



福建省地方计量技术规范

JJF (闽) 1061—2014

示波记录仪校准规范

Calibration standards on Oscilloscopes Recorder

2014—07—15 发布

2014—10—15 实施

福建省质量技术监督局 发布

示波记录仪校准规范

Calibration standards on Oscilloscopes

Recorder

JJF (闽) 1061—2014

本规范经福建省质量技术监督局 2014 年 07 月 15 日批准，并自 2014 年 10 月 15 日起施行。

归口单位：福建省质量技术监督局

起草单位：福建省计量科学研究院

本规范由起草单位负责解释

本规范主要起草人:

卓晓丹 (福建省计量科学研究所)

杨爱军 (福建省计量科学研究院)

康艳 (福建省计量科学研究院)

参加起草人:

方杰 (福建省计量科学研究院)

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语和定义	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 校准用仪器设备	(3)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 工作正常性检查	(3)
7.2 输入阻抗	(4)
7.3 瞬态响应	(4)
7.4 时基误差	(6)
7.5 时间测量	(7)
7.6 直流增益	(8)
7.7 ΔV (幅度) 测量	(10)
7.8 频带宽度	(10)
7.9 校准信号	(11)
8 校准结果表达	(12)
9 复校时间	(12)
附录 A 测量结果不确定度评定实例	(13)
附录 B 示波记录仪校准原始记录格式	(19)

示波记录仪校准规范

1 范围

本规范适用于新制造、使用中和修理后的,采用模拟量离散采样、量化及数字存储技术,并能将所测量的数据以数字形式输出的各种示波记录仪(含无实时显示功能)的校准。

2 引用文献

- GB/T 15289 数字存储示波器通用技术条件和测试方法
JJG 262-1996 模拟示波器检定规程
JJF 1048-1995 数据采集系统校准规范
JJF 1001-2011 通用计量术语及定义
JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示
JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则
IEEE Std 1057-1994, IEEE Standard for Digitizing Waveform Recorders, Dec. 1994
使用本规范时,应注意使用上述引用文献的现行有效版本

3 术语和定义

GB/T 15289 界定的术语和定义适用于本规范。

3.1 示波记录仪 (Oscilloscopes Recorder)

示波记录仪是可将被测模拟信号进行离散采样、模数转换、存储,再以数字或模拟信号方式进行显示的一种测量仪器。

3.2 瞬态响应 (Instantaneous Response)

指系统在某一典型信号输入作用下,其系统输出量从初始状态到稳定状态的变化过程。采用阶跃响应的几个参数来描述和评价其瞬态特性。

3.3 存储深度 (Storage Depth)

存储深度的含义是示波器一次采集显示可以处理的波形点数,存储深度又叫记录长度或采集长度,存储深度是采样率与采样时间的乘积。

4 概述

示波记录仪主要用于观察、分析、测量非重复信号、重复信号、单次信号和单次触发信号等。这类仪器使用微处理器，利用模数转换器和数字式存储器采集和存储波形。其工作原理是：对输入信号，由时基电路控制，按一定时间间隔采样，通过模数转换器量化后，以二进制码的形式，将波形数据在快速存储器中存储，经触发功能电路进行条件判定、触发，结束采集过程；再以数字或模拟方式进行显示，重现波形。

用于示波记录仪主要技术性能指标校准的典型波形有：直流信号、正弦波、方波等波形。

5 计量特性

按本规范执行校准的示波记录仪的校准及检查项目为：工作正常性检查、频带宽度、瞬态响应、扫描时间因数、直流增益、输入电阻、垂直偏转系数。使用本规范执行校准时，所能覆盖的各参数测量范围及指标，仅受校准结果的不确定度要求和所用标准仪器设备性能指标的限制，而规范本身对它们并无特别限制。

示波记录仪有以下主要计量特性

计量特性	技术参数
幅度测量误差	$\pm 1\%$ (1mV/div~10V/div)
频带宽度	3GHz (-3dB)
上升时间	0.35(ns)/(频带宽度 GHz)
时基误差	$\pm 1 \times 10^{-6}$
时间测量误差 (时标)	$\pm 0.2\%$ (0.5ns/div~5s/div)
输入阻抗	(50 \pm 0.5) Ω , 1M Ω

