中华人民共和国国家计量技术规范

 JJF

JJF ×××—20××

**拖曳倾斜式海流计校准规范**

Calibration Specification of Drag-Tilt Sea Current Meters

（征求意见稿）

国家市场监督管理总局 发 布

20××-××-××发布 20××-××-××实施

拖曳倾斜式海流计准规范

 JJF ××× -20××

Calibration Specification of

Drag-Tilt Sea Current Meters

归 口 单 位： 全国海洋专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位：自然资源部南海海域海岛中心（自然资源部南海标准

计量与信息中心）

自然资源部南海局保障中心

参加起草单位：自然资源部东海发展研究院（自然资源部东海标准计

量中心）

自然资源部北海发展研究院（自然资源部北海标准计

量中心）

中国海洋大学

本规范委托全国海洋专用计量器具计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

 赵东蕾（自然资源部南海海域海岛中心（自然资源部南海标准计量与信息中心））

 魏志强（自然资源部南海局保障中心）

 黄亚飞（自然资源部南海海域海岛中心（自然资源部南海标准计量与信息中心））

 参加起草人：

王 路（自然资源部东海发展研究院（国家海洋局东海标准计量中心））

张 涛（自然资源部北海发展研究院（国家海洋局北海标准计量中心））

宋 波（中国海洋大学）

宋 翔（中国海洋大学）

目 录

引 言 II

1 范围 1

2 引用文件 1

3 术语和计量单位 1

4 概述 1

5 计量特性 2

5.1 流向示值误差 2

5.2 流向示值正、反行程差 2

5.3 流速示值误差 2

5.4 流速示值重复性 2

6 校准条件 2

6.1 环境条件 2

6.2 测量标准及其他设备 2

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 6

9 复校时间间隔 6

附录A 车速变化率的计算 7

附录B 拖曳倾斜式海流计校准原始记录参考格式 8

附录C 校准证书内页参考格式 13

附录D 流向校准结果不确定度评定示例 14

附录E 流速校准结果不确定度评定示例 14

引 言

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《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》共同构成本规范制定的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

拖曳倾斜式海流计校准规范

1 范围

本规范适用于拖曳倾斜式海流计的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1001—2011 通用计量术语及定义

GB/T 15920—2010 海洋学术语 物理海洋学

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 术语

JJF 1001—2011、GB/T 15920—2010界定的术语和定义适用于本规范。

3.2 计量单位

3.2.1 流速单位：厘米每秒；符号：cm/s。

3.2.2 流向单位：度；符号：°。

4 概述

拖曳倾斜式海流计（以下简称“海流计”）是采用拖曳倾斜原理测量海流流速与流向的测量仪器，主要由内置加速计和磁力计的浮力外壳和万向环组成，可固定于支架、栅栏桩等固定点上，悬浮于水中使用，利用加速计测量倾斜角度，利用磁力计测量倾斜方向，经数据处理将倾斜的角度和方向换算为海流流速和流向。海流计的结构和工作原理如图1所示。



图1 海流计结构和工作原理图

1—浮力外壳；2—内置加速计、磁力计；3—万向环

5 计量特性

5.1 流向示值误差

5.2 流向示值正、反行程差

5.3 流速示值误差

5.4 流速示值重复性

6 校准条件

6.1 环境条件

校准时环境条件包括：

——气温：(0~40)℃；

——相对湿度：(30～85)%；

——开展流向校准时周围不应有影响海流计正常工作的磁场。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 测量标准及其他设备

