

文章编号:1000-582X(2004)04-0111-03

# 长泥龄 SBR 亚硝化系统的污泥适应性\*

魏琛, 罗固源

(重庆大学城市建设与环境工程学院, 重庆 400030)

**摘要:**亚硝化系统稳定运行一段时间之后,硝化菌能逐渐适应亚硝化条件,恢复活性,从而使污泥产生适应性,亚硝化现象消失。污泥产生适应性是一个渐变过程,一旦污泥开始适应后,只需几天亚硝化现象就会彻底消失。研究表明:长泥龄 SBR 系统不能建立长期稳定的亚硝化系统,要建立稳定亚硝化系统必须保证污泥的更新率,寻求合适的污泥龄,而杆状絮体是良好亚硝化现象的特征污泥相。

**关键词:**亚硝化;污泥适应;泥龄

**中图分类号:**X703.1

**文献标识码:**A

S. Villaverde 等报道生物膜亚硝化系统中亚硝化现象只能稳定约 4 个月<sup>[1]</sup>,系统中存在污泥适应现象(acclimate),其最终将导致系统亚硝化现象的消失。Brouwer 在解释 SHARON 工艺的“不需污泥停留”,即 HRT = SRT 问题时<sup>[2]</sup>,也说道“如果不排泥而将污泥停留在反应器中,硝化菌即使生长率低,也能尽量将 NO<sub>2</sub><sup>-</sup> 转化为 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>”。

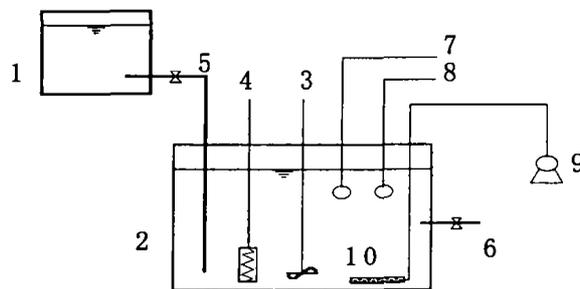
因此笔者将着重探讨长泥龄 SBR 亚硝化系统长期运行中的稳定性问题及探讨实现稳定亚硝化的有效方法和途径。

## 1 试验设计

### 1.1 试验流程及运行参数

试验采用活性污泥法 SBR 工艺,试验流程如图 1。废水由高位水箱进入 SBR 反应器(有效容积 20 L)底部,反应后经排水管路走。每个反应周期(T)由间歇进水(5 min)、连续曝气(11.5h)、静置沉淀(20 min)、间歇出水(5 min)构成。反应器每周期进、出水量仅为为其反应容积的一半。反应器曝气量由人工调节曝气机流量控制,以保证反应器中溶解氧处于目标范围之内。反应器温度由恒温加热器控制,以使温差 < 2 °C。接种污泥取自某污水处理厂曝气池,试验过程中污泥浓度维持在 0.9 ~ 1 g/L 之间,污泥浓度比较稳定。

装置运行条件<sup>[3-5]</sup>:温度 28 ~ 30 °C; pH 值 6.5 ~ 8.5 (其中进水 pH 值 8.2 ~ 8.5,出水 pH 值 6.5 ~ 7.5); DO 0.2 (周期开始) ~ 0.6 (周期结束) mg/L;



1. 高位水箱 2. 反应器 3. 搅拌器  
4. 恒温加热器 5. 进水管 6. 排水管  
7. DO 探头 8. pH 探头 9. 鼓风曝气机 10. 曝气砂头  
图 1 试验流程图

HRT 为 1 d; T 为 12 h; 试验期间不排泥; 系统污泥负荷 0.07 ~ 0.35 kgNH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/kgMLSS · d (启动阶段)、0.32 ~ 0.36 kgNH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/kgMLSS · d (亚硝化阶段)

### 1.2 试验水质及分析方法

试验原水为人工配水,水质如表 1;配水组成:奶粉、淀粉、葡萄糖、磷酸二氢钾、碳酸氨、小苏打、微量元素。

mg/L					
COD	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	TP	碱度	pH
20~40	70~330	<2	0.5~1	320~5008	2~8.5

试验测定项目与方法:氨氮采用纳氏试剂比色法;亚硝酸盐氮采用 N-1-萘乙二胺比色法;硝酸盐氮采用变色酸 HACH 比色法;pH 采用 pH S-3S 型酸度计;溶解氧采用 YSI5100 型溶解氧仪;MLSS 采用重量法;

\* 收稿日期:2003-12-08

作者简介:魏琛(1975-),女,贵州纳雍人,重庆大学博士生,主要从事水污染控制研究。

## 2 试验结果

### 2.1 试验进程

试验共进行了220 d,经历启动培养(1~108 d)、稳定亚硝化(109~176 d)、污泥毒害(177~195 d)、短暂亚硝化(196~208 d)、污泥适应(即完全硝化)(209~220 d)等5个阶段,运行情况如图2所示。

