

A/O 短程硝化反应器处理高浓氨氮废水的 SND

吕宏德¹, 张树军^{2,3}, 王伟², 毛心慰², 王淑莹², 彭永臻²

(1 广州城市职业学院 建筑工程系, 广东 广州 510405; 2 北京工业大学 环境与能源工程学院, 北京 100022; 3 北京城市排水集团有限责任公司, 北京 100038)

摘要: 以垃圾渗滤液的 UASB 处理出水为研究对象,考察了 A/O 短程硝化反应器的同步硝化反硝化 (SND) 效果。当 DO 为 2~5 mg/L 时, SND 对 TN 的去除率为 5%~30%, 去除的 TN 大致等于硝化过程中减少的 TKN 与产生的 NO_x^- -N 的差值。C/N 是影响 SND 去除总氮的决定性因素, 随着 C/N 的提高, 对 TN 的去除率增加。在进水 C/N 相同的情况下, 短程硝化提高了 SND 对 TN 的去除率。活性污泥密实的结构和好氧颗粒污泥的存在, 可能是发生 SND 现象的重要原因。

关键词: 高浓度氨氮废水; 同步硝化反硝化; A/O; 短程硝化

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2008)13-0089-04

Study on SND in A/O Shortcut Nitrification Reactor for Treatment of High-concentration Ammonia Nitrogen Wastewater

LV Hong-de¹, ZHANG Shu-jun^{2,3}, WANG Wei², MAO Xin-wei²,
WANG Shu-ying², PENG Yong-zhen²

(1. Department of Architectural Engineering, Guangzhou City Polytechnic, Guangzhou 510405, China; 2. School of Environmental and Energy Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China; 3. Beijing Drainage Group Co. Ltd., Beijing 100038, China)

Abstract: The simultaneous nitrification and denitrification (SND) in A/O shortcut nitrification reactor was investigated using effluent from UASB treating landfill leachate. When DO is between 2 to 5 mg/L, the TN removal rate by SND is 5% to 30%. The TN removal amount is equal to the difference between TKN removal amount and NO_x^- -N production amount during nitrification. C/N is the decisive factor of TN removal by SND. With increase of the ratio of C/N, the TN removal rate also rises proportionally. Under the same influent C/N ratio, the shortcut nitrification improves the TN removal rate. The compact structure of activated sludge and aerobic granular sludge in the reactor are probably a major reason for SND occurrence.

Key words: high-concentration ammonia nitrogen wastewater; SND; A/O process; shortcut nitrification

国内外的水处理研究者发现,在生物转盘、SBR、氧化沟、CAST、传统活性污泥法等工艺中能同时发生硝化和反硝化反应,即存在同步硝化反硝化 (SND) 现象^[1~8]。目前,对 SND 的机制研究主要集

基金项目: 国家自然科学基金资助国际重大合作项目 (50521140075); 北京市属市管高等学校人才强教“创新团队”项目; 北京市科委国际合作项目

中在微生物学、生物化学和物理学等方面,且多是考察在低 DO 条件下全程硝化的 SND 现象。为此,笔者研究了在较高 DO 条件下,高氨氮废水短程硝化反应器中的 SND 现象及各影响因素之间的相互关系,以丰富 SND 理论和技术。

1 试验材料和方法

1.1 试验流程与水质

试验流程如图 1 所示。

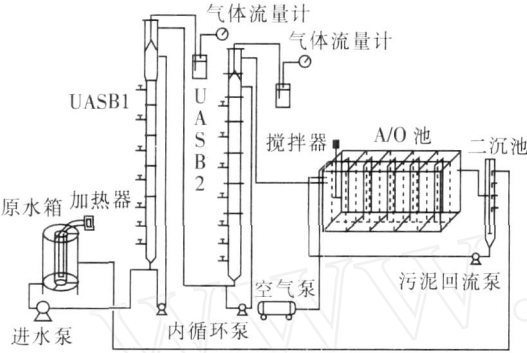


图 1 两级 UASB + A/O 工艺流程

Fig 1 Flow chart of two-stage UASB - A/O system

该系统由两级 UASB 与 A/O 工艺组成,试验中考察了两级 UASB 出水在 A/O 短程硝化反应器中的 SND 现象。UASB1 与 UASB2 的有效容积分别为 4 25、8 25 L; A/O 工艺的有效容积为 15 L,均分为 10 个格室,其中第一格室为缺氧,其余格室为好氧。装置在 20 ~ 32 的室温下运行。试验用渗滤液取自北京某垃圾填埋场, A/O 池的进水水质: TOC 为 392 ~ 887 mg/L, TC 为 1 002 ~ 1 571 mg/L, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 为 217 ~ 709 mg/L, TN 为 223 ~ 727 mg/L, pH 值为 7.2 ~ 8.5。

