

目 录

实验一	元器件的检测和安装	(1)
实验二	稳压电源的安装与调试	(21)
实验三	音频放大器的安装与调试	(30)
实验四	场扫描电路的安装与调试	(41)
实验五	行扫描电路的安装与调试	(54)
实验六	同步分离和AFC电路的安装与调试	(74)
实验七	视频放大、显象管外围电路的安装与调试	(83)
实验八	中频放大、检波和预视放部分的安装与调试	(97)
实验九	伴音中放和鉴频部分的安装与调试	(114)
实验十	自动增益控制和抗干扰电路部分的安装与调试	(124)
实验十一	联机综合统调	(140)
实验十二	μ PC1031H ₂ 集成电路	(152)
实验十三	μ PC1366C 集成电路	(156)
实验十四	AN355 集成电路	(160)
实验十五	电源及伴音电路故障模拟	(165)
实验十六	行扫描电路故障模拟	(170)
实验十七	场扫描及同步电路故障模拟	(174)
实验十八	视放电路故障模拟	(178)
实验十九	通道故障模拟	(181)
实验二十	检修基本知识	(185)
实验二十一	无光栅、无伴音故障的检查与排除	(198)
实验二十二	光栅故障的检查与排除	(201)
实验二十三	图象故障的检查与排除	(205)
实验二十四	伴音故障的检查与排除	(209)
附录一	JT-1 型晶体管伏安特性图示仪介绍	(211)
附录二	QBG-3型高频 Q 表介绍	(220)
附录三	BT-3型频率特性测试仪介绍	(224)
附录四	SBT-5 型同步示波器介绍	(228)
附录五	增益的分贝表示法	(231)
附录六	牡丹牌31H5型电视机参数表	(237)
附录七	牡丹牌31H5型电视机主要元件故障现象和晶体管电极电压	(238)
附录八	牡丹牌31H5型电视机电路图	(249)

附录九	牡丹牌31H5型电视机印制电路板图.....	(250)
附录十二	牡丹牌31H8型电视机电路图.....	(251)
附录十一	牡丹牌31H8型电视机印制电路板图.....	(252)
附录十二	电视测试卡.....	见封三
附录十三	黑白电视机原理与维修实验报告册.....	见另册

实验一 元器件的检测和安装

一、实验目的

学习使用仪器和自制简单设备进行元器件检测的方法，熟悉安装、焊接工艺要求及方法。

二、实验器材

1. 仪器和工具

- | | |
|---|----|
| (1) 内阻为 $20\text{k}\Omega/\text{V}$ 的万用电表 | 一块 |
| (2) 惠斯登电桥 | 一台 |
| (3) QBG-3型高频Q表 | 一台 |
| (4) JT-1型晶体管伏安特性图仪 | 一台 |
| (5) 常用工具 | 一套 |

电烙铁、尖嘴钳、偏口钳、克丝钳、螺丝刀、十字改锥、镊子、小刀等各一把。夹子线四条，焊锡、松香、接线若干。

2. 元器件

- (1) 各种规格的电阻十支，电位器三支。
- (2) 各种规格的电解电容、瓷片电容，金属化纸介电容、涤纶电容等十支。
- (3) 各种规格的电感线圈、变压器五支。
- (4) 各种规格晶体二极管五支。
- (5) 各种规格晶体三极管五支。
- (6) 集成电路块三~六块。

三、元器件的检测方法和安装、焊接工艺要求

(一) 电阻器、电位器的检测

1. 电阻器介绍

目前电视机中使用的电阻多是碳膜电阻和金属膜电阻。它们是在绝缘瓷管上烧渗蒸发上一层碳膜或金属膜，电阻值的大小由膜的厚度决定，然后在膜上刻出螺旋槽修正电阻值。金属膜电阻阻值精确、稳定、耐热性能好，但价格稍高。

目前，电阻器常用的标志方式有三种：一种是把电阻值直接标印在漆膜表面上，误差等级用罗马数字表示，I： $\pm 5\%$ ，II： $\pm 10\%$ ，III： $\pm 20\%$ 。另一种标志方法是在单位符号(Ω ， $\text{k}\Omega$ ， $\text{M}\Omega$)前面用数字表示阻值的整数部分，单位符号后面用数字表示第一小数数阻值，下面的字母表示电阻的误差等级，D： $\pm 0.5\%$ ，F： $\pm 1\%$ ，G： $\pm 2\%$ ，J： $\pm 5\%$ ，K： 10% ，M： $\pm 20\%$ 。例如：9k1，J表示9.1k，误差 $\pm 5\%$ 。第三种标志方法是采用色环标志法。

目前，为了适应机械化插件的需要，电阻器又重新采用色环标志法。色环标志法的优

点是无法从什么方向，角度都能看清色环，插件时不必考虑标志的方位，调试修理时也不用拨动就能认清阻值。色环标志的具体规定见表1-1。

表1-1 电阻色环标志法的规定

	第一环	第二环	第三环	第四环
颜 色	第一位数	第二位数	倍乘数	误 差
黑	0	0	$\times 1$	
棕	1	1	$\times 10^1$	
红	2	2	$\times 10^2$	
橙	3	3	$\times 10^3$	
黄	4	4	$\times 10^4$	
绿	5	5	$\times 10^5$	
蓝	6	6	$\times 10^6$	
紫	7	7	$\times 10^7$	
灰	8	8	$\times 10^8$	
白	9	9	$\times 10^9$	
金				$\pm 5\%$
银				$\pm 10\%$
无色环				$\pm 20\%$

电阻器的额定功率如果没有在表面上标明，可凭经验判断，一般体积越大的电阻，额定功率也越大。同样体积的电阻，金属膜电阻的功率要比碳膜电阻大。

2. 用万用电表电阻档检测电阻器

黑白电视机中的电阻器的阻值一般要求误差在 $\pm 5\%$ 以内，中级万用表电阻档的测量精度一般为 $\pm 2.5\%$ 。因此一般电阻器可以用万用表电阻档检测。

