



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 262—1996

模 拟 示 波 器

Analogue Oscilloscope

1996 - 08 - 06 发布

1997 - 06 - 01 实施

国家技术监督局 发布

模拟示波器检定规程

Verification Regulation of

Analogue Oscilloscope

JJG 262—1996

代替 JJG 262—1981

JJG 411—1986

JJG 542—1988

本检定规程经国家技术监督局于 1996 年 08 月 06 日批准，并自 1997 年 06 月 01 日起施行。

归口单位： 全国无线电计量技术委员会

起草单位： 中国计量科学研究院

上海市计量测试技术研究院

本规程技术条文由起草单位负责解释

本规程主要起草人：

郁月华 （中国计量科学研究院）

陆福敏 （上海市计量测试技术研究院）

参加起草人：

王兴远 （北京 738 厂）

陈志达 （上海无线电二十一厂）

李 航 （中国计量科学研究院）

目 录

一 概述	(1)
二 技术要求	(1)
(一) 垂直偏转系统	(1)
(二) 水平偏转系统	(1)
(三) 触发(同步)频率范围及触发灵敏度	(1)
(四) 校准信号	(1)
三 检定条件	(2)
(一) 环境条件	(2)
(二) 检定用主要设备	(2)
四 检定项目及检定方法	(3)
(一) 外观及功能正常性检查	(3)
(二) 水平偏转系统的检定	(6)
(三) 垂直偏转系统的检定	(9)
(四) 校准信号的检定	(13)
五 检定结果处理和检定周期	(15)
附录 1 检定记录格式	(16)
附录 2 模拟示波器参考检定方法	(20)
附录 3 数字示波器参考检定项目	(22)

模拟示波器检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的（带宽 500 MHz 以下）模拟示波器的检定。对数字示波器相应项目的检定也可参照本规程进行。

一 概 述

模拟示波器是以直角坐标为参数系，以时间扫描为时基两维地显示物理量——电量瞬时变化的仪器，它不但能观测低频信号（包括单次信号），同时也能观测高频信号和快速脉冲信号，并能对其表征的参量进行分析和测量。然而，数字示波器相继问世并趋于完善，更便于测试单次信号，它不但能对波形进行显示，还能对波形进行存储、分析、计算，并能组成自动测试系统。现代模拟、数字示波器对电信号的观测显示更方便更完善，是科研生产常用的工具之一。

二 技术要求

（一）垂直偏转系统

- 1 垂直偏转系数：1 mV/div ~ 5 V/div， $\pm 2\%$
- 2 频带宽度：DC ~ 100 MHz，200 MHz，300 MHz，500 MHz 等（-3dB）。
- 3 垂直位移线性误差： $\pm 5\%$
- 4 瞬态响应：上升时间 $t_r = \frac{0.35}{f_{(-3dB)}}$
 上冲量 $\pm 5\%$
 顶部不平度 $\pm 5\%$
- 5 输入电阻：1 M Ω ($1 \pm 1\%$)；50 Ω ($1 \pm 1\%$)
- 6 (ΔV) 幅度测量： $\pm 2\%$

（二）水平偏转系统

- 7 扫描时间系数：0.5 ns/div ~ 0.5 s/div， $\pm 2\%$ （1 s/div ~ 20 s/div， $\pm 10\%$ ）；扩展扫描时间系数： $\pm 10\%$
- 8 扫描线性误差： $\pm 10\%$
- 9 延迟时间范围：按说明书规定
- 10 延迟扫描晃动比：按说明书规定
- 11 (Δt) 时间测量： $\pm 2\% \pm 100$ ps

（三）触发（同步）频率范围及触发灵敏度

按说明书规定的内、外触发灵敏度技术指标。

（四）校准信号

- 12 校准信号幅度：0.02V，0.2V，0.5V，1V，2V（峰-峰值）等， $\pm 2\%$

13 校准信号频率：1kHz，1MHz等 $\pm 0.01\%$

三 检定条件

(一) 环境条件

14 环境温度：(20 ± 5)℃

15 相对湿度：≤80%

16 大气压强：86 ~ 106 kPa

17 交流电源：(220 ± 11) V，(50 ± 1) Hz

18 周围环境：无外界电磁场干扰和机械振动的影响。

(二) 检定用主要设备

检定用主要设备见表 1

表 1 检定用设备

仪 器 名 称	技 术 要 求	备 注
(程控) 示波器校准仪	时标周期：1 ns ~ 5 s， $\pm 0.01\%$ 电压范围：200 μ V ~ 100 V (1 M Ω ，1 kHz)， $\pm 0.25\% \sim \pm 0.5\%$ 5 mV ~ 2 V (50 Ω ，1 kHz) $\pm 0.5\%$ DC 电压输出：-200 V ~ +200 V， $\pm 0.25\%$ 快前沿脉冲： $t_r \leq 230$ ps 按 t_d (标准器上升时间) $\leq \frac{t_a$ (示波器上升时间)}{3} 选取 上冲量： $\leq 5\%$ 顶部不平度： $\pm 4\%$ 幅度比较器：100 mV ~ 100 V， $\pm 1\%$	PG506 CG5001 POC-2 SO6 等
稳幅信号发生器	频率范围：10 kHz ~ 1 000 MHz (可按示波器带宽要求选取) 输出幅度： ≥ 1 V 有效值 (50 Ω) 电压不平度：优于 ± 0.5 dB 谐波失真：2 nd < 35 dB 3 rd < 40 dB	XJ-56, 57 SG502 SG503 SG504
通用计数器	测量范围：100 MHz，晶振稳定度 2×10^{-7} /日 输入灵敏度：20 mV (有效值)	E312A
脉冲幅度测量仪	测量范围： \pm (10 mV ~ 10 V) 准确度： $\pm \frac{200 \mu\text{V}}{U_x} \pm$ 直流数字电压表误差	SF2145 DO-15 PAC-11
数字多用表 (带有四线电阻测试)	分辨率：1 μ V 准确度：优于 $\pm 0.25\%$	HP3478A 1071

表 1 (续)

