

城市污水处理厂尾水深度处理中新型膜材料的应用与优化

陈熙彤

青岛汇君环境能源工程有限公司 山东 青岛 266100

【摘要】：随着城市化进程的加速，污水处理技术在水资源保护和生态环境保护中扮演着重要角色。尾水深度处理是提高水质和回用水资源的关键。近年来，新型膜材料在污水尾水处理中的应用为这一领域提供了有效的技术支持。本文分析了新型膜材料的应用现状，探讨了其优缺点和优化途径。研究表明，新型膜材料能够显著提高处理效果，降低膜污染问题，同时增强膜系统的稳定性和经济性。最后，本文展望了膜材料的发展趋势，并提出了优化策略，为尾水深度处理提供技术支持。

【关键词】：新型膜材料；污水处理；尾水深度处理；膜污染；优化

DOI:10.12417/2811-0528.25.20.055

引言

城市污水处理是现代水资源管理的重要组成部分，随着城市化进程的加快，污水处理需求不断增加。传统的污水处理方法在尾水深度处理方面逐渐显现出局限性，特别是在回用和资源化利用方面，水质需要进一步优化。膜分离技术因其高效的物理分离特性，成为尾水深度处理的关键技术。新型膜材料的研发为这一技术带来了新的机遇和挑战。尽管膜技术广泛应用，但膜污染和膜使用寿命等问题仍是制约技术发展的瓶颈。本文旨在分析新型膜材料在尾水处理中的应用及优化途径，为污水处理技术的进一步发展提供理论支持。

1 新型膜材料概述

1.1 膜材料的分类

膜分离技术在污水处理中具有重要的应用，特别是在尾水深度处理方面。新型膜材料的研发逐渐成为热点。根据分离机制的不同，膜材料可以分为微滤膜、超滤膜、纳滤膜和反渗透膜四大类。不同类型的膜材料具有不同的过滤精度和应用场景。微滤膜主要用于较大颗粒物的去除，能够有效去除水中的悬浮物、泥沙等，而反渗透膜则能够有效去除水中的溶解盐类、微生物、有机物等，是目前污水深度处理中最为高效的膜类型，具有较好的脱盐能力和膜通量。纳滤膜则介于微滤膜和反渗透膜之间，能够去除较小分子的有害物质，如有机物和一些重金属离子，广泛应用于水的净化和脱盐过程中。随着膜材料技术的不断进步，各类膜材料的过滤精度和适用范围也逐渐向更高效、更精细的方向发展，为水处理行业提供了更多的选择。

1.2 新型膜材料的研发方向

新型膜材料的研究方向主要集中在提高膜的抗污染能力、增加膜的渗透性、降低膜的能耗以及延长膜的使用寿命等方面。近年来，针对传统膜材料存在的污染问题，研究者们通过对膜表面的改性、膜结构的优化、以及材料本身的创新，开发

出了具有更强抗污染性能和更高水通量的新型膜材料。例如，聚合物膜、陶瓷膜和混合基膜材料的研究进展，已经能够有效解决传统膜材料的部分问题，提升污水处理效果。聚合物膜材料因其较低的成本和较好的适用性被广泛应用，而陶瓷膜则具有较强的抗污染能力和较长的使用寿命，适合处理高浓度污染水。混合基膜则通过结合不同材料的优势，进一步提升了膜材料的性能，如增强了耐高温、抗腐蚀性、抗污染性等特点。除了材料本身的创新，膜表面改性技术也在不断进步，通过表面涂层、化学修饰等方法，进一步提升膜的抗污染能力和渗透性能，延长膜的使用寿命。

1.3 新型膜材料的应用前景

新型膜材料的应用前景广阔，特别是在城市污水处理厂尾水深度处理方面。随着膜材料的性能不断提高，其在水处理中的广泛应用不仅能够满足水质的要求，还能有效解决传统膜技术在实际应用中的问题。未来，随着膜材料的进一步优化和系统集成，膜分离技术将在污水处理领域发挥更加重要的作用。新型膜材料的高效性和稳定性使得它们在各种工业废水处理、海水淡化、饮用水净化等领域中具有广阔的应用空间。特别是在应对水资源紧缺和水质污染日益严重的背景下，膜材料的创新将为水资源的回收和再利用提供更多可能。同时，随着膜技术成本的逐渐降低，预计未来膜分离技术将能够在更大范围内推广应用，成为水处理领域的重要技术之一，推动水处理产业向更高效、节能、环保的方向发展。

