

微孔曝气氧化沟工艺问题诊断及分析

杨亚红^{1,2} 彭党聪² 王宝玉² 史丽娟²

(1. 兰州理工大学土木工程学院, 兰州 730050; 2. 西安建筑科技大学环境与市政工程学院, 西安 710055)

摘要 污水厂升级改造仍是目前水处理研究的热点问题,通过桂林七里店污水厂的微孔曝气氧化沟处理过程进行诊断分析,结果表明,将七里店污水厂微孔曝气氧化沟的一个A/O运行模式改造为2个分段A/O供氧模式,改变进水点,提高氧化沟内梯度脱氮环境,缺氧区和好氧区容积比调整为1:1.2,氧化沟出水口DO浓度到0.5 mg/L以上,二沉池中 NO_3^- -N平均浓度达到7.2 mg/L,氧化沟到二沉池出水口阶段 NH_4^+ -N和 PO_4^{3-} -P的平均释放量由改造前的3.85和1.69 mg/L降低到-0.1和-0.2 mg/L的无释放状态。同时也表明,二沉池中 NO_3^- -N浓度适当可抑制沉淀池中氨氮和磷酸盐的释放,改善出水水质。

关键词 氧化沟 升级改造 DO 释放

中图分类号 X703.1 文献标识码 A 文章编号 1673-9108(2015)03-4136-05

Diagnosing and analysis of upgrading program of oxidation ditch process with fine bubble

Yang Yahong^{1,2} Peng Dangcong² Wang Baoyu² Shi Lijuan²

(1. College of Civil Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China; 2. School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract It is still a popular research to upgrade and modify wastewater treatment plants (WWTPs) in China. Qilidian WWTP in Guilin was diagnosed and analyzed in order to improve effluent quality. The results showed that modified two-stage A/O mode of supplying oxygen could improve gradient denitrifying and increase aerobic zone arriving at the ratio 1:1.2 of A/O. Therefore, the DO concentrations of OD outlet were added from less than 0.2 mg/L to be more than 0.5 mg/L. The effluent quality of system was improved because the mass of releasing NH_4^+ -N and PO_4^{3-} -P were -0.1 and -0.2 mg/L, respectively from 3.85 and 1.69 mg/L before modifying accordingly. In addition, the result administrated that NH_4^+ -N and PO_4^{3-} -P releases were inhibited and improved effluent quality by existing certain NO_3^- -N concentrations in secondary sedimentation tanks.

Key words oxidation ditch; upgrading; DO; release

营养物去除是污水处理工艺的核心任务。目前脱氮除磷的传统方法为:在厌氧和好氧交替作用下进行释磷和吸磷交替,达到除磷;通过缺氧和好氧交替完成脱氮。而当前的脱氮除磷工艺中常常将上述单元优化组合。但在实际运行中由于组合或者操作不当引起TN和TP的排放不达标。为此,现有污水厂有的通过提高进水中的外碳源提高脱氮效率,从而改善厌氧环境,提高除磷效率;有的通过增加化学除磷单元提高除磷效果;有的通过调整生物单元的比例来改善脱氮除磷效果^[1];或者采用深度处理的方法改善出水水质^[2]。目前,尚无统一标准的方法来解决TN和TP不达标的问题。

为全面了解微孔曝气氧化沟工艺的特征,对桂林七里店污水厂微孔曝气氧化沟工艺进行全面

诊断。虽然前期改造后的氧化沟操作灵活,节能和处理效果有所改善^[3-4],但TN和TP仍未达到目前升级改造排放要求。随着国家对城市环境治理的重视,从供氧角度开展节能降耗的运行模式研究^[5-6]和排放标准升级改造仍为污水研究焦点^[7-10]。因此,通过对本工艺诊断,提出改进措施,为其他污水处理工艺设计和运行提供理论依据和现场指导。

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项(2009ZX07317-009)

