

文章编号: 1005- 8893 (2003) 03- 0024- 03

同步硝化反硝化脱氮影响因素探讨^{*}

王 晋, 孙晓娟, 傅飞云

(江苏工业学院 环境与安全工程系, 江苏 常州 213016)

摘要: 利用批量实验模拟 SBR 反应器中的硝化反硝化反应, 考察不同温度、pH 值、溶解氧 (ρ_{DO})、碳氮比 (COD/NH_3) 对同步硝化反硝化脱氮效率的影响。研究表明, 在温度为 30 ℃, ρ_{DO} 为 5.5 mg/L, pH 为 7.0, 碳氮比为 20.7 时总氮去除率可达 48.7%; 同时可以推断活性污泥中可能同时存在异养硝化菌和好氧反硝化菌。

关键词: 同步硝化反硝化; 生物脱氮; 好氧反硝化

中图分类号: X 703.1

文献标识码: A

根据传统理论, 只有顺序式的硝化、反硝化工艺, 才能达到脱氮的目的。这一理论一直指导水处理实践, 以至于迄今为止国内外几乎所有运行中的污水处理设施都是采用传统理论的模式。近年来, 硝化反硝化的理论有了新的发现, 即许多异养菌也能完成有机氮和无机氮 (氨氮) 的硝化过程, 而且在很多的生态系统中, 还比自养菌占有优势^[1,2]; 异养硝化菌同时也是好氧反硝化菌, 因而在好氧条件下把氨氮直接转化成气态最终产物; 另外, 还发现一些其它细菌也能好氧反硝化, 如生丝微菌属。由于好氧反硝化菌及好氧反硝化理论发现, 使得硝化和反硝化可以同时在一个具有好氧条件的反应器内完成, 即所谓的同步硝化反硝化, 而且这一工艺还具有一些优于顺序式硝化反硝化的特点。本文通过探讨同步硝化反硝化的最佳反应条件及其机理, 为今后实现工业化提供一些参考。

1 实验部分

1.1 试验用水及接种污泥

试验用水采用人工配水, 水质成分包括蔗糖、酵母膏、氯化铵、硫酸镁、碳酸氢钠、氯化钠、氯化钙、磷酸二氢钾、磷酸氢二钠等, 进水氨氮质量

浓度控制在 40 mg/L 左右。

活性污泥取自常州市清潭污水处理厂曝气池。在实验室内采用间歇运行方式培养驯化硝化-反硝化污泥, 驯化期间采用的操作模式: 12 h 为一个周期, 每个周期分为 2 h 反硝化-8 h 硝化-2 h 静置沉淀。每个周期开始之时, 也即反硝化作用开始时, 用虹吸方法排放 25% 的上清液, 加入 25% 的新鲜废水。逐渐增加进水的 COD 和氨氮负荷, 运行约二周左右, 在进水 ρ_{COD} 为 350 mg/L, ρ_{NH_3-N} 为 40 mg/L 的条件下, COD 去除率达 80%, NH_3-N 去除率达 99% 以上, 至此认为污泥驯化结束。

1.2 试验方法

将盛有污泥混合液的 1 000 mL 烧杯置于磁力搅拌器上, 通过调整搅拌子的转速控制 DO 在适宜浓度。利用 pH 自动控制计和磁力搅拌器控制混合液的 pH 和温度条件。试验分二个阶段: ①前期: 曝气 5 h; ②后期: 曝气 5 h 后再继续沉降 1 h, 每个反应阶段从烧杯内取一定量的混合液, 过滤后测定 NH_4^+-N 、 $NO_3^- - N$ 、 $NO_2^- - N$ 和 COD 浓度。反应开始与结束各测一次污泥浓度。

ρ_{DO} 、pH、温度和 COD/NH_3 对同步硝化反硝化反应的影响通过批量实验完成。

* 收稿日期: 2003- 08- 25

基金项目: 江苏工业学院科技基金资助

作者简介: 王晋 (1974-), 男, 山西长治人, 硕士, 主要从事环境污染控制和环境监测的研究。

1.3 分析方法

实验中主要的测试指标和分析方法^[3]: $\text{NH}_3\text{-N}$ 采用水杨酸-次氯酸盐分光光度法; $\text{NO}_2^- \text{-N}$ 采用 N- (1-萘基)-乙二胺 分光光度法; $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 采用酚二磺酸分光光度法; COD 采用重铬酸钾法 (5B-3COD 型化学需氧量速测仪); DO 采用碘量法。

2 结果与讨论

2.1 温度对总氮去除率的影响

温度过高, 活性污泥中微生物可能会被杀死, 影响处理效果。为此选择 20 ℃、25 ℃、30 ℃3 个温度 ($\text{pH}=6.5$, $\rho_{\text{DO}}=8\text{ mg/L}$) 来研究温度对氮总去除率的影响, 结果见表 1。

