

水质自动监测技术在水环境保护中的应用

和春刚

西藏自治区林芝市巴宜区林芝水文水资源分局 西藏 林芝 860000

摘要：文章聚焦水质自动监测技术在水环境保护中的应用。阐述了该技术融合多种先进技术，具备实时性、连续性、自动化程度高和多参数监测等特点。详细分析了其在水环境质量监测、污染源监控及应急监测中的具体应用。同时指出技术应用面临设备稳定性与可靠性、数据质量保障及运维管理难度大等挑战，并从加强设备研发、完善数据质量保障体系、优化运维管理模式等方面提出解决策略，为水环境保护提供技术参考。

关键词：水质自动监测技术；水环境保护；应用策略

引言

水是生态系统的重要组成部分，水环境质量直接关系到生态平衡与人类健康。随着工业化和城市化进程的加速，水污染问题日益凸显，对水环境保护提出了更高要求。水质自动监测技术作为一种先进的监测手段，能够实时、准确地获取水质信息，为水环境保护决策提供科学依据。深入研究该技术在水环境保护中的应用，对于提升水环境监测水平、保障水环境安全具有重要意义。

1 水质自动监测技术的概念与特点

水质自动监测技术作为现代水环境监测领域的关键技术手段，融合了先进的传感器技术、自动控制技术以及计算机技术，可针对水体中的物理、化学和生物等多类指标展开连续且自动化的监测与分析工作。该技术具备显著优势，实时性是其突出特点，借助高度灵敏的传感器和快速的数据处理系统，能够在短时间内获取水质数据，水体中相关指标出现异常波动，系统可迅速捕捉到这一变化，为后续的快速响应与决策提供及时且关键的信息支持。连续性也是其重要特性，它打破了人工监测在时间和空间上的局限性，能够实现24小时不间断监测，完整记录水质在不同时段的变化情况，全面呈现水质的动态变化规律，有助于深入分析水环境质量的变化趋势。在自动化程度方面，水质自动监测技术实现了从采样、分析到数据传输与存储的全流程自动化操作，减少了人工干预带来的误差，提高了监测效率，还保证了数据的准确性和可靠性。多参数监测能力进一步提升了该技术的应用价值，它可同时对pH值、溶解氧、化学需氧量、氨氮等多个关键水质参数进行监测，通过综合分析这些参数，能够更全面、准确地反映水体的质量状况，为水环境保护工作提供更为科学、全面的数据依据。

2 水质自动监测技术在水环境保护中的应用

2.1 水环境质量监测

水质自动监测站作为水环境质量监测的核心载体，通过在河流、湖泊、水库等不同水域的科学布点，构建起立体化的监测网络。在河流监测中，依据流域水系特征，于干支流交汇口、重点城市上下游、生态敏感区等关键节点部署监测站点，形成对河流水质的全流程追踪。在长江流域，设置多层级监测站点，可实时掌握从上游水源涵养区到下游入海口的水质变化，捕捉因工业排污、农业面源污染导致的水质波动。监测系统集成pH、溶解氧、电导率、浊度等多参数传感器，能对水体物理化学性质进行高频次测定，结合叶绿素a、总磷、总氮等指标监测，精准评估水体富营养化状态。在湖泊与水库监测方面，针对水体流动性弱、污染物易累积的特性，监测站点多分布于湖心区、取水口、排污口周边等区域。通过长期连续的水质数据采集，可绘制水体水质时空变化图谱，分析季节性水质波动规律。在太湖蓝藻高发期，自动监测系统凭借高频次的叶绿素a浓度监测，能提前预判蓝藻水华爆发趋势，为生态调控提供数据支持^[1]。

2.2 污染源监控

(1) 水质自动监测技术于污染源监控环节发挥核心作用，通过在工业废水排放口、污水处理厂出水口等关键节点部署自动化监测装置，达成污染物排放全周期、全过程的动态监管。工业排放监测系统搭载COD、氨氮、重金属离子等专用传感器，可实时解析废水中污染物组分与浓度，当监测数据突破预设限值，系统即刻启动声光预警，并借助无线传输将异常信息同步至相关管理部门，确保超标排放问题得到快速响应。(2) 在污水处理厂应用场景中，该技术用于出水水质达标性判定，还通过进水与出水水质数据的对比分析，量化评估污水处理设施运行效率及处理效能。通过追踪COD、总磷、总氮等污染物去除率，精准诊断生物处理与化学处理单元的运行状态，及时识别处理工艺缺陷并实施优

