

# 常用微波通信 测试仪表资料汇编

邮电部设备维护局编

人民邮电出版社

## 内 容 提 要

在这本书中汇编了四十二种在微波接力通信设备维护中常用的测试仪表资料。介绍了每种仪表的主要用途、主要技术指标、电路的基本原理、使用方法及日常维护知识等。其中，重点放在“使用方法”方面，以便于维护人员使用参考。

### 常用微波通信测试仪表资料汇编

邮 电 部 设 备 维 护 局 编

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

内 部 发 行

开本：787×1092 1/16 1978年7月 第 一 版

印张：20 6/16 页数：1 0 5 1978年7月河北第1次印刷

字数：3 8 0 千字 插页：6 印数：1—6,000 册

(附图一册 不另计价)

统一书号：15045·总2206—资458

定价：2.00 元

# 目 录

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 1. SB—10型示波器.....                     | 1   |
| 2. SBM—10型多用示波器.....                  | 2   |
| 3. SBT—5型同步示波器.....                   | 13  |
| 4. BT2型超高频频率特性测试仪.....                | 23  |
| 5. BT3型频率特性测试仪.....                   | 28  |
| 6. PTC—2型频率特性测试仪.....                 | 32  |
| 7. QF774型扫频振荡器.....                   | 36  |
| 8. QS874型显示器.....                     | 39  |
| 9. ZTC—5A型暂态特性测量仪.....                | 41  |
| 10. SZ—1A型失真度测量仪.....                 | 46  |
| 11. GX2A型微瓦功率计.....                   | 49  |
| 12. GZ2型中功率计.....                     | 53  |
| 13. QP702型微波功率计.....                  | 59  |
| 14. 7.5厘米气体放电噪声发生器.....               | 60  |
| 15. 微波噪声直流放大器.....                    | 62  |
| 16. QZ101—1型串杂音测试仪.....               | 63  |
| 17. BE—1型调制度测量仪.....                  | 70  |
| 18. XB—7型标准信号发生器.....                 | 75  |
| 19. QF501—1型厘米波信号发生器.....             | 81  |
| 20. XFC—2型标准信号发生器.....                | 86  |
| 21. XFC—6型标准信号发生器.....                | 92  |
| 22. QF630型电平振荡器.....                  | 97  |
| 23. QP330型选频电平表.....                  | 105 |
| 24. UX3型电平振荡器.....                    | 114 |
| 25. UD13型选频电平表.....                   | 121 |
| 26. QF867型阻容式载频振荡器.....               | 130 |
| 27. QJF <sub>2</sub> —701型晶体管振荡器..... | 132 |
| 28. QP373型传输测试器.....                  | 136 |
| 29. QJXP—701型晶体管选频表.....              | 139 |
| 30. XFD—7A型低频信号发生器.....               | 143 |
| 31. MF—5A型方波发生器.....                  | 148 |
| 32. XT7型电视图象信号发生器.....                | 151 |
| 33. PS—43型数字频率计.....                  | 154 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 34. E324型通用计数器 .....      | 160 |
| 35. QB307型频率—时间—计数器 ..... | 174 |
| 36. PW—3型外差式频率表 .....     | 182 |
| 37. PW—10型外差式频率计 .....    | 185 |
| 38. DYC—5型超高频电子管电压表 ..... | 190 |
| 39. DA—1型超高频毫伏表 .....     | 193 |
| 40. HFP—1型高频毫伏表 .....     | 197 |
| 41. GB—9型电子管毫伏表 .....     | 199 |
| 42. GS—5A型电子管测试仪 .....    | 201 |

# 1. SB—10 型示波器

## 一、主要用途

观察信号波形, 测量电压、频率等。

## 二、主要技术性能

1. 偏转因数(经放大器): Y轴 $24\text{mV}(PP)/\text{cm}$   
X轴 $250\text{mV}(PP)/\text{cm}$
2. 频率响应(经放大器): Y轴 $10\text{Hz}\sim 5\text{MHz}<3\text{dB}$   
X轴 $10\text{Hz}\sim 500\text{KHz}<3\text{dB}$
3. 输入阻抗(接线柱): Y轴 $2\text{M}\Omega$ ,  $<40\text{PF}$   
X轴 $2\text{M}\Omega$ ,  $<40\text{PF}$
4. 扫描频率:  $10\text{Hz}\sim 500\text{KHz}$  分五档
5. 信号衰减: Y轴 1、1/10、1/100 (分三档)  
X轴 1、1/10、1/100 (分三档)
6. 电源: 电压 $100/200\text{V}$ , 频率 $50\text{Hz}$ , 消耗功率  $180\text{VA}$

## 三、电路组成

SB—10型示波器由Y轴偏转系统、扫描及同步系统、X轴偏转系统、示波管及高低压电源等五大单元组成, 其方框图如图1—1所示。

被观察的信号由“Y轴输入”接线柱输入, 经阻容可变衰减器 $K_1$ , 加至宽频带放大器的第一级栅极, 使加至宽放的信号强度有一定的限制(不大于5伏, 峰值)。加衰减器的目的是避免

在强信号时不致引起非线性失真。 $G_1$ 作为一个阻抗变换用的阴极输出级, 它具有高阻抗输入、低阻抗输出的特点, 而本身并无放大作用。它的优点主要是输出阻抗低, 因此可以采用阻值较低的增幅控制电位器 $W_1$ 。这样可以大大地减小由于高阻值增幅控制电位器在调节时所引起在较高频带范围时有显著的频率失真。被测信号经宽放后进入倒相器。倒相器的作用, 一是使送至同步系统的信号有正负之分; 二是使平衡放大器获得平衡输入信号。平衡放大器输出直接去控制示波管的垂直偏转板。

一般X轴扫描信号是从示波器内部的锯齿波扫描发生器取得的, 也可以用外部的扫描信号从“X轴输入”接线柱输入去控制示波管水平偏转板。本仪器的X轴偏转系统由三级阻容放大器组成。第一级为阴极输出器; 第二级为一般阻容放大级; 末级采用阴极耦合倒相平衡

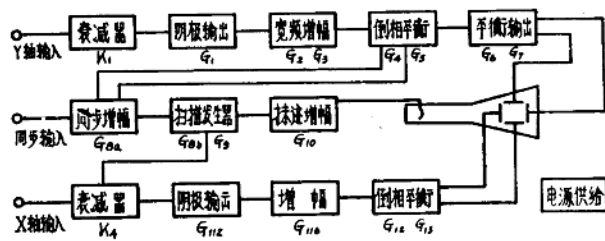


图 1—1 SB—10型示波器方框图

直接输出。

为了使显示的波形稳定,还必须加一个同步信号去控制扫描发生器,达到同步目的。本仪器的同步信号可以从Y轴信号中经倒相器取得(即“内+”、“内-”)也可以用内部电源(50Hz)作为同步信号,必要时可以外加同步信号。

