

XJ4810 晶体管特性图示仪介绍



晶体管测量仪器是以通用电子测量仪器为技术基础，以半导体器件为测量对象的电子仪器。用它可以测试晶体三极管（NPN 型和 PNP 型）的共发射极、共基极电路的输入特性、输出特性；测试各种反向饱和电流和击穿电压，还可以测量场效管、稳压管、二极管、单结晶体管、可控硅等器件的各种参数。下面以 XJ4810 型晶体特性图示仪为例介绍晶体管图示仪的使用方法。

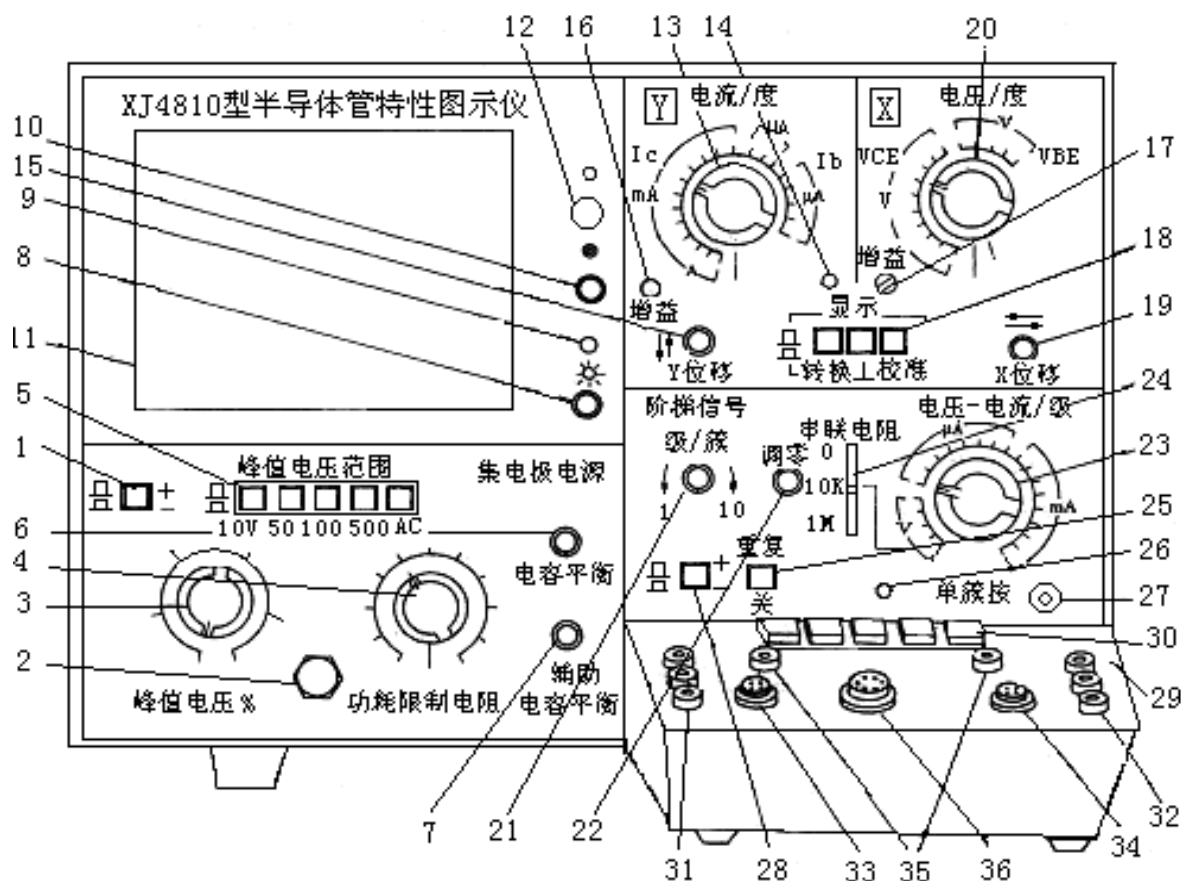


图 1 XJ4810 型半导体管特性图示仪

◆XJ4810 型晶体管特性图示仪面板功能介绍

XJ4810 型晶体管特性图示仪面板如图 A-23 所示：

1. 集电极电源极性按钮，极性可按面板指示选择。
2. 集电极峰值电压保险丝：1.5A。
3. 峰值电压%：峰值电压可在 0~10V、0~50V、0~100V、0~500V 之连续可调，面板上的标称值是近似值，参考用。
4. 功耗限制电阻：它是串联在被测管的集电极电路中，限制超过功耗，亦可作为被测半导体管集电极的负载电阻。
5. 峰值电压范围：分 0~10V/5A、0~50V/1A、0~100V/0.5A、0~500V/0.1A 四挡。当由低挡改换高档观察半导体管的特性时，须先将峰值电压调到零值，换挡后再按需要的电压逐渐增加，否则容易击穿被测晶体管。
- AC 挡的设置专为二极管或其他元件的测试提供双向扫描，以便能同时显示器件正反向的特性曲线。
6. 电容平衡：由于集电极电流输出端对地存在各种杂散电容，都将形成电

