

## 城镇给排水工程设计案例专栏

陈昱霖, 姚枝良, 张欣. AAO+MBR 工艺在长沙某半地下式污水处理厂的应用案例[J]. 净水技术, 2024, 43(9): 158-164.

CHEN Y L, YAO Z L, ZHANG X. Application case of AAO+MBR process in a semi-underground WWTP in Changsha [J]. Water Purification Technology, 2024, 43(9): 158-164.

## AAO+MBR 工艺在长沙某半地下式污水处理厂的应用案例

陈昱霖, 姚枝良, 张欣\*

(上海市市政工程设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200092)

**摘要** 在新时代“两山”理论的指引下, 市政设施在发挥功能同时, 更加注重环境影响。近年来地下式污水厂作为一种节地、环境友好式建设形式被广泛应用。膜生物反应器(MBR)工艺作为创新膜技术, 可取消传统工艺中二沉池和深度处理设施占地, 在地下式污水厂中应用可大幅减少土建投资, 并节约工程占地。文章以长沙市某座污水厂为例, 介绍了 AAO+MBR 工艺在地下式污水处理厂中的应用, 总结地下式污水厂设计要点。该污水厂本次设计规模为 25 万  $m^3/d$ , 其中土建一次完成, 设备分两阶段安装, 一阶段安装为 12.5 万  $m^3/d$ , 采用 AAO+MBR+紫外消毒工艺, 尾水排放标准优于湖南省地标一级标准。通过环境友好的建设模式, 激活周边地块的开发价值, 提升综合效益。本工程用地标准仅为  $0.3 m^2/(m^3 \cdot d^{-1})$ , 远低于国家标准, 为类似工程提供参考。

**关键词** 膜生物反应器(MBR) 地下式污水厂 环境友好 设计方案 更严格的出水标准

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-0177(2024)09-0158-07

**DOI:** 10.15890/j.cnki.jsjs.2024.09.020

### Application Case of AAO+MBR Process in a Semi-Underground WWTP in Changsha

CHEN Yulin, YAO Zhiliang, ZHANG Xin\*

(Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co., Ltd., Shanghai 200092, China)

**Abstract** Under the guidance of the "two mountains" theory in the new era, municipal facilities pay more attention to environmental impact while playing their functions. In recent years, underground wastewater treatment plants (WWTPs) have been widely used as a land saving and environment-friendly construction form. As an innovative membrane technology, membrane bio-reactor (MBR) process can eliminate traditional process such as secondary sedimentation tank and advanced treatment facilities. The application of MBR process in the WWTPs can greatly reduce the civil engineering investment and save the land occupation of the project. Taking a WWTP in Changsha as an example, this paper introduces the application of MBR process in underground WWTPs, and summarizes the design essentials of underground sewage plant. The design scale of the WWTP is 250 000  $m^3/d$ , and the main process is AAO+MBR+UV. The effluent quality is superior to the first level standard of Hunan Province. Through the environment-friendly construction mode, the land value near the plant are activated. The land standard of this project is only  $0.3 m^2/(m^3 \cdot d^{-1})$  which is far lower than the national standard, this paper provides reference for similar projects.

**Keywords** membrane bio-reactor (MBR) underground WWTP environmentally friendly design scheme stricter effluent standard

[收稿日期] 2022-12-28

[基金项目] 上海市“科技创新行动计划”项目(23DZ1203504); 上海市政总院启明星计划(K2021K115)

[作者简介] 陈昱霖(1989—), 男, 高级工程师, 主要从事给排水设计工作, E-mail: chenylun@smedi.com。

[通信作者] 张欣, 正高级工程师, 主要从事给排水设计咨询和相关科研工作, E-mail: zhangxin@smedi.com。

国务院印布《水污染防治行动计划》, 国家对水环境质量提出了更高要求。湖南省发布《湖南省城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》, 要求污水厂出水优于一级 A 标准; 另外, 为解决传统污水厂用地面积大、环境敏感性高等问题, 地下式污

水处理厂作为一种环境友好型且节地的建设形式逐渐在国内应用。由于缺乏顶层规范和系统性指导,国内部分地下式污水厂在集约化布置、高标准出水工艺、近远期衔接方式、安全运行保障方面均存在问题。本文以长沙市某污水厂设计方案为例,介绍了强化除磷脱氮膜生物反应器(AAOA+MBR)组合工艺在半地下式污水厂中应用,在满足高标准出水的同时实现节地的目标,同时兼顾污水厂远期发展。本文提出了地下式污水厂设计要点和注意事项,为同类型工程设计建设提供参考。

