

工程实例

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.22.025

一体式组合池及臭氧氧化用于污水厂准Ⅳ类提标扩建

付尧¹, 张丽婷²

(1. 南京市市政设计研究院有限责任公司, 江苏 南京 210098; 2. 中设设计集团股份有限公司, 江苏 南京 210098)

摘要: 西咸新区某污水处理厂提标扩建工程设计规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,出水水质执行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)准Ⅳ类标准。该工程二级处理新增 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 改良AAO+矩形周进周出二次沉淀一体式组合池,三级处理新建臭氧接触池及V型滤池,出水采用紫外线消毒,总投资为8 058.93万元。提标扩建工程投入运行后,出水水质稳定达到准Ⅳ类标准。

关键词: 二级处理; 臭氧氧化; 提标扩建

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)22-0141-04

Application of Integrated Secondary Treatment and Ozonation in WWTP Upgrading and Expansion to Meet Quasi-Ⅳ Standards

FU Yao¹, ZHANG Li-ting²

(1. Nanjing Municipal Design and Research Institute Co. Ltd., Nanjing 210098, China; 2. China Design Group Co. Ltd., Nanjing 210098, China)

Abstract: The design capacity of a wastewater treatment plant upgrading and expansion project in Xixian New Area is $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, and the effluent water quality is in accordance with the quasi-Ⅳ standard of *Environmental Quality Standards for Surface Water* (GB 3838—2002). The integrated process including modified AAO and secondary sedimentation tank with peripheral water inlet and outlet is adopted in secondary treatment, while ozone contact tank and V-filter are newly built in tertiary treatment, and the effluent is disinfected by ultraviolet light. The total investment is 80.589 3 million yuan. After operation, the effluent quality can stably meet design standard.

Key words: secondary treatment; ozonation; upgrading and expansion

西咸新区某污水处理厂规划规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,现状处理规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,二级处理采用改良AAO+周进周出二沉池,三级处理采用高效沉淀池,出水采用紫外消毒,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。

按照《西咸新区城镇污水处理厂再生水化提标改造和加盖除臭工程三年行动方案(2018—2020年)》,该污水厂出水水质需执行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)准Ⅳ类标准,因此需对该污

水厂进行提标改造。改造的总体思路是扩建 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 二级处理设施,降低现状二级处理设施负荷,并新建深度处理设施。

1 污水厂运行现状

1.1 水质、水量

现状污水厂实际进、出水水质见表1。2019年实际进水量变化如图1所示。进水中含有大量工业废水且浓度偏低,在投加外部碳源的情况下,目前出水水质能够达到一级A标准,但无法进一步提升出水水质。

表1 实际进、出水水质

Tab.1 Actual influent and effluent quality

项目	COD	BOD ₅	SS	TN	氨氮	TP
进水平均值	92.9	9.7	62.5	21.0	12.5	1.5
进水95%频率值	168.0	17.5	98.0	35.5	22.4	2.8
出水平均值	26.9	2.0	5.7	10.8	0.2	0.3
出水95%频率值	44.8	4.1	7.0	14.6	0.6	0.4

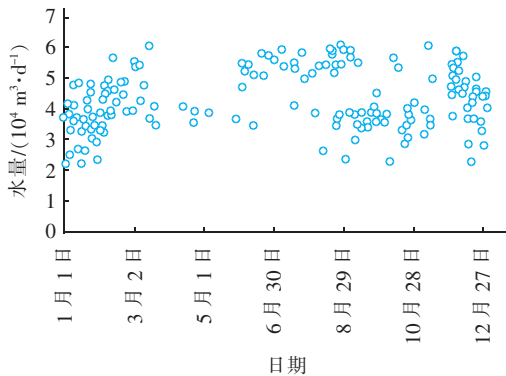


图1 2019年实际进水量变化

Fig.1 Actual influent quantity in 2019

1.2 处理工艺

该污水处理厂的一级处理采用粗格栅及进水泵房+细格栅及旋流沉砂池;二级处理采用改良AAO生化处理+辐流式周进周出二沉池,三级处理采用高效沉淀池+紫外消毒渠,出水排入渭河。现状污水厂在进水满负荷状态时,出水水质能稳定达到一级A标准,但是COD、TN、TP等指标达不到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)准Ⅳ类标准。污泥脱水采用带式浓缩脱水一体机,出厂污泥含水率为80%;场区无除臭设施。