收稿日期:2014-09-12; 修订日期:2014-10-28

作者简介:杨亚红(1976—),女,博士,副教授,主要从事水污染控制工程及其新技术。E-mail: yangyahong@lut.cn

1 材料和方法

1.1 实验现场

本研究的氧化沟工艺如图 1 所示,为一个微孔曝气氧化沟工艺,其尺寸为: $L \times W \times H = 90 \text{ m} \times 50 \text{ m} \times 4 \text{ m}$,由微孔曝气区和缺氧区组成,经过对氧化沟的诊断,发现工艺中所存在的缺陷,找出问题关键所在,以期提出理想的升级改造方案。

1.2 测定方法

DO 浓度采用 HANNA 公司生产的便携式测定仪监测。 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 按标准方法测定:测定方法 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 采用纳氏试剂光度法; $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 采用标准紫外分光光度法; $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 采用钼锑抗分光光度法^[11]。污染物去除效果是评价工艺单元的最直接手段,故有必要对其处理效果进行沿程研究分析。近年来,现行的城镇污水处理厂多数要求执行更为严格的污水排放标准(GB18918-2002)中最严格的一级 A 标准。因此,检测出水水质是评价工艺最直接的手段。

2 问题诊断和建议

2.1 分区分析

目前该污水处理厂的氧化沟如图 1 所示。采用连续供氧的方式,即曝气区分布在 4 个连续的廊道内,其余 4 个廊道和导流区为缺氧区,即整个氧化沟

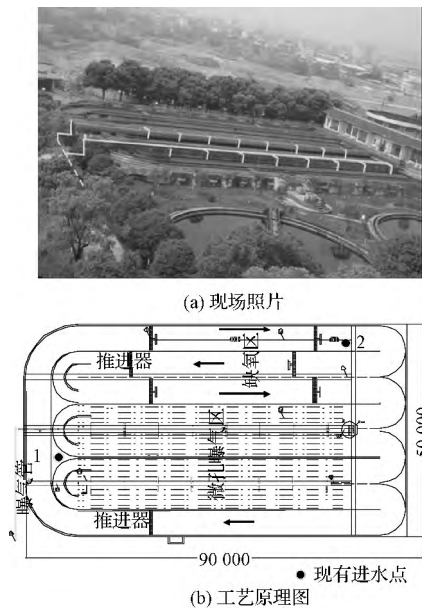
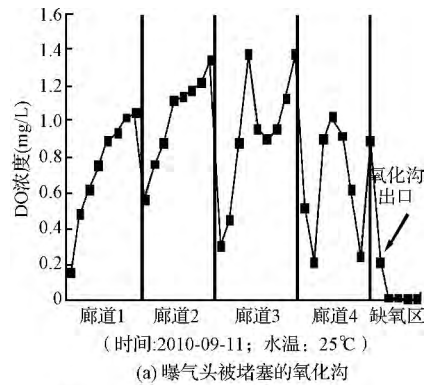


图 1 氧化沟现场照片和原理图
Fig. 1 Field picture and schematic presentation of oxidation ditch system

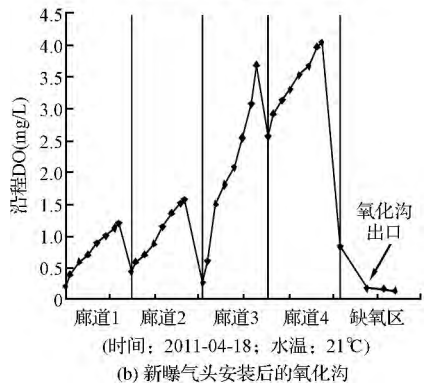
为一个好氧和一个缺氧区,造成的结果是一个区的持续时间太长。氧化沟的总长约为 720 m,沟内的平均流速经实际测定为 0.25 m/s,因此循环一周的时间为 48 min,缺氧区和好氧区的容积比为 1:1,但远高于目前现存工艺中一个缺氧区和好氧区的容积比约为 1:2 的值(GB 18918-2002)(设计规范要求)循环时间 10~20 min。由于通常的反硝化速率大于硝化速率,而现有系统中的硝化段长度接近反硝化段,造成硝化效率低(出水氨氮高,尤其在冬季),而部分缺氧段无电子受体硝酸盐可利用。因此,预测通过增加分区,至少形成 2 个 A/O 段,将有利于硝化和反硝化的协调,同时降低有机物在好氧区的消耗,提高生物脱氮的效率。

