

**中华人民共和国国家计量技术规范**

JJFXXXX－2024

称重式泥沙监测仪器校准规范

**Calibration specification for Weighing sediment content monitoring device**

(征求意见稿)

2024⎯××⎯××发布 2024⎯××⎯××实施

**国家市场监督管理总局**发布

称重式泥沙监测仪器

校准规范

**Calibration specification for**

**Weighing sediment content monitoring device**

JJFxxxx – 2024

归 口 单 位 ：全国能源资源计量技术委员会水资源计量分技术委员会

主要起草单位：

参加起草单位：

本规范委托全国能源资源计量技术委员会水资源计量分技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

**参加起草人：**

目录

[引言 II](#_Toc8598)

[1 范围 3](#_Toc29370)

[2 引用文件 3](#_Toc29699)

[3 术语和计量单位 3](#_Toc11710)

[3.1术语 3](#_Toc13497)

[3.2 计量单位 3](#_Toc31858)

[4 概述 3](#_Toc25528)

[4.1工作原理 3](#_Toc13637)

[4.2结构组成 4](#_Toc8822)

[5 计量特性 4](#_Toc3466)

[5.1容积 4](#_Toc27592)

[5.2含沙量 4](#_Toc3151)

[6 校准条件 5](#_Toc27624)

[6.1环境条件 5](#_Toc28860)

[6.2测量标准及其他设备 5](#_Toc4242)

[7 校准项目和校准方法 5](#_Toc31811)

[7.1校准项目 5](#_Toc6021)

[7.2校准方法 6](#_Toc30770)

[8 校准结果 10](#_Toc5764)

[9 复校时间间隔 10](#_Toc13168)

[附录A水的密度与温度对照表 11](#_Toc2611)

[附录B证书内页格式（参考） 12](#_Toc32202)

[附录C原始记录格式（参考） 13](#_Toc31251)

[附录D测量结果不确定度评定示例（参考） 15](#_Toc1015)

# 引言

本规范依据国家计量技术规范 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》编制。

本规范系首次编制。

称重式泥沙监测仪器校准规范

# 范围

本规范适用于称重式泥沙监测仪器（以下简称泥沙监测仪）的校准。其他工作原理的监测仪器也可参考本规范执行。

# 引用文件

JJG 259《标准金属量器》

GB/T 50095《水文基本术语和符号标准》

GB/T 50159《河流悬移质泥沙测验规范》

GB/T 20465《水土保持术语》

SL 277《水土保持监测技术规范》

SL 42《河流泥沙颗粒分析规程》

SL 342《水土保持监测设施通用技术条件》

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。

# 术语和计量单位

## 3.1术语

3.1.1称重式泥沙监测仪器 Weighing sediment content monitoring device

是一种利用称重法测定水体中泥沙含量的仪器。

3.1.2含沙量 Sediment concentration

含沙量是单位体积的浑水中所含干沙的质量。

[来源：GB/T 20465《水土保持术语》-2006，2.2.31]

## 3.2 计量单位

3.2.1质量：克、千克，符号 g、kg。

3.2.2含沙量：千克每立方米，符号 kg/m3。

# 概述

## 4.1工作原理

基于单位体积下不同泥沙含量的泥水质量不同的原理，泥沙监测仪通过称重传感器采集质量值，利用液位传感器采集液位值计算容积或利用取样瓶确定容积，通过数据处理得出含沙量。

