

杨魁志. AAO+二沉池叠加结合现有处理单元的污水厂工艺改造方案[J]. 净水技术, 2024, 43(9): 173–181.

YANG K Z. Process reconstruction scheme of AAO+secondary sedimentation tank superimposed with existing treatment unit of the WWTP[J]. Water Purification Technology, 2024, 43(9): 173–181.

AAO+二沉池叠加结合现有处理单元的污水厂工艺改造方案

杨魁志*

(中铁二院工程集团有限责任公司, 四川成都 610031)

摘 要 攀枝花某污水厂原设计规模为 $1.9 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 出水水质为一级 B 排放标准。随着该市对水环境保护要求的不断提高, 对再生水用量的日益增加, 原有的尾水排放标准已不能满足相关需求, 因此, 需要对该污水厂进行提标升级改造。而该厂区面临地理位置空间受限、预留用地不足、场地异形等难题。设计团队因地制宜, 平面科学布局, 立体深挖潜能, 采用了 AAO+二沉池空间叠加组合工艺的布置形式, 同时充分挖掘既有建构筑物的潜能, 出水水质由一级 B 排放标准提标升级为一级 A 排放标准。该工程土地利用效率高, 有良好的社会效益和环境效益, 为山区城市用地紧张的污水处理厂提标升级改造提供了新的思路。

关键词 AAO 二沉池 污水厂 提标升级 节约用地

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-0177(2024)09-0173-09

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2024.09.022

Process Reconstruction Scheme of AAO+Secondary Sedimentation Tank Superimposed with Existing Treatment Unit of the WWTP

YANG Kuizhi*

(China Railway Second Institute Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract The original design scale of a wastewater treatment plant (WWTP) in Panzhihua is $1.9 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, and the effluent quality is first class B discharge standard. With the continuous improvement of the city's requirements for water environmental protection and the increasing use of reclaimed water, the original tailwater discharge standards can no longer meet the relevant needs, so the WWTP needs to be upgraded and reconstructed. However, the WWTP is faced with problems such as limited geographical location, insufficient reserved land, and special-shaped site. The design team adapted measures to local conditions, laid out the plane scientifically, and dug deep into the potential in three dimensions, adopted the layout form of AAO + secondary sedimentation tank space superposition combination technology, and fully tapped the potential of the existing buildings, and upgraded the effluent quality from the first class B discharge standard to the first class A discharge standard. The project has high land use efficiency and good social and environmental benefits, which provides a new idea for the upgrading and reconstructing of WWTPs with tight urban land in mountainous areas.

Keywords AAO secondary sedimentation tanks wastewater treatment plant (WWTP) upgrading and reconstruction land saving

近年来,随着城镇化率不断提高,城市人口快速增长,城市规模也在持续扩张,人们对绿水青山的需求日益提高。多轮中央环保督察持续推进,国家层面期望水环境、水生态持续改善,既有污水厂原有的

排放标准不再适应现在的环保需求,因此,对尾水排放标准较低的污水厂提标升级改造也提上了日程。早年位置偏远的污水厂逐步演变成城区,尤其是靠近城市中心区域的地方,难以规划合适的地块用于新建或改扩建污水处理厂,导致污水处理厂用地矛盾突出^[1]。本工程在既有污水厂的基础上,采用 AAO+二沉池空间叠加工艺,深度挖掘既有建构筑物潜能,尽量不拆或少拆,推动污水厂建设模式向土

[收稿日期] 2023-12-11

[通信作者] 杨魁志(1982—),男,高级工程师,主要从事污水厂及配套管网设计及工程总承包管理工作, E-mail: 80898852@qq.com。

地高效利用、资源节约方向升级。

1 工程概况

该污水厂占地 20.4 亩 (1 亩 $\approx 667 \text{ m}^2$), 设计规模为 $1.9 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 原污水厂出水为一级 B 排放标准, 2007 年投产运行。处理工艺采用 CASS 工艺为核心的二级处理工艺, 深度处理采用 D 型

纤维滤池, 消毒工艺采用紫外线消毒, 污泥处理采用带式浓缩脱水一体机直接浓缩脱水工艺。2019 年, 根据当地对水环境、水生态改善以及污水再生利用的要求, 需要将污水厂排放标准由一级 B 排放标准提标升级为一级 A 排放标准。改造前污水厂平面布置如图 1 所示。

