

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1206—2018

时间与频率标准远程校准规范

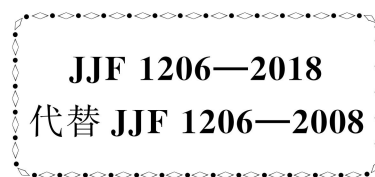
Calibration Specification for Remote Calibration of Time and
Frequency Standards

2018-12-25 发布

2019-06-25 实施

国家市场监督管理总局 发布

时间与频率标准远程校准规范
Calibration Specification for Remote Calibration
of Time and Frequency Standards



归口单位：全国时间频率计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

参加起草单位：北京无线电计量测试研究所

北京交通大学

本规范委托全国时间频率计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

梁 坤（中国计量科学研究院）

张爱敏（中国计量科学研究院）

参加起草人：

杨 军（北京无线电计量测试研究所）

王 剑（北京交通大学）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和计量单位	(1)
3.1 时间稳定度	(1)
3.2 GNSS	(1)
3.3 GNSS 时间频率传递	(1)
3.4 GNSS 码基时间频率传递	(2)
3.5 GNSS 载波相位时间频率传递	(2)
3.6 国际时间频率咨询委员会 GNSS 时间传递标准格式	(2)
3.7 卫星双向时间频率传递	(2)
3.8 光纤时间频率传递	(2)
3.9 时间传递链路校准	(2)
4 概述	(2)
5 计量特性	(2)
5.1 时间标准	(2)
5.2 频率标准	(3)
6 校准条件	(3)
6.1 时间频率传递装置环境条件	(3)
6.2 测量标准及其他设备	(3)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 校准项目	(3)
7.2 校准方法	(4)
8 校准结果表达	(7)
9 复校时间间隔	(7)
附录 A 原始记录格式	(8)
附录 B 校准证书 (内页) 格式	(10)
附录 C 校准不确定度评定示例	(11)

引 言

本规范依据 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》对 JJF 1206—2008 进行修订。与 JJF 1206—2008 相比，除编辑性修改外，主要技术内容变化如下：

- 扩展了对多个被校准时间与频率标准的校准方法（见 7.1）。
 - 根据 JJG 2007—2015《时间频率计量器具检定系统表》，在校准项目中去除了“频率准确度”项，增加了“频率偏差”项相关内容（见 7.1）。
 - 在校准项目中增加了“频率稳定度”项相关内容（见 7.1）。
 - 在校准项目中去除了“时钟速率”项相关内容（见 7）。
 - 在校准项目中去除了“时间偏差与时钟速率的有效位数”的相关内容（见 7）。
 - 在校准项目中增加了“时间稳定度”项相关内容（见 3.1 和 7.1）。
 - GPS 共视法扩展为 GNSS 时间频率传递法（见 3.3 和 7.2）。
 - 明确并兼容基于更多可用的 GNSS 系统（美国的全球定位系统（GPS）系统、中国的北斗系统（BDS）、俄罗斯的格洛纳斯系统（GLONASS）、欧洲的伽利略系统（Galileo））测量的 GNSS 时间频率传递方法（见 3.2~3.6、4 和 7.2）。
 - 明确并兼容基于不同测量信号（测距码和载波相位）的 GNSS 码基时间频率传递方法和载波相位时间频率传递方法（见 3.4、3.5 和 7.2）。
 - 明确并兼容 GNSS 时间频率传递数据处理模式：GNSS 共视和 GNSS 全视（见 3.3 和 7.2.1.1）。
- 本规范历次版本发布情况为：
- JJF 1206—2008。

时间与频率标准远程校准规范

1 范围

本规范适用于：时间标准的时间偏差及时间稳定度的远程校准；频率标准的频率偏差、频率稳定度及频率日漂移率的远程校准。

2 引用文件

本规范引用了以下文件：

JJF 1001—2011 通用计量术语及定义

JJF 1180—2007 时间频率计量名词术语及定义

JJF 1403—2013 全球导航卫星系统（GNSS）接收机（时间测量型）校准规范

JJG 2007—2015 时间频率计量器具检定系统表

GB/T 19391—2003 全球定位系统（GPS）术语及定义

国际时间频率咨询委员会（CCTF）关于 GPS 时间接收机软件标准化技术指南（Technical Directives for Standardization of GPS Time Receiver Software, 1994）

GPS 和 GLONASS 时间传递标准化，1996（A contribution to the Standardization of GPS and GLONASS Time Transfers）

CGGTTS 第 2E 版：GNSS 时间传递扩展标准，2016（CGGTTS-Version 2E: an extended standard for GNSS Time Transfer）

