

更高出水标准的南方某全地下污水处理厂设计

何磊

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 污水处理厂出水标准的要求越来越高, 探寻适应进水 C/N 比低且脱氮效率高、出水水质好的污水处理工艺甚为迫切。深圳市某片区需新建 1 座设计规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 、生活污水与工业废水合建(系统独立运行)的全地下污水处理厂。以生活污水处理系统为研究对象, 采用“粗格栅—细格栅—曝气沉砂池—多级 AO 生反池—二沉池—磁混凝高效沉淀池—精密过滤器—紫外消毒”工艺, 出水执行《地表水环境质量标准》(GB3838—2002)准Ⅲ类标准(COD_{Cr} 、TN 除外)。生反池采用多级 AO 和 AOA 可切换双工艺, 绿色低碳, 且满足提标要求; 污泥干化热源和综合楼空调采用污水源热泵, 碳排放量减少 23% 以上; 基坑内支撑创新采用预制装配式钢桁架, 建设工期节约 2 个月, 节约成本 10%。工程用地标准仅为 $0.25 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$, 仅为深圳市用地指标的 50%。

关键词: 双模式生反池; 污水源热泵; 预制装配式钢桁架; 更严出水标准; 设计案例

中图分类号: TU992

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)07-0214-06

Design of a Fully Underground Wastewater Treatment Plant in South China Meeting Higher Effluent Standards

HE Lei

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: As the effluent standards for wastewater treatment plants (WWTP) are getting higher and higher, it is urgent to explore the sewage treatment processes that are suitable for low influent C/N ratio, high denitrification efficiency and good effluent quality. A new WWTP with the design scale of $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ is required to build in an area of Shenzhen, which is a fully underground WWTP in the co-construction form of domestic sewage and industrial wastewater (operated independently). Taking the domestic sewage treatment system as the research object, the process of "coarse screen - fine screen - aerated grit tank - multi-stage AO biological reaction tank - secondary sedimentation tank - magnetic coagulation efficient sedimentation tank - precision filter - UV disinfection" is adopted, and the effluent meets the quasi-class Ⅲ standard of the *Environmental Quality Standards for Surface Water* (GB3838—2002), excluding COD_{Cr} and TN. The multi-stage AO and AOA switchable dual process is adopted for the biological reaction tank, which is green and low-carbon and meets the requirements for upgraded standards. The sewage-source heat pumps are used for the sludge drying heat sources and air conditioning in the complex building. The carbon emissions have been reduced by more than 23%. The innovative prefabricated steel trusses are used for internal support in the foundation pit, which save the construction period by 2 months and reduce the costs by 10%. The land use standard for the project is only $0.25 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$, which is just 50% of land use indicator in Shenzhen.

Keywords: dual-mode biological reaction tank; sewage-source heat pump; prefabricated steel truss; higher effluent standard; design case

0 引言

随着我国城市化进程的快速推进, 污水排放量越来越大, 污水处理厂已成为现代城市发展中不可或缺的重要基础设施。为更好地保护地表水环境

质量, 污水处理厂的排放标准要求不断提高, 且我国南方地区普遍存在进水 C/N 比较低^[1]以及 TN 有进一步严控趋势的特点, 污水处理厂的设计面临新的挑战。

深圳某全地下污水处理厂, 生活污水和工业废水合建且出水执行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)准Ⅲ类标准。基于有限的用地面积, 既要保证生活污水与工业废水系统的构筑物合建而处理系统完全独立, 也要考虑全地下污水处理厂远期进一步

收稿日期: 2025-01-13

基金项目: 上海市科技创新行动计划项目(19230730900)

作者简介: 何磊(1985—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事市政给排水设计与研究工作。

提标的潜在需求,有效地进行工艺设计和构筑物布置显得尤为重要。本文以生活污水处理系统为研究对象,对执行目前深圳市环评批复最高出水标准要求的污水处理厂的生反池工艺设计进行研究,同时也融入了污水源热泵、装配式钢桁架支撑技术等绿色低碳技术,致力于打造高出水标准、绿色低碳、环境融合的全地下污水处理厂。本文详细介绍设计难点、设计特点和设计参数并对提升项目经济性进行方案规划,以期为类似工程提供参考。

1 工程概况

深圳某污水处理厂设计规模为 $10\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$,其中:生活污水处理规模 $7.5\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$,工业废水处理规