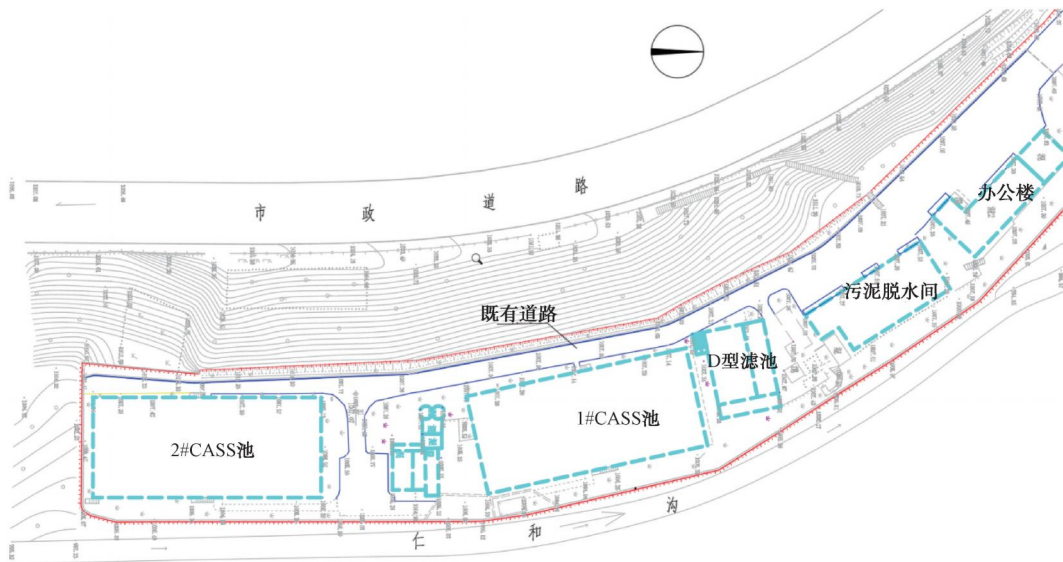


图 1 改造前污水厂平面布置

Fig. 1 Layout Plan of WWTP before Reconstruction

2 方案论证

2.1 设计水质

污水厂的设计水质应根据调查资料确定。城市污水厂进水成分主要包括市区大量直排生活污水和部分工业污废水, 这些确定性因素是水质的主要影响因素。因确定性因素杂乱且众多, 采用的预测及分析方法将这些确定性因素视作随机变量来处理。

有较多的实测水质资料情况时通常采用频率统计法, 将某一累计频率下的最高浓度值作为设计水质。对应的累计频率就是污水处理厂设计进水水质的保证概率^[2]。为完整有代表性的体现该污水厂进出水情况, 一般按整年度进行数据分析, 我们选取 (2018 年—2019 年) 连续 12 个月数据进行分析, 如表 1 所示。

表 1 污水厂 2018 年 8 月—2019 年 7 月实际进出水水质统计

Tab. 1 Statistics of Actual Influent and Effluent Quality of WWTP from August 2018 to July 2019

项目	COD _{Cr}		BOD ₅		TN		氨氮		TP		SS	
	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
取样数/个	361	361	339	339	354	354	354	354	353	353	337	337
平均值/(mg·L ⁻¹)	281	36.2	149	8.7	38.1	17	29.3	6.9	4	2	342	8.5
原设计水质/(mg·L ⁻¹)	350	60	180	20	35	20	30	8	5	1.0	350	20
一级 A 标/(mg·L ⁻¹)	50		10		15		5(8)		0.5		10	
出水达标/个	360		320		128		69		0		294	
达标率	99.7%		94.4%		36.2%		19.5%		0		87.2	

注: 括号外数值为水温 $>12 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的控制指标, 括号内数值为水温 $\leq 12 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的控制指标。

由表 1 可知, 该厂实际进水水质为典型中浓度

城市污水, 但进水 SS 偏高。对于一级 B 标准, 除 TP

外,其他 5 项出水指标均能稳定达标;对于一级 A 标准,COD_{Cr}、BOD₅、SS 基本能稳定达标,TN、氨氮出水指标不能稳定达标,TP 出水不达标。另外根据业主提供的污水厂出水实测数据,除上述 6 项常规指标外,污水厂出水基本控制项目其余指标(动植物油、石油类、阴离子表面活性剂、色度粪大肠菌群数等)均能稳定达标排放。若污水厂要满足现行《城

镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级标准 A 标准,需要对污水厂进行提标改造,改造工艺以提高 TN、氨氮、TP 的去除率为主要目标。

关于城市污水处理厂进水水质的保证概率,目前尚无明文规定,实际分析中,一般采用 85%~95% 的保证概率。污水厂 2018 年 8 月—2019 年 7 月进水水质累计频率分析如表 2 所示。

表 2 污水厂 2018 年 8 月—2019 年 7 月进水水质累计频率分析

Tab. 2 Cumulative Frequency Analysis of Influent Quality in WWTP from August 2018 to July 2019

累计频率	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	TN/(mg·L ⁻¹)	氨氮/(mg·L ⁻¹)	TP/(mg·L ⁻¹)	SS/(mg·L ⁻¹)
35%	—	—	34.92	24.99	—	—
70%	307.92	166	40.33	30.67	3.18	354
75%	313.18	168	40.98	31.26	3.22	356
80%	317.6	170	41.79	32.24	3.26	360
85%	323.96	172.5	43.09	33.14	3.31	364
90%	331.2	174.6	44.13	34.37	3.36	374
95%	343.2	178.5	45.99	35.63	3.44	384

本项目设计进水水质保证概率(85%)以及不低于原设计水质指标确定,并适当降低 SS 取值,得

本次污水厂改造工程进水水质,出水排放标准为一级标准 A 标准,如表 3 所示。

表 3 设计进出水水质指标

Tab. 3 Indices of Designed Influent and Effluent Quality

设计水质	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	SS/(mg·L ⁻¹)	TN/(mg·L ⁻¹)	氨氮/(mg·L ⁻¹)	TP/(mg·L ⁻¹)	pH 值
进水	350	180	350	45	35	3.5	6~9
出水	50	10	10	15	5	0.5	6~9

