



北京市地方计量技术规范

JJF (京) XXXX-XXXX

网络时间同步服务器校准规范

Calibration Specification of network time synchronization servers

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

北京市市场监督管理局发布

网络时间同步服务器 校准规范

Calibration Specification of network
time synchronization servers

JJF(京) XXXX-XXXX

归口单位：北京市市场监督管理局

主要起草单位：北京市计量检测科学研究院

参与起草单位：

本规范委托北京市计量检测科学研究院负责解释

本规范主要起草人：仲崇霞（北京市计量检测科学研究院）

盖旭刚（北京市计量检测科学研究院）

黄 艳（北京市计量检测科学研究院）

高春柳（北京市计量检测科学研究院）

参加起草人：

目 录

引 言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语和定义.....	(1)
4 概述.....	(1)
5 计量特性.....	(2)
5.1 1PPS 授时偏差.....	(2)
5.2 NTP/SNTP 授时偏差.....	(2)
5.3 PTP 授时偏差.....	(2)
5.4 NTP 端口最大响应次数.....	(2)
6 校准条件.....	(2)
6.1 环境条件.....	(2)
6.2 测量标准及其他设备.....	(2)
7 校准项目和校准方法.....	(3)
7.1 校准项目.....	(3)
7.2 校准方法.....	(3)
9 复校时间间隔.....	(7)
附录 A 原始记录参考格式.....	(8)
附录 B 校准证书内页参考格式.....	(10)
附录 C 测量结果的不确定度评定示例.....	(11)

引 言

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范编制工作的基础性系列规范。

本规范包含了对网络时间同步服务器的计量要求和具体校准项目,计量特性主要包括 1PPS 授时偏差、NTP/SNTP 授时偏差、PTP 授时偏差、NTP 端口访问量。

本规范为首次发布。

网络时间同步服务器校准规范

1 范围

本规范适用于输出网络时间协议 NTP、SNTP、PTP 信号的时间服务器的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1403 全球导航卫星系统(GNSS)接收机(时间测量型)校准规范

YD/T2550-2013 时间同步设备测试方法

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和定义

3.1 网络时间协议 NTP (Network Time Protocol)

在网络上指定时钟源设备，为网络中的计算机提供授时服务，通过这个时钟源产品可以使网络中的众多电脑和网络设备都保持时间同步。

3.2 精确时间协议 PTP (Precision Time Protocol)

一种主从同步系统，采用主从时钟方式，对时间信息进行编码，利用网络的对称性和延时测量技术，实现主从时间的同步。

4 概述

网络时间同步服务器一般以 GNSS、B 码、原子钟等作为时间源，在网络中提供时间同步服务的授时设备，一般由参考信号输入单元、本地时间保持单元、信号输出单元组成，其结构组成如图 1 所示。

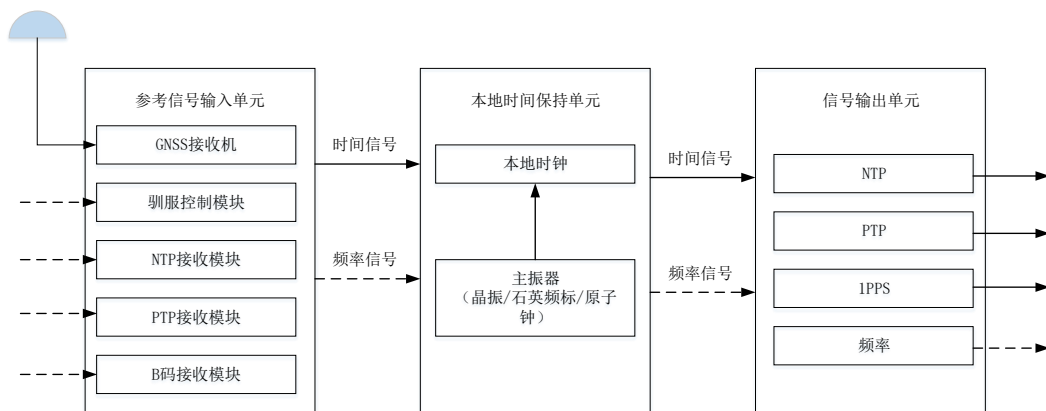


图 1 网络时间同步服务器组成结构原理图

网络时间同步服务器采用全模块化结构设计，不仅实现了板卡全兼容，还提

供了丰富的信号接口资源和开放式特殊接口设计平台，具备优异的兼容能力。可提供 NTP/SNTP 信号、PTP 信号、1PPS 信号，可以满足不同设备的时间同步要求，广泛应用于电力、金融、通信、交通、广电、安防、石化、冶金、水利、国防、医疗、教育、政府机关、IT 等领域。