## 1 项目背景

随着城市经济的快速发展,产业布局调整,城市化进程加速,传统中心城市周边启动建设一批新城、高新开发区,由此引起的区域内人口增加和污水量快速增多,需要新建污水处理设施满足新城发展要求。在习总书记“两山”理论的指引下,新时代污水处理厂除满足排放标准外,还需要考虑低碳、集约,设计规模需要与城市协同发展,实现环境友好型污水厂。在此背景下,长沙市某新区建设污水处理厂,提高整个流域的污水处理能力,为建设区域国家级绿色低碳示范新城奠定基础。该污水厂采用分期分阶段建设模式,2017年底完成设计,一期一阶段

2019年年底试运行,二期二阶段2022年下半年试运行。

## 2 工程概况

### 2.1 设计规模

污水厂采用近远期分期建设,近期设计规模为25万 $\text{m}^3/\text{d}$ ,结合片区水量增长情况,分两阶段实施,一阶段处理能力需要达到12.5万 $\text{m}^3/\text{d}$ 。远期污水处理厂规划总规模为50万 $\text{m}^3/\text{d}$ ,规划在现状污水厂东侧新征用地建设。项目选址位于长沙市某新区西北角,总用地面积为16.3 $\text{hm}^2$ ,近期规划面积为7.7 $\text{hm}^2$ (1 $\text{hm}^2=0.01\text{km}^2$ )。

### 2.2 设计水质

本工程服务区域内现状污水水质的确定主要根据实测法和类比法进行分析,参考周边建成区类似污水厂进行分析。污水厂处理后尾水主要排入周边水体,结合相关规划、水质处理目标、建设运行成本等多方面考虑,污水厂出水标准水优于一级A标准,达到《地表水环境质量标准》(GB 18918—2002)IV类(TN除外),并优于《湖南省城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB43/T 1546—2018)一级标准,污水厂尾水经人工湿地进一步处理后,进入下游水体补水。设计进出水水质如表1所示。

表1 设计进出水水质

Tab. 1 Designed Influent and Effluent Quality

主要污染指标	COD <sub>cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	SS	氨氮	TN	TP
设计进水水质/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	300	130	250	35	45	4
设计出水水质/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	$\leq 30$	$\leq 6$	$\leq 10$	$\leq 1.5$	$\leq 10$	$\leq 0.3$
湖南省地标一级标准/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	30	/	/	1.5(3)	10	0.3
去除率	$\geq 90\%$	$\geq 95.4\%$	$\geq 96\%$	$\geq 95.7\%$	$\geq 77.8\%$	$\geq 92.5\%$

注:括号外数值为水温 $>12\text{ }^\circ\text{C}$ 时的控制指标,括号内数值为水温 $\leq 12\text{ }^\circ\text{C}$ 时的控制指标。

## 2.3 项目特点与难点

(1)周边敏感设施多,环境影响要求高。工程选址北侧为市政设施,东侧为居住用地和教育用地,西侧和南侧为新城远期预留发展用地,污水厂建设和运行对周边影响很大,需要合理选择污水厂建设形式。

(2)用地面积有限,总体方案兼顾片区发展。由于新区处于发展阶段,污水水量增长与片区建设进度相关。污水厂建设方案在考虑土地集约利用的同时,建设规模要与城市发展需求接近。

(3)出水水质标准高,技术要求先进性。该新区定位为国际化新城,对区域水生态、水环境要求高,污水厂出水需要达到地表水准IV类标准,改善区域水环境质量。

## 3 建设形式及工艺选择

### 3.1 总体方案

根据相关排水规划,污水厂考虑分期建设,近期水量约为12.5万 $\text{m}^3/\text{d}$ ,水量增长后扩建至25万 $\text{m}^3/\text{d}$ 。2025年—2035年结合片区发展,扩建至50万 $\text{m}^3/\text{d}$ 。考虑污水处理规模有序发展,考虑污水厂土建按25万 $\text{m}^3/\text{d}$ 建设,设备近期安装1/2,结合水