表 1 温度对总氮去除率的影响 mg/L

实验阶段	项目	温度/℃		
		20	25	30
进水	$\text{NH}_4\text{-N}$	42.7	43.9	43.4
	$\text{NH}_4\text{-N}$	2.4	2.3	1.5
前期 ¹⁾	$\text{NO}_2\text{-N}$	0.58	0.53	0.29
	$\text{NO}_3\text{-N}$	31.32	38.58	34.53
	$\text{NH}_4\text{-N}$	1.95	1.56	1.20
后期 ²⁾	$\text{NO}_2\text{-N}$	0.50	0.45	0.26
	$\text{NO}_3\text{-N}$	25.02	0.26	24.36
	总氮去除率, %	35.7	32.8	40.5

1) 曝气 5 h; 2) 曝气 5 h 后再继续沉降 1 h。

由表 1 可见, 3 个温度下都有 $\text{NO}_2\text{-N}$ 产生, 说明在曝气状态下, 反应器中存在着一个缺氧区, 使 $\text{NH}_4\text{-N}$ 没有完全被氧化 $\text{NO}_3\text{-N}$, 而转化为 $\text{NO}_2\text{-N}$, 这就为同步硝化反硝化提供了有利条件。3 个温度条件在反应前期, 总氮都有一定量的降解, 表明均发生了反硝化反应。由于产生的 $\text{NO}_2\text{-N}$ 量并不多, 说明反应器中的缺氧区较小。由于缺氧条件引起的反硝化作用较弱, 故可推断污泥中应含有好氧反硝化菌。各个温度条件下, 每一个工作周期前期硝化反应使氨氮比较彻底地转化为硝酸盐氮, 同时有少量的好氧反硝化菌降解一部分硝酸盐氮, 使得总氮浓度也降低。上述表明, 这一阶段既发生了好氧硝化, 也发生了好氧反硝化。从表 1 中可以看出, 温度为 30 ℃时反应效果最佳, 总氮的去除率达到了 40.5%。

2.2 溶解氧对总氮去除率的影响

保持温度为 30 ℃, pH 值为 6.5, 考察 DO 对

总氮去除率的影响, 结果见表 2。

表 2 溶解氧对总氮去除率的影响 mg/L

实验阶段	项目	$\rho_{\text{DO}}/(\text{mg/L})$		
		3.5	4.5	5.5
进水	$\text{NH}_4\text{-N}$	44.2	43.8	42.8
	$\text{NH}_4\text{-N}$	1.63	1.56	1.40
前期	$\text{NO}_2\text{-N}$	0.15	0.04	0.09
	$\text{NO}_3\text{-N}$	41.20	37.12	26.52
	$\text{NH}_4\text{-N}$	1.45	1.52	1.38
后期	$\text{NO}_2\text{-N}$	0.12	0.02	0.06
	$\text{NO}_3\text{-N}$	32.4	25.6	22.7
	总氮去除率, %	23.2	38.0	42.1

由表 2 可见, 前期在 DO 为 3.5 mg/L 条件下生成的 $\text{NO}_2\text{-N}$ 要比其他两个条件下产生的 $\text{NO}_2\text{-N}$ 多, 这表明当 DO 较小时, 反应器中缺氧区增大。但由于产生的量很少, 效果不明显, 但对同步硝化反硝化反应机理的进一步探索有一定的意义。三个溶解氧条件在前期, 有相当量的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 转化为 $\text{NO}_3\text{-N}$, 说明在该阶段硝化反应较强, 其中, DO 在 3.5 mg/L 生成的硝酸盐氮最多, 而 5.5 mg/L 下最少。由于在这个阶段剩余的氨氮并不多, 因此这一现象并不表明在 DO 为 5.5 mg/L 的硝化反应没有 3.5 mg/L 的明显, 因为有一部分氨已通过好氧反硝化转化为 N_2 。从 DO 在 5.5 mg/L 下的硝化反应比较完全 (氨氮质量浓度降低较多), 而且反硝化反应也要比其他两个活跃 (总氮质量浓度也有降低), 表明在这一阶段既发生了好氧硝化也发生了好氧反硝化。好氧反硝化菌在 DO 为 5.5 mg/L 时数量比较多, 总氮去除率仍较高; 同时, 后期在 DO 为 5.5 mg/L 下, 反硝化反应也不比其他两个条件下慢。因此 DO 过低硝化速率变低, 氨氧化速度受到影响, DO 过大则会使反硝化反应变慢, 所以 DO 在 5.5 mg/L 处最好。

2.3 pH 值对总氮去除率的影响

保持温度为 30 ℃, DO 为 5.5 mg/L, 考察 DO 对总氮去除率的影响, 结果见表 3。

表 3 pH 值对总氮去除率的影响 mg/L

实验阶段	项目	pH		
		6.0	7.0	8.0
进水	$\text{NH}_4\text{-N}$	43.8	44.2	42.7
	$\text{NH}_4\text{-N}$	3.25	2.35	1.65
5 h 后	$\text{NO}_2\text{-N}$	0.01	0.12	0.17
	$\text{NO}_3\text{-N}$	28.0	29.9	36.2
	$\text{NH}_4\text{-N}$	2.40	2.13	1.60
1 h 后	$\text{NO}_2\text{-N}$	0.01	0.12	0.20
	$\text{NO}_3\text{-N}$	26.4	23.3	24.6
	总氮去除率, %	34.2	42.5	38.6

