

环境工程污水处理中膜生物反应技术的应用

姚建梅¹ 倪丽²

1 如皋市同源污水处理有限公司

2 南通市如皋生态环境监测站

DOI:10.12238/eep.v7i9.2246

[摘要] 本文探讨了膜生物反应技术在环境工程污水处理中的应用,深入分析了其工作原理与运作方式。文章进一步阐述了MBR技术在实际应用中面临的挑战。随后,从优化膜生物反应技术、膜的有效维护与清洗、应用监测与评估以及系统运维与管理四个方面,详细分析了提升MBR技术效能与经济效益的策略。通过案例分析与实践经验总结,本文旨在为环境工程领域提供关于MBR技术应用的全面指导,促进污水处理技术的创新与发展。

[关键词] 膜生物反应技术; 污水处理; 环境工程

中图分类号: U664.9+2 **文献标识码:** A

Application of membrane bioreaction technology in environmental engineering wastewater treatment

Jianmei Yao¹ Li Ni²

1 Rugao ologous Sewage Treatment Co., LTD

2 Nantong Rugao Ecological environment monitoring station

[Abstract] This article explores the application of membrane bioreactor technology in environmental engineering wastewater treatment, and deeply analyzes its working principle and operation mode. The article further elaborates on the challenges faced by MBR technology in practical applications. Subsequently, strategies for improving the efficiency and economic benefits of MBR technology were analyzed in detail from four aspects: optimizing membrane bioreactor technology, effective maintenance and cleaning of membranes, application monitoring and evaluation, and system operation and management. Through case analysis and practical experience summary, this article aims to provide comprehensive guidance on the application of MBR technology in the field of environmental engineering, and promote innovation and development of sewage treatment technology.

[Key words] membrane bioreactor technology; Wastewater treatment; Environmental Engineering

引言

随着工业化进程的加快和人口密度的增加,水体污染问题日益严峻,对污水处理技术的要求也越来越高。膜生物反应技术作为一种集生物处理与膜分离技术于一体的新型污水处理工艺,以其高效、出水水质好、占地面积小等优点,逐渐成为环境工程领域的研究热点和应用趋势。然而,MBR技术在实际应用中仍面临诸多挑战,如何克服这些难题,提高技术可行性和经济性,成为当前研究的重要方向。

1 膜生物反应技术的工作原理和方式

膜生物反应技术是一种结合了膜分离技术与生物处理技术的先进环保工艺,其工作原理在于通过特定的生物膜作为反应界面,利用微生物的代谢活动对水体中的有机物、氮、磷等污染物进行高效降解和转化。该技术中,生物膜作为微生物的附着载体,为微生物提供了稳定的生存环境,同时,膜分离技术则有效

截留了悬浮物、细菌及部分溶解性污染物,实现了污染物的去除与水的净化。污水在流经生物膜时,微生物通过吸附、降解等生化作用将污染物转化为无害或低害物质,而膜组件则负责将处理后的清水与微生物及剩余污染物分离,从而实现水的循环利用和污染物的减量排放^[1]。以其高效、节能、占地面积小等优势,在污水处理、水资源回收及生态环境保护等领域展现出广阔的应用前景。

2 环境工程污水处理中膜生物反应技术面临的挑战

2.1 膜污染问题

污水中的悬浮固体和胶体颗粒容易在膜表面形成滤饼层,这些颗粒会不断累积并压缩,导致膜通量急剧下降。滤饼层污染增加了膜清洗的难度,还可能引起膜孔的堵塞,进一步影响膜的渗透性能。在MBR系统中,微生物附着在膜表面形成生物膜,这是其发挥降解污染物功能的基础。然而,当生物膜过厚或老化时,

其中的微生物会释放胞外聚合物等粘性物质, 这些物质会粘附在膜表面, 形成一层难以去除的生物污染层。这层生物污染层降低了膜的透水性能, 还可能成为细菌滋生的温床, 对出水水质造成潜在威胁。此外, 溶解性有机物和无机盐类也可能在膜表面或膜孔内发生沉积和结晶, 形成无机污染或复合污染, 这些污染物难以通过常规清洗方法去除, 可能对膜材料造成不可逆的损害。

