

文章编号: 1000-5013(2008)01-0061-03

# 厌氧氨氧化去除垃圾渗滤液中氨氮的实验

林建清<sup>1</sup>, 方宏达<sup>1</sup>, 杨春霖<sup>1</sup>, 高培卿<sup>2</sup>,  
鞠高良<sup>3</sup>, 施建臣<sup>4</sup>, 郑维翔<sup>4</sup>

(1. 集美大学 生物工程学院, 福建 厦门 361021; 2. 厦门市市容环境卫生管理处, 福建 厦门 361004;  
3. 厦门市集美污水处理厂, 福建 厦门 361021; 4. 国家海洋局 第三海洋研究所, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 以市政污水处理厂浓缩池污泥作为种泥, 采用升流式厌氧污泥床( UASB )作为厌氧氨氧化反应器, 对垃圾渗滤液的脱氮进行 3 个月的连续实验. 实验结果表明, 厌氧氨氧化反应器对氨氮具有去除效果, 且去除率呈上升趋势, 月均去除率第 1 个月为 13.1%, 第 2 个月为 27.9%, 第 3 个月上升至 39.8%. 显微镜检验表明, 种泥结构松散, 启动运行 3 个月后, 污泥密实且具有良好的颗粒性状; 从色泽上比较, 种泥为灰色, 启动后的污泥略显红色, 可见实验过程培养出了厌氧氨氧化细菌.

**关键词:** 垃圾渗滤液; 氨氮; 厌氧氨氧化; 升流式厌氧污泥床  
**中图分类号:** X 799.305 **文献标识码:** A

垃圾渗滤液是一种含氨氮很高的废水<sup>[1]</sup>, 垃圾渗滤液主要采用生物技术, 最成熟的是生物硝化反硝化脱氮工艺. 厌氧氨氧化( Anaerobic Ammonium Oxidation )是新发现的一种生物脱氮工艺, 已经引起国内外学者的广泛关注<sup>[2-4]</sup>. 该技术是在厌氧环境中, 微生物直接以  $\text{NH}_4^+$  为电子供体, 以  $\text{NO}_3^-$  或  $\text{NO}_2^-$  为电子受体, 将  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  或  $\text{NO}_2^-$  直接还原为  $\text{N}_2$  的生物氧化过程. 但是这些研究均局限在人工配制废水范围内, 对成功处理实际的垃圾渗滤液的例子还未见报道. 本文采用 UASB 反应器对垃圾渗滤液厌氧氨氧化脱氮技术进行了实验研究, 直接采用垃圾渗滤液( 有毒性 ) 进行 UASB 生物反应器的启动, 探讨能否由此获得厌氧氨氧化细菌, 以及反应器对氨氮的处理效果.

## 1 实验方法

### 1.1 实验装置

反应器采用玻璃管制成, 高 110 cm, 内径 8 cm, 总容积 5.5 L, 实验装置如图 1 所示. 进水泵采用美国米顿罗 P056 计量泵. 实验期间装置外部采用不透光材料包裹, 防止光线对厌氧氨氧化细菌的灼伤.

### 1.2 实验材料

(1) 菌种. 原菌种于 2006 年 4 月取自福建厦门集美污水处理厂的浓缩污泥池, 撇去上清液后向 UASB 反应器中接种 20 cm 高的种泥, 经过半年的实验培养后, 将该菌种保存于实验装置中, 并于 2006 年 11 月开始本实验. (2) 实验用水. 实验用原废水取自福建厦门东孚垃圾填埋场的垃圾渗滤液, 化学耗氧量(  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  ) 为  $13.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ , 氨氮(  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  ) 质量浓度为  $2.3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ , pH 值为 7.48. 高浓度的氨氮对微生物具有毒性作用, 实际工程可通过出水回流处理来降低进水浓度. 本实验采用自来水对原废水进行稀释, 代替出水回流的方法. 原废水经过稀释后, 一部分采用序批式活性污泥反应器对废水中的氨氮进行氧化, 氧化

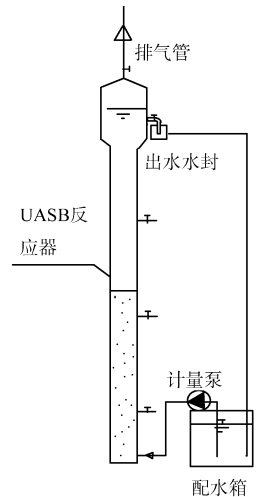


图 1 试验装置

Fig. 1 The equipment

收稿日期: 2007-10-22

作者简介: 林建清( 1966- ), 男, 副教授, 博士, 主要从事环境工程领域的研究. E-mail: jqlin@jmu.edu.cn.

