

快速实现亚硝酸型硝化的试验研究

马放¹, 张雪梅¹, 郭海娟¹, 沈耀良², 赵丹²

(1. 哈尔滨工业大学 市政与环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090, E-mail: mafang2002@263.net;

2. 苏州科技学院 环保系, 江苏 苏州 215011)

摘要: 在 SBR 反应器中进行亚硝酸型硝化快速实现的试验研究, 结果表明: 亚硝酸型硝化的快速实现是包括温度、DO、pH、进水氨氮浓度、SRT 等多个影响因素共同作用的结果, 其中最主要的是 DO 和 pH。当进水氨氮为 120 ~ 240 mg/L, SRT 约为 23d 时, 控制较低的 DO(0.5 ~ 1.0 mg/L) 和适当的 pH(7.5 ~ 7.8), 在 30℃ 和 35℃ 条件下很容易实现亚硝酸型硝化; 在室温条件下(21 ~ 25℃), 只要控制的 pH 稍高些(8.0)、DO 更低些(0.5 ~ 0.6 mg/L), 也是可以实现亚硝酸型硝化的。

关键词: SBR 反应器; 亚硝酸型硝化; 进水氨氮浓度; SRT

中图分类号: X703

文献标识码: A

文章编号: 0367-6234(2005)02-0170-03

Investigation on fast realization on nitrosification

MA Fang¹, ZHANG Xue-mei¹, GUO Hai-juan¹, SHEN Yao-liang², ZHAO Dan²

(1. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China, E-mail: mafang2002@263.net; 2. Dept. of Environment and Protection Engineering, Institute of Science and Technology of Suzhou, Suzhou 215011, China)

Abstract: A experiment about fast realization of nitrosification is carried out in a SBR reactor. It is found that fast realization of nitrosification is the result of effect of multi-factors such as temperature, DO, pH, SRT and influent ammonium concentration, in which DO and pH are the most important. When ammonium concentration in influent is within 120 ~ 240 mg/L and SRT is about 23d, it is easy to realize nitrosification at 30 °C and 35 °C in the condition of low DO(0.5 ~ 1.0 mg/L) and appropriate pH(7.5 ~ 7.8). A research at room temperature(21 ~ 25 °C) with controlling lower DO(0.5 ~ 0.6 mg/L) and higher pH(8.0) is also implemented.

Key words: sequencing batch reactor; nitrosification; influent ammonium concentration; SRT

如何实现亚硝酸型硝化是亚硝酸型生物脱氮技术的关键, 近几年国内外在这方面相关的报道比较多^[1-3]。本试验研究就是在 SBR 反应器中找出快速实现亚硝酸型硝化的技术途径。

1 试验材料与方法

1.1 试验装置

SBR 反应器为圆柱形有机玻璃容器, 直径 25 cm, 高 40 cm, 工作容积为 17 L; 曝气装置采用 HGX-120 型旋涡式充气增氧泵, 通过曝气砂头向反应器供氧, 试验装置如图 1 所示。

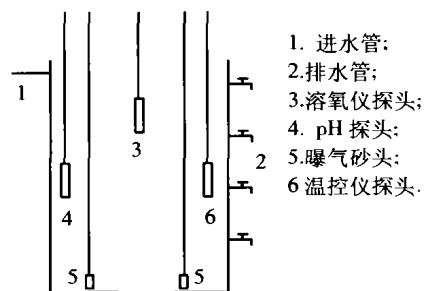


图 1 试验装置图

1.2 试验运行参数

SBR 反应器运行周期历时 8 h, 1 d 运行 3 个周期, 每个周期包括两个阶段: 曝气 7 h 20 min, 沉淀排水 40 min。在每周开始瞬间进入 8.5 L 人工合成废水, 在好氧期末端通过排泥水混合液达到控制污泥龄的目的, 经沉淀后将 8.5 L 上清液从 SBR 反应器中排出, 总的水力停留时间为 16

收稿日期: 2003-11-19。

基金项目: 苏州科技学院江苏省“环境科学与工程”重点实验室开放课题(ZD200103)。

作者简介: 马放(1963-), 男, 教授, 博士生导师。



h, 通过加 HCl 或 NaHCO_3 来控制 pH.

