

中华人民共和国工业和信息化部

电子计量技术规范

**JJF**(电子)0084─2022

卫星信号矢量测速仪校准规范

Calibration Specification for GNSS Vector Speedometers

（报批稿）

2022-××-××发布 2022-××-××实施

**中华人民共和国工业和信息化部** 发 布

卫星信号矢量测速仪

校准规范

Calibration Specification for GNSS Vector Speedometers

**JJF(电子)0084**─**2022**

归 口 单 位：中国电子技术标准化研究院

主要起草单位：广州广电计量检测股份有限公司

参加起草单位：广电计量检测(深圳)有限公司

本规范技术条文委托起草单位负责解释

本规范主要起草人：

王卓念（广州广电计量检测股份有限公司）

张 辉（广州广电计量检测股份有限公司）

吕东瑞（广州广电计量检测股份有限公司）

参加起草人：

曾 昕（广州广电计量检测股份有限公司）

李建征（广电计量检测(深圳)有限公司）

李文兴（广州广电计量检测股份有限公司）

目录

[引 言 II](#_Toc81494955)

[1 范围 1](#_Toc81494956)

[2 引用文件 1](#_Toc81494957)

[3 术语和计量单位 1](#_Toc81494958)

[3.1全球卫星导航系统 1](#_Toc81494959)

[3.2 星基增强系统 1](#_Toc81494960)

[3.3 地球静止轨道导航卫星 1](#_Toc81494961)

[4 概述 1](#_Toc81494962)

[5 计量特性 1](#_Toc81494963)

[5.1 单点定位误差 1](#_Toc81494964)

[5.2 广域差分测量误差 2](#_Toc81494965)

[5.3 实时动态差分测量误差 2](#_Toc81494966)

[5.4 航向示值误差 2](#_Toc81494967)

[5.5 速度 2](#_Toc81494968)

[5.6 加速度 2](#_Toc81494969)

[5.7 距离示值误差 2](#_Toc81494970)

[5.8 模拟信号 2](#_Toc81494971)

[5.9 数字信号 2](#_Toc81494972)

[6 校准条件 2](#_Toc81494973)

[6.1 环境条件 2](#_Toc81494974)

[6.2 测量标准及其它设备 3](#_Toc81494975)

[7 校准项目和校准方法 3](#_Toc81494976)

[7.1 外观及一般功能性检查 3](#_Toc81494977)

[7.2 单点定位误差 3](#_Toc81494978)

[7.3 广域差分测量误差 4](#_Toc81494979)

[7.4 实时动态差分测量误差 4](#_Toc81494980)

[7.5 航向示值误差 4](#_Toc81494981)

[7.6 速度示值误差 5](#_Toc81494982)

[7.7 加速度示值误差 5](#_Toc81494983)

[7.8 距离示值误差 5](#_Toc81494984)

[7.9 模拟信号输出幅度 6](#_Toc81494985)

[7.10 数字信号输出频率 6](#_Toc81494986)

[8 校准结果表达 7](#_Toc81494987)

[9 复校时间间隔 7](#_Toc81494988)

[附录A原始记录格式 8](#_Toc81494989)

[附录B校准证书内页格式 11](#_Toc81494991)

[附录C测量不确定度评定示例 14](#_Toc81494993)

# 引 言

本规范依据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》编写。

本规范为首次发布。

卫星信号矢量测速仪校准规范

# 1 范围

本规范适用卫星信号矢量测速仪的校准。

# 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 39267-2020 北斗卫星导航术语

注：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全球卫星导航系统 Global Navigation Satellite System; GNSS

能在全球范围内提供导航服务的卫星导航系统的通称。

[GB/T 39267-2020, 2.1.9]

## 3.2 星基增强系统 Satellite-Based Augmentation System; SBAS

利用卫星播发差分修正、完好性信息及其他信息的GNSS增强系统。

[GB/T 39267-2020, 2.1.17]

## 3.3 地球静止轨道导航卫星 Geostationary Earth Orbit Navigation Satellite

运行在地球静止轨道（GEO）的导航卫星。GEO是卫星轨道倾角和偏心率为零，且运行周期与地球自转周期相同的顺行轨道。

[GB/T 39267-2020, 3.2.4]

