



文章栏目：“工业废水处理及资源化”暨环境水质学国家重点实验室30周年纪念  
专辑（一）

DOI 10.12030/j.cjee.202005191

中图分类号 X703

文献标识码 A

唐敏, 贾晓琳, 张勇, 等. 新型 Janus 膜的制备及其在高盐含油废水膜蒸馏处理中的应用[J]. 环境工程学报, 2020, 14(8): 2037-2047.

TANG Min, JIA Xiaolin, ZHANG Yong, et al. Development of a novel Janus membrane and its application in treatment of hypersaline oily wastewater by direct contact membrane distillation [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2020, 14(8): 2037-2047.

## 新型 Janus 膜的制备及其在高盐含油废水膜蒸馏处理中的应用

唐敏<sup>1,2,3</sup>, 贾晓琳<sup>1,2,3</sup>, 张勇<sup>1,2,3</sup>, 李魁岭<sup>1,2,3</sup>, 徐莉莉<sup>1,2</sup>, 项军<sup>1,2</sup>, 侯得印<sup>1,2,3,\*</sup>, 王军<sup>1,2,3</sup>

1. 中国科学院生态环境研究中心, 环境水质学国家重点实验室, 北京 100085

2. 中国科学院生态环境研究中心, 高浓度难降解有机废水处理技术国家工程实验室, 北京 100085

3. 中国科学院大学, 北京 100049

第一作者: 唐敏(1993—), 女, 硕士研究生。研究方向: 膜法水处理技术。E-mail: 940147359@qq.com

\*通信作者: 侯得印(1980—), 男, 博士, 副研究员。研究方向: 膜科学与技术。E-mail: dyhou@rcees.ac.cn

**摘要** 采用表面蚀刻-电喷雾协同技术制备了具有微/纳凹槽表面结构的亲水/疏水型 Janus 膜, 并系统考察了 Janus 膜的脱盐性能及耐润湿、抗污染功能。Janus 膜具有水相超疏油的性能, 对原油、正己烷、甲苯和汽油的水下油接触角分别为 152.7°、150.1°、146.7°和 151.1°。直接接触式膜蒸馏应用实验表明: 在连续 50 h 的运行过程中, Janus 膜对盐的截留率可达 100%、膜通量稳定在 10.18 kg·(m<sup>2</sup>·h)<sup>-1</sup>; 对于不同浓度 (0.1、0.2 和 0.3 mmol·L<sup>-1</sup> 等) 的十二烷基硫酸钠, Janus 膜均表现出优异的抗润湿效果。在处理高盐含油废水过程中, Janus 膜未发生膜润湿和膜污染的现象, 膜通量及盐截留率也保持稳定; 油滴力学探针测试结果定量阐释了 Janus 膜强健的抗油污能力。制备的新型 Janus 膜兼具耐润湿与抗污染特性, 拓展了膜蒸馏技术在高浓度难降解废水处理领域的应用。

**关键词** 膜蒸馏; Janus 膜; 耐润湿; 抗污染

高盐含油废水是一种典型的工业废水, 主要是指油气田开采过程中产生的废水。油气田开采是通过向储油/气的地层中注液以采出石油和伴生天然气的过程。页岩气作为一种油气田开采的非常规天然气资源, 具有清洁、高效、资源总量丰富等优势, 近年来开采量逐渐增加<sup>[1-3]</sup>。目前, 页岩气的开采使用水力压裂技术。该过程耗水量高, 同时产生大量的压裂液返排至地面<sup>[4]</sup>。页岩气压裂返排液是水力压裂完成初期从页岩气井中返排的混合液。根据压裂液以及页岩层的特点, 返排液含有大量溶解性盐类、有机物和各种化学添加剂, 并携带一些油类、表面活性剂和悬浮物等污染物, 呈现出污染物种类繁多、成分复杂、高 COD、高矿化度、高稳定性等特点<sup>[5-8]</sup>。若页岩气压裂返排液直接外排, 不仅会造成严重的水资源浪费, 还会带来严重的环境污染和生态破坏等问

收稿日期: 2020-05-29; 录用日期: 2020-06-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (51978650, 51678555)