

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.18.017

后置反硝化滤池和活性炭接触池的提标工程设计

李双菊¹, 程瑞丰², 柳佳然¹, 李泽丰¹, 刘友荣¹

(1. 中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430014; 2. 中建三局绿色产业投资有限公司, 湖北 武汉 430056)

摘要: 河南省某污水处理厂规模为 $13\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,出水将由执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准提高至《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的准IV类标准。在更换老旧设备基础上,充分挖掘现有构筑物潜能,新建磁混凝高效池替代二期深度处理设施强化除磷,并增设反硝化滤池和活性炭接触池强化对有机物及TN的去除。因用地限制,新建构筑物集约叠合布置,以改善施工空间。通过构筑物组合运行,可有效应对工业废水引起的进水水质波动,确保出水水质稳定优于地表水准IV类标准。该提标改造工程与传统深度处理工艺相比,节约了电耗和药耗成本,解决了厂区用地紧张和抗冲击负荷能力差的难题。

关键词: 污水处理厂; 提标改造; 深度处理; 反硝化生物滤池; 活性炭接触池; 磁混凝高效池; 组合工艺

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2024)18-0096-07

Upgrading Engineering Design of Post-denitrification Filter and Activated Carbon Contact Tank

LI Shuang-ju¹, CHENG Rui-feng², LIU Jia-ran¹, LI Ze-feng¹, LIU You-rong¹

(1. Central and Southern China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Wuhan 430014, China; 2. China Construction Third Bureau Green Industry Investment Co. Ltd., Wuhan 430056, China)

Abstract: The effluent quality of a wastewater treatment plant with capacity of $13\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ in Henan Province, will be raised from the first level A criteria in the *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002) to the quasi-IV criteria in the *Environmental Quality Standards for Surface Water* (GB 3838-2002). Based on replacing the dilapidated equipment and excavating the potential of the existing system, a high-efficiency magnetic coagulation tank was built to replace the treatment facility of phase II, and a denitrification filter and an activated carbon contact tank were installed to enhance the removal of organic matter and TN. Because of land use restrictions, new buildings are arranged intensively to improve the construction space. The operation of combined process can effectively cope with the fluctuation of influent quality caused by industrial wastewater and ensure the effluent quality stably superior to level quasi-IV standard of surface water. Comparing with the traditional advanced treatment process, the upgrading project saves the electricity consumption and chemical consumption cost, and solves the problems of land shortage and poor anti-impact load capacity of the plant.

Key words: wastewater treatment plant; upgrading and reconstruction; advanced treatment; denitrification filter; activated carbon contact tank; high-efficiency magnetic coagulation tank;

combined process

根据《关于印发漯河市污染防治攻坚战三年行动计划(2018—2020年)的通知》(漯政〔2018〕37号)及《关于全市所有直排入河企业提标改造的通知》(漯环攻坚办〔2019〕3号),漯河市所有在役、在建的城镇污水处理厂和直排入河企业出水必须达到地表水准Ⅳ类要求,即除总氮 ≤ 10 mg/L、总磷 ≤ 0.3 mg/L以外,其他出水污染物指标执行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的Ⅳ类标准。在此环保要求下,漯河市某污水处理厂进行了提标改造设计,出水标准由原《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准提高至《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的准Ⅳ类标准。

1 工程现状及分析

1.1 工程现状

该污水处理厂主要服务范围为老城区和部分工业片区,接纳生活污水和部分工业废水,现状出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准,尾水就近自流排入自然水体。

该污水处理厂总建设规模为 13×10^4 m³/d,一期工程 8×10^4 m³/d,二期工程 5×10^4 m³/d,现阶段处于满负荷运行状态,现有污水处理设备虽能运转,但使用已近10年,老化严重。厂区内有中水回用系统,设计规模为 10×10^4 m³/d,目前处于间歇运行状态。污水处理工艺流程见图1。

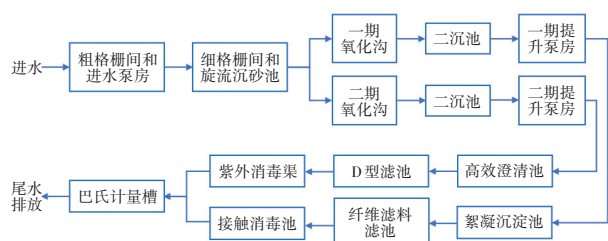


图1 现状污水处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of existing sewage treatment process