## 4.2结构组成

泥沙监测仪可分为便携式和在线安装式两种。便携式包括取样瓶、称重传感器等。在线安装式包括入水口、集流桶、液位传感器、称重传感器等。

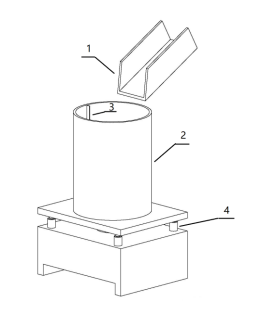


图1 泥沙监测仪示意图

1-入水口、2-集流桶（取样瓶）、3-液位传感器、4-称重传感器

# 计量特性

## 5.1容积

容积示值最大允许误差±5%，重复性不超过最大允许误差绝对值的1/3。

## 5.2含沙量

|  |  |
| --- | --- |
| 测量范围 | 示值最大允许误差 |
| ≤30kg/m³ | ±5% |
| ＞30kg/m³ | ±10% |

重复性不超过最大允许误差绝对值的1/3。

注：以上指标不作为合格性判别，仅供参考。

# 校准条件

## 6.1环境条件

6.1.1温度：20℃±15℃；

6.1.2相对湿度：不大于95%；

6.1.3无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械振动。

## 6.2测量标准及其他设备

主要部件技术指标见表1。

表1测量标准及其他设备

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | 技术要求 | 用途 |
| 1 | 电子秤 | 测量范围通常为（0～100）kg，准确度等级不低于级。 | 测量泥沙样品质量、容积校准 |
| 2 | 电子天平 | 测量范围通常为（0.5～6000）g，准确度等级不低于级。 | 测量泥沙样品密度、容积校准 |
| 3 | 标准金属量器组 | 量程（10～100）L、准确度等级不低于二等。 | 容积校准、配置标准泥沙样品 |
| 4 | 量筒 | 500mL，量入式，MPE：±5mL。 | 测量泥沙样品密度 |
| 5 | 玻璃液体温度计 | 量程为（0～50）℃，分度值为0.1℃。 | 测量液体介质温度 |
| 6 | 搅拌装置 | 能够匀速、均匀搅拌 | 搅拌样品 |
| 7 | 土壤筛 | 孔目尺寸：（2～5）mm。 | 泥沙样品取样 |
| 8 | 干燥箱 | 温控范围：（10～200）℃，MPE：±2℃。 | 烘干泥沙样品 |
| 9 | 电子秒表 | 分辨力0.01s。 | 测量滴流时间 |

注：也可采用满足测量不确定度要求的其他测量设备进行校准。

# 校准项目和校准方法

## 7.1校准项目

表2校准项目

|  |  |
| --- | --- |
| 序号 | 校准项目 |
| 1 | 容积示值误差 |
| 2 | 容积重复性 |
| 3 | 含沙量示值误差 |
| 4 | 含沙量重复性 |

## 7.2校准方法

### 7.2.1校准前准备工作

检查泥沙监测仪，确保正常工作。

### 7.2.2容积示值误差校准

7.2.2.1便携式泥沙监测仪

泥沙监测仪按照标称容积进行校准。将纯水加至取样瓶的标称容积标线处，称量得纯水质量*m*水，用玻璃液体温度计测量纯水的温度，按（1）式计算实际容积。重复测量3次，取平均值作为泥沙监测仪的容积值，根据（2）式计算容积误差。

（1）

式中：

*m*水——称得纯水的质量，g；

*ρ*水——水的密度（水的密度与温度对照表见附录A），g/cm³；

*V*——取样瓶实际容积，mL。

*ΔV*=*V*0-*V*测 （2）

式中：

*ΔV*——容积误差，mL；

*V*测——泥沙监测仪容积值3次测量的平均值，mL；

*V*0 ——泥沙监测仪标称容积值，mL。

7.2.2.2在线安装式泥沙监测仪

7.2.2.2.1泥沙监测仪按照标称容积及标称容积50%左右的点进行校准。

7.2.2.2.2根据校准点，选择合适的标准金属量器，将标准金属量器置于集流桶上方，并调平。

7.2.2.2.3用排液管将标准金属量器的排液口与被校集流桶的入水口相连，连接处不得有渗漏现象。

7.2.2.2.4注水至标准金属量器标称容量刻线位置，测量并记录量器中的介质温度

*t*，由式（3）计算得到标准容积值*V*。

（3）

式中：

*V*20——标准金属量器20℃的容积值，L；

*β*——标准金属量器的体胀系数，℃-1；

*t*——量器中水的温度，℃。

7.2.2.2.5打开标准金属量器的放液阀门，将水排入到集流桶内，在滴流状态下等待 2min 后，关闭放液阀门。

7.2.2.2.6每个校准点重复测量3次，读取并记录集流桶的容积示值*V*示。重复以上步骤，依次测量每个校准点的示值。取平均值作为泥沙监测仪的容积值，标称容积示值误差按公式（4）计算：

