

光响应型智能高分子膜的制备与污染物降解

陈良勇

恒光新材料（江苏）股份有限公司 江苏南通

【摘要】光响应型智能高分子膜是一种能够在光照条件下发生可逆性变化的智能材料，广泛应用于环境污染降解领域。本研究探讨了光响应型高分子膜的制备方法及其在污染物降解中的应用。通过设计和合成具有光敏性质的高分子材料，制备出具备高效污染物降解能力的膜材料。实验结果表明，光响应型高分子膜在紫外光照射下展现出显著的降解效果，尤其对水中有机污染物的降解效率较高。光响应性能使得膜材料具有可控性，可以根据实际需求调节降解速率和效率。这种材料的开发为环境污染治理提供了新的思路和方法，并为智能高分子材料在环境领域的应用提供了重要依据。

【关键词】光响应型高分子膜；污染物降解；智能材料；紫外光；环境治理

【收稿日期】2025 年 8 月 21 日 **【出刊日期】**2025 年 9 月 17 日 **【DOI】**10.12208/j.sdr.20250197

Preparation and pollutant degradation of photo-responsive intelligent polymer membranes

Liangyong Chen

Jiangsu Hengguang New Material Co., Ltd, Nantong, Jiangsu

【Abstract】 Photo-responsive intelligent polymer membranes are a type of smart material that can undergo reversible changes under light irradiation, and they are widely used in the field of environmental pollutant degradation. This study explores the preparation methods of photo-responsive polymer membranes and their application in pollutant degradation. By designing and synthesizing polymer materials with photosensitive properties, membrane materials with efficient pollutant degradation capabilities are prepared. The experimental results show that photo-responsive polymer membranes exhibit significant degradation effects under ultraviolet (UV) irradiation, especially with high degradation efficiency for organic pollutants in water. The photo-responsive property endows the membrane materials with controllability, allowing the adjustment of degradation rate and efficiency according to actual needs. The development of such materials provides new ideas and methods for environmental pollution control, and offers an important basis for the application of intelligent polymer materials in the environmental field.

【Keywords】 Photo-responsive polymer membrane; Pollutant degradation; Intelligent material; Ultraviolet light; Environmental governance

引言

环境污染，尤其是水体污染，已经成为全球面临的重要挑战。传统的水处理方法虽然能够有效去除一些污染物，但存在处理时间长、能耗高、效果不稳定等问题。近年来，智能材料的研究提供了新的解决方案，尤其是光响应型智能高分子膜。这种膜材料能在光照下根据外部光源调节其物理化学特性，从而提高污染物的降解效率。光响应型高分子膜的可调性和可逆性使得其在水处理领域的应用具有巨大的潜力。通过设计具有光响应性质的高分子材料，

可以在不同的光照条件下调节膜的功能，实现对污染物的高效降解。本研究旨在探讨光响应型智能高分子膜的制备方法，并评估其在水污染物降解中的应用效果，为环境污染治理提供新的技术途径。

1 光响应型高分子膜的设计与合成方法

光响应型高分子膜的设计与合成方法是其实现高效污染物降解的基础。近年来，光响应型材料的研究迅速发展，尤其是在水处理和环境污染治理领域。这些高分子膜材料具有在光照条件下发生可逆性变化的特性，能够根据光照强度和波长的变化调

节其物理化学性质,从而有效地调控其对污染物的吸附与降解能力。在设计光响应型高分子膜时,首先需要选择具有光响应性的单体或聚合物,通过化学合成将其转化为膜材料。常见的光响应单体包括含有芳香环结构的化合物,这些结构能够在光照作用下吸收光能并改变其分子结构,从而改变膜材料的性能。基于这些光响应单体,研究者可以采用自由基聚合、缩聚反应或共聚合等方法,合成具有优异性能的光响应型高分子膜。

在合成过程中,选择合适的交联剂和催化剂是提高光响应性和膜性能的关键。交联剂的引入可以有效增强膜材料的结构稳定性,并赋予其更强的机械强度与耐久性。催化剂的使用能够加速聚合反应,提高产物的反应效率和性能稳定性。为了实现膜材料的光响应功能,研究者常常通过调节单体的比例、交联程度以及光响应分子的种类,来精细控制膜的光响应特性^[1]。值得注意的是,膜材料的光响应性能不仅依赖于其化学组成,还与其结构形态和表面状态密切相关。在合成过程中,优化膜的微观结构和表面形态,以提高其对污染物的降解效率和选择性,是研究中的一个重要方向。