2.2 污水处理工艺方案

在生物处理中,处理效率由低到高依次是生物过滤法、活性污泥法、生物膜法,最高的二级生物膜法仍然不易达到本工程的去除要求。

常规生物处理工艺对 SS、COD_{Cr} 和 BOD₅ 的去除效果较好,而对氮和磷的去除效果相对较差,二级处理仅通过排放剩余污泥的形式将氮和磷少部分排除,氮的去除率为 10%~20%,磷的去除率为 12%~19%,达不到本工程对氮和磷去除率的要求^[3]。因此,要达到本工程的各项去除指标,必需采用高效的脱氮除磷处理工艺。

2.2.1 工艺分类

从空间分割和时间分割两个维度可以把生物脱氮除磷工艺分为两大类。连续流工艺是按照空间分割的维度进行划分,而间歇式工艺是从时间分割的维度进行划分^[4]。

(1)按空间进行分割的生物脱氮除磷工艺

按各种功能在不同的池体内完成是空间分割的

连续流工艺。成熟的工艺有:吸附-生物降解(AB)法、UCT 法、氧化沟、AO 法、AAO 法等。

(2)按时间进行分割的生物脱氮除磷工艺

按时间分割的间歇式工艺主要以生物反应与沉淀合二为一的间歇活性污泥法为主,又称序批式活性污泥法(SBR)。近几年来,已发展成为多种型式,主要有传统 SBR、间歇式循环延时曝气活性污泥法(ICEAS)、循环式活性污泥法(CAST)、UNITANK 工艺等。

根据进出水水质以及对重点去除指标的要求,SS 主要靠物理方法(例如沉淀或过滤)去除,COD_{Cr} 和 BOD₅ 常规二级处理工艺能达到较高的去除率,而氮和磷去除率的高低,是决定了采用何种生物处理工艺的关键。

出水达到一级标准 A 标准,工艺选择应以去除 TN 为主,提高污水厂出水水质的工艺方案有 2 种:其一为改造生化池,使氮在二级处理中去除,同时进行部分除磷,三级处理考虑强化除磷及 SS 的去除;其二为保留现有的二级处理不动,在现有二级出水

水质的基础上再增加的三级处理中再进一步考虑脱氮、除磷及 SS 的去除。单纯在三级处理中脱氮将增加处理难度,需要采用后置反硝化池脱氮,不能利用进水碳源而要完全依靠增加碳源投加以解决脱氮所需碳源的问题,增加运行费用。因此,本项目仅考虑在二级处理中就将氮去除掉的方案,这样会减轻深度处理的难度,降低运行费用。

综上所述,设计团队对具有脱氮除磷功能的处理工艺进行分析,同时结合污水厂既有的用地条件及特点,选择了改良型一体化氧化沟(BioDopp)工艺和 AAO 工艺两种方案从投资、用地、电耗、经营成本、自控及管理要求等角度进行对比,以期找到更适合本项目的解决方案。

表 4 方案一:新建及要改造的主要建(构)筑物

Tab. 4 Scheme 1: Renovated and Newly Built Major Structures (Buildings)

序号	名称	结构形式	单位	数量	备注
1	BioDopp 生化池	钢混	座	2	CASS 工艺改造
2	鼓风机房及变配电间	框架	栋	1	改造
3	D 型纤维滤池	框架+钢混	栋	1	改造
4	除臭装置	成套	座	1	新建
5	碳源投加间	框架+钢混	座	1	新建

方案二:将 CASS 工艺改造为 AAO+二沉池

根据最新进出水水质核算,将现有 CASS 池前端区域改造成 AAO 生化池,CASS 池后端区域及池外空地改造为沉淀区,因沉淀区面积有限,

方案一:将 CASS 工艺改造为 BioDopp 工艺

原有两座 CASS 生化反应器外部土建尺寸利用,有效水深从 5.9 m 提高为 6.0 m,内置泥水分离区,将内部土建结构部分改动,改造为 BioDopp 生化反应器。BioDopp 生化工艺是采用低溶解氧、高污泥含量,高回流比的一种生化技术。污水进入 BioDopp 生化反应器后,先后经过生物选择区、气提区、曝气区及泥水分离区,对 BOD₅、氮和磷均有较高的去除率。BioDopp 工艺出水自流进入到 D 型纤维滤池,D 型纤维滤池出水进入接触池消毒,并计量出水或中水回用。

BioDopp 工艺方案主要新建及改造的建(构)筑物如表 4 所示。

设计采用矩形二沉池加强出水效果,保证出水水质。

AAO+二沉池工艺方案(方案二)主要新建及改造的建(构)筑物如表 5 所示。

表 5 方案二:新建及要改造的主要建(构)筑物

Tab. 5 Scheme 2: New and Major Structures (Buildings) to be Renovated

序号	名称	结构形式	单位	数量	备注
1	AAO 生化池	钢混	座	2	CASS 池改造
2	二沉池	钢混	座	2	CASS 池改造
3	鼓风机房	框架	栋	1	改造
4	D 型纤维滤池	框架+钢混	栋	1	改造
5	除臭装置	成套	座	1	新建
6	碳源投加间	框架+钢混	座	1	现有房间改造

