

化工烯烃转化装置的成本控制措施

田 旭 (国能新疆化工有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要: 本文以某厂碳四烯烃转化生产聚合级丙烯装置为例, 提出安稳运行是成本控制的前提, 通过分析碳四烯烃转化装置的操作波动、催化剂损耗、乙烯消耗、反应温度控制等原因出发, 提出各项成本管控措施, 提高碳四烯烃转化装置的行业竞争能力。

关键词: 烯烃转化; 成本控制; 催化剂; 乙烯

0 引言

2023年上半年宏观及供需双重施压市场, 丙烯价格整体呈现下跌趋势, 乙烯和碳四价格呈现上升趋势。展望下半年, 沙特减产、美国燃油消费高峰等基本面对利好支撑尚可, 但面对此起彼伏的产品价格和原料价格, 需要对原料碳四和乙烯进行调整, 那么如何进一步改进方法, 做到多产出聚合级丙烯, 减少乙烯的消耗, 成为碳四烯烃转化装置面临的实际问题。

1 减少操作期间的波动增强成本控制

碳四烯烃转化装置由水洗及脱二甲醚单元, 选择性加氢单元, OCT 进料预处理、OCT 反应及分离单元以及公用工程单元四个单元组成。以碳四和乙烯为原料生产聚合级丙烯, 其主要流程为水洗、加氢后的碳四生成的 1-丁烯和 2-丁烯, 与乙烯在预处理器中混合, 脱除其中的水、CO 等催化剂毒物后, 经加热炉升温至反应温度后, 进入 OCT 反应器发生歧化反应生成丙烯, 之后经过分离单元采用精馏原理将丙烯分离出来, 并经过脱丁烷塔产出副产品碳四和碳五产物。该装置操作难度大, 反应多, 涉及的联锁较多, 一旦发生非计划停车, 将触发一系列联锁动作, 不但会造成大量碳四、乙烯等物料放火炬损失, 也会额外增加大量的氮气、蒸汽、燃料气等燃气能源消耗。所以, 减少异常生产波动, 减少非计划停车次数是一切优化工作的前提。操作的平稳运行, 可避免加热炉各分支炉管偏流、断流和局部热点的产生, 有利于反应器进料空速和温度的相对稳定, 减少对 OCT 反应器和精馏系统平稳运行的冲击, 降低丙烯产品损失及公用工程物料的消耗量。

1.1 减少预处理器切换频次增强成本控制

某厂预处理器作为重点操作设备之一, 用来脱除原料中 OCT 催化剂毒物, 切换运行周期为 3 天。由于切换次数频繁, 很容易使人产生倦怠心理, 并且每次切换都会导致加热炉入口流量由正常运行时的 53t/h

迅速下降至 43t/h 并反复剧烈波动, 此波动过程将持续半个小时左右, 加热炉流量波动, 又会导致后系统温度的波动, 从而导致精馏塔系统稳定性降低。目前, 该厂通过记录催化剂毒物在预处理器出口的组分含量的多少来判断催化剂是否中毒, 以此来延长切换周期, 从最开始的 3 天一次, 到现在尝试增加至 9 天切换一次, 切换频次减少, 流量波动相应减少。

1.2 降低乙烯充压温度增强成本控制

预处理器导液前需通过乙烯对系统进行充压, 其充压乙烯是通过提高循环乙烯的量, 经过蒸汽加热至气相后, 送至预处理器充压。为防止充压系统带液相乙烯, 导致乙烯进入预处理器后汽化引起设备低温, E-3309 出口温度设有联锁, 要求气相乙烯出口温度不低于 35℃。气相乙烯充压时, 通过观察预处理器床层温度, 底部床层温度从 11℃ 一直上涨至 74℃, 后逐渐扩散至中部床层, 原因分析应是吸附剂释放的吸附热所致。正常生产运行的预处理器的温度是 37-39℃ 左右, 经乙烯充压后床层温度明显高于运行工况, 从而导致切入系统的预处理器物料出口温度较高, 乙烯汽化引起加热炉进料流量波动较大。目前, 成本控制方法是减少换热器的蒸汽用量, 降低乙烯充压温度设定值, 改为不低于 20℃, 并将预处理器充压时间改在夜间, 利用环境温度带走部分吸附剂床层温度。

