

1 100 kt/a 催化汽油精制装置 降低辛烷值损失的措施

刘 昕

(中国石油四川石化有限责任公司, 四川 彭州 611930)

[摘 要] 中国石油四川石化有限责任公司 1 100 kt/a 催化汽油精制装置采用中国石油大学(北京)和中国石油石油化工研究院合作开发的 Gardes 技术, 以催化汽油为原料, 生产满足国 V 汽油标准的调和产品。作为汽油加氢脱硫精制装置, 在完成原料脱硫、烯烃降幅的基础上, 最大化降低辛烷值损失成为装置挖潜增效、解决企业汽油产品调和和外销的重要课题。结合四川石化催化汽油精制装置自身的特点, 运用科学、合理、适宜的管理方法, 大胆探索, 通过改用 GDS-21 预加氢催化剂, 并优化预加氢反应器、分馏塔、稳定塔、加氢脱硫反应器、辛烷值恢复反应器操作, 将汽油辛烷值损失(年均值)降至 0.46, 达业内领先水平, 解决了企业油品调和难题, 并创造出可观的经济效益。

[关键词] 催化汽油精制装置; Gardes 工艺; 降低辛烷值损失; 挖潜增效; 优化操作; 效果评价

[中图分类号] TE624.4⁺31 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1004-9932(2020)01-0069-03

DOI:10.16612/j.cnki.issn1004-9932.2020.01.022

0 引 言

随着国 V 汽油标准^[1]的实施, 为满足车用汽油硫含量和烯烃含量方面的要求, 中国石油集团公司各汽油精制装置普遍出现辛烷值(RON)损失过大, 导致高辛烷值车用汽油短产、甚至 92# 车用汽油调和困难的情况。因此, 降低汽油精制装置辛烷值损失成为提高企业经济效益、解决企业车用汽油调和销售的大问题, 而且对于应对国 VI 车用汽油标准问题具有一定的指导意义乃至解决方案。

中国石油四川石化有限责任公司(简称四川石化)1 100 kt/a 催化汽油精制装置是为满足生产国 V 标准汽油需要而新建的生产装置。在装置完成一次开车成功、生产平稳、产品性能优异的基础上, 运用科学的管理方法, 大胆创新以“降低汽油辛烷值损失”为突破口的挖潜增效课题成为工作重点。

1 催化汽油精制装置工艺流程简介

四川石化 1 100 kt/a 催化汽油精制装置由中国石油工程建设公司华东设计分公司设计, 设计

年开工时间 8 400 h, 采用中国石油大学(北京)和中国石油石油化工研究院合作开发的 Gardes 技术^[2]。

Gardes 工艺催化汽油精制装置流程如图 1 所示。全馏分催化汽油先在临氢条件下通过预处理罐进行胶质等杂质的脱除, 再经预加氢反应器使全馏分催化汽油中的硫醇与二烯烃作用生成硫醚, 转移到重汽油馏分中, 同时脱除二烯烃; 然后经分馏塔切割, 重汽油在临氢条件下经选择性加氢脱硫反应器以及辛烷值恢复反应器脱硫后, 与轻汽油混合, 得到满足国 V 清洁汽油标准的调和组分。

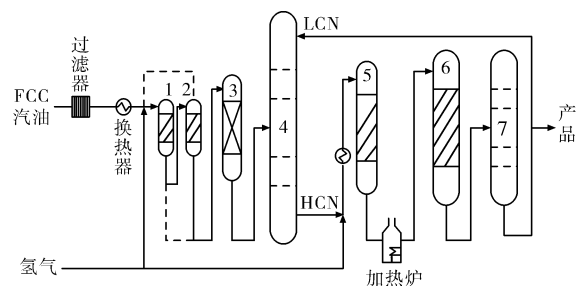


图 1 Gardes 工艺催化汽油精制装置流程简图

1、2—预处理罐; 3—预加氢反应器; 4—分馏塔;
5—选择性加氢脱硫反应器; 6—辛烷值恢复反应器; 7—稳定塔

2 挖潜增效的目标

四川石化催化汽油精制装置 2016 年 8 月—

[收稿日期] 2019-04-12

[作者简介] 刘 昕(1980—), 男, 吉林农安人, 工程师。

次开车成功,直接产出国 V 标准汽油调和组分,迄今生产平稳,产品质量优异。为创造更大的经济效益,挖掘装置潜能,联合相关处室成立“降低汽油辛烷值损失”的挖潜增效课题小组,参照工艺商技术保证值[催化汽油精制装置轻重混合汽油产品技术经济考核指标:RON 损失(辛烷值损失) ≤ 1.6 (原料硫含量 $\leq 180 \mu\text{g/g}$)、RON 损失 ≤ 2.8 (原料硫含量 $180 \sim 400 \mu\text{g/g}$)],结合装置自身情况制定了挖潜增效的目标——RON 损失 ≤ 0.7 。