现状氧化沟设计参数:

① 一期氧化沟和二沉池

一期工艺为普通卡鲁塞尔氧化沟,采用倒伞型叶轮曝气。氧化沟设3座,总容积为48 440 m³,污泥浓度为4 g/L,污泥负荷为0.104~0.075 kgBOD₅/(kgMLSS·d),水力停留时间为14.53 h,总污泥龄为

13 d。采用周进周出二沉池,共2座,每座直径48 m,表面负荷为1.20 m³/(m²·h)(最大流量时)。

② 二期氧化沟和二沉池

二期工艺为改良型氧化沟,采用转碟曝气机。氧化沟共2座,总容积为37 209 m³,污泥浓度为4 g/L,污泥负荷为0.086 kgBOD₅/(kgMLSS·d),水力停留时间为17.9 h,总污泥龄为18 d。采用周进周出二沉池,共2座,每座直径40 m,表面负荷为1.08 m³/(m²·h)(最大流量时)。

1.2 现状进、出水水质

1.2.1 现状进水水质

根据2018年1月1日—12月31日的实测数据,采用数理统计方法对COD、TN、NH₃-N、TP等数据进行分析,结果如表1所示。

表1 现状进水水质分析结果

Tab.1 Analysis results of existing influent quality

项目	COD	NH ₃ -N	TN	TP
数据数量/个	365	365	365	365
最大值/(mg·L ⁻¹)	392	40.8	48.0	7.0
最小值/(mg·L ⁻¹)	90	8.3	22.9	1.8
平均值/(mg·L ⁻¹)	178	27.3	33.6	3.4
85%保障率实测值/(mg·L ⁻¹)	225	36	39	4.6
90%保障率实测值/(mg·L ⁻¹)	240	38	42	5
95%保障率实测值/(mg·L ⁻¹)	250	40	46	5.5
原设计进水水质/(mg·L ⁻¹)	500	40	50	5

由表1可知,在85%、90%及95%保障率下,实际进水NH₃-N、TN、TP较稳定,而COD变化范围较大,该系统可能存在碳源不足的问题,导致反硝化过程受阻,TN去除能力受限。由于进水中存在不确定的工业废水冲击影响,各进水污染物浓度的波动范围较大,因此确定工艺方案时需考虑工业废水中难降解COD带来的冲击影响。

1.2.2 现状出水水质

对2018年1月1日—12月31日的实测出水水质进行分析,结果见表2。由表2可知,在95%保障率下,污水处理厂出水水质已经达到一级A标准,其中TP已经达到地表水准Ⅳ类标准。NH₃-N在85%保障率下也达到了地表水准Ⅳ类标准,说明大部分TN以硝酸盐的形式存在。因工业废水的不定时排入,导致系统进水水质波动大、原水中存在难降解

有机物,且进水中可供反硝化菌利用的碳源不足也不利于反硝化过程的进行^[1],系统脱氮能力受限,因此现状出水COD和TN难以达到地表水准Ⅳ类标准,提标改造应重点考虑强化对COD和TN的去除。

表2 现状出水水质分析结果

Tab.2 Analysis results of existing effluent quality

项目	COD	NH ₃ -N	TN	TP
数据数量/个	365	365	365	365
最大值/(mg·L ⁻¹)	42.3	2.8	13.96	0.35
最小值/(mg·L ⁻¹)	10.8	0.19	4.15	0.01
平均值/(mg·L ⁻¹)	25.6	0.96	8.8	0.19
85%保障率实测值/(mg·L ⁻¹)	36	1.5	12.5	0.27
90%保障率实测值/(mg·L ⁻¹)	37.5	1.75	13.5	0.28
95%保障率实测值/(mg·L ⁻¹)	39	2	14	0.3
一级A标准/(mg·L ⁻¹)	50	5	15	0.5
准Ⅳ类标准/(mg·L ⁻¹)	30	1.5	10	0.3

2 工程设计

2.1 设计水质

该污水处理厂目前处理规模约为13×10⁴ m³/d,其中生活污水约9.5×10⁴ m³/d,工业废水约3.5×10⁴ m³/d。工业废水包含双汇屠宰废水约2.2×10⁴ m³/d(COD≤120 mg/L、氨氮≤25 mg/L),银鸽纸业(卫生纸生产线)生产废水约0.9×10⁴ m³/d(COD≤80 mg/L、总磷≤0.8 mg/L),其他为食品加工工业废水。因工业废水均经过预处理,故现状污染物浓度较原设计值偏低,但预处理出水中主要为难降解COD,较难采用常规的生物处理去除。