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 术语和计量单位

3.1 时间稳定度 time stability

在一定时间间隔内时间标准的时间随机变化程度，随采样（平均）时间的不同而不同，通常使用时间标准偏差（TDEV）表示，基于修正阿伦标准偏差计算得到。

3.2 GNSS Global Navigation Satellite System

全球导航卫星系统的统称，包括美国的全球定位系统（Global Positioning System, GPS）、俄罗斯的格洛纳斯系统（GLObal NAVigation Satellite System, GLONASS）、中国的北斗系统（BeiDou Navigation Satellite System, BDS）及欧盟的伽利略系统（European Global Navigation Satellite System, Galileo）。

3.3 GNSS 时间频率传递 GNSS time and frequency transfer

利用 GNSS 进行的时间频率传递。传递双方配置 GNSS 时间频率传递装置（接收机），同时测量各自参考时间与 GNSS 系统时间（如 GPST、GLONASST、BDT 或 GST）之差，通过数据交互计算得到时间差/频率差。利用双方时间频率传递装置观测共同卫星测量量的方法为共视（Common-View, CV）法，利用双方 GNSS 时间频率传

递装置观测所有卫星测量量的方法为全视（All-in-View，AV）法。

3.4 GNSS 码基时间频率传递 GNSS code-based time and frequency transfer

以伪随机码作为测量量的 GNSS 时间频率传递方法。测量时，根据 GNSS 实时广播星历或国际 GNSS 服务组织（IGS）等相关机构提供的精密星历，对 GNSS 时间频率传递装置测量的电离层及对流层延迟、卫星钟差、相对论相应误差等进行补偿。通过对比双方数据的实时交互可实现实时比对。

3.5 GNSS 载波相位时间频率传递 GNSS carrier phase time and frequency transfer

以 GNSS 载波相位作为测量量的 GNSS 时间频率传递方法，其关键技术包括：载波相位整周模糊度解算、周跳探测与修复；GNSS 信号在时间频率传递链路上传输时所产生的误差的建模与补偿（通常包含了 GNSS 码基时间频率传递不需要考虑的类型，例如，固体潮、海潮、地球自转参数等）；用户钟差等参数的估计等。

3.6 国际时间频率咨询委员会 GNSS 时间传递标准格式 CGGTTS, CCTF Group on GNSS Time Transfer Standards

国际时间频率咨询委员会（Consultative Committee for Time and Frequency, CCTF）GNSS 时间传递标准工作组制定的用于 GNSS 码基时间频率传递的标准数据格式，主要包含 GNSS 时间频率传递装置的单站测量数据（本地时间频率参考与 GNSS 系统时间之差）、电离层补偿值及接收机内部延迟、天线电缆延迟和参考延迟等。最新版本 V2E 兼容 GPS、GLONASS、BDS 和 Galileo 四个系统的码基时间频率传递数据。

3.7 卫星双向时间频率传递 TWSTFT, Two Way Satellite Time and Frequency Transfer

利用地球同步轨道卫星作为传输媒介进行的双向时间频率传递。

3.8 光纤时间频率传递 optical fiber time and frequency transfer

利用光纤作为传输媒介进行的时间频率传递。

3.9 时间传递链路校准 time transfer link calibration

对时间信号在时间传递链路中的延迟进行测量并补偿的活动。

4 概述

时间标准是指能够产生连续、稳定、准确的标准时间信号，供授时系统或用户使用的系统或装置。频率标准简称频标，指能独立工作，且能给出较高准确度的单一频率值的正弦信号的装置，包括原子频率标准、石英晶体频率标准以及 GNSS 控制的频率标准等。时间频率量值可以通过电磁波进行发播和传递的特性，实现对时间和频率标准进行远程校准，使时间与频率标准溯源至国家原子时标计量基准 UTC（NIM）。远程时间频率传递方法主要包括 GNSS 时间频率传递、卫星双向时间频率传递和光纤时间频率传递。其中，GNSS 时间频率传递为最常用的远程传递方法。本规范规定了 GNSS 时间频率远程校准方法，其他远程时间频率远程校准方法可类比实施。

5 计量特性

5.1 时间标准

5.1.1 时间偏差：| 与 UTC（NIM）时间偏差 | < 200 ns。

5.1.2 时间稳定度：

- (0.1~5) ns /1 000 s；
- (0.1~5) ns /10 000 s；
- (0.05~1) ns/d。

5.2 频率标准

5.2.1 频率偏差（一天平均）： $\pm (1 \times 10^{-12} \sim 5 \times 10^{-15})$ 。5.2.2 频率日漂移率： $\pm (1 \times 10^{-10} \sim 1 \times 10^{-16})$ /d。