# 4 概述

卫星信号矢量测速仪主要由GNSS接收单元、分析软件、数据采集与输出单元组成。仪器通过GNSS载波信号中的频率偏移计算速度和航向信息；通过导出的矢量速度信息与时间信息相结合，可以实现加速度、距离等参数的测量；测得运动数据经过软件处理后，输出数字/模拟信号至其他设备完成工作。

# 5 计量特性

## 5.1 单点定位误差

单点定位平面测量误差：优于2m；

单点定位高程测量误差：优于6m。

## 5.2 广域差分测量误差

广域差分平面测量误差：优于1m；

广域差分高程测量误差：优于2m。

## 5.3 实时动态差分测量误差

实时动态差分平面测量误差：优于20mm；

实时动态差分高程测量误差：优于20mm。

## 5.4 航向示值误差

航向示值允许误差：±0.1°。

## 5.5 速度

速度测量范围：0.1km/h ~ 1600km/h；

速度测量允许误差：±0.1km/h。

## 5.6 加速度

加速度测量范围：-98 m/s2 ~ 98 m/s2；

加速度测量允许误差：±0.5%。

## 5.7 距离示值误差

距离示值允许误差：±0.05%。

## 5.8 模拟信号

模拟信号输出范围：(0.1 ~ 10)V (DC)；

模拟信号允许误差：±5mV。

## 5.9 数字信号

数字信号输出范围：10Hz ~ 50kHz；

数字信号允许误差：±2.5Hz。

注：以上范围及指标不适用于合格性判定，仅供参考。

# 6 校准条件

## 6.1 环境条件

6.1.1 校准应在仪器标称工作环境下进行。

6.1.2 环境温度：(20~25)℃，温度变化不超过±2℃。

6.1.3 相对湿度：≤80%。

6.1.4其他：周围无影响正常校准工作的机械振动和电磁干扰。

## 6.2 测量标准及其它设备

6.2.1 GNSS模拟器

基本功能：模拟器支持被校准卫星信号矢量测速仪所用的导航系统；模拟器可自定义校准所需所需标准场景并且可选择双端口同时输出信号。

伪距精度：≤10mm (rms)；

伪距率精度：≤10mm/s (rms)。

6.2.2 直流电压表

直流电压范围：0.1V~15V；

最大允许误差：±1.5mV。

6.2.3 频率计

频率范围：10Hz~75kHz；

最大允许误差：±0.5Hz。

# 7 校准项目和校准方法

## 7.1 外观及一般功能性检查

仪器以及其他部件均保持外观良好，无影响计量性能的外观缺陷，硬件以及软件功能使用正常。仪器应具备工作模式、卫星状态、差分状态、数据记录及存储状态显示功能。检查结果记录于附录A表A.1中。

## 7.2 单点定位误差

设置GNSS模拟器场景可见卫星数不少于7颗，通过射频线连接方式输出标准位置信息至卫星信号矢量测速仪，如图1所示。卫星信号矢量测速仪显示有效定位值后，每组位置至少取10次采样的数据作为示值，记录多组定位数据于附录A表A.2中。

GNSS模拟器

卫星信号矢量测速仪

射频输出

图1 GNSS模拟器输出信号示意图

单点定位平面误差*d*p*h*和高程误差*d*p*v*由下式表示：

(1)

(2)

式中：

、、 —— GNSS模拟器的位置标准值；

—— 卫星信号矢量测速仪的位置示值。

## 7.3 广域差分测量误差

设置GNSS模拟器场景可见卫星数不少于7颗，打开SBAS选项增加地球静止轨道(GEO)卫星，通过射频线连接方式输出标准位置信息至卫星信号矢量测速仪，如图1所示。卫星信号矢量测速仪显示有效定位值后，每组位置至少取10次采样的数据作为示值，记录多组定位数据于附录A表A.3中，广域差分测量水平误差计算可参考公式(1)、高程误差计算可参考公式(2)。

## 7.4 实时动态差分测量误差

设置GNSS模拟器场景可见卫星数不少于7颗，打开公共误差选项，通过射频线连接方式分别输出不同标准位置信息至卫星信号矢量测速仪以及其基准站模块，如图2所示。卫星信号矢量测速仪与基准站模块之间通过蓝牙或WIFI等无线通信方式进行数据传输，在卫星信号矢量测速仪完成差分计算并显示固定解后，每组位置至少取10次采样的数据作为示值，记录多组定位数据于附录A表A.4中，实时动态差分测量水平误差计算可参考公式(1)、高程误差计算可参考公式(2)。

GNSS模拟器

卫星信号矢量测速仪

射频输出

基准站模块

图2 GNSS模拟器分别输出信号示意图

## 7.5 航向示值误差

设置GNSS模拟器场景可见卫星数不少于7颗，模式为匀速矩形运动，通过射频线连接方式输出标准航向角度信息至卫星信号矢量测速仪。在模拟器显示0°、90°、180°、270°航向时，每个航向点至少取5次采样的数据作为示值，各航向下的角度误差计算完成后记录于附录A表A.5中。

(3)

式中：

—— GNSS模拟器的角度标准值；

—— 卫星信号矢量测速仪的角度示值。

## 7.6 速度示值误差

设置GNSS模拟器场景可见卫星数不少于7颗，模式为匀速直线运动，通过射频线连接方式输出标准速度信息至卫星信号矢量测速仪，如图1所示。速度标准值按待校仪器量程均匀取点，也可以根据送校单位的使用要求取点，每个速度点至少取5次采样的数据作为示值。各取点的速度误差计算按式(4)完成后记录于附录A表A.6中。

(4)

式中：

—— GNSS模拟器的速度标准值；

—— 卫星信号矢量测速仪的速度示值。

## 7.7 加速度示值误差

设置GNSS模拟器场景可见卫星数不少于7颗，模式为匀加速直线运动，通过射频线连接方式输出标准加速度信息至卫星信号矢量测速仪，如图1所示。加速度标准值按待校仪器量程均匀取点，也可以根据送校单位的使用要求取点，每个加速度点至少取5次采样的数据作为示值。各取点的加速度误差按式(5)计算完成后记录于附录A表A.7中。

(5)

式中：

—— GNSS模拟器的加速度标准值；

—— 卫星信号矢量测速仪的加速度示值。

## 7.8 距离示值误差

设置GNSS模拟器场景可见卫星数不少于7颗，模式为自定义直线运动：速度为0状态持续时间大于冷/热启动时间确保卫星信号矢量测速仪已锁定卫星并正常工作，速度大于0的匀速状态持续一定时间，在总位移距离为后速度跳变为0。通过射频线连接方式输出标准位移距离信息至卫星信号矢量测速仪，如图1所示。位移距离标准值按待校仪器量程均匀取点，也可以根据送校单位的使用要求取点，每个位移距离点至少取3次采样的数据作为示值。各取点位移距离示值误差按式(6)计算完成后记录于附录A表A.8中。

(6)

式中：

—— GNSS模拟器的位移距离标准值；

—— 卫星信号矢量测速仪的位移距离示值。

## 7.9 模拟信号输出幅度

设置GNSS模拟器场景可见卫星数不少于7颗，模式为匀速直线运动，通过射频线连接方式输出标准速度信息至卫星信号矢量测速仪，速度标准值按待校仪器量程均匀取点，也可以根据送校单位的使用要求取点。使用直流电压表记录待校仪器的输出幅度，如图3所示。每个速度点至少取5次采样的数据作为示值，记录于附录A表A.9中。

直流电压表

频率计

GNSS模拟器

卫星信号矢量测试仪

射频输出

图3 信号测量示意图

输出幅度误差由下式表示：

(7)

式中：

—— GNSS模拟器的速度标准值；

—— 模拟信号转换比例常数，通常默认为0.05V/(km/h)；

—— 直流电压表示值。

## 7.10 数字信号输出频率

设置GNSS模拟器场景可见卫星数不少于7颗，模式为匀速直线运动，通过射频线连接方式输出标准速度信息至卫星信号矢量测速仪，速度标准值按待校仪器量程均匀取点，也可以根据送校单位的使用要求取点。使用频率计记录待校仪器的输出频率，如图3所示。每个速度点至少取5次采样的数据作为示值，记录于附录A表A.10中。

