

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.18.012

多模式A²O+V型反硝化滤池在污水处理中的应用

姜春杰

(南京市市政设计研究院有限责任公司, 江苏 南京 210008)

摘要: 南京某污水厂扩建工程设计规模为 $10\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,以处理生活污水为主,设计出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准,并预留提升空间。在分析现状污水处理厂进水水质、处理工艺及运行情况的基础上,结合水质处理目标,采用曝气沉砂池+多模式A²O+高效沉淀+V型反硝化滤池+次氯酸钠消毒处理工艺。多模式A²O工艺能够实现运行方式的灵活切换,V型反硝化滤池在兼顾对悬浮物截留去除的同时,还具有良好的TN去除能力,使系统脱氮性能有较大的提升空间,能够满足更高的TN排放标准。工程运行结果显示:该组合工艺具有良好的适应能力,出水水质达到并优于设计标准。工程总投资约3.99亿元,处理成本为1.06元/ m^3 ,实际运行电耗为 $0.28\sim 0.30\text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ 。

关键词: 污水处理; 多模式A²O; V型反硝化滤池

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2023)18-0071-06

Application of Multi-mode A²O and V-type Denitrification Filter in Wastewater Treatment

JIANG Chun-jie

(Nanjing Municipal Design and Research Institute Co. Ltd., Nanjing 210008, China)

Abstract: The design scale of a wastewater treatment plant expansion project in Nanjing is $10\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$, and it is mainly for the treatment of domestic sewage. The design effluent quality shall comply with the first level A limit specified in *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002), and the space for effluent quality improvement is reserved. Based on the analysis of the current influent quality, treatment process and operation of the wastewater treatment plant, the process of aerated grit chamber, multi-mode A²O, high-efficiency precipitation, V-type denitrification filter and sodium hypochlorite disinfection was adopted to realize the treatment target. The multi-mode A²O process realized the flexible switching of operation modes. In addition, the V-type denitrification filter removed the suspended solids through interception, and showed good TN removal performance. The results indicated that the nitrogen removal performance of the system had a large space for effluent quality improvement and was capable of meeting stricter TN discharge standards. The operational results showed that the combined process had good adaptability, and the effluent quality reached and was even superior to the design discharge standard. The total investment of the project was about 399 million yuan, the treatment cost was 1.06 yuan/ m^3 , and the actual operating power consumption was between 0.28 and $0.30\text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$.

Key words: wastewater treatment; multi-mode A²O; V-type denitrification filter

1 工程概况

南京某污水处理厂总设计规模 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 占地约 10.59 hm^2 , 污水厂服务范围内用地性质主要是居住、商业及科研用地。其中一期工程设计规模 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 于2008年启动, 采用旋流沉砂池+改良 A^2O +混凝沉淀池+纤维转盘滤池工艺, 出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准后排入石头河。随着2015年江北新区国家级高新区的设立, 区域经济进入了发展的快车道, 人口、商业的集聚和大量高新科技企业的引进, 使现有污水处理能力达到饱和, 为此启动扩建工程, 设计规模 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 厂址为现状污水厂厂区一期工程东侧的规划预留地, 用地面积约 3.4 hm^2 , 尾水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准, 扩建完成后污水厂的总规模达到 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

2 设计水质

本工程设计进、出水水质见表1。

表1 设计进、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项目	COD	BOD_5	SS	$\text{NH}_3\text{-N}$	TN	TP
进水	350	150	250	35	40	4.5
出水	50	10	10	5(8)	15	0.5

目前江苏省除了沿太湖地区颁布了地方标准《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》(DB 32/1027—2018)外, 其他地区仍然执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准。根据市环保局关于鼓励建设单位在一级A基础上进一步提高污水处理厂处理标准, 减少尾水污染物排放总量要求的回复, 考虑到石头河为长江的汇入支流, 为响应长江大保护的需要, 本次扩建工程出水采用一级A标准, 同时在工艺设计上充分考虑具备出水水质再提升的能力。

3 工艺选择

结合本项目实际情况, 以及污水排放标准逐渐趋严的大背景, 污水处理的主体工艺需要满足以下原则: ①脱氮除磷性能优越, 尤其是脱氮性能无法通过化学方式弥补, 生化系统自身的脱氮效率极为重要; ②系统脱氮性能有较大提升潜力, 满足未来可能更高的TN排放标准。

