

设计经验

DOI: 10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.04.010

## 地下式污水处理厂“双降一增”设计案例

仲崇军, 代世宇, 王 曼, 张玉珠, 何东岳

(北京市市政工程设计研究总院有限公司 广东分院, 广东 广州 510060)

**摘 要:** 针对地下式污水处理厂造价高、能耗高、运营管理不便的不足,广州大陵河三华净水厂采取了一些创新做法,包括结合河道堤防巧妙选址解决污水厂落地难问题,充分利用河堤高程减小地下箱体埋深约3.60 m,结合工艺布置将地下箱体优化为4个防火分区,设计强化自然光利用可节约照明能耗约4 088 kW·h/a,工艺鼓风机兼顾地下空间通风可节约通风能耗约60 501 kW·h/a,膜池布置靠近预处理区和泥区提高运营便利性等,为国内地下式污水处理厂“双降一增”(降投资、降能耗、增效率)提供了工程案例借鉴。

**关键词:** 地下式污水处理厂; AAO+MBR; 膜池倒置; 进风源切换鼓风机系统

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2024)04-0059-07

## “Double Reduction and One Increase” of Underground Sewage Treatment Plant: A Design Case

ZHONG Chong-jun, DAI Shi-yu, WANG Man, ZHANG Yu-zhu, HE Dong-yue

(Guangdong Branch, Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Guangzhou 510060, China)

**Abstract:** In response to the shortcomings of high cost, high energy consumption and inconvenient operations management of underground sewage treatment plants, Dalinghe Sanhua water purification plant in Guangzhou has adopted some innovative measures, including combining with river embankments and cleverly selecting locations to solve the problem of difficult landing, making full use of the embankment elevation to reduce the buried depth of the underground tank by approximately 3.60 m, dividing the underground tank into 4 fire zones in combination with the process layout, enhancing the use of natural light to decrease the lighting energy consumption by approximately 4 088 kW·h/year, the air blower being doubled as ventilation of the underground space to save energy consumption of approximately 60 501 kW·h/year, and arranging the membrane tank close to the pretreatment area and sludge treatment area to facilitate the operational convenience and management. Overall, this project provides an engineering case reference for “double reduction and one increase” (i.e. reducing investment and energy consumption, increasing efficiency) of domestic underground sewage treatment plants.

**Key words:** underground sewage treatment plant; AAO+MBR; inverted membrane tank; blower system with switchable intake air supply

地下式污水处理厂颠覆性地改变了传统地上污水处理厂的功能形态,其兼顾环境友好、生态景观、土地集约、公共服务等优势,在我国生态文明建设的大背景下,越来越受到重视。“十三五”时期以来,地下式污水处理厂更是得到了快速发展,占同期污水厂处理水量和总投资的比例分别达到18%和30%左右<sup>[1-3]</sup>。然而,在拥有诸多独特优势的同时,地下式污水处理厂也存在造价高、能耗高、运营管理不便等不足,本研究结合广州大陵河三华净水厂,介绍其在地下式污水处理厂降投资、降能耗、增效率(简称“双降一增”)方面的具体工程实践。

## 1 项目概况

### 1.1 服务范围及规模

大陵河三华净水厂位于广州市花都区,服务范围主要包括兴华涌和大陵河流域,总服务面积约25.5 km<sup>2</sup>,厂外部分区域近期采取截流式合流制,并计划在合流渠箱末端设置1座溢流污染调蓄池,规模为2×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>。污水厂设计规模为5×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d,考虑到雨季厂外调蓄池需在1 d内排空,污水厂最大处理能力按7×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d校核。

### 1.2 项目选址及用地

该厂为计划外新增污水处理厂,上位规划中未预留其用地,从征地及房屋拆迁难度、规划用地性质调整、周边环境影响等方面综合对比,确定项目选址位于天马河以东、大陵河以西地块,现状用地为老旧厂房和废弃荒地。图1为厂区总平面布置。

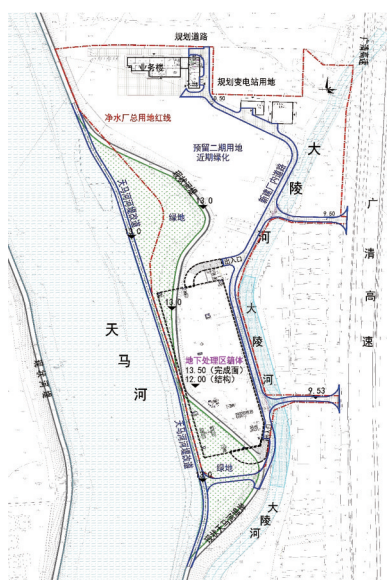


图1 厂区总平面布置

Fig.1 General layout of plant area

为提高土地利用效率,将现状大陵河河道局部向东微调,将现状天马河东侧堤顶路向西调整,释放现状河堤内滩涂荒地(面积约1.78 hm<sup>2</sup>)。经防洪评估,该调整对天马河、大陵河行洪基本无影响。

### 1.3 主要技术指标

厂区总用地面积约4.813 hm<sup>2</sup>(预留远期扩建5×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d用地),秉持“环境友好、土地集约、资源利用”的建设理念<sup>[4]</sup>,采用地下式建设形式,一期地下处理区占地1.05 hm<sup>2</sup>,吨水占地指标为0.21 m<sup>2</sup>/(m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>);地上建筑总面积为5 860 m<sup>2</sup>,容积率为0.122,绿地率为65%。

## 2 总体工艺设计

### 2.1 设计进、出水水质

项目处理后的尾水经大陵河排放至新街河(根据广州市水功能区划,新街河规划为地表水Ⅲ类水),且受用地限制影响,污水厂采用全地下一次性建成,未来提标改造难度大。因此,设计出水主要水质指标执行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅳ类水和《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准的较严值(TN除外),具体指标如表1所示。

表1 设计进、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality

| 项目                       | BOD <sub>5</sub> | COD  | SS   | NH <sub>3</sub> -N | TN   | TP   |
|--------------------------|------------------|------|------|--------------------|------|------|
| 进水/(mg·L <sup>-1</sup> ) | 140              | 300  | 180  | 30                 | 40   | 4    |
| 出水/(mg·L <sup>-1</sup> ) | ≤6               | ≤30  | ≤5   | ≤1.5               | ≤10  | ≤0.3 |
| 去除率/%                    | 95.7             | 90.0 | 97.2 | 95.0               | 75.0 | 92.5 |

注: 出水色度≤30倍,出水pH为6~9。

### 2.2 工艺流程

综合考虑进水水质特点、出水水质标准、建设用地条件、运行成本等,确定采用AAOA+MBR处理工艺,即进厂总管→紧急切断阀+水位控制阀→粗格栅→提升泵站→细格栅→曝气沉砂池→精细格栅→AAOA生化池→MBR膜池→膜区产水泵→管式紫外消毒→计量→尾水利用池→出水排放大陵河。细格栅前水位为7.10 m,MBR膜池水位为4.85 m,主处理流程水头损失为2.25 m。

### 2.3 总体平面设计

将综合楼、高压电房(含发电机房)、污泥干化配套的锅炉房等不构成污染且不宜布置在地下的构(建)筑物布置在地上,其他设施均布置在地下处

理区箱体内,箱体长273.6 m,宽144.4 m,地下负一层、负二层布置如图2所示。

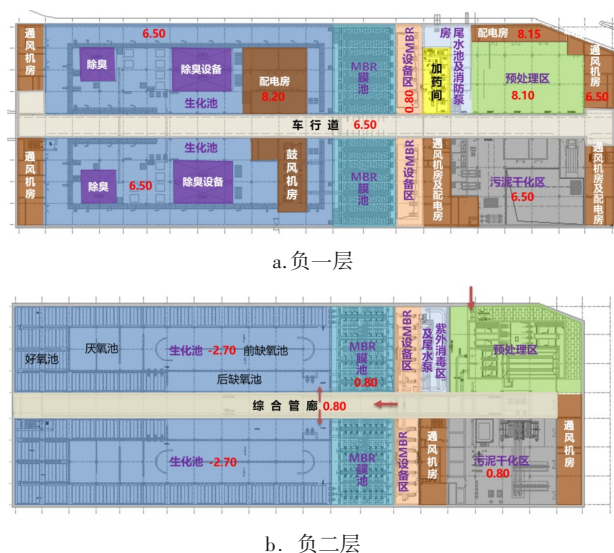


图2 地下负一层、负二层布置

Fig.2 Layout of underground negative first and second floor

地下处理区采用“集约化、模块化、叠合式”布置,各构筑物之间通过渠道连接,既减少了厂区占地,又降低了水头损失;预处理区与污泥区等污染严重且经常需要物料运输的功能区集中布置,有利于控制臭气、废液和泥渣等污染物外泄;鼓风机房、配电房、除臭设施、通风机房等叠合布置在水处理构筑物上方,一方面可以减少厂区占地,减小基坑开挖范围,另一方面鼓风机房靠近好氧区和膜区,可以减小风管长度及鼓风机风压,配电房靠近负荷中心,从而降低运行能耗。

## 2.4 工艺处理单元设计

### 2.4.1 预处理单元

包括粗格栅、提升泵房、细格栅、曝气沉砂池及精细格栅。设2台粗格栅,栅条间隙为20 mm;4台潜水提升泵,3用1备,单台 $Q=975\text{ m}^3/\text{h}$ , $H=70\text{ kPa}$ , $N=30\text{ kW}$ ;2台内进流孔板式细格栅,孔径为5 mm;曝气沉砂池停留时间为5 min,分2组,为避免雨季砂量过大时,砂坑集中排砂出现堵塞问题,采用传统桥式吸砂机;沉砂池后增设3台内进流孔板膜格栅,孔隙为1 mm。

### 2.4.2 生化反应单元

为应对进水水质的变化冲击及高出水标准要求,主体处理工艺采用多模式 AAO+MBR,在传统

AAO+MBR 工艺的基础上,增加后缺氧段,利用后续的膜区作为富氧区,形成厌氧→前缺氧→好氧→后缺氧→后好氧(膜池)的多级AO处理工序<sup>[1]</sup>,强化生物脱氮功能。污泥回流改为先由膜池回流至好氧池,再由后缺氧池回流至厌氧池,一方面利用了膜池富余的溶解氧,降低了好氧池的曝气能耗;另一方面后缺氧池回流污泥避免了 $\text{NO}_3^--\text{N}$ 对厌氧环境的影响,提高了生物除磷效率。工艺流程见图3。

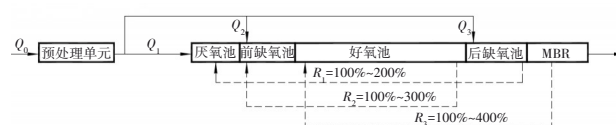


图3 AAO+MBR 工艺流程

Fig.3 Flow chart of AAO+MBR process

生化池设2组,有效水深8 m,总停留时间14.43 h,其中厌氧池1.7 h、前缺氧池4.27 h、好氧池6.59 h、后缺氧池1.87 h;MLSS为5~7 g/L;污泥龄为21 d;污泥负荷为 $0.02\text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$ ;最大气水比为5.98:1。设多点进水、多点回流,可根据实际进水水质、环境(水温等)变化状况,调整运行工况( $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 等),进水可分配至厌氧池、前缺氧池、后缺氧池,通过下开式调节堰门调节流量,充分利用进水碳源;膜池至好氧池回流比为100%~400%(利用膜池过量的氧气、回流污泥),好氧池至前缺氧池回流比为100%~300%(脱氮),后缺氧池至厌氧池回流比为100%~200%(除磷)。

### 2.4.3 膜分离单元

采用聚偏二氟乙烯(PVDF)帘式膜,膜孔径 $\leq 0.1\text{ }\mu\text{m}$ ,膜池共8组,每组分2格,每格有7个膜位,共112个膜组件,单个膜组件面积 $1449\text{ m}^2$ ,产水量为 $22.5\sim 33\text{ m}^3/\text{h}$ ,设计平均膜通量为 $12.84\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ( $12\text{ }^\circ\text{C}$ )。膜分离区MLSS为 $8.0\sim 10.0\text{ g/L}$ ,设穿孔管曝气吹扫,吹扫风量为 $330\text{ m}^3/\text{min}$ ,设计最大擦洗气水比为9.5:1,水力停留时间为0.8 h。

### 2.4.4 尾水排放与利用

膜区产水泵出水总管上设3套管式紫外消毒器,消毒剂量不小于 $28\text{ mJ}/\text{cm}^2$ ,尾水经消毒后全部进入尾水利用池(与消防水池共用)。尾水共有4种去向:一是作为上游兴华涌生态补水,约 $625\text{ m}^3/\text{h}$ ;二是作为厂区中水,约 $98.3\text{ m}^3/\text{h}$ ;三是作为污泥干化工艺冷却水,设计水量约 $340\text{ m}^3/\text{h}$ ;其余尾水就近排入大陵河作为生态补水。

### 2.4.5 鼓风曝气系统

选用节能高效且噪声低的磁悬浮离心鼓风机,生化池曝气风机3台(2用1备),单台 $Q=94\text{ m}^3/\text{min}$ , $P=90\text{ kPa}$ , $N=150\text{ kW}$ ;膜池吹扫风机3台(2用1备),单台 $Q=165\text{ m}^3/\text{min}$ , $P=45\text{ kPa}$ , $N=200\text{ kW}$ 。生化池采用精确曝气控制系统及时准确地分配并控制池内气量,既保证生化池各反应段高效稳定运行,又有效降低供气量,进而减少除臭风量,实现供氧+除臭耦合降耗。

### 2.4.6 污泥干化系统

项目最大总泥产量按 $9\text{ tDS/d}$ 计,污泥在污水处理厂内脱水干化至含水率 $<40\%$ 后,外运到珠江水泥厂焚烧。采用低温真空脱水干化工艺,主要由污泥调质系统、主机系统、液压系统、进料系统、压滤系统、加热系统、真空系统、冷凝系统、卸料系统、空压系统等组成。受地下空间尺寸限制,含水率约 $99.2\%$ 的剩余污泥先经机械浓缩(投加PAM)至含水率为 $97\%$ 以下,然后进入调理池调理(投加

PAC),再通过污泥进料泵进入低温真空脱水干化一体机,经过进料、压滤、加热、真空脱水等环节,出泥含水率达到 $30\%\sim 40\%$ 。设2套脱水干化主机,污泥进料泵2套(单套 $Q=50\text{ m}^3/\text{h}$ , $H=1\ 000\text{ kPa}$ , $N=22\text{ kW}$ ),压榨泵2套(单套 $Q=30\text{ m}^3/\text{h}$ , $H=1\ 000\text{ kPa}$ , $N=15\text{ kW}$ ,变频)。干化机采用 $80\sim 90\text{ }^\circ\text{C}$ 热水对压滤板框进行加热,通过真空系统产生负压降低污泥中水的沸点,再通过冷凝系统进行排水,设加热泵2套(单套 $Q=160\text{ m}^3/\text{h}$ , $H=200\text{ kPa}$ , $N=18.5\text{ kW}$ ),真空泵2套(单套 $Q=33\text{ m}^3/\text{min}$ ,绝对压强 $15\text{ kPa}$ , $N=55\text{ kW}$ ),冷却水泵2套(单套 $Q=130\text{ m}^3/\text{h}$ , $H=20\text{ kPa}$ , $N=18.5\text{ kW}$ )。

鉴于周边可利用热源情况,采用燃气锅炉制热水,设2套热水锅炉(单套制热量 $1.05\text{ MW}$ 、压力 $0.7\text{ MPa}$ ),锅炉循环泵2套(单套 $Q=80\text{ m}^3/\text{h}$ , $H=200\text{ kPa}$ , $N=25\text{ kW}$ )。

