

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.10.015

# 上海泰和全地下大型污水处理厂工艺设计要点及特点

陈秀成, 牛天浩

(上海市市政工程设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200092)

**摘 要:** 上海泰和污水处理厂规划规模为  $60 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 一期工程规模为  $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 采用全地下式的建设形式。污水处理采用初沉池 + AAO 生化反应池 + 二沉池 + 高效沉淀池 + 反硝化深床滤池的工艺, 出水水质执行一级 A 排放标准。污泥处理采用机械浓缩 + 低温真空脱水干化的工艺, 处理至含水率  $\leq 40\%$  后外运焚烧。泰和污水处理厂是一个比较彻底的全地下污水处理厂, 具有全工艺流程均位于地下箱体内、地下箱体内为远期提标回用做了适当预留、污水厂进水端设计了容积为  $15 \times 10^4 \text{ m}^3$  的大体量调蓄池等特点。污水厂通水后各项出水指标均达到了设计标准。

**关键词:** 泰和污水处理厂; 全地下; AAO 生化反应池

**中图分类号:** TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)10-0083-06

## Key Points and Characteristics of Process Design of Taihe Underground Large Sewage Treatment Plant in Shanghai

CHEN Xiu-cheng, NIU Tian-hao

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

**Abstract:** The planned treatment capacity of Taihe sewage treatment plant in Shanghai is  $60 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , and the treatment capacity of the first phase is  $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , in which all the structures were constructed underground. The process of the sewage treatment plant consists of primary sedimentation tank, AAO biological reactor, secondary sedimentation tank, high efficiency sedimentation tank and denitrification deep bed filter, and the effluent water quality is required to meet first level A limitations of the discharge standard. The sludge treatment process includes mechanical concentration and low temperature vacuum dehydration and drying, and the sludge is transported out for incineration after the water content is no more than 40%. Taihe sewage treatment plant is a complete underground sewage treatment plant, and the whole process is located in the underground box. In addition, appropriate reservation was made in the underground box for long-term standard upgrading and water reuse, and the storage tank with a volume of  $15 \times 10^4 \text{ m}^3$  was designed at the head of the sewage treatment plant. After operation of the sewage treatment plant, all effluent indexes had reached the design standard.

**Key words:** Taihe sewage treatment plant; underground; AAO biological reactor

### 1 工程概况

泰和污水处理厂工程规划规模为  $60 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 本次一期工程规模为  $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 是上海市全新建造的规模最大的全地下污水处理厂。该污水厂位于上海市宝山区, 在污水系统上属于中心市区

北部的石洞口片区, 与片区内的石洞口污水处理厂共同负担整个石洞口片区的污水处理。泰和污水处理厂的服务范围包括宝山区的中部及南部, 以及静安区和普陀区北部的少部分区域, 总服务面积约  $145 \text{ km}^2$ 。泰和污水处理厂的工程建设内容包括新

建泰和污水处理厂、新建 1.8 km 的 DN3 000 进厂管道以及一座容积  $15 \times 10^4 \text{ m}^3$  的系统调蓄池。其中污水厂出水高位井、尾水排放管以及厂前区设施等按照远期  $60 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  规模一次建成。本工程总投资约 39 亿元,其中第一部分工程费用约 34.7 亿元。污水厂的单位经营成本约 1.32 元/ $\text{m}^3$ 。

## 2 建设标准

### 2.1 污水处理标准

上海市在 2016 年 4 月由市环保局和市水务局联合发布了“关于全市污水处理厂新建、扩建和提标改造项目污染物排放标准有关事项的通知”,要求污水厂尾水排放不低于一级 A 标准,其中氨氮和总磷必须执行地表水 IV 类水标准<sup>[1]</sup>。泰和污水处理厂的污水处理即执行该标准,设计进、出水水质如表 1 所示。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项目	COD	BOD <sub>5</sub>	SS	TN	NH <sub>3</sub> - N	TP
进水	410	210	290	55	38	5.5
出水	50	10	10	15	1.5(3.0)	0.3