1.3 增加乙烯充压频次增强成本控制

该装置正常运行期间, 循环乙烯流量为 20.3t/h, OCT 进料碳四流量为 34t/h, 乙烯与碳四组分比例为 0.59。目前装置对预处理器乙烯充压消耗乙烯量约 3-5t/h, 经核算切入预处理器中乙烯与碳四组分比例约为 0.44, 明显低于正常值。预处理器切入后, 由于乙烯的不足, 导致进入加热炉系统中的物料组分发生变化, 从而引起加热炉流量波动。其次, 预处理器切入后, 脱乙烯塔系统需提前大量补入新鲜乙烯才能维持回流罐液位稳定 (提前补液至 98% 液位左右), 但

这样操作所带来的风险是，罐区乙烯泵出口流量超正常指标范围导致无法监控运行，回流罐顶部的液相乙烯容易带入烯烃分离压缩机，从而影响上下游操作，并造成乙烯的浪费。目前优化措施是通过增加乙烯充压频次，从而减少每次补入液体的量，回流罐液位恢复为正常操作范围。由于乙烯会在高压下部分溶解，只充压一次至 4.0MPa 经历 3h 压力就会降到 3.2MPa，等到切换时，压力不能达到实际切换要求。改为多次充压，可以使压力和温度增长缓慢，延长切换时间间隔，增加乙烯溶解量，从而减小切换期间，系统波动所导致的成本损失。

2 减少催化剂粉末增强成本控制

该装置涉及到需要使用催化剂的工艺主要有选择性加氢、烯烃歧化，加氢反应器的钨催化剂、OCT 反应器的异构化催化剂、歧化催化剂。选择加氢的主要反应原理为氢气与 1,3-丁二烯在钨催化剂的作用下发生反应生成 2-丁烯或 1-丁烯，OCT 反应器内主要反应原理为 1-丁烯在异构化催化剂作用下发生异构化反应生成 2-丁烯，2-丁烯与乙烯在歧化催化剂作用下发生烯烃歧化。

2.1 严格遵守催化剂装填过筛步骤

该厂在每次定期更换催化剂时，在装填这一步骤中必须严格遵守供货商要求。吹扫、冲洗和水压试验必须在装填之前完成。装填后，催化剂必须用氮气带压保护，避免被污染。加氢催化剂具有较高的机械强度，因此磨损情况不明显，但碳四转化反应器中歧化催化剂机械强度较低，运输和使用过程中极易破损，因此，粗暴搬运、进料比例失调、系统压差波动大，是需要避免的关键。当然合理的装填方法是减少原始催化剂粉末产生的基础操作，尤其是氧化钨催化剂，为了减少床层中歧化催化剂粉末产生，在反应器装填之前，采用 12 目丝网做成的筛子，进行人工过筛，再根据重量补入新的催化剂。其次，在装填过程中需要安装一个漏斗管加布袋组合系统，料斗在催化剂装卸平台从催化剂桶内装催化剂。装满后，将其吊到反应器顶部，将布袋顺着装卸孔至反应器底部，打开管子底部阀门泄出，催化剂从管子的泄出速度和料斗进入漏斗的速度一致，以保证管子是装满催化剂的，这样做的目的是防止催化剂自由跌落破损，并经布袋落至反应器底部减少冲击，工人以画圆方式在反应器里装剂，催化剂被均匀地分布，随着装剂高度增加，用裁剪工具缩短布袋长度。