(1) 零欧姆调整

将万用表的量程选择开关拨到选定的电阻档，先把两表笔短路，旋转零欧姆调整旋钮使指针恰好指在 Ω 标度线右端零点处。

电阻档每次转换量程，都要重新做“零欧姆调整”。

(2) 量程的选择

为了提高测量的精度，应尽量让指针指在 Ω 标度线的中间部分。

(3) 注意事项

测量时不能用手同时捏住电阻器和表笔的两端。因为这样操作，等于在被测电阻器上并联了一个人体电阻，使测量结果阻值变小。

为了减小电视机整机故障率，凡阻值偏离其标称值 $\pm 5\%$ 以上的电阻器不应再使用。

3. 用电桥检测电阻器

当需要精确测量电阻时，常应用“电桥测量法”。

(1) 惠斯登电桥电路原理

图1-1是惠斯登电桥原理图。它是由四个电阻组成一个四边形的回路，每一条边称为“电桥”的一个“臂”。对角A和C接电源，对角B和D之间接检流计G，所谓“桥”就是指B、D这条对角线而言。检流计的作用是对“桥”的两端点B、D的电位进行比较。当B、D两点的电位相等时，检流计中无电流通过，叫做电桥达到了平衡。电桥平衡的条件是：

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_x}{R_0}$$

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} \times R_0$$

若 R_1 与 R_2 之比和 R_0 为已知，则 R_x 可由上式求出。

(2) 自制滑线电桥

图1-2是一具实用滑线电桥。其中AC是长一米粗细均匀的电阻丝，可从废电烙铁芯上拆下一段，拉直使用。AC下面附一根米尺，两端与电阻丝对齐。滑动触点D，可以在AC上平滑移动并保持良好的电气接触。电阻 R_0 是个已知阻值的标准电阻，它的阻值最好与待测电阻 R_x 的大小相近，这样测量精度较高。检流计可用万用表的直流低电压档和微安档代用。电源用4.5V~6V的直流电源。滑线电桥的引线要粗，各接点的接触电阻要小。

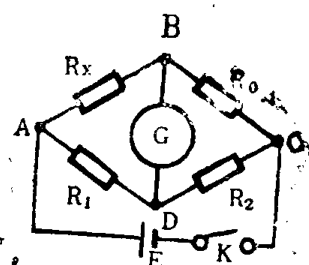


图1-1 惠斯登电桥原理图

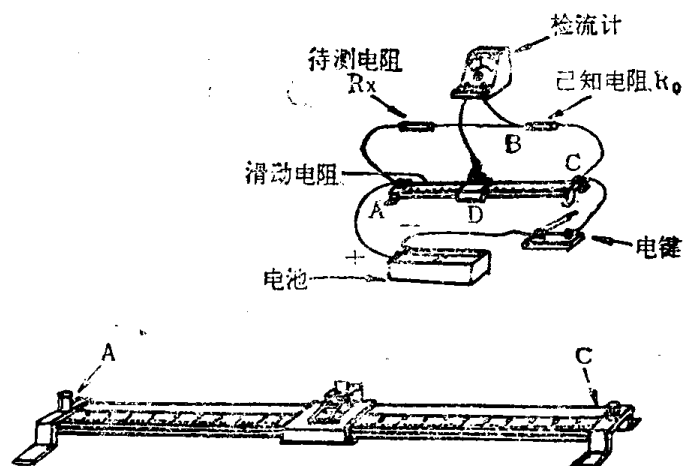


图1-2 实用滑线电桥

使用滑线电桥测电阻时，先将电路按图1-2连接好，滑动触点D移到AC的中部，使用万用表直流低电压档代替检流计，电路检查无误后才可以闭合电键。

闭合电键时要注意表针偏转方向，若表针反转，则应打开电键，将两表笔对调，再闭合电键。

刚接通电源时，由于电桥离平衡状态较远，所以必须使用直流低电压档代替检流计，以保护表头。移动滑动触点D，逐渐找到表头指示为零的平衡点附近，然后再换用万用表的微安档，细调滑动触点D，使电桥平衡。

由于电阻丝的电阻大小与长度成正比，所以：

$$\frac{R_{AD}}{R_{DC}} = \frac{L_{AD}}{L_{DC}}, \quad R_x = \frac{R_{AD}}{R_{DC}} \times R_0 = \frac{L_{AD}}{L_{DC}} \times R_0$$

我们可以从米尺的刻度读出AD间的长度 L_{AD} ，DC间的长度 L_{DC} 。 R_0 是已知电阻，可用上式算出被测电阻的阻值。只要标准电阻精确，滑线电桥的测量精度可达 $\pm 1\%$ 以上。

4. 用万用电表阻档检测电位器

对电位器的质量要求是：阻值准确、转动灵活、手感平滑、接触良好。

(1) 用万用表电阻档测量电位器两边焊片间的电阻，读数应与其标称值一致。若阻值比其标称值大许多，说明电阻片已断裂或焊片铆钉松动了。

(2) 把表笔接在中间与一端的两焊片上，慢慢旋动转轴，阻值应在零和标称值之间变化。指针转动应平缓，如指针有突然的摇动跌落，说明滑动触点接触不良或电阻片磨损严重。

(3) 带开关的电位器，通、断开关时，应能听到清脆的“咯嗒”声。用万用表低阻

档测量开关两焊片，每次通断指针都应摆到头，且动作利落。

（二）电容器的选用和检测

1. 电容器的主要性能指标

（1）标称容量和允许误差范围

为了生产和选用的方便，国家规定了各种电容器电容量的一系列标准值，称为标称容量，也就是电容器所标出的容量。

实际生产的电容器与标称容量之间总是有误差的。电容器的电容量允许误差分为五个精度等级：00级表示允许误差 $\pm 1\%$ ；0级表示允许误差 $\pm 2\%$ ；I级表示允许误差 $\pm 5\%$ ；II级表示允许误差 $\pm 10\%$ ；III级表示允许误差 $\pm 20\%$ 。电容器的电容量与精度等级都标在外壳上。有时小容量的电容器直接注明误差数值。例如 5 ± 0.1 ，表示这只电容器容量是 5pF ，误差 $\pm 0.1\text{pF}$ 。

（2）温度系数

温度的变化会引起电容器电容量变化。一般电容器都是温度愈高，电容量愈大，称为“正”温度系数。也有一些种类的电容器，温度愈高电容量愈小，称为“负”温度系数。

（3）额定直流工作电压

电容器能够长期可靠地工作而不致被击穿所能承受的最大直流电压，又称为“耐压”。电容器的耐压大小与绝缘介质的种类和厚度有关。

（4）绝缘电阻

电容器绝缘电阻的大小，说明其绝缘性能的好坏。当电容器加上直流电压 U 长时间充电之后，其电流最终仍保留一定的值，称为电容器的漏电电流 I ，这时绝缘电阻 R 为： $R = U/I$ 。

