

---

# 宁波材料所在Janus微孔正渗透膜领域取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/4018.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！**

宁波材料所在Janus微孔正渗透膜领域取得进展。正渗透作为一种渗透压驱动膜分离技术，具有低能耗、低污染等优势，被广泛应用于海水淡化、水处理、压力阻尼渗透发电以及可控药物释放等领域。正渗透技术的核心在于正渗透膜以及汲取液的设计与合成。理想的正渗透膜应该具备高渗透性、高选择性、高的耐污染能力以及低的结构因子来降低浓差极化能力。

目前，正渗透膜材料主要有不对称醋酸纤维素膜和聚酰胺超薄复合膜(TFC)，聚酰胺超薄复合膜主要由多孔支撑层(如无纺布+聚砜超滤膜)和界面聚合形成的聚酰胺致密层组成。其传质机理主要有溶解扩散、优先吸附-毛细孔流以及氢键理论等。为了提高渗透通量和选择性，前人在界面聚合超薄复合膜的制备过程中，采用了多种纳米材料进行结构调控，如氧化石墨烯、碳纳米管、水通道蛋白、金属有机框架材料，但是基于上述传质理论的不对称致密膜在正渗透过程中，仍然存在浓差极化和膜污染问题，导致其渗透通量和盐截留率低。因此如何通过新型膜材料的设计，并提出新的渗透传质机制，是国际上正渗透领域面临的挑战。

中国科学院宁波材料技术与工程研究所研究员刘富团队提出一种不对称浸润性Janus微孔膜用于正渗透过程，水通量可达到 $274.2\text{Lm}^{-2}\text{h}^{-1}$ ，反向盐通量为 $1.65\text{gm}^{-2}\text{h}^{-1}$ ，水通量 $J_w$ 及水盐比通量 $J_w/J_s$ 远高于目前界面聚合制备的聚酰胺TFC膜。通过在超亲水醋酸纤维素膜表面利用静电纺丝构筑疏水聚偏氟乙烯纳米纤维层，制备的不对称浸润性Janus微孔膜(CA/PVDF)，在渗透传质过程中表现出二极管流体特性，其聚偏氟乙烯纳米纤维疏水侧的空气层能够有效抑制汲取液中盐溶质的反向扩散，提高选择性，而其另一侧的醋酸纤维素亲水膜可通过导流减少表面流体对超疏水膜的剪切冲击，起到保护空气层的作用，此外还具有抗污染和支撑作用。疏水纳米纤维层的厚度( $1.7\sim 9.1\mu\text{m}$ )可通过静电纺丝的时间来进行可控调节。在渗透压的作用下，原料液侧的水分子的运动为从Janus膜的亲水侧到疏水侧的定向运动，而汲取液中的盐离子被疏水侧的空气层有效阻隔，Janus膜的朝向相反时，原料液中的水分子的运动受到限制，运动规律类似于流体二极管。疏水膜的厚度对于渗透通量和反向盐通量的影响至关重要，降低厚度，提高汲取液中盐的浓度，渗透通量和反向盐通量都相应提高。当Janus膜的疏水空气层被浸润破坏后(如运行2小时)，水通量急剧下降，反向盐通量急剧上升。进一步将膜进行简单干燥后，水通量和反向盐通量完全恢复，具有多次循环稳定性。前期研究发现上述传质过程存在蒸发冷凝以及对流扩散。上述工作发表于Environmental Science & Technology Letters, 2019,6,79-85，并得到澳大利亚麦考瑞大学博士Shuaifei Zhao(共同通讯作者)和澳大利亚新南威尔士大学教授Chuyang Y. Tang的合作支持。

进一步，刘富团队通过相转化法制备了超亲水PVDF微孔膜，并利用其微纳结构固定负载超疏水氟化二氧化硅纳米粒子，制备了Janus膜(PVDF/F-SiO<sub>2</sub>)，用于正渗透过程，其不对称浸润结构可以有效降低浓差极化，实现水分子的单向传质，以及对盐离子的反向抑制。不同于上述的蒸发冷凝机制，由于纳米级亲水通道是贯穿于膜中，但由于表面浸润性差异，具有单向传递特性，其渗