2 提标扩建工程设计

2.1 设计水量、水质

提标扩建工程设计规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,设计进、出水水质见表2。

表2 设计进、出水水质

Tab.2 Design influent and effluent quality

项目	COD	BOD ₅	SS	TN	氨氮	TP
设计进水	400	200	250	40	36	5
设计出水	≤30	≤6	≤10	≤12	≤1.5	≤0.3

2.2 设计难点及对策

该污水厂实际进水含有大量难降解工业废水, $B/C=0.1$,可生化性较差;且进水有机物浓度较低,

严重缺少碳源。随着该地区管网工程配套设施的完善,工业企业废水处理达标后排放,污水厂进水浓度将大幅升高,逼近协议水质,本工程按照协议水质设计。

① 要求BOD₅去除率≥97%,需强化二级生物处理;进水浓度增加,原二级处理设施污泥负荷 $>0.2 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$,明显过高,需降低原二级处理设施负荷,故需新建 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 二级处理设施。

② 进水中仍有大量工业废水,因此采用臭氧强化氧化;后续设V型滤池进一步处理,出水BOD₅及COD可满足要求。

③ 对照设计标准(出水TN≤12 mg/L、氨氮≤1.5 mg/L),污水厂现状出水氨氮值已能稳定达到要求,但出水总氮值长期高于设计出水指标。进水C/N=8.0,理论上 $C/N \geq 2.86$ 即可进行生物脱氮^[1],TN去除率为70%,需强化生物脱氮;提标后出水TP≤0.3 mg/L,污水厂现状出水TP浓度平均值为0.3 mg/L,不能稳定达到出水标准,除强化二级生物除磷外,还需辅以化学除磷^[2]。

综上,提出提标改造工艺流程,具体见图2。

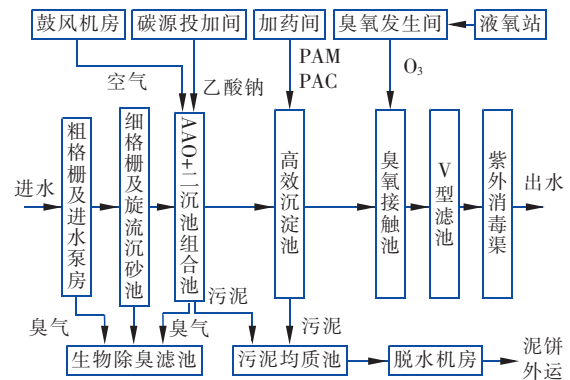


图2 提标改造工艺流程

Fig.2 Flow chart of wastewater treatment process of upgrading and expansion

2.3 二级生化处理

新建 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 二级处理设施,原二级处理设施处理 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污水;厂区可用占地有限,新建二级处理设施需尽可能减少占地。

通过组合改良AAO和矩形周进周出二沉池的形式布置一座二级处理设施(见图3)。二级处理流程:预缺氧区-厌氧区-缺氧区-推流式曝气区-完全混合式曝气区-消氧区(硝化液回流区)-二

沉池(污泥回流区) - 出水。该组合池平面总尺寸为 $73.2\text{ m} \times 27.75\text{ m}$, 有效水深为 6 m ; AAO 段总有效水力停留时间为 18 h , 预缺氧区、厌氧区、缺氧区、好氧区、消氧区水力停留时间分别为 0.5 、 1.5 、 6 、 9.5 、 0.5 h 。BOD₅ 容积负荷为 $0.213\text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, 硝化液回流比为 300% , 污泥回流比为 100% , 气水比为 $5:1$; 二沉池容积为 $2\,457\text{ m}^3$, 表面负荷为 $1.0\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 沉淀时间为 5.85 h , 出水堰负荷为 $1.64\text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ 。

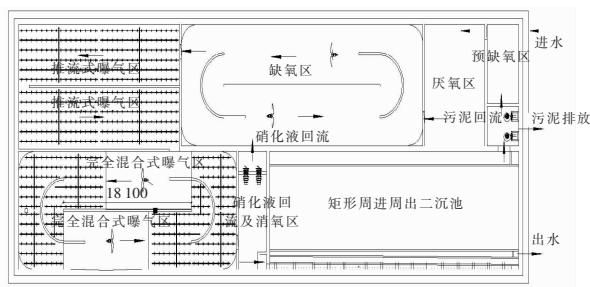


图3 二级处理工艺流程

Fig. 3 Schematic diagram of secondary treatment process

该组合池多点进水至预缺氧区、厌氧区、缺氧区,通过增设污泥回流预反硝化缺氧区,减少进入厌氧区的硝态氮,提高了厌氧区聚磷菌的竞争优势,进而提高系统生物除磷能力;后设反硝化缺氧区,使用进水碳源及外加碳源增强反硝化脱氮效果^[3],考虑地区原料供应限制及经济因素,选择葡萄糖作为外加碳源,根据周丹等^[4]总结出的经验公式进行配比投加,投加量为 0.675 mg/L ,可满足脱氮所需碳源要求;后设常规推流式曝气区,并借鉴氧化沟工艺,再设完全混合式曝气区,强化 COD 及 BOD₅ 去除,最终达到强化同步脱氮除磷的目的。