1.2 运行工况

工况 1 (3 月 23 日 — 4 月 23 日; 5 月 23 日 — 6 月 30 日): 系统的进水量为 3 5 L/d, 系统出水按 300% 回流至 UASB1, 因此 UASB1 及 A/O 工艺的进水量均为 14 L/d; 二沉池至 A/O 工艺缺氧段的污泥回流比为 100%, 即 14 L/d。

工况 2 (4 月 24 日 — 5 月 22 日): 处理水量为 3 5 L/d, 取消出水至 UASB1 的回流, 将 A/O 工艺的硝化液按 300% (即 10.5 L) 回流至其缺氧段, 因此 A/O 工艺的进水量为 14 L/d。二沉池污泥回流比为 100%, 即 3.5 L/d。

在工况 2 结束后, 取消硝化液回流, 同时恢复出水到 UASB1 的回流, 即以工况 1 运行。两种工况下

好氧段的 DO 均在 2 ~ 5 mg/L。

1.3 分析方法

COD: COD 快速测定仪; $\text{NH}_4^+ - \text{N}$: 纳氏试剂光度法; $\text{NO}_2^- - \text{N}$: N - (1 - 萘基) - 乙二胺光度法; $\text{NO}_3^- - \text{N}$: 麝香草酚分光光度法; DO、pH、温度采用在线测量; BOD_5 采用 OxiTop Control 测定; TC、TOC、TN 采用 multi N/C 3000 TOC 分析仪测定。

2 结果和分析

2.1 好氧段的 SND 现象

图 2 给出了在 100 d 的连续试验中, A/O 池缺氧段和系统出水 TN 及好氧段对 TN 的去除率。

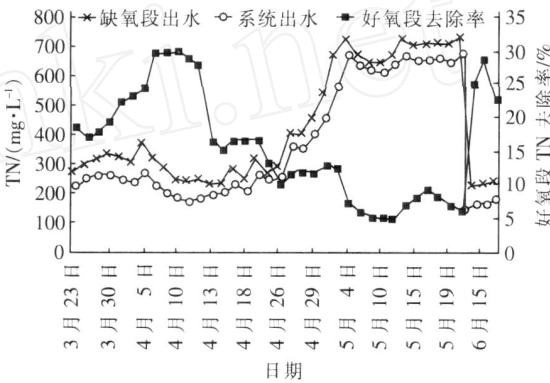


图 2 好氧段进、出水总氮的变化

Fig 2 Variation of influent and effluent TN in aerobic reactor

在第 34 ~ 61 天 (4 月 24 日 — 5 月 22 日) 系统取消了出水到 UASB1 的回流, 而增加了 A/O 池硝化液的内循环。从图 2 可以看到, 尽管条件有所变化, 但好氧段始终存在 TN 损失, 即连续发生了 SND 现象, 好氧段对 TN 的去除率为 5% ~ 30%。

2.2 SND 的过程分析

A/O 反应器沿程 TN、TKN、 $\text{NO}_x^- - \text{N}$ 浓度的变化规律如图 3 所示。

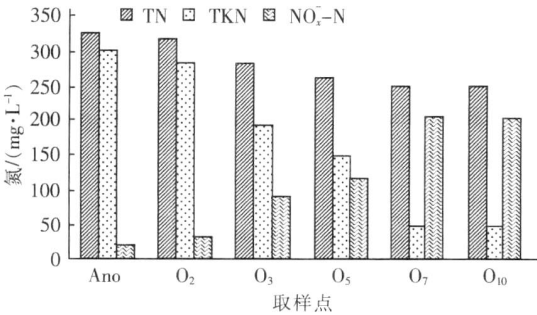


图 3 A/O 反应器中 TN、TKN、 $\text{NO}_x^- - \text{N}$ 的变化

Fig 3 Variation of TN, TKN and $\text{NO}_x^- - \text{N}$ in A/O reactor
试验中 A/O 反应器的 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 累积率为

91%。TKN从 300 mg/L降低到 45 mg/L,减少了 255 mg/L; $\text{NO}_x^- - \text{N}$ 从 21 mg/L增加到 204 mg/L,增幅为 183 mg/L;TN从 322 mg/L降低到 249 mg/L,减少了 73 mg/L,该值与 TKN减少值和 $\text{NO}_x^- - \text{N}$ 增加值的差值基本一致。这说明,由 TKN转化而来的部分 $\text{NO}_x^- - \text{N}$ 通过同步反硝化生成气态产物从系统中逸出。

