

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.14.011

大型地下市政 + 工业混合污水处理厂兼顾人防设计案例

牛 樱, 仲崇军, 李 胜

(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: 杭州市临平净水厂设计规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用全地下建设模式, 根据其进水水质和 COD 组分分析, 确定采用水解酸化 + AAO + MBR + 臭氧高级氧化污水处理工艺, 出水水质达到一级 A 排放标准。项目采用大空间对流通风、多模式除臭、污水源热泵、精确曝气、光导照明等多种新技术, 同时结合人防防护要求和厂区工艺运行特点, 将部分生产区按照人防要求进行平战转换设计, 是目前国内首座人防 + 地下式污水处理厂。

关键词: 地下污水处理厂; 水解酸化; AAO + MBR; 臭氧高级氧化; 人防

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)14-0073-07

Design Case of Large Underground Municipal and Industrial Mixed Wastewater Treatment Plant with Civil Air Defense Function

NIU Ying, ZHONG Chong-jun, LI Sheng

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

Abstract: Hangzhou Linping wastewater treatment plant is a complete underground wastewater treatment plant, and its designed treatment capacity is $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$. According to its influent quality and COD components analysis, a process of hydrolytic acidification, AAO, MBR and ozone advanced oxidation was employed, and the effluent quality met national first level A discharge standard. Several new technologies were adopted, such as large space convection ventilation, multi-mode deodorization, sewage source heat pump, precise aeration system, tubular lighting and so on. Meanwhile, considering the requirements of civil air defense and the characteristics of process operation, part of the production areas were designed to be switched between peacetime usage and wartime usage, making it the first underground wastewater treatment plant with civil air defense function in China.

Key words: underground wastewater treatment plant; hydrolytic acidification; AAO + MBR; ozone advanced oxidation; civil air defense

临平净水厂位于杭州市余杭区, 2011 年 12 月已完成可研和初步设计, 采用传统地上布置, 总占地约 17.3 hm^2 , 因厂区占地过大, 用地问题最终未能落实。2014 年余杭区政府提出按照节约土地资源的原则, 对临平净水厂重新选址建设, 经多轮比选论

证, 最终确定采用全地下建设模式, 项目于 2016 年动工建设, 2018 年底通水试运行。

1 工程概况

临平净水厂服务范围为整个临平副城(余杭老城区), 约 80 km^2 , 包括 6 个街道(临平东湖、南苑、

星桥、乔司、运河街道)、2个开发区(余杭经济开发区、钱江科技城)的全部污水及塘栖镇和崇贤街道的部分污水,处理规模 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,出水标准为《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准,污泥含水率 $\leq 80\%$,是目前浙江省最大的全地下污水处理厂。

厂址位于沪杭高速立交匝道内,采用全地下布置,占地 4.94 hm^2 ,吨水占地 $0.247 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$,仅为传统地上布置的 $1/3$ 。处理后的尾水经厂内尾水泵站加压后,通过 DN1 800 压力管(总长约 10.8 km)排至钱塘江。

2 进水水质分析

2.1 进水水质

2.1.1 进水水质特点

① 临平净水厂 2007 年—2014 年平均进水水质见表 1,可见各项水质指标浓度呈逐年下降趋势,且逐步趋于稳定。

表 1 2007 年—2014 年平均进水水质

Tab. 1 Average influent quality from 2007 to 2014

年份	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
BOD ₅	277	173	133	159	126	115	105	101
COD	689	472	390	487	334	303	323	297
SS	310	217	169	259	154	148	147	117
NH ₃ -N	32.9	24.2	23.0	26.8	27.0	25.2	27.4	26.7
TP	7.7	4.1	3.7	6.9	3.8	3.3	3.0	3.0