### 2.2 污泥处理标准

污泥处理标准取决于污泥的最终处理处置出路。泰和污水厂污泥的最终处理处置出路是到石洞口污泥处理厂焚烧。对总处理成本、污泥处理热量平衡和污泥运输的环境影响等进行综合技术经济比较和论证后,最终确定泰和污水厂的污泥脱水干化至含水率 $\leq 40\%$ 后外运。

### 2.3 其他处理标准

本工程臭气处理执行上海市地方标准《城镇污水处理厂大气污染物排放标准》(DB 31/982—2016)。厂界噪声不超过《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348—2008)中相应功能区的排放限值。

## 3 工艺设计要点

### 3.1 总平面布置设计要点

泰和污水处理厂总用地面积  $27.28 \text{ hm}^2$ ,其中一期工程用地  $19.23 \text{ hm}^2$ ,二期工程用地  $8.05 \text{ hm}^2$ 。整个厂区被联谊路分为南北两个地块(见图 1),一期  $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  的地下箱体用地  $14.91 \text{ hm}^2$ ,位于联谊路北侧地块。厂前区及调蓄池用地  $3.54 \text{ hm}^2$ 、出水区用地  $0.78 \text{ hm}^2$ ,二期工程预留用地  $8.05 \text{ hm}^2$

位于联谊路南侧地块。污水厂综合楼位于厂前区的最北端,设置开放式的下沉式广场,作为全厂的管理和集散中心,通过两条地下联络通道分别与一、二期的地下箱体相接。一期  $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  的地下箱体平面尺寸  $349 \text{ m} \times 350 \text{ m}$ ,在地下箱体的南北两侧各设置一个出入口与市政道路相接,箱体内道路呈环形布置,车行道路宽 7 m,转弯半径 9 m,满足消防及运输的相关需要。按不同功能,箱体内分为预处理区、泥处理区、二级主处理区和深度处理及出水区等区域(见图 2),其中环境相对较差的预处理区和泥处理区在箱体西侧集中布置,便于臭气的集中收集和处理。处理构筑物总体上布置为 4 条线,单条线处理能力为  $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,可分别独立运行,事故保证率 $\geq 75\%$ 。地下箱体内部空间分为构筑物区和建筑物区。构筑物区共设置 12 个人员安全出入口直通地面。建筑物区按地下厂房设置,共设 12 个防火分区,每个防火分区面积 $\leq 2\,000 \text{ m}^2$ ,至少设置 1 个直通室外的独立安全出入口,并利用防火墙上通向相邻防火分区的甲级防火门作为第二安全出口<sup>[2]</sup>。