容性电流，因而在电流取样电阻上产生电压降，造成测量误差。为了尽量减小电容性电流，测试前应调节电容平衡，使容性电流减至最小。

7. 辅助电容平衡：是针对集电极变压器次级绕组对地电容的不对称，而再次进行电容平衡调节。

8. 电源开关及辉度调节：旋钮拉出，接通仪器电源，旋转旋钮可以改变示波管光点亮度。

9. 电源指示：接通电源时灯亮。

10. 聚焦旋钮：调节旋钮可使光迹最清晰。

11. 荧光屏幕：示波管屏幕，外有座标刻度片。

12. 辅助聚焦：与聚焦旋钮配合使用。

13. Y 轴选择（电流/度）开关：具有 22 挡四种偏转作用的开关。可以进行集电极电流、基极电压、基极电流和外接的不同转换。

14. 电流/度 $\times 0.1$ 倍率指示灯：灯亮时，仪器进入电流/度 $\times 0.1$ 倍工作状态。

15. 垂直移位及电流/度倍率开关：调节迹线在垂直方向的移位。旋钮拉出，放大器增益扩大 10 倍，电流/度各挡 I_C 标值 $\times 0.1$ ，同时指示灯 14 亮。

16. Y 轴增益：校正 Y 轴增益。

17. X 轴增益：校正 X 轴增益。

18. 显示开关：分转换、接地、校准三挡，其作用是：

（1）转换：使图像在 I、III 象限内相互转换，便于由 NPN 管转测 PNP 管时简化测试操作。

（2）接地：放大器输入接地，表示输入为零的基准点。

（3）校准：按下校准键，光点在 X、Y 轴方向移动的距离刚好为 10 度，以达到 10 度校正目的。

19. X 轴移位：调节光迹在水平方向的移位。

20. X 轴选择（电压/度）开关：可以进行集电极电压、基极电流、基极电压和外接四种功能的转换，共 17 挡。

21. “级/簇”调节：在 0~10 的范围内可连续调节阶梯信号的级数。

22. 调零旋钮：测试前，应首先调整阶梯信号的起始级零电平的位置。当荧光屏上已观察到基极阶梯信号后，按下测试台上选择按键“零电压”，观察光点

停留在荧光屏上的位置，复位后调节零旋钮，使阶梯信号的起始级光点仍在该处，这样阶梯信号的零电位即被准确校正。

23. 阶梯信号选择开关：可以调节每级电流大小注入被测管的基极，作为测试各种特性曲线的基极信号源，共 22 挡。一般选用基极电流/级，当测试场效应管时选用基极源电压/级。

24. 串联电阻开关：当阶梯信号选择开关置于电压/级的位置时，串联电阻将串联在被测管的输入电路中。

25. 重复——关按键：弹出为重复，阶梯信号重复出现；按下为关，阶梯信号处于待触发状态。

26. 阶梯信号待触发指示灯：重复按键按下时灯亮，阶梯信号进入待触发状态。

27. 单簇按键开关：单簇的按动其作用是使预先调整好的电压（电流）/级，出现一次阶梯信号后回到等待触发位置，因此可利用它瞬间作用的特性来观察被测管的各种极限特性。

28. 极性按键：极性的选择取决于被测管的特性。

29. 测试台：其结构如图 2 所示。

30. 测试选择按键：

（1）“左”、“右”、“二簇”：可以在测试时任选左右两个被测管的特性，当置于“二簇”时，即通过电子开关自动地交替显示左右二簇特性曲线，此时“级/簇”应置适当位置，以利于观察。二簇特性曲线比较时，请不要误按单簇按键。