好氧区后设消氧及硝化液回流区,以保证回流硝化液尽量不含溶解氧^[5];组合 AAO 出水经出水堰后进入合建矩形周进周出二沉池。通过吸泥机控制直接将底部沉泥吸入污泥回流区,部分污泥淹没流出至预缺氧区以达到污泥回流目的,剩余污泥进入厂区污泥浓缩池进行后续处理;通过布置双堰出水堰,保证了堰上负荷,二沉池出水进行三级处理。

与常规二级处理的分建式建设相比,将二级处理设施组合为一体化设施,减少了占地面积,降低了水头损失;无需额外建设污泥回流泵井,仅使用 2.2 kW 吸泥机完成污泥回流,降低了能耗;增加完全混合式曝气区,强化了对 COD、BOD₅ 的去除。

2.4 三级处理

现状三级处理采用高效沉淀池,可将二级出水进一步处理至一级 A 标准,但由于污水含有大量难降解工业废水, COD 值始终高于 30 mg/L ,无法满足准 IV 类标准,污水厂预处理阶段已没有条件加入水解酸化单元,因此需在原有三级处理高效沉淀池后端进行强氧化处理。Tripathi 等^[6]及 Wang 等^[7]的研究表明,臭氧氧化可将长链大分子有机物氧化为小分子有机物,达到降低出水 COD 的目的;目前国内外已经在污水处理中广泛使用臭氧氧化处理工业尾水^[8],因此采用臭氧作为三级处理的核心单元。

臭氧设计投加量为 10 mg/L ,最大投加量为 20 mg/L ,采用液氧源制备臭氧。臭氧发生间设臭氧发生器及配套设备 2 套,单套发生器臭氧制备能力为 21 kg/h ,配电功率为 290 kVA ,采用成品液氧为氧源,液氧站按 7 d 储量设计;臭氧接触氧化池按照 30 min 停留时间、三段式设计,三段的臭氧加注比例为 $2:1:1$ 。为防止多余臭氧逸出破坏大气,接触池设尾气破坏器 2 套;为满足供电需要,设变配电室 1 座,总容量为 $1\,600\text{ kVA}$,与臭氧发生间合建。

为进一步使出水指标达到准 IV 类标准,臭氧氧化后设 V 型滤池及反冲洗泵房 1 座。滤池分 4 格,单格面积为 84 m^2 ,过滤周期为 $20 \sim 48\text{ h}$,滤速为 6.2 m/h ,气冲、水冲、气水联合反冲洗时间共 12 min ;滤料厚为 1.2 m ,采用均质石英砂,承托层厚为 100 mm ,采用砾石;同时设废水调节池 1 座,废水池废水回流至污水厂前端进行再处理。

2.5 污泥处理及除臭

污水厂脱水机房安装浓缩脱水机 3 台,2 用 1 备,带宽 2 m ,现有污泥处置设施可满足提标处理需求。现状场区未安装除臭设备,根据三年行动方案要求,需对本污水厂预处理设施、二级处理设施及污泥处理设施进行加盖除臭。因此对污水厂原生化池、二沉池进行封闭加盖除臭处理,新建二级处理设施除加盖外,在组合二级处理设施上加建封闭建筑。生物除臭具有成本低、操作简单、无污染等优点^[9]。因此采用生物除臭,设计除臭生物滤池 2 座,规模分别为 $35\,000$ 、 $40\,000\text{ m}^3/\text{h}$ ^[10]。

2.6 经济分析

该项目总投资为 $8\,058.93$ 万元,其中工程直接费为 $6\,249.34$ 万元,成品水处理成本为 $1.275\text{ 元}/\text{m}^3$,每年可产生经济效益 $2\,327$ 万元,投资回收