## 四、使用方法

1. 先检查电源电压是否与机后电压变换器指示相符。开机预热15分钟才可使用。
2. 将“辉度”旋钮调得适当(不宜太亮),调节“X轴位移”及“Y轴位移”,使光迹移在荧光屏适当位置上。
3. 将“Y轴增幅”钮旋到最小,X轴选用内扫描,调节“聚焦”旋钮,使荧光屏的水平线细而清晰。若达不到,可以同时调整辅助聚焦电位器W8(在机器内部,一次调好后不要经常再予调整)使之聚焦清晰。
4. “Y轴衰减”开关应根据Y轴输入的信号强度来选择。当信号电压超过5伏时,开关应扳到“10”档(即衰减10倍)。当输入信号大于50伏时,开关应扳到“100”档(即衰减100倍)。
5. 在一般情况下,X轴信号是选用机内扫描的,“X轴衰减”应扳到“扫描”位置。“整步选择”开关应扳到“内+”或“内-”位置。当使用外加扫描信号时,其扫描信号应从“X轴输入”接线柱接入,“X轴衰减”钮应根据信号的强弱放到适当的位置。
6. 扫描频率的选择应根据被测信号频率和在荧光屏上所需显示的波形的个数来决定。如Y轴输入信号的频率为200Hz,而我们需看4周完整的波形,则扫描频率应选 $200/4=50$ Hz;若要观察2周完整波形,则扫描频率应选 $200/2=100$ Hz。若在“扫描频率”范围内无适合档级时,可选用比较小的档级,然后再缓缓调节“扫描微调”钮使荧光屏上显示需要的波形个数。
7. 为了使观察波形稳定不动,必须使Y轴输入信号频率恰为扫描频率的整数倍,同时加上加入一定的同步(整步)电压。调整时,先调节“扫描微调”旋钮,使图形移动得很慢,然后再逐渐调节“整步”旋钮从左至右,使图形稳定。一般要求整步电压较小为好,否则易引起扫描的非线性失真。
8. 如想试验交流市电的波形时,可将试验接线柱与Y轴接线柱相连。
9. 在测试过程中如有一短时间不用,可将“辉度”旋钮旋至最弱,使图象消失。另外也不要使辉点长时间停留在一点上,以保护示波管。

## 2. SBM—10型多用示波器

### 一、主要用途

SBM~10型示波器,可以对直流到30MHz频率范围内的低电平信号作电压和时间等参数的测量。

## 二、主要技术性能

### 1. 主机(SBM—10型)

(1)环境温度:  $+10\sim+35^{\circ}\text{C}$

(2)环境相对湿度:  $\leq 80\%$

(3)示波管坐标片刻度: Y轴5cm, X轴10cm

(4)输出校正(准)信号:

方波 频率为10KHz, 电压为 $0.2\text{mV}_{PP}-20\text{V}_{PP}$ , 分16档, 其误差不超过3%。

正弦波 50nS, 尖脉冲100 $\mu\text{S}$ 。

最大输入直流电压 500V(在Y轴“输入”插座)

(5)电源 110/220V  $\pm 10\%$  50Hz 消耗功率 80VA

### 2. Y轴插入单元(SBM—10—1型)

(1)频率响应: DC~30MHz 3dB

(2)上升时间: 12nS, 上冲量 $<3\%$ (在使用上升时间为2.5~3nS的脉冲信号观察时)

(3)偏转因数:  $50\text{mV}_{PP}/\text{cm}-20\text{V}_{PP}/\text{cm}$ , 分九档。DC或AC, 误差不超过5%(用10KHz方波校准)。

(4)当“倍率”在“ $\times 5$ ”位置时, 以下指标将改变为:

频率响应 DC~12MHz 3dB

上升时间 30nS

偏转因数  $10\text{mV}_{PP}/\text{cm}-4\text{V}_{PP}/\text{cm}$ , 误差不超过 $\pm 5\%$ (用10KHz方波校核)

(5)输入阻抗:

直接输入 电阻1M $\Omega$ , 电容 27PF

探头输入 电阻10M $\Omega$  电容 $<10\text{PF}$

### 3. 时基插入单元(SBM—10—2型)

(1)扫描速度:  $0.05\mu\text{S}/\text{cm}\sim 0.5\text{S}/\text{cm}$ 共分22档, 误差不超过 $\pm 5\%$ 。

(2)扫描扩展: 在“ $\times 5$ ”时, 扫描刻度 $0.05\mu\text{S}/\text{cm}$ 及 $0.1\mu\text{S}/\text{cm}$ 两档, 其误差不超过10%

(3)触发和同步条件:

a. “外”: 频率为DC~30MHz, 电压为 $0.5\sim 5\text{V}_{PP}$ 的信号均能触发或同步。

“内”: 在使用Y轴插入单元, 倍率放置“ $\times 1$ ”档, 频率为10Hz~5MHz, 2mm偏转度均能触发或同步(100KHz以下用阶跃波)。

b. 10Hz~30MHz, 10mm偏转度均能触发或同步。

c. 倍率在“ $\times 5$ ”, 频率10Hz~2MHz, 5mm偏转度均能触发或同步(100KHz以下用阶跃波)。

d. 10Hz~12MHz, 20mm偏转度均能触发或同步。

(4)外接X轴输入偏转因数:

扩展在“ $\times 1$ ”时, 小于 $10\text{V}_{PP}/\text{cm}$

在“ $\times 5$ ”档时, 小于 $2\text{V}_{PP}/\text{cm}$

(5)频率响应: 0~200KHz 3dB

(6)扫描输出: “V输出”, 在负载不小于100K $\Omega$ 时, 输出幅度 $>15\text{V}_{PP}$ 。

(7)增辉脉冲:“ $\Pi$ 输出”时,在负载不小于 $100K\Omega$ 时,输出幅度 $>12V_{PP}$ 。

### 三、电路组成

SBM—10型多用途示波器由主机、Y轴插入单元和X轴（时基）插入单元三部分组成，其方框图如图2—1所示。

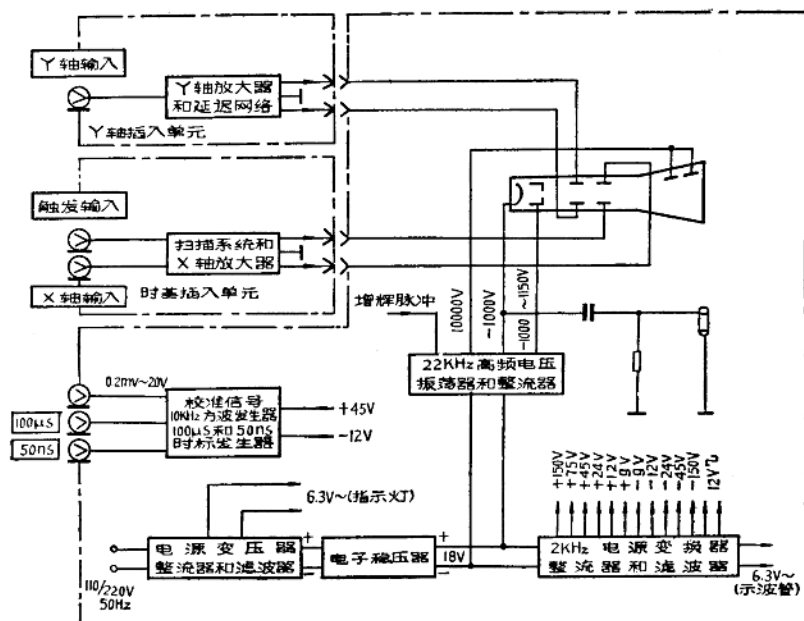


图 2-1 SBM-10型多用示波器方框图

1. 主机(*SBM-10*)是由示波管、校准信号、高压22*KHz*电源变换器、低压电源变换器、18伏电子稳压和总电源等6个部分组成。

(1) 低压电源变换器: 其输入为18伏直流电源(从串联式电子稳压器来), 经  $BG_{3-1}$  及  $BG_{3-2}$  产生  $22KHz$  振荡, 经  $B_{3-1}$  变压, 在经相应二极管整流, 可输出  $\pm 150V$ 、 $+75V$ 、 $\pm 45V$ 、 $\pm 24V$ 、 $\pm 12V$  及  $\pm 9V$  等共11档直流电压及1档  $6.3V$  供示波管灯丝交流电压和1档  $12V$  方波电压。变换的目的是用以减小  $50Hz$  电源的干扰, 减小纹波。

(2) 高压电源变换器: 这是一个带直流反馈自动控制输出幅度的单管振荡电路及高压整流电路。振荡频率约  $22KHz$ 。振荡管  $BG_{4-1}$  用  $3AD30B$ 。  $22KHz$  的电压经  $B_{4-1}$  升压再经整流、滤波后输出  $10KV$ 、 $-1KV$  和  $-1.1KV$  三种直流高压, 分别加到示波管第 4、5 阳极, 阴极和控制栅极。

(3) 校准信号发生器: 它可产生  $50\text{ns}$  和  $100\mu\text{s}$  时间校准信号和  $10\text{KHz}$  方波幅度校准信号。 $50\text{ns}$  ( $20\text{MHz}$ ) 正弦波由一个共基极接法的  $LC$  振荡电路产生,  $10\text{KHz}$  方波及  $100\mu\text{s}$  尖脉冲由另一个振荡器产生。尖脉冲是由方波经微分电路形成。

2. Y轴插入单元(SBM—10—1型)主要是频率范围为DC~30MHz的宽频带偏转放大器组成,其方框图如图2-2所示。

3. 时基插入单元(SBM-2型)主要包括密勒扫描电压发生器和X轴放大器,其方框图如图2-3所示。

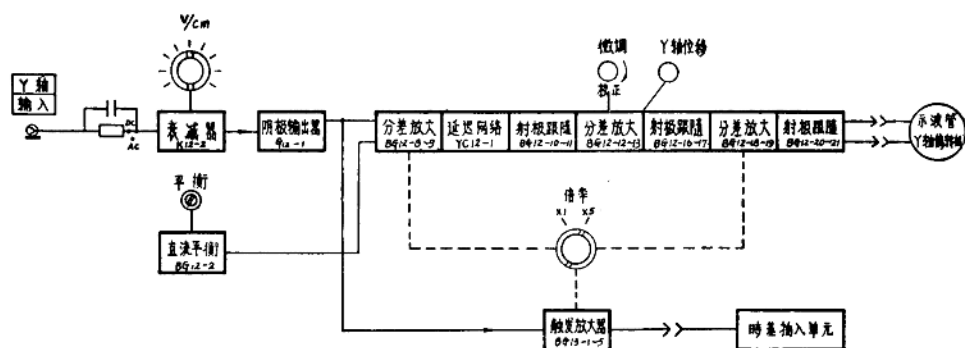


图 2—2 Y轴插入单元方框图

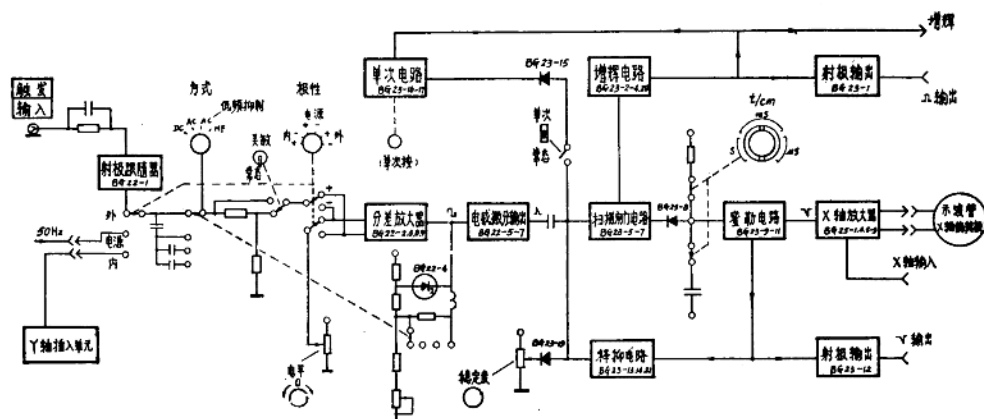


图 2—3 时基插入单元方框图

## 四、使用方法

### 1. 主机各旋钮及端子的作用

(1) 辉度、聚焦、辅助聚焦旋钮等的使用方法与SB—10示波器相同。

(2) 标尺亮度旋钮：用来控制荧光屏前坐标片的照明亮度和色别。旋转本旋钮可以从白光变换为红光或关去坐标片亮度。拍摄照片时应使用白光。

(3) 光迹位置调整旋钮：扳下此扳键时，使偏离荧光屏的光迹回到显示区，实际上是减低Y轴和X轴通道放大量。

(4) 校准信号：(包含幅度旋钮、100μS、50nS、方波输出端子和开关)

a. 10KHz方波输出插座：可输出10KHz，0.2mV<sub>PP</sub>~20V<sub>PP</sub>的方波，用于校准补偿衰减器或探极的补偿电容器，或者用作Y轴放大器的偏转幅度校准和比对标准。

b. 幅度旋钮：用以控制方波输出幅度及通断。

c. “100μS”信号输出插座：可输出10KHz的正向尖脉冲。用于校准时基插入单元的中档扫描速度。使用时用电缆接至Y轴插入单元的Y轴放大器“输入”插座。不用时应将“幅度”开关置于“关”的位置。

d. “50nS”信号输出插座，可输出20MHz的正弦波，用于校准时基插入单元的高档扫描速度。使用时用电缆接至Y轴放大器“输入”插座，不用时应将开关置于“关”的位