电容器绝缘电阻的大小与绝缘介质材料的种类、厚度、电容量、环境温度、湿度等因素有关。当然绝缘电阻愈大愈好，以减少漏电流的影响，除电解电容器以外，一般应为 $5000 \sim 10000\text{M}\Omega$ 以上。

（5）介电损耗。

高频交变电场会使电容器的绝缘介质发热，产生一定交流能量损耗，称为介电损耗。介电损耗大的电容器在高频电路中工作时，会降低回路的 Q 值。

2. 电容器的选用

各种电容器由于制造材料和工艺的不同，性能和用途也不一样。在选用电容器时，除应当注意电容量和耐压以外，还应当根据电路的要求选择适当的种类，以便保证电路性能和降低成本。

（1）电解电容器

电解电容器体积，小频容量大，但有一定的极化方向，只能用在单向脉动电路中，使用时“正”、“负”极性能不能接错，否则漏电增大，容易击穿。电解电容器的容量误差较大，温度稳定性较差，漏电流大，介电损耗也大，只能用在对电容量要求不太严格的电源滤波、低频旁路和低频耦合等电路中。电解电容器的附加电感较大，对高频信号呈现的电抗较大，旁路高频信号的性能不好。因此在需要旁路高频信号的电路中，往往需要再并联瓷片电容器或云母电容器。

电解电容的使用寿命较短，是故障率较高的元件。电解电容器不宜长期存放，如需存放，应隔一段时间充一次电。电解电容器在额定电压下使用寿命最长，不允许将低耐压的电容器用在高压电路中，也不宜将耐压很高的电解电容用在低压电路中。

(2) 高频陶瓷电容器

常见的陶瓷电容器有管状和圆片形两种。高频陶瓷电容器的介质是一种高频陶瓷，极板是用化学方法在瓷介质两面喷涂的银层。高频陶瓷电容器的介电损耗小， Q 值高，附加电感小，电容量稳定，常用在高频谐振回路中。

高频陶瓷电容器有正温度系数和负温度系数两种。我们知道，线圈的电感量和分布电容是随温度的升高而增大的，因此在振荡回路中使用具有负温度系数的陶瓷电容器，可以补偿电感线圈参数随温度的变化，使回路的谐振频率受温度变化的影响减小，从而提高振荡回路的稳定性。这一点是很宝贵的。陶瓷电容器的颜色表示其温度特性，蓝色和灰色表示正温度系数；绿色、红色和黑色表示负温度系数。其中绿色系数最大，黑色系数最小。

瓷管电容器的一端印有一条黑线，表示该引线为外层电极引线，使用时应接地或接低电位端。

(3) 低频陶瓷电容器

低频陶瓷电容器的构造和外形与高频陶瓷电容器相同，只是介质瓷片的种类不同，低频陶瓷电容器常采用锆钛酸钡铁电体瓷片。这种瓷片的介电常数很大，因此这种电容器体积小，容量大，附加电感很小。这种电容器的缺点是介电损耗大， Q 值低，温度稳定性差。低频陶瓷电容器不宜用在振荡回路中，但很适宜做各种高频电路的旁路电容器。由于它附加电感小，所以旁路高频信号效果很好。至于它损耗大、温度稳定性差等缺点，对旁路高频信号并没有影响，因此它广泛应用在收音机、电视机等高频旁路电路中。

(4) 其它电容器

固定电容器中除以上三种外，常用的还有云母电容器、聚苯乙烯电容器、涤纶电容器、金属化纸介电容器、独石电容器和钽电解电容器等多种。这么多电容器选用哪种好呢？下面介绍一些常识。

高频电路中的谐振电容、耦合电容，要求电容量准确、温度稳定性好、介电损耗小、 Q 值高、附加电感小，因此宜选用高频陶瓷电容器、云母电容器和聚苯乙烯电容器等高质量电容器。

高频电路中的滤波电容、旁路电容，要求附加电感小、体积小，以选用低频陶瓷电容器或独石电容器为佳；最好不采用卷绕电容，如金属化纸介电容器和涤纶电容器等。

涤纶电容器体积小、容量大、介电损耗较小、温度稳定性较高，适用于各种频率振荡和放大电路中。

金属化纸介电容器体积小、容量大、具有高电压击穿后能“自愈”的特性。即当电压恢复正常后，该电容器仍能照常工作。适用于各种低频电路和有脉冲高压的电路中。电视机行逆程电容就常采用这种电容器。

独石电容器属于低频陶瓷电容器类。

钽（或铌）电解电容器较铝电解电容器具有体积小、容量大、损耗小、绝缘电阻大、温度稳定性好和寿命长等优点，但价格较高。常用在要求较高的电子设备中。

3. 用万用表电阻档检测电容器

(1) 电容器绝缘电阻的检测

检测电解电容器的绝缘电阻时，把万用表拨到 $\Omega \times 100$ 或 $\Omega \times 1k$ 档，将红表笔接电解电容器的负极，黑表笔接它的正极。此时，表针先沿顺时针方向摆动一下，然后慢慢向左退回，表针稳定不动后，所指示的读数，就是电解电容器的“正向绝缘电阻”。读数越大，电容器的漏电电流越小，质量越好。电容器的绝缘电阻与它的电容量有关，还与测量电压有关。通过大量检测，积累经验后很容易判定绝缘电阻不合格的电容器。

检测大容量的电解电容器时，不要使用万用表的 $\Omega \times 10k$ 档，因该档的电源电压较高，内阻也大，不仅充放电时间长，而且表针过于剧烈的摆动容易损坏表头。

检测其它电容器的绝缘电阻时，使用万用表的 $\Omega \times 10k$ 档。表针顺时针晃动一下后，应慢慢退回 $R = \infty$ 处。一般电容器的绝缘电阻应极大，若小于 $10M\Omega$ ，就不能使用了。

测量时必须注意：不能用手同时接触被测电容器的两极，以免将人体电阻并联在绝缘电阻上面，引起测量误差。

(2) 电容器容量的估测

对于电容量大于 $5000pF$ 的电容器，用万用表电阻档估测它的电容量，是一种简便常用的方法。其估测方法与测量绝缘电阻的方法相似。档位选择请参考表1-1。

表1-1 用万用电表电阻档估测电容量时的档位选择

电容量范围	选用档位
$5000pF \sim 1\mu F$	$\Omega \times 10k$
$1\mu F \sim 10\mu F$	$\Omega \times 1k$
$10\mu F \sim 100\mu F$	$\Omega \times 100$
$100\mu F \sim 1000\mu F$	$\Omega \times 10$
$1000\mu F \sim 10000\mu F$	$\Omega \times 1$