（2）“零电压”键：按下此键用于调整阶梯信号的起始级在零电平的位置，见（22）项。

（3）“零电流”键：按下此键时被测管的基极处于开路状态，即能测量 I_{CEO} 特性。

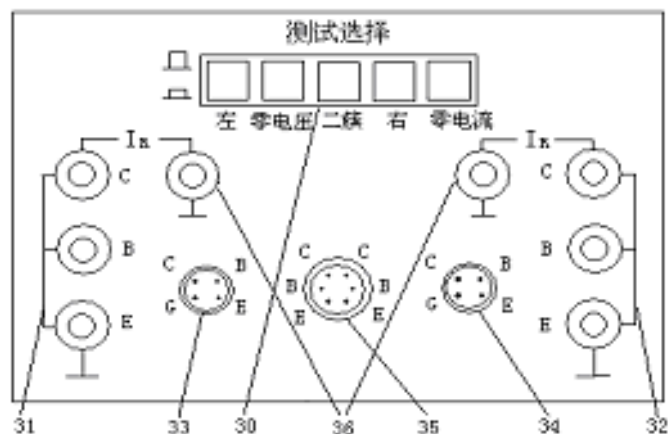


图 2 XJ4810 型半导体管特性图示仪测试台

31、32. 左右测试插孔：插上专用插座（随机附件），可测试 F_1 、 F_2 型管座的功率晶体管。

33、34、35. 晶体管测试插座。

36. 二极管反向漏电流专用插孔（接地端）。

在仪器右侧板上分布有图 3 所示的旋钮和端子：

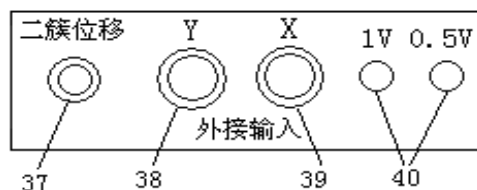


图 3 XJ4810 型半导体管特性图示仪右侧板

37. 二簇移位旋钮：在二簇显示时，可改变右簇曲线的位置，更方便于配对晶体管各种参数的比较。

38. Y 轴信号输入：Y 轴选择开关置外接时，Y 轴信号由此插座输入。

39. X 轴信号输入：X 轴选择开关置外接时，X 轴信号由此插座输入。

40. 校准信号输出端：1V、0.5V 校准信号由此二孔输出。

◆测试前注意事项

为保证仪器的合理使用，既不损坏被测晶体管，也不损坏仪器内部线路，在使用仪器前应注意下列事项：

1. 对被测管的主要直流参数应有一个大概的了解和估计，特别要了解被测管的集电极最大允许耗散功率 P_{CM} 、最大允许电流 I_{CM} 和击穿电压 BV_{EBO} 、 BV_{CBO} 。

2. 选择好扫描和阶梯信号的极性，以适应不同管型和测试项目的需要。
3. 根据所测参数或被测管允许的集电极电压，选择合适的扫描电压范围。一般情况下，应先将峰值电压调至零，更改扫描电压范围时，也应先将峰值电压调至零。选择一定的功耗电阻，测试反向特性时，功耗电阻要选大一些，同时将 X、Y 偏转开关置于合适挡位。测试时扫描电压应从零逐步调节到需要值。
4. 对被测管进行必要的估算，以选择合适的阶梯电流或阶梯电压，一般宜先小一点，再根据需要逐步加大。测试时不应超过被测管的集电极最大允许功耗。
5. 在进行 I_{CM} 的测试时，一般采用单簇为宜，以免损坏被测管。
6. 在进行 I_C 或 I_{CM} 的测试中，应根据集电极电压的实际情况选择，不应超过本仪器规定的最大电流，见表 1。

表 1 最大电流对照表

电压范围/V	0~10	0~50	0~100	0~500
允许最大电流/A	5	1	0.5	0.1

7. 进行高压测试时，应特别注意安全，电压应从零逐步调节到需要值。观察完毕，应及时将峰值电压调到零。

◆基本操作步骤

1. 按下电源开关，指示灯亮，预热 15 分钟后，即可进行测试。
2. 调节辉度、聚焦及辅助聚焦，使光点清晰。
3. 将峰值电压旋钮调至零，峰值电压范围、极性、功耗电阻等开关置于测试所需位置。
4. 对 X、Y 轴放大器进行 10 度校准。
5. 调节阶梯调零。
6. 选择需要的基极阶梯信号，将极性、串联电阻置于合适挡位，调节级/簇旋钮，使阶梯信号为 10 级/簇，阶梯信号置重复位置。
7. 插上被测晶体管，缓慢地增大峰值电压，荧光屏上即有曲线显示。