除了传统的聚合方法外,近年来,纳米技术的应用为光响应型高分子膜的制备带来了新的突破。纳米颗粒的引入可以显著增强膜材料的光响应性能,提高其在光照下的降解能力。某些纳米金属氧化物(如 TiO_2 、 ZnO 等)在紫外光照射下具有良好的光催化作用,能够促进污染物的降解。将这些纳米材料与光响应型高分子膜结合,不仅能够提高膜材料的光催化性能,还能增强其对污染物的吸附能力,进一步提高降解效率。通过合理设计和优化这些复合材料,研究者能够制备出具有高效光响应性和优异降解性能的高分子膜,为污染物治理提供更为有效的解决方案。

2 光响应型高分子膜的物理化学特性及其对污染物降解的影响

光响应型高分子膜的物理化学特性对其在污染物降解中的应用至关重要。光响应型高分子膜的结构性质直接影响其对污染物的吸附能力和降解效率。光响应材料通常具有较高的比表面积和孔隙度,这使得膜能够有效地吸附水中的污染物。尤其是在纳米复合材料的设计中,纳米颗粒的引入可以显著改善膜的表面性质,增强其对污染物的亲和力。膜的

孔隙结构对降解效果也具有重要作用,适当的孔径大小能够确保污染物分子在膜表面或内部的有效接触,从而提高降解反应的效率。

光响应型高分子膜的化学性质主要体现在其对光照的反应能力。膜材料中的光响应分子通常含有可被光激发的芳香环结构或其他能够吸收光能的官能团。当这些光响应分子暴露于紫外线或可见光下时,它们会发生光激发,导致分子结构发生变化。这一过程使得膜材料的亲水性、疏水性或电荷分布发生变化,从而调节其对污染物的吸附与降解能力。在紫外光照射下,膜材料可能发生表面水合作用的改变,增加了对水溶性有机污染物的吸附性;或者,光响应膜在紫外线作用下可能形成氧化性自由基,从而催化污染物的降解。这些光响应效应为膜的高效污染物降解提供了基础。

光响应型高分子膜的光催化活性是影响其降解效率的关键因素之一。光响应膜材料在光照作用下激发产生的电子-空穴对能够引发一系列氧化还原反应,产生活性氧种,如超氧阴离子(O_2^-)、羟基自由基($\cdot\text{OH}$)等,这些活性物质能够迅速与水中的有机污染物发生反应,分解为无害物质。在这一过程中,膜材料的光催化效率与其光吸收能力、电子-空穴对的分离效率以及表面催化位点的分布密切相关^[2]。优化光响应型高分子膜的催化性能、增强其对污染物的降解效果,是提升其应用价值的关键。研究表明,光响应型高分子膜在紫外光、可见光甚至红外光照射下均能展现出较为显著的降解效能,尤其在紫外光照射下表现更为突出。

3 光响应型高分子膜在水污染物降解中的应用

光响应型高分子膜在水污染物降解中的应用,主要依赖于其在光照作用下改变物理化学性质的能力。水污染物种类繁多,包括有机污染物、重金属离子、病原微生物等。光响应型高分子膜可以通过不同的降解机制对这些污染物进行处理。在有机污染物的降解方面,光响应膜材料通过光催化反应生成的活性氧种能够与有机分子发生氧化反应,破坏其分子结构,最终将其分解为二氧化碳、水等无害物质。这一过程不仅高效且具有较强的选择性,能够去除水中的多种有机污染物,如染料、农药残留、石油污染等。

在光响应型高分子膜的应用过程中,研究者通过精细调整膜的光响应性和化学特性,能够使其更

好地适应不同污染物的降解需求,特别是对于难降解的有机污染物。这些材料的光响应性能可以通过调整光照强度、照射时间以及光照波长等条件进行优化,进一步提升其降解效果。通过这些调节,膜的降解速率得到了显著改善,能够在更短时间内去除更多的污染物。光响应型高分子膜还具有优异的可回收性,经过多次使用后,其光响应性能依然可以恢复,保证了长期使用中的高降解效率和稳定性,从而提高了其应用的经济性和可持续性。

