

催化裂化装置国 VI (B)

汽油产品收率变化与经济效益总结

马 骁 (中国石油化工股份有限公司金陵分公司, 江苏 南京 210000)

摘 要: 针对国 VI (B) 汽油生产调和要求, 分公司催化汽油烯烃含量按 $\geq 24\%$ 的控制指标, 降低汽油烯烃含量成为催化装置需要思考的热点问题。为此, 本文以某催化裂化装置常见的降烯烃增产措施, 以 10 月 9 日~10 月 31 日生产数据为基准, 总结在此期间国 VI (B) 汽油生产期间的生产情况, 证实该方案的经济可行性。

关键词: VI (B) 汽油; 降烯烃; 催化裂化; 生产调整; 产品收率变化

某催化裂化装置原设计由处理能力 100 万 t/a 的催化单元; 处理能力 4.6 万 t/a 干气、11.8 万 t/a 液化气的脱硫单元; 处理能力 11.8 万 t/a 的液化气脱硫醇单元; 处理能力 15 万 t/a 的气体分馏单元; 处理能力 50t/h 3.5MPa 中压蒸汽的余热锅炉单元及烟气处理单元等组成, 设计处理能力为 100 万 t/a 的催化裂化装置采用美国 Stone-Webster 公司 RFCC 技术, 以常压重油或减压渣油与蜡油的混合物为原料, 生产高辛烷值汽油、轻柴油、液化气、干气、产品油浆等石油产品。自 2022 年 9 月以来, 为满足国 VI (B) 汽油生产需求, 针对催化裂化装置降烯烃操作和产品收率进行探究具有重要意义。

1 原料性质变化

1.1 原料组成

表 1 装置原料组成

10 月 9 日~10 月 16 日			10 月 16 日~10 月 26 日		10 月 26~10 月 31 日	
	加工量 t	油种比例 %	加工量 t	油种比例 %	加工量 t	油种比例 %
罐区蜡油	0	/	1367		677	
加氢蜡油	15389		16845		11702	
渣油	4360	21.3	9650	34.6	4559	26.9
扬子汽油	382		0		0	
处理量	19749		27862		16938	
渣油组成	减渣		减渣 +I、 渣加精渣		减渣	

由表 1 可知, 10 月 9 日至 16 日, 装置掺炼减渣, 扬子汽油于 10 日起停掺; 10 月 16 起, 装置掺炼渣油中逐步带 I、渣加馏出口, 精制渣油掺炼比例上升; 至 10 月 26 日, 停掺渣加馏出口精渣, 装置改全减渣掺炼方案。10 月 24 日至 26 日, 装置蜡油短时改罐供。

1.2 原料性质

由表 2 可知, 总体原料性质较为稳定, 10 月 26

日切换减渣后, 原料密度上升, 原料中重金属含量明显上升。

表 2 装置原料性质

项目		10.8	10.10	10.13	10.17	10/20	10/24	10/27	10/31
密度 (20℃)	kg/ m ³	924.8	919.6	912.5	922.2	922.2	926.3	932.8	926.2
残炭 (微量 法)	%	2.11	1.84	2.13	2.14	2.07	2.37	2.34	2.39
500℃ 馏出量	%	77	87	88	84	84	77	69.5	86.5
硫含量	%	0.37	0.31	0.28	0.23	0.29	0.30	0.39	0.38
铁	mg/ kg	6	5.9	5.7	5.7	5.8	4	5.8	6.8
镍	mg/ kg	8.3	8.7	8.9	6	5.5	4.3	9	13
铜	mg/ kg	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
钒	mg/ kg	4.5	4.8	6.2	4.5	4.3	4.4	5.6	7.2
钠	mg/ kg	2.6	2	1.5	1.4	1.2	2.2	1.2	1.3
钙	mg/ kg	11	9.2	10	5.7	9.1	9.3	9.5	10.7
Ni+V	mg/ kg	12.8	13.5	15.1	10.5	9.8	8.7	14.6	20.2
饱和烃	%				56.45		57.76		
芳烃	%				32.23		33.71		
胶质	%				8.96		7		
沥青质	%				2.36		1.54		

