

不断提升,全国碳排放权交易市场体系架构详见图1。环保税在控制污染物排放方面同样发挥震慑作用,截至2023年底,全国共有近23万家企业进行了环保税申报,税额合计约205亿元。绿色金融逐渐成为支持工业转型的重要手段,各类商业银行积极推出绿色信贷产品,2022年至2023年期间,全国绿色信贷余额增加40%,其中相当比例投向重点

高耗能领域的节能项目。监管层面,大部分地区开展定期与不定期的执法检查,对不达标企业采取限批、停产整顿等强制措施。数据显示,在过去两年内因排放超标而受到行政处罚的工业企业数量减少了18%,这在某种程度上说明企业整体守法意识增强^[4]。

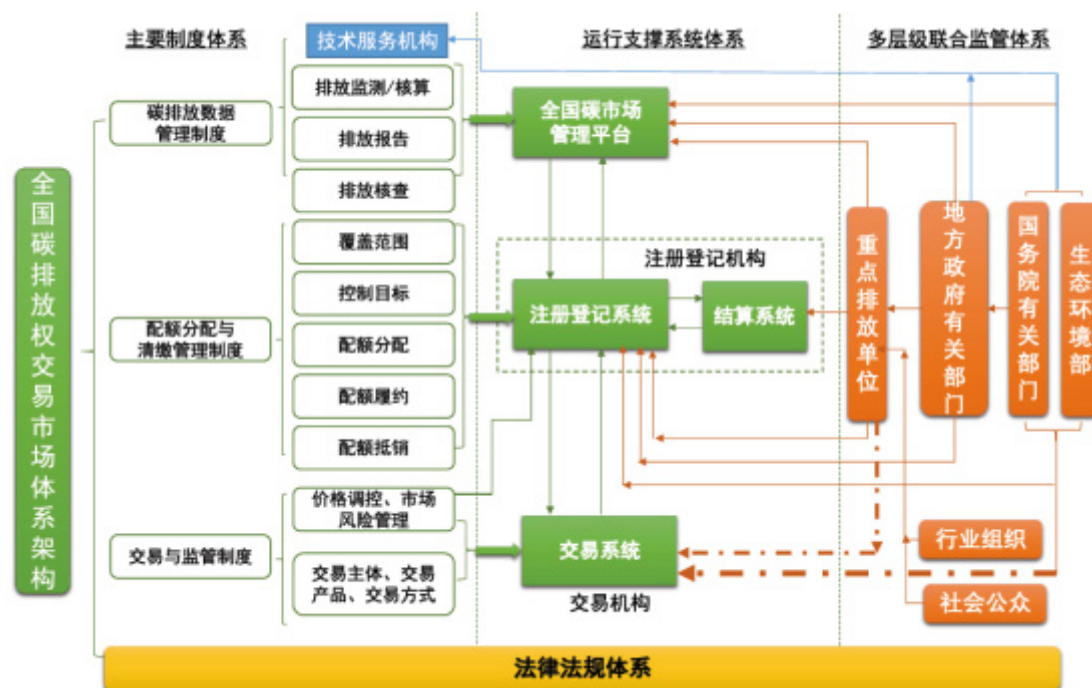


图1 全国碳排放权交易市场体系架构

5.3 区域协同与国际合作的潜在机遇

工业低碳转型在不同区域的发展水平不尽相同,区域协同与国际合作将创造更多机遇。在国内层面,沿海经济发达地区的企业普遍具备较好的资金与技术储备,减排步伐较快,而中西部地区在产业基础、基础设施和投资能力方面相对不足,需要通过跨区域资源调配与技术分享来共同推进双碳目标的达成。过去两年,已有11个省份建立区域减排协作平台,对排放量大且发展潜力高的重点产业实施联合治理,推动清洁能源跨省调配。此类协同实践的数字显示,参加协作平台的企业排放强度比未参加者平均降低约10%,说明互补性资源配置能够有效促进减排成果。在国际层面,不少发达国家在工业低碳化上拥有较为成熟的经验,发展我国在逐步推进工业化的过程中也在面临同样的减排挑战。全球碳排放量在2023年估算约为374亿吨,其中工业部门占比超过30%,通过多维度协同努力,可在全球层面逐步实现工业生态环境的大幅改观,为可持续发展注入新的活力^[5]。

6 结语

双碳政策为工业生态环境的优化带来了明确方向,在

产业结构、生产过程和资源循环等方面推动深刻变革。一系列数字化监测手段和政策工具的组合运用,使得工业部门的碳排放和各类污染物总量出现显著下降。尽管资金、技术和区域发展不平衡等难题依然存在,整体趋势向好的态势愈发清晰。要全面达成双碳目标并实现工业生态环境的可持续提升,需要在技术研发、制度建设、市场激励和国际合作层面持续发力,形成多方参与与协调的长效机制,从而为绿色转型提供更牢固的支撑。

参考文献

- [1] 邱泽珩,孙茗菡.新型电解技术在化工减排中的应用与性能评估[J].化学工程学报,2023,41(7):105-112.
- [2] 李衡溪,彭子骏.区域工业协同减排路径与可再生能源利用效率研究[J].我国环境科学,2022,42(5):54-61.
- [3] 戚云珊,任泽溟.碳排放权交易与绿色金融政策协同效应分析[J].环境与发展,2024,35(4):66-72.
- [4] 文峻霖,郁莹芝.工业固体废弃物循环再利用的生态经济影响研究[J].资源与环境学报,2023,38(6):77-85.
- [5] 仲文程,方稚怡.制造业低碳技术推广障碍及政策优化探析[J].产业经济研究,2024,56(3):91-100.

