

Research progress and challenges of water pollution control technology

Xiaoling Sun

Nanjing Yuanheng Environmental Research Institute Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract

Ensuring water quality safety and public health is a global concern. In the face of complex water pollution issues, researching and applying effective water pollution control technologies is crucial. This paper reviews the latest advancements in water pollution control, exploring the application of advanced technologies such as smart sensors, biomimetic nanotechnology, biodegradation technology, and structural adsorbents. It details their operational mechanisms, practicality, and effectiveness in water pollution control. The paper also highlights that current water pollution control faces numerous challenges, including the economic and widespread applicability of these technologies, monitoring accuracy, and the development of new methods for managing emerging pollutants, which limit the overall impact of advanced technologies. Therefore, continuous research and improvement of control technologies, as well as the development of innovative new technologies, are key priorities. This study offers new insights into addressing water pollution problems and provides valuable guidance.

Keywords

water pollution control; intelligent sensor; treatment effect

水污染治理技术研究进展与挑战

孙晓玲

南京源恒环境研究所有限公司, 中国·江苏 南京 210000

摘要

保障水质安全与公共健康备受全球关注, 面对复杂水质污染问题, 有效水污染治理技术的研究与应用至关重要。本文结合水污染治理领域最新进展, 探讨了智能传感器、仿生纳米技术、生物降解技术及结构性吸附剂等多种先进技术的应用, 详述其运作机制、实用性与治理效果。同时指出, 当前水污染治理面临技术应用经济性与广泛性、监测精度、新型污染物治理手段等诸多挑战, 限制了先进技术发挥整体效应。因此, 持续研究改进治理技术、研发创新新型技术成为工作重点, 本研究为解决水污染问题提供了新思路, 具有指导意义。

关键词

水污染治理; 智能传感器; 治理效果

1 引言

水质安全与公共健康的连接非常紧密, 稳定且无害的水源构成人类生存发展关键根基。随着工业化、城市化进程的加速推进, 水质污染问题日益严重, 对生态环境和生活质量造成了巨大冲击。水质污染问题复杂多样, 必须深入调查并掌握高性能高效持久水污染治理技术。智能传感器、仿生纳米技术、生物降解技术、结构性吸附剂等多种先进技术为水污染治理提供全新的治理方法。这些技术依赖不同方式机制, 大幅提升污染控制的精确度和效果, 在处理新型复杂污染物方面展现出优越的实用价值效果。然而, 面对日益复杂的水污染形势与全球视野下的公共健康需求, 我们仍然面临

众多挑战。如何持续不断提高技术应用的经济性和推广性、加强污染物种类和浓度的监测准确度, 研发针对性新颖污染物的治理手段等问题, 都需要我们更加深入地思考和实践。因此, 关于进行水污染处理技术的持续研究, 尤其是对新型处理技术的开发创新, 显得格外关键。

2 水质污染的严重性与公共健康

2.1 全球水质污染现状

全球水质污染问题日益严重, 已成为危害生态系统和公共健康的重要因素。工业化、城市化和农业活动的持续不断扩展导致大量污染物未经充分治理直接地排放至水体, 包括重金属、有机污染物、农药残留和微塑料等污染物, 这些污染物具备高强毒性、难以分解和长期累积的特点, 严重损害水体生态平衡^[1]。气候变化进一步恶化了水体污染的扩散与复杂程度, 比如极端降水事件将导致土壤中的污染物大量

【作者简介】孙晓玲 (1992-), 女, 中国山东昌邑人, 硕士, 工程师, 从事环境管理研究。

地渗透至水体,进一步深化污染程度。特别是因为一些发展中国家污水处理设施不够以及水资源管理政策实施不够到位,大量城区和农村生活用水质量仍未达卫生标准,公众接触污染水源的风险明显上升。全球范围内的水质污染问题不只危及淡水资源的可持续供应,而且对生物多样性保护造成深远影响,水生生物的大批死亡和栖息地退化现象更进一步表明了污染问题的紧迫性。加快水污染治理成为保护生态环境健康与保障人类生存安全不可缺少的任务之一。

2.2 水质污染与公共健康的关联

水质污染和公共健康紧密关联,已成为全球健康领域的关注焦点。污染水体中的病原微生物、重金属、有机污染物等可通过饮用水途径渗入人体,因而诱发急性或者慢性健康问题^[2]。例如水中包含的大肠杆菌、军团菌等病原体,将造成严重的肠道感染与呼吸系统疾病。铅、汞等重金属污染物的慢性摄入,或许诱发神经系统与肾脏损害,而多环芳烃等有机污染物则与癌症风险升高相关。水质污染直接危害公共健康,需要激起高度关注。