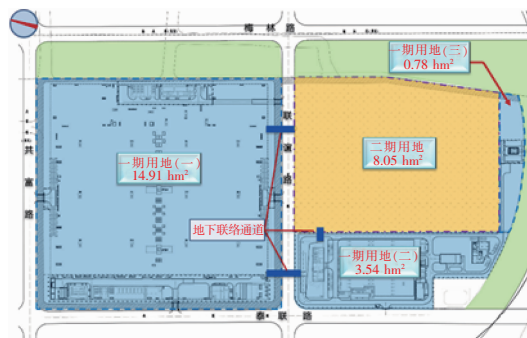


图 1 污水厂总平面布局

Fig. 1 General plane layout of sewage treatment plant

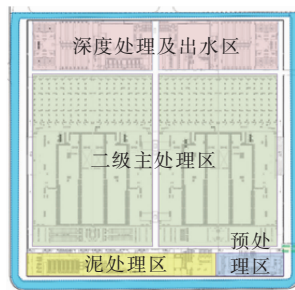


图 2 地下箱体总体布局

Fig. 2 General layout of underground box

### 3.2 竖向布置设计要点

项目前期研究中对泰和污水厂的竖向布置高程做了不同方案的技术经济比选,最终采用箱体顶高

出周边道路1 m的方案。地下箱体顶板设计绝对标高为5.5 m,地下一层操作层设计标高为-1.0 m,地下两层为构筑物池体及管廊空间,底标高为-11.3~-13.0 m(见图3)。为确保地下箱体的安全,污水厂进水泵房设计最高水位为-2.20 m。特殊情况下如进水水位超过设计最高水位,可首先溢流到调蓄池,调蓄池蓄满后则关断进水速闭闸门。在地下箱体的最低处设置厂区污水及放空泵房,用于厂区污水的提升及池体的放空。地下箱体顶上覆土厚度1.5 m,种植绿化后作为开放式的公园绿地。

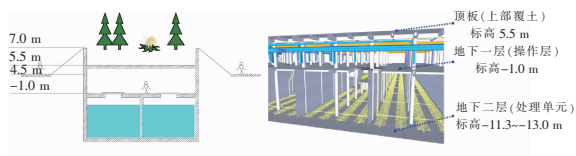


图3 地下箱体竖向布置

Fig.3 Vertical layout of underground box

### 3.3 污水处理工艺设计

泰和污水处理厂污水处理工艺流程见图4。

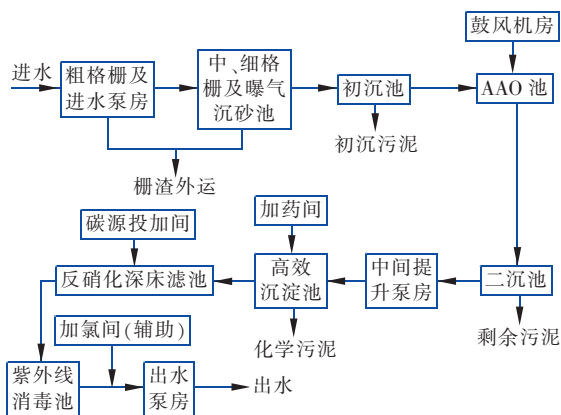


图4 污水处理工艺流程

Fig.4 Flow chart of sewage treatment process

#### ① 预处理工艺段

粗格栅进水泵房、中细格栅及曝气沉砂池均1座,规模 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。粗格栅进水泵房分2组,共配置10台进水泵(8用2备),单泵流量752 L/s,扬程46 kPa,功率60 kW。共设置粗、中、细三道格栅。粗格栅配置4台回转式格栅除污机,栅隙20 mm,格栅宽2 m,功率2.2 kW。中格栅配置8台回转式固液分离机,栅隙10 mm,格栅宽1.8 m,功率2.2 kW。细格栅配置8台内进流网板式格栅除污机,栅隙3 mm,格栅宽1.5 m,功率3.7 kW。曝气沉砂池设置4条渠道,高峰停留时间6.8 min,配置4台链板式刮砂机,功率1.5 kW。曝气风机采用噪声更低的无

油单螺杆风机,共5台(4用1备),单机流量1100  $\text{m}^3/\text{h}$ ,风压46 kPa,功率26 kW。

初沉池采用平流式,共2座,单座规模 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,每座又分2组,每组2渠,设计高峰负荷 $4.29 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,共配置8台链板式刮泥机,单套 $B=8.9 \text{ m}$ , $L=69.05 \text{ m}$ ,功率0.55 kW。初沉污泥泵房与初沉池合建,共配置12台初沉污泥泵(8用4备),单泵流量43  $\text{m}^3/\text{h}$ ,扬程100 kPa,功率4 kW。

#### ② 二级处理工艺段

AAO生物反应池2座,每座2组,每组可独立运行,单组处理能力 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。AAO生物反应池设计水深9 m,设计污泥浓度3.5 g/L,采用改良五段式形式,总水力停留时间16 h。厌氧区共配置132台高速潜水搅拌机,功率7.5 kW,好氧区共配置19444套管式微孔曝气器,单根风量6  $\text{m}^3/\text{h}$ 。生化反应池内设置了精确曝气控制系统,配备了8套气体流量计和流线型空气调节阀。