量增长安装设备。同时结合建设需求和用地情况,对污水厂建设形式进行比选,具体如表 2 所示。

表 2 建设方案对比

Tab. 2 Comparison of Construction Schemes

建设形式	半地下式	常规方式
处理规模/( $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ )	25 万(设备 12.5 万)	
用地规模/ $\text{hm}^2$	7.7	14.5
工程投资/亿元	8.7	7.0
空间利用	池体上方为绿化,可作为景观或光伏设施,可与周边发展融合	池体露出地面,上方为设备操作层
环境利用	臭气密闭性好,环境影响小	环境影响大,景观效应低

为优化建设区生活和投资环境,改善城市水环境同时需注重土地节约与周边环境友好<sup>[1]</sup>,通过多方案比选,本工程采用半地下式的布置形式。半地下式污水厂在考虑了地下空间和投资的限制,构筑物布置比较紧凑,同时工艺选择时也需要节地性较好的处理工艺<sup>[2]</sup>,提升区域综合效益。

### 3.2 工艺选择

为进一步去除 TN,本工程主反应段采用常用 AAO+MBR 工艺,该工艺在传统 AAO 工艺段后增加后置缺氧段,并与 MBR 相结合,实现了脱氮除磷效率的强化提高(图 1)。

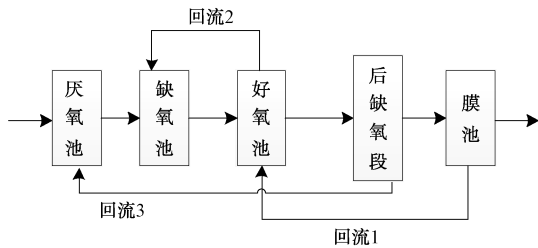


图 1 AAO+MBR 工艺流程

Fig. 1 Process Flow of AAO+MBR

AAOA+MBR 的生物段在 AAO 工艺基础上增加后置缺氧段,即厌氧-缺氧-好氧-后置缺氧活性污泥法工艺。根据生物降解的不同过程、所需要的不同环境将反应池分为厌氧区、缺氧区、好氧区以及后置缺氧区,通过厌氧和好氧、缺氧和好氧交替变化的环境完成除磷脱氮过程。设置后置缺氧池,在 MBR 工艺污泥浓度很高的情况下,可以利用微生物自身内源呼吸作用产生的碳源颗粒进行进一步反硝化脱氮作用,强化了系统整体的脱氮效果的同时,对系统内部碳源进行了有效利用,节省了运行成本;基于膜组器独特的选择性穿透功能,利用膜的错流过滤作用形成一定的膜通量从而实现连续的固液分离效果,同时提升对有机物和脱氮除磷的效果<sup>[3]</sup>。AAOA+MBR 组合工艺的取代了传统二沉池和部分深度处理设施的设置,缩短工艺流程的同时大大节省了占地。该组合工艺应用于地下式污水厂中节省了土建投资。

