

团 体 标 准

T/CHES 34—2020

光学含沙量测量仪率定规范

Calibration specification for optical sediment concentration measuring apparatus

2020-07-01 发布

2020-08-01 实施

中国水利学会 发布

中国水利学会文件

水学〔2020〕73号

关于批准发布《光学含沙量测量仪率定规范》 等5项团体标准的公告

经理事长专题办公会批准，决定发布《光学含沙量测量仪率定规范》等5项团体标准，现予以公告。

标准自2020年8月1日起实施。

序号	标准名称	标准编号	批准日期	实施日期
1	光学含沙量测量仪率定规范	T/CHES 34-2020	2020.7.1	2020.8.1
2	降水自记纸记录数字化规范	T/CHES 35-2020	2020.7.1	2020.8.1
3	生态护坡 植生毯和植生袋应用技术规程	T/CHES 36-2020	2020.7.1	2020.8.1
4	渡槽技术管理规程	T/CHES 37-2020	2020.7.1	2020.8.1
5	液压闸门系统制造安装及验收规范	T/CHES 38-2020	2020.7.1	2020.8.1



目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义、符号及单位	1
3.1 术语和定义	1
3.2 符号及单位	2
4 通用性要求	2
4.1 光学含沙量测量仪	2
4.2 率定设备	2
4.3 人员职责	4
4.4 工作环境及其他	4
5 率定方法	5
5.1 率定内容	5
5.2 率定周期	5
5.3 率定方案	5
5.4 率定过程	6
6 数据分析	7
6.1 数据筛查	7
6.2 率定关系确定	8
6.3 率定结果评估	8
7 率定结论	8
附录 A (规范性附录) 实验技术方案	10
附录 B (规范性附录) 实验数据记录表	13
附录 C (资料性附录) 含沙量等级确定实例	16
附录 D (资料性附录) 光学含沙量测量仪率定报告	17

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准的某些内容可能涉及专利,本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国水利学会归口。

本标准起草单位:河海大学、黄河水利科学研究院、长江水利委员会水文局、浙江省河海测绘院。

本标准主要起草人:唐洪武、江恩慧、陈红、韦立新、陆列寰、吕升奇、李军华、张沈阳、吴金萍、唐立模、史永忠、李最森、张向、沙红良、袁赛瑜、赵新建、顾重武、嵇阳。

光学含沙量测量仪率定规范

1 范围

本标准规定了光学含沙量测量仪率定通用性要求、率定方法、数据分析及评估、率定结论等方面的内容。

本标准适用于光学含沙量测量仪的率定,以建立仪器输出数据与水体含沙量的相关关系。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 26497—2011 电子天平

GB/T 30435—2013 电热干燥箱及电热鼓风干燥箱

GB/T 50159—2015 河流悬移质泥沙测验规范

SL 42—2010 河流泥沙颗粒分析规程

3 术语和定义、符号及单位

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

光学含沙量测量仪 **optical sediment concentration measuring apparatus**

利用入射光强与透射光强或散射光强之间关系进行水体含沙量测量的仪器。

3.1.2

浊度 **turbidity**

由于水体中存在微细分散的悬浮性粒子、可溶的有色有机物质、浮游生物、微生物,使水透明度降低的程度,是水的光学性质的一种表达,单位为 NTU、FNU 或 FTU。

3.1.3

水样背景 **water sample background value**

水样中除泥沙等固体颗粒之外对浊度产生影响的因子,用固体颗粒沉降后的液体浊度来表征,单位为 NTU、FNU 或 FTU。

3.1.4

透光率 **light transmittance**

透过水样的光通量与入射光通量的百分比,%。

3.1.5

模型沙 **model sediment**

实验室内用于模拟天然泥沙运动的固体颗粒,包括木屑、塑料颗粒、粉煤灰等类型。

3.1.6

转速 rotational speed

单位时间内搅拌器叶片绕轴转动的次数,单位为 r/s 或 r/min。

3.2 符号及单位

本标准给出的符号及单位如表 1 所示。

表 1 名称、符号及单位

序号	名称	符号	单位
1	含沙量	S	kg/m^3 、 g/L
2	浊度	T	NTU、FNU、FTU
3	粒径	D	mm 、 μm
4	颗粒级配	G_c	%
5	水样背景	W_T	NTU、FNU、FTU
6	透光率	L_T	%
7	转速	n	r/s、r/min
8	容重	γ	N/m^3 、 kN/m^3
9	泥沙干容重	γ_s	N/m^3 、 kN/m^3