×100% （4）

### 7.2.3容积重复性

容积的重复性按公式（5）计算：

*sV*= （5）

式中：

*sV*——容积重复性，%；

——容积示值误差最大值，%；

——容积示值误差最小值，%；

*C*——极差系数值见表3。

表3 *C*数值表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| *C* | 1.13 | 1.69 | 2.06 | 2.33 | 2.53 |

### 7.2.4含沙量校准点的选择

校准实验中包含的含沙量校准点应不低于5个，在泥沙监测仪测量范围内均匀布设，建议为含沙量满量程的10%、30%、50%、70%、90%。

### 7.2.5标准泥沙样品准备

7.2.5.1校准用泥沙样品可由客户提供，也可实验室自备。

7.2.5.2泥沙样品需按要求烘干过筛，烘箱温度约（105±2）℃，持续时间（4~6）h，筛网孔目尺寸为（2~5）mm。

7.2.5.3泥沙样品应干燥后密封，用于含沙量分级。

7.2.5.4泥沙样品密度计算

向量筒内注水至300mL，记作*V*水，将量筒放置在电子天平上称重，得到量筒和水的总质量*M*水；取一定量泥沙样品加入量筒中，并确保混合液体液位高度不超过500mL容量线，搅拌均匀后静置10min，读取混合液体积*V*混，再将量筒放置在电子天平上称重，得到量筒和混合液的总质量*M*混。

泥沙样品质量：

*M*沙=*M*混-*M*水； （6）

泥沙样品体积：

*V*沙*=V*混-*V*水； （7）

泥沙样品密度：

*ρ*沙=*M*沙/*V*沙。 （8）

重复试验 3 次，取平均值作为泥沙样品的密度。

### 7.2.6含沙量示值误差校准

7.2.6.1便携式泥沙监测仪

含沙量示值误差的实验室及现场校准在泥沙监测仪的标称容积下进行。将取样瓶放置在天平上，称取标称容积相应质量的水。

按照7.2.4确定的含沙量校准点，根据公式（9）计算10%含沙量所需泥沙样品的质量*m*，将称重后的泥沙样品倒入取样瓶中，并进行搅拌，使混合液体充分混合析出气泡，并静止5min，读取泥沙监测仪含沙量示值并记录。

*W*= （9）

式中：

*W*——标准含沙量，kg/m3

*m*——泥沙样品质量，kg；

*ρ*沙——泥沙样品密度，kg/m³；

*V*水——所加水的标准体积，m³。

完成10%含沙量校准点后，根据所选择的校准点，持续添加定量质量的泥沙样品，将取样瓶中泥沙混合液体的标准含沙量值分别依次调整到各含沙量校准点附近。记录每次添加的泥沙样品质量*m*，并通过上式（9）计算实际标准含沙量值。

清洗取样瓶，重复以上实验，每个含沙量校准点完成三次测量。

7.2.6.2在线安装式泥沙监测仪

含沙量示值误差的实验室及现场校准分别在泥沙监测仪的标称容积及标称容积50%左右下进行，校准所需的水通过标准金属量器量取之后加入到集流桶中。

校准过程同7.2.6.1，将称重后的的泥沙样品倒入集流桶中，依次按照各校准点进行校准，完毕后清洗集流桶，重复以上实验，每个含沙量校准点完成三次测量。

### 7.2.7数据分析

7.2.7.1含沙量示值误差

含沙量示值误差按如下公式计算：

 (10)

式中：

*Eij*——泥沙监测仪在第*i*校准点的第*j*次测量的示值误差，%；

*Wij*——第*i*校准点第*j*次测量的泥沙监测仪含沙量示值，kg/m3；

*Wsij*——第*i*校准点时第*j*次的标准含沙量，kg/m3。

其中：*Wsij*按公式（9）计算。

7.2.7.2 含沙量重复性

各校准点示值重复性采用极差法计算：

*W*= (11)