污水处理厂总体工艺流程如图 2 所示,出水尾水(经管道输送,全长约为 600 m)经过下游湿地后排放进入周边水体。

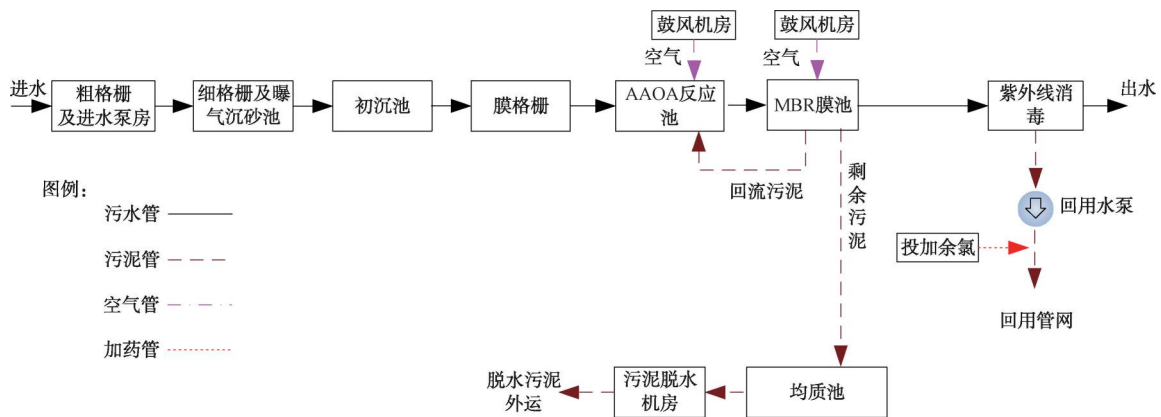


图 2 污水厂工艺流程

Fig. 2 Process Flow of WWTP

## 4 工程设计

### 4.1 总体布局

本工程位于新建综合区,周边规划有居住小区、高品质商业区等,对景观要求较高,且用地紧张。本工程采用半地下式污水厂建设形式,厂区内根据功能需求分为厂前区(生活及辅助生产)、预处理及污泥处理区、生物处理区、深度处理区。综合楼等为地上建筑,污水及污泥处理区均布置在箱体中,污水处理区按流程分为预处理区、生物处理区、深度处理区,污泥处理区利用预处理区东侧区域布置,便于今后污泥外运。污水厂总体布置如图3所示。

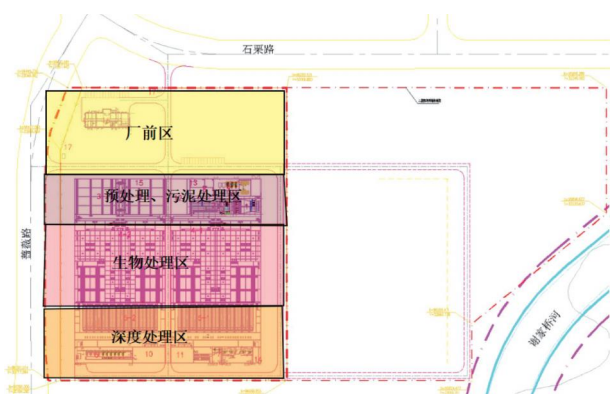


图3 污水厂总体布置

Fig. 3 General Layout of WWTW

本工程设计规模为 25 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,其中土建一次建成,一阶段机械设备按照 12.5 万  $\text{m}^3/\text{d}$  安装,并预留二阶段设备安装土建条件。

### 4.2 竖向设计

根据污水厂上游系统布置情况,片区污水经管位收集后重力输送至污水处理厂。由于本污水厂采用半地下式,污水厂操作层标高(54 m)与室外地坪(53.5 m)接近,污水经过长距离输送后进水液位约为 48 m,提升设施底板高度约为 46 m,仅一次提升后满足全流程生产工艺要求,一级处理区与深度处理区底板高度为 48~49 m,二级处理区为保障生物反应池 8 m 有效水深,底板标高约为 45 m。出水水位约为 52 m(图4)。

操作层高度约为 4.5 m,满足除臭风管等生产管线和通风管线布置要求,以及设备安装维护高度要求。箱体顶部覆土为 2.0~2.5 m,满足箱体顶部生产管线敷设和绿化种植要求。

污水厂尾水通过人工湿地后排入下游水体,湿地及下游水体为 37.4~41.5 m,污水厂出水液位满

足受纳水体要求。

### 4.3 工艺设计

#### ①预处理区

预处理区包括粗格栅及进水泵房、细格栅及沉砂池、初沉池。

进水总管设速闭闸,用于紧急工况下关闭来水,确保地下厂设备安全。

粗格栅井共设有 4 个机械格栅位,一阶段安装 2 套,中间设隔墙,每台格栅宽为 2.0 m,栅条净间距为 20 mm,倾角为  $75^\circ$ ,单套功率为 2.95 kW;进水泵房内设潜水排污泵( $Q=3\ 385\ \text{m}^3/\text{h}$ , $H=9\ \text{m}$ , $N=110\ \text{kW}$ )3 台,2 用 1 备,其中 1 台变频,同时预留 3 台泵位。

细格栅及曝气沉砂池设置 2 台网板式机械细格栅,并预留 2 条细格栅安装渠道,格栅间设有检修通道。每台格栅渠宽为 1.5 m,格栅孔径为 5 mm,功率为 2.2 kW。在格栅后设置 1 台溜渣槽及栅渣清洗压榨机,脱水后的栅渣含水率应小于 60%。格栅设备配套冲洗水泵及冲洗水箱等。曝气沉砂池 1 座 2 组,有效水深为 2.9 m,峰值流量时设计停留时间为 5 min。本次仅 1 组安装设备。曝气沉砂池内设置 1 台吸砂机,1 机 1 槽,将沉积于池底的沉积砂,用砂泵提升输送至砂水分离器,砂水分离后外运处置。

