

干气制乙苯装置罐区油气回收设施改造方案对比分析

孟令猛 孙振飞 程雪松 (大庆炼化公司炼油生产二部乙苯作业区, 黑龙江 大庆 163000)

摘要:近年来,随着《石油炼制工业污染物排放标准》(GB31570-2015)等一系列政策法规、规范的密集出台,乙苯罐区现有油气回收设施已不符合目前的排放要求,需进行整改。2020年大庆炼化公司VOCs治理补充完善项目将乙苯罐区油气回收设施作为项目的一部分,进行立项改造。在项目的可研和基础设计阶段,乙苯罐区油气回收设施改造有三种备选方案,本文对不同改造方案的技术路线、优缺点等进行讨论、对比,并结合最终的设计方案,提出几点建议。

关键词:罐区VOCs治理;储罐油气处理方案;苯储罐油气回收

1 基本情况

大庆炼化公司10万t/a乙苯装置罐区,设有原料苯储罐、成品乙苯储罐、烃化液储罐(混苯)及丙苯储罐,共10座(其中1000m³储罐8座、200m³储罐2座)。2013年的乙苯罐区无组织废气异味治理改造,将10座储罐的通气孔密封,新增罐顶气相收集管将储罐挥发油气引入水封罐及活性炭罐,经吸附后排放。

2014年12月5日,国家环境保护部办公厅发布《石化行业挥发性有机物综合整治方案》(环发[2014]177号),要求到2017年7月1日前,全国石化行业全面完成VOCs综合整治工作,达到相关标准要求;苯、甲苯、二甲苯等危险化学品应在内浮顶罐基础上安装油气回收装置等处理设施。《石油化学工业污染物排放标准》(GB31571-2015)要求排放限值为苯 $\leq 4\text{mg}/\text{m}^3$ 、乙苯 $\leq 100\text{mg}/\text{m}^3$ 。

目前乙苯罐区依靠单纯的活性炭吸附工艺不能满足苯、乙苯油气的达标排放,已纳入2020年大庆炼化公司VOCs治理补充完善项目进行改造、整改。乙苯罐区油气回收三种改造方案为:增加油气回收撬装设施、风机输送至加热炉焚烧和风机输送至公司低瓦管网。

2 油气回收及油气处理工艺技术

2.1 油气回收工艺技术介绍

油气回收技术是指在储罐正常生产或油品装车的过程中,将呼吸损耗挥发的油品油气进行收集,通过专有的工艺技术进行处理,使油气从气态重新转变为液态油品,达到回收利用、减少油气挥发损耗、防止环境污染的目的。

油气挥发逸出的是油气和空气(或者氮气)的混合气,要实现油气回收关键技术在于如何分离油气和空气(或者氮气)。目前国内外对油气的治理已研制出吸收喷淋法、冷凝法、活性炭吸附法、膜分离法及多种方法混合工艺等回收技术。

