

BioDopp工艺应用于污水厂提标改造工程实例探讨

刘平波¹, 张俊², 王家乐³, 汪辉³, 赵耀⁴

(1. 中国城市建设研究院有限公司湖北分院, 湖北武汉 430040;

2. 中建三局工程设计有限公司, 湖北武汉 430064; 3. 武汉科技大学城市建设学院, 湖北武汉 430081;

4. 河南省城乡规划设计研究总院股份有限公司, 河南郑州 450044)

[摘要] 雄安新区某污水处理厂提标改造工程, 要求出水水质由《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准提升至《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中Ⅳ类水质标准, 其中出水TN≤10 mg/L。该工程通过将污水厂原有的悬链式曝气+A²/O工艺改造为BioDopp工艺, 最终实现污水厂出水COD、氨氮、TN、TP等各项水质指标达到当地规定的准Ⅳ类水质标准。该工程采用内部改造的方式, 不仅节约用地、节省造价, 且出水TN稳定<10 mg/L, 可为同类型用地紧张污水厂提标改造工程提供方案借鉴。

[关键词] BioDopp; 提标改造; 准Ⅳ类水体

[中图分类号] X703 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1005-829X(2022)01-0163-04

Case analysis on the application of BioDopp technology in upgrading of sewage treatment

LIU Pingbo¹, ZHANG Jun², WANG Jiale³, WANG Hui³, ZHAO Yao⁴

(1. Hubei Branch of China Urban Construction Design & Research Institute, Wuhan 430064, China;

2. China Construction Third Bureau Engineering Design Co., Ltd., Wuhan 430064, China;

3. School of Urban Construction, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081, China;

4. Henan Urban Planning Institute & Corporation, Zhengzhou 450044, China)

Abstract: The effluent quality standard is required to raise from class A water quality standard in the Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant (GB 18918—2002) to class Ⅳ standard in the Environment Quality Standards for Surface Water (GB 3838—2002) for a sewage treatment plant in Xiong'an New District, in which the effluent TN is required to be less than 10 mg/L. The project transformed the original catenary aeration A²/O process into a BioDopp process, and finally realized that the effluent COD, NH₄⁺-N, TN, TP and other water quality indexes reached the local standard of class Ⅳ water quality. This project adopted the method of internal transformation, which not only saved land and cost, but also the effluent TN was stable less than 10 mg/L. This project provided a reference for the upgrading project of the same type of intensive sewage plant.

Key words: BioDopp; upgrading and reconstruction; quasi-Ⅳ water body

雄安新区某污水处理厂处理规模为5.0×10⁴ m³/d, 该厂主要生活污水和部分处理达标工业废水出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A排放标准^[1]。因雄安新区建设要求辖区内所有污水处理厂出水指标需达到准Ⅳ类水质标准后排放, 因此需要在原有处理工艺基础上进行提标改造, 满足新标准要求。本工程将雄安新区某污水厂的A²/O生化处理池内部改造, 将其转变

成BioDopp工艺, 提升污水处理效果, 达到削减COD、氨氮、TN和TP总排放量的目的。

1 方案设计

1.1 改造难点

该污水厂在提标改造前使用悬链式曝气+A²/O作为生化处理工艺, 该套工艺使得A²/O池内曝气效率提高, 增氧能力和搅拌效果提高。该污水厂提标

改造前后设计进出水水质见表1。

表1 提标改造前后设计进出水水质				
Table 1 Design water quality before and after upgrading				
项目	进水/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	改造前出水/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	一级A标准 质量浓度限值/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	准IV类水体 质量浓度限值/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
COD	166.62	13.53	50	30
氨氮	30.45	1.93	5(8)	1.5
TN	41.66	12.23	15	10
TP	6.23	0.13	0.5	0.3(湖、库0.1)

由表1可知,现有悬链式曝气+A²/O工艺出水稳定,COD和TP指标均能满足准IV类水体标准,但氨氮和TN高于新标准限制,其中TN需从12.23 mg/L降低至10 mg/L以下,难以在现有工艺下调试达标,

需要在原基础上进行深度处理达到新出水要求。

同时,该水厂进水C/N低(C/N=4.0),使得生化系统进行反硝化时,碳源不足导致电子受体较少,无法正常完成硝酸盐转化为氮气这一过程,造成硝酸盐积累,进而使得出水总氮浓度提升^[2]。而且该水厂位于北方地区,冬季气温易低于0℃,不利于保持生物池微生物活性。