化。(3) 长期积累的监测数据具有极高价值。通过整合这些数据,能构建精细化的污染源排放特征数据库。借助先进的数据分析模型,可对污染来源进行精准追溯,如同为水环境治理装上“定位系统”。这一过程实现了从“被动应对”到“靶向治理”的转变,提高了治理效率,更明显提升了水环境综合治理水平,为生态保护提供坚实的数据支撑。

2.3 应急监测

当化学物质泄漏、油污染等突发事件发生时,便携式自动监测设备与移动监测车可迅速抵达现场,构建起临时监测网络。设备内置的光谱分析、色谱分析等先进技术,能快速识别污染物种类,并对污染物浓度进行连续监测。在石油泄漏事故中,自动监测设备可实时测定水体中石油类物质的浓度,结合水流速度、风向等环境参数,利用扩散模型动态模拟污染扩散范围,为划定警戒区域、组织人员疏散提供依据。应急监测系统还具备数据实时传输与共享功能,现场监测数据可通过5G等通信网络快速回传至应急指挥中心,使决策人员能够实时掌握污染动态。通过与历史监测数据、区域环境数据的综合分析,可制定针对性的应急处置方案。针对重金属污染事故,根据监测数据确定污染物迁移路径后,可及时投放化学沉淀剂、吸附材料进行污染物固定与去除。在应急处置过程中,持续的水质监测能够评估处置措施的有效性,为调整应急策略提供反馈,最大限度降低水污染事故对生态环境与公众健康的损害^[2]。

3 水质自动监测技术应用面临的挑战

3.1 设备稳定性与可靠性

(1) 水环境的复杂性对水质自动监测设备的稳定性与可靠性构成严峻挑战。设备长期处于多变的水体环境,水体中酸碱物质、微生物及悬浮颗粒会侵蚀传感器与堵塞采样管路。pH传感器玻璃电极在酸性水体中易被腐蚀,导致测量失准;富营养化水体中,微生物附着于溶解氧传感器表面,干扰荧光猝灭反应进程,造成数据偏差。设备在极端环境下抗干扰能力有限,高温、高湿或强电磁干扰会致使电子元件故障,引发数据采集异常。(2) 技术性能层面的固有缺陷同样不容忽视。部分化学需氧量在线监测仪基于分光光度法原理,易受水体色度、浊度干扰,测量误差超 $\pm 10\%$;氨氮传感器在高盐度水体中,离子干扰致使数据频繁漂移。(3) 设备稳定性不足带来系列连锁反应,不仅破坏监测数据的连续精准性,频繁的故障维修还推高运维成本,压缩监测系统有效运行时长,难以契合水环境保护对实时、精确数据的迫切需求^[3]。

3.2 数据质量保障

水质自动监测数据的质量是支撑水环境保护决策的关键,但在实际应用中,数据异常与失真问题频发。设备故障是导致数据质量下降的直接原因,传感器老化、电路故障等问题会使监测数据出现跳变、缺失等情况。人为因素同样不容忽视,非法排污者恶意干扰监测设备,如堵塞采样口、篡改数据传输信号,严重破坏数据真实性;而监测人员操作不规范,如未及时校准设备、未按要求进行日常维护,也会引入数据误差。环境因素对数据质量的影响也不容小觑。在暴雨、洪水等极端天气下,水体中泥沙含量骤增,会干扰浊度、重金属等指标的监测;水温的剧烈变化,会改变水体中物质的化学平衡,影响pH、溶解氧等参数的测量准确性。不同品牌、型号的监测设备数据采集频率、精度标准存在差异,数据整合过程中缺乏统一的质量控制标准,导致数据的一致性和可比性不足。建立涵盖设备质控、数据校验、异常识别与修正的全流程质量保障体系,成为亟待解决的问题。

3.3 运维管理难度大

(1) 水质自动监测设备的空间分布特性与类型多样性显著增加运维管理复杂性。监测站点多设于河流、湖泊等地理位置偏远区域,交通可达性差,致使设备巡检及故障处置效率降低。该领域运维工作对技术人员知识储备和技能水平提出复合要求,需同时掌握传感器原理、数据传输技术及机械电气维护调试等能力,然而专业人才供给不足,基层监测机构技术力量薄弱,导致设备维护时效性欠佳,故障修复周期延长。(2) 高昂的运维成本构成监测工作推进的主要阻碍。多参数水质自动监测系统购置成本高昂,单套设备价值可达数十万元,安装调试环节因涉及土建施工、仪器校准等流程,费用占设备总成本20%-30%。在运行维护阶段,传感器与试剂耗材更换、设备校准检修等持续产生费用,年度运维成本约为设备购置费用15%-20%,大规模监测网络的长期运维资金压力巨大。(3) 运维管理智能化水平不足加剧管理难度。因缺乏智能化运维平台,无法实现设备状态的实时远程监控与故障预警,难以提前识别潜在问题并采取预防性维护措施,削弱运维管理效能,制约水质自动监测技术应用水平提升^[4]。

