

谭憬韵. 佛山市某全地下式污水处理厂设计案例[J]. 净水技术, 2025, 44(4): 182-188,202.

TAN S Y. Design case of a fully underground WWTP in Foshan City [J]. Water Purification Technology, 2025, 44(4): 182-188,202.

## 佛山市某全地下式污水处理厂设计案例

谭憬韵\*

(瀚蓝环境股份有限公司,广东佛山 528200)

**摘 要** 【目的】 佛山市某污水处理厂现状出水“一级 B 标准”已不能满足《水污染防治行动计划》的排放水质要求,同时为配合佛山市政府规划中轴线北门户中枢建设,降低污水厂运营对周边环境影响,佛山市某地上污水处理厂实施提标改造工程同时改建为全地下式污水处理厂。【方法】 污水厂的设计综合处理规模为 10 万 m<sup>3</sup>/d,出水不仅需满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)修改单(2006 年发布)的一级 A 标准,还必须满足广东省地方标准《广东省水污染物排放限值》(DB44/ 26—2001)和《汾江河流域水污染排放标准》(DB44/ 1366—2014)中较为严格的标准,另外氨氮需满足《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅳ类水标准的 1.5 mg/L,并预留出水提标至Ⅳ类水标准的地下设施空间,水处理工艺采用“预处理+复合式厌氧/缺氧/好氧(AAO)生化工艺-移动床生物膜反应器(MBBR)+磁混凝高效沉淀池+紫外接触消毒渠(辅以次氯酸钠)”,除臭工艺采用“生物除臭+离子除臭+全过程根源除臭”并首次引入智慧污水厂应用。【结果】 该工程运行至今出水和大气能稳定达标,与原厂相比释放约 64 000 m<sup>2</sup>的绿地作为市政公园,实现了土地利用最大化,同时保证工艺顺畅、交通便捷、良好景观视觉效果,智慧污水厂的应用亦提升了行业智能化竞争力。【结论】 该工程是佛山市第一间全地下式污水处理厂,为佛山市示范工程,亦评选为“双百跨越”第三期污水处理标杆厂,文章主要介绍其设计方案、工艺流程、设备参数和运营情况等内容,为同类工程提供借鉴。

**关键词** 全地下式污水处理厂(WWTP) 设计方案 提标改建 工艺流程 设备参数 运营情况

**中图分类号:** TU992 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-0177(2025)04-0182-08

**DOI:** 10.15890/j.cnki.jsjs.2025.04.022

## Design Case of a Fully Underground WWTP in Foshan City

TAN Suyun\*

(Grandblue Environment Co., Ltd., Foshan 528200, China)

**Abstract** [Objective] The current effluent of a wastewater treatment plant(WWTP) in a certain area of Foshan City cannot meet the discharge water quality requirements of the *Action Plan for Prevention and Control of Water Pollution*. At the same time, for the purpose of cooperate with the construction of the north gateway center of central axis planned by the Foshan Municipal Government and reduce the impact of the WWTP operation on surrounding environment, a WWTP in a certain area of Foshan City has been upgraded and constructel into a fully underground WWTP. [Methods] The comprehensive treatment capacity of WWTP is 100 000 m<sup>3</sup>/d, and the effluent is subject to the Level A standard of the *Pollutant Discharge Standards for Urban Sewage Treatment Plants* (GB 18918—2002) amendment list(released in 2006), the stricter of the Guangdong Province local standard *Discharge Limits of Water Pollutant* (DB44/ 26—2001) and the *Fenjiang River Basin Water Pollution Discharge Standards*(DB44/ 1366—2014). Among them, ammonia nitrogen implements the standard 1.5 mg/L for Level Ⅳ water in the *Environmental Quality Standards for Surface Water* (GB 3838—2002), and reserves the underground facility space for the water to be upgraded to Level Ⅳ water standard. The water treatment process adopts “pretreatment+combined anaerobic/anoxic/aerobic (AAO) biochemical process-moving-bed biofilm reactor (MBBR)+magnetic coagulation high-efficiency sedimentation tank + ultraviolet contact disinfection channel (supplemented with sodium hypochlorite)”, the deodorization process adopts" biological deodorization+ion deodorization+whole process root deodorization ", and it will introduce the application of smart WWTP for the first time. [Results] Since its operation, the effluent and atmospheric energy

[收稿日期] 2024-08-31

[基金项目] 佛山市城北污水处理厂地理式改建工程(2018-440600-77-02-819609)-佛发改核准[2018]11 号

[通信作者] 谭憬韵(1990—),女,工程师,主要从事污水处理工程建设与运营的工作,E-mail:544705964@qq.com。

of this project have remained stable and meet the standards, compared with the original factory, it has released about 64 000 m<sup>2</sup> of green space as a municipal park, achieving maximum land use while ensuring smooth processes, convenient transportation, and good landscape visual effects, the application of smart WWTP has also enhanced the industry's intelligent competitiveness. [ **Conclusion** ] This project is the first fully underground WWTP in Foshan City, a demonstration project in Foshan City, and also selected as the benchmark plant for the third phase of " Double Hundred Leapfrogs " wastewater treatment. This paper mainly introduces its design scheme, process flow, equipment parameters and operation situation, etc. , provides reference for similar projects.

