

水质自动监测数据质量控制关键环节研究

陈志平

(江苏省苏力环境科技有限责任公司, 江苏 南京 210000)

摘要 水质自动监测数据质量直接影响水环境评估、污染预警与监管决策的科学性。针对自动监测在站点布局、设备运行、校准维护和数据审核等环节中易产生漂移、缺测与误报等问题, 本文从监测前期、监测过程和监测后期三个阶段系统梳理质量控制关键环节, 包括科学选址、仪器校准、标准样与质控样验证、多仪器比对、自动审核规则构建及异常溯源机制等, 并提出全流程质量管理体系, 以期水环境监管提供技术参考。

关键词 水质自动监测; 数据质量控制; 初始校准; 异常识别; 质量管理体系

中图分类号: X84

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.36.031

0 引言

水环境监测是水生态评价和考核的重要基础, 水质自动监测站是水环境质量监测的重要力量, 直接影响着水环境治理措施和水生态健康状况识别、污染物排布、水质变化过程及污染源排查的准确性。但随着长时期的监测运行, 受不同站点环境条件、仪器、设备、设施、服务运行管理、数据预处理等影响, 监测数据易受漂移、空白缺失、异常值、噪声值污染影响, 给后续相关工作的开展带来不便。因此, 为保障监测数据准确可靠, 应从监测前、监测中、监测后的全过程开展质量保障工作。

1 水质自动监测数据质量概述

1.1 数据质量的基本内涵与评价指标

水站监测数据是客观评价水质状况、反映污染治理成效、实施环境管理与决策的基本依据, 可以概括为“代表性、准确性、精密性、可比性和完整性”五个维度。代表性体现监测数据对目标水域水质的综合反映能力, 要求监测点位、时段与指标设置贴合水质实际变化规律; 准确性聚焦数据与真实值的契合度, 取决于监测仪器精度、分析方法科学性及操作规范性; 精密性强调重复监测数据的一致性与离散程度, 直接影响数据可靠性; 可比性要求不同时空、不同监测体系下的数据具备横向对比价值, 需统一标准与技术规范; 完整性则保障数据覆盖监测周期与指标体系, 避免缺失导致评价偏差。这五个维度相互支撑、缺一不可, 共同构成水站监测数据质量的核心评价框架, 是确保数据有效服务于环境管理决策的关键前提。

1.2 影响数据质量的主要因素分析

水质自动监测数据质量受多个因素的共同作用影响, 可归为四个类别: 设备因素、环境因素、运维因

素和管理因素。设备性能与校准精度直接决定了数据准确性; 环境条件如水温、悬浮物及电磁干扰会造成信号波动; 运维方面包括站点布设、安装质量及标定维护的规范性; 管理因素涉及制度完善度、人员能力专业性与数据审核严格性。由于多因素存在交互影响, 需构建系统化质量控制体系, 以确保监测数据的可靠性与有效性。

2 监测前期的质量控制关键环节

2.1 监测站点的科学选址与代表性评估

监测站点选址需遵循“功能导向+区域适配”原则, 考虑污染物控制目标、水质评价断面水体及周边环境的具体特征和性质, 对研究地区的水质现状监测断面、湖库(包括饮用水水源保护区)中心区域及河流干流控制断面、河流支流控制断面及湖库进出水控制断面等, 排除排污口尾水影响区域、死水区、流速快速变化区、建设占用水面及岸边地带等干扰区域, 同时还应充分考虑现场水文、水质分布均匀性和周边污染源等实际情况, 判断评价断面数据表征该区域总体水平的能力。代表性评价可以采用“现状监测+相似度检查”的方式, 即采用同一个断面, 多次监测, 以连续 7~15 d 多次监测结果差异, 进行同一断面的水质数据同一时间(点)内时空变化符合性检查。此外, 通过地表水文环境水体流场分布与水体污染传递行为相结合判断不同断面数据对整个流域总体水质水平的表征能力, 避免因断面选取偏差引起误差。

2.2 仪器设备的选型、安装与验收

仪器设备选型是水质自动监测系统构建的基础环节, 应严格依据监测指标类型、水域水文特性以及国家标准对精度、检出限和稳定性的要求进行配置。对

于 pH、溶解氧、电导率、浊度等一些常规参数,建议选择量程大、自校、抗离子干扰的电化学式光学式传感器;对于 COD、氨氮、重金属等一些复杂参数,建议优先采用检出限低、重复性好、抗污能力强的在线光谱法或者电化学式分析仪,保证长周期的稳定运行。

安装过程遵循“环境评估—规范安装—系统调试”流程。环境评估是根据水深条件、冲刷程度和生物沉积情况等制定最适宜水深安装传感器及支架的方式;规范安装是指根据标准安装设备,确保传感器、采集器等信号处理与传递装置接地极性正确,设备外壳密封防水,布线通信系统连接到位,同时检查供电电源状态;系统调试是指测试传感器的滞后、量程线性和漂移状况,最终用水样和模拟信号测试设备之间的兼容问题。

