

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2025.04.017

全地埋式污水处理厂建设与运动休闲公园综合利用

王银海, 罗明星, 杜虹余, 张武, 姜龙, 王寅彪, 程新艳,
张鑫, 肖奇宇, 郑学刚
(成都淮州东兴建设开发有限公司, 四川 成都 610404)

摘要: 成都市沱江污水处理厂一期土建规模为 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 设备安装规模为 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用全地埋封闭式建设。箱体内工艺流程自北向南依次布设, 实现了集约化和功能分区的合理布局。针对污水特点, 核心工艺采用水解酸化+改良型AAO, 设计出水水质执行《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》(DB 51/2311—2016)。详细介绍了该污水处理厂主要构筑物设计参数及设计亮点。自2021年11月转商运以来, 该厂出水水质稳定达标。一期工程投资为66 605.92万元, 实际运营成本为2.241元/ m^3 , 主要通过节能降耗措施及污泥减量化降低了运行成本。

关键词: 全地埋式污水处理厂; 改良型AAO; 创新用地模式

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2025)04-0104-05

Construction of an Underground WWTP and Comprehensive Utilization of Sports Park

WANG Yin-hai, LUO Ming-xing, DU Hong-yu, ZHANG Wu, JIANG Long,
WANG Yin-biao, CHENG Xin-yan, ZHANG Xin, XIAO Qi-yu, ZHENG Xue-gang
(Chengdu Huaizhou Dongxing Construction Development Co. Ltd., Chengdu 610404, China)

Abstract: Chengdu Tuojiang Wastewater Treatment Plant(WWTP) is built fully underground, with civil construction scale of $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ for the first phase and equipment installation of $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$. The process flow in the tank is arranged from north to south, which realized rational layout of intensification and function partition. According to the characteristics of the wastewater, the key processes adopts hydrolysis acidification and modified AAO. The design effluent quality implements the *Discharge Standard of Water Pollutants in Minjiang and Tuojiang River Basin of Sichuan Province* (DB 51/2311—2016). The design parameters and highlights of the main structures are elaborated. Since the commercial operation started in November 2021, the effluent quality of the WWTP has been stable and up to the standard, contributing to the release of the environmental capacity of the Tuojiang River basin. The investment of the first phase project is 666 059 200 yuan, and the actual operating cost is 2.241 yuan/ m^3 . The operating cost has been reduced through energy-saving and sludge reduction measures.

Key words: underground wastewater treatment plant; modified AAO; innovative land-use model

污水处理厂出水需排入岷江、沱江流域的,其排放标准需严格按照《四川省岷江、沱江流域水污染物

通信作者: 郑学刚 E-mail: 1193535294@qq.com

排放标准》(DB 51/2311—2016)执行,沱江污水处理厂出水排放流域即为沱江流域。为了保护沱江流域水环境,保证用户用水安全,实现人与自然和谐共生,践行“绿水青山就是金山银山”的理念,成都金堂县淮州新城建设污水处理厂势在必行^[1]。

全地理式污水处理厂将污水处理的主体构筑物埋于地下,具有噪声低、无异味、占地面积小、受气候影响小、管理方便、处理效率高等特点。地理式污水处理设备可埋于地下,地表可作绿化或其他用地,无需建筑、采暖、保温。

1 工程概况

沱江污水处理厂位于金堂县淮州新城白果街道文武宫社区,规划控制总用地面积达 5.58 hm²,其中箱体占地面积为 2.99 hm²。该污水处理厂采用全地下布置形式,所有处理设施均布置在地下箱体中,总规模为 8×10⁴ m³/d。污水处理厂分二期建设,一期土建设计规模 8×10⁴ m³/d,设备安装规模 4×10⁴ m³/d。“C”形综合楼建筑体与厂前区景观有机结合,体现运动、活力感。

