

温度对不同水质条件下生活污水短程硝化的影响

孙晓杰¹, 彭永臻², 于德爽³

(1. 同济大学 环境科学与工程学院, 上海 200092; 2. 北京工业大学, 北京 100022; 3. 青岛大学, 青岛 266071)

摘 要:采用 SBR 工艺研究了温度对不含海水的城市生活污水和含 30 %海水的城市生活污水短程硝化的影响. 试验结果表明:对于不含海水的城市生活污水, 提高温度有利于实现短程硝化, 当温度升至 32 ℃ 时, 可以实现短程硝化; 生活污水中海水比例为 30 % 时中温条件下可以实现短程硝化.

关键词:温度, 氨氮去除率, 城市生活污水, 短程硝化

中图分类号: P746; TU992. 3

短程硝化反硝化生物脱氮的基本原理就是将硝化过程控制在亚硝化阶段, 阻止亚硝酸盐氮的进一步氧化, 然后直接以亚硝酸盐氮作为电子受体进行反硝化反应. 其明显的标志是在硝化过程中实现稳定且较高浓度的亚硝酸累积, 即亚硝化率大于 50 %, 亚硝化率是指生物脱氮中硝化结束时亚硝态氮占亚硝态氮与硝态氮之和的比率. 短程硝化反硝化脱氮工艺的优点是缩短生物脱氮反应历程, 降低硝化反应所需耗能, 节省反硝化所需碳源等. 在短程硝化反硝化的两个主要反应步骤中, 反硝化技术比较容易控制实现, 因此硝化过程中控制亚硝化反应过程不仅成为技术难点, 而且也是目前污水处理领域研究的热点^[1-6].

我国许多沿海城市存在缺水问题, 利用海水冲厕可以替代 30 % 左右的城市生活用淡水, 具有非常重要的节水意义. 目前, 青岛已在崂山区沙子口建立了海水冲厕示范小区, 成为继香港之后我国第二个利用海水冲厕的城市. 但是利用海水冲厕也会给城市生活污水的处理带来一定的影响, 如对 COD 和氨氮去除的影响, 因此对含海水污水的生物处理研究具有重要的意义.

影响短程硝化的因素有很多, 例如温度、pH、氨氮浓度、溶解氧、有害物质及泥龄. 笔者考察了温度对不含海水的城市污水和含 30 %海水的城市污水短程硝化的影响, 以探讨短程硝化反硝化工艺规律和特性及其在工程应用中的可行性.

1 研究方法

1.1 试验装置

本试验采用 SBR 反应器, 试验装置如图 1 所示. 反应器直径 30cm, 高 70cm, 总有效容积 42L. 采用鼓风曝气, 用转子流量计调节曝气量, 控制溶解氧浓度. 采用恒温器控制温度.

1.2 试验条件

本试验所用污水为城市生活污水, COD_{Cr} 为 300 ~ 400mg/L, 氨氮浓度为 40 ~ 70mg/L, 控制水温在 25 ~ 32 ℃, pH 值为 8.3 左右, DO 为 2 ~ 3mg/L. 试验所用活性污泥取自城市污水处理厂的二次回流污泥, 经过接种、驯化和培养, 污泥浓度约为 2g/L.

1.3 分析方法

氨氮, 纳氏试剂光度法; 硝态氮, 麝香草酚法; 亚硝态氮, N-(1-萘基)-乙二胺光度法; pH, pH211 型台式酸度离子计; DO、温度, YSI MODEL 50B 溶解氧测定仪; COD_{Cr}, 重铬酸钾法.

2 结果与讨论

2.1 温度对不含海水城市污水短程硝化的影响

为了考察温度对不含海水城市生活污水的影响,试验在温度分别为 25、28、32 的条件下对短程硝化的影响作了探讨,以期为城市生活污水的短程硝化提供合适的环境条件和合理的工艺参数.试验条件如下:污泥浓度为 2000~3000mg/L,pH 值为 8.3,DO 为 2~3mg/L.温度为 25 和 28 时的处理效果如图 2 和图 3 所示.