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 常规条件

供电电源： 电压：(220 \pm 11)V，频率：(50 \pm 1)Hz

环境温度： (23 \pm 5) $^{\circ}$ C

相对湿度： $\leq 80\%$

大气压强： (86~106) kPa

校准过程中，周围无任何影响示波记录仪及其校准系统性能的振动、冲击及电磁辐射等。

6.1.2 非常规条件

由用户提出，或按示波记录仪使用说明书规定的特殊要求选取。

6.2 校准用仪器设备

校准用主要仪器设备见表 1:

表 1

计量特性	校准设备名称		测量范围	最大允许误差
幅度	示波 器 校 准 仪	直流电压源	5mV~200V	$\pm 0.02\%$
幅度		正弦信号发生器	30mV~100V	$\pm 0.1\%$
频率 (频带宽度)			1kHz~6GHz	$\pm 1 \times 10^{-7}$
脉冲幅度		快前沿脉冲信号发生 器	(5~200) mV	$\pm 2\%$;
上升时间			(100~800) ps	/
过冲			2%	$\pm 5\%$
幅度		方波信号发生器	5mV~60V	$\pm 0.1\%$
时基/时标			2ns~5s	$\pm 1 \times 10^{-7}$
电压		数字多用表		5mV~200V
电阻	10 Ω ~1G Ω			$\pm 1\%$
频率	频率计		10Hz~46GHz	$\pm 1 \times 10^{-9}$
电压	交流标准源		5mV~1000V	$\pm 0.05\%$

注:

1. 校准用标准器的准确度指标应优于被校仪器准确度指标的 3 倍。
2. 校准中使用 50 Ω 同轴电缆，长度按说明书规定选取。

7 校准项目和校准方法

7.1 工作正常性检查

7.1.1 外观检查

被校准的示波记录仪，应配有使用说明书和相应的编程软件资料；应具有产品合格证书、以及全部必备附件。

示波记录仪的外形结构应完好。开关、按键、旋钮等，操作灵活可靠，标志清晰明确，外露件不应有松动和机械损伤。其铭牌或外壳上应标明其名称、生产厂家、型号、编号和出厂日期。供电电源的标志及电压和频率范围指示明确。

7.1.2 通电检查

外观检查后，按使用说明书给示波记录仪通电、预热。让其执行自检及自校准。

按使用说明书要求作内、外触发同步特性检查。

将任意非零恒定信号（一般在通道测量范围上限或下限的 50%~90%以内）输入示波记录

仪，检查其测量和存储工作状态。

按使用说明书要求及随机提供的软件，作示波记录仪与通用电子计算机通信功能的检查，应能准确无误地将数据传入计算机。

必要时，对示波记录仪说明书中列出的其它功能进行检查。

以上各项检查均应正常。

7.2 输入阻抗

7.2.1 方法一：示波器校准仪测量法

设置示波记录仪的输入为直流耦合方式，其输入阻抗为 50Ω （或高阻 $1M\Omega$ ）状态，如图 1 所示接线。

被校示波记录仪处于开机状态，将示波记录仪输入端接到示波器校准仪的阻抗测量端上，读取示波器校准仪的电阻测量值 R_0 ，即为示波记录仪输入电阻。读取示波器校准仪的电容测量值 C_0 ，即为示波记录仪输入电容值。

