

# 裂解汽油加氢装置节能降耗技术的应用与经济性分析

张 坤 张仲涛 (山东裕龙石化有限公司, 山东 烟台 265715)

**摘要:** 本文着重围绕裂解汽油加氢装置展开, 深入探究其节能降耗技术的具体应用以及相关经济性。首先详细阐述裂解汽油加氢装置在整个石油化工领域当中所占据的重要地位以及当前的能耗实际状况, 接着对节能降耗技术的应用情况进行分析; 从降低企业生产成本、提高产品整体质量、增强企业市场竞争力等不同角度对其经济性进行剖析。研究表明, 合理运用节能降耗技术能够显著降低该装置的能耗, 有效提升企业的经济效益, 从而为石油化工行业的可持续发展提供强有力的支撑。

**关键词:** 裂解汽油加氢装置; 节能降耗技术; 经济性分析; 石油化工

**中图分类号:** TE624.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 002-0058-03

## Application and Economic Analysis of Energy-Saving and Consumption-Reducing Technologies in Pyrolysis Gasoline Hydrogenation Unit

Zhang Kun, Zhang Zhongtao (Shandong Yulong Petrochemical Co., Ltd., Yantai Shandong 265715, China)

**Abstract:** This paper focuses on the pyrolysis gasoline hydrogenation unit, conducting an in-depth exploration of the specific application of its energy-saving and consumption-reducing technologies as well as the related economic aspects. Firstly, it elaborates in detail on the important position of the pyrolysis gasoline hydrogenation unit in the entire petrochemical industry and its current actual energy consumption situation. Then, it analyzes the application of energy-saving and consumption-reducing technologies. Furthermore, it dissects their economic viability from different perspectives, such as reducing enterprise production costs, improving the overall quality of products, and enhancing enterprise market competitiveness. The research results indicate that the rational application of energy-saving and consumption-reducing technologies can significantly reduce the energy consumption of this unit and effectively enhance the economic benefits of enterprises, thereby providing strong support for the sustainable development of the petrochemical industry.

**Keywords:** Pyrolysis gasoline hydrogenation unit; Energy-saving and consumption-reducing technologies; Economic analysis; Petrochemical industry

裂解汽油加氢装置在石油化工裂解系统里占据着十分关键的地位, 它承担着对裂解汽油中杂质进行脱除与清理的重要任务, 并且对后续芳烃萃取、C5 馏分分离等环节起着承上启下的作用。该装置主要由一段加氢系统、二段加氢系统、脱 C5 系统等部分组成。在实际生产过程当中, 裂解汽油加氢装置存在能耗较高的情况, 这与我国节能降耗标准要求存在一定的差距。随着能源问题日益突出以及环保要求不断提高, 降低裂解汽油加氢装置的能耗、提高其经济性, 已然成为石油化工企业所关注的焦点。因此, 深入研究裂解汽油加氢装置节能降耗技术的应用与经济性具有重要的现实意义。

### 1 裂解汽油加氢装置能耗现状

#### 1.1 装置能耗构成

裂解汽油加氢装置的能耗构成主要包括电能、蒸汽、冷却水以及氢气的消耗, 其中电能主要用来驱动压缩机、泵类设备以及控制系统, 蒸汽大多用于再沸器供热和部分工艺加热工作, 冷却水是由于冷凝器以及产品冷却系统保障装置热平衡, 氢气作为反应介质在加氢反应中会大量消耗, 其制取以及提纯过程也会

带来较为显著的能耗, 此外装置运行当中的伴热、仪表风以及氮气等辅助公用工程也占据一定比例, 整体而言能耗结构里动力消耗如压缩机占比是最高的, 其次是工艺热负荷, 不同装置因为设计年代、规模以及原料性质存在差异时, 能耗构成比例会有所不同, 但普遍会呈现高电力与高氢耗的特征, 所以深入分析各个能耗单元的分布和占比, 是开展节能优化工作的基础前提。

#### 1.2 能耗影响因素

裂解汽油加氢装置的能耗受到多种因素的综合影响。原料性质存在较大波动情况, 像双烯烃以及硫氮杂质含量的变化会直接对反应苛刻度和氢耗水平产生影响, 操作参数例如反应温度、压力、空速以及氢油比的设定对能耗有着显著作用, 过高或者过低都有可能致使能耗上升, 设备老化、换热效率下降以及保温失效等问题会增加额外的热损失和动力消耗, 当装置负荷率偏低的时候, 单位产品能耗通常会升高, 并且频繁开停工也会造成能源的浪费。控制系统精度不足、仪表失灵等自动化水平方面的限制同样会制约能效的提升。最后, 氢气纯度和循环效率对整体能耗有着深远影响, 如果氢气

回收率低或者补充氢品质不佳,就会导致压缩功耗增加。需要从原料管理、操作优化、设备维护以及自动化控制等多个维度协同改善能耗表现。

## 2 裂解汽油加氢装置节能降耗技术应用

### 2.1 换热网络优化技术

换热网络优化作为降低裂解汽油加氢装置能耗的关键手段,可借助夹点分析、数学规划或者模拟软件对现有换热流程开展诊断,以此识别热集成潜力进而有效提升热量回收率。例如,让高温产物与进料或者低温物流进行充分换热,以此减少外部加热与冷却负荷,在实际应用时,通常会通过增设高效板式换热器、优化物流匹配顺序以及调整操作温位等方式来重构换热网络,某装置经过优化之后,进料预热温度提高了30℃,再沸器蒸汽用量下降了15%,年节能量达到数千吨标煤,定期清洗换热器、防止结焦堵塞也是维持高效传热的重要措施,先进控制策略如动态优化还能够依据工况变化实时调整换热路径,从而进一步挖掘节能空间,该技术具有投资回收期短、适用性强的特点,已经成为行业主流节能路径。

### 2.2 氢气循环系统优化技术

氢气循环系统作为裂解汽油加氢装置能耗的重要来源,对其进行优化能够显著降低压缩功耗以及新鲜氢补充量,一方面,通过提升循环氢压缩机效率,比如采用变频调速、优化叶轮设计或者更换高效机型等方式,可在满足工艺需求的前提下降低电耗,另一方面,优化高压分离器操作条件,以此提高气液分离效率,减少循环氢带液情况,避免压缩机出现非正常负荷,引入膜分离或者变压吸附(PSA)技术对尾氢进行提纯回用,能够提高氢气利用率,减少新鲜氢采购成本以及制氢能耗,部分装置还通过优化氢油比控制策略,在保证加氢深度的同时避免出现过量氢气循环,实践表明,综合实施上述措施之后,氢气系统能耗能够降低10%~20%,年节电可达百万千瓦时以上,兼具经济与环保效益。

### 2.3 工艺流程改进技术

对裂解汽油加氢装置的工艺流程开展改进工作,是实现节能降耗的一条重要途径。例如,对二段加氢反应流程进行优化,改变以往先冷却再分离的传统方式,达成二段加氢反应出料在进入换热器冷却之后直接进入气液分离罐的效果,气相在新添加的冷却器里完成冷却处理后进入新添加的冷却分离罐,与物料进行合理融合,接着经过换热器加热处理之后进入稳定塔。这样的改进能够减少中间环节所产生的热量损失,进而提高能源的利用效率。对脱C5塔进料进行加热方面的优化,通过回收氢气热分离流程中的余热以及

裂解汽油加氢装置所产生的余热来对脱C5塔进行加热处理,能够降低塔釜蒸汽的消耗量,从而实现节能降耗的目标。

## 3 裂解汽油加氢装置节能降耗技术应用的经济性分析

### 3.1 降低生产成本

裂解汽油加氢装置运用节能降耗技术,对降低生产成本有着直接且显著的作用。在能源消耗这方面,通过对换热网络加以优化,能够达成热量的高效传递以及回收再利用。原本在换热过程中大量散失的热量被重新整合起来,减少了加热介质的使用数量,从而降低了电力的消耗。合理调整换热器的布局以及换热介质的流量,可让热交换更为充分,减少了为维持反应温度而额外补充的能量。在氢气循环系统优化方面,减少氢气泄漏是关键要点。通过加强设备密封性检测与维护,以及对氢气循环流程进行优化,降低了氢气的不必要损耗。氢气作为重要的原料,其采购成本相对较高,减少泄漏就意味着直接降低了原材料采购成本。提升循环氢压缩机运行效率、采用变频控制等举措,有效降低了电能消耗。

### 3.2 提高产品质量

#### 3.2.1 精确控温提升产品纯度

在裂解汽油加氢装置当中,精确控制反应温度属于提高产品质量的核心要点之一。反应温度对于反应的转化率和选择性起着决定性的作用,稳定并且适宜的反应温度能够保证反应在最佳条件下推进。借助先进的温度控制系统,可以对反应温度进行实时监测与精准调整。当温度过高的时候,有可能会引发一系列副反应,生成不必要的杂质,进而降低产品的纯度,而温度过低就会使反应速率减缓,造成原料转化不充分。通过实时调控,能够避免这些不利情况的发生。

#### 3.2.2 合理控压保障反应方向

合适的压力能够为反应创造出稳定的环境条件,进而促使反应朝着有利于生成目标产物的方向顺利进行。不同的反应对于压力有着不同的要求,在加氢反应过程中,压力的变化会对反应物和生成物的状态以及反应速率产生影响。若压力控制不当,就有可能导致反应失衡,从而产生较多的杂质,最终影响到产品质量。通过精确地控制压力,能够使反应体系处于稳定的状态,从而确保反应按照预期的方向顺利开展。

#### 3.2.3 优化流程改善产品质量

对二段加氢反应流程进行优化,能够让反应变得更加充分且均匀。在原有的反应流程当中,或许会存在局部反应不够充分的状况,进而导致杂质生成。通过对流程加以改进,合理地调整反应物的流动方式以

及反应时间,能够使反应物实现充分接触并进行反应,从而减少杂质的产生。对脱 C5 塔进料加热进行优化也具备重要意义。脱 C5 塔属于分离不同组分的关键设备,对进料加热进行优化能够改善塔内的分离效果。适宜的加热温度以及加热方式能够让不同组分实现更好地分离,避免组分之间出现相互干扰的情况,从而提高产品的质量稳定性。

### 3.3 增强企业竞争力

从能源消耗的角度来分析,在采用节能降耗技术之后,企业在能源方面的支出实现了大幅降低。这让企业在生产成本上与未采用节能技术的企业相比,具备了明显的优势,能够以更低的成本来进行产品生产。在产品质量方面,正如前文所提及的,节能降耗技术的应用提高了产品的纯度以及质量稳定性,进而生产出高品质的产品。以更低成本生产出更高质量的产品,使得企业产品的性价比得到了大幅提升。在市场竞争当中,性价比高的产品更加容易受到客户的青睐,有助于企业扩大自身的市场份额。

### 3.4 投资回报分析

#### 3.4.1 投资内容构成

裂解汽油加氢装置节能降耗技术的投资内容涉及多个不同方面。首先是设备投资方面,为了对换热网络进行优化,需要购置具备更好热交换性能的新型高效换热器,以此提升热量回收效率,在优化氢气循环系统时,要更换密封性能更佳的设备来减少氢气泄漏,同时对循环氢压缩机进行升级改造并采用变频控制技术,这些设备的采购与安装都需要投入大量资金。其次是技术投资方面,要引进先进的温度、压力控制系统,借助高精度传感器与智能算法来实现反应温度和压力的精确调控,从而确保反应能够稳定进行。

#### 3.4.2 成本收益对比方法

成本收益对比属于评估节能降耗技术应用经济性的关键方法。在成本这一方面,需要详细统计实施节能技术前后的各项成本,涵盖能源消耗成本,像电力、蒸汽等费用,原材料采购成本,例如氢气等,还有设备维护、折旧等成本。在收益这一方面,一方面要考虑因成本降低所带来的直接收益,比如能源费用减少、原材料损耗降低等;另一方面要关注产品质量提升带来的间接收益,高品质产品通常能提高市场售价、增加销量,进而提升企业收入。通过对比实施节能技术前后一定时期内的总成本与总收益,计算出成本降低额与收益增加额,然后分析节能技术应用对企业经济效益的改善程度,以此为企业决策提供依据。

#### 3.4.3 投资回收期情况

投资回收期作为衡量节能降耗技术投资回报的重

要指标,通过开展上述成本收益对比分析工作,能够明确该技术为企业所带来的净收益具体情况。以净收益作为基础,同时结合前期投资总额,便能够计算出投资回收期。一般而言,要是节能降耗技术的实施效果较为良好,伴随生产成本的降低以及产品质量提升所带来的收益增加,投资回收期就会相对较短。部分企业在应用先进节能技术之后,依靠节省下来的能源费用以及因产品销量提升而增加的收入,在 2-3 年内便收回了前期投资。较短的回收期意味着企业能够更快地回笼资金,降低投资风险,增强资金的流动性,从而为后续的持续发展提供有力支持,这也进一步证明了节能降耗技术应用具备可行性和经济性。

#### 3.4.4 内部收益率分析

内部收益率作为衡量节能降耗技术投资项目盈利能力的重要指标,是指使项目净现值为零时的折现率,能反映项目实际可能达到的投资收益率。在裂解汽油加氢装置节能降耗技术项目里,要通过计算项目各年现金流量,涵盖初始投资支出以及后续每年收益和成本,再利用专业财务软件或数学公式求解内部收益率。要是内部收益率高于企业的基准收益率,就表明项目在经济上是可行的,能够为企业带来额外收益。较高的内部收益率意味着项目具备较强的盈利能力和抗风险能力,企业投资该项目可获得较好回报。

## 4 结语

裂解汽油加氢装置节能降耗技术的应用对石油化工企业意义极其重大。通过换热网络优化、氢气循环系统优化和工艺流程改进等技术应用,能有效降低装置能耗并提高能源利用效率。从经济性角度考量,节能降耗技术应用可降低生产成本、提升产品质量、增强企业竞争力并带来良好投资回报。石油化工企业应充分认识节能降耗的重要性,积极推广应用先进节能降耗技术并持续优化装置运行,以此实现经济效益和环境效益双赢,推动石油化工行业可持续发展。

### 参考文献:

- [1] 李恒. 乙烯原料重质化后裂解汽油加氢装置适应性改造 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2025, 45(20): 9-11.
- [2] 杨宗阳, 胡婷婷. 裂解汽油加氢装置过程控制策略与优化研究 [J]. 山西化工, 2025, 45(07): 149-151.
- [3] 朱景刚. 裂解汽油加氢装置进出料换热器堵塞分析及解决 [J]. 当代化工, 2025, 54(01): 231-235.
- [4] 王林宏. 浅析裂解汽油加氢装置的安全措施 [J]. 山东化工, 2024, 53(19): 229-231+235.
- [5] 成刚. 裂解汽油加氢装置流程设计方案优化 [J]. 广东化工, 2023, 50(13): 111-114.