



吉林省地方计量技术规范

JJF (吉) 110—2022

径流泥沙自动监测仪校准规范

Calibration Specification of Automatic Runoff Sediment Monitor

2022-11-21发布

2023-01-01 实施

吉林省市场监督管理厅 发布

径流泥沙自动监测仪校准规范

Calibration Specification of

Automatic Runoff Sediment Monitor

JJF (吉) 110-2022

归口单位：吉林省市场监督管理厅

主要起草单位：吉林省计量科学研究院

参加起草单位：吉林省水土保持局

本规范由吉林省计量科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

李天星 （吉林省计量科学研究院）

臧 京 （吉林省计量科学研究院）

杨 雪 （吉林省计量科学研究院）

王彦程 （吉林省计量科学研究院）

参加起草人：

许晓鸿 （吉林省水土保持局）

孔伟刚 （吉林省水土保持局）

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	(2)
5 计量特性	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(3)
6.2 校准介质	(3)
6.3 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 校准前准备	(3)
7.3 标称容积校准	(4)
7.4 标称容积重复性	(4)
7.5 含沙量示值误差	(5)
7.6 含沙量重复性	(6)
8 校准结果表达	(6)
9 复校时间间隔	(6)
附录 A 土样密度的试验方法	(8)
附录 B 校准记录的参考格式	(9)
附录 C 校准证书内页参考格式	(10)
附录 D 校准结果不确定度评定示例	(11)

引 言

本规范按照 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》编制。JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本校准规范制定工作的基础性系列规范。

本规范参考了 JJG 259《标准金属量器》、GB/T 20465《水土保持术语》、GB/T 50159《河流悬移质泥沙测验规范》和 SL 277《水土保持监测技术规范》的部分内容，并结合我省径流泥沙自动监测仪装置的生产、使用和校准情况进行制定。

本规范为首次制定。

径流泥沙自动监测仪校准规范

1 范围

本规范适用于质量体积法测量原理的径流泥沙自动监测仪（包含便携式）的校准，其他原理的径流泥沙自动监测仪也可参考本规范执行。

2 引用文件

JJG 259 《标准金属量器》

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》

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

3.1.1 径流泥沙自动监测仪 Automatic Runoff Sediment Concentration Monitor

径流泥沙自动监测仪是一种自动监测记录地表坡面径流小区降雨过程径流量和含沙量的设备或系统，以下简称监测仪。

3.1.2 集流桶 Collecting Tanks

集流桶是径流泥沙自动监测仪收集径流的容器。

3.1.3 集流桶标称容积 Nominal volume of Collecting Tanks

监测仪在触发换向时集流桶的容积值，以下简称标称容积。

3.1.4 径流量 Runoff Volume

某一产流时段通过某一过水断面的径流体积，径流量为标称容积的累计值。

3.1.5 含沙量 Sediment Concentration

一般是单位体积的浑水中所含干沙的质量。

3.2 计量单位

3.2.1 质量：克、千克，符号 g、kg。

3.2.2 径流量：升、立方米，符号 L、m³。

3.2.3 含沙量：千克每立方米，符号 kg/m^3 。

4 概述

径流泥沙自动监测仪包括径流泥沙测量装置、数据存储及传输装置、供电装置等（含太阳能），其基本功能是测量径流过程所产生的径流量、含沙量。主要由称重传感器、体积测量单元、数据采集单元等组成，如图 1 所示。

在正常工作模式下，当接收到降雨信号后，将地表径流导入集流桶中，称重传感器采集重量值，液位传感器采集液位值并计算容积。当径流的体积达到集流桶标称容积时，测得数据后完成排水，然后进行下一桶径流测量，直至降雨结束。最后根据标称容积累积值获得本次测量径流量和含沙量。