1.2 工艺比选

根据该污水厂的进出水水质要求,结合地域和场地特征,筛选出增设MBR和改造A²/O池为BioDopp池2种深度处理工艺进行比选,以期选出最适合该污水处理厂实际情况的提标改造方案。方案比选见表2。

表2 方案比选		
Table 2 Comparison scheme		
项目	增设MBR膜滤工艺	改造A ² /O池为BioDopp池
处理对象	市政常规污水	市政常规污水
出水指标	满足准IV类水体	满足准IV类水体
建设成本	MBR采用标准模块化设计,装配简单快速,仅需占用少量预留空地	仅对A ² /O池内部进行改造,无需占地
运行费用	增设膜滤池后,水处理成本预计升高0.1元/m ³	改造后,水处理成本预计升高0.06元/m ³
维护管理	定期需对膜进行加压反冲洗与人工更换	调试成功后可自动化运行,无需人工看守
抗污水负荷能力	强	强
TN去除效果	好	良好
污泥龄	较长	长
是否使用低C/N污水	适用	适用

由表2可知,改造A²/O池为BioDopp池的优势是充分利用已有构筑物进行设备内部改造,节省用地,改造后运行费用较低,调试成功后可自动化运行,因此最终选择将A²/O池改造为BioDopp池作为该污水厂提标改造方案,以期出水达到准IV类水质标准。

1.3 工艺改造流程

工艺改造流程见图1。
本方案在A²/O池基础上,内部改造成BioDopp池。通过改变溶解氧浓度与内部土建隔板将A²/O池原有的厌氧区、缺氧区、好氧区和二沉池改造成BioDopp池的除磷区、曝气区、快速澄清区与空气推流区。BioDopp生化池的空气推流区、曝气区和澄清区采用钢板隔离。总水力停留时间8 h。曝气区采用原有的悬链曝气方式,曝气区溶解氧控制在1.2 mg/L左右,溶解氧监控探头设置在曝气区前段。BioDopp池设计总尺寸50 m×30 m,有效水深5.2 m,其中空气推流区3.0 m×3.0 m,曝气区29.4 m×3.0 m,快速澄清

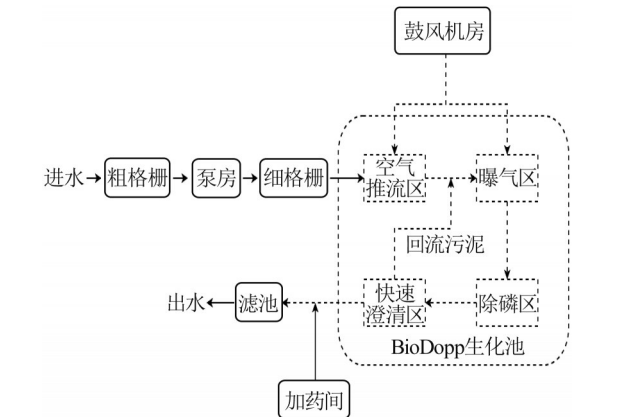


图1 提标改造工艺
Fig. 1 Upgrading and transformation process

区4.0 m×3.0 m。调节池出水首先进入BioDopp气提区,该区把水推至曝气区进行脱氮处理;之后水流进入除磷区进行化学除磷,除磷剂采用质量分数为40%的氯化铁溶液,投加量为0.4 m³/d;之后水流进入澄清区,澄清区采用斜板斜管填料进行泥水分离。

该构筑物地处冬季气温较低的华北地区,一方面鼓风曝气吸入外部冷空气打入池内,降低了池内温度;另一方面BioDopp池表面也会散发热量,池内温度降低,冬季水处理效果降低。因此需要对生化池进行保温处理,该工程采用拱棚式结构,并在外部覆盖高质塑料膜。拱棚式结构骨架采用DN15镀锌钢管,壁厚>1.5 mm;每根骨架间距为1.2 m,高度为1.8 m。且为保证冬季出水达标,在BioDopp池曝气区投加丛毛单胞菌250 mg/L,共计12 500 kg。丛毛单胞菌购买自武汉水之国科技环保有限公司。该类细菌为直杆或略弯曲的杆菌,属于好氧或兼性厌氧非发酵革兰氏阴性杆菌。