1.3 配水水质和接种污泥

配水采用人工合成污水, 其成分为: $\text{NH}_4 - \text{N}$ (NH_4Cl) 120 ~ 240 mg/L, KH_2PO_4 0.03 g/L, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.4 g/L, $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0.05 g/L, 0.2 ml/L 微量元素溶液. 微量元素溶液成分为 (1L 蒸馏水中): 0.9044g FeCl_3 , 0.15g H_3BO_3 , 0.03g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0.18g KI , 0.06 g $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 0.02 g $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.15 g $\text{CoCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.06 g $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 10 g 乙二胺四乙酸接种污泥取自苏州市新区污水厂氧化沟, 该污泥具有部分脱氮除磷的功能.

1.4 分析项目及方法

水质分析项目有 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 MLSS, 采用国家标准分析方法^[4]; pH 和 DO 分别用 pH 计和溶氧仪进行测定.

2 结果和讨论

试验分 3 段进行, 考察不同条件下出水中氨氮的转化情况及亚硝酸盐的积累情况, 找出快速实现亚硝酸型硝化的技术途径. 每种条件下进水氨氮浓度由高往低, 在确保实现亚硝酸盐积累的前提下, 使氨氮转化率达最佳.

2.1 (35 ± 1) °C 条件下运行结果分析

本阶段为期 13 d 39 个周期, 进水氨氮浓度为 200 ~ 240 mg/L, 温度严格控制在 (35 ± 1) °C, pH 为 7.5 ~ 8.0, SRT 约为 23 d, DO 为 0.5 ~ 1.0 mg/L, MLSS 为 3.0 ~ 3.5 g/L, 运行结果见图 2、3.

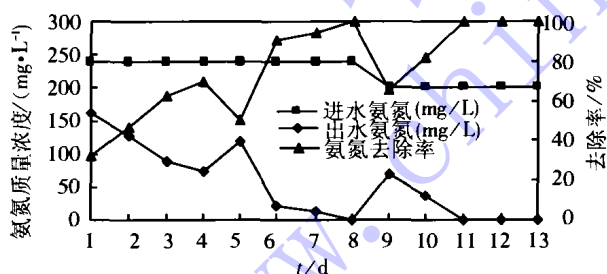


图2 进出水氨氮及氨氮去除率

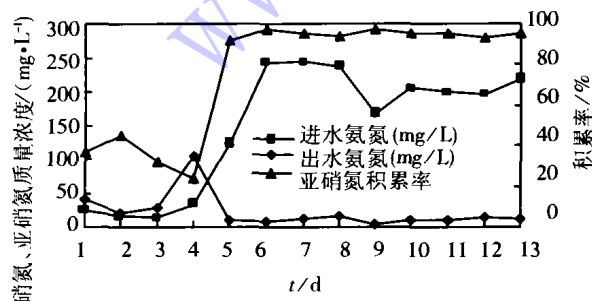


图3 出水硝氮、亚硝氮及亚硝氮积累率

从图 2 看出, 运行前期, 当进水氨氮质量浓度为 240 mg/L 时, 出水氨氮直线下降, 第 8 d 达 0

mg/L, 而第 5 d 由于 DO 偏低造成出水氨氮突然升高. 这表明反应器中硝化菌数量增殖很快, 已成为系统中的优势菌群. 从图 3 看出, 出水中 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 积累率先升高后下降, 第 5 d 再上升至 92%, 随后, 即使改变进水氨氮浓度, 其值一直稳定在 93% ~ 97%. 这表明在 SBR 反应器中已实现了亚硝酸型硝化. 从整体运行来看, 当进水氨氮质量浓度为 200 mg/L 时, 氨氮去除率能达 100%. 这些结果表明在 SBR 反应器中已实现了亚硝酸型硝化.

2.2 (30 ± 1) °C 条件下运行结果分析

本阶段在指标测定前, 污泥已驯化了一段时间, 出水中氨氮的转化率较高, 产物以 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为主, 运行过程中进水氨氮质量浓度为 120 ~ 240 mg/L, 温度控制在 (30 ± 1) °C, 其他条件的控制同上个阶段, 其运行结果见图 4 和图 5.

