

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2025.12.009

# 珠海井岸水质净化厂CAST工艺提标扩容改造工程设计

刘羽, 付朝晖, 徐晓明  
(珠海市规划设计研究院, 广东 珠海 519000)

**摘要:** 珠海井岸水质净化厂作为珠海西区第一座地上式污水处理厂,随着城市的发展,其水量、水质及环境景观已不能满足现状要求,亟须进行提标扩容改造。因项目用地受限,污水处理采用紧凑型CAST生化池+高效沉淀池+滤布滤池工艺,通过高加盖、建筑风貌改造、生态景观提升等措施将传统地上式水质净化厂打造成用地集约、功能复合的花园厂区。改造后处理规模由 $3.5\times 10^4$  m<sup>3</sup>/d增至 $8.0\times 10^4$  m<sup>3</sup>/d,出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准及广东省《水污染物排放限值》(DB 44/26—2001)一级标准(第二时段)的较严值,项目运行后出水各项指标均稳定达标,可为类似工程提供参考。

**关键词:** 地上式水质净化厂; CAST工艺; 提标扩容

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2025)12-0058-06

## Design of CAST Process Upgrading and Expansion Renovation Project for Jing'an Sewage Purification Plant in Zhuhai

LIU Yu, FU Zhao-hui, XU Xiao-ming

(Zhuhai Institute of Urban Planning & Design, Zhuhai 519000, China)

**Abstract:** Jing'an sewage purification plant, the first above-ground sewage treatment plant in the western district of Zhuhai, has experienced increasing challenges due to urban development. Its current treatment capacity, water quality standards, and environmental landscape no longer align with modern requirements, necessitating urgent upgrading, expansion, and renovation. Due to the constrained availability of land for the project, the sewage treatment adopted the compact CAST biochemical tank+high-efficiency sedimentation tank+cloth media filter process. By implementing measures such as high-level covering, architectural style renovation, and ecological landscape enhancement, the conventional above-ground sewage purification plant was transformed into a garden-style sewage treatment plant characterized by intensive land utilization and multi-functionality. After the transformation, the processing capacity was enhanced from  $3.5\times 10^4$  m<sup>3</sup>/d to  $8.0\times 10^4$  m<sup>3</sup>/d. The effluent quality is required to conform to the first level A limit specified in *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002) and the stricter requirements of the first level limit (second phase) specified in *Discharge Limits of Water Pollutants* (DB 44/26-2001) of Guangdong Province. Upon the project's commissioning, all effluent parameters consistently meet the prescribed standards, providing a valuable reference for analogous projects.

**Key words:** above-ground sewage purification plant; CAST process; upgrading and expansion

通信作者: 刘羽 E-mail: 122188595@qq.com

### 1 项目概况

井岸水质净化厂是珠海西部地区第一座地上城镇生活污水处理厂,位于珠海市斗门区井岸镇鸡啼门水道醒狮涌旁,主要接纳井岸城区及新青工业园生活污水,总服务面积约31.3 km<sup>2</sup>,服务人口27.2万人。2008年一期工程建成投产,项目总用地面积37 663 m<sup>2</sup>,一期工程占地25 898 m<sup>2</sup>,处理规模3.5×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d,生物处理采用CAST工艺,出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级B标准。随着城市发展及污水处理标准的提高,亟须对厂区进行提标扩容改造。

### 2 设计规模及进、出水水质

#### 2.1 设计规模

井岸水质净化厂远期规划规模为12.0×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d,此次对一期工程(3.5×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d)进行提标,同时扩建4.5×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d处理规模,改造后达到近期规划规模(8.0×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d)。

#### 2.2 进、出水水质

根据前期厂区实际进、出水水质调研,并结合城市规划发展综合考虑设计进、出水水质,设计出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准及广东省《水污染物排放限值》(DB 44/26—2001)一级标准(第二时段)的较严值,具体见表1。

