

低压脱丙烷系统冻堵原因分析及处理措施

肖宪策

中国石油化工股份有限公司天津分公司

摘要: 乙烯装置冻堵问题一直是影响装置稳定运行的重要因素。本文主要介绍在乙烯装置常见冻堵部位和某乙烯装置检修结束后,装置在开车过程中低压脱丙烷系统发生冻堵及处理情况。

关键词: 低压脱丙烷系统; 冻堵; 原因分析

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.10.083

一、工艺流程简介

某装置采用的是美国Lummus公司顺序深冷分离的乙烯专利技术,由日本TEC公司和西班牙TR公司承包设计,原设计年产14万吨聚合级乙烯,7万吨聚合级丙烯。2001年,装置进行了扩能改造,通过新增一台6万吨/年的CBL-III国产北方炉来实现裂解能力的增加;分离部分的改造采用北京石化工程公司的技术,包括工艺包和工程设计。除改造压缩机的关键部件、个别泵以及部分仪表等少量单元设备外,装置其余的改造部分包括冷箱、新型塔盘等重要设备和部件均由国内制造厂商和科研院所提供。改造以后,装置规模将扩大到20万吨/年乙烯,即年生产聚合级乙烯20万吨、聚合级丙烯9.95万吨。

二、乙烯装置常见冻堵部位及原因分析

(一) 乙烯精馏塔

乙烯精馏塔中,如果进料中含水量比规定范围要大,或系统内积聚水量达到相应限制的情况下,水凝结成冰或是和物料形成固体水合物,从而堵塞物料通道。一般情况下出现乙烯精馏塔冻堵较为常见的现象就是塔压差变大,即便采取了减小釜温、降低回流量以及增加塔顶塔釜采出等措施建立液位,全塔温度无法均匀分布,塔顶气相带液,塔顶塔底产品纯度偏低。

乙烯精馏塔冻堵的主要原因:

(1) C2干燥器经过长期高负荷运行后,干燥效果下降,通过干燥器后依旧存在少许水分,其与物料一同进入到后部系统,久而久之积累越来越多,在乙烯塔中生成水合物进而导致冻堵的现象出现。

(2) 在C2加氢反应器内碳二物料发生加氢过程中,因为氢炔比偏低或是反应床层温度较高,均可能会有淡绿色低聚物的出现,并与物料一同进到乙烯塔内,积聚于塔盘上,长久以往会导致塔盘堵塞,出现乙烯精馏塔冻堵的现象。

(3) 在C2干燥器恒温干燥过程中,操作人员未根据再生操作中对恒温时间的规定,导致床层恒温时间过短,无法完全干燥,以至于床层中的游离水会与物料进入到乙烯精馏塔内。此外,因为乙烯干燥器需要长时间使用,分子筛干燥剂中已经达到了水分吸附的饱和状态,所以不能有效脱除碳二加氢反应床出口部分的水分,以至于出口物料中含有较多水分。在这二者作用

下,会有微量水存在于物料当中,在塔中不断累积导致土体水合物的生产,使得通道受堵,引发冻堵问题的出现。

解决方法:

(1) 对乙烯干燥器展开定期检测当解决干燥剂在再生之后的露点较高这种冻堵原因时,可以在实际生产的过程中,针对乙烯干燥器的出入口部位中的露点展开定期的全面检测,再针对检测所得的信息数据展开深入分析,最后在按照分析所得的最终结果判断C2干燥剂需不需要进行更换。

(2) C2加氢反应器内碳二物料发生加氢过程中,调整氢炔比或反应床层温度,减少绿油的产生并定期排放绿油。

(3) 提高操作人员操作技能,在操作人员对乙烯精馏塔展开实际操作的过程中,一定要确保操作的稳定,并保持乙烯精馏塔在进物与出物过程中的物料平衡,定期在干燥器出口采样。如果乙烯精馏塔发生压差突然增加的状况,就从装置的实际负荷展开综合考虑,从而判断出其中是否出冻堵现象。而在这个过程中,就需要技术人员和操作经验丰富人员,对乙烯精馏塔展开分析和调整。因此,加强对于相关人员在专业知识方面的培训,从而使其在操作乙烯精馏塔的过程中,可以确保实际操作的稳定性,并在第一时间判断出乙烯精馏塔之中否是发生了冻堵现象,这样不仅可以降低冻堵现象所造成的影响。

(二) 冷箱系统

乙烯装置中的冷箱系统是乙烯装置分离单元的核心之一,冷箱操作水平的高低会严重影响乙烯产品的质量和回收率。乙烯冷箱由多组板翅式换热器、分离罐及连接管路等组成,工作温度范围为-170~40℃。乙烯冷箱通过制冷剂的蒸发相变来降低烃类物流的温度,实现低温回收乙烯,提高乙烯回收率,提浓H₂的目的。

冷箱发生堵塞后会引发被堵塞管路压差增大,从而导致冷箱流量下降,换热效果变差,冷箱和脱甲烷塔的温度升高,氢气纯度下降,乙烯损失增大。严重时会造成裂解气中断,导致分离系统停车

乙烯装置冷箱运行过程出现堵塞现象,冷箱堵塞的原因主要有:

(1) 干燥器再生甲烷中夹带的乙烯在裂解气干燥

器中发生反应，结焦生碳；

(2) 干燥器再生时，裂解气干燥器裂解气侧阀门内漏，裂解气中含有的乙烯、乙炔等与氢气和CO发生羰基聚合反应，结焦成微细碳粉；

(3) 干燥器中的分子筛干燥剂粉化，干燥剂粉尘被裂解气带入冷箱；

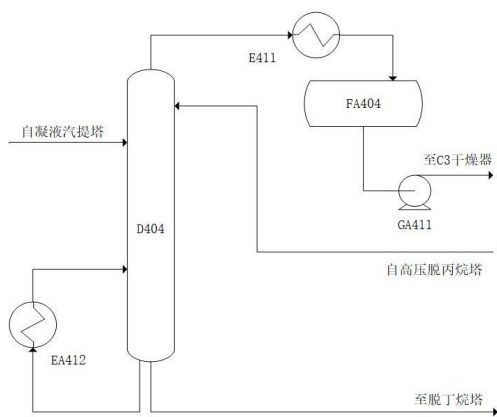
(4) 裂解气中的水分与烃类在冷箱中形成的水合物。

解决方法：

对冷箱进行定期升压吹扫，对堵塞部位进行吹扫和甲醇清洗处置，可有效解决冷箱堵塞问题。对冷箱过滤设备更高精度的过滤网或过滤芯，可有效提高过滤网或滤芯对微细碳粉的拦截能力，降低冷箱发生堵塞的概率。

三、低压脱丙烷系统

某装置低压脱丙烷系统在装置在开车过程中低压脱丙烷系统发生冻堵及处理情况。



图一 低压脱丙烷系统流程

此系统的工艺目的是从高压脱丙烷塔塔釜物料和凝液汽提塔釜物料中分离碳三和碳四及更重组分。

(一) 低压脱丙烷塔进料

高压脱丙烷塔DA1460釜液与低压脱丙烷DA404塔塔顶产物相互换热之后进入低压脱丙烷塔第1块塔盘，作为第一股进料。凝液汽提塔DA202来的釜液经冷却水冷却至40℃后进入低压脱丙烷塔DA404第3块塔盘，作为第二股进料。

(二) 低压脱丙烷塔回流

低压脱丙烷塔DA404塔顶气相经塔顶冷凝器E411-6℃丙烯冷剂作冷却介质冷凝后进入塔顶回流罐FA404，液相经高低压脱丙烷循环泵GA411进行加压后与高压脱丙烷塔DA1460塔釜物料进行换热后进入高压脱丙烷塔DA1460。

(三) 低压脱丙烷塔加热

低压脱丙烷塔DA404共有两台再沸器E412A/B提供热负荷，加热介质为低压蒸汽，正常运行时为一开一备。

(四) 低压脱丙烷塔釜物料流程

低压脱丙烷塔釜的C4's及更重组分通过压差送至脱丁烷塔。

(五) 控制参数

序号	控制参数	数值
1	塔顶压力	535~650kPaG
2	塔压差	50kPaG
3	塔底温度	80.04℃
4	39块板温度	66~72℃
5	塔顶温度	44.15℃
6	自DA202进料流量	14175kg/h
7	塔底出料流量	18124kg/h