5.2.3 频率稳定度：

- $(1 \times 10^{-11} \sim 1 \times 10^{-15})$ /1 000 s；
- $(1 \times 10^{-12} \sim 5 \times 10^{-16})$ /10 000 s；
- $(1 \times 10^{-13} \sim 5 \times 10^{-16})$ /d。

6 校准条件

6.1 时间频率传递装置环境条件

6.1.1 温度：在 $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ 内任选一点，温度变化不超过 $\pm 2 ^\circ\text{C}$ 。6.1.2 相对湿度： $\leq 80\%$ 。6.1.3 电源电压： $220(1 \pm 5\%) \text{ V}$ ；电源频率： $50(1 \pm 2\%) \text{ Hz}$ 。

6.1.4 无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械振动。

注：被校准设备和测量标准的环境条件要求见相关检定规程。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 GNSS 时间频率传递装置

具备输入 5 MHz/10 MHz、1PPS 信号和精确站址坐标等功能，若校准时间标准，参考延迟、天线电缆延迟及内部延迟须校准，不确定度应优于 20 ns ($k=2$)，可生成 CGGTTS (CCTF Group on GNSS Time Transfer Standards, 国际时间频率咨询委员会 GNSS 时间传递标准格式) 或 Rinex (Receiver Independent Exchange Format, 与接收机无关的交换格式) 格式数据。

6.2.2 参考频率标准

输出 5 MHz/10 MHz 信号，频率偏差、频率漂移率应优于被校准频率标准一个量级，频率稳定度应优于被校准频率标准的 1/3。

6.2.3 参考时间标准

输出 5 MHz/10 MHz、1PPS 信号，时间偏差及时间稳定度应优于被校准时间标准的 1/3。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目如表 1 所示。

表 1 校准项目表

被校准标准	校准项目
时间标准	时间偏差
	时间稳定度
频率标准	频率偏差
	频率日漂移率
	频率稳定度

7.2 校准方法

基于参考时间与频率标准，利用 GNSS 时间频率传递方法，包括 GNSS 码基时间频率传递和 GNSS 载波相位时间频率传递方法对时间与频率标准进行远程校准。

校准原理和仪器连接如图 1 所示。

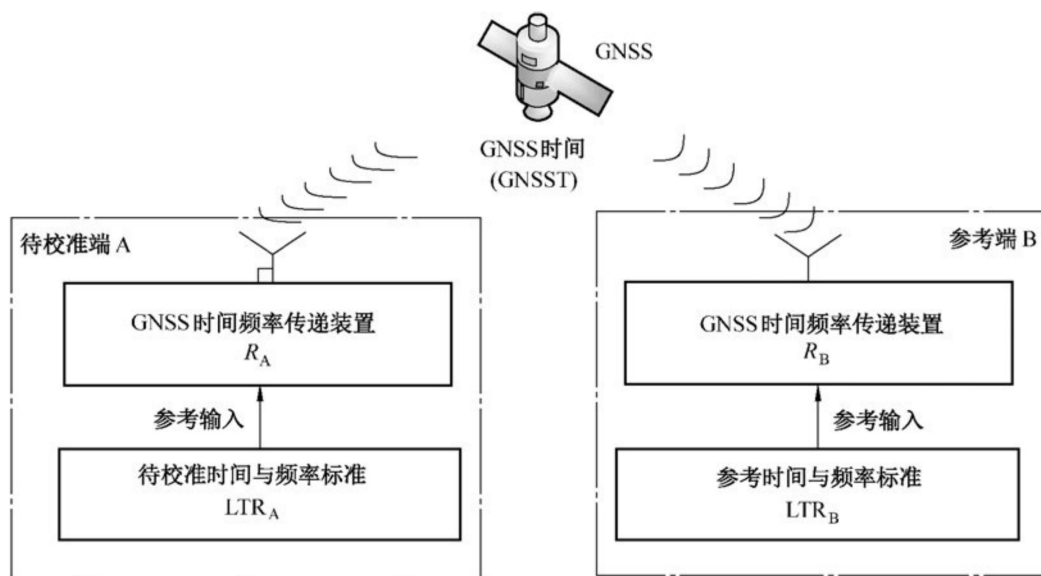


图 1 GNSS 时间频率传递原理

被校准端和参考端 GNSS 时间频率传递装置内部时间标准 R_A 和 R_B 分别同步到本地的被校准时间频率标准 LTR_A 和参考时间频率标准 LTR_B （均输出秒脉冲和频率信号）；如果不能同步，可通过实时测量时间频率传递装置内部时间标准 R_A 和 R_B 与本地时间频率标准 LTR_A 和 LTR_B 的关系等效实现。同时记录 GNSS 观测数据，通过解算，分别得到 R_A 和 R_B 与 GNSS 系统时间 GNSST 的差 T_A 和 T_B ，见式（1）～（8）。

