

50 万吨 / 年重油催化裂化装置高效汽提技术改造

卢 彬 (中海石油中捷石化有限公司, 河北 黄骅 061101)

摘 要: 中海石油中捷石化 50 万吨 / 年重油催化裂化装置于 2013 年 9 月进行了高效汽提技术改造, 实现了多通道, 多分层, 催化剂与蒸汽充分接触的目的, 全面优化反应再生系统的运行, 降低待生催化剂定碳, 降低再生器床温和外取热器负荷。经标定数据表明, 待生催化剂定碳降低 11.6%, 提高轻质油收率 0.48%, 年增效益 1142 余万元。

关键词: 催化裂化; 高效汽提器; 安全节能

催化裂化是现代炼油厂实现重油轻质化, 获得经济效益的一个重要手段。汽提是反应与再生之间的重要环节, 进入汽提段的油气总量约为催化剂重量的 0.7%, 约为进料量的 2% ~ 4%, 其中夹在颗粒间隙的约为 70% ~ 80%, 吸附在催化剂微孔内部的约为 20% ~ 30%。如果携带油气的催化剂直接由沉降器进入再生器, 不仅损失大量的油气, 还会增加再生器的负荷。汽提段的作用就是将待生催化剂上可挥发烃脱除, 增加轻质油收率, 降低焦炭产率; 同时再生器烧焦负荷的降低将增加装置处理能力。因此, 改善汽提效果、增强汽提段的作用是降低重油催化裂化焦炭产率的一个重要手段; 并且高效的汽提段可以减少汽提蒸汽的用量, 降低能耗^[1]。

1 装置概括

中海石油中捷石化有限公司重油催化裂化装置建成于 2005 年, 9 月份开车成功。分为反应再生 (两器同轴式)、分馏、吸收稳定、产品精制、余热锅炉 5 个工段, 设计加工 30% 蜡油、70% 的常压渣油, 装置加工负荷设计加工能力 50 万吨 / 年, 全年操作时数为 8000 小时。主要产品为汽油、液化石油气、4# 燃料油、焦化料。目前原料油残炭在 3.5~5.5% 左右, 随着原料油比重加大, 装置烧焦量越来越大, 待生催化剂残炭在 1.12 左右, 装置能耗 44.41kgEO/t。由于装置烧焦量大, 烧焦能耗在总能耗中占的比例最大, 外取热负荷随之增大。因此, 降低烧焦量是降低装置能耗, 降本增效的首当之举。为此该装置采用新型专利高效汽提器技术, 将原反应沉降汽提器改为高效汽提器, 改造后工业运行效果显著。

2 汽提器的原理及发展

2.1 汽提的原理

催化剂的汽提过程是质量传递过程和吸附动力学融合的结果, 其中的质量传递起着关键作用, 而其又

与气固两相流动状况密切相关。在汽提器内, 气固两相流动属于典型的气固逆流密相鼓泡流化床输送过程, 在此过程中, 催化剂向下流动, 汽提蒸汽以气泡形式向上流动, 传质发生在气泡相和乳化相之间, 催化剂与蒸汽之间的接触状况直接影响传质效果, 而接触状况取决于内构件的形式和汽提工艺, 因此, 改变内构件的形式是提高汽提效率的一个有效方法^[2]。

2.2 催化裂化装置汽提器的现状和发展

目前, 国内催化裂化装置使用的汽提器基本以“折流锥板”、“圆锥盘”的居多, 其它形式的较少见。几十年来汽提器技术没有大的发展, 相对来讲, 对汽提段的关注和研究还不够, 而且个人行为多于机构 (组织) 行为。汽提段从最初的“空筒”型, 发展到后来的“人字挡板”型, 现在普遍使用的有“折流锥板”型, “圆锥盘折流锥”型。近几年报国家专利的汽提器结构形式如“组合式”、“塔盘式”等。但是这些形式的汽提器都存在着一些缺点, 共同制约着其工业应用的发展^[3]。在结构方面, 大部分都是单通道, 层数少, 催化剂与蒸汽分布不均匀、接触不充分; 而机理方面, 催化剂下降过程中瀑帘过厚, 瀑帘过少, 折流次数少, 下行通道单一, 下行催化剂和上行蒸汽不能充分有效接触, 无法实现气泡相和乳化相在横截面上的完全均匀分布, 存在催化剂的高质量流速返混区和死区, 汽提段横截面利用率低, 催化剂循环量受到限制, 从而使汽提效果达不到理想目标^[4]。

催化裂化汽提段的改造一直是炼油技术人员研究的重要课题, 汽提段从最初的“空筒”型, 发展到目前的“人字挡板”型, “折流锥”型, “圆锥盘折流锥”型, “汽提单元型”; 国外目前有“格栅型”和法国 Total 公司研制的“填料型”^[5], 其目的就是要“细化”催化剂与蒸汽的流通通道, 使两者在流化中分布更均匀, 接触更充分, 达到改善汽提效果, 但都还没有大