2 处理效果分析

工程进行提标改造后,在2018年11月到12月期间监测了该污水处理厂出水COD、TP、氨氮、TN等参数的变化。

2.1 COD去除效果

COD去除效果见图2。

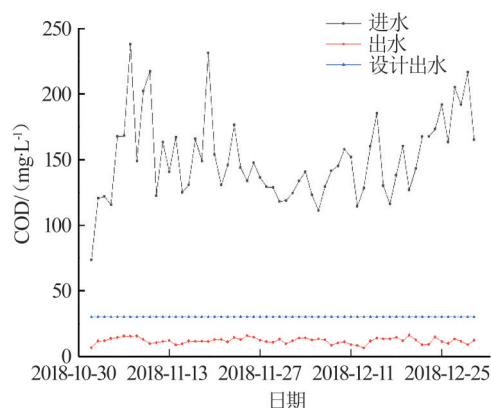


图2 COD去除效果

Fig. 2 COD removal effect

由图2可知,进水COD波动较大,平均COD为 (150.67 ± 31.83) mg/L,出水平均COD为 (11.93 ± 2.23) mg/L。使用BioDopp工艺提标改造后,出水COD稳定,符合准IV类水体要求。说明即使在冬季温度较低的华北地区,BioDopp工艺处理低COD废水时依旧能发挥良好作用。COD去除率较高,说明在BioDopp池中异养细菌含量高,这些异养菌通过呼吸作用摄取水中碳源为自身代谢提供能量,进而降低水中COD。

2.2 TP的去除效果

TP去除效果见图3。

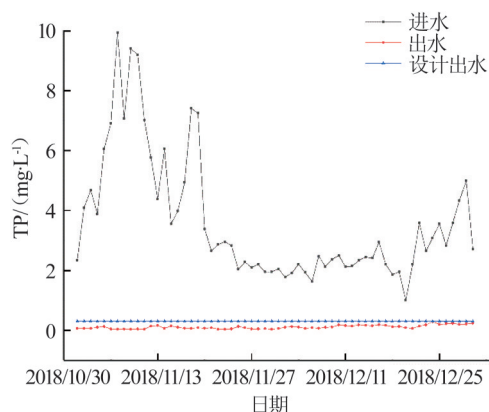


图3 TP去除效果

Fig. 3 TP removal effect

进水平均TP为 (3.68 ± 2.10) mg/L,出水平均TP为 (0.11 ± 0.06) mg/L,TP平均去除率为95.9%。在冬季,该地区TP进水波动较大,最高进水TP达到9.99 mg/L,该日出水TP仅为0.04 mg/L;最低进水TP为1.07 mg/L,该日出水TP为0.09 mg/L。由于该水厂进水为生活污水和部分工业废水,根据当地水质调查,工业废水中TP较低且稳定,因此进厂污水中TP主要来源自生活污水。而生活污水中TP来源自人类粪便,具有随时间和空间变化明显的特征^[3-4]。因此,该水厂在冬季进水TP波动值较大。但由于BioDopp工艺除磷是通过生物除磷与化学除磷相结合的方式,使得系统TP出水稳定。

2.3 氨氮和TN的去除效果

氨氮和TN去除效果见图4。

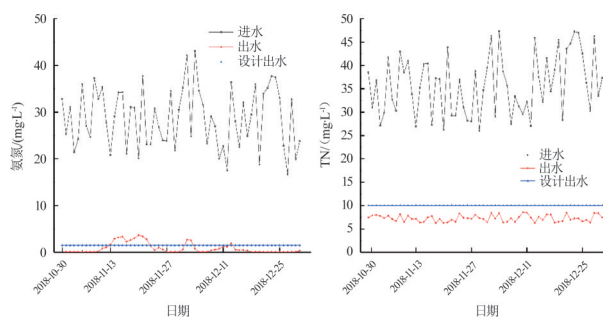


图4 氨氮和TN去除效果

Fig. 4 Ammonia and TN removal rate

运行BioDopp工艺后,进水平均氨氮为32.43 mg/L,出水平均氨氮为1.37 mg/L;进水平均TN为

38.96 mg/L, 出水平均 TN 为 5.31 mg/L。进水氨氮和 TN 波动较大, 但出水水质较为稳定, 但在 2018 年 11 月 13 日至 2018 年 11 月 22 日这段时间内出水氨氮超出限制。分析原因为, 该地区当时气温从平均 7℃ 降低至 -1℃。使得池内温度由 17℃ 降低至 4℃, 氨氧化菌的活性略有降低, 进而导致出水氨氮不达标。但随着氨氧化菌适应能力提升, 氨氧化菌活性提升, 出水氨氮达标, 仅个别天数超出排放限值。

