

硝化污泥富集培养及用于 强化硝化系统的研究

李凯, 赵金龙, 沈树宝, 陈英文*

(南京工业大学生物与制药工程学院, 江苏南京211816)

摘要:通过强化富集培养出高硝化细菌数量的硝化污泥,并以此选择性投加,进行因进水波动而导致出水氨氮异常增高生化系统的削峰试验。结果表明,在进水氨氮质量浓度为40 mg/L左右时,培养出的富集硝化污泥性能最好。当由于进水氨氮质量浓度变化而造成硝化系统稳定性受到冲击时,在保持适当碱度的条件下,投加质量分数0.5%和1.0%的富集硝化污泥,即可具有显著的出水氨氮削峰效果,对硝化系统性能的恢复和提升产生积极的影响。

关键词:硝化;强化硝化污泥;水质波动;培养

中图分类号:X703.1

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2016)06-0145-03

DOI:10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2016.06.035

Enrichment cultivation of nitrifying sludge and strengthen the system of nitrification

LI Kai, ZHAO Jin-long, SHEN Shu-bao, CHEN Ying-wen*

(School of Biotechnology and Pharmaceutical Engineering, Nanjing Tech University, Nanjing 211816, China)

Abstract: The nitrifying sludge with a large number of nitrifying bacteria is obtained by strengthening enrichment culture. The experiment of “cut peak” of biochemical system is carried out by adding nitrifying sludge. The best performance of enriched nitrifying sludge can be achieved when the concentration of ammonia concentration in the influent water is 40 mg/L. If the nitrification system is affected by the fluctuations of ammonia-nitrogen in the influent water, the addition of 0.5% or 1% of nitrifying sludge under adequate alkaline condition is useful to cut “peak of ammonia-nitrogen”. In addition, it also has a significant effect on the recovery and improvement of the nitrification system.

Key words: nitrification; strengthening the nitrifying sludge; fluctuation; cultivation

氨氮作为水体中的重要污染物^[1],其高效处理对控制水体的富营养化^[2]有着重要影响。对于废水中的氨氮,多数污水处理厂采用生物法来处理,其机理是^[3]通过亚硝化细菌和硝化细菌的共同作用。第一步由亚硝化细菌将氨氮^[4]转换为 $\text{NO}_2^- - \text{N}$,第二步再由硝化细菌把 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 转换为 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 。但大多生化硝化系统由于易受进水氨氮质量浓度波动而导致出水氨氮并不能稳定达标,进而影响硝化系统的稳定性,更为严重的是受到冲击的硝化系统自身恢复性能较差。因此,开发短时间内快速恢复硝化系统性能的方法,对保持排水氨氮稳定达标至关重要。本实验尝试通过对硝化菌进行富集培养,从而得到强化硝化污泥。人工模拟实际氨氮进水发生波动的异常情况,通过向生化反应装置中投加适当比例的强化硝化污泥来考察出水氨氮变化规律,以此研究硝化系统的恢复情况。

1 实验部分

1.1 实验装置

强化硝化污泥的培养装置和硝化试验装置如图1所示。二者都采用活性污泥法进行实验。此装置主要由进水池、培养池(反应池)、曝气装置和二沉池组成。培养池和反应池的有效体积均为16 L。通过进水蠕动泵把模拟废水及实际废水从进水池输

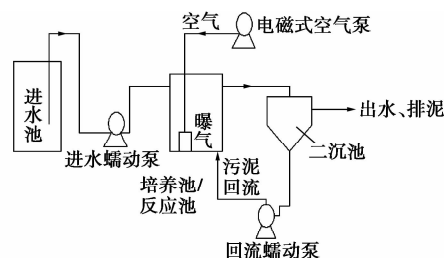


图1 反应装置

收稿日期:2015-11-17

基金项目:国家自然科学基金项目(21106072,51272105);环保公益性行业科研专项(201309028)

作者简介:李凯(1990-),男,硕士生;陈英文(1978-),男,博士,副教授,研究方向为废水处理技术与装备,通讯联系人,025-58139922, ywchen@njtech.edu.cn.