表1 设计进、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality

mg·L<sup>-1</sup>

项目	BOD <sub>5</sub>	COD	SS	TN	NH <sub>3</sub> -N	TP
设计进水	150	260	230	35	25	5
设计出水	≤10	≤40	≤10	≤15	≤5	≤0.5

### 3 工程改造思路

#### 3.1 现状与规划兼顾的流程改造

考虑用地紧张以及与现状工艺衔接以便于运行,该项目仍采用节地的短流程CAST生化池+高效沉淀池+滤布滤池工艺。污水自现状进水分配井分别进入现状及新建两组粗细格栅、旋流沉砂池、CAST生化池,再经中间提升泵房提升后进入新建高效沉淀池、滤布滤池、紫外线消毒渠、清水池,最后排入醒狮涌或回用。结合远期规模及现状用地布局,此次预处理、滤布滤池、消毒出水池等按远期规模一次建成,设备分期安装;预处理单元在CAST

生化池前预留远期接驳口;占地面积较大的CAST生化池、高效沉淀池按近期规模建设,远期结合厂区办公楼改造再进行扩建;一期紫外线消毒渠因占用提标工程用地,拆除新建;污泥脱水机房尺寸偏小且距离生化池较远,废除新建;鼓风机房及配电间尺寸满足远期负荷需求,予以保留。污水处理厂主要工艺流程如图1所示。

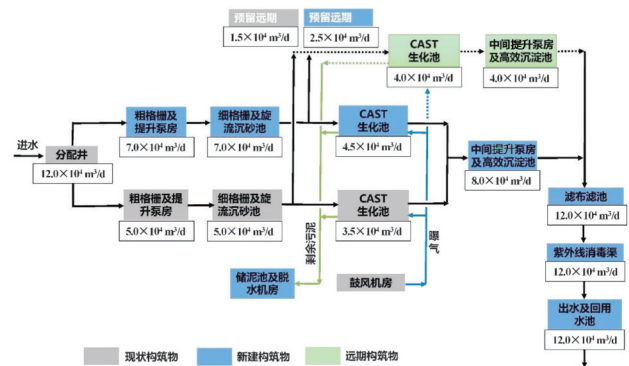


图1 污水处理厂工艺流程

Fig.1 Process flow chart of the WWTP

#### 3.2 高效集约的总平面布置

该项目总用地面积37 663 m<sup>2</sup>,退让后可用地面积33 560 m<sup>2</sup>,一期工程占地25 898 m<sup>2</sup>,预留用地位于厂区西北侧及东南侧,面积仅12 662 m<sup>2</sup>,该工程需在现况厂址上原位改造并兼顾远期预留<sup>[1]</sup>。根据厂区总体布局,预处理、CAST生化池及除臭塔需布置在西北侧,总用地需求近6 000 m<sup>2</sup>,而西北侧预留用地面积约5 000 m<sup>2</sup>,设计通过协调规划占用部分厂前绿化退让用地、压缩道路及构筑物周边绿化面积等措施,解决近1 000 m<sup>2</sup>的用地缺口;深度处理、消毒及出水区布置在东南侧预留用地,设计将中间提升泵房、加药间与高效沉淀池合建,滤布滤池与紫外线消毒渠合建,集约布置、减少占地;在充分考虑污泥运输可行性的基础上,利用现状预处理与鼓风机房之间350 m<sup>2</sup>的狭小空地新建污泥脱水间。远期充分挖潜,将现状办公楼、宿舍楼拆除后用于扩建4.0×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d规模的CAST生化池及高效沉淀池,并于一期脱水机房处新建一座综合楼,具体布置如图2所示。此次改造后用地指标由一期工程的0.74 m<sup>2</sup>/(m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>)降至0.42 m<sup>2</sup>/(m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>),远期工程实施后用地指标将进一步降至0.28 m<sup>2</sup>/(m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>),低于国内同水平紧凑型工艺污水处理厂的用地指标[0.3~0.8 m<sup>2</sup>/(m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>)]。



