校正,使其恢复弹性,并用无水酒精将其清洗干净,按原样装好即可。

经过修理后的 UHF 高频头,若有条件时,最好用扫频仪进行必要的调整。

## 二、电子调谐高频头

电子调谐高频头是通过改变调谐电路中变容二极管的电容量来实现频道转换的。它能克服机械式高频头触点可靠性差的缺点,便于节目预选,并能自动转换频道和遥控,是高频头发展的方向。

### 1. 电子调谐高频头的结构原理与特点

电子调谐高频头的方框原理图如图 21-8 所示。电子调谐高频头只有一个天线输入端,为了分离 VHF 和 UHF 电视信号,加有 U/V 分离电路,在信号送往 UHF 端加高通滤波器,在信号送往 VHF 端加低通滤波器。在 VHF 输入调谐回路之前,设有中频陷波器,输入电路是变容二极管调谐的单调谐回路,信号经输入电路选择后进入高放,这是一级双栅场效应管放大器,经放大后通过变容管调谐的双调谐互感耦合回路进一步选择以达到选择性要求,然后进入变频级,与本振送来的本振信号在混频器中混频,选出固定的中频信号。VHF 本振电路采用变容管调谐的克拉泼电路。

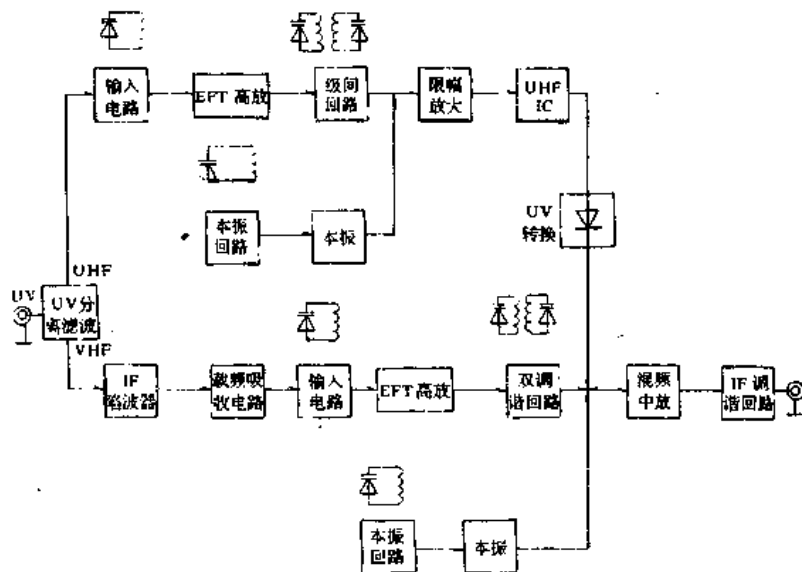


图 21-8

在信号送往 UHF 端输入电路之前,加有高通滤波器,输入回路采用变容管调谐的传输线型单调回路,UHF 高放也采用双栅场效应管做放大器,通过级间变容二极管调谐的双调谐耦合回路的选择,保证了信号的带宽和选择性,它和本振送来的本振信号一同进入混频器进行混频,得到 UHF 的中频信号。

调谐电路:在调谐电路中,电容比等于频率比的平方,即  $C_{max}/C_{min} = (f_{max}/f_{min})^2$ 。

在 UHF 广播电视波段有:  $f_{max}/f_{min} = 958\text{MHz}/470\text{MHz} = 2.03$ , 则  $C_{max}/C_{min} = 2.03^2 \approx 4.2$ 。这样的变容管是很容易生产的。所以,UHF 波段的调谐电路很简单,只需给变容二极管  $D_c$  加上调谐电压  $V_i$  即可,其具体电路图如图 21-9 所示。其中,  $W$  是调谐电位器,  $C_1$  是隔直大电容,  $L$  是调谐回路电感。

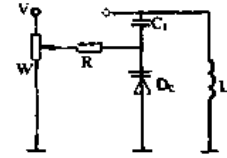


图 21-9

但是,在 VHF 波段,按我国规定  $f_{max}/f_{min} = 230\text{MHz}/48.5\text{MHz} = 4.74$ , 那么  $C_{max}/C_{min} = 4.74^2 = 22.5$ 。这样大的电容比变容管目前是难以生产的,因此,常把 12 频道分为两段, I 波段 1~5 频道, II 波段 6~12 频道,这样只要求电容比为 2~3 即可满足。VHF 波段的调谐电路如图 21-10 所示,与 UHF 波段调谐电路不同之处是:VHF 调谐电路中的电感被分为两段  $L_1$ 、 $L_2$ ,还要加上 I、II 波段切换电路:

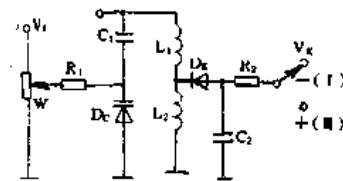


图 21-10

切换电压  $V_k$  (有负压和正压),开关二极管  $D_k$ ,旁路电容  $C_2$ 。当  $V_k$  为负压时,  $D_k$  截止,频率由  $D_c$ 、 $(L_1+L_2)$  决定;当  $V_k$  为正压时,  $D_k$  导通,频率只由  $D_c$ 、 $L_1$  决定。

变频方式:UHF 调谐器的变频方式有两种,一种为一次变频方式;另一种为二次变频方式。这两种变频方式的原理图分别如图 21-11(a)、(b)所示。

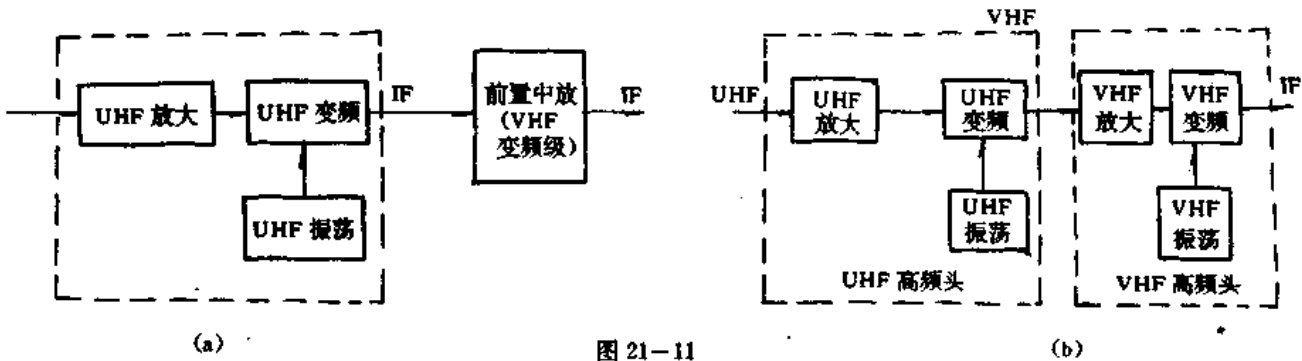


图 21-11

## 2. 电子调谐高频头的测试方法

电子调谐高频头的测试方法,与前面介绍的机械式高频头测试方法大致相同,可运用万用表的“电压测试法”、“电阻测试法”、“电流测试法”等进行检测。这些方法的具体操作将在后面的故障检修中加以详述。

检测电子调谐高频头的步骤是:首先测试外围电路,如调整调谐电压,若图像能恢复正常,则说明高频头基本正常,故障在调谐电压形成电路;也可以将调谐电压输入端断开,用万用表直流电压档测试调谐电压,如发现读数不稳,则说明故障在高频头外部。然后再测试高频头内部,内部调谐回路的测试可用电阻法断定。用万用表  $R \times 10k$  档,测量高频头的调谐电压输入端与地之间的电阻(红表笔接地),正常时其电阻为无穷大,如有阻值或阻值不稳,

则说明是变容二极管或者退耦电路的旁路电容漏电。然后再逐一开路,测量其反向电阻和漏电情况。最后找出故障元件。

### 3. 电子调谐高频头常见故障的检测与修复

在检修电子调谐高频头时,必须确定是否真是电子调谐高频头的故障,它易和中放电路所产生的故障相混淆。判别方法是:如果屏幕上的噪点又多又密,将音量电位器开大,扬声器里有“沙沙”噪声,则故障出在电子高频头或供电电路;用镊子碰触公共通道输入端,如果毫无反应,故障部位在中放通道,若碰触中放输入端,屏幕上出现杂纹干扰,扬声器有“喀喀”响声,则中放通道无故障,可判定是电子高频头故障。

(1)频率漂移(逃台)。每次收看电视节目,均要进行频率微调,但过一会儿图像、伴音又自动消失。

检查外围电路。用万用表测量高频头调谐电压输入端,当出现故障时该点电压会跳变或下降。将该点(BT点)和AFC端与电路板分开,测量外电路调谐电压,若仍跳变或下降,则可判定外电路有故障所致。外电路故障主要是:供调谐电压的30V稳压二极管热稳定性差;调谐电位器或预选器切换开关触点氧化,需用酒精清洗。

检查UHF部分:将高频头BT端与电路板开路后,调谐电压回升,并稳定下来,表明故障在高频头内部。关机后,万用表置于 $R \times 10k$ 档,红表笔接地,黑表笔接高频头BT端,利用变容二极管反向电阻极大的原理,测BT端对地电阻,所有电子调谐高频头用此法测量时,电阻均应无穷大(注意:应在热机出现故障时测量),若阻值不稳或下降,应设法将UHF部分调谐电压供电网络从外电路或高频头内与总体调谐电压分离,分离后,若VHF的BT点电压恢复正常(电阻无穷大)表明故障在UHF部分,UHF部分出故障的概率最高,主要原因是UHF中使用的楔片电容漏电所致,如图21-12所示。此电容无引线,电容基片两面镀上银层,表面未作处理,使用时垂直插入印刷电路板,印刷电路板上的锡层与电容银层直接焊接。在高压电场作用下,银离子发生爬移,形成一条条黑色氧化银线,造成漏电。

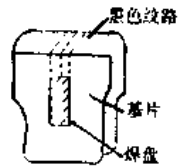


图 21-12

修复方法是:打开高频头屏蔽板,仔细观察楔片电容的边沿,若发现黑色条纹,即用双0号水砂纸,细心地、力量适度地将其打磨干净。有的电容被槽路电感(一般为粗铜线或铜片)遮挡,需拨开等打磨后再将电感复原。

电子高频头的“逃台”故障经此法修理,一般都可解决,但还有极少数故障应视具体情况仔细查找,可用上述“电阻测量法”逐步断开BT-U回路。当断开某段回路后,阻值恢复正常,漏电原因便在此段相关电路内,可采取相应措施加以排除。

检查VHF部分。若故障系VHF出现漏电,仍可采用“电阻测量法”查找,逐段分割UHF部分调谐电路,便可找出故障原因,主要应检查各瓷管、楔片电容,若发现有氧化银漏电物,应用双0号砂纸打磨、清洗干净使故障排除。

(2)某些频段收不到电视信号。

该故障是由于开关电压供电不正常或开关二极管不良所致。重点应检查高频头外围开关供电回路,检测高频头各端点电压,若在不应有电压时出现电压(哪怕极微弱也是不允许的),若应有的电压又没有,也是不允许的,应检查相关电路,找出故障。

(3)灵敏度低,但能收到电视信号。



**AGC 故障:**若 AGC 电压不正常,会改变高放管工作点,使整机灵敏度下降。可测量高频头 AGC 电压,采用双栅场效应管作高放的调谐器,无信号时,该点电压在 9V 左右,信号很强时有所下降。对一般用三极管作高放管的调谐器,该电压为 3V 左右,信号很强时有所上升。若 AGC 电压异常,可断开 AGC 接点,再测量 AGC 电压,若仍异常,则为 AGC 故障。应急修理时,可人为提供 AGC 电压,方法是:将 AGC 接点与外电路开路,若是场效应高放管,可用一只  $3k\Omega$  左右电阻,一端接调谐器+12V 供电端,另一端接 AGC 引脚。若是三极管作高放管的调谐器,则可用电阻在+12V 电源和地间分压,得到+3V 电压提供 AGC 电压。两只分压电阻串联点阻值一般不超过  $15k\Omega$  为宜。

**变容二极管失效:**变容二极管损坏,或变容损坏后,代换管与原管参数不一致,使回路失谐,从而降低了灵敏度。解决的方法是:若本振回路的变容二极管损坏,可直接换新管,若参数有差异,一般只影响调谐刻度指示,对其它性能无影响,若是其它回路变容二极管损坏,则取本振回路的变容二极管代换,然后用新管代换本振回路的变容二极管。

#### 4. 电子调谐高频头的代换

电子调谐高频头工作频率高,对图像、伴音影响甚大。实际代换中,主要考虑的关键是  $B_L$ 、 $B_R$ 、 $B_U$ 、 $B_M$ 、 $T_{U-U}$ 、 $T_{U-V}$ 、AGC 的电压及 AFT 特性,其次考虑几何尺寸,引出脚是否相同。

目前,电子调谐高频头工作电压多用 12V;AFT 电压多用 6.5V;AGC 电压虽然各有不同,但大多数采用负向 AGC,如果 AGC 静态电压值不一样,只要改变电路板上 AGC 分压电阻的大小即可。

如果代换的电子调谐高频头几何尺寸与引出接线柱不一样,不能直接将其插入电路板,可用导线连接接线柱和电路板相应各点,但导线应尽可能短。中频输出应采用屏蔽电缆,以防干扰。

## 第二十二章 电视用各类变压器的测试与维修

在电视机中,使用了许多不同种类的变压器,除了前面介绍的行输出变压器外,还有电源变压器、开关电源变压器、行推动变压器、行振荡变压器、场振荡变压器、音频输出变压器、中频变压器、枕校变压器等类型。它们的故障率比较高,容易损坏。下面将分别介绍其测试检修方法。

### 一、电源变压器

电源变压器主要在黑白电视机中使用(早期生产的彩色电视机也采用电源变压器),其作用是将 220V 市电变成不同电压的交流电,然后经整流、滤波、稳压后输出稳定的直流电压,供电视机电路工作。

#### 1. 电源变压器的测试方法

(1)直观检查。直观检查就是观察变压器外表有无异常情况,即观察变压器线圈外层绝缘介质是否发黑,有无炭化或因跳火燃烧而造成的焦孔,有无焦味,通过直观检查还可发现各线圈线头有无断线,铁芯是否松散等故障现象。

(2)线圈直流电阻的测试。将万用表拨至  $R \times 1\Omega$  档,两表笔分别接变压器初级线圈两端,一般 31~44cm(12~17 英寸)晶体管黑白电视机电源变压器初级线圈直流电阻为 60~70 $\Omega$  范围内,若阻值远大于正常值,说明该线圈接触不良或断路;若阻值远小于正常值甚至为零,说明线圈有短路故障。

(3)绝缘测试。电源变压器各线圈之间及各线圈与铁芯之间应有良好的绝缘,变压器绝缘电阻的大小与其本身的温度高低,绝缘材料的潮湿程度,所加测试电压的高低及时间长短有关。测试方法是用 1000V 兆欧表,起摇 1 分钟后,各线圈及线圈之间的电阻值应大于 100M $\Omega$ ,若手头无兆欧表,也可用万用表粗测,方法是:将万用表量程置于  $R \times 10k$  或  $R \times 100k$  档(该档许多万用表没有),万用表表笔分别接触各线圈、铁芯、线圈与铁芯之间的电阻。表针指示应无穷大。

(4)通电测试。经上述检查后,电源变压器可通电作进一步测试,以判断电源变压器匝间有无击穿短路,输出电压是否正常,通电时,可串接一只保险丝。电源变压器初级线圈接 220V,次级绕组让其空着,如图 22-1 所示。

通电后,若保险丝随即熔断,说明电源变压器严重短路,若保险丝虽未熔断,但变压器发出“嗡嗡”哼声,并且温度在短时间内上升,甚至烫手(正常时应微热),说明电源变压器有短路故障。

在上述测试中,若电源变压器无不良反应,可用万用表测量次级输出的电压是否正常。

#### 2. 电源变压器维修方法

(1)绕组与铁芯短路。可仔细查找短路点(一般在线圈外侧),找出后,用绝缘胶带或绝缘

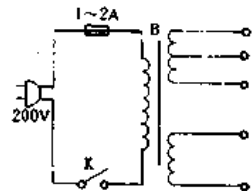


图 22-1

清漆将短路点与铁芯隔开,或者索性将电源变压器与电视机底板隔离。

(2)绕组与静电屏蔽层短路。将静电屏蔽层与地的接头断开,为防止干扰,可在电源变压器的初级线圈或次级线圈中并联一个  $0.47\mu\text{F}/600\text{V}$  的电容器。

(3)绕组断线。电源变压器次级绕组有一组断线后,可利用另一组完好的次级绕组,只需将全波整流改为桥式整流即可。

### 3. 电源变压器的代换方法

(1)外形。代换的电源变压器外形和体积在原位置应可容纳。

(2)供电电压。一般电源变压器供电电压为交流  $220\text{V}$ ,有少数进口电视机采用  $200\text{V}$  和  $110\text{V}$  交流电压供电(如日本本国使用的电视机采用  $110\text{V}$  供电),在代换时应考虑这一因素。

(3)输出电压。代换的电源变压器输出的各路电压应与原变压器一致,不要超过  $5\%$ 。

## 二、开关电源变压器

彩色电视机大部分采用了开关电源电路,因为开关电源具有效率高,功耗低等特点,而开关电源变压器是开关电源的主要元件。

### 1. 开关电源变压器的测试方法

(1)外观检查。开关电源变压器工作频率较高,为  $15625\text{Hz}$ ,大部分使用磁性材料来导磁,常见故障是绕组之间漏电或短路,使电视机无光栅、伴音。检查时首先应从外表来观察,是否有打火烧焦的痕迹,外表是否太脏,各引脚间是否有污物(有些开关电源变压器各引脚间距很小,如三洋 83P 机芯开关电源变压器),由于开关电源变压器是紧贴印刷电路板安装的,容易积灰,碰到气候或环境潮湿,易放电打火。

(2)万用表测试。开关电源变压器外观无问题,可用万用表测量其电阻值,判断线圈是否有断路故障。用万用表对短路较为严重的开关电源变压器也可测出,测量时可选择适当的电阻档,使测量的电阻值在中值附近,根据绕组的匝数及使用的线径,查出漆包线的每米欧姆值,计算绕组的欧姆值,与测量的电阻值比较,就能判断是否有短路现象,但这只是粗略测量,有些开关电源变压器由于匝间绝缘击穿,或层间绝缘击穿,电阻值相差不多,就不一定能测量出来。

开关电源变压器各绕组之间的绝缘电阻为无穷大,各绕组和磁芯(铁芯)之间的绝缘电阻也应该是无穷大。

(3)替代测试。若手头有一只同规格的开关电源变压器,可采用替代测试,该法直观、省事。

### 2. 开关电源变压器维修方法

(1)放电打火。一般在外表观察到的放电打火是由于开关电源变压器引脚有污物和绝缘破损引起的。维修方法:将开关电源变压器取下,用无水酒精和医用棉球,彻底清洗开关电源变压器引脚、外表面、印刷电路板。如果发现绝缘破损,可用绿纶胶带将破损处缠好。

(2)线圈断路。发现开关电源变压器有断路故障时,应首先察看断线是否在变压器的引脚旁(易出现线头假焊的故障)。用镊子拨弄各引出线,便可较快地发现故障点。

(3)磁芯破裂。磁芯破裂可用胶粘剂粘合牢固后使用,对电视机无不良影响。

(4)线圈短路。应查清是哪组线圈短路,然后将线圈拆下(应记清匝数、位置、绕向、引

脚)后重绕。

### 三、行推动变压器

行推动变压器又称行激励变压器。黑白电视机和彩色电视机用它来作行推动级和行输出级之间的耦合。主要作用是将行推动管的行频开关脉冲信号耦合到行输出管基极,控制行输出管工作在开关状态。当行输出管导通时以足够的基极电流使其饱和导通,当行输出管转为截止时,以足够大的基极反向电压使其可靠截止,行激励变压器另一作用是为了阻抗匹配,采用的是降压变压器。

#### 1. 黑白电视机行推动变压器的测试方法

在实际检修中,可用万用表  $R \times 1$  档测量初、次级线圈的直流电阻值,初级线圈阻值为数欧姆,次级线圈阻值为  $1\Omega$  以下。

将万用表置于  $R \times 10k$  档,测试初、次级绕组之间的绝缘电阻值应为无穷大,线圈与铁芯的绝缘电阻也应无穷大。

#### 2. 黑白电视机行推动变压器的代换方法

黑白电视机虽品种型号很多,但行推动级的电源电压多采用  $12V$ ,只要绕组的匝数接近,便于安装,一般均可代换,有些行推动变压器相位不对,可将初级或次级两个绕组中的任何一组的两根引线对调。

#### 3. 彩色电视机行推动变压器的测试方法

在实际检修中,可用万用表直流电阻档测试其质量的好坏。行推动变压器初级线圈所用漆包线较细( $\Phi 0.08 \sim \Phi 0.12mm$ ),匝数较多,直流电阻值为几十欧左右,次级线圈漆包线较粗( $\Phi 0.27 \sim \Phi 0.51mm$ ),匝数较少,直流电阻值为  $0.5\Omega$  以下(在测试行推动变压器直流电阻时,万用表置于  $R \times 1\Omega$  档)。

将万用表置于  $R \times 10k$  档,测试初、次级绕组之间的绝缘电阻值应为无穷大,如表针有指示,表明该变压器绝缘不良或损坏。

#### 4. 彩色电视机行推动变压器的维修方法

彩色电视机行推动变压器由于初级所用的漆包线较细,易产生断路现象(有些是漆包线引线与端子接触不良),可用烙铁将引脚焊几下后拿开,看看是否接通,阻值是否在规定范围内,有些变压器经这样维修后,阻值偏离正常值,这是内部绕组有问题所致。

### 四、行振荡变压器

黑白电视机大多数均采用了行振荡变压器,其外形和结构如图 22-2 所示。通过调整磁芯的上下位置,即可改变其电感量。

#### 1. 行振荡变压器的测试方法

检测行振荡变压器的方法是:将万用表量程置于  $R \times 1\Omega$  档,测量线圈是否正常导通,并有数欧姆的电阻值,检查磁芯有无破碎。

#### 2. 行振荡变压器的维修方法

(1)断线。该故障最为常见。当行振荡变压器断线时,行振荡级停止工作,屏幕无光。断线一般断在引脚旁边,用镊子一一拨动引出线便可很快发现故障,重新焊接后便可继续使用。

(2)引脚松动。该故障也常出现。维修方法是:用烙铁在引脚上加热待底座塑料软化后,

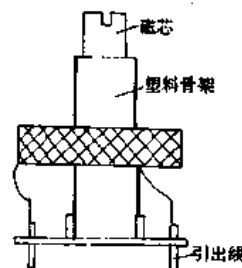


图 22-2

然后移开烙铁待引脚紧固后便可上机使用。

(3)磁芯破裂。磁芯破裂可用胶粘剂粘合。若磁芯破裂后有些小磁块已丢失,造成行不同步,可适当调整磁芯,使故障排除。

### 3. 行振荡变压器的代换方法

可用参数数据相近的其它行振荡变压器代换。代换后,若出现行不同步的故障往往是代换的行振荡变压器与原行振荡变压器参数数据有差异,应重新调整磁芯。若出现行振荡级不起振的故障,这是由于代换的行振荡变压器相位不符所致,只需将两个引线头对调即可。

## 五、场振荡变压器

有些黑白电视机采用了间歇振荡场扫描电路,场振荡变压器是场振荡级的重要元件。由于场振荡频率较低,故场振荡变压器多采用铁芯。

### 1. 场振荡变压器的测试方法

场振荡变压器的初级和次级均有一定的直流电阻,因此可利用万用表的电阻档对其进行检测。例如,ZZB-2型场振荡变压器的初级直流电阻值为 $110\Omega$ ,次级 I 的直流电阻为 $16\Omega$ ,次级 II 的直流电阻为 $275\Omega$ ;再如 ZZB-3 型场振荡变压器的初级直流电阻值为 $60\Omega$ ,次级 I 为 $9.2\Omega$ ,次级 II 为 $158\Omega$ 。若用万用表测得其电阻值为 $\infty$ ,则表明线圈断路,若测得其电阻值很小甚至为零,则表明线圈有短路现象。

### 2. 场振荡变压器的维修方法

场振荡变压器常见故障是线圈霉断,可将损坏的绕组拆开重绕(注意,一定要用新漆包线)。在拆卸之前,要仔细检查断线是否在引脚旁,若在引脚旁只要焊好便可使用。

### 3. 场振荡变压器的代换方法

可用参数相近的场振荡变压器代换,也可用晶体管收音机的推挽输出变压器代换,代换时,输出变压器的初级线圈作振荡线圈,次级线圈作反馈线圈,外接一个 $0.01\mu\text{F}$ 电容器 C 和一个 $4.7\text{k}\Omega$ 左右的电阻,如图 22-3 所示,电容器 C 作耦合同步信号用,电阻器 R 可防止图像抖动,若发现场电路不起振,可将代用的变压器初级或次级两个接头互调。

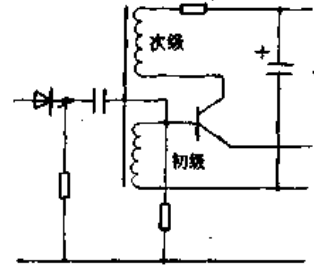


图 22-3

## 六、音频输出变压器

音频输出变压器的主要作用是使音频功放输出管的输出阻抗与扬声器阻抗相匹配。

### 1. 音频输出变压器的测试方法

音频输出变压器主要故障为开路、绕组间短路、初、次级短路、绕组与铁芯相碰等。

(1)电阻测试。用万用表电阻档分别测试变压器初级绕组和次级绕组的直流电阻值,若测得的阻值为无穷大,表明线圈开路,阻值很小甚至为零,表明线圈短路。

(2)脉冲检查法。用万用表 $R\times 1\Omega$ 档(内接 $1.5\text{V}$ 直流电压),采用“一搭一放”的方法碰触输出变压器的初级绕组两端,若次级所接的扬声器发出相应的“咯咯”声,表明变压器性能良好;若声音很轻,表明变压器有局部短路故障;若无声,表明变压器绕组开路或短路。

### 2. 音频输出变压器的代换方法

电视机伴音输出级的工作电压,常见的有 $12\text{V}$ 和 $100\text{V}$ 两种,在代换时首先应注意这一点。

(1) 12V 供电的输出变压器,可用台式晶体管收音机的输出变压器代换,由于电视机的功放级的供电电压比收音机的供电电压高,所以代换的音频输出变压器,最好利用初级头尾两个接头,中心抽头让其空着。

(2) 100V 供电的输出变压器,可用功率为 2W 的线间变压器代换,接线方法如图 22-4 所示。

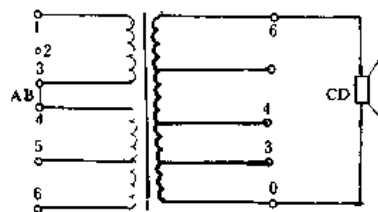


图 22-4

## 七、中频变压器

中频变压器在黑白和彩色电视机中广泛采用,主要起中频选频滤波、匹配耦合、吸收及频率补偿等。

### 1. 中频变压器的测试方法

中频变压器引脚与屏蔽罩之间的绝缘电阻应不小于  $100\text{M}\Omega$ ,初、次级绕组间的绝缘电阻应不小于  $10\text{M}\Omega$ 。若万用表指针指向零位,表明绕组引出端与屏蔽罩之间短路或初、次级绕组短路。

### 2. 中频变压器的维修方法

(1) 断路。通常是由于线圈受潮霉断所致,修理时用电烙铁先将线圈接头烫开,细心地一匝一匝拆下线圈,仔细寻找断点,并记清匝数、绕向及抽头位置,然后用高强度漆包线绕制。

(2) 短路。将中频变压器屏蔽罩取下,检查线圈的引出脚有无碰壳的地方,若发现短路处,应将引出脚拨离屏蔽罩。若导线的短路处在内部,应重新绕制。

(3) 电感量不够。将中频变压器磁芯旋到最深处,谐振点还不是最佳位置,表明电感量不够,可增大并联在初级线圈上的槽路电容,故障即可排除。

(4) 磁芯滑牙。易造成图像、伴音的不稳定,修理方法是将磁芯取出,在磁芯同衬套之间放一根细橡皮筋,再按原样装好。

如果磁芯滑牙是由于磁芯螺纹损坏引起的,应更换同规格的磁芯。

(5) 谐振回路电容器损坏。中频变压器内部并有谐振回路电容器,若该电容器受潮或粘有潮湿的灰尘,会产生漏电。修理方法是将中频变压器取下、拆开,用无水酒精清洗电容器和引脚,并且用电吹风将其烘干即可。若电容器漏电或击穿应更换。

## 八、枕校变压器

枕校变压器的主要作用是校正彩电显像管光栅的枕形失真(新型的彩色显像管已不用枕校变压器)。其原理图如图 22-5 所示。

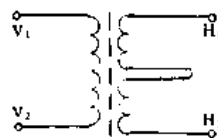


图 22-5

### 1. 枕校变压器的测试方法

用万用表  $R \times 1\Omega$  档测量  $V_1$ 、 $V_2$  和  $H_1$ 、 $H_2$  的线圈是否通路。 $R \times 10k$  档测量绕组与绕组之间。绕组与铁芯之间绝缘电阻应无穷大。

### 2. 枕校变压器的维修方法

(1) 断路。枕校变压器线径较粗,内部不易出现断路故障。一般是线头、线尾与引脚处断线或接触不良,应仔细查找,发现故障点,用烙铁焊好即可。

(2) 短路。查找短路是否在外部,若在外部可设法隔离或采取必要的绝缘措施,若短路是由于内部漆包线霉变引起的,应拆开重绕。

### 3. 枕校变压器的代换方法

枕校变压器损坏可用参数和规格基本相同的枕校变压器代换。若一时找不到合适的枕

较变压器代换,可省去不用,此时光栅虽有枕形失真,但不影响电视机其它元器件正常工作,可继续收看,待有合适的枕较变压器再换上。

## 第二十三章 音响用各类变压器的测试与维修

在音响设备中,使用了许多种不同类型的变压器,如电源变压器、输入输出变压器、超音频变压器、中频变压器等,它们的种类多、故障率高,下面,特将这些变压器的测试及修复方法加以介绍。

### 一、电源变压器

#### 1. 电源变压器的结构原理与特性

##### (1) 工作原理

变压器的原理图如图 23-1 所示。变压器接电源的线圈  $N_1$  称为初级绕组,而  $N_2$  为次级绕组。当初级绕组加上电源交流电压后,在变压器铁芯中产生交变磁场。由于铁芯的磁耦合作用,在次级线圈中产生感应电压。该电压若比初级绕组电压高,可称为升压变压器;该电压若比初级绕组电压低,可称为降压变压器,音响设备中大都采用降压变压器。

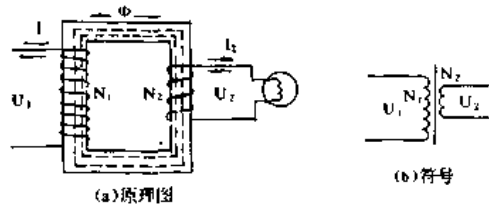


图 23-1

变压器初、次级电压比与初、次级绕组的匝数比满足下式:  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$ 。式中,  $V_1$  为初级电压,  $V_2$  为次级电压,  $N_1$  为初级绕组的匝数,  $N_2$  为次级绕组的匝数。

##### (2) 结构

##### ① 硅钢片种类。制作电源变压器的硅钢片

有不同的形状,分别如图 23-2 所示。图 23-2 (a) 为“EI”形,它的主要优点是初、次级共用一个骨架,铁芯对绕组形成保护外壳,使绕组不易受机械损伤,铁芯的散热面积大。它的缺点是

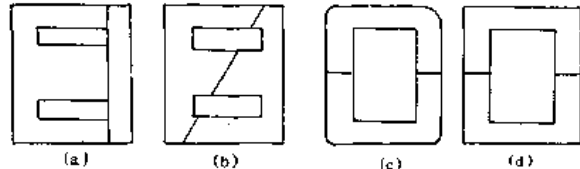


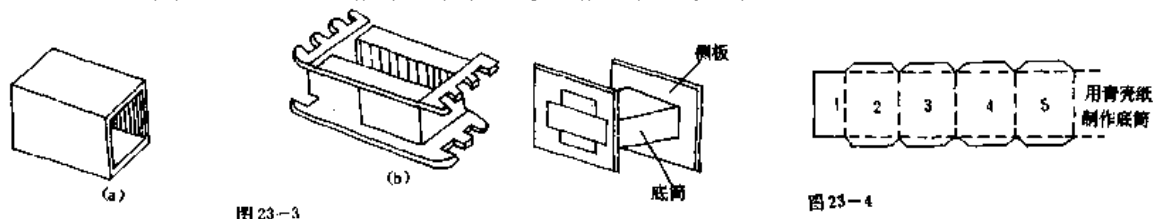
图 23-2

初、次级漏感大,外来磁场干扰也大,由于绕组平均周长较长,在同样匝数和铁芯截面条件下,所用漆包线较多。图 23-2(b) 是“F”形或斜口形铁芯,其效果类似“EI”形铁芯。图 23-2(c) 铁芯为“C”形铁芯,具有体积小、重量轻、质量高等优点。图 23-2(d) 铁芯为“□”字形铁芯,它常用在功率较大的变压器中,具有绝缘性能好,散热特性好,磁路短等优点。变压器的硅钢片,若用普通的黑铁片,其磁通密度差,约 0.5~0.7T,故导磁率低,铁损耗较大,易于发热;而硅钢片磁通密度较高,约 0.7~0.8T,优质硅钢片的磁通密度可达 1~1.2T;玻莫合金片铁芯,其磁通密度可高达 1.4~2.0T,从而大大缩小变压器体积,但成本较高,在一般电源变压器中不采用。

② 线圈骨架。线圈骨架主要有两种,一种是无侧边的骨架,外形如图 23-3(a) 所示。一种是有侧边的骨架,外形如图 23-3(b) 所示。无侧边的骨架易于制作和浸渍,绝缘强度高,



但绕线较复杂,匝与匝要排齐,层间要加绝缘。有侧边的骨架,绕线较简单(可乱绕),层间无须加绝缘,但绝缘性、可靠性差。无侧边骨架制作时大多采用 0.35~0.5mm 厚的青壳纸或坚硬的纸板,做一个与变压器铁芯柱相同的木芯,然后用纸(或纸板)沿着木芯卷一周,再用黄腊绸粘卷 1~2 层即可。制作用侧边骨架,选用胶纸板、胶布板、胶木化纤维板,要求应有足够的机械强度和绝缘强度,但不能太厚,以免占据铁芯窗口,先制作底筒,然后再装上侧板,如图 23-4 所示。并用胶水粘牢,骨架尺寸不能过大或过小。



③漆包线。绕制变压器的漆包线主要有油性漆包线(Q 型)和高强度漆包线(QQ 型、QZ 型)。可根据实际情况加以选用。

### (3)主要技术参数

①额定功率。变压器的额定功率是指在规定的频率和电压下变压器可长期工作而不超过规定温升的输出功率。额定功率中会有部分无功功率,故容量单位用伏安表示。

②效率。变压器效率是指变压器次级输出电功率与初级输入电功率比值的百分数,即效率 =  $\frac{\text{输出功率}}{\text{输入功率}} \times 100\%$ 。

③温升。温升是指当变压器通电工作后,其温度上升至稳定值后,变压器温度高出周围环境温度的数值。变压器的温升愈小愈好。有时该参数用最高温度来表示。

④绝缘电阻。理想变压器各绕组线圈之间,线圈匝与匝间、线圈与铁芯之间,在电气上应是完全绝缘的。但是,由于绝缘材料、工艺的原因会有一些的漏电流,不可能达到绝缘程度。变压器绝缘电阻是施加试验电压与产生的漏电流之比:绝缘电阻 =  $\frac{\text{施加电压(V)}}{\text{产生漏电流}(\mu\text{A})}$  (MΩ)。变压器绝缘电阻过低,会出现初、次级间、线圈与铁芯之间、线圈匝与匝间短路、漏电,甚至烧毁。

⑤漏电感。变压器初级线圈中电流产生的磁通并不是全部通过次级线圈,不通过次级线圈的这部分磁通叫漏磁通。由漏磁通产生的电感称为漏电感,简称漏感。漏感不仅影响变压器的效率及其它性能,也会影响变压器周围的电路工作,因此电源变压器的漏感越小越好。

### 2. 电源变压器的简易计算

电源变压器设计计算较复杂,但可进行简易计算。例如,绕一个音响放大器的电源变压器,其初级电压为 220V,次级电压为 35V,电流为 3A,简易计算方法如下:

(1)变压器次级总功率:  $P_2 = I_2 U_2 = 3(\text{A}) \times 35(\text{V}) = 105(\text{W})$ 。

(2)变压器初级输入功率:  $P_1 = \frac{P_2}{\eta}$ 。η 是变压器的效率。不同功率的变压器,其效率见表

23-1。  $P_1 = \frac{105}{0.9} \approx 117\text{W}$ 。

表 23-1

功率(W)	<10	10~30	35~50	50~100	100~200	>200
效率(%)	60~70	70~80	80~85	85~90	90~95	>95

(3)铁芯截面积: $S=K\sqrt{P_1}$ ( $\text{cm}^2$ )。式中,K为系数,与变压器和铁芯质量有关。变压器功率和系数(K)的关系如表 23-2 所示,取 K 为 1.35,则  $S=1.35\sqrt{117}\approx 14.6(\text{cm}^2)$ 。由于变压器铁芯是由 0.35~0.5mm 的硅钢片叠合而成,有一定空隙,需在 S 截面积上增加 10%,即: $S'=14.6\times 1.1\approx 16(\text{cm}^2)$ 。

(4)每伏匝数: $N_0=\frac{45}{B\times S'}$ 。式中,B为硅钢片的磁感应强度,单位为 T(特斯拉),取  $B=0.7\text{T}$ 。 $N_0=\frac{45}{0.7\times 16}=4\text{T/V}$ 。初级线圈匝数为  $220\times 4=880\text{T}$ 。由于变压器有一定损耗,次级线圈每伏匝数应加 5%,即: $35\times [4\times (1+0.05)]=147\text{T}$ 。

表 23-2

$P_1(\text{W})$	K
5~10	2~1.75
10~50	1.75~1.5
50~100	1.5~1.35
100~500	1.35~1.25
500~1000	1.25~1.00
1000~5000	1.00~0.7
5000 以上	0.7

(5)漆包线线径:初级电流  $I_1=\frac{P_1}{U_1}=\frac{117}{220}\approx 0.53(\text{A})$ ;导线允许电流密度取  $j=2.5\text{A}/\text{mm}^2$ ,由此求得初级线圈线径为: $\Phi=0.7\sqrt{I_1}=0.7\times\sqrt{0.53}=0.5(\text{mm})$ ,选用  $\Phi 0.51\text{mm}$  的漆包线。次级电流  $I_2=3\text{A}$ ,线径为  $\Phi=0.7\sqrt{3}=1.21(\text{mm})$ ,选用  $\Phi 1.25\text{mm}$  漆包线。

### 3. 电源变压器的测试方法

#### (1)直观检查

观察变压器线圈外层绝缘介质颜色有无发黑、炭化,或因跳火而造成的焦孔。通过观察还可以发现各线圈引线、引脚有无断线或松动。

#### (2)直流电阻的测量

用精度较高的万用表,测出直流电阻值后,根据绕组的匝数及使用的线径,查出漆包线的  $\text{km}/\Omega$ ,两者进行比较,就可粗略判断出线圈好坏。若阻值远大于正常值,说明该组线圈接触不良或断路;若阻值远小于正常值或等于零,说明线圈有短路故障。

#### (3)绝缘性能的检测

变压器线圈与铁芯之间、各线圈之间的绝缘性能可用 500V 兆欧表检测,其绝缘电阻应不小于  $1000\text{M}\Omega$ 。如果没有兆欧表,也可用万用表测量。将万用表量程置于  $10\text{k}\Omega$  档,表头指针应不动。

#### (4)通电检测

先不加负载,其测量电路如图 23-5 所示。通电后,应随时注意被测变压器有无异常反应。若发现线圈发烫、跳火、冒烟应随时切断电源。若无异常情况,可将调压变压器输出电压逐渐调至 220V,这时交流电流表的指示为  $I_0$ ,变压器空载时功率为  $P_0=U_1 I_0$ 。

$P_0$  若不大于电源变压器标称功率的 10%,则正常。然后用万用表依次测量次级绕组电压  $E_2$ 、 $E_3$ ,其电压值应比漏载输出电压大 5~10%。

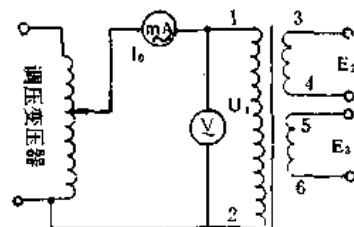


图 23-5

### (5) 相位判定

有时,需用两只变压器并联使用。若变压器没有相位的指示标记,可根据图 23-6 所示电路进行测量。接妥后即可通电,观察次级电压表的读数。如果电压表读数很低,甚至为零,表明是同相;如果电压表读数是正常变压器次级输出电压的两倍,则表明不是同相。只须改变其中任何一个变压器初级或次级两端的接线即可。

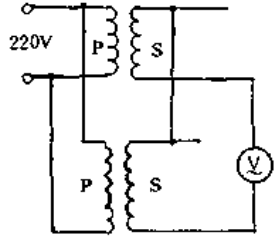


图 23-6

## 4. 电源变压器的故障维修

### (1) 线圈开路

用万用表测线圈引脚两端,若断路,须将变压器拆开检查。拆开时应注意,线圈的断头点一般出在引出线接口部位,可将线圈拆掉一匝,然后焊好即可。若断线发生在线圈绕组内层,在拆线圈时可观察到霉点或焦点,可采用局部修补法解决。将已损坏的层线拆开,并点清匝数,一直拆到无损坏处为止,然后用同样规格的漆包线重新绕好。若断线处在最里一层线包上,便只好重新绕制整个线圈。

### (2) 变压器绝缘不良

变压器受潮,可用烘箱烘干,温度控制在  $100\sim 120^{\circ}\text{C}$ ,连续烘 10 小时左右,直至满足绝缘性能为止,然后进行浸渍处理。对于其它原因所造成的绝缘不良,需重新绕制。

### (3) 变压器短路

变压器短路主要有:初级线圈短路(局部短路);次级线圈短路(局部短路);线圈与铁芯之间的短路。拆开检查时,若只有一二个霉点、焦点,可用局部修补法解决(用胶带隔离故障点);若霉点很多或变压器线圈已烧焦,需重新绕制。

## 二、输入、输出变压器

### 1. 输入、输出变压器的原理与特性

音频放大电路中,音频前置级与音频功放级间的耦合采用输入变压器;输出变压器主要用作音频功放输出管与扬声器之间的匹配。

#### (1) 输出变压器

输出变压器的结构与电源变压器有类似之处,通常它的初级缠绕在里面,而将次级线圈绕在外面。自然输出变压器也有许多不同于电源变压器之处,例如它的功率一般较小,大多数收音机电路中输出变压器的功率约为几百毫瓦至几瓦,对于大功率扩音机,其变压器的功率才达到数百瓦;另外输出变压器传输音频信号功率时,对信号的质量有严格的要求。由于这些原因,输出变压器在结构上具有以下特点:

①由于输出变压器功率较小,所以变压器体积较小。对于晶体管收音机中使用的输出变压器,通常选用 XE 型铁芯系列。另外由于音频功率的获得远比交流电源功率困难,所以必须尽可能地减少音频功率的损耗,同时输出变压器一般选用优质铁芯材料,以减小铁损。如选用优质硅钢片、坡莫合金等。

②由于铁芯材料的磁化特性是非线性的,在音频功率较小时,由于磁通密度较低,不过几百高斯,所以信号不致于失真。但在音频信号功率较大时,磁感应密度较大,磁化曲线的非线性就引起了音频信号的失真。因此,一般输出变压器为了减小音频信号的失真,其铁芯截面积选择得比相同功率的电源变压器大,以降低磁通密度。磁通密度越低,产生失真越小。

③输出变压器可以分为单端和推挽两种。对于单端输出变压器来说,由于初级线圈有直流电流通过,容易引起铁芯饱和,使铁芯实际导磁率下降很多,从而使初级电感减小,信号失真增加。为此,铁芯应采用对叠式,而且留有空隙,空隙的距离为 0.1~0.5mm 左右。

④输出变压器应有足够的绝缘强度。因为变压器的工作电压随时都有很大变化,特别是到次级接主负荷的线路断线而造成次级开路时,变压器初级电压则可能高达正常值的数倍。绝缘不好,就会造成击穿。特别是用于电子管功率放大器中的输出变压器,由于正常工作时工作电压就高,次级开路则更高,因此对绝缘的要求也就更高。

输出变压器安装时,必须将铁芯夹紧,否则铁芯会随着频信号而发生振动噪音,同时降低了变压器的功率。

## (2)输入变压器

在推动级和功率放大级间,通常采用变压器耦合,这一变压器则称为输入变压器,也称为推动变压器。功率放大器一般采用推挽电路,推动级一般为单端电路,因此常见的输入变压器为单端输入式。有些场合,推动级也是推挽电路,则输入变压器为推挽输入式。

输入变压器漏感和分布电容形成一个谐振电路,其谐振频率常落在高音频段,使高音频段出现明显的谐振峰。在峰点以上的频率,放大率又显著地下降,因而产生严重的失真。为了减小这种失真,应尽量减小变压器的漏感和分布电容,使漏感和分布电容组成的谐振频率远离高音频段,还可采用降低初级线圈 Q 值(如采用细导线绕制次级圈等),压低谐振峰值。输入变压器一般不升压,因为采用升压变压器必然会增加次级线圈或减少初级线圈。初级线圈小了,初级电感也要减小,使变压器低频响应变坏。而增加次级线圈,将受到铁芯窗口面积的限制。所以大多数输入变压器不升压。特别是在晶体管电路中,由于前级放大器输入阻抗比下一级输入阻抗要大,一般都采用降压变压器,以满足阻抗匹配。

另外对于工作于低电平的输入变压器,如话筒变压器等,由于信号电平低,必须避免杂音干扰,通常在变压器初、次级之间加静电屏蔽和将变压器放入导磁系数较高的铁盒中加以屏蔽,以避免外部电磁场干扰窜入变压器。

## (3)输入、输出变压器的主要技术参数

①变压比:为实现阻抗匹配,变压器应有适当的变压比,变压比过大或过小都不能得到最大的不失真功率输出。

②漏感和分布电容:漏感  $L_s$  会影响音频特性,漏感  $L_s$  越大,高音频段放大率减小越多。分布电容  $C_s$  会影响高频特性, $C_s$  越大,高频特性越差。为获得良好的高频特性,在绕制变压器时应采用相应的绕制工艺,减小漏感和分布电容。

③初级线圈电感:输出变压器初级线圈电感对低频特性有明显的影晌。初级线圈电感  $L_1$  越大,低频特性就越好。因为, $L_1$  越大,其阻抗值也越大,对放大器的分流作用小。如果  $L_1$  小,音频信号在低频段时其阻抗值就小,分流作用大,低频特性就差。过大的  $L_1$  会增大变压器体积、重量和价格。

④效率和直流电阻:输出变压器的效率主要是由线圈的直流电阻所决定的。因为输出变压器铁芯的损耗远远小于线圈直流电阻。直流电阻越小、效率越高。减小直流电阻,须增加铁芯选厚和铁芯截面积,或是增大线圈的线径。这样,变压器的体积、重量、成本就会提高。常用小型输出变压器的效率为 80%左右。

## 2. 输入、输出变压器的测试方法

### (1) 输入、输出变压器的识别

输入、输出变压器外形基本一样,一般产品上标有“输入”或“输出”标记,但有些产品无标记或标记脱落,可采用下面的方法判定。

①根据直流电阻不同进行识别。输入、输出变压器直流电阻不同。输出变压器次级的线径最粗,直流电阻最小,输入变压器次级两根引线的直流电阻最大。

②根据输入、输出变压器线径粗细不一进行识别。输出变压器初级线径较细,一般为 $\Phi 0.11\text{mm}$ 左右,次级线径较粗,一般为 $\Phi 0.30\text{mm}$ 左右;而输入变压器初级和次级线径差不多,例如E192型输入变压器,初级和次级线径均为 $\Phi 0.06\text{mm}$ 。

### (2) 中心抽头的判定

输入、输出变压器常常都有中心抽头,可用万用表判定。先假设一个引脚是中心抽头(一般中心抽头位置在中间),测量它两端的直流电阻是否平衡,如果是平衡的,那么假定的引脚便是中心抽头;如果直流电阻不平衡,那就需调换一个引脚测试,即可方便地判定中心抽头。

### (3) 极性的判别

判别输入、输出变压器极性的电路图如图23-7所示。用一节电池,按图连好线,在接通或拉断开关的瞬间,观察电压表的偏转情况;然后,用同样的方法测试另一个线圈 $N_2$ ,若偏转方向相同,便是极性相同的端子;否则,极性不相同,需调换线头。

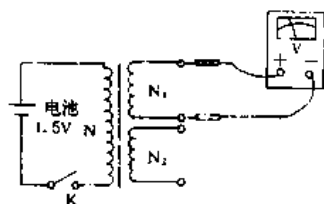


图 23-7

## 3. 输入、输出变压器的故障维修

### (1) 断线

输入、输出变压器断线往往在引脚处,可用20W电烙铁(将烙铁头用锉刀锉尖)快速点焊。若断线处在线圈内部,应拆开重新绕制或更换新的变压器。

### (2) 线圈与铁芯短路

将短路点拨开,用垫衬绝缘线加以隔离。再用万用表测量短路故障是否排除。

### (3) 线圈短路

拆出线圈,寻找短路处。若发现局部有霉点、焦点,应重新用绝缘纸衬好;若霉点、焦点有多处,需重新绕制。

## 三、中频变压器

### 1. 中频变压器的结构原理

中频变压器又称中周,起选频和耦合的作用。其质量如何,在很大程度上决定了收音的灵敏度、选择性和通频带等性能指标。

中频变压器有单调谐回路或双调谐回路两种。其耦合方式有电感耦合、电容耦合等。调谐方式有调感式和调容式两种。目前大多采用调感式中频变压器。调感式中频变压器具有Q值高、体积小,并且有较好的选择性和灵敏度等优点。

调感式中频变压器的磁芯和磁帽所用材料均是高导磁率的铁氧体。导线直接绕在磁芯上,再将各组引线分别接至相应的引出脚上,插入尼龙螺纹架,上好磁帽,外面套上金属屏蔽罩。中频变压器有多种规格。中频变压器电路符号如图23-8(a)、(b)、(c)所示。

### 2. 中频变压器的测试

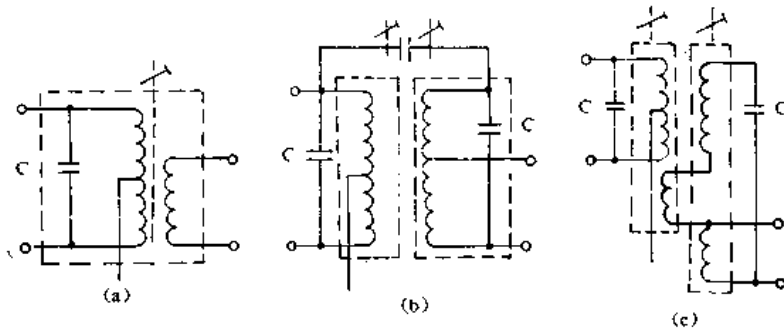


图 23-8

### (1) 用万用表测试

将万用表量程开关置于  $R \times 10k\Omega$  档,中频变压器线圈引出端与屏蔽罩之间的绝缘电阻应不小于  $100M\Omega$ ;初、次级绕组间的绝缘电阻应不小于  $10M\Omega$ 。如果用万用表测试时,阻值很小或趋近于零,则有漏电或短路;若阻值无穷大,表明该组线圈断路。

### (2) 用仪器测试

①用 QBG-3 高频 Q 表测量空载 Q 值。测量时的接线如图 23-9 所示。测量时,首先调整高频 Q 表频率至  $f_0$ ,电容(电感)度盘至  $L_0$  处,用标准 Q 值线圈校正 Q 表,然后调节中频变压器磁帽,使 Q 表指示为最大值,这时的读数即为被测中频变压器的空载 Q 值。不同型号的中频变压器其空载 Q 值不相同,例如国产 TTF1-1~TTF1-3 中频变压器要求空载 Q 值应  $\geq 55$ ;TTF2-7~TTF2-9 空载 Q 值应  $\geq 80$ 。

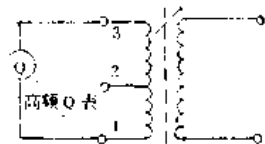


图 23-9

②用高频 Q 表测量中频变压器电感量可调范围。中频变压器的可调范围应为标称电感量的  $\pm 10\%$ ,测量时将 Q 表测量度盘调至标称电感量  $L_0$  值处,调节被测中频变压器的磁帽或螺纹磁芯,使 Q 表指示最大,这时的读数即为被测中频变压器电感数值。

调节 Q 表的电感度盘为  $L_0 \pm L_0 \times 10\%$ ,调节被测中频变压器的磁帽或磁芯,应均可使 Q 表指示为最大值。其中,  $L_0 + L_0 \times 10\%$  为被测中频变压器的上限值,  $L_0 - L_0 \times 10\%$  为被测中频变压器的下限值。

## 3. 中频变器的故障维修

### (1) 断路

将中频变压器拆开,若线头无脱焊或断开,可用电烙铁将线头烫开,细心地一圈一圈拆下线圈,寻找断开处。若发现断开处离接头很近,只有一至二圈,则可去掉这一段,焊好后即可正常使用(谐振点略有变化,可调整磁帽或磁芯得到解决)。如果线圈断开处在内部,可一圈圈点清匝数,用相同规格的漆包线重新绕制。

### (2) 短路

拆开线圈若发现短路点,可用镊子或小改锥将短路点拨开,并设法绝缘。若线圈是内部短路,可一圈圈点清匝数,用相同线径的漆包线绕制。如果是调谐电容短路,可用同一规格的电容器代换。

### (3) 断股

用高频 Q 表测其 Q 值,断了股的线圈 Q 值明显下降。若所断的股数较多,用万用表  $R \times 1\Omega$  档可测出其电阻值明显偏大。中频变压器线圈断股多发生在线圈的始点或终点的焊接

处,可用小刀将其刮净,重新焊在原处即可。

#### (4)受潮

拆开中频变压器屏蔽罩,将中频变压器放在 100W 灯泡下烘烤半个小时左右。注意,中频变压器不要离灯泡太近,以免使其尼龙支架产生变形。

#### (5)电感量变小

若将磁帽旋到底还找不到谐振峰点,可增大并联在中频变压器初级上的槽路电容,则故障排除。

#### (6)磁帽破碎

若中频变压器磁帽破碎,收音时声音会时大时小,可将中频变压器打开,剔除破碎磁帽及破碎磁块,更换新磁帽。

#### (7)磁芯滑开

这是由于磁芯同内部的尼龙衬套发生偏斜或松脱所引起的。可拆下中频变压器屏蔽罩,将磁芯旋出,然后在磁芯和尼龙衬套之间放一细橡皮筋,将磁芯旋入,重新调整好谐振点。

### 四、超音频变压器

#### 1. 超音频变压器的原理与作用

超音频变压器是交流偏磁录音电路中的电感器件,其作用是和其它相应元器件配合,组成正反馈自激电路,产生超音频电流,在录音时,向录音头和抹音头提供偏磁电流。其电路原理图如图 23-10 所示。

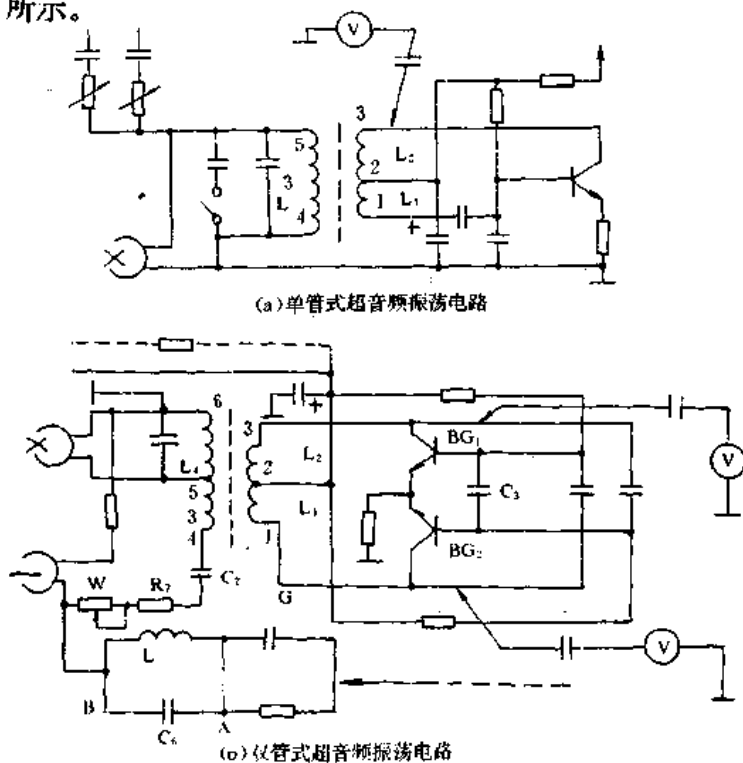


图 23-10

#### 2. 超音频变压器的测试与故障维修

##### (1)开路

当这个变压器的初级主振线圈  $L_1$ 、 $L_2$  或次级反馈线圈  $L_3$ 、 $L_4$  开路,就会造成录音时无偏磁电流,而产生录音失真大的故障。如果是交流抹音方式,还会产生不抹音的现象。检查

方法如下:

①单管振荡变压器:用直流 10~25V 档,分别测初级线圈①、②、③端对地电压,若其中一端无电压,则说明这一端的绕组开路。用  $R \times 1\Omega$  档,分别测初级线圈①、②、③端之间阻值,如果其中一次测得阻值很大,则说明该线圈开路。

②双管振荡变压器:用直流 10~25V 档,分别测两个管  $BG_1$  和  $BG_2$  集电极电压,若其中一个管子集电极无电压,则是中心抽头二端与这一端之间线圈开路,若  $BG_1$  和  $BG_2$  集电极均无电压,则是初级主振线圈中心抽头②端开路。

用  $R \times 1\Omega$  档,以中心抽头②端为基准点,分别测①端和③端,若有一次测出阻值很大,则说明中心抽头②端与这一端之间开路。正常时,①、②或②、③端间的直流电阻值均在  $1\Omega$  以内。

③ $L_3$ 、 $L_4$  的作用是将主振线圈的交流电压耦合到反馈线圈中。当  $L_3$ 、 $L_4$  开路时,尽管  $L_1$ 、 $L_2$  工作正常,但也无法向录音头和抹音头提供交流电流,致使不录音和不抹音。

测试时,用交流 10~25V 档,测  $L_3$ 、 $L_4$  的④、⑤端或④、⑥端,正常时应有 5~30V 的交流电压,若没有,则是  $L_3$ 、 $L_4$  开路。

用  $R \times 1\Omega$  档,测④、⑤端和⑤、⑥端,正常时应有  $10\Omega$  以下的直流电阻值。若阻值很大,则是开路,必须注意的是,当测⑤、⑥端时,应先将抹音头的引线断开,以防抹音头中的  $5\Omega$  左右的直流阻值影响测量结果。

## (2)局部短路

振荡变压器线圈因过载而烧成局部短路后,轻者会使振荡电压变弱,输出超音频交流电压减小,从而产生录音失真和交流抹音不净的现象;重者会造成振荡电路停振。无论是单管振荡变压器还是双管振荡变压器,因其初级和次线匝数少,直流电阻很小( $1\sim 2\Omega$ ),故用  $R \times 1\Omega$  档很难查出,最好用同规格的变压器代替试之,加以鉴别。

次级反馈线圈发生局部短路后,会使输出交流电压减小,以致造成录音产生失真和抹音不净的故障,在检查时,也最好采用代替的方式试之。

振荡电路工作情况的检查:用交流 10V 档,并且在一只表笔上串联一只  $0.01\mu F$  左右的电容,然后一只表笔接地端,另一只表笔接振荡管的集电极,此时,若电路起振,则表针应指示一定的交流电压值,若无电压值,则是停振,当然也可以测发射极和基极,只是表针指示范围小一些。这种方法对于在反馈线圈发生局部短路,用电阻档又难以判断时,是很实用的。



## 第二十四章 行输出变压器、电视偏转线圈的测试与维修

行输出变压器是显示设备中的关键器件,它广泛应用于黑白彩色电视机、投影机、监视器、摄像机、显示器以及电子游戏机等。按其用途可大致分为黑白机用行输出变压器和彩色机用行输出变压器两大类型。这里所指的黑白机包括黑白电视机、单色显示器、投影机、监视器等;彩色机包括彩色电视机、彩色投影机、彩色监视器及三色显示器和电子游戏机等。

黑白机行输出变压器的主要任务是对逆程脉冲进行变压,所以又叫做逆程变压器。它实际上是一个工作在行频(15625Hz)状态的脉冲变压器。

黑白机行输出变压器的作用有两个:一是作为行输出管的直流通路;二是作为变压器之用,为显像管提供高压、中压(有的还有灯丝电压),为其它电路提供直流电压或脉冲电压。这种行输出变压器的初级构成行输出管直流通路,它与行偏转线圈是并联的。在行逆程期间,它两端就感应出逆程高反峰电压。在次级回路中,逆程脉冲经高压包等绕组也感应出不同电压值的电压。

黑白机行输出变压器的结构有分离式和一体化两种。分离式行输出变压器主要由低压包、高压包、硅堆及高压线帽等部件组成。一体化行输出变压器则将低压包、高压包、硅堆等元件用绝缘材料封成一体。

彩色机行输出变压器以彩色电视机中应用最为普遍。彩电行输出变压器是一种工作于高压状态的脉冲功率变压器,它是彩电中唯一的高压输出部件,其输出电压高压 20~25kV,它的可靠性和安全性对整机起着关键作用。

随着高频高压大功率晶体管、自会聚显像管、行输出变压器的发展,目前的彩色电视机中行输出及高压输出共用一个行输出管,这种电路不但结构简单,而且一旦行扫描输出电路出现故障行振荡就停止工作,高压自动消失,确保了显像管荧光屏不被亮点烧坏。

彩电行输出变压器的作用简图如图 24-1 所示,从图中可以看出,行输出变压器的初级线圈提供了行输出管的直流通路,次级线圈将行输出级产生的逆程脉冲提升并经整流供显像管工作需要的高压和聚焦、加速极中压。此外还提供彩电显像管灯丝 6.3V 电压以及视放、中放、解码、伴音电路的 12V 低压,有的行输出变压器还提供场输出电路的泵电压。行输出变压器还可以输出

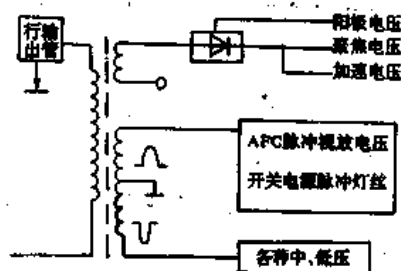


图 24-1

行扫描电路中的 AFC 脉冲信号,通过积分电路供自动频率控制电路工作需要的锯齿波比较信号。有些彩电行输出变压器还提供开关稳压电源行频开关脉冲电压、高压限制电路取样电压、自动亮度限制电路(ABL)的电压、提供 PAL 电子开关行频脉冲信号。

## 一、行输出变压器的结构原理与特点

彩电行输出变压器,大致分为倍压整流式和多级一次升压式。倍压整流式的行输出变压器制作工艺要求低,但体积大,多级一次升压式的行输出变压器制作工艺要求高,但体积小。

### 1. 倍压整流式行输出变压器

彩电的高压达  $20 \sim 25\text{kV}$ ,电子束电流也在  $700 \sim 1000\mu\text{A}$  之间,若采用黑白电视机行输出变压器的一次升压电路,则高压绕组的绝缘工艺相当困难,由于低次谐波分量的影响,高压调整率也很难满足要求。因此,早期的彩电行输出变压器,多采用三次谐波调谐和三倍压整流来满足电路的要求,其结构原理图如图 24-2 所示。

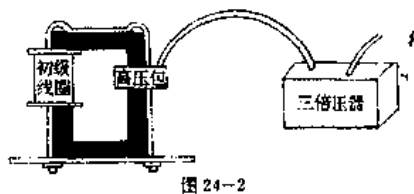


图 24-2

在通常的半波整流电路中,为了得到几倍的交流电压,当电源是正弦波时,整流器数目为  $n$  个;当电源为单向脉动电流时,整流器数目是  $(2n-1)$  个。所以,二倍压整流需用  $2 \times 2 - 1 = 3$  个高压硅堆,三倍压整流电路需用  $2 \times 3 - 1 = 5$  个高压硅堆。三倍压整流电路中的电压分配如图 24-3 所示,根据这些数值来确定对元器件耐压的要求。由于电压很高,一般都是将高压硅堆、高压电容、分压和泄放电阻等密封在有机玻璃做的高压盒内,用硅橡胶或环氧树脂固化。

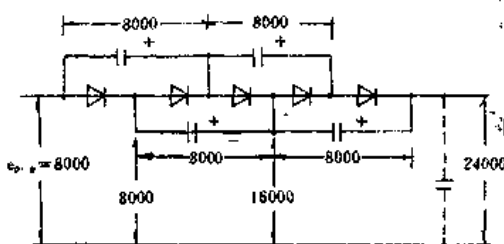


图 24-3

行输出变压器不可避免地存在分布电容和漏感。但是,适当地控制它们,反而可以改善输出电压的调整率或降低对输出管耐压等特性的要求。

倍压整流式彩电行输出变压器的高、低压包括构有三种形式,一是内外结构,如图 24-4(a)所示;二是上下结构,如图 24-4(b)所示;三是左右结构,如图 24-4(c)所示。三倍压整流器则要单独封装。聚焦电压一般也从倍压整流器取出,经聚焦电位器调整,使聚焦极电压符合要求;加速极电压一般从行输出管集电极的脉冲电压经整流后获取,而很少从行输出变压器获取。

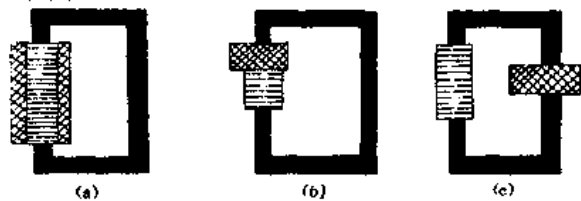


图 24-4

### 2. 多级升压式行输出变压器

在小屏幕黑白电视机中,多采用一次升压,然后整流获得直流高压,由于高压比较低,容易得到满意的效果。在彩色电视中,高压达到  $20 \sim 25\text{kV}$ ,若仍然采用黑白电视机同样的方式来产生高压,必然会出现一系列困难:如绕组变压比大,绝缘困难,绕组的分布电容和漏感大,很难调谐到高次谐波,因此高压的调整率差。由于反向电压高,要采用更多的整流二极管串联才能实现整流,故可靠性差。后来人们采用多次倍压的方法,可以降低变压比,减小分布电容和漏感。但整流元件数目要增多,体积和重量均加大,可靠性也将变差。为了克服上述缺点,采用多级一次升压电路,变压器次级绕组是分段绕制的,各绕组间串入一只玻璃封装的高压整流管,二极管将各绕组隔开,这样可以有效地减小绕组对地电容反映到初级的等效电容。结构上是行输出变压器与整流二极管及部分电阻、电容全部都用环氧树脂封装成为一个整体,很好地解决了绝缘问题,故称“一体化”高压行输出变压器。

三级一次升压电路及行输出变压结构如图 24-5 所示。高压包由三段匝数相等的线圈绕制,  $C_1$  是每个绕组的自身分布电容,  $C_2$  是绕组对地寄生电容, 从等效电路可知, 每一个二极管和该绕组的分布电容可看成一个普通的二极管整流滤波电路, 整流后的滤波电容就是相应的寄生电容。例如  $D_1$  整流电路, 就是由二极管  $D_1$  将绕组  $L_1$  上的行逆脉冲电压整流, 整流后的交流分量被分布电容  $C_1$ 、 $C_2$  旁路到地, 于是 A 点直流电位是  $E$ , 交流电位为零。同理, B 点的直流电位在 A 点的基础上再叠加上一个  $E$ , 因而是  $2E$ , 但由于分布电容将交流旁路, 所以 B 点的交流电位仍是零。C 点的直流电位为  $3E$ , 交流电位也是零。

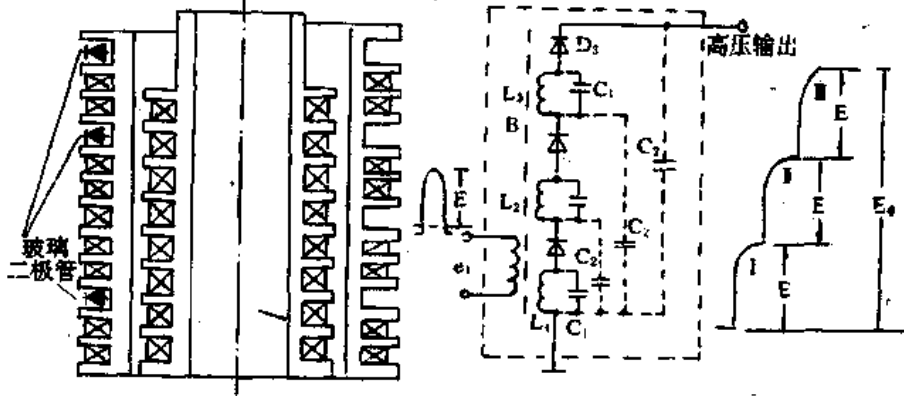


图 24-5

由此可以看出, 这个电路有如下特点: 从直流来看, 各绕组是串联的, 在输出端得到  $3E$  电压输出, 而且是阶梯式叠加上升。对交流而言, 它们都可以看成是并联的。因为每个绕组的下端通过电容  $C_2$  接地, 上端的交流电位又都等于  $nE'_1$ , 其中  $E'_1$  是初级输入电压,  $n$  是每个单独的次级绕组与初级绕组的匝数比。如  $E'_1$  的正值部分幅度为  $E'_1$ , 则整流后得到的直流输出电压为:  $E_0 = 3E = 3nE'_1 = NE'_1$ 。

式中  $N = 3n$  是次级线圈总匝数与初级线圈匝数之比, 可见在理想的情况下, 采用同样的匝数比和绕制方法, 分段绕制一次升压电路, 较通常的一次升压电路, 对地电容折算到初级的值要小得多。实践证明, 采用一体化分段绕制行输出变压器的高压电路, 很容易实现高次调谐, 因而高压的稳压性能较好。

一体化高压电路的关键器件是高压整流二极管, 一般树脂型高压硅堆的热阻特性和可靠性都很差, 不宜封装为一体化。玻璃封装二极管不同于普通的玻璃外壳二极管, 它的玻璃直接沉积在硅球的内层表面, 外壳也是玻璃。它的突出优点是: 体积小, 本身功耗极低(仅为普通二极管的 40%); 击穿电压在  $+145 \sim +150^\circ\text{C}$  时与室温时相同, 故反向击穿电压较普通二极管高得多; 防水特性也很好; 由于改进了热阻特性, 寿命和可靠性均大大提高。

采用一体化之后, 元件用量比普通倍压式电路减少 50% 以上, 从而提高了电路可靠性; 同时, 体积缩小了 80%, 重量减轻了 70% 左右。行输出变压器可以方便地装在印刷电路板上。

多级升压行输出变压器的结构形成有多种: 按次级高压绕数分, 有二、三、四级。按高压绕组制形成分, 有蜂房式、分段平绕式和平绕式。目前被采用最多的是分段平绕式。

次级高压绕组数越多, 变压器的绝缘工艺要求和二极管耐压要求越低。但次级高压绕组数和二极管相应增加, 同时, 变压器的调谐次数较高, 往往高达十次以上, 这时的高压调整率

反而较差。次级高压绕组越少,情况与上述相反。目前看来,以三级为好。这时,绝缘与耐压不成问题,同时也易实现高压稳定性较好的五次、七次、九次谐波或它们的复合调谐。

蜂房式次级高压绕组的剖视图如图 24-6(a)所示。它的优点是,高压骨架部分几乎无脉冲电压分量,故对骨架的耐压要求低,绕组的分布电容较小。其缺点是漏感略大。

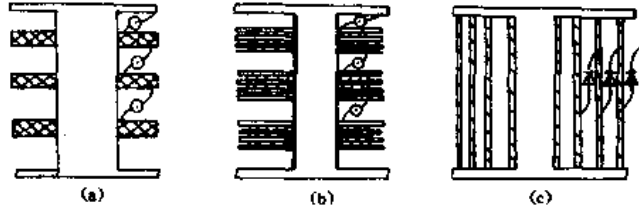


图 24-6

分段平绕式次级高压绕组剖视图如图

24-6(b)所示。它的优点是,绕组的漏感和分布电容均较小。但它的缺点是对高压包骨架的耐压和绝缘要求较高。

平绕式次级高压绕组的剖视图如图 24-6(c)所示。这种绕组形式的自身电容  $C_1$  为  $C_{11}/n$  ( $C_{11}$  为邻近线圈之间的匝电容;  $n$  为高压绕组匝数), 其值较小。其次高压绕组之间的层间电容  $C_0$ , 由于相应位置的线圈上的交流脉冲电压相等, 故电容  $C_0$  中没有电流流过。因此, 平绕法虽然存在较大的  $C_0$ , 但对变压器调谐次数没有影响, 也不增加无功电容电流而引起的介质损耗。相反,  $C_0$  作为级间整流的滤波电容, 起了化消极因素为积极因素的作用。上述情况, 对第一级高压绕组不适用, 它与初级绕组之间的分布电容将会引起调谐次数的下降和损耗的增加。

## 二、行输出变压器的测试方法

### 1. 直观检查法

**眼看:**即用眼睛仔细察看行输出变压器有无打火。有无击穿放电, 有无烧焦, 外形有无鼓起小包。如外形有鼓起的小包, 无论大小, 即可表明该行输出变压器损坏(小包温度比周围温度高)。有时会出现这样的情况: 电视机无光栅, 检查来检查去, 最后才怀疑行输出变压器损坏。将其从印刷电路板上烫下后, 才发现在磁芯旁或底座上部凸有很小的包块, 这样在检修中便走了弯路, 若事先仔细察看, 其包块是不难发现的。行输出变压器打火有时也不易发现, 需在暗处仔细观察。造成打火的原因主要是高压绝缘不良, 尤其是分离式行输出变压器潮气易侵入, 引起高压帽与硅堆、硅堆与高压包之间打火, 所以更换这类元器件时, 应将高压包、硅堆、高压帽一并换去, 否则故障无法彻底排除。常见的打火现象还有: 磁芯与行输出变压器封灌的绝缘体打火; 灰尘覆盖引起的打火; 高压端与接地端绝缘不良引起的打火等。

**耳听:**打火严重, 可听到“啪啪”放电声和“吱吱”响声。

**鼻闻:**打火产生的臭氧气味、绝缘材料被烧焦气味等均可闻到。

**手摸:**开机数分钟后, 切断电源, 若行输出变压器有局部短路, 手摸该处会感到温度比周围高; 若是分离式行变压器中的高压包短路, 手摸会有一种温热感。

### 2. 电流、电压测试法

**电流测试法**即是将万用表电流档串入电视机行扫描电路中。正常时 31cm (12 英寸)、35cm (14 英寸)、44cm (17 英寸) 黑白电视机行扫描电流在 600~750mA 之间; 37cm (14 英寸) 彩电行扫描电流为 350mA 左右; 47cm (18 英寸)、51cm (20 英寸) 彩电行扫描电流为 400mA 左右。若电流值相差太大(超过 20%)而行输出级其它元件又无故障, 即可断定行输出变压器损坏。这时, 行输出管集电极电压也会下跌, 黑白电视机行输出管集电极电压会从

25V 左右(指升压式电路)下跌至 15~17V;彩色电视机行输出管集电极电压会从 100~130V 左右(除特殊类型机)下跌至 60~80V。用这种方法测试时,时间不宜过长,以免使行输出管、电源调整管过热损坏。有些彩色电视机保护电路较为灵敏,遇到上述故障,过流保护电路起作用,使整机无电压输出,无法用上述方法检查,这就需用其它方法测试。

### 3. 模拟测试法

模拟测试法就是用一个线圈代替行输出变压器接入电路,并测量行扫描电流是否达到正常值。对彩色电视机行输出变压器的测试可采用这样的方法:取一副普通黑白电视机分离式行输出变压器磁芯,同时做一个绝缘良好、大小正好将磁芯插入的圆筒,用  $\Phi 0.41\text{mm}$  漆包线,单层密绕 250 匝,并注意层间绝缘(可用聚酯薄膜),绕制成一个模拟行输出变压器。将原行输出变压器烫下,把模拟的行输出变压器接在原行输出变压器的初线圈两端,并将万用表串入行扫描电路。接通电源,观察行扫描电流是否正常,若行扫描电流为 450mA 以下,即可判定行扫描电路无故障,故障原因在行输出变压器;如果行扫描电流为 450mA 以上,则可判定行扫描电路有故障,而行输出变压器无故障。

