

环流曝气塔中生物脱氮过程的研究

杨海光, 陈筛林, 李飞, 江田民, 丁富新

(清华大学化学工程系, 北京 100084, E-mail: yhg00@mails.tsinghua.edu.cn)

摘要: 利用环流曝气塔进行同时硝化/反硝化(SND)脱氮实验. 实验中, 分别采用不同降解性能的碳源以及采用不同的碳源投加方式, 研究反应器内的脱氮过程, 监测处理过程中 $\text{NO}_x\text{-N}$ 浓度和溶解氧 DO 的变化. 实验显示, 在 COD 800 mg/L + 800 mg/L 的分批加料方式下, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的降解得到加强, 出水中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度低于 3 mg/L; 利用较难降解物质作为碳源时, 利于反应器内低溶解氧条件的出现, 促进了反硝化的进行, 实验在采用醇类碳源时脱氮效果好于葡萄糖的情况.

关键词: 硝化; 反硝化; 硝态氮; 溶解氧; 环流曝气塔

中图分类号: X703.1 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2004)01-0158-03

Study on Biological Nutrients Removal in Loop Reactor

YANG Hai-guang, CHEN Sha-lin, LI Fei, JIANG Tian-min, DING Fu-xin

(Department of Chemical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China E-mail: yhg00@mails.tsinghua.edu.cn)

Abstract: The simultaneity nitrification and denitrification (SND) was studied in a loop reactor. In the experiment, the research of biological nutrients removal was carried by changing carbon source and the method of adding carbon source, and the concentration of $\text{NO}_x\text{-N}$ and the dissolved oxygen (DO) level were also inspected. The results indicated that the removal of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ could be enhanced by adding carbon source with COD 800 mg/L + 800 mg/L. And the concentration of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ in outlet was lower than 3 mg/L; Lower DO level in the reactor could be made easily by using difficultly reduced carbon source. It was useful to improve the biological nutrients removal. When using ethanol or glycerol as carbon source, the removal efficiency of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ was better than using glucose.

Key words: nitrification; denitrification; $\text{NO}_x\text{-N}$; dissolved oxygen (DO); loop reactor

近年来, 随着水体富营养化侵害的日益加重^[1], 对生物脱氮、除磷方法的研究显得尤为重要^[2-4]. 本实验中, 利用环流曝气塔进行生物脱氮研究^[5], 通过改变不同的碳源投加方式以及采用不同降解性能的物质作为碳源, 研究其对生物脱氮过程的影响^[6], 以期找到强化生物脱氮的有效途径. 文中重点研究了不同条件下硝化态氮 ($\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$) 的含量变化, 考察了反应器内溶解氧 DO 的变化规律.

1 实验部分

1.1 实验装置与流程

实验装置和流程如图 1 所示. 实验采用直径为 18cm, 高为 100cm 的硼硅玻璃曝气塔作为曝气装置, 底部进气采用微孔气体分布器, 可形成细小均匀的气泡. 通过控制空气和氮气的流量来实现不同的操作条件. 塔内装有导流筒, 通气后可在反应器内形成内环流, 促进气-液-固三相的混合传质^[7,8].

1.2 实验操作

实验用污泥来自北京高碑店生活污水处理厂. 利用模拟污水对污泥进行驯化, 污泥浓度 5.0g/L 左右, 待其性能稳定后进行实验. 模拟污水成分包括

葡萄糖、硫酸铵和磷酸氢二钠, 分别作为体系中 C、N 和 P 的来源. 实验分别在不同的碳源 (COD) 投加方式和采用不同降解性能碳源的条件下进行. 实验开始后定时取样, 分析样品中 COD、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的含量, 实验过程中还记录反应器内 DO 的变化规律, 考察处理过程的进行情况.