估测时，两表笔接触电容器的两个电极，表针摆动一下，然后逐渐复原；将两表笔对调一下，再次测量，表针摆动的角度更大些，然后又逐渐复原。这就是电容器充放电时的情形。电容量越大，表针摆动的角度也就越大，另外表针复原的速度也越慢。摆动的角度除与电容量有关外还与所使用万用表的性能参数有关。通过大量的测试，积累经验后即可掌握根据所选用的档位和指针摆动的最大角度来估测其电容量的方法了。

如果被测量的是个 $5000pF$ 以上的电容器，使用 $\Omega \times 10k$ 档检测，而表针不摇动，与没有接上电容器时一样，说明该电容器内部开路或容量不足。

对于 $5000pF$ 以下的电容器，一般用万用表的高阻档已经看不出它的充放电情形了，只好先测量一下它是否漏电，然后用专用电容测量仪或高频Q表进行测量。

(三) 电感器和变压器的检测

1. 用万用表电阻档检测高频电感、高频变压器

(1) 先用万用表 $\Omega \times 1$ 档检测线圈的直流电阻，判断绕组的通断，并通过电阻值比较绕组的电感量大小、判断是否存在严重短路故障。

(2) 再用 $\Omega \times 10k$ 档检测高频变压器各绕组间的绝缘情况。

2. 用万用表检测低频电感器和电源变压器。

(1) 用万用表低阻档检测电感器、电源变压器各绕组的直流电阻, 判断绕组的通断, 并通过电阻值比较线径相同绕组的电感量、判断是否存在严重短路故障。

(2) 在用低阻档检测含铁芯的大电感或变压器的高压绕组时, 要注意防止自感高压的电击现象。

(3) 用 $\Omega \times 10k$ 档检测电源变压器各绕组间的绝缘情况。

(4) 在电源变压器初级绕组上加上额定电压, 用万用表交流电压档检测各绕组的电压, 变压器次级的空载电压, 一般比标称值高5%左右。

(5) 在空载检测电源变压器时, 不应有“嗡嗡”声, 若有则说明硅钢片振动, 应紧固或粘固。变压器允许温热, 但不能过热烫手, 更不应有烧清漆的味, 否则说明有内部短路故障。

3. 用谐振法检测电感器和电容器

(1) 谐振法检测LC回路的Q值

品质因数Q是指电感、电容谐振回路振荡时储存的能量与一周期内消耗的能量之比的 2π 倍。即:

$$Q = 2\pi \frac{\text{回路内储存的能量}}{\text{每周期内消耗的能量}}$$

因回路内储存的能量等于 $\frac{1}{2}LI_m^2$, I_m 为振荡电流的振幅, 而每周期内消耗的能量等于 $\frac{1}{2}RI_m^2T$, 所以回路的品质因数可以表示为:

$$Q = 2\pi \frac{\frac{1}{2}LI_m^2}{\frac{1}{2}RI_m^2} = 2\pi fL/R = X_L/R$$

由于谐振时感抗 X_L 等于容抗 X_C , 所以Q可以写作:

$$Q = \frac{2\pi fL}{R} = \frac{X_L}{R} = \frac{X_C}{R} = \frac{1}{2\pi fCR}$$

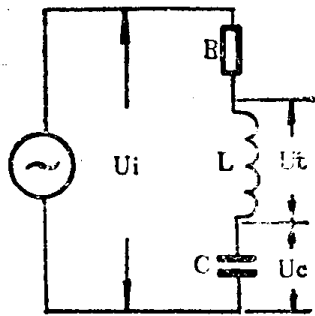


图1-3 串联谐振电路

若在R、L、C串联谐振路中串接高频电源, 电动势为 U_i , 如图1-3所示。谐振时, 电容上的电压与电感上的电压相位相反,

$$\dot{U}_L = -\dot{U}_C$$

$$U_L = U_C = QU_i$$

如果已知 U_i , 通过测量 U_C 或 U_L 即可求出被测量LC回路的Q值。

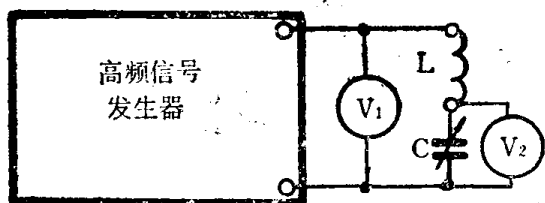


图1-4 谐振法测量电感量和电容量

若电容器C选用Q值很高的空气可变电容器, 则被测回路的Q值就可以看作是电感线圈L的品质因数 Q_L 。

(2) 谐振法测量电感器的电感量和电容器的电容量。

如图1-4所示, 用高频信号发生器与电感器、电容器组成串联谐振电路, V_1 、 V_2 是

高频电压表，高频信号发生器产生频率连续可调的高频等幅信号，并且其输出阻抗很低， V_1 是用来监测信号发生器输出的幅度， V_2 用来测电容器上的电压 U_C 。调节高频信号的频率，当 V_1 保持不变而 V_2 指示达到最大值时，LC回路即与输入信号发生谐振，高频信号发生器指示的频率 f 即为LC回路的谐振频率，

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

若电容器的容量 C 已知，则可根据下式求出电感线圈的电感量，

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C}$$

若电感线圈的电感量 L 已知，则可根据下式求出电容器的电容量，

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L}$$

高频Q表就是根据上述原理制造的测量LC回路Q值和高频电感、小电容器的常用仪器。关于高频Q表的使用方法请参阅附录二。

（四）晶体管的检测

1. 晶体二极管正向压降的检测

晶体二极管正向导通时，PN结上会有一定的电压降落。当晶体二极管的正向电流为某一规定数值时，其PN结上的正向电压称为晶体二极管的正向压降。晶体二极管的正向压降除了与半导体材料的种类有关外，还与PN结的生产工艺、质量等因素有关。晶体二极管的正向压降越小，输出电压越高，管子正向耗散功率也越小。在其它参数都相同的情况下，晶体二极管的正向压降越小，管子的质量越高。