置,以防高频干扰。

(e) 50nS输出开关:用以控制50nS信号有无输出。

(f) 示波管阴极连接端子(调辉输入):其位置在主机背后。当需要使用调辉法直接测定所显示波形各部分的时间时,可将时标信号接入此端子。接入时标信号前应将端子上的短路片拿掉。输入幅度要求接近  $25V_F$ 。用完后应将短路片重新连好。

## 2. Y轴插入单元各旋钮的作用

(1) Y轴移位旋钮:控制波形垂直方向的位置。

(2) 选择(DC、AC)开关:这开关可将Y轴放大器的输入接成交流(AC)耦合或直流(DC)耦合。耦合网络的时间常数为0.2S。

(3) Y轴偏转灵敏度(V/cm)旋钮:是输入衰减器选择开关,用以改变Y轴偏转因数。在  $0.05V_{FF}/cm \sim 20V_{FF}/cm$  范围内共分9个档。

(4) 微调—校正旋钮:是放大器微调增益控制旋钮。当校准放大器的偏转因数(增益)时,本旋钮应旋到最大(顺时针方向旋到底)位置,即“校正”位置。

(5) 倍率( $\times 1$ 、 $\times 5$ )开关:是用以改变放大器增益的开关之一。在“ $\times 1$ ”位置时是按“V/cm”开关的指示值直读;在“ $\times 5$ ”位置时使放大器增益提高了4倍(即为原来的5倍),使输入偏转因数“V/cm”开关的指示乘以1/5,成为  $0.01V/cm \sim 4V/cm$  的范围。

(6) 微调、校正(准)旋钮:是放大器增益校正器。校正时应将“微调”旋钮旋到较准(正)位置。校正信号可用主机上的校正电压或外来标准电压。

(7) 平衡(b、e)旋钮:是直流放大器工作点预调电位器,可调整分差电路的直流平衡。“e”是校准第一级分差放大器的两个发射极的直流电位,使达到对称;“b”是校准直流平衡级的基极电位。校正时:(1)将“Y轴移位”旋钮旋到中间位置;(2)将平衡“e”校正电位器旋到中间位置;(3)校正平衡“b”以达到对称平衡。在“e”电位器辅助校准后,变换倍率开关在“ $\times 1$ ”和“ $\times 5$ ”位置,或转动“微调”旋钮,在荧光屏上的迹线的中心线位置应不变,或基本上不变。

## 3. 时基插入单元各旋钮及插座的作用

(1) t/cm选择开关:是扫描时间选择开关,从  $0.05\mu s/cm \sim 0.5s/cm$ ,共分22档。

(2) 微调旋钮:是微调扫描速度的旋钮。配合“t/cm”扫描速度选择开关,可使扫描速度为  $0.05\mu s/cm \sim 2s/cm$  连续可调。此旋钮除了向顺时针方向旋到底时,即内部连动开关闭合位置(校正)外,其它任何位置都为扫速不校正状态,并有“不校正”氖灯发光指示。在校正时应将此旋钮顺时针转到底,并将连动开关闭,使“不校正”指示灯不亮。

(3) 扩展( $\times 1$ 、 $\times 5$ )开关:扫描速度扩展控制开关,置于“ $\times 1$ ”位置时,扫速按“t/cm”钮所指的值直读;位于“ $\times 5$ ”位置时,扫速按“t/cm”钮的指示值乘5倍。例如:“t/cm”钮  $0.05\mu s/cm$  位置,而“扩展”开关置于“ $\times 5$ ”,其实际扫速就变为  $0.01\mu s/cm$ 。

(4) X轴输入插座:是外接X轴输入插座,使用时将“t/n”档级开关置于“外”位置,“X轴输入”插座即与X轴放大器的输入端连通。

(5) 单次—常态开关:一般观察波形时本开关置于“常态”位置。如被观察的波形为单次瞬变信号,或是幅度、波形、时间周期都是变化的信号,此时如果使用重复扫描,将显示一组混杂或跳动的波形,不能达到分析(或摄影)的目的。在此情况下可应用单次扫描。此时将本开关置于“单次”位置,扫描的触发在按一下“准备”按钮下呈现等待触发状态。如果“稳定度”和“电平”旋钮调整在触发扫描的工作状态(非自激状态)下,在触发信号还

未到来之前, 按动按钮后即可见到“准备”氖灯发光。这表明为等待触发信号的到来。当触发信号到达, 立即产生一次扫描, “准备”氖灯也跟着熄灭。在再一次按动“准备”按钮前, 触发信号即使重复出现, 由于扫描被单次电路锁住而不再重复。

(6) 校正(准)旋钮: 供校正 $X$ 轴放大器增益用。校正时, “扩展”旋钮应放在“ $\times 1$ ”位置; 将“微调”旋钮顺时针旋到“校正”位置; 采用主机上的校正信号输出或外来标准信号, 校准到符合扫描速度开关“ $t/cm$ ”的指示值。

(7) 输入(触发)插座: 是外触发信号的输入插座。

(8) 灵敏/常态(触发)开关: 是外触发或内触发信号输入衰减选择开关。一般情况下置于“常态”位置, 在用幅度极小的信号触发时, 置于“灵敏”位置。

(9) 极性(触发)开关: 是触发输入极性变换开关。一般观察放在“+”或“-”位置均可显示。如观察正脉冲波形的上升时间, 必须放在“+”位置。扫描触发用外接输入信号时, 应放在“外+”或“外-”位置。扫描触发用 $Y$ 轴放大器内部分出的信号时, 则应放在“内+”或“内-”位置。如果观察与电源频率有时间关系的信号波形, 可以使用“电源+”或“电源-”进行触发。

10 方式(触发)开关: 是触发耦合方式变换开关。一段内触发或外触发从低频到高频都可以放在“ $AC$ ”位置。在观察包含低频分量的高频复合波时可以放在“ $AC$ -低频抑制”位置。在此位置时 $2KHz$ 以下的低频分量受到了抑制, 就不会因误发而造成所显示的波形晃动。触发信号的频率高于 $5MHz$ 而又无足够的幅度使触发稳定时, 可放在“ $HF$ ”(高频同步)位置。变化缓慢或频率低于 $100Hz$ 的触发信号, 可放在“ $DC$ ”位置。在这位置由于电路里无阻隔直流分量的电容器, 因此对变化极缓慢的信号或直流幅度都能响应。

(11) 电平(触发)旋钮: 用以调整和确定触发信号波形上的工作点。顺时针方向转动是趋向波形电压的正的部分; 逆时针方向转动是趋向波形电压负的部分; 在“0”的位置是趋近于触发波形的平均电压位置, 使扫描起步。