4 解决策略

4.1 加强设备研发与改进

水质自动监测设备的性能提升是突破应用瓶颈的关键。加大研发投入需聚焦材料创新与工艺优化,针对水体腐蚀问题,采用新型耐腐蚀材料制造传感器外壳与采

样管路,如钛合金、聚四氟乙烯等,其优异的抗酸碱侵蚀性能可延长设备使用寿命。在传感器敏感元件层面,开发纳米涂层技术,在pH传感器玻璃电极表面涂覆防腐纳米膜,阻隔水体中离子的直接侵蚀;针对溶解氧传感器易受微生物附着干扰的问题,运用光催化自清洁涂层,通过纳米二氧化钛在光照下的催化作用分解微生物,维持传感器表面洁净,确保荧光猝灭反应准确进行。在抗干扰技术研发上,采用电磁屏蔽与滤波技术提升设备的环境适应性。为电子元件设计多层金属屏蔽罩,并优化电路布局,降低电磁干扰对数据采集的影响;针对高温、高湿环境,开发温控散热系统与防潮密封工艺,保障设备稳定运行;利用机器学习算法优化监测设备的测量模型,对分光光度法COD监测仪引入自适应补偿算法,实时修正水体色度、浊度对测量结果的干扰;为氨氮传感器开发盐度补偿模型,降低离子干扰导致的数据漂移。

4.2 完善数据质量保障体系

(1)数据质量保障体系的构建需多维度协同。在数据审核上,以人工智能驱动实时监测架构,借助深度学习剖析数据模式,精准识别突变与异常。多层阈值报警机制能在数据波动超限时及时预警、记录,便于定位问题。区块链技术实现数据加密与溯源,结合操作日志,全方位确保数据真实可靠、可追溯。(2)数据传输与存储安全层面,采用专用加密通信协议与分布式存储方案。构建VPN加密传输通道,抵御数据传输过程中的窃取与篡改风险;利用分布式存储技术将数据分散存储于多个节点,有效规避单点故障引发的数据丢失问题。(3)监测设备管理与数据质量评估不可或缺。建立标准化设备校准流程与实验室比对机制,通过定期送检、交叉验证等手段保障测量结果准确性。开发数据质量评估模型,从完整性、一致性、准确性等维度对监测数据进行量化评分,为水环境保护决策提供坚实数据依据。

4.3 优化运维管理模式

信息化手段是提升水质自动监测运维管理效率的有效途径。搭建智能化运维管理平台,整合地理信息系统

(GIS)、物联网(IoT)与大数据分析技术,实现对监测设备的远程可视化监控。通过在设备端部署传感器与通信模块,实时采集设备运行状态数据,如电压、温度、采样流量等,并将数据上传至平台。平台以GIS地图为基础,直观展示设备位置与运行状态,运维人员可通过平台远程查看设备参数、下发控制指令,实现故障的快速诊断与远程调试。为提高故障响应效率,平台内置智能预警系统,基于历史故障数据与设备运行参数,利用机器学习算法预测设备故障概率,提前发出预警并生成维护建议。建立备件管理与维修调度模块,根据设备故障类型与地理位置,自动调配附近的维修人员与备件资源,缩短故障修复时间。在人员管理方面,加强对运维人员的专业培训,开发线上线下相结合的培训课程,涵盖设备原理、故障诊断、操作维护等内容,定期组织技能考核与经验交流,提升运维人员的业务水平。

结束语

水质自动监测技术在水环境保护中发挥着不可替代的作用,通过实时、连续、多参数的监测,为水环境质量评估、污染源监管和应急处置提供了有力支持。该技术在应用过程中仍面临设备稳定性、数据质量和运维管理等方面的挑战。加强设备研发与改进、完善数据质量保障体系和优化运维管理模式等措施,可有效提升水质自动监测技术的应用效果,推动水环境保护工作向科学化、精细化方向发展,为守护水生态环境提供坚实的技术保障。

参考文献

- [1]覃永泉.水质自动监测技术在水环境保护中的应用[J].农村科学实验,2025(6):60-62.
- [2]何艳秋.探究水质自动监测技术在水环境保护中的应用[J].清洗世界,2024,40(1):128-130.
- [3]许君林,马金凤,杨凯.水质自动监测技术在水环境保护中的应用[J].皮革制作与环保科技,2024,5(3):28-30.
- [4]彭菲,梁琳,李志文,孔祥羽.水质自动监测技术在水环境保护中的应用策略研究[J].东北水利水电,2024,42(6):32-33+70.