

# 常用无线电测量仪器修理与检定

内部资料 仅供参考

SBM—3型  
脉冲示波器

国营中原机械厂

# 编 印 说 明

一九六四年以前，我们为了开展计量工作，先后两次编写过《无线电测量仪器修理与检定》讲义，对我厂普及无线电测量仪器的修理与检定工作起了一定的作用。

通过无产阶级文化大革命，在毛主席革命路线指引下，无线电工业日益发展，在无线电测量仪器方面，不仅原有产品已有所改进，而新品种又如雨后春笋般的出现。为适应革命和生产形势的发展，为满足本厂计量人员学习基础技术知识，练好基本功，搞好产品质量整顿工作的需要，我们决定将原《无线电测量仪器修理与检定》讲义进行修改和补充，定名为《常用无线电测量仪器修理与检定》，以一种仪器编印一本资料。本资料可供具有一定无线电技术知识，从事计量工作的工人和技术人员参考。

由于我们水平低、经验不足，错误之处恳请同志们批评指正。

这次编印，不少兄弟单位给我们提供了许多宝贵的技术资料及修理与检定的实践经验，对此表示诚挚的谢意。

# SBM—3 型脉冲示波器修理与检定

## 目 录

<b>第一章 仪器的一般介绍</b> .....	( 1 )
§ 1—1 概述.....	( 1 )
§ 1—2 仪器的基本原理.....	( 2 )
§ 1—3 仪器的主要技术特性.....	( 6 )
<b>第二章 仪器的修理</b> .....	( 7 )
§ 2—1 修理用仪器.....	( 7 )
§ 2—2 修理步骤.....	( 7 )
§ 2—3 常见故障与修理方法.....	( 8 )
<b>第三章 仪器的检定</b> .....	( 13 )
§ 3—1 检定项目.....	( 13 )
§ 3—2 检定用仪器.....	( 14 )
§ 3—3 检定程序.....	( 14 )
§ 3—4 检定记录格式.....	( 19 )
附录一 SBM—3 型脉冲示波器电原理图 (早期产品) .....	( 24 )
附录二 SBM—3 型脉冲示波器元件明细表 (早期产品) .....	( 25 )
附录三 SBM—3 型脉冲示波器电子管各极电压参考数据.....	( 32 )
附录四 SBM—3 型脉冲示波器电源变压器绕制参考数据.....	( 33 )
附录五 SBM—3 型脉冲示波器电原理图 (近期产品) .....	(34后)
附录六 SBM—3 型脉冲示波器元件明细表 (近期产品) .....	( 34 )

# SBM—3 型脉冲示波器修理与检定

## 第一章 仪器的一般介绍

### § 1—1 概述

SBM—3 型脉冲示波器，供实验室及野外环境下研究脉冲波或其他周期变化的波形。

本仪器可用来研究脉宽自0.1至3000微秒的脉冲波，并可直接测量脉冲变化时间和脉冲电压的量值，观察各种连续周期变化的波形，可作为频带达10兆赫的宽带示波器使用，亦可转换为灵敏度约高三倍的频带达500千赫的较高灵敏度的一般示波器使用。

本仪器的电原理方块图示于图1—1。

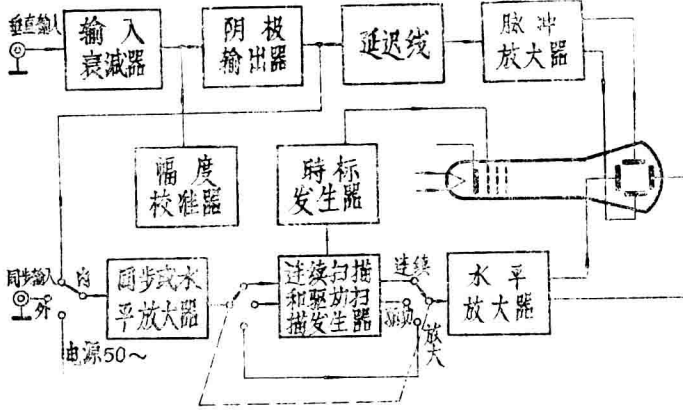


图1—1 SBM—3 脉冲示波器电原理方块图

电原理方块图简要介绍如下：

为了展现被研究的信号波形，示波管的水平偏转电极应加上扫描电压，这个电压是由连续扫描和触发扫描发生器（驱动扫描发生器）产生的。当研究连续周期过程，由连续扫描发生器产生锯齿形电压，当研究脉冲波时由触发扫描发生器产生间断的锯齿形电压。上述的扫描电压，或者由水平前级放大器的信号，经由水平放大器，而送至示波管的水平偏转电极。这个扫描电压当然必须与信号有稳定的相对时间关系，这就是扫描发生器必须由同步放大器控制的原因。当研究连续波时，锯齿形电压由同步信号来稳定其扫描频率，当研究脉冲波时，间断的锯齿波由同步信号来触发它。

可以有三种不同的同步（或触发）方式，当只需研究信号本身时，采用“内”同步，这个同步（或触发）信号引自垂直放大器的阴极输出器的输出。当研究被测信号与另外的某一参考信号的相互关系时，可从“同步输入”的插孔引入参考信号进行外同步，这样连续扫描就由外来的信号所同步，或由外来信号所触发，这就是外同步的主要作用。有些时候为了研究大脉冲信号之后的小脉冲信号，为了不使触发扫描受大脉冲信号所触发，也引入外电路有关

的同步信号，这也需用外同步。第三种同步信号引自电源50赫信号，通常用来研究信号的某些异常现象是否为电源干扰所致之用，例如高频信号是否有电源寄生调幅等等，因为它们需要扫描频率为50赫的整数倍，因此引用电源同步信号。

为了研究微弱的信号，需要对小信号进行放大，这就是脉冲放大器的作用。为了对不同量值的大信号进行适量的调整，因此在“垂直输入”端之后，就是输入衰减器。为了提高输入阻抗和减少输入电容，衰减器之后采用阴极输出器。采用阴极输出器的另一原因是为了满足延迟线的低阻抗匹配要求。

前面已经简要介绍，为了充分展开脉冲波形，触发扫描可用脉冲信号本身所触发，也就是说，扫描是在脉冲信号达到一定幅度时才能触动扫描，不仅如此，扫描电压的产生也需要一定的时间，因此脉冲信号的起始一部份就将因扫描电压未及产生，波形未予展开而观察不到。简便的办法就是在信号的通道将信号延迟一小段时间，这就是延迟线的作用。

