

# 煤制油企业污水站恶臭异味 VOCs 废气处理研究

王永仪, 张明祥, 宿兵杰

(青岛金海晟环保设备有限公司, 山东 青岛 266042)

**摘要:**为了解决煤制油污水站挥发的恶臭异味 VOCs 废气污染,通过对各开口的浓度较高的污水池如隔油池、气浮池、气化废水预处理池、综合调节池、水解酸化池、中间沉淀池进行密闭,密闭方式根据各处理池的情况采用玻璃钢拱形盖板、膜结构等方式,设置玻璃钢通风管道进行收集,并集中进行预洗-生物滴滤-活性炭保安吸附处理,最后经 15 m 高排气筒达标排放。投用后经实际测量,废气排放达到设计要求,满足国家大气污染物排放标准。

**关键词:**煤制油;污水站;恶臭;VOCs

中图分类号:X701

文献标志码:A

文章编号:1006-6772(2019)06-0039-04

## Study on odorous VOCs treatment from wastewater treatment plant for coal liquefaction enterprises

WANG Yongyi, ZHANG Mingxiang, SU Bingjie

(Qingdao Goldhisun Environment Protection Equipment Co., Ltd., Qingdao 266042, China)

**Abstract:** In order to control odorous VOCs air emission from wastewater treatment plant for coal liquefaction project, the sewage tanks with high concentration at each openings such as the oil separator, floatation tank, coal gasification wastewater pretreatment tank, equalization tank, hydrolysis-acidification tank, Intermediate sedimentation tank were sealed. According to the conditions of each treatment tank, the FRP arched plate and framed structure membrane cover were adopted. The waste gas was collected and transported with FRP ventilation pipeline, and treated through prewashing-biotrickling filter-granular activated carbon adsorption in sequence and finally discharged through 15 m high exhaust funnel. The results show that after treatment the offgas meets the design requirements and the national air pollutant emission standard.

**Key words:** coal liquefaction; wastewater treatment plant; odor; VOCs

## 0 引言

由于我国富煤贫油少气的资源禀赋,使煤化工产业快速发展<sup>[1-4]</sup>。但煤化工企业在造气、变换、净化、合成、精制等过程中,会产生大量含有易挥发气态污染物的污水,其在储存、输送、处理过程中易挥发,且水处理过程的厌氧缺氧处理工序中,会生成硫化氢、低分子脂肪酸等挥发性气体。废气主要由甲醇、杂醇、醚类、氨气和硫化氢等组成,可分为:①含硫化合物,如 H<sub>2</sub>S、硫醇类、硫醚类;②含氮化合物,如胺类、酰胺、吡啶类;③卤素及衍生物,如氯气、卤代烃;④烃类,如烷烃、烯烃、炔烃、芳香烃;⑤含氧

有机物,如醇、酚、醛、酮、有机酸等。其中无机物 H<sub>2</sub>S、NH<sub>3</sub> 以及有机物三甲胺、甲硫醇、甲硫醚、二甲二硫等属于恶臭气体,其对人体健康危害较大,因此必须对污水池进行密闭收集处理<sup>[5-8]</sup>。

某现代煤化工煤制油企业位于山西,承担“高硫煤清洁利用油化电热一体化示范项目”,该项目以当地自产高硫煤为原料,配套每年 100 万 t 的煤炭间接液化生产线和每年 80 万 t 的钴基费托合成粗油品加工装置,采用国际先进技术集成耦合,实现煤炭的清洁高效利用,生产高端蜡、无芳溶剂、特种燃料、高档润滑油、专属化学品等五大类 54 种高端精细化学品及 115 MW 余热发电。根据厂区整体规

收稿日期:2019-10-15;责任编辑:张晓宁 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.19101522

作者简介:王永仪(1965—),男,山东临沂人,高级工程师,博士,主要研究方向为恶臭异味 VOCs 治理。E-mail:wangyongyi@87718881.com

引用格式:王永仪,张明祥,宿兵杰.煤制油企业污水站恶臭异味 VOCs 废气处理研究[J].洁净煤技术,2019,25(6):39-42.