2007 年—2010 年期间,水质浓度变化较大,但在 2011 年之后,水质浓度趋于稳定,主要原因是 2011 年以后余杭区对工业区用水大户的污染整治、部分企业的外迁以及新建用水企业的环保准入限制,使工业用水量持续大幅减少;另外余杭经济开发区印染区块污水处理厂及环科污水处理厂 2 个工业污水处理厂的达标稳定运行也是水质好转的重要原因。因此,项目设计进水水质取值时,采用 2012 年—2014 年水质作为基础数据。

② 2012 年—2014 年逐日水质数据统计分析见图 1,可见各项水质指标逐日变化幅度较大,水质波动大。

以 2013 年全年水质数据为例(见表 2),比较各水质指标的变异系数 C_v 值发现, $\text{NH}_3\text{-N}$ 离散程度最小,TP、SS 居中, BOD₅ 和 COD 最大,如 $\text{NH}_3\text{-N}$ 保证率 99% 时为 34.7 mg/L , 90% 时为 31.4 mg/L ,而 COD 在保证率 99% 时为 666 mg/L , 90% 时为

434 mg/L 。因此,设计进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 指标可以选用较高的保证率,而 BOD₅ 和 COD 等指标则不宜选用过高的保证率,以免偏离平均值过多,从而造成浪费。

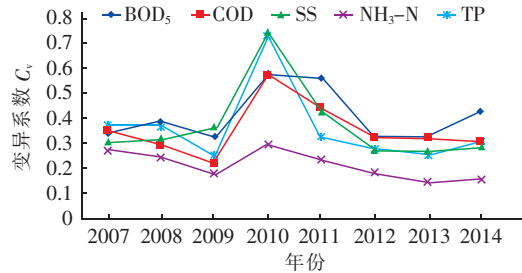


图 1 2007 年—2014 年各水质指标变异系数

Fig. 1 Water quality index C_v from 2007 to 2014

表 2 2013 年进水水质统计

Tab. 2 Statistics of influent quality in 2013

项 目	BOD ₅	COD	SS	NH ₃ -N	TP
年平均/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	105	323	147	27.4	3.0
最大值/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	271	729	366	43.4	7.0
最小值/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	29	65	20	5.2	1.1
极差 R /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	242	664	346	38.2	5.9
标准差 σ	34	105	39	4	1
变异系数 C_v	0.32	0.32	0.27	0.14	0.25

注: ①极差 $R = X_{\max} - X_{\min}$,反映数据变化的幅度;
②标准差 σ ,用于比较同一样本数据中不同组数据的离散程度,即偏离平均值的程度;
③变异系数 $C_v = \sigma/X_{\text{avg}}$,用于比较不同样本数据之间的离散程度。

2.1.2 设计进水水质

为确保设计进水水质指标在具有代表性的同时又不至于偏离均值过大,各项设计水质指标按不同保证率取值,设计进水水质指标见表 3。

表 3 设计进水水质

Tab. 3 Design influent quality

项 目	BOD ₅	COD	SS	NH ₃ -N	TN	TP
设计进水/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	160	420	190	35	45	4.5
保证率(2012 年)/%	85.7	92.0	89.1	99.9	—	90.9
保证率(2013 年)/%	92.4	87.0	90.3	99.2	—	95.6
保证率(2014 年)/%	94.9	91.6	96.9	99.4	—	94.7

注: 设计进水色度为 50 倍。

2.2 水质特性分析

2.2.1 可生化性分析

对 2012 年—2014 年水质数据统计分析见表 4, $B/C < 0.3$ 的天数约占 40%,故应考虑采取提高污水可生化性的措施。

表 4 污水可生化性、脱氮除磷特性

Tab. 4 Biodegradability, nitrogen and phosphorus removal characteristics of wastewater %

项目	B/C≥ 0.45	0.3≤ B/C<0.45	B/C< 0.3	BOD ₅ / TN<3	BOD ₅ / TP<20
2012 年	32.4	37.8	29.7	12.6	8.4
2013 年	21.1	31.2	47.7	23.6	6.8
2014 年	20.9	36.5	42.6	26.7	8.9
平均值	24.8	35.2	40.0	21.0	8.0