从上所述，被测信号就是由“垂直输入”经输入衰减器、阴极输出器、延迟线及脉冲放大器而到达示波管的垂直偏转电极的。

本仪器为测量脉冲电压，因而采用幅度标准器，它利用机内稳定的可读出的电压与脉冲信号相比较的办法来测量脉冲电压。

时标发生器，利用几个固定周期的振荡信号，调制示波管的辉度，使脉冲信号波形出现亮暗间隔的光点，以确定脉冲波形时间关系。

电源供给器的方块图未予绘出。

## § 1—2 仪器的基本原理

SPM—3型脉冲示波器，早期有国营汉口无线电厂生产的产品（其电原理图见附录一），近期有国营前卫无线电仪器厂生产的产品（其电原理图见附录五），编写这本资料是以国营汉口无线电厂的出品为主，并适当的补充了国营前卫无线电仪器厂对该仪器的改进成果。

SBM—3型脉冲示波器的组成如下：

- (1) 输入衰减器。
- (2) 阴极输出器。
- (3) 延迟线。
- (4) 脉冲放大器。
- (5) 幅度校准器。
- (6) 时标发生器。
- (7) 示波管。
- (8) 同步或水平放大器。
- (9) 连续扫描和驱动扫描发生器。
- (10) 水平放大器。
- (11) 电源供给器。

这些组成部份的相互关连，前面已经作了介绍，这里不再重复，以下仅介绍各部份的简要原理。

### (一) 输入衰减器：

输入衰减器由转换开关  $BK_1$  控制，由电阻  $R_1 \sim R_4$  电容器  $C_1 \sim C_4$  所组成。

$R_1$  为配合输入的50欧同轴电缆而工作的，使本仪器可用于50欧同轴系统工作。

由  $C_{2a} R_{2a}$  和  $C_3 R_3$  及  $C_{2b} R_{2b}$  和  $C_4 R_4$ ，分别组成10:1和100:1的衰减器，它们的设计精度为5%。

实现宽频带的分压条件，是分压器的上臂（例如  $R_{2a} C_{2a}$ ）和下臂（例如  $R_3 C_3$ ）的时间常数（即二者的乘积）相等，保证满足这一条件靠调试来实现。采用  $C_3$  和  $C_4$  的原因就是因为使满足上述的条件时  $C_{2a}$  和  $C_{2b}$  的容量不至于太小，因为太小的电容是无法进行调整的。

## （二）阴极输出器：

目的是提高输入阻抗和提供低输出阻抗，以便与低特性阻抗的延迟线匹配工作。

$R_6$  是防止寄生振荡的电阻，在阴极输出器接有延迟线时，比一般阴极输出器更容易出现寄生振荡。

本阴极输出器（电子管  $G_1$ ）的阴极负载为波阻抗约400欧的延迟线，其终端负载电阻为  $R_7$  和  $R_8$ ，并且由  $R_8$  作连续的增益调节，如所周知，在低阻抗时由于后级的输入电容的影响更小，才有可能实现宽频率特性的连续增益调节。

## （三）延迟线：

延迟线是为了使被测信号在触发扫描产生之后才到达示波管，前面已经介绍由于扫描必然在脉冲信号达一定幅度后产生，因此信号如不推迟，脉冲的起始部份将无法观察到。

本延迟线 LC 仿真传输线组成。

图 1—2 所示为延迟线的基本节，这里简要介绍这种网络的特点：

延迟线的截止频率  $f_c$  为

$$f_c = \frac{1}{\pi \sqrt{LC}}$$

每节的延迟时间  $t_d$  为

$$t_d \doteq \sqrt{LC}$$

其特性阻抗  $Z_0$  为

$$Z_0 \doteq \sqrt{\frac{L}{C}}$$

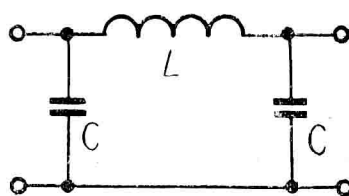


图 1—2

为保证10兆赫之内无衰减，本延迟线的截止频率  $f_c$  为17兆赫，总延时时间为0.26微秒，波阻抗约400欧。为达到上述要求，本延迟线由31个基本节串接而成，为改善阻抗匹配，本延迟线的首尾采用二个半节。为使每一节之间相互匹配，每一个延迟线所采用的固定电容  $C$  是经过选配，它的条件是容量一致。例如均为20微微法或均为22微微法。

## （四）脉冲放大器：

脉冲放大器由  $G_3$ 、 $G_4$ 、 $G_5$  组成，从  $R_8$  电位器所取得的信号经  $G_3$  的倒相，从它的板极和阴极分别取得相位相反的信号分别加至推挽放大的栅极。

$G_3$  倒相器，既采用  $L_1$  进行高频补偿，又利用  $C_7$  电容器，改善高频性能，由于它减少了高频时的负反馈量，因此改善了高频特性。

$G_4$  和  $G_5$  的推挽放大采用复杂补偿电路，以便在较小的板流之下获得足够的脉冲偏转输出电压和稍大的放大量。复补偿由电感线圈  $L_3$ 、 $L_4$ 、 $L_5$ 、 $L_6$  与电阻  $R_{17}$ 、 $R_{18}$ 、 $R_{21}$ 、 $R_{22}$  组

成, 其中  $R_{17}$  和  $R_{22}$  是限制  $L_3$ 、 $L_4$  补偿量的, 当补偿过量时, 将出现脉冲顶部的超量, 甚至出现顶部减幅寄生振荡。

开关  $K$  是一个双刀双掷的钮子开关, 在线路图处于现画位置时, 由于  $G_4$  和  $G_5$  的板极串联  $R_{19}$ 、 $R_{20}$  和  $L_7$ 、 $L_8$ , 使放大器的放大量约增加三倍, 但放大器频带上限从 10 兆赫减至 500 千赫。

$G_4$  和  $G_5$  的输出引至示波管的垂直偏转电极。

如果断开  $G_{13}$  示波管旁边的  $B_1$  和  $B_2$  短接片可以通过  $C_{40}$  和  $C_{41}$  直接引入被测的信号波形。

