

双污泥反硝化除磷工艺处理生活污水的中试研究

袁 昊, 吕锡武, 徐 微

(东南大学 环境工程系, 江苏 南京 210096)

摘 要: 为了探索双污泥反硝化除磷工艺 (A_2N 工艺) 的实际运行效果, 采用好氧段为活性污泥法的 A_2N 工艺处理无锡某污水处理厂的曝气沉砂池出水。中试结果表明: A_2N 工艺对 COD、TP、磷酸盐、氨氮具有较好的去除效果, 出水平均浓度分别为 21.6 mg/L、0.19 mg/L、0.04 mg/L 和 2.73 mg/L, 对 COD、TP 和氨氮的平均去除率分别为 80.8%、89.9% 和 89.3%; 进水 TN 平均为 28.8 mg/L, 出水平均浓度为 12.6 mg/L, 平均去除率为 55.95%; 设置后曝气池确保了出水磷酸盐和氨氮的达标排放, 而且通过吹脱氮气, 还提高了反硝化聚磷污泥的沉降性能。

关键词: 双污泥工艺; 反硝化除磷菌; 生物除磷; 生活污水

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2009)17-0028-03

Pilot-scale Study on Two-sludge Denitrifying Phosphorus Removal Process for Treatment of Domestic Sewage

YUAN Hao LV Xiwu XU Wei

(Department of Environmental Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract In order to investigate the actual operation effect of two-sludge denitrifying phosphorus removal process (A_2N process), the A_2N process using activated sludge process in aerobic stage was used to treat the effluent from aerated grit chamber in a municipal wastewater treatment plant in Wuxi City. The A_2N process has high removal efficiencies of COD, TP, PO_4^{3-} and $NH_4^+ - N$, and the average effluent concentrations are 21.6 mg/L, 0.19 mg/L, 0.04 mg/L and 2.73 mg/L respectively. The average removal rates of COD, TP and $NH_4^+ - N$ are 80.8%, 89.9% and 89.3% respectively. When the influent TN is 28.8 mg/L, its effluent concentration is 12.6 mg/L, and its removal rate is 55.95%. The post-aeration reactor insures the up-to-standard discharge of $NH_4^+ - N$ and PO_4^{3-} , and nitrogen stripping improves the settleability of denitrifying phosphorus removal sludge.

Key words two-sludge process; denitrifying phosphorus removal bacteria (DPB); biological phosphorus removal; domestic sewage

传统脱氮除磷工艺存在反硝化菌与聚磷菌竞争碳源和硝化菌、反硝化菌及聚磷菌泥龄不同的问题。反硝化除磷理论的提出为解决这些问题提供了新思路。在缺氧条件下, 反硝化除磷菌 (DPB) 能利用硝酸盐为电子受体, 以厌氧释磷时贮存的 PHB 为内碳

源进行聚磷, 实现“一碳双用”, 解决了反硝化菌和聚磷菌竞争碳源的问题。此外, 对反硝化除磷而言, 工艺必须结合硝化过程, 为 DPB 提供充足的硝酸盐, 因为硝化菌和反硝化除磷菌的泥龄不同, 在不同反应器中分别培养有利于各菌种的生长, 便于控制

基金项目: 教育部科学技术研究重大项目 (V200704)

各自的泥龄,基于此国内外的研究者开发出多种反硝化除磷工艺,如 $A_2N^{[1]}$ 、Dephanox和 BCFS。笔者采用 A_2N 工艺处理无锡某污水处理厂的曝气沉砂池出水,考察了脱氮除磷效果。

1 试验装置及方法

1.1 试验装置

本试验采用典型的双污泥反硝化除磷工艺,其流程如图 1 所示。

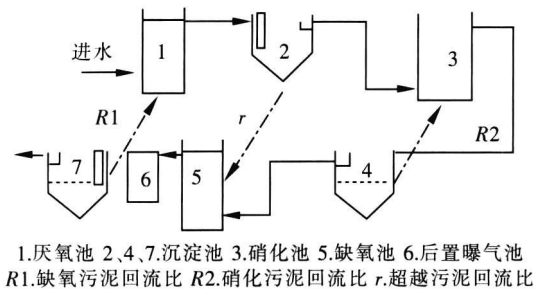


图 1 A_2N 工艺流程

Fig 1 Flow chart of A_2N process

A_2N 装置由 PVC 板制成,原水由水泵从污水厂的沉砂池取出送入调节水箱 (1 m^3),再由水泵打入试验装置,进水泵的启闭由液位控制器控制。污泥回流量由计量泵控制,厌氧池和缺氧池各设有一台电动搅拌器。

