

焦化行业 VOCs 深度综合治理方案研究

李 兵^{1,2}, 何 硕², 朱文祥³, 洪小伟², 陈建军², 彭 悦², 马永亮², 李俊华²

(1. 江苏中创清源科技有限公司, 江苏 盐城 224000; 2. 清华大学 烟气多污染物控制技术与装备国家工程实验室, 北京 100084;
3. 上海环境保护有限公司, 上海 201100)

摘 要: 焦化行业作为煤化工行业的重要组成部分, 随着我国 VOCs 减排行动的持续深入推进, 焦化行业 VOCs 废气的深度综合治理势在必行。笔者简述了焦化行业 VOCs 废气的来源和组成, 以案例形式研究了焦化化产废气和焦化污水处理系统废气的适用治理技术, 明确了化产区域冷鼓、脱硫、硫铵工段废气“油洗+水洗+蒸汽加热+焦炉燃烧”治理, 粗苯工段废气“负压回收”治理、苯储槽大小呼吸及装车逸散气“深冷冷凝回收+活性炭吸附真空脱附+装车蒸汽平衡”回收技术及污水处理系统废气“酸洗+碱洗+生物滤池+焦炭吸附”治理的工艺路线。焦化 VOCs 废气的深度综合治理对于提升大气污染防治水平, 改善区域大气环境质量意义重大。

关键词: 焦化; VOCs; 深度治理; 化产; 污水处理; 负压回收; 生物过滤

中图分类号: X701 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-6772(2019)06-0032-07

Research on deep treatment and control of VOCs in coking industry

LI Bing^{1,2}, HE Shuo², ZHU Wenxiang³, HONG Xiaowei², CHEN Jianjun², PENG Yue², MA Yongliang², LI Junhua²

(1. Jiangsu Zhongchuang Qingyuan Technology Co., Ltd., Yancheng 224000, China; 2. National Engineering Laboratory for Flue Gas Pollutants Control Technology and Equipment, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 3. Shanghai Environmental Protection Co., Ltd., Shanghai 201100, China)

Abstract: Coking industry, as an important part of coal chemical industry, plays an important role in metallurgy, chemical industry and other fields. With the continuous and indepth promotion of VOCs emission reduction action in China, it has become an inevitable trend for the deep comprehensive treatment of VOCs in coking industry. In this paper, the source and composition of VOCs in coking industry was briefly described. The applicable treatment technology of waste gas from coking production and coking sewage treatment system was discussed in the form of case study. The following process route was clarified: the "oil washing + water washing + steam heating + coke oven combustion" treatment of waste gas in cold drum, desulfurization, ammonium sulfate sections of the chemical production area, the "negative pressure recovery" treatment of waste gas in crude benzene section, the "cryogenic condensation recovery + activated carbon adsorption vacuum desorption + loading steam balance" recycling technology for gas exhausted from benzene storage tank size breathing and loading, and the "acid washing + alkaline washing + biofilter + coke adsorption" treatment of waste gas from sewage treatment system. It is of great significance for improving the level of air pollution prevention and improving the quality of regional atmospheric environment by the deep comprehensive treatment of coking VOCs.

Key words: coking; VOCs; deep treatment; chemical production; wastewater treatment; negative pressure recovery; biofilter

0 引 言

随着我国经济的迅速发展以及能源消费的持续增长, 大气污染问题日益突出, 严重危害空气质量及人类健康^[1]。近年来, 随着大气污染防治行动持续深入推进, 环境空气中 PM、SO₂、NO_x、CO 四类空气

质量指标得到了有效改善, 但重点控制区域 O_{3-8h} 指标却不断凸显, 总体呈逐年上升趋势, 臭氧已成为制约我国空气质量持续改善的重要污染物^[2-3]。挥发性有机物(VOCs)作为 O₃生成的主要前体物, 实现 VOCs 有效减排已经刻不容缓^[4]。

焦化行业是煤化工行业的重要组成部分, 我国

收稿日期: 2019-10-10; 责任编辑: 张晓宁 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.19101011

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(21936005)

作者简介: 李 兵(1986—), 男, 安徽阜阳人, 助理研究员, 博士, 主要从事大气污染物排放控制研究工作。E-mail: libingnjy@163.com

引用格式: 李兵, 何硕, 朱文祥, 等. 焦化行业 VOCs 深度综合治理方案研究[J]. 洁净煤技术, 2019, 25(6): 32-38.