### 2.5 通风除臭设计

通风除臭设计参数见表2。

表2 通风除臭设计参数

Tab.2 Ventilation and deodorization design parameters

| 区域       |             | 除臭设计         |  |                           | 通风设计 |      |                        |
|----------|-------------|--------------|--|---------------------------|------|------|------------------------|
|          |             | 换气次数         | 水面面积臭气风量/ $(\text{m}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1})$ | 除臭工艺                      | 进风方式 | 排风方式 | 通风换气参数                 |
| 预处理区     | 池面操作空间      | 4次/h         |  | 离子净化除臭+生物除臭               | 离子新风 | 负压除臭 | 离子除臭风量为该区域收集风量的 $80\%$ |
|          | 格栅设备密闭罩     | 12次/h        |  | 生物除臭                      |      |      |                        |
|          | 池下空间        | 1.1倍曝气量+4次/h | 10   | 生物除臭                      |      |      |                        |
| 污泥干化区    | 人员操作空间      | 4次/h         |  | 离子净化除臭+生物除臭               | 离子新风 | 负压除臭 | 离子除臭风量为该区域收集风量的 $80\%$ |
|          | 污泥运输车间      | 10次/h        |  | 离子净化除臭+湿式喷淋除尘+化学洗涤除臭+生物除臭 |      |      |                        |
|          | 干化机设备内部及密闭罩 | 10次/h        |  |                           |      |      |                        |
| 生化反应区+膜区 | 池面操作空间      |              |  | 排风经活性炭吸附装置(可超越)           | 自然进风 | 机械排风 | 6次/h                   |
|          | 池下空间        | 1.1倍曝气量+4次/h | 3  | 生物除臭                      |      |      |                        |

根据污水处理功能区的臭气源特征采取不同的通风除臭策略。对于经常进行栅渣、泥砂、污泥等清运操作导致臭气易泄漏的预处理区和泥区,采取通风除臭一体模式,即操作层空间进风采用离子新风,排风采用负压抽吸进入生物除臭装置处理后高空排放;对可能存在微量恶臭污染物的生化反应区和膜区的检修操作层,采取自然进风+机械排风+活性炭吸附装置(可超越)进行通风换气,池下空间的臭气通过负压抽吸进入生物除臭装置处理后高空排放。

### 3 设计特点及创新

#### 3.1 腾挪河滩闲置用地,破解选址落地难题

项目选址充分发挥地下式污水处理厂占地小、环境干扰小、布局灵活的特点,在不降低天马河行洪标准的前提下,利用天马河东侧河堤内的闲置用地,将现状堤顶路向西调整,同时兼顾土规要求,地下处理设施箱体位于规划林地下(不需要改变用地属性),业务楼位于北侧建设用地,完美地解决了污水处理厂选址落地问题,为国内污水厂选址提供了案例示范。

### 3.2 巧妙利用河堤高度减小基坑深度

项目周边道路标高9.40 m,大陵河20年一遇洪水水位8.45 m,天马河堤岸标高约13.0 m,即天马河河堤比周边地坪高约3.60 m。本项目地下处理区箱体充分利用天马河河堤高度,完成后的厂区地面与天马河河堤基本持平,基坑示意图4。经此改进,基坑深度较常规布置减少了3.60 m,可节约工程投资约2 415万元。

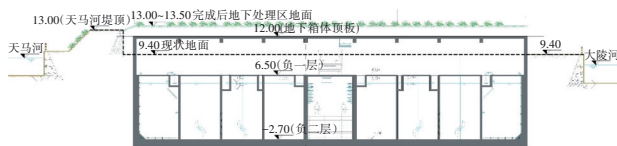


图4 地下处理区箱体基坑示意

Fig.4 Schematic diagram of underground treatment area box foundation pit

### 3.3 膜池倒置布置,便利施工和运维

通过优化生化池廊道布置,将膜池倒置,靠近预处理区、污泥处理区(见图5),使运行维护频繁的工艺段全部集中在一起,同时实现了池体深度一致的构筑物集中布置,其优势主要体现在以下三个方面:①便于日常巡查维护;②有效缩短污泥管、加药管、电力电缆等生产管线长度;③减小了基坑施工难度。