2.2.2 方案技术经济比较

对 BioDopp 工艺和 AAO 工艺方案设计和经济对比的情况汇总如表 6 所示。

AAO 工艺是在 AO 法的基础上对生物脱氮除磷功能进行了强化,其核心仍然是 AO 法,该工艺具有以下优点:其一可以采用较大的设计水深,尽量减少池体的用地面积;其二是运行稳定、耐冲击负荷能力

较强,出水水质较好,污泥具有较好的沉降性,一般不会出现污泥膨胀;其三该工艺采用鼓风机进行曝气充氧和搅拌,耗电量低,氧气的利用率高;其四对出水水质控制具有可操作性,该工艺成熟,运行和管理都相对简单。

通过定量及定性比较分析,与 BioDopp 工艺相比,AAO+二沉池方案在工程投资、运行成本、运行

稳定性等方面具有一定的优势。因此,在本污水处理厂提标升级改造工程的方案设计中,推荐采用AAO+二沉池工艺。

表 6 工程方案对比
Tab. 4 Comparison of Engineering Schemes

项目	方案一: BioDopp 工艺	方案二: AAO+ 沉淀池工艺
工程费用/万元	2 280	1 850
新增用地面积/m ²	345	286
吨水电耗/(kW·h·m ⁻³)	约 0.25	约 0.25
日产干泥量/(t Ds·d ⁻¹)	4.85	4.80
有机物	≤90%	≤90%
氮磷	TN≤70%, 磷≥90%	TN≤70%, 磷≥90%
复杂程度	简单	简单
自动化控制要求	高	一般
运行管理方便程度	较方便	方便

3 工艺流程

通过技术经济比较,本项目确定采用具有生物脱氮除磷功能的 AAO 生化池+二沉池+D 型纤维滤池生物处理工艺;污泥处理采用卧螺离心脱水机,污泥处置以卫生填埋为主,消毒仍采用紫外线消毒工艺(图 2)。

4 主要建构筑物改造

4.1 既有构筑物改造

1) 粗格栅渠、细格栅及沉砂池

现状:原粗、细格栅渠按 $1.9 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 规模设计,土建一次建成,设备均按 $1.9 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 规模安装。

改造措施:本次提标升级改造工程粗、细格栅满足现状要求,设备不需改造。现有沉砂池为比式沉砂池,除砂效果良好,设备不需改造。土建部分需将构筑物加高 0.65 m 以满足流程需要。

2) AAO 生化池+二沉池工艺

改造措施(单座):设计流量为 $1.9 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$;设计水温为 15~30 ℃;硝化段的总凯氏氮(TKN)/污泥浓度(MLSS)负荷率 $<0.05 \text{ kg TKN}/(\text{kg MLSS} \cdot \text{d})$;反硝化段碳/氮比(BOD_5/TN) >4 ;MLSS 为 4 g/L;污泥负荷为 $0.097 \text{ kg BOD}_5/(\text{kg MLSS} \cdot \text{d})$;泥龄为 10~15 d;混合液回流比为 100%~200%;污泥回流比为 50%~100%;系统总水力停留时间为 17.34 h(预缺氧区为 0.8 h,厌氧区为 1.94 h,缺氧区为 4.25 h,好氧区为 10.35 h)。曝气器采用高效微孔盘式曝气器;单盘通气量为 $3.0 \text{ m}^3/\text{h}$,服务面积为 $0.4 \sim 0.6 \text{ m}^2/\text{个}$,氧利用率 $\geq 30\%$ 。二沉池平均表面

