

深床滤池多模式运行用于城镇污水处理厂提标改造

徐一兰¹, 沈晓佳², 陈雪祥^{1,2}, 方海龙², 陈 彬², 沈英杰²

(1. 海宁市水务投资集团有限公司, 浙江 海宁 314400; 2. 海宁首创水务有限责任公司, 浙江 海宁 314400)

摘 要: 浙江某城镇污水处理厂采用深床反硝化滤池工艺进行一级 A 提标改造, 对改造后的运行模式、处理效果和经济效益进行了分析。结果表明, 改造后的出水水质可以稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 A 标准。深床滤池通过硝化或反硝化的多模式运行, 仅增加运营成本 0.112 元/m³, 具有良好的经济效益、环境效益和社会效益。

关键词: 污水处理厂; 深床滤池; 提标改造; 多模式运行

中图分类号: TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)16-0085-04

Application of Deep-bed Filter with Multi-mode Operation in Wastewater Treatment Plant Upgrading Reconstruction

XU Yi-lan¹, SHEN Xiao-jia², CHEN Xue-xiang^{1,2}, FANG Hai-long², CHEN Cheng², SHEN Ying-jie²

(1. Haining Water Investment Group Co. Ltd., Haining 314400, China; 2. Haining Capital Water Co. Ltd., Haining 314400, China)

Abstract: Deep-bed denitrification filter process was used in a wastewater treatment plant upgrading and reconstruction project in Zhejiang province to meet the first level A standard. The operation mode, effect and economic benefit were analyzed. The results showed that the effluent quality could steadily meet the first level A criteria specified in the *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002) after reconstruction. The extra operation costs were only 0.112 yuan/m³, by addition of deep-bed filter with multi-mode operation of nitrification or denitrification, which showed good economic, environmental and social benefits.

Key words: wastewater treatment plant; deep-bed filter; upgrading reconstruction; multi-mode operation

随着国家对水污染控制总体要求的提高以及节能减排形势日趋严峻, 污水处理厂排放标准也逐步提高至《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 A 标准。由于我国城镇污水碳氮比普遍较低, 常规的 SBR、A²/O 和氧化沟等工艺在一级 A 达标的稳定性上都有所不足^[1], 因此污水处理厂需要增加提高脱氮效果的工艺。目前, 一级 A 提标改造用到的主流工艺有 MBR 和深床反硝化滤池等^[2,3]。深床反硝化滤池可以与原有工艺进

行串联, 在改造成本、时间上有一定的优势。以浙江某城镇污水处理厂一级 A 提标改造项目为例, 介绍深床反硝化滤池的实际应用情况, 为污水处理厂提标改造和运行提供参考。

1 工程概况

浙江某城镇污水处理厂设计规模为 15 × 10⁴ m³/d, 分为一、二期和三期两个系统, 设计出水水质执行一级 B 标准。其中, 一、二期工程设计规模为 10 × 10⁴ m³/d, 主体采用 SBR 工艺; 三期工程设计规

模为 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 主体采用 A^2/O 工艺。为进一步提升出水水质至一级 A 标准, 改造工程新建一座 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的深床反硝化滤池和次氯酸钠消毒池, 并配有乙酸钠自动加药系统和次氯酸钠自动加药系统。污水处理工艺流程如图 1 所示。

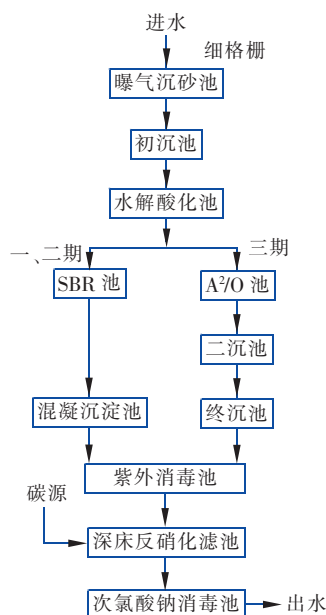


图 1 污水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

设计进水水质与排放标准见表 1。

表 1 设计进水水质与排放标准

Tab. 1 Design influent quality and the requirement of discharge standard

项 目	设计进水水质	排放标准
pH 值	6~9	6~9
COD/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	550	50
BOD ₅ /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	160	10
NH ₃ -N/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	30	5(8)
SS/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	300	10
TP/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	4.0	0.5
TN/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	50	15