LI Bing, HE Shuo, ZHU Wenxiang, et al. Research on deep treatment and control of VOCs in coking industry[J]. Clean Coal Technology, 2019, 25(6): 32-38.



移动阅读

焦化工业已从焦炉煤气、焦油及粗苯中制取了 100 多种化学产品,其对国民经济的发展意义重大^[5]。而焦化生产过程中,VOCs 废气的排放问题较为突出,具有多排放源、多污染物及高毒性等特点,对环境大气的污染严重^[6-7]。针对焦化 VOCs 废气的治理,国内相关机构及企业进行了尝试和探索,负压回收工艺及燃烧工艺较为常见。李臣华^[8]、李鑫等^[9]报道利用负压回煤气管道工艺处理煤焦油、粗苯、洗油等储罐废气,焦炉燃烧工艺处理冷鼓、脱硫及硫铵工段废气,但其工艺过程未能进行精细深度化的控制,存在诸如氮气消耗量大、压力波动等问题。鉴于当前大气污染防治形势,焦化 VOCs 治理已进入深水区,其深度治理对于改善空气质量、优化大气环境具有重要意义。本文将以案列形式对焦化 VOCs 深度综合治理进行深入探讨。

1 焦化行业 VOCs 废气来源及危害

焦化 VOCs 废气排放方式多样,可分为挥发排放、蒸发排放、液位波动排放、气体夹带排放。挥发排放是 VOCs 气体在冷态下自然挥发,通过逸散点进行扩散的排放方式,其特点是气量小、温度低;蒸发排放是为保证设备内物料的流动性或物料自身为热液而产生的 VOCs 的排放,其特点是气量较大,温度高;液位波动排放是设备或槽罐在料位波动过程

中,由于料位的上升使内部气体主动排出的排放方式,其特点是气量大、排放和吸气循环出现;气体夹带排放是蒸汽或者空气在加热、输送、吹扫过程中夹带污染物的排放方式。以上 4 种排放方式并非单一出现,为 1~2 种并存,如焦油储罐自身储存热焦油,具有蒸发排放的特点,在焦油输送过程中,具有液位波动特点。

焦化 VOCs 废气主要来源于化产区域和污水处理区域。化产区域分为冷鼓工段、脱硫工段、硫铵工段、粗苯工段,在不同工段内其特征污染物有所不同、排口形式不同。冷鼓工段逸散气主要包含氨气、硫化氢、萘及少量的 VOCs,来自于焦油贮槽、氨水槽、焦油中间槽、焦油船、地下水封槽等区域,具有排气连续、浓度低及温度高等特点。脱硫/硫铵工段逸散气主要包含氨气、硫化氢和少量的 VOCs,来自于母液槽、再生槽和破泡沫槽等区域,具有排气连续、氨含量高特点。粗苯工段逸散气主要包含苯系物,来自于粗苯贮槽、贫油槽、洗油槽、地下槽和粗苯计量槽等区域,具有气量小、浓度高等特点。污水处理区域废气排放形式主要为挥发排放和气体夹带,主要污染物为苯系物、硫化氢和氨,来自于事故池、调节池、缺氧池、曝气池、污泥压滤机等区域,具有气量大、浓度低、含水高等特点。焦化 VOCs 废气排放点位及产排特征见表 1。

表 1 焦化 VOCs 废气排放点位及其排放特征

Table 1 Emission points and characteristics of coking VOCs waste gas

工段	污染点位	污染产生原因	气体排放特征
冷鼓工段	焦油储罐、焦油中间槽	蒸发排放,气体夹带(通入蒸汽保证焦油流动性)	污染物为焦油、硫化氢、氨、萘、苯系物等有机无机混合物;排气浓度低、温度高(< 80 ℃);排气连续、稳定
	氨水槽、地下水封槽	液位波动,呼吸排气	
	焦油船	蒸发排放,气体夹带	
	焦油渣出口	焦油船排出的焦油渣的无组织扩散	
脱硫工段 硫铵工段	母液槽	热料挥发	污染物为氨气、硫化氢和少量 VOCs;排气连续、稳定、常温;VOCs 浓度低、氨高
	氨水槽、事故槽	液位波动,呼吸排气	
	熔硫釜	热料挥发、出料无组织扩散	
	再生槽	气体夹带,挥发排放	
洗脱苯工段、 苯储罐及装车	结晶槽	挥发排气	污染物为粗苯类物质,具有气量波动大、浓度高、常温排放等特点
	贫油槽	热料挥发	
	粗苯储罐、洗油槽、富油槽、地下槽等 再生器放渣口 装车点	冷料液面波动、罐区物料挥发 苯渣无组织挥发 蒸汽平衡	
水处理工段	曝气池	曝气过程加快了液相的均混,气体夹带及挥发排放	污染物为苯系物、硫化氢、氨;常温、连续排放
	非曝气池	蒸发排放或挥发排放	