2.2 减少再生次数和开停工时间

加氢反应器和碳四转化反应器催化剂需要定期再生，以清除床层上积累的焦炭，从而恢复催化剂活性。再生时，要严格遵守再生步骤，减少催化剂粉末产生，但每次再生都会产生流量和压力波动，进而导致催化剂粉末产生。以碳四转化反应器为例，设计运行周期为 15-30 天，对于固定床的催化剂来说，再生越多寿命越短。而且固定床催化剂通常比较贵，采购周期相对较长。对于装置来说，用的时间越长，其成本控制越好。通过控制加氢反应产物中丁二烯的含量小于 5ppm，使得加热炉出口管线 1-丁烯含量减少，进一步使碳四转化反应器中异构化反应减少及控制 OCT 反应器入口温度等措施，进而使催化剂初始运行温度较低，避免热量波动，降低催化剂寿命。目前该装置碳四转化反应器连续累计运行 320 天，通过监控反应器压差和定期分析丙烯选择性来判断是否需要再生切换，现各项指标都在正常范围内。这种做法降低了能耗增加丙烯收率，同时减少了催化剂由于再生而引起的损失，进而延长了催化剂的使用寿命。

优化开停工方法，以减少开停工时间。该装置开车过程从前到后，按照公用工程单元、水洗及脱二甲醚单元、选择性加氢单元，OCT 进料预处理、OCT 反应及分离单元依次开车，此过程大概经历三天左右时间。为缩短开车时间，通过提前建立水洗和二甲醚塔循环、碳四转化系统循环、精馏塔自循环，预处理器和反应器提前进行再生步骤等，目前自系统引碳四至反应器切入系统仅用时 29 小时。停工过程按照规程进行时，对丙烯物料的浪费较多，乙烯回收率低。该装置合理优化停工操作步骤，首先，提前减少新鲜乙烯注入量，通过系统内的残余乙烯与碳四反应生成丙烯，通过加热炉出口物料在线分析仪检测，当其中乙烯和乙烷的含量低于 8mol% 时，切出 OCT 反应器。其次，停工过程中保证加热炉出口温度大于 230℃，具备停炉条件后触发加热炉进料切断联锁，目的是此时碳四转化反应系统为全气相物料，防止炉管带液以及残液不容易倒空置换，为反应停工置换减轻了大量的工作。最后，提高脱丙烯塔再沸量，将丙烯塔釜内丙烯蒸入回流罐中进行回收，从而降低成本。

3 减少原料中的毒物

反应器对催化剂毒物非常敏感，哪怕很小的浓度也能使催化剂中毒。但是大部分毒物可以被再生除去如：水，二氧化碳，醇类，氧气，羧酸，砷，胺，磷，

硫化物和硫化氢（通过再生恢复活性）。但是如果进料中有其他毒物，例如钠、卤素、氮化物、砷、汞和铅等重金属，这些重金属为永久性毒物，一旦超标不能通过简单的再生进行恢复，所以一定要避免原料中这些催化剂毒物超标，通过在线分析监测，严格遵守控制指标。如果毒物超标，要增加预处理器切换频次和增加现场采样频次，以确保碳四转化反应器能正常反应，催化剂毒物要在碳四转化反应器预处理器中除去。

4 超温引起热老化

碳四转化反应器的反应为等温反应，由于乙烯和碳四歧化反应生成丙烯前后分子数不变，所以压力高低对丙烯收率影响不明显，而温度的高低对丙烯收率有影响。当温度在 225 ~ 300℃ 时，丙烯选择性和丁烯转化率几乎不变，300 ~ 400℃ 时，丙烯选择性和丁烯转化率略有增加。当温度超过 400℃ 以上，副反应增多，催化剂高温热老化现象发生。所以，考虑到成本经济，将加热炉出口温度设置为 235℃ 运行，远远低于装置运行末期设计温度 340℃。这一做法，可以更好的控制成本产出，随着反应的不断进行，再根据丁烯的转化率和聚合级丙烯产量，调整反应温度，不仅提高反应产出，而且还降低催化剂结焦情况，延长催化剂使用寿命。