地、微净化单元,通过LID设施实现源头净化减排,打造韧性工厂;利用加盖屋面巧妙设置空中花园、球场等活动空间,结合防护型绿带、房前屋后绿带、垂直绿化改造,将传统地上式污水厂打造成花园厂区。水质净化厂改造后鸟瞰见图4。



图4 水质净化厂改造后鸟瞰

Fig.4 Aerial view of the WWTP after renovation

### 3.5 提标改造不停产

该项目基坑挖深较深(3.8~12.5 m),部分基坑与现状构筑物距离较近(5.4~7.2 m),如何在确保现状安全不停产的情况下快速高效地施工是建设的一大难题。设计考虑采用分阶段施工方案,利用新预处理单元及新CAST生化池临排过渡,第一阶段先施工新预处理单元与新CAST生化池,预处理进水管采用顶管工艺接入现状分配井,CAST生化池出水管临时接入一期排水管道中,并在深度处理单元处预留接口;第二阶段进水调试,新CAST生化池稳定运行达标后将现状分配井中污水全部接入,该阶段同步实施深度处理单元与出水消毒单元;第三阶段再对旧CAST生化池进行改造,待深度处理单元及出水消毒单元验收运行后再将新、旧CAST生化池出水接入高效沉淀池进水单元,整个改造过程污水均达标排放。同时对与现状建(构)筑物距离较近的深基坑分别采用沉井带水下沉、D800 mm大直径水泥土墙、D800 mm灌注桩支护围护、钢板桩支护等施工方案保障现状生产安全。

## 4 工程设计

### 4.1 进水单元

现状进水分配井平面尺寸5.0 m×4.0 m,深9.0 m,现状总进水管管径D1 500 mm,一期进水管管径

D1 000 mm,并预留扩建工程洞口。该项目新建出水管管径D1 200 mm,埋深约8.2 m,坡度0.2%,接入新建预处理单元。

### 4.2 预处理单元

现状预处理规模 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,新建预处理单元土建规模 $7.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,设备安装规模 $4.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,分两组。粗格栅及进水泵房总平面尺寸21.0 m×11.4 m,设2套钢丝绳牵引格栅, $B=1\ 200 \text{ mm}$ , $b=22 \text{ mm}$ , $N=2.2 \text{ kW}$ ;配4台污水潜水泵(2台变频), $Q=1\ 200 \text{ m}^3/\text{h}$ , $H=150 \text{ kPa}$ , $N=75 \text{ kW}$ 。细格栅渠及旋流沉砂池总平面尺寸12.0 m×9.4 m,设2套网板式阶梯格栅, $B=1\ 500 \text{ mm}$ , $b=5 \text{ mm}$ , $N=5.0 \text{ kW}$ ;采用550型旋流沉砂池, $D=3\ 650 \text{ mm}$ 。

### 4.3 生化处理单元

现状CAST生化池规模 $3.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,新建CAST生化池规模 $4.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,分4组,其平面布置如图5所示。