二沉池采用矩形周进周出的形式,共2座,每座分2组,每组8条渠,单组可独立运行,处理能力为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。设计高峰负荷 $1.19 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,共配置32台链板式刮泥刮渣机,单套 $B=6.25 \text{ m}$ , $L=58.9 \text{ m}$ ,功率2 kW。共配置256套液压排泥管及套筒阀,排泥管管径DN250。

#### ③ 深度处理及出水段

中间提升泵房与高效沉淀池合建,共2座,单座规模 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。中间提升泵房单座配置5台泵(4用1备),单泵流量752 L/s,扬程60 kPa,功率80 kW。高效沉淀池设计高峰负荷 $17.6 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,单座分4组,单座沉淀池直径14 m,配置中心传动刮泥机,功率1.1 kW。

反硝化深床滤池2座,单座 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,每座2组,每组7渠。设计高峰负荷 $6.76 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,共配置6台反洗废水泵(4用2备),单泵流量894  $\text{m}^3/\text{h}$ ,扬程90 kPa,功率37 kW。共配置6台反洗风机(4用2备),同样采用无油单螺杆风机,单机风量90  $\text{m}^3/\text{min}$ ,风压78.4 kPa,功率132 kW。

紫外消毒池2座,每座分2组,每组可独立运行,单组处理能力 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。共配置4套紫外消毒成套设备,单套功率56 kW。

出水泵房2座,单座处理能力 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。配置10台出水泵(8用2备),单泵流量752 L/s,扬程106 kPa,功率130 kW。



#### ④ 辅助处理设施

鼓风机房1座,规模 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,共配置8台单级离心风机(6用2备),单机风量 $324 \text{ m}^3/\text{min}$ ,风压105 kPa,功率700 kW。加药间1座,规模 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,配置有PAC和PAM投加设备,投加至高效沉淀池。其中混凝剂隔膜计量泵10台(8用2备),单泵 $Q=0 \sim 1\,400 \text{ L/h}$ , $H=1 \text{ MPa}$ ,功率3.0 kW;PAM投加泵10台(8用2备),单泵 $Q=0 \sim 1\,400 \text{ L/h}$ , $H=400 \text{ kPa}$ ,功率0.75 kW。加氯及碳源投加间1座,规模 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,配置次氯酸钠和乙酸钠投加设备和储罐,次氯酸钠投加至消毒池,乙酸钠投加至反硝化深床滤池。

#### 3.4 污泥处理工艺设计要点

泰和污水处理厂一期设计污泥量为96 tDS/d,远期设计污泥量为131 tDS/d,污泥处理工艺流程见图5。

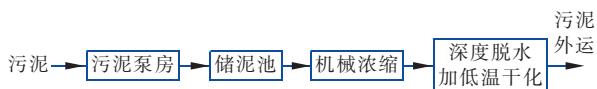


图5 污泥处理工艺流程

Fig.5 Flow chart of sludge treatment process

储泥池1座,分4格,单格尺寸 $8.8 \text{ m} \times 9.1 \text{ m}$ ,深4.5 m,共配置4台潜水搅拌机,功率7.5 kW。污泥深度脱水机房共1座,包括污泥浓缩车间、深度脱水及干化车间等。污泥浓缩采用离心浓缩机,一期共配置9台(8用1备),远期增加1台,单机处理能力 $100 \text{ m}^3/\text{h}$ ,功率129 kW。污泥脱水干化采用低温真空脱水干化工艺,一期共配置12台低温真空脱水干化一体机(10用2备),远期增加3台,单机处理能力10 tDS/d,单机功率22 kW。污泥采用板框压滤脱水,干化采用热水,并辅以抽真空。配置燃气热水锅炉5台(4用1备),单机额定热功率4.2 MW,0.7 MPa,功率18.5 kW;配置热水箱3套,总容积 $250 \text{ m}^3$ ;配置真空泵12台(10用2备),远期增加3台,单泵 $Q=51 \text{ m}^3/\text{min}$ ,15 kPa,功率75 kW。