有些彩色电视机开关电源采用反馈它激式,拿掉行输出变压器后影响开关电源的正常工作。对于这类彩色电视机的行输出变压器可采用以下方法测试。

利用黑白电视机行输出级来判定彩色电视机行输出变压器是否短路,将彩色电视机行输出变压器烫下后,将其初级绕组 a、b 两端用导线连接在黑白电视机行输出级两端,如图 24-7 所示,然后将黑白电视机高压帽和硅堆取下(若是一体化行输出变压器将高压弹簧挂勾取下,注意妥善安放,以免放电打火),再将彩色电视机行输出变压器弹簧挂勾装在黑白显像管的高压嘴上,接通电源后,如果彩色电视机行输出变压器质量良好,黑白显像管上便会有光栅,且其高压约为 13kV 左右。如果行输出变压器内有短路或开路、整流二极管损坏、高压滤波电容漏电(短路)等故障时,黑白显像管就会无光栅,行电流大于 2A,甚至开机保险丝立即烧断。

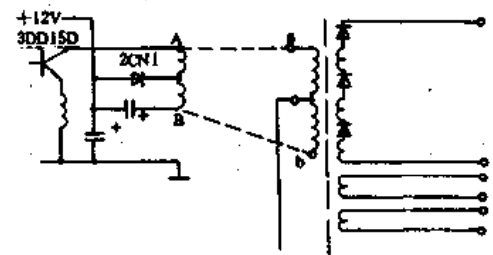


图 24-7

黑白显像管的高压嘴上,接通电源后,如果彩色电视机行输出变压器质量良好,黑白显像管上便会有光栅,且其高压约为 13kV 左右。如果行输出变压器内有短路或开路、整流二极管损坏、高压滤波电容漏电(短路)等故障时,黑白显像管就会无光栅,行电流大于 2A,甚至开机保险丝立即烧断。

### 4. 电阻测试法

行输出高压器内有数个绕组,有时某个绕组或高压包会出现开路性故障,可用万用表测量线圈的直流电阻,一般行输出变压器初级绕组的阻值较低,有的绕组只绕有数匝,用万用表 1Ω 档测量(初级绕组阻值一般在 100Ω 以内),高压包阻值较高,如黑白电视机高压包阻值为数百欧,可选用 R×100Ω 档测量。

### 5. 仪器测试法

用示波器进行测试,观察行输出管集电极上的电压波形是否正常,若观察到行逆程脉冲旁有一个或数个小鼓包,而且脉冲波形幅度明显下降,即可判定行输出变压器损坏。

### 6. 直接互换测试法

用同样的行输出变压器更换原行输出变压器,看故障能否排除,如果故障排除,表明原行输出变压器有故障,否则便是其它元件的故障,该法直观、省事,但需有相应配件。

以上各法在检修中应根据故障现象灵活采用。

### 三、行输出变压器的故障维修

#### 1. 放电打火故障

行输出变压器输出的高压很高,黑白电视机行输出变压器输出的直流高压为 10kV 以上(显像管屏幕尺寸越大,高压越高),彩色电视机行输出变压器输出的直流高压为 20kV 以上(显像管屏幕尺寸越大,高压越高),容易放电打火。若行输出变压器高压放电打火,在屏幕上会产生干扰黑点,左边会出现竖直黑条,图像不稳定、长毛刺,甚至使行输出管、高压包、高压硅堆、稳压电源损坏。出现这一故障,应首先检查稳压电源输出的直流电压是否正常,如果直流电压升高,便会使阳极高压大大升高,造成打火、放电。若稳压电源电压正常,需检查高压帽、高压导线、硅堆、高压嘴挂勾等有无生锈,如发生锈蚀,可用砂纸将其打磨光洁,再用无水酒精清洗,若故障仍未排除,应更换相应的元器件。

分离式行输出变压器易受环境温度、灰尘等影响而打火,塑料部件受打火影响会使绝缘性变差,应及时更换相应元件。

高压输出端与行输出变压器隔离防护铁罩之间打火,如果是高压线破损或绝缘性能变差引起的应更换,如果是由于距离不够引起的,应将距离适当拉开。

#### 2. 高压包打火故障

高压包打火分两种情况:高压包内部打火和高压包外部打火。高压包内部打火应更换,高压包外部打火可设法修复。方法是:将行输出变压器取下,看准高压包外部绝缘塑料因打火而引起的小洞,用手摇钻将小洞扩大。钻洞时动作要慢,并注意随时提起钻头察看,以免损坏高压线圈。然后用小刀将小孔旁因打火而烧焦的塑料剔除干净,并涂上薄薄的环氧树脂,每涂一层都在灯泡下烘干,共涂三至五层,直至涂平为止。

#### 3. 高压包短路故障

若是分离式行输出变压器高压包短路,可用相同类型的高压包代换。若是一体化行输出变压器的高压包短路,高压包无法单独取下,但高压包是绕在最外层的,低压包是绕在里层的,这时,可设法将高压包锯除。锯除高压包后,原行输出变压器只负责提供低压包各输出电压,再用一个易购价廉的其它型号的彩色电视机行输出变压器来提供阳极高压、聚焦极电压和加速极电压。此法适用于无图纸资料及低压包结构复杂的彩色电视机。

#### 4. 聚焦极电位器损坏故障

多数彩色电视机行输出变压器将聚焦电位器与高、低压包封灌在一起,组成一体化结构。若聚焦电位器接地端开路,便失去分压作用,使聚焦电位太高,图像模糊不清(即散焦),修复方法是:用一个 20~60M $\Omega$  的 2W 左右的电阻,并接在聚焦电位器

两端,如图 24-8(a)所示。如果是聚焦电位器上端开路,彩色显像管便失去了聚焦电压,可用电阻从阳极高压中分压后得到,如图 24-8(b)所示。电阻功率可选 2W(否则易放电打火)。

如果没有高阻值电阻,可用数个电阻串联使用。由于阳极电压很高,为避免放电打火,可用环氧树脂将其密封在有机玻璃的小盒内,引线采用高压引线。

#### 5. 加速极电位器损坏故障

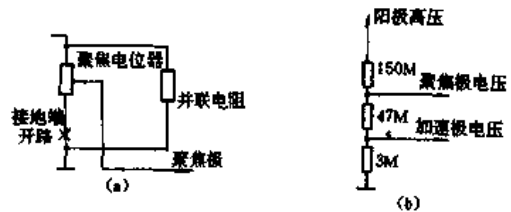


图 24-8

一体化行输出变压器加速极电位器常见故障是内部断路,产生无光栅的故障。修复方法是:在聚焦极取出电压,再用电阻分压的方法取得合适的加速极电压,如图 24-9 所示。注意,分压电阻要用环氧树脂密封,以免放电打火。

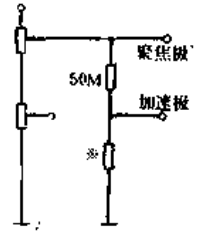


图 24-9

#### 6. 绕组间击穿短路故障

行输出变压器绕组间正常电阻为无穷大(万用表置于  $R \times 10k$  档,表针应不动),若有一定阻值或阻值很小,即为短路。在修复这类行输出变压器时,可将短路绕组引脚从印刷电路板中断开(或剪除引脚),用绝缘良好的单股或多股塑料导线,在行输出变压器磁芯空隙处穿绕,穿绕的匝数与损坏绕组相同。若匝数较多,塑料导线不易绕下,也可用高强度漆包线,但要用绿纶薄膜在磁芯上绕 3~4 层,以防漆包线与磁芯放电打火,线径可根据原绕组线径而定。

#### 7. 绕组内部开路故障

行输出变压器绕组开路,就无相应的电压输出,可在磁芯上加绕一个新绕组,如图 24-10 所示,新绕组的匝数线径与原绕组相同,但绕向相反(因不在同一侧),如匝数较少,可用单股或多股塑料导线绕制,若匝数较多,用高强度漆包线绕制。

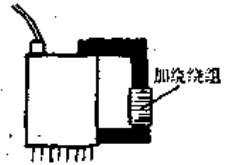


图 24-10

#### 8. 高压整流二极管损坏故障

行输出变压器内部某个高压整流二极管损坏,会造成光栅暗淡、图像模糊,严重失聚、行输出变压器局部温度较高。一般是内部第一级高压二极管击穿,可将聚焦极与加速极调节组件锯下,外接高压整流二极管或高压硅堆。

#### 9. 高压电容漏电或击穿故障

行输出变压器内部某个高压电容漏电击穿后,会产生光栅暗淡甚至无光栅的故障,行输出变压器局部温度较高,并凸有小包块,可顺着小包块找到漏电或击穿的高压电容,将其从电路中断开,并在电路中焊上同规格的高压电容。

#### 10. 磁芯破损断裂

行输出变压器磁芯破损断裂,可用胶粘剂将其粘牢后继续使用。

以上是行输出变压器常见故障及修复方法,在实际检修中,由于行输出变压器型号不同,损坏的情况不同,修复方法也不尽相同;可根据实际情况,灵活处理。

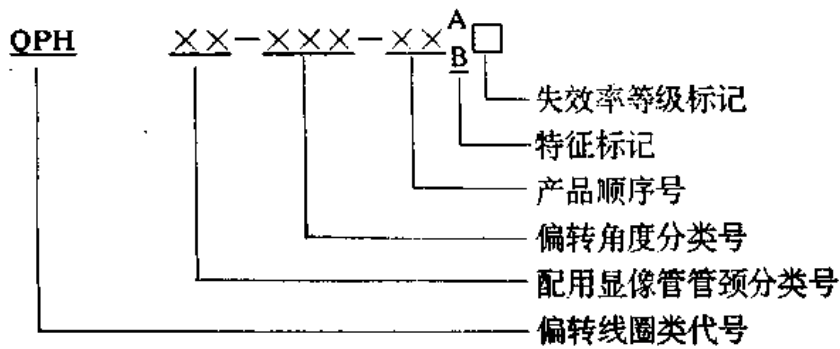
### 四、电视偏转线圈的测试与维修

为了在显像管的荧光屏上显示图像,就要使电子束沿着荧光屏进行扫描,偏转线圈就是利用磁场产生的力使电子束偏转,行偏转使得电子束沿着水平方向运动,在此同时场偏转又使电子束沿着垂直方向运动,结果在荧光屏上形成长方形的光栅。偏转线圈由两组线圈、铁氧体磁环和中心位置调节片等组成。调节片是用铁钴钒合金或磁性塑料做成,可使光栅形成在荧光屏的中央。

#### (一)电视偏转线圈的型号命名法与电路原理图

##### 1. 型号命名法

下面以上海无线电二十七厂生产的偏转线圈为例来加以介绍。偏转线圈的型号命名法如下:



配用显像管管颈分类号是用显像管管颈标称值表示,单位为mm。如含小数按四舍五入取整数表示。

偏转角度分类号以偏转线圈的最大偏转角度表示。单位为度。

特征标记 A 适用于帧输出电路为 OTL 型帧扫描电路。B 适用于帧输出电路为阻流型帧扫描电路。

失效率等级标记用字母 Y、W、L……等表示。

## 2. 电路原理图

电视偏转线圈的电路原理图如图 24-11 所示(以双灯牌为例)。

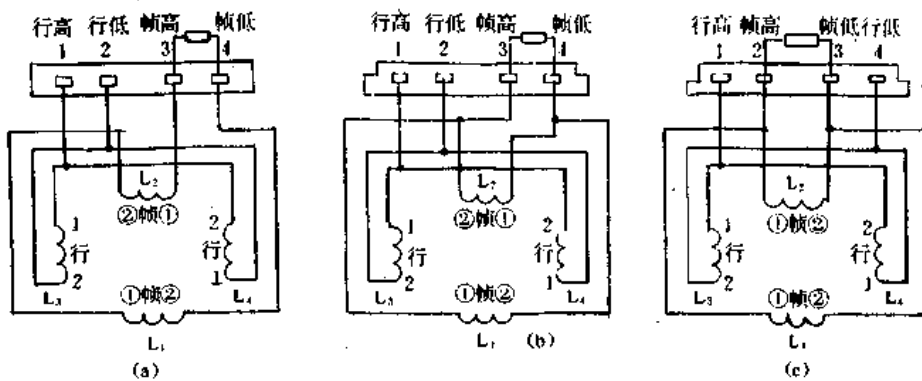


图 24-11

## (二)常用电视偏转线圈的特性参数

①QPH 系列偏转线圈的用途与性能规格表(见表 24-1)

表 24-1

项目	电感量		直流电阻(Ω)		几何失真度(%)				外形尺寸(mm)	重量(g)	用途范围
	行(μH)	帧(mH)	行	帧	桶形	枕形	平行四边形	梯形			
QPH20-90-N14AW	330±4%	6±10%	≤0.9	≤3.5	≤2.5	≤2.5	≤1.5	≤1.5	60×60	155	OTL 电路 44cm 黑白电视接收机
QPH20-90-N14A-1W	330±4%	6±10%	≤0.9	≤3.5	≤2.5	≤2.5	≤1.5	≤1.5	60×60	155	同上
QPH20-90-N15AW	380±4%	6±10%	≤1	≤3.5	≤3.5	≤2.5	≤1.5	≤1.5	66×64	171	OTL 电路 31cm 电视机



续表

项目 型号	电感量		直流电阻( $\Omega$ )		几何失真度(%)				外形尺寸 (mm)	重量 (g)	用途范围
	行( $\mu\text{H}$ )	帧(mH)	行	帧	桶形	枕形	平行四 边形	梯形			
QPH20-90-N11BW	$355 \pm 4\%$	$80 \pm 10\%$	$\leq 1$	$\leq 40$	$\leq 2.5$	$\leq 2.5$	$\leq 1.5$	$\leq 1.5$	53×58	171	帧阻流圈电路 35cm 电视机
QPH20-90-N16AW	$330 \pm 4\%$	$5 \pm 10\%$	$\leq 0.9$	$\leq 3$	$\leq 2.5$	$\leq 2.5$	$\leq 1.5$	$\leq 1.5$	50×55	120	OTL 电路 44cm 黑白电视机
QPH20-90-F4AW	$355 \pm 4\%$	$20 \pm 10\%$	$\leq 0.9$	$\leq 12$	$\leq 2.5$	$\leq 2.5$	$\leq 1.5$	$\leq 1.5$	60×60	163	OTL 电路 35cm 黑白电视机
QPH20-90-N3BW	$380 \pm 5\%$	70	$\leq 1$	$\leq 40$	$\leq 2.5$	$\leq 2.5$	$\leq 1.5$	$\leq 1.5$	66×64	171	帧阻流圈电路 31cm 黑白电视 接收机
QPH20-90-N5AW	$380 \pm 4\%$	$6 \pm 10\%$	$\leq 1$	$\leq 35$	$\leq 2.5$	$\leq 2.5$	$\leq 1.5$	$\leq 1.5$	66×64	171	OTL 电路 31cm 电视接收机
QPH20-90-N6BW	$380 \pm 4\%$	$90 \pm 10\%$	$\leq 1$	$\leq 40$	$\leq 2.5$	$\leq 2.5$	$\leq 1.5$	$\leq 1.5$	53×56	171	帧阻流圈电路 31cm 黑白电视 机
QPH20-90-N6AW	$355 \pm 4\%$	5+1	$\leq 0.9$	$\leq 3$	$\leq 2.5$	$\leq 2.5$	$\leq 1.5$	$\leq 1.5$	50×55	125	OTL 电路 35cm 黑白电视机
QPH13-70-N18AW	$160 \pm 5\%$	7.6	$\leq 0.5$ $\pm 5\%$	$\leq 5.4$	$\leq 2.5$	$\leq 2.5$	1.4	1.4	48×48	80	微型电视机
QPH20-70-N14AW	$450 \pm 4\%$	$6 \pm 10\%$	$\leq 1$	$\leq 3.5$	$\leq 2.5$	$\leq 2.5$	1.4	1.4		100	同上
QPH20-90-N22AW	$340 \pm 4\%$	6+1	$\leq 1$	$\leq 3.5$	$\leq 2.5$	$\leq 2.5$	1.4	1.4			OTL 电路
QPH20-110-F3AW	$320 \pm 4\%$	$70 \pm 6\%$	$\leq 0.6$	$\leq 34$	$\leq 2.5$	$\leq 2.5$	1.25	1.25			OTL 电路 44cm 黑白电视机
QPH20-90-N17AW	$355 \pm 4\%$	$4.5 \pm 0.8$	$\leq 0.9$	$\leq 3$	$\leq 2.5$	$\leq 2.5$	1.5	1.5			OTL 电路 35cm 黑白电视机
QPH20-90-N18AW	$355 \pm 4\%$	$5.5 \pm 0.5$	$\leq 1$	$\leq 3.5$	$\leq 2.5$	$\leq 2.5$	1.5	1.5			同上
QPH20-90-8BW	$355 \pm 4\%$	$85 \pm 10\%$	$\leq 1$	$\leq 45$					58×60		配 35cm 显像管
QPH20-90-N19AW	$355 \pm 4\%$	$6 \pm 10\%$	$\leq 1$	$\leq 3.5$					59×61		同上
QPH20-90-N20A	$355 \pm 4\%$	$5 \pm 8\%$	$\leq 1$	$\leq 3$					59×61		同上

续表

项 目 型 号	电感量		直流电阻( $\Omega$ )		几何失真度(%)				外形尺寸 (mm)	重量 (g)	用途范围
	行( $\mu$ H)	帧(mH)	行	帧	桶形	枕形	平行四 边形	梯形			
QPH-3106	146	5.2	$\leq 0.45$	$\leq 3$							配 310GAB4 日 本显像管
QPH-3111	$\geq 400$	$\geq 7$	$\leq 1$	$\leq 3.6$							配 1S $\times$ 4B 显像 管
QPH-3112	410	8	$\leq 1.1$	5.6							配日本 NEC 显 像管
QPH-3501	$\geq 330$	$\geq 7$	$\leq 0.9$	$\leq 3.6$							配 35S $\times$ 5B 显 像管
QPH-3503A	380	6	$\leq 1$	$\leq 3.5$							配 35S $\times$ 7B 显 像管
QPH-3504	380	70	$\leq 1$	40							配 35S $\times$ 5B 显 像管
QPH-3505	340	70	$\leq 1$	40							配 35S $\times$ 1B 显 像管
QPH-4303	380	70	$\leq 1$	40							配 440CFB4 日 本 NEC 显像管

②日立牌偏转线圈特性规格表(见表 24-2)

表 24-2

型 号	管 径	$R_H(\Omega)$	$L_H(\text{mH})$	$R_V(\Omega)$	$L_V(\text{mH})$	偏转角	尺 寸
ST-1	29.1	2.00	2.00	61.5	140.0	90°	14"
ST-3	22.5	4.80	2.79	13.2	23.0	90°	14"
ST-3	22.5SF	4.24	2.90	15.2	28.3	90°	15"
ST-1	29.1					90°	16"
ST-3	22.5	4.80	2.75	14.0	28.0	90°	16"
ST-3	29.1					90°	16"
ST-1	29.1	1.97	1.93	60.0	120.0	90°	18"
ST-3	22.5	3.20	2.39	13.8	28.7	90°	18"
ST-3	29.1	2.27	1.93	14.0	31.0	90°	18"
ST-3	22.5SF	3.20	2.34	12.8	23.4	90°	19"
ST-3	22.5	3.20	2.39	13.8	28.7	90°	20"

续表

型号	管径	$R_R(\Omega)$	$L_H(\text{mH})$	$R_V(\Omega)$	$L_V(\text{mH})$	偏转角	尺寸
ST-1						90°	20"
ST-3	29.1	2.24	1.93	14.0	31.0	90°	20"
ST-1	29.1SF					90°	21"
ST-3	29.1SF	2.18	1.85	10.4	24.6	90°	21"
ST-1	29.1					90°	22"
ST-3	29.1					90°	22"
ST-1	29.1					110°	22"
ST-4	29.1SF					90°	24"
ST-1	29.1					100°	26"
ST-3	29.1					100°	26"
ST-1	29.1					110°	26"
HSA-1	29.1	1.86	1.48	60.0	140.0	90°	12"
HSA-1	29.1	2.10	1.75	63.0	140.0	90°	14"
HSA-3	29.1SF	0.63	0.393	10.0	15.0	90°	15"
HSA-1	29.1	0.26	0.151	7.0	10.0	90°	20"

③KY10035M 与 TLY 系列偏转线圈特性参数表(见表 24-3)

表 24-3

尺寸	14"	14"	14"	18"	20"	
型号	KY10035M	冷轧管	TLY15308F1	TLY5391F	TLY15339F	
显像管(CRT)名称	A37-554X		370JRB22	470FGB22	510XUB22	
$L_H(\text{mH})$	2.0±5%	2.0±3%	3.06±3.2%	1.75±0.056	1.75±8.2%	
$R_R(\Omega)$	2.0±10%	2.0±7%	4.55±5%	1.84±0.042	2.05±5%	
$L_V(\text{mH})$	140±10%	160±7%	99.5±5%	90±4.5	116.0±5%	
$R_V(\Omega)$	61.5±10%	62.5±5%	40±5%	49±2.5	50.0±5%	
偏转功率	$H_1 \text{mHA}^2$	认定±4%	14.9±4%	认定±4%	认定±4%	认定±4%
	$V_1 \text{QA}^2$	认定±5%	7.8±8%	认定±5%	认定±5%	认定±5%
串扰(dB)	-40	-3	-40	-40	-40	
测定画面(mm)	(250×190)±5	240×180	240×180		(360×260)±5	

续表

失真	上下	1.5%	(0±1.0)%	1.3%	1.3%	1.0%
	左右	4.5%	(0±1.5)%	1.5%	5.0%	1.0%
	台形水平	1.0%	1.5%	2.5%	2.5%	2.5%
	台形垂直	1.0%	1.0%	2.5%	2.5%	2.5%
	平行四边形	1.5%	0.5度	2.5%	2.5%	2.5%
会聚	左右	0.5		0.4	0.4	0.4
	上下(mm)	0.6	ma×1.0	0.3	0.4	0.4
	角部	0.8		1.0	1.1	1.1
倾斜余量			>±2mm			
阴影余量			>8mm			
色纯余量			>1.0mm			
管径(mm)		Φ29.1				

### (三)电视偏转线圈的测试与修复代换

#### 1. 测试方法

偏转线圈包括行偏转线圈和场偏转线圈,分别使电子束作水平及垂直方向运动。对偏转线圈的主要要求是偏转效率高,光栅几何失真小。偏转线圈锥体颈部还有一对中心位置调整片,它由两片带有磁性的磁体组成,调整中心位置调整片,光栅位置会随同改变。

利用万用表检测电视偏转线圈的具体检测方法如下,偏转线圈常见故障是短路或断路。场偏转线圈和行偏转线圈分别由两个线圈组成,可用万用表R×1档比较这两个线圈的阻值是否相同来判断故障。有时偏转线圈间有轻微短路,难以用万用表测出,这可采用替代法判断。

#### 2. 修复方法

若检测中发现偏转线圈断路,可仔细寻找断线处(断点一般在偏转线圈外部或引出线处),然后焊好,焊接处用涤纶胶带裹好。

若偏转线圈短路,应首先观察偏转线圈与显像管管颈相接的部分,绝缘漆是否被磨掉,如果磨掉,应涂上绝缘漆,再轻轻拨动该部分的线圈,使绝缘漆渗入到线圈内部,如果没有发现短路的地方,可不断按捏偏转线圈,使短路部位的线圈松弛,然后测量两个线圈的阻值是否相同,若阻值相同,表明短路点分开,再将偏转线圈放入绝缘漆中浸几分钟,让绝缘漆渗入短路处,然后烘干。

#### 3. 代换方法

直接代换法:偏转角度相同的偏转线圈,有些可直接代换。主要应考虑,显像管的管颈是否一样粗;偏转角度是否一样;偏转线圈直流电阻值是否一样。

修改代换法:对偏转线圈进行改接,即把偏转线圈由串联改为并联,或把并联改为串联,以代换原偏转线圈。

## 第二十五章 消磁电阻的测试和使用维修

消磁电阻是用来与消磁线圈配合给彩电显像管消磁的。

消磁电阻属于正温度系数的热敏电阻,简称 PTC 器件,即在工作温度范围内随着自身温度的升高,其电阻率在很短的时间十几秒内将迅速增大,阻值由常温下的十几至几十欧剧增至很大,由通态变成阻态,即消磁电阻具有开关特性。消磁电阻的外形和内部结构见图 25-1 所示,其外形有长方形(图 25-1(a))和椭圆形,但长方形多见,引脚有两脚和三脚的,但两脚多见;内部有一块圆柱形(图 25-1(b))消磁电阻,在其两侧各有一块金属弹性触片,这种消磁电阻有两只引出脚,有的消磁电阻内部有两块圆柱形消磁电阻,这种消磁电阻便有三只引出脚。

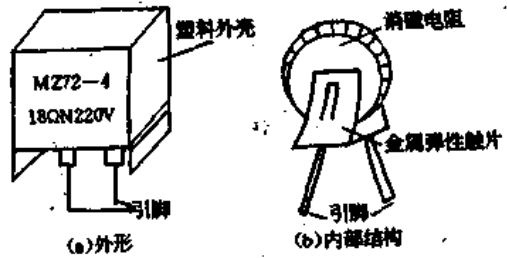


图 25-1 消磁电阻的外形和内部结构示意图

彩色显像管在受到地磁场或外部强磁场的影响时,其金属部件如防爆圈、阴罩板、栅网、屏蔽罩和钢铁固定件等容易被磁化,磁化物的磁场将影响电子束的运动方向,使显像管的色纯度和会聚性能变坏,表现在荧光屏上产生许多斑块,色彩发生紊乱,严重影响收视效果。因此在彩电中设有专门的自动消磁电路,如图 25-2 所示是常用消磁电路,消磁电阻与消磁线圈串联,消磁线圈安装在显像管防爆圈附近的锥体部分,而消磁电阻装在基板上。每开一次机都要对显像管消磁一次。消磁原理是:刚开机的瞬间,PTC 阻值很小,流过消磁线圈的电流很大(峰值达十几安),在消磁线圈周围产生较强的交变磁场对显像管消磁,由于电流的热效应,消磁电阻的阻值急剧上升,而消磁电流则迅速减小,大约经过 20s 左右,消磁电阻增至最大成开路状态,而消磁电流减至最小,其维持电流约 10mA 左右,此时交变磁场也减到最小,至此消磁便告结束。由此可见,消磁电阻在消磁电路中起着开关的作用,刚开机时此“开关”闭合,让消磁电路对显像管消磁,消磁完后此“开关”关断,消磁电路便停止工作。消磁电流的衰减波形见图 25-3 所示。

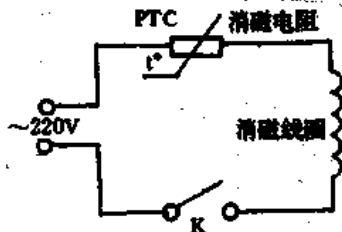


图 25-2 消磁电路

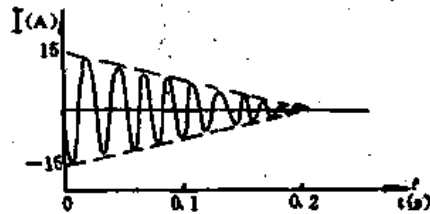


图 25-3 消磁电流衰减波形图

### 一、消磁电阻的测试

#### 1. 静态测试阻值

我们通常说的消磁电阻标称阻值,都是指在常温(室温 20℃)下的阻值,这个阻值不能

做得太大,一般在十几至几十欧之间,因它影响起始消磁电流的大小,若阻值过大则消磁电流较小,交变磁场也小,必然影响到消磁效果。常用消磁电阻的标称阻值有:12Ω、15Ω、18Ω、20Ω、27Ω、40Ω等,消磁电阻的标称阻值一般都标在外壳上,以供测试、更换时参考。在静态测试消磁电阻性能好坏的标准是:必须在常温下测试,即当消磁电阻处于冷态,如果测出的实际阻值与标称阻值相差±2Ω内属于正常,如果测出的阻值小于标称值8Ω或大于标称值50Ω时,说明消磁电阻性能不好或已损坏,已不能使用。测试中请注意:一是万用表置于R×1或R×10档,测试的时间不要过长,太长会因温升而影响测试数据的准确性;二是在路测试时不要忘了拔掉消磁线圈的插头,即要让消磁电阻处于开路状态,使测试精度可靠,如果需要在开机后进行在路测试时,必须使消磁电阻冷却到常温态才能进行,否则误差极大;三是刚焊接过的消磁电阻也不能马上测试,道理同上。

## 2. 动态测试阻值和性能

所谓动态测试是指给消磁电阻加电压或升高温度,观察阻值的变化情况以判断其性能的优劣,这种测试直观可靠。下面介绍几种测试方法供参考。

(1)烘烤测试法:先在冷态测出消磁电阻的标称值,然后照图 25-4 连接好表笔,万用表置R×100档,再用电烙铁或电吹风烘烤消磁电阻,边烘烤边注意观察表头指针偏转情况,如果阻值不断增大(指针向左偏转),说明消磁电阻性能良好,如果阻值增加很少或基本不变则说明消磁电阻性能较差或已损坏,不能上机使用。测试中请

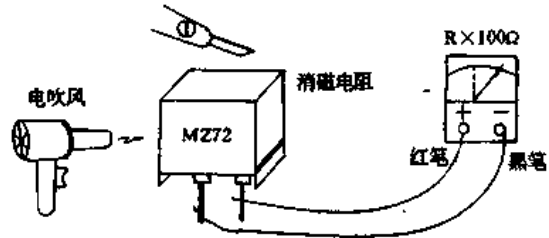
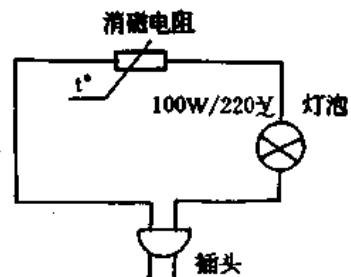


图 25-4 烘烤测试法示意图

注意:电烙铁不要与消磁电阻接触,否则容易烫坏塑料外壳,电吹风也不能靠得太近,比较可靠的方法是在边烘烤边观察的同时,还应边用手摸一下外壳的温度。有电吹风的维修人员最好使用电吹风,因使用方便又容易传热和散热。

(2)直接加电测试法:同样先测出冷态电阻值,然后将消磁电阻的两脚(均较长)迅速插入220V电源插座后拔出,测出热态电阻值,再与冷态标称电阻值比较,如果热态电阻值增大且外壳发热,说明消磁电阻性能良好,可以使用;如果电阻值不变且外壳也不发热,说明性能较差。测试时请注意:一是防止触电,保证安全;二是为防止通过消磁电阻的电流太大而烧线路保险丝,可以串上一只功率电阻限流。

(3)串联灯泡测试法:按照图 25-5 所示电路连好线后,将插头插入220V交流电源插座内。如果刚开始灯泡发光正常,然后亮度慢慢暗下来,大约10s左右灯泡完全熄灭,说明消磁电阻性能良好,可以上机使用;如果灯泡不亮或一直亮下去,则说明消磁电阻已坏,不能使用。此法简单实用有效,并且可以不用万用表测试。



串联灯泡测试消磁电阻  
图 25-5

另外,需附带说明的是,正温度系数(PTC)的热敏电阻不仅用作消磁电阻,在其它家电中也得到了广泛的应用,比如电冰箱的PTC启动元件,电热灭蚊器的发热元件,PTC非破性过流过压“保险丝”等等,这些PTC元件的测试均可参考上述方法,不再详述。

## 二、消磁电阻常见故障修理

### 1. 消磁电阻烧碎

消磁电阻故障率最高的是被烧碎,烧得“粉身碎骨”,使消磁电路开路,不能对彩电进行消磁。对此许多维修者的办法是更换新的,其实“碎骨”还可利用,方法是:打开外壳,将碎粒全部倒出,可以从中挑选出较大者,重新安置在两弹性片之间继续使用,效果很好。当然,如果碎粒太小就只有更换了。

### 2. 接触不良

消磁电阻接触不良的故障率也是较高的,其故障现象同上。接触不良的主要部位在金属弹性触片与消磁电阻之间,其次是由于消磁电阻平时温度较高,由于热胀冷缩原理,使引脚产生虚焊,对此可以补焊解决。而造成弹性触片接触不良的原因主要有两个:一是由于触片或消磁电阻表面氧化,二是由于机振(如声振或挪动)使消磁电阻脱离弹性触片,摇一下消磁电阻便可判断出来,对此只要打开外壳,去除氧化层或将触片适当变形后装上消磁电阻即可正常使用。对于接触不良的故障,可以进行在路测量判断,但同样要先拔下消磁线圈插头后进行。

### 3. 阻值增大或短路

消磁电阻阻值(冷态)增大或短路故障相对少些。当阻值增大时,表现为通过消磁回路的电流太小,产生的交变磁场较弱,消磁效果不好,总的感觉荧光屏色彩不对劲,对此只有更换之。消磁电阻短路时,表现在一开机便烧保险,这是由于消磁电阻的质量差,耐压不够而被击穿所致,对此也只有更换。

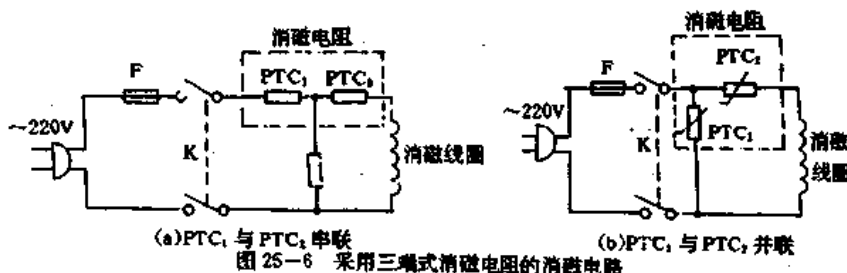
## 三、消磁电阻使用注意事项

### 1. 消磁电阻的替换

消磁电阻损坏不能修复时只有替换,应该选择同阻值、同耐压、同尺寸和同脚数的替换,如果没有同规格替换时,也要尽量选性能相近的替换,一般阻值相差上下一个档次也可使用,对消磁效果没有多大影响,如原来消磁电阻是 $18\Omega$ ,可用标称值为 $15\Omega$ 或 $20\Omega$ 的代换。

### 2. 二端消磁电阻代换三端消磁电阻

有些进口原装彩电的消磁电阻使用三端式,即内部有两个消磁电阻,外部有三根引出脚,一旦被烧坏后市场上难以买到,对此可采用二端消磁电阻加以代换。采用三端式消磁电阻的消磁电路如图 25-6(b)所示,对于图 25-6(a)电路,应选择标称阻值等于 $PTC_1$ 与 $PTC_2$ 之和的二端消磁电阻替换,并与消磁线圈串联连接;对于图 25-6(b)电路,应选择标称阻值等于 $PTC_2$ 的消磁电阻代换,也与消磁线圈串联连接。



另外,必须说明的是,彩电机内设置的自动消磁电路,其消磁能力是有限的。这有两种情况:一种情况是假如彩电显像管受到外界强磁场影响时,单靠消磁电路消磁是不理想的,并且反复开关机进行消磁也不一定能得到好的效果;第二种情况是彩电消磁电路故障(如代换消磁电阻)并修复后,单靠机内消磁效果也是不理想的。对此,还必须用强磁场进行外消磁,才能得到满意的效果。下面就介绍几种简单的机外消磁器及消磁方法:

①用市售消磁器消磁,方法是:先打开彩电电源,并置频道于空档(空频道),然后给消磁器加电,如图 25-7 所示,手握消磁器,并靠近荧光屏(约 2cm 左右)作匀速圆周运动(正、反时针旋转均可),由外向内边旋转边缩小圆圈,你将看到色斑会跟随着消磁器的移动而飘动,当圆圈划到最小时,不断电沿荧光屏的垂直中心轴慢慢移开消磁器,直到消磁器远离显像管 1.5m 以上时切断电源,到此消磁便告结束。图像色彩将恢复正常。假如还不够理想,还可依上述方法再消磁一次。消磁中请注意,消磁器绝对不能与荧光屏接触,否则会划伤荧光屏。

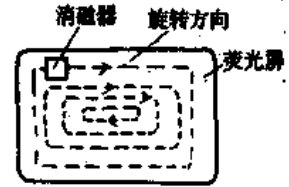


图 25-7 机外消磁方法示意图

②用胶质线盘作消磁器:如果手头没有(或未买到)消磁器,可选两捆直径在 100mm 左右的胶质线盘串联(注意相位),组成 1000 匝以上的线圈,并在线圈上串一功率电阻,再接上电源插头,便构成一只理想的消磁器,其消磁方法同上。使用此法要注意安全。

③用外磁式喇叭作消磁器:用喇叭作消磁器是再方便不过了,每个维修者手头均有,而且非常安全,根据作者经验,其消磁效果很理想。一般选 4 英寸的喇叭较合适,消磁方法还是作圆周运动,可以只对准色斑部位消磁,但喇叭不能接触上荧光屏,以防划伤屏幕。

机外消磁器简单易作,读者不妨根据现有器材,可灵活制作,诸如变压器、镇流器、高压包等均可用作消磁器,不再赘述。



## 第二十六章 压敏电阻器的测试与应用

压敏电阻器是电压灵敏电阻器的简称,其电阻值随端电压的变化而变化。

压敏电阻器的品种很多,按其材料不同可分为:碳化硅压敏电阻器、硅锗压敏电阻器、金属氧化物压敏电阻器、硒化镉和硒压敏电阻器等。按其结构和制造工艺可分为:体型压敏电阻器、结型压敏电阻器、单颗粒层压敏电阻器和薄膜压敏电阻器等。按其伏安特性可分为:对称型(无极性)和非对称型(有极性)压敏电阻器等。按其形状可分为:片形压敏电阻器和棒形压敏电阻器等。

碳化硅(SiC)压敏电阻器已有很长的历史。氧化锌(ZnO)压敏电阻器是七十年代发展起来的新品种,它比碳化硅压敏电阻器具有更多的优良特性。碳化硅压敏电阻器工艺简单、材料便宜、成本低廉、耐浪涌能力强,但非线性系数小。氧化锌压敏电阻器具有对称或非对称的伏安特性曲线,耐浪涌能力强、泄漏电流小,过压消失后能自动恢复正常工作,无继流产生、非线性系数 $\alpha$ 值大、电压温度系数小,时间响应快,而且电压范围宽,体积小,工艺简单、成本低廉,因而使用范围十分广泛。

### 一、压敏电阻器的原理与特点

当电阻器外加电压增加到某一临界值时,其阻值急剧减小的电阻器称为压敏电阻器。其外形及电路符号如图 26-1 所示。它是利用半导体材料具有非线性——安特性原理制成的,因此也称非线性电阻器。非线性是由外加电压引起的,在工作状态下,随着电压的微小变化阻值急剧地变化。伏安特性曲线有对称型和非对称型两种,如图 26-2 所示。图 26-2(b)为几种不同压敏电阻器的伏—安特性曲线。

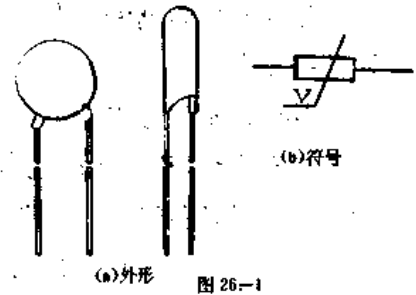


图 26-1

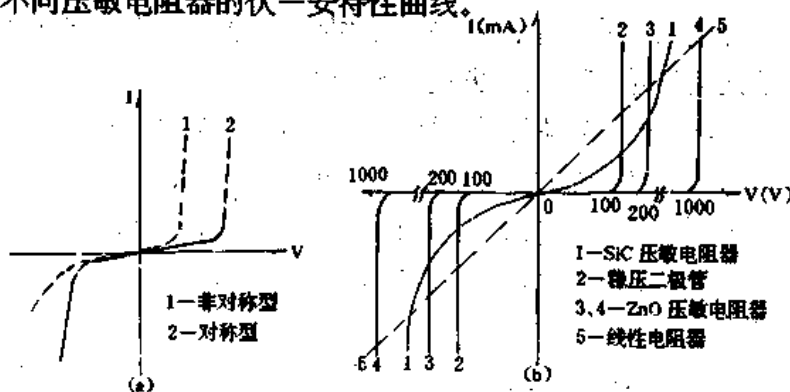


图 26-2

压敏电阻器与其它非线性器件(如硒整流器、稳压二极管)相比,除具有温度系数小、电压范围宽(几伏到上万伏)、非线性优良、耐冲击性能好、寿命长、体积小和价廉等优点外,还具有对称或非对称的非线性伏安特性,因此压敏电阻得到广泛应用。

压敏电阻器可使用在各种交、直流电路中作稳压、调幅、变频、非线性补偿、函数变换和自动控制的元件等。在晶体管、晶闸管、继电器、电视机高压包、开关电源、电话设备及各种电子设备中,利用压敏电阻器可构成过电压保护电路、消噪电路、消火花电路、吸收反向电动势的电路等。在某些情况下,一支压敏电阻器可以取代许多元件,从而大大地简化了线路,降低了成本,提高了整机的可靠性。例如我国生产的电话自动交换机中,就是利用压敏电阻器消除继电器接点的火花,从而节省了大量的阻容元件。

## 二、压敏电阻器的性能与用途

### 1. 压敏电阻器主要参数的定义

①标称电压( $V_{1mA}$ )——压敏电阻器流过规定的电流时(通常为  $1mA$ )压敏电阻器的端电压称为标称电压。一般用  $V_{1mA}$  表示。

②非线性系数( $\alpha$ )——非线性系数  $\alpha$  是表示压敏电阻器特性的一个主要参数。它表示压敏电阻器的伏安特性偏离欧姆定律的程度。 $\alpha$  可定义为:在伏安特性曲线上,某一点的静态电阻和动态电阻之比。通常希望非线性系数  $\alpha$  越大越好。一般碳化硅压敏电阻器的  $\alpha$  值约为  $3\sim 7$ ;氧化锌压敏电阻器的  $\alpha$  值约为  $25\sim 50$ 。

③通流容量——通流容量又称通流量,是指按规定的间隔和次数,在压敏电阻器上施加规定的标准冲击电流波形(一般用  $8/20\mu s$  和  $2ms$  方波)冲击后,压敏电阻器的标称电压变化率符合技术条件中规定值时所能通过的最大电流值称为通流容量。

④压敏电阻器的 C 值——流过压敏电阻器的电流为  $1A$  时电阻的端电压值称为压敏电阻器的 C 值。

⑤电压温度系数( $\alpha_v$ )——当通过压敏电阻器的电流保持恒定时,温度每改变  $1^\circ C$  时电压的相对变化,称为压敏电阻器的电压温度系数。此外,在应用中也使用电流温度系数,定义为:在电压恒定条件下,温度每改变  $1^\circ C$  时电流的相对变化。

⑥固有电容——各种类型的压敏电阻器,都程度不同的存在着一定的电容量,这个电容称为固有电容。由于固有电容的存在,因而限制了它的高频使用。

⑦漏电流——漏电流又称等待电流,是压敏电阻器在正常工作时流过电流的习惯叫法。它是线路中功率的无谓消耗,所以希望漏电流越小越好。

⑧残压比——当压敏电阻器流过某一脉冲电流时,元件两端的电压峰值称为残压。残压比是这个峰值电压与压敏电阻器的标称电压( $V_{1mA}$ )的比值。如  $V_{1kA}/V_{1mA}$ 、 $V_{3kA}/V_{1mA}$  等。

⑨电压比——电压比是  $10$  倍标称电流时电阻的端电压值与标称电压之比或标称电压值与  $0.1$  倍标称电流时的端电压值之比。即  $V_{10mA}/V_{1mA}$  或  $V_{1mA}/V_{0.1mA}$ 。

### 2. 常用压敏电阻器特性表

①彩色电视机用压敏电阻器,彩色电视机用压敏电阻器主要用于彩色电视机、电子设备中起电涌抑制作用。它是以  $ZnO$  为主的陶瓷烧结体器件,具有较好的非线性特性。这种压敏电阻器的使用条件如下:环境温度:  $-55\sim +85^\circ C$ ;相对湿度:  $+40^\circ C$  时达  $90\sim 96\%$ ;大气压力:  $47kPa$ ;振动,频率为  $10\sim 55Hz$ ,振幅  $0.75mm$ ,时间  $6$  小时;碰撞,加速度达  $390m/s^2$ ,  $4000$  次。彩用压敏电阻器的主要参数如表 26-1、表 26-2:

表 26-1

标称压敏电压(V)		56	270	470	620
外形尺寸 (mm)	$D_{max}$	$\Phi 9$	$\Phi 7$	$\Phi 7$	$\Phi 14$
	$W_{max}$	4	5	6	6.2
	d	$\Phi 0.6$	$\Phi 0.6$	$\Phi 0.6$	$\Phi 0.8$
	$L_1 \pm 1$	25	25	25	25
	$L_2 \pm 1$	5	5	5	5
	$A \pm 1$	5	5	5	5

表 26-2

标称压敏电压(V)		56	270	470	620
最大连续电压	AC(V)	35	175	300	385
	DC(V)	45	225	396	500
标称压敏电压(V)		56	270	470	620
压敏电压(V $\pm 10\%$ )		56	270	470	620
等级电流(A)		3	5	5	30
等级电压(V)		110	475	810	1025
脉冲电流(A)	8/20 $\mu$ s 10次	30	50	50	300
	2ms 10次	1.0	1.0	1.0	4.5
漏电流 ( $\mu$ A)	25 $^{\circ}$ C	$\leq 50$	$\leq 30$	$\leq 30$	$\leq 30$
	85 $^{\circ}$ C	$\leq 100$	$\leq 60$	$\leq 60$	$\leq 60$

②扩散型压敏电阻器:扩散型压敏电阻器用于过电压吸收、稳压限幅、非线性补偿、函数变换。其主要参数如表 26-3;

表 26-3

型号	标称电压 $V_0$ (V)	非线性系数 (n)	伏安电流 (mA)	特性电压 (V)	额定功率 (mW)	电压变化率	反向电压 (V)	最大放电能 (W.S)	最大浪涌电流 (A)
RM55F RM55D	$0.55 \pm 10\%$	$\geq 8$	0.02 $\geq 0.2$ 1.0 $0.55 \pm 10\%$ 10.0 $\leq 0.75$ 15 $\leq 0.75$		50	$-2 \pm 0.67$	7.5	1.5	20
RM110F	$1.10 \pm 10\%$	$\geq 10$	0.02 $\geq 0.4$ 1.0 $1.10 \pm 10\%$ 10 $\leq 1.5$		100	$-4 \pm 1.2$	$\geq 10$		

③RM型碳化硅压敏电阻器:RM型碳化硅压敏电阻器用于过电压吸收、稳压限幅、非线性补偿及函数变换中。其主要参数如表 26-4。

表 26-4

型号	标称电压 (V)	额定电流 (mA)	线性系数 (d)	固有电容 (pF)	电压温度系数 (%/°C)	外形尺寸 (mm)
RM 60-1	60	≤1	3.6	≤25	≤0.3	Φ15×3
60-2	60	≤2	3.6			
60-3	60	≤3	3.6			
60-5	60	≤5	3.6			
RM 330-1	330	1	3.6	≤10	≤0.3	Φ6×16
950-2	950	2				Φ6×23
1200-40	1200	40				Φ6×23
RM6	50	4~10 7~15	3	≤25	≤0.3	Φ28×3

④MYJ型氧化锌压敏电阻器,MYJ型氧化锌压敏电阻器用于彩色电视机、洗衣机、电冰箱、空调机等各种家用电器的操作过电压及防雷保护,它具有通流容量大,非线性系数大,残压低,漏电流小,无续流,伏安曲线对称,响应时间小于50μs,电压温度系数小,高可靠等优点。其主要参数如表26-5:

表 26-5

参 数 型 号	标称电压	残压	冲击电流	静电容量 (pF)	直径 (mm)	厚度 (mm)	对应国外 型号
MYJ07 K560	V <sub>1mA</sub> 56V	V <sub>2.5A</sub> 110V	8×2μs 125A 2次	950	9	4.0±1	ERZ-C07DK 560(松下)
MYJ05 K271	V <sub>0.1mA</sub> 270V	V <sub>20A</sub> 500V	8×20μs 200A 2次	65	7	4.6±1	ERZ-C05DK 271(松下)
MYJ10 K271	V <sub>1mA</sub> 270V	V <sub>25A</sub> 455V	8×20μs 125kA 2次	350	14	5.1±1	ERZ-C10DK 271(松下)
MYJ05 K471	V <sub>0.1mA</sub> 470V	V <sub>20A</sub> 700V	8×20μs 200A 2次	40	7	6.0±1	ERZ-C05DK 471(松下)
MYJ10 K471	V <sub>1mA</sub> 470V	V <sub>25A</sub> 750V	8×20μs 1.25kA 2次	230	14	6.5±1	ERZ-C10DK 471(松下)
MYJ15 K471	V <sub>1mA</sub> 470V	V <sub>50A</sub> 765V	8×20μs 2.5kA 2次	450	17	7±1	TNR15G 471K(东芝)
MYJ10 K621	V <sub>1mA</sub> 620V	V <sub>30A</sub> 1000V	8×20μs 1.25kA 2次	130	14	6.5±1	ERZ-C10DK 621(松下)

⑤MY21型氧化锌压敏电阻器,MY21型氧化锌压敏电阻器用于晶体管过压保护、熄灭继电器火花、雷击保护等。其主要参数如表26-6:

表 26-6

型号	标称电压 $V_{1mA}$	电压比 $V_{1mA}/V_{0.1mA}$	通流量(kA) $8 \times 20\mu s$	漏电流 ( $\mu A$ )	电压温度 系数(%/°C)	固有电容 (pF)
MY21-22	22					
MY21-27	27					
MY21-33	33					
MY21-39	39	$\leq 1.15$		$\leq 30$		$\leq 8000$
MY21-47	47					
MY21-56	56					
MY21-68	68					
MY21-82	82		1,2;		$\leq 0.1$	
MY21-100	100					
MY21-120	120	$\leq 1.10$		$\leq 10$		$\leq 5000$
MY21-150	150					
MY21-180	180					
MY21-220	220					
MY21-270	270	$\leq 1.10$		$\leq 10$		$\leq 5000$
MY21-330	330					
MY21-390	390					
MY21-470	470					
MY21-560	560					
MY21-680	680					
MY21-820	820					
MY21-1000	1000					

⑧MY22 型氧化锌压敏电阻器:MY22 型氧化锌压敏电阻器用于录音机、电唱机消噪、微电机保护、晶体管过压保护、低压电器保护等。其主要参数如表 26-7;

表 26-7

型号	标称电压 $V_{1mA}$	电压比 $V_{1mA}/V_{0.1mA}$	通流量 $10\mu s$	漏电流 ( $\mu A$ )	电压温度系数 (%/°C)	外形尺寸 (mm)
MY22-6	6	1.25		$\leq 30$	$\leq 0.2$	
MY22-9	9	1.25		$\leq 30$	$\leq 0.2$	
MY22-12	12	1.25		$\leq 30$	$\leq 0.2$	
MY22-15	15	1.25	200	$\leq 30$	$\leq 0.2$	
MY22-18	18	1.25		$\leq 30$	$\leq 0.2$	$\phi 7 \times 3$
MY22-22	22	1.20		$\leq 30$	$\leq 0.2$	
MY22-27	27	1.20		$\leq 30$	$\leq 0.2$	
MY22-33	33	1.20		$\leq 30$	$\leq 0.2$	

⑦MY23型氧化锌压敏电阻器:MY23型氧化锌压敏电阻器的用处同于MY22型氧化锌压敏电阻器。其主要参数如表26-8:

表26-8

型号	标称电压 $V_{1mA}$	电压比 $V_{1kA}/V_{1mA}$	通流量(kA) $8 \times 20\mu s$	漏电流 ( $\mu A$ )	电压温度系数 (%/°C)	外形尺寸 (mm)
MY23-47	47	$\leq 3.5$	3			
MY23-56	56	$\leq 3.5$				
MY23-68	68	$\leq 3.5$				
MY23-82	82	$\leq 3.5$				3kA:
MY23-100	100	$\leq 3.5$	3,5,10	$\leq 30$		$\Phi 40 \times 3$
MY23-120	120	$\leq 3$				5kA:
MY23-150	150	$\leq 3$				$\Phi 40 \times 4$
MY23-180	180	$\leq 3$				10kA:
MY23-220	220	$\leq 2.8$				$\Phi 60 \times 6$
MY23-270	270	$\leq 2.8$			$\leq 0.1$	20kA:
MY23-330	330	$\leq 1.8$				$\Phi 60 \times 8$
MY23-390	390	$\leq 1.8$				
MY23-430	430	$\leq 1.8$	3,5,10,20	$\leq 10$		
MY23-470	470	$\leq 1.8$				
MY23-560	560	$\leq 1.8$				
MY23-680	680	$\leq 1.8$				
MY23-820	820	$\leq 1.8$				
MY23-1000	1000	$\leq 1.8$				

⑧MY26型氧化锌压敏电阻器:MY26型氧化锌压敏电阻器用于彩色电视机过压保护、晶体管过压保护及电器开关过压保护中。其主要参数如表26-9:

表26-9

型号	标称电压 $V_{1mA}$	电压比 $V_{1kA}/V_{0.1mA}$	通流量(A) $8 \times 20\mu s$	能量耐量 (J)	电压温度系数 (%/°C)	固有电容 (pF)	外形尺寸 (mm)
MY26-47	47	1.15	50	1	0.1	450	$\Phi 7.5 \times 3.5$
MY26-56	56	1.15	50	1		400	$\Phi 7.5 \times 3.5$
MY26-68	68	1.15	50	1.2		350	$\Phi 7.5 \times 3.5$
MY26-82	82	1.1	200	1.7		250	$\Phi 7.5 \times 3.5$
MY26-100	100	1.1	200	2.0		200	
MY26-120	120	1.1	200	2.5		170	
MY26-150	150	1.1	200	3.0		140	$\Phi 7 \times 6$
MY26-180	180	1.1	200	4		80	

续表

型号	标称电压 $V_{1mA}$	电压比 $V_{1kA}/V_{0.1mA}$	通流量(kA) $8 \times 20\mu s$	能量耐量 (J)	电压温度系数 (%/°C)	固有电容 (pF)	外形尺寸 (mm)
MY26-220	220	1.1	200	4.5		70	$\phi 7 \times 6$
MY26-270	270	1.1	200	5		70	
MY26-330	330	1.1	200	6		65	
MY26-390	390	1.1	200	7.5		50	
MY26-470	470	1.1	200	8		50	
MY26-560	560	1.1	200	9		45	
MY26-680	680	1.1	200	10		40	

②  $Y_3WZ-0.25/1.5$ 、 $Y_3WZ-0.5/3$  型多项组合式氧化锌避雷器； $Y_3WZ-0.25/1.5$ 、 $Y_3WZ-0.5/3$  型多项组合式氧化锌避雷器主要用于室内，保护额定电压为 0.22kV 和 0.38kV 低压电器和电度表等免受电压损害用。避雷器两端的工频电压不得大于允许的最大电压。其主要参数如表 26-10；

表 26-10

额定电压 有效值 (kV)	最大允许工作 电压有效值 (kV)	3kA 残压值波形 $8/20\mu s$ (kV) 峰值 不大于	方形 2ms(A)	$8/20\mu s$ 冲击 电流(kA)	施加直流 电压(kV)	$\mu A$ 不大于
0.22	0.25	1.5	100	3	0.47	30
0.38	0.5	3.0	100	3	0.38	30

### 三、压敏电阻器的测试方法

#### 1. 检查绝缘电阻

压敏电阻绝缘性能的测试方法是，将万用表拨于  $R \times 1k$  档，测量压敏电阻器两脚之间的正、反向绝缘电阻，正常时所测值均应为无穷大，否则说明元件的漏电流大。

#### 2. 测量标称电压

由于工艺的离散性，元件所标明的电压值会有一些的偏差，应以实测值为准。压敏电阻器的标称电压是在 1mA 电流下测得的，而兆欧表的最大输出电流为 1~2mA，与规定测试条件比较接近。因此，利用兆欧表和万用表可以测量标称电压的实际值，但兆欧表的额定电压必须大于元件的标称电压才行。

测量标称电压的测试电路如图 26-3 所示。用万用表直流电压档和电流档，分别测量  $V_{1mA}$ 、 $I_{1mA}$ 。然后调换元件的管脚位置，测出  $V'_{1mA}$ 。应能满足关系式  $V_{1mA} \approx |V'_{1mA}|$ ，否则对称性不好。下面举例说明。

① 测量一支直径 7mm、标称电压为 18V 的进口压敏电阻器。选择 ZC25-3 型兆欧表，并将 500 型万用表先后拨于 50V 档和 10mA 档，测量

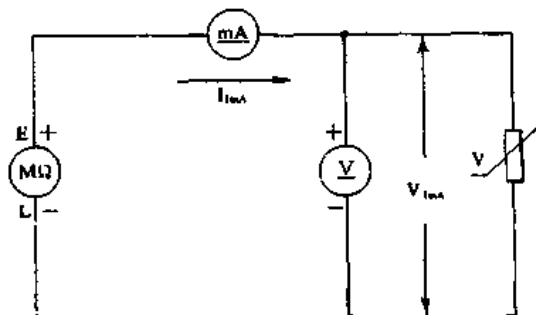


图 26-3

标称电压与工作电流。测量结果为： $V_{1mA} = 17.5V$  ( $I_{1mA} = 1.6mA$ )， $V'_{1mA} = -19V$  ( $I_{1mA} = -1.3mA$ )。因  $V_{1mA} \approx |V'_{1mA}|$ ，且与标称值很接近，故被测元件质量正常。

②测量一支国产MYL470(标称电压470V)、 $\Phi 14mm$ 的压敏电阻器。用500型万用表的500V档和1mA档分别测得： $V_{1mA} = 470V$  ( $I_{1mA} = 0.17mA$ )， $V'_{1mA} = -480V$  ( $I'_{1mA} = -0.18mA$ )。因  $V_{1mA} \approx |V'_{1mA}|$ ，故证明该元件合格。

注意事项：①压敏电阻器本身没有正、负极性，测量时可任意假定一端为正极，另一端为负极。②严格说来，兆欧表提供的测试电流并不恰好等于1mA，测量结果会略有偏差。③利用此方法还可以测定没有标记的压敏电阻器的标称电压。

#### 四、压敏电阻器的典型应用

压敏电阻器的应用十分广泛，下面仅介绍两种典型应用电路图。

图26-4(a)为过压保护电路。该电路适用于开关电源吸收回路，用它吸收高频变压器漏感所产生的尖峰电压，保护开关功率管不致损坏。

图26-4(b)为感应雷保护电路。它用于1+1载波电话设备的用户电源进线端，可吸收感应雷造成的过电压，确保人身及设备之安全。

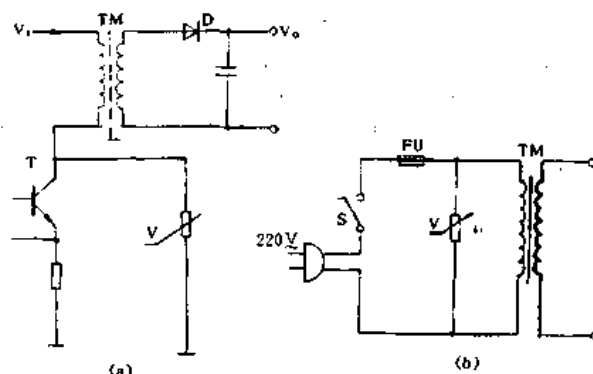


图 26-4



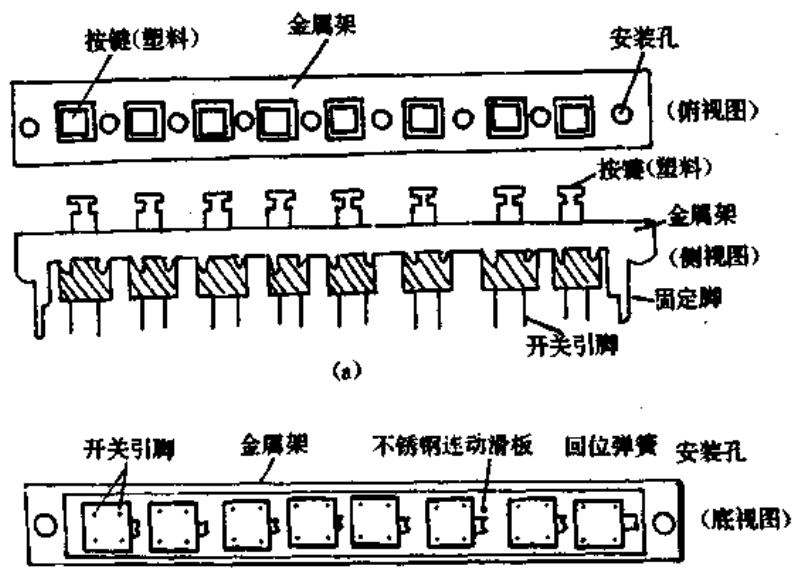
## 第二十七章 彩电频道预选开关的 测试和使用维修

彩电的频道预选开关(也称琴键、按键)是频道预选器的重要部件之一,它与波段(L、H、U)开关和调谐(记忆)电位器等组成节目预选装置,完成对电视频道(节目)的调谐、储存及转换。预选开关是双刀单掷结构,一个键上有两组开关接点,它的主要作用有三个:一是30V直流调谐电压经调谐电位器调整后,再经预选开关送到电子调谐器的BT端子,即将调谐电压送给电子调谐器(俗称高频头)中本机振荡电路的变容二极管负极上,完成对电视节目的调谐选择;二是提供波段转换电压的入地通路,以实现波段的转换;三是按动不同的预选按键可以实现频道(节目)的转换,便于方便、迅速地收看所需电视节目。

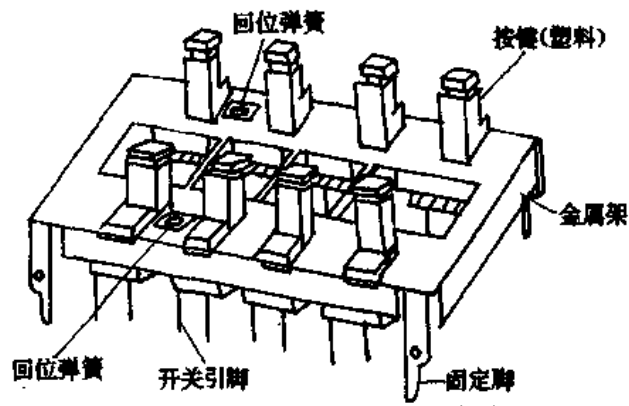
频道预选开关通常分为按键(琴键)式开关和指触感应式开关两种,并配有相应的指示装置,以显示某按键的工作状态。按键式应用最多,因此这里只介绍按键式开关。按键式开关有8位、10位和12位的,一“位”即指一个按键,其中8位按键开关使用最多。预选开关还分为单列(排)和双列(排)两种,对于双列式而言通常采用8位键,即每列4位。预选开关(按键式)的外形和电路符号如图27-1所示。

### 一、频道预选开关的测试

频道预选开关的测试方法很简单,主要是通过测试每位(每组)按键的通断情况加以检验。将万用表拨在 $R \times 1$ 档,按下某一按键,再用红、黑表笔与这组按键上的开关引脚相碰,正常的开关接通时其接触电阻应等于零,如果发现有阻值就说明预选开关质量不好,因那怕是小小的接触电阻也会产生降压,影响调谐电压的数值,从而打乱调谐电位器的“记忆”功能,表现为逃台或声、图效果欠佳,不能正常收看。一般接触电阻大于 $0.5\Omega$ 时就认为预选开关性能下降,必须进行清洗或更换。测试时请注意:第一、当测试某一按键时,其上的两组开关引脚必须都要测试,因不管哪一组接触不良或有固定电阻均会影响电视机的正常工作;第二、测试中应在保持表笔与某组引脚接触良好的情况下,一是要反复按该键,让该键上的两组开关一会接通一会断开,同时注意观察表头指针的偏转情况,如果接通时表针迅速地打到头(零位),而不是摇头摆尾式的打到头,当断开时指针也迅速地回到无穷大处,而不是悠悠缓缓地回到头,这样就说明预选开关性能良好。二是在按下某键测试时,虽然指针已打到头,但还有微微抖动不稳定,说明预选开关有接触不良现象,再就是指针同样已打到头,并且也很稳定,但是稍有振动指针就不稳定了,也说明预选开关有接触不良现象,为此在每测试一组开关时,应多按动几次该按键,并仔细观察指针是否发生摆动现象,如无摆动说明性能良好,可以上机使用;第三,预选开关有多少“位”数就应该测试多少次,绝不能“以偏概全”,因各“位”按键开关的性能是不一样的,否则上机使用时,有的频道按键收看节目正常,而有的则不行。第四,测试时还要注意,不同型号或尺寸的预选开关,按键上两组引脚的通断情况是不一定相同的,有的是横向两脚导通,而有的则是纵向两脚导通的。



(b) 单列 8 位频道预选开关外形示意图



(c) 双列 8 位频道预选开关外形示意图

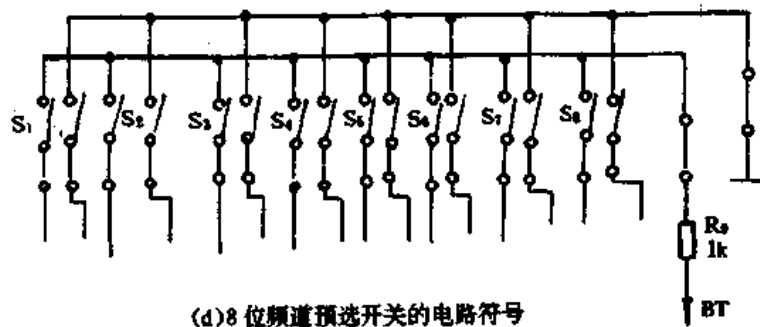


图 27-1 彩电频道预选开关的外形和电路符号

上述测试方法适用于测试单列、双列和各种不同位数的预选按键,它是对预选开关的单独测试,其实在实际维修中,进行在路(预选器电路板上)测试的情况较多。在路测试便于对故障的快速判断,如当出现逃台、声图时有时无,或图像闪动的故障时,有可能是预选开关接触不良,但也有可能是波段开关或者调谐电位器出了毛病,为了确定故障点就必须进行在路测试。在路测试的方法是:关掉电视机电源,取下预选器电路板(此板通常在机内左上角),然后再按上述方法和注意事项进行测试。在路测试通常是有针对性的测试,即发现第几位按键接触不良时就重点测试那位按键。

## 二、频道预选开关常见故障修理

### 1. 接触不良

频道预选开关内部接触不良的故障率是比较高的,尤其是国产按键,用上三、五年后就会出现此故障。该故障现象是:一则图像闪动并产生许多横条干扰,闪动严重时声音出现断续“扑扑”响声,音质大大下降无法听清楚,同时该键的指示灯也随之忽明忽暗;二则调好台后,不一会又没有了,俗称“逃台”,实际是本机振荡频率发生了漂移,所以有时“图像飘走了”,需重新调谐后方能收看,但过一会儿又可能“飘走”,始终稳定不下来,真是无可奈何;三则是在按住按键不放时,图像就会出现闪动不稳,松键后勉强也能稳定收看。接触不良故障产生的原因:一是使用时间较长,使开关接点有了磨损;二是开关接点处氧化(如空气潮湿、蜂窝煤放出的二氧化硫等)或被脏物污染。接触不良故障判断方法是:关机取下预选器电路板,哪个键有问题就测试哪个键,首先关机静态测量故障键的电阻,往往少则几欧,多则几十欧,并且阻值不稳定;然后通电测量 30 V 调谐电压,往往该电压忽大忽小很不稳定。通电测试要注意安全,因彩电机芯底板带电。

接触不良故障的修理:预选开关的拆卸不象电位器等元件那么简单,这给修理带来了一定困难。通常都不拆开修理,而是采用“内病外治”的方法进行处理。方法是:先将无水酒精从故障键的缝隙处浸入,再反复按此键(与其它键配合着按),然后用万用表 R $\times$ 1 档测试,如果还有阻值则需再浸入酒精后反复按键,直至该键的两组开关接触电阻等于零(或小于 0.5 $\Omega$ )为止。对于轻微的接触不良,可以在电路板上进行清洗,而对于严重的接触不良,最好是焊下预选开关进行清洗。清洗时请注意:一是要重视“反复浸入、反复按键、反复测试”的过程,由于排除氧化层或脏物的速度很慢,不可性急;二是还可把整个预选开关浸泡在酒精容器中清洗,边浸泡边按键,并且还要边抖动,以便让脏物流出来;三是有条件情况下,应使用高级清洁剂清洗,如上海海联润滑材料研究所研制的“海联牌”高效电器复活剂,将该剂喷在按键缝隙处,待浸入后反复按键,既能防潮除锈,又能润滑接点,经著者较长时间的使用,感到效果很好,并且价格便宜,约 20 元左右一瓶,有喷管,使用方便。

需说明的是,经过上述处理的预选开关,使用一段时间后(一般半年以上),还会出现接触不良故障,这是正常现象,还可按上述方法进行反复清洗,但如果清洗后效果仍不理想时,就必须更换了。

### 2. 回位弹簧弹力下降

如图 27-1(a)所示,预选开关内侧有一块不锈钢金属连动滑板,在滑板上有一根(单列)或两根(双列)回位弹簧,弹簧配合滑板完成各组开关的切换,也即实现频道的转换。当该回位弹簧弹力下降时,滑板不能移动或移动无力,表现为频道不能转换或锁定,只能收到一

个频道节目或只有噪波而根本收不到节目。此弹簧市面上难以买到,当弹力下降时可参考以下方法处理:一是用录音机(或从机芯上)取大小、弹力合适的弹簧进行代换;二是对原弹簧进行淬火处理,以提高其弹性。方法是:用镊子小心地取下弹簧,再将弹簧置于电炉或打火机的火苗上烧烤,待其烧红后迅速置于冷水中冷却,然后安装回开关上即可正常使用;三是更换新的预选开关。

### 3. 不能锁定

预选开关出现不能锁定的故障现象是:当按下按键时可以正常收看电视节目,但当一松手时按键也跟着弹起,电视节目也即刻消失,不能锁定。产生不能锁定的原因:一是按键不常使用,因潮湿生锈,滑板不灵活造成;二是按键内部有脏物堵塞现象。对这种故障的处理方法请参照故障(1)进行清洗,不再赘述。

## 三、频道预选开关使用注意事项

1. 不要频繁按动按键,以免白白地增加磨损,影响使用寿命;
2. 当发现按键有轻微接触不良时,应及时按上述方法进行及时认真的清洗,以延长使用寿命;
3. 当按键故障而无法修复时,必须及时更换,不可“将就着看”。更换时要注意:一是预选开关的形状、尺寸必须与原开关一致,稍有差别都不行,比如外形尺寸不对就无法安装到电路板上,而且每组开关引脚的通断情况与原开关不一样时,会引发新的故障,造成更大的损失,因此购买时最好带上旧的比着买;二是必须对新开关进行全面耐心的测试,方法同前;三是焊接比较麻烦,因预选开关的引出脚较多,如一只8位按键,连同固定脚就有共36只脚,焊下时可用吸锡器或12号注射针头,焊接时必须认真,不能有虚焊现象。

## 第二十八章 微型电动机的测试与检修

随着家用电器的发展,微型电动机越来越得到广泛的应用。目前,微型电动机已成为电风扇、电冰箱、洗衣机、吸尘器、空气调节器、电吹风、录音机、唱机、电动剃须刀等众多电动类家用电器中的关键器件。

微型电动机可以分为三大类:交流感应式电动机、直流电动机、交直流两用电动机等。交流感应式电动机又可分为分相启动式电动机、电容分相启动式电动机、永久分相电容电动机、罩极式电动机、同步电动机等类型。

目前,我国还没有专门的家用电器用微型电动机系列,原有国产微型电动机的命名方法分别如表 28-1~表 28-3 所示。

表 28-1 微型电动机基本系列代号表

产品类型	基本系列产品名称	代号
异步电动机	微型单相电阻启动异步电动机	B
	微型单相电容启动异步电动机	C
	微型单相电容运转异步电动机	D
	微型单相电容启动与运转异步电动机	E
	微型单相罩极电动机	F
换向器电动机	微型单相串激电动机	G
	微型交直流两用电动机	H
	微型直流并激电动机	K
	微型直流复激电动机	L
	微型永磁直流电动机	M
同步电动机	微型单相磁滞式同步电动机	S

表 28-2 微型电动机派生系列代号表

派生及专用系列产品名称	代表派生及专用意义的汉字	派生及专用系列代号
多速微型电动机	多	□D
高启动转矩微型电动机	启	□Q
缝纫机用微型电动机	缝	□F
装入式微型电动机	入	□R
断续定额微型电动机	续	□X
短时定额微型电动机	时	□S
稳速微型电动机	稳	□W

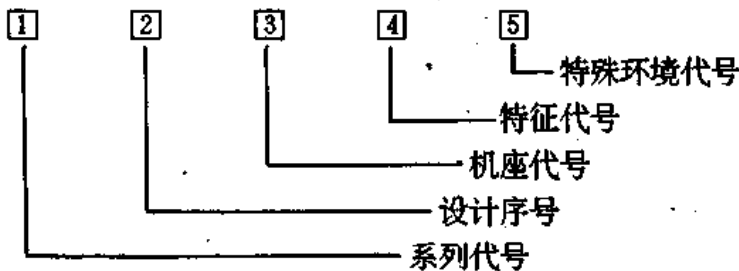
续表

派生及专用系列产品名称	代表派生及专用意义的汉字	派生及专用系列代号
宽调速微型电动机	宽	□K
摇篮式防振电动机	摇	□Y

表 28-3 微型电动机特殊环境代号表

汉字代号	汉语拼音代号	汉字代号	汉语拼音代号
热带用	T	高原用	G
湿热带用	TH	船(海)用	H
干热带用	A		

微型电动机表示法:



例如: CO 71 14 TH

CO——系列代号,表示为微型单相电容启动式电动机,右下方无系列设计序号,表示该产品为第一次新系列设计;71——机座代号,表示电机轴中心高为71mm;14——特征代号,表示1号铁芯长度,四极;TH——特殊环境代号,表示该产品适用于湿热带地区用。

### 一、微型电动机的结构原理与特性

#### (一)原理及特点

##### 1. 分相启动式交流感应电动机

分相启动式电动机工作原理图如图 28-1 所示。它具有一个鼠笼式转子和主、副两个定子绕组。两个绕组的电流相差一个很大的相位角,副绕组中的电流和磁通达到最大值的时间比主绕组的早一些。因而产生一个环绕定子铁芯内壁旋转的磁场,叫旋转磁场。产生旋转磁场要有两个条件:一是在时间上,两个绕组的电流要有相位差;二是在空间上,两个绕组的位置要有机械角度差。这个旋转磁场切割转子上的导体,使转子导体感应出一个较大的电流,这个电流所产生的磁通相互作用,便产生启动转矩。

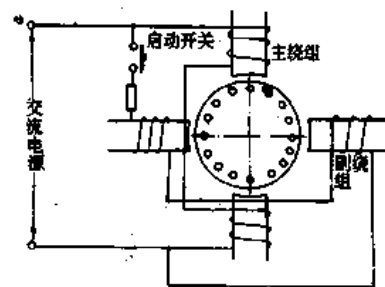


图 28-1

启动开关由装在电动机内部的离心开关或特殊手动开关担负。一旦电动机启动后,转速升至额定转速的 70% 时,离心开关脱开,副绕组断电,随即进入正常运行状态。

##### 2. 电容启动式交流感应电动机

电容启动式电动机工作原理图如图 28-2 所示。有较大电感性的主绕组和较小电感性

的启动绕组,两者电角度为 $90^\circ$ 。启动绕组与电容器和离心开关串联,再使两绕组并联,接上单相电源。当电动机静止时,离心开关闭合。若施以单相电压,则通入两绕组的电流可成 $90^\circ$ 角,电动机启动。当转速升至75%的同步转速时,离心开关切断启动线圈电路,使电动机成为单相感应电机运转。

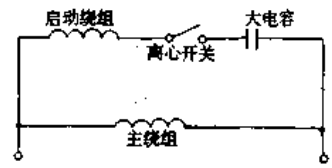


图 28-2

### 3. 永久分相电容启动式交流感应电动机

永久分相电容电动机工作原理图如图 28-3 所示。这类电动机又称电容启动兼运转式电动机,电容分相启动绕组于启动后仍继续连接于电路,由于电容器存在于启动绕组电路中,故启动绕组取入容性电流,使功率因数得以改善,同时启动转矩小,杂音和震动较小。

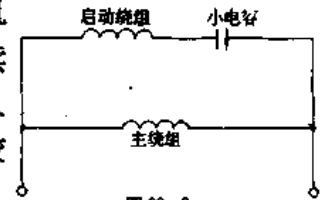


图 28-3

### 4. 双值电容式交流感应电动机

双值电容式电动机工作原理图如图 28-4 所示。它同时使用两只电容器,可以得到高值的启动转矩和良好的运转。两只电容器中一只是大容量的电容器,启动后靠离心开关自动切离电路;另一只电容器则与启动绕组固定连接,参与电机运行。这种电动机启动转矩较大。

