

浅谈中小型炼厂汽柴油质量升级历程及展望

刘培春（山东中海化工集团有限公司，山东 东营 257200）

摘要：概述了中小型炼厂为了实现第六阶段汽柴油质量升级目标，不断创新油品质量升级技术的历程，本文着重从催化汽油加氢技术、智能化油品调和和技术、高效柴油加氢改质技术等方面进行了阐述，并对未来产品质量升级之路进行了展望。

关键词：质量升级；汽油加氢；智能化调和；柴油加氢改质

目前我国炼油行业呈现出以中石化、中石油、中海油三大集团为主导，地方炼厂参与的多元化竞争格局，据不完全统计，2020 年我国原油一次加工能力达到 9.2 亿 t，到“十四五”末将超过 10 亿 t 的规。山东作为地方炼厂的聚集地，其质量升级的紧迫性和必要性必将提到新的高度，地方炼厂转型升级加快，并呈分化发展态势，以恒力石化、浙江石化为代表的大型民营企业，持续推进基地化、规模化、技术先进、“化主油辅”的大型炼化一体化项目建设，更是将山东地炼推向了风口浪尖。本课题对山东中小型地炼的质量升级之路进行研究，并对未来发展趋势进行探索。

1 高效催化汽油加氢技术

山东地炼的平均规模大约在 350 万 t/a 左右，2015 年以后新建的炼厂，开始注重工艺技术的引进，以汽油加氢装置为例，经调研发现，多家炼厂引进了 Axens 公司开发的 PrimeG+ 技术，其生产目标是生产硫含量小于 10ppm 的加氢汽油，在超深度脱硫的情况下保持最大的辛烷值，即烯烃饱和最小，基于这个目的，普遍采用两段馏程，典型流程如图 1：

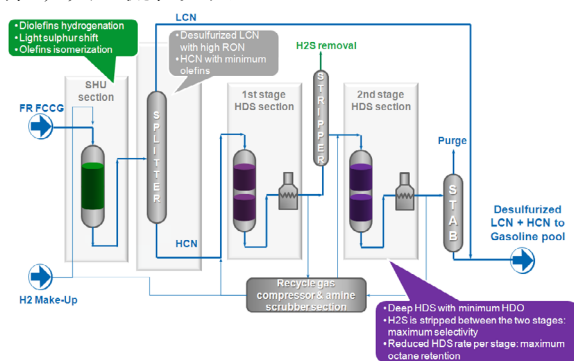


图 1

1.1 选择性加氢 SHU 段和分馏塔

选择性加氢反应器用以处理全馏分催化汽油，在分馏塔前，反应器主要操作在液相条件，稍微的氢过量，以实现以下几个主要功能：

- ①二烯烃转化为烯烃，这是保证下游 HDS 长周期运行的必要条件；
- ②烯烃异构化和异戊烷及 C_5^+ 活性烯烃转化为醚收率的最大化；
- ③几乎完全的硫醇和部分的硫化物转化为重质硫；
- ④部分氮转化为重组分。

汽油分馏塔在 SHU 的下游，基于以下工艺要求设计，一是分馏塔顶抽出的脱硫轻汽油（不含硫醇）；二是重汽油进入选择性加氢脱硫段。切割点根据原料硫含量以及产品目标硫含量进行。

1.2 HDS section 脱硫段

重汽油在 PrimeG+ 脱硫段中脱硫并尽量减少烯烃饱和，两段流程是一段 HDS 设置一台反应器，两段间汽提 H_2S 以增加选择性。从 HDS 段出来的脱硫产品不需要进一步脱臭，在选择性加氢过程，系统饱和即辛烷值损失和氢耗取决于脱硫的苛刻度，随着脱硫深度的增加，总辛烷值损失是指数增加的，有两个原因：一是非常高的脱硫率需要高温，进而导致更多的烯烃饱和；二是产品中的硫会逐渐出现硫醇硫，因为烯烃与 H_2S 的重组，为了进一步减少硫含量，烯烃会被加氢进而导致更高的辛烷值损失。

2 段 HDS 的流程会有更好的辛烷值保持能力和更低的氢耗，而且第一段脱硫反应器产生的硫化氢允许每段运行在较低的脱硫率，进而 2 段流程的特点是更加优异的辛烷值保持。随着需要的苛刻度更高，两段流程的效益更加显著，因为烯烃饱和与脱硫率是指数的相关关系。

