

反硝化深床滤池冬季脱氮运行的应用探讨

周敬东¹, 李新凯², 张晓燕¹, 刘阳¹, 杨磊², 张栋²

(1. 阜阳创业水务有限公司, 安徽 阜阳 236033; 2. 天津诚信环球节能环保科技有限公司, 天津 300170)

摘要: 安徽省阜阳市颍南污水处理厂升级改造工程主体采用反硝化深床滤池工艺。详细介绍了其设计和运行参数以及冬季的脱氮效果。该工程投入运行后对 SS 的去除效果很好, 出水 TN 浓度也能稳定达到一级 A 标准。分析了实际碳源投加量高于理论计算值的原因, 并给出了解决措施。

关键词: 升级改造; 反硝化深床滤池; 脱氮; 碳源

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)06-0106-03

Winter Performance of Deep-bed Denitrification Filter for Nitrogen Removal

ZHOU Jing-dong¹, LI Xin-kai², ZHANG Xiao-yan¹, LIU Yang¹, YANG Lei²,
ZHANG Dong²

(1. Fuyang Capital Water Co. Ltd., Fuyang 236033, China; 2. Tianjin Chengxin Universal Energy Conservation and Environmental Protection Technology Co. Ltd., Tianjin 300170, China)

Abstract: The deep-bed denitrification filter was used as the main unit during upgrading and reconstruction of Yingnan wastewater treatment plant in Fuyang City, Anhui Province. Full scale application has showed that the SS was removed very well, while the effluent TN concentration was also controlled to the first level class A criteria of *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002). In addition to the parameters of design and operation, the effect of denitrification in winter time was summarized in detail in this paper. With regard to the phenomenon that the organic carbon dosage was higher than the theoretical demand of organic carbon, the reason and solution were both explained as well in this paper.

Key words: upgrading and reconstruction; deep-bed denitrification filter; nitrogen removal; carbon source

1 项目概况

安徽省阜阳市颍南污水处理厂位于西北边陲, 四季分明, 冬季盛行北至东北风, 河流水系发达。升级改造前, 污水处理厂设计规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 变化系数为 1.32。该厂为华润电厂提供回用水的设计规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 变化系数为 1.1。所以本次升级改造工程设计规模为 $6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 变化系数为 1.32。

颍南污水处理厂改造前排水执行《城镇污水处

理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的二级标准, 升级改造后要求达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 A 标准。

2 工艺设计

2.1 改造后工艺流程

升级改造主要在现有生化处理系统后增加高效沉淀池 + 反硝化深床滤池, 改造后工艺流程如图 1 所示。该污水厂原有 CASS 工艺能够满足出水 COD、BOD₅ 等指标达到一级 A 标准, 主要是 SS、TP、

TN 指标略高于一级 A 标准。改造工程增加了高效沉淀池,在此投加 PAC、PAM,进一步降低生化单元出水 SS,并通过化学除磷的方式降低污水中 TP 值,实际投加 PAC 与去除 TP 量的物质的量之比约为 2.2 : 1。高效沉淀池出水进入反硝化深床滤池,通过物理截留、生物脱氮等进一步去除 SS、TP、TN,反硝化深床滤池没有单独配置化学除磷混合反应池。

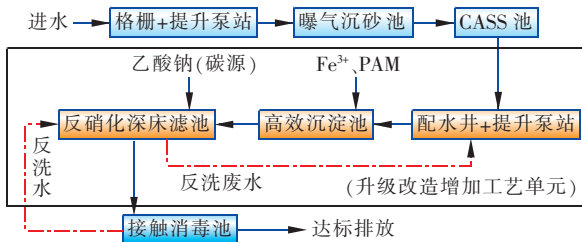


图1 改造后工艺流程

Fig. 1 Technological process after transformation

2.2 反硝化深床滤池设计进、出水水质

反硝化深床滤池的设计进、出水水质如表 1 所示。

表 1 反硝化深床滤池设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality of deep-bed denitrification filter $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项 目	BOD ₅	COD	SS	TN	TP
进水指标	10	50	20	20	1
出水指标	≤10	≤50	≤10	≤15	≤0.5