式中：

*S*w――泥沙监测仪在*i*含沙量校准点的重复性，%；

*Ei*max――泥沙监测仪在*i*含沙量校准点的误差最大值，%；

*Ei*min――泥沙监测仪在*i*含沙量校准点的误差最小值，%；

*C*――极差系数见表3。

# 校准结果

校准证书和原始数据记录格式参照附录B和附录C。不确定度评定示例见附录D。

# 复校时间间隔

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，建议复校时间间隔为 1 年。

# 附录A水的密度与温度对照表

水的密度与温度对照表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 温度（℃） | 密度（g/cm3） | 温度（℃） | 密度（g/cm3） |
| 1.0 | 1.000 | 16.0 | 0.999 |
| 2.0 | 1.000 | 17.0 | 0.999 |
| 3.0 | 1.000 | 18.0 | 0.999 |
| 4.0 | 1.000 | 19.0 | 0.998 |
| 5.0 | 1.000 | 20.0 | 0.998 |
| 6.0 | 1.000 | 21.0 | 0.998 |
| 7.0 | 1.000 | 22.0 | 0.998 |
| 8.0 | 1.000 | 23.0 | 0.998 |
| 9.0 | 1.000 | 24.0 | 0.997 |
| 10.0 | 1.000 | 25.0 | 0.997 |
| 11.0 | 1.000 | 26.0 | 0.997 |
| 12.0 | 0.999 | 27.0 | 0.997 |
| 13.0 | 0.999 | 28.0 | 0.996 |
| 14.0 | 0.999 | 29.0 | 0.996 |
| 15.0 | 0.999 | 30.0 | 0.996 |

# 附录B证书内页格式（参考）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准所使用的主要标准器（或标准装置） | | | | | | | | | | | |
| 名称 | 测量范围 | | | 不确定度或准确度等级或最大允许误差 | | | | 证书号 | | 证书有效期至 | |
|  |  | | |  | | | |  | |  | |
|  |  | | |  | | | |  | |  | |
| 本次校准所使用的主要标准器（或标准装置）均溯源至国家计量基准。 | | | | | | | | | | | |
| 校准的环境条件及地点 | | | | | | | | | | | |
| 地点 | |  | 温度 | | ℃ | 湿度 | %RH | | 水温 | | ℃ |

**校准结果**

容积校准

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 容积点 | 标准容积值*V*(L) | 示值误差*E*V（%） | 重复性（%） | 不确定度（%） |
| 50% |  |  |  |  |
| 100% |  |  |  |  |

含沙量校准

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 容积点 | 序号 | 标准含沙量(kg/m3) | 相对误差(%) | 重复性（%） | 不确定度（%） |
| 50% | 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |
| 100% | 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |

\*未经本单位书面批准，不得部分复印此证书。

# 附录C原始记录格式（参考）

校准原始记录

委托单位： 单位地址：

联系电话： 证书编号：

仪器名称： 型号/规格： 仪器编号：

制造单位： 校准依据：

校准所使用的主要标准器（或标准装置）： ，均溯源至国家计量基准。

校准地点： 温度： ℃ 湿度： %RH

校准时间： 校准员： 核验员：

表一：泥沙样品密度

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | *V*水（mL） | *m*水（g） | *V*混（mL） | *m*混（g） | *ρ*（g/mL） | *ρ*沙（g/mL） |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |

表二：容积校准结果原始数据记录表

水温： ℃ ； 纯水密度： （g/cm3）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 容积点 | 标准容积值*V*(L) | 纯水质量  *m*水（g） | 容积示值  *V*示（L） | 示值平均值  *V*测（L） | 示值误差*E*V（%） | 重复性（%） | 不确定度（%） |
| 50% |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |
|  |  |
| 100% |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |
|  |  |