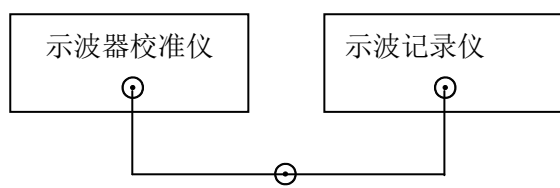


图 1 输入阻抗校准连线图

7.2.2 方法二：数字多用表测量法

设置示波记录仪的输入为直流耦合方式，其输入阻抗为 50Ω （或高阻 $1M\Omega$ ）状态，然后关电源，如图 2 所示接线。

在被校示波记录仪处于关机状态，将示波记录仪输入端接到数字多用表的电阻测量端上，读取数字多用表的电阻测量值 R_0 ，即为示波记录仪输入电阻。

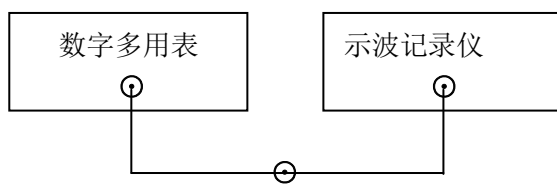


图 2 输入电阻校准连线图

7.3 瞬态响应

接线如图 3 所示，选定示波记录仪的测量通道和量程，置非自动量程测量模式。设置通道为直流耦合。

设置通道采集数据个数 $n \geq 1000$ 。

调整被校示波记录仪的时基和触发，使信号稳定显示。

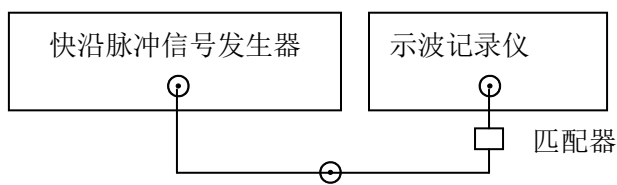


图 3 瞬态特性校准连线图

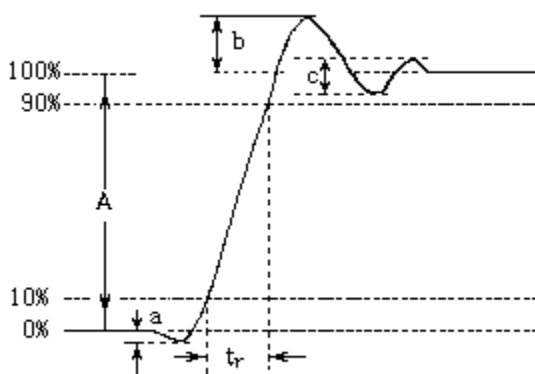


图 4 示波记录仪阶跃响应特性示意图

调节直流偏置和信号幅度，使输入阶跃脉冲信号的底值和顶值之间的部分居中覆盖约 80% 屏幕。

调节通道采集速率（时基），直到脉冲前沿上升时间 t_r 能准确读取。读取图 4 所示 t_r 、 A 、 b 、 c 各值。示波记录仪的瞬态响应参数按式(3)、(4)分别计算：

过冲：

$$S_b = b/A \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

式中：

S_b — 示波记录仪的过冲

b — 上冲量

A — 取示波记录仪上升时间 25 倍处的波形高度平坦部分

顶部不平度：

$$\delta_T = c/A \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

式中：

δ_T — 顶部不平度

c — 顶部不平坦量

A — 取示波记录仪上升时间 25 倍处的波形高度平坦部分

当快沿脉冲信号发生器的上升时间 $t_0 < 1/3t_r$ 时, 测量结果 t_r 即为被校示波记录仪的上升时间。

当快沿脉冲信号发生器的上升时间 $t_0 \geq 1/3t_r$ 时, 被校示波记录仪的上升时间为 t_r' :

$$t_r' = \sqrt{t_r^2 - t_0^2} \dots\dots\dots(5)$$

式中:

t_r' — 示波记录仪的上升时间 ($t_0 \geq 1/3t_r$ 时)

t_r — 示波记录仪的上升时间 ($t_0 < 1/3t_r$ 时)

t_0 — 标准器脉冲前沿上升时间

7.4 时基误差

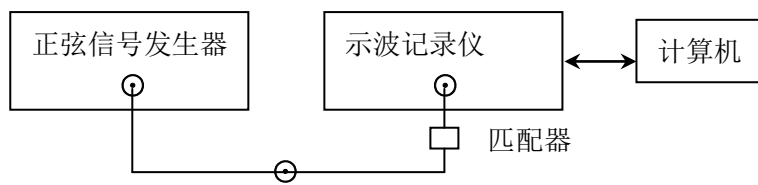


图5 示波记录仪时基误差校准连线图

7.4.1 方法一 (速率测量法)

接线如图5所示, 将示波记录仪调到被校时基档(s/div), 执行7.4时基误差获得标称值 v_0 的采集速率测量值 v , 按式(6)计算时基相对误差 δ_T :

$$\delta_T = \frac{v - v_0}{v_0} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

