

膜生物反应技术在环境工程污水处理中的应用

陈天舒

南通恒源环境技术有限公司 江苏 南通 226400

摘要：膜生物反应技术将生物反应和膜分离两种关键技术融合在一起，具有高效去除污染物、稳定产水质量和占地面积小等优势。它可以广泛应用于城市污水处理、工业废水处理、海水淡化等领域，为提高水质标准、减少水资源消耗和保护环境做出贡献。本文旨在综合分析膜生物反应技术在环境工程污水处理中的应用优势和挑战，探讨如何应对膜污染和维护问题、降低能耗以及加强技术培训和支撑等方面的挑战，以推动膜生物反应技术的进一步发展和应用。

关键词：膜生物反应技术；环境工程；污水处理

引言

随着全球人口的增加和工业化的加速发展，污水处理成为一个日益重要的环境挑战。传统的污水处理方法存在处理效率低、水质波动大和占地面积大等问题。为了解决这些问题，膜生物反应技术应运而生并得到了广泛关注和应用。

1 膜生物反应技术的基本原理和工作方式

膜生物反应技术是将生物反应和膜分离技术相结合的一种先进的污水处理技术。其基本原理是利用膜的过滤作用实现固液分离和污水净化过程，同时通过生物反应器中的微生物降解有机物，达到高效的污水处理效果。膜生物反应技术的工作方式可以分为两个主要步骤：生物反应和膜分离。生物反应指在生物反应器中，通过引入适当的微生物群落，例如厌氧菌、好氧菌等，来降解有机物和氮磷等污染物。这些微生物利用有机物作为能源，通过代谢过程将有机物分解为水和二氧化碳等无害物质。膜分离指在生物反应过程中，污水中的固体颗粒、胶体、细菌、病毒和溶解物等污染物会随着生物反应器中的液体一起进入膜分离阶段。在此阶段，通过膜的过滤作用，污水中的固体颗粒和溶解物被截留在膜表面，而清洁的液体则通过膜的微孔或孔隙进入下一处理阶段，如图一所示。

2 膜生物反应技术的主要分类和常见类型

2.1 常见的膜生物反应技术分类

(1) 微滤膜 (Microfiltration, MF)

微滤膜的孔径范围为0.1-10微米，能够有效去除悬浮物、胶体和大颗粒物。常见的微滤膜材料包括聚酰胺、聚碳酸酯和陶瓷等。

作者简介：陈天舒（1994年1月20日—），女，汉族，本科，助理工程师，主要研究方向：环境影响评价；环境工程。

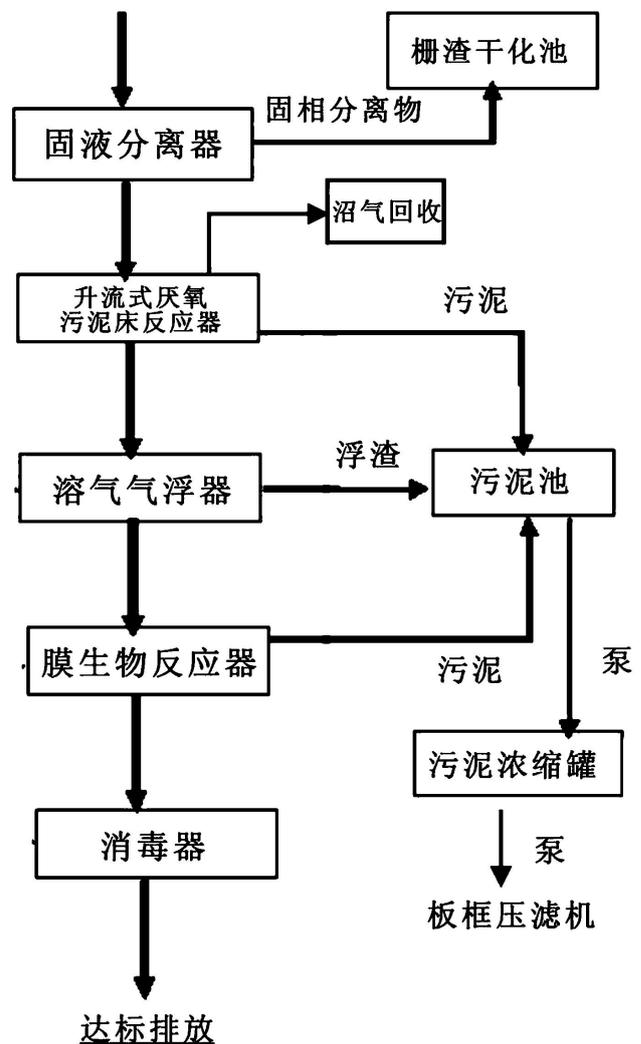


图1 膜生物反应技术工作流程

(2) 超滤膜 (Ultrafiltration, UF)

超滤膜的孔径范围为0.001-0.1微米，能够有效去除微生物、胶体和有机物等。常见的超滤膜材料包括聚酰胺、聚醚砜和陶瓷等。

(3) 纳滤膜 (Nanofiltration, NF)