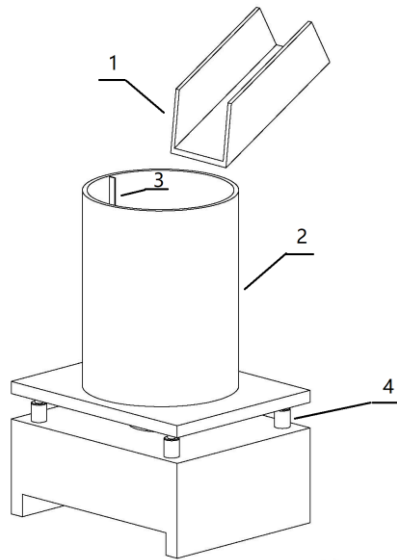


图 1 径流泥沙监测仪示意图

1-入水口；2-集流桶；3-液位传感器；4-称重传感器

5 计量特性

- 5.1 标称容积的误差一般为 $\pm 5\%$ 。
- 5.2 标称容积重复性一般不超过最大允许误差绝对值的 $1/3$ 。
- 5.3 含沙量示值的误差一般为 $\pm 10\%$ 。
- 5.4 含沙量示值的重复性一般不超过最大允许误差绝对值的 $1/3$ 。

注：以上数据仅供参考，不作为合格判据。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(5~45) °C。

6.1.2 无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械振动。

6.2 校准介质

土样与水的泥沙混合液体，土样需进行烘干处理，处理方法参考附录 A。

6.3 测量标准及其他设备

表 1 测量标准

序号	测量标准名称	技术要求	用途
1	电子天平	测量范围通常为 (0.5~ 3000) g，准确度等级不低于Ⅱ级。	测量土壤密度
2	电子秤	测量范围通常为 (0~60) kg，准确度等级不低于Ⅲ级。	测量土壤质量
3	标准金属量器组	(10~100) L、准确度等级不低于二等。	测量标称容积
4	量筒	500mL，量入式 MPE: ±5mL。	测量土壤密度
5	温度计	量程为 (0~50) °C，分度值为 0.1 °C。	标称容积温度

表 2 主要配套

序号	测量标准名称	技术要求	用途
1	筛网	孔目尺寸：(2~5) mm。	土壤取样
2	烘干机	温控范围：(5~200) °C, MPE: ±1 °C。	烘干土壤
3	秒表	分辨率 0.01s, MPE: ±0.5s/d。	测量滴流时间

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 3。

表 3 校准项目一览表

序号	校准项目
1	标称容积校准
2	标称容积重复性
3	含沙量示值误差
4	含沙量重复性

7.2 校准前准备

7.2.1 监测仪应有铭牌。铭牌应至少有以下标记：型号、编号、制造厂等。集流桶应有独立编号。

7.2.2 检查监测仪外表，不应有影响工作性能或使用安全的机械损伤；集流桶表面不得有凹凸现象；显示部件读数清晰、完整；各开关及按键接触良好，能正常工作，各紧固件无松动。

7.2.3 监测仪校准前应调整水平，并根据仪器使用说明书的要求进行预热。

7.2.4 具有自校功能的监测仪，按仪器使用说明书进行自校。

7.2.5 在每一个含沙量校准点校准前，应对监测仪集流桶进行冲洗，并执行置零操作。

7.2.6 经烘干设备烘干后的土样按照附录 A 的试验方法进行土样密度测量，并记录密度值，也可采用其他方式获得其密度值。

7.2.7 将集流桶注满水，静止 5min 以上，各连接处及外表面应无渗漏现象。

7.3 标称容积校准

根据监测仪标称容积，选用与其容积值相应的标准金属量器进行标称容积校准。

7.3.1 将标准金属量器置于集流桶上方，并调平。

7.3.2 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。

7.3.3 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 。

$$V = V_{20}[1 + \beta(t - 20)] \quad (1)$$

式中： V_{20} ——标准金属量器 20℃时的容积值，L；

β ——标准金属量器的体胀系数， $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ；

t ——量器中的介质温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

7.3.4 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。

7.3.5 读取并记录集流桶的容积示值 $V_{\text{示}}$ 。

7.3.6 标称容积示值误差按公式 (2) 计算：

$$E_V = \frac{V_{\text{示}} - V}{V} \times 100\% \quad (2)$$

7.3.7 重复执行 7.3.1-7.3.6 完成标称容积的 3 次校准。

7.4 标称容积重复性

标称容积的重复性按公式 (3) 计算：

$$(E_V)_r = \frac{E_{V_{\text{max}}} - E_{V_{\text{min}}}}{C} \quad (3)$$

式中： $(E_V)_r$ ——标称容积的重复性；

$E_{V_{\max}}$ ——标称容积示值误差最大值；

$E_{V_{\min}}$ ——标称容积示值误差最小值；

C ——极差系数值见表 4。

表 4 C 数值表

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

7.5 含沙量示值误差

监测仪含沙量示值误差校准应包括以下校准点：(30%~80%)标称容积下的含沙量示值误差校准和标称容积下的含沙量示值误差校准，每个容积点下的含沙量校准点为被校监测仪测量范围的 10%、50%和 90%，见表 5。

