

JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXXX—XXXX

交通监控系统检测用车载时钟
校准规范

Calibration Specification for Vehicle mounted clock
of Traffic Monitoring Systems detection

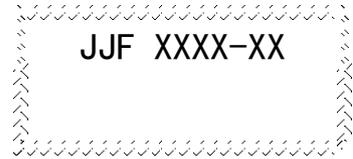
(征求意见稿)

XXXX—XX—XX发布 XXXX—XX—XX实施

国家市场监督管理总局 发布

交通监控系统检测用车载时钟 校准规范

Calibration Specification for Vehicle
mounted clock of Traffic Monitoring Systems



detection

归口单位：全国时间频率计量技术委员会

主要起草单位：大连计量检验检测研究院有限公司

参加起草单位：

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（大连计量检验检测研究院有限公司）

参加起草人：

X X X（起草人所在单位名称）

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 转换系数.....	1
4 概述.....	1
5 计量特性.....	2
5.1 当前时刻.....	2
5.2 秒脉冲.....	2
6 校准条件.....	3
6.1 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.....	8
附录 A 校准记录格式.....	9
附录 B 校准证书(报告)内页格式.....	10
附录 C 校准结果的不确定度评定示例.....	11

引言

JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001《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制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

交通监控系统检测用车载时钟校准规范

1 范围

本规范适用于交通监控系统检测用车载时钟的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1180 时间频率计量名词术语及定义

JJF 1403 全球导航卫星系统（GNSS）接收机（时间测量型）校准规范

JJF 1612 非接触式测距测速仪校准规范

JJF 1980 道路交通技术监控系统时间参数校准规范

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于该规范；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 转换系数 conversion coefficient

光电传感器输出信号（脉冲数）与测量距离的转换关系，用 K 表示，单位为 Pulses/m。

4 概述

交通监控系统检测用车载时钟（以下简称车载时钟）是安装于车辆上，可以即时显示当前时刻（北京时间）、行车时长（时间间隔）、车辆速度、行车距离等行驶参数，主要用于交通监控系统的时刻、时长、速度和距离参数的检测。车载时钟由时钟模块、信号采集模块、控制计算模块、显示模块和电源模块组成，组成框图如图 1 所示。

车载时钟通过 GNSS 接收机获取标准时间信息，解码并对主振器进行锁定和驯服，提供高性能的标准时间；通过接收光电传感器输出信号，计算车辆行进距离；同时结合时钟系统，计算车辆瞬时速度。并将车辆速度、行车距离、当前时刻和行车时长（时间间

隔)等数据在显示模块全部或部分即时、同屏显示。

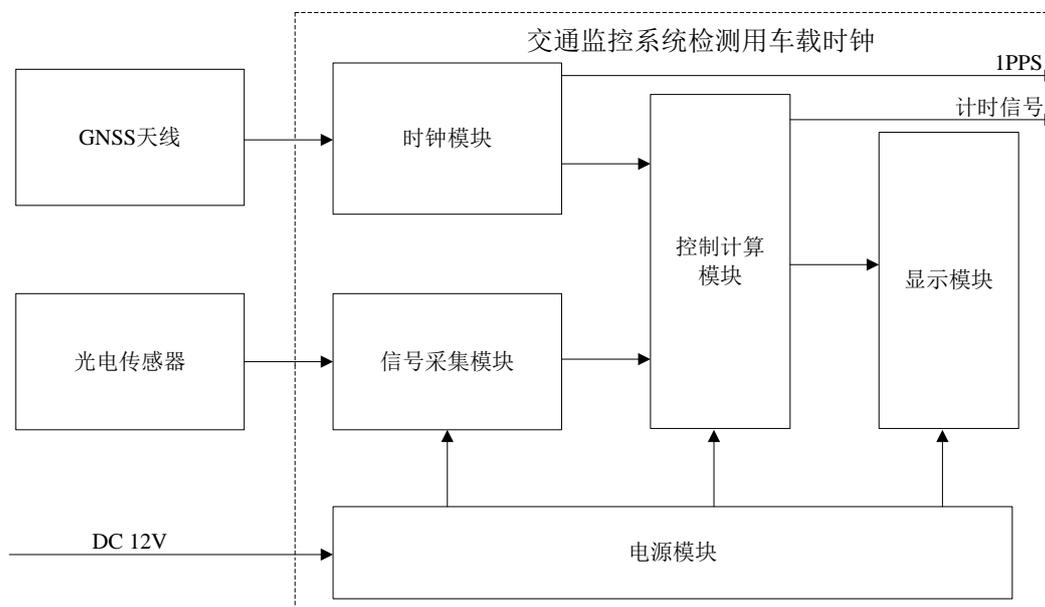


图 1 交通监控系统检测用车载时钟组成框图

5 计量特性

5.1 当前时刻

最大允许误差： $\pm 1.0\text{s}$ 。

5.2 秒脉冲

秒脉冲定时最大允许偏差： $\pm 100\ \mu\text{s}$ 。

注：“+”表示车载时钟秒脉冲超前参考秒脉冲，“-”表示车载时钟秒脉冲滞后参考秒脉冲。

5.3 时间间隔

5.3.1 测量范围： $0.1\text{s}\sim 99\ 999.9\ \text{s}$ 。

5.3.2 最大允许误差： $\pm (\Delta + A \cdot T)$ ，其中 Δ 为内部晶体振荡器以外因素引入的最大误差，由仪器说明书给出； A 为内部晶体振荡器相对频率偏差； T 为时间间隔。

