

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.16.012

竹园第二污水处理厂提标改造工程设计

周传庭^{1,2}, 谢勇¹, 安莹³, 王梦玉³

(1. 上海市城市建设设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200125; 2. 同济大学环境科学与工程学院 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092; 3. 上海电力大学环境与化学工程学院, 上海 200090)

摘要: 上海市竹园第二污水处理厂现有处理设施不能适应新的环保要求,需进行提标改造。鉴于厂内用地紧张,采用减量升级方案,处理规模由 $50 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 减量为 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,原有设施按照 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 规模提标改造。在水质提标改造中,充分利用现有设施,维持现有生物反应池主体框架结构不变,通过调整水流方向,将原有闭式双泥龄A/O工艺调整为强化脱氮除磷的AAO工艺。考虑到生物池出水水质及厂内集约化设计,新增微絮凝+过滤的深度处理工艺,保证出水水质稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准。在除臭提标改造中,对大跨度的生物反应池创新采用可移动式盖板加盖,最大限度减少对现有结构的影响,方便运行管理,并增设以生物滤池为主体的多级除臭设施以达到上海市最新地方标准排放要求。

关键词: 提标改造; AAO; 深度处理

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)16-0073-05

Design of Upgrading and Reconstruction Project of Zhuyuan No. 2 Wastewater Treatment Plant

ZHOU Chuan-ting^{1,2}, XIE Yong¹, AN Ying³, WANG Meng-yu³

(1. Shanghai Urban Construction Design and Research Institution <Group> Co. Ltd., Shanghai 200125, China; 2. State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China; 3. College of Environmental and Chemical Engineering, Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090, China)

Abstract: The existing facilities of Zhuyuan No. 2 wastewater treatment plant in Shanghai can not adapt to the new environmental requirements and the effluent quality needs to upgrade to first grade A standard. A reduction and upgrading scheme was adopted in the project due to limited construction area in the plant. The treatment capacity was reduced from $50 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ to $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, and the original facilities were upgraded according to the treatment capacity of $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$. In the upgrading project, the existing facilities were fully utilized to maintain the existing biological tank main frame structure unchanged. By changing the water flow direction, the original closed double-sludge A/O process was adjusted to an enhanced nitrogen and phosphorus removal AAO process. Considering the bioreactor effluent quality and intensive design, an advanced treatment process consisting of micro-flocculation and

filtration was newly built to ensure the effluent quality meeting first grade A limitations of *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002). In the deodorization upgrading project, the biological tank was covered with a moveable cover plate to minimize the impact on the existing structure and facilitate the operation and management. Multistage deodorization facilities with biological filter as the key process were constructed to meet the latest local standard emission requirements of Shanghai.

Key words: upgrading and reconstruction; AAO; advanced treatment

1 工程概况

竹园第二污水处理厂(简称“竹园二厂”)位于上海市浦东新区高东镇,占地 17.84 hm²,处理规模 50 × 10⁴ m³/d,主要接纳虹口港、杨浦港地区的旱流截流污水,污水经二级生物处理后排放长江,现状出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)二级标准。随着《水污染防治行动计划》的颁布及上海市《关于本市贯彻落实国家“水十条”近期重点工作安排的请示》的出台,竹园二厂出水需达到一级 A 标准,故对其进行提标改造。

2 工程规模及设计水质

竹园二厂现状处理能力为 50 × 10⁴ m³/d,通过

对厂内 2011 年—2016 年运行数据统计分析发现(见表 1),各指标能满足现状排放要求(国家二级标准),但与一级 A 出水标准相比尚有较大差距。现状生物池总容积约为 14 × 10⁴ m³,按照本次提标改造确定的进、出水水质要求(见表 1)进行核算,现有生物池总容积无法满足要求,需新增生物池容积以满足提标要求。鉴于竹园二厂用地较为紧张,无地可用,从而确定采用减量升级方案。按照单一水质进行静态计算,竹园二厂需减量 20 × 10⁴ m³/d,即处理规模由 50 × 10⁴ m³/d 调整为 30 × 10⁴ m³/d,厂内生物池才能够满足提标至《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准。

表 1 现状进、出水水质及提标改造水质

Tab. 1 Influent and effluent quality before and after upgrading

mg · L⁻¹

项 目	COD	BOD ₅	SS	TN	NH ₄ ⁺ - N	TP
现状进水	73 ~ 683.4	38.4 ~ 536	34 ~ 578	5.0 ~ 61.6	3.5 ~ 54.8	0.7 ~ 11.1
现状出水	14.9 ~ 97.5	2.1 ~ 56.8	4.0 ~ 142	1.4 ~ 31.3	0.1 ~ 29.5	0.1 ~ 8.5
提标设计进水	270	165	190	38	29	5.1
提标设计出水	50	10	10	5(8)	15	0.5

3 工艺改造思路

竹园二厂改造工程针对出水 SS、TN、NH₄⁺ - N、TP 指标做重点改造。工程拟将现有闭式双泥龄 A/O 工艺改为 AAO 工艺,以强化脱氮除磷效果。项目进水 TP 有较大波动性,BOD₅/TP 值为 32.35,经过厂

内二级生物处理后,出水 TP 为 0.1 ~ 8.5 mg/L,仅靠生物除磷难以保证出水 TP 稳定达标,拟采用外加化学除磷药剂除磷,考虑到减量后二沉池负荷较低及工程占地紧张等问题,确定采用微絮凝 + 过滤的深度处理工艺。工艺流程^[1]见图 1。

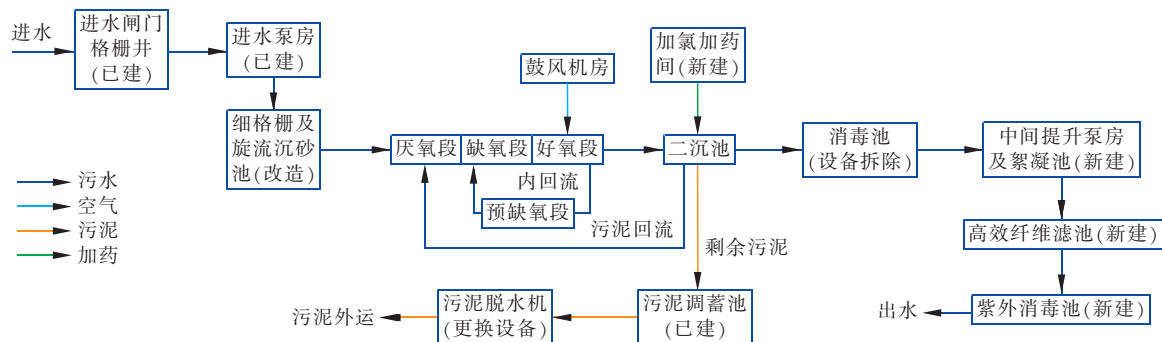


图 1 工艺流程

Fig. 1 Process flow chart

工程将现有闭式双泥龄 A/O 工艺改为 AAO 工艺,新增微絮凝+过滤的深度处理设施和紫外-辅助次氯酸钠联合消毒工艺,保证出水稳定达到一级 A 标准。剩余污泥采用离心脱水工艺,出路为竹园污泥干化焚烧项目。除臭采用以生物滤池为主体的多级除臭工艺,生物反应池采用可移动式盖板加盖,除臭效果满足上海市地方标准《城镇污水处理厂大气污染物排放标准》(DB 31/982—2016)。

4 主要改造及新建构筑物设计

4.1 A/O 池改造

本工程将闭式双泥龄 A/O 工艺(见图 2)调整为强化脱氮除磷的 AAO 工艺(见图 3)。

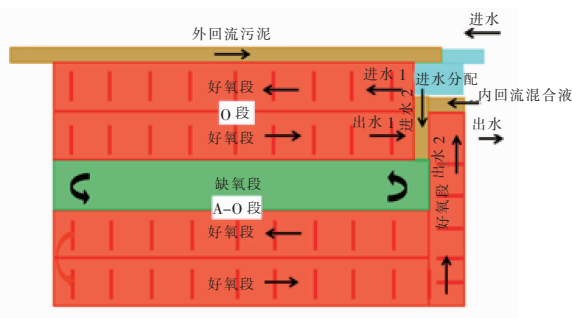


图 2 生物反应池现状处理工艺示意

Fig. 2 Schematic diagram of the current status of bioreactor

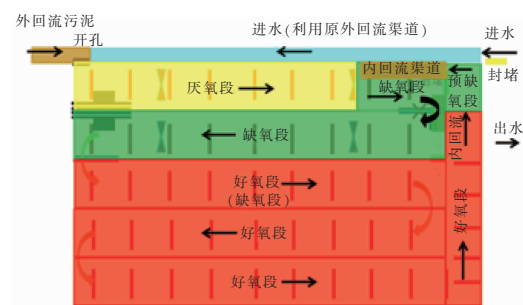


图 3 生物反应池改造方案示意

Fig. 3 Schematic diagram of the transformation scheme of bioreactor

改造方案如下:①在原生物反应池好氧段增设潜水搅拌机,将其改造为厌氧段和缺氧段,在原 A-O 段的缺氧段增设曝气管,将其改造为好氧段,同时保留潜水搅拌机,便于好氧与缺氧状态的切换。通过增加隔墙、增开过流孔和封堵部分过流孔的措施,改变廊道水流方向,使原好氧段与原 A-O 段串联形成 AAO。好氧段中微孔曝气管长 3 420 m, $\varnothing 120$ mm,单位曝气量 $15 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h})$ 。②封堵原进水孔,使所有的进水通过现状外回流渠道进入厌氧段前

端,并与外回流污泥混合。③利用原进水分区,增设潜水搅拌机,将其改造为预缺氧段,内回流混合液泵入此段后再进入缺氧段。这样能够减少内回流混合液中的溶解氧对缺氧段的影响,也能有效利用原有池体容积。④由于现状内回流泵流量偏小,不能满足脱氮要求,本次改造拟更换内回流泵,并新建一条内回流渠道,将内回流混合液引入缺氧池前端。配置潜水内回流泵 18 台,单泵 $Q = 477 \text{ L/s}$, $H = 9 \text{ kPa}$, $P = 10 \text{ kW}$ 。

生物反应池改造后有效水深 7.0 m,总有效容积 $141\,300 \text{ m}^3$,其中厌氧池 $18\,800 \text{ m}^3$ 、缺氧池 $33\,750 \text{ m}^3$ 、好氧池 $88\,750 \text{ m}^3$,总水力停留时间为 11.3 h,其中厌氧池 1.5 h、缺氧池 2.7 h、好氧池 7.1 h,系统设计泥龄 12.5 d,污泥外回流比为 100%,混合液内回流比为 100%,气水比 5.7:1。

4.2 新建中间提升泵房及絮凝池

新建中间提升泵房及絮凝池 1 座,处理规模 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,尺寸为 $60.6 \text{ m} \times 17.2 \text{ m} \times 4.6 \text{ m}$ 。配置潜水轴流泵 4 台(3 用 1 备),将二沉池出水提升至深度处理设施,单泵 $Q = 1.97 \text{ m}^3/\text{s}$, $H = 43 \text{ kPa}$, $P = 140 \text{ kW}$ 。絮凝池中投加 PAC 进行化学除磷,投加量为 $40\,000 \text{ kg/d}$,池中配置可调速立式搅拌机 12 台, $P = 2.3 \text{ kW}$ 。

4.3 新建高效纤维滤池

新建高效纤维滤池 1 座,处理规模 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,尺寸为 $62.6 \text{ m} \times 45.6 \text{ m} \times 5.3 \text{ m}$ 。滤池运行时形成的滤料孔隙率沿水流方向由大到小,从而达到深层过滤的效果,进一步去除水中的 SS、TP 和 $\text{COD}^{[2]}$ 。滤池配置成品纤维滤料 22 套,单格面积 60 m^2 ,滤料高度 2 m,滤料截污容量为 $10 \sim 20 \text{ kg/m}^3$ 。滤池工作周期 24~48 h,采用气、水反冲洗模式,反冲洗水强度为 $6 \sim 8 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$,反冲洗空气强度为 $60 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ 。配置三叶罗茨风机 6 台(4 用 2 备),单机 $Q = 108 \text{ m}^3/\text{min}$, $H = 0.06 \text{ MPa}$, $P = 160 \text{ kW}$,配套进出口消音器、弹性接头、止回阀、压力表和隔音罩等;卧式单级离心泵 4 台(2 用 2 备),单泵 $Q = 1\,728 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 120 \text{ kPa}$, $P = 90 \text{ kW}$ 。

4.4 新建紫外消毒池

现状紫外线消毒池废除,作为过流渠道,在深度处理工艺末端新建紫外线消毒池 1 座,尺寸为 $17.2 \text{ m} \times 14.1 \text{ m} \times 4.8 \text{ m}$ 。作用是杀灭出水中的大肠杆菌及其他致病菌、病毒,使出水达标排放。池中配置

紫外消毒装置4套,总功率为192 kW。

4.5 新建加氯加药间

新建加氯加药间1座,用以制备和储存混凝剂、絮凝剂和次氯酸钠。混凝剂、絮凝剂投加于絮凝池前端,同时可投加至AAO生物反应池的好氧段末端,用于化学协同除磷;次氯酸钠投加于紫外线消毒池末端,辅助消毒。加氯加药间尺寸为 $26.7\text{ m} \times 9.0\text{ m} \times 6.6\text{ m}$,含有次氯酸钠卸料装置1台, $Q=20\text{ m}^3/\text{h}$, $H=70\text{ kPa}$, $N=1.5\text{ kW}$;次氯酸钠储罐4个, $V=15\text{ m}^3$, $\varnothing 2.56\text{ m} \times 2.95\text{ m}$, $H=3.62\text{ m}$;次氯酸钠投加装置1套, $Q=420\text{ L/h}$, $H=300\text{ kPa}$, $P=0.50\text{ kW}$;PAC储罐2个, $V=10.0\text{ m}^3$, $\varnothing 2.26\text{ m} \times 2.54\text{ m}$, $H=3.15\text{ m}$;PAC加药装置1套, $Q=940\text{ L/h}$, $H=350\text{ kPa}$, $N=0.75\text{ kW}$ 。

4.6 污泥脱水机房改造

本工程保留现状板框深度脱水系统(设计出泥含水率60%),作为竹园二厂污泥的备用出路,同时,利用现有离心浓缩系统,新建一套设计出泥含水率为80%的离心脱水处理系统,该系统处理后的污泥(含水率为80%)最终运往竹园污泥处理工程进行干化焚烧处理。考虑到现状螺压机已停用、脱水机房用地紧张等问题,拟将现状螺压机拆除后新建离心脱水机。新增离心脱水机4套(3用1备),处理量为 $30\text{ m}^3/\text{h}$,装机功率55 kW,出泥含固率 $\geq 20\%$,同时为离心脱水机增设 230 m^2 的钢筋混凝土平台。新增加药系统:絮凝剂制备系统及稀释装置1套,制备能力 6000 L/h ,功率6.0 kW;加药泵4台(3用1备),单泵 $Q=1500\text{ L/h}$,工作压力200 kPa,功率1.5 kW。新增污泥输送系统,将污泥输送至料仓:脱水污泥输送泵4台(3用1备),单泵 $Q=4\sim 6\text{ m}^3/\text{h}$,工作压力4.5 MPa,设计压力8.0 MPa, $P=16\text{ kW}$ 。

4.7 新建除臭设施

现状竹园二厂的生物池配水井和粗格栅均为膜结构的密封罩覆盖,由于通风效果不佳,可调堰本体、控制箱、粗格栅等机电设备长期在硫化氢浓度较高的环境中,腐蚀严重,故障较多。本工程根据上海市的最新除臭标准,对大跨度的生物反应池采用移动式轻质玻璃钢盖板加盖除臭,并新建厂内的除臭设施。

工程采用以生物滤池为主的联合除臭工艺^[3],在预处理区、生物反应池和脱水机房新增除臭设备,

在脱水机房新增离子送风设备。

预处理区以及生物反应池中的厌、缺氧区的除臭风量按照3次/h考虑,生物反应池中的好氧池除臭风量按照曝气量的1.1倍考虑,污泥脱水机房内的除臭风量按照8次/h考虑。预处理区(进水格栅闸门井、进水泵房及旋流沉砂池)新增生物除臭+物化系统1套, $Q=26000\text{ m}^3/\text{h}$, $P=75\text{ kW}$ 。污泥脱水机房(老板框脱水机房、带式脱水机房)新增生物除臭+物化系统2套,一套 $Q=32000\text{ m}^3/\text{h}$, $P=84\text{ kW}$,另一套 $Q=26100\text{ m}^3/\text{h}$, $P=60\text{ kW}$ 。老板框脱水机房配置离子氧送风系统5套,单套含21台离子发生器和1台送风风机,送风风机风量 $42000\text{ m}^3/\text{h}$, $P=22\text{ kW}$;新板框脱水机房配置离子氧送风系统2套,单套含20台离子发生器和1台送风风机,送风风机风量 $40000\text{ m}^3/\text{h}$, $P=18.5\text{ kW}$ 。生物反应池新增生物除臭+物化系统6套, $Q=29700\text{ m}^3/\text{h}$, $P=65\text{ kW}$ 。

5 工艺设计特点

① 充分利用现有设施,降低工程投资

在生物反应池改造方案中,维持现有生物反应池主体框架结构不变,通过调整水流方向,将原有闭式双泥龄A/O工艺调整为强化脱氮除磷的AAO工艺。

充分考虑现状二沉池减量后负荷较低的情况,深度处理工艺采用微絮凝+高效纤维滤池工艺,与混凝沉淀+过滤工艺相比,该工艺占地面积小,工程投资可降低80元/ m^3 ,运行费用可节省0.03元/ m^3 。