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目( D0440007 ); 福建省科技计划资助项目( 2005Y016 )

处理后的出水与另外一部分废水混合作为 UASB 反应器的进水.

1.3 水样分析

氨氮分析采用纳氏试剂分光光度法<sup>[5]</sup>, 显微镜图片采用 Motic B-2 生物数码显微镜拍摄.

2 结果与讨论

2.1 污泥的显微镜图片

图 2 为刚从污水处理接种的污泥和实验后的污泥显微镜图片. 由图 2(a) 可见, 种泥结构松散. 经

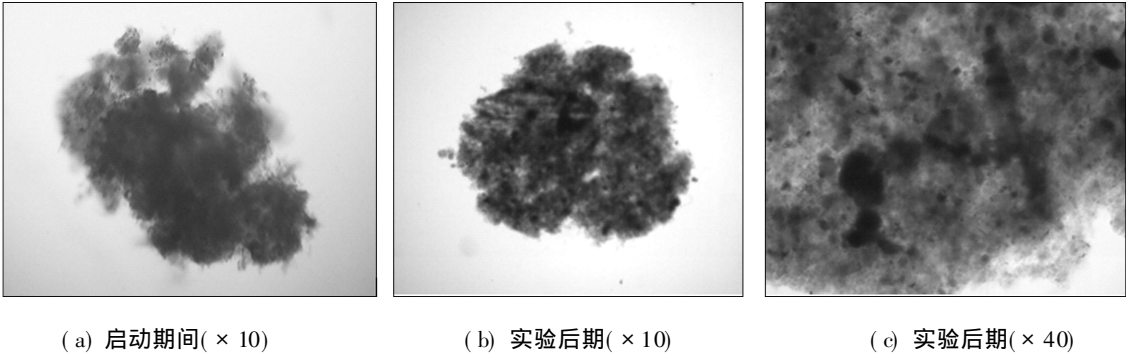


图 2 污泥菌胶团的显微镜图片

Fig. 2 Micrographs of zoogloea

过实验运行后, 污泥密实且具有良好的颗粒性状. 从色泽上比较, 培养后的菌胶团比实验前的微生物略显红色. Jetten 等<sup>[6-10]</sup> 曾对厌氧氨氧化细菌的酶颜色问题进行研究, 在对厌氧氨氧化细胞和富集液的提取物作可视镜检时发现, 当生物团厌氧氨氧化活性提高期间, 在 468 nm 处的信号逐步增加并达到吸收高峰. 进一步研究表明, 这是由于厌氧氨氧化活性酶中存在较高的亚铁红素. 说明经过实验的启动后, 本实验的 UASB 反应器中厌氧氨氧化活性细菌得到富集.