4 通用性要求

4.1 光学含沙量测量仪

仪器外观及自检信息等应符合以下要求：

- 传感器表面干净整洁,无污物及微生物等附着物；
- 部件无过压损坏；
- 仪器密封良好,干燥剂正常；
- 仪器电池无漏液、膨胀或破裂现象,线路无损坏；
- 数据接口硬件正常,信号输出正常；
- 仪器自检信息正常。

4.2 率定设备

4.2.1 采用粒度分析仪进行泥沙颗粒粒径及级配分析,除应满足 SL 42—2010 规定外,尚应满足下列要求：

- 筛框规格宜采用直径为 90 mm 的筛框；
- 筛孔形状宜为圆孔；
- 筛网材质不应采用金属材料。

4.2.2 采用搅拌装置形成均匀稳定的含沙水体,包括搅拌桶及搅拌器,应满足以下要求：

- 搅拌桶
 - 采用透明材质；
 - 为圆柱体；

- 3) 直径应不小于测量探头的 5 倍,并应大于 30 cm;
 - 4) 水深应不小于 30 cm。
- b) 搅拌器
- 1) 宜采用机械式搅拌器;
 - 2) 搅拌器转速可调节,搅拌转速下限值与水体含沙量关系宜按表 2 设定,实际操作中搅拌器转速应大于相应下限参考值,并根据搅拌桶中泥沙沉淀情况增大转速。

表 2 搅拌器转速(r/min)与水体含沙量(g/L)关系表(转速为下限值)

编号	含沙量 (含上限值)	模型沙		天然沙	
		$D_{50} < 0.2 \text{ mm}$	$D_{50} \geq 0.2 \text{ mm}$	$D_{50} < 0.2 \text{ mm}$	$D_{50} \geq 0.2 \text{ mm}$
1	0~1	75	90	100	120
2	1~2	85	100	115	135
3	2~3	95	110	125	145
4	3~5	105	120	135	155
5	5~8	120	135	150	170
6	8~12	135	150	165	185
7	12~20	150	165	180	200
8	20~30	165	180	195	215

注: 下限参考值通过试验获取,试验条件为搅拌桶内径 48 cm,桶高 50 cm,模型沙容重为 21.3 kN/m³。

4.2.3 采用电热干燥箱烘干泥沙样品,应满足以下要求:

- a) 放置环境应符合 GB/T 30435—2013 有关规定;
- b) 工作温度设置为 100 °C~105 °C,当泥沙样品为塑料材质或易受温度影响而改变性状时,工作温度应设置为 60 °C 以下;
- c) 泥沙样品烘至无明显水迹后,应继续烘干 1 h,然后切断电源自然冷却。

4.2.4 采用电子天平称量泥沙样品的质量,应满足以下要求:

- a) 工作环境及外观、计量性能、功能应符合 GB/T 26497—2011 中级电子天平规定;
- b) 最大称量质量应不大于 200 g;
- c) 感量不低于 0.1 mg;
- d) 处于检定合格状态。

4.2.5 采用量筒测量水样体积,应满足以下要求:

- a) 容量宜不小于 1 000 mL;
- b) 宜采用钢化玻璃材质;
- c) 体积读数误差应不大于水样体积的 0.5%。

4.2.6 采用抽滤装置从水沙试样中分离泥沙等固体颗粒物,包括抽气泵、漏斗、滤膜及抽滤瓶等,应满足以下要求:

- a) 抽气泵
 - 1) 采用电动抽气泵;
 - 2) 连续工作时间应大于 30 min。
- b) 漏斗
 - 1) 直径应不小于 100 mm;

- 2) 形状采用圆锥形漏斗。
- c) 滤膜
 - 1) 膜孔不大于 $0.05\ \mu\text{m}$;
 - 2) 材质采用聚四氟乙烯微孔滤膜。
- d) 抽滤瓶体积应不小于 $1\ 000\ \text{mL}$ 。

4.3 人员职责

率定实验人员分为实验操作员和数据记录校核员。

4.3.1 实验操作员

实验操作员应具备以下职责：

- a) 理解率定实验基本原理和仪器设备工作原理,熟悉率定实验流程、内容及方法;
- b) 能够熟练使用粒度分析仪、搅拌装置、电热干燥箱、电子天平、量筒及抽滤装置;
- c) 通过技术培训并保持相应培训记录;
- d) 负责全面排查,消除安全隐患。