2 主要构筑物及设备参数

2.1 深床反硝化滤池

1 座, 地上式钢筋混凝土结构, 尺寸为 $34.3 \text{ m} \times 32.5 \text{ m} \times 14.4 \text{ m}$ 。与反冲洗废水池、附属用房、次氯酸钠消毒池合建。设计规模为 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 平均设计流量为 $6250 \text{ m}^3/\text{h}$ ($1.74 \text{ m}^3/\text{s}$), 最大设计流量为 $8125 \text{ m}^3/\text{h}$ ($2.26 \text{ m}^3/\text{s}$)。深床滤池共 8 格, 单池尺寸为 $32.1 \text{ m} \times 3.56 \text{ m} \times 7.16 \text{ m}$, 过滤面积为 114.3 m^2 , 滤料厚度(不含承托层)为 2.44 m , 滤料

规格为 $1.7 \sim 3.35 \text{ mm}$, 滤料体积为 278.9 m^3 。滤料采用高纯度硅砂, 含硅石量至少 95%。反冲洗清水池 1 座, 容积为 415 m^3 , 反冲洗风机 $Q = 104.5 \text{ m}^3/\text{min}$, $N = 170 \text{ kW}$, 3 台(2 用 1 备), 反冲洗水泵 $Q = 1675 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 100 \text{ kPa}$, $N = 75 \text{ kW}$, 2 台(1 用 1 备)。乙酸钠投加系统: 液压隔膜泵 3 台(2 用 1 备), $Q = 700 \sim 1000 \text{ L/h}$, $H = 300 \text{ kPa}$; 反冲洗废水池 1 座, 容积为 876 m^3 , 废水排水泵 2 台(1 用 1 备), $Q = 358 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 100 \text{ kPa}$, $N = 13.5 \text{ kW}$ 。

2.2 次氯酸钠消毒池

1 座, 地上式钢筋混凝土结构, 与深床滤池合建, 共 2 格, 单池容积为 1667 m^3 , 消毒接触时间为 30 min 。次氯酸钠加药系统: 液压隔膜泵 3 台(2 用 1 备), $Q = 500 \text{ L/h}$, $H = 300 \text{ kPa}$; 在线余氯仪一台。

3 工艺运行方式

3.1 砂滤模式

砂滤模式是深床反硝化滤池运行的基础模式, 主要利用滤池中的石英砂过滤去除进水中的 SS, 此模式为物理过滤, 在稳定由前面沉淀池出水 SS 引起的水质波动上效果明显, 因此反硝化滤池的运行最终出水 SS 稳定达标和前面增加活性污泥量提供了条件。此模式可以叠加生物模式, 发挥反硝化滤池的最大功效。

3.2 生物反硝化模式

生物反硝化模式是反硝化滤池的主要运行模式, 需要投加碳源, 激活生物膜。生物反硝化模式在前面出水 TN 过高, 无法稳定在一级 A 标准时可以启用, 最大可以去除 10 mg/L 的硝酸盐氮; 在受到进水冲击时, 则是稳定水质的有力保障。生物反硝化模式缺点是碳源消耗量大, 且有较大一部分为去除 DO 而消耗; 碳源投加控制风险较大, 容易造成碳源投加过量, 导致出水 COD 超标。在此模式下运行, 工艺控制参数较多, 主要有以下三个方面:

① 生物膜的培养和激活。因反硝化滤池进水碳源不足, 培养以反硝化菌为主的生物膜, 需要投加碳源维持其生长。工艺控制过程中主要通过进、出水 DO 和 COD 的变化来判断生物膜的生长状况, 若出水 DO 较进水明显降低, 出水 COD 较进水无明显上升, 说明生物膜已有一定作用, 可以逐步增加碳源投加量来提高生物膜的活性。

② 反硝化反应的调控。为使反硝化反应能够发生, 需要投加碳源将进水中的 DO 大量消耗, 出水

DO 在 0 ~ 1 mg/L 之间,继续增加碳源投加量,启动反硝化反应,通过进、出水 DO、COD 和硝酸盐氮指标可以监控整个反硝化反应的进程。

③ 碳源投加量的确定。碳源投加量主要通过理论计算及实际进、出水情况来确定。进水 DO 消耗碳源按 1 : 3 投加,硝酸盐氮反硝化碳源按 1 : 4 投加,再根据进水流量确定碳源的投加量。在一级 A 的排放标准下,优化碳源的利用率、反硝化的反应速率和出水水质稳定性,控制出水硝酸盐氮在 10 mg/L 左右较为合理。该工程前面 SBR 工艺间歇排水,水量波动较大,需通过加药系统根据进水水量反馈加药量自动投加。