3.1 预处理工艺

一期工程采用旋流沉砂池, 气提排砂, 从实际

使用情况看, 沉砂及排砂效果不理想, 提砂管易阻塞, 导致沉砂池检修频繁, 沉砂效果不理想对后续生化池的运行也产生了不利影响。张春艳等^[1]对旋流沉砂池和曝气沉砂池除砂效果的对比研究表明, 旋流沉砂池所去除砂渣中, 无机砂粒的粒径主要集中在 0.15 mm 以上, 所占比例为 96.02% , 而曝气沉砂池所去除砂渣中, 无机砂粒的粒径主要集中在 0.096 mm 以上, 所占比例为 99.16% , 曝气沉砂池对粒径为 0.1 mm 左右和 0.055 mm 左右无机砂粒的去除率高于旋流沉砂池。石艳玲等^[2]对曝气沉砂池的运行效果评估表明, 曝气沉砂池具有良好的除砂、洗砂和除油功能, 对后续处理工艺的影响很小, 其出水到达生物池入口时溶解氧在 0.2 mg/L 以下, 对厌氧段影响甚小, 曝气对有机物的去除也十分有限, 不会减少污水中的碳源。柯浪文等^[3]有关曝气沉砂池的预处理效果对COD去除效果的影响研究也表明, 其可以有效去除黏附在砂粒上的有机污染物, 不会破坏后续的厌氧环境。因此, 与旋流沉砂池相比, 曝气沉砂池可以较好地分离污水中的有机物和无机物, 排砂中的有机物含量低, 可减少进水中的碳源损失, 在污水厂预处理中应用广泛。

综上, 本次扩建工程采用曝气沉砂池, 总设计规模 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, $K_z=1.30$, 曝气沉砂池后设置配水井, 分别向一期和扩建工程配水, 原一期 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 细格栅及旋流沉砂池经检修后作为备用保留。

3.2 二级处理工艺

根据相关研究^[4], 在 A^2O 工艺好氧池后增加一级缺氧反应, 可以使反硝化更加彻底, 同时为了防止反硝化影响污泥在沉淀池的沉降, 在后缺氧池后再增加一级好氧池, 形成 $\text{A}^2\text{O}-\text{A/O}$ 工艺。罗景阳等^[5]研究发现, 改良型 A^2O 工艺中的预缺氧池有助于功能细菌的富集和代谢活性的增强, 能大幅提高生化系统的硝化和反硝化速率。王舜和等^[6]在对多级AO与多模式 A^2O 工艺在污水厂的应用对比研究中发现, 多模式 A^2O 工艺对COD、磷的去除效果占优, 多级AO工艺脱氮效果占优。

一期工程二级处理采用改良 A^2O 工艺, 出水效果比较稳定。考虑到为了应对不同的进水水质, 满足不同条件下污染物的去除需求, 并具备进一步提升二级出水水质的能力, 本次扩建工程二级处理采用多模式 A^2O 工艺, 其可根据进水水质及出水水质要求, 灵活调整运行模式为改良 A^2O 工艺、改良

A²O-AO多级工艺。

3.3 深度处理工艺

杜创、李采芳等^[7-8]对反硝化深床滤池在污水厂提标中的应用效果研究表明,反硝化滤池能够进一步提高出水水质。反硝化滤池分为上向流和下向流,上向流以反硝化曝气生物滤池为代表,下向流以反硝化深床滤池、连续砂反硝化滤池为代表,考虑到本次反硝化滤池处在整个工艺流程的最后位置,兼具过滤作用,其出水经消毒后即排放,同时,考虑到各类反硝化滤池进水配水对碳源利用的影响,选择下向流V型反硝化滤池,其主要针对硝酸盐氮进行生物脱氮,对残留的悬浮物进行截留,同时具有反硝化脱氮、除磷及去除悬浮物的功能,构造如图1所示。