5.4 模拟距离

5.4.1 测量范围： $0.1\ \text{m}\sim 99\ 999.9\ \text{m}$ 。

5.4.2 最大允许误差： $\pm 0.5\%$ 。

5.5 模拟速度

5.5.1 测量范围： $0.1\ \text{km/h}\sim 200.0\ \text{km/h}$ 。

5.5.2 最大允许误差： $\pm 0.5\%$ 。

注：以上指标不适用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度： $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 之间任选一点，校准过程中环境温度变化不超过 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

6.1.2 相对湿度： $\leq 80\%$ 。

6.1.3 电源电压及频率： $(220 \pm 22)\text{V}$ ， $(50 \pm 1)\text{Hz}$ 。

6.1.4 周围无影响正常校准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 参考时间频率源

数字显示时、分、秒的北京时间，显示分辨力应优于被校车载时钟分辨力 1/10，当前时刻与原子时标国家计量基准的时间偏差应优于被校车载时钟一个数量级；可输出 5 MHz 或 10 MHz、1PPS 信号，频率稳定度应优于被校车载时钟内部晶振频率稳定度的三分之一，其他技术指标如相对频率偏差、1PPS 定时偏差等应优于被校车载时钟相应指标一个数量级。

6.2.2 通用计数器

应有外接频标功能，频率和时间间隔的测量范围应覆盖被校车载时钟相应项目的测量范围，测量误差应优于被校车载时钟相应项目指标一个数量级。

6.2.3 函数发生器

可输出脉冲信号，频率范围应满足转换后可覆盖车载时钟模拟速度测量范围，电平范围应可触发车载时钟显示，频率输出误差应优于车载时钟速度测量误差一个数量级。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

车载时钟的校准项目见表 1。

表 1 校准项目一览表

序号	校准项目	计量特性条款	校准方法条款
1	外观及工作正常性	/	7.2.1
2	当前时刻	5.1	7.2.2
3	秒脉冲	5.2	7.2.3
4	时间间隔	5.3	7.2.4

5	模拟距离	5.4	7.2.5
6	模拟速度	5.5	7.2.6

7.2 校准方法

7.2.1 外观及工作正常性检查

7.2.1.1 检查车载时钟的外观和附件，车载时钟应具有仪器名称、型号、出厂编号、生产厂商等标识，外观不应有影响正常工作的机械损伤，附件应齐全。

7.2.1.2 车载时钟的输入、输出端口应安装牢固，显示应清晰完整，遥控器的按键应灵敏可靠。

7.2.1.3 车载时钟应能锁定 GNSS 信号，并成功同步时间。

7.2.1.4 车载时钟和所有测量标准设备，校准前均应按说明书和规定预热。

7.2.2 当前时刻

7.2.2.1 车载时钟锁定 GNSS 卫星信号，并成功同步时间后，同时记录车载时钟和参考时间频率源显示的当前时刻，按公式（1）计算车载时钟的当前时刻误差。

$$\Delta t = t - t_0 \quad (1)$$

式中：

Δt ——当前时刻误差，s；

t ——车载时钟显示的当前时刻；

t_0 ——参考时间频率源显示的当前时刻。

7.2.3 秒脉冲

7.2.3.1 仪器连接如图 2 所示，连接两台设备 1PPS 所用的测试电缆应同材料、等长度。

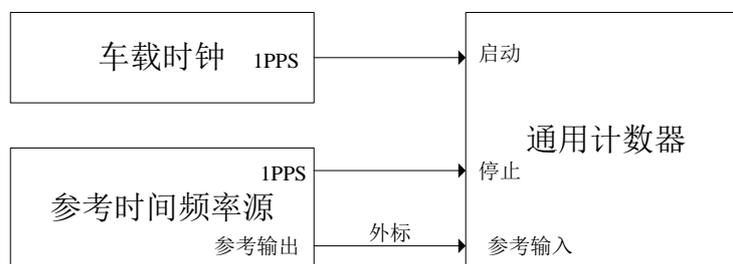


图 2 秒脉冲定时偏差校准接线图

7.2.3.2 通用计数器置时间间隔测量功能，在车载时钟锁定 GNSS 卫星信号，并同步成功后，将车载时钟的秒脉冲前沿作为开门信号接入通用计数器启动端，将参考时间频率源的秒脉冲前沿作为关闭信号接入通用计数器停止端，用通用计数器测量两秒脉冲间时间间隔为 T_A 。

7.2.3.3 将车载时钟和参考时间频率源设置为显示当前时刻。

a) 若车载时钟的秒先跳变, 则车载时钟秒脉冲定时偏差 $\Delta T_{1PPS} = T_A$; 若参考时间频率源的秒先跳变, 则车载时钟脉冲定时偏差按公式 (2) 计算。

$$\Delta T_{1PPS} = - (1s - T_A) \quad (2)$$

b) 若无法分辨出秒跳变先后顺序, 且 $T_A \leq 0.5s$ (T_A 接近 0s), 则车载时钟秒脉冲定时偏差 $\Delta T_{1PPS} = T_A$; 若 $T_A > 0.5s$ (T_A 接近 1s), 则车载时钟秒脉冲定时偏差按公式 (3) 计算。

$$\Delta T_{1PPS} = - (1s - T_A) \quad (3)$$

7.2.3.4 重复测量 ΔT_{1PPS} 三次, 取算术平均值作为车载时钟的秒脉冲定时偏差。

7.2.4 时间间隔

7.2.4.1 选点原则

一般在 3s、60s、180s、600s、900s、3600s 中选择 3~5 个时间间隔点作为校准点, 也可依据客户要求选择校准点。

7.2.4.2 时间间隔测量误差校准

仪器连接如图 3 所示。



图 3 时间间隔测量误差校准接线图

通用计数器参考输入端接参考时间频率源, 车载时钟计时信号输出端接通用计数器测量端, 依据车载时钟输出计时信号的方式和电平, 设置通用计数器。按选择的校准点, 启动车载时钟计时, 经过时间间隔 T 后停止计时, 用通用计数器测量其实际值为 T_0 , 按公式 (4) 计算车载时钟时间间隔测量误差。

$$\Delta T = T - T_0 \quad (4)$$

式中:

ΔT ——车载时钟时间间隔测量误差, s;

T ——车载时钟显示的时间间隔值, s;

T_0 ——通用计数器测量的时间间隔值, s。

7.2.4.3 改变校准点, 依次对其他校准点的时间间隔测量误差进行校准。

7.2.5 模拟距离

7.2.5.1 校准点的选择

一般按测量范围的高、中、低均匀选取 3~5 个距离值作为校准点，也可依据客户要求选择校准点。

7.2.5.2 咨询客户或查被校车载时钟说明书，确定为车载时钟提供距离参数光电传感器的转换系数 K 值，用函数发生器模拟测距信号，电路连接如图 4 所示。

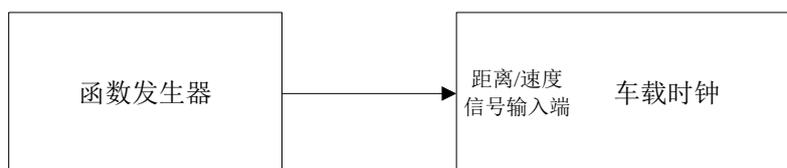


图 4 模拟距离校准示意图

7.2.5.3 依据校准距离值计算理论脉冲数量 $N=L*K$ 。

7.2.5.4 设置函数发生器为脉冲模式，信号电平置可触发车载时钟正常显示位置，输出脉冲数 N_0 个，在车载时钟上读取距离测量值 L ，按公式（5）计算车载时钟模拟距离测量误差。

$$\Delta L = L - \frac{N_0}{K} \quad \text{公式}$$

(5)

式中：

ΔL ——车载时钟模拟距离测量误差，m；

L ——车载时钟显示的距离值，m；

N ——函数发生器输出脉冲数，pulses；

K ——光电传感器的转换系数，pulses/m。

7.2.5.5 依据其他模拟距离校准点，改变函数发生器的输出脉冲数量，依次对其他模拟距离校准点进行校准。

7.2.6 模拟速度

7.2.6.1 校准点的选择

一般在测量范围的高、中、低均匀选取 3~5 个速度值作为校准点，也可依据客户要求选择校准点。

7.2.6.2 咨询客户或查被校车载时钟说明书，确定为车载时钟提供距离参数光电传感器的转换系数 K 值，用函数发生器模拟测速信号，电路连接如图 4 所示。

7.2.6.3 设置函数发生器为脉冲模式，输出频率 f ，信号电平置可触发车载时钟正常显示位置，在车载时钟上读取速度测量值 v ，按公式（6）计算车载时钟模拟速度测量误差。

$$\Delta v = v - \frac{f}{K} \quad \text{公式（6）}$$

式中：

Δv ——车载时钟模拟速度测量误差，km/h；

v ——车载时钟显示的速度值，km/h；

f ——函数发生器输出脉冲频率值，Hz；

K ——光电传感器的转换系数，pulses/m。

7.2.6.4 依据模拟速度校准点，改变函数发生器的频率值，依次对其他模拟速度校准点进行校准。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书（报告）上反映，校准证书（报告）应至少包括以下信息：

- 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和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 对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) 校准证书和校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；

p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

校准记录格式见附录 A，校准证书（报告）内页格式见附录 B。

9 复校时间间隔

建议车载时钟复校时间间隔为 1 年。由于复校时间间隔的长短由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定，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 校准记录格式

交通监控系统检测用车载时钟校准记录

委托单位名称 _____ 证书编号 _____
 制造单位 _____ 型号/规格 _____ 仪器编号 _____
 校准依据 _____ 校准地点 _____ 环境温度 ____℃ ; 相对湿度 ____%