模 $2.5\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$,远景预留 $2.5\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 生活污水扩建用地。生活污水污泥处理系统与工业废水污泥处理系统合建在一座地下箱体内部,但系统完全分开,独立运行和监测。该厂是国内首座生活污水、工业废水合建且出水均执行地表水准Ⅲ类的高标准全地下污水处理厂。

本文以生活污水污泥处理系统为研究对象。生活污水处理系统服务范围约 8.4 km^2 ,近期设备安装规模 $5\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$,污水总变化系数 1.53。出水主要指标执行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中的准Ⅲ类标准(COD_{Cr} 、TN 除外),设计进水、出水水质见表 1。污泥处理至含水率 $\leq 40\%$ 外运至燃煤电厂掺烧处置。

表 1 设计进水、出水水质

项目	pH	$\text{COD}_{\text{Cr}}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\text{BOD}_5/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\text{SS}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\text{NH}_3\text{-N}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\text{TN}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\text{TP}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	大肠杆菌群数/(个 $\cdot\text{L}^{-1}$)
进水	6~9	250	120	250	30	40	7.0	—
出水	6~9	30	4	8	1.0	10	0.2	1 000
深圳 B 标	6~9	30	6	8	1.5	10	0.3	1 000

2 设计重难点分析

2.1 生活污水与工业废水系统合并建设、独立运行

工业企业成为城市发展的重要支撑,但是工业生产带来的工业废水会对城市水环境带来危害。无论是建设在工业园区的工业企业还是未在工业园区的分散工业企业,其产生的工业废水大多是经过预处理达到一定标准后与生活污水混合处理^[2-6]。但按照深圳市最新的要求,对于集成电路类工业废水要单独建立废水处理系统。首先是考虑到集成电路类工业废水中含有氟、铜等有毒有害污染物,常规市政污水处理工艺对其去除能力有限;其次也考虑到生活污水处理系统和工业废水处理系统的监管主体不同、处理费用来源不同等。按照谁污染谁付费的原则,生活污水处理费主要来源于居民支付的污水处理费,工业废水的处理费主要来源于工业企业支付的废水处理费。两条系统独立运行,工业废水处理系统要面对来水水质水量波动大、含有有毒有害物质(铜离子、氟化物)、进水可生化性差等难点,生活污水处理系统面对出水标准高、现状进水 B/C 低等特点,需要在有限的用地范围内、独立解决问题。处理构筑物的布置不仅要考虑工艺的流畅性、还要考虑工业废水和生活污水部分的相对独立,便于运行管理,对设计提出更高要求。

深圳土地资源极度紧缺,且工业废水处理系统

建设在相关用地规划中未预留用地,但工程建设在即,最终决定与周边规划建设的生活污水处理厂共用规划用地、合并建设,但不增加用地。生活污水处理厂规划用地多次调整,最终选定某文体公园内部,建设为全地下污水厂,地上地下复合开发利用,且地上部分景观与公园衔接。

因此,该工程是国内首座生活污水、工业废水合建且出水均执行地表水准Ⅲ类的高标准全地下污水处理厂,也是深圳市首座生活污水和工业废水独立进水、独立出水(2个排口)的污水处理厂。

2.2 深圳市设计出水标准最高的生活污水处理厂

东江流域作为重要水源,为保护水源水质,深圳市严格限制东江流域建设项目污染物排放。本工程所在流域属于东江流域保护控制区域内,深圳市相关文件要求新建、改建、扩建项目生产废水处理达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中Ⅲ类标准(总氮除外)并按照环评批复要求回用。基于工业废水排放标准以及所在流域水环境容量较小的考虑,生活污水处理系统出水标准参照执行地表水准Ⅲ类标准。但是,深圳市现状污水处理厂主要执行准Ⅳ标准或深圳地方排放标准 B 标准(两者相当,暂无执行深圳地标 A 标准污水厂),且水环境容量中主要是氨氮和总磷指标受限,如果将 COD_{Cr} 指标控制太严没有太大环境效益反倒带来不小的经济浪费。经测算,仅是出水 COD_{Cr} 限值从 30 mg/L 提高至 20 mg/L ,