WANG Yongyi, Zhang Mingxiang, SU Bingjie. Study on odorous VOCs treatment from wastewater treatment plant for coal-liquefaction enterprises[J]. Clean Coal Technology, 2019, 25(6): 39-42.



移动阅读

划,污水全面收集、集中处理,就近回用。新建的1 000 m<sup>3</sup>/h 污水处理装置主要处理气化装置、合成装置、生活污水、初期雨水及其他工艺装置排放的生产污水。在污水处理过程中,各处理单元如隔油调节池、气浮池、气化预处理、生活污水调节池、综合调节池、水解酸化池、中沉池及污泥池、事故池等在预处理、废水暂存过程中产生硫化氢、甲硫醇、氨气及其他挥发性有机物(VOCs)等恶臭气体,对环境产生不良影响。为改善环境,将各处理单元产生的废气进行集中收集,经生物除臭设备处理后达标排放。

煤化工企业恶臭异味 VOCs 废气的处理方式根据废气成分、浓度、气量而定,对于成品罐、中间产品罐区的呼吸阀尾气可使用冷凝法回收物料;对于工艺过程排出的废气(如低温甲醇洗尾气),若浓度较高、热值足够,可采用直燃法、蓄热式燃烧法等处理;污水站产生的臭气具有气量大、浓度低、成分复杂等特点,适于采用生物法为主的净化工艺<sup>[9-16]</sup>。

生物法处理的原理是利用悬浮在液体中的或附着在填料上的微生物代谢活动降解有机物,气体中的污染物首先克服气膜阻力和液膜阻力传质转移到生物表面,被微生物扑获,通过生物酶作用,在常温常压下被空气中的 O<sub>2</sub> 氧化为 CO<sub>2</sub> 和水,有机物中的硫转化为硫酸根,氮转化为硝酸根,有机物氧化产生的能量维持微生物的代谢,并实现微生物的增殖。生物法适用于低浓度且易于生物降解的水溶性较高的成分(如氨气、硫化氢、硫醇、硫醚系恶臭物质、三苯类芳香烃、醇醛酮酸酚等含氧有机物)<sup>[17-21]</sup>。对于部分难降解、难溶性的废气成分,生物法去除率较低,可采用吸附方法进行深度处理,吸附饱和后采用升温脱附的方式再生<sup>[22]</sup>。

## 1 废气的密闭收集与输送

本文臭气主要来自隔油调节池、气浮池、气化预处理、生活污水调节池、综合调节池、水解酸化池、中沉池及污泥池、事故池。根据池子跨度和结构特点,水解酸化池采用玻璃钢拱盖结构密闭,其他池子采用反吊膜结构密闭,由于中沉池设有周边传动刮泥机,故采用随转式加盖,整体盖可与刮泥机一起转动,加盖后的气量主要按照换气次数法计算,计算结果见表1。考虑管道漏气量等损失及一定的设计余量,各区域臭气处理量设计值分别为:区域144 000 m<sup>3</sup>/h;区域316 000 m<sup>3</sup>/h,区域1与区域3合并为一套装置,总设计气量为60 000 m<sup>3</sup>/h。

臭气风管输送系统采用玻璃钢螺旋缠绕风管,设计风速,对于支管为3~5 m/s、干管为5~9 m/s、

表1 恶臭气体气量计算

Table 1 Calculation of odor gas volume

区域	池体名称	加盖体 积/m <sup>3</sup>	超高部 分体积/ m <sup>3</sup>	总体积/ m <sup>3</sup>	换气 次数	气量/ (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )
	气化预处理	1 098	456	1 554	3	4 662
	两级气浮池	1 411	454	1 865	3	5 596
	水解酸化池	2 630	1 125	3 755	3	11 265
	中沉池及 污泥池	1 320	491	1 811	3	5 433
区域1	中沉污泥池 (带盖)		30	30	3	90
	生活污水 调节池		375	375	3	1 125
	综合调节池	4 020	1 800	5 820	2	11 640
	合计					39 811
	隔油调节池	0	1 093	1 093	3	3 280
区域3	事故池	2 010	4 020	6 030	2	12 060
	合计					15 340

