

《量子点光谱法悬移质含沙量测验导则》

(☒ 征求意见稿 ☐ 送审稿 ☐ 报批稿)

编制说明

主编单位： 长江水利委员会水文局、芯视界（北京）科技有限公司

2024 年 11 月 10 日

编制说明

一、工作简况

包括任务来源、主编单位、参编单位主要工作过程、各阶段意见处理情况、主要起草人及其所做的工作等。

本文件编制任务来源于中国水利学会。本文件主要编制单位为长江水利委员会水文局，芯视界（北京）科技有限公司，水利部南京水利水文自动化研究所，芯发现（上海）科技发展有限公司，湖北一方科技发展有限公司。

依照《中国水利学会团体标准管理办法》的要求，编制组于2023年4月向中国水利学会提交了《量子点光谱悬移质含沙量测验规范》标准制修订立项申请书。2023年6月16日，中国水利学会在武汉组织召开了《量子点光谱悬移质含沙量测验规范》立项论证会。通过专家论证并公示后，中国水利学会于2023年7月19日发布“关于批准《水工隧洞跨活动断层结构适应性设计规程》等13项标准立项的通知”（水学[2023]90号）批复了《量子点光谱悬移质含沙量测验规范》立项。

2023年9月6日，编制组在武汉召开《量子点光谱悬移质含沙量测验规范》编制组会议。会议集中讨论并回复

了立项评审会期间专家所提出的各项问题，综合水文站实际应用中发现的问题，对草案进行进一步修订。2024年3月26日，编制组正式向中国水利学会提交大纲审查稿，会议中专家建议将标准名称修改为《量子点光谱法悬移质含沙量测验导则》。通过大纲审查后，工作组组织专家对标准草案进行了进一步修改，并形成了征求意见稿。

标准编制期间，工作组各单位分工如下：

章节	条目	牵头单位	协助单位
1 范围	所有条款	水文局	芯视界
2 规范性引用文件	所有条款	芯发现	芯视界
3 术语和定义	所有条款	自动化所	芯视界
4 一般规定	4.1 系统组成	芯发现	自动化所
	4.2 测验方式	自动化所	芯发现
	4.3 技术要求	水文局	芯发现
	4.4 测验调查	芯视界	湖北一方
	4.5 在线监测	芯视界	湖北一方
	4.6 快速监测	芯视界	湖北一方
	4.7 走航式监测	芯视界	湖北一方
	4.8 测验要求	自动化所	水文局
5 安装与软件	5.1 安装要求	水文局	自动化所
	5.2 软件要求	水文局	自动化所
6 运行操作	6.1 在线监测	芯视界	湖北一方
	6.2 快速监测和走航式监测	芯视界	湖北一方
	6.3 比测于率定	芯视界	湖北一方
	6.4 精度指标	水文局	芯发现
7 检查和维护	7.1 设备检查	湖北一方	芯发现
	7.2 设备维护	湖北一方	芯发现
8 软件平台及功能要求	所有条款	湖北一方	芯发现

附录 A 方法原理	所有条款	芯视界	芯发现
附录 B 安装方式	所有条款	芯发现	水文局
附录 C ~ E 记录表 样例	所有条款	水文局	湖北一方
附录 F 标准样品检 定	所有条款	自动化所	芯视界
附录 G 误差分析	所有条款	自动化所	芯视界
注：表中单位名称均为缩写，“水文局”指长江水利委员会水文局，“芯视界”指芯视界（北京）科技有限公司，“自动化所”指水利部南京水利水文自动化研究所，“芯发现”指芯发现（上海）科技发展有限公司，“湖北一方”指湖北一方科技发展有限公司。			

二、主要内容说明及来源依据

1. 技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等的论据（包括试验、统计数据）。修订类标准，还应增列新旧标准技术内容的对比情况。

本标准中的测验方式参照 GB/T 50159 的要求，结合量子点光谱测沙方法的实际情况，将其监测结果直接与国标方法进行比较，并评估精度水平和随机不确定度。测验方式和技术要求主要条款为：