2 调整措施

2.1 调整反应温度

随反应温度的提高, 汽油烯烃含量增加。提高反应温度, 有利于裂化反应和芳构化反应, 不利于氢转移反应和异构化反应。此外, 随反应温度的提高, 热裂化反应速度提高的幅度大于催化裂化反应速度提高的幅度, 不利于汽油烯烃含量的降低。降汽油烯烃生

产时,反应温度适当降低,反再系统床温反变化趋势见图1。由图1可知,自10月9日起,催化裂化装置逐步调整反应温度,自528℃向下调整至520℃,二再床温相应向下控制,控制在700~705℃。至10月16日,汽油烯烃含量降低至20.1%,反再操作回调,最终稳定在反应温度525℃,二再床温715℃。

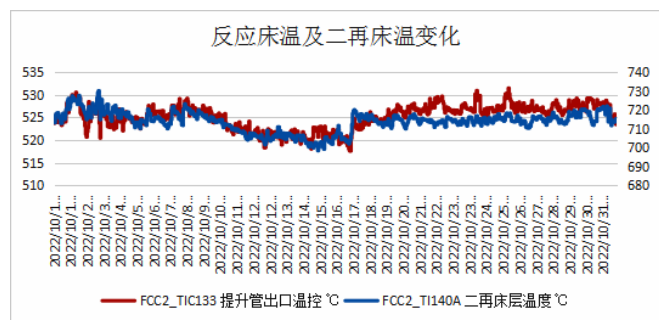


图1 反应温度及二再床温变化趋势

2.2 调整催化剂循环量,提高剂油比

提高剂油比,增加单位原料油接触的催化剂活性中心数,可以相应提高反应速度,有利于裂化、异构化和氢转移等催化反应,转化率提高,液化气产率提高,汽油收率先增加后略有下降,焦炭产率增加,氢转移反应指数提高,汽油烯烃含量下降。

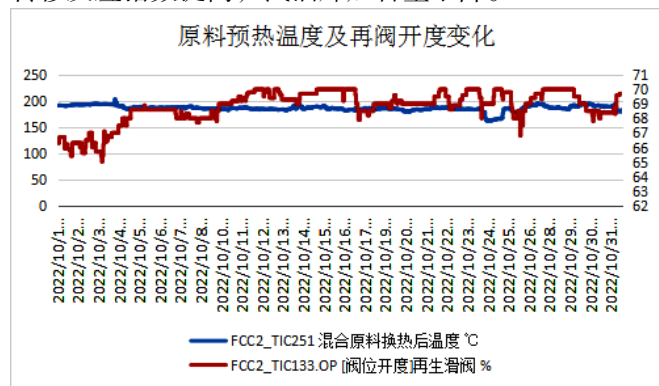


图2 原料预热温度及再阀开度

表3 催化剂使用量变化

日期	催化剂日消耗 (t)	催化剂剂耗 (t)
10.1-10.9	4.22	1.43
10.9-10.16	5.02	1.71
10.16-10.26	4.03	1.52
10.26-10.31	4.38	1.62

由图2可知,自10月9日起,催化裂化再生滑阀开度持续开大,自64.5%提高至70%,并通过降低原料预热温度的方式(自200℃下调至185℃,最终稳定在185℃),提高催化剂循环量,以达到提高剂油比的目的。由表3可知,汽油降烯烃调整期间,催化剂加注量适当上提,剂耗由1.43kg/t上升到1.71kg/t,10月16日,至10月16日,汽油烯烃含量降低至20.1%,

反再操作回调,原料中逐步带精渣,催化剂活性上升至71.7,催化剂加注量向下调整,故16~26日剂耗降低至1.52kg/t,26日改渣油掺炼方案后,催化剂加注量适当提高,剂耗上升至1.62kg/t。

