

成都某应急污水处理工程一体化、模块化设计

盛 倩

(上海同济环境工程科技有限公司, 上海 200092)

摘 要: 区别于传统污水处理厂工程, 应急污水处理工程具有建设周期短、占地面积小、运行年限短的特点, 需采用可快速启动、经济可靠的处理工艺和设施。成都某应急污水处理工程设计规模为 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 用于处理现状超负荷运行的市政污水处理厂的溢流污水。该工程生物处理单元的一体化高效生物反应器、缓冲调节池采用快速拼装罐, 深度处理单元的混凝/气浮池、滤布滤池采用一体化设备, 部分生产辅助类用房采用模块化集成产品, 这些措施充分整合了快速拼装、一体化、模块化的优势, 项目设计到施工完成通水仅 50 天。出水指标均满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 A 标准。

关键词: 应急工程; 一体化高效生物反应器; 快速拼装

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)24-0052-04

Integrated and Modular Design of an Emergency Wastewater Treatment Project in Chengdu

SHENG Qian

(Shanghai Tongji Environmental Engineering and Technology Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: Emergency wastewater treatment project is different from the traditional wastewater treatment plant project, which has short construction period, small land occupation area and short operation life. In view of these characteristics, it needs rapid start-up, economical and reliable treatment technology and facilities. An emergency wastewater treatment project with the design capacity as $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ in Chengdu was built to deal with the overflow wastewater of present municipal wastewater treatment plants with over-load influent. The integrated high efficiency bioreactor and buffer regulating tank of the project's biological treatment unit adopted a rapid assembly tank, the advanced treatment unit adopted integrated equipment respectively for coagulation/air floatation tank and cloth media filter, some production auxiliary rooms adopted the modular integrated system. It only took 50 days from design to the completion of construction by fully utilizing the advantages of rapid assembly, integration and modularization. The effluent indexes could meet the first level A criteria specified in the *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002).

Key words: emergency project; integrated high efficiency bioreactor; fast assembly

1 工程实施背景

成都某应急污水处理工程是上海市首座超万吨规模的应急污水处理工程, 设计处理规模为 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 本工程自设计至工程结束通水时间仅 50 天, 项目运行两年。首要作用是解决成都某区污水处理

厂扩容提标项目两年建设期的超负荷污水处理问题, 该厂有超万吨的污水尚未纳入处理, 溢流排入附近河道, 对水环境造成巨大威胁, 新建临时应急治污工程已刻不容缓。该工程在适应应急工程的同时, 也能适应两年运营期结束后搬运至分散的 3 处污水

处理站点继续运转的需求,因此,该工程设计建造 3 套处理设施。

应急污水处理工程不宜照搬城镇污水处理厂的传统建设模式,为了确保技术的适用性,需采用流程简单、占地面积小、工程建设周期短、可以快速启动、见效快的处理工艺和设施。

2 工艺设计

2.1 设计水量、水质

成都某应急污水处理工程设计处理规模为 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 分 3 套, 单套处理能力为 $5\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。进、出水水质情况见表 1, 其中主要出水水质指标应满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级 A 标准。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$						
项目	COD	BOD ₅	SS	氨氮	总氮	总磷
进水	350	150	150	25	30	4.0
出水	50	10	10	5(8)	15	0.5

