

# 催化裂化装置节能降耗优化措施及展望

赵 曙 高嘉福 (陕西延长石油(集团)有限责任公司榆林炼油厂, 陕西 榆林 718500)

**摘 要:** 针对催化裂化装置进行优化设计, 能够降低其能量消耗, 实现碳排放的有效控制, 降低装置运行成本。文章以某常规重油催化裂化装置概况为例, 分析了装置能耗存在的主要问题与不足, 从冷却器、换热流程、热值再利用、热量分配以及泵体参数等角度对装置节能降耗方案进行了设计, 同时对相关方案的应用成效进行了分析, 以期实现催化裂化装置节能降耗, 降低生产成本的目的。

**关键词:** 催化裂化装置; 节能降耗; 优化措施; 降本增效

## 0 引言

作为石油炼制过程当中的重要一环, 依托催化裂化装置, 能够使重质油发生裂化反应, 并转化为裂化气、汽油以及柴油等物质。在这一过程当中, 往往需要大量的能源消耗, 导致其环境效益受到冲击和影响。技术团队应当针对催化裂化工序当中作业装置的节能降耗方案进行充分研究, 针对催化裂化装置的能耗进行进一步优化, 推动其环保效益的不断进步, 实现对成本的有效控制。

## 1 项目概况

某炼油厂催化裂化装置已投产运行数年, 属于常规工艺催化裂化装置, 主要由沉降器以及两个再生器共同构成, 结构为高低并列式。随着技术的不断进步, 催化裂化装置的生产规模也在不断升级, 截至目前, 装置已达到生产规模。

通过对该催化裂化装置的运行状态以及运行参数进行综合分析并评定后能够得出结论, 受到技术因素以及内部设备老化等影响, 导致其生产作业过程当中需要消耗大量能源, 同时向大气环境当中排放出大量的温室气体, 导致环境质量受到严重影响, 亟待针对装置的生产模式与作业形态进行优化设计, 实现节能降耗的相关要求。

## 2 装置能耗分析

为充分保障节能降耗改造方案的针对性, 在针对石油催化裂化装置改造方案进行规划与设计之前, 相关技术团队需要从实际出发针对装置运行过程当中的实际能耗情况进行综合分析并统计, 掌握主要能耗环节, 为后续工作的开展奠定基础。

### 2.1 取热器造成热量损失

作为一种由单元管束与壳体共同组成, 从高温催化剂当中将热量取走的装置, 取热器在催化裂化装置的运行过程当中发挥着关键性作用<sup>[1]</sup>。而从本文所述

案例研究项目来看, 其内部取热器面临的工作压力往往较大, 为更好地控制三器的热量平衡, 需要向提升管喷洒一定量的急冷水, 这就导致装置当中的取热器运行过程当中出现大量的热量损失。经统计分析过后, 案例装置取热器造成的热量损失能够达到 11.21MW, 换算过后可得能耗损失为 5.88kgEo/t。与此同时, 装置取热器的工作原理以及运行流程还可能会导致污水的大规模外排, 增加了污水处理系统的运行压力, 同时会引发更加严重的能耗风险。

### 2.2 余热利用率低下

在重质油催化裂化装置的运行过程当中, 做好余热的回收利用不仅能够有效提升能源的利用效率, 同时还能有效抑制环境污染, 实现石油化工领域的可持续发展, 然而针对现场催化裂化装置的运行状态来看, 其运行过程当中所产生的高温烟气未能够得到充分地循环利用, 超过 400℃ 的高温烟气回传至锅炉当中的比重不足总排放量的 25%, 大量高温烟气直接排入到了大气环境当中, 总热量消耗数值能够达到 6.18MW, 换算过后的能耗损失为 3.24kgEo/t。

### 2.3 碳排放浓度过高

为更好地满足重质油催化裂化过程当中的目标要求, 保障催化裂化装置的正常运行, 技术人员需要按照规范要求针对催化裂化装置的运行参数进行调节, 这可能会导致装置运行过程当中向大气环境排放的温室气体不断增加, 据测算, 案例项目催化裂化装置运行过程当中 CO 气体排放浓度达到 4.3%v/v, 热值损失达到 16.59MW, 换算后的能耗损失为 8.70kgEo/t。

经过对上述装置能耗情况进行分析过后, 具体数值见表 1 所示。

## 3 节能降耗方案设计

### 3.1 锅炉改造

从案例项目催化裂化装置的运行现状来看, 受到

表 1 催化裂化装置热量散失与能耗损失情况

| 主要项目  | 未回收热量 /MW | 产汽量 /t · h <sup>-1</sup> | 能耗 /kgEo/t |
|-------|-----------|--------------------------|------------|
| 取热器   | 11.21     | 14.4                     | 5.88       |
| 烟气余热  | 6.18      | 7.9                      | 3.24       |
| CO 浓度 | 16.59     | 21.3                     | 8.70       |
| 总计    | 33.98     | 43.6                     | 17.82      |