2.2 供氧量不足

氧化沟内好氧区溶解氧的历时变化如图 2(a)和图 2(b)所示。由于 2# 氧化沟中的曝气盘使用时间较长,部分已经老化和堵塞。由图 2(a)可知,即使在相同的曝气量下,其中的溶解氧浓度也较低,最高值仅 1.38 mg/L,大多数区段的 DO 浓度都低于 1 mg/L,尤其是第 3 和第 4 廊道更为突出。而对于 1# 氧化沟,由于曝气盘更新不久,曝气效果较好,形成



(a) 曝气头被堵塞的氧化沟



(b) 新曝气头安装后的氧化沟

图 2 曝气设备更新前后沿程溶解氧浓度分布
Fig. 2 Distributions of DO concentrations before and after modifying aeration equipment

了明显的氧浓度梯度分布,由曝气区起始阶段(第1廊道)的平均0.8 mg/L 逐渐提高到曝气区结束阶段(第4廊道)的平均3.5 mg/L,这种浓度梯度的分布,有利于硝化过程的进行。因此,通过技术改造,更换曝气器,将对氧化沟的运行效果有明显的改善作用。

2.3 氧化沟出水口低 DO 浓度对出水水质影响

由图2(a)可知,氧化沟出水口 DO 浓度约为0.2 mg/L,造成了活性污泥在沉淀池中发生内源代谢,导致氮磷的释放,出水水质恶化。图3(a)、(b)和(c)为诊断期间二沉池进出水 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 、 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 和 $\text{PO}_4^{3-} \text{-P}$ 的变化。氧化沟出水中 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 平均值为1.9 mg/L(远低于文献中不影响二沉池出水的氧化

沟出水 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 浓度 8 ~ 10 mg/L^[12],因为一定浓度 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 可抑制 PAOs 释放磷),而二沉池出水平均值为0.84 mg/L,二沉池为正效应(降低污染物浓度,改善出水水质的作用为正效应);氨氮平均值为3.4 mg/L,而二沉池出水平均值为7.25 mg/L,二沉池为负效应(污染物浓度增加,未改善出水水质的作用为负效应); $\text{PO}_4^{3-} \text{-P}$ 平均值为0.1 mg/L,而二沉池出水平均值为1.79 mg/L,同样是负效应。而二沉池反硝化正效应作用主要是由于颗粒可降解 COD 水解和微生物解体产物所提供碳源。因此,增加曝气区的容积,会提高出水 DO 浓度,可大幅度缓解或抑制二沉池氨氮和磷的释放,从而获得较好的出水水质。

2.4 改造方案

依据实际氧化沟运行状态的监测结果,提出了通过扩大氧化沟分区提高曝气效果、增加好氧区容积来改善二沉池工作状态和改进进水方式提高运行效率3条途径。

2.4.1 氧化沟分区改造

针对上述情况,将现有的曝气区域进行合理调整。目前四沟连续供氧方式(4个廊道好氧+4个廊道缺氧)改为分区供氧(2.5个廊道好氧+2个廊道缺氧+2个廊道好氧+1.5个廊道缺氧),即将现有的2个廊道曝气设备平移到之前缺氧的2个廊道内,使原有的整个氧化沟1个A/O段(图1(b)和图4(a)),改为2个A/O段(图4(b))。改造前、后2