需要增加高级氧化或者吸附工艺,投资增加约1.4亿元,药剂成本增加0.25元/m³,成本投入过大且环境效益较小,不利于提质增效和节能降耗。经请示汇报,环评批复出水主要指标执行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中的准Ⅲ类标准,其中COD_{Cr}≤30 mg/L、TN≤10 mg/L。因此,该工程是深圳市当前出水水质标准要求最高的生活污水处理厂(深圳暂无执行深圳地标A标准污水处理厂)。

2.3 工艺设计难点

该工程出水标准中NH₃-N和TP指标限值分别为1 mg/L和0.2 mg/L,高于深圳B标准要求(NH₃-N和TP指标限值分别为1.5 mg/L和0.3 mg/L),且深圳正在开展进一步严控出水TN指标的相关研究和政策制定。在有限的用地范围内,可以通过强化生反池有效曝气去除NH₃-N,通过强化高效沉淀池化学除磷去除TP。但是面对TN的进一步提标要求且无新增用地的情况下,需要采用行之有效的高效脱氮生物处理工艺。

3 工程设计特点

3.1 多点进水多级AO与AOA双模式生反池

生反池采用3级AO工艺,工艺流程图见图1(a)。好氧区产生的硝态氮既可以自流进入下一段缺氧区进行反硝化脱氮(自带100%内回流),也可以通过内回流回到本段缺氧区进行反硝化脱氮,实现碳源梯级利用、高效脱氮。多点进水可以充分保障每级O段的反硝化作用所需碳源,最大限度地节省碳源、减少内回流。考虑到区域水环境对出水TN指标进一步提高的可能以及节省碳源投加的需求,结合深圳正在开展的低碳氮比市政污水高效脱氮AOA工艺中试研究^[7],该工程通过缺氧区A2在设置搅拌器基础上增设底部曝气器,好氧区O2和O3在设置底部曝气器基础上增设搅拌器,可以实现好氧区、缺氧区的灵活切换;并增大污泥外回流泵和回流至缺氧区的渠道,具备切换为AOA模式运行的条件。AOA运行模式见图1(b),厌氧区水力停留时间3.04 h,好氧区水力停留时间4.59 h,缺氧区水力停留时间7.49 h,污泥外回流比例200%,厌氧区污泥回流比100%,缺氧区污泥回流比100%。厌氧区,部分有机物以聚-β-羟基烷酸(PHA)等形式在菌体内贮存起来。进入缺氧区后,微生物体内贮存的有机物既可以作为电子受体进行反硝化脱氮,也可以作为有机物维持微生物新陈代谢。该模式可节省碳源投

加、不需污泥内回流、好氧区容积减小带来的曝气量减小,且出水TN远优于出水水质要求,足以应对未来进一步提标的要求。为强化缺氧区脱氮效果,必要时可在缺氧区内部设置填料,提升微生物菌群数量。

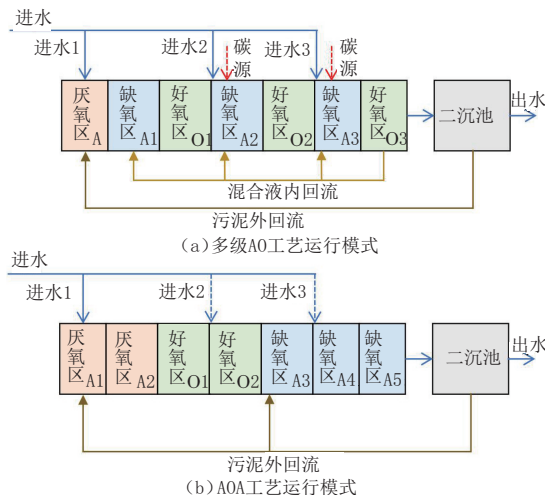


图1 生反池运行模式示意图

3.2 水源热泵为污泥干化系统和综合楼提供热源

污泥含水率从99.5%处理至40%以下,需要经历污泥干化过程,需要提供外部热源完成蒸发脱水。因此,对水源热泵和燃气热水锅炉制取干化过程所需的80~90℃热水进行分析,具体见表1。

