

前山水质净化厂进水近中期主要来自前山拱北污水系统,远期为南湾污水系统预留一定的容积。服务区内包括前山和拱北两座污水处理厂,来水可能过岱山路泵站进行调配。通过前期调研,结合现状拱北水质净化厂进水水质,前山水质净化厂主要设计进、出水水质见表1。

表1 设计进、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality

项目	COD	BOD ₅	SS	TN	NH ₃ -N	TP
进水	400	180	250	35	25	5
出水	40	10	10	15	5(8)	0.5

mg · L⁻¹

2 建设形式及工艺流程

考虑到规划污水处理厂厂址周边均为商品房、高层用地等,且规划污水处理厂地上为休闲公园和水博物馆,对景观要求较高,故确定本项目采用双层加盖的全地下式布置。污水处理采用 AAO + MBR 工艺,工艺流程见图2。

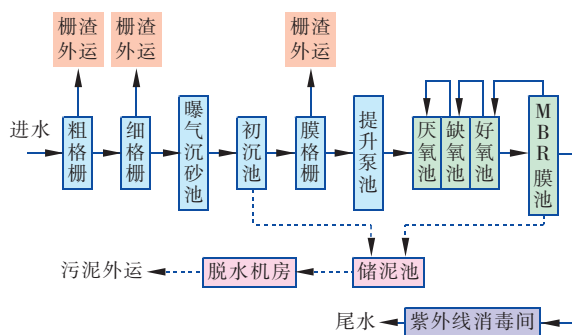


图2 污水处理工艺流程

Fig.2 Flow chart of wastewater treatment process

3 工程设计

3.1 总图布置

污水厂总图布置见图3。

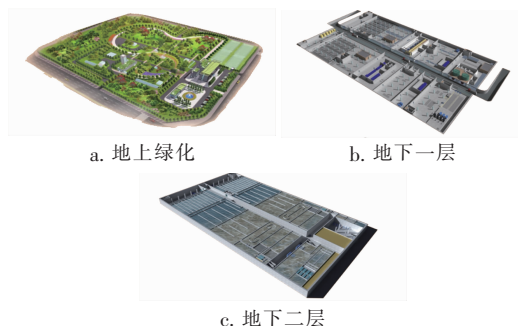


图3 总图布置

Fig.3 General layout

总体按照近期用地、远期用地、预留用地三个部分布局,其中近期工程按照地面以上、地面以下两个部分进行总体布置。厂区地面以上布置的建、构筑物有:综合楼、副楼、综合用房、采光孔、风塔、楼梯间、吊装孔、门卫。地面以下布置负一层、负二层地下箱体。

3.2 工艺设计

3.2.1 污水处理^[1]

① 预处理

预处理包括粗格栅、细格栅及曝气沉砂池、初沉池、膜格栅。由于本工程进水含有较多的合流污水和部分小工业废水,浓度较高,且拱北污水处理厂运行数据显示在雨季初期的SS较高,因此设置了初沉池加强对后续处理工段的保护,延长MBR膜等设备的使用寿命。另外,本工程设置初沉池后,生物反应池进水的B/P、B/N亦能满足要求。经计算,当进水SS较低时,来水超越初沉池直接进入后续工段,也可保证达标排放。

② MBR生物池

MBR生物池是污水处理的核心构筑物,由厌氧池、缺氧池、好氧池组成,设计参数如下:总平均流量为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$;最低水温为 15°C ;2座,单座设计流量为 $50\,000 \text{ m}^3/\text{d}$;有效水深为6m;污泥负荷为 $0.065 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$;悬浮部分污泥浓度为 $6.5 \sim 8.3 \text{ g/L}$;总泥龄为21.2d;产泥率为0.87 kgDS/kgBOD_5 ;好氧池溶解氧浓度为 2 mg/L ;厌氧池停留时间为1.32h,缺氧池停留时间为3.41h,好氧池停留时间为4.52h,其中膜池为1.34h,总停留时间为9.25h;污泥回流比为500%,混合液回流比 $R1$ 为300%,混合液回流比 $R2$ 为200%;标准需氧量为 $35\,657 \text{ kgO}_2/\text{d}$;所需空气量为 $360 \text{ m}^3/\text{min}$;气水比为5.18;生物污泥量为 $9\,789 \text{ kgDS/d}$;化学污泥量为 660 kgDS/d 。