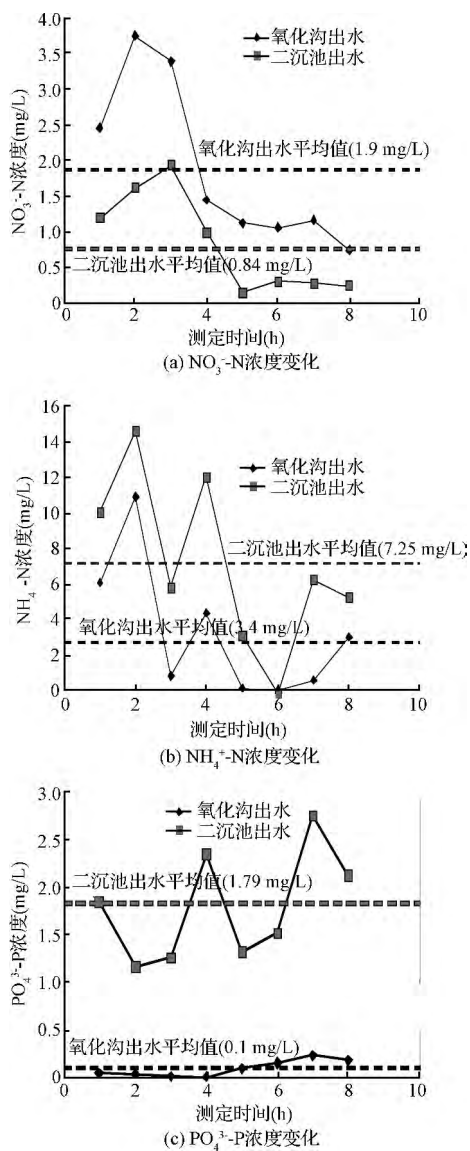
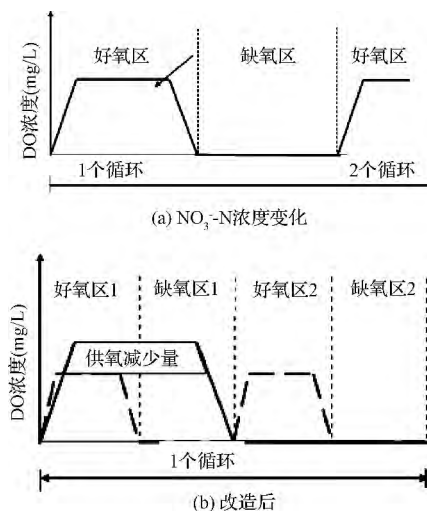


图3 氧化沟和二沉池进出水中溶解态营养物浓度的变化

Fig. 3 Changes of effluent dissolved nutrients concentrations in OD and secondary sedimentation basins



(实线为改造前,虚线为改造后)

图4 氧化沟供氧改造前后示意图

Fig. 4 Schematic diagram of supplying DO modes before and after modifying the oxidation ditch

个供氧模式如图4^[13]和图5所示,其对应的现场效果图如图1(a)和图6所示。通过对氧化沟进行合理的分割,从而达到对氨氮的硝化和反硝化,获得较高的氨氮去除率和脱氮效率。脱氮效率越高,原水中有机物被异养菌利用份额增加,被氧所氧化的有机物份额减少,使曝气供应量主要用于硝化。其次尽管曝气区较改造前有所改善,但其DO分布较改造前有所降低,整体氧的利用率有所提高,供氧量未增加,达到节能目的。

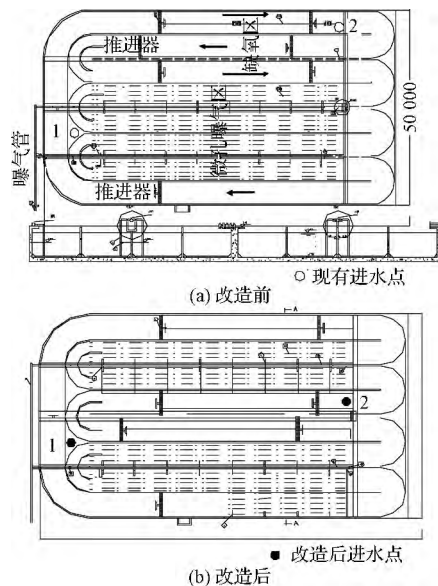


图5 改造前后曝气头和推进器的布置

Fig.5 Distributions of aeration discs and impellers before and after modifying oxidation ditch