(六) 低压脱丙烷系统冻堵原因分析

在实际生产过程中，典型的冻塔症状是塔压差增大，当采用加大塔顶采出量，减少回流或降低釜温等操作后，压差仍不降低。此时，塔釜液面大幅波动，全塔温度分布异常。冻堵发生后，液相回流无法到达塔下部，气相物料无法到达塔上部。冻堵主要发生在低温设备中，低压脱丙烷系统与典型冻堵位置和症状不同。

(七) 冻堵位置

首先，低压脱丙烷塔DA404进料温度为40℃，灵敏板温度正常值为66℃~72℃，塔顶操作温度为48℃，加热介质为低压蒸汽，塔体没有冻堵发生的条件。

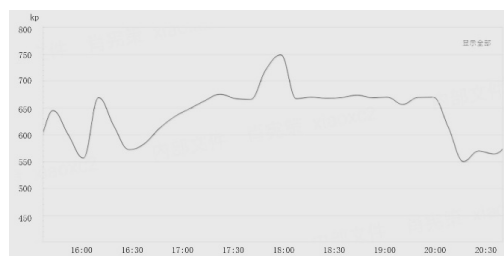
其次，低压脱丙烷塔塔顶冷凝器E411冷剂介质为-6℃丙烯，当塔顶气相物料含水量超标，流经换热器后极易在换热器内发生冻堵。

(八) 低压脱丙烷塔水来源

低压脱丙烷塔进料有两股：第一股为高压脱丙烷塔釜液，裂解气经FF201干燥器出口水含量应小于1ppm。第二股为凝液汽提塔来的釜液，此股物料未经干燥器干燥，在凝液汽提塔操作发生大幅波动时，塔釜物料水含量将超标，从而进入低压脱丙烷塔。特别是在装置开车时GB201系统不稳定，段间不能正常向前循环；凝液汽提塔进料含水量增加，塔釜温度低，不能将水脱除。

(九) 开车过程中低压脱丙烷塔冻堵现象

由图二可以看出，低压脱丙烷系统在16:00开始塔压开始大幅波动，塔压开始上升由550kPa升至最高至18:00塔顶压低达到750kPa，塔顶压力持续超过正常控制压力。



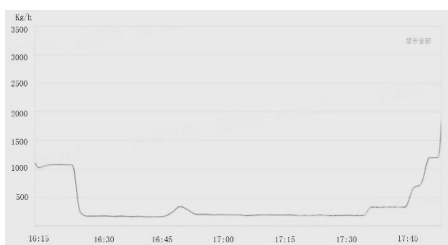
图二 低压脱丙烷塔塔压

由图三可以看出，16:20塔釜加热蒸汽量从1000kg/h减小至全关后至17:30，塔压继续上升，低压脱丙烷塔压力高放火炬。



图三 低压脱丙烷塔塔釜加热

由图三可以看出,此时塔顶冷凝器液位波动,从16:30开始低压脱丙烷塔回流罐液位有正常液位65%升值90%。



图四 低压脱丙烷塔塔顶冷凝器液位

由图三可以看出,回流罐液位低,从16:30开始逐渐下降至无液位,低压脱丙烷塔无液相回流。由此可以判断低压脱丙烷系统发生冻堵,冻堵部位为塔顶冷凝器工艺侧。



图五 低压脱丙烷塔回流罐液位

(十) 原因分析

当低压脱丙烷塔进料中水含量超标后或由于塔内积聚含水量达到一定程度后,造成塔顶气相含水量过高,气相物料经过低温冷凝器后水凝结成冰或与烃类形成固体烃水混合物从而堵塞管线,严重时影响分离热区正常运行。导致低压脱丙烷塔塔顶气相水含量超标的原因:

(1) 凝液汽提塔塔釜物料中水含量过高。GB201段间水相流动路线FA207→LC211→FA206→LC219→FA205, FA205→LC210→FA203, 由于此次事件发生在装置检修后开工过程当中,当GB201系统投料时,裂解气压缩机系统运行不稳定,段间水相流动不稳定造成水积聚在凝液汽提塔中,此时凝液汽提塔不能将水及时脱除,造成塔釜物料中水含量超标。

(2) 低压脱丙烷塔塔顶回流罐底部设有脱水槽,将低压脱丙烷塔内的水脱除。如果开车过程中不及时脱水,水经高低压脱丙烷塔循环泵进入高压脱丙烷塔,高压脱丙烷塔塔釜物料作为低压脱丙烷塔第一股进料,水又返回至低压脱丙烷塔顶部造成塔顶气相水含量超标。

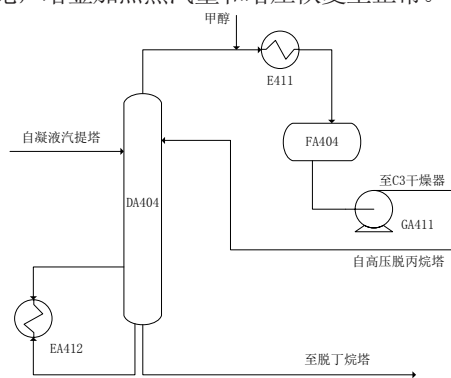
(3) 塔釜再沸器内漏;开车过程中如果发生再沸器内漏,当低压蒸汽压力高于塔压时,蒸汽进入塔内造

成低压脱丙烷塔内水含量超标,导致冻堵。

(十一) 处理方法及效果

对于低温系统出现冻堵的情况,通常采用系统注甲醇的方法来解冻。这主要是由于甲醇的熔点为 -97.8°C 。其与水混合后可使水的冰点下降,从而使烃水混合物生成的初始温度下降,且甲醇极易溶于水,可随之带出系统。

由于低压脱丙烷塔冻堵部位位于塔顶冷凝器部位,故采用加注甲醇的方式解冻。自塔顶气相管线至塔顶冷凝器间配有注甲醇线,甲醇随塔顶气相进入塔顶冷凝器中。注入时,注意塔压和回流罐液位。随着甲醇注入塔压逐渐下降,回流罐液位上涨。由图二可见,甲醇注入后冻堵明显改善,低压脱丙烷塔塔顶压力由650kPa下降至550kPa。由图三可见,塔釜加热蒸汽量和塔压恢复至正常。



图六 注甲醇流程

注意事项:

(1) 保持低压脱丙烷塔压力稳定,在注入甲醇的过程中,操作人员关注丙烯制冷压缩机,一旦出现波动要立即进行调整;

(2) 注入甲醇要缓慢,注入甲醇过程中要关注注入量和注入速度,避免高低压脱丙烷系统出现大幅波动;

(3) 注入的甲醇要及时从系统内排出,FA404要及时多次脱水将甲醇排出。注入的甲醇可能会随着碳三组分进入到丙烯精馏系统中,影响丙烯产品质量,所以要通过丙烯精馏系统LD将甲醇排放至火炬系统,保证丙烯产品质量。

四、结束语

由于低压脱丙烷塔塔顶气相中水含量超标,进入塔顶冷凝器中,造成塔顶冷凝器管线冻堵。通过加注甲醇的方法进行解冻,甲醇及时的注入冻堵管线内解冻,甲醇及时从系统内排出。保证开车过程中热区系统的稳定和丙烯产品质量。为防止冻堵现象的发生,在开车过程中要稳定GB201系统,避免系统产生较大波动使低压脱丙烷塔进料水含量超标。在开车过程中低压脱丙烷塔回流罐要多次排水,避免水聚集,导致冻堵的情况发生。

参考文献

- [1] 王松汉. 乙烯装置技术与运行[M]. 北京: 中国石化出版社, 2009.
- [2] 王松汉, 何细藕. 乙烯工艺与技术[M]. 北京: 中国石化出版社, 2000.