

石洞口污水处理厂除臭提标改造的思路与实践

刘发辉¹, 许龙海¹, 陈汝超², 方辉¹

(1. 上海城投水务工程项目管理有限公司, 上海 201103; 2. 上海市市政工程设计研究总院
<集团>有限公司, 上海 200092)

摘要: 石洞口污水厂污水处理规模为 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 原有除臭设施排放标准为厂界二级, 不满足上海市最新地方标准。在除臭提标改造工程中, 一方面对可利用原有除臭设施进行改造, 按照新的风量情况重新分配其服务范围; 另一方面, 对未加盖臭气源进行加盖密闭, 并增设新的除臭设施。对大跨度的一体化生物反应池创新采用可移动式盖板加盖, 化解了传统加盖工程与运行管理不便之间的矛盾。密闭空间臭气通过风管收集后采用生物滤池 + 活性炭吸附组合工艺进行处理, 处理后经 30 m 高的排气筒高空达标排放。提标改造工程实施后, 排气筒及厂界均达到上海市最新地方标准排放要求, 提升了污水厂周边的环境质量。

关键词: 污水处理厂; 除臭提标; 可移动盖板

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)22-0052-06

Ideas and Practice of Deodorization Upgrading Project for Shanghai Shidongkou Municipal Wastewater Treatment Plant

LIU Fa-hui¹, XU Long-hai¹, CHEN Ru-chao², FANG Hui¹

(1. Shanghai Urban Investment Waterworks Engineering Project Management Co. Ltd.,
Shanghai 201103, China; 2. Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co.
Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: The treatment capacity of Shidongkou wastewater treatment plant was $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, and the discharge standard of the original deodorization facility was the second class of the factory boundary, which could not meet the latest local standards in Shanghai. In the project of deodorization and standard upgrading, on the one hand, the original deodorization facility could be reformed and the service range could be redistributed according to the new air volume; on the other hand, the uncovered odor source should be closed and new deodorization facilities should be added. The integrated biological reaction tank was covered with moveable cover plate to avoid the conflict between traditional model of cover plate and the operation. The odor collected through pipes were treated by biofilter + activated carbon adsorption, and discharged by 30-meter-high exhaust funnel. Deodorant effect was significant through this project. The odor concentration of discharge outlet and reference point for air pollutants at enterprise boundary could meet the latest emission standards of Shanghai, and the quality of the surroundings have been elevated.

Key words: wastewater treatment plant; deodorization upgrading; moveable cover plate

1 工程概况

石洞口污水处理厂位于上海市宝山区月浦镇,设计污水处理规模为 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,污水处理采用一体化活性污泥法工艺。工程于 1999 年 12 月动工兴建,2002 年底调试运行。

出水水质根据当时《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)、上海市《污水综合排放标准》(DB 31/199—1997)确定。臭气排放标准为《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—1993)厂界二级标准。石洞口污水厂于2016年实施提标改造工程,其除臭设施是按照《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—1993)和《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—

2002)厂界二级标准的要求设计,提标工程已于2017年底建成运行。但是,按照上海市地方标准《城镇污水处理厂大气污染物排放标准》(DB 31/982—2016)和《恶臭(异味)污染物排放标准》(DB 31/1025—2016)的规定,石洞口污水处理厂需执行最新地方标准的排气筒和厂界污染物排放限值。因此,为贯彻落实上海市最新恶臭污染物排放标准,进一步降低污水厂对周边环境的影响,2018年对石洞口污水处理厂实施了以上海市新地方标准为依据的除臭提标工程。