对于整流二极管来说，正向压降小，可降低管耗，降低管温。对于检波二极管，正向压降小，可提高检波输出电压，提高检波效率。行阻尼二极管正向压降的大小，会影响行扫描线性的好坏。因此晶体二极管的正向压降，是二极管需要检测的主要参数之一。

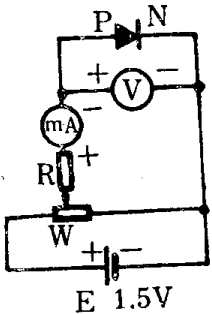


图1-5 测量晶体二极管正向压降的电路

图1-5是检测二极管正向压降的电路图。图中 E 是1.5V直流电源； W 是30~100Ω线绕电位器； R 是保护电流表和二极管的限流电阻，其阻值视被测二极管的正向电流而定，一般可在1~10Ω之间选择；

①是量程为1V的直流电压表；②是量程为100mA（或1A）的直流电流表。在这个测量电路中，由于流过二极管的正向电流远大于流过电压表支路的电流，所以由电压表的分流作用产生的测量误差可以忽略。

测量前，应先调节电位器 W 的滑动臂，使电压表的读数为零，然后再接入被测二极管。

测量时，应缓慢地调节电位器 W ，使流过二极管的正向电流逐渐增加，达到测试条件规定的数值，此时电压表的读数即为被测二极管的正向压降。

测量完毕后，应先调节电位器 W 的滑动臂，使电压表的读数为零，然后再摘下被测二极管。

2. 晶体二极管反向击穿电压的检测

晶体二极管反向击穿电压 U_B ，是指其反向特性曲线转折点的电压，当达到或超过这个

电压时，PN结将发生雪崩击穿。在电路中二极管实际工作的反向电压应远小于反向击穿电压 U_B ，其最大反向工作电压 U_{RM} 应小于反向击穿电压 U_B 的二分之一。当晶体二极管两端加有反向电压时，会形成一定的反向电流 I_R 。晶体管手册给的 I_R 值是在反向电压 U 等于其最大反向工作电压 U_{RM} 时的反向电流值。

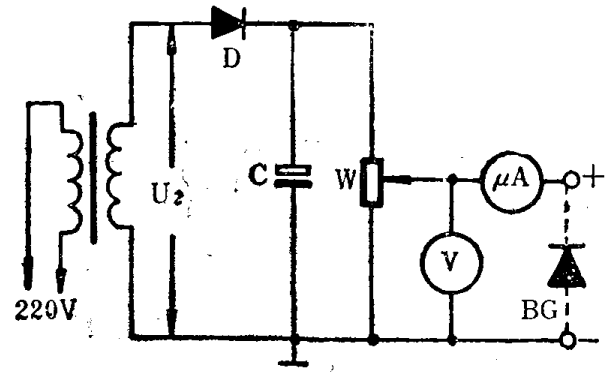


图1-6 测量二极管反向击穿电压 U_B 的电路

只要流过二极管的反向电流不超过晶体管手册给出的该管的 I_R 值，晶体二极管是不会损坏的。测量晶体二极管反向击穿电压的电路就是根据这一原理设计的。

图1-6是测量晶体二极管反向击穿电压 U_B 的电路图。图中，电源变压器次级电 U_2 为350V；整流二极管D是最大反向工作电压 $U_{RM} \geq 1000V$ 的2DP3E；滤波电容器C是耐压450V的 $10\mu F$ 电解电容器；分压电位器W是功率为2W的500k Ω 电位器；电压表V可用万用表直流500V电压档代替。微安表 μA 可用万用表直流10V~100V电压档代替，对于内阻为20k Ω/V 的直流电压档，其满度电流为50 μA ，可从50等分刻度直读流过二极管的反向电流 I_R 值。由于一般二极管的反向电流 I_R 值很小，虽然微安表有一定的内电阻，其上的电压降仍很小，可以忽略不计。用电压档代替微安表的好处是，一旦二极管发生反向击穿或误操作时，微安表不会烧毁。

测量前，应先调节电位器W的滑动臂，使电压表的读数为零，然后才可接入被测的二极管。

测量时，应缓慢地调节电位器W，使加在二极管两端的反向电压逐渐增加，这时应注意观察微安表的读数，当达到测试条件规定的反向电流 I_R 值时，电压表的读数即为被测二极管的反向击穿电压 U_B 值。

测量完毕后，应先将电位器W旋至电压表读数为零处，然后再摘下被测二极管。

3. 晶体三极管间反向电流 I_{CBO} 和 I_{CEO} 的测量

晶体三极管集电极反向电流 I_{CBO} 是发射极开路时，集电极-基极间的反向截止电流。在室温下，小功率锗管的 I_{CBO} 约为几十 μA ，小功率硅管的 I_{CBO} 则小于1 μA 。 I_{CBO} 的大小标志着该管集电结的质量。 I_{CBO} 随温度升高而急剧增大，因此它关系着管子的温度稳定性和热噪声，良好的三极管 I_{CBO} 应该是很小的。

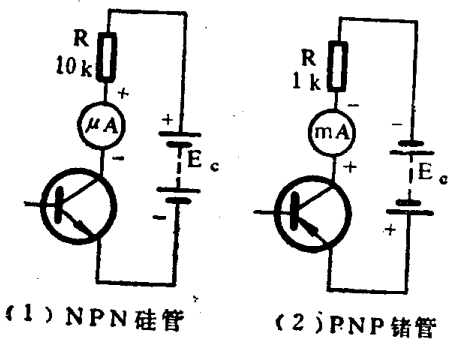


图1-7 晶体三极管的穿透电流 I_{CEO}

晶体三极管的穿透电流 I_{CEO} 是基极开路时集电极-发射极间的反向截止电流。如图1-7所示。

我们知道， I_{CEO} 与 I_{CBO} 有如下关系：

$$I_{CEO} = (1 + \beta) I_{CBO}$$

可见 I_{CEO} 与 I_{CBO} 和 β 值有关， I_{CBO} 相同的管子， β 值越大的， I_{CEO} 也越大。 I_{CEO} 随温度升高而增大时， I_{CEO} 也随之发生 $(1 + \beta)$ 倍增加，因此 β 过大的管子，一般温度稳定性较差。由于小功率管的 I_{CBO} 较小，一般不易测量，所以在实际中经常通过测量 I_{CEO} 来了解管子的