(12) 稳定度旋钮: 是触发稳定旋钮。将“电平”(触发)调整旋钮向逆时针方向旋到底; 将触发“稳定度”调整旋钮先顺时针方向旋转到头, 使示波管屏幕上扫描基线消失。然后慢慢地再逆时针方向旋转, 至屏幕上刚出现扫描线, 然后将这旋钮又向顺时针方向旋约 $3^\circ \sim 5^\circ$ , 使示波管屏幕上所出现的基线刚消失(扫描停振)。在这位置时, 扫描触发器的工作点已调到临界状态。这时再顺时针方向旋转触发“电平”旋钮, 即能得到稳定的触发。

将“稳定度”旋钮逆时针方向旋转到底, 扫描即成自激而重复, 其重复率由“ $t/cm$ ”开关所确定。这自激扫描可以在示波器没有被测信号输入时, 也能在荧光屏上产生一条扫描基线, 以便于示波器的调整及检查扫描的工作。此外, 有时被测信号设备可能需要外激触发源, 在此情况下可以采用本仪器的自激扫描状态下的负向锯齿扫描电压输出, 或正向闸门矩形脉冲输出。此时, 被测信号设备的输出信号送到示波器的 $Y$ 轴进行观察, 或经过被测网络, 然后送到示波管的 $Y$ 轴进行观察。在此扫描与被测信号的自然同步条件下, 为了防止 $Y$ 轴触发分离回路的干扰, 必须将触发极性开关放在“外+”或“外-”位置。

(13) “ $V$ 输出”插座: 为负向锯齿波扫描电压输出插座, 其扫描电压的起步和持续时间与示波管屏幕上所显示的 $X$ 轴扫描波相同, 幅度约 $20V_p$ 。

“ $\square$ 输出”插座: 为正向矩形脉冲输出插座。每个正向矩形脉冲的起步和持续时间与扫描波同, 幅度 $>10V_p$ 。

#### 4. 电压测量

### (1) 交流电压测量 (峰—峰值)

将被测信号接到“Y轴输入”，按被测电压的大致值，将Y轴的“V/cm”钮置于相适应的位置（开始可置于较高档）；将“微调”旋钮置于“校正”位置（即顺时针旋到底）；将时基单元的“单次—常态”开关置于“常态”位置；“灵敏—常态”钮也置于常态位置；“t/cm”开关置于与被测信号相适应的位置；“触发方式”开关可根据被测信号情况放置；“稳定度”旋钮和“电平”旋钮相互配合，如上面各旋钮作用中所说那样，以获得稳定的触发。然后调“t/cm”微调钮，使获得一稳定的光迹。

调整“Y轴位置”钮，及“V/cm”开关，使光迹在坐标刻度中处于便于读认的位置。然后读取光迹上、下峰的高度。这时，根据“V/cm”及“倍率”开关的位置，即可求得被测电压的峰—峰值。

例如，光迹的上、下峰的高度为 $h$  (cm)， “V/cm”开关置于“0.1V/cm”，“倍率”钮置于“ $\times 1$ ”位置，则被测电压为 $U_{PP} = h \times 0.1$  (V)。若“倍率”置于“ $\times 5$ ”则为 $U_{PP} = h \times 0.1 \div 5$  (V)。

如果是正弦波，则可算得有效值（或平均值），应为 $\frac{U_{PP}}{2\sqrt{2}}$ （或 $\frac{U_{PP}}{\pi}$ ）。

### (2) 瞬时电压测量

与交流峰—峰值测量的区别是在测量电压时需要一个相对的基准电位。在一般情况下此基准电位为“地”电位。测量时先在荧光屏的坐标片上确定基准电位的位置，然后读取与此基准电位的距离，从而算得瞬时值。

相对地电位或相对其他基准电位测量方法，可按以下步骤进行：

a. 将Y轴输入选择开关放到“DC”位置，将测试探极的探针接“地”或接入其他基准电位点。调整扫描部分使产生自激扫描，然后使用“Y轴移位”旋钮，将光迹移到坐标片合适的位置。这个位置是根据输入被测信号的幅度，以及极性而定。同时，为了便于读数，一般均采用将光迹与坐标片的厘米分格刻线相重合。在基准线确定以后，测试时切勿再移动“Y轴移位”旋钮。这时各个电压测定即相对于这一基准线读取。

b. 将测试探极离开基准电位点（例如接地端），接到被测点。然后调“稳定度”旋钮和触发“电平”旋钮，使得到稳定的波形显示。

c. 根据坐标片刻度，读出从所定的基准线到被测波形上所需要测定的某一点之间的Y轴偏转距离。

d. 将所测得的偏转距离乘以输入偏转周数“V/cm”开关所置的每厘米电压值，再乘以所用探极的衰减倍数，即为所测值。

例：设所用测试探极为1:10衰减探极；“V/cm”开关在“0.1V/cm”位置；所测得从

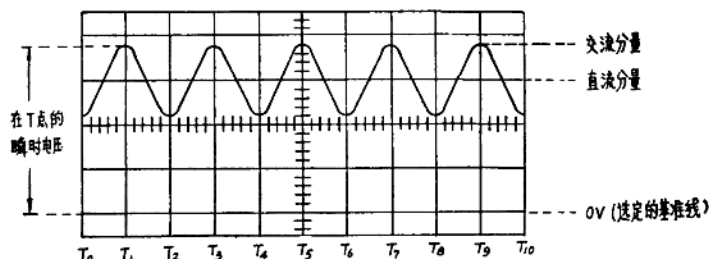


图 2—4 波形的交流分量电压、直流分量，瞬时电压典型示例

基准线到波形上需要测定一点的偏转距离为  $3.5\text{cm}$ ，则实际瞬时电压为： $10 \times 0.1 \times 3.5 = 3.5\text{V}$ 。

### 5. 时间测量

测试方法基本上和测电压时的类似，首先使荧光屏上出现稳定的反映被测信号的光迹。然后量出光迹上欲测两点在坐标片  $X$  轴刻度上的偏转距离；将此距离读数乘以扫速“ $t/\text{cm}$ ”开关所放位置的值，即为被测的时间。

如果扫描部分的“扩展”开关放在“ $\times 5$ ”位置时，应将所测得的时间除以 5。

例：设“ $t/\text{cm}$ ”开关放在“ $0.1/\text{cm}$ ”位置；“扩展”开关放在“ $\times 5$ ”位置；被测定两点之间的  $X$  轴偏转距离为  $4\text{cm}$ ，则所测的间隔时间为  $4 \times 0.1 \div 5 = 0.08\mu\text{s}$ 。

### 6. 频率测量

运用以上测量间隔时间的方法，对重复周期信号测出一个完整的周期时间，即可按频率与时间的关系（ $f = \frac{1}{T}$ ），求出频率值。

例：设信号的一个完整周期  $T$  经测定为  $0.4\mu\text{s}$ ，则其频率为： $f = \frac{1}{0.4\mu\text{s}} = 2.5\text{MHz}$ 。