2 除臭工程现状

石洞口污水处理厂的整体工艺流程见图 1。

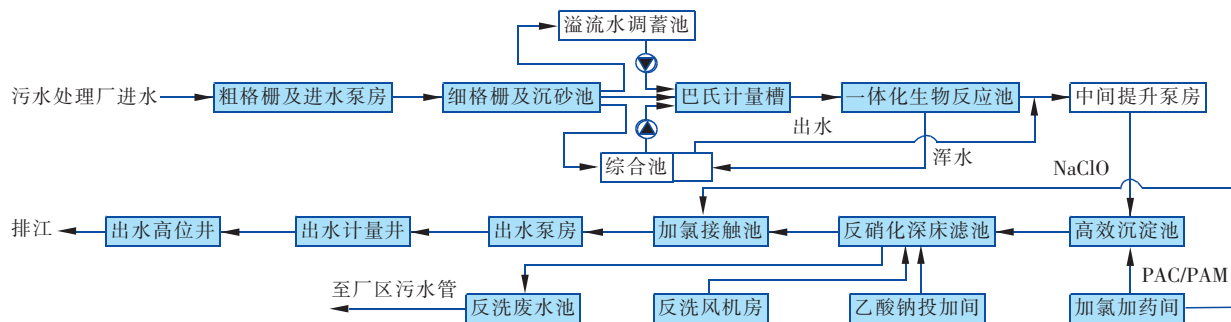


图1 污水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

在原污水提标改造工程除臭系统设计中,对石洞口污水厂预处理区(粗格栅、进水泵房、细格栅、沉砂池)、综合池及溢流水调蓄池产生的臭气采用3套生物滤池除臭设施处理;一体化生物反应池产生的臭气为大空间区域臭气,采用12套植物液喷淋除臭设施。

具体如下:

①1#生物滤池除臭设备负责处理现状预处理单元产生的臭气,共1套,除臭风量为15 000 m³/h;②2#生物滤池除臭设备负责处理新建综合池单元产生的臭气,共1套,除臭风量为23 000 m³/h;③3#生物滤池除臭设备负责处理新建溢流水调蓄池单元产生的臭气,共1套,除臭风量为20 000 m³/h;④1#植物液喷淋除臭设备负责处理现状一体化生物反应池产生的臭气,共12套。

臭气经除臭系统处理后,满足《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—1993)和《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中规定的厂界二级标准。

3 除臭提标工程设计

3.1 现状评价

经分析,本工程臭气来源如下:一为预处理单元产生的臭气;二为综合池单元产生的臭气;三为溢流水调蓄池单元产生的臭气;四为一体化生物反应池单元产生的臭气。其中预处理区、调蓄池和综合池已经通过加盖收集后经生物除臭设备处理排放,臭气收集风量是按照厂界二级标准进行设计,厂界恶臭污染物浓度无法达到上海市最新排放标准。本工程原有3套生物过滤除臭设施目前在稳定运行,具备利旧使用条件。现状一体化生物反应池未采取密闭收集措施,不符合《城镇污水处理厂大气污染物排放标准》(DB 31/982—2016)中“生化处理池等产生恶臭污染物的车间和处理设施,应采取密闭收集措施”的要求。

3.2 除臭提标总体思路

结合石洞口污水厂运行现状和除臭目标,本次除臭提标一方面在充分利用原有除臭设施的基础上,对原有除臭设施进行改造利用,并按照新的风量情

况对除臭设施服务范围进行重新分配;另一方面,对未加盖的一体化生物反应池、需除臭构筑物闸门与构筑物的接缝处等位置进行加盖密闭,使整个污水处理厂臭气源成为一个密闭空间,并利用风管和离心风机对臭气进行有效收集后送至除臭设备集中处理,经过处理后的臭气经 30 m 高的排气筒高空排放。

表 1 除臭工艺比较

Tab. 1 Comparison of different deodorization process

除臭工艺	生物滤池	离子除臭	活性炭吸附	燃烧除臭	土壤除臭	化学洗涤
适用范围	各种臭气	中、低浓度臭气	低浓度臭气或其他除臭工艺的后续处理	爆炸浓度极限以下的气体	臭气浓度及气量波动较小的气体	风量高、中高浓度的臭气
初期投资	较高	中等	中等	高	高	高
运行成本	低	低	较高	高	低	高
占地面积	较小	较小	较小	较大	较大	较大
处理效果	较好	较好	较好	若温度没有控制好,则处理效果差	较好	较好,但与药液不反应的臭气较难去除

