

深床生物硝化实验研究

范荣桂¹, 范彬², 栾兆坤²

(1.辽宁工程技术大学 职业技术学院 辽宁 阜新, 123000 ;2.中国科学院生态环境研究中心环境水化学国家重点实验室, 北京 100085)

摘 要: 研究了深床条件下的生物硝化技术, 实验结果证实了深床条件下的生物硝化反应动力学级数为零级, 氨氮质量浓度、硝酸盐氮质量浓度与床层深度或 HRT 具有良好的线性关系; 讨论了溶解氧质量浓度及 HRT 对生物硝化反应, 以及氨氮去除率的影响; 分析了反冲洗工艺对深床硝化脱氮效果的影响。

关键词: 深床技术; 生物硝化; 反应动力学

中图分类号: O 69

文献标识码: A

Experimental study on bio-nitrification with deep bed technique

FAN Rong-gui¹, FAN Bin², LUAN Zhao-kun²

(1.Vocational College, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China 2.State Key Laboratory of Environmental Aquatic Chemistry, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Science, Beijing 100085)

Abstract: Bio-nitrification technology is discussed in the processes of the deep bed filtration in this paper. The result of experiment proves that the order of reaction of bio-nitrification kinetics is zero and the relationship of the concentration of ammonia as well as the nitrate and HRT or height of deep bed is provided well with linearity. The effect of the dissolving oxygen and HRT on removal efficiency or reaction processes is discussed. The effect of backwashing technique on removal efficiency of ammonia is analyzed.

Key words: deep bed technique; bio-nitrification; reaction kinetics

0 概 述

生物硝化作用是指氨态氮先被氧化成 NO_2^- -N, 然后再进一步氧化成 NO_3^- -N 的过程。生物硝化过程中的亚硝酸菌和硝酸菌是以 NH_4^+ 及 NO_2^- 为电子供体, O_2 为电子受体, 使氨氮氧化成硝酸盐氮及亚硝酸盐氮, 同时有新的细胞合成, 补充新的微生物。

1 实验方法及实验装置

生物硝化实验装置及工艺流程如图 1。实验系统由曝气硝化塔、中间贮槽及测压、计量部分组成。进水由某污水处理厂二沉池出水引入, 其氨氮质量浓度为 30~70 mg/L。曝气柱内采用发泡粒子作填料; 采用微孔钛板布气; 实验时水力负荷为 4~7 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。实验中 NH_4^+ -N、 NO_3^- -N、 NO_2^- -N 采用比色法测定 (DR/4000U Spectrophotometer HACH Co.); DO 使用 Sension6 便携式溶解氧测定

仪测定 (HACH Co); 所采用的测定方法符合《水和废水监测分析方法》(第四版)^[1]。

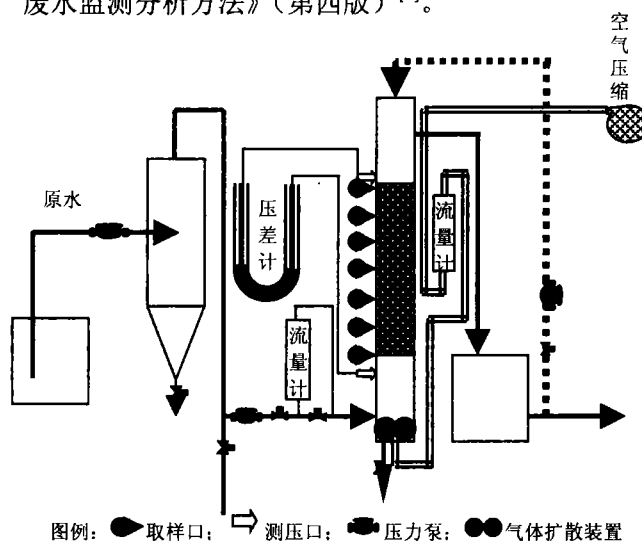


图 1 生物硝化实验装置及工艺流程
Fig. 1 schematic diagram of biological nitrification experiment set-up and flow chart