2.3 反硝化深床滤池设计

① 反硝化深床滤池设 1 座 6 格,每格平面尺寸($L \times B$) = 20.5 m × 3.56 m,平均滤速为 5.71 m/h,高时高值为 9.04 m/h;采用新型滤砖,HDPE 外壳,混凝土填充^[1];滤料选用筛选海砂,滤层深为 1.9 m。

② 设计反冲洗水洗强度为 $15 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,配置反冲洗清水泵(潜水泵)2 台,1 用 1 备,单台功率为 22 kW。

③ 设计气反洗强度为 $90 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,配置 3 台罗茨鼓风机, $P = 70 \text{ kPa}$,2 用 1 备。

④ 反冲洗水来自接触消毒池,取水点在投加消毒剂之前,反冲洗排水排至高效沉淀池之前;同时深床系统配套碳源自动投加装置一套。

3 运行效果

阜阳市冬季气温平均为 $-4 \sim 6 \text{ }^{\circ}\text{C}$,污水温度为 $10 \sim 12 \text{ }^{\circ}\text{C}$,CASS 池出水无法满足 TN 值在 15 mg/L

以下的标准,需要反硝化深床滤池实现悬浮物过滤及生物脱氮双重功能。

3.1 反硝化深床滤池对 SS 的去除效果

当年 1 月份连续 15 天对 SS 的去除结果如图 2 所示。

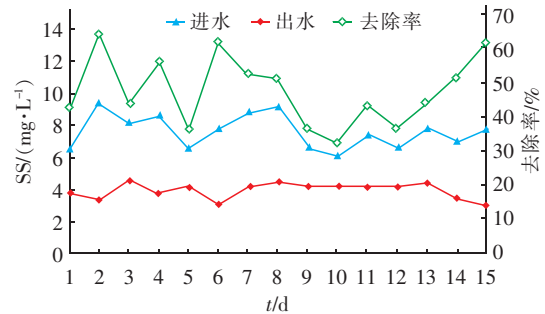


图2 反硝化深床滤池对 SS 的去除效果

Fig. 2 Removal efficiency of SS for deep-bed denitrification filter

从图 2 可知,反硝化深床滤池进水 SS 已经达到小于 10 mg/L 指标,通过反硝化深床滤池进一步过滤,可以实现出水 SS 稳定小于 5 mg/L ,达到国家地表 IV 类水标准。

3.2 反硝化深床滤池对 TN 的去除效果

反硝化菌在低温条件下生物活性降低,通过外加三水乙酸钠补充反硝化脱氮所需的碳源。当年 1 月份连续 15 天的运行结果如图 3 所示。

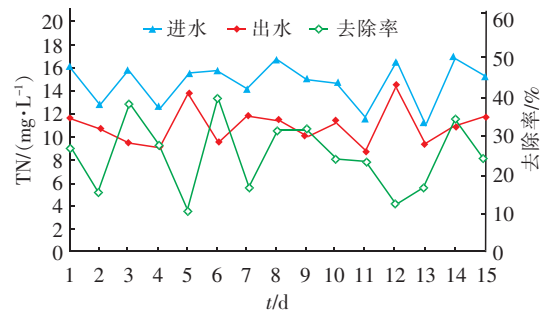


图3 反硝化深床滤池对 TN 的去除效果

Fig. 3 Removal efficiency of TN for deep-bed denitrification filter

从图 3 可知,反硝化深床滤池进水 TN 在 $10 \sim 17 \text{ mg/L}$ 之间,通过外加碳源,出水 TN 值最高为 14.1 mg/L ,最低为 9.6 mg/L ,可以达到一级 A 标准。同步测定反硝化深床滤池的平均出水 COD 为 12.8 mg/L ,平均出水 BOD₅ 为 4.3 mg/L ,均优于设计排放标准。