2.2.2 碳源充足性分析

一般 $BOD_5/TN \geq 3$, 即可认为污水有足够的碳源供反硝化菌利用。虽然有机基质不同对除磷也有影响,但通常认为 $BOD_5/TP > 20$ 时,可以取得较好的生物除磷效果。如表 4 所示, $BOD_5/TN < 3$ 的天数约占 21%; $BOD_5/TP < 20$ 的天数约占 8%,存在碳源不足影响生物脱氮除磷的情况,因此,应考虑外加碳源和化学除磷措施。

2.2.3 出水极限浓度分析

通常,污水中污染物只有溶解态、胶体态和颗粒态 3 种形态。在污水处理系统中,颗粒态组分可以

通过沉降去除,胶体态组分不受重力沉降的影响悬浮于溶液中,但可以通过混凝加药后沉降去除,而溶解态的易生物降解组分和慢速降解组分可以通过生物降解作用去除,因此,生物处理系统无法去除的部分通常由溶解态惰性组分和溶解性微生物产物(SMP)构成,两者之和就决定了生物处理工艺出水的极限浓度。

本项目工业废水占比约 30%,为评估常规处理工艺出水水质是否能达标,分别于 2016 年 6 月 1 日(周三、1#)、6 月 7 日(周一+周二、2#)、7 月 28 日(周四、3#)、8 月 12 日(周五、4#)、8 月 13 日(周六、5#)和 8 月 14 日(周日、6#)采集 24 h 污水混合样品进行 COD 组分测定。进水溶解性 COD 组分测定结果见表 5。可见,溶解性不可生物降解 COD(S_I)约 35.1~45.7 mg/L,微生物产物组分(SMP)约 3.6~13.9 mg/L,理论上讲, $S_I + SMP$ 的数据接近污水厂运行后的出水下限,约 41~49 mg/L。因此,为确保出水稳定达到一级 A 标准,并预留进一步提升空间,有必要设置高级氧化处理设施。

表 5 进水溶解性 COD 组分测定结果

Tab. 5 Determination results of influent dissolved COD

mg · L⁻¹

项目	1#	2#	3#	4#	5#	6#
溶解性总 COD(SCOD) 浓度	84.6	160.0	94.8	115.6	150.4	102.8
易生物降解组分(S_s)	46.4	114.3	59.7	79.0	107.8	68.9
溶解性不可生物降解组分(S_I)	38.2	45.7	35.1	36.6	42.6	33.9
微生物产物组分(SMP)	8.8	3.6	13.9	9.7	6.2	7.2
出水极限($S_I + SMP$)	47.0	49.3	49.0	46.3	48.8	41.1

3 总体工艺设计

3.1 工艺流程高程设计

根据进水水质特性分析,确定在常规生化池前增加水解酸化工艺提高污水可生化性,出水增加臭氧氧化工艺把关,具体流程为厂外泵站→紧急切断阀→细格栅→曝气沉砂池→精细格栅→水解酸化池→AAOA 生化池→MBR 膜池→膜区产水泵提升→臭氧接触池(兼次氯酸钠消毒池)→计量→尾水提升泵站→厂外尾水管(11.3 km)→高位井→钱塘江。细格栅水位 0.7 m,MBR 膜区 -2.4 m,水损 3.1 m。

根据城市 50 年一遇防洪水位 5.3 m、周边道路标高 4.9 m、现状场地标高 4.3~5.2 m 等综合分析,厂区设计地面标高取 6.0 m;地下处理区覆土 1.5 m,负一层操作层标高 -1.0 m,结构高度约 5.5

m,地下负二层(主要为水池和综合管廊)标高 -8.15 m,基坑深度约 15 m。

3.2 总体平面设计

将高压电房(含发电机房)、综合楼、臭氧制备间及接触池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箱体