标准器及配套设备:				
名称	型号/规格	准确度等级/不确定度/ 最大允许误差	证书编号及 溯源单位	有效期至

A.1 外观和工作正常性检查 _____

A.2 当前时刻

参考时间频率源 显示当前时刻	车载时钟显示当前时刻	误差/s	测量不确定度/s $U(k=2)$

A.3 秒脉冲

通用计数器测量值/s	车载时钟秒脉冲定时偏差/s	平均值/s	测量不确定度/s $U(k=2)$

A.4 时间间隔

标称值/s	实际值/s	误差/s	不确定度/s $U(k=2)$

A.5 模拟距离

转换系数 K	输入脉冲数 /Pluses	标准距离值 /m	车载时钟显示 值/m	误差/m	不确定度/m $U(k=2)$

A.6 模拟速度

转换系数 K	输入频率 /Hz	标准速度值 km/h	车载时钟显示 值 km/h	误差 km/h	不确定度 km/h $U(k=2)$

校准员: _____ 核验员: _____ 校准日期: _____ 年 月 日

附录 B 校准证书(报告)内页格式

校准证书(报告)内页格式

B.1 外观和工作正常性检查_____

B.2 当前时刻

当前时刻误差/s	测量不确定度 $U(k=2)$

B.3 秒脉冲

秒脉冲定时偏差/s	测量不确定度 $U(k=2)$

B.4 时间间隔

标称值/s	实际值/s	误差/s	不确定度 $U(k=2)$

B.5 模拟距离

转换系数 K	标准距离值/m	车载时钟显示值/m	误差/m	不确定度 $U(k=2)$

B.6 模拟速度

转换系数 K	标准速度值 km/h	车载时钟显示值 km/h	误差 km/h	不确定度 $U(k=2)$

以下空白

附录 C 校准结果的不确定度评定示例

C.1 引言

车载时钟的校准项目有 6 项，其中涉及计量特性的有：当前时刻误差、秒脉冲定时偏差、时间间隔测量误差、模拟距离测量误差和模拟速度测量误差。本附录以 QL-QLS3343 型车载时钟的校准结果不确定度评定为例，说明车载时钟各校准项目的不确定度评定程序。

C.2 当前时刻误差校准结果的不确定度评定

C.2.1 测量模型

按照 7.2.2 条款的方法和步骤，用参考时间频率源校准车载时钟的当前时刻误差，测量模型可用公式 (C.1) 表示。

$$\Delta t = t - t_0 \quad (\text{C.1})$$

式中：

Δt —当前时刻误差，s；

t —车载时钟显示的当前时刻；

t_0 —参考时间频率源显示的当前时刻。

各不确定度（包括所有分量）之间不相关，不确定度传播律可用公式 (C.2) 表示

$$u_c^2(\Delta t) = c_t^2 u^2(t) + c_{t_0}^2 u^2(t_0) \quad (\text{C.2})$$

式中：

$$c_t = \frac{\partial(\Delta t)}{\partial t} = 1, \quad c_{t_0} = \frac{\partial(\Delta t)}{\partial t_0} = -1$$

$u_c(\Delta t)$ ——车载时钟当前时刻误差的合成标准不确定度，s；

$u(t)$ ——车载时钟引入的标准不确定度，s；

$u_c(t_0)$ ——参考时间频率源引入的标准不确定度，s。

C.2.2 标准不确定度来源

C.2.2.1 $u(t)$ 的来源

a) 测量重复性引入的不确定度 $u_1(t)$ 。

b) 车载时钟读数分辨力引入的标准不确定度 $u_2(t)$ 。

C.2.2.2 $u(t_0)$ 的来源

a) 参考时间频率源当前时刻误差引入的标准不确定度 $u_1(t_0)$ 。

b) 参考时间频率源分辨力引入的标准不确定度 $u_2(t_0)$ 。

C.2.3 标准不确定度的评定

C.2.3.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(t)$

测量重复性引入的标准不确定度，采用 A 类方法评定，通过多次重复测量，经计算得到。多次重复测量结果如表 C.1 所示。

表 C.1 当前时刻误差测量结果

第 i 次测量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
当前时刻 误差(s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

用贝塞尔公式计算实验标准差，得：

$$\delta(t) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\Delta t - \bar{\Delta t})^2}{n-1}} = 0.0 \text{ s}$$

测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(t)$ 为：

$$u_1(t) = \delta(t) = 0.0 \text{ s}$$

C.2.3.2 车载时钟分辨力引入的标准不确定度 $u_2(t)$

车载时钟读数分辨力为 1s, 采用 B 类方法进行评定，区间半宽度为 $a=0.5 \text{ s}$ 。按均匀分布计算，车载时钟读数分辨力引入的不确定度为：

$$u_2(t) = \frac{0.5 \text{ s}}{\sqrt{3}} = 0.29 \text{ s}$$

C.2.3.3 车载时钟引入的标准不确定度 $u(t)$

由于 $u_1(t)$ 远小于 $u_2(t)$, 所以忽略 $u_1(t)$, 则 $u(t) = u_2(t) = 0.29 \text{ s}$

C.2.3.4 参考时间频率源当前时刻误差引入的标准不确定度 $u_1(t_0)$

参考时间频率源说明书给出，在锁定 GPS 状态下时钟相对 UTC 的偏差为 $\pm 100 \text{ ns}$ ，按均匀分布计算，参考时钟显示的当前时刻误差引入的标准不确定度 $u_1(t_0)$ 为：

$$u_1(t_0) = \frac{100 \text{ ns}}{\sqrt{3}} = 58 \text{ ns}$$

C.2.3.5 参考时间频率源分辨力引入的标准不确定度 $u_2(t_0)$

参考时间频率源显示分辨力为 0.1 s, 采用 B 类方法进行评定, 区间半宽度为 $a=0.05$ s。按均匀分布计算, 参考时间频率源分辨力引入的标准不确定度为:

$$u_2(t_0) = \frac{0.05s}{\sqrt{3}} = 0.029 s$$

C. 2. 3. 6 参考时间频率源引入的标准不确定度 $u(t_0)$

$$u(t_0) = \sqrt{u_1^2(t_0) + u_2^2(t_0)} = 0.029 s$$

C. 2. 4 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量汇总见表 C.2。

表 C.2 当前时刻误差校准结果的不确定度分量一览表

不确定度分量	不确定度来源	灵敏系数	标准不确定度/s	$ c_i u_i/s$
$u(t)$	车载时钟分辨力	1	0.29	0.29
$u(t_0)$	参考时间频率源	-1	0.029	0.029

