

控制低溶解氧浓度实现生活污水短程硝化研究

陈 滢¹, 王洪臣², 彭永臻¹

(1. 北京工业大学 环境与能源工程学院, 北京 100022;
2. 北京市城市排水公司, 北京 100022)

摘 要:以 SBR 工艺处理低 C/N 生活污水, 研究了溶解氧浓度(DO)对硝化过程中亚硝酸氮积累的影响。在 20~25 ℃, 进水氨氮为 78~108 mg/L 时, 当 DO < 1.0 mg/L, 出现亚硝酸氮的累积。当 DO 在 0.5~0.7 mg/L 时, 曝气时间 6 h, 亚硝化率可达到 80% 以上, 氨氮去除率在 95% 以上。与其他 5 个溶解氧浓度水平相比, 该条件下是既达到较高亚硝化率, 又达到较高氨氮去除率的最佳工况。

关键词: SBR; 生活污水; 溶解氧浓度; 硝化

中图分类号: TP273.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-0946(2004)03-0339-03

Study on nitrification for treating domestic waste water under low DO condition

CHEN Ying¹, WANG Hong-chen², PENG Yong-zhen¹

(1. School of Environmental and Energy Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China; 2. Beijing Municipal Drainage Corporation, Beijing 100022, China)

Abstract: Domestic waste water was treated in sequencing batch reactor (SBR) to investigate the effect of dissolved oxygen concentration (DO) on the nitrite accumulation. The influent ammonium concentration and temperature were 78~108 mg/L and 20~25 ℃, respectively. Nitrite accumulation took place when the DO was below 1.0 mg/L. When DO is 0.5~0.7 mg/L, the nitrite ratio and ammonium removal efficiency were above 80% and 95%, respectively. It was the optimum condition for getting high nitrite ratio as well as high ammonium removal efficiency in this experiment.

Key words: SBR; domestic wastewater; DO; nitrification

生活污水低 C/N 的现象随着人们生活水平的提高而日趋普遍, 使得反硝化阶段对碳源的需要量也随之增加。短程硝化反硝化脱氮技术(nitrification - denitrification)可以节省反硝化所需碳源的 40% 左右, 特别适用于处理低 C/N 的废水。该技术是将硝化过程控制在亚硝酸氮阶段(即氨氮氧化至亚硝酸氮), 阻止亚硝酸氮的进一步氧化, 然后直接以亚硝酸氮为电子受体进行反硝化。其关键是如何实现和维持亚硝酸氮的积累, 影响亚硝酸氮积累的主要因素有: 温度、pH 值、游离氨、溶解氧、污泥龄、抑制剂

或有害物质等^[1-3]。目前短程硝化反硝化的研究主要集中在高温、高氨氮浓度废水的处理^[4-7]。采用短程硝化反硝化技术处理低氨氮浓度的生活污水的研究很少有报道。本文采用间歇式活性污泥法(SBR)处理真实生活污水, 研究了溶解氧浓度(DO)对硝化过程中亚硝酸氮积累的影响, 考察了将短程硝化应用到处理低氨氮浓度生活污水的可能性, 以期探索出能够节省处理低 C/N 生活污水反硝化外加碳源的新技术。

收稿日期: 2004-01-11.

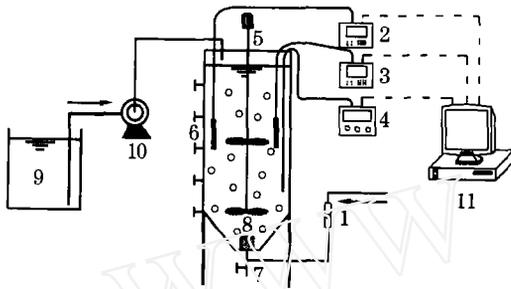
基金项目: 国家自然科学基金项目(20377003); 北京市教委科研项目(01KI-001).

作者简介: 陈 滢(1975-), 女, 北京工业大学博士生, 研究方向: 污水生物处理.

1 试验部分

1.1 试验装置

实验装置如图1所示. SBR反应器总有效容积14 L. 采用鼓风微孔曝气方式,用空气流量计调节曝气量. 利用温度控制系统保持水温在20~25℃. 在整个反应过程中,pH值不加控制. SBR反应器的运行周期分为进水、曝气、缺氧搅拌、沉淀、排水、闲置6个阶段. 采用限制性曝气,瞬时进水,曝气时间见试验方案表1.