纳滤膜的孔径范围为0.001-0.01微米,能够有效去除有机物、重金属和微量溶解物等。常见的纳滤膜材料包括聚酰胺、聚乙烯亚胺和蒙脱土等。

(4) 反渗透膜 (Reverse Osmosis, RO)

反渗透膜的孔径范围为0.0001-0.001微米,能够高度去除溶解物、无机盐和微量有机物等。常见的反渗透膜材料包括聚醚酮、聚酰胺和聚氯乙烯等。

2.2 膜生物反应技术的类型

(1) 内循环式 (Submerged)

膜设于生物反应器内部,污水通过膜的微孔或孔隙进入膜模块,被截留的固体和溶解物在膜外被收集和处理。

(2) 外循环式 (External)

膜设于生物反应器外部,生物反应器中的清水通过膜的微孔或孔隙进入膜模块,截留的固体和溶解物从膜模块内侧排出。

(3) 平板式 (Flat Sheet)

膜以平板形式设置,常用于较小规模的处理系统。平板膜反应器在处理过程中需要保持一定的膜面清洗,以防止膜堵塞。

(4) 管束式 (Hollow Fiber)

膜以管束形式设置,常用于大规模处理系统。管束膜反应器具有较大的膜面积和通量,但需要定期清洗和维护。

3 膜生物反应技术在污水处理的主要应用领域

膜生物反应技术作为一种高效、可靠的污水处理技术,在各个领域都有广泛的应用。以下是膜生物反应技术在污水处理中的主要应用领域:

3.1 市区污水处理厂

膜生物反应技术广泛应用于城市污水处理厂,用于处理生活污水和工业废水。通过膜生物反应技术,可以实现高度净化的污水,使其符合排放标准,减少对自然环境的污染。

3.2 工业废水处理

膜生物反应技术适用于各种工业废水的处理,包括食品加工废水、制药废水、纺织废水、印染废水等。膜生物反应技术能够有效去除有机物、微生物、重金属和悬浮物等污染物,实现工业废水的回用或安全排放。

3.3 农村污水处理

农村地区常常面临着污水处理难题,特别是分散的小型污水处理。传统的中央处理站需要较大的投资和土地面积,难以在农村地区广泛推广。然而,膜生物反应技术通过小型化的反应器和模块,高效的解决这一问

题。膜生物反应技术具有适应性强的优势,可以根据农村地区的具体情况进行灵活布置和调整。通过采用小型化的反应器和模块,可以有效地处理分散的小型污水,满足农村地区的实际需求。膜生物反应技术不仅具有较小的占地面积,还能够稳定地产生高质量的处理水,从而改善农村水环境质量。

3.4 水环境修复

膜生物反应技术在水环境修复中具有重要作用,该技术能够有效去除水体中的营养物和有机污染物,减少水体的富营养化现象,改善水质和水生态环境。无论是河流、湖泊还是海洋等水体,膜生物反应技术都能够恢复其生态平衡,实现水环境的修复和保护。通过该技术的应用,能够促进水体健康发展,维护生态平衡,为人类提供清洁、可持续的水资源。

4 膜生物反应技术在不同处理阶段的应用方式

4.1 初级处理阶段

初级处理是污水处理的第一道工序,旨在去除污水中的固体颗粒和悬浮物。膜生物反应技术可以在初级处理中应用,通过微滤膜或超滤膜去除污水中的悬浮物、胶体和大颗粒物质,实现初级处理的固液分离效果。这样可以减轻后续处理工艺的负担,提高后续处理效果^[1]。

4.2 生物处理阶段

生物处理是污水处理的核心步骤,通过微生物的降解作用,将有机物和氮磷等污染物降解为无害物质。膜生物反应技术在生物处理中可以采用内循环式或外循环式的反应器。内循环式膜生物反应器将膜置于生物反应器内部,污水通过膜的微孔或孔隙进入膜模块,被截留的固体和溶解物在膜外被收集和处理。外循环式膜生物反应器将膜置于生物反应器外部,生物反应器中的清水通过膜的微孔或孔隙进入膜模块,截留的固体和溶解物从膜模块内侧排出。膜生物反应技术可以提高生物处理的效果和稳定性,减少后续处理工艺的需求。

4.3 二次处理阶段

二次处理是对生物处理后的污水进行进一步净化和提升水质的阶段。在二次处理中,膜生物反应技术可以应用于微滤膜、超滤膜、纳滤膜和反渗透膜等不同类型的膜。根据具体处理要求,选择合适的膜类型进行污水的净化。例如,超滤膜和纳滤膜可以有效去除微生物、胶体、有机物和重金属等污染物,提高水质的稳定性和安全性。

