

团 体 标 准

T/ZKJXX XXXXX—XXXX

多通道时间间隔测量仪测试方法

Test methods of multi-channel time interval meters

(征求意见稿)

XXXX — XX — XX 发布

XXXX — XX — XX 实施

中关村空间信息产业技术联盟 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 系统组成	2
5 测试条件	2
5.1 环境条件	2
5.2 主要试验设备	3
6 测试方法	4
6.1 频率信号输入灵敏度	4
6.2 时间间隔测量分辨力	4
6.3 时间间隔测量噪声	5
6.4 时间间隔测量偏差	6
6.5 时间间隔测量非线性度	6
6.6 通道固有时延	7
6.7 时间间隔测量温度系数	8
6.8 内置振荡器	8
附录 A（资料性） 测试结果内页数据记录格式	9
参考文献	111

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中关村空间信息产业技术联盟提出并归口。

本文件起草单位：中关村空间信息产业技术联盟、北京一朴时频科技有限公司、星汉时空科技（北京）有限公司、北京市计量检测科学研究院、北京无线电计量测试研究所、北京卫星导航中心、中国科学院国家授时中心、中国电子科技集团公司第五十四研究所。

本文件主要起草人：张学良、仲崇霞、张军、梁炜、高春柳、黄艳、许原、刘阳琦、蔡志武、袁海波、王超、刘铁强。

多通道时间间隔测量仪测试方法

1 范围

本文件规定了多通道时间间隔测量仪的系统组成、测试条件和测试方法。

本文件适用于多通道时间间隔测量仪的生产、制造和使用等。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

JJG 180 电子测量仪器内石英晶体振荡器检定规程

JJG 181 石英晶体频率标准检定规程

JJG 292 铷原子频率标准检定规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

多通道时间间隔测量仪 multi-channel time interval meters

可同时测量两路或两路以上 1PPS 信号之间时间间隔的测量仪器。

3.2

时间间隔测量分辨力 time interval measurement resolution

引起时间间隔测量结果显示值产生可觉察到变化的被测时间间隔的最小变化。

3.3

时间间隔测量噪声 time interval measurement noise

时间间隔测量结果的离散性，用测量结果的标准方差表示。

3.4

时间间隔测量偏差 time interval measurement deviation

时间间隔测量结果与标准时间间隔之差的最大值。

3.5

时间间隔测量线性度 time interval measurement linear linearity

因被测仪器或设备时间间隔测量线性度造成的时间间隔测量结果与标准时间间隔之差的最大值。

通道间固有时延 inter channel delay

时间间隔测量仪每个通道内部的固有时延。

3.7

时间间隔测量温度系数 time interval temperature coefficient

时间间隔测量仪单位温度变化下时间间隔测量值的变化。

3.8

时间间隔测量噪声 time interval measurement noise

时间间隔测量结果的离散性，用测量结果的标准方差表示。

4 系统组成

多通道时间间隔测量仪（以下简称时间间隔测量仪）是一种用于卫星导航系统地面站、卫星导航授时终端、授时服务器以及大型通信系统、电力系统、航空航天等领域的高精度时间间隔测量的装置，主要由内置振荡器或外部参考频率输入端口、分频/倍频、时刻/时间间隔闸门、粗计数器、时间展宽电路、精计数器、控制模块和显示模块等部分组成，如图1所示。