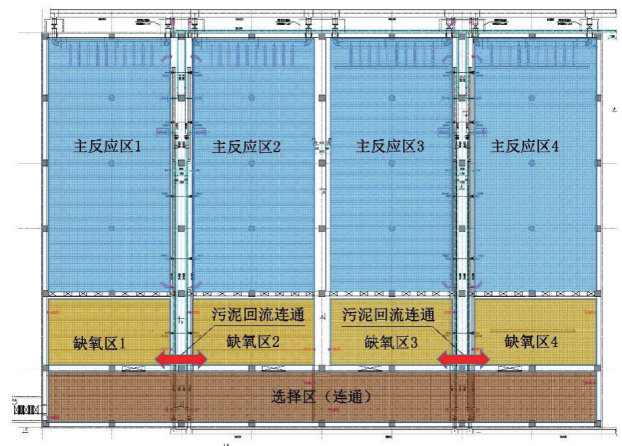


图5 CAST生化池平面布置

Fig.5 Layout plan of CAST biochemical tank

CAST生化池单组平面尺寸50.6 m×17.0 m,总平面尺寸75.5 m×53.6 m,分为选择区( $V=2\ 812 \text{ m}^3$ )、缺氧区( $V=3\ 752 \text{ m}^3$ )和主反应区( $V=13\ 684 \text{ m}^3$ )3个区域,有效水深6.0 m;设4台滗水器, $Q=2\ 300 \text{ m}^3/\text{h}$ ,滗水深度 $H=2.5 \text{ m}$ , $N=2.2 \text{ kW}$ ;设4台污泥回流泵, $Q=1\ 200 \text{ m}^3/\text{h}$ , $H=60 \text{ kPa}$ , $N=37 \text{ kW}$ 。工作周期由闲置、进水、曝气、沉淀、滗水等5个阶段构成,交替连续进行,其中进水1.0 h(同时曝气),曝气1.0 h,沉淀1.0 h,滗水、闲置1.0 h,每组间隔1 h。为提高生化池处理效率,进行以下优化设计:①选择区进、出水采用下进上出形式,同时按逆时针方向安

装推流器,便于池内形成环流;②缺氧区进、出水采用上进下出形式,出水能更好地与主反应区底部沉积的活性污泥接触,提高反应区运行效率;③将选择区合并,增加厌氧停留时间,磷得以有效释放,利于生物除磷;④调整缺氧区曝气系统布置密度,增设导流墙及推流器,改善水体流态,促进磷的进一步释放并强化氮的反硝化进程;⑤增加内回流(回流比100%),提高脱氮效率<sup>[2]</sup>,主反应区污泥可回流至缺氧区和选择区,同时设置连通管实现相邻两池回流污泥的平衡调配,提高活性污泥的质量与数量;⑥优化好氧区搅拌器设置,引入缺氧搅拌段等措施提高脱氮除磷效率。

#### 4.4 深度处理单元

深度处理提升泵站规模 $8.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,平面尺寸 $14.0 \text{ m} \times 6.0 \text{ m}$ ,设3台潜水轴流泵, $Q=2\ 167 \text{ m}^3/\text{h}$ , $H=95 \text{ kPa}$ , $N=75 \text{ kW}$ 。高效沉淀池设计规模 $8.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,分2组,平面尺寸 $30.8 \text{ m} \times 29.5 \text{ m}$ ,分为快速混合区、絮凝区和沉淀区,混合时间 $2.10 \text{ min}$ ,絮凝时间 $12.20 \text{ min}$ ,斜管沉淀区水力负荷 $17.0 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,斜管区上升流速 $18.68 \text{ m/h}$ 。滤布滤池采用外进内出形式,土建规模 $12.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,设备按 $8.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 规模配套,平面尺寸 $13.40 \text{ m} \times 18.85 \text{ m}$ ,分3格运行,每格滤盘共20个, $D=3.0 \text{ m}$ ,单片有效过滤面积 $12.6 \text{ m}^2$ 。

#### 4.5 消毒出水单元

紫外线消毒渠土建规模 $12.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,设备按 $8.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 规模配套,平面尺寸 $17.3 \text{ m} \times 9.3 \text{ m}$ ,有效水深 $800 \text{ mm}$ 。清水池及回用水泵房合建,平面尺寸 $11.85 \text{ m} \times 10.60 \text{ m}$ ,清水池设计规模 $12.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,出水水位 $3.68 \text{ m}$ ,通过 $D1\ 500 \text{ mm}$ 尾水管排入醒狮涌,高于河道50年一遇洪水位 $2.90 \text{ m}$ 。回用水泵房土建规模 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,设备规模 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,配备回水泵4台(2大2小)。