4.4 水回用和资源回收阶段

随着水资源的日益紧缺,水回用和资源回收成为污水处理的重要目标。膜生物反应技术通过膜的过滤作用,可以实现高度净化的水质,适用于水回用和资源回

收。通过选择适当的膜类型和处理工艺，可以去除污水中的有机物、微生物、营养物和溶解物等，使污水得到有效利用和再利用^[2]。

5 膜生物反应技术的优势

膜生物反应技术是一种集生物反应和膜分离于一体的先进处理技术，具有许多优势。下面是膜生物反应技术的主要优势：首先，膜生物反应技术能够稳定地产生高质量的处理水。膜技术通过微孔过滤或渗透作用，能够高效去除悬浮物、胶体、微生物等污染物，从而提供稳定和可靠的出水质量。相比传统工艺，膜生物反应技术能够更好地满足日益严格的排放标准和水质要求，膜生物反应技术成为一种可靠的处理选择，广泛应用于水处理、废水处理和海水淡化等领域。其次，膜生物反应技术具有占地面积小的优势。膜生物反应器结构紧凑，占用的空间相对较小。这在城市和工业区域等场地有限的环境中尤为重要。相比传统工艺，膜生物反应技术可以更好地利用有限的土地资源。因此，它成为一种经济高效的选择，尤其适用于土地成本较高或用地紧张的地区。另外，膜生物反应技术具有较强的操作灵活性。在膜生物反应器的运行过程中，可以通过控制膜通量、调整曝气量和回洗操作等手段，实现对污水处理过程的灵活调控。操作人员能够根据实际情况对系统进行优化和调整，以达到最佳处理效果。膜生物反应技术能够适应不同水质和处理要求，提供更可靠的操作和管理。此外，膜生物反应技术中的潜水膜应用广泛，也具有许多优势。潜水膜是一种将膜材料直接浸泡在生物反应器中的膜，它具有较高的通量和较低的能耗。潜水膜技术在大规模的污水处理项目中获得良好的应用效果，可以提高处理能力和效率。潜水膜技术还可以减少膜组件数量和系统复杂性，简化工艺流程，降低运行和维护成本。综上所述，膜生物反应技术具有稳定产水质量、占地面积小、操作灵活性强和潜水膜应用广泛等优势。这些优势使得膜生物反应技术成为一种高效可靠的处理方法，为水处理和废水处理领域带来了重要的进展和创新。随着技术的不断发展和创新，膜生物反应技术在未来将发挥更大的作用，并为解决水资源和环境问题做出更大贡献。

6 膜生物反应技术的挑战

膜生物反应技术是一种集生物反应和膜分离于一体的先进处理技术，广泛应用于水处理、废水处理、气体分离等领域。然而，该技术也面临着一些挑战和问题，需要不断进行改进和优化。

6.1 膜污染

膜分离器的使用会导致膜表面容易积聚污染物，如胶

体、沉积物和微生物等，从而降低膜的通量和运行效果。污染问题不仅会增加清洗和维护的频率，还可能导致膜的损坏和寿命缩短。为了解决膜污染问题，研究人员和工程师们致力于开发新的清洗方法和膜材料，以提高膜的抗污染能力。例如，引入表面改性技术，使膜表面具有抗污染性能；采用物理和化学清洗方法，有效去除污染物。此外，定期的维护和监控也是关键，包括监测膜通量变化和操作参数的调整，以确保膜生物反应器的正常运行^[3]。

6.2 能耗高

膜生物反应技术相对于传统生物处理技术而言，能耗较高。主要能耗集中在膜通量的维持和清洗过程中。高膜通量可以提高处理效率，但也需要更多的能量来维持。此外，膜清洗过程中的能耗也较高。为了降低能耗，研究人员采取了多种策略。一种方法是改进膜材料，以提高膜的透水性能和选择性，从而降低能耗。另一种方法是优化工艺参数，例如调整进料浓度和流量，以减少能耗。此外，还可以采用新型的能量回收系统，将废水中的能量回收利用，以减少外部能源的消耗。

6.3 技术复杂性较高

膜生物反应技术的技术复杂性较高，需要高水平的专业知识和技术支持。膜生物反应技术涉及到生物反应和膜分离两个方面的工艺和理论，对操作人员的要求较高。操作人员需要深入了解和掌握生物过程和膜分离原理，能够根据实际情况进行调控和优化。此外，管理团队也需要具备相应的技术背景，能够提供专业的指导和支持。为了确保膜生物反应器的正常运行，需要加强培训和技术支持，培养专业的操作人员和管理团队^[4]。

7 结束语

综上所述，膜生物反应技术在水处理和废水处理等领域具有广阔的应用前景，但也面临着膜污染和维护问题、能耗较高以及技术复杂性较高等挑战。通过不断的研究和创新，可以改进膜材料和工艺参数，提高膜的抗污染能力，降低能耗，并加强培训和技术支持，以推动膜生物反应技术的发展和應用。

参考文献

- [1]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.
- [2]张莘,杨海峰.膜生物反应技术在环境工程污水处理中的运用[J].化工设计通讯,2020,46(10):167-168.
- [3]孙瑞磊.膜生物反应技术在环境工程污水处理中的应用[J].中国资源综合利用,2020,38(02):189-190+196.
- [4]张腾飞.膜生物反应技术在环境工程污水处理中应用[J].化工管理,2019,(03):147-148.