



中华人民共和国国家计量检定系统表

JJG 2007—2015

时间频率计量器具

Time and Frequency Measuring Instruments

2015-12-07 发布

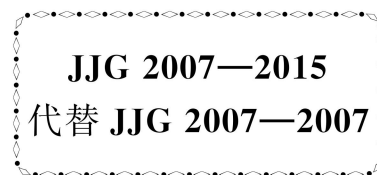
2016-06-07 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

时间频率计量器具

检定系统表

Verification Scheme of Time and
Frequency Measuring Instruments



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：上海计量测试技术研究院

航天科工集团二院 203 所

本检定系统表委托全国时间频率计量技术委员会负责解释

本检定系统表主要起草人：

张爱敏（中国计量科学研究院）

梁 坤（中国计量科学研究院）

参加起草人：

董 莲（上海计量测试技术研究院）

葛 军（航天科工集团二院 203 所）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 计量基准	(1)
3.1 名称和量值	(1)
3.2 频率不确定度及时间偏差	(1)
3.3 传递方法	(2)
4 计量标准	(3)
4.1 名称和量值	(3)
4.2 频率偏差及时间偏差	(3)
4.3 传递方法	(3)
5 工作计量器具	(4)
5.1 典型工作计量器具的名称和测量范围	(4)
5.2 工作计量器具的频率偏差与时间偏差	(4)
6 时间频率计量器具检定系统表框图	(5)

引 言

本检定系统表是以 JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1104—2003《国家计量检定系统表编写规则》及 JJF 1002—2010《国家计量检定规程编写规则》为依据对 JJG 2007—2007 版进行修订的。

与 JJG 2007—2007《时间频率计量器具检定系统表》相比，除编辑性修改外，主要技术内容有如下变化：

——不再使用频率准确度的概念，在基准层面使用频率不确定度，标准及工作计量器具使用最大允许频率偏差；

——对计量基准名称及技术指标进行了修订；

——计量基准传递方法中，对于频率传递，直接测量补充了频标比对器方法；远程传递补充了卫星双向时间频率传递及光纤时间频率传递方法；

——补充了原子时标标准；

——计量标准传递方法中，补充了时间频率远程传递方法；对于频率直接测量补充了时差测量仪及比相仪方法；

——工作计量器具增加了 GNSS 接收机、GNSS 信号模拟器。

本检定系统表历次版本发布情况：

——JJG 2007—2007；

——JJG 2007—1987。

时间频率计量器具检定系统表

1 范围

本检定系统表适用于时间频率量值传递，包括时间频率量值由时间频率计量基准通过计量标准到工作计量器具的传递关系、量值传递方法及量值传递时的测量能力。在开展校准时，也可作为量值溯源的依据。

2 引用文件

JJF 1001 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 1180 时间频率计量名词术语及定义

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本系统表，凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本检定系统表。

3 计量基准

3.1 名称和量值

时间频率计量基准包括秒长国家计量基准（以下简称秒长基准）及原子时标国家计量基准（以下简称原子时标基准）。

3.1.1 秒长基准

秒长基准是直接复现秒定义的物理装置，目前为 NIM5 激光冷却铯原子喷泉钟，主要用途为：

- 1) 参与国际原子时的产生；
- 2) 直接校准原子时标基准的秒长。

秒长基准的输出频率为 9 192 631 770 Hz。

3.1.2 原子时标基准

原子时标基准由一组连续工作的原子钟、内部比对系统及外部比对系统组成，通过全球导航卫星系统（GNSS）时间频率传递及卫星双向时间频率传递（TWSTFT）参加国际计量局（BIPM）组织的国际原子时（TAI）合作，建立和保持标准时间，代号为 UTC（NIM）。

UTC（NIM）给出 5 MHz、10 MHz 和 100 MHz 标准频率信号、1 PPS 标准时间信号及北京时间。

注：全球导航卫星系统（GNSS）目前包括美国的 GPS、俄罗斯的 GLONASS、欧盟的 Galileo 及中国的 BDS（北斗）。

3.2 频率不确定度及时间偏差

3.2.1 秒长基准频率不确定度

多种物理及技术因素造成秒长基准的频率复现值偏离定义值。评定出各项因素造成

的偏离值及其不确定度，将偏离值修正，得到秒长基准的频率，合成标准不确定度即为秒长基准的频率不确定度。秒长基准的频率不确定度为 1.5×10^{-15} ($k=1$) (2014 年评定)。

