

重质原油油气冷凝-吸附耦合系统的安全工艺探究

张鹏飞*, 刘欢, 董菲
(中石油华东设计院有限公司, 山东青岛266071)

摘要:详细阐述了当前主流回收技术“冷凝-吸附耦合法”的工作机理,细致分析了该技术的安全盲点,并从设计角度提出了应对措施,以期对油气回收系统的安全设计有所帮助。

关键词:重质原油;油气回收;冷凝;吸附;安全设计

中图分类号:TE85

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2018)07-0187-03

DOI:10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2018.07.043

Study on safety process of oil and gas condensation-adsorption coupling system for heavy crude oil

ZHANG Peng-fei*, LIU Huan, DONG Fei

(CNPC East China Design Institute Co., Ltd., Qingdao 266071, China)

Abstract: The working principle of the condensation-adsorption coupling method that is a current mainstream recovery technology is described minutely. Its safety defects are also analyzed in detail. Some addressing measures are proposed from a design perspective and aiming to help the safety design of oil gas recovery system.

Key words: heavy crude oil; oil gas recovery; condensation; adsorption; safety design

油气回收是一种将油品装卸过程中罐车挥发出来的油气进行集中收集并回收处理的技术。在公路装车过程中,原油中 C_8 以下的轻组分会大量挥发。据统计,挥发损耗的油气占比高达0.15%~0.30%,可直接造成重大的经济损失^[1-3]。因此,在装卸车系统内设置安全可靠的回收系统是十分有意义的。

1 油气回收技术

目前,单体油气回收技术主要有4种:吸收法、吸附法、冷凝法及膜分离法。随着炼油、化工行业的发展,油气的组分也随之变得十分复杂,单体回收技术已经无法满足生产的需求。故2种或多种单体技术相耦合的回收方法开始得到推广,而“冷凝-吸附耦合法”就是其中利用较为广泛的一种。

1.1 冷凝法

冷凝法是一种通过降低油气的操作温度使其液化,从而实现回收的技术。根据冷凝温度的高低,可将冷凝系统分为预冷段、一段冷凝、二段冷凝、深冷段,各冷凝段的冷凝温度与回收效率的关系见表1。

在冷凝系统中,多个冷凝段配合使用的方式称为“复叠式”冷凝,图1为“三段复叠式”冷凝法的流程示意图。由图1可知,装卸系统收集的油气经离心风机加压后进入冷凝单元,预冷段除去大部分的

表1 冷凝法各冷凝段回收效率与液化组分

冷凝段	冷凝温度/℃	液化组分	回收效率/%
预冷段	2~5	$C_6 \sim C_8$ 及 H_2O	—
一段冷凝	-40	C_5	70
二段冷凝	-70~-90	C_4	90~95
深冷段	-110~-120	C_3	99

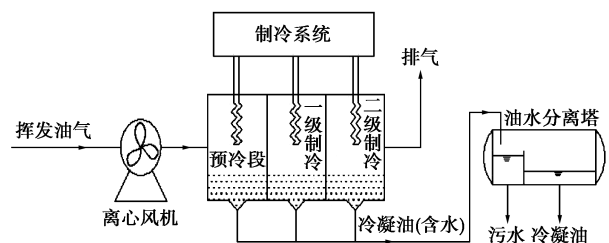


图1 三段复叠式冷凝法流程示意图

水蒸汽及 C_6 以上的重组分,一级制冷段温度降至-40℃,油气中 C_5 组分被冷凝除去,二级制冷段温度降至-70~-90℃,油气中 C_4 组分基本被液化分离,此时设备的回收效率能够达到95%。在环保要求更高的场合,则需增设“液氮”深冷段,冷凝温度可降至-120℃,此时设备的回收效率高达99%。

冷凝法因技术成熟、操作简单、安全系数高且占地少等优势,在重质原油公路装卸操作中得到广泛

的应用。但回收设备要实现较高的回收率,则需提供更低的冷凝温度,而长期在低温环境下运行,回收设备容易结霜堵塞,造成事故。

1.2 吸附法

吸附法是一种利用具备筛选性能的吸附剂对油气进行选择性吸附的回收技术。常见的吸附剂有活性炭、分子筛、硫化橡胶等^[4-5]。

吸附流程是由吸附和脱附 2 部分构成,如图 2 所示,装卸过程中原油挥发的油气进入吸附罐 A,在穿过罐内吸附床层时会被选择性吸附,当吸附床层达饱和后,则需在负压或高温环境下进行脱附操作,此时,油气会切入吸附罐 B 内继续进行吸附操作。罐 A 内脱附后的吸附床可重复利用,而脱附出的解析油则进入装有贫油的吸收罐内,被贫油吸收,从而达到回收的目的。由于油气吸附是一个典型的放热过程,使得吸附床层容易出现“热点”,存在起火等安全隐患^[6-7]。