② 集约化组合设计,因地制宜

新建中间提升泵房及絮凝池、高效纤维滤池、紫外消毒池采用集约化组合设计,既解决了厂内用地紧张问题,又能够减少水头损失,节省运行费用,降低土建工程费用。

③ 高标准除臭设计,营造良好的生产环境

本工程除臭标准执行上海市地方标准《城镇污水处理厂大气污染物排放标准》(DB 31/982—2016),对全厂臭气源全部进行加盖除臭。在现有生物反应池顶架设移动式轻质玻璃钢盖板,解决了生物反应池臭气收集问题的同时,最大限度地减少了对现有结构的影响,方便后期的运行维护。在污泥脱水机房采用离子送风和抽风除臭相结合的工艺措施,营造了良好的生产环境。

6 运行情况

竹园二厂 2019 年 2 月—2020 年 2 月实际运行

数据见表 2,可见出水水质可稳定达到一级 A 排放标准。

表 2 实际进、出水水质

Tab. 2 Actual influent and effluent quality

mg · L⁻¹

项目	BOD ₅	COD	NH ₄ ⁺ - N	TN	TP	SS
进水水质	32.8 ~ 359	82 ~ 596	2.26 ~ 46.4	7.52 ~ 51.3	1.37 ~ 14.2	32 ~ 344
出水水质	0.41 ~ 9.9	11 ~ 32.4	0.043 ~ 4.79	2.35 ~ 11.8	0.022 ~ 0.44	6.0 ~ 10
平均出水	2.7	20.2	0.3	7.2	0.1	8.0

7 结语

充分考虑到竹园二厂水质提标、臭气整治、用地紧张及相关设施完善等问题,提标改造工程采用减量升级的整体方案,处理规模由 50 × 10⁴ m³/d 调整为 30 × 10⁴ m³/d,最大程度地利用原有处理设施,并适当新建、改造,充分发挥其工程效能,保证污水处理厂出水水质从二级排放标准提升到一级 A 标准。根据竹园二厂的处理规模,优先确定 AAO 工艺作为核心工艺以强化脱氮除磷效果,通过调整水流方向完成工艺变更;采用微絮凝 + 直接过滤深度处理技术不仅强化了除磷效果,更体现了集约型用地;采用生物滤池除臭工艺及可移动式盖板加盖确保臭气达标排放。竹园第二污水处理厂提标后主要污染物进一步削减,在为区域节能减排作贡献的同时,对于改善区域河道水质、提升地区生态环境起到积极作用。

参考文献:

[1] 李明杰,徐月江,白海梅,等. 上海市竹园第二污水处理厂提标改造工程[J]. 给水排水,2017,43(11):47 - 50.
LI Mingjie, XU Yuejiang, BAI Haimei, et al. Upgrading of Zhuyuan second wastewater treatment plant in Shanghai [J]. Water & Wastewater Engineering, 2017, 43(11): 47 - 50 (in Chinese).
[2] 杨延鑫,黄光阳. 高效纤维滤池在市政污水中的应用[J]. 环境工程,2015,33(增刊):132 - 133,144.

YANG Yanxin, HUANG Guangyang. The application of efficient fiber filter in the treatment of municipal sewage [J]. Environmental Engineering, 2015, 33 (S): 132 - 133, 144 (in Chinese).
[3] 刘发辉,许龙海,陈汝超,等. 石洞口污水处理厂除臭提标改造的思路与实践[J]. 中国给水排水,2019,35(22):52 - 57.
LIU Fahui, XU Longhai, CHEN Ruchao, et al. Ideas and practice of deodorization upgrading project for Shanghai Shidongkou municipal wastewater treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35 (22): 52 - 57 (in Chinese).

作者简介:周传庭(1980 -),男,辽宁辽阳人,工学硕士,工程博士在读,高级工程师,国家注册公用设备工程师(给水排水),现任上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司环境与交通设计研究院副总工程师,主要从事市政污水处理及初期雨水处理工作。主持或参与的工程项目近 100 项;参加国家重大水专项课题(任务)3 项、省市及科研项目近 5 项。申请专利 20 余项,发表论文 20 余篇。曾获上海市科技进步奖 1 项、全国优秀工程设计奖 3 项、上海市优秀工程设计奖 5 项、上海市优秀工程咨询奖 10 余项。

E - mail:13482299753@139.com

收稿日期:2020 - 07 - 16

修回日期:2020 - 08 - 22

(编辑:孔红春)