

废水处理过程中膜技术的应用及其环境影响

项名智

江西益洁环保技术有限公司, 江西南昌, 330038;

摘要: 随着工业发展与城市化进程推进, 水环境污染物种类不断增多, 废水处理难度持续加大。膜技术以其高效分离特性, 在废水深度处理领域得到广泛应用, 成为水污染控制的重要手段。本文梳理膜技术的核心类型与特性, 分析其不同领域废水处理中的应用实践, 探讨膜技术应用产生的环境效益与潜在风险, 提出优化调控路径。研究旨在为膜技术在废水处理领域的科学应用提供参考, 助力水资源保护与生态环境改善。

关键词: 废水处理; 膜技术; 应用实践; 环境效益; 环境风险

DOI: 10.64216/3104-9664.25.03.069

引言

水资源短缺与水污染问题已成为制约社会经济可持续发展的重要因素。当前, 传统废水处理工艺难以满足日益严格的排放标准, 对难降解污染物的去除效果有限。膜技术作为一种新型分离技术, 具有分离效率高、操作简单、占地面积小等优势, 在工业废水、市政污水等处理领域的应用逐渐广泛。深入研究膜技术在废水处理中的应用及其环境影响, 对于提升废水处理效果、推动水资源循环利用、降低环境风险具有重要意义。本文围绕膜技术的应用与环境影响展开探讨, 为相关技术的优化与推广提供理论支撑。

1 膜技术的类型与特性

1.1 膜技术分类与原理

根据膜的材质、孔径大小及分离机制, 膜技术可分为微滤、超滤、纳滤、反渗透等主要类型。微滤膜孔径较大, 主要用于去除水中的悬浮颗粒、胶体等杂质, 其分离原理基于筛分作用。超滤膜孔径小于微滤膜, 能够有效截留大分子有机物和微生物, 分离过程依赖膜的筛分与吸附作用。纳滤膜兼具超滤与反渗透的部分特性, 对二价离子具有较高的截留率, 可用于去除水中的有机物和部分盐类。反渗透膜孔径极小, 能截留水中的绝大多数溶质, 实现水与盐的高效分离, 其原理主要是通过压力驱动下的渗透作用完成分离过程。不同类型的膜技术因其原理差异, 适用场景也各不相同。

1.2 膜技术核心优势

膜技术在废水处理中具有显著的核心优势。首先, 分离效率高, 能够有效去除传统工艺难以处理的污染物, 大幅提升出水水质, 满足严格的排放标准。其次, 操作

简便, 膜分离过程多为物理过程, 无需复杂的化学反应, 易于实现自动化控制, 降低了操作难度与人工成本。再者, 占地面积小, 膜组件结构紧凑, 相较于传统的沉淀池、过滤池等设施, 可显著节省场地空间, 适合用地紧张的城市或工业园区。此外, 膜技术在处理过程中无需添加大量化学药剂, 减少了二次污染的产生, 符合绿色环保的发展理念。这些优势使得膜技术在废水处理领域具有较强的应用竞争力。

1.3 膜技术发展演进

膜技术的发展经历了较长的演进过程。早期膜材料主要为天然高分子材料, 性能有限, 应用范围较窄。随着材料科学的发展, 合成高分子膜材料逐渐成为主流, 如聚偏氟乙烯、聚丙烯等, 其稳定性和分离性能得到显著提升。近年来, 无机膜材料因其耐高温、耐酸碱、抗污染能力强等特点, 受到广泛关注, 推动了膜技术在复杂废水处理中的应用。同时, 膜技术的革新方向逐渐向高效化、低能耗、抗污染方向发展, 新型膜组件的研发与膜工艺的优化集成, 进一步提升了膜技术的应用效果与经济性。膜技术的不断发展与革新, 为废水处理领域提供了更多的技术选择。

2 膜技术在废水处理中的应用

2.1 工业废水处理应用

工业废水成分复杂, 含有大量重金属、有机物等污染物, 处理难度较大。膜技术在工业废水深度处理中得到广泛应用。在化工废水处理中, 采用超滤与反渗透组合工艺, 可有效去除水中的有机物和盐类, 实现废水的回收利用。在印染废水处理中, 纳滤膜技术能够截留染料分子和部分有机污染物, 提升出水水质, 同时实现水资源的循环使用。在电镀废水处理中, 反渗透膜技术可