计量标准器和配套设备主要要求指标见表1。

表1 标准器及配套设备

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 分类 | 名称 | 主要要求 | 备注 |
| 标准器 | 测地型GPS接收机 | 最大允许误差不大于(20.0mm+1.0×10-6×D)，D单位为km | 用于确定真北方向 |
| 方位盘 | 1. 材质为无磁材料；
2. 测量范围为(0～360)°，0°指向真北方向；
3. 分度值为0.1°；
4. 最大允许误差不大于0.5°；
5. 配有可固定装载海流计的转盘。
 | — |
| 车速测量系统 | 1. 测量范围不小于(0～150) cm/s；
2. 分辨力为0.1 cm/s；
3. 最大允许误差不大于1 cm/s。
 | — |
| 配套设备 | 全站仪 | 准确度等级为Ⅱ级及以上 | 用于将真北方向引入室内实验室 |
| 流速校准水槽 | 1. 直线明槽，由加速段、稳定段、测量段和制动段组成，两壁上水平安装轨道用于运行流速校准拖车；
2. 加速段和制动段的长度应由流速校准拖车的技术指标和海流计在流速校准水槽中的最大速度来决定，制动段的长度必须考虑满足安全需要；

c) 流速校准水槽尺寸大小应符合表2要求。 | — |
| 流速校准拖车 | 1. 速度范围不小于(0～150) cm/s；
2. 车速变化率应符合表3要求（车速变化率的计算方法见附录A）。
 | — |

表2 流速校准水槽尺寸要求

 单位：m

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测量段长度 | 水槽净宽 | 水槽净深 |
| ≥96 | ≥2.5 | ≥1.5 |

表3 车速变化率

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 速度(cm/s) | ≤10 | 10～50 | ＞50 |
| 车速变化率(%) | ≤2.00 | ≤1.00 | ≤0.60 |

**7 校准项目和校准方法**

7.1 校准项目

校准项目包括流向示值误差、流向示值正、反行程差、流速示值误差、流速示值重复性。

7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备

7.2.1.1 检查海流计的浮力外壳是否完整、密封，盖体是否有松动现象，储存卡是否能正常记录数据，状态指示灯（若有）是否正常工作。

7.2.1.2 校准前须根据海流计对应型号的说明书的要求进行零位校正和磁力计校正，确定没有影响计量特性的因素后再进行校准。

7.2.1.3 根据海流计的说明书设置记录周期，使海流计处于正常工作状态。

7.2.2 流向示值误差和正、反行程差

7.2.2.1 将海流计安装于方位盘，头端固定于转盘，尾端固定于转盘的水平面以下、转动轴线上的某一点，使海流计倾斜角在(40±10)°范围内，保持不晃动，随转盘转动。

7.2.2.2 转动转盘，使海流计头端对准方位盘的0°，待稳定后进行连续6个示值读数的记录。然后将转盘顺时针转动30°，使海流计头端对准方位盘的30°，进行30°点的校准。

7.2.2.3 每隔30°一个校准点，按7.2.2.2依次进行校准。流向校准要求顺时针（正转）、逆时针（反转）各校准一周(0°~360°)。流向标准值和海流计示值的读数均记录到0.1°。7.2.2.4 各校准点的流向示值误差应按式（1）计算。

  （1）

式中：

——第*j*个流向校准点海流计的流向示值误差，°；

——第*j*个流向校准点海流计连续6个流向示值的算术平均值，°；

——第*j*个流向校准点流向标准器连续6个示值的算术平均值，°。

7.2.2.5 各校准点的正、反行程差应按式（2）计算。

  （2）

式中：

——海流计在第*i*个校准点的正、反转行程差，°；

——海流计在第*i*个校准点正转流向读数，°；

——海流计在第*i*个校准点反转流向读数，°。

7.2.3 流速示值误差

7.2.3.1 海流计的布放

1. 海流计安装在与流速校准水槽的宽边平行的横杆上。横杆应具有一定的强度和刚度，入水部分呈流线型，应平行于水面；

b）根据海流计的说明书设置记录周期，使海流计处于正常工作状态，将海流计以万向扣环或系绳等方式固定在横杆的入水端上，水面须没过海流计。为避免水面波的影响，海流计静水垂直悬浮时顶端距离水面不小于0.10 m，测杆离水底不小于0.20 m。