质量。在室温下，小功率锗管的 I_{CEO} 小于1mA，小功率硅管则一般小于1 μ A。

测量晶体三极管的 I_{CBO} 和 I_{CEO} 仍可使用图1-6所示的装置。测量前，先调节电位器W使电压表的读数为零。由于测量 I_{CBO} 和 I_{CEO} 所需加的电压一般较低，电压表可使用万用表的直流10V档。测量锗管时，电流表可使用万用表的直流1mA档；测量硅管时，需使用50 μ A电流表，但不宜直接使用万用表的50 μ A档，而应该用直流电压1V档代替。对于20k Ω /V的直流电压档，其满度电流为50 μ A，由于电压表内部串有电阻，可以保护电表和晶体管，以防误操作或晶体管被击穿时烧毁表头。

电表档位调好后，再将被测管接入电路中：

测量PNP型三极管的 I_{CBO} 时，集电极接负端，基极接正端，发射极开路；

测量NPN型三极管的 I_{CBO} 时，集电极接正端，基极接负端，发射极开路；

测量PNP型三极管的 I_{CEO} 时，集电极接负端，发射极接正端，基极开路；

测量NPN型三极管的 I_{CEO} 时，集电极接正端，发射极接负端，基极开路。

测量时，应缓慢地调节电位器W，使电压表的读数等于晶体管手册规定的测试条件电压值，此时电流表的读数就是该管的 I_{CBO} 或 I_{CEO} 值。调节电位器W时，应注意观察电流表的读数，防止因晶体管击穿而烧毁电流表。

测量完毕后，应将电位器W旋至电压表读数为零处。

4. 晶体三极管集电极-发射极击穿电压 BV_{CEO} 的测量

晶体三极管的 BV_{CEO} 是指基极开路时，集电极-发射极之间的反向击穿电压。使用晶体管时如果集电极-发射极间的电压 U_{CE} 大于该管的 BV_{CEO} 值，就有可能导致三极管击穿而损坏。因此，这项参数是决定该晶体管能否工作在高压电路中的重要参数，对于视放输出管和行、场扫描输出管等都需要检测这项指标后，才可装入电路使用。这里应该指出，晶体三极管在基极开路时，集电极-发射极之间的耐压最低，击穿电压值最低，但是在正常工作电路中，基极开路的机会是极少的，因此根据 BV_{CEO} 值选定的最大 U_{CE} 值是比较安全的。另外，一般硅三极管的 BV_{CEO} 值是随温度升高而升高的，所以在选定硅三极管的最大 U_{CE} 值时，留的余量可以较小。需要注意的，是锗三极管的 BV_{CEO} 值一般是随温度的升高而降低的，晶体管手册中常给出 BV_{CEO} 随温度变化的曲线供参考。在选定锗三极管的最大 U_{CE} 值时，应留有较大的余量。

晶体管手册中对测量 BV_{CEO} 规定有测试条件。当测量三极管的 BV_{CEO} 值时，只要集电极电流 I_c 不大于规定值，晶体三极管是不会损坏的。

对于测试电流小于2mA的中、小功率三极管（如视放输出管）来说，仍可使用图1-6所示装置测量，只需根据被测管的耐压范围和测试电流值选定电压表和电流表的量程。

测量前，应先调节电位器W，使电压表的读数为零，然后再将被测管接入电路中。

测量NPN型三极管时，集电极接正端，发射极接负端，基极开路。

测量PNP型三极管时，集电极接负端，发射极接正端，基极开路。

测量时，应缓慢地调节电位器W，使电流表读数逐渐达到晶体管手册中测试条件规定的 I_c 值，此时电压表的读数即为该管的 BV_{CEO} 值。

测量完毕后应先调节电位器W，使电压表的读数为零，然后再把被测管摘下来。

测量 BV_{CEO} 小于250V的大功率管，可以使用图1-8所示的装置。图中电源变压器次级绕组电压 U_2 为350V；整流二极管D是最大反向电压大于1000V的2DP3E；滤波电容器C

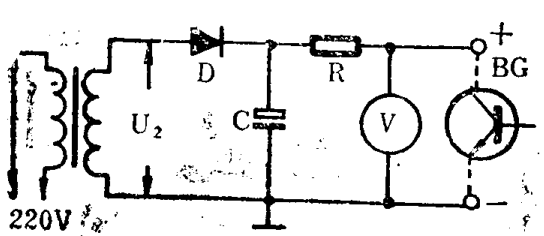


图1-8 测量大功率管 BV_{CEO} 的电路图

是耐压450V容量为 $10\mu F$ 的电解电容器；电压表V用万用表直流500V档。电阻R是限流电阻，其阻值可按下式算出：

$$R = \frac{U}{I_c}$$

式中U是直流电源电压， I_c 是被测管测试条件规定的测试电流。由于是瞬间测量使用，电阻R可选用2W的电阻器。

测试前，先将被测管接入电路，然后再接通电源，由于直流电源电压高于被测管的耐压，所以被测管将被击穿，但由于有限流电阻的保护，晶体管并不会损坏。此时电压表的读数即为该管的 BV_{CEO} 值。

由于这个装置的直流电源电压只有450V左右，所以只能用来测量耐压在250V以下的大功率管，要测量耐压更高的晶体管，需进一步提高电源电压。

5. 晶体三极管共发射极静态电流放大系数的测量

静态时，晶体三极管集电极电流 I_c 与基极电流 I_b 的比值，称为晶体三极管共发射极静态电流的放大系数。记作 h_{FE} 。

$$h_{FE} = \frac{I_c}{I_b}$$

h_{FE} 常用来表征功率放大管、开关晶体三极管和大功率晶体管的电流放大性能。由于同一只晶体管的 h_{FE} 也会随 I_c 大小的不同而改变，所以晶体管手册中都标明测量 h_{FE} 时的集电极电流 I_c 值。图1-9是测量 h_{FE} 的电原理图。

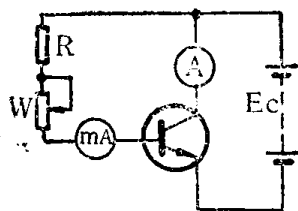


图1-9 测量 h_{FE} 的电原理图

大功率晶体管常常需要在1~3A的条件下测量 h_{FE} 值。因此需要使用量程较大的电流表，普通万用表常不能直接测量这样大的电流，然而在挑选行输出管和电源调整管时又需要在大电流条件下测量 h_{FE} 。

