

缺氧/好氧 SBR 工艺去除亚铵法造纸废水中的氮

孙剑辉, 魏瑞霞 (河南师范大学化学与环境科学学院 河南省高校环境科学与工程开放实验室, 新乡市 453002)

摘要:采用反应期缺氧/好氧 SBR 工艺去除亚铵法造纸废水中氮的研究结果表明:该工艺脱氮的最佳操作条件为:缺氧/好氧时间比 1:1.5,运行周期为 8 h;SRT ≥ 12 d, $\text{NH}_3\text{-N}$ 负荷率 $< 0.063 \text{ g}/(\text{g}\cdot\text{d})$;当进水中 COD_{Cr} 浓度为 $1200 \sim 1800 \text{ mg/L}$, $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度为 $135 \sim 200 \text{ mg/L}$, $\text{NO}_x\text{-N}$ 浓度为 $7 \sim 10 \text{ mg/L}$ 时,没有外加碳源时,氨氮的去除率为 95%,总氮的去除率为 66%,投加乙酸钠后,总氮的去除率提高到 85%;投加乙酸钠的量为 125 mg/L (以 COD_{Cr} 计)最经济、有效。

关键词:缺氧/好氧;SBR;造纸废水;氨氮;外加碳源;硝化;反硝化

中图分类号:X793 文献标识码:A 文章编号:0250-3301(2001)04-03-0117

Removing the Nitrogen from the Ammonium Sulfite Method Paper Mill Wastewater by Anoxic/ Aerobic SBR

Sun Jianhui, Wei Ruixia (Open Laboratory of Henan's College and Universities, Chemistry and Environmental Science College of Henan Normal University, Environmental Science and Engineering, Xinxiang 453002, China)

Abstract: The experiment results showed that the best technology of removing the nitrogen was anoxic time to aerobic time of 1:1.5, a cycle of 8 hours; the SRT should be more than 12d and the loading of $\text{NH}_3\text{-N}$ should be less than $0.063 \text{ g}/(\text{g}\cdot\text{d})$; when the concentration of COD_{Cr} , $\text{NH}_3\text{-N}$ and $\text{NO}_x\text{-N}$ was $1200 \sim 1800 \text{ mg/L}$, $135 \sim 200 \text{ mg/L}$ and $7 \sim 10 \text{ mg/L}$ respectively, without external carbon sources, the removal rate of $\text{NH}_3\text{-N}$ and TN could respectively achieve 95% and 66%; after adding sodium acetate the removal rate of TN could get to 85%. The addition of sodium acetate at the concentration equivalent to theoretical COD_{Cr} values of 125 mg/L appeared to be the most economical and reliable option.

Key words: anoxic/ aerobic; SBR; paper mill wastewater; $\text{NH}_3\text{-N}$; external carbon sources; nitrification; denitrification

氮是引起海洋、湖泊、河流及其它水体富营养化的一种主要营养物质,是水污染控制中的一项重要指标。缺氧-好氧活性污泥法(简称 A/O 法)是目前应用较为广泛的生物脱氮工艺,该工艺不但需分别建造用于反硝化的缺氧池、硝化的好氧池以及泥水分离的沉淀池,且需高循环比的硝化液回流,基建及运行费用较高。而 SBR (Sequencing Batch Reactor) 法可以根据反应器中底物的降解情况灵活地改变反应时间,从而方便地实现同池缺氧、好氧,满足生物脱氮的要求^[1],且不需建二沉池,不需进行内循环回流,大大降低基建和运行费用。本研究采用缺氧/好氧 SBR 工艺去除亚铵法草浆造纸废水中的氮,取得较好的效果,为生产性应用提供了依据。

1 试验方法

试验用 SBR 装置如图 1 所示,反应器为一圆柱形

有机玻璃容器,有效容积为 4 L,以烧结砂芯作为曝气头,反应器底部设一排泥口,距底部 1.5 L 和 2.0 L 处各设一个排水口。

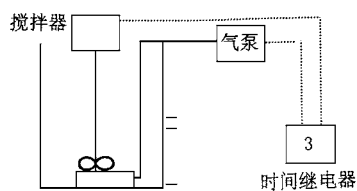
试验废水取自河南某造纸厂,该厂以麦草为原料,采用新型亚铵法制浆工艺,生产高强度瓦楞原纸,所排放废水中不含亚硫酸盐,污染物主要为有机物和氨氮。此废水经铁盐药剂混凝沉淀去除难降解的木质素后, COD_{Cr} 降为 $1200 \sim 1800 \text{ mg/L}$,适宜用 SBR 工艺处理。废水水质见表 1。

试验系统初次启动时用取自处理碱法造纸废水的成熟活性污泥进行培养驯化,培养运行周期为 8 h,缺氧

基金项目:河南省科技攻关项目(001200218)