2 工程设计

2.1 平面布局

该污水处理厂厂区平面布置见图 1。

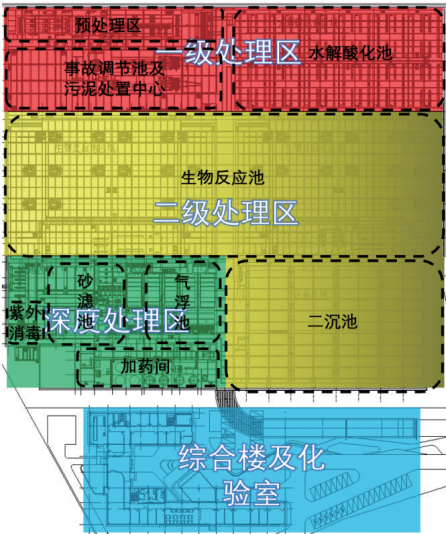


图1 厂区平面布置

Fig.1 Layout of the WWTP

该污水处理厂采用地理式设计,工艺设施均位于地下。箱体内部按工艺流程自北向南依次布置预处理、污泥处理、生物处理和深度处理区,实现了集约化和功能分区的合理布局。厂前区位于南侧,

包括综合楼、变配电间等,与箱体通过围墙有效分隔生产与办公区域。箱体顶部区域规划为景观和绿化,种植具有除臭功能的植物,营造休闲公园环境。臭气通过风机抽送至箱式生物滤池除臭系统,处理达标后通过 15 m 高的排气筒排放。该厂平面布置充分考虑了周围环境及厂区内的工艺流程,总平面布局合理^[2]。

2.2 设计出水水质

沱江污水处理厂设计进、出水水质见表 1。

表 1 设计进、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality

mg·L⁻¹

项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP
进水水质	300	130	200	30	70	3.6
《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 排放标准	50	10	10	5(8)	15	0.5
《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》(DB 51/2311—2016)工业园区集中式污水处理厂标准	40	10	/	3(5)	15	0.5
出水水质	40	10	10	3(5)	15	0.3

注: 括号内数据为水温≤12℃执行的标准。

设计出水 COD、BOD₅、NH₃-N、TN 等指标执行《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》(DB 51/2311—2016)中工业集中式污水处理厂标准,TP 执行城镇污水处理厂排放限值,其余指标执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准。

污水处理厂污泥经过脱水处理后外运至集中处置中心,使污泥“稳定化、无害化和减量化,并为资源化准备条件”;除臭设计的单体控制标准执行 GB 18918—2002 的二级标准,消除对周围空气环境的影响。

2.3 处理流程

该工程目前收集处理成都淮州新城部分区域的污水,主要包含成阿小柏片区、职教城部分区域和环保应急产业园区通威光伏项目,具体见图 2。

该污水处理厂主要处理工业废水和生活污水,其中工业废水占比超过 60%,以光伏产业废水为主,其特点是 COD 浓度较低,而氨氮和总氮浓度较高。



图2 污水处理厂服务范围

Fig.2 Service area of the Tuojiang WWTP

针对淮州新城的后期规划和该项目定位,在生化池前端引入水解酸化工艺,以适应可能的高浓度排水企业入驻,提供工艺保障。同时,为解决工业园区及光伏废水碳氮比失衡的问题,结合 Bardenpho 原理,优化了生物脱氮除磷过程,通过增加后缺氧段并延长其停留时间至 8 h,强化了反硝化过程,确保在总氮高的情况下出水稳定达标^[3]。整个系统在 C/N 比值较低时,可以减少外加碳源的需求,有效降低运行成本^[4-5];以 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的处理规模计算,预计节省碳源费用约 112.3 万元/a。

深度处理阶段采用高效气浮工艺,集成混凝、絮凝、气浮功能,占地少,处理效果好。针对工业废水特点,增设活性炭砂滤池(可超越),以去除微量有机物及SS,应对进水水质的突变,确保出水持续达标。工艺流程见图3。

