

VOCS 治理工艺与石蜡油回收尾气装置的优化工艺设计

李泮林 蒋武 王鹏 寇耀天

四川源之蓝环保科技有限公司

DOI:10.12238/eep.v7i1.1887

[摘要] 通过对常见VOCS治理工艺^[1]的对比以及石蜡尾气回收工艺的优化与设计,使其比常规石蜡油回收尾气的工艺更具有稳定性,其优化后的工艺尾气中溶剂的回收效率达到85%以上^[1],石蜡油通过蒸汽再生后循环利用,系统解决了“泛液”问题、尾气排放浓度偏高等现象,大大降低了石蜡油的消耗,提高了工厂的经济效益。结果表明,该工艺具有回收效率高、设备使用稳定寿命长、操作简单、运维成本低等优点。同时,此系统也可作一些高浓度有机废气(如正乙烷)等不稳定的排废有机废气的预处理系统,可有效缓解了高浓度有机废气直排对末端尾气处理系统的冲击^[5]。

[关键词] 催化CO; RCO; 直接氧化TO; 蓄热式热力氧化RTO; 石蜡油; 吸收塔; 解析塔; 微负压; 回收工艺

中图分类号: TF741.33 文献标识码: A

Optimization process design of VOCS treatment technology and paraffin oil recovery exhaust gas device

Fenglin Li Wu Jiang Peng Wang Yaotian Kou

Sichuan Yuanzhilan Environmental Protection Technology Co., LTD

[Abstract] The comparison of common VOCS treatment processes^[1] and the optimization and design of the paraffin tail gas recovery process make it more stable than the conventional paraffin oil tail gas recovery process. The solvent recovery efficiency of the optimized process tail gas reaches more than 85%^[1], and the paraffin oil is recycled after steam regeneration. The system solves the problem of "flooding", the phenomenon of high concentration of exhaust gas emission, greatly reduces the consumption of paraffin oil, and improves the economic benefit of the factory. The results show that the process has the advantages of high recovery efficiency, long service life, simple operation and low operation and maintenance cost. At the same time, this system can also be used as a pre-treatment system for unstable waste organic waste gas such as high concentration organic waste gas (such as n-ethane), which can effectively alleviate the impact of direct discharge of high concentration organic waste gas on the end exhaust gas treatment system^[5].

[Key words] Catalytic CO; RCO; Direct oxidation TO; Regenerative thermal oxidation RTO; Paraffin oil; Absorption tower; Analytical tower; Slightly negative pressure; Recovery process

引言

近年来,随着我国化工、新能源锂电、食品油厂等行业的迅速发展,环保要求日益严格,大气污染特别是VOCS污染是当前较为突出的环境问题之一,工业生产过程中的产生有机污染物是其重要的来源。有机气体的来源主要是各类工业产品在生产过程中使用的有机溶剂挥发所造成。这些有机物废气,主要包括碳氢化合物、苯系物、醇类、酮类、酚类、醛类、酯类等,有的工序还有二氯甲烷等腐蚀性气体掺杂其中,甚至前端瞬时的高浓度溶剂尾气,给末端的废气治理设施带来很大的困难,因此,前端预处理显得尤为重要。常规的有机废气处理方式主要有吸附法、液体吸收法、冷凝回收法、热氧化法(TO、RTO)、催化氧化法(CO、RCO)