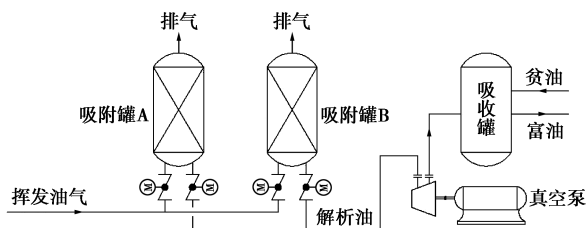


图 2 吸附法流程示意图

1.3 冷凝-吸附耦合法

按照现行标准 GB 50074《石油库设计规范》及 GB 50759《油品装载系统油气回收设施设计规范》的有关规定,要求排放的尾气中非甲烷总烃的浓度不得高于 25 g/m^3 ,苯的浓度不得高于 12 mg/m^3 ,甲苯的浓度不得高于 40 mg/m^3 ,二甲苯的浓度不得高于 70 mg/m^3 ,去除效率不低于 97%^[8-9]。由此可见,国家对油气回收装置的回收效率要求越来越高,再考虑到设备占地及其可操作性等因素,“冷凝-吸附耦合法”无疑是一种非常理想的回收方案。

相比于单一的冷凝法、吸附法,采用冷凝-吸附耦合技术处理后的解析油可直接进入油水分离罐,省去贫油吸收流程,使整个回收系统得到简化。但冷凝系统的“霜堵”问题及吸附系统“高温热点”问题仍然存在,此外还需重视回收系统的防火、防爆问题。

2 冷凝系统霜堵问题

2.1 霜堵现象

原油装车过程中产生的油气中会伴有一定比例

的空气,混合油气在通过冷凝系统时,空气中的水蒸气会在低温环境中冷凝并聚结在油气管路内壁上,从而影响油气通行,降低换热效率,严重时还会造成管路堵塞,导致设备憋压受损。

2.2 防治措施

基于“霜堵”的形成机理,需在混合油气进入低温冷凝装置前,将其中的水蒸汽消除,以避免设备结霜。目前,预防“霜堵”的主流技术有以下 3 种。

(1) 在冷凝系统前增设换热机构。未被处理的油气将在换热机构中与冷凝装置排出的未被液化的油气进行冷量传递交换,使自身温度下降,油气中大部分的水蒸气会被液化分离,从而延缓后续冷凝系统的结霜速度。

(2) 适当延长混合油气在预冷段内的处理时间,以提高此段内水蒸汽的去除效率。

(3) 设置气路双通道并增设热泵除霜系统。当一路结霜严重时,可切换至另一路,结霜管路则进行除霜操作,这种双通道模式能够很好地满足装车系统长时间不间断工作的需求。浙江大榭某油库在公路装车单元内设置油气回收装置时,采用了双通道模式并增设除霜系统,并率先使用便于除霜的大通道锯齿翅片,使除霜时间缩短至原来的 1/3。

此外,回收系统的处理能力要与公路装卸系统的装卸能力相匹配。考虑到油气比以及装卸油量,回收系统最大处理量应定为正常处理量的 1.1 倍。如果油气的排放量超过回收系统的处理量,系统会表现得“消化不良”,且油气内的水蒸汽因处理不彻底,致使回收系统严重结霜。

3 吸附系统热点问题

3.1 热点现象

活性炭吸附床层对油气进行吸附的过程是一种典型的放热过程,由于活性炭自身导热性能差,吸附热量不断积累,从而导致床层局部温度过高,形成“热点”。高温热点的存在使得活性炭床层吸附效率严重下降,床层寿命大大缩减,同时,由于活性炭和油气均具有可燃性,所以存在安全隐患。