7.2.3.2 静水时间

流速校准前需要一定的静水时间，待水槽水面相对静止后方可进行校准。静水时间一般不少于10 min。

7.2.3.3 校准点的选择

在海流计流速量程的上限和下限之间，选取至少6个点作为流速校准点，依次进行校准。根据顾客要求，可在海流计常用的工作流速对校准点适当加密。

7.2.3.4 启动流速校准拖车，待标准器稳定显示该校准点的流速读数后，进行连续6个示值读数的记录，根据海流计说明书要求进行平滑输出设置，分别对标准器读数和海流计流速示值取算术平均值。标准器和海流计流速示值读数记录精确到0.1 cm/s。

7.2.3.5 各校准点的流速示值误差按（3）式计算：

  （3）

式中：

——第*j*个流速校准点海流计的流速示值误差，cm/s；

——第*j*个流速校准点海流计连续6个示值的算术平均值，cm/s；

——第*j*个流速校准点流速标准器连续6个示值的算术平均值，cm/s。

7.2.4 流速示值误差重复性

流速测量重复性校准与流速示值误差校准同步进行，取海流计各流速校准点连续6个记录值，依照公式（4）计算各流速校准点的测量重复性。

 （4）

式中：

——第*j*个流速校准点的测量重复性，cm/s；

——第*j*个流速校准点海流计第*i*次流速测量的示值，cm/s；

——第*j*个流速校准点海流计*n*次流速测量值的算术平均值，cm/s；

——测量次数(*n*=6)。

8 校准结果表达

校准证书由封面和内页组成。

校准证书至少包含以下内容：

1. 标题：“校准证书”；
2. 实验室名称和地址；
3. 进行校准的地点；
4. 证书的唯一性标识，每页及总页数的标识；
5. 客户的名称和地址；
6. 被校对象的描述和明确标识；
7. 进行校准的日期及仪器的接收日期；
8. 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
9. 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
10. 校准环境的描述；
11. 校准结果及其测量不确定度的说明；
12. 对校准规范的偏离的说明；
13. 校准证书签发人的签名﹑职务或等效标识；
14. 校准结果仅对被校对象有效的声明；
15. 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

复校时间间隔建议为1年。

附录A

车速变化率的计算

车速变化率的计算按(A.1)式计算：

 (A.1)

式中：

——拖车车速的变化率；

——拖车的瞬时速度，cm/s；

——拖车在测量段内运行的平均速度，cm/s。

瞬时速度测量的取样时间：当车速小于20 cm/s时，为10 s；当车速等于或大于20 cm/s时，为1 s。

附录B

1. 拖曳倾斜式海流计校准原始记录参考格式

原始记录号： 第 页，共 页

|  |  |
| --- | --- |
| 仪器名称  |  |
| 型 号 |  | 出厂编号 |  |
| 记录周期设置/s |  | 平滑周期设置/s |  |
| 测量范围 |  | 校准依据 |  |
| 校准使用的计量标准装置 |
| 名称 | 测量范围 | 不确定度/准确度等级/最大允许误差 | 计量标准证书编号 | 有效期至 |
|  |  |  |  |  |
| 校准使用的标准器及配套设备 |
| 名称 | 测量范围 | 不确定度/准确度等级/最大允许误差 | 证书编号 | 有效期至 |
|  |  |  |  |  |
| 外观检查： |
| 流向校准时间、地点及其环境条件 |
| 时 间： | 地 点： |
| 温度/℃： | 相对湿度/%： |
| 流向校准（正转） 单位：° |
| 序号 | 校准点：0（360） | 校准点：30 | 校准点：60 | 校准点：90 |
| 标准器示值 | 仪器流向示值 | 标准器示值 | 仪器流向示值 | 标准器示值 | 仪器流向示值 | 标准器示值 | 仪器流向示值 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差 |  |  |  |  |
| 校准员: | 核验员: |  |

