

# SBR 中海水对短程硝化的影响

孙晓杰<sup>1</sup>, 周 利<sup>2</sup>, 彭永臻<sup>3</sup>

(1. 同济大学 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092;

2. 青岛理工大学 环境与市政工程学院, 青岛 266033; 3. 北京工业大学, 北京 100022)

**摘 要:**采用 SBR 工艺研究了海水进入城市污水处理系统后, 对氨氮去除率和短程硝化的影响. 试验结果表明, 在较高游离氨情况下, 生活污水中海水比例为 0% 时, 并未出现短程硝化; 生活污水中海水比例为 30% 时可以实现短程硝化, 而且氨氮的去除率并未明显降低. 应用该法处理海水冲厕污水是可行的.

**关键词:**海水, 氨氮去除率, 游离氨, 短程硝化, 海水冲厕污水

**中图分类号:** P746; TU992.3

我国是一个淡水资源较为贫乏的国家, 主要大中城市都不同程度的存在缺水危机, 华北沿海地区大中城市缺水尤为严重. 所以, 如果考虑利用海水作为大生活用水(即利用海水冲厕)将是一项很有前景的节约淡水资源的途径. 青岛、大连等地正在计划实施的大生活用海水(海水冲厕)示范工程已被列为国家科技部“十五”攻关课题. 但是大生活用海水进入城市污水处理系统后势必对原来的生化处理系统带来一定的影响<sup>[1~4]</sup>. 国内外有关学者关于海水盐度对污水处理脱氮系统的影响也作了一些研究<sup>[3,5]</sup>, 但结论并不一致.

短程硝化反硝化(shortcut nitrification-denitrification), 也可称作不完全或亚硝酸型反硝化, 是将硝化控制在形成亚硝化阶段, 阻止亚硝酸的进一步硝化而直接进行反硝化. 该工艺具有以下特点: (1) 对于活性污泥法, 可以节省 25% 的需氧量, 降低能耗; (2) 节省反硝化所需碳源 40%, 在 C/N 一定的情况下提高 TN 的去除率; (3) 减少污泥生成量 50%; (4) 减少投碱量; (5) 缩短反应历程, 可相应减少反应器的有效容积. 因此, 这一方法在国内外被广泛关注. 短程硝化反硝化的标志是实现稳定且较高的亚硝酸积累, 即亚硝酸积累率较高 $[\text{NO}_2^- - \text{N}/(\text{NO}_2^- - \text{N} + \text{NO}_3^- - \text{N}) \text{ 至少大于 } 50\%]$ . 影响短程硝化反硝化的因素主要有温度、pH、氨氮负荷、DO、C/N、污泥龄和有害物质等. 其中 pH 和氨氮负荷两者对短程硝化的影响可以认为是游离氨(FA)对短程硝化的影响. 如果通过调整和优化反应条件实现海水冲厕污水的短程硝化反硝化, 则既可以实现短程硝化反硝化的优点, 又可以达到节约淡水资源的目的. 本试验考察了海水对 SBR 脱氮效果及短程硝化的影响, 以探索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

本试验所用污水为生活污水,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  为 300 ~ 400mg/L, 氨氮浓度为 40~70mg/L, 控制水温在 26~30℃, pH 值为 8.0~9.0, 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, 纳氏试剂分光光度法; 硝态氮, 麝香草酚分光光度法; 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<sub>Cr</sub>, 重铬酸钾法.

## 2 结果与讨论

### 2.1 污水不含海水时的处理效果

在不含海水的情况下, SBR 的处理效果如图 2 所示.

从图 2 可以看出, 氨氮去除率保持在 80% 以上, 其平均去除率为 91.73%. 每一周期硝化结束时, 并没有出现亚硝酸积累, 亚硝酸积累率基本上为零, 而是出现了硝态氮积累. 潘桂珉等在煤气废水亚硝化型硝化的研究中发现<sup>[6]</sup>, FA 对硝酸菌更敏感, 0.6mg/L 的 FA 就足以使硝酸菌受到严重的抑制, 微量的 FA 就可使硝酸菌的活性受到损害, 但亚硝酸菌对 FA 的承受能力就大的多, 5mg/L 以上 FA 才能对其活性有影响, 40mg/L 以上亚硝酸菌才受到严重的损害, Anthouisen 也报道过硝酸菌受抑制的 FA 范围为 0.1~1.0mg/L 的类似结论. 本试验的 FA 控制在 3.47~12.45mg/L, 已经远远超出了硝酸菌对 FA 的承受能力范围, 而并未超出严重抑制亚硝酸菌活性的范围, 但试验结果与之不同. 这说明短程硝化的实现是各个影响因素共同作用的结果, 单纯提高 FA 浓度并不一定能够实现短程硝化. 这一现象还有待于进一步研究.