### (五) 扫描发生器:

本仪器可以工作在连续扫描或驱动扫描, 二种扫描发生器都是由  $G_6$ 、 $G_{7a}$  和  $G_8$  三个电子管担任的。

由于  $G_6$  的板极直接耦合到  $G_{7a}$  的栅极, 而  $G_{7a}$  的板极又通过  $C_{13}$  和  $R_{26}$  反接至  $G_6$  的栅极, 不难看出这是多谐振荡器的变形, 因此  $G_6$  和  $G_{7a}$  是轮流导通与截止的, 并且其转换过程是很快的, 当  $G_{7a}$  导通而  $G_6$  截止时, 在  $G_{7a}$  阴极的  $C_{15} \sim C_{22}$  和  $C_{10}$  中的一个 (由波段开关  $BK_2$  控制) 充电至接近于  $G_{7a}$  的板极供电电压, 其差异为  $G_{7a}$  导通的管压降。随着这个电容器电压的升高, 当它与  $G_6$  的截止时的板压仅相差接近  $G_{7a}$  的截止栅压时, 就促使  $G_6$  和  $G_{7a}$  的闭环电路翻转, 变成  $G_6$  导通而  $G_{7a}$  截止。在此情况下  $G_{7a}$  阴极被充电的那个电容器通过恒流管  $G_8$  放电, 使其电压线性下降。从而获得我们所需要的锯齿电压。当这个电压下降到仅比导通的  $G_6$  板极电压仅高出  $G_{7a}$  的截止栅压时,  $G_{7a}$  重新导通, 由  $G_{7a}$  和  $G_6$  组成的闭环电路重新翻转为  $G_{7a}$  导通,  $G_6$  截止, 这就重新开始如上所述的变化过程。

如上简述不难理解以下几个问题。

(1) 这个扫描发生器是负向大电压锯齿波发生器, 它的波形如图 1—3 所示。

(2) 这个电压的峰值  $E_1$  接近于  $G_{7a}$  的板极供电电压  $E_a$  (与  $E_a$  的差值为  $G_{7a}$  导通的管压降)。

(3) 这个电压的最低电压  $E_2$  接近于导通时  $G_6$  的板压, 由于这个板压不仅与  $G_6$  的栅极的充放电瞬时状态有关, 而且与其帘栅电压有关, 因此帘栅降压电阻  $R_{35}$ 、 $R_{23}$  与扫描电压的幅度有关。

(4) 锯齿扫描电压的线性下降速度相应于扫描速度与被充电的  $G_{7a}$  阴极电容的容量成正比, 与  $G_8$  的放电电流成反比, 利用转换  $G_{7a}$  的阴极电容器容量来实现扫描时间的分段变化, 利用连续改变  $G_8$  的帘栅电压, 藉改变放电电流来连续改变电压线性下降的速度, 作扫描速度的细调。

以上叙述的是连续扫描, 驱动扫描与上述的工作原理大体相同, 其差异仅仅在驱动扫描时藉助于  $BK_{3a}$  波段开关, 在  $G_6$  的栅极固定的引入截止负偏压, 因此在没有从触发启动管  $G_{11}$  引入信号时, 前述的这一扫描电压不能产生。只有触发脉冲进入后, 才进行一次的翻转, 亦即进行一次扫描。

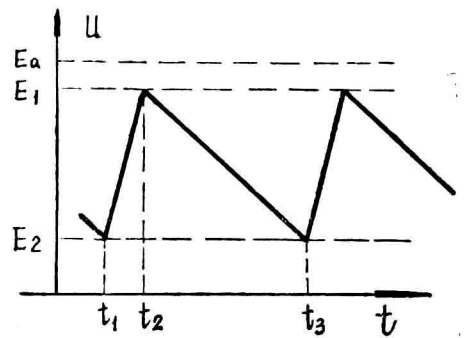


图 1—3

为了实现连续扫描的同步，同步电压是从  $G_{11a}$  引至  $G_6$  的第三栅极的。

#### (六) 水平放大器：

上面叙述的扫描电压尽管已经是大幅度的，但仍然不够大，并且为了克服示波管不等边四边形失真和边缘波形的散焦缺点，扫描电压采用对称输出是较好的。在本电路中，是由  $G_{7b}$  的阴极输出器和  $G_9$  的倒相器来实现的。

在扫描停止时， $G_{7b}$  和  $G_9$  则作为水平偏转的末级放大器。

尽管最快的扫描仅仅为 1 微秒，为了使扫描电压的谐波也能很好的通过倒相器以获得良好的线性扫描电压，倒相器输入分压器采用频率补偿，这是由  $C_{24}$  可调电容器来控制的。用它可调节扫描线性。

#### (七) 同步或水平放大器：

为提高同步灵敏度，利用  $G_{10}$ 、 $G_{11a}$  和  $G_{11b}$  构成同步放大器，其中  $G_{11b}$  是变换极性输出用的。

当不用扫描电压时， $G_{10}$  和  $G_{11a}$  作为水平放大器的前级使用，这个放大器与前述脉冲放大器类似，但是没有必要限制脉冲超量，这是其放大器与垂直放大器的补偿量不同的原因。

#### (八) 时标发生器：

时标发生器由电子管  $G_{12a}$  和  $G_{12b}$  所组成，当扫描发生时，从扫描发生器  $G_6$  的板极获得负矩形脉冲，这个电压经  $C_{35}$  偶合至  $G_{12a}$  的栅极使  $G_{12a}$  截止。在矩形波未进入之前  $G_{12a}$  有一定的板流流经由  $BK_{5a}$  控制的自  $L_{12} \sim L_{16}$  中的一个线圈，因此当  $G_{12a}$  截止时，这个线圈将与其并联的电容器组成的槽路产生减幅振荡，由于这个振荡电压还加于  $G_{12b}$  的栅极，并且其阴极连至产生减幅振荡的槽路线圈的中点，因此补偿了振荡能量的衰减，使上述槽路的振荡幅度变化不大，藉槽路并联的电阻  $R_{56} \sim R_{59}$  和  $R_{94}$ ，改变槽路的损耗来控制  $G_{12b}$  能量的补偿和槽路损耗的平衡，以此来实现振荡幅度变化不太大。

从  $G_{12b}$  的板极经  $C_{4b}$  的偶合引至示波管的阴极，因此示波管的辉度受上述振荡信号的调制，出现亮暗相间的光点。

由于  $G_{12a}$  阴极的六个可转换的槽路，其调谐频率分别为 20 兆赫；5 兆赫；1 兆赫；200 千赫；50 千赫和 10 千赫。因此相应的示波管亮点的间隔分别为 0.05 微秒；0.2 微秒；1 微秒；5 微秒；20 微秒和 100 微秒。

近期的 SBM—3 示波器（参见附录五），增加了  $G_{13}$  电子管，这是因为以前的产品由于  $G_{12a}$  的输入阻抗较低，采用某些电子管时输入电容较大，使闭锁  $G_{12a}$  的脉冲波形的前沿变得较差，这就使 0.05 微秒的时标的起始八点不够清楚。电路改进之后，由于  $G_{13}$  的作用，不再影响闭锁  $G_{12a}$  的脉冲前沿，因此改善了 0.05 微秒时标的性能。

#### (九) 幅度校准器：

本仪器的电压测量，是将被测信号与本仪器带有刻度的交流稳压电路进行比较而确定。

本仪器的交流稳压比较信号是由白炽指示灯泡  $Z_{D1}$ 、 $Z_{D2}$  和电阻  $R_{90}$ 、 $R_{91}$  组成的电桥电路来稳定  $R_{93}$  的输出电压。这是利用白炽灯泡在不同电压呈现的电阻不等而实现的。

近期的 SBM—3 示波器，已经作了改进（参见附录五），采用  $G_{14}$  6N1 构成 1 千赫的多谐振荡器，其矩形波输出经由  $R_{110}$  和齐纳管  $D_7$  的整形，和由于  $D_7$  的稳压，获得了稳定的约 1 千赫的矩形波电压，这个电压经由  $R_{92}$  和  $R_{93}$  的分压，并藉带有刻度盘的  $R_{93}$  电



位器的控制，从而获得标准比较电压。

采用矩形波比较电压还有一个好处，就在进行比较的同时就可以从矩形电压是否变形来检查本示波器的脉冲特性是否改变。

(十) 示波管控制电路和电源供给器：

这些电路都是一般常见的，因此这里不予详加说明，可以查阅使用说明书。

### § 1—3 仪器的主要技术特性

(一) 垂直偏转放大器的灵敏度：输入讯号为100千赫，当宽频带位置，输入电压有效值为0.3伏的时候，垂直影象的幅度不小于25毫米；当窄频带位置，输入电压有效值为0.1伏的时候，影象的幅度不小于25毫米。

(二) 垂直偏转放大器频率特性曲线的不均匀性：

在宽频带位置自10赫~10兆赫的范围内变化不大于3分贝（以100千赫为0分贝）；在窄频带自10赫至500千赫的范围内变化也不大于3分贝。

(三) 持续时间为2000微秒的脉冲，其平顶之降落不超过脉冲的起始幅度的15%。

(四) 当脉冲影象为20毫米，讯号脉冲的前沿约为0.07微秒的时候，持续时间为1微秒的脉冲，其脉冲超量的总值不超过1毫米。

(五) 垂直放大器的输入阻抗不小于0.5兆欧，与之并联的电容不大于50微微法。

(六) 水平偏转放大器的灵敏度：当输入讯号为100千赫电压（有效值）为0.3伏的时候，水平影象的幅度不小于25毫米。

(七) 水平偏转放大器频率特性曲线的不均匀性：从20赫至400千赫的频带内不大于3分贝。

(八) 水平偏转放大器的输入阻抗不小于80千欧。

(九) 此仪器具有下列二种扫描系统：

(a) 驱动扫描系统：九个固定的驱动扫描，分别为1、2、5、10、100、300、1,000及3,000微秒±20%，扫描长度为50毫米。

(b) 连续扫描系统：分九个波段，频率均匀调整，保证在20赫至200千赫范围变化，各个波段均互相重叠。

(十) 测量脉冲持续时间所使用的校准点确定为0.05、0.2、1、5、20及100微秒，持续时间的校准误差不超过±5%。

(十一) 驱动扫描的最小起动电压不超过0.35伏（峰值）。

连续扫描的最小同步电压不超过0.12伏（有效值）。

(十二) 在脉冲电压校准度盘上直接读出的振幅校准值，在标度0.2~1.2伏的一段之内，其误差不大于±10%。

(十三) 脉冲讯号电压可以直接加到阴极射线管的垂直偏转电极及水平偏转电极上。

(十四) 阴极射线管的垂直偏转电极及水平偏转电极，其输入阻抗不小于3.6兆欧，与之并联的电容不大于30微微法。

(十五) 输入分压器的最大误差为±5%。

(十六) 本仪器的电源可以选用交流50赫，电压为110伏或220伏的电源，在电源电压变化为额定的+5%至-10%之间可以正常运用。

(十七) 此仪器可连续工作八小时。

(十八) 此仪器可在  $-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$  的温度范围内使用。

(十九) 仪器电源的消耗功率不大于200伏安。

## 第二章 仪器的修理

### § 2—1 修理用仪器

(1) 高频信号发生器, 如 XFG—7 型仪器。

(2) 频率特性测试仪, 如 PTC—1; PTC—2 型仪器。

(3) 音频信号发生器, 频率自10赫~100千赫; 如 XFS—8 型仪器。

(4) 高频电子管电压表, 如 DYC—1; DA—2 型电压表。

(5) 高频电子管毫伏表, 如 HFP—1; DA—1 型毫伏表。

(6) 脉冲信号发生器, 如 MF—1 型脉冲发生器。

(7) 持续时间为2000微秒的平顶脉冲发生器。

(8) 三用表, 其要求是: 直流内阻应不低于10000欧/伏, 交流内阻应不低于1000欧/伏, 最高电压量程应大于1500伏。

### § 2—2 修理步骤

对于一个修理者来讲, 特别是初学者, 仔细地阅读技术说明书, 耐心地研究工作原理, 是很必要的。另外机内供给示波器的负高压达一千多伏, 要注意安全!

大致说来, 修理步骤是: 阅读说明书、观察并找出故障发生部位与原因、排除故障, 计量检定。

正确地判断故障的部位与方法, 是迅速排除故障的重要环节。因此掌握检查方法是很重要的。示波器的大多数故障, 都能以图象的形式从萤光屏上反映出来。因此学会观察示波图象, 对于发现故障、找到故障原因很有帮助。

为了找到故障原因, 可采用下述方法进行检查:

(一) 认真检查——对于有故障的机器, 应认真检查, 首先应认真观察元件的情况, 注意电子管是否漏气、碎裂、元件是否脱焊、电容器是否漏油、变压器是否烧焦、电阻是否烧坏等, 常常可以从这些外部即可发现的异常现象找到故障的原因。进行这些检查之后, 即可通电检查, 通电后应注意电子管是否点亮, 整流管有无跳火闪动现象; 电子管的板极有没有因超过损耗而发红; 变压器是否有焦味, 电容器有无过热现象, 电阻有无跳火或烧坏情况, 等等。如发现不正常现象, 应立即关断电源, 采取必要的措施或作进一步的检查。

(二) 更换元件——对于那些基本上可以肯定有变质的元件, 可以换上好的元件, 如更换电子管、电容器、电阻等, 观看效果如何。

(三) 测量参数——仪器的说明书、和本资料的附录, 已经给出各个电子管至机壳的电阻阻值和电压的参考表, 因此测量这些电阻阻值、和通电测量其工作状态, 以判断可能的故障原因, 是有益的。

(四) 注入信号——一般应从后至前, 逐级注入信号, 再检查之。例如检查垂直通道, 可从末级放大器的输入直到垂直通道的衰减器输入端, 逐级注入适当大小的信号, 在示波管萤光屏上观察波形, 当然可以找到故障发生在那一级。但是这却是比较麻烦的。我们主张加

信号，从前级逐步移至后级，这样当故障出现在前八级，比起上述办法能更快地找到。采用上述二种方法的那一种都可以，这可以从外观估计故障可能出现在前级或后级，而采用那一种办法。

(五) 监视波形——当本仪器的故障已经无法展开信号时，则只好用一台好的示波器观察有关部位的波形，以分析故障可能产生的部份。

### § 2—3 常见故障与修理方法

#### 1. 亮点的失常和修理

正常工作的示波器的亮点应是：

(一) 亮点辉度可调节。

(二) 聚焦可调节，亮点直径应小于一毫米。

(三) 亮点应呈圆形。

(四) 亮点能移置于萤光屏上的任意一点。而且在移动的过程中，亮点的辉度不应有改变和没有严重的散焦现象。

(五) 亮点的亮度和聚焦经调节后不应自行变化。

亮点的优劣主要取决于示波管的屏蔽条件和控制电路和高压电路。常见故障及其排除方法如下：

(一) 没有亮点——本机通电约一分钟，工作选择开关置于“驱动”，调节“左右”“上下”控制旋钮，“辉度”控制旋钮顺时针方向旋到适当位置，萤光屏上应出现光点。没有光点的原因大概是：

(1) 示波管未插紧，或管脚接触不良。

(2) 示波管可能已损坏，可用三用表检查灯丝是否已断开。取下示波管，检查是否漏气。

(3) 检查示波管各电极电压是否与本文附录(三)中所规定的电压相符。其中特别注意示波管管脚1、2、3、5、和9等脚的电压。如发现工作状态(即管子的各电极电压)有问题，则首先检查负高压供电电路  $R_{72} \sim R_{78}$ 。除非差异很大才可能没有亮点出现。

(4) 负高压整流电路发生故障。由于硒堆每一组约用四十片的硒片串联而成，正向电阻比较大，这是应提醒注意的最好从测量其电压来分析。此外电阻器  $R_{81}$  变值或滤波电容器  $C_{48}$  及  $C_{49}$ 、 $C_{50}$  击穿，均可能使高压整流电路失效。

(二) 亮点昏暗——若将“辉度”控制旋钮顺时针方向旋到底，亮点辉度仍不够，可能是因为：

(1) 高压整流电路故障，负高压太低(正常电压为-1100伏左右)。

(2) 高压分压器  $R_{72} \sim R_{76}$  和  $R_{78}$  故障。

(3) 电阻  $R_{77}$  变值，使示波管电流在此电阻上降压太大。

(4) 示波管管座接触不良。

(5) 示波管衰老。

(三) 辉度不可控制——可能是电位器  $R_{78}$  损坏。或  $R_{72} \sim R_{76}$  和  $R_{78}$  的分压器有一电阻断开。

(四) 聚焦不佳——调整“聚焦”旋钮应能使亮点又小又圆，其直径应小于一毫米。假若调不到最好，则可将仪器从机壳里拉出来，露出仪器左上方的电位器  $R_{71}$ ，反复调节  $R_{71}$

和  $R_{75}$  使荧光屏出现的光点最细小。经调整仍不符合要求，可能是：

- (1) 电容器  $C_{46}$ 、 $C_{48}$  严重漏电。
- (2) 负高压电压太低。
- (3) 周围有较强的电磁场干扰。
- (4) 示波管质量低劣。

已经确定为损坏的元件应予调换，同时在使用中应尽量避免强电磁场的干扰。为了聚焦好，辉度不宜太亮，只要能正常观察就行了。

(五) 亮点位置调节不良——调整“左右”“上下”位置控制旋钮，亮点应能移到荧光屏上的任何一点，位置控制不正常的现象有，产生这种现象的原因可能由于偏转电极中一个失去控制作用，如灯座接触不良，或  $R_{61} \sim R_{70}$  中有一个电阻断路，或控制电位器  $R_{63}$  或  $R_{68}$  已损坏。

**注：**我厂的第一批产品中曾有少量产品，由于电阻  $R_{62}$ 、 $R_{65}$ 、 $R_{66}$ 、 $R_{70}$  与电容  $C_{46} \sim C_{48}$  所组成的组件接线板  $PII \sim 9$  与  $PII \sim 10$  漏电。其漏电电阻对于阻值为5.1兆欧的  $R_{62}$ 、 $R_{65}$ 、 $R_{66}$ 、 $R_{70}$  电阻来说，所起的分压作用影响是很大的。从而使示波管偏转板电位发生变化，亮点就不能移至二十五毫米以外。

