

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.18.010

高排放标准下的改良 AAO + 深度处理工程案例

王 阳, 张 月, 王晓康, 祝 赫

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381)

摘 要: 针对台州地区对污水处理厂出水标准提高的要求,建设了台州市水处理发展有限公司污水处理厂三期工程,工程规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。针对进水以生活污水为主,含有部分工业废水的特点,污水处理采用技术可靠、抗冲击负荷能力强且具有生物脱氮除磷功能的改良 AAO 工艺,工艺流程为改良 AAO + 高效沉淀 + 深床滤池 + 臭氧接触工艺。项目于 2018 年竣工并投产运行,实际运行表明,出水水质稳定达到《台州市城镇污水处理厂出水指标及标准限值表(试行)》的要求。

关键词: 污水处理厂; 高排放标准; 改良 AAO 工艺

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)18-0056-04

Project Case of Modified AAO and Advanced Treatment Process under High Emission Standards

WANG Yang, ZHANG Yue, WANG Xiao-kang, ZHU He

(North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300381, China)

Abstract: In response to the requirements of Taizhou to raise the effluent standard of sewage treatment plants, the third phase of sewage treatment plant of Taizhou Water Treatment Development Co., Ltd. was constructed. The project scale was $100\,000 \text{ m}^3/\text{d}$. In view of the characteristics of domestic sewage as the main influent and also containing some industrial wastewater, the sewage treatment adopts modified AAO with reliable technology, strong shock load resistance and biological nitrogen and phosphorus removal functions. The overall process is modified AAO + high-efficient sedimentation tank + deep-bed filter + ozone contact technology. The project was completed and put into operation in 2018. Actual operation results showed that the effluent quality stably met the requirements of *Taizhou Municipal Wastewater Treatment Plant Effluent Index and Standard Limit Table (Trial)*.

Key words: sewage treatment plant; high emission standards; modified AAO process

1 项目背景

台州市水处理发展有限公司污水处理厂三期工程位于浙江省台州市椒江区现有椒南污水处理厂厂东面(现沿海高速的东侧),地块总面积约 21.2 hm^2 ,其中三期工程建设用地为 9.96 hm^2 。工程服务范围包括椒南片区(葭沚西片区、下陈三期片区、洪家三期片区、三甲片区)及台州湾循环经济产业集聚区东部组团启动区的椒江片区,总计约 44.37 km^2 ,处理规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

该工程进水以生活污水为主,含有部分台州湾循环经济产业集聚区内的工业废水,主要为制造业和物流业,大约占进水的 20%。设计进水水质如表 1 所示。

台州市政府响应国家政策,明确在 2018 年全市污水处理厂出水水质提高到准地表水Ⅳ类,指标按照市环保局制定的《台州市城镇污水处理厂出水指标及标准限值表(试行)》(以下简称:台州地标)实施。具体指标见表 1。

表 1 设计进、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality

项 目	进水	出水
COD/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	400	30
BOD ₅ /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	180	6
SS/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	160	5
氨氮/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	35	1.5(2.5)
TN/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	45	12(15)
TP/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	5.0	0.3
粪大肠菌群数/($\text{个} \cdot \text{L}^{-1}$)		1 000
色度/倍		15

注: 括号内为每年 12 月 1 日一次年 3 月 31 日限值。

2 工艺流程

根据进水以生活污水为主、含有部分工业废水的特点,结合出水水质要求,确定了在二级生物处理阶段对 COD、BOD₅ 和氨氮进行基本去除,在深度处理阶段进一步去除水中 TP、TN、SS 和色度的思路。经过工艺比选,确定生物处理采用技术可靠、抗冲击负荷能力强且具有脱氮除磷能力的改良 AAO 工艺,深度处理采用高效沉淀 + 深床滤池 + 臭氧接触工艺。