内,具体布置见图 2。
地下处理区长 273.6 m,宽 144.4 m,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。将鼓风机房、电房、除臭设施、通风机房等与水处理构筑物“叠合布置”,一方面可以减小厂区占地,减小基坑开挖范围,另一方面鼓风机房靠近好氧区和膜区,可减小风管长度及鼓风机风压,电房靠近负荷中心,可降低运行能耗。

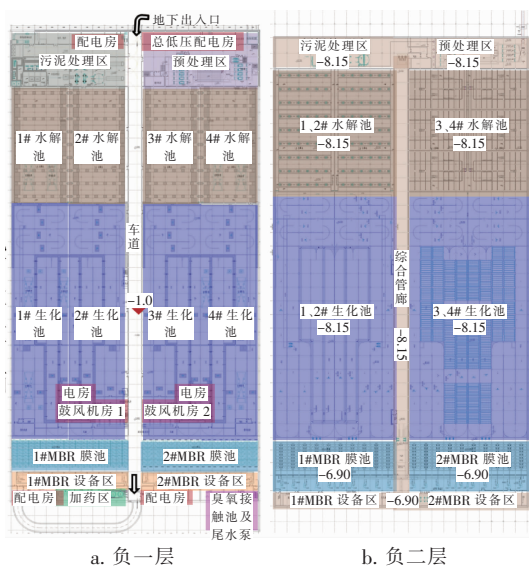


图2 地下构筑物布置

Fig. 2 Layout of underground structures

3.3 工艺处理单元设计

3.3.1 预处理单元

进水来自厂外现状临平总泵站,距厂区约0.5 km,设4台回转圆孔板式细格栅,孔径5 mm;曝气沉砂池停留时间4.8 min,2组,链板式刮砂机;精细格栅选用6台内进流网孔板膜格栅,孔隙1 mm。

3.3.2 水解酸化单元

采用升流式复合水解反应器,4组,每组3格,水力停留时间6 h,采用点对点布水确保均匀,中间设斜板填料,一方面增加生物量,另一方面增加沉淀面积,提高泥水分离效果。布水器216套,单套 $Q = 30 \sim 50 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

3.3.3 生化反应单元

生化池采用AAOA工艺,4组,有效水深6 m。总停留时间11.62 h,其中厌氧池1.32 h、前缺氧区1.32 h、好氧池5.28 h、后段缺氧池3.7 h;MLSS = 6 g/L;污泥龄:17.5 ~ 25 d;污泥负荷:0.07 ~ 0.1 $\text{kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$;最大气水比6.6 : 1。

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^[1-2],设多点进水多点回流,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~好氧区回流比100%~400%(利用膜池过量的氧气、回流污泥),好氧池~前缺氧池回流比100%~300%(脱氮),后缺氧池~厌氧池回流比100%~200%(除磷)。

3.3.4 膜分离单元

采用PVDF帘式膜,膜孔径 $\leq 0.1 \mu\text{m}$,共分40个膜运行廊道,每单元有8个膜组件,单个膜组件面积1744 m^2 ,平均名义膜通量14.932 $\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,设计最大瞬时通量22.18 $\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。膜分离区污泥浓度 $\text{MLSS} = 8.0 \sim 10.0 \text{ g/L}$,膜区回流比为100%~400%;膜池设穿孔管曝气吹扫,吹扫风量为1080 m^3/min ,膜区气水比7.78 : 1,水力停留时间0.8 h。

3.3.5 尾水高级氧化及消毒

臭氧投加量为6 mg/L,总臭氧需求量为50 kg/h,臭氧制备系统主要包括臭氧发生器、冷却水系统以及空压机系统,采用3套(2用1备)臭氧发生器,单套臭氧产量为25.00 kg/h,臭氧浓度10%(质量分数), $N = 257 \text{ kW}$,气源采用液氧。

臭氧接触池分4格,设计水力停留时间约30 min(不投加臭氧时可兼作氯消毒池),有效水深6 m,臭氧曝气采用特制的微孔曝气头,设尾气破坏系统,出口臭氧浓度 $\leq 0.1 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。