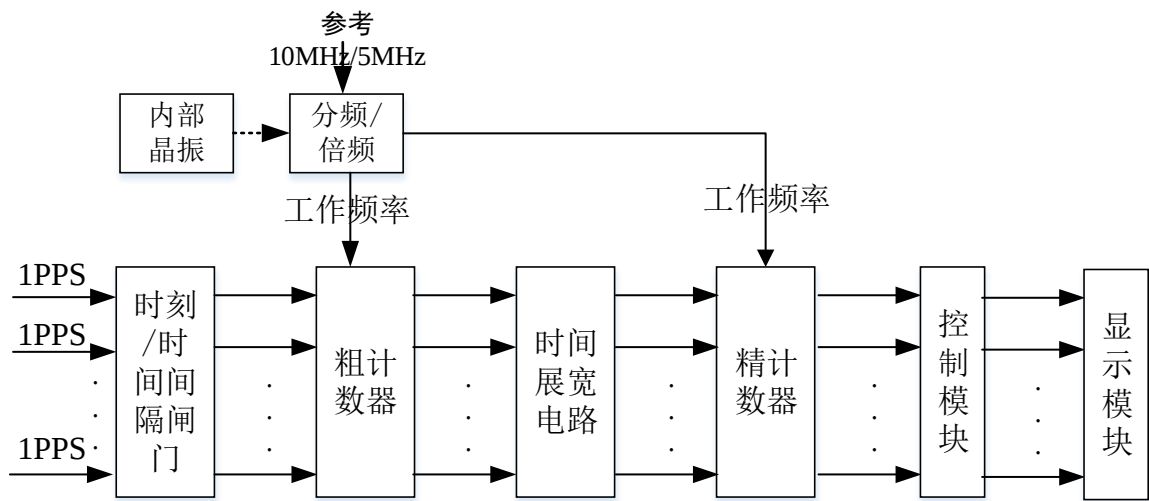


图1 多通道时间间隔测量仪组成结构示意图

参考1PPS信号和被测1PPS信号接入时刻或时间间隔闸门产生电路，产生时刻沿或时间间隔闸门；内置振荡器或者外部输入的参考频率信号经由倍频单元处理后对时刻或时间间隔闸门进行粗计数，粗计数不足一个分辨率剩余时间间隔脉宽由展宽电路放大整数倍后再进行精计数，最后由控制显示模块显示各通道时间间隔的测量结果。

5 测试条件

5.1 环境条件

对时间间隔测量仪进行测试应满足如下环境条件：

- a) 环境温度：(20±5)℃，测试过程中温度变化不超过±1℃；
- b) 相对湿度：≤80%；
- c) 供电电源：(220±11)V，(50±1)Hz。

5.2 主要试验设备

5.2.1 通用要求

所用到的试验设备应经过法定计量技术机构溯源，并在溯源有效期内。

5.2.2 标准时间频率源

标准时间频率源输出的时间信号（1PPS）频率信号（10MHz/5MHz）应满足如下要求：

a) 输出1PPS

时间稳定度：优于±2ns/1d。

b) 输出10MHz/5MHz

|相对频率偏差|：≤1×10⁻¹²；

频率稳定度：≤2×10⁻¹³/1s。

5.2.3 频标比对器

频标比对器应满足如下要求：

a) 输入信号频率：10MHz、5MHz；

b) 取样时间：1s、10s；

c) 测量带宽应大于相应取样时间倒数的5倍；

d) 比对不确定度应优于被检时间间隔测量仪相应取样时间频率稳定度的三分之一。

5.2.4 相位微跃计

相位微跃计应满足如下要求：

a) 相位调整最小步进：优于±1ps；

b) 频率调整最小步进：优于±1×10⁻¹²Hz。

5.2.5 脉冲分配放大器

脉冲分配放大器应满足如下要求：

a) 输出幅度：满足被测时间间隔计数器输入信号要求；

b) 上升时间：1ns～5ns；

c) 传输时延：5ns～50ns；

d) 传输时间一致性：0.5ns～2ns；

e) 抖动: $20\text{ps}\sim 1\text{ns}$;