表 5 含沙量示值误差校准点

容积点	含沙量校准点		
(30%~80%)标称容积	10% W	50% W	90% W
标称容积	10% W	50% W	90% W

注： W 为被校监测仪含沙量测量范围。

对应（30%~80%）标称容积的容积点，含沙量示值误差校准步骤如下：

7.5.1 选用标称容量在集流桶标称容积 30%~80%范围内的标准金属量器，注水至标准金属量器标称容量刻线位置，并记录其的标称容量值。

7.5.2 将标准金属量器内介质注入到集流桶中，在滴流状态下等待 2min。

7.5.3 公式（4）为标准含沙量值的计算公式，式中土样质量由电子秤或电子天平上称重获得。其值由所需制备的当前 10% W 含沙量校准点的含沙量值所决定，且通过公式（4）计算得到的实际标准含沙量值与设定含沙量校准点的偏差不超过±10%。

$$W_s = \frac{m}{V_{\text{水}} + \frac{m}{\rho_{\pm}}} \quad (4)$$

式中： m ——土样质量，kg；

ρ_{\pm} ——土样密度，kg/m³；

$V_{\text{水}}$ ——标准金属量器的标称容量，m³；

W_s ——标准含沙量，kg/m³。

7.5.4 将称重后的定量土样放置于集流桶中，并进行搅拌，使混合液体充分混合析出气泡，并静止 5min，读取监测仪含沙量值并记录。

7.5.5 完成 10% 含沙量校准点测量后，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调整到 50%W、90%W 含沙量校准点附近。记录每次添加的土样质量 $m_{\pm(50\%W)}$ 、 $m_{\pm(90\%W)}$ ，并通过公式 (4) 计算实际标准含沙量值。

7.5.6 重复执行 7.5.4。

7.5.7 重复执行 7.5.2-7.5.6 三次，完成监测仪当前容积点的每个含沙量校准点的三次测量。

7.5.8 对应标称容积的容积点，选用与标称容积相应的标准金属量器。

7.5.9 重复执行 7.5.2-7.5.7 完成监测仪当前容积点的 3 次测量。

7.5.10 示值误差计算

各校准点的示值误差按公式 (5) 计算：

$$(E_W)_{ij} = \frac{W_{ij} - W_{sj}}{W_{sj}} \times 100\% \quad (5)$$

式中： $(E_W)_{ij}$ ——径流泥沙自动监测仪在 i 校准点的第 j 次测量的示值误差；

W_{ij} ——在 i 校准点第 j 次测量的监测仪含沙量示值， kg/m^3 ；

W_{sj} ——测量 i 校准点时第 j 次制备的标准含沙量， kg/m^3 。

7.6 含沙量重复性

各校准点的重复性按公式 (6) 计算：

$$(E_W)_{ir} = \frac{(E_W)_{imax} - (E_W)_{imin}}{C} \quad (6)$$

式中： $(E_W)_{ir}$ ——径流泥沙自动监测仪在 i 校准点的重复性；

$(E_W)_{imax}$ ——在 i 校准点示值误差最大值；

$(E_W)_{imin}$ ——在 i 校准点示值误差最小值；

C ——在 i 校准点示值误差最小值。

极差系数值见表 4。

8 校准结果表达

按本规范进行校准，出具校准证书，校准原始记录格式见附录 B，校准证书内页格式见附录 C；校准结果不确定度评定示例见附录 D。

9 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，复校时间间隔建议为 1 年。

附录 A

土样密度的试验方法

将试验土样在 105 °C 烘干箱中烘烤 (4~6) 小时, 冷却后过筛网作为土样样品使用。

试验方法:

1、选取 500mL 量筒作为体积标准, 加水至 300mL, 记作 $V_{\text{水}}$, 在电子秤或电子天平上称重, 得到量筒和水的总质量值 $M_{\text{水}}$;

