
上海高研院等在超疏水表面滑移现象与耐结垢、耐污染关联研究中获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/12524.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！

绿水青山就是金山银山，近年来，国家愈加重视生态环境保护，出台了一系列政策，支持污水处理行业发展。污水回用工艺过程的末端产生大量高含盐卤水，含有复杂的无机、有机污染物，浓缩高含盐卤水是环境保护和资源化过程中的重要问题，也是实现零排放的关键步骤。常规卤水浓缩技术（如蒸发、机械蒸汽再压缩、电渗析等）的能耗和固定成本均较高；膜蒸馏（MD）技术操作简单、可利用低品味热源，具有较大的应用潜力，但浓缩过程中产生的润湿、结垢和污染等问题，限制了膜蒸馏的进一步应用。

近期，中国科学院上海高等研究院研究员何涛课题组先后与上海科技大学、大连理工大学、英国格拉斯哥大学、俄罗斯科学院合作，在超疏水表面耐结垢、耐污染研究中取得系列进展，采用流变仪测试扭矩，进行滑移长度的计算，提出基于水-气-膜三相界面的表面滑移理论，完善了传统热力学成核理论在解释耐结垢现象中的不足，是在认识耐结垢理论方面的创新性进展，为耐结垢膜材料设计提供了指导。相关研究成果陆续发表在Water Research（2019,155:152-161），Journal of Membrane Science（2020,603:118035; 2020,599:117819），Desalination（2019,466:36-43; 2021,499:114864）等期刊上。

研究人员采用微模塑相分离方法，设计出一种超疏水聚偏氟乙烯（PVDF）微米柱阵列膜（MP-PVDF），膜的接触角为 16.0° ，滚动角为 15.8° 。经过四氟化碳（ CF_4 ）等离子体处理后，所得膜（ CF_4 -MP-PVDF）的滚动角减小到 3.0° ，表现出优异的疏水性和耐结垢性能。研究人员通过热力学分析得出矛盾，从水力学角度出发，提出润湿状态在耐结垢中的重要作用。相关研究成果分别以Slippery for scaling resistance in membrane distillation: A novel porous micropillared superhydrophobic surface和Scaling mitigation in membrane distillation: From superhydrophobic to slippery为题，发表在Water Research和Desalination上。（图1和图2）

研究人员基于超疏水微米柱膜，对表面进行正电荷改性，通过静电吸附作用负载二氧化硅纳米粒子，构建双疏膜SiNPs-MP-PVDF，对纯水（ $\gamma = 72.8$ mN/m）的接触角高达 175.6° ，滚动角为 3.5° ，对低表面张力的十六烷（ $\gamma = 27.5$ mN/m）接触角达 151° ，在浓缩硫酸钙料液和酪蛋白溶液中表现出优异的性能。相关研究成果以Unprecedented scaling/fouling resistance of omniphobic polyvinylidene fluoride membrane with silica nanoparticle coated micropillars in direct contact membrane distillation为题，发表在Journal of Membrane Science上。（图3）

在此前的研究中，研究人员通过对疏水材料进行表面设计及改性，发现了气-液界面的存在对耐结垢性能的重要影响，以此为出发点，通过操控实验的工艺条件，阐述了脉冲流与表面滑移之间的协同作用机理。相关研究成果以Synergy of slippery surface and pulse flow: An anti-scaling solution for direct contact membrane distillation为题，发表在Journal of Membrane Science上。（图4）

此外，研究人员根据目前已有的研究成果，从流体动力学角度，提出了“滑移边界条件发挥关键作用”的新认识。相关研究成果以Understanding the fouling/scaling resistance of superhydrophobic/omniphobic membranes in membrane distillation为题，发表在Desalination上。

上海高研院硕士研究生肖泽淳、刘勇捷、刘莉分别为上述论文的第一作者，何涛为论文通讯作者。上海科技大学教授章跃标团队、大连理工大学教授李战胜、英国格拉斯哥教授尹华兵团队、俄罗斯科学院教授Volkov等是该研究的合作者。研究工作得到国家自然科学基金、英国皇家学会牛顿高级学者基金、中科院国际合作项目的支持。

论文链接：[1](#)、[2](#)、[3](#)、[4](#)、[5](#)

图1.一种多孔微米柱膜的制备及耐结垢性能研究

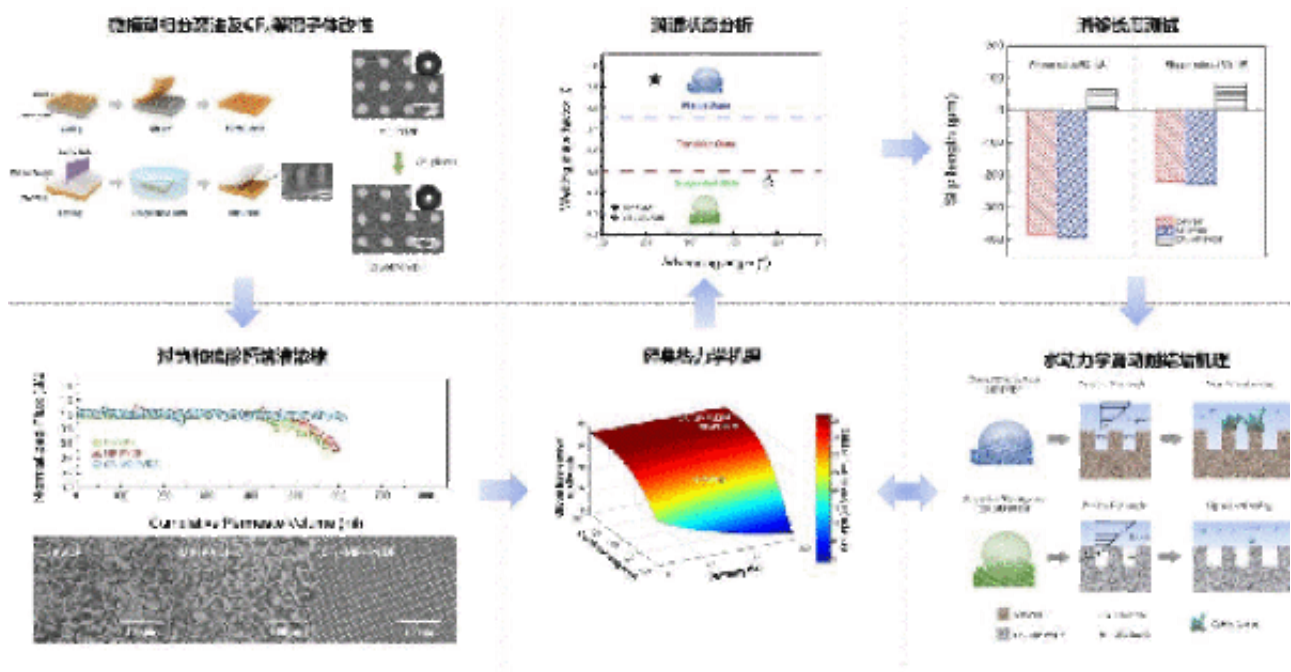


图2.表面规整微米柱阵列PVDF膜材料的制备及其在膜蒸馏中的滑动耐污染研究

图3.纳米二氧化硅包覆的双疏膜的制备及其在浓缩硫酸钙和酪蛋白料液中的研究

图4.脉冲流和滑移表面协同作用于膜蒸馏中耐结垢的研究

研究团队单位：上海高等研究院

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](http://www.iikx.com)转发