具体工艺流程见图 1。

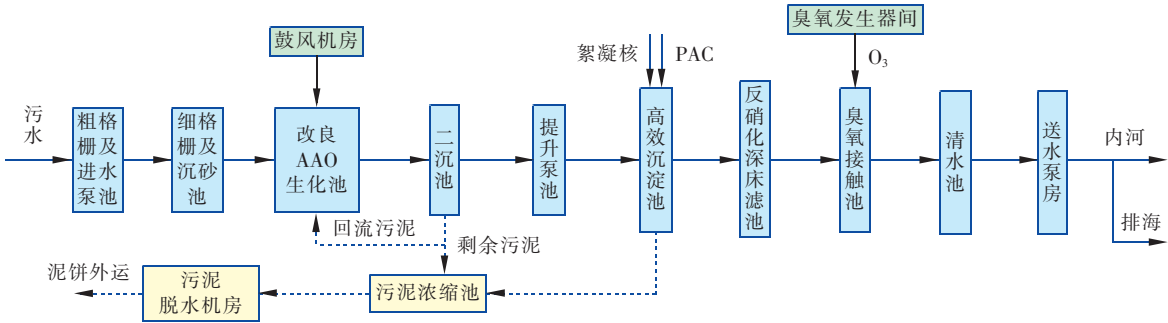


图 1 污水处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of wastewater treatment process

3 主要构筑物设计^[1]

3.1 粗格栅渠与进水泵池

污水格栅渠为 2 条地下钢筋混凝土直壁平行渠道,单渠宽 1 700 mm,共安装 2 台机械回转粗格栅,正常情况下,2 台机械回转格栅同时运行。配置 2 台机械粗格栅,格栅宽度 1.6 m,栅条间隙 20 mm。

进水泵池采用地下钢筋混凝土沉井,泵房与粗格栅渠合建,污水经粗格栅后,由泵提升进入细格栅站。设置 5 台可提升式不堵塞大流量潜污泵,流量 1 400 m³/h,扬程 130 kPa,其中两台配变频调速电机,在进水水量变化较大时调节水泵提升流量。

进水泵池与粗格栅渠合建,土建总尺寸为 $\varnothing 18 \text{ m} \times 10.1 \text{ m}$ 。

3.2 细格栅站

细格栅站设有 3 条渠道,正常情况下,3 台网板式格栅同时运行。3 条渠分别装有闸门以便检修。单渠宽 1.6 m,格栅宽度 1.5 m,栅隙 5 mm,过栅流速 0.9 m/s。

单条栅渠尺寸为 $10.6 \text{ m} \times 1.6 \text{ m} \times 2.0 \text{ m}$ 。

3.3 曝气沉砂池

由于来水中含有部分工业废水,因此选用曝气

沉砂池,不仅可去除原水中粒径较大的无机砂粒,还可去除沉砂中夹杂的部分有机物和油类,沉砂通过吸砂泵提至砂水分离器,进行砂水分离。池体工艺尺寸为 $19.4 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 5 \text{ m}$,水平流速 0.1 m/s,停留时间 3.2 min。

3.4 改良 AAO 生化池

采用改良 AAO 池型,由选择区、厌氧区、缺氧区、好氧区组成。可根据进水水质的不同采取多种、灵活的运行方式,在降解有机物的同时实现除磷脱氮的功能,如通过后缺氧区的开启或关闭可在 AAO 和 BARDENPHO 之间切换运行。其中选择区的设置,使回流污泥可先进入选择区,通过与进水混合降低回流污泥中的溶解氧,消除了其对厌氧环境的破坏,保证后续除磷效果。生化反应池的进水通过分配槽进行比例调节,控制不同进水流量分别进入厌氧/缺氧调节区和厌氧区,同时回流污泥也一同进入厌氧/缺氧调节区与一定比例的进水一同混合,进入后续厌氧区、缺氧区 and 好氧区。此外在生化池的首段和末端均设有化学除磷投药点,在进水总磷较高超出生物除磷的能力范围时,辅以化学除磷,保证出水达标。同时,在好氧区后段设置搅拌器,形成兼氧

区,设置碳源投加装置,以便满足提标的脱氮要求^[2]。

此外在缺氧区与好氧区的隔墙上装有带变频调速的内回流泵,用于混合液回流至缺氧区,变频器的设置有利于对混合液回流量的调节和控制。

共设4座生化池,总有效容积60 092 m³,其中选择区1 778 m³、厌氧池3 290 m³、缺氧池20 272 m³、好氧池34 752 m³,停留时间14.4 h,污泥浓度3.5 g/L,混合液回流量300%,气水比5.7:1。