焦化 VOCs 废气污染物种类复杂,普遍具有易燃、易爆、易中毒等单一或多种危害,部分污染物存在刺激性、腐蚀性,甚至含有大量致癌、致畸、致突变的有害成分。另外,部分污染物从属于恶臭物质,具有极低的臭味阈值。此类废气不仅加剧了设备腐蚀,还存在诸多安全风险,严重危害区域生态环境及人类健康。

2 焦化企业 VOCs 废气排放案例

某焦化企业焦炭产能为 130 万 t/a,化产回收区域配有冷鼓工段、脱硫工段、硫铵工段、粗苯工段,具有数量繁多的生产装置及贮槽,生产过程排放大量挥发性气体。污水处理工段配置有初沉池、厌氧池、好氧池、调节池及污泥脱水间等,未进行加盖密闭收

集,大量挥发性异味气体逸散。

化产回收区域逸散气总风量约 13 500 m³/h,其中冷鼓工段废气主要污染物为氨、萘、酚等,废气放散点为 37 个,废气温度 45~75 ℃;脱硫工段和硫铵工段废气主要污染物为氨、硫化氢及氢氰酸等,废气放散点 30 个,废气温度 30~50 ℃;粗苯工段主要排放含苯废气,废气放散点 22 个,废气温度为常温;粗苯储槽及装车主要排放含苯废气,废气放散点 4 个,废气温度为常温。污水处理工段逸散的 VOCs 废气需进行密闭收集,包括对事故池、调节池、缺氧池、隔油池等的密闭,统计总密闭空间为 2 250 m³,总风量为 7 500 m³/h,污染物组成包括氨、硫化氢、苯系物、酚类及其他 VOCs 物质。某焦化企业 VOCs 废气详细参数见表 2。

表 2 某焦化企业 VOCs 废气统计

Table 2 VOCs emission statistics of a coking enterprise

工段	废气排放点位	废气组成	备注
冷鼓工段	焦油槽、机械化氨水澄清槽、焦油中间槽、冷凝液贮槽、循环氨水槽、剩余氨水槽、废液收集槽、鼓风机水封槽、电捕水封槽、水封槽	NH ₃ 、H ₂ S、HCN、萘、酚、苯、焦油等	放散点:37 个, 气量:2 000 m ³ /h, 温度:45~75 ℃
脱硫工段 硫铵工段	溶液缓冲槽、硫泡沫槽、氨水槽、地下槽、母液贮槽、结晶槽、溶液循环槽、脱硫塔液封槽、蒸氨塔焦油渣排放口、满流槽、贫液槽、事故槽、再生塔、喷射再生塔	母液酸性气、NH ₃ 、H ₂ S、HCN 等	放散点:30 个, 气量:11 000 m ³ /h, 温度:30~50 ℃
洗脱苯工段	油水分分离器、控制分离器、粗苯回流柱、洗油再生排渣口、洗苯塔底部富油槽、贫油槽、残油槽、新洗油槽、终冷器水封槽、粗苯槽、地下放空槽等	焦油、苯系物等	放散点:22 个,气量:400 m ³ /h, 温度:常温
苯储槽 及装车	粗苯装车平台、粗苯中间槽等	苯系物、重油等	放散点:4 个, 气量:200 m ³ /h, 温度:常温
污水处理 工段	事故池、调节池、缺氧池、隔油池、污泥压滤机等	NH ₃ 、H ₂ S、苯类、酚类等	放散点:10 个, 气量:7 500 m ³ /h, 温度:常温

