

# Discussion on improving data accuracy of surface water quality automatic monitoring system

Fei Jian

Fengdu County ecological environment monitoring station, Chongqing, 408200, China

## Abstract

To address the challenges of data accuracy in surface water quality automatic monitoring systems caused by matrix interference, equipment drift, and non-standard operation and maintenance, which fail to meet the requirements for precise water environment quality control, this study conducts technical research from four aspects: system hardware optimization, operational calibration, operation and maintenance management, and data quality control. A technical solution of “hardware adaptation-dynamic calibration-intelligent operation and maintenance-data verification” is adopted. Based on different water quality matrices, the sensor selection and preprocessing modules are optimized, establishing a three-level dynamic calibration mechanism covering “zero point-span-actual water samples”. By leveraging IoT technology to achieve visualized operation and maintenance processes, a multi-dimensional data quality review system is established. Hardware adaptation reduces the impact of matrix interference, dynamic calibration effectively mitigates equipment drift, intelligent operation and maintenance minimizes human operational errors, and multi-dimensional quality control accurately identifies abnormal data. This provides a technical foundation for improving data accuracy in surface water quality automatic monitoring systems.

## Keywords

surface water; automatic monitoring system; data accuracy; dynamic calibration; intelligent operation and maintenance; matrix interference

# 地表水水质自动监测系统数据准确性提升技术探讨

蹇飞

丰都县生态环境监测站, 中国·重庆 408200

## 摘要

为处理地表水水质自动监测系统因基体干扰、设备漂移、运维不规范等状况影响而出现的的数据准确性欠佳困境,难以契合水环境质量精准管控需求的规格。从系统硬件优化、运行校准、运维管理、数据质控四个层面开展技术探究,采用“硬件适配-动态校准-智能运维-数据核验”的技术方案。依据不同水质基质对传感器选型及预处理模块加以优化,设立“零点-跨度-实际水样”三级动态校准机制,依靠物联网技术达成运维过程可视化呈现形式,建立多维度数据质量审查体系,运用硬件适配可降低基体干扰所产生的影响,动态校准能有效稳定设备漂移数值,采用智能运维可减少人为操作差错,多维度质控可精准鉴定异常数据,为地表水水质自动监测系统数据精准度的提升提供技术后盾。

## 关键词

地表水; 自动监测系统; 数据准确性; 动态校准; 智能运维; 基体干扰

## 1 引言

地表水水质自动监测系统作为达成水环境质量连续监控的主要手段,可实时获取到 pH、溶解氧(DO)、高锰酸盐指数(COD<sub>Mn</sub>)、氨氮、总磷等关键指标的相关数据,为污染预警以及水质评价给予支撑。当前的研究多数把重点放在单一指标或特定场景的准确程度提升,未开展针对系统全链条的技术整合,且未能充分贴合多数地表水复杂的基质特征。本研究从系统硬件、运行校准、运维管理、数据质控

这四方面维度出发,创建可促进全流程准确性增长的技术体系,为解决自动监测系统数据偏差问题,为水环境质量精准管控给予可靠的数据依托。

## 2 地表水水质自动监测系统数据偏差的核心成因

### 2.1 硬件适配与水质基质不匹配

不同流域的地表水,其水质基质的差异极为显著,硬件选型与预处理模块适配存在缺陷易造成数据偏差。一是出现高浊度干扰情形,诸如在雨季期间悬浮物含量可达 100-500mg/L,浊度传感器极易被颗粒物散射所影响,引起 DO、COD<sub>Mn</sub> 等指标检测时出现光散射方面的干扰,数据

【作者简介】蹇飞(1985-),男,中国重庆人,本科,工程师,从事环境监测方向研究。

偏差相当明显。二是未配置预处理模块,针对含有藻类的水体未安装在线过滤装置,传感器表面若附着藻类会引起流通堵塞,引起 COD<sub>mn</sub>、总磷等指标检测时试剂反应出现不充分现象,数据重复的稳定性差<sup>[1]</sup>。

## 2.2 设备运行漂移与校准不及时合理

自动监测系统长期连续运行阶段,数据偏差的关键因素之一是设备性能产生漂移。如传感器存在漂移的现象,由于 DO 传感器膜片长时间与水体接触,极易产生老化情况,每月漂移量可达到 0.2-0.5mg/L 的数值水平。由于氨氮电极填充液的消耗,灵敏度下降,30 天的时间跨度里,响应时间从 100 秒扩大至 200 秒。试剂的稳定性呈现出较差水平,COD<sub>mn</sub> 检测所采用的高锰酸钾试剂在高温环境当中容易发生分解,开封之后 7 天内浓度出现显著偏差,令检测结果呈现出偏低的情形,校准机制有着明显的缺陷,多数系统仅采纳“零点-跨度”两点校准的模式,未借助实际水样开展验证,无法补救因基体干扰产生的系统性偏差。