Application and development of Membrane technology in water treatment

Chaojun Wu

Kunming Kejingyuan Environmental Protection Technology Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650000, China

Abstract

Membrane technology, as an efficient separation technology, has been widely used and rapidly developed in the field of water treatment in recent years. This paper systematically discusses the application status of membrane technology in water treatment, the latest progress of membrane materials, the optimization of membrane technology and the future development trend of membrane technology. By analyzing the basic principle of membrane separation, the performance characteristics of different types of membrane materials, and the application effect of membrane process in actual water treatment, this paper aims to provide theoretical support and practical guidance for the further application of membrane technology in water treatment. Through comprehensive analysis, this paper provides a comprehensive theoretical basis and practical reference for the application and development of membrane technology in water treatment.

Keywords

membrane technology; water treatment; membrane material; membrane process; application development

膜技术在水处理中的应用与发展

吴超君

昆明科净源环保科技有限公司, 中国 · 云南 昆明 650000

摘 要

膜技术作为一种高效的分离技术,近年来在水处理领域得到了广泛应用和快速发展。本文系统地探讨了膜技术在水处理中的应用现状、膜材料的最新进展、膜工艺的优化以及膜技术未来的发展趋势。通过分析膜分离的基本原理、不同类型膜材料的性能特点,以及膜工艺在实际水处理中的应用效果,本文旨在为膜技术在水处理中的进一步应用提供理论支持和实践指导。通过综合分析,本文为膜技术在水处理中的应用与发展提供了全面的理论依据和实践参考。

关键词

膜技术; 水处理; 膜材料; 膜工艺; 应用发展

1 引言

水资源的短缺和水污染问题日益严峻,促使各类水处理技术不断发展和创新。膜技术作为一种高效、节能、环保的分离技术,因其在水处理中的显著优势而备受关注。膜分离过程具有高选择性、高效率、操作简便等特点,能够有效去除水中的悬浮物、溶解性污染物及微生物,广泛应用于饮用水处理、废水处理、海水淡化等领域。随着膜材料科学和工程技术的进步,膜技术在水处理中的应用范围和效果不断拓展和提升。然而,膜技术在实际应用中仍面临膜污染、膜寿命短、成本较高等挑战。为此,研究和开发新型膜材料、优化膜工艺、提高膜系统的整体性能成为当前膜技术发展的

重要方向。本文将从膜技术的应用现状、膜材料的最新进展、膜工艺的优化以及膜技术的未来发展趋势四个方面进行详细探讨,旨在为膜技术在水处理中的进一步应用提供理论支持和实践指导。

2 膜技术在饮用水处理中的应用

2.1 反渗透技术在饮用水净化中的应用

反渗透 (Reverse Osmosis, RO) 作为膜技术的重要分支,广泛应用于饮用水的净化和海水淡化。反渗透膜通过高压将含盐水推过半透膜,实现水中溶解性盐类和有机污染物的有效去除。近年来,随着膜材料的不断改进,反渗透技术的水通量和盐拒率得到了显著提升。例如,纳米复合材料膜的应用使得膜的抗污染性能和机械强度大幅提高。此外,反渗透系统的能耗逐渐降低,经济性不断增强,进一步推动了其在饮用水处理中的广泛应用。

【作者简介】吴超君 (1988-), 女, 中国湖北石首人, 本科, 工程师, 从事市政及工业园区污水处理、河湖生态治理, 超极限脱氮除磷研究。

2.2 纳滤技术在水质改善中的应用

纳滤(Nanofiltration,NF)作为介于反渗透和超滤之间的膜分离技术,具有较高的截留率和较低的能耗,适用于水质的进一步改善。纳滤膜能够有效去除水中的有机物、重金属离子和某些微生物,广泛应用于饮用水的预处理和后处理。相比反渗透,纳滤技术具有更低的操作压力和更高的通量,适用于对水质要求较高但盐度不高的水源。随着纳滤膜材料的不断优化和生产工艺的提升,纳滤技术在水质改善中的应用效果更加显著,尤其是在中低盐度水源的处理和高质量饮用水的供应方面具有重要意义。