高效截留重金属离子,降低水中重金属含量,达到排放标准。膜技术的应用不仅提升了工业废水的处理效果,还实现了水资源的资源化利用,降低了企业的用水成本。

2.2 市政污水处理应用

市政污水水量大、污染物种类多,传统处理工艺出水水质难以满足高标准的再生水要求。膜技术在市政污水资源化利用中发挥着重要作用。膜生物反应器是市政污水处理中的常用技术,将膜分离与生物处理相结合,能够有效去除水中的有机物、氮磷等营养物质,出水水质稳定,可直接用于绿化、冲洗等再生水用途。超滤技术在市政污水深度处理中可去除水中的悬浮物、胶体和部分有机物,提升出水的清澈度。纳滤和反渗透技术则可进一步去除水中的盐类和微量污染物,实现市政污水的高品质再生。膜技术的应用推动了市政污水的资源化利用,缓解了水资源短缺压力。

2.3 难降解废水处理应用

难降解有机废水含有大量持久性有机污染物,传统处理工艺降解效果差,对环境危害较大。膜技术与其他工艺的融合应用为难降解有机废水处理提供了有效途径。膜技术与高级氧化技术组合,可利用高级氧化技术降解有机污染物,再通过膜分离去除降解产物和未反应的氧化剂,提升处理效果。膜技术与生物处理技术的耦合,可通过生物作用降解部分有机物,再利用膜分离截留难降解物质,实现废水的深度处理。此外,膜蒸馏技术在高浓度难降解废水处理中具有独特优势,能够有效浓缩废水,降低处理难度。膜技术的融合应用拓宽了难降解废水处理的技术路径。

3 膜技术的正面环境效益

3.1 降低水体污染负荷

膜技术通过高效的分离作用,能够大幅提升废水处理效率,去除水中的各类污染物,降低水体污染负荷。传统废水处理工艺对部分污染物的去除率较低,处理后的废水排放到自然水体中,会对水体生态环境造成破坏。膜技术能够有效截留水中的悬浮颗粒、胶体、有机物、重金属等污染物,显著降低出水的污染物浓度。处理后的废水排放到自然水体中,对水体的影响大幅减小,有助于保护水体生态平衡。同时,膜技术的应用减少了污染物在水体中的积累,降低了水体富营养化等环境问题的发生概率,对改善水环境质量具有重要作用。

3.2 推动水资源循环

膜技术的应用有效推动了水资源的循环利用,缓解了水资源短缺压力。在水资源日益紧张的背景下,废水资源化利用成为解决水资源问题的重要途径。膜技术能够将废水处理达到再生水标准,实现废水的循环使用。工业废水经膜技术处理后,可回用于生产过程,减少新鲜水的使用量;市政污水经膜技术处理后,可用于绿化、道路冲洗、工业冷却等多个领域。水资源的循环利用不仅降低了对新鲜水资源的依赖,还减少了废水的排放量,实现了水资源的可持续利用。膜技术为水资源循环利用提供了可靠的技术保障,对水资源保护具有重要意义。

3.3 减少二次污染

传统废水处理工艺往往需要添加大量化学药剂,这些药剂在处理过程中可能产生新的污染物,造成二次污染。膜技术在处理过程中多为物理分离过程,无需添加大量化学药剂,能够有效减少二次污染的产生。对于需要添加少量化学药剂的膜处理工艺,通过工艺优化和药剂选型,也可降低药剂对环境的影响。同时,膜技术对污染物的高效截留,减少了污染物的迁移转化,降低了其对土壤、地下水等周边环境的污染风险。减少二次污染的产生,符合绿色环保的发展要求,有助于提升整体环境质量。

4 膜技术的潜在环境风险

4.1 二次污染物排放风险

膜技术应用过程中,膜污染是不可避免的问题。为恢复膜的分离性能,需要对污染膜进行清洗,清洗过程中会使用化学清洗剂,这些清洗剂若处理不当,会排放到环境中造成二次污染。同时,膜污染过程中截留的污染物会在膜表面积累,若膜组件损坏或更换不及时,这些污染物可能会重新进入水体,造成污染。此外,膜处理过程中产生的浓缩液,若未经妥善处理直接排放,会导致污染物浓度升高,对环境造成较大压力。二次污染物排放风险需要引起重视,采取有效的防控措施降低其对环境的影响。

4.2 膜废弃物污染问题

膜材料具有一定的使用寿命,达到使用年限后需要更换,产生的废弃膜属于固体废弃物。若废弃膜未经妥善处置,会对环境造成污染。多数膜材料为合成高分子材料,难以自然降解,长期堆积会占用土地资源,影响土壤透气性和透水性。部分膜材料中含有有害物质,若随意丢弃,这些有害物质可能会渗入土壤和地下水,对生态环境和人体健康造成危害。目前,废弃膜的回收利