## 2.3 运维管理不规范

不规范的运维作业以及过程监控的不足会加重数据偏差程度,一是因人工操作引发了误差,试剂更换之时,未对管路实施彻底清洗,残留试剂会引发新试剂被污染现象;标准溶液配制浓度的偏差情况(如 ±5%)会直接引发系统检测数据的偏差。二是运维周期的规划存在缺陷,倘若浊度传感器清洁周期超出 7 天时长,附着于传感器表面的颗粒物会让测量值高出正常范围;采样管路维护工作未得到及时落实,藻类过度繁殖会引发管路堵塞,引发采样量呈现不足情形<sup>[2]</sup>。三是对环境的适应能力存在欠缺,一些高海拔地区 0℃ 以下的低温数值引发了管路冻裂,水样难以实现正常流通;夏季 30℃ 以上的高温环境,让试剂变质进程得以加快,妨碍检测反应效率的发挥。

## 2.4 数据质控机制不完善

若没有数据处理与质控环节,异常数据就无法识别,实时核验这一环节的缺位,系统只能辨别诸如无信号、超量程这类的设备故障,无法对基体干扰、试剂衰减等引发的渐变型数据偏差进行识别,数据有效性的评鉴方式单一,只凭借数据波动范围检验有效性,未将实验室比对数据与历史同期数据进行综合考量,容易出现对异常数据的误判与漏判情况,数据补全的方式未体现科学性,处理缺失数据时采用简单的插值手段,未顾及水质指标在时间维度的关联性,导致补全数据和实际水质的偏差十分明显。

# 3 地表水水质自动监测系统数据准确性提升技术方案

## 3.1 硬件适配与预处理模块优化

### 3.1.1 传感器选型优化

高浊度水体 DO 传感器采用荧光法而非电化学法,需要以防止颗粒物对电极施加物理干扰,若浊度达到 200NTU

以上,荧光法 DO 传感器的数据偏差仍可维持在 5% 以内。开展针对 COD<sub>mn</sub> 的检测,选用紫外-可见分光光度法,搭配抗干扰光路编排,缓解颗粒物光散射引发的影响。把具备 0.45 μm 滤膜的在线过滤模块安装在含藻水体总磷、总氮传感器前方,阻止藻类闯入检测系统,并且赋予自动反冲洗的功能,防止滤膜陷入堵塞困境<sup>[3]</sup>。

### 3.1.2 预处理模块升级

针对流域高浊度的局势,水样预处理模块,在采样管路里面添入了转速为 3000r/min 的离心式分离器械,可实现除去 80% 以上悬浮物的目标。在高海拔地区,要给管路附加伴热装置,把温度调节至 5~10℃,防止管路因冻而破裂,试剂储存箱带有可实现 20 ± 2℃ 恒温的控制体系,避免因高温引起试剂的变质。易挥发试剂,如氨氮检测用纳氏试剂,选用带液位监测的密封式储存瓶,液位降低到特定水平时自动发出警示以提示替换。

## 3.2 动态校准机制构建

### 3.2.1 常规校准优化

每日自动实施零点校准操作,针对 COD<sub>mn</sub>、氨氮等指标,标准溶液浓度选定为监测量程的 70%-80%,保证能覆盖日常监测的浓度区域。当校准做完偏差超出 5%,系统自动开展二次校准相关工作,倘若依旧超出偏差范围便触发报警,每周实行一次全量程校准。选择 3 个浓度点,低、中、高,绘制校准曲线紧接着计算相关系数,若相关系数未满足既定要求,检测传感器性能及试剂浓度,必要时可替换传感器或者试剂<sup>[4]</sup>。

### 3.2.2 实际水样验证校准

每月对自动监测站水样予以采集,送往实验室依据标准方法进行测定,把实验室数据跟自动监测数据作比较,若偏差高于 10%,挖掘偏差的成因(如基体干扰、设备漂移)并开展针对性校准,就高浊度的水体而言,校准期间配制和实际水样基质相如的标准溶液,如添加相同浓度的悬浮物,修复基体干扰造成的偏差。

## 3.3 智能运维管理技术应用

### 3.3.1 运维过程智能化监控

监测站添加视频监控以及传感器状态监测模块,实时监测采样管路、试剂液位以及设备运行参数,运维人员可借助手机 APP 远程勘查设备状况,快速探知异常情形,起草《运维操作流程手册》,清楚界定试剂更换、传感器清洁及校准等操作的步骤和规范,例如 DO 传感器膜片更换周期为 3 个月,进行清洁操作时采用软布擦拭,经由 APP 完成运维任务提醒推送,杜绝运维安排存在遗漏,运维人员凭借 APP 来记录操作过程,如试剂更换时间和校准数据之类,系统自动造就运维报告,实现运维过程可追溯的既定目标,降低人工记录的错漏<sup>[5]</sup>。

