

序 言

郑平 浙江大学教授，博士生导师，环境工程国家重点学科负责人。自上世纪 80 年代初开始，长期从事环境微生物与废水生物处理方面的教学和科研工作。已承担国家和省部级研究课题 20 余项，主编专著和教材 10 部，发表 SCI 论文 150 余篇，获国家科技进步/技术发明二等奖 2 项，省部级科技进步奖 6 项。主讲国家精品/资源共享课程《环境微生物学》等 10 余门，获省部级优秀教学成果一等奖 2 项。2000 年获喀麦隆总统勋章，同年入选“浙江省新世纪 151 人才工程”一层次。



2014 厌氧氨氧化专刊序言

郑平

浙江大学环境工程系，浙江 杭州 310058

摘要：厌氧氨氧化是环境微生物领域的重要发现，在废水生物脱氮和地球氮素循环中具有重大作用。为了反映近年来国内外厌氧氨氧化研究的一些重要进展，组织出版了“厌氧氨氧化专刊”。本期专刊包括综述和研究论文两部分，内容涉及厌氧氨氧化的菌群富集、菌群分析、菌种保藏、碳源影响、工艺应用、优化对策等。

关键词：厌氧氨氧化，菌群分析，工艺性能，优化对策

Preface for special issue on Anammox (2014)

Ping Zheng

Department of Environmental Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310058, Zhejiang, China

Abstract: Anaerobic ammonia oxidation (Anammox) is one of the important discoveries in the field of environmental microbiology, and it plays an indispensable role in the nitrogen removal from wastewaters and the biogeochemical nitrogen cycle. Through review research progress in anaerobic ammonia oxidation, an Anammox special issue is published so as to find problems, explore applications and outlook developments. The special issue consists of reviews and original papers, mainly involving in the following aspects: i) enrichment of Anaerobic ammonia oxidation bacteria (AnAOB); ii) community analysis of AnAOB; iii) preservation of granular AnAOB sludge; iv) effect of organic matter on Anammox; v) application of Anammox process, etc.

Keywords: anaerobic ammonia oxidation, microbial community analysis, bioprocess performance, optimization strategy

Received: November 5, 2014

Corresponding author: Ping Zheng. Tel/Fax: 86-571-88982819; E-mail: pzheng@zju.edu.cn

厌氧氨氧化 (Anaerobic ammonia oxidation, Anammox) 是在无氧条件下, 以氨为电子供体、亚硝酸为电子受体, 产生氮气和硝酸的生物反应。1977 年奥地利理论化学家 Broda E 根据反应热力学分析, 预言自然界中存在厌氧氨氧化。10 年后荷兰代尔夫特理工大学 Mulder A 等在生物脱氮流化床反应器内揭示了厌氧氨氧化。厌氧氨氧化一经发现, 即得到了微生物和环境工作者的青睐, 厌氧氨氧化研究正持续向深度和广度推进。

厌氧氨氧化菌 (Anaerobic ammonia oxidation bacteria, AnAOB) 是厌氧氨氧化的实施者。厌氧氨氧化菌生长缓慢, 细胞得率较低, 迄今尚未获得纯培养物。荷兰代尔夫特理工大学 Strous M 等率先通过菌群富集培养、个体离心分离、种类分子生物学鉴定等非常规手段, 研究了厌氧氨氧化菌的基本性状, 确定了它们在系统发育中的分类地位, 并在伯杰氏系统细菌学手册中新增了厌氧氨氧化菌科 (Anammoxaceae)。目前, 文献报道的厌氧氨氧化菌已有 5 个属 12 个种。

厌氧氨氧化工艺 (Anaerobic ammonia oxidation process, ANAMMOX Process) 开发是厌氧氨氧化研究的热点之一。通过反应试验、菌群检测和过程优化, 荷兰代尔夫特理工大学 Mulder A 等率先开发了厌氧氨氧化工艺。后来与短程硝化工艺联合, 实现了厌氧氨氧化工艺在废水生物脱氮工程上的应用。至今, 国内外涌现了一批基于厌氧氨氧化的新型生物脱氮工艺, 很有希望成为传统废水生物脱氮工艺的升级技术。

厌氧氨氧化脱氮通量检测是厌氧氨氧化研

究的另一热点。厌氧氨氧化菌首先发现于人为生境 (生物脱氮流化床反应器) 中, 后又发现于海洋生境中。研究证明, 厌氧氨氧化作用普遍存在于各类人为生境和自然生境中, 它是水体和陆地生态系统中氮素循环的重要驱动者。

