

柴油加氢装置的运行优化及经济效益分析

唐日文 (中国石化海南炼油化工有限公司, 海南 洋浦 578001)

摘要: 柴油加氢装置是石油炼制过程中的重要组成部分, 主要是通过加氢反应提高柴油的十六烷值和燃烧性能。随着环保要求的日益严格, 对于高品质清洁柴油的生产提出更高要求。文章先对柴油加氢装置运行现存问题展开分析, 接着对其优化措施和经济效益展开分析, 旨在提升柴油生产质量。

关键词: 柴油加氢装置; 运行优化; 经济效益

中图分类号: TE624.4+31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 021-0031-03

Operation optimization and economic benefit analysis of diesel hydrogenation unit

Tang Riwen (Sinopec Hainan Refining & Chemical Co., LTD., Yangpu Hainan 578001, China)

Abstract: The diesel hydrotreating unit is a crucial component in the petroleum refining process, primarily enhancing the cetane number and combustion performance of diesel through hydrogenation reactions. As environmental standards become increasingly stringent, there is a greater demand for high-quality clean diesel production. This article first analyzes existing issues in the operation of diesel hydrotreating units, followed by an analysis of optimization measures and economic benefits, aiming to improve the quality of diesel production.

Key words: diesel hydrogenation unit; operation optimization; economic benefit

柴油作为交通运输、工业生产等领域不可或缺的能源载体, 其燃烧排放会大气环境质量具有显著影响。传统柴油燃烧中产生的硫氧化物、氮氧化物及颗粒物等污染物, 容易引发各类环境问题。因此, 需提升柴油品质, 减少污染物排放。柴油加氢技术作为提升柴油质量的核心手段, 主要是在一定的温度、压力和催化剂作用下, 让柴油中的硫、氮等杂质与氢气发生反应, 发挥出降低柴油硫含量、提高十六烷值、改善燃烧性能的作用。现阶段的柴油加氢装置在运行过程依旧存在不少问题, 比如能耗较高、催化剂性能不佳、设备维护不佳等, 容易对装置的长期稳定运行产生不利影响。因此, 需对柴油加氢装置的运行优化进行关注, 提升装置整体运行水平、实现经济效益与环境效益的双赢。

1 柴油加氢装置运行现存问题

1.1 能耗较高

柴油加氢装置运行过程中, 热炉、压缩机等设备因于工艺设计、设备选型、操作管理等原因, 需要消耗大量的能源。随着能源价格的不断上涨, 高能耗的设备让生产成本出现大幅升高。并且, 设备使用过程中还存在能源利用效率低下的现象, 也在一定程度上造成了能源的浪费^[1]。

1.2 设备故障频发

装置的长期的运行会让反应器、换热器等设备磨损严重, 使其容易出现泄漏、堵塞等问题。同时, 设备的维护和管理缺乏定期的检修和保养, 加剧了设备故障的发生频率, 不仅会引发装置停车检修的现象,

还会对产品生产进度产生影响, 甚至会引发安全事故。

1.3 催化剂性能下降

催化剂是加氢反应的核心, 但在装置使用时间的持续增加下, 催化剂会逐渐出现活性和选择性降低的现象, 使得反应效率降低。若不进行及时的催化剂更换与再生, 会直接影响到产品质量。

1.4 产品质量波动

原料性质的变化、操作条件的不稳定及设备故障等会让产品的质量指标发生波动, 常见如密度、硫含量、十六烷值等。这些指标的变化会对产品的市场竞争力产生影响, 无法很好地满足客户的需求。

2 柴油加氢装置的运行优化措施

2.1 原料优化

为对后续加氢处理的效果和效率进行保证, 需严格控制进入装置的原料油各项指标, 使其各项指标均不超过规定的限制值。

一是优化原料采购策略。采购原料的过程中, 需挑选硫、氮等杂质含量低且芳烃含量适中的优质原料, 减少加氢过程中需要去除的物质, 让反应所需的时间、能量得以降低, 促进装置运行效率提升, 使其更加稳定、高效地运行, 生产出更符合市场需求的柴油产品。

二是强化原料预处理。原料预处理主要包括脱盐、脱水等环节, 可为原料质量提供保障。盐类物质会对催化剂造成一定污染, 使其性能和使用寿命受到影响, 脱盐处理需选用高效的电脱盐设备, 让原料中的盐类得到更有效地处理, 减少对催化剂的损害, 让加氢反应顺利进行。原料油带水容易引发操作波动, 并且会

造成催化剂粉碎，对反应器造成堵塞影响，不利于后续的加氢反应。需对原料罐区以及装置的原料油缓冲罐进行脱水处理，让原料中的水分含量得到精准控制，减少其不良影响^[2]。

三是原料配伍。不同的原料具有不同的特性，合理搭配可以充分发挥各种原料的优势，减少单一原料带来的局限。可结合装置的设计特点以及催化剂的性能表现，对原料组成和配比展开合理调整。比如，原料中催化裂化柴油占比较高，可适当混入直馏柴油或其他优质原料，降低原料整体的芳烃含量和硫、氮杂质含量。

