

焦化厂储罐区 VOCs 处理装置安全风险及改造研究

赵国建（冀中能源峰峰集团河北峰煤焦化有限公司，河北 邯郸 056202）

摘要：VOC 做为新投用的环保项目，管理比较薄弱，风险分析不足，现对公司 VOCs 处理装置工艺流程及 VOCs 治理中潜在的安全风险进行研究，通过对 VOCs 处置装置的改造，使其更加环保安全，便于更好的管控。

关键词：焦化厂；VOCs 处理装置；储罐区；安全改造

VOC 做为新投用的环保项目，管理比较薄弱，风险分析不足，2020 年 9 月山西晋茂能源科技有限公司发生一起 VOCs 处理装置有毒气体泄漏事故，导致 4 人急性中毒经抢救无效死亡，1 人受伤。经初步判断，泄漏气体中含硫化氢。2018 年建有一套 VOCs 装置，原 VOCs 工艺路线为：冷鼓、粗苯、硫铵、脱硫、综合罐区区域经收集后分别设有 VOC 洗涤塔，经洗涤后的尾气直接排放，原装置已达不到日益趋紧的环保标准，现对公司 VOCs 治理中潜在的安全风险进行研究，通过对 VOCs 处置装置的改造，使其更加环保安全，便于更好的管控。

1 原 VOCs 处理装置工艺流程

自冷鼓工段各储槽和设备收集到的尾气，经集气罐气液分离器后，依次进入油洗塔、酸洗塔和碱洗塔进行逆向接触洗涤。洗涤完成后，经气液分离器分离后，进入活性炭罐进行吸附。经主风机加压后通过烟囱进行排放。

自硫铵工段、脱硫工段和甲醇湿法脱硫各储槽和设备收集到的尾气，经主管道依次进入酸洗塔和碱洗塔进行逆向接触洗涤。洗涤完成后，经干式过滤器分离后，经主风机加压后通过烟囱进行排放。

自粗苯工段各储槽和设备收集到的尾气，经主管道依次进入油洗塔、酸洗塔和碱洗塔进行逆向接触洗涤。洗涤完成后，经干式过滤器分离后，经主风机加压后依次通过活性炭吸附、烟囱进行排放。

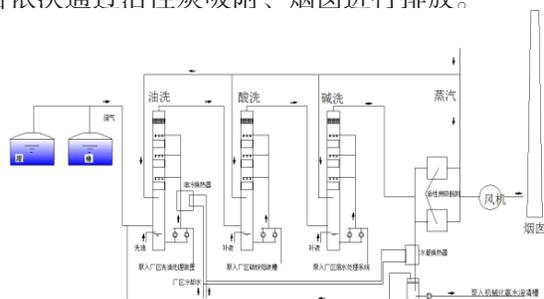


图 1 工艺流程图

2 VOCs 治理中潜在的安全风险

①油品储罐实行密闭操作，可能造成罐顶呼吸阀不能正常工作，物料储存过程中的安全风险加大；②含油污水池、污水处理系统实行封闭式管理，可能使可燃气体体积聚，易发生爆炸事故；生产车间密闭管理，可能会造成厂房内通风不畅，使逸出的气体出现积聚，易发生爆炸；③尾气集中收集，可能会使不同尾气相互发生反应或尾气串入其他储罐并与储罐中的物料发生反应，带来新的安全风险；④增设环保治理设施，往往涉及动火作业等特殊作业，如果特殊作业管理与承包商管理不到位，容易引发火灾爆炸事故；⑤尾气治理改造中忽略了按规范要求选用防爆电气设施，在爆炸危险区域选用非防爆电气，存在电气火花引发火灾事故的风险；⑥改造完成后，员工培训不到位，试生产过程可能存在新的作业风险；⑦化产车间冷鼓工段、粗苯工段、硫铵工段、罐区各单独设立一套 VOCs 处理装置经洗涤塔处理后，尾气经各自烟囱对空进行排放，此工艺不利于环保。