3.2.2 原子时标基准频率不确定度及时间偏差

3.2.2.1 原子时标基准频率不确定度

原子时标基准频率不确定度优于 5×10^{-15} ($k=1$)，主要传递途径为：

1) 用 TAI 传递

利用 GNSS 时间频率传递及 TWSTFT 参加国际原子时合作，从 BIPM 每月的时间公报上得到 UTC (NIM) 相对 UTC 的频率偏差。TAI 频率不确定度优于 5×10^{-16} ($k=1$)，调整 UTC (NIM) 的速率，保持其频率不确定度 5×10^{-15} 。

2) 用秒长基准传递

用一台氢原子钟（也称飞轮钟）作媒介，同时测出氢原子钟相对秒长基准和 UTC (NIM) 的相对频率偏差，通过计算得到 UTC (NIM) 相对秒长基准的相对频率偏差，调整 UTC (NIM) 的速率，保持其频率不确定度 5×10^{-15} 。

3.2.2.2 时间偏差

UTC (NIM) 与 UTC 的时间偏差由 BIPM 的时间公报上得到，通过相位微跃器调整使其保持在 ± 10 ns 以内，偏差的不确定度为 5 ns ($k=1$)。

3.3 传递方法

时间频率量值通过原子时标基准（作为参考源）向下级进行传递。

3.3.1 频率传递

3.3.1.1 直接测量

(1) 使用时差测量仪或比相仪

使用时差测量仪或比相仪测量被测源与参考源的时差，求出相对频率偏差。测量仪单次测量的不确定度为 1 ns ($k=2$)，对于 1 天的平均时间，相对频率偏差的测量不确定度为 2×10^{-14} ($k=2$)。

(2) 使用频标比对器

使用频标比对器测量被测源与参考源的相对频率偏差，取样时间为 100 s 时，测量不确定度达 6×10^{-15} ($k=2$)。

3.3.1.2 远程传递

使用 GNSS 时间频率传递、TWSTFT 或光纤时间频率传递等技术对时间频率标准进行远程测量。平均时间为一天，相对频率偏差的测量不确定度可达 $6 \times 10^{-14} \sim 2 \times 10^{-17}$ ($k=2$)。

3.3.2 时间传递

3.3.2.1 直接测量

用时差测量仪直接测量被测时间源的秒信号与标准时间秒信号的时差，测量不确定度为 1 ns ($k=2$)。

3.3.2.2 远程传递

(1) 通过 GNSS 时间频率传递、TWSTFT 或光纤时间传递系统

标准时间信号可通过 GNSS 时间频率传递、TWSTFT 或光纤时间传递系统实现远程传递，不确定度为 (1~10) ns ($k=2$)。

(2) 通过互联网和电话网

标准时间信号也可通过互联网和电话网进行远程传递，互联网时间传递的不确定度为 $1\ \mu\text{s}\sim 100\ \text{ms}$ ($k=2$)，电话网时间传递的不确定度为 $10\ \text{ms}$ ($k=2$)。

4 计量标准

4.1 名称和量值

4.1.1 名称

4.1.1.1 原子时标标准

通过守时系统产生并保持标准时间和频率的装置。

4.1.1.2 原子频率标准

基于原子跃迁理论制造的频率标准（以下简称频标）。包括铯原子频标、氢原子频标、铷原子频标。

4.1.1.3 石英晶体频标

用高稳定石英晶体振荡器制成的独立使用的频标。

4.1.1.4 GNSS 控制的频标

包括 GNSS 控制的铷原子频标和 GNSS 控制的石英晶体频标。

4.1.2 量值

原子时标标准通常给出 $5\ \text{MHz}$ 、 $10\ \text{MHz}$ 或 $100\ \text{MHz}$ 频率信号、 $1\ \text{PPS}$ 时间信号及北京时间。

频标通常给出 $5\ \text{MHz}$ 、 $10\ \text{MHz}$ 或 $100\ \text{MHz}$ 频率信号。

4.2 频率偏差及时间偏差

原子时标标准相对频率偏差优于 $\pm 2 \times 10^{-13}$ ；与 UTC (NIM) 的时间偏差优于 $\pm 100\ \text{ns}$ 。