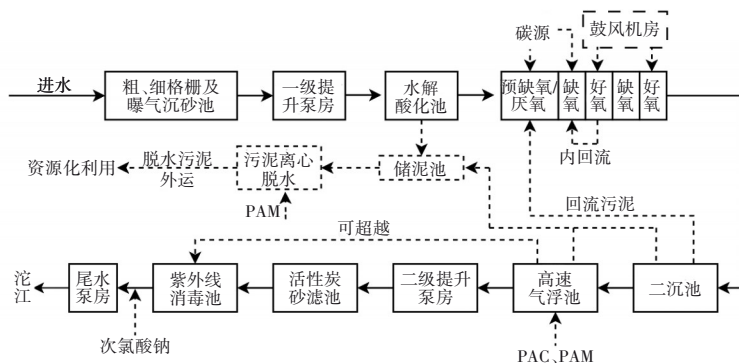


图3 沱江污水处理厂工艺流程

Fig.3 Flow chart of Tuojiang WWTP

2.4 主要构筑物及设计参数

① 粗、细格栅

粗、细格栅各1座,前段设置进水速闭闸井。一期设备配置规模 $4.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。粗格栅为回转式格栅除污机,一期安装2台,1用1备,每台格栅宽 $B=1\,200 \text{ mm}$, $H=48 \text{ kPa}$, $b=20 \text{ mm}$, $N=2.25 \text{ kW}$,倾角为 75° 。细格栅共2道,分别为 10 mm 转鼓细格栅和 3 mm 内进流孔板细格栅,转鼓细格栅一期安装2台,1用1备,每台格栅 $B=1\,600 \text{ mm}$, $b=10 \text{ mm}$, $N=2.2 \text{ kW}$,并配套螺旋输送机和螺旋压榨机,以及恒压冲洗系统;内进流孔板细格栅一期安装3台,2用1备,每台格栅渠宽 $B=1\,600 \text{ mm}$,渠深 $H=2.8 \text{ m}$, $b=3 \text{ mm}$, $N=2.05 \text{ kW}$ 。

② 曝气沉砂池及提升泵房

曝气沉砂池1座2池,本次安装2组,单池处理规模为 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, $K_Z=1.41$,有效水深 $H=3.5 \text{ m}$,停

留时间 6 min;曝气沉砂池采用非金属链板式刮砂机,共 2 套,并配套砂泵 4 台,2 用 2 备。潜水排污泵, $Q=1\,175\text{ m}^3/\text{h}$, $H=55\text{ kPa}$, $N=30\text{ kW}$ 。水解酸化池 1 座 2 组,每组分为 6 格,本次安装 1 组,水力停留时间为 6 h。

③ 生物反应池及二沉池

2座改良AAO生物反应池,规模为 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,单座处理规模为 $4.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,分为2组,本次安装1座,有效水深8.5 m,总停留时间23 h。污泥浓度(MLSS)为3.5 g/L,总泥龄46.1 d,硝化段泥龄15 d,BOD负荷 $0.013 \text{ kg}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$,总氮负荷 $0.02 \text{ kg}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$,混合液回流比150%~300%,污泥回流比50%~100%,气水比6.6:1,总供气量 $190 \text{ m}^3/\text{min}$ 。采用矩形周进周出二沉池,总处理水量为 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,1座2组,每组分为4池,本次安装一组,单池宽9 m;二沉池表面负荷:高峰流量时为 $1.33 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,平

均流量时为 $0.94 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

④ 高速气浮池

高速气浮池1座5组,本次安装3组。气浮除磷系统共设置3组气浮除磷池,总体尺寸约 $30 \text{ m} \times 25.3 \text{ m} \times 5.7 \text{ m}$,有效水深 4.7 m ,总处理水量为 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,日峰值系数1.41。设计溶气气水比9.6%,设计最大流量上升流速 18.96 mm/s ,最大流量时分离区水力负荷 $17.88 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

⑤ 活性炭砂滤池

活性炭砂滤池可吸附和生物降解水中的微量有机物(有机磷、有机氮)、截留污水中悬浮物。土建工程按 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 一次建成,设备按 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 安装,设计滤速 9.9 m/h ,炭层厚度 3.5 m ,砂层厚度 1 m ,空床接触时间 19.3 min (高峰),活性炭设计更换周期4年。