2、取一定量土样样品放入量筒中, 混合后的液体液位高度尽量接近并不超过量筒 500mL 容量线, 搅拌使土壤与水充分融合并静止 10 分钟使气泡析出, 读取混合液体体积 $V_{\text{混}}$, 并在电子秤或电子天平上称重, 得到量筒和混合液体的总质量值 $M_{\text{混}}$;

3、计算得到土壤的质量 M_{\pm} :

$$M_{\pm} = M_{\text{混}} - M_{\text{水}} \quad (\text{A. 1})$$

计算得到土壤的体积 V_{\pm} :

$$V_{\pm} = V_{\text{混}} - V_{\text{水}} \quad (\text{A. 2})$$

4、计算得到土壤的密度 ρ_{\pm} :

$$\rho_{\pm} = M_{\pm} / V_{\pm} \quad (\text{A. 3})$$

5、重复试验 3 次, 取平均值作为土壤样品的密度。

注: 在对测量结果影响很小的情况下, 也可采用土壤常用密度值: 2.65g/cm³。

附录 B

校准记录的参考格式

径流泥沙自动监测仪校准记录

原始记录格式编号: No. JLGS/LL-1040-2022

第 1 页 共 1 页

记录(证书)编号: _____ 校准地点: _____ 出厂编号: _____
 委托单位名称: _____ 校准地点: _____
 样品名称: _____ 型号规格: _____ 校准依据: _____
 生产厂商: _____ 校准人员: _____ 检验人员: _____
 环境温度: _____ 环境湿度: _____

标准器名称	测量范围	最大允许误差/准确度等级/测量不确定度	溯源证书号	有效期至

土样密度			
土样类型	$V_{\text{水}}$ (L)	$V_{\text{排}}$ (L)	ρ (g/L)
			$\rho \pm$

校准结果

测量次数	介质温度 t (°C)	标准容积值 V (L)	集流桶的容积示值 $V_{\text{示}}$ (L)	示值误差 E_V (%)	重复性 (%)	不确定度 (%)
1						
2						
3						

二、含沙量

容积点 (L)	校准 点 测量次数	仪器含沙量量程10%			仪器含沙量量程50%			仪器含沙量量程90%		
		m_{\pm} (kg)	$V_{\text{水}}$ (L)	示值 误差 (%)	m_{\pm} (50MP) (kg)	示值 误差 (%)	m_{\pm} (90MP) (kg)	示值 误差 (%)	重复性	不确定 度 (%)
1	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
2	6									

注: 容积点1对应标称容积的(30%—80%), 容积点2对应标称容积

附录 C

校准证书内页参考格式

F.1 校准证书内页格式

表 F.1 误差和重复性校准记录

土样类型			土样密度 (kg/m^3):		
标称容积					
测量次数	标准容积值 V (L)	集流桶的容积示值 $V_{示}$ (L)	示值误差 E_V (%)	重复性 (%)	不确定度 (%)
1					
2					
3					
含沙量					
测量点	测量量(kg/m^3)	标准值(kg/m^3)	相对误差 (%)	重复性 (%)	不确定度 (%)
1					
2					
3					
4					
5					
6					

以下空白。

附录 D

校准结果不确定度评定示例

D.1 标称容积测量结果示值误差的不确定度评定示例

以集流桶标称容积校准为例，标称容积 30L。

D.1.1 校准介质

洁净水

D.1.2 主标准器及配套设备

主标准器：

标准金属量器组：

标称容量：30L

准确度等级：二等

主要配套设备：

温度计：

量程：(0~50)℃

分度值：0.1℃

D.1.3 校准结果

对标称容积进行 6 次测量，示值误差见表 D.1。

表 D.1 重复性实验数据

日期	样品	测量次序	介质温度	标称容积	仪器示值	误差	平均误差	重复性
单位			℃	L	L	%	%	%
2022.5.27	集流桶	1	23.2	30.00	30.12	0.39	0.19	0.24
		2	23.2	30.00	30.06	0.19		
		3	23.2	30.00	30.00	0.00		
2022.6.4	集流桶	1	23.8	30.00	30.06	0.19	0.30	0.24
		2	23.8	30.00	30.05	0.15		
		3	23.8	30.00	30.17	0.55		