设计因素以及技术因素的影响，导致装置锅炉内部的烟气平均温度较为低下，过热能力较为有限，不同压力与温度的蒸汽被迫混合，使得其内部出现了严重的热量损失。除此之外，由于装置内部锅炉运行周期较长，运行环境较为恶劣，因此其状态受到了一定影响，省煤器联箱出现腐蚀与泄露的现象，锅炉管道内部积灰现象较为严重，散热难度较高，通过对锅炉运行工况以及运行状态进行监控统计过后发现，其排烟温度最高达到 240℃，一方面给锅炉乃至整个重质油催化裂化装置造成了更大的运行压力，另一方面还缩短了相关装置设备的运行寿命，造成了显著的热量损失，引发强烈的能源消耗<sup>[2]</sup>。

因此技术团队需要从实际出发，针对装置内部锅炉进行全面改造，基于锅炉运行过程当中过热能力较差、热量散失严重以及关键装置腐蚀泄露等相关问题，分别给出了相应的解决措施以及优化方案。其中，设计团队将过热器的结构进行了进一步优化，引进了翅片管作为关键装置，有效强化了过热器的运行性能，使催化裂化装置内部锅炉的维护保养流程更加便捷，使热量散发速度与循环效率不断提升，降低了空气环境当中热量的散失比重。除此之外，技术团队针对锅炉内部给水温度进行了调整，同时对吹灰器结构进行了优化，使锅炉装置腐蚀泄露以及排烟温度过高等性能问题均得到了有效解决与优化，烟气余热得到了良好利用。据测算，经优化设计过后，给水温度提升了 31℃，排烟温度降低了 80℃，使锅炉的热效率得到进一步强化与提升。

### 3.2 冷却器改造

在重质油催化裂化装置的运行过程当中，冷却器发挥着关键性作用。通过冷却器的应用，能够在一定周期内将设备内容物所携带的热量进行有效吸收与散发，降低装置运行过程当中对于高温高压蒸汽的依赖。在案例项目装置的优化设计与改造过程当中，针对冷却器周边管材材料进行了全面升级，使其能够更好地适应恶劣的工况与运行环境，同时针对油路的走向进

行了进一步优化，使除氧设备能够得到更加及时地余热，减少了装置运行过程当中的高温高压蒸汽用量，使锅炉的热量损失得到有效控制<sup>[3]</sup>。

### 3.3 换热流程优化

传统的催化裂化装置换热系统性能较为有限，导致分馏塔底部温度较高，换热系统长期处于超负荷工况下，其内部屡发结垢现象，对生产安全以及生产效率造成了一定影响，亟待采取措施进行优化与改进。技术团队应针对油浆换热技术进行引进开发并进行优化，在油浆外甩冷却器后部加装另一组冷却器，采用循环水作为主要冷却介质，同时优化油浆循环，使油浆换热系统当中的压降得到有效控制，避免超负荷运行状态对于催化裂化生产作业造成的影响，更好地满足生产要求与节能要求。

### 3.4 热值再利用

从上文装置能耗分析来看，在案例项目重质油催化裂化装置的运行作业过程当中，由于设计因素以及技术因素的影响，导致其未能配置相应的循环再利用设施，催化裂化过程当中向大气环境所排放的高温 CO 气体得不到有效利用，因而造成了大量热量损失，同时对于大气环境也产生了严重的负面影响。因此，为有效降低装置排放过程当中 CO 气体浓度，在一定程度上提升 CO 气体燃烧过程中的效率，避免出现相应问题，技术人员以及设计团队在针对装置进行优化设计的过程当中，还应当及时向设备内部投入 CO 助燃剂，针对烟气内部的温室气体含量进行有效调控，使 CO 含量实现进一步下降，O<sub>2</sub> 含量不断提升，使装置内部温室气体的燃烧比重不断增加。经过对装置进行的优化设计过后，催化裂化装置最终排放的温室气体浓度得到了更加有效地抑制，其内部热值得到了有效地循环利用，节能降耗效果更加明显。

### 3.5 热量分配优化

在本文所述重质油催化裂化装置当中，沉降器与两个再生器之间形成了高低并列式的功能结构，同时配备了分馏塔等相关设施设备，能够在一定程度上满



足重质油催化裂化生产的相关要求。但从现阶段催化裂化装置开展现状来看,其内部分馏塔冷热负荷分布不均,导致设施设备的运行状态受到影响,设施运行寿命不断下降,整个装置的综合能耗不断提升。因此在设计优化进程当中,技术团队需要针对分馏塔内部热量分配进一步优化,提升底部取热负荷,降低回流冷却负荷,使分馏塔内部的冷热分布更加均衡,使热量得到了更好分配,实现了高温高压蒸汽的增产要求以及增产目标,进一步限制了装置运行过程中的能耗情况,提升了装置的整体运行效率。