◆测试实例

1. 晶体管 h_{FE} 和 β 值的测量

以 NPN 型 3DK2 晶体管为例，查手册得知 3DK2 h_{FE} 的测试条件为 $V_{CE}=1V$ 、 $I_C=10mA$ 。将光点移至荧光屏的左下角作座表零点。仪器部件的置位详见表 2。

表 2 3DK2 晶体管 h_{FE} 、 β 测试时仪器部件的置位

部件	置位	部件	置位
峰值电压范围	0~10V	Y 轴集电极电流	1 mA /度
集电极极性	+	阶梯信号	重复
功耗电阻	250 Ω	阶梯极性	+
X 轴集电极电压	1V/度	阶梯选择	20 μ A

逐渐加大峰值电压就能在显示屏上看到一簇特性曲线，如图 4 所示。读出 X 轴集电极电压 $V_{ce}=1V$ 时最上面一条曲线（每条曲线为 20 μ A，最下面一条 $I_B=0$ 不计在内） I_B 值和 Y 轴 I_C 值，可得

$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{8.5mA}{200\mu A} = \frac{8.5}{0.2} = 42.5$$

若把 X 轴选择开关放在基极电流或基极源电压位置，即可得到图 5 所示的电流放大特性曲线。即

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

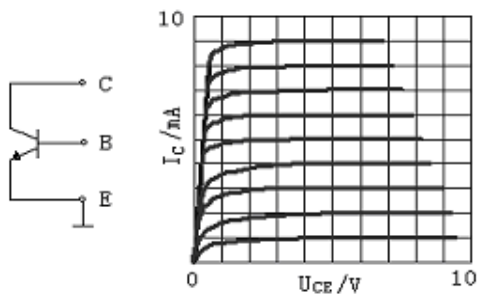


图 4 晶体三极管输出特性曲线

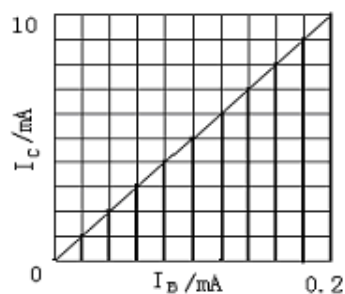


图 5 电流放大特性曲线

PNP 型三极管 h_{FE} 和 β 的测量方法同上，只需改变扫描电压极性、阶梯信号极性、并把光点移至荧光屏右上角即可。

2. 晶体管反向电流的测试

以 NPN 型 3DK2 晶体管为例，查手册得知 3DK2 I_{CBO} 、 I_{CEO} 的测试条件为 V_{CB} 、 V_{CE} 均为 10V。测试时，仪器部件的置位详见表 3。

逐渐调高“峰值电压”使 X 轴 $V_{CB}=10V$ ，读出 Y 轴的偏移量，即为被测值。被测管的接线方法如图 6，其中图 6（a）测 I_{CBO} 值，图 6（b）测 I_{CEO} 值、图 6（c）测 I_{EBO} 值。

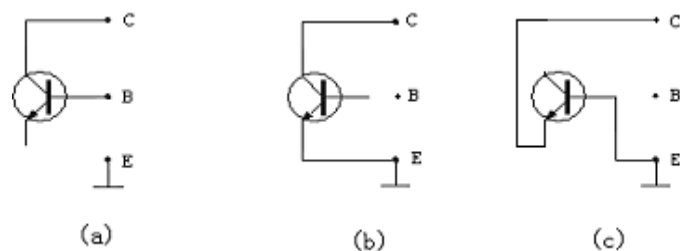


图 6 晶体管反向电流的测试

表 3 3DK2 晶体管反向电流测试时仪器部件的置位

	I_{CBO}	I_{CEO}
峰值电压范围	0~10V	0~10V
极性	+	+
X 轴集电极电压	2V/度	2V/度
Y 轴集电极电流	10 μ A/度	10 μ A/度
倍率	Y 轴位移拉出 $\times 0.1$	Y 轴位移拉出 $\times 0.1$
功耗限制电阻	5K Ω	5K Ω

测试曲线如图 7 所示。

读数： $I_{CBO}=0.5\mu A$ ($V_{CB}=10V$) $I_{CEO}=1\mu A$ ($V_{CE}=10V$)

