

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.10.022

烟台市套子湾污水处理厂一期工程除臭工艺分析

刘晓军

(烟台市城市排水服务中心, 山东 烟台 264000)

摘要: 为实现烟台市套子湾污水处理厂厂区臭气的有效去除,基于该厂的水质特点和设计要求,选择BENTAX离子净化法耦合生物滴滤除臭工艺,投资约1亿元,测算运行成本为0.18元/m³。详细介绍了该厂臭气处理工艺流程、设计参数及运行效果。监测结果表明,BENTAX+生物滴滤工艺能够显著去除污水处理厂产生的臭气,处理后的硫化氢、氨和甲烷等最高浓度分别为0.011 mg/m³、0.20 mg/m³和0.002%,满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的厂界(防护带边缘)废气排放最高允许浓度的一级标准。目前运行成本约为0.06元/m³,显著低于预测值。

关键词: 污水处理厂; 生物除臭; 离子净化法; 生物滴滤

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2022)10-0130-04

Case Study on Deodorization Process of Yantai Taoziwan WWTP Phase I Project

LIU Xiao-jun

(Yantai Drainage Service Center, Yantai 264000, China)

Abstract: In order to achieve the effective removal of odor in Yantai Taoziwan wastewater treatment plant (WWTP), based on the sewage quality characteristics and design requirements of the WWTP, the BENTAX ion purification method coupled with biotrickling filter was selected. The capital cost is 100 million yuan, and the operating cost is estimated to be 0.18 yuan/m³. The odor removal process, design parameters and operation effect are elaborated. The monitoring results show that the BENTAX and biotrickling deodorization process could significantly remove the odor generated during wastewater treatment, and the maximum concentrations of hydrogen sulfide, ammonia and methane after treatment are 0.011 mg/m³, 0.20 mg/m³ and 0.002% respectively, meeting the first level criteria in *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002). At present, the operating cost is about 0.06 yuan/m³, which is lower than the estimated value.

Key words: wastewater treatment plant; biological deodorization; ion purification method; biotrickling filter

城市污水处理厂能够有效去除城市污水中的有机物、氮及磷等污染物,是实现水环境保护的重要基础设施。2021年1月11日,国家发展改革委等10个部门联合发布了《关于推进污水资源化利用的指导意见》,明确要求到2025年,全国污水收集效能显著提升,县城及城市污水处理能力基本满足当地经济

社会发展需要。截至2020年,我国城市和县城污水处理厂数量达到4 326座,数量仍呈现不断上升趋势;城市污水处理能力达到 $1.93 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{d}$,较2019年增速达到8%^[1]。然而,由于城市污水处理厂边界不断向外扩张,普遍存在臭气异味污染等邻避效应问题^[2]。臭气组分相对复杂,收集和处理难度较大,

污水处理厂周边的居民对臭气污染环境投诉也较多,因此对现有污水处理厂进行提标改造及臭气处理已迫在眉睫。

以烟台市套子湾污水处理厂加盖除臭改造工程为例,介绍了其工程设计、除臭工艺及实际运行效果,可为解决类似城市污水处理厂臭气污染问题提供参考。

1 污水厂臭气排放标准及除臭工艺选择

1.1 污水厂概况

烟台市套子湾污水处理厂位于市郊,总设计处理能力达到 $35 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,其中一期工程于1998年10月建成投入运行,为地上式敞口污水处理构筑物,经两次扩建改造后二级处理能力达到 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准。污水处理工艺流程为粗细格栅+进水泵房+曝气沉砂池+配水井+初沉池+生化反应池(A²O)+二沉池+紫外消毒池。污泥处理工艺为污泥泵房+污泥浓缩池+离心脱水^[3]。采用离子除臭技术耦合生物除臭工艺对一期工程的污水预处理区、生化反应池和污泥脱水区全部敞口构筑物进行加盖除臭。

1.2 臭气排放标准

该污水处理厂厂区臭气排放原执行《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—1993)或《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的厂界二级标准值,处理后以扩散气流的形式排入大气。该除臭改造工程按照一级标准进行设计,具体如表1所示。

表1 除臭改造工程设计排放标准

Tab.1 Emission standard for design of deodorization reconstruction project

控制项目	一级标准	二级标准(现状)
氨/($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	1.0	1.5
硫化氢/($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	0.03	0.06
臭气浓度	10	20
甲烷(厂区最高体积浓度)/%	0.5	1.0

1.3 除臭工艺选择

污水在缺氧或者厌氧环境下,硫酸盐还原菌等厌氧菌会将污水中的硫酸盐还原为溶解性的硫化物,这些溶解性硫化物逸散到空气中产生硫化氢气体,从而产生臭味。此外,污水中的厌氧微生物对固体颗粒进行相应厌氧生化反应产生刺激性的氨。

污泥中富集了大量的难挥发物质,在脱水、浓缩和储存过程中都会产生臭味。因此,污水处理厂臭气主要来自预处理设施(粗格栅、提升泵房、细格栅及曝气沉砂池、初沉池等)、生化反应池厌氧区及污泥浓缩/脱水设施。

套子湾污水处理厂一期粗细格栅、提升泵房和污泥脱水设施已经完成封闭加盖除臭。本次除臭改造提高了对臭气的排放要求,处理后的臭气需达到厂界标准的一级排放标准,所以需要新增处理设施,对一期工程污水预处理区、生化反应池和污泥脱水区全部敞口构筑物加盖。

生物除臭可将恶臭污染物完全彻底地降解,占地省,日常运行费用低^[4]。离子除臭是臭源通过离子发生装置时,氧离子受到具有一定能量的电子碰撞而形成分别带有正电或负电的正负氧离子,经过一系列的反应最终产生二氧化碳和水,运行管理较简单,运行过程中无二次污染^[5]。BENTAX离子净化法即利用电场原理,使空气中的氧分子增加能量,成为活动性很强的正负氧离子。综合考虑本次除臭工程设计,主要采用离子除臭设备(BENTAX离子净化法)耦合生物滤池装置。

现场抽测初沉池、生化反应池等封闭区域废气体积浓度小于0.04%,考虑进水水质波动造成的影响,设计要求离子除臭系统适应各种不同的进气浓度,在废气进气浓度高于0.05%时,去除量 $\geq 0.0495\%$,以确保各种工况下废气通过离子除臭耦合生物滴滤除臭装置处理后,能够达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的厂界废气排放一级标准。

2 除臭工程设计

该污水处理厂除臭改造主要包括密封系统、收集风管系统和臭气处理系统。

2.1 臭气收集系统

该污水处理厂需要加盖除臭的构筑物主要有曝气沉砂池、初沉池、配水井和生化反应池。污泥脱水区构筑物为污泥浓缩池。

2.1.1 密封加盖方式及设计参数

针对该污水处理厂的敞口构筑物进行密封加盖,加盖的形式应充分考虑密封对设备的影响、外加设备负载及钢筋混凝土强度等客观情况,具体密封方式及设计参数见表2。

表2 臭气密封加盖区域及参数

Tab.2 Odor sealing area and design parameters

密封加盖区域	密封方式	安装形式	面积/m ²
曝气沉砂池	碳钢防腐骨架+反吊 氟碳纤维膜	固定式	501
初沉池及配水井	碳钢防腐骨架+反吊 氟碳纤维膜	随动式	6 968
生化反应池 (4×10 ⁴ m ³ /d)	玻璃钢拱形盖板+ 不锈钢螺丝	固定式	3 600
生化反应池 (16×10 ⁴ m ³ /d)	玻璃钢拱形盖板+ 不锈钢螺丝	固定式	19 012
污泥浓缩池	不锈钢骨架+反吊氟 碳纤维膜	固定式	1 465

2.1.2 除臭风量计算

对于有人员进出或者臭气浓度较高的单体构筑物,换气次数宜采用6~10次/h;对于无人员进出或者工作时间较短的构筑物,换气次数宜采用3~5次/h。

每个构筑物的除臭风量等于构筑物密封部分体积×换气次数。

- ① 曝气沉砂池。曝气沉砂池全部加盖,加盖高度约2.2 m,换气率为7次/h,则臭气收集量为7 715 m³/h,取值气量8 000 m³/h。
- ② 初沉池及配水井。初沉池加盖高度2 m,换气率为7次/h,臭气收集量为97 552 m³/h,取值气量100 000 m³/h。
- ③ 生化反应池(4×10⁴ m³/d)。加盖高度为3 m,换气率为3.5次/h,臭气收集量为37 800 m³/h,取值气量40 000 m³/h。
- ④ 生化反应池(20×10⁴ m³/d)。加盖高度为2.8 m,换气率为3次/h,则臭气收集量为159 701 m³/h,取值气量160 000 m³/h。
- ⑤ 污泥浓缩池。污泥浓缩池加盖高度2.8 m,换气率为4次/h,则臭气收集量为16 408 m³/h,取值气量18 000 m³/h。

2.1.3 除臭风机选择

一期工程臭气收集构筑物共有5组,需配置10台除臭风机。

除臭风机具体位置及参数见表3。

臭气收集输送管道必须耐腐蚀,尤其是耐脂肪酸腐蚀,风管采用有机玻璃钢材料,按照收集的气量和压力在玻璃钢风管上开孔。臭气经过鼓风机加压,通过玻璃钢风管进入离子除臭设备和生物滴

滤装置。

表3 除臭风机设计参数

Tab.3 Design parameters of deodorization centrifugal blower

风机位置	风量/ (m ³ ·h ⁻¹)	风压/ kPa	功率/ kW	数量/ 台
曝气沉砂池	8 000	2.2	0.96	1
初沉池及配水井	50 000	2.2	5.45	2
生化反应池(4×10 ⁴ m ³ /d)	40 000	2.2	4.36	1
生化反应池(20×10 ⁴ m ³ /d)	40 000	2.2	4.36	4
污泥浓缩池	9 000	2.2	1.00	2

2.2 除臭设备装置技术参数

每台BENTAX离子除臭设备配套1台生物滴滤装置,生物滴滤装置框架采用玻璃钢材料夹保温板,采用不锈钢紧固件及丁腈橡胶垫圈密封。生物滤池内设有支架,用于安装防腐滤板,滤板上固定有滤网。

BENTAX离子除臭设备的数量及技术参数如表4所示。

表4 BENTAX离子除臭设备数量及参数

Tab.4 Amounts and parameters of BENTAX ion deodorization equipment

构筑物	数量/ 座	离子除臭设备技术参数			生物滴滤装置 尺寸(长×宽× 高)/(m×m×m)
		风量/ (m ³ ·h ⁻¹)	风压/ kPa	功率/ kW	
曝气沉砂池	1	8 000	1.5	10	4×3×3
初沉池及 配水井	2	50 000	2.0	85	12×5×4.5
生化反应池 (4×10 ⁴ m ³ /d)	2	20 000	2.0	33	8×3×4.5
生化反应池 (20×10 ⁴ m ³ /d)	4	40 000	2.0	65	11×4.5×5
污泥浓缩池	2	9 000	1.8	15	5×3×3

生物滴滤装置内部结构形式:底部为1 m高的支架滤板,中间生物滤料层厚度≥1.6 m,滤料距盖板约0.4 m。

生物滤料为永久性无机生物滤料,同时具有惰性、亲水性等特点,以便对易溶和难溶污染气体做到一次性高效去除。该滤料使用寿命大于10年,正常运行期间无需更换。上方采用循环水对滤料进行喷淋。喷淋水泵 $Q=18\text{ m}^3/\text{h}$, $H=23.7\text{ kPa}$, $N=2.2\text{ kW}$ 。

生物滴滤装置工艺流程如图1所示。

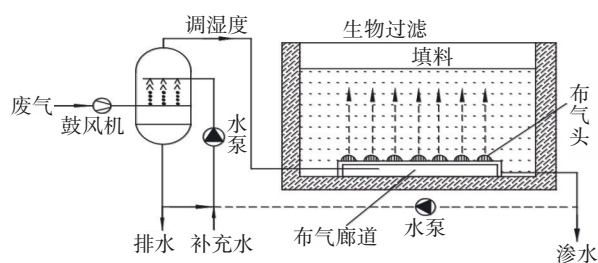


图1 生物滴滤除臭系统工艺流程

Fig.1 Flow chart of biological filtration in wastewater treatment deodorization process

3 运行效果

该除臭工程于2021年6月投入运行,目前密封良好,设备正常运行。其间对厂界废气排放进行了季度抽检,结果见表5。可以看出该污水厂厂界废气排放浓度远低于《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中厂界标准的一级排放标准,表明该除臭系统具有较强的稳定性。

表5 厂界废气排放检测最高浓度

Tab.5 Maximal concentration of odor discharged from the wastewater treatment plant boundary

项 目	氨/ ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	硫化氢/ ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	臭气 浓度	甲烷(厂区最高 体积浓度)/%
2021年6月16日	0.20	0.003	<10	0.001
2021年9月29日	0.16	0.011	<10	0.002
2021年10月27日	0.06	0.005	<10	0.001
标准限值	1.0	0.03	10	0.5

4 技术经济分析

该改造工程总投资1亿元,测算除臭单位运行成本为0.18元/ m^3 。工程投运后,根据国家实行的峰谷分时电价制度,合理调整水厂的用电负荷,厂内实行智能化运行,目前该除臭工程运行费用1.1万元/d,运行成本约0.06元/ m^3 ,低于测算成本。

5 结语

烟台套子湾污水处理厂除臭工程采用BENTAX离子净化法耦合生物滤池工艺,工程投运后可有效降低硫化氢、氨气、甲硫醇和臭气浓度,满足设计排放标准。实施除臭改造后,降低了污水处理厂管道的腐蚀问题,延长了设施设备使用寿命,降低了成本,显著提升了厂内及周边空气环境质量,具有明显的生态环境效益、社会效益和经济效益。

参考文献:

- [1] 杨一烽,杜炯,张欣. 国内地下式污水处理厂的发展现状和关键技术分析[J]. 净水技术,2021,40(10): 101-106,117.
YANG Yifeng, DU Jiong, ZHANG Xin. Development status and key technology analysis of underground wastewater treatment plants (UWWTPs) at home[J]. Water Purification Technology, 2021, 40(10): 101-106,117(in Chinese).
- [2] 徐遵主,陆朝阳,金小贤,等. 城市污水厂加盖除臭技术及现状[J]. 环境保护科学,2021,47(5):60-65.
XU Zunzhu, LU Zhaoyang, JIN Xiaoxian, et al. The present situation of deodorization technology for urban sewage treatment plant by capping[J]. Environmental Protection Science, 2021, 47(5):60-65(in Chinese).
- [3] 秦桂海. 烟台套子湾污水处理厂(一期)一级A升级改造[J]. 中国给水排水,2018,34(10):82-85,90.
QIN Guihai. Upgrade for meeting the first-level A standard of phase I of Yantai Taoziwan WWTP[J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(10): 82-85,90 (in Chinese).
- [4] 邹博源,陈广. 城镇污水处理厂臭气污染与除臭技术研究进展[J]. 净水技术,2020,39(5):109-115.
ZOU Boyuan, CHEN Guang. Research progress of odor pollution and deodorization technology in urban WWTP[J]. Water Purification Technology, 2020, 39(5): 109-115(in Chinese).
- [5] 睦光华,李建军,孙国萍. 城市污水处理厂恶臭污染源调查与研究[J]. 环境工程学报,2008,2(3):399-402.
SUI Guanghua, LI Jianjun, SUN Guoping. Investigation of odor pollution in a municipal wastewater treatment plant [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2008, 2(3): 399-402(in Chinese).

作者简介:刘晓军(1974—),男,山东荣成人,在职研究生学历,高级工程师,主要研究领域为城市排水工程及污水处理。

E-mail:lxjsr@163.com

收稿日期:2022-02-24

修回日期:2022-03-15

(编辑:衣春敏)