1—气体流量计;2—pH仪;3—DO仪;4—温控仪;
5—搅拌机;6—取样口;7—排泥管;8—曝气头;
9—贮水箱;10—进水泵;11—计算机

图1 SBR试验装置图

表1 溶解氧浓度对亚硝酸氮累积的影响试验方案

运行阶段	DO / (mg L ⁻¹)	运行周期 / 个	曝气时间 / h
	0.2~0.3	1~5	10
	0.3~0.4	6~15	10
	0.4~0.5	16~25	10
	0.5~0.7	26~40	6
	0.7~1.0	41~50	6
	2.0~2.5	51~60	6

1.2 试验用水来源和水质

试验采用北京市某生活小区生活污水. 为尽量保证进水水质的一致,每天在相同时间进水. 进水通过兼做初沉池的贮水箱后进入SBR反应器. 原水COD为240~320mg/L,氨氮质量浓度为76~108 mg/L,pH值在7.2~7.8. 实验所用种泥取自于北京市某城市污水处理厂.

1.3 检验分析项目

NO₃⁻-N采用麝香草酚分光光度法;NO₂⁻-N采用N-(1-萘基)-乙二胺光度法;NH₄⁺-N采用钠氏试剂分光光度法;MLSS采用滤纸重量法. 利用WTW inoLab Oxi level2实验室台式溶解氧仪在线检测DO值.

1.4 试验方案

本试验阶段所取活性污泥为经过驯化后,已经处于全程硝化阶段的活性污泥(即NO₃⁻-N/NO₂⁻-N的比值在90%以上),氨氮去除率达到98%以上. 按照表1所示的试验方案,调节曝气量,降低反应器内溶解氧浓度. 考察了6个溶解氧水平下,氨氮的去除情况和亚硝酸氮的累积情况.

2 结果与讨论

图2为该阶段的试验结果(图2中HRT特指每周期的曝气时间). 如图2所示,前5周期,当DO质量浓度在0.2~0.3 mg/L时(曝气时间10 h),出水氨氮浓度较高,氨氮去除率由原来的98%以上下降到60%以下. 但是,亚硝化率(NO₂⁻-N/NO_x⁻-N)却由原来的小于10%,上升到80%以上. 溶解氧质量浓度在0.2~0.3 mg/L,硝化菌的活性受到抑制,致使氨氮去除率下降. 但亚硝酸菌与硝酸菌相比,前者对溶解氧的亲合能力更大,所以受到的抑制程度要小一些,而溶解氧浓度的降低对硝酸菌具有明显抑制作用,最终造成亚硝酸氮积累.

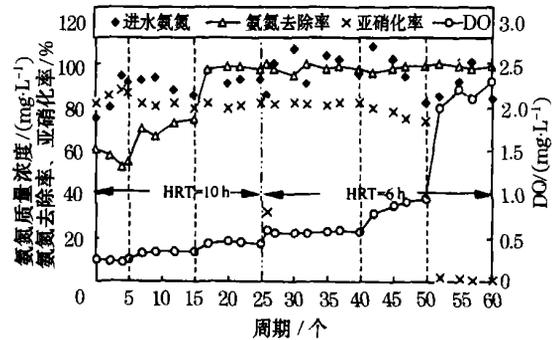


图2 不同溶解氧质量浓度条件下SBR反应器内亚硝化率和氨氮的去除情况

第6到第15周期,DO质量浓度升高到0.3~0.4 mg/L,曝气时间仍然为10 h,氨氮去除率上升至70%左右,亚硝化率由第5周期的87%下降到80%左右. DO质量浓度继续增加,上升到0.4~0.5 mg/L,反应进行了10周期. 由图2可见,氨氮去除率迅速上升,经过10 h的好氧反应,出水氨氮质量浓度降低到5 mg/L以下,氨氮去除率可达到95%以上. 亚硝化率依然维持在80%左右.

第26周期,曝气量继续升高,溶解氧质量浓度达到0.5~0.7 mg/L,曝气10 h,好氧反应结束出水中的亚硝酸氮质量浓度降低,硝酸氮质量浓度升高,亚硝化率降低到32%. 对此周期的氨氮定时跟踪取样分析结果显示:当溶解氧质量浓度上升到

0.5 mg/L 以上,在进水氨氮质量浓度为 92 mg/L 的情况下,反应进行到 400 min 时,氨氮浓度已经接近于 0. 而此时,没有停止曝气,好氧反应继续进行,使硝酸菌有足够的时间以亚硝酸氮为底物继续将其氧化为硝酸氮,从而使短程硝化向全程硝化转化. 为了避免因为曝气时间过长而致使亚硝酸氮继续氧化为硝酸氮,从第 27 周期起,曝气时间减少到 6 h. 第 27 周期到第 40 周期,氨氮去除率基本可保持在 95 % 以上,亚硝化率保持在 80 % 以上.