用体系尚不完善,处置方式较为单一,多采用填埋或焚烧的方式,填埋会占用土地,焚烧则可能产生有害气体。膜废弃物污染问题制约了膜技术的可持续应用。

4.3 运行能耗环境影响

膜技术运行过程中需要消耗一定的能源,尤其是压力驱动型膜技术,如反渗透、纳滤等,需要消耗大量电能来提供分离所需的压力。能源消耗过程中会产生温室气体排放,对气候变化造成影响。同时,能源生产过程中可能会产生废气、废水等污染物,间接对环境造成污染。虽然膜技术的分离效率高,但高能耗问题使其环境影响不容忽视。随着膜技术应用范围的不断扩大,其运行能耗带来的环境影响也逐渐凸显。降低膜技术运行能耗,减少能源消耗带来的环境影响,是膜技术可持续发展的重要方向。

5 膜技术环境影响优化路径

5.1 膜污染控制优化

膜污染控制技术的研发与应用优化是降低膜技术环境影响的重要路径。通过改进膜材料的表面性能,如提高膜的亲水性、降低膜的粗糙度,可减少污染物在膜表面的吸附与沉积,延缓膜污染的发生。优化膜处理工艺参数,如运行压力、流量、曝气强度等,可提升膜的分离效率,减少膜污染。采用预处理工艺,如混凝、沉淀、过滤等,去除水中的大部分悬浮颗粒和胶体,降低进入膜组件的污染物浓度,减轻膜污染程度。同时,开发高效环保的化学清洗剂,或采用物理清洗方式,减少化学清洗剂的使用量,降低二次污染风险。此外,建立膜污染实时监测体系,及时掌握膜污染程度并采取针对性处理措施,可进一步提升污染控制效果。膜污染控制优化能够延长膜的使用寿命,降低运行成本。

5.2 膜材料环保化与回收

开发环保型膜材料与推进废弃膜资源化利用是解决膜废弃物污染问题的有效措施。研发可降解的天然高分子膜材料或生物基膜材料,减少膜材料对环境的长期影响。优化膜材料的制备工艺,降低制备过程中有害物质的使用与排放,从源头减少膜材料的环境足迹。建立废弃膜回收利用体系,对废弃膜进行分类回收,通过物理、化学或生物方法对其进行处理,实现资源的回收再利用。例如,将废弃膜进行改性处理后,可用于低浓度废水处理或作为吸附材料使用。同时,加强废弃膜处置的政策引导与技术扶持,推动回收利用产业的规范化发

展。推进膜材料的环保化与回收利用,能够实现膜技术的全生命周期绿色发展。

5.3 低能耗工艺耦合

膜技术与低能耗工艺的耦合集成设计能够有效降低运行能耗,减少环境影响。将膜技术与太阳能、风能等可再生能源相结合,利用可再生能源为膜技术运行提供动力,降低对传统能源的依赖,减少温室气体排放。开发低能耗膜技术,如正渗透、膜蒸馏等,降低膜分离过程中的能源消耗。优化膜工艺与其他处理工艺的耦合方式,如膜生物反应器的工艺优化,提升生物处理效率,降低膜组件的运行压力和能耗。此外,引入节能型膜组件与高效流体输送设备,进一步降低系统运行的能耗损失。

6 结论

膜技术凭借其高效分离特性,在废水处理领域展现出广泛的应用前景,为水污染控制和水资源循环利用提供了有效技术支撑。本文研究表明,膜技术在工业废水、市政污水及难降解废水处理中均有成功应用,能够显著降低水体污染负荷,推动水资源循环利用,减少二次污染的产生。然而,膜技术应用过程中也存在二次污染物排放、膜废弃物污染及运行能耗带来的潜在环境风险。通过膜污染控制优化、膜材料环保化与回收利用、低能耗工艺耦合等路径,可有效降低膜技术的环境负面影响,提升其可持续性。未来,应进一步加强膜技术的研发与创新,完善相关技术标准和回收利用体系,推动膜技术在废水处理领域的更广泛应用,为生态环境保护和水资源可持续利用提供更强有力的保障。

参考文献

- [1]戴小冬.工业废水处理中反渗透膜技术的工艺参数优化[J].资源节约与环保,2025,(11):69-72+87.
- [2]靳辉,李栋栋,邱梦雅.膜技术在高盐废水零排放处理中的膜污染控制策略[J].当代化工研究,2025,(17):94-96.
- [3]刘庆元,惠琪,郭全超.膜生物反应技术在环境工程污水处理中的应用研究[J].皮革制作与环保科技,2025,6(15):110-112.
- [4]杨欢.膜过滤技术处理放射性废水的研究进展[J].广州化工,2025,53(14):35-38.
- [5]张灿敏.反渗透膜处理技术在工业废水污染治理中的应用[J].山西化工,2025,45(06):158-160.