

SC-1型裂解炉中重烃-石脑油混合裂解性能优化

汲永钢,张永军,刘 剑,万书宝,贺德福

(石油化工研究院大庆化工研究中心,黑龙江 大庆 163714)

摘要:通过模拟实验,对大庆石化重烃-石脑油混合原料裂解性能进行了优化研究,考察了在SC-1型裂解炉中重烃质量分数分别为30%、35%的条件下,工艺参数对目的产物收率的影响。实验结果表明,重烃(质量分数30%、35%)-石脑油原料在SC-1型裂解炉中裂解,适宜的裂解温度均为850℃,水油质量稀释比为0.5时,三烯收率分别为53.78%、54.39%,重烃-石脑油混合裂解性能与石脑油单独裂解性能相近。重烃(质量分数35%)-石脑油原料裂解的模拟实验数据已应用于工业裂解炉中,使乙烯收率提高0.48%,三烯收率提高0.15%。

关键词:混合裂解;模拟;石脑油;重烃;乙烯

中图分类号:TQ221.211

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2011)10-0072-03

Optimization of cracking pyrolysis performance with heavy hydrocarbons and naphtha as materials in the SC-1 cracking furnace

JI Yong-gang, ZHANG Yong-jun, LIU Jian, WAN Shu-bao, HE De-fu

(Daqing Petrochemical Research Center, Petrochemical Research Institute, Daqing 163714, China)

Abstract: Through simulation experiments, the optimization on pyrolysis performance with heavy hydrocarbons and naphtha from Daqing Petrochemical Company as materials is studied. The effect of process parameters on target product yield is investigated with 30% and 35% of heavy hydrocarbons content (all the content was expressed with mass fraction) in the SC-1 cracking furnace. The experiment results show that when the hydrocarbons content (30%, 35%) and naphtha cracked in the SC-1 cracking furnace, the triene yields can be reached 53.78% and 54.39%, respectively, under the conditions as follows: 850℃ of proper cracking temperature and 0.5 ($\omega_{\text{水}}/\omega_{\text{油}}$) of dilution ratio. The pyrolysis performance of heavy hydrocarbons and naphtha is similar to that of naphtha alone. The simulation experiment data has been used in industrial cracking furnace, so that the yield of ethylene and triene is increased by 0.48% and 0.15%, respectively.

Key words: cracking; simulation; naphtha; heavy hydrocarbon; ethylene

大庆石化乙烯装置改扩建工程将于2012年中交,乙烯总产能将达到120万t/a,届时裂解原料的需求量将至少增加1倍,因此如何拓展裂解原料范围,解决裂解原料供应不足等问题将成为重中之重。而随着油田轻烃供应量的逐年减少和重烃原料供应量的不断增加,大庆石化乙烯装置部分裂解炉引入重烃作为裂解原料,将其按一定比例掺入到石脑油中进行混合裂解生产,基本上解决了原料供应不足的问题。但是,由于大庆石化裂解炉设计之初并没有重烃原料,原设计的裂解炉工艺参数无法适应这种变化,仅凭经验对工艺参数进行调整,导致工业裂解炉偏离了最佳运行状态^[1-3],产品收率无法达到最佳值。因此,需掌握重烃-石脑油的混合裂解性能,从而确定裂解炉运行最佳方案。

本文通过模拟优化实验,对大庆石化重烃-石脑油原料混合裂解性能进行研究,考察工艺参数对目的产物收率的影响,找出重烃-石脑油混合裂解

的最佳工艺条件,提高三烯收率,为大庆石化裂解炉工艺参数的调整及乙烯原料资源的优化配置提供技术支持。

1 实验部分

1.1 实验装置

实验采用MN-II型蒸汽裂解模拟实验装置,该套模拟实验装置可模拟SC-1、USC、SRT、GK、CBL等多种炉型,并且可以对乙烷、石脑油、重烃、加氢尾油等乙烯原料进行裂解性能评价。裂解气分析采用HP-6890气相色谱。

1.2 实验原料

实验原料采自大庆石化公司化工一厂在用裂解原料石脑油和重烃,重烃混合比例质量分数分别为30%和35%,稀释剂为水蒸汽,原料分析执行GB/T 6536-91《石油产品蒸馏测定法》,GB/T 1884-2000《石油和液体石油产品密度测定法》,原料分析

结果见表1和表2。石脑油原料中碳数大于13的质量分数为0.27%,平均分子质量为96.13%;氢质量分数为15.45%。重烃原料族中碳数大于13的质量分数为0.67%,平均分子质量为97.27,氢质量分数为15.00%。