本工程设置 2 座初沉池,单座初沉池平面尺寸约为 47.00 m×42.00 m,土建一次完成,设备分期安装,采用非金属链板刮泥机,单台宽度为 9 m,有效水深为 4 m,单台功率为 0.75 kW,单座安装 4 组刮泥机。设计表面负荷为  $4.0\ \text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ,沉淀时间为 0.9 h。池内设置污泥外排泵房,内设 2 套污泥泵,单泵流量为  $100\ \text{m}^3/\text{h}$ ,1 用 1 备。污泥泵每天运行时间为 8 h。

预处理区各单体采用渠道连接,初沉池前设置超越渠道,根据运行需求可选择超越初沉池。

#### ②生物反应池

生物反应池平面尺寸约为 89.00 m×94.00 m,共分为 2 池,有效水深约为 8 m,总水力停留时间为 12 h,其中厌氧池停留时间为 1.5 h,缺氧池为 4.5 h,好氧池为 4.0 h(另膜池好氧池停留时间为 1.5 h)后缺氧池停留时间为 2 h。厌氧池污泥质量浓度为 4 000 mg/L,缺氧池为 6 000 mg/L,好氧池为 8 000 mg/L(膜池为 10 000 mg/L),后缺氧池为

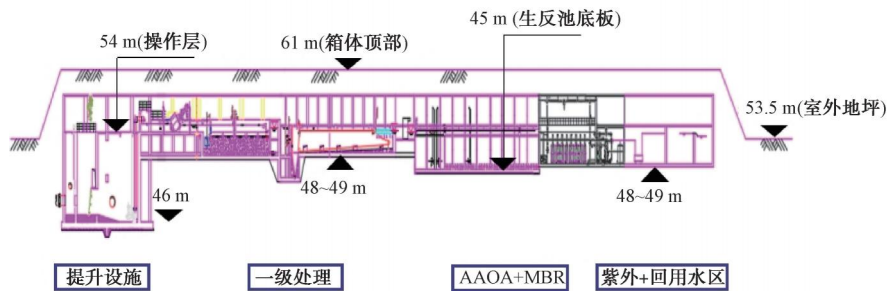


图4 竖向设计

Fig. 4 Vertical Design

8 000 mg/L, 污泥产率系数为 0.55 kg MLSS/(kg BOD<sub>5</sub>·d)。膜池至好氧池混合液回流比约为 400%, 好氧池至缺氧池混合液回流比为 200%, 后缺氧池至厌氧池混合液回流比为 100%。

为降低膜组件的堵塞, 生物池前端设置膜格栅, 采用内进流网板式, 格栅孔径为 0.5 mm, 配套冲洗水泵、输送机、压榨机等。生物反应池的主要设备包括潜水搅拌机、双曲面搅拌机、水平轴流泵、潜水轴流泵、曝气器等, 同时为降低能耗, 实现对曝气的精确控制, 采用一体化空气测控装置及生物智能控制系统。

### ③膜池及设备间

本次膜池及设备间共分 2 座, 单座平面尺寸约为 46.20 m×94.00 m, 其中单座膜池共设置 20 个廊道, 每个廊道设置 11 个膜组件的安装空间, 近期安装 10 套, 预留 1 套。本工程设备配置的膜通量为 16.2 L/(m<sup>2</sup>·h), 可视远期水质变化情况增加, 膜箱全部安装后膜通量为 14.7 L/(m<sup>2</sup>·h), 根据国内部分 MBR 工艺污水处理实例, 膜通量参数在正常设计范围内<sup>[41]</sup>。膜组件中膜材料采用聚偏二氟乙烯 (PVDF) 中空纤维带衬膜, 单组膜面积约为 1 610 m<sup>2</sup>。设备间配套设置 22 套产水泵 (20 用 2 备), 单泵流量为 417 m<sup>3</sup>/h。

运行过程中采用大气泡曝气使得膜箱的底部产生紊流, 对中空纤维的表面进行有效冲刷, 减少污染物聚集, 同时降低化学清洗频次。当膜系统连续工作一段时间后或膜阻力增大后, 需要对系统进行维护和化学清洗, 主要使用的化学药剂如柠檬酸、次氯酸钠等, 对膜进行清洗, 以更好地去除膜表面附着的污染物, 恢复膜通量。