3 焦化 VOCs 废气治理方案

焦化 VOCs 排放在化工生产型行业中最复杂,涉及工段较多,每个工段废气排放物不同。其 VOCs 废气的治理有吸收、冷凝、吸附、焚烧、生物处理和引入负压煤气系统等,近年来在化产废气治理中三级洗涤+吸附工艺(油洗+酸洗+碱洗+活性炭吸脱附)应用较普遍,但从持续性达标性及吸脱附控制,该工艺不是行业最佳解决工艺。从工艺角度,以上方法均可实现 VOCs 废气达标排放,但综合考虑效益,工艺合理性涉及运行成本和操作稳定安全等因素。因此,基于焦化 VOCs 废气各个工段来源的复杂性和特异性,考虑到综合效益,对焦化 VOCs 废气排放源

特征进行归类后进行精细化治理。

3.1 化产回收区域废气治理方案

对于焦化企业,负压煤气净化系统是焦炉化产回收必不可少的环节。因此,将具备回收条件的 VOCs 放散气引入负压煤气系统应是焦化企业优先考虑的工艺流程。同时,不具备回收条件的 VOCs 放散气送入焦炉燃烧通常也是经济有效的措施。洗脱苯工段及苯储槽、装车等 VOCs 逸散气具有污染源密闭性好、污染物回收价值高等特点,具备引入煤气负压系统的条件或采取冷凝回收工艺进行回收条件。冷鼓、脱硫、硫铵工段排气主要载气为空气,氧含量高、浓度低,回收价值较低,可考虑作为焦炉助燃风通入焦炉高温燃烧处理。

放散气引入负压煤气处理工艺的基本原理是将装置内 VOCs 放散气收集后,利用煤气净化装置鼓风机前的负压将 VOCs 放散气引入煤气净化系统中,依托煤气净化的脱氨、洗脱苯和脱硫等设备处理 VOCs。针对苯储槽大小呼吸及装车逸散气,因该排放源有瞬时性特征,在苯储槽进料或苯装车时,储罐呼吸阀或装车口苯的排放浓度瞬时急剧升高,排放量大,针对该排放源可考虑深冷冷凝回收进行资源化利用,回收 90% 以上苯。放散气引入焦炉燃烧工艺的基本原理是将装置内 VOCs 放散气收集后,与空气混合通入焦炉作为助燃空气参与燃烧,在 $>1\ 000\ ^\circ\text{C}$ 条件下, VOCs 氧化分解为无害物质净化去除。2 种方法均具有工艺简单、运行成本低及无二次污染等优点,且污染物均被有效利用。

3.2 污水处理区域废气治理方案

污水处理区域废气具有大风量、低浓度、高含水等特点,废气组分大多具有极低的臭味阈值,对污染物去除率要求较高。洗涤、光催化、吸附等方法对此类废气去除率较低,效果有限,选择生物法进行治理。生物过滤的原理为利用经驯化筛选的活性微生物在适宜的环境条件下,以废气作为碳源和能源,通

过代谢途径将挥发性物质转化为细胞物质、 CO_2 和水,从而实现挥发性废气的降解,其具有工艺简单、建造运行成本低、去除率高和无二次污染等优势。

4 焦化 VOCs 废气综合治理工艺

4.1 冷鼓、脱硫、硫铵工段废气治理工艺

焦化化产区域冷鼓、脱硫、硫铵工段废气经收集预处理后通入焦炉燃烧处理,具体采用“油洗+水洗+蒸汽加热+焦炉燃烧”工艺。冷鼓工段机械化澄清槽、焦油槽、剩余氨水槽等设备放散气与脱硫、硫铵工段脱硫再生塔、清液缓冲槽、满流槽等设备放散气经分别收集汇总后送至油洗装置脱除高沸点污染物,以避免其结晶堵塞管道,经脱油处理后的废气送入冷凝水洗装置去除水溶性物质,避免管壁的腐蚀并降低废气温度,而后废气经蒸汽加热通过引风机送至焦炉所在区域,与循环烟气混合后采用支管形式将废气连接至焦炉机侧的开闭器进入焦炉配风系统,代替部分助燃空气进入焦炉燃烧,燃烧产生的烟气进入烟气净化装置并通过烟囱排放。工艺流程如图 1 所示。

