

文章编号: 2095—0411 (2012) 01—0047—04

# SG 反硝化菌对硝酸蒸馏尾液的脱氮性能<sup>\*</sup>

杨玲芳<sup>1</sup>, 朱国彪<sup>2</sup>

(1. 常州海鸥水处理有限公司 微生物研究开发部, 江苏 常州 213145; 2. 常州大学, 江苏省精细石油化工重点实验室, 江苏 常州 213164)

**摘要:** 以硝酸蒸馏尾液为研究对象, 考察了 SG 反硝化菌在 A/O 系统中的脱氮效果。研究表明: 在进水 pH 为 0.36、反应温度 30℃、C、N 质量比为 3.0、反硝化停留时间为 35h, SG 反硝化菌种投加量为 5mL/L、氢氧化钠投加量为 1.8g/L 的实验条件下, 装置连续运行 30d, 硝酸蒸馏尾液 TN 去除率达 99%,  $\rho$  (出水 TN)  $\leq 40\text{mg/L}$ , 达到国标新排放标准。

**关键词:** 硝酸蒸馏尾液; SG 反硝化菌; 脱氮; 去除率

**中图分类号:** TQ 085

**文献标识码:** A

## Study of Nitrogen Removing Performance of Distillation Residue of Nitric Acid by Using SG Denitrifying Bacteria

YANG Ling—fang<sup>1</sup>, ZHU Guo—biao<sup>2</sup>

(1. Research and Development Department of Microbe, Changzhou Seagull Water Treatment Co. Ltd., Changzhou 213145, China; 2. Changzhou University, Jiangsu Key Laboratory of Fine Petrochemical, Changzhou 213164, China)

**Abstract:** The efficiency of nitrogen removal from distillation residue of nitric acid was investigated by using SG denitrifying bacteria in A/O system. The results show that when the experimental conditions are: pH in feedstock stream at 0.36, reaction temperature at 30℃, C, N mass ratio of 3.0, residence time of denitrifying for 35h, adding amount of SG denitrifying bacteria 5mL/L, adding dosage of sodium hydroxide 1.8g/L and continuous operation of the unit for 30d, the total nitrogen removed reaches 99% in the distillation residue of nitric acid and the total nitrogen in the effluent stream is not more than 40mg/L, which meets the newest international discharge standard.

**Key words:** distillation residue of nitric acid; SG denitrifying bacteria; nitrogen removal; removed efficiency

硝酸在工业和实验室中都是最常用的无机酸之一。硝酸广泛应用于溶解金属, 制备硝酸盐、肥料、硝酸酯类或含硝基的炸药, 以及染料和医药中间体的制备。目前, 国内众多硝酸生产企业由于工艺技术及含氮污染物的排放缺乏有效控制等原因,

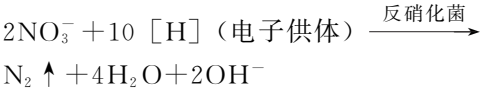
常出现硝酸蒸馏尾液总氮含量超标而严重影响环境的技术问题, 为实现硝酸工业生产技术升级, 国家环保部于 2011 年 3 月颁布了《硝酸工业污染物排放标准》(GB26131—2010) 的排放新标准, 对硝酸生产企业废水中氨氮和总氮的排放限值均提出了

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2011—10—08

作者简介: 杨玲芳 (1966—), 女, 江苏常州人, 本科。

更高要求，过去常用的硝酸蒸馏尾液简单中和等处理技术已经不能达到排放新标准要求，寻求安全高效环保的脱氮技术，已成为国内硝酸生产企业亟待解决的技术难题。

反硝化脱氮指在缺氧条件下（溶解氧 < 0.5mg/L），利用污水中的反硝化细菌将硝酸盐还原成气态氮的过程。反硝化菌为异养型微生物，属于兼性细菌，在缺氧状态时，它可利用硝酸盐中的氧作为电子受体，以有机物作为电子供体，将硝基氮还原成气态氮<sup>[1,2]</sup>，反应式表示如下：



生物反硝化脱氮过程的关键是加强微生物的作用，使反硝化菌在缺氧系统内形成优势菌群，通过优化工艺条件，来实现反硝化菌的脱氮作用，并通过自身繁殖来保持其在系统内的动态平衡<sup>[3]</sup>。本文采用自主研发的从自然界中筛选、分离得到的具有脱氮功能的复合菌群（SG 反硝化菌种）对硝酸蒸馏尾液进行脱氮性能研究，该菌种在国内众多高氨氮废水处理装置中已得到成功应用，技术关键是把反硝化菌经过筛选、驯化后，组成复合菌群，投加到生化池中，强化生物脱氮的效率，满足废水装置排放要求。

