

论水环境保护中水质自动监测技术的应用

孙新超¹ 张文敏² 刘孟媛³

1. 包头市生态环境信息中心 内蒙古 包头 014060

2. 3. 包头市生态安全屏障研究中心 内蒙古 包头 014060

摘要: 本文聚焦水环境保护领域,深入探究水质自动监测技术的应用要点。通过剖析水质自动监测的基本原则与核心目标,系统梳理技术应用过程中存在的监测设备稳定性不足、数据准确性待提升、监测参数覆盖不全、系统集成与运维困难等问题,并针对性提出优化设备选型与维护、完善数据校准体系、拓展监测参数范围、加强系统集成与人才培养等策略,旨在为提升水质自动监测技术应用水平、推动水环境保护工作提供理论与实践参考。

关键词: 水环境保护;水质自动监测技术;监测设备;数据准确性;系统运维

引言

随着工业化与城市化进程加快,水污染问题日益严峻,水环境保护成为全球关注的焦点。水质自动监测技术凭借实时性、连续性和自动化等优势,能够及时获取水质动态变化信息,为水环境质量评估、污染预警及治理决策提供关键数据支撑。然而,在实际应用中,水质自动监测技术面临设备故障频发、数据误差较大、监测功能不完善等诸多挑战。因此,深入分析水质自动监测技术应用中的问题并提出有效解决策略,对提升水环境保护能力具有重要意义。

1 水环境保护中水质自动监测技术应用的基本原则与目标

水质自动监测技术在水环境保护中遵循四大核心原则。准确性原则要求监测设备具备高灵敏度与稳定性,通过标准化校准流程和质量控制体系,确保数据真实反映水体污染物浓度、理化性质等指标,误差控制在行业规范阈值内。及时性原则依托实时在线监测与快速传输技术,实现分钟级数据更新,确保污染事件发生时能第一时间获取异常数据,为应急响应争取时间。连续性原则通过设备冗余设计、自动维护系统及双备份数据传输机制,保障监测过程不受环境变化、设备故障干扰,完整捕捉水质随时间、空间的动态演变。系统性原则强调构建流域级监测网络,整合气象、水文等多源数据,运用数据融合算法解析水质变化与生态系统、人类活动的关联。其核心目标在于通过多参数、多维度的精准监测,动态追踪污染源迁移转化规律,为污染溯源、环境容量评估提供量化依据。同时,基于监测数据构建水质演变预测模型,支撑水环境综合治理方案的科学制定,推动水生态系统的健康可持续发展^[1]。

2 水环境保护中水质自动监测技术应用中存在的问题

2.1 监测设备稳定性与可靠性不足

水质自动监测设备在极端环境下的适应性亟待提升。高温高湿环境中,电子元件易因水汽凝结引发短路,致使电路板性能下降甚至失效;沿海咸潮区域的盐雾具有强腐蚀性,会加速金属部件的氧化进程,显著缩短设备使用寿命;北方严寒地区的低温则易导致水样管路冻结、阀门卡死,直接中断监测工作。此外,设备长期处于连续运行状态,机械部件如蠕动泵、采样阀等易出现磨损,软件系统也会面临算法漂移、内存泄漏等问题,进而造成监测数据缺失或异常,影响数据的连续性和完整性。

2.2 监测数据准确性与一致性欠佳

不同厂商生产的监测设备因测量原理、校准方法的差异,导致数据缺乏统一标准。例如,部分浊度传感器采用散射光法,而另一些采用透射光法,即便对同一水样进行测量,所得结果也可能存在明显偏差。传感器在实际水样检测中,易受杂质、气泡等干扰,影响测量精度。以化学需氧量(COD)传感器为例,水样中的氯离子会与检测试剂发生副反应,导致测量结果偏离真实值。在数据传输环节,无论是无线传输的信号衰减、遮挡问题,还是有线传输中的信号干扰、数据丢失,都对数据的准确性与一致性构成威胁。

2.3 监测参数与功能覆盖不全面

当前水质自动监测系统主要聚焦于pH、溶解氧、氨氮等常规指标,对新兴污染物如抗生素、内分泌干扰物,以及微量有毒有害物质的监测能力明显不足。部分监测设备仍为单参数测量,无法满足复杂水环境多指标协同监测与综合分析的需求。同时,监测系统的预警功能依赖简单的阈值设定,难以适应水质的季节性变化和突发性污染事件。面对水质突变情况,系统无法及时、准确地发