鉴于雨污分流改造的不断推进,该污水处理厂的进水污染物浓度会比现状有所提高^[2],因此基于远期考虑,确定提标后设计进、出水水质如表3所示。

表3 提标后设计进、出水水质

Tab.3 Design influent and effluent quality after upgrading

项目	提标后进水水质/(mg·L ⁻¹)	提标后出水水质/(mg·L ⁻¹)	去除率/%
COD	350	≤30	≥91.43
BOD ₅	150	≤6	≥96
NH ₃ -N	40	≤1.5	≥96.25
TN	50	≤10	≥80
TP	6	≤0.3	≥95

2.2 总体方案

结合对进、出水水质的分析及现有工艺特点,

该提标改造工程的重难点需落脚在难降解COD和TN的去除。由于改造只能在原有厂区内进行,需要拆除部分现状构筑物腾出空地,以新建占地小的高效处理构筑物来实现,并尽量减少停水时间。

首先,考虑对现状不满足要求的老化设备进行更换,并挖掘现有构筑物的处理潜力。由于缺少碳源,氧化沟缺氧区的反硝化潜能未被激发,故考虑在氧化沟缺氧区补加碳源,促进反硝化进程,强化脱氮。

为进一步强化系统脱氮能力,需增设去除TN的深度处理工艺。目前脱氮的两种主流工艺为反硝化生物滤池和反硝化深床滤池。其中反硝化生物滤池因耐冲击负荷能力强、出水水质更加稳定、药剂投加量少、运行成本较低而被推崇,故该工程提标考虑采用反硝化生物滤池工艺。通过二次提升满足水力高程条件,同时可减少新建构筑物埋深,降低施工难度。

由于反硝化生物滤池出水水头不满足现有D型滤池过滤条件,因此不能利用二期深度处理设施。因厂区用地紧张,需要通过拆除构筑物腾出空地来新建构筑物,故考虑拆除二期工程深度处理的高效澄清池和D型滤池,新建磁混凝高效池,辅以投加PAM投加强化絮凝。

进水中含有部分工业废水,导致进水水质波动较大,存在部分难生物降解的大分子有机污染物。为避免出水COD超标,新建活性炭接触池,通过物理吸附方式去除该部分无法进行生物降解的有机物。

综上所述,此次提标改造工程增设反硝化生物滤池、活性炭接触池和磁混凝高效池,处理尾水达标后排入自然水体。

由于该工程无可扩建用地,新建构筑物场地需在厂内解决。在平面上集约叠合布置,在竖向上减少开挖深度,以减少对临近构筑物的影响。

平面布置如图2所示。

在总平面布置中,各生产区域、装置及建筑物的布置均留有足够的防火安全间距,道路设计也满足消防通道的要求。室外沿道路均匀布置室外消火栓,消火栓间距不大于120 m。各建(构)筑物之间满足《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014, 2018年版)的间距要求;各建筑内部设磷酸铵盐干粉灭火器。