输出频率误差由下式表示：

(8)

式中：

—— GNSS模拟器的速度标准值；

—— 数字信号转换比例常数，通常默认为25Hz/(km/h)；

—— 频率计示值。

# 8 校准结果表达

校准后，出具校准证书。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）被校准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

建议复校时间间隔不超过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、仪器本身质量等诸多因素决定的，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

A.1 外观及一般功能性检查

表A.1 外观及一般功能性检查

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 检查结果 |
| 外观及一般功能性检查 |  |

A.2 单点定位误差

表A.2　单点定位误差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 组数 | 测量位置示值(m) | 平面误差(m) | 高程误差(m) | 扩展不确定度  (*k*=2) |
| 1 |  |  |  |  |
| … |  |  |  |  |
| n |  |  |  |  |
| 标准值 |  | / | | |

A.3 广域差分测量误差

表A.3　广域差分测量误差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 组数 | 测量位置示值(m) | 平面误差(m) | 高程误差(m) | 扩展不确定度  (*k*=2) |
| 1 |  |  |  |  |
| … |  |  |  |  |
| n |  |  |  |  |
| 标准值 |  | / | | |

A.4 实时动态差分测量误差

表A.4　实时动态差分测量误差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 组数 | 测量位置示值(m) | 平面误差(m) | 高程误差(m) | 扩展不确定度  (*k*=2) |
| 1 |  |  |  |  |
| … |  |  |  |  |
| n |  |  |  |  |
| 标准值 |  | / | | |

A.5 航向示值误差

表A.5　航向示值误差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准值(°) | 示值(°) | 误差(°) | 扩展不确定度  (*k*=2) |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

A.6 速度示值误差

表A.6　速度示值误差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准值(km/h) | 示值(km/h) | 误差(km/h) | 扩展不确定度  (*k*=2) |
|  |  |  |  |
| … | … | … | … |
|  |  |  |  |

A.7加速度示值误差

表A.7　加速度示值误差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准值(m/s2) | 示值(m/s2) | 误差(m/s2) | 扩展不确定度  (*k*=2) |
|  |  |  |  |
| … | … | … | … |
|  |  |  |  |

A.8距离示值误差

表A.8　距离示值误差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准值(m) | 示值(m) | 误差(m) | 扩展不确定度  (*k*=2) |
|  |  |  |  |
| … | … | … | … |
|  |  |  |  |

A.9模拟信号输出幅度

表A.9　模拟信号输出幅度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 速度 (km/h) | 标准值(V) | 示值(V) | 误差(V) | 扩展不确定度(*k*=2) |
|  |  |  |  |  |
| … | … | … |  | … |
|  |  |  |  |  |

A.10数字信号输出频率

表A.10　数字信号输出频率

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 速度 (km/h) | 标准值(Hz) | 示值(Hz) | 误差(Hz) | 扩展不确定度(*k*=2) |
|  |  |  |  |  |
| … | … | … |  | … |
|  |  |  |  |  |

# 附录B

# 校准证书内页格式

B.1 外观及一般功能性检查

表B.1 外观及一般功能性检查

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 检查结果 |
| 外观及一般功能性检查 |  |

B.2 单点定位误差

表B.2　单点定位误差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 组数 | 测量位置示值(m) | 平面误差(m) | 高程误差(m) | 扩展不确定度  (*k*=2) |
| 1 |  |  |  |  |
| … |  |  |  |  |
| n |  |  |  |  |
| 标准值 |  | / | | |

B.3 广域差分测量误差

表B.3　广域差分测量误差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 组数 | 测量位置示值(m) | 平面误差(m) | 高程误差(m) | 扩展不确定度  (*k*=2) |
| 1 |  |  |  |  |
| … |  |  |  |  |
| n |  |  |  |  |
| 标准值 |  | / | | |

B.4 实时动态差分测量误差

表B.4　实时动态差分测量误差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 组数 | 测量位置示值(m) | 平面误差(m) | 高程误差(m) | 扩展不确定度  (*k*=2) |
| 1 |  |  |  |  |
| … |  |  |  |  |
| n |  |  |  |  |
| 标准值 |  | / | | |

B.5 航向示值误差

表B.5　航向示值误差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准值(°) | 示值(°) | 误差(°) | 扩展不确定度  (*k*=2) |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

B.6 速度示值误差

表B.6　速度示值误差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准值(km/h) | 示值(km/h) | 误差(km/h) | 扩展不确定度  (*k*=2) |
|  |  |  |  |
| … | … | … | … |
|  |  |  |  |

B.7加速度示值误差

表B.7　加速度示值误差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准值(m/s2) | 示值(m/s2) | 误差(m/s2) | 扩展不确定度  (*k*=2) |
|  |  |  |  |
| … | … | … | … |
|  |  |  |  |

B.8距离示值误差

表B.8　距离示值误差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准值(m) | 示值(m) | 误差(m) | 扩展不确定度  (*k*=2) |
|  |  |  |  |
| … | … | … | … |
|  |  |  |  |

B.9模拟信号输出幅度

表B.9　模拟信号输出幅度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 速度 (km/h) | 标准值(V) | 示值(V) | 误差(V) | 扩展不确定度(*k*=2) |
|  |  |  |  |  |
| … | … | … |  | … |
|  |  |  |  |  |

B.10数字信号输出频率

表B.10　数字信号输出频率

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 速度 (km/h) | 标准值(Hz) | 示值(Hz) | 误差(Hz) | 扩展不确定度(*k*=2) |
|  |  |  |  |  |
| … | … | … |  | … |
|  |  |  |  |  |

# 附录C

# 测量不确定度评定示例

C.1 单点定位测量结果不确定度评定

C.1.1 测量模型

用模拟器测量卫星信号矢量测速仪单点定位误差的测量模型为：

(C.1)

(C.2)

其中、、为GNSS模拟器的位置标准值， 为卫星信号矢量测速仪的位置示值。

C.1.2 不确定度来源

不确定度来源主要有：由模拟器伪距精度引入的不确定度分量，待校仪器分辩力、测量重复性引入的不确定度分量。

C.1.3 标准不确定度评定

C.1.3.1 模拟器伪距精度引入的不确定度分量*u*1

模拟器伪距精度为5mm，则不确定度分量*u*1=5mm。

C.1.3.2待校仪器测量分辨力引入的不确定度分量*u*2

待校仪器测量分辨力为0.1mm，服从均匀分布，取*k*=，则不确定度分量*u*2=0.1/2mm = 0.029mm。

C.1.3.3 测量重复性引入的标准不确定度分量*u*3

对参考位置(m) X：-2325695.6183；Y：5388334.6703；Z：2489227.9124进行10次测试，定位误差通过重复条件下的5组数据平均值表示为测量结果，如下表所示：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 测量结果(x) | 7.8mm | 5.6mm | 8.2mm | 8.8mm | 10.3mm |
| 测量结果(y) | 6.5mm | 7.3mm | 2.1mm | 9.3mm | 8.9mm |
| 测量结果(z) | 12.3mm | 18.8mm | 10.6mm | 13.5mm | 9.3mm |
| 测量序号 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量结果(x) | 7.2mm | 4.2mm | 4.5mm | 9.6mm | 7.3mm |
| 测量结果(y) | 6.5mm | 6.3mm | 10.2mm | 4.7mm | 8.9mm |
| 测量结果(z) | 3.8mm | 8.9mm | 10.8mm | 3.5mm | 10.1mm |
| 平均值(x) | 7.35mm | | 标准差*sx* | 2.053mm | |
| 平均值(y) | 7.07mm | | 标准差*sy* | 2.429mm | |
| 平均值(z) | 10.16mm | | 标准差*sz* | 4.449mm | |