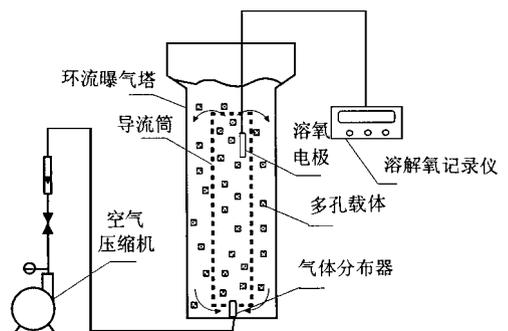


图 1 实验设备与流程

Fig. 1 Diagram of experimental equipment

2 实验结果与讨论

实验采用分批式操作, 温度 25℃, 气量 0.1 m³/h.

收稿日期: 2003-02-14; 修订日期: 2003-04-29

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目 (ZZ01-10-03-12)

作者简介: 杨海光 (1978-), 男, 硕士研究生, 主要从事工业和生活污水处理研究.

2.1 生物脱氮过程

实验开始时一次性加入 COD: N: P = 800: 30: 5 的模拟污水. 实验过程中定时取样, 分析样品中各污染成分的含量. 实验结果见图 2.

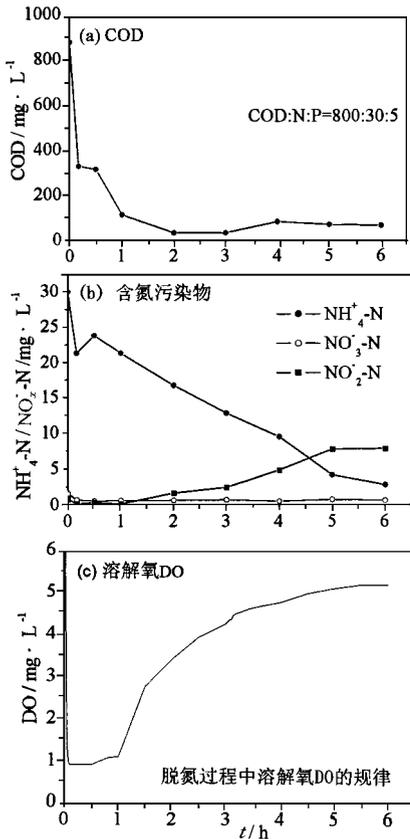


图 2 生物脱氮结果

Fig. 2 Variations of COD, DO and NH_4^+ -N concentrations

从图 2(a) 中看到, COD 的去除比较完全, 特别是反应初期的去除率很大. 随着反应的进行, 由于硝化、反硝化的同时存在, 2 个过程的反应物形成动态平衡, 使得 COD 的去除变慢. 在脱氮过程中还可观察到, 随着 COD 的去除反应器内 DO 急剧下降, 为反硝化提供了有利环境. 反应后期, 生物脱氮反应的减缓使得 DO 又回升至初期水平. 从图 2(b) 看到, 反应刚开始时, NH_4^+ -N 的去除较快, 文献报道这一短暂阶段主要是物理吸附作用^[9]. 通过电镜观察, 本实验用活性污泥是粒径在 $100\mu\text{m}$ 左右的絮状颗粒, 具有吸附的特性. 而且从 NH_4^+ -N 去除曲线上也观察到 NH_4^+ -N 浓度反弹的现象, 这可能是由于解析过程造成的. 从图 2(b) 还可看到, 在反应前一阶段, 由于硝化、反硝化都可很好地进行, 使得反应器内 NO_2^- -N 和 NO_3^- -N 的含量都维持在较低水平. 在反应后期, COD 的不足以及溶解氧 DO 的上升, 使得生物反应过程受到影响, 特别是反硝化过程受到

抑制, 从而使中间产物 NO_2^- -N 的浓度出现上升趋势.