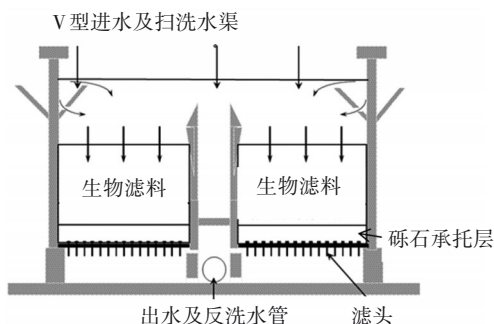


图1 V型反硝化滤池结构

Fig.1 Structure of V-type denitrification filter

一期工程深度处理工艺采用混凝沉淀池+纤维转盘滤池,主要去除TP和SS,其工艺自身不具备水质再提升的能力。因此,本次扩建工程深度处理需统筹兼顾一期工程的水质再提升。考虑到V型反硝化滤池的出水TN可以控制在5 mg/L,分流一期 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,使扩建工程的V型反硝化滤池处理规模设计至 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,其高质量的出水与一期纤维转盘滤池 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 出水混合后再排放,可控制TN在10 mg/L以下,且满足后期出水水质进一步提升的需求。

3.4 除臭工艺

考虑到高新区建设标准要求较高,污水厂周边一定范围内有大型居住社区,对空气质量有较高期望和要求,因此,本工程参考相关研究^[9-10]采用“全过程”除臭+生物滤池除臭组合工艺,通过全过程源头治理,加上生物滤池除臭重点强化治理,进一步优化厂区空气环境。

3.5 工艺流程

最终确定的污水处理工艺流程见图2。

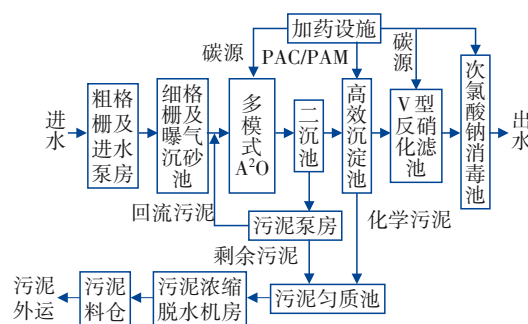


图2 污水处理工艺流程

Fig.2 Flow chart of wastewater treatment process

4 核心单元设计

4.1 细格栅及曝气沉砂池

设细格栅及曝气沉砂池1座,设计规模 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, $K_z=1.30$ 。设3道转鼓式细格栅,每道格栅宽 $\varnothing 2.6 \text{ m}$,栅条间隙6 mm,栅前水深1.2 m,细格栅平面尺寸 $10.8 \text{ m} \times 9.50 \text{ m}$,高度为1.70 m。配备中压冲洗水泵4台(3用1备), $Q=9.1 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=700 \text{ kPa}$, $N=3 \text{ kW}$;无轴螺旋输送机1台, $Q=6 \text{ m}^3/\text{h}$, $L=11 \text{ m}$, $N=3 \text{ kW}$ 。曝气沉砂池1座,2组,水平流速0.1 m/s,水力停留时间4.2 min,平面尺寸 $31.2 \text{ m} \times 9.50 \text{ m}$,池深5.5 m。配备桥式吸砂机2台,单台 $L=3.8 \text{ m}$, $N=0.55 \text{ kW}$;排砂潜污泵2台, $Q=20 \sim 35 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=70 \text{ kPa}$, $N=2.2 \text{ kW}$;砂水分离器1台, $Q=27 \sim 35 \text{ L/s}$, $N=0.75 \text{ kW}$;电动调节堰门2台,单台 $B \times H=3900 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$, $N=1.1 \text{ kW}$,手电两用,不锈钢;罗茨风机2台(1用1备), $Q=20 \sim 40 \text{ m}^3/\text{min}$, $H=40 \text{ kPa}$, $N=37 \text{ kW}$ 。

4.2 多模式A²O生化池

设多模式A²O生化池2座,单座设计规模 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,分为预缺氧区(预选择区)、厌氧区(厌氧/缺氧过渡区)、缺氧区、(缺氧/好氧过渡区)好氧区、好氧区/后缺氧区转换区、后好氧区,其中预缺氧区、厌氧区、缺氧区上方进行混凝土封盖,同时在混凝土顶板上方设置了30 cm的绿化种植层。单座总平面尺寸 $75.1 \text{ m} \times 78.6 \text{ m}$,有效水深7 m,总水力停留时间19 h,其中预缺氧0.5 h、厌氧1.5 h、缺氧5.55 h、好氧10.05 h、后缺氧0.7 h、后好氧0.7 h;混合液浓度 4 gMLSS/L , BOD_5 污泥负荷 $0.048 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$;总氮负荷 $0.02 \text{ kgTN}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$;总磷负荷 $0.018 \text{ kgTP}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$;污泥回流比50%~100%,