③ MBR膜池

膜池停留时间为1.34h;膜丝孔径为 $0.2 \mu\text{m}$;材质为PVDF;膜通量为 $18.30 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$;膜组件数量为140组;廊道数量为20个;单廊道膜组数为7个(预留2空位);污泥回流比为500%;膜吹扫空气量为 $700 \text{ m}^3/\text{min}$;气水比为10.0。

3.2.2 污泥处理

污泥处理区配套建设污泥缓冲池、污泥浓缩脱水机房、污泥料仓。

剩余污泥(含水率约 98.5%)从污泥缓冲池由管道输送至污泥浓缩脱水机房。污泥经机械浓缩脱水处理后(含水率 < 80%)由管道输送至架空式污泥料仓(设计容积为 50 m³)暂存,料仓口定期打开,污泥重力进入密闭式运泥车,外运至北区污泥处置中心处理。

污泥经浓缩脱水产生的压滤水由管道输送至污水处理区处理。

3.3 结构设计

本工程基坑总深度约 15 m,基坑平面尺寸约 160 m × 110 m,由于箱体基坑开挖较深,采用钻孔灌注桩 + 预应力锚索 + 旋喷桩止水的支护型式。

箱体基础采用灌注桩,平均桩长为 22 ~ 27 m,进入强风化层约 3 ~ 5 m,桩间距约 4 m。

箱体结构平面尺寸为 156 m × 102 m、总高度为 13 m,整体结构分为两层,负二层主要为大规模污水处理池,负一层主要为机房,变电站位于地上一层。箱体外墙为现浇钢筋混凝土挡土墙结构,侧向以负一层、负二层楼板为支撑。外侧挡土墙体为壁厚 700/1 200 mm 的变截面,框架柱截面为 700 mm × 700 mm,内部受力池壁壁厚为 500 mm,导流墙壁厚为 300 mm。内部为二层现浇钢筋混凝土梁柱体系。顶板、楼板及底板分别采用不同的结构体系。为减小基坑开挖深度,箱体底板采用钢筋混凝土板柱结构,底板厚为 1 300 mm;顶板采用井字型布置的主次梁结构体系,主梁截面为 500 mm × 900 mm 或 1 000 mm,次梁截面为 400 mm × 700 mm;负一层板采用主次梁结构体系,主梁截面为 350 mm × 900 mm,次梁截面为 300 mm × 700 mm。地下箱体为超长结构,箱体内为大容积的污水处理池,为保证工艺使用要求,并防止因变形缝施工及止水带材质、耐久性问题引起的污水渗漏及外泄,结构采用无缝设计,以提高结构的整体性。

3.4 除臭通风设计

3.4.1 除臭设计

地下所有生产构筑物,包括预处理、污泥处理以及生物池、膜池等均进行加盖除臭,以防止有毒有害气体外逸,各工段产生的臭气均由臭气收集管线统一收集,送至生物除臭滤池集中处置,脱臭完毕的气体再由风机及管道送至土建结构风道及地上排风塔,排放至室外安全处。

由于地下空间较大,难免有盖板等不严密造成

极少量臭气散逸到地下空间,因此对整个地下箱体进行除臭处理。采用除臭与通风相结合的方式,在地下空间通风管道上,增加一道离子除臭设备。抽风系统从地下空间中抽出污染气体,过滤后的新风经过离子发生器产生大量的离子风,离子风和污染气体在抽风管道中充分混合、反应,反应后的气体达标排放。

3.4.2 通风设计

为提供较好的工作环境和保证设备、仪表的正常使用,采用机械送风、机械排风 + 自然补风的全面通风设计方案,用于排除余热、余湿以及除臭工艺中可能逸出的异味。

为在发生火灾时安全撤离人员及火灾后恢复生产,设置防排烟系统。

3.5 防火消防设计

本工程地上部分耐火等级为二级,地下部分耐火等级为一级。地下部分按生产性质、工艺要求及火灾危险性的不同,将整个区域划分出各个相对独立的防火分区,每个防火分区设有一个直通室外出口,相邻防火分区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,人员疏散距离不超过 60 m。送、排风管穿越防火分隔墙及伸缩缝时,设 70 °C 关闭的防火阀,在进、出机房的风管上设 70 °C 关闭的防火阀,所有防火阀动作均有电信号输出。风机进、出口软接采用不燃材料。