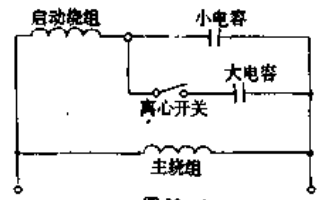


图 28-4

### 5. 罩极式交流感应电动机

罩极式电动机工作原理图如图 28-5 所示。它只有主绕组,在电动机定子的两极中各被一个罩极圈(也称短路环)“罩住”一部分。通电时主磁极部分产生脉动磁场,感应罩极圈产生二次电流,使磁极上被罩住部分的磁场比未罩住部分的磁场滞后一个相位角,因而构成旋转磁场,使电动机自行启动。

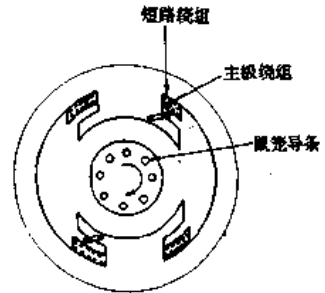


图 28-5

为了适应不同的转速需要,这类电动机有四极或二极的。对于四极电动机两对绕组可以并联或串联,以适应 110V、220V 的电源。

这类电动机结构简单、噪音小、坚固可靠、价格低廉。但启动转矩小,效率较低。

### 6. 普通直流电动机

普通直流电动机由定子、转子、整流子(换向器)、电刷、外壳等组成。直流电动机的定子是一个环形的永久磁铁,由铝、镍等铁氧体制成,在直径方向上充磁后产生磁性,结构如图 28-6 所示。

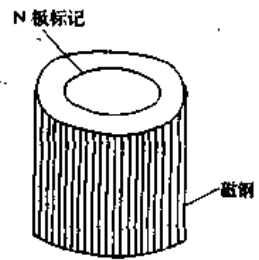


图 28-6

转子位于定子的内部,它在磁场的作用下,获得转矩。转子和定子间留有一定空隙,以确保转子在定子内自由旋转。空隙一般在 0.4~0.7mm 之间,空隙越小,电动机性能指标越高。转子外形如图 28-7 所示。它是由轴、隔油垫、换向器、线圈绕组、铁芯、止推垫等组成的。转子铁芯用铁片叠成,并固定在转轴上。为了提高电动机效率,转子铁片用 0.3~0.5mm 高质量的硅钢片冲制而成。电动机的轴用硬度很强的不锈钢制成,有很高的光洁度漆包线绕成,每伏约需绕 20~30 匝。转子铁芯两端装有塑料绝缘垫片,以保护绕组,起绝缘作用。

转子铁芯两端装有塑料绝缘垫片,以保护绕组,起绝缘作用。

换向器由三个互不相通的弧形金属片镶嵌在塑料骨架上构成。固定在电机轴上,用以对各线圈分配电流,使电动机旋转。为防止含油轴承的油沿电机轴爬向换向器,在换向器这端设有隔油垫,它是一种用聚脂薄膜制成的薄垫片,厚度为 0.3mm 左右,起防油作用。

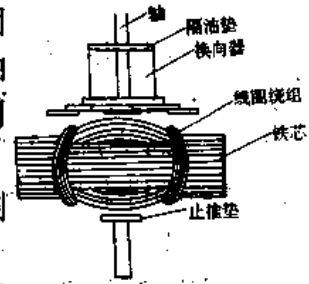


图 28-7

塑料止推垫的作用是限定和调整电动机轴的轴向间隙,使其控制在 0.05~0.5mm。

电动机的电刷平行安装在换向器的两侧,依靠其弹性和换向器保持良好的接触。直流电源通过电刷和换向器将电流送入线圈。电刷采用导电的金属簧片(锡青铜、银镍合金片等)制成,厚度为 0.1~0.15mm 之间。为减小电刷与换向器滑动接触中产生振动和噪声,在电刷上粘有吸声橡胶。电动机外封装装置由屏蔽盖、减振橡胶、屏蔽带、外壳等组成。

### 7. 并激直流电动机

并激直流电动机工作原理图如图 28-8 所示。这种电动机的定子线圈与电枢线圈并联接到电源上,磁场电流保持恒定,单独利用电枢电路控制电动机转速。这类电动机的主要特点是每当负载变化时,转速变化小,基本保持恒速。

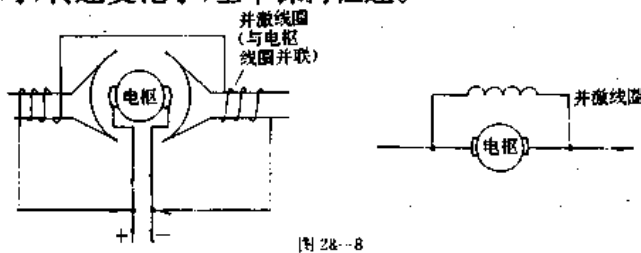


图 28-8

### 8. 复激直流电动机

复激直流电动机工作原理图如图 28-9 所示。它是由并激和串激两组线圈组合而成的。因此,既具有并激电动机的恒速特性,也具有串激电动机的大转矩特性。

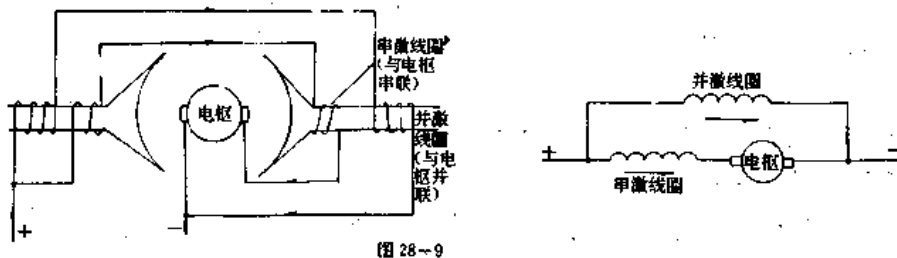


图 28-9

### 9. 霍尔直流电动机

霍尔直流电动机是一种无电刷的直流电动机,它克服了由电刷引起机械噪声和易磨损的不足不处,采用了霍尔元件作为磁电变换元件。霍尔元件常用砷、锑等半导体材料制成,将这类半导体材料做成薄膜片状元件,从元件一侧预先注入电流,如果在与薄膜垂直的方向有磁场存在,则在薄膜元件的另一侧将产生电压,如图 28-10 所示。

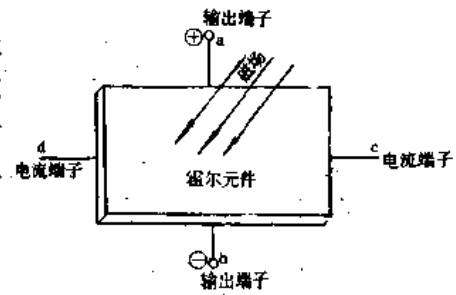


图 28-10

霍尔电动机的原理图如图 28-11 所示。图中  $H_1$ 、 $H_2$



为霍尔元件;BG<sub>1</sub>~BG<sub>4</sub>为NPN型半导体三极管;L<sub>1</sub>~L<sub>4</sub>是四个定子线圈,中间是转子。当转子的N极与霍尔元件H<sub>1</sub>相对时,a<sub>1</sub>侧产生正的输出电压,并经放大后使BG<sub>1</sub>导通,L<sub>1</sub>有电流流过,由线圈L<sub>1</sub>电流和转子磁铁相互作用产生的电磁力,驱动转子按箭头方向旋转。转子旋转90°后,霍尔元件H<sub>2</sub>和磁铁的N极相对a<sub>2</sub>侧产生正电压,该电压放大后使BG<sub>2</sub>导通,L<sub>2</sub>有电流流过,转子继续旋转。转子转动270°后H<sub>2</sub>和磁铁的S极相对,H<sub>2</sub>的b<sub>2</sub>侧产生正电压,使BG<sub>3</sub>导通,L<sub>3</sub>中有电流流过,转子继续转动。这样的动作不断重复循环,使转子连续旋转,用无触点的电子开关来切换电流。

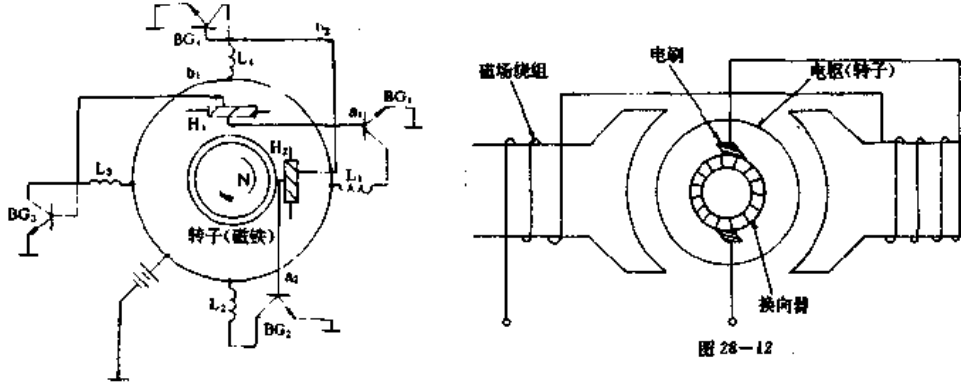


图 28-11

图 28-12

## 10. 串激式交直两用电动机

串激式电动机工作原理图如图 28-12 所示。这类电动机的转子电流是由外电路直接加入的。换向器又称为整流子,其作用是外加的电流经转换后输入电枢绕组,产生定向转矩使电机旋转。电刷的作用是将外加电流送给换向器,解决电路中静止与运动的连接。

串激式电动机的启动电流小,但启动转矩大,速度高达 20000r/min,重载时速度减慢,轻载时速度加快。

### (二) 主要技术性能

#### 1. 直流电机性能指标

以音响用直流电动机为例,其性能要求如下:①转速均匀。电动机转速不均匀,会感到放出的声音变调,在负载、电源电压以及环境温度变化下,其转速的变化量应尽量小;②噪声小。电动机噪声应尽可能小,以免将噪声通过机内话筒录入磁带,影响录放音质量;③使用寿命长。电动机要完成录放音的全部走带动作,有时需连续运转数小时,应具有较大的过载能力和使用寿命。

直流电动机的主要性能指标如下:

稳速精度:  $\leq 2\%$ ;

额定转速偏差:  $\leq \pm 1\%$ ;

轴向间隙: 0.05~0.5mm;

机械噪声:  $\leq 35\text{dB}$ ;

寿命: 1000 小时;

启停次数: 20000 次;

电动机轴轴向跳动: 不小于 0.015mm;

额定电压: 3V、4.5V、6V、7.5V、9V、12V 等;

额定转速: 2000r/min、2400r/min、4800r/min 等;

引线无线电干扰: (0.15~0.5MHz) < 66dB, (0.5~25MHz 时) ≤ 52dB。

## 2. 交流电动机性能指标

以四极双线圈罩极式交流电动机为例, 交流电动机的主要性能指标如下所示:

电源电压: 110/220V;

电源频率: 50Hz;

电流: < 80mA (220V);

消耗功率: < 16W;

额定转速: 1400+40/-20r/min;

最大力矩: > 100gf/cm;

启动力矩: > 70gf/cm;

绝缘强度: 1500V (1 分钟);

绝缘电阻: > 20MΩ;

温升: < 50℃。

## 3. 常用微型电动机性能指标

在家用电器中应用最多的各类微型感应式电动机, 它们的主要特性参数如表 28-4 所示。

表 28-4

电动机特性	罩极式	电容启动	分相启动	电容运转	电容运转	电容启动和运转
机械特性曲线 $m = f(v)$ , $m = \frac{M}{M_N}$ , $v = \frac{n}{n_c}$						
转子结构	鼠笼	鼠笼	鼠笼	鼠笼	实芯铁磁芯	鼠笼
启动装置	不需要	离心开关	离心开关	不需要	不需要	不需要
功率范围(W)	0.5~120	18~600	18~600	5~600	50~100	5~600
电压(V)	127, 220	127, 220, 380	127, 220, 380	127, 220, 380	110, 127, 220	127, 220, 380
同步转速 $n_s$ r/min	1500, 3000	1500, 3000	1500, 3000	750, 1000, 1500, 3000	在 1500 左右变动	1500, 3000
速度调节	不能调节	不能调节	不能调节	不能调节	能调节	抽头调速
适用范围	电风扇、烘箱、电唱机、洗衣机、商业用器具等, 但损耗较大, 一般少用	是目前最普遍的一种单相电动机, 电冰箱、电影放映机、医疗器械等	活塞泵、压缩机、泵、冷冻机	录音机(主导电动机)、家用电器、泵、空载启动的小型机床、电风扇	录音机(重绕式电动机)、牙科钻孔机	家用电器、电风扇、洗衣机用得最多、泵、小机床

## 二、微型电动机的测试方法

### 1. 微型电动机绝缘强度的测试方法

#### (1) 万用表测试法

如果没有兆欧表,仅用一只万用表,也能检查电动机的绝缘强度,并测出绝缘电阻值。测量电路如图 28-13 所示。图中 M 表示电动机。用此电路既可测量直流、交流、交直两用微型电动机,而且还能测量三相交流电动机。

具体测试方法如下:按图 28-13 将被测电动机与万用表连接好。将万用表拨于 500V 交流档,220V 交流电源的火线接电动机绕组的一端,零线经过万用表接电动机外壳,通电后观察万用表读数,若读数为零,说明被测电动机绝缘良好。如果读数在几伏以下,表明绝缘性能基本正常。大于 10V 后,绝缘性能不佳。

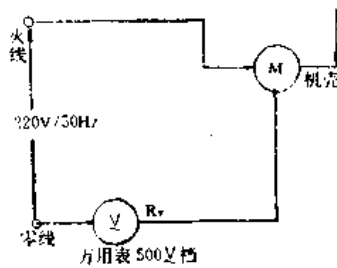


图 28-13

本方法还能进一步求出绝缘电阻值。设电动机绝缘电阻为

$R_i$ , 万用表读数为  $U_1$ , 则  $U_1 = \frac{R_v}{R_v + R_i} \cdot U$ , 从中解出:  $R_i = \frac{U - U_1}{U_1} \cdot R_v$ 。

现以 500 型万用表为例,该表的交流电压灵敏度为  $4k\Omega/V$ , 500V 交流档内阻  $R_v = 4k\Omega/V \times 500V = 2M\Omega$ 。设  $U = 220V$ ,  $U_1 = 2V$ , 一并代入式中:  $R_i = \frac{U - U_1}{U_1} \cdot R_v = \frac{220 - 2}{2} \times 2M\Omega = 218M\Omega$ 。绝缘电阻在  $100M\Omega$  以上即为正常,否则说明电动机的绝缘性能变差。

注意事项:

①电源的火线与零线不要接反。

②上面的公式中忽略了交流电动机绕组的感抗影响,准确公式应为:  $U_1 =$

$\frac{R_v}{\sqrt{(R_v + R_i)^2 + (\omega L)^2}}$  式中,  $L$  为绕组的电感量。但是通常  $X_L$  远小于  $R_i$ , 因此按公式  $R_i =$

$\frac{U - U_1}{U_1} \cdot R_v$  计算的误差并不大。

#### (2) 借用电灯测试法

借用白炽灯泡也可检查微型电动机的绝缘强度,具体检测电路如图 28-14 所示。

此测试图中 EL 为 220V、100W 白炽灯泡,串于 220V 交流电源的火线与电动机绕组之间。电源的零线与电动机的机壳接通。通电一分钟后灯泡仍然不亮,说明绝缘强度符合要求。如果灯泡发暗红色,证明绝缘电阻降低。假如灯泡能正常发光,就表明绕组对机壳短路,必须进行检修,排除故障。

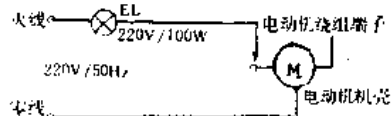


图 28-14

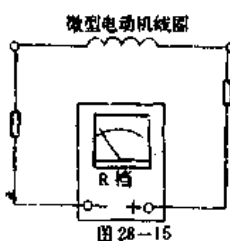
### 2. 微型电动机好坏的判断方法

微型电动机不论是直流电动机、交流电动机、还是交直两用电动机,其最易出现的故障就是线圈绕组损坏。因此可利用万用表的电阻档,对绕组的电阻值进行测量,从而判断微型电动机的好坏。

线圈受潮、线质不佳、线圈绝缘不良或老化,或者电源电压过高使得线圈中电流过大,均地造成线圈绕组的内部短路或断路。

具体测量方法是,将万用表拨至相应电阻档,如  $R \times 10$  或  $R \times 100$  档,跨接在线圈两端,测出线圈实际电阻值。测量电路如图 28-15 所示。

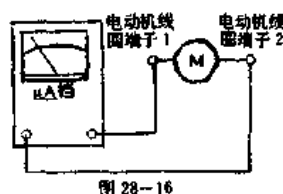
将实测电阻值与线圈标准电阻值进行比较,例如 201 电唱机用电动机的线圈直流电阻值为  $250\Omega$  左右,如实际测出的直流电阻值为零,则证明线圈短路,如实测电阻值很小,则证明线圈局部短路,如实测电阻值为无穷大,则证明线圈断路。对于有几个绕组的微型电动机,还可将几个绕组的实测电阻值进行对比,以判断出哪个线圈有问题。



### 3. 电动机转速的测试方法

利用万用表的  $50\mu\text{A}$  档判断电动机的磁极对数  $p$ ,可以大致确定电动机的转速  $n(\text{r}/\text{min})$ 。其测量电路如图 28-16 所示。

测量方法如下:先把万用表拨至  $R \times 1$  档,从电动机引出端中找出一个绕组,然后把万用表拨于  $50\mu\text{A}$  档,跨接在绕组两端,并缓慢地摇电机轴,使转子匀速旋转一周。由于使用不久的电机转子铁芯上总



会有一定的剩磁,因此当转子旋转时就在定子绕组上感应出交流电动势。电流表上有交流电流(频率高低,由转动速度决定)通过,表针就左右摆。摆的次数等于电机的磁极对数  $p$ 。例如转子旋转一周时表针摆动一次,说明电流方向改变了两次,即  $p=1$ ,这属于二级电动机。

使用 50Hz 电网时,电动机的同步转速  $n$  由下式确定:
$$n = \frac{60f}{p} = \frac{3000}{p} (\text{r}/\text{min})$$
。显然,同步转速与磁极对数成反比,磁极对数愈多,转速愈低。利用表 28-4 可大致判定电动机的转速。对于异步电机,当转子转速  $n_1$  略低于同步转速  $n$  时才能正常运行,一般  $n_1 = (0.94 \sim 0.985)n$ 。

举例说明,手摇某台电动机使转子旋转一周时,表针摆动两次。查表 28-4 可知, $p=2$ , $n=1500\text{r}/\text{min}$ 。

表 28-4 表针摆动次数与转速的对应关系表

转子旋转一周时 表针摆动的次数	磁极对数 $p$	电动机的级数	转速 $n(\text{r}/\text{min})$
1	1	2	3000
2	2	4	1500
3	3	6	1000
4	4	8	750
5	5	10	600

注意事项:

①假如万用表没有  $50\mu\text{A}$  档,也可利用  $1\text{mA}$  档进行观察。

②本方法只能大致判断电动机的转速。如果需要准确测量转速,可以利用指针式或数字式转速表来测量电动机的实际转速。

### 三、微型电动机的故障维修

#### 1. 直流电动机故障修复

##### (1) 电动机不转

首先用万用表测量电动机两端有无电压输入,如果正常,便可判定为电动机故障。

主要故障原因有:

电动机线圈烧毁或断路,线圈烧毁,拆开电动机屏蔽盖就可发现。线圈断路,多是其中的一组或二级线头脱焊,须将脱焊点焊好。

换向器或电刷损坏,可观察到换向器有烧焦的痕迹和圆弧表面磨损的凹凸不平,可用细砂纸将换向器表面砂平和打光,使电刷接触良好。为防止短路,应将金属屑清扫干净。

电刷的常见故障是压力不足,可拆下调整。调整电刷压力时,需取出转子。注意,要将转子和电动机盖一起从电动机壳中顶出,然后再轻轻将电刷分开,取出转子,切忌将转子直接拉出,这样易造成电刷永久变形,无法修复。

#### (2)电动机转速慢

电动机转速慢的故障原因有:

电压偏低太多,或转子线圈局部短路。若转子线圈短路,应重新绕制。

电动机轴承有干涸的油垢,使电动机阻力增加,转速变慢。换向器与电刷接触不良或积聚了污物,皆会造成转速慢。用无水酒精清洗轴承,换向器和电刷,并在轴承处注入润滑油。

#### (3)电动机转速快

电动机转速快的原因有:

电源电压太高。无论是机械调速直流电动机或电子调速直流电动机电源电压过高(30%),稳速电路均会失效。

电动机长期不使用或受潮,会使机械调速触点生锈,电流变大,转速增加,可将一个或两个触点的开关调整螺钉拧松,反复调整,使转速正常。

#### (4)电动机噪声大

电动机噪声大的故障原因有:

换向器及电刷间有污物,接触电阻过大,甚至产生火花,发生噪声,应将转子拆出,用无水酒精将污物清洗干净。

电动机轴承缺油,这时可听到声音较大的“嘶嘶”声,应将转子拆下后清洗,并在轴承处滴少量润滑油。

电动机转子与轴承上的伸缩距离偏大,可在转子上增加垫圈。

### 2. 交流电动机故障修复

以罩极式电动机为例,交流电动机的主要故障有:线圈损坏、轴承磨损及温升太高等,这些故障的检修方法分别如下:

#### (1)电动机线圈损坏

线圈损坏的原因是线圈受潮、线圈质量不佳、线圈绝缘损坏或老化。若电源电压过高,使电机电流过大,也易将线圈烧坏,线圈烧坏后颜色发黑,并有焦臭味,有的线圈内部短路或断路,可用万用表测量两只线圈的直流电阻,比较阻值是否一致,以判断线圈的好坏,常见的201、206、C84型电唱机用电动机参数如表28-5所示。若发现电动机线圈有故障,不要急着拆修,应查明故障原因。如线圈断路,往往是由于某一个焊点脱焊或某一根线已断造成的。可仔细观察,发现故障点,将引线焊好即可。线圈短路,往往在某一点上,可将该点用绝缘胶带隔开便可继续使用。

表 28-5

电机型号 导线规格	201(203)	206	C84
导线直径	Φ0.17mm	Φ0.14mm	Φ0.13mm
圈数	2500	2700	3300
直流电阻	250Ω 左右	340Ω 左右	500Ω 左右

### (2) 轴承磨损

使用时间长久的电动机,含油轴承易磨损,磨损后抖动率、噪声均会增大,需要换轴承。

### (3) 电动机温升太高

电动机温升太高指温度超过了规定指标( $<50^{\circ}\text{C}$ )。原因主要是转子与定子间隙不均匀,含油轴承松动等原因造成的,需重新安装调整。转子与定子发生摩擦会造成电动机电流增大,也会使温升过高,需调整定子与转子的间隙。

## 第二十九章 压力传感器的测试与使用

每一种敏感器件都必须有一种敏感物质与之对应,也就是说,每一种敏感器件都必须有一种物理现象、化学反应或生物反应与之对应,因此,半导体敏感器件是一种新型的传感器(称为 Sensor)。它不但能将各种物理的、化学的、生物的非电量信号转变为电信号,而且由于它易于实现集成化、多功能化和智能化,所以更适合于计算机的要求,被称为“电五官”。

半导体力学量敏感器件简称力敏器件,它是利用半导体材料的压阻效应研制而成的一种新型半导体器件。所谓压阻效应是指当半导体材料受应力作用时,其电阻率随应力的变化而变化,而且这种变化是各向异性的。半导体单晶硅、锗及化合物半导体都具有压阻效应。目前主要是利用硅材料制作力敏器件。

力敏器件具有将被测的各种力学量如压力、速度、流量等转换成与其呈函数关系的电量(如电压或电流)的功能。

力敏器件通常根据用户的不同要求,封装成各种不同的形式,其名称也是按其用途而定的。例如压力传感器、荷重传感器、拉力传感器等,每种传感器又可分出若干个系列,如此可分出数百乃至上千个品种,描述起来极不方便,所以,一般按芯片的结构和工艺来分类,这样力敏器件可分为体型应变片、扩散硅(分立)、硅—蓝宝石和集成化四种。

压力传感器能把感受到的各种压力如静压、动压、绝对压力、负压、真空压力及压差等转换成相应的电信号输出。

压力传感器分为应变式压力传感器、压阻式压力传感器、压电式压力传感器、电容式压力传感器、差动式压力传感器和力平衡式传感器等类型。下面主要介绍应变式压力传感器和压阻式压力传感器。

### 一、压力传感器的原理与特点

#### 1. 应变式压力传感器

应变式压力传感器是利用半导体材料的压阻效应,将被测压力转换成电信号输出的一种传感器。

应变式压力传感器是用金属丝或箔式应变片接在电桥内,工作时,被测力使应变

片产生形变,于是电桥失去平衡,便可检测到对应于所加压力的电压或电流信号,以达到测量压力大小的目的。电桥有、无压力作用时的情况如图 29-1 所示。

#### 2. 固态压阻式传感器

固态压阻式传感器是以单晶硅为基体,按特定晶面,根据不同的受力形式分别加工成杯、梁、柱、膜等形状作为弹性应变元件。在弹性应变元件的适当位置,用集成电路工艺技术扩散四个等值应变电阻组成惠斯登电桥。

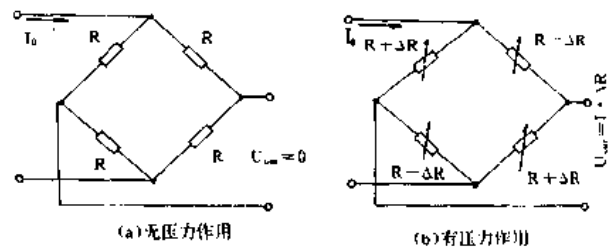


图 29-1

压阻式压力传感器的准确度高,动态响应好,耐冲击与振动,体积小,重量轻,是目前常用的一种压力传感器。

压阻式压力传感器是在单晶硅膜片上用集成工艺制成半导体应变电阻和桥路。半导体单晶硅电阻率的变化量  $\Delta R/R$ ,与施加外力  $F$  成正比,此效应称为压阻效应。

国产 **DYC** 系列压阻式压力传感器的外形和结构如图 29-2 所示。

图 29-2(b)是把四个等值电阻设计在不同的晶向上,在半导体中间形成凹槽,恰似倒置的杯子,故通常称为“硅杯”。杯底是圆形薄膜,上面排列四个电阻,见图 29-2(c)。

压阻式压力传感器有四根引线,其中两根为电源线,两根为输出线,接成桥路,电路如图 29-3 所示。 $I_0$  为恒流源供电电流, $V_0$  为桥路的输出电压。设传感器灵敏度为  $K$  (mV/MPa),被测压力为  $P$  (MPa),则  $V_0 = KP$ 。 $I_0$  值一般取 2mA。由于传感器输出为毫伏级电压,所以要进行放大,才能用数字电压表显示出被测压力。**DYC** 系列产品的主要参数如表 29-1 所示。

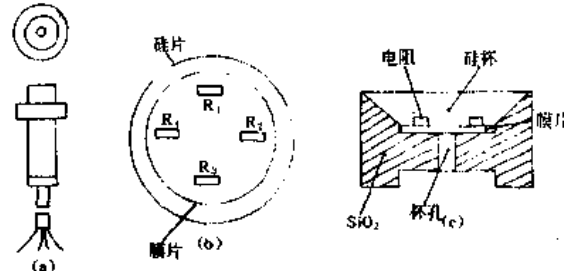


图 29-2

表 29-1

项目	单位	指标	备注
压力量程	MPa	0~10(分 10 档)	
满量程输出	mV	>40 或 >60	分小量程、大量程
固有频率	MHz	0.1~2	
桥阻	kΩ	2~5	
准确度等级	—	0.2, 0.5, 1.0 级	包括非线性误差和重复误差
绝缘电阻	MΩ	≥200(90%RH)	相对湿度为 90% 时

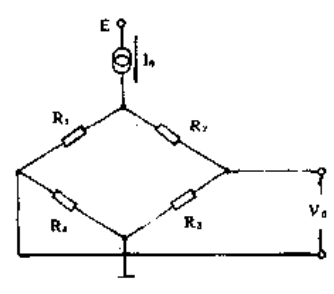


图 29-3

### 3. 应变计与应变片

应变计(或片)中把应变变量转换成电阻变量的部分,即电阻条,称为敏感栅,根据敏感栅的制造工艺不同或形状不同而做成各种应变计或应变片。

电阻应变片也叫电阻式应变传感器。应变片与应变仪配套使用,就可以测量应力、应变、重量、转矩,此外应变片还适于测量位移、速度、加速度等机械量。它具有灵敏度高,尺寸小、重量轻、价格低,便于多点测量等优点。

应变片的种类很多,常见的有电阻丝式应变片、箔式电阻应变片、温度自补偿式应变片、半导体应变片,此外还有应变花等。它们的外形分别如图 29-4 所示。

电阻丝式应变片是将栅状的康铜敷在基片上制成的。箔式应变片是用印刷电路工艺加工成的栅状应变片。半导体应变片是根据半导体材料的压阻效应而制成的。应变花则是由几

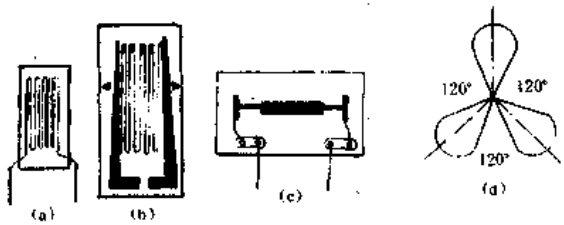


图 29-4



个排成一定角度的应变片组合而成的,常见排列形式有  $\perp$ 、 $\wedge$ 、 $\nabla$ 、 $\Delta$  等。用它可使应力计算过程大为简化。表 29-2 列出了国产应变片的主要参数。使用应变片时,一般要构成桥路,将电阻变化量转换成电压信号。

将应变片牢固地粘贴在试件表面,当试件受到外力(拉力或压力)而变形时,就引起应变片电阻值的变化。在一定范围内,电阻值的变化率  $\Delta R/R$  与试件长度尺寸的变化率  $\Delta l/l$  成正比: $\Delta R/R = K\Delta l/l = K\epsilon_x$ , 式中  $K$ —应变片的灵敏系数,一般在 1.7~3.6 之间; $\epsilon_x$ —应变值, $\epsilon_x = \Delta l/l$ , $\epsilon_x$  没有量纲,且数值很小,常用  $\mu(10^{-6})$  表示。例如  $\epsilon = 0.0001 = 100 \times 10^{-6} = 100\mu\epsilon$ , 读作 100 微应变。

表 29-2

名称	栅状尺寸 l×b(mm)	标称电阻值(Ω)	灵敏系数(K)	基片材料	特点
电阻丝式应变片	3×2	120	2.0	纸基	
	6×2	120	2.0~2.3	JSF-2 胶膜	
箔式应变片	1×1	120	2.0	1720 胶膜	
自补偿式应变片	13×3	120	2.18	JSF-2 胶膜	带补偿片
半导体应变片	7×0.4	1000	160	JSF-2 胶膜	灵敏度高
箔式应变花	10×2	120	2.0	1720 胶膜	Δ 式

## 二、压力传感器的特性参数

### 1. 压力传感器参数的定义

- ①量程——传感器测量范围的上限和下限值的代数差。
- ②允许过载——在不引起性能改变的条件下,能加在传感器上的被测最大值。
- ③输出阻抗——传感器的输出端子两端的阻抗(室温条件下)。
- ④工作电源——传感器桥路两端的恒流源或恒压源。
- ⑤零点输出——在室温条件下,无载荷时,传感器在输入参考工作电流下的输出电压。
- ⑥满量程输出——在规定条件下,传感器测量范围的上限和下限输出值间的代数差。
- ⑦工作温度范围——保证传感器特性指标的温度范围。
- ⑧零点时漂——在规定的时间内及室温条件下,零点输出的变化。
- ⑨热零点漂移——传感器环境温度从室温变化到规定的工作温度范围极限时,所引起的零点输出的变化。通常以温度每变化一度时零点输出的变化量相对于满量程输出的百分数来表示。
- ⑩热灵敏度漂移——传感器环境温度从室温变化到规定的工作温度范围极限时,所引起的灵敏度变化。通常以温度每变化一度时满量程输出的相对变化量占满量程输出的百分数来表示。
- ⑪非线性——在同一工作条件下,传感器校准曲线与工作直线的不一致性。
- ⑫迟滞——在同一工作条件下,作全测量范围校准时,在同一测量点上正反行程输出的

不一致性。

⑬重复性——在相同条件下,以同一方向连续施加相同被测量数值时,传感器再现输出读数的能力。

2. 各型压力传感器特性参数表(见表 29-3~表 29-5)

表 29-3

型号	硅井尺寸 (mm <sup>2</sup> )	基底尺寸 (mm <sup>2</sup> )	电阻值 (Ω)	灵敏系数	电阻温度系数 (%)	灵敏度温度系数 (%)	最大工作温度 (°C)	工作电流 (mA)	极限应变 (με)	寿命 (次)	备注名称
AF <sub>1</sub> -60	6×0.4×0.06	9×5	60±5%	100±4%	<0.08	<0.12	<80	25	6000	1.2×10 <sup>6</sup>	体型硅半导体应变计
AF <sub>1</sub> -120	6×0.4×0.06	9×5	120±5%	110±5%	<0.15	<0.15	<80	25	6000	1.2×10 <sup>6</sup>	体型硅半导体应变计
AF <sub>1</sub> -350	6×0.4×0.06	9×5	350±5%	130±5%	<0.35	<0.28	<80	15	6000	1.2×10 <sup>6</sup>	体型硅半导体应变计
AF <sub>1</sub> -600	6×0.4×0.06	9×5	600±4%	140±5%	<0.4	<0.3	<80	12	6000	1.2×10 <sup>6</sup>	体型硅半导体应变计
AF <sub>1</sub> -1K	6×0.4×0.06	9×5	1000±3%	150±5%	<0.4	<0.3	<80	12	6000	1.2×10 <sup>6</sup>	体型硅半导体应变计
AF <sub>2</sub> -60	3×0.4×0.06	5×3	60±5%	100±5%	<0.08	<0.12	<80	25	6000	1.2×10 <sup>6</sup>	体型硅半导体应变计
AF <sub>2</sub> -350	3×0.4×0.06	5×3	250±5%	130±5%	<0.35	<0.28	<80	25	6000	1.2×10 <sup>6</sup>	体型硅半导体应变计
AF <sub>2</sub> -1K	3×0.4×0.06	5×3	1000±5%	150±5%	<0.4	<0.3	<80	12	6000	1.2×10 <sup>6</sup>	体型硅半导体应变计
AF <sub>2</sub> -10	3×0.4×0.06	5×3	10~20	60~80	<0.06	<0.1	<80	25	6000	1.2×10 <sup>6</sup>	体型硅半导体应变计
YLM	2×3×0.3		1500~3000	100	5×10 <sup>-4</sup> 1/°C		60	2	600	10 <sup>5</sup>	扩散型半导体应变计
LM			800~1000	≥45	<0.3 1/°C				1000		扩散型半导体应变计
LM11			1000~3000	≥50	<0.15 1/°C		-25~ +70		1000		扩散型半导体应变计
LM11			4000~6000	≥50	≤1.5 10 <sup>-3</sup> /°C		-25~ +70	1~5	500		扩散型半导体应变计
LM15			1000~5000	≥50	<0.15 1/°C		-25~ +70		1000		扩散型半导体应变计
KTY-1	3×2×0.3		4000~6000		<0.2 1/°C						扩散型半导体应变计
TY-P-1K	6.0mm		1000	160	<0.4 1/°C	<0.3 1/°C	100	15	6000		体型硅半导体应变计
PBD-1K			1000	140			60	15			体型硅半导体应变计
6AA100T		6×2	120	2.1			-50 +100		3~4		纸浸胶基大应变电阻应变计
BJ120-5BA		16×16	120	2.0				5~10			常温箱式应变计

表 29-4

型号	名称	量程 (kg/cm <sup>2</sup> )	允许过载 (%)	输出阻抗 (kΩ)	工作电源 (mA)	满量程输出 (mV)	工作温度范围 (°C)	热灵敏度时漂 (1/°C)	非线性 (%)	迟滞 (%)	重复性 (%)	备注
CYG01	通用高精度压力传感器	0~20	130	1.2	6~10	100	-40~ +80	5~1× 10 <sup>-4</sup>	0.3~0.1	0.2~0.05	0.2~0.05	
CYG13	通用低压传感器	0~0.5	150	1.2	6~10	≥20~60	-40~ +80	1~10× 10 <sup>-4</sup>	0.1~2	0.1~0.5	0.1~0.5	
CYG05	通用中压传感器	0~60	130	1.2	6~10	100	-40~ +60	1~5× 10 <sup>-4</sup>	0.1~0.3	0.05~0.20	0.05~0.2	
CYG15	通用高压传感器	0~300	130	0.6	6~12	100	-20~ +80	1~10× 10 <sup>-4</sup>	0.1~1	0.1~1	0.1~1	
CYG20	微差压传感器	0~200 mmH <sub>2</sub> O	130	1.2	6~10	100	+10~ +40	5~10× 10 <sup>-4</sup>	0.5~1	0.5~1	0.5~1	

续表

型号	名称	量程 (kg/ cm <sup>2</sup> )	允许 过载 (%)	输出 阻抗 (kΩ)	工作 电源 (mA)	满量程 输出 (mV)	工作温 度范围 (°C)	热敏 度漂 (/°C)	非线性 (%)	迟滞 (%)	重复性 (%)	备注
CYG19	小差压 传感器	0~0.5	200	1.2	6~10	30~50	-10~ +60	1.5~15× 10 <sup>-4</sup>	0.15~1	0.1~1	0.1~1	
CYG02	通用高精度差 压传感器	0~10	130	1.2	6~10	100	-40~ +80	1~5× 10 <sup>-4</sup>	0.1~0.3	0.05~0.2	0.05~0.2	
CYG70	隔离型差 压传感器	0~20	130	1.2	6~10	≥50	-20~ +60	1.5~15 ×10 <sup>-4</sup>	0.15~1	0.1~1	0.1~1	
CYG03	机载差 压传感器	0~3	130	1.2	6~10	100	-40~ +80	1~5× 10 <sup>-4</sup>	0.1~0.3	0.05~0.2	0.05~0.2	
CYG04	水深传感器	0~100m	130	1.2	6~10	100	0~60	10× 10 <sup>-4</sup>	0.15~0.3	0.1~0.2	0.1~0.2	
CYG40	高精压力 传感器	25~125	200	0.8~1.2	9VDC	≥50	-20~ +60	3~7× 10 <sup>-4</sup>	0.3~0.5	0.3~0.5	0.15~0.5	
CYG41	微型压力 传感器	5~200	200	1.2	9VDV	≥30	+10~ +80	5~7× 10 <sup>-4</sup>	0.75~1	0.75~1	0.3~0.5	
CYG06	血压传感器	0~0.4	300	1.2	9VDV	≥20~30	-10~ +50	5~10× 10 <sup>-4</sup>	0.3~0.5	0.3~0.5	0.3~0.5	
CYG60	脉象传感器	最大力 100g		1.2	9VDC		+10~ +50					
CYG63	宫缩传感器	0~100 mmHg	200	1.2	9VDV	≥100	+10~ +50					
CYG51	加速度 传感器	3~ 1000g	300	1.2	6~10	≥30	+10~ +40	5~10× 10 <sup>-4</sup>	1~2	0.5~1	0.5~1	
CYG80	荷重传感器	0~ 1500g	200	1.2	6~10	100						
CYAL1 -50	半导体应 变片式 压传感器	-50 mmHg				>40mV/V	-10~ 50		<0.3			总精度
CYAL1 -100	半导体应 变片式 压传感器	-100 mmHg				>40mV/V	-10~ 50					
CYAL1 -400	半导体应 变片式 压传感器	-400 mmHg				>40mV/V	-10~ 50					
CYAL1 -760	半导体应 变片式 压传感器	-760 mmHg				>40mV/V	-10~ 50					
CYAK2 -20	半导体应 变片式 压传感器	20 mmH <sub>2</sub> O				>3mV/V	-10~ 50		>1			总精度
CYAL2 -100	半导体应 变片式 压传感器	100 mmH <sub>2</sub> O				>10mV/V	-10~ 50		<0.5			总精度
CYAL2 -500	半导体应 变片式 压传感器	500 mmH <sub>2</sub> O				>40mV/V	-10~ 50		<0.5			总精度
CYAL2 -1000	半导体应 变片式 压传感器	1000 mmH <sub>2</sub> O				>40mV/V	-10~ 50					
CYAL2 -3000	半导体应 变片式 压传感器	3000 mmH <sub>2</sub> O				>40mV/V	-10~ 50					

续表

型号	名称	量程 (kg/cm <sup>2</sup> )	允许 过载 (%)	输出 阻抗 (kΩ)	工作 电源 (mA)	满量程 输出 (mV)	工作温 度范围 (°C)	热敏 度时漂 (/°C)	非线性 (%)	迟滞 (%)	重复性 (%)	备注
CYAL3 -0.5	半导体应 变片式 压力传感器	0.5				>40mV/V	-10~ 50		<0.5			总精度
CYAL4 -10	半导体应 变片式 压力传感器	10				>30mV/V	-10~ 50		<0.5			总精度
CYAL5 -150	半导体应 变片式 压力传感器	150				>30mV/V	-10~ 50		<0.5			
ML31	硅杯式力 敏器件	0.1~5	120	4~6	1	≥80	-40~ +70	≤3× 10 <sup>-3</sup>	≤0.1~	≤0.5~	≤0.12~	
ML32	硅杯式力 敏器件	0.1~5	120	4~6	1	≥80	-40~ +70	~	≤2	≤0.05	≤1.5	
ML33	硅杯式力 敏器件	0.1~5	120	4~6	1	≥80	-40~ +70	≤1× 10 <sup>-4</sup>				
DYC	高频响动态 压力传感器	1~100	300	2.5	2	≥80	-20~ +35	5× 10 <sup>-4</sup>	0.5	0.2	0.2	
LY-5	半导体应变片 式微压传感器	0~500 mmH <sub>2</sub> O				30~50	-10~ +40		4			
CYG20	固态压差 传感器	15~200 mmH <sub>2</sub> O			9VDV	100			1.5~0.5			精度
CY-1	集成式高灵敏 度压力传感器	-50~ +300 mmH <sub>2</sub> O	150	2.5	5VD1	300	40~ +50	1× 10 <sup>-4</sup>	0.5	0.5	0.5	
RSY	孔隙水压力 传感器	0~40			12±1VDV		-20~ +50		0.1~1			精度

表 29-5

产品名称	型 F 号	压力 量程 (kPa)	满量程 输出 (mV)	线性度 (%)	迟滞性 (%)	重复性 (%)	零点 时漂 (%)	零点 温漂 (F.S /°C)	灵敏度 温漂 (/°C)	频率 特性 (Hz)	输入 电压 (μV)	允许 过载 (%)	电桥 电阻 (Ω)	使用 温度 (°C)	电源 电压 (V)
生理压力传感器	CY-1 CY-7	-7~+ 40	300	0.5	0.5	0.5	0.5	2× 10 <sup>-3</sup>	1× 10 <sup>-4</sup>	240	2.5	50	2000± 200	-20~+ 50	5~6
脉搏压力传感器	CY-2 CY-8	-1.5~ +8	300	0.5	0.5	0.5	0.5	2× 10 <sup>-3</sup>	1× 10 <sup>-4</sup>	240	2.5	30	2000± 200	-20~ +50	5~6
低压传感器	CY113 CY113A	0~20,30 100	2500± 200 0~5000	0.5	0.5	0.5	0.5	1× 10 <sup>-3</sup>	1× 10 <sup>-4</sup>	-	2.5	30	2000± 200	-40~ +80	6
				0.2	0.2	0.2	0.2	5× 10 <sup>-4</sup>							
负压传感器	CY173 CY173A	-101~0	2500~ 200 0~5000	0.5	0.5	0.5	0.5	1× 10 <sup>-3</sup>	1× 10 <sup>-4</sup>	-	2.5	30	2000± 200	-40~ +80	6
				0.2	0.2	0.2	0.2	5× 10 <sup>-4</sup>							
微压传感器	CY104 CY104A	0~1, 2,……10	2500±200 0~5000	0.5	0.5	0.5	0.5	1× 10 <sup>-3</sup>	5× 10 <sup>-4</sup>	-	2.5	50	2000±200	-40~ +80	6
微压传感器	CY141	0~1, 2,……10	0~5000	0.5	0.5	0.5	0.5	×10 <sup>-3</sup>	5× 10 <sup>-4</sup>	-	2.5	50	2000± 200	-40~ +80	6
微压传感器	CY214 CY214A	0~1, 2,……10	2500± 200 0~5000	0.5	0.5	0.5	0.5	1× 10 <sup>-3</sup>	5× 10 <sup>-4</sup>	-	2.5	50	2000± 200	-40~ +80	6
低压传感器	CY215 CY215A	0~20,30 ……100	2500± 200 0~5000	0.5	0.5	0.5	0.5	1× 10 <sup>-3</sup>	1× 10 <sup>-4</sup>	-	2.5	30	2000± 200	-40~ +80	6
				0.2	0.2	0.2	0.2	1× 10 <sup>-4</sup>							
全集成传感器	CY-5	-10~ +50	3000	0.5	0.5	0.5	0.5	1× 10 <sup>-3</sup>	5× 10 <sup>-4</sup>	-	2.5	50	2000± 200	-40~ +80	±15

### 三、压力传感器的测试方法

#### 1. 电阻式应变传感器(应变片)的测试方法

##### (1) 测量电阻值

常见应变片的标称电阻值有  $60\Omega$ 、 $120\Omega$ 、 $240\Omega$ 、 $350\Omega$ 、 $500\Omega$ 、 $1000\Omega$  等规格。使用之前,需用万用表  $R \times 10$  (或  $R \times 100$ ) 档测量其电阻值,不得超出规定的误差范围。若电阻值为无穷大,证明应变片开路损坏。

##### (2) 测量绝缘电阻

用环氧树脂或 502 胶把应变片贴于试件上,待胶完全固化后,用兆欧表测量应变片与试件之间的绝缘电阻,一般应大于  $200M\Omega$ ,对长期测量的应变片则要求大于  $500M\Omega$ 。若绝缘电阻不符合要求,应变片在工作时就会产生漏电流,影响正常测量。

#### 2. 压阻压力传感器的测试方法

DYC 的四根引线中,绿色、白色引线分别为输出电压的正极和负极;蓝色、红色引线依次接电源正极和负极。用万用表  $R \times 100$  (或  $R \times 1k$ ) 档,可以检查桥路的通断,并测出桥阻值。

实例:选择 500 型万用表的  $R \times 100$  档,测量一只 DYC-16-0.2D (0.2 级 D 档) 型压阻压力传感器,四个桥臂的电阻值均为  $3.9k\Omega$ ,说明桥路的对称性很好。再用 ZC25-3 型兆欧表测量芯线与传感器外壳的绝缘电阻,约  $500M\Omega$ ,符合要求。

### 四、压力传感器的选用

#### 1. 选用型号

目前传感器还没有统一的型号规定。因此用户选用时应考虑传感器的技术指标及下列几种不同使用情况。(a) 测量对象应是压力、压差、加速度或集中力等。(b) 被测介质的种类、腐蚀性、温度、工作时的连接方式。(c) 工作环境的温度、湿度及振动等因素。

#### 2. 选择量程的原则

系统中可能出现的最大压力应小于传感器所允许的过载值。一般工作压力(压差)选在标称值的 30~100% 为宜。选用压差传感器时还应考虑到耐静压的问题。

# 第三十章 数字集成电路的测试与使用

集成电路是在同一块半导体材料上,利用各种不同的加工方法,同时制作出许多极其微小的电阻、电容及晶体管等电路元器件,并将它们相互连接起来,使之具有特定的电路功能。集成电路与普通电路的最大区别在于一块集成电路上的各个元器件不可分离,从设计、制造、检测到使用均作为一个整体来处理,而普通电路的各个元器件是单独制造的,封装后再逐个连接于电路之中。

通常对集成电路有几种分类方法,如按制造工艺分类、按完成的功能分类、按集成度分类、以及按制造工艺和功能进行综合考虑分类等等,具体分类情况如图 30-1~图 30-4 所示:

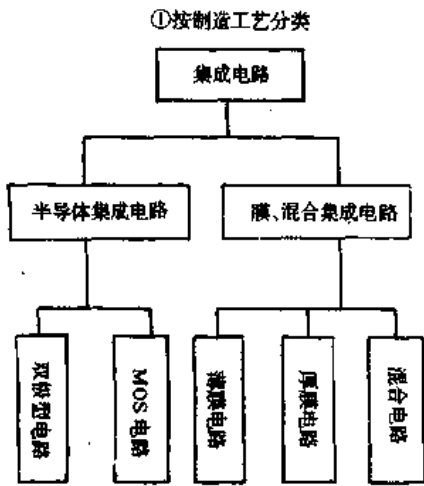


图 30-1

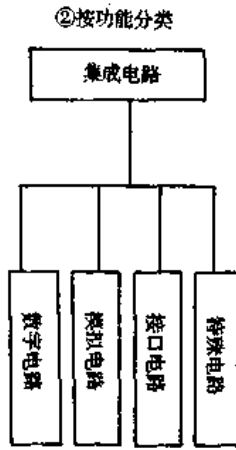


图 30-2

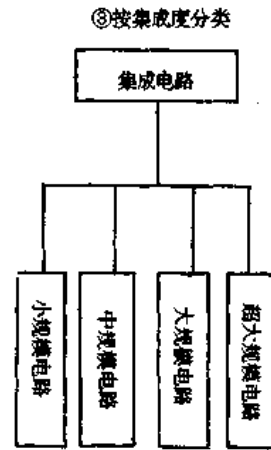


图 30-3

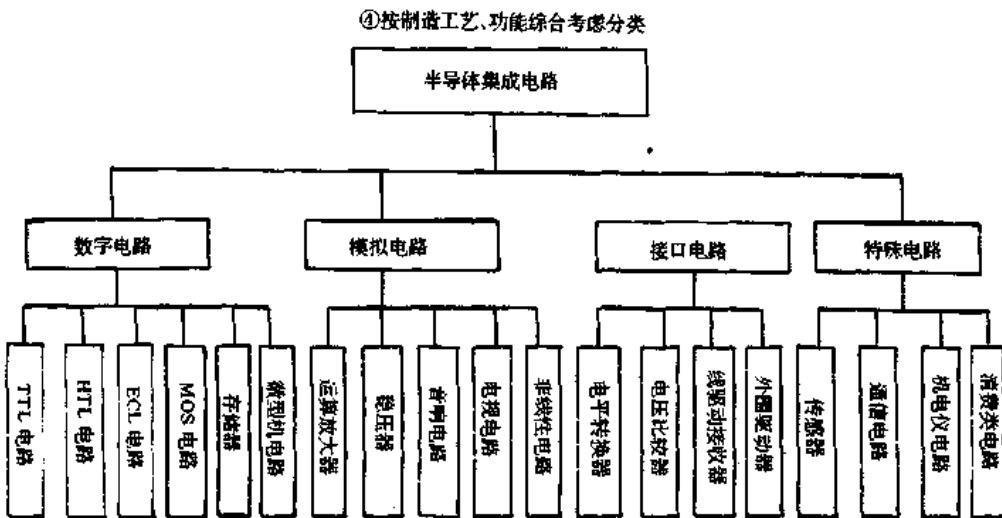


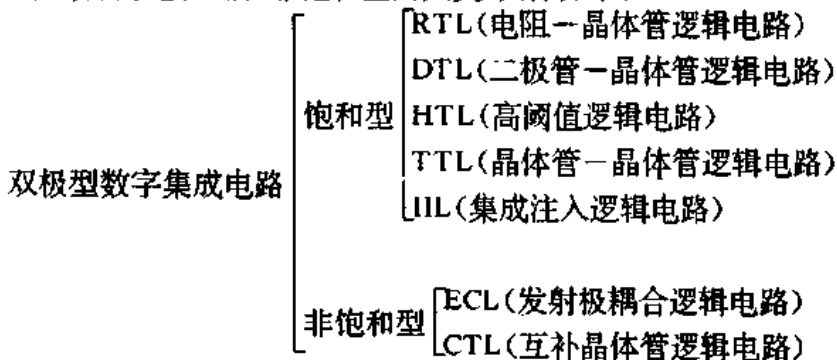
图 30-4

数字电路也叫脉冲电路、逻辑电路。数字电路的基本单元是一些基本“门”电路，它们构成逻辑运算中最基本的逻辑关系。数字电路的对象是数字信号，所以我们通常所说的数字集成电路均采用二进制码。数字集成电路的发展十分迅速，它的应用早已从最初的军事、航天等方面扩展到人类生产和国民经济的各个领域。

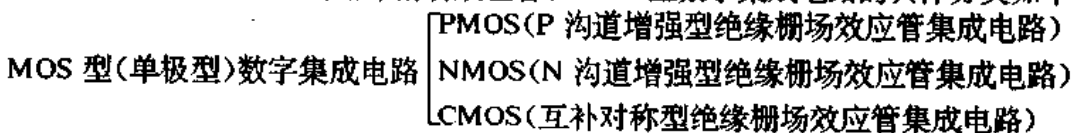
### 一、数字集成电路的原理与特性

#### 1. 双极型与 MOS 型数字集成电路的分类

以双极型(多数载流子既有电子、又有空穴)的半导体管为基本元件集成在一块硅片上，并具有一定逻辑功能的电路，称为双极型数字集成电路。双极型电路按其基本电路方式分类，大致可分为饱和型和非饱和型两大类，具体如下：



MOS(金属—氧化物—半导体场效应管)的导电机构是单极型的，即多数载流子只有一种极性，或者只是电子、或者只是空穴。它是利用电压所产生的表面电场作用(表面场效应)来控制电流变化的管子，所以是一种表面效应晶体管。由于其控制极——栅极与源极、漏极之间被绝缘物隔开，因此又叫绝缘栅场效应管。MOS 型数字集成电路的具体分类如下：



#### 2. TTL 双极型数字集成电路

在早期的双极型电路中，DTL 电路占有重要地位，随着技术的发展相继出现了具有较高速度的 TTL 电路、具有高抗干扰能力的 HTL 电路和超高速的 ECL 电路。这三种电路各具特色，相互补充，分别占据着自己的最佳应用领域。TTL、HTL、ECL 三种双极型数字集成电路的主要性能如表 30-1 所示。

表 30-1

参 数	系 列	TTL	HTL	ECL
平均传输延迟时间/每门 $t_{pd}(ns)$		3~10	85	0.7~2
平均功耗/每门 $\bar{P}(mW)$		2~22	30	25~45
最高工作频率 $f(MHz)$		35~125		200
逻辑功能		与非	与非	或/或非
高电平(V)		3.4	11.5	-0.8
低电平(V)		0.4~0.5	1.5	-1.70
直流噪声容限(mV)		300	6000	125
电源(V)		5	15	-5.2

**TTL 电路:** TTL 电路具有结构简单、功耗适中、速度快及使用方便的特点。从电子计算机、数字化仪器仪表到各种简单程控装置、家用电器及电子玩具等均有它的应用领域。

TTL 电路的基本单元是具有与非功能的逻辑电路,用基本的 TTL 与非门可以组成各种功能单元电路,如触发器、计数器、译码器等。随着集成度的不断提高,已有能实现各种较复杂逻辑的单块集成电路。

**TTL 工作电路:** TTL 中速与非门电路如图 30-5 所示。当多发射极晶体管  $BG_1$  任一个(或多个)输入端为“0”电平(0.3V)时,电流由电源经门电阻  $R_1$  通过相应接“0”电平输入端的发射极流出,把  $BG_1$  基极电位箝制在 1V 左右(“0”电平的 0.3V 加上导通的 PN 结压降 0.7V),  $BG_1$  的等效集电阻  $R'_{c1}$  为  $R_2$  和  $BG_2$  的 c、b 结电阻之和,故  $R'_{c1}$  很大,  $BG_1$  的集电极流  $I_{c1}$  很小,容易满足不等式  $\beta_1 I_{b1} \gg I_{c1}$ , 使  $BG_1$  处于深饱和状态。  $BG_1$  的集电极电压也就是  $BG_2$  的基极电压,只有 0.4V 左右(输入端“0”电平 0.3V 加  $BG_1$  饱和压降 0.1V),远不足以使  $BG_2$ 、 $BG_3$  发射极的两个 PN 结导通,故  $BG_2$ 、 $BG_3$  均截止。  $BG_3$  的基极电位略高于其集电极电位,使集电结略为正偏,  $BG_3$  处于微饱和状态,向  $BG_4$  提供基流,使  $BG_4$  处于放大状态。这样,  $BG_2$  截止、 $BG_4$  导通(通过下一级的门晶体管而导通),输出为高电平(3.6V)。

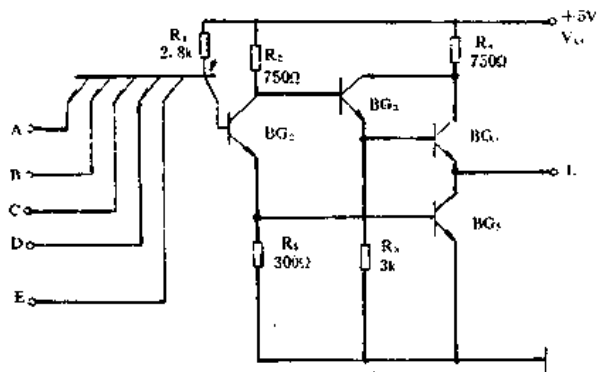


图 30-5

当  $BG_1$  的输入端均接“1”电平(3.6V)时,  $BG_1$  的全部发射极反偏而截止,但它的集电极导通,  $BG_1$  处于“倒置”工作状态(c 极和 e 极的作用倒置,电流放大倍数约为 0.2),大量电流经  $R_1$  和  $BG_1$  的集电极注入  $BG_2$  的基极,使  $BG_2$  饱和,  $BG_2$  向  $BG_3$  提供足够的基流,  $BG_3$  也饱和。  $BG_2$  集电极电位只有 1V (其饱和压降 0.3V 加  $BG_3$  的 b、e 结压降 0.7V),使  $BG_3$  的基极电位明显下降,基流减少,  $BG_3$  处于微导通状态。其 b、e 结降去 0.7V,剩下 0.3V 不足以使  $BG_4$  的发射结导通,所以  $BG_4$  截止。这样,  $BG_2$  截止,  $BG_3$  饱和(由下一级的门晶体管提供饱和和电流),输出低电平(0.3V)。

由此可见,  $BG_3$  管或者微饱和,或者微导通,起转移电平作用。它与  $BG_4$  构成复合管,作为  $BG_2$  的有源动态负载,改善电路输出特性,降低输出阻抗,提高电路速度。电路的逻辑式为:  $L = \overline{ABCDE}$ 。

TTL 电路各系列典型单元及特性如表 30-2:

表 30-2

国标/国际通用系列	基本单元电路结构	典型单元电路	主要特性
T1000 系列 /SN54 /74 系列	标准 TTL 结构(输入钳位二极管图腾柱输出)		$t_{pd}$ 10ns $P_D$ 10mW $f_m$ 35MHz



续表

国际/国际通用系列	基本单元电路结构	典型单元电路	主要特性
T2000 系列 /SN54 /H74H 系列	高速 TTL 结构(达林顿图腾柱输出)		$t_{pd}$ 6ns $P_D$ 22mW $f_m$ 50MHz
T3000 系列 /SN54S /74S 系列	肖特基 TTL 结构		$t_{pd}$ 3ns $P_D$ 19mW $f_m$ 125MHz
T4000 系列 /SN54LS /74LS 系列	低功耗肖特基 TTL 结构		$t_{pd}$ 9.5ns $P_D$ 2mW $f_m$ 45MHz

### 3. CMOS 场效应管数字集成电路

MOS 数字集成电路发展较晚,1964 年才研制出第一个 CMOS 集成电路,1968 年 CMOS 集成电路商品初次上市,但由于它具有制造工艺简单、集成度高、功耗低、体积小、成品率高、工作温度范围大等一系列特点,所以 70 年代发展十分迅速,并已广泛应用于工业控制、仪表、通信、计算机、电视、电子手表等领域中。MOS 集成电路除了 PMOS、NMOS 和 CMOS 外,目前在向超大规模集成电路迅速发展的过程中,不断出现一些很有前途的器件,如 H-MOS、V-MOS 和 D-MOS 等。这些器件出现给计算机的 ROM(只读存储器)和 RAM(随机存储器)带来了很大发展。

CMOS 的工作原理:下面以 CMOS 传输门为例来介绍 CMOS 数字集成电路的工作原理,CMOS 传输门的电路及逻辑符号如图 30-6 所示。图中 A 和  $\bar{A}$  是一对互为反相的控制信号。当  $A=“1”$ , $\bar{A}=“0”$ (正逻辑),对 NMOS 来说,栅极(A)对衬底的电位为正,NMOS 管导通;对 PMOS 来说:栅极( $\bar{A}$ )对衬底的电位为负,PMOS 管也导通。两管导通后的电阻只有几百欧。这样,信号从 B 端传送到 C 端或者从 C 端传送到 B 端。

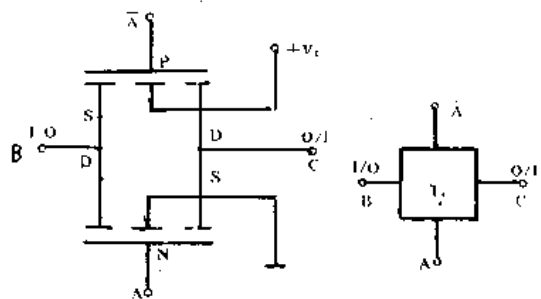


图 30-6

当  $A = "0"$ ,  $\bar{A} = "1"$  时, 对 NMOS 来说, 栅极(A)与衬底电位相同, NMOS 管截止; 对 PMOS 管来说, 栅极( $\bar{A}$ )与衬底的电位也相同, PMOS 管也截止。两管截止后的电阻可达几百兆欧。这样, B 端或 C 端的信号无法通过。

由于 MOS 管结构对称, 源极和漏极可以互换, 电流可以从两个方向流通, 具有双向特性, 所以又把传输门叫“双向开关”。传输门和各种门电路组合起来, 可以构成 CMOS 触发器、计数器、移位寄存器等。

CMOS 集成电路优点: ①静态功耗低。因为静态时总是一只管导通, 另一只管截止, 即它不是工作在  $Q_A$  点就是  $Q_B$  点, 所以静态电流由截止管的漏电流决定, 只有微安数量级。静态功耗是电源电压与截止管漏电流的乘积, 只有微瓦数量级。比双极型集成电路低几个数量级, 对大规模集成电路极为有利。②电源电压允许变动范围大。通常 PMOS 和双极型电路电源电压要基本恒定, 一般只允许变动  $\pm 10\%$ 。而 CMOS 管则不同, 电源电压在 3~15V 范围内变化均能正常工作。这样使得它能够与 TTL、HTL 等电路容易实现连接和电平为换。③抗干扰能力强。由于 PMOS 和 NMOS 管的栅极连在一起, 输入信号对两管同时影响, 电路要翻转受两管互相制约, 必须一管导通另一管截止才能转态, “0”态和“1”态的抗干扰容限一般大于 1.5~6V (TTL 只有 0.8~1V), 约为电源电压的 45%。特别适用于要求高抗干扰的工业控制装置中。④开关速度较快。因互补管对称, 不管 PMOS 还是 NMOS 管导通时的等效电阻相等, 而且较小, 所以使负载电容的充放电时间大为缩小, 开关速度加快。接近 TTL 的速度。随着工艺的改进, CMOS 的速度还在不断提高。⑤扇出系数大。因其功耗极微, 带负载能力很强, 扇出系数约为 TTL 电路的 4~5 倍。

CMOS 与其它几种集成电路的性能比较如表 30-3 所示:

表 30-3

	HTL	TTL	ECL	PMOS	CMOS
每门功耗(mW)	60	12~22	40~60	0.2~10	静态 0.001~0.01
传输延时(ns)	90	5~30	1~5	300	40
噪声容限(V)	6.5	1	0.21	3~4	45% $V_{DD}$
扇出系数	10	10	25	20	>50
逻辑摆幅(V)	2.5	3.3	0.9	-2~-17	~ $V_{DD}$
电源电压(V)	15	5	-5.2	-24	3~15

## 二、数字集成电路的测试方法

下面主要介绍 TTL、CMOS、H-CMOS 这三种目前常用数字集成电路的区分方法。

### 1. CMOS 与 TTL 数字集成电路的区分方法

#### ①根据型号区分

标准 CMOS 数字集成电路主要有 4000 和 14500 两大系列。前者以美国无线电公司 (RCA) 生产的 CD4000 系列为代表, 后者则以美国摩托罗拉公司 (Motorola) 生产的 MC14500 系列为代表。我国于 1983 年制定的 CC4000 系列国家标准, 符合国际标准。国产 TTL 数字集成电路主要有 3 个系列: CT1000、CT3000、CT4000。它们与国外系列的对应关系如下: CT1000—74 标准系列; CT3000—74S 肖特基系列; CT4000—74LS 低功耗肖特基系列。国标 CT2000 (对应于 74H) 系列现已被淘汰。

根据产品型号很容易区分 CMOS 电路与 TTL 电路。例如,CC4518、CD4518、MC14518 均属于 CMOS 电路(双十进制同步加法计数器),而 CT3020、7420、74S20、74LS20 均属于 TTL 电路(双 4 输入与非门)。

### ②测量电压识别法

对型号不明的数字 IC,用万用表测量电压也能识别 CMOS、TTL 电路。一种方法是测量电源电压,若芯片能在 3~4.5V 或 5.5~18V 电压下正常工作,则肯定是 CMOS 电路。但为保险起见,宜选 3~4.5V 低压试验。另一种方法是测输出电平摆幅。以门电路为例,电源电压选 5V,输入端依次接高、低电平,然后将万用表拨于 10V 档测量输出端高、低电平的差值,差值接近 5V 的是 CMOS 电路,约为 3.5V 的是 TTL 电路。

### 2. CMOS 与 H-CMOS 数字集成电路的区分方法

高速 CMOS 电路(H-CMOS)是国际 80 年代初问世的新一代 CMOS 电路。它将 CMOS、TTL 的优点融为一体,既保持 CMOS 电路低功耗等优点,工作速度又能同 TTL 电路媲美。因此国外预言,到 90 年代高速 CMOS 将占统治地位,而 TTL 的市场占有率将以抛物线规律下降。

高速 CMOS 电路主要有 74HC、74HCT 两大系列。74HC 系列(国标为 CC74HC)主要有以下特点:①能在低压下工作,电源电压范围是 2~6V,其低压特性优于标准 CMOS 电路,为研制电池供电的小型化数字仪表提供了方便。②工作频率高,最高可达 50MHz。③微功耗,输入阻抗高,驱动能力强。74HCT 系列则采用 5V 电源供电,其管脚排列和逻辑功能与 74LS-TTL 电路相同,完全可取代 74LS。

如上所述,标准 CMOS 数字 IC 的电源电压范围是 3~18V,而 74HC 高速 CMOS 电路为 2~6V。根据这一点可以区分型号不明的 CMOS 电路与高速 CMOS 电路。具体方法是选择 2~2.5V 电源电压,若芯片能正常工作,即属于高速 CMOS 电路,否则是标准 CMOS 电路。

## 三、数字集成电路的使用

### 1. CMOS 电路使用注意事项

①输入信号电压不得超过  $V_{DD}$  和  $V_{SS}$  的范围,以防止输入保护二极管因正向偏置而引起大电流损坏。用于 CMOS 电路的直流噪声容限的保证值是电源电压的 30%,因此输入低电平应在  $V_{SS} \sim 0.3V_{DD}$  之间,输入高电平应在  $V_{DD} \sim 0.7V_{DD}$  之间。

②在使用 CMOS 电路时,电源电压不可以相反的极性加到 CMOS 电路上,即使是 0.5V 的反极性电压也会使器件遭到破坏。CMOS 电路的每个输入端电流是受限制的,要根据不同的 CMOS 电路确定输入端电流的大小。

③电路在存放时,必须用金属屏蔽包装,插件板应备有短路插座,防止静电损坏电路。

④焊接烙铁、测量仪表等必须接地良好。

⑤弯曲管脚应离开管壳根部一定距离。

⑥为避免瞬态电压损坏器件,不允许在接通电源的情况下,装拆电路板或器件。

⑦不得有输入悬空端,应按工作功能接逻辑“1”或“0”。

### 2. TTL、HTL 电路使用说明

①集成电路在使用前应对其电参数有一个全面的了解,以便根据不同的使用要求适当

选择电路。电路的极限参数是保证电路正常工作的极限值,为了防止损坏,电路的工作条件不得超出极限值范围。

②TTL、HTL 电路的扇出扇入使用也应在电路的允许范围之内。在实际应用中,当逻辑门的输入端不满足需要时,可以选用带扩展输入端的电路,用外加扩展器的办法来解决。不过这将对电路传输延迟有较大影响。目前一般采用逻辑变换,用其它电路来解决。与扩展器电路,参看图 30-7。

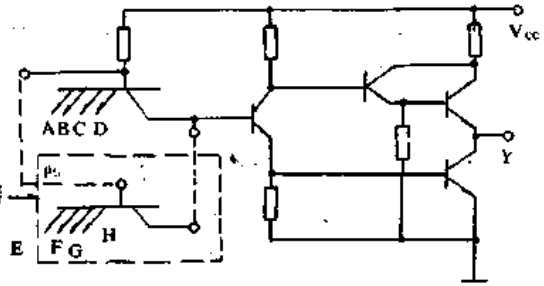


图 30-7

③TTL、HTL 电路的输入端悬空具有高电平的逻辑功能,为了获得最快的开关速度和最好的抗干扰能力,应将不使用的输入端或悬空位置接固定高电平或与使用的输入端并联使用。不用输入端的几种处理方法如图 30-8 所示。

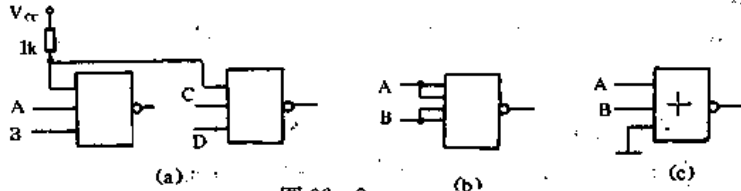


图 30-8

④在某些需要长线传输数据信息的应用中,为防止因阻抗不匹配产生反射波而引起误动作,应注意采取措施减小信号波形畸变。TTL 信号长距离传输应用实例参看图 30-9 (a)。HTL 信号长距离传输应用实例参看图 30-9 (b)。

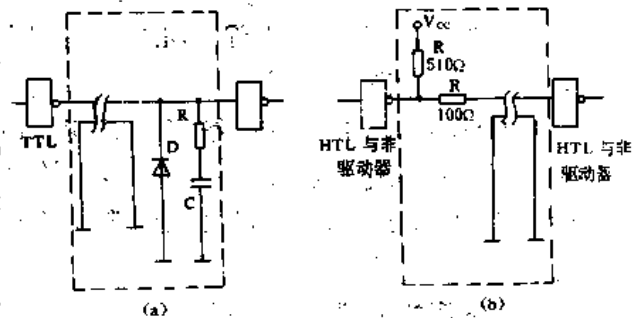


图 30-9

⑤在实际应用中,如遇到不同种类集成电路相互连接时,必须解决高低电平适配、驱动和负载能力匹配等问题。各种电路相互连接常见解决办法,参看图 30-10。

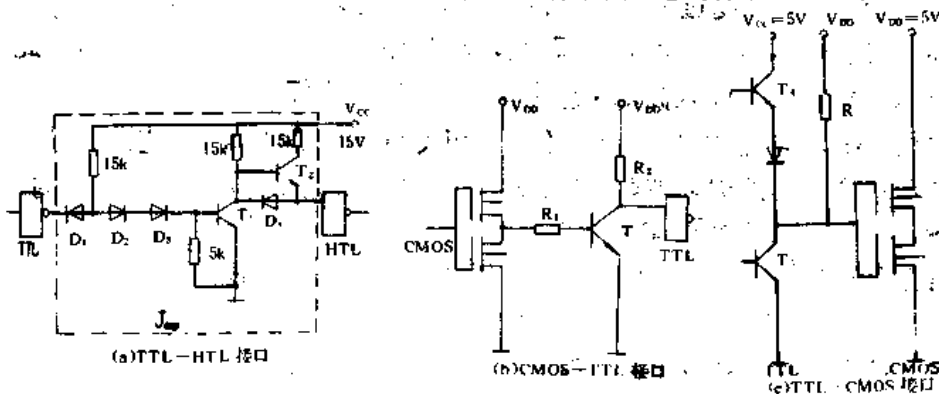


图 30-10

⑥TTL 电路工作环境温度分三类: I 类产品温度范围  $-55 \sim +125^{\circ}\text{C}$ 。II 类产品温度范围为  $-40 \sim +85^{\circ}\text{C}$ 。III 类产品温度范围为  $-10 \sim +70^{\circ}\text{C}$ 。在允许的工作环境温度内,电路的功能和电参数符合设计要求。

⑦TTL 电路正常工作电源电压范围为 4.5~5.5V, 典型为 5V。HTL 电路正常工作电源电压范围为 13.5~16.5V, 一般取 15V。

# 第三十一章 荧光数码管的测试与使用

荧光数码管是目前仍然被采用的一种数码显示器件,它大多为直热式阴极侧面(端面)显示管。适用于动、静态驱动。荧光数码管具有工作电压低、功耗小、寿命长、亮度高(呈青绿色)、视角大、体积小、可靠性高等特点,它能与 MOS 电路良好地匹配,可用作数字仪器、仪表的显示部分。

## 一、荧光数码管的型号命名与管脚识别

### 1、型号命名法:

	YS 第一部分	× 第二部分	— 第三部分	× 第四部分
类型	第一部分	第二部分	第三部分	第四部分
单位管	YS—“荧数”汉语	玻壳的直径或玻壳对允线长度(mm)	剖析线	生产厂代号
平板管	拼音第一个字母	玻壳的高度(mm)	剖析线	生产厂代号,前两位数字表示字符位数;后两位表示平板管。

### 2、管脚序号识别法

YS9—3、YS13—3 为侧视图,是指侧面显示。管脚排列图中箭头指向表示显示正面;引脚较长的两根为灯丝,其中靠显示正面的一根为第①脚,将管脚朝上,面对显示图形按顺时针方向依次计数来识别各管脚序号。YS27—3、YS30—3 为端视图,是指端面显示,即显示的字在管子的顶部。将管脚朝上,顺时针方向计数,YS27 以镜面处灯丝端为第①脚,YS30 从管针缺口处算起。

管脚排列图(见图 31—2)中,字母 K 表示灯丝, G 表示栅极,其余小写字母为阳极。管脚排列图中的箭头用来表示在箭头所指侧面上显示字样。

除能显 0~9 数字外,还可能有各种符号的显示内容,如计算符号: +、—、×、÷;中文表示的单位:公斤、元、次、时、分、秒等;及字母表示单位如: kg、Hz、ms、μs、A、mA 等等,大约 120 种之多。

## 二、荧光数码管的电路原理

荧光数码管的电原理图如图 31—1 所示:

$E_s$ 、 $E_r$ 、 $E_a$ ——可调直流电源;

$V_s$ 、 $V_a$ 、 $V_r$ ——灯丝、栅极、阳极电路上的直流电压表;

$A_s$ ——栅极电路上的直流电流表;

G——被测荧光数码管。

为使发光亮度均匀,在符号的同一条须接二个或二个以上接脚。

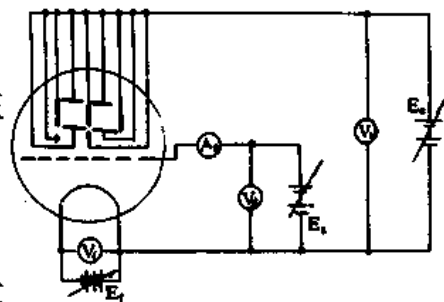


图 31—1

### 三、常用荧光数码管的结构原理与技术特性

#### 1. 荧光数码管的特性参数和规格表(见表 31-1)

表 31-1

型号	光电参数											字形尺寸			外形尺寸		
	灯丝		阳极			栅极				亮度	寿命	字高	字长	字形图	D 或 L <sub>1</sub> × B	管子高度	管脚长度
	电压	电流	电压	电流	脉冲电压	电压	电流	截止电压	脉冲电压	B	T	CH	CW				
	V	mA	V	mA	V	V	mA	V	V	nt	h	mm	mm				
YS9-3	1.1	≤35	20	≤1.5	45~60	20	≤1.5	0~-4	45~60	450	2000	8	5	8	Φ9.3	35	30
YS13-3	1.5	≤50	20	≤2.5	45~60	20	≤2.5	0~-4	45~60	450	2000	12	7.9	8	Φ13.5	45	38
YS27-3	1.2	≤80	20	≤2.5	45~60	20	≤3.5	0~-4	45~60	450	2000	13.5	11	8	28×22	25	6.5
YS30-3	1.2	≤80	20	≤2.5	45~60	20	≤3.5	0~-4	45~60	450	2000	13.5	11	8	26×36	26	6.5
YS9-3	1.2	≤35	20	≤2	45~60	20	≤2	0~-4	45~60	270	2000	8	4.9	8	Φ9.3	35	25
YS9-5-3	1.2	≤35	72	≤1	45~60	12	≤2	0~-4	45~60	270	2000	8	4.9	8	Φ9.3	35	25
YS13-3	1.5	≤60	20	≤2.5	45~60	20	≤2.5	0~-4	45~60	270	2000	12	7.9	8	Φ13.4	45	25
YS18-3	1.5	≤70	20	≤2	45~60	20	≤5	0~-4	45~60	270	2000	16	10.3	8	Φ19	50	25
YS27-3	1.2	≤70	20	≤2.5	45~60	20	≤3.5	0~-4	45~60	270	2000	12	10.5	8	27×22	26	9