混合液内回流比200%~300%;实际污泥产率0.80 kgDS/kgBOD₅,气水比(6~8.64):1,污泥龄13.5 d。在预缺氧区、厌氧区、缺氧区、后缺氧区共设置23台双曲面搅拌器, $D=2\ 500\text{ mm}$, $N=5.5\text{ kW}$, $n=34\text{ r/min}$;混合液内回流泵4台(3用1备), $Q=2\ 083.3\text{ m}^3/\text{h}$, $H=10\text{ kPa}$, $N=11\text{ kW}$;板条式微孔曝气器(好氧区)380套;精确曝气系统1套,配套10台菱形电动调节阀、流量计及控制仪表。

4.3 二沉池

设二沉池4座,单座设计规模 $2.5\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$,采用周进周出辐流式沉淀池,池径40 m,水力负荷 $0.83\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,最大水力负荷 $1.08\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,有效水深4.0 m,停留时间4.0 h。配中心传动单管吸泥机4套,单套 $\varnothing 40\text{ mm}$, $N=0.75\text{ kW}$,含工作桥及配套出水三角堰(不锈钢)、浮渣挡板(不锈钢)、挡水裙板(不锈钢)、配水孔管挡板、排渣堰门。

4.4 高效沉淀池

设高效沉淀池2座,单座 $5\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$,由机械混合池、机械反应池、斜板沉淀池组成,PAC投加量为60~100 mg/L,PAM投加量为0.5~1 mg/L。单座平面尺寸32 m \times 24 m,其中混合反应池停留时间2.3 min,内置混合搅拌机1台, $D=1.8\text{ m}$, $N=4.0\text{ kW}$,配变频控制,搅拌均匀度>90%;机械反应采用3级絮凝;斜板沉淀池清水区上升流速1.3 mm/s,设置1台中心传动刮泥机, $D=21\text{ m}$, $N=1.1\text{ kW}$;污泥回流泵2台(1用1备), $Q=80\text{ m}^3/\text{h}$, $H=10\text{ kPa}$, $N=1.6\text{ kW}$,变频。

4.5 中间提升泵房及V型反硝化滤池

设中间提升泵房1座,设计规模 $15\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$,尺寸为37.88 m \times 8.15 m \times 8.09 m,与V型反硝化滤池合建,调蓄时间15 min。主要设备:潜污轴流泵5台(3用2备), $Q=2\ 708\text{ m}^3/\text{h}$, $H=38\text{ kPa}$, $N=55\text{ kW}$,变频;快速混合搅拌器2台, $N=7.5\text{ kW}$,不锈钢材质,用于投加碳源,碳源为乙酸钠原液(浓度20%),投加量50 mg/L。

设V型反硝化滤池1座,设计规模 $15\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$,总平面尺寸57.3 m \times 42.38 m,共设8格,单格过滤面积116.2 m²,正常滤速6.72 m/h,强制滤速7.68 m/h,最高时滤速8.74 m/h,采用恒水位过滤,反冲洗周期约16 h,反硝化容积负荷 $0.896\text{ kgN}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 。采用黏土烧结球形陶粒滤料,滤料颗粒密度1.4~1.9 g/cm³,有效粒径2.5 mm,不均匀系数 ≤ 1.50 ,滤料厚度

1.80 m;承托层采用级配砾石,18 mm \times 25 mm砾石厚200 mm,9 mm \times 18 mm砾石厚100 mm;采用气水联合反冲洗,气冲洗强度 $100\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,水冲洗强度 $20\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,单独气冲时间约2 min,气水联合反冲洗时间约8~14 min,单独水冲洗时间约6~10 min。设废水池1座,池容826 m³,叠于反洗风机房下方,内置废水排污泵2台(1用1备), $Q=530\text{ m}^3/\text{h}$, $H=130\text{ kPa}$, $N=30\text{ kW}$;潜水搅拌器2台, $N=4\text{ kW}$ 。清水池1座,池容468 m³,内置反冲洗水泵3台(2用1备), $Q=1\ 162\text{ m}^3/\text{h}$, $H=90\text{ kPa}$, $N=45\text{ kW}$ 。反冲洗风机房1座,位于废水池上方,内设罗茨风机3台(2用1备), $Q=5\ 810\text{ m}^3/\text{h}$, $P=65\text{ kPa}$, $N=160\text{ kW}$ 。中间提升泵房及V型反硝化滤池的平面布置如图3所示。