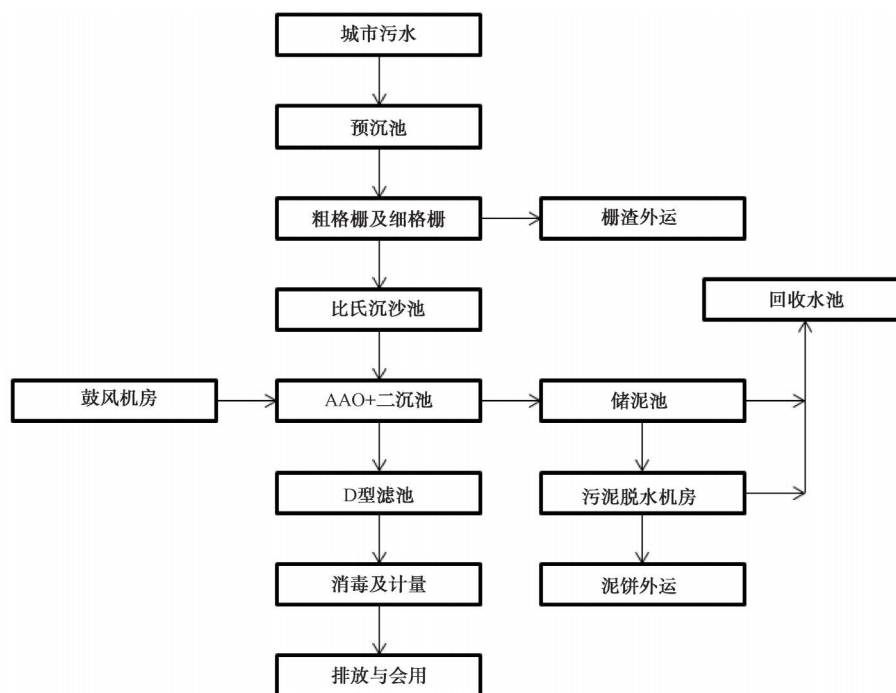


图 2 改造工艺流程

Fig. 2 Process Flow of Reconstruction

负荷取 $0.87 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$; 配备非金属链条刮泥机, 池长为 45.7 m , 宽为 9 m , 有效水深为 4.2 m , 功率为 0.37 kW , 速率为 0.3 m/min , 配套排泥系统、撇渣系统设备。

运行控制方式: 潜水搅拌机、潜水推流器、沉淀池刮泥机等连续运行, 连续排泥, 可现场手动控制开

停及远程自动控制。组合池尺寸(单座): 预缺氧区 $L \times B \times H = 4.2 \text{ m} \times 10.8 \text{ m} \times 7.3 \text{ m}$; 厌氧区 $L \times B \times H = 10.15 \text{ m} \times 10.8 \text{ m} \times 7.3 \text{ m}$; 缺氧区 $L \times B \times H = 22.25 \text{ m} \times 10.8 \text{ m} \times 7.3 \text{ m}$; 好氧区 $L \times B \times H = 13.15 \text{ m} \times 10.8 \text{ m} \times 7.3 \text{ m}$; 沉淀池 $L \times B \times H = 45.7 \text{ m} \times 10.0 \text{ m} \times 4.9 \text{ m}$ 。组合池工艺如图 3、图 4 所示。

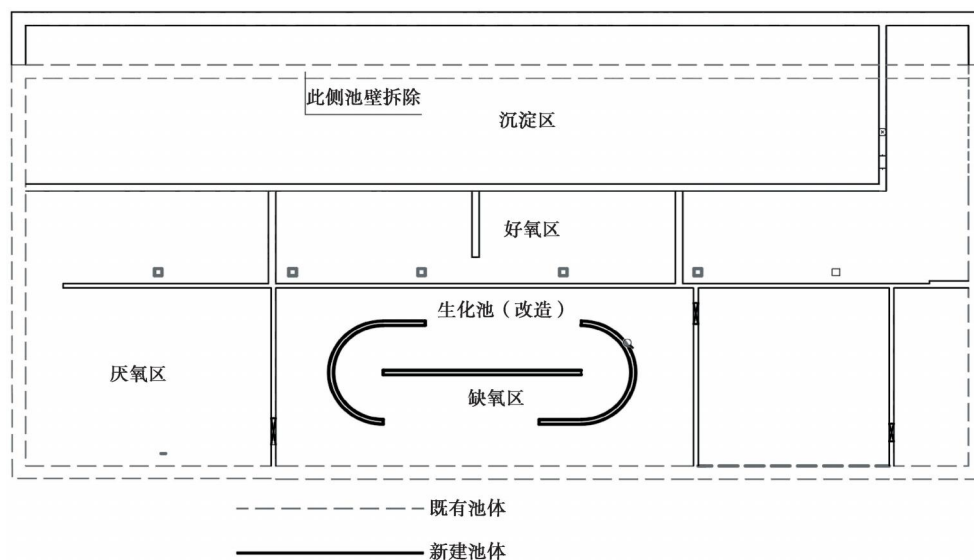


图 3 AAO 生化池+二沉池工艺平面

Fig. 3 Process Plane of AAO Biochemical Tank + Secondary Sedimentation Tank

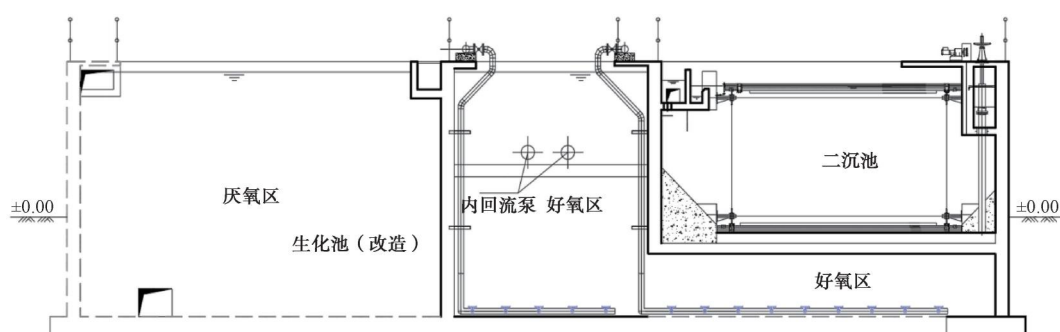


图 4 AAO 生化池+二沉池工艺剖面

Fig. 4 Cross Section of AAO Biochemical Tank + Secondary Sedimentation Tank Process