2.3 C/N、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 累积率与 SND的关系

好氧段对 TN的去除率及 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 累积率随进水 C/N的变化如图 4所示。

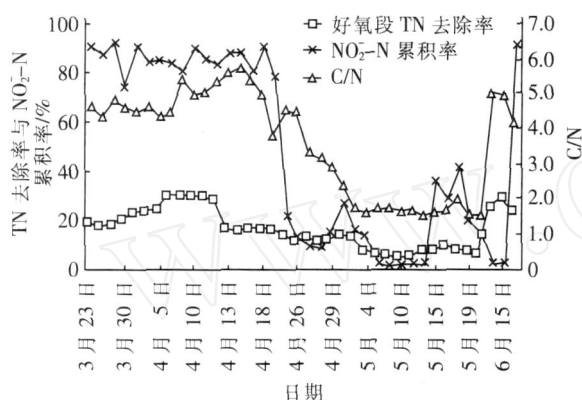


图 4 好氧段的 TN去除率及 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 累积率随进水 C/N的变化

Fig 4 Variation of TN removal efficiency and $\text{NO}_2^- - \text{N}$ accumulation rate with influent C/N in aerobic reactor

由图 4可知,当 C/N > 3.5时,好氧段对 TN的去除率 > 16%;而当 C/N < 2.0时,好氧段对 TN的去除率基本在 12%以下,最小值只有 5%。可见,较高的 C/N是提高 SND去除总氮效果的重要因素。在第 39~61天,C/N为 1.5~2.0,对 TN的去除率随着 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 累积率的增加而提高,当 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 累积率降低到 1%~2%时,对 TN的去除率基本保持在 5%左右。所以,在进水 C/N一定的条件下,提高 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 累积率有利于提高好氧段对 TN的去除率。分析产生上述现象的原因是:同步反硝化与传统反硝化一致,都需要以有机碳源作为电子供体,将 $\text{NO}_x^- - \text{N}$ 还原为氮气等气态产物,所以较高的 C/N是提高 SND脱氮效果的重要条件;而高 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 累积率的短程硝化可使对碳源的需求量减少到全程反硝化所需碳源量的 40%^[9-11],因而在 C/N一定的前提下,提高 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 累积率可有效提高 SND的脱氮率。

由于在较高的 DO下,系统中仍存在明显的 SND现象,所以推断本试验的活性污泥中存在异养硝化菌。而异养硝化菌在氧化 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 时,是从氧化有机物的过程中获得能量的。同时,它还可以 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 作为营养基质进行反硝化^[12]。所以,不管 SND的发生是因为存在缺氧环境而发生了传统的硝化反硝化,还是因存在异养硝化菌而发生了异养硝化反硝化,较高的 C/N和 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 累积率都是提高 SND脱氮率的重要条件。

2.4 活性污泥性状对 SND的影响

试验期间 MLSS、SV与 SVI的平均值分别为 5 500 mg/L、22%和 47 mL/g,而 MLVSS/MLSS为 68%~76%。可见活性污泥的结构比较密实,沉淀性能较好。另外,活性污泥中还含有一定比例的细小好氧颗粒污泥,这可能与 UASB2的出水中存在流失的细小厌氧颗粒污泥有关。活性污泥密实的结构和好氧颗粒污泥的存在可能是在较高的 DO下,系统仍能发生 SND的原因之一。

3 结论

好氧段的 DO为 2~5 mg/L时,通过 SND可去除 5%~30%的 TN。

C/N是影响 SND对总氮去除效果的决定性因素,随着 C/N的提高则对 TN的去除率增加。

在进水 C/N相同的情况下,短程硝化提高了 SND对 TN的去除率。密实的活性污泥结构和好氧颗粒污泥的存在,可能是 DO较高时仍能发生 SND的一个重要原因。

参考文献:

- [1] Yoo Hyungseok, Ahn Kyu-hong, Lee Hyung-Jih Nitrogen removal from synthetic wastewater by simultaneous nitrification and denitrification via nitrite in an intermittently-aerated reactor[J]. Water Res, 1999, 33(1): 145 - 154
- [2] Klangduen Pochana, Jurg Keller Study of factors affecting simultaneous nitrification and denitrification[J]. Water Sci Technol, 1999, 36(9): 61 - 68
- [3] Elisabeth V. Simultaneous nitrification and denitrification in batch-scale sequencing batch reactors[J]. Water Res, 1996, 30(2): 277 - 284
- [4] Collivignarelli C, Bertanza G Simultaneous nitrification-denitrification process in activated sludge plants: Performance and applicability[J]. Water Sci Technol, 1999, 40(4 - 5): 187 - 194

