

探讨膜生物反应技术在环境工程污水处理中的运用

严军军

无锡沃玛环保设备科技有限公司 江苏无锡 214000

摘 要: 膜生物反应技术是污水处理领域的创新技术,它结合了膜过滤与生物处理两种方法。MBR 技术能显著提高污水处理效率,减少污泥产量,并改善出水质量,本论文深入探讨了 MBR 技术在环境工程中的应用与优化策略,期望通过材料科学的进步和操作策略的优化,克服现有挑战,进一步扩大 MBR 技术的应用范围。

关键词: 膜生物反应技术; 环境工程; 污水处理; 运用

随着全球人口增长和工业活动的密集,水资源污染已成为一个紧迫的环境问题。传统污水处理工艺无法完全满足日益严格的排放标准,尤其是在城市化和工业化的快速发展区域。在这种背景下,膜生物反应技术的兴起为污水处理带来了新的机会。MBR 技术整合了微生物降解有机物的生物过程和通过膜进行的固液分离过程。这种独特的组合提供了卓越的污水处理性能,不仅显著降低了污水中悬浮固体和微生物的含量,还能部分去除营养盐和重金属等微量污染物。

一、膜生物反应技术的基本原理

膜生物反应技术(MBR)是一种将膜分离技术与生物处理法相结合的污水处理技术。它的基本原理是利用微生物在生物反应器中降解溶解性有机污染物,然后通过膜分离技术过滤掉混合液中的悬浮固体和大分子物质。这种组合使得水质处理更加高效,因为膜可以在物理上截留几乎所有的细菌和病毒,以及部分大分子有机物,从而实现了高质量的出水。在 MBR 系统中,污水首先进入生物反应器,微生物在反应器中利用污水中的有机物质进行生长繁殖,并将其转化为二氧化碳和水,同时产生少量的污泥。然后,处理过的混合液被泵送至膜组件,通常采用微滤或超滤膜,这些膜具有很小的孔径,能够有效地去除悬浮物、细菌、甚至部分病毒。由于膜的高效截留作用,MBR 系统可以实现更高效的固液分离,产出更好的水质,同时减少污泥产量。

二、膜生物反应技术在污水处理中的应用

1. 城市污水处理

膜生物反应技术(MBR)在城市污水处理中的应用逐渐成为一项优选技术,其优势在于能够显著提高出水水质并减少污水厂的占地面积。与传统的活性污泥法相

比,MBR 技术将生物处理与膜分离技术相结合,通过微滤或超滤膜单元有效地捕集悬浮物和大部分细菌,从而实现了污水深度处理和消毒。在城市污水处理应用中,MBR 不仅能够有效去除有机污染物,如化学需氧量(COD)和生物需氧量(BOD),还能实现氮、磷等营养物质的高效去除,满足更严格的排放标准。此外,MBR 系统的操作灵活性和出水水质稳定性使其在城市污水处理厂的应用中得到广泛认可^[1]。

2. 工业污水处理

对于工业污水而言,水质和水量的变化大,且常含有难降解有机物和致毒性物质,这给传统污水处理技术带来了挑战。膜生物反应技术因其出色的处理效果和较强的适应性,在工业污水处理领域展示了巨大的潜力。特别是对于食品加工、化工、制药等行业产生的污水,MBR 技术能够提供更为高效的处理方案。通过集成式的处理系统,MBR 不仅能有效去除有机物,还能通过生物降解和膜截留作用,去除重金属和一些难以生物降解的有机污染物。此外,由于工业污水的温度和 pH 值范围较广,MBR 系统中的微生物可以在一定的范围内适应这些变化,保证处理效率。然而,处理特定工业污水时,MBR 系统可能需要面对特定的污染物,如油脂、染料等,对膜材料的选择和预处理过程提出了更高的要求。因此,在实际应用中,往往需要根据具体污水特性来定制和优化 MBR 系统设计,以实现最佳的处理效果。

3. 特种污水处理

特种污水,如医院污水、含放射性元素污水、制药废水等,因其特殊性质和潜在危害,其处理方法需特别设计以确保环境安全和人体健康。膜生物反应技术在特种污水处理中表现出独到的优势。例如,医院污水中的

