

---

# 中国科学院宁波材料技术与工程研究所——新型疏松聚酯膜实现高效染料脱盐 MDPI Membranes

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/40453.html>

*本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！*

中国科学院宁波材料技术与工程研究所——新型疏松聚酯膜实现高效染料脱盐 MDPI Membranes。论文标题：Loose Polyester Nanofiltration Membrane Designed with Hydroxyl-Ammonium for Efficient Dye/Salt Separation

论文链接：<https://doi.org/10.3390/membranes15020059>

期刊名：Membranes

期刊主页：<https://www.mdpi.com/journal/membranes>

## 文章概述

来自中国科学院宁波材料技术与工程研究所刘富研究员团队在Membranes期刊发表了文章，介绍了一种基于羟基-铵双季铵二乙醇胺（MDET）分子设计的新型疏松聚酯纳滤膜，应用于染料合成工业中的高效染料/盐分离。该研究利用MDET的独特分子结构构建了具有松散交联网络的纳滤膜，实现了对染料分子的高截留和一价/二价盐离子的高透过，展现出优异的选择性。此外，该膜还具备超过100小时的长期运行稳定性、优异的抗污染性和耐氯性，为染料脱盐过程的结构导向设计和实际应用提供了新见解。

## 研究背景

合成染料应用广泛，其生产中的脱盐环节至关重要——无机盐作为助剂添加后浓度可达30%，严重制约高纯度染料的分离纯化。传统蒸发和萃取技术能耗高效率低，而膜分离技术因低能耗、无污染等优势成为理想替代方案。纳滤膜凭借纳米级孔径和荷电特性可实现分子/离子的高效分离，但传统膜致密的分离层限制了离子快速透过，理想的染料脱盐膜需同时具备高染料截留和高盐透过能力。构建疏松纳滤膜、增加分离层自由体积是有效策略，但现有制备方法如表面改性、层层自组装等，工艺复杂且对二价盐渗透性不佳，合理设计新型单体可解决上述问题。与聚酰胺膜相比，聚酯膜使用反应活性相对较低的羟基单体，易于形成疏松结构。同时因聚酯键具有更高的亲水性和耐氯性，保证了抗污性以及化学清洗过程中的结构稳定性。基于此，本研究通过分子设计开发了新型疏松聚酯纳滤膜，实现连续稳定的染料分子/盐分离过程，为染料脱盐提供了新思路。

## 研究过程与结果

研究团队使用二溴对二甲苯与N-甲基二乙醇胺两种单体通过季铵化反应合成羟基-铵双季铵二乙醇胺 (MDET) 单体。通过核磁进行结构分析,  $^1\text{H}$  NMR谱中峰位置7.68 ppm (4H, Ar-H), 4.71 ppm (4H, ArCH<sub>2</sub>), 4.09 ppm (8H, N+CH<sub>2</sub>), 3.61 ppm (8H, CH<sub>2</sub>OH), 3.10 ppm (6H, N+CH<sub>3</sub>)以及2:2:4:4:3峰面积之比表明MDET的成功合成。进一步通过原位界面聚合方法, 调控MDET浓度 (1-2.5 wt%) 完成MDET-TMC TFC膜 (M1-M<sub>4</sub>) 的构筑 (图1)。