验收采用“分模块测试—整系统评估”双层机制。分模块测试包括传感器精度校准、数据采集与传输成功率检测、设备防护等级验证、断电恢复能力测试等;整系统评估通过标准样品比对试验、实验室复测一致性分析、数据连续性评估等指标进行判定^[1]。所有设备通过验收后需形成完整验收记录、测试曲线与校准数据档案,实现系统化留痕管理。

2.3 初始校准与空白试验

初始校准是监测数据质量的基础,应按仪器说明书和监测方法进行。在校准前应检验标准溶液的浓度准确性以及有效期,并在监测量程内选取对应标准系列。pH 传感器采用两点校准方法用 pH6.86、pH4.00 或者 pH9.18 标准缓冲溶液进行校准,溶解氧、电导率等传感器采用相对应的标准物质进行跨度校准和零点校准,并记录校准曲线相关系数和校准偏差,校准偏差应在相应范围内。空白试验用无氨水、超纯水等空白样品按照监测程序进行全程测试,空白值必须满足仪器的检出限。通过初始校准排除了仪器自身误差,空白试验排除了仪器污染带来的误差,校准及试验数据都要做好记录和留存,作为后续数据质量追溯的依据。

3 监测过程的质量控制关键环节

3.1 仪器设备的定期校准与维护

建立“固定周期+状态触发”双轨校准机制,常规指标传感器每月进行一次零点定标,每3个月进行一次单点定标,特殊参数如重金属、COD 类专用仪器每6个月进行一次多点定标。定标所用标准样品为有证标准物质,按照仪器使用方法与校正步骤进行定标,记录定标曲线的斜率、截距和相关系数,保证定标误差不超限。维修管理分为日常维修和定期维修,日常维

修即每日对传感器探头进行清洗,对仪器的运行状况进行检查,每周查看供电装置和传送模块的状态;定期维修即定期更换耗材,如探头线、输出模块等,每年对仪器进行拆机和调试测试,及时更换传感器漂移、老化等故障模块,同时需保留仪器维修和检验记录^[2]。

3.2 标准样品与质控样品的应用

标准样品与质控样品应用贯穿监测全过程,实行“定期插入+随机抽检”模式。每日监测前插入空白样品测试,排查设备污染干扰;每批次监测插入高中低三种浓度的有证标准样品,验证仪器测量准确性,标准样品测定值与标准值的相对误差需符合监测规范。质控样品采用实验室自制与第三方购置相结合的方式,每周随机插入一次平行质控样品测试,每月开展一次加标回收试验,加标回收率需控制在 80%~120% 之间。通过标准样品与质控样品的持续验证,实时监控仪器运行状态,及时发现并纠正数据偏差。

3.3 多仪器比对与平行样测试

多仪器比对采用“主辅仪器同步监测”模式,在同一监测点位部署两台同型号或同精度仪器,同步采集数据并定期比对。为确保比对结果的准确性与可重复性,监测过程中需保证两台仪器在取样流量、采样周期、环境条件等方面完全一致,同时对比对数据进行时间对齐与异常点剔除处理。平行样测试则通过对同一批次样品进行双份或多份平行测定,分析测量结果的相对偏差、重复性标准差和变异系数,评价仪器在重复测量条件下的稳定性与一致性。结合多仪器比对与平行样测试结果,可及时发现仪器漂移、部件老化或环境干扰等问题,为监测系统的精度溯源与质量控制提供可靠依据。

3.4 运维操作的规范化管理

制定全流程标准化操作手册,规范设备操作、数据采集、仪器校准维修等各流程的具体操作、技术细节和要求,监测业务各岗位的人员应持证上岗,严格按照规范化操作手册操作作业,减少人为原因导致的数据偏差。实行规范化操作规程全程记录制度,对仪器全程运行、仪器校准、维护保养、设备异常或故障处理、仪器误差处理等进行详细记录,以便于对监测数据的操作进行全过程跟踪^[3]。实行规范化监测操作流程定期培训和考核制度,提高作业人员的质量管控意识和技能,围绕监测仪器和设备的校准技术、故障处理、数据核查等内容进行业务培训,并进行技能考核,发现不规范操作立即整改,从本质上强化整个监测过程规范性,保障数据的准确性。

