

改良型倒置 AAO 工艺在某污水厂的应用

冯成军, 冯仕训

(无锡市市政设计研究院有限公司, 江苏 无锡 214072)

摘 要: 鄂东滨江新区污水厂一期规模为 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 进厂混合废水中工业废水与生活污水比例分别为 65%、35%, 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。该工程污水处理采用“曝气沉砂池 + 水解池 + 组合式生化沉淀池 + 絮凝沉淀池 + 连续流砂滤池 + 紫外消毒池”工艺, 二级处理采用改良型倒置 AAO 工艺, 调整了碳源分配方式, 从而对季节和水质变化适应性强, 脱氮效果稳定。生化池与二沉池合建, 整合硝化液回流、污泥回流、剩余污泥排放、加药区等功能于一个大池体内, 具有占地面积小、投资成本低、管路简单、运行费用省、管理方便的优点。该工程于 2018 年 12 月建成运行, 项目建设对保护长江水环境, 实现社会、经济、环境的协同可持续发展具有重要意义。

关键词: 污水厂; 水解池; 连续流砂滤池; 倒置 AAO 工艺

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)24-0062-04

Application of Modified Inverted AAO Process in a Wastewater Treatment Plant

FENG Cheng-jun, FENG Shi-xun

(Wuxi Municipal Design Institute Co. Ltd., Wuxi 214072, China)

Abstract: The scale of the first phase of Binjiangxinqu wastewater treatment plant in eastern Hubei was $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$. The ratio of industrial wastewater to domestic wastewater in the mixed wastewater was 65% and 35% respectively. The effluent quality should meet the first level A criteria specified in the *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002). The Combination process of “aeration sedimentation tank + hydrolysis tank + combined biochemical sedimentation tank + flocculation sedimentation tank + continuous running sand filter + ultraviolet disinfection” was adopted. The modified inverted AAO process was optimized for secondary treatment, which adjusted the distribution of carbon sources, so that the adaptability to seasonal and water quality change was strong, and the denitrification effect was stable. Biochemical tank and secondary sedimentation tank were built together, which integrated the functions of nitrate reflux, sludge reflux, excess sludge discharge and dosing area. The layout had advantages of small area, low investment cost, simple pipeline, low operation cost and convenient management. Since the project was completed and operated steadily in December 2018, it had great significance for protecting the Yangtze River environment and realized the coordinated and sustainable development of society, economy and environment.

Key words: wastewater treatment plant; hydrolysis tank; continuous running sand filter; inverted AAO process

鄂东滨江新区是湖北省黄冈市、浠水县、黄石市共同成立的跨长江联合开发示范区,面积为 150 km²,规划以新材料与机电一体化、光电子信息、生物医药、研发与生产服务四大产业集群为核心。配套污水厂一期工程于 2018 年 12 月建成并稳定运行至今。项目建设对保护长江水环境,实现社会、经济、环境的协同可持续发展具有重要意义。

1 工程规模及水质

1.1 工程规模

污水厂规划远期(2025 年)总规模为 14×10^4 m³/d,中期(2020 年)为 5.0×10^4 m³/d,近期(2015 年)为 2.5×10^4 m³/d。项目按中期规模征地并进行总图设计,分期建设,红线外远期扩建用地预留。

1.2 设计进、出水水质

园区生产废水可生化性一般,主要污染因子为酸碱性、COD 和悬浮物等,区域环评严格要求厂内预处理达到纳管标准后才能接入市政污水管。

污水厂进水为混合废水,工业废水与生活污水比例分别为 65%、35%。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,排入 3 km 长的生态河道,经闸站提升进入长江。设计水质见表 1。