透系数可达到 $2.2\text{Lm}^{-2}\text{h}^{-1}\text{bar}^{-1}$ ，比盐通量为 $0.007\text{gL}^{-1}$ 。上述工作发表于Journal of Materials Chemistry A, 2019,7,632-638。

上述工作揭示了Janus微孔膜用于正渗透的新型传质过程及传质机理，其优异的渗透性能表明Janus微孔膜在海水淡化、水处理及压力阻尼渗透发电领域具有应用前景。

上述工作得到国家自然科学基金面上项目(51673209)、国家自然科学基金委与香港研究资助局联合项目(5161101025、N\_HKU706/16)以及宁波市科技局2014B81004、2017C110034的支持。

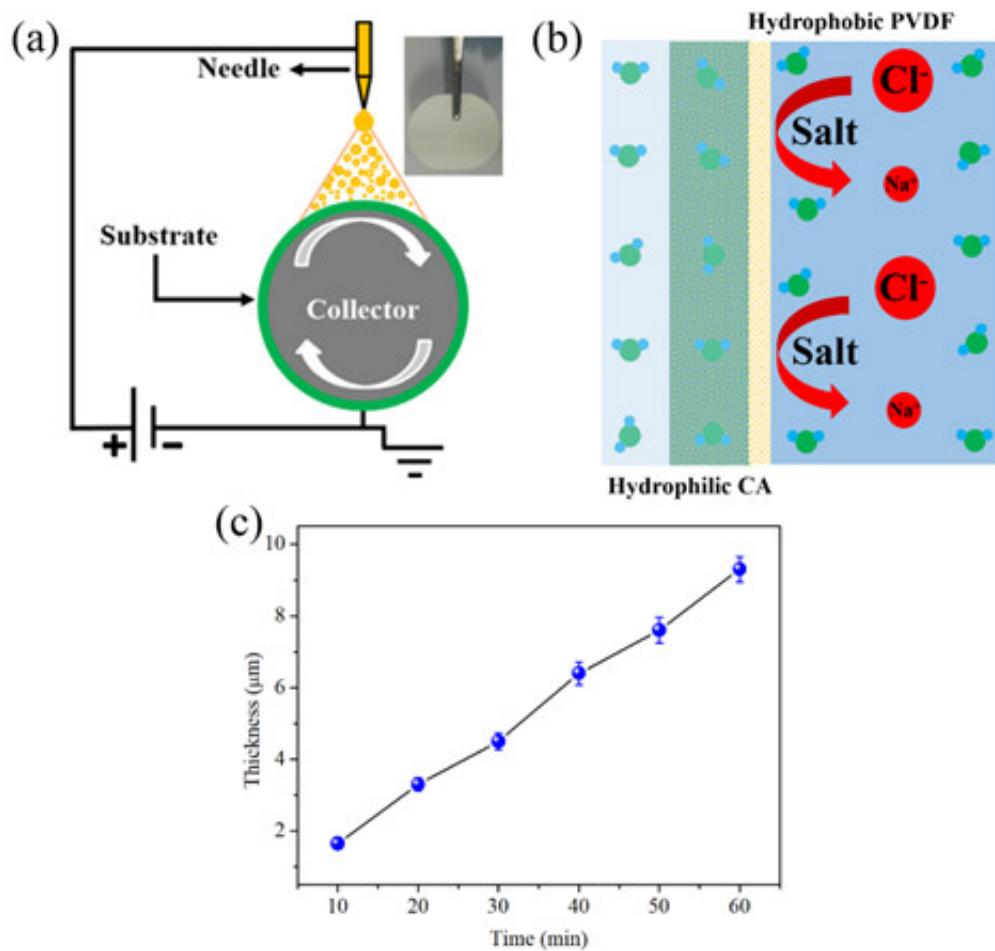


图1 静电纺丝制备Janus微孔膜(CA/PVDF)及其正渗透过程

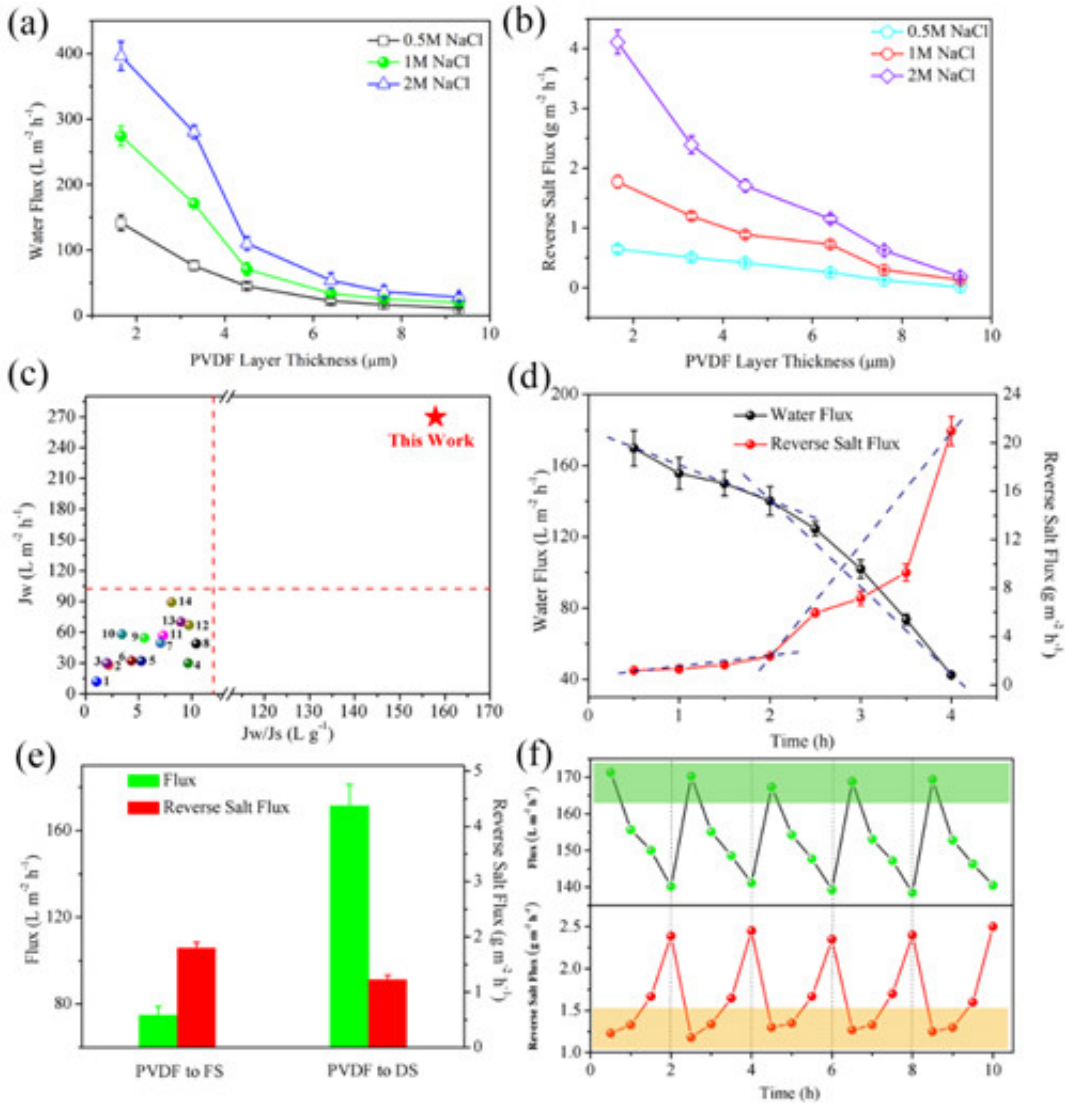


图2 Janus微孔膜(CA/PVDF)正渗透性能: a) 疏水层厚度对水通量影响, b) 疏水层厚度对反向盐通量影响, c) 水通量 $J_w$ 及水比盐通量远高于目前TFC膜, d)水通量及反向盐通量随运行时间变化规律, e) Janus微孔膜朝向性能对比, f)Janus微孔膜水通量及反向盐通量的循环稳定性。