1.3 加氢汽油的烯烃饱和、脱硫率与辛烷值损失的关系

为使加氢汽油辛烷值损失最小化，增长催化剂的使用寿命，应平衡轻重石脑油的硫含量，使其接近目标值（10ppmwt），理想效果如图 2：

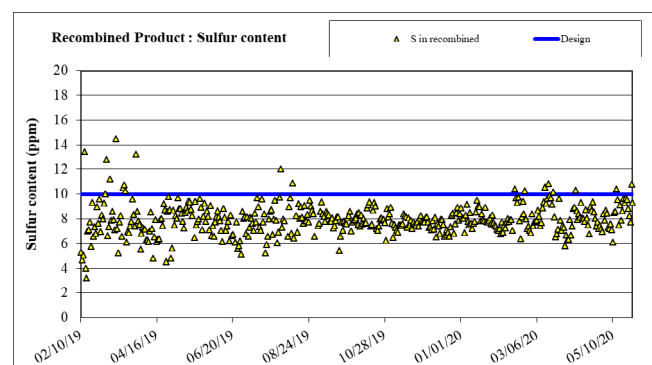


图 2

催化裂化稳定汽油的辛烷值以 91.3 计，催化汽油加氢后的辛烷值平均为 88.6，辛烷值损失 2.7 个单位，详见图 3。

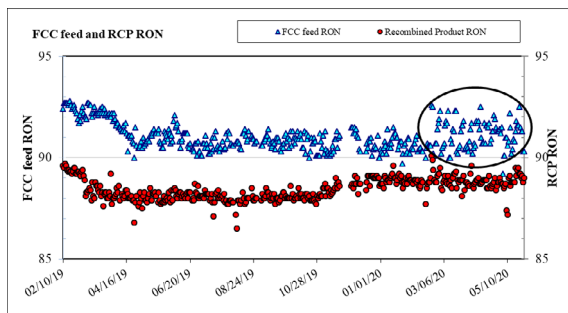


图 3

2 智能化油品调和和技术

有了先进汽油加氢技术的加持,下一步就需要进行以加氢汽油为基础油的调和,这就要提到汽油智能化调和和技术,它是以组分油质量、产量、价格等数据为基础,以调和模型为规则,以离线分析数据为反馈,以调和效益最大化为目标,由三部分组成,智能化系统负责调和和计划和调和配方的优化及管理,调和控制系统及调和和设备确保调和配方能够准确高效的执行。

2.1 智能优化系统

智能优化系统为核心,通过离线优化软件实现,采用回归分析、数据拟合、实践经验相结合的数理方法,内部建立了汽油主要指标的调和关系模型,对不同的调和要求进行求解,包含了调和计划优化、配方优化、控制系统三个主要系统,涵盖了汽油调和工作中能够优化提升效益的多个环节。

2.2 计划及配方优化

综合考虑产品销售计划、组分油产能、组分油外购计划、市场价格、储罐存储能力等多种因素,规划出最佳产品结构;配方优化是指在确定调和量和汽油质量指标的情况下,以调和成本最低为目标,确定各种调和组分的最优配比,包含专门解决 Ron、蒸气压、馏程等非线性关系的数学模型,具有较高的精度和普遍使用性。

2.2.1 调和控制系统

调和控制系统一般在罐区 DCS 控制系统的基础上开发、集成,包含一套完整的操作员画面,用于创建及独立执行调和指令,实现调和和控制功能,主要负责处理调和过程的常规操作、比例控制、智能修正、顺序控制及其他复杂控制逻辑,见图 4。



图 4 调和过程控制图

2.2.2 调和设备

目前大多数地方炼厂所用的调和系统,对设备的要求较低,为了节约成本,没有在线监测仪表,调和设备均为常规石化设备,包括离心泵、调节阀、流量计、静态混合器、压力表等。

2.3 调和指标的控制

以一个 350 万 t/a 左右的地方炼厂为例,年生产 92#、95# 的汽油的比例约占 35-38% 左右,汽油指标的控制是重中之重,也是地方炼厂产品质量升级的重要一环,近来,随着质量升级浪潮的来临,地方炼厂的工艺水平、装备水平、操作水平都有了质的飞越,其产品质量已与传统的“三桶油”不相上下,有些炼厂已成为中石化、中石油、中海油终端加油站的地方采购产品供应商,其占比已到了其产量的 30% 左右。

3 高效的柴油加氢改质技术

对大多数燃料型地方炼厂而言,柴油产品占比多达 40-45%,其产品质量的升级也是关系到炼厂本身生存的重要因素,大多数地方炼厂的柴油加氢改质的加工原料主要为直馏柴油和催化柴油的混合料,主要生产目标为高品质的国 VI 柴油,另外裂解出的石脑油,作为重整的进料,为了达到所需的加工目标,反应器系统必须有改质和深度脱硫的功能。

催化剂选择上,主催化剂大多选择超高活性的镍钼类催化剂,其特点是脱氮活性与芳烃加氢活性极高,并且在高氢分压的条件下具有优异的脱硫特性;另外,还要求催化剂使用于加氢脱氮和脱芳,特别是在这种缓和的加氢裂化中。当缓和加氢裂化催化剂作用于加氢改质时,最关键的因素是催化剂的活性和对中间馏分产品(柴油和煤油)的选择性,还需要催化剂在加氢活性和裂化活性方面达到很好的平衡,并且尽可能高的降低密度和提高十六烷值。

优异的产品性质和较低的生产成本,是地方炼厂在市场上与“三桶油”竞争的直接优势。

4 未来展望

①在国家油品质量升级的大背景下,谁能把握质量提升的先机,在未来市场中将占据主导优势,未来成品油的竞争主要继续集中在高清洁、高标准的产品质量竞争之上;②对于企业长远的发展而言:未来行业的重点方向将是精细化工、专项化工领域,因此逐步完善下游企业深加工装置的开发,将是企业未来 5 年需要考虑的重点方向。

参考文献:

- [1] 刘均安. 中国炼油工业的现状和发展趋势 [C]//2006 北京国际石油技术进展交流会论文集, 2006.
- [2] 李莉. 我国汽柴油质量升级历程及展望 [J]. 当代石油石化, 2016(7):23-28.
- [3] 王秀文, 张日勇. 我国汽柴油质量升级的技术经济分析 [J]. 化学工业, 2003(08):24-28.
- [4] 司云航, 朱玉琴, 邹蓉梅, 等. 我国车用柴油标准现状及发展趋势 [J]. 石油与天然气化工, 2014(01):82-86.
- [5] 张磊. 炼油厂汽油质量升级研究 [D]. 大庆: 东北石油大学, 2014.
- [6] 苏秋红. 我国汽油质量升级过程及质量现状 [J]. 炼油与化工, 2011, 03(3):4-4.