3.5 二沉池

沉淀池采用周边进水周边出水的方式,出水堰为三角齿形堰,经环形集水渠收集后直接排入集配水井。设置4座内径为36 m的二沉池,表面负荷 $q_{\max}=1.33 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,沉淀时间3.27 h。

3.6 高效沉淀池

由于厂内空间有限,二沉池出水首先进入带磁絮凝的高效沉淀池,通过絮凝剂和磁介质的共同作用去除来水中的SS和TP。通过投加磁粉,快速形成絮凝核,使絮体密度增大,沉降速度加快,减小构筑物占地面积^[3]。

① 快混区

设置快混区,将PAC和污水进行充分混合,使PAC迅速均匀分散到水中,利于PAC水解,充分发挥其高电荷对水中胶体的电中和脱稳作用,使微小颗粒聚集在一起去除水中含磷污染物质。 $B \times L=3.2 \text{ m} \times 3.2 \text{ m}$,设计停留时间1.95 min。

② 磁介质混合区

在磁介质混合区投入磁介质,更容易形成矾花,同时大大提高矾花密度。 $B \times L=3.2 \text{ m} \times 3.2 \text{ m}$,设计停留时间1.95 min。

③ 絮凝区

在絮凝区内将PAM和污水进行慢速搅拌混合,逐渐凝聚成较大絮体,便于固液分离,使水中的悬浮物质及胶体得到有效去除。

从沉淀区底部回流的污泥被泵送到旋涡中。加

入循环污泥的目的是使污水中的悬浮固体与系统内的污泥接触以增强絮体的形成。经验表明,在特定的污泥浓度时可产生最佳的絮凝效果。 $B \times L=4.2 \text{ m} \times 4.2 \text{ m}$,设计停留时间3.3 min。

④ 沉淀区

沉淀区 $B \times L=12 \text{ m} \times 12 \text{ m}$,设计表面负荷为18.19 m/h。

3.7 深床滤池

为进一步保证出水TN达标,在高效沉淀池后设置一座深床滤池,冬季低温反硝化效果不好时,在滤池进水区投加适量碳源,对出水TN进一步把关,保证出水SS和TN达标^[4]。深床滤池共8格,单格尺寸为19.52 m \times 4.88 m,滤床深度为1.83 m,平均滤速为5.47 m/h。

3.8 臭氧接触池

由于台州地标对出水色度也提出更高要求,因此在深床滤池后设置臭氧接触池,利用臭氧的强氧化性保证出水色度达标^[5]。有效尺寸为20.1 m \times 10 m \times 6 m,停留时间为17.4 min,臭氧投加量为4~5 mg/L。

3.9 清水池

设置2座清水池,单座有效尺寸为56.0 m \times 28.0 m \times 4.0 m,调节比例为12.0%。

4 经济分析

项目工程费用约为4.47亿元,其中原厂改造约为900万元,进出厂管道约3 533万元,基础处理和桩基部分约7 010万元。

工程处理水量为 $3\,650 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,运行电费1 317万元/a,药剂费769万元/a,人工成本294万元/a,污泥处置费476万元/a,修理费1 090万元/a,其他费用316万元/a,则单位经营成本为1.17元/m³,单位总成本为2.03元/m³。

5 运行效果及分析

该厂在2018年4月开始正式通水运行,运行情况良好,达到了设计预期,实际运行数据见表2。

表2 实际进、出水水质

Tab.2 Actual influent and effluent quality

项 目	处理量/ (m ³ ·d ⁻¹)	SS/ (mg·L ⁻¹)		COD/ (mg·L ⁻¹)		BOD ₅ / (mg·L ⁻¹)		NH ₃ -N/ (mg·L ⁻¹)		TN/ (mg·L ⁻¹)		TP/ (mg·L ⁻¹)	
		进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
范围	49 479 ~ 107 417	66 ~ 2 230	<5	105 ~ 1 010	7 ~33	30 ~ 291	1 ~4	9.6 ~ 39.9	0.1 ~ 1.5	10 ~50	1 ~12	2.4 ~ 33.6	0.02 ~ 0.3
平均值	91 506	299	<5	336	21	91	2	23.5	0.3	26	7	4.2	0.04