2. YS9-3 型荧光数码管的外形图如图 31-2 所示

①图 31-2 中箭头指向表示显示正面。引脚较长的二极为灯丝,其中靠显示正面的一根为第①脚。

②YS9-3 管各引出脚及符号如表 31-2 所示:

表 31-2

电极名称	管脚	符号
阴极	1	K
阴极	9	K
栅极	6	G
阳极	10	a
阳极	11	f
阳极	8	b
阳极	3	g
阳极	7	h
阳极	12	e
阳极	4	c
阳极	2	d
阳极	5	i

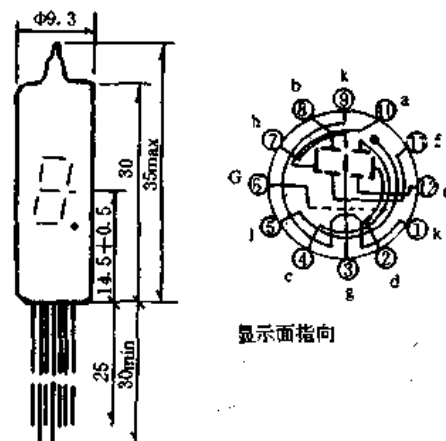


图 31-2

#### 3. YS13-3 型

YS13-3 型荧光数码管的外形图如图 31-3 所示:

①图中 31-3 中箭头指向表示显示正面。最长的二根为灯丝，其中靠显示正面的一根为第①脚，将管脚朝上，面对显示图形，按顺时针方向顺序数出各管脚序号。

②YS13-3 型各引出脚排列方法如表 31-3 所示：

表 31-3

电极名称	管脚	符号
阴 极	1	K
阴 极	10	K
栅 极	6	G
阳 极	11	a
阳 极	8	b
阳 极	4	c
阳 极	2	d
阳 极	13	e
阳 极	12	f
阳 极	3	g
阳 极	7	h
阳 极	5	i
空 脚	9	

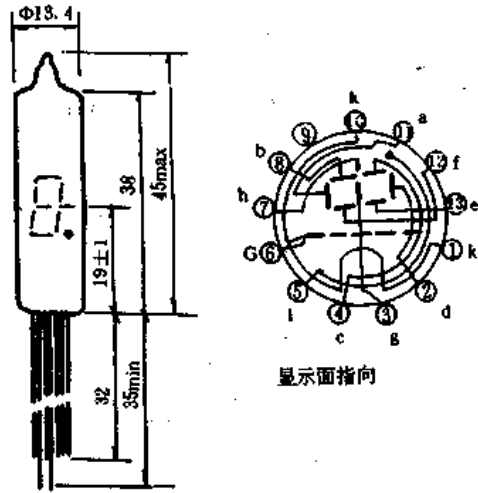


图 31-3

#### 4. YS27-3 型

①YS27-3 型荧光数码管的管脚排列和接线方法分别如图 31-4(a)、(b)所示。

②YS27-3 型荧光数码管主要参数表(见表 31-4)。

表 31-4

一般工作条件	极限条件	脉冲工作条件
阳极电压 $V_a = 20V$ (直流)	24V	45~60V(占空比为 1/10~1/16)
栅极电压 $V_g = 20V$ (直流)	24V	—
灯丝电压 $V_f = 1.2V$ (交、直流)	1.2±0.1	1.2
灯丝电流 $I_f = 80mA$	—	—
阳极电流 $I_a \leq 4mA$	—	—
栅极电流 $I_g \leq 4mA$	—	—
亮度 $L \geq 205cd/m^2$	—	—
寿命 2000h	—	—

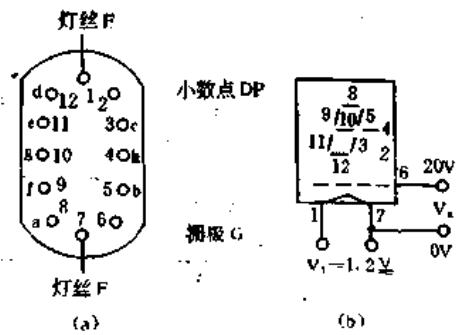


图 31-4

#### 四、荧光数码管的测试方法

检查荧光数码管的电路如图 31-5 所示。采用双表法，图中使用了两块 MF30 型万用表，分别用表 I、II 来表示。

由于灯丝电流较大，如 YS27-3 的额定值为 80mA，YS9-6 型为 14mA (其它型号大多为 35~80mA)，而灯丝电压是 1.2V 或 0.8V，因此表 I 需拨于 R×1 档。MF30 型 R×1 档的电池电压为 1.5V，满度电流是 60mA，而实际输出电压和电流

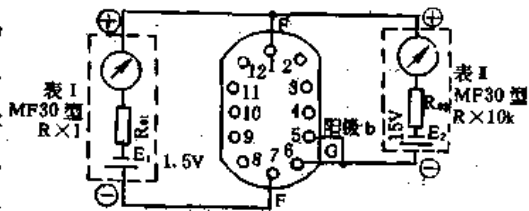


图 31-5



均低于上述值,故几乎观察不到灯丝点亮。表Ⅱ拨至 $R \times 10k$ 档,利用该档15V叠层电池来提供阳极与栅极电压。

例如检查一只YS27—3型荧光数码管。表Ⅰ接在灯丝①脚和⑦脚之间。表Ⅱ的黑表笔接栅极⑥脚,红表笔也接①脚。此时荧光管不亮,表Ⅰ的电阻读数为 $23\Omega$ ,对应于 $n=26$ 格,所以灯丝电流: $I_f=1.2mA/格 \times 26格=31.2mA$ 。又因为 $n'=50-n=24$ 格,故灯丝电压为: $V_f=0.03V/格 \times 24格=0.72V$ 。

若把栅极对某一阳极管脚短路,即同时加上阳极电压,则表Ⅱ的指针缓慢地向右偏转到某一刻度,与此同时数码管亦慢慢显示出所对应的笔划。例如,将③脚与栅极⑥脚接通,则显示出一短竖线。由于灯丝电压和阳极、栅极电压均偏低,管子发出的绿色荧光比较暗淡,但还是很容易辨认。

若预先把构成某一数码的全部阳极与栅极接通,此如用一根细铜丝将③、④、⑤、⑨、⑩脚短路之后接到⑥脚上,即可显示数码“4”。这时表Ⅱ的读数为 $130k\Omega$ ,对应于 $n=33$ 格,所以阳极电流与栅极电流之和等于: $I=I_a+I_g=1.2\mu A/格 \times 33格=39.6\mu A$ 。由 $n'=50-n=17$ 格,求出阳极(栅极)电压为: $V_a=V_g=0.03V/格 \times 17格=5.1V$ 。

注意事项:①检查荧光数码管时,必须注意管脚排列位置。不允许直接用电池检查发光情况,以免损坏荧光数码管。②荧光数码管上带负电荷时,可造成显示笔划残缺、乃至不显示的现象。解决办法是用无水酒精棉球擦洗一下玻璃管壳,通过人体将上面积累的电荷泄放到大地。更好的措施是,在管壳四周涂一层医用癣药水。这种药水呈导电性,附着力较强。一旦挥发后,涂药水的地方保持着导电性,能防止静电感应产生电荷积累。

## 第三十二章 辉光数码管的测试与使用

辉光数码管亦称充气数码管。它属于冷阴极辉光管，由一个阳极和数个阴极组成。在额定电压下能以橙红色显示各种所需的数字和符号。其性能稳定可靠，具有亮度高、显示清晰、易读、耐振、功耗小、寿命长、译码电路简单方便等特点。它主要用于数字式仪器、仪表和台式计算机的终端显示。

### 一、辉光数码管的性能与特点

国产辉光数码管主要有 QS 和 SZ 两大系列。下面分别对这两大系列的命名法、管脚排列、主要技术特性加以介绍。

① QS 系列型号命名法(见右表)：

QS	XX	-	X
型号	外形		生产厂代号

② QS 系列管脚序号识别：将管脚向上，面对管针缺口处(缺口朝下)，从缺口数起，按顺时针方向计数。管脚排列图中，字母 A 表示阳极，字母 K 表示阴极。除能显示 0~9 数字外，还有各种符号显示的内容，如计算符号：+、-、×、÷；字母单位：pE、mV、kC、mH 等 60 余种。

③ QS 系列外形和管脚接线图(见图 32-1)。

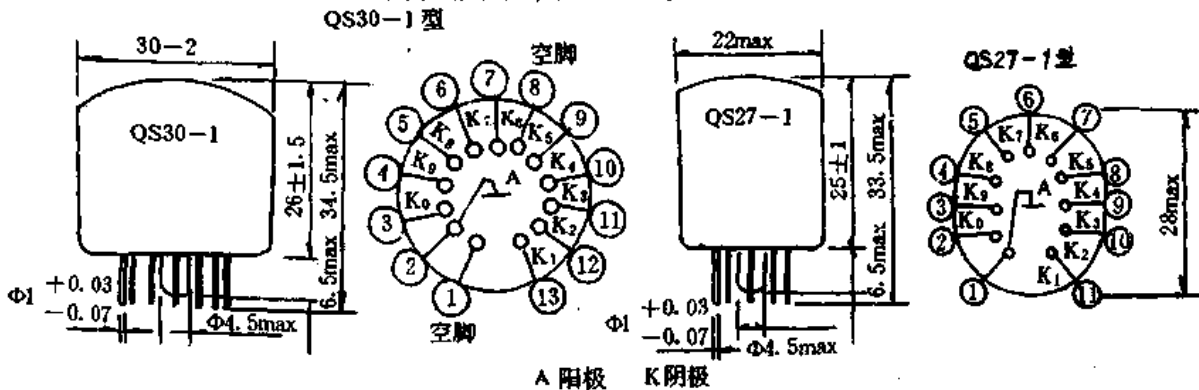


图 32-1

④ QS 系列管脚接线表(见表 32-1)。

表 32-1

型 号	显示内容	管脚序号												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
QS30-1	0~9		阳	0	9	8	7	6		5	4	3	2	1
QS27-1	0~9	阳	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1		

⑤ QS 系列基本系数参数表(见表 32-2)。

表 32-2

参数名称	符 号	单 位	规 范		
			最小值	中心值	最大值
启辉电压	$V_z$	V			150
熄灭电压	$V_e$	V	100		
工作电压	$E_s$	V	170		300
阴极工作电流	$I_k$	mA	1.5	2.25	3
阳极消耗功率	$\bar{P}_a$	W			0.35
阳极峰值电流	$\bar{i}_a$	mA			15
限流电阻	$R_s$	k $\Omega$	20		82
使用环境温度	t	°C	-10		+40
寿命	T	h	100		
字形尺寸		mm		15×10	

⑥QS27 型辉光数码管显示内容接线表(见表 32-3)。

表 32-3

序号	型 号	显示内容	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	QS27-1		阳	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
2	QS27-21	kC,MC										kC	MC
3	QS27-23	V,mV										mV	V
4	QS27-25	kg,R										R	kg
5	QS27-27	kC,s,ms									ms	s	kC
6	QS27-29	+,-										+	-
7	QS27-31	mA,A,mV									mV	A	mA
8	QS27-33	$\mu$ s,kC,ms									ms	kC	$\mu$ s
9	QS27-35	kC,C,MC									MC	C	kC
10	QS27-37	$\mu$ ,m,mm									mm	m	$\mu$
11	QS27-39	Z,Y,X									X	Y	Z
12	QS27-41	$\mu$ s,kC,ns									ns	kC	$\mu$ s
13	QS27-43	A,mA,V,mV								mV	V	mA	A
14	QS27-45	s, $\mu$ s,kC,ms								ms	kC	$\mu$ s	s

续表

序号	型号	显示内容	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
15	QS27-47	~, ÷, ×, +, -							-	+	×	÷	~
16	QS27-49	MC, kC, ms, μs, ns							ns	μs	ms	kC	MC
17	QS27-51	R/M, kG, s, R, Hz							Hz	R	s	kG	R/M
18	QS27-53	μs, kC, ms, V, mV, C						C	mV	V	ms	kC	μs
19	QS27-55	μs, kC, C, ms, MC, s						s	MC	ms	C	kC	μs

⑦QS30 型辉光数码管显示内容接线表(见表 32-4)。

表 32-4

型号	显示内容	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
QS30-1	0~9		阳	0	9	8	7	6		5	4	3	2	1
QS30-21	kC									kC				
QS30-23	V									V				
QS30-29	+, -										+	-		
QS30-31	T, °C												°C	T
QS30-33	F, pF, μF											μF	pF	F
QS30-35	ms, μs, kHz											kHz	μs	ms
QS30-37	MHz, Hz, kHz											kHz	Hz	MHz
QS30-39	μA, A, mA											mA	A	μA
QS30-41	H, μ, L											L	μ	H
QS30-43	+, -, ~										+	-	~	
QS30-47	MΩ, Ω, kΩ											kΩ	Ω	MΩ
QS30-49	ms, Hz, μs, kHz										Hz	kHz	μs	ms
QS30-51	μV, mV, V, kV										kV	V	mV	μV
QS30-53	+, -, ×, ÷										+	-	×	÷
QS30-55	V, kC, mA, kΩ				kΩ			V			kC			mA
QS30-57	C, Si, Mu, P, s									Si	P	s	Mu	C
QS30-59	O, S, kHz, ms, Hz							O		ms	s		kHz	Hz
QS30-61	V, mV, μV, ms, O									ms	O	μV	mV	V
QS30-65	C, ms, kC, μs, MC, s			ms	s			C		kC	MC			μs
QS30-67	μA, mA, A, mV, V, kV			mA	A			mV		V	kV			μA
QS30-75	H, mH, μF, pF, MΩ, kΩ, Ω						Ω	MΩ		H	μF	kΩ	pF	mH

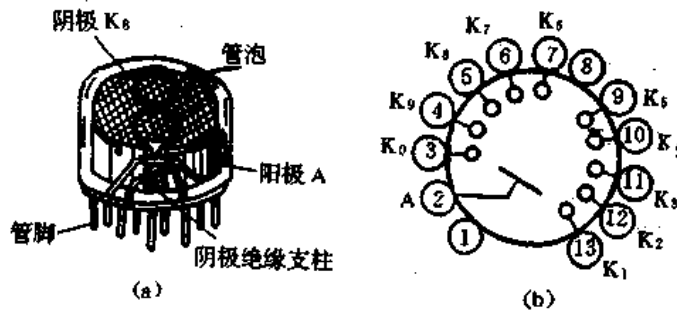
续表

型 号	显示内容	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
QS30-77	mA, A												A	mA	
QS30-79	V, A												A	V	
QS30-81	E, X												X	E	
QS30-83	mm, $\mu$												$\mu$	mm	
QS30-85	P, M												M	P	
QS30-87	P, Q												Q	P	
QS30-89	PTP, MTP												MTP	PTP	
QS30-91	%, O												O	%	
QS30-93	$\leftarrow, \rightarrow$												$\leftarrow$	$\rightarrow$	
QS30-95	I, $\leftarrow$												$\leftarrow$	I	
QS30-97	ms, s, kC												kC	s	ms
QS30-99	ms, s, C												C	s	ms
QS30-101	ms, $\mu$ s, kC												kC	$\mu$ s	ms
QS30-103	mA, A, $\mu$ A												$\mu$ A	V	mA
QS30-105	kC, C, MC												MC	C	kC
QS30-107	kC, C/s, MC												MC	C/s	kC
QS30-109	mV, V, $\mu$ V												$\mu$ V	V	mV
QS30-111	cm, m, mm												mm	m	cm
QS30-113	km, m, Hz												Hz	m	km
QS30-115	T, %, $^{\circ}$ C												$^{\circ}$ C	%	T
QS30-117	T, %, m												m	%	T
QS30-119	Ac, +, -												+	-	Ac
QS30-121	X, Y, Z												X	Y	Z
QS30-123	A, B, C												C	B	A
QS30-125	$\rightarrow, \leftarrow, 0$												0	$\leftarrow$	$\rightarrow$

续表

型号	显示内容	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
QS30-127	$\mu\text{s}, \text{kC}, \text{C}, \text{ms}$										$\mu\text{s}$	mC	kC	C
QS30-129	$\text{C}, \text{kC}, \text{MC}, \mu\text{s}$										$\mu\text{s}$	MC	kC	C
QS30-131	$\mu\text{s}, \text{mA}, \text{A}, \text{W}$										W	A	mA	$\mu\text{A}$
QS30-133	P, F, H, T										T	H	F	P
QS30-135	$\text{kG}, \text{W}, \text{m}, \text{C}$										C	W	m	kG
QS30-137	$\text{CO}, \text{m/s}, \text{C}, \text{CH}_4$										$\text{CH}_4$	$^{\circ}\text{C}$	m/s	CO
QS30-139	$\text{C}, \text{kC}, \text{s}, \text{MC}$										MC	s	kC	C
QS30-141	$\sim, \div, \times, +, -$										-	+	$\times$	$\div$
QS30-143	$\div, \times, -, +, 0$										0	+	-	$\times$
QS30-145	$\text{mm}, \text{R}, \text{kW}, \text{C}, \text{kG}$										kG	$^{\circ}\text{C}$	kW	R
QS30-147	$\mu\text{s}, \text{km}, \text{pF}, \text{M}\Omega, \text{N}$										N	M $\Omega$	pF	km
QS30-149	$\mu\text{V}, \text{mV}, \Omega, \text{k}\Omega, \text{M}\Omega$							M $\Omega$			k $\Omega$	$\Omega$	V	mV
QS30-151	$\mu\text{s}, \text{ms}, \text{s}, \text{MHz}, \text{kHz}, \text{Hz}$							Hz			kHz	MHz	s	ms

⑧SZ系列外形和管脚排列图(见图 32-2)。



(a)外形 (b)管脚排列

⑨技术参数表(见表 32-5)。

图 32-2

表 32-5

参数名称	阳极电压	启辉电压	熄灭电压	阴极电流	限流电阻	使用寿命
符号	$U_a$	$U_z$	$U_s$	$I_k$	R	t
参数值	$\geq 170\text{V}$	$< 160\text{V}$	$\leq 100\text{V}$	$2 \pm 1\text{mA}$	20k $\Omega$	$> 500\text{h}$

## 二、辉光数码管的测试方法

利用兆欧表和万用表不仅可以检查辉光数码管的好坏,还能测量出启辉电压  $U_z$  及阴

极电流  $I_k$ ，测试电路如图 32-3 所示。可选择任一种型号的兆欧表。将一块万用表拨至 500V (或 250V) 档测启辉电压，另一块万用表拨于 3mA 档测阴极电流。也可以用一块万用表分两次测出  $U_z$  和  $I_k$ 。因兆欧表内阻很高，最大输出电流还不到 2mA，故不需加限流电阻。

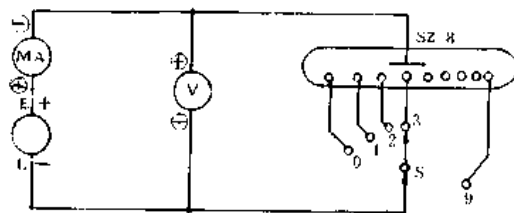


图 32-3

例如，利用 ZC25-4 型兆欧表和 MF30 型万用表检查一只 SZ-8 型辉光数码管，万用表拨到 500V 档，S 为单刀十位转换开关。按 120r/min 的额定转速摇兆欧表，开关所接通的阴极即启辉，显示出相应的数码。由万用表上分别读出  $U_z=153V$ ， $I_k=1.0mA$ ，管子发光正管的笔划完整。

注意事项：若辉光很暗，说明管子已经衰老。若显示的数码笔划残缺不全，说明所对应的阴极开路。

### 三、辉光数码管的典型应用

#### 1. 典型应用值

辉光数码管的典型应用值如表 32-6 所示：

表 32-6

阳极供给直流电压	$U_a(V)$	170	200	220	250	280	300
限流电阻	$R_a(k\Omega)$	20	33	43	56	68	82

#### 2. 典型应用电路

辉光数码管的基本应用电路如图 32-4 所示：

#### 3. 使用注意事项

- ① 使用数码管时不宜长期停留在某一数显示。
- ② 管子的电极引出线为硬插脚，可配标准管座。如 QS30-1、QS27-1 型分别配套 GZC13-1、GZS11-1 型号管座。

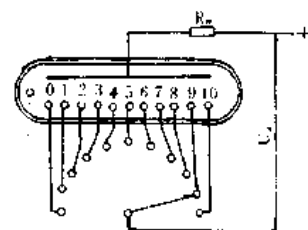


图 32-4

## 第三十三章 光电管与光电倍增管的测试和使用

光电管与光电倍增管都是辐射光的接收器件,完成把光信号转变为电信号的功能。

国产光电管主要有 GD-2、GD-3、GD-4、GD-5、GD-7、GD-21、GD-51 等型号。它们广泛用于光电自动装置、传真电报、分光计、光电比色计和光密度计等各种仪器上。国产光电倍增管主要有 GDB-1、GDB-2 型等,它们主要用于电影放映机的还声系统中作光电转换元件。

### 一、光电管与光电倍增管的原理与特点

#### 1. 光电管工作原理

光电管的工作原理是,当入射光线通过光窗照射到光电阴极表面时,阴极就发射出电子,这些电子在电场力作用下飞向阳极,在阳极电路内可测出光电流的数值,停止光照,光电流也随之消失。

#### 2. 光电倍增管工作原理

光电倍增管的工作原理是,光电阴极所发射的光电子在电场力作用下,使光电子加速并聚焦到第一倍增极,经过第一倍增极倍增后的次级电子在电场力作用下,加速并聚焦到第二倍增极,……这样按次序倍增到最后倍增极,最后经倍增放大后的光电流打到阳极上去,所以光电倍增管的灵敏度比光电管要高得多。

#### 3. 常用光电管结构特点和应用

①GD-2A 型光电管:该管以镍片为底层的铯铯光电阴极,是具有双阳极的光电管,可在各种仪器、光电自动装置和传真电报中作光电转换元件。

②GD-3 型光电管:该管是具有不透明的铯铯光电阴极并由侧面进光的光电管,可在各种仪器、光电自动装置、传真电报和录音机上作光电转换元件。使用时应垂直安装,阳极管底向下。

③GD-4 型光电管:该管具有不透明的铯铯光电阳极,是侧面进光的光电管,可用于各种仪器、光电自动装置、传真电报和录音机上作光电转换元件。使用时应垂直安装,阳极管底向下。

④GD-5 型光电管:该管为具有不透明的铯铯光电阴极分布于金属底板上并由侧面进光的光电管,可用于把微弱的光信号变为电信号的仪器上,如分光光度计、比色计等。

⑤GD-6 型光电管:该管为具有不透明银氧铯光电阴极分布在金属底板上并由侧面进光的光电管,可用在分光计、比色计等仪器上。

⑥GD-7 型光电管:该管为具有半透明铯钾钠铯光电阴极,并由侧面进光的光电管。还有 GD-7B 管是 GD-7 管的改进型,其优点是体积小,改用平板芯柱,使用方便。此种管子可用在光电比色计和光密度计上。

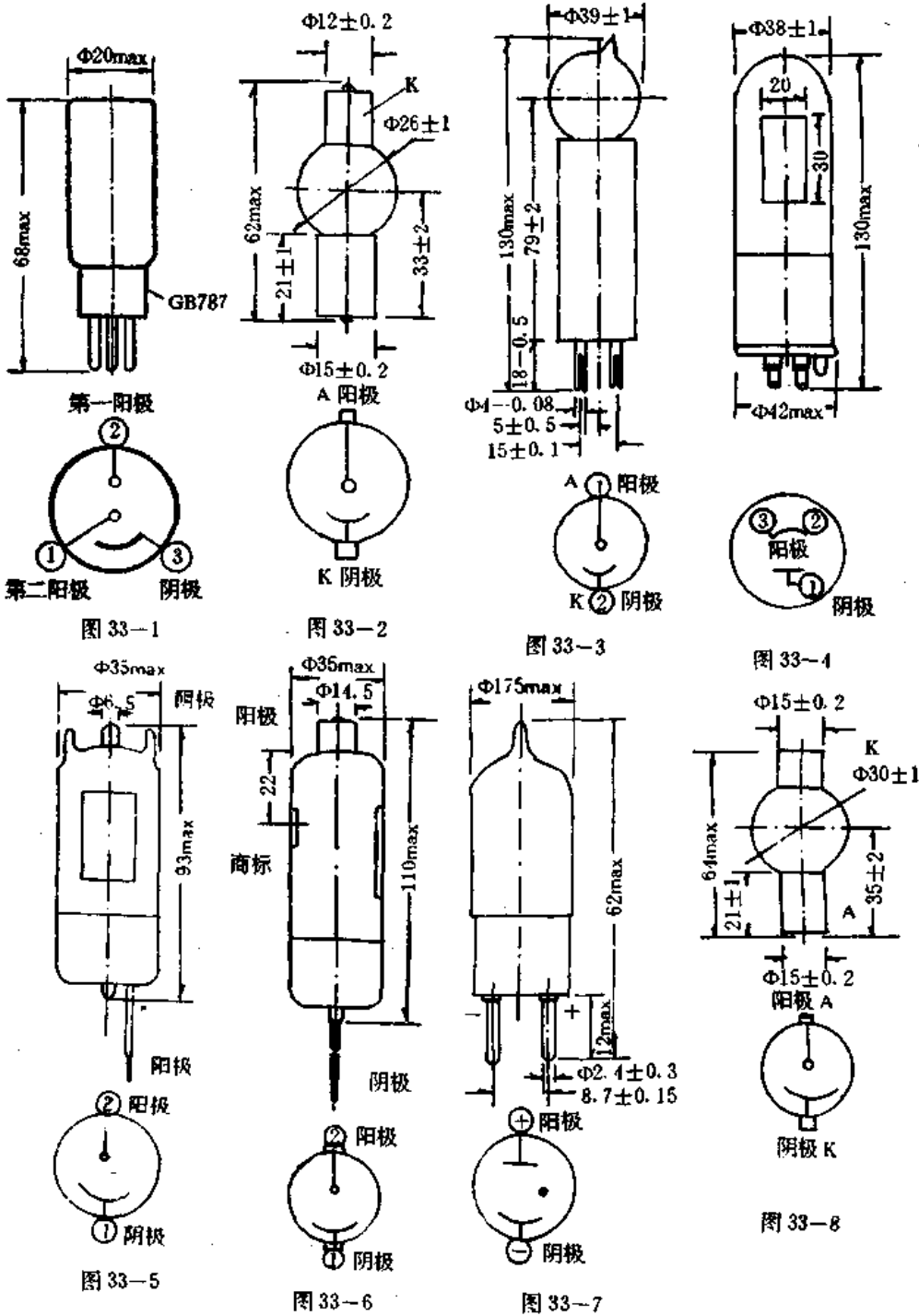


⑦GD-21 型光电管:该管具有不透明的银氧铯光电阴极,为侧面进光的光电管,可用于电影放映机的还声系统中作光电转换元件。

⑧GD-51 型光电管:该管具有不透明的铯铯光电阴极,为侧面进光的光电管,可用于各种光电自动装置仪器、传真电报和录音机中作光电转换元件。使用时应垂直安装,阳极管底向下。

#### 4. 常用光电管外形结构与电极连接图

①GD-2A 型光电管外形结构及电极连接图(见图 33-1)



- ②GD-3 型光电管外形结构及电极连接图(见图 33-2)
- ③GD-4 型光电管外形结构及电极连接图(见图 33-3)
- ④GD-5 型光电管外形结构及电极连接图(见图 33-4)
- ⑤GD-6 型光电管外形结构及电极连接图(见图 33-5)
- ⑥GD-7 型光电管外形结构及电极连接图(见图 33-6)
- ⑦GD-21 型光电管外形结构及电极连接图(见图 33-7)
- ⑧GD-51 型光电管外形结构及电极连接图(见图 33-8)

### 5. 常用光电倍增管结构特点和应用

①GDB-1 型光电倍增管:该管具有不透明的铯铯光电阴极,为侧面进光的光电倍增管,可用于电影放映机的还声系统作光电转换元件。

②GDB-2 型光电倍增管:该管具有不透明的铯铯光电阴极,为侧面进光的光电倍增管,可用于电影放映机的还声系统中作光电转换元件。

### 6. 常用光电倍增管的外形及电极连接图

①GDB-1 型光电倍增管外形结构与电极连接图(见图 33-9)

②GDB-2 型光电倍增管外形结构与电极连接图(见图 33-10)

## 二、光电管与光电倍增管的特性参数

### 1. 光电管与光电倍增管参数的意义

①光谱响应范围与峰值波长——光谱灵敏度与单色辐射波长之间的关系叫光谱响应特性。该特性与光电阴极的种类、阴极厚度、管壳窗材料、光电阴极衬底材料和制作工艺等因素有关。光谱响应特性包括光谱响应范围和峰值波长。

②光照灵敏度——单位流明的光束入射于光电管阴极所产生的光电流称光照灵敏度。灵敏度的大小与工作电压有关。

③暗电流——在无外界光照的条件下,给光电管加上额定工作电压所测得的输出电流称暗电流。它是由阴极的热发射电流和漏电流两部分组成。

### 2. 常用光电管特性参数表(见表 33-1)

表 33-1

型号	光谱响应范围(nm)	峰值波长(nm)	阴极光照灵敏度( $\mu\text{A}/\text{Lm}$ )	寿命终了时阴极光照灵敏度( $\mu\text{A}/\text{Lm}$ )	工作电压(V)	暗电流(nA)	寿命(h)	极限工作条件		
								最大阳极电压(V)	环境温度( $^{\circ}\text{C}$ )	相对湿度
GD-2A	350~650	380~420	4.5			10		300	10~30	60~70%
GD-3	400~600	450 $\pm$ 50	80	>60	240	10	1000	300	10~30	60~70%

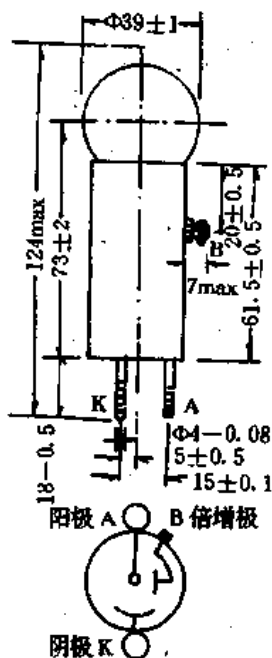


图 33-9

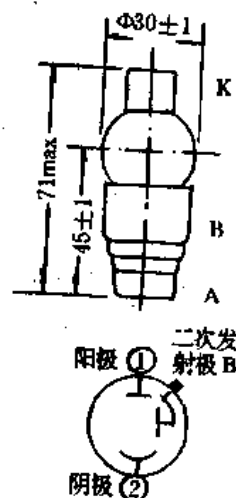


图 33-10

续表

型号	光谱响应范围(nm)	峰值波长(nm)	阴极光照灵敏度( $\mu\text{A}/\text{Lm}$ )	寿命终了时阴极光照灵敏度( $\mu\text{A}/\text{Lm}$ )	工作电压(V)	暗电流(nA)	寿命(h)	极限工作条件		
								最大阳极电压(V)	环境温度( $^{\circ}\text{C}$ )	相对湿度
GD-4	400~600	450 $\pm$ 50	80	>60	240	100	1000	300	10~30	60~70%
GD-5	200~600	380~420	80		30	0.03		100	5~35	<70%
GD-6	500~1100	800 $\pm$ 100	30		30	0.08		100	5~35	<70%
GD-7	300~850	450	45		100	0.8		200	5~40	<85%
GD-21	300~1100	700~800	210	>50	85	300	>180		0~50	60~70%
GD-51	400~600	450 $\pm$ 50	80	>60	240	10	1000	300	10~30	60~70%

### 3. 常用光电倍增管特性参数表(见表 33-2)

表 33-2

型号	光谱响应范围(nm)	峰值波长(nm)	阴极光照灵敏度( $\mu\text{A}/\text{Lm}$ )	阳极光照灵敏度( $\mu\text{A}/\text{Lm}$ )	阳极电压(V)	倍增极电压(V)	发射极电压(V)	倍增级数	暗电流(nA)	极限工作条件		
										最大阳极电压(V)	环境温度( $^{\circ}\text{C}$ )	相对湿度
GDB-1	400~600	450 $\pm$ 50	50	550	220	170		单级	100	250	10~30	60~70%
GDB-2	400~600	450 $\pm$ 50	50	450	220	170		单级	100	250	10~30	60~70%

### 三、光电管的测试方法

检查光电管的电路如图 33-11 所示,由兆欧表提供启辉电压。将万用表拨至  $500\mu\text{A}$  档,与光电管串联。若按图中虚线接入直流电压表,还能测量启辉电压。

按额定转速摇兆欧表,使光电管启辉。假如周围的光线很暗,光电管产生的暗电流  $I_r$  就很小,微安表基本无指示。当把光电管移近光源时,由于光电效应而产生的光电流  $I_L$  使微安表有一定读数,而且距光源愈近,读数愈大。

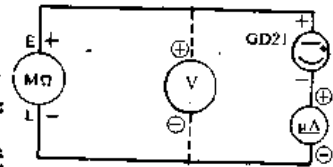


图 33-11

下面以 GD-21 光电管为例,详细介绍具体测试方法。GD-21 的电流灵敏度  $S_i$  为  $225\mu\text{A}/\text{Lm}$  ( $\text{Lm}$  即光通量的单位流明),启辉电压  $\geq 130\text{V}$ 。按  $120\text{r}/\text{min}$  摇 ZC25-4 型兆欧表时,光电管启辉,发出紫光。当环境亮度很低时,用 MF30 型万用表  $500\mu\text{A}$  档测得暗电流  $I_r = 3\mu\text{A}$ 。然后用手电筒光照射光电管,光电流  $I_L = 150\mu\text{A}$ 。将手电筒移远,光电流就迅速减小。另外将 500 型万用表拨于  $250\text{V}$  档,测得启辉电压为  $135\text{V}$ ,大于  $130\text{V}$ 。此证明被测光电管质量较好。

### 四、光电管与光电倍增管使用说明

1. 随着温度的升高暗电流也增大,故光电管与光电倍增管对环境温度范围有要求。当室温不能满足使用要求时,应采取强迫冷却方式。

2. 环境相对湿度越大,管子漏电也越大。而且在电场力的作用下,水分子会产生迁移,使噪场增大。相对湿度应控制在某数值以下。

3. 管子使用前不能曝光,否则会增大暗电流。要恢复到稳定的正常值,需经历几小时,甚至几十小时。

## 第三十四章 太阳能电池的测试与使用

太阳能电池又称硅光电池或硅光生伏打电池,它是将光能直接转换成电能的一种半导体器件。按需要的不同,能组装成各种电压、电流和功率的太阳能电池组件,与蓄电池配套,构成独立的电源系统。与常规电源相比,硅太阳能电源系统利用的是取之不尽、用之不竭的“第三代能源”——太阳能。它寿命长、可靠性高、维修简便、无噪声、无污染,便于携带和使用其前景是无限广阔的。目前,它是边远无电地区、野外流动作业单位最理想的电源。它可广泛用于人造卫星、通信系统、太阳能电站、电视差转机、管道阴极保护、航标灯、信号灯、电围栏、军用电台、野外勘探、微波站、水文站、气象站以及电视机、收录机、照明等各个领域。同时,它又是一种灵敏度很高的光敏元件,在光电控制、光电分析、光电还音等仪器设备上有着无比的生命力。

### 一、太阳能电池的原理与特性

太阳能电池是将光能转换为电能的器件,它等效于一个PN结。在日光照射条件下,PN结两端能产生电动势,接上负载就形成电流。与光电二极管、光电半导体管的区别在于,太阳能电池可作为电源使用。太阳能电池的结构及符号分别如图34-1所示。

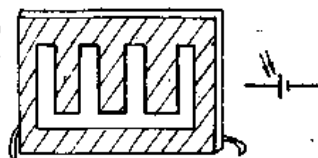


图 34-1

太阳能电池的国产系列有2CR、TDB等,国外系列有KSC、2CT等。下面分别介绍国产系列太阳能电池的特性参数与结构。

#### 1. 2CR系列硅太阳能光电池

2CR系列太阳能电池为大面积PN结型,表面为 $\text{SiO}_2$ 减反射膜。它的参数及规格如表34-1~表34-3所示。

#### ①2CR系列硅太阳能光电池的特性参数表(见表34-1)

表 34-1

型 号	面 积 ( $\text{mm}^2$ )	负载 $R_L = 100\Omega$		$R_L = 500\Omega$		$R_L = 1k\Omega$	
		$t_r(\mu\text{s})$	$t_f(\mu\text{s})$	$t_r(\mu\text{s})$	$t_f(\mu\text{s})$	$t_r(\mu\text{s})$	$t_f(\mu\text{s})$
2CR21	$5 \times 5$	15	15	20	20	25	30
2CR41	$10 \times 10$	15	17	35	40	60	70
2CR51	$10 \times 20$	30	40	60	80	150	150
2CR61	$\Phi 17$	30	30	70	90	100	150
2CR81	$\Phi 25$	50	70	150	170	200	250

#### ②2CR系列硅太阳能光电池的特性参数表(见表34-2)

表 34-2

参 数	开路电压	短路电流	输出电流	转换效率	面 积
符 号	$V_{oc}$	$I_{sc}$	$I_{ls}$	$\eta$	A
单 位	mV	mA	mA	%	mm <sup>2</sup>
2CR11	450~600	2~4		>6	2.5×5
2CR21	450~600	4~8		<6	5×5
2CR31	450~600	9~15	6.5~8.5	6~8	5×10
2CR32	550~600	9~15	8.6~11.3	8~10	5×10
2CR33	550~600	12~15	11.4~15	10~12	5×10
2CR34	550~600	12~15	15~17.5	12以上	5×10
2CR41	450~600	18~30	17.6~22.5	6~8	10×10
2CR42	500~600	18~30	22.5~27	8~10	10×10
2CR43	550~600	23~30	27~30	10~12	10×10
2CR44	550~600	27~30	27~35	12以上	10×10
2CR51	450~600	36~60	35~45	6~8	10×20
2CR52	500~600	36~60	45~54	8~10	10×20
2CR53	550~600	45~60	54~60	10~12	10×20
2CR54	550~600	54~60	54~60	12以上	10×20
2CR61	450~600	40~65	30~40	6~8	Φ17
2CR62	500~600	40~65	40~51	8~10	Φ17
2CR63	550~600	51~61	51~61	10~12	Φ17
2CR64	550~600	61~65	61~65	12以上	Φ17
2CR71	450~600	72~120	54~120	>6	20×20
2CR81	450~600	88~140	66~85	6~8	Φ25
2CR82	500~600	86~140	86~110	8~10	Φ25
2CR83	550~600	110~140	110~132	10~12	Φ25
2CR84	550~600	132~140	132~140	12以上	Φ25
2CR91	450~600	18~30	13.5~30	>6	5×20
2CR101	450~600	173~288	130~288	>6	Φ35

③2CR 系列硅太阳能光电池的规格(见表 34-3)

表 34-3

型号	电极数目	单个电池面积(cm <sup>2</sup> )	电池总面积(cm <sup>2</sup> )
2CR41-3	3	3×10	10×10
2CR41-4	4	2.2×10	10×10
2CR41-5	5	1.7×10	10×10

2CR51 型硅太阳能电池的外形结构如图 34-2 所示:

2. TDB 系列单体太阳能电池

单体电池是具有正、负电极的最小太阳能电池单元。它可以单独作电源,也可以由多个单体电池组成电源。

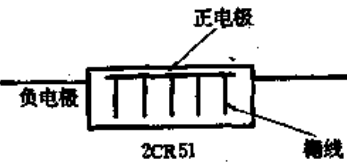


图 34-2

①TDB 系列合镍电极方片硅太阳能电池

TDB 方片硅太阳能电池的外形结构如图 34-3 所示:

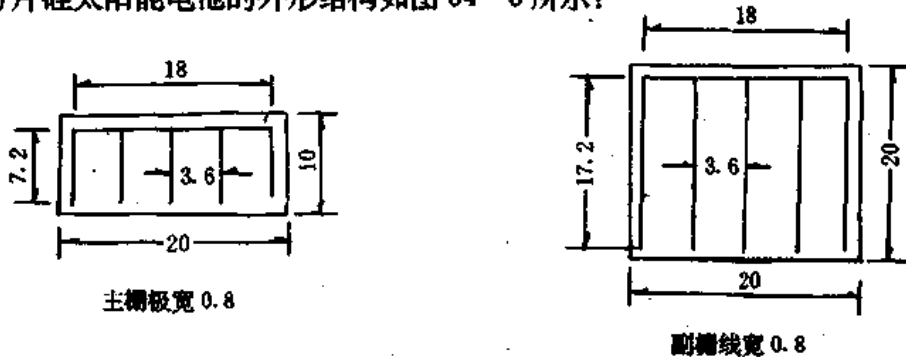


图 34-3

TDB 方片硅太阳能电池的特性参数如表 34-4 所示:

表 34-4

参 数 型 号	规 范						外型尺寸 (mm <sup>2</sup> )
	开路电压 V <sub>oc</sub> (mV)	短路电流 I <sub>sc</sub> (mA)	最佳工作电压 V <sub>m</sub> (mV)	最佳工作电流 I <sub>m</sub> (mA)	最大输出功率 P <sub>m</sub> (mW)	η(%)	
TDB10×20	500~600	40~52	410	≥36	≥14.8	≥8	200
TDB20×20	500~600	80~104	410	≥72	≥29.5	≥8	400

②TDB 系列合镍电极圆片硅太阳能电池

TDB 圆片硅太阳能电池的外形结构如图 34-4 所示:

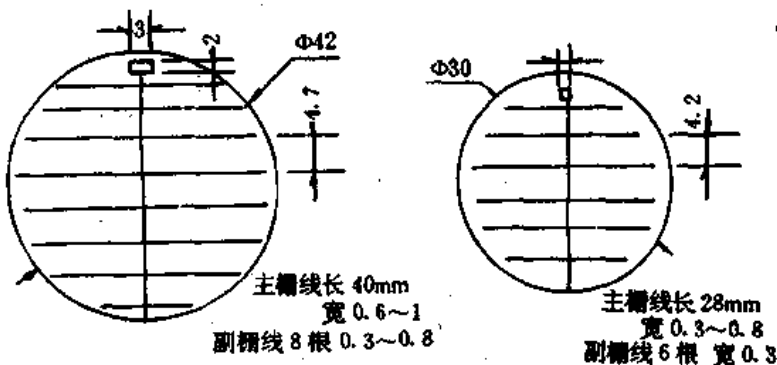


图 34-4

TDB 圆片硅太阳能电池的特性参数如表 34-5 所示:

表 34-5

参 数 型 号	规 范						外型尺寸 (mm <sup>2</sup> )
	开路电压 V <sub>oc</sub> (mV)	短路电流 I <sub>sc</sub> (mA)	最佳工作电压 V <sub>m</sub> (mV)	最佳工作电流 I <sub>m</sub> (mA)	最大输出功率 P <sub>m</sub> (mW)	η(%)	
TDB30	500~600	141~184	410	≥127	≥52	≥8	Φ30~32
TDB32	500~600	160~208	410	≥144	≥59	≥8	Φ32~35
TDB35	500~600	192~225	410	≥172.5	≥70.0	≥8	Φ35~38
TDB38	500~600	226~293	410	≥202	≥82.8	≥8	Φ38~41
TDB41	500~600	262~340	410	≥235	≥96.4	≥8	Φ41~44
TDB44	500~600	330~393	410	≥271	≥111.1	≥8	Φ44~47
TDB47	500~600	348~452				≥7.5	Φ47~50
TDB50	500~600	393~510				≥7.5	Φ50~53
TDB53	500~600	440~573				≥7	Φ53~56
TDB56	500~600	492~693				≥7	Φ56~59
TDB59	500~600	566~735				≥7	Φ59~62
TDB60	500~600					≥9	Φ62~70
TDB75	500~600					≥9	Φ75
TDB100	500~600					≥9	Φ100

### 3. TDA、TDB 系列硅太阳能电池

TDA 系列电池是以 P 型材料为衬底,经磷扩散形成 PN 结而制成;TDB 类是以 N 型材料为衬底,经硼扩散形成 PN 结而制成,分类与 TDA 同。TDA 系列产品的规格如表 34-6 所示:

表 34-6

TDA2.5×5	(2.5×5mm <sup>2</sup> )	TDA17	Φ17
TDA5×5	5×5	TDA20×20	20×20
TDA5×10	5×10	TDA25	Φ25
TDA10×10	10×10	TDA40	Φ40
TDA10×20	10×20		

### 4. 硅太阳能电池组合板

硅太阳能电池组合板的特性参数如表 34-7 所示:

表 34-7

型 号	主要技术参数					
	V <sub>oc</sub> (V)	I <sub>sc</sub> (mA)	V <sub>r</sub> (V)	I <sub>r</sub> (mA)	P <sub>m</sub> (mW)	η(%)
1D110×75	1.68~16.8	108~1200	1.2~12	86~1000	1.08	≥8.5
3D320×230	2.24~13.4	360~2200	1.6~9.6	310~1900	3.04	≥8
4D545×235	2.24~21.84	360~3300	1.8~14.4	310~2800	4.48	≥8

### 5. LG 系列太阳能电池板

LG 系列太阳能电池板采用世界最新工艺技术生产。它与蓄电池配套,可作无电地区的各种用电设施的电源,还可用于建造太阳能电站、太阳能充电车等。它的参数如表 34-8 所示:

表 34-8

型 号	外形尺寸 (cm)	峰值功率点			电池充电点		配接蓄 电池电压 (V)
		功率 (W)	电压 (V)	电流 (A)	电压 (V)	电流 (A)	
LG250-12	133×30.2×3.6	40	17.0	2.35	13.8	2.50	12
LG180-12	133×30.2×3.6	35	15.9	2.20	13.8	2.30	12
LG160-12	133×30.2×3.6	30	15.4	1.95	13.8	2.05	12

测试条件 AM=1(入射光强 100mW/cm<sup>2</sup> T<sub>a</sub>=25℃)

注:表所列电流电压值为电池板接线盒两端测量值,输出值允许误差±10%。

### 6. XG 系列太阳能电池板

XG 太阳能电池板其单体电池为绒面硅电池,电极采用化学电镀、丝网漏印工艺制作而成。它与蓄电池配套,广泛用作无电地区的电源。XG 太阳能电池板的参数如表 34-9 所示:

表 34-9

型 号	外形尺寸 (cm)	开路电压 (V)	短路电流 (A)	峰值功率点			配接蓄 电池电压 (V)
				功率 (W)	电压 (V)	电流 (A)	
6D630×390	630×390×1.3	19.8	0.48	6	15.1	0.43	12
8D640×470	640×470×1.3	20.0	0.53	8	16.8	0.50	12
10D700×510	700×510×1.3	10.0	1.30	10	8.4	1.19	6
12D730×560	730×560×1.3	20.0	0.78	12	16.8	0.72	12

测试条件:AM=1(入射光强 100mW/cm<sup>2</sup> T<sub>a</sub>=25℃)

注:表所列电流电压值为电池板接线柱两端测量值,输出值允许误差±10%。

### 7. BTDB 便携式太阳能电池板

该产品与 XG 太阳能电池板不同之处是电池板可合拢为手提箱式。打开时,提手作为跟



踪太阳的支撑。该电池板可作为野外流动工作所需中小型用电器设备电源,也可作 13W 以下日光灯的电源。

BTDB 太阳能电池板的特性参数如表 34-10 所示:

表 34-10

型号	外形尺寸		开路电压 (V)	短路电流 (A)	峰值工作点			配接蓄电 池电压 (V)
	合拢时 (包括提手)	打开时 (不包括提手)			功率 (W)	电压 (V)	电流 (A)	
18D555×460	555×460×13	555×885×13	22	1.12	18	17.6	1.02	12

注:表所列电流电压值为电池板接线柱两端测量值,输出值允许误差±10%。

## 二、太阳能电池的测试方法

用万用表检查太阳能电池的方法可采用三种方式,即:测量电阻;测量开路电压  $V_{oc}$ ;测量短路电流  $I_{sc}$ 。下面以 500 型万用表测量一片 KSC10-7Y1 型太阳能电池为例加以详细说明。

### 1. 测量电阻

将万用表拨于  $R \times 1k$  档,红表笔接 $\oplus$ 、黑表笔接 $\ominus$ 。当硅光电池置于暗处时,电阻值呈无穷大;靠近 25W 白炽灯时,电阻值迅速减小到  $15k\Omega$ 。注意,因硅光电池是个电源,故表笔不要接反,否则将打表。

### 2. 测量开路电压 $V_{oc}$

测量太阳能电池开路电压的测试电路如图 34-5 所示。测试方法如下:万用表拨至 10V 档,以 25W 白炽灯为光源,当二者相距 100、50、5cm 时,  $V_{oc}$  分别为 0.9、1.8、3.5V。证明光线愈强,开路电压愈高。

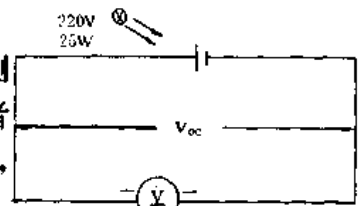


图 34-5

### 3. 测量短路电流 $I_{sc}$

测量太阳能电池短路电流的测试电路如图 34-6 所示。测试方法如下:将万用表拨于 1mA 档,夜晚以 25W 白炽灯为光源,当硅光电池距灯泡 15、5cm 时的短路电流分别为 0.1、0.4mA。白天在太阳光直射下,用 500mA 档测得短路电流为 167mA。

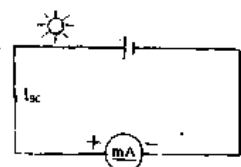


图 34-6

注意事项:①上述测量时,硅光电池应正对着光线入射方向(入射角为  $90^\circ$ )。②开路电压  $V_{oc}$  环境温度升高而降低。③当负载电阻  $R_L$  等于硅光电池内阻  $r$  时,输出功率为最大。④为提高输出功率,一般将多只硅光电池组成方阵(电池组),另外再配上蓄电池,平时将一部分电能储存在蓄电池中,以备阴天和夜间使用。

## 第三十五章 荧光灯的测试与使用

产生日光色的荧光灯称为日光灯,它的光色好,其发光效率是普通白炽灯的4~5倍,其寿命是普通白炽灯的3~5倍。因此被广泛应用在室内外照明。如住宅、办公室、厂房、教室和商店等场所。荧光灯的品种很多,有直管形荧光灯、U形荧光灯、环形荧光灯、黑光荧光灯、白炽荧光灯等等,是重要的照明工具。

### 一、荧光灯的型号命名与结构原理

#### 1. 荧光灯型号的命名方法

按照国家标准GB2793-81中气体放电光源命名方法中对低压汞灯的命名方法如表35-1所示。

表 35-1

电光源名称	型号的组成		
	第一部分	第二部分	第三部分
直管形荧光灯管	YZ	额定功率 (W)	颜色特征 (日光色(6500k)为RR,冷白色 (4300k)为RL,暖白色(2900k)为RN)。
U形荧光灯管	U		
环形荧光灯管	YH		—
自镇流荧光灯管	YZZ		不同结构形式的顺序号
黑光荧光灯管	YHG		
紫外线灯管	ZW		
直管形石英紫外线低压汞灯管	ZSZ		
U形石英紫外线低压汞灯管	ZSU		
白炽荧光灯泡	ZY		—

#### 2. 荧光灯的结构原理

下面以直管形荧光灯为例,介绍荧光灯的结构原理,荧光灯的外形如图35-1(a)所示;其外形尺寸规格如表35-2所示;荧光灯管的内部结构及电路接线原理如图35-1(b)所示。

表 35-2

灯管型号	主要尺寸(mm)				灯头规格
	A	B		D	
	最大值	最大值	最小值	最大值	
YZ20RR	604.0	589.8	586.8	38.5	G13
YZ30RR	908.8	894.6	891.6	38.5	G13
YZ40RR	1213.6	1199.4	1196.4	38.5	G13

### 二、荧光灯的特性参数

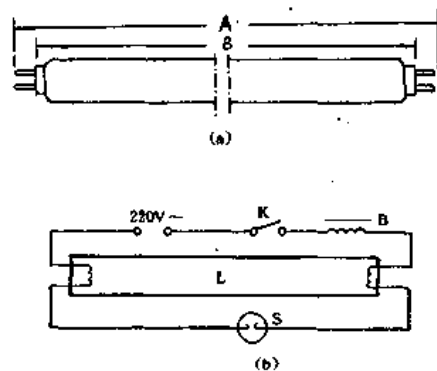


图 35-1

### 1. 荧光灯各项参数的定义

①功率——荧光灯由于功率因素的影响,灯功率并不等于工作电流和灯管电压降的乘积。因此,灯管的真正耗散功率可用功率表测得。

②光通量——以人眼对光的相对感觉量为基准,这个量称之为光通量,其单位为流明。1流明即为对各方向具有相同的发光强度1烛光的点光源,在单位立体角内发射的光通量。

③预热电流——荧光灯普遍采用预热式电极。启动时须先对阴极进行短时间的预热,以使阴极温度升高到足够发射电子。这一短时间加热阴极的电流称预热电流。单位为毫安(mA)或安(A)。

④发光效率——简称光效,光效就是灯管每耗一瓦电能所发出的光通量。即光通量与灯管功率之比值,单位为流明/瓦(Lm/W)。

⑤光通量维持率——单只灯管燃点2000小时或相当于额定寿命的70%后的光通量与额定值试验时测得的光通量之比。

⑥色温——光源的光色常用色温表示。在黑体辐射中,黑体的温度不同,发出的光色也不同。光源发现的光色与黑体在某一温度下所发现的光色相同,则在这时黑体的温度称为该光源的色温。由于气体放电光源的光谱能量分布呈线状光谱,故引入相关色温。色温度值采用开氏温标(K)为单位。它以绝对零度为起点。

⑦色座标——荧光灯的各种光色采用国际照明协会色座标的方法表示。即在平面垂直座标系统内将各种光色的X、Y座标通过专门的计算方法,在颜色图上得到相应的X、Y的座标位置,它代表发光的光色被称之为色座标。色座标确定后,就可决定它的色温。

### 2. 几种荧光灯的参数表

①正常点燃100小时后的光电参数表(见表35-3)

表 35-3

灯管型号	功率(W)		光通量(Lm)		工作电压(V)			工作电流(A)	预热电流(A)
	额定值	最大值	额定值	最小值	额定值	最大值	最小值		
YZ20RR	20	21.5	880	792	57	64	50	0.37	0.55
YZ30RR	30	32	1500	1350	81	91	71	0.405	0.62
YZ40RR	40	42.5	2300	2070	103	113	93	0.43	0.65

②额定寿命及光通量维持率(见表35-4)

表 35-4

灯管型号	额定寿命(h)	光通量维持率	
		燃点2000小时	燃点到额定寿命的70%时
YZ20RR	4200	75%	70%
YZ30RR	5000	80%	70%
YZ40RR	6000	80%	70%

### 三、荧光灯的测试方法

下面以直管形日光灯为例,介绍使用万用表和兆欧表对荧光灯的检测方法。通常为检查

日光灯管的好坏,必须将灯管、镇流器(与灯管配套)、启辉器、拉线开关等组成电路,再通电试验。用万用表  $R \times 1$  档尽管能检查灯丝的通断情况,却无法判断能否正常发光,所以并不可靠。利用兆欧表和万用表可以迅速检查日光灯管的启辉情况,并对其衰老程度作出判断。其测试电路如图 35-2 所示,外部不接镇流器。兆欧表宜选额定电压为 1000V 的,例如 ZC25-4 型、ZC11-4 型等。从每组灯丝中任选一脚与兆欧表接通,另一脚悬空。兆欧表的正、负极接哪一端均可。万用表拨至 500V 档,应与兆欧表的极性保持一致。

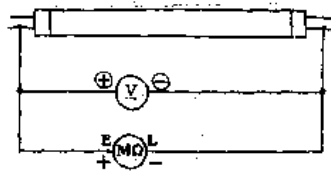


图 35-2

按额定转速摇兆欧表时,大约 1000V 的直流电压加在两组灯丝之间,代替镇流器产生的 600~700V 高压,使管子内部的氩气电离,导致水银蒸气放电并辐射出紫外线,激发管壁上的荧光粉发光。日光灯管内的气体放电时具有负阻效应,使灯管压降降至 300V 以下。

若灯管始终不亮,说明已经损坏。若稍微发光,说明灯管衰老、失效。通过测量灯管两端的电压,也可以判断衰老程度。灯管发光时,电压在 150~300V 为正常,300~450V 为衰老,高于 450V 为严重衰老。一般灯管瓦数愈大,正常工作时的电压也愈高。

例如使用 ZC25-4 型兆欧表,选择 MF10 型万用表 500V 档测量一只 YZ8RL 型 8W 日光灯管。按 120r/min 摇兆欧表,直流电压表的读数从零开始迅速上升到 320V,立即又降成 230V,与此同时,日光灯管发出乳白色光,但比正常发光要暗一些。由此证明灯管质量良好。

注意事项:由于兆欧表输出功率很小,氩气不能充分电离,所以日光灯管发光时的电压降要比正常值高。8W、20W、30W、40W 日光灯管在正常发光时的工作电压分别为 57V、60V、81V、108V。

#### 四、荧光灯的使用说明

荧光灯的几点使用说明:

荧光灯是气体放电器件,由于气体放电的负电阻特性,故工作时必须串接一个限制电流无限增大的阻抗元件,这就是荧光灯不能象白炽灯那样直接与电源相接通而必须在工作电路中串联一个镇流器的原因。

# 第三十六章 霍尔器件的测试与使用

霍尔器件是一种磁电转换器件,其突出的优点是体积小、重量轻、寿命长、噪声低,以及使用频带宽、灵敏度高、无转动部分和结构简单。

霍尔器件可广泛应用于磁场测量、位移测量、转速传感器、接近开关、限位开关等领域中,尤其是用作转换器件时,其性能稳定、可靠、精度高。

## 一、霍尔器件的原理与应用

霍尔器件是利用霍尔效应而制成的半导体器件。所谓霍尔效应,是指当半导体上通过电流,并且电流方向与外界磁场方向垂直时,在垂直于电流和磁场的方向上产生霍尔电动势的现象。

霍尔器件的工作原理图如图 36-1 所示。若沿 X 轴方向通过控制电流  $I$ ,沿 Z 轴方向施以磁场,磁感应强度为  $B$ ,则在 Y 轴方向产生霍尔电动势  $E_H$ 。有公式: $E_H = K_H IB$ 。式中,  $K_H$  为灵敏度,单位是  $mV/mA \cdot T$ 。若  $B$  与器件平面的法线方向成  $\alpha$  角度,则: $E_H = K_H IB \cos\alpha$ 。

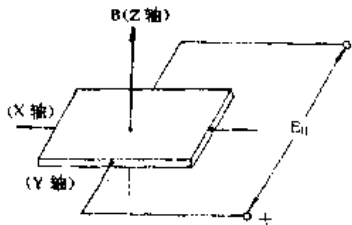


图 36-1

霍尔器件一般为四端器件,符号如图 36-2(a) 所示。图中“ $\times$ ”表示  $B$  的方向指向纸面。图 36-2(b) 是霍尔器件的基本用法。E 是直流电源, R 用来调节控制电流  $I$  的大小,  $I$  一般为几十毫安至几百毫安。  $R_L$  是  $E_H$  的负载。  $I$  的两端为输入端,其内阻叫输入电阻  $R_i$ 。  $E_H$  的两端为输出端,其内阻为输出电阻  $R_o$ 。

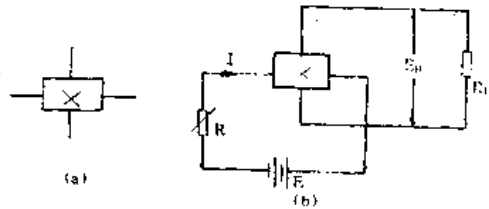


图 36-2

## 二、常用霍尔器件的结构特点与性能

### 1. Hz 系列锗霍尔器件

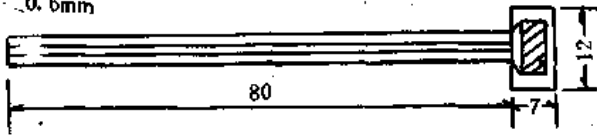
Hz-1、Hz-2 和 Hz-3 型锗霍尔器件的外形结构分别如图 36-3 所示。

Hz 系列霍尔器件的特性参数如表 36-1 所示:

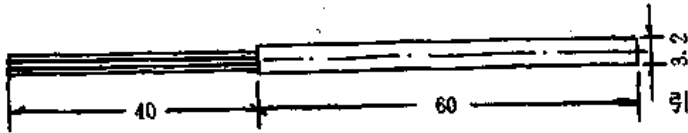
表 36-1

参 数 型 号	输入电阻	输出电阻	磁灵敏度	不等位电阻	内阻温度 系 数	霍尔电势 温度系数	寄生直 流电势	工作温 度范围
	$R_{i1}(\Omega)$	$R_{om}(\Omega)$	$S_0$ ( $mV/mA \cdot kGs$ )	$R_w$ ( $\Omega$ )	$\alpha$ ( $\%/^{\circ}C$ )	$\beta$ ( $\%/^{\circ}C$ )	$U_0$ ( $\mu V$ )	$T$ ( $^{\circ}C$ )
Hz-1	$120 \pm 20\%$	$110 \pm 20\%$	$1.4 \pm 20\%$	$< 0.1$	0.5	0.05	$< 150$	0~60
Hz-2	$120 \pm 20\%$	$110 \pm 20\%$	$1.2 \pm 20\%$	$< 0.05$	0.4	0.06	$\leq 250$	0~60
Hz-3	$130 \pm 20\%$	$110 \pm 20\%$	$1.4 \pm 20\%$	$< 0.1$	0.55	0.02	$\leq 250$	0~60
测试条件	$T = 25^{\circ}C$		$I = 1mA$ $B = 1kGs$	$\frac{I}{R_L} = R_w$ $I = 20mA$ $T = 25^{\circ}C$	$T = 0 \sim 60^{\circ}C$	$I = 10mA$ $T = 0 \sim 60^{\circ}C$	$I = 20mA$	

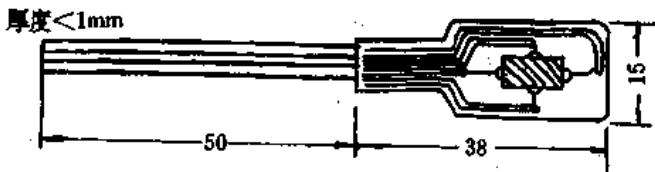
厚度 < 0.6mm



Hz-1C型: 无外壳, 器件薄片贴在塑料膜上。  
引线: 漆色线, 褐色为输入极, 黄色为输出极。



厚度 < 1.2mm Hz-2型: 铜外壳。引线: 同 Hz-1C 型。



Hz-3型: 印刷电路板, 环氧树脂密封。  
引线: 同 Hz-1 A 型。

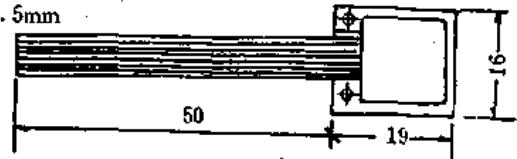
图 36-3

## 2. SH 系列硅霍尔器件

SH 系列霍尔器件的形结构如图 36-4 所示:

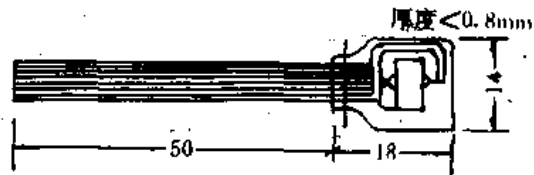
SH 系列霍尔器件的特性参数如表 36-2 所示:

厚度 < 1.5mm



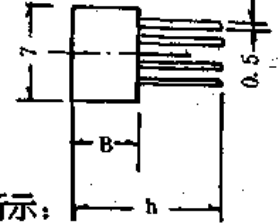
Hz-1 A型: 铜外壳。

引线: AVRI × 7/0.07 塑胶线, 1 与 3 为输入极, 2 与 4 为输出极。



Hz-1 B型: 为 A 型去掉铜外壳。  
引线: 同 A 型。

厚度 < 2mm



外型尺寸(mm)

型号	L	B	h
6SH	10.5	7.5	17.5
4SH	8.5	6.5	16.5

图 36-4

表 36-2

参 数 号	输入电阻	输出电阻	不等位电势	磁灵敏度	内阻温度系数	霍尔电势温度系数	不等位温度系数	霍尔电势磁线性度	霍尔电势非线性度
	$R_{in}(\Omega)$	$R_{out}(\Omega)$	$V_0$ (mV)	$S_n$ (mV/mA · kGs)	$\alpha$ (%/°C)	$\beta$ (%/°C)	$\gamma$ (%/°C)	$\delta$ (%/°C)	$\epsilon$ (%/°C)
6SH	250~380	略小于输入电阻	<1	$\geq 1.5$	0.6~1.0	0.01~0.05	4.0~35	0.1~0.5	0.1~0.6
4SH	200~320		<1	$\geq 1.5$	0.6~1.0	0.01~0.05	4.0~35	0.1~0.5	0.1~0.6
测试条件	T=25°C		I=10mA T=25°C	I=10mA B=1.5kGs	T=-60 ~+150°C	I=10mA T=-60 ~+150°C	I=10mA T=-60 ~+150°C	I=10mA B=100kGs	

## 3. HS 列砷化钢霍尔器件

HS 系列砷化钢霍尔器件的外形结构与 Hz 系列相同, 其中的 HS-1 型的特性参数如表 36-3 所示:

表 36-3

参 数 号	输入电阻	输出电阻	磁灵敏度	不等位电阻	内阻温度系数	霍尔电势温度系数	寄生直流电势	工作温度范围
	$R_{in}(\Omega)$	$R_{out}(\Omega)$	$S_0$ (mV/mA · kGs)	$R_M$ ( $\Omega$ )	$d$ (%/°C)	$\beta$ (%/°C)	$U_0$ ( $\mu$ V)	T (°C)
HS-1	1.2±2%	1±2%	0.1±20%	<0.003	0.3	-0.045	0~18	-40~60
测试条件	T=25°C	T=25°C	I=1mA B=1kGs	I=200mA T=25°C	T=-40 ~60°C	I=100mA T=25°C	I=200mA	

#### 4. HSG 系列砷化镓霍尔器件

HSG 系列砷化镓霍尔器件的外形结构与 SH 系列硅霍尔器件相同, 其中的 HSG-1 型的特性参数如表 36-4 所示:

表 36-4

参 数 型 号	输入电阻	输出电阻	磁灵敏度	不等位电阻	霍尔电势 温度系数	内阻温度 系数	工作温 度范围
	$R_{in}(\Omega)$	$R_{out}(\Omega)$	$S_H$ (mV/mA · kGs)	$V_0$ (mV)	$\beta$ (%/°C)	$\alpha$ (%/°C)	T (°C)
HSG-1	500~100	400~800	20~50	<-1.0	-0.05		-55~+180
测试条件	T=25°C		I=1mA B=1kGs	I=3mA T=25°C	I=3mA T=-55~ +180°C		

#### 5. 霍尔集成电路

霍尔集成电路主要分为线性霍尔传感器和开关型霍尔传感器两大类。线性霍尔传感器主要由霍尔元件、放大电路和其它附加电路构成, 可得到与磁感应强度成比例的线性变化输出。开关型霍尔传感器主要由霍尔元件、差分放大器、施密特触发器和输出器等部分组成。输入磁感应强度, 可得到数字输出。

霍尔集成电路的外形结构分别如图 36-5 所示:

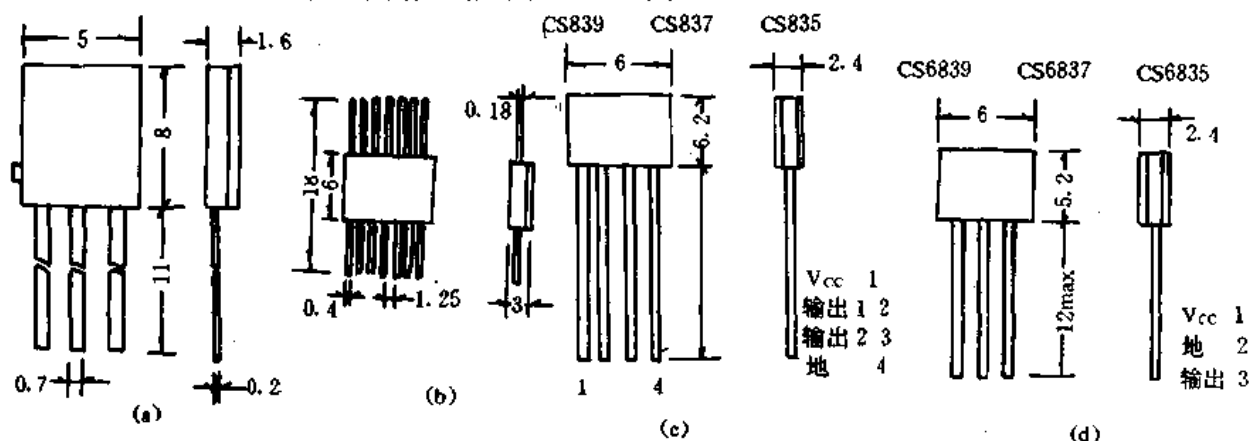


图 36-5

霍尔集成电路的特性参数如表 36-5 表所示:

表 36-5

型 号	产品名称	主要技术参数			应用特点和范围	可互换的国外 同类产品
		工作温度 (°C)	电源电压 (V)	基本参数		
SL18	线性霍尔 传感器	-10~+70	≤15	最小霍尔效应输出电压 $V_H \geq 1V$	直流电机调速, 磁场测量、工业控 制设备。	
				霍尔效应线性范围 $B_L \leq 500GS$		
SL19	线性霍尔 传感器	0~+70	±15	输出电流 $I_0 = \pm 2mA$	输出电压与磁 场强度成线性对 应变化, 用于准确 测量、控制位置、 重量及电流等仪 器设备。	
				输出电压范围 $V_0 = 5V$		
				灵敏度 $K_0 = 4300mV/$ 500GS		

续表

型号	产品名称	主要技术参数			应用特点和范围	可互换的国外同类产品
		工作温度 (°C)	电源电压 (V)	基本参数		
SL3501T	线性霍尔传感器	0~+70	8~12	静止输出电压 $V_{OUT} = 2.5 \sim 5.0V$ 灵敏度 $\Delta V_{OUT} = (350 \sim 700)mV/1000GS$	准确测量及控制位置、重量、厚度、速度和电流等,用于各种探测器、感应器及印表机等。	UGN--3501T
SL3501M	线性霍尔传感器	0~+70	8~16	共模输出电压 $V_{CM} = 3.6V$ 灵敏度 $\Delta V_{OUT} = (700 \sim 1400)mV/1000GS$	准确测量及控制位置、重量、厚度、速度和电流等,用于电流感应器、高斯计、检查振荡等。	UGN-3501M
SL-N3019 SL-S3019	可变电源开关霍尔传感器	0~+70 -40~+150	4.5~24	磁场工作点 $B_{OP} = 300 \sim 480GS$ 磁场释放点 $B_{RF} = 50 \sim 420GS$ 输出低电平 $V_{OL} \leq 150mV$	没有接触不良或损耗的现象,可与任何数字电路耦合,也可与微处理器配合,特别适合于工业控制。	UGN-3019T UGS-3019T
SL-N3020 SL-S3020	可变电源开关霍尔传感器	0~+70 -40~+150	4.5~24	磁场工作点 $B_{OP} = 180 \sim 300GS$ 磁场释放点 $B_{RF} = 90 \sim 240GS$ 输出低电平 $V_{OL} \leq 85mV$	没有接触不良或损耗的现象,可与任何数字电路耦合,也可与微处理器配合,特别适合于工业控制。	UGN-3020T UGS-3020T
SL-N3030 SL-S3030	开关型霍尔传感器	0~+70 -40~+150	24	磁场工作点 $B_{OP} = 250GS$ 磁场释放点 $B_{RF} = -250GS$ 输出电流 $I_O = 50mA$	具有“无反弹”和无机接触点的特点,可与任何数字电路耦合。	UGN-3030T UGS-3030T
SL-N3075 SL-S3075	双稳开关霍尔传感器	0~+70	24	磁场工作点 $B_{OP} = 250GS$ 磁场释放点 $B_{RF} = -250GS$ 输出电流 $I_O = 50mA$	具有“无反弹”和无机接触点的特点,可与任何数字电路耦合。	UGN--3075T/U UGS-3075T/U
CS835 CS6835	线性霍尔传感器	-20~+70	6	偏移磁场 $-0.035 \sim 0.035T$ 高电平输出电压 2.4V 低电平输出电压 0.5V 电源电流 13.5mA	用于无触点电位器,无刷直流电机,速度传感,位置传感等。	



型号	产品名称	主要技术参数			应用特点和范围	可互换的国外同类产品
		工作温度 (°C)	电源电压 (V)	基本参数		
CS837	开关型霍尔传感器	-20~+70	10	输出 H-L 磁感强度 0.075T	用于键盘开关, 接近开关, 位置传感和速度传感等。	
CS6837				输出 L-H 磁感强度 0.01T		
CS839			18	低电平输出电压 0.4V		
CS6839				高电平输出电压 10V		

### 三、霍尔器件的测试方法

#### 1. 普通型霍尔器件的测试方法

因集成化后的霍尔器件与未集成化的其测试方法不同, 这里所说的普通型霍尔器件, 就是除霍尔集成电路外的霍尔器件, 包括前面介绍的 Hz、SH、HSG 系列等。利用万用表测量普通型霍尔器件的输入电阻、输出电阻以及估测其灵敏度的方法如下:

##### (1) 测量输入电阻 $R_i$ 、输出电阻 $R_o$

测量电路分别如图 36-6(a)、(b) 所示。对于 Hz 系列产品, 应选择  $R \times 10$  档, 该档的测试电流比较合适。对于 HS 等系列产品, 建议选  $R \times 1$  档。测量结果应与手册中规定值相符。如果电阻值为零或为无穷大, 均说明元件已损坏。

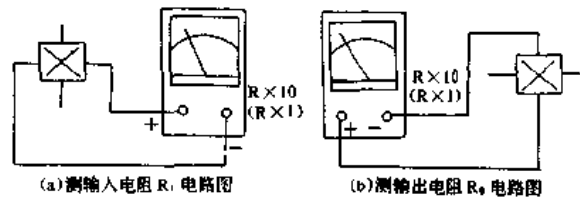


图 36-6

##### (2) 估测灵敏度 $K_H$

取两只万用表, 将表 I 拨至  $R \times 10$  或  $R \times 1$  档 (视控制电流的大小而定), 向霍尔器件提供控制电流  $I$ ; 再将表 II 拨于 2.5V 档测量霍尔电动势  $E_H$ 。按图 36-7 接好电路之后, 拿一条形磁铁垂直移近霍尔器件的表面, 应能观察到表 II 的偏转。在同样测试条件下, 表 II 偏转愈大, 证明霍尔器件的灵敏度愈高。

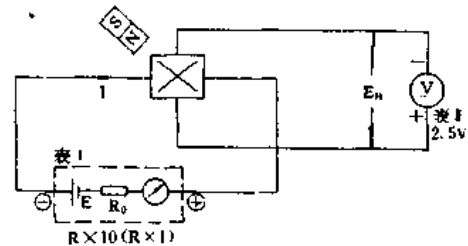


图 36-7

注意事项: ①估测灵敏度时, 霍尔器件的输入、输出引线不得接反, 此外还应排除外界杂散磁场的干扰。

必要时可采取屏蔽措施。②为提高霍尔电动势, 也可将几只霍尔器件并联使用。

#### 2. 霍尔集成电路的测试方法

下面以开关型霍尔集成电路为例, 介绍其测试方法。集成霍尔开关的测试电路如图 36-8 所示。例如实测美国产 UGN3113U 型集成霍尔开关时, 首先按图连接好电路, 利用直流稳压电源提供 3~12V 直流电压  $V_{cc}$ 。  $R_1$  是集电极电阻,  $R_2$  与红色发光二极管 LED 组成负载,  $R_2$  兼作 LED 的限流电阻。将 500 型万用表拨至 10V (或 50V) 档测量输出电压, 当选择开关 S 闭合时测的是负载电压  $V_o$ , 当 S 断开时, 测出的是开路 (空载) 电压

