

催化重整装置掺炼催化中汽油技术应用分析

姜立宝

中海油惠州石化有限公司 运行七部, 中国·广东 惠州 516086

摘要: 为优化原料结构、提升芳烃产率, 某炼厂将催化中汽油(经选择性加氢, 脱除二烯烃)作为补充原料引入预加氢单元, 经处理后作为连续重整装置原料。本文基于中汽油提量前后的数据变化, 系统分析了该物料对预加氢单元及重整单元操作参数、产品分布及芳烃产率的影响。结果表明, 中汽油具有高烯烃、高芳潜的特点, 其掺入虽增加了预加氢单元的氢耗与反应温升, 但有效提升了重整生成油中 C6 芳烃的含量。为催化裂化中汽油在重整装置中的工业化应用提供了数据支撑与理论依据。

关键词: 催化汽油; 连续重整; 芳烃产率; 原料优化; 工艺分析

Technical Application Analysis of Blending Catalytic Middle Gasoline in Catalytic Reforming Units

Jiang Libao

CNOOC Huizhou Petrochemical Co., Ltd. Operation Department VII, China Guangdong Huizhou 516086

Abstract: To optimize the feedstock structure and enhance aromatic yield, a refinery introduced catalytic middle gasoline (selectively hydrogenated to remove dienes) as supplementary feedstock into the pre-hydrogenation unit, which was then processed and used as raw material for the continuous reforming unit. Based on data changes before and after the increase in middle gasoline feedstock, this study systematically analyzed the effects of this material on operating parameters, product distribution, and aromatic yield in both the pre-hydrogenation and reforming units. The results indicate that middle gasoline features high olefin and high aromatic potential content. Although its incorporation increased hydrogen consumption and reaction temperature rise in the pre-hydrogenation unit, it effectively enhanced the content of C6 aromatics in the reformer-generated oil. This provides data support and theoretical basis for the industrial application of catalytic cracking middle gasoline in reforming units.

Keywords: Catalytic gasoline; Continuous restructuring; Aromatic hydrocarbon yield; Raw material optimization; Process analysis

0 引言

随着炼化一体化程度的加深, 企业面临原料多样化与产品高值化的双重压力^[1-3]。连续重整装置作为生产高辛烷值汽油组分及芳烃产品的核心装置, 其原料性质对装置运行经济性与产品结构具有决定性影响。传统重整原料以石脑油为主, 但其来源受限、成本收市场影响波动较大。近年来, 将催化裂化汽油引入重整装置加工, 成为拓宽原料来源、提升芳烃产率的重要技术路径。催化裂石脑油含有大量烯烃^[4], 其掺入重整装置后, 对预加氢单元的氢耗、反应温升以及重整单元的产物分布均可能产生显著影响。为验证该技术路线的可行性, 某炼油厂将中汽油(经选择性加氢, 脱出二烯烃)加工量由 10 t/h 分两次提升至 20 t/h, 并系统记录了提量前后关键工艺参数与产物组成的变化。本文基于此次工业数据, 从原料组成特性、预加氢单元响

应、重整单元芳烃产率变化等方面展开分析, 为中汽油在重整装置中的规模化应用提供技术参考。

1 原料组成分析

1.1 中汽油与混合石脑油的组成对比

中汽油与预加氢混合石脑油在组成上存在显著差异。由表 1 中汽油 PONA 数据可知, 中汽油组分主要集中在 C6~C7 馏分段, 占比约为 85.93% (质量分数, 下同)。其中, 芳烃含量为 15.33%, 显著高于混合石脑油全馏分的 7.98%; 环烷烃含量为 20.4%, 低于混合石脑油的 27.53%。值得注意的是, 中汽油烯烃含量高达 20.93%, 而混合石脑油中烯烃含量仅为 0.66%。这一差异对后续预加氢单元的氢耗及反应热效应具有重要影响。

在 C6~C7 芳潜方面, 中汽油为 26.26%, 明显高于混合石脑油的 15.24%。芳潜作为衡量原料转化为芳烃潜力的

关键指标，其高低直接决定了重整单元的芳烃产率上限。因此，从组成角度分析，中汽油具有较高的芳烃转化潜力，具备作为重整补充原料的基本条件。

表1 中汽油PONA数据 (质量分数%)

C-nr	Naph.	i-Par.	n-Par.	Cycl OL.	i-Olef.	n-Olef.	Arom.	Total
5	0.09	0.02	0.02	0.03	0.07	0.03	—	0.26
6	9.07	21.21	3.65	2.45	9.22	3.42	2.88	51.90
7	8.36	13.21	1.07	1.36	2.44	0.48	7.11	34.03
8	2.46	3.02	0.31	0.53	0.46	0.03	4.21	11.01
9	0.42	0.63	0.09	0.27	0.06	0.04	1.11	2.62
10	—	0.11	—	—	0.05	—	0.03	0.18
Total	20.40	38.21	5.14	4.63	12.31	3.99	15.33	100.00