4 监测后期的质量控制关键环节

4.1 数据的自动审核与标记规则

依托监测数据管理平台嵌入逻辑校验算法,实施多级自动审核,并对审核数据进行分类标记,自动审核内容包括数据范围审核、数据一致性审核、数据相关性审核和传输审核等。各指标设定合理的量程范围阈值,超出阈值的数据进行超标标记;利用自动审核程序对数据变化趋势进行分析,与历史同期数据、本区域其他站点数据进行比较,趋势性突变数据进行突变标记;根据水质指标之间的内在相关性开展数据分析,例如溶解氧与浊度通常呈负相关关系,通过对多指标数据进行逻辑一致性校验,可识别并标记潜在的异常数据,当某一指标出现异常且其相关指标同时表现出不符合关联规律的情况时,将该类数据判定为“关联性异常”,并进行重点标记与后续核查;核查数据在传输过程中是否有缺失项和重复现象,对出现传输异常的数据进行标记^[4]。制定标准化标记编码,采用“异常类型—异常编码”进行标记,确保编码有明确的指向性,使接下来的人工审核有更加清楚的方向。

4.2 数据的有效性识别与人工审核

建立数据有效性判别规则,规定有效数据须同时满足量程范围合理、时间序列趋势合理、逻辑自洽和传输完整性四方面的判别标准。人工抽查遵循“三级审核”模式,一级审核由维护人员承担,主要审查自动判定的异常数据,结合现场维护记录判断异常原因;二级审核由质量控制人员承担,随机选择有效数据的 10%~15% 进行抽查,验证自动审核的准确性和异常处置的合理性;三级审核由技术专家团队承担,对多指标同时异常、长序列异常趋势偏离等复杂异常数据进行深入分析,确保数据有效性和合理性判定的科学性。审核结果应有纸质的审核意见记录,包括审核结论、异常处置依据和复核结论,并有痕迹记录。

4.3 异常数据的处理与溯源机制

异常数据进行“追根溯源,由重到轻”处理,形成信息链溯源,对信息链分析异常原因,实施不同类型处理,从仪器运行日志、仪器运维记录、仪器校准记录和现场周边环境采集仪、环境监测摄像记录中排查异常数据是否由仪器故障、周边环境、人为错误操作导致。判断仪器故障产生的异常数据,作无效数据处理,并关联故障修理记录;环境因素导致产生异常数据作为暂时受限数据,可暂行保留,并进行环境因素记载;人为错误操作产生的异常数据,在数据处理过程中,可进行修正,再判断是否可作为有效数据留存,否则作无效数据处理,并在数据有效记录中进行明确

标记^[5]。建立数据异常分析溯源台账,将异常表征、溯源分析、异常原因、处置结果记录汇总在册,实现闭环管理,用于辅助优化前端运维与监测。

4.4 数据的整编与归档管理

实施标准化数据整编流程,按“站点—时段—指标”三维维度对有效数据进行分类汇总,将有效数据按照要求和格式整编齐全,并做好数据的转换,统计水环境质量等分析图表(包括日平均值、月平均值、季度平均值、年平均值数据),绘制水质监测数据表。注意数据连贯性和合理性,做好数据异常问题说明,数据整编的结果要完备、准确。采取数据电子档案和纸质档案并存的管理方式,数据以电子化形式存储于数据库中,例如整编前、整编后的原始检测数据、检测数据审核记录表、检测数据异常处理报告、整编数据结果等,对数据访问进行权限设置,并做好备份,确保数据安全。纸质文件保留整编中所产生的一些技术资料,如审核数据的问题、溯源报告、质量整编表等,按年进行分类装订、保管,注明保存的时间年限和查阅的形式。建立数据档案查询系统,可根据需要和查询标准找到检测数据的相关信息,设置查看、调用权限,为水生态环境改善治理决策提供依据。

5 结束语

水质自动监测数据质量控制贯穿监测前、监测中与监测后全过程,是保障环境管理决策科学性的重要基础。本研究从站址确定、仪器设备的选型及安装验收、标准样和质控样的使用,到数据审核、异常值分析和溯源,建立起了系统流程化质控模式,只有这样才能保证水质自动监测数据的准确性和可靠性、稳定性与可追溯性。未来需进一步加强智能化质控技术研发,推动在线监测从合规运行向精准感知转型。

参考文献:

- [1] 李世维,刘晓娟,韩佰辉,等.水质自动监测数据审核中异常数据判定及处置机制[J].水利信息化,2025(01):69-74.
- [2] 叶朝丽,李伟.渭河水源水质自动监测系统数据浅析[J].治淮,2024(12):74-76.
- [3] 袁小琴,蓝兰.水质自动监测站运行中的质量控制研究[J].广西水利水电,2024(04):142-144.
- [4] 陈湛峰,李晓芳.基于时间序列分析的水质自动监测数据插补方法[J].环境与发展,2023,35(05):48-52.
- [5] 奚采亭,胡月琪,席玥,等.基于氨氮实测结果的水质自动监测系统数据质量分析[J].环境工程学报,2022,16(08):2775-2782.