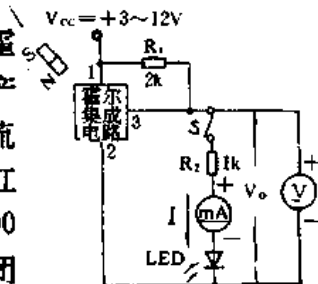


图 36-8

$V_o'$ 。将永磁体靠近 UGN3113U, 相距 3cm 左右(距离与永磁体的磁感应强度有关), 通过改变  $V_{cc}$  值, 得到一系列实测数据, 如表 36-6 表所示。由表 36-6 可见, 该器件的电源电压范围很宽, 即使在 3V 电压下也能工作。当  $V_{cc}=12V$  时, LED 发出红光, 另用 10 mA 档测得  $I_o=5.4mA$ 。

表 36-6

电源电压 $V_{cc}(V)$	3	5	6	8	10	12
负载电压 $V_o(V)$	2.2	3.2	3.8	4.7	5.6	6.7
空载电压 $V_o'(V)$	2.9	4.9	5.9	7.8	9.8	11.8

注意事项: 霍尔器件有型号标记的一面为敏感面, 应正对永磁体的相应磁极, 即 N 型器件正对 N 极, S 型器件正对 S 极。否则灵敏度将大为降低, 甚至不工作。

## 第三十七章 CMOS—LED 光电组件 的测试与使用

在数字式仪器、仪表以及各种数字显示电子设备中,都需要数码显示系统。这个系统包括计数器、寄存器、译码器、译码驱动器和数码显示管等,现代电子技术的发展使这些部分组装成一个功能块,目前性能比较好的 CMOS 集成电路与 LED 数码管组合一体的功能块,称 CMOS—LED 光电组合件。它的最大特点是功耗极微,高可靠,长寿命。

### 一、CMOS—LED 光电组件的结构功能与特性

#### (一) CMOS—LED 管脚功能

BL: 数字管熄灭及显示状态控制端,在多位数字中,还可用于位扫描显示控制。

RBI: 多位数字中无效零值的熄灭控制输入端。

RBO: 多位数字中无效零值的熄灭控制输出端,用于控制下位数字的无效零值熄灭。

DPI: 小数点显示熄灭控制端,及在多位数字中作无效零值的熄灭控制输入端。

DP: 小数点显示控制端。

LE: 寄存器锁存控制端。在多位数字中,可用于位扫描显示控制。

A、B、C、D 或 QA、QB、QC、QD: 寄存器 BCD 码信息输出端,可用于整机的信息记录及处理。

R: 计数显示器置零端。

C: 计数显示器脉冲信号输入端(前沿作用)。

E: 计数显示器脉冲信号输入端(后沿作用)。

C<sub>0</sub>: 计数进位输出端(后沿作用)。

V<sub>DD</sub>: 电源正极。

V<sub>SS</sub>: 电源负极。

V: LED 显示管公共负极(TLH102 为公共正极),可用于调节数码管显示亮度。

a、b、c、d: BCD 码信号输入端。

LT: 全亮置 8 显示控制端,可用于检查 LED 各笔是否均匀。

TE: 计数脉冲禁止输入控制端。

B<sub>0</sub>: 计数借位输出端(后沿作用)。

C<sub>F</sub>: 加数计数输入端(前沿作用)。

Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub>、Q<sub>3</sub>、Q<sub>4</sub>: 计数器输出端,可作系统的控制信号。

J<sub>1</sub>、J<sub>2</sub>、J<sub>3</sub>、J<sub>4</sub>: 预置数据输入端。

D<sub>n</sub>: 液晶驱动方波输入端。

P<sub>H</sub>: 置数选通端。

$D_0$ : 液晶公共电极。

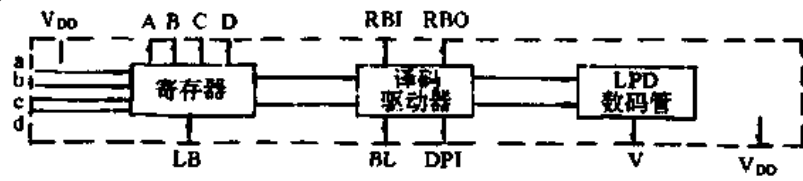
$\bar{a}$ — $\bar{g}$ : 显示公共电极。

## (二)常用 CMOS-LED

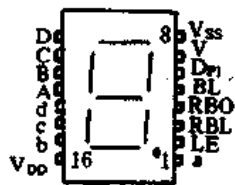
CMOS-LED 光电组件是由强驱动 CMOS 集成电路与 LED 数码管组装的功能块。按其结构和功能可分以下几种,分别作一介绍。

### 1. 译码、驱动、显示器

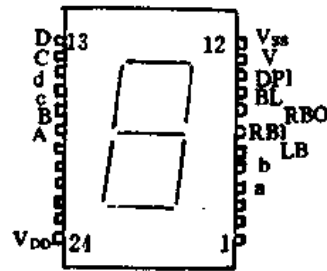
它是包括 BCD 码的寄存、译码驱动、LED 显示等三合一体的光电组件。它的主要电参数和光学性能分别由表 37-1 和表 37-2 所示。逻辑图如图 37-1(a)所示。0.3 英寸的型号有 CL031、CL032、CL033、CL035;0.5 英寸的型号有 CL001、CL002、CL003、CL005,其外引线排列如图 37-1(b)所示。1 英寸的型号有 CL011、CL012、CL013、CL015,其外形线排列图如图 37-1(c)所示。



(a)译码、驱动、显示器的逻辑图



(b)0.3、0.5 英寸译码、驱动显示器的外引线排列图



(c)1 英寸译码、驱动、显示器的外引线排列图

图 37-1

### ①译码、驱动、显示器的电参数表(见表 37-1)

表 37-1

参数名称	符号	单位	测试条件	规范值
静态电流	$I_c$	$\mu A$	$V_{DD}=5V$ ; 显示管全熄	$\leq 100$
工作电流	$I_F$	mA	$V_{DD}=5V$ ; $V_i=V_{SS}=0$ ; 显示管全亮	30~30
输入电流	$I_{in}$	$\mu A$	$V_{DD}=5V$ ; $V_i=5V, 0V$	$\leq 1$
输出驱动电流	$I_D$	$\mu A$	$V_{DD}=5V$ ; $V_i=5V, 0V$ ; $V_c=4.5V, 0.5V$	$\geq 50$
输出高电平	$V_{OH}$	V	$V_{DD}=5V$	$\geq 4.9$
输出低电平	$V_{OL}$	V	$V_{DD}=5V$	$\leq 0.1$
直流噪声容限	$V_N$	V	$V_{DD}=5V$ ; $V_0=4.5V, 0.5V$	$\geq 1$
最高时钟频率	$f_M$	kHz	$V_{DD}=5V$ ; $V_i=0V, 5V$ ; 占空比 50%	—
最小工作电压	$V_{DDMIN}$	V	显示管逻辑功能正常	4

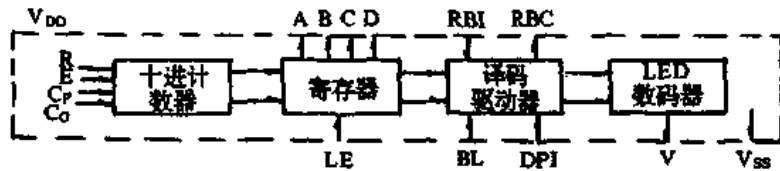
### ②译码、驱动、显示器的光学性能表(见表 37-2)

表 37-2

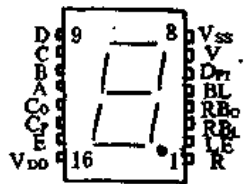
参数名称	符号	单位	测试条件	参数规范值			
				红色	橙色	黄色	绿色
显示管发光强度	$I_v$	$\mu\text{cd}$	$I_f=50\text{mA}$ 全亮	$\geq 700$	$\geq 1000$	$\geq 700$	$\geq 10000$
发光强度	$\lambda_p$	nm	单条 $I_f=5\text{mA}$	700	630	580	565

2. 十进制计数显示器

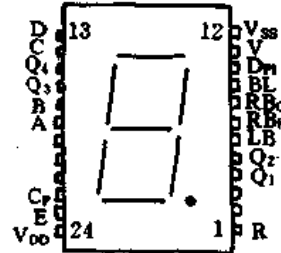
它具有计数、寄存、译码驱动、LED 显示四合一功能。它的主要电参数和光学性能分别由表 37-3 和表 37-4 所示。0.3 英寸的型号有 CL131、CL132、CL133、CL135, 0.5 英寸的型号有 CL101、CL102、CL103、CL105, 它们的逻辑图和外引线排列分别示于图 37-2(a)、(b)。1 英寸的型号有 CL111、CL112、CL113、CL115, 其外引线排列和逻辑图分别如图 37-2(c)和图 37-2(d)所示。



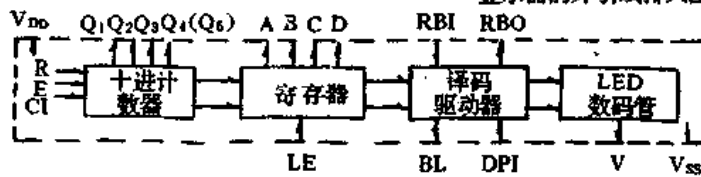
(a) 0.3, 0.5 英寸十进制计数显示器的逻辑图



(b) 0.3, 0.5 英寸十进制计数显示器的外引线排列



(c) 1 英寸十进制计数显示器的外引线排列图



(d) 1 英寸十进制计数显示器的逻辑图

①十进制计数显示器的电参数表(见表 37-3) 图 37-2

表 37-3

参数名称	符号	单位	测试条件	规范值
静态电流	$I_c$	$\mu\text{A}$	$V_{DD}=0\text{V}$ , 显示管全熄	$\leq 150$
工作电流	$I_f$	mA	$V_{DD}=5\text{V}$ , $V_{SS}=0$ , 显示管全亮	30~80
输入电流	$I_n$	$\mu\text{A}$	$V_{DD}=5\text{V}$ , $V=5\text{V}, 0\text{V}$	$\leq 1$

续表

参数名称	符号	单位	测试条件	规范值
输出驱动电流	$I_D$	$\mu A$	$V_{DD}=5V; V_I=5V, 0V;$ $V_O=4.5V, 0.5V$	$\geq 50$
输出高电平	$V_{OH}$	V	$V_{DD}=5V$	$\geq 4.9$
输出低电平	$V_{OL}$	V	$V_{DD}=5V$	$\leq 0.1$
直流噪声容限	$V_N$	V	$V_{DD}=5V; V_O=4.5V, 0.5V$	$\geq 1$
最高时钟频率	$f_M$	kHz	$V_{DD}=5V; V_I=0V, 5V;$ 占空比 50%	$\geq 200$
最小工作电压	$V_{DDMIN}$	V	显示管逻辑功能正常	4

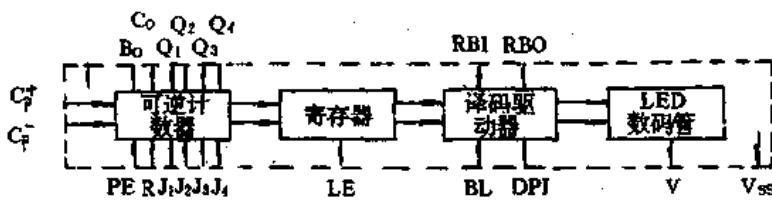
②十进制计数显示器的光学特性表(见表 37-4)

表 37-4

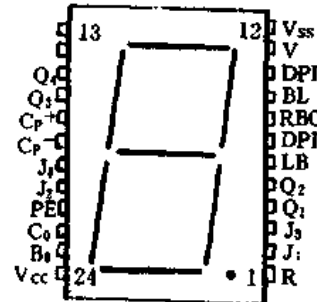
参数名称	符号	单位	测试条件	参数规范值			
				红色	橙色	黄色	绿色
显示管发光强度	$I_V$	$\mu cd$	$I_F=50mA$ 全亮	$\geq 700$	$\geq 1000$	$\geq 700$	$\geq 1000$
发光强度	$\lambda_p$	nm	单条 $I_F=5mA$	700	630	680	565

3.1 英寸可预置可逆计数显示器

它具有计数、寄存、译码驱动、LED 数码管显示的四合一功能。作十进制加减计数用,并可作控制信号用。它的主要电参数和光学性能分别由表 37-5 和表 37-6 所示。它的型号有 CL411、CL412、CL413、CL415,它的逻辑图和外引线排列分别由图 37-3(a)和图 37-3(b)所示。



(a)1 英寸可预置可逆计数显示器的逻辑图



(b)1 英寸可预置可逆计数显示器的外引线排列

图 37-3

①1 英寸可预置可逆计数显示器的电参数表(见表 37-5)

表 37-5

参数名称	符号	单位	测试条件	规范值
静态电流	$I_c$	$\mu A$	$V_{DD}=5V$ , 显示管全熄	$\leq 150$
工作电流	$I_F$	mA	$V_{DD}=5V, V_{SS}=0$ ; 显示管全亮	30~80

续表

参数名称	符号	单位	测试条件	规范值
输入电流	$I_m$	$\mu A$	$V_{DD}=5V, V_i=5V, 0V$	$\leq 1$
输出驱动电流	$I_D$	$\mu A$	$V_{DD}=5V, V_i=5V, 0V;$ $V_o=4.5V, 0.5V$	$\geq 50$
输出高电平	$V_{OH}$	V	$V_{DD}=5V$	$\geq 4.9$
输出低电平	$V_{OL}$	V	$V_{DD}=5V$	$\leq 0.1$
直流噪声容限	$V_N$	V	$V_{DD}=5V, V_i=4.5V, 0.5V$	$\geq 1.5$
最高时钟频率	$f_M$	kHz	$V_{DD}=5V, V_i=0V, 5V, 1$ 占空比 50%	$\geq 500$
最小工作电压	$V_{DOMIN}$	V	显示管逻辑功能正常	4

## ②1英寸可预置可逆计数显示器的光学性能表(见表37-6)

表37-6

参数名称	符号	单位	测试条件	参数范围值			
				红色	橙色	黄色	绿色
显示管发光强度	$I_v$	$\mu cd$	$I_f=50mA$ 全亮	$\geq 700$	$\geq 1000$	$\geq 700$	$\geq 1000$
发光强度	$\lambda_p$	nm	单条 $I_f=5mA$	700	630	580	585

## 4. 十六进制BCD码显示器

它具有BCD码寄存器、译码驱动、LED显示三合一功能。它的主要参数和化学性能分别由表37-7和表37-8示出。主要型号有0.5英寸的CL501、CL502、CL503、CL505,其逻辑图、外引线排列和显示字形分别由图37-4(a)、图37-4(b)和图37-4(c)示出。1英寸的型号有CL511、CL512、CL513、CL515,其逻辑图和外引线排列分别由图37-4(d)、图37-4(e)示出,显示字形如图37-4(c)所示。

## ①十六进制BCD码显示器的电参数表(见表37-7)

表37-7

参数名称	符号	单位	测试条件	规范值
静态电流	$I_c$	$\mu A$	$V_{DD}=5V$ , 显示管全熄	$\leq 100$
工作电流	$I_F$	mA	$V_{DD}=5V, V_{SS}$ = 显示管全亮	30~80
输入电流	$I_{io}$	$\mu A$	$V_{DD}=5V, V_i=5V, 0V$	$\leq 1$
输出驱动电流	$I_D$	$\mu A$	$V_{DD}=5V, V_i=5V, 0V;$ $V_o=4.5V, 0.5$	$\geq 300$
输出高电平	$V_{OH}$	V	$V_{DD}=5V$	$\geq 4.9$
输出低电平	$V_{OL}$	V	$V_{DD}=5V$	$\leq 0.1$
直流噪声容限	$V_N$	V	$V_{DD}=5V, V_o=4.5V, 0.5V$	$\geq 1$

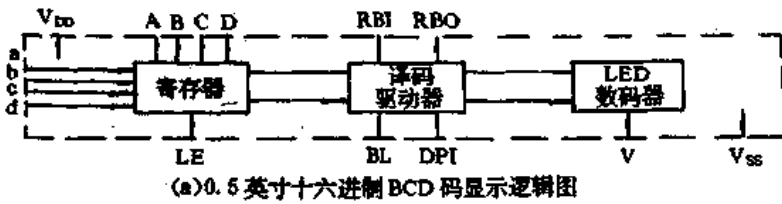
续表

参数名称	符号	单位	测试条件	规范值
最高时钟频率	$f_M$	kHz	$V_{DD}=5V, V_i=0V, 5; 占空比 50\%$	-
最小工作电压	$V_{DDMIN}$	V	显示管逻辑功能正常	4

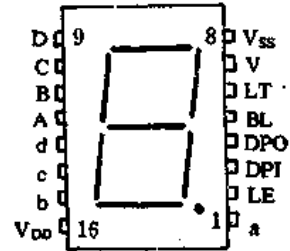
②十六进制 BCD 码显示器的光学性能表(见表 37-8)

表 37-8

参数名称	符号	单位	测试条件	参数规范值			
				红色	橙色	黄色	绿色
显示管发光强度	$I_v$	$\mu cd$	$I_f=500mA$ 全亮	$\geq 700$	$\geq 1000$	$\geq 700$	$\geq 1000$
发光强度	$\lambda_p$	nm	单条 $I_f=5mA$	700	630	580	565



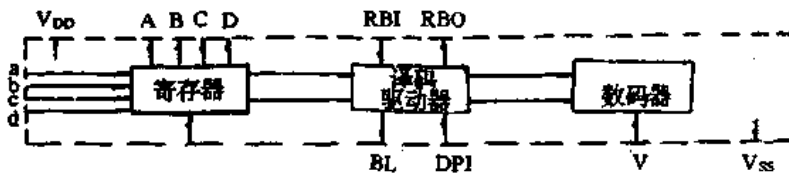
(a) 0.5 英寸十六进制 BCD 码显示逻辑图



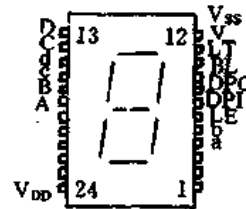
(b) 0.5 英寸十六进制 BCD 码显示外引线排列

显示字形	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	b	c	d	E	F	
输入	A	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	B	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
	C	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
	D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1

(c) 十六进制 BCD 码显示器显示字形



(d) 1 英寸十六进制 BCD 码显示逻辑图



(e) 1 英寸十六进制 BCD 码显示器外引线排列

图 37-4

### 5. CLC809 0.5 英寸 BCD 码液晶显示器

它适合在室外明亮环境下使用,它具有低电压,微功耗,不怕强光照射,字形美观清晰,



外形新颖,对比度高,立体感强,视野较大等一系列优点。它的电参数由表 37-9 所示。其逻辑图和外引线排列分别由图 37-5(a)和图 37-5(b)所示。

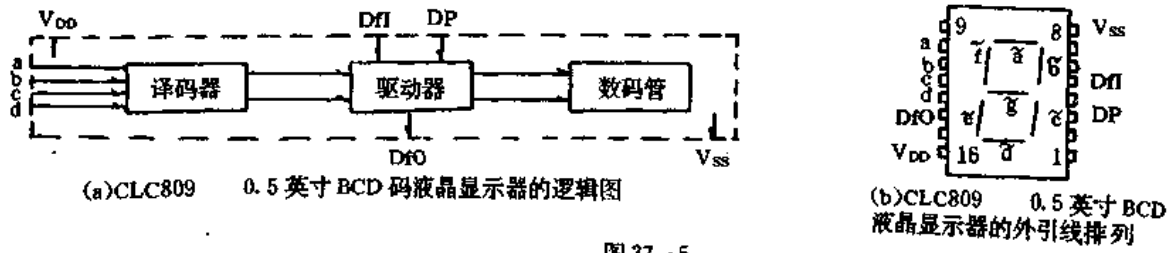


图 37-5

CLC809 0.5 英寸 BCD 码液晶显示器的电参数表(见表 37-9)

表 37-9

参数名称	符号	单位	测试条件	规范值
静态电流	$I_c$	$\mu A$	$V_{DD}=V=5V, V_i = \begin{cases} 0V \\ 5V \end{cases}$	$\leq 150$
工作电流	$I_F$	mA	$V_{DD}=5V; D_f=30\sim 128Hz$	$\leq 300$
输入电流	$I_{in}$	$\mu A$	$V_{DD}=5V; V_i = \begin{cases} 0V \\ 5V \end{cases}$	$\leq 1$
直流噪声容限	$V_N$	V	$V_{DD}=5V; V_o=4.5V, 0.5V$	$\geq 1$
最小工作电压	$V_{DDMIN}$	V	显示管逻辑功能正常; $D_f=30\sim 128Hz$	4.5

### 6. 0.5 英寸符号显示器

它在数字显示中作“+”、“-”符号显示。它的型号有 CL301、CL302、CL303、CL305,其逻辑图和外引线排列分别由图 37-6(a)和图 37-6(b)所示。它的电参数和光学性能由表 37-10 和表 37-11 示出。

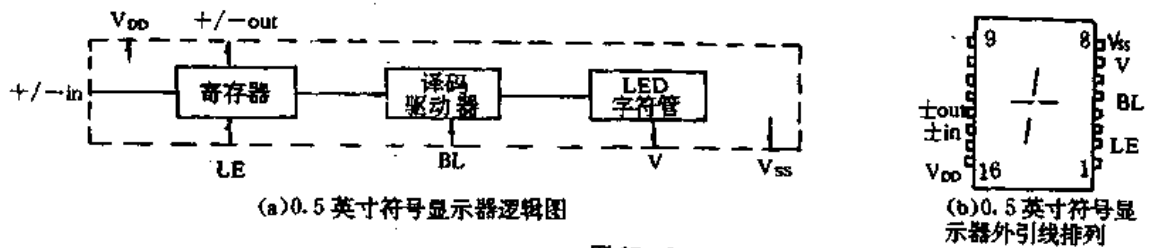


图 37-6

①0.5 英寸符号显示器的电参数表(见表 37-10)

表 37-10

参数名称	符号	单位	测试条件	规范值
静态电流	$I_c$	$\mu A$	$V_{DD}=5V$ ; 显示管全熄	$\leq 50$
工作电流	$I_F$	mA	$V_{DD}=5V; V_{SS}=0$ ; 显示管全亮	10~25

续表

参数名称	符号	单位	测试条件	规范值
输入电流	$I_{in}$	$\mu A$	$V_{DD}=5V, V_i=5V, 0V$	$\leq 1$
输出驱动电流	$I_D$	$\mu A$	$V_{DD}=5V, V_i=5V, 0V; V_o=4.5V, 0.5V$	$\geq 50$
输出高电平	$V_{OH}$	V	$V_{DD}=5V$	$\geq 4.9$
输出低电平	$V_{OL}$	V	$V_{DD}=5V$	$\leq 0.1$
直流噪声容限	$V_N$	V	$V_{DD}=5V; V_o=4.5V, 0.5V$	$\geq 1$
最高时钟频率	$f_M$	kHz	$V_{DD}=5V; V_i=0V, 5V; 占空比 50\%$	—
最小工作电压	$V_{DOMIN}$	V	显示管逻辑功能正常	4

②0.5英寸符号显示器的光学性能表(见表 37-11)

表 37-11

参数名称	符号	单位	测试条件	参数规范值			
				红色	橙色	黄色	绿色
显示管发光强度	$I_v$	$\mu cd$	$I_F=30mA$ 全亮	$\geq 700$	$\geq 1000$	$\geq 700$	$\geq 1000$
发光强度	$\lambda_F$	nm	单条 $I_F=5mA$	700	630	580	565

## 二、CMOS—LED 光电组件的测试方法

使用万用表不仅能检查 CMOS—LED 组件的发光情况,还能观察计数状态是否正常。按测试电路图 37-7 所示接好电路,外接 9V 叠层电池作其工作电源。用一条细导线将  $V_{SS}$ 、 $V$ 、 $DPI$ 、 $BL$ 、 $LE$ 、 $R$  各脚连通,接至电池负极。再用一条细导线把  $V_{DD}$ 、 $E$ 、 $RBI$  各脚连通,接电池正极。将万用表拨于 100 mA (或 50 mA) 档,串入电源电路中测量总电流。CP 端经 100k $\Omega$  电阻  $R_1$  接  $V_{SS}$  端,  $R_1$  起偏置作用,使 CP 端平时为低电平(0V)。这就构成一级十进制计数—译码—显示器。接通电源后应显示数字。假如初始计数状态不为零,可以把 R 端与电池负极脱开,而和电池正极短接一下,使  $R=1$ ,强迫计数器复零,然后 R 端仍接电池负极。

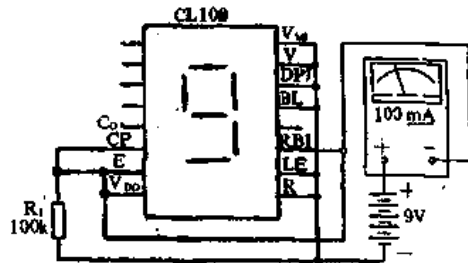


图 37-7

为观察计数状态,必须加入计数信号。可从 E 端再引出一条导线,断续地碰触 CP 端,以正电源的电位跳变来代替计数信号,为图 37-7 中虚线箭头所示。这时可观察到显示值从 0 开始变化,每碰一次 CP 端,显示值就加 1。计到 9 时再输入一个计数信号,显示值就自动回零,同时从  $C_0$  端输出一个进位脉冲。用 500 型万用表 100mA 档测得全亮时的电流为 38mA。

若显示的笔段残缺不全,说明内部显示器或译码器损坏。如果不能正常计数,可能是计数器或译码器发生故障。

注意事项:①叠层电池的内阻较高,使用 9V 叠层电池作组合件的电源时不必加限流电

阻。但是,如果采用 12V、15V 或 22.5V 叠层电池,就要在 V 端与  $V_{SS}$  端之间接一只限流电阻 R, R 的电阻值可按下式估算:  $R = \frac{V_{DO} - V}{I_f}$ 。式中  $V_{DO}$ ——实际使用的电源电压; V——CMOS-LED 组件的压降(一般取 4.5~5V);  $I_f$ ——设计的组件工作电流(典型值为 50mA, 若为节省耗电,也可取  $I_f = 30 \sim 40\text{mA}$ )。②偏置电阻  $R_1$  不得去掉,否则计数不可靠,甚至不能计数。③检查其它型号的 CMOS-LED 组件时,应根据实际管脚位置及逻辑功能来接线。

### 三、CMOS-LED 光电组件的使用

CMOS-LED 光电组件的使用注意事项:

1. CMOS-LED 系列产品在储存、运输中,务必用导电海绵短接,以防止感应电势将栅极击穿。
2. 要求一切测试仪器、仪表、电烙铁及线路本身等良好接地,并不允许在电源接通的情况下插拔器件。
3. CMOS-LED 系列产品的电源极性不能颠倒,  $V_{DO}$  为高电位,  $V_{SS}$  为低电位, V 为供调节显示亮度而适当选择的低电位。
4. 不用的输入端不能悬空,应根据不同的逻辑功能分别接到“1”或“0”状态。输入端信号变化范围应在  $V_{SS} \sim V_{DO}$  之间。组合件电源未加上时,严禁从输入端送信号。

## 第三十八章 硅光敏管的测试与使用

硅光敏管有硅光敏二极管和硅光敏三极管两大类。目前常见的硅光敏管,其光电转换中接收光的光谱在  $0.4 \sim 1.1 \mu\text{m}$  范围,其峰值波长  $\lambda_p$  取决于管芯材料和管芯厚度。

硅光敏管主要用于可见光、近红外光接收及光电转换的自动控制仪器、触发器、计数器、报警、光电玩具等方面,并已广泛用于工农业生产和军事等领域。

### 一、硅光敏管的工作原理

硅光敏管的基本结构是PN结。当硅光敏二极管不受光照时,通过PN结的仅是由环境温度产生的微小暗电流及加反向偏压所产生的漏电流;只有受到光照时,光的能量变成电能,才产生光电流。光敏三极管则和一般双极型三极管相仿,光信号从基极输入,且可通过调节偏置来得到所需要的工作状态和放大特性。硅光敏管的主要参数如下:

暗电流  $I_D$ ——指无光照时,加一定反向工作电压时PN结的反向漏电流。一般希望越小越好。温度升高,暗电流会加大。

光电流  $I_L$ ——指受到一定光照时所产生的电流值。此值越大说明管子灵敏度越高。

光电灵敏度——在给定波长的入射光输入单位光功率时,光敏管(管芯)单位面积输出信号(光电流)的强度。单位是  $\mu\text{A}/\mu\text{W}$ 。灵敏度越高,探测光的强度可越弱。

响应时间——指光敏管对入射光信号的反应速度,一般为  $10^{-5} \sim 10^{-7}\text{s}$ 。

### 二、常用光敏二极管的性能特点

#### (1) 2CU 系列光敏二极管

2CU 系列光敏二极管的特性参数如表 38-1 所示。

表 38-1

型 号	光电参数	$V_{RM}$ (V)	$I_D$ ( $\mu\text{A}$ )	$I_L$ ( $\mu\text{A}$ )	$C_j$ (pF)	$t_r$ (ns)	$t_f$ (ns)	$\lambda_p$ ( $\text{\AA}$ )	外形
	$I_A = I_D$	无光照时 $V = V_{RM}$	照度 $H = 1000$ 勒克斯 $V = V_{RM}$	$V_{in} = 6\text{mV}$ $f \leq 5\text{MHz}$ $V = V_{RM}$	$R_L = 50\Omega$ $V = 10\text{V}$ $f = 300\text{Hz}$				
2CU1A	10	$\leq 0.2$	$\geq 80$	8	$\leq 5$	$\leq 50$	8800	GD1-1 GD1-4 (平头)	
2CU1B	20	$\leq 0.2$	$\geq 80$	8	$\leq 5$	$\leq 50$	8800		
2CU1C	30	$\leq 0.2$	$\geq 80$	8	$\leq 5$	$\leq 50$	8800		
2CU1D	40	$\leq 0.2$	$\geq 80$	8	$\leq 5$	$\leq 50$	8800		
2CU1E	50	$\leq 0.2$	$\geq 80$	8	$\leq 5$	$\leq 50$	8800		
2CU2A	10	$\leq 0.1$	$\geq 30$	8	$\leq 5$	$\leq 50$	8800	GD1-2 GD1-5(平头)	
2CU2B	20	$\leq 0.1$	$\geq 30$	8	$\leq 5$	$\leq 50$	8800		
2CU2C	30	$\leq 0.1$	$\geq 30$	8	$\leq 5$	$\leq 50$	8800		
2CU2D	40	$\leq 0.1$	$\geq 30$	8	$\leq 5$	$\leq 50$	8800		
2CU2E	50	$\leq 0.1$	$\geq 30$	8	$\leq 5$	$\leq 50$	8800		
2CU5	12	$\leq 0.1$	$\geq 5$	8	$\leq 5$	$\leq 50$	8800	GD2-1	

2CU 系列光敏二极管的外形结构如图 38-1 所示。其中外形 GD1-1 和 GD1-2 型是具有透镜结构的光敏管,入射光通过透光窗的透镜作用会聚在光敏管的管芯上,以加强光电效应、提高光电流。GD1-4 和 GD1-5 型用平头光窗管帽封装,这种光敏管采用高灵敏管芯,因而在安装时,不需要来回转动管体、找最佳光电流位置。为便于区别,平头光窗管帽封装的产品型号,在型号后面加 C 以示区别。

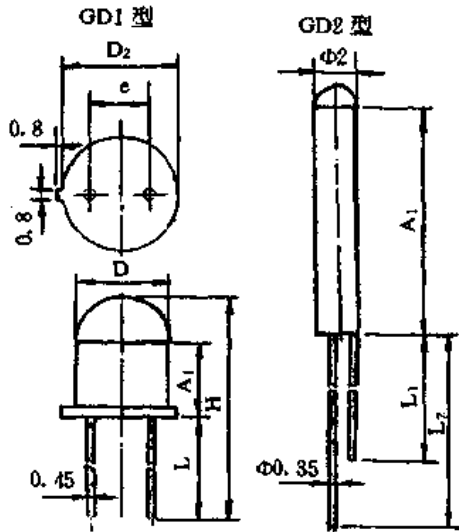


图 38-1

型号	尺寸(mm)		
	A <sub>1</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>
GD2-1	10	25	30
GD2-2	3	15	20

型号	尺寸(mm)					
	D <sub>2</sub>	D	c	L	A <sub>1</sub>	H
GD1-1	Φ9.6	Φ8.4	5	20	6.5	29.3
GD1-2	Φ6	Φ4.8	2.5	20	5.5	27.7
GD1-3	Φ6	Φ4.8	2.5	15	4.3	26.0
GD1-4	Φ9.6	Φ8.4	5	20	6.5	26.5
GD1-5	Φ6	Φ4.8	2.5	20	5.5	25.5
GD1-6	Φ6	Φ4.8	2.5	15	4.3	24.3

(2) 2CU 101、2CU 201 型 PIN 硅光敏二极管

2CU 101、2CU 201 型光敏二极管采用全封闭金属外壳,顶部为受光玻璃窗口。其特性参数如表 38-2 所示。

表 38-2

参 数	波长范围	工作电压	暗电流	灵敏度	响应时间	结电容	光敏区		使用温度
							面积	直径	
符号		V	I <sub>D</sub>	S <sub>n</sub>	T <sub>resp</sub>	C <sub>j</sub>	A	D	
单位	μm	V	nA	μA/μW	ns	pF	mm <sup>2</sup>	mm	℃
测试条件			V=15V	V=15V λ <sub>p</sub> -0.9λ <sub>i</sub>	V=15V	V=15V			
2CU101-A	0.5~1.1	15	<10	<0.6	<5	0.4	0.06	0.28	-55~+125
2CU101-B	0.5~1.1	15	<10	<0.6	<5	1.0	0.20	1.6	-55~+125
2CU101-C	0.5~1.1	15	<10	<0.6	<5	2.0	0.78	1.0	-55~+125
2CU101-D	0.5~1.1	15	<20	<0.6	<5	5.0	3.14	2.0	-55~+125
2CU201-A	0.5~1.1	50	(V-50V) 5	V-50V λ <sub>p</sub> -1.06 0.35	(V-50V) ≤10	(V-50V) 1	0.19		-40~+80
2CU201-B	0.5~1.1	50	10	0.35	≤10	1.6	0.78	1.0	-40~+80
2CU201-C	0.5~1.1	50	20	0.35	≤10	3.6	3.14	2.0	-40~+80
2CU201-D	0.5~1.1	50	40	0.35	≤10	13	12.6	4.0	-40~+80

### (3) 2CU 301 型四象限硅光敏二极管

2CU 301 型硅光敏二极管的特性参数如表 38-3 所示。

表 38-3

参 数	波长范围	峰值波长	最 高 工作电压	暗电流 (每象限)	光电流 (每象限)	光电流 均匀性	串接因子	光敏面 直 径
符 号		$\lambda_p$	$V_{max}$	$I_D$	$I_L$			D
单 位	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	V	$\mu\text{A}$	$\mu\text{A}$	%	%	mm
分 类	测试条件			在 $V_{max}$ 下	在 $V_{max}$ 下			
2CU 301A	0.4~1.1	0.9	20	<0.1	>10	≤15	≤1	2
2CU 301B	0.4~1.1	0.9	20	<0.1	>20	≤15	≤1	5

2CU 301 型光敏管主要用作光电跟踪和光电准直的光电接收,其外形结构如图 38-2 所示。

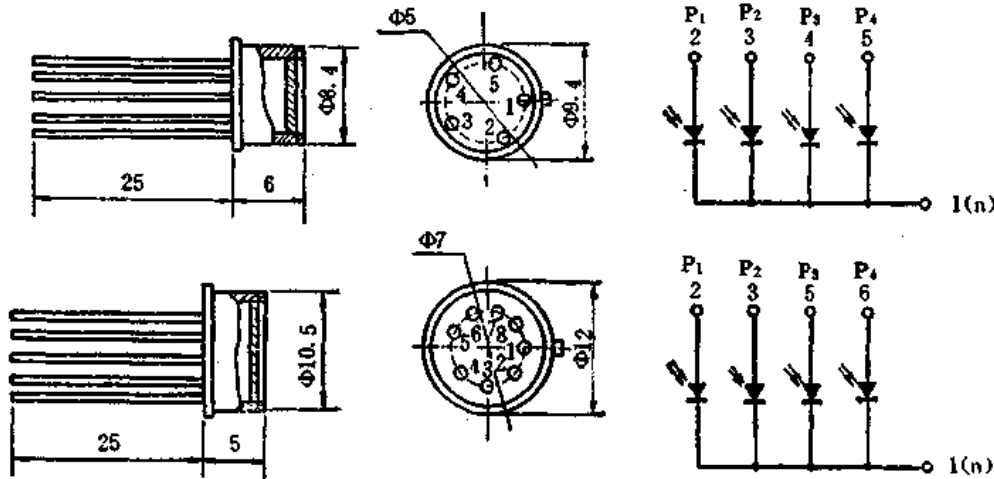


图 38-2

### (4) 2CU 79、2CU 80 型硅光敏二极管

2CU 79 和 2CU 80 这两种光敏二极管的特性参数如表 38-4 所示。

表 38-4

参 数	型 号	光谱范围 ( $\mu\text{m}$ )	峰值波长 ( $\mu\text{m}$ )	开路 电压 (mV)	暗电流 (A)	最高工 作电压 (V)	光敏面积 ( $\text{mm}^2$ )	结电容( $\mu\text{F}$ )		外 形
								反偏 15V 时	反偏 0V 时	
	2CU 79	0.35~1.05	0.85	400	$<1 \times 10^{-10}$	30	1.1×1.1	<30	<150	B-1 柯伐玻璃窗口
	2CU 80	0.25~1.35	0.85	400	$<1 \times 10^{-10}$	30	1.1×1.1	<30	<150	B-1 石英平窗口

### (5) 2DU 系列光敏二极管

2DU 1~3A、2DU 1~3B 为 PN 结光敏二极管,其特性参数如表 38-5 所示。

表 38-5

参数	最高工作电压	中心暗电流	环电流	光电流	光电灵敏度	响应时间	结电容	正向压降
符号	$V_{max}$	$I_D$	$I_H$	$I_L$	$S_n$	$T_{rep}$	$C_i$	$V_F$
单位	V	$\mu A$	$\mu A$	$\mu A$	$\mu A/\mu W$	s	pF	V
型号	测试条件 $V = -50V$		$V = -50V$	$V = -50V$ 1000Lux 照度下	$V = -50V$ 入射光波 长 0.9 $\mu m$	$V = -50V$ $R_L = 100\Omega$	$V = -50V$ 测试频率 $f_c = 1kHz$	正向电流 $I_F = 100mA$
2DUAG	50	$\leq 0.05$	$\leq 3$	$> 6$	$> 0.4$	$< 10^{-7}$	2~3	$\leq 3$
2DU1A	50	$\leq 0.1$	$\leq 5$	$> 6$	$> 0.4$	$< 10^{-7}$	2~3	$\leq 5$
2DU2A	50	0.1~0.3	5~10	$> 6$	$> 0.4$	$< 10^{-7}$	2~3	$\leq 5$
2DU3A	50	0.3~1.0	10~30	$> 6$	$> 0.4$	$< 10^{-7}$	2~3	$\leq 5$
2DUBG	50	$\leq 0.05$	$\leq 3$	$> 20$	$> 0.4$	$< 10^{-7}$	3~8	$\leq 3$
2DU1B	50	$\leq 0.1$	$\leq 5$	$> 20$	$> 0.4$	$< 10^{-7}$	3~8	$\leq 5$
2DU2B	50	0.1~0.3	5~10	$> 20$	$> 0.4$	$< 10^{-7}$	3~8	$\leq 5$
2DU3B	50	0.3~1.0	10~30	$> 20$	$> 0.4$	$< 10^{-7}$	3~8	$\leq 5$

2DU 101、2DU 201 系列雪崩光敏二极管的特性参数如表 38-6 所示。

表 38-6

参数	工作电压	暗电流		结电容	响应时间	最佳倍增
符号	$V_D$	$I_{D1}$	$I_{D2}$	$C_i$	$T_{rep}$	$M_{opt}$
单位	V	$\mu A$	$\mu A$	pF	ns	
分类	测试条件	$V_D = 10V$	在 0.95 以下	$V_D = 10V$		
2DU101A	50~100	$< 0.01$	$< 0.1$	3~4	$< 100$	10~30
2DU101B	50~100	$< 0.01$	$< 0.1$	3~4	$< 100$	30~50
2DU101C	50~100	$< 0.01$	$< 0.1$	3~4	$< 100$	50~100
2DU201A	50~100	$< 0.01$	$< 0.1$	3~4	$< 10$	10~20
2DU201B	50~100	$< 0.01$	$< 0.1$	3~4	$< 10$	20~30
2DU201C	50~100	$< 0.01$	$< 0.1$	3~4	$< 10$	50~100

#### (6) PIN 系列硅光敏二极管

PIN 系列管子的噪声低、响应速度快、灵敏度高、性能稳定,相当于美国 HP5082~4203 型器件。其主要特性参数如表 38-7 所示。

表 38-7

参 数 符 号  型 号	名 称	光学参数					电学参数				极限参数		
		波长 范围	光敏区		灵敏度	响应 速度	极间 电容	暗电流	典型工 作电压	串联 电阻	击穿 电压	最大允 许电流	使用 温度
			面积	直径									
		$\lambda$	D	d	S	$\tau$	Ci	I <sub>0</sub>	V	R <sub>s</sub>	V <sub>2</sub>	I <sub>CM</sub>	T <sub>s</sub>
$\mu\text{m}$	mm <sup>2</sup>	mm	$\mu\text{A}/\mu\text{W}$	ns	pF	A	V	$\Omega$	V	mA	°C		
PIN09A		0.03	0.20	$\geq 0.6$	$\leq 2$	$\leq 0.9$	$\leq 5 \times 10^{-6}$						
PIN09B		0.20	0.50	$\geq 0.4$	$\leq 2$	$\leq 1.3$	$\leq 5 \times 10^{-6}$					-40	
PIN09C		0.78	1.00	$\geq 0.3$	$\leq 5$	$\leq 27$	$\leq 3 \times 10^{-7}$	-15	$\leq 10$	$\geq 25$	10	~	
PIN06D		3.14	2.00	$\geq 0.3$	$\leq 5$	$\leq 5$	$\leq 3 \times 10^{-7}$					+66	
PIN09E		0.03	0.20	$\geq 0.4$	$\leq 2$	$\leq 5$	$\leq 5 \times 10^{-6}$						
PIN106A	5.5	0.20	0.508	$\geq 0.4$		$\leq 1.2$	$\leq 5 \times 10^{-6}$					-40	
PIN106B	1	0.78	1.00	$\geq 0.2$	$\leq 10$	$\leq 2.5$	$\leq 3 \times 10^{-7}$	-50		$\geq 60$	10	~	
PIN106C	1.1	3.14	2.00	$\geq 0.2$		$\leq 5$	$\leq 3 \times 10^{-7}$					+65	
测试条件	PIN09 系列			$V = -15V$ $\lambda = 0.9 \mu\text{m}$	$V = -20V$ $R_L = 75\Omega$	$V = -15V$ $f = 1\text{MHz}$	$V = -15V$					室光 $I_R = 5 \mu\text{A}$	
	PIN06 系列			$V = -50V$ $\lambda = 1.06 \mu\text{m}$	$V = -50V$	$V = -50V$ $f = 1\text{MHz}$	$V = -50V$					室光 $I_R = 5 \mu\text{A}$	

注:灵敏度 S 允许测量误差  $< 20\%$ 。I<sub>R</sub> 为反向电流。

(7) UV-1~UV-110 系列紫外增强光伏型光敏二极管

UV-1~UV-110 系列硅光二极管,在 400nm 波长处的相对灵敏度达 50%左右;在 254nm 长处,仍高达 30%左右。UV-1 器件的光敏面积为 4.2mm<sup>2</sup>;光谱范围为 190~1100nm,在紫外灵敏度方面,达到了具有国际先进水平的日本产品 1226-5BQ 的水平。而 UV-110 器件的光敏面积为 102mm<sup>2</sup>,光谱范围为 185~1100nm,在紫外灵敏度方面,达到了认为是国际上紫外光敏性能最好的美国产品 UV-444BQ 的水平。

三、常用光敏三极管的性能特点

(1) 3DU 系列硅光敏三极管

硅光敏三极管在其型号后面加 B 字母的,为带有基极引线的管子,否则光窗口也就是基极,没有基极引线。3DU 系列硅光敏三极管的特性参数如表 38-8 所示。

表 38-8

光电参数	V <sub>(BR)CE</sub> (V)	V <sub>(RM)CE</sub> (V)	I <sub>D</sub> ( $\mu\text{A}$ )	I <sub>L</sub> (mA)		开关时间				$\lambda_p$ ( $\text{\AA}$ )	P <sub>M</sub> (mW)	外形
				照度 H=1000 勒克斯 V <sub>CE</sub> =10V	H=100 勒克斯 V <sub>CE</sub> =10V	t <sub>r</sub> ( $\mu\text{s}$ )	t <sub>D</sub> ( $\mu\text{s}$ )	t <sub>r</sub> ( $\mu\text{s}$ )	t <sub>f</sub> ( $\mu\text{s}$ )			
型号	I <sub>CE</sub> =0.5 $\mu\text{A}$	I <sub>CM</sub> =I <sub>D</sub>	V=V <sub>(RM)CE</sub>	照度 H=1000 勒克斯 V <sub>CE</sub> =10V	H=100 勒克斯 V <sub>CE</sub> =10V	R <sub>L</sub> =50 $\Omega$ V <sub>CE</sub> =10V 脉冲电流幅度为 1 $\mu\text{A}$						
3DU51	$\geq 15$	$\geq 10$	$\leq 0.2$	$\geq 0.5$		3	2	3	1	8800	30	GD2-1
3DU52	$\geq 45$	$\geq 30$	$\leq 0.2$	$\geq 0.5$		3	2	3	1	8800	30	
3DU53	$\geq 75$	$\geq 50$	$\leq 0.2$	$\geq 0.5$		3	2	3	1	8800	30	
3DU54	$\geq 45$	$\geq 30$	$\leq 0.2$	$\geq 1.0$		3	2	3	1	8800	30	
3DU55	$\geq 45$	$\geq 30$	$\leq 0.5$	$\geq 2.0$		3	2	3	1	8800	70	



续表

光电参数 型号	$V_{(BR)CE}$ (V)	$V_{(RM)CE}$ (V)	$I_D$ ( $\mu A$ )	$I_L$ (mA)		开关时间				$\lambda_p$ ( $\text{\AA}$ )	$P_M$ (mW)	外形
	$I_{CE}=0.5\mu A$	$I_{CE}=I_D$	$V=V_{(RM)CE}$	照度 $H=1000$ 勒克斯 $V_{CE}=10V$	$H=100$ 勒克斯 $V_{CE}=10V$	$t_r$ ( $\mu s$ )	$t_D$ ( $\mu s$ )	$t_f$ ( $\mu s$ )	$t_s$ ( $\mu s$ )			
										$R_L=50\Omega$ $V_{CE}=10V$ 脉冲电流幅度为 $1\mu A$		
3DU11	$\geq 15$	$\geq 10$	$\leq 0.3$	0.5~1		3	2	3	1	8800	70	GD1-2
3DU12	$\geq 45$	$\geq 30$	$\leq 0.3$	0.5~1		3	2	3	1	8800	50	
3DU13	$\geq 75$	$\geq 50$	$\leq 0.3$	0.5~1		3	2	3	1	8800	100	
3DU14	$\geq 150$	$\geq 100$	$\leq 0.2$	0.5~1		3	2	3	1	8800	100	
3DU21	$\geq 15$	$\geq 10$	$\leq 0.3$	1~2		3	2	3	1	8800	30	
3DU22	$\geq 45$	$\geq 30$	$\leq 0.3$	1~2		3	2	3	1	8800	50	
3DU23	$\geq 75$	$\geq 50$	$\leq 0.3$	1~2		3	2	3	1	8800	100	
3DU24	$\geq 150$	$\geq 100$	$\leq 0.2$	1~2		3	2	3	1	8800	100	
3DU31	$\geq 15$	$\geq 10$	$\leq 0.3$	$\geq 2$		3	2	3	1	8800	30	
3DU32	$\geq 45$	$\geq 30$	$\leq 0.3$	$\geq 2$		3	2	3	1	8800	50	
3DU33	$\geq 75$	$\geq 50$	$\leq 0.3$	$\geq 2$		3	2	3	1	8800	100	
3DU42	$\geq 45$		$\leq 1.0$		$\geq 4$	60		60		8800	100	
3DU62	$\geq 45$		$\leq 1.0$		$\geq 6$	60		60		8800	100	
3DU82	$\geq 45$		$\leq 1.0$		$\geq 8$	60		60		8800	100	

## (2) 3DU912 型硅光敏三极管

3DU912 型光敏管是一种在低光强下具有高灵敏度、大光电流的器件,其特性参数如表 38-9 所示。

表 38-9

参数 型号	最高工作电压 $U_{max}$ (V)	光电流 $I_L$ (mA)	光电响应时间 $t_r$ (s)	最大电流 $I_{cm}$ (mA)	最大耗散功率 $P_m$ (mW)	最高结温 $T_m$ ( $^{\circ}C$ )
3DU912	10	2	$10^{-3} \sim 10^{-4}$	20	100	100
3DU912A	15	5				
3DU912B	15	10				
3DU912C	30	5				
3DU912D	30	10				
测试条件	无光照 $I_{cm} \leq 1\mu A$	$V_{ce}=2V$ 光强 $100L_n$				

## (3) 3DU100 型硅光敏三极管

3DU100型是一种紫外—可见—近红外硅光敏管,石英平头窗口,光谱范围为0.3~1.05 $\mu\text{m}$ 。其特性参数如表38-10所示。

表 38-10

参 数 型 号	光电流	暗电流	工作波长	紫外光电流
	$I_L(\text{mA})$	$I_{\text{co}}(\text{A})$	$\lambda(\mu\text{m})$	$I_2(\mu\text{A})$
3DU100A	$>0.5$	$<1 \times 10^{-7}$	0.3~1.05	$>10$
3DU100B	$>0.5$	$<5 \times 10^{-8}$	0.3~1.05	$>10$
测试条件	$V_{\text{co}}=6\text{V}$ 100L <sub>x</sub>	$V_{\text{co}}=3\text{V}$		$V_{\text{co}}=6\text{V}, \lambda 3560\text{\AA}$ 25 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$

#### (4) ZL 系列蓝紫光光敏三极管

ZL 系列光敏管对蓝紫光灵敏,对近紫外光也有一定的响应,短波限为0.35 $\mu\text{m}$ 。其特性参数如表38-11所示。

表 38-11

参 数 型 号	最高工作电压 $V_{\text{max}}(\text{V})$	暗电流 $I_2(\mu\text{A})$	光电流		最大电流 $I_{\text{cm}}(\mu\text{A})$	光电响 应时间 $t_r(\text{s})$
			1000L <sub>x</sub> $V_{\text{co}}=6\text{V}(\text{mA})$	1000L <sub>x</sub> , $V_{\text{co}}=6\text{V}$ 插入QB21( $\mu\text{A}$ )		
ZL-1	6	$\leq 1$	$\geq 1.5$	$\geq 100$	20	$10^{-6}$
ZL-2	6	$\leq 0.1$	$\geq 2.0$	$\geq 100$	20	$10^{-6}$
ZL-3	6	$\leq 0.1$	$\geq 4.0$	$\geq 400$	20	$10^{-6}$
ZL-4	6	$\leq 0.01$	$\geq 2.0$	$\geq 100$	20	$10^{-6}$
ZL-5	6	$\leq 0.01$	$\geq 4.0$	$\geq 400$	20	$10^{-5}$

测试条件为,所用光源用仪器钨丝灯泡,色温2856K°,照度1000L<sub>x</sub>,  $V_{\text{co}}=6\text{V}$ 。测量蓝紫光灵敏度时,在上述光源下,插入QB21滤色片(片厚1.45mm),滤去红光及近红外光,测光电流。ZL系列光敏管的外形结构如图38-3所示。

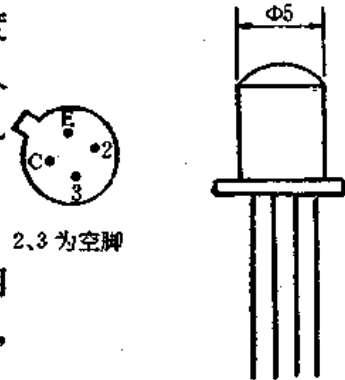


图 38-3

#### (5) 2S-3DU 型对称双光敏管

2S-3DU 型光敏管具有优良的光电对称和时间特性。它采用18脚扁平陶瓷管壳封装,外部引线排列是C极(⑤,⑭)、E<sub>2</sub>极(②,⑰)、E<sub>1</sub>极(⑧,⑪)。其特性参数如表38-12所示。

表 38-12

参 数 型 号	最高工作电压 (V)	光电响应时间 ( $\mu\text{sec}$ )	暗电流 ( $\mu\text{A}$ )	光电流 (mA)	光电流相对误差(V)
					$ I_{11} - I_{12} $ $(I_{11} + I_{12})/2$
2S-3DU1	30	约 $10^{-5}$	$<0.3$	$<0.2$	$<10\%$
测试条件			30V 以下	1000L <sub>x</sub> 零负载 $V_{\text{cc}}=10\text{V}$	

### (6) 10G、15G 硅光敏三极管组合件

10G、15G 型光敏管组合件为陶瓷双列直插式管壳,玻璃窗口。其特性参数如表 38-13 所示。

表 38-13

参数分类	组件各数	窗口面积	窗口间距	暗电流	光电流	最高工作电压
符号					$I_{sc}$	$V_{max}$
单位	只	$mm^2$	mm	$\mu A$	$\mu A$	
测试条件				在 $V_{CC} = V_{max}$ 下	$V_{CC} = V_{max} 2850K$ 色温钨丝灯 1000Lx 下	V 在 $I_{sc} \leq 0.5 \mu A$ 下
10G	10	$0.8 \times 1.5$	2	$\leq 0.5$	$> 20$	20
15G	10	$0.8 \times 1.5$	2	$\leq 0.5$	$> 20$	20

10G、15G 组合件的外形结构如图 38-4 所示。

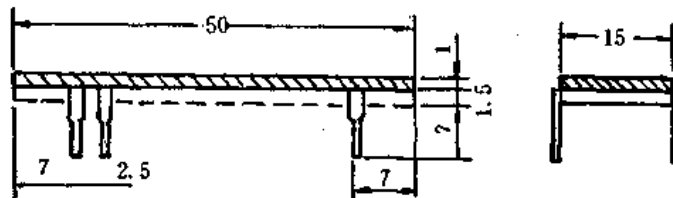


图 38-4

### (7) 3DU-UV 系列紫外光敏三极管

3DU-UV 系列光敏三极管在保持优良的紫外线光敏性能基础上,实现了器件在内部提高增益的可能,给用者带来了方便。以该系列产品中的 3DU-UV110B 为例,其最高工作电压大于 15V,6V 下暗电流小于  $0.01 \mu A$ ,平的石英透光窗口,光谱范围 230~1100nm,100Lx 光照下光电流大于 1mA,254nm 汞线波长处光电灵敏度大于  $2 \mu A / \mu W$ 。

### (8) 3DUHW 型近红外光敏三极管

3DUHW 型光敏管的光谱范围为 850~1100nm,峰值波长在 940nm 左右,很适于与砷化镓发光二极管配对使用。由于器件对可见光不敏感,所以使用时非工作光引起的背景噪声水平就会显著降低。

### (9) 3DU84 型硅单晶高灵敏度光敏三极管

3DU84 型光敏管是一种不用外延片而用单晶片制造的高灵敏度光敏三极管。它在 10V 工作电压、100Lx 光照下,光电流可达 10mA 以上;光照为 1000Lx 时,光电流可达 40mA 以上。在光电灵敏度方面达到了国际上最灵敏的日本产品 PN101 的水平。

### (10) 3DUGS-1 型高速硅光敏三极管

3DUGS-1 型光敏管已实现了响应时间小于 1、0.7、0.5 $\mu s$  等不同档次。在 5V 工作电压、1000Lx 光照下,光电流大于 0.5mA。该器件可用于电传系统、激光测量系统等要求器件响应速度高的场合,其管芯可用于高速光敏三极管输出型光耦合器中。

## 四、硅光敏管的测试方法

### 1. 硅光敏二极管的测试方法

利用万用表检测光敏二极管的测试电路如图 38-5 所示。检测可见光光敏二极管的具体方法如下：

(1)用一张黑纸把光敏二极管遮盖住,将万用表拨于  $R \times 1k$  档,黑表笔接光敏二极管的负极,红表笔接正极时,电阻值应为几百千欧至无穷大。

(2)把被测管子放在室内有阳光斜射的地方,同时转动管子,调整光线的入射角,以改变其光通量。可以发现,光敏二极管所接收到的光线愈强,管子的反向电阻就愈小,可从几百千欧一直降成几千欧。

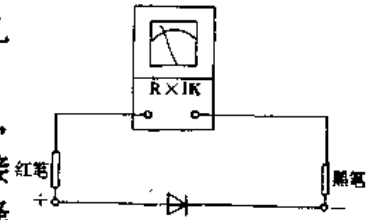


图 38-5

注意,测量时光敏二极管的极性不得接反,必须加反向偏压。

### 2. 硅光敏三极管的测试方法

用万用表检测光敏三极管的测试电路如图 38-6 所示。下面以用 MF30 型万用表  $R \times 1k$  档测量 3DU 23 型管子为例,来详述光敏三极管的测试方法。

先把管子放于暗处,黑表笔接集电极,红表笔接发射极,表针仅轻微摇摆一下,偏转格数  $n \approx 1/4$  格,所以暗电流:  $I_b = 1.2\mu A / \text{格} \times 1/4 \text{ 格} = 0.3\mu A$ 。查表可知 3DU 23 型管的  $I_b \leq 0.3\mu A$ ,因此符合要求。

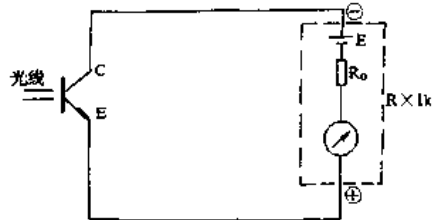


图 38-6

再把管子放于室内有阳光斜射的地方,仔细调整光线的入射角,使接收到的光线最强。这时管子的内阻从几百千欧降到几千欧以下。为能较准确地测出光电流,可选择  $R \times 100$  档,该档满度电流为  $0.6mA$ ,接近于正常光电流值。实验表明,在光线较强的地方,电阻值约为  $600\Omega$ ,因此时  $n = 40$  格,故光电流  $I_L \approx 12\mu A / \text{格} \times 40 \text{ 格} = 480\mu A = 0.48mA$ 。由于  $R \times 100$  档的电压仅  $1.5V$ ,远低于正常的  $V_{CE}$  值,所以测出的  $I_L$  低于  $1mA$ 。

注意事项:①若 E、C 极性接反,则光电流就很小。②不得使用  $R \times 1$ 、 $R \times 10$  档测量,也不允许在强烈日光下照射,以免损坏光敏管。③若要准确测量光电流  $I_L$  值,应采用直流稳压电源供给,并将光源的照度调至  $1000Lx$ ,再用直流电压表和毫安表分别测出  $V_{CE}$ 、 $I_L$  之值。④上面介绍的是可见光光敏三极管的测法,对于红外线光敏三极管等,测试时需用对应的光源。

## 第三十九章 光耦合器的测试与使用

光耦合器是一种实现电—光—电转换的半导体器件。由于光耦合器输入、输出端之间在电性能上是隔离的,所以在电源电压间的匹配、长线传输中的抗干扰、电路间的隔离都用到它。光耦合器在微电流传输时,导通压降很小,所以与运算放大器配合可以作为单向或双向开关。

光耦合器主要用于稳压电源、光电开关、脉冲变压器、光削波器、限幅器及各种逻辑电路中,用以代替继电器、变压器和斩波器等。

### 一、光耦合器的原理与特点

光耦合器的部标型号命名方法如表 39-1 所示:

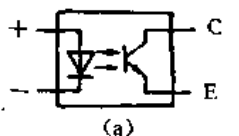
表 39-1

第一位	第二位	第三位	第四位
CH	XX	序号	X
部标光耦合器	受光部分		传输比(CTR)分档
	20——二极管型 30——三极管型 33——达林顿型		A——10~30% B——30~60% C——60~100% D——100~150% E——大于 150%

光电耦合器由发光、受光两部分组成。发光部分在输入端,目前基本上采用红外发光二极管,用于将驱动电信号转换为光信号;受光部分是光敏器件,它接收由发光部分传递过来的光信号,并转换为电信号,从而实现电—光—电的转换。受光部分的光敏器件种类较多,因而其性能也不尽相同。光耦合器的产品类别一般是以其受光部分采用的光敏器件来区分,例如采用光敏二极管的叫做光敏二极管型光耦合器,采用光敏三极管的叫做光敏三极管型光耦合器,还有达林顿型光耦合器、双向光耦合器等。

各类光耦合器的原理图表如表 39-2 所示:

表 39-2

类别	原理图	主要特点	典型产品
通用型(无基极引线)	 <p>(a)</p>	<p>中速</p> <p>电流传输比为 20~300%</p>	<p>ISM801</p> <p>GO3D3</p>

续表

类别	原理图	主要特点	典型产品
通用型(有基极引线)		中速 电流传输比为 20~300%	4N35 GO113
达林顿型		速度较低 电流传输比为 100~5000%	4N30 GO201
高速型		高速 输出线性好	4N135
光集成电路		高速 电流传输比较高	GO701
光纤型		耐高压, 绝缘电压大于 100kV	GGO102
光敏晶闸管型		大功率输出	4N39 (单向晶闸管) IS607 (双向晶闸管)
光敏场效应管型		速度快 交、直流两用	IS601

原电子工业部标准所规定的光耦合器,其引出线位置排列规定为:在外形俯视图中,将缺口置于图的左侧,从左下角起按逆时针方向数,依次为①、②、③、④、⑤、⑥脚,各脚表示电极如表 39-3 所示:

表 39-3

引出线	连接电极			
1	发光二极管正极			
2	发光二极管负极			
3	空脚			
4	三极管型	发射极	二极管型	正 极
5		集电极		负 极
6		基 极		空 脚

常用光耦合器的外形结构如图 39-1 所示：

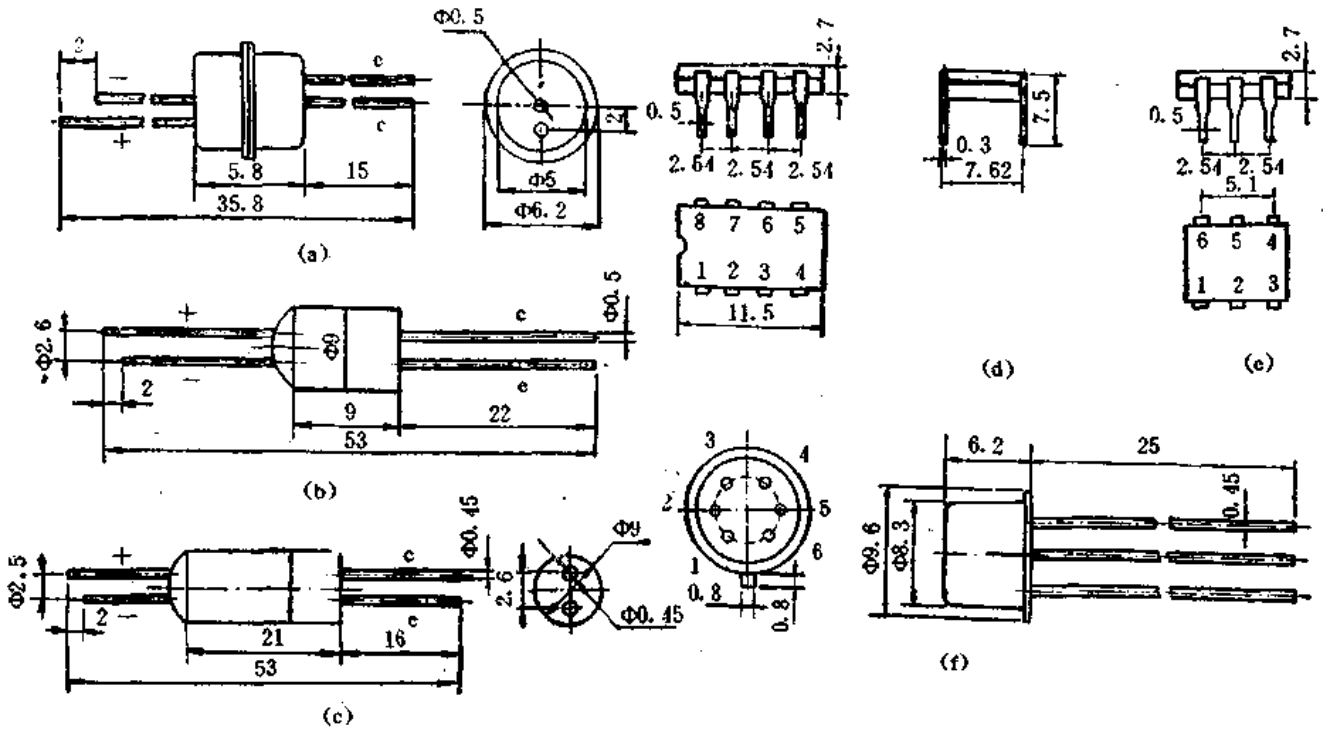


图 39-1

## 二、光耦合器的特性参数

### 1. 光耦合器的主要参数

**电流传输比**——它是指当输出管(即受光器件)工作电压为规定值时,输出电流与发光二极管正向电流之比。一般发光二极管的正向电流规定为 10mA,受光器件所加工作电压规定为:二极管型为其  $V_R$ ,三极管型的为 10V。达林顿型的电流放大倍数高,发光二极管正向电流规定为 5mA,达林顿管所加集电极电压为 5V。尽管如此,在使用达林顿型光耦合器时,输出电路中仍要加集电极限流电阻,以免烧坏管子。

**入出端绝缘耐压  $V_{iso}$** ——它是指输入、输出端的隔离绝缘耐压。目前规定为 1kV,个别产品也有 5kV 以上的。描述光耦合器隔离特性的还有输入输出隔离电容  $C_{iso}$  和绝缘电阻  $R_{iso}$  两个参数。

### 2. 常用光耦合器性能

#### (1) GO 系列光耦合器

GO 系列光耦合器特性参数表如表 39-4 所示:

表 39-4

型 号		$P_M$	$V_F$	$V_{(BR)CE}$	CTR	$t_{PLH}, t_{PHL}$	$V_{ISO}$
企 标	代用型号	mW	最大 V/mA	最小 V	最小%	最大 $\mu s$	最小 kV
GO101		50	1.3/10	30	10	3	0.5
GO102		75	1.3/10	30	30	3	0.5
GO103		75	1.3/10	30	60	3	1
GO401		$V_o$ 最大	1.3/10	15		10	0.5
GO402		0.5mV ( $I_F=50mA$ 时)	1.3/10	15		10	0.5
GO405		$V_o$ 最大	1.3/10	15		10	0.5
GO406		0.5mV	1.3/10	15		10	0.5
GO407		( $I_F=50mA$ 时)	1.3/10	15		10	0.5
GO121		100	1.3/10	30	10	4	5
GO122		100	1.3/10	30	30	4	5
GO123		100	1.3/10	30	60	4	5
GO131		100	1.3/10	30	10	4	10
GO132		100	1.3/10	30	30	4	10
GO133		100	1.3/10	30	60	4	10
GO201		75	1.3/10	30	100	50	0.5
GO202		75	1.3/10	30	200	50	0.5
GO203		75	1.3/10	30	500	50	1
GO221		100	1.3/10	30	100	50	5
GO222		100	1.3/10	30	200	50	5
GO223		100	1.3/10	30	500	50	5
GO231		100	1.3/10	30	100	50	10
GO232		100	1.3/10	30	200	50	10
GO233		100	1.3/10	30	300	50	10
GO161		50	1.3/10	30	10~30	3	0.5
GO162		75	1.3/10	30	30~60	3	0.5
GO163		75	1.3/10	30	60	3	0.5
GO164		75	1.3/10	30	100	3	0.5

双列直插式 GO 系列光耦合器的特性参数如表 39-5 所示。

表 39-5

型 号		$P_M$	$V_F$	$V_{(BR)CE}$	CTR	$t_{PLH}, t_{PHL}$	$V_{ISO}$
企 标	代用型号	mW	最大 V/mA	最小 V	最小%	最大 $\mu s$	最大 kV
GO111	GH302A	50	1.3/10	30	10	3	0.5
GO112	GH302B	75	1.3/10	30	30	3	0.5
GO113	GH302C	75	1.3/10	30	60	3	1
GO211	GH332A	75	1.3/10	30	100	50	0.5
GO212	GH332B	75	1.3/10	30	200	50	0.5
GO213	GH332C	75	1.3/10	30	500	50	1



续表

型号		$P_m$	$V_F$	$V_{(BR)CE}$	CTR	$t_{PLH}, t_{PHL}$	$V_{ISO}$
企标	代用型号	mW	最大 V/mA	最小 V	最小%	最大 $\mu s$	最大 kV
GO411 GO412		$V_o$ 最大 0.5mV ( $I_F=50mA$ 时)	1.3/10 1.3/10	15 15		10 10	0.5 0.5
GO415 GO416 GO417		$V_o$ 最大 0.5mV ( $I_F=50mA$ 时)	1.3/10 1.3/10 1.3/10	15 15 15		10 10 10	0.5 0.5 0.5
GO511 GO512 GO513	东芝(日) TLP521-2	50 75 75	1.3/10 1.3/10 1.3/10	15 15 15	10 30 60	3 3 3	1 1 1

## (2)GD 系列光耦合器

GD 系列光耦合器的特性参数如表 39-6 所示:

表 39-6

参 数 数 型 号	输入部分			输出部分			传输部分			隔离部分															
	$V_F$	$I_R$	$I_{FM}$	$I_{CEO}$	$V_{(BR)CE}$	$V_{CE(SAT)}$	$P_{CM}$	CTR	$t_r$	$t_f$	$C_{iso}$	$R_{iso}$	$V_{iso}$												
	(V)	( $\mu A$ )	(mA)	( $\mu A$ )	(V)	(V)	(mW)	(%)	( $\mu s$ )	( $\mu s$ )	(pF)	( $\Omega$ )	(kV)												
GD11	$\leq 1.3$						75	10~30																	
GD12								30~60																	
GD13								60~100						$\leq 4$	$\leq 4$										
GD14								>100																	
GD21								100~200																	
GD22								200~500						$\leq 50$	$\leq 50$										
GD23								$\geq 500$																	
GD15								$\leq 10$						40	$\geq 30$				10~30						
GD16															$\leq 0.1$				30~60	$\leq 4$	$\leq 4$				
GD17																		100	$\geq 60$						
GD24																			100~500			$\leq 1$	$\geq 10^{10}$	$\geq 5$	
GD25																			$\geq 500$						
GH332A															$\leq 1$		$\leq 1.5$		100~200	$\leq 50$	$\leq 50$				
GH332B																		75	200~500						
GH332C																			$\geq 500$						
GH303A						50	10~30																		
GH303B						50	30~60					1													
GH303C	$\leq 20$	50	$\leq 0.1$	$\geq 50$	$\leq 0.4$		60~100	$\leq 3$	$\leq 3$																
GH303D						75	100~150																		
GH303E							<150																		

### (3) 塑封光耦合器

塑封光耦合器的特性参数如表 39-7 所示:

表 39-7

企业型号	输入 $V_F(V)$	输出 $V_{(BR)CEO}(V)$	传输特性			隔离特性 $V_{iso}(kV)$
			CTR(%)	$t_{PLH}(\mu s)$	$t_{PHL}(\mu s)$	
G03A1A	$\leq 1.3$	$\geq 30$	10~30	$\leq 3$	$\leq 3$	$\geq 1$
G03A1B			30~60			
G03A1C			60~100			
G03A1D			$> 100$			
G04D3F	$\leq 1.3$	$\geq 30$	$\geq 500$	$\leq 50$	$\leq 50$	$\geq 2.5$
G04D3G			$\geq 1000$			
2G03D1A	$\leq 1.3$	$\geq 30$	$\geq 20$	$\leq 3$	$\leq 3$	$\geq 2.5$
2G03D1B			$\geq 50$			
2G03D1C			$\geq 100$			
G03D3A	$\leq 1.3$	$\geq 30$	$\geq 20$	$\leq 3$	$\leq 3$	$\geq 2.5$
G03D3B			$\geq 50$			
G03D3C			$\geq 100$			
G03D3D			$\geq 150$			
G0B3D3A	$\leq 1.3$	$\geq 30$	$\geq 20$	$\leq 3$	$\leq 3$	$\geq 2.5$
G0B3D3B			$\geq 50$			
G0B3D3C			$\geq 100$			
G0B3D3D			$\geq 150$			

### 三、光耦合器的测试方法

#### 1. 判断光耦合器的好坏

利用万用表判断光耦合器好坏的方法如下: 鉴于光耦合器中的发射管与接收管是互相独立的, 因此可以单独检测这两部分。整个测量分三步进行:

第一步: 利用  $R \times 100$  (或  $R \times 1k$  档) 测量发射管的正、反向电阻, 检查单向导电性。

第二步: 分别测量接收管的集电结与发射结的正、反向电阻, 均应单向导电。然后测量穿透电流  $I_{CEO}$ , 应等于零。

第三步: 用  $R \times 10k$  档检查初级(发射管)与次级(接收管)的绝缘电阻, 应为无穷大。

有条件者最好选用兆欧表实际测量一下绝缘电压及绝缘电阻值。兆欧表的额定电压只能接近, 但不得超过被测光电耦合器所规定的  $V_{DC}$  值。举例说明。GO110 型光耦合器的  $V_{DC} = 1000V$ , 可选 ZC25-4 型兆欧表, 其额定电压恰好为 1000V, 符合规定的测试条件。4N35 型的  $V_{DC} = 3550V$ , 宜选用 ZC11-5 型兆欧表, 该表额定电压为 2500V。测绝缘电压时, 连续摇兆欧表的时间不要超过一分钟。

#### 2. 准确测量光耦合器的参数

利用万用表能够准确测量光耦合器的下列参数: 发射管正向电压  $V_F$ ; 接收管的集电结

正向压降  $V_{BC}$ ; 发射结正向压降  $V_{BE}$ ; 接收管的共发射极电流放大系数  $h_{FE}$ 。

下面举例说明。测量一只 4N35 通用型光耦合器。使用 500 型万用表, 并选择  $R \times 100$  电阻档。

①测量  $V_F$ 、 $V_{BC}$ 、 $V_{BE}$

分别测量 + -、B - C、B - E 之间的正向电阻, 同时读出表针倒数偏转的格数  $n'$ , 再代入公式中计算各正向电压值。实际测量数据如表 39-8 所示。容易看出, 接收管确系 NPN 型硅光电半导体管。

表 39-8

黑表笔位置	红表笔位置	正向电阻	$n'$ (格)	正向电压	计算公式
+	-	1.92k $\Omega$	33	$V_F=0.99V$	$V=0.03n'(V)$
B	C	820 $\Omega$	22.5	$V_{BC}=0.675V$	
B	E	850 $\Omega$	23	$V_{BE}=0.69V$	

②测量  $h_{FE}$

为便于接线和插基极电阻, 现把 4N35 插在电路实验板上。首先, 在接收管的基极与集电极之间接固定偏置电阻  $R_B$ ,  $R_B$  实选 0.5 级 100k $\Omega$  精密金属膜电阻。因 500 型万用表  $R \times 100$  档的欧姆中心值  $R_0=1k\Omega$ , 故系数  $m$  为:  $m=R_B/R_0=100k\Omega/1k\Omega=100$ 。将黑表笔接 C 极, 红表笔接 E 极时, 表针偏转格数  $n_1=22.6$  格(所对应的电阻值为 1.2k $\Omega$ )。再将基极与集电极短路, 读出  $n_2=30$  格(对应于 660 $\Omega$ )。最后把  $m$ 、 $n_1$ 、 $n_2$  之值一并代入公式中计算出:  $h_{FE} = \frac{mn_1}{n_2 - n_1} = \frac{100 \times 22.6}{30 - 22.6} = 305$ 。由此证明接收管的放大能力比较强。

需要说明一点, 另用 DT-830 型数字万用表的  $h_{FE}$  插口测得, 该器件的  $h_{FE}=346$ 。可见即使采用不同的仪表, 而且测试条件存在一定差异, 但两个测量结果还是比较接近的。

3. 估测光耦合器的电流传输能力

测试电路如图 39-2 所示。图中的表 I、表 II 分别表示两块万用表, 二者型号可以相同, 也可以不相同, 但均置于  $R \times 100$  档。先不接入表 I, 只接表 II。表 II 的黑表笔接⑤脚, 红表笔接④脚, 电阻读数应为无穷大。由于接收管呈截止状态, 因此电阻档读数实际反映出接收管的穿透电流  $I_{CEO}=0$ 。

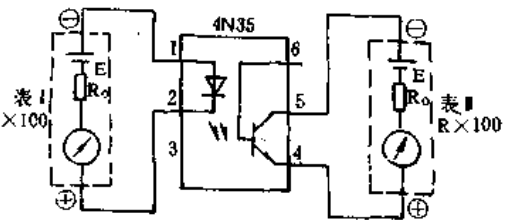


图 39-2

然后把表 I 也接入电路, 黑表笔接①脚, 红表笔接②脚。此时观察到表 II 的读数从无穷大迅速减小

到几百欧, 说明接收管业已导通。在同样测试条件下(即所选择万用表的型号及电阻档均不改变), 表针偏转的角度愈大, 证明器件的电流传输比愈高。

例如, 选两块 500 型万用表分别作为表 I 和表 II。首先估测一只 4N35 通用型光耦合器的电流传输能力。在不接表 I 时, 表 II 读数为无穷大, 接表 I 后, 表 II 读数减小到 350 $\Omega$ 。

