

水环境保护中水质自动监测技术的应用

张 斌¹ 李春艳² 刘孟媛³

1. 2. 包头市生态环境信息中心 内蒙古 包头 014000

3. 包头市生态安全屏障研究中心 内蒙古 包头 014000

摘 要：水质自动监测技术凭借实时、连续、动态的监测优势，在水环境保护领域发挥关键作用。其广泛应用于水源地、河流断面、污水处理厂及海洋等多场景水质监测，为水环境质量评估、污染预警与决策制定提供精准数据支撑。然而，设备稳定性、数据管理及人才储备等问题制约其发展。通过强化设备研发维护、完善数据平台、加强人才培养等对策，可推动水质自动监测技术优化升级，助力水环境精细化管理与可持续保护。

关键词：水环境保护；水质自动监测技术；应用

引言

随着水环境问题日益复杂，传统监测手段已难以满足实时化、动态化管理需求。水质自动监测技术作为先进监测手段，能对水体关键指标进行高频次、自动化检测，及时捕捉水质变化趋势，为水环境保护筑牢数据防线。本文从水源地、河流、污水处理厂及海洋等应用场景出发，深入剖析该技术实践效能，系统探讨应用中面临的挑战，并针对性提出优化策略，以期提升水环境保护水平提供理论参考与实践借鉴。

1 水质自动监测技术概述

水质自动监测技术是通过自动化仪器设备与信息技术实现对水体质量参数实时、连续、在线监测的前沿技术体系。该技术融合传感器技术、自动控制技术、通信技术和计算机技术，能够在无人值守条件下对河流、湖泊、水库及海洋等水体的物理、化学和生物指标进行精准测量，为水环境动态监管提供数据支撑。传感器作为水质自动监测的核心组件，采用电化学、光学、生物传感等原理，对水体中的酸碱度（pH）、溶解氧、电导率、浊度、化学需氧量（COD）、氨氮、重金属离子等关键参数进行原位检测。例如，极谱法溶解氧传感器利用电极与水体中氧分子发生氧化还原反应产生的电流信号，实现溶解氧浓度的定量分析；而紫外分光光度法传感器则基于有机物对特定波长紫外光的吸收特性，快速测定水体中COD含量。这些传感器具有响应速度快、检测精度高、稳定性强等特点，可满足不同水体环境的监测需求。数据采集与传输系统将传感器获取的原始数据进行预处理、编码和存储，并通过无线网络（如4G/5G、NB-IoT）或有线网络（光纤、以太网）实时传输至数据中心。数据中心利用大数据分析、机器学习等技术对海量监测数据进行深度挖掘，构建水质变化模型，

预测水质演变趋势，为水污染防治、水资源保护和水生态修复提供科学依据。基于物联网技术的远程控制功能，可实现对监测设备的远程校准、维护和故障诊断，显著提升监测系统的运行效率和可靠性。随着技术的不断进步，水质自动监测正朝着智能化、微型化、多参数集成化方向发展，为全球水环境监测与治理提供更高效、精准的技术手段。

2 水环境保护中水质自动监测技术的应用分析

2.1 水源地水质监测

（1）水源地作为供水的源头，其水质安全至关重要。水质自动监测技术通过在水源地周边合理布设监测站点，可实时监测多种关键指标。例如，利用高精度的传感器，能对水中的溶解氧进行持续监测，溶解氧含量的变化可直观反映水体的自净能力及是否存在有机物污染等情况；对浊度的监测，能及时察觉水体中悬浮颗粒的含量波动，若浊度异常升高，可能意味着水体受到了泥沙冲刷或其他颗粒物污染。（2）在一些大型水库型水源地，水质自动监测系统还能对水温进行监测。水温的异常变动可能影响水体中微生物的活性，进而对水质产生连锁反应。通过对氨氮、总磷等营养物质的监测，可有效预警水体富营养化风险，一旦这些指标超出正常范围，系统便能迅速发出警报，提醒相关人员及时采取措施，保障水源地水质稳定。（3）水质自动监测技术还具备数据存储与分析功能。它能将长时间的监测数据进行存储，通过数据分析软件对这些数据进行深度挖掘，绘制出水质变化趋势图，从而清晰地展现水源地水质随时间的变化规律，为水源地的长期保护与管理提供有力的数据支撑^[1]。