仪 器 名 称	技 术 要 求	备 注
高灵敏度示波器	带宽: DC ~ 1 MHz (-3dB) 共模抑制比: $\geq 10^4:1$ 最小偏转系数: $100 \mu\text{V}/\text{div}$	SG1
正弦信号发生器	频率范围: 1 Hz ~ 500 MHz 谐波失真: $2 \text{ nd} < 35 \text{ dB}$ $3 \text{ rd} < 40 \text{ dB}$ 输出幅度: $\geq 1 \text{ V}$ 有效值, 50Ω	
功率分配器	频率范围: DC ~ 1 GHz 插入损耗: $6 \text{ dB} \pm 1 \text{ dB}$ 输出不对称性: $\leq 0.15 \text{ dB}$ 驻波系数: ≤ 1.4	HP 11667A GSFQ - 50
功率计 (超高频毫伏表)	频率范围: 1 ~ 500 MHz, -70 ~ 0 dBm, $\pm 3\%$	HP436A
同轴固定衰减器	规格: 3 dB, 6 dB, 10 dB, 15 dB, 20 dB (DC ~ 2 GHz, 50Ω)	SGZ12 - 14
电子秒表	走时精度: 优于 $0.01 \text{ s}/30 \text{ min}$	
转接头及负载	L_{16} 阳转 Q_9 阳; L_{16} 阳转 Q_9 阴; 50Ω 通过式负载 $\pm 0.1\%$	
电缆及高频三通	带 Q_9 插头电缆三根及高频三通一个, 特性阻抗 50Ω	

四 检定项目及检定方法

(一) 外观及功能正常性检查

19 被检示波器外观应完整无损, 所有旋钮开关应牢固可靠、定位准确、接触良好、操作灵活、调节平滑, 不应有影响操作的任何机械损伤。

20 接通电源, 按说明书要求预热, 具有开机自检功能的示波器应自检通过。然后将被检示波器校准信号 (或外接示波器校准仪快沿脉冲) 输出接至垂直输入端, 调节前面板各控制旋钮使其波形显示稳定, 同时按说明书给出的操作程序对前面板各旋钮功能作定性的检查。例如: 探头、内触发极性、波形失真、辉度、噪声、主扫描、延迟扫描等功能工作正常, 方可进行检定。

21 触发特性的检查

21.1 内触发 (同步) 检查

a. 按图 1 (a) 所示连接, 示波器设置如下:

垂直方式: CH1 ON (V/div 按需要设置)

触发选择：正常，+ 极性
 触发源：内
 水平显示：A，s/div 置合适

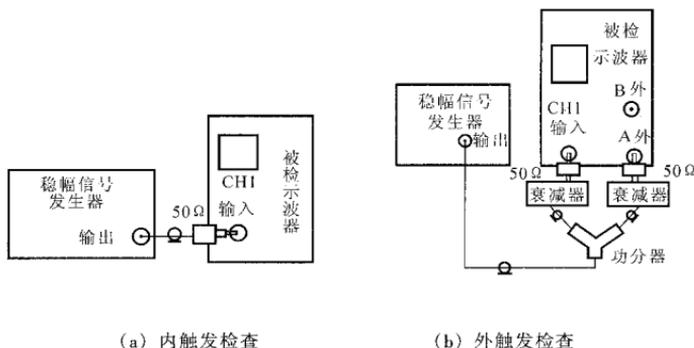


图 1

b. 置发生器输出频率为被检示波器带宽的上限和（下限）频率，分别调节输出幅度及示波器触发电平，使屏幕上能显示稳定波形，其高度应符合被检示波器说明书中规定的技术要求。

- c. 水平显示置“B”，重复 b 项，检查延迟扫描内触发电平。
- d. 重复 b、c 项，对其它各通道分别进行检查。

21.2 外触发（同步）检查

- a. 按图 1 (b) 所示连接，示波器设置如下：
 - 垂直方式：CH1 ON (V/div 按需要设置)
 - 水平显示：A
 - 触发方式：外触发，正常

b. 置发生器为被检示波器带宽的上限和（下限）频率，分别调节发生器输出电压及示波器触发电平，使屏幕上能显示稳定波形，其电压幅度应符合被检示波器说明书中规定的电压峰-峰值要求。

c. 触发方式置“自动”，延迟触发源置“外”，将图 1 (b) 中“A”外触发信号断开，并改接至“B”延迟外触发输入端（水平显示置“B”）。

- d. 重复 b 项，检查“B”延迟外触发同步电压应符合说明书技术要求。

e. 触发特性应取示波器频带宽度范围内上限和下限频率点进行检查。应在各通道和示波器规定的触发方式分别进行检查。

22 延迟时间范围的检查

- a. 按图 4 (a) 所示连接，示波器设置如下：
 - 垂直方式：CH1 ON (V/div 按需要设置)
 - 水平方式：加亮，(s/div B 置最小挡，A 比 B 慢两挡)
 - 触发方式：自动

b. 调节触发电平旋钮, 使屏幕显示稳定的加亮波形, 将延迟倍率旋钮逆时针旋至最小, 适当增加亮度以能清晰判明加亮位置和 A 扫描起始点的正确位置。

c. 示波器置 Δt 测量状态, 调节第一个光标测量点到 A 起始点, 第二个光标测量点到开始加亮的位置 (B 扫描起始点), 如图 2 (a) 所示。从屏幕直接读出 Δt 时间即为被检示波器的最小延迟时间 t_{dmin} 。

