

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-XXXX

数字式时钟校准规范

Calibration Specification of Digital Clocks

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

数字式时钟校准规范

Calibration Specification of
Digital Clocks

JJF XXXX—XXXX

归口单位：全国时间频率计量技术委员会

主要起草单位：湖南省计量检测研究院

贵州省计量测试院

参加起草单位：河南省计量科学研究院

长沙天穹电子有限公司

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：

X X (X X X X X X X)

X X (X X X X X X X)

X X (X X X X X X X)

参加起草人：

X X (X X X X X X X)

X X (X X X X X X X)

X X (X X X X X X X)

X X (X X X X X X X)

目 录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 概述.....	1
4 计量特性.....	2
4.1 当前时刻误差.....	2
4.2 输出 1PPS 相对于标准时间偏差.....	2
4.3 相对频率偏差.....	2
4.4 日差.....	2
5 校准条件.....	3
5.1 环境条件.....	3
5.2 测量标准及其他设备.....	3
6 校准项目和校准方法.....	4
6.1 校准项目.....	4
6.2 校准方法.....	4
7 校准结果表达与处理.....	6
7.1 校准记录.....	6
7.2 校准结果的处理.....	6
8 复校时间间隔.....	7
附录 A 不确定度评定示例.....	8
附录 B 校准记录格式.....	15
附录 C 校准证书内页格式.....	16

引 言

本规范根据 JJF 1001 《通用计量术语及定义》、JJF 1071-2010 《国家计量校准规范编写规则》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制定工作的基础性文件。

数字式时钟校准规范

1 范围

本规范适用于具有日期和时间显示功能的自主运行型数字式时钟、以太网授时型数字式时钟、通信基站授时型数字式时钟、卫星授时型数字式时钟和总线授时型数字式时钟的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 180 电子测量仪器内石英晶体振荡器

JJG 237 秒表

JJG 488-2018 瞬时日差测量仪

JJG 1010 电子停车计时收费表

JJF 1724-2018 时码发生器校准规范

JJF 1900-2021 停车场电子计时装置检定仪校准规范

JJF 1901-2021 指针式精密时钟校准规范

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 概述

数字式时钟是以数字形式显示当前时刻（包含年、月、日、时、分、秒）的装置，由时间同步单元、控制单元、显示单元和主振器组成。控制单元接收时间同步单元的同步信号对本地时间进行同步，将同步后的当前时刻输出至显示单元进行显示；时间同步单元未接收到外部同步信号时，数字式时钟的本地时间由主振器保持。

数字式时钟按时间同步方式可分为自主运行型、以太网授时型（含有线和WIFI）、通信基站授时型、卫星授时型和总线授时型数字式时钟，广泛应用于医疗、交通、公安、教育、电力等领域。自主运行型数字式时钟通常不具备时间自动同步功能，需人工调整当前时刻，由内部主振器进行时间保持；以太网授时型数字式时钟通过以太网时间协议在局域网或互联网中获取时间；通信基站授时型数字式时钟通过移动通信网络获取