2.2 工艺流程

本工程采用“格栅井/进水泵房 + 一体化高效生物反应器 + 混凝/气浮池 + 滤布滤池 + 消毒池”工艺,出水经出水计量渠后,重力排放至受纳水体。

污泥经叠螺脱泥机脱水至 80% 后外运处置。

主要工艺流程见图 1。

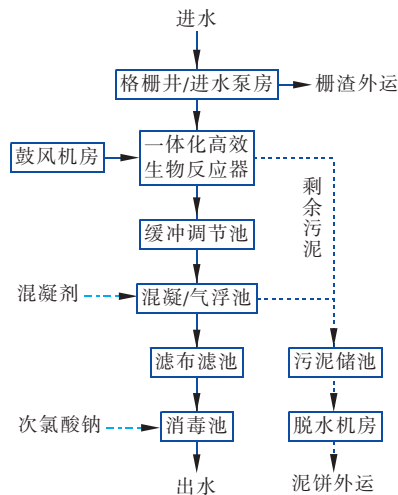


图 1 工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

生物处理单元采用了 SBR/MBBR 工艺,发挥传统活性污泥和生物膜处理工艺优势,高效生物脱氮除磷;深度处理单元采用混凝/气浮工艺,并结合滤

布滤池进一步削减 SS、TP,再经过氯消毒,保证出水水质稳定达到一级 A 标准。

2.3 场地情况

该工程位于成都某区污水处理厂东侧,该地块有如下优点:①紧靠已建污水厂,交通运输、供水、供电较为方便;②距离溢流排污管道仅 20 m,进水接入本应急工程可节省大量管线;③场地东侧为可纳污水体,可重力排放,节省出水管道和提升能耗。

但该厂址也有缺点:距离铁路桥 20 ~ 25 m,需考虑施工安全距离;地块可用面积小,约 $7\,100 \text{ m}^2$ 。工程平面、立面布置见图 2。

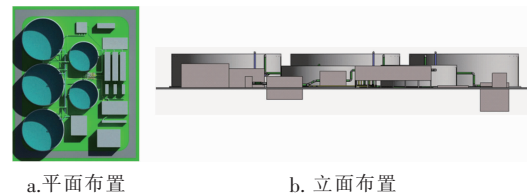


图 2 工程布置

Fig. 2 Project layout

2.4 主要构筑物介绍

该工程充分整合了快速拼装、一体化、模块化的优势,以适应建设周期短、占地面积小、需快速启动、经济可靠、灵活搬运的要求。建(构)筑物见表 2。

表 2 快速拼装、模块化建(构)筑物

Tab. 2 Buildings and structures with rapid assembly and modularization

类型	建(构)筑物名称
快速拼装罐	一体化高效生物反应器、缓冲调节池
模块化设备	混凝/气浮池、滤布滤池
临时性用房	脱水机房、鼓风机房及配电室
集装箱	在线监测室、管理用房

其他构筑物,如格栅井/进水泵房、消毒池、出水计量槽、污泥储池、平台基础等,为钢混结构。

① 格栅井/进水泵房 1 座,尺寸为 $6.0 \text{ m} \times 6.0 \text{ m} \times 4.1 \text{ m}$,格栅井处设人工格栅 1 台,栅条间隙为 20 mm;回转式格栅除污机 1 台,栅条间隙为 5 mm。进水泵房内安装 3 台潜水泵(2 用 1 备), $Q = 315 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 110 \text{ kPa}$, $N = 18.5 \text{ kW}$ 。

② 一体化高效生物反应器 3 套,采用 SBR + MBBR 工艺,单套尺寸为 $23 \text{ m} \times 7.2 \text{ m}$,有效水深为 6.5 m。每套反应器中含搅拌机 2 台, $N = 5.5 \text{ kW}$;滗水器 2 台, $Q = 500 \text{ m}^3/\text{h}$,滗水深度为 1.8 m;MBBR 填料 1 套,含配套筛网;底部流化、曝气系统

1套,适用风量为3 300~4 400 m³/h;剩余污泥泵2台(1用1备), $Q=60$ m³/h, $H=50$ kPa, $N=4$ kW。

该工艺可按3 h/周期(MLSS为3 g/L)或4 h/周期(MLSS为4 g/L)这两种时序模式灵活调节,满足处理需求,保证出水水质。

③ 缓冲调节池1座,用于缓冲滯水排放初期水量,尺寸为16 m×4.7 m,通过干式泵提升至下一构筑物。配置搅拌机2台, $N=3$ kW;干式泵3台(2用1备), $Q=320$ m³/h, $H=80$ kPa, $N=15$ kW。

④ 混凝/气浮池3组,单组处理能力为5 000 m³/d,每组设备配控制系统、混凝搅拌机、溶气罐、溶气水泵、空压机、排泥泵等。

⑤ 滤布滤池3组,最大处理能力为6 000 m³/d,滤布通量为5 m³/(m²·h),每组设备配控制系统、过滤系统、清洗泵、底泥泵等。

⑥ 消毒池1座,采用次氯酸钠消毒,接触停留时间≥30 min,次氯酸钠投加量为10 mg/L。

⑦ 出水计量槽1座,喉宽为0.30 m;量程为3.5~400 L/s;材质为不锈钢。

⑧ 污泥储池1座,储泥时间为12 h,污泥经浓缩后含水率≤98%,配置搅拌机1台, $N=0.85$ kW。

⑨ 脱水机房1座,尺寸为13.5 m×10 m×4.5 m。脱水后污泥含水率≤80%,需外运污泥量约为5 t/d。

配置如下设备:一体化脱水系统3套,模块化设计,可分段拆卸,配控制系统。每套配置叠螺脱水机1台,单台绝干污泥处理量为30~50 kgDS/h, $N=1.38$ kW;半自动加药装置1套;污泥进料泵3台,螺杆泵 $Q=3\sim8$ m³/h, $H=0.6$ MPa, $N=3$ kW。

3 运行效果

该工程于2018年10月正式投产运行,目前运行水量达到设计水量的80%以上,至今运行稳定,具体进、出水水质见表3。

表3 实际进、出水水质

Tab.3 Actual influent and effluent quality

mg·L ⁻¹						
项目	COD	BOD ₅	SS	氨氮	总氮	总磷
进水	327~443	102~159	84~197	16.2~24.7	26.5~37.2	3.27~4.88
出水	11.4~27.2	4.3~8.8	4.7~7.1	2.4~4.8 (4.5~7.6)	9.5~14.2	0.21~0.45
标准	50	10	10	5(8)	15	0.5

4 经济分析

本工程建设费(包括设备费用、运输、安装、配套设施建设等)为3 769万元,吨水运行费用为0.77元/m³。

① 电耗:全厂电耗为6 602 kW·h/d,主要为鼓风曝气系统、污水提升系统及气浮处理系统电耗。

② 药耗:混凝PAC(含Al₂O₃30%)投加量为150 kg/d,阴离子PAM为30 kg/d;污泥脱水阳离子PAM为9 kg/d;次氯酸钠(液体,12%)120 kg/d。

③ 水耗:生活、生产用水量为45 m³/d。

5 工程分析

5.1 工程设计亮点

本工程注重平衡设计,兼顾各种因素,实现工程全优,主要有以下设计亮点:

① 一体化高效生物反应器处理工艺

一体化高效生物反应器采用SBR/MBBR工艺,集活性污泥法和生物膜法的共同优势。SBR工艺通过时序模式的调节灵活实现缺氧、好氧交替;MBBR工艺具有强化脱氮除磷、负荷高、占地省、抗冲击负荷能力强、耐受低温等极端水质的优势^[1]。

该工艺简化了污水处理流程、减少了占地需求,进水可不设调节池,生物处理停留时间比常规系统减少30%,反应器内实现泥水分离,不需要设二沉池。对于污泥处理系统,因生物处理段产生的污泥量少,减轻了污泥处理处置的负担。

② 高强度一次成型快速拼接罐技术

本工程池容最大的生物反应器、调节池均采用了高强度一次成型快速拼接罐技术。快速拼装罐价格便宜,本工程罐体造价不足100元/m³;罐体只需强化地基,留出槽缝,即可快速卷织,施工速度快,约30天完工。相比土建结构,该技术具有很大优势。

③ 深度处理的模块化设计

混凝/气浮工艺用于污水深度处理,出水水质可达到生活杂用水水质标准^[2],再配合滤布滤池工艺,保证出水水质达标。相比其他滤池,滤布滤池最明显的特征是水头损失小、运行费用低、水力负荷高、占地面积小^[3]。