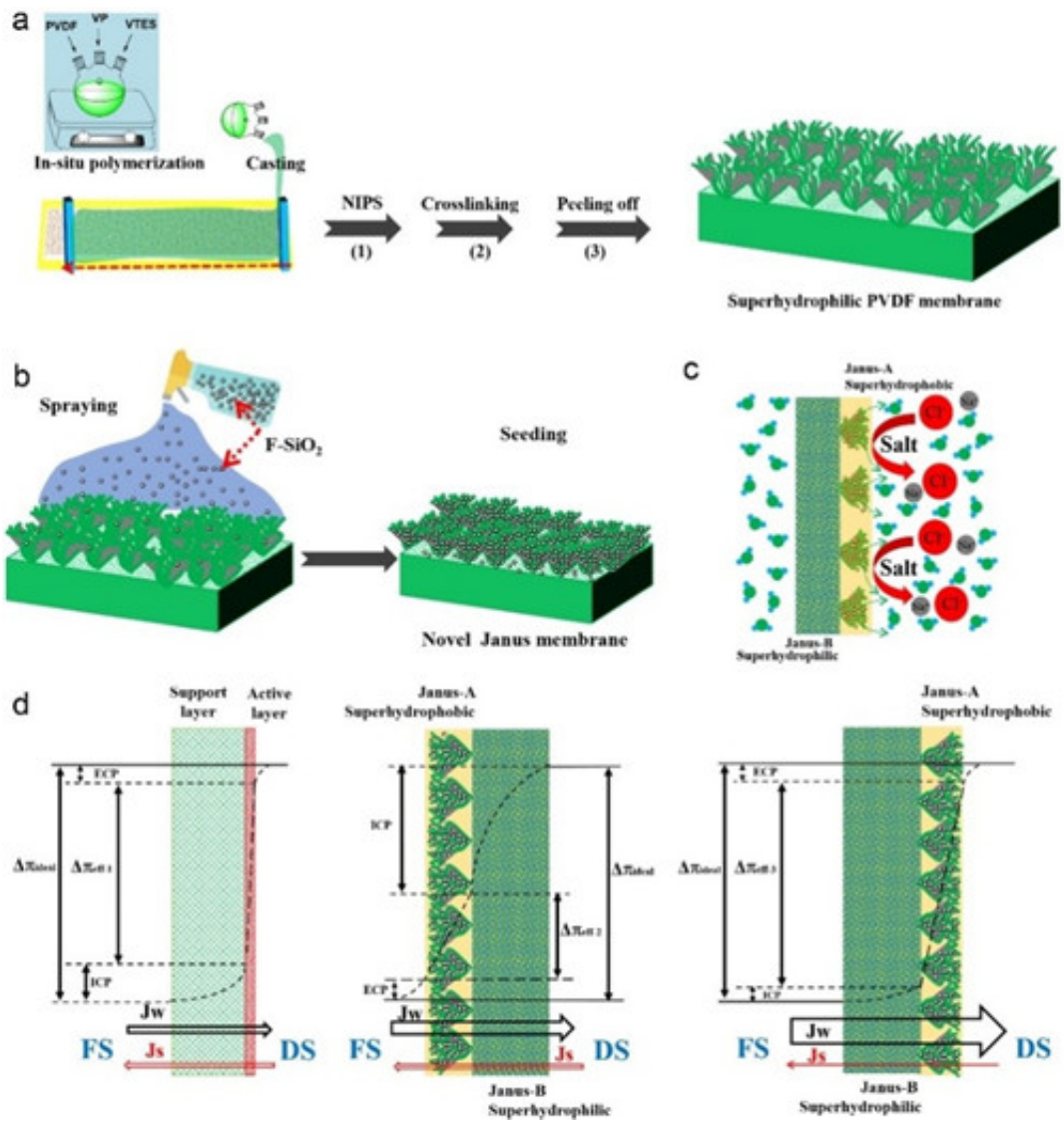


图3 相转化制备Janus微孔膜(PVDF/F-SiO<sub>2</sub>)及其正渗透过程

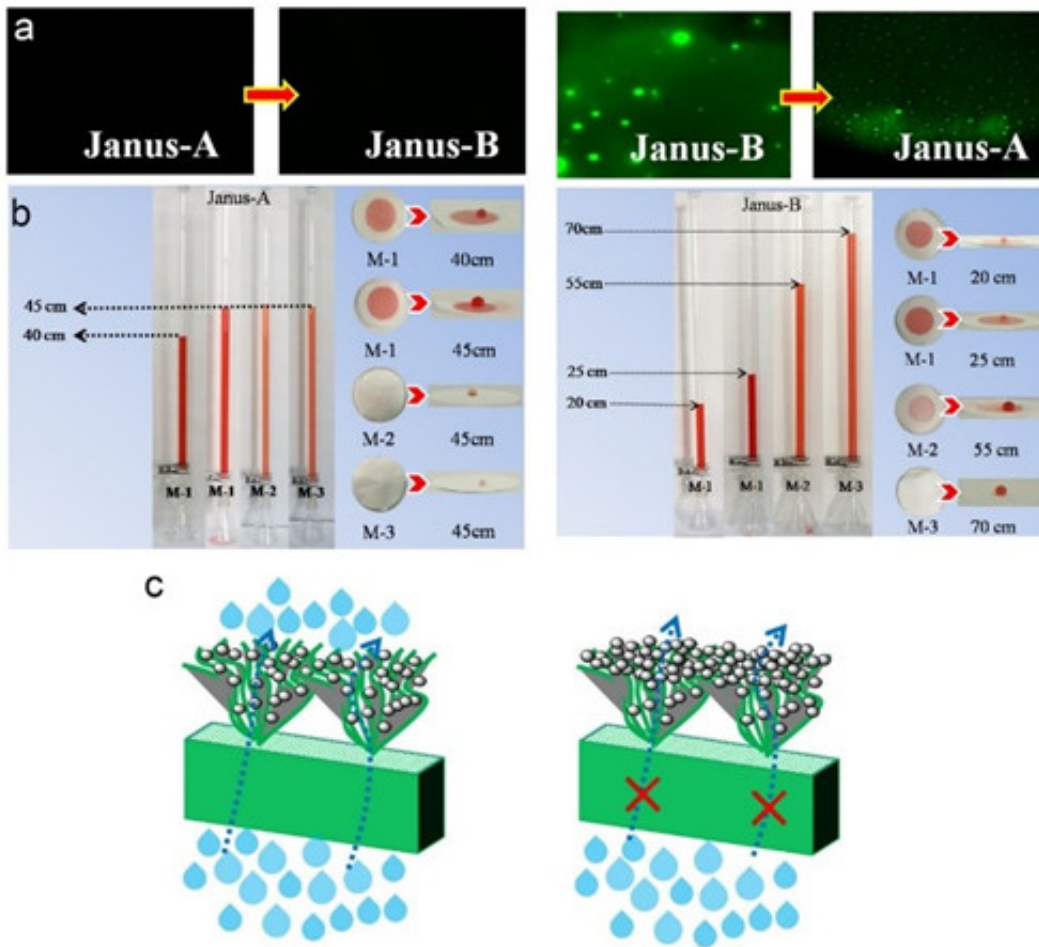


图4 Janus微孔膜(PVDF/F-SiO<sub>2</sub>)的单向传递性能

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

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