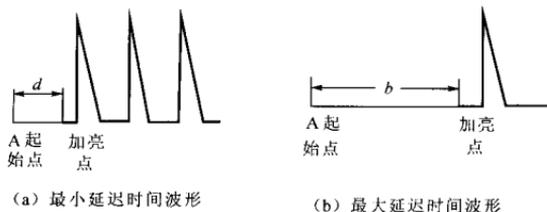


图 2

d. 当被检示波器没有 Δt 测量功能时, 则直接从图 2 (a) 中读出 A 扫描起始点到延迟扫描起始点 (开始加亮点) 间的宽度 d , t_{dmin} 按式 (1) 计算:

$$t_{\text{dmin}} = d \times A \text{ (扫描时间系数)} \quad (1)$$

e. 置 A 扫描时间系数最慢挡 (如: 0.5 s/div), B 扫描时间系数在相邻挡级 (如: 0.2 s/div), “延迟倍率”度盘顺时针旋至最大, 调节触发电平, 使屏幕显示图 2 (b) 的波形。

f. 示波器置 Δt 测量状态, 调节第一个光标测量点到 A 扫描起始点, 第二个光标测量点到加亮点 (延迟扫描起始点), 则在屏幕上方直接读出 Δt 时间即为最大延迟时间 t_{dmax} 。

g. 当被检示波器没有 Δt 测量功能时, 则直接从图 2 (b) 中读出 A 起始点至 B 延迟扫描起始点的宽度 b , 则最大延迟时间 t_{dmax} 由式 (2) 计算:

$$t_{\text{dmax}} = b \times A \text{ (扫描时间系数)} \quad (2)$$

h. 延迟时间范围应满足说明书技术要求。

注: 延迟时间范围可按需要时进行检查。

23 延迟时间晃动比检查

a. 按图 4 (a) 所示连接, 示波器设置如下:

垂直方式: CH1 ON (V/div 按需要设置)

水平方式: B (s/div 置最小挡, 如: 20 ns/div)

(置 A 比 B 慢 1 000 倍, 如: 20 μ s/div)

触发方式: 自动

延迟度盘: 顺时针旋至最大

b. 时标输出周期置 B 扫描时间系数值附近, 调节触发电平使屏幕稳定显示图 3 所示波形。记下在水平方向晃动的宽度 (W) 格, 则延迟晃动比 R_d 由式 (3) 计算:

$$R_d = \frac{\Delta t_d}{t_d} \quad (3)$$

式中 Δt_d ——光迹抖动的最大宽度 W 与 B 延迟扫描时间系数的乘积；

t_d ——延迟度盘刻度值与 A 扫描时间系数的乘积。

注：该项检查可按需要进行。

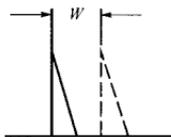


图3 晃动检定波形

(二) 水平偏转系统的检定

24 扫描时间系数

24.1 扫描时间系数 ≤ 5 s/div 时的检定

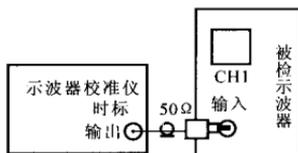
a. 按图 4 (a) 所示连接，示波器设置如下：

垂直方式：CH1 ON (V/div 置合适挡)

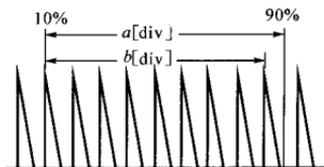
水平方式：A (s/div 置最小挡)

扫描微调：校准

触发源：内



(a) 扫描时间系数的检定



(b) 扫描时间系数的检定

图 4

b. 置时标周期与 A 扫描时间系数相一致，调节 A 触发电平，使屏幕显示图 4 (b) 波形。按校准仪“T 误差”键，调微调旋钮使时标波形第二个波峰和第 10 个波峰分别与对应 10% 和 90% 的水平刻度线相重合，此时误差显示读数即为扫描时间系数该挡级误差 (Hi 指示灯亮，表示示波器该挡量程为正误差；Lo 指示灯亮，表示示波器该挡量程为负误差)。

注：当用指针式偏差表头的示波器校准仪时，表头指示值为扫描时间系数误差的修正值，其误差应反符号。

c. 当检定 1 ~ 50 ns/div 各挡扫描时间系数时，不能调节偏差表头，这时根据图

4 (b) 的显示, 由下式计算扫描时间系数误差 δ_1 :

$$\delta_1 = \frac{b-a}{a} \times 100\% \quad (4)$$

式中 a ——水平方向检验工作面内 80% 的标称长度 (通常为 8 div);

b ——时标信号在检验工作面 80% 的格数相对应的个数所占的实际长度。

d. 置示波器水平显示“B”, 触发方式置“延迟”, B 扫描时间系数置最小挡, A 扫描时间系数比 B 慢两挡级, 调节 B 触发电平旋钮, 使屏幕显示图 4 (b) 波形, 按 b、c 项的方法检定延迟扫描时间系数误差。

24.2 扫描时间系数 > 5 s/div 时的检定

a. 按图 4 (a) 所示连接, 示波器设置如下:

垂直方式: CH1 ON (V/div 置合适挡)

水平方式: A (s/div 置被检挡)

扫描微调: 校准

触发源: 内

b. 适当调节辉度旋钮, 使屏幕上光点亮度适中, 调节“水平位移”钮, 使光点对准 X 轴起始标尺刻度, 再调节“触发电平”钮, 使之触发扫描 (此时光点聚亮), 待光点移至 X 轴第二根标尺刻度 (10% 处) 的同时, 按下秒表计时; 待光点移至 X 轴第十根标尺刻度 (90% 处) 的同时, 再按下秒表停止计时。则秒表指示值 t_0 (s) 即为该挡级 (从 X 轴的 10% 至 90% 长度) 的扫描时间, 按公式 (5)、(6) 计算扫描时间系数 K_b (s/div) 及误差 δ_1 :

$$K_b = \frac{t_0}{8} \quad (5)$$

$$\delta_1 = \frac{t_1 - t_0}{t_0} \times 100\% \quad (6)$$

式中 t_1 ——光点从 X 轴 10% 至 90% 长度的标称扫描时间。

注: 扫描时间系数最小挡级允许扣除视在延迟时间 t_d , 应在 A、B 扫描时间系数各挡级分别进行检定, 扫描时间系数误差应满足说明书技术要求。

25 扩展扫描时间系数

a. 按图 4 (a) 所示连接, 示波器设置如下:

垂直方式: CH1 ON (V/div 置合适挡)

水平方式: A (s/div 最小挡)