2.2 碳源(COD)投加方式的对比

图 3 为碳源投加方式对比研究的实验结果. 实验中采用 3 种不同的碳源投加方式: ①在反应开始前一次投加 COD 800 mg/L 的碳源; ②在反应初期和中期分别投加 COD 400 mg/L 的碳源; ③在反应初期和中期分别投加 COD 800 mg/L 的碳源. 通过图 3(a) 可以看到, 由于碳源投加方式的不同以及总 COD 投加量的差异, 使得反应过程中 DO 出现不同的变化规律, 从而影响到硝化与反硝化过程. 图 3 中 DO 在下降后又比较快地反弹, 这与实验采用易降

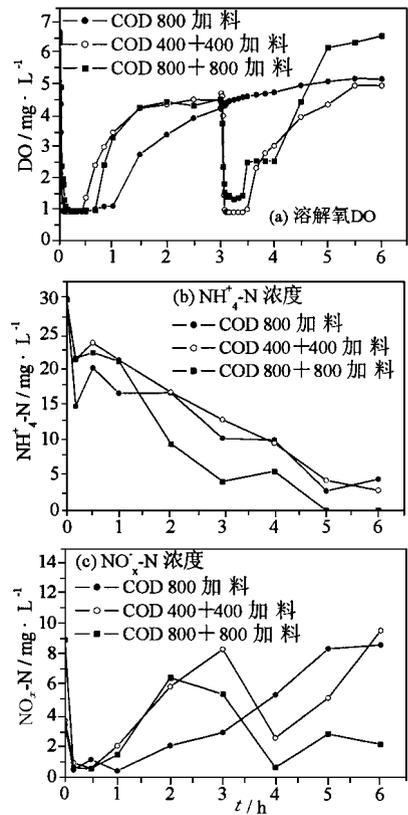


图 3 不同 COD 补料方式实验结果

Fig. 3 Variations of COD, DO and NH_4^+ -N concentrations

with different methods of adding carbon source

解的葡萄糖作为碳源有关. 图 3(b) 表明, 在 COD 800 mg/L 和 COD 400 mg/L + 400 mg/L 2 种不同的加料方式下, NH_4^+ -N 的降解影响不大. 这主要是由于总 COD 的投加量未改变, 虽然投加时间有差异, 但总体影响不大. 对于 COD 800 mg/L + 800 mg/L 的加料方式, 可明显观察到 NH_4^+ -N 的降解得到加强, 由于反应过程中 COD 充足, 使硝化作用不断进行, 加快了 NH_4^+ -N 的去除. 同时, 分批补加 COD 造成了反应后期再次出现溶解氧 DO 下降的

过程,促进了反硝化作用,进而改善了整体的去除效果.图 3(c)表明,在 COD 800 mg/L 的加料方式下, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 去除的中间产物 $\text{NO}_x^- - \text{N}$ 的含量一直处于上升趋势,说明反硝化作用弱于硝化作用.改用 COD 400 mg/L + 400 mg/L 的加料方式后, $\text{NO}_x^- - \text{N}$ 的含量在反应中期(即 DO 下降阶段)出现下降趋势,但由于 COD 投加量的不足,随后其含量又有上升趋势.在 COD 800 mg/L + 800 mg/L 的加料方式下,这一现象得到明显改善, $\text{NO}_x^- - \text{N}$ 含量在反应后期一直处于较低水平,而且总 N 的去除也得到加强.

2.3 不同碳源的对比

从碳源投加方式的研究中可以发现,分批补料的方法可以在生物反应过程中形成 DO 下降的阶段,有利于反硝化的进行,从而促进整个脱氮过程.但是,由于葡萄糖的易降解性,DO 较低的阶段维持时间不长,只有加大 COD 的量才能达到较好实验效果.因此,希望采用相对于葡萄糖难降解的碳源,在较小的 COD 投加量下实现相同的效果.图 4 为改用乙醇、丙三醇后的实验结果.实验在 COD: N: P = 800: 35: 5 的模拟污水条件下进行.从图 4(a) 看出,乙醇、丙三醇相对于葡萄糖来说较难降解.虽然最后处理效果相差不大,但是他们的降解速率较慢,一方面使得反应过程中 COD 可以逐渐消耗,不至于出现降解后期 COD 不足而影响硝化、反硝化的进行;另一方面 COD 的缓慢降解使得反应器内低 DO 的状态维持时间较长,从而利于反硝化的进行.从图 4(b) 也可看到,在采用乙醇、丙三醇作为碳源条件下,硝化过程进行良好, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除效果均优于葡萄糖作为碳源的情况,去除率可以达到 75% 以上.图 4(c) 反映了在不同碳源条件下,中间产物 $\text{NO}_x^- - \text{N}$ 含量变化的情况.从图中可看出,采用乙醇、丙三醇作为碳源, $\text{NO}_x^- - \text{N}$ 的积累现象得到明显改善,反应过程中其含量都维持在较低水平,减小了对反硝化的抑制作用.在保证出水 COD 合格的前提下,适当改用降解缓慢的物质作为碳源可有效增强反硝化的进程,减少中间产物的积累,从而使得整个生物脱氮过程更加有效.