C. 2. 5 合成标准不确定度

各不确定度分量之间互不相关, 故合成标准不确定度为:

$$u_c(\Delta t) = \sqrt{c_t^2 u^2(t) + c_{t_0}^2 u^2(t_0)} = 0.30 s$$

C. 2. 6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则扩展不确定度为:

$$U(\Delta t) = k u_c(\Delta t) = 0.6 s$$

C. 3 秒脉冲定时偏差校准结果的不确定度评定

C. 3. 1 测量模型

按照 7. 2. 3 条款的方法和步骤, 用参考时间频率源和通用计数器校准车载时钟的秒脉冲定时偏差, 测量模型可用公式 (C. 3) 表示。

$$\Delta T_{1PPS} = t_{1PPS(DUT)} - t_{1PPS(REF)} \quad (C.3)$$

式中:

ΔT_{1PPS} ——秒脉冲定时偏差值, s;

$t_{1PPS(DUT)}$ ——与参考时间频率源在同一秒下, 车载时钟 1PPS 信号的时间, s;

$t_{1PPS(REF)}$ ——与车载时钟在同一秒下, 参考时间频率源 1PPS 信号的时间, s。

各不确定度 (包括所有分量) 之间不相关, 不确定度传播律可用公式 (C. 4) 表示。

$$u_c^2(\Delta T_{1PPS}) = c_{1PPS(DUT)}^2 u^2(t_{1PPS(DUT)}) + c_{1PPS(REF)}^2 u^2(t_{1PPS(REF)}) \quad (C.4)$$

式中：

$c_{1PPS(DUT)}$ 、 $c_{1PPS(REF)}$ ——灵敏系数；

$$c_{1PPS(DUT)} = \frac{\partial(\Delta T_{1PPS})}{\partial t_{1PPS(DUT)}} = 1, \quad c_{1PPS(REF)} = \frac{\partial(\Delta T_{1PPS})}{\partial t_{1PPS(REF)}} = -1$$

$u_c(\Delta T_{1PPS})$ ——车载时钟 1PPS 信号时差值的合成标准不确定度，ns；

$u(t_{1PPS(DUT)})$ ——车载时钟引入的标准不确定度，ns；

$u(t_{1PPS(REF)})$ ——参考时间频率源引入的标准不确定度，ns。

C.3.2 标准不确定度来源

C.3.2.1 $u(t_{1PPS(DUT)})$ 的来源

a) 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(t_{1PPS(DUT)})$ 。

b) 通用计数器引入的标准不确定度 $u_2(t_{1PPS(DUT)})$ 。其中包括通用计数器时间间隔测量误差引入的标准不确定度 $u_{21}(t_{1PPS(DUT)})$ 和通用计数器时间间隔测量分辨力引入的标准不确定度 $u_{22}(t_{1PPS(DUT)})$ 。

C.3.2.2 $u(t_{1PPS(REF)})$ 的来源

参考时间频率源引入的标准不确定度 $u(t_{1PPS(REF)})$ 。

C.3.3 标准不确定度的评定

C.3.3.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(t_{1PPS(DUT)})$

测量重复性引入的标准不确定度，采用 A 类方法评定，通过多次重复测量，经计算得到。多次重复测量结果如表 C.3 所示。

表 C.3 秒脉冲定时偏差测量结果

第 i 次测量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
秒脉冲定时偏差(μs)	7.256	7.235	7.254	7.296	7.264	7.220	7.266	7.208	7.234	7.245

测量结果的平均值为：

$$\overline{t_{1PPS(DUT)}} = 7.248 \mu\text{s}$$

用贝塞尔公式计算实验标准差：

$$\delta(t_{1PPS(DUT)}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\Delta t - \overline{\Delta t})^2}{n-1}} = 26 \text{ ns}$$

三次测量取平均值，所以测量重复性引入的标准不确定度为

$$u_1(t_{1PPS(DUT)}) = \frac{\delta(t_{1PPS(DUT)})}{\sqrt{3}} = 15.1 \text{ ns}$$

C. 3. 3. 2 通用计数器时间间隔测量引入的标准不确定度 $u_2(t_{1PPS(DUT)})$

C. 3. 3. 2. 1 通用计数器时间间隔测量误差引入的标准不确定度 $u_{21}(t_{1PPS(DUT)})$

通用计数器说明书给出，测量时间间隔 T 的最大允许误差为 $\pm(100\text{ps}+T \times \text{参考频率的相对频率偏差})$ 。参考频率的相对频率偏差为 1×10^{-10} ，测量 $5.9\mu\text{s}$ 时间间隔的最大允许误差为 $\pm 0.1 \text{ ns}$ ，按 B 类方法评定，以均匀分布计算，通用计数器时间间隔测量误差引入的标准不确定度为

$$u_{21}(t_{1PPS(DUT)}) = \frac{0.1\text{ns}}{\sqrt{3}} = 0.06 \text{ ns}$$

C. 3. 3. 2. 2 通用计数器时间间隔测量分辨力引入的标准不确定度 $u_{22}(t_{1PPS(DUT)})$

通用计数器时间间隔测量分辨力为 25 ps ，采用 B 类方法进行评定，区间半宽度为 $a=12.5 \text{ ps}$ 。按均匀分布计算，时间间隔测量分辨力引入的标准不确定度为：

$$u_{22}(t_{1PPS(DUT)}) = \frac{12.5\text{ps}}{\sqrt{3}} = 7.3 \text{ ps}$$

由于 $u_{22}(t_{1PPS(DUT)})$ 远小于 $u_1(t_{1PPS(DUT)})$ ，所以忽略由通用计数器分辨力引入的标准不确定度 $u_{22}(t_{1PPS(DUT)})$ ，则 $u_2(t_{1PPS(DUT)}) = u_{21}(t_{1PPS(DUT)}) = 0.06 \text{ ns}$ 。