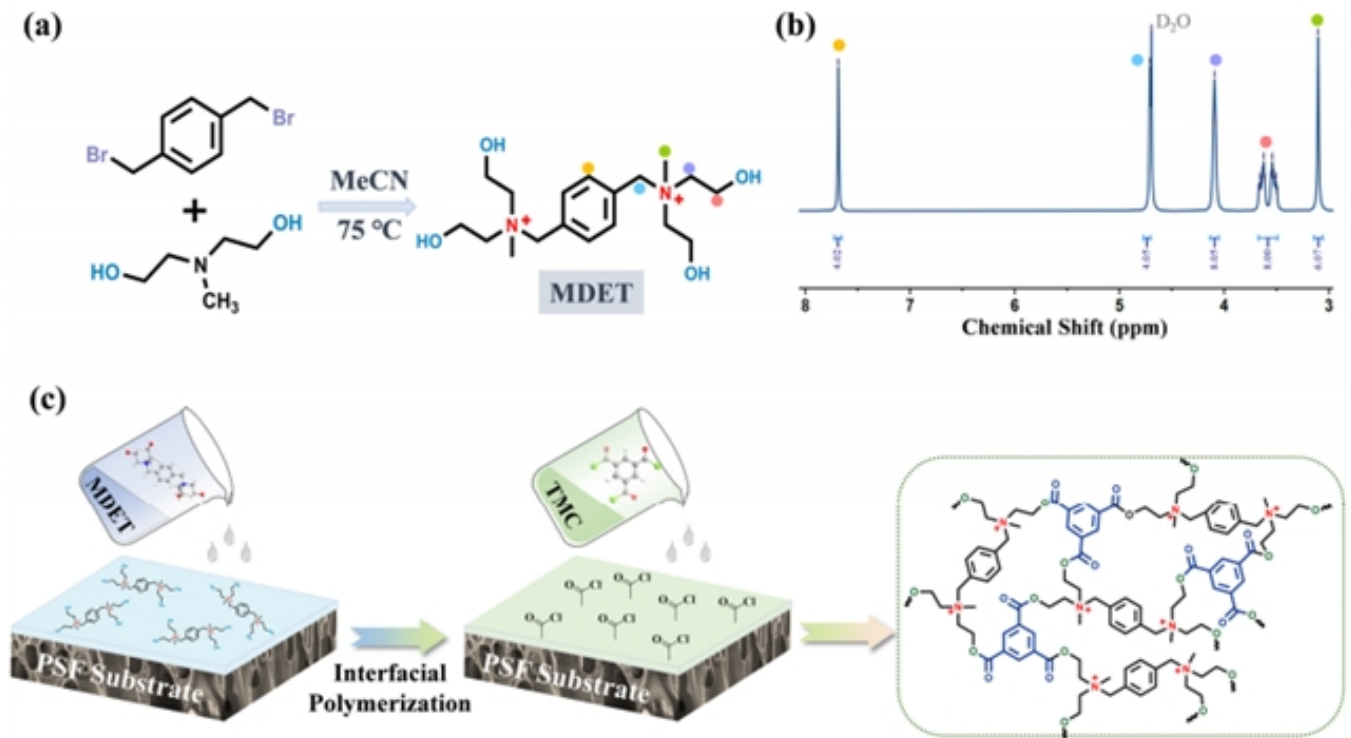


图1. MDET单体合成以及膜的制备。

研究人员系统探究了单体MDET浓度对疏松聚酯纳滤膜分离层形成的关键作用, 确定了用于染料脱盐的高选择性MDET-TMC薄层复合膜的最优制备条件, 并进一步评估了MDET-TMC疏松纳滤膜在实际染料脱盐中的应用性能 (图2)。在伊文思蓝/氯化钠混合溶液的连续分离测试中, 该膜对染料的截留率高达99.9%以上, 而对盐的截留率低于20%, 且在7小时内保持稳定。同时, 膜通量随操作压力升高呈线性增长, 在1000至5000 ppm的宽盐浓度范围内, 对硫酸钠的截留率均低于30%。上述结果表明, 该膜在不同工况下均能实现高效的染料/盐选择性分离。