水源热泵方案具有运行成本低、碳排放量低、系统运行安全和环保性高等特点,并且可实现厂内污水资源化。本工程污泥干化热源采用1360型水源热泵(制热量1.36 MW),需要污水厂尾水1700 m³/d,降温5℃,可实现污泥干化能量自给,绿色低碳。虽然水源热泵系统一次性投资高于天然气锅炉,但运行费用明显降低^[8],通过节省运行费用预计4~6 a可回收成本。从长期运行角度看,采用水源热泵是经济可行的,年均碳排放量降低23.42%,具有较好的环境效益和经济效益。本项目综合楼空调系统,利用处理后的再生水作为污水源热泵的冷媒/热媒,为综合楼进行供冷/热,配置5套污水源热泵,污水需求量42 m³/h,制冷量为197 kW,有效降低电力消耗^[9]。

3.3 基坑内支撑创新采用装配式张弦梁钢桁架

在基坑支撑围护技术方面,我国长期以钢筋混凝土支撑为主,具有形式多样化、刚度大等优点,也存在自重较大、养护周期长、材料无法回收、拆除量大以及固废、噪声的环境污染问题等缺点。本工程工期紧张,基坑内支撑创新性采用预制装配式张弦梁钢桁架,具有易于安装拆卸、可循环利用、施工工期短、现场无噪声、变形控制精准等优点。较传统混

表 1 不同热源系统对比分析表

能源	电	天然气
供热设备名称	水源热泵	燃气热水锅炉
处理污泥量 tDS/d	近期 12.7 远期 17.5	近期 12.7 远期 17.5
规格	制热量 1.36 MW	制热量 1.4 MW
数量	2	2
装机功率/ (kW·台 ⁻¹)	484	15
能效比/热效率	能效比 2.8	热效率 95% (既能效 比<1)
热能消耗	电:约 440 kW·h/tDS	燃气:约 125 Nm ³ /tDS
消耗品单价	0.7 元/(kW·h)	4 元/Nm ³
能源成本	308 元/ tDS 约 197 万元/年(远期)	500 元/ tDS 约 320 万元/a(远期)
碳排放因子*	0.47 kg CO ₂ /(kW·h)	2.16 kg CO ₂ / Nm ³
碳排放量	962 tCO ₂ /a(近期) 1325 tCO ₂ /a(远期)	1253 tCO ₂ /a(近期) 1726 tCO ₂ /a(远期)
安全性	无安全隐患	燃气热水锅炉,需设 置泄爆口、可燃气体 报警仪等安全措施
污水能源化	热能来自污水厂尾水,实 现污水能源化利用目标, 符合低碳技术路线	无消耗天然气,不属 于节能设备
水处理要求	一级 A 排放标准的中水 可直接用于水源热泵,无 须进行水处理	自来水需要进行深度 水处理后用于锅炉
环保监测	无污染物排放,不涉及环 保监测	锅炉尾气排放需环保 监测

注:电力碳排放因子取自 2021 年生态环境部、国家统计局发布 2021 年
电力二氧化碳排放因子公告中广东省的数值,天然气碳排放因子取自
2015 年国家发展改革委 24 行业报告。

凝土支撑,可减少碳排放量约 8 000 t,节约工期约
2 个月,节约成本约 10%,减少建筑垃圾约 2 万 m³。

两种基坑内支撑方式对比见表 2。

表 2 基坑内支撑方式对比表

项目	钢筋混凝土内 支撑	预制装配式钢桁架
施工工期/月	6	4
施工要求	低	高
基坑变形/mm	<30	<15
使用年限	长	短
应用情况	较多	较少
安装及拆卸	不便	方便
噪声、扬尘	大	小
独特优势	工艺简单	多次施加预应力,控制基坑变形
绿色低碳	拆除产生废物	拆除后可回用

4 工艺设计

4.1 工艺路线分析

该工程出水水质要求较高,污水处理需采用“预
处理+二级处理+深度处理”工艺。预处理段采用传
统的“粗/细格栅+沉砂池”组合,通过粗格栅、细格栅
拦截去除来水中的悬浮物,通过曝气沉砂池去除来
水中的砂砾杂质,同时曝气可以将砂砾杂质表面的
有机物保留在污水系统中。二级处理以“多级 AO 生
反池+二沉池”作为核心处理工艺,在此完成大多数
污染物的去除,尤其是 BOD₅、TN、氨氮等。深度处理
以“磁混凝沉淀池+过滤”作为处理单位,沉淀池进一
步去除 TP、COD,精密过滤器作为 SS 指标的最后保
障,确保各项指标稳定达标。