作者简介:孙剑辉(1957~),男,教授,主要研究方向为水污染控制。

收稿日期:2000-11-20



1. 搅拌器 2. 气泵 3. 时间继电器

图 1 SBR 反应器

Fig.1 SBR reactor

表 1 废水水质/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

Table 1 The quality of wastewater

指标	COD_{Cr}	BOD_5	$\text{NH}_3\text{-N}$	pH 值	$\text{NO}_x\text{-N}$
数值	1200 ~ 1800	540 ~ 760	135 ~ 200	8.5 ~ 9.0	7 ~ 10

段($\text{DO} < 0.3 \text{ mg/L}$)1.5h,好氧段($\text{DO} \geq 2.0 \text{ mg/L}$)1.5h 交替进行,每周期进水、出水均为 2.5L,经 5 周污泥培养成熟,混合液悬浮固体(MLSS)浓度为 6000 mg/L ,污

泥指数(SVI)为 80.试验阶段操作条件、进水方式、进水、出水量同污泥培养阶段,实验一直在 $20^\circ\text{C} \sim 25^\circ\text{C}$ 进行.

废水处理前后污染指标: COD_{Cr} 、 BOD_5 、pH 值、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_x\text{-N}$ 、TN 的测定均按国家标准方法进行^[2].

2 结果与讨论

2.1 最佳脱氮运行工序的确定

为了确定缺氧/好氧 SBR 工艺最佳脱氮运行工序,研究了不同运行工序(表 2)下 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN 的去除情况(表 3),并考察了各工序中 pH 值随时间的变化(图 2).

表 2 工序 A、B、C 的运行操作条件/h

Table 2 The operational conditions of

working procedure A,B and C

工序	进水	搅拌	曝气	搅拌	曝气	搅拌	曝气	沉淀	排水
A	1	1.5	1	1.5	1	1	1	1	1
B	1.5	1.5	1.5	1.5	1	0	1	1	1
C	1	2	1.3	1	0.7	1	1	1	1

表 3 工序 A、B、C 的运行结果/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

Table 3 The run results of working procedure A,B and C

工序	进 水				出 水				$\text{NH}_3\text{-N}$	TN
	COD_{Cr}	$\text{NH}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	TN	COD_{Cr}	$\text{NH}_3\text{-N}$	$\text{NO}_x\text{-N}$	TN	去除率/ %	去除率/ %
A	1500	170	9	179	330	9	50	60	95	66
B	1500	170	9	179	331	36	30	66	79	63
C	1500	170	9	179	340	58	16.5	74.5	67	58

由表 3 可知,3 种工序的 COD_{Cr} 去除率相近,但脱氮的情况却各不相同.

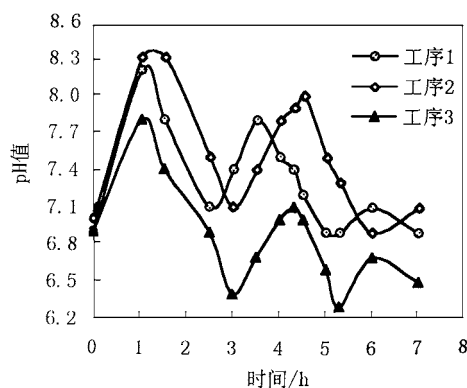


图 2 pH 值随时间的变化

Fig. 2 The changes of pH value in different time

pH 值是影响硝化、反硝化的重要因素,对于此硝化细菌、亚硝化细菌和硝化细菌分别在 pH 为 7.0 ~ 7.8 和 7.7 ~ 8.1 时活性最强,对于反硝化细菌,最适宜的 pH 为 6.5 ~ 7.5, pH 值超出这个范围,其活性便急剧下降^[3].由图 2 可见,在整个运行周期内工序 A pH 值在

6.9 ~ 8.2,工序 B pH 值在 7.2 ~ 8.3,因此,工序 A、B 中 pH 值对硝化、反硝化影响不大.工序 C 第 1 个硝化阶段(1 ~ 3h) pH 值为 7.8 ~ 6.4,由于工序 C 硝化时间较工序 A、B 多 0.5h, pH 值下降至低于 7.0,影响硝化反应的进行,第 2 个硝化阶段 pH 值为 7.1 ~ 6.3, pH 值比第 1 个硝化段更低,其硝化速度更小,所以工序 C 的硝化率最小.工序 C 在反硝化阶段 pH 值在 6.3 ~ 7.8 之间,偏离反硝化最佳 pH 范围很小,所以 pH 值并不是影响反硝化进行的限制因素,但由于其硝化率低,所以总氮的去除率低.工序 A、B 相比,工序 A 总硝化时间比工序 B 多 1h,因此其硝化率远大于工序 B.

由以上比较可知,适当的缺氧、好氧时间比,使反应期 pH 值的波动小,有机物充分利用,对于此废水缺氧、好氧时间比为 1:1.5(即工序 A),一周 8h 时脱氮效果最佳, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率为 95%.由出水 $\text{NO}_x\text{-N}$ 的值可知反硝化进行不彻底, TN 的去除率只能达到 66%,这是由于反应进行到第 2 个反硝化阶段 $\text{BOD}_5/\text{NO}_x\text{-N}$ 的值只有 1.2,有机物不能满足反硝化的要求^[4],所以要提高 TN 的去除率须投加碳源.