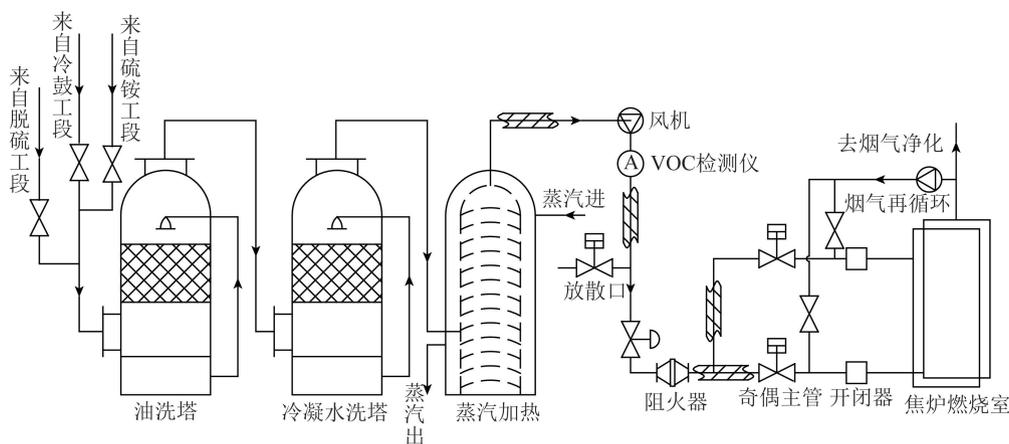


图 1 冷鼓、脱硫、硫铵工段废气治理工艺流程

Fig.1 Waste gas treatment process of cold drum, desulfurization and ammonium sulfate workshop

放散气引入焦炉燃烧技术工艺流程简单、处理效率高,工艺流程的核心问题是确保系统的安全及避免影响焦炉性能。为保证系统的安全稳定运行,采取以下措施:① 设置油洗、冷凝水洗及蒸汽加热的预处理方式,提前去除易结晶的高沸点物质并升高废气温度,高沸点物质的去除为避免其结晶堵塞管道、阀门及阻火器等系统组件,洗油洗用于吸收高沸点有机物质,冷凝水洗是为了降低废气温度,进一步冷凝去除高沸点物质并吸收水溶性物质,蒸汽加热用于提升废气整体温度防止废气持续降温引起的剩余少量高沸点物质析出,预处理后的废气设置管

道保持温度;② 逸散气通过连接焦炉开闭器的方式进入焦炉,设置 2 根废气主管,分别接入焦炉机侧奇偶编号开闭器,2 根主管分别安装切断阀并与焦炉换向系统联锁,保持废气转换与焦炉交换机同步,避免因焦炉换向引起串气风险;③ 为确保尾气进入焦炉焚烧的安全性,在焦炉前废气总管上设置挥发性有机物检测仪并连锁至紧急开闭阀,实时监测易燃易爆组分的浓度,浓度超限即放散避免引发安全事故;同时引入焦炉循环烟气至废气支管道,进一步稀释进入焦炉前废气浓度,确保系统安全运行。3 项措施可有效保证废气治理系统和焦炉系统安全稳定运行,废

气中有害成分基本可得到无害化、完全净化。

4.2 粗苯工段废气治理工艺

粗苯工段放散气采用负压回收工艺进行治理。根据槽罐设备内介质特性及其体系压力,采用氮气密封保护系统与压力自动分程调节控制放散气压力,以维持放散气低氧含量及集气管道压力平稳。