考虑到运行安全,臭氧制备投加系统、臭氧接触池、尾气破坏系统等均设于地上。

3.3.6 尾水排放

尾水一部分(约 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)用于厂区地面景观用水,排至西侧现状河道;其余尾水经厂区尾水泵站提升后,通过长约10.8 km的DN1800尾水排放管输送,经高位井排入钱塘江。设4台尾水泵(3用1备),单泵 $Q = 3333 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 160 \text{ kPa}$, $N = 220 \text{ kW}$,变频。

3.3.7 鼓风曝气系统

选用在大风量工况下运行稳定的单级离心鼓风机,生化池曝气风机6台(4用2备),单台 $Q = 230 \text{ m}^3/\text{min}$, $P = 70 \text{ kPa}$, $N = 355 \text{ kW}$;膜池吹扫风机6台(4用2备),单台 $Q = 270 \text{ m}^3/\text{min}$, $P = 45 \text{ kPa}$, $N = 280 \text{ kW}$ 。

3.3.8 污水脱水系统

总污泥干质量为34 t/d,其中水解段为8 t/d,生化段为26 t/d,脱水后污泥量(含水率80%)为170 t/d。

污泥脱水机选用体积小、臭气容易收集控制的离心浓缩脱水一体机,4台(3用1备),单台 $Q = 120 \sim 150 \text{ m}^3/\text{h}$,主电机200 kW,辅电机37.0 kW,配套污泥进料转子泵、切割机等;料仓2座,单座容积

160 m³,配套脱水污泥液压柱塞泵2套, $Q=20\text{ m}^3/\text{h}$ (含固率20%~25%), $H=4\text{ MPa}$, $N=55\text{ kW}$ 。

3.3.9 除臭系统设计

针对不同的生产运行工况采取不同的除臭模式:

① 池内空间为高浓度臭气区域,无人员进入,采用密闭负压收集+生物除臭方式集中处理;

② 预处理间、栅渣间、脱水机房、装泥间、料仓间等因经常需要物料运输操作导致臭气易泄漏的区域,采用生物除臭+离子送风结合的方式,保证操作区空气洁净;

③ 负一层其他操作区大空间(水解池、生化池、膜池等上方),为低浓度臭气区域,通过自然进风机械排风方式进行换气通风,排风采用活性炭吸附除臭后排放至地面空间;

④ 尾气排放塔加设可切换的活性炭吸附除臭装置,应对生物除臭设备故障工况。

污水处理构筑物的臭气风量根据构筑物种类、散发臭气的水面面积、臭气空间体积等综合确定;设备臭气风量根据设备种类、封闭程度、封闭空间体积等综合确定。

除臭风量计算见表6。

表6 除臭风量计算

Tab.6 Calculation of deodorization air volume

项 目		换气次数	水面面积臭气风量指标/ ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)	新风系统
预处理间	池内空间	5次/h	10	
	操作空间	5次/h	—	离子送风
污泥处理区	操作空间	5次/h	—	离子送风
	储泥池内	8次/h	10	
	装泥间	8次/h	—	离子送风
水解池	池内空间	2次/h	3	
生化池	池内空间	1.1倍曝气量+1次/h	—	
MBR膜区	池内空间	1.1倍曝气量+1次/h	—	

4 附属专业设计

4.1 建筑设计

地下箱体内主要的介质为污水,主要的建筑材料为钢筋混凝土,除少数操作工人需要巡视外,较少有人进入,且电缆和风管为阻燃或难燃材料。虽然地下厂房内可燃物较少,但为了确保人员及财产的安全,确保在极小失火概率的条件下,人员可以安全逃离现场,同时考虑通风系统的气流组织,根据工艺生产功能区将地下箱体区划分10个防火分区,最大防火分区面积9 519 m²,每个防火分区设1个直通室外的逃生通道,并设有通向其他防火分区的防火门,逃生距离满足规范要求的不大于60 m。