可采用以下办法检查：

可用高阻表，测量上述二接线板漏电阻，正常阻值应大于二千兆欧。

也可用理发用的吹风机对准组件，加热约10分钟，检查亮点移动距离是否能改善。如肯定是由于漏电的原因，可采用任何防潮办法，对上述接线板，进行处理即可。

## 2. 扫描线的故障与修理

该机有两种扫描，即连续扫描和驱动扫描。示波器正常工作时，又当工作于“连续”扫描，荧光屏上显现的扫描线应是：

- (一) 扫描线的长度应大于屏幕的直径，一般约等于屏幕的1.25倍。
- (二) 扫描线的亮度应前后均匀。
- (三) 在调节“上下”“左右”旋钮使扫描线移动时，在整个过程中不允许有弯曲和突跳现象。

(四) 在不加时标时，扫描线不应有亮度调制现象。

(五) 扫描线应平直，不允许有干扰信号、弯曲和倾斜现象。

(六) 改变扫描速度时，扫描线应保持清晰稳定。

在连续扫描时，扫描线的常见故障有以下数种：

(一) 没有扫描线——若没有扫描线，应先判断一下是水平放大器的问题，还是扫描产生器的问题。将“同步选择”开关置于“外同步”，“作用选择”开关置于“放大”，输入一个正弦讯号，或置于“电源”同步仍在“放大”位置，此时引入水平放大器。有电源的50赫信号，如果能看到水平线条，就说明水平放大器是正常的。则应集中修理扫描产生器。

常见的扫描发生器故障如下：

(1) 扫描产生器  $G_6$ 、 $G_7$  及  $G_8$  工作不正常。可用电表测量这一电路中各管子的各极电压，特别注意  $G_6$  板极电阻  $R_{27}$  是否损坏。

(2) “作用选择”开关接触不良。

(二) 扫描线短——分两种情况，其一是变换扫描粗调档级时扫描线都短。其二是一档

或数档扫描线短，其余正常。

(1) 对于第一种情况，大都是水平放大器的问题。拔掉  $G_9$ ，观察扫描线长度是否缩短一半左右，以此来判断扫描电压放大器 ( $G_7$  与  $G_8$ ) 是否对称输出。有时由于倒相级  $G_9$  管座接触不良，或管子已经衰老都可能使输出减小，基线不够长。

另一个原因是  $G_6$  的帘栅电压和  $R_{27}$  的阻值，当  $G_6$  的帘栅电压太低时，扫描线当然变短。

(2) 对于第二种情况，首先应当明白，按本电路工作原理，扫描线长度是不等的。如果相差太远，则其故障原因，可能是因为电子管  $G_6$  工作不正常，也可能是电容器  $C_{13}$  损坏或  $C_{15} \sim C_{22}$  及  $C_{10}$  漏电。如果  $C_{24}$  与  $C_{25}$  损坏，或  $R_{37}$  与  $R_{41}$  损坏或变值，都将造成上述故障。

更常见的故障，是  $R_{72}$  与机壳相碰。在修理中，如肯定某管子或元件损坏时，将同类型管子或元件更换即可，一般不需进行辅助调整。连续扫描频率的正确，主要取决于驱动扫描速度的调整。一般情况下，只要驱动扫描速度能满足技术指标，连续扫描频率是完全能符合技术规定的。

关于“驱动”扫描方面的故障大约有：

(一) 自激——当“作用选择”开关置于“驱动”位置，若不加外来被测讯号，荧光屏上应不出现扫描线，而仅有一亮点。在扫描低频段，容许有低于十赫的自由振荡。如屏幕上有基线，则可能是由于  $G_6$  栅偏压不够大，产生了自由振荡。将同步增益旋钮关到最小位置，调节仪器右上方的电位器  $R_{73}$ ，使自激停止即可。

(二) 触发不灵敏——当输入脉冲信号，加入垂直放大器的输入端，同步选择开关置于“内”位置，应能触发扫描产生器。若触动不起来，则应检查  $G_{110}$  启动级与  $G_6$  栅偏压是否过大。

(三) 驱动扫描速度不符要求——驱动扫描速度不准不外乎下列三种情况：

(1) 所有扫描档级的扫速都太快。以增加  $R_{30}$  或  $R_{60}$  的阻值修理之。

(2) 所有扫描档级的扫速都太慢。可以减小  $R_{30}$  或  $R_{60}$  的阻值修理之。但  $R_{30}$  的阻值不能低于90欧姆，否则电子管  $C_8$  容易损坏。

(3) 有一档或数档扫描速度不符要求，其余各档均正常。则应更换  $C_{10}$  与  $C_{15} \sim C_{22}$  中有关的电容器。

此外，放电管  $G_8$  的陈老，扫描发生器  $G_6$ 、 $G_7$  与  $G_8$  各级工作状态发生了变化也将影响扫描速度，特别是  $G_8$  的工作电压；示波管工作状态的变化等，都将引起扫速的变化，因此在修理时应给予一定的注意。

### 3. 垂直通道的故障与修理

一般情况下，垂直通道的故障，大概有以下几个情况：

(一) 讯号加不进——将输入衰减开关放在“1:1”位置，垂直增益放在最大处，从垂直讯号输入端引入人体感应电压，屏幕上应出现五十赫讯号的波形。如果没有波形出现，说明垂直通道有故障。(当引入人体感应电压，人体不能碰机壳)

(1) 输入衰减器开关接触不良。开关周围的电阻，或有关导线断、脱焊。电容相碰或碰机壳，特别是电容器  $C_1$ 。

(2) 放大管  $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$ 、 $G_4$  和  $G_5$  可能损坏。推挽输出管  $G_4$  与  $G_5$  的板极负载电

阻  $R_{18}$  与  $R_{21}$  可能损坏。

(3) 供给  $G_2 \sim G_5$  各管板极电压与帘栅电压用的降压电阻  $R_{95}$  损坏 (由于流过  $R_{95}$  的电流较大, 因而在这个可调电阻的接触点容易烧坏)。

(4) 当宽窄频带开关在“窄”处而无正常放大现象时, 则可能是  $R_{19}$  及  $R_{20}$  损坏。

故障检查方法: 检查时逐级引入音频信号到放大器各电子管极栅, 先从末级  $G_4$  与  $G_5$  开始, 逐渐向前检查。当放大器工作正常时, 信号引入各栅极后, 荧光屏上应出现一定幅度的影象。当输到某一栅极, 屏幕上没有影象时, 则该级有问题, 用三用表检查其工作状态, 并修理之。

(二) 垂直通道灵敏度低——该机在放大器各级工作正常时, 灵敏度富裕量比较大。如发现灵敏度低于技术要求, 应检查:

(1) 用三用表测量各电子管的工作状态, 尤其应注意末级  $G_4$  与  $G_5$ 。

(2) 放大器末级  $G_4$  与  $G_5$  的板极负载电阻  $R_{18}$  与  $R_{21}$ , 可能损坏或变值, 用三用表测量之。

(3) 电容器  $C_3$  与  $C_4$  短路或击穿。

(三) 频率特性不符合要求——该机垂直通道的频带为: 宽带为 10 赫至 10 兆赫, 窄带为 10 赫至 50 千赫, 允许与 100 千赫变化不大于三分贝。频率特性不符合要求主要出现于频带的高端和低端。

(1) 高频特性不好。其原因可能是: 放大器的电子管陈老, 由于参数变化造成; 高频补偿线圈  $L_3$  与  $L_4$  断开 (这可由  $G_4$  与  $G_5$  的板压判断出);  $G_2$  的阴极碰机壳, 高频补偿失效; 等等。

请注意本仪器的高频补偿元件的质量, 在本电路中, 高频补偿元件为  $C_{53}$ ;  $C_7$ ;  $L_1$ ;  $L_2$ ;  $L_3$ ;  $L_4$ ;  $L_5$ ;  $L_6$ ;  $L_7$  和  $I_3$ 。注意检查  $L_3$  和  $I_4$  是否断线, 其并联电阻  $R_{17}$  和  $R_{22}$  对高频特性影响较大, 可根据高频跌落情况, 更换  $R_{17}$ 、 $R_{22}$  和  $C_7$  这三个元件。

**注:** 测试时, 应将监视电压表的探头 (或用很短导线) 与示波器的垂直输入端直接相连, 并应扣除监视电子管电压表的本身的频率误差。

(2) 低频特性不好。其原因可能是: 放大器级间耦合电容器和栅漏电阻器变值; 滤波电容器  $C_5$  和  $C_{62}$  容量变小或损坏。

关于水平通道的一般故障与修理方法, 和上述所列类似, 下面就不再重复。

#### 4. 时间刻度电路和幅度校准电路的故障及其修理

时间刻度电路的常见故障和修理方法如下:

(一) 所有各挡都没有时标, 其原因大致有:  $G_{12}$  有毛病或转换开关 BK5 接触不良, 电容器  $C_{35}$  损坏,  $C_{46}$  损坏等。

(二) 个别几挡无时标。当时间刻度转换开关置于某一挡时, 没有时标。则可能是由于该挡相应的振荡槽路有故障, 将与该振荡槽路并联的电阻去掉。如断开电阻以后能出现时标, 应检查是否槽路电容器漏电, 或电感线圈断线。

(三) 时间刻度不准。时间刻度不准, 应检查该挡相应的振荡频率。这些频率是: 20兆赫 ( $L_{11}$  及分布电容组成)、5兆赫 ( $L_{12}C_{26}$ )、1兆赫 ( $L_{13}C_{36}$ )、200千赫 ( $L_{14}C_{37}$ )、50千赫 ( $L_{15}C_{38}$ ) 和 10千赫 ( $L_{16}C_{39}$ ), 其相应的时标为: 0.05、0.2、1、5、20和100微秒。

若刻度不准，可微调电感线圈或更换有关电容器。

(四) 时间刻度开始与终止辉度不一致。这主要是由于与振荡槽路并联的电阻阻值不恰当，应重新加以调整。如果时标自左至右增辉，则减小并联电阻的阻值；如果时标自右至左减辉，则应增大并联电阻的阻值。这些电阻分别为  $R_{07}$ 、 $R_{06}$ 、 $R_{57}$ 、 $R_{58}$ 、 $R_{59}$  和  $R_{04}$ 。

当0.00微秒时标起始几点不够清楚时，可更换  $G_{12}$  电子管，或按附录二时标电路作改进。

关于幅度校准电路的故障和修理方法简述如下：

(一) 不能工作。其原因可能是  $R_{00}$ 、 $R_{01}$  及小灯泡  $ZD_1$ 、 $ZD_2$  所组成的桥式稳压电路损坏，或幅度调整电位器  $R_{03}$  损坏。

(二) 刻度不准。主要原因可能是：小灯泡损坏，失去了桥路的稳压作用， $R_{00}$  和  $R_{01}$  可能损坏。在更换零件排除故障以后，应检查幅度校准器的准确度是否符合要求。当不准确时，用标准电压表重新调整。调整应在刻度终端1.2伏处进行，可用失真度较小的100千赫信号发生器作为标准信号源。

### 5. 由失真的示波图象分析故障原因

人们经常用示波器观测各种周期的或非周期的信号。反过来，也可以用标准的正弦讯号和脉冲讯号检验示波器。一部失真的示波器，它显示出来的图象也必然是失真的。因此，我们可以由失真的示波图象，直观地、迅速地分析失真的原因。上面我们按 SBM—3 的组成（如示波管及其控制电路，扫描电路，垂直通道和水平通道，时间刻度电路和幅度校准电路），分析了各部分的常见故障及其排除方法。下面我们由示波图象的好坏，作一简要的、综合的讨论。

我们先谈失真的正弦波图象。正弦波的失真大致有：正弦波图象疏密不均匀、回扫线消不掉、稳定不下来、对称失真、梯形失真、有调制，等等。

(一) 正弦波图象疏密不均。当出现波形疏密不均时，应该推测到扫描波形不是线性变化。

扫描电压非线性变化的原因可能由于：①恒流放电管  $G_8$  帘栅电压太低，②  $C_{24}$  未调节好，倒相器频率特性不良，③  $C_{15} \sim C_{22}$  和  $C_{10}$  漏电。

(二) 回扫线消不掉。可能由于  $R_{20}$  短路或  $C_{45}$  及其有关连线断路。

(三) 正弦波波形失真。当两半周不对称，有的窄有的宽。如图 2—1 所示，a) 上窄下宽，b) 上宽下窄。这是由于垂直放大器的倒相级  $G_3$  和推挽放大，放大器本身非线性失真严重所致，检查它们的工作电压、调换电子管可以解决。

