

# 废水自动监控设备的关键技术突破与应用效能提升研究

张彦军 范宇 柏广伟 张洪

呼和浩特市生态环境监控中心

DOI:10.12238/eep.v8i5.2697

**[摘要]** 废水自动监控是实现废水治理精细化、规范化、制度化的重要手段。本文聚焦废水自动监控设备的关键技术突破与应用效能提升。针对监测传感器、数据采集传输和智能控制算法等领域的研究现状与不足,提出了高灵敏度高选择性传感器研制、高可靠低功耗数据采集传输技术研发、基于机器学习的智能控制算法构建等关键技术突破思路。通过在化工、印染、电镀等行业的应用案例分析,系统评估了废水自动监控设备的应用效果,并指出存在的问题与改进措施。研究表明,加强关键核心技术研发,建立完善的标准规范和管理制度,是提升废水自动监控设备应用效能的必由之路。

**[关键词]** 废水自动监控设备; 关键技术突破; 应用效能提升; 监测传感器; 智能控制算法

中图分类号: X703 文献标识码: A

## Research on Key Technological Innovations and Enhancement of Application Efficiency in Automatic Wastewater Monitoring Equipment

YanJun Zhang Yu Fan Guangwei Bai Yang Zhang

Hohhot Ecological Environment Monitoring Center

**[Abstract]** Automatic wastewater monitoring is an important means to realize the refinement, standardization and institutionalization of wastewater treatment. This paper focuses on the key technological breakthroughs and application efficiency improvement of automatic wastewater monitoring equipment. In view of the research status and shortcomings in the fields of monitoring sensors, data acquisition and transmission, and intelligent control algorithms, key technological breakthroughs such as the development of high-sensitivity and high-selectivity sensors, the research and development of high-reliability and low-power data acquisition and transmission technology, and the construction of intelligent control algorithms based on machine learning are proposed. Through the analysis of application cases in chemical, printing and dyeing, electroplating and other industries, the application effect of automatic wastewater monitoring equipment is systematically evaluated, and the existing problems and improvement measures are pointed out. The research shows that strengthening the research and development of key core technologies and establishing a sound standard specification and management system is the only way to improve the application efficiency of wastewater automatic monitoring equipment.

**[Key words]** wastewater automatic monitoring equipment; Key technological breakthroughs; Improvement of application performance; Monitoring sensors; Intelligent control algorithm

### 引言

废水自动监控在污染防治和环境管理中发挥着日益重要的作用。然而,受制于部分关键技术,当前废水自动监控设备在实际应用中仍面临稳定性差、可靠性低、智能化水平不足等问题,极大地制约了其应用效能的发挥。本文在分析废水自动监控设备关键技术研究现状的基础上,从监测传感器、数据采集传输、智能控制算法等方面,提出了核心技术突破的思路和举措。结合典型行业的应用案例,系统评估了设备应用效果,剖析了存在的

问题,并针对性地提出改进对策。

### 1 废水自动监控设备关键技术研究现状

#### 1.1 监测传感器技术研究现状

近年来,随着传感器技术的不断发展,在废水自动监控领域,各类监测传感器得到了广泛应用。电化学传感器凭借其高灵敏度、快速响应、良好的选择性等优势,成为废水中重金属离子、有机污染物等关键指标检测的首选。光纤传感器具有抗电磁干扰能力强、可远程测量等特点,在废水pH值、浊度等参数监测中

展现出良好的应用前景。此外,生物传感器对于特定污染物具有高度特异性,在废水毒性评估和预警方面发挥着重要作用。尽管如此,当前监测传感器在长期稳定性、抗干扰能力等方面仍面临挑战,亟须进一步优化改进。

### 1.2 数据采集与传输技术研究现状

数据采集与传输技术是实现废水自动监控的关键环节。当前,基于无线传感器网络(WSN)的数据采集系统得到了广泛应用,其具有部署灵活、覆盖范围广、功耗低等优点。针对废水监控场景的特殊需求,研究人员开发了多种低功耗、高可靠的数据传输协议,如基于时间同步的TDMA协议、适应能量变化的自适应路由协议等。同时,GPRS、NB-IoT等无线通信技术的引入,进一步拓展了废水监控数据的传输范围和实时性。然而,恶劣的废水监控环境对数据采集与传输设备的鲁棒性提出了更高要求,如何提升数据传输的可靠性和安全性仍是一个亟待解决的问题。