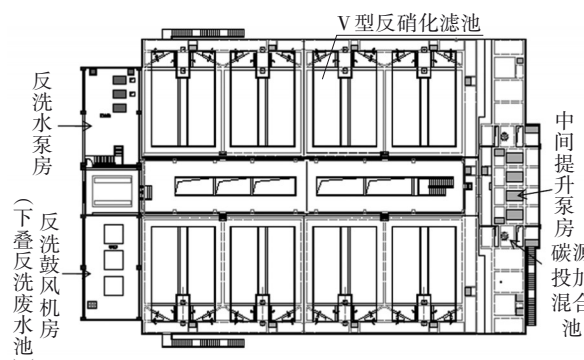


图3 中间提升泵房及V型反硝化滤池平面布置

Fig.3 Plane layout of intermediate lift pump room and V-type denitrification filter

4.6 除臭系统

“全过程”除臭由微生物培养系统和除臭污泥投加系统构成,在二期及扩建工程的生化池缺氧区各设置40台培养箱,并配套空气管路,通过生物池上的供气管为培养箱供气,培养箱规格 $\varnothing 1\ 200\text{ mm}\times 2\ 000\text{ mm}$,材质为碳钢热浸锌防腐,单台培养箱供气量3~7 m³/h;除臭污泥投加泵分别设置于一期及扩建污泥回流泵房内,将回流污泥回流至进水泵房前端,各配置2台(1用1备),1台变频, $Q=250\text{ m}^3/\text{h}$, $H=100\text{ kPa}$, $N=18.5\text{ kW}$ 。

扩建工程共设1套生物滤池除臭系统,负责处理细格栅及曝气沉砂池和生化池预缺氧、厌氧、缺氧区的臭气。细格栅及曝气沉砂池采用不锈钢骨架+钢化玻璃除臭罩进行密封,面积227 m²。生化池预缺氧、厌氧、缺氧区直接采用混凝土加盖密封进行臭气收集,密封范围4 600 m²,除臭风量27 000 m³/h。滤池尺寸为10.5 m \times 8 m \times 3.3 m,滤料深1.8

m,设计接触时间 ≥ 20 s。配套风机 $Q=27\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$, $N=45\ \text{kW}$, $P=3.5\ \text{kPa}$;循环喷淋水泵2台(1用1备), $Q=60\ \text{m}^3/\text{h}$, $H=200\ \text{kPa}$, $N=7.5\ \text{kW}$;增湿水泵1台, $Q=30\ \text{m}^3/\text{h}$, $H=200\ \text{kPa}$, $N=4\ \text{kW}$ 。

一期工程生化池为敞开式设计,本次在预缺氧、厌氧、缺氧区采用玻璃钢弧形盖板进行密封收集臭气。一期工程生化池共设2套生物滤池除臭系统:一套用于处理一期一组生化池的预缺氧、厌氧、缺氧区及一期污泥回流泵房的臭气,滤池 $Q=20\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$,尺寸为 $10.3\ \text{m} \times 6\ \text{m} \times 3.3\ \text{m}$,滤料深 $1.8\ \text{m}$,设计接触时间 ≥ 20 s,配套风机 $Q=20\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$, $N=30\ \text{kW}$, $P=3\ \text{kPa}$;循环喷淋水泵2台(1用1备), $Q=40\ \text{m}^3/\text{h}$, $H=200\ \text{kPa}$, $N=5.5\ \text{kW}$;增湿水泵1台, $Q=20\ \text{m}^3/\text{h}$, $H=200\ \text{kPa}$, $N=3\ \text{kW}$ 。另一套用于处理一期另一组生化池的预缺氧、厌氧、缺氧区的臭气,滤池 $Q=18\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$,尺寸 $9.3\ \text{m} \times 6\ \text{m} \times 3.3\ \text{m}$,滤料深 $1.8\ \text{m}$,设计接触时间 ≥ 20 s,配套风机 $Q=18\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$, $N=30\ \text{kW}$, $P=3\ \text{kPa}$;循环喷淋水泵2台(1用1备), $Q=40\ \text{m}^3/\text{h}$, $H=200\ \text{kPa}$, $N=5.5\ \text{kW}$;增湿水泵1台, $Q=20\ \text{m}^3/\text{h}$, $H=200\ \text{kPa}$, $N=3\ \text{kW}$ 。