图6 改造后效果图

Fig.6 Filed picture after modifying oxidation ditch

2.4.2 改善二沉池水质

根据氧化沟沿程DO测定可知,现有氧化沟出口处已降低到0.5 mg/L以下,不利于在氧化沟好氧聚磷和氨氮的硝化,该结果不符合氧化沟好氧末端出水的设计思想(一般氧化沟是好氧末端出水(GB 18918-2002)),并且在实际水质监测中发现,因缺氧

导致二沉池中氮磷释放量明显,故可在氧化沟出水口前段的廊道内增设曝气盘(图5(b)),增加好氧区的容积,保证氧的持续供给,且可使氧化沟出水中DO浓度在0.5 mg/L以上,通过对改造后的氧化沟系统进行抽样检测,在系统稳定运行下,氧化沟出水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 浓度平均值依次为7.2、1.6和0.7 mg/L,而其相应的二沉池出水的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 浓度平均值依次为6.3、1.5和0.5 mg/L,明显抑制氮磷在二沉池中的释放,二沉池出水水质有所改善。建议活性污泥脱氮除磷工艺生物反应阶段,其出水口应在好氧段,以确保二沉池脱氮除磷效果。

2.4.3 进水方式提高运行效率

改造前氧化沟的进水点有两处(见图5(a)中1和2处),其中进水点2的功能未充分发挥。通过改造,将进水点2移动到曝气廊道之后(图5(b)),以满足进水点在缺氧区起端的基本要求,同时,最大限度地发挥利用原水中的固有碳源(COD)进行生物脱氮,提高碳源的利用效率和氧化沟的生物脱氮能力,使得后期厌氧环境更有利于释磷除磷,预计改造后工艺出水水质有所改善。

3 结论和展望

氧化沟内DO浓度的合理分布直接影响工艺二沉池的出水效果。尽管有研究^[14-16]表明,降低氧化沟曝气区的DO浓度可达到节能降耗功效,但生物反应单元出水口DO浓度0.5 mg/L以上是确保氧化沟出水水质的关键。通过增加好氧区的容积,氮磷在二沉池中的释放可被抑制,出水水质有所改善。

本升级改造尽管增加了曝气盘数量和曝气区的容积,但为了提高反硝化能力,最高溶解氧浓度适当降低(低于好氧区DO为2.0 mg/L(GB 18918-2002)的要求),溶解氧分布更加均匀,能耗并未增加。改造后的2个A/O段运行模式为硝化反硝化的梯度脱氮创造条件,并提高了曝气区SND脱氮率。

参考文献

- [1] 熊鸿斌,夏晓宇,王玉芳,等. 低C/N值城市污水处理厂出水达标的运行条件优化. 中国给水排水, 2013, 29(1): 92-96
Xiong Hongbin, Xia Xiaoyu, Wang Yufang, et al. Optimization of operating conditions of low C/N ratio municipal

