**称重式泥沙监测仪器校准规范**

**试验报告**

**称重式泥沙监测仪器校准规范编制组**

**2024年1月**

**目录**

[一、便携式称重式泥沙监测仪器校准试验 1](#_Toc9139)

[（一）试验目的 1](#_Toc12642)

[（二）试验所用设备 2](#_Toc7471)

[（三）试验条件 2](#_Toc26219)

[（四）试验方法 3](#_Toc17210)

[（五）试验结果 8](#_Toc10233)

[（六）试验结论 9](#_Toc23081)

[（七）验证时间和人员 9](#_Toc27777)

[二、在线安装式称重式泥沙监测仪器 10](#_Toc7213)

[（一）试验目的 10](#_Toc29888)

[（二）试验所用设备 11](#_Toc8498)

[（三）试验条件 12](#_Toc29320)

[（四）试验方法 12](#_Toc20216)

[（五）试验结果 18](#_Toc2821)

[（六）试验结论 20](#_Toc23221)

[（七）验证时间和人员 20](#_Toc14413)

# 一、便携式称重式泥沙监测仪器校准试验

## （一）试验目的

选取一台便携式称重式泥沙监测仪器作为校准对象，详见表1。按校准规范中规定的校准项目和校准方法进行校准，验证校准规范的科学性和可行性。

表1称重式泥沙监测仪器基本信息

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 设备  信息（一） | 设备名称 | 便携式称重式泥沙监测仪器 | 型 号 | QN-N6 |
| 委托单位 | 称重式泥沙监测仪器校准规范编制组 | 设备号 | 25432891998 |
| 技术指标 | 准确度：±5%FS | 制造厂 | 山东齐农信息科技有限公司 |

|  |
| --- |
| 微信截图_20240301122616 |
| 图1 QN-N6便携式称重式泥沙监测仪器 |

## （二）试验所用设备

试验系统所用设备信息如表2所示。

表2 试验所用设备信息

|  |  |
| --- | --- |
| 名称 | 技术指标 |
| 电子天平 | 测量范围（0~6200）g，分辨力0.01g，准确度等级级。 |
| 量筒 | 500mL，量入式MPE：±5mL。 |
| 温度计 | 量程为（0～50）℃，分度值为0.1℃。 |
| 辅助工具 | 烘干机（温控范围：室温～200℃，MPE：±2℃）、土壤筛（孔目尺寸：2mm～5mm）、秒表（分辨率0.01s，MPE：±0.07s/10min）等。 |

|  |  |
| --- | --- |
| ca694b9218ef0124afd7bd79bd03ab8 | 微信图片_20240301085453 |
| 图2电子天平 | 图3 筛网 |
| 微信图片_20240301085459 | d43087b2e93b6e19705dce070b3b80b |
| 图4量筒 | 图5烘干机 |

## （三）试验条件

环境温度：15.1℃

相对湿度：51%RH

试验地点：山东省水文计量检定中心泥沙试验室

## （四）试验方法

1.被校仪器：QN-N6型称重式泥沙监测仪器

2.校准项目：依据《称重式泥沙监测仪器校准规范》校准方法，对QN-N6型便携式称重式泥沙监测仪器的容积示值误差、容积重复性、含沙量示值误差、含沙量重复性进行校准。

3.校准过程

1）容积示值误差及容积重复性

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。

容积的重复性按公式（3）计算：

*sV*= （3）

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1 *C*数值表

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

2）含沙量示值校准校准点的选择

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

3）标准泥沙样品准备

校准用泥沙样品可由客户提供，也可实验室自备。

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。

泥沙样品应干燥后密封，用于含沙量分级。

4）泥沙密度的计算

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； （4）

泥沙样品体积：

*V*沙*=V*混-*V*水； （5）

泥沙样品密度：

*ρ*沙=*M*沙/*V*沙。 （6）

重复试验 3 次，取平均值作为泥沙样品的密度。

5）含沙量示值误差校准程序

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2确定的含沙量校准点，根据公式（7）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*= （7）

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（7）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。