3 设计亮点

① 创新生态设计,形成城市景观亮点。采用地理式设计和集约化布局相结合,上部运动公园的整体景观与周边环境相协调和融合,并与园林式城市定位浑然一体,充分体现人与自然和谐共生的设计理念。

② 创新降噪除臭工艺,提升生态环境效益。利用箱体顶部 1.5 m 覆土并广泛种植各种绿植,在主要设备和风机房等噪声较大区域使用隔音棉、隔音天花板进行隔音处理,强化整个厂区的隔音屏障性能,将厂区内噪声值降至周边背景值以下;对易产生臭气的单元,通过生物除臭系统进行分片收集和處理,达标后通过风塔排放至距地面 15 m 处高空,最大程度消除臭气外逸情况,减小恶臭对周边环境空气质量的影响^[6]。

③ 创新用地模式,提升社会综合效益。调整用地性质,提升土地价值。采用全地理式设计释放地面空间,融入生态元素,建设运动公园,提升土地价值,改善周边地价和吸引力,促进环境友好型人居社区建设。

④ 优化总体布置,节约用地。该项目改变常规分分布式布局模式,采用地下集聚式的污水处理设施布局(共墙结构为主的集约化布局箱式结构),将构筑物分组、整合不同的矩形模块,实现立体合理布局,提高空间利用率。

⑤ 优化水力设计,节约能耗。采用集约化设

计并多采用渠道和管道连接,减小水头损失,降低能耗。厂区通风利用风井大百叶自然进风条件,有效降低能耗。

⑥ 优化污水处理工艺,节约运行成本。利用Bardenpho原理对AAO工艺进行优化,强化了生物反应系统整体脱氮效果,同时还有效利用了系统内部碳源,在C/N比值较低的情况下可以有效减少外部碳源的投加量甚至无需投加额外碳源,在降低药剂成本的同时实现污泥减量化。

⑦ 增加智慧系统和精确过程控制模块。增加智慧运行管控平台及工艺智能化控制模块,通过智慧化、精确化的工艺控制,实现最佳运行状态的自动调整,降低电耗和药耗,提供动态可视、数字智慧、安全高效的管控平台,降低工人劳动程度。

4 运行情况

该污水处理厂自2021年11月转商运以来,平均处理水量达到设计规模的80%,出水水质稳定。对2021年11月—2024年3月的出水水质指标进行统计可知,其主要污染物控制指标 BOD_5 、 COD 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 TN 、 TP 的月均值分别维持在 $0.8\sim 1.62$ 、 $11.74\sim 23.84$ 、 $0.04\sim 0.97$ 、 $2.52\sim 6.81$ 以及 $0.03\sim 0.11 \text{ mg/L}$;各项指标均稳定达到《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》(DB 53/2311—2016),其中 BOD_5 、氨氮、总磷三项指标已经达到地表水Ⅲ类水质标准, COD 达到了地表水Ⅳ类标准。自转商运以来,累计削减污染物: BOD_5 为 $1\,017 \text{ t}$ 、 COD 为 $2\,431 \text{ t}$ 、氨氮为 230 t 、总磷为 17 t 。

5 经济效益分析

该污水处理厂工程投资为 $66\,605.92$ 万元。运营成本费用主要包括:电费、水费、人工费、药剂费、维修费、污泥外运费及其他费用,人工定额为24人。其中电费 $0.42 \text{ 元}/\text{m}^3$ 、水费 $0.01 \text{ 元}/\text{m}^3$ 、人工费 $0.274 \text{ 元}/\text{m}^3$ 、药剂费 $0.283 \text{ 元}/\text{m}^3$ 、维修费 $0.79 \text{ 元}/\text{m}^3$ 、污泥外运费 $0.35 \text{ 元}/\text{m}^3$ 、其他费用 $0.114 \text{ 元}/\text{m}^3$,合计实际运营成本为 $2.241 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。