4.2 测验方式

4.2.1 应用量子点光谱进行含沙量监测应根据 GB/T 50159 采取相应的监测方式。

4.2.2 对需要大范围长期连续获取监测点含沙量时域变化的泥沙测验宜利用浮体、建筑物等将监测设备固定在水下某一深度并按采样频次要求进行在线监测。

4.2.3 对应急等需要实时快速获取泥沙含量的情况下可采取快速监测方式进行泥沙测验。

4.2.4 对无介入式仪器安装条件，可采用水文缆道或测船等渡河涉笔采用走航式监测。

4.3 技术要求

- 4.3.1 监测设备出厂前应校准，以保证测量精度和稳定性；
- 4.3.2 系统包含适应多种场景下光谱信息—含沙量信息映射的典型模型库；
- 4.3.3 仪器的测量精度、稳定性与适应性满足应用要求；
- 4.3.4 系统具备数据传输、存储、显示、远程查看等功能；
- 4.3.5 系统具备自检功能，并能实时监控运行过程中主要部件的工作状态，状态异常时能发出警示信息；
- 4.3.6 仪器能自行校正水温、泥沙颗粒级配及化学特性等对监测的影响；
- 4.3.7 便于安装、携带、操作和维护；
- 4.3.8 仪器对水流扰动小；
- 4.3.9 系统在无外接交流电源情况下，应能使用独立电源或太阳能供电系统持续运行至少一年。

4.4 测验调查

- 4.4.1 测站特征水位、水位变幅、水体流速流态、含沙量量级及分布特性、断面地形等；
- 4.4.2 测验区域的水面开阔程度、沉水或挺水水生植物、漂浮物、区域通信网络、非自然光照射及其他光污染情况；
- 4.4.3 测验区域电磁环境及干扰防护程度，周围高压线、强电磁设备、工业干扰源的距离；
- 4.4.4 测验河段水体情况，判别是否属于重度污染。
- 4.4.5 测点要求：
 - 避开气泡多、水流紊乱区域，且无大的回流、串流发生；
 - 供电、通讯和交通维护条件满足系统运行要求。

2. 主要试验（或验证）的分析、综述，技术经济论证。

试验方法采用多点法，计算精度指标并评估系统误差、随机不确定度等要求，随机不确定度根据水文站等级进行约定。比测率定的具体条款如下：

6.3 比测与率定

6.3.1 为确保系统测点含沙量和断面含沙量监测精度，投产应用前应开展现场比测率定（或获取比测率定技术支持）和校准，确定精度水平，应用于相应监测场景。

6.3.2 比测率定主要采用传统选点法采集水样，采用烘干法等方法测定含

沙量，也可通过其他已定精度的测量方法作为基准，率定、校准、优化含沙量模型和测验方案。

6.3.3 比测有效样本数应不少于 30 点，条件不具备的不宜少于 20 点，除明确可以确定的粗差外，不得舍弃比测点据。

6.3.4 率定应分别进行单点含沙量模型率定和断面平均含沙量模型率定；可采用线性回归、分段线性回归、多元回归，或人工智能模型等；回归方程的阶数一般不宜超过 2。

6.3.5 单个含沙量计算模型不能满足全量程使用时，可按不同水位级、流速流量级、含沙量级建立多个含沙量计算模型，多个含沙量计算模型衔接时，应衔接 1~3 个测点，测点互差应不大于 10%。

6.3.6 运行中宜定期或不定期进行模型复核采样，持续迭代优化测量模型。

6.3.7 如要拓展泥沙颗粒级配、泥沙物质元素组成分析、水质监测功能，应升级相应功能模块，分别建立算法模型，并进行现场比测率定。

6.4 精度指标

6.4.1 量子点光谱悬移质含沙量监测系统的定线和断面精度指标应符合以下约定：

- a) 系统误差不大于 $\pm 3\%$ ；
- b) 一类精度站随机不确定度不大于 20%；
- c) 二类精度站随机不确定度不大于 24%；
- d) 三类精度站随机不确定度不大于 28%。