表三：含沙量校准结果原始数据记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 容积点 | 序号 | 标准含沙量(kg/m3) | 含沙量示值  (kg/m3) | 示值平均值  (kg/m3) | 相对误差(%) | 重复性  （%） | 不确定度（%） |
| 50% | 1 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |
|  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |
|  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |
|  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |
|  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |
|  |  |
| 100% | 1 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |
|  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |
|  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |
|  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |
|  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |
|  |  |

# 附录D测量结果不确定度评定示例（参考）

D.1泥沙监测仪容积示值误差校准结果的不确定度评定

D.1.1便携式泥沙监测仪容积示值误差校准结果的不确定度评定

1. 校准方法概述

以校准标称容积误差为例。将纯水加至取样瓶的标称容积标线处，称量得纯水质量，用玻璃液体温度计测量纯水的温度，查表得出水的密度，根据质量和密度计算所加纯水的实际容积，计算标称容积与实际容积之差。

1. 测量模型

*ΔV*=*V*-

式中：

*ΔV*——取样瓶标称容积示值误差，L；

*V*——取样瓶标称容积，L；

*m*水——电子天平称取的水的质量，g；

*ρ*水——水的密度，g/cm3。

假设各输入量互不相关，则不确定度传播律公式为：



式中：

*c*1、*c*2、*c*3—灵敏系数。

其中：

*c*1 = 1；

*c*2 =-；

*c*3 =。

1. 不确定度来源和不确定度分量评定

3.1被校仪器的测量结果引入的标准不确定度分量*u*(*V*)

被校仪器的测量结果引入的标准不确定度应取重复性测量引入的标准不确定度和仪器分辨力引入的标准不确定度的二者的较大值。

3.1.1重复性引入的标准不确定度分量*u*1(*V*)

采用A类方法评定。选择一台标称容积为1L的便携式泥沙监测仪，用电子天平量取水，加入至取样瓶中，读取容积值，在重复性条件下测量10次，得到的测量结果如下表所示：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 水温（℃） | 18.3 | 18.3 | 18.3 | 18.3 | 18.3 | 18.3 | 18.3 | 18.3 | 18.3 | 18.3 |
| 标准值（L） | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 测量值  （L） | 0.98 | 0.95 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 0.95 | 0.99 | 0.95 | 0.97 | 0.99 |

由上表数据得，平均值为：=0.97 L,

按照贝塞尔公式计算得：



则*u*1(*V*)=*s*=0.017 L。

3.1.2被校仪器分辨力引入的标准不确定度分量*u*2(*V*)

本次所用的被校仪器的分辨力为0.01 L,按照均匀分布，其引入的标准不确定度分量为：

*u*2(*V*)= L =0.003 L。

由于*u*2(*V*)＜*u*1(*V*)，所以*u*(*V*)=*u*1(*V*)=0.017 L。

3.2电子天平称量引入的标准不确定度分量*u*(*m*水)

本次所用电子天平分辨力为0.01g，量程为6200g，由《电子天平检定规程》可得，天平在称量1000g质量时，其最大允许误差为：±0.01g，按照均匀分布，其标准不确定度分量为：

*u*(*m*水)= g =0.006 g。

3.3水的密度引入的标准不确定度分量*u*(*ρ*水)

水的密度主要受温度影响，在校准过程中，水温位于18℃和19℃之间，其密度范围为：969.81g/L～967.96g/L，差值为：1.85g/L，按照均匀分布，其标准不确定度分量为：

*u*(*β*)= g/L =0.54 g/L。

1. 输入量的标准不确定度汇总表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度*u*（*xi*） | 不确定度来源 | 标准不确定度 | *Ci* | | *Ci*| |
| *u*(*V*) | 被校仪器引入的标准不确定度 | 0.017 L | 1 | 0.017 L |
| *u*(*m*水) | 电子天平称量引入的标准不确定度 | 0.006 g | -0.001 L/g | 0.001 L |
| *u*(*ρ*水) | 水的密度变化引入的标准不确定度 | 0.54 g/L | 0.001 L2/g | 0.001L |