C. 3. 3. 2. 3 标准不确定度 $u(t_{1PPS(DUT)})$

$$u(t_{1PPS(DUT)}) = \sqrt{u_1^2(t_{1PPS(DUT)}) + u_2^2(t_{1PPS(DUT)})} = 15.2 \text{ ns}$$

C. 3. 3. 3 参考时间频率源引入的标准不确定度 $u(t_{1PPS(REF)})$

参考时间频率源的相对频率偏差为 1×10^{-10} ，1PPS 信号的偏差为 $\pm 0.1 \text{ ns}$ ，按 B 类方法评定，以均匀分布计算，时间间隔测量误差引入的标准不确定度为

$$u(t_{1PPS(REF)}) = \frac{0.1\text{ns}}{\sqrt{3}} = 0.06 \text{ ns}$$

C.3.4 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量汇总见表 C.4。

表 C.4 秒脉冲定时偏差校准结果的不确定度分量一览表

不确定度分量	不确定度来源	灵敏系数	标准不确定度/ns	$ c_i u_i$ /ns
$u(t_{1PPS(DUT)})$	测量重复性和通用计数器时间间隔测量误差	1	15.2	15.2
$u(t_{1PPS(REF)})$	参考时间频率源	-1	0.06	0.06

C.3.5 合成标准不确定度

各不确定度分量之间互不相关，故合成标准不确定度：

$$u_c(\Delta T_{1PPS}) = \sqrt{c_{1PPS(DUT)}^2 u^2(t_{1PPS(DUT)}) + c_{1PPS(REF)}^2 u^2(t_{1PPS(REF)})} = 15.3 \text{ ns}$$

C.3.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U(\Delta T_{1PPS}) = k u_c(\Delta T_{1PPS}) = 31 \text{ ns}$$

C.4 时间间隔测量误差的标准不确定度评定

C.4.1 测量模型

按照 7.2.4 条款的方法和步骤，用参考时间频率源和通用计数器校准车载时钟的时间间隔测量误差，测量模型可用公式 (C.5) 表示。

$$\Delta T = T - T_0 \quad (\text{C.5})$$

式中：

ΔT ——车载时钟时间间隔测量误差，s；

T ——车载时钟测量时间间隔值，s；

T_0 ——通用计数器测量时间间隔值，s。

各不确定度（包括所有分量）之间不相关，不确定度传播律可用公式 (C.6) 表示

$$u_c^2(\Delta T) = c_T^2 u^2(T) + c_{T_0}^2 u^2(T_0) \quad (\text{C.6})$$

式中：

c_T 、 c_{T_0} ——灵敏系数；

$$c_T = \frac{\partial(\Delta T)}{\partial T} = 1, \quad c_{T_0} = \frac{\partial(\Delta T)}{\partial T_0} = -1$$

$u_c(\Delta T)$ ——车载时钟时间间隔测量误差的合成标准不确定度，s；

$u(T)$ ——车载时钟引入的标准不确定度，s；

$u_c(T_0)$ ——通用计数器和参考时间频率源引入的标准不确定度，s。

C. 4. 2 标准不确定度来源

C. 4. 2. 1 $u(T)$ 的来源

车载时钟输出计时信号时，时间间隔为常数，所以车载时钟引入的标准不确定度 $u(T) = 0$ s。

C. 4. 2. 2 $u(T_0)$ 的来源

通用计数器和参考时间频率源引入的标准不确定度 $u(T_0)$ 主要包括：

- a) 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(T_0)$ 。
- b) 参考时间频率源不准确引入的标准不确定度 $u_2(T_0)$ 。
- c) 参考时间频率源不稳定引入的标准不确定度 $u_3(T_0)$ 。
- d) 通用计数器时间间隔测量误差引入的标准不确定度 $u_4(T_0)$ 。
- e) 通用计数器时间间隔测量分辨力引入的标准不确定度 $u_5(T_0)$ 。

C. 4. 3 标准不确定度的评定

C. 4. 3. 1 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(T_0)$

测量重复性引入的标准不确定度，采用 A 类方法评定，通过多次重复测量，经计算得到。车载时钟测量 60 s 的计时信号，多次重复测量结果如表 C. 5 所示。

表 C. 5 时间间隔测量误差测量结果

第 i 次测量	1	2	3	4	5
实测值(s)	60.00	60.00	60.01	60.00	60.01
第 i 次测量	6	7	8	9	10
实测值(s)	60.01	60.00	60.00	60.00	60.00

平均值 $\overline{T_0} = 60.003$ s

用贝塞尔公式计算实验标准差，得：

$$\delta(T_0) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\Delta T_0 - \overline{\Delta T_0})^2}{n-1}} = 0.005 \text{ s}$$