### 2.2 污水含 30% 海水时的处理效果

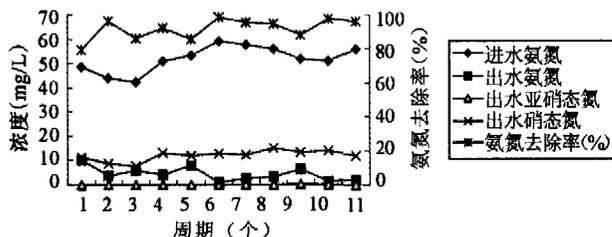


图 2 不含海水时的处理效果

向 SBR 反应器中加入 30% 的海水, SBR 反应器的处理效果如图 3 所示. 从图 3 可以看出, 氨氮去除率偶尔低于 80%, 其平均去除率为 88.53%. 但从总体上来看氨氮去除效果能够达到国家一级排放标准. 投加海水的第一天就出现了亚硝酸积累, 积累率为 11%, 第二天就上升至 40.77%, 到第三天, 亚硝酸积累率迅速上升至 86.56%. 此后, 亚硝酸积累率一直保

### 2.3 污水再次不含海水时的处理效果

为了验证海水是短程硝化的影响因素, 试验改为向 SBR 反应器加入不含海水的生活污水. 试验结果如图 4 所示.

从图 4 可以看出, 硝态氮从第一天起一直在增加, 但亚硝态氮并未一直减少, 而是随着进水氨氮的增减而增减, 说明进水氨氮对亚硝酸积累有一定影响. 第一天亚硝酸积累率仍达到 90.37%, 第二天亚硝酸积累率降至 59.39%, 此后, 亚硝酸积累率很不稳定, 在 24.42%~75.57% 之间变动, 较含海水污水的亚硝酸积累率要低, 但并未马上出现全程硝化. 原因是前段时间含海水污水抑制了硝酸菌的活性, 硝酸菌对环境的适应能力较差, 且生长比较缓慢, 所以硝酸菌要恢复其活性成为优势菌种需要较长一段时间. 而亚硝

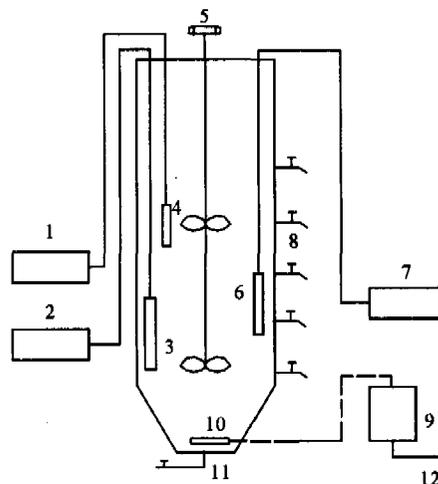


图 1 SBR 试验装置图

- 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

酸菌对环境的适应能力较强,因此只有经过一段时间的震荡以后,当硝酸菌逐渐成为优势菌种后短程硝化才能逐渐变为全程硝化.这一阶段的氨氮去除效果较好,平均去除率达 92.86%,高于含海水污水的氨氮去除率,再一次说明海水对氨氮的去除确实有影响.

#### 2.4 氯化钠对短程硝化的影响

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,其次还有大量的钾离子、钙离子、镁离子、硫酸根离子等等.到底是哪一种物质对短程硝化有影响呢?本试验以含量最高的氯化钠作为研究对象,控制氯离子浓度在 5700mg/L 左右,考察了氯化钠对短程硝化的影响.试验结果如图 5 所示.

从图 5 可以看出,氨氮去除率有所下降,平均去除率为 85.39%.说明氯化钠对氨氮的去除有一定的影响,但影响并不很大.试验结果表明,氯化钠对亚硝酸积累有一定的影响,其亚硝酸积累率为 69.47%,低于含海水污水的亚硝酸积累率,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,氯化钠是其中的因素之一.

### 3 结论

(1)在 SBR 反应器中,当进水不含海水,水温为 28℃ 左右, pH 值 8.0~9.0, FA 为 3~12, 溶解氧为 2~3mg/L, 污泥浓度为 2000mg/左右, 进水氨氮为 40~70mg/L 的条件下,对氨氮的去除率为 91.73%. 出水氨氮浓度低于 15mg/L, 达到国家排放标准. 但并未出现亚硝酸积累, 说明在较高游离氨条件下并不一定能实现短程硝化.

(2)当进水中含 30% 的海水时,氨氮去除率为 88.53%, 较不含海水时稍有下降, 但出水可以达到排放标准. 海水冲刷范围内的海水可以明显抑制硝酸菌的生长, 而对亚硝酸菌并不产生抑制, 因而导致亚硝酸积累, 实现短程硝化.