2.2 河流断面水质监测

（1）河流断面是反映河流整体水质状况的关键节

点。水质自动监测技术在河流断面的应用,能实现对河流水质的动态跟踪。在断面处安装的自动监测设备,可对化学需氧量(COD)进行实时测定,COD值能准确反映水体中有机物的污染程度,通过持续监测其数值变化,能及时发现是否有工业废水或生活污水违规排入河流。(2)针对河流中的重金属污染问题,水质自动监测技术也能发挥重要作用。例如,利用先进的传感器可对汞、镉、铅等重金属元素进行监测,一旦检测到重金属含量超标,系统会即刻启动预警机制。对河流中的pH值进行监测也不可或缺,pH值的异常波动会影响水生生物的生存环境,甚至改变河流的化学性质。(3)在一些跨区域的河流中,水质自动监测技术有助于明确上下游之间的水质责任。通过在不同区域的河流断面设置监测站点,实时传输监测数据,可清晰地了解河流流经不同区域后水质的变化情况,为区域间的水污染协同治理提供精准的数据依据,促进流域内的整体水质改善。

2.3 污水处理厂出水水质监测

(1)污水处理厂出水水质直接关系到受纳水体的环境质量。水质自动监测技术在污水处理厂的出水口安装监测设备,可对多种污染物指标进行全面监测。例如,对生化需氧量(BOD)的监测,能衡量水中可生物降解的有机物含量,确保处理后的污水中这类物质不会对受纳水体造成过大的生物负荷。(2)对总氮和总磷的监测在污水处理厂出水水质监测中也极为关键。总氮和总磷含量过高会导致受纳水体富营养化,引发藻类过度繁殖等问题。水质自动监测系统能实时掌握这两项指标的数值,若出现超标趋势,可及时反馈给污水处理厂的运营人员,以便对处理工艺进行调整优化,保障出水水质达标。(3)水质自动监测技术还能对污水处理厂的处理效果进行持续评估。借助长期积累的监测数据,分析污染物指标去除率,判断其运行是否稳定高效。若处理效果不佳,可依据数据深挖原因,采取针对性办法,像调整微生物菌群、优化处理流程等,进而提升污水处理厂整体运行水平,实现稳定达标排放^[2]。

2.4 海洋水质监测

(1)海洋环境复杂多变,水质自动监测技术为海洋水质监测带来了新的契机。在近海区域,通过投放浮标式水质监测站,可对海水的盐度进行实时监测。盐度的变化与海洋的水文循环、海水入侵等现象密切相关,准确把握盐度数据有助于了解海洋生态系统的动态变化。(2)海洋中的溶解氧含量对海洋生物的生存和繁衍至关重要。水质自动监测系统利用先进的传感器技术,能对大面积海域的溶解氧进行监测。当监测到某些区域溶解

氧含量过低时,可能预示着该区域存在水体富营养化导致的藻类大量繁殖,进而引发的缺氧现象,这可为海洋生态灾害的预警提供关键信息。(3)对于海洋中的赤潮、绿潮等有害藻类爆发事件,水质自动监测技术也能起到预警作用。通过对海水中叶绿素a等关键指标进行监测,并融合卫星遥感数据与大数据分析技术,能够提前预判有害藻类的生长趋势及分布范围。一旦发现异常,及时发出警报,为相关部门争取应对时间,保护海洋生态环境的健康稳定。

3 水环境保护中水质自动监测技术应用面临的挑战与对策

3.1 面临的挑战

3.1.1 监测设备稳定性和可靠性有待提高

水质自动监测设备长期暴露于复杂多变的水环境中,面临着物理、化学及生物等多重因素的干扰。水体中的悬浮物、微生物附着易堵塞采样管路与传感器,导致监测数据出现偏差甚至中断。如在富营养化水体中,藻类大量繁殖会在传感器表面形成生物膜,影响光信号传输与电极反应,使溶解氧、pH值等关键参数的监测精度下降。设备在极端气候条件下,如高温、严寒、强腐蚀等环境,其电子元件性能易受影响,引发电路故障、传感器漂移等问题。加之部分监测设备缺乏冗余设计与自诊断功能,故障发生后无法及时预警与修复,致使监测数据缺失,难以满足水环境保护中实时、连续、精准的监测需求。