#### 3.5 除臭工艺设计要点

除臭设计范围包括预处理区、生化反应池区和泥处理区三个区域。每个区域的除臭又包括池体及重点设备内高浓度臭气源的除臭和大空间低浓度臭气源的除臭两部分。其中池体及重点设备内的高浓度臭气经收集后,采用生物滴滤+改良式生物过滤+活性炭吸附的三级处理工艺进行处理,除臭总

风量为 $49.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ 。三个区域的箱体大空间区域,一方面通过离子送风系统向大空间内送离子新风,一方面对大空间内可能存在的低浓度臭气进行收集处理,采用活性炭吸附处理工艺,其中离子新风的总送风量为 $68.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ ,活性炭处理的总风量为 $84 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ 。处理达标后的尾气均通过排气塔高空排放。

#### 4 工艺设计特点

##### 4.1 全工艺流程均位于地下箱体内部

泰和污水处理厂是比较彻底的全地下污水处理厂。不同于很多全地下厂只是把水处理的主体构筑物设置在地下,其他诸如污泥处理、进水泵房、鼓风机房等辅助设施都做成地上的常规形式,泰和污水处理厂几乎全部处理设施均设置在地下。其中污泥处理的低温真空脱水干化处理设备在地下布置为两层,地下一层布置污泥浓缩机以及污泥低温真空脱水干化的主机等,地下二层布置干化污泥输运设备、热水水箱和抽真空设备等。干化污泥的出运采用成品污泥料箱接料,通过电动平车沿轨道运送至升降机内,再通过升降机升到地面的出泥车间,由配套的拉臂车将污泥料箱直接拉走。污泥出运系统共设置了2条线,每条线配2条轨道和2部升降机,一进一出,轨道上设置电动转盘供平车转向。电动转盘、电动平车和升降机的载质量均为20 t。污泥料箱和电动平车共配置了24台,每台脱水干化机对应2台。电动平车单机功率2.2 kW,污泥料箱容积 $15 \text{ m}^3$ ,升降机单机功率30 kW。为污泥干化提供热水的锅炉房设置在地下一层,布置在污泥区靠箱体外边的最外侧,按防爆要求设计,并在锅炉房的一侧设置了泄爆区。鼓风机房同样布置在地下,配置了8台单级离心风机,散热方式以风冷为主,水冷为辅。

##### 4.2 地下箱体内部为远期提标回用做了适当预留

全地下污水处理厂都是集约一体化的布置形式,通常从节约工程投资的角度考虑,全地下污水处理厂的地下箱体都会布置得非常紧凑,并且不会在箱体内预留多余的后续发展空间。该特点就注定了如果后续有进一步的提标改造需求,其改造难度将会很大。国内早些时间建造的全地下污水处理厂,这两年已经有开始考虑提标或扩容改造的案例。通常的做法是要在原有地下箱体外新征一块地,在新地块内建设提标改造设施,但不可避免地会涉及原有地下箱体的改造,管道穿进穿出等,不仅改造难度

大,而且水流组织往往也不合理。泰和污水处理厂设计中,在地下箱体内南北两侧的深度处理区域各预留了一处箱体空间,平面尺寸约  $44\text{ m} \times 41\text{ m}$ ,位于反硝化深床滤池和紫外消毒池之间。目前泰和污水厂的回用水量约  $(3 \sim 4) \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,直接利用污水厂出水,主要用于厂内污泥干化的冷凝器冷却换热、格栅等设备冲洗、除臭设备喷淋等。今后随着对循环经济和资源化利用的要求越来越高,必然会对污水厂尾水回用的比例和水质提出更高的要求,因此,在泰和污水厂地下箱体的设计中做了适当的空间预留,用于今后增设膜处理设备,并在进出水渠道布置和闸门切换上做了充分的考虑,能实现不停水的提标改造,这将为今后污水厂更高标准的尾水回用提供极大便利。