表2 混合石脑油PONA数据 (质量分数%)

C-nr	n-Par.	i-Par.	olef.	Naph.	Arom.	Total:
2	0	0	0	0	0	0
3	0.05	0	0	0	0	0.05
4	0.67	0.17	0	0	0	0.84
5	1.80	1.17	0.01	0.44	0	3.42
6	6.65	8.35	0.58	5.81	0.49	21.88
7	7.32	6.74	0.07	8.27	1.59	23.99
8	6.21	8.59	0	6.76	3.47	25.03
9	4.58	4.99	0	5.24	2.12	16.93
10	1.59	3.75	0	1.00	0.31	6.65
11	0.11	0.86	0	0	0	0.97
Total:	28.98	34.62	0.66	27.53	7.98	99.76

2 预加氢单元工艺参数响应分析

2.1 氢耗变化

中汽油中高含量的烯烃在预加氢单元需通过加氢饱和和反应转化为烷烃，这一过程直接导致氢气消耗量的增加。由表 3 可知，当中汽油加工量由 10 t/h 提升至 20 t/h 时，预加氢单元的氢气消耗量由 1638.61 Nm³/h 增加至 2261.66 Nm³/h，增幅约为 623 Nm³/h。按中汽油增量 10 t/h 折算，单位氢耗约为 62 Nm³/t 中汽油。该氢耗水平与中汽油中烯烃含量（20.93%）基本匹配，说明预加氢单元能够有效完成烯烃饱和和反应，氢耗增加在合理范围内。

2.2 反应温升与燃料气消耗变化

烯烃加氢饱和为强放热反应，中汽油掺入后，预加氢反应器床层温升明显。为维持预加氢反应床层温度稳定，降低催化剂结焦速率，将反应器入口温度由 287℃下调至 283℃。这一调整有效利用了反应自身放热，降低了外部热源需求。表 3 数据表明，在加工量提升至 20 t/h 后，燃料气耗量由 512 Nm³/h 降至 384 Nm³/h，折合单位中汽油燃料气消耗降低 12 Nm³/t 中汽油。

表3 中汽油加工量调整前后预加氢主要参数变化

中汽油加工量 (t/h)	预加氢氢耗量 (Nm ³ /h)	燃料气耗量 (Nm ³ /h)
10	1638.61	512
20	2261.66	384

3 精制油组成变化分析

中汽油掺入后，精制油组成发生了明显变化，如表 4 所示。提量后，C6 组分总占比由 16.64% 提升至 18.42%，增幅为 1.78%；C7 组分总占比由 25.38% 提升至 26.73%，增幅为 1.35%。从组分构成来看，C6 组分中正构烷烃增加 0.23%，异构烷烃增加 1.10%，环烷烃增加 0.37%，芳烃增加 0.08%；C7 组分中正构烷烃减少 0.60%，异构烷烃增加 1.50%，环烷烃增加 0.20%，芳烃增加 0.25%。异构烷烃含量在 C6 和 C7 馏分中分别增加 1.10% 和 1.50%，表明预加氢单元对烯烃的饱和及异构化作用。以精制油产量 175 t/h 计，C6 芳烃增产约 0.78 t/h，C7 芳烃增产约 0.28 t/h。

表4 中汽油加工量调整前后精制油组分变化 (质量分数%)

C-nr	n-Par.	i-Par.	Olef.	Naph.	Arom.	Total	备注
6	4.94	5.35	0	5.93	0.42	16.64	调整前
7	7.52	6.11	0	9.70	2.05	25.38	调整前
6	5.17	6.45	0	6.30	0.50	18.42	调整后
7	6.92	7.61	0	9.90	2.30	26.73	调整后
△6	0.23	1.10	0	0.37	0.08	1.78	变化值
△7	-0.60	1.50	0	0.20	0.25	1.35	变化值

4 重整单元芳烃产率变化分析

4.1 生成油组成变化

中汽油提量前后，重整生成油组成变化如表 5 所示。调整前，生成油产量平均为 142.9 t/h，调整后提升至 143.99 t/h，总芳烃增产 1.09 t/h。从 C6、C7 馏分看，C6 芳烃由 6.64% 提升至 7.09%，增产 0.83 t/h；C7 芳烃由 19.80% 提升至 19.84%，增产 0.07 t/h。与精制油中芳烃理论增量对比，C6 芳烃实际增量略高于理论值（高出 0.04 t/h），而 C7 芳烃实际增量显著低于理论值（低 0.72 t/h）。