- sewage treatment plant for meeting discharge standard. *China Water & Wastewater*, **2013**, 29(1): 92-96(in Chinese)
- [2] 程鹏,周克钊,朱敏,等. 深圳市罗芳污水厂深度处理出水膜处理中试. *山西建筑*, **2014**, 40(4): 111-112
- [3] 卢晓晶. 改造后的卡罗瑟尔氧化沟工艺控制. *水工业市场*, **2009**, (4): 36-39
- [4] 魏建文,魏玮,王敦球,等. 桂林市七里店城镇污水处理厂的提标节能改造实践. *中国给水排水*, **2012**, 28(24): 78-82
Wei Jianwen, Wei Wei, Wang Dunqiu, et al. Upgrading and reconstruction of Qilidian Sewage Treatment Plant in Guilin. *China Water & Wastewater*, **2012**, 28(24): 78-82 (in Chinese) .
- [5] 郭建华,王淑莹,彭永臻,等. 低溶解氧污泥微膨胀节能方法在 A/O 中的试验验证. *环境科学*, **2008**, 29(12): 3348-3352
Guo Jianhua, Wang Shuying, Peng Yongzhen, et al. Energy saving achieved by limited filamentous bulking under low dissolved oxygen: Experimental validation in A/O process. *Environmental Science*, **2008**, 29(12): 3348-3352 (in Chinese)
- [6] 杜馨,张可方,方茜,等. 碳源对 SBR 工艺同步硝化反硝化的影响. *中国给水排水*, **2007**, 3(11): 47-51
Du Xin, Zhang Kefang, Fang Qian, et al. Effect of carbon source on simultaneous nitrification and denitrification of SBR process. *China Water & Wastewater*, **2007**, 3(11): 47-51(in Chinese)
- [7] 蒋岚岚,张万里,胡邦,等. 无锡市城北污水处理厂升级改造工艺设计. *给水排水*, **2009**, (6): 29-34
Jiang Lanlan, Zhang Wanli, Hu Bang, et al. Design for upgrading reconstruction process of Chengbei Wastewater Treatment Plant in Wuxi City. *Water & Wastewater Engineering*, **2009**, (6): 29-34(in Chinese)
- [8] 夏文辉. 天津开发区第一污水厂升级改造工艺的选择与分析. *中国给水排水*, **2010**, 26(4): 15-18
Xia Wenhui. Selection and analysis of upgrading and reconstruction process of first WWTP in TEDA. *China Water & Wastewater*, **2010**, 26(4): 15-18(in Chinese)
- [9] 蒋岚岚,吴伟,沈晓铃,等. 无锡市城镇污水处理厂升级改造技术路线综述. *中国给水排水*, **2010**, 26(12): 33-35
Jiang Lanlan, Wu Wei, Shen Xiaoling, et al. Overview of technology roadmap for upgrading reconstruction of wastewater treatment plants in Wuxi. *China Water & Wastewater*, **2010**, 26(12): 33-35(in Chinese)
- [10] 姚宏,王辉,苟世霞,等. 美国某污水处理厂工艺设计及运行效果. *环境工程学报*, **2013**, 7(1): 273-277
Yao Hong, Wang Hui, Gou Shixia, et al. Process design and operation efficiency of a wastewater treatment plant in the U. S. A. *Chinese Journal of Environmental Engineering*, **2013**, 7(1): 273-277(in Chinese)
- [11] APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (20th ed) . Washington, DC: American Public Health Association, **1998**
- [12] Liu W. , Yang D. , Xu L. , et al. Effect of return sludge pre-concentration on biological phosphorus removal in a novel oxidation ditch. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, **2012**, 20(4): 747-753
- [13] 彭党聪,韩芸,王晓昌,等. 基于反应动力学的生物脱氮氧化沟分区供氧设计优化. *给水排水*, **2011**, 37(8): 44-46
- [14] 左金龙,王淑莹,彭赵旭,等. 低溶解氧下微膨胀污泥对污染物的去除性能. *中国给水排水*, **2009**, 25(15): 11-14
Zuo Jinlong, Wang Shuying, Peng Zhaoxu, et al. Pollutant removal efficiency of micro-bulking sludge under low DO. *China Water & Wastewater*, **2009**, 25(15): 11-14 (in Chinese)
- [15] Guo Jianhua, Peng Yongzhen, Peng Chengyao, et al. Energy saving achieved by limited filamentous bulking sludge under low dissolved oxygen. *Bioresource Technology*, **2010**, 101(4): 1120-1126
- [16] 彭永臻,郭建华,王淑莹,等. 低溶解氧污泥微膨胀节能理论与方法的发现、提出及理论基础. *环境科学*, **2008**, 29(12): 3342-3347
Peng Yongzhen, Guo Jianhua, Wang Shuying, et al. Energy saving achieved by limited filamentous bulking under low dissolved oxygen: derivation, originality and theoretical basis. *Environmental Science*, **2008**, 29(12): 3342-3347(in Chinese)