
FESE研究 季铵化合物诱导的多样化抗生素耐药性及敏感性模式

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/36278.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！

FESE研究 季铵化合物诱导的多样化抗生素耐药性及敏感性模式。 论文标题：Diversified antibiotic resistance and sensitivity patterns induced by quaternary ammonium compounds

期刊：Frontiers of Environmental Science Engineering

作者：Kun Yang, Huijie Lu, Lizhong Zhu

发表时间：13 May 2025

DOI：10.1007/s11783-025-2023-6

微信链接：[点击此处阅读微信文章](#)

近日，浙江大学环境与资源学院朱利中院士团队在Frontiers of Environmental Science Engineering期刊第19卷第8期发表了题为Diversified antibiotic resistance and sensitivity patterns induced by quaternary ammonium compounds的研究论文。

RESEARCH ARTICLE

Diversified antibiotic resistance and sensitivity patterns induced by quaternary ammonium compounds

Kun Yang^{1,2,4}, Huijie Lu^{1,3}, Lizhong Zhu ^{1,2,4}

1. State Key Laboratory of Soil Pollution Control and Safety, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

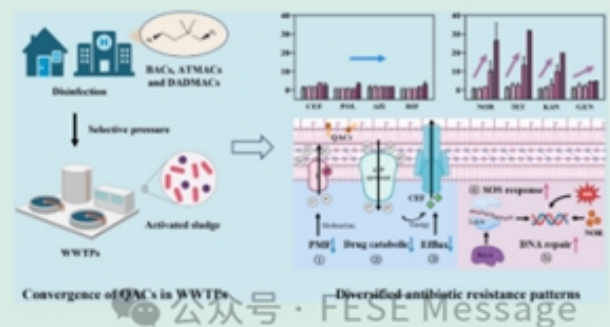
2. Department of Environmental Science, College of Environmental and Resource Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

3. Department of Environmental Engineering, College of Environmental and Resource Science, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

4. Zhejiang Provincial Key Laboratory of Organic Pollution Process and Control, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

HIGHLIGHTS

- QACs could induce diversified antibiotic resistance patterns in activated sludge.
- QACs with shorter alkyl chains have greater capacity to induce antibiotic resistance.
- QACs enhance cefepime sensitivity through the downregulation of PMF and efflux.
- The importance of risk management threshold concentrations for QACs is emphasized.



季铵化合物（QACs）作为一类广泛应用于消毒剂、化妆品、抗菌材料的阳离子表面活性剂，其环境残留问题日益突出。数据显示，污水处理厂（WWTPs）进水中QACs浓度可达毫克每升级别，且在COVID-19疫情后，含QACs消毒剂的全球需求激增6倍，导致其在污水处理系统中的质量负荷较2019年增长了331%。由于QACs易被活性污泥吸附且生物降解有限，污泥中累积浓度可高达500 mg/kg（干重），长期暴露可能对微生物群落产生持续的选择压力，进而促进抗生素耐药性的产生与传播。然而，目前关于QACs如何影响不同抗生素耐药性的结构-剂量效应关系尚不明确。

本研究选取了三种典型的QACs（十四烷基三甲基氯化铵TTAC、双癸基二甲基氯化铵DDAC、十二烷基二甲基苄基氯化铵DDBAC），对活性污泥进行15天的暴露实验。结果显示，QACs暴露使污泥对诺氟沙星、四环素等抗生素的耐药性最高提升了32倍，且呈现浓度依赖性；但对头孢吡肟、阿奇霉素等抗生素的耐药性无显著变化（图1）。时间动态分析发现，QACs自身耐药性与诺氟沙星耐药性发展趋势高度一致，均在暴露早期（第3天）显著升高并维持高位，而头孢吡肟的最小抑菌浓度（MIC）仅出现小幅度波动。

