

研究报告

CO₂ 等离子体改性 Pebax/PDMS/PSf 复合膜的制备及 CO₂/N₂ 分离性能

王玉杰, 杨芳芳, 李楠, 刘轶群*

(中石化(北京)化工研究院有限公司, 北京 100013)

摘要: 针对 CO₂ 分离膜涂覆过程中界面相容性差、易分层和表面缺陷等问题, 采用 CO₂ 等离子体改性聚二甲基硅氧烷/聚砜(PDMS/PSf)膜表面, 之后浸涂聚醚嵌段聚酰胺(Pebax-1657)溶液制备薄层复合(TFC)膜。优化了 CO₂ 等离子体处理功率、处理时间、Pebax 溶液浓度及浸涂时间等条件, 通过扫描电子显微镜(SEM)、接触角、原子力纳米红外(AFM-Nano-IR)、X 射线光电子能谱(XPS)等表征手段, 系统研究了制膜条件对膜结构与分离性能的影响。结果表明, CO₂ 等离子体改性后, PDMS 膜表面粗糙度增加, 接触角降低(115.3°降至 55.6°)。AFM-Nano-IR 和 XPS 表征证实, PDMS 与 Pebax 分离层间界面处化学键合增强, 显著提升了界面相容性。优化条件下制得的 TFC 膜 CO₂ 渗透率为 598~624 GPU, CO₂/N₂ 理想选择性达 44~56。CO₂ 等离子体改性结合浸涂法制备 Pebax/PDMS/PSf 高性能薄层复合膜的工艺简便且易于放大, 在 CO₂/N₂ 气体分离中展现出良好的应用潜力。

关键词: CO₂ 等离子体改性; 浸涂法; CO₂ 分离膜; PDMS; Pebax

中图分类号: TQ028.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-8924(2026)03-0001-12

doi: 10.16159/j.cnki.issn1007-8924.2026.03.001

当前全球变暖已成为公众普遍关注的环境问题。为应对这一挑战, 中国提出“双碳”目标, 旨在通过系统性变革推动低碳转型^[1]。在这一背景下, 开发高效、低成本的 CO₂ 捕获技术显得尤为迫切。膜分离技术因其能耗低、操作简便等优势, 被视为具有潜力的碳捕集方案。具有刚性聚酰胺(PA)链段和柔软聚醚(PEO)链段组合结构的聚醚嵌段聚酰胺(PEBA, 商品名为 Pebax)因 PEO 链段的乙氧基(EO)单元与 CO₂ 分子发生四极矩相互作用, 显著

强化溶解选择性, 展现出优异的 CO₂ 选择性, 使其成为理想的 CO₂ 分离膜材料^[2-4]。在薄层复合膜(TFC)制备中, 中间层对膜性能起关键作用: 既要防止分离层溶液渗入多孔支撑层, 又要提供均匀的涂覆界面^[5-6]。聚二甲基硅氧烷(PDMS)因其高渗透性常被用作中间层材料, 但其疏水性{[-Si(CH₃)₂-O-]_n 结构}与亲水性的 Pebax 分离层存在界面相容性差的问题^[7-9]。这引出了本研究的核心科学问题: 如何通过表面改性构建兼具高亲水性和稳定

收稿日期: 2026-01-09; 修改稿收到日期: 2026-03-31

基金项目: 新材料重大专项项目资助(2026ZD0621900); 企业项目“二氧化碳分离膜研发”(322003)

第一作者简介: 王玉杰(1980-), 女, 河北保定人, 高级工程师, 博士, 研究方向为气体分离膜材料、分离膜制备与应用。*

通讯作者, E-mail: liuyq.bjhy@sinopec.com

引用本文: 王玉杰, 杨芳芳, 李楠, 等. CO₂ 等离子体改性 Pebax/PDMS/PSf 复合膜的制备及 CO₂/N₂ 分离性能[J]. 膜科学与技术, 2026, 46(3): 1-12.

Citation: Wang Y J, Yang F F, Li N, et al. Preparation and performance of CO₂ plasma-modified Pebax/PDMS/PSf thin-film composite membrane for CO₂/N₂ separation[J]. Membrane Science and Technology(Chinese), 2026, 46(3): 1-12.