1. 拖曳倾斜式海流计校准原始记录参考格式（续1）

原始记录号： 第 页，共 页

|  |
| --- |
| 流向校准（正转） 单位：° |
| 序号 | 校准点：120 | 校准点：150 | 校准点：180 | 校准点：210 |
| 标准器示值 | 仪器流向示值 | 标准器示值 | 仪器流向示值 | 标准器示值 | 仪器流向示值 | 标准器示值 | 仪器流向示值 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差 |  |  |  |  |
| 序号 | 校准点：240 | 校准点：270 | 校准点：300 | 校准点：330 |
| 标准器示值 | 仪器流向示值 | 标准器示值 | 仪器流向示值 | 标准器示值 | 仪器流向示值 | 标准器示值 | 仪器流向示值 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差 |  |  |  |  |
| 校准员: | 核验员: |  |

1. 拖曳倾斜式海流计校准原始记录参考格式（续2）

原始记录号： 第 页，共 页

|  |
| --- |
| 流向校准（反转） 单位：° |
| 序号 | 校准点：360(0) | 校准点：330 | 校准点：300 | 校准点：270 |
| 标准器示值 | 仪器流向示值 | 标准器示值 | 仪器流向示值 | 标准器示值 | 仪器流向示值 | 标准器示值 | 仪器流向示值 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差 |  |  |  |  |
| 序号 | 校准点：240 | 校准点：270 | 校准点：300 | 校准点：330 |
| 标准器示值 | 仪器流向示值 | 标准器示值 | 仪器流向示值 | 标准器示值 | 仪器流向示值 | 标准器示值 | 仪器流向示值 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差 |  |  |  |  |
| 校准员: | 核验员: |  |

1. 拖曳倾斜式海流计校准原始记录参考格式（续3）

原始记录号： 第 页，共 页

|  |
| --- |
| 流向校准（反转） 单位：° |
| 序号 | 校准点：120 | 校准点:90 | 校准点：60 | 校准点：30 |
| 标准器示值 | 仪器流向示值 | 标准器示值 | 仪器流向示值 | 标准器示值 | 仪器流向示值 | 标准器示值 | 仪器流向示值 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差 |  |  |  |  |
| 流向校准结果 单位：° |
| 校准点 | 0（360） | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |
| 示值误差（正转） |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差（反转） |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差平均值 |  |  |  |  |  |  |
| 正、反行程差 |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差平均值扩展不确定度（*k*=2） |  |  |  |  |  |  |
| 校准点 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 |
| 示值误差（正转） |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差（反转） |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差平均值 |  |  |  |  |  |  |
| 正、反行程差 |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差平均值扩展不确定度（*k*=2） |  |  |  |  |  |  |
| 校准员: | 核验员: |  |

1. 拖曳倾斜式海流计校准原始记录参考格式（续4）

原始记录号： 第 页，共 页

|  |
| --- |
| 流速校准时间、地点及其环境条件 |
| 时 间： | 地 点： |
| 温 度：相对湿度/%：（60～71） | 相对湿度： |
| 流速校准 单位：cm/s |
| 序号 | 校准点： | 校准点： | 校准点： |
| 标准器示值 | 仪器流速示值 | 标准器示值 | 仪器流速示值 | 标准器示值 | 仪器流速示值 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差 |  |  |  |
| 测量重复性 |  |  |  |
| 示值误差扩展不确定度（*k*=2） |  |  |  |
| 序号 | 校准点： | 校准点： | 校准点： |
| 标准器示值 | 仪器流速示值 | 标准器示值 | 仪器流速示值 | 标准器示值 | 仪器流速示值 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差 |  |  |  |
| 测量重复性 |  |  |  |
| 示值误差扩展不确定度（*k*=2） |  |  |  |
| 校准员: | 核验员: |  |

附录C

校准证书内页参考格式

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 证书编号：  | 原始记录号：  | 第 页，共 页 |