此次乙苯罐区改造备选方案之一的“增加油气回收撬装设施”,项目采用的就是“吸收+膜分离(核心)+吸附法”组合工艺技术。

2.2 油气处理工艺技术介绍

油气处理工艺包括燃烧法、生物法、等离子法和氧

化法。燃烧法一般分为直燃(TO)、蓄热燃烧(RTO)、催化燃烧(CO)、蓄热催化燃烧(RCO)四种。

燃烧技术是一种对VOCs的彻底销毁技术,能使废气达标排放,可以作为终极把关技术,且一般适合于连续稳定的、适宜浓度的工况。

此次乙苯罐区改造的两种备选方案“风机输送至加热炉焚烧”和“风机输送至公司低瓦管网”,其实质就是通过燃烧,彻底消除储罐VOCs气体。

3 “增加油气回收撬装设施”改造方案

通过实地考察哈尔滨某石化企业苯储罐油气回收撬装设施,其技术方案和工艺流程如下。

当罐顶油气压力达到设定的高值时,油气回收设施启动;当罐顶油气压力下降到设定的低值时,油气回收设施停止工作。

苯、氮气的混合物经液环压缩机(变频)加压进入吸收塔/喷淋塔,压缩机需喷入少量的汽油起到密封和冷却的作用(利用汽油作为压缩机的密封液和吸收塔的吸收剂,回收的混合物返回汽油罐);压缩后的气体与密封液一同进入吸收塔中部,在塔内可将密封液与压缩气体分离。气态的油气在塔内由下向上流经填料层与自上而下喷淋的吸收液对流接触,吸收液会将大部分油气吸收,形成富集的油品。富集的油品包括吸收液和回收的油气,由富液泵/回液泵送回汽油储罐;剩下的苯蒸气/氮气混合物以较低的浓度经塔顶流出后进入膜分离器。

膜分离器由三组并联安装于管路上的膜组件构成。真空泵(变频)在膜的渗透侧产生真空,以提高膜分离的效率。膜分离器将苯、氮气混合物分离成含有富集烃类的和少量烃类的两种渗透流,含有富集烃类的渗透流回到压缩机入口,进行循环处理,含有少量烃类的渗透流进入变压吸附单元(PSA)进行精化处理,使得排放的苯、氮气混合物达到排放标准。

PSA由两个吸附床组成(每个床层分别串联两个活性炭吸附罐,即共有4个吸附罐),每个吸附床装填有专用吸附剂。两个吸附床按程序自动交替工作,保证系统连续运行。吸附床的再生是利用前级的真空泵实现的。

再生的气体与膜渗透气混合在一起,循环至膜法油

气回收设施 (VRU) 的压缩机入口, 与收集的排放油气相混合, 进行上述循环。

油气回收设施可利用其内部的调节回路, 控制入口处油气流量。

富液泵 / 回液泵在 VRU 撬装设施中, 贫液泵 / 供液泵设在汽油单元 (新增)。

项目油气回收系统主要由油气外网 (使用来自汽油罐区的汽油作为吸收液) 和 VRU 成套设备两部分组成, VRU 成套设备占地面积为 66m^2 , 重量 32t , 设备所在的砖混厂房东西方向长 14m , 南北方向长 9m (占地面积 126m^2)。

油气回收设施内现场仪表全部由撬装设备成套提供, 油气回收设施成套提供 PLC 控制柜 1 台, 并最终在 DCS 系统内实现集中监控与控制。

目前, 采用此种技术的油气回收撬装设施已在多家大型国企建成、投用, 且运行超过 10 年, 运行状况均良好。

4 “风机输送至加热炉焚烧”改造方案

该方案拟将储罐 VOCs 油气通过风机送至乙苯装置苯塔底重沸炉 F401 鼓风机出口, 结合加热炉 F401 实际运行情况, 主要存在如下问题: ①加热炉 F401 的环形风道上设置有 8 个快开风门, 这些风门均在环形风道上开口, 且开口处有较大缝隙 (便于风门打开), 存在一定量的泄漏。若 VOCs 气体进入加热炉风道, 会从风门开口处泄漏, 导致二次污染和火灾爆炸的安全隐患; ②当加热炉鼓风机 K402 (故障) 停机时, 加热炉 8 个快开风门连锁自动打开, 这时 VOCs 气体会从风门处泄漏, 而无法进入加热炉; ③当装置紧急停工或停工检修 (约为期 60 天) 期间, 加热炉熄火, 此时储罐油气无法得到处理, 影响环保的达标排放; ④考虑罐区气相中苯含量较高 ($1\% \sim 2\%$, V), 与鼓风机来的空气混合后可能达到爆炸极限 (苯在空气中的爆炸下限为 1.2% , V), 从而引发事故。