2. 2 能耗较高

由于MBR系统需要维持较高的膜通量和良好的微生物生存环境, 因此必须配备高效的泵送系统、空气增氧装置以及复杂的控制系统等, 这些设备的运行都需要消耗大量的能源。为了保持膜组件的通量, 需要不断对膜进行清洗和防污处理, 这需要消耗一定的水资源和电力资源^[2]。其次, 微生物的生长和代谢活动需要充足的氧气供应, 因此空气增氧装置需要持续运行, 这也是能耗的重要组成部分。此外, MBR系统的运行还需要进行温度控制、pH值调节等操作, 这些操作同样需要消耗能源。

2. 3 运营成本高

膜组件作为MBR系统的核心部件, 其价格相对较高, 且随着使用时间的延长, 膜污染和磨损会导致性能下降, 需要定期更换或维护, 这增加了设备的更换成本。为了保持膜的高效运行, 需要消耗大量的能源进行泵送、曝气等操作, 以及进行膜清洗和消毒等维护工作, 这些均增加了系统的运行成本。此外, MBR系统对操作人员的专业技能要求较高, 需要专业的团队进行日常管理和维护, 这也间接提高了人力成本。因此, 如何降低MBR技术的运营成本, 提高其经济性和可持续性, 是当前环境工程领域亟待解决的重要问题。

2. 4 应用推广问题

在环境工程污水处理中, 膜生物反应技术虽然展现出诸多优势, 但在应用推广方面仍面临一些挑战。高昂的初期投资成本是制约MBR技术推广的重要因素, 相较于传统污水处理技术, MBR系统需要更复杂的设备和更精细的运营管理, 这导致其在建设初期的资金投入较大, 对于经济条件相对落后的地区而言, 难以承担这样的投资负担。尽管MBR技术在处理效果、占地面积等方面具有显著优势, 但由于其技术门槛较高, 需要专业的技术人员进行操作和维护, 导致该技术在市场上的认知度和接受度相对较低。此外, 一些地区可能还缺乏对MBR技术的深入了解, 对其处理效果和经济效益持怀疑态度, 这也影响了技术的推广和应用。政策层面的支持是推动新技术应用的重要动力, 而标准化体系的建立则有助于规范市场秩序, 提高技术的认可度和可信度。然而, 目前针对MBR技术的政策支持和标准化体系尚不完善, 这在一定程度上限制了技术的广泛应用。

3 膜生物反应技术的应用分析

3. 1 优化膜生物反应技术

在膜生物反应技术的应用与发展中, 优化该技术是至关重要的一个方面, 它涉及到了技术本身的多个细节与层面。优化膜生物反应技术需要从膜组件的优化、生物处理工艺的改良以及

智能化控制系统的引入进行综合考虑。

研发具有更高抗污染性、更好亲水性和更高机械强度的新型膜材料, 可以显著降低膜污染的发生频率, 延长膜的使用寿命。同时, 优化膜组件的结构设计, 如采用更加合理的膜孔径分布、增加膜表面的粗糙度以促进微生物附着, 以及改进膜组件的模块化设计以便于维护和更换, 都能进一步提升膜组件的性能和可靠性^[3]。其次, 调整微生物种群结构, 筛选出适应性强、降解效率高的优势菌种, 并构建稳定的微生物群落, 可以显著提高系统的有机物去除率和脱氮除磷效果。此外, 优化曝气条件, 如控制曝气量、调节曝气时间等, 以保证微生物获得充足的氧气供应, 同时避免过度曝气造成的能耗浪费, 也是提升系统处理效率的关键。最后, 智能化控制系统的引入为MBR技术的优化提供了强有力的支持, 通过集成传感器、控制器和数据分析软件等先进设备和技术, 实现对MBR系统运行状态的实时监测和智能调控。这可以精确控制进水流量、污泥浓度、曝气量等各个工艺参数以保证系统始终运行在最佳状态, 还可以根据实时数据反馈进行自动调节和优化, 从而进一步提高系统的自动化水平和运行效率。

3. 2 膜维护和清洗

由于污水中悬浮颗粒物、溶解性有机物、微生物及其代谢产物等复杂多变的成分, 这些物质在膜表面及膜孔内易形成沉积物, 逐渐导致膜污染, 进而影响到膜的通量、渗透性和整体性能。因此, 制定并实施一套科学合理的膜维护和清洗策略显得尤为重要。