3.3 生物硝化模式

在反硝化滤池运行过程中,若不投加碳源,则利用有机碳源生长的微生物将受到抑制,而自养型硝化菌在有氨氮和 DO 的条件下,生长较为有利。因此,控制前面生化阶段较低的 DO (1 ~ 2 mg/L),出水氨氮在 1 ~ 2 mg/L。在前面控制 TN 为 10 ~ 12 mg/L 的情况下,滤池进水氨氮为 1 ~ 2 mg/L,通过滤池自身存在的生物膜进行硝化反应,滤池出水氨氮可以稳定在 1 mg/L 以下。在此模式下运行,碳源成本控制效果明显。

4 运行效果与成本分析

4.1 运行效果

在污水处理过程中,将生物硝化模式作为日常运行的主要模式,有利于稳定出水水质且投加碳源的成本和风险都将消除。滤池反冲洗废水回流至厂区进水口,再次通过整个污水处理流程,滤池废水中存在的硝化菌可以增强前面生物池的硝化作用,有利于控制较短的泥龄,从而增强活性污泥的整体活性^[4]。若通过监控发现进水氨氮长时间大于设计进水值,且滤池进水 TN 升高至 12 mg/L 以上,并有上升趋势时,则启动深床反硝化滤池的生物反硝化模式来稳定水质,在进水降至正常范围后停止投加碳源,转化为生物硝化模式。

深床反硝化滤池从 2017 年 1 月试运行以来,1 月—5 月按生物反硝化模式运行,6 月—10 月按生物硝化模式运行。不同运行模式下主要进、出水水质见表 2。由表 2 可知,出水 COD、TP、SS 通过反硝化滤池过滤以后水质都有一定提高,特别是 SS 去除率达到 50% 左右,推测 COD 和 TP 的改善是因为出

水 SS 下降。在生物反硝化模式下运行,出水氨氮变化较小,TN 去除率可达 32.4%;而在生物硝化模式下运行,出水 TN 浓度变化较小,氨氮去除率可达 66.3%。多模式运行,提供了污水处理过程中不同进水条件的应对方式,在稳定出水水质和节约生产成本方面效果明显。

表 2 不同运行模式下主要进、出水水质

Tab. 2 Main water quality indexes under different operation

运行模式	mode mg · L ⁻¹									
	COD		NH ₃ - N		TN		TP		SS	
	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
生物反硝化	42.7	37.2	0.41	0.35	9.84	6.65	0.18	0.09	9	5
生物硝化	34.3	31.3	0.80	0.27	9.55	9.31	0.15	0.10	8	5

4.2 成本分析

该工程总投资为 4 226 万元,建筑安装投资为 1 996 万元,设备投资为 2 063 万元,待摊投资为 167 万元。运行成本主要为电费、药剂费、人工费三部分。其中,电耗为 0.008 2 kW · h/m³,电费为 0.006 1 元/m³;乙酸钠全年消耗 2 524 t,次氯酸钠全年消耗 960 t,药剂费为 0.068 9 元/m³;人工费为 0.007 元/m³。单位直接运行成本为 0.082 元/m³,运营成本为 0.112 元/m³。

5 结论

采用深床反硝化滤池对某城镇污水处理厂进行一级 A 提标改造,效果良好,出水水质可以稳定达到一级 A 标准,具有较好的环境效益。利用进水水质特点,在反硝化滤池运行过程中,采取硝化或反硝化为主要工艺的多模式运行方式,不仅可以稳定水质,还可以进一步降低运行成本。一级 A 提标改造后一年的运行结果显示,增加的运营成本为 0.112 元/m³,经济效益良好。

深床反硝化滤池作为一级 A 达标排放的关键工艺,日常生产中的稳定运行非常重要。反硝化滤池是一个技术高度集中的工艺段,设备、自控、加药系统都必须按照运行管理体系中的要求严格执行,以保证反硝化滤池系统长期稳定运行。

参考文献:

- [1] 李思敏,杜国帅,唐锋兵. 多点进水改良型复合 A²/O 处理低 C/N 污水[J]. 化工学报,2013,64(10):3805-3811.

Li Simin, Du Guoshuai, Tang Fengbing. Treatment of low

(下转第 92 页)