表 1 设计进、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality

mg · L⁻¹

项目	COD	BOD ₅	SS	TN	NH ₃ - N	TP
进水	350	150	200	40	30	5
出水	50	10	10	15	5(8)	0.5

2 工艺流程

该污水厂工艺流程见图 1。

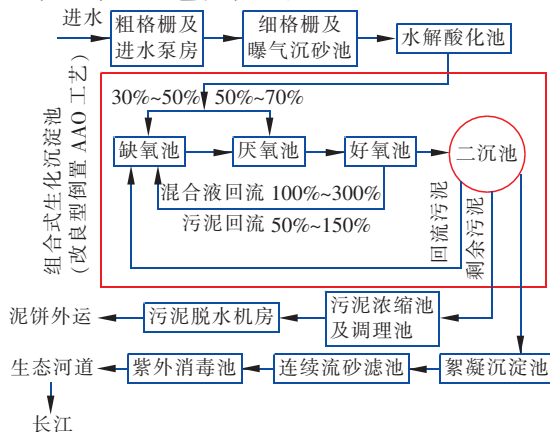


图 1 工艺流程

Fig.1 Process flow chart

2.1 预处理工段

采用“粗格栅及进水泵房 + 细格栅及曝气沉砂池^[1] + 水解池”工艺。曝气沉砂池的主要功能是除砂,曝气还能脱除砂粒表面有机物并具备一定的除油功能。

水解池用于提高污水可生化性,同时调节水质,降低水质冲击负荷;采用泥法运行,工艺由升流式厌氧污泥床反应器(UASB)演变而来^[2-3],污泥浓度可达 20 g/L,集物理沉降、吸附、生物降解于一体,反应条件控制在水解、酸化阶段,污水自下而上穿透污泥层,颗粒和胶体污染物得以截留和吸附,并在产酸菌等微生物作用下得到分解和降解。

2.2 二级处理工段

采用改良型倒置 AAO 工艺,主要优点如下:

① 缺氧区位于前段,反硝化优先获得碳源,强化脱氮能力;进水 B/C 值偏低时,碳源优先供给 NO₃⁻ - N 以保证 TN 去除。

② 污泥回流至缺氧区并采用两点进水方式,缺氧区污泥浓度比好氧区高出近 50%,单位池容的反硝化速率明显提高,保证反硝化作用。

③ 聚磷菌厌氧释磷后直接进入好氧环境,吸磷动力及时利用,“饥饿效应”能够提高生物除磷的效果。

④ 回流污泥经历完整的释磷、吸磷过程,在除磷方面具有“群体效应”优势;回流污泥和混合液先进行反硝化去除 NO₃⁻ - N 后再进入厌氧区,避免硝酸盐对释磷菌的影响,强化除磷效果。

⑤ 根据不同的进水水质、季节条件,以及生物脱氮和生物除磷所需碳源的变化,调节分配至缺氧区和厌氧区的进水比例,反硝化作用能得到有效保证,提高了运行调控的灵活性。

⑥ 采用组合式池型,将改良型倒置 AAO 工艺生化池和二沉池合建,在连接区域布置硝化液回流、污泥回流、剩余污泥排放、加药区等,各功能整合到一个大池体内,具有占地面积小、投资成本低、管路简单、运行费用省、管理方便的优点^[4]。

2.3 深度处理工段

深度处理采用絮凝沉淀池和连续流砂滤池,滤池重点去除 SS,同步降低污水中的颗粒、胶状物质、浊度、磷等指标,确保出水达标。

2.4 尾水消毒

采用紫外线消毒,具有占地面积小、管理方便、

运行费用低等优点。

2.5 污泥处理处置

水解池、絮凝沉淀池、二沉池剩余污泥经水泵排入污泥浓缩池,浓缩后进入调理池,投加絮凝剂改善污泥脱水性能以便压滤脱水。采用“重力浓缩池+调理池+液压隔膜板框脱水机^[5]”工艺,泥饼含水率为55%~60%,外运统一无害化处置。

2.6 碳源投加系统

为应对反硝化碳源可能不足的问题,设计1套碳源投加系统,碳源采用醋酸,保证碳源供应并灵活调整分配模式以应对不同工况的脱氮需求,投加点位于厌氧区和缺氧区前段。

3 工艺设计

① 粗格栅及进水泵房

土建按规划总规模 $14.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 一次建成,设备分期安装。2条格栅渠道,宽度为1.60 m,近期安装1台回转式粗格栅,栅缝为15 mm,安装倾角为 75° ,过栅流速为0.9 m/s,最大过栅水位差为200 mm。