f) 通道间抖动: $\leq 10\text{ps}$ 。

6 测试方法

6.1 频率信号输入灵敏度

参考时钟信号输入灵敏度和被测频率信号输入灵敏度测试分别按图2 (a) 和 (b) 所示连接测试设备。

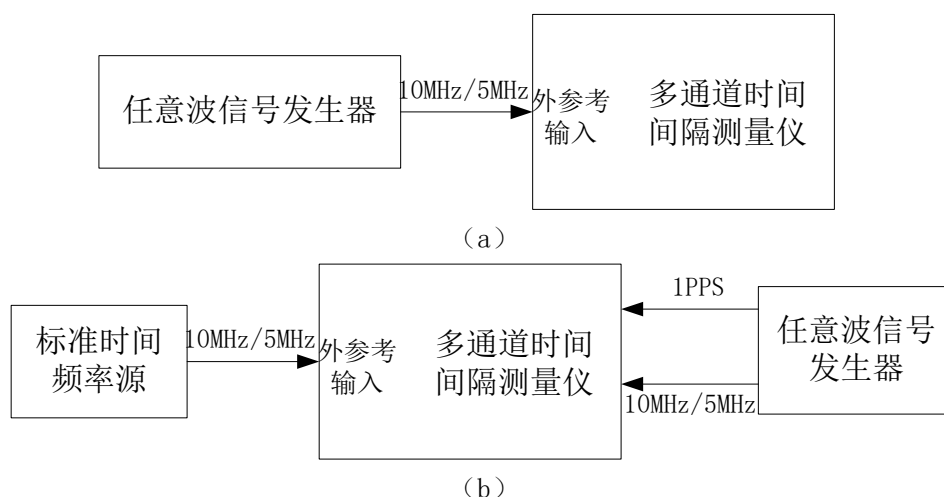


图2 输入灵敏度测量仪器连接框图

a) 将任意波信号发生器其中一路输出设置为10MHz/5MHz正弦波信号，接入时间间隔测量仪的外参考输入端；

b) 调整信号的输出幅度，使时间间隔测量仪可正常工作，外参考显示灯显示正常，记录使时间间隔测量仪正常工作的输入被测端信号最小幅度值，即为时间间隔测量仪参考输入端的灵敏度。

c) 将任意波信号发生器输出的一路信号设置为1PPSTTL电平信号，接入时间间隔计数器的参考1PPS输入端，另一路输出设置为10MHz/5MHz正弦波信号，连接到时间间隔测量仪的被测输入端。

d) 调整10MHz/5MHz信号的输出幅度，使时间间隔测量仪可正常测量时间间隔值，记录使时间间隔测量仪正常工作的输入被测端信号最小幅度值，即为时间间隔测量仪被测输入端的灵敏度。

e) 重复c) ~d) 测试其他被测输入端口的灵敏度。

f) 测量结果记录于附录A表A.1中。

注：本项目的测试仪适用于需要接入外参考频率信号和可测量10MHz/5MHz信号与参考1PPS之间时间间隔的时间间隔测量仪。因为1PPS定义为TTL电平，50 OHM匹配负载；不存在灵敏度问题。

