

# 催化裂化装置汽提段及汽提工艺研究进展

钟成章

中化泉州石化有限公司

**[摘要]**在我国使用的催化裂化中,关于汽提段的研究和作用受到广泛关注。关于催化裂化汽提段的优化可以对产品分布尤其是焦炭的产率有着很好的改善。目前国内外针对催化裂化汽提段的挡板、裙座和汽雾布局都进行了相应的改良,并针对汽提效率的影响因素进行了相关分析。

**[关键词]**催化裂化;汽提段;汽提效率;工艺条件;汽提工艺

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.11.831

催化裂化作为我国石化炼厂重质油轻质化加工的一种关键环节,有着十分重要的地位。然而,随着原料的劣化和重氮化,催化裂化装置对平稳运行有着更为迫切的要求。为了保证催化裂化装置的长期运行,改善经济,国内外的相关炼厂在对汽提段的改进方面做了大量的研究。

## 一、汽提段的研究

汽提段的面板通常采用圆形设计。在沉降器中,汽提段一般是将待生催化剂使用过热蒸汽进行汽提,气体和固体之间相互逆流,使得催化剂达到实现油剂分离。差的汽提效果在一定程度上会使得待生催化剂夹带烃类物质进入再生器,导致再生器温度升高,对外取热负荷和主风风量都会有一定影响。更有甚者将会增加焦炭收率,减少轻质油产量。

针对汽提效率的研究,主要的改造集中在汽提段的内部,它不仅是提高汽提段效率的最为有效的方式之一,也是进行改造的基础。UOP公司针对隔板结构进行了改造,引进了裙板设计,促进多层逆流;MOBIL公司提出了两级或多级汽提,通过将两个重叠的汽提段浸入装置里同轴再生器的密相;Koch-Glitsch汽提段的内部为类似于填料的网格,由多个斜板组成的网格组成;沙特提出了通过汽提段改造来最大化烯烃产率的密相提升管,即在密相提升管中石脑油和提升气流高速反应,流出物在第二反应器中再次分离,催化剂通过汽提段来去除吸附烃。

同理,国内也对相关工艺做了大量的调研和探究,也得出许多建设性结论。石科院早年研究出兼有炔油转化功能的两段汽提,并在第二段汽提中设置换热器来移除相应的热量,最终提高轻质油的收率。针对汽提的内部构件,中石化还曾提出用2组或2组以上的挡板和之间的垂直板来实现一定的倾斜角度,可使的汽提效率提升20%以上。

洛阳石化采取单器单段逆流完全再生方式,沉降器和再生器同轴式布局,通过预汽提加两段汽提来实现高效汽提。洛阳石化的整个汽提段都浸入再生器中,并在料腿上设立预汽提腔进行初步汽提,汽提段设置挡板和裙座设立三排小孔来保证待生催化剂和汽提蒸汽充分接触,实现多级逆流,在工业应用后焦炭的产率减少了1%。

高桥石化将原来的3层汽提挡板增加为4层高效,汽提段筒体和锥体都相应延长,并将蒸汽喷嘴的角度由原来的55度降低10度,来改善沉降器之前发生的穿孔现象。在此基础上可以有效增加藏量,并利用催化剂床层来起到保护内壁的效果。

济南石化将原有的结构改变为三段汽提,内外挡板均匀

气孔,并设计三个流量骤减的蒸汽环,不仅有效减少蒸汽用量,还减少了焦炭产率。

青岛石化在扩大内径的基础上,挡板更换为高效类型,汽提升级改造为两段汽提,生焦减少了约1.5%。目前还存在相关炼厂在提升管出口设置带预汽提密闭旋流式快速分离系统(VQS),油气经过分离后直接进入沉降器顶的旋风分离器,而催化剂经预提升段汽提后进入汽提段,这样油气的停留时间大大减少,在一定程度上可以减少相关的二次裂化反应。

中国石油大学(北京)重质油研究室还针对气体类型进行了研究,通过吸附能力不同的气体来模拟相关汽提效率,可以看到气体在相关的分子筛催化剂上的吸附能力越强,效率将会发生显著降低的现象。则对于高吸附力的油气需要高效填料内构件来提高相应的汽提效果。