1.2 试验材料与方法

试验所用污泥取自无锡新城污水处理厂的回流泵房,污泥取回后,先采用 A/O (厌氧/好氧) 方式进行 PAO 的培养,然后改为 A/A (厌氧/缺氧) 方式进行 DPB 的培养。曝气沉砂池的出水水质见表 1。

表 1 原水水质

Tah 1 Influent quality		$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$			
项目	COD	TN	TP	磷酸盐	氨氮
范围	60~181	15~44.3	1.03~2.87	0.71~2.44	13.9~41.9
均值	116	28.8	1.88	1.44	24.7

A_2N 系统的进水流量为 80 L/h 左右;厌氧池、硝化池、缺氧池及后曝气池的水力停留时间 (HRT) 分别为 2.8 、 6.6 、 5.6 和 1 h 。缺氧污泥回流比和超越污泥回流比为 $22\% \sim 35\%$,硝化污泥回流比为 50% ;厌氧池、缺氧池和硝化池的污泥浓度分别为 $(1\,684 \sim 2\,760)$ 、 $(1\,764 \sim 2\,952)$ 、 $(1\,676 \sim 3\,272)\text{ mg/L}$;硝化池和后曝气池的 DO 控制在 $2 \sim 5\text{ mg/L}$;系统 DPB 的污泥龄为 $10 \sim 15\text{ d}$ 。

COD、TN、TP、磷酸盐、氨氮、硝酸盐、MLSS、DO、

温度、pH 等指标均按国家标准方法进行测定。

2 结果与讨论

2.1 对 COD 的去除效果

对于聚磷菌来说,厌氧段可利用的底物量由进水中含有的易生物降解 COD 决定,易降解 COD 越多则厌氧释磷越充分,从而保证有足够的 PHB 用于后续好氧吸磷或缺氧反硝化聚磷。 A_2N 工艺进水 COD 为 $60 \sim 181\text{ mg/L}$ (平均为 116 mg/L),此外进水还含有部分工业废水,所以进水中易降解 COD 的浓度很低。虽然厌氧池只利用进水 COD 的 51.6% ,但平均释磷量仍能达到 6.81 mg/L 。

工艺对 COD 的去除效果如图 2 所示。系统对 COD 的平均去除率为 80.8% ,出水 COD 平均为 21.6 mg/L ,最大出水浓度为 39 mg/L ,达到了《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级 A 标准。

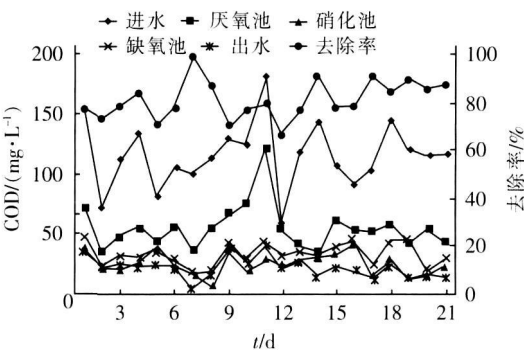


图 2 A_2N 工艺对 COD 的去除效果

Fig 2 Removal efficiency of COD by A_2N process

2.2 对 TP 及 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ 的去除效果

A_2N 工艺对 TP 的去除效果见图 3。

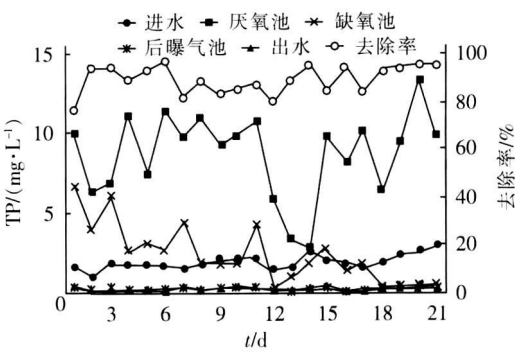


图 3 A_2N 工艺对 TP 的去除效果

Fig 3 Removal efficiency of TP by A_2N process

系统进水 TP 为 $1.03 \sim 2.87\text{ mg/L}$ (平均为 1.88 mg/L),出水 TP 为 $0.05 \sim 0.41\text{ mg/L}$ (平均为 0.19 mg/L)。

mg/L), 对 TP 的平均去除率为 89.9%。开始阶段 TP 主要是通过曝气池的好氧吸磷作用去除, 缺氧池的反硝化吸磷量很少, 但反硝化吸磷效果逐渐提高, 最终缺氧池的出水 TP 可降到 1 mg/L 以下。可见, 后曝气池在 A_2N 工艺的运行初期能够利用氧作电子受体进行吸磷, 确保出水 TP 达标。

反硝化聚磷的效果取决于厌氧池的释磷量及合成的 PHB 量, 还有硝化池出水的硝酸盐含量, 厌氧释磷量越多则聚磷菌合成的 PHB 量越大, 在电子受体充足的条件下, 缺氧吸磷量就越多。