4.2 结构设计

场区由上至下土层分别为杂填土、粉质黏土、淤泥质粉质黏土、粉质黏土、黏土、砂质泥岩等,其中基坑开挖范围主要是淤泥质粉质黏土,呈流塑状,基坑底位于淤泥质粉质黏土层,采用上部放坡,下部钻孔桩+内支撑的支护方式。

地下箱体基础采用钻(冲)孔灌注桩,兼抗浮桩,结构采用无缝整体设计,通过优化混凝土的配合

比设计和加入混凝土膨胀剂、底板采用柔性防水兼作滑动层、跳仓法施工技术等多种设计和施工手段,充分利用“抗、放、调”的混凝土设计准则,解决不设缝水池的温度应力问题,实现整体式地下箱体结构设计。

4.3 电气设计

负荷等级定为二级负荷,两回路10 kV电源同时工作,互为备用。进水速闭阀、排涝泵属于一级负荷,消防负荷属于二级负荷中重要的负荷,由双回线路在最末一级配电箱自动切换。总用电功率为8 379 kW,进出水侧各设一座高压电房,进水侧高压电房(地上)用电功率2 869 kW,设置2台1 000 kVA-10/0.4 kV干式变压器,设置1台250 kW柴油发电机,作为一级负荷的备用电源。出水侧高压电房用电功率5 510 kW,设置2台2 500 kVA-10/0.4 kV干式变压器。

4.4 照明设计

地下处理区除设置灯具(防潮、防爆)照明外,主车道顶板设置了光导照明系统,以室外自然光为光源,通过特殊的传输装置将光线高效导入室内,实

现地下空间白天零能耗照明。

4.5 自控设计

自动化系统设计包括以下几个部分:自动化控制系统(含精确曝气系统)、监控仪表、电力监控系统、视频安防监控系统、门禁系统、综合信息系统等。

4.6 暖通设计

负一层操作层通风换气次数为 2 次/h,通风方式由传统地下空间的管道进排风,改为大空间对流通风,从车道自然进风,向两侧排风,既减少了风管工程量,又减少了管线交叉,在节省投资的同时,降低了施工难度。

办公区空调采用水源热泵制热供冷技术,水源为污水厂处理后的尾水,设一套热泵机组,功率44 kW。夏季选型制冷量262 kW,冷冻水供、回水温度7/12℃;水源侧冷却水供、回水温度26/18℃。冬季供热量290 kW,热水供、回水温度45.5/40℃;水源水供、回水温度11/17℃。

4.7 防淹设计

地下污水厂淹没风险主要来自雨水倒灌和污水进出不平衡。雨水倒灌主要通过合理设计厂区竖向高程、车道出入口和地面口部做好防雨和超标降雨应急措施等进行应对。污水进出平衡措施如下：

① 在 DN1 800 进水总管上设置液压偏心半球阀,当处理构筑物水位超过警戒水位或厂区事故断电时,阀门靠重力自动关闭,启闭时间 ≤ 10 s。

② 因尾水排放距离长达 10.8 km, 排放高程与钱塘江潮位关联, 且膜池产水泵与尾水排放泵串联, 尾水安全排放风险点多, 为确保进出水平衡, 膜产水泵扬程按照尾水可自流排至地面进行设计提升至尾水泵吸水池, 同时吸水池设置事故溢流堰, 全部