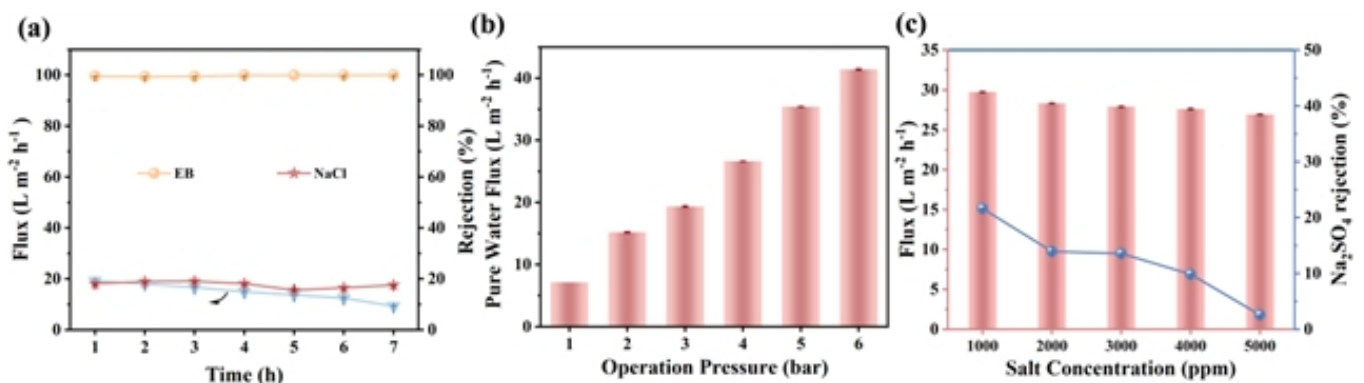


图2. MDET-TMC膜的分离性能。

进一步系统评估了MDET-TMC疏松纳滤膜的长期运行稳定性、抗污染性能（图3）与耐氯性能（图4）。在100小时连续运行中，膜对硫酸钠的截留率始终低于30%，水通量仅略有下降；经多次循环过滤后，通量恢复率高达96.4%，展现出优异的抗有机污染能力。此外，在含氯溶液中浸泡100小时后，膜的酯键结构、表面形貌及脱盐性能均保持稳定，表明其具有良好的抗氧化性。