2.3 超滤技术在悬浮物去除中的应用

超滤(Ultrafiltration,UF)技术以其优异的悬浮物和大分子有机物去除能力,在饮用水处理过程中扮演着重要角色。超滤膜的孔径通常在1-100纳米之间,能够有效截留细菌、病毒、胶体颗粒和有机污染物,确保出水的高质量和安全性。近年来,超滤技术在市政供水系统中的应用日益普及,尤其是在预处理环节,作为反渗透和纳滤等深度处理工艺的前置步骤,大大减轻了后续工艺的负荷。此外,超滤技术还广泛应用于水厂的在线监测和控制系统,通过实时监测膜的运行状态,实现膜系统的智能化管理。

3 膜材料的创新与发展

3.1 聚合物膜材料的改性技术

聚合物膜材料是膜技术应用的核心,其性能直接影响膜分离过程的效率和稳定性。近年来,聚合物膜材料的改性技术取得了显著进展,通过引入纳米填料、表面改性和交联等方法,有效提升了膜的亲水性、机械强度和抗污染能力。例如,纳米二氧化钛和氧化锌等无机纳米颗粒的掺杂,不仅增强了聚合物膜的抗紫外线性能,还提高了膜的整体稳定性和耐化学性。此外,表面改性技术如等离子体处理和化学改性,能够显著改善膜的表面性质,减少污染物的吸附和积累,延长膜的使用寿命。交联技术通过化学键的形成,提高了聚合物膜的结构紧密度和耐压性能,适用于高压反渗透和纳滤工艺。聚合物膜材料的改性技术为膜分离过程提供了更为优质和多样化的材料选择,推动了膜技术在水处理中的广泛应用和持续发展。

3.2 无机膜材料的应用与优势

无机膜材料因其优异的耐化学性和热稳定性,在高要求的水处理应用中展现出独特优势。常见的无机膜材料包括陶瓷膜、金属膜和碳基膜等。陶瓷膜以其高机械强度和抗腐蚀能力,适用于高温、高压和强酸强碱环境下的水处理工艺。金属膜则因其高导电性和耐久性,在电渗析和电催化水处理技术中得到广泛应用。碳基膜材料,如活性炭膜和石墨烯膜,凭借其高比表面积和优异的吸附性能,能够高效去除水中的有机污染物和重金属离子。无机膜材料的应用不仅提升了膜系统的整体性能,还延长了膜的使用寿命,降低了维护成本。

随着材料科学和纳米技术的不断进步,无机膜材料的制备工艺和性能将进一步优化,为膜技术在高端水处理领域的应用提供更加坚实的基础【1】。

3.3 复合膜材料的多功能化设计

复合膜材料通过将不同功能的材料结合在一起,实现了膜的多功能化设计,显著提升了膜的分离性能和应用广度。复合膜通常由支撑层和活性层组成,支撑层提供机械强度和稳定性,活性层则负责分离功能。近年来,纳米材料的引入使得复合膜具有更高的选择性和通量。例如,纳米银和纳米铜的掺杂不仅增强了膜的抗菌性能,还提高了膜的抗污染能力。此外,功能性聚合物的应用,如含有羧基或氨基的聚合物,能够增强膜的亲水性和反应性,适应不同水处理需求。复合膜材料的多功能化设计不仅扩展了膜技术的应用范围,还提高了膜系统的整体效能,推动了膜技术在复杂水质处理中的应用进程。未来,随着复合膜材料设计理念的不断创新,复合膜将在高效、智能化水处理系统中发挥更加重要的作用。

4 膜工艺的优化与应用

4.1 膜系统的能效优化

膜系统的能效是衡量其经济性和可持续性的关键指标。通过优化膜工艺参数,如操作压力、流速和温度,可以显著提高膜系统的能效。例如,降低操作压力不仅减少了能耗,还延长了膜的使用寿命。此外,采用低能耗的脉冲反洗和气浮技术,可以有效减少膜污染,提高膜的通量和清洁效率。膜系统的能效优化还涉及到整个系统的集成设计,如结合能源回收装置和智能控制系统,实现能源的高效利用和系统的智能化管理。近年来,膜系统的能效优化取得了显著进展,通过先进的工艺设计和节能技术的应用,膜系统的能耗得到了有效控制,进一步提升了其在水处理中的经济性和竞争力【2】。

4.2 膜污染控制与清洗技术

膜污染是膜分离过程中常见的问题,直接影响膜的通量和使用寿命。有效的膜污染控制和清洗技术是确保膜系统长期稳定运行的关键。膜污染主要包括有机污染、无机污染和生物污染等,不同类型的污染需要采用不同的控制策略。例如,有机污染可通过优化进水水质和采用化学清洗剂进行去除;无机污染则需要通过调节进水pH值和使用螯合剂来防止结垢;生物污染则需采用抗菌膜材料和定期的生物清洗工艺。近年来,物理清洗技术如超声波清洗和气泡清洗逐渐应用于膜污染控制,进一步提高了清洗效率和减少了化学清洗剂的使用量。此外,膜系统的在线监测和智能控制技术的发展,使得膜污染的早期检测和自动化清洗成为可能,显著提升了膜系统的整体性能和运行效率。

4.3 膜过程的集成与协同应用

膜过程的集成与协同应用是提升水处理效率和拓展膜技术应用范围的重要途径。通过将膜技术与其他水处理工艺