

影响渣油沸腾床加氢裂化方案经济性的因素分析

侯凯锋, 阮宇红, 袁忠勋

(中国石化工程建设公司, 北京 100101)

摘要 渣油沸腾床加氢裂化是实现劣质渣油深度加工的工艺技术, 有利于提高炼油厂的轻质油收率。分析了影响渣油沸腾床加氢裂化经济效益的主要因素, 如原料选择、运行周期、未转化渣油收率和未转化渣油的利用等, 为全厂总加工流程的优化提供指导。

关键词: 渣油转化 沸腾床加氢裂化 轻质油收率 经济效益 加工总流程

1 前言

在全社会对可持续发展和绿色环保的呼声日趋强烈的今天, 炼油企业所面临的原油价格持续上涨、原油性质变重变差、轻质油品需求量上升和燃油及环保标准更加严格的压力也越来越大, 经济环保的渣油加氢技术因此受到企业的广泛关注。渣油固定床加氢处理技术在处理劣质渣油时会由于高放热反应引起催化剂床层结焦、固体物积聚引起床层压降增大以及催化剂中毒等原因造成装置频繁停车换剂, 影响炼油企业长周期、平稳、连续运行。而经过 40 多年的开发和工业应用实践, 适合劣质渣油深度加工的沸腾床加氢裂化技术在工业应用中的安全性、可靠性、有效性大大提高^[1], 提高了渣油加工深度和转化率, 增加了轻质油收率, 经济上是可行的^[2]。渣油沸腾床加氢裂化工艺在工业中的应用已进入快速发展期, 研究和分析影响其技术、经济效果的各种因素具有重要意义。

2 影响渣油沸腾床加氢裂化方案经济性的因素分析

2.1 原料选择

渣油沸腾床反应器采用上流式反应器结构, 催化剂床层处于运动状态, 不存在杂质堵塞床层问题, 避免了床层压降的增大; 反应器内部基本处于等温状态, 不会产生局部过热; 催化剂可以随时在线添加和移出。其特殊的反应机理和反应器结构使渣油沸腾床加氢裂化技术可以加工更加劣质的原料。渣油加氢转化工艺对原料性质的适用范围见图 1^[3]。从图 1 可以看出, 沸腾床加氢裂化工艺更适合加工金属含量在 200 ~ 800 $\mu\text{g/g}$ 范围内的渣油馏分, 转化率可达到 45% ~ 85%。因此, 该技术能够处理固定床渣油加氢工艺难处理的

各种重质原油的渣油、油砂沥青油、页岩油甚至溶剂精制煤浆等原料, 从而拓宽了加工原料的范围, 增强了劣质原油加工的适应性。

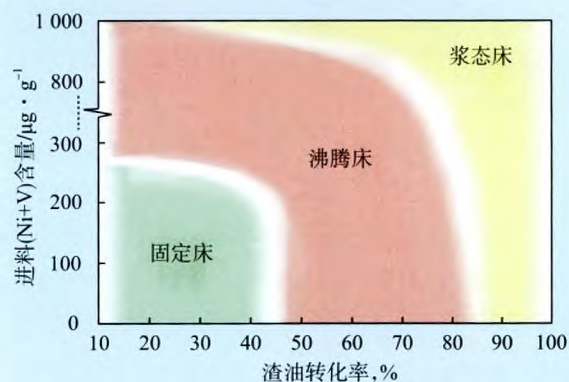


图 1 渣油加氢转化工艺对原料性质的适用范围

随着催化剂的改进以及投资和操作费用的下降, 沸腾床加氢裂化技术可用于金属含量较高的高硫中质原油的加工处理, 并能够获得较好的经济效益^[1]。但需要通过改进全厂总加工流程来优化原料配置, 采用减压深拔等手段浓缩沸腾床加氢裂化原料中的金属、残炭和沥青质含量, 控制沸