送至培养池和反应池,并控制其进水流速。通过空气泵对培养池和反应池进行充分曝气,使其有充足的溶解氧^[5]。随后直接进入二沉池,出水沉淀污泥。培养装置的剩余污泥通过回流蠕动泵输送到培养池。硝化装置剩余污泥直接从二沉池排出。

1.2 实验方法

硝化污泥培养方法:污泥质量浓度控制在 2 g/L。原始污泥取自城市污水处理厂二沉池。以人工配制模拟废水作为硝化菌富集的培养液。以葡萄糖为碳源,氯化铵为氮源。为确保硝化菌富集生长^[6]的需要,加入适量微量元素 KH_2PO_4 、 CaCl_2 、 FeSO_4 。用碳酸氢钠来调节 pH。前期通过参数的控制来优化硝化污泥的培养条件。控制进水氨氮质量浓度分别为 30、40、50、60 mg/L,检测硝化菌数量以及硝化速率^[7]。从而得到性能最好的强化硝化污泥。

污泥投加实验:原始污泥和废水都取自某城市污水处理厂。污泥质量浓度控制在 2 g/L,用碳酸氢钠来调节 pH。通过往原始废水中添加氯化铵来模拟实际进水氨氮发生波动情况。从污泥培养装置中取强化硝化污泥投加到硝化装置中来考察出水氨氮去除情况。硝化污泥量按反应池中总污泥量的 0.1%、0.5%、1.0% (质量分数) 来投加。

1.3 分析方法

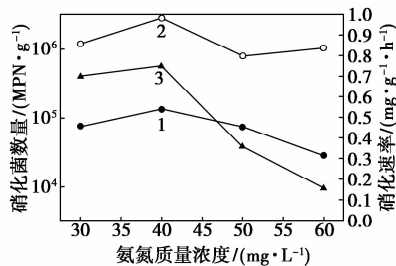
$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 测定采用水杨酸-次氯酸盐光度法^[8], NO_2^- 测定采用 *N*-(1-萘基)-乙二胺光度法, NO_3^- 测定采用酚二磺酸光度法; pH 测定采用上海雷磁 pH 计;硝化菌的个数用 MPN^[9] 法计数,亚硝化菌^[10]检测采用 Griess 试剂检测,硝化菌采用二苯胺试剂检测。

2 结果与分析

2.1 富集硝化污泥性能分析

在进水氨氮质量浓度分别为 30、40、50、60 mg/L 的 4 种条件下进行富集硝化污泥培养。分析硝化菌数量和硝化速率来对硝化污泥的综合性能进行评价,从而确定最佳的富集硝化污泥培养方式。结果由图 2 可知,在进水氨氮质量浓度为 40 mg/L 培养时,硝化污泥中亚硝化细菌和硝化细菌的数量最多,分别达到 2.85×10^6 、 1.35×10^5 MPN/g (MLSS),高于氨氮质量浓度 30 mg/L 时的 1.2×10^6 、 7.5×10^4 MPN/g (MLSS),氨氮质量浓度 60 mg/L 时的 1.05×10^6 、 2.85×10^4 MPN/g (MLSS),氨氮质量浓度 50 mg/L 时的 8.005×10^5 、 7.45×10^4 MPN/g (MLSS)。从硝化速率的分析结果也可以明显看出,硝化速率大小

与进水氨氮质量浓度关系为 $40 \text{ mg/L} > 30 \text{ mg/L} > 50 \text{ mg/L} > 60 \text{ mg/L}$ 。对应硝化速率分别为 0.749 4、0.698 8、0.357 6、0.156 0 $\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{h})$ 。由此可知,在进水氨氮控制在 40 mg/L 时,富集硝化污泥中硝化菌的数量最多,硝化速率最大,此时培养出的硝化污泥性能最好,可作为后续硝化实验的投加污泥。