(3)氯化钠是影响亚硝酸积累的因素之一, 亚硝化率为 69.47%, 较海水影响要小一些, 说明海水中其它离子对亚硝酸积累也有一定影响.

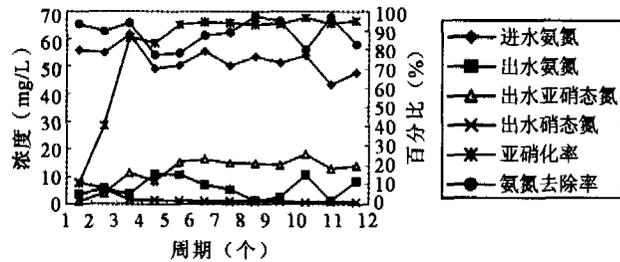


图 3 污水含 30% 海水时的处理效果

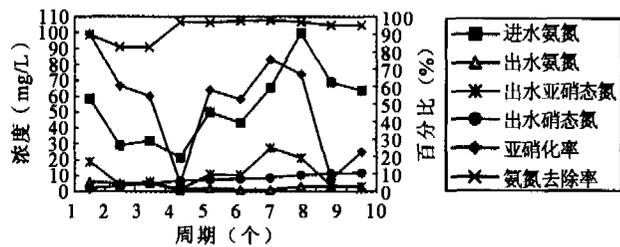


图 4 再次不加海水时的处理效果

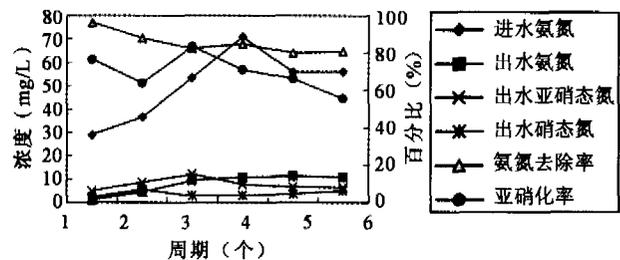


图 5 加入氯化钠时的处理效果

### 参 考 文 献

- [1] 张雨山,王静等.海水盐度对曝气反应器中微生物生态的影响.工业水处理,1999,19(5):17-18
- [2] 张雨山,王静等.利用海水冲刷对城市污水处理的影响研究.中国给水排水,1999,15(9):4-6
- [3] 王静,张雨山等.海水盐度对完全混合活性污泥法氨氮去除率的影响研究.工业水处理,2000,20(4):18-19
- [4] 张雨山,王静等.海水盐度对二沉池污泥沉降性能的影响.中国给水排水,2000,16(2):18-19
- [5] Charles Get. Denitrification of high-nitrate high-salinity wastewater. Wat Res,1999,33(1):223-229
- [6] 潘桂琨等.煤气废水亚硝化型硝化的研究.水处理实验技术,1994,20(4):230-235

## Effect of Seawater on Shortcut Nitrification in SBR

Sun Xiao-jie<sup>1</sup>, Zhou Li<sup>2</sup> and Peng Yong-zhen<sup>3</sup>

(1. State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, Tongji University, Shanghai 200092;

2. School of Environmental & Municipal Engineering, Qingdao Technological University, Qingdao 266033;

3. Beijing University of Technology, Beijing 100022)

**Abstract:** The effect of seawater on ammonia nitrogen removal efficiency and shortcut nitrification were investigated in SBR process when the seawater was discharged into municipal wastewater treatment system. The results of experiments indicated that the shortcut nitrification cannot be accomplished in wastewater containing seawater of 0% and can be accomplished in wastewater containing seawater of 30% in the condition of relatively high free ammonia. And ammonia nitrogen removal rate did not decrease obviously.

**Key words:** seawater, ammonia nitrogen removal rate, free ammonia, shortcut nitrification, seawater flushing toilet wastewater

作者简介: 孙晓杰(1974- ), 男, 博士研究生

(上接第 106 页)

## CFD Simulative Evaluation for Air Distribution and Heat Comfort in one Air Conditioning Office

Li Yu-wu, Xing Xin, Hu Song-tao

(School of Environmental & Municipal Engineering, Qingdao Technological University, Qingdao 266033)

**Abstract:** The temperature field and velocity field for an office using fan coil for air conditioning in summer is simulated and contrasted with measured values. The PMV in room is figured out. The air conditioning performance based on comfort is evaluated and the effect of air-conditioning in the room is considered to be able to satisfy the requirement. Finally, the authors point out that simulation, theory and experiment should be combined together organically to promote the solution of extensive special problems.

**Key words:** CFD simulation, air distribution, PMV, thermal comfort

作者简介: 李郁武(1975- ), 男, 上海交通大学在读博士研究生