下面我们介绍一种用一块普通万用表测量大功率管 h_{FE} 值的方法。图1-10是它的电原理图。图中 E_c 是12V直流稳压电源，其输出电流可达3A以上；电阻R是20Ω的限流电阻；电位器W是200Ω的线绕电位器； R_c 是一段阻值为2Ω的粗电阻丝。

测量时，先把万用表直流10V档并联在 R_c 两端，测量 R_c 上的电压，估算流过 R_c 上的电流，调节W使流过 R_c 的电流等于测试条件规定的数值；然后再测量一下 R_b 上的电压 U_{RB} 和管压降 U_{CE} ；再切断电源，断开晶体管的基极回路，用Ω档测量一下 R_b 的总电阻值。因为

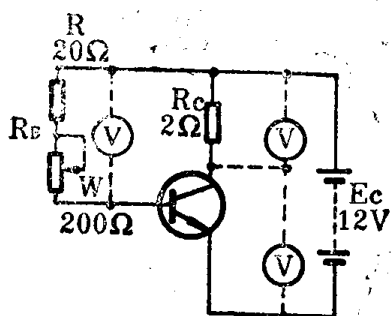


图1-10 用普通万用电表测量 h_{FE} 的方法

$$I_c = \frac{U_{RC}}{R_c}$$

$$I_b = \frac{U_{RB}}{R_b}$$

所以

$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{\frac{U_{RC}}{R_C}}{\frac{U_{RB}}{R_B}} = \frac{U_{RC} R_B}{U_{RB} R_C}$$

将测量结果代入上式中，就可以算出被测管的 h_{FE} 值。

测量时，晶体管的管压降 U_{CE} 应大于4V，如果 U_{CE} 过小，应设法降低电源内阻或提高电源电压，以免因接近晶体管的饱和区而影响测量结果。

短时间通电测量，晶体管一般可不加散热片，但动作要迅速，以免管子温升过高。

6. 晶体三极管的集电极-发射极间饱和电压 U_{ES} 的测量

晶体三极管集电极-发射极间的饱和电压 U_{CES} 指的是当晶体管基极电流 I_B 等于某一规定数值，集电极电流 I_C 等于另一规定值时晶体管的最小管压降。

利用图1-10所示的装置还可测量大功率管的集电极-发射极饱和压降 U_{CES} 值，只需再准备几段阻值分别为1Ω、3Ω、4Ω、5Ω的电阻丝。

测量时，先在晶体管基极回路中串联一个电流表，调整电位器W，使基极电流 I_B 等于测试条件规定的基极电流值；再用电压表测量集电极负载电阻 R_C 上的电压，估算出集电极

电流 I_C 值；然后通过更换集电极负载电阻 R_C ，使集电极电流等于或略大于测试条件规定的集电极电流值；最后用电压表测量这时晶体三极管的管压降 U_{CE} 值，这个电压就是被测管的集电极-发射极饱和压降 U_{CES} 值。

测量 U_{CES} 时，由于晶体管集电极电流很大，管温会迅速升高，因此应动作迅速，一切准备工作完毕后再接通电源，读数完毕后马上切断电源，以防因未加散热片而将管子烧毁。

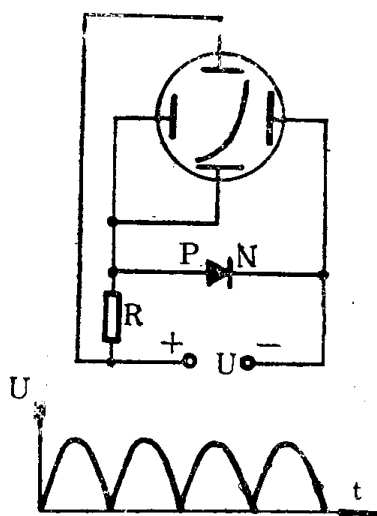


图1-11 用图示仪测绘二极管伏安特性曲线的原理图

7. 晶体管伏安特性图示仪

晶体管伏安特性图示仪是测试晶体管的专用设备，利用它可以直观、迅速、准确地测量晶体管的多种参数指标和特性曲线图1-11。是图示仪测绘二极管伏安特性曲线的原理图。

图示仪示波管的水平偏转板并联在二极管的两端，用来测量加在二极管上的电压，电子射线束水平扫描的距离就表示加在二极管两端的电压值。图中电阻R是取样电阻，当通过二极管的电流变化时，电阻R两端的电压 U_R ($U_R = IR$) 也随着按正比例变化，因而通过测量R两端的电压，就可以间接求出通过二极管的电流值。图示仪中示波管的垂直偏转板，连接在取样电阻R两端，用来测量通过晶体管的电流。电子射线束垂直扫描的距离，表示通过二极管的电流值。由于加在测量电路两端的电源电压U是频率为100Hz的单向脉动电压，所以示波管的电子射线束就在水平偏转电压和垂直偏转电压的共同作用下迅速往复扫描，在荧光屏上就显示出了稳定的二极管伏安特性曲线。

当用图示仪测绘晶体三极管的集电极-发射极之间的伏安特性曲线时，若在晶体三极管的基极注入如图1-12所示的阶梯电流 I_B ，在图示仪的荧光屏上就会出现基极电流为不同值时的晶体三极管输出特性曲线族，如图1-13所示。

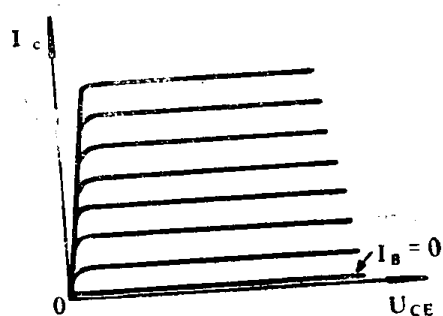
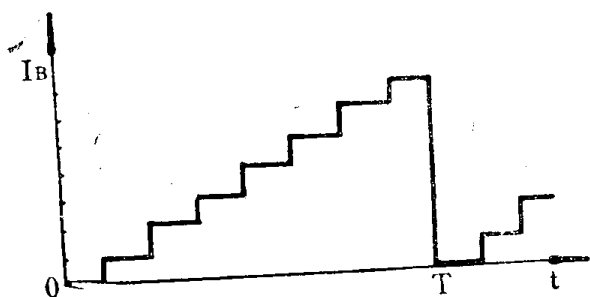