由图 2 和图 3 可以看出,在温度为 25 和 28 的条件下,每个周期经过 7 h 的曝气,硝化结束时产生大量 NO₃⁻-N 积累,而未出现 NO₂⁻-N 积累.表明硝酸菌的正常硝化未受到抑制,硝化过程中 NH₃-N 转化为 NO₂⁻-N 后又迅速转化为 NO₃⁻-N,SBR 反应器中硝酸细菌占绝对优势.

SHARON 工艺^[7,8]认为实现短程硝化的温度应该控制在 30~40,因此试验过程中将温度进一步提高到 32,此时处理效果如图 4 所示.

由图 4 可以看出,在温度为 32 的情况下,硝化结束时反应器中出水 NO₃⁻-N 和 NO₂⁻-N 浓度的对比发生了明显的改变,即 NO₃⁻-N 浓度降低而 NO₂⁻-N 浓度升高.试验第一天亚硝化率仅为 9%,第二天为 53%,第三天为 88%.此后亚硝化率一直在 93%以上,而 NO₃⁻-N 浓度极低.其机理是在高温条件下,亚硝酸菌的生长速率明显高于硝酸菌的生长速率,利用 SBR 工艺中 SRT 等同于 HRT 并通过控制 SBR 系统的 HRT 介于硝酸菌和亚硝酸菌的最小 HRT 之间,实现硝酸菌的“淘洗”,使反应器中亚硝酸细菌占绝对优势.从而使氨的氧化控制在亚硝态氮阶段,实现短程硝化.该试验表明,城市生活污水在较高温度下可以实现短程硝化.

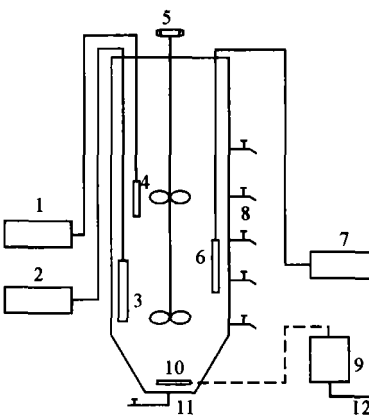


图 1 SBR 试验装置示意图
1-ORP 检测仪;2-温度控制仪;3-温度传感器;
4-ORP 传感器;5-电动搅拌器;6-pH 传感器;
7-pH 检测仪;8-取样口;9-转子流量计;
10-微孔曝气器;11-排泥口;12-压缩空气

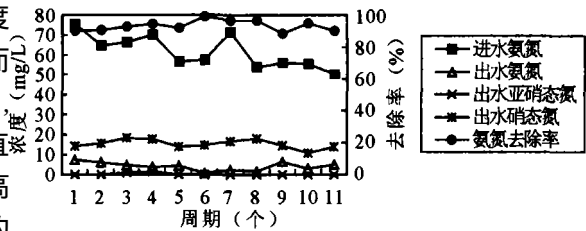


图 2 温度为 25 时氨氮、亚硝态氮、硝态氮浓度变化

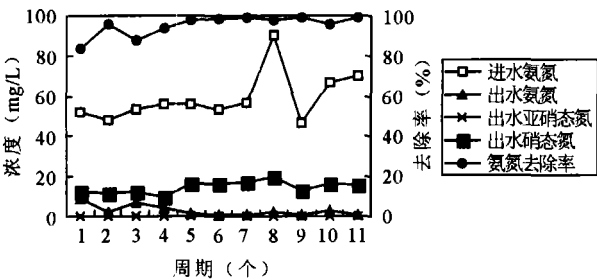


图 3 温度为 28℃时氨氮、亚硝态氮、硝态氮浓度变化

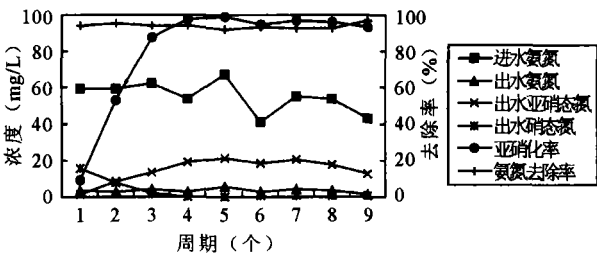


图 4 温度为 32℃时氨氮、亚硝态氮、硝态氮浓度变化

从图 2、3、4 中可以看出,在温度分别为 25、28 和 32 的条件下,氨氮的去除均取得了较好的效果,出水氨氮低于 10mg/L,平均氨氮去除率分别为 93%、95% 和 94%.其中 28 时的去除率最高.徐亚同认为大多数硝化细菌合适生长的温度在 25~30,低于 25 或高于 30 生长有所减慢^[9].