4 工程应急预案

本工程为全地下式污水处理厂,相对地上式污水处理厂需要大大加强其应对突发事件的能力。为防止意外事故的发生,在各专业设计中均考虑了相应措施,主要应急措施如下:

① 为保证在紧急情况下人员的安全疏散,在地下通道、地下建筑物内设应急照明灯具及疏散指示标志,并采用 UPS 电池组供电,供电时间不低于 30 min,确保地下构筑物内工作人员的安全疏散。

② 为保证事故排烟风机、消防设施的安全运行,采用单独敷设的安全消防专用回路供电,并采用两路电源末端切换,保证事故排风机的正常运行;消防线路穿管暗敷在不燃烧体结构内,并保证保护层厚度不小于 30 mm。

③ 进水处设置速闭闸和手电两用闸阀两道保护,当发生意外停电时,速闭闸自动关闭,闸阀利用高能量的蓄电池组供电将闸阀关闭,避免进水淹没

污水厂。

④ 设置一些气动阀,当意外停电时,根据工艺要求,利用气压罐的压力将阀门打开或者关闭,以保证人身和财产安全。

⑤ 污水处理厂地下的所有设备、材料等均采用耐燃、难燃甚至不燃材料。

⑥ 在意外事故发生时,自控系统将自动进入安全运行模式,例如:即使在不停电的状态下,污水进水位超过警戒水位时,系统也会指令进水闸门关闭,避免进水淹没地下污水厂。

⑦ 消防用水采用市政水和中水两套独立方案供水,以确保消防用水的可靠性。在每个消防分区,两套供水均有消火栓接口,并分别独立满足规范要求的间隔。在每个消防分区再设置可移动灭火器。

⑧ 通风系统采用自然通风和机械通风相结合的方式,即使在极特殊情况下停电时仍可利用自然通风进行一定的换气。

5 运行效果

珠海市前山水质净化厂一期工程于2016年9月30日投入运行,出水水质稳定达标(见表2)。

表2 实际进、出水水质

Tab. 2 Actual influent and effluent quality

mg · L⁻¹

项 目	COD		总氮		氨氮		总磷		BOD ₅		SS	
	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
2017年1月	190	15.1	31.3	12.7	19.1	0.301	3.09	0.385	87.1	1.57		
2017年2月	157	14.1	27.4	13.1	20.2	0.374	3.02	0.327	57.9	1.61	117	3.75
2017年3月	227	13.8	34.1	11.3	22.4	0.595	4.14	0.383	93.3	1.25	232	5.44
2017年4月	184	14.5	30.4	11.2	18.0	0.112	3.08	0.382	76.5	0.86	180	5.38
2017年5月	138	13.1	23.0	8.10	14.8	0.203	2.66	0.339	66.9	0.98	127	4.56
2017年6月	127	12.5	21.6	8.22	14.8	0.167	2.61	0.333	72.0	1.04	246	4.89
2017年7月	115	13.6	18.2	7.19	13.6	0.182	2.03	0.237	66.0	1.02	118	5.00
2017年8月	114	13.1	17.8	8.06	13.3	0.233	2.23	0.270	56.0	1.12	109	5.00
2017年9月	95.3	12.7	18.2	8.69	12.9	0.675	2.09	0.291	40.9	1.04	133	4.38
2017年10月	117	12.7	20.3	8.16	15.3	0.171	2.69	0.281	48.7	1.07	185	3.71
2017年11月	145	11.0	24.2	10.4	18.9	0.272	2.86	0.297	49.1	1.05	176	3.00
2017年12月	131	12.0	26.9	11.6	22.1	0.295	2.77	0.306	41.5	1.06	194	3.63

6 结语

前山水质净化厂一期工程投运后,各项出水水质指标均优于一级A排放标准,大大提升了前山河流域水环境质量,其地面部分已建设成一座海绵城市花园,通过实景、模型、光电等方式向市民展示海绵城市建设原理和效果,不仅避免了传统污水处理项目对周边环境的不利影响,还对周边环境起到了美化提升的作用。

参考文献:

- [1] GB 50014—2006,室外排水设计规范(2016年版)[S]. 北京:中国计划出版社,2016.
GB 50014—2006,Code for Design of Outdoor Wastewater Engineering(2016 ed)[S]. Beijing:China Planning Press,2016.



作者简介:王阳(1976—),男,天津人,硕士,高级工程师,从事市政给排水设计工作。

E-mail:wangyang05@cemi.com.cn

收稿日期:2018-04-04