4.3.2 数据记录校核员

数据记录校核员应具备以下职责：

- a) 熟悉含沙量与仪器输出数据有关实验数据记录表、水样背景对仪器输出数据的影响实验数据记录表等;
- b) 熟悉率定实验流程;
- c) 监督实验操作员开展率定实验,当发现仪器或数据异常时,应停止率定实验,记录登记,配合实验操作员分析处置。

4.4 工作环境及其他

4.4.1 工作环境

率定实验环境应满足仪器设备正常工作条件要求,保障工作人员安全健康。应满足以下基本要求：

- a) 率定实验应在室内进行;
- b) 室温保持在 $10\ ^\circ\text{C}\sim 26\ ^\circ\text{C}$,湿度保持在 $20\%\sim 70\%$;
- c) 电器设备安装应符合安全规定,宜配置稳压器;
- d) 仪器设备应有专门的工作空间及存储空间;
- e) 粒度分析仪、电子天平和量筒每年应开展至少一次检定或校准。

4.4.2 其他

率定实验过程中,还应满足以下要求：

- a) 率定实验水样应直接取自待测水体;
- b) 率定实验沙样应直接取自待测水体;
- c) 率定实验时,光学含沙量测量仪的传感器应布置在搅拌桶中部区域,距离边壁应不小于 $10\ \text{cm}$,且不能影响搅拌器正常工作。

5 率定方法

5.1 率定内容

率定内容主要为建立含沙量与仪器输出数据之间关系,测定水样背景对仪器输出数据的影响程度。仪器输出数据通常用浊度表示,也可用电压信号或电流信号等表示。

5.2 率定周期

光学含沙量测量仪每次长期野外测验后或每年应开展一次率定实验。

5.3 率定方案

率定方案内容包括含沙量等级确定、率定设备和水沙样品准备及率定流程等。

5.3.1 含沙量等级确定

含沙量等级确定应按以下步骤进行:

- a) 根据待测水体历史含沙量资料,确定率定实验含沙量等级,编制率定实验方案;
- b) 含沙量分为 8 个等级,各等级含沙量范围如表 3 所示;
- c) 分析待测水体历史含沙量,估算其含沙量上限和下限,选择对应含沙量等级,实例参见附录 C;
- d) 率定实验时,每个含沙量等级内应至少开展 8 个不同含沙量样品测定,宜采用等差数列确定 8 个含沙量试样。

表 3 含沙量分级

等级	1	2	3	4	5	6	7	8
范围/(g/L)	0~1.0	1.0~2.0	2.0~3.0	3.0~5.0	5.0~8.0	8.0~12.0	12.0~20.0	20.0~30.0

5.3.2 率定设备和水沙样品准备

率定设备按照 4.2 的通用性要求进行配置。利用量筒进行水样收集,水样处理方法应符合 GB/T 50159—2015 规定,收集水样的量与水体含沙量有关,要能够保证表 3 中每个等级的含沙量范围中至少有 8 个样品。利用抽滤装置快速实现水沙分离,泥沙沉淀后的清水样应收集加盖保存,避免掺入杂质。泥沙样品应利用电热干燥箱进行干燥,然后密封保存。进行含沙量分级时,用电子天平称量一系列干沙,分别放置于量筒中浸泡 24 h 以上备用。