### 3.6 泵体参数优化

从案例项目内部原料泵泵组运行状态、运行工况以及运行策略来看,其日常运行过程当中所出现的高负载工作状态往往较为有限,日常工作负荷仅占泵体设计负荷的 25% 左右,导致泵体运行效率较为低下。为优化其运行效率,进一步降低能耗,实现对原料泵组的自动化控制,技术人员将变频控制技术引入了原料泵控制体系内部,将变频器接入控制电路,使原料泵泵组能够按照装置运行工况以及运行状态开展作业,使其运行负载能够得到自动化、智能化调节,有效降低了泵组的运行能耗。与此同时,针对泵体结构设计层面,技术团队针对叶轮的形态进行了切削优化,同时针对老旧部件进行了更换,使泵组的能源消耗情况得到了进一步改善,有效强化了原料泵泵组的节能降耗效果<sup>[4]</sup>。

## 4 节能降耗应用成效

### 4.1 能耗节约成效

从重质油催化裂化装置优化设计应用情况来看,分别通过结构优化、原理优化以及控制模式优化等相关策略与方案,使装置综合节能数值达到 15.05kgEo/t,除此之外,按照装置作业流程以及控制要求进一步加强了运行工况与实际需求之间的契合度,在一定程度上实现了催化裂化装置运行能耗的进一步控制,节能幅度达到 6.90kgEo/t。相较于传统的控制模式以及装置运行模式而言,其能耗状态实现了全面优化,充分适应了当前催化裂化装置的运行与作业需求。

### 4.2 排放控制成效

在以往重质油催化裂化装置的运行过程当中,由于技术因素以及设计思路的影响,导致其内部温室气体排放量较高,碳排放幅度较大,对大气环境造成了一定影响,同时还造成了催化装置内部热值的消耗与浪费。针对系统装置结构与控制原理进行优化设计过后,使装置排放烟气当中的温室气体浓度与含量得到

了进一步控制,据测算,案例项目催化裂化装置最终作业环节烟气排放当中 CO 浓度能够降低至  $500 \times 10^{-6}$ ,达到了良好的减排效果以及减排目标。

### 4.3 成本节约成效

通过对催化裂化装置进行优化设计过后,在装置运行成本控制层面也获取到了良好的效益,其中,将变频装置接入了原料泵组,同时在装置内部构建起了完善的余热循环利用体系,使装置运行作业过程中所消耗的能源量以及原料量均得到了有效控制,使炼油厂日常生产作业过程中的成本与支出得到了充分优化。

## 5 催化裂化装置节能降耗展望

### 5.1 智能管控体系

为更好地满足新时代催化裂化装置节能降耗的发展要求,有效落实双碳目标,促进装置运行过程中碳排放的有效控制,在未来技术开发与应用过程中,可积极引进智能化与自动化控制理念,针对智能管控平台进行构建,使其能够针对催化裂化装置的运行状态进行一体化管控,实现报警管理、异常监测、风险预警以及应急处置的功能整合,使装置在不同负荷工况下都能够实现稳定运转,充分减少污水产排量以及添加剂含量,实现对碳排放的进一步控制。

### 5.2 催化剂性能优化

从催化剂性能来看,我国与先进水平之间仍具有一定差距。因此技术团队需要针对催化剂性能进行进一步优化开发,合理调整催化剂配方与生产结构,使其活性、选择性、水热稳定性等相关性能得到充分强化与进步,实现生产消耗与成本的有效控制。

## 6 结论

作为石油化工生产过程中的关键一环,依托催化裂化装置的运行情况对其进行优化设计具有重要意义。相关技术人员应当从实际出发,结合节能减排降耗的相关目标给出相应的优化与改进方案,使装置的运行效率得到不断进步,以此满足新时期石油化工企业降本增效,及可持续发展策略。

### 参考文献:

- [1] 闫俐辰. 催化裂化联合装置节能降耗改进措施 [J]. 石化技术与应用, 2022, 40(2): 108-111, 120.
- [2] 李长园. 催化裂化联合装置节能降耗改进措施 [J]. 商品与质量, 2022(51): 46-48.
- [3] 郭宝吉. 催化装置余热锅炉吹灰器的换型改造 [J]. 石化技术, 2022, 29(7): 19-21.
- [4] 曲宏亮. 脱碳型炼油厂全流程碳排放分析及减排策略 [J]. 当代石油石化, 2022, 30(5): 26-32.