3) 鼓风机房

既有 3 台空气悬浮鼓风机 2 用 1 备, 单台鼓风机性能参数为: $Q = 42 \text{ m}^3/\text{min}$, 风压为 70 kPa , 每台风机对应一座 CASS 池, 采取独立管道供风形式, 通过调节风机出口导叶调整风量, 现状鼓风机因使用年限长, 部件老化磨损大效率降低, 且维修不便, 有两台需更换。

改造措施: 对两台运行效果差的风机进行更换, 更换后风机 2 用 1 备运行。

生化池所需供气量 $Q = 96 \text{ m}^3/\text{min}$ 。重新购置 2 台变频螺杆风机, 两用一备。单台风机风量 $Q = 50.5 \text{ m}^3/\text{min}$, 压力 $P = 85 \text{ kPa}$, $N = 90 \text{ kW}$, 因生化池水池加高, 有效水深增加, 风压较原设计有所增加。

4) D 型纤维滤池

通过纤维滤池过滤, 污水中 COD_{Cr} 、 BOD_5 、氮、磷及 SS 等污染物被进一步去除。反冲洗保证滤池可持续工作和保证过滤效果, 通过调查, D 型纤维滤池现有滤料老旧, 已不能满足工艺的要求。

改造措施:本次工程更换纤维滤料,主要更换材料为纤维滤料 3 600 kg,纤维滤料材质为 PP+纤维组合,吸附率 $\geq 95\%$,孔隙率 $\geq 90\%$ 。

4.2 新建建构筑物

碳源投加间用于补充碳源,满足生物脱氮除磷需要,设计最大投加量为 120 mg/L。投加点在每座生化池进水总管上,共计 2 个投加点。储罐容积按最大投加量的 3 d 用量考虑,碳源种类为乙酸钠。

碳源投加间设于 D 型滤池上部空置房间,土建尺寸 $L \times B \times H = 16.5 \text{ m} \times 4.3 \text{ m} \times 4.0 \text{ m}$,钢筋混凝土结

构;设置乙酸钠储罐 2 台,单台储罐 $V = 3 \text{ m}^3$,轮替使用;投加计量泵 4 台,3 用 1 备,单泵流量 $Q = 500 \text{ L/h}$,扬程 $H = 0.4 \text{ MPa}$, $N = 0.37 \text{ kW}$ 。投加计量泵根据进水流量信号调节投加量,按需投加。

5 改造后总体布置及运行情况

污水厂经改造后,总体平面布置进行了调整,2 座生化池西侧进行了加宽,占用了原来厂区内的道路,将厂区道路调整至东侧靠仁和沟一侧,在生化池之间新建了加药间和除臭装置,改造后的污水处理厂平面布置如图 5 所示。

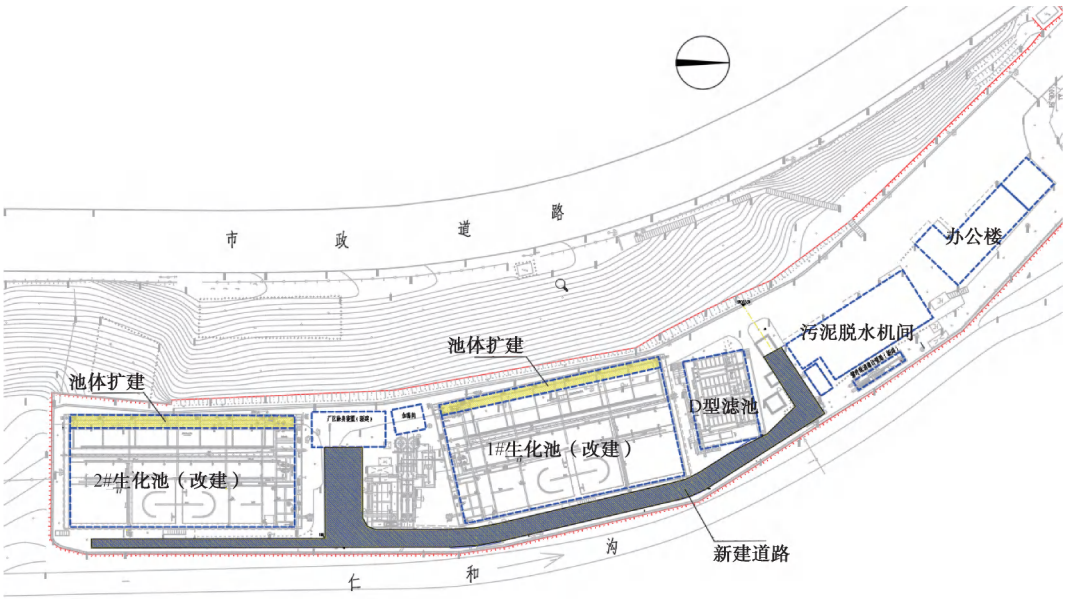


图 5 改造后污水厂平面布置

Fig. 5 Layout Plan of the WWTP after Reconstruction

在实际运行过程中,该污水厂进水量为 1.6 万 ~ 2.3 万 m^3/d ,经提标升级改造后,各项出水指标稳定,满足一级 A 标的排放标准。改造后的水质 (表 7)。

