

膜法水处理技术在化工行业中的应用及对贸易发展的影响

李会慧（天津市蓝十字膜技术有限公司，天津 300450）

韩志男 王晓丽（自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所，天津 300192）

摘要：随着工业化步伐的加快，化工行业对水资源的需求不断增长，而伴随而来的废水排放也对环境构成了严峻挑战。膜法水处理技术作为一种先进的废水处理方法，凭借其高效的分离与净化能力，在化工废水处理及水资源回收利用中展现出了广阔的应用前景。本文致力于详细剖析膜法水处理技术的基础理论、于化工废水处理领域的运用实践，以及其展现出的优势与所面临的挑战。进一步分析其在促进化工经济贸易发展方面的作用，为化工行业的可持续发展提供有益参考。

关键词：膜法水处理技术；反渗透；超滤；化工经济；化工贸易

中图分类号：F407.7 文献标识码：A 文章编号：1674-5167（2025）016-0043-03

Application of Membrane Water Treatment Technology in the Chemical Industry and Its Impact on Trade Development

Li Huihui(Tianjin Blue Cross Membrane Technology Co., Ltd., Tianjin 300450, China)

Han Zhinan, Wang Xiaoli(Tianjin Institute of Seawater Desalination and Comprehensive Utilization, Ministry of Natural Resources, Tianjin 300192, China)

Abstract: With the acceleration of industrialization, the demand for water resources in the chemical industry has been increasing, while the resulting wastewater has caused severe environmental pollution. As an advanced wastewater treatment method, membrane water treatment technology has demonstrated broad application prospects in chemical wastewater treatment and water resource recycling due to its efficient separation and purification capabilities. This paper aims to explore the fundamental principles of membrane water treatment technology, its application in chemical wastewater treatment, as well as its advantages and challenges. Furthermore, it analyzes its role in promoting the development of chemical industry trade and economy, providing valuable insights for the sustainable development of the chemical industry.

Keywords: Membrane water treatment technology; Reverse osmosis; Ultrafiltration; Chemical economy; Chemical trade

膜法水处理技术作为一种高效的废水处理方法，在化工废水处理及水资源回收利用中展现出显著优势。该技术通过微滤、超滤、纳滤、反渗透和电渗析等不同类型的膜分离过程，有效去除废水中的污染物，同时实现资源的回收利用。膜法水处理技术不仅提高了水资源利用效率，降低了生产成本，还推动了化工行业技术创新和产业升级，促进了绿色化工发展和国际贸易竞争力的提升。

1 膜法水处理技术介绍

膜法水处理技术是一种利用半透膜的选择透过性，通过物理、化学或生物过程，实现水中污染物的分离、去除和浓缩的技术。膜技术具有操作简便、占地面积小、处理效率高、能耗低、无二次污染等优点，在化工废水处理中得到了广泛应用。

膜法水处理技术主要包括微滤、超滤、纳滤、反渗透、电渗析等几种类型。微滤主要用于去除水中的悬浮物、细菌等较大颗粒；超滤可去除水中的胶体、蛋白质等大分子物质；纳滤介于超滤和反渗透之间，

可去除水中的小分子有机物和部分无机盐；反渗透则能去除水中的几乎所有溶解性物质，包括无机盐、有机物、微生物等；电渗析则利用电场作用，通过离子交换膜实现水中离子的分离和去除。

2 膜法水处理技术在化工废水处理中的应用

膜法水处理技术，包括微滤、超滤、纳滤、反渗透和电渗析，凭借各自独特优势在化工废水处理中展现出色效果（如表1）。这些技术高效去除废水中的杂质、提升水质、实现资源化利用、及企业可持续发展提供了有力支持。

2.1 微滤技术

微滤膜技术，依据构成膜的材料差异，大致划分为无机膜与有机高分子膜两类。该技术利用精密的分子膜对废水进行过滤处理，能够有效拦截化工废水中的病菌、有害物质及微小杂质，进而大幅度减轻废水对自然环境及人体健康的潜在威胁。微滤膜技术以其高孔隙率、卓越的过滤效果以及操作简便等诸多优点，在化工废水的预处理和深度处理阶段均得到了广泛的