本文以某硝酸蒸馏尾液为研究对象，采用 A/O 生化系统中投加 SG 反硝化菌种的连续脱氮工艺，获得了优化的实验脱氮操作运行参数，出水总氮（TN）浓度达到新排放标准要求，为工业化处理规模硝酸蒸馏尾液提供了技术依据。

## 1 实验

### 1.1 硝酸蒸馏尾液

实验用硝酸蒸馏尾液来自某硝酸生产装置精馏塔排放的酸性废液，主要指标见表 1。

表 1 硝酸装置蒸馏尾液水质指标

Table 1 Wastewater quality of distillation residue of nitric acid

项目	pH	$\rho / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$			
		COD	TN	TP	总酸度 (CaCO <sub>3</sub> )
测定数据	0.36	5 256	2 386	0.52	6 757

### 1.2 试验菌种

试验菌种采用自主研发的 SG 反硝化菌，含有芽胞杆菌、微球菌，假单胞菌等多株菌种，发酵菌液中活菌浓度约为  $5.8 \times 10^9 \text{ cell/mL}$ 。该菌种能够

在好氧条件下快速生长菌体，在缺氧条件下进行反硝化脱氮。在缺氧、好氧交替环境中生活更为适宜，适用于 A/O 处理工艺。该菌群的适应能力强，能适应多种含氮废水。能利用的碳源广泛，在脱氮过程中，能充分利用废水自身的 COD，从而在去除总氮的同时也能去除 COD。

### 1.3 实验装置及方法

实验装置见图 1。进水存储器有效容积 5L，储存器内投加液碱和甲醇。A 反应器有效容积 4L，安装搅拌装置，使反应器内泥水充分混和，同时在反应器内投加 5mL/L 的 SG 反硝化菌液，控制污泥质量浓度 5g/L 左右。O 反应器有效容积 0.6L，器内安装砂头曝气，底部设回流装置，好氧出水混合液连续回流至 A 反应器内。二沉池有效容积 0.5 L，底部设回流装置，剩余污泥回流至 A 反应器内，上清液排出。

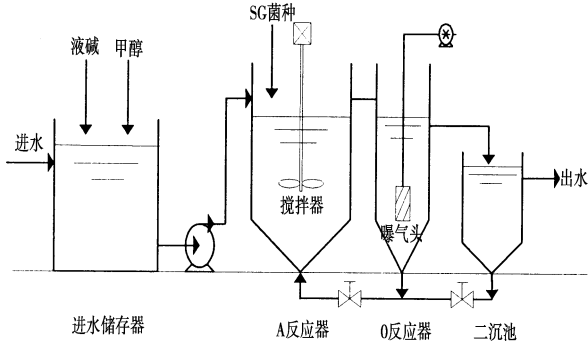


图 1 实验装置

Fig. 1 The Experimental apparatus

### 1.4 分析方法

实验研究过程对废水的 COD、TN、pH、DO 及细菌总数等指标按相应国家标准建立的方法进行测定。COD 采用重铬酸钾法；TN 采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法；pH 采用便携式酸度计测定；DO 采用便携式溶氧仪测定；细菌总数采用平板计数法测定<sup>[4]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 进水 C、N 质量比的影响

实验装置条件下，进水的碳氮质量比（C/N）是影响硝酸蒸馏尾液脱氮效果的重要因素。碳源是反硝化过程不可缺少的物质，反硝化反应中每还原 1 g NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 需消耗约 2.47g 甲醇，当废水碳源不足

时,需外加碳源才能达到理想的脱氮效果<sup>[6]</sup>。在 A 反应器进行的反硝化脱氮过程中,SG 反硝化菌能利用蒸馏尾液中的大部分 COD 作为脱氮碳源,但废水自身碳源并不能完全满足生物脱氮所需,实验采用投加一定量甲醇作为补充碳源,以满足脱氮过程对碳源的需求。

在反应器进水 pH 为 0.36、 $\rho$  (TN) 为 2 386mg/L、 $\rho$  (MLSS) 为 5g/L,反应温度 30℃的条件下,考察了不同的 C、N 质量比对硝酸装置蒸馏尾液中 TN 的去除效果,实验结果见图 2。