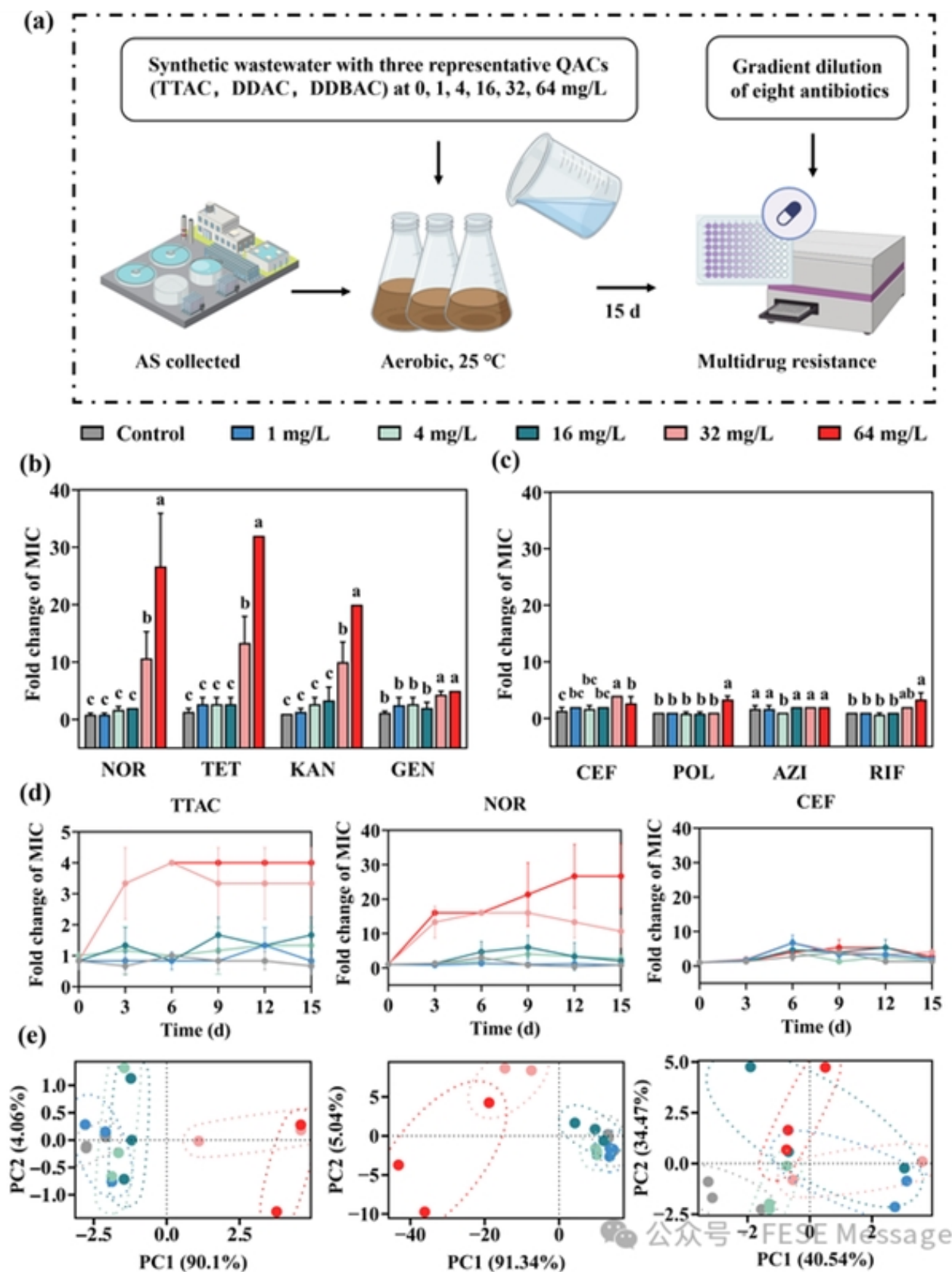


图1 季铵化合物诱导废水活性污泥中多样化的抗生素耐药模式。

从活性污泥中分离的大肠杆菌进一步验证了QACs的影响。16种不同结构的QACs（包括单链、双

链、苄基取代等)在1 mg/L浓度下暴露20天后,大肠杆菌对诺氟沙星的耐药性轻微上升,而对头孢吡肟的敏感性显著增强(图2)。通过药物团定量构效关系(RQSAR)分析,研究识别出短烷基链(C8-C18)是QACs诱导耐药性的高风险结构特征,其与分子疏水性、分子量等参数呈显著负相关。剂量效应实验表明,当QACs浓度低于初始MIC的1/64时,耐药性未被显著诱导,提示存在风险管控阈值。