## 二、汽提工艺的研究

随着汽提结构的不断研究,汽提段中的反应过程也变为提高效率的研究对象。良好的汽提工艺提高了汽提效率,而汽提效率取决于时间、消耗量、温度、压力和催化剂的结构性能。催化裂化汽提器属于密相鼓泡流化床,是一种典型的蒸汽逆流接触传质传热过程。在整个流程下,油、气以及水蒸气通过传递和交换从催化剂表面发生解吸,水蒸气以此进入催化剂。在此过程中,气态的油与气态的水由于质量传递的因素在此,使得气态的油可以催化剂的外部脱离,气态的水进入到催化剂间。主要受以下因素影响:蒸汽用量多少、催化剂在过程中使用时间的长短、汽提段进行操作温度的高低、催化剂在产生效果时物性强弱及汽提器内部的结构型式区别等。分析化学反应对其效率的影响。

### (一) 汽提温度的影响

汽提温度在反应中的作用非比寻常。提高汽提段的温度有利于待生催化剂的分离和汽提效率的提升。包括在汽提段中形成高温介质,在较高的汽化温度下蒸汽与难以吸附的油气或焦炭反应,在催化剂表面和远离催化剂的地方分解、脱氢和冷凝。在正常的状态下,无法有效蒸发的液态焦炭被分解成小分子,从而降低了催化剂的结焦率。尤其是降低氢在焦炭中的含量。青岛石化在改造中采用低压过热蒸汽,温度达到500摄氏度,不仅加快了脱附速度,还促使软焦进行二次反应,焦炭的H/C比明显下降2-3个百分点。

### (二) 汽提时间的影响

在确定温度的情况下,时间更长对待生催化剂的提取有着非常作用。随着汽提时间变长,碳成分有可能迅速增加,但是经过一定时间后,如果时间进一步变长,则效率不会显

著提高。温度较高时汽提下的时间相对较短,达到了较为理想的效果。

### (三) 汽提蒸气量的影响

在温度和时间都确定的条件下,汽提的效率随蒸汽的增加而增加。增加蒸汽消耗可以增加蒸汽流量比。此外,水流量的增加,增加了催化剂和水蒸气的接触。综合结果有利于油的吸收和优化。然而,当蒸汽量超过一定量,结果并不会很明显的改善。

长庆石化在针对汽提蒸气量的研究中发现当油气和蒸汽的量相当时,效率<80%,汽提效率受蒸汽量影响很大,在一定程度上蒸汽量的提高可加快汽提效率的提高;当两种物质的比在0.4-0.5之间时,汽提效率可提高到80%~90%;当两种物质的比<0.40时,汽提效率显著提升到90%以上。通过调整蒸汽的用量进行分析,得出汽提段中较为合适的蒸汽量为5.5~6t/h。

### (四) 汽提段内反应

汽提蒸汽的重要功能是实际上就是一个简单的物理过程,除开被输送的油气,以尽量减少汽提碳的数量。然而,对于重油催化裂化,情况可能会有所不同。提升管中难裂解的油气可能不会完全反应,因此汽提段不仅是一个物理汽提过程,也是一个化学反应。目前我国炼厂提升管的设计趋势是尽量减少油气的反应时间。因此,油气在提升管中不会完全反应,而是可能集中在沉降器和汽提段,而不完全反应生产的焦炭在再生器中不利于降低机组能耗。基于此,为了获得尽可能多的液相反应,必须改进结构或改变汽提的相关条件。研究表明当催化剂在汽提段停留时间过长时,将会加深二次反应和热裂化反应,焦炭和甲烷的产率会有所上升。裂化反应通常为烃分子碳链的断裂,裂化为较小的烷烃或烯烃等小分子;而二次反应主要为再裂化、综合、环化及氢转移等小分子,可能产生更重的焦炭。