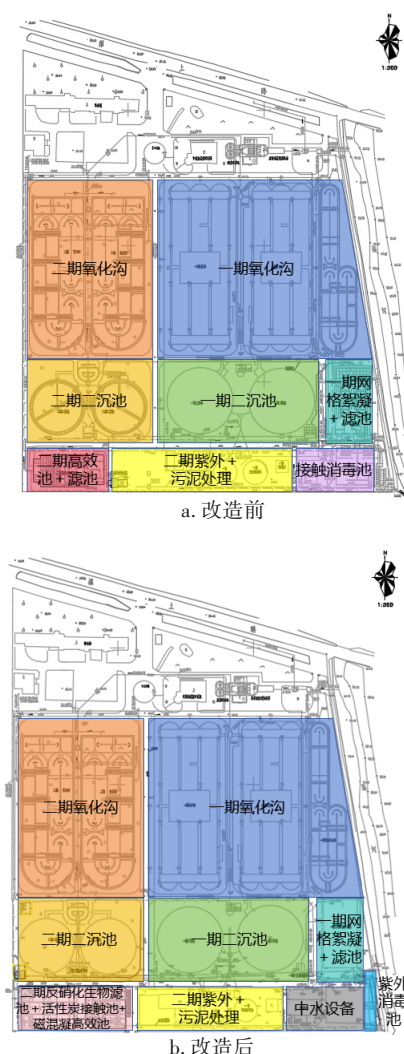


图2 改造前后厂区用地平面布置

Fig.2 Plan arrangement before and after upgrading

2.3 新建建筑物和设备改造

2.3.1 新建构筑物及设计参数

① 反硝化生物滤池

反硝化生物滤池设计水量为 $13 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 双排布置, 共6格, 单格面积为 92.88 m^2 , 滤料厚度3 m, 水力停留时间为17.64 min, 水力负荷为 $10.20 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 反硝化负荷为 $0.39 \text{ kgNO}_3^-/\text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, 设计滤速为 10.20 m/h , 强制滤速为 12.28 m/h 。采用球形多孔陶粒滤料, 粒径为3~5 mm。滤床阻力增大到设定值时, 需进行反冲洗。气水联合反冲洗过程: 降水反冲洗2 min—气洗4 min—气水联合冲洗6 min—水洗10 min。反冲洗气冲强度为 $75 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 、水冲强度为 $18 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 反冲洗周期为12~24 h。

由于反硝化生物滤池的进水为硝化后出水, 碳

源不足, 需投加少量外加碳源(乙酸钠)来弥补。前端设碳源混合区, 混合时间为1.6 min。

② 磁混凝高效池

磁混凝高效池设计水量为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 分为平行2组, 每组包括混凝池、加载池、絮凝池和高效澄清池。混凝池、加载池和絮凝池有效水深5.05 m, 混凝池、加载池平面尺寸 $2.8 \text{ m} \times 2.8 \text{ m}$, 絮凝池平面尺寸 $3.35 \text{ m} \times 3.4 \text{ m}$ 。磁混凝沉淀池混合时间1.7 min, 絮凝时间2.5 min。高效澄清池表面负荷为 $13.45 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。设有磁粉回收和回流单元。采用外置式渣浆泵将澄清池底部的污泥泵入磁粉回收系统和加载池。通过高速剪切器将结合在一起的污泥和磁粉进行分离, 磁粉在磁分离器中通过磁力作用回收, 污泥则通过管道进入污泥暂存池。

设磁分离器2台, 核心稀土永磁, $Q=20 \text{ m}^3/\text{h}$, $N=2.2 \text{ kW}$, $B \geq 500 \text{ mT}$; 二级磁分离器4台, $\text{DN}150$, $B \geq 800 \text{ mT}$; 高速剪切器2台, 三通式, $Q=20 \text{ m}^3/\text{h}$, $N=0.75 \text{ kW}$; 污泥泵4台, 2用2备, 耐磨胶泵, $Q=80 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=100 \text{ kPa}$, $N=7.5 \text{ kW}$; 剩余污泥输送泵2台, 1用1备, 潜污泵, $Q=40 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=100 \text{ kPa}$, $N=2.2 \text{ kW}$ 。搅拌机采用磁混凝专用桨叶, 直径为1.75~3.15 m。

活性炭接触池与磁混凝高效池合建, 设计水量为 $13 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 由1组 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 和2组 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 组成。规模为 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的处理单元有效水深5.15 m, 分为4格, 每格水力停留时间为3.13 min, 总吸附时间 $>10 \text{ min}$, 活性炭保有量浓度设置为 5 g/L 池容, 活性炭补充量为 $30 \sim 50 \text{ mg/L}$ 。

设置1座 60 m^3 料仓, 配套除尘器、空气压缩机、储气罐和冷干机; 浸润混合罐 8 m^3 , 配套搅拌器2套; 多螺旋给料机1台, 给料量 $50 \sim 150 \text{ kg/h}$, $N=0.75 \text{ kW}$; 螺旋输送机1台, 输送量 500 kg/h , $N=2.2 \text{ kW}$; 螺杆投药泵5台, $Q=0 \sim 1000 \text{ L/h}$, $H=400 \text{ kPa}$, $N=0.75 \text{ kW}$ 。

③ 乙酸钠加药间

设1座溶液池, 分2格。碳源投加采用4台耐腐蚀计量泵, 2用2备, 单泵 $Q=600 \text{ L/h}$, $H=0.3 \text{ MPa}$, $P=0.55 \text{ kW}$, 在碳源不足时可向反硝化生物滤池投加碳源。

④ PAM加药间

设计规模为 $13 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 设PAM配制装置2套。选用4台(3用1备)隔膜式计量泵进行投加, 单泵 $Q=600 \text{ L/h}$, $H=0.3 \text{ MPa}$, $P=0.55 \text{ kW}$ 。