为解决尾气对空排放的问题，对 VOCs 处理装置进行改造，各烟囱排放口不再对空直接排放，而是通过管道至焦炉回炉煤气进行燃烧。

3 落实好改造中的风险管控措施

①加强尾气回收设施改造时的风险评估，确保风险可控的情况下，再经正规设计，并加强改造施工作业管理；②编制回收设施投用时的试生产方案，科学组织试生产工作；③对不同尾气混合集中收集时，应对各种尾气间的相互影响开展风险分析，弄清尾气的危险特性。对尾气的组分，危险性、爆炸极限、闪点、燃点等进行检定和检测，全面掌握尾气的安全风险，避免发生反应；④油品储存企业可结合实际采用氮封措施，避免油品直接和空气接触，减少 VOCs 逸出。

4 改造后的工艺流程

冷鼓工段、粗苯工段各槽罐以及综合罐区粗苯储

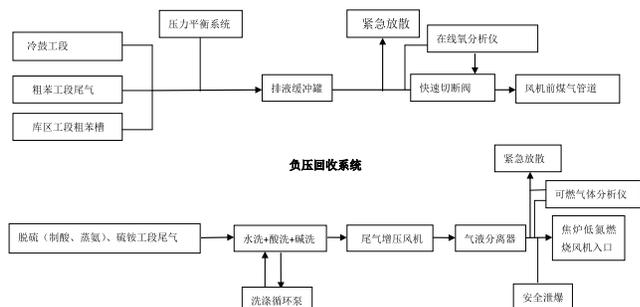


图2 洗涤配风燃烧系统

罐 VOCs 收集后，在废气收集分支主管上设气动调节阀、总管压力表、压力变送器，各区域废气汇合进入主管道，在进入冷鼓工段初冷器前端煤气负压管道时，设置紧急切断阀、紧急排空阀、激光在线氧含量分析仪，并采用 DCS 自动控制联锁，实时监测 VOCs 废气中的氧含量，当氧含量超标时，立即关闭紧急切断阀，打开紧急放空阀，以保证安全生产。

硫铵区域、湿法脱硫区域及脱硫部分储槽 VOCs 配收集罩收集后，集中进行处理，处理后尾气送至焦炉地下室配风燃烧，送焦炉地下室前主管道上设置气体监测装置、紧急切断阀、紧急排空阀，并采用 DCS 自动控制联锁，实时监测可燃气体含量，当可燃气体含量超标时，紧急切断，同时打开紧急放空阀，以保证安全生产。

4.1 进煤气负压系统

4.1.1 尾气收集及压力平衡系统

为了满足尾气收集系统运行要求，将储槽密闭并增加相应的安全措施，密闭后的槽罐尾气用管道接至尾气收集系统，为减缓苯及苯系物在管道中凝结阻塞管道，粗苯区的管道做伴热和保温，管道关键部位设温度及压力测点，方便检查。各排放点位废气通过总管路连至鼓风机前煤气管道，总管路末端上安装氧含量分析仪、压力变送器并与主管路气动切断阀组进行联锁，如输送时氧含量超标，切断阀自动切断，实现煤气负压系统与尾气的隔离，确保使用安全。

4.1.2 安全控制策略

安全控制策略主要包括三方面：在尾气治理过程中尽可能少的影响其他系统，从而不会造成新安全隐患。采取多重措施：如温度、压力检测及与阀门调节控制连锁来预防安全事故的发生。采取相应的安全措施，万一发生事故时，控制事故的范围，减少二次事故的发生。

4.1.3 安全措施

①所有管线需保温，阀门需有蒸汽伴热，保证冬

季正常运行；②废气支管线，都配有隔断阀，单系统检修时实现有效隔离，不影响进负压系统正常运行；③在负压煤气管入口的尾气主管上安装 1 套氧含量分析仪，当氧含量达到 3% 时报警；达到 5% 时紧急放空阀自动打开，并切断去后端系统的管线，确保煤气系统的安全运行。