3.3 加盖方式的选择与设计

① 加盖方式选择

一体化生物反应池作为石洞口厂最主要的生化处理单元,是污水厂运行管理的重点,也是本次加盖除臭的重点区域。一体化生物反应池共 4 座,每座分 3 条,每条由 3 格方形水池组成,每格交替用于厌氧、缺氧、好氧及沉淀处理,每格尺寸为 35.0 m × 35.0 m,有效水深为 6.0 m^[1]。现阶段,使用比较多的加盖形式主要是钢筋混凝土、钢支撑反吊膜结构和轻型覆面材料加盖三种形式。对于加盖方式的选

通过对几种常见除臭处理工艺的对比分析,结合本工程实际情况,最终选择在现状生物滤池除臭设备后增设活性炭吸附除臭段,提高对臭气中污染物的去除率;一体化生物反应池采用生物滤池 + 活性炭吸附两级组合除臭工艺,确保臭气排放的可靠性和稳定性。常见除臭工艺对比分析见表 1。

择,按照不影响工艺巡检和维护、减少对原池体结构影响、安装检修方便且能够移动、加盖材料防腐且耐用、外形美观等原则进行考虑。由于石洞口污水厂规模大,不能长时间停水施工,因此不能采用钢筋混凝土加盖;石洞口污水厂反应池池壁薄,受力小,且靠江边,风力强,不适于采用反吊膜结构。因此确定采用轻型覆面材料。

对几种常用的轻型覆面材料进行了综合对比,具体如表 2 所示。最终确定采用高强度玻璃钢拱形盖板。

表 2 四种轻型覆面材料对比

Tab. 2 Comparison of four light covering materials

材料名称	卡普隆板(金属骨架)	常规玻璃钢	金属骨架玻璃钢板	高强度玻璃钢盖板
加盖型式	采用不锈钢骨架,卡普隆板敷面,跨度 8 m 以内	跨度 5 m 以内	跨度可达 12 ~ 20 m	跨度一般为 5 ~ 12 m
防腐能力	较弱	强	较弱,由于金属和玻璃钢热膨胀系数不一致,阳光暴晒易变形	最强
安装	复杂,安装费高	简单	较复杂	相对简单
使用寿命	较短,小于 10 年	较长	较短,小于 10 年	较长,可达 15 年

② 加盖设计

加盖结构剖面图见图 2。

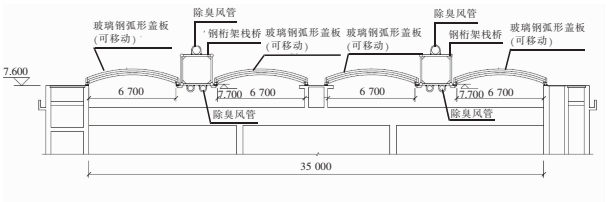


图 2 加盖结构剖面图(单格)

Fig. 2 Section of capping structure (single cell)

为保障加盖后污水厂正常的巡检维护、水样采集、设施更换等不受影响,本工程要求采用可移动式盖板,当有需要时,运行管理人员能够轻松地将盖板打开。基于可移动式盖板设计思路,首先在每格池内设计 2 条钢桁架栈桥,与原有的混凝土走道将每格分隔成 4 跨,每跨控制在 7 m 以内。钢桁架栈桥一方面作为盖板的滑动轨道的支撑,同时作为除臭风管的安装固定点和巡检人员的通道。

每块盖板的跨度为 6.7 m,宽度为 1.6 m,盖板

两端支撑处通过滑轮与滑槽滑动连接,保证盖板可移动性。通过对部分盖板高低错位设计,确保盖板能够具有可左右移动的空间。相邻两块移动盖板相对的两个侧面之间设置橡胶密封垫,并通过卡扣将两块盖板连接,确保密封性能。现场安装可移动盖板见图 3。