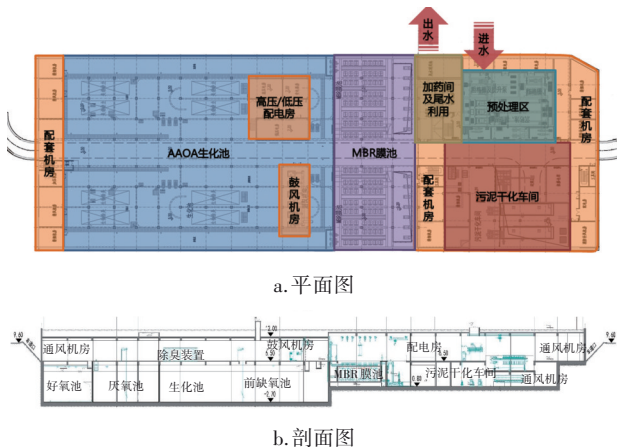


图5 膜池倒置布置平、剖面图

Fig.5 Plan and sectional view of membrane tank inverted layout

### 3.4 优化防火分区,节省投资且方便管理

本项目地下处理区建筑面积18 762 m<sup>2</sup>,属于戊类厂房,耐火等级为一级,共2层,若按《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)最大1 000 m<sup>2</sup>的防火分区面积计算,则需要划分19个防火分区,给污水厂

运行造成极大不便。通过对规范的充分解读(GB 50016—2014中3.3.1节条注6,“厂房内的操作平台、检修平台,当使用人数小于10人时,平台的面积可不计入所在防火分区的建筑面积内”)、参考相关设计案例<sup>[5]</sup>,并结合污水厂工艺运营特点(运营巡查人员一般2~3人,可燃物少),划分防火分区时,将厂区内大部分的水池上方设定为检修操作平台,不考虑此部分面积,其他区域面积均不大于2 000 m<sup>2</sup>(设置自动喷淋灭火系统,GB 50016—2014中规定,当厂房设置自动灭火系统时,每个防火分区的最大允许建筑面积可按规范3.3.1节的规定增加1倍,即可由1 000 m<sup>2</sup>扩大到2 000 m<sup>2</sup>),满足规范要求。因此,项目根据工艺功能区共划分为4个防火分区(见图6),分别是生化池上方区、膜池及负二层管廊区、预处理区、污泥干化区,其中生化池区域为最大防火分区,面积约4 769 m<sup>2</sup>。经此优化,共减少15个防火分区以及每个分区配套的通风排烟设备,节省工程造价约263万元。

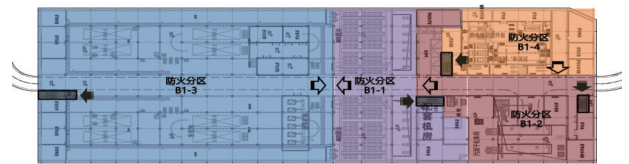


图6 防火分区划分

Fig.6 Diagram of fire zone division

### 3.5 鼓风机兼顾地下空间通风,节能降耗

常规地下污水厂生化鼓风机曝气系统设计中,一般设置独立的进风廊道及进风口与地面环境连通,以保证空气洁净,即地下空间通风换气系统和生化池鼓风机曝气系统完全独立。对比鼓风机设备进风质量要求和地下处理区运行中的实际空气质量可以发现,地下处理区的空气质量完全满足鼓风机设备要求,部分污水厂也已开展了地下污水处理厂微污染气体的应用尝试<sup>[6]</sup>。本项目将鼓风机进风源设计为可切换模式,既可以从地面引新风进入鼓风机,又可以从地下处理区大空间引风进入鼓风机。而采用后一种模式时,生化池曝气鼓风机同时兼顾了地下空间的通风换气功能,经此改进可节约地下处理区通风量31 080 m<sup>3</sup>/h,按每天通风12 h折算,节约通风能耗约60 501 kW·h/a,节约运行费用约4.4万元/a。