(下转第 95页)

度去除效果的影响见表 4。

表 4 曝气方式对 COD和色度去除率的影响

Tab 4 Effect of aeration pattem on removal efficiencies of
COD and color

项 目		COD			色度		
		进水 / (mg · L ⁻¹)	出水 / (mg · L ⁻¹)	去除 率 /%	进水 / 倍	出水 / 倍	去除 率 /%
连续 曝气	1 0 h	178.2	107.9	39.5	350	150	57.1
	1 5 h	209.8	119.8	42.9	450	175	61.1
	2 0 h	198.3	98.9	50.1	350	100	71.4
	2 5 h	175.7	87.5	50.2	250	100	60.0
	3 0 h	319.4	121.7	61.9	350	200	42.9
间 歇 曝 气	1 0 h	238.2	150.0	37.0	450	150	66.7
	1 5 h	220.5	125.9	42.9	350	125	64.3
	2 0 h	373.4	199.8	46.5	450	175	61.1
	2 5 h	214.4	107.6	49.8	350	100	71.4
	3 0 h	178.3	74.9	58.0	250	100	60.0

由表 4可以看出 ,改为间歇曝气后对 COD的去
除率仅略有降低 ,对色度的去除率也变化不大。因
此 ,将曝气方式由连续曝气改为间歇曝气是可行的。

3 结论

采用催化内电解法深度处理经二级生化处理后的
造纸中段废水时 ,其主要影响因素的最佳水平组合为 :进水 pH值为 4.67,反应时间为 2.0 h,铁水比
为 13%,炭铁比为 1.0。在正交试验的基础上 ,通过
动态试验确定了催化内电解工艺的最佳运行条件 ,
在曝气、将原水 pH值调节至 4.5左右、反应时间为
2.0 h的条件下 ,对 COD和色度的去除率分别可达
48%和 71.4%。在间歇曝气方式下 ,催化内电解对
COD的去除率稍有减小 ,对色度的去除率则变化不
大 ,故从经济角度考虑 ,采用间歇曝气方式更适宜。

参考文献 :

[1] 蒋金勋,张佩芳,高满同. 金属腐蚀学 [M]. 北京:国
防工业出版社,1986

电话: (0537) 2317656 13905478833

E - mail: sunyouxun@163. com

收稿日期: 2008 - 02 - 22

(上接第 91页)

[5] 杜馨,张可方,方茜,等. 碳源对 SBR工艺同步硝化反
硝化的影响 [J]. 中国给水排水, 2007, 23 (11): 47 -
51.
[6] 吕锡武,李丛娜,稻森悠平. 溶解氧及活性污泥浓度
对同步硝化反硝化的影响 [J]. 城市环境与城市生
态, 2001, 14(1): 33 - 35.
[7] 闫骏,王淑莹,高守有,等. 低溶氧下低 C/N值生活
污水的同步硝化反硝化 [J]. 中国给水排水, 2007, 23
(3): 44 - 48.
[8] 邹联沛,张立秋. MBR中 DO对同步硝化反硝化的影
响 [J]. 中国给水排水, 2001, 17(6): 10 - 14.
[9] Ruiz G, Jeison D, Chamy R. Nitrification with high ni-
trite accumulation for the treatment of wastewater with
high ammonia concentration [J]. Water Res, 2003, 37
(6): 1371 - 1377.

[10] van Loosdrecht M C M, Jetten M S M. Microbiological
conversions in nitrogen removal[J]. Water Sci Technol,
1998, 38(1): 1 - 7.
[11] Hellinga C Schellen, Mulder J W, van Loosdrecht M C
M, et al The SHARON process: an innovative method
for nitrogen removal from ammonium rich wastewater
[J]. Water Sci Technol, 1998, 37(9): 135 - 142.
[12] 郑平. 生物脱氮技术的研究进展 [J]. 环境污染与防
治, 1997, 19(4): 25 - 28.

电话: (020) 86388654

E - mail: gzsylhd@126. com

通讯地址: 510405 广州市广园中路 248号广州城市职
业学院

收稿日期: 2008 - 02 - 19

依法治水,科学管水,强化节水