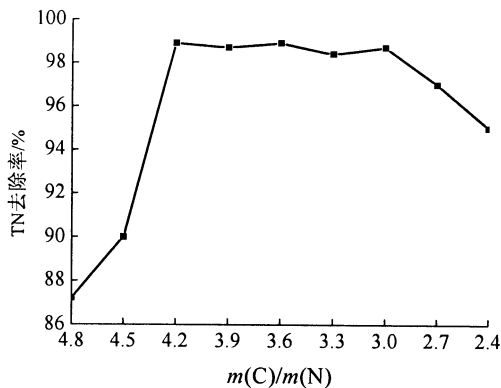


图 2 C、N 质量比对 TN 的去除效果

Fig. 2 Removal effect of C, N mass ratio on TN

图 2 可看出, A/O 系统运行初期外加甲醇量较多,进水 C/N 较高,系统对 TN 的去除率在 90% 以下;进水 C/N 从 4.8 降至 4.2 时,系统对 TN 的去除率逐步升至 99% 左右;进水 C/N 在 4.2—3.0 时, TN 去除率稳定保持在 99% 左右;当进水 C/N 降至 3.0 以下时,系统对 TN 的去除率也逐渐降低。原因分析是在系统反应初期,虽有充足的碳源,但反应器内 SG 反硝化菌由于接种量较小,在不断增殖期, TN 的去除率较低;随着系统的稳定运行, SG 反硝化菌在反应器内逐步形成优势菌种,反硝化速率增大,反应速度加快,系统对 TN 的去除率升高并达到最大值;随着 C/N 的降低,反应器内碳源不足,  $\text{NO}_3^-$  的浓度超过可被利用的氢供体<sup>[6]</sup>,系统对 TN 的去除率逐渐下降。

实验确定最佳 C、N 质量比为 3.0,系统对 TN 去除率达 99% 以上,废水中甲醇投加量为 1.2g/L。

## 2.2 反硝化停留时间对 TN 去除率的影响

实验条件下反硝化停留时间和 A/O 生物脱氮系统及 SG 反硝化菌对硝基氮的脱氮能力密切相关。停留时间越短,表明 A/O 系统及 SG 反硝化

菌的脱氮能力越强,反之亦然<sup>[7]</sup>。在进水 pH 为 0.36,温度 30℃, C/N 为 3.0 的实验条件下,考察了不同反硝化停留时间对 TN 的去除率的影响,实验结果见图 3。

图 3 看出,在 A/O 脱氮系统运行初期,反硝化停留时间较长,达到 85h,脱氮效率相对较低。随着系统内 SG 反硝化菌的不断繁殖,系统的脱氮能力不断提高,反硝化停留时间由 85h 可缩短至 35h,出水 TN 浓度都保持在 40mg/L 以下, TN 去除率达到 99% 以上。反硝化停留时间降至 25h 时,出水 TN 浓度开始增大,已不能达到国标排放新标准。

实验确定反硝化最佳停留时间为 35h,此时的 TN 处理负荷达到  $2.0\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ,脱氮速率达到  $81.6\text{mg}/(\text{L} \cdot \text{h})$ , TN 去除率达 99% 以上。

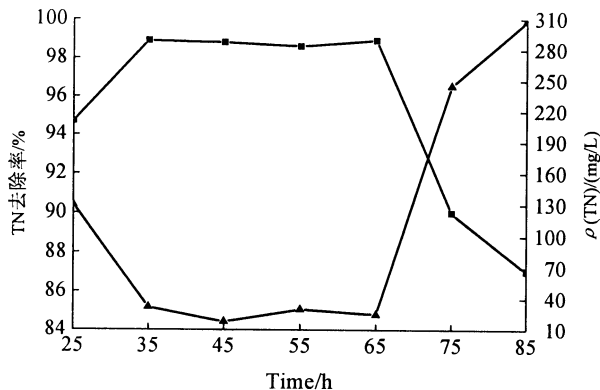


图 3 反硝化停留时间对 TN 的去除效果

Fig. 3 Removal effect of retention time of denitrification on TN

## 2.3 进水 pH 对 TN 的去除率的影响

大量研究报道生物反硝化最佳 pH 范围为 6.5—8.5,发生反硝化反应时,每反应掉  $1\text{mg NO}_3^-$  产生 3.57mg 碱度,当产生的碱度不能有效平衡系统自身酸度时,系统 pH 将不断下降。pH 降至 6.5 以下时,为了取得良好脱氮效果,必须向系统内不断补充碱度以维持系统的最佳 pH 范围<sup>[8]</sup>。