时间；卫星授时型数字式时钟接收卫星信号进行时间同步；总线授时型数字式时钟通常采用 RS-485 总线进行时间同步。

数字式时钟工作原理框图如图 1 所示。

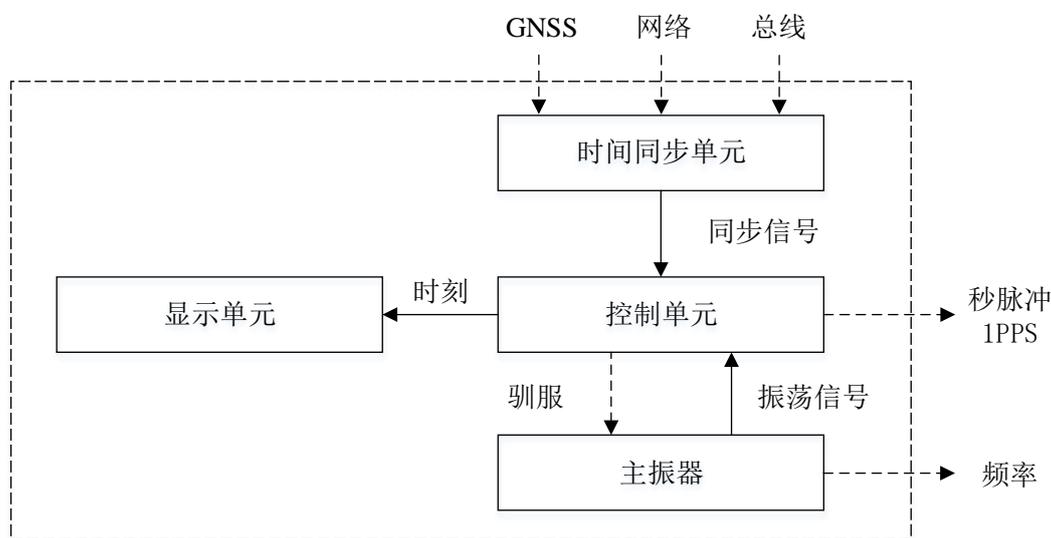


图 1 数字式时钟工作原理框图

4 计量特性

4.1 当前时刻误差

当前时刻误差见表1。

表1 当前时刻误差

分辨力	当前时刻误差
1 min	± 2 min
1 s	± 3 s
0.1 s	± 1 s
0.01 s	± 0.1 s

4.2 输出1PPS相对于标准时间偏差

± 20 μ s。

4.3 相对频率偏差

$\pm (1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-10})$ 。

4.4 日差

± 0.5 s。

注：以上指标仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度

(15~30) °C。

5.1.2 环境湿度

相对湿度：≤80%。

5.1.3 供电电源

电压及频率：220 V±22 V，50 Hz±1 Hz。

5.1.4 其他

周围无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械震动。

5.2 测量标准及其他设备

5.2.1 数字式时钟校准装置

具备1PPS信号输出，时间偏差绝对值优于100 ns，或可外接参考时标。

显示分辨力优于被校数字式时钟一个数量级。

拍摄帧率不低于1920帧/秒。

5.2.2 参考时标

时间偏差绝对值优于100 ns。

具备1PPS信号输出。

5.2.3 参考频标

输出频率为1 MHz、5 MHz、10 MHz。

相对频率偏差绝对值优于被校数字式时钟一个数量级。

5.2.4 通用计数器

频率测量范围10 Hz~100 MHz。

相对频率偏差绝对值优于被校数字式时钟一个数量级，或可外接参考频标。

5.2.5 时间间隔测量仪

时间间隔测量范围1 ns~1 s。

相对频率偏差绝对值优于被校数字式时钟一个数量级，或可外接参考频标。

5.2.6 其他设备

计算机。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目见表 2。

表2 数字式时钟校准项目一览表

序号	校准项目名称	校准方法的条款
1	外观及工作正常性检查	6.2.1
2	当前时刻误差	6.2.2
3	输出1PPS相对于标准时间偏差	6.2.3
4	相对频率偏差	6.2.4
5	日差	6.2.5

6.2 校准方法

6.2.1 外观及工作正常性检查

目测被校数字式时钟外观，仪器名称、型号、制造单位、出厂编号及输入输出接口标识清晰。通电后，仪器应正常显示时刻信息。

6.2.2 当前时刻误差

被校数字式时钟进行时间同步后，根据被校数字式时钟显示分辨力合理设置数字式时钟校准装置拍摄帧率，录制包含被校数字式时钟与标准时间的清晰视频，视频时长不小于 2 s，用计算机对录制的视频进行单帧播放，取被校数字式时钟秒跳变时的 1 帧图像，分别读出图像中的当前时刻信息，按式（1）计算当前时刻误差。

$$\Delta T = t_x - t_0 \quad (1)$$

式中：

ΔT ——当前时刻误差，s；

t_x ——被校数字式时钟当前时刻；

t_0 ——数字式时钟校准装置当前时刻。

注：自主运行型数字式时钟不需要进行当前时刻误差的校准。

6.2.3 输出 1PPS 相对于标准时间偏差

具备 1PPS 输出的被校数字式时钟，按图 2 连接仪器，被校数字式时钟进行时间同

步后，设置时间间隔测量仪通道 1、2 的触发电平为信号幅度的 50%，由时间间隔测量仪测得被校数字式时钟与数字式时钟校准装置 1PPS 的时间偏差数据，重复测量 3 次，取平均值作为被校数字式时钟输出 1PPS 相对于标准时间偏差。