$$T_A = R_A - \text{GNSST} \quad (1)$$

$$T_B = R_B - \text{GNSST} \quad (2)$$

如 R_A 同步到 LTR_A ， R_B 同步到 LTR_B ，即

$$R_A = LTR_A \quad (3)$$

$$R_B = LTR_B \quad (4)$$

否则，

$$\text{LTR}_A - R_A = L_A \quad (5)$$

$$\text{LTR}_B - R_B = L_B \quad (6)$$

最终，时间频率标准的比对（传递）结果为

$$x = \text{LTR}_A - \text{LTR}_B = T_A - T_B \quad (7)$$

或

$$x = \text{LTR}_A - \text{LTR}_B = (T_A + L_A) - (T_B + L_B) \quad (8)$$

由于 GNSS 时间频率传递中的 GNSS 信号属于广播模式，各时间频率传递装置被动接收，所以利用此法可同时扩展实施对多个被校准时间与频率标准进行校准，如图 2 所示。

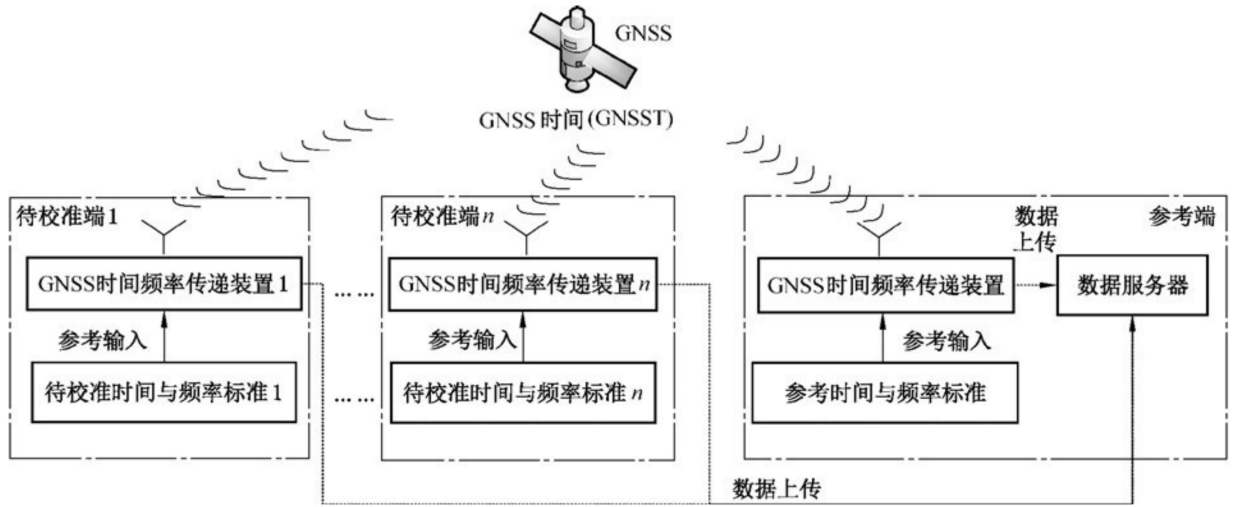


图 2 基于 GNSS 时间频率传递的远程时间频率校准原理和连接图

在进行远程时间频率校准时，主要使用 GNSS 码基时间频率传递生成的 CGGTTS（以 V2E 版本为例，每 16 min 一组数据）数据或 GNSS 载波相位时间频率传递经后处理得到的载波相位解算数据（对包含原始伪距和载波相位观测量的 Rinex 数据进行解算得到，以 300 s 间隔数据为例）。

7.2.1 时间标准的校准

7.2.1.1 时间偏差

计算 t_i 时刻的时间偏差，其中 CGGTTS 数据的时差是每 16 min 一组，则 $\tau_0 = 16 \text{ min}$ ；计算载波相位解算数据的时差是每 300 s 一组，则 $\tau_0 = 300 \text{ s}$ 。被校准时间标准和参考时间标准之间的时差 T_{AB} ，可以由图 1 中所示两端（A、B）分别接入两者信号的 GNSS 时间频率传递装置测量得到的单站时差 T_A 和 T_B ，根据式（7）或式（8），利用共视（选取两站可观测的共同卫星的单站观测值，按每颗卫星的两站观测值求差后取平均）或全视（分别对两站单站所有卫星的观测值先取平均，再对两站的平均值求差）方法综合计算得到。