数据分析，形成校准原始记录和校准证书。

6）数据分析

①含沙量示值误差

各等级的含沙量的示值误差按如下公式计算：

 （8）

式中：

*E*ij——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；

*W*ij——第*i*校准点第*j*次测量的监测仪含沙量示值，kg/m3；

*W*sij——第*i*校准点时第*j*次制备的标准含沙量，kg/m3。

其中：

*W*sij= （9）

式中：

*m*——土样质量，kg；

*ρ*土——土样密度，kg/m³；

*V*水——所加水的标准体积，m³；

②含沙量重复性

各校准点重复性计算方法采用极差法计算：

*W*= (8)

式中：

*S*w――称重式泥沙自动监测仪在*i*含沙量校准点的重复性；

*Ei*max――称重式泥沙自动监测仪在*i*含沙量校准点的误差最大值；

*Ei*min――称重式泥沙自动监测仪在*i*含沙量校准点的误差最小值；

*C*――极差系数见表1。

## （五）试验结果

便携式称重式泥沙监测仪器校准原始记录

委托单位：称重式泥沙监测仪器校准规范编制组

单位地址：寒亭区高新技术产业园

联系电话：0536-8219436 证书编号：/ 校准地点：泥沙试验室

仪器名称：便携式称重式泥沙监测仪器 型号规格：QN-N6

仪器号码：25432891998

生产单位：山东齐农信息科技有限公司

校准依据：《称重式泥沙监测仪器校准规范》

温度：15.1℃ 湿度：51%RH 水温：18.1℃

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/准确度等级/最大允许误差 | 证书编号 | 溯源机构 |
| 电子天平 | （0~6200）g | II级 | 质 检字第2310632号 | 潍坊市计量测试所 |
| 量筒 | 500mL | MPE：±5mL | 230105904 | 山东省水文计量检定中心 |

校准时间： 2023.11.28 校准员： 核验员：

表1土样密度

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | *V*水（mL） | *m*水（g） | *V*混（mL） | *m*混（g） | *ρ*（g/mL） | *ρ*土（g/mL） |
| 1 | 300.0 | 656.30 | 470.0 | 1111.72 | 2.68 | 2.65 |
| 2 | 300.5 | 656.39 | 475.0 | 1118.53 | 2.65 |
| 3 | 300.0 | 656.29 | 481.0 | 1132.11 | 2.63 |

表2 容积校准结果原始数据记录表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 容积点 | 测量次数 | 标准容积值*V*（L） | 容积示值*V*示（L） | 示值误差*E*V（%） | 重复性（%） | 扩展不确定度（%）  （*k*=2） |
| 100% | 1 | 1.00 | 0.97 | -3.00 | 0.59 | 4% |
| 2 | 1.00 | 0.97 | -3.00 |
| 3 | 1.00 | 0.98 | -2.00 |

表3含沙量校准结果原始数据记录表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准含沙量(g/L) | 示值  (g/L) | 相对误差(%) | 重复性（%） | 扩展不确定度（%）  （*k*=2） |
| 1 | 5.1 | 5.3 | 3.92 | 1.14 | 2.6 |
| 4.8 | 4.9 | 2.08 |
| 5.0 | 5.1 | 2.00 |
| 2 | 15.2 | 15.5 | 1.97 | 0.39 | 2.6 |
| 15.3 | 15.5 | 1.31 |
| 15.1 | 15.3 | 1.32 |
| 3 | 24.8 | 25.1 | 1.21 | 0.23 | 2.6 |
| 24.9 | 25.2 | 1.20 |
| 25.1 | 25.5 | 1.59 |
| 4 | 35.3 | 35.8 | 1.42 | 0.50 | 2.6 |
| 35.4 | 36.1 | 1.98 |
| 35.1 | 35.5 | 1.14 |
| 5 | 45.9 | 47.1 | 2.61 | 1.64 | 2.6 |
| 46.2 | 48.5 | 4.98 |
| 45.2 | 46.2 | 2.21 |