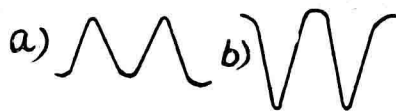


图 2—1

(四) 正弦波梯形失真。梯形失真又叫不等边失真，这是由示波管偏转板供电不对称所引起的。遇此情况，应检查偏转板电压的对称性。波形如图 2—2 所示。

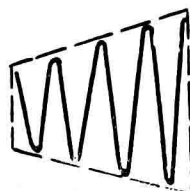


图 2—2

(五) 有调制现象。若存在调制现象，观察到的波形如图 2—3 所示。这是由于垂直放大器中叠有电源干扰讯号，一般是由于电子管供电电压滤波不良、纹波电压较大所致。



图 2—3



下面谈谈用脉冲讯号来检验示波器的性能，判断故障的所在。

(一) 方波信号通过阻容衰减器后变形。这表现为方波通过衰减后出现微分或积分现象。当衰减器的上臂阻容之乘积等于下臂阻容之积时，则不变形，如图 2—4 a) 所示；当上臂阻容之积大于下臂阻容之积时，出现微分现象，如图 2—4 b) 所示；当上臂阻容之积小于下臂阻容之积时，则出现积分现象，如图 2—4 c) 所示。这是电阻电容变质或损坏所致。

(二) 脉冲的前沿失真与脉冲的顶部振荡失真。如图 2—5 所示，其中 a) 为输入矩形脉冲，b) 为前沿倾斜失真，c) 为严重的顶部振荡失真，b) 为振荡的负半周过大的失真。这都是垂直放大器的补偿电路过量所引起，即高频补偿电路有毛病。b) 的倾斜失真这是由于高频补偿太弱或根本没有补偿，c) 所示的振荡失真则为高频补偿过强，d) 所示的振荡负半周过大是由于补偿电路的搭配不当或补偿线圈的 Q 值过高所致。SBM-3 中的高频补偿线圈有  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ 、 $L_4$ 、 $L_5$ 、 $L_6$ 、 $L_7$  和  $L_8$ ，和  $R_{17}$   $R_{22}$  电阻控制。

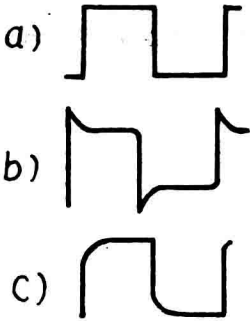


图 2—4

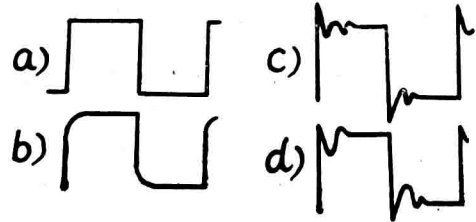


图 2—5

(三) 脉冲的平顶失真。由于照顾高频特性，本仪器低频特性较差，本仪器允许 2000 微秒的平顶脉冲下降达 15%，当超过这个要求时，当垂直放大器耦合电路和低频补偿电路时间常数的改变所引起。

### 第三章 仪器的检定

#### § 3—1 检定项目

- (一) 外观检查及工作正常性的检查；
- (二) 垂直放大器灵敏度的检定；
- (三) 垂直放大器频率特性的检定；
- (四) 水平放大器灵敏度的检定；
- (五) 水平放大器频率特性的检定；
- (六) 输入衰减器衰减比的检定；
- (七) 锯齿扫描频率范围的检定；
- (八) 驱动扫描速度的检定；
- (九) 时间刻度的检定；
- (十) 锯齿扫描同步电压的检定；



- (十一) 驱动扫描起动电压的检定;
- (十二) 振幅校准电压刻度的检定;
- (十三) 平顶脉冲降落的检定;
- (十四) 窄脉冲超量的检定。

### § 3—2 检定用仪器

#### (一) 标准器选择准则:

根据误差理论, 标准器的误差  $\delta_0$  与检定方法的误差  $\delta_1$  的均方根值, 应不超过被检仪器允许误差  $\delta$  的三分之一, 即

$$\sqrt{\delta_0^2 + \delta_1^2} \leq \frac{1}{3} \delta$$

所以当标准器按级使用时, 标准器的误差, 应不超过以下规定:

$$\delta_0 = \pm \sqrt{(\text{允许基本误差})^2 + \Sigma(\text{工作条件下的每项附加误差})^2} \leq \frac{1}{3} \sqrt{\delta^2 - 9\delta_1^2}$$

当标准器按等使用时, 标准器的误差应不超过以下规定:

$$\delta_0 = \pm \sqrt{\delta_2^2 + \delta_3^2} \leq \frac{1}{3} \sqrt{\delta^2 - 9\delta_1^2}$$

式中  $\delta_1$ ——检定方法的极限偶然误差;  
 $\delta_2$ ——标准器在工作条件下的极限误差;  
 $\delta_3$ ——标准器取修正值的检定极限误差。

#### (二) 检定用仪器:

##### (1) 音频振荡器一台。

规格: 频率 10 赫至 100 千赫; 频率准确度  $\pm 1.5\%$ 。输出大于 50 伏。

可以采用亚美音讯一甲型音频发生器。

##### (2) 高频信号发生器一台。

规格: 频率 100 千赫至 10 兆赫; 频率准确度  $\pm 1.5\%$ ; 输出电压大于 1 伏。

(在检定输入衰减器衰减比时要求输出电压高于 30 伏。)

##### (3) 高频或视频毫伏表一台。

例如 DA 1, 或 HFP—1 毫伏表。量限为 0.1 伏至 50 伏; 误差为  $\pm 1.5\%$ 。

##### (4) 宽脉冲产生器: 选用达 2000 微秒的平顶脉冲发生器。其平顶脉冲降落小于 5%。

##### (5) 窄脉冲产生器一台。

可采用 MF—1 脉冲信号产生器, 测试选用脉冲前沿应约为 0.07 微秒, 仪器本身的脉冲超量应不大于  $\pm 1\%$ 。

### § 3—3 检定程序

#### (A) 外观检查及工作正常性的检查:

(一) 被检仪器不应有足以影响工作的机械损伤, 如旋钮固定不牢, 波段开关定位不正确, 跳步不清晰等。

(二) 接通仪器电源, 按照仪器说明书进行工作前之准备, 借助于“辉度”“聚焦”旋钮应能获得直径小于 1 毫米的清晰、光亮的亮点, 或者宽度小于 1 毫米的扫描基线。