

# 汽柴油加氢处理技术及馏分油加氢裂化技术探讨

崔艺馨

(中石化(天津)石油化工有限公司, 天津 300450)

**摘要** 在现代炼油工业中, 汽柴油加氢处理技术和馏分油加氢裂化技术都是比较关键的工艺技术, 在提升油品质量和优化产品结构方面有重要作用。其中, 汽柴油加氢处理技术是借助特定催化剂与反应条件去除油品中的硫、氮、氧等杂质, 馏分油加氢裂化技术是将重质馏分油进一步转化成轻质和高附加值的油品。本文分别介绍了这两种技术的原理、流程、应用及效果、挑战及应对, 并分析了二者之间的比较与联系, 旨在为技术的合理运用提供参考。

**关键词** 汽柴油加氢处理技术; 馏分油加氢裂化技术; 炼油工业

中图分类号: TE624

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.12.003

## 0 引言

近年来, 随着全球能源结构的调整优化以及人们环保意识的不断增强, 对于各类油品的质量要求也更为严格, 因此炼油企业也在不断探索和应用更为先进的加氢处理技术。比如: 对普通汽柴油应用加氢处理技术, 使油品质量得到提升, 去除油品中的有害杂质, 提高油品的清洁度和燃烧性能。而针对重质馏分油采用加氢裂化技术进行深度加工, 使其转化为轻质油, 提高资源利用率及产品附加值。两种技术各有侧重, 但也相互补充, 对炼油技术产业升级十分重要。

## 1 汽柴油加氢处理技术

### 1.1 汽柴油加氢处理技术原理

在汽柴油加氢处理技术中, 加氢反应是其技术核心, 基于特定化学原理, 在一定的温度压力条件下, 通过催化剂作用使氢气和其他物质产生化学反应, 改变目标物质的化学结构及性质。例如: 氢气和油品中的硫、氮、氧等杂质或烯烃、芳烃等不饱和烃类发生反应, 将这些杂质有效去除, 减少杂质含量, 提高油品的清洁度及稳定性。催化剂在汽柴油加氢处理过程中发挥了关键的作用, 其可以使反应的活化能降低, 在相对较低的温度和压力条件下就能使反应发生, 有利于提高反应速率及选择性<sup>[1]</sup>。目前常用的加氢催化剂主要有金属氧化物、硫化物等类型, 这类催化剂的催化机理比较独特, 可提供活性位点吸附氢气及其他反应物, 促进相互之间的作用。其中金属氧化物催化剂活性和稳定性较高, 而硫化物催化剂则在某些特定

反应中更为适用, 因此要根据具体反应条件选择适当的催化剂。

### 1.2 汽柴油加氢处理技术流程

汽柴油加氢处理前要做好原料预处理, 采取脱水脱盐的处理方式将其中的水分、无机盐类杂质去除。可用电脱盐技术, 利用电场作用让水滴与盐粒聚结沉降分离, 保证原料油中水分含量不超过 0.05%、盐含量不超过 5 mg/L。然后将原料油和氢气混合后进入加氢反应器, 精准控制反应条件, 维持 300 ~ 400 °C 的温度和 8 ~ 20 MPa 的压力, 按原料性质及反应要求调整氢油比在 500 ~ 1 000:1 之间。氢气和油品中的各类杂质成分发生反应, 如加氢脱硫、加氢脱氮、加氢饱和反应等, 使油品中的硫含量低于 10 ppm、氮含量低于 1 ppm。产品经过加氢反应后还需后续处理, 确保清洁汽柴油符合规格。如使用分馏塔将反应产物按沸点范围分离, 获得不同馏分的油品。之后对分离出的油品冷却处理, 降低温度后储存运输。高凝点油品需进一步降凝处理以应对低温使用环境。

### 1.3 汽柴油加氢处理技术应用及效果

在当前石油化工行业中, 该项技术占据着十分重要的位置, 尤其是在炼油厂中的应用, 是提高油品质量及环保性能的关键手段。目前该技术已在各种炼油工艺中广泛引用, 例如催化裂化柴油加氢精制处理, 可改善催化裂化柴油的安定性及燃烧性能。另外, 还可在加氢裂化及延迟焦化等工艺中应用, 提高燃料油的最终品质。该项技术在提高汽柴油质量方面效果显

著,在加氢处理后油品中的硫、氮、氧及烯烃、芳香烃含量大大降低,可使油品达到更高的燃烧性能,燃烧更加充分,减少碳烟及有害气体排放,延长储存及使用寿命。此外,该技术在环保方面也发挥了较好的效果,通过该技术可减少尾气排放中的二氧化硫、氮氧化物等有害气体,减少对大气环境的污染。汽柴油经过加氢处理后,其中的硫、氮、烯烃等含量均可符合国内外相关环保法规中的规定标准,使其环保性能得到大幅提升。