5.3.3 率定流程

率定实验流程应按图 1 所示执行。

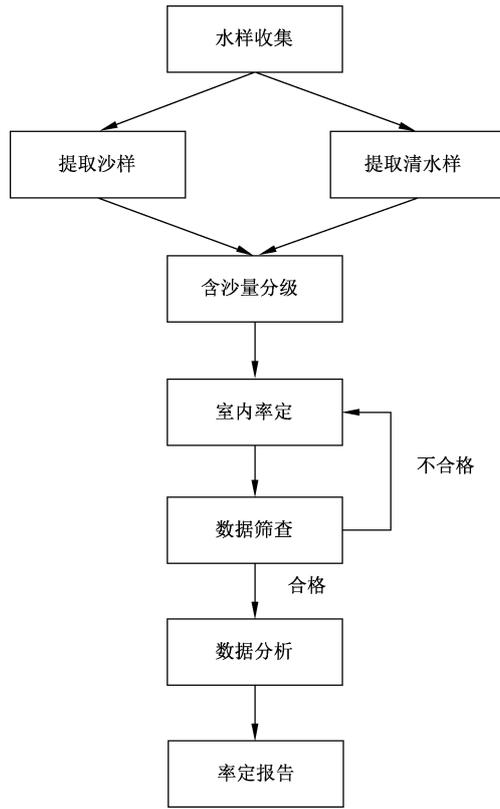


图 1 率定实验流程

5.4 率定过程

正式率定实验前应开展搅拌桶流场稳定性测定和评估,当认定搅拌桶流场不稳定时应更换搅拌装置。测定水样背景对仪器输出数据的影响程度,根据水样背景情况,确定率定实验水体来源。

5.4.1 搅拌桶流场稳定性实验

向搅拌桶中加入食品红等无污染有色溶解性染料,测定水体在搅拌器作用下流场稳定性。技术方案见附录 A 中图 A.1,数据记录表见附录 B 中表 B.1。

流场稳定性实验流程如下:

- a) 关闭搅拌器,用量筒取纯净水,加入搅拌桶;
- b) 水样静止 10 min,记录含沙量测量仪输出数据,测量次数不少于 5 次,间隔时间不小于 3 s;
- c) 向搅拌桶中添加食品红等有色溶解性染料,搅拌均匀,水样静止 10 min,记录含沙量测量仪输出数据,次数不少于 5 次,间隔时间不小于 3 s;
- d) 开启搅拌器,搅拌时间不低于 5 min,待流场稳定,记录含沙量测量仪输出数据,次数不少于 5 次,间隔时间不小于 3 s;
- e) 数据分析,评估流场稳定性。

分别计算纯净水、有色染料、搅拌状态三种条件下读数相对误差 ϵ_1 、 ϵ_2 、 ϵ_3 。

仪器输出数据分别为 V_1 、 V_2 …… V_n , ($n \geq 5$), 其算术平均值为 \bar{V} , 见公式(1)。

$$\bar{V} = \frac{1}{n} (V_1 + V_2 + \dots + V_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

测量结果相对误差 ϵ_i , 见公式(2):

$$\epsilon_i = \frac{|V_i - \bar{V}|}{\bar{V}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

测量结果平均相对误差 $\bar{\epsilon}$,见公式(3):

$$\bar{\epsilon} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \epsilon_i \quad \dots\dots\dots (3)$$

流场稳定性误差,见公式(4):

$$\epsilon' = \epsilon_3 - \epsilon_2 - \epsilon_1 \quad \dots\dots\dots (4)$$

当 $|\epsilon'| \leq 2\%$ 时,流场稳定;否则应再次实验,如仍是 $|\epsilon'| > 2\%$,则应更换搅拌装置。

5.4.2 水样背景影响实验

将原样水样对仪器输出数据(浊度)的平均影响记为 T_{10} 。用原样泥沙和纯净水配制成与原样水样相同的含沙量试样,相应仪器输出值记为 T_{20} 。 T_{10} 与 T_{20} 差值为水样背景(W_T)。

水样背景对仪器输出数据(浊度)影响实验技术方案见图 A.2,数据记录表见表 B.2。实验过程如下:

- a) 用原样泥沙分别和原样清水、纯净水制备不同含沙水样;
- b) 用原样清水配制含沙试样倒入搅拌桶,搅拌时间不少于 5 min;
- c) 记录仪器输出数据(浊度),测量次数不少于 5 次,间隔时间不小于 3 s,平均值为总浊度(T_1);
- d) 清洗搅拌桶;
- e) 用纯净水配制含沙试样倒入搅拌桶,重复上述实验,记录仪器输出数据(浊度),测量次数不少于 5 次,间隔时间不小于 3 s,平均值为泥沙产生的浊度(T_2);
- f) 再次清洗搅拌桶;
- g) 数据分析,评估水样背景对仪器输出数据的影响。

水样背景对仪器输出数据影响程度,见公式(5):

$$\alpha = \frac{|T_1 - T_2|}{T_1} \quad \dots\dots\dots (5)$$

当 $\alpha \leq 1.5\%$ 时,水样背景对仪器输出数据影响可忽略,率定实验中的含沙试样可直接由原样泥沙和纯净水配制;否则,应考虑水样背景对仪器输出数据影响,率定实验中的含沙试样应由原样泥沙和原样清水配制。