6.2 时间间隔测量分辨力

按图3所示连接测试设备。

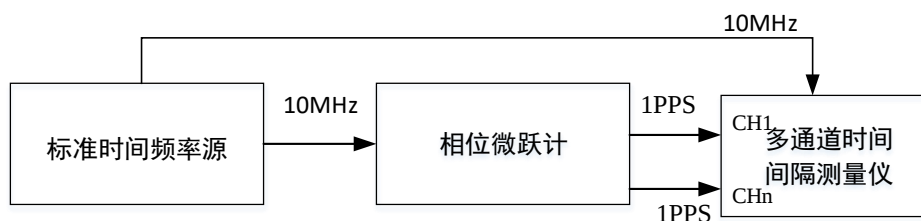


图3 时间间隔测量分辨力仪器连接框图

- a) 将时间间隔测量仪开机预热一小时，仪器前面板的相关信号指示灯显示正常；
- b) 设置相位微跃计频率调整量和相位调整量都为零，测量每个通道与参考通道间的时间间隔，测量结果默认按每秒1次记录，至少连续测量100s，取平均值作为时间间隔测量初始值；
- c) 设置相位微跃计相位调整量从1ps开始按照1ps的步进逐渐增加，测量每个通道与参考通道间的时间间隔，测量结果默认按每秒1次记录，相位微跃计相位调整量每增加1ps，至少连续测量20s，观察测量20s平均值结果的变化，若测量结果与初始值相比无明显变化，则继续增加相位微跃计相位调整量，直到测量结果与初始值之差与相位调整量接近时，停止测量，此时的相位调整量即为时间间隔测量仪的测量分辨力；
- d) 重复步骤c)测量其他通道的测量分辨力；
- e) 测量结果记录于附录A表A. 2中。

6.3 时间间隔测量噪声

按图2所示连接测试设备。

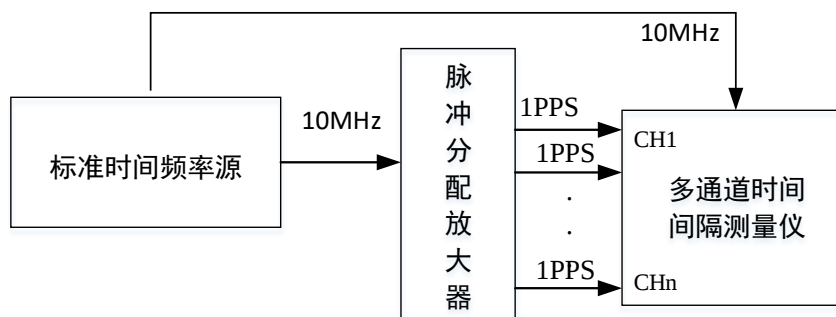


图2 时间间隔测量噪声仪器连接框图

- a) 将时间间隔测量仪开机预热一小时，仪器前面板的相关信号指示灯显示正常；
- b) 打开计算机中的控制软件，按说明书要求进行串口或者网络设置，设置测量数据存储路径；
- c) 打开所有测量通道，点击开始测量，测量结果默认按每秒1次记录，以CH1为参考通道，记录其他通道与CH1的时间间隔测量结果，至少连续测量300s；
- d) 计算每个通道测量结果的标准偏差作为时间间隔测量噪声的测量结果。

e) 测量结果记录于附录A表A. 3中。

6.4 时间间隔测量偏差

按图4所示连接测试设备。

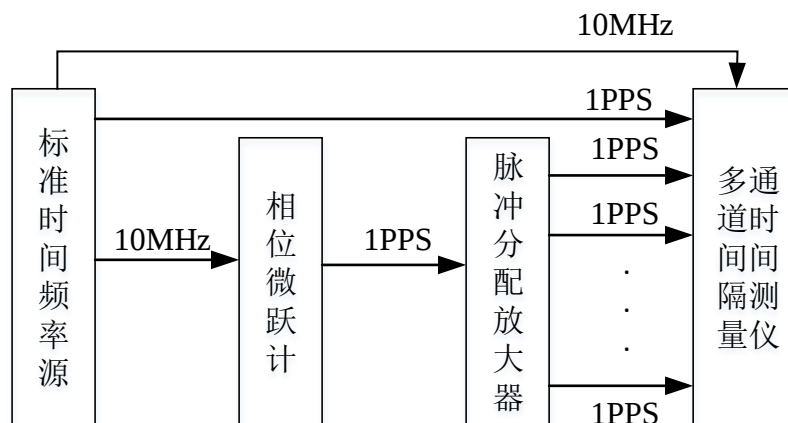


图4 时间间隔测量偏差仪器连接框图

- 将时间间隔测量仪开机预热一小时，仪器前面板的相关信号指示灯显示正常；
- 设置相位微跃计频率调整量和相位调整量都为零，测量每个通道与参考通道间的时间间隔，测量结果默认按每秒1次记录，至少连续测量300s，记录时间间隔测量的平均值 t_a ；
- 设置相位微跃计相位调整量为一固定值 τ ，如10ns。测量每个通道与参考通道间的时间间隔，测量结果默认按每秒1次记录，至少连续测量300s，记录时间间隔测量平均值 t_b ；
- 时间间隔测量偏差由公式（1）计算得到