由表 3 可见, 前期 pH 在 8 左右时, 硝化反应比较快而反硝化则差一些; pH 为 6 和 7 时的好氧反硝化都明显强于 pH 为 8, 说明厌氧硝化菌最适合的 pH 值在 6~ 7。后一阶段, pH 为 8 时的反硝化反应比其他两个要明显, 但由于其前一阶段总氮去除率不高, 使得最终的脱氮效果不明显。pH 为 6 时氨氮的去除明显好于其他二个条件, 说明厌氧硝化菌最适合的 pH 值在 6。pH 为 7 时在整个处理过程中反硝化性能都很好, 总氮去除率最高, 这也是综合考虑硝化菌和反硝化菌最适 pH 值得到的结果。

2. 4 COD/ NH₃ 对总氮去除率的影响

保持温度为 30 ℃, pH 值为 7, DO 为 5. 5 mg/L, 考察 COD/ NH₃ 对总氮去除率的影响, 结果见表 4。

表 4 COD/ NH ₃ 对总氮去除率的影响		mg/ L		
实验阶段	项目	COD/ HN ₃		
		20. 7	10. 4	7. 6
进水	COD	315. 3	317. 6	324. 3
	NH ₄ - N	15. 2	30. 4	42. 6
5 h 后	COD	149. 7	207. 2	206. 5
	NH ₄ - N	0. 55	1. 59	1. 46
	NO ₂ - N	0. 08	0. 03	0. 03
	NO ₃ - N	7. 6	17. 9	26. 8
1 h 后	COD	197. 8	246. 7	164. 8
	NH ₄ - N	0. 40	1. 39	1. 46
	NO ₂ - N	0. 04	0. 03	0. 03
	NO ₃ - N	7. 4	15. 7	23. 6
总氮去除率, %		48. 7	43. 1	41. 2

由表 4 可见, 前一阶段三个碳氮比条件下都有相当量的 NH₄- N 转化为 NO₃- N, 说明该阶段, 硝化反应比较强, 而在 COD/ NH₃ 为 20. 7 条件下

生成的 NO₂- N 比其他两个条件下生成的 NO₂- N 多, 这说明该条件下的缺氧区要比其他两个大。前二个条件下的 COD 有所回升, 这可能是进水初期吸附的有机物转化为的内碳源在停止曝气后得以释放的结果^[4, 5]。COD/ NH₃ 为 20. 7 效果极为显著, 进水 COD/ NH₃ 比值越高, 出水总氮相对越低, 总氮的去除率越高, 因在此种反应模式下好氧反硝化现象随进水 COD/ HN₃ 比值的提高而越加明显。

3 结 论

经过 5 h 曝气, 1 h 沉降后, 总氮去除率在温度为 30 ℃, DO 为 5. 5 mg/L, pH 为 7. 0 时最佳; 同时, 总氮去除率因进水的碳氮比不同而异, 进水 COD 越高, 好氧反硝化现象明显, 总氮去除率随进水的 COD 的提高而增加, 表明了碳源对反硝化的重要性; 由实验推断出影响反应的各因素的最佳参数及可能同时存在异氧硝化菌和好氧反硝化菌。

参考文献:

[1] Meberg J B M, Bruinenberg P M, Harder W. Effect of Dissolved Oxygen Tension on the Metabolism of Methylated Amines in Hyphomicrobium in the Absence and Presence of Nitrate: Aerobic Denitrification [J]. J Gen Microbiol, 1980, 120: 453- 463.

[2] 王晋, 杨敏. 一体式膜生物反应器硝化性能的研究 [J]. 江苏工业学院学报, 2003, 15 (1): 1- 3.

[3] 国家环保局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法 [M]. 第三版. 北京: 中国环境出版社出版, 1998.

[4] 曹国民, 赵庆祥, 张彤. 单级生物脱氮的进展 [J]. 中国给水排水, 2000, 16 (2): 20- 24.

[5] 李丛娜, 吕锡武, 稻森悠平. 同步硝化反硝化脱氮研究 [J]. 给水排水, 2001, 27 (1): 22- 24.

Study on Influencing Factors of Nitrogen Removal by
Simultaneous Nitrification and Denitrification

WANG Jin, SUN Xiao-juan, FU Fei-yun

(Department of Environmental and Safety Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213016, China)

Abstract: By simulating sequencing batch reactor, investigations were made into the effect of temp, pH, DO, the ratio of influent carbon to nitrogen on nitrogen removal and simultaneous nitrification and denitrification. It was found that a higher ratio of influent carbon to nitrogen, pH = 7.0, DO = 5.5 mg/L, and t = 30 ℃, could produce higher total nitrogen removal efficiency (about 46.7%). Conclusion was drawn from the experimental results that there might coexist heterotrophic nitrifiers and aerobic denitrifiers inside the activated sludge flocs.

Key words: simultaneous nitrification and denitrification; biological nitrification; aerobic denitrification

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>