表4 催化剂活性

时间	微活指数
2022/10/8 8:00	70.4
2022/10/10 8:00	69.6
2022/10/12 8:00	69.9
2022/10/17 8:00	71
2022/10/19 8:00	71.7
2022/10/24 8:00	69.9
2022/10/26 8:00	71.5
2022/10/31 8:00	68.8

2.3 调整反应压力,延长停留时间

催化裂化生成的汽油烯烃进行二次反应需要一定时间,延长反应时间是汽油烯烃组分氢转移反应的必要条件。氢转移反应的速度一般较快,因此适当延长反应时间即可满足要求。操作上适当提高反应压力或降低处理量。

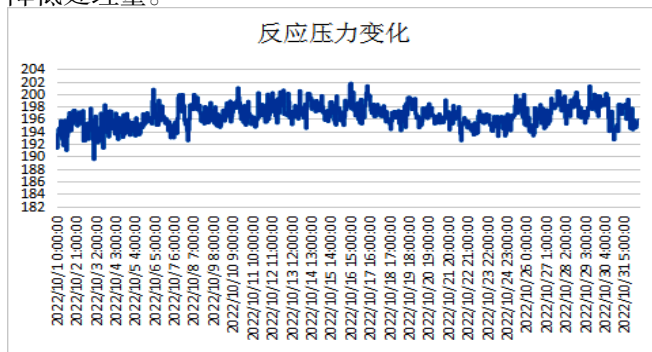


图3 反应压力变化趋势

为平衡公司蜡油平衡,催化裂化装置当前生产负荷较低,故处理量未继续向下调整,由图3可知,自10月9日起,为延长反应停留时间,反应压力适当上提,自192kPa调整至200kPa,至10月16日,汽油烯烃含量降低至20.1%,反再操作回调,反应压力适当降低并稳定在195kPa。

2.4 调整渣油及外购汽油掺炼量

掺渣量会对汽油烯烃含量产生影响,再生温度升高,剂油比减少,汽油烯烃含量增加。所以操作中需要适当控制掺渣量。且外购汽油中烯烃含量较高(>40%),掺炼将对汽油烯烃控制造成不利影响。

由图4可知,自10月10日起,催化裂化装置停掺扬子汽油,10月13日,渣油密度自897kg/m³波动上升至931kg/m³,掺渣量自38t/h大幅调整至20t/h,自16日起,随I、渣加馏出口带入,渣油密度逐渐降低,原料性质变轻,掺渣量逐步上升至52t/h,至26日,

渣油改为全减渣掺炼方案,渣油性质大幅下调至25t/h。

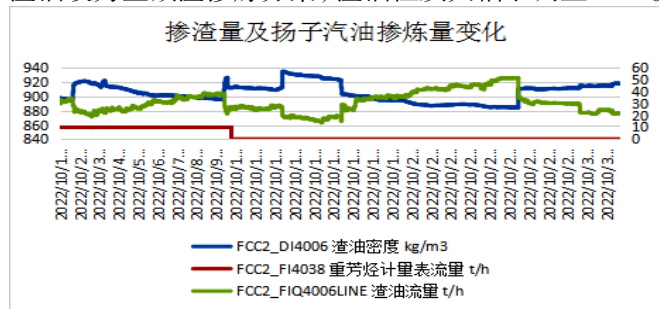


图4 掺渣量及扬子汽油掺炼量变化趋势

3 调整效果分析

3.1 汽油性质变化

表5 汽油性质变化

采样日期	汽油蒸汽压 /kPa	汽油干点 /℃	烯烃含量 /%
2022/10/9 8:00	59	202	25.6
2022/10/10 8:00	62	202	27.4
2022/10/11 8:00	59	201	24.9
2022/10/12 8:00	60	203	24.3
2022/10/14 8:00	60	203	22.1
2022/10/16 8:00	60	203	20.7
2022/10/18 8:00	63	202	23.6
2022/10/19 8:00	59	204	21.6
2022/10/22 8:00	60	203	20.4
2022/10/24 8:00	60	202	24.1
2022/10/26 8:00	60	204	21.6
2022/10/28 8:00	55	203	24.3
2022/10/31 8:00	55	203	25.3