高效沉淀池的运行:在试运行期间,在药剂投加量适合的情况下(磁粉投加量约为 2 mg/L),高效沉淀池效果比较稳定,出水较好。以 2018 年 8 月为例,进水 SS 在 10.8 ~ 40.6 mg/L 范围时,其出水浊度可达到 0.20 ~ 7.68 NTU,去除效果明显。

深床滤池的运行:在试运行期间,在投加适量碳源(20% 乙酸钠溶液约 1 000 L/h)时,可以保证对进水硝态氮有 34% 左右的去除率。正常运行后,为节约成本,碳源投加以生物池缺氧段为主,在前端去除 TN,深床滤池主要起保证出水 SS 作用。

6 工艺特点

根据高标准的出水要求,本工程在设计中针对各项排放指标有的放矢地设置了相应的处理构筑物,保证出水达标。

① 生化池可根据进水情况灵活运行,通过设置厌氧/缺氧调节区去除回流污泥中的溶解氧,可以充分利用来水中的碳源,减少后续加药量,有效降低成本,同时在生化池增加后缺氧段,对硝化液投加碳源达到脱氮效果。

② 设计中适当提高二沉池表面负荷,减小占地面积,降低投资,也可充分发挥后续工段作用。

③ 在高效沉淀池内利用磁介质形成絮凝核快速沉淀的性能,有效去除来水的 SS 和 TP,减少沉淀时间,节省用地。

④ 在高效沉淀池后设置深床滤池,在利用砂过滤保证出水 SS 的同时,依靠投加碳源反硝化作用达到脱氮目的。

⑤ 在项目前期针对出水色度通过试验确定了臭氧投加剂量,设计中采用臭氧氧化有色有机物去除色度,保证出水达标。

7 结论

台州市水处理发展有限公司污水处理厂三期工程按台州地标出水要求进行设计和建设,工程采用改良 AAO 生化池 + 高效沉淀 + 深床滤池 + 臭氧接触工艺。实际运行表明,该工艺运行稳定、可靠,运行费用适中,各项指标均达到了出水标准要求,可为污水处理厂高标准排放工艺设计提供借鉴。

参考文献:

- [1] 孙永利. 城镇污水处理提质增效的内涵与思路[J]. 中国给水排水,2020,36(2):1-6.
Sun Yongli. Connotation and way of quality and efficiency

improvement of municipal wastewater treatment [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36 (2): 1 - 6 (in Chinese).

- [2] 王舜和,李朦,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).

- [3] 庞治邦,姚吉伦,刘波,等. 磁絮凝技术在水处理中的应用与前景[J]. 重庆理工大学学报:自然科学版,2015,29(10):99-102.

Pang Zhibang, Yao Jilun, Liu Bo, et al. Application and prospects of magnetic flocculation in water treatment [J]. Journal of Chongqing University of Technology: Natural Science, 2015, 29 (10): 99 - 102 (in Chinese).

- [4] 张亮平. 深床反硝化滤池在市政污水深度处理中的应用[J]. 净水技术,2015,34(5):109-111.

Zhang Liangping. Application of deep bed filter of denitrification for advanced treatment of municipal wastewater [J]. Water Purification Technology, 2015, 34 (5): 109 - 111 (in Chinese).

- [5] 徐恒,徐小乐,王硕. 臭氧脱色工艺用于工业废水处理厂提标改造工程[J]. 中国给水排水,2018,34(8):59-62,66.

Xu Heng, Xu Xiaole, Wang Shuo. Application of ozone decolorizing process in upgrading and reconstruction of industrial wastewater treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34 (8): 59 - 62, 66 (in Chinese).



作者简介:王阳(1976-),男,天津人,硕士,高级工程师,从事市政给排水设计工作。

E-mail:13820191282@139.com

收稿日期:2020-02-19