然后采用同样方法估测另一只 4N35 的电流传输能力, 表 II 的读数是从无穷大减至 370 $\Omega$ 。因为  $350\Omega < 370\Omega$ , 故判定前面一只 4N35 的电流传输能力比后者要强一些。

4. 测量光耦合器的电流传输比及饱和压降

采用双表法不仅可以检查光耦合器进行“电—光—电”转换工作是否正常,还能进一步测量出电流传输比 CTR 以及接收管的饱和压降  $V_{CES}$  等项参数。

测试电路与图 39-1 相同。主要区别是,在测量电阻的同时要用读取电流法分别求出  $I_F$ 、 $I_C$  之值,再代入公式计算 CTR。首先假定表 I 和表 II 分别属于不同型号的万用表,它们在  $R \times 100$  档的电流比例系数依次为  $K_1$ 、 $K_2$ ,并且表 I 向发射管提供的正向电流  $I_F = K_1 n_1$ ,由表 II 上读出的集电极电流  $I_C = K_2 n_2$ ,代入公式中:  $CTR = \frac{I_C}{I_F} \times 100\% = \frac{K_2 n_2}{K_1 n_1} \times 100\%$ ;显然,若选同一型号的两块万用表,则  $K_1 = K_2$ ,上式就简化成:  $CTR = \frac{n_2}{n_1} \times 100\%$ 。这便为测量 CTR 提供了一种简便方法,即并不需要实际求出  $I_F$ 、 $I_C$  值,只需记下表 I、II 在测量时的偏转格数  $n_1$  和  $n_2$ ,就能迅速、准确地计算 CTR 值。

例如,选择两块 500 型万用表的  $R \times 100$  档,测量 4N35 型光耦合器的电流传输比。按图 39-1 所示电路实际测得:  $n_1 = 17$  格,  $n_2 = 47$  格。代入公式中,  $CTR = \frac{47}{17} \times 100\% = 276\%$ ,查手册,4N35 的 CTR 值应大于 100%,实测结果远高于规定的下限值,由此证明该器件的性能良好。

根据  $n_2 = 47$  格,很容易推算出表 II 的倒数偏转格数  $n'_2 = n_n - n_2 = 50 - 47 = 3$  格。进而求出接收管的压降:  $V_{CE} = K'_2 n'_2 = 0.03V/\text{格} \times 3 \text{格} = 0.09V$ ;查表可知,4N35 的饱和压降  $V_{CES}$  为 0.3V。由于  $V_{CE} < V_{CES}$ ,说明接收管已经深度饱和。很显然,测出的  $V_{CE}$  值就是该器件的饱和压降,亦即  $V_{CES} = 0.09V$ ,较规定值更低(饱和压降越低越好)。

注意事项:测量 CTR 及  $V_{CES}$  时均应选择  $R \times 100$  档,该档提供的测试电流比较合适。不宜用  $R \times 1k$  档或  $R \times 10$  档。

### 5. 区分通用型与达林顿型光耦合器

在通用型光耦合器中,接收器是一只硅光电半导体管,因此在 B-E 之间只有一个硅 PN 结。达林顿型则不然,它由复合管构成,两个硅 PN 结串联成复合管的发射结。图 39-3 是达林顿型光耦合器典型产品 4N30 的内部电路。

根据上述差别,很容易将通用型与达林顿型光耦合器区分开来。具体方法是,将万用表拨至  $R \times 100$  档,黑表笔接 B 极,红表笔接 E 极,采用读取电压法求出发射结正向电压  $V_{BE}$ 。若  $V_{BE} = 0.55 \sim 0.7V$ ,说明是通用型光耦合器。如果  $V_{BE} = 1.1 \sim 1.4V$ ,就是达林顿型光耦合器。

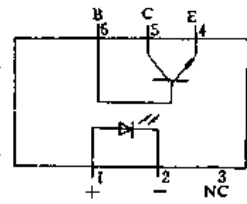


图 39-3

例如,用 500 型万用表的  $R \times 100$  档分别测量 4N35、4N30 型光耦合器的  $V_{BE}$ ,测量数据及结论如表 39-9 所示:

表 39-9

型号	$R_{BE}(\Omega)$	$n'$ (格)	$V_{BE}(V)$	计算公式	测试结论
4N35	850	23	0.69	$V_{BE} = 0.03n'$ (V)	通用型
4N30	4.3k	40.5	1.215	$V_{BE} = 0.03n'$ (V)	达林顿型

## 第四十章 集成运算放大器的测试与应用

集成运算放大器(简称集成运放),是一种高增益、高输入阻抗的直流感放大器。它的出现是运算放大器发展史上的一个飞跃。1964年出现第一块半导体集成运算放大器 $\mu A 072$ 。一年后研制成功 $\mu A 709$ ,形成通用型集成运算放大器的第一代产品。继而在1966年出现第二代产品即 $\mu A 741$ 。1969年由于工艺上的突破,出现了超 $\beta$ 管( $\beta$ 高达5000),生产出第三代产品的代表,即MC1556。至1973年,国外又研制出HA2900型集成运算放大器,它是一种将磁场效应管、双极型管和斩波自稳零放大电路兼容在一块硅片上的集成运算放大器。它的出现使集成运算放大器进入了大规模线性集成电路的领域,形成了第四代产品。至此,通用型集成运算放大器的制造技术业已完善,向专用型集成运算放大器的方向发展。集成运算放大器能够实现多种电路功能,如加法器、减法器、积分器、微分器、对数器、有源滤波器、线性检波器、正弦波发生器、电压电流变换器等。可以说,集成运算放大器是应用最广、通用性最强的一种线性集成电路。

### 一、集成运算放大器的分类与型号命名法

#### 1. 集成运算放大器的分类

集成运算放大器是模拟集成电路中最重要的产品之一,发展很快,品种繁多,其系列产品在长期生产和应用实践中逐步发展形成了以下几大系列:①通用型集成运算放大器;②低功耗型集成运算放大器;③高精度型集成运算放大器;④高速型集成运算放大器;⑤宽带型集成运算放大器;⑥高输入阻抗型集成运算放大器;⑦高压型集成运算放大器;⑧其它集成运算放大器。

(1)通用型运放按其增益高低,分成通用I型、通用II型和通用III型三种。

通用I型的特点是增益和输入阻抗较低,共模信号范围小,正、负电源电压不对称,是集成运放的早期产品。可用做高频放大器、窄带放大器、积分器、微分器、加法器和减法等。

通用II型具有增益较高,输入阻抗适中,输出幅度较大等特点。可做交直流放大器、电压比较器、滤波器等。

通用III型的特点是增益高、共模和差模电压范围宽,无阻塞,工作稳定等。可做测量放大器、伺服放大器、变换电路、各种模拟运算电路等。

(2)低功耗型运放的特点是功耗低、电源电压低,增益高、工作稳定、共模范围宽、无阻塞等。可用在要求功耗低、耗电量小的航天、遥控、计算机和仪器仪表中。

(3)高精度型运放的特点是增益高,共模抑制能力强、温漂小,噪声小。可用作测量放大器、传感器、交直流放大器和仪表中的积分器等。

(4)高速型运放的特点是转换速率高、频带较宽、建立时间快,以及传输能力强等。可用作脉冲放大器、高频放大器、A/D或D/A转换器等。

(5)宽带型运放的特点是增益高、频带宽、转换速率快等。可用作直流放大器、低频放大

器、中频放大器、高频放大器、方波发生器、高频有源滤波器等。

(6)高阻型运放的特点是输入阻抗高,偏置电流较小,转换速率高等。可用做取样—保持电路、A/D、D/A 转换、长时间积分器、微电流放大、阻抗变换等。

(7)高压型运放的特别是有高的工作电压、高的输出电压和高的共模电压等。可做宽负载恒流源、高压音频放大器、随动供电装置、高压稳压电源等。

(8)其它运放,主要指跨导集成运放、程控运放、电流型运放及集成电压跟随器。跨导运放的功能是将输入电压转换为电流输出,并通过外加偏压控制运放的工作电流,从而使其输出电流可在较大范围内变化。该电路结构简单便于使用,具有多种用途。

程控运放的恒流电路可由外部进行控制,以决定其工作状态。该类电路按电路封装分类,有单运放、双运放、四运放等。该类电路使用灵活,可用于测量电路、汽车电子电路和有源滤波器等方面。

电流型运放是对电流进行放大。这类电路可在低压、单电源条件下工作。广泛用于放大级、缓冲级、波形发生器、逻辑转换电路等方面。

集成电压跟随器是一种深度负反馈的单位增益放大器,专门设计用作电压跟随器。其性能比用运放作电压跟随器好得多,具有输入阻抗高,转换速率快的特点。在阻抗变换器/缓冲器、取样/保持电路、有源滤波电路等方面有广泛用途。

## 2. 集成运算放大器型号命名法

(1)国家统一型号命名法:运算放大器各个品种的型号由字母和阿拉伯数字两部分组成,字母在首部,统一采用CF两个字母。C表示符合国标,F表示线性放大器。其后部的阿拉伯数字表示运放的类型。

(2)国内各生产厂的企标型号:国内各生产厂企标型号也是由字母和阿拉伯数字组成,不同生产厂字母部分不同,型号后面的数字部分无统一原则,不过近二年来,各生产厂生产的产品凡是能与国外同类产品直接互换使用的,则阿拉伯数字序号大都采用国外同类产品型号中的数字序号,以便于换用。

## 二、集成运算放大器的结构原理与特点

### 1. 集成运算放大器的基本概念

集成运算放大器实质上是一种高增益直流放大器,它一般采用双端输入单端输出形式,如图40-1所示。图中“+”为同相输入端,表示集成运放输出端的信号与该输入端信号同相位;“-”为反向输入端,表示集成运放输出端的信号与该输入端的相位相反。集成运放两输入端之间的电压称为差模输入电压。

当运算放大器外接电阻或电容时,只要稍许改变元件的连接方式,就能对输入信号进行加、减、乘、除、微分、积分、比例等运算。这正是运算放大器名称的由来。

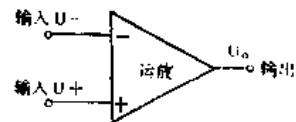


图 40-1

运算放大器具有高增益和高输入阻抗的特点,集成运放的增益总是高于10000,即使对于通用型运算放大器其输入阻抗一般也达到数百千欧以上,最低也有数十千欧。

如用  $A_{vD}$  表示运算放大器的增益,则  $U_o = A_{vD}(U_+ - U_-)$ 。因为一般  $A_{vD} \rightarrow \infty$  所以  $(U_+ - U_-) \rightarrow 0$ 。这就是说对于任何一个运算放大器来说,只要它的增益足够大,在放大器两个输入端之间的信号电压永远是非常小的。这是运放一个十分重要的特征。运算放大器的这种

特征使它具有广泛的应用。运算放大器工作时总是接成图 40-2 电路形式,这叫做运算放大器的闭环工作状态。在放大器输入端与输出端之间串联一个电阻  $R_F$ ,这个电阻叫反馈电阻,因为输出信号经此电阻反馈至放大器的反相输入端。输入信号经电阻  $R_i$  输入,放大器的同相输入端接地。

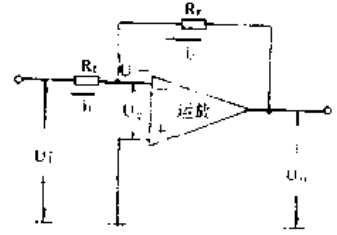


图 40-2

当放大器增益很高时,  $(U_+ - U_-) = U_d \rightarrow 0$ 。而且运算放大器的输入阻抗很高,所以可以认为没有电流流入反向输入端,因此有  $i_1 = i_2$ 。  $\therefore \frac{U_i}{R_i} = -\frac{U_o}{R_F}$ ;  $\therefore G_- = \frac{U_o}{U_i} = -\frac{R_F}{R_i}$ 。

$G_-$  称为运算放大器的闭环增益,  $G_-$  与  $A_{vo}$  不同,  $A_{vo}$  是运放本身固有的增益,称开环增益。而  $G_-$  是将运放组成一个反馈放大器的增益,其值与反馈电阻有关。

由上式可以得到一个重要结论,即闭环工作的运算放大器的增益只决定于反馈电阻  $R_F$  和  $R_i$  的比值。即反馈放大器的传输放大特性将完全由外部元件值决定。这样可把运算放大器与高性能晶体管完全等同起来。

### 2. 集成运算放大器的结构原理

集成运算放大器类型很多,电路繁简程度不一。但原则上它们都是由输入级、中间放大级和输出级等三个基本部分构成,典型电路如图 40-3 所示。

输入级采用恒流源差动放大器。为了提高输入阻抗,该差动放大器可以采用复合管,叫复合差动放大器。它有两个输入端,可以双端(差模或共模)输入信号,也可以单端输入信号。

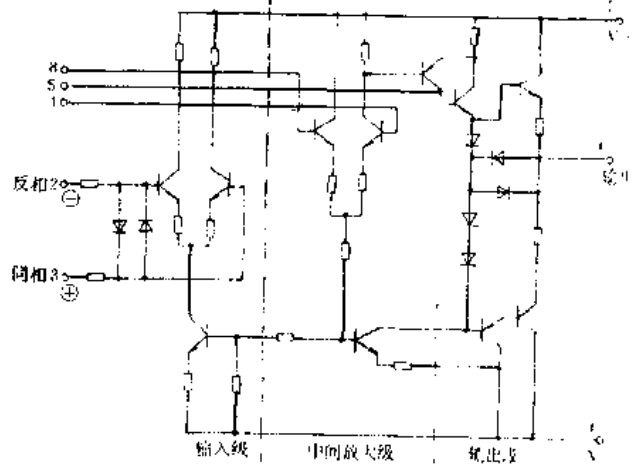


图 40-3

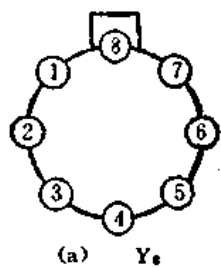
中间级主要起放大作用,其中直流电平位移电路,以解决直接耦合带来的级间电平升高的矛盾,使输入为零时输出电平亦为零。电平位移电路的构成有用 PNP 管的,也有用分压方式的。中间级也是恒流源差动放大器。恒流源的形式有用二极管偏置的,也有用电阻偏置的。当要求一个偏置带几个恒流源时,可以采用射随器缓冲。放大器还可以采用有源负载来代替大电阻负载,以求显著提高增益。

输出级要有一定的电压输出幅度和输出电流,尽量降低输出阻抗,所以常常采用射随器,推挽输出电路和互补推挽输出电路等。

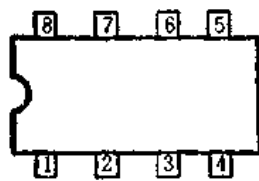
### 3. 集成运算放大器的引脚排列

#### (1) 引脚外形图

- ① 8 引线金属封装和双列直插封装图(见图 40-4)
- ② 10 引线金属封装和双列直插封装图(见图 40-5)
- ③ 12 引线金属封装和双列直插封装图(见图 40-6)
- ④ 14 引线双列直插封装图(见图 40-7)

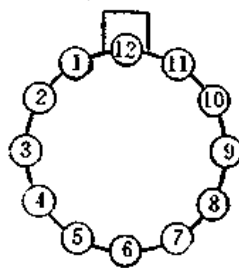


(a) Y<sub>8</sub>

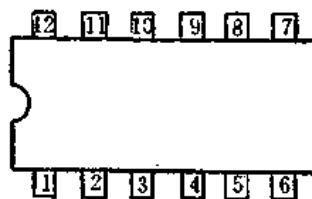


(b) D<sub>8</sub>

图 40-4

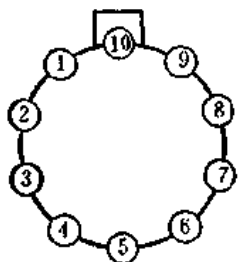


Y<sub>12</sub>

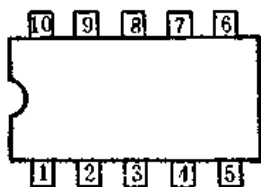


D<sub>12</sub>

图 40-5

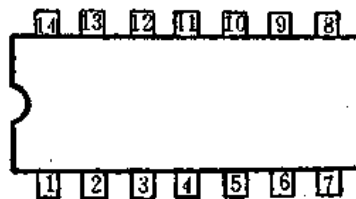


Y<sub>10</sub>



D<sub>10</sub>

图 40-6



D<sub>14</sub>

图 40-7

## (2) 引脚排列表

### ① 8 脚、10 脚、12 脚运放外引线排列法 (见表 40-1)

表 40-1

封装形式	引线功能		输入	输出	电源	补偿		调零		接地	空	偏置
	IN <sub>-</sub>	IN <sub>+</sub>	OUT	V <sub>+</sub>	V <sub>-</sub>	Comp <sub>1</sub>	Comp <sub>2</sub>	OA <sub>1</sub>	OA <sub>2</sub>	GND		Bi
Y <sub>01</sub> D <sub>01</sub>	2	3	6	7	4	5	8			1		
Y <sub>02</sub> D <sub>02</sub>	2	3	6	7	4	5		1	8			
Y <sub>03</sub> D <sub>03</sub>	2	3	6	7	4	1,5	8					
Y <sub>04</sub> D <sub>04</sub>	2	3	6	7	4			1	5		8	
Y <sub>05</sub> D <sub>05</sub>	2	3	6	7	4							
Y <sub>06</sub>	2	3	6	7	4	1	8				5	
Y <sub>07</sub>	3	2	7	8	4					5	6,1	
Y <sub>08</sub>	3	2	6	7	4	1	8		5			
Y <sub>09</sub> D <sub>09</sub>	2,6	3,5	1,7	8	4							
Y <sub>010</sub>	2	3	6	7	4						1,8	5
Y <sub>011</sub>	3	2	7	8	4			5	6	1		
Y <sub>012</sub>		3	6	7	4			1	8		2	5(升压)
Y <sub>013</sub>	3	2	7	8	4					1		5,6(平衡)



续表

封装形式	引线功能		输入		输出	电源		补偿		调零		接地	空	偏置
	IN-	IN+	OUT	V+	V-	Comp <sub>1</sub>	Comp <sub>2</sub>	OA <sub>1</sub>	OA <sub>2</sub>	GND			Bi	
Y <sub>101</sub> D <sub>101</sub>	3	4	7	8	5	9	10		2	1	6			
Y <sub>102</sub>	3	4	7	8	5	2	6		9	10	1			
Y <sub>103</sub>	3	4	7	8	5	6	10		2	9	1			
Y <sub>104</sub>	3	4	6	8	5	1	7	9,10			2			
Y <sub>105</sub>	3	4	6	8	5	9	1		2	6	10			
Y <sub>106</sub>	9	10	4,5	8	3	1	2	7,6						
Y <sub>107</sub>	3,4	4,6	1,9	2,8	5						10			
Y <sub>108</sub> Y <sub>109</sub>	3 4,6	4 3,8	7 1,6	8 10	5 5	2	9		1	10			6 2.7(地)	

封装形式	引线功能		输入		输出	电源		补偿			调零			接地	空	
	IN-	IN+	OUT	V+	V-	Comp <sub>1</sub>	Comp <sub>2</sub>	Comp <sub>3</sub>	OA <sub>1</sub>	OA <sub>2</sub>	OA <sub>3</sub>	GND				
Y <sub>121</sub> D <sub>121</sub>	4	5	8	9	6	7	10		1	11	12	2	3			
Y <sub>122</sub> D <sub>122</sub>	1	2	5	6	3	4	7		9	8	10	11	12			
Y <sub>123</sub> D <sub>123</sub>	4	5	8	9	6	3	7	10	1	11	12		2			
Y <sub>124</sub>	2	3	6	7	4	1	5	8	9	10	11		12			
Y <sub>125</sub>	1	2	10	12	7	6	11		3	12			8,9			
Y <sub>126</sub>	4	5	8	9	4	1	2	7,10 11,12								
Y <sub>127</sub>	5	4	9	10	6							7	1,2,3 11,12			
Y <sub>128</sub>	2	3	6	7	4							5	1,9,10 11,12	8 选通		
Y <sub>129</sub>	4	5	8	9	6	3	11		1	2			10	Bi 7,11		
Y <sub>1210</sub>	1,2	3,4	6	7	5	8,9,10,11,12										
Y <sub>1211</sub>	2,1	3,4	6	7	5	8,9			10,11,12							
Y <sub>1212</sub>	11	12	6	7	4	3,10			1,2				8,9	偏置 5		

②14脚运放外引线排列法(见表40-2)

表 40-2

封装形式 \ 引线功能	输入		输出	电源		空	其他
	IN <sub>-</sub>	IN <sub>+</sub>	OUT	V <sub>+</sub>	V <sub>-</sub>		
D <sub>141</sub>	1,7	2,6	12	13,9	4	11	3,14
D <sub>142</sub>	2,6,9,13	3,5,10,12	1,7,8,14	4	11		
D <sub>143</sub>	1,6,8,14	2,5,9,13	3,4,10,12	11	7		
D <sub>144</sub>	2,6,11,15	3,5,12,14	1,7,10,16	13	4		8,9
D <sub>145</sub>	4,6,8,10	5,7,9,11	2,1,14,13	3	12		

### 三、集成运算放大器的特性参数

#### 1. 集成运放主要参数的定义

集成运放品种繁多,不同类型的运放各有其自己的重要参数,各生产厂给出的参数也可能有所不同,但其中包括了一些最基本的参数。下面仅就这些基本参数作一介绍。

①输入失调电压  $V_{io}$ ——集成运放输出直流电压为零时,两输入端之间所加的补偿电压称为输入失调电压,用  $V_{io}$  表示。 $V_{io}$  是运算放大器不平衡程度的标志;其值越小越好。

②输入失调电流  $I_{io}$ ——它定义为当运放输出直流电压为零时,两个输入端偏置电流之差,即  $I_{io} = |I_{IB1} - I_{IB2}|$ 。式中  $I_{IB1}$ 、 $I_{IB2}$  分别为两个输入晶体管的静态基极电流。 $I_{io}$  也标志运放内部元件不对称的程度,其值越小越好。

③输入偏置电流  $I_{IB}$ ——当运放的输出直流电压为零时,其两个输入端偏置电流的平均值定义为输入偏置电流。 $I_{IB} = \frac{I_{IB1} + I_{IB2}}{2}$ 。

④输入失调电压的温度系数  $\alpha_{V_{io}}$ ——在规定的温度变化范围内,失调电压的变化与温度变化的比值定义为输入失调电压的温度系数。一般可采用下式表示  $\alpha_{V_{io}} = \frac{V_{io}(T_2) - V_{io}(T_1)}{T_2 - T_1}$ 。式中:  $V_{io}(T_1)$ —— $T_1$  温度时输入失调电压;  $V_{io}(T_2)$ —— $T_2$  温度时输入失调电压。

⑤输入失调电流温度系数  $\alpha_{I_{io}}$ ——在规定的温度变化范围内,失调电流变化与温度变化的比值定义为输入失调电流的温度系数。

⑥差模开环直流电压增益  $A_{VD}$ ——当运算放大器开环工作,且输出端不接负载的条件下,在放大器线性工作区内,差模电压输入后,其输出电压变化  $\Delta V_0$  与差模输入电压变化  $\Delta V_1$  之比称为差模开环电压增益,即  $A_{VD} = \frac{\Delta V_0}{\Delta V_1}$ 。若以分贝为单位表示时,则可用下式表示:

$$A_{VD} = 20 \log \frac{\Delta V_0}{\Delta V_1} (\text{dB})。$$

⑦共模抑制比  $K_{CMR}$ ——运放工作于线性区时,其差模电压增益  $A_{VD}$  与共模电压增益  $A_{VC}$  之比称为共模抑制比。即  $K_{CMR} = \frac{A_{VD}}{A_{VC}}$ 。若以分贝为单位表示时,则可用下式表示:  $K_{CMR} = 20 \log \frac{A_{VD}}{A_{VC}} (\text{dB})$ 。 $K_{CMR}$  与  $A_{VD}$  均为频率的函数,手册中给出的参数均为直流时的值。

⑧电源电压抑制比  $K_{SVR}$ ——运放工作于线性区时,输入失调电压随电源电压改变的变化率称为电源电压抑制比。用公式表示为:  $K_{SVR} = \frac{\Delta V_0/A_{VD}}{\Delta V_S} = \frac{\Delta V_0}{A_{VD}\Delta V_S}$ 。式中:  $\Delta V_S$  表示电源电压变化;  $\Delta V_0$  为电源电压变化时对应的输出电压变化。

⑨输出峰—峰电压  $V_{OPP}$ ——它是指在特定的负载条件下,运放能输出的最大不失真电压峰—峰值。

⑩最大共模输入电压  $V_{KCM}$ ——当运放的共模抑制特性显著变坏时的共模输入电压即为最大共模输入电压。

⑪最大差模输入电压  $V_{IDM}$ ——它是运放两输入端所允许加的最大电压差。当差模输入电压超过此值时,运放输入级晶体管的结击穿。

⑫开环带宽  $BW$ ——运放开环电压增益值从直流增益下降 3dB 所对应的信号频率称为开环带宽。

⑬单位增益带宽  $BW_0$ ——它是指运放在闭环增益为 1 倍时,当用正弦小信号驱动时,其闭环增益下降至 0.707 倍时的频率。

⑭电压转换速率  $SR$ ——在额定的负载条件下,当输入阶跃大信号时,运放输出电压的最大变化率称为转换速率。

⑮建立时间  $t_s$ ——运放闭环增益为 1 倍时,在一定的负载条件下,当输入阶跃大信号后,运放输出电压达到某一特定值的范围时所需要的时间称为建立时间。

⑯静态功耗  $P_D$ ——当运放输入端无信号输入,且输出端不接负载时运放所消耗的电源功率称为静态功耗,用  $P_D$  表示。

⑰差模输入阻抗  $Z_{ID}$ ——它有时也称输入阻抗,是指运放工作在线性区时,两输入端的电压变化量与对应的输入端电流变化量之比。在低频时表现为输入电阻  $R_{ID}$ 。

⑱共模输入阻抗  $Z_{IC}$ ——当运放工作于共模信号时,共模输入电压的变化量与对应的输入电流变化量之比,称为共模输入阻抗。在低频时它表现为共模输入电阻  $R_{IC}$ 。

⑲输出阻抗  $Z_o$ ——当运放工作在线性区时,其输出端信号电压变化量与对应的电流变化量之比,称为输出阻抗。在低频时,它为运放的输出电阻  $R_o$ 。单端输出阻抗记为  $Z_{OS}$ ,双端输出阻抗记为  $Z_{OD}$ 。

## 2. 常用集成运放特性参数表(见表 40-3)

表 40-3

参数名称	符号	单位	F001			F003 F005			F004			F006 F007			F010 F011			F013		
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
开环电压增益	$G_{OL}$	dB	$\geq 60$	$\geq 66$	$\geq 66$	$\geq 80$	$\geq 80$	$\geq 86$	$\geq 86$	$\geq 86$	$\geq 90$	$\geq 86$	$\geq 94$	$\geq 94$	$\geq 80$	$\geq 94$	$\geq 106$	$\geq 80$	$\geq 90$	$\geq 94$
输入失调电压	$V_{in}$	mV	$\leq 10$	$\leq 5$	$\leq 2$	$\leq 8$	$\leq 5$	$\leq 2$	$\leq 8$	$\leq 5$	$\leq 2$	$\leq 10$	$\leq 5$	$\leq 2$	$\leq 8$	$\leq 5$	$\leq 2$	$\leq 6$	$\leq 4$	$\leq 2$
输入失调电流	$I_{in}$	$\mu A$	$\leq 5$	$\leq 2$	$\leq 1$	$\leq 0.4$	$\leq 0.2$	$\leq 0.1$	$\leq 1$	$\leq 0.5$	$\leq 0.2$	$\leq 0.3$	$\leq 0.2$	$\leq 0.1$	$\leq 0.3$	$\leq 0.1$	$\leq 0.05$	$\leq 0.2$	$\leq 0.1$	$\leq 0.05$
输入偏置电流	$I_{io}$	$\mu A$	$\leq 10$	$\leq 7$	$\leq 5$	$\leq 2$	$\leq 1.2$	$\leq 0.7$	$\leq 3$	$\leq 3$	$\leq 2$	$\leq 1$	$\leq 0.5$	$\leq 0.3$	$\leq 0.5$	$\leq 0.3$	$\leq 0.3$	$\leq 0.75$	$\leq 0.4$	$\leq 0.2$

续表

参数名称	符号	单位	F001			F003 F005			F004			F006 F007			F010 F011			F013		
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
静态功耗	$P_{CO}$	mW	$<150$	$<150$	$<150$	$<150$	$<150$	$<150$	$<200$	$<200$	$<200$	$<120$	$<120$	$<120$	$<15$	$<9$	$<6$	$<6$	$<6$	$<6$
共模抑制比	CMRR	dB	$\geq 70$	$\geq 70$	$\geq 80$	$\geq 65$	$\geq 70$	$\geq 80$	$\geq 80$	$\geq 80$	$\geq 80$	$\geq 70$	$\geq 80$	$\geq 80$	$\geq 70$	$\geq 80$	$\geq 80$	$\geq 70$	$\geq 80$	$\geq 80$
最大输出电压	$V_{OM}$	V	$\geq \pm 4$	$\geq \pm 4.5$	$\geq \pm 4.5$	$\geq \pm 10$	$\geq \pm 10$	$\geq \pm 12$	$\geq \pm 10$	$\geq \pm 10$	$\geq \pm 10$	$\geq \pm 10$	$\geq \pm 10$	$\geq \pm 12$	$\geq \pm 10$	$\geq \pm 10$	$\geq \pm 10$	$\geq \pm 10$	$\geq \pm 10$	$\geq \pm 10$
开环输入电阻	$R_i$	k $\Omega$	$> 8$			100			100			500			500			500		
开环输出电阻	$R_o$	$\Omega$	500			200			2k			200			200			200		
失调电压温漂	$\delta V_{in}/\delta T$	$\mu V/^\circ C$	$< 20$			10			10			20			10			5		
开环带宽	$f_{BW}$	Hz	100k			10k			3k			7			7			80		
失调电流温漂	$\delta I_b/\delta T$	$\mu A/^\circ C$	$< 16$			3			3			1			1			1		
差模电压范围	$V_{DM}$	V	$\pm 6$			$\pm 6$			$\pm 6$			$\pm 30$			$\pm 30$			$\pm 6$		
共模电压范围	$V_{CM}$	V	$+0.5$ $-2$			$\pm 10$			$\pm 10$			$\pm 12$			$\pm 12$			$\pm 12$		
电源电压抑制比	PSRR	$\mu V/V$	200			100			150			100			100			20		
电源电压范围	$+V_{CC}$ $-V_{EE}$	V	$+12$ $-6$			$\pm 9 \sim \pm 18$			$\pm 6 \sim \pm 16$			$\pm 9 \sim \pm 18$			$\pm 3 \sim \pm 18$			$\pm 3 \sim \pm 18$		
贮存温度	$T_s$	$^\circ C$	$-55 \sim +175$			$-55 \sim +175$			$-55 \sim +175$			$-55 \sim +175$			$-55 \sim +175$			$-55 \sim +175$		

#### 四、集成运算放大器的测试方法

##### 1. 判断集成运放的好坏

在业余条件下,利用万用表即可判断集成运算放大器的好坏,具体方法是:用万用表的电阻档( $R \times 1k$  档),测量被测集成运算放大器各管脚之间的电阻值,然后分别与正常数据相对照。如果测试值与标称电阻值相等或接近,证明被测集成运算放大器良好;如果实测值等于“0”或“ $\infty$ ”,则说明被测的集成运算放大器有问题。

下面是利用 500 型万用表  $R \times 1k$  档,所测得的各类集成运放的电阻值典型数据供实测时参考。

##### ①单运放(ICL7650 型斩波自稳零式精密型)各管脚电阻值实测数据表(见表 40-4)

表 40-4

测量对象		正常电阻值(k $\Omega$ )	不正常电阻值
$V_{DD}$ 对 $V_{SS}$	正向电阻	80	0 或 $\infty$
	反向电阻	46	0 或 $\infty$
$V_{DD}$ 对 $IN_+$ 、 $IN_-$ 的正、反向电阻		30	0 或 $\infty$

续表

测量对象		正常电阻值(k $\Omega$ )	不正常电阻值
V <sub>DD</sub> 对V <sub>SS</sub>	正向电阻	80	0或 $\infty$
	反向电阻	46	0或 $\infty$
V <sub>SS</sub> 对IN <sub>+</sub> 、IN <sub>-</sub> 的正、反向电阻		6.2	0或 $\infty$
IN <sub>+</sub> 对IN <sub>-</sub> 的正、反向电阻		9.5	0或 $\infty$
OUT对V <sub>DD</sub>	正向电阻	6.2	0或 $\infty$
	反向电阻	120	0或 $\infty$
C <sub>A</sub> 对C <sub>B</sub> 的正、反向电阻		24	0或 $\infty$

## ②双运放(TL062型低功耗式)各管脚电阻值实测数据表(见表40-5)

表40-5

黑表笔位置	红表笔位置	正常电阻值(k $\Omega$ )	不正常电阻值
V <sub>-</sub>	V <sub>+</sub>	5.4	0或 $\infty$
V <sub>-</sub>	IN <sub>+</sub>	5.4	0或 $\infty$
V <sub>-</sub>	IN <sub>-</sub>	5.4	0或 $\infty$
OUT	V <sub>+</sub>	6.8	0或 $\infty$
V <sub>-</sub>	OUT	16	0或 $\infty$

## ③四运放(LM324系列低功耗型)各管脚电阻值实测数据表(见表40-6)

表40-6

黑表笔位置	红表笔位置	正常电阻值(k $\Omega$ )	不正常电阻值
V <sub>+</sub>	GND	16~17	0或 $\infty$
GND	V <sub>+</sub>	5~6	0或 $\infty$
V <sub>+</sub>	IN <sub>+</sub>	50	0或 $\infty$
V <sub>+</sub>	IN <sub>-</sub>	55	0或 $\infty$
OUT	V <sub>+</sub>	20	0或 $\infty$
OUT	GND	60~65	0或 $\infty$

## ④四电压比较器(LM339系列低功耗低失调型)各管脚电阻值实测数据表(见表40-7)

表40-7

测量对象		正常电阻值(k $\Omega$ )	不正常电阻值
V <sub>+</sub> 对V <sub>-</sub>	正向电阻	9.2	0或 $\infty$
	反向电阻	5.4	0或 $\infty$

续表

测量对象	正常电阻值(kΩ)	不正常电阻值
V <sub>+</sub> 对IN <sub>+</sub> 、IN <sub>-</sub> 的正、反向电阻	38	0或∞
V <sub>-</sub> 对IN <sub>+</sub> 、IN <sub>-</sub> 的正、反向电阻	6.8	0或∞
V <sub>+</sub> 对OUT的正向电阻	32	0或∞
V <sub>-</sub> 对OUT的正向电阻	5.6	0或∞

## 2. 估测集成运放的放大能力

在没有专用测试仪器的情况下,可用一块万用表来估测集成运算放大器的放大能力。下面以国产F007B通用型单运放为例,具体介绍其测试方法。

估测F007B的放大能力时,需接上±15V电源。万用表拨至50V直流电压档。估测集成运放放大能力的测试电路如图40-8所示。

测量之前,输入端开路,运放处于截止状态,对于大多数F007B来说,处于正向截止状态,即输出端⑥脚对负电源④脚的电压约为28V。万用表红笔接⑥脚,黑表笔接④脚,可测出此时的截止电压。用手握住螺丝刀的绝缘柄,并用金属杆依次碰触同相输入端和反相输入端,表针若从28V摆到15~20V,即说明被测运放的增益很高。若表针摆动很小,则说明该运放的放大能力很差。如果表针不动,即证明被测运放内部已损坏。一般用螺丝刀碰触②脚(反相输入端)时,表针摆动较大,而碰触③脚(同相输入端)时,表针摆动较小,这属于正常现象。

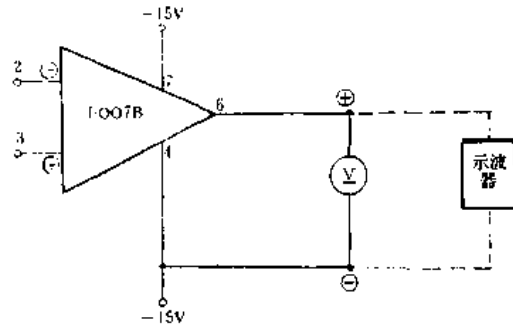


图40-8

此方法的测试原理是,当螺丝刀碰触输入端时,相当于把人体感应的50Hz交流电压输入。因为此时人手并未接触金属杆,所以输入的信号电压很弱,仅几十毫伏至几百毫伏。这一点可通过示波器上显示的波形峰—峰值得到验证。但是由于运放呈开环状态,电压增益很高,使输出电压基本在+15V~-15V的极限情况下变化,因此用示波器所观察到的输出波形,已是经过削波以后的近似方波,约为28V<sub>p-p</sub>。输出波形的频率仍为50Hz,而万用表50V直流档测出的仅是峰—峰值电压的一半,约为15V。假定用示波器测出 $U_i=10\text{mV}$ , $U_o=28\text{V}$ (方波),可以肯定 $A_{vD} \gg U_o/U_i=28/0.01=2800$ (倍)。

下面是用MF10型万用表测试一枚F007B时的实测情况。将万用表置于50V直流电压档,测得⑥脚与④脚之间的截止电压为28V;在用螺丝刀杆碰触②脚时,万用表读数为17V。这表明被测的集成运放其放大能力正常。需注意的是不能根据 $U_o=U_p=17$ ,就推算出 $U_{p-p}=34\text{V}$ ,这是因为正、负方向的输出波形并不完全对称(以0V为基准),况且 $U_{p-p}$ 也不可能超过电源电压(现为30V),实际用示波器观察 $U_{p-p}=28\text{V}$ ,这才是真实值。另外,测量输出电压时,亦可选择50V交流电压档,但必须求出方波的峰—峰值,还要在万用表输入端串接一只0.1μF的隔直电容器(若用dB插孔,则可省去此电容器),如果不加隔直电容,交、直流电压便会叠加在万用表上,使交流档读数达60V,而且再用螺丝刀碰触②脚时,读数就变成30

~40V,均比实际值要高一倍。

注意事项:①本方法适于估测各种集成运放的放大能力,只是各自的电源电压应符合其规定值。②少数运放在开环时处于反向截止状态,即③脚对⑦脚的电压约为-28V,此时可将万用表接在③脚与⑦脚之间,红笔接⑦脚。③若没有±15V 直流电源,也可用万用表R×10k 档的叠层电池,但要求电池电压不低于15V,电池正极接⑦脚,负极接④脚。④如上述方法中,用螺丝刀碰触②脚,因输入信号太弱表针摆动很小时,也可直接用手捏住②脚或③脚,这时表针应指在15V 左右,这是由于人体感应的50Hz 电压较高,一般为几伏至几十伏,所以即使运放的增益很低,输出电压仍接近于方波。

### 五、集成运算放大器的用途

#### 1. 集成运放使用注意事项

①集成运算放大器的类别、品种很多,使用者必须根据实际使用要求,合理选用,使性能价值比最为合算。

②使用者在用前要了解集成运放产品的类别及电气参数,弄清楚封装形式及外引线排列法,管脚接线和供电电压范围等。

③消振网络应按要求接好,在能消振的前提下兼顾带宽。

④集成运算放大器是电子电路的核心,为了减少损坏,最好采取适当的保护措施。

#### 2. 集成运放的主要用途

集成运算放大器的应用十分广泛,深入到许多领域,现将其主要使用范围列表如表 40-8:

表 40-8

信号处理	线性	放大	直流放大;音频放大;视频放大;功率放大;可变增益放大;自动增益控制放大……
		模拟运算	微分;积分;加减和比例运算……
		滤波	有源滤波器;有源电感……
	非线性	放大	限幅放大;振幅比较;对数和有效值放大……
		模拟运算	乘、除和其它非线性运算……
信号变换	调制与解调	调幅;调频;相位调整;相位检出和检波……	
	频率变换	分频;倍频和频率变换……	
	数→模	数模变换和模数变换……	
	电压→频率	电压→频率;频率→电压变换……	
信号发生	各种波形产生	正弦波;锯齿波和方波发生……	
电源	功率变换	直流→交流;交流→直流变换……	
	稳定化	稳压;稳流……	

# 第四十一章 片状元器件的测试与使用

片状元器件是一种新颖的微型电子元器件,它的发展十分迅速。1990年全世界生产的片状元器件已突破了一千亿只,我国也从国外引进了片状元器件的生产技术,已形成年产几十亿只的生产能力。预计90年代世界上片状元器件的市场占有率将超过百分之五十。

片状元器件大致分为片状元件(无源件)、片状器件(有源件)、以及片状组件等类型。目前,片状元器件已广泛应用于计算机、仪器设备,以及照相机、录像机、电子表、摄像机、音响系统等家用电器之中。

## 一、片状元器件的类型与特点

### 1. 片状元器件的分类(见图 41-1)

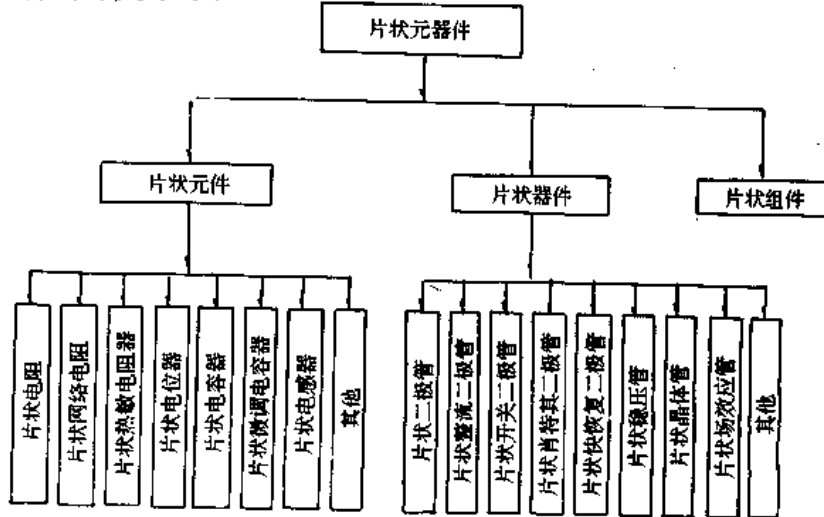


图 41-1

### 2. 片状元器件的特点

片状元器件的结构具有以下特点:

(1)微型化。如国外生产的圆柱形片状电阻器的外形尺寸已能做到 $\phi 0.8 \times 1.0(\text{mm})$ ;我国生产的矩形片状电阻器RI11-0.063(0.063W)其外形尺寸为 $2 \times 1.25 \times 0.5(\text{mm})$ 。目前,片状元器件更朝着短、小、轻、薄的微型化发展。

(2)片状元器件的引出端没有引线,或只有很短(0.65mm)的引线。

(3)片状元件亦称表面安装元件,现在表面安装技术已得到了迅速推广应用,逐步取代了传统的印制板打孔安装技术,因此,片状元器件的结构要求能满足表面安装技术的要求,能实现印制导线的高密度化。例如,印制导线的线宽与线距可减小到0.05~0.1mm。

## 二、片状元器件的原理与测试方法

### (一)片状元件

#### 1. 片状电阻器



片状电阻器也称无引线片状电阻元件,广泛运用于高档组合音响等电子设备之中。它是一种只有几毫米大小的超小型元件,按其形状可分为矩形和柱形等型式。

片状电阻器是在高强度为97%氧化铝陶瓷基片两端,绕上导电性能良好的电极,再烧成高稳定性的二氧化钙电阻材料,最后在电阻主体上烧成玻璃釉材料密封而成。

片状电阻器的阻值范围为几欧至几兆欧,其允许误差如表41-1所示。

表 41-1

电阻级别	G 级	J 级	K 级
误差范围(%)	±2	±5	±10

片状电阻器的额定功率有0.125W、0.1W、0.068W等,使用电压为100~200V,最高过电压200~400V,使用湿度范围为-55~+125℃,额定环境温度70℃。

片状电阻器的识别如下:片状电阻器是在保护层表面标志出阻值的大小,用三位数字表示。前两位表示片状电阻器标称阻值的有效数字,第三位表示“0”的个数,用R表示小数点。例如:100为10Ω;103为10kΩ;105为1MΩ;4R7为4.7Ω等。

片状电阻器的测试方法:用万用表亦可对片状电阻器进行检测,其测试方法与测普通电阻的方法一样。将万用表选择在合适的电阻档,如实测电阻值与标称值十分接近,则证明被测片状电阻器性能良好;如实测值为零或无穷大,则证明被测片状电阻器有问题。

片状电阻器的使用需注意以下事项:烙铁头要尖细,直径小于3mm,电烙铁宜用25W内热式;烙铁头加温温度在210~240℃范围内,烙铁头不要直接接触陶瓷基片,否则容易损坏片状电阻器。

## 2. 片状陶瓷电容器

片状陶瓷电容器以氧化钛或钛酸钡为主要成份制成陶瓷电介质薄膜后,并粘上导电胶电极,进行重复烧结,然后采用钯、银为主要成份的外部电极,将各小块电容基体并联起来,从而组成了较大的电容量。

如CC0910型与CT0910型无引线圆片形瓷介电容器,均主要用于电视机VHF调谐器中,体积小,可直接与机壳相贴。CC0910型片状电容器的使用条件是:环境温度为-55~+85℃;相对湿度为+40℃时达98%;大气压力为104kPa;振动频率为10~160Hz;加速度达150m/s<sup>2</sup>。其主要参数如下:标称容量为11pF、36pF;容量偏差为±10%;损耗角正切值为 $\text{tg}\delta \leq 15 \times 10^{-4}$ ;工作电压为63V(DC);绝缘电阻为 $>10000\text{M}\Omega$ 。CT0910型片状电容器的使用条件如下:环境温度为-55~+85℃;相对湿度为+40℃时达98%;大气压力为104kPa;振动稳定性为频率10~160Hz、加速度达150m/s<sup>2</sup>。其主要参数如下:标称容量为1000pF(+80%、-20%);损耗角正切值 $\text{tg}\delta \leq 400 \times 10^{-4}$ ;工作电压为63V(DC);绝缘电阻 $\geq 4000\text{M}\Omega$ 。

片状电容器的测试也可用万用表进行检测,其测试方法与测普通电容器的方法一样,在此不再详述,只是测试时需注意表笔头要尖细,接触要良好,以免造成测试数据不准。

片状陶瓷电容器的体积小、焊锡面积大,适合自动化安装。片状电容器无引线,焊接时烙铁功率不要超过30W,烙铁头不能直接接触陶瓷基体,以免造成断裂或损坏。

## 3. 片状网络电阻

片状网络电阻也叫片状集成电阻,它是用集成工艺生产的新型组合式电阻元件。片状网

网络电阻是把若干个阻值相等或不等(可成一定的比例关系)的分立电阻,按照一定规律排列起来,然后集成封装而成。片状网络电阻的体积小,内部容纳的电阻元件多,参数一致性好,而且规格齐全,安装方便,因此能广泛用于新型数字仪表及计算机中,为提高整机可靠性、实现小型化创造了有利条件。

片状网络电阻根据用途,可分为普通型与精密型两种。普通型网络电阻的价格较低,阻值范围可以做到 $20\Omega\sim 1M\Omega$ (或 $10\Omega\sim 10M\Omega$ )。阻值误差分为四档: $\pm 2\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 。电阻温度系数 $\alpha\leq 300\text{ppm}/^\circ\text{C}$ (或 $\leq 500\text{ppm}/^\circ\text{C}$ )。每只电阻最大允许功耗为 $0.125\text{W}$ 或 $0.25\text{W}$ ,网络的总功率不得超过 $1.5\text{W}$ 。普通型网络电阻适用于对准确度要求不高的场合。例如,由MC14433型A/D转换器构成的 $3\frac{1}{2}$ 位数字仪表中,就可采用 $100\Omega\times 7$ 的网络电阻,代替分立元件作为LED显示器的限流电阻。此外,使用CD4511、MC14513等译码驱动器时,也可选用网络电阻。

精密型片状网络电阻的阻值误差为 $\pm 0.1\sim \pm 1.0\%$ ,电阻温度系数为 $\pm 10\sim \pm 200\text{ppm}/^\circ\text{C}$ ,适用于高准确度的仪器仪表。例如,在DT-890C测温型数字万用表的关键电路中,共使用了7片精密型网络电阻器RNA~RNG。其中,分压器所用的网络电阻包含五只高准确度的电阻器 $\text{RNA}_1\sim \text{RNA}_5$ 。不仅误差小,而且参数的一致性(各电阻的偏差均为正、或均为负,并且电阻温度系数相等),即使环境温度发生变化,也不致于影响分压比。片状网络电阻的上机合格率达100%,使用中不需作任何调整。

片状网络电阻的测试方法:利用万用表电阻档可以检测片状网络电阻的好坏,内部有无短路或开路故障。对于无标记的片状网络电阻,可根据电阻档的测量结果绘出网络电阻的内部电路。

## (二)片状器件

### 1. 片状二极管和片状整流二极管

常见的片状二极管分圆柱形、矩形两种。图41-2(a)是圆柱形片状二极管的外形。其特点是没有引线。两个端面就作为正、负电极。这类管子由内部PN结(芯片)、壳体、金属电极组成,外形尺寸有 $\Phi 2.5\times 5$ (mm)等规格,壳体一般采用黑色。

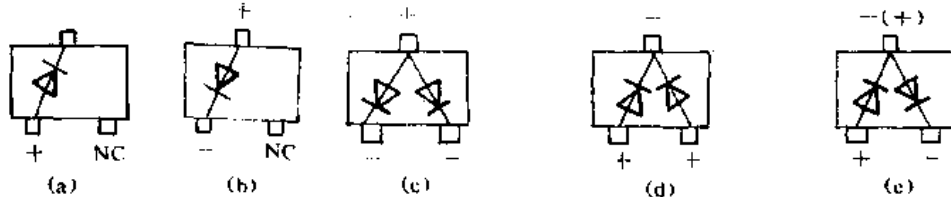
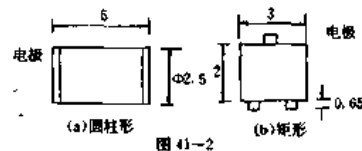


图 41-3 (a)单管(之一) (b)单管(之二) (c)共阳对管

(d)共阴对管 (e)串接对管

图 41-2

用41-2(b)是矩形片状二极管的外形。它有三条长度仅为 $0.65\text{mm}$ 的短引线。矩形片状二极管的种类较多,各有不同用途。按照管内所含二极管数量来划分,有单管、对管(亦称双管)。对管中又分共阳(正极)、共阴(负极)、串接等方式。内部结构如图41-3所示。

圆柱形片状整流二极管的体积稍大,外形如小纽扣般大小,故俗称作纽扣式二极管。图

41-4 是国外生产的 AR25 系列圆柱形片状整流二极管的外形。其壳体呈黑色,两端为圆形紫铜片电极,最大外形尺寸为  $\phi 7.5 \times 5(\text{mm})$ 。该产品的主要参数如表 41-2 所示。

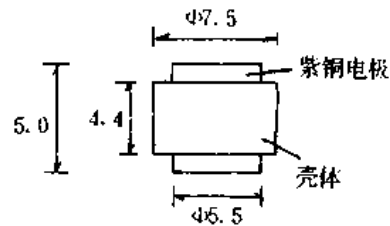


图 41-4

片状二极管和片状整流二极管的测试方法如下:检测片状二极管的方法与普通二极管相同。主要是用万用表电阻档测量正、反向电阻,判定管子的正、负极,测量正向电压  $V_F$ 。

在测正、反向电阻时可选择  $R \times 1k$  档,测正向电压时应选择  $R \times 100$  或  $R \times 10$  档。片状整流二极管的额定电流比较大,建议选择  $R \times 1$

表 41-2

档,这样测出的  $V_F$  值与典型值比较接近。下面举两个实例详细介绍其测试方法。

检测一只型号不明的圆柱形片状二极管:用 500 型万用表  $R \times 1k$  档测得正向电阻为  $4k\Omega$ ,反向电阻为无穷大,由此可以确定正、负极位置。另用  $R \times 10$  档按正向接法(即黑表笔接正极,红表笔接负极)测量电阻时,表针倒数格数  $n' = 20.5$  格,故  $V_F = 0.03V/\text{格} \times 20.5 \text{ 格} = 0.615V$ 。由此判定被测管为硅二极管。

型号	额定整流电流 $I_F$ (A)	最高反向工作电压 $V_{RM}$ (V)
AR25A	25	50
AR25B	25	100
AR25D	25	200
AR25F	25	300
AR25G	25	400
AR25J	25	600

检测一只 AR25G 型片状整流二极管,将 500 型万用表拨于  $R \times 1$  档,按正向接法测得  $n' = 25.5$  格。不难求出  $V_F = 0.765V$ 。

## 2. 片状晶体管

片状晶体管因其体积微小,故有人称之为芝麻三极管。片状晶体管的种类很多,例如 NPN 型、PNP 型、普通型、超高频型、高反压型等。图 41-5 是常见的矩形片状普通型 NPN 晶体管的外形(俯视图)及符号,三个电极 B、E、C 位于壳体两侧。还有一种片状晶体管的三个电极位于同侧。片状晶体管可广泛用于厚膜集成电路、电子模块、超微型收录机和收发报机。

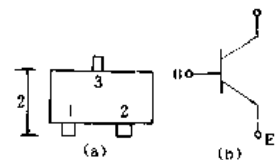


图 41-5

检测片状晶体管的内容主要包括:判定 B、E、C 电极,区分 NPN 与 PNP 管,测量  $h_{FE}$ 。下面举一个实例简述对片状晶体管的测量方法。

检测一只矩形片状晶体管,其外形与图 41-5(a)相同,该管子的壳体上无任何标记,为叙述方便,现给三个电极分别加上序号①、②、③。

### ①判定基极 B

选择 500 型万用表  $R \times 1k$  档,依次测量各电极之间的正、反向电阻。最后发现,当黑表笔接①脚,红表分别接②、③脚时,两次测的都是正向电阻,一次为  $5.2k\Omega$ ,另一次为  $4.6k\Omega$ 。由此判定①脚为基极,并且被测管为 NPN 型。

### ②识别硅管与锗管

为提高识别的可靠性,选择  $R \times 100$  档,该档提供的电流比较合适。当黑表笔接①脚,红表笔接②脚时,表针指在  $700\Omega$  处,对应于  $n' = 20.5$  格。①—②脚的正向结电压为  $0.03V/\text{格}$

$\times 20.5$  格  $= 0.615V$ 。由此证明这只被测片状晶体管为硅管。

### ③识别 E、C 极兼测量 $h_{FE}$ 值

识别 E、C 电极的最好方法,是比较管子按不同方式接线时放大能力有无显著变化。若第一次  $h_{FE}$  较大,另一次  $h_{FE}$  很小或为零,说明第一次接线正确。根据电源极性,很容易确定 E、C 极位置。

为简便起见,可直接用数字万用表的  $h_{FE}$  插口测管子的放大系数。将被测管插在 DT-830 型数字万用表的  $h_{FE}$  插口上,并选 NPN 档,将已确定的 B 极插入 B 孔,另两个电极分别插在 E、C 孔中,试验表明,当②脚插 E 孔,③脚插 C 孔时,  $h_{FE} = 224$ 。如果交换②、③脚位置,  $h_{FE}$  就变为零。由此判定,②脚为 E 极,③脚为 C 极,并且被测管子的放大能力较强。

注意事项:矩形片状晶体管的电极引线很短,需外接导线才能插入  $h_{FE}$  插口。亦可以从  $h_{FE}$  插口的 E、B、C 孔各转插出一条导线,分别与管子电极相接触。

### 三、片状元器件的使用注意事项

焊接片状元器件一般需采用计算机控制的自动贴片机和波峰焊机。首先利用贴片机把元件粘贴在印制板相对应焊盘之间,待胶固化后,再利用波峰焊机自动完成焊接工艺。

在业余条件下可使用 20~30W 电烙铁,焊接前,先给焊盘吃好锡,再用尖嘴镊子夹住元器件摆放在焊盘之间,最后用电烙铁焊好。焊接时应注意以下几点:

①不能让焊锡流到元器件电极之间的绝缘层上。

②每个焊点的焊接时间宜控制在 3~5s 以内。

③为便于固定,可先在元器件壳体绝缘层上涂一点粘胶剂(如强力胶、502 胶),粘贴在印制板的两个焊盘之间,等胶固化后再焊接。

④对于常用的圆柱形片状元件,可以自制一个叉指形专用电烙铁头,这样一次即可焊好两个电极。

## 第四十二章 耳机的测试与维修

耳机是一种把电能转换为声能的电声换能器件。它和扬声器的不同点是：扬声器向自由空间辐射声能，而耳机的作用是把声能辐射到人耳的小小空间里。

常用耳机主要有单声道耳机和双声道立体声耳机两种。其阻抗有  $8\Omega$ 、 $16\Omega$ 、 $32\Omega$ （低阻抗）和  $800\Omega$ 、 $20000\Omega$ （高阻抗）等。常用的耳机一般是低阻抗的。

### 一、耳机的分类和结构特点

#### 1. 耳机的类型

耳机的种类很多，常见的分类方法如下：

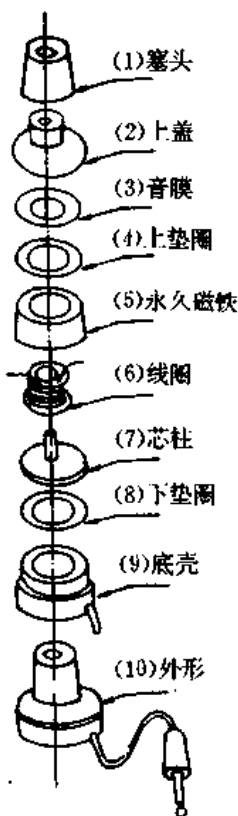
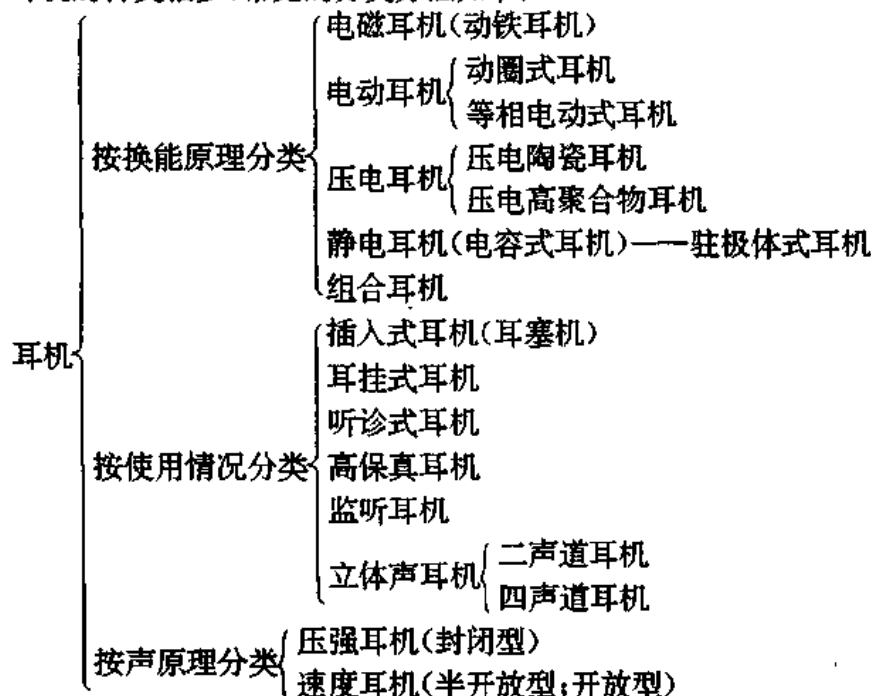


图 42-1

#### 2. 耳机的结构与特点

**单声道耳机：**单声道耳机由音膜、永久磁铁、线圈等组成，其结构和外形如图 42-1 所示。单声道耳机结构简单，价格低廉。

**双声道耳机：**双声道立体声耳机品种繁多，按其换能原理分类，可分为电动式（动圈式）和电容式（静电式）两大类。电动式立体声耳机利用在磁场中的线圈通过电流，然后使振膜发声，其工作原理与电动式扬声器类似。电动式耳机灵敏度高，可承受较大功率，音质稳定，得到广泛应用；电容式立体声耳机分为外加直流电压的电容式和驻极体电容式两类。它是将振膜作为可动电极，当振膜上加上电信号时，由于信号的极性变化，在相对电极之间产生吸引或排斥，从而得到声压，电容式耳机频带宽，音质好，但结构复杂。

## 二、耳机的特性参数

### 1. 耳机特性参数的定义

①灵敏度:向耳机输入 1mW 电功率时,在仿真耳中所产生的声压级,以分贝(dB)表示  
( $0dB = 2 \times 10^{-5} P_s / \sqrt{10^{-9} W}$ )。

②频率响应。向耳机输入恒定电压时,在仿真耳中所产生的声压级随频率的变化。

③阻抗:耳机在与仿真耳耦合时,在耳机输入端测得的阻抗模值。

④额定功率:在耳机谐波失真不超过一定值时,耳机能够允许输入的最大电功率。

### 2. 常用耳机的技术性能

(1)典型高保真立体声耳机电声性能表(见表 42-1)

表 42-1

性能	指标	性能	指标
频率范围	16Hz~25kHz	互调失真	≤0.6%
二分类频率	4kHz	耳朵接触压力	3N(300g)
额定升压级	94dB SPL/MW	重量	380g
最大功率	200mW	驱动放大器输出内阻	4~600Ω
灵敏度	16ub/V	形式	两通道立体声放音
谐波失真	≤0.2%	每通道阻抗	400Ω

2. 各类不同牌号、型号耳机的性能规格表(见表 42-2)

表 42-2

脚号	脚号	频率范围 (Hz)	灵敏度 db/mW (1kHz)	阻抗 (Ω)	最大输入功率 (mW)	额定功率 (mW)	谐波失真 (%)	重量 (g)	备注
	EEL-1	20~20000	≥94	20×2			2(100mW)	≤340	等电动立体声
	EDL-903	20~20000	≥108	8×2, 200×2 40×2	200		1(100mW)	≤300	立体声
	EDG-1	20~20000	≥108	8, 20, 200			1(1mW) 1kHz	≤13	耳挂式, 宽带
			≥102	1k, 1.5k					
	EDSL-1	20~20000	≥95	32×2				≤3	
	EDL-1	20~20000	≥108	20×2	100		≤1(1mW)	≤45	
	EDL-1A	20~20000	≥108	20×2	100		≤1(1mW)	≤45	
耳球	EDL-1B	20~20000	≥108	20×2	100		≤1(1mW)	≤45	轻便微型立体声: 插孔直径 φ3.5, φ6.35
	EDL-1C	20~20000	≥108	8×2 20×2	100		≤1(1mW)	≤45	
	EDL-1D	20~20000	≥108	20×2 32×2	100		≤1(1mW)	≤30	
	EDL-1E	20~20000	≥102	20×2 32×2	100		≤1(1mW)	≤43 ≤53	
	E-510	300~4000	≥105	150, 300				≤25	会议用
				600, 1500					
	E-509	300~4000	≥105	150, 300 600, 1500				≤40	听诊式

续表

脚号	脚号	频率范围 (Hz)	灵敏度 db/mW (1kHz)	阻抗 (Ω)	最大输入功率 (mW)	额定功率 (mW)	谐波失真 (%)	重量 (g)	备注
鸿雁	E7-50	30~16000	≥112	25×2		3	1(1kHz)		监听用
	EDL-1	20~18000	≥112	25×2			1	500	立体声
	EDL-2	50~10000	≥102	4~20				500	立体声
	E5	300~4000	≥105	150,300 600,10000			7	250	单耳机
	E5-2	300~4000	≥105	2×150,2×300 2×600,2×10000			7	250	语言用
	E5A-2	300~4000	≥110	2×150,2×300 2×600,2×10000			7	250	语言用
飞乐	EL-1	40~14000	≥105	25		0.1		0.45	立体声
	EL-2	20~20000	≥90	32		0.1		0.08	立体声
	EL-3	20~20000	≥93						
	EL-4	20~20000	≥94						
	EL-5	20~20000	≥100						
南京	EDL-1	40~20000	≥94	2×32		2×20		42	外形同星球牌 EDL-1型

### 三、耳机的测试、修复、代换与自制

#### 1. 耳机的检测与修复方法

##### (1) 无声

用万用表电阻档,检测耳机是否断线,即用一表笔夹住耳机插头的一端,另一表笔与大头针相接,用大头针插入耳机铜线内,判断通断情况,如图 42-2 所示,查出断线处。然后将断线处剪平,焊好,并用绝缘胶带包好。

有许多耳机插头是一次性插头,为全封闭的,不能拆卸,损坏后需更换,即用剪刀将插头根部引线处剪断,如图 42-3 所示。然后将引线头剥去绝缘层,使线头处露出数毫米的内芯,内芯导线有四根,如图 42-4 所示,其中两根是金属屏蔽线。两根是金属导线,将两根金属屏蔽线绞在一起,便成了三根引线。用一个  $\Phi 3.5\text{mm}$  的立体声插头,按图 42-4 所示装配,将插头套旋下,三根引线穿过插头套,剪两节小套管,约 5mm 长,分别套在两根金属导线上,将三根引线焊在插头的三个引片上。焊好后,将两节小套管套在插头引片上,使三根引线相互绝缘,然后将插头外壳旋紧。并用万用表检测一下是否装配良好,有无短路。

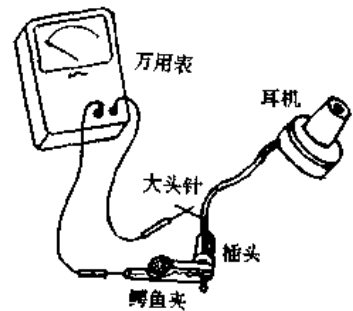


图 42-2  
不可卸插头

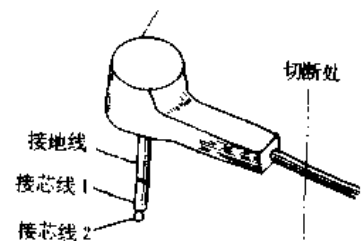


图 42-3

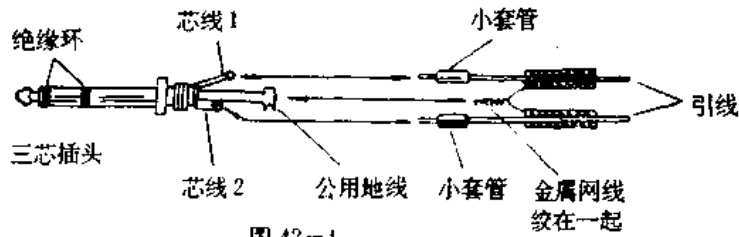


图 42-4

耳机插头的两个(立体声耳机有三个)引片靠的很近,易碰线,这时若用万用表  $R \times 1\Omega$  档测量,阻值为零,耳机无“咯咯”声。可将插头外壳拧松,将引片短路处拨开,若引线无套管或套管破损,应在引线内加上套管,或更换新套管。

耳机内部断线多发生在立体声耳机的一个声道。打开耳机外壳,若断头在表面可设法焊好,若断头在内部,该耳机只好报废。

### (2) 声弱

耳机声音微弱大都是振膜变形和生锈所致。另外磁铁芯柱与振膜的间距约 0.05mm,若间距发生变化,也会使声音微弱。

单声道耳机内的永久磁体体积很小,磁力也较弱,若失磁,会造成声音变弱。可通过调整清洗振膜或更换永久磁铁等解决故障。

### 2. 耳机的代换方法

立体声耳机损坏,可用两只普通单声道  $8\Omega$  耳塞机代换。即把两只  $8\Omega$  单声道耳机插头剪掉,这样两只单声道耳机有四根引线,用烙铁把引线头部的塑料绝缘烙掉 5mm 左右,并搪上锡,将两只耳机的各一根引线相互焊在一起。用一只 3.5mm 的立体声耳机插头,将这三根引线(因四根引线有两根互焊在一起),分别焊在立体声耳机的三个引片上。

### 3. 耳机的自制方法

#### (1) 立体声耳机自制

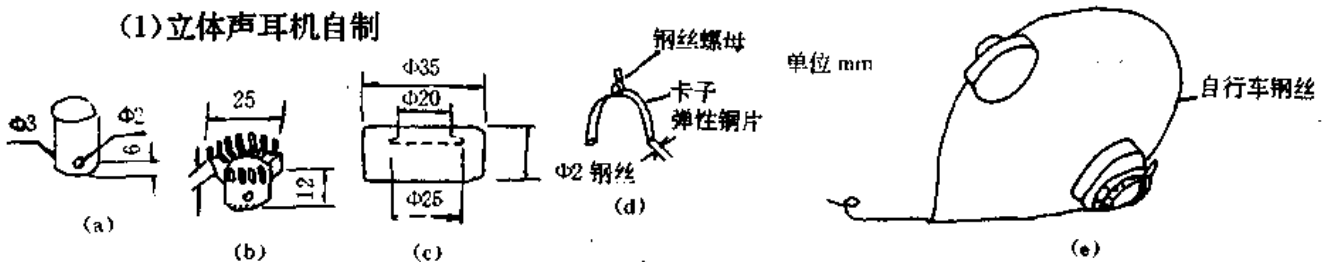


图 42-5

取两个日光灯启辉器外壳做耳机外壳,在两个启辉器铝壳上钻两个相对称的孔和一个引线孔,如图 42-5(a)所示,然后将铝壳剪开并弯成图 42-5(b)的形状,找一块 0.5mm 厚的塑料片,制成直径为 15mm 的圆片,圆心处钻一个  $\Phi 9$ mm 的孔。用两只  $8\Omega$  单声道耳机,并将头部截去 5mm 左右,将截去头部的耳机装入启辉器铝壳,盖上塑料圆片,将剪开的铝壳边弯下压住塑料片。为防止耳机在铝壳内晃动,可充填一些泡沫塑料碎片。取泡沫塑料两块,剪成如图 42-5(c)的形状套在制成的耳机上。用自行车辐条钢丝截去钢丝弯头,并加工成螺纹,并将自行车辐条弯成“n”形状。用 0.5mm 厚弹性铜片制成如图 42-5(d)所示卡子,可将耳机固定在卡子上。在卡子上焊上自行车钢丝螺母及两小段  $\Phi 2$ mm 铜丝。按图 42-5(e)装配妥当,接好线,焊上立体声耳机插头即可。



## (2) 压电陶瓷片耳机的自制

用压电陶瓷片做耳机,可代换普通  $8\Omega$  单声道耳机。即取一个直径约  $40\text{mm}$ ,厚约  $15\text{mm}$  的塑料小盒,薄橡胶一块(自行车内胎也可),双面敷铜板一块,HTD27A-1 型压电陶瓷片一片。制作时,将双面敷铜板制成一个直径和塑料盒内径一样大小的圆片,中间挖一直径为约  $25\text{mm}$  的圆孔,并修磨整齐。将压电陶瓷片扣置在敷铜板上,四周焊牢。焊缝需平滑,压电陶瓷片的另一面边缘,用  $\Phi 0.1\text{mm}$  的漆包线与敷铜板的另一面焊接,使敷铜板两面构成两个电极,用以焊接引线。装配时,将橡胶片剪成圆环,内径为  $\Phi 28\text{mm}$  正好放在塑料盒内。塑料盒底部钻几个出声小孔,塑料盒侧面钻引线孔,另做一个钢丝涨圈用以卡紧内部配件,以免松动。压电陶瓷耳机的装配如图 42-6 所示。

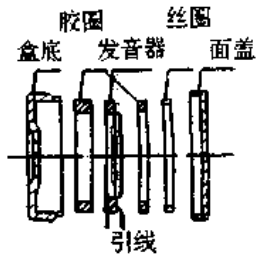


图 42-6

## 第四十三章 液晶显示器的测试与使用

液晶显示器是一种新型的显示器件,它属于被动显示型。由于液晶具有液体流动的特性,因此在透明的液晶单元上通入直流或低频电压,便会使它变得浑浊。利用这种浑浊现象就可以做成液晶显示器。

液晶显示器具有工作电压低、功耗小、对比度高、视觉宽、寿命长以及响应速度快、低温性能好和厚度极薄等主要优点。

不断开发出的各种液晶显示器新品种,在各种仪器、仪表、全电子表、袖珍计算器、液晶平面电视和大型液晶字码显示等方面获得了极其广泛的应用。

### 一、液晶显示器的原理与特点

#### 1. 液晶显示器工作原理

液晶显示器可分为动态散射型、向列型以及点阵型等类型。

**动态散射型液晶显示器:**液晶是介于固态和液态之间的晶状物质,它兼有液体的流动性与晶体的光学特性。动态散射型液晶显示器由透明导电膜、液晶、金属电极板所组成。未加电压时液晶的分子按一定的方向排列,形成透明的液晶层。当笔段电极加上电压时,液晶在电场作用下,其液晶分子的排列顺序紊乱,液晶层变浑浊,使入射光线发生散射现象,于是便可观察到黑色的字形。动态散射型液晶显示器的结构简单,成本较低,但所需驱动电压为 15~40V,难以同集成电路匹配。

**向列型液晶显示器:**向列型液晶显示器由前偏光板、玻璃板、液晶、背电极板、后偏光板和漫反射玻璃板所组成。液晶材料被封装在玻璃板与背电极板之间,前后偏光板的作用是只允许与该板平行的偏振光通过。字形被加工在前玻璃板上,并在字形上涂敷了一层透明导电膜,无字处则不涂。入射光可以是太阳光之类的自然光,自然光有许多振动面,但偏转板只让与该板平行的偏振光透过,而与该板垂直的光线则射到漫反射玻璃板上,这样就发生漫反射,从而呈现出黑色的字形。液晶表面还可加滤光片,加黄色滤光片后,就在黄色背景上呈现黑色字形。向列型液晶显示器的结构虽然较复杂,但其驱动电压低,仅 1.5~6V,很容易用 CMOS 集成电路驱动,因此这种液晶显示器被广泛应用于袖珍型数字仪器仪表和电子表等中。

**液晶点阵显示器:**这是近年来迅速发展起来的一种新型显示器件,它是以微型液晶为像素,按照行与列的形式排列组合而成的。液晶点阵显示器具有分辨率高、显示内容清晰、功耗低、体积小、重量轻等优点,不仅适用于液晶显示的计算机,还能构成高清晰度的彩色液晶电视机,以及电脑打字机显示屏等智能显示屏。液晶点阵分字符点阵和图形点阵等类型。在字符点阵中,又分专用型与通用型两种。目前我国已生产有 240×8、420×16、240×32、240×64 等规格的产品,还可生产文字、图形等液晶大屏幕显示器,从而为推广液晶点阵提供了有利条件。

液晶显示器的驱动方式有静态、动态两种方式。仪器仪表中的专用液晶显示器绝大多数采用静态驱动方式。随着显示位数的增加,静态驱动式出现了引出线和驱动电路明显增多、不利于简化工艺和降低成本等不足之处,因此,在电子计算器、电子表中则普遍采用动态驱动式液晶显示器。动态驱动亦称时分割驱动法,其特点是将每一位的笔段分成三组,分别短接,然后按点一定的时序驱动三组笔段轮流显示,只要频率足够高,人眼就观察不到闪烁现象,而其引线数目约可减少三分之二。液晶点阵显示器需配专用驱动器,国内已开发出了点阵液晶模块,可由计算机中的CPU控制,构成各种智能型显示屏。

## 2. 液晶显示器特点

液晶显示器属于无源显示器件,它本身不发光,只能反射或透射外界光线,因此环境亮度愈高,显示便愈清晰,其亮暗对比度可达100:1。液晶显示器驱动电压低,一般为3~6V、少数在10V以上,驱动电流很小,一般为几个微安,功耗低,一般几至几十微瓦,可用CMOS、TTL等电路直接驱动。液晶显示器需用交流方波驱动。方波电压频率一般取30~100Hz,若用直流电压驱动,就会使液晶材料发生电解,产生气泡,使寿命缩短。

液晶显示器的不足之处如下:工作频率低;工作温度范围窄,温度过高会使液晶发生液化,甚至气化,而温度过低则会发生固化,从而降低其寿命;使用寿命较短,易老化,在强烈阳光下容易早期失效;在环境亮度太低的情况下无法观察,因此新产品已用场致发光器件EL作背景光源。

## 二、液晶显示器的特性参数

### 1. 常用液晶显示器的主要技术参数

液晶显示器的主要技术参数包括:工作电压、工作频率、电流、上升及余辉时间、对比度、视角、驱动方式、寿命等。各项参数对应的要求如表43-1所示:

表43-1

项 目 \ 参 数 \ 用 途	手 表	仪 器、仪 表、钟	手 表、钟	计 算 器	单 位
工作电压	3.0	5.0	3.0	30	V
工作频率	32	60	32	200	Hz
电 流	1.5	3	1.5	3	μA
上升时间(25℃)	30~150	30~150	100~150	100~150	ms
余辉时间(25℃)	50~150	50~150	100~150	100~150	ms
对比度	4:1或6:1 或15:1	20:1	4:1 或6:1或15:1	4:1或6:1或 15:1	
视 角	±40°	±75°	±40°	±40°	
工作温度	-5~+60	-30~+85	0~+40	0~+40	℃
贮存温度	-10~+70	-30~+85	-20~+70	-25~+60	℃
驱动方式	静态		动态		
寿命	50,000		50,000		hrs

## 2. 常用国产液晶显示器的性能规格

①TM、YX、CTN、N型液晶显示器性能规格表(见表43-2)

表43-2

产品型号	用途	显示位数	外形尺寸		字高 (mm)	字宽 (mm)	显示尺寸 (mm)	驱动方式
			长(mm)	宽(mm)				
TMC8-001	计算器	8	40	14.4	5	2.4	35×7.65	
TMC8-002	计算器	8	52	15	6	3	43×9	
TMC8-003	计算器	8	53	17.4	6	2.7	44×9	
TMW3 $\frac{1}{2}$ -001	钟表	$3\frac{1}{2}$	10.8	7.3	3	1.7	9×4.9	
TMW3 $\frac{1}{2}$ -002	钟表	$3\frac{1}{2}$	15	9	4.06	2.03	12.83×5	
TMW3 $\frac{1}{2}$ -101	钟表	$3\frac{1}{2}$	19.3	10.25	5	3	16.9×7.05	
TMW3 $\frac{1}{2}$ -201	钟表	$3\frac{1}{2}$	20.52	13.21	5.6	3.1	17.5×8.8	
8YX001	计算器	8	52	17.3	6	3		动态
8YX002	计算器	8	53	20.8	5	2.8		动态
8YX003	计算器	8	53	20.8	6	3		动态
$3\frac{1}{2}$ YX051	电子钟	$3\frac{1}{2}$	39	18	6	3.5		静态
$3\frac{1}{2}$ YX052	电子钟	$3\frac{1}{2}$	52	22	10	5.5		静态
8YX119	计数器	8	78	23	11	4.8		动态
5YX120	仪器仪表	5	46	12	5	3.4		静态
CTN-4G2	计数器	4	35	21	7		28×10	静态
CTN-6G2	计数器	6	55	25	8		49×10	静态
CTN-12M	模拟器	12	70	10	4		45×7	静态
CTN-2G4	秒表	4	35	21	7.5		28×10	静态
DCTN-8G <sub>2</sub> D	计数器	8	52	17	6		46×10	静态
CTN-6G4	计数器	5	69	30.5	12		57×13	静态
8N81	计算器	8	53	17.4	6	2.7	45×10	动态
10N82	计算器	10	49	19.4	5	2.2	42×8.5	动态
$3\frac{1}{2}$ N52	电子手表	$3\frac{1}{2}$	20.5	13.2	5.5	3	18×8.89	静态
$3\frac{1}{2}$ N53	电子手表	$3\frac{1}{2}$	14.9	9	4.06	2	11.9×5.4	静态
$3\frac{1}{2}$ N57	电子手表	$3\frac{1}{2}$	10.8	7.3	3	1.7	9.0×4.9	动态
$3\frac{1}{2}$ N58	电子手表	$3\frac{1}{2}$	15	9	4.06	2.03	12.83×5	动态

②YJ型液晶显示器性能规格表(见表43-3)

表 43-3

型号	数字位数	字高 (mm)	外形尺寸 (mm)	显示器厚度 (mm)	引线间距 (mm)	引线宽度 (mm)	引线数目	引线方式	用途
YJ-101	4	8	40×22	3	0.8	0.8	32	双边引线	仪器仪表
YJ-101A	5	8	40×22	3	0.8	0.8	42	双边引线	仪器仪表
YJ-102	3 $\frac{1}{2}$	10	52×27.5	3	0.8	1	35	"	万用电表
YJ-102A	3	12	52×27.5	3	1	1.5	24	"	温度计
YJ-103	5	12	70×30	3.3	1	1.5	40	"	仪器仪表
YJ-103A	6	12	70×30	3.3	1	1.5	48	"	仪器仪表
YJ-104	5	8	46.5×26	3	0.8	1.2	41	"	测速表
YJ-105	4	12	62×30	3.3	1.2	1.8	32	"	仪器仪表
YJ-201	3 $\frac{1}{2}$	5	20.5×11.6	2	0.8	0.8	24	"	手表
YJ-201A	5 $\frac{1}{2}$	4.4	29.5×11.6	2	0.45	0.5	41	"	手表
YJ-202	3 $\frac{1}{2}$	5.3	20.5×13.5	2	0.75	0.75	24	"	手表
YJ-230	6	6	28×15.5	2.6	0.5	0.55	46	"	秒表
YJ-231	6	6	36×22	2.8	0.8	0.7	46	"	秒表
YJ-250	4	10	52×27.5	3	0.8	1.0	36	"	钟、仪表

③YX—型液晶显示器性能规格表(见表 43-4)

表 43-4

型号	用途	显示位数	长度×宽度 (mm)	字高/字宽 (mm)	驱动方式	功能符号	视角		阈值电压 (V)	饱和电压 (V)	国外同类产品型号	备注
							前面	左~右				
YXY3501	仪器仪表	3 $\frac{1}{2}$	52×22	10/6	静态	"BATT", "OVc", "—"	40	30	1.5	2.2		接插件
YXY3502	仪器仪表	3 $\frac{1}{2}$	50.8×30.5	12/6	静态	"<—", "—"	40	30	1.5	2.2	LD-B715	正反版、备接插件
YXY4001	仪器仪表	4	50.8×30.4	12/6	静态		40	30	1.5	2.2	LD-B716	反版、备接插件
YXY4002	仪器仪表	4	50.8×22.86	9/4.5	静态		40	30	1.5	2.2	LD-B723	
YXY4003	仪器仪表	4	35×25	8/4.5	静态	"△"	40	30	1.5	2.2		
YXY4004	仪器仪表	4	50.8×30.5	10/5	静态	"LD-BAT", "—", "()"	40	30	1.5	2.2	FE0207-1	
YXY4006	仪器仪表	4	40×25	10/5.5	静态		40	30	1.5	2.1		
YXY5001	仪器仪表	5	50.8×22.86	9/4.5	静态	"E"	40	30	1.5	2.2		
YXY5002	仪器仪表	5	33×13.8	5.1/2.7	静态	"In", "mm", "—"	40	30	1.5	2.2		
YXY6002	仪器仪表	6	69.8×30.5	12/6	静态		40	30	1.5	2.2		接插件

型号	用途	显示位数	长度×宽度 (mm)	字高×字宽 (mm)	驱动方式	功能符号	视角/度		阈值电压 (V)	饱和电压 (V)	国外同类产品型号	备注
							左	右				
YXB3501	男式电子表	3 $\frac{1}{2}$	20.5×13.2	4.7/3	$\frac{1}{2}$ 动态	“M”、“E”	40	30	1.5	2.2		
YXB3502	男式电子表	3 $\frac{1}{2}$	20.5×13.2	4.6/2.7	静态		40	30	1.5	2.2	WAD-3502	
YXB3503	男式电子表	3 $\frac{1}{2}$	20.5×13.2	5.6/3	$\frac{1}{2}$ 动态		40	40	1.5	2.1	LCM-454R	
YXB3504	女式电子表	3 $\frac{1}{2}$	11.7×7.3	4.2/2.2	静态		40	30	1.5	2.2		
YXB3505	女式电子表	3 $\frac{1}{2}$	15×9	4.1/1.8	静态		40	30	1.5	2.2		
YXZH3501	电子钟	3 $\frac{1}{2}$	55×22	10/6	静态	“. . . . .” “AM”、“PM”	40	30	1.5	2.2		
YXZH4001	电子钟	4	55×22	10/6	静态		40	30	1.5	2.2	LCD-4001	正改版、 备接插件
YXJ11001	计算器	11	61×22	5.5/2.7	$\frac{1}{3}$ 动态		40	40	1.5	2.1	CAD1101	
YXJ8001	计算器	8	40×17.85	4.5/2.45	$\frac{1}{3}$ 动态	“M”、“E”	40	40	1.5	2.1	HZ656A	
YXJ8002	计算器	8	53×17.5	5/2.7	$\frac{1}{3}$ 动态	“M”、“E” “-”、“E”	40	40	1.5	2.1	LF-8100SZ	
YXJ8003	计算器	8	52×17.3	6/3	$\frac{1}{3}$ 动态	“M”、“E”	40	40	1.5	2.1	LD-B626	
YXJ8005	计算器	8	45.7×15.8	4.5/2.2	$\frac{1}{3}$ 动态	“AM”、“PM” “-”、“EM”	40	40	1.5	2.1	LF-805PSE	
YXJ8006	计算器	8	40×18	4.3/2	$\frac{1}{3}$ 动态	“. . . . .” “AM”、“PM” “SuM” “Sat”	40	40	1.5	2.1	LD-8390	
YXJ8007	计算器	8	40×18	4.3/2	$\frac{1}{3}$ 动态		40	40	1.5	2.1		

### 三、液晶显示器的测试方法

#### 1. 用数字万用表测试

利用一块数字万用表能迅速检测液晶显示器的好坏,具体方法是:先卸开后表盖(如数字万用表DT-830),在7106A/D转换器第②脚(BP端)的插座上插入一根单股细导线Ⅰ,导线另一端接被测液晶的背电极BP。导线Ⅱ的一端插入7106第⑩脚(abk)的插座上,另一端则碰触被测液晶的某个笔划电极。然后打开数字万用表电源,将量程开关任意拨到一个电阻档(例如2kΩ档),因输入插孔空置,故仪表仅在千位数上显示超量程符号“1”,此时从abk端与BP端分别输出50Hz反相的方波电压,就作为被测液晶显示器的驱动电压,使相应笔划段发光。

如果被检查的笔划不显示,说明该笔划已损坏;若发光很暗,则表示显示器已接近失效。把某位(千位除外)全部笔划电极与导线Ⅱ接通,则应显示数字“8”。

#### 2. 利用反相器测试

若没有数字万用表,亦可借助反相器对液晶显示器进行检测。由于液晶显示器必须采用交流方波驱动,故通常是把两个相位相反,占空比均为50%的方波信号,分别加至笔划电极

a~g 与公共电极 BP 端之间,利用二者的电位差来驱动液晶显示器的显示。下面以 LD-B7015A 型液晶显示器为例,来介绍具体测试方法(LD-B7015A 属 3 1/2 位,驱动电压幅度为 3~6V,工作频率为 60Hz)。

测试液晶显示器的电路如图 43-1 所示。利用 CD4069 六反相器中的  $F_1$ 、 $F_2$  构成两级反相阻容振荡器,后面又增加了一级反相器  $F_3$ ,6V 电池作为 CD4069 的电源,取  $R_1=48k\Omega$ 、 $R_2=510k\Omega$ 、 $C_1=0.1\mu F$ ,输出方波频率  $f\approx 60Hz$ 。

将  $F_2$  的输出信号接被测液晶显示器的公共电极 BP 端(第①、②③、④脚)、 $F_3$  的输出接个位笔段电极 a~g(第①⑦~②③脚)。此时个位应显示数字“8”。

用同样方法还可以检查其余各位能否正常显示。若被测液晶显示器不显示,说明器件已损坏;若发光暗淡则说明液晶材料老化;出现笔段残缺现象,则大多是引线断裂,也有属该笔划损坏的。

### 3. 检测动态驱动式及点阵式液晶显示器

上面介绍了两种检测静态驱动式液晶显示器的方法。对于动态驱动式液晶显示器,也完全可用上述方法进行测试,只是接线方法不同而已,具体查其管脚排列就可。由于动态驱动式每一位的笔段分成三组,因此,首先产生两路相位相反的方波信号,其中一路加至  $BP_1\sim BP_3$  端,另一路同时接通三组笔段的驱动端,这时屏幕上则应显示全亮笔段。若显示光线暗淡,则说明液晶老化;若字形不亮,则说明该液晶损坏;若某笔段不亮则表明引线脱落或该笔划段损坏。

对于液晶点阵显示器的测试方法,若属结构简单的,则可仿照检测 LED 点阵显示器的方法,利用万用表来进行判断。具体检查时可按行、列的特点进行。值得注意的是,测试时必须采用交流方波电路进行驱动,而不能用万用表的电阻档来测量液晶显示器。

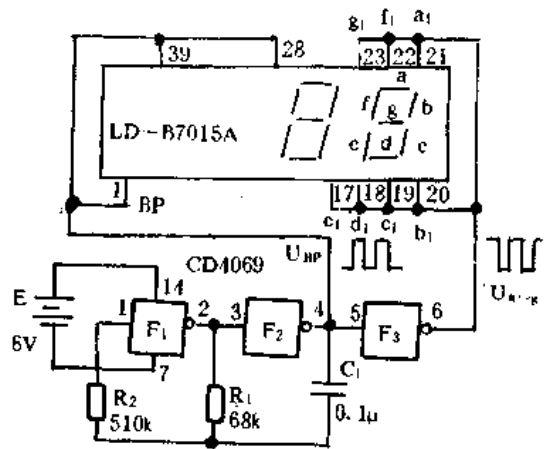


图 43-1

## 第四十四章 电视集成电路的测试 与使用维修

随着集成电路的发展,原来用分立器件组装的电视机中的许多电路已逐步被集成电路所替代。集成电路用在电视机中,始于60年代末期,但发展异常迅速。

由于集成电路制造工艺不断改进,集成电路的集成度不断提高,因而每台电视机所用的集成电路的块数不断减少,每块电路所包括的功能也越来越多。近年来,已出现了一种全频道的单片集成电视机,其集成面积只有 $0.077\text{cm}^2$ ,同时,多画面集成电视机也在发展完善中。

集成电路电视机与分立元件电视机相比,具有如下优点:①集成电路大量采用恒流源、差分放大器、模拟乘法器等电路,大大改善了各通道电路的性能,使整机质量得到显著提高。②采用集成电路后,外接元件减少,整机焊点数目也大大减少,从而提高了电视机的可靠性。③集成化后,使整机的装配、调试和维修大为简化,从而提高了效率,降低了成本。

电视机用集成电路分类有二种方法:一种分为黑白电视机用集成电路和彩色电视机用集成电路;另一种分类方法是按电路功能分类,比如可分为:伴音系统集成电路;图像系统集成电路;彩色信号解码系统集成电路;扫描系统集成电路;电子选台电路及其他集成电路等。

电视机用集成电路型号命名法:①国产统一的型号命名法,电视机用集成电路,其型号由字母和阿拉伯数字二部分组成。字母用“CD”;其后续数字部分是这样规定的:凡是与国外同类产品可以互换使用的,则该型号后面的数字与国外同类产品的数字相同,如无国外产品可对应,其后面数字由工厂自行规定。②国内各生产厂的厂标型号命名法,也是由字母和数字二部分组成。不同生产厂规定了自己的字母部分,后面数字部分是如上所述,凡与国外某型号可互换的产品,则采用国外产品的数字序号,国外无同类产品的由工厂自行规定。

### 一、电视集成电路的分类与作用

80年代以后生产的彩色电视机尽管电路和结构各式各样,但基本上都采用了集成电路的方式。要说明集成电路在彩色电视机中的作用,首先简要的介绍一下近年来彩色电视机的总体方框图,并说明各局部单元电路的功能和相互之间的关系及信号流程。图44-1是PAL制集成电路彩色电视机整机电原理方框图。

集成电路彩色电视机的图像和伴音中放、视频检波、鉴频、彩色信号解码、行场振荡等功能,均由二至五块集成电路来承担。有的机器的音频输出、视频通道、同步分离、选台和稳压电源部分也已集成化。

#### 1. 调谐器和选台电路

集成电路彩色电视机的调谐器多采用VHF/UHF合在一起的一体化小型电子调谐器,并与频道预选器相连,实现频道预选。目前,电子高频调谐器内部电路结构,除了个别机型的振荡与混频电路采用集成电路外(例如CX099集成电路),还没有被集成电路所代替。预选



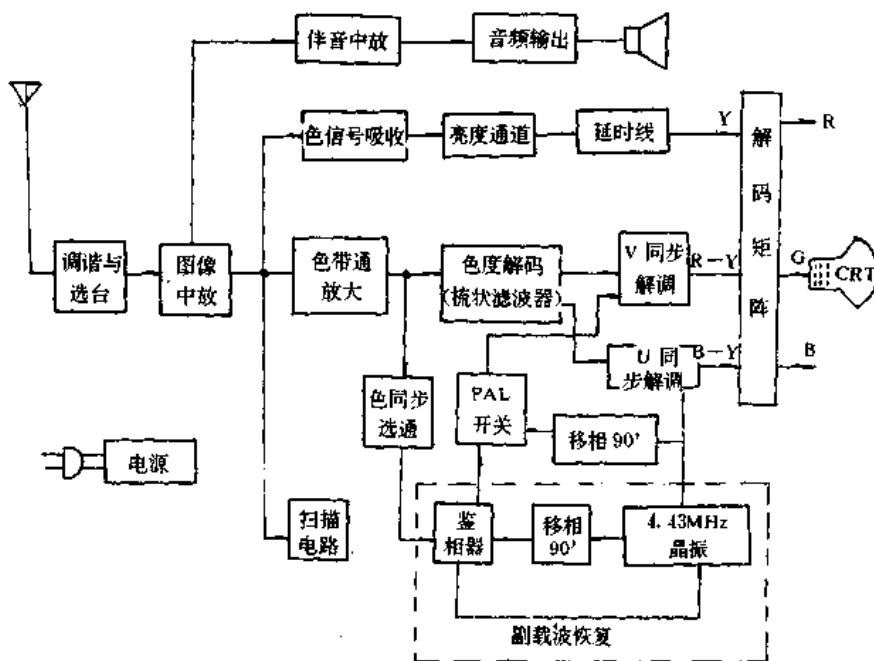


图 14-1

器通常有 8~12 档,通过轻触开关,选择所需频道,使用非常方便。除轻触的开关外,有些机型还采用了专用集成电路感应式触摸开关。

## 2. 图像中放电路

集成电路彩色电视机的图像中放大都由声表面波滤波器和集成电路组成,电路简单,调试方便。

集成电路彩色电视机图像中放都采用电路复杂而质量良好的同步检波器。它是把图像中频信号中的图像载波信号,通过选频限幅放大,取出后再和图像中频信号相乘,从而获得全电视信号和伴音中频信号。这种检波方式比传统的分立元件彩色电视机采用的二极管检波器检波灵敏度高,小信号线性好,差拍干扰小,因而能获得优良的图像质量。除此之外,集成电路的图像中放还采用了差分放大器,逐级延迟式自动增益控制(AGC)电路,黑、白噪声自动抑制电路等,来提高图像的质量。有些机型的中放电路 D7607 还设有录像专用开关电路,用于放送录像时自动切断中频通道。

## 3. 伴音中放和音频输出电路

集成电路彩色电视机的伴音限幅放大和鉴频均集成在一块芯片上。伴音中放采用差分放大器,增益和限幅灵敏度较高。调幅抑制比好。鉴频器多采用差分峰值鉴频电路,较一般比例鉴频和相位鉴频器调试简单(仅一个中频线圈),S 曲线特性好,输出音频信号失真小。对于音量控制大多数集成电路彩色电视机都采用直流电压来控制音量,这比分立元件彩色电视机采用的交流音量控制方式减少干扰。目前,在音频输出电路上式样较多,有的采用直接由集成电路输出;也有的采用一般推挽输出电路;还有的采用一种分路推挽电路。这种电路的输出管,不象一般推挽电路那样要求 NPN 和 PNP 配对,而只要同极性的 NPN 管即可,电路简单、增益高、电源能采用较高的电压。

## 4. 解码和视频电路

集成电路彩色电视机的解码电路,通常用一至二块集成电路来完成色同步选通,色信号放大,自动色度控制(ACC),压控振荡,锁相,识别,消色,色信号同步检波,矩阵等功能。如果再加上梳状滤波器,副载波振荡晶体等外围元件,就能完成色信号解码的全部功能。目前集成电路彩色电视机的视频通道多采用分立元件,但有些机型的解码和视频通道则分别用两块或三块集成电路,外围元件较少。

#### 5. 扫描电路

集成电路彩色电视机的行场扫描前级(包括行振荡、AFC、行预推动、场振荡放大等)集成在一块电路内,集成电路中的行振荡采用二倍行频工作,然后再进行分频取出行频。采用此法的目的在于减少行场之间的干扰。

#### 6. 电源电路

目前集成电路彩色电视机的稳压电源,几乎均采用开关式稳压源。即把交流电先整流变成直流电,然后通过电源输出管来实现开关功能,将直流电通过不断地关断和导通转变成矩形脉冲,最后再经整流重新变成直流电。开关导通和关断的时间长短,决定输出电压的高低。这样把输出电压经取样,比较后,再来控制开关的导通和关断时间,就能达到稳压之目的。

开关稳压源比分立元件彩色电视机所用的串联稳压源的功耗小得多,而且体积小,重量轻。但需注意,因开关稳压源虽省去了变压器,但是由于底板带电,故检测时要加隔离变压器,否则不安全。另外为减小开关脉冲对电视信号的干扰,开关电源的工作频率要和行频同步,并由行脉冲控制。开关稳压电源有串联型和并联型两种方式。

集成电路彩色电视机采用开关式稳压电源,大大提高了电视机电源的适用范围,当交流电网电压在160~260V大范围波动时均能正常工作。

集成电路彩色电视机中的电源部分由于电压高、电流大、电路形式多变,所以使用集成电路较少。目前除个别机型把开关调整管集成在同一块的单片开关电源集成电路(如IX0308CEZZ)外,一般只是把误差放大,脉宽调整、误差输出,电压和电流过载保护电路等小信号集成一起,如AN5900等。

#### 7. 各单元集成电路功能

图像中频处理电路:它是将高频调谐器送来的中频信号,经放大,输出大于 $1V_{rms}$ 的视频信号送往彩色解码电路;并利用图像和伴音中频差出第二伴音中频信号,送往伴音电路,图像中频电路的AFT电路,输出频率微调电压,送往高频调谐器完成自动频率控制。故称自动增益控制、自动频率调谐等。

伴音集成电路:图像通道中视频检波器得到的6.5MHz伴音第二中频信号经限幅放大、鉴频、电子音量控制、电压放大再现出声音。

色信号解码集成电路:彩色信号解码处理集成电路是将全电视信号的色度信号还原成三基色。为此,该集成电路必须具备以下的功能:色度信号预处理,色度信号同步解调,色同步信号处理,亮度信号处理,R、G、B矩阵及视放输出级等。

行场扫描集成电路:行、场扫描电路是在行偏转和场偏转线圈中产生与全电视机信号中行、场同步脉冲相同步的锯齿波电流,以控制电子束作行、场扫描,典型的行、场扫描集成电路的功能有噪声抑制、同步分离、AFC鉴相、行振荡、行激励、X射线保护、场振荡、锯齿波形成、场激励等。

**电源集成电路:**电源集成电路是用于驱动开关电源的一种电路,完整的功能包括驱动和稳压、过电压过电流保护、慢速启动、电压保护、反馈开路保护等功能。

## 二、电视集成电路的检测方法

对电视集成电路的检查方法一般有四种:一是故障分析法,主要运用目检法、触摸法和人体感应法;二是在线检查判断法,即集成电路仍连接在印刷电路板上的判断方法。在线判断法是检修集成电路彩色电视机最实用的方法,它包括电压测量法,在线直流电阻普查法和在线直流电阻测量对比法;三是不在线判断法,即集成电路未焊入印刷电路板的判断方法,一般是用直流电阻法测量各引出脚对应于接地脚之间的正反向电阻,并和完好的集成电路进行比较,当然在有条件时利用集成电路测试仪,对集成电路的主要参数进行定量测试,那就更准确了;四是替换法,即把可疑的集成电路插到正常的电视机同型号集成电路的位置上,来确定其好坏,这种方法是个很干净利索的方法,减少了很多检查的麻烦。

### 1. 故障检查分析法

(1)目检法:就是通过人的眼睛发现并排除故障的一种方法,根据机器故障现象和检修人员掌握的有关电路的基本知识,来初步确定故障在机内的电路范围。尽管电视机有各式各样,其电路结构大体分为五部分:即公共通道(高频调谐器、中放)、色信号处理电路、亮度通道、伴音电路和扫描电路。电源是五部分电路的公共电路,虽未分列但更是检查的重点。因此,集成电路电视机的故障也分为五大类:无图像无伴音、无光栅这类故障与公共通道的集成电路有关;无彩色、彩色失真或缺色这类故障与色信号处理集成电路有关;无图像、图像模糊不清这类故障与视频集成电路有关;无声、声音小、声音失真这类故障与伴音通道集成电路有关;行、场不同步、光栅畸变、屏幕出现回归线等故障与扫描通道集成电路有关。当然,按以上将集成电路彩色电视机故障这样截然分开来处理的做法,并不完全正确,当一种故障被判为属于以上几大类的一类时,除检查该通道集成电路或其分立元件外,还应注意其它通道集成电路对它的影响,特别是电源的影响。

经过故障范围的大体分类以后,还需进一步仔细观察机内各部位,特别是观察已估计故障所在部位的集成电路,检查有无变色、变形、断线、碰线、冒烟或焦糊、液体渗漏、接插松动、元器件断腿等。一般检查元件种类的次序是:先检查晶体管,再检查大容量电容、集成电路、电感、电阻。检查部位的顺序是:先查高压、大电流、高温区,后查低电压、小电流、低温区。检查连线部位的顺序是:先查电源线、地线,后查信号线。

检查集成电路是否失效时一定要仔细观察各引出脚焊点,有无虚焊。虚焊是电子设备中的一大隐患,尤其是对焊点密集的集成电路更是如此,往往表现为刚开始工作时正常,而工作时间一长就出现一些难以判定的软故障。

(2)触摸法,用人的手触摸集成电路,从中发现所触及的集成电路是否过热,或应该热却不发热等现象。如功放大功率集成电路人手触及异常地发烫或冷冰冰,那就说明该部分出了毛病,集成电路发烫说明,集成电路内部或外部元件可能有短路现象,有大电流通过。也可能有开路,使电路形成正反馈,产生自激振荡,这样集成电路在静态时电流也大大增加,致使人手触及异常发烫。集成电路彩色电视机,如果加电半小时后,机内集成电路仍然冷冰冰,这可能是集成电路未加上电流,致使它未能进入工作状态。又如场输出大功率功放厚膜集成电路,虽有散热片,但人手触及集成电路外壳或散热片时应感到微热。而其它集成电路加电半

小时后触及,一般都应有点微热才对。

(2)人体感应法:对于小信号通道的集成电路,可以用人体感应法,观察屏幕的反应和喇叭的动静。具体方法是,用金属改锥敲击有关集成电路的输入或输出引出脚,看屏幕上有无干扰点,扬声器有无“咯咯”声。采用这种方法检查集成电路时,可用左手触及检查部位的公共地端,右手拿一金属改锥,逐级敲击,看机器声、像有无反应,如没有,故障就在这一级,这是通过人体感应的信号,注入集成电路,看输出有无反应来缩小故障范围的一种快速检查的方法。

## 2. 在线检查法

(1)直流电压测量对比分析法:这种方法是判断集成电路好坏常用的方法之一。它是用万用表的直流电压档,测出各引出脚对地的直流电压值,然后与整机电原理图上所标注的电压值相比较,并结合其内部和外围电路来分析,依此来判断集成电路的好坏。

使用直流电压测量对比分析法应注意以下几点:

①使用的万用表的内阻一般要大于  $20\text{k}\Omega/\text{V}$ ,否则会造成测量误差,与整机电原理图上所标的直流电压不符。如果万用表的内阻小,将会使被测的结果低于标称值。另外,还注意不同电压档上所测的电压会有差别,尤其是用大量程档,读数偏差影响更明显。

②在测量集成电路各引出脚的直流工作电压时,如果遇到个别引出脚的电压与原理图上所标电压值不符,一方面要检查测量的条件与方法;另一方面要查对一下所提供的标称电压是否可靠,因为常有一些说明书电原理图上所标的数值与实际电压有较大的差别,有时甚至有错误,所以需要多找一些有关资料查对,不要急于断定集成电路坏了。

③由于集成电路内部元件多采用晶体管,各级之间均采用直接耦合方式,前后级工作点是互相影响的。所以当集成电路内某一元件损坏时,不但会影响相应引出脚上的电压值,而且还会影响与之有关的后面各级。因此,采用此法检查集成电路时,先测集成电路的电源电压,如果电源电压异常,可将集成电路接电源的引出脚断开,如断开后电源电压正常,则说明集成电路有毛病,断开后电源电压仍不正常,应检查电源本身或电源馈给电路的元件。电源电压正常后,方可进一步检查集成电路各引出脚的电压值,然后将所测的值与已知正常值一一进行比较,找出哪些引出脚电压值与正常值有差异,随之再进一步检查相关的外围元件,如外围元件正常,则为集成电路内部损坏。

④要区别所提供的标称电压是属静态工作电压还是动态工作电压。因为集成电路的个别引出脚随注入信号的有无而明显变化。所以此时可把电视机的频道开关置于空频道或有信号频道,再观察电压是否恢复正常。如后者为正常,则说明标称电压属动态电压,而这一动态电压是指某一特定的条件下而言,即测试时接收场强不同或音量不同时,动态电压也不一样。

⑤要注意由于外围电路可变元件引起集成电路引出脚电压的变化。当测出的电压与标称电压不符时,可能因为是与个别引出脚有关的外围电路连有一个阻值可变的电位器,如音量电位器、色饱和度电位器、对比度电位器等,这些电位器所处的位置不同,引出脚电压会有明显的不同。所以,当出现某一引出脚电压不符时,要考虑与该脚相关电位器的位置变化。此时可旋动电位器观察该引出脚电压能否在标称值附近。如果发现引出脚的电压不该变化的反而变化较大,应该随信号大小和外围元件不同位置而变化的反而不变化。在外围元件处于

良好状态的情况下,那就可以判断为集成电路本身损坏。

### (2)在线直流电流测量判断法

当集成电路电流超过了该集成电路参数中给定的典型电流直流值和极限电流值时,就会导致集成电路损坏。因此,可以通过检测集成电路有关引出脚的电流值,来判断集成电路是否正常。测量集成电路的电流可采用间接法和直接法两种:直接测量时,把集成电路有关引出脚断开,将万用表串入该引出脚与印刷电路板之间直接测量。间接测量法就是测量某引出脚外接降压电阻上电压值,然后根据欧姆定律,求得其电流值。此法不用切断有关线路,有利于保护印刷线路板。

### (3)在线直流电阻普测法

在发现集成电路引出脚电压异常后,通过检测集成电路的外围元器件的好坏来判断集成电路是否损坏。由于是在断电情况下测量阻值,所以比较安全。在相关的外围电路中,以快速的方法对外围元器件进行一次测量,以确定是否存在明显的故障。检测时,用万用表  $R \times 10$  档先分别测量二极管和三极管的正反向电阻值,尤其PN结的正向电阻增大或短路极易发现。其次可对电感是否开路进行普测。正常时电感两端在线直流电阻从零点几欧到几十欧,如测出两端电阻较大,那么即可断定电感开路。然后根据外围电路元件参数不同,采用不同的欧姆档测量电容器和电阻器,检查有否明显的短路和开路故障,从而排除由于外围元件引起个别引出脚的电压变化。

### 3. 非在线电阻测量法

集成电路非在线电阻测量是指集成电路未与外围电路连接时,所测得的各引出脚对应于地脚的正反向电阻值。具体测量方法是:首先应把被查集成电路的接地脚与印刷电路板脱离,再对应于某一怀疑引出脚进行测量对比。最后,查有关资料数据,将实测值与标称值进行比较分析,这样来判断该集成电路是否良好。

### 4. 替换法

在已弄清集成电路周围电路没有故障,并已初步确定原集成电路有问题的情况下,尽量采用完好的同型号新集成电路,在不改变原机电路的情况下,直接代换,以确定被怀疑集成电路是否失效。如果没有足够的把握时,可采用试探性的替换。此时最好先装一专用集成电路插座,或用细导线临时连接,这样好坏对比方便。另外,通电前在电源  $V_{cc}$  回路里串接一直流电流表,使降压电阻的阻值由大到小,来观察集成电路的总电流变化是否正常,以判断集成电路是否失效。

## 三、电视集成电路的修复与代换

### 1. 电视集成电路的修复利用法

电视集成电路损坏,不可能进行内部的修复,但集成电路往往只是内部部分电路损坏,只要掌握该集成电路工作原理,引脚功能及电特性参数,通过外围电路的修改、增删等方法可使集成电路得到利用。

(1)外电路改动修复:通过改动外围电路的接线,使故障得到排除。应根据电原理图,分析该集成电路在整机电路中是如何工作的,相关外部元器件的作用,从而确定是否能改动外围电路来修复,还应注意,信号能否取出并接至外部电路的输入端,经过外围电路处理后的信号,是否能送到集成电路的下一级进行处理。

(2)外接元件修复:集成电路某些功能损坏后,可在集成电路外部加接一些分立元器件,再通过其引脚与内部的电路连接起来,使集成电路得到修复。

(3)组合修复:组合修复是将两块同型号的集成电路(损坏部位不同)组合在一起,实现综合利用,或用较普通的集成电路,代替损坏集成电路的部分电路。使用这种方法时,必须充分了解集成电路(厚膜电路)的内部结构和工作原理。

(4)电击修复:从检测、解剖、分析中发现,相当数量的集成电路是由于内部个别元件击穿造成的。其主要原因有:由于工作电压过高,工作电流过大,使集成电路过热,绝缘电阻下降。这样就造成集成电路内部局部或全部短路,而其内部短路击穿多发生在某个别元件上。采用电击修理,即索性将损坏元件从集成电路中排除,然后通过外部电路加以弥补。但对没断明故障准确位置的集成电路,不宜作这种处理,以免将故障扩大化。

具体方法是:找一只耐压在 16V 以上,容量为 200~1000 $\mu$ F 的电解电容器,用 10~16V 的直流稳压电源对其充电 30~60s。电容器漏电越小越好。接线如图 44-2 所示,然后将充好电的电解电容器、碰触集成电路内部短路的相关引脚(图 44-2 中虚线所示)。对晶体管的 PN 结,用电容器的正极碰 P 端,用负极碰 N 端。电容器与集成电路之间不得加用开关等附件。由于 PN 结的正向电阻很小,而电解电容器放电电流很大,因此很快将短路点击开。如果一次没击开,可连续数次。然后,增加相应的外围电路,以弥补这一部分集成电路。

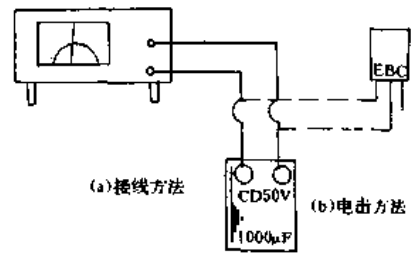


图 44-2

(5)降压修复:集成电路由于参数及电气特性发生变化,或内部某电路耐压不够,往往会出现“软击穿”故障,特别是供电电压较高的集成电路。这时,用万用表测量集成电路的开路电阻或在路电阻,均正常。当电压升高到一定值时,才出现故障,在这种情况下,可适当降低供电电压,即可排除故障。

## 2. 电视厚膜电路的修复利用法

厚膜电路是将温度稳定性高、功率损耗大的部分电路集成组装在氧化铝基板上。厚膜电路具有热传导性能好,散热快,不易燃烧等特点。

在开关电源电路中,取样基准电压和电源输出采用厚膜电路,当温度变化时,直流输出电压波动很小。场扫描 OTL 输出电路采用厚膜电路,可降低温升,有利于改善温度变化对场幅、场线性的影响。视放末端采用厚膜电路,使 R、G、B 三路视放处在同一温度下,从而能始终保持白平衡。厚膜电路的修复方法,可参照集成电路的修复方法,但也有其特殊性。

(1)厚膜电路往往只是个别元件损坏。譬如,电源厚膜电路 IX0308、IX0689、STR450、STR451 等,大多是内部大功率管损坏,可设法除掉,而在外部加上一个大功率管。这类厚膜电路修复率在 80% 以上,这样用几元钱可修复价值在数十元的厚膜电路。若厚膜电路损坏严重,可采用分立元件组装电路板进行代换。

(2)裸露式厚膜电路由于灰尘、氧化、汽化等原因,常出现漏电现象。可用小刷子将其清扫干净,然后用无水酒精清洗,并将氧化物剔除干净。例如:显像管尾部的视频输出板上的厚膜电路,如 HM8546、HM8533 等,不密封,极易氧化,从而造成白平衡失调,屏幕光栅一会儿红,一会儿蓝。可用医用针筒将少许清洗剂或无水酒精注入这类厚膜电路电位器内,然后快速反复旋转,将氧化层清除掉,最好再喷入一点清洁润滑剂,使其接触良好。

(3)厚膜电路易产生过热,使引脚与电路板的接触电阻变大或脱焊。遇到这类故障,可用小改锥轻轻摇动厚膜电路(在开机情况下进行,不要触碰到其它元件),可及时地发现故障,再用烙铁将厚膜电路引脚逐一焊一遍。

(4)裸露式厚膜电路,还可逐个测量元件的优劣(大都采用电阻检测法),如发现阻值有较大差异时,可将其脱焊后进行测量,从而确定故障所在。

(5)要分清是由于外围电路还有由于厚膜电路本身损坏而引起故障。

### 3. 集成电路的直接代换方法

集成电路的直接代换是不改动外围元件和集成电路各引脚,将代换的集成电路直接焊入印刷电路板中。这种方法简便、省事、可靠性大。可直接代换集成电路的主要产品有:

同类产品:例如,解码集成电路 TA7193P 与 IX0109CE,扫描振荡集成电路 LA7830 与  $\mu$ PC1378、 $\mu$ PC1498 等,这类集成电路只是在字母、数字上不一致。日本集成电路 TA7607,我国仿制时改为 D7607,其它国家仿制时改为 TDA7670、CA7670 等。

组装产品:有些电视机生产厂家向集成电路生产厂家购进还未封装的芯片,以及封装好而未打印的产品,在其外壳上打上自己编排的型号,如 CA3064、ITT3064、 $\mu$ A3064、HA11235 与 IX0065CE 等。

改进型产品:有些改进型集成电路为了不改变整机的印刷电路板,引脚设计得与前期产品完全一致,只是型号后缀做了相应的改进,例如:LA1365 和 LA1363,前者比后者在集成电路内部 $\textcircled{5}$ 脚增加了一只稳压二极管,其它功能特性、引脚均一样。

集成电路的直接代换主要有型号字母不同、数字相同的直接代换;型号字母相同、而数字不同的代换;型号字母、数字都不相同的直接代换。下面介绍这几种直接代换的具体方法。

(1)型号字母不同、数字相同的直接代换:集成电路的型号头几个字母(前缀)表示该生产厂家或公司及其电路的类别。例如 HA 的第一位 H 表示日本日立公司集成电路,第二位 A 表示线性集成电路; $\mu$ PC 的第一、二位表示日本 NEC 公司,C 表示线性集成电路。

一般来说字母后面数字相同,就有直接代换的可能,但也不能一概而论。首先应针对电路图或有关资料,核实一下两块集成电路的引脚功能或查阅代换表。

(2)型号字母相同,数字不同的直接代换:由于同一家厂家的产品在不断发展提高,为了改变整机的印刷电路板,集成电路引脚就设计得与前者一样。例如,HA1124 与 HA1128,虽然数字不同,但可以直接代换,在实际运用中,可查看集成电路直接代换表,或从电路图及有关资料证实各引脚功能,找出能直接代换的集成电路。

(3)型号字母和数字都不同的直接代换:这种类型可代换的型号较多,因为各生产厂互相仿制,然后加工成自己命名的产品,因此出现了大量同类或相同类型的各种型号产品。在实际代换中,可查看集成电路直接代换表,或从电路图及有关资料证实各引脚功能,找出能直接代换的集成电路。

此外,有些集成电路尽管其引脚、功能、主要电特性等相同,但也不一定能直接代换。例如,图像中放集成电路,在以上所述各项相同时,还要区分输出不同极性的 AGC 电压。集成电路 TA7607 与 TA7611、TA7680 与 TA7681,TA7075 与 TA7074,LA1353 与 LA1352, $\mu$ PC596C 与 MC1353P 等,前者为反向高放 AGC,后者为正向高放 AGC。还有引脚、封装相同,但输出不同视频极性的集成电路,也不能直接代换。如 AN5130 与 AN5132 等。

## 第四十五章 各类电池的测试与使用

电池是一种将化学能转换成电能的电源。它包括一次性电池及可充电电池两大类。细分为普通干电池、钮扣式电池、积层式电池、空气电池、镍镉电池及铅蓄电池等等。

电池的命名规则一般是按外形而定,R 代表圆形,F 代表扁形,S 代表方形;在字母前面加系列代号;字母后加数字表示电池的大小,数字越大,电池也越大。

电池是日常生活中的必需品,也是各行各业广泛使用的一种能源。下面将对各类电池的技术性能,测试方法及使用注意事项逐一加以介绍。

### 一、各类电池的特性与测试方法

#### (一)普通干电池

普通干电池是应用最为广泛的电池品种,一般有圆形和方形两种,按尺寸大小分有不同的规格型号。

#### 1. 普通干电池特性参数表(见表 45-1)

表 45-1

型号	名称	标称电压 (V)	外形尺寸 (mm)	放电时间 (min)	放电电阻 ( $\Omega$ )	放电方式	接头形状	保存期 (年)	用途
R20	大号干电池	1.5	$\Phi 33.5 \times 61.5$	800	5	间放	金属帽与底	1	收录机、剃须刀、电动玩具等
R20S	一号锌锰干电池	1.5	$\Phi 34.2 \times 61.5$	600	3.9	间放			照明、收音机、录音机等
R20C	一号高容量干电池	1.5	$\Phi 34.2 \times 61.5$	750	3.9	间放			照明、收音机、录音机等
R14	二号干电池	1.5	$\Phi 26 \times 50.5$	260	5	间放	金属帽与底	1	收音机、仪表、照明、玩具等
R14S	二号锌锰干电池	1.5	$\Phi 26.2 \times 50$	200	3.9	间放			照明、收录机、玩具等
R6	五号干电池	1.5	$\Phi 14.5 \times 50.5$	130	5	间放	金属帽与底	1	收录音机、剃须刀、闪光灯、计算器、仪表、照明、玩具等
R6S	五号锌锰干电池	1.5	$\Phi 14.5 \times 50$	55	3.9	间歇			照明、收录机、照相机、玩具等
R40	一甲干电池	1.5	$\Phi 67 \times 172$	180 小时	10	连续	螺丝	1 年	电池、照明、一般实验等



续表

型号	名称	标称电压 (V)	外形尺寸 (mm)	放电时间 (min)	放电电阻 ( $\Omega$ )	放电方式	接头形状	保存期 (年)	用途
S4	三号干电池	1.5	57×57×138	300小时	10	连续	螺丝	1年	无线电灯丝加热、电话、照明、实验等
30R20	一号乙电池	45	205×75×175	190小时	2.5k	连续	螺丝	1年	仪表、无线电屏极电源、一般实验等
R1	锌镉干电池	1.5	$\Phi 11.5 \times 31$	120	15	间歇			助听器等
R03	锌锰干电池	1.5	$\Phi 10 \times 44.5$	130	15	间歇			照相机等
3R12	纸壳干电池	4.5	62×22×67	360	15	间歇			
D81	甲乙组合电池	1.5/90	137×107×178	75小时	3.9/4.5k	连续	入孔插座	18个月	通信机与收音机等
59-1	镁铜储备电池	2.6/50	57×20×46	100	12/10k			1.5年	探空仪用电源
59-5(B)	镁铜储备电池	6.5	57×45×46	100	21			1.5年	测风用
S3	小方甲	1.5	40×40×100	167小时	10	连续	铜长	6个月	
R10	四号干电池	1.5	$\Phi 21 \times 37$	164分	5	间歇	金属帽与底	9个月	
6F22	铁壳干电池	9	26.5×17.5×4.9	38小时	5.4	间歇		9个月	

## 2. 普通干电池的测试方法

测量干电池负载电压  $U$  的测试电路图如图 45-1 所示。

测试图中,  $E$  为被测干电池,  $R_L$  是负载电阻。万用表测量时需拨至与干电池标称电压相对应的直流电压档。

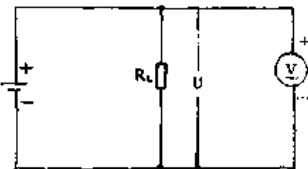


图 45-1

负载电阻  $R_L$  的电阻值选择方法有两种。一种是查其性能参数表, 将其放电电阻作为负载电阻, 如 R20 大号干电池的负载电阻可选择  $5\Omega$ 。另一种方法是用万用表的电阻档(即欧姆档)中心电阻值  $R_0$  作为负载电阻  $R_L$ 。

### (二) 钮扣式电池

这是一种较新型的干电池, 做成钮扣状, 体积很小, 适合用于电子计算器、电子手表、助听器、照相机, 以及各种仪器仪表等, 目前应用极为广泛。钮扣式电池按其制造材料的不同, 又可分为氧化银、锌汞、碱锰、锂锰等不同品种。

#### 1. 钮扣式电池特性参数表(见表 45-2)

表 45-2

型号	名称	标称电压 (V)	负荷电阻 (k $\Omega$ )	放电时间 (小时)	放电方式	终止电压 (V)	最大尺寸 (mm)	用途
SR44	钮扣式氧化银电池	1.55	7.5	630	连续	1.2	$\Phi 11.6 \times 5.4$	计算器、电子表、照相机、助听器等

续表

型号	名称	标称电压 (V)	负荷电阻 (kΩ)	放电时间 (小时)	放电方式	终止电压 (V)	最大尺寸 (mm)	用途
SR43	钮扣式氧化银电池	1.55	7.5	465	连续	1.2	Φ11.6×4.2	计算器、电子表等
SR54	钮扣式氧化银电池	1.55	15	580	连续	1.2	Φ7.9×3.6	电子手表等
SR41S	钮扣式氧化银电池	1.55	22	450	连续	1.2	Φ7.9×3.6	电子表等
LR44	钮扣式碱锰电池	1.5	7.5	390	连续	1.2	Φ11.6×5.4	计算器、打火机、照相机等
LR43	钮扣式碱锰电池	1.5	7.5	290	连续	1.2	Φ11.6×4.2	计算器、电子表等
LR54	钮扣式碱锰电池	1.5	15	330	连续	1.2	Φ11.6×3.05	计算器、电子表、助听器
LR41	钮扣式碱锰电池	1.5	22	270	连续	1.2	Φ7.9×3.6	电子表等
MR9	钮扣式锌汞电池	1.35	0.13	24	连续	0.9	Φ16×6.2	助听器、心电图机等
MR44	钮扣式锌汞电池	1.35	3.9	450	连续	0.9	Φ11.6×5.4	曝光表、自动相机等
CR2032	钮扣式锂锰电池	3	15	620	连续	2.5	Φ20×3.2	计算器、电子表、照相机等
CR2025	钮扣式锂锰电池	3	15	440	连续	2.5	Φ20×2.5	心脏起搏、照相机、曝光器等

## 2. 钮扣式电池的测试方法

### (1) 负载电压测量法

测量钮扣式电池的负载电压  $U$  的测试电路如图 45-2 所示。  $R_L$  负载电阻值可查表选取。如测 SR44 时,  $R_L$  选 750kΩ, 其负载电流约 2μA, 与电子表的工作电流比较接近。

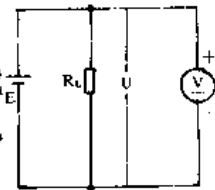


图 45-2

### (2) 充电测试法

用万用表欧姆档可直接给氧化银钮扣式电池充电, 如 MF30 型万用表  $R \times 10$  档的满度电流为 6mA, 其充电电路如图 45-3 所示。刚充电时, 由于  $E_1 > E$ , 并且  $E$  的内阻极低, 使表针读数近于 0Ω。当充好电时,  $E = E_1$ , 二者呈等电位, 电阻读数变成 ∞, 表示充电结束。钮扣式氧化银一般可充二至四次。

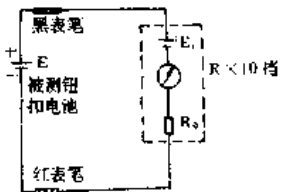


图 45-3

给钮扣式氧化银电池进行恒流充电时, 充电电流不要超过 10mA, 如选 3~10mA 较适宜, 充电时间宜控制在 3~5 小时范围内, 若无恒流充电器, 也可用一节 1.5V 干电池代替, 但必须加限流电阻。

### (三) 积层式电池

#### 1. 积层式电池特性参数表(见表 45-3)

表 45-3

型号	名称	标称电压 (V)	外形尺寸 (mm)	放电时间 (小时)	放电电阻 (Ω)	放电方式	接头形状	保存期 (年)	用途
6F22	积层式乙电池	9	26×17.5×50	25	900	间歇	标准掀扣	9	仪表、晶体管收音机等

续表

型号	名称	标称电压 (V)	外形尺寸 (mm)	放电时间 (小时)	放电电阻 ( $\Omega$ )	放电方式	接头形状	保存期 (年)	用途
15F20	积层式乙电池	22.5	26×17×50	80	22.5k	间歇	金属性	6	仪表等
10F20	积层式乙电池	15	26×17×38	80	15k	间歇	金属性	6	仪表等
4F22	积层式乙电池	6	26×17.5×40	25	600	间歇	标准撒扣	9	仪表、晶体管收音机等
45F40	积层式乙电池	67.5	69×34×95	18	7.5k	连续	标准撒扣	9	理化实验测量仪器等用
30F40	积层式乙电池	45	65×25×90	18	5k	连续	软接线	9	实验测量仪等
4F45-2	积层式乙电池	6	32×32×60	50	300	间歇	标准撒扣	9	晶体管收音机等
60F40	积层式乙电池	90	58×58×90	18	10k	间歇	软接线	9	无线电屏极高压电源、理化实验等
54F40	积层式乙电池	80	70×25×155	18	9k	间歇	软接线	9	无线电屏极高压电源、理化实验等
50F30	积层式电池	75	80×35×33	90	7.5k	连续	胶质线	6	
120F15	积层式电池	180	70×30×60	84	180k	连续	按扣式	6	
288F10	积层式电池	400	86×34×61	21	400k	连续	按扣式	3	
60F100	积层式电池	90	205×70×130	141	4.5k	连续	胶质线	12	
30F100	积层式电池	45	104×64×164	240	2.5k	连续	胶质线	12	
2F95-10	积层式电池	3	87×40×110	45	3.8V 灯泡	连续	胶质线	12	
4F100-12	积层式电池	6	142×57×192	450	60	连续	胶质线	12	
4F100-4	积层式电池	6	60×50×142	120	50	间歇	胶质线	12	广播等用
6F100-3	积层式电池	9	60×50×157	100	75	连续	胶质线	12	广播等用
8F100-12	积层式电池	12	162×112×190	380	120	连续	胶质线	12	广播等用
9F40	积层式电池	13	42×35×22	25	1.3k	连续	胶质线	9	
15F40	积层式电池	22.5	22×33×85	40	2.25k	连续	胶质线	9	

## 2. 积层式电池的测试方法

测量积层式电池的负载电压,可用万用表的直流电压档测试,其测试电路图如图 45-4 所示。

选择负载电阻  $R_L$  的方法如下:①将参数表中的放电电阻作为负载电阻,如 6F22 9V 积层式电池可选  $R_L=900\Omega$ 。②根据实际工作电流来选取,如 500 型万用表 R×10k 档使用 9V 积层电池,该档欧姆中心值  $R_0=100k\Omega$ ,满度电流为  $90\mu A$ ,可选  $R_L=R_0=100k\Omega$ 。究竟用哪种方法,应视具体情况而定。

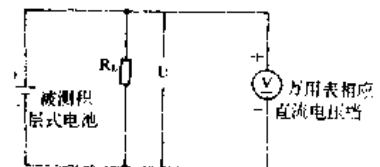


图 45-4

直流电压档依电池电压而定,对 9V 以下积层式电池宜选 10 V 档,对 12~22.5V 电池则宜选直流 25 V 或 50 V 档。

#### (四)空气式电池

##### 1. 空气式电池特性参数表(见表 45-4)

表 45-4

型号	名称	标称电压 (V)	外形尺寸 (mm)	放电时间 (小时)	放电电阻 ( $\Omega$ )	放电方式	接头形状	保存期 (年)	用途
AR40	一号空气甲电池	1.35	$\phi 66 \times 168$	450	10	连续	螺钉	1	电话、仪表、无线电灯丝加热等
2BR40	灯标空气电池	2.7	$137 \times 70 \times 204$	450	20	连续	软接线	1	航标闪光灯及其它间歇闪光照明等
2AR40-2	灯标空气电池	4.05	$206 \times 140 \times 206$	800	30	连续	软接线	1	航标闪光灯及其它间歇闪光照明等
4AR40	灯标空气电池	5.4	$138 \times 138 \times 204$	450	40	连续	软接线	1	闪光灯等
6QR4	空气组合电池	8.4							航标灯、通信等
2QR40-2	空气组合电池	2.8							通信等
3QR40-2	空气组合电池	4.2							航标灯、通信等
4QR40-2	空气组合电池	5.6							通信、航标等
6AR40	灯标空气电池	8.1	$206 \times 140 \times 206$	450	60	连续	软接线	1	航标闪光灯及其它间歇闪光照明等

##### 2. 空气式电池的测试方法

对空气式电池的测量,也是测量其负载电压值  $U$ ,其测试电路如图 45-5 所示。万用表直流电压档置于与被测空气电池标称电压相对应的档位,负载电阻  $R_L$  则可选择性能表中的放电电阻值。

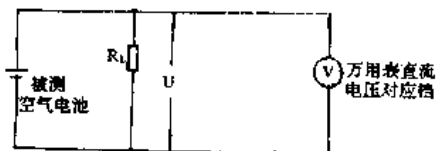


图 45-5

#### (五)镍镉蓄电池

镍镉圆柱密封碱性蓄电池应用于众多的领域,是经济性高的小形充电式碱性蓄电池,可以反复进行数百次的充放电,放电电压稳定,大电流放电特性良好。因安装有复原性安全阀,故不仅安全,而且有高度可靠性。

镍镉电池的型号命名法如表 45-5 所示:

表 45-5

XX	G	N	Y	X
组合数量	负极材料镉代号	正极材料镍代号	圆柱形密封代号	额定容量 $A \cdot h$ (安培小时)

如:30GNY3 是 30 只组合 3A·h 镍镉蓄电池。其中“30”表示串联电池的只数;“GN”代

表材料为镍镉；“Y”表示电池形状为圆柱形；“3”代表额定容量数(A·h)。

1. 镍镉电池特性参数表(见表 45-6)

表 45-6

型号	名称	标称电压 (V)	容量 (A·h)	充电电流 (A)	充电时间 (小时)	放电电流 (A)	最大尺寸 (mm)	充放寿命 (次)	保存期 (年)
GNY0.5	镍镉蓄电池	1.25	0.5	0.1	6~7	0.1	Φ14.5×50	500	3
GNY0.8	镍镉蓄电池	1.25	0.8	0.16	6~7	0.16	Φ20.5×50	500	3
GNY1	镍镉蓄电池	1.25	1	0.2	6~7	0.2	Φ34×31	500	3
GNY1.5	镍镉蓄电池	1.25	1.5	0.3	6~7	0.3	Φ26×50	500	3
GNY3	镍镉蓄电池	1.25	3	0.6	6~7	0.6	Φ34×61.5	500	3
GNY5	镍镉蓄电池	1.25	5	1	6~7	1	Φ34×91	500	3
GNY10	镍镉蓄电池	1.25	10	2	6~7	2	Φ43.5×9	500	3
2GNY0.5	镍镉蓄电池组	10	0.5	0.1	6~7	0.1	113.5×14.5×51.5	500	3
10GNY0.5	镍镉蓄电池组	12.5	0.5	0.1	6~7	0.1	57.5×39.3×51.5	500	3
4GNY0.8	镍镉蓄电池组	5	0.8	0.16	6~7	0.16	125×43×36	500	3
12GNY0.8	镍镉蓄电池组	15	0.8	0.16	6~7	0.16	135×49×63	500	3
10GNY3	镍镉蓄电池组	12.5	3	0.6	6~7	0.6	180×73×70	500	3
12GNY3	镍镉蓄电池组	15	3	0.6	6~7	0.6	210×73×72	500	3
20GNY3	镍镉蓄电池组	25	3	0.6	6~7	0.6	240×98×70	500	3
10GNY5	镍镉蓄电池组	12.5	5	1	6~7	1	254×62×100	500	3
20GNY3A	镍镉蓄电池组	12.5	6	1.2	6~7	1.2	240×98×70	500	3
12GNY5	镍镉蓄电池组	15	5	1	6~7	1	210×73×100	500	3
20GNY5	镍镉蓄电池组	25	5	1	6~7	1	240×98×100	500	3
20GNY5A	镍镉蓄电池组	12.5	10	2	6~7	2	240×98×100	500	

注：以上镍镉蓄电池主要应用于电子计算器、收录音机、助听器、照明、电动工具、剃须刀、感应灯、闪光灯、电子仪器、仪表、变电开关的解扣以及照相机、配电柜等

2. 镍镉蓄电池充电测试法

镍镉蓄电池在出厂时呈充电或半充电状态，若出厂期很短，使用前也可不充电。但放置日久，会自行放电，如在 20℃ 环境里放置 3 个月，其容量损失为 80%，在高温或高湿度情况下，自行放电速度会大大加快，必须及时充电。镍镉电池的标准充电法如下：

在环境温度 15~30℃ 条件下，一般可用 0.1C<sub>5A</sub> 倍率的电流充电 14~16 小时，充电

电流的计算公式为： $I_{充} = \frac{\text{额定容量(Ah)}}{10h}$  (A)。例如，对 GNY0.5 型镍镉蓄电池充电时， $I_{充} = 0.5Ah/10h = 0.05A = 50mA$ ；对 GNY4 型充电时， $I_{充} = 0.4A = 400mA$ 。此外还可选 0.15C<sub>5</sub>A、0.2C<sub>5</sub>A、0.3C<sub>5</sub>A 等倍率的电流来充电，其充电时间分别改为 9.5 小时、7 小时、4.5 小时。以这些倍率的电流充电时，上式中的 10h 值需作相应变动。

充电电源宜选用恒流源，可由恒流二极管、三端固定式或可调式集成稳压器来组成恒流源。图 45-6 是一个恒流充电器电路图，它可同时对 1~4 节镍镉电池进行充电。E 代表镍镉电池。

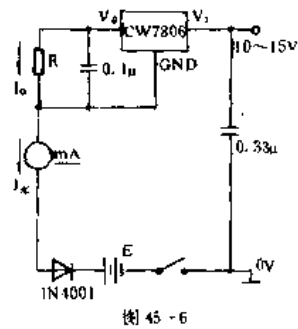


图 45-6

万用表拨至直流电流档监测充电电流。 $V_1$ 、 $V_0$ 、GND 分别为三端集成稳压块的输入端、输出端和地端，其标称输出电压为  $6V \pm 5\%$ ，输入电压可选  $+10 \sim 15V$ 。该电路的特殊之处是 GND 未接公共 0V 地端，并且充电电流由 R 设定。因为  $V_0$  对 GND 的电压为 6V，故通过稳压器负载 R 的电流： $I_0 = \frac{V_0}{R} + I_d = \frac{6}{R} + I_d$ 。其中  $I_d$  是三端集成稳压块的静态工作电流，一般为几毫安，当  $I_0 \gg I_d$  时，可忽略  $I_d$ ，故充电电流  $I_{充} = I_0 = \frac{6}{R}$ 。因此调整 R 阻值的大小即可改变充电电流。

如按 0.1C<sub>5</sub>A 倍率给 GNY4 型镍镉电池充电，规定  $I_{充} = 0.4A$ ，此时  $R = 6/0.4 = 15\Omega$ 。可选  $15\Omega/5W$  线绕电阻器，电流表用 500 mA 档。再如 GNY0.5 的  $I_{充} = 0.05A$ ， $R = 6/0.05 = 120\Omega$ ，可选  $120\Omega/1W$  电阻器，电流表量程可用 50 mA 或 100 mA 档即可。

一般来说，若镍镉电池在充电结束时的输出容量如低于额定值 60%，则表明其寿命终止，不能继续作充放电使用。

#### (六) 铅蓄电池

铅蓄电池也是应用较广泛的一种电源，如汽车、摩托车、通信配电房等。铅蓄电池使用时一般进行浮充充电，即一边使用的同时一边进行充电。常用铅蓄电池的性能参数如表 45-7 所示。

表 45-7

型号	名称	标称电压 (V)	容量 (A·h)	用途
6-QA-40	铅蓄电池	12	40	摩托车、小汽车等
3-MA-12	铅蓄电池	6	12	摩托车、小汽车等
3-MA-4	铅蓄电池	6	4	摩托车、小汽车等
3-Q-75	铅蓄电池	12	75	汽车、拖拉机等
3-Q-195	铅蓄电池	12	195	汽车、拖拉机等
6-Q-60	铅蓄电池	12	60	汽车等
3-MA-2	铅蓄电池	6	2	摩托车、小汽车等
6-Q-195	铅蓄电池	12	195	汽车、拖拉机等

## 二、电池的使用与维护

电池的使用和保管需注意以下事项:

①选用电池时,要注意用电具所规定的电压,不可用错。在可能的条件下,尽量选用较大尺寸的电池。

②在可以充电的条件下,可选用镍镉电池,虽然初次投资较大,但由于可以充电 300 次以上,所以还是比较经济的。

③电池长期不用或用完时,应立即取出为宜;使用时应注意正负极,防止接错。

④电池应放置在干燥、通风、凉爽的地方,防止潮湿、高温、日晒、剧烈震动。不宜长期存放,应在保险期内使用。

⑤电池的容量、使用电流,因使用条件不同,一般不列入标准内,如需这方面的数据,可按下列公式近似算出:平均电压=终止电压 $\times 2$ +标称电压 $\div 3$ ;平均电流= $V \div$ 放电电阻;容量= $A \times$ 放电时间。式中 A 为安培、V 为伏特、h 为小时,A $\cdot$ h 为容量单位:安培小时,平均电流即使用电流。其它各项参数可查对应特性表得知。

⑥录放机、剃须刀、闪光灯等要求功率大的电器用品,以选用 P 型电池为宜,能得到较为满意的效果。

⑦半导体收音机、液晶计算器等耗电小的电器用具,只需选用 S 型(普通型)电池。因在这种情况下,P 型电池难以发挥其优势。

⑧积层式干电池在一般情况下,只可测电压,不可测电流。

⑨新旧电池不要混合使用。使用时严防电池两极短路。严禁与高温物质或酸性物质接触。

⑩长期保存的镍镉蓄电池,使用前需先用 10 小时率电流充电 16 小时,再用 5 小时率电流放电至电池电压为 1.0V,按此方法进行二至三次循环,待放电容量达到额定容量后,再充电使用。

⑪镍镉蓄电池的充电,在常温下需用 10 小时率电流充电 16 小时,但要注意,在充电过程中若电池端电压超过 1.6V 应立即停止充电。

⑫镍镉电池放电终止电压一般应控制在 1.0V。但用小于 20 小时率的电流放电时,终止电压应控制在 1.15V;蓄电时放电到终止电压时,要停止再放电。

⑬废旧电池注意不要乱拆、乱扔。

## 第四十六章 音箱的测试与制作

音箱是一套音响系统的终端设备,它对整体音质起着决定性的作用。近年来,我国的音响发展十分迅猛,高级音响已进入千家万户,音响发烧友对音箱的品质亦越来越重视,一般来说,配置一套 Hi-Fi 系统,其设备和音箱的投资各占一半。

为了满足音响爱好者的需要,下面将对音箱的结构原理、常用音箱的性能参数、音箱的测试与制作方法一一加以介绍。

### 一、音箱的结构原理与特点

音箱的种类繁多,按其用途可大致分为家用、监听、专业等类型。

家用音箱:主要用于家庭欣赏音乐,对这类音箱的音质要求很高,通常称之为高保真音箱,即 Hi-Fi 音箱,这种音箱要求能在全频带范围内重放。

监听音箱:这类音箱主要用于录音师进行录音制作时作监听用,对它的音质要求是最高的。这类音箱的价格也是最昂贵的。

专业用音箱:它们主要用于厅堂、宿舍、会场等各种大型专业活动中,这类产品的特点是功率大、输出声级高、音质逼真。它的大批量生产水平高低,能充分反映制造厂的技术水平的高低。这类音箱也可分全频重放、低频重放、超低频重放三种。

公共场所用音箱:如在会议室、车站、食堂、码头等用的音箱主要用于语言扩声,同时兼顾对音乐的扩音重放。

音箱按结构分有封闭式和倒相式两大类。其中倒相式音箱又有许多变形种类,如迷宫式、喇叭式、声阻式等等。

#### 1. 封闭式音箱

封闭式音箱的结构如图 46-1 所示。它除了扬声器孔外,几乎是一个封闭的箱子,箱子内壁装有许多疏松多孔的纤维状吸音材料,以削弱声波的反射。扬声器发声时,纸盆前面的声音向外辐射,后部的声音则被吸音材料吸收或被阻隔而不传到箱外与纸盆前边的辐射声波发生干涉,从而改善了音箱的低频特性。封闭式音箱体积的计算可用下列公式: $V = 3.5 \times 10^4 \times r^4 / (f^2 M) (1 / (2Q^2) - 1)$ 。式中, $V$  为音箱体体积( $m^3$ ), $r$  为扬声器有效半径( $m$ ), $f$  为扬声器谐振频率( $Hz$ ), $M$  为扬声器振动系统质量( $kg$ ), $Q$  为扬声器的品质因数。

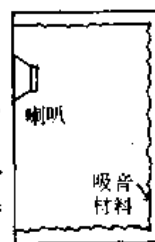


图 46-1

低音扬声器典型参数大约是: $f = 20 \sim 100 Hz$ ,  $Q = 0.5 \sim 1.0$ ,  $M = 0.03 \sim 0.04 kg$ ,  $r = 0.8 \times$  扬声器口径( $m$ )。当计算出音箱体积后,便可根据音箱各边的比例关系深:宽:高 = 1:1.41:1.618。求出音箱的尺寸。也可根据扬声器纸盆的直径来选择音箱的体积。其估算公式为: $V = 125D^2$ 。式中, $V$ —音箱的体积( $cm^3$ ), $D$ —扬声器纸盒的直径( $cm$ )。



常见封闭式音箱尺寸如表 46-1 所示：

表 46-1

橡皮边扬声器口径 (mm)	音箱低频上限频率 (Hz)	高 H (m)	宽 W (m)	深 D (m)
300	30	0.65	0.42	0.37
250	40	0.58	0.37	0.33
200	50	0.53	0.35	0.28
165	60	0.50	0.32	0.27
130	80	0.45	0.30	0.24

### 2. 倒相式音箱

倒相式音箱的结构如图 46-2 所示。它的主要特点是在箱体面板上增加了一个倒相管。如果倒相管的尺寸设计合理,使扬声器纸盆后面发出的声波通过倒相孔在某一频段倒相,并和纸盆前面辐射的声波同相迭加,从而增加了低频的声幅射,提高了音箱的效率。

倒相式音箱低音丰富,有舒展感。在音箱容积相同的条件下,低频重放下限频率比封闭式音箱展宽 60%左右。另外,在同样的低音频极限要求下,倒相式音箱容积为封闭式音箱容积的 60%即可,用小型音箱就能放出丰富低音。

倒相式音箱设计较繁,设计原则是使倒相箱的谐振频率和倒相箱中扬声器的谐振频率相同或接近。为简化倒相式音箱的设计,可采用估算法,公式为: $V=6400D$ 。式中, $V$ —倒相式音箱体积( $\text{cm}^3$ ), $D$ —扬声器纸盒的有效直径( $\text{cm}$ )。倒相孔的面积应与扬声器纸盆的有效面积相等,倒相管的长度一般为 10~16cm。

常见倒相式音箱结构尺寸如表 46-2 所示。

表 46-2

扬声器口径 (mm)	音箱低频下限频率 (Hz)	高 H (m)	宽 W (m)	深 D (m)	倒相孔尺寸 (m)	倒相管长 (m)
300	20~30	0.75	0.48	0.33	0.25×0.18	0.16
250	30~40	0.75	0.45	0.31	0.20×0.10	0.10
200	40~50	0.64	0.41	0.29	0.17×0.10	0.10

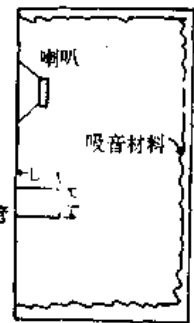


图 46-2

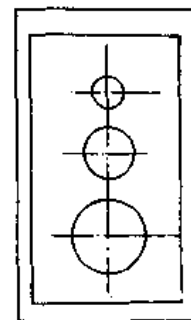


图 46-3

### 3. 组合式音箱

用一个低音扬声器发音,高音往往发不出来,频响范围不宽。因此,组合音响中的高保真音箱一般是由低频、中频、高频扬声器组合而成的组合式音箱。为一款三分频音箱的箱体结构如图 46-3 所示:

部分国产组合式音箱的技术特性如表 46-3 所示:

表 16-3

型 号	额定功率 (W)	最大功率 (W)	工作电压 (V)	阻抗 ( $\Omega$ )	有效频率 范围 (Hz)	灵敏度 (dB/ mW)	分频 点 (Hz)	组合形式				外形尺寸 (mm)			重量 (kg)
								低音单元	数量	高音单元	数量	厚	宽	高	
YZX3-1	3		120		150~10000	$\geq 94$	2000	YD200-1	1	YG80-1	1	240	380	500	5.5
YZX3- 5 5A	3		120 30		100~8000	$\geq 94$	2000	YD200-1	1	YG80-1	1	220	300	400	4.5
YZX5-1	5			8	60~18000	$\geq 86$	3000	YD110-1	1	YG80-2	1	175	210	350	5
YZX9- 2 2A	9	15	120 30		100~14000	$\geq 96$	2000	YD165-4	3	YGH15-1B	1	220	300	720	15
YZX9- 3 3A	9		120 30		120~12000	$\geq 96$	2000	YD165-4	3	YGH15-1B	1	230	320	800	16
YZX10-1	10	20		8	100~10000	$\geq 96$	2000	YD130-1	4	YG-1	2	140	180	820	8.5
YZX10-2	10			8	100~18000	$\geq 88$	2000	YD200-3	1	YDQ25-1	1	310	315	570	10
YZX15-1	15			16	100~12000	$\geq 96$	2000	YD200-1	3	YG80-1A	3	300	370	780	20
YZX15- 3 3A	15	30		8 16	120~12000	$\geq 96$	2000	YD165-4	3	YHG15-1B	1	220	300	720	14
YZX20-1	20	40		8	100~10000	$\geq 95$	1200	YD300-1	1	YHG1200-1	1	285	446	640	15
YZX20-3	20	40		8	40~12000	$\geq 94$	800	YD300-2	1	YHG800-1	1	600	680	960	55
YZX20-4	20	30		8	50~10000	$\geq 92$	800 4000	YD300-3 YD165-3	1 2	YHG1200-1	1	320	420	750	26
YZX20-5	20	40		8	50~15000	$\geq 90$	800 5000	YD300-4 YD130-5	1 1	YDQ25-1	1	300	400	730	23
YZX20- 6 6A	20		120 30		100~12000	$\geq 98$	1200	YD165-4	6	YHG20-1	1	420	420	1200	28
YZX20-7	20		120		100~12000	$\geq 98$	1200	YD165-4	6	YHG20-1	1	340	1300	450	35
YZX20-8	20	40		16	80~15000	$\geq 93$	2000	YD165-7	4	YHG2000-1	1	230	290	920	15
YZX20-9	20	40		16	100~12000	$\geq 96$	2000	YD200-1	4	YHG10-2	1	260	420	1170	30
YZX25-1	25	40		8	100~10000	$\geq 100$	2000	YD200-1	6	YG80-1A	6	250	370	1380	36
YZX25-2	25	50		16	50~10000	$\geq 100$	800	YD400-2	1	YHG1200-1	1	600	760	1060	59
YZX25-3	25	50		16	50~14000	$\geq 96$	1200	YD400-2A	1	YHG20-2A	1	450	600	880	60
YZ10-1A	10	30		8	60~16000	$\geq 84$	1000 5000	YD10-2504	1	YDG3-2 YDZ5-1	1 2	305	360	640	16

续表

型号	额定最大工作			阻抗 ( $\Omega$ )	有效频率 范围 (Hz)	灵敏度 (dB/ mW)	分频 点 (Hz)	组合形式				外形尺寸 (mm)			重量 (kg)
	功率 (W)	功率 (W)	电压 (V)					低音单元	数量	高音单元	数量	厚	宽	高	
YF5-1.1A	5	15		4.8	100~15000	$\geq 85$		YD130-7UL 7AUL	1	YDG40-ZL.2AL YDG25-1.1A	1	110	170	265	2.2
YX3-7A	3	12		8	120~15000	$\geq 90$	4000	YD165-9AUL	1	YDG65-3AL	1	170	230	430	3.1
YZ20-2A	20	60		8	100~15000	$\geq 95$	2000	YD165-4AX	4	YHT5-1	1	230	260	905	21
YZ40-1A	40	120		8	60~14000	$\geq 100$	1800	YDD250-1AP2	1	YHG20-2A	1	337	444	1369	40
YZ20-7B	20	60		16	150~15000	$\geq 93$	1000	YDD380-1BU	1	YHGT10-1B	1	355	460	718	33
YX20-8A	20	60		8	50~20000	$\geq 92$	700 4000	YDD300-4A	1	YDQG50-1A YD2130-1	1 2	290	410	680	28
YZ40-1A	40	120		8	60~14000	$\geq 100$	1800	YDD250-1AP <sub>2</sub>	1	YHG20-2A	1	337	444	1369	40
YX5-1A	5	15		8	60~15000	90 <sup>+3</sup> -1	2000	YD200-7APL	1	YDG60-2AL	1	250	330	565	4
YX5-2A	5	15		8	120~15000	90 <sup>+3</sup> -1	2000	YD165-9AUL	1	YDG65-2A	1				3
YX5- <sup>39</sup> 39A	5			4	100~15000	$\geq 87$		YD130- <sup>4</sup> 8	1	YDG50- <sup>4</sup> 8	1	130	160	300	
YX5- <sup>31</sup> 31A	5			4.8	90~16000	91 $\pm$ 3		YD165- <sup>4</sup> 8	1	YDG50-4.8 YD2130-4	1 1	180	225	455	
YX10-25	10	30		8	60~15000	$\geq 90$		YD250-8	1	YDG80-8 YD2130-4	1 1	300	370	660	
YZ20-7	20			16	50~14000	$\geq 89.6$		YD15-15B	1	YH10-4	1	360	450	690	
YZ20-9	20			8	50~10000	$\geq 95$		YD10-28	1	YH10-5	1	535	660	960	
YZ40-3	40			32	50~10000	$\geq 98$		YD10-15	2	YH10-4	1	810	2070	1250	
YZ40-8	40			8	60~10000	$\geq 98$		YD10-12	2	YH10-4	2	570	740	1650	
YZZ20-1	40		120		150~12000	98		YD10-13	6	YH10-4	1	400	450	1200	
YZZ2-8	20				80~12000	98		YD5-32	6	YH10-10	1	320	300	1400	
YZZ9-9	9		120		150~8000	95		YD10-13	3	YDG80-1	2	200	350	500	

## 二、音箱的测试方法

音箱电气性能的检测应具备有安静而开阔的场地,噪声要小,周围没有大的反射物。若无专门的场所,可在楼顶的平台上进行。在检测前需准备一台音频信号发生器;一台高保真功率放大器;一只驻极体电容话筒。

### 1. 纯音试听

在检测场地,按图 46-4 所示接好各检测设备和音箱。然后给音箱加上额定功率的音频信号,并在有效的频率范围内变动振荡频率,频率变动时,无异常箱体振动或杂声。

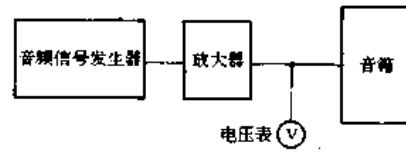


图 46-4

### 2. 曲线阻抗的测量

曲线阻抗测量接线如图 46-5 所示。给音箱加上 0.1W 左右的功率,音频信号发生器固定在一个频率  $f_i$  上,将开关 K 接通音箱,在电压表上读出数值,再将开关 K 置于变阻器(功率应大于扬声器的功率)W 上,调节变阻器的阻值,使电压表指示与放在音箱上时相同,则此时 W 的阻值  $R_i$ ,即是  $f_i$  上时音箱的阻抗。测出各个频率上 W 的值,便是阻抗曲线。所用变阻器 W 的阻值应比音箱的阻抗  $I_0$  大十倍。

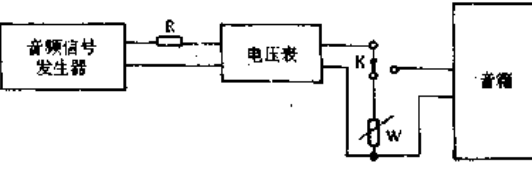


图 46-5

### 3. 频率响应的测量

频率响应测量的接线如图 46-6 所示。测量时,先将音频信号发生器频率固定于某一个频率  $f_i$  上,并保持音箱上电压为  $\sqrt{Z_0}$  (标称功率 1W),放大器增益固定于某一值,读出