### ④深度处理及其他区域

本工程深度处理区主要包括紫外处理和回用水

区, 同时利用箱体南侧区域设置鼓风机房、加药间等, 布置紧凑, 对地下箱体空间进行综合利用。

为节约工程占地, 综合利用地下空间, 便于与 MBR 工艺的产水泵进行连接, 本工程紫外消毒工艺采用管道式紫外线消毒系统, 配置了 5 套紫外杀菌腔体, 4 用 1 备, 单套腔体含 60 支紫外杀菌灯, 共 1 套进水管, 同时设置超越管道, 紫外设施占地面积仅为 47.10 m×7.40 m。

本工程回用水泵房设计规模为 5 万 m<sup>3</sup>/d, 采用潜水离心泵, 先安装 3 台, 2 用 1 备, 近期配泵规模为 2.5 万 m<sup>3</sup>/d。回用水待结合片区用户情况进一步明确。同时设置厂内回用水泵 2 台, 1 用 1 备, 主要用于厂内构筑物冲洗、绿化浇洒、道路冲洗等。

本工程设加药间 1 座, 位于回用水池上方, 室内地坪与操作层平齐, 便于员工同行和外部药剂运输。主要完成混凝剂、絮凝剂以及外加碳源药剂的制备和储藏。另外, 还负责回用水系统加氯药剂和膜池清洗用柠檬酸药剂的存储。采用次氯酸钠投加, 保障回用水余氯, 投加量为 2 mg/L。

本工程鼓风与加药间对称布置, 并采用双层布置, 上层鼓风机房室内地坪与操作层接顺, 设置生物池曝气用鼓风机 6 台 (4 用 2 备), 单台风机风量为 150 m<sup>3</sup>/min, 风压为 0.09 MPa, 单台功率为 300 kW; 下层鼓风机房设置膜吹扫用鼓风机 6 台 (4 用 2 备), 单台风机风量为 187 m<sup>3</sup>/min, 风压为 0.045 MPa, 单台功率为 220 kW。预留远期设备机位, 上层预留设备起吊孔, 便于今后设备进出和维修。

### ⑤污泥系统

新建均质池 1 座, 用于储存初沉污泥、剩余污泥, 有效水深为 4 m, 内设潜水搅拌机防止污泥淤积; 本工程污泥脱水机房安装 3 套叠螺式浓缩脱水机, 预留 2 台机位, 每台脱水机处理能力为 60 m<sup>3</sup>/h,

脱水机工作时间为 12 h,若 1 台维修,另外 2 台可 24 h 连续使用。脱水后污泥含固率不低于 20%,固体回收率 95%。

#### 4.4 其他设计

##### ①海绵设计

为响应海绵城市建设理念,本工程将整个厂区分分为 3 个类汇水分区,分别进行雨水资源化利用:厂前区通过在绿地中设置下凹式绿地与调蓄模块,增加雨水调蓄能力,在建筑顶部设置绿色屋面降低径流系数;半地下式污水厂箱体顶部主要为绿化,综合径流系数较低,在箱体两侧设置排水沟收集绿化上溢流的雨水,统一收集后输送至厂区雨水系统;场内道路两侧设置植草沟,用于调蓄路面径流。污水厂内径流控制设施总规模约为 436 m<sup>3</sup>,年径流总量控制率为 75%,满足规划海绵城市建设要求。

##### ②尾水湿地

污水经处理后尾水达到准 IV 类标准,尾水排入下游配套湿地,湿地总占地面积约为 58 亩(1 亩 ≈ 666.67 m<sup>2</sup>),湿地采用传统型人工湿地和高效混合湿地相结合的方式,湿地内布置生态塘、表流湿地、潜流湿地,污水厂尾水经湿地处理后的尾水排入龙王港河道,作为龙王港流域的重要补水水源。通过污水厂→湿地→生态补水的技术路线,能够有效改善区域水环境质量,提升污水处理厂工程效益。

##### ③光伏

地下式/半地下式污水厂顶部往往种植绿化,且空

间较大,本工程利用污水厂顶部绿化上方 3.5 万 m<sup>2</sup> 空间,设置上万片高效单晶硅光伏组件,光伏组件采用钢结构预应力柔性拉锁作为光伏支撑,总装机容量 3.6 MW,年发电量约 323 万 kW·h,实现“自发自用,余电上网”能源自给型污水厂,实现低碳目标。