实验用硝酸蒸馏尾液 pH 为 0.36,系统进水时投加一定量的氢氧化钠补充碱度,使 A 反应器内 pH 在 7 左右。实验条件下每升硝酸蒸馏尾液中氢氧化钠投加量约为 1.8g/L,此时 A 反应器内 pH 可维持在 6.8—7.2。

A 反应器泥水混和液进入 O 反应器进行短时间的好氧曝气后,出水 pH 上升较快, pH 达到 8.2—8.4,出水中的总碱度在  $1\,800\text{—}2\,000\text{mg/L}$  (主要为碳酸根碱度),控制好氧出水回流比为

400%，将O反应器出水回流至A反应器进水端，这样既可以充分利用好氧出水中的碱度，减少氢氧化钠的投加量，又可以减小强酸进水对A反应器的冲击<sup>[9,10]</sup>。

2.4 进水连续运行实验结果

在进水流量 140mL/h，pH 为 0.36，温度 30℃，C、N 质量比为 3.0，反硝化停留时间 35h，氢氧化钠投加量 1.8g/L 的条件下，实验装置稳定运行了 30d，结果见图 4。

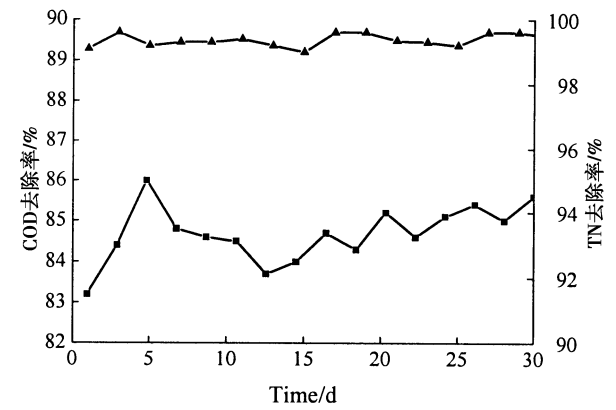


图 4 稳定运行期的 COD、TN 去除效果

Fig. 4 Removal effect of COD and TN in the stable operation period

由图 4 可知，实验系统经过 30d 的稳定运行，出水 COD 的去除率达到 83%—86%，COD 出水质量浓度在 1 000—1 300mg/L 之间；出水 TN 去除率保持在 99% 左右，TN 质量浓度在 15—35mg/L 之间，达到国标新排放标准。

3 结 论

在 A/O 工艺的生化处理系统中，加入 SG 反硝化菌种处理硝酸蒸馏尾液，在进水 pH 为 0.36、

反应温度为 30℃、C、N 质量比为 3.0、反硝化停留时间为 35h、SG 反硝化菌种投加量 5mL/L、氢氧化钠投加量 1.8g/L 的实验条件下，装置连续运行 30d，出水 COD 去除率达 83%—86%，出水 TN 去除率保持在 99% 左右，出水 TN 质量浓度在 15—35mg/L 之间，达到国标新排放标准，实验研究为工业化处理硝酸蒸馏尾液提供了技术依据。

参考文献：

[1] 赵宗升，刘鸿亮，李炳伟，等．高浓度氨氮废水的高效生物脱氮途径 [J]．中国给水排水，2001，15（3）：11—13.

[2] 张光亚，陈培钦．好氧反硝化菌的分离鉴定及特性研究 [J]．微生物学杂志，2005，25（6）：23—25.

[3] Takayan, Catalan S, Sakaguchi, et al. Aerobic denitrifying bacteria that produce low levels of nitrous oxide [J]. Applied and Environmental Microbiology, 2003, 69（6）：3 152—3 157.

[4] 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 [M]．北京：中国环境科学出版社，2002.

[5] 王弘宇，马放，苏俊峰，等．不同碳源和碳氮比对一株好氧反硝化细菌脱氮性能的影响 [J]．环境科学学报，2007，27（6）：968—972.

[6] 杨莎莎，宋英豪，赵宗升，等．碳氮比对亚硝酸型反硝化影响的研究 [J]．环境科学学报，2008，23（5）：312—314.

[7] 范利荣，黄少斌．好氧反硝化脱氮技术研究进展 [J]．工业用水与废水，2008，39（2）：5—9.

[8] 吕锡武．同时硝化反硝化的理论和实践 [J]．环境化学，2002，6（2）：13—15.

[9] Munch E, Paul L, Jurg K. Simultaneous nitrification and denitrification in bench—scale sequencing batch reactors [J]. Wat Re, 1996, 10（2）：277—284.

[10] 安玉法，陶雷，柳知非．生物脱氮在污染治理中的应用 [J]．污染防治技术，2008，20（4）：11—13.