2 污水处理厂尾水深度处理中的膜材料应用

2.1 超滤膜在尾水深度处理中的应用

超滤膜是一种典型的中空纤维膜，其主要功能是去除水中的悬浮物、细菌和大分子有机物。由于其膜孔径范围在0.1到0.001微米之间，超滤膜能够有效去除水中的大部分颗粒物和微生物，广泛应用于饮用水和污水处理过程中。在污水处理厂

尾水深度处理中，超滤膜凭借其较高的水通量和较低的能耗，成为一种关键技术。超滤膜不仅能够提高水质，还能够与其他膜技术如纳滤和反渗透结合使用，形成更为高效的水处理方案。近年来，随着新型膜材料的不断发展，超滤膜的性能得到了进一步提升，特别是在抗污染、耐压和抗结垢方面的改进，使得其能够在更加复杂的水质环境下稳定运行，能够有效去除尾水中的大部分有害物质，如细菌、病毒、胶体和有机物等。此外，超滤膜材料的优化也使得其在污水回用、工业废水处理等领域的应用得到了进一步拓展，满足了更加严格的水质标准和环保要求。

2.2 纳滤膜与反渗透膜的协同应用

纳滤膜和反渗透膜作为膜分离技术中的高效膜材料，具有更高的分离精度，能够有效去除水中的溶解物质和微污染物。纳滤膜具有较小的孔径，通常在1至10纳米之间，能够去除水中的溶解盐、微污染物和有机物，并且对水中的硬度、总溶解固体（TDS）等具有较好的去除效果。纳滤膜广泛应用于工业废水处理、污水回用、农业灌溉水处理等领域，尤其在处理低浓度溶解盐类和有机污染物时展现了较强的优势。而反渗透膜则具有更为细密的膜孔，能够去除水中的无机盐、有机物、微生物和病毒，是污水处理中的核心膜技术之一。反渗透膜通常用于高要求的水质回用领域，尤其是饮用水净化、海水淡化等项目。在污水处理厂尾水深度处理中，纳滤膜和反渗透膜的协同应用能够最大程度地提高水质，进一步去除尾水中的有害物质。两种膜的联合应用可以根据具体需求进行合理配置，确保回用水的质量符合标准，满足工业、农业及生活用水的要求。

2.3 新型膜材料的组合应用

为了进一步提升污水尾水处理的效果，许多研究者提出了新型膜材料的组合应用方案。通过将超滤膜、纳滤膜和反渗透膜等不同膜材料进行串联组合，可以充分发挥各类膜材料的优势，实现更高效的尾水深度处理。例如，超滤膜可作为预处理膜，去除水中的较大颗粒物和悬浮物，保护后续膜的性能；纳滤膜可去除水中的溶解盐、重金属和部分有机物，进一步提高水质；而反渗透膜则可以进行最后的深度过滤，去除溶解性物质和微生物，确保回用水的纯度。组合应用不仅能够提高处理效率，还能降低膜污染的风险，延长膜的使用寿命。此外，组合应用还可以减少膜材料的使用量，降低系统的能耗，从而提高经济性。通过合理设计膜系统的组合方案，可以实现不同膜技术之间的互补，提升膜系统的稳定性和综合效益，为尾水深度处理提供更加高效、经济和可持续的解决方案。

3 膜污染问题及其优化途径

3.1 膜污染的原因

膜污染是膜分离技术中最为关键的技术难题之一，主要表现为膜表面物质的积累和膜孔道的堵塞。污水中的有机物、无机物、细菌及微生物等都是膜污染的主要来源。尤其是悬浮物和生物污泥的沉积，会导致膜表面形成一层污垢膜，阻碍水流，导致膜通量的明显下降。高浓度有机物、脂肪酸、蛋白质等物质也容易在膜表面形成污垢层，进而降低膜的过滤效率和使用寿命。此外，某些污水中的金属离子和盐类物质在膜表面沉积时，也会导致膜孔道的堵塞，从而使膜的渗透性大幅下降。膜污染不仅增加了系统的运行成本，还会影响水处理的效果，导致膜的清洗频率增加，甚至需要更换膜材料。因此，如何有效控制膜污染是提升膜分离技术应用效率的关键。

3.2 新型膜材料的抗污染性能

新型膜材料通过改性和表面处理等技术手段，显著提高了膜的抗污染能力。例如，改性聚合物膜的表面通过引入亲水性或疏水性分子，可以在保持膜性能的同时，减少污染物的吸附，延长膜的使用寿命。聚合物膜表面具有更强的疏水性，能够有效减少有机污染物的附着，特别是在处理油水混合物时表现出色。为了增强膜的抗污染性，表面带电膜材料的研究也取得了显著进展，这些材料能够通过静电吸附作用减少水中的颗粒物对膜表面的污染。此外，膜表面还可以通过涂覆抗菌材料或纳米涂层，减少微生物和细菌的附着，从而降低生物膜的形成。表面改性技术的不断进步，使得新型膜材料在抗污染、抗污垢、耐腐蚀性方面得到了显著提升，具有更长的使用周期和更高的处理效率。这些新型膜材料的研发大大提升了膜分离技术在污水处理中的实际应用效果。