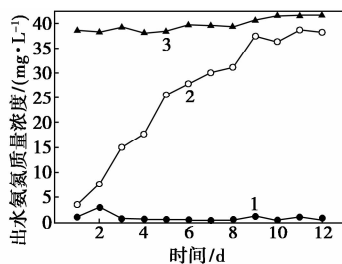


1—硝化细菌数量;2—亚硝化细菌数量;3—硝化速率

图 2 硝化菌数量及硝化速率的测定

2.2 投加质量分数 0.1% 硝化污泥对氨氮去除的影响

原进水氨氮质量浓度为 10 mg/L。由图 3 可知,经过硝化系统处理,出水氨氮质量浓度可降到 1 mg/L 以下。此时通过向进水池中添加氯化铵,由于进水氨氮质量浓度的突然升高,严重影响了硝化系统的稳定性,造成出水氨氮质量浓度急剧升高,出现了明显的氨氮“峰”。此时投加质量分数 0.1% 上述培养好的富集硝化污泥,从运行结果来看,氨氮“峰”依旧存在,没有达到预期的“削峰”效果。此时 pH 为 7.5 左右,出水氨氮质量浓度仍保持在较高的水平。因此,在此进水氨氮质量浓度波动情况下,投加质量分数 0.1% 的硝化污泥对硝化系统的恢复尚难以起作用。



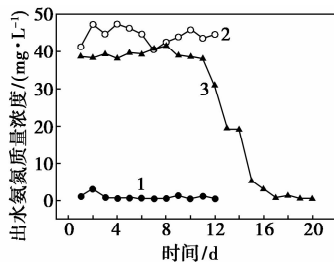
1—原水;2—添加氨氮;3—投加 0.1% 硝化污泥

图 3 投加质量分数 0.1% 硝化污泥,氨氮去除效果

2.3 投加质量分数 0.5% 硝化污泥对氨氮去除的影响

向原水中添加氯化铵,进水氨氮质量浓度保持在 55 mg/L。由图 4 可知,出水氨氮质量浓度则在

40~50 mg/L,硝化系统受到明显的冲击。此时,氨氮“峰”明显。投加质量分数0.5%的硝化污泥,出水氨氮质量浓度有较明显的降低。从最高46 mg/L降到38 mg/L。反应池的pH已经降到了7.0以下。根据文献[11]所示,硝化细菌参与硝化反应,降解1 g氨氮,需要消耗7.14 g碱度,随着硝化反应的进行pH会逐渐下降,当pH小于6.0时硝化反应速度减慢。向进水池添加了40 g NaHCO₃增加反应碱度,控制硝化反应^[12]pH在7.6。此时出水氨氮有着明显下降。“削峰”效果明显。结果表明,投加质量分数0.5%硝化污泥配合添加40 g碳酸氢钠对硝化系统的恢复有明显作用。

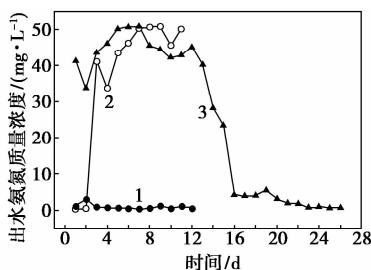


1—原水;2—添加氨氮;3—投加0.5%硝化污泥

图4 投加质量分数0.5%硝化污泥,氨氮去除效果

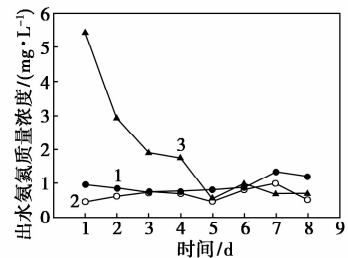
2.4 投加质量分数1.0%硝化污泥对氨氮去除的影响

继续投加氯化铵,进水氨氮质量浓度保持在90 mg/L。硝化系统再次受到冲击。氨氮“峰”现象明显。此时,向硝化反应池中投加质量分数1.0%硝化污泥。如图5所示,在投加污泥的最初阶段,出水氨氮质量浓度从50 mg/L降到了40 mg/L左右。此时,硝化系统还没得到完全恢复。接着添加90 g NaHCO₃,出水氨氮从40 mg/L逐步降到了1.7 mg/L,“削峰”现象明显。此时硝化反应池的pH保持在8.0左右。为了验证是否是碳酸氢钠投加对硝化系统的影响,如图6所示,把碳酸氢钠添加量从90 g