反应进行到第 41 周期,溶解氧质量浓度继续上升到 0.7 ~ 1.0 mg/L,出水氨氮基本可达标排放,氨氮去除率平均在 98 % 以上. 但是亚硝化率略有下降,降低至 75 %. 这主要因为随着溶解氧的上升,硝化速率得到了提高. 很多运行周期中,氨氮基本在 5.5 h 之前就已经消耗完毕. 而反应仍然按预先设定的反应时间进行,致使出水中亚硝酸氮进一步转化为硝酸氮,亚硝化率下降. 另外,有文献报道亚硝酸菌的氧饱和常数为 0.25 ~ 0.5 mg/L,硝酸菌的氧饱和常数为 0.72 ~ 1.84 mg/L. 当系统内溶解氧质量浓度上升到 0.7 mg/L 以上时,部分硝化菌的活性开始恢复,更多的亚硝酸得以进一步氧化,使亚硝化率降低. 但是,活性污泥絮体中氧的传递过程中存在着氧的浓度梯度,当泥水混合液中溶解氧质量浓度达到 0.7 mg/L 时,污泥絮体中的溶解氧仍然很低,所以大部分硝酸菌仍然处于被抑制的状态,系统内总体表现仍然是出现亚硝酸氮的累积.

从第 51 周期到第 60 周期,溶解氧质量浓度上升到 2.0 mg/L 以上,亚硝化率迅速降低到 2 % 以下. 溶解氧浓度升高,已经不成为硝酸菌生长的限制因子,亚硝酸氮很快被氧化为硝酸氮. 本试验中,采取的低溶解氧结合固定反应时间控制实现的短程硝化,亚硝化率多数情况下都在 80 % 左右,说明系统内始终存在一定数量的硝化菌,一旦溶解氧浓度升高,这部分硝化菌活性迅速恢复,而且溶解氧浓度升高,硝化速率提高,硝化时间缩短,可是反应仍按 6 h 进行,导致延时曝气,使系统内的亚硝酸氮进一步被氧化为硝酸氮,所以亚硝化率锐减.

图 3 为不同 DO 质量浓度下,氨氮去除率和亚硝化率的变化情况. 当 DO 质量浓度在 0.2 ~ 0.3 mg/L 时,亚硝化率最高,但是出水氨氮浓度也很高. 当 DO 质量浓度上升到 2.0 mg/L 以上时,氨氮去除率最好,但亚硝化率接近 0. 当 DO 质量浓度

在 0.5 ~ 0.7 mg/L 时,亚硝化率可到 80 % 以上,氨氮去除率基本在 95 % 以上,硝化反应时间也相对较短.

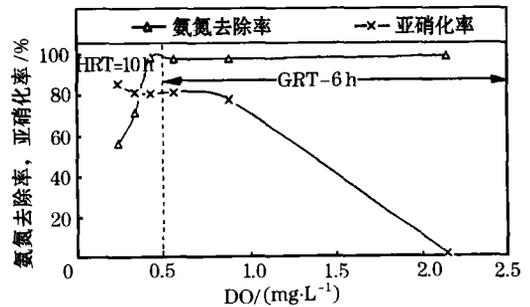


图3 溶解氧质量浓度对氨氮去除率和亚硝化率的影响

3 结论

1) 在常温下 (20 ~ 25 °C), 通过控制低溶解氧质量浓度 ($DO < 1.0 \text{ mg/L}$), 可以实现处理低氨氮浓度生活污水的短程硝化.

2) 当 DO 质量浓度在 0.5 ~ 0.7 mg/L 时, 曝气时间 6 h, 亚硝化率可到 80 % 以上, 氨氮去除率在 95 % 以上. 该溶解氧水平是本试验中获得较高亚硝化率, 同时达到较高的氨氮去除率的最佳运行工况.

3) 通过控制低溶解氧实现短程硝化, 不需要外加其他药剂, 而且节省了曝气的运行费用, 将硝化控制到亚硝化阶段, 可以节省反硝化的外加碳源, 具有一定的应用价值.

参考文献:

- [1] HELMER C, KUNST S. Nitrogen Loss in a Nitrifying Biofilm System [J]. Wat. Sci. Tech., 1999, 39(7) : 13.
- [2] VILLAVERDE S. Influence of pH over Nitrifying Biofilm Activity in Submerged Biofilters [J]. Wat. Res., 1997, 31 : 1180.
- [3] HANAKI K. Nitrification at Low Levels of Dissolved Oxygen with and without Organic Loading in a Suspended-growth Reactor [J]. Wat. Res., 1990, 24 : 379.
- [4] 耿艳楼, 钱易, 顾夏声. 简捷硝化-反硝化过程处理焦化废水的研究 [J]. 环境科学, 1991, 14(3) : 2.
- [5] 李春杰, 耿琰, 周琪, 等. SMSBR 处理焦化废水中的短程硝化反硝化 [J]. 中国给水排水, 2001, 17(11) : 8.
- [6] HELLINGA C, SCHLELEN A J. The Sharon Process: An Innovative Method for Nitrogen Removal from Ammonium-rich Waste Water. [J] Wat. Sci. Tech., 1998, 37(9) : 135.
- [7] 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.