## 5 运行效果

### 5.1 实际运行情况

本工程 2019 年年底投入试运行,各年进厂水量情况如图 5 所示。

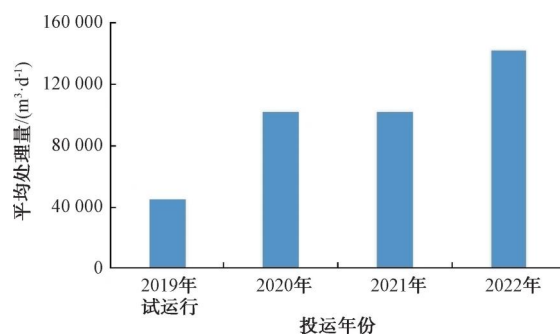


图 5 污水厂实际处理水量

Fig. 5 Actual Treatment Capacity of the WWTP

随着区域水量增长,2021 年启动一期二阶段,2022 年下半年二阶段投运。污水厂运行至今进出水水质如图 6 所示。

污水厂出水水质达到准 IV 类标准,且应对水质波动和超过设计进水水质的来水,污水厂出水水质仍优于设计标准,至今已累计处理污水量约为

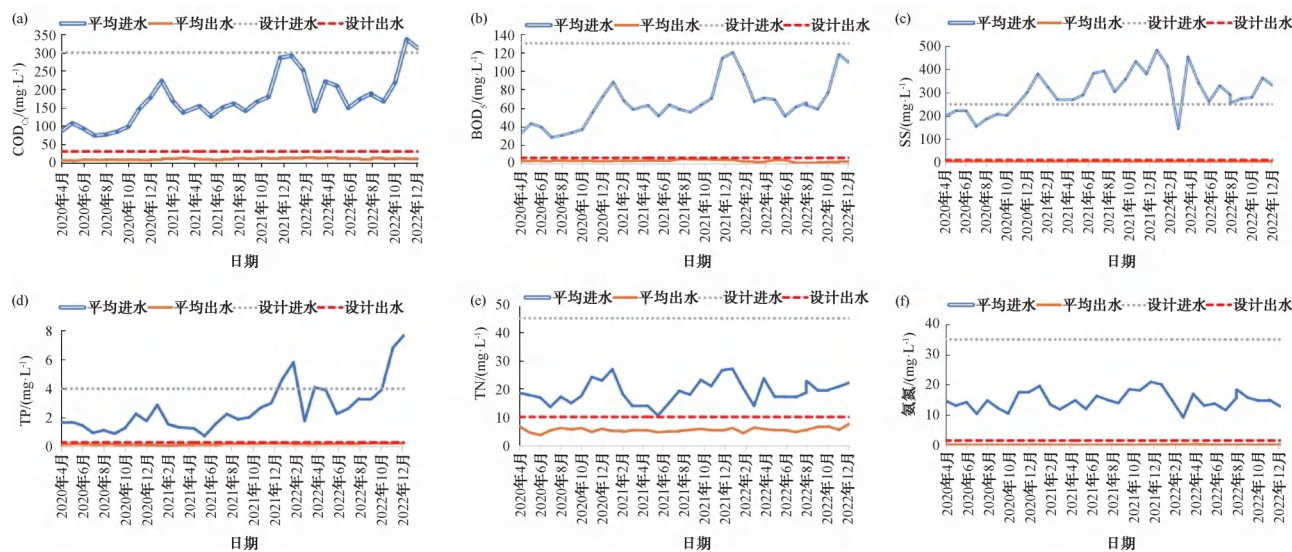


图 6 污水厂进出水水质平均值

Fig. 6 Average Value of Influent and Effluent Quality

12 000 万  $\text{m}^3$ , 处理效果良好。污水厂尾水部分作为中水回用, 部分通过下游湿地净化后用于河道补水, 提高区域内水环境质量, 改善区域生态水循环。现阶段, 根据片区水量增长需求, 污水厂正在进行一期二阶段扩建工程, 采购并安装配套机械设备。设备安装后, 污水厂处理规模达 25 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。

## 5.2 MBR 工艺应用效益

由于 MBR 工艺作为一种分离技术, 可缩短工艺流程; 高容积负荷又可以进一步缩减处理单元体积, 相较于常规地上污水厂, 在半地下/全地下污水厂中应用时, 节地、节省工程投资的优势更加明显。MBR 在高容积负荷、低污泥负荷、长泥龄条件下运行, 可以有效减少剩余污泥的量排放, 进一步减少厂内污泥处理系统规模和投资, 对于地下式污水厂应用效益更为显著。