出预警,致使污染响应滞后,错失最佳处理时机^[2]。

2.4 系统集成与运维管理困难

水质自动监测系统由传感器、数据采集器、传输网络、数据处理平台等多个环节构成,各部分之间协议不统一、接口不兼容,导致系统集成难度大。不同品牌设备在通信协议、数据格式上的差异,常使数据传输与解析出现错误。在运维管理方面,专业技术人员数量不足且技术水平参差不齐,难以满足新型监测设备的维护需求。偏远地区监测站点因交通不便,设备故障后维修周期长;部分运维人员对设备原理和操作流程掌握不熟练,无法及时排查和解决故障,进一步降低了设备的有效运行时长。

3 水环境保护中水质自动监测技术应用的优化策略

3.1 优化监测设备选型与维护

(1) 在水质自动监测系统构建中,设备选型需深度契合监测环境特性。对于高温高湿环境,应优先选用具备IP67以上防护等级、耐高温达60℃以上且具备防潮涂层的监测设备。例如,在热带季风气候区域的河流监测中,选用带有冷凝除湿装置与散热风扇的在线水质分析仪,可有效避免因湿度饱和导致的电路板短路与高温引起的传感器漂移问题。在强腐蚀性环境,如沿海咸潮区域或工业废水排放口,需采用钛合金、聚四氟乙烯等耐腐蚀材质的传感器与管路系统,同时配备自动酸洗模块,以应对盐雾、酸碱物质对设备的侵蚀。以某沿海核电站排水口监测为例,采用钛合金pH传感器后,设备使用寿命从6个月延长至3年以上。(2) 设备维护体系的完善需建立全周期管理机制。制定分级维护计划,将日常维护、定期维护与预防性维护相结合。日常维护包括水样管路冲洗、表面清洁等基础工作;定期维护需每季度对传感器进行零点与量程校准,每年开展一次全面性能测试;预防性维护则通过对设备运行参数(如电压、电流、压力等)的趋势分析,提前更换易损部件。建立设备故障预警模型,利用振动监测、温度传感等技术实时采集设备运行状态数据,结合历史故障数据构建贝叶斯网络模型,当设备出现异常征兆时,系统自动推送预警信息至运维平台,缩短故障响应时间^[3]。

3.2 完善数据质量控制体系

(1) 统一监测设备技术标准是保障数据一致性的基础。推动行业建立传感器性能参数、数据输出格式、通信协议等统一规范,要求设备厂商在出厂前完成至少14天的连续稳定性测试,并提供第三方机构出具的计量认证报告。现场比对测试需采用盲样测试与平行样分析相结合的方式,每月选取10%的监测站点进行实验室分析与

自动监测数据的同步比对,当相对误差超过15%时,启动设备校准程序。(2) 传感器抗干扰技术研发是提升数据准确性的关键。针对浊度传感器受悬浮物干扰问题,开发多波长散射光补偿技术,通过建立不同粒径悬浮物的散射光强度与波长关系模型,实现对测量值的实时修正;对于COD传感器的氯离子干扰,采用电化学屏蔽膜结合硝酸银沉淀法,在传感器前端设置预处理单元,有效去除氯离子影响。构建数据质量审核三级体系:一级审核通过阈值判断与趋势分析自动识别异常数据;二级审核由专业人员对可疑数据进行溯源核查;三级审核通过人工采样实验室分析进行最终验证。建立数据质量追溯档案,记录数据采集、传输、处理全流程的关键信息,确保数据可追溯性。

3.3 拓展监测参数与功能

(1) 新兴污染物监测技术研发需聚焦前沿分析方法。针对抗生素、内分泌干扰物等痕量污染物,开发基于固相萃取-超高效液相色谱-串联质谱(SPE-UHPLC-MS/MS)的在线监测设备,通过微型化样品前处理模块与高灵敏度检测单元集成,实现纳克级浓度污染物的实时监测。在重金属监测方面,采用阳极溶出伏安法结合微电极阵列技术,可同时检测多种重金属离子且检测限达微克每升级别。(2) 综合监测系统构建需突破单参数设备局限。设计模块化多参数监测平台,将水质常规参数(pH、溶解氧、电导率)、营养盐指标(氨氮、总磷、总氮)与新兴污染物监测单元进行集成,通过共享水样预处理系统与数据处理单元,降低设备成本与占地空间。预警功能优化需构建多层次预警模型:基于历史数据建立季节性水质变化基线模型,当实时数据偏离基线2倍标准差时触发黄色预警;引入机器学习算法构建污染物扩散预测模型,结合气象条件预测污染发展趋势,当预测浓度超过水质标准时发布橙色预警;针对突发污染事件,设置关键参数的绝对阈值,超标即触发红色预警,并自动生成应急响应预案^[4]。