扫描微调: 校准

扫描扩展: $\times 10$

触发源: 内

b. 输入与被检示波器允许带宽相对应的时标信号。以 500 MHz 为例, 置校准仪输出 2 ns, 调节示波器触发电平, 在屏幕上显示两个周期波形 (最小扫描时间系数不同, 输入时标也不同, 屏幕显示波形个数也不同), 如图 5 所示, 则该挡扩展扫描时间系数误差由式 (4) 计算。应满足说明书技术要求; 应在 A、B 扩展扫描时间系数的最小三

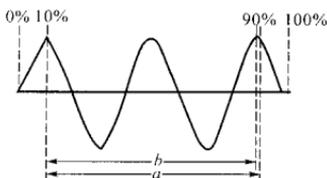


图5 扩展扫描时间系数检定波形

个挡上进行检定。

c. 对带宽在 50MHz 以下的示波器最小扩展扫描时间系数一般为 $0.1 \mu\text{s}/\text{div}$ 或 $0.2 \mu\text{s}/\text{div}$, 可直接调偏差表头来读测其误差, 请按 24 条 b 项方法进行检定。

26 扫描线性

a. 按图 4 (a) 所示连接, 示波器设置如下:

垂直方式: CH1 ON (V/div 置合适挡)

水平方式: A (s/div 置最小挡)

扫描微调: 校准

触发源: 内

b. 置校准准时标周期与扫描时间系数相对应, 调节 A 触发电平, 使波形在屏幕居中稳定显示, 如图 6 所示。

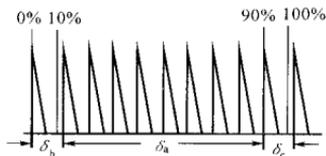


图6 扫描线性检定波形

c. 按下“T 误差”键, 调节其微调旋钮, 分别测出扣除视在延迟时间后, 在检验工作面 80% 内的平均时间系数误差 δ_a 与两边边缘 10% 区间内的平均时间系数 δ_b 和 δ_c , 则扫描线性误差 δ_{sl} 按公式 (7)、(8) 计算 (取两者中较大值):

$$\delta_{sl} = \left| \frac{\delta_a - \delta_b}{1 + \delta_b} \right| \quad (7)$$

$$\delta_{sl} = \left| \frac{\delta_a - \delta_c}{1 + \delta_c} \right| \quad (8)$$

式中 δ_a ——屏幕中心 80% 检验工作面内平均扫描时间系数误差;

δ_b ——边缘 0% ~ 10% 区间内的平均扫描时间系数误差;

δ_c ——边缘 90% ~ 100% 区间内的平均扫描时间系数误差。

注: 线性误差的检定应在扫描时间系数的最小挡、中间挡分别进行, 也可按需要时进行检定。

27 Δt 时间测量

a. 按图 4 (a) 所示连接, 示波器设置如下:

垂直方式: CH1 ON (V/div 置合适挡)

水平方式: A (s/div 置最小挡)

触发源: 内

b. 示波器置 Δt 测量状态, 将两光标线调到水平检验工作面的 80% 范围, 并使屏幕显示 Δt 值为 1, 2, 5 步进的整数。

c. 输入相应的时标信号, 调节校准仪“T 误差”微调钮, 使两侧时标信号分别与两光标线重合, 读出校准仪上显示误差 δ_1 , 即为“ Δt 时间测量”该挡的误差。

d. 当校准仪无“T 误差”功能时, 置校准仪时标周期 t_i 使屏幕显示两个以上的周期波形, 调节两光标测量线 (或两根光标测量点) 分别对准并重合于水平刻度 80% 检验工作面内的两个时标见图 7 所示。读出屏幕上光标显示值 Δt_i , 按式 (9) 计算时间测量误差 δ_1 , 应满足说明书内的技术要求。

$$\delta_1 = \frac{\Delta t_i - t_i}{t_i} \times 100\% \quad (9)$$

式中 t_i ——示波器校准仪输出时标周期;

Δt_i ——屏幕光标显示读数。

e. Δt 时间测量检定应在水平刻度的 80% 检验工作面内进行; 应在扫描时间系数各挡级分别进行检定。

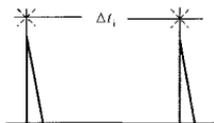


图 7 时间测量检定波形

(三) 垂直偏转系统的检定

28 垂直位移线性误差

a. 按图 9 (a) 所示连接, 示波器设置如下:

垂直方式: CH1 ON (50 mV/div)

水平方式: A (0.5 ms/div)

触发方式: 内

b. 调节校准仪脉冲幅度, 使波形在屏幕中心显示, 且占检验工作面的 50% 高度为 a , 调校准仪“V 误差”键, 使波形与 a 格的刻度线重合, 读得误差 δ_a 。

c. 调节垂直位移旋钮, 将波形分别移至检验工作面的上 (下) 两端, 显示 b (c) 格, 分别调节校准仪“V 误差”微调钮, 使波形分别与 b (c) 格的刻度线重合, 读得显示误差 δ_b (δ_c)。

d. 垂直位移线性误差 δ_{a1} 由 (10)、(11) 两式计算 (取两者中较大值):

$$\delta_{s1} = \left| \frac{\delta_b - \delta_a}{1 + \delta_a} \right| \quad (10)$$

$$\delta_{s1} = \left| \frac{\delta_c - \delta_a}{1 + \delta_a} \right| \quad (11)$$