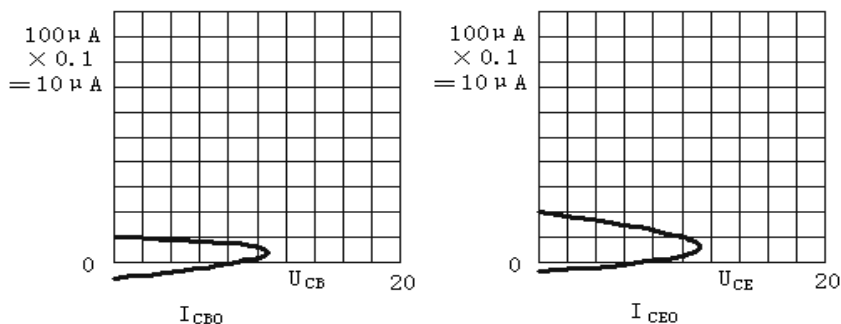


图 7 反向电流测试曲线

PNP 型晶体管的测试方法与 NPN 型晶体管的测试方法相同。可按测试条件，适当改变挡位，并把集电极扫描电压极性改为“—”，把光点调到荧光屏的右下角（阶梯极性为“+”时）或右上角（阶梯极性为“—”时）即可。

3. 晶体管击穿电压的测试

以 NPN 型 3DK2 晶体管为例，查手册得知 3DK2 BV_{CBO} 、 BV_{CEO} 、 BV_{EBO} 的测试条件 I_C 分别为 100 μA 、200 μA 和 100 μA 。测试时，仪器部件的置位详见表 4。

逐步调高“峰值电压”，被测管按图 4（a）的接法，Y 轴 $I_C=0.1mA$ 时，X 轴

的偏移量为 BV_{CEO} 值；被测管按图 4（b）的接法，Y 轴 $I_C=0.2\text{mA}$ 时，X 轴的偏移量为 BV_{CEO} 值；被测管按图 4（c）的接法，Y 轴 $I_C=0.1\text{mA}$ 时，X 轴的偏移量为 BV_{EBO} 值。

表 4 3DK2 晶体管击穿电压测试时仪器部件的置位

	BV_{CBO}	BV_{CEO}	BV_{EBO}
峰值电压范围	0~100V	0~100V	0~10V
极性	+	+	+
X 轴集电极电压	10V/度	10V/度	1V/度
Y 轴集电极电流	20μA/度	20μA/度	20μA/度
功耗限止电阻	1 kΩ~5 kΩ	1 kΩ~5 kΩ	1 kΩ~5kΩ

测试曲线如图 8 所示。

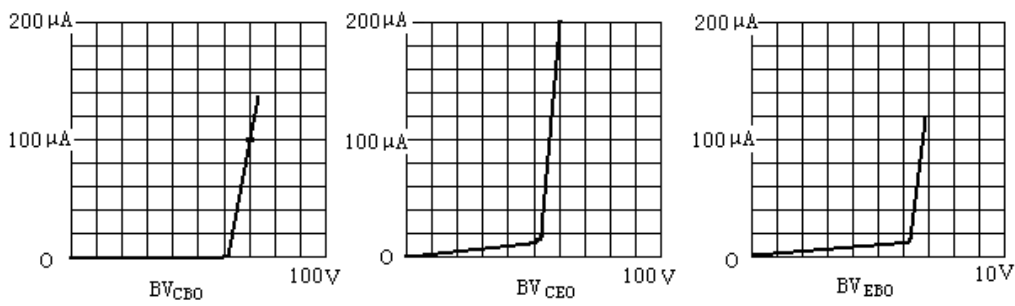


图 8 反向击穿电压曲线（NPN）

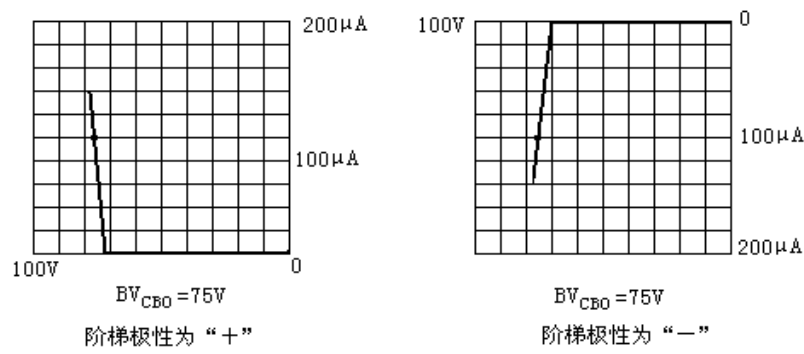


图 9 反向击穿电压曲线（PNP）

读数： $BV_{CBO}=70\text{V}$ ($I_C=100\mu\text{A}$)

$BV_{CEO}=60\text{V}$ ($I_C=200\mu\text{A}$)