1—原水;2—添加氨氮;3—投加1.0%硝化污泥

图5 投加质量分数1.0%硝化污泥,氨氮去除效果



1—添加45 g NaHCO₃;2—添加70 g NaHCO₃;
3—添加90 g NaHCO₃

图6 投加质量分数1.0%硝化污泥,不同NaHCO₃添加量的氨氮去除效果

降到70 g,出水氨氮质量浓度稳定在1 mg/L。随后碳酸氢钠又从70 g降到了45 g,出水氨氮质量浓度在1.2 mg/L。从而验证了在碱度足够的条件下,强化硝化污泥的投加对短时间内硝化系统的恢复有重要作用。

3 结论

(1)强化硝化污泥培养试验表明,当进水氨氮质量浓度为40 mg/L,得到的硝化污泥性能最好。硝化菌数量最多,其中亚硝化细菌个数为 2.85×10^6 MPN/g (MLSS),硝化细菌个数为 1.35×10^5 MPN/g (MLSS)。此外,硝化速率最大为0.749 4 mg/(g·h)。

(2)当进水氨氮波动出现氨氮“峰”时,投加质量分数0.1%硝化污泥,且pH为7.5左右,对硝化系统的恢复没有作用。投加质量分数0.5%硝化污泥,配合投加40 g碳酸氢钠以控制pH 7.6左右以及投加质量分数1.0%硝化污泥配合投加90 g碳酸氢钠控制pH在8.0左右时,两者都出现明显的“削峰”现象,即对硝化系统的恢复起明显作用。

(3)在投加质量分数1.0%硝化污泥的基础上,把碳酸氢钠投加量从90 g降到70 g再降到45 g,出水氨氮仍保持平稳。证明当硝化系统受到冲击时,在反应碱度足够或反应pH高于7.0以上的条件下,投加强化硝化污泥对短时间内恢复硝化系统、降低出水氨氮有着显著作用。

参考文献

- [1] 马万征,赵艳,戈云森,等. 改性硅藻土处理氨氮废水的研究[J]. 安徽科技学院学报,2013,27(2):63-66.
- [2] 罗仙平,李健昌,严群,等. 处理低浓度氨氮废水吸附材料的筛选[J]. 化工学报,2010,61(1):216-221.
- [3] 呼晓明,陈英文,严伟峰. 生物流化床短程硝化的快速启动及影响因素研究[J]. 环境科学与技术,2012,35(7):16-20.

颗粒易堵塞塔板,使用 CTST 改造天然气净化工艺的吸收塔和再生塔可明显减轻物系发泡和堵塞问题。

1.1 石油炼制

立体传质塔板在降低塔板压降、增大处理量和操作弹性、增加传质效率的优势,使其频繁应用于原油蒸馏和催化裂化浮阀塔板改造,以最小的改动实现炼油厂节能降耗。①2001 年中国石油天然气股份有限公司大连公司常减压蒸馏装置^[4]、②2004 年

中油集团庆阳炼化原油常压蒸馏浮阀塔^[5]、③2001 年东明石化集团公司催化裂化主分馏塔^[6]、④2006 年中国石油华北石化分公司Ⅲ催化裂化裂化装置分馏塔^[7]、⑤2012 年湛江东兴石化 I 和 II 催化裂化塔^[8]、⑥2002 山东石达科技集团有限公司催化裂化装置蝶形浮阀塔板^[9]均使用 CTST 塔板改造浮阀塔板。大量实践证明,改造可大幅提升塔板性能,具体情况如表 1^[4-9]所示。

