

城镇给排水工程设计案例专栏

林莉峰, 王珑, 蒋路漫. 上海某污水处理厂除臭系统设计和运行策略[J]. 净水技术, 2026, 45(6): 163-170.

Lin L F, Wang L, Jiang L M. Design and operation solutions of deodorization system for a WWTP in Shanghai[J]. Water Purification Technology, 2026, 45(6): 163-170.

上海某污水处理厂除臭系统设计和运行策略

林莉峰¹, 王 珑², 蒋路漫^{2,*}

(1. 上海市市政工程设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200092; 2. 上海电力大学环境与化学工程学院, 上海 200090)

摘 要 【目的】针对污水处理厂高浓度、多组分臭气治理的难题,该工艺可改变高负荷臭气(如 H₂S、NH₃ 及臭气)处理现状,并实现能耗优化与碳减排,为污水处理厂提供可持续的臭气治理技术范例。【方法】以上海某 20 万 m³/d 污水处理厂为研究对象,设计并实施“化学洗涤+生物滤池+活性炭吸附”三级组合除臭工艺。化学洗涤针对高质量浓度 H₂S 进行预处理,生物滤池降解挥发性有机物及 NH₃,活性炭吸附进一步去除残余臭气分子。同时,创新引入异味精确控制系统,通过实时监测进口 H₂S 质量浓度(40~156 mg/m³)、NH₃ 及臭气浓度(13 万),动态调节风机频率、喷淋量及加药量,优化运行参数,降低能耗,减少碳排放。【结果】该三级组合除臭工艺对 H₂S、NH₃ 及臭气的去除率分别达到 98%、95% 及 95% 以上,出口臭气浓度稳定低于 400,满足《城镇污水处理厂大气污染物排放标准》(DB31/982—2016)。系统能够适应高负荷、强波动性的臭气特性,运行稳定性高。异味精确控制系统通过动态调节,显著降低能耗,系统整体能耗较传统工艺降低 48.8%,年碳减排量达 84.9 t CO₂,展现出显著的节能减排效益。【结论】“化学洗涤+生物滤池+活性炭吸附”三级组合除臭工艺,结合异味精确控制系统,为高负荷污水处理厂臭气治理提供了高效、稳定的解决方案。该工艺不仅实现了臭气的高效去除,还显著降低了能耗,减少了碳排放,具有良好的经济与环境效益,适合在类似高负荷污水处理厂中推广应用,为行业低碳转型提供了技术范例。

关键词 污水处理厂;除臭系统;污泥炭化;智能控制;组合工艺;碳减排

中图分类号: TU992 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-0177(2026)06-0163-08

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2026.06.019

Design and Operation Solutions of Deodorization System for a WWTP in Shanghai

Lin Lifeng¹, Wang Long², Jiang Luman^{2,*}

(1. Shanghai Municipal Engineering Design and Research Institute <Group> Co., Ltd., Shanghai 200092, China;

2. School of Environmental and Chemical Engineering, Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090, China)

Abstract [Objective] In view of the difficulties of high concentration and multi-component odor treatment in wastewater treatment plants (WWTPs), this process can improve the current situation of high load odor (such as H₂S, NH₃, and odor) treatment, optimize energy consumption and reduce carbon emissions, and provide sustainable odor treatment technology examples for WWTPs. [Methods] Design and implement a three-stage combined deodorization process of "chemical washing + biological filter + activated carbon adsorption" using a 200 000 m³/d WWTP in Shanghai as the research object. Chemical washing is used for pretreatment of high concentration H₂S, while biological filters degrade volatile organic compounds and NH₃. Activated carbon adsorption further removes residual odor molecules. At the same time, the innovation introduces a precise odor control system, which dynamically adjusts the fan frequency, spray amount, and dosage by monitoring the imported H₂S mass concentration (100-290 mg/L), NH₃ and odor

[收稿日期] 2025-07-31

[基金项目] 上海市住建委科研项目(沪建科 2023-002-030)