4.2 污水处理

污水污泥处理工艺流程见图 2。

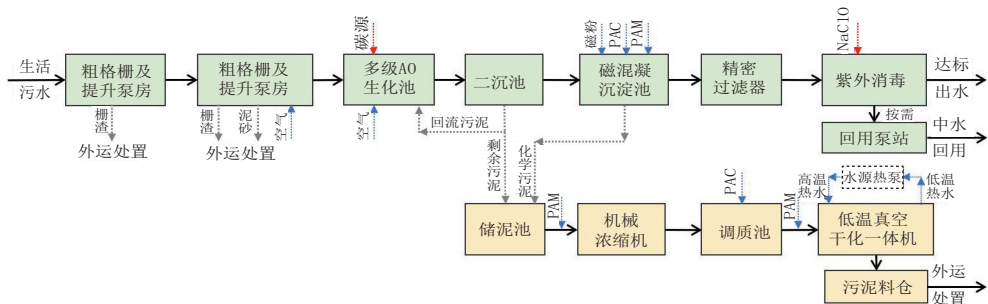


图 2 污水污泥处理工艺流程图

进水井 1 座,外接 ϕ 1 650 mm 钢筋混凝土进水管,
进水井内设速闭闸门 1 套,前后分别设圆形和方形
电动铸铁闸门,便于应急和检修。

粗格栅及进水泵房,1 座 2 组。钢丝绳牵引式
粗格栅,渠道宽 1 300 mm,栅条间隙 15 mm,过栅流
速 0.8 m/s,安装角度 75°。进水提升泵采用变频潜污
泵,近期 4 台,2 用 2 备,单台参数: $Q=450$ L/s, $H=$

12.03 m ($H_{\max}=12.58$ m, $H_{\min}=11.18$ m), $P=90$ kW, 远期
增加 1 台。

细格栅及曝气沉砂池,1 座 3 组,近期设备安装
2 组。内进流式网板式细格栅,渠深 2 400 mm,渠宽
1 800 mm,栅条间隙 3 mm,安装角度 90°,配套中压
冲洗系统,采用厂区中水反洗。曝气沉砂池,池宽
3.2 m,有效水深 3.0 m,高峰停留时间 8.4 min,曝气量

0.2 m³空气/m³污水,配套吸砂机和砂水分离器。

多级AO生反池,1座3组,近期设备安装2组。生反池总水力停留时间15.12 h,其中:厌氧区1.03 h,缺氧区6.94 h(三级缺氧区分别为2.01、2.56、2.37 h),好氧区7.15 h(三级好氧区分别为2.03、2.56、2.56 h),3级进水分分配比例4:3:3。生反池有效水深8.80 m,气水比5.5:1,配套精确曝气系统。多级AO工艺污泥外回流比100%,内回流比50%~100%。

二沉池采用矩形平流式,1座3组,近期设备安装2组。每组5个廊道,单个廊道宽8 m,长度40.55 m,有效水深4.0 m,高峰流量时表面水力负荷为1.0 m³/(m²·h),配套非金属链板式刮泥机、回流污泥泵(6套,4用2备,Q=300 L/s,H=2.0 m)及剩余污泥泵(3套,2用1备,Q=40 L/s,H=10.0 m)。

磁混凝沉淀池,1座4组,设备近期安装3组。沉淀池池深8.90 m,有效水深5.70 m。快速混合区停留时间2.2 min,磁粉混合区停留时间2.2 min,絮凝区停留时间5.1 min,沉淀区有效水深3 m,高峰表面水力负荷13.53 m³/(m²·h)。

精密过滤器池,1座4套,近期设备安装3套。设计出水SS<8 mg/L,设计滤速295 m/h,滤网材质不锈钢316L,水头损失<0.3 m,反洗水量小于处理能力的0.3%,反冲洗压力为50~80 mH₂O。

紫外消毒池,1座3套,近期安装2套,单套功率16 kW,辅助次氯酸钠消毒系统。

4.3 污泥处理

该工程设计近期、远期污泥量分别为12.7 tDS/d(其中:剩余污泥11 tDS/d,化学污泥1.7 tDS/d)和17.5 tDS/d(其中:剩余污泥15 tDS/d,化学污泥2.5 tDS/d),设储泥池1座2格,用于储存剩余污泥和化学污泥,近期平均停留时间约9.5 h(远期6.9 h)。经机械浓缩机处理后污泥含水率约95%进入调质池,调质池1座2格,近期停留时间约6.2 h(远期4.5 h)。低温真空脱水干化一体机2套,每天处理3个批次,处理量2 300 kgDS/批次,配套污泥料仓2座,单座料仓有效容积30 m³。