鼓风机进风源切换设计见图7。

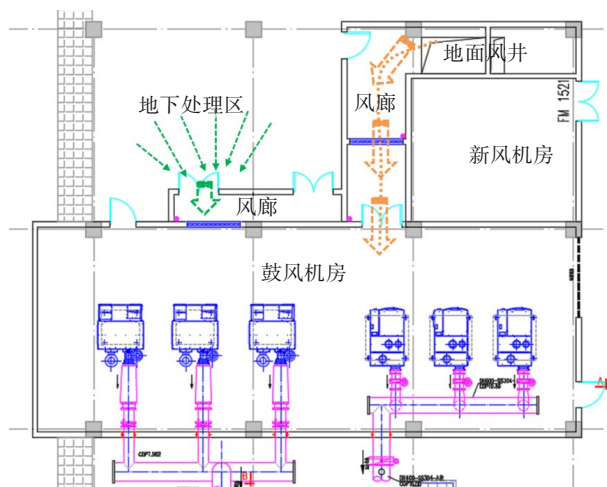


图7 鼓风机房进风源切换设计

Fig.7 Design of air inlet switching in blower room

### 3.6 对流+诱导通风模式,提升空气质量

由传统地下式污水厂风管通风改为大空间对流通风,通风换气次数为6次/h,采用自然进风、机械排风方式,从中间车道自然进风,向两侧排风。结合其他地下式污水厂运营经验可知,大空间对流通风在部分区域存在气流扰动小、易产生臭气积累的问题,为增强自然补风效果,强化空间气流扰动,在大空间对流通风的基础上,增设诱导风机,形成大空间对流+诱导风机通风模式。该方式既可以减少通风管道数量,减小地下空间管线设计综合难度,又可以在降低工程造价的同时,提高地下空间

空气质量。地下空间实景见图8。



图8 地下空间实景

Fig.8 Real scene of the underground space

### 3.7 强化自然光利用,节约照明能耗

利用地下处理区箱体顶板与东侧地面高差(2~2.5 m),在处理区东侧墙体上每隔一定距离增设多处采光窗(长3 m,宽0.5 m);另外,受粗格栅、细格栅、精细格栅、污泥干化设备尺寸限制,负一层顶板上方需开设吊装口,口部采用钢结构龙骨夹胶玻璃透光盖板,充分利用自然光照明。经测算,节约照明能耗约4 088 kW·h/a,折算节省运行费用约0.29万元/a。

## 4 运行效果及成本

2022年的实际平均运行数据见表3。

表3 2022年运行数据统计

Tab.3 Operational data statistics of 2022

mg·L<sup>-1</sup>

| 项目       | COD |      | BOD <sub>5</sub> |     | NH <sub>3</sub> -N |     | SS   |      | TN   |     | TP   |      |
|----------|-----|------|------------------|-----|--------------------|-----|------|------|------|-----|------|------|
|          | 进水  | 出水   | 进水               | 出水  | 进水                 | 出水  | 进水   | 出水   | 进水   | 出水  | 进水   | 出水   |
| 2022年1月  | 172 | 9.4  | 77.5             | 2.3 | 139                | 1.6 | 32.4 | 0.08 | 40.5 | 5.6 | 3.62 | 0.24 |
| 2022年2月  | 129 | 7.6  | 60.4             | 1.9 | 108                | 1.6 | 23.1 | 0.07 | 28.9 | 3.8 | 2.55 | 0.20 |
| 2022年3月  | 165 | 9.0  | 75.1             | 2.3 | 140                | 1.6 | 27.5 | 0.08 | 33.4 | 4.5 | 3.28 | 0.23 |
| 2022年4月  | 150 | 10.4 | 66.8             | 2.5 | 125                | 1.8 | 28.3 | 0.11 | 33.8 | 6.0 | 3.33 | 0.21 |
| 2022年5月  | 112 | 7.2  | 51.4             | 1.9 | 91                 | 1.9 | 18.3 | 0.07 | 25.1 | 6.0 | 2.11 | 0.21 |
| 2022年6月  | 112 | 7.8  | 50.7             | 2.0 | 109                | 1.6 | 18.3 | 0.06 | 24.6 | 6.2 | 2.22 | 0.24 |
| 2022年7月  | 123 | 8.7  | 54.9             | 2.1 | 84                 | 1.8 | 22.3 | 0.07 | 27.6 | 6.3 | 2.63 | 0.22 |
| 2022年8月  | 112 | 8.0  | 50.9             | 2.0 | 80                 | 1.4 | 21.8 | 0.07 | 27.0 | 6.1 | 2.51 | 0.22 |
| 2022年9月  | 135 | 9.8  | 60.9             | 2.1 | 98                 | 1.4 | 28.1 | 0.08 | 35.0 | 6.5 | 3.34 | 0.21 |
| 2022年10月 | 134 | 8.6  | 61.3             | 2.1 | 104                | 1.6 | 34.2 | 0.07 | 41.5 | 6.7 | 3.71 | 0.25 |
| 2022年11月 | 132 | 9.4  | 59.1             | 2.4 | 110                | 1.5 | 32.4 | 0.07 | 36.9 | 6.4 | 3.38 | 0.23 |
| 2022年12月 | 132 | 8.7  | 60.5             | 2.6 | 109                | 1.7 | 31.5 | 0.08 | 38.4 | 7.5 | 3.32 | 0.20 |
| 平均值      | 134 | 8.7  | 60.8             | 2.2 | 108.1              | 1.6 | 26.5 | 0.10 | 32.7 | 6.0 | 3.00 | 0.22 |