式中:

δ_T — 时基相对误差

v_0 — 时基误差标称值

v — 采集速率测量值

7.4.2 方法二 (频率测量法)

- 接线如图5所示, 设置测量通道的量程, 置非自动量程测量模式。
- 设定通道采集速率 v_0 (时基) 为最高。
- 设置通道采集数据个数 $n \geq 10000$ 。
- 选取输入信号频率 f_0 ;

e) 信号源是标准周期信号源。选取输入正弦信号峰值 E_p 为覆盖量程 50% 以上的幅度值。
f) 调整被校示波记录仪触发, 使信号稳定显示。调节直流偏置, 使输入信号居中覆盖通道测量范围。

g) 用示波记录仪的频率周期测量功能测量获得信号频率值 f_r , 按式(7)计算出通道时基相对误差 δ_T :

$$\delta_T = \frac{f_r - f_0}{f_0} \times 100\% \dots \dots \dots (7)$$

式中:

δ_T —时基相对误差

f_0 —输入信号频率

f_r —信号频率值

7.4.3 方法三 (频率计直测法)

- a) 接线如图 6, 用频率计直接测量示波记录仪的时间晶振的频率值 f_t
b) 按式(7)计算出通道时基相对误差 δ_T :

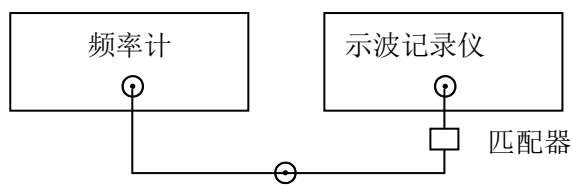


图 6 示波记录仪时基测量校准连线图

7.5 时间测量

a) 接线如图 7。选定示波记录仪的测量通道、量程和时基, 相应的采集速率为 v 。

b) 输入适当幅度和频率的方波脉冲信号, 调节直流偏置和触发, 使 $M(\geq 2)$ 个周期的信号稳定居中显示, 水平方向覆盖 80% 屏幕。移动测量光标, 读出 M 个信号周期的时间间隔 t_m 。若输入信号的周期为 T , 则时间测量相对误差 δ_t 按式(8)计算:

$$\delta_t = \frac{t_m - MT}{MT} \times 100\% \dots \dots \dots (8)$$

式中:

δ_t —时间测量相对误差

t_m — M 个信号周期的时间间隔

M —信号周期的个数

T —输入信号的周期

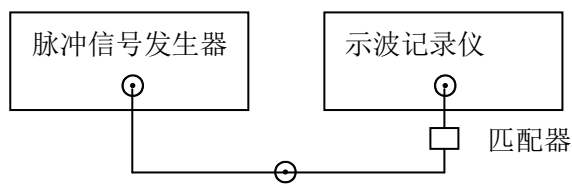


图 7 示波记录仪时间测量校准连线图

7.6 直流增益

7.6.1 方法一（直流幅度测量法）

接线如图 8。选定示波记录仪的测量通道、量程和增益 G_0 。置校准位置。

设置示波记录仪为直流耦合，调整直流偏置为零。分别输入两个直流电压值 A_+ 和 A_- ，调整输入电压 A_+ 和 A_- 的幅度，使它们分别显示在示波器屏幕 20% 和 80% 位置上，分别从数字示波记录仪读取相应电压值 A_{r+} 和 A_{r-} 。按式(9)和(10)计算：