铯原子频标和氢原子频标的相对频率偏差在 $\pm 1 \times 10^{-11} \sim \pm 5 \times 10^{-13}$ 范围内。

铷原子频标的相对频率偏差在 $\pm 1 \times 10^{-10} \sim \pm 5 \times 10^{-11}$ 范围内，GNSS 控制的铷原子频标的相对频率偏差优于 $\pm 1 \times 10^{-12}$ （平均时间为 1 天）。

石英晶体频标的相对频率偏差在 $\pm 5 \times 10^{-8} \sim \pm 1 \times 10^{-9}$ 范围内，GNSS 控制的石英晶体频标的相对频率偏差优于 $\pm 1 \times 10^{-12}$ （平均时间为 1 天）。

4.3 传递方法

时间频率量值可通过时间频率标准（作为参考源）向工作计量器具进行传递。

4.3.1 频率传递

4.3.1.1 直接测量

(1) 使用高分辨力频率计数器

用高分辨力频率计数器直接测量被测源的频率。计数器可采用原子频标或石英晶体频标作为外频标。

测量不确定度为 $1 \times 10^{-8} \sim 1 \times 10^{-11}$ ($k=2$)。

(2) 使用时差测量仪或比相仪

同 3.3.1.1 (1)。

(3) 使用频标比对器

同 3.3.1.1 (2)。

4.3.1.2 远程传递

同 3.3.1.2。

4.3.2 时间传递

4.3.2.1 直接测量

同 3.3.2.1。

4.3.2.2 远程传递

(1) 同 3.3.2.2 (1)。

(2) 同 3.3.2.2 (2)。

(3) 通过长、短波授时系统。

标准时间信号可通过长、短波授时系统进行远程传递，长波授时不确定度为 $1\ \mu\text{s}$ ($k=2$)，短波授时不确定度为 $1\ \text{ms}$ ($k=2$)。

5 工作计量器具

时间频率工作计量器具分两大类：时间频率发生器和时间频率测量仪。前者产生频率、时间间隔或时刻信号，后者用于测量频率和时间间隔。时间频率量值传递的主要任务就是检定、校准计量器具内标准源的时间频率偏差和稳定度，其他计量性能指标的检定不归属本检定系统表。

5.1 典型工作计量器具的名称和测量范围

5.1.1 频率合成器

也称为合成信号发生器，频率范围为 $1\ \mu\text{Hz}\sim 110\ \text{GHz}$ 。频率合成器亦包括 GNSS 信号模拟器。

5.1.2 时间合成器

产生各种时间间隔，信号形式均为脉冲。以正（负）脉冲间隔或正（负）脉冲宽度给出时间间隔，时间间隔范围为 $1\ \text{ns}\sim 10^4\ \text{s}$ 。

5.1.3 频率计数器

频率测量范围为 $1\ \mu\text{Hz}\sim 110\ \text{GHz}$ 。

5.1.4 时差测量仪

可测量两脉冲间的时间间隔和脉冲宽度，范围为 $1\ \text{ns}\sim 10^4\ \text{s}$ 。

5.1.5 GNSS 接收机（时间测量型）

可接收一种或多种 GNSS 信号，产生标准 1PPS 信号。

5.1.6 通用时钟

包括标准数字时钟、电视台和广播电台报时钟、计算机时钟及其他时钟等，产生北京时间或 1PPS 信号。

5.2 工作计量器具的频率偏差与时间偏差

工作计量器具内频率源大都为晶振，从普通晶振、温补晶振到恒温晶振，频率通常为 $5\ \text{MHz}$ 或 $10\ \text{MHz}$ ，相对频率偏差从 $\pm 1\times 10^{-5}$ 到 $\pm 5\times 10^{-9}$ ，如内部频率源为铷振荡器，相对频率偏差一般优于 $\pm 1\times 10^{-10}$ 。

GNSS 接收机时间偏差通常为 $10\ \text{ns}\sim 2\ \mu\text{s}$ ，通用时钟时间偏差通常为 $100\ \text{ns}\sim 3\ \text{s}$ 。

6 时间频率计量器具检定系统表框图 (见下图)

时间频率计量器具检定系统表框图