$$\Delta t = t_b - t_a - \tau \quad (1)$$

e) 测量结果记录于附录A表A. 4中。

6.5 时间间隔测量非线性度

按图4所示连接测试设备。

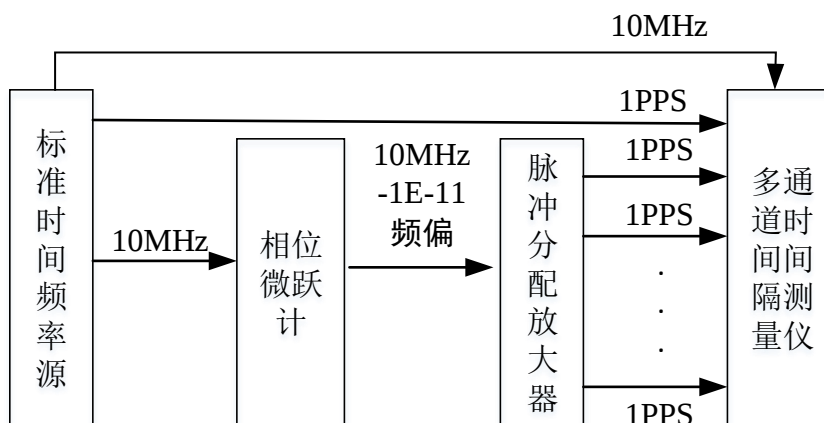


图4 时间间隔测量准确度仪器连接框图

- a) 将时间间隔测量仪开机预热一小时，仪器前面板的相关信号指示灯显示正常；
- b) 设置相位微跃计相位调整量为零，频率调整量为1E-11相对频偏；测量每个通道与参考通道间的时间间隔，测量结果默认按每秒1次记录，连续测量20000s，记录各通道时间间隔测量差值300秒平均值 t_a ；

- c) 时间间隔测量线性度偏差由公式（2）计算得到

$$V_t = (t_{a\max} - t_{a\min}) / 2 \quad (2)$$

- d) 测量结果记录于附录A表A.5中。

6.6 通道固有时延

按图3所示连接测试设备。

- a) 将时间间隔测量仪开机预热一小时，仪器前面板的相关信号指示灯显示正常；
- b) 打开所有测量通道，点击开始测量，测量结果默认按每秒1次记录，以CH1为参考通道，记录其他通道与CH1的时间间隔测量结果，至少连续测量300s，记录所有通道测量结果 $\square t_2$ 、 $\square t_3$ 、 $\square t_4$ $\square t_n$ ，其中测量结果包含了脉冲分配放大器各通道固定时延 τ_n 和线缆延迟 τ'_n ，即

$$\square t_n = \tau_n + \tau'_n + \square \tau_n - \tau_1 - \tau'_1 \quad (3)$$

- c) 将接入CHn (CH2, CH3.....) 的线缆分别与接入CH1的线缆互换，分别测量两通道间的时间间隔，记录测量结果 $\square t'_2$ 、 $\square t'_3$ 、 $\square t'_4$ $\square t'_n$ ，其中测量结果包含了脉冲分配放大器各通道固定时延和线缆延迟即

$$\square t'_n = \tau_1 + \tau'_1 + \square \tau_n - \tau_n - \tau'_n \quad (4)$$

时间间隔测量仪通道固定时延按式（3）计算

$$\square \tau_n = \frac{\square t_n + \square t'_n}{2}, n = 2, 3, 4, \dots \quad (5)$$