7.2.1.2 时间稳定度

以时间标准偏差（TDEV）表示，时间稳定度计算如式（9）：

$$\sigma_x(\tau) = \tau / \sqrt{3} \text{Mod} \sigma_y(\tau) \quad (9)$$

$\text{Mod}\sigma_y(\tau)$ 为修正阿伦标准偏差, 计算公式见 (10):

$$\text{Mod}\sigma_y(\tau) = \sqrt{\frac{1}{2m^2(N_x - 3m + 1)\tau^2} \sum_{j=1}^{N_x-3m+1} \left\{ \sum_{i=j}^{j+m-1} [x_{i+2m} - 2x_{i+m} + x_i] \right\}^2} \quad (10)$$

式中:

N_x ——时差测量数量;

x_i ——测得时差;

$\tau = M\tau_0$ ——取样时间;

τ_0 ——基础测量间隔。

可取 $\tau = 960 \text{ s}$, $9\,600 \text{ s}$, 1 d (使用 CGGTTS 数据); $\tau = 900 \text{ s}$, $9\,900 \text{ s}$, 1 d (使用载波相位解算数据)。

7.2.2 频率标准的校准

7.2.2.1 频率偏差

频率偏差 $y_{AB}(\tau)$ (在本规范中取平均时间 $\tau = 1 \text{ d}$), 可用两点时差法和最小二乘线性拟合法两种方法计算, 优先使用最小二乘线性拟合法。CGGTTS 数据, $\tau_0 = 16 \text{ min}$; 载波相位解算数据, $\tau_0 = 300 \text{ s}$ 。在 τ 间隔内有 M 组测量数据。

a) 最小二乘线性拟合法

根据时刻 t_i 和时差 x_i 之间的线性关系, 利用最小二乘法, 频率偏差 $y_{AB}(\tau)$ 估计值如式 (11) ~ (13) 所示。

$$y_{AB}(\tau) = \frac{\sum_{i=1}^M [x_i - \bar{x}](t_i - \bar{t})}{\sum_{i=1}^M (t_i - \bar{t})^2} \quad (11)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M x_i \quad (12)$$

$$\bar{t} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M t_i \quad (13)$$

$\tau = 1 \text{ d}$, 使用 CGGTTS 数据, $M = 90$; 使用载波相位解算数据, $M = 288$ 。

b) 两点时差法

时间间隔 τ 内被校准频率标准的频率偏差 $y_{AB}(\tau)$ 按式 (14) 计算。

$$y_{AB}(\tau) = \frac{1}{\tau} [x_{M+1} - x_1] \quad (14)$$

$\tau = 1 \text{ d}$, 使用 CGGTTS 数据, $M = 90$; 使用载波相位解算数据, $M = 288$ 。

7.2.2.2 频率日漂移率

连续测量 N 天, 可得 N 个 $y_{AB}(\tau)$ 值 ($\tau = 1 \text{ d}$), 利用最小二乘法计算, 如式 (15) ~ (17) 所示。

$$k_{AB} = \frac{\sum_{l=1}^N [y_{ABl}(\tau) - \bar{y}_{AB}(\tau)](l - \bar{l})}{\sum_{l=1}^N (l - \bar{l})^2} \quad (15)$$

$$\overline{y}_{AB}(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{l=1}^N y_{ABl}(\tau) \quad (16)$$

$$\overline{l} = \frac{1}{N} \sum_{l=1}^N l \quad (17)$$

式中, $l=1, 2, \dots, (N-1)$, N 单位为 d。

对于石英晶体频率标准 $N \geq 7$, 对于原子频率标准 $N \geq 15$ 。

7.2.2.3 频率稳定度

以阿伦标准偏差 (ADEV) 表示, 频率稳定度按式 (18) 计算。

$$\sigma_y(\tau) = \sqrt{\frac{1}{2(N_x - 2)\tau^2} \sum_{i=1}^{N_x-2} [x_{i+2} - 2x_{i+1} + x_i]^2} \quad (18)$$

根据具体情况也可选择修正阿伦标准偏差 (MDEV) 或其他表示方式, 以 MDEV 表示, 频率稳定度按式 (10) 计算。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映, 校准证书应至少包含以下信息:

- 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) 证书或报告的唯一性标识 (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) 对校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效说明;
- j) 校准环境的描述;
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- l) 对校准规范的偏离的说明;
- m) 校准证书和校准报告签发人的签名、职务或等效标识;
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- o) 未经实验室书面批准, 不得部分复印证书或报告的声明。