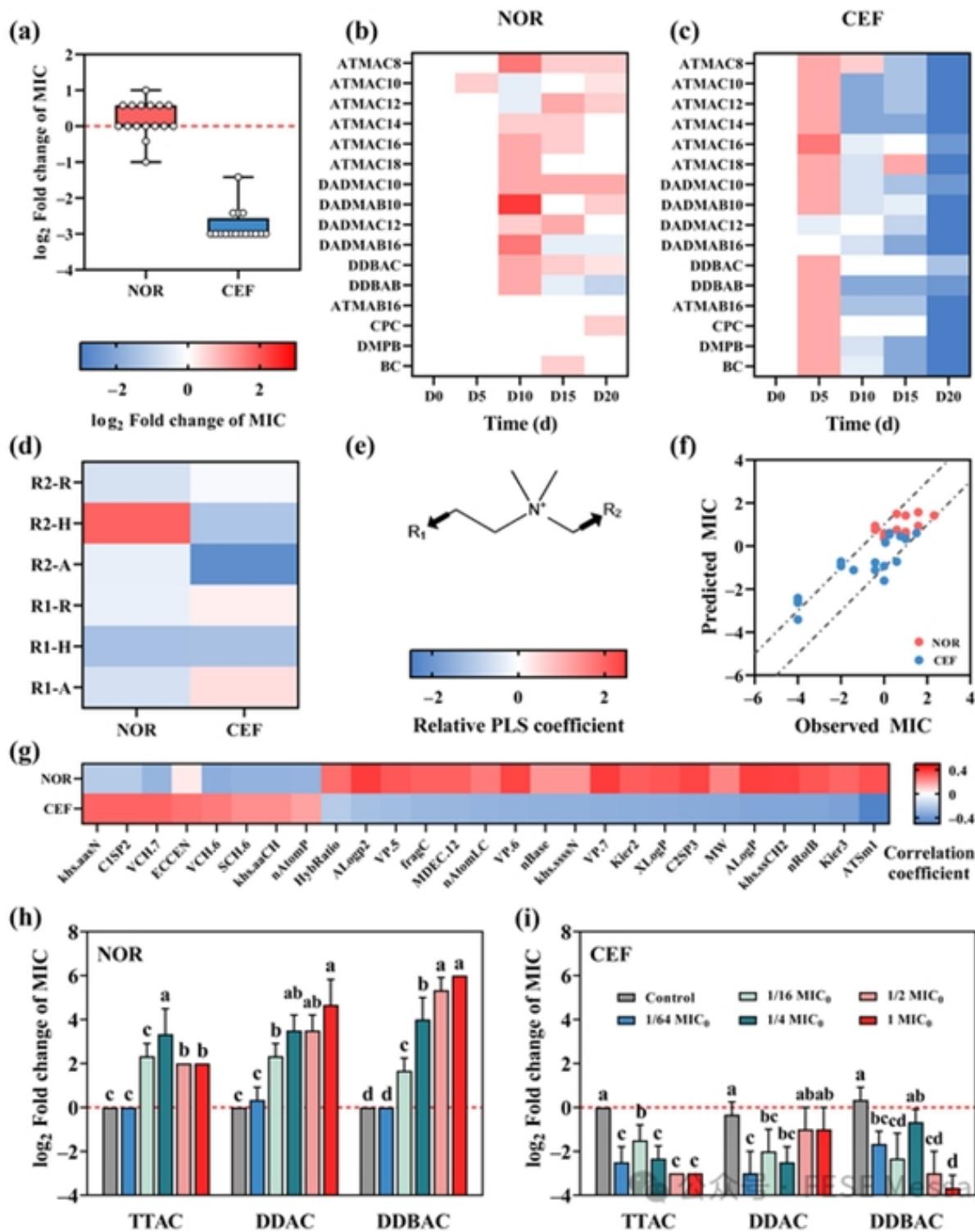


图2 季铵化合物结构与剂量对活性污泥分离大肠杆菌多重耐药性的影响。

转录组与生理实验揭示了QACs诱导多样化模式的内在机制。一方面，QACs通过下调NADH脱氢酶复合体基因破坏质子动力势（PMF），抑制ATP依赖的外排泵（如mdtB、cusA）功能，并增加细胞膜的通透性，导致头孢吡肟在胞内累积，从而增强敏感性（图3）；另一方面，QACs能够激活氧化应激相关的SOS响应通路，上调DNA修复基因（recA、uvrA），通过增强DNA损伤修复能力提升对诺氟沙星的耐药性（图4）。