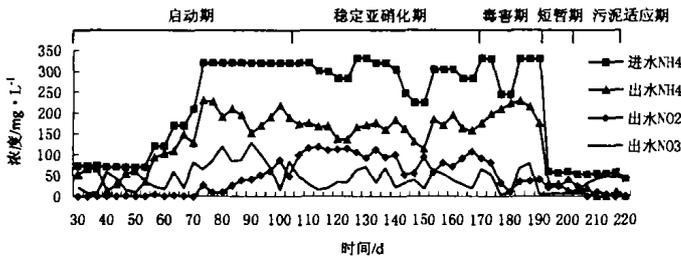


图2 系统试验进程

首先以约70 mg/L的低浓度 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 配水启动本亚硝化系统,启动时系统为硝酸型硝化系统,出水 $\text{NO}_x^- - \text{N}$ 以 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为主。在亚硝化效果不明显的情况下,于第60~70 d逐步将进水的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度增大到300 mg/L左右。第109 d时系统开始出现较明显 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 积累至176 d,亚硝化现象稳定持续了二个月,这期间 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 一直稳定地积累,亚硝化率在50%~90%,说明系统已成功地实现了亚硝化。此时 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 去除率也保持在50%~60%左右。

在并未对系统作任何调整的情况下,第177~195 d $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 处理效果出现明显的恶化,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 高达200 mg/L,而且 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 出水浓度亦下降至50 mg/L以下。此时 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 下降是由于硝化效果变差, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 不能被有效降解所致,但出水 $\text{NO}_x^- - \text{N}$ 仍以 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 为主,系统亚硝化率有70%左右。

为消除系统中可能存在的游离氨的抑制作用,第196~216 d调整系统进水 $\text{NH}_4^+ - \text{N} < 70 \text{ mg/L}$ ,系统硝化性能恢复,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N} < 30 \text{ mg/L}$ ,系统迅速再次出现亚硝化现象,亚硝化率为50%~90%左右。

但此次重现的亚硝化现象只维持了二周就产生了污泥对亚硝化条件的适应现象,自209 d开始亚硝化现象完全消失,系统开始转变为硝酸型硝化,硝化良好,出水 $\text{NO}_x^- - \text{N}$ 以 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为主, $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 浓度 $< 1 \text{ mg/L}$ 。

### 2.2 污泥适应过程

图3为污泥适应期系统污泥逐渐对亚硝化条件产生适应性,并最终导致 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 积累逐步消失的过程。自第208 d开始12h周期结束时系统出水 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 出现持续下降趋势,根据周期变化曲线分析,其原因是反应器中出现 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 积累的时间前移,如第208 d出现 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 积累峰值的时间为约6~7 h,最大积累值为28.5 mg/L,最终出水 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 值为

11.2 mg/L;而第208 d出现 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 积累峰值的时间为约3~5 h,最大积累值为21.9 mg/L,最终出水 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 值为3.3 mg/L;而至第216 d时 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 在整个周期中已无明显积累,亚硝化现象完全消失。

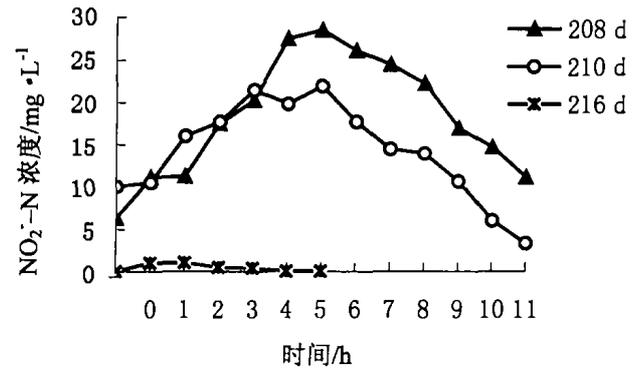


图3 污泥适应过程的周期变化曲线

### 2.3 泥龄的影响

由于试验水质进水COD值不高,系统只能采取较长泥龄,试验的总体过程中反应器不排泥,系统MLSS能稳定维持在0.9~1 g/L。在40~90 d之间将SRT调整为13~25 d,结果发现当泥龄低于25 d则污泥浓度MLSS持续下降,低至0.2 g/L,而且污泥仍继续流失,使试验不能进行。

### 2.4 污泥相的变化

图4为亚硝化稳定期的污泥镜检照片。图中可看出:污泥絮体均呈杆状,絮体长度为0.4~1.1 mm,宽约为0.1 mm,此外没有发现原生动物和后生动物。短暂亚硝化期污泥镜检结果也与图4相同。



