

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.13.012

基于全流程分析的二沉池浮泥产生原因及调控措施

周乐乐¹, 郑凯凯^{1,2}, 王燕^{1,2}, 高俊贤¹, 王硕^{1,3,4}, 李激^{1,3,4}

(1. 江南大学 环境与土木工程学院, 江苏 无锡 214122; 2. 无锡普汇环保科技有限公司, 江苏 无锡 214028; 3. 江苏省厌氧生物技术重点实验室, 江苏 无锡 214122; 4. 江苏省高校水处理技术与材料协同创新中心, 江苏 苏州 215009)

摘要: 以某城镇污水处理厂为例, 分析了城镇污水处理厂运行中二沉池浮泥产生的主要原因。通过全流程测试分析和内源呼吸反硝化实验, 发现好氧池末端低 DO 浓度、活性污泥良好的脱氮性能和内源反硝化特性的共同作用是导致二沉池浮泥产生的主要原因。通过提高好氧池末端曝气量, 有效解决了二沉池污泥上浮问题。该全流程测试分析方法对污水处理厂的运行管理具有重要的参考价值。

关键词: 污水处理厂; 二沉池浮泥; 内源反硝化

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)13-0068-05

Causes and Control Measures of Floating Sludge in Secondary Sedimentation Tank Based on Whole Process Analysis Method

ZHOU Le-le¹, ZHENG Kai-kai^{1,2}, WANG Yan^{1,2}, GAO Jun-xian¹, WANG Shuo^{1,3,4}, LI Ji^{1,3,4}

(1. School of Environment and Civil Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Wuxi Puhui Environmental Protection Technology Co. Ltd., Wuxi 214028, China; 3. Jiangsu Key Laboratory of Anaerobic Biotechnology, Wuxi 214122, China; 4. Jiangsu Collaborative Innovation Center of Water Treatment Technology & Material, Suzhou 215009, China)

Abstract: The main causes of floating sludge in secondary sedimentation tank during the operation of a sewage treatment plant were analyzed. Through the whole process test and analysis and endogenous respiration denitrification experiments, it was found that low DO concentration at the end of the aerobic tank, good denitrification performance of activated sludge and endogenous denitrification were the main reasons for the formation of the floating sludge in the secondary sedimentation tank. The problem of the floating sludge in the secondary sedimentation tank was effectively solved after increasing the aeration flow rate at the end of the aerobic tank. The proposed whole process test and analysis method has important reference value for the operation and management of sewage treatment plant.

Key words: sewage treatment plant; floating sludge in secondary sedimentation tank; endogenous denitrification

城镇污水厂二沉池同时具有澄清(固液分离)和污泥浓缩(提高回流污泥的含固率)功能^[1],但在

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2017ZX07202001)

实际运行中,二沉池表面易出现浮泥问题,导致出水水质不达标或加重后续处理单元负荷,增加运行成本。引起二沉池产生浮泥的原因有很多,主要包括进水水量波动、温度、pH 值、溶解氧和污泥停留时间等。当进水水量发生波动,池内的水力负荷突然增大时,二沉池的污泥上升速度会显著加快,从而导致二沉池产生浮泥。当温度上升时,二沉池中活性污泥内源反硝化速率加快,生成的 N_2 增加, N_2 负载于菌胶团中,使污泥密度减小,形成浮泥^[2];同时随着温度的升高,水中 N_2 的饱和度也将下降^[3],增加了污泥上浮的可能。pH 值过高或过低都不利于微生物的生存^[4],当 pH 值增加时,胞外聚合物的电离官能团增加,活性污泥絮凝作用增强^[5],但当 pH 值超过一定范围后,电排斥作用增加,絮凝作用下降,也会造成活性污泥脱絮上浮^[6]。当污水厂进水 pH 值出现异常时,需进行化学药剂调控。氧气对反硝化过程有抑制作用^[7-8],当好氧池末端 DO 浓度较低时,在二沉池中容易形成缺氧环境,此时若污泥活性较高且内源反硝化作用明显,产生的 N_2 易引起污泥上浮。若二沉池中剩余污泥排放不及时,其底部会沉积大量老化污泥,沉积的污泥中溶解氧低,同时

