

4.2 河道岸线与基质修复技术

河道岸线修复按“硬化破除-生态护岸-植被重建”实施。混凝土硬化岸线采用分段破除技术,间隔5m保留原结构保障安全,破除区域改建生态护岸:城市段采用混凝土格宾笼护岸,乡村段采用植被型土坡护岸。岸带植被选用乡土物种混植模式,乔木搭配垂柳、旱柳,灌木选用杞柳、紫穗槐,草本种植芦苇、香蒲,构建“乔—灌—草”立体群落。基质修复采用“改良-重构”技术,污染底泥施加微生物菌剂降解污染物,同时铺设厚度0.5m的“砾石-沸石-沙土”复合基质层,重构深潭-浅滩序列。

4.3 水质净化与污染控制技术

源头控制采用“截流—拦截”技术,工业点源实施雨污分流改造,建设一体化污水处理设备,出水COD控制在30mg/L以下;农业面源布设生态沟渠,填充沸石基质并种植茭白,氮磷拦截率达40%以上。河道原位净化采用“浮床—沉水植物—微生物”协同技术,生态浮床布设覆盖率30%,搭载美人蕉、水葫芦,根系悬挂深度0.6—0.8m;沉水植物选用苦草、狐尾藻,按每平方米10株密度种植,配合投加聚磷菌菌剂。异位净化在河道支流建设旁路人工湿地,基质采用“砾石—活性炭—火山岩”分层填充,水力停留时间控制在48h,COD、总氮去除率分别达60%、50%以上^[5]。

4.4 生物多样性恢复与生态栖息地重建

栖息地重建聚焦“鱼类-鸟类-微生物”多类群需求。鱼类栖息地建设产卵场,设置人工鱼礁,投放土著鱼苗(如鲫鱼、鲤鱼),投放密度5—8尾/m²。鸟类栖息地在河道开阔段建设生态岛,种植芦苇、荻草提供筑巢环境,周边设置禁航区减少人为干扰。微生物栖息地通过基质优化与碳源补充构建,在湿地基质中添加缓释碳源,浮床根系搭载聚氨酯海绵载体,使微生物生物量提升至15g/m²以上,功能菌丰度较修复前增加3-5倍。

5 案例应用与模式效能评估

5.1 案例概况

重庆奉节朱衣河为长江左岸一级支流,治理段全长4.6km。治理前,河道基础薄弱,原有堤防防洪标准仅5年一遇且破损严重;生态修复难度大,底泥淤积阻断水文连通,两岸冲沟排口多,雨季污水直排;施工空间受限,河道最窄处仅30m,却需兼顾防洪、生态、景观等多重需求。

5.2 修复技术组合与实施过程

根据“三纵四横”方案,从防洪、生态、景观三个纵向上规划,智慧监管、截污控源、系统修复和长效运维“四横”做好谋划。防洪方面,上游流速大段采用生态连锁砖,护岸孔隙率15%,达到50年一遇的防洪设防要求;下游缓冲段采用三维聚丙烯加筋网垫+生态袋护坡,网垫抗拉100kN/m,基础稳定系数提高1.3倍。生态方面,利用现代化疏浚设备精准疏浚,保护率原状85%,创建人工湿地,栽植香蒲、芦竹等,让水体自我净化。智慧化方面,智慧流域管控平台,在排污口、箱涵设置12个监测断面实时监测6项水质指标。

5.3 模式效能评估

防洪安全层面,防洪设计从5年一遇提高到50年一遇,实现一大跨越;二是水质安全,从Ⅳ类优化提升到Ⅲ类,水自净能力提高一倍多;三是生态保护,底栖动物增幅9种,岸坡植被覆盖率年递增18%;四是智慧管理,综合监管平台调度时间降为半小时,多指标模式分析具有安全与生态的双重性。

6 结语

本文针对河道退化现状问题,基于生态理念,提出生态修复与系统治理相结合的模式并建立诊断评估、分类治理、系统控制、长效运维“四个环节”,通过水动力生态调控与治理、岸带生态修复、水质生态修复与提升及生物群落生态修复与维持等综合技术解析了退化河道综合整治思路,可净化水质、优化群落、强化功能。未来,应在流域层面促进生态、服务等多元协同,智慧管控与制度建设促进,进而推进河道生态健康与可持续社会发展。

参考文献

- [1] 陈球.廉江河综合治理与景观生态修复方案设计研究[J].山西水利科技,2025,(02):75-78.
- [2] 王维强.庄浪河天祝段河道生态修复综合治理[J].水利技术监督,2024,(10):295-300.
- [3] 于学清.河道综合治理工程生态修复设计分析[J].水利技术监督,2024,(06):159-163.
- [4] 马宇.山区河道防洪与生态修复综合治理方案探讨[J].中国水运,2023,(19):90-93.
- [5] 李飞亚.以生物修复为主导的综合生态修复模式在城市河道治理中的应用——以上海市奉贤区人民塘河为例[J].皮革制作与环保科技,2023,4(08):101-102+108.