图 3 现场可移动盖板

Fig. 3 Site moveable cover plate

通过整体加盖后,整个污水处理厂成为一个封闭式处理单元。一体化生物反应池加盖前、后现场对比见图 4。

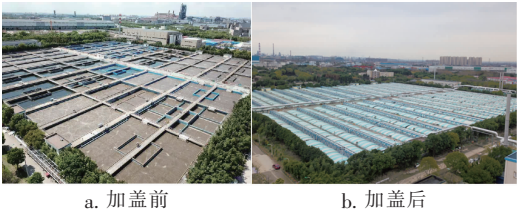


图 4 一体化生物反应池加盖前、后现场

Fig. 4 Site before and after capping of integrated biological reaction tank

3.4 除臭风量计算及除臭装置设置

参照《城镇污水处理厂臭气处理技术规程》(CJJ/T 243—2016)中规定的污水厂各区域除臭风量计算公式,并结合上海市地方除臭标准的最新要求,本工程各单体的除臭风量计算结果见表 3。通过与原有除臭设施的处理能力对比,现状 1#生物滤池除臭设施不能满足预处理区的除臭量要求,因此,通过风管改造利用 1#生物滤池除臭设施后增加活性炭吸附除臭设备的组合工艺对粗格栅和进水泵房臭气进行收集处理,同时增设 4#臭气处理设施(生物滤池+活性炭吸附除臭设备组合工艺,处理风量为 25 000 m³/h)对细格栅和沉砂池臭气进行收集处理;现状 2#生物滤池除臭设施、3#生物滤池除臭设施处理能力能够满足综合池和溢流水调蓄池的臭

气收集风量要求,为了确保新标准下能够可靠、稳定处理臭气,在现状 2#、3#生物滤池除臭处理设施后分别增设活性炭吸附除臭设备;由于一体化生物反应池总除臭风量大,故根据生物反应池工艺运行情况,将其分为 4 个独立的处理单元,设置 4 套生物滤池+活性炭吸附除臭设备组合工艺设施进行处理,每套设施处理能力为 60 000 m³/h。

表 3 除臭风量计算结果

Tab. 3 Calculation results of deodorization air volume

m³·h⁻¹

除臭部位	除臭风量	备注
粗格栅	5 520	原对应 1#除臭设施
进水泵房	9 480	
细格栅	4 305	
沉砂池	20 600	原对应 2#除臭设施
综合池	23 000	
调蓄池	20 000	原对应 3#除臭设备
一体化生物反应池	239 500	

3.5 风管设计

一体化生物反应池加盖空间内风管均采用 UPVC 材质,密闭空间外风管均采用不锈钢风管。按照主干风速为 6~10 m/s、支管风速为 2~6 m/s 确定管径。风管尽量明装,采用架空敷设方式,同时采用“同程”原理布置,确保管路之间的收集风量尽量均匀。

一体化生物反应池内的收集风管借助新增的钢桁架铺设,其中 Ø300 mm 和 Ø250 mm 收集风管下部每隔 80 mm 设置 18 mm 的穿孔,Ø200 mm 收集风管下部每隔 80 mm 设置 34 mm 的穿孔作为进气孔。为了方便钢桁架走道板下的风管的检修和维护,走道板选择 2.00 m(长)×0.5 m(宽)的玻璃钢盖板拼接。

由于臭气在风管流动过程中可能会产生凝结水,水平风管设计 0.002 的坡度,同时在风管的最低点的底部设专用排水管道,将凝结水就近排至生物反应池内。

3.6 防腐设计

污水处理厂运行过程中产生的臭气具有腐蚀性,工程中的设备和材料按相关要求防腐处理^[2]。一体化生物反应池加盖后,钢筋混凝土结构的使用条件产生了较大的变化,钢筋混凝土池壁所处环境湿度大大增加,原设计的防腐涂料不能满足改造后的防腐要求。为减少防腐涂料施工对污水处

理厂正常运行的影响,采用环氧无溶剂(湿固化)防腐涂料对池壁混凝土进行防腐处理(涂层厚度为 300 μm),防腐处理范围为池内水位以下 1 m 到池顶。

3.7 自控设计

本工程新建的除臭系统进出口、排气筒处均设置在线硫化氢测定仪和在线氨气测定仪。考虑到厂区周界环境监测的要求,在厂区周界也设置 6 套在线硫化氢测定仪和在线氨气测定仪,用于检测厂界的硫化氢及氨气浓度。