收稿日期: 2006-09-10

资助项目: 国家“863”高技术研究发展项目 (2003AA601010)

作者简介: 范荣桂 (1962-), 男, 博士, 副教授, 主要从事水环境与水污染控制工程技术研究。E-mail: fanronggui@163.com。本文编校: 焦 丽

2 实验结果与讨论

2.1 生物硝化过程中的动力学分析

对经典的 Monod 方程分析发现,当半饱和系数 K_s 值远大于基质质量浓度 S_s 时,Monod 方程变为一级反应形式;反之,Monod 方程变为零级反应形式;此时,微生物的生长速率与基质质量浓度无关。硝化反应是在好氧状态下由亚硝酸菌与硝酸菌共同完成的,硝化菌和亚硝化菌的生长速率基本遵循 Monod 方程。此分析结果同样适用于基质比去除速率^[2]。有资料显示^[3,4],20℃时,氨氮的半饱和系数通常为 1.0 mgN/L,硝酸菌的半饱和系数比亚硝化菌的稍大,典型值为 1.3 mgN/L。实验条件下,

表 1 拟合硝化动力学方程及出水氨氮质量浓度、硝酸盐氮质量浓度及亚硝酸盐氮质量浓度间的关系

Tab.1 simulating kinetic equations andrelationship between Effluent concentration of ammonia-nitrogen and nitrate-nitrogen as well as nitrite-nitrogen

序号		进塔质量浓度/(mg·L ⁻¹)	出塔质量浓度/(mg·L ⁻¹)	反应温度/℃	总 HRT/h	气水比	拟合方程	R ²
1	氨氮	52.33	1.23	11	1.06	5.1	$C_{out} = -55.33 \times HRT + 52.33$	0.9315
	硝态氮	0	46.49	11	1.06	5.1	$C_{out} = 49.79 \times HRT$	0.9098
2	氨氮	56.93	2.2	11	1.66	8.8	$C_{out} = -35.575 \times HRT + 56.93$	0.9722
	硝态氮	0	51.56	11	1.66	8.8	$C_{out} = 29.708 \times HRT$	0.9609
3	氨氮	52.77	2.32	15.5	1.27	7	$C_{out} = -46.223 \times HRT + 52.77$	0.9180
	硝态氮	0.45	41.01	15.5	1.27	7	$C_{out} = 34.966 \times HRT$	0.9091
4	氨氮	47.94	1.67	15	0.71	4.4	$C_{out} = -69.236 \times HRT + 47.94$	0.9739
	硝态氮	0.62	39.57	15	0.71	4.4	$C_{out} = 52.449 \times HRT + 0.6$	0.9291
5	氨氮	32.99	3.66	17	0.55	4.1	$C_{out} = -52.767 \times HRT + 32.99$	0.9873
	硝态氮	8.63	27.05	17	0.55	4.1	$C_{out} = 33.811 \times HRT + 8.63$	0.9860
6	氨氮	31.32	3.67	17	0.72	6.9	$C_{out} = -34.51 \times HRT + 31.32$	0.9425
	硝态氮	7.6	24.54	17	0.72	6.9	$C_{out} = 21.776 \times HRT + 7.6$	0.9186

2.3 水力停留时间对硝化作用的影响

水力停留时间 HRT 的确定需要满足微生物生及两生物硝化反应的需要方面的要求。污水在填料塔内必须有足够的停留时间,以使微生物与填料间有足够的接触时间,保证微生物的繁殖与增长;一旦 HRT 小于微生物生长所需的最小时间时,微生物将会悬浮生长;其次,生物硝化及亚硝化反应需要一定的时间,生物膜表面传质需要一定的时间。如 HRT 过长,会降低处理效率,增加处理费用。合适的 HRT 应该既能满足生物硝化的需要,又能最大限度地提高处理能力,降低处理成本。从硝化反应的机理及反应动力学分析来看,HRT 对出水水质影响很大,不同氨氮质量浓度的废水,需要不同的水力停留时间;这就要针对所需处理废水的氨氮