5 计量特性

5.1 1PPS 授时偏差

优于 100ns。

5.2 NTP/SNTP 授时偏差

优于 10ms。

5.3 PTP 授时偏差

优于 100ns。

5.4 NTP 端口最大响应次数

优于 1000 次/s。

注：以上技术指标不用于合格性判定，仅提供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

- a) 环境温度：(20±5)℃；
- b) 环境相对湿度：≤ 80%；
- c) 电压：220(1±10%) V，频率：50(1±2%) Hz；
- d) 周围无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械振动。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 标准时间频率源

- a) 与 UTC (CN) 的时间偏差：优于±50 ns；显示分辨力：1 ms；
- b) 相对频率偏差：优于±1×10⁻⁹。

6.2.2 时间间隔测量仪

具备外频标输入功能；
时间间隔测量分辨力：优于 0.01 μs。

6.2.3 时间码测量仪

具备外频标输入功能；

具备 GNSS 授时功能；

NTP/SNTP 时间偏差测量分辨力：优于 10ns。

PTP 时间偏差测量分辨力：优于 1ns。

6.2.4 以太网分析仪

可生成 1000Mbps 线速流量，并进行实时统计分析；

具备对帧速率的统计功能；

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目及对应校准方法见表1。

表 1 校准项目及对应校准方法一览表

序号	校准项目名称	校准方法对应条款
1	外观及功能检查	7.2.1
2	1PPS 授时偏差	7.2.2
3	NTP/SNTP 授时偏差	7.2.3
4	PTP 授时偏差	7.2.4
5	NTP 端口最大响应次数	7.2.5

7.2 校准方法

7.2.1 外观及工作正常性检查

用目测的方法检查网络时间同步服务器的外观和结构。被校网络时间同步服务器不应有影响正常运行和读数的机械损伤、故障和异常现象。

7.2.2 1PPS 授时偏差

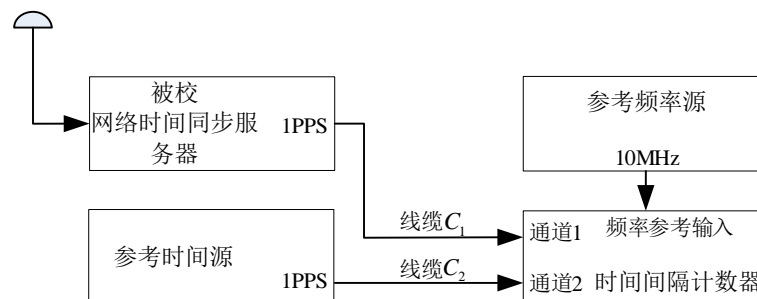


图 2 1PPS 授时偏差校准仪器连接示意图

a) 仪器连接如图 2 所示；

b) 被校网络时间同步服务器按产品说明书规定加电预热，使被校网络时间同步服务器工作在锁定外部标准时间状态（显示锁定在北斗、GPS 等至少一种标准时间信号）；

c) 将时间间隔计数器的通道 1、2 的触发电平设置为信号幅度的 50%，测量通道 1 到通道 2 的时间间隔，每秒测量 1 次，连续测量 10 次，记录测量值，取 10 次测量值 ΔT_1 、 ΔT_2 、……、 ΔT_{10} 的平均值 $\bar{T}_{1PPSout}$ 作为测量结果；

d) 测量结果修正掉线缆 C1 和 C2 的延迟后即可得到被校网络时间同步服务器的 1PPS 输出定时偏差 $\Delta T_{1PPSout}$

$$\Delta T_{1PPSout} = \bar{T}_{1PPSout} + \tau_1 - \tau_2 \dots\dots\dots (1)$$

式 (1) 中，

$\Delta T_{1PPSout}$ ——被校网络时间同步服务器的 1PPS 输出定时偏差，ns；

$\bar{T}_{1PPSout}$ ——时间间隔计数器 10 次测量值的平均值，ns；

τ_1 ——线缆 C_1 的延迟，ns；

τ_2 ——线缆 C_2 的延迟，ns。

7.2.3 NTP/SNTP 授时偏差

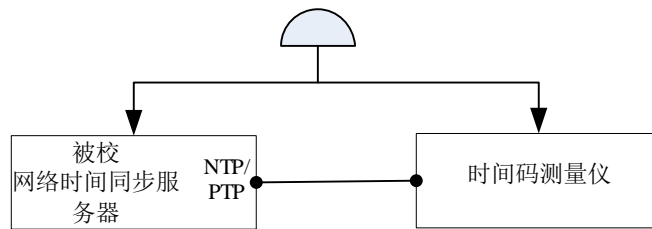


图 3 NTP/SNTP 授时偏差校准仪器连接示意图

a) 仪器连接如图 3 所示；

b) 被校网络时间同步服务器按产品说明书规定加电预热；

c) 选择时间码测量仪的时间分析功能，将时间码测量仪与被校网络时间同步服务器的 IP 地址设置为同一网段，并将各参数设置为合适值，使时间码测量仪与被校网络时间同步服务器之间连接成功；