### 1.3 智能控制算法研究现状

智能控制算法是提升废水自动监控设备应用效能的必要手段。近年来,以机器学习为代表的人工智能技术在废水监控领域得到了广泛关注。基于支持向量机(SVM)、人工神经网络(ANN)等算法的废水水质预测模型,能够根据历史监测数据对未来一段时间内的水质变化趋势进行预测,为污染预警和应急处置提供决策支持<sup>[1]</sup>。此外,强化学习算法在废水处理过程优化中展现出良好的应用前景,通过智能调节药剂投加量、曝气量等工艺参数,可显著提升污染物去除效率。尽管智能控制算法取得了一定进展,但针对废水监控场景的算法研究仍相对欠缺,特别是缺乏大规模真实应用数据的支撑。

### 1.4 关键技术研究中的问题与不足

尽管废水自动监控设备关键技术取得了长足进步,但在实际应用中仍存在诸多问题和不足。第一现有监测传感器的长期稳定性和可靠性有待提高,特别是在复杂的废水基质环境下,传感器易受到干扰和损耗,导致测量结果失真。第二废水监控场景下的数据采集与传输面临着设备异构、通信不稳定等挑战,亟须开发适应性更强的数据融合与容错机制。第三智能控制算法在实际应用中往往需要大量的训练数据和计算资源,而废水监控领域缺乏标准化的数据集和统一的评估体系,导致算法的泛化能力和鲁棒性难以保证。

## 2 废水自动监控设备关键技术突破

### 2.1 高灵敏度、高选择性监测传感器的研制

为了实现废水中复杂成分的精准识别和定量分析,必须着力于高灵敏度、高选择性传感器的研制。其一传感器材料的选择与优化是提升其性能的关键。通过引入纳米材料、导电聚合物等新型敏感材料,并对其微观结构和表面修饰进行调控,可显著提高传感器的比表面积和催化活性,从而实现灵敏度的跨越式提升。其二传感器结构与制造工艺的改进也至关重要。采用微机电系统(MEMS)、3D打印等先进制造技术,精细化控制传感器的微观结构参数,并集成多种传感单元形成阵列,可有效增

强传感器的选择性和稳定性。其三全面系统的性能测试与评价是传感器研制不可或缺的环节<sup>[2]</sup>。通过建立规范化的测试平台和评价体系,全方位考察传感器的灵敏度、选择性、响应时间、重复性等关键指标,并进行长期稳定性和可靠性验证,为实际应用奠定坚实基础。

### 2.2 高可靠、低功耗数据采集与传输技术的研发

废水自动监控设备须在复杂恶劣的环境中长期稳定运行,对数据采集与传输技术提出了严苛要求。为保障监测数据的高可靠获取和低功耗传输,一方面要从传感器阵列的优化布局与信号采集电路设计入手。通过合理配置传感器节点的空间位置和数量,并采用自适应增益、多路复用等技术优化信号调理电路,可有效抑制环境干扰,提高数据采集的信噪比和可靠性。另一方面,数据压缩与加密算法的研究也不容忽视<sup>[3]</sup>。针对废水监测数据的时空相关性,开发适用于传感器节点的轻量级压缩算法,并结合数据加密技术,在确保数据机密性的同时最小化传输负荷,从而降低能耗。此外,无线传输模块的低功耗设计是提升设备能效比的重要举措。采用动态功率管理、休眠唤醒机制等技术,优化无线收发机的工作状态和通信协议,最大限度地减少能量消耗,以实现长寿命、免维护的目标。

### 2.3 基于机器学习的智能控制算法的构建

智能化是提升废水自动监控设备应用效能的必由之路,而机器学习算法则是实现智能化的利器。为充分发挥数据驱动优势,首要任务是建立高精度的废水水质预测模型。通过收集和标注大量历史监测数据,采用深度学习架构如长短记忆网络(LSTM)等,可准确刻画废水水质的时间动态变化规律,实现对未来水质超标风险的早期预警。在此基础上,进一步利用强化学习算法优化废水处理工艺参数,对药剂投加量、曝气时长等关键因子进行实时动态调节,以达到节能增效、稳定达标排放的目的。与此同时,设备故障诊断与预测性维护算法的开发也至关重要<sup>[4]</sup>。基于退化机理分析,提取设备运行状态的多源异构特征,并结合主动学习策略自适应更新模型,可准确识别和定位设备的潜在故障,合理制定检修计划,最大程度减少非计划停机时间,为废水处理厂的安全经济运行提供坚实保障。