收稿日期: 2010-02-10; 修改稿收到日期: 2010-04-06。

作者简介: 侯凯锋(1972—), 男, 2000年毕业于清华大学化工系, 工学博士, 高级工程师。现从事炼油厂的前期规划及工厂设计工作。

腾床加氢裂化装置规模,降低投资和操作费用,提升经济效益。对某千万吨级炼油厂,以加工中东中质原油为主,当作为沸腾床加氢裂化原料的减压渣油的切割温度由 520 ℃深拔到 580 ℃后,沸腾床加氢裂化装置的规模降低 57.1%,则全厂每吨原油增加利润约 3.28 元,项目税后内部收益率提高 0.38%^[2]。

2.2 运行周期

炼油生产装置长周期平稳运行是企业降本增效、提升竞争力的有效手段。目前,我国炼油企业大部分生产装置通过优化设计、加强管理都能达到“三年一大修”水平。但由于渣油固定床加氢处理装置的催化剂使用寿命一般仅为 11 ~ 12 月,因此选择渣油固定床加氢处理方案的炼油企业,每年由于此装置停工换剂需降低生产负荷或购置低硫高价替代原油,将会导致税后内部收益率下降 0.16%^[4]。而沸腾床加氢裂化工艺通过新颖的反应器结构设计、可靠的工艺流程和先进的自动控制,实现了催化剂的在线加入和移出,延长装置操作周期。通过多年持续不断的改进和工业应用总结,目前此工艺已进入相对成熟和安全期,根据国外专利商的介绍,目前工业运行沸腾床加氢裂化装置的平均在线率达到了 90% 以上,操作周期延长至 3 ~ 5 年,最高已运行 6 年。表 1 列出了引起沸腾床加氢裂化装置非正常停工的故障原因,其中主要是由工艺管道和分离器/分馏部分的结焦造成的,因此工程方面仍需完善工艺流程,优化管道、阀门和设备的选型及材质,进一步提高在线运转率。

表 1 沸腾床加氢裂化装置引起非正常停工的原因分析

故障原因	所占比例, %
工艺管道	40
分离器/分馏部分结焦	24
循环泵	20
反应器操作不稳定	10
原料油进料泵	3
新氢机/循环氢机	3

2.3 未转化渣油收率

沸腾床加氢裂化装置渣油的转化率与原料的性质关系极大,特别是沥青质和胶质含量。沥青

质是难以转化的物质,而胶质在高温、高压条件下易转化。随着转化率的提高,胶质加氢饱和性提高,其溶解沥青质的能力下降,从而会导致未转化渣油有沥青质沉淀和分层的趋势。沥青质在高温部位(反应器、级间分离器、热高分罐、常压塔底部、减压炉、减压塔底部及减压渣油换热器等)的析出将会引起装置操作性能下降。因此,转化率的极限是要确保未转化渣油性质稳定,能够连续运输,不使设备结垢^[1]。

渣油沸腾床加氢裂化的转化率因原料而异,差别很大,如表 2 所示,对同一种原油,当原料密度增大、杂质含量升高时,渣油转化率会随之降低。因此,转化率的确定需要参考如下几个方面因素:①渣油原料的性质,包括密度、组成等;②未转化渣油的稳定性,不能破坏渣油转化与沥青质稳定的平衡。也可通过适当掺入 5% ~ 7% 高芳烃含量的稀释油(如催化裂化油浆等)来防止高转化率下沥青质的析出;③产品的去向,需同时兼顾脱硫率、脱残炭率、脱金属率、脱氮率的要求;④氢气供应成本。高转化率将会导致氢气消耗的成倍增加。转化率每增加 5%,化学耗氢将增加 10%。因此,当渣油加氢裂化装置以最大量生产裂化产品为目的时,其适宜的渣油转化率为 65% ~ 80%。

表 2 未转化油收率与原料性质的关系

项 目	>565 ℃ 减压渣油	>580 ℃ 减压渣油
原料性质		
密度(20 ℃)/g · cm ⁻³	1.054 2	1.060 3
残炭, %	21.62	23.17
w(硫), %	5.94	6.13
w(氮)/μg · g ⁻¹	4 500	4 650
金属含量/μg · g ⁻¹	164.0	176.9
w(沥青质), %	8.7	9.3
主要操作参数		
渣油转化率, %	73.0	72.0
脱硫率, %	81.1	81.5
脱残炭率, %	62.4	62.9
脱金属率, %	84.5	85.0
化学氢耗(标准状态)/m ³ · m ⁻³	231	240