式（3）中

$\square t_n$ 为第一次连接好线缆后测得的各通道与通道1的时间间隔，ns；

$\square t'_n$ 为在第一次连接线缆基础上，将通道1的线缆与其他各通道线缆互换后重新测得的各通道与通道1的时间间隔，ns；

- d) 测量结果记录于附录A表A.6中。

6.7 时间间隔测量温度系数

按图5所示连接测试设备。

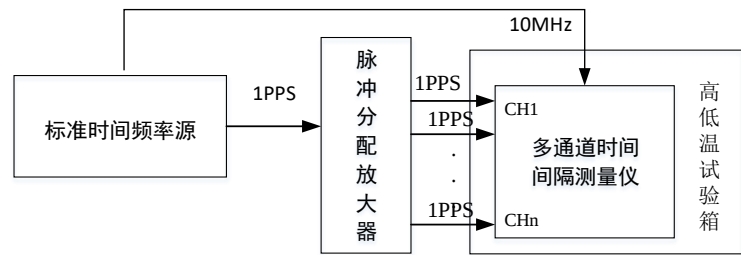


图5 时间间隔测量固定时延温度系数测量仪器连接框图

- a) 将时间间隔测量仪开机预热一小时，仪器前面板的相关信号指示灯显示正常；
- b) 被测时间间隔测量仪放置于高低温试验箱内，试验箱初始温度设置为20℃；
- c) 打开所有测量通道，点击开始测量，测量结果默认按每秒1次记录，以CH1为参考通道，记录其他通道与CH1的时间间隔测量结果，至少连续测量50min；
- d) 试验箱设置20℃至40℃变化， 2℃/每分钟线性变化，在40℃时停留50分钟；
- e) 对每个通道测量的数据进行线性最小二乘拟合，拟合后直线的斜率即为时间间隔测量温度系数。
- f) 测量结果记录于附录A表A.7中。

6.8 内置振荡器

对于有内置振荡器的时间间隔测量仪，其内部晶振的开机特性、频率复现性、相对频率偏差、1s频率稳定度等指标的测试，根据其准确度等级，分别按照JJG180、JJG181或JJG292进行测试。并将测试结果记录于附录A表A.8中。

附录 A
(资料性)
测试结果内页数据记录格式

A.1 输入灵敏度

输入灵敏度测试数据记录格式见表 A.1。

表 A.1 输入灵敏度

测试项目	技术要求	测量值
参考时钟信号输入灵敏度		
被测频率信号输入灵敏度		

A.2 时间间隔测量分辨力

时间间隔测量分辨力测试数据记录格式见表 A.2。

表 A.2 时间间隔测量分辨力

测试项目	技术要求	测量值
时间间隔测量分辨力		

A.3 时间间隔测量噪声

时间间隔测量噪声测试数据记录格式见表 A.3。

表 A.3 时间间隔测量噪声

测试项目	技术要求	测量值
时间间隔测量噪声		

A.4 时间间隔测量偏差

时间间隔测量偏差测试数据记录格式见表 A.4。

表 A.4 时间间隔测量偏差

测试项目	技术要求	测量值
时间间隔测量偏差		

A.5 时间间隔测量非线性度

时间间隔测量非线性度测试数据记录格式见表 A.5。

表 A.5 时间间隔测量准确度

测试项目	技术要求	测量值
时间间隔测量非线性度		

A.6 通道固定时延

通道固定时延测试数据记录格式见表 A.6。

表 A.6 通道固定时延

测试项目	技术要求	测量值
通道固定时延		

A.7 时间间隔固定时延温度系数

时间间隔测量固定时延温度系数测试数据记录格式见表 A.5。

表 A.7 时间间隔固定时延温度系数

测试项目	技术要求	测量值
时间间隔固定时延温度系数		

A.8 内置振荡器

内置振荡器测试数据记录格式见表 A.8。

表 A.8 时间间隔测量固定时延温度系数

测试项目	技术要求	测量值
开机特性		
频率复现性		
相对平均频率偏差		
1s 频率稳定度		

参考文献

- [1] JJF 1001—2011 《通用计量术语及定义》
-