9 复校时间间隔

复校时间间隔建议为 1 年。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, 送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

原始记录格式

原始记录（记录编号： ，证书编号： ）

校准地点	
校准时间	
温湿度	
校准标准设备	
被校设备名称/型号/制造单位	
被校设备客户单位	
校准人员	
核验人员	
校准项目	☐ 时间标准 1) 时间偏差 2) 时间稳定度 ☐ 频率标准 1) 频率偏差 2) 频率日漂移率 3) 频率稳定度

A.1 时间标准

A.1.1 时间偏差校准

时间偏差：见附图
不确定 ($k=2$):

A.1.2 时间稳定度校准

τ	时间稳定度	不确定度 ($k=2$)

A.2 频率标准

A.2.1 频率偏差校准

频率偏差：见附图
不确定度 ($k=2$):

A.2.2 频率日漂移率校准

频率日漂移率:
不确定度 ($k=2$):

A.2.3 频率稳定度校准

τ	频率稳定度	不确定度 ($k=2$)

附录 B

校准证书（内页）格式

B.1 时间标准

B.1.1 时间偏差 x （见附图）

$$x =$$

$$\text{不确定度: } U = \quad (k=2)$$

B.1.2 时间稳定度

τ	时间稳定度	不确定度 ($k=2$)

B.2 频率标准

B.2.1 频率偏差 y_{AB} （见附图）

$$y_{AB} =$$

$$\text{不确定度: } U = \quad (k=2)$$

B.2.2 频率日漂移率

$$k_{AB} =$$

$$\text{不确定度: } U = \quad (k=2)$$

B.2.3 频率稳定度

τ	频率稳定度	不确定度 ($k=2$)

附录 C

校准不确定度评定示例

C.1 时间偏差校准的不确定度

按式 (7)，时差 x 测量公式：

$$x = T_A - T_B \quad (\text{C.1})$$

式中， T_A 为被校准端时间频率传递装置测量时差； T_B 为参考端时间频率传递装置测量时差。

校准不确定度可计算如下：

$$u_c(x) = \sqrt{u^2(T_A) + u^2(T_B)} \quad (\text{C.2})$$

T_A 和 T_B 不确定度来源相同，具体详见表 C.1，由于 T_A 和 T_B 分别为远程双方测量量，测量过程并无相关性。

表 C.1 T_A 、 T_B 和 x 不确定度主要来源

不确定度来源	评定方法	值/ns	分布	因子	标准不确定度 ns
GNSS 时间传递链路校准 (比对链路)	B	2.50	正态	1	2.50
GNSS 时间频率传递测量 抖动 (比对链路)	A	0.70	正态	1	0.70
电离层和对流层延迟补偿 影响 (比对链路)	B	2.10	正态	1	2.10
电缆转接头延迟误差影响 (被校准端)	B	0.50	正态	1	0.50
电缆转接头延迟误差影响 (参考端)	B	0.50	正态	1	0.50
轨道误差影响 (比对链 路)	B	0.47	矩形	$\sqrt{3}$	0.27
固定点坐标误差影响 (被 校准端)	B	0.33	矩形	$\sqrt{3}$	0.19
固定点坐标误差影响 (参 考端)	B	0.33	矩形	$\sqrt{3}$	0.19
接收机环境多径影响 (被 校准端)	B	0.40	矩形	$\sqrt{3}$	0.23
接收机环境多径影响 (参 考端)	B	0.40	矩形	$\sqrt{3}$	0.23

参考以上主要不确定度来源及实际校准结果，通过以上各项不确定度来源的合成（方和根）后，最终单次测量时间偏差的合成不确定度 $u_c(x)$ 为 4.8 ns，扩展不确定度 $U(x)$ 为 9.6 ns ($k=2$)。

C.2 时间稳定度校准的不确定度

由式 (9)，可得到表 C.2。

表 C.2 960 s 时间稳定度校准结果

次数	时间稳定度
1	1.2×10^{-8} s/960 s

$\sigma_x(\tau=960\text{ s})$ 校准不确定度评定过程中， τ 作为常数，则有限次测量引入的不确定度可由式 (C.3) 计算。

$$u_r = \frac{\sigma_x(\tau=960\text{ s})}{\sqrt{N_x}} \quad (\text{C.3})$$

式中， N_x 为计算 $\sigma_x(\tau=960\text{ s})$ 时的取样个数。本例中， N_x 为 100。

本例中， $\sigma_x(\tau=960\text{ s})$ 的不确定度主要来源如表 C.3 所示。

表 C.3 $\sigma_x(\tau=960\text{ s})$ 不确定度来源

不确定度来源	评定方法	值/ns	分布	因子	标准不确定度 /ns
参考时间频率源的时间不稳定性	B	1.0×10^{-3}	正态	1	1.0×10^{-3}
有限次测量	B	1.2	正态	1	1.2
GNSS 时间频率传递测量抖动（比对链路）	A	1.0	正态	1	1.0