进水氨氮质量浓度在 30~70 mg/L 之间,由此可见, K_s 远远小于 S_s ,硝化反应过程可以认为是以零级反应方式进行的。

2.2 氨氮质量浓度与水力停留时间的关系

对所得实验数据进行分析归纳,见表 1(限于篇幅仅列出其中的 6 组数据)。由表 1,利用深床进行生物硝化时,进水的氨氮质量浓度、出水的硝酸盐氮质量浓度与水力停留时间具有良好的线性关联,只有在硝化反应动力学级数为零级时,才有此的结果。因此,可以推断,上升流式生物填料塔进行生物硝化时的硝化反应动力学反应级数为零级。但所采用的填料对生物反应也有很大的影响^[5]。

质量浓度,确定最佳的 HRT。反应时的温度和基质本身的可生化性等因素对生物硝化作用的反应速率亦有很大影响。但对于曝气生物硝化填料塔,水力停留时间的延长对填料的物理吸附、截留作用的影响不大。图 2 反映了硝化塔内氨氮质量浓度、硝酸盐氮质量浓度及亚硝酸盐氮质量浓度随滤床深度或 HRT 的变化情况。图 2 中的上图表明在合适的 HRT 下,含氨氮废水经过曝气塔后,硝化反应正好结束,表现出氨氮具有较高的转化率和去除率;而图 2 的中图和下图则表明因 HRT 过长或过小时的情况。

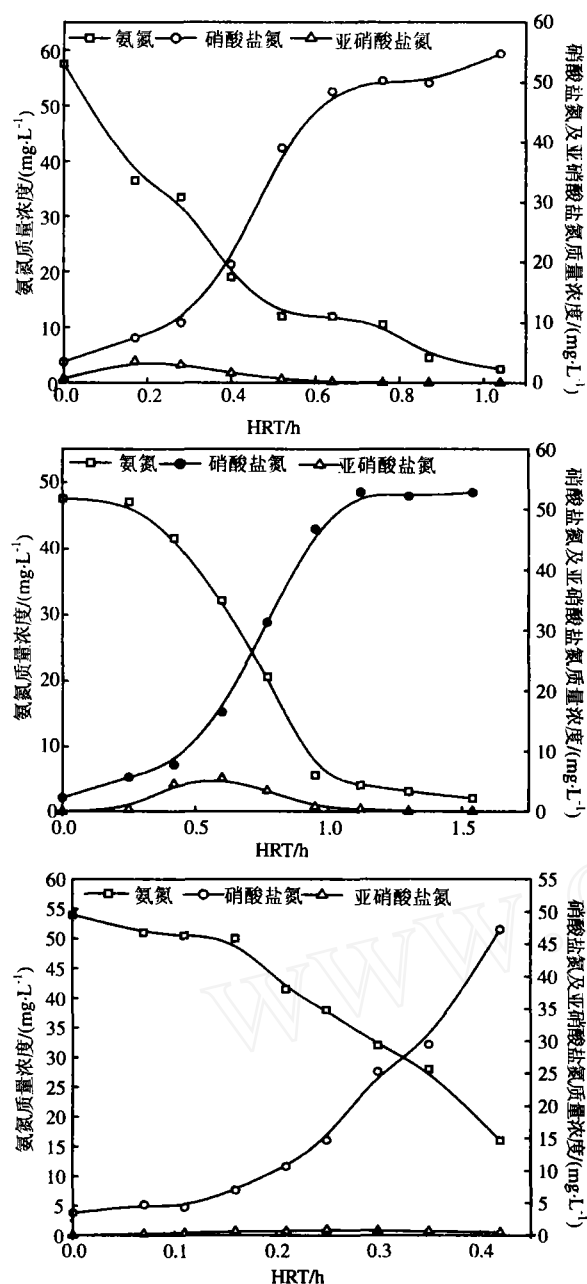


图2 曝气塔内氨氮、硝酸盐氮及亚硝酸盐氮的质量浓度随滤床深度及 HRT 的变化

Fig.2 relationship of concentration change of ammonia-nitrogen and nitrate-nitrogen as well as nitrite-nitrogen and height of filtration media or HRT in aerated pillar