注：自主运行型数字式时钟及不具备 1PPS 输出的数字式时钟不需要进行输出 1PPS 相对于标准时间偏差的校准。

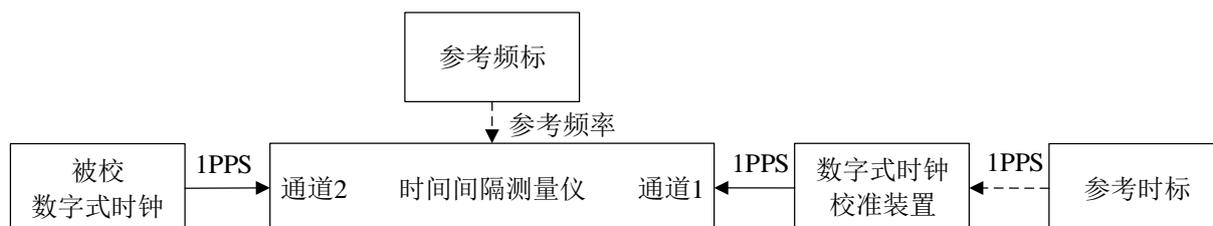


图 2 输出 1PPS 相对于标准时间偏差校准示意图

6.2.4 相对频率偏差

a) 方法一：直接测量法

具备频率信号输出的被校数字式时钟断开时间同步接口后再开机，并达到仪器说明书规定的预热时间，相对频率偏差按 JJG 180《电子测量仪器内石英晶体振荡器》进行校准。

b) 方法二：时差法

具备 1PPS 输出的被校数字式时钟，按图 2 连接仪器，被校数字式时钟断开时间同步接口后再开机，并达到仪器说明书规定的预热时间。设置时间间隔测量仪通道 1 及通道 2 的触发电平为信号幅度的 50%，由时间间隔测量仪测得被校数字式时钟与数字式时钟校准装置 1PPS 的时间偏差数据，测量结果为 ΔT_1 ，取样时间 $\tau \geq 10$ s，再次测量结果为 ΔT_2 ，按式（2）计算相对频率偏差。

$$y(\tau) = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\tau} \quad (2)$$

式中：

ΔT_1 、 ΔT_2 ——两次测量的时间偏差，s；

$y(\tau)$ ——相对频率偏差；

τ ——取样时间，s。

注：不具备 1PPS 输出和频率信号输出的数字式时钟不需要进行相对频率偏差的校准。

6.2.5 日差

a) 方法一：瞬时日差法

根据 6.2.4 的校准方法得到被校数字式时钟的相对频率偏差，按式(3)计算日差。

$$\Delta D = 86400 s \times y(\tau) \quad (3)$$

式中：

ΔD ——日差，s。

b) 方法二：直接测量法

根据 6.2.2 的校准方法得到被校数字式时钟的当前时刻误差 ΔT_a ，相隔 24 小时后按 6.2.2 的校准方法再次得到被校数字式时钟的当前时刻误差 ΔT_b ，按式(4)计算日差。

$$\Delta D = \Delta T_b - \Delta T_a \quad (4)$$

注：仅自主运行型数字式时钟需要进行日差的校准。

7 校准结果表达与处理

7.1 校准记录

校准记录格式参见附录 B。

7.2 校准结果的处理

校准证书内页格式参见附录 C，校准证书应至少包括以下内容：

- a) 标题，如“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（如证书编号），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（如型号、产品编号等）；
- g) 进行校准的日期或校准证书的生效日期；
- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称和代号；
- i) 校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及测量不确定度的说明；
- l) 校准员及核验员的签名；
- m) 校准证书批准人的签名；

- 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，不得部分复制证书或报告的声明。

8 复校时间间隔

建议复校时间间隔不超过 12 个月。

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

不确定度评定示例

A.1 数字式时钟当前时刻误差测量结果不确定度评定

A.1.1 概述

环境条件：温度 $(21.0 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $(60\% \sim 80\%)$ ；

测量标准及其他设备：数字式时钟校准装置；

被校对象：数字式时钟，显示分辨力为 1 s 。

A.1.2 测量方法

被校数字式时钟进行时间同步后，根据被校数字式时钟显示分辨力合理设置数字式时钟校准装置拍摄帧率，录制包含被校数字式时钟与标准时间的清晰视频，视频时长不小于 2 s ，用计算机对录制的视频进行单帧播放，取被校数字式时钟秒跳变时的 1 帧图像，分别读出图像中的当前时刻信息。