图4 亚硝化期污泥镜检照片

图5为污泥毒害期的污泥镜检照片。图中可看出:污泥絮体分散细碎,呈针尖状,也未见任何原生、后



图5 污泥毒害期污泥镜检照片

生动物。污泥适应期镜检结果也与图5相同。

### 3 试验结果分析

1) 由试验进程结果分析:在各环境因素的共同作用下系统中亚硝化菌逐渐赢得了生长和活性上的竞争优势,而硝化菌处于劣势,导致亚硝化现象出现。运行一段时间之后,硝化菌逐渐适应了亚硝化条件,恢复活性,从而使污泥产生适应性。产生适应性的原因有突变、基因转移或基因表达<sup>[6]</sup>。

2) 由图3可看出污泥产生适应性是一个渐变过程,一旦污泥开始适应后,只需几天亚硝化现象就会彻底消失。适应初期若缩短反应周期的时间,在出现积累峰值时出水,系统仍能取的较高的亚硝化率,但这也只能维持较短的时间,至第216 d时整个反应周期中均不再出现 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 的明显积累,系统已成为一个硝酸型硝化系统。

3) 从试验结果可看出,系统在不排泥情况下也能出现一定时期的 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 积累。决定泥龄的因素是其所能维持的MLSS浓度。当泥龄过低时,污泥增长量跟不上污泥流失量,系统MLSS逐步下降,将会导致系统负荷过高,硝化性能恶化,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 偏高。同时由于硝化不佳,出水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 均很低。

但是系统不排泥也会对系统的亚硝化率带来不良影响。首先是不能利用亚硝化菌与硝化菌在中温时生长速率的差异,通过排泥,将系统中硝化菌“洗出”(wash out),使系统中亚硝化菌成为绝对优势菌种,从而实现非常高(>90%)的亚硝化率;其次是不排泥情况下污泥中硝化菌会最终适应亚硝化系统的环境因素,从而导致亚硝化现象的不可逆消失;最后,通过排泥能促使系统污泥更新,污泥的毒害效应减少。

因此长泥龄SBR系统不能建立长期稳定的亚硝化系统。对亚硝化系统而言,泥龄过短会导致污泥流失,泥龄过长会产生污泥对亚硝化的适应。要建立稳定亚硝化系统必须保证污泥的更新率,寻求合适的污泥龄。

4) 稳定亚硝化期和短暂亚硝化期的污泥絮体均为杆状,而其余阶段絮体分散,这说明杆状絮体是良好亚硝化现象的特征污泥相。这也从另一方面佐证了亚硝

化现象出现的根本原因是亚硝化菌赢得了生长和活性上的竞争优势(特征为杆状污泥),而污泥对亚硝化现象产生适应性也是由于污泥自身内部性质结构的变化所致,因此长泥龄系统的亚硝化污泥适应是不可逆的。

### 4 结论

1) 亚硝化系统稳定运行一段时间之后,硝化菌能逐渐适应亚硝化条件,恢复活性,从而使污泥产生适应性,亚硝化现象消失。污泥产生适应性是一个渐变过程,一旦污泥开始适应后,只需几天亚硝化现象就会彻底消失。

2) 系统在不排泥情况下也能出现一定时期的 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 积累,但长泥龄SBR系统不能建立长期稳定的亚硝化系统。对亚硝化系统而言,泥龄过短会导致污泥流失,泥龄过长会产生污泥对亚硝化的适应。要建立稳定亚硝化系统必须保证污泥的更新率,寻求合适的污泥龄。

3) 杆状絮体是良好亚硝化现象的特征污泥相,污泥对亚硝化现象产生适应性也是由于污泥自身内部性质结构的变化所致,是不可逆的。

#### 参考文献:

- [1] VILLAVERDE S. Nitrifying biofilm acclimation to free ammonia in submerged biofilters. start-up influence[J]. Water Reseach, 2000, 34(2): 602-610.
- [2] SCHRAUWERS A. Single-reactor nitrogen removal process: simple & effective. Delft Outlook[EB/OL]. <http://www.tudelft.nl>, 1995-02-03.
- [3] TURK O. Stability of nitrite build-up in an activated sludge system[J]. J. WPCF, 1989, 61(8): 1440-1448.
- [4] BALMELLE B. Study of factors controlling nitrite build-up in biological processes for water nitrification[J]. Water Science & Technology, 1992, 26(5-6): 1017-1025.
- [5] MUNCH E. Simultaneous nitrification and denitrification in bench-scale sequencing batch reactors[J]. Water Reseach, 1996, 30(2): 277-284.
- [6] DYREBORG S. Inhibition of nitrification by creosote contaminated water[J]. Water Reseach, 1995, 29(4): 1603-1606.

## Acclimation in Partial Nitrification Process of Long MCRT

WEI Chen, LUO Gu-yuan

(College of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** Nitrite accumulation will drop down when the nitrite oxidation bacteria have acclimated to the nitrifying conditions after stable performance for some times. Accumulation is a gradating course, nitrite disappear will take only a few days. A long MCRT can not maintain a long term stable partial nitrifying process. The refreshment of system sludge and suitable MCRT is key for nitrite accumulation, and bacillar sludge is its typical feature.

**Key words:** partial nitrification; acclimation; MCRT; wastewater treatment