**Keywords** fully underground WWTP design scheme upgrading and reconstruction process flow equipment parameter operation status

我国目前大规模的污水处理厂仍以地上式为主,随着城市的发展和国家环境治理力度加大,土地资源变得珍贵紧缺,地下式污水厂的建设符合城市公共设施走向地下的发展趋势。近年来,经济发达的城市的地下污水厂相继建成并取得成果,节省用地面积为 40%~50%,证明地下污水处理厂在技术上是有保障的。但地下污水厂的造价高,建设复杂,与地上污水厂相比增加了防涝、通风、消防的要求,有更高的运行管理设计细节要求,另外随着自动化技术的创新迭代,对污水厂安全、高效、节能、智慧管理运营亦有新的发展趋势,本文通过某污水厂案例剖析地埋式污水厂的设计特点,总结优化提升建议,给予同类工程建设和设计一定的借鉴<sup>[1]</sup>。

1 项目背景

根据佛山市政府相关规划和会议精神,配合建设市中轴线北门户中枢,提升片区环境质量,最大限度降低污水厂运营对周边环境的影响,同步落实广东省“水十条”的要求,某地上污水处理厂实施提标改造工程,同步改建为全地埋式污水处理厂,建设采用二层全埋加盖形式,在地面上建设市政公园,提升污水处理厂的环境和社会效益<sup>[1]</sup>。原污水处理厂规模为 10 万 m<sup>3</sup>/d,污水处理工艺流程:预处理+交替式生物处理 UNITANK+二氧化氯消毒,运营出水排

放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 B 标准,在 10 年的运营期间出水稳定达标。现因该区域的污水厂排放标准不仅需达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)(2006 年发布)的一级 A 标准外,还必须满足广东省地方标准《水污染物排放限值》(DB44/ 26—2001)和《汾江河流域水污染排放标准》(DB44/ 1366—2014)中较为严格的标准,另外氨氮还需满足《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中Ⅳ类水标准的 1.5 mg/L<sup>[2]</sup>,新建污水处理厂采用“预处理+复合式[厌氧/缺氧/好氧(AAO)]生化工艺移动床生物膜工艺(MBBR)+磁混凝高效沉淀池+紫外接触消毒渠(辅以次氯酸钠)”工艺,并预留未来再次提标建设空间,保证出水达标。

2 项目设计方案

2.1 设计水质水量

污水处理厂设计处理水量为 10 万 m<sup>3</sup>/d[设计变化系数( $K_z$ )=1.3],出水排放标准不仅需达到(GB 18918—2002)(2006 年发布)的一级 A 标准外,还必须满足广东省地方标准《水污染物排放限值》(DB44/ 26—2001)和《汾江河流域水污染排放标准》(DB44/1366—2014)中较为严格的标准,另外氨氮指标达到地表水Ⅳ类水标准,设计进、出水水质指标如表 1 所示。

表 1 设计进出水水质  
Tab. 1 Designed Quality of Influent and Effluent

| 项目   | 化学需氧量<br>(COD <sub>Cr</sub> )/<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | 五日生化需氧量<br>(BOD <sub>5</sub> )/<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | 悬浮物质<br>(SS)/<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | 氨氮/<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | 总氮(TN)/<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | 总磷(TP)/<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | 色度 | 粪大肠菌群数/<br>(个·L <sup>-1</sup> ) |
|------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----|---------------------------------|
| 设计进水 | 380                                                     | 180                                                      | 320                                    | 30.0                         | 38                               | 8.0                              | /  | /                               |
| 设计出水 | 40                                                      | 10                                                       | 10                                     | 1.5                          | 15                               | 0.5                              | 30 | 1 000                           |
| 预留提标 | 30                                                      | 6                                                        | 10                                     | 1.5                          | 15                               | 0.3                              | 30 | 1 000                           |

## 2.2 建设形式

该工程污水厂及周边区域已规划为公园绿地及住宅用地,另配合政府中轴线北门户中枢建设规划,本工程提标改建形式采用二层全地理上加盖,地面建设海绵城市及市政公园,既协调污水厂与周边环境,又提供休闲娱乐场所给周边居民<sup>[3-4]</sup>。另外地理污水厂的集约布局和节约用地也与该工程的总体要求相符。

## 2.3 工艺选择

该工程出水氨氮、TN、TP 及 SS 是提标改造重

点去除指标。工艺的选择需强化二级处理的去除,与一级 B 排放标准相比,通过提高污泥浓度方式达到变相增加池容,提高生物池容积负荷强化硝化效果,并对生物池采取合理布置,保证氨氮、TN 去除效果和合理碳源利用,通过增加化学除磷深度处理保证 SS 和 TP 稳定去除。选取目前国内埋地式污水厂应用较多的复合式 AAO 生化(MBBR)+深度处理工艺和膜生物反应器(MBR)工艺方案比较,2 种工艺方案技术和经济比对分析如表 2 所示。