A.1.3 不确定度来源

测量不确定度主要来源包括：

- (1) 数字式时钟校准装置时间偏差引入的不确定度；
- (3) 被校数字式时钟显示分辨力引入的不确定度；
- (4) 测量重复性引入的不确定度；
- (5) 拍摄帧率引入的不确定度。

A.1.4 标准不确定度评定

- (1) 数字式时钟校准装置时间偏差引入的标准不确定度 u_1

数字式时钟校准装置时间偏差引入的不确定度按 B 类方法评定，与标准时间的的时间偏差不确定度为 44 ns ($k = 2$)，则：

$$u_1 = \frac{44 \text{ ns}}{2} = 22 \text{ ns} \quad (\text{A.1})$$

- (2) 被校数字式时钟显示分辨力引入的标准不确定度 u_2

被校数字式时钟显示分辨力为 1 s ，区间半宽度 $a = 0.5 \text{ s}$ ，视其为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.5 \text{ s}}{\sqrt{3}} = 0.29 \text{ s} \quad (\text{A. 2})$$

(3) 测量重复性引入的标准不确定度 u_3

对被校数字式时钟连续测量 10 次，测量结果如表 A. 1 所示。

表 A. 1 当前时刻误差测量结果

测量次数	1	2	3	4	5
测量结果/s	-0.23	-0.2	-0.23	-0.21	-0.22
测量次数	6	7	8	9	10
测量结果/s	-0.22	-0.23	-0.21	-0.22	-0.21

用贝塞尔法计算实验标准偏差为：

$$s(x) = 0.01 \text{ s} \quad (\text{A. 3})$$

故测量重复性引入的标准不确定度为：

$$u_3 = s(x) = 0.01 \text{ s} \quad (\text{A. 4})$$

由于测量重复性引入的不确定度小于被校数字式时钟显示分辨力引入的不确定度，故测量重复性引入的不确定度不参与合成标准不确定度的计算。

(4) 数字式时钟校准装置拍摄帧率引入的标准不确定度 u_4

数字式时钟校准装置拍摄帧率设置为每秒 1920 帧，每帧图像 0.52 ms，区间半宽度 $a=0.26 \text{ ms}$ ，视其为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_4 = \frac{a}{k} = \frac{0.26 \text{ ms}}{\sqrt{3}} = 0.15 \text{ ms} \quad (\text{A. 5})$$

A. 1.5 合成标准不确定度

标准不确定度汇总见表 A. 2。

表 A. 2 标准不确定度汇总表

不确定度来源	标准不确定度符号	标准不确定度
数字式时钟校准装置时间偏差	u_1	22 ns
被校数字式时钟显示分辨力	u_2	0.29 s
数字式时钟校准装置拍摄帧率	u_4	0.15 ms

以上各输入量彼此独立，合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_4^2} = 0.31 \text{ s} \quad (\text{A. 6})$$

A.1.6 扩展不确定度

$U = ku_c$ ，取包含因子 $k = 2$ ，则被校数字式时钟当前时刻误差的扩展不确定度为：

$$U = 2 \times 0.31 \text{ s} = 0.62 \text{ s} \quad (\text{A. 7})$$

A.2 数字式时钟相对频率偏差测量结果不确定度评定

A.2.1 概述

环境条件：温度 21.0 °C，相对湿度 65%；

测量标准：通用计数器、铷原子频率标准；

被测对象：被校数字式时钟；

测量方法：用通用计数器直接测量法，测量被校数字式时钟输出频率 10 MHz，取样时间 $\tau = 10 \text{ s}$ ，得出其相对频率偏差。

A.2.2 不确定度来源

测量不确定度主要来源包括：

- (1) 参考频标输出频率不准确引入的不确定度；
- (2) 参考频标输出频率不稳定引入的不确定度；
- (3) 测量重复性引入的不确定度。

A.2.3 标准不确定度评定

- (1) 参考频标输出频率不准确引入的标准不确定度 u_1

铷原子频率标准经量值溯源，其相对频率偏差为 5×10^{-11} ，按 B 类方法评定，区间半宽度 $a = 5 \times 10^{-11}$ ，视其为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_1 = \frac{a}{k} = \frac{5 \times 10^{-11}}{\sqrt{3}} = 2.89 \times 10^{-11} \quad (\text{A. 8})$$