### 7. 相位测量

首先将信号一周期的光迹调在坐标刻度片的上下对称位置，并调整“微调”及“ $X$  轴位移”，使光迹一周（ $360^\circ$ ）的始端位于  $X$  轴刻度的始端，而末端落在刻度的其一整格处（例如  $9\text{cm}$  处）。则可标出每一小格（ $m \cdot m$ ）所代表的相角。例如为  $\frac{360^\circ}{90} = 4^\circ$ 。这就可以根据光迹上某点在  $X$  轴上的位置而求得其相位了。

## 五、维 护 和 检 修

仪器在使用中应经常保持干燥清洁。因为尘埃的积聚将造成示波管  $10000\text{V}$  高压供电部分飞弧，而使高压供电损坏。每隔二、三个月应在风扇的轴承上加一些润滑油（可采用缝纫机油等）。风扇外面的泡沫塑料滤尘装置，也应作周期性清洁。泡沫塑料可以用肥皂和温水清洗，晾干后再装上。

电路故障应根据故障的情况判断和分析故障的原因。分析时可从仪器的四大部分着手：主机、 $Y$  轴系统、时基系统和电源系统。如仪器有扫描线，示波管的控制如“辉度”和“聚焦”都正常，只是没有  $Y$  轴偏转，或偏转效果很差，或  $Y$  轴显示波形失真等，则说明其故障产生在  $Y$  轴插入单元。如果“辉度”、“聚焦”都工作正常， $Y$  轴也能发生偏转，只是不产生水平扫描（即光迹只是一条竖线），或水平扫描线缩短，或调整触发“稳定”、“电平”、“微调”钮以及换用外触发都不能得到波形稳定，则说明故障在时基插入单元。但无论是  $Y$  轴或时基单元产生故障，都有可能由主机电源所引起。若开机后，示波管不工作，连微弱的电源变压器的噪声也听不到，那首先就应从主机的电源部分着手开始检查。下面分三个部分作略为详细的说明。

#### 1. 主机

(1)  $18\text{V}$  电子稳压电源：开机后没有电源，或多档供电电压跌落，应从电源进线到  $18\text{V}$  稳压输出，按序检查。如电源进线及电源变压器工作正常，在开机后风扇应转动，面板指示灯应亮，“标尺亮度”旋钮能起作用。 $18\text{V}$  直流稳压器的输入，在正常情况下（市电电压为  $220\text{V}$ ）应接近  $23\text{V}$ （滤波电容两端），否则应检查其前面的整流器件及  $5000\mu\text{F}$  滤波电容。如果  $18\text{V}$  串联式稳压电路的直流输入电压正常，应检查串联调整管（ $BG_2$ — $1$  及  $BG_2$ — $8$ ）以及

稳压控制电路和18V输出的并联电容器 $C_{2-3}$ 。 $BG_{2-7}$ 及 $BG_{2-8}$ 是单独安装在对正风扇的散热器上。

(2) 低压电源变换器：安装在仪器后面板上，位于风扇的右侧。变换器的各档输出电压偏高或偏低，应调整18V电子稳压输出，并按+45V输出为基准（+45V<1%）。如整个变换器没有输出，多半是变换器中的振荡管 $BG_{3-1}$ 、 $BG_{3-2}$ 停止振荡。停振的原因可能是振荡管损坏，也可能是输出短路。一般情况下，即使输出短路也不会损坏振荡管，故重点应检查多档电压的输出电路，以及振荡部分连线有否脱落等。在拆下振荡管时，应注意散热器对机壳的绝缘垫层等，不要使绝缘损坏。

(3) 高频高压电源变换器：示波管的工作电压，除灯丝由电源变换器直接供给外其余“辉度”、“聚焦”控制和偏转灵敏度的校准，都与高频高压单元所产生的三档高压供给的电压有关。如果Y轴或时基轴产生故障，使示波管偏转板上的电压偏离正常值太多，致使光点偏离屏幕以外，则可测量示波管各偏转板的电压。如偏转板的电位相等，向顺时针方向旋转“辉度”旋钮，不能见到光点和扫描线时，应从示波管的各极供电电压方面去检查。测量示波管的阴极、控制栅以及10000V高压。在测高压时应使用高压静电式电压表，并注意安全操作。

(4) 示波管：示波管的工作是否正常，主要决定于各极供电电压。在灯丝发光正常时，阴极电位应在-900V~-950V（对地）；控制栅电位比阴极低-15~-25V，这电位由-1000V~-1150V经过 $R_{4-24}$ 和 $W_{4-3}$ 辅助辉度电位器等降压而得。有时由于辅助辉度电位器在接近短路的位置，使示波管的栅极负压太高，而造成示波管射线电流截止。此时应调整辅助辉度电位器。

如果整个高频高压低落，或无高压输出，应从18V电子稳压器检查起。一般情况下振荡幅度减弱后，即使示波管能工作，其振荡回路的自动控制电路也将失去平衡而失灵，此时在变动示波管的辉度时，将出现偏转灵敏度也跟着改变的不正常现象。此时必须换掉高频高压的振荡线圈（ $B_{4-1}$ ）。

(5) 校正（准）信号：检查时可从几方面着眼。在没有信号输出，或输出不正常时，应从供电电压检查起；在无振荡时应着重检查槽路线圈及振荡管；若方波输出的幅度不正常时，可先测量串联稳压管 $BG_{5-5}$ 及 $BG_{5-6}$ 的两端工作电压（应为+24V）；输出波形的时间对称性由 $BG_{5-2}$ 基极回路的 $W_{5-1}$ 电位器校准。

## 2. Y轴插入单元

本单元主要是一个直流放大器，故在检修时主要是测量各级直流工作状态和校正各级的直流平衡。

(1) 校正直流平衡：从第一级分差放大器开始，先测阴极输出器（ $G_{12-1}$ ）的阴极电位，再调整“b”平衡电位器 $W_{12-2}$ ，使直流平衡管 $BG_{12-2}$ 的发射极电位与 $G_{12-1}$ 的阴极电位相等。 $G_{12-1}$ 的阴极电位应接近+1V。如由于 $G_{12-1}$ 的板流变化，使阴极电位偏差超过±0.25V时，应更换 $R_{12-7}$ 阴极电阻。在超出过大时则应更换 $G_{12-1}$ 电子管。在第一级分差放大级 $BG_{12-8}$ 、 $BG_{12-9}$ 的直流基极输入平衡校准后，接着调整“e”平衡电位器（ $W_{12-3}$ ），使 $BG_{12-8}$ 、 $BG_{12-9}$ 的集电极电位相等（+8.4V）。第二级分差放大级的平衡校准应先将“Y轴移位”电位器转到中心位置，然后调整第二级分差放大级两个三极管的射极回路电位器 $W_{12-4}$ ，使两管集电极上的电位相等。在第二分差放大级的直流平衡校准后，第三分差放大级和末级射极输出级 $BG_{12-20}$ 、 $21$ 两个射极的电位应很接近。此时转动“Y轴移