直流增益：

$$G = (A_{r+} - A_{r-}) / (A_+ - A_-) \times 100\% \dots \dots \dots (9)$$

式中：

G —直流增益

A_+ —输入的直流电压值（正向）

A_- —输入的直流电压值（负向）

A_{r+} —输入的直流电压值 A_+ 在示波器屏幕 80% 位置上（正向）

A_{r-} —输入的直流电压值 A_- 在示波器屏幕 20% 位置上（负向）

直流增益误差：

$$\Delta G_r = (G_0 - G) / G \times 100\% \dots \dots \dots (10)$$

式中：

ΔG_r —直流增益误差

G_0 —示波记录仪的增益

G —直流增益

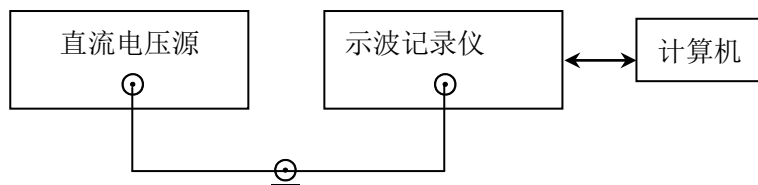


图 8 示波记录仪直流增益校准连线图

7.6.2 方法二（方波幅度测量法）

接线如图 9。选定示波记录仪的测量通道、量程和增益 G_0 。置校准位置。

设置示波记录仪为直流耦合，调整直流偏置为零。输入频率合适（推荐为 1kHz）、幅度值为 A 的方波电压，使它们覆盖示波记录仪屏幕 20%~80% 的垂直量程范围，用示波记录仪幅度测量功能读取幅度测量电压值 A_r 。按下式计算直流增益 G ：

$$G = A_r / A \times 100\% \dots \dots \dots (11)$$

式中：

G —直流增益

A_r —示波记录仪读取的电压值

A —输入的方波电压值

直流增益误差按式(10)计算。

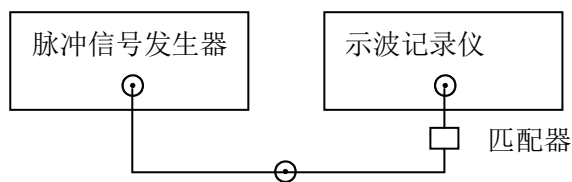


图 9 示波记录仪直流增益校准连线图

7.6.3 方法三（交流标准源测量法）

接线如图 10。若标准源的输出值为 U_N ，被校示波记录仪的显示值为 U_X ，则绝对误差如下：

$$\Delta = U_X - U_N \dots \dots \dots (12)$$

式中：

Δ —绝对误差

U_X —示波记录仪的显示值

U_N —标准源的输出值

按下式计算直流增益 γ ：

$$\gamma = \frac{U_X - U_N}{U_X} \times 100\% \dots \dots \dots (13)$$

式中:

γ —直流增益

U_X —示波记录仪的显示值

U_N —标准源的输出值

用交流标准源法检定示波记录仪的直流增益的方法中,交流标准源的输出误差是标准装置的主要误差。

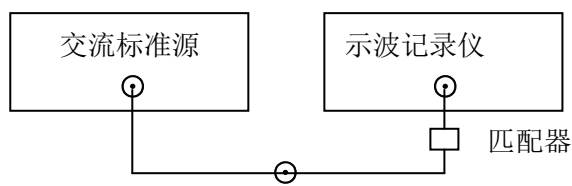


图 10 示波记录仪直流增益校准连线图

7.7 ΔV (幅度)测量

a) 接线如图 11。选定示波记录仪的测量通道、量程和时基。

b) 输入适当幅度和频率(推荐为 1kHz)的方波脉冲信号,调节直流偏置和触发,使两个以上周期的信号稳定居中显示,垂直方向覆盖 80% 屏幕(通常为 6div)。移动测量光标,读取屏幕所显示方波脉冲的幅度 A ,若 A_0 为输入方波脉冲幅度,幅度量化误差为 ΔA_0 ,则 ΔV (幅度)测量相对误差 δ_V 由式(12)计算:

$$\delta_V = \frac{A - A_0}{A_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中:

δ_V — ΔV (幅度)测量相对误差

A —示波记录仪的方波脉冲幅度

A_0 —输入方波脉冲幅度

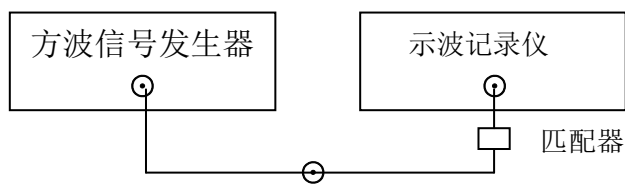


图 11 示波记录仪幅度校准连线图

7.8 频带宽度

接线如图 12，选定示波记录仪的测量通道及量程，置非自动量程测量模式。正弦信号发生器与被校示波记录仪匹配连接。

设置通道为直流耦合，设定直流偏置为零。

设置通道采集数据个数 $n \geq 1000$ 。

使正弦信号发生器输出 50kHz 频率的信号，调整被校示波记录仪触发和时基，使信号稳定显示。调节信号电平使其居中覆盖约 80% 屏幕范围，从示波记录仪上读取其幅度 A_m 。保持正弦信号发生器输出幅度不变，仅增加正弦信号频率 f ，从示波记录仪读取其幅度 A_1 。