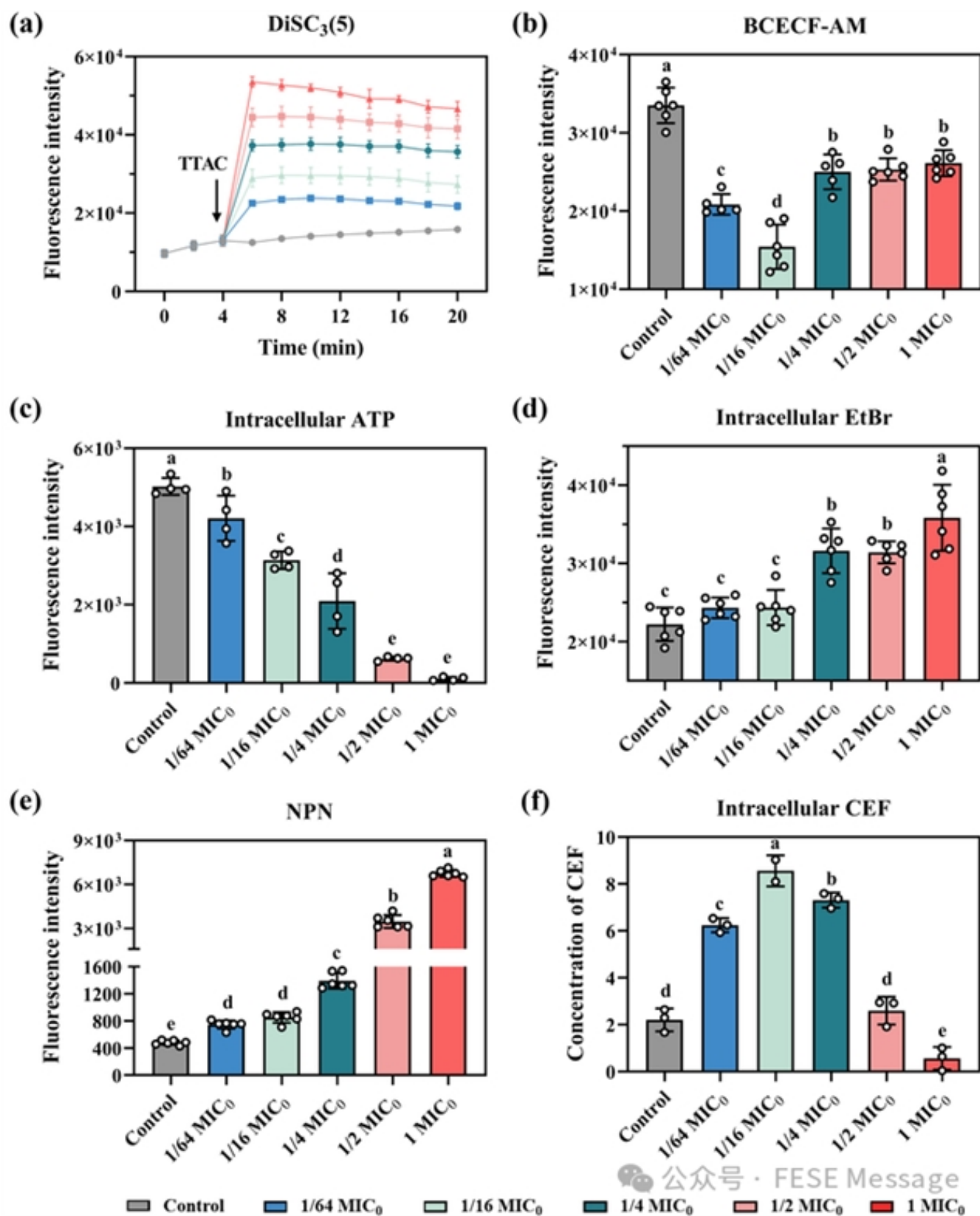


图3 质子动力势扰动对头孢吡肟敏感性增强的贡献。

sensitivity patterns induced by quaternary ammonium compounds。通讯作者为浙江大学环境与资源学院朱利中院士。

引用格式：Kun Yang, Huijie Lu, Lizhong Zhu. Diversified antibiotic resistance and sensitivity patterns induced by quaternary ammonium compounds. *Front. Environ. Sci. Eng.*, 2025, 19(8): 103
<https://doi.org/10.1007/s11783-025-2023-6>

期刊简介

Frontiers of Environmental Science Engineering是由高等教育出版社、中国工程院和清华大学共同主办的环境领域综合学术期刊，聚焦环境领域前沿问题与研究成果，重点关注开创性、跨学科的研究，致力于打造具有国际影响力的高水平学术交流平台，是中国工程院院刊系列期刊、中国科技

期刊卓越行动计划入选期刊。

主编：曲久辉院士， John Crittenden院士

期刊官网1（国内免费获取）

<https://journal.hep.com.cn/fese/EN>

期刊官网2

www.springer.com/journal/11783

欢迎关注

来源：Frontiers of Environmental Science & Engineering

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](https://www.iikx.com)转发