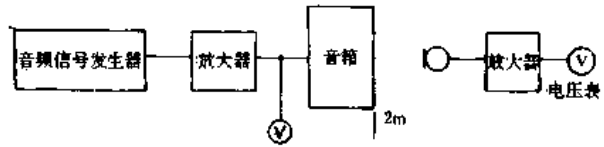


图 46-6

电压表读数  $V_i$ 。改变信号频率,逐点测出  $V_i-f_i$  的值。由  $V_i$  及放大器放大倍数,话筒的频率响应和灵敏度,即可求出话筒处的声压  $P_i$ ,再作出  $P_i-f_i$  的曲线,便是音箱的频率响应曲线。

## 三、音箱的制作方法

下面介绍两款家用 Hi-Fi 音箱的制作供音响爱好者参考。

### 1. 一款两分频封闭式 Hi-Fi 音箱的自制

这款自制音箱是为  $15\sim 30m^2$  的房间而设计的,经实际试音表明,具有较佳的 Hi-Fi 音响效果,适合业余爱好者仿制。

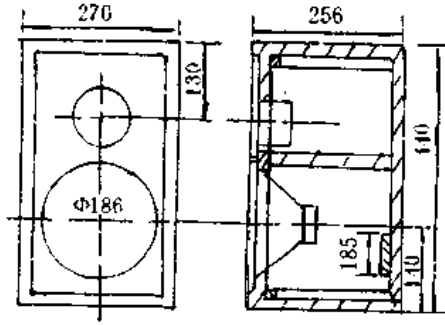


图 46-7

#### (1) 箱体制作要点

本自制音箱的箱体结构尺寸图如图 46-7 所示。

这款自制音箱的箱体需采用 15~25mm 的胶合板或木板制作。箱内低音区应填满纤维或涤纶棉等吸音材料;高音区只需在箱壁上贴一层厚毛毡或海棉即可。低音扬声器选用 8 英寸口径者;高音扬声器采用 1 英寸口径者。扬声器应从面板外侧朝里安装,并需衬上橡皮垫圈,以确保密封性能。

#### (2) 分频器制作要点

本自制音箱的分频器电路图如图 46-8 所示。

这款自制音箱的分频电路,其衰减率为每倍频程 12dB,分频点为 4kHz。制作此分频器时,电容 C 应选用聚酯无感金属膜电容器,电感须用  $\Phi 0.8\sim 1.2mm$  的漆包线,在加磁芯的塑料骨架上

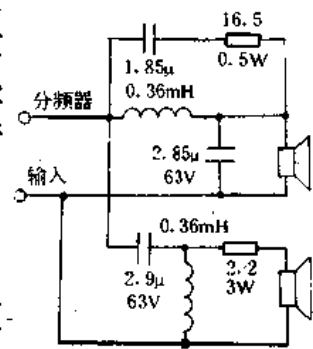


图 46-8

绕制,安装时电感应相互垂直。

## 2. 一款三分频倒相式 Hi-Fi 音箱的自制

这款自制音箱,是为面积较大的居室而设计的,虽然制作较复杂,但经听音表明,是一款音质极佳的 Hi-Fi 音箱,值得发烧友仿制。

### (1) 箱体制作要点

此自制箱的箱体结构尺寸图如图 46-9 所示。

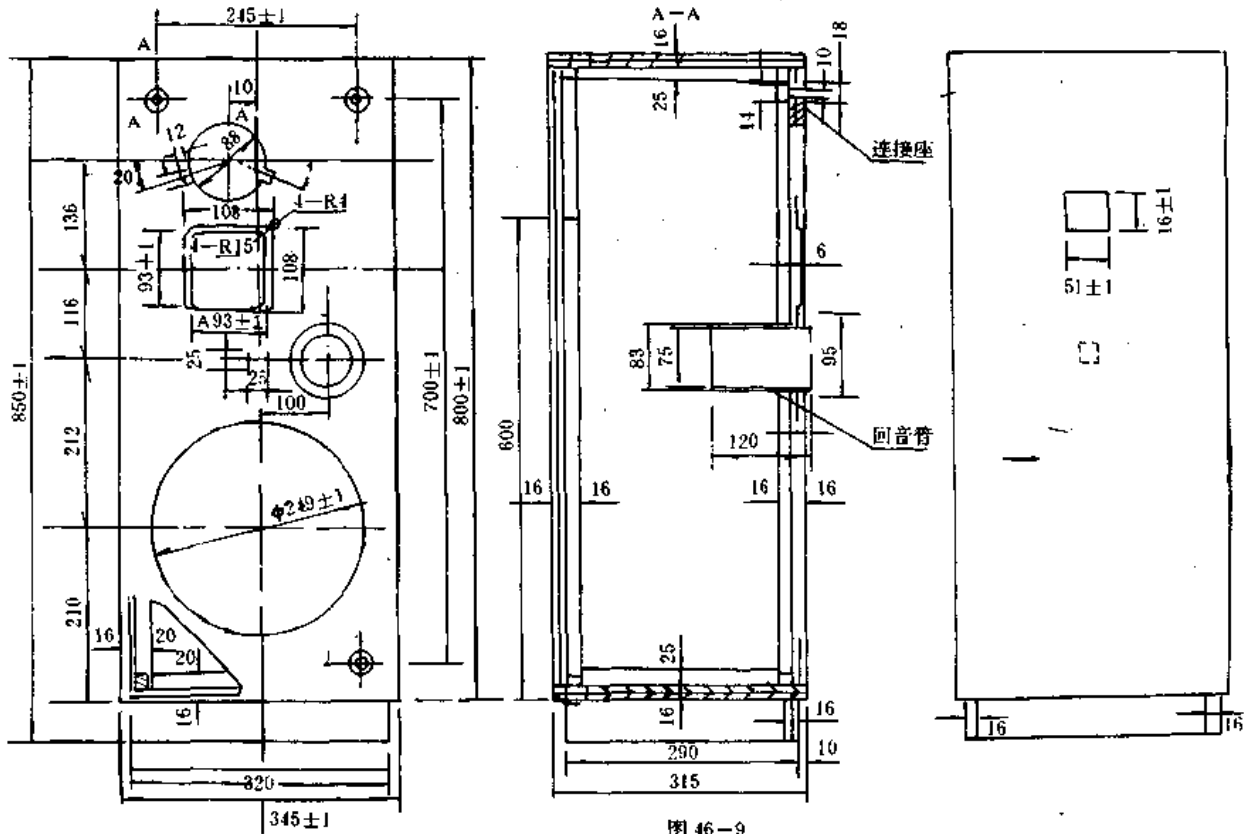


图 46-9

制作时,箱体需用 16~25mm 厚的中密度纤维板或木板。箱体各个壁面的夹角为 45°,用白乳胶粘合,并用角料加固箱体,面板和后板都须用白乳胶和螺钉与箱体固定,不能做成可卸式。在面板和后板间还应加 25×25mm 的撑条,以防止共鸣。箱体内需贴 10~15mm 厚的海棉、毛毡等吸音材料,用以削弱箱壁的振动和吸收箱内驻波。倒相管的安装应结实、密封。

### (2) 分频器制作要点

这款自制箱的三分频器电路图如图 46-10 所示。

制作分频器时,电容需采用无极性电解电容器。电感采用 Φ25×8 的 I 字形磁芯,用 Φ0.56mm 漆包线绕制。L<sub>1</sub>、L<sub>3</sub> 所绕圈数为 125 匝;L<sub>2</sub>、L<sub>4</sub> 所绕圈数为 41 匝。

本自制音箱的扬声器须从前面装入箱体,并加以橡皮衬垫,以确保密封性。安装时还需注意扬声器的相位要一致。

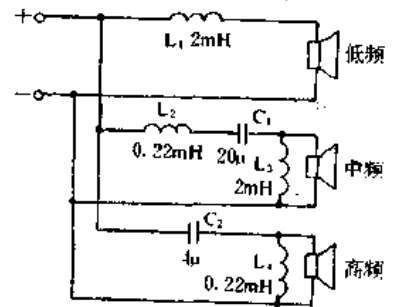


图 46-10

# 第四十七章 电子测光装置的测试与使用维修

随着人们生活水平的日益提高,电子照相机等摄影器材越来越受到众多家庭的喜爱,逐步进入千家万户。

在电子摄影器材中,电子测光装置是一个十分重要的部件,这种装置具有测光方便、准确、灵活等特色,因而已普遍应用于各种电子摄影设备之中。

大量的电子测光装置流入市场,使得对这类装置的使用、测试和维修就成了日常问题。

为了满足技术维修人员的需要,现特将电子测光装置中的主要测光元件(如 Cds、Cdse、SPC、SPD、SBC、CaAsP 等)的工作原理特点及测试检修方法简要介绍如下。

## 一、电子测光元件的原理、特点与应用

目前,电子照相机等摄影器材中所用的测光元件,大致有光电导型和光伏型两大类。由于性能、工艺、成本、稳定性等因素,近年来生产的电子测光装置,几乎都是用 Cds 和 SBC 或 SPD 作为测光元件的,前者具有成本低、配套元件少的特点,但后者稳定性好、测光精度高、测光范围宽,并且在低照度条件下其测光性能较好。因此,前者多用于低档电子照相机中,而后者多用于中高档电子照相机等摄影设备之中。

### (一)光电导型测光元件的原理特点与应用

光电导型测光元件,就是由光照引起其电阻值变化的元件,这类测光元件有 Cds、Cdse 等。下面以 Cds 元件为例,介绍这种测光元件的工作原理。

Cds 测光元件的工作原理如图 47-1 所示。该元件属无源器件,工作时必须加电源。当 Cds 受光照时,由于光子的作用,使其内部产生导电的电子-空穴对。当光照越强时,其电子-空穴对就越多,因此其导电性也就越好,  $R_{cs}$  值就越小。无光照 10s 以后,其电阻值为  $0.5 \sim 200M\Omega$ ,称之为暗电阻。在  $100Lx$  (勒克司)光照下,其电阻值为  $0.5 \sim 5k\Omega$ ,称之为亮电阻。

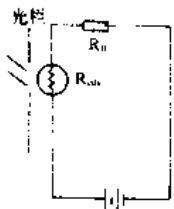


图 47-1

由于  $R_{cs}$  的光谱灵敏度和人眼的视觉灵敏度相接近,故在测光系统中可不加滤光片。 $R_{cs}$  在  $10^{-2} \sim 10^3Lx$  范围内,其线性较好,相当于 13~17 个 EV 档,由于在低照度下,即  $10^{-3} \sim 10^{-1}Lx$  范围内,  $R_{cs}$  的性能开始变坏。因此,Cds 的这种性能,便限制了其在高档电子照相机等摄影设备中的应用。

Cds 光电导型测光元件,在摄影仪器中,正常工作于三种方式,即串联方式,光控延时方式,光电比较方式。

### 1. 光电导型测光元件的串联工作方式

Cds 的串联工作方式,是所有工作方式中最简单的一种,这种方式的工作原理图如图 47-2 所示。

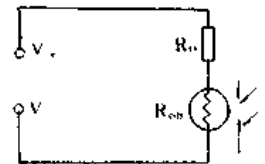


图 47-2

当光线照射在 Cds 测光元件上时,  $R_{cs}$  的阻值下降,回路中电流增加,使  $R_0$  负载电阻上的压降增大。光照越强,压降越大。这样,通过在  $R_0$  上的电压降大小来

指示曝光量的大小,由于 Cds 在批量参数分布的离散性,为了调整测 EV 值范围,通常是通过调节  $R_0$  电阻值来进行补偿。

### 2. 光电导型测光元件的光控延时工作方式

Cds 的光控延时工作方式,多用于控制电子快门的电磁铁动作的自动曝光电子相机中。这种方式的工作原理图如图 47-3 所示。

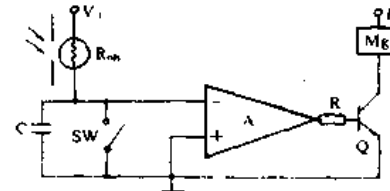


图 47-3

该电路是将亮度、光圈、胶片感光度等模拟量集中于比较器的反向输入端,而正向输入端设置一参考电压(即电路的阈值电压)。当曝光开始时,快门打开与快门联动的开关 SW 也打开。此时比较器反向输入端的电压为 0。 $V_0$  的值为高电平, Mg 吸合,快门打开,随时间的后移,电流经  $R_{cds}$  给电容 C 充电,经时间 T 后,当反向输入端的电压  $V_c = V_{cr}$  时,输出电压  $V_o$  立即翻转为低电平,三极管 Q 截止, Mg 释放,快门关闭,当光照强度改变时,  $R_{cds}$  值变化,流过 Cds 的电流大小也发生变化,电容 C 两端的充电电压  $V_c$  的上升率也同时发生变化,充电至  $V_c = V_{cr}$  所经过的时间 T 也就不相同,从而控制了曝光量的大小,起到了自动测光的作用。

### 3. 光电导型测光元件的光电比较工作方式

Cds 的光电比较方式工作原理图如图 47-4 所示。

该电路是一种窗口电压比较电路,比较电路中的窗口电压由  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  通过分压原理确定,当窗口电压一经设定,就不能更改。光照在  $R_{cds}$  上,随光照度的改变,  $R_{cds}$  值发生相应变化。 $R_{cds}$  和  $R_1$  根据分压原理分压后得  $V_a$  值。 $R_1$  与速度 T 联动,光栏与光圈和感光率数联动。当  $V_a$  值超过上门限电压(即窗口电压上限)  $V_+$  时,红灯 LED 亮,表示曝光过度;当  $V_a$  低于窗口下门限电压  $V_-$  时,黄灯 LED 亮,表示曝光不足;当  $V_a$  刚好在  $V_+$  和  $V_-$  之间时,绿灯 LED 亮,曝光正确。该测光电路中  $V_+ - V_-$  的差值越小  $R_{cds}$  的值越大,电路的测光精度就越高。随后,这类测光电路又出现了窗口电压可调的 IC。它是通过在 IC 外接电阻,且该电阻 R 并联于  $R_2$ ,从而改变  $V_+ - V_-$  的值来实现窗口电压的调整。窗口电压的可调,使得在满足同样测光精度条件下,选择  $R_{cds}$  的范围更加宽阔。

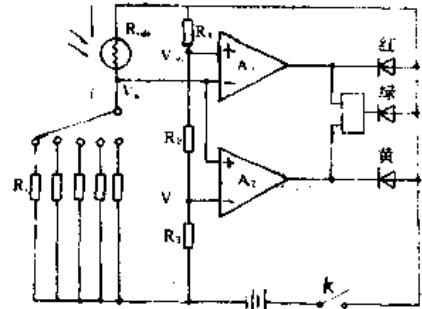


图 47-4

(二) 光伏型测光元件的原理特点与应用

### (二) 光伏型测光元件的原理特点与应用

光伏型测光元件,就是由光照引起其端电压发生变化的元件,这类测光元件有 SPC、SPD、SBC 以及 GaAsP 等。其中用得最多的是 SBC 和 SPD。这类元件属于光生伏特器件,无需电源供电就能工作,输出和光量大小的对数成比例。

SPD 和 SBC 的主要区别在于前者的光谱灵敏度曲线与人眼视觉函数一致,所以 SPD 作为照相机测光元件使用时要加滤光片,因此现今的照相中已很少用 SPD 作为测光元件。此外,这两种元件的响应速度快,约为  $10^{-5} \sim 10^{-6}$  s,输出特性稳定,线性好、暗电流小,而且产品一致性也好,特别是能在  $10^{-4}$  Lx 的低照度条件下工作。可利用的测光范围达 7~8 个数量级,相当于 23~26 个 EV 值。虽然,光伏型测光元件的性能均优于光电导型测光元件。但是,光伏型测光元件所产生的信号微弱,仅有几十个微安。在使用时必须与高增益、低噪声、高性能的运算放大器相配合,这就造成了工艺复杂、成本高的状况。因此 SBC 的测光电路多用于中高档电子照相机等摄影设备之中。

SPD 和 SBC 这类测光元件,在测光电路中,常以开路电压工作方式和短路电流工作方式应用于实际电路中。

### 1. 光伏型测光元件的开路电压工作方式

开路电压法的工作原理图如图 47-5 所示。该电路中,  $D_p$  为 SBC, A 为运算放大器, PM 为引进胶片感光度 S 和相机光圈 A 用的电位器。开路电压法具有灵敏度高、输出可直接参与 APEX 系统运算的优点。这种工作方式的不足之处是精度低,每  $6^\circ\text{K}$  的温差就会造成一个 EV 档的测光误差,而且光生电流对光电池结电容的充放电,使得其响应速度变慢。因此,开路电压法只用于普通的中低档电子相机中。

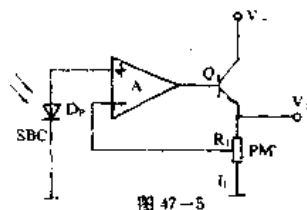


图 47-5

### 2. 光伏型测光元件的短路电流工作方式

短路电流工作方式,是光伏型测光元件应用最为广泛的一种方式,这种方式的工作原理图如图 47-6 所示。

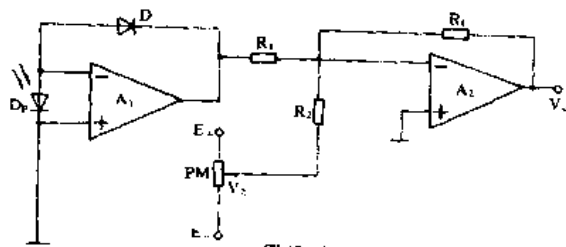


图 47-6

短路电流工作方式,几乎为现代所有的中高档电子照相机测光所采用。用此方式工作可得以下函数式:

$$V_{ss} = \frac{K \cdot T}{q} \cdot \ln 2 \cdot TV + \frac{K \cdot T}{q} \cdot \ln \frac{4K_i}{IS_1}$$

此函数式中,  $K$  为波耳兹曼常数;  $T$  为绝对温度;  $K_i$  为常数;  $IS$  为光电磁反向饱和电流;  $q$  是电子电荷量;  $TV$  为曝光时间。

在上式中的第二项,可通过下级电路消去,这样,就说明了输出电压模拟了曝光时间指数  $TV$ 。为此,短路电流工作方式的测光电路,具有精度高、测光响应快等优点。

## 二、电子测光元件的测试与检修

### (一) 光电导型测光元件的测试与检修方法

当由光电导型测光元件所组成的测光电路不能进行正常工作时,便需对此测光电路进行测试与检修。

#### 1. 串联型测光电路的测试与检修

在检修光电导型测光元件所构成的测光电路时,可用万用表测量  $Cds$  的暗、亮电阻值来加以判断。具体方法是:在无光照条件下,用万用表的欧姆档测  $Cds$  的暗电阻值;然后在有光照情况下,看其电阻值有无变化,如有变化,记下其  $Cds$  的亮电阻值。然后再进行对比。若测得的暗、亮电阻值与  $Cds$  的标称暗、亮电阻值数据一致,则说明测光电路中的  $Cds$  是好的,故障出在测光电路的其它部分。反之,则说明此测光电路中的  $Cds$  已损坏,需更换新的测光元件。

#### 2. 光控延时型测光电路的测试与检修

在光控延时工作方式下,可使测光电路在通电情况下,通过观察测试在有无光照时,电容  $C$  上充电后  $V_c$  的变化快慢来判断。具体方法如下。

先用手指挡住  $Cds$  上的入射光,在这种无光照时,由于  $Cds$  的暗电阻值很大,当打开快门时,使充电电流很小,  $V_c$  由  $0 \sim V_{cr}$  所需时间很长,这样用万用表直流电压档所测得的  $V_c$



值应为很小或基本不变。然后在光照强时,如移开挡住 Cds 的手指等,当打开快门后,观察测试  $V_c$  电压值的变化情况,此时,  $V_c$  由  $0 \sim V_{cr}$  所需的时间应非常短。

若  $V_c$  的变化情况符合上述规律,但 Mg 还不能正常动作,则说明测光电路中的比较器或比较器之后的元件有问题。若  $V_c$  在有、无光照时都不变化,当快门动作前后  $V_c$  值为高电平且不变,说明 SW 没有闭合过;快门动作后  $V_c$  为 0,则说明电容 C 短路或严重漏电,或  $R_{cs}$  开路,或 SW 在快门动作时没有及时打开。

在通过测试分析比较,确认系 Cds 测光元件损坏后,就需更换新的 Cds,并且要对更换元件后的测光电路进行调试。

### 3. 光电比较型测光电路的测试与检修

在光电比较工作方式的测光电路中,在电路通电情况下,当电路其它部分正常,并且入射光稳定的条件时,通过改变光圈或速度一档,观察测试其  $V_c$  值是否也相应改变,来确定是否系  $R_{cs}$  变值或损坏。

若 Cds 变值或损坏,则需更换新的测光元件,以确保测光电路的正常工作。

#### (二) 光伏型测光元件的测试与检修方法

当由光伏型测光元件所构成的电子测光电路不能正常工作时,便需测试检查光伏型测光元件 SBC 的好坏来排除测光电路故障。具体方法如下。

##### 1. 电流测试法

一种方法是用电流表测试 SBC 的短路电流和暗电流,通过将测试值与标称值进行比较,来判断是否 SBC 变值或损坏。若确系测光元件损坏,则需更换新的 SBC,以确保光伏型测光电路的正常工作。

##### 2. 电压测试法

检测光伏型测光电路的另一种方法,是用万用表直流电压档来加以测试判断,具体是测试在有、无光照下, SBC 两输出端电压的变化情况。当光从无到强增加时, SBC 的端电压输出应在  $0 \sim 0.5V$  范围内变化。若电路其它部分正常,而 SBC 的端电压不随光照有无而发生变化,则系光伏型测光元件 SBC 损坏或变值。

当检测出确系 SBC 测光元件损坏后,则需更换上新的 SBC,并对更换后的电子测光电路进行调试。

## 第四十八章 软磁性器件的测试与使用

磁性元件是无线电常用的各种铁氧体元件。铁氧体是用锰、镍、锌等金属材料的氧化物经一定的工艺而制成的,可分为软磁铁氧体、恒磁铁氧体、矩磁铁氧体及压磁铁氧体等几种。

软磁铁氧体是一种新型的磁性器件。它的特点是:电阻率较高,涡流损失小,导磁率高,并能压制各种几何图形,工作频率从几千赫到几百兆赫,可作变压器、滤波器、振荡器、磁性天线、偏转线圈以及可变电感等的磁芯用。

软磁铁氧体器件按形状分类:主要有螺纹磁芯、环形磁芯(简称磁环)、管形磁芯、罐形磁芯(即磁罐)、E形、日形、U形、T形、工字形、王字形。另外还有单孔、双孔和多孔磁芯等。按工作频率划分:有低频、中频、高频、甚高频磁芯等。

### 一、软磁材料的特点与用途

容易磁化和退磁的磁性材料称为软磁材料。其特点是矫顽力低、磁导率高。软磁材料可分为金属软磁材料和非金属软磁材料。前者主要用于低频范围,后者可用于高频、超高频范围。在电力工业中,软磁材料用来作变压器、电动机、发电机的铁芯。在无线电工业中,软磁材料用于继电器、变压器、滤波器、振荡器、扼流圈、各类电感线圈、天线、偏转线圈、电表、磁放大器、磁头、无触点开关,以及高频焊接等。

铁氧体软磁材料:主要有尖晶石结构的锰锌系、镍锌系等,以及磁铅石结构的六角晶系平面型铁氧体。其特点是起始导磁率高、电阻率高、高频损耗小。可以用于低频、中频、高频、甚至超高频范围。

锰锌铁氧体软磁材料:它是以氧化铁、氧化锰、氧化锌为主要成份的复合氧化物。它有尖晶石结构。分子式为 $(Mn_y Zn_{1-y})_{1-x} Fe_{2+x} O_4$ ,其工作频率在1kHz~10MHz之间。可作电感器、变压器、脉冲变压器、滤波器的磁芯,也可作天线棒、磁头等。

镍锌铁氧体软磁材料:它是以氧化铁、氧化镍、氧化锌为主要成份的复合氧化物,属尖晶石结构。分子式为 $(Ni_y Zn_{1-y})_{1-x} Fe_{2+x} O_4$ 。其工作频率一般在1~300MHz之间。低频性能不及锰锌铁氧体。可用于电视机中频变压器、电感器、短波天线棒、调谐电感电抗器,以及磁饱和放大器等磁芯。

金属软磁材料:指由金属或合金制成的软磁材料。同铁氧体软磁材料相比,它具有高饱和磁感应强度和低的矫顽力。这类材料有:工程纯铁(包括工业纯铁、羰基铁、电解铁等);铁硅合金;铁镍合金(分为高镍铁镍合金和低镍铁镍合金两种);铁铝合金;铁硅铝合金;铁钴合金和热补偿合金等。这类材料的电阻率很低,一般约为 $10^{-4} \sim 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ ,因此只适合用于直流、低频和高磁场等场合。

软磁铁氧体材料的主要性能参数如表48-1所示。

表 48-1

材料牌号	起始磁导率标称值 $\mu \pm 20\%$	比损耗角正切		磁导率的比温度系数 $m_i/\mu \times 10^{-4}$ 22~55℃	饱和磁通密度 $B_s$ T (Gs)	矫顽力 $H_c$ A/m (Oe)	居里温度 $\theta_c$ (℃)
		$\text{tg}\delta/\mu \times 10^{-4}$ $f_1$ (MHz)	$\text{tg}\delta/\mu \times 10^{-4}$ $f_2$ (MHz)				
R5	5		4000(240)	-20~+80	0.06(600)	(40)	420
R10	10		2000(125)	-10~+40	0.16(1600)	(30)	400
R20	20	250(4)	1000(75)	-5~+25	0.22(2200)	(15)	350
R20U	20	250(4)	1000(75)	-5~+10	0.18(1800)	(13)	350
R40	40	70(2)	300(50)	-5~+20	0.28(2800)	(5)	350
R40U	40	120(2)	500(40)	0~+10	0.28(2800)	(5)	350
R40Q	40	100(2)	500(50)		0.28(2800)	(5)	350
R60	60	80(2)	350(25)	-5~+30	0.32(3200)	(4)	300
R60U	60	70(2)	350(25)	0~+6	0.32(3200)	(4)	300
R60Q	60	50(2)	300(45)	-5~+30	0.32(3200)	(4)	300
R100	100	70(1.5)	200(15)	0~+5	0.30(3000)	(3)	250
R100U	100	70(1.5)	200(15)	0~+3	0.30(3000)	(3)	250
R200	200	50(0.2)	100(3)	0~+3	0.26(2600)	(1.5)	200
R200U	200	50(0.2)	100(3)	0~+2	0.26(2600)	(1.5)	200
R400	400	10(0.05)	60(1.5)	0~8	0.32(3200)	(1)	180
R600	600	5(0.05)	40(1.0)	0~3	0.32(3200)	(0.6)	180
R600B	600		30(0.1)	0~7	0.40(4000)	(0.37)	180
R600H	600	5(0.05)	25(1)	0~5	0.32(3200)	(0.6)	180
R1K	1000		35(0.5)	0~3	0.31(3100)	(0.2)	150
R1K5H	1500		5(0.1)	0~1.5	0.30(3000)	(0.4)	150
R1K5B	1500	1(0.01)	2(0.1)	0~1.2	0.36(3600)	(0.4)	150
R2K	2000		15(0.1)	0~2.5	0.33(3300)	(0.3)	120
R2KX	2000	5(0.01)	10(0.1)	-0.2~1.3	0.33(3300)	(0.3)	150
R2KB	2000		7(0.1)	0~1	0.45(4500)	(0.2)	230
R4K	4000	5(0.005)	(0.1)	0~1.5	0.30(3000)	(0.2)	120
R6K	6000±25%	5(0.002)		0~2	0.34(3400)	(0.1)	100
R10K	10000±30%	5(0.002)			0.34(3400)	(0.05)	85

## 二、常用软磁铁氧体器件的结构原理

### 1. 天线磁芯

(1)AY 型天线磁棒:AY 型天线磁棒采用的材料为:R260、R400(中波用);R90(中、短波二用);R60(短波用)。其典型产品有AY10系列、AY8系列等。这种软磁性器件的结构原理如图48-1所示。



图 48-1

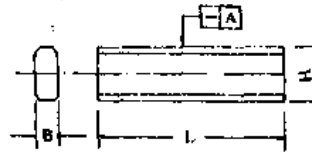


图 48-2

(2)AB 型天线磁棒:AB 型天线磁棒采用的材料为,R260、R400(中波用);R90(中、短波用);R60(短波用)。其典型产品有AB3系列、AB4系列、AB5系列等。AB 型这种软磁性铁氧体器件的结构原理如图48-2所示。

### 2. 帽形磁芯

(1)DM 型帽形磁芯:这种磁芯可与“工”字形(I型)磁芯或“王”字形(IW型)磁芯配套,作为中频变压器及各种滤波器的磁芯。DM 帽形磁芯采用的材料为R40、R400。典型产品有DM6系、DM8系列等。其结构原理如图48-3所示。

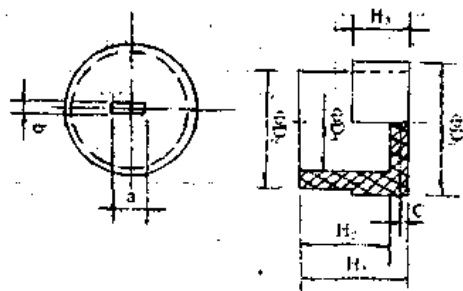


图 48-3

(2)DK 型帽形磁芯:这种磁芯用于中频变压器、射频变压器、振荡器、滤波器等。DK 型帽形磁芯采用R40、R1K材料。典型产品有DK5系列、DK7系列、DK9系列、DK12系列、DK14系列等。其结构原理如图48-4所示。

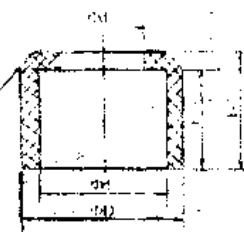


图 48-4

(3)DZ 型帽形磁芯:DZ 型用于中频变压器、射频变压器、振荡器、滤波器等。该磁芯采用的材料为R40、R400。典型产品有DZ7系列、DZ9系列、DZ10系列、DZ13系列等。其结构原理如图48-5所示。

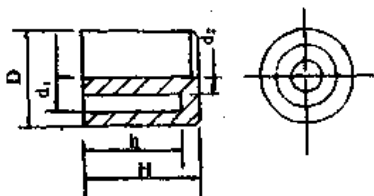


图 48-5

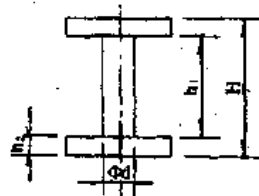


图 48-6

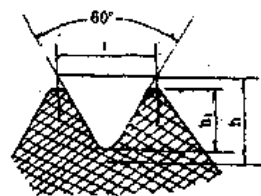


图 48-7

### 3. 工型磁芯(I型)

“工”字形或“1”型磁芯:这种磁芯可用于变压器、振荡线圈、滤波器、电感器、延迟线路等。它采用的材料为R40、R400、R1K。典型产品有13系列、14系列、17系列、18系列、19系列、110系列、111系列、115系列等。其结构原理如图48-6所示。

### 4. 螺纹磁芯(M型)

螺纹磁芯又称M磁芯,主要用于中频变压器、射频变压器、振荡变压器、检波等各种电感器件。此类磁芯所采用的材料为R5、R10、R20、R40、R60、R100、R200、R400、R1K。螺纹磁

芯的螺齿原理如图 48-7 所示。

(1)普通(M型)与双槽(MS型)螺纹磁芯:M型与MS型螺纹磁芯又分单起子槽或双槽(两端面),典型产品有M3系列、M4系列、M5系列、M6系列、M7系列、M8系列以及MS3系列等。其结构原理如图 48-8 所示。

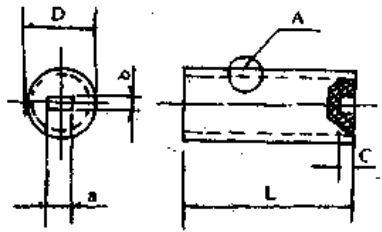


图 48-8

(2)方孔形螺纹磁芯(MKS型):MKS型器件的典型产品有MKS4系列、MKS6系列等。其结构原理如图 48-9 所示。

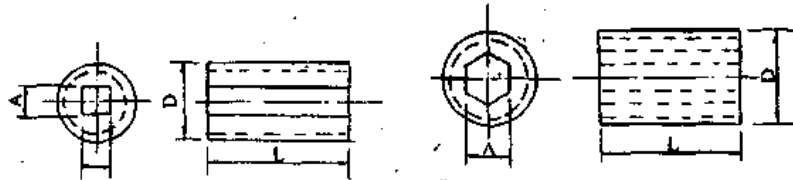


图 48-9

### 5. E 形磁芯

(1)EI型磁芯:这种磁芯用于各类变压器、变换器、扼流圈和其它同步器件。所采用的材料为R2K、R2KB。其典型产品有EI20系列、EI30系列、EI40系列、EI50系列、EI70系列等。其结构原理图如图 48-10 所示。

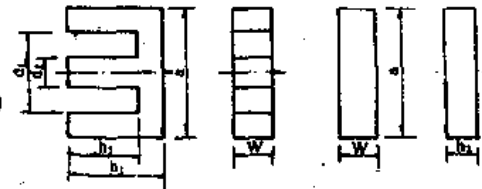


图 48-10

(2)EE型磁芯:EE型磁芯的用途、所用材料、以及结构原理图参见EI型磁芯,它们大致相同。其典型产品有EE10系列、EE20系列、EE30系列、EE110系列等。

(3)EC型磁芯:EC型磁芯的材料与用途亦和EE型大致相同。其典型产品有EC35系列、EC10系列、EC50系列、EC70系列等。其结构原理图如图 48-11 所示。

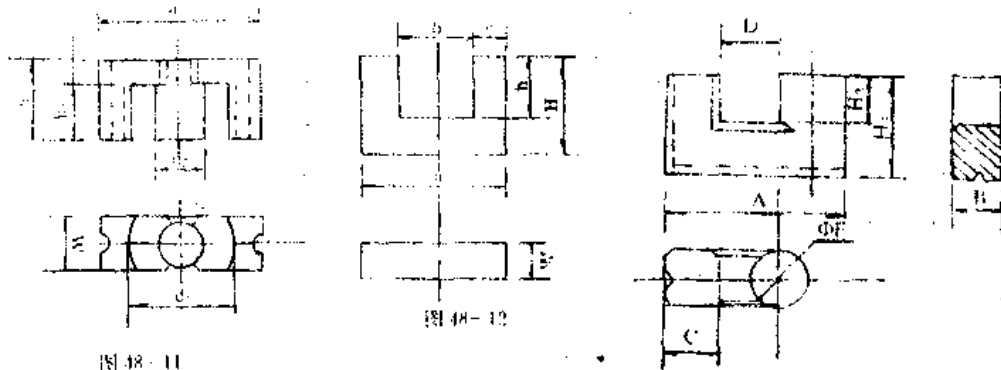


图 48-11

图 48-12

图 48-13

### 6. U 形磁芯

(1)UYF型U形磁芯:这种器件主要用于电视接收机回扫变压器及其它类型变压器。其典型产品有UYF10系列、UYF13系列、UYF14系列、UYF15系列等。UYF型磁芯的结构原理图如图 48-12 所示。

(2)UF型U形磁芯:这种器件主要用于彩色电视机用电源滤波器和其它类型的变压器。所采用的材料为R2KB、5RK等。其典型产品有UF10系列、UF20系列等。UF型器件的结构原理图如图 48-13 所示。

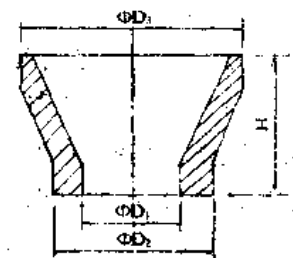


图 48-14

### 7. 偏转磁芯(PV型)

PV 型偏转磁芯用于电视接收机偏转线圈的磁芯。它所采用的材料为 R1K、R400R。其典型产品有 PV 30 系列、PV 31 系列、PV 38 系列、PV 40 系列、PV 45 系列、PV 48 系列等。该器件的结构原理图如图 48-14 所示。

### 8. 环形磁芯(H 型)

H 型器件主要用于变压器、滤波器等。它所采用的材料有 R5、R10、R20、R40、R60、R100、R200、R400、R600、R1K、R1K5、R2K、R4K、R6K、R10K。其典型产品有 H5 系列、H7 系列、H8 系列、H10 系列、H20 系列、H30 系列等。H 型磁芯的结构原理图如图 48-15 所示。

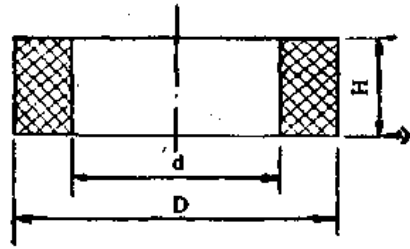


图 48-15

### 9. 串珠形磁芯 (TY 型)

TY 型磁芯主要用于调感器、调谐器等。串珠形器件可防止信号反馈与寄生振荡。其所有材料为 R50、R400、R1K 等。典型产品有 TY1.8 系列、TY2.5 系列、TY3.0 系列、TY4.0 系列、TY5.0 系列、TY6.0 系列、TY9.0 系列、TY16 系列、TY17 系列等。其结构原理图如图 48-16 所示。

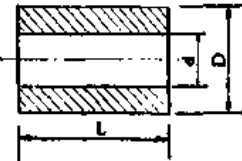


图 48-16

### 10. 罐形磁芯(G 型)

G 型磁芯主要用于变压器、滤波器、扼流圈、负载线圈。它所用材料为 R1K、R2K、R4K。其典型产品有 G14 系列、G18 系列、G22 系列、G26 系列、G30 系列、G36 系列、G42 系列等。这种器件的结构原理图如图 48-17 所示。

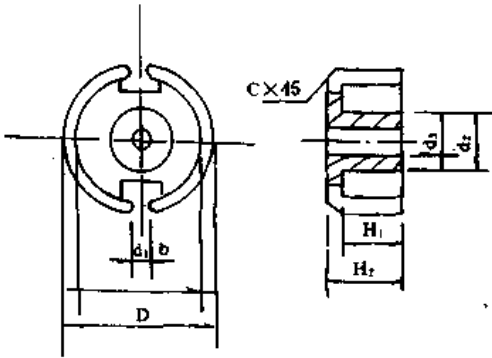


图 48-17

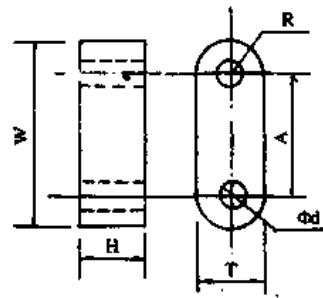


图 48-18

### 11. 双孔磁芯

这种器件主要用于黑白电视机的天线阻抗变换器。所用材料为 R40、R100、R1K。典型产品有 KS3 系列、KS5 系列、KS7 系列、KS6.5 系列、KS7.5 系列等。其结构原理图如图 48-18 所示。

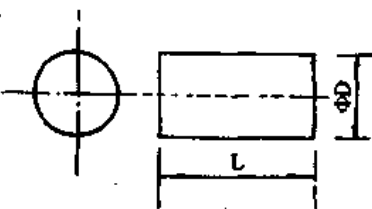


图 48-19

### 12. 柱形磁芯(Z 型)

(1)ZY 型柱形磁芯：该器件主要用于各类电感元件和振荡线圈。所采用的材料为 R40、R60、R400、R1K。其典型产品有 ZY1.5 系列、ZY2 系列、ZY2.5 系列、XY3 系列等。ZY 型磁芯的结构原理图如图 48-19 所示。

(2)ZK 型柱形磁芯：ZK 型器件主要用作卧式电感器作

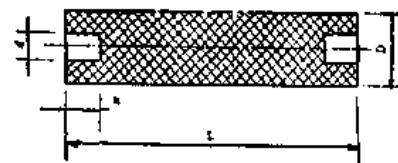


图 48-20

磁芯。所采用的材料为R10、R20、R40、R60。典型产品有ZK2系列、ZK2.5系列、ZK3系列、ZK4系列、ZK5系列等。其结构原理图如图48-20所示。

### 13. 立式电感磁芯

这种磁芯用于各式立式固定电感器。它所采用的材料为R40、R60、R100、R1K、R10、R20、R400、R600。

#### (1) 14×6 立式电感磁芯结构与规格图(图48-21)

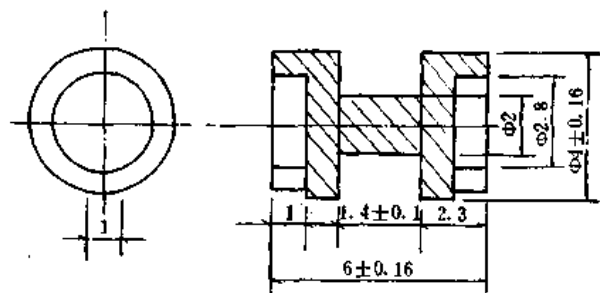


图48-21

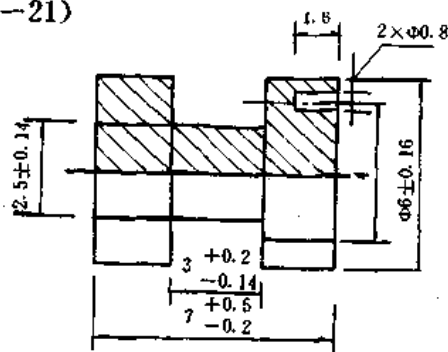


图48-22

#### (2) 16×8 立式电感磁芯结构与规格图(图48-22)

#### (3) 13×6 立式电感磁芯结构与规格图(图48-23)

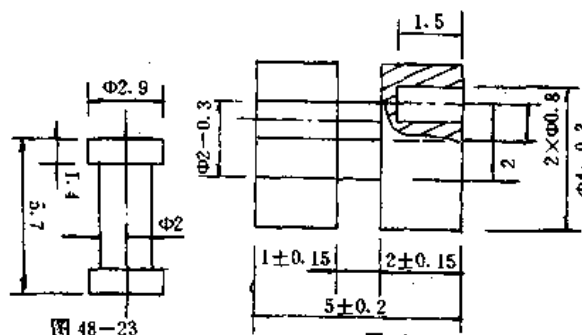


图48-23

图48-24

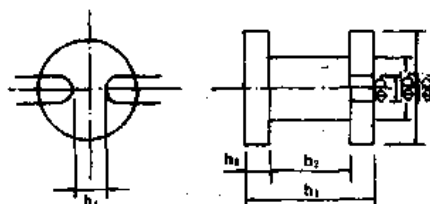


图48-25

#### (4) 14×5 立式电感磁芯结构与规格图(图48-24)

#### (5) 大工型立式电感磁芯结构与规格图(图48-25)

### 三、软磁铁氧体器件的测试方法

根据电阻率的明显差异,使用万用表R×1k(或R×10k)档,很容易区分中频、高频、甚高频磁芯。具体方法是:首先从被测磁芯上找出两个相距大约1cm的测试点A、B,然后测量这两点之间的电阻值 $R_{AB}$ 。若 $R_{AB}$ 在几百欧以下,即是中频铁氧体磁芯; $R_{AB}$ 为几十千欧至几百千欧,则是高频磁芯; $R_{AB}$ 呈无穷大(表针不动),就是甚高频磁芯。

注意事项:

①有些磁芯上涂有透明或不透明绝缘漆,测量之前应先用砂纸将测试点处的绝缘层打磨掉,以免造成误判断。测试点最好选在端面上。

②锰锌铁氧体呈棕红色,而镍锌铁氧体呈黑色,根据颜色亦可识别之。

## 第四十九章 音响集成电路的测试 与使用维修

音响集成电路是指用在收音机、录音机、扩音机和组合音响等设备中的集成电路,简称音响 IC。这是线性集成电路的一大分支。它可以分为高、中频放大电路、前置放大电路、功率放大电路、立体声解码电路和复合功能电路等。

**高、中频放大电路:**这种 IC 主要用来完成收音机 AM 波段的高放、混频、本振、中放和检波,FM 波段的高放、混频、本振、中放和鉴频等电路功能。此外,还有 AGC、AFC、信号表驱动和静噪调谐电路等附加电路。

**前置放大电路:**在功放电路前,一般设前置放大电路,它的放大倍数通常是几十倍到一百倍。用集成电路实现前置放大要比用分立元件来得简单。由于输入信号十分微弱,IC 本身产生的附加噪声不可忽视。为克服这些噪声,各国生产出一些低噪声的前置放大器,其输出端的噪声折合到输入端只有  $1\mu\text{V}$  左右。

**功率放大电路:**功放的作用是既放大电压,又放大电流,即放大功率,从而推动扬声器工作。分立元件的功率放大电路是单一的,但集成功放电路通常包含前置级、推动级和 OTL 功放级等功能。要提高输出功率,必须尽量提高 IC 的电源电压和减少扬声器的阻抗,这是功放 IC 最关键的两个参数。但前者受到 IC 的耐压能力所限,后者受到功放管的允许电流所限。

**立体声解码电路:**为了从立体声复合信号中分离出左右声道的音频信号,必须在鉴频器后面接立体声解码电路。由于集成解码电路比分立元件优越,加之应用锁相技术,使立体声解码电路发展到了新水平,电路简单,可靠性高,性能优良。

**单片收音机电路:**目前,世界上非常流行使用单片集成电路的 AM/FM 收音机。单片集成电路是一种复合功能集成电路。它的优点很多,外围电路非常简单,安装调整极为方便,电气性能相当优异,电源电压范围很宽,3~12V 均能正常工作。

### 一、音响集成电路主要技术参数和术语的意义。

- ①灯驱动电流  $I_L$ ——立体声解码器能够提供的最大灯驱动电流。
- ②最大输出电流  $I_{CM}$ ——音频功率放大器或其他电路能够输出的最大有效电流值。
- ③输出峰值电流  $I_{OP}$ ——音频功率放大器或其他电路能够输出的最大峰值电流值。
- ④允许耗散功率  $P_{Dmax}$ ——集成电路本身允许消耗的最大功率值。
- ⑤工作温度  $T_{opg}$ ——集成电路能够正常工作的环境温度极限值或范围。
- ⑥贮存温度  $T_{stg}$ ——集成电路不工作时允许的环境温度上、下限值。
- ⑦最大电源电压  $V_{CCmax}$ ——集成电路所能承受的最大电源电压值。
- ⑧最大输入电压  $V_{imax}$ ——集成电路输入端能够承受的最大输入信号电压。
- ⑨最大供电电压  $V_x$ ——集成电路外引线 X 端允许施加的最大电压值(X 代表外引线序号)。



⑩自动频率控制 AFC——也称自动频率微调。在调频收音机中,由于本振信号频率漂移或调谐不准等造成失真现象,而采用自动频率控制可使本振频率自动捕捉和跟随信号频率,从而减小失真。

⑪自动增益控制 AGC——AGC 系统能随输入信号变化而改变放大器的增益,以保持放大器的输出信号强度近于恒定,而与输入信号电平无关。

⑫自动增益控制范围——是指使输出从指定的最大输出电压值下降至规定值时所需要的最大可能输入信号电平范围。

⑬自动电平控制 ALC——自动电平控制装置是一种自动调节录音电平的装置,也称自动音量压缩或自动增益控制,主要用于传声器的输入电路中,其原理是将录音输出信号的一部分整流成直流电平,再反馈到录音输入电路中以自动控制放大器的增益。

⑭(-3dB)带宽 BW——放大器增益随频率升高而降低,把从 0dB 直到增益下降 0.707 倍(-3dB)时的频率称为放大器的带宽。有时 BW 是指满足(-3dB)条件的低频和高频之间的频率范围。

⑮通道平衡度 CB——单信号加到输入端,左通道输出  $V_{OL}$  与右通道输出  $V_{OR}$  之比称为平衡度 CB; $CB=20\log(V_{OL}/V_{OR})\text{dB}$ 。

⑯捕捉范围 CR——锁相环路解码器的锁相环路的捕捉范围,是指锁相环路(PLL)能锁定的以压控振荡器(VCO)自由谐振频率为中心的输入信号频率范围。用 VCO 中心频率正负百分之几表示。

⑰等效输入噪声电压  $V_{NI}$ (或  $V_{IN}$ )——在输入端短路时输出端产生的噪声电压换算到输入端即是等效的输入噪声电压。

⑱单位增益带宽  $BW_0$ ——放大器的增益随频率升高而降低,增益为 1(0dB)时的频率称为单位增益带宽也称增益——带宽乘积。

⑲环路增益  $G_L$ ——环路增益是指放大器的开环电压增益与放大器的闭环电压增益之差。

⑳电压增益  $G_v$ ——电压增益是指放大器的电压放大倍数,即输出电压  $V_o$  与输入电压  $V_i$  之比。

㉑闭环电压增益  $G_{vc}$ ——闭环电压增益是指放大器的输出—输入之间加了负反馈网络后的电压放大倍数。

㉒开环电压增益  $G_{vo}$ ——开环电压增益是指放大器无反馈时的电压放大倍数。

㉓滞后  $h_p$ ——由于立体声解码存在滞后效应,使立体声指示灯熄灭的最小输入电压(熄灯电平)低于立体声指示点燃所需的最小电压,二者之比用来表示滞后的大小。 $h_p = 20\log \frac{V_L}{V_i}\text{dB}$ 。

㉔电源电流  $I_{CC}$ ——音响集成电路工作时供电电源所消耗的电流。

㉕静态电流  $I_{CC0}$ ——输入信号  $V_{IN}=0$  时的电源电流即为静态电流。

㉖输出功率  $P_D$ ——音频放大器的输出功率是指在保证一定的非线性失真条件下(THD = 10%)测得的输出功率。

㉗通道隔离度  $Sep$ ——被驱动放大器的输出信号与不被驱动的相邻通道放大器的输出

信号相互隔离的程度称为通道隔离度,用它们的输出信号之比表示。

⑳辅助通信业务抑制度  $R_{SCA}$ ——输出端为 67kHz 辅助通信业务(SCA)信号与输入标准(FCC)信号所要求的输出信号之比。

㉑全谐波失真度 THD——系统的输入信号为一个纯正弦波时,其输出信号波形除正弦基频之外,还有谐波分量,这些谐波分量有效值占信号总输出的有效值的百分数,称为全谐波失真度。

㉒灯驱动输入电压  $V_L$ ——使立体声指示灯点亮的最小输入电压,又称点灯电压或点灯电平。

㉓输出噪声电压  $V_{No}$ ——在信号源阻抗为零或一定值时,在放大器输出端测得的噪声电压值。

㉔调幅检波输入电压  $V_{oc}$ ——输入信号为一定值时测出的检波输出电压。

㉕输出电压  $V_o$ ——是指音响集成电路内部设置的稳压电流的稳压值。

㉖输入限幅阈值电压  $V_{TH}$ ——在 FM 系统中, $V_{TH}$ 是指音频输出电平从指定的大信号输入时的输出电平下降 3dB 时的输入信号电平。

㉗输入阻抗  $Z_i$ ——电路输入端的输入电压变化对输入电流变化之比。它与放大器工作时外接反馈网络有关。一般  $Z_i$  是指开环情况下放大器的输入阻抗,在低频时即为输入电阻  $R_i$ 。

㉘输出阻抗  $Z_o$ ——电路输出在零附近时,输出电压变化对输出电流变化之比。它与放大器工作的外接反馈网络有关,一般  $Z_o$  是指开环情况下放大器的输出阻抗,在低频时即为输出电阻  $R_o$ 。

㉙效率  $\eta$ ——负载得到的功率和电源供给放大器的功率的比值。

## 二、音响集成电路的测试方法

### 1、音响集成电路检测须知

(1)对集成电路有一定的了解:检测集成电路时要了解该集成电路的功能、主要电参数、各引脚的作用、各引脚的正常直流电阻值(开路或在路)、各引脚直流电压值和电压波形。如果不熟悉上述检测数据,需查阅有关资料。

(2)注意音响设备底板带电:有些音响设备底板带电或漏电,在检测之前就要判定清楚,千万不可用外壳已接地的仪器直接测量底板带电、漏电的音响设备。如果底板带电,应加隔离变压器;如底板漏电,应先排除漏电故障方可检测,以免使音响设备故障扩大或甚至危及人身安全。

(3)检测时仪器、仪表要可靠接地:检测时要注意仪器、仪表的探头或表笔一端接地要良好(有些音响设备底板有氧化和侵蚀现象,并不能良好接地,会造成有接地电阻的现象),以免造成测量误差。

另外要注意,在检测中由于一边观察读数,一边测量,易使表笔和探头滑动、错位,使集成电路引脚短路,特别是测大功率功放集成电路时,不仅电压高,而且电流大,一不小心就有可能损坏集成电路,造成不必要的损失。这类集成电路时应先使用电阻测量法为宜。

(4)使用高内阻检测仪表:检测集成电路引脚直流电压时,应使用内阻大于 20k $\Omega$ /V 万用表,否则会有较大的测量误差,而且有关资料所标的集成电路直流电压值均是用内阻大于

20k $\Omega$ /V 万用表测。

(5) 不要轻易判定集成电路损坏;当检测到集成电路某引脚参数与正常值不符时,不要轻易判定集成电路损坏。因为,音响集成电路的电压有静态和动态之分;有收音状态和放音状态之分,有收音波段不同之分(如处于中波段、短波段、FM 调频段等),有些资料并没有标的那样详细。这时,可改变和调动电位器的位置,观察电压是否可达到正常值;将录放开关、收音波段开关拨动一下观察电压是否可到正常值;集成电路外围元件对集成电路的影响也很大,对所怀疑的外围元件也要逐一检查,有必要时各种检测方法可交叉进行,以避免某一数据的失误。

### 2. 在路电压检测法

在路电压检测,即不焊下集成电路,用万用表检测集成电路各引脚电压。检测时最好能随手做好记录,当某一引脚电压与标准值不一样时,不要马上拆卸外围元件或集成电路。因为集成电路内部有一定联系,在电路上也相互牵制,有一定的联系,需从整体来分析、判断。集成电路外围元件损坏时,也会引起电压与标准值不符。如图 49-1 所示,某集成电路⑩脚电压标定值 10V,供电电压 12V,电流 I 是通过电阻 R 流入⑩脚, $R=680\Omega$ 。根据欧姆均会使⑩脚电压出现异常。所以⑩脚电压与标准值不一致时,应检查电源电压  $V_{CC}$  是否正常,电阻 R 及电容 C 是否良好,最后才能判断集成电路是否损坏。

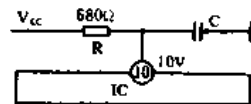


图 49-1

如图 49-2 所示,集成电路④脚只接一个电容器 C,该脚标定电压为 3.5V,由图可见,这个电压来自集成电路内部,经旁路电容 C 到地,如果电容短路,会使④脚电压为 0V;如果该电容漏电,电压也会变化,这时集成电路不能正常工作。遇到这种情况,应断开电容 C,单独测定④脚电压,如果电压依然是 0V,可判定集成电路内部有故障。

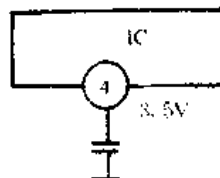


图 49-2

有时集成电路各引脚工作电压正常,但无信号输出,此时,应检查输入、外部耦合元件及有关电路,尤其应检查耦合电容的好坏。

### 3. 在路电阻检测法

在路电阻检测不必将集成电路从电路板上焊下,可用万用表电阻档直接测量,简单实用,但必须事先知道集成电路正常工作时的在路电阻值,通过测量、比较,发现故障。

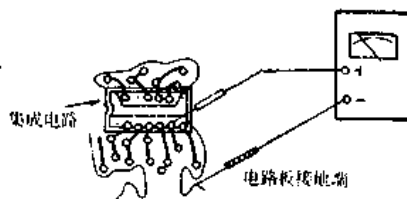


图 49-3

方法是:用万用表的黑表笔接在接地处(即公共接地端),红表笔依序测量集成电路各引脚的直流电阻值,如图 49-3 所示,所测电阻值为集成电路的正向电阻;而将万用表红表笔接地,黑表笔依次测量集成电路各引脚的直流电阻值为反向电阻。

集成电路外围元件出现故障,会引起在路电阻与标准值不符。因为,所测集成电路的电阻值是  $R_{内}$  与  $R_{外}$  并联的直流等效电阻,如图 49-4 所示。检测中须先排除外围元件故障的可能性,才能进一步判定集成电路是否良好。

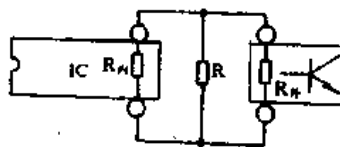


图 49-4

### 4. 开路电阻检测法

开路电阻检测,是将集成电路从印刷电路板上烫下来,测量其电阻值,即用红表笔接集

成电路接地端这一脚,黑表笔依序测量各脚电阻值,然后调换表笔依序再测量一遍,将测量值与标称值进行比较。集成电路是由电阻、电容、晶体二极管和晶体三极管组成的,通过引脚可测出其相应部分功能电路间的电阻值。

开路电阻测量通用性强,准确,而且同型号集成电路的电阻值大致一样。开路电阻测量排除了集成电路外围元件对电阻值的影响,只要阻值相差较大,即表明该集成电路损坏。但是,拆装不小心会折断该集成电路引脚,烙铁功率太大(应用20~30W内热式电烙铁)。或焊接时间过长、电烙铁外壳漏电等都会损坏集成电路。集成电路的脱焊一般采用以下方法:

①医用空心针头脱焊法:用9~12号医用针头,针尖内径应刚好套住集成电路的引出脚,且外径能插入印刷板的引脚孔。然后用小锉刀将针尖锉平,把成形的平面外圆锉成斜状。使用时用尖头烙铁将引脚锡熔化,再用针头套住引脚,插入印刷板孔内,如图49-5(a)所示,然后一边移开电烙铁,一边旋转针头,等熔锡凝固后拔出针头,使引脚和印刷板脱离。所有引脚脱焊后,用小螺丝刀轻轻一撬,如图49-5(b)所示,便可取下集成电路。

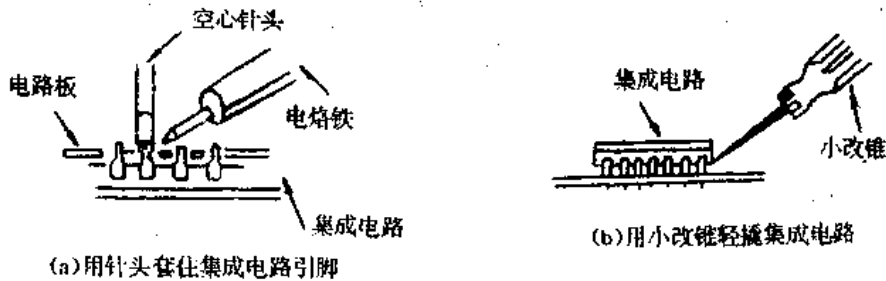


图 49-5

②金属屏蔽线脱焊法:取一段金属屏蔽线,将内芯抽掉,用小刀将金属屏蔽网刮干净,均匀地上一层锡,再沾上一层薄薄的松香,备用。

用电烙铁将集成电路引脚的焊锡熔化,然后把上述屏蔽网靠在引脚的熔锡上,并轻轻地拖动,即可把熔锡带走,如图49-6所示。然后用小改锥把集成电路轻轻撬起,即可拆下。

③特制烙铁头脱焊法:这种方法效率高。专用烙铁头的形状刚好能同时接触到所焊集成电路的每个引脚,电烙铁的功率宜用大于50W内热式。也可采用特制的烙铁头,一头插入电烙铁,另一头接触于集成电路。烙铁头长度应长于集成电路,使单边脚上的锡同时熔化,如果引脚两边同时加热,另一只手用小改锥轻轻撬动,就可取下集成电路。

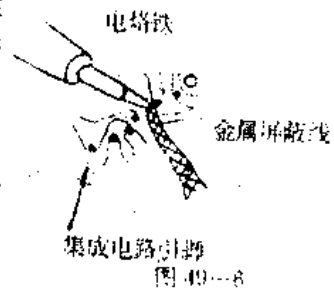


图 49-6

④空气负压吸锡法:空气负压吸锡,即用吸锡器将焊锡吸走。吸锡器有两种:一种是本身无加热装置,要用电烙铁把焊锡熔化,然后再用吸锡器产生的负压将熔锡从引脚吸走;另一种是本身具有烙铁头,加热后能自动将焊锡吸走。

⑤焊锡熔化扫刷法:焊锡熔化扫刷,是用电烙铁将集成电路引脚上的焊锡熔化后,即刻用小刷子把焊锡刷扫掉,使集成电路引脚和印刷板相脱离。

⑥添加焊锡熔化法:该法可在没有其它辅助拆卸工具的条件下进行。先将焊锡熔化后在集成电路的各个引脚上,使各引脚相连,以便传热,每加热一边就向外轻撬,逐渐将集成电路取下。

## 5. 波形信号检测法

波形信号检测是用示波器、扫频仪等仪器对直流在路电压、电阻正常,而音响设备不能正常工作的故障进行检测。音响集成电路很多特性参数无法用万用表检测,特别是动态或交流参数,利用仪器进行波形信号的检测,既方便又准确。

### 6. 直接替代检测法

直接替代,是用性能良好的集成电路进行替换试验,以判断是集成电路的故障,还是外围元件的故障。这种方法可靠准确,简单易行。操作时应注意以下几点:

- ①替换上去的集成电路性能良好。
- ②最好准备一个专用集成电路插座,并与印刷电路板连接好。通电前最好能串入直流电流表,以观察集成电路工作是否正常。
- ③引脚勿插错、勿弯曲。
- ④功率集成电路的散热片有接地和不接地两种形式。若为后者,不要擅自将地线焊到散热片上;散热片与集成电路之间应保持良好的绝缘,不要有杂质等。中间最好使用硅脂以降低热阻;散热片应安装平整。
- ⑤应切断电源,并将电源滤波电容放电后,方能承插或拔取集成电路。
- ⑥高电压、大电流的集成电路(如 IX0308、IX0689、STR5412、STR6020 等),应彻底排除外围元件损坏的可能性后,才能换上新品,否则可能再遭损坏。

## 三、音响集成电路修复利用法

### 1. 外接元件修复

音响集成电路损坏,在修复前,应首先判断该集成电路是哪部分损坏,做到心中有数。其方法是根据集成电路工作原理方框电路分级判定,查清属集成电路内部哪一级、哪部分损坏(范围缩的越小越好),然后“对症下药”将集成电路修复利用。

例如;音响设备中常用 TA7614AP 和 TA7604AP 集成电路,在康艺 8080-2S 收录机中,使用 TA7614AP 作调频中放、AM 混频、AM 检波器和正交检波器等,其原理方框图如图 49-7 所示。

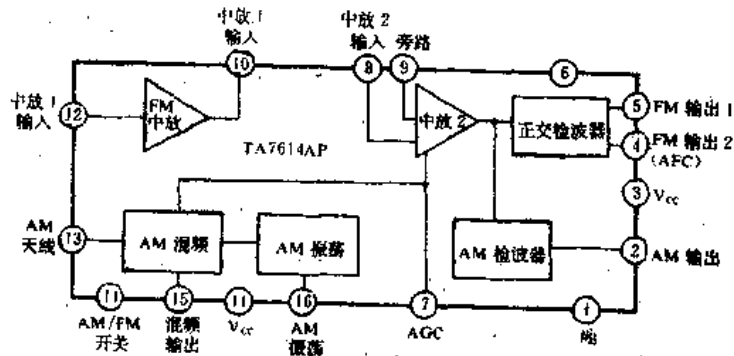


图 49-7

TA7604AP 主要作锁相环立体声解码器,其原理方框如图 49-8 所示。

若 AM 收音正常,调频 FM 虽可收音,但音量小、音质差、噪声大,检查高放、变频部分正常,则可判定 TA7614AP 内的第二中放(AM、FM 共用)正常,故障部位不是在 TA7614AP 的第一中放或 FM 鉴频器,便是出在 TA7604AP 内。从 FM 鉴频器输出的信号由 TA7604AP 第②脚输入,经前置放大后再送往立体声解调器和相位比较器。前置放大器

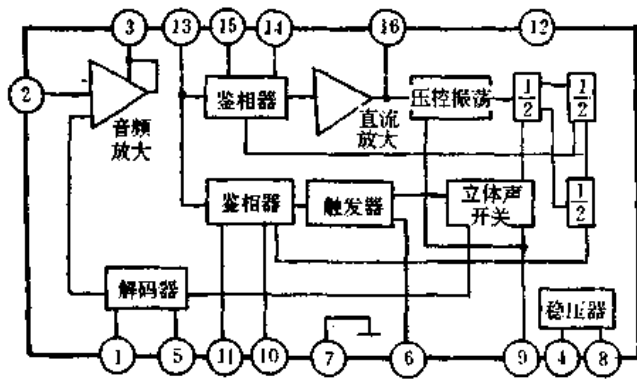


图 49-8

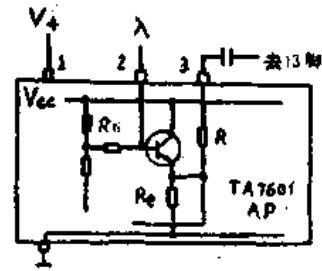


图 49-9

为一简单的射随电路。为判定故障出在集成电路哪一级,可将②脚的输入信号改为③脚输入,即甩开了前置放大器这一级,如果音量增大,且音质也有改善,由此可判定 TA7604AP 前置放大器不良,其原因有可能是放大器内有关元件性能发生变化,使工作点偏离线性区域,也可能是放大器内有关元件彻底损坏。可在 TA7604AP 第②脚与①脚之间加接一只  $100\text{k}\Omega$  电阻,如果音量、音质有相应改善,表明该故障是放大器内有关元件性能发生变化。这时,可细调该电阻阻值,使音量、音质最佳。

如果外接电阻无效,表明前置放大器内有关元件彻底损坏,可试用外接分立元件构成前置放大器,如图 49-9 所示。放大后的信号由 TA7604AP 第③脚输入,并调整  $R_c$ ,使效果最佳。

若收录机出现 AM 波段收不到音,FM 灵敏度低的故障时,则故障出在 TA7614AP 及相应电路。测 TA7614AP 各脚电压,发现③、⑥、⑭、⑮、⑯脚电压都偏低近  $1\text{V}$ ,再测集成电路供电电压滤波电阻两端的压降太大(为  $2.5\text{V}$ ,正常应为  $1.7\text{V}$ )。测相应的外围元件,无漏电现象,这表明是由于集成电路内部工作电流增大所致,使本振和中放供电电压太低而不能正常工作。分别断开③、⑥、⑭、⑮、⑯脚,以判定属内部哪级电流过大,当断开⑥脚时,其余各脚电压及 AM 三个波段均恢复正常,可见是 FM 检波器电流增大,然后将电路全部复原,调整外部元件来解决。可在电阻  $R_{23}$  两端并上一只  $220\Omega$  可调电阻,逐渐调小阻值,当⑩脚电压达到  $4\text{V}$  时,其余各脚电压也均会达到正常值,AM 和 FM 均可收音,但收 FM 信号时,声音欠佳,这是由于 FM 检波器性能变差而引起的;可微调⑥脚上的中周变压器  $T_2$  解决。

## 2. 电击修复

从长期检修中发现,相当数量的集成电路是由于个别元件击穿造成的。其主要原因有:由于工作电压过高;工作电流过大;使集成电路过热,绝缘电阻下降,这样就造成集成电路内部局部或全部短路,而其内部短路击穿多发生在某个个别元件上,采用电击修复,即索性将损坏元件从集成电路中排除,然后通过外接电路加以弥补。但对没判明故障准确位置的集成电路,不宜作这种处理,以免使故障扩大。

具体做法是:找一只耐压在  $16\text{V}$  以上,容量为  $1000\sim 2000\mu\text{F}$  的电解电容器,用  $10\sim 16\text{V}$  的直流稳压电源对其充电  $30\sim 60\text{s}$ (电容器漏电越小越好)。接线如图 49-10(a)所示,然后将充好电的电解电容

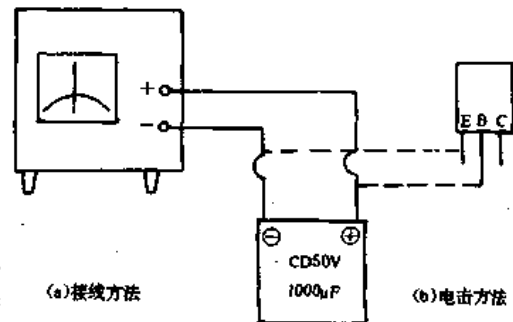


图 49-10

器,碰触集成电路内部短路的相关引脚,见图 49-10(b)虚线所示。对晶体管的 PN 结,用电容器的正极碰 P 端,用负极碰 N 端,电容器与集成电路之间不得加用开关等附件。由于 PN 结的正向电阻很小,而电解电容器放电电流很大,因此可很快将短路点击开,如果一次没击开,可连续数次,直至击开为止。然后,增加相应的外围电路,以弥补这一部分集成电路。

### 3. 组合修复

集成电路内部结构复杂,但其内部电路是由一个个单元电路所组成的,既相互联系,又相互独立,而集成电路损坏,往往是内部某部分电路损坏。如果有两块同型号的集成电路内部损坏的部位不同,可重新组合,利用未损坏部分的功能,进行组合修复。

也可用不同型号较为简单的集成电路组合在一起,代换较复杂的集成电路。

也可用较为简单的集成电路代替损坏集成电路的部分电路。

在集成电路组合修复中,首先要判定集成电路损坏部位,应去掉集成电路哪几个引脚,采用哪种组合方式(应根据手头现成的元器件和易购、价廉等因素综合考虑),如何组合,要做到心中有数。然后用纸和笔画一张组合修复的草图(可作为原始资料保存,以便下次修理时参考),再根据该草图进行焊接,并注意要尽可能少改动印刷电路板,走线要短,要整齐,以免影响整机性能。

例如,夏普 GF-2500 型收录机,录不上音,收音、放音均无声,该机为单片机,即该机的录、放、前置、功率放大等电路均由一块集成电路 HA1361 担任,其内部方框如图 49-11 所示。它能在 6V 电压 4Ω 负载的情况下输出 1W 音频功率。经检测估计是集成电路功放部分损坏。将音量电位器中心抽头取出信号给外接扩音机,声音良好,故判定 HA1361 功放部分损坏。

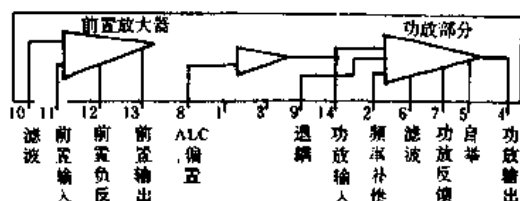


图 49-11

由于 HA1361 内部的前置电路与功放电路相独立,用手头现成的 LA4100 功放集成电路进行组合修复。

修复方法:用一小段  $\Phi 1\text{mm}$  左右的铜线,将 LA4100 的③脚与自身散热板相连,另一端铜线焊于 HA1361 散热板相接的地端,使 LA4100 悬架在印刷电路板铜箔面,LA4100 的外围元件可直接搭焊在有关引脚上,还可利用 HA1361 的部分外围元件。LA4100 及外围元件接线如图 49-12 所示。然后将音量电位器中心抽头接 LA4100 输入端,接好电源线、喇叭线即可。

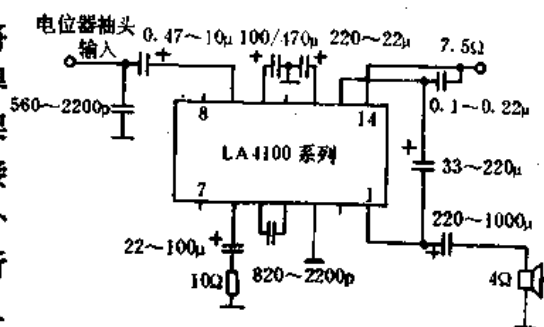


图 49-12

### 4. 降压修复

集成电路由于参数及电气特性发生变化,或内部某电路耐压不够,易出现自激和“软击穿”故障,特别是供电电压较高的集成电路,这时,用万用表测量集成电路的开路电阻或在路电阻均正常,只有当电位升高到一定值时,才出现故障。在这种情况下,可适当降低集成电路供电电压,即排除故障。

例如,用 CF039 和 CF043 集成电路组装的收音机,在使用中易产生自激啸叫。CF039 为

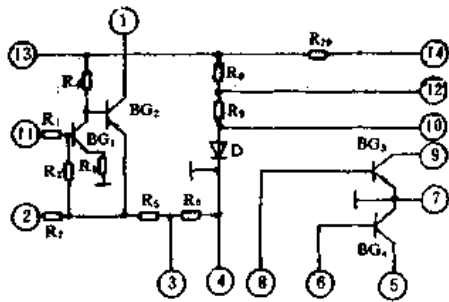


图 49-13

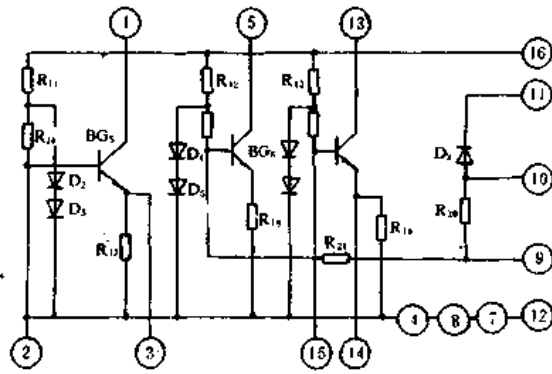


图 49-14

音频放大集成电路,内部电路如图 49-13 所示。当采用 4.5V 电压供电时,可输出 320mW 的不失真输出功率。

CF043 是高频放大电路,内部电路如图 49-14 所示。它与外围元件组成收音机的混频、本振、中频放大、检波和自动增益控制。当自激啸叫时,采用降压修复。

修复方法:降低 CF043 集成电路的供电电压,可在其⑩脚串一只数欧姆电阻,再在 CF043 第⑨脚与⑬脚之间接一只 6.8~15kΩ 的电阻,故障即可排除。

### 5. 外电路改动修复

外电路改动修复,就是通过外围电路的改接,甩开集成电路有故障的部分电路,使整机故障排除。由于在修复过程中甩开了有故障的部分电路,势必会影响和丧失某种功能,但作为应急处理,这种方法是可取的。采用这种方法时,首先应根据音响设备原理图,分析该集成电路在整机电路中是如何工作的、相关的外部元件起什么作用,从而确定改动方案。应该注意,信号能否取出并接至外围电路的输入端,以及经过外围电路处理后的信号,是否能送到集成电路的下一级进行处理等情况。

例如,三洋 M9930K 型收录机无法收音,扬声器中有严重的“辟啦”声,放音正常。由于整机所有波段都无法收台,所以,先检查公共电路。该机的调频、调幅的检波输出信号,均经解码集成电路 IC501 (LA3361),然后从④脚和⑤脚输出左右两路信号,至各自的功率放大器。检测 LA3361 集成电路的引脚电压值,发现已严重偏离正常值,判定为集成电路损坏。

采用外电路改动修复,按图 49-15 所示,将有“×”号处电路切断,另用软导线将虚线所示各点相接,整机各波段便可恢复正常收音。

音量和音质与正常机一样,但在接收调频立体声广播时无立体声效果。

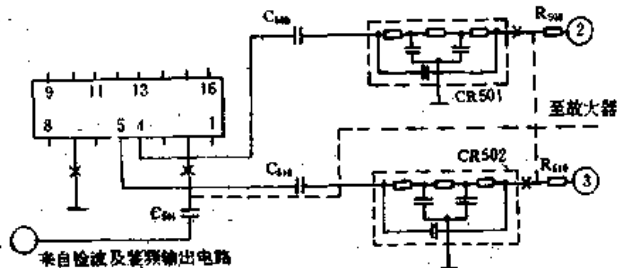


图 49-15



### 参考文献

- 广东科技出版社 《现代实用电子技术手册》 罗新东 凌耀苍 谢国贤 呈志恩 编
- 电子工业出版社 《万用表测量技术》 沙占友 著
- 电子工业出版社 《电子爱好者实用资料大全》 《无线电》编辑部 编
- 电子工业出版社 《家用电器元器件手册》张士炯 主编
- 福建科学技术出版社 《音响元器件检测修复代换》 楼铁军编
- 广东高等教育出版社 《黑白彩色电视机元器件检测修复代换自制方法及实例 999》  
张孝峰 楼铁军 赵捷 主编
- 电子工业出版社 《用万用表修理彩色电视机》 蔡国清 编著
- 电子工业出版社 《彩色电视机元器件检修与代换》王锡胜 编
- 电子工业出版社 《数字万用表的原理使用与维修》 沙占友 沙占为 编著
- \* 人民邮电出版社 《怎样选用无线电元件》 傅吉康 编著
- 辽宁科学技术出版社 《录音机检修入门》 洪澎 编著
- \* 山东科学技术出版社 《电工基础与电工技术》 于长新 编
- \* 福建科学技术出版社 《万用表检修录像机》 唐兰彬 傅建生 吴亦峰 黄忠宝  
薛育萍 编
- 人民邮电出版社 《常用电声器件原理与应用》
- 电子工业出版社 《万用表妙用 100 例》 沙占友 著
- 上海科技出版社 《继电器及其应用》