参考以上主要不确定度来源及实际校准结果，最终单次测量时间稳定度的合成不确定度 $u_c[\sigma_x(\tau=960\text{ s})]$ 为 2 ns，扩展不确定度 $U[\sigma_x(\tau=960\text{ s})]$ 为 4 ns ($k=2$)。

C.3 频率偏差校准的不确定度

设被校频率标准的频率为 f_A ，参考频率标准的频率为 f_B ，两频率标准的频率标称值相同为 f_0 ，则有：

$$y_{AB}(\tau) = \frac{f_A - f_B}{f_0} = \frac{f_A - f_0}{f_0} - \frac{f_B - f_0}{f_0} = y_A(\tau) - y_B(\tau) \quad (\text{C.4})$$

式中： $y_{AB}(\tau)$ 为两频率标准的频率差； $y_A(\tau)$ 和 $y_B(\tau)$ 分别为两者的频率偏差； τ 为测量时的平均时间（取样时间），在本规范中取 $\tau=1\text{ d}$ 。 $y_{AB}(\tau)$ 的不确定度主要来源如表 C.4 所示。

表 C.4 $y_{AB}(\tau)$ 不确定度来源

不确定度来源	评定方法	值	分布	因子	标准不确定度
参考时间频率源的频率不准确性	B	2.0×10^{-14}	正态	1	2.0×10^{-14}
参考时间频率源的频率不稳定性	B	7.0×10^{-15}	正态	1	7.0×10^{-15}
电缆、转接头稳定性	B	1.0×10^{-14}	正态	1	1.0×10^{-14}
数据修约	B	5.0×10^{-15}	正态	1	5.0×10^{-15}
GNSS 时间频率传递测量抖动（比对链路）	A	8.1×10^{-15}	正态	1	8.1×10^{-15}
电离层和对流层延迟补偿影响（比对链路）	B	2.4×10^{-14}	正态	1	2.4×10^{-14}
电缆转接头延迟误差影响（被校准端）	B	1.2×10^{-15}	正态	1	1.2×10^{-15}
电缆转接头延迟误差影响（参考端）	B	1.2×10^{-15}	正态	1	1.2×10^{-15}
轨道误差影响（比对链路）	B	5.4×10^{-15}	矩形	$\sqrt{3}$	3.1×10^{-15}
固定点坐标误差影响（被校准端）	B	3.8×10^{-15}	矩形	$\sqrt{3}$	2.2×10^{-15}
固定点坐标误差影响（参考端）	B	3.8×10^{-15}	矩形	$\sqrt{3}$	2.2×10^{-15}
接收机环境多径影响（被校准端）	B	4.6×10^{-15}	矩形	$\sqrt{3}$	2.7×10^{-15}
接收机环境多径影响（参考端）	B	4.6×10^{-15}	矩形	$\sqrt{3}$	2.7×10^{-15}

参考以上主要不确定度来源及实际校准结果，最终单次测量频率偏差的合成不确定度 $u_c [y_{AB}(\tau=1\text{ d})]$ 为 3.6×10^{-14} ，扩展不确定度 $U [y_{AB}(\tau=1\text{ d})]$ 为 7.2×10^{-14} ($k=2$)。

C.4 频率日漂移校准的不确定度

在 k_{AB} 计算中由于数据拟合引入的不确定度为：

$$u(\text{fit}) = \frac{1}{\sqrt{N-2}} \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^N [\Delta y_{\text{ABl}}(\tau)]^2}{\sum_{l=1}^N (l - \bar{l})^2}} \quad (\text{C.5})$$

$\Delta y_{\text{ABl}}(\tau)$ 为频率残差，按下式计算。

$$\Delta y_{\text{ABl}}(\tau) = y_{\text{ABl}}(\tau) - [\bar{y}_{\text{AB}}(\tau) + k_{\text{AB}}(l - \bar{l})] \quad (\text{C.6})$$

频率漂移校准的不确定度，应计算斜率的不确定度和拟合引入的不确定度的合成不确定度：

$$u^2(k_{\text{AB}}) = \frac{\left(\frac{N-1}{N}\right)^2}{\sum_{l=1}^N (l^2 - \bar{l}^2)} u^2[y_{\text{ABl}}(\tau)] + u^2(\text{fit}) \quad (\text{C.7})$$