⑤ 紫外消毒渠和巴氏计量槽

紫外消毒渠和巴氏计量槽设计流量为 $13 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。紫外消毒渠共设30个消毒模块,紫外线剂量为 $24 \sim 30 \text{ mJ}/\text{cm}^3$ 。巴氏计量槽平面尺寸为 $35.36 \text{ m} \times 2.90 \text{ m}$,喉道宽 2.00 m 。

2.3.2 已建工程设备改造

预处理系统设备使用年限长,主要进行设备更新改造:更换4台阶梯式机械粗格栅;更换2台旋流沉砂机。

二级处理系统优化:氧化沟改造。①各增设乙酸钠投加系统1套,设置于氧化沟的缺氧区,补充碳源,强化现有氧化沟脱氮效果。每套设电动隔膜泵2台(2用), $Q=600 \text{ L/h}$, $H=300 \text{ kPa}$, $N=0.55 \text{ kW}$,同时设置储存罐(玻璃钢)2个,单个容积 30 m^3 。②由于

现状设备使用年限较长,充氧效率低,此次更换现有14台倒伞型曝气机,功率 55 kW ;更换16台转碟曝气器,功率 45 kW ;更换或增加20台潜水推进器,功率 5.5 kW 。③根据现状设备使用效率低的情况,更换剩余污泥泵1台(功率 7.5 kW)和污泥回流泵1台(功率 22 kW)。

3 提标改造后运行效果

3.1 运行模式

由于该污水处理厂体量大,进水包含生活污水和工业废水,为稳定达到污水处理厂水质处理目标,同时降低运营费用,需考虑不同进水水质条件下的多种运行工况。将构筑物联络管进行多工艺组合,根据不同水质分为3种运行工况,并合理考虑超越措施,具体见图3、表4。

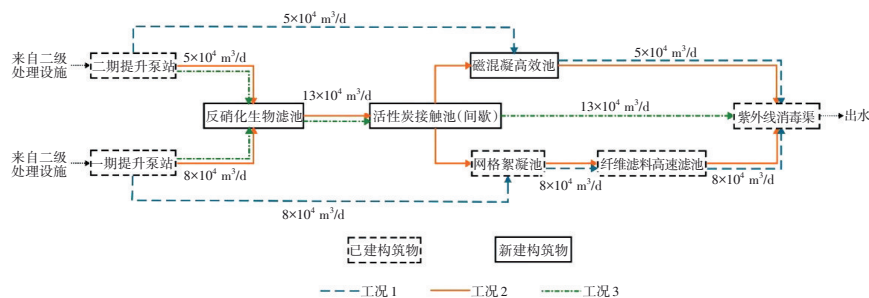


图3 设计污水处理工艺流程

Fig.3 Flow chart of design wastewater treatment process

表4 不同进水条件下的处理系统工况

Tab.4 System working conditions under different water intake conditions

工业废水进入	难降解COD	TN增加	氨氮	TP增加	工况
+	+	+	+	+	2
+	+	+	+	-	3
-	-	+	+	-	3
-	-	-	-	-	1

注: 情况存在为+,不存在为-。

由表4可知,在各项进水指标浓度较低且无工业废水进入时,考虑到常规生活污水的二级处理情况,超越反硝化滤池、活性炭吸附池,按工况1运行;当工业废水进入且各项指标浓度均偏高,达到设计工况,出水实际指标接近标准值时,按工况2全流程运行;当二级处理构筑物满足TP的去除要求,结合出水TP、COD指标,可超越深度处理絮凝沉淀单元,按工况3运行,活性炭接触池根据工业废水是否进入考虑间歇运行以达到去除COD的目的。根据不

同进、出水水质,在保证出水水质达标的情况下,调整运行模式,最大限度节能降耗。

该工艺流程将深度处理沉淀池后置于反硝化生物滤池,主要考虑反硝化对磷的需求,提高反硝化效率。针对滤池前置带来的滤头易堵塞问题,反硝化滤池在每次反冲洗时,增加降水位反冲洗工况,对配水滤头进行反向冲洗,将一个反洗周期截留在上面的悬浮物排出滤池,这样可以彻底解决滤头的堵塞问题,运行维护管理也非常便利。

