

编者按 为宣传环境工程学科优秀基础研究成果, 推动相关研究成果向生态环境治理技术转化并实现工程应用与推广, 《环境工程学报》特推出“环境工程学科基础研究领域亮点成果”系列专稿。欢迎相关领域研究者踊跃供稿。本文是该系列专稿的第 4 篇, 推介清华大学胡洪营教授团队在再生水反渗透膜处理方面取得的重要成果。

文章栏目: 环境工程学科基础研究领域亮点成果系列专稿

再生水反渗透处理膜污堵产生机制与控制技术研究成果

我国水资源紧缺, 国家大力推动再生水利用, 要求工业企业优先使用再生水。目前, 再生水已成为电子信息、电力、热力等重要行业高标准纯水制备的重要水源。与传统水源相比, 再生水中的污染组分复杂、浓度高, 是海水的 5~10 倍, 导致反渗透系统膜污堵严重, 能耗药耗高, 稳定运行难, 是亟待解决的核心难题。在国家自然科学基金项目(批准号: 5157080827、5207100448、5200100283 等)的资助下, 清华大学胡洪营教授和巫寅虎副研究员团队在再生水反渗透处理膜污堵产生机制与控制原理方面取得重要进展(图 1 和图 2)。

1) 开发出再生水有机组分和反渗透膜污堵组分解析技术, 基于不同组分的膜面粘附机制分析识别出疏水中性组分等有机污堵关键因子; 率先发现耐氯细菌等显著影响生物污堵的新要素, 打破了氯消毒可控制膜污堵的常规认知。

2) 提出了疏水中性组分、菌群结构、生物可同化有机碳等新的水质控制指标, 解决了再生水膜污堵控制特征指标缺失的突出问题, 并被 ISO 国际标准采纳。

3) 开发出选择性吸附介质过滤和氯-紫外线协同消毒等进水预处理技术, 针对性去除进水中的易污堵疏水中性组分与耐氯细菌等特征细菌, 有效提高了污堵防控效果。

相关研究成果已应用到北京市经济开发再生水厂等 60 余项再生水反渗透处理工程中, 膜污堵防控效果达到国际领先水平, 获 2022 年度环境保护科学技术一等奖、日内瓦国际发明特别展银奖等。基于长期研究成果与工程实践探索, 该研究团队主持编制了国际上首个再生水反渗透处理系统设计 ISO 国际标准(ISO23070, 2020 年发布), 得到了加拿大、西班牙、日本等 ISO 成员国的高度认可。目前, 该标准已被英国直接转化为其国家标准。基于对相关标准编制工作的突出贡献, 团队成员获 ISO 国际标准化组织卓越贡献奖。

(责任编辑: 张利田, 靳炜, 金曙光)

供稿单位: 国家自然科学基金委员会工程与材料科学部工程科学三处。

收稿日期: 2023-05-03; 录用日期: 2023-05-21

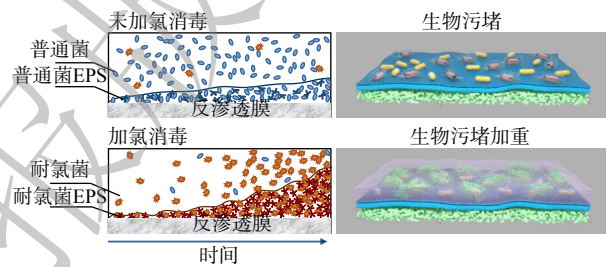


图 1 氯消毒加重反渗透膜污堵的机理

Fig. 1 The mechanisms of chlorine disinfection aggravating RO membrane fouling

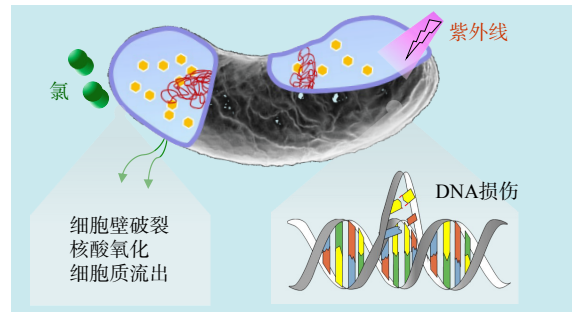


图 2 氯-紫外线灭活耐氯细菌的多靶点损伤机制

Fig. 2 Multi-target damage mechanisms for chlorine-UV disinfection