3 挖潜增效措施

为实现挖潜增效既定目标,课题小组成员最大范围收集相关信息,与工艺商、兄弟单位加强技术交流和数据共享,以优化操作条件。改变 Gardes 工艺其他各先行在运装置利用加氢脱硫反应器和辛烷值恢复反应器进行烯烃饱和的既有操作思路,创新性地采用预加氢反应器完成主要烯烃降幅任务、加氢脱硫反应器和辛烷值恢复反应器低温脱硫的生产管理新思路,使目标的达成成为可能。

3.1 预加氢催化剂的选用和操作优化

四川石化与工艺商——中国石油大学(北京)、中国石油石油化工研究院合作,首次使用 GDS-21 预加氢催化剂,通过摸索制定合理的操作条件,据催化汽油精制装置长期的分析数据可以得出结论,GDS-21 预加氢催化剂除具备 GDS-20 预加氢催化剂的硫转移功能、降二烯烃等功能外,还具备叠合反应功能,体现为芳烃含量增加、辛烷值提升,在预加氢催化单元烯烃降低 8 个百分点的基础上,辛烷值总体可提升 0.7 个单位,取得业内突破性的成绩。简言之,烯烃降幅任务大部分在预加氢反应器(R-102)中得以完成,从而为加氢脱硫反应器和辛烷值恢复反应器的低温脱硫操作创造了良好的条件。预加氢反应器操作参数及运行情况见表 1。

表 1 预加氢反应器操作参数及运行情况

项 目	指 标	操 作 值	项 目	原 料	产 品
入口温度/℃	85 ~ 210	110	烯烃含量/%	36.60	28.60
床层温升/℃	≤ 15	10	芳烃含量/%	25.60	26.30
油 油 比	4.5 ~ 7	4.7	二烯烃含量/%	1.040	0.186

不同企业 Gardes 工艺装置预加氢反应器初次标定情况见表 2。其中,四川石化预加氢反应

器装填的是 GDS-21 预加氢催化剂,其他装置预加氢反应器装填的是 GDS-20 预加氢催化剂。对比有关数据可以得出如下结论。

(1) GDS-21 预加氢催化剂与 GDS-20 预加氢催化剂相比,在降二烯烃方面选择性和活性相对较低,但是满足技术协议和实际生产需要。

(2) GDS-21 预加氢催化剂与 GDS-20 预加氢催化剂相比,GDS-20 预加氢催化剂基本上不具备降烯烃功能,而 GDS-21 预加氢催化剂具有很强的降烯烃功能,在降烯烃方面 GDS-21 预加氢催化剂具有较大突破。

(3) GDS-21 预加氢催化剂应用后,在使原料烯烃降低 8 个百分点的基础上,产品辛烷值反而提升 0.7。

表 2 部分 Gardes 工艺装置预加氢反应器初次标定情况

企业名	二烯烃/%		烯烃/%		辛烷值	
	原料	产品	原料	产品	原料	产品
西北某厂 I	0.85	0.10	42.8	42.0	90.3	90.3
东北某厂	1.86	1.77	38.0	37.8	90.6	90.7
西北某厂 II	0.86	0.11	41.9	42.2	90.4	90.5
四川石化	0.72	0.61	36.6	28.6	92.1	92.8

3.2 优化分馏塔、稳定塔操作

经生产实践摸索及对兄弟单位操作条件的研究,在与工艺商充分交流的基础上,确定分馏塔轻汽油抽出比例为 28% ~ 30%,即在保证分馏塔、稳定塔回流需求的基础上尽量保持较高比例的轻汽油抽出,以减少烯烃在加氢脱硫反应器和辛烷值恢复反应器内饱和,从而减少催化汽油精制装置的辛烷值损失。因预加氢反应器轻组分汽油中硫化物向重组分汽油转移的效果较好,使较高的轻汽油抽出比例下其硫含量仅 1 ~ 2 $\mu\text{g/g}$,总体效果较为理想。

3.3 优化加氢脱硫反应器和辛烷值恢复反应器操作

在预加氢反应器高效运行和分馏塔轻汽油抽出良好的条件下,课题小组大胆创新,改变其他各先行投产装置利用加氢脱硫反应器和辛烷值恢复反应器高温操作完成脱硫任务的惯用操作思路,利用辛烷值恢复反应器脱硫效果好、烯烃降幅小的优势将其作为主要脱硫区域,加氢脱硫反应器(R-201)操作温度为满足辛烷值恢复反应器(R-202)操作温度提供服务,以避免加氢脱硫反应器高温操作下烯烃降幅大现象的发生。R-