### 3.3.2 环境适应性优化

冬季高海拔地区,为监测站加装保温层,针对采样管

路以及试剂管路,包裹伴热带并将温度调控于5~10℃,杜绝水样变成冰且试剂凝固结块,夏日于监测站房加装空调,给试剂贮存箱安置散热风扇,维持试剂储存温度不超过25℃,防止试剂出现化学性变质。

### 3.4 多维度数据质控体系构建

#### 3.4.1 实时数据质控

系统实时针对传感器响应时间、试剂余量、管路压力等参数开展管控,若响应时间出现增长情形,立即自动把对应数据界定为“可疑数据”,确立指标间逻辑关联的临界值,比如DO和水温呈负相关属性,高锰酸盐指数(COD<sub>Mn</sub>)跟浊度未表现出明显的正相关迹象,当碰到逻辑方面的冲突局面,系统马上触发报警提示,通知运维人员开展核查事宜。厘定指标的日波动范围界限,例如pH日波动≤0.5个单位,DO每日所产生的波动≤2mg/L,若数据超出设定的波动范围,就标记为“异常数据”,要依靠实验室数据开展进一步的核实。

#### 3.4.2 数据有效性评价

每月把自动监测数据跟实验室标准方法数据进行核对,算出相对误差的近似值,倘若合格率低于90%,探究问题缘由并对系统进行改良,把当下数据与历史同期数据(如近3年同月数据)进行对比评估,若偏差高于20%,结合流域污染排放、水文条件等诸多因素综合审定数据有效性,面对同一流域周边相邻的监测站,若同一流域相邻监测站同类指标数据的偏差超过了15%,探究是否存在局部污染、设备故障等情形。

#### 3.4.3 异常数据处理

就时长≤2小时的短期缺失数据而言,采用线性插值手段;就时长超过2小时的长期数据缺失状况而言,借助相邻监测站数据融合水质模型(如QUAL2K)进行数据补全,以此维持数据连贯的特性,对已核实的异常数据添加标记,并于数据报告当中详细标注,防止异常数据对水质评价形成干扰。

## 4 技术方案应用场景适配

### 4.1 高浊度水体适配原则

针对含有高悬浮物的水体,应优先以荧光法溶解氧传感器和抗干扰分光光度法COD<sub>Mn</sub>传感器作为采用对象,借此减少颗粒物对光学检测造成的干扰,预处理环节必须引入高效悬浮物分离装置,诸如离心式及膜分离系统,还要结合自动反冲洗功能,预防流通池跟管路堵塞,校准过程中需引入模拟样品,该样品与实际水体浊度水平相近,对基体干扰

造成的系统偏差加以修正。

### 4.2 低温结冰期水体适配原则

低温或结冰条件下,需着重对采样与分析系统的温度稳定加以保障,应给管路加装伴热保温装置,保障水样流动无阻;需维持试剂储存环境的恒温状态,防止试剂因低温出现凝固或反应活性下降的情况,应适度提高校准频率,尤其在温度出现骤降或持续低温之时,用以实现对设备漂移的补偿。

### 4.3 藻类水体适配原则

针对含有藻类的水体,在含藻水体总磷、总氮传感器前方安装具有0.45μm滤膜的在线过滤模块,阻止藻类闯入检测系统,并且赋予自动反冲洗的功能,防止滤膜陷入堵塞困境。

## 5 结语

提升地表水水质自动监测系统数据准确性,需在“硬件-校准-运维-质控”全链条采取行动,以硬件适配作为后续进程的基础依托,按照水质基质特性对传感器及预处理模块进行改进。核心聚焦于动态校准,以“零点-跨度-实际水样”三级校准来控制设备漂移和基体干扰。智能运维成为保障支撑,利用物联网技术可降低人为操作差错;多维度质控是实现数据精准把控的关键环节,能实现对异常数据的精确识别与处置。未来可积极探索AI技术在数据质控环节中的应用,搭建起“天地空”一体化水质监测网络,为水环境质量的精准管控提供更充足的数据后盾。

## 参考文献

- [1] 曹人升,王兴富,谭桂华,等.自动监测技术在地表水监测中的运用与发展[J].广州化工,2023,51(08):145-147.DOI:CNKI:SUN:GZHA.0.2023-08-041.
- [2] 金军锋,潘烈群,陈学军.水质自动监测系统的建设及应用研究[J].皮革制作与环保科技,2023,4(01):29-31.DOI:10.20025/j.cnki.CN10-1679.2023-01-09.
- [3] 杜燃利,齐鑫.地表水水质自动监测系统及其建设中的若干问题分析[J].科技创新与应用,2022,12(29):138-141.DOI:10.19981/j.CN23-1581/G3.2022.29.034.
- [4] 刘博文,王亮.水质自动监测各环节对数据准确性的影响分析[J].资源节约与环保,2022,(03):38-40+44.DOI:10.16317/j.cnki.12-1377/x.2022.03.021.
- [5] 王艳蝶.地表水水质自动监测系统应用中存在的问题及对策[J].农家参谋,2020,(21):154-155.DOI:CNKI:SUN:NJCM.0.2020-21-109.