表 1 CTST 塔板改造效果

公司序号	压降	处理量	操作弹性	传质分离效率
①	单板压降降低 20% ~ 30%	增加 80% ~ 100%	提高 100%	增加 10% ~ 40%
②	常压塔压降降低 17.24%	46 万 ~ 120 万 t/a	大于 200%	塔板全塔效率由 50% 增加到 60%
③	全塔压降下降 2 kPa	增加 11%	12.5 ~ 21.0 t/h	粗汽油和轻柴油六分脱空 4℃
④	全塔压降 24 kPa	增加 60%	70% ~ 120%	液化气收率增加 4%;汽柴油分离精度提高,汽油 95% 点和柴油 5% 点,脱空 5℃
⑤	全塔压降小于 15 ~ 20 Pa	增加 25% ~ 66.7%	50% ~ 120%	效果明显,汽油中无 C ₅ + 组分
⑥	全塔压降减少 6 kPa	增加 3 t/h	70% ~ 120%	液化气收率提高 4%

1.2 污水处理

立体传质塔板用于污水处理塔改造,不仅可增加污水处理量、提高污水净化度、增加装置的抗堵塞性能,还可降低停工维修频率、延长装置的运行周期。

2001 年某厂降含硫污水汽提浮阀塔改造为 CTST 塔盘,降低蒸汽单耗 5 ~ 10 kg、降低侧线抽出比、升高氨浓度、提高净化水纯度、增加塔的操作弹性到 2.6。处理量在 25 ~ 65 t/h 波动,塔设备运行正常^[10]。当处理量增加 42.86% 时,塔板压降进一步降低。

2007 年湛江东兴石油企业将含硫污水汽提塔的 45 层浮阀塔板全部更换为 CTST 塔板^[11]。实现处理量提高 50%,降低净化水中 NH₃ 质量浓度小于 50 mg/mL、H₂S 质量浓度小于 20 mg/mL。

锦西石化分公司将净化车间含硫污水气体装置进行改造,将原有的浮阀塔板改造为 CTST 塔板^[12]。实现处理量增加 1.8 倍,净化水中氨氮质量浓度下降 33.3%,全塔压降降低 50%,装置运行周期延长至少 8 个月。

1.3 化工生产

2001 年中石油锦州石化分公司将气体分流装置的异丁烯塔扩能改造,使用 CTST 塔板代替原有的 F1 浮阀塔板。提升处理量高于设计上限 9.091%,高于实际处理能力 36.7%。塔的操作弹性由 17 增加到 34,以应对原料气进料的波动工况。改造大大提高分离效率,并明显降低能耗^[13]。

湖南省湘维有限公司^[14]使用 CTST 改造 PVA 装置的萃取精馏塔和共沸精馏泡罩塔。生产能力分别提高 80%、70%,萃取精馏塔回流比下降 0.04,

(上接第 147 页)

[4] Ruiz G, Jeison D, Chamy R. Nitrification with high nitrite accumulation for the treatment of wastewater with high ammonia concentration[J]. Water Research, 2003, 37: 1371 - 1377.

[5] 张小玲,王志盈.低溶解氧下 SBR 内短程硝化影响因素试验研究[J].环境科学与技术,2011,34(1):163 - 166.

[6] 陈英文,陈祥,沈树宝.膜生物反应器同步硝化反硝化系统的研究[J].环境工程学报,2008,2(7):902 - 905.

[7] 陈金声,史家梁,徐亚同.硝化速率测定和硝化细菌技术考察脱氮效果的应用[J].上海环境科学,1996.15(3):18 - 20.

[8] 国家环保总局编.水和废水监测分析方法[M].4 版.北京:中国环境出版社,1997.

[9] 李振高,骆永明,腾应.土壤与环境微生物研究法[M].北京:科学出版社,2008.

[10] 余敦耀,邱雁临,朱影.高效硝化菌的分离与鉴定[J].化学与生物工程,2008,25(4):60 - 63.

[11] 张建丰.活性污泥法工艺控制[M].北京:中国电力出版社,2011.

[12] 张子健,吴伟伟,王建龙.全自养硝化污泥的颗粒化过程研究[J].环境科学,2010,31(1)140 - 145. ■