对比分析氨氮和 TN 去除效果不难发现, 采用 BioDopp 工艺后, 出水平均氨氮由原工艺的 1.93 mg/L 降低至 1.37 mg/L, 出水 TN 由 12.23 mg/L 降低至 5.31 mg/L, 下降幅度明显。现如今生化处理工艺存在一种跷跷板效应, 即硝化过程与反硝化过程相互制约。池内溶解氧设定在 1.2 mg/L, 在 BioDopp 生化系统内好氧池阶段溶解氧被大量消耗, 硝化细菌处于缺氧阶段, 使得氨氮去除率下降。溶解氧被迅速消耗后, 有利于反硝化过程, 使得 TN 去除效率上升。同时 BioDopp 生化池中选取的丛毛单胞菌能在低温条件下仍具备一定的代谢能力, 确保温度较低时出水氨氮和 TN 达标^[5]。

3 技术经济分析

本工程建设项目总投资 3 493.20 万元, 其中: 工程费 2 817.64 万元, 工程建设其他费 383.43 万元, 基本预备费 160.05 万元, 建设期贷款利息 116.70 万元, 流动资金 15.38 万元。

单位运行成本 1.70 元/m³, 其中包括固定资产折旧费 0.23 元/m³, 资产摊销费 0.01 元/m³, 电费、药剂费合计 1.20 元/m³, 人工费 0.10 元/m³, 污泥外运成本 0.16 元/m³。考虑到成本和资金流动, 并满足污水厂建设还款需求, 理论综合污水处理费用为 1.75 元/m³。

在该项目投资建设中, 存在收支不平衡风险。对污水厂建设进行盈亏平衡分析, 计算盈亏平衡点, 可以判断出该污水处理厂达到设计生产能力的 60.73% 即可盈亏平衡。

4 总结与讨论

该污水厂提标改造工程是在原有悬链曝气 + A²/O 工艺基础上将 A²/O 池改造成 BioDopp 生化反应器, 有效提升了该水厂对 COD、氨氮、TN、TP 的处理效果, 达到准 IV 类水体排放要求, 其中出水 TN 稳定小于 10 mg/L, 优于国家规定的对提标改造工程 TN 要求。该工程可为同类型的污水厂提标改造提供技术借鉴。

参考文献

- [1] GB 18918—2002 城镇污水处理厂污染物排放标准[S]. GB 18918—2002 Discharge standard of pollutants for urban sewage treatment plants[S].
- [2] 朱杰, 付永胜. 生物脱氮处理过程中厌氧氨化作用研究[J]. 水处理技术, 2007, 33(1): 39-41.
ZHU Jie, FU Yongsheng. Study on anaerobic ammoniation in biological denitrification treatment[J]. Water Treatment Technology, 2007, 33(1): 39-41.
- [3] 张维, 孙永利, 郑兴灿, 等. 城镇居民生活污水污染物产生量测定技术难点与启示[J]. 给水排水, 2021, 57(5): 52-57.
ZHANG Wei, SUN Yongli, ZHENG Xingcan et al. Technical difficulties and enlightenment of measuring the amount of domestic sewage pollutants produced by urban residents[J]. Water Supply and Drainage, 2021, 57(5): 52-57.
- [4] 王钟. 典型城市居民家庭排水产污系数研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2009.
WANG Zhong. Study on drainage and pollution production coefficient of typical urban households[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2009.
- [5] 吴济华, 文筑秀. BioDopp 生化反应器应用于废(污)水处理[J]. 西南给排水, 2016(2): 1-10.
WU Jihua, WEN Zhuxiu. Application of BioDopp Biochemical reactor in waste (sewage) water treatment[J]. Southwest Water Supply and Drainage, 2016(2): 1-10.

[作者简介] 刘平波(1979—), 本科, 高级工程师。电话: 13164152639, E-mail: 1243228807@qq.com。

[收稿日期] 2021-11-25(修改稿)