Study on construction and optimization strategy of water quality automatic monitoring data quality evaluation system

Wenrui Wang

Yuncheng Ecological environment Monitoring Center, Yuncheng, Shanxi, 044000, China

Abstract

With the advancement of environmental protection initiatives in China, automated water quality monitoring stations have become core infrastructure for water environment management and decision-making. The data quality of these stations significantly impacts water environment assessment and remediation efforts. This study establishes a scientific and comprehensive evaluation system for automated water quality monitoring data quality while proposing optimization strategies. By constructing a “process-indicator” multidimensional evaluation framework throughout the data’s entire lifecycle, we analyze key factors affecting data quality such as hardware performance and operational maintenance standards. Finally, systematic optimization strategies are proposed from four dimensions: institutional mechanisms, technological innovation, process optimization, and talent development. These recommendations provide actionable references to enhance data reliability, accuracy, and practical application value.

Keywords

automated water quality monitoring; complete life cycle; optimization strategy

水质自动监测数据质量评价体系构建与优化策略研究

王文蕊

山西省运城生态环境监测中心，中国·山西 运城 044000

摘要

随着我国环保事业推进，水质自动监测站成为水环境管理与决策核心基础设施，其数据质量影响水环境评估与治理。本文构建科学完整的水质自动监测数据质量评价体系并提出优化策略。研究从数据全生命周期构建“过程-指标”多维评价框架，剖析影响数据质量的关键因素，如硬件性能、运维水平等，最后从制度、技术、流程和人才四个维度提出系统性优化策略，为提升数据可靠性、准确性与应用价值提供参考。

关键词

自动化水质监测；完整生命周期；优化策略

1 引言

水作为生命与生态的根基，快速准确把握水质状况是做好水环境保护、管理及治理的先决要素。通过连续、实时、高效的优势，水质自动监测技术在我国得到大规模应用，成为国家水环境监测网络的主体。然而，在实际运行过程中，自动监测数据常受仪器性能、运维质量、环境波动及人为操作等因素的干扰，产生偏差、失真或异常状况，降低了其可信度和应用程度。对自动监测数据质量进行科学评估并加以提升，是环境监测领域的关键课题。本研究以水质自动监测数据全生命周期管理为基础，搭建多层面、多维度的数据质量综合评估体系，制定有针对性、可实施的优化策略，助力水质自动监测数据的深度运用和水环境的精准治理。

2 搭建水质自动监测数据质量评价体系

建立一套科学合理的评价体系是实施数据质量评价的根基，此体系应囊括数据产生的全流程，同时采用多维度指标做综合考量。

2.1 评价体系构建的基本原则

构建评价体系时需严格依照以下四项核心原则：一是科学性，所选指标要基于充足的理论研究和实践经验，让评价依据真实、方法合理可行；二是强调系统性，要求指标体系完整覆盖数据从生成、传递、审核到实际使用的全流程，实现闭环式管理，杜绝评价盲区出现；三是要具有可操作性，着重要求指标要具有易获取、可量化和可对比的特性，确保评价过程能高效且稳定地开展；四是导向性，意在凭借评价结果精准找出存在的问题，指引相关部门有针对性地实施优化改进，带动整体水平持续提升^[1]。

2.2 基于全生命周期的多维评价框架

本研究推出“三阶段-多维度”评价框架，让数据质

【作者简介】王文蕊（1992-），女，中国山西运城人，本科，工程师，从事水质自动监测研究。

量评价贯穿监测的前、中、后三个阶段。

2.2.1 监测前基础保障评价

该阶段是保障环境监测数据精准可靠的必要前提，着重对数据生成条件开展系统性评估，核心评价指标包含监测站点布局的代表性与合理性，是否覆盖关键地带并符合技术准则；仪器设备有无通过初始性能认证且定期开展检定/校准，且合格率达100%；标准试剂需保证来源可靠、质量契合要求并于有效期内加以使用；运维人员应持相关证书上岗，定时接受专业技术及质量管控培训，构建人员档案与考核体系，唯有基础保障落实，方可从根源上消除系统性误差，保证监测结果的科学性与公信力。