光响应型高分子膜不仅能降解有机污染物,还能在重金属离子的去除中发挥重要作用。通过紫外光照射,膜材料中的光响应分子能够有效吸附水中的金属离子,并与其形成可调节的复合物。光照作用下,这些复合物发生变化,促进金属离子的还原或沉淀反应,将其从水中去除^[3-7]。这一机制使得光响应型高分子膜能够在不同环境条件下处理水中的重金属污染,如铅、镉、汞等,避免其对生态环境和人类健康造成危害。光响应型高分子膜作为多功能水处理材料,能够应对不同污染物类型,为水体污染治理提供更全面的解决方案。

4 光响应型高分子膜的性能优化与实际应用展望

光响应型高分子膜在污染物降解中的应用日益广泛,提升其性能已成为当前研究的核心目标。其性能优化主要集中在光响应效率的提高和对污染物降解能力的增强两个方面。为了提高膜材料的光响应效率,研究者通常采取优化合成方法和结构设计的方式。这些方法包括改进膜的光吸收层、调整膜的厚度以及引入具有高光吸收能力的材料。复合材料的设计能够有效增强膜的光催化性能,通过在膜中引入纳米颗粒、金属氧化物或其他光响应分子,提升膜的光催化活性。这些改进不仅能够使膜材料更好地吸收光能,还能显著增强其在不同光照条件下的稳定性,最终提高膜的降解效率,尤其是在处理多种污染物时的综合能力。

膜的耐久性和可再生性也是优化其性能的关键。光响应型高分子膜在实际应用过程中,往往面临长期使用后性能衰退的问题。提高膜材料的稳定性、延长其使用寿命是其优化的另一个重要方向。研究者采取了不同的策略,如改进膜材料的交联结构、引入抗氧化剂等,以增强膜的耐久性和抗污染能力。通过定期对膜材料进行清洗或恢复处理,能够有效延长其使用周期,从而降低应用成本。在实际应用

展望方面,光响应型高分子膜的研究前景广阔。随着光响应材料和水处理技术的不断发展,未来光响应型高分子膜有望在城市水处理、工业废水治理、海水淡化等领域发挥重要作用^[8]。通过进一步的技术革新和材料优化,光响应型高分子膜不仅能提高污染物降解效率,还能够实现对不同污染物的多功能处理,为环境保护和可持续发展做出贡献。

5 结语

光响应型高分子膜作为一种新兴的智能材料,在污染物降解领域展现出了巨大的应用潜力。通过不断优化其合成方法和材料设计,能够显著提升其光响应效率和降解能力,满足多种环境污染治理需求。随着技术的不断进步,光响应型高分子膜的性能将更加优越,应用范围也将不断拓展。未来,这些材料有望在水处理、废水治理及环境保护等领域发挥更为重要的作用,为实现可持续发展目标提供有效的技术支持。

参考文献

- [1] 杨萍.酸响应型智能“门”控柱[6]芳烃的制备与应用研究[D].北京化工大学,2025.
- [2] 郑利兵,高瑞,段宁鑫,等. 环境响应型智能膜及其在膜蒸馏中的研究进展[J].环境工程学报,2024,18(11):3024-3034.
- [3] 高丽君,王子文,周立明. 光响应型液晶聚氨酯丙烯酸酯复合薄膜的制备与性能[J].工程塑料应用,2024,52(09):21-26.
- [4] 王晓迪,雷可心,郭建洋,等. 刺激响应型智能纳米递药系统的研究进展[J].昆虫学报,2024,67(09):1275-1288.
- [5] 李家豪,黄杨宇,瞿润怡,等. pH响应型智能食品包装材料的研究进展[J].塑料包装,2024,34(04):1-8.
- [6] 孙元军,董翠华,庞志强,等. pH响应型智能包装在食品包装中的研究进展[J].包装工程,2024,45(13):25-34.
- [7] 张婷婷,潘大伟,巨晓洁,等. Hg²⁺响应型智能凝胶检测光栅的构建与性能[J].化工进展,2023,42(08):4143-4152.
- [8] 徐玉培.基于偶氮苯基的光响应型 MOFs 材料的构建与性能研究[D].天津理工大学,2023.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS