

汽柴油加氢装置运行的经济效益优化路径

张名辉 (中海石油中捷石化有限公司, 河北 沧州 061000)

摘要: 汽柴油加氢装置可是炼油厂的核心环节, 它跑得多顺、效率多高, 直接关系到产品质量好不好, 企业能赚多少钱。现在能源成本一个劲往上涨, 环保要求也越来越严, 光靠扩大生产规模早就走不通了, 得从运行管理上挖潜力、找效益。优化工艺参数, 提高设备可靠性, 强化过程控制, 再加上用数字化手段帮忙, 这些做法都能实实在在降低能耗和物耗, 还能让产品收率更高、质量更稳定。经济效益上去了, 不光是直接省下了成本, 更能让装置扛风险的能力变强, 应对市场变化也更灵活。基于此, 本篇文章探究汽柴油加氢装置运行的经济效益优化办法, 为相关人士提供参考价值。

关键词: 汽柴油加氢装置; 运行经济效益; 优化路径

中图分类号: TE624 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 004-0073-03

Economic benefit optimization path of operation of gasoline and diesel hydrogenation unit

Zhang Minghui (CNOOC Zhongjie Petrochemical Co., Ltd. Cangzhou Hebei 061000, China)

Abstract: The gasoline and diesel hydrogenation unit is the core link of the refinery. How smooth and efficient it runs is directly related to the product quality and how much money the enterprise can earn. Nowadays, the cost of energy is rising, and the requirements of environmental protection are becoming more and more strict. It has long been impossible to expand the scale of production, so we have to tap the potential and find benefits from operation and management. Optimizing process parameters, improving equipment reliability, strengthening process control, and using digital means to help, these practices can actually reduce energy consumption and material consumption, and also make the product yield higher and the quality more stable. The economic benefit has gone up, which not only directly saves the cost, but also makes the device more capable of carrying risks and more flexible in responding to market changes. Based on this, this paper explores the economic benefit optimization method of gasoline and diesel hydrogenation unit operation, and provides reference value for relevant people.

Keywords: gasoline and diesel hydrogenation unit; operational economic benefits; optimization path

汽柴油加氢装置要承担脱硫、脱氮、烯烃饱和和这些核心任务, 是生产清洁燃料的关键设备。它的运行状态直接关系到产品质量能不能达标, 还有能耗水平和运营成本高低。随着市场竞争越来越激烈, 绿色低碳转型也在加速推进, 传统粗放式的管理模式已经满足不了精细化运营的需求了。这就需要从技术改进、流程再造到管理升级多方面一起发力, 推动装置从“能用”变成“好用”“优用”, 从而释放潜在的经济效益, 为炼油企业的竞争力打下坚实基础。

1 汽柴油加氢装置的基本原理

汽柴油加氢装置是根据加氢反应原理工作的, 一般在 320-420℃ 的高温、3.0-15.0MPa 的高压条件下, 让原料油和氢气在催化剂床层里发生催化反应; 目的是脱除原料中的硫、氮、金属等杂质, 还能让烯烃饱和。主要反应包括加氢脱硫 (HDS)、加氢脱氮 (HDN) 和芳烃选择性加氢, 核心是靠负载型的镍钼或钴钼催化剂, 促进氢分子活化后迁移到不饱和化合物表面。反应过程中, 氢分压的控制对转化率和选择性特别关键, 通常得维持在 2.5MPa 以上才能保证反应充分;

空速 (GHSV) 一般控制在 1.0-3.0h⁻¹ 之间, 这样能平衡反应深度和催化剂寿命。这套工艺能明显提高产品的十六烷值和稳定性, 满足国六及以上的排放标准。

2 影响经济效益的因素分析

2.1 原料性质波动对能耗与产品收率的影响

原料性质不稳定会大大影响汽柴油加氢装置的能耗和产品收率。要是进料里的硫含量、氮含量或者金属杂质升高, 就得相应提高反应深度, 这会让反应温度和氢分压跟着上升; 进而增加加热炉的燃料消耗和压缩机的功率负荷, 导致单位产品的能耗明显增加。同时, 杂质含量高的原料容易让催化剂表面结焦或者中毒, 降低催化剂的活性和选择性, 影响目标产品的转化率和收率。尤其是脱硫效率下降的时候, 可能会造成产品质量不达标, 逼着装置调整操作模式, 或者增加副产物的处理负担, 整体运行的经济性就会受到制约。因此, 原料性质稳定, 是保障装置高效低耗运行的前提条件。

2.2 反应温度、压力、空速等工艺参数的匹配度

反应温度、压力、空速这些工艺参数的匹配程度,

直接影响加氢反应的深度和选择性。要是温度偏高但压力不够，容易让催化剂结焦加快，还会加剧产品裂解，降低目标组分的收率；反过来，压力太高而温度偏低的话，反应速率会受限制，脱硫脱氮的效率下降，导致产品不合格。空速太大的话，物料在装置里停留的时间不够，反应转化不充分；空速太小又会让设备利用率变低，能耗还会上升。这三个参数得根据原料性质和产品要求动态调整，找到稳定高效的运行区间，才能既保证产品质量，又实现经济效益的统一。

3 汽柴油加氢装置运行的经济效益优化具体路径

3.1 技术优化路径

3.1.1 工艺参数精细化调控，实现“稳产+低耗”平衡

工艺参数的精细化调控，是汽柴油加氢装置实现“稳定生产+低消耗”平衡的关键办法。通过优化反应温度、压力、空速和氢油比这些核心参数，既能保证深度脱硫脱氮，又能降低能耗和催化剂损耗。比如，把反应温度控制在350-380℃之间，既能兼顾反应转化率，又能保证催化剂的稳定性，避免因为温度过高导致催化剂结焦失活；氢分压维持在3.5-4.5MPa，有助于提高氢气的溶解度和反应速率，提升加氢效率；空速（GHSV）设定在1.5-2.5h⁻¹，既能保障物料和催化剂有足够的接触时间，又能防止因空速过低造成设备利用率下降。

3.1.2 催化剂选型与再生周期管理，延长使用寿命

催化剂选型和再生周期管理，是延长汽柴油加氢装置催化剂使用寿命的核心环节。得根据原料性质来选对应的催化剂类型，比如原料里的硫含量、氮含量、金属杂质浓度这些；像高活性的镍钼系或钴钼系催化剂就很常用，它们的比表面积一般在180-250m²/g，孔容0.4-0.7mL/g，能有效提高脱硫脱氮效率。同时，要控制好床层温升，一般每床层不超过30℃，入口空速建议维持在1.8-2.5h⁻¹，避免局部过热或者过度积碳导致催化剂失活。

再生周期得根据催化剂活性衰减曲线和产品指标波动灵活调整，通常每6-12个月做一次在线或离线再生，用空气氧化法清除积炭，恢复催化剂的活性位点。还要定期检测催化剂磨损率和压降变化，确保磨损率每年控制在合理范围，压降每月变化不超过0.05MPa，这样才能保证运行稳定，显著延长催化剂寿命，减少更换频率和运行成本。

3.1.3 热能回收系统改造，提高能量利用效率

改造热能回收系统，是提高汽柴油加氢装置能量利用效率的重要办法。可以增设高效换热器，比如板式或管壳式换热器，把反应产物高温物流的显热用

来预热进料油——这些高温物流的出口温度通常在380-420℃，这么做能明显降低加热炉负荷，减少燃料消耗。典型的改造方案里，会设置多级换热网络，让进料从常温升到250-300℃后再进入反应器，实现热量的梯级利用，提升换热效率。与此同时，对循环氢压缩机排出的高温尾气进行余热回收，用来产生低压蒸汽或者加热脱盐水，进一步提高系统的热集成水平。