#### 4.6 鼓风单元

现状鼓风机房平面尺寸 $30.5 \text{ m} \times 15.2 \text{ m}$ ,安装3台罗茨风机(2用1备),单台 $Q=55 \text{ m}^3/\text{min}$ 、 $H=58.8 \text{ kPa}$ 、 $N=75 \text{ kW}$ ,预留2台鼓风机机位。该工程增设2台罗茨鼓风机(1用1备),单台 $Q=120 \text{ m}^3/\text{min}$ 、 $H=74.4 \text{ kPa}$ 、 $N=220 \text{ kW}$ ,远期考虑更换现状3台罗茨风机以满足 $12.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 规模的要求。

#### 4.7 污泥处理单元

该工程新建污泥脱水机房,土建规模 $12.0 \times 10^4$

$\text{m}^3/\text{d}$ ,设备按 $8.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 规模配置。脱水机房平面尺寸 $23.4 \text{ m} \times 12.4 \text{ m}$ ,高 $10.8 \text{ m}$ ,分两层,一层设地下室储泥池,二层设2台旋压脱水机,单台 $Q=8\sim 20 \text{ m}^3/\text{h}$ 、 $N=5.5 \text{ kW}$ ,预留远期1台位置;设2格污泥斗,单格有效容积 $50 \text{ m}^3$ ,停留时间 $2 \text{ d}$ 。设计污泥量 $800 \text{ t/d}$ ,进泥含水率 $99.2\%$ ,脱水后污泥含水率 $80\%$ 。

#### 4.8 除臭与通风单元

该项目主要对预处理单元、生化处理单元(选择区、缺氧区)、污泥处理单元进行低加盖负压收集臭气<sup>[3]</sup>,采用填料式生物除臭系统,经处理后厂界和排气筒污染物排放限值同时符合GB 18918—2002和《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—93)的有关规定。处理后的尾气进行有组织排放,排放塔出风口的离地高度为 $15 \text{ m}$ ,流速为 $12\sim 15 \text{ m/s}$ 。该项目通风主要包括构筑物与设备机房两类,构筑物高加盖形成封闭区域工作条件,与地下式污水厂操作层类似,通风标准按照《城镇地下式污水处理厂技术规程》(T/CECS 729—2020)执行,设备机房参考《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》(GB 50019—2015)执行。

#### 4.9 海绵城市设计

海绵设计目标年径流总量控制率 $77\%$ ,TSS去除率 $40\%$ ,内涝防治标准30年一遇。采用小型分散的有机化处理模式,雨水径流通过雨水花园、植草沟、透水铺装等微绿地、微渗透单元滞蓄净化后,实现源头减排。厂区按5年一遇标准建设雨水管渠,保障厂区内建筑物底层不进水,不产生内涝,提高厂区防灾减灾能力。改造后年径流总量控制率为 $79.58\%$ ,SS去除率为 $56.73\%$ ,超额完成海绵指标,打造了韧性水质净化厂。

#### 5 设计亮点

① 变“邻避”为“邻利”,在充分评估结构安全的前提下对既有构筑物进行高加盖改造,利用加盖空间打造空中花园、球场,为周边居民提供散步、运动的场所。通过建筑景观改造,较大提升了园区生态环境,将传统地上式水质净化厂打造成密闭花园厂区,改造旧综合楼为科普馆,吸引大量公众参观学习。该项目获评广东省生态环境保护优秀示范工程,对科普污水处理事业起到较大推动作用。

② 用地面积省,选择紧凑型CAST生化池+高效沉淀池+滤布滤池组合工艺,通过挖潜现状、优化布置、压缩绿化空间以及设置综合管沟等措施满足

总体布置要求。此次改造后用地指标为 $0.42 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$ ,远期用地指标为 $0.28 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$ ,低于国内同水平污水厂用地指标。

③ 优化CAST工艺设计,通过合并CAST生化池厌氧区、改善水流条件、采用100%内回流比、在相邻两池之间调配回流污泥、优化搅拌器布设等措施,在强化脱氮除磷效果的同时,有效降低能耗,践行绿色低碳理念<sup>[4]</sup>。