四是严格管控原料油性质。装置运行过程中，需对原料中垢物和金属等杂质的把控进行关注，以防杂质进入到反应器的上部床层，避免造成床层差压升高，为装置的长期、稳定运行提供一定保障。

2.2 工艺参数优化

在柴油加氢装置中，工艺参数会对反应效果与催化剂性能产生重要影响，需对反应压力、反应温度、氢油比等参数进行科学调节。

一是反应压力。反应压力对加氢反应的平衡和速率具有重要影响，适当提高反应压力可加深反应深度，让反应更加充分，减少催化剂结焦的情况。同时，脱硫、脱氮等反应的效率也可随着氢分压的升高而加快，加快整个装置的反应进程。但过高的压力会增加设备投资和运行成本，需结合实际情况将反应系统压力控制在7.0MPa，以免影响到催化剂的活性和使用寿命。

二是反应温度。反应温度会对加氢反应速率和产品品质产生重要影响，适当提升反应温度可促进加氢反应速率提升，让脱硫、脱氮以及芳烃饱和率得到提升。但过高的温度会导致裂化反应加剧，加快催化剂的积炭速率，进而影响到催化剂的使用寿命。因此，需结合原料的具体性质、催化剂的活性状况以及产品质量要求优化反应温度。一般来说，可在装置运行初期适当降低反应温度，保证反应顺利进行的同时，减少不必要的氢耗和积炭。随着装置的持续运行，催化剂活性也会随之逐渐下降，可逐步提升反应温度，强化产品质量的稳定性。

三是氢油比。氢油比即循环氢与原料油的体积比，适当提高氢油比可以让反应体系中的氢气的浓度得到一定提升，为加氢反应创造更好的条件。同时，可及时带走反应热，对催化剂结焦前驱物的脱氢缩合反应进行有效抑制，维持催化剂的高活性的同时，强化反应的高效新呢管。但过高的氢油比也会增加氢气消耗和循环氢压缩机的负荷，需要结合原料性质和反应条件，确定最佳氢油比范围，控制反应器入口氢油体

积比 ≤ 600 ，将氢油比的保护作用充分发挥出来，为反应系统的稳定运行提供保障^[3]。

2.3 催化剂优化

催化剂在柴油加氢反应中扮演着重要角色，但会在反应的持续进行下出现活性下降的现象，当其降低到一定水平，即便调整各类工艺参数，也无法对其活性损失进行有效弥补。因此，需对催化剂的选择、装填及再生活化进行关注。

一是精选催化剂。需以原料特性与产品质量标准为依据，优选高活性、良好选择性及强稳定性的催化剂，让反应速率得以加快，并定向生成目标产物，减少副反应，并在较长时间内维持较为稳定的性能。同时，要对催化剂的价格和使用寿命进行综合考量，尽量选用性价比高的催化剂，降低生产成本并提升经济效益。

二是优化催化剂装填方案。合理的装填方案可实现催化剂的均匀分布，进而提升装置的反应效率。开展装填作业的过程中，需对操作规程进行严格遵循，确保每个步骤得到精准执行。比如催化剂的搬运、装填顺序到装填高度等，均需得到严格把控，让催化剂的装填质量得到有效保证。

三是强化催化剂的再生。催化剂会在长期的使用中出现活性、选择性逐渐下降的表现，对反应的效果与产品的质量产生不利影响。因此，要对失活的催化剂进行再生处理，使其重新恢复活性，节省购买新催化剂的费用以及催化剂操作过程中的相关费用，降低生产成本。一般可采用器外再生并结合特殊处理的方式，让再生后的催化剂活性能够达到新鲜催化剂活性。催化剂再生前后，需要开展严格细致的分析工作，对催化剂的含硫量、含碳量、强度测试、比表面积以及孔容等展开分析，为操作参数的调整提供有效支持^[4]。

2.4 设备节能改造

一是压缩机优化。循环氢压缩机和新氢压缩机是装置的重要设备，需对其展开定期检修与维护，包括叶轮、密封、轴承等部件的磨损情况，针对损坏部件展开及时更换。同时，要对转速、进出口压力等运行参数进行优化，结合装置的生产负荷和氢气需求，做好压缩机运行状态的合理调整，让压缩机的能耗得到有效降低。具体来说，新氢压缩机可通过增加无级的气量调节系统，将其与液压驱动措施结合在一起，让进气阀的关闭速度得以减缓，通过电脑调节系统实施同步的控制，让多余的气体无需再次压缩，降低其电能消耗。循环氢压缩机可通过降低其转速的方式来节省蒸汽，当其转速下降100r/min时，可降低4t/h的蒸汽量。还可将精制柴油余热引入到蒸汽生产过程中，