5.4.3 含沙量与仪器输出数据关系率定

含沙量与仪器输出数据(浊度)率定技术方案见图 A.3,数据记录表见表 B.3。根据 5.3.2,选择原样泥沙与原样清水或纯净水配制实验含沙水样。

含沙量与仪器输出数据率定流程如下:

- a) 根据 5.3.1 确定含沙量等级,在对应每个含沙量等级中,按照等差数列设定 8 个含沙量,配制实验含沙试样,依次编号;
- b) 按编号顺序,将含沙试样倒入搅拌桶中,搅拌时间不少于 5 min;
- c) 记录仪器输出数据(浊度),次数不少于 5 次,间隔时间不小于 3 s;
- d) 清洗搅拌桶;
- e) 下一编号含沙试样实验,重复上述操作;
- f) 数据分析,形成率定报告。

6 数据分析

6.1 数据筛查

数据筛查用于剔除相对误差偏大的实验数据。

根据公式(2)计算,相对误差 ϵ_i 大于 10% 的数据视为可疑数据,可疑数据不纳入式(1)计算(计算数据个数不得少于 3 个),如相对误差 ϵ_i 仍大于 10%,应重新开展相关实验。

6.2 率定关系确定

含沙量与仪器输出数据相关关系满足线性函数关系。根据含沙量等级实验,对每个等级分别确定率定关系。

含沙量与仪器输出数据关系式,见公式(6):

$$S = aX + b \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

S ——含沙量;

X ——仪器输出数据;

$a、b$ ——待定系数。

采用 WPS、Excel 等绘图工具绘制直角坐标系散点图,含沙量及仪器输出数据分别作为纵坐标和横坐标,选择趋势分析方法,添加线性趋势线,趋势线公式即对应式(6),显示相关系数 R^2 。

6.3 率定结果评估

根据相关系数 R^2 ,评估含沙量与仪器输出数据之间线性函数关系的符合程度,各等级下相关系数 R^2 下限应满足表 4 的要求。

表 4 不同含沙量等级下含沙量与仪器输出数据之间相关系数 R^2 下限值

含沙量等级	函数拟合相关系数下限
1	0.98
2	0.96
3	0.95
4	0.93
5	0.92
6	0.91
7	0.90
8	0.85

若相关系数 R^2 下限无法满足表 4 的要求,应重复 5.3.3 实验。如仍无法满足要求,根据实验目的,采用咨询会形式,适当调整相关系数 R^2 下限。

7 率定结论

根据数据分析给出率定结论,结论以报告形式展示,参见附录 D,包括泥沙试样来源、泥沙中值粒径、水样背景描述、率定设备信息、直接率定关系及相关系数 R^2 。

标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有…才允许	要求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允许
不必	不需要、不要求	

