



文章栏目: 综述

DOI 10.12030/j.cjee.201912049

中图分类号 X703

文献标识码 A

蒋柱武, 刘欣汝, 武江南, 等. 饮用水中典型含氮消毒副产物的生成与控制研究进展[J]. 环境工程学报, 2020, 14(10): 2595-2603.

JIANG Zhuwu, LIU Xinru, WU Jiangnan, et al. Research progress on the formation and control of typical nitrogenous disinfection by-products in drinking water[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2020, 14(10): 2595-2603.

# 饮用水中典型含氮消毒副产物的生成与控制研究进展

蒋柱武\*, 刘欣汝, 武江南, 裴炎炎, 余海, 焦澄远

福建工程学院生态环境与城市建设学院, 福州 350118

第一作者: 蒋柱武 (1974 —), 男, 博士, 教授。研究方向: 水污染控制工程。E-mail: [jiangzhuwu@126.com](mailto:jiangzhuwu@126.com)

\*通信作者

**摘要** 含氮消毒副产物作为一类具有强“三致”作用的高毒性新兴消毒副产物, 其生成和控制等相关问题是饮用水处理领域研究的重点和难点。典型的含氮消毒副产物有卤乙腈、亚硝胺、卤代硝基甲烷及卤乙酰胺, 在总结这类消毒副产物的生成机制和去除手段的基础上, 针对其浓度低、极性造成富集难、去除率低的瓶颈问题, 分别从新材料、新技术研发及工艺优化组合方向提出了消除含氮消毒副产物问题的研究重点, 展望了新型纳米功能材料耦合电化学技术处理含氮消毒副产物的发展前景, 为解决强“三致”作用的高毒性新兴含氮消毒副产物问题提供参考。

**关键词** 饮用水; 典型含氮消毒副产物; 生成机制; 去除手段

消毒是保障饮用水安全的重要工艺, 但消毒过程中产生的各类消毒副产物 (disinfection by-products, DBPs) 会严重危害人体健康。根据消毒副产物结构中是否含 N, 可将其分为含氮消毒副产物 (N-DBPs) 和含碳消毒副产物 (C-DBPs, 只含 C 而不含 N)<sup>[1]</sup>。毒理学研究表明, 相比于 C-DBPs, N-DBPs 的遗传毒性、细胞毒性和致癌性更强<sup>[2]</sup>。已知的典型 N-DBPs 及其结构<sup>[3]</sup>见表 1, 其对应结构如图 1 所示。MUELLNER 等<sup>[4]</sup>研究了卤乙腈 (HANs) 对仓鼠卵巢细胞的细胞毒性, 表明 HANs 细胞毒性、遗传毒性远高于三卤甲烷 (THMs) 和卤乙酸 (HAAs), 其中细胞毒性最高可达 THMs 的 150 倍。KANCHANAMAYOON<sup>[5]</sup>概括了 3 种 HANs 的癌症级别 (表 2), 由表 2 可知, 其在低浓度下就会对生命健康造成损害。研究 N-DBPs 的生成机制、控制和高效去除方法, 对保障饮水安全、保护生命健康具有重要意义。

## 1 N-DBPs 的生成机制

在 DBPs 的众多前驱物中, 水体天然有机物 (nature organic matter, NOM) 占比最大。其中, 腐殖质具有较高的芳香含碳量、比紫外吸收率及较高的 N-DBPs 生成潜能<sup>[6]</sup>。N-DBPs 的主要前驱物溶解性有机氮 (dissolved organic nitrogen, DON) 的来源为腐殖质中微生物活动的代谢产物、藻类释放

收稿日期: 2019-12-08; 录用日期: 2020-07-09

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (51878171); 福建省教育厅项目 (JAT190411)