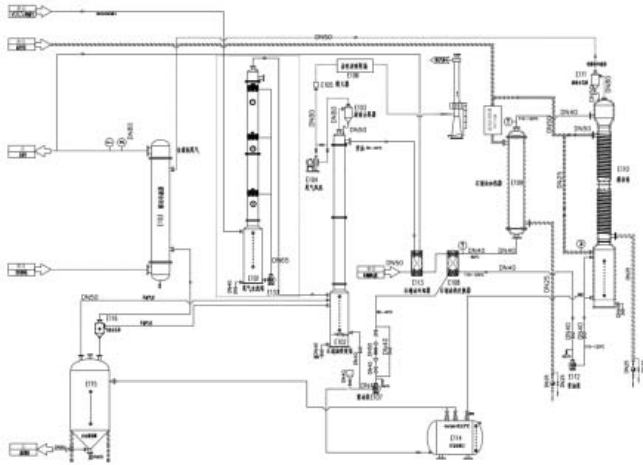
等治理工艺^[1],石蜡油尾气回收工艺属于液体吸收法中的一种工艺。文章通过对常见VOCS治理工艺的对比以及对石蜡油吸收尾气处理进行优化设计,石蜡油经蒸汽再生后循环利用,同时解决了“泛液”问题,尾气排放浓度偏高等现象,大大降低了石蜡油的消耗,提高了工厂效益及末端环保设施的处理压力。

1 常见的VOCS治理工艺对比

1.1 吸附法^[2]

吸附治理法主要是利用具有一定吸附能力的物质,比如大孔树脂、蜂窝或颗粒活性炭、活性炭纤维、蜂窝沸石、沸石转轮等具有多孔隙材料来吸附有机物成分从而达到消除环境污染的目的。

它的作用机理: 吸附材料的吸附效率, 主要取决于污染物的成分、浓度、吸附系统工艺条件(如操作温度、湿度等因素), 以及吸附剂的选择。吸附法的主要关键就在于对吸附剂的选择, 不同的工况条件, 对吸附剂的要求较高, 因为粉尘、高沸点物质、易聚合物等都对其再生带来一定的难度。吸附剂材质要求内比表面积大, 吸附效率高且具有密集分子孔隙结构, 化学性质相对稳定, 可再生利用, 对于腐蚀性环境、空气阻力等都有一定要求。



优点: 吸附效果好、可再生、系统稳定、部分脱附后高浓度溶剂可回收等优点。

缺点: 设备体积较大, 流程复杂, 活性炭脱附不干净衰减、运行费用高且有二次污染产生, 而吸附效率受入口吸附温度的影响, 再生的吸附剂还受高沸点物质、易聚合物成分的一些限制。

1.2 吸收法

吸收法主要以水、其他油性液体作为吸收剂, 通过废气与液体紧密接触有害成分被液体吸收, 从而达到排出废气净化的目的。

它的作用机理: 常规的吸收法都采用水喷淋作为预处理工艺, 也有采用物质沸点较高、饱和蒸汽压较低的其他物质(如石蜡油、煤油、柴油等作为溶剂, 使VOCs从气相状态被液体吸收, 转移到液相状态中, 再通过后端的再生设备, 对吸收液进行解吸处理, 回收其中的VOCs, 使吸收溶剂得以再生利用。在一定条件下该法不仅能消除部分气态污染物, 还能回收一些有用的溶剂物质, 它可用来处理气体流量一般为3000~15000m³/h、浓度为0.05%~0.5%(体积分数)的VOCs, 有的去除率可达到95%以上。

优点: 对小风量、常温、一定溶解浓度的VOCs比较有效, 相对投资费用低, 有些回收工艺还能将污染物转化为有用产品。

缺点: 吸收剂需要再生时, 前期投资较大, 对有机成分选择性大, 有的易出现二次污染, 在处理多种VOCs成分时, 需要选择多种不同溶剂分别进行吸收, 增加了成本与技术复杂性。

1.3 生物法

生物法的处理工艺: 洗涤法、过滤法、滴滤法、膜生物反

应器和转轮式过滤等。它主要是培养生物菌, 利用微生物的新陈代谢过程对一些有机物和某些无机物进行生物降解, 生成CO₂和H₂O, 进而有效去除工业废气中的污染物质。

优点: 设备制作及配置简单, 相对运行维护费用低, 无二次污染等优点。

缺点: 成分复杂的废气或难以降解的VOCs, 去除效果不高, 体积大和停留时间长, 选用不同的填料其降解有机废气的效果参差不齐, 生物菌对温湿度的生存条件要求高。