则*u*3*x* = = 0.918mm，*u*3*y* = = 1.086mm，*u*3*z* = = 1.990mm。

C.1.4 合成标准不确定度

C.1.4.1 主要不确定度汇总表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 不确定度来源(*u*i) | 类型 | *k*i | *u*i(mm) |
| 模拟器伪距不确定度，*u*1 | B | / | 5 |
| 待校仪器测量分辨力，*u*2 | B |  | 0.029 |
| 坐标x测量重复性，*u*3x | A | / | 0.918 |
| 坐标y测量重复性，*u*3x | A | / | 1.086 |
| 坐标z测量重复性，*u*3z | A | / | 1.990 |

C.1.4.2 合成不确定度计算

由分辨力引入的标准不确定分量小于由重复性引入的标准不确定度分量，因此忽略由分辨力引入的标准不确定度分量，则合成标准不确定度为：

= 5.10mm

= 5.38mm

C.1.5 扩展不确定度

取包含因子*k*=2，则扩展不确定度为：

10.2mm，*k*=2; 10.8mm，*k*=2

C.2 航向测量结果不确定度评定

C.2.1 测量模型

用模拟器测量卫星信号矢量测速仪航向示值误差的测量模型为：

(C.3)

其中为GNSS模拟器的角度标准值，为卫星信号矢量测速仪的角度示值。

C.2.2 不确定度来源

不确定度来源主要有：由模拟器航向信息分辨力引入的不确定度分量，待校仪器分辩力、测量重复性引入的不确定度分量。

C.2.3 标准不确定度评定

C.2.3.1模拟器航向信息分辨力引入的不确定度分量*u*1

模拟器航向信息分辨力为0.01°，服从均匀分布，取*k*=，则不确定度分量*u*2=0.01°/2 = 0.003°。

C.2.3.2 待校仪器测量分辨力引入的不确定度分量*u*2

待校仪器测量分辨力为0.01°，服从均匀分布，取*k*=，则不确定度分量*u*2=0.01°/2 = 0.003°。

C.2.3.3 测量重复性引入的标准不确定度分量*u*3

对参考航向角度90°进行10次测试，测试数据如下表所示：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 测量结果 | 90.01° | 89.98° | 89.98° | 89.99° | 90.01° |
| 测量序号 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量结果 | 90.00° | 89.98° | 89.99° | 90.01° | 90.00° |
| 平均值n | 90.00° | | 标准差*s* | 0.013° | |

则*u*3 = *s* = 0.013°。

C.2.4 合成标准不确定度

C.2.4.1 主要不确定度汇总表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 不确定度来源(*u*i) | 类型 | *k*i | *u*i(°) |
| 模拟器航向信息分辨力，*u*1 | B | / | 0.003 |
| 待校仪器测量分辨力，*u*2 | B |  | 0.003 |
| 测量重复性，*u*3 | A | / | 0.013 |

C.2.4.2 合成不确定度计算

由分辨力引入的标准不确定分量小于由重复性引入的标准不确定度分量，因此忽略由分辨力引入的标准不确定度分量，则合成标准不确定度为：  
 = 0.014°

C.2.5 扩展不确定度

扩展不确定度：0.03°，*k*=2

C.3 速度测量结果不确定度评定

C.3.1 测量模型

用模拟器测量卫星信号矢量测速仪速度示值误差的测量模型为：

(C.4)

其中为GNSS模拟器的速度标准值，为卫星信号矢量测速仪的速度示值。

C.3.2 不确定度来源

不确定度来源主要有：由模拟器伪距率精度引入的不确定度分量，待校仪器分辩力、测量重复性引入的不确定度分量。

C.3.3 标准不确定度评定

C.3.3.1 模拟器伪距率精度引入的不确定度分量*u*1

模拟器伪距率精度为5mm/s(0.018km/h），则不确定度分量*u*1=0.018km/h。

C.3.3.2 待校仪器测量分辨力引入的不确定度分量*u*2

待校仪器测量分辨力为0.01km/h，服从均匀分布，取*k*=，则不确定度分量*u*2=0.01/2 km/h = 0.003 km/h。

C.3.3.3 测量重复性引入的标准不确定度分量*u*3

对参考速度100km/h进行10次测试，测试数据如下表所示：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 测量结果 | 100.00km/h | 99.98km/h | 100.02km/h | 100.01km/h | 100.01km/h |
| 测量序号 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量结果 | 99.98km/h | 99.98km/h | 100.00km/h | 99.99km/h | 100.01km/h |
| 平均值n | 100.00lm/h | | 标准差*s* | 0.015km/h | |