### (六) 催化剂物性

催化剂的结构以及性能是对催化剂的脱油性有较大影响的因素。大表面积催化剂吸附力会更大,因此多孔大体积催化剂具有良好的性能。能够加大催化的效率。

### (七) 汽提段结构型式

对于汽提段的设计可以考虑在一定程度上提高汽固接触效率,增加汽提蒸汽和催化剂两者之间的逆流接触。重点在于改善汽固接触空间,在内外的隔板或裙座上增加大孔结构,提高固催化剂在汽提塔中的填充率,以此增大汽固接触面。采用多段式汽提工艺,注意汽提蒸汽在汽提段从上部到下部的流向和分布情况,使汽提蒸汽可以在待生催化剂的主通道中实现均匀分布,有效避免了偏流、气泡等现象,使得汽提段中汽提蒸汽和催化剂的接触面积甚至于汽提效果都可以得到很大的提升。

洛阳石化在原有环形挡板式的基础上进行改造,格栅式汽提段中焦炭的氢明显下降2个百分点,因为格栅不仅缩小了自由流动的范围从而增加接触传热面积,还明显限制了催化剂上下返混的能力,传质浓度差在一定程度上得到提高。中国石油大学(北京)针对内构件强化汽提过程进行了研究,

发现盘环挡板上的均匀气孔可更有效的提高接触面积,而9~12 mm为最恰当的孔径尺寸范围;而在格栅型汽提器内有较好的再分布能力,可以有效提高油气收率。

### (八) 多段式汽提

等催化剂进入汽提阶段后,首先可以利用汽提蒸汽对其进行物理吸附和吸附过程。随着时间的延长和二次反应比例的增加,吸附在催化剂上的烷烃的解吸和释放比例逐渐提高。因此,在设置多段汽提时,首先要进行汽提、局部汽提和交换,最大限度地减少油气与催化剂的接触时间,将其减少烷烃的再进行吸收。

### 三、结束语

随着催化裂化原料重质化的逐步增加,高性能的汽提在关键步骤中发挥着重要作用。提高效率主要来自两个方面,在于汽提段构造的持续改进和相关工艺的不断优化。为了提高效率,结构改革的重点是增加接触面积,利用好现有条件,使催化剂和油气充分分离,使汽提效果更加优异。一个好的结构必须有一个良好的汽提工艺条件,双向辅助才能将性能发挥到最优。否则,将无法有效地工作,所以要不断改进和提高效率。在催化裂化装置中,汽提工艺扮演的角色将越来越关键。

### 参考文献:

- [1] 许日. 大型重油催化裂化装置设计与优化分析探讨[J]. 现代化工, 2020, 40(09): 209-213.
- [2] 于海明, 尤克伟. 重油催化裂化装置汽提段改造与应用分析[J]. 炼油技术与工程, 2008(02): 31-34.
- [3] 张永民, 时铭显, 卢春喜. 催化裂化汽提技术的现状与展望[J]. 石油化工设备技术, 2006(02): 31-35+5.
- [4] 吕亮功. 0.8Mt/a重油催化裂化装置汽提器改造[J]. 炼油技术与工程, 2004(11): 42-43.
- [5] 孙绍鹏, 王珊珊, 李文建. 关于催化裂化装置两种汽提型式的问题分析[J]. 中外能源, 2020, 25(02): 72-76.
- [6] 姜源. 内构件强化汽提过程的数值模拟[D]. 中国石油大学(北京), 2020.
- [7] 于善青, 舒春溪, 李家兴, 林伟. 催化裂化焦炭的生成及其对催化剂性能的影响[J]. 工业催化, 2020, 28(10): 9-18.
- [8] 袁晓云, 赵飞, 孙晓飞, 杨阿敏. 催化裂化装置汽提蒸汽量与汽提效率的关系探讨[J]. 中外能源, 2020, 25(08): 45-48.
- [9] 龙彪, 董群. 催化裂化高效汽提技术研究进展[J]. 炼油与化工, 2006(01): 1-3+67.
- [10] B·W·赫德里克. 在挡板上具有完全分布的开孔的汽提方法. 中国专利: 00818068[P], 2003-04-30.
- [11] Rall. Apparatus for contacting of gases and solids in fluidized beds. USP: 6, 224, 833[P], 2001, 05, 01.
- [12] 闫成波. 同轴式催化装置待生线路磨损情况分析措施[C]// 2006年中国石化节能技术交流会. 中国石化集团公司节能技术中心, 2006.