D.1.4 测量模型

D.1.4.1 数学公式

考虑温度的影响, 则有:

$$\Delta = V - V_{20}[1 + \beta(t - 20)] \quad (\text{D.1})$$

式中: V ——标称容积, L;

V_{20} ——标准金属量器 20℃时的容积值, L;

β ——标准金属量器的体胀系数, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

t ——量器中的介质温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

δ ——液位高度测量对标称容积的影响, L;

D.1.4.2 方差和灵敏度系数

$$u_c^2(\Delta) = c_1^2 u^2(V_{20}) + c_2^2 u^2(\beta) + c_3^2 u^2(t) + c_4^2 u^2(V) \quad (\text{D.2})$$

其中:

$$c_1 = \frac{\partial \Delta}{\partial V_{20}} = 1 + \beta(t - 20) \approx 1;$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta}{\partial \beta} = V_{20}(t - 20);$$

$$c_3 = \frac{\partial \Delta}{\partial t} = V_{20} \times \beta;$$

$$c_4 = \frac{\partial V}{\partial \delta} = 1;$$

$$c_5 = \frac{\partial \Delta}{\partial V} = 1。$$

D.1.5 标准不确定度分量的确定

D.1.5.1 标准量器 V_{20} 的不确定度 $u(V_{20})$

标准量器的检测证书给出示值误差限是 $\pm 0.025\%$, 因此标准不确定度为:

$$u(V_{20}) = \frac{25 \times 10^{-5} \times 30}{\sqrt{3}} = 4.33 \times 10^{-3} L$$

D.1.5.2 标准量器体胀系数的不确定度 $u(\beta)$

标准量器体胀系数 $\beta_1 = 50 \times 10^{-6} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$, 用界限 $\pm 6 \times 10^{-6} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$, 考虑其均匀分布, 故:

$$u(\beta_1) = \frac{6 \times 10^{-6}}{\sqrt{3}} = 3.46 \times 10^{-6} (^{\circ}\text{C}^{-1})$$

D.1.5.3 标准量器的水温的不确定度 $u(t)$

水温的变化界限为 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ，考虑其分布为均匀分布则标准不确定度为：

$$u(\Delta t) = 0.1 / \sqrt{3} = 0.058^\circ\text{C}$$

D.1.5.4 由 V 的测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(V)$

重复性引入的标准不确定度分量与含沙量测定仪显示值的分辨力引入的标准不确定度分量属于同一种效应导致的不确定度，应取二者的较大者。

I) 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_1(V)$

对 1 号样品第一集流桶取不同时间，分别进行 2 次测量，示值误差和重复性见表 2。

$$u_1(V) = 0.24\% \times 30 = 72 \times 10^{-3} (\text{L})$$

II) 集流桶液位高度测量对标称容积的影响 $u_2(V)$

被校集流桶液位的读数误差限 $\pm 0.1\text{mm}$ ，该值对容积的影响量：

$$u_2(V) = 0.01 \times 0.52 = 52 \times 10^{-3} (\text{L})$$

取重复性引入的标准不确定度与显示值的分辨力引入的标准不确定度的较大者作为标准不确定度分量 $u(V)$ 。由于 $u_2(V) < u_1(V)$ ，因此取重复性测量引入的标准不确定度分量作为被校准集流桶标称容积重复性引入的标准不确定度分量 $u(V) = u_1(V) = 72 \times 10^{-3} (\text{L})$ 。

D.1.6 标准不确定度一览表

表 D.2 标准不确定度一览表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度	$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$	$ c_i u(x_i)$ / (L)
$u(V_{20})$	由量器标称容量引入的标准不确定度	4.33×10^{-3} L	1	4.33×10^{-3}
$u(\beta)$	由量器膨胀系数引入的标准不确定度	3.46×10^{-6} $^\circ\text{C}^{-1}$	120 ($^\circ\text{C}$ $\times \text{L}$)	0.415×10^{-3}
$u(t)$	由介质温度引入的标准不确定度	0.058 $^\circ\text{C}$	1.5×10^{-3} ($^\circ\text{C}$ $^1 \times \text{L}$)	0.087×10^{-3}
$u(V)$	测量重复性引入的标准不确定度	72×10^{-3} L	1	72×10^{-3}