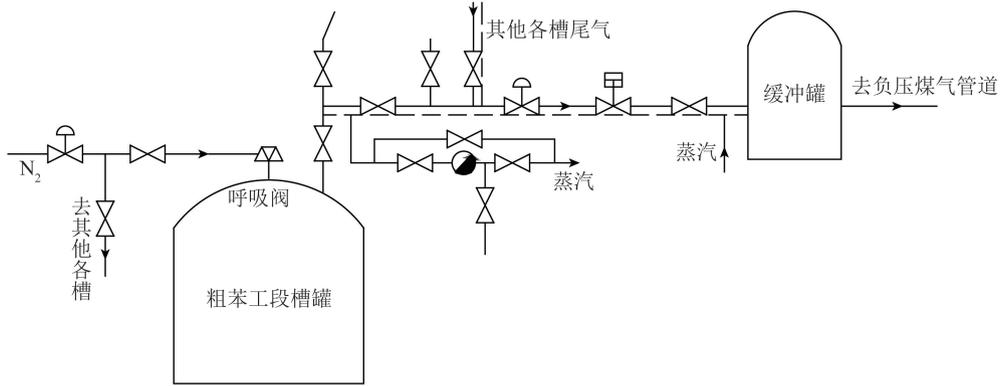


图2 粗苯工段废气治理工艺流程

Fig.2 Waste gas treatment process of crude benzene section

负压回收工艺过程简单,可实现污染物的零排放,其核心问题是确保管路系统及煤气系统的安全并避免集气管道压力剧烈波动。为实现系统安全稳定运行,采取如下措施:① 根据各槽罐设备压力体系设置压力自动分程调节系统,控制放散气压力平稳,同时设置放散气缓冲罐,用于平衡放散气总管压力,使所有逸散点的放散气均能稳定进入煤气净化系统;② 设置氮气密封保护系统,同时监测逸散气总管含氧量并联锁至切断阀,确保逸散气氧含量低于2%,避免因氧含量过高引起的煤气净化系统报警停车;③ 各槽罐集气管支管及总管设置蒸汽伴热系统,同时设置管道吹扫与放空接口,以避免芳香烃衍生物形成的聚合物和萘结晶造成的管道及系统组件的堵塞。3项措施可基本确保系统安全稳定运行,基本避免因负压回收工艺引起的安全性问题。

4.3 粗苯储罐大小呼吸及装车逸散气治理工艺

粗苯储罐大小呼吸气具有流量小、组分相对单一、浓度高等特点。对于此类组分单一、瞬时浓度高且排放不连续的 VOCs 排放源,可考虑深冷冷凝回收大部分苯逸散气。根据安托因方程计算苯在不同温度下其饱和蒸汽浓度值(表3), $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,其饱和蒸汽浓度为 130 mg/m^3 左右,可作为冷凝终点温度。整个系统通过深冷后,利用活性炭吸脱附系统将苯蒸气进行吸附处理实现达标排放,故设计深冷冷凝回收+活性炭吸脱附工艺处理储罐大小呼吸逸散气。此外,粗苯装车时利用蒸汽平衡系统实现装车逸散气回至储罐中。

氮气保护系统采用接入呼吸阀吸入管的型式,槽罐负压高时充入氮气。粗苯工段产生的放散气经微负压收集后,引入安装蒸汽伴热的收集总管,经在线含氧分析合格后送至冷鼓风机前荒煤气管道内,放散气经煤气净化系统回收其挥发性组分。工艺流程如图2所示。

表3 苯在不同温度下饱和蒸汽浓度

Table 3 Saturated steam concentration of benzene at different temperatures

温度/ $^{\circ}\text{C}$	饱和蒸汽压/ kPa	饱和蒸汽压浓度/ ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)
0	3.496 501 73	120.628 346 300
-10	1.933 436 99	66.703 043 410
-20	1.011 274 18	34.888 680 760
-30	0.496 562 52	17.131 270 240
-40	0.226 874 97	7.827 123 956
-50	0.095 440 62	3.292 675 154
-60	0.036 505 15	1.259 417 655
-70	0.012 504 91	0.431 416 282
-80	0.003 766 55	0.129 945 122
-90	0.000 975 40	0.033 651 228
-100	0.000 211 21	0.007 286 926

据此建立苯储罐废气回收系统,具体采用深冷冷凝回收+活性炭吸附真空脱附+装车蒸汽平衡的处理技术,实现本源项的 VOCs 回收后再达标排放,如图3所示。

粗苯储罐及装车废气治理工艺流程为:① 苯储罐进料时排放的废气经过接管呼吸阀呼出方向的管路,当管路上压力变送器感应到 100 Pa 时,自动开启密闭气相管路排气方向的阀门,储罐排放的油气输送到回收设备。② 从密闭气相管路输出的粗苯气,传输回收处理设备前端,压差感应器感应到管路压力 100 Pa 时,启动引风机,粗苯气依次进入冷凝单元凝结器,冷凝至 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。分段冷凝液化,余气达标进入富集(吸附)单元;一级冷凝分为 A、B 两个凝结器切换使用,是为了防止凝结器中因水蒸气/萘的物质凝结而堵塞设备。气体中易凝结物质由气体通道进入凝结器后迅速凝结,并由刮刀从凝结器表面刮除,刮下的结晶由收集槽收集,气体由收集槽上方排出,由后端工序进行处理。③ 储罐系统静止排放的粗苯气,是随气温升高罐内液态气体体积膨胀所排放的粗苯气,此时回收