2.2 反应器对氨氮的去除效果

实验过程中, 进出水的氨氮质量浓度( $\rho$ ) 变化及氨氮去除率( $\eta$ ) 随时间变化, 分别如图 3, 4 所示. 由

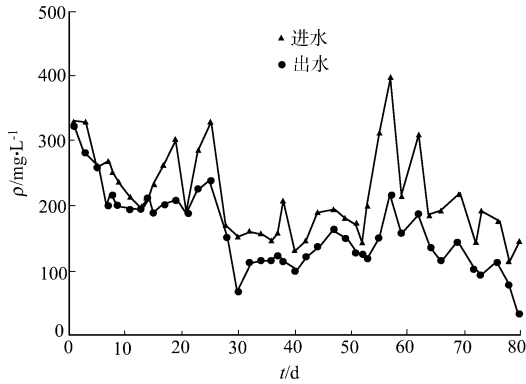


图 3 进出水的氨氮质量浓度随时间变化

Fig. 3 Ammonium concentration in the influent and the effluent

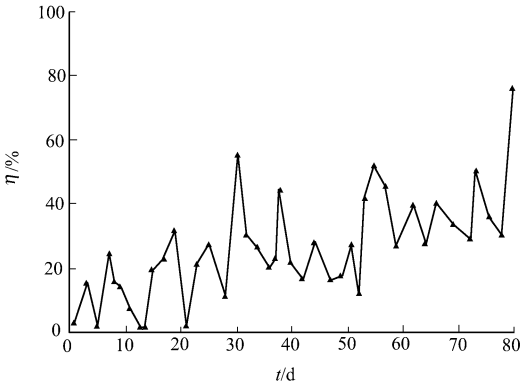


图 4 氨氮去除率随时间变化

Fig. 4 Ammonium removal ratio

图 3, 4 可见, 实验初期的 24 d 内, 反应器对氨氮的去除率低且非常不稳定, 去除率在 0% ~ 30% 之间波动, 平均去除率为 13.1%. 随着实验的进行, 反应器对氨氮的去除效果有所增大. 在随后的 31 d 内, 去除率在 15% ~ 60% 之间波动, 平均去除率为 27.9%. 在接下来的 26 d 内, 反应器对氨氮去除效果又有所增强, 去除率在 25% ~ 80% 之间波动, 平均去除率为 39.8%. 可见, 随着实验的进行, 反应器对氨氮的去除能力不断增强. Jetten 等<sup>[6]</sup> 研究发现厌氧氨氧化菌属自养型, 其倍增时间长达 11 d, 说明厌氧氨氧化生物反应器的启动是一个相对较长的过程. 这也是经过 3 个月的实验后, 反应器对氨氮的去除率不断得到提高, 但仍未达到稳定值的原因所在.

### 3 结束语

研究表明,以市政污水处理厂浓缩池污泥作为种泥,采用实际的垃圾渗滤液来启动反应器,所培养的菌胶团从色泽上看,种泥为灰色,启动后的污泥略显红色.这与厌氧氨氧化细菌的形态特征相一致,可见通过该实验过程培养并富集了厌氧氨氧化细菌.厌氧氨氧化反应器对氨氮的平均去除率分别是,第1个月为13.1%,第2个月为27.9%,第3个月为39.8%,去除率逐渐提高.厌氧氨氧化反应器的启动过程较为缓慢,要获得更高的去除率需要更长的培养时间.

#### 参考文献:

- [1] 王继明.城市垃圾处理中的几个问题[C]//废弃物处理与管理:中国科学技术协会论文集.北京:中国科学技术出版社,1990.
- [2] 袁 怡,黄 勇,龙腾锐.厌氧氨氧化过程的研究进展[J].工业水处理,2003,23(2):1-6.
- [3] 郑 平,徐向阳,胡宝兰.新型生物脱氮技术[M].北京:科学出版社,2004:106~107.
- [4] 赵志宏,李小明,廖德祥,等.厌氧氨氧化研究进展及其应用[J].净水技术,2006,25(5):47-52.
- [5] 国家环境保护总局.水和废水监测分析方法[M].3版.北京:中国环境科学出版社,1998.
- [6] JETTEN M S M, STROUS M, Van de PAS-SCHOONEN K T, et al. The anaerobic oxidation of ammonium[J]. FEMS Microbiology, 1999, 22(5):421-437.
- [7] HOOPER A B. Enzymology of the oxidation of ammonia to nitrite by bacteria [J]. Antonie Van Leeuwenhoek, 1997, 71(1):59-67.
- [8] ARCIERO D M, HOOPER A B. Evidence for the structure of the active site heme P460 in hydroxylamine oxidoreductase of nitrosomonas[J]. Biochemistry, 1993, 32(31):9370-9378.
- [9] HOOPER A B, DEBEY P, ANDERSSON K K, et al. Heme P460 of hydroxylamine oxidoreductase of nitrosomonas: Reaction with CO and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>[J]. Eur J Biochem, 1983, 134(1):83-87.
- [10] PRINCE R C, GEORGE G N. The remarkable complexity of hydroxylamine oxidoreductase[J]. Nature Struct. Biol, 1997, 4(2):247-250.

## Study on the Removal of Ammonia-Rich Leachate with Anaerobic Ammonium Oxidation

LIN Jian-qing<sup>1</sup>, FANG Hong-da<sup>1</sup>, YANG Chun-lin<sup>1</sup>,  
GAO Pei-qing<sup>2</sup>, JU Gao-liang<sup>3</sup>,  
SHI Jian-chen<sup>4</sup>, ZHENG Wei-xiang<sup>4</sup>

(1. School of Biotechnology Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China;

2. Xiamen Environmental Sanitation Research Institute, Xiamen 361004, China;

3. Jimei Municipal Wastewater Treatment Plant, Xiamen 361021, China;

4. Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** The up-flow anaerobic sludge (UASB) equipment was used to study the removal of ammonia in the landfill leachate. In the equipment, the sludge of municipal wastewater treatment plant and ammonia-rich leachate were used to start the process. In the process of 3-month experiment, ammonia can be removed and depuration ratio increased gradually; the average removal ratio of ammonia in the leachate was 13.1% in the first month, 27.9% in the second month, and 39.8% in the third month. Through the microscope examination, the sludge in the equipment turned from loose to close-grained and granular in shape, from grey to pink in color; it showed that anaerobic ammonium oxidation (ANAMMOX) bacteria were obtained and enriched in the process.

**Keywords:** landfill leachate; ammonia; anaerobic ammonium oxidation; up-flow anaerobic sludge

(责任编辑:黄仲一)