- (2) 参考频标输出频率不稳定引入的标准不确定度 u_2

铷原子频率标准经量值溯源，证书上给出在取样时间 $\tau = 10 \text{ s}$ 时频率稳定度测量值为 3.0×10^{-12} ，则：

$$u_2 = 3.0 \times 10^{-12} \quad (\text{A. 9})$$

- (3) 测量重复性引入的标准不确定度 u_3

在相同环境条件下，对被校数字式时钟的相对频率偏差重复测量 10 次，用贝塞尔法计算实验标准偏差。重复性测量数据见表 A.3。

表 A.3 重复性测量数据

测量序号 n	相对频率偏差 x_i
1	4.68×10^{-8}
2	4.52×10^{-8}
3	4.86×10^{-8}
4	4.72×10^{-8}
5	4.46×10^{-8}
6	4.88×10^{-8}
7	4.62×10^{-8}
8	4.48×10^{-8}
9	4.66×10^{-8}
10	4.52×10^{-8}

测量结果的平均值:

$$\bar{x} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} x_i = 4.64 \times 10^{-8} \quad (\text{A. 10})$$

实验标准偏差:

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \approx 1.50 \times 10^{-9} \quad (\text{A. 11})$$

标准不确定度:

$$u_3 = s(x) = 1.50 \times 10^{-9} \quad (\text{A. 12})$$

A.2.4 合成标准不确定度

标准不确定度汇总见表 A.4。

表 A.4 标准不确定度汇总表

不确定度来源	标准不确定度符号	标准不确定度
参考频标输出频率不准确	u_1	2.89×10^{-11}
参考频标输出频率不稳定	u_2	3.0×10^{-12}
测量重复性	u_3	1.50×10^{-9}

以上各输入量彼此独立，互不相关，合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 1.51 \times 10^{-9} \quad (\text{A. 13})$$

A. 2.5 扩展不确定度

$U = ku_c$ ，取包含因子 $k=2$ ，由此得到被校数字式时钟相对频率偏差（10 MHz）的扩展不确定度为：

$$U = 2 \times 1.51 \times 10^{-9} = 3.02 \times 10^{-9} \quad (\text{A. 14})$$

A. 3 数字式时钟输出 1PPS 相对于标准时间偏差校准结果不确定度评定

A. 3.1 概述

环境条件：温度 21.0 °C，相对湿度 65%；

测量标准：数字式时钟校准装置、参考频标、时间间隔测量仪；

被测对象：被校数字式时钟；

测量方法：被校数字式时钟进行时间同步后，设置时间间隔测量仪通道 1、2 的触发电平为信号幅度的 50%，由时间间隔测量仪测得被校数字式时钟与数字式时钟校准装置 1PPS 的时间偏差数据，重复测量 3 次，取平均值作为被校数字式时钟输出 1PPS 相对于标准时间偏差。

A. 3.2 不确定度来源

测量不确定度主要来源包括：

- (1) 参考频标输出频率不准确引入的不确定度；
- (2) 数字式时钟校准装置时间偏差引入的不确定度；
- (3) 测量重复性引入的不确定度；
- (4) 时间间隔测量仪测量分辨力引入的不确定度。

A. 3.3 标准不确定度评定

- (1) 参考频标输出频率不准确引入的标准不确定度 u_1

铷原子频率标准经量值溯源，其相对频率偏差为 5×10^{-11} ，按 B 类方法评定，区间半宽度 $a = 5 \times 10^{-11} \times 1 \text{ s} = 50 \text{ ps}$ ，视其为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_1 = \frac{a}{k} = \frac{50 \text{ ps}}{\sqrt{3}} = 28.87 \text{ ps} \quad (\text{A. 15})$$