以上试验结果表明,在 SBR 反应器中,对于普通城市生活污水,在中温条件下,实现短程硝化有困难.在温度为 32 以上的较高温度时,可以通过控制温度造成亚硝酸菌和硝酸菌不同的生长速率,利用该动力学参数的不同造成成分选压力,最终使亚硝酸细菌占绝对优势,实现短程硝化.但是在多数实际工程中,城

市污水的温度大多在 20 ~ 30 之间,在冬季温度会更低一些.如果仅通过控制温度来实现短程硝化对于大多数城市污水是困难的,并且是很不经济的.

2.2 温度对含 30 %海水城市生活污水短程硝化的影响

用海水作为冲厕用水是缓解沿海城市淡水紧缺的有效措施之一,冲厕用水占城市生活用水的 30 %左右,因此试验中采用含 30 %海水城市生活污水作为研究对象.试验对温度分别为 25、28 的条件下对短程硝化的影响作了探讨.试验结果分别如图 5 和图 6 所示.

从图 5 可以看出投加海水的第三天亚硝化率 $[\text{NO}_2\text{-N}/(\text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N})]$ 超过了 50 %,此后亚硝化率均在 50 %以上,标志着短程硝化形成.但亚硝酸积累率并不很高,一般在 60 % ~ 70 %之间.

从图 6 中可以看出,投加海水的第一天就出现了亚硝酸盐积累,亚硝化率为 11 %;第二天就上升至 40.77 %;到第三天,亚硝化率迅速上升至 86.56 %.在此后的试验过程中,亚硝化率一直保持在 83.69 % ~ 96.72 %之间,整个试验过程中平均亚硝化率为 81.57 %.稳定后的平均亚硝化率为 93 %以上,远远高于 25 时的亚硝化率.试验结果表明,提高温度能够增加海水对硝酸菌的生长的抑制作用,而对亚硝酸菌的生长并没有明显抑制作用.

上面的试验表明:含 30 %海水的城市生活污水在中温条件下可以实现短程硝化,这对于海水冲厕工程有实际的意义.一方面,利用海水冲厕节省了大量的淡水;另一方面,处理海水冲厕污水实现短程硝化可以降低污水处理成本.

海水是一个含有多种无机物和有机物的复杂体系,其中以氯化钠的含量最高,氯离子的含量约为 19000mg/L,钠离子的含量约为 10000mg/L.试验以氯化钠作为研究对象,控制氯离子浓度在 5700mg/L 左右(相当于污水中含有 30 %海水时的氯离子浓度),考察了氯化钠对短程硝化的影响,以探讨含海水污水实现短程硝化的机理.试验结果如图 7 所示.

从图 7 可以看出,氯化钠对亚硝酸积累有一定的影响,其亚硝化率为 69.47 %,低于含海水污水的亚硝化率,这说明含海水污水的短程硝化是海水中的各种离子的共同作用造成的,但氯化钠是其中的主要因素之一.

3 结论

(1) 在 SBR 反应器中,对于普通城市生活污水,在中温条件下,实现短程硝化有困难.在温度为 32 以上的较高温度时,可以实现短程硝化.但是在实际工程中,城市生活污水的温度一般在 20 ~ 30 之间,在冬季温度会更低一些.如果通过控制温度来实现短程硝化是不经济的.

(2) 对于含 30 %海水的城市生活污水,中温条件下可以较好地实现短程硝化,并且提高温度可以提高短程硝化效率.含海水污水的短程硝化是海水中的各种离子的共同作用造成的,氯化钠是其中的主要因素之一.