厌氧氨氧化基因组分析是厌氧氨氧化研究的又一热点。由于生长极慢, 研究材料成了厌氧氨氧化菌生理学研究的瓶颈。但通过国际同行的协同创新, 以反应试验揭示了厌氧氨氧化菌的代谢多样性, 以酶学研究构建了厌氧氨氧化菌中心代谢的框架, 以基因组分析揭开了厌氧氨氧化菌生长和繁殖的面纱。基于基因组分析的厌氧氨氧化菌生理学和生态学研究支撑了对厌氧氨氧化作用的深入探索。

我国于上世纪 90 年代初开始涉足厌氧氨氧化研究, 发现命名了 3 种厌氧氨氧化菌, 研究开发了多种高效厌氧氨氧化工艺, 试验检测了土壤、河流和近海生境中的厌氧氨氧化作用, 最近又开展了厌氧氨氧化基因组分析, 我国已成为国际厌氧氨氧化研究的重要力量。为了展示和交流国内外厌氧氨氧化研究的进展与应用, 探讨其存在的问题和解决的办法, 促进本研究领域的更好发展, 特组织出版“厌氧氨氧化专刊”。本期专刊包括综述和研究论文两部分, 内容主要涉及菌群富集、菌群分析、菌种保藏、碳源影响、工艺应用、优化对策等。

杭州师范大学张正哲等结合自己的研究, 综述了厌氧氨氧化工艺的现状和问题。介绍了基于厌氧氨氧化的主要工艺, 总结了厌氧氨氧化的工程应用。预计到 2014 年末, 全球厌氧氨氧化工程将超过 100 座。指出水质障碍排除、运行条件优化、工艺自动化控制将成为今后研

究的重点。

北京工业大学郑冰玉等结合自己的研究,综述了污水处理系统中厌氧氨氧化菌分布及影响因素。介绍了污水处理系统中检出的厌氧氨氧化菌及其分布情况,分析了若干关键因素对厌氧氨氧化菌分布的影响,阐述了研究厌氧氨氧化菌分布的工程意义。

浙江大学武小鹰等报道了对厌氧氨氧化工艺前置技术——短程硝化的研究。试验了膜生物反应器的短程硝化性能以及氧对短程硝化的影响,通过对比耗氧率和供氧率,提出了以膜生物反应器进行短程硝化的优化建议。

浙江大学陈重军等报道了有机物共存对厌氧氨氧化工艺的影响。探索了有机碳源胁迫下厌氧氨氧化反应器的同步脱氮除碳规律及功能微生物群落结构的动态变化,指出低有机物浓度(COD 620 mg/L)不会显著影响反应器脱氮效能,推测反应器内存在复杂的脱氮除碳途径。

哈尔滨工业大学黄晓丽等利用膨胀颗粒污泥床反应器富集了高纯度厌氧氨氧化菌,考察了反应器的脱氮能力,并用分子生物学方法鉴定了培养前后厌氧氨氧化富集培养物的优势菌种及厌氧氨氧化菌的相对丰度。

中南大学宋雨夏等报道了他们对厌氧氨氧化反应器启动过程中颗粒污泥性状变化的研究。认为以厌氧颗粒污泥作为接种物可成功启

动上流式厌氧氨氧化污泥床反应器,启动过程中颗粒污泥经历裂解到重组的过程,原接种污泥中的优势菌群丰度大幅减少,厌氧氨氧化菌所属的浮霉状菌门丰度大幅提升。

青岛大学李津等报道了他们对烟气脱硝尾液厌氧氨氧化处理中微生物群落结构的分析结果。以厌氧序批式反应器处理火电厂烟气脱硝尾液,反应器内的非厌氧氨氧化菌主要为:变形菌门(61.18%)、酸杆菌门(17.65%)、绿菌门(8.24%);厌氧氨氧化菌主要为 *Candidatus Brocadia* sp. (95.6%)。

杭州师范大学邢保山等介绍了他们对厌氧氨氧化颗粒污泥保藏的研究。培养了厌氧氨氧化颗粒污泥,试验了温度对厌氧氨氧化颗粒污泥保藏的影响。

浙江大学丁爽等报道了短程硝化-厌氧氨氧化工艺在制药废水脱氮中的应用。实现了短程硝化-厌氧氨氧化工艺对制药废水的生物脱氮,证明了“两步法”启动模式对短程硝化系统启动的适用性,证明了菌种自繁和菌种流加启动模式对厌氧氨氧化系统启动的适用性。所取得的最大容积氮负荷高达 6.96 kg N/(m³·d),为传统硝化反硝化工艺的数十倍。

本期专刊的顺利出刊,是与各位专家的不吝赐稿和各位编辑的鼎力支持分不开的,在此一并致谢!

(本文责编 陈宏宇)