表 7 实际进出水水质指标

Tab. 7 Indices of Actual Influent and Effluent Quality

设计水质	$\text{COD}_{\text{Cr}}/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\text{BOD}_5/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\text{SS}/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\text{TN}/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	氨氮 $/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\text{TP}/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	pH 值
进水	343.53	133.2	330	41.03	29.22	5	6~9
出水	16.33	2.45	7	11.22	5	0.5	6~9
一级 A 标	50	10	10	15	5(8)	0.5	6~9

注:括号外数值为水温 $>12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的控制指标,括号内数值为水温 $\leq 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的控制指标。

6 工程费用及运行成本

本工程投资为 3 104.68 万元,其中工程费用为 2 594.60 万元。建设内容包括:加高旋流沉砂池,将 CASS 池改造为 AAO+二沉池,鼓风机房及配电控制室更换设备,改造 D 型滤池,新建除臭装置以及加

药间等建构筑物。本工程建设投资指标为 1 365 元/ m^3 。

该污水处理厂在提标升级改造前的运行费用约为 1.3 元/ m^3 。提标改造后,一方面生化池由变水位运行改为恒定水位运行,有利于节能降耗;另一方

面生化池运行增加了碳源消耗,硝化液内回流增加了动力消耗,除磷增加了加药成本,水池加高增加了鼓风机电耗等。综合分析,改造后的运行成本相比改造前有所增加。

7 工程特点

1) 依据地形条件,优化工程建设总体布局,降低占地面积约 828 m^3 。该污水厂位于狭长条状地带,场地原始地形总体趋势为西高东低的斜坡,地形条件较差。场地范围内现状地形呈台阶状,地面高程介于 $1\ 005.35 \sim 1\ 007.50 \text{ m}$,西侧斜坡最高点为 $1\ 036.00 \text{ m}$,平面可用面积非常受限。常规工艺布置将新建一座二沉池,面积约为 828 m^3 ,该项目没有平面拓展条件,同时周边环境也不允许^[5],如果强行破占山体,开挖高度超过 30 m ,工程难度巨大且投资不可控制。经过技术方案论证,利用场地东西高差特点,将原 CASS 池西侧厂区道路拆除,用作 AAO 及二沉池组合构筑物尺寸扩建。而将厂区原道路调整到靠仁和沟口大河西岸一侧,最大限度节约了工程造价,降低了施工难度。

2) 采用了 AAO+二沉池叠加组合结构形式,提高了土地综合利用率。具体措施:将现有 CASS 池进行改造,一部分既有池体作为 AAO 生化池,根据工艺要求,原生化池池深由原 6.50 m 提高至 7.30 m ,生化池好氧区的部分区域置于二沉池区下方。本厂原有 CASS 生化池 2 座,分别改造为 1#、2# AAO 生化池+二沉池,实际用地 $2\ 222 \text{ m}^2$,布置了土建 $1.9 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 的二级处理工艺,占地指标仅为 $0.12 \text{ hm}^2/[(10^4 \text{ m}^3) \cdot \text{d}^{-1}]$ 。

3) 充分挖掘原有单体潜能,对既有构筑物微拆、少拆。经过计算,预处理部分粗、细格栅和旋流沉砂器均能正常运行,满足污水厂正常运营要求。但后续生化池改造加高后,旋流沉砂池无法满足水头要求,仅对旋流沉砂池进行加高,并改造相应的设备、管路和电气管线;污水厂现有紫外线消毒,能够满足改造后水厂运行要求,保留原紫外线消毒渠及巴氏流量渠;对 D 型滤池上部空间改造,作为成碳源投加间使用。

4) 新旧池体结构设计及接缝处理是关键。旧池改造结构设计复杂,新旧混凝土池壁的搭接,新旧施工缝的处理、水池接缝防渗等是重点,在施工过程中要处理好接缝问题,避免水池接缝处出现渗漏。

5) 位于二沉池下部区域的好氧区曝气布置及曝气装置的选型是设计的重点。可采取如下措施:第一,对曝气区进行分区,气泡尽量沿着水流方向传递;第二,选择高效微孔曝气器,更小的气泡可以提高氧气的传质效率;第三,在氧气传递效率不利的季节,提高曝气强度,增大气泡产生的湍流和剪切力增大,进而提高氧气的传质速率;第四,曝气器尽量选择使用寿命长,检修难度小的产品。

8 结论

该污水厂提标升级改造采用了具有较强生物脱氮除磷功能的 AAO 生化池+二沉池叠加工艺,三级工艺采用 D 型纤维滤池生物处理。提标升级改造后,污水厂运行稳定,出水各项水质指标稳定达到一级 A 标准。该工程充分挖掘既有建构筑物潜能,从平面到空间全面提高土地的综合利用效率,获得了较好的经济效益;通过合理的工艺流程设计,科学布局,减少了山体开挖,也体现了较好的社会效益;另外通过提标升级改造,排入水体的水质更加洁净,为水环境、水生态持续改善作出了贡献,也获得了良好的环境效益。因此,对于扩建预留用地紧张的污水厂提标升级改造有一定的借鉴意义,但同时也要考虑改造过程中新旧池体结构设计及接缝处理,避免池体渗漏;二沉池下的好氧区要重点考虑曝气区布置及曝气装置的选型。