尾水可溢流排放至厂区西侧现状河道。

此外,地下处理区负二层设排涝泵,规模 2 160 m³/h,为报警及应急措施提供缓冲时间。

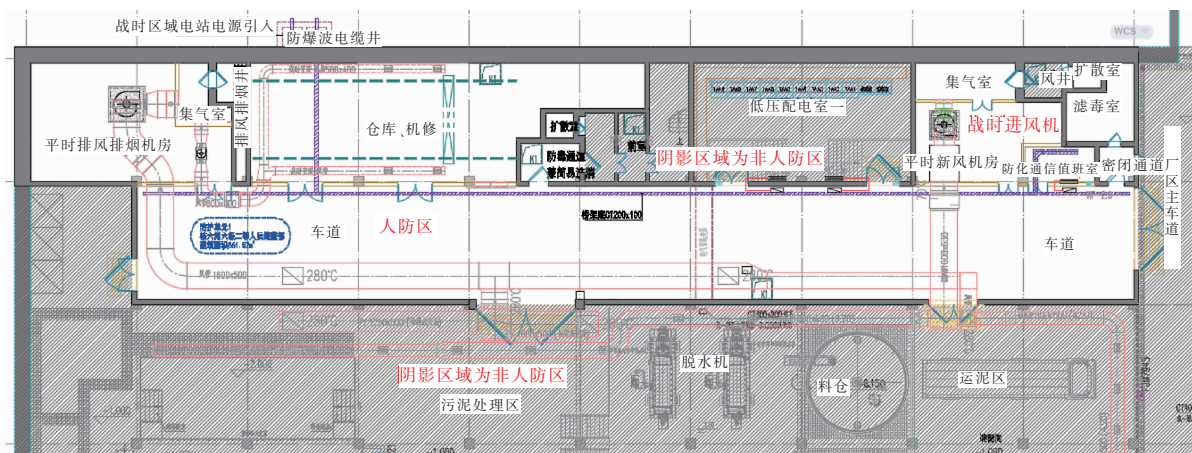
4.8 消防设计

地下处理区按火灾危险等级为中危Ⅰ级设计,设有消火栓和自动喷淋给水系统,消防栓系统为临时高压制,消防水量为 20 L/s,火灾持续时间 2 h;自动喷淋给水系统消防水量 16 L/s,室内消防用水采用中水,与消毒池合建,消防有效容积 200 m³;变配电室及发电机房均设置有超细干粉灭火系统,全淹没灭火方式。

5 人防设计

项目结合人防建设条件和厂区工艺运行特点,在不额外增加地下处理区尺寸和不影响正常生产运行的前提下,将污水厂西北侧辅助生产区(车道、仓库、机修间、通风机房、低压配电室等)按照人防要求进行平战转换设计,平时、战时布置见图3。

人防总建筑面积 861.52 m², 掩蔽面积 550 m², 掩蔽人数 550 人, 平时功能为地下通道与污水厂附属设施用房; 战时转换为二等人员掩蔽部, 为核 6 常 6 甲类地下人防工程, 防化等级为丙级, 设计使用年限为 50 年, 分为 1 个防护单元, 设 2 个人防口部供战前、战后人员出入, 主出入口设简易消洗与排风系统, 次要出入口设有战时进风系统(与污水厂新风机房合建), 每个口部均设防护密闭门, 战时通风口部设防爆波活门。战时电源引自战时人防区域电站, 经防爆波电缆井引入, 再沿电缆桥架敷设至人防单元配电箱, 照明和电缆桥架为平战兼用; 战时给水系统用水由市政给水管网提供, 当市政给水管网遭破坏时由防护单元内的水箱提供。