4.2 氮封工艺

4.2.1 氮封原理

根据苯类物质易燃易爆的特性，以及苯汽密度大于空气、氮气的性质，考虑到安全性和环保效果，该区域苯储槽选用氮封工艺。氮封工艺不需要外加动力，氮气消耗量很小，密封效果好。粗苯地下槽、油水分离器尾气及苯储槽氮封泄压苯气进入洗涤装置。

储罐氮封的作用主要是为了防止储罐出现负压而从呼吸阀吸入空气，以保持罐内微正压。在储罐上设置氮封系统，维持罐内气相空间压力在 0.5–0.9kPa 左右。当气相空间压力低于 0.5kPa 时，氮封阀开启，开始补充氮气，保证储罐在正常压力；当气相空间压力高于 0.5kPa 时，氮封阀关闭，停止氮气供应；当气相空间压力高于 0.9kPa 时，泄氮阀开启，开始排出废气，保证储罐在正常压力；运行过程中不吸进空气，防止形成爆炸性气体。储罐氮封系统使用的氮气纯度不宜低于 99%，氮气压力宜为 0.5–0.6MPa。

4.2.2 氮封工艺方案

以多台轻质油固定顶储罐组成的罐组为例，设计方案如下：①封堵储罐罐壁（顶）的不恰当的通气口；②核算罐顶呼吸阀是否满足设置氮封后的需求。呼吸阀的数量及规格按照《石油化工储运系统罐区设计规范》SH/T 3007–2007 确定。呼吸量除满足储罐的大、小呼吸外，还应考虑氮封阀不能关闭时的进气量等因素；③在储罐罐顶增加氮气接入口和引压口。为确保压力取值的准确性，两开口之间的距离不宜小于 1m；④量油孔应加导向管，确保量油作业时不影响氮封压力；⑤大型储罐罐顶增加紧急泄压人孔接口。

4.2.3 氮封工艺流程（图 3）

①在每台储罐上设置自力式氮封阀组，正常情况下使用氮封阀组维持罐内气相空间压力在 1kPa 左右，当气相空间压力高于 1.2kPa 时，氮封阀关闭，停止氮气供应；当气相空间压力低于 0.8kPa 时，氮封阀开启，开始补充氮气；当氮封阀需要检修或故障时，使用带阻火器的呼吸阀外排；②当氮封阀事故失灵不能及时关闭，造成罐内压力超过 1.35kPa 时，通过带阻

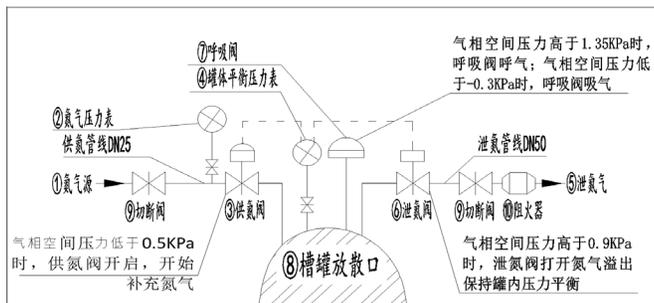


图3 储槽氮封系统图(泄氮气接至尾气处理系统)

火器的呼吸阀外排;当氮封阀事故失灵不能及时开启时,造成罐内压力降低至 -0.3kPa 时,通过带阻火器呼吸阀向罐内补充空气,确保罐内压力不低于储罐的设计压力下限(-0.5kPa);③为确保设置氮封储罐事故工况下的安全排放,应在大型储罐上设置紧急泄放阀,紧急泄放阀定压不应高于储罐的设计压力上限(2.0kPa),一般为 1.8kPa (本系统不提供紧急泄放阀);④当需要使用限流孔板旁路补充氮气时,流量宜等于油品出罐流量,氮气管道的管径为 $\text{DN}50$,氮气的操作压力为 0.5MPa ;⑤若在相同油品储罐之间设置有气相联通管道,每台储罐出口均应设置阻火器,以防止事故扩大;⑥阻火器应选用安全性能满足要求的产品,选用阻爆轰型阻火器,符合标准 $\text{GB/T}13347$,且阻力降不应大于 0.3kPa 。