4.4 臭气处理

生活污水处理系统(不含污泥系统)除臭风量84 700 m³/h,采用“两级生物法除臭+活性炭吸附”处理工艺,排放执行广东省标准《城镇地下污水处理设施通风与臭气处理技术标准》(DBJ/T 15-202—2020)表A.0.1-1、表A.0.1-2标准,以及表B.0.1-1(其中的非工业区)的标准要求,为深圳市最高要求。

4.5 平面布置

污水处理厂规划用地面积约5.90 hm²,总平面布置见图3。地下箱体总面积3.87 hm²,生活污水处理系统(含污泥)平面面积1.89 hm²,生活污水系统用地指标0.25 hm²/(万m³/d),远低于《深圳市城市规划标准与准则》(2024年1月版)0.5~0.6 hm²/(万m³/d)指标(设计规模5~10万m³/d,用地指标3~5 hm²),地下通道0.31 hm²,箱体内部平面布置见图4。

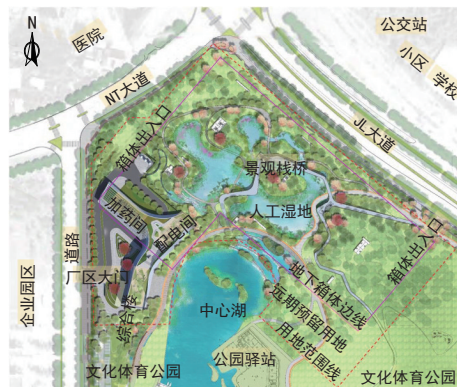


图3 总平面布置图

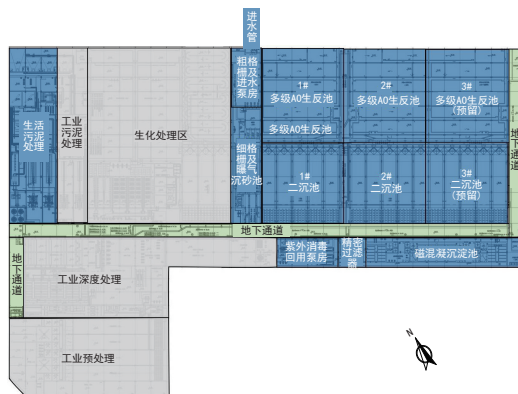


图4 地下箱体内部构筑物布置图

4.6 高程设计(防淹设计)

厂区原始地面标高51.00~57.00 m,周边道路标高48.50~49.50 m,公园内湖常水位46.00 m,50 a一遇洪水位47.00 m,下游河道50 a一遇洪水位41.55 m。结合工程投资、防洪防涝、景观效果等因素,箱体顶部标高取51.50~52.00 m。同时,箱体出入口处设置一段50 cm高的挡水坡及坡道上部设置轻质遮雨棚,并在箱体坡道的入口、中间和坡脚处各设置一道横截沟拦截,防止厂区超量雨水进入箱体内部。箱体内多级AO生反池顶部标高44.50 m,进水井顶部标高50.50 m,高于外部市政污水管网标高,可结合闸门设置防止超量进水淹没箱体,高程示意图见图5。

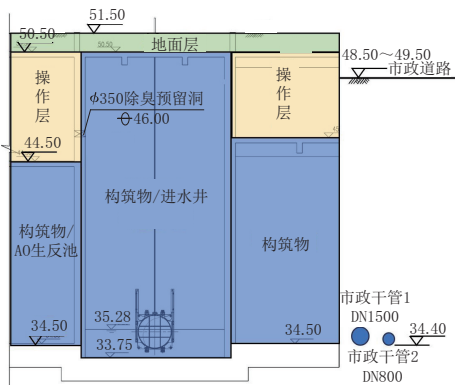


图5 箱体高程示意图(单位:m)

5 成本测算及经济提升

5.1 成本测算及工程成效

生活污水部分近期单位处理可变成本 1.01 元/t, 其中:电费 0.35 元/t, 药剂费用 0.21 元/t, 污泥处理费用 0.25 元/t, 其他费用 0.19 元/t, 流动资金利息支出 0.01 元/t。