1. 合成标准不确定度

输入量彼此独立不相关，所以合成标准不确定度可按下式计算得



1. 扩展不确定度

在标称容积为1 L时，该仪器的容积测量结果为0.97 L。

取包含因子*k*=2，扩展不确定度为：*U*=2×*u*c=0.04 L。

其相对扩展不确定度为：*U*rel=4%。

D.1.2在线安装式泥沙监测仪容积示值误差校准结果的不确定度评定

1. 校准方法概述

以测量标称容积误差为例，用与集流桶标称容积相同的标准金属量器组往集流桶中加水，读取被校仪器体积示值，计算两者体积之差。

1. 测量模型

*ΔV*=*V*-*V*20[1+*β*(*t*-20)]

式中：

*ΔV*——集流桶标称容积示值误差，L；

*V*——集流桶标称容积，L；

*V*20——标准金属量器20℃时的容积，L；

*β*——标准金属量器的体胀系数，℃-1；

*t*——标准金属量器中水的温度，℃。

假设各输入量互不相关，则不确定度传播律公式为：



式中：

*c*1、*c*2、*c*3、*c*4—灵敏系数。

其中：

*c*1 = 1；

*c*2 = -[1+*β*(*t*-20)]；

*c*3 = -*V*20(*t*-20)；

*c*4 = -*V*20*β*。

1. 不确定度来源和不确定度分量评定

3.1被校仪器的测量结果引入的标准不确定度分量*u*(*V*)

被校仪器的测量结果引入的标准不确定度应取重复性测量引入的标准不确定度和仪器分辨力引入的标准不确定度的二者的较大值。

3.1.1重复性引入的标准不确定度分量*u*1(*V*)

采用A类方法评定。选择一台标称容积为50L的称重式泥沙监测仪，用50L的标准金属量器量取水，加入至集流桶中，读取容积值，在重复性条件下测量10次，得到的测量结果如下表所示：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 水温（℃） | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 |
| 标准值（L） | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 |
| 测量值  （L） | 49.86 | 49.52 | 49.71 | 49.59 | 49.43 | 49.72 | 49.68 | 49.90 | 49.67 | 49.73 |

由上表数据得，平均值为：=49.68 L,

按照贝塞尔公式计算得：



则*u*1(*V*)=*s*=0.15 L。

3.1.2被校仪器分辨力引入的标准不确定度分量*u*2(*V*)

本次所用的被校仪器的分辨力为0.01 L,按照均匀分布，其引入的标准不确定度分量为：

*u*2(*V*)= L =0.003 L。

由于*u*2(*V*)＜*u*1(*V*)，所以*u*(*V*)=*u*1(*V*)=0.15 L。

3.2标准金属量器引入的标准不确定度分量*u*(*V*20)

由检定证书可得，二等标准金属量器的最大允许误差为：±0.025%，按照均匀分布，其标准不确定度分量为：

*u*(*V*20)= L =0.01 L。

3.3标准金属量器体胀系数引入的标准不确定度分量*u*(*β*)

标准金属量器体胀系数50×10-6 ℃-1，其最大允许误差为：±6×10-6 ℃-1，按照均匀分布，其标准不确定度分量为：

*u*(*β*)= ℃-1 =3.5×10-6 ℃-1。

3.4水温测量引入的标准不确定度分量*u*(*t*)

水温测量所用的标准器为分度值0.1℃，量程50℃玻璃液体温度计，按照检定规程可知，其最大允许误差为：±0.2 ℃，按照均匀分布，其标准不确定度分量为：

*u*(*t*)= ℃=0.12 ℃。

1. 输入量的标准不确定度汇总表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度*u*（*xi*） | 不确定度来源 | 标准不确定度 | *Ci* | | *Ci*| |
| *u*(*V*) | 被校仪器引入的标准不确定度 | 0.15 L | 1 | 0.15 L |
| *u*(*V*20) | 标准金属量器引入的标准不确定度 | 0.01 L | -1 | 0.01 L |
| *u*(*β*) | 标准金属量器体胀系数引入的标准不确定度 | 3.5×10-6 ℃-1 | 75 L℃ | 0.0003 L |
| *u*(*t*) | 水温测量引入的标准不确定度 | 0.12 ℃ | -2.5×10-3 L℃-1 | 0.0003 L |