校准项目及校准结果

1外观：

2流向

2.1 校准环境条件及地点

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 温度/ ℃ | （ ～ ）℃ | 相对湿度/ % | （ ～ ）%RH |
| 地点 |  | 校准日期 |  |

2.2 流向测量范围：( ～ ) °

2.3流向示值误差和正、反行程差

单位：°

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 正、反行程差 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差扩展不确定度的最大值（*k*=2） |  |

3 流速

3.1 校准环境条件及地点

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 温度/ ℃ | （ ～ ）℃ | 相对湿度/ % | （ ～ ）%RH |
| 地点 |  | 校准日期 |  |

3.2 流速测量范围：( ～ ) cm／s

3.3 流速示值误差和测量重复性

单位：cm／s

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点 |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差 |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差扩展不确定度的最大值（*k*=2） |  |

附录D

流向校准结果不确定度评定示例

D.1 流向概述

D.1.1 评定依据

JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示。

D.1.2 标准设备和被测对象

D.1.2.1 测量标准器及配套设备

标准器及配套设备主要技术指标见表A.1。

表D.1 标准器及配套设备主要技术指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 分类 | 名称 | 主要技术指标 |
| 标准器 | 测地型GPS接收机 | MPE:±(10.0mm+1.0×10-6×D)（D单位为km） |
| 方位盘 | MPE: ±0.5° |
| 配套设备 | 全站仪 | Ⅱ级 |

D.1.2.2 被测对象

表D.2 被测对象信息

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 器具名称 | 生产厂家 | 型号 | 编号 |
| 拖曳倾斜式海流计 | 澳大利亚詹姆斯库克大学 | Marotte HS | B1574 |

D.1.3 主要测量方法

使用测地型GPS接收机确定真北方向，将方位盘0°刻度指向真北方向，将海流计安装于方位盘上，转动方位盘，方位盘转动经过的角度即为流向标准值，海流计流向示值减去流向标准值即为流向示值误差。逐点分析校准点0°（360°）、30°、60°、90°、120°、150°、180°、210°、240°、270°、300°、330°的测量结果不确定度。

D.2 建立测量模型和分析不确定度来源

D.2.1 测量模型

在校准过程中，测量结果为示值误差，计算公式见（D.1）。

 （D.1）

式中：

——被校海流计流向示值误差，°；

——被校海流计流向示值平均值，°；

——流向标准器方位盘的示值，°。

D.2.2 不确定度来源分析

（1）海流计流向测量重复性或分辨力引入的标准不确定度分量，其标准不确定度分别设为和，两者间较大者设为；

（2）测地型GPS接收机引入的不确定度分量，其标准不确定度设为；

（3）方位盘引入的不确定度分量，其标准不确定度设为。

D.3 不确定度分量评定

D.3.1 海流计流向测量重复性或分辨力引入的标准不确定度

D.3.1.1 海流计流向测量重复性引入的标准不确定度

海流计正转、反转时在不同校准点分别进行6次重复测量，测得值的实验标准差按公式（D.2）计算：

  （D.2）

式中：——第*i*次测量的测得值；

 *n*——重复测量次数，此处*n*=6。

对海流计进行正转、反转测量共2次核查，合并样本标准偏差按公式（D.3）计算：

（D.3）

式中：——第*i*次核查时测得值的实验标准差；

*m*——核查次数，此处*m*=2。

在上述规范化常规测量过程中，测量结果的标准不确定度按公式（D.4）计算：

  （D.4）

式中：——规范化常规测量过程中的重复测量次数，此处=6。

则流向测量重复性引入的标准不确定度见表D.3。

表D.3 海流计流向测量重复性引入标准不确定度

单位：°

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点 | 0(360) | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 |
|  | 0.58 | 0.66 | 0.82 | 0.81 | 0.69 | 0.72 | 0.76 | 0.59 | 0.69 | 0.52 | 0.52 | 0.43 |