测量重复性引入的标准不确定度为

$$u_1(T_0) = \delta(T_0) = 0.005s$$

C. 4. 3. 2 参考时间频率源不准确引入的标准不确定度 $u_2(T_0)$

参考时间频率源的相对平均频率偏差为 $\pm 1 \times 10^{-10}$ ，按均匀分布计算，由参考时间频率源不准确引入的标准不确定度为

$$u_2(T_0) = \frac{1 \times 10^{-10} \times 60s}{\sqrt{3}} = 3.5 \text{ ns}$$

C. 4. 3. 3 参考时间频率源不稳定引入的标准不确定度 $u_3(T_0)$

参考时间频率源说明书给出短期稳定度 1×10^{-11} （取样时间 $\tau = 10s$ ），按 B 类方法进行评定，取 $k=1$ 。由参考时间频率源不稳定引入的标准不确定度为

$$u_3(T_0) = 1 \times 10^{-11} \times 60s = 0.6 \text{ ns}$$

C. 4. 3. 4 通用计数器时间间隔测量误差引入的标准不确定度 $u_4(T_0)$

通用计数器的最大允许误差为 $\pm (100ps + T \times \text{参考时基的相对频率偏差})$ ，参考时基的相对频率偏差为 1×10^{-10} ，测量 60s 时间间隔的最大允许误差为 $\pm 6.1 \text{ ns}$ ，按 B 类方法评定，以均匀分布计算，通用计数器时间间隔测量误差引入的标准不确定度为

$$u_4(T_0) = \frac{6.1ns}{\sqrt{3}} = 3.6 \text{ ns}$$

C. 4. 3. 5 通用计数器时间间隔测量分辨力引入的标准不确定度 $u_5(T_0)$

通用计数器测量时间间隔时分辨力为 $1 \mu s$ ，采用 B 类方法进行评定，区间半宽度为 $a=0.5 \mu s$ 。按均匀分布计算，时间间隔测量仪分辨力引入的标准不确定度为：

$$u_5(T_0) = \frac{0.5\mu s}{\sqrt{3}} = 0.29 \mu s$$

由于 $u_5(T_0)$ 远小于 $u_1(T_0)$ ，所以 $u_5(T_0)$ 忽略不计。

C. 4. 4 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量汇总见表 C.6。

表 C.6 时间间隔测量误差校准结果的不确定度分量一览表

不确定度分量	不确定度来源	灵敏系数	标准不确定度	$ c_i u_i$
$u_1(T_0)$	测量重复性	-1	0.005s	0.005s
$u_2(T_0)$	参考时间频率源不准确	-1	3.5ns	3.5ns
$u_3(T_0)$	参考时间频率源不稳定	-1	0.6 ns	0.6 ns

$u_4(T_0)$	通用计数器时间间隔测量误差	-1	3.6 ns	3.6 ns
------------	---------------	----	--------	--------

C. 4. 5 合成标准不确定度

各不确定度分量之间互不相关，故合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta T) = u_c(\Delta T_0) = \sqrt{\sum_{i=1}^5 c_i^2 u_i^2(T_0)} = 0.005 \text{ s}$$

C. 4. 6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U(\Delta T) = k \times u_c(\Delta T) = 0.010 \text{ s}$$

C. 5 模拟距离测量误差的标准不确定度评定

C. 5. 1 测量模型

按照 7. 2. 5 条款的方法和步骤，用函数发生器校准车载时钟的模拟距离测量误差，测量模型可用公式 (C. 7) 表示。

$$\Delta L = L - \frac{N}{K} \quad \text{公式}$$

(C. 7)

式中：

ΔL ——车载时钟模拟距离测量误差，m；

L ——车载时钟显示的距离值，m；

N ——函数发生器输出脉冲数，pulses；

K ——为车载时钟提供距离参数的光电传感器的转换系数，pulses /m。

本次评定中，取 $K=500 \text{ pulses /m}$ 。

各不确定度（包括所有分量）之间不相关，不确定度传播律可用公式 (C. 8) 表示

$$u_c^2(\Delta L) = c_L^2 u^2(L) + c_N^2 u^2(N) \quad \text{(C.8)}$$

式中：

c_L 、 c_N ——灵敏系数；

$$c_L = \frac{\partial(\Delta L)}{\partial L} = 1, \quad c_N = \frac{\partial(\Delta L)}{\partial N} = -\frac{1}{K}$$

$u_c(\Delta L)$ ——车载时钟模拟距离测量误差的合成标准不确定度，m；

$u(L)$ ——车载时钟引入的标准不确定度，m；

$u(N)$ ——函数发生器引入的标准不确定度，pulses。

C. 5. 2 标准不确定度来源

C. 5. 2. 1 $u(L)$ 的来源

车载时钟引入的标准不确定度 $u(L)$ 主要包括：

- a) 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(L)$ 。
- b) 车载时钟采样分辨力引入的标准不确定度 $u_2(L)$ 。

C. 5. 2. 2 $u(N)$ 的来源

函数发生器引入的标准不确定度主要是函数发生器输出脉冲数量不准引入的 $u(N)$ 。

C. 5. 3 标准不确定度的评定

C. 5. 3. 1 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(L)$

测量重复性引入的标准不确定度，采用 A 类方法评定，通过多次重复测量，经计算得到。车载时钟测量 1000m 的模拟距离，对应函数发生器设置为输出 5×10^5 个脉冲，多次重复测量结果如表 C. 7 所示。

表 C. 7 模拟距离测量误差测量结果

第 i 次测量	1	2	3	4	5
实测值(m)	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
第 i 次测量	6	7	8	9	10
实测值(m)	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0