3.1.2 数据管理与分析难度大

随着水质自动监测站点的不断增加与监测频率的持续提升,海量监测数据呈指数级增长。这些数据涵盖多种参数,包括酸碱度、重金属含量、有机物浓度等,且数据类型复杂,包含结构化、半结构化与非结构化数据。不同监测设备的采样频率、数据格式存在差异,导致数据整合困难。数据噪声问题突出,异常值、缺失值的处理缺乏统一标准与有效算法,易造成数据失真。在数据分析层面,现有技术难以从海量数据中快速提取有效信息,挖掘水质变化规律与潜在风险。复杂的环境因素耦合作用下,水质数据的时空变化特征受多重干扰难以精准刻画,进而难以满足水环境动态监测与科学决策的需求^[3]。

3.1.3 专业技术人才短缺

水质自动监测技术融合了环境科学、化学分析、电子工程、计算机科学等多学科知识。然而,当前行业内精通多领域知识的复合型专业技术人才严重匮乏。实际工作中,操作人员往往仅能掌握设备的基础操作,对

设备内部原理、故障诊断与维护缺乏深入理解。当监测设备出现复杂故障时,无法及时定位问题根源并有效解决。在数据处理方面,多数人员不具备专业的数据挖掘与分析能力,难以运用先进的算法与模型对监测数据进行深度剖析。且随着水质自动监测技术的不断更新迭代,新技术、新设备不断涌现,专业技术人才培养速度滞后于技术发展,导致行业技术应用与创新能力受限,制约了水质自动监测技术在水环境保护中的高效应用。

3.2 对策

3.2.1 加强监测设备研发与维护

针对监测设备面临的稳定性与可靠性问题,需加大研发投入,聚焦关键技术攻关。研发具备抗污染、耐腐蚀、高灵敏度的新型传感器,如采用纳米材料与仿生技术,提高传感器的抗生物附着与抗干扰能力,确保在复杂水体环境中精准监测。优化设备结构设计,增加冗余模块与自清洁、自校准功能,实现设备故障的自我诊断与修复。引入物联网与边缘计算技术,实时监测设备运行状态,通过远程控制对设备进行参数调整与维护指令下发。建立设备全生命周期管理体系,从生产、安装、使用到报废,全程跟踪设备性能,定期对设备进行性能评估与维护升级,保障监测设备长期稳定、可靠运行,为水环境保护提供坚实的数据支撑。

3.2.2 完善数据管理与分析平台

构建智能化的数据管理与分析平台是解决数据难题的关键。建立统一的数据标准与接口规范,实现不同类型、不同来源水质监测数据的高效整合与无缝对接。运用大数据存储技术,如分布式文件系统,对海量数据进行分布式存储与管理,提高数据存储效率与安全性。采用数据清洗算法与智能插值技术,自动识别并处理异常值、缺失值,确保数据质量。引入人工智能与机器学习算法,如深度学习神经网络,对水质数据进行特征提取与模式识别,挖掘数据背后的时空变化规律与潜在关联。开发可视化数据分析工具,以直观的图表、地图等

形式展示水质动态变化,为水环境管理与决策提供科学、准确的信息依据。

3.2.3 加强专业技术人才培养

为解决专业技术人才短缺问题,需构建多元化的人才培养体系。企业与高校、科研机构可开展产学研合作,在高校相关专业课程设置中融入水质自动监测技术的多学科知识模块,培养具备理论基础与实践能力的复合型人才。建立企业内部培训机制,定期组织员工参加技术培训与学术交流活动,邀请行业专家进行技术指导,提升员工对新技术、新设备的掌握程度。鼓励员工参与技术创新与研发项目,通过实践锻炼提高其解决实际问题的能力。营造良好的人才发展环境,建立科学的绩效考核与激励机制,吸引并留住专业技术人才,为水质自动监测技术在水环境保护中的应用提供充足的人才保障^[4]。

结语

综上所述,水质自动监测技术在水环境保护中的应用显著提升了监测效率与数据质量,为水环境科学管理奠定坚实基础。设备稳定性、数据处理及人才培养等方面的短板仍需重视。未来,需持续推进技术创新,深化多学科融合,构建智能化监测体系;完善人才培养机制,加强跨部门协作,推动水质自动监测技术向更高水平发展,为守护水环境安全提供持久动力。

参考文献

- [1]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.
- [2]王海燕.水环境保护中水质自动监测技术的应用分析[J].中国化工贸易,2020,12(12):130-131.
- [3]赵菲,张见昕.水环境保护中水质自动监测技术的应用及改进措施[J].现代农业科技,2021(15):165-166,175.
- [4]钱桐.水环境保护中水质自动监测技术的应用[J].建筑工程技术与设计,2020(4):1966.