以下为空白

## （六）试验结论

试验验证结果表明称重式泥沙监测仪器校准规范对于便携式称重式泥沙监测仪器校准和技术要求合理、校准方法正确,可操作性较强。

## （七）验证时间和人员

验证时间：2023年11月28日至30日

验证人员： 窦英伟、张洋

# 二、在线安装式称重式泥沙监测仪器

## （一）试验目的

选取一台在线安装式称重式泥沙监测仪器作为校准对象，详见表1。按校准规范中规定的校准项目和校准方法进行校准，验证校准规范的科学性和可行性。

表1称重式泥沙监测仪器基本信息

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 设备  信息（一） | 设备名称 | 在线安装式称重式泥沙监测仪器 | 型 号 | HL-4S |
| 委托单位 | 称重式泥沙监测仪器校准规范编制组 | 设备号 | 21702491990 |
| 技术指标 | 准确度：±5%FS | 制造厂 | 长春合利水土保持科技有限公司 |

|  |
| --- |
| 微信图片_20240301085430 |
| 图1 HL-4S称重式泥沙监测仪器 |

## （二）试验所用设备

试验所用设备信息如表2所示。

表2 试验所用设备信息

|  |  |
| --- | --- |
| 名称 | 技术指标 |
| 电子天平 | 测量范围（0~6200）g，分辨力0.01g，准确度等级级。 |
| 电子秤 | 测量范围（0～30）kg，准确度等级级。 |
| 标准金属量器组 | 量程（10～100）L、准确度等级二等。 |
| 量筒 | 500mL，量入式，MPE：±5mL。 |
| 温度计 | 量程为（0～50）℃，分度值为0.1℃。 |
| 辅助工具 | 烘干机（温控范围：室温～200℃，MPE：±2℃）、土壤筛（孔目尺寸：2mm～5mm）、秒表（分辨率0.01s，MPE：±0.07s/10min）、搅拌装置等。 |

|  |  |
| --- | --- |
| ca694b9218ef0124afd7bd79bd03ab8 | 微信图片_20240301085514 |
| 图2电子天平 | 图3 电子秤 |
| 微信图片_20240301085509 | 微信图片_20240301085459 |
| 图4标准金属量器组 | 图5量筒 |
| d43087b2e93b6e19705dce070b3b80b | 微信图片_20240301085453 |
| 图6烘干机 | 图7筛网 |
| 微信图片_20240301085504 |  |
| 图8搅拌装置 |  |

## （三）试验条件

环境温度：14.9℃

相对湿度：55%RH

试验地点：山东省水文计量检定中心泥沙试验室

## （四）试验方法

1.被校仪器：HL-4S型称重式泥沙监测仪器

2.校准项目：依据《称重式泥沙监测仪器校准规范》校准方法，对HL-4S型称重式泥沙监测仪器的容积示值误差、容积重复性、含沙量示值误差、含沙量重复性进行校准。

3.校准过程

1）容积示值误差和重复性

按照标称容积及标称容积50%左右的点进行校准。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。

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。

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（1）计算得到标准容积值*V*。

（1）

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*——量器中的介质温度，℃。

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。

读取并记录集流桶的容积示值，每个校准点重复测量3次，取平均值做为该校准点集流桶的容积示值*V*示。重复以上步骤，依次测量每个校准点的示值。

标称容积示值误差按公式（2）计算：

×100% （2）

容积重复性

容积的重复性按公式（3）计算：

*sV*= （3）

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1 *C*数值表

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

2）含沙量示值校准校准点的选择

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

3）标准泥沙样品准备

校准用泥沙样品可由客户提供，也可实验室自备。

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。

泥沙样品应干燥后密封，用于含沙量分级。

4）泥沙密度的计算

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； （4）

泥沙样品体积：

*V*沙*=V*混-*V*水； （5）

泥沙样品密度：

*ρ*沙=*M*沙/*V*沙。 （6）

重复试验 3 次，取平均值作为泥沙样品的密度。

5）含沙量示值误差校准程序

含沙量示值误差的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，根据2确定的含沙量校准点，依据下式（7）首先确定10%含沙量所需加土的质量，将称重后的的定量土样倒入采样桶中，并进行搅拌，使混合液体充分混合析出气泡，并静止5min，读取监测仪含沙量并记录。

*W*= （7）

式中：

*m*——土样质量，kg；

*ρ*土——土样密度，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土样，将集流桶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。记录每次添加的土样质量*m*，并通过上式（7）计算实际标准含沙量值。

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。

数据分析，形成校准原始记录和校准证书。

6）数据分析

①含沙量示值误差

各等级的含沙量的示值误差按如下公式计算：

 （8）

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*次测量的监测仪含沙量示值，kg/m3；

*W*s*i*j——第*i*校准点时第*j*次制备的标准含沙量，kg/m3。

其中：

*W*s*ij*= （9）

式中：

*m*——土样质量，kg；

*ρ*土——土样密度，kg/m³；

*V*水——标准金属量器的标称容量，m³；

②含沙量重复性

各校准点重复性计算方法采用极差法计算：

*W*= (7)