d) 启动时间码测量仪的 NTP 测量功能，每秒测量 1 次，连续测量 100 次，

记录测量值 ΔT_1 、 ΔT_2 、……、 ΔT_{100} ，取 100 次测量值的平均值 $\overline{\Delta T_{NTP}}$ 作为测量结果，得到被检时间码测量仪的 NTP 测量偏差 ΔT_{NTP}

$$\Delta T_{NTP} = \overline{\Delta T_{NTP}} \dots\dots\dots (2)$$

式 (2) 中：

ΔT_{NTP} —— 被检时间码测量仪的 NTP 测量偏差；

$\overline{\Delta T_{NTP}}$ —— 100 次测量值的平均值。

7.2.4 PTP 授时偏差

a) 仪器连接如图 3 所示；

b) 被校网络时间同步服务器按产品说明书规定加电预热；

c) 选择时间码测量仪的时间分析功能，将时间码测量仪与被校网络时间同步服务器的 IP 地址设置为同一网段，并将各参数设置为合适值，使时间码测量仪与被校网络时间同步服务器之间连接成功；

d) 启动时间码测量仪的 PTP 测量功能，每秒测量 1 次，连续测量 100 次，记录测量值 $\Delta T_1'$ 、 $\Delta T_2'$ 、……、 $\Delta T_{100}'$ ，取 100 次测量值的平均值 $\overline{\Delta T_{PTP}}$ 作为测量结果，得到被检时间码测量仪的 NTP 测量偏差 ΔT_{NTP}

$$\Delta T_{PTP} = \overline{\Delta T_{PTP}} \dots\dots\dots (3)$$

式 (3) 中：

ΔT_{PTP} —— 被校网络时间同步服务器的 PTP 测量偏差；

$\overline{\Delta T_{PTP}}$ —— 100 次测量值的平均值。

7.2.5 NTP 端口最大响应次数

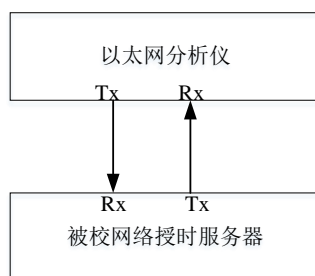


图 4 NTP 端口访问容量测量仪器连接示意图

- a) 仪器连接如图 4 所示；
- b) 被校网络时间同步服务器按产品说明书规定加电预热；
- c) 选择选择以太网分析仪压力测试功能，选择 100Mb/s 速率以太模块，端口负载为 10%，即最大传输速率为 10Mb/s。以太网分析仪先与时间同步服务器进行 ARP 握手，然后发送 NTP 请求报文。
- d) 调节以太网分析仪的帧发送速率大于被校网络时间同步服务器声明的响应次数，记录接收速率。继续调节帧发送速率，直到接收速率不再改变，且通道报文解析，确认收到的报文均为 NTP 响应报文，记录此时的接收速率 R。R 即为被校网络时间同步服务器端口最大响应次数。

8 校准结果表达

经校准的定位计时终端出具校准证书。校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的说明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

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、仪器本身质量等诸多因素所决定，送校单位可根据实际使用情况确定复校时间间隔。建议复校时间间隔为1年。

附录 A 原始记录参考格式

原始记录参考格式

委托单位	
被校设备	
校准地点	
环境条件	
校准时间	
校准人员	
校准仪器	
校准项目	<input type="checkbox"/> 1PPS 授时偏差 <input type="checkbox"/> NTP/SNTP 授时偏差 <input type="checkbox"/> PTP 授时偏差 <input type="checkbox"/> NTP 端口最大容量

1. 外观和工作正常性检查

外观： <input type="checkbox"/> 完好 <input type="checkbox"/> 损坏
工作正常性检查： <input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 异常

2. 1PPS 授时偏差

样品编号	1PPS 授时偏差测量结果	测量不确定度 U (ns)

3. NTP/SNTP 授时偏差

样品编号	NTP/SNTP 授时偏差测量结果	测量不确定度 U (μ s)