3.2 精准调控

① 碳源投加系统控制

根据原水流量和水质控制碳源(乙酸钠),采用计量泵投加。加药储罐设置液位计,碳源投加系统全套加药装置应能连续工作,可以实现在线显示和控制。投加装置应具有在工艺过程中自动调节加药量的高度灵活性,从而节省药耗。

② 工况调控

设进、出水在线监测室各1间,以便于实现在线

监测,主要功能包括采集并存储流量,进行pH、COD、SS、TN、氨氮及总磷指标的监测。根据进、出水监测数据,由PLC自控系统按照工艺流程要求实现自动控制。

3.3 运行效能

该污水处理厂提标改造完成后,于2021年10月开始调试运行,进水量为 $(13\sim15)\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$,实际运行污泥浓度 4 g/L ,投加乙酸钠 $60\text{ kg}/1\,000\text{ m}^3\text{ 水}$ 、除磷剂 $72\text{ kg}/1\,000\text{ m}^3\text{ 水}$ 。

2021年10月—2022年9月为期一年的进、出水水质检测数据如图4所示。

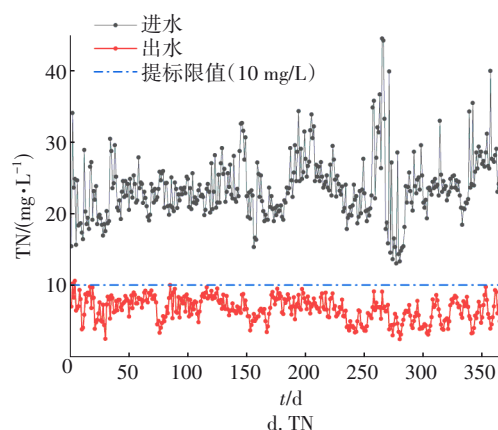
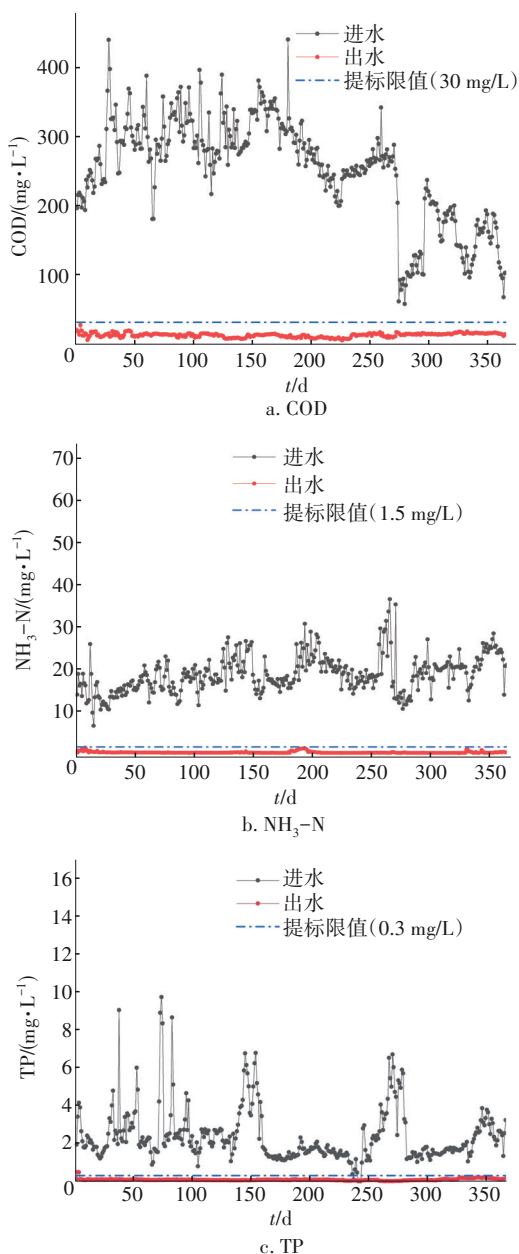


图4 提标后进出水COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP、TN的浓度变化

Fig.4 Concentration variation of COD, $\text{NH}_3\text{-N}$, TP and TN for influent and effluent after upgrading

由于前期设备及系统均处于调试阶段,生物反硝化滤池的活性污泥培养相对较慢^[3],从而导致10月上旬出水COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN、TP浓度偏高, $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN、TP浓度出现部分超标现象。自2021年11月系统稳定运行后,进水COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN、TP波动范围分别为 $56.61\sim440.62$ 、 $10.5\sim36.53$ 、 $13.00\sim44.40$ 、 $0.007\sim9.73\text{ mg/L}$,平均浓度分别为 251.07 、 19.15 、 23.82 、 2.44 mg/L 。