则*u*3 = *s* = 0.015km/h。

C.3.4 合成标准不确定度

C.3.4.1 主要不确定度汇总表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 不确定度来源(*u*i) | 类型 | *k*i | *u*i(km/h) |
| 模拟器伪距率精度，*u*1 | B | / | 0.018 |
| 待校仪器测量分辨力，*u*2 | B |  | 0.003 |
| 测量重复性，*u*3 | A | / | 0.015 |

C.3.4.2 合成不确定度计算

由分辨力引入的标准不确定分量小于由重复性引入的标准不确定度分量，因此忽略由分辨力引入的标准不确定度分量，则合成标准不确定度为：

= 0.024km/h

C.3.5 扩展不确定度

扩展不确定度：0.05km/h，*k*=2

C.4 加速度测量结果不确定度评定

C.4.1 测量模型

用模拟器测量卫星信号矢量测速仪加速度示值误差的测量模型为：

(C.5)

其中为GNSS模拟器的加速度标准值，为卫星信号矢量测速仪的加速度示值。

C.4.2 不确定度来源

不确定度来源主要有：由模拟器加速度信息分辨力引入的不确定度分量，待校仪器分辩力、测量重复性引入的不确定度分量。

C.4.3 标准不确定度评定

C.4.3.1模拟器加速度信息分辨力引入的不确定度分量*u*1

模拟器航向信息分辨力为0.01m/s2，服从均匀分布，取*k*=，则不确定度分量*u*2=0.01/2 m/s2= 0.003 m/s2。

C.4.3.2 待校仪器测量分辨力引入的不确定度分量*u*2

待校仪器测量分辨力为0.01m/s2，服从均匀分布，取*k*=，则不确定度分量*u*2=0.01/2 m/s2= 0.003 m/s2。

C.4.3.3 测量重复性引入的标准不确定度分量*u*3

对参考加速度9.80 m/s2进行10次测试，测试数据如下表所示：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 测量结果 | 9.81 m/s2 | 9.79 m/s2 | 9.79 m/s2 | 9.79 m/s2 | 9.80 m/s2 |
| 测量序号 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量结果 | 9.80 m/s2 | 9.80m/s2 | 9.80 m/s2 | 9.81 m/s2 | 9.81 m/s2 |
| 平均值n | 9.80 m/s2 | | 标准差*s* | 0.009 m/s2 | |

则*u*3 = *s* = 0.009 m/s2。

C.4.4 合成标准不确定度

C.4.4.1 主要不确定度汇总表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 不确定度来源(*u*i) | 类型 | *k*i | *u*i(m/s2) |
| 模拟器加速度信息分辨力，*u*1 | B | / | 0.003 |
| 待校仪器测量分辨力，*u*2 | B |  | 0.003 |
| 测量重复性，*u*3 | A | / | 0.008 |

C.4.4.2 合成不确定度计算

由分辨力引入的标准不确定分量小于由重复性引入的标准不确定度分量，因此忽略由分辨力引入的标准不确定度分量，则合成标准不确定度为：

= 0.009 m/s2

C.4.5 扩展不确定度

扩展不确定度：0.02 m/s2，*k*=2

C.5 距离测量结果不确定度评定

C.5.1 测量模型

用模拟器测量卫星信号矢量测速仪距离示值误差的测量模型为：

(C.6)