主管为9~12 m/s。考虑到排放冷凝水的要求,在最低点设有凝结水排放管。对各个支管进行阻力计算,使每个支管的阻力差在15%之内。

## 2 废气净化工艺设计

本研究的废气水溶性和生物降解性较好,因此采用生物滴滤除臭工艺为主的处理方法。除臭工艺采用预处理段(水洗段)+生物滴滤段+活性炭吸附段(配蒸汽再生)+15 m 排气筒排放,且均需配置污泥驯化反应箱及搅拌设备,间歇投加,污泥取自厂区生化污泥,需设管道和水泵输送系统。水洗段可去除油气、颗粒物,调节温湿度,必要时调节 pH 值;生物滴滤段充填生物填料,其上附着微生物,通过微生物作用去除易于生物降解的废气成分;保安吸附段,去除难降解组分。

表2为VOCs 废弃处理主要设计参数。

### 2.1 设备本体

1)生物除臭主体设备采用固定箱式结构,其本体结构采用碳钢骨架,外表面采用不锈钢304,内部玻璃钢防腐,设备壳体采用聚胺酯保温;设备箱体具有足够强度和刚度,包括玻璃钢内胆+碳钢骨架(3道环氧树脂+2道纤维0.2 mm布)+50 mm 保温+不锈钢304外壳,同时具有良好的防腐性能。设备外

表2 煤化工污水站恶臭异味 VOCs 废气处理主要设计参数

Table 2 Main design parameters of odorous VOCs waste gas treatment from coal liquefaction wastewater treatment station

	空塔流速/ ( $m \cdot s^{-1}$ )	停留时 间/s	填料高 度/m	液气比/ ( $L \cdot m^{-3}$ )
预洗段	<0.80	>4	<3	1.5~3.0
生物滴滤段	<0.14	>15	<3	1.5~3.0
吸附段(颗粒炭)	<0.60	>3	<3	

形美观,可24 h连续运行,设计寿命15a以上。设备的外表面满足室外露天工作环境,顶部加带有排气孔的顶盖。设备内部生物填料下方的布气空间和生物填料上方的维修空间高度保证不易堵塞、易清理,方便设备的维护。

主体设备玻璃钢需达到的标准:设备外表面具备均匀的胶衣层,表面光滑,无裂纹,色泽均匀;玻璃钢构件的树脂含量为富树脂层在70%以上,结构层为45%~55%。除臭生物滤池内部的填料承托层采用玻璃钢格栅板,填料承托层保证具有足够的刚度、强度及良好的耐腐蚀性。承托层及支撑的强度除考虑填料质量外,还需考虑填料生长生物膜、持有水分等因素。玻璃钢格栅板(FRP)的厚度>30 mm,确保主体设备的使用寿命大于15 a。

2) 填料应有足够的机械强度和优良的稳定性,填料层的压力损失不大于2 kPa;填料使用寿命大于10 a,10 a内不需进行填料部分或全部更换或补充。

3) 生物处理器中微生物应为混合微生物,能处理含有多种成分的复杂臭气;微生物的驯化时间不大于10 d,废气处理系统设置加热器,采用蒸汽对循环水加热方式,循环水给气体和填料传热,保持设备内温度维持在微生物正常生长温度范围内。

4) 喷淋装置由管道、喷嘴、循环泵、循环水箱等构成,进入壳体内部的部分和各阀门的主要部位采用耐腐蚀材质,洒水喷嘴在设置时,需考虑均匀洒水问题,采用不易堵塞、维护管理方便的喷嘴。

5) 进出风口处分别设有进气来样口和净化后排出气体采样口,方便取样和相关检测。

6) 除臭装置预处理底部、滤油底部应设排水系统,滤池顶部应设有喷淋系统,根据需要适时对填料进行喷淋,以保证微生物有适宜的工作环境。

7) 在储水槽内设置自动补水、溢水水封装置及放空、排污装置。

## 2.2 电气仪表

1) 除臭装置臭气进出口管路上配置温度、风量、风压、压差、硫化氢、氨气、pH计等在线监测及分

析仪表。除臭装置中生物处理器内应设置温度、湿度、pH计等在线监测及分析仪表。

2) 电控柜为控制处理系统除臭装置的运行,主要控制自动报警、臭气浓度监控、预处理、喷淋系统、离心风机、循环水泵等的单独运行或自动运行。

3) 电控柜的结构为露天自立型,带有遮阳棚,对风机泵均能变频调节,彩色触摸屏显示,其他方面根据电气工程要求进行。各机器的状态表示、故障信号要求可统一或单独输出到外部。