3.3 碳源消耗分析

外加碳源采用三水乙酸钠,乙酸钠有效含量为

59%, 乙酸钠的 BOD_5 值为 0.52 g/g 。在稳定运行的 15 天内, TN 去除量为 4.1 mg/L , 乙酸钠投加量为 38 mg/L , 实际去除 1 mg TN 需乙酸钠 9.3 mg , 需 BOD_5 4.82 mg , 高于理论值 (2.86 gBOD/g 硝态氮)^[2], 分析主要原因是进水 DO 消耗。颍南污水厂为了保证硝化作用, 在冬季运行时控制 CASS 池好氧区 DO 值较高, 平均 CASS 出水 DO 值在 5 mg/L , 同时反硝化深床滤池为降流过滤模式, 水头跌落也造成了 DO 值的升高。进水槽 DO 值为 5.61 mg/L , 过滤区 DO 值为 7.49 mg/L , 滤池出水 DO 值为 0.25 mg/L 。反硝化深床滤池降流过滤中水头跌落造成了 1.88 mg/L 的 DO 提升; 通过外加碳源, 在深床滤层滤料上的生物膜会出现消耗碳源及溶解氧的碳化异养菌, 好氧异养菌消耗掉过量的溶解氧为缺氧反硝化提供更优的条件^[3]。从实际运行数据统计可知, 消耗 1 mg 溶解氧, 需要同时消耗 0.52 mg 乙酸钠。

从实际运行数据看, 溶解氧消耗了大量的碳源, 其中反硝化深床滤池进水跌落带入了一定的溶解氧, 如何减少溶解氧的引入是一个研究课题。目前天津诚信环保的弧形堰进水、恒液位过滤等技术可供选择, 并且在一些工程中得到应用。

3.4 经济分析

反硝化深床滤池工程总投资为 $2\,851.7$ 万元。运行费用主要包括动力费、药剂费。

① 动力费主要是滤池反洗时设备动力消耗, 电价按 $0.70 \text{ 元}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 计, 则动力费为 $0.009 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。

② 药剂主要为乙酸钠, 药剂费约为 $0.079 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。

4 结论

① 反硝化深床滤池对 SS 有优良的截留能力, 通过“高效沉淀池 + 反硝化深床滤池”的组合工艺, 可以实现出水 SS 达到更高的地表Ⅳ类水标准。

② 在冬季低水温情况下, 通过自动碳源投加系统, 反硝化深床滤池能够实现“一池两用”, 同步

去除 SS 及 TN, 同时不会对出水 COD 及 BOD_5 造成影响。

③ 反硝化深床滤池进水溶解氧及降流过滤的水头跌落会造成外加碳源使用量增加, 因此控制前序生化出水溶解氧及如何减少降流过滤带入溶解氧是控制运行成本的关键因素。

④ 反硝化深床滤池作为新型的生物脱氮和过滤工艺并举的深度处理单元, 能够缩短工艺流程、减少占地, 可以在我国市政污水厂升级提标改造工程中推广应用。

参考文献:

- [1] 李新凯, 王文静, 张栋, 等. 一种后置脱氮生物滤池地砖系统[P]. 中国专利: ZL 201420799460.0, 2014-12-16.
- [2] 郑兴灿, 李亚新. 污水除磷脱氮技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.
- [3] 美国水环境联合会. 生物膜反应器设计与运行手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.



作者简介: 周敬东(1969—), 男, 安徽阜阳人, 大学本科, 高级工程师, 现任天津创业环保集团股份有限公司华中区域部总经理, 曾主持完成 CASS 工艺悬浮物控制、低负荷下奥贝尔氧化沟运行控制、低碳高氮进水脱氮除磷工艺运行方案研究等多项课题。

E-mail: dongsen08@126.com

收稿日期: 2016-12-09