[作者简介] 林莉峰(1981—),男,高级工程师,主要从事污水污泥处理领域工程建设和研究工作,E-mail: linlifeng@smedi.com。

[通信作者] 蒋路漫(1985—),女,副教授,研究方向为污水处理与资源化技术,E-mail: jiangluman@shiep.edu.cn。

concentration (130 000) in real time, optimizing operating parameters, and reducing energy consumption and carbon emissions. [Results] The three-stage combined deodorization process achieves removal rates of over 98%, 95%, and 95% for H_2S , NH_3 , and odor, respectively. The outlet odor concentration remains stable below 400, meeting the *Emission Standards of Air Pollutants for Urban Wastewater Treatment Plant* (DB31/ 982—2016). The system is capable of adapting to high load and highly volatile odor characteristics, and has high operational stability. The odor precise control system significantly reduces energy consumption through dynamic adjustment. The overall energy consumption of the system is reduced by 48.8% compared to traditional processes, and the annual carbon reduction reaches 84.9 t CO_2 , demonstrating significant energy-saving and emission reduction benefits. [Conclusion] The three-stage combination deodorization process of "chemical washing + biological filter + activated carbon adsorption", combined with a precise odor control system, provides an efficient and stable solution for odor control in high load WWTPs. This process not only achieves efficient removal of odors, but also significantly reduces energy consumption and carbon emissions, with good economic and environmental benefits. It is suitable for promotion and application in similar high load WWTPs, providing a technical example of the low-carbon transformation of the industry.

Keywords wastewater treatment plant (WWTP); deodorization system; sludge carbonization; smart control; combined process; carbon reduction

随着国家环保政策的日益严格以及公众环保意识的增强,为了有效控制污水处理厂厂界臭味、与周边民众和谐共处,污水处理厂臭气治理已成为环保领域的重点研究方向^[1]。传统的除臭系统通常采用单一或简单组合的工艺,在应对高浓度、多成分臭气的治理时往往效果有限且存在显著缺点,例如,化学洗涤塔在处理高腐蚀性气体时设备易损坏;生物滤池的微生物活性在低温或高浓度负荷下难以维持稳定;活性炭吸附则面临饱和后处置难题。这些不足不仅限制了除臭系统的整体效率,还对环境安全和经济可持续性提出了更高要求。上海某 20 万 m^3/d 污水处理厂采用了“化学洗涤+生物滤池+活性炭吸附”三级联用的除臭工艺,并引入异味精确控制系统,实现了高效、稳定、经济的恶臭治理,为后续污水处理厂的除臭系统设计和运行提供了可靠的技术依据。

1 污水处理厂臭气的产生和组成

污水处理厂的臭气来源与其工艺流程和运行条件密切相关,主要集中于污水预处理、生物处理、污泥处理及辅助设施等环节。在预处理阶段,格栅、沉砂池和初沉池因水流扰动、悬浮物沉积及有机物初步分解,释放大量的硫化氢(H_2S)和氨(NH_3),敞开式或半敞开式结构使臭气易向周围扩散^[2]。生物处理单元,如曝气池和厌氧池,微生物代谢活动和气泡爆裂,导致 NH_3 和挥发性有机化合物(VOCs)的释放,曝气池的强烈搅拌进一步促进 VOCs 的逸出。污泥浓缩、脱水和厌氧消化过程是臭气排放的主要来源^[3],高浓度有机物在厌

氧菌作用下分解,生成 H_2S 、甲硫醇(CH_3SH)和 VOCs,尤其在污泥脱水车间,离心机或压滤机的机械扰动显著加剧气体挥发。此外,污水泵站、管道输送系统和污泥储存区域因密封不严、压力变化或长期堆积也可能引发臭气释放,例如污泥储存池因厌氧发酵产生高浓度硫化物。

污水处理厂的臭气是由多种低气味阈值的化学物质组成的复杂混合物,其主要成分包括 H_2S 、 NH_3 和 VOCs。 H_2S 是最主要的恶臭气体,具有强烈的臭鸡蛋气味,气味阈值低至 $0.000\ 713\ mg/m^3$ ^[4],通常由硫酸盐还原菌在厌氧条件下通过还原硫酸盐或含硫有机物生成。 NH_3 来源于污水中含氮有机物(如尿素、蛋白质)的分解,具有强烈的刺激性气味,特别是在高 pH 或高温条件下易挥发。VOCs 包括酯类、醛类、酮类及短链脂肪酸(如乙酸、丙酸),这些物质由有机物的厌氧或好氧降解生成,气味特性多样,从甜味到酸臭不等。 CH_3SH 等硫醇类化合物因蛋白质或含硫氨基酸的微生物降解产生,呈现类似腐烂蔬菜或大蒜的刺鼻气味,其气味阈值低至 $0.000\ 144\ mg/m^3$ ^[5]。此外,少量的吡啶和粪臭素因蛋白质厌氧代谢产生,带来粪便气味,进一步增加了臭气的复杂性^[6]。针对这些复杂来源的臭气,需通过科学设计除臭系统,并进行精准控制,以减少环境污染和提升污水处理厂的可持续发展能力。

2 工程概况

某污水处理厂位于上海某化学工业区,总设计规模为 20 万 m^3/d 。污水处理采用“预处理+事故池+多段厌氧-缺氧-好氧(AAO)+高效沉淀池+反

硝化深床滤池+次氯酸钠消毒”的全流程设计。污泥处理工艺采用“污泥离心浓缩脱水+高干脱水+干化+炭化处理后资源化利用”。出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准。

该污水处理厂采用 4 套独立运行的除臭系统,由臭气收集系统和臭气处理系统构成,分别处理厂区各工艺段产生的臭气。除臭系统服务区域划分如图 1 所示。

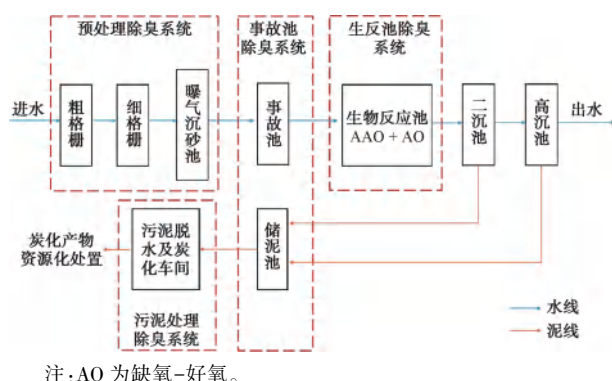


图 1 除臭系统服务区域划分

Fig. 1 Division of Service Area of Deodorization System

预处理区包括粗格栅、细格栅及曝气沉砂池等设施,该区域污水中的有机物质被拦截,在厌氧环境下分解释放出 H_2S 和 NH_3 等^[7]。为了应对突发性高浓度臭气排放和系统负荷波动,在预处理与生物反应池之间设置了事故池。事故池能够削减高浓度废液或恶臭气体,均衡系统负荷,避免设备受到高浓度气体冲击而发生堵塞或腐蚀失效,同时为突发事件提供应急处理能力,保障系统的安全稳定运行。事故池及储泥池除臭系统主要处理高浓度臭气。污水中的有机物在生物反应池中通过微生物降解,氧化过程产生少量恶臭气体,缺氧区可能形成硫化物和 $VOCs$ ^[3]。

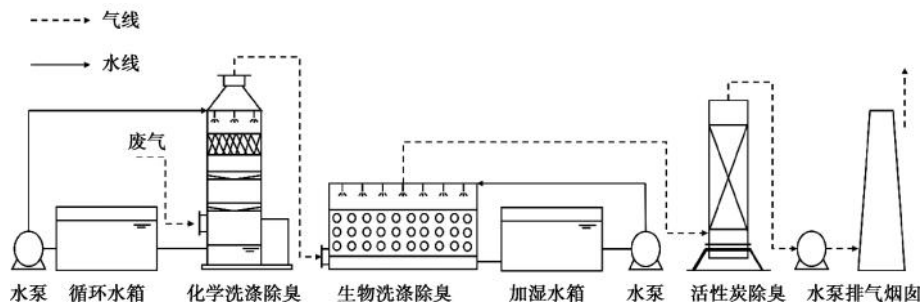


图 2 除臭系统工艺流程

Fig. 2 Process Flow of Deodorization System

为了减少污泥处理过程中产生的恶臭气体排放,降低对后续除臭系统的负荷,在污泥处理末端设置了污泥炭化工艺。该工艺通过高温热解将污泥中的有机物转化为热解气、焦油等稳定的炭质材料,从源头上削减 H_2S 、 NH_3 及 $VOCs$ 的释放,同时实现了污泥的资源化利用^[8]。炭化尾气与厂区臭气统一收集;热解气作为能源回用于除臭系统,提升能源利用效率。这种协同设计有效提高了处理效率,减少了运行成本,并显著减少了碳排放,为污泥和臭气的综合治理提供了创新模式。污泥脱水及污泥炭化车间是臭气浓度较高的重点区域之一。

3 三级组合除臭工艺设计

3.1 除臭工艺流程

依据项目环评报告,本项目所属区域为大气环境质量二类功能区,大气评价范围为项目厂界外扩 5 km 范围,大气风险敏感目标为评价范围内的居民点、学校、医院和敬老院等,共计 49 个环境保护对象。为充分保障除臭系统稳定达标排放,臭气处理系统采用“化学洗涤+生物滤池+活性炭吸附”的三级组合除臭工艺,处理的工艺流程如图 2 所示。产生的臭气经收集系统收集后,进入化学洗涤设备,通过药剂中和氧化作用去除 H_2S 和 NH_3 。生物滤池利用微生物降解 $VOCs$ 和硫化物,实现绿色、经济的处理;再经风机加压进入活性炭设备,进行尾气深度净化。活性炭设备设置超越管,当臭气经前一级处理后达到排放标准时,可选择将活性炭设备超越。组合工艺通过多级协同处理,能够适应复杂多变的臭气成分和浓度波动,同时在经济性、环境友好性和运行稳定性上表现优异。通过系统化设计,三级除臭工艺在功能上形成了高效衔接,构建了一个可靠、全面的恶臭气体治理体系,既能高效去除臭气,又能满足长期稳定运行的需求。

在正常运行及常规气象条件下,经除臭设备处理后的出口气体浓度执行《城镇污水处理厂大气污染物排放标准》(DB31/ 982—2016)的要求;对于高

于排放标准的臭气, H_2S 和 NH_3 的去除率达到 98% 以上,臭味的综合去除率不低于 95%。设计进气污染物浓度及排放限值如表 1 所示。

表 1 设计进气污染物浓度及排放限值

Tab. 1 Design Inflow Pollutant Concentration and Emission Limits

项目	$H_2S/(mg \cdot m^{-3})$	$CH_3SH/(mg \cdot m^{-3})$	$NH_3/(mg \cdot m^{-3})$	甲烷	臭气浓度(无量纲)
设计进气污染物浓度	5~60	1~10	≤ 100	—	5 000~8 000
排气筒最高允许排放浓度	5	0.5	30	—	600
厂界浓度限值	0.03	0.000 4	1	0.5%(厂区最高体积分数)	10

3.2 臭气处理系统设计

每套臭气处理系统前端采用化学洗涤塔除臭,每套系统含有 1 座塔,内部投加药剂。预处理区洗涤塔尺寸为 2.5 m×6.0 m×3.5 m,事故池及储泥池洗涤塔尺寸为 2.5 m×8.0 m×3.5 m,生物反应池洗涤塔尺寸均为 3.0 m×10.0 m×3.5 m。化学洗涤塔内的喷淋系统尽可能保证循环水在塔内部能够喷洒得均匀且充分,材质为耐腐蚀的聚氯乙烯。每套化学洗涤塔均搭配 10 个喷头,每个喷头服务面积为 0.3 m²,每日用水量为 16.5~33.0 m³。化学洗涤塔有效停留时间直接影响气液相传质效率和污染物去除率,所有除臭装置的有效停留时间不小于 3 s。

生物滤池采用全炭质(竹炭)填料,使用寿命不低于 20 年,比表面积>250 g/cm²,堆积密度小、具有良好的保湿性和透气性。臭气通过填料进行生物降解。预处理区生物滤池尺寸为 9.0 m×6.0 m×3.5 m;事故池及储泥池生物滤池尺寸为 9.5 m×8.0 m×3.5 m;生物反应池生物滤池尺寸为 12.0 m×10.0 m×3.5 m。生物滤池的空塔流速对污染物去除率、生物膜性能以及系统运行稳定性都有重要影响。所有除臭装置的空塔流速均小于 2 m/s。活性炭除臭装置组成主要为箱体、活性炭滤料层,采用柱状煤质活性炭。臭气停留时间须不低于 4 s。其他运行参数如表 2 所示。

表 2 除臭系统运行参数

Tab. 2 Operation Parameters of Deodorization System

项目	预处理除臭装置	事故池除臭装置	生反池除臭装置 ¹
处理能力/m ³	20 000	28 000	45 000
化学除臭单元			
过滤面积/m ²	15.0	20.0	30.0
空塔风速/(m·s ⁻¹)	0.37	0.39	0.42
填料停留时间/s	3.24	3.09	3.12
填料体积/m ³	18.0	24.0	39.0
液气比/(L·m ⁻³)		2.0	
循环水量/(m ³ ·h ⁻¹)	40	56	90
填料填充率	34.28%	34.28%	37.14%
药剂类型		30%(质量分数)NaOH	
设计药剂用量/(kg·d ⁻¹)	93.0	130.2	209.2
水洗单元			
过滤面积/m ²	9.0	12.0	20.0
空塔风速/(m·s ⁻¹)	0.62	0.65	0.63
填料停留时间/s	2.43	2.31	2.40
填料体积/m ³	13.5	18.0	30.0
液气比/(L·m ⁻³)		2.0	
循环水量/(m ³ ·h ⁻¹)	40	56	90
每日用水量/m ³	10.0	13.5	22.0

(续表2)

项目		预处理除臭装置	事故池除臭装置	生反池除臭装置 ¹
生物除臭单元	过滤面积/m ²	54.0	76.0	120.0
	空塔风速/(m·s ⁻¹)		0.1	
	填料停留时间/s		20.0	
	填料体积/m ³	108.0	152.0	240.0
	H ₂ S 设计负荷/(g·m ⁻³ ·h ⁻¹)	5.55	5.53	5.63
	每日散水量/m ³	54.0	76.0	120.0
	每次散水时间/min		1.8	
	散水频率		1 h/次	
	活性炭处理单元	过滤面积/m ²	10.5	15.0
填料高度 ² /m		2.2	2.2	2.3
填料停留时间/s		4.16	4.16	4.14
填料体积/m ³		23.1	33.0	51.8
比表面积/(m ² ·g ⁻¹)			≥1 000	
填充密度/(g·cm ⁻³)			0.48	
总尺寸/m ³		56	80	120

注:¹—生物反应池分为2组,此处为其中一组参数;²—填料分为高度相同的2层布置。

4 异味精确控制系统

4.1 异味精确控制系统原理

异味精确控制系统由异味在线监测仪表和异味控制系统两部分组成,通过高精度、实时在线的H₂S、NH₃、VOCs和臭气浓度监测,对除臭系统排放口的臭气浓度、除臭设备运行效果等数据进行实时监测。以这些监测数据为基础,通过异味控制系统的前馈或反馈控制实现除臭设备的自主调试和运行参数的实时调控,实现异味控制智能化,解决除臭系统在进出口污染物浓度波动、系统工况异常、设备故障运维过程中无法及时调控导致排放口浓度超标、能耗浪费严重的问题。

4.2 异味精确控制系统设计

本项目异味精确控制系统采用就地反馈控制的方式对除臭系统运行参数进行自主调整控制。本项目中异味在线监测设备安装在预处理排放口的位置,所采用的检测项包含臭气、H₂S、NH₃、VOCs,监测点位的变换依据排放口臭气浓度值范围,通过进

气阀门切换实现。稳定运行情况下,异味在线监测设备监测除臭系统排放口的各项污染物浓度,当臭气值超过所设置的报警值时,异味在线监测设备监测点位切换为生物塔出口。同时,本项目在除臭系统总进口处设置了H₂S、NH₃在线监测仪表,用以监测除臭系统总进口的污染物浓度变化情况。

以异味在线监测设备监测到的异味排放数据波动情况及其他现场设备的实时运行数据为基础,由异味控制反馈系统对采集到的数据进行逻辑判断处理,自主调整除臭系统风机运行频率、喷淋量、加药量等各项运行参数,寻找最佳运行状态,完全由系统完成除臭设备运行参数的自主优化调试及运行过程管理。异味精确控制系统控制逻辑共分为调试阶段和常态化运行阶段两部分,控制逻辑简图分别如图3和图4所示。异味精确控制系统运行过程中针对臭气浓度设置了标准值和预警值,依据排放标准要求,臭气浓度标准值设置为600(无量纲),预警值设置为400(无量纲),异味精确控制系统依据排放气

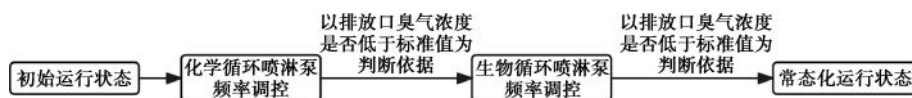


图3 异味精确控制系统调试运行模式运行控制逻辑

Fig. 3 Control Logic for Commissioning and Operation Mode of the Odor Precise Control System

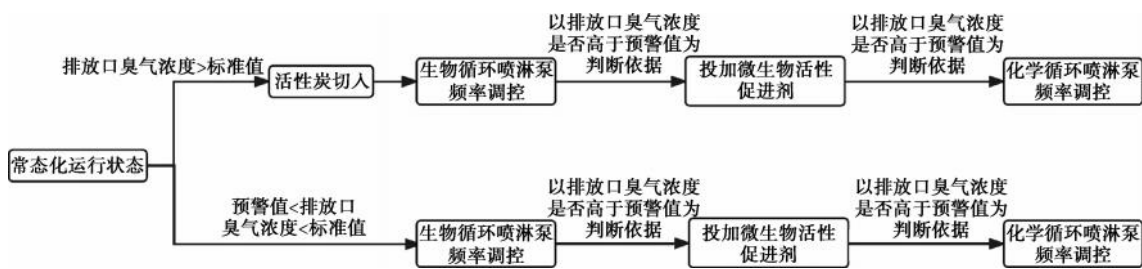


图 4 异味精确控制系统常态化运行模式运行控制逻辑

Fig. 4 Control Logic for Normalized Operation Mode of the Odor Precise Control System

体不同的臭气浓度范围执行相应的调控措施。

其中,标准值 600(无量纲)为上海市地方标准《城镇污水处理厂大气污染物排放标准》(DB31/982—2016)中排气筒臭气浓度排放限值,预警值设置略低于标准值。当监测到除臭系统排放口臭气浓度介于预警值和标准值之间时,异味精确控制系统即可介入调控运行参数,在不使用活性炭设备的情况下达到及时控制排放口污染物浓度的目的,将臭气浓度控制在预警值以下,防止排放口超标。除臭系统日常运行过程中活性炭设备处于备用状态,而当臭气浓度直接超过标准值时,则须先将活性炭设备切入运行,在保证排放口达标排放的前提下对除臭系统运行参数进行后续调控。而在这 2 个运行阶段中,风机始终依照固定的风机运行调节模式进行调控,以系统风速为判断依据进行调频。

异味精确控制系统运行过程中将风机、化学循环喷淋泵、生物循环喷淋泵设置了不同的调节档位。风机运行频率共设为 5 档,分别为 N1、N2、N21、N3、N31,其中,N1 档为初始档位 50 Hz,N2 为 40 Hz,N21 为 45 Hz,N3 为 30 Hz,N31 为 35 Hz,风机运行控制逻辑中作为判断依据的风速需根据实际情况进行调整。化学循环喷淋泵运行频率共设为 3 档,分别为 K1、K2、K3,其中,K1 档为初始档位 50 Hz,K2 为 40 Hz,K3 为 30 Hz。生物循环喷淋泵共设为 3 档,分别为 V1、V2、V3,其中,V1 档为初始档位 50 Hz,V2 为 40 Hz,V3 为 30 Hz。除臭系统运行调试初始状态以设计值运行。

5 除臭系统运行效果

图 5 展示了 4 月 21 日—6 月 24 日恶臭污染物浓度监测结果,包括除臭系统进出口 H_2S 质量浓度变化及 H_2S 去除率变化情况、除臭系统进出口 NH_3 质量浓度变化及 NH_3 去除率变化情况、除臭系统出

口臭气浓度变化情况。

项目设计时,依据城镇污水处理厂同类项目设计经验,预处理区除臭系统进口 H_2S 设计质量浓度为 $4\sim 60\text{ mg/m}^3$,进口臭气浓度设计为 $5\ 000\sim 8\ 000$ (无量纲)。实际运行过程中经现场检测发现,除 NH_3 外,各项污染物进口浓度均远超除臭系统设计处理能力,进口 H_2S 质量浓度为 $40\sim 156\text{ mg/m}^3$,臭气浓度在 $17\ 000\sim 130\ 317$ (无量纲), CH_3SH 质量浓度 $>80\text{ mg/m}^3$,进口 H_2S 质量浓度远超仪表量程。

除臭系统设计过程中,各项设计参数留有一定的余量,在实际运行过程中,为应对较高的进口污染物浓度,化学循环泵及生物循环泵实际运行时均按照设计值运行,即满负荷运转,以达到除臭系统的最大处理能力,使得出口各项污染物能够实现达标排放。此外,生物段还添加了微生物活性促进剂以提高其处理能力。

由图 5 可知,初期除臭系统出口恶臭污染物浓度波动范围较大,进入稳定运行期后,各项污染物排放浓度均较为稳定。 NH_3 进出口质量浓度均较低,仅为 $0\sim 4\text{ mg/m}^3$,出口 NH_3 质量浓度稳定低于 0.7 mg/m^3 。出口 H_2S 质量浓度低于 0.4 mg/m^3 ,偶尔出现较大波动可能是进口 H_2S 质量浓度突然大幅度升高,对除臭系统造成了一定程度的冲击,导致出口 H_2S 质量浓度升高。出口臭气浓度相对较为稳定,在 $100\sim 500$,偶有异常进口工况导致的超过 1 000 的较大波动,但能够在较短时间内回落稳定至低于 400。除臭系统能够保持较为稳定的达标排放。

6 除臭系统运行成本

调试周期后,除臭系统进入稳定运行状态,预处理区除臭系统化学段 30%(质量分数) NaOH 药剂用量如表 3 所示。

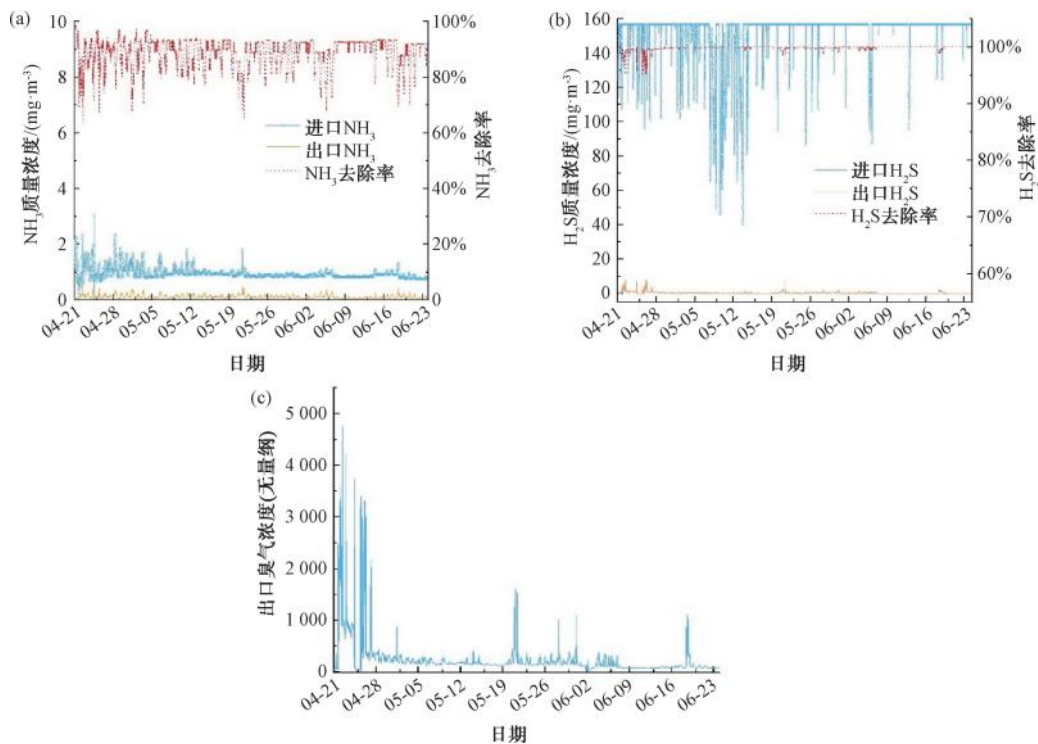


图 5 除臭系统进出口(a) NH₃ 质量浓度及去除率;(b) H₂S 质量浓度及去除率及(c) 出口臭气浓度

Fig. 5 Inlet and Outlet of Deodorization System (a) NH₃ Mass Concentration and Removal Rates; (b) H₂S Mass Concentration and Removal Rates; and (c) Outlet Odor Concentration

表 3 除臭系统化学段药剂用量情况

Tab. 3 Chemical Dosages in Chemical Section of the Deodorization System

项目	数值
风量/(m ³ ·h ⁻¹)	20 000
进口 H ₂ S 质量浓度/(mg·L ⁻¹)	200
出口 H ₂ S 质量浓度/(mg·L ⁻¹)	140
去除率	30%
NaOH 用量/(kg·d ⁻¹)	622
药剂费/(元·d ⁻¹)	877.5

各项电气设备设计及实际运行参数对比如表 4 所示。由于进口污染物浓度远高于设计值,为保证系统达标排放,除臭系统化学循环泵及生物循环泵运行过程中均满负荷运行,风机变频运行。