4. PTP 授时频差

样品编号	PTP 授时偏差测量结果	测量不确定度 U (ns)

5. NTP 端口最大容量

样品编号	NTP 端口最大容量测量结果	测量不确定度 U

附录 B 校准证书内页参考格式

校准证书内页参考格式

1. 外观和工作正常性检查

外观： <input type="checkbox"/> 完好 <input type="checkbox"/> 损坏
工作正常性检查： <input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 异常

2. 1PPS 授时偏差

样品编号	1PPS 授时偏差测量结果	测量不确定度 U (ns)

3. NTP/SNTP 授时偏差

样品编号	NTP/SNTP 授时偏差测量结果	测量不确定度 U (μ s)

4. PTP 授时频差

样品编号	PTP 授时偏差测量结果	测量不确定度 U (ns)

5. NTP 端口最大容量

样品编号	NTP 端口最大容量测量结果	测量不确定度 U

附录 C 测量结果的不确定度评定示例

C.1 1PPS 授时偏差测量结果不确定度评定

本示例采用 GPS 铷原子频率标准作为参考时间源, 对被校网络时间同步服务器进行校准。

C.1.1 测量模型

$$\Delta T_{1PPSout} = \bar{T}_{1PPSout} + \tau_1 - \tau_2$$

(C.1)

式中:

$\Delta T_{1PPSout}$ —— 被校网络时间同步服务器的 1PPS 输出定时偏差, ns;

$\bar{T}_{1PPSout}$ —— 时间间隔计数器 10 次测量值的平均值, ns;

τ_1 —— 线缆 C_1 的延迟, ns;

τ_2 —— 线缆 C_2 的延迟, ns。

C.1.2 标准不确定度的来源及评定

1PPS 授时偏差的不确定度来源有以下几个分量: 参考时间源 1PPS 不确定度引入的标准不确定度, 时间间隔计数器分辨率引入的标准不确定度, 测量重复性引入的标准不确定度。

C.1.2.1 参考时间源 1PPS 不确定度引入的标准不确定度 u_1

根据参考时间源的校准结果可知, 其 1PPS 不确定度为 12ns, 采用 B 类评定方法, 取 $k=2$, 由参考时间源不确定度引入的标准不确定度:

$$u_1 = \frac{12\text{ns}}{2} = 6\text{ns}$$

(C.2)

C.1.2.2 时间间隔计数器分辨率引入的标准不确定度 u_2

时间间隔计数器分辨力为 25ps。采用 B 类评定方法, 包含因子 $k = \sqrt{3}$,

$$u_2 = \frac{25\text{ps}}{2\sqrt{3}} = 7.2\text{ps} \quad (\text{C.3})$$

C.1.2.3 测量重复性引入的不确定度 u_3

表 C.1 测量重复性引入的标准不确定度一览表

次数 i	1PPS 授时偏差测量值 X_i (ns)	次数 i	1PPS 授时偏差测量值 X_i (ns)
1	25.1	6	25.0
2	25.0	7	25.1
3	25.1	8	25.1
4	25.0	9	25.1
5	25.0	10	25.0

$$u_3 = s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (X_i - \bar{X})^2}{10 - 1}} \approx 0.1 \text{ ns} \quad (\text{C.4})$$

C.1.2.4 标准不确定度一览表

表 C.2 标准不确定度一览表

不确定度来源	类型	值	分布	因子	标准不确定度
参考时间源 u_1	B	12ns	/	2	6ns
时间间隔计数器分辨力 u_2	B	25ps	均匀	$\sqrt{3}$	7.2ps
测量重复性 u_3	A	0.1ns			0.1ns

C.1.2.5 不确定度分量之间相关性

估计各不确定度分量之间无相关性。

C.1.6 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} \approx 6 \text{ ns} \quad (\text{C.5})$$

C.1.7 扩展不确定度 U

被校网络时间同步服务器的 1PPS 授时偏差扩展不确定度 ($k=2$)

$$U(\Delta T_{1PPS}) = k u_c (\Delta T_{1PPS}) = 2 \times 6 \text{ ns} \approx 12 \text{ ns} \quad (\text{C.6})$$

C.2 NTP 授时偏差测量结果不确定度评定

C.2.1 测量模型

$$\Delta T_{NTP} = \overline{\Delta T_{NTP}} \dots\dots\dots (\text{C.7})$$

式中:

ΔT_{NTP} ——被检时间码测量仪的 NTP 测量偏差；

$\overline{\Delta T_{NTP}}$ ——100 次测量值的平均值。

C. 2. 2 测量不确定度来源

NTP 授时偏差的不确定度来源于以下几个分量：时间码测量仪的授时不确定度引入的标准不确定度，测量重复性引入的标准不确定度。

C. 2. 3 标准不确定评定

C. 2. 3. 1 时间码测量仪的授时不确定度引入的标准不确定度 u_1

根据时间码测量仪的授时不确定度的溯源证书可知，其授时不准确度为 12ns，采用 B 类评定方法，取 $k=2$ ，由时间码测量仪的授时不确定度引入的标准不确定度：

$$u_1 = \frac{12\text{ns}}{2} = 6\text{ns} \quad (\text{C. 8})$$

C. 2. 3. 2 测量重复性引入的标准不确定度 u_2

测量 NTP 授时偏差 10 次，记录测量结果。

表 C. 3 测速结果记录表

次数 i	NTP 授时偏差 X_i (ms)	次数 i	NTP 授时偏差 X_i (ms)
1	0.351	6	0.346
2	0.352	7	0.348
3	0.349	8	0.351
4	0.354	9	0.353
5	0.356	10	0.355

$$u_2 = s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (X_i - \bar{X})^2}{10 - 1}} \approx 0.003\text{ms} \quad (\text{C. 9})$$

C. 2. 2. 3 标准不确定度一览表

表 C. 4 标准不确定度一览表

不确定度来源	类型	值	分布	因子	标准不确定度
时间码测量仪的授时不确定度 u_1	B	12ns	/	2	6ns
测量重复性 u_2	A	0.003ms			0.003ms

C. 2. 2. 4 不确定度分量之间相关性

估计各不确定度分量之间无相关性。

C. 2. 5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \approx 0.003\text{ms}$$

(C. 10)

C. 2. 6 扩展不确定度 U

被校网络时间同步服务器 NTP 授时偏差的扩展不确定度为

$$U(\Delta T_{NTP}) = k u_c(\Delta T_{NTP}) = 2 \times 0.003\text{ms} \approx 0.006\text{ms} \quad (k=2) \quad (\text{C. 11})$$

C. 3 PTP 授时偏差测量结果不确定度评定

C. 3. 1 测量模型

$$\Delta T_{PTP} = \overline{\Delta T_{PTP}} \dots\dots\dots (\text{C. 12})$$

式中：

ΔT_{PTP} ——被校网络时间同步服务器的 PTP 测量偏差；

$\overline{\Delta T_{PTP}}$ ——100 次测量值的平均值。

C. 3. 2 测量不确定度来源

测量不确定度来源主要有：时间码测量仪的授时不确定度引入的标准不确定度，测量重复性引入的标准不确定度。

C. 3. 3 标准测量不确定度评定

C. 3. 3. 1 时间码测量仪的授时不确定度引入的标准不确定度 u_1

根据时间码测量仪的授时不确定度的溯源证书可知，其授时不准确度为 12ns，采用 B 类评定方法，取 $k=2$ ，由时间码测量仪的授时不确定度引入的标准不确定度：

$$u_1 = \frac{12\text{ns}}{2} = 6\text{ns}$$

(C. 13)

C. 3. 3. 2 测量重复性引入的标准不确定度 u_2

在相同的实验条件下，重复测量 10 次 PTP 授时偏差，测得的结果如表 C. 5 所示，按 A 类评定。

表 C.5 当前时刻同步误差测量 10 次的结果

次数 i	PTP 授时偏差 X_i (ns)	次数 i	PTP 授时偏差 X_i (ns)
1	35.4	6	34.4
2	35.2	7	34.8
3	34.9	8	35.1
4	35.4	9	35.7
5	35.6	10	35.5

测量结果的试验标准偏差为:

$$u_2 = s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (X_i - \bar{X})^2}{10-1}} = 0.4\text{ns}$$

(C.14)

C.3.3.4 标准不确定度一览表

表 C.6 授时偏差测量不确定度来源及标准不确定度一览表

不确定度来源	类型	值	分布	因子	标准不确定度
时间码测量仪的授时不确定度 u_1	B	12ns	/	2	6ns
测量重复性 u_2	A	0.4ns			0.4ns

C.3.4 不确定度分量之间相关性

估计各不确定度分量之间无相关性。

C.3.5 合成标准不确定度

合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \approx 6.0\text{ns}$$

(C.15)

C.3.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 扩展不确定度为

$$U = k \times u_c \approx 12\text{ns} \quad (\text{C.16})$$

PTP 授时偏差校准结果的扩展不确定度为 $U = 12\text{ns}$ ($k=2$)。