随着沉淀池深度减小, N_2 的临界饱和浓度也相应减小^[9],使得 N_2 更容易释放。另外,死去的微生物会在二沉池底部发生腐化,产生的硫化氢气体附着在沉积污泥上,也会使污泥上浮至池面^[10]。

笔者采用全流程分析方法对某城镇污水处理厂中二沉池浮泥产生的影响因素进行分析,并提出相应的预防措施和解决办法。

1 某城镇污水处理厂概况及研究方法

1.1 某城镇污水处理厂概况

太湖流域某城镇污水处理厂处理量为 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,水量稳定,水质变化较小。主体工艺为 A^2/O ,预处理段包括进水泵房、曝气沉砂池;生物段由厌氧池、缺氧池和好氧池组成;深度处理采用微滤池 + 紫外消毒工艺。工艺流程见图 1。

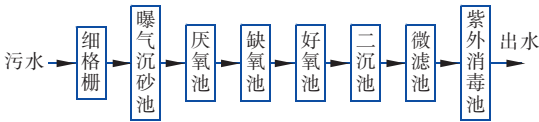


图 1 某城镇污水处理厂工艺流程

Fig. 1 Process flow of the sewage treatment plant

该污水处理厂设计进、出水水质指标见表 1。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项目	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	BOD ₅ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	NH ₃ - N/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TN/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	总磷/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	粪大肠菌群数/ ($\text{个} \cdot \text{L}^{-1}$)
进水	350	180	200	35	50	4	—
出水	≤50	≤10	≤10	≤5(8)	≤15	≤0.5	1 000

该厂实际运行中二沉池经常出现污泥上浮现象,浮泥量较多,分布在池面较大面积,颜色较淡,泥质细腻且带许多细小气泡(见图 2)。浮泥不仅影响视觉感受,也对出水水质造成一定程度的影响,特别是出水 SS 和 TP 容易超标。



图 2 二沉池表面浮泥

Fig. 2 Surface floating sludge in secondary sedimentation tank

1.2 材料与方法

1.2.1 全流程分析

该污水处理厂目前运行稳定,出水水质能够满足国家一级 A 排放标准。应用污水处理厂全流程分析方法对其进行全面诊断分析,全流程取样布点如图 3 所示。

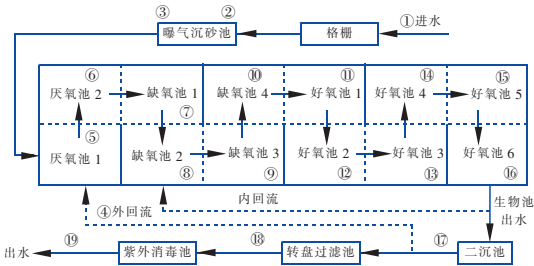


图 3 全流程沿程取样点布设

Fig. 3 Sampling point layout along the whole process

1.2.2 内源呼吸反硝化实验

内源反硝化是二沉池产生浮泥的主要原因,为此设计了内源反硝化实验。在好氧池末端取8 L的泥水混合液,静置,每隔0.5 h取上清液,检测其中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量的变化。

2 结果与讨论

2.1 全流程脱氮数据分析

工艺沿程测试的 TN 、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 变化如图4所示。该污水处理厂进水总氮浓度为18.24 mg/L,以溶解性总氮(STN)为主,氨氮在溶解性总氮中的占比为74%。好氧池活性污泥硝化能力强,脱氮性能良好,总氮去除效率达到73%。在进入好氧池后氨氮下降明显,大部分氨氮转化成硝态氮,在好氧池5位置氨氮浓度降低至0.48 mg/L,而与此同时硝态氮浓度上升至3.12 mg/L。二沉池中硝态氮浓度较高,为4.47 mg/L。总体而言,该厂反硝化脱氮效果良好,脱氮效率在75%左右,出水水质优于一级A排放标准。