2.2.2 监测中过程控制评价

此阶段是数据质量控制的核心部分，全程贯穿监测任务的执行，关键评估仪器设备运行稳定性，像平均无故障运行时间（MTBF）是否满足设计规定；日常质量控制措施的落实情形，包含零点核查、24h零点漂移、跨度核查、24h跨度漂移、标样核查、多点线性核查，实际水样比对，集成干预检查，加标回收测试等的实施频次与合格占比；同步重视数据采集与传输的完整度和及时性，涵盖数据记录有无连续性、传输中断能否及时补传、系统日志是否齐全等，有效开展过程控制可及时察觉并修正偏差，保证监测数据的真实性、准确性与可追溯性[2]。

2.2.3 监测后数据审核评价

此阶段的关键任务是对数据质量进行最后的把控，着重对已生成数据开展全面评估与核查，关键指标涵盖数据有效捕获率是否契合监测计划规定；对异常值与离群值的识别方法是否标准、处理流程是否有章可循；不同参数之间逻辑关系的合理性如何，如藻类光合作用导致pH与溶解氧成正相关、氨氮与溶解氧的负相关等；数据的可比与一致情况，特别留意自动监测和手工监测数据的比对合格情况；还涵盖最终审核流程的严格程度、审核通过比例以及无效数据判定依据的清晰程度，借助系统审核来进一步提高数据整体质量与可用性。

3 剖析影响水质自动监测数据质量的关键要素

精准识别影响因素是开展有效优化的必要条件，影响数据质量的关键因素主要体现在以下几个方面。

3.1 硬件设备性能的局限性

水质自动监测站的硬件设备经长期运行，大多面临性能退化状况，传感器作为核心的监测零件，使用时间一长，会出现灵敏度降低、响应速度变缓甚至寿命缩短等状况，像电极类传感器就容易受污染和老化的影响，造成监测数据产生系统性偏差，仪器内部诸如光学元件、泵阀系统等关键部件，会由于机械磨损、化学腐蚀等逐步失效，进而干扰数据的准确性与稳定性，由于设计理念、生产工艺以及校准参数的差异，不同制造商和不同型号的设备，常产生显著系统误

差，仪器间的这种非一致性极大地限制了多源监测数据的可比性以及整合分析，提升了数据质控和决策支持的难度。

3.2 运行维护的质量与频次

水质自动监测的成效在很大程度上取决于运行维护的质量以及执行的频次，设备状态及数据真实性与运维人员的专业素养和责任心紧密相关，要是传感器未能彻底清洗，残余污染物会对后续测量造成干扰；校准操作一旦不规范甚至出现错误，会引发显著的系统误差；继续使用超过有效期的试剂，会使化学反应效率降低、测定结果出现偏差，运维计划设计存在缺陷、周期过久或执行不达标，就不能及时发现设备异常或者环境变化引发的干扰，特别是处于偏远区域或恶劣气候环境时，运维难以到达更易引发维护滞后，让误差进一步扩大^[3]。

3.3 质量控制措施的完善性与执行力

完备的质量控制体系是保证水质自动监测数据准确无误的核心要素，当下不少监测站点仍旧有着质控措施执行不达标、操作频次欠缺、标准未统一等问题，若内部质控，像平行样测定、标准样品核查、空白试验等工作只是走过场，不能如实体现仪器状态与操作精准度；若外部质控（如跨站比对监测、第四方飞行检查等）覆盖范围不全或结果反馈延迟，就难以对偏差进行系统识别与纠正，质控标准不一致会造成不同区域或时段的数据缺乏可对比性，进而影响整体水环境评估成效。

3.4 环境干扰与异常工况

水质自动监测设备于实际运转中，频繁受到复杂环境状况和异常工况的强力干扰，水体的高浊度、高色度以及强酸强碱等特性会直接干扰光学类传感器的透光率和信号接收，造成测量数值偏离实际水平，极端天气状况，像暴雨致使的水位急剧变化、泥沙大量涌入，冰冻造成的设备结冰与断电等状况，或许会让监测过程中断或出现异常数据，诸如电力供应不稳、网络传输中断、通讯信号微弱之类的基础设施问题，还会造成监测序列残缺或数据缺失，极大干扰监测的连贯与成效。

4 水质自动监测数据质量的优化策略

4.1 健全制度标准体系

构建并健全覆盖站点建设、仪器验收、日常运维、质控要求、数据审核等全流程的标准化技术规范与管理规章，是保障环境监测数据质量的基础工作，开展站点建设工作，要确定选址标准、基础设施建设要求、防干扰措施等方面的技术规范；在仪器验收阶段，应构建细致的验收流程和性能指标检测方法；日常运维管理应拟定定期校准、维护保养、故障处理等标准化操作流程。

应构建全国通用且具强操作性的数据质量评价标准体系，此体系需包含数据完整性、准确性、可比性、代表性等核心指标，各指标需有清晰的量化评估方法与分级准则，