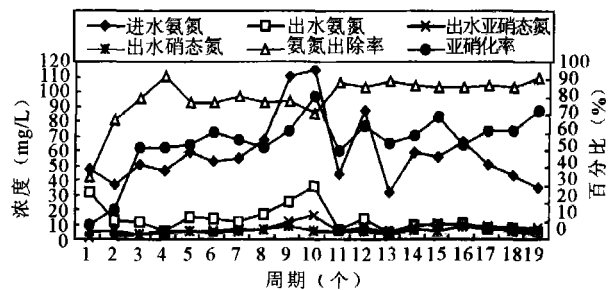


图 5 含 30 %海水的污水 25 时氨氮、亚硝态氮、硝态氮浓度变化

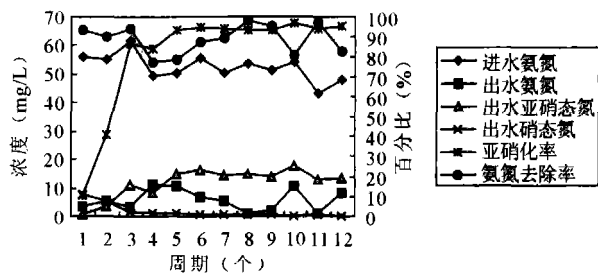


图 6 污水含 30 %海水 28 时氨氮、亚硝态氮、硝态氮的变化

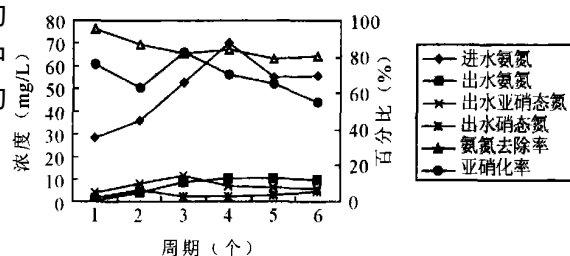


图 7 加入氯化钠时的处理效果

参 考 文 献

[1] 耿艳楼等. 简捷硝化-反硝化过程处理焦化废水的研究. 环境科学,1993,14(3):2-6
[2] 刘俊新等. 亚硝化型硝化反硝化工艺处理煤气废水研究. 中国给水排水,1998,14(1):6-8
[3] 徐冬梅等. 亚硝酸型硝化实验研究. 给水排水,1999,25(7):37-39
[4] 王志盈等. 高氨浓度下生物流化床内亚硝化过程的选择特性研究. 西安建筑科技大学学报,2000,32(1):1-3
[5] 李春杰等. SMSBR 处理焦化废水中的短程硝化反硝化. 中国给水排水,2001,17(11):8-12
[6] 耿琰等. SMSBR 反应器去除焦化废水中的氨氮. 中国给水排水,2002,18(7):8-11
[7] Jetten M S M, et al. Towards a more sustainable municipal wastewater treatment system. Wat. Sci. Tech., 1997, 35(9):171-180
[8] Mulder J W, Rogier van Kempen. N-removal by SHARON. IAWQ conference[C], 1997. 30-31
[9] 徐亚同. 废水的硝化作用. 环境科学进展,1994,2(3):44-49
[10] 王伟,刘志强,苗群等. 附着生长系统中短程反硝化试验研究. 青岛建筑工程学院学报,2004,25(1):58-60

Effects of Temperature on Shortcut Nitrification of Municipal Sewage under Different Water Quality

Sun Xiao-jie¹, Peng Yong-zhen², Yu De-shuang³

(1. College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092;
2. Beijing University of Technology, Beijing 100022; 3. Qingdao University, Qingdao 266071)

Abstract :The effect of temperature on shortcut nitrification of municipal sewage has been investigated in SBR process. The results of experiments indicate that high temperature is of real benefit to achievement of shortcut nitrification in sewage without seawater. When the temperature rises to 32℃, shortcut nitrification can be achieved. In sewage containing 30 % seawater, shortcut nitrification can be achieved at moderate temperature.

Key words :temperature, ammonia nitrogen removal rate, municipal sewage, shortcut nitrification

作者简介 :孙晓杰(1974-),男,博士研究生