2.4 未转化油利用

沸腾床加氢裂化装置未转化渣油的出路,目前多数工业装置都是掺减压瓦斯油后作低硫燃料油,也有少数装置用作焦化原料油,在没有廉价天然气可用的炼油厂,也可以用作气化制氢的原料^[1]。对已建有延迟焦化装置的炼油厂,未转化油作延迟焦化装置的原料油应是最优的利用路径,既不需要另建装置或设施,而且可进一步提高渣油的总转化率,提高全厂轻质油收率。但这部分在高压加氢条件下未被裂化的未转化油,主要由胶质和沥青质组成,可能是焦炭的母体,在延迟焦化工艺的高温条件下,缩合和脱氢反应是主要的反应过程,必然会影响到延迟焦化装置的操作周期、产品分布和性质等。表3是某专利商给出的中东重质原油的直馏减压渣油和该减压渣油经沸腾床加氢裂化后的未转化渣油(转化率为75%)分别作延迟焦化装置原料的产品分布^[5]。从表3可以看出,未转化渣油的残炭比直馏减压渣油高出7.6个百分点,延迟焦化的气体和焦炭产率分别增加约0.15个百分点和6.64个百分点。未转化渣油作焦化原料,焦炭产率与原料残炭含量的比例由直馏减压渣油作原料时的1.46下降为1.28,这可能与原料经过加氢后结构组成发生变化有关。

表3 两种不同原料下延迟焦化装置的产品分布

项 目	直馏减压渣油	沸腾床加氢裂化 未转化渣油
原料残炭, %	18.1	25.7
产品分布(w), %		
气体	8.47	8.62
石脑油(C ₅ ~ 177 ℃)	13.19	11.90
柴油(177 ~ 343 ℃)	24.31	21.70
蜡油(>343 ℃)	27.69	24.80
焦炭	26.34	32.98

未转化渣油作延迟焦化装置的原料油,可提高渣油的总转化率,但转化率与生焦量密切相关。按表3数据,渣油的总转化率可由75.00%提高到91.76%。但也有部分专家提出,未转化油作延迟焦化原料,生焦量与原料残炭的比例将可能提高到1.4 ~ 1.6^[6]。按此数据计算,渣油的总转化

率将会下降0.7% ~ 2.0%,这将会直接导致方案各项经济效益指标的下滑。对某加工中质原油为主的千万吨级炼油厂,全厂吨油利润将下降约3.54元,税后内部收益率下降约0.17%。可见,未转化渣油的去向以及作延迟焦化装置原料时生焦量的变化,不仅影响到渣油的总转化率,而且对项目的经济效益也会产生一定影响,必须有可靠的试验或工业数据为依据。

3 结束语

(1) 随着全球原油重质化、劣质化趋势的明显,渣油沸腾床加氢裂化技术在炼油加工总流程中的作用也将受到重视,以增强炼油厂对劣质原油加工的适应性,扩展原油采购范围,提高原油资源的综合利用率和轻质油收率,提升经济效益和市场竞争能力。

(2) 影响渣油沸腾床加氢裂化方案技术经济可行性的因素有很多,如原料的选择、运行周期、未转化油的收率及利用等。必须根据原料的性质,通过试验结果确定合适的操作温度、操作压力、空速、转化率及杂质脱除率等,以及未转化油对其它装置的产品分布影响,从而为方案的全面技术经济评价提供充分、可靠、科学的基础和依据。