式中 δ_a ——波形在屏幕中心显示检验工作面 50% 高度时的偏转误差；

δ_b ——波形移至检验工作面上端时的偏转误差；

δ_c ——波形移至检验工作面下端时的偏转误差。

e. 垂直位移线性误差应满足说明书技术要求，该项目可按需要时进行检定。

29 输入电阻

a. 按图 8 所示连接，示波器设置如下：

电 源：关

输入电阻：50 Ω

输入耦合：DC

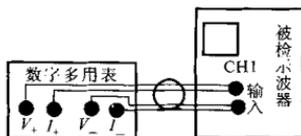


图 8 输入电阻的检定

b. 数字多用表置“四线电阻”测量状态，用 Q_9 ——香蕉接头的电缆，一端接至数字多用表的四线测量连接端， Q_9 头接至示波器 CH1 输入端。

c. 读出此时数字多用表显示的电阻测量值 R_0 ，按式 (12) 计算输入电阻误差 δ_R 。应满足说明书技术要求。

$$\delta_R = \frac{R_1 - R_0}{R_0} \times 100\% \quad (12)$$

式中 R_1 ——输入电阻标称值；

R_0 ——输入电阻实测值。

d. 置示波器输入电阻为 1 M Ω ，重复 c 项测出其误差。

e. 重复 b、c、d 项方法，对各通道输入电阻分别进行检定。

30 垂直偏转系数

a. 按图 9 (a) 所示连接，示波器设置如下：

垂直方式：CH1 ON (V/div 置最小挡)

垂直微调：校准

水平方式：A (500 μ S/div 左右)

输入耦合：DC

触发方式：内

b. 置校准仪输出脉冲 1 kHz，改变其输出幅度和电压倍率，使显示波形高度为屏幕

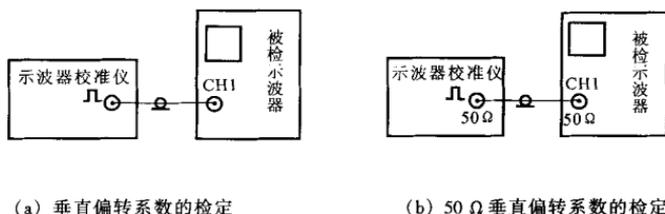


图 9

检验工作面的 80% 左右 (通常为 6 div)。此时调校准仪“V 误差”微调旋钮, 直到脉冲的上下基线与示波器水平刻度完全重合, 校准仪显示的误差值为该挡偏转系数误差 δ_v (当“HIGH”灯亮时, 表示正误差; “LOW”灯亮时, 表示负误差)。

c. 当图 9 (a) 中示波器校准仪为 SO3、SO4、SO6 等, 则偏差表头读数为偏转系数修正值, 其误差应反符号。

d. 重复 b、c 项方法, 对其它各通道的各偏转系数挡级分别进行检定。

e. 按图 9 (b) 所示连接, 示波器输入阻抗置 50 Ω 。

f. 重复 b 项的方法, 对各通道的 1 mV/div ~ 0.5 V/div 各偏转系数挡级进行检定。

31 (ΔV) 幅度测量

a. 按图 9 (a) 所示连接 (当示波器输入阻抗为 50 Ω 时, 按图 9 (b) 所示连接)。

b. 示波器置 ΔV 测量状态, 将两光标线调到垂直检验工作面的 80% 范围并使屏幕显示 ΔV 值为 1, 2, 5 步进的整数。

c. 输入相应的脉冲幅度, 并调节校准仪“V 误差”微调旋钮, 使脉冲幅度分别与上下两光标线完全重合, 读出校准仪上显示误差 δ_v 则为 ΔV 测量误差。应满足说明书内的技术要求。

d. 当校准仪无误差微调时, 改变校准仪输出脉冲幅度, 使屏幕显示波形高度为检验工作面的 80% 左右 (通常为 6 div), 如图 10 所示。

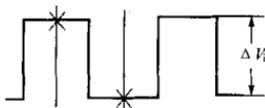


图 10 电压测量检定波形

e. 调整 ΔV 两光标测量线 (或两光标测量点) 分别与脉冲幅度的上下基线完全重合, 读取屏幕上方显示的 ΔV_i 值, 按式 (13) 计算 ΔV 测量功能的误差 δ_v 。应满足说明书内的技术要求。

$$\delta_v = \frac{\Delta V_i - V_i}{V_i} \times 100\% \quad (13)$$

式中 V_i ——示波器校准仪输出脉冲幅度标称值；

ΔV_i ——屏幕显示读数。

f. 重复 a~e 项，对各通道的各垂直偏转系数挡级分别进行检定。

32 频带宽度

a. 按图 11 所示连接，示波器设置如下：

垂直方式：CH1 ON (V/div 置基准挡)

水平方式：A (s/div 置合适挡)

耦合方式：DC

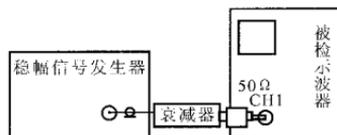


图 11 频带宽度的检定

b. 稳幅信号发生器输出频率置 50 kHz 调节输出电压，使屏幕显示幅度高度 H_0 为检验工作面的 80% 左右（通常为 6 div）。

c. 保持发生器输出电压不变，然后均匀地改变发生器的频率，记下各频率点的波形高度 H_i ，则频带宽度内下降的 dB 数由式 (14) 计算：

$$\text{频带宽度内下降的 dB 数} = 20 \lg \frac{H_i}{H_0} \quad (14)$$

式中 H_i ——各频率点显示的幅度高度；

H_0 ——基准频率点显示幅度的高度。

d. 当信号发生器频率向示波器上限频率继续升高时，显示高度降为 $0.707H_0$ （即 4.2 div）时对应的频率即为示波器频带宽度实测值。

e. 重复 a~d 项，对 2 mV/div ~ 200 mV/div 各偏转系数挡级和各通道上分别进行频带宽度的检定。

注：(1) 图 11 中衰减器需要时接。

(2) 检定低频示波器时，基准频率可选 1 kHz；300 MHz 带宽以下示波器，基准频率可选 50 kHz 或 100 kHz；300 MHz 带宽以上的示波器，基准频率可选 1 MHz 或 6 MHz。

33 脉冲瞬态响应的检定

a. 按图 12 (a) 所示连接，示波器设置如下：

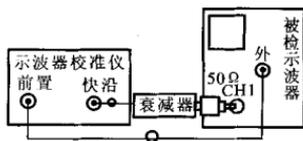
垂直方式：CH1 ON (V/div 置基准挡)

水平显示：A (s/div 置最小挡)