图1-12 晶体三极管基极注入的阶梯电流波形 图1-13 晶体三极管输出特性曲线族

晶体管图示仪就是根据上述原理制造的测试晶体管的专用仪器，关于图示仪的性能和使用方法请参阅附录一。

（五）集成电路块的检测

集成电路块的正规检测方法，需要使用专用测量仪器，一般单位不具备这样的条件。经常使用的方法是，用万用表估测各种集成电路块的好坏。

电视机用的各种集成电路块，一般均采用直流耦合方式，没有隔直电容器，这对于使用万用表检测集成电路块的好坏，提供了有利条件。从实践得知：集成电路块每一脚到地线脚的电阻值，可以灵敏地反映该集成电路块是否正常；当某一脚到地线脚的电阻值不同于正常值时，则说明该集成电路块有故障。我们只要知道良好的集成电路块各脚到地线脚的电阻值，就可以用万用表判断集成电路块的好坏了。

用万用表检测集成块内部直流等效电阻 R_i 时，多数脚使用万用表的 $\Omega \times 1k$ 档。当个别脚到地线脚的电阻 $R_i = \infty$ 时，换用 $\Omega \times 10k$ 档测量，才能测得 R_i 值。这是因为，用 $\Omega \times 1k$ 档，万用表电池只有1.5V，当内部电路晶体管串联较多时，1.5V电压太低，管子不导通，无法测得 R_i 值；换用 $\Omega \times 10k$ 档，万用表就换用9V电池了，晶体管就可以导通了，可以测得 R_i 值了。另外，由于集成电路内部是由大量的二极管、三极管组成的，所以在测量 R_i 时，必须将两表笔互换，测出正向、反向两个 R_i 值。只有当各脚两个 R_i 值都符合标准值时才可确认该集成电路块性能良好。

当集成电路块焊入电路后，可按下述方法测量某脚对地线脚的电阻 R_i 值。将在路集成电路块欲测脚与外电路断开（取下某个外围元件或将印刷电路板铜箔划断），同时将地线脚也与外电路断开，其它各脚维持原状，测试脚到地线脚的直流电阻就是 R_i 值。这样，不需将集成电路块拆下来，便可测得可疑脚的 R_i 值。

对于在路集成电路块，可以测得它各脚对地的直流工作电压、在路电阻 R 和内部直流等效电阻 R_i 三种基本数据，与标准值对照，即可判定集成电路块的好坏。

表1-2至表1-10是九种常用集成电路块各脚对地线脚的在路电压、在路电阻和内部电阻的标准值表。

表1-2 1144正常工作时的三种基本数据

集成块 型号	引出脚		1	2	3	4	5	6
	数据							
HA1144	在路电压	有信号	9.7	11.8	11.8	11.8	11.8	11.5
		无信号	8.6	11.8	11.8	11.8	11.8	11.5
	在路电阻	⊕	6.2k	40	40	40	40	130
		⊖	7.8k	40	40	40	40	130
	内部电阻	⊕	6.2k	4.6k	6.7k	6.7k	22k	9k
		⊖	13.5k	12k	∞	∞	26k*	410k

续表1-2

集成块 型号	引出脚		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	数据											
HA1144	在路电压	有信号	0	4.2	10.8		6.5	5.4	5.4	9.7		
		号无信	0	1.8	10.8		3.8	5.4	5.4	8.6		
	在路电阻	⊕	0	9.5k	600		7.2k	2.1k	2k	6k		
		⊖	0	10k	600		8.2k	2.1k	2k	7.8k		
	内部电阻	⊕	0	200k	220k		26k	220k	6.5k	6k		
		⊖	0	12k	21k*		270k*	14.2k	9k	13.6k		

注：“有信号”表示收到图象和伴音时测的电压，“无信号”没有图象和伴音时所测的电压；
⊕黑笔接地，⊖红笔接接地；一般大于100k以上，电表用×10k档，*小于100k但用×10k测的电阻值；

表1-3 HA1167正常工作时的三种基本数据

集成块 型号	引出脚		1	2	3	4	5	6	7
	数据								
HA1167	在路电压	有信号	1.65		11.5	2.25	3.7	2.7	2.7
		无信号	1.65		11.5	2.25	1.36	1.45	1.4
	在路电阻	⊕	17k		40	14k	22k	22k	4k
		⊖	8k		40	7.8k	7.8k	7.8k	32k
	内部电阻	⊕	17k		5.8	14k	29k	180k	12.7k
		⊖	8.5k		∞	10k	210k	9.2k	210k

续表1-3

集成块 型号	引出脚		8	9	10	11	12	13	14	15	16
	数据										
HA1167	在路 电压	有信号	3.5	11.7	2	11.5	2.7	5.6	0.55	2.8	2.8
		无信号	1.8	11.7	1.9	11.5	2	7	0.55	1.8	2.1
	在路 电阻	⊕	9.5	270	4.1k	40	2k	5k	720	900	800
		⊖	10k	270	4.1k	40	2k	4.8k	750	700	800
	内部 电阻	⊕	9.4k	6k	4.2k	3.5k	180k	5k	6.5k	2k	2k
		⊖	180k	∞	4.2k	4k	8.6k	5k	10k	2k	2k

注：同表1-2

表1-4 KC583正常工作时的三种基本数据

集成块 型号	引出脚		1	2	3	4	5	6	7
	数据								
	在路 电压	有信号	11.8	3.2	2.5	2.5	4.5	7.2	6.3
		无信号	11.8	3.2	2.5	2.5	4	7.2	6.1
	在路 电阻	⊕	40	3k	2.7k	2.7k	3.9k	6.4k	9.2k
		⊖	40	3k	2.7k	2.7k	3.9k	8k	18.5k
	内部 电阻	⊕	6k	2.7k	380k	2.7k	3.5k	6.5k	10.7k
		⊖	35.5k	2.7k	31k	2.7k	3.5k	∞	100k

续表1-4

集成块 型号	引出脚		8	9	10	11	12	13	14	15	16
	数据										
KC583	在路 电压	有信号	8.6	16.5	13.5	5.4	5	5.8	11.8		
		无信号	8.6	16.5	13.5	5.2	5	5.1	11.8		
	在路 电阻	⊕	5.9k	4.6k	6.6k	7.9k	7.3k	7.3k	40		
		⊖	12.5k	20k	25k	7.6k	8.1k	8.1k	40		
	内部 电阻	⊕	6.1k	6.1k	7k	∞	37k	7.5k	7.3k		
		⊖	∞	∞	∞	45k	510k	21k	∞		

注：同表1-2