综合本次除臭工程工艺过程、新增设备和检测仪表分布等相关因素,本次工程设计采用集中管理、分散控制的集散型控制系统的模式,在污水处理厂区范围内新增 PLC 控制站及控制子站共 7 套,与污

水处理区自动控制系统组成统一的集散型控制系统。污水厂原有的中央控制室为中央监控级,PLC 控制站组成现场控制级,位于现场的在线监测仪表和现场执行设备组成检测执行层。

4 运行效果及评价

本工程自 2018 年底建成投运后,设备运转正常,在线监测数据均能达到设计要求。在开展自主环保验收过程中,通过第三方监测单位对现场进行连续 2 天取样检测,无组织废气和各套净化装置的有组织废气中的氨、硫化氢、甲硫醇、臭气浓度检测结果,以及厂区内大气污染物排放监测点的甲烷浓度均达到上海最新地标的污染物排放要求。

其中 2#除臭设备出口连续两天取样监测数据见表 4。

表 4 2#除臭设备出口监测数据

Tab.4 Monitoring data of 2# deodorization equipment

项 目		第一天取样				第二天取样				排放 限值	达标 情况
		第一次	第二次	第三次	第四次	第一次	第二次	第三次	第四次		
标干排气量/($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)		19 000	17 912	18 140	18 151	18 296	18 700	18 212	17 894	—	—
臭气浓度		232	412	309	232	174	309	232	130	600	达标
氨	标干浓度/($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	0.218	0.278	0.282	0.428	0.559	0.521	0.5	0.576	30	达标
	排放速率/($\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$)	4.14E-03	4.98E-03	5.10E-03	7.79E-03	0.010 2	9.64E-03	9.10E-03	0.010 3	—	—
甲硫醇	标干浓度/($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	45.7	44.1	45.6	45.5	36.8	23.7	23.8	23.7	500	达标
	排放速率/($\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$)	8.68E-04	7.89E-04	8.25E-04	8.28E-04	6.73E-04	4.43E-04	4.33E-04	4.24E-04	—	—
硫化氢	标干浓度/($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	0.017 5	0.022 5	0.023 6	ND	5.52E-03	0.011 3	1.79	ND	5	达标
	排放速率/($\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$)	3.33E-04	4.03E-04	4.27E-04	—	1.01E-04	2.11E-04	0.032 6	—	—	—

本次监测在污水处理厂上风向设置一个对照点,由于厂区较大,下风向各方位共设 5 个废气无组织排放监测点位,监测因子为氨、硫化氢、甲硫醇、臭

气浓度。同时在厂区内设置 3 个无组织排放监测点位,监测因子为甲烷。无组织废气排放监测数据汇总见表 5。

表 5 无组织废气排放监测数据

Tab.5 Monitoring data of unorganized exhaust emission

监测点位置	监测项目	第一天取样				第二天取样				考核 标准	达标 情况
		第一次	第二次	第三次	第四次	第一次	第二次	第三次	第四次		
进水井	甲烷/%	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.5	达标
污泥调蓄池	甲烷/%	0.08	0.08	0.07	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.5	达标
污泥浓缩及脱水机房、污泥存储罐	甲烷/%	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.5	达标
厂界上风向	氨/($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	10.8	ND	ND	ND	ND	ND	10.8	ND	1 000	—
	臭气浓度	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	10	—
	硫化氢/($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	10.2	6.79	5.45	5.39	3.15	5.05	2.83	2.83	30	—
	甲硫醇/($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4	—
厂界下风向	氨/($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	ND	12.6	ND	10.9	ND	12.6	ND	12.7	1 000	达标
	臭气浓度	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	10	达标
	硫化氢/($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	5.71	6.33	7.57	4.85	3.63	3.34	3.29	2.92	30	达标
	甲硫醇/($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4	达标

续表 5 (Continued)