D.1.7 合成标准不确定度 $u_c(\Delta)$

合成标准不确定度 $u_c(V)$ 为

$$\begin{aligned} u_c(\Delta) &= \sqrt{c_1^2 u^2(V_{20}) + c_2^2 u^2(\beta) + c_3^2 u^2(t) + c_4^2 u^2(V)} \\ &= 72.13 \times 10^{-3} \text{L} \end{aligned}$$

D.1.8 扩展不确定度 U

则集流桶标称容积 30L，平均误差 0.30%。取包含因子 $k=2$ ，其扩展不确定度为

$$U = k \times u_c(\Delta) = 2 \times 72.13 \times 10^{-3} \text{L} = 0.144 \text{L}$$

$$U_{\text{rel}} = U/V = 0.144/30 \times 100\% = 0.48\%$$

D.2 含沙量示值误差测量结果的不确定度评定示例

径流泥沙自动监测仪的测量范围为 (30~300) kg/m³, 标称容积 30L。根据本规范的校准方法以标称容积点下的 30kg/m³ 校准点为例, 对监测仪含沙量进行校准。

D.2.1 测量标准

表 D.3 标准器及配套设备

序号	测量标准名称	测量范围	技术要求
1	电子天平	(0.5~ 3000) g	准确度等级Ⅱ级。
2	电子秤	(0~15) kg	准确度等级Ⅲ级。
3	标准金属量器组	(10~100) L	准确度等级 2 等。
4	量筒	500mL	量入式 MPE: ±5mL。
5	温度计	(0~50) °C	分度值为 0.1°C。

D.2.2 测量模型

D.2.2.1 标准装置流量示值误差计算公式:

$$\Delta = W_c - \frac{m_{\pm}}{V + \frac{m_{\pm}}{\rho_{\pm}}} \quad (\text{D.3})$$

式中: W_c ——仪器显示值, kg/m³;
 m_{\pm} ——土的质量, kg;
 ρ_{\pm} ——土的密度, kg/m³;
 V ——标称容积, m³。

D.2.2.2 方差和灵敏度系数

$$u_c^2(\Delta) = c_1^2 u^2(m_{\pm}) + c_2^2 u^2(V_{\text{水}}) + c_3^2 u^2(\rho_{\pm}) + c_4^2 u^2(W_c) \quad (\text{D.4})$$

$$\text{其中: } c_1 = \frac{\partial \Delta}{\partial m_{\pm}} = \frac{-V_{\text{水}}}{(V_{\text{水}} + \frac{m_{\pm}}{\rho_{\pm}})^2};$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta}{\partial V_{\text{水}}} = \frac{-m_{\pm}}{(V_{\text{水}} + \frac{m_{\pm}}{\rho_{\pm}})^2};$$

$$c_3 = \frac{\partial \Delta}{\partial \rho_{\pm}} = \frac{m_{\pm}^2}{(V_{\text{水}} + \frac{m_{\pm}}{\rho_{\pm}})^2 \rho_{\pm}^2} = \frac{m_{\pm}^2}{(\rho_{\pm} V_{\text{水}} + m_{\pm})^2};$$

$$c_4 = \frac{\partial \Delta}{\partial W_c} = 1。$$

D.2.3 标准不确定度分量的确定

D.2.3.1 由土的质量的称量 m_{\pm} 引入的标准不确定度分量 $u(m_{\pm})$

土的质量的称量过程中, 严格按照秤的操作规范执行, 其不确定度主要是由秤的最大允许误差引入的。

秤的准确度等级为 M 级, 测量范围(0~15) kg。秤的最大允许误差 MPE: $\pm 5\text{g}$, 区间半宽为 5g, 假设服从均匀分布, 由土的质量的称量引入的标准不确定度为

$$u(m_{\pm}) = \frac{5\text{g}}{\sqrt{3}} = 2.887 \times 10^{-3} \text{kg}$$

D.2.3.2 由标称容积的测量 V 引入的标准不确定度分量 $u(V)$

经过标称容积测量结果示值误差的不确定度评定, 得到标称容积的示值误差引入的不确定度为 $u(V) = 0.144 \times 10^{-3} \text{m}^3$ 。