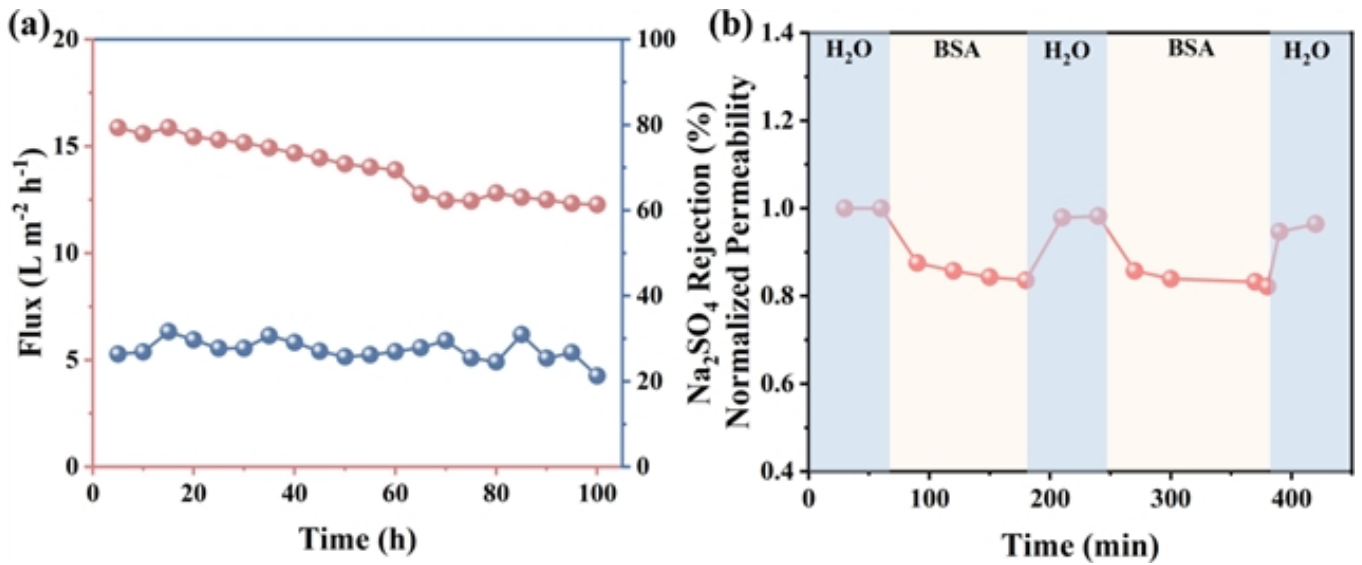


图3. MDET-TMC膜的连续运行稳定性与抗污染性。

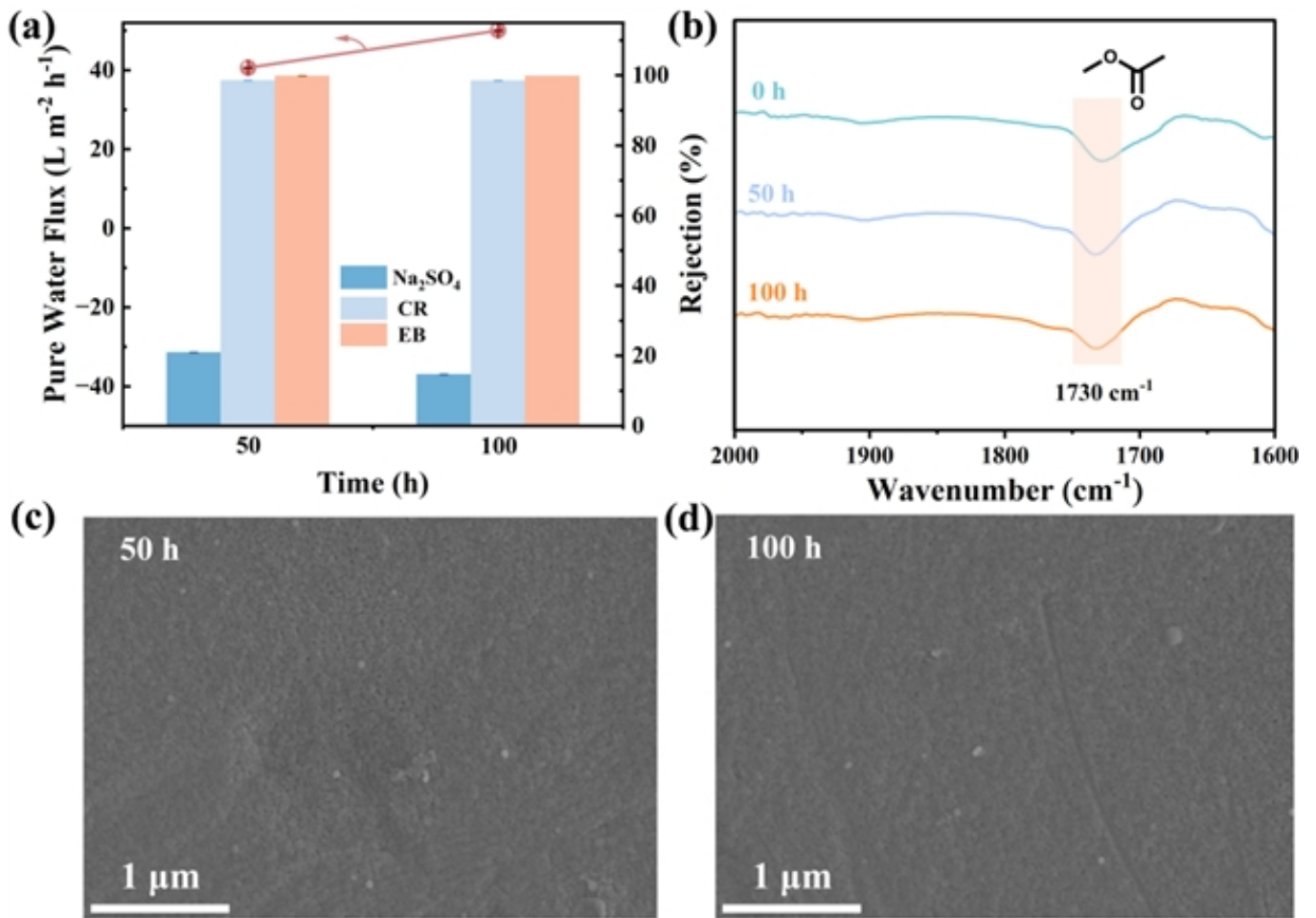


图4. MDET-TMC膜的耐氯性测试。

## 研究总结

在本研究中，研究人员基于分子设计构筑了新型羟基-铵双季铵单体MDET，并通过界面聚合法制备聚酯纳滤膜。该膜具有疏松的结构和对一/二价离子的选择性透过特性，其中最优膜展现出优异的分离效率（EB/ $NaCl$ 分离因子达825，且7小时运行中保持稳定）、高水通量（ $38 L \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$ ）以及较低的盐截留率（ $Na_2SO_4$ 为28.97%， $MgSO_4$ 为21.68%， $NaCl$ 为8.33%， $MgCl_2$ 为11.24%）。此外，该膜在100小时运行中对二价盐溶液始终表现出低的截留性，兼具良好的抗污染性能（通量恢复率达96.4%）和高耐氯性。该工作为染料脱盐过程中染料与一/二价离子的分离调控提供了新的见解。

## Membranes期刊介绍

主编：Prof. Dr. Spas D. Kolev

期刊主题涵盖非生物膜和生物膜科学及技术，包括膜动力学、膜的制备和表征及其在化工、环境、能源、医学和食品工业中的应用等方向，也包括膜化学、物理、工程和生物学等研究领域。

2025 Impact Factor：4.2

---

2025 CiteScore : 9.4

Time to First Decision : 15.3 Days

Acceptance to Publication : 3.3 Days

来源 : Membranes

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发