参 考 文 献

- [1] 姚国欣. 渣油沸腾床加氢裂化技术在超重原油改质厂的应用[J]. 当代石油石化, 2008, 16(1): 23-29
- [2] 侯凯锋, 袁忠勋. 渣油沸腾床加氢裂化技术对炼油加工总流程的影响及经济性分析[J]. 石油炼制与化工, 2010, 41(7): 28-33
- [3] 李春年. 渣油加工工艺[M]. 北京: 中国石化出版社, 2002: 490-506
- [4] 鞠林青, 赵文忠. 影响炼油项目经济效益的现实因素分析[J]. 炼油技术与工程, 2006, 36(4): 6-9
- [5] Sundaram K M, Mukherjee U, Baldassari M. Thermodynamic model of sediment deposition in the LC-finishing process[J]. Energy & Fuels, 2008, (5): 12-16
- [6] Stratiev D, Petkov K. Residue upgrading: Challenges and perspectives[J]. Hydrocarbon Processing, 2009, (9): 93-96

AN ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE ECONOMIC BENEFIT OF EBULLATING BED HYDROCRACKING TECHNOLOGY FOR HEAVY RESIDUE UPGRADING

Hou Kaifeng, Ruan Yuhong, Yuan Zhongxun
(SINOPEC Engineering Incorporation, Beijing 100101)

Abstract Ebullating bed hydrocracking technology could be used to upgrade heavy residue for improving the light products yield of a refinery. Factors affecting the economic benefit of adopting ebullating bed hydrocracking technology were analyzed, including selection of feedstocks, operation period, the yield of unconverted residue and its utilization. This analysis will be helpful for the optimization of refinery configuration.

Key Words: residue upgrading; ebullating bed hydrocracking; light products yield; economic profit; refinery configuration

简 讯

太阳能光伏行业对封装材料需求前景光明

行业人士指出,随着太阳能光伏行业引领光明的未来,蓬勃发展的将是封装材料市场。尽管金融市场仍存在普遍困扰,但太阳能光伏(PV)部门只经历了 2009 年下半年需求的暂时下滑,而其发展前景已十分可期。

美国首诺公司于 2010 年 7 月 5 日指出,在未来几年内全球光伏市场年增速将达 25%,而化工巨头杜邦公司 2010 年目标是其光伏业务的销售额增长 50%,这是因为欧洲、北美和亚洲的太阳能市场强劲增长。随着太阳能行业的增长,对封装材料的需求也在增加,封装材料是应用于防止对敏感电子设备造成损害而使用的保护屏障。据全球咨询机构 Frost & Sullivan 公司的研究分析,全球封装材料市场的年价值约为 20 亿美元(16 亿欧元),主要应用在建筑、汽车和太阳能行业。虽然太阳能行业是最小的使用部门,但它在较长远时期内或许具有光明的前景。2009 年光伏封装材料市场价值约 3.54 亿美元。

封装剂在光伏模块中是不可替代的,并且太阳能市场发展非常快。为了迎接新一轮增长浪潮,封装材料制造商正在努力提高效率和产品的耐用性。尽管曾遭遇经济衰退,但许多主要厂商仍都在 2010 年公布了重大投资。

在通常情况下,太阳能模块包括几个层次:背板、电子元件、封装材料和玻璃板。在温度高达 150 °C 下进行层压以密封该部件。共聚物 EVA 是制造封装材料最常用的材料,2009 年占市场份额约 82%。热塑性聚合物 PVB 是它的主要竞争对手,它占市场份额仅 15%,但正在迅速增加。聚乙烯醇缩丁醛(PVB)基模块往往具有更高的性能,并且可存放在仓库内较长时间而不影响其性能(可长达 4 年,而 EVA 仅为 6 个月),但是,它们至今只占相对较小的市场份额,这是由于成本较高和生产时间较长。

2009 年,光伏 EVA 和 PVB 的市场价值分别为 2.882 亿美元和 5 630 万美元。更昂贵的选择,如离聚体和有机硅,只占约 2%,即营业收入约为 960 万美。目前,有机硅成本为 9 ~ 10 美元/m²,而 EVA 要便宜得多,为 3 ~ 4 元/m²。

已有越来越多的厂商在亚洲市场投资建厂,以取得廉价的生产成本和占领迅速增长的市场。据 Frost & Sullivan 公司分析,63 家主要的封装剂供应商中有超过 60% 在中国扎根。然而,传统上最大的市场仍在欧洲。

[章文摘译自 ICIS, 2010-07-05]