a. 平时布置

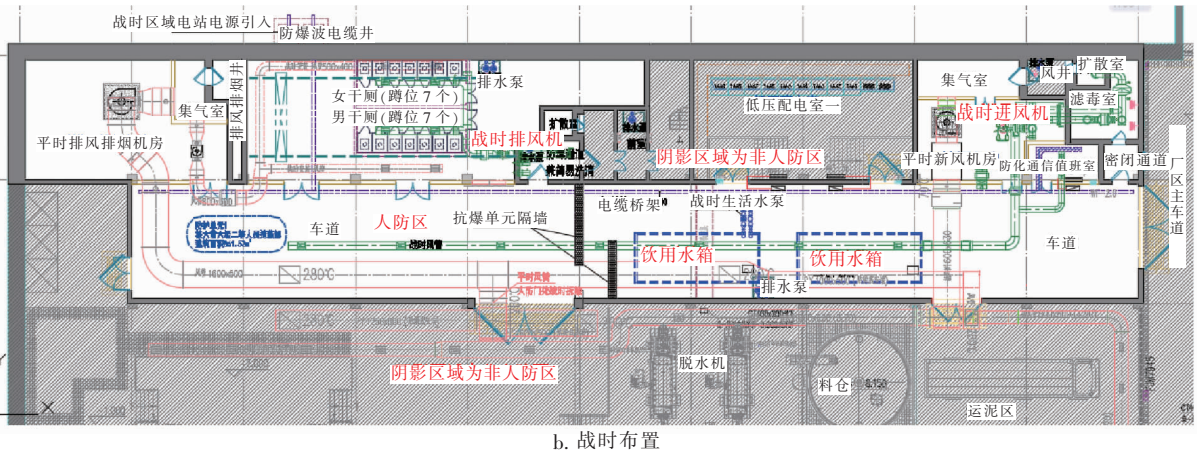


图 3 人防区布置

Fig. 3 Layout of civil air defense area

6 运行效果

临平净水厂近 1 年(2019 年 9 月—2020 年 8 月)的实际平均运行数据见表 7。可见吨水电耗为

0.49 kW·h/m³,出水平均 COD 为 14.0 mg/L,平均 TN 为 7.8 mg/L,平均 TP 为 0.09 mg/L,均优于国标一级 A 标准,达到浙江省地方标准(准Ⅳ类水)。

表 7 实际运行数据

Tab. 7 Actual operational data

项 目	规模/ (10 ⁴ m ³ · d ⁻¹)	电耗/ (kW · h · m ⁻³)	COD/ (mg · L ⁻¹)		BOD ₅ / (mg · L ⁻¹)		NH ₃ - N/ (mg · L ⁻¹)		SS/ (mg · L ⁻¹)		TN/ (mg · L ⁻¹)		TP/ (mg · L ⁻¹)	
			进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
平均值	16.64	0.49	316.3	14.0	119.5	2.0	36.5	0.4	188.1	4.0	42.4	7.8	4.75	0.09

7 结语

临平净水厂设计规模 20 × 10⁴ m³/d,通过对进水水质的统计分析和 COD 组分化验,确定污水处理主体工艺采用水解酸化 + AAOA + MBR + 臭氧高级氧化,地下处理区采用“集约化、模块化、叠合式”布置,吨水占地 0.247 m²/(m³ · d⁻¹)。运行结果表明,出水水质达到设计标准。

项目采用大空间对流通风、多模式除臭、污水源热泵、精确曝气、光导照明、人防防护等多种新技术,厂区综合功能设计采用开放、包容、亲民理念,集“水质净化 + 人防掩蔽 + 人工湿地 + 江南园林 + 市民休憩 + 运动休闲 + 文化展示(余杭区环境教育基地)”功能于一体,将立交匝道内的“废地”变为市民休闲娱乐的“宝地”,城市发展“痛点”转化为“亮点”。

该工程兼顾人防和环境教育基地的设计理念,也为市政公用设施多功能融合提供了借鉴。

参考文献:

[1] 李捷,隋军,马振强,等. 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, MA Zhenqiang, et al. Optimization of operating parameters for AAOA/MBR process[J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(5): 82-84 (in Chinese).
[2] 刘纪成,张勇,陈春生,等. AAOA-MBR 工艺在超高污泥浓度下的运行[J]. 中国给水排水,2018,34(9):1-5.
LIU Jicheng, ZHANG Yong, CHEN Chunsheng, et al. Operation analysis of AAOA-MBR process in ultra-high sludge concentration [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(9): 1-5 (in Chinese).

作者简介:牛樱(1974 -),女,山西太原人,硕士,高级工程师,从事给排水、海绵城市、水环境治理等设计研究工作。

E-mail:907735024@qq.com

收稿日期:2020-10-27

修回日期:2020-11-08

(编辑:孔红春)