- (2) 数字式时钟校准装置时间偏差引入的标准不确定度 u_2

数字式时钟校准装置时间偏差引入的不确定度按 B 类方法评定，与标准时间的的时间偏差不确定度为 44 ns ($k = 2$)，则：

$$u_2 = \frac{44 \text{ ns}}{2} = 22 \text{ ns} \quad (\text{A. 16})$$

(3) 测量重复性引入的标准不确定度 u_3

在相同环境条件下，对被校数字式时钟的相对频率偏差重复测量 10 次，用贝塞尔法计算实验标准偏差。重复性测量数据见表 A.5。

表 A.5 重复性测量数据

测量序号 n	输出 1PPS 相对于标准时间偏差 x_i
1	5.851 μs
2	5.836 μs
3	5.834 μs
4	5.843 μs
5	5.870 μs
6	5.868 μs
7	5.853 μs
8	5.808 μs
9	5.803 μs
10	5.836 μs

实验标准偏差：

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 23 \text{ ns} \quad (\text{A. 17})$$

标准不确定度：

$$u_3 = \frac{s(x)}{\sqrt{3}} = 13.3 \text{ ns} \quad (\text{A. 18})$$

(4) 时间间隔测量仪测量分辨力引入的标准不确定度 u_4

根据 SR620 时间间隔计数器说明书得到计数器的时间间隔测量分辨力为 25 ps，按 B 类方法评定，视其为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，其引入的不确定度为：

$$u_4 = \frac{25 \text{ ps}}{2\sqrt{3}} = 7.22 \text{ ps} \quad (\text{A. 19})$$

由于测量重复性引入的不确定度大于时间间隔测量仪测量分辨力引入的不确定度，故时间间隔测量仪测量分辨力引入的不确定度不参与合成标准不确定度的计算。

A. 3. 4 合成标准不确定度

标准不确定度汇总见表 A.6。

表 A. 6 标准不确定度汇总表

不确定度来源	标准不确定度符号	标准不确定度
参考频标输出频率不准确	u_1	28.87 ps
数字式时钟校准装置时间偏差	u_2	22 ns
测量重复性	u_3	13.3 ns

以上各输入量彼此独立，互不相关，合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 25.71 \text{ ns} \quad (\text{A. 20})$$

A. 3. 5 扩展不确定度

$U = ku_c$ ，取包含因子 $k=2$ ，由此得到被校数字式时钟输出 1PPS 相对于标准时间偏差的扩展不确定度为：

$$U = 2 \times 25.71 \text{ ns} \approx 52 \text{ ns} \quad (\text{A. 21})$$

A. 4 数字式时钟日差校准结果不确定度评定

日差校准结果不确定度评定结果与当前时刻误差校准结果不确定度评定结果相同。

注：以上不确定度评定示例中，当测量环境符合环境校准要求时，环境影响引入的不确定度分量可以忽略不计，不再单独列出。

附录 B

校准记录格式

第 页 共 页

B.1 外观及工作正常性检查：

B.2 当前时刻误差：

数字式时钟当前时刻	数字式时钟校准装置当前时刻	当前时刻误差	不确定度 U ($k=2$)

B.3 输出 1PPS 相对于标准时间偏差：

实测平均值	不确定度 U ($k=2$)

B.4 相对频率偏差：

相对频率偏差	取样时间/s	不确定度 U ($k=2$)

B.5 日差：

日差	不确定度 U ($k=2$)

校准员：

核验员：

日期： 年 月 日

附录 C

校准证书内页格式

证书编号 XXXXXX-XXXX

校准机构授权说明：				
校准环境条件及地点：				
温 度	℃	地 点		
相对湿度	%	其 它		
校准所依据的技术文件（代号、名称）：				
校准所使用的主要测量标准：				
名 称	测量范围	不确定度/准确度等级	证书编号	证书有效期至 (YYYY-MM-DD)

第 X 页 共 X 页

校准结果

1 外观及工作正常性检查：

2 当前时刻误差：

数字式时钟当前时刻	数字式时钟校准装置当前时刻	当前时刻误差	不确定度 U ($k=2$)

3 输出 1PPS 相对于标准时间偏差：

实测平均值	不确定度 U ($k=2$)

4 相对频率偏差：

相对频率偏差	取样时间/s	不确定度 U ($k=2$)

5 日差：

日差	不确定度 U ($k=2$)

以下空白

说明：

根据客户要求和校准文件的规定，通常情况下_____个月校准一次。

声明：

1. 仅对加盖“XXXXX 校准专用章”的完整证书负责。
2. 本证书的校准结果仅对本次所校准的计量器具有效。