6.4.2 含沙量小于 0.010kg/m^3 的部分，可采用绝对误差进行精度评定，绝对误差不大于 0.002kg/m^3 ，测点数应大于总比测点数的 75%。

6.4.3 专用站（泥沙项目）可根据测站任务书要求或资料使用需求确定。

6.4.4 单断沙关系线应进行符号检验、适线检验与偏离数值检验。对于有多条单断沙关系线的，应分别进行检验。

6.4.5 判定已有关系线是否可以继续使用时，应进行 t 检验。

7 检查和维护

7.1 设备检查

7.1.1 每 1 年使用国家标准样品进行检定，检定方法见附录 F。

7.1.2 零部件出现明显损耗时应维护和校准。

7.1.3 监测设备的光学镜片、光谱发生器、电源功率等零部件的损耗均会造成测量不准，应及时检查更换并校准。

7.1.4 应定期检查固件、软件版本，并及时升级。

7.2 设备维护

7.2.1 设备应根据应用环境进行定期和不定期维护，确保系统正常工作。

7.2.2 系统比测率定合格后，需要做好以下运行和维护工作：

a) 依照规定的时间间隔，定时将实时监测的数据上传至服务器，并通过算法进行计算，用户可通过监测系统查看数据结果；

b) 定期进行人工采样校准，在使用期间发生超量程或超过经验值的数据，应进行及时采样比测；

c) 应落实专人按照要求进行维护。包括定期（通常为 2~4 周）检查并清理监测设备传感器镜头，查看设备位置是否发生偏移，安装是否紧固，通信是否正常。

三、专利情况说明

本文件所规定内容不涉及专利。

四、与相关标准的关系分析

1. 与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的外国样品、样机的有关数据对比情况。

ISO 2716:2021 Hydrometry — Functional requirements and characteristics of suspended-sediment samplers 介绍了近十种典型悬移质泥沙采样装置的形式，但采样后均采用人工方式称重烘干，无法做到自动化。ISO 4365:2005 Liquid flow in open channels — Sediment in streams and canals — Determination of concentration, particle size distribution and relative density 中描述了 3 种测定悬移质泥沙含量的方法：蒸发法、过滤法和比重计法，均无法做到在线快速测量。ISO 6421:2012 Hydrometry — Methods for assessment of reservoir sedimentation 中规范了十余种水库泥沙含量的评价方法，除轮廓形貌法等传统方法外，还提及多种通过卫星图像或遥感等方式计算泥沙含量的方法，但大多受泥沙含

量、云层情况影响较大。ISO 11329:2001 Hydrometric determinations — Measurement of suspended sediment transport in tidal channels 提供了河道悬移质泥沙含量评价的指南，该标准更多通过对河道断面方向、纵向人工悬移质泥沙含量监测结果的分析评价悬移质泥沙对河道的影响及相措施。ISO/TR 11651:2015 Estimation of sediment deposition in reservoirs using one dimensional simulation models 利用模拟计算的方法估算水库中的泥沙沉积情况，方法准确性不高，因此在国际评估中仅作为技术报告（Technical Report）发布。ISO 11657:2014 Hydrometry — Suspended sediment in streams and canals — Determination of concentration by surrogate techniques 中描述了几种使用仪器测量河流中悬移质泥沙含量的方案，包含光学投射、散射、激光衍射、超声波背散射等。这些方法仅能近似判断出泥沙颗粒体积，但受自然光照度、水中浊度、泥沙颗粒颜色、气泡等影响较大，准确度不高，通常需要原位校准。

本标准所采用的量子点光谱法为国内自主开发方法，本标准在国际范围内没有近似题材的项目。

2. 与国内相关标准协调性分析。

目前国内标准体系中与悬移质泥沙含量测量有关的标准有以下几项：

GB/T 50159—2015《河流悬移质泥沙测验规范》。该标准技术内容包含采样器和测沙仪两类，其中测沙仪根据原理不同分为同位素测沙仪、光学测沙仪、声学测沙仪、震动测沙仪等，并未对各类型测沙仪进行详细描述。GB/T 27991—2011《河流泥沙测验及颗粒分析仪器基本技术条件》中，对各类型测沙仪的测沙量程范围、测点流速、水深等应用条件做出了约定，并对仪器模型要求、测量误差、连续工作时的稳定性做出了约束。

本标准所描述的量子点光谱悬移质泥沙测量仪与以上几种类型的测量仪原理不同，采用了全光谱方法，在保证达到 GB/T 27991 所约定的测量误差、稳定性等参数的前提下，具备了更宽泛的量程并更好适应测点水文条件，是新技术对现有标准体系的有益补充。未来修订 GB/T 27991 等标准时，可考虑将量子点光谱法测沙仪纳入其考虑体系。

五、重大分歧或重难点的处理经过和依据

无。

六、预期效益（报批阶段填写）

制定量子点光谱测沙标准将产生以下效益：

经济效益：标准的统一将减少不必要的重复测试，提高测量效率，降低成本。传统泥沙测试需要几小时时间，周期长、频次低，无法满足现代基于数字孪生和人工智能的智慧化决策需要。实施原位在线泥沙监测将大大节省人工监测成本，降低获取数据的风险。

社会效益：准确的沙粒测量对于水利工程、环境保护和科学研究具有重要意义。本标准所涉及测沙技术重复性好，可靠性高，所获取数据具备很好的关联分析特性，能有效服务于泥沙含量的监测和各类科学探索。

环境效益：标准的制定将促进环境监测的一致性，有助于保护水资源，并对大江大河的水土保持情况进行及时跟踪和分析，具有重大环境效益。

七、其他说明事项

无。