4) 排气筒应有防雷接地措施,以保障安全。

## 2.3 平面布置

根据厂区规划,除臭装置位于综合调节池一侧,供水供电供汽交通方便。除臭装置区占地为34 m×15 m,平面布置如图1所示。

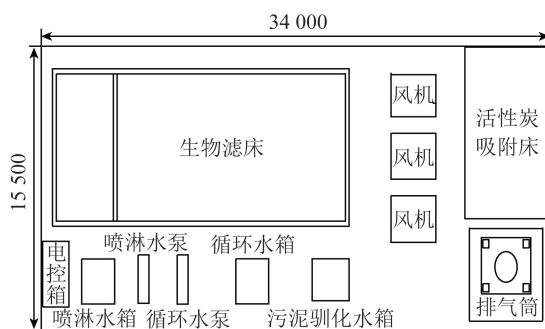


图1 煤化工污水站恶臭异味 VOCs 废气处理设备平面布置  
Fig.1 Equipment layout of odorous VOCs waste gas treatment from coal liquefaction wastewater treatment station

## 3 煤化工企业恶臭治理设施运行效果

各池子气体检测结果见表3。经净化装置处理后,排气筒的排放气体指标满足国家排放标准。

表3 VOCs 废气处理中各池子的气体检测结果

Table 3 Gas detection results of tank in VOCs waste gas treatment

检测位置	$NH_3/10^{-6}$	$H_2S/10^{-6}$	$VOC(PID法)/10^{-6}$
气化调节池	100+(超量程)	0	12
气化预处理池	50	0	12
一级气浮	25	1.1	104
二级气浮	24	0	74
隔油调节池	3	0	859
综合调节池	4	0	2
水解酸化池	2	0	8
中沉池1	3	0	1
中沉池2	4	0	2
生活污水调节池	0	0	2

注:以上数据采用美国华瑞的的三合一仪表测量,2天测量3次,取最大值。



## 4 结 论

1) 煤化工污水站各构筑物经膜结构、玻璃钢结构密闭,效果良好。

2) 废气经玻璃钢风管收集到处理装置区进行预洗—生物滴滤—活性炭保安吸附—15 m 高空排放,经检测,排放废气的指标完全达标排放。

## 参考文献 (References):

- [1] 杨芊,颜丙磊,杨帅. 现代煤化工“十三五”中期发展情况分析[J]. 中国煤炭,2019,45(7):77-83,93.  
YANG Qian, YAN Binglei, YANG Shuai. Development situation analysis on modern coal chemical industry in middle period of 13th Five-Year Plan[J]. China Coal, 2019, 45(7): 77-83, 93.
- [2] 王泽洋,王龙延. 煤基燃料油品特性与煤制油产业发展分析[J]. 化工进展,2019,38(7):3079-3087.  
WANG Zeyang, WANG Longyan. Analysis on characteristics of coal-based vehicle fuels and development of coal-to-liquids industry[J]. Chemical Industry and Engineering Progress, 2019, 38(7): 3079-3087.
- [3] 张鸿宇,周丽,张希良. 我国现代煤化工产业现状及政策综述[J]. 现代化工,2018,38(5):1-5.  
ZHANG Hongyu, ZHOU Li, ZHANG Xiliang. Review on status and policy of China's coal chemical industry[J]. Modern Chemical Industry, 2018, 38(5): 1-5.
- [4] 周明灿,刘伟,王照成. 煤化工发展历程及现代煤化工展望[J]. 煤化工,2018,46(3):1-6,16.  
ZHOU Mingcan, LIU Wei, WANG Zhaocheng. Development progress of coal chemical industry and prospect of modern coal chemical industry[J]. Coal Chemical Industry, 2018, 46(3): 1-6, 16.
- [5] 卢亚琴. 煤化工污水处理系统废气处理工艺浅析[J]. 化工管理,2019(21):191-192.
- [6] 彭媛媛. 关于现代煤化工项目污水处理站除臭设计的探讨[J]. 化工管理,2019(26):198-199.
- [7] 李晓宁. 煤化工企业污水处理站异味治理工艺方案设计[D]. 济南:山东大学,2018.  
LI Xiaoning. Design of odor treatment process for sewage treatment station of coal chemical enterprise [J]. Jinan: Shandong University, 2018.
- [8] 陈照运,杜晓艳. 化学洗涤吸收法在煤化工恶臭废气处理中的应用[J]. 河南化工,2015,32(9):35-37.
- [9] 李守信. 挥发性有机物污染控制工程[J]. 北京:化学工业出版社,2016.
- [10] 李长翔,田志涛,陈照运,等. 新型甲醇装置化工废水中挥发性气体的回收处理[J]. 化肥设计,2012,50(3):52-53,56.  
LI Changxiang, TIAN Zhitao, CHEN Zhaoyun, et al. Recovery and treatment for volatile gas in chemical waste water of new