表 2 2 种工艺方案技术经济比对分析

Tab. 2 Technical and Economic Analysis and Comparison of Two Process Schemes

| 项目                                        | 方案一:<br>复合式 AAO 生化 MBBR+深度处理工艺                                                               | 方案二:<br>MBR 工艺                                                                                                     |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 设计规模/( $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ) | 10 万                                                                                         | 10 万                                                                                                               |
| 工艺特点                                      | 投加悬浮型填料载体进好氧池,为硝化菌提供附着条件,产生良好的硝化效果,脱氮效率大幅度提升,该工艺具有 AAO 工艺和 MBBR 工艺共同优点,具有占地省、泥龄长、水质好和运营稳定的特点 | 利用膜分离的高效截污能力,污泥质量浓度(MLSS)可达到 6 000~10 000 mg/L,通过活性污泥多种微生物强化生物降解;尤其是长泥龄,具有较好的脱氮效果。具有占地面积小、出水效果好、抗冲击能力强、出水可以直接回用等特点 |
| 处理效果                                      | 出水达到一级 A 标准                                                                                  | 出水不仅可达到一级 A 标准,部分指标甚至可以达到地表Ⅳ类水标准,可以进行部分回用用途                                                                        |
| 操作管理                                      | 流程相对较长、构筑物多,但工艺流程相对常规化,流程简单,操作管理简单方便                                                         | 流程较短、构筑物相对少,工艺流程的自动化程度高,操作管理相对复杂                                                                                   |
| 总装机容量/kW                                  | 4 803                                                                                        | 5 833                                                                                                              |
| 吨水电耗/( $\text{kW} \cdot \text{h}$ )       | 0.515                                                                                        | 0.630                                                                                                              |
| 药剂用量                                      | 聚丙烯酰胺(PAM)、聚合氯化铝(PAC)、碳源、次氯酸钠                                                                | PAM、PAC、碳源、次氯酸钠膜清洗用柠檬酸、次氯酸钠,中和药液氢氧化钠、亚硫酸氢钠                                                                         |
| 工程投资/元                                    | 53 800 万(不含征地费)                                                                              | 54 700 万(不含征地费)                                                                                                    |
| 吨水污水处理成本                                  | 单位污水处理成本约为 2.7 元;单位运营成本约为 1.7 元                                                              | 单位污水处理成本约为 3.7 元;单位运营成本约为 1.9 元                                                                                    |

上述 2 种工艺方案均可满足污水处理厂出水指标要求,方案二的处理工艺对 SS 去除效果更好,可保证出水 SS 的质量浓度在 5 mg/L 以下,工艺运行稳定,可以适应一定范围内的水质、水量波动,自动化运行,可实现无人值守。但 MBR 工艺由于较高的能耗和药耗,运行成本高,且 MBR 膜使用年限较短,后期需要更大的投资,方案一在工程建设投资、电耗、常年运行费用上相对方案二具有一定的优势。其中 MBBR 以悬浮填料为微生物提供生长载体,通过悬浮填料的充分流化实现污水高效处理,提高生物负荷减少占地面积。

结合绿色低碳建设理念,综合考虑污水处理厂进出水要求、用地情况、运营方式及未来发展要求等因素,该工程工艺采用“预处理+复合式 AAO 生化 MBBR+磁混凝高效沉淀池+紫外接触消毒渠(辅

以次氯酸钠)”,工艺流程如图 1 所示。

## 2.4 总平面布置

该工程地下箱体占地面积为 23 441  $\text{m}^2$ ,地上厂区占地面积为 11 017  $\text{m}^2$ ,布置形式为全地理上加盖,生产建(构)筑物布置在地下箱体,办公区域布置在地上<sup>[5]</sup>。地下箱体从下向上为负二层和负一层,分 2 层建设。负二层主要布置污水处理池体和管线,负一层布置辅助生产性建筑物。根据各生产单体的作用将该项目划分为 8 个区域,分别是预处理区、生化处理区、二沉池区、深度处理区、污泥处理区、箱体内辅助生产区、管廊巡视区和地上办公区。箱体内分区平面布置如图 2 所示。