2.3 水污染对生态环境的影响

水污染对生态环境产生了普遍而深重的影响。污染物的释放导致水生生态系统的化学组成出现变化,从而损害水体的常规生物循环,引起水生植物与动物种群数量骤减,甚至部分物种逐渐濒临灭绝^[3]。水体中的工业废水、有机污染物以及重金属等有毒物质不但直接作用于鱼类、甲壳类及其他水生生物的生命活动,还通过食物链的累积效应危害到整个生态系统的平衡。污染引起的水体富营养化现象,进一步诱发藻类过度增殖,形成水华现象,导致水体缺氧,威胁生物生存环境。土壤侵蚀和流域生态功能的退化也与水污染紧密关联。守护和修复被污染的水体具有重要的生态意义,是保持全体生态系统稳固的关键任务。

3 水污染治理技术的最新进展

3.1 智能传感器在水污染治理中的应用

智能传感器在水污染治理领域发挥重要作用,可以完成水质监测和分析工作。凭借集成化和小型化设计,传感器具备高灵敏度和多参数检测能力,可以高效检测水体中的生物污染物、重金属离子和有机污染物^[4]。传感器主要依靠核酸、酶、电化学和光学等新技术构造,核心原理是利用材料的特殊表面性能或生化反应,完成污染物辨识和信号转换,效果优良。例如,基于电化学原理的传感器可以通过电信号变化检测水中重金属含量。光学传感器可以通过颜色或荧光等特性变化辨识污染物。智能传感器应用更加明显提升了污染物监测的精确度和治理技术的实时效果,为污染源识别和污染扩散控制提供了具体数据支持。然而,智能传感器在复杂水环境中的稳定性以及大规模应用的成本问题仍需解决。智能传感器的技术整合功能使之成为未来水污染监测技术的重要发展方向,能够为综合治理提供基础数据支持,并促

进水污染领域的技术改进和创新。

3.2 仿生纳米技术在水污染治理中的应用

模仿生物的纳米技术水污染治理中展现出非常强大潜力。依赖模仿自然界微小结构的特点,以纳米材料为核心,研发出拥有特定功能的治理设备。仿生纳米材料拥有高表面积和高反应活性等优点,显示出优异的吸附水中污染物的性能。纳米催化剂充当核心部件,完成污染物分解和转换,对难分解有机物及重金属污染的清楚效果显著。研究发现,模仿生物机制研发的纳米膜,在筛选细微颗粒和微小污染物效果较好。模仿生物的纳米技术融合光催化原理,利用太阳能推动污染物分解,获得很大进步。然而,成本问题与工程化应用可行性仍为研究重点。仿生纳米技术的应用为水污染治理通过了创新方法,推动相关领域技术更新。

3.3 生物降解技术在水污染治理中的应用

生物降解技术运用微生物和酶加速污染物分解和转换,为水污染治理提供绿色环保方法,该技术可以逐步分解有机污染物和部分重金属化合物,降低环境压力。研究主要集中于改进微生物菌种选择,提高酶的活性以及增强生物膜功能,从而提高治理效率和适应能力。

4 各种水质污染治理技术的效果对比

4.1 智能传感器的治理效果

智能传感器在水污染治理中的应用效果显著,尤其在监测污染物和提升效率方面表现出色。传感器能够测定水质污染物种类、浓度和分布,为治理决策提供详细数据支持。在治理重金属污染过程中,传感器使用电化学检测技术辨别污染物,实时反映水质变化情况,保证治理方法及时调整。比较传统化学分析方法,传感器技术速度更快,减少对实验条件的依赖。其高度灵敏和广泛功能有助于应对复杂污染环境,辨别多种复合污染物种类。尽管智能传感器的应用效果明显,智能传感器技术的传播及推行仍收到成本与维护费用、部分性能瓶颈的制约,例如高污染环境对传感器稳定性和精度的干扰。进一步优化传感器性能和使用寿命,提高智能传感器技术的经济性和实用性,是未来工作的关键点。智能传感器在水污染治理中的现实效果非常突出,为科技驱动生态保护提供了新的方向。

4.2 仿生纳米技术的治理效果

仿生纳米技术在治理水污染方面呈现出理想效果,该技术通过模仿生物结构和功能,依靠纳米材料大表面积高活性,完成多种污染物快速吸附降解,仿生纳米技术治理重金属离子、有机污染物和部分新型污染物能够精确操作,显著提高处理效率。实际应用中,纳米材料通过调节表面化学特性,增强污染物选择性吸纳能力,降低能量消耗,减少二次污染风险,该技术在处理复杂水质时表现出良好的灵活性和适应性,常用于污水处理厂工业废水治理领域。纳米材料制备成本高、防止二次污染仍是其在水污染治理实际应该过