表 1: 膜法水处理技术在化工废水处理中应用

技术名称	技术描述	主要特点	应用领域与效果
微滤技术	根据成膜材料分为无机膜和有机高分子膜, 通过精细分子膜过滤废水	高孔隙率、卓越过滤效果、操作简便	石油化工废水预处理和深度处理, 去除悬浮物、油类、有机物等杂质
超滤技术	以 0.1~0.5MPa 压力差为推动力, 利用多孔膜拦截和物理截留机制分离物质颗粒	处理效率高、占地面积小、操作简便、易于自动化控制	染料废水处理, 去除色素、胶体等大分子物质, 提升废水透明度和降低色度
纳滤技术	介于超滤与反渗透之间的膜分离技术, 节流分子量 80~1000 道尔顿, 孔径几纳米	高精度过滤、低能耗、维护简便	制药废水处理, 提升废水可生化性, 为后续生物处理创造有利条件, 提高整体废水处理效率和质量
反渗透技术	基于压力差驱动, 通过施加高于渗透压的压力分离溶剂和溶液	卓越处理效率、优异出水水质、相对较低能耗	海水淡化和化工废水处理, 高效去除盐分、矿物质和溶解性有机物、无机盐等杂质, 实现深度净化与资源化利用
电渗析技术	利用半透膜选择透过性原理, 通过施加电场力分离不同溶质颗粒	操作简便、处理效率高、能耗相对较低	重金属废水和放射性废水处理, 高效去除重金属离子和放射性元素, 降低对环境和人体的潜在危害

应用。例如, 在石油化工行业中, 微滤膜技术常被用于去除废水中的悬浮物、油类、有机物等杂质, 显著提升废水的水质, 为后续处理工艺奠定良好基础。

2.2 超滤技术

超滤膜技术是膜分离技术的关键分支, 它依赖 0.1 至 0.5MPa 的压力差异作为驱动力量, 通过多孔膜具备的特殊筛选功能及其物理阻隔原理, 实现对废水中不同尺寸颗粒物质的有效区分与隔离, 以此完成废水的纯化与浓缩过程, 以及溶液中不同成分的精细分离。超滤膜技术凭借其处理效率高、因其占地面积小、操作流程简便且便于实现自动化管理等诸多优势, 超滤膜技术在化工废水处理领域内获得了广泛的认可并被大量采用。例如, 在染料废水处理过程中, 超滤膜技术能够高效地去除废水中的色素、胶体等大分子物质, 显著提升废水的透明度和降低色度, 为废水的后续处理和达标排放提供有力支持。

2.3 纳滤技术

纳滤膜技术是一种高级的膜分离技术, 位于超滤与反渗透技术之间, 它能够截留分子量大约在 80 至 1000 道尔顿之间的物质。孔径尺寸更是精细到仅有几纳米。纳滤膜不仅能够有效地截留废水中的小分子有机物、无机盐等杂质, 还能在保证处理效果的同时, 实现较低的能耗和简便的维护操作。例如, 在制药废水处理过程中, 纳滤膜技术凭借其精确的分离能力, 能够显著提升废水的可生化性, 为后续的生物处理工艺创造更加有利的条件。同时, 纳滤技术的应用还显著提高了整体废水处理的效率和质量。

2.4 反渗透技术

反渗透, 又被称为逆渗透, 是一种基于压力差驱动的高效膜分离技术。其核心原理在于, 通过施加高于渗透压的压力, 迫使溶剂(如水)从溶液中分离出来, 从而实现溶液的浓缩和纯化。反渗透技术凭借其卓越的处理效率、优异的出水水质以及相对较低的能耗等

一系列优点, 在化工废水处理及水资源回收利用领域展现出了广阔的应用前景。在海水淡化领域, 反渗透技术通过精确调控压力差, 成功实现了从海水中高效去除盐分和矿物质, 从而生产出高质量的淡水资源, 有效缓解了水资源短缺的问题。而在化工废水处理方面, 反渗透技术具备高效去除废水中溶解性有机物及无机盐等杂质的能力, 从而实现废水的深度净化并促进资源的再利用。

2.5 电渗析技术

电渗析技术巧妙地利用了半透膜的选择透过性原理, 并通过施加电场力来精确分离不同溶质颗粒。这一技术不仅操作简便、处理效率高, 而且相较于其他废水处理方法, 其能耗相对较低。①在重金属废水处理方面, 电渗析技术通过精确调控电场强度和处理时间, 该技术能够高效地将废水中的重金属离子(如铜、铅、锌、镉等)分离出来, 大大降低了废水对环境和人体的潜在危害。②在放射性废水处理领域, 电渗析技术能够有效地去除废水中的放射性元素, 如铀、钚、铯等, 确保废水在排放前达到严格的安全标准。

3 膜法水处理技术在水资源回收利用中的应用

3.1 提高水资源利用率

通过膜法水处理技术, 化工企业能够对生产过程中的废水以及废水处理后的尾水进行深度处理。这种技术能够高效地去除废水中的污染物和杂质, 如悬浮物、胶体、细菌、病毒、有机物以及无机盐等, 使其水质达到回用的标准。这样, 原本被视为废弃物的废水得以重新利用, 大大减少了新鲜水的消耗, 不仅降低了生产成本, 还显著提高了水资源的利用率。

3.2 保障生产安全

在化工生产过程中, 水质的稳定性直接关系到生产的安全性和产品的品质。膜法水处理技术通过其精确的分离和净化能力, 能够去除水中的有害物质和杂质, 确保生产用水的安全性和稳定性。此外, 该技术