进水泵房内设计6台水泵基础,近期安装3台潜水排污泵,中期建设增加同型号大泵1台,另2台泵位预留远期。近期水泵大小搭配,满足建成初期污水量递增的需求,大泵1台, $Q=1\,000 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=170 \text{ kPa}$, $N=90 \text{ kW}$;小泵2台, $Q=500 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=170 \text{ kPa}$, $N=45 \text{ kW}$,水泵自动耦合安装,变频控制。

② 细格栅及曝气沉砂池

土建按中期规模 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 建设,对称2组,设备分期安装。格栅采用回转式细格栅,栅缝为6 mm。曝气沉砂池平面尺寸为 $17.80 \text{ m} \times 8.30 \text{ m}$,有效水深为2.0 m,水平流速为0.036 m/s。

③ 水解酸化池

1座,对称2组,中间为管廊,总平面尺寸为 $33.7 \text{ m} \times 40.0 \text{ m}$,有效水深为5.5 m,停留时间为6.34 h,上升流速为0.87 m/h。剩余污泥泵2台, $Q=50 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=150 \text{ kPa}$, $N=5.5 \text{ kW}$;布水器直径 $\phi 1\,200 \text{ mm}$,数量30套,池底布水头1200套。

④ 组合式生化沉淀池

以倒置AAO生化池和2座二沉池为核心,整合生化池(缺氧区、厌氧区、好氧区)、二沉池、污泥回流、硝化液回流、剩余污泥排放、多点布水系统于一体,形成组合式生化沉淀池。污泥浓度为 $3\,800 \text{ mg/L}$,水力停留时间为16.05 h(好氧9.30 h,缺氧

4.75 h,厌氧2.00 h),污泥负荷为 $0.059\,2 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$,综合产泥率为 $0.80 \text{ kgDS/kgBOD}_5$,污泥回流比为50%~150%,硝化液回流比为100%~300%,污泥龄为19.80 d,供氧方式采用微孔盘式曝气,周进周出辐流式二沉池直径为 $\phi 30 \text{ m}$,沉淀区负荷为 $0.74 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

⑤ 絮凝沉淀池

土建按中期规模 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 建设,对称2组,设备分期安装。池内布置3级混合絮凝池,机械混合,单格平面尺寸为 $4.2 \text{ m} \times 4.2 \text{ m}$,有效水深为4.5 m,水力停留时间为13.7 min。沉淀方式采用斜管沉淀,单组平面尺寸为 $20.8 \text{ m} \times 13.25 \text{ m}$,表面负荷为 $3.78 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,斜板长为1.0 m,倾角为 60° ,超高0.50 m,清水区高度为1.2 m,配水区高度为1.6 m,排泥区高度为0.7 m。

⑥ 连续流砂滤池

1组24套,模块化组合,单套过滤面积为 5.5 m^2 ,平均流速为7.9 m/h,连续自动运行,在线气动反冲洗。

⑦ 紫外消毒池

土建按中期规模 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 建设,对称2组,近期安装1组紫外消毒模块,功率为22 kW。

⑧ 污泥浓缩池及调理池

计算绝干污泥量为 $5\,526 \text{ kgDS/d}$ ($625 \text{ m}^3/\text{d}$),平均含水率为99.12%;其中水解酸化池污泥 $1\,180 \text{ kgDS/d}$ (污泥含水率为99.0%),生物剩余污泥 $2\,896 \text{ kgDS/d}$ (污泥含水率为99.2%),化学污泥量 $1\,450 \text{ kgDS/d}$ (污泥含水率为99.0%)。

污泥浓缩池1座,直径 $\phi 12.0 \text{ m}$,有效水深为4.0 m,停留时间为17.37 h,固体负荷为 $48.86 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。浓缩污泥含水率为98%, $276.3 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

调理池1座,直径 $\phi 6.0 \text{ m}$,有效水深为3.5 m,调理时间为8.6 h。

⑨ 污泥脱水机房

土建按中期规模 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 建设,2台机位,近期安装1台液压隔膜板框脱水机,有效过滤面积为 400 m^2 ,设计进泥含水率为97.5%~98%,出泥含水率为60%,每批次工作周期为4 h,产泥量约2.0 tDS,平均每日工作2.76个周期。

⑩ 加药间、滤池反洗设备间

土建按中期规模 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 建设,平面尺寸为 $19.50 \text{ m} \times 9.00 \text{ m}$,内置PAC、PAM加药装置以