位”电位器,  $BG_{12-20, 21}$  的两个射极直流电位应有相应的改变。

在各分差放大的直流电位平衡校正中, 如某一级或某一个晶体管不能取得平衡时, 应着重检查输出负载电阻上的压降、电阻值, 和该级晶体管的特性。

各级分差放大级直流平衡校好后, 即可在  $Y$  轴放大器的输入端接入校正方波电压。此时, 应在荧光屏上出现方波。按照在荧光屏上所显示的幅度, 进行校准各级分差放大级及总的增益。至于方波自身幅度的校正则用另外示波器观测。

(2) 触发放大器: 检查时也着重先测量各点的直流工作电压, 以及总的增益。在“ $\times 1$ ”位置时总的增益 (对于  $10KHz$  信号) 应大于 40 倍, 或接近 20 倍 (对于  $10MHz$  信号)。

### 3. 时基插入单元

本单元的检修可按电路图分三个部分来分析。

(1) 扫描触发电路: 在送入触发信号的条件下, 用另一个频宽在  $10MHz$  以上的示波器测量电感微分级  $BG_{22-5}$  集电极回路的变压器输出, 调整触发“电平”电位器, 在  $B_{22-1}$  变压器的次级线圈上, 应有幅度不小于  $3V$  的正向尖脉冲输出。如无输出, 则应进行逐级检查各开关的接点, 从触发信号的输入回路到分差放大器  $BG_{22-3}$  的集电极输出, 用示波器证实触发信号有无进入放大器和放大。其次是调整触发“电平”电位器。在  $BG_{22-3}$  的集电极, 由于隧道管多谐振荡的作用, 使正弦波的触发信号形成阶跃波, 经电感微分级后, 得到正向的尖脉冲。根据各级的检查结果, 找出其故障的位置和元件或原因。

(2) 密勒扫描电路: 在有扫描触发正向尖脉冲输入的条件下, 调节“稳定度”电位器 (“单次”扫描开关应在“常态”位置), 应能产生扫描输出, 否则应从送入正向触发尖脉冲处, 由  $BG_{23-5, 6}$  所组成的施密特电路起, 逐级进行检查。测量各点的电源电压; 用示波器观测各级的波形。在施密特电路的输出端产生矩形的开关电压, 使  $BG_{23-8}$  截止或导通。在脉冲形成电容器上产生约  $50mV$  幅度的扫描电压, 加到积分放大器 ( $BG_{23-9, 10}$ )。在  $BG_{23-11}$  的射极应输出接近  $20V$  的扫描电压。此电压通过释抑电路  $BG_{23-13, 14}$  后, 又加到施密特电路的输入端, 形成一个闭合回路。

配合此扫描主电路的还有增辉电路和单次扫描的闭锁电路。在增辉电路产生故障时, 应从施密特级的  $BG_{23-8}$  的集电极、隧道管  $BG_{23-4}$ 、 $BG_{23-3}$  逐级进行检查。增辉方波的输出幅度应大于  $14V$ 。方波时间严格对应于扫描电压的时间。

单次扫描闭锁电路 ( $BG_{23-16, 17}$ ) 是一个慢速反复电路, 增辉方波的后沿自  $BG_{23-3}$  集电极来, 驱使  $BG_{23-16}$  导通,  $BG_{23-17}$  截止。在“准备”按钮按下瞬间  $C_{23-13, 14}$  放电, 产生一个触发脉冲, 使  $BG_{23-17}$  导通,  $BG_{23-16}$  截止。

(3)  $X$  轴放大器: 放大级  $BG_{25-5, 6}$  及射极输出级  $BG_{25-7, 8}$  都为高压晶体管。由于温度影响或输出端偶然碰机壳等原因, 会造成晶体管击穿。当平衡放大器一边的管子击穿后, 在示波管屏幕上的  $X$  轴幅度就显然会减小一半。 $BG_{25-7}$  或  $BG_{25-8}$  的  $BV_{CEO} > 80V$ ,  $BG_{25-5, 6}$  的  $BV_{DEO} > 70V$ 。在更换时应注意满足这些参数。

检修本放大器时, 除测量和校准直流工作点外, 也可以送入校准信号的方波电压, 检查其各级放大倍数, 在“扩展”“ $\times 5$ ”位置时, 其偏转因数应  $< 2V_{FF}/cm$ 。

## 六、调 整

### 1. 主机

示波器在使用一个较长的时间后, 其校准信号的方波输出幅度和时间信号的时间精度应

进行一次校准。

(1)先校准时间信号 $100\mu s$  ( $10KHz$ )。校准时可使用数字式频率计,或频率精度高于 $0.1\%$ 的 $10KHz$ 振荡信号,通过示波器按李沙育法校准。

(2) $50ns$ 时间信号频率可采用 $PW-1$ 型外差式频率计,听 $20MHz$ 的差拍。通过调整振荡槽路的并联微调电容 $C_{6-6}$ ,校准至频率精度为 $0.5\%$ 。

(3) $10KHz$ 方波信号可以从方波输出插口引出,如测得校正信号的频率精度低于 $1\%$ 时,可缓慢地调整 $10KHz$ 振荡线圈 $L_{6-1}$ 的磁心,使频率精度达到 $1\%$ 以上。如用数字式频率计则可调到 $0.5\%$ 。

方波输出幅度在出厂时是用 $0.2\%$ 精度的直流电压,在 $SBR-1$ 型示波器上作对比法进行校准的。如无上所述示波器时,可用一般示波器,取 $1\%$ 精度的 $10KHz$ 正弦波电压作对比。如对比电压的读数为有效值时,应转换成峰峰值读数。

## 2. Y轴系统

(1)输入衰减器的补偿电容和输入电容的校准:“ $V/cm$ ”开关各档频率补偿式衰减网络,因补偿电容量的改变将引起衰减器的频率精度下降。校准顺序是:先将“ $V/cm$ ”开关旋到“ $0.05$ ”位置,用代入式电容表(例如上海二十一厂生产的665C型)测Y轴放大器输入端的输入端电容,并调整 $C_{12-3}$ ,及输入端电容达到 $27PF$ (在未更换 $G_{12-1}$ 电子管情况下,一般不调整并联电容器)。然后再将主机的方波输出接入Y轴输入,校准“ $V/cm$ ”开关“ $0.05$ ”档以外的各个档的补偿电容器( $C_{14-28}$ 、 $C_{14-4}$ 、 $C_{14-6}$ 、 $C_{14-8}$ 、 $C_{14-12}$ 、 $C_{14-16}$ 、 $C_{14-18}$ 和 $C_{14-21}$ )。在每档使显示波形的前沿都达到既无上冲,又无下垂。各档的补偿电容器校准好后,取去方波信号。接上探头,输入“校正信号”的方波,“ $V/cm$ ”开关置于“ $0.05$ ”档,调节探头内的可变电容器,使显示波形前沿无上冲和下垂,并依次观察 $0.1V/cm \sim 20V/cm$ 各档的方波,同时调节各补偿电容器( $C_{14-14A}$ 、 $C_{14-3}$ 、 $C_{14-6}$ 、 $C_{14-8}$ 、 $C_{14-11}$ 、 $C_{14-14}$ 、 $C_{14-17}$ 和 $C_{14-20}$ ),使在各档时方波的平顶都不倾斜。

