



文章栏目：学术短评

DOI 10.12030/j.cjee.202009095

中图分类号 X703.1

文献标识码 A

王旭. 厌氧膜生物反应器强化污水能源回收研究进展[J]. 环境工程学报, 2020, 14(11): 2909-2911.

WANG Xu. Research progress on improvement of bioenergy recovery from wastewater by using anaerobic membrane bioreactor technology[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2020, 14(11): 2909-2911.

## 厌氧膜生物反应器强化污水能源回收研究进展

王旭<sup>1,2</sup>

1. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085

2. 《环境工程学报》青年学术委员会, 北京 100085

作者简介: 王旭(1985—), 男, 博士, 副研究员。研究方向: 污水处理与资源化。E-mail: [xuwang@rcees.ac.cn](mailto:xuwang@rcees.ac.cn)

水资源短缺与能源危机是人类繁荣发展面临的重大挑战。“以能耗换水质”的传统污水处理技术已无法满足全球可持续发展的需求。开发以“能源再生-资源回收”为目标的新技术成为污水处理革新的新趋势<sup>[1]</sup>。污水中所蕴含的潜能可达污水好氧生物处理所需能耗近 10 倍<sup>[2]</sup>。通过厌氧生物技术将污水有机物转化为甲烷能源是目前普遍认可的实现污水处理能量收支平衡的重要方法。然而, 传统厌氧技术受制于污泥流失量大、能源转化率低等瓶颈。厌氧膜生物反应器(anaerobic membrane bioreactor, AnMBR)是厌氧消化与膜过滤技术有机结合的污水处理新技术。AnMBR 在膜截留的作用下, 可实现对反应器水力停留时间和污泥龄的解耦联, 从而维持反应器内较长的污泥龄及较高的有机负荷, 以有效防止产甲烷菌流失, 并提升甲烷转化效率。

近年来, 西安建筑科技大学陈荣教授带领的“环境废弃物生物能源与资源再生”创新团队在 AnMBR 强化污水能源回收的系统构建、效能提升、膜污染控制等方面开展了深入且富有成效的研究工作, 相关成果已在《Water Research》《Journal of Membrane Science》《Chemical Engineering Journal》等环境领域主流期刊上发表, 受到国内外同行的持续关注。

陈荣团队将 AnMBR 应用于城市污水的处理, 实现了短水力停留时间下有机物的高效能源回收。在水力停留时间仅为 8 h 时, 有机物(以 COD 表征)的甲烷转化效率可达 90%, 且去除 1 g COD 仅产生 0.06 g 污泥(以 MLVSS 表征)<sup>[3-4]</sup>。AnMBR 在维持长污泥龄(140 d 以上)后, 实现了真菌、发酵菌和产甲烷菌的共生, 促进了纤维素、咖啡因等难降解有机物的厌氧转化<sup>[5-7]</sup>。能量平衡结果(图 1)显示, AnMBR 可在污水处理过程中实现能量自给<sup>[8]</sup>。为了突破以 AnMBR 为核心的城市污水处理工艺的脱氮难题, 该团队还将 AnMBR 与厌氧氨氧化(Anammox)技术偶联, 形成污水处理新工艺。该工艺的总 COD 和总氮去除率分别稳定在 96% 和 75% 以上<sup>[9]</sup>, 同步实现了高效能源回收和深度自养脱氮, 呈现出较高的工艺发展与应用潜力。

膜污染是限制 AnMBR 规模化应用的核心挑战。在膜分离过程中, 污染物会黏附、沉淀在膜表面及膜孔, 使运行能耗上升, 相应的膜清洗与置换操作会带来运行和投资成本的增加。针对这一问题, 该团队探索了不同运行工况下 AnMBR 内可溶性微生物产物和胞外多聚物的迁变特征与膜污染机制(见图 2), 揭示了 AnMBR 膜污染的特异性, 并通过微观作用力证实了胞外多聚物黏附力导