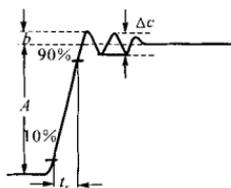
触发源：内

触发耦合：DC

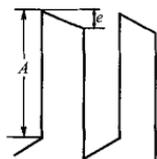
b. 快沿脉冲周期置 $1 \mu\text{s}$ ，被检示波器带宽低于 40 MHz 时，将前置输出脉冲馈入示波器外触发输入端（带宽高于 40 MHz 时，示波器置内触发）。



(a) 瞬时响应的检定



(b) 脉冲瞬态响应



(c) 下垂检定波形

图 12

c. 调节快沿脉冲输出幅度, 使波形占检验工作面高度的 80% 左右, 使波形幅度 A 的 0% 和 100% 线分别与上下两水平刻度线对齐, 将扫描时间系数扩展 $\times 10$, 调节水平位移使波形的的前沿中点位于屏幕中央, 并使波形幅度的 10% 和 90% 点分别与坐标的 10% 和 90% 刻度线相交, 如图 12 (b) 所示, 被检示波器上升时间 t_r 由式 (15) 计算:

$$t_r = \text{扩展后的实测扫描时间因数} \times L \quad (15)$$

式中 L ——从基本幅度 A 的 10% 到 90% 在水平方向所占长度 (div);

A ——取示波器上升时间 25 倍处的波形高度平坦部分。

d. 从屏幕上读出此时的上冲量 b 值和顶部不平坦度 Δc , 由式 (16)、(17) 计算:

$$\text{上冲量 } S_b = \frac{b}{A} \times 100\% \quad (16)$$

$$\text{顶部不平度 } \delta_t = \frac{\Delta c}{A} \times 100\% \quad (17)$$

e. 按产品说明书规定, 置快沿脉冲宽度 T_w , 示波器置耦合方式, 调节脉冲波形高度 A 至检验工作面高度的 80%, 记下 A 和 e 值, 如图 12 (c) 所示。按式 (18) 计算下垂量 δ_e :

$$\text{下垂量 } \delta_e = \frac{e}{A} \times 100\% \quad (18)$$

注: (1) 当没有脉冲宽度可调的仪器时, 使用 T_w 大于说明书给定持续时间 T 的发生器。

但此时 e 的读数仍应按技术要求中规定的宽度处读出。

(2) 本项目应按技术要求进行检定。

(3) 测得的上升时间必需按实测时间系数误差进行修正。

(4) 上述这些参量检定结果应满足说明书技术要求。

(四) 校准信号的检定

34 校准信号幅度

34.1 方法一

a. 按图 13 (a) 所示连接, 高灵敏度示波器设置如下:

垂直偏转: V/div 置合适挡

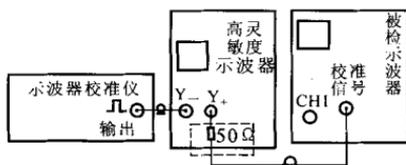
水平偏转: $500 \mu\text{s}/\text{div}$

输入耦合: 接地

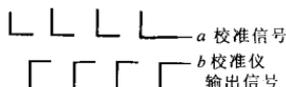
b. 置校准仪输出幅度与被检校准信号幅度相对应, 并分别馈入高灵敏度示波器的 Y_+ 和 Y_- 差分输入端。

c. 置高灵敏度示波器输入耦合为“DC”, 此时屏幕应显示图 13 (b) 所示波形。再逐步减小高灵敏度示波器的垂直偏转系数 (比被检校准信号小 200 倍左右)。调节校准仪电压微调, 使屏幕波形 a、b 两线重合, 此时校准仪显示的误差读数即为校准信号幅度误差。应满足说明书内的技术要求。

d. 当检定低阻输出的校准信号幅度时, 将 Y_- 输入端加接精密终端电阻 [50Ω ($1 \pm 0.1\%$)], 如图 13 (a) 虚线框内所示。重复 a、b、c 项方法进行检定。



(a) 校准信号幅度检定



(b) 平衡监视波形

图 13

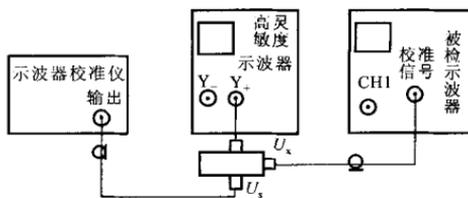
34.2 方法二

用带有脉冲幅度比较器的程控示波器校准仪检定校准信号幅度, 可按图 14 (a) 所示连接 (也可以利用被检示波器本身作为平衡监视器使用)。

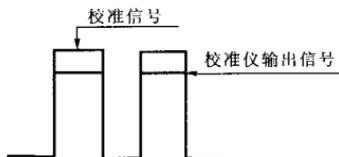
a. 置校准仪“幅度比较”输出状态, 调整输出幅度与被检校准信号幅度相对应, 输出频率置 DC, 此时高灵敏度示波器显示平衡监视波形图 14 (b) 所示。

b. 置高灵敏度示波器垂直偏转系数比被检信号幅度小 20 倍左右, 再调节校准仪电压误差微调, 使两信号幅度顶部完全重合, 此时校准仪显示的百分数值即为被检校准信号幅度误差 (Hi 指示灯亮时为正误差; Lo 指示灯亮时为负误差)。应满足说明书技术要求。

c. 重复 a、b 项方法，对各校准信号幅度分别进行检定。



(a) 校准信号幅度检定



(b) 校准信号幅度平衡监视波

图 14

35 校准信号频率

将校准信号的输出经电缆直接馈至通用计数器输入端，读出其计数器指示值 f ，则校准信号频率误差 δ_f 按式 (19) 计算。

$$\delta_f = \frac{f_i - f}{f} 100\% \quad (19)$$

式中 f_i ——校准信号频率标称值；

f ——校准信号频率实测值。

注：本规程是针对模拟示波器的，它也适用于数字示波器相应项目的检定。但由于两者所采用的原理、方法不同，所以在某些检定项目和检定方法上有所不同，而目前国内尚无数字示波器检定规程，为适应当前急需，本规程附录中特增加关于数字示波器的几个检查项目，仅作参考。