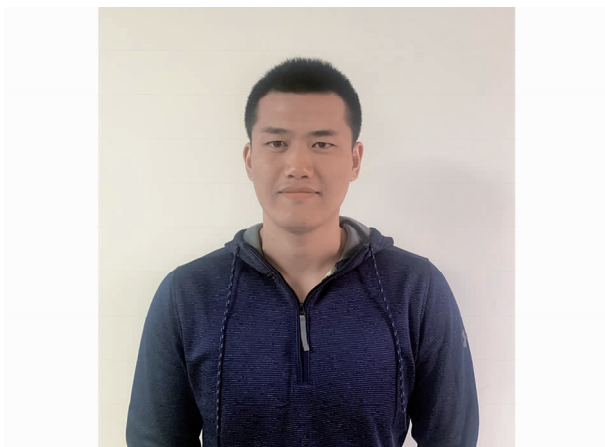
期为10.07年。

3 结语

西咸新区某污水厂提标扩建工程新增 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 规模一体式合建工艺进行二级处理,降低了二级处理设施负荷,节约了能耗及占地面积,强化了 BOD_5 去除效果;三级处理新增臭氧氧化+V型滤池,进一步降低了出水 COD 、 BOD_5 、氨氮及TP。该工艺稳定可靠,处理效果佳,可使最终出水水质稳定达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)准IV类标准。

参考文献:

- [1] Akunna J C, Bizeau C, Moletta R. Nitrate and nitrite reductions with anaerobic sludge using various carbon sources: Glucose, glycerol, acetic acid, lactic acid and methanol[J]. Water Res, 1993, 27(8): 1303 - 1312.
- [2] 潘理黎, 王玲, 郑海军, 等. 城镇污水处理厂尾水深度化学除磷试验研究[J]. 水处理技术, 2011, 37(6): 50 - 53, 58.
Pan Lili, Wang Ling, Zheng Haijun, et al. Experimental study on enhanced removal of phosphorus from effluents in municipal wastewater treatment plant by chemical precipitation[J]. Technology of Water Treatment, 2011, 37(6): 50 - 53, 58 (in Chinese).
- [3] 徐伟锋, 顾国维, 张芳. 混合液回流比对A/A/O工艺反硝化除磷的影响[J]. 化工学报, 2007, 58(10): 2619 - 2623.
Xu Weifeng, Gu Guowei, Zhang Fang. Effect of internal return ratio on denitrifying phosphorus removal in A/A/O process [J]. Journal of Chemical Industry and Engineering, 2007, 58(10): 2619 - 2623 (in Chinese).
- [4] 周丹, 周雹. 污水脱氮工艺中外部碳源投加量简易计算方法[J]. 给水排水, 2011, 37(11): 38 - 41.
Zhou Dan, Zhou Bao. A simple calculation method for external carbon input in wastewater denitrification process[J]. Water & Wastewater Engineering, 2011, 37(11): 38 - 41 (in Chinese).
- [5] 王晓莲, 王淑莹, 马勇, 等. A^2O 工艺中反硝化除磷及过量曝气对生物除磷的影响[J]. 化工学报, 2005, 56(8): 1565 - 1570.
Wang Xiaolian, Wang Shuying, Ma Yong, et al. Anoxic biological phosphorus removal and effect of excessive aeration on biological phosphorus removal in A^2O process [J]. Journal of Chemical Industry and Engineering (China), 2005, 56(8): 1565 - 1570 (in Chinese).
- [6] Tripathi S, Pathak V, Tripathi D M, et al. Application of ozone based treatments of secondary effluents [J]. Bioresour Technol, 2011, 102(3): 2481 - 2486.
- [7] Wang X, Wang L, Liu Y, et al. Ozonation pretreatment for ultrafiltration of the secondary effluent [J]. J Membr Sci, 2007, 287(2): 187 - 191.
- [8] 吕娟, 张道方. 臭氧技术在污水处理中的应用[J]. 水资源与水工程学报, 2011, 22(6): 123 - 126.
Lü Juan, Zhang Daofang. Application of ozone technology in wastewater treatment [J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2011, 22(6): 123 - 126 (in Chinese).
- [9] 芮旭东, 陈丹, 龚文瑾. 除臭工艺在城市污水处理厂中的应用和发展[J]. 中国给水排水, 2012, 28(6): 21 - 23.
Rui Xudong, Chen Dan, Gong Wenjin. Application and development of deodorization process in urban sewage treatment plants [J]. China Water & Wastewater, 2012, 28(6): 21 - 23 (in Chinese).
- [10] 赵忠富, 张学兵. 生物除臭在污水处理厂中的应用 [J]. 给水排水, 2005, 31(1): 44 - 46.
Zhao Zhongfu, Zhang Xuebing. Application of biological deodorization in wastewater treatment plants [J]. Water & Wastewater Engineering, 2005, 31(1): 44 - 46 (in Chinese).



作者简介: 付尧(1991—), 男, 黑龙江哈尔滨人, 硕士, 工程师, 主要从事市政工程设计工作。

E-mail: 1563825156@qq.com

收稿日期: 2020-02-09