1.4 热氧化法

热氧化法: 热氧化法分为催化氧化法CO、蓄热氧化法RCO、直接氧化法TO和蓄热式热力氧化RTO等方式。

1.4.1 催化燃烧法CO或蓄热催化燃烧RCO:

作用机理是通过在热氧化条件下, 催化剂加速VOCs的反应速率而消除有机物废气污染物的方法, CO是有机废气在温度300~400℃和废气滞留时间在0.5s左右的条件下被催化氧化, 分解为CO₂和H₂O, 适用于一般浓度<4000mg/m³的有机废气治理, 净化效率在90%左右。对于较大风量、较低浓度的有机废气, 前端需要吸附浓缩后再配置此系统较为理想。

蓄热催化燃烧RCO系统温度常控制在400~600℃, 它是在催化氧化CO及蓄热式热力氧化RTO基础上建立起来的一项技术。RCO设备可直接应用于中高浓度(1000mg/m³~4000mg/m³)的VOCs; RCO设备也可应用于活性炭(沸石模块)吸附浓缩后, 再进行催化氧化。尾气通过风机进入RCO的切换阀, 通过切换阀将进口气体和出口气体完全分开。有机气体首先通过陶瓷蓄热材料填充层(底层)预热后, 与陶瓷蓄热体进行热交换, 其温度可以达到催化层(中层)进行催化氧化所设定的温度, 大部分的有机污染物开始氧化分解; 有机废气将继续通过加热区(上层, 可采用电加热方式或天然气加热方式)进行升温, 并维持在设定温度; 之后进入催化层完成催化氧化反应, 即反应生成CO₂和H₂O, 并释放大量的热量, 以达到预期的处理效果^[3]。

1.4.2 直接高温氧化法TO

TO/DTO主要针对高浓度废气, 氧化后分为直接换热与间接换热两种方式, 主要用于有机废气高浓度领域及烘箱供热环境, 在汽车烘箱、彩钢彩涂、制罐烘箱及涂布、喷漆行业等高浓度有机废气(高浓度、较小风量)处理领域。原理是把有机废气加热到裂解温度~760℃以上, 裂解氧化转化为无污染的气体达到净化的目的。系统设备正常运行时, 各伺服控制执行设备和元件保持稳定不变的工作状态, 例如控制阀门、风机频率、燃烧器输出功率、风量、压力等一直保持稳定, 系统运行成熟可靠, 环保净化效果稳定。

1.4.3 蓄热式热力氧化RTO装置^[4]

RTO技术目前国内外在中、低浓度废气净化领域(前端沸石转轮、蜂窝沸石固定床进行浓缩)应用较广, 如汽车/机械喷漆、化工制药、树脂、EPS、光学膜等多领域应用较为成熟, 尤其是大风量、中低浓度场合, 原理与TO原理基本相同, 只是在焚烧炉内安装了蓄热体进行热回收, 采用阀门切换气体流动方向, 依靠

蓄热体的蓄热和放热达到节能的目的。其最大的优点在于蓄热体的传热面积、传热换热能力较强,在中、低废气浓度的场合具有明显的节能效果^[4]。

2 石蜡油回收尾气装置的介绍

2.1 石蜡油

石蜡油是矿物油中的一种,它是从原油分馏中所得到的无色无味的有机混合物,主要成分为烃类,可用于食品、药品和工业。石蜡油又称晶形蜡,是碳原子数约为18~30的烃类混合物,主要组分为直链烷烃。

2.2 石蜡油吸附尾气装置的系统组成

系统主要由水洗涤塔、石蜡油吸收塔、气液捕捉分离器、阻火器、富油泵、热交换器、加热器、解析塔、贫油泵、冷却器、风机、分液装置等组成。

2.3 尾气回收工艺的流程说明

来自生产工艺前端的溶剂尾气进入水洗涤塔进行预处理后,再进入石蜡油吸收塔底部,通过塔内的填料层(填料为瓷环,为1-2层)气体中的溶剂气被石蜡油塔顶向下喷淋的液体石蜡(称为贫油)所吸收,而未吸收的尾气由石蜡油吸收塔顶部的气液分离器、阻火器后,由风机微负压抽出进入下一环节(后端可配置活性炭吸附或催化氧化CO或蓄热式热力氧化RTO等装置,具体根据排放浓度选择确定工艺)。