#### 1.4 技术挑战及应对措施

汽柴油加氢处理技术在实际应用中面临着一些挑战,例如催化剂的失活与再生问题,由于反应过程中催化剂表面易积碳、金属沉积或中毒,导致活性下降,因此需频繁再生或更换,增加了生产成本。同时,在反应条件的优化与控制方面也面临较高的挑战性,如高温高压环境对设备材质和工艺控制精度要求极高,稍有不慎便可能影响产品质量和装置安全。此外,设备投资与运行成本也比较高昂,加氢装置建设需大量资金投入,日常运行能耗大,对炼油企业经济效益造成了压力<sup>[2]</sup>。为应对上述挑战,要从多方面推进汽柴油加氢处理技术的优化。例如:积极研发和应用新型催化剂,使用开发高活性、高稳定性、抗积碳的催化剂延长使用寿命,降低再生频率。积极推进反应工艺的优化与创新,采用先进的反应动力学模型和过程控制技术精准调控反应条件,提高反应效率和产品质量。

## 2 馏分油加氢裂化技术

### 2.1 馏分油加氢裂化技术原理

加氢裂化反应是馏分油转化过程中的核心环节,其基本机理是在较高压力和催化剂的共同作用下,使烃类分子与氢气发生裂解与加氢反应,生成较小的分子。在此过程中,烃类分子在催化剂表面吸附活化,随后与氢气发生反应,使大分子烃类裂解为小分子烃类,同时伴随加氢饱和等反应改善油品的性质。加氢裂化反应中涉及多种化学反应类型,如裂化反应使重质烃类转化为轻质烃类,加氢反应使不饱和烃类饱和,异构化反应调整烃类分子的结构,从而改善油品的总体性能。加氢裂化催化剂的组成和结构特点对反应效果具有决定性的影响。催化剂通常由加氢组分和酸性担体两部分组成,在加氢组分中,镍、钨、钼等金属元素负责提供加氢活性,氧化铝、硅酸铝等酸性担体提供裂化和异构化活性。催化剂应具有较高的活性、选择性、稳定性,可加快反应速度,定向生成目标产物,延长使用寿命。

### 2.2 馏分油加氢裂化技术流程

馏分油加氢裂化技术是一个复杂而精细的过程,其中涉及多个关键步骤的紧密衔接与配合。首先进行原料预处理,在馏分油进入加氢裂化装置前要先脱水脱盐,使原料中的水分含量不超过0.1%,盐分含量不超过5 mg/L。预处理完成后将馏分油与氢气混合进入加氢裂化反应器,使用特制催化剂,在350~450℃及8~15 MPa压力下,使烃类分子和氢气发生裂解加氢反应,生成较小分子的烃类。反应中要将氢油比控制在500~1500:1,同时按照原料性质及产品要求调整空速。当反应产物进入分馏塔后,按照各组分沸点的差异进行分离,获得不同馏分的油品。随后对油品实施进一步精制处理,如脱硫、脱氮等,将其中的杂质去除,提高油品的质量<sup>[3]</sup>。馏分油加氢裂化技术可按照不同压力等级分为中压加氢裂化和高压加氢裂化,其中中压技术可处理相对较轻的馏分油,高压技术则用于处理更重的馏分油。

### 2.3 馏分油加氢裂化技术应用及效果

目前,馏分油加氢裂化技术在石油炼制、煤化工、精细化工等领域均有广泛应用。例如:在石油炼制领域,该技术能将重质馏分油转化为轻质油,如将减压蜡油、焦化蜡油等转化为汽油、煤油、柴油等轻质燃料油,提高石油资源的利用率。在煤化工领域,加氢裂化技术可用于从煤制合成气或煤焦油中转化高附加值的化学品,如生产芳烃、烯烃等基础化工原料。此外,该技术也可应用在精细化工领域,生产特种油品、润滑油基础油等高端产品。相比于其他的炼油技术,馏分油加氢裂化技术的灵活性更强,能根据市场需求调整产品结构及产率,通过优化反应条件及催化剂选择,能实现目标产品的高收率。此外,产品质量稳定性也比较强,利用该技术将油品中的杂质深度脱除,保证了油品的安定性及燃烧性能。应用该技术处理后,可以使炼油厂的产品质量合格率明显提升,同时有利于降低生产成本。

### 2.4 馏分油加氢裂化技术挑战及应对措施

在馏分油加氢裂化技术的实际应用中也面临着一些挑战,例如催化剂的失活与再生问题。由于在反应过程中催化剂表面容易发生积碳、金属沉积或中毒,导致其活性迅速下降,需要频繁再生或更换,增加了生产成本和操作复杂性。同时,高温高压环境对设备材质和工艺控制精度要求极高,稍有不慎便可能引发安全事故或影响产品质量。此外,设备投资与运行成本也比较高昂,需大量资金投入,且日常运行能耗大,

对炼油企业的经济效益构成了压力。为此,在解决过程中要积极开发新型催化剂,研究高活性、高稳定性、抗积碳的催化剂,以延长使用寿命,减少再生频率。同时应进一步优化反应工艺条件,运用先进的反应动力学模型及过程控制技术精准调控反应条件,提高反应效率及产品质量。此外,在设备技术方面也要进行改进,使用耐腐蚀、耐高温高压的新型材料,提升设备可靠性和使用寿命。