5 设计特点

① 多模式A²O生化池。多模式A²O生化池能够根据进水水质变化及出水水质要求,灵活调整运行模式,可以兼顾强化脱氮除磷及除碳要求:针对目前进水BOD₅浓度低、C/N比约2.35的现状,在碳源不足、进水TN高的情况下,为了降低外加碳源消耗,实现低碳运行,通过多点进水,强化二级脱氮,按改良A²O-A/O方式运行;在进水水质达到或超过设计水质的情况下,为降低能耗,按改良A²O方式运行。

② V型反硝化滤池。a. 采用生物陶粒滤料,有效粒径为 $2.5\ \text{mm}$,比表面积大,可获得更高的生物浓度及更大的滞留能力,延长过滤周期。V型反硝化滤池的生产运行表明,其具有良好的反硝化去除TN能力,反硝化所需的C/N比平均为4.25,TN去除率达到了70%,同时适量的碳源投加不会增加出水COD。b. 滤池主体结构与V型滤池相同,进水采用V型槽淹没配水,克服了常规深床滤池进水配水跌水造成碳源无效消耗的问题,可实现低碳运行。c. V型滤池在水处理中应用广泛且成熟,大大缩短了运行人员的适应期,有利于工程应用的大面积

推广。

③ “全过程”除臭+生物滤池除臭组合工艺。采用臭气源头系统治理加上局部重点强化除臭组合工艺,能够大大减少池面除臭加盖面积,除臭效果良好。对污水处理厂厂界上风向 $10\ \text{m}$ 范围内及下风向周界外 $10\ \text{m}$ 范围内的空气质量监控点的长期监测数据显示,氨的浓度范围在 $0.01 \sim 0.05\ \text{mg}/\text{m}^3$ 、硫化氢的浓度范围在未检出 $\sim 0.001\ \text{mg}/\text{m}^3$ 、臭气浓度 <10 ,均满足并优于《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)及《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—1993)中污水处理厂厂界废气二级标准。

6 运行效果及技术经济分析

本工程于2019年10月底完成调试和竣工环保验收,至今已运行2年多,污水处理监测结果见表2。可见,出水各项指标都达到并优于一级A标准,除TN外,其余指标已达到地表水Ⅲ类标准。同时,因二级生物处理效果较好,目前深度处理V型反硝化滤池仅起过滤作用。

表2 实际进、出水水质

Tab.2 Actual influent and effluent quality

项目	mg·L ⁻¹					
	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP
进水	210	92	215	29.6	39	3.65
出水	18.80	2.10	5.00	0.46	9.60	0.10

项目总投资39 896.14万元,其中工程费用34 993.72万元,单位运行总成本1.44元/m³,单位运营成本1.06元/m³。实际运行中次氯酸钠药耗为 $0.037\ \text{kg}/\text{m}^3$ 、聚合氯化铝PAC药耗为 $0.040\ \text{kg}/\text{m}^3$ 、电耗为 $0.28 \sim 0.30\ \text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$ 。

7 结论

本工程污水处理采用曝气沉砂池+多模式A²O+高效沉淀+V型反硝化滤池+次氯酸钠消毒工艺,处理效果良好。该工艺可满足当前出水水质要求,而且具备水质进一步提升的潜力,可用于污水厂新建、扩建及改扩建工程中。

参考文献:

- [1] 张春艳,董涛,乔万玺,等.旋流沉砂池和曝气沉砂池除砂效果对比[J].水处理技术,2014,40(2):54-56.
ZHANG Chunyan, DONG Tao, QIAO Wanxi, et al.
Application practice of rotary filter in wastewater