程中的技术难题,应用中环境安全性问题仍需进一步完善,以便充分发挥其治理效能。通过精确稳定的操作,确保效果显著。

4.3 生物降解技术的治理效果

生物降解技术于水污染治理中拥有明显效果,能高效分解多种有机污染物,其作用机制主要为运用微生物或者酶的催化作用,把污染物转换成为无害物质或者降低毒性。相较于传统治理方法,该技术的适应性优,然而于复杂水质条件下性能可能受限制,对特定污染物的降解效率有某种差异。

5 水污染治理面临的挑战与未来研究方向

5.1 水污染治理技术应用的经济性和广泛性挑战

水污染治理技术的应用在于成本和普及范围上面临多重挑战和难题。探索和应用这些技术需要大量的资金投入,比如购置昂贵的复杂设备、雇用专职人员、缴纳持久的维护费用,因此许多技术难以在收益少的地区普及^[9]。不同地区的水污染问题差异十分显著,一种技术难以适用多种不同的治理需求,这就制约了技术的适配范围和普及。在经济不发达的地方,由于缺乏资金和基础设施不够完善,高能治理技术普及实施很困难,导致水质污染问题日益严峻。即使在污染程度不严重的地区,治理技术的成本效益问题也成为限制其使用的重要因素。某些先进治理技术虽然呈现出较优的效能,但是运行要求严苛、能源消耗稍高,难以实现普遍使用。处理这些问题需要在技术开发中结合经济决策,用以改善技术成本结构,提升技术适配性。政策扶持和跨区域合作也是战略重点,借助资源融合和资金支撑完成先进治理技术的推广,并降低区域间水污染治理的经济差距。

5.2 污染物种类和浓度的监测精度挑战

测定污染物种类和浓度时,监测精度的确定是处理水污染关键问题之一,它直接影响治理处理技术效果和决策科学依据。水体包含多种污染物,包括重金属、有机污染物、氮磷营养物以及新型污染物,药物残留和微塑料,浓度差异巨大,测定技术需达到精确识别和定量分析标准,现有测定技术在处理复杂水环境中微量污染物时,受到测定限不足或干扰因素的影响,完成高精度测定存在困难,污染物的动

态变化和多样性进一步提升了测定难度,部分新型污染物缺乏标准测定方法。开发和改进高精度测定技术是解决这一挑战的核心,需推进传感器灵敏度提高、开发大数据和人工智能测定系统、应用新型测定材料,为全面掌握水体污染状况提供技术支持。

5.3 新型污染物的治理手段挑战

新型污染物的复杂特点和未知特点导致治理方法面对重重困难。污染物具有结构复杂、化学性质稳定的特点,难以使用现有技术进行清除。监测技术无法覆盖全部新型污染物,部分物质的环境行为和毒性机制不够明确,迫切需要研发性能优越、效率高的创新治理技术,以实现污染的高效治理和生态良好恢复。

6 结语

本文全面阐述了目前水污染治理领域的各项技术进展,同时针对其应用过程中面临的主要问题进行了深入探讨。针对治理工具的普及性、经济性、污染物种类的监测精度以及新型污染物的处置等具体问题,论文不仅分析了现存问题,而且提出了建设性的解决思路。虽然研究指出新型治理技术在实际应用中存在较大难度,但持续研究和改进治理技术,研发创新新型治理技术的仍然是当前的主要工作重点。未来的治水工作应重点在对污水治理工艺的研究提升、对新出现污染物进行监测预警、新型污染物治理技术的研发等方面进行。本文总结的方法和论述,对行业方向提供了实际指引,有助于推动水污染治理技术的发展,同时也为未来相关研究提供了思路 and 参考。

参考文献

- [1] 李志华.工业废水污染治理技术研究[J].资源节约与环保,2021,36(04):83-84.
- [2] 金淑聪.城镇水污染治理技术的研究进展[J].皮革制作与环保科技,2021,2(09):83-84.
- [3] 刘敏.废水污染治理研究进展分析[J].绿色科技,2021,23(14):143-144.
- [4] 陈文理,何玮,龚建周.国内跨界水污染治理研究进展与展望[J].广东行政学院学报,2020,32(04):35-43.
- [5] 赵江涛.生态文明建设下水污染治理的现状——评《水污染治理技术》[J].水利水电技术,2020,51(08):221-221.