药效成分和病原体含量较高,传统的污水处理方法可能无法彻底去除这些污染物,而MBR技术则可以通过其高效的生物降解和膜截留作用,确保出水中有害物质和病原体的含量降至最低。同样,对于含有放射性元素的污水,MBR系统能够通过膜的物理阻隔作用防止放射性物质进入环境。此外,制药废水中常见的高浓度药物残留和化学品,也可以通过MBR技术的生物降解和精密过滤得到有效处理。处理特种污水时,MBR系统的运行条件和膜材料的选型尤为关键,需要针对特定类型的污水进行详细研究和系统优化。

三、膜生物反应技术在污水处理中的应用优化措施

1. 膜材料的优化

优化膜材料是提升MBR系统效率和降低运营成本的关键步骤。目前,常用的膜材料包括聚合物和陶瓷材料。聚合物膜因其成本较低而被广泛使用,但易受污染和寿命较短是其主要缺点。相反,陶瓷膜具有更好的化学稳定性和更长的使用寿命,但成本较高。优化措施包括开发新型复合材料,如纳米混合膜,这些膜具有更高的抗污染性和机械强度。此外,研究表面改性技术,如涂层或表面荷电处理,可以有效提高膜的透水性和减少污染物的吸附。通过先进的制造技术,如3D打印,可以制备出具有更优透水性能和自清洁功能的膜结构,进一步提升系统的稳定性和经济性^[2]。

2. 操作条件优化

操作条件的优化可以显著提高MBR系统的效率和降低能耗。这包括控制污泥龄、调整污水停留时间、优化曝气强度等。合理的长污泥龄有助于培养慢生长的微生物,改善系统对难降解有机物的处理能力。同时,较长的污水停留时间可以保证污染物的充分降解。曝气优化是通过调整曝气量和频率来维持合适的溶解氧水平,防止膜面污染物的过度积累,同时也能减少能源消耗。通过引入智能化控制系统,如使用传感器监测水质参数和膜的过滤阻力,可以实时调整操作条件,实现系统的最优运行。

3. 生物反应器优化

优化措施包括改进反应器的配置和流态设计,以增强污水处理效率和降低膜污染。例如,采用完全混合式

反应器可以减少污水中污染物的不均匀分布,而分段式或多级反应器设计则能够针对不同污染物提供特定的处理环境。此外,应用动态膜生物反应器(DMBR)技术,利用粗孔支撑材料表面的生物膜来实现固液分离,可以在一定程度上克服传统MBR中膜易污染和高能耗的问题。通过优化反应器的水力特性,如提高上升流速,可以增强对膜面的剪切力,有助于减少污泥在膜表面的积累。

4. 预处理和后处理工艺改进

在预处理阶段,通过调整pH值、加入混凝剂或采用臭氧、紫外线等氧化技术,可以有效去除污水中的部分难降解有机物和病原体,减轻后续生物处理的负担。同时,适当的预处理还可以改善污泥的性质,降低其对膜的污染倾向。在后处理阶段,通过采用活性炭吸附、反渗透等先进技术,可以进一步提高出水水质,满足更严格的排放标准或回用需求。此外,引入高级氧化过程(AOPs),如Fenton反应或光催化,可以彻底矿化那些难以生物降解的有机物质,确保出水的生物安全性和化学安全性^[3]。

结语

MBR技术以其出色的处理效果和较小的占地空间,在现代污水处理领域占有重要地位。尽管存在高能耗和膜污染的挑战,通过持续的技术创新和优化措施,这些问题正逐步被克服。未来的研究应专注于开发新型高效膜材料、提升生物反应器的稳定性以及优化系统综合能效。随着环保法规的加强和公众环保意识的提升,MBR技术在提供可持续的污水处理解决方案方面具有巨大的发展潜力和市场前景。

参考文献

- [1] 李君,陈曼婷,潘海华.膜生物反应技术在环境工程污水处理中的运用.资源节约与环保,2020,35(6): 72-72.
- [2] 宋礼波.膜生物反应技术在环境工程污水处理中的运用.资源节约与环保,2018,33(1): 101-102.
- [3] 张天琪.膜生物反应技术在环境工程污水处理中的运用.中小企业管理与科技,2019(26): 160-161.