使其能量消耗得到进一步降低。

二是加热炉优化。加热炉是为加氢反应提供热量的关键设备,需对炉管表面的结焦和积灰进行定期清理,让加热炉的热效率得到有效提升。同时,要将加热炉的氧元素含量控制在2%~4%,促使加热炉工作效率得到有效提升。此外,要对加热炉的火嘴状态进行控制,在熄灭火嘴的同时保留长明灯的指示条件,当设备热效率 $\geq 92.8\%$,可实现效率优化。

三是反应器内构件优化。构件的性能会对反应的效果与催化剂的使用寿命产生直接影响,需对分布器、集液器、填料等内构件进行检查和维护,强化其安装正确性,让反应器内的反应物料处于均匀分布状态,促进其传质、传热效率提升,以免出现局部过热或反应不完全的情况。此外,要结合生产需求做好反应器内构件的升级,比如使用新型的高效分布器、规整填料等,让反应器的性能得到有效提升。

3 柴油加氢装置经济效益分析

3.1 生产成本降低

针对柴油加氢装置展开多方面的改造,可有效降低装置能耗。比如,优化加热炉操作,可提高热效率并降低燃料气消耗。合理调整压缩机运行参数,可降低循环氢压缩机和新氢压缩机的能耗。能耗的降低能够直接减少生产成本,让装置的经济效益得到有效提升。

同时,针对装置原料预处理、反应条件、催化剂方案进行优化,可减少催化剂的中毒和失活,延长催化剂的使用寿命,让催化剂的更换频率、用量得到有效降低,减少物耗成本。以某柴油加氢装置为例,其年处理能力为200万t,运行中存在能耗高、产品质量不稳定等问题。经过优化之后,其电能消耗降低了15%,蒸汽消耗降低了20%,每年可节约能源成本数百万元。同时,催化剂的再生利用也让催化剂的使用寿命得到有效提升,每年可节约催化剂采购费用数百万元^[5]。

3.2 运行效率提升

针对柴油加氢装置进行全面的运行优化,可对制约装置生产能力的瓶颈问题进行有效解决,让装置的处理能力、运行稳定性得到有效提升。比如,对反应器内构件和操作参数进行优化,可对装置反应的转化率、选择性进行提升,让装置在更高的负荷下稳定运行,促进其运行效率提升。

同时,运行维护与管理可及时发现装置的各类故障隐患,并采用先进的监测与诊断技术,提前预测设备故障和采取预防性维护措施,让装置的故障率和停工次数得以减少。不仅可以对设备突发故障导致的停

工事故进行性规避,还可强化装置的运行稳定性,减少停工带来的经济损失。

3.3 产品质量提升

在环保要求日益严格的背景下,市场对清洁柴油的需求不断增加,对硫、氮、芳烃等含量指标提出了更高的要求,使柴油的价格也呈现出相对较高的表现。对柴油加氢装置进行运行优化,生产出符合国VI甚至更严格排放标准的清洁柴油,不仅可以规避环保处罚和市场限制,还可以获得更高的市场价格。优质柴油产品具有更高的市场价格和竞争力,经过优化的装置所生产的柴油中,其十六烷值提高,燃烧性能更好,可对高端用户的需求进行满足,获得更高的产品附加值,以此增加企业的经济效益。比如,低硫、高十六烷值柴油可作为优质的航空煤油调和组分或高档柴油产品,其价格相比普通柴油更高,让企业的柴油销售收入每年增加数千万元^[6]。

4 结语

综上所述,柴油加氢装置的运行优化涉及多个方面的内容,需对反应温度、压力等关键参数展开有效调整,并结合工艺流程进行合理改进,选用高效的催化剂,让柴油加氢装置的反应效率和产品质量得到有效提升。经过优化之后,装置生产的柴油产品与现行环保标准相符,并且减少了设备故障和工艺波动导致的停工次数,为企业稳定生产提供有力保障。从经济效益层面来看,优化后的装置可有效降低氢气消耗、提高原料利用率,使其运行成本得到有效降低。同时也会大幅提升柴油产品的品质,增加其附加值。未来,柴油加氢装置的运行优化需进一步融合数字化技术、人工智能算法,加强对新型催化剂和工艺技术的研发,让装置的能耗和污染物排放得到不断降低,推动柴油加氢行业的进步。

参考文献:

- [1] 刘备,卫建军,张思祖.柴油加氢装置循环氢脱硫系统运行情况与分析[J].石油化工腐蚀与防护,2024,41(06):36-40.
- [2] 何晓钟.柴油加氢装置节能降耗工艺措施[J].石化技术,2024,31(09):309-310.
- [3] 冯巍,杨戈,王杰,等.柴油加氢装置运行中的问题及改进措施[J].化工设计通讯,2024,50(09):46-49.
- [4] 张工厂,刘虎,胡友超,等.柴油加氢装置改炼航煤运行总结[J].山东化工,2024,53(16):190-193.
- [5] 杨涌.柴油加氢装置长周期运行影响因素及应用[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(08):13-15.
- [6] 冯巍,贺闪,杨戈,等.柴油加氢装置催化剂运行分析及优化措施[J].石化技术,2024,31(04):57-59.