D.3.1.2 流向分辨力引入标准不确定度

海流计流向示值分辨力为0.1°，每个读数值的区间半宽度为分辨力的一半，即为0.05°，按均匀分布处理，所引入的标准不确定度按公式（D.5）计算：

 （D.5）

由表D.2和公式（D.4）的计算结果可知，海流计各校准点的流向测量重复性引入的不确定度皆比分辨力引入的不确定度更大，可不考虑分辨力所引入的不确定度分量，的值表示。

D.3.2 测地型GPS接收机引入的标准不确定度

测地型GPS接收机的实时动态测量示值误差满足(10+1×10-6×D)mm（D为测量距离，单位为km）。由于方位盘0刻度指向的真北方向由通过室外两点的坐标差计算得出的坐标方位角反演求得，而用以计算坐标方位角的室外两点之间的距离不超过10.00 m，可认为由测地型GPS接收机的实时动态测量误差所导致的室外两点坐标差的测量误差最大约为40mm（当所测量的两点向相反方向偏离时）。测地型GPS接收机的实时动态测量误差导致的坐标方位角测量误差的最大值（即真北方向的测量误差最大值）按公式（D.6）计算：

  （D.6）

由于坐标测量的概率分布为正态分布（*k*=2），所引入的标准不确定度按（D.7）计算：

  （D.7）

D.3.3 方位盘引入标准不确定度

各校准点的最大误差满足优于±0.5°，由于使用方位盘测量海流计正、反转经过角度的概率分布为三角分布（*k*=），所引入的准不确定度按公式（D.8）计算：

  （D.8）

D.4 合成标准不确定度

海流计流向测量结果的标准不确定度分量汇总见表D.4。

表D.4 标准不确定度一览表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准不确定度来源 | 灵敏度系数 | 系数值 |
| 海流计流向测量重复性或分辨力引入的不确定度 |  | 1 |
| 测地型GPS接收机引入的标准不确定度 |  | -1 |
| 方位盘引入标准不确定度 |  | -1 |

由于各分量之间各不相关，合成标准不确定度的计算公式如下：

  （D.9）

海流计各校准点流向测量结果的合成标准不确定度计算结果见表D.5。

表D.5 海流计流向测量结果的合成标准不确定度

单位：°

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点 | 0(360) | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 |
| 合成标准不确定 | 0.63 | 0.70 | 0.86 | 0.84 | 0.73 | 0.76 | 0.80 | 0.64 | 0.73 | 0.57 | 0.57 | 0.49 |

D.5 扩展不确定度

取*k*=2，则扩展不确定度*U*=，扩展不确定度计算结果见表D.6。

表D.6 海流计流向测量结果的扩展不确定度

单位：°

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0(360) | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 |
| 扩展不确定度 | 1.3 | 1.4 | 1.7 | 1.7 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.3 | 1.5 | 1.1 | 1.1 | 1.0 |

附录E

流速校准结果不确定度评定示例

E.1 流速概述

E.1.1 评定依据

JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示。

E.1.2 标准设备和被测对象

E.1.2.1 标准设备

标准器主要技术指标见表E.1。

表E.1 标准器主要技术指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 分类 | 名称 | 主要技术指标 |
| 标准器 | 车速测量系统 | MPE:±1.0 cm/s |
| 配套设备 | 流速校准水槽 | 深水区尺寸：60m×5m×6m浅水区尺寸：140m×5m×1.5m |
| 流速校准拖车 | 车速变化率（σ）：v≤0.1m/s，σ≤2.00%0.1＜v≤0.5m/s，σ≤1.00%v＞0.5m/s，σ≤0.60% |

E.1.2.2 被测对象

表E.2 被测对象信息

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 器具名称 | 生产厂家 | 型号 | 编号 |
| 拖曳倾斜式海流计 | 澳大利亚詹姆斯库克大学 | Marotte HS | B1574 |