201 与 R-202 操作参数及运行情况见表 3。

表 3 R-201 与 R-202 操作参数及运行情况

项 目	指 标	操作值	项 目	原 料	产 品
R-201 入口温度/℃	185 ~ 300	209 ± 2	烯烃含量/%	14.7	10.1
R-202 入口温度/℃	250 ~ 410	281 ± 2	芳烃含量/%	25.6	26.3
氢油比	270 ~ 300	290 ± 5	辛烷值损失	1.1	

4 效果评价

4.1 指标考核

经课题小组的生产管理革新和持续优化操作参数,装置已累计运行 1 a,全年处理催化汽油原料 1 009.67 kt,平均辛烷值损失为 0.46,超额完成预定目标任务。2018 年 1—10 月催化汽油精制装置各月辛烷值变化情况见图 2,2017 年中国石油集团公司下属 Gardes 工艺装置运行情况对比见表 4。

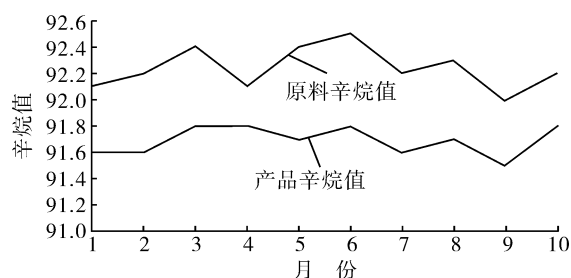


图 2 2018 年 1—10 月催化汽油精制装置辛烷值的变化

表 4 2017 年中国石油集团公司下属 Gardes 工艺装置运行情况对比

企业名	原料处理量 /kt · a ⁻¹	原料总硫 /μg · g ⁻¹	烯烃降幅 /%	RON 损失
东北某厂 I	1 200	110	5.15	0.8
东北某厂 II	1 200		10	1.5 ~ 2.0
东北某厂 III	400	200	21	3.4
西北某厂 I	1 200	215	4	1.47
西北某厂 II	800	35 ~ 63		0.9
北方某厂	1 200	107		1.875
西南某厂	250	650		4 ~ 6
四川石化	1 100	90 ~ 140	12	0.46

注:表中数据来源于 2017 年度 Gardes 技术年会资料。

由表 4 可知:中国石油集团下属各地方公司国 V 汽油生产方案下普遍存在辛烷值损失较大的现象,其中 2 家炼油厂辛烷值损失在 3.4 ~ 6.0 之间,存在高辛烷值车用汽油组短产及 92# 车用

汽油调和困难的问题;3 家炼厂辛烷值损失在 1.0 ~ 2.0 之间,存在高辛烷值车用汽油组短产问题;仅西北某厂 II (RON 损失 0.9)、东北某厂 I (RON 损失 0.8) 和四川石化 (RON 损失 0.46) 辛烷值损失相对较小,其中四川石化催化汽油精制装置辛烷值损失最低,为中国石油集团公司范围内最佳水平,并在国内同类装置中处于领先水平。

4.2 经济效益

四川石化催化汽油精制装置“降低汽油辛烷值损失”挖潜增效课题小组,据装置自身条件,在满足产品质量合格的前提下优化操作参数,采用调节轻重汽油切割比例、合理控制反应器 (R-201 与 R-202) 温度、调整稳定塔操作、严密产品分析、严控操作过程等手段,有效控制了辛烷值损失,辛烷值损失降至 0.46 (年均值),并已将辛烷值损失控制在现有条件下的最低水平,辛烷值损失控制处于中国石油集团公司范围内最佳水平。对比技术协议性能保证值 1.6 (中国石油集团公司范围内其他 7 套 Gardes 工艺装置辛烷值损失平均值为 1.99),据测算,辛烷值损失降低年创经济效益达 13 812.28 万元。

5 结束语

先进、科学的管理方法用于生产实际,解决了四川石化车用汽油调和辛烷值需求的难题,辛烷值损失的大幅降低为四川石化高辛烷值汽油调和组分单独销售提供了可能,并创造了巨大的经济效益。

四川石化催化汽油精制装置“降低汽油辛烷值损失”的挖潜增效目标圆满完成,此举在中国石油集团公司范围内属首创,取得了优异的效果,具备推广价值,将有助于解决中国石油集团下属各地方炼厂汽油精制装置辛烷值损失大的难题,并为应对即将推行的国 VI 汽油标准提供了有利条件。

[参考文献]

- [1] 车用汽油: GB 17930—2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [2] 石 冈, 范 煜, 鲍晓军, 等. 催化裂化汽油加氢改质 Gardes 技术的开发及工业试验 [J]. 石油炼制与化工, 2013, 40 (9): 67 ~ 72.