监测点位置	监测项目	第一次取样				第二次取样				考核标准	达标情况
		第一次	第二次	第三次	第四次	第一次	第二次	第三次	第四次		
厂界下风向	氨/($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	ND	ND	10.9	ND	10.8	10.8	14.4	ND	1 000	达标
	臭气浓度	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	10	达标
	硫化氢/($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	5.28	5.66	4.26	4.25	3.11	2.93	2.88	2.89	30	达标
	甲硫醇/($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4	达标
厂界下风向	氨/($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	10.8	10.8	14.5	ND	10.8	ND	10.8	ND	1 000	达标
	臭气浓度	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	10	达标
	硫化氢/($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	4.58	4.27	4.23	4.01	3.04	8.38	1.98	3.27	30	达标
	甲硫醇/($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4	达标
厂界下风向	氨/($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	10.8	10.8	ND	ND	ND	ND	10.8	ND	1 000	达标
	臭气浓度	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	10	达标
	硫化氢/($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	4.26	3.95	3.74	3.96	4.48	2.96	2.69	8.06	30	达标
	甲硫醇/($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	ND	ND	0.14	0.07	ND	ND	ND	ND	4	达标
厂界下风向	氨/($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	ND	ND	ND	12.7	12.6	10.8	ND	ND	1 000	达标
	臭气浓度	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	10	达标
	硫化氢/($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	4.19	3.67	3.55	3.92	2.72	2.92	2.77	2.76	30	达标
	甲硫醇/($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4	达标

5 结语

① 石洞口污水厂除臭提标工程的实施,切实提升了周边环境质量,达到了设计的效果和上海市最新地方标准的要求。

② 本工程中设计使用的可移动式盖板,外形美观,安全实用,很好地解决了加盖影响污水处理厂正常巡检、维修的问题。

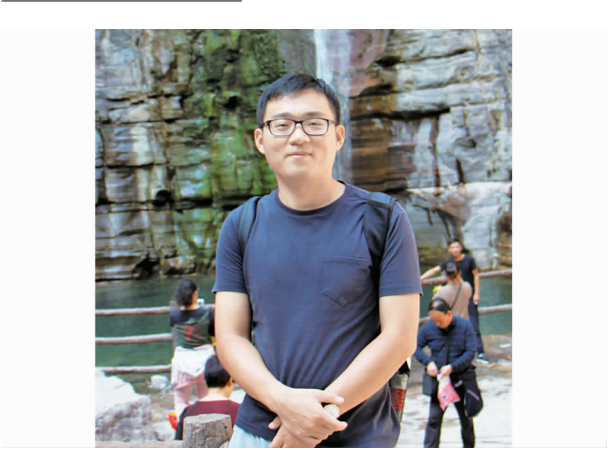
③ 对原有污水厂新建或者改造除臭设施,都应充分考虑污水厂的运行情况,尽可能地考虑对原有除臭设施的使用。本工程充分利用了原有除臭设施,使得原有设施和新建设施良好衔接,节约了工程投资。

④ 本工程采用生物滤池和活性炭组合工艺,简单高效,运行管理方便,抗冲击负荷能力强,能够稳定地实现达标排放。

参考文献:

[1] 胡维杰. 上海市石洞口城市污水处理厂设计[J]. 中国给水排水,2003,19(7):68-71.
Hu Weijie. Design of Shanghai Shidongkou municipal wastewater treatment plant [J]. China Water & Wastewater,2003,19(7):68-71(in Chinese).

[2] 许小平,赵艳,潘婷,等. 污水处理厂除臭工艺收集系统的选择与分析[J]. 中国给水排水,2012,28(22):54-58.
Xu Xiaoping, Zhao Yan, Pan Ting, et al. Selection and analysis of odor collection system in sewage treatment plant[J]. China Water & Wastewater, 2012, 28(22): 54-58(in Chinese).



作者简介:刘发辉(1987-),男,山东泰安人,硕士,工程师,主要从事给排水设施建设管理工作。
E-mail:hgfhl252@126.com
收稿日期:2019-06-03