2.4 HRT 对氨氮去除率的影响

图3表明, HRT 及滤床深度对氨氮去除率的影响。随 HRT 的提高, 曝气塔内氨氮去除率相应提高, 但处理能力也相应下降。实验中还发现, 进水质量浓度相同时, HRT 越大, 氨氮去除率越高; 在相同的 HRT 时, 进水质量浓度提高, 其去除率有所下降。

2.5 生物硝化过程中 DO 的影响

生物硝化过程不仅是氨氮氧化需要氧, 硝化菌及亚硝化菌的生长也需要氧的存在。据测定, 氨氮氧化过程中约 3/4 的 O_2 用于氨氮化为亚硝酸盐氮, 另有 1/4 的 O_2 用于亚硝酸盐氮的继续氧化^[6]。实验证实, 只有当硝化塔内的溶解氧质量浓度超过 2.0mg/L 时, 生物硝化反应才能顺利进行。

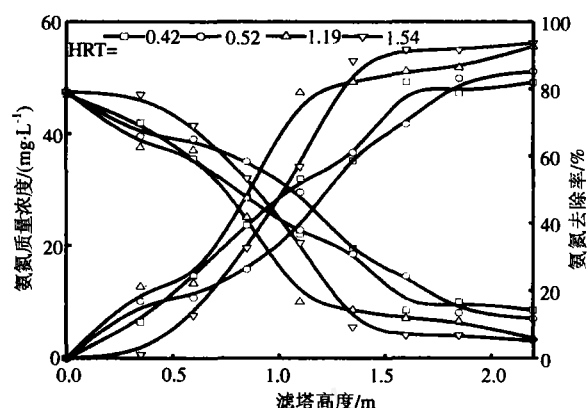


图3 HRT 与滤床深度与氨氮去除率间的关系

Fig.3 relationship of HRT or height of the filter media and the removal efficiency of ammonia-nitrogen

2.6 反冲洗工艺对生物硝化反应的影响

生物膜硝化过程中, 会不断在滤料的表面产生生物膜积累, 以及水体中原本存在的悬浮物, 在经过一段时间运行后, 水流通道逐渐减小, 严重时会使整个通道堵死, 造成堵塔现象的发生, 因此, 采用深床工艺时一定要及时进行反冲洗, 以改善水流通道, 并使滤料表面陈旧的生物膜剥离下来, 露出新的生物膜表面, 利于生物硝化反应的顺利进行。

3 结论

(1)利用深床技术可有效地进行生物硝化, 进而实现脱氮目的; (2)深床生物硝化时进出硝化塔的氨氮质量浓度、硝酸盐氮质量浓度与 HRT 具有线性关系; (3)HRT、DO 及滤床深度对氨氮去除率有重要影响; (4)深床生物硝化时必须适时进行反冲洗。

参考文献:

- [1] 国家环境保护总局水和废水监测分析方法编委会. 水和废水监测分析方法(第四版)[M]. 北京:中国环境科学出版社,2002.12.
- [2] 顾夏声. 废水生物处理数学模式[M]. 北京:清华大学出版社,1993.
- [3] Rittmann B.E. and Snoeyink V.L. Achieving biologically stable drink water[J]. Journal of American Water Works Association, 1984,76(10):106-114.
- [4] Sharma B. and Ahlert R.C. Nitrification and nitrogen[J]. Water Research, 1977,11:897-925.
- [5] 田文华,文湘华. 滤料粒径对曝气生物滤池硝化性能的影响[J]. 中国给水排水,2003,19(5):48-50.
- [6] Metcalf & Eddy, Inc. Wastewater engineering treatment and reuse(fourth edition)[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [7] 范荣桂,徐国财,熊金钰. 超声条件下纳米 Ag 粒子制备与晶形形生长分析[J]. 辽宁工程技术大学学报:自然科学版,2005,24(2):261-263.