5 降低公用工程量消耗增强成本控制

依据该厂节能增效、控本降耗的发展思路，该装置以节水、节汽、节风为目标。①各级蒸汽系统在保证蒸汽系统无水击情况下控制疏水排凝，将蒸汽伴热产生的凝结水回用补水至火炬气水封罐，从而降低生产水使用量；②在低低压蒸汽管道运输中，如果出现保温破损和保温缺失等问题，蒸汽管线与外界环境之间换热非常剧烈，这会导致不同程度的散热损失，尤其不利于长距离的蒸汽供热。针对这一点，选用合适的保温材料、及时对缺失保温进行修复，对蒸汽保温性能特别重要；③持续优化废水回收利用工艺，并且做好设备设施维护保养相关工作，消除现场跑冒滴漏；④优化管道吹扫操作方法，降低氮气、工业风的消耗；⑤由于该装置的精馏塔都是使用低低压蒸汽作为再沸器的热源，平时操作的时候，如果不注意控制蒸汽用量，在同样的分离效果下，会出现能源浪费，需要操作人员选择该塔最佳操作曲线进行调节；⑥选用质量好的疏水器，选型得当，可使一次汽漏失率达到零，反之，可使一次汽漏失量增大，不仅浪费热能，甚至造成

回路不畅，影响供热效果；该厂按班次开展能源指标消耗情况统计分析，抓实能耗成本控制，切实提高该装置岗位人员参与成本控制工作的积极性。

6 结论

①通过减少预处理器切换频次、降低乙烯充压温度、增加乙烯充压频次等措施，减少正常操作期间的波动；

②严格遵守催化剂装填过筛步骤、减少反应器再生次数和缩短装置开停工时间，进而减少催化剂粉末的产生，延长催化剂使用寿命；

③原料中催化剂毒物，反应器对其非常敏感，通过原料的在线分析要尽可能避免不可再生毒物对后系统反应器的影响；

④低温有利于歧化平衡反应，可以更好的生产目标产物聚合级丙烯，并且低温可以降低催化剂结焦和热老化的发生，降低装置的运行成本。

通过一系列有效措施，降低公用工程量的消耗，也对成本控制起到一定作用。

参考文献：

- [1] 梁爽. 延长碳四烯烃转化催化剂运行周期经验总结 [J]. 石化技术, 2019, 26(04): 257-258.
- [2] 戚云辉. OCT 反应器运行操作优化 [J]. 生物化工, 2017, 3(05): 33-36.
- [3] 王永全. 减少烯烃分离装置开工损失的措施 [J]. 工程技术, 2019(07): 257-257.
- [4] 刘勃辰. 减少烯烃分离装置开工损失的措施以及流程上的优化 [J]. 中国化工贸易, 2017, 9(26): 123.
- [5] 杜振国. 烯烃分离装置维护保养措施 [J]. 云南化工, 2018, 45(6): 3.
- [6] 高婷. 甲醇制烯烃装置衬里磨损分析及优化措施 [J]. 石油化工设备技术, 2023, 44(6): 37-40.
- [7] 史祯. 节能减排新技术在甲醇制烯烃项目烯烃分离装置中的应用 [J]. 化工管理, 2018(04): 21.
- [8] 王泽云. 减少烯烃分离装置开工损失的措施 [J]. 化工设计通讯, 2018(02): 129.
- [9] 刘建荣. 煤制烯烃项目烯烃分离装置工艺流程优化研究 [J]. 中国石油石化, 2016, 21(35): 108-110.
- [10] 何国军. 减少烯烃分离装置开工损失的措施 [J]. 中小企业管理与科技, 2019(10): 3.

作者简介：

田旭 (1992-), 男, 汉族, 辽宁锦州人, 研究方向: 碳四烯烃转化烯烃分离。