其中为GNSS模拟器的位移距离标准值，为卫星信号矢量测速仪的位移距离示值。

C.5.2 不确定度来源

不确定度来源主要有：由模拟器伪距精度引入的不确定度分量，待校仪器分辩力、测量重复性引入的不确定度分量。

C.5.3 标准不确定度评定

C.5.3.1 模拟器伪距精度引入的不确定度分量*u*1

模拟器伪距精度为5mm(0.005m)，则不确定度分量*u*1=0.005m。

C.5.3.2 待校仪器测量分辨力引入的不确定度分量*u*2

待校仪器测量分辨力为0.01m，服从均匀分布，取*k*=，则不确定度分量*u*2=0.01/2 m = 0.003 m。

C.5.3.3 测量重复性引入的标准不确定度分量*u*3

对参考距离1000m进行10次测试，测试数据如下表所示：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 测量结果 | 999.98m | 999.95m | 999.92m | 999.89m | 999.90m |
| 测量序号 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量结果 | 999.85m | 999.92m | 999.93m | 999.98m | 999.98m |
| 平均值n | 999.93m | | 标准差*s* | 0.043m | |

则*u*3= *s* = 0.043m。

C.5.4 合成标准不确定度

C.5.4.1 主要不确定度汇总表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 不确定度来源(*u*i) | 类型 | *k*i | *u*i(m) |
| 模拟器伪距不确定度，*u*1 | B | / | 0.005 |
| 待校仪器测量分辨力，*u*2 | B |  | 0.003 |
| 测量重复性，*u*3 | A | / | 0.043 |

C.5.4.2 合成不确定度计算

由分辨力引入的标准不确定分量小于由重复性引入的标准不确定度分量，因此忽略由分辨力引入的标准不确定度分量，则合成标准不确定度为：  
 = 0.043m

C.5.5 扩展不确定度

扩展不确定度：0.09m，*k*=2

C.6 数字信号测量结果不确定度评定

C.6.1 测量模型

用模拟器测量卫星信号矢量测速仪数字信号频率误差的测量模型为：

(C.7)

其中为GNSS模拟器的速度标准值，为数字信号转换比例常数，通常默认为25Hz/(km/h)，为频率计示值。

C.6.2 不确定度来源

不确定度来源主要有：由模拟器伪距率精度引入的不确定度分量，频率计频率测量准确度、分辩力、测量重复性引入的不确定度分量。

C.6.3 标准不确定度评定

C.6.3.1 模拟器伪距率精度引入的不确定度分量*u*1

模拟器伪距率精度为5mm/s(0.018km/h），取默认值25Hz/(km/h)，则不确定度分量*u*1=0.45Hz。

C.6.3.2频率计频率测量准确度引入的不确定度分量*u*2

频率计准确度为10-7，待校仪器输出最大频率值50kHz，则不确定度分量*u*2=0.005/ Hz= 0.003Hz。

C.6.3.3 频率计测量分辨力引入的不确定度分量*u*3

待校仪器测量分辨力为0.01Hz，服从均匀分布，取*k*=，则不确定度分量*u*3=0.01/2 Hz = 0.003 Hz。

C.6.3.4 测量重复性引入的标准不确定度分量*u*4

对参考速度40km/h进行10次测试，取默认值25Hz/(km/h)，测试数据如下表所示：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 测量结果 | 999.81Hz | 999.78Hz | 999.83Hz | 999.85Hz | 999.81Hz |
| 测量序号 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量结果 | 999.83Hz | 999.91Hz | 999.95Hz | 999.95Hz | 999.92Hz |
| 平均值n | 999.86Hz | | 标准差*s* | 0.063Hz | |

则*u*4= *s* = 0.063m。

C.6.4 合成标准不确定度

C.6.4.1 主要不确定度汇总表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 不确定度来源(*u*i) | 类型 | *k*i | *u*i(Hz) |
| 模拟器伪距率精度，*u*1 | B | / | 0.45 |
| 频率计测量准确度，*u*2 | B |  | 0.003 |
| 频率计测量分辨力，*u*3 | B |  | 0.003 |
| 测量重复性，*u*4 | A | / | 0.063 |

C.6.4.2 合成不确定度计算

由分辨力引入的标准不确定分量小于由重复性引入的标准不确定度分量，因此忽略由分辨力引入的标准不确定度分量，则合成标准不确定度为：  
 = 0.46Hz

C.6.5 扩展不确定度

扩展不确定度：0.92Hz，*k*=2