## 2.5 竖向设计

该项目污水处理厂顶部地面设计标高为 3.50 m,地下箱体范围内负一层场地设计标高为

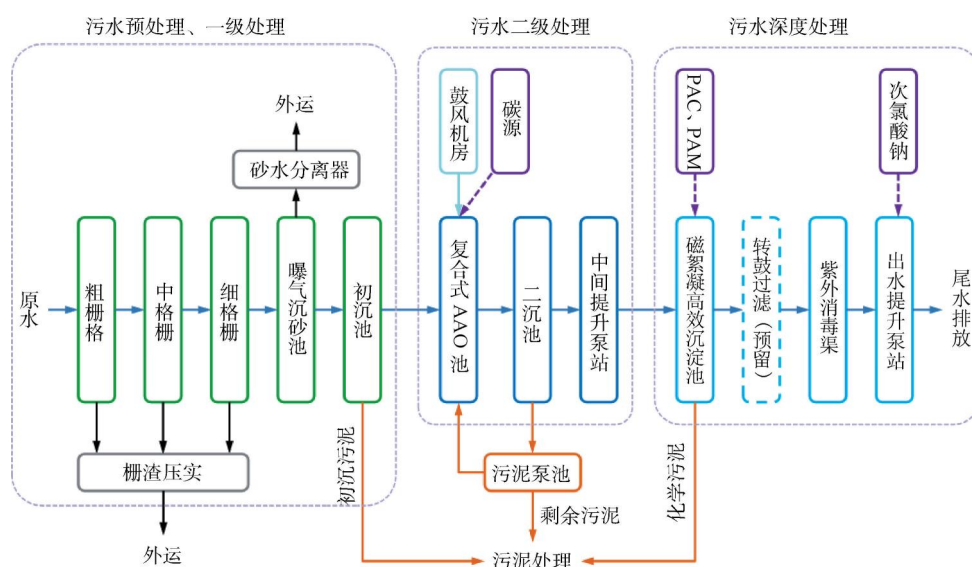


图 1 污水处理厂污水处理工艺流程

Fig. 1 Process Flow of WWTTP

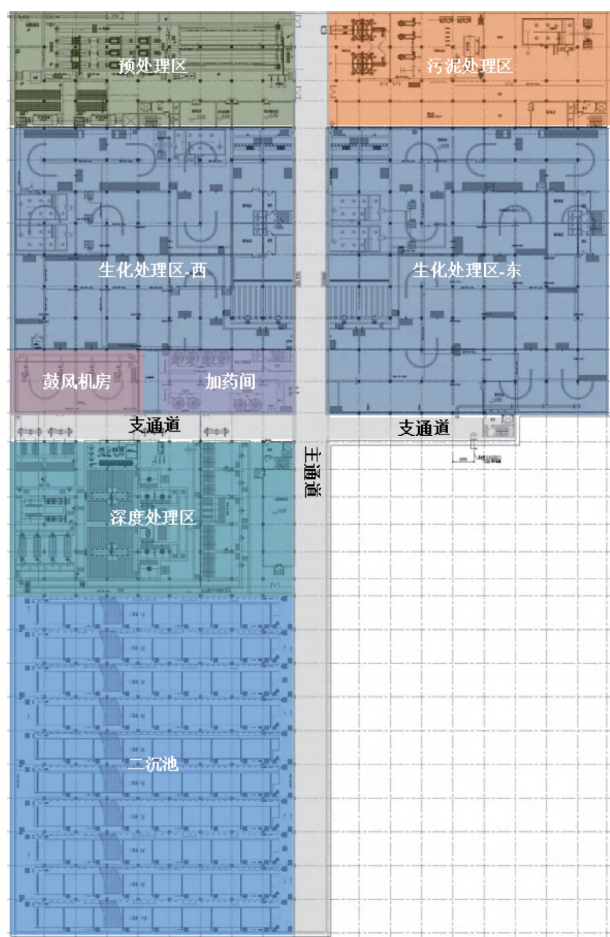


图 2 地下箱体设计布置

Fig. 2 Design and Layout of Underground Box Body

-3.70 m,建设形式采用二层全埋加盖,14.4 m 的箱

体高度,7 m 的生化池有效水深,箱体上部做绿化景观设计,箱体顶部覆土深为 0.8~1.5 m,四周按 1:2 放坡与周边道路衔接,使得整个地块景观性和谐统一,项目效果如图 3 所示。

## 2.6 主要构筑物设计参数

### 2.6.1 进水阀门

为保障地下处理设施运行安全,地下箱体前段 3 根进水支管各设置进水阀门,用于调整各方进入箱体的污水的流量,进水总管设置电动速闭阀门,以防在后端出现故障时及时关闭进水,防止地下设施漫水。

### 2.6.2 预处理区

粗格栅、中格栅、细格栅和曝气沉砂池合并建设。粗格栅配置 3 台 20 mm 间隙的钢丝绳格栅,中格栅配置 3 台 6 mm 间隙的网板式内进流格栅机,细格栅配置 3 台 3 mm 间隙的网板式内进流格栅机。曝气沉砂池配置 2 套移动式刮砂桥,设置 3 台 25 m<sup>3</sup>/h 吸砂泵。

### 2.6.3 生物处理区

生物处理区共设置 4 格初沉池和 2 格生化池,每 2 格初沉池和 1 格生化池合建,2 组生化池对称布置。初沉池沉淀时间为 0.98 h。生化池单格有效容积为 44 800 m<sup>3</sup>,有效水深为 6.4 m,MLSS 质量浓度为 4 000 mg/L,污泥龄为 12.85 d。总水力停留时间为 10.75 h,其中预缺氧区为 0.6 h,厌氧区为 1.27 h,前缺氧区为 2.8 h,前好氧区为 4.7 h,后缺



图3 项目效果图

Fig. 3 Project Rendering Drawing

氧区为 0.8 h, 后好氧区为 0.57 h。生化池污泥内回流比为 300%, 外回流比为 100%。MBBR 填料投加量为  $2 \times 10^6 \text{ m}^3$ , 规格为 25 mm $\times$ 12 mm (外径 $\times$ 厚度), 材质为高密度聚乙烯。

#### 2.6.4 二沉池区

二沉池采用矩形周进周出二沉池, 共设置 10 格配置非金属链条式刮泥机。单池尺寸长( $L$ ) $\times$ 宽( $B$ ) $\times$ 高( $H$ )=58 m $\times$ 7.3 m $\times$ 4.5 m, 平均表面负荷为  $0.98 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