3.4 加强系统集成与运维管理

(1) 系统集成需遵循开放架构设计原则。采用符合国际标准的Modbus TCP、OPC UA通信协议,实现传感器、数据采集器、传输网络与数据平台的互联互通。开发统一的设备管理中间件,兼容不同厂商设备的通信协议,通过协议转换与数据映射技术,将异构数据整合为标准化格式。在某跨流域水质监测项目中,通过中间件集成8家厂商的32种设备,数据传输成功率从78%提升至98%。(2) 智能化运维平台建设需融合物联网与数字孪生技术。在监测设备内部嵌入低功耗物联网模块,实时

采集设备运行状态、监测数据与环境参数,通过5G或卫星通信传输至云端平台。基于数字孪生技术构建虚拟监测站,实现设备运行状态的三维可视化展示,运维人员可通过虚拟模型进行远程故障诊断与参数调整。建立运维知识库,将设备操作手册、故障案例、维护经验等进行结构化存储,结合人工智能算法为运维人员提供智能决策支持。(3) 运维人才培养需构建“理论+实操+认证”体系。与高校、科研机构合作开设水质监测技术专业课程,培养掌握传感器原理、数据分析、设备维护的复合型人才。建立分级培训认证制度,初级运维人员需掌握设备基础操作与常规故障处理,中级人员具备系统调试与数据分析能力,高级人员能够进行系统优化与技术创新。通过定期举办技能竞赛、技术交流活动,提升运维团队整体水平。同时,建立区域化运维服务网络,以中心城市为节点设立运维服务站,配置流动运维小组,通过无人机、无人船等新型交通工具,实现偏远地区监测站点48小时内故障响应。

3.5 推动监测技术创新与应用

(1) 新技术研发需聚焦多学科交叉融合。在光谱分析技术方面,开发基于傅里叶变换红外光谱(FTIR)与紫外-可见光谱(UV-Vis)的多光谱水质监测仪,通过光谱特征库匹配与化学计量学算法,实现有机物、无机物的定性定量分析。生物传感技术领域,利用酶生物传感器、免疫传感器与微生物燃料电池技术,构建生物毒性在线监测系统,可快速检测水体中重金属、农药等综合毒性。研发基于微流控芯片的便携式水质监测设备,将样品处理、反应检测与数据传输集成于芯片,适用于应急监测与现场快速筛查。(2) 数字化技术应用需推动监测模式变革。物联网技术实现监测设备的全域互联,通过边缘计算节点在本地完成数据预处理,降低数据传输压力。大数据技术对海量监测数据进行存储与分析,

采用分布式存储架构与实时计算框架,实现数据的秒级查询与分析。人工智能算法在水质监测中的应用包括:基于深度学习的异常数据识别模型,通过卷积神经网络(CNN)自动识别数据异常模式;强化学习算法优化监测站点布局,以最小化监测成本为目标动态调整站点位置与监测频率。通过数字化技术应用,实现从“经验驱动”到“数据驱动”的决策模式转变,为水环境保护提供精准化、智能化支持^[5]。

结语

水质自动监测技术是水环境保护的重要手段,在实际应用中虽面临诸多问题,但通过优化设备选型与维护、完善数据质量控制、拓展监测功能、加强系统运维管理以及推动技术创新,能够有效提升其应用水平。未来,随着技术不断进步,水质自动监测技术将朝着更精准、更智能、更全面的方向发展,为水环境保护和水生态修复提供更强有力的支撑。

参考文献

- [1] 栾英男.水环境保护中水质自动监测技术的应用分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2025(3):066-069.
- [2] 张强.水环境保护中水质自动监测技术的应用[J].清洗世界,2025,41(3):151-153.
- [3] 陈鹏飞.现代水环境保护中水质自动监测技术的应用研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2024(7):0005-0008.
- [4] 王路宁.水环境保护中水质自动监测技术的应用[J].华东科技(综合),2020(1):181-181.
- [5] 袁思光.水环境保护中水质自动监测技术的应用[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2022(6):125-127.