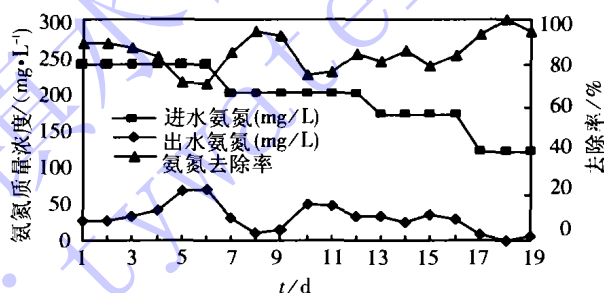


图4 进出水氨氮质量浓度及氨氮去除率

从图 4 和图 5 看出, 前 4 d, $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 积累率快速增长, 由开始的 69% 上升至 93%. 随着进水氨氮从 240 → 200 → 170 → 120 mg/L 逐步降低, $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 积累率一直保持在 93% ~ 98%, 即系统中实现了稳定的亚硝酸型硝化. 当进水氨氮质量浓度为 120 mg/L 时, 系统总体运行效果达最佳, 出水氨氮转化率在 95% 以上, 甚至达 100%, $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 积累率达 95%.

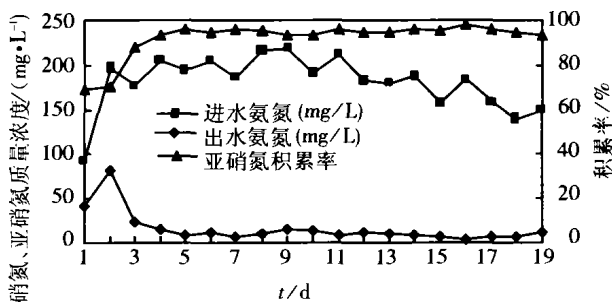


图5 出水硝氮、亚硝氮质量浓度及亚硝氮积累率

2.3 室温条件下运行结果分析

同前一阶段, 在指标测定前污泥已驯化了一段时间. 进水氨氮质量浓度为 120 ~ 200 mg/L, pH 全程控制在 8.0, DO 控制在 0.5 ~ 0.6 mg/L,



SRT 约为 23 d, MLSS 为 3.0 ~ 3.5 g/L, 在室温(21 ~ 25 °C)条件下运行, 运行结果见图 6 和图 7。由于 DO 控制范围较窄, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 转化的量、出水 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 及 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度均比较稳定。从整个运行过程来看, $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 积累率稳定在 86% ~ 96%, 比前两阶段的运行结果稍低, 随着进水氨氮浓度的降低, $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 积累率稍有下降。当进水氨氮浓度为 120 mg/L 时, 氨氮去除率达 100%。