五 检定结果处理和检定周期

36 对被检示波器，应依据本规程的规定及有关产品说明书内的技术指标要求进行判定。

37 各项目检定结果符合要求，应发给检定证书；否则，发给检定结果通知书并注明超差项目。

38 正常使用中的示波器，检定周期为 1 年；经修理后的示波器，应进行检定。

附录 1

检定记录格式

表 1 扫描时间系数

标称值	技术要求	A 误差/%	B 误差/%	结 论

表 2 扩展扫描时间系数

标称值	技术要求	A 误差/%	B 误差/%	结 论
/div				
0.2 ns				
0.5 ns				
1 ns				
2 ns				
5 ns				
10 ns				
20 ns				
50 ns				

表 3 扫描线性误差

标称值	技术要求	A 扫描线性误差	B 扫描线性误差	结 论

表 4 Δt 时间测量

标称时间系数	技术要求	误差/%	结 论
/div			
1 ns			
2 ns			
5 ns			
⋮			
⋮			
⋮			
0.5 s			

表 5 ΔV 电压测量

垂直偏转系数	技术要求	误差/% CH1	误差/% CH2	结 论
/div				
2 mV				
5 mV				
10 mV				
⋮				
⋮				
5 V				
10 V				

表 6 垂直偏转系数 (1M Ω)

标称值	技术要求	误差/% CH1	误差/% CH2	误差/% CH3	误差/% CH4	结 论
/div						
1 mV						
2 mV						
5 mV						
⋮						
⋮						
10 V						

表 7 垂直偏转系数 (50Ω)

标称值	技术要求	误差/% CH1	误差/% CH2	误差/% CH3	误差/% CH4	结 论
/div						
1 mV						
2 mV						
5 mV						
⋮						
⋮						
1 V						

表 8 频 带 宽 度

偏转系数	技术要求	带宽 CH1	带宽 CH2	带宽 CH3	带宽 CH4	结 论
/div						
2 mV						
5 mV						
10 mV						
⋮						
⋮						
0.2 V						

表 9 脉冲瞬态响应

偏转系数	技术要求	测量值 CH1	测量值 CH2	结 论
/div				
2 mV	$t_r =$ $S_b =$ $F_b =$	$t_r =$ $S_b =$ $F_b =$	$t_r =$ $S_b =$ $F_b =$	
5 mV	$t_r =$ $S_b =$ $F_b =$	$t_r =$ $S_b =$ $F_b =$	$t_r =$ $S_b =$ $F_b =$	
∴	∴	∴	∴	
0.2 V	$t_r =$ $S_b =$ $F_b =$	$t_r =$ $S_b =$ $F_b =$	$t_r =$ $S_b =$ $F_b =$	

表 10 校 准 信 号

标称值	技术要求	测量值	误差/%	结 论

表 11 其他功能检查结果

a. 垂直位移线性误差:
b. 接口功能检查:
c. 其他:

附录 2

模拟示波器参考检定方法

(一) 频带宽度的检定

a. 当缺少稳幅信号发生器时, 频带宽度可按图 1 所示连接的方法检定。仪器设置如下:

示波器: 垂直偏转: 置基准挡
 水平偏转: 置合适挡
 触 发 源: 内
正弦信号发生器: 频 率: 50 kHz

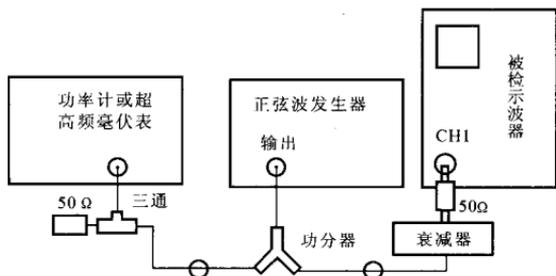


图 1 频带宽度的检定

b. 调节发生器输出电压使屏幕显示波形高度为检验工作面的 80% 左右 (通常为 6 div), 记下此时的格数为 H_0 及监视表读数 U 。

c. 改变信号发生器输出频率向示波器带宽的上限频率升高, 并保持监视表读数 U 不变, 直至显示波形高度下降至 $0.707H_0$ (即 4.2 div) 时, 此时信号发生器的频率即为示波器的 (-3 dB) 带宽。

d. 频带宽度的检定应在垂直偏转系数各挡上进行。鉴于目前条件, 此项检定只在 2 ~ 200 mV/div 各挡级进行。应对各通道分别进行检定。

(二) 校准信号幅度检定方法三

a. 当有脉冲电压表时, 校准信号幅度可按图 2 (a) 所示连接的方法检定。

b. 置脉冲电压表“正脉冲高电平”(被测信号为负脉冲时, 置负脉冲高电平)。调节“电平选择”的粗细调电位器, 并逐步减小高灵敏度示波器垂直偏转系数, 使屏幕显示图 2 (b) 的平衡监视波形, 此时直流数字电压表读数即为校准信号的高电平 U_1 。

c. 置脉冲电压表“正脉冲低电平”(被测信号为负脉冲时, 置负脉冲低电平)。重复调节“电平选择”粗细调电位器, 再使屏幕显示图 2 (b) 波形, 记下数字电压表显示读数 U_2 , 即为校准信号幅度低电平, 则校准信号幅度 A 由式 (1) 计算; 其误差 δ_A



图 2 (a) 校准信号幅度检定



图 2 (b) 平衡监视波形

按式 (2) 计算:

$$A = U_1 - U_2 \quad (1)$$

$$\delta_A = \frac{A_0 - A}{A} \times 100\% \quad (2)$$

式中 A_0 ——校准信号幅度标称值;