吸收溶剂后的石蜡油混合液(称为富油)通过填料层淋入塔的底部储油罐中。再经富油泵抽出后,经热交换器加热至80°C左右,再经富油加热器加热到110~120°C进入解析塔进行再生。解析塔其结构类似吸收塔,从其富油喷淋口处(塔顶部)直接喷入水蒸气(解决了从底部喷入,形成“液泛”问题),将富油中的溶剂进行汽提,则水蒸气与溶剂蒸汽的混合气体由解析塔塔顶排出,进入冷凝器,冷凝器通过分水装置将溶剂回收。

未被汽化的贫油淋入塔体下部的贫油储罐中,温度为110~120°C的贫油,再由储罐中贫油泵抽入热交换器,进入冷却器冷却至35~40°C,进入石蜡油吸收塔上部,如此循环^[5]。

3 石蜡油尾气回收工艺的优点

本设计主要处理工艺为:“预处理+石蜡油吸收-解析工艺”,与传统的液体吸附工艺比较具有以下几个优点:

(1)石蜡油具有较高的吸收能力,具有一定的稳定性,不会对溶剂造成腐蚀和伤害,不易对回收的溶剂造成二次污染,影响到再次的循环利用。(2)在尾气吸收过程中,石蜡油吸收塔内采用了至少两层不锈钢丝网或陶瓷拉西环填料,增大了吸收液与

吸收尾气的接触面积,提升了吸收效果和吸附效率,减少了外排废气的浓度。(3)在吸收塔及解析塔尾气排口加装了气液捕捉分离器。石蜡油的损耗的两个途径:

(1)在石蜡油吸收塔顶部被引风机吸出去,进入下一道处理流程,影响下一道工序的治理;在吸收塔上加装捕集器后,通过在线气相色谱仪测量排空的尾气中石蜡油含量,FID探测其排放浓度,以有效稳定地控制其排出尾气。(2)在解析塔顶部加装了捕集器后,不仅有效地防止了石蜡油的损耗,起到了“闪捕作用”,为溶剂(汽体)从石蜡油中挥发出来提供了充足的空间。(3)对于前端生产排出的瞬时的高浓度溶剂尾气得到高效的预处理,给末端的废气治理设施减少了很大的压力,因此,它也是一套有效的预处理装置。(4)该尾气回收系统动力采用变频、PLC自动控制,确保系统处于微负压状态。

4 结束语

通过对常见VOCs治理工艺的对比分析以及车间尾气采用石蜡回收工艺的优化设计工艺,提高了尾气中溶剂的回收效率及再生效果,减少了石蜡油的消耗,保证了系统的稳定与安全。随着吸收液工况的研究不断深入,通过对石蜡油回收尾气系统的有效设计及工艺配置,VOCs治理效果将更加高效,更加节能。当生产工序有机废气瞬时浓度较高时,通过预处理及液体吸收工艺,缓解了末端治理环保设施的压力,确保了系统的安全运行。同时,通过对常见VOCs治理工艺的对比分析,为进一步打好蓝天攻坚战有着非常重要的意义。

[参考文献]

[1]赵哲.大气污染物综合排放标准对比研究[J].广东化工,2017,44(17):148.

[2]吸附法工业有机废气治理工程技术规范:HJ2026-2013[S].2013.

[3]催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范(HJ2027-2013 2013-07-01实施)[J].化工安全与环境,2013,(21):4.

[4]蓄热燃烧法工业有机废气治理工程技术规范(发布稿):HJ1093-2020[S].2020.

[5]张根亮,张志强,冯子龙,等.浸出车间尾气石蜡回收工艺的改进[J].中国油脂,2006,31(4):37-38.

作者简介:

李泮林(1994--),男,汉族,四川省绵阳市高新区人,大专,建造师,研究方向:环境工程研究。