$BV_{EBO}=7.8\text{V}$ ($I_C=100\mu\text{A}$)

PNP 型晶体管的测试方法与 NPN 型晶体管的测试方法相似。其测试曲线如图 9 所示。

4.稳压二极管的测试

以 2CW19 稳压二极管为例，查手册得知 2CW19 稳定电压的测试条件 $I_R=3\text{mA}$ 。测试时。仪器部件置位详见表 5。

逐渐加大“峰值电压”，即可在荧光屏上看到被测管的特性曲线，如图 10 所示。

表 5 2CW19 稳压二极管测试时仪器部件的置位

部件	置位	部件	置位
峰值电压范围	AC 0~10V	X 轴集电极电压	5V/度
功耗限止电阻	5 k Ω	Y 轴集电极电流	1mA/度

读数：正向压降约 0.7V，稳定电压约 12.5V。

5.整流二极管反向漏电电流的测试

以 2DP5C 整流二极管为例，查手册得知 2DP5 的反向电流应 $\leq 500\text{nA}$ 。测试时，仪器各部件的置位详见表 6。

逐渐增大“峰值电压”，在荧光屏上即可显示被测管反向漏电电流特性，如图 11 所示。

读数： $I_R=4\text{div}\times 0.2\mu\text{A}\times 0.1(\text{倍率})=80\text{ nA}$

测量结果表明，被测管性能符合要求。

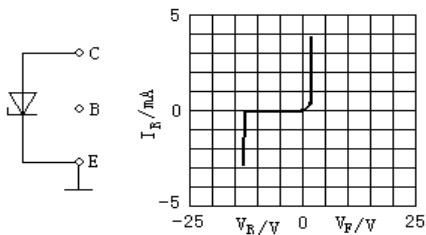


图 10 稳压二极管特性曲线

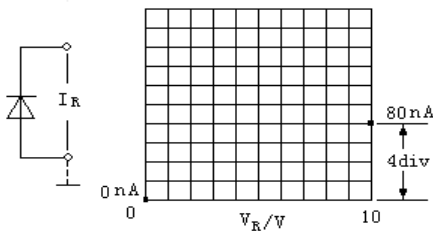


图 11 二极管反向电流测试

表 6 2DP5C 整流二极管测试时仪器部件的置位

部件	置位	部件	置位
峰值电压范围	0~10V	Y 轴集电极电流	0.2 μA /度
功耗限制电阻	1 k Ω	倍率	Y 轴位移拉出 $\times 0.1$
X 轴集电极电压	1V/度		

6.二簇特性曲线比较测试

以 NPN 型 3DG6 晶体管为例，查手册得知 3DG6 晶体管输出特性的测试条

件为 $I_C=10\text{ mA}$ 、 $V_{CE}=10\text{V}$ 。测试时，仪器部件的置位详见表 7。

将被测的两只晶体管，分别插入测试台左、右插座内，然后按表 6 置位各功能键，参数调至理想位置。按下测试选择按钮的“二簇”琴键，逐步增大峰值电压，即可要荧光屏上显示二簇特性曲线，如图 12 所示。

表 7 二簇特性曲线测试时仪器部件的置位

部件	置位	部件	置位
峰值电压范围	0~10V	Y 轴集电极电流	1 mA/度
极性	+	“重复——关”开关	重复
功耗限制电阻	250Ω	阶梯信号选择开关	10μA/级
X 轴集电极电压	1V/度	阶梯极性	+

当测试配对管要求很高时，可调节“二簇位移旋钮”（37），使右簇曲线左移，视其曲线重合程度，可判定其输出特性的一致程度。

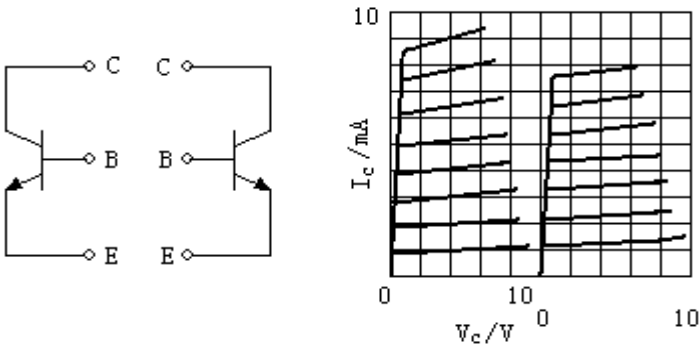


图 12 二簇输出特性曲线