参考文献

- [1] 罗穆喜,朱宇峰.山坡半地下式污水处理厂总体设计方案[J].净水技术,2020,39(11):34-38.
LUO M X, ZHU Y F. Overall design scheme of semi-underground WWTP at hillside[J]. Water Purification Technology, 2020, 39(11): 34-38.
- [2] 蒋岚岚,胡邦,羊鹏程.膜生物反应器工艺污水处理厂设计进水水质的确定[J].环境污染与防治,2011,33(11):62-63.
JIANG L L, HU B, YANG P C. Determination of designed influent water quality of membrane bioreactor process sewage treatment plant[J]. Environmental Pollution and Control, 2011, 33(11): 62-63.
- [3] 戚飞.南充市荆溪污水处理厂建设工程可行性研究[D].成都:西华大学,2014.
QI F. Feasibility study on the construction project of Jingxi sewage treatment plant in Nanchong City[D]. Chengdu: Xihua University, 2014.
- [4] 王毅国.铜川市某工业园污水处理工艺研究与设计[D].西

安: 西安工程大学, 2018.

WANG Y G. Research and design of sewage treatment process in an industrial park in Tongchuan City [D]. Xi'an: Xi'an Polytechnic University, 2018.

[5] 刘林富. 多模式 A^2/O +高效沉淀+V 型滤池用于地下式污水

厂[J]. 中国给水排水, 2023, 39(10): 64-65.

LIU L F. Multi-mode A^2/O + high-efficiency sedimentation+V-type filter for underground sewage plant [J]. China Water & Wastewater, 2023, 39(10): 64-65.

(上接第 157 页)

[17] 中国环境监测总站. 中国土壤元素背景值[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.

China National Environmental Monitoring Centre. Background values of soil elements in China [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1990.

[18] HAKANSON, L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach [J]. Water Research, 1980, 14(8): 975-1001.

[19] DUAN K X, ZHAO B W, ZHANG S L, et al. Contamination characteristics, source analysis, and ecological risk assessment of toxic metals and metalloid in agricultural soil in Yuzhong, China [J]. Journal of Environmental Quality, 2021, 50: 122-133. DOI: 10.1002/jeq2.20163.

[20] 李玉峰, 赵中秋, 祝培甜, 等. 基于土壤重金属污染风险管控的土壤质量评价: 以某县级市为例[J]. 地学前缘, 2019, 26(6): 207-215.

LI Y F, ZHAO Z Q, ZHU P T, et al. Soil quality assessment based on risk control of heavy metal pollution in soil: A case study of an industrial city in China [J]. Earth Science Frontiers, 2019, 26(6): 207-215.

[21] WANG F T, HUANG C S, CHEN Z H, et al. Distribution, ecological risk assessment, and bioavailability of cadmium in soil from nansha, pearl river delta, China [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2019, 16(19): 3637. DOI: 10.3390/ijerph16193637.

[22] 陈明, 胡兰文, 陶美霞, 等. 桃江河沉积物中重金属污染特征及风险评价[J]. 环境科学学报, 2019, 39(5): 1599-1606.

CHEN M, HU L W, TAO M X, et al. Heavy metal pollution

characteristics and risk assessment in sediments of Taojing River [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2019, 39(5): 1599-1606.

[23] 杨子鹏, 肖荣波, 陈玉萍, 等. 华南地区典型燃煤电厂周边土壤重金属分布、风险评估及来源分析[J]. 生态学报, 2020, 40(14): 4823-4835.

YANG Z P, XIAO R B, CHEN Y P, et al. Heavy metal distribution, risk assessment and source analysis of soil around a typical coal-fired power plant in South China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(14): 4823-4835.

[24] VAROL M, ŞEN B. Assessment of nutrient and heavy metal contamination in surface water and sediments of the upper Tigris River, Turkey [J]. Catena, 2012, 92: 1-10. DOI: 10.1016/j.catena.2011.11.011.

[25] 杨博, 张波, 闫培洁, 等. 甘肃省嘉峪关市酿酒葡萄园土壤重金属空间分布特征及风险评价[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2021, 47(6): 777-786.

YANG B, ZHANG B, YAN P J, et al. Spatial distribution characteristics and risk assessment of soil heavy metals in wine-making vineyard in Jiayuguan City, Gansu Province [J]. Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Sciences), 2021, 47(6): 777-786.

[26] FÖRSTNER U, AHLF W, CALMANO W, et al. Sediment criteria development [M]. Berlin: Springer, 1990.

[27] HU B F, ZHAO R Y, CHEN S C, et al. Heavy metal pollution delineation based on uncertainty in a coastal industrial city in the Yangtze River Delta, China [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018, 15(4): 710. DOI: 10.3390/ijerph15040710.