4.2 组分结构对重整反应的影响

精制油中异构烷烃含量的显著增加（C6 异构烷烃增加 1.10%，C7 异构烷烃增加 1.50%）是导致 C7 芳烃转化效率下降的关键因素。在重整反应中，异构烷烃相较于环烷烃更难以发生环化脱氢生成芳烃。因此，尽管精制油中总芳烃前体增加，但有效环烷烃比例相对下降，限制了 C7 芳烃的进一步转化。表 6 数据进一步印证：中汽油提量后，重整产氢量由 95773.89 Nm³/h 降至 95495.73 Nm³/h，减少 27.8 Nm³/t 中汽油，氢产量下降表明环烷烃、烷烃转化为芳烃的总量有所减少。

表5 中汽油加工量调整前后生成油组分变化 (质量分数%)

C-nr	n-Par.	i-Par.	Olef.	Naph.	Arom.	Total	备注
6	2.98	5.92	0.67	0.53	6.64	16.74	调整前
7	1.60	5.47	0.59	0.54	19.80	28.00	调整前
全馏分	5.31	13.46	1.32	1.49	77.86	99.42	调整前
6	3.00	5.84	0.70	0.56	7.09	17.19	调整后
7	1.51	5.21	0.57	0.52	19.84	27.65	调整后

续表5

C-nr	n-Par.	i-Par.	Olef.	Naph.	Arom.	Total	备注
全馏分	5.12	12.97	1.30	1.51	78.44	99.33	调整后
△6	0.02	-0.08	0.03	0.03	0.45	0.45	变化值
△7	-0.09	-0.26	-0.02	-0.02	0.04	-0.35	变化值
△全馏分	-0.19	-0.49	-0.02	0.02	0.58	-0.09	变化值

表6 中汽油加工量调整前后氢气产量变化

中汽油加工量 (t/h)	重整产氢量 (Nm ³ /h)
10	95773.89
20	95495.73

5 经济性与工艺适应性分析

（1）能耗变化：根据表 3 分析，中汽油掺入量提高后，预加氢单元氢耗增加（约为 62 Nm³/t 中汽油），但燃料气消耗下降（约 12 Nm³/t 中汽油）。综合考虑芳烃产品的附加值，该工艺调整仍具备良好的经济效益。

（2）装置适应性：中汽油提量前后，预加氢单元工艺参数运行稳定，未出现反应器超温、催化剂积碳加剧等异常现象。表明预加氢单元能够满足中汽油掺入后的工艺要求。

6 结语

通过对中汽油提量前后工艺参数及产物组成的系统分析，结论如下：

（1）中汽油组分集中在 C6~C7 馏分，芳烃含量为 15.33%，芳潜为 26.26%，烯烃含量为 20.93%，具备较高的芳烃转化潜力，经预处理后可作为重整单元的原料。

（2）预加氢单元掺炼中汽油后，氢耗增加约 62 Nm³/t 中汽油；反应温升显著，通过降低反应入口温度以维持反

应器床层温度，燃料气消耗降低 12 Nm³/t 中汽油，同时降低了装置能耗。

（3）中汽油提量后，预加氢精制油中 C6、C7 组分占比分别提升 1.78% 和 1.35%，异构烷烃含量明显增加，环烷烃与芳烃含量有所提升；从全馏分含量变化分析，中汽油掺炼量提高后，有利于增产芳烃。重整生成油中，总芳烃增产 1.0 t/h，增量主要集中在 C6 芳烃（0.83 t/h），C7 芳烃基本持平。异构烷烃比例升高是 C7 芳烃转化效率受限的主要原因。

综上所述，将催化汽油引入重整装置加工，在合理控制掺炼比（不大于 10%）的前提下，装置运行平稳，可有效提升芳烃产量，具有良好的技术经济性。

参考文献：

[1] 黄朝晖. 炼油转型将承受更为艰巨的结构优化与技术革新压力[J]. 中国石化, 2026(1): 46-49.

[2] 丁长胜. 炼化企业“减油增化”措施及技术经济分析[J]. 化学工业, 2025, 43(4): 11-16.

[3] 赵治峪, 许岩峰, 吕云江. 原料多元化对乙烯装置的影响及应对措施[J]. 石油石化绿色低碳, 2019, 4(3): 25-28, 50.

[4] 徐承恩. 催化重整工程与工艺[M]. 北京: 中国石化出版社, 2014: 111.

作者简介：姜立宝（1989.09-），男，汉族，山东省德州市人，硕士研究生，中级职称，研究方向：催化重整工艺管理。