## 3 废水自动监控设备应用效能提升

### 3.1 废水自动监控设备在不同行业中的应用案例

废水自动监控设备在不同行业的推广应用,是检验其实际效能的重要标尺。在化工行业,某企业通过部署在线TOC分析仪、重金属监测系统等装置,实现了对生产废水的实时监控和超标预警,有效避免了偶发性排放事故。印染行业的废水成分复杂多变,采用多参数水质监测站与智能控制系统相结合,动态优化工艺参数,不仅提升了出水稳定性,也降低了药耗成本。电镀行业则通过引入重金属离子选择性传感器,精确控制生产过程,从源头减少污染物产生,实现了环保与生产的双赢。这些案例充分证明,废水自动监控设备在不同行业的应用中,发挥着日益突出的作用。

### 3.2 废水自动监控设备应用效果评估

全面评估废水自动监控设备的应用效果,对于优化改进和推广普及至关重要。首先,设备的稳定性与可靠性是基本要求。通过长期运行考验,评估设备的无故障连续工作时长、耐受恶劣环境的能力以及自诊断自恢复水平,确保其在实际应用中的可靠表现。其次,监测数据的准确性与实时性直接关系到系统效能的发挥。采用定期比对校准、动态补偿等方法,评估监测数据与实际水质的吻合度,以及数据传输的时延和丢包率,为监管决策提供可信支撑。此外,污染物去除效率与达标率也是衡量应用效果的关键指标。通过对比分析进出水水质,评估关键污染物的去除率,考察出水水质的稳定达标情况,全面诊断系统在节能增效、减排提标方面的实际贡献。

### 3.3 废水自动监控设备应用中存在的问题与改进措施

尽管废水自动监控设备取得了长足进展,但在实际应用中仍面临诸多挑战。设备的维护与标定是一大难题。受制于恶劣环境和频繁使用,传感器易出现漂移失准,需建立定期维护和自动标定机制,确保设备的正常运行和监测数据的可靠性。数据分析与决策支持能力有待加强。海量监测数据亟须智能化分析挖掘,形成趋势预测、根源诊断、情景推演等深度应用,最终落实到对废水处理过程的精准调控。法规标准和管理制度也须与时俱进。应加快完善废水自动监控的相关标准规范,建立多方联动的数据共享和应急响应机制,真正实现废水治理的精细化、规范化、制度化。

## 4 结束语

废水自动监控设备是实现废水治理精细化、规范化、智能化的重要技术手段。本文从监测传感器、数据采集传输、智能控制算法等方面入手,提出了关键技术突破的思路和举措,并结合应用案例系统评估了设备效能,指出了存在的问题与改进方向。未来,应进一步加强核心技术的协同攻关,完善标准规范和管理制度,促进技术成果向工程应用的转化,为打好污染防治攻坚战、加快生态文明建设提供坚实支撑。废水自动监控设备的发展任重道远,需要产学研用各界通力协作,共同推动技术进步和创新应用,为保护水环境、建设美丽中国贡献智慧和力量。

### [参考文献]

- [1]陈强.基于PLC-变频器一体化设备的泵站自动化监控系统设计[J].自动化应用,2025,66(11):15-18.
- [2]刘泽琪.基于模态分解的工业废水处理设备超声波信号回波搜索方法[J].当代化工,2025,54(01):225-230.
- [3]张杰.污水处理设备远程监控管理系统的设计与开发[D].大连工业大学,2023.
- [4]刘志成,史蓓,陈飞.一种农村生活污水处理一体化设备远程监控系统的设计[J].乡村科技,2022,13(16):155-158.

### 作者简介:

张彦军(1980--),男,汉族,内蒙古呼和浩特市人,本科,职称:工程师,研究方向:生态环境。