3.3 优化膜材料的途径

优化膜材料的途径主要集中在提高膜材料的表面性能、改善膜的结构设计和创新膜材料的组成等方面。首先，开发具有自清洁功能的膜材料是当前研究的热点之一。通过结合光催化技术和纳米材料，赋予膜表面自我清洁能力，从而减少污染物的附着，降低膜污染的风险。光催化膜能够利用紫外光或可见光激发表面涂层，分解附着的有机污染物，减少膜表面的污垢积累，从而提高膜的通量和使用寿命。其次，膜材料的孔径分布和膜厚度设计也是优化膜性能的重要途径。通过调整膜的孔径分布，可以实现更加均匀的分离效果，避免大颗粒物质的堵塞，并提升膜的通量。此外，合理设计膜材料的结构，改善膜的机械强度和化学稳定性，能够在高压和极端环境条件下保持膜的稳定性和高效性，进一步提高膜的使用寿命和经济性。最后，创新膜材料的组成，结合不同材料的优点，如聚合物和陶

瓷复合材料的结合,有助于提升膜的整体性能,克服单一材料的局限性。这些优化途径为膜技术的应用提供了更多可能,并在水处理、废水回用等领域发挥了重要作用。

4 实际案例分析

4.1 某城市污水处理厂尾水深度处理案例

某城市污水处理厂采用新型超滤膜与反渗透膜组合技术对尾水进行深度处理,结果表明,经过膜处理后的尾水水质符合回用标准,且膜系统的稳定性得到了有效保障。超滤膜在去除水中的悬浮物、细菌和大分子有机物方面起到了关键作用,而反渗透膜则进一步去除水中的溶解盐、微污染物及有机物,确保水质达到严格的回用标准。在膜材料的优化设计方面,污水处理厂通过引入具有自清洁功能的膜和表面改性膜,大大降低了膜污染的风险,提高了膜的通量和使用寿命。特别是在处理高浓度有机污染物和悬浮物较多的尾水时,膜系统依然能够保持高效运行。此外,系统集成和自动化监控的引入,使得膜系统的运行更加稳定,降低了人力成本,提高了经济性。通过该技术的应用,污水处理厂不仅提升了水质处理效果,还有效降低了运营成本,取得了显著的环保与经济效益,推动了城市污水回用领域的技术创新。

参考文献:

- [1] 杨涛.人工湿地深度处理城市污水厂尾水的应用[J].水上安全,2024,(19):77-79.
- [2] 殷其强.环境工程中污水处理技术的应用与发展[C]//冶金工业教育资源开发中心.2024 精益数字化创新大会平行专场会议——冶金工业专场会议论文集(中册).张家口晨乾电力工程有限公司,;2024:310-312.
- [3] 孙萌萌,田凯.城市生活污水处理中深度处理工艺的应用研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(17):144-146.
- [4] 何明燕,张世欣,唐晓旻.农村生活污水处理技术及其智慧化途径研究进展[J].水处理技术,2024,50(12):1-7.
- [5] 常杰,李贵芝,席英伟,等.城镇污水处理厂提标改造工作的思考与探索[J].中国沼气,2024,42(04):38-42.

4.2 膜技术在污水回用中的应用实例

在多个污水回用项目中,膜技术展现了优异的处理性能。例如,某工业园区通过膜分离技术实现了废水回用,不仅降低了用水成本,还有效减少了污染物排放。该园区采用超滤膜与反渗透膜组合技术,先通过超滤膜去除悬浮物、微生物和有机污染物,再通过反渗透膜去除溶解盐、重金属等有害物质,确保回用水符合各类用水标准。膜技术的高效分离性能为污水回用提供了坚实的技术支持,解决了水资源紧张问题。此外,膜系统的自动化控制和智能监测提高了处理效率与稳定性,能够实时优化水质。该技术应用不仅减少了外部水源依赖,降低了企业水务成本,还有效减轻了环境污染,展示了膜技术在水资源循环利用中的巨大潜力。

5 结语

新型膜材料的研究与应用,为城市污水处理厂尾水深度处理提供了有效的技术手段。通过不断优化膜材料的性能,特别是在抗污染性、渗透性和经济性方面的提升,膜技术在污水处理中的应用将进一步拓展。未来,随着膜技术的不断进步,污水处理厂将能够更加高效地处理尾水,推动水资源的循环利用和环境保护。