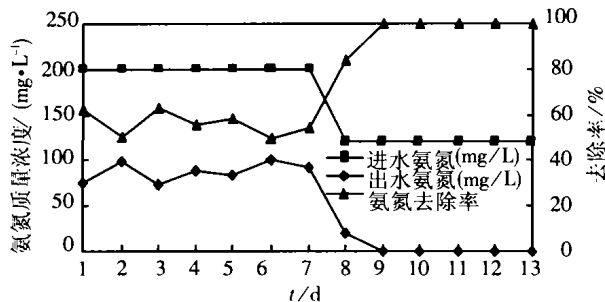


图 6 反应器进出水氨氮质量浓度及氨氮去除率

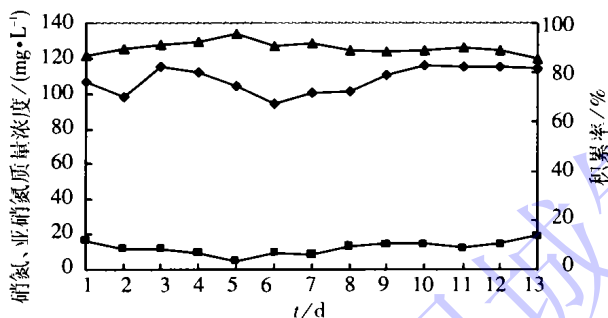


图 7 反应器出水硝氮、亚硝氮质量浓度及亚硝氮积累率

2.4 讨论

资料显示, 在中温条件下($>25\text{ }^{\circ}\text{C}$)亚硝酸菌的增长速率高于硝酸菌, 即亚硝酸菌的代时比硝酸菌的代时短, 若控制合适的 SRT 值, 则“洗出”的硝酸菌的比例较高^[5], 这样有利于亚硝酸菌的积累, 这是 SHARON 工艺控制的前提^[6]。由本试验结果看出, 在室温条件(21 ~ 25 °C)下控制相同的 SRT(23 d)也实现了亚硝酸型硝化, 可见控制较高的温度($\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$)和适当的 SRT 有利于实现亚硝酸型硝化, 但并不是决定性的因素。实现亚硝酸型硝化是包括温度、DO、SRT、pH、进水氨氮浓度在内的多个影响因子共同作用的结果, 其中最主要的是控制较低的 DO 和适宜的 pH。通常认为, 在确保硝化反应能顺利进行的前提下, 低 DO 有利于 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 积累^[7]。本试验中, 不同条件下实现亚硝酸型硝化的关键就是控制了较低的 DO (0.5 ~ 1.0 mg/L)。另外, pH 对亚硝酸型硝化也有着决定性的作用。一方面, 亚硝酸菌生长的最佳 pH 为 7.0 ~ 8.5; 另一方面, pH 和进水氨氮浓度联合决定着游离氨(FA)的浓度。研究表明, 当 $0.6\text{ mg/L} < \text{FA} < 5\text{ mg/L}$ 时, FA 几乎可以全部抑

制硝酸菌的活性, 但不会对亚硝酸菌活性产生影响^[3]。本试验中, 当进水氨氮浓度较高(120 ~ 240 mg/L)、pH(7.0 ~ 7.8)偏碱性时, $\text{FA} < 5\text{ mg/L}$, 是有利于实现亚硝酸型硝化的。此外, 用 NaHCO_3 来控制 pH 实际上也为硝化过程提供了碳源和足够的碱度。

从上述 3 组试验结果可知, 温度能影响系统的总体运行效果。当其他条件相同时, $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 积累率随温度的升高略有上升, 当进水氨氮浓度为 120 mg/L 时, 室温条件下的 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 积累率最低, 不到 90%。另外, 在确保 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 积累率的前提下, 温度为 35 °C 时能完成 200 mg/L $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的完全转化, 即温度越高 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 转化量越多。

3 结论

1) 亚硝酸型硝化的快速实现是包括温度、DO、pH、进水氨氮负荷、SRT 等多个因素共同作用的结果, 最主要的是控制较低的 DO 和适宜的 pH。

2) 中温($>30\text{ }^{\circ}\text{C}$)和适当的 SRT 值有利于亚硝氮的积累, 但不是决定性的因素, 在室温条件下也能实现亚硝酸型硝化。

3) 温度影响着亚硝酸型硝化系统的总体运行效果。相同进水氨氮负荷条件下, 氨氮去除率随温度的升高而增大。

参考文献:

- [1] 袁林江, 彭党聪, 王志盈. 短程硝化-反硝化生物脱氮[J]. 中国给水排水, 2000, 16(2): 29-31.
- [2] 施永生. 亚硝酸型生物脱氮技术[J]. 给水排水, 2000, 26(11): 21-23.
- [3] 徐冬梅, 聶梅生, 金承基. 亚硝酸型硝化的试验研究, 给水排水, 1999, 25(7): 37-39.
- [4] 国家环保局《水和废水监测分析方法》编写委员会 水和废水监测分析方法(第三版), 北京: 中国环境科学出版社, 1989.
- [5] RANDALL C W, BUTH D. Nitrite build up in activated sludge resulting from temperature effects[J]. Wat Contr 1984, Feb. 56, 1039-1044.
- [6] HELLINGA C, SCHELLEN A A J C, MULDER et al. The SHARON process: an innovative method for nitrogen removal from ammonium rich wastewater [J]. Wat Sci Tech, 1998, 37(9): 135-142.
- [7] LAANBROEK H J, GERARD S. Competition for limiting a mounts of oxygen between Nitrosomanas europaea and Nitrobacteria winogradskyi grown in mixed continuous cultures [J]. Arch Microbiology, 1993, 159: 453-459.

(编辑 姚向红)