附录 A
(规范性附录)
实验技术方案

A.1 搅拌桶流场稳定性测定实验技术方案

技术方案如图 A.1 所示。

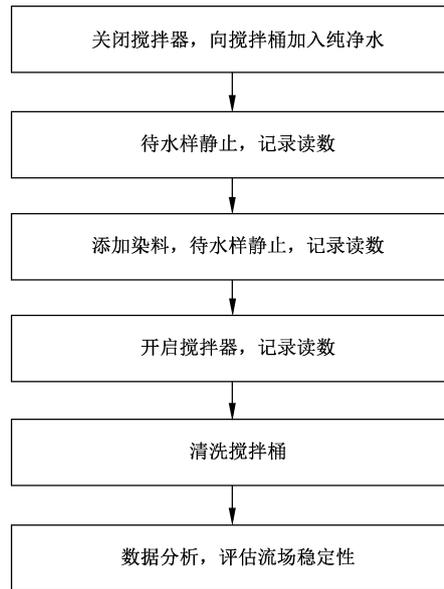


图 A.1 搅拌桶流场稳定性测定实验技术方案

A.2 水样背景对仪器输出数据(浊度)的影响实验技术方案

技术方案如图 A.2 所示。

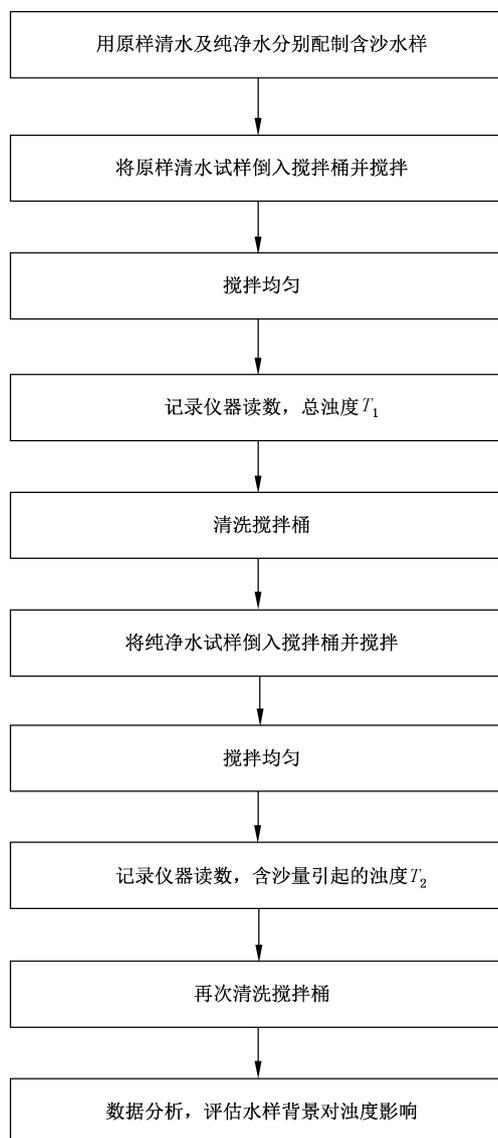


图 A.2 水样背景对仪器输出数据(浊度)的影响实验技术方案

A.3 含沙量与仪器输出数据(浊度)率定实验技术方案

技术方案如图 A.3 所示。

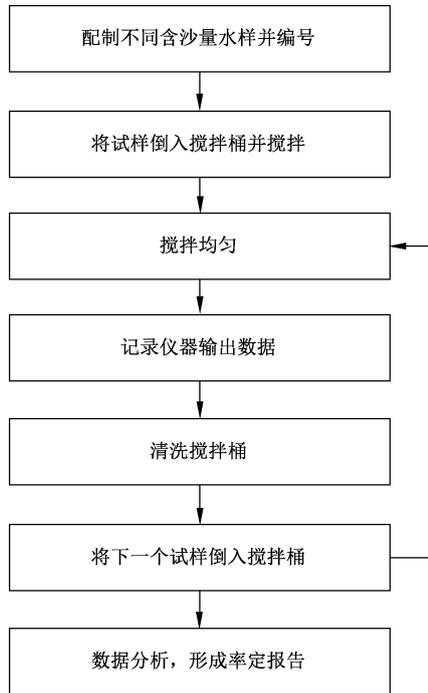


图 A.3 含沙量与仪器输出数据(浊度)率定实验技术方案

附 录 C
(资料性附录)
含沙量等级确定实例

C.1 含沙量等级确定实例 1

待测水体含沙量上限 1.8 g/L、下限 0.3 g/L。

对照表 3,含沙量下限位于等级 1,含沙量上限位于等级 2。率定实验应涵盖含沙量上限及下限,应开展含沙量等级 1、含沙量等级 2 的实验,分别建立率定相关关系。

含沙量等级确定结果:等级 1、等级 2。

C.2 含沙量等级确定实例 2

待测水体含沙量上限 7.5 g/L、下限 2.3 g/L。

对照表 3,含沙量下限位于等级 3,含沙量上限位于等级 5。率定实验应涵盖含沙量上限及下限,应开展含沙量等级 3、含沙量等级 4、含沙量等级 5 的实验,分别建立率定相关关系。

含沙量等级确定结果:等级 3、等级 4、等级 5。

附 录 D
(资料性附录)
光学含沙量测量仪率定报告

率定类型	委托率定	委托单位(客户)	
泥沙试样来源		样品描述	
率定项目		原样含沙量(g/L)	
泥沙中值粒径 D_{50}		水样背景描述	
委托单位联系人及电话		接样日期	如:2019-01-01
泥沙试样/测点 数量及编号	数量: 编号:		
泥沙试样/测点 状态及特性描述			
率定实验日期	如:2019-01-02 至 2019-01-03	率定实验地点	
率定依据	(规范填写有效标准)		
实验环境条件情况			
使用的主要仪器 设备及编号			
水样背景对仪器 输出数据的影响			
率定结果	(含沙量与仪器输出数据的相关关系)		
实验操作员 签字、日期		数据记录校核员 签字、日期	

(表格为宋体小四号字)