E.1.3 主要测量方法

由悬挂海流计的流速校准拖车提供稳定速度，使得海流计与水槽中的水处于一定速度的相对运动，车速测量系统测得的速度为流速标准值，将海流计流速示值减去流速标准值即为流速示值误差。逐点分析校准点5cm/s、15cm/s、25cm/s、55cm/s、65cm/s、115cm/s的测量结果不确定度。

E.2 建立测量模型和分析不确定度来源

E.2.1 测量模型

在校准过程中，测量结果为示值误差，计算公式见（E.1）。

  （E.1）

式中：

——流速示值误差，cm/s；

——被测流速平均值，cm/s；

——标准流速值，cm/s。

E.2.2 不确定度来源分析

（1）海流计流向测量重复性或分辨力引入的标准不确定度分量，其标准不确定度分别设为和，两者间较大者设为；

（2）车速测量系统引入的不确定度分量，其标准不确定度设为。

E.3 不确定度分量评定

E.3.1 海流计流速测量重复性或分辨力引入的标准不确定度

E.3.1.1海流计流速测量重复性引入的标准不确定度

当重复测量次数为6次时，测得值的实验标准差按贝塞尔公式（E.2）计算。

  （E.2）

式中：——第*i*次测量的测得值；

 *n*——重复测量次数，此处*n*=6。

当重复测量次数小于6次时，测得值的实验标准差按极差法公式（E.3）计算。

  （E.3）

式中：R——极差；

 C——极差系数；

 ，——测量组中最大值和最小值。

测量结果的标准不确定度按公式（E.4）计算。

  （E.4）

则测量重复性引入的标准不确定度见表E.3。

表E.3 海流计流速测量重复性引入标准不确定度

 单位：cm/s

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点 | 5 | 15 | 25 | 55 | 65 | 115 |
|  | 0.24 | 0.38 | 0.38 | 0.20 | 0.40 | 0.80 |

E.3.1.2 海流计分辨力引入标准不确定度

由海流计的说明书，可知其分辨力为0.1cm/s，每个读数值的区间半宽度为分辨力的一半，即为0.05cm/s，按均匀分布处理，所引入的标准不确定度按公式（E.5）计算如下。

  （E.5）

由表E.3和公式（E.5）的计算结果可知，海流计各校准点的流速测量重复性引入的不确定度皆比分辨力引入的不确定度更大，可不考虑分辨力引入的不确定度分量，使用表示。

E.3.2 流速拖车车速测量系统引入标准不确定度

流速拖车车速测量系统的最大允许误差满足优于±1.0cm/s，由于拖车车速测量的概率分布为正态分布(*k*=2)，所引入的标准不确定度按公式（E.6）计算如下。

  （E.6）

E.4 合成标准不确定度

海流计流向测量结果的标准不确定度分量汇总见表E.4。

表E.4 标准不确定度一览表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准不确定度来源 | 灵敏度系数 | 系数值 |
| 海流计流向测量重复性或分辨力引入的不确定度 |  | 1 |
| 车速测量系统引入标准不确定度 |  | -1 |

由于各分量之间各不相关，合成标准不确定度的计算公式如下：

  （E.7）

海流计各校准点流速测量结果的合成标准不确定度计算结果见表E.5。

表E.5 海流计流速测量结果的合成标准不确定度

单位：cm/s

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点 | 5 | 15 | 25 | 55 | 65 | 115 |
| 合成标准不确定度 | 0.55 | 0.63 | 0.63 | 0.54 | 0.64 | 0.94 |

E.5 扩展不确定度

取*k*=2，则扩展不确定度*U*=，则扩展不确定度计算结果见表E.6。

表E.6 海流计流速测量结果的扩展不确定度

单位：cm/s

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 5 | 15 | 25 | 55 | 65 | 115 |
| 扩展不确定度 | 1.1 | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 1.3 | 1.9 |