④ 灵活布置综合管沟,在项目用地受限的条件下设置单、双舱综合管沟,纳入水、气、泥等8种非重力管线,整合了现状、新建、远期管线,节省厂区用地,解决了维护检修不方便、反复开挖等问题,提升了厂区综合功能,在珠海地上水质净化厂改造中属于首创。

⑤ 工程投资省,项目概算总投资1.80亿元,折算单位投资约2680元/ $\text{m}^3$ ,统计广州与珠海部分地下污水处理厂经济指标,单位投资为4800~5800元/ $\text{m}^3$ (半地下污水处理厂可减少700~1000元/ $\text{m}^3$ )。通过对地上厂区的全面改造,探索了地上式集约化、复合功能水质净化厂的建设形式,相较于地下厂、半地下厂具有投资省、运行费用低的特点,在财政资金偏紧的情况下,更有利于项目决策落地。

## 6 实施效果

该工程于2022年8月竣工验收并正式投入运行,目前实际进水量为 $(6.1\sim 7.3)\times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,设备运行良好、稳定,出水各项指标均稳定达标。2024年1月—12月的实际进、出水水质如表2所示。

表2 实际进、出水水质

Tab.2 Actual influent and effluent quality  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项目	BOD <sub>5</sub>	COD	NH <sub>3</sub> -N	TP
进水水质	69~103	155~197	17.5~22.2	2.13~3.37
出水水质	1.2~2.0	5~7	0.09~0.39	0.13~0.23

## 7 结语

珠海井岸水质净化厂提标扩容工程投运后,出水各项指标均优于GB 18918—2002一级A标准及DB 44/26—2001一级标准(第二时段)的较严值,大大提升了鸡啼门水道水环境质量。该项目在水质净化厂用地受限的条件下,从改造措施、工艺选择及优化、平面布局、新旧有机衔接、多功能融合以及投资节约等方面深度挖掘潜力,将地上式水质净化厂打造成高标准排放、投资省、运行费用低、功能复

合的环境设施,可为类似工程提供参考。

## 参考文献:

- [1] 李晓,纪海霞,程树辉,等.湛江市赤坎污水处理厂升级改造可行性分析[J].给水排水,2019,45(6):11-15.  
LI Xiao, JI Haixia, CHENG Shuhui, et al. Discussion on reconstruction scheme of Chikan wastewater treatment plant in Zhanjiang City [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(6): 11-15 (in Chinese).
- [2] 王洪刚,纪海霞,程树辉,等.北方某污水厂CASS工艺升级改造设计[J].中国给水排水,2019,35(10):60-63.  
WANG Honggang, JI Haixia, CHENG Shuhui, et al. Design of upgrading project of CASS process in a sewage treatment plant in northern China [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(10): 60-63 (in Chinese).
- [3] 王阳,张月,郭庆英,等.珠海前山水质净化厂全地下MBR工艺设计[J].中国给水排水,2018,34(22):59-62.  
WANG Yang, ZHANG Yue, GUO Qingying, et al. Design of Qianshan wastewater treatment plant with underground MBR process in Zhuhai City [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(22): 59-62 (in Chinese).
- [4] 卫佳,方帅,许怀奥,等.江西省首座花园式全地下水质净化厂工程设计[J].中国给水排水,2023,39(8):68-72.  
WEI Jia, FANG Shuai, XU Huai'ao, et al. Design of the first garden-type full underground wastewater treatment plant in Jiangxi Province [J]. China Water & Wastewater, 2023, 39(8): 68-72 (in Chinese).

作者简介:刘羽(1985—),男,湖南武冈人,硕士,高级工程师,注册公用设备工程师(给水排水)、注册环保工程师、注册咨询工程师、一级建造师(市政公用工程),给排水设计所所长,主要研究方向为市政给排水管网、城市综合管廊、水环境综合治理、生态环境工程等,获珠海市产业青年优秀人才、珠海市香洲区香山创新英才等荣誉称号。

E-mail: 122188595@qq.com

收稿日期:2025-02-21

修回日期:2025-04-05

(编辑:沈靖怡)