

# 基于 DCC 催化裂化装置能耗研究与工艺优化效果

柳艳青 刘 兵 王晓峰 王贤山 (正和集团股份有限公司技术中心, 山东 东营 257340)

雷 超 (中国化工油气股份有限公司, 北京 100000)

**摘要:** 炼化行业一体化炼油装置的高速发展, 特别对炼化行业老装置能耗带来巨大的挑战, 通过装置能耗分析研究, 生产工艺优化创新, 大胆提出给解吸塔中段增加中间再沸器后, 使装置能耗与水自然资源充分利用与改善, 使中间产品生产有效控制并降低, 从而延长设备使用寿命, 节约水资源, 装置能耗由 64.16kgEot/t 降低到 47.52kgEot/t, 实现节能增效并为企业带来一定经济和社会效益。

**关键词:** 低温热阱; 节能增效; 工艺优化; 水资源

**Abstract:** the rapid development of integrated refining units in the refining and chemical industry has brought great challenges to the energy consumption of the old units in the refining and chemical industry. Through the analysis and research of the energy consumption of the unit, the optimization and innovation of the production process, it is boldly proposed that after adding an intermediate reboiler to the middle section of the desorber, the energy consumption and natural water resources of the unit can be fully utilized and improved, and the production cost of the intermediate products can be effectively controlled and reduced, So as to extend the service life of the equipment, save water resources, reduce the energy consumption of the device from 64.16kgEot/t to 47.52kgEot/t, realize energy saving and efficiency, and bring certain economic and social benefits for the enterprise.

**Key words:** low temperature heat sink; Energy saving and efficiency increasing; Process optimization; water resource

在石油炼化行业中炼化技术非常成熟, 为提高品质降低成本炼化一体化生产装置运行稳定越来越受企业青睐。随经济快速增长, 装置对蒸汽需求量越来越多, 电水资源消耗也随之增加, 导致炼化企业成本逐年增加。因大部分单套或联合装置依旧存在装置余热、低温热和蒸汽等未充分利用、资源消耗越来越多, 导致设备及配件使用寿命快速缩短; 因此各加工装置在运行过程中能耗管理与工艺优化及自然资源的有效利用, 对控制生产成本、延长设备使用寿命至关重要。

## 1 DCC 装置简述

某石化厂于 2010 年 4 月投产 140 万 t/a DCC 催化裂化装置至 2021 年前后升级五次稳定运行 10 多年。装置主要以上游 500 万 t/a 常减压装置产出渣油蜡油和下游 120 万 t/a 延迟焦化产出的渣油进入催化原料罐区作为深度加工原料; 由反应-再生部分、分馏与吸收稳定部分、气压机与主风机部分、产汽系统和余热锅炉部分、干气及液化气脱硫组成。主要加工流程由混合原料油-换热区-提升反应区-分馏系统-压缩系统-吸收稳定系统-干气液化气精制系统, 最终完成生产干气、液化气、汽油、柴油及油浆等。

## 2 DCC 装置现状与问题

装置每年能耗同其炼化企业同等加工量进行能耗对标, 在 2016 年装置累计平均能耗 64.16kgEot/t, 此数据远高于兄弟企业能耗 53.72kgEot/t。2017 年针对此问题企业在运行过程中从装置物料平衡表、原料、产品性质、主操作条件以及能量三环节的热量回收、热进料、工艺物流余热回收、转换等进行跟踪分析。

## 2.1 装置运行现状

①加工原料油主要是蜡油和渣油, 其中蜡油 85%, 跟据全厂产品结构装置以加工直馏蜡油 77% 为主; ②上游装置蜡油输出底温热主供原油罐区, 原料罐混合后温度约 80℃, 混合原料油经泵升压后进入换热升温区 (图 1 黑色部分)。

横向换热路线: 原料油依次经分馏塔的顶循环换热器: 轻柴油换热器; 产品油浆换热器; 循环油浆换热器; 预热至 215℃ 达到条件进提升管反应器-再生系统。因顶循自气分返回后温度较低, 以及柴油和产品油浆流量小等原因, 原料油和顶循、柴油换热负荷较小, 循环油浆换热负荷大导致循环油浆产气量小。

纵向换热路线换热器 1: 分馏塔顶循先作为气分脱丙烷塔底再沸器热源 129℃, 返回催化装置温度约 130℃, 然后依次与原料、热媒水换热并返回顶循分馏系统, 顶循热源浪费。

解吸塔原设计中段并无换热路线, 只有塔顶与塔底有换热系统, 而吸收稳定系统据产品控制要求需解吸塔塔底再沸器用 1.0MPa 蒸汽给解吸塔提供热源满足整塔的解吸效果, 故塔底操作必须满足操作中控制 80 度左右, 使塔底再沸器负荷最少约 6MW 消耗蒸汽约 10t/h。

## 2.2 主要问题

①上游装置蜡油 150℃ 输出底温热送入原油罐区, 原油罐区温度 86℃ 偏低, 催化原料罐混合后约 80℃ 进装置温度偏低, 经罐区中转至催化装置需要继续加热达到加工条件, 需要继续升温增加能耗, 解吸塔再沸器蒸汽耗量大, 说明上游装置余热未充利用到供热系统中;

②催化原料油混合后约为 130 度，气分装置返回顶循约 129 度，此时顶循与原料油继续换热，导致顶循热能浪费；③解吸塔底温度偏低需要消耗 1.0MPa 低蒸汽约 8.23t/h 的量来满足加工条件，能量存在高质低用的现象。