找出使得 $A_1/A_m=0.707$ 时的频率 f_H ，确定该通道的频带宽度 B 。

$$B=f_H \dots\dots\dots (15)$$

式中：

B —通道的频带宽度

f_H — $A_1/A_m=0.707$ 时的频率

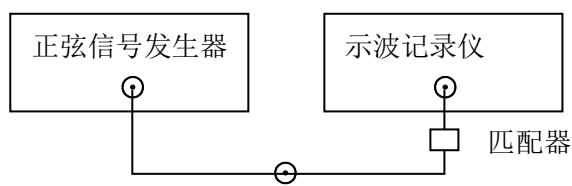


图 12 示波记录仪校准连线图

7.9 校准信号

7.9.1 校准信号的幅度

接线如图 13，用数字多用表直接测量示波记录仪的校准信号幅度值，从数字多用表读取其幅度值。

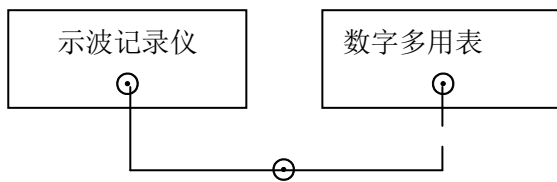


图 13 示波记录仪校准信号幅度校准连线图

7.9.2 校准信号的频率

接线如图 14，用频率计直接测量示波记录仪的校准信号频率值，从频率计读取其频率值。

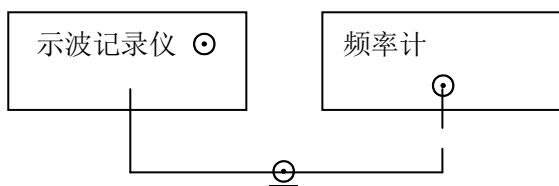


图 14 示波记录仪校准信号频率校准连线图

8 校准结果表达

根据校准结果，出具校准证书，所有校准项目及其结果均应在证书中反映。校准结果的表达按照 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》技术规范的要求。校准证书应包含以下信息内容：

- a) 标题：校准证书；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 委托单位名称以及地址；
- d) 被校器具信息；
- e) 证书的唯一性标识，页脚应有每页以及页数标识；
- f) 校准地点、日期、环境条件；
- g) 校准所依据的技术规范标识、名称、代号；
- h) 校准数据/结果以及所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- i) 校准证书或校准报告签发人、职务、签发日期；
- j) 校准结果仅对被校对象的有效性说明；
- k) 未经实验室批准，不得部分复制证书或报告的声明。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送检单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。复校时间间隔建议不超过 1 年，更换重要部件、维修或对仪器性能有怀疑时，应随时校准。

附录 A.

校准结果不确定度评定实例

一. 示波记录仪 Δt (时间)校准结果不确定度的评定

1. 概述

1.1 测量依据: JJF 示波记录仪校准规范

1.2 测量方法: 示波记录仪 Δt (时间)测量是采用时标信号测量法进行的。示波器校准仪输出一个可精确细调的标准时标信号, 示波记录仪置合适状态, 读取示波记录仪显示的 Δt (时间)示值。

1.3 环境条件: 温度 (15~25) °C, 相对湿度 $\leq 80\%$

1.4 测量标准: 示波器校准仪, 时标 0.2ns~55s, 最大允许示值误差 5×10^{-7}

1.5 被测对象: 示波记录仪 Δt (时间)最大允许示值误差 $\pm 1\%$

2. 时基误差测量不确定度分量分别为:

1) 示波器校准仪时标的不确定度分量 u_1 2) 被测示波记录仪的测量重复性不确定度分量 u_2 3) 被测示波记录仪的周期读数分辨率不确定度分量 u_3

u_1 的不确定度来源主要是示波器校准仪时标的不确定度, 按示波器校准仪说明书的技术指标, 标准信号偏差的误差为 5×10^{-7} , 也即不确定度区间为 5×10^{-7} , 则区间半宽度 a_1 为 2.5×10^{-7} , 在区间内可认为服从均匀分布, 取包含因子 k_1 为 $\sqrt{3}$, 则标准不确定度 u_1

$$u_1 = \frac{a_1}{k_1} = \frac{2.5 \times 10^{-7}}{\sqrt{3}} = 1.44 \times 10^{-7}$$

式中:

u_1 — 示波器校准仪时标的不确定度

a_1 — 区间半宽度

k_1 — 包含因子

u_2 的不确定度来源主要是被测示波记录仪的测量重复性, 可通过连续测量得到测量列。采用 A 类方法进行评定。对 1 台示波记录仪重复性最差的 Δt (时间), 连续测 10 次, 得到下表的

数据

单次列实验结果

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 (ns)	60.00	60.00	60.00	60.00	60.01	60.01	60.02	60.03	60.05	60.05

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i = 60.017 \text{ (ns)}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.02 \text{ (ns)}$$

式中:

 s — 标准偏差 \bar{x} — 被测示波记录仪的 n 次测量结果的算术平均值 n — 测量次数 x_i - 第 i 次测量的结果

u_3 的不确定度来源主要是被测示波记录仪的周期读数分辨率, 分辨率为 0.001ns

故该分量 u_3 为 $0.0005/\sqrt{3}=2.89 \times 10^{-4}$ ns

3. 合成标准不确定度

3.1 标准不确定度汇总表

表 A2 标准不确定度汇总表

不确定度分量 u_i	不确定度来源	不确定度值
u_1	示波器校准仪时标的不确定度	8.64×10^{-6} ns
u_2	被测示波记录仪的测量重复性	0.02 ns
u_3	被测示波记录仪的周期读数分辨率	2.89×10^{-4} ns

3.2 合成标准不确定度的计算

输入量 u_1 与 u_2 彼此独立不相关, u_3 远小于 u_2 , 该分量忽略不计

所以 u 的标准不确定度可按下式得到。

$$u = \sqrt{(c_1 u_1)^2 + (c_2 u_2)^2}$$

$$u = \sqrt{(8.64 \times 10^{-6})^2 + 0.02^2} = 0.02 \text{ (ns)}$$

4 . 扩展不确定度的确定

取 $k = 2$, 由此可得扩展不确定度为:

$$U = 2 \times 0.02 = 0.04 \text{ (ns)}$$

5. 校准不确定度的报告与表示

示波记录仪 Δt (时间)校准结果的不确定度为

$$U = 0.04 \text{ (ns)} \quad k = 2$$

二. 示波记录仪 ΔV (幅度)测量结果的不确定度评定

1. 概述

1. 1 测量依据: JJF

示波记录仪校准规范

1. 2 测量方法: 示波记录仪 ΔV (幅度)测量是采用方波幅度法进行的。示波器校准仪输出一个幅度可精确细调的标准方波, 示波记录仪置合适状态, 读取示波记录仪 ΔV (幅度)测量的示值误差。

1. 3 环境条件: 温度(15~25)℃, 相对湿度 $\leq 80\%$

1. 4 测量标准: 示波器校准仪幅度 1mV~200V (1M Ω 时), 最大允许示值误差 $\pm(0.025\%+25\mu V)$

1. 5 被测对象: 示波记录仪 ΔV (幅度) (2mV/div~10V/div), 最大允许示值误差 $\pm 3\%$

2. ΔV (幅度)测量不确定度分量分别为:

1) 示波器校准仪标准方波的不确定度分量 u_1 2) 被测示波记录仪的测量重复性不确定度分量 u_2 3) 被测示波记录仪的幅度读数分辨率不确定度分量 u_3

3. 输入量的标准不确定度评定

u_1 的不确定度来源主要是示波器校准仪标准方波的不确定度, 按示波器校准仪说明书的技术指标, 标准方波幅度偏差的误差为 $\pm 0.01\%$, 也即不确定度区间为 $\pm 0.01\%$, 则半宽度 a_1 为 0.01%, 在区间内可认为服从均匀分布, 取包含因子 k_1 为 $\sqrt{3}$, 则标准不确定度 u_1 为

$$u_1 = \frac{a_1}{k_1} = \frac{0.01\%}{\sqrt{3}} = 5.8 \times 10^{-5}$$

式中:

u_1 — 示波器校准仪标准方波的不确定度

a_1 — 区间半宽度

k_1 — 包含因子

u_2 的不确定度来源主要是被测示波记录仪的测量重复性, 可通过连续测量得到测量列。

采用 A 类方法进行评定。对一台示波记录仪重复性最差的 ΔV (幅度), 连续测 10 次, 每次测量需重新调整示波器校准仪, 得到表 1-1 的数据

表 1-1 单次列实验结果

测量列	单位(%)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	S
5V/div	1.4	1.3	1.4	1.1	1.4	1.3	1.2	1.3	1.3	1.3	0.094
2V/div	0.8	0.7	0.9	0.9	0.8	0.7	0.8	0.7	0.9	0.8	0.082
100mV/div	0.6	0.8	0.9	0.4	0.6	0.5	0.8	0.4	0.5	0.5	0.18
10mV/div	0.8	0.5	0.6	0.9	0.4	0.5	0.5	0.8	0.6	0.9	0.18

表中:

s — 标准偏差

u_3 不确定度来源主要是被测示波记录仪的幅度读数分辨率, 分辨率为 0.01V

故该分量 u_3 为 $0.005/\sqrt{3}=2.89\times 10^{-3}V$

表 1-2 u_3 不确定度分量

校准档	5V/div	2V/div	100mV/div	10mV/div
u_3	9.6×10^{-5}	2.4×10^{-4}	4.8×10^{-3}	4.8×10^{-2}

3. 合成标准不确定度的计算

3.1 标准不确定度汇总表

表 A2 标准不确定度汇总表

不确定度分量 u_i	不确定度来源	不确定度值
u_1	示波器校准仪标准方波的不确定度分量	5.8×10^{-5}
u_2	被测示波记录仪的测量重复性不确定度分量	见表 1-1
u_3	被测示波记录仪的幅度读数分辨率不确定度分量	见表 1-2

3.2 合成标准不确定度的计算

输入量 u_1 与 u_2 彼此独立不相关, u_3 远小于 u_2 , 该分量忽略不计

所以 u 的标准不确定度可按式得到。

$$u = \sqrt{(c_1 u_1)^2 + (c_2 u_2)^2}$$

校准点	5V/div	2V/div	100mV/div	10mV/div
不确定度	0.094%	0.082%	0.18%	0.18%

4. 扩展不确定度的确定

取 $k=2$, 由此可得扩展不确定度 U 为: $U = 2 \times u$

校准点	5V/div	2V/div	100mV/div	10mV/div
不确定度	0.2%	0.2%	0.4%	0.4%

5. 校准不确定度的报告与表示

示波记录仪 ΔV (幅度) 校准结果的不确定度为

$$U = 0.4\% \sim 0.2\% \quad k=2 \quad (1M\Omega \text{ 时})$$

附录 B

示波记录仪校准原始记录格式

证书编号_____ 记录编号_____

委托单位_____ 委托单位地址_____

仪器型号 / 规格_____ 出厂编号_____

准确度等级_____ 制造厂_____

校准地点_____ 校准依据_____

校准环境条件：温度_____℃ 相对湿度_____%

表 B.1 校准使用设备

序号	主标准器名称	型号规格	编号	不确定度或准确度等级或 最大允许误差	证书编号	有效期至

B1 外观检查：

B2 通电检查：

B3 输入阻抗：

标称值()	实际值()

B4 频带宽度、瞬态响应

通道号	量程	频带宽度	上升时间	过冲	顶部不平度

B5 时基误差：

频带宽度、瞬态响应

通道号	量程	信号频率	通道速率	时基误差

B6 直流增益

通道号	量程	信号频率	通道速率	直流增益

校准结果不确定度:

校准员_____ 核验员_____

校准日期_____