- treatment plant [J]. *Technology of Water Treatment*, 2014, 40(2): 54-56 (in Chinese).
- [2] 石艳玲, 濮晨熹. 曝气沉砂池的运行效果评估[J]. *给水排水*, 2015, 41(S1): 134-138.
- SHI Yanling, PU Chenxi. Operation effect evaluation of aerated grit chamber [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2015, 41(S1): 134-138 (in Chinese).
- [3] 柯浪文, 夏耿东, 冯珊, 等. 曝气沉砂池的预处理对COD去除效果的影响[J]. *净水技术*, 2013, 32(S1): 17-22.
- KE Langwen, XIA Gengdong, FENG Shan, *et al.* Effect of pre-treatment in aerated grit chamber on COD removal efficiency [J]. *Water Purification Technology*, 2013, 32(S1): 17-22 (in Chinese).
- [4] LESLIE GRADY J C P, DAIGGER G T, LIM H C. 废水生物处理[M]. 3版. 张锡辉, 刘勇弟, 吴光学, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
- LESLIE GRADY J C P, DAIGGER G T, LIM H C. *Biological Wastewater Treatment* [M]. 3rd ed. ZHANG Xihui, LIU Yongdi, WU Guangxue, translated. Beijing: China Architecture & Building Press, 2017 (in Chinese).
- [5] 罗景阳, 张乐, 张腾, 等. 不同工艺对污水处理效能及细菌代谢功能的影响[J]. *中国给水排水*, 2021, 37(23): 61-67.
- LUO Jingyang, ZHANG Le, ZHANG Teng, *et al.* Effect of different processes on wastewater treatment efficiency and bacterial metabolic function [J]. *China Water & Wastewater*, 2021, 37(23): 61-67 (in Chinese).
- [6] 王舜和, 李滕, 郭淑琴. 多级AO与多模式AAO工艺在污水厂的应用对比[J]. *中国给水排水*, 2018, 34(10): 48-51, 57.
- WANG Shunhe, LI Meng, GUO Shuqin. Application and comparison between multistage AO and multi-mode AAO in wastewater treatment plant [J]. *China Water & Wastewater*, 2018, 34(10): 48-51, 57 (in Chinese).
- [7] 杜创, 雷振, 张铁源. 深床滤池在污水厂地表Ⅳ类水提标改造中的应用[J]. *中国给水排水*, 2017, 33(8): 99-103.
- DU Chuang, LEI Zhen, ZHANG Tieyuan. Application of deep bed filter in WWTP upgrading project to meet class IV standard of surface water [J]. *China Water & Wastewater*, 2017, 33(8): 99-103 (in Chinese).
- [8] 李采芳, 杨丹, 王志刚. A/O+高效沉淀+深床滤池用于污水厂提标扩建[J]. *中国给水排水*, 2018, 34(16): 88-92.
- LI Caifang, YANG Dan, WANG Zhigang. Application of A/O, high efficiency sedimentation tank, denitrification deep-bed filter process in upgrading and expansion of WWTP [J]. *China Water & Wastewater*, 2018, 34(16): 88-92 (in Chinese).
- [9] 冯辉, 王舜和. 天津市张贵庄污水处理厂除臭系统设计[J]. *中国给水排水*, 2017, 33(14): 51-54.
- FENG Hui, WANG Shunhe. Design of deodorization system in Tianjin Zhangguizhuang wastewater treatment plant [J]. *China Water & Wastewater*, 2017, 33(14): 51-54 (in Chinese).
- [10] 乔蕴虹, 杜瑞, 唐堂, 等. 全过程除臭工艺在包头北郊水质净化厂的应用[J]. *中国给水排水*, 2016, 32(14): 60-63.
- QIAO Yunhong, DU Rui, TANG Tang, *et al.* Application of whole process deodorization process in Baotou Beijiao wastewater treatment plant [J]. *China Water & Wastewater*, 2016, 32(14): 60-63 (in Chinese).

作者简介:姜春杰(1981—),男,山东威海人,硕士,正高级工程师,设计一院技术办主任兼水专业副总工程师,主要从事给排水设计、研究和管理工 作,曾获江苏省优秀工程设计一等奖3项、二等奖2项,江苏省优秀工程咨询成果一等奖1项。

E-mail:80708032@qq.com

收稿日期:2021-11-24

修回日期:2022-12-27

(编辑:孔红春)