由表5可知,通过上述调节手段,汽油蒸汽压及干点成绩未出现明显波动,烯烃含量逐步从27.4%降低至20%,已达到24%合格要求,后续需持续关注并优化操作。

3.2 油浆固含变化趋势

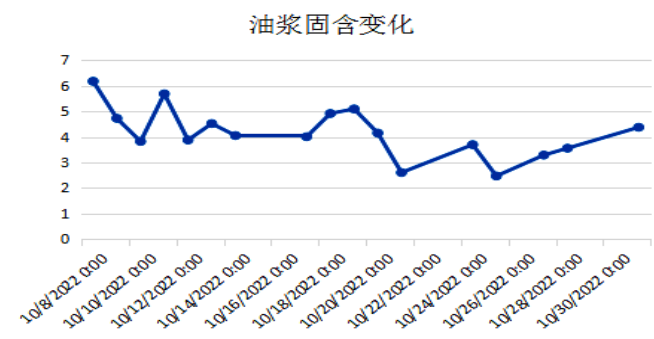


图5 油浆固含变化趋势

由图5可知,受催化剂循环量上升影响,自9日起,油浆固含出现波动上升,最高值达5.68g/L,后期经调整,油浆固含稳定在2~3g/L,但仍存在波动。

3.3 产品收率变化

由表6可知,降烯烃试验初期(10月9~16日),受原料性质重质化及反应深度向下调整等因素影响,

丙烯收率由5.35%下降至5.12%,汽油收率由43.92%小幅下降至43.60%,柴油收率上升2.1%;16日随I、渣加精渣馏出口带入,原料性质好转,丙烯收率恢复至5.32%,汽油收率上升至43.85%;26日起渣油改为全减渣掺炼方案后,丙烯、汽油收率均出现大幅下降,柴油及油浆收率明显上升。

表6 产品收率变化

	10月1日 ~9日	10月9日 ~16日	10月16日 ~26日	10月26日 ~31日
丙烯	5.35%	5.12%	5.32%	5.19%
汽油	43.92%	43.60%	43.85%	42.93%
柴油	20.1%	22.2%	21.28%	22.3%
油浆	6.44%	6.48%	6.45%	6.60%

4 催化裂化装置国VI(B)汽油产品收率变化经济效益总结

①催化裂化装置为常规催化(汽油烯烃常规含量35%),汽油降烯烃手段有限,从操作层面优化空间有限,虽当前调整至烯烃平均含量22.6%,可达到国VI(B)汽油生产方案要求,但汽油烯烃波动值较大,且受原料性质影响较大,完成难度较大,随气温降低汽油执行冬季指标后,蒸汽压要求上提后,应进一步探索操作优化手段;②随反应深度降低,汽油、丙烯收率出现小幅下降,柴油及油浆收率上升,催化剂剂耗上升0.2kg/t原料,从催化单元角度出发,装置经济性有所下降,但随汽油烯烃大幅下降,有利于降低下游汽油精制装置降烯烃负荷及能耗,具有较高质量效益,同时,催化油浆及柴油可作为船用燃料油优质原料使用,有效提高了装置经济性;③原料性质对汽油烯烃含量影响显著,从实验结果看,掺炼精制渣油,有利于汽油烯烃含量的下降,且有利于产品分布优化;扬子汽油烯烃含量高(40%),掺炼扬子汽油后,汽油烯烃含量显著上升,为保证国VI(B)汽油烯烃含量合格,扬子汽油掺炼需尽可能降低或停掺炼;④随剂油比增大,油浆固含较之前波动增大,在当前浓缩油浆后路尚未明确环境下,发挥油浆系统长周期运行需进一步探讨。

参考文献:

- [1] 徐春明,杨朝合.石油炼制工程[M].北京:石油工业出版社,2011.
- [2] 陈俊武,许友好.催化裂化工艺与工程[M].北京:中国石化出版社,2015.

作者简介:

马骁(1992-),男,山东东营人,助理工程师,硕士研究生,研究方向:催化裂化。