在设计 and 实际运行过程中,实施节能降耗措施主要体现在能耗降低、碳源和除磷药剂费降低和污泥减量化3个方面。

① 厂区内仅设三级提升,且中间提升泵房可根据水质条件进行超越,较大程度节约了能源消耗;其次,生化池考虑完全硝化强化 COD 去除,风机

选型和实际运行基本保持在较低水平;吨水电耗满产时基本稳定在 $0.68\text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ 。脱水机等设备冲洗水采用再生水,近期可节约自来水水量约 $30\text{ m}^3/\text{d}$,节省水费4.2万元/a。

② 在设计过程中结合 Bardenpho 原理,在强化脱氮除磷基础上,实现了一定程度的污泥减量化。在实际运行过程中,参照其他项目(光伏废水)碳源投加量综合维持在 $30\sim 40\text{ mg/L}$ 、PAC 投加维持在 $100\sim 120\text{ mg/L}$ 之间,产泥系数基本控制在 $1.4\text{ tDS}/10^4\text{ m}^3$ 污水。

6 结语

沱江污水处理厂集“全地理式封闭污水处理厂+屋顶运动公园”于一体,远期污水日均处理量 $8\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,采用全地理封闭式施工模式。污水处理采用预处理+水解酸化+改良 AAO+周进周出二沉池+高速气浮池+活性炭砂滤池+紫外消毒池的组合处理工艺,出水水质优于《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》(DB 51/2311—2016)(工业园区集中式污水处理厂)。通过创新的生态设计、降噪除臭工艺、用地模式、水力设计和总体布局,不仅提升了污水处理效率和生态环境效益,还增强了社会综合效益,节约了用地和能耗,为建设环境友好型人居社区作出了贡献。

参考文献:

- [1] 王晓磊,王伟燕,安少锋,等. AO 工艺用于化工废水脱氮的中试研究[J]. 工业水处理, 2021, 41(12): 119-122.
- WANG Xiaolei, WANG Weiyan, AN Shaofeng, *et al.* Pilot-scale study on denitrification of chemical wastewater by AO process [J]. Industrial Water Treatment, 2021, 41(12): 119-122 (in Chinese).
- [2] 周建华,林忠军. 半地理式污水处理厂建设与体育公园综合利用案例[J]. 给水排水, 2021, 47(12): 26-29.
- ZHOU Jianhua, LIN Zhongjun. Case study on construction of semi-underground sewage treatment plant

and comprehensive utilization of sports park [J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 47(12): 26-29 (in Chinese).

- [3] 王琨,汤利华,汪强林,等. 污水可生化性对污水处理效果影响的分析[J]. 工业用水与废水, 2012, 43(1): 16-18, 31.
- WANG Kun, TANG Lihua, WANG Qianglin, *et al.* Analysis on effect of wastewater treatment affected by biodegradability [J]. Industrial Water & Wastewater, 2012, 43(1): 16-18, 31 (in Chinese).
- [4] 赵铮. 改良型 AAO 工艺脱氮效果评价及优化研究[D]. 桂林: 桂林理工大学, 2017.
- ZHAO Zheng. Evaluation and Optimization of Nitrogen Removal Efficiency of Modified AAO Process [D]. Guilin: Guilin University of Technology, 2017 (in Chinese).
- [5] 贺萍,刘颖,席国赞. 改良型 AAO+D 型滤池三级处理工艺在污水处理高排放标准下的应用[J]. 净水技术, 2021, 40(S2): 28-31.
- HE Ping, LIU Ying, XI Guoyun. Application of improved AAO+D filter tertiary treatment process under high emission standard of sewage treatment [J]. Water Purification Technology, 2021, 40(S2): 28-31 (in Chinese).
- [6] 张华伟,瞿露. 山地城市半地下污水厂建设与竖向空间综合利用案例[J]. 中国给水排水, 2019, 35(20): 42-46.
- ZHANG Huawei, QU Lu. Case study on construction of semi-underground sewage treatment plant and comprehensive utilization of vertical space in mountain cities [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(20): 42-46 (in Chinese).

作者简介:王银海(1993—),男,四川巴中人,硕士研究生,中级工程师,主要研究方向为水污染控制。

E-mail: wangyinhai163@163.com

收稿日期: 2024-04-23

修回日期: 2024-08-01

(编辑:衣春敏)