D.2.3.3 由土的密度的测量 ρ_{\pm} 引入的标准不确定度分量 $u(\rho_{\pm})$

经过对土的测量过程的分析, 评定得到土的密度的标准不确定度分量 $u(\rho_{\pm}) = 24 \text{kg/m}^3$ 。

D.2.3.4 由 W_c 的测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(W_c)$

重复性引入的标准不确定度分量与含沙量测定仪显示值的分辨力引入的标准不确定度分量属于同一种效应导致的不确定度, 应取二者的较大者。

I) 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_1(W_c)$

对制备的具有 30kg/m^3 含沙量的标准土样进行 6 次测量, 示值见表 D.4。

表 D.4: 重复性实验数据

测量点/ kg/m^3	1	2	3	4	5	6
30	30.8	31.6	32.0	31.4	31.2	30.8

由于测量次数小于 10 次, 因此采用极差法计算重复性。 $n=6$, 查表得到 $C=2.53$, 依据 $s(x) = (x_{\max} - x_{\min}) / C = R / C = (32.0 - 30.8) / 2.53 = 0.47 \text{kg/m}^3$ 。由于实际测量结果以单次测量作为测量结果, 所以, 重复性测量引入的标准不确定度为单次测量的实验标准差

$$u_1(W_c) = s(x) = 0.47 \text{kg/m}^3$$

II) 含沙量测定仪的分辨力引入的标准不确定度分量 $u_2(W_c)$

含沙量测定仪的分度值为 0.1kg/m^3 , 则分辨力的区间半宽 $a=0.05 \text{kg/m}^3$, 服从均匀分布, 则由显示值的分辨力引入的标准不确定度分量

$$u_2(W_c) = \frac{0.05 \text{kg/m}^3}{\sqrt{3}} = 0.03 \text{kg/m}^3$$

取重复性引入的标准不确定度与显示值的分辨力引入的标准不确定度的较大者作为标准不确定度分量 $u(W_c)$ 。由于 $u_2(W_c) < u_1(W_c)$, 因此取重复性测量引入的标准不确定度分量作为被校准含沙量测定仪重复性引入的标准不确定度分量 $u(W_c) = u_1(W_c) = 0.47 \text{kg/m}^3$

D.2.4 标准不确定度一览表

表 D.5 标准不确定度一览表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度	$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$	$ c_i u(x_i)$ / (kg/m ³)
$u(m_{\pm})$	由土的质量 m_{\pm} 引入的标准不确定度	2.887×10^{-3} kg	$32.39/\text{m}^3$	0.096
$u(V_{\text{水}})$	由标称容积 V 引入的标准不确定度	0.144×10^{-3} m ³	1029.52k g/m ³	0.15
$u(\rho_{\pm})$	由土的密度 ρ_{\pm} 引入的标准不确定度	24 kg/m^3	0.00022	0.0053
$u(W_c)$	测量重复性引入的标准不确定度	0.47 kg/m^3	1	0.47

D.2.5 合成标准不确定度 $u_c(W_s)$

合成标准不确定度 $u_c(W_s)$ 按公式 (2) 计算,

$$u_c(\Delta) = \sqrt{c_1^2 u^2(m_{\pm}) + c_2^2 u^2(V_{\text{水}}) + c_3^2 u^2(\rho_{\pm}) + c_4^2 u^2(W_c)}$$

$$= 0.50 \text{ kg/m}^3$$

D.2.6 扩展不确定度 U

则该监测仪在容积点为标称容积时, 30 kg/m^3 校准点的沙量示值误差为 4.33%。取包含因子 $k=2$, 其扩展不确定度为

$$U = k \times u_c(W_s) = 2 \times 0.50 \text{ kg/m}^3 = 1.00 \text{ kg/m}^3$$

$$U_{\text{rel}} = U/W_c = 1.00/31.3 \times 100\% = 3.2\%$$

吉林省地方计量技术规范

径流泥沙自动监测仪校准规范

JJF(吉) 110—2022

吉林省市场监督管理厅发布

*

版权所有 不得翻印

297 mm×210 mm A4 纸

2022 年 12 月第 1 版 2022 年 12 月第 1 次印刷