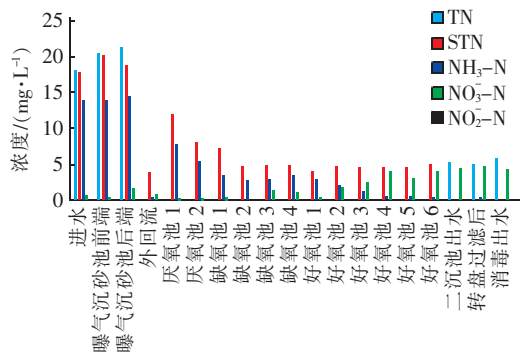


图4 全流程氮浓度变化情况

Fig. 4 Change of nitrogen concentration along the whole process

2.2 全流程DO和ORP数据分析

各工艺段DO的控制对脱氮除磷的效果起着重要作用。DO和ORP沿程变化分别见图5和图6。一般污水处理厂A²/O工艺缺氧段DO需控制在0.30 mg/L以下,厌氧段DO在0.10 mg/L以下(无硝态氮、无分子态氧)、ORP在-150 mV以下,好氧段DO在2.00 mg/L以上。

该厂预厌氧段及缺氧段DO控制良好,在0.10 mg/L以下;好氧段前端溶解氧充足,由于好氧池末端水有部分通过内回流至缺氧池,为保持缺氧池缺氧环境良好,好氧池6位置减少了曝气量,DO下降至0.48 mg/L。ORP的变化基本与DO变化相似,

在好氧段前端ORP不断上升,好氧池5位置ORP达到最高值112.3 mV,到好氧池6位置,ORP较好氧池5稍有降低,下降至101.0 mV。

从上述对生化反应池DO和ORP沿程变化测试结果来看,好氧池末端DO仅为0.48 mg/L,进入二沉池后形成缺氧环境,易发生反硝化作用,从而生成N₂,使污泥密度减小,成团污泥上升至液面后解体,同时N₂从中逸出^[11]。因此实际运行中应适当控制好氧池末端DO,防止在二沉池中污泥因缺氧而产生反硝化现象。

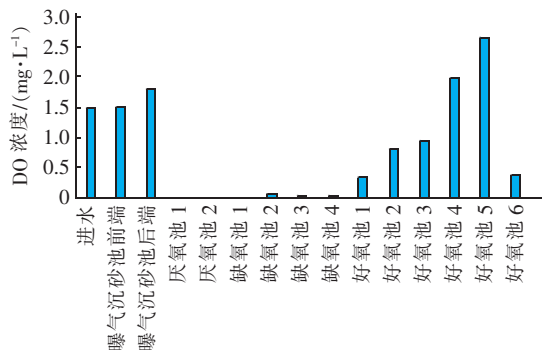


图5 全流程DO浓度变化情况

Fig. 5 Change of DO concentration along the whole process

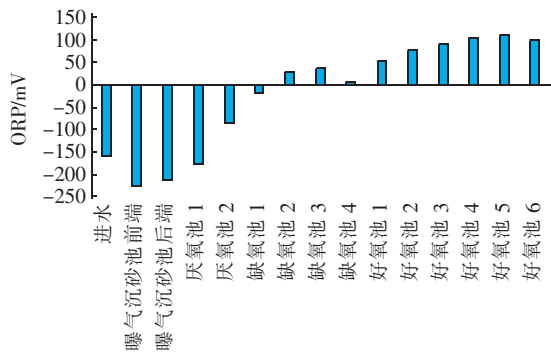


图6 全流程ORP变化情况

Fig. 6 Change of ORP along the whole process

2.3 内源呼吸反硝化结果分析

二沉池中的活性污泥因发生内源反硝化作用导致污泥颗粒上浮,通常与曝气池运行情况有关。其主要现象有:二沉池表面有细小气泡,出水堰板以内有离散、薄层云状物,被浮渣板刮至浮渣槽时,不黏稠;出水堰板以外出水中的污泥颗粒较大,轻搅时会有较小气泡逸出。在污泥沉降实验中,如果内源反硝化作用明显,则从量筒中可以看到有晶莹气泡附着在污泥上,沉降性能正常^[11];沉降实验后量筒内往往会出现污泥上浮到液面的现象,搅拌后污泥会