2.2 投加碳源对脱氮效果的影响

甲醇、乙酸钠、丙酸钠在同样条件下,都可有效地促进反硝化反应的进行^[5],从经济角度考虑用乙酸钠为宜,所以本实验采用乙酸钠为外加碳源,以缺氧、好氧时间比1:1.5的工况进行实验,在5h时投加碳源.实验表明当投加量为150mg/L(以COD_{Cr}计,下同)时效果达到最佳,再多加也不会加快反硝化速度,且多加会造成出水COD_{Cr}值增加,如图3.又因当投加量为125mg/L时,反硝化速度已达0.7mg/(L·min),考虑经济效益投加125mg/L为宜,且实验证明此时脱氮效果也佳,TN的去除率达到85%.

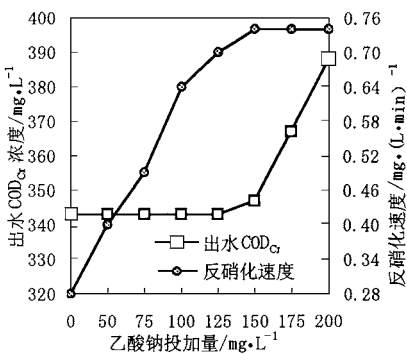


图3 乙酸钠投加量对反硝化速度的影响
Fig.3 Effects of the quantity of sodium acetate added on the speed of denitrification

2.3 污泥龄(SRT)对硝化率的影响

因硝化菌的增殖速度很慢,为保证生物脱氮处理系统中硝化菌能维持于一定的浓度,需要较长的SRT,当然只有当硝化效果好时,总氮的去除率才会提高.本实验考察了有外加碳源时SRT对硝化率的影响(图4),从图4可见,在SRT为2~8d时硝化率随SRT的

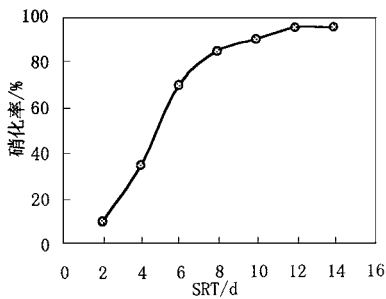


图4 SRT对硝化率的影响
Fig.4 Effects of SRT on the percentage of nitrification

提高急剧上升,SRT大于8d时,硝化率随SRT的变化较小.为达到较好的处理效果,SRT宜大于等于12d.

2.4 NH₃-N负荷率对脱氮效果的影响

本实验考察了有外加碳源时NH₃-N负荷率对脱氮效果的影响(表4).由表4可知,NH₃-N负荷率过高时,将严重影响脱氮效果,所以应保持NH₃-N负荷率低于0.063g/(g·d)为宜.

表4 不同NH₃-N负荷的脱氮效果
Table 4 Effect of different load of NH₃-N on the results of removing nitrogen

进水 NH ₃ -N / mg·L ⁻¹	NH ₃ -N 负荷 / g·(g·d) ⁻¹	MLSS / g·L ⁻¹	TN 去除率 / %	硝化率 / %
200	0.047	8	86	97
200	0.063	6	85	95
200	0.094	4	76.5	87

3 结论

- (1) 缺氧/好氧SBR工艺脱氮的最佳操作条件为: 缺氧、好氧时间比1:1.5,一周期8h.
- (2) SRT、NH₃-N都影响总氮的去除,为保证出水水质,SRT宜≥12d,NH₃-N负荷率<0.063g/(g·d).
- (3) 当进水中COD_{Cr}浓度为1200~1800mg/L,NH₃-N浓度为135~200mg/L,NO_x-N浓度为7~10mg/L,没有外加碳源时,氨氮的去除率为95%,总氮的去除率为66%,投加乙酸钠后,总氮的去除率可提高到85%.投加乙酸钠的量为125mg/L(以COD_{Cr}计)最经济、有效.

参考文献:

- Robert L Irvine. Sequencing Batch Reactors for Biological Wastewater Treatment. CRC Critical Reviews in Environmental Control, 1989, 18(4): 255~294.
- 国家环保局《水和废水监测分析方法》编委会主编. 水和废水监测分析方法(第三版). 北京: 中国环境科学出版社, 1989. 246~279, 354~365.
- 国家环境保护局科技标准司. 环境工程科技协调委员会编. 生物脱氮技术. 中国环境科学出版社, 1992. 13~15.
- Montieth H D, Bridle T R, Sutton P M. Evaluation of Industrial Waste Carbon Sources for Biological Denitrification. Environment Canada Wastewater Technology Center Report, 1979. NO.Eps 4- WP-79-9.
- Tam N F Y, Leung G L W, Wong Y S. The Effects of External Carbon Loading on Nitrogen Removal in Sequencing Batch Reactors. Wat. Sci. Tech., 1994, 30(6): 73~81.