- type methanol plant [J]. Chemical Fertilizer Design, 2012, 50(3):52-53,56.
- [11] 赵世荣. 煤化工行业 VOCs 治理研究:以某煤化工项目为例[J]. 内蒙古煤炭经济,2017(S2):28-29.
- [12] 刘玉炜,林兴军. 煤制天然气排放废气协同处理方案[J]. 当代化工研究,2017(12):66-68.
- [13] 崔保命. 费托合成反应脱碳尾气 VOCs 处理技术方案选择[J]. 山西化工,2018,38(4):130-131,134.  
CUI Baoming. Selection of VOCs treatment technology for decarbonization tail gas of Fischer Tropsch synthesis reaction [J]. Shanxi Chemical Industry, 2018, 38(4): 130-131, 134.
- [14] 刘永慧. 生物过滤法净化高浓度多组分 VOCs 工艺研究[D]. 大连:大连理工大学,2004.  
LIU Yonghui. Removal of VOC mixtures of high concentrations from air emission [J]. Dalian: Dalian University of Technology, 2004.
- [15] 吴丹. 生物过滤法处理 VOCs 与 NH<sub>3</sub> 混合气的性能研究[D]. 大连:大连理工大学,2007.  
WU Dan. Biofiltration for the mixtures of VOCs and NH<sub>3</sub> from air streams [J]. Dalian: Dalian University of Technology, 2007.
- [16] 王小军,徐校良,李兵,等. 生物法净化处理工业废气的研究进展[J]. 化工进展,2014,33(1):213-218.  
WANG Xiaojun, XU Xiaoliang, LI Bing, et al. Research progress of biological methods for treating and purifying industrial waste gas [J]. Chemical Industry and Engineering Progress, 2014, 33(1): 213-218.
- [17] SHERIDAN B A, CURRAN T P, DODD V A. Biofiltration of n-butylric acid for the control of odour [J]. Bioresource Technology, 2017, 89(2):199-205.
- [18] PHILLIPS John Paul. Development of innovative solutions for biological treatment of odour and VOC emissions from municipal wastewater treatment applications [J]. Proceedings of the Water Environment Federation, 2008, 11:5317-5326.
- [19] BARTHA R. Construction of a bacterial consortium for the biofiltration of benzene, toluene and xylene emissions [J]. World Journal of Microbiology & Biotechnology, 2009, 13(6):627-632.
- [20] JONES K D, MARTINEZ A, MAROO K, et al. Kinetic Evaluation of H<sub>2</sub>S and NH<sub>3</sub> biofiltration for two media used for wastewater lift station emissions [J]. Journal of the Air & Waste Management Association, 2012, 56(12):537-542.
- [21] HORT C, GRACY S, PLATEL V, et al. A comparative study of two composts as filter media for the removal of gaseous reduced sulfur compounds (RSCs) by biofiltration: Application at industrial scale [J]. Waste Management, 2013, 33(1):18-25.
- [22] 许伟,刘军利,孙康. 活性炭吸附法在挥发性有机物治理中的应用研究进展[J]. 化工进展,2016,35(4):1223-1229.  
XU Wei, LIU Junli, SUN Kang. Application progresses in the treatment of volatile organic compounds by adsorption on activated carbon [J]. Chemical Industry and Engineering Progress, 2016, 35(4): 1223-1229.