综上, 考虑到装置加热炉 F401 的实际工况, “风机输送至加热炉焚烧”方案不可行。

5 “风机输送至公司低瓦管网”改造方案

将现有干气制乙苯罐区尾气及乙苯装车尾气收集, 通过新增变频风机增压输送至低压火炬系统; 为了保证进入火炬的气体燃烧热值能够满足规范的要求, 在风机出口增加高压燃料气支线, 对出口气体热值进行调整 (罐区油气、燃料气按 3:2 比例混合), 使尾气进入低压火炬系统达标排放。

由于《石油化工可燃性气体排放系统设计规范》(SH 3009-2013) 中“5.3.1 c) 氧气含量大于 2% (体积分数) 的可燃性气体, 不应排入全厂可燃性气体排放系统, 应排入专用的排放系统或另行处理”之要求, 在此次改造中, 油气回收总管上增加两台在线氧浓度分析仪表, 参与风机停机连锁 (二取一)。

鉴于氧含量风机停机连锁, 为保证方案实施后, 能

够正常运行, 需要严格控制系统中的氧含量。为此, 在设计上还做的如下改造: ①改造现有 10 座储罐的氮封系统, 实现单罐单封; ②更换储罐呼吸阀, 提高呼吸阀密封性; ③对原有罐顶采用螺栓紧固方式密封的通气孔改为焊接密封, 提高严密性; ④取消、密封原罐顶检尺口, 提高储罐密封性 (增设一套储罐液位监测的外侧液位计及罐顶气相空间采样阀)。

6 结论与建议

通过对上述三种油气回收改造方案的对比分析, 可以得出以下结论。

油气回收撬装设施是 VOCs 废气处理的专用设备, 能够达到要求的处理效果和排放指标; 自动化程度高, 易于操作和调节; 改造不涉及低瓦等外管网, 对其他系统的依赖程度低, 安全性高, 可以实现长周期连续运行。但投资较高, 后期维护工作量较大, 因含有专利技术及进口设备, 维护费用较高。对于有条件的企业以及重点区域企业可以优先考虑采用油气回收撬装设施的改造方案。

风机输送至加热炉焚烧的方案, 通过直接燃烧, 虽然可以彻底消除储罐 VOCs 气体, 但由于乙苯罐区尾气量无法实现连续稳定、装置加热炉 F401 与焚烧炉差异较大, 在现有工况条件下, 该方案并不可行。

风机输送至低瓦管网方案, 工艺技术简单、设备量小, 无需专利技术和进口设备, 一次性投资较少; 后期运行维护量小, 维护费用较低; 可以彻底消除储罐 VOCs 气体, 取消了罐区废气排口。不足之处是要严格控制 VOCs 废气中的氧含量不大于 2% (V); 掺混燃料气调整热值后进入低瓦系统, 增加了低瓦系统的运行负荷; 系统的运行依赖低瓦和燃料气系统, 当外部系统停运检修时, 油气回收系统无法正常运行。在所依托的低瓦和燃料气系统可以长周期稳定运行的情况下, 可以选用该方案。

2020 年大庆炼化公司 VOCs 治理补充完善项目中, 乙苯罐区选用了“风机输送至公司低瓦管网”的改造方案。针对该方案, 装置提出几点建议: ①为保证罐区 VOCs 废气进入低压瓦斯系统的安全性, 要严格控制废气中的氧含量, 当系统内氧含量大于 2% (V) 时, 必须确保引风机连锁停机, 并将油气系统整体切换隔离; ②项目投用后, 由于进入低瓦氧含量的限制, 要保证系统的密闭性, 尽量避免储罐呼吸阀吸气和设备泄漏, 应加强日常检查和设备维护; ③在各储罐油气支线及装车油气支线上增加人工氧含量分析口, 便于各支线氧含量的日常监测; ④油气总管中氧含量大于 2% (V) 连锁停机后, 需设置氮气置换线, 便于油气置换合格后重新启动风机。

参考文献:

- [1] 苏建海. 油品储罐的蒸发损耗成因、计算及对策 [J]. 广州化工, 2009, 37(07): 169-171.