3.1.4 自动化控制系统升级，减少人为操作偏差

升级自动化控制系统，是减少汽柴油加氢装置人为操作偏差、提升运行稳定性的关键技术手段。把传统的DCS系统升级成带有先进控制算法的智能控制系统，比如模型预测控制（MPC）或者模糊逻辑控制，就能实现对反应温度、压力、氢油比这些关键参数的精准调控，设定精度能达到±1℃和±0.1MPa以内。同时，引入在线分析仪和过程数据采集系统（PDA），实时监测产品的硫含量、氮含量，还有催化剂床层温差（每床层ΔT控制在15℃以内）；系统会自动调整进料流量和循环氢纯度，避免因为人工判断滞后导致的运行波动。这套系统还具备异常工况预警功能，一旦检测到压力突变或者温升异常，就会触发联锁保护动作，防止设备损坏。

3.2 管理优化路径

3.2.1 建立运行绩效指标体系，实施量化考核

建立一套科学的运行绩效指标体系，是汽柴油加氢装置搞精细化管理的基础。咱们可以设定几个关键绩效指标，比如单位产品能耗要控制在目标范围内，用ASTMD5267方法测定的催化剂空时收率不能低于95，反应器压降每个月增长不能超过0.03MPa，产品合格数要占到总产品数的99以上；靠着这些指标，就能把装置的运行状态和经济效益量化出来，看得明明白白。再结合DCS系统的数据自动采集和分析功能，定期出一份运行报表，就能及时发现能耗异常、催化剂活性下降或者操作有偏差这些潜在问题。

与此同时，把这些指标分解到各个班组和岗位，每个月做一次考核，还能根据实际情况动态调整；这样一来，就能带动所有人都参与到节能降耗、稳产增效的工作中。

3.2.2 加强设备维护与预防性检修，降低非计划停机损失

加强设备维护和预防性检修，是减少汽柴油加氢装置非计划停机损失的关键。咱们可以推行基于状态监测的预测性维护策略，用振动分析、油液检测（比如铁谱或光谱分析）和在线腐蚀监测这些技术，实时掌握压缩机、泵、反应器这些关键设备的运行健康状

况。设定合理的检修周期，比如每 6000h 做一次全面检查；要是设备性能指标出现下滑趋势，比如轴承振动值超过 4.5mm/s，或者压降每个月增长超过 0.05MPa，就提前采取干预措施，避免突然出故障。同时，建立设备完整性管理体系，规范备件库存和维修流程，确保检修响应时间不超过 2h。这种靠数据说话的预防性维护模式，能把非计划停机的次数控制在每年 2 次以内，大大提升装置运行的可靠性，经济效益自然也跟着往上走。

3.2.3 优化原料配比与进料策略，提升加工灵活性

优化原料配比和进料策略，是提升汽柴油加氢装置加工灵活性、让运行更划算的核心办法。咱们可以合理调配不同硫含量、金属杂质浓度以及馏分组成的原油馏分，比如轻质蜡油和重质渣油的比例控制在 3 : 7 到 7 : 3 之间；这样就能动态调整反应负荷和催化剂利用率，避免因为原料波动导致床层超温，或者积炭问题加重。同时，采用多点进料技术，把进料预热温度控制在 180 到 250℃ 之间，再配合氢油比通常维持在 300 到 600Nm³/m³ 的协同调节，就能实现反应深度和能耗的平衡。引入在线密度计和微量硫分析仪实时监控进料性质，再搭配先进过程控制系统自动修正操作参数；这样一来，就算原料条件变了，也能稳定产出符合国六标准的清洁油品，装置应对市场变化的能力和综合效益自然就上去了。

3.2.4 推行全员成本意识培训，形成精益运营文化

推行全员成本意识培训，是汽柴油加氢装置构建精益运营文化的重要基础。定期开展专项培训，核心内容围绕“能耗对标”“催化剂单耗控制”“非计划停机损失分析”这些方面；让操作人员掌握关键成本指标的计算和优化方法，比如单位产品能耗、氢气消耗率的控制标准。再结合岗位绩效考核机制，把节能降耗的成效纳入个人关键指标，激发一线员工主动查找跑冒滴漏、优化阀门开度、减少蒸汽浪费的积极性。同时，建立跨班组的成本分享会制度，推广优秀操作经验和节能案例，形成“人人讲成本、事事控消耗”的管理氛围。这种自下而上培育起来的成本文化，不光能提升员工的责任感和执行力，还能推动装置从被动执行要求转向主动优化运行，实现运行效率和经济效益的持续提升。

3.3 数字化与智能化赋能

3.3.1 利用 DCS/PLC 数据平台实现运行状态实时监控

利用 DCS/PLC 数据平台对汽柴油加氢装置运行状态进行实时监控，是保障系统安全稳定、高效运行的关键技术支撑。通过部署高精度传感器和现场仪表，采集各类关键参数，比如反应温度控制精度要达

到 $\pm 1^\circ\text{C}$ ，压力波动范围不超过 0.2MPa，氢油比设定值误差控制在合理范围，催化剂每床层温差不超过 15℃；并在 DCS 系统中建立可视化趋势曲线和报警阈值，实现异常工况的早期识别和快速响应。PLC 负责执行联锁逻辑控制，比如当循环氢压缩机入口压力低于设定值（像 0.3MPa）时，会自动触发保护动作，防止设备损坏等。

3.3.2 引入 AI 算法预测设备劣化趋势与能耗变化

引入 AI 算法预测设备劣化趋势和能耗变化，是汽柴油加氢装置走向智能化运行的重要突破。收集 DCS 系统里振动、温度、压力、流量等多方面的数据，再结合机器学习模型，比如随机森林或者 LSTM 神经网络，建立设备健康状态评估模型；这样就能提前发现压缩机轴承磨损、换热器结垢或者催化剂活性下降这些早期劣化迹象，预测精准度很高。同时，AI 算法能根据历史运行数据和实时工况，动态模拟能耗变化趋势，比如反应炉燃料消耗率的波动规律，给操作人员优化负荷分配和工艺参数提供参考。这项技术不光能提升故障预警能力，还能推荐能耗最小化的运行策略，大大降低非计划停机风险和运营成本，推动装置从靠经验驱动转向靠数据驱动的智能化模式。

4 结束语

总而言之，汽柴油加氢装置的经济效益优化是项系统工程，得把工艺、设备、管理和智能化这些方方面面都串起来，一起创新发力才行。单靠某一种办法，很难拿到长期稳定的收益；必须建立起以数据驱动为核心、以精益管理为支撑的运行体系。未来，还要不断加深对装置运行规律的了解，让先进技术和现场实践深度融合，最终形成能复制、能推广的优化模式。

参考文献：

- [1] 张工厂, 刘虎, 胡友超, 穆晶晶. 柴油加氢装置改炼航煤运行总结 [J]. 山东化工, 2024, 53(16): 190-193.
- [2] 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.
- [3] 冯军伟. 煤焦油加氢工艺及研究进展 [J]. 煤化工, 2024, 52(02): 86-90.
- [4] 冯巍, 贺闪, 杨戈, 王鹏飞. 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.
- [5] 王利宁, 彭天铎, 戴家权, 韩冰, 张宇. 面向碳中和的中国汽车用能趋势演变研究 [J]. 国际石油经济, 2023, 31(07): 1-8.
- [6] 韩龙年, 陈新国, 辛靖, 杨国明, 陈禹霏, 范文轩, 张海洪, 朱元宝. 催化柴油增值化、高值化利用工业应用技术发展现状及分析 [J]. 石油与天然气化工, 2022, 51(06): 34-40.