下沉^[12]。

在本实验中,当污泥静置大约 58 min 时,容器内的污泥开始上浮形成浮泥;之后可观察到污泥成团上浮,上升到表面时成团污泥解体,仔细观察漂浮在水面上的污泥,可以看到污泥颗粒上有许多细小的气泡。取少量浮泥加水搅拌均匀,静置一段时间后,浮泥下沉。继续观察,在 72 min 时污泥再次上浮(见图 7),图 7(a)为污泥静置初期,其沉降性能较好;图 7(b)为实验后期,污泥上浮。实验现象与田志梅和张鹏等的研究结果一致^[11-12]。

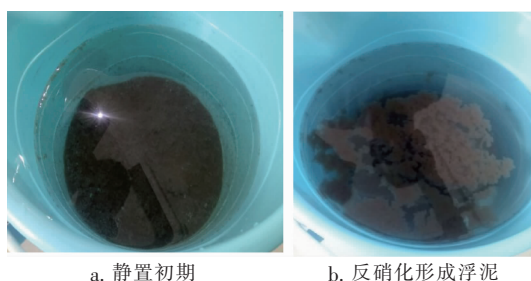


图 7 内源呼吸反硝化现象

Fig. 7 Phenomenon of endogenous respiration denitrification

内源反硝化实验中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度变化如图 8 所示。可见,实验中好氧池末端污泥静置约 0.5 h, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度急剧下降,由 3.77 mg/L 下降到 0.06 mg/L,此后 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度一直保持在较低水平。实验结果表明,该污水处理厂内源反硝化共去除了 3.73 mg/L 的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$,去除率达到 99%,二沉池中能够去除的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 量明显高于一般污水处理厂(约 1~2 mg/L)。

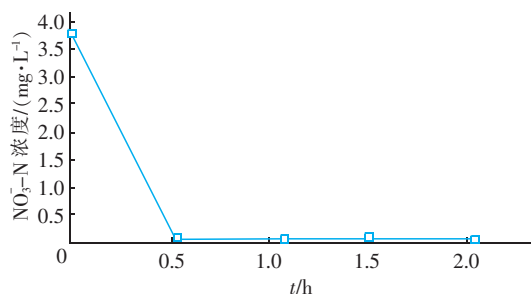


图 8 内源反硝化实验中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度变化

Fig. 8 Change of $\text{NO}_3^- - \text{N}$ concentration in endogenous denitrification experiment

以上实验现象及数据证明了该厂二沉池浮泥现象是由于内源呼吸反硝化作用产生 N_2 ,从而导致污泥上浮。

通过全流程分析,发现好氧池末端低 DO 浓度

是造成二沉池污泥上浮的主要原因。因此,污水厂根据实际情况进行了生产性试验,增加了曝气量,将 DO 升高到 2 mg/L 左右。进行工艺调整 24 h 后,出水水质没有受到影响,二沉池池面污泥上浮情况明显改善,浮泥问题得到了有效解决。

3 结论

对污水处理厂实际运行中不同处理单元 TN、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 、DO、ORP 和二沉池中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度变化进行了测试分析,结果表明:

① 污水处理厂好氧池硝化和缺氧池脱氮性能良好,脱氮效率在 75% 左右,出水水质优于一级 A 排放标准。

② 测试分析发现该污水处理厂好氧池末端低 DO 浓度、活性污泥良好的脱氮性能和内源反硝化特性是导致其二沉池产生浮泥的主要原因。在实施提高好氧池末端曝气量的调控措施后,该问题得到了有效解决。

③ 全流程分析方法是污水处理厂进行优化运行的重要手段,建议污水处理厂采用该方法定期进行检测分析,这有利于提高污水处理厂的问题诊断和节能降耗水平。

参考文献:

- [1] 高廷耀,顾国维,周琪. 水污染控制工程[M]. 北京:高等教育出版社,2007.
Gao Tingyao, Gu Guowei, Zhou Qi. Water Pollution Control Project[M]. Beijing: Higher Education Press, 2007 (in Chinese).
- [2] 王社平,邵军峰,万琼,等. A^2/O 工艺中二沉池污泥上浮的原因与对策[J]. 中国给水排水, 2010, 26(13): 43-45, 49.
Wang Sheping, Shao Junfeng, Wan Qiong, et al. Causes and countermeasures on sludge floating in secondary sedimentation tank in A^2/O process[J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(13): 43-45, 49 (in Chinese).
- [3] 杨青,甘树应,刘遂庆. 二沉池反硝化浮泥产生机理及避免措施[J]. 中国给水排水, 2002, 18(10): 68-70.
Yang Qing, Gan Shuying, Liu Suiqing. Mechanism and avoidance measures for float sludge production due to denitrification in secondary sedimentation tank[J]. China Water & Wastewater, 2002, 18(10): 68-70 (in Chinese).
- [4] 贾西宁,汤婷. 影响二沉池污泥上浮的因素及预防

- [J]. 江苏建筑职业技术学院学报, 2012, 12(1): 44-46.
- Jia Xining, Tang Ting. Factors and prevention of sludge floatation in secondary sedimentation tank[J]. Journal of Jiangsu Jianzhu Institute, 2012, 12(1): 44-46 (in Chinese).
- [5] 丁峰, 彭永臻, 杜红, 等. 活性污泥中污泥上浮的产生与控制[J]. 环境工程, 2000, 18(6): 25-27.
- Ding Feng, Peng Yongzhen, Du Hong, *et al.* Emergence of activated sludge floatation and its control in activated sludge process[J]. Environmental Engineering, 2000, 18(6): 25-27 (in Chinese).
- [6] 姚毅. 活性污泥的表面特性与其沉降脱水性能的关系[J]. 中国给水排水, 1996, 12(1): 22-26.
- Yao Yi. Relationship between surface characteristics of activated sludge and sedimentation and dewatering performance[J]. China Water & Wastewater, 1996, 12(1): 22-26 (in Chinese).
- [7] 居沈贵, 曾勇平, 祝宁东, 等. 脱除废水中氨氮的传质动力学实验及模型计算[J]. 江苏工业学院学报, 2005, 17(1): 16-19.
- Ju Shengui, Zeng Yongping, Zhu Ningdong, *et al.* Experiment and calculation of model on mass transfer kinetics of removing ammonia-nitrogen from wastewater[J]. Journal of Jiangsu Polytechnic University, 2005, 17(1): 16-19 (in Chinese).
- [8] 梁祝. 低溶解氧对活性污泥系统降解有机物和脱氮性能的影响[J]. 贵州环保科技, 2002, 8(4): 5-10.
- Liang Zhu. Effect of low dissolved oxygen on degradation of organic matter and denitrification performance in activated sludge system[J]. Guizhou Environmental Protection and Technology, 2002, 8(4): 5-10 (in Chinese).
- [9] Mongens H, Rene D, Peter G, *et al.* Rising sludge in secondary settlers due to denitrification[J]. Water Res, 1993, 27(2): 231-236.
- [10] 李圭白, 张杰. 水质工程学[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- Li Guibai, Zhang Jie. Water Quality Engineering[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2005 (in Chinese).
- [11] 田志梅. 二沉池漂泥原因及控制措施[J]. 江苏环境科技, 2004, 17(1): 27-28.
- Tian Zhimei. Cause and control measure of floating sludge in final settling basin[J]. Jiangsu Environmental Science and Technology, 2004, 17(1): 27-28 (in Chinese).
- [12] 张鹏, 王晓红. 城市污水处理厂二沉池悬浮污泥飘溢现象分析[J]. 科技信息, 2011(11): 776.
- Zhang Peng, Wang Xiaohong. Analysis on the floating phenomenon of suspended sludge in the secondary sedimentation tank of urban sewage treatment plant[J]. Science and Technology Information, 2011(11): 776 (in Chinese).



作者简介: 周乐乐(1996-), 女, 浙江嵊州人, 硕士研究生, 主要研究方向为大气污染控制, 同时也涉及污水处理原理与技术。

E-mail: 641167791@qq.com

收稿日期: 2019-03-10

加强地下水管理保护, 防止地下水超采