及砂滤池空气反冲洗设施。PAC 制备能力为 300 kg/d,加药泵 2 台, $Q=12\text{ m}^3/\text{h}$, $H=100\text{ kPa}$, $N=2.2\text{ kW}$;PAM 制备能力为 4 000 L/h,加药泵 2 台, $Q=10\text{ m}^3/\text{h}$, $H=300\text{ kPa}$, $N=4.0\text{ kW}$ 。

⑪ 碳源投加系统

碳源为醋酸,设醋酸储罐 1 套,PE 材质,有效容积为 10 m^3 ;醋酸投加泵 2 台, $Q=1\,000\text{ L/h}$, $H=500\text{ kPa}$, $P=0.75\text{ kW}$,变频控制。

⑫ 变配电间及鼓风机房

变配电间与鼓风机房合建,土建按中期规模 $5.0\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 建设,平面尺寸为 $39.6\text{ m}\times 8.5\text{ m}$,设计 6 台机位,一期安装罗茨鼓风机 3 台(2 用 1 备),风量为 $65\text{ m}^3/\text{min}$,风压为 67 kPa ,功率为 90 kW 。

4 运行效果

该工程于 2018 年 12 月建成运行,2019 年 1 月—7 月平均运行水质如表 2 所示。可见,工艺运行稳定,平均出水指标达到一级 A 标准。

表 2 实际运行进、出水水质

Tab. 2 Actual influent and effluent quality

项目	COD	BOD ₅	SS	TN	NH ₃ -N	TP
进水	195	87	129	28	17	3.8
出水	44.8	7.5	8.3	11.2	4.1	0.4

5 结语

本项目于 2018 年 12 月建成运行,工艺可靠,处理效果稳定,水解池、组合式生化沉淀池等主要构筑物设计参数可供类似项目参考。该项目建设对于保护长江水环境,实现社会、经济、环境的协同可持续发展具有重要意义。

参考文献:

- [1] 张莺,周瑜,何一俊,等. 城市生活污水厂处理高比例工业废水时的运行探索[J]. 中国给水排水,2013,29(10):95-100.
Zhang Ying,Zhou Yu,He Yijun,et al. Study on operation mode of urban sewage treatment plant with high proportion of industrial wastewater[J]. China Water & Wastewater, 2013,29(10):95-100(in Chinese).
- [2] 戴惠,冯成军,张万里,等. 徐州沛县经济开发区污水处理厂工艺设计[J]. 中国给水排水,2015,31(14):

66-70.

Dai Hui, Feng Chengjun, Zhang Wanli, et al. Process design of WWTP in Xuzhou Pei County Economic Development Zone [J]. China Water & Wastewater, 2015,31(14):66-70(in Chinese).

- [3] 王建龙,彭永臻,刘莹,等. 水解酸化/AAO 工艺的同步脱氮除磷及污泥减量研究[J]. 中国给水排水,2007,23(23):1-5.

Wang Jianlong, Peng Yongzhen, Liu Ying, et al. Hydrolysis acidification/AAO process for simultaneous nitrogen and phosphorus removal and excess activated sludge reduction[J]. China Water & Wastewater, 2007, 23(23):1-5(in Chinese).

- [4] 冯仕训,冯成军,蒋岚岚. 济源市第二污水处理厂工程设计[J]. 市政技术,2015,33(6):118-120,123.

Feng Shixun, Feng Chengjun, Jiang Lanlan. Engineering design of second treatment plant of Jiyuan City [J]. Municipal Engineering Technology, 2015, 33(6):118-120,123(in Chinese).

- [5] 郭辉. 某化工园区污水处理厂污泥深度脱水系统设计[J]. 中国资源综合利用,2019,37(5):42-44.

Guo Hui. Design of sludge deep dewatering system in a chemical park sewage treatment plant [J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2019, 37(5):42-44(in Chinese).



作者简介:冯成军(1982-),男,河南信阳人,硕士,高级工程师,注册公用设备工程师(给排水),注册环保工程师,从事城市污水处理、工业废水处理、给水处理的设计研究工作。

E-mail:9681410@qq.com

收稿日期:2019-08-11