#### 2.6.5 深度处理区

深度处理区包括中间提升泵站、磁混凝高效沉淀池、转鼓过滤器(预留)、紫外线消毒渠、总出水泵站、再生水池。

中间提升泵站配置 4 台流量( $Q$ )为  $1\,810 \text{ m}^3/\text{h}$  潜水轴流泵。2 组磁混凝高效沉淀池, 快混区停留时间为 1.8 min, 磁介质混合区停留时间为 1.77 min, 絮凝反应区停留时间为 3.05 min, 沉淀区停留时间为 30.42 min, 平时表面负荷为  $19.74 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , 峰值表面负荷为  $25.90 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。预留转鼓过滤器安装位置作未来再次提标使用, 预留 4 组滤速为  $1\,157.4 \text{ L/s}$  转鼓过滤器。紫外消毒渠共 2 条, 安装 2 套紫外消毒装置, 每个模块功率为 20 kW。出水水泵房配置 4 台  $Q$  为  $1\,080 \text{ m}^3/\text{h}$  潜水离心泵, 扬程为 14 m。再生水池有效容积为  $100 \text{ m}^3$ , 配置 3 台  $Q$  为  $90 \text{ m}^3/\text{h}$  离心泵, 扬程为 30 m, 3 套浅层砂过滤器, 出水用于厂内生产用水和厂外市政杂用水。

#### 2.6.6 鼓风机房

鼓风机房设置在负一层共配置 4 台风量为

$9\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 、功率为 250 kW 磁悬浮鼓风机, 主要用于生化池提供氧气。

#### 2.6.7 加药间

加药间用于投加硫酸铝、外加碳源(乙酸钠)及次氯酸钠。硫酸铝(质量分数为 8%)投加至生物池末端和磁混凝高效沉淀池处用以进一步化学除磷, 最大投加的质量浓度为  $144 \text{ mg/L}$ 。乙酸钠(质量分数为 20%)投加至缺氧区和好氧区进水端, 最大投加能力为  $9.85 \text{ t/d}$ 。次氯酸钠(质量分数为 10%)投加至紫外消毒渠用于辅助消毒, 最大投加能力为  $400 \text{ L/h}$ 。

#### 2.6.8 污泥处理系统

污泥处理系统包括污泥缓冲池、浓缩污泥储池和污泥脱水机房, 设计产泥量为  $161 \text{ t/d}$ , 脱水污泥含水率为 80%, 出泥运输至当地垃圾焚烧发电厂焚烧处理。污泥缓冲池尺寸  $L \times B \times H = 8.0 \text{ m} \times 7.5 \text{ m} \times 6.3 \text{ m}$ , 收集初沉池污泥、生化池剩余污泥和磁混凝高效沉淀池化学污泥。浓缩污泥储池尺寸  $L \times B \times H = 8 \text{ m} \times 7.4 \text{ m} \times 6.3 \text{ m}$ , 储存污泥带式浓缩后的污泥。污泥脱水机房配置 3 台  $Q$  为  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  污泥脱水离心机, 3 台  $Q$  为  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  进泥泵, 3 台  $Q$  为  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  进泥切割机。2 座容积为  $80 \text{ m}^3$  的污泥料仓。2 套投加能力为  $3\,000 \text{ L/h}$  的 PAM 制备装置, 5 台 PAM 投加泵, 其中 2 台  $Q$  为  $1 \sim 3 \text{ m}^3/\text{h}$  供污泥浓缩机, 3 台  $Q$  为  $2 \text{ m}^3/\text{h}$  供离心脱水机。

#### 2.6.9 除臭及通风系统

除臭系统包括除臭加盖、臭气收集管路系统及

除臭装置等,除臭工艺采用生物除臭+离子除臭+全过程根源除臭。箱体内各处理构筑物,包括预处理区、生化池、污泥泵池及污泥处理区均设置除臭系统。箱体内设置生物除臭设备6套,2万 $\text{m}^3/\text{h}$ 处理规模的生物除臭设备1套,每套设除臭装置1台、离心风机及循环水泵1用1备、喷淋水泵1台、循环水箱1台<sup>[6]</sup>。主机布置在生物池顶板上。全过程根源除臭在生化池缺氧区放置培养箱40套,单套培养箱供气量为3~7 $\text{m}^3/\text{h}$ ,设置2台250 $\text{m}^3/\text{h}$ 除臭污泥投加泵在回流污泥泵池,污泥回流至进水前端,扬程为15 m。预处理区和污泥处理区设置送离子新风装置,其中预处理区负一层空间内通风全部送离子新风,污泥处理区内仅污泥脱水间和污泥料仓间通风送离子新风。预处理设置2套离子发生器,单套处理规模为2.5万 $\text{m}^3/\text{h}$ ,离心风机1台,污泥处理区设置1套离子发生器,处理规模为3万 $\text{m}^3/\text{h}$ ,离心风机1台。6套除臭系统收集的臭气归集到一个废气排放烟筒25 m高空排放,废气排放口与综合楼合建,有组织排放符合《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—1993)的要求。

通风采用机械排风、机械送风的全面通风设计,排风系统用于排除除臭工艺中可能溢出的臭味,送风系统用于补充排出的气体,维持室内微负压,改善空间空气质量。可能飘逸有恶臭的空间,补风量按排风量的80%设计,以保证车间内相对于池内的正压。通风系统的离子新风系统进风、排风口与地面楼梯间合建,排放高度为3 m,厂界符合GB 18918—2002表4二级标准要求。夏季通风室外计算温度为35 $^{\circ}\text{C}$ ,冬季通风室外计算温度为13.6 $^{\circ}\text{C}$ 。边界噪声满足昼间 $\leq 60\text{ dB(A)}$ (A表示计权声级)和夜间 $\leq 50\text{ dB(A)}$ 的要求。

#### 2.6.10 消防工程

箱体内除负一层的配电室火灾危险性类别为丁类外,其他均为戊类。该工程地上部分为二级耐火等级,地下部分为一级耐火等级。综合楼为地上3层建筑,建筑面积为3 537.96 $\text{m}^2$ ,划分为2个防火区,负一层建筑面积为19 497.87 $\text{m}^2$ ,划分为11个防火区,负二层建筑面积为7 191.58 $\text{m}^2$ ,划分为4个防火区。

消防系统包括室内消火栓系统、室外消防栓系统、自动喷水灭火系统、七氟丙烷气体灭火系统,并配置移动式灭火器。室内和室外消火栓均为70 L/s

用水量,消防水池和消防泵房贮水量为580 $\text{m}^3$ 。除了不适用水灭火的地方之外均配置上方自动喷水灭火,设计流量为15 L/s。

变配电室采用七氟丙烷柜式预制灭火系统,单台七氟丙烷柜式预制灭火设备的规格为150 L,设计质量分数为9%,喷放时间为10 s,灭火浸渍时间为10 min,并配置专用空气呼吸器。

当火灾发生,消防中心接到火灾信号后,手动或消防控制中心开启设在机房的加压送风机和风机出口处的电动调节阀,对前室加压送风。当火灾确认防火分区位置后,常闭加压送风口15 s内可联动开启<sup>[7]</sup>。

#### 2.6.11 精确曝气系统

污水厂生产运营主要能耗是鼓风机,为提升鼓风机利用效率节省用电,该工程引入精确曝气系统,通过在生化池设置氧化还原电位、溶解氧、MLSS、氨氮、硝酸盐氮在线仪表监控将数据库导入精确曝气系统,通过系统模型实现风量自动调节代替传统人工调控,节约能耗约为20%。

#### 2.6.12 智慧污水厂应用

为提升污水厂自动化管理运营效率,该工程引入智慧污水厂应用,利用先进的自动化、电气、无线通信、软件技术以及云计算技术,建立先进的远程管理云平台,高速高效地采集处理大数据,实时掌握污水厂运行状况,远程进行污水厂的生产调节、设备控制、诊断调度,能够大幅度减少现场生产控制、维护和管理人员,基本或完全实现无人值守,保障安全生产。智慧污水厂包含基础云平台建设、实时监控、测点数据管理、报警管理、视频监控系統、设备管理系统、缺陷管理、维修管理、巡检管理、养护管理、库存管理、报表管理、增强现实(AR)交互、工业物联网网关、近场通讯近场通信(NFC)标签、二维码铭牌、移动手持设备、综合大屏、全厂三维建模、访客管理、办公大楼智能机器人、生产值班管理、安全管理、人员绩效管理、考勤系统、能耗管理、智慧决策管理、工作流引擎内容。“智慧污水厂”应用能减少现场值班人员现场巡视频率,将传统线下生产运营管理记录全部转变为线上形式,自行生成工单并全程追踪,录入数据形成数据库建立算法模型,利用1年以上的运营数据训练构建智能调控系统,对生产出现异常情况自动短信通知到相关人员进行线上核实并推荐采取处理措施最大保障污水厂安全生产运行。项目的建设能提高生产效率,实现污水厂全面透明化管

控,使管理层明确了解污水厂的每一步生产情况,将管理做到“看得见,管得着”,提高工程的综合管理水平,其中运用工业物联网技术进行多厂集约化管理在行业内是首例。

### 3 运行情况

该工程通过环保验收后,基本满负荷运行,出水稳定达标排放,之后近一年(2023年)的进出水水质月均值如表3所示。

表3 2023年该厂进出水水质情况 (单位:mg/L)  
Tab. 3 Influent and Effluent Quality in the WWTP in 2023 (Unit: mg/L)

| 月份  | 进水                |                  |      |      |      |     | 出水                |                  |      |      |      |    |
|-----|-------------------|------------------|------|------|------|-----|-------------------|------------------|------|------|------|----|
|     | COD <sub>Cr</sub> | BOD <sub>5</sub> | 氨氮   | TN   | TP   | SS  | COD <sub>Cr</sub> | BOD <sub>5</sub> | 氨氮   | TN   | TP   | SS |
| 1月  | 151               | 88.4             | 15.0 | 18.2 | 1.94 | 92  | 7.0               | 0.25             | 0.08 | 9.24 | 0.08 | 2  |
| 2月  | 143               | 77.1             | 17.4 | 19.9 | 2.21 | 101 | 7.2               | 0.60             | 0.11 | 8.45 | 0.09 | 2  |
| 3月  | 165               | 77.2             | 21.4 | 24.1 | 2.58 | 129 | 8.3               | 0.25             | 0.13 | 7.95 | 0.12 | 2  |
| 4月  | 167               | 74.9             | 18.9 | 21.8 | 2.23 | 142 | 9.1               | 0.25             | 0.10 | 8.77 | 0.11 | 2  |
| 5月  | 186               | 89.7             | 21.3 | 24.3 | 2.38 | 157 | 8.8               | 0.25             | 0.11 | 7.68 | 0.12 | 2  |
| 6月  | 175               | 78.7             | 17.4 | 19.4 | 2.10 | 189 | 7.5               | 0.25             | 0.14 | 5.13 | 0.10 | 2  |
| 7月  | 166               | 77.0             | 16.6 | 20.8 | 2.27 | 122 | 8.0               | 0.25             | 0.12 | 5.74 | 0.10 | 2  |
| 8月  | 160               | 75.3             | 16.3 | 20.0 | 2.30 | 111 | 10.2              | 0.25             | 0.10 | 6.18 | 0.12 | 2  |
| 9月  | 120               | 68.0             | 11.9 | 15.7 | 1.81 | 89  | 8.0               | 0.25             | 0.07 | 6.16 | 0.13 | 2  |
| 10月 | 152               | 72.1             | 17.0 | 23.3 | 2.23 | 118 | 5.8               | 0.25             | 0.08 | 7.63 | 0.09 | 2  |
| 11月 | 163               | 83.1             | 21.3 | 27.2 | 2.41 | 114 | 6.5               | 0.25             | 0.09 | 8.19 | 0.08 | 2  |
| 12月 | 178               | 91.5             | 23.3 | 28.0 | 2.55 | 103 | 7.1               | 0.25             | 0.09 | 8.17 | 0.11 | 2  |

### 4 项目设计总结

(1)某污水处理厂提标改建规模为10万m<sup>3</sup>/d,从原一级B标准提标至一级A标准,其中氨氮执行地表Ⅳ类水,是佛山市第一座全埋式污水处理厂,亦评选为“双百跨越”第三期污水处理标杆厂。本厂有3处进水点、1种水处理工艺、3种臭气处理工艺、1种污泥处理工艺,污水处理主体工艺是:预处理+复合式AAO生化池-MBBR+磁混凝高效沉淀池+紫外接触消毒渠(辅以次氯酸钠),出水稳定达标。通过合理的工艺和管线设计,实现新厂与原厂污水处理系统顺利切换接驳,改建后全厂的污水处理、污泥处理、臭气处理系统能根据实际生产情况灵活调度,保障正常的生产运行。

(2)工程设计用地为不规则形状,占地面积为24 106.94 m<sup>2</sup>,建设采用全埋双层加盖形式,通过合理布局,将厂区地上、地下部分有机结合在一起,与原厂相比释放面积约为64 000 m<sup>2</sup>的绿地作为市政公园,实现了土地利用最大化,同时保证工艺顺畅、交通便捷、良好景观视觉效果,吨水投资为5 380元,吨水运营成本为1.7元。

(3)预处理设置初沉池,并可根据进水水质情况选择是否超越,可降低生化区活性污泥中的无机物含量,减少生化池底部泥砂类物质的沉积量。生化池采用复合式AAO生化工艺-MBBR工艺,并引

入精确曝气及信息化自动调控技术,可有效控制溶解氧、氧化还原电位等运行参数,强化生物脱氮除磷,降低曝气能耗,减少外碳源和化学除磷药剂投加量。结合磁混凝高效沉淀池的深度处理,可进一步保证出水TP和SS稳定达标。

(4)地下箱体设计尤其需注意工艺专业与其他专业的配合。生化池好氧区每个廊道需要开观察口加盖用于日常工艺调控和曝气检修。负一层操作间高度要注意预留风管、吊顶安装、设备起吊空间以及垃圾或污泥运输车辆翻斗空间。地下箱体中除臭主机、加药罐、污泥料仓等设备荷载较大,工艺专业要及时将位置及荷载告知结构专业。工艺专业需提前与建筑及暖通专业协商箱体出入口、暖通风道、运输通道、巡检步梯桥架等设置,防止与处理设备或管道冲突,室外通风设计温度应以当地夏季最高气温为准,并预留20%余量,避免箱体夏季高温导致鼓风机故障停机及人员中暑。

### 5 结论

因政府部门相关环境规划要求,该工程采用二层全埋加盖形式建设,设计规模为10万m<sup>3</sup>/d,采用工艺为“预处理+复合式AAO生化工艺-MBBR+磁混凝高效沉淀池+紫外接触消毒渠(辅以次氯酸钠)”,出水稳定达标排放。该工程还引入了精确曝气、智慧污水厂等相关先进信息技术,充分利用有限

(下转第202页)

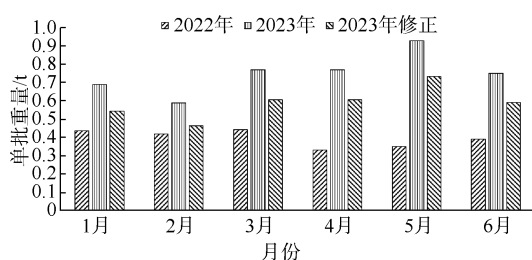


图5 压滤机单批出泥

Fig. 5 Single Batch Output of Filter Press

量提高 40%,降低了人力运营成本。

②文章中的改造和运行模式调整,不影响浓缩池外排水水质,且能大幅减少外排水量,有力保护了周边生态水系。

③此次改造是对水厂脱水工艺精细化管理的实践,为其他水厂类似泥线运营管理提供借鉴。

### 参考文献

- [ 1 ] 童祯恭,吴哲帅. 净水厂排泥水处置现状的若干分析[J]. 华东交通大学学报, 2018, 35(6): 88-95.  
TONG Z G, WU Z S. Analysis on sludge water disposal in water purification plant[J]. Journal of East China Jiaotong University, 2018, 35(6): 88-95.

- [ 2 ] 何纯提. 净水厂排泥水处理[M]. 第二版. 北京:中国建筑工程工业出版社, 2016.  
HE C T. Sludge Treatment in water purification plant[M]. 2nd Edition. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016.
- [ 3 ] 赵以刚,穆宏,马顺君. 自来水厂排泥水处理系统调试改进案例. 净水技术, 2019, 38(s1): 93-95, 172.  
ZHAO Y G, MU H, MA S J. Case study of adjustment and improvement of sludge water treatment system in waterworks[J]. Water Purification Technology, 2019, 38(s1): 93-95, 172.
- [ 4 ] 史春海,马小蕾,王海梅. 给水排水设计手册[M]. 北京:中国建筑工程出版社, 2014.  
SHI C H, MA X L, WANG H M. 给水排水设计手册[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014.
- [ 5 ] 黄孟斌,王长平,张毅,等. 中小型水厂排泥水处理系统的设计与运行[J]. 中国给水排水, 2018, 34(22): 104-107.  
HUANG M B, WANG C P, ZHANG Y, et al. Design and operation of sludge water treatment system in small and medium sized waterworks [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(22): 104-107.
- [ 6 ] 上海市环境保护局,上海市质量技术监督局. 污水综合排放标准: DB31/ 199—2018[S]. 北京:中国标准出版社, 2007.  
Shanghai Municipal Bureau of Ecology and Environment, Shanghai Municipal Bureau of Quality and Technical Supervision. Integrated wastewater discharge standard: DB31/ 199—2018[S]. Beijing: Standstard Press of China, 2007.

(上接第 188 页)

空间实现提标改建的要求,对同类型工程具有借鉴意义。

### 参考文献

- [ 1 ] 杨磊,赵健,郭瑜,等. 高排放标准全地埋污水处理厂设计案例[J]. 能源与环境, 2023(2): 92-94, 117.  
YANG L, ZHAO J, GUO Y, et al. Design case of full ground sewage treatment plant with high discharge standard [J]. Energy and Environment, 2023(2): 92-94, 117.
- [ 2 ] 王以尧,王雅璐,韩永旺,等. 地表水环境质量标准综述(二)——国外地表水环境质量标准、基准介绍及分析[J]. 四川环境, 2022, 41(2): 273-280.  
WANG Y Y, WANG Y L, HAN Y W, et al. Review of surface water environmental quality standards (2): Introduction and analysis of foreign surface water environmental quality standards and benchmarks [J]. Sichuan Environment, 2022, 41(2): 273-280.
- [ 3 ] 高晨晨,李思雨,穆莹,等. 地下式污水处理厂用地现状与节地分析[J]. 给水排水, 2023, 59(9): 20-23.  
GAO C C, LI S Y, MU Y, et al. Current situation and land conservation analysis of underground sewage treatment plants

- [J]. Water & Wastewater Engineering, 2023, 59(9): 20-23.
- [ 4 ] 曾令斌,邓军,张洋. 惠州市某地下式污水处理厂工艺设计案例[J]. 净水技术, 2023, 42(s2): 134-140.  
ZENG L B, DENG J, ZHANG Y. Engineeringg design case of an underground WWTP in Huizhou City [J]. Water Purification Technology, 2023, 42(s2): 134-140.
- [ 5 ] 杨墨,史航标,程瑞丰,等. 武汉市某污水处理厂地下式扩建设计案例[J]. 净水技术, 2024, 43(s1): 341-347, 360.  
YANG M, SHI H B, CHENG R F, et al. Engineering design case of WWTP underground extension in Wuhan City [J]. Water Purification Technology, 2024, 43(s1): 341-347, 360.
- [ 6 ] 李晓莹. 半地下全封闭式污水处理厂应用实例[J]. 科技创新, 2022(6): 151-154.  
LI X Y. Application example of semi-underground fully enclosed sewage treatment plant [J]. Scientific and Technological Innovation, 2022(6): 151-154.
- [ 7 ] 吴延奎,蒋能飞. 高层建筑前室机械加压送风系统旁通泄压阀超压控制措施分析[J]. 制冷, 2021, 40(2): 73-76.  
WU Y K, JIANG N F. Analysis of overpressure control measures for bypass relief valve of mechanical pressurized air supply system in front room of high-rise building [J]. Refrigeration, 2021, 40(2): 73-76.