(2)放大器增益的校准:将“倍率”开关放到“ $\times 1$ ”位置,将幅度“微调”旋钮向顺时针方向旋到底,将“ $V/cm$ ”开关扳到“ $0.05$ ”位置,将主机的方波输出调到 $0.2V$ 后,接入Y轴放大器。此时在荧光屏的光迹在Y轴上应有 $4cm$ 高,如超过或不足可调整“校正(准)”电位器。

将方波输出调到 $50mV$ ,将“倍率”开关扳到“ $\times 5$ ”位置,此时波形光迹在Y轴上的高度应是 $5cm$ ,如其误差超过 $\pm 5\%$ 时,需调整第三级分差放大级的“ $\times 5$ ”档反馈电阻 $R_{12-43}$ 、 $44$ 的数值。

瞬态特性校正:用上升时间达 $4ns$ 的方波发生器产生的方波接入Y轴输入,“ $V/cm$ ”开关放到 $0.05$ 位置,先校“倍率”的“ $\times 1$ ”位置。调整方波发生器的输出,使荧光屏上方波高 $5cm$ 。方波的重复频率为 $1MHz$ ,扫描“ $S/cm$ ”开关置于“ $0.05\mu s/cm$ ”或“ $0.1\mu s/cm$ ”档。在第一分差放大级中校正 $C_{12-12}$ ;第二分差放大级校正 $C_{12-16}$ ;第三分差放大级校正 $C_{12-22}$ 、 $23$ ,使方波的平顶部分接近平直,上升时间小于 $12ns$ 。在倍率“ $\times 1$ ”的瞬态特性校准好后,第二步校准“ $\times 5$ ”位置的瞬态特性。此时校正“ $\times 5$ ”位置的第一分差放大级的 $C_{12-14}$ 和第三分差放大级的 $C_{12-24}$ 、 $25$ ,方波的平顶部分接近平直,上升时间小于 $30ns$ 。

## 3. 时基系统

(1) $0.1ms$ 扫描级的校正:扫描速度的校正与X轴放大器的增益有关,而中档扫描的时

间元件是固定的, 因此在校正时是根据放大器的增益, 调整总的扫速。

校正时应将扫描“微调”电位器 $W_{24-1}$ 向顺时针方向转到底, 并用该电位器的连动开关, 使“不校正”氛灯熄灭。“扩展”开关应放大在“ $\times 1$ ”位置, “单次”扫描开关放在“常态”位置, 将“ $t/cm$ ”开关扳到 $0.1ms$ 位置, 将主机上的 $100\mu s$ 校正信号接入 $Y$ 轴输入, 调整扫描单元的触发控制部分, 以及 $Y$ 轴输入灵敏度, 使 $100\mu s$ 向尖脉冲信号在荧光屏上显示出 $4-5cm$ 高。此时转动“ $X$ 轴移位”钮, 观察每个尖脉冲波是否能与 $X$ 轴坐标分格一一对应, 如超过或不足, 可调整面板上的“校正”电位器 $W_{25-5}$ , 使尖脉冲的间隔为一厘米( $0.1ms$ )。

(2)  $0.05\mu s$ 扫描档的校正: 将 $50ns$ 校正信号接入 $Y$ 轴输入端, 将“ $t/cm$ ”开关旋到“ $0.05\mu s$ ”位置, 其他扫描系统的开关位置与 $0.1ms$ 扫描档的校正一样。此时触发系统的“方式”开关应放到“ $HF$ ”位置, 调整触发“电平”、触发“稳定度”和 $Y$ 轴灵敏度, 使荧光屏上显示稳定的正弦波形。此时在 $10cm$ 长的 $X$ 轴坐标格上应出现10个完整的正弦周期。如超过, 或不足十个应校正这个档的半可变电容器 $C_{24-7}$ 。这电容器安装在“ $t/cm$ ”开关的中心靠上边的部位。

“扩展”开关“ $\times 5$ ”档的校正: 在 $0.05\mu s$ 扫描档已校正的基础上, 将“扩展”开关转到“ $\times 5$ ”位置。此时 $50ns$ 的单个正弦周期, 应在 $X$ 轴坐标格上占据 $5cm$ 的地位, 如超过或不足, 可校正 $W_{25-5}$ 电位器, 使准确地达到 $5cm$ 。

(3)  $0.1\mu s$ 扫描档的校正: 将频率精度 $< 1\%$ 的 $5MHz$ 标准信号接入 $Y$ 轴输入端, 将“ $t/cm$ ”开关旋到 $0.1\mu s$ 位置, 其他扫描系统的开关位置与 $0.1ms$ 扫描档的校正时一样。此时触发系统的“方式”开关应放在“ $HF$ ”位置, 调整触发“电平”、触发“稳定度”和 $Y$ 轴灵敏度, 使荧光屏上显示5个周期的信号波, 并占满 $X$ 轴坐标 $10cm$ 。如超过或不足应调整这档的半可变电容器 $C_{24-9}$ 。这电容器紧靠着 $0.05\mu s$ 档的 $C_{24-7}$ 电容器。

(4)  $0.5\mu s$ 扫描档级的校正: 将频率精度 $< 1\%$ 的 $1MHz$ 标准信号接入 $Y$ 轴输入端, 将“ $t/cm$ ”开关旋到“ $0.5\mu s$ ”位置, 其他扫描系统的开关位置都与校 $0.1ms$ 档的扫描时一样。触发系统的“方法”开关也放在“ $HF$ ”位置, 调整触发“电平”、触发“稳定度”和 $Y$ 轴灵敏度, 使荧光屏上显示5个周期信号波形, 其在 $X$ 轴上的长度应正好为 $10cm$ 。如超过或不足应校正这档的半可变电容器 $C_{24-12}$ 。这个电容器紧靠 $0.1\mu s$ 扫描档的校准电容器 $C_{24-9}$ 。

### 3. SBT—5型同步示波器

#### 一、主要用途

SBT—5型同步示波器, 是一种观察与测定各种电信号瞬变过程的电子测量仪器。

#### 二、主要技术性能

##### 1. $Y$ 轴

频带宽度:  $10Hz \sim 10MHz$   $3dB$

上升时间:  $40ns$

上冲:  $< 3\%$

灵敏度:  $25mV_{PP}/cm$