#### 4.3 污水厂进水的大体量调蓄

全地下污水处理厂的防汛安全是设计考虑的重中之重。污水厂雨天时的进水量大于晴天时在国内是一个较为普遍的现象,即使污水厂所在的排水系统是分流制系统,系统内总会或多或少地存在一些混接的现象,导致雨天时来水量增大,这对于全地下污水处理厂的防汛安全来说尤其是一个考验。泰和污水厂在进水泵房前设置了一个容积为  $15 \times 10^4\text{ m}^3$  的系统调蓄池,主要包括三方面功能<sup>[3]</sup>:①针对雨污混接问题对雨季原系统的合流水溢流进行调蓄,减少系统的合流水溢流;②保障石洞口区域污水厂平稳运行,在污水厂检修及事故状态时提供调蓄,并避免旱季的污水溢流;③为地区初雨处理创造条件。在调蓄池进水渠道内设置有4套水平格栅及液动闸门,水平格栅尺寸  $7\,000\text{ mm} \times 1\,500\text{ mm}$ ,栅隙  $6\text{ mm}$ ,功率  $7.5\text{ kW}$ ,液动闸门的开启高度可调,当污水厂进水量超过设计规模,进水水位超过溢流液位时,超量的水会首先溢流进入调蓄池,从而保证污水厂进水水位的稳定和地下箱体的安全。调蓄池进、出水均采用重力进水+水泵提升相结合的方式,共配备4大2小6台泵,大泵单泵  $Q=3\,000\text{ L/s}$ 、 $H=38 \sim 62\text{ kPa}$ 、功率  $250\text{ kW}$ ,小泵单泵  $Q=1\,500\text{ L/s}$ 、 $H=14 \sim 103\text{ kPa}$ 、功率  $205\text{ kW}$ 。调蓄池采用门式自冲洗的冲洗方式,设置30条廊道,配置30套门式水力冲洗系统,门宽  $2\,800\text{ mm}$ ,功率  $0.37\text{ kW}$ 。

#### 4.4 工艺设计考虑了不同运行工况的应对措施

污水厂工艺设计的要点无非是确保效果稳定、管理方便、运行成本低、抗冲击能力强等几个方面。

为实现以上目标,泰和污水处理厂的工艺设计做了以下考虑:

① AAO生化反应池采用改良五段式形式,厌氧加两段缺氧好氧,充分利用进水中的碳源强化总氮的去除,必要时还可在第二段缺氧段补充碳源。

② 选用深床滤池应对进水水质和处理标准的变化,近期对出水总氮没有特别要求的情况下可按常规滤池的模式运行,今后对出水总氮要求进一步提高的情况下可按反硝化的模式运行。

③ 臭气处理在常规生物处理的基础上增加了活性炭吸附段,能更有效地保障尾气排放的达标,同时对重点恶臭源采取了多重加罩的措施,保证了地下箱体内良好的空气环境。

④ 基于BIM三维信息模型,采用CFD软件对污水厂各重点构筑物内的水流流态、配水均匀性以及除臭系统的气流组织等进行了模拟和验证,为工艺设计的优化提供了有力的支撑。

### 5 运行效果

泰和污水厂一期工程已于2019年底建成并进入调试及试运行,目前处于试运行阶段。污水厂现已接近满负荷运行,各项处理指标均达到了设计标准,试运行期间的进、出水水质指标见表2。