式中：

*S*w――称重式泥沙自动监测仪在*i*含沙量校准点的重复性；

*Ei*max――称重式泥沙自动监测仪在*i*含沙量校准点的误差最大值；

*Ei*min――称重式泥沙自动监测仪在*i*含沙量校准点的误差最小值；

*C*――极差系数见表1。

## （五）试验结果

在线安装式称重式泥沙监测仪器校准原始记录

委托单位：称重式泥沙监测仪器校准规范编制组

单位地址：寒亭区高新技术产业园

联系电话：0536-8219436 证书编号：/ 校准地点：泥沙试验室

仪器名称：称重式泥沙监测仪器 型号规格： HL-4S

仪器号码：21702491990

生产单位：长春合利水土保持科技有限公司

校准依据：《称重式泥沙监测仪器校准规范》

温度：14.9℃ 湿度：55%RH 水温：17.9℃

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/准确度等级/最大允许误差 | 证书编号 | 溯源机构 |
| 电子天平 | （0~6200）g | 级 | 质 检字第2310632号 | 潍坊市计量测试所 |
| 电子秤 | （0～30）kg | 级 | 质 检字第2401098号 | 潍坊市计量测试所 |
| 标准金属量器组 | （10～100）L | 二等 | FLLdr24006532-001 | 天津市计量监督检测科学研究院 |
| 量筒 | 500mL | MPE：±5mL | 230105904 | 山东省水文计量检定中心 |

校准时间： 2023.11.29 校准员： 核验员：

表1土样密度

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | *V*水（mL） | *m*水（g） | *V*混（mL） | *m*混（g） | *ρ*（g/mL） | *ρ*土（g/mL） |
| 1 | 300.0 | 656.22 | 476.0 | 1113.88 | 2.60 | 2.60 |
| 2 | 300.0 | 656.27 | 470.5 | 1102.36 | 2.62 |
| 3 | 300.0 | 656.25 | 485.0 | 1133.07 | 2.58 |

表2 容积校准结果原始数据记录表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 容积点 | 测量次数 | 标准容积值*V*(L) | 容积示值*V*示（L） | 示值误差*E*V（%） | 重复性（%） | 扩展不确定度（%）  （*k*=2） |
| 50% | 4 | 50.00 | 50.11 | 0.22 | 0.07 | 0.7 |
| 5 | 50.00 | 50.06 | 0.12 |
| 6 | 50.00 | 50.05 | 0.10 |
| 100% | 7 | 100.00 | 100.12 | 0.12 | 0.03 | 0.7 |
| 8 | 100.00 | 100.11 | 0.11 |
| 9 | 100.00 | 100.16 | 0.16 |

表3含沙量校准结果原始数据记录表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准含沙量(kg/m3) | 示值  (kg/m3) | 相对误差(%) | 重复性（%） | 扩展不确定度（%）  （*k*=2） |
| 1 | 49.5 | 50.9 | 2.83 | 0.14 | 1.6 |
| 49.7 | 51.1 | 2.82 |
| 49.2 | 50.7 | 3.05 |
| 2 | 106.2 | 108.5 | 2.17 | 0.49 | 1.6 |
| 105.8 | 107.4 | 1.51 |
| 105.1 | 106.5 | 1.33 |
| 3 | 176.1 | 179.5 | 1.93 | 0.90 | 1.6 |
| 174.8 | 176.3 | 0.86 |
| 176.5 | 180.7 | 2.38 |
| 4 | 247.5 | 251.1 | 1.45 | 0.12 | 1.6 |
| 246.7 | 249.8 | 1.26 |
| 247.1 | 250.7 | 1.46 |
| 5 | 318.1 | 323.4 | 1.67 | 0.46 | 1.6 |
| 312.4 | 316.1 | 1.18 |
| 316.1 | 318.9 | 0.89 |

以下为空白

## （六）试验结论

试验验证结果表明称重式泥沙监测仪器校准规范对于在线安装式称重式泥沙监测仪器校准和技术要求合理、校准方法正确，可操作性较强。

## （七）验证时间和人员

验证时间：2023年11月28日至30日

验证人员： 窦英伟、张洋