设备不在运行状态,油气经过冷凝单元通道,直接进入富集单元的吸附床,粗苯组分被吸附剂吸附,空气达标。

4.4 污水处理系统废气治理工艺

污水理工段废气经加盖收集预处理后送入生物滤池净化,具体为“加盖收集+酸洗+碱洗+生物滤池+焦炭吸附”工艺。首先对污水理工段设施设备进行加盖密闭,逸散气经收集汇总后送入酸洗塔、碱洗塔去除可溶性酸碱气体并经设备自带除雾器去除气流夹带的液滴,而后废气经过预喷淋增湿以满足微生物生长需要,经增湿后的废气通入生物过滤装置,在生物过滤装置内废气中的有害组分被附着于填料表面的微生物捕获并降解为 CO_2 、 H_2O 或用于微生物生长代谢活动,对于少量疏水性较强未被微生物捕获的污染物质,最终被焦炭吸附装置吸附去除。具体工艺流程如图 4 所示。

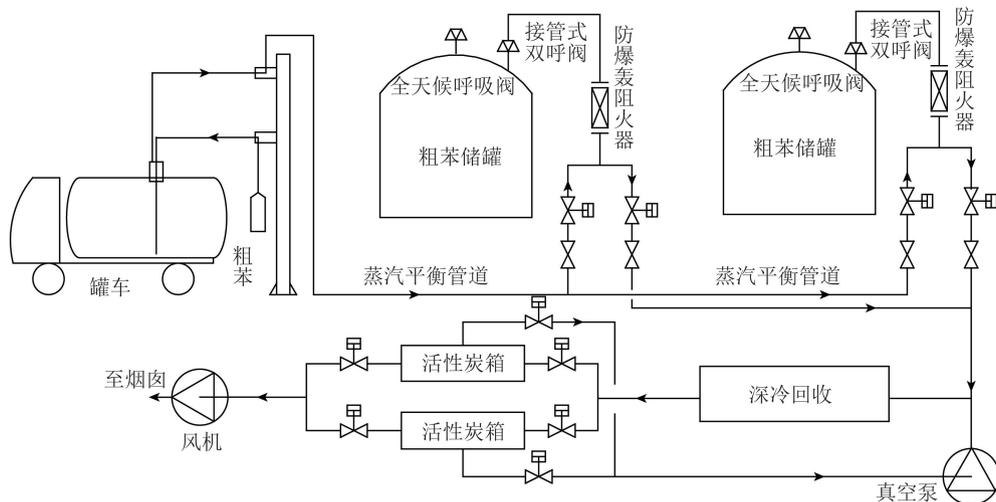


图 3 粗苯罐区和装车废气治理工艺

Fig.3 Schematic diagram of crude benzene tank farm and loading waste gas treatment process

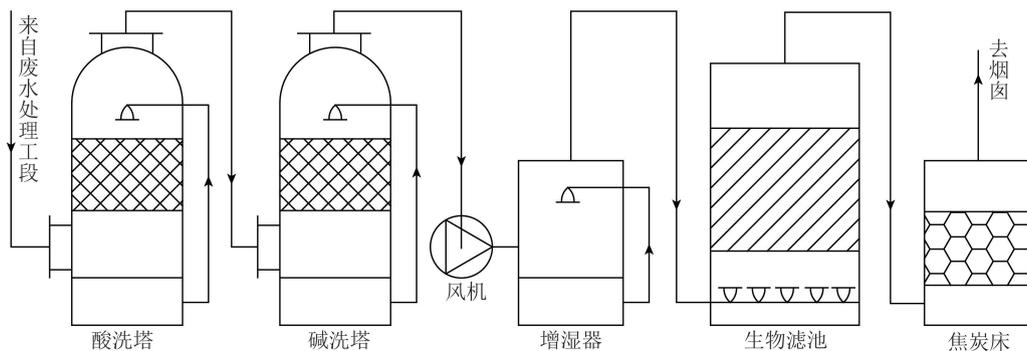


图 4 污水处理工段废气治理工艺流程

Fig.4 Waste gas treatment process of sewage treatment section

生物滤池为该工艺核心,高微生物活性可提高系统效率,为实现废气的高效去除,需配置:① 设置酸洗碱洗的预处理方式,去除酸碱物质,避免其对微生物菌群的冲击;② 增湿塔安装电加热器,用于