3.2 防治措施

为了减弱“高温热点”现象对床层的危害,当前多采用以下应对措施。

(1) 设置多组温度仪表,实时监测吸附床层不同位置的温度,当床层温度超过警示温度时,监测系统会报警并连锁停车,油气切换至备用吸附罐。

(2) 吸附罐顶部设氮气吹扫降温系统。

(3) 严格监测未处理油气的温度,当温度过高时报警并连锁停车。尤其在夏季,采用简单实用的降温措施来降低进气温度是很有必要的。

此外,针对活性炭吸附床层自身可燃的弊端,日本石油公司研发了一种疏水性硅胶作为吸附颗粒来代替活性炭。相比于活性炭,疏水硅胶具有以下优点。

(1) 疏水硅胶颗粒是不可燃的,没有火灾安全隐患。

(2) 疏水硅胶热容积比较大,吸收相同的热量,自身的温升远低于活性炭,床层的安全性更高。

(3) 结构稳定,寿命长,孔径均匀,油气通过床层不会产生偏流。

经测试,采用疏水硅胶作为床层材料,能够很好地缓解温升效应,减少高温热点数量,吸附系统的安全性能得到显著提高。

4 防火、防爆问题

重质原油公路装车油气回收装置多为露天布置,根据 GB 50058《爆炸危险环境电力装置设计规范》的相关规定,可将其所属的危险区域等级划分为 2 区^[10]。根据 GB 3836.12《爆炸性环境 第 12 部分:气体或蒸汽混合物按照其最大试验安全间隙和最小点燃电流的分级》的相关要求,回收装置泄放的油气的级别为 II A,油气的引燃温度为 T3 级。基于此,回收系统中使用的设备、仪表、控制柜等应按照 d II BT4Gb 进行设计。除电机、电控箱等设施采用防爆型产品,系统周围设可燃气体报警外,还应采用以下措施。

(1) 回收系统设 UPS 不间断电源。当外部供电故障时,UPS 续航时间应能保证系统内所有的自动

控制阀门回到安全位置。

(2) 系统气路进出口应设置阻火器。

(3) 设置防油喷系统,预防因油路堵塞而导致回收油品随尾气喷出,造成事故。

(4) 吸附床层底部可设置一套压环,以减少床层间摩擦,增加床层的寿命及安全性。

(5) 系统产生的含油污水应汇总后密闭排放。

5 结语

利用双通道气路系统,并增设换热、除霜机构或适当延长油气预冷时间均可有效降低霜堵对冷凝系统的影响。严格监控吸附床层温度,并设置床层降温设施,以消除热点引起的安全隐患。回收油气易燃易爆性要求整个回收系统应严格按照 d II BT4Gb 进行设计,并应采取其他有效的防火、防爆措施。

参考文献

- [1] 霍雪燕,沈万军,宋蓓.装车油气回收技术的应用分析[J].油田环境保护,2012,21(1):30-33.
- [2] 李德旭,赵燕.油气回收技术研究现状[J].现代化工,2006,26(S2):63-66.
- [3] 吴剑,邹敏.油气回收的研究进展与发展趋势[J].环境科技,2010,23(1):105-108.
- [4] 黄维秋,田青,赵书华,等.蒸发油气吸附分离回收技术[J].油气储运,1998,17(12):47-50.
- [5] 于勇,谢放华.石油产品装卸过程中的油气回收技术[J].化工环保,2004,24(3):194-198.
- [6] 张会平,钟恢,叶李艺.不同化学方法再生活性炭的对比研究[J].化工进展,1999,(5):31-34.
- [7] 高玉明,朱红星,高锡祺,等.油气回收活性炭吸附剂的筛选研究[J].江苏石油化工学院学报,2000,12(4):23-26.
- [8] GB 50074—2014.石油库设计规范[S].
- [9] GB 50759—2012.油品装载系统油气回收设施设计规范[S].
- [10] GB 50058—2014.爆炸危险环境电力装置设计规范[S].

陶氏宣布分阶段扩大全球醇醚溶剂产能

陶氏化学公司近日宣布将分阶段投资,扩大其全球醇醚溶剂产能,以满足重要终端市场与应用领域日益攀升的需求。投资完成后,陶氏全球醇醚溶剂产品线产能将提升至现有产能的两倍。

陶氏计划分阶段实施 7 个“去瓶颈”项目,扩大包括 DOWANOL™ 醇醚溶剂在内的 P 系列和功能性醇醚溶剂产品线产能。首期投资将于 2018 年开始,并于未来几年内分阶段投资;首批产能提升将于 2019 年底之前完成。

城市化发展、不断壮大的中产阶级、更加严苛的法规以及日益严峻的可持续发展挑战等,促使醇醚溶剂市场需求持续增长。醇醚溶剂在各个领域中的应用能够帮助提升终端产品性能,并减少对人体健康与环境的不利影响。

陶氏工业解决方案业务部总裁 Ester Baiget 表示:“陶氏扩大醇醚溶剂产能的决策表明了我们对该产品线及相关行业的长期承诺。这些举措将使陶氏以客户为中心、最值得信赖供应商的地位得到进一步巩固。”(倪文忠)