随着城市排水系统提质增效的开展, 未来污水厂进水水质会逐步提高, 接近设计水质; AAOA+MBR 工艺对水质的变化适应能力强, 系统抗冲击性强, 生物脱氮效果佳, 对于土建改造难度较大的地下式污水厂, 可避免今后污水厂改造。

另外, 现代化污水厂对自动化、数字化、智慧化运维提出了更高要求, MBR 工艺作为先进膜技术, 可通过计算机进行控制, 可高效集成设备, 实现智能调度。

## 6 设计中注意的问题及建议

(1) 安全生产控制。地下式污水厂进水安全控制尤为重要, 除了流量控制需求外, 还需要考虑在失电状态和极端情况下应急关闭入流。本工程在进水管前设置了速闭闸, 在失电情况下依然能够及时切断入场来水, 避免厂内机电设备被淹。

(2) 地下厂分期建设。本工程服务范围内水量增长速度存在不确定性, 地下式污水厂采用土建一次完工, 设备分期建设方式, 可以减少改扩建工程的建设时间和实施难度。在一阶段实施过程中预留了设备安装条件和切换停水控制措施, 二阶段施工仅在 1 年内完成施工和调试, 高效便捷。

(3) 膜反应器设计。为减少 MBR 膜组件清扫频次, 本工程在生物反应池前端加设一组 0.5 mm 栅隙的超细格栅, 进一步拦截杂质。另外膜组件设置时每 10 组预留了 1 组预留组件, 应对污水厂运行多年后膜通量下降后导致冲洗频率增加, 灵活应对

污水厂运行难题。

## 7 结论

(1) 本工程主要采用 AAOA+MBR 工艺, 污水厂出水水质达到准 IV 类标准, 处理效果稳定, 污水厂尾水作为生态补水下游河道, 改善区域水环境。

(2) MBR 工艺在地下式污水处理厂中应用可以节约污水厂占地面积和箱体尺寸, 本工程总用地指标仅为  $0.3 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$ , 远低于国家标准 [ $1.1 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$ ] [5]。

(3) 响应国家双碳政策号召, 地下式污水厂在顶部可结合景观绿化设置光伏发电装置, 实现厂站内自发自用。污水厂生物处理工艺可采用智能优化系统, 对关键运行参数进行控制, 保障出水水质同时, 实现节能目标。

## 参考文献

- [1] 杨一烽, 杜炯, 张欣. 国内地下式污水处理厂的发展现状和关键技术分析[J]. 净水技术, 2021, 40(10): 101-106, 117.  
YANG Y F, DU J, ZHANG X. Development status and key technology analysis of underground wastewater treatment plants (UWWTPs) at home[J]. Water Purification Technology, 2021, 40(10): 101-106, 117.
- [2] 杜炯. 苏州高新区全地下式污水处理厂工程设计特点解析[J]. 净水技术, 2022, 41(s1): 279-284.  
DU J. Analysis of engineering design features of all underground wastewater treatment plant in Suzhou High-Tech Zone[J]. Water Purification Technology, 2022, 41(s1): 279-284.
- [3] 胡松, 卓崑, 姜若菡, 等. 地下式污水处理厂 MBR 膜污染分析及应对策略[J]. 给水排水, 2021, 47(5): 45-51.  
HU S, FU W, JIANG R H, et al. Analysis and countermeasures of MBR membrane pollution in underground water plant[J]. Water & Wasterwater Engineering, 2021, 47(5): 45-51.
- [4] 夏云峰, 周艳, 王涛, 等. 地下式污水处理厂 AAO+MBR 工艺的应用[J]. 净水技术, 2022, 41(8): 140-145, 162.  
XIA Y F, ZHOU Y, WANG T, et al. Application of AAO+MBR processes in underground wastewater treatment plant (UWWTP) [J]. Water Purification Technology, 2022, 41(8): 140-145, 162.
- [5] 湖南省住房和城乡建设厅, 湖南省生态环境厅. 湖南省城镇污水处理厂主要水污染物排放标准: DB43/T 1546—2018 [S/OL]. (2018-12-25) [2022-12-28]. <https://hd.hunan.gov.cn/404.html>.  
Hunan Provincial Department of Housing and Urban-Rural Development, Ecology and Environment Department of Hunan. Discharge standard of major pollutants for municipal wastewater treatment plant in Hunan Province: DB43/T 1546—2018 [S/OL]. (2018-12-25) [2022-12-28]. <https://hd.hunan.gov.cn/404.html>.