深度处理采用模块化设计,设备自带控制系统,操作方便,且土建工程量少、工期短、占地小、便于搬运。

④ 采用BIM三维设计

BIM三维设计的首要特点是可视化,即“所见

所得”,设计人员与现场施工安装人员可实现快速沟通,对于应急工程快速推进意义重大。

5.2 工程建议

此类工程具有较大的应用市场,对本工程实施过程中的实际情况总结研究,有助于不断完善应急污水处理工程。

① 适当扩大处理效能

该应急工程设计时对单体的富余量方面考虑不足,实际运行后水量已达到设计值的 80% 以上,预计夏季满负荷运行,系统的水量运行压力较大。

建议各单体的处理效能考虑一定的余量,特别是投资成本不高,但一旦停产对整个项目影响大的单体,更需考虑设计余量,如气浮池、滤布滤池。

② 探寻快速拼装新材料或延长原位使用期限

快速拼装罐是本工程的最大“功臣”,保证了项目按时完工。但该罐体主体结构无法搬运,只能搬走内部设备,需在新的服役地块新建该罐体(新建罐体的投资已包含在本次工程预算中),这是资源的浪费。另外,快速拼装罐的罐壁支撑能力弱,需预留开孔、设备安装支架,保证罐壁完整性。

探寻一种更合适的快速拼装材料或延长原位使用期限,延长至 10 年甚至更长,可减少资源浪费。

③ 根据工程情况比选最优工艺

a. 生物处理段

本工程生物处理段采用的一体化高效生物反应器有诸多优点,该工艺最主要的优势在于解决了用地紧张的问题,但 SBR 系统对自控要求较高,且需设置缓冲调节池,厂内需二次提升;MBBR 工艺包价格较高,填料对罐壁冲刷情况有待时间考验,且存在填料流失问题,增加了后续构筑物设备的运行负担。

如果用地较为富余,建议可以考虑“AAO + 二沉池”工艺,自控要求低,运营方便,能耗低。内部分区、开孔、支承等问题都需进行进一步设计分析。

b. 深度处理段

本项目在采购环节权衡了两年的运营期投资和运行费用,最终选定混凝/气浮工艺。实际污水处理厂用沉淀工艺较为常见,市场上一体化的高负荷沉淀池技术也较为成熟,且设备运营简单,能耗低。气浮池能耗高,设备复杂;生物处理段 MBBR 填料的流失,导致溶气罐发生多次堵塞。建议同类型项目,可以考虑沉淀工艺,使用时间越长,其能耗和运营管理优势越明显。

6 结语

随着环保监管力度的加强,杜绝污水超负荷溢流排放的问题已迫在眉睫,市场选择应急污水处理工程是快速解决城镇污水厂超负荷运行的有效措施。应急工程不仅可以解决燃眉之急,也可以作为中长期工程原位运营,作为传统污水处理厂的延伸扩建段,也适应灵活搬迁的需要,搬迁后二次服役,将投资效益最大化。本工程可为应急污水处理工程的设计建造及市场化运用积累宝贵经验。

参考文献:

- [1] 吴迪. MBBR 在国内的工程应用与发展前景[J]. 中国给水排水,2018,34(16):22-31.
Wu Di. Application and development prospect of MBBR in China[J]. China Water & Wastewater,2018,34(16):22-31(in Chinese).
- [2] 高湘,王吉宁,金同轨,等. 絮凝-气浮法在生活污水深度处理中的应用研究[J]. 给水排水,2002,28(5):29-31.
Gao Xiang, Wang Jining, Jin Tonggui, et al. Application of flocculation-flotation method in advanced treatment of domestic sewage[J]. Water & Wastewater Engineering, 2002,28(5):29-31(in Chinese).
- [3] 张武刚. 污水深度处理中滤布滤池工艺设计方案探讨[J]. 净水技术,2018,37(4):101-105.
Zhang Wugang. Discussion on design proposal of cloth media filter process for advanced wastewater treatment[J]. Water Purification Technology,2018,37(4):101-105(in Chinese).



作者简介:盛倩(1986—),女,浙江金华人,硕士,工程师,从事市政排水工艺设计及其管理工作。

E-mail:645021214@qq.com

收稿日期:2019-04-04