### 3 汽柴油加氢处理技术和馏分油加氢裂化技术的比较与联系

#### 3.1 技术原理比较

汽柴油加氢处理与馏分油加氢裂化在反应类型和条件上既有相似之处也有不同点。两者均属于加氢反应范畴,都是在高温高压及催化剂存在下发生反应,且都涉及氢气与烃类分子的反应。而在具体反应类型上二者则存在差异,例如汽柴油加氢处理主要侧重于加氢脱硫、脱氮、饱和等反应,旨在改善油品质量。馏分油加氢裂化主要包含裂化、加氢、异构化等多种反应,是为了将重质馏分油转化为轻质油。在反应条件上,加氢裂化要求比加氢处理更高的压力和温度,以促使烃类分子裂解<sup>[4]</sup>。在催化剂的选择上,汽柴油加氢处理与馏分油加氢裂化也各有侧重。加氢处理催化剂多选用金属氧化物或硫化物,以高效脱除硫、氮等杂质。加氢裂化催化剂更注重加氢组分与酸性担体的协同作用,实现裂化和异构化反应。此外,催化剂的性能对两种技术的反应效果和经济性都具有决定性影响。

#### 3.2 流程设备联系

汽柴油加氢处理与馏分油加氢裂化在技术流程上存在一定的相似性,二者均包含了原料预处理、加氢反应及产品后处理等核心步骤。在原料预处理阶段都要对原料进行脱水、脱盐等操作,确保后续反应的顺利进行。在加氢反应环节,也都是在高温高压及催化剂存在下进行,尽管具体反应类型和条件有所差异,但基本流程框架是一致的。在产品后处理阶段,均需对反应产物进行分馏、精制等操作,以获得符合规格要求的产品。虽然两项技术的流程比较相似,但是在设备选用方面存在着显著的差异。其中,加氢处理装置通常选用固定床反应器,操作条件相对温和。而加氢裂化装置采用了更复杂的反应器类型,如沸腾床或悬浮床,操作条件也更为苛刻,需承受更高的压力和温度,以促进烃类分子的裂解和异构化。因此,这些设备差异使得两种技术能更好地适应不同的原料和产品要求。

#### 3.3 技术应用互补

汽柴油加氢处理与馏分油加氢裂化在应用领域上具有明显的互补性。其中汽柴油加氢处理技术主要用于提升油品质量和环保性能,通过深度脱硫、脱氮及饱和等反应降低汽柴油中的硫、氮含量及烯烃、芳烃含量,满足日益严格的环保法规要求,提升油品的燃烧性能和稳定性。馏分油加氢裂化技术更侧重于重质油的轻质化和高附加值化学品的生产,通过裂化、加氢及异构化等反应将重质馏分油转化为轻质油及特种化学品,实现资源的高效利用和产品的多样化<sup>[5]</sup>。未来在汽柴油加氢处理与馏分油加氢裂化的技术集成方面将具有广阔的前景,技术集成后可实现原料的高效利用和产品的多样化生产,如将加氢处理后的馏分油作为加氢裂化的原料,进一步生产轻质油及高附加值化学品。在技术集成过程中需注意反应条件的匹配、催化剂的兼容性及设备的适应性等,优化工艺条件和操作流程。

### 4 结束语

汽柴油加氢处理技术和馏分油加氢裂化技术都是石油炼制工艺中的重要技术,各自发挥着重要的作用,相互之间也具有一定的联系和互补性。汽柴油加氢处理技术能提高油品质量,满足环保性能要求。馏分油加氢裂化技术能实现油品的轻质化,提高化学品附加值。两项技术在技术原理和流程设备上既有相似之处,也有差异,在应用领域中能够相互补充,对石油炼制领域的技术发展有着重要的意义。

#### 参考文献:

- [1] 董松涛,赵广乐,胡志海,等. 大比例增产航煤兼产优质尾油加氢裂化技术的开发与应用[J]. 石油石化绿色低碳, 2024,09(02):34-39.
- [2] 潘奕龙,李志敏,曹正凯,等. 灵活型工业燃料油加氢裂化技术的工业应用[J]. 当代化工, 2022,51(12):2981-2984.
- [3] 梁宇,王甫村,王紫东,等. 调整炼油厂产品结构的柴油加氢裂化技术的开发与应用[J]. 现代化工, 2021,41(12): 218-221.
- [4] 许双辰,任亮,杨平,等. 催化裂化柴油选择性加氢裂化生产高辛烷值汽油或轻质芳烃原料的RLG技术开发和应用[J]. 石油炼制与化工, 2021,52(05):1-7.
- [5] 朱强,郭俊辉,刘昶,等. FDC单段两剂多产中间馏分油加氢裂化技术的工业应用[J]. 当代化工, 2021,50(05):1052-1055.