还能够对生产过程中的废水进行实时监测和处理，及时发现并解决水质问题，从而避免生产过程中的潜在风险，确保生产过程的顺利进行。

3.3 促进可持续发展

膜法水处理技术在水资源回收利用中的应用，不仅有助于降低化工企业的生产成本和提高经济效益，更重要的是，它减少了废水排放和对环境的污染。通过减少废水的排放，膜法水处理技术有助于降低化工企业对环境的负面影响，推动化工行业的绿色发展。

4 膜法水处理技术在化工领域中的优势与挑战

4.1 优势

①处理效率高：膜法水处理技术凭借其高效的分离与净化能力，能够在极短的时间内去除废水中的大量污染物，显著提升废水的水质。这种高效的处理效率不仅有助于满足严格的环保标准，还能为化工企业节省宝贵的时间资源，提高生产效率。②占地面积小：膜法水处理技术设备设计紧凑，占地面积相对较小。这一特点使其在化工贸易中空间有限的场所具有极大的应用潜力，能够灵活适应各种复杂的现场环境，降低对土地资源的占用。③能耗低：相较于传统的废水处理方法，膜法水处理技术在能耗方面具有明显优势。其高效的分离机制减少了不必要的能源消耗，有助于降低化工贸易的运营成本，提高整体经济效益。④无二次污染：膜法水处理技术在处理过程中不产生额外的污染物，避免了二次污染的问题。

4.2 挑战

尽管膜法水处理技术在工业化中具有诸多优势，但仍面临一些挑战：①膜污染与堵塞：膜法水处理技术在处理化工废水时，由于废水中含有复杂的污染物和微生物，膜组件容易受到污染和堵塞。这不仅会影响处理效率，还会缩短膜的使用寿命，增加更换和清洗的频率及成本。②膜材料的选择与成本：膜材料的选择对膜法水处理技术的处理效果和经济性具有重要影响。高性能膜材料虽然能够提供优异的分离性能，但其成本相对较高，增加了化工贸易的运营成本。如何在保证处理效果的同时降低成本，成为膜法水处理技术在实际应用中需要解决的关键问题。③操作与维护：膜法水处理技术的操作和维护需要具备一定的专业知识和经验。化工贸易的操作人员需要接受专业培训，掌握正确的操作方法和维护技巧，以确保设备的稳定运行和高效处理。

5 膜法水处理技术促进化工经济贸易发展

5.1 提升产品质量

在许多贸易领域，如食品加工、制药和化工等，产品质量是至关重要的。膜法水处理技术能够高效去

除废水中的杂质、微生物和有害物质，从而确保生产用水的纯净度和安全性。这有助于提升最终产品的质量，满足国内外客户的严格要求。

5.2 促进绿色贸易

随着全球对环境保护意识的增强，绿色贸易已成为国际贸易的重要趋势。膜法水处理技术作为一种环保型水处理技术，能够减少废水排放，降低环境污染，符合国际贸易中的环保标准和要求。这有助于企业在国际贸易中树立良好的环保形象，提升竞争力。

5.3 满足国际贸易环保标准

许多国家和地区对进口产品的环保标准有严格要求。膜法水处理技术能够帮助企业确保生产用水和废水处理符合这些标准，从而避免贸易壁垒和纠纷。例如，在食品出口领域，膜法水处理技术可以确保生产用水符合进口国的食品安全标准。

5.4 优化水资源管理

在贸易活动中，水资源管理是一个关键环节。膜法水处理技术能够实现水资源的循环利用和高效管理，降低企业的水资源消耗和成本。这有助于提升企业的运营效率和经济效益，增强其在国际贸易中的竞争力。

5.5 支持可持续发展

膜法水处理技术符合可持续发展的理念，通过减少水资源浪费和环境污染，支持企业的长期可持续发展。这有助于企业在国际贸易中建立稳定的合作关系，实现共赢发展。

6 结语

膜法水处理技术作为一种高效、环保、节能的废水处理方法，在化工贸易中得到了广泛应用。通过综述膜法水处理技术的基本原理、分类及其在化工废水处理中的具体应用，本文探讨了膜技术的优势与挑战，并提出了相应的改进建议。未来，随着膜材料的不断研发和创新，膜法水处理技术将在化工贸易中发挥更大的作用，为化工贸易的可持续发展提供有力的技术支持。

参考文献：

- [1] 周张花. 城市生活污水深度处理中膜法水处理技术的应用 [J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (19): 98-100.
- [2] 黄彬, 杨婷. 生活污水深度处理中膜法水处理技术探讨 [J]. 城市建设理论研究(电子版), 2022, (24): 55-57.
- [3] 李文君. 生活污水深度处理中膜法水处理技术探讨 [J]. 中文科技期刊数据库(全文版)自然科学, 2022(5): 3-3.
- [4] 李先元. 膜法水处理技术应用于生活污水深度处理 [J]. 山西化工, 2017, 37(6): 3.
- [5] 张雨萌. 生活污水深度处理中膜法水处理技术的应用分析 [J]. 北方环境, 2020, (12): 79-80.