表2 试运行期间的进、出水水质

Tab. 2 Influent and effluent quality during trial operation

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项 目		进水	出水
COD	最大值	1 050	49
	平均值	263.02	14.55
	最小值	72.3	1.53
$\text{NH}_3 - \text{N}$	最大值	57	0.982
	平均值	29.53	0.107
	最小值	8.5	0.02
TN	最大值	77.2	15
	平均值	40.65	8.98
	最小值	10	3.27
TP	最大值	29.4	0.3
	平均值	3.79	0.13
	最小值	1.23	0.034

### 6 结语

在长江大保护的背景下,泰和污水厂二期工程目前也已启动立项,扩建规模  $20 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,届时泰和全地下污水厂的处理规模将达到  $60 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 。后续将结合一期工程实际运行情况的全面反馈,对原设计进行总结并在二期工程的设计中进行相应的

优化和完善,力争把泰和污水处理厂打造为地下式污水处理厂的样板工程。

#### 参考文献:

- [1] 陈秀成. 长三角地区污水处理厂排放标准解析及提标改造对策思考[J]. 给水排水, 2019, 45(11): 29-32.  
CHEN Xiucheng. Analysis of discharge standards of wastewater treatment plants in Yangtze River delta region and consideration of the measures for upgrading [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(11): 29-32 (in Chinese).
- [2] 周友飞, 朱晓风. 上海泰和全地下污水处理厂消防系统设计探讨[J]. 中国给水排水, 2018, 34(12): 50-52, 56.  
ZHOU Youfei, ZHU Xiaofeng. Discussion on fire protection systems design for Shanghai Taihe underground

WWTP[J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(12): 50-52, 56 (in Chinese).

- [3] 徐国锋, 张雪. 雨污混接系统调蓄池的设计与运行控制要点[J]. 城市道桥与防洪, 2018(7): 171-174.  
XU Guofeng, ZHANG Xue. Design and operation control points of the storage tank of the rain sewage mixed connection system [J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2018(7): 171-174 (in Chinese).

**作者简介:**陈秀成(1974-),男,四川眉山人,硕士,高级工程师,现任上海市政工程设计研究总院第三设计研究院副总工程师,主要从事排水工程规划设计等工作。

**E-mail:** chenxiucheng@smedi.com

**收稿日期:** 2020-06-07

**修回日期:** 2020-06-13

(编辑:孔红春)

(上接第82页)

舱室内氧气体积分数来确定巡检人员进入舱室前应提前开启排风机的时间,在保证人员安全、健康的前提下,减少排风机运行时间。

#### 参考文献:

- [1] 住房和城乡建设部. 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范: GB 50736—2012[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.  
Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Design Code for Heating Ventilation and Air Conditioning of Civil Buildings: GB 50736-2012[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2012 (in Chinese).
- [2] 卫生部. 密闭空间作业职业危害防护规范: GBZ/T 205—2007[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2008.  
Ministry of Health. Specification of Prevention and Control on Occupational Hazards in Confined Space: GBZ/T 205-2007[S]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2008 (in Chinese).
- [3] 国家安全生产监督管理总局. 缺氧危险作业安全规

程: GB 8958—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.  
State Administration of Work Safety. Safety Regulation for Working under Hazardous Condition of the Oxygen Deficiency: GB 8958-2006[S]. Beijing: Standards Press of China, 2006 (in Chinese).

- [4] 全德海. 城市综合管廊正常通风的探讨[J]. 暖通空调, 2019, 49(10): 51-55.  
QUAN Dehai. Discussion on normal ventilation of urban utility tunnel [J]. Heating Ventilating & Air Conditioning, 2019, 49(10): 51-55 (in Chinese).

**作者简介:**赵忠梁(1986-),男,四川大竹人,工学硕士,高级工程师,注册设备工程师(暖通空调),主要从事暖通空调、绿色建筑的设计及研究工作。

**E-mail:** 563767978@qq.com

**收稿日期:** 2020-06-24

**修回日期:** 2020-07-17

(编辑:孔红春)