膜的维护侧重于预防与监控, 定期检查膜丝是否断裂、膜面是否破损等膜组件的完整性, 包括, 及时发现并处理潜在问题, 避免问题扩大化。同时, 利用在线监测设备对膜通量进行实时跟踪, 一旦发现通量显著下降, 即表明膜污染加剧, 需及时采取清洗措施。此外, 根据水质变化和系统运行状况, 灵活调整曝气量、混合液回流比等运行参数, 以减缓膜污染的速度, 延长清洗周期。其次, 根据膜污染的类型和程度, 选择合适的清洗方法至关重要。对于初期污染, 可采用物理清洗方式, 如反冲洗、空曝气等, 通过水流或气流的冲刷作用去除膜表面的松散污染层。而对于较为严重的污染, 则需采用化学清洗方法, 根据污染物的性质选用适当的清洗剂, 如酸、碱、氧化剂等, 通过化学反应破坏污染物的结构, 使其从膜表面脱落。在清洗过程中, 还需严格控制清洗剂的浓度、温度、清洗时间等参数, 以确保清洗效果的同时避免对膜造成损害。

3. 3 应用监测与评估

应用监测涵盖了系统运行状态的全方位监控, 通过安装在线监测设备, 实时采集膜通量、跨膜压差等关键参数, 这些数据直接反映了膜组件的运行状态和污染程度, 为及时采取清洗和维护措施提供了重要依据。同时, 对进出水水质进行连续监测, 包括COD、氨氮、总磷等关键指标的测定, 有助于评估系统的处理效率, 能及时发现水质波动, 为工艺调整提供预警。而评估环节则是对监测数据的深入剖析与综合判断。一方面, 通过对比出

水水质与排放标准或预设目标的差距,评估系统的处理性能是否满足要求;另一方面,结合能耗、运行成本、膜组件更换周期等经济指标,综合评价技术的经济可行性。此外,还应对监测数据进行趋势分析,识别系统运行中的潜在问题或优化空间,为制定针对性的改进措施提供指导^[4]。

3.4 系统运维与管理

系统的运维与管理关系到技术应用的成功与否及长期效益的发挥,这需要建立一套完善、科学的运维管理体系,以确保系统能够高效、稳定地运行。

建立健全的运行管理制度是基础,需要明确各个岗位的职责与权限,制定详细的操作规程和应急处理预案,确保每一位操作人员都能熟练掌握系统的操作流程和应对突发情况的能力。同时,通过定期的培训与考核,不断提升操作人员的专业技能和责任意识,为系统的稳定运行提供坚实的人力资源保障。其次,实施定期的设备巡检与维护是确保系统长期稳定运行的关键,运维团队需要对系统中的关键设备,进行定期的检查与维护,及时发现并解决潜在的问题和隐患。同时,建立完善的设备档案,记录设备的运行状况、维护记录及更换周期等信息,为后续的运维工作提供有力的数据支持。此外,根据水质变化情况和系统运行状态,灵活调整运行参数,如曝气量、混合液回流比等,以优化处理效果。同时,制定合理的膜清洗计划,根据膜污染程度和类型选择合适的清洗方法和清洗剂,确保膜组件能够持续

保持高效的过滤性能。

4 结语

综上所述,膜生物反应技术在环境工程污水处理中展现出巨大的应用潜力和优势,但其推广应用仍需克服膜污染、运行成本高等挑战。通过不断优化膜生物反应技术,加强膜的维护与清洗,实施科学的监测与评估,以及完善系统运维与管理体系,可以有效提升MBR技术的处理效率和稳定性,降低运行成本,实现污水处理的资源化、无害化和可持续化。未来,随着材料科学、自动化控制技术的不断进步,MBR技术有望在更广泛的领域得到应用,为环境保护事业贡献更大力量。

[参考文献]

- [1]凌国峰,克立方.膜生物反应技术在环境工程污水处理中的实践探究[J].产业创新研究,2023,(18):127-129.
- [2]朱佳洁.环境工程污水处理中膜生物反应技术的运用[J].皮革制作与环保科技,2022,3(15):9-11.
- [3]岳文晶.环境工程污水处理中膜生物反应技术的应用分析[J].皮革制作与环保科技,2021,2(21):124-125.
- [4]杨桂芝.膜生物反应技术在环境工程污水处理中的运用研究[J].当代化工研究,2021,(16):110-111.

作者简介:

姚建梅(1972--),女,汉族,江苏如皋人,大专,初级,研究方向:污水处理。