系统进水磷酸盐为 0.71~2.44 mg/L (平均为 1.44 mg/L), 厌氧池出水磷酸盐平均为 7.77 mg/L, 缺氧池出水的为 1.3 mg/L, 经过后曝气池后降至 0.02 mg/L, 由于终沉池有时发生二次释磷现象, 最终出水的平均浓度为 0.04 mg/L, 整个工艺对磷酸盐的平均去除率为 97.2%。试验中, 缺氧池出水磷酸盐浓度从 5.54 mg/L 逐渐降到 0.04 mg/L, 聚磷效果越来越好。COD/TN 值会影响对磷酸盐的去除, COD/TN 值太高则易导致反硝化除磷所需的电子受体 (NO_3^-) 不足, 使得缺氧吸磷效果变差; COD/TN 值太低时, 虽可以为 DPB 提供充足的 NO_3^- , 但出水 NO_3^- 也会增加, 回流至厌氧池后会引引起异养菌和 DPB 对 COD 的竞争, 影响厌氧释磷^[12], 最终导致除磷效果恶化。在第 13~15 天由于回流污泥中的硝酸盐含量高, 再加上进水 COD 低, 出现了厌氧池释磷量降低的现象, 但这种情况很快即可恢复。

2.3 对 TN 的去除效果

在 A_2N 工艺中 TN 的去除主要在缺氧池中通过反硝化除磷菌完成, 在厌氧池和硝化池中, 除了很小部分氨氮和硝酸盐被微生物利用, TN 浓度的降低主要是由稀释作用所引起。

系统进水 TN 为 15~44.3 mg/L (平均为 28.8 mg/L), 出水 TN 为 5.98~30.6 mg/L (平均为 12.6 mg/L), 对 TN 的平均去除率为 55.9%。

Kuba 等人提出了 TN 的去除率与容积交换比之间的理论关系式, 认为增加容积交换比 (即进入硝化池的水量与厌氧池出水量的比值) 有助于对 TN 的去除。试验中通过改变超越污泥回流量来改变容积交换比使之成为 65%~78%, 但进一步增加容积交换比后, 对去除 TN 的影响很小, 而且还会减少缺氧池的污泥浓度, 普通的沉淀池无法实现高的交换比, 是否可以通过使用膜反应器或提高 DPB 污泥的沉

降性能来达到较大的交换比还需进一步研究。

2.4 对氨氮的去除效果

系统进水氨氮为 13.9~41.9 mg/L (平均为 24.7 mg/L), 出水氨氮为 0~8.9 mg/L (平均为 2.73 mg/L), 对氨氮的平均去除率为 89.3%。 A_2N 工艺的 DPB 超越污泥回流会使部分 $NH_4^+ - N$ 未经硝化池而直接进入缺氧池, $NH_4^+ - N$ 在此只能靠稀释和 DPB 的生长利用降低其浓度, 少量的氨氮通过后曝气池转化为硝酸盐氮, 如果超越回流量太大且氨氮浓度过高, 就很难保证出水 $NH_4^+ - N$ 达标, 而且转化而成的大量硝酸盐氮回流到厌氧池, 也会导致反硝化菌与聚磷菌竞争碳源, 影响厌氧池的释磷效果, 从而降低脱氮除磷的效率。

3 结论

① A_2N 工艺对 COD、TP、磷酸盐、氨氮都有很好的去除效果, 对 COD、TP 和氨氮的平均去除率分别为 80.8%、89.9% 和 89.3%, 出水平均浓度分别为 21.6、0.19 和 2.73 mg/L, 均能达到 GB 18918—2002 中的一级 A 标准。

② 对 TN 的平均去除率为 55.9%, 有时出水浓度较高。对 TN 的去除率与容积交换比有关, 随容积交换比的增加而增大, 但普通沉淀池很难实现高的容积交换比, 如何提高容积交换比还需要进一步研究。

③ 适当增加后曝气池的停留时间可以确保出水磷达标, 并可显著去除越流进入缺氧及其后单元的氨氮。

参考文献:

- [1] 杨庆娟, 王淑莹, 刘莹, 等. 回流比对 A_2N 反硝化除磷工艺脱氮除磷的影响 [J]. 中国给水排水, 2008, 24 (13): 37-41
- [2] Kuba T, Wachmeister A, van Loosdrecht M C M, et al. Effect of nitrate on phosphorus release in biological phosphorus removal system [J]. Water Sci Technol 1994, 30 (6): 263-269

作者简介: 袁昊 (1983—), 男, 江苏宿迁人, 硕士研究生, 主要从事污水脱氮除磷研究。

电话: 13776441809

E-mail: yuanhao1983@yahoo.cn

收稿日期: 2009-03-20