表 4 各项电气设备设计及实际运行参数

Tab. 4 Design and Actual Operation Parameters of Various Electrical Equipments

项目	风机	化学循环泵	生物循环泵
设计运行频率/Hz	50	50	50
实际运行频率/Hz	40	50	50

风机运行频率由设计值 50 Hz 降至 40 Hz,运行功率由额定功率 37.0 kW 降至 18.9 kW,电费按 0.8 元/(kW·h)计算,则风机电费为 362.9 元/d;工业 30%(质量分数) NaOH 按 1 500 元/t 计算,则药剂费为 877.5 元/d;除臭系统用水为厂区中水,故不计入运行成本,因此除臭系统运行总成本为 1 240.4 元/d。相同时间内,仅调节风机变频,除臭系统常态化运行条件下耗电量较设计值降低 434.4(kW·h)/d,节约 48.8% 风机运行成本降低 347.5 元/d。依据 2022 年全国电力平均二氧化碳排放因子计为 0.536 6 kg CO₂/(kW·h),耗电节能实现的碳减排量达 84.9 t CO₂/a。

7 结论

(1) 上海某 20 万 m³/d 污水处理厂采用了“化学洗涤+生物滤池+活性炭吸附”三级联用的除臭工艺,对高负荷臭气(H₂S、NH₃、臭气)的综合去除率>95%,耐受浓度波动能力显著,出口臭气浓度稳定在 400 以下,优于 DB31/ 982—2016 标准。

(2) 基于实时监测的异味精确控制系统,通过调频风机(40 Hz)、调节喷淋/加药量,降低系统能

耗 48.8%, 风机运行成本降低 347.5 元/d, 年碳减排 84.9 t CO₂, 实现了污水处理厂臭气治理的高效低碳运行。

参考文献

- [1] 贾体沛, 王灿, 张亮, 等. 城镇污水处理厂生物除臭技术的关键影响因素及案例分析[J]. 环境工程学报, 2022, 16(4): 1074-1082.
Jia T P, Wang C, Zhang L, et al. Key influencing factors and case analysis of biological deodorization technology in urban wastewater treatment plants [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2022, 16(4): 1074-1082.
- [2] 董磊, 张欣, 苏晗辰, 等. 大型污水处理厂恶臭气体成分及来源的现场实测研究[J]. 给水排水, 2022, 48(6): 35-42.
Dong L, Zhang X, Su H C, et al. Investigation on the types and concentrations of malodorous gases emitted from wastewater treatment plants[J]. Water & Wastewater Engineering, 2022, 48(6): 35-42.
- [3] 唐小东, 王伯光, 赵德骏, 等. 城市污水处理厂的挥发性恶臭有机物组成及来源[J]. 中国环境科学, 2011, 31(4): 576-583.
Tang X D, Wang B G, Zhao D J, et al. Sources and components of MVOC from a municipal sewage treatment plant in Guangzhou [J]. China Environmental Science, 2011, 31(4): 576-583.
- [4] 高松, 焦正, 吴克食, 等. 恶臭气体监测技术研究进展[J]. 自然杂志, 2025, 47(2): 85-94.
Gao S, Jiao Z, Wu K S, et al. Research progress on odor gas monitoring technologies [J]. Chinese Journal of Nature, 2025, 47(2): 85-94.
- [5] 王亘, 翟增秀, 耿静, 等. 40 种典型恶臭物质嗅阈值测定 [J]. 安全与环境学报, 2015, 15(6): 348-351.
Wang G, Zhai Z X, Geng J, et al. Testing and determination of the olfactory thresholds of the 40 kinds of typical malodorous substances [J]. Journal of Safety and Environment, 2015, 15(6): 348-351.
- [6] 张伟军, 戴巧芸, 杨晓芳, 等. 污水处理厂污泥处理处置过程中的恶臭污染特征与恶臭物质减排控制措施 [J]. 环境工程学报, 2023, 17(2): 351-367.
Zhang W J, Dai Q Y, Yang X F, et al. Odor characteristics of wastewater treatment plant sludge during treatment and disposal and emission reduction control measures: A short review [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2023, 17(2): 351-367.
- [7] 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 Y F, Du J, Zhang X. Development status and key technology analysis of underground wastewater treatment plants (UWWTPs) at home [J]. Water Purification Technology, 2021, 40(10): 101-106, 117.
- [8] 戴晓虎, 杭世珺, 罗臻, 等. 污泥炭化工艺环境影响及产物资源化利用分析 [J]. 给水排水, 2023, 49(12): 21-29.
Dai X H, Hang S J, Luo Z, et al. Analysis on resource utilization and environmental impact of sludge carbonization technology [J]. Water & Wastewater Engineering, 2023, 49(12): 21-29.