结合实际进水情况,提标改造后采用工况1和工况2相结合的运行方式,其中 $(6\sim8)\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 按工况2运行, $(5\sim7)\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 按工况1运行,工况3运行情况暂未发生。为保持生物活性,反硝化生物滤池6格同时运行,通过调整反硝化生物滤池进水量的方式进行超越,当出水 $\text{TN}>8\text{ mg/L}$ 时,增加进入反硝化生物滤池的进水量,冬季极端情况时不超越,暂未投加粉末活性炭。采用磁混凝沉淀池替代常规深度处理,理论上具有占地省、能耗低的特点。磁混凝沉淀池和网格絮凝+纤维滤料滤池主要起末端保障性作用,实际运行效果无明显差异。

该污水处理厂进水水质虽有一定的波动,但由于多工况路线对水质的调节作用,能够使出水水质稳定达标。2021年11月—2022年9月实际出水COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN、TP波动范围分别为 $3.75\sim16.71$ 、 $0.01\sim1.1$ 、 $2.45\sim10.0$ 、 $0.002\sim0.22\text{ mg/L}$,平均浓度分别为 11.27 、 0.14 、 6.60 、 0.08 mg/L ,符合提标改造要求的排放标准。

4 技术经济及节能分析

该工程建设投资为 $8\,265.02$ 万元,包括:土建

工程2 992.37万元、设备与电气等购置4 537.01万元、安装工程735.64万元。计算设备电费、药剂费和折旧费,改造后经营成本增加0.2元/m³。

采用多工艺组合运行的方式,在进水污染负荷较低且易于处理时,避免了 $(5\sim7)\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 的污水按工况2运行,省去反硝化滤池和活性炭接触池的处理过程,节省电费70.8~100.4万元/a、药耗费257.5~360.3万元/a。

5 结论与建议

① 该污水处理厂提标改造工程基于现有的氧化沟工艺进行挖潜,在用地紧张条件下增加反硝化生物滤池和磁混凝高效池(活性炭吸附池),结合保留的絮凝沉淀池、纤维滤料滤池,形成多工艺组合的运行方式,保证了对COD和TN的稳定去除,出水水质稳定达标。

② 反硝化生物滤池和反冲洗水池叠合设计,磁混凝沉淀池和活性炭吸附池合建,可有效节约用地。

③ 设计工艺能够有效应对不同进水水质条件下的水质波动,根据出水水质反馈,调整不同工艺组合灵活调度,实现节能降耗。长达约11个月(含冬季)的出水水质检测结果表明,出水COD、NH₃-N、TN、TP平均浓度分别为11.27、0.14、6.60、0.08 mg/L,稳定优于地表水Ⅳ类标准,该工程对同类生活污水和工业废水混合的污水处理厂的设计建设具有借鉴意义。

参考文献:

- [1] 张红,黄建,鞠兴华,等.工业废水对不同污水处理厂生化工艺段的影响[J].工业水处理,2019,39(12):29-32.
ZHANG Hong, HUANG Jian, JU Xinghua, et al. Effects of industrial wastewater on biological processes in different municipal wastewater treatment plants [J]. Industrial Water Treatment, 2019, 39(12): 29-32 (in Chinese).
- [2] 方刚,唐颖栋,楼少华,等.茅洲河流域水质净化厂污水系统提质增效实践[J].中国给水排水,2022,38(20):96-101.
FANG Gang, TANG Yingdong, LOU Shaohua, et al. Practice of improving quality and efficiency of the sewage system of a WWTP in Maozhou River basin [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(20): 96-101 (in Chinese).
- [3] 缪攀.反硝化生物滤池+高效沉淀池用于污水厂改造[J].中国给水排水,2022,38(6):113-116.
MIAO Pan. Application of denitrifying biofilter and high efficiency sedimentation tank in upgrading of a WWTP [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(6): 113-116 (in Chinese).

作者简介:李双菊(1982-),女,河北唐山人,硕士,正高级工程师,主要从事给水排水设计、水环境综合治理等相关工作。

E-mail:115056580@qq.com

收稿日期:2023-07-09

修回日期:2024-05-11

(编辑:衣春敏)

复苏河湖生态

建设人水和谐美丽中国