$y_{\text{ABl}}(\tau)$ 的不确定度主要来源如表 C.5 所示。

表 C.5 $y_{\text{ABl}}(\tau)$ 不确定度来源

不确定度来源	评定方法	值	分布	因子	标准不确定度
参考时间频率源的频率不准确性	B	2.0×10^{-14}	正态	1	2.0×10^{-14}
参考时间频率源的频率不稳定性	B	7.0×10^{-15}	正态	1	7.0×10^{-15}
电缆、转接头稳定性	B	1.0×10^{-14}	正态	1	1.0×10^{-14}
数据修约	B	5.0×10^{-15}	正态	1	5.0×10^{-15}
GNSS 时间频率传递测量抖动（比对链路）	A	8.1×10^{-15}	正态	1	8.1×10^{-15}
电离层和对流层延迟补偿影响（比对链路）	B	2.4×10^{-14}	正态	1	2.4×10^{-14}
电缆转接头延迟误差影响（被校准端）	B	1.2×10^{-15}	正态	1	1.2×10^{-15}
电缆转接头延迟误差影响（参考端）	B	1.2×10^{-15}	正态	1	1.2×10^{-15}
轨道误差影响（比对链路）	B	5.4×10^{-15}	矩形	$\sqrt{3}$	3.1×10^{-15}
固定点坐标误差影响（被校准端）	B	3.8×10^{-15}	矩形	$\sqrt{3}$	2.2×10^{-15}
固定点坐标误差影响（参考端）	B	3.8×10^{-15}	矩形	$\sqrt{3}$	2.2×10^{-15}
接收机环境多径影响（被校准端）	B	4.6×10^{-15}	矩形	$\sqrt{3}$	2.7×10^{-15}
接收机环境多径影响（参考端）	B	4.6×10^{-15}	矩形	$\sqrt{3}$	2.7×10^{-15}

参考以上主要不确定度来源及实际校准结果，最终单次测量频率日漂移率校准的不确定度的合成不确定度 $u_c(k_{AB})$ 为 2.1×10^{-15} ，扩展不确定度 $U(k_{AB})$ 为 4.2×10^{-15} ($k=2$)。

C.5 频率稳定度校准的不确定度

频率稳定度随平均时间不同而不同，频率稳定度 $\sigma_y(\tau=960\text{ s})$ 由 GNSS 时间频率远程校准给出，结果如表 C.6 所示。

表 C.6 960 s 频率稳定度校准结果

次数	频率稳定度
1	$7.1 \times 10^{-11} / 960\text{ s}$

$\sigma_y(\tau=960\text{ s})$ 校准不确定度评定过程中，有限次测量引入的不确定度可由式 (C.8) 计算。

$$u_r = \frac{\sigma_y(\tau=960\text{ s})}{\sqrt{N_x}} \quad (\text{C.8})$$

式中， N_x 为计算 $\sigma_y(\tau=960\text{ s})$ 时的时差测量数量。本例中， N_x 为 100。

本例中， $\sigma_y(\tau=960\text{ s})$ (ADEV) 的不确定度主要来源如表 C.7 所示。

表 C.7 $\sigma_y(\tau=960\text{ s})$ 不确定度来源

不确定度来源	评定方法	值	分布	因子	标准不确定度
参考时间频率源的频率不稳定性	B	4.0×10^{-15}	正态	1	4.0×10^{-15}
有限次限量	B	7.1×10^{-12}	正态	1	7.1×10^{-12}
GNSS 时间频率传递测量抖动 (比对链路)	A	5.0×10^{-14}	正态	1	5.0×10^{-14}

参考以上主要不确定度来源及实际校准结果，最终单次测量频率稳定度的合成不确定度 $u_c[\sigma_y(\tau=960\text{ s})]$ 为 8×10^{-12} ，扩展不确定度 $U[\sigma_y(\tau=960\text{ s})]$ 为 1.6×10^{-11} ($k=2$)。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 计 量 技 术 规 范
时 间 与 频 率 标 准 远 程 校 准 规 范

JJF 1206—2018

国家市场监督管理总局发布

*

中 国 标 准 出 版 社 出 版 发 行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址: www.spc.org.cn

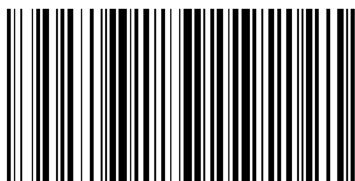
服务热线: 400-168-0010

2019 年 6 月第一版

*

书号: 155066 · J-3375

版权专有 侵权必究



JJF 1206—2018