平均值 $\bar{L} = 1000.0$ m

用贝塞尔公式计算实验标准差，得：

$$\delta(L) = 0 \text{ m}$$

测量重复性引入的标准不确定度为

$$u_1(L) = \delta(L) = 0 \text{ m}$$

C. 5. 3. 2 车载时钟采样分辨力引入的标准不确定度 $u_2(L)$

车载时钟测量距离是通过接收光电传感器输出的脉冲数量，经计算后显示的。假设车载时钟采样分辨力为 1 个脉冲，按均匀分布计算，车载时钟引入的标准不确定度为

$$u(L) = \frac{0.5}{500} = 0.001 \text{ m}$$

C. 5. 3. 3 函数发生器不准确引入的标准不确定度 $u(N)$

函数发生器输出脉冲信号的最大允许误差为 $\pm 2 \times 10^{-6}$ ，按均匀分布计算，由函数发生器不准确引入的标准不确定度为

$$u(N) = \frac{2 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^5}{\sqrt{3}} = 0.58 \text{ pulses}$$

C.5.4 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量汇总见表 C.8。

表 C.8 模拟距离测量误差校准结果的不确定度分量一览表

不确定度分量	不确定度来源	灵敏系数	标准不确定度	$ c_i u_i$
$u_1(L)$	测量重复性	1	0 m	0 m
$u_2(L)$	车载时钟采样分辨力	1	0.001 m	0.001 m
$u(N)$	函数发生器不准确	-1/k	0.58 pulses	0.0012 m

C.5.5 合成标准不确定度

各不确定度分量之间互不相关，故合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta L) = \sqrt{c_L^2 u^2(L) + c_N^2 u^2(N)} = 0.0016 \text{ m}$$

C.5.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U(\Delta L) = k \times u_c(\Delta L) = 0.004 \text{ m}$$

C.6 模拟速度测量误差的标准不确定度评定

C.6.1 测量模型

按照 7.2.6 条款的方法和步骤，用函数发生器校准车载时钟的模拟速度测量误差，测量模型可用公式 (C.9) 表示。

$$\Delta v = v - \frac{f}{K} \quad \text{公式 (C.9)}$$

式中：

Δv ——车载时钟模拟速度测量误差，km/h；

v ——车载时钟显示的速度值，km/h；

f ——函数发生器输出脉冲频率值，Hz；

K ——为车载时钟提供距离参数的光电传感器的转换系数，pulses/m。

本次评定中，取 $K=500 \text{ pulses/m}$ 。

各不确定度（包括所有分量）之间不相关，不确定度传播律可用公式（C.10）表示

$$u_c^2(\Delta v) = c_v^2 u^2(v) + c_f^2 u^2(f) \quad (\text{C.10})$$

式中：

c_v 、 c_f ——灵敏系数；

$$c_v = \frac{\partial(\Delta v)}{\partial v} = 1, \quad c_f = \frac{\partial(\Delta v)}{\partial f} = -\frac{1}{K}$$

$u_c(\Delta v)$ ——车载时钟模拟速度测量误差的合成标准不确定度，km/h；

$u(v)$ ——车载时钟引入的标准不确定度，km/h；

$u(f)$ ——函数发生器引入的标准不确定度，Hz。

C.6.2 标准不确定度来源

C.6.2.1 $u(v)$ 的来源

车载时钟引入的标准不确定度 $u(v)$ 主要包括：

- a) 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(v)$ ；
- b) 车载时钟分辨力引入的标准不确定度 $u_2(v)$ 。

C.6.2.2 $u(f)$ 的来源

函数发生器引入的标准不确定度主要是函数发生器输出频率不准引入的 $u(f)$ 。

C.6.3 标准不确定度的评定

C.6.3.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(v)$

测量重复性引入的标准不确定度，采用 A 类方法评定，通过多次重复测量，经计算得到。车载时钟测量 72km/h 的模拟速度，对应函数发生器设置为输出 10kHz 的脉冲，多次重复测量结果如表 C.9 所示。

表 C.9 模拟速度测量误差测量结果

第 i 次测量	1	2	3	4	5
实测值(km/h)	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0
第 i 次测量	6	7	8	9	10
实测值(km/h)	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0

平均值 $\bar{v} = 72.0$ km/h

用贝塞尔公式计算实验标准差，得：

$$\delta(v) = 0 \text{ km/h}$$

测量重复性引入的标准不确定度为

$$u_1(v) = \delta(v) = 0 \text{ km/h}$$

C. 6. 3. 2 车载时钟分辨力引入的标准不确定度 $u_2(v)$

车载时钟测量模拟速度，分辨力为 0.1 km/h，按均匀分布计算，车载时钟分辨力引入的标准不确定度为

$$u_2(v) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029 \text{ km/h}$$

C. 6. 3. 3 函数发生器频率不准确引入的标准不确定度 $u(f)$

函数发生器输出脉冲信号的最大允许误差为 $\pm 2 \times 10^{-6}$ ，按均匀分布计算，由函数发生器不准确引入的标准不确定度为

$$u(N) = \frac{2 \times 10^{-6} \times 10 \text{ kHz}}{\sqrt{3}} = 0.012 \text{ Hz}$$

C. 6. 4 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量汇总见表 C.10。

表 C.10 模拟速度测量误差校准结果的不确定度分量一览表

不确定度分量	不确定度来源	灵敏系数	标准不确定度	$ c_i u_i$
$u_1(v)$	测量重复性	1	0 km/h	0 km/h
$u_2(v)$	车载时钟分辨力	1	0.029 km/h	0.029 km/h
$u(N)$	函数发生器不准确	-1/k	0.012 Hz	0.0001 km/h

C. 6. 5 合成标准不确定度

各不确定度分量之间互不相关，故合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta v) = \sqrt{c_v^2 u^2(v) + c_N^2 u^2(N)} = 0.029 \text{ km/h}$$

C. 6. 6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U(\Delta v) = k \times u_c(\Delta v) = 0.06 \text{ km/h}$$