4.2.4 氮封系统设置

氮封装置氮气来自装置区氮气总管,经流量检测装置后进入分配管再送至各槽罐氮气接口,氮气接口设置氮封阀,氮封阀后压力设定约为 300Pa 。呼吸阀、液压安全阀:呼吸阀和液压安全阀是在氮封装置失效后,槽罐超压保护的另一套保障措施,以确保槽罐安全。因常压立式槽罐的设计压力一般为 -0.5kPa ~ 2kPa ,本项目中选用的呼吸阀设定压力为 -295Pa ~ 980Pa 。容积较大的立式槽还设置液压安全阀,液压安全阀设定压力为 -295Pa ~ 1765Pa 。槽罐压力监测装置:为了实时有效监测槽罐压力,合理指导槽罐运行维护,槽罐均配置远传压力表。压力设定范围为 -0.5kPa ~ 2kPa 。为保证系统密封性,槽罐要密封性试验。

另外,在管道的阻损增大时,及时对管道清堵和检查呼吸阀等安全装置,保证在管道和呼吸阀阻塞前维护,确保槽罐安全。为防止尾气中的萘等成分在废气管道中凝结阻塞管道,尾气管道设置保温和伴热,尾气分支系统设温度、压力测点,方便检查,在装置

建成后应加强呼吸阀等安全装置的巡检,保证装置可以正常工作,从而有效保证系统的安全。

4.3 进焦炉燃烧系统

进焦炉燃烧系统原洗涤部分利旧。可燃气体分析仪设定参数如下:尾气含 H_2S $< 2000\text{ppm}$ (LEL);尾气含氧量 $> 19\%$ (VOL);尾气 NH_3 含量 $< 10\text{mg}/\text{Nm}^3$;尾气 CO 量 $< 6000\text{ppm}$ (LEL);尾气非甲烷总烃(C_xH_y)量 $< 6000\text{ppm}$ (LEL)。

公司共有4座42孔 $\text{JNX}70-2$ 型焦炉,每座焦炉机、焦侧各有44个废气盘,本次VOCs改造尾气为单座焦炉配风,进地下室配风总管压力 $\leq 1000\text{Pa}$,并在总管设置补气阀,在风机停电时自动开启。配风管在地下室分机、焦两侧布置,每侧两根,为焦炉机焦侧每个废气盘配风,每个废气盘进风口单独设置阀门和测压口,通过废气支管将废气主管与废气盘连接。

风机配套安装变频电机,通过调节变频器控制废气回配,风机过流件材质铸钢,风机进出口及地下室总管分别设置远传压力显示。风机后自动调节阀与焦炉交换机连锁,焦炉换向时,将换向信号给定交换机的同时,也给出了配风自动阀,实现自动切换。进焦炉系统

入焦炉地下室总管设置可燃气体在线监测和尾气总管快切阀,检测到尾气含有可燃气体,根据含量快速切断尾气进焦炉地下室系统,保证系统安全稳定。洗涤系统配备紧急排气筒,当进入焦炉地下室尾气总管紧急切断时,洗涤系统能够正常运行,洗涤后尾气通过紧急排气筒排放。

5 总结

煤焦化VOCs具有排放节点多、排放量大、成分复杂、异味重、回收价值低等特点。煤焦化产业为VOCs治理的重点,随着我国对环境质量要求的不断提高,单一的VOCs治理技术已无法满足日益严格的管控标准,煤焦化企业VOCs精细化治理将是最佳控制路径。改造完成后,尾气不在经各自烟囱对空进行排放,而是通过会焦炉回炉煤气进行再次燃烧后进行排放,更加安全环保。

参考文献:

[1] 徐薇. 化工行业VOCs废气治理技术应用现状和讨论[J]. 资源节约与环保, 2019(10):88-89.
[2] 王春艳, 王帅, 汪海鹏, 等. 工业有机废气污染的主要危害及防治策略[J]. 环境与发展, 2018,30(11):49-50.