1. 合成标准不确定度

输入量彼此独立不相关，所以合成标准不确定度可按下式计算得



1. 扩展不确定度

在标称容积为50 L时，该仪器的容积测量结果为49.68 L。

取包含因子*k*=2，扩展不确定度为：

*U*=2×*u*c=0.32 L，

其相对扩展不确定度为：

*U*rel=0.7%。

D.2泥沙监测仪含沙量示值误差校准结果的不确定度评定

D.2.1在线安装式泥沙监测仪含沙量示值误差校准结果的不确定度评定

1. 校准方法概述

电子秤称取的泥沙样品与标准金属量器量取的水进行混合配置标准泥沙样品，与被校仪器的示值作比较，计算两者之间的误差。

1. 测量模型

*Eij*=*Wij* - *Wsij*=*Wij* -

式中：

*Eij*——称重式泥沙监测仪器在第*i*校准点的第*j*次测量的示值误差；

*Wij*——第*i*校准点第*j*次测量的泥沙监测仪含沙量示值，kg/m3；

*Wsij*——第*i*校准点时第*j*次的标准含沙量，kg/m3；

*m*——泥沙样品质量，kg；

*ρ*沙——泥沙样品密度，kg/m³；

*V*水——标准金属量器的标称容量，m³。

假设各输入量互不相关，则不确定度传播律公式为：



式中：

*c*1、*c*2、*c*3、*c*4—灵敏系数。

其中：

*c*1 = 1；

*c*2 = -；

*c*3 = -；

*c*4 = 。

1. 不确定度来源和不确定度分量评定

3.1被校仪器的测量结果引入的标准不确定度分量*u*(*Wij*)

被校仪器的测量结果引入的标准不确定度应取重复性测量引入的标准不确定度和仪器分辨力引入的标准不确定度的二者的较大值。

3.1.1重复性引入的标准不确定度分量*u*1(*Wij*)

采用A类方法评定。选择一台称重式泥沙监测仪，选择含沙量为50kg/m³为测量点，在短时间内重复测量10次，得到的测量结果如下表所示：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量值  （kg/m³） | 50.6 | 51.1 | 50.9 | 50.5 | 51.0 | 50.8 | 50.7 | 50.3 | 51.6 | 51.3 |

由上表数据得，平均值为：=50.9 kg/m³,

按照贝塞尔公式计算得：



则*u*1(*Wij*)=*s*=0.39 kg/m3。

3.1.2被校仪器分辨力引入的标准不确定度分量*u*2(*Wij*)

本次所用的被校仪器的分辨力为0.1 kg/m³,按照均匀分布，其引入的标准不确定度分量为：

*u*2(*Wij*)= kg/m³ =0.03 kg/m³。

由于*u*2(*Wij*)＜*u*1(*Wij*)，所以*u*(*Wij*)=*u*1(*Wij*)=0.39 kg/m³。

3.2泥沙样品的质量称量引入的标准不确定度分量*u*(*m*)

泥沙样品的质量称量引入的不确定度主要是由电子秤的最大允许误差引入的，电子秤准确度等级为级，测量范围为（0～50）kg，其最大允许误差MPE：±15g，区间半宽为15g，按照均匀分布，则由泥沙样品的质量的称量引入的标准不确定度为：

*u*(*m*)= g =8.6 g。

3.3水的体积引入的标准不确定度分量*u*(*V*水)

水的体积引入的标准不确定度主要是由标准金属量器的最大允许误差引入的，标准金属量器的准确度等级为二等，本次校准使用的标准金属量器为100L,则最大允许误差为MPE:±0.025L，区间半宽为0.025L，假设均匀分布，则由标准金属量器组引入的相对标准不确定度为

*u*(*V*水)= L =0.02 L。

3.4泥沙样品的密度引入的标准不确定度分量*u*(*ρ*沙)