A ——校准信号幅度实测值。

(三) 上升时间定义

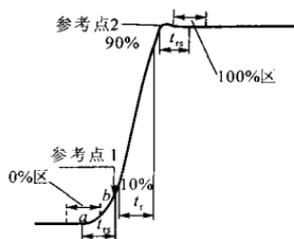


图 3 上升时间定义

当使用隧道二极管产生快沿脉冲时, 应注意其临近前沿部分有一缓慢上升的过渡如图 3 中 $a \sim b$, 这时可按如下方法确定 0% 和 100% 电平。

设系统上升时间为 t_n , 快沿脉冲上升时间 t_{nn} , 被检示波器标称上升时间 t_{e0} 。则

$$t_n = \sqrt{t_{nn}^2 + t_{e0}^2}$$

首先确定前沿最大曲率处的突变点 (参考点 1)。然后自突变点向左移动一个系统上升时间 t_n , 确定 0% 区的中心点, 在此为中心点的 t_n 范围内称为 0% 区。从这区域找出其平均电平即为 0% 电平。同理, 确定高电平最大曲率处的突变点 (参考点 2), 向右移动一个 t_n , 确定 100% 电平, 参看图 3 所示, 最后找出 10% 和 90% 电平, 读出实测上升时间 t_r 。

附录 3

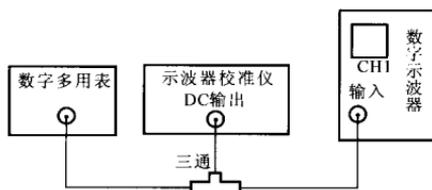
数字示波器参考检定项目

(一) 数字示波器 (ΔV) 电压测量的检定

a. 按图 1 所示连接, 示波器设置如下:

- 垂直方式: CH1 ON V/div 置最小挡
 触发方式: 自动
 捕捉方式: 平均 (设定合适的平均次数)
 ΔV Marker: ON

b. 校准仪输出置零, 调节示波器垂直位移旋钮, 使零扫描线置屏幕 80% 检验工作面高度的底部, 再调节标尺 1 线 (Vmarker1) 与零扫描线重合; 然后置校准仪输出直流为 V_i , 使其幅值达到 80% 检验工作面高度, 调节标尺 2 线 (Vmarker2) 使之重合于顶部扫描线, 记录此时屏幕显示的 ΔV_i 值, 由正文公式 (13) 计算电压 (ΔV) 测量误差。其中 V_i 为数字电压表上监视的校准仪直流输出幅度。

图 1 数字示波器 ΔV 电压测量的检定

c. 重复 a、b 项, 对各通道的各偏转系数挡级分别进行检定。

(二) 最高采样率的检查

a. 按正文图 11 所示连接, 输入正弦波信号。

b. 对 TDS 系列示波器: 设置为“显示”方式及选择其“Intensified” (加亮一个区域), 在此显示方式下, 置扫描时间系数到示波器最高采样率的挡级。(如: 采样率为 500 MS/s 时, 置 2 ns/div) 观测屏幕上波形的采样点。用光标测量功能测出两亮点间距 Δt , 则最高采样率由下式计算:

$$1/\Delta t = \quad (\text{MS/s}) \quad (1)$$

c. 对其他型号的示波器: 输入一正弦波信号, 周期为 T , 设置为“点显示”方式, 并执行单次捕捉。此时, 计算一个周期内显示的采样点数 p , 则最小采样间隔 Δt 按式 (2) 计算。代入式 (1) 计算其最高采样频率。

$$\Delta t (\text{ns}) = T/p \quad (2)$$

应满足示波器说明书规定的最高采样率值。

d. 当检查最高采样率时, 示波器应处于实时取样状态, 否则将产生混叠现象。

注: 本项目需要时也可按说明书规定的方法进行检查。

(三) 接口功能的检查

对带有 HP-IB 和 RS-232 等接口功能的示波器，则按图 2 所示连接，按第 33 条检定的方法，使屏幕显示正文图 12 (b) 的波形。

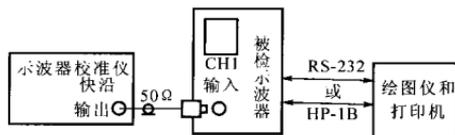


图 2 接口功能检查

- 用 ΔV 、 Δt 游标功能测出 10% ~ 90% 的上升时间。
- 按进示波器 UTIL 菜单钮，使显示 RS-232 或 HP-IB 主菜单（按需要设置）。
- 根据说明书的要求，示波器地址置合适位置，驱动方式（drive mode）按外设而定。
- 打开打印机（或绘图仪）电源，并将设置只听状态（Listen only）。
- 按进示波器 HARDCOPY 钮，系统立即开始打印一份屏幕拷贝。接口功能工作正常。

(四) 零偏置的检定

- 首先将示波器进行初始化。
- 水平显示 1 ms/div，置高分辨率捕捉。
- 垂直偏转系数置最小挡（如：1 mV/div），置 ΔV 测量功能，按 H Bars 钮。
- 调节度盘旋钮，把 HBar 活动光标调至并重合于扫描基线的 DC 测试电平。
- 读屏幕显示的光标读出绝对值（对 TDS 型为 @ 值），应满足说明书规定零点偏置的技术要求。
- 重复 a ~ e 项，对各通道的 100 mV，1 V 等各挡进行检定。

(五) 单次存储的检定

- 按正文图 11 所示连接，示波器设置如下：

垂直方式： CH1 ON (V/div 置合适挡)
 水平方式： A (s/div 置 50 μ s/div 左右)
 显示方式： 点显示（正弦内插，脉冲内插）
 触发方式： 自动

- 稳幅信号发生器输出频率置 50 kHz 基准，调节其输出电压使屏幕显示幅度为检验工作面高度的 80% 左右，读出此时波形高度为 H_0 。

c. 示波器触发方式置“单次”，扫描时间系数置单次带宽时的最快挡，改变发生器频率至说明书规定的“单次带宽”频率，输出幅度不变，按进示波器“单次”功能钮，此时屏幕显示幅度为 H ，则由下式计算单次存储带宽时的衰减量 A ：

$$A = 20 \lg \frac{H}{H_0} \quad (3)$$

应满足说明书规定的技术要求。本项目可按需要时进行检定。

附加说明：

本规程经全国无线电计量技术委员会审定通过。