低温气候加热废气至微生物适宜生存温度 ($20\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$);③ 填料采用无机矿质为主、有机成分为辅的混合方式添加,避免床层压实;④ 选用火山岩、松树皮、贝壳粉等作为填料主要成分,确保填料层具备较

高的比表面积、pH 缓冲能力、保湿能力及养分保持能力。4 项措施可保障填料表面生成高密度的微生物菌群,从而使生物滤池具备高生物活性的同时具有高抗负荷及毒物冲击性能。另外,吸附饱和后的焦炭可回焦炉重新利用,基本无二次污染。总体来说,“加盖收集+酸洗+碱洗+生物滤池+焦炭吸附”工艺以酸洗、碱洗作为预处理,生物滤池作为污染物主要降解途径,焦炭吸附作为深度处理措施,可基本确保污染物安全、稳定的被完全净化。

5 结 语

焦化 VOCs 废气的排放具有复杂性,是焦化企业大气污染治理的重点和难点。本文对于焦化 VOCs 废气的治理实践进行了探讨,在后续 VOCs 治理系统实际运行过程中,均可保持安全稳定高效运行。“油洗+水洗+蒸汽加热+焦炉燃烧”和“负压回收”工艺基本可杜绝化产区域 VOCs 放散气的排放,针对苯储槽其废气排放特点,利用“深冷冷凝回收+活性炭吸附真空脱附+装车蒸汽平衡”技术实现苯的资源化利用,“酸洗+碱洗+生物滤池+焦炭吸附”工艺基本可消除污水处理系统 VOCs 废气,整个系统均可满足当前标准与政策的要求。

随着国内对环境质量要求的不断提高,特别是面对当前 O₃ 污染持续加重的形势,焦化 VOCs 的治理必将成为管控重点。伴随着管控措施与标准的日益严格,简单的洗涤工艺已无法满足焦化 VOCs 排放控制要求。焦化化产及污水处理工段 VOCs 废气的治理必然走向精细控制的道路,燃烧、负压回收、深冷冷凝及生物过滤技术可完全适应焦化废气的性

质与工况,且能较为彻底地去除其中的污染组分。综合经济、技术、安全等方面考虑,以上工艺路线可在焦化行业推广和应用。

参考文献(References):

- [1] PARK J H, GOLDSTEIN H, TIMKOVSKY J. Active atmosphere-ecosystem exchange of the vast majority of detected volatile organic compounds[J]. Science, 2013, 341: 643-647.
- [2] LU X C, LINC Q, LIW K, et al. Analysis of the adverse health effects of PM_{2.5} from 2001 to 2017 in China and the role of urbanization in aggravating the health burden[J]. Science of the Total Environment, 2019, 652: 683-695.
- [3] 生态环境部. 中国空气质量改善报告(2013—2018年)[EB/OL]. [2019-06-06]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-06/06/content_5397950.htm.
- [4] 蒋美青, 陆克定, 苏榕, 等. 我国典型城市群 O₃ 污染成因和关键 VOCs 活性解析[J]. 科学通报, 2018, 63(12): 1130-1141. JIANG Meiqing, LU Keding, SU Rong, et al. Ozone formation and key VOCs in typical Chinese city clusters[J]. Chinese Science Bulletin, 2018, 63(12): 1130-1141.
- [5] 张田海, 崔毅. 焦化行业现状及对策建议[J]. 中国科技期刊数据库: 工业 B, 2016(3): 159.
- [6] JIA J, HUANG C, CHEN C. Emission characterization and ambient chemical reactivity of volatile organic compounds (VOCs) from coking processes[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2009, 5: 905-912.
- [7] 顾兴林, 华祥, 冯江华, 等. 焦化 VOCs 治理浅析[J]. 山东化工, 2019(11): 201-204.
- [8] 李臣华, 刘纪虎, 徐明伟, 等. 焦化企业化产系统 VOCs 综合治理[J]. 山东工业技术 2019(13): 1-2.
- [9] 李鑫. 焦化厂 VOCs 的治理与浅谈[J]. 天津冶金, 2018(5): 49-52.