3 结论

(1) 反应初期碳源(COD)的降解可以引起反应器内 DO 的下降,为反硝化提供有利条件;随着 COD 消耗,DO 又呈逐渐回升趋势.

(2) 分批补加碳源(COD)的操作方法可以减轻反应后期碳源不足造成的影响;同时在反应后期控

制 DO 的上升,利于脱氮的进行.

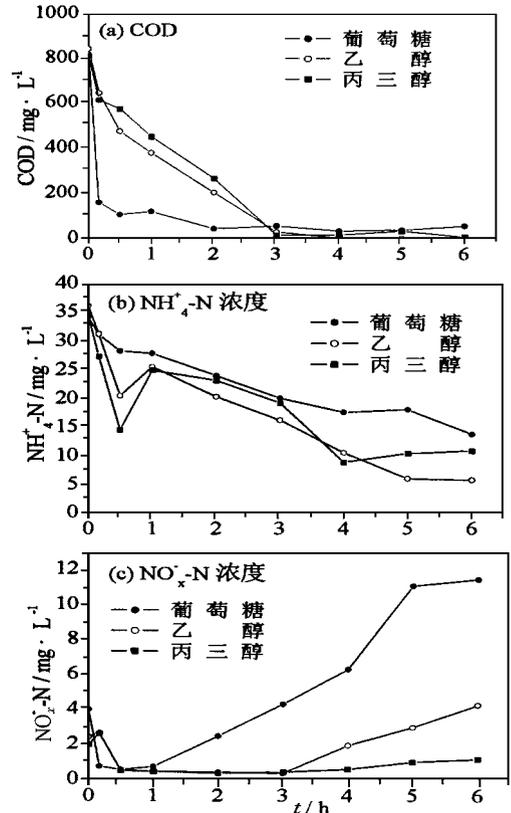


图 4 不同碳源的对比实验

Fig. 4 Variations of COD, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ and $\text{NO}_x^- - \text{N}$ concentrations by using different carbon source

(3) 采用较难降解物质作为碳源,可以延长 COD 的消耗时间,维持反应器内的低 DO 状态,达到与分批补料相同的处理效果.

参考文献:

- [1] 张智,林艳,梁健.水体富营养化及其治理措施[J].重庆环境科学,2002,24(3):52~54.
- [2] 梁刘艳,汪莘.废水脱氮处理方法研究[J].北京轻工业学院学报,2001,19(1):29~35.
- [3] 卢然超,张晓健,张悦,等.SBR工艺运行条件对好氧污泥颗粒化和除磷效果的影响[J].环境科学,2001,22(2):87~90.
- [4] 张荣社,周琪,张建,等.潜流构造湿地去除农田排水中的氮的研究[J].环境科学,2003,24(1):113~116.
- [5] 郑兴灿,李亚新.污水除磷脱氮技术[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.39~45,49~62.
- [6] 吕锡武,李丛娜,等.溶解氧及活性污泥浓度对同步硝化反硝化的影响[J].城市环境与城市生态,2001,14(1):33~35.
- [7] 丛威,刘建国,等.三相气升式内环流反应器的液相混合特性[J].化工冶金,2000,21(1):76~79.
- [8] 范轶,丁富新,等.微孔塔式曝气用于石化废水处理的研究[J].环境工程,2000,18(6):9~12.
- [9] 张自杰,等.排水工程(下册),第三版[M].北京:中国建筑工业出版社,1996.91~93.