出水平均NH<sub>3</sub>-N、TP、TN分别为1.6、6.0和0.22 mg/L,稳定达到项目设计出水标准(一级A与

地表水准Ⅳ类标准较严值)。

该工程建筑安装费约3.67亿元,吨水造价约

7 338 元/m<sup>3</sup>(因厂区位于溶洞发育区,故吨水造价较高)。

## 5 结语

通过优化功能区布置、利用地势减小基坑深度、鼓风机兼顾地下空间通风、强化自然光照明、大空间对流+诱导通风等多种新技术,在降低工程造价、降低运行能耗和提高运营效率等方面进行了积极尝试和探索;而厂区地面按景观公园建设,扩大了居民公共休闲空间,进一步提高了项目综合效益。因此,持续做好地下式污水处理厂“降投资、降能耗、增效率”等工作,是地下式这一建设模式可持续发展的关键,也是污水处理行业贯彻新发展理念、推动高质量发展、构建新发展格局的重要抓手。

## 参考文献:

- [1] 房阔,王凯军.我国地下式污水处理厂的发展与生态文明建设[J].给水排水,2021,47(8):49-55.  
FANG Kuo, WANG Kaijun. Development of underground wastewater treatment plant and eco-civilization in China [J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 47(8): 49-55 (in Chinese).
- [2] 李捷,隋军. AAOA/MBR 工艺优化运行参数研究[J].中国给水排水,2013,29(5):82-84.  
LI Jie, SUI Jun. Optimization of operating parameters for AAOA/MBR process [J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(5):82-84 (in Chinese).
- [3] 刘林富.多模式 A<sup>2</sup>O+高效沉淀+V 型滤池用于地下式污水厂[J].中国给水排水,2023,39(10):62-66.  
LIU Linfu. Application of multi-mode A<sup>2</sup>O, high efficiency precipitation and V-type filter combined process in underground wastewater treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2023, 39(10):62-66 (in Chinese).
- [4] 冯天喜,胡耀清,张涛锋,等.改良 A/A/O+MBR 工艺在全地理式城市污水处理厂的应用[J].水处理技术,2023,49(4):144-148.  
FENG Tianxi, HU Yaoqing, ZHANG Taofeng, et al. Application of improved A/A/O+MBR process in underground municipal wastewater treatment plant [J]. Technology of Water Treatment, 2023, 49(4):144-148 (in Chinese).
- [5] 杨涛,吴志高,谢小龙,等.地理式污水处理厂地下箱体防火设计研究及案例剖析[J].给水排水,2022,48(2):33-39.  
YANG Tao, WU Zhigao, XIE Xiaolong, et al. Research and case analysis on the fire protection design of the underground box in buried wastewater treatment plant [J]. Water & Wastewater Engineering, 2022, 48(2): 33-39 (in Chinese).
- [6] 周立,李桥龙,陈晓华,等.北京槐房地理式污水厂除臭通风一体化系统设计[J].中国给水排水,2018,34(16):55-60.  
ZHOU Li, LI Qiaolong, CHEN Xiaohua, et al. Design of integrated system of deodorization and ventilation for Beijing Huaifang underground WWTP [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(16): 55-60 (in Chinese).

作者简介:仲崇军(1985-),男,江苏连云港人,硕士,高级工程师,分院所所长,主要从事污水处理、水环境综合治理、内涝治理、综合管廊等设计研究工作。

E-mail:564993103@qq.com

收稿日期:2022-11-05

修回日期:2023-03-19

(编辑:沈靖怡)

贯彻落实《中华人民共和国河道管理条例》