由7.2.6（4）可知，泥沙样品密度的计算公式为：*ρ*沙=*M*沙/*V*沙，因此，泥沙样品的密度引入的标准不确定度主要由泥沙样品的质量和泥沙样品的体积引入，即由电子天平和量筒的最大允许误差引入。

3.4.1泥沙样品的质量称量引入的标准不确定度分量*u*(*M*沙)

泥沙样品的质量称量引入的标准不确定度分量主要由电子天平的最大允许误差引入，本次校准所用的电子天平的量程为（0.01～6200）g，准确度等级为级，本次校准称量泥沙样品的质量在500 g以下，由电子天平检定规程可得，其最大允许误差为±0.05 g，按照均匀分布，由于测量过程中电子天平使用了两次，则：

*u*(*M*沙)= g =0.04 g。

3.4.2泥沙样品的体积引入的标准不确定度分量*u*(*V*沙)

泥沙样品的体积引入的标准不确定度分量主要由所用量筒的最大允许误差引入，本次校准所用的量筒为500 mL，由检定规程可得，其最大允许误差为±5 mL,按照均匀分布，由于测量过程中量筒使用了两次，则：

*u*(*V*沙)= mL =4.1 mL。

3.4.3泥沙样品的密度引入的标准不确定度分量*u*(*ρ*土)



1. 输入量的标准不确定度汇总表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度*u*（*xi*） | 不确定度来源 | 标准不确定度 | *Ci* | | *Ci*| |
| *u*(*Wij*) | 被校仪器引入的标准不确定度 | 0.39 kg/m3 | 1 | 0.39 kg/m3 |
| *u*(*m*) | 泥沙样品的质量称量引入的标准不确定度 | 8.6 g | -0.01 L-1 | 0.09 kg/m3 |
| *u*(*V*水) | 水的体积引入的标准不确定度 | 0.02 L | -0.5 g/L2 | 0.01 kg/m3 |
| *u*(*ρ*沙) | 泥沙样品的密度引入的标准不确定度 | 20 kg/m3 | 0.0003 | 0.01 kg/m3 |

1. 合成标准不确定度

输入量彼此独立不相关，所以合成标准不确定度可按下式计算得



1. 扩展不确定度

在泥沙含量为50 kg/m3的校准点处，该仪器的测量结果为50.9 kg/m3。

取包含因子*k*=2，扩展不确定度为：

*U*=2×*u*c=0.8 kg/m3，

其相对扩展不确定度为：

*U*rel=1.6%。

D.2.2便携式泥沙监测仪含沙量示值误差校准结果的不确定度评定

1. 校准方法概述

用电子天平称取的泥沙样品与电子天平量取的水进行混合配置标准泥沙样品，与被校仪器的示值作比较，计算两者之间的误差。

1. 测量模型

同C.1.1.2。

1. 不确定的来源和不确定度分量评定

同C.1.1.3。

1. 输入量的标准不确定度汇总表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度*u*（*xi*） | 不确定度来源 | 标准不确定度 | *Ci* | | *Ci*| |
| *u*(*Wij*) | 被校仪器引入的标准不确定度 | 0.35 kg/m3 | 1 | 0.35 kg/m3 |
| *u*(*m*) | 泥沙样品的质量称量引入的标准不确定度 | 0.03 g | -1 L-1 | 0.03 kg/m3 |
| *u*(*V*水) | 水的体积引入的标准不确定度 | 0.01 L | -50 g/L2 | 0.50 kg/m3 |
| *u*(*ρ*沙) | 泥沙样品的密度引入的标准不确定度 | 20 kg/m3 | 0.0004 | 0.01 kg/m3 |

1. 合成标准不确定度

输入量彼此独立不相关，所以合成标准不确定度可按下式计算得：



1. 扩展不确定度

在泥沙含量为50 kg/m3的校准点处，该仪器的测量结果为49.5 kg/m3。

取包含因子*k*=2，扩展不确定度为：

*U*=2×*u*c=1.3 kg/m3，

其相对扩展不确定度为：

*U*rel=2.6%。