工程投产后预计近期可削减 COD_{Cr} 4 015.00 t/a、BOD₅ 2 117.00 t/a、SS 4 416.50 t/a、NH₃-N 529.25 t/a、TN 547.50 t/a、TP 124.10 t/a, 具有较好的环境效益。

5.2 工程经济性提升规划

生活污水处理系统出水标准为准Ⅲ类,基本达到再生水杂用及景观用水等标准,可以结合片区工业企业的用水需求,探索高品质再生水供应,提高用水效能。前期调查周边有意向工业企业 24 家,总用水量 947×10⁴ m³/a,再生水需求 171×10⁴ m³/a,意向再生水利用率仅 18%。这主要是因为意向企业工艺用水占比超 80% 以上,企业担心再生水中未知杂质对精细的集成电路产线造成不可挽回的经济损失,因此再生水仅用作冷却用水、锅炉用水以及杂用水等用水。在与用户达成一致的情况下,可建设 5 000 m³/d 高品质再生水工程,参照烟台市套子湾再生水工程^[10],采用“超滤+反渗透”工艺,设备投资约 850 万元,运行成本按 1.82 元/m³(再生水工程的进进水水质优于烟台案例,实际运行成本会降低)。结合《深圳市再生水利用管理办法》,按照 3 a 回收期以及 10% 收益测算,再生水的价格约 3.71 元/m³(其中:投资成本 1.55 元/m³,运行成本 1.82 元/m³以及 10% 收益),仅为深圳市非居民生活用水价格 5.31 元/m³(其

中:自来水价 3.77 元/m³,污水处理费 1.54 元/m³)的 70% 左右,具有较好的经济性、可行性,也符合绿色低碳、无废城市的发展理念。

6 结 语

生活污水处理采用“粗格栅+细格栅及曝气沉砂池+多级 AO 生反池+二沉池+磁混凝沉淀池+精密过滤器+紫外消毒”工艺,出水可达到地表水准Ⅲ类且基本满足城市杂用及景观用水要求,出水标准为深圳市污水处理厂设计最高出水标准要求。

生反池设置可灵活切换 AOA 工况运行的双模式,低碳高效、减污降耗,以应对远期出水提标的要求;采用污水源热泵用于污泥干化和综合楼制热/冷,能效高、年均碳排放量减少 23% 以上;基坑内支撑采用预制装配式钢桁架,节约工期 2 个月,节约成本 10%,减少建筑垃圾 2 万 m³。

污水厂尾水生产高品质工业再生水,技术可行、经济合理,应尽快对接意向企业推进此项工作,“以水养水”降低深圳外购原水的需求以及政府财政负担,为深圳绿色、低碳、高质量发展贡献力量。

参考文献:

[1] 钱亮,贺北平,刘瑞东,等.低碳氮比污水提标改造工程设计及运行效果分析[J].中国给水排水,2019,35(14):81-87.
[2] 章智勇.更严格排放标准下的市政污水处理厂工程设计与碳排放分析—以宁波某污水处理厂为例[J].净水技术,2023,42(5):158-163.
[3] 侯亚红,顾雪锋,李海龙,等.改良 AAO+磁混凝工艺在污水厂提标改造项目中的应用—以山东某污水处理厂为例[J].净水技术,2022,41(4):126-133.
[4] 陈民东,邓浩,王宝娟,等.污水厂更严格排放标准设计案例分析——以青岛市某工业园污水厂为例[J].净水技术,2024,43(3):174-180.
[5] 戴炜豪.工业园区混合废水处理厂工程设计与探讨:以福建某化工废水处理厂为例[J].净水技术,2024,43(2):126-134.
[6] 张晶瑶.某污水处理厂进水水质分析与扩建升级改造工艺方案[J].净水技术,2024,43(6):135-144.
[7] 古凌艳,黄文章,王维康,等.AOA 与多段 AO 工艺生物脱氮除磷性能的比较[J].中国给水排水,2024,40(7):1-5.
[8] 林静.高温污水源热泵在市政污泥干化系统中的应用[J].净水技术,2024,43(11):108-115.
[9] 刘如玲,宋鹏,戴卫东.青岛市团岛污水处理厂污水源热泵技术应用[J].中国给水排水,2015,31(12):86-89.
[10] 刘晓军.烟台市套子湾污水厂双膜法再生水工程设计[J].中国给水排水,2022,38(10):79-82.