规模工业化。目前，国内大多数炼油企业使用的常规汽提器截面积只有一个大环形通道，催化剂下行只通过一侧且容易产生严重偏流，汽提效果不好，为使待生催化剂与蒸汽均匀分布且充分接触，研发多通道、多层交错分布式汽提器结构是解决这一问题的关键。因此新型高效汽提器的研发方向是：理论上，最大限度的使催化剂携带的油气被汽提出来，提高目的产品收率；结构上，提供一个使催化剂和蒸汽充分接触的结构空间。从最初的空筒型汽提器到近年来的新型汽提器，人们都在以提高汽提效率为目标，着眼于增加汽提器空间利用率，减少死区和返混，提高催化剂在汽提器内的停留时间，扰动气固流动，增加湍动程度，促进气固间高效接触来降低再生烧焦量^[6]。

2.3 高效汽提器技术特点

催化裂化汽提器的汽提效率主要与汽提蒸汽用量、汽提温度、催化剂性质及汽提器的结构型式等因素有关，因此提高汽提效率的途径主要有2种，即改进汽提器的结构和优化工艺条件。而高效汽提器与常规汽提器相比，汽提单元高效由多个通道组成，把汽提段的横截面由原来的单一通道分割成众多通道，使待生催化剂通过众多面积较小的通道自上而下流动，并多次再分配，使待生催化剂在汽提器横截面内分配更加均匀；汽提蒸汽自下而上通过“汽提单元”分割成的空格通道，也实现了蒸汽在汽提器的多次均匀分布，又限制了蒸汽偏流及形成的气泡体积；同时由于单元层数的增加，将相对延长催化剂在汽提段的停留时间和再分配次数，从而大大增加催化剂与蒸汽间的接触机会，提高汽提效果。

由于高效汽提器的特殊的结构特点，使催化剂下行分布更加均匀，催化剂的再分布能力大大增强；多个锥体多层交错细化催化剂瀑帘，使催化剂和汽提蒸汽接触更加充分；无堵塞、架桥、流化不畅现象，无安全风险，而且安装、检修、装拆十分方便，在炼油企业的工业应用中有着很大的发展前景。

3 改造内容

①沉降器内部原有汽提器进行拆除，更换高效汽提器，汽提器设计安装高度约为6400mm，设计安装位置标高35.95m处。

②4层锥形挡板改造成8层40个汽提单元，奇数层与偶数层汽提单元排布相互错开，其中奇数层每层安装4个汽提单元，偶数层每层安装6个汽提单元。

③4层环形挡板改造成8层，以便更好对催化剂

进行分布。

④汽提蒸汽由原有两段汽提改为一段汽提，管线从汽提单元空隙处穿过。

⑤改造时为了防止催化剂对汽提段内件磨损，将内件材质等级提高，原来四层环形挡板和四层锥形挡板材质为20R，改造后汽提段汽提单元高效汽提器所有材质均为0CR18NI9，对汽提单元进行耐高温防磨喷涂处理。

4 改造后效果

4.1 工业运行情况

在陕西超能石化科技有限公司技术人员的共同参与下，50吨/年催化裂化装置节能减排技术改造实施后，装置开车一次成功。在高效汽提技术装置工业运转期间，待生、再生催化剂两器流化输送正常，两器各段密度压降正常，操作平稳，充分验证了高效汽提技术在重油催化裂化工艺改造后的可靠性。

改造前后标定期间，原料为常压渣油占（70%），

表1 产品质量分析表

产品名称	分析项目	改造前	改造后	备注
催化稳汽分析数据	密度（20℃），kg/m ³	733.9	737.1	
	馏程 HK	41	38	
	馏程 KK	202	204	
催化柴油（燃料油）	密度（20℃），kg/m ³	941.6	946.3	
	凝固点，℃	<-25	<-25	
	闭口闪点，℃	78	80	
	初馏点	187	184	
	95%	373	372	
催化干气组分（V）%	氢气	43.89	45.22	
	氧气	0.78	1.14	
	氮气	24.33	25.72	
	硫化氢	3800	4000	
	C3以上组分	1.09	1.03	
	1,3-丁二烯	0.01	0.14	
液化气组成（V）%	C ₂ —	0.53	0.68	
	丙烯	31.1	33.13	
	1,3-丁二烯	0.04	0.05	
	C5+	0.15	0.18	
	H ₂ S含量 ppm	4600	5600	

其中掺蜡比占(30%)混合进料,通过对催化原料油的分析,其性质基本相似,相关数据具有同等可比性。

4.2 产品性质

标定期间改造前后产品质量无较大变化,产品性质稳定。由表1可知改造前后未对其产生不良质量影响。

4.3 数据分析

①待生剂定碳由改造前的1.05%下降为改造后的0.906%,下降率为13.71%,说明汽提效率提高了13.71%。催化剂参数如表2所示:

表2 催化剂分析

改造前			改造后		
项目	待生剂	再生剂	项目	待生剂	再生剂
定碳	1.12	0.07	定碳	0.99	0.05

②产品分布得到明显改善,目的产品收率大幅度提升,产品分布明显改善,轻油收率由改造前的84.55%上升到85.03%,上升0.48%;油浆产率由改造前的3.53%下降到3.3%,下降了0.23%,焦炭+损失由7.73%下降到6.35%,下降了1.38%,综合商品率由改造前的88.08%上升到88.33%,上升了0.25%。

③装置运行进一步优化,改造后,从催化装置开工过程中两器流化情况及开工正常后两个多月运行情况看,改造后的汽提段结构合理,流化良好。加工量提高了8%,在加工轻质油时最高可以提高加工量达15%以上。再生剂定碳由改造前0.07%下降至改造后0.05%,待生剂定碳降低0.13%。为发挥再生催化剂的平衡活性,降低催化剂单耗创造了条件,装置汽提蒸汽量下降约150kg/h,同时因加工量的提高,相应的主风量同时提高,外取热产汽量增加。其他各项控制指标运行平稳,装置整体运行水平进一步提高。

④高效汽提器改造加工效益及装置运行成本测算,装置能耗有所降低,装置吨能耗由改造前的44.41Kg/t下降到43.18Kg/t,主要原因是装置改造后处理量大幅度增加,并且轻质油收率提高,轻油收率由改造前的84.55%上升到85.03%,上升0.48%;焦炭产率明显降低,焦炭+损失由7.73%下降到6.35%,下降了1.38%,蒸汽产量降低,中压蒸汽自产量由改造前的621.01吨下降到544.93吨。

5 改造后经济效益分析

汽提蒸汽每小时节约150kg,折合费用: $0.15T \times 75 \text{ 元}/T = 11.2 \text{ 元}/h$

②收率提升增加效益: 液化气降低: $47.25T/h \times 0.67\% \times 5500 \text{ 元}/h = 1741 \text{ 元}/h$

汽油增加:

$47.25T/h \times 1.23\% \times 7000 \text{ 元}/h = 4068 \text{ 元}/h$

柴油降低:

$47.25T/h \times 0.08\% \times 7500 \text{ 元}/h = 284 \text{ 元}/h$

油浆降低:

$47.25T/h \times 0.23\% \times 4000 \text{ 元}/h = 434.7 \text{ 元}/h$

蒸汽产量降低:

$(621.01T - 544.93T) \div 24 \times 150 \text{ 元}/h = 475.5 \text{ 元}/h$

④标定期间经济效益:

$11.2 + 4068 - 1741 - 284 - 434.7 - 475.5 = 1428 \text{ 元}/h$

全年增加经济效益为 $1428 \text{ 元}/h \times 8000h = 1142.4 \text{ 万元}$ 。综合上所述,催化装置沉降器汽提器改造是成功的,改造后的高效汽提器效果明显优于原常规结构形式,产品分布得到改善,产品收率大幅提升,产生了可观的经济效益。

6 结论

催化裂化汽提器是催化装置中的重要组成部分,而汽提器中的内部组件结构是提高汽提器汽提效果的关键所在,陕西超能石化科技有限公司研发的高效汽提器,根据几何型内部组件以及合理的结构分布,能够最大化的优化汽提器的汽提效果,可以有效的降低催化剂氢碳比和待生剂的定碳比,而且使产品结构分布更加合理,为炼厂取得最大的经济效益,完全能满足现代炼厂利益最大化的需要。

参考文献:

- [1] 于国庆,高金森,徐春明.重油催化裂化装置汽提段及汽提工艺研究进展[J].当代化工,2004,33(2):68-71.
- [2] 许长辉,陈慧娟,董群等.催化裂化汽提器技术研究进展[J].化学工业与工程,2007,24(2):183-186.
- [3] 陈俊武.催化裂化工艺与工程[M].中国石化出版社,2005:126-163.
- [4] 傅向民,刘新峰,张国静,韩凤义.催化裂化装置长周期生产调查报告.催化裂化协助组第九届年会报告论文选集[C],2003:145-155.
- [5] Senegas, et al. Process and apparatus for stripping fluidized solids and use thereof in a fluid cracking pocess, USP 5 716585, 1998.
- [6] Zinke, FCC stripper with spoke arrangement for bi-direction catalyst stripping, USP 5 549 814, 1996.