表1 石脑油原料族组成分析及计算结果

碳数	正构烷	异构烷	烯烃质	环烷烃	芳烃质
	烃质量 分数/%	烃质量 分数/%	量分数/ %	质量分 数/%	量分数/ %
4	2.83	2.07	0.00	0.00	0.00
5	6.07	5.27	0.06	0.93	0.00
6	7.77	8.11	0.05	4.29	0.35
7	7.22	5.87	0.02	6.34	1.07
8	6.49	4.21	0.00	4.96	1.69
9	4.76	2.37	0.00	4.07	1.64
10	3.96	1.37	0.00	1.19	1.23
11	2.11	0.82	0.00	0.14	0.24
12	0.32	0.07	0.00	0.04	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合计	41.52	30.16	0.13	21.97	6.21

表2 重烃原料族组成分析及计算结果

碳数	正构烷	异构烷	烯烃质	环烷烃	芳烃质
	烃质量 分数/%	烃质量 分数/%	量分数/ %	质量分 数/%	量分数/ %
4	1.60	0.22	0.00	0.00	0.00
5	9.43	3.51	0.48	1.85	0.00
6	10.13	4.85	0.23	6.63	0.24
7	7.87	2.91	0.02	7.95	0.28
8	6.59	3.22	0.00	5.67	0.69
9	4.91	2.62	0.00	5.31	0.93
10	3.51	1.35	0.00	0.99	1.47
11	2.26	0.81	0.00	0.04	0.33
12	0.75	0.22	0.00	0.09	0.00
13	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
合计	47.05	19.74	0.74	28.53	3.94

1.3 实验参数

根据实验原料分析结果,设计模拟实验方案,确定裂解温度为820~870℃,水油质量稀释比为0.4~0.6。

2 实验结果与讨论

表3和表4为重烃质量分数分别为30%、

35%,不同稀释比条件下,裂解温度对乙烯、丙烯和丁二烯收率的影响。以表3为例,同一稀释比下,随着裂解温度的升高乙烯收率逐渐升高,丙烯收率和丁二烯收率逐渐降低。在水油质量稀释比为0.5条件下,乙烯收率由820℃时的31.13%增加到870℃时的36.84%,丙烯收率由16.28%下降到10.09%,说明高温会增加乙烯选择性,有利于提高乙烯收率,但会使丙烯收率大幅度下降,不利于生成丙烯。另外,裂解温度过高会使燃料气用量增加,装置能耗增大,导致生产成本上升,影响裂解装置的综合经济效益,因此裂解温度不宜过高。在同一裂解温度下,随着稀释比的增加,乙烯、丙烯、丁二烯收率均随之增大,说明在重烃-石脑油混合原料裂解时,高稀释比可以有效抑制二次反应发生,提高目的产物收率;但是稀释比的增加意味着蒸汽用量的增大,生产过程中的能耗也随之增加,综合考虑,稀释比不宜过高。

表3 重烃(质量分数30%)—石脑油原料裂解的
乙烯、丙烯和丁二烯收率

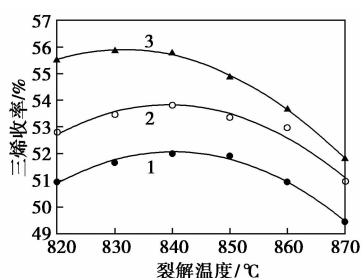
裂解 温度/ ℃	R=0.4			R=0.5			R=0.6		
	Y _E / %	Y _P / %	Y _D / %	Y _E / %	Y _P / %	Y _D / %	Y _E / %	Y _P / %	Y _D / %
820	30.21	15.75	5.00	31.13	16.28	5.39	33.19	16.60	5.75
830	31.89	14.87	4.90	32.98	15.20	5.28	34.49	15.74	5.56
840	33.54	13.69	4.77	34.34	14.38	5.06	35.52	14.95	5.37
850	34.85	12.52	4.55	35.52	13.08	4.75	36.38	13.44	5.00
860	35.44	11.26	4.25	36.78	11.72	4.46	36.75	12.25	4.69
870	35.89	9.70	3.86	36.84	10.09	4.00	37.00	10.60	4.20

注:R为质量稀释比,Y_E为乙烯收率,Y_P为丙烯收率,Y_D为丁二烯收率,下同。

表4 重烃(质量分数35%)—石脑油原料裂解的
乙烯、丙烯和丁二烯收率

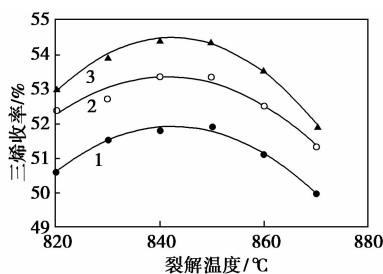
裂解 温度/ ℃	R=0.4			R=0.5			R=0.6		
	Y _E / %	Y _P / %	Y _D / %	Y _E / %	Y _P / %	Y _D / %	Y _E / %	Y _P / %	Y _D / %
820	30.66	14.88	5.06	31.76	15.28	5.37	32.19	15.24	5.62
830	32.39	14.37	4.77	32.44	15.10	5.17	33.32	15.18	5.36
840	33.11	14.01	4.68	33.59	14.78	5.01	34.57	14.68	5.15
850	34.75	12.64	4.50	35.50	13.11	4.78	36.38	13.08	4.95
860	35.24	11.53	4.32	36.38	11.72	4.40	36.95	12.14	4.51
870	36.04	10.16	3.77	37.06	10.23	4.03	37.35	10.36	4.18

图 1 和图 2 分别为重烃质量分数 30%、35% 时,不同稀释比条件下,裂解温度对三烯收率的影响。以图 2 为例,在水油质量稀释比为 0.5 条件下,随着裂解温度由 820℃ 升高到 850℃,三烯收率由 52.41% 升高到 53.39%,而随着裂解温度进一步升高到 870℃,三烯收率下降为 51.32%,下降幅度较大,说明裂解温度过高不利于三烯生成。而在同一裂解温度下,随着稀释比增加,三烯收率增大,说明增大稀释比有利于三烯生成,但是稀释比过高会影响装置能耗和物耗,还会增大装置负荷,因此稀释比不宜过高。



1— $R=0.4$; 2— $R=0.5$; 3— $R=0.6$

图 1 重烃(质量分数 30%)—石脑油混合裂解三烯收率



1— $R=0.4$; 2— $R=0.5$; 3— $R=0.6$

图 2 重烃(质量分数 35%)—石脑油混合裂解三烯收率

综合考虑裂解装置能耗、物耗等问题,并充分发挥裂解炉生产效率,获得较高的三烯收率,重烃(质量分数 30%、35%)—石脑油混合裂解时适宜的裂解温度为 850℃,水油质量稀释比为 0.5 时,三烯收率分别为 53.78% 和 54.39%。

表 5 为重烃—石脑油混合裂解与石脑油单独裂解目的产物收率比较。在相同操作条件下及相同炉型中,重烃—石脑油混合裂解性能与石脑油单独裂解性能相近,因此重烃—石脑油混合裂解完全可以替代石脑油单独裂解生产乙烯和丙烯。

表 5 重烃—石脑油混合裂解与石脑油单独裂解目的产物收率对比

收率/%	重烃质量分数 30%	重烃质量分数 35%	石脑油
乙烯	35.52	35.50	35.31
丙烯	13.08	13.11	14.12
丁二烯	4.75	4.78	5.27
三烯	53.78	53.39	54.70

注:操作条件:裂解温度 850℃,水油质量稀释比 0.5,炉型 SC-1。

目前,重烃(质量分数 35%)—石脑油原料混合裂解模拟实验数据已应用于大庆石化 SC-1 型工业裂解炉中,裂解温度由原来的 848℃ 调整到 850℃,水油质量稀释比从 0.8 调整到 0.5,调整后装置运行平稳。工艺参数调整前后产物收率的对比见表 6。由表 6 可看出,调整后,乙烯收率提高 0.48%,三烯收率提高 0.15%。

表 6 重烃(质量分数 35%)—石脑油原料混合裂解工艺参数调整前后的产物收率对比 %

调整前				调整后			
Y_E	Y_P	Y_D	三烯	Y_E	Y_P	Y_D	三烯
35.23	13.47	4.59	53.29	35.71	13.32	4.41	53.44

3 结论

(1)重烃(质量分数 30%)—石脑油原料在 SC-1 型裂解炉中进行裂解,为了获得较高的三烯收率,适宜的裂解温度为 850℃,水油质量稀释比为 0.5 时,乙烯收率为 35.52%,丙烯收率为 13.08%,丁二烯收率为 4.75%,三烯收率为 53.78%。

(2)重烃(质量分数 35%)—石脑油原料在 SC-1 型裂解炉中进行裂解,为了获得较高的三烯收率,适宜的裂解温度为 850℃,水油质量稀释比为 0.5 时,乙烯收率为 35.50%,丙烯收率为 13.11%,丁二烯收率为 4.78%,三烯收率为 54.39%。

(3)重烃—石脑油混合裂解生产可行,其裂解性能与石脑油单独裂解时的裂解性能相近。

(4)重烃(质量分数 35%)—石脑油原料混合裂解模拟实验数据已应用于 SC-1 型裂解炉中,乙烯收率提高 0.48%,三烯收率提高 0.15%。

参考文献

- [1] 王松汉,何细藕. 乙烯工艺与技术[M]. 北京:中国石化出版社, 2000:190-193.
- [2] 周春燕,刘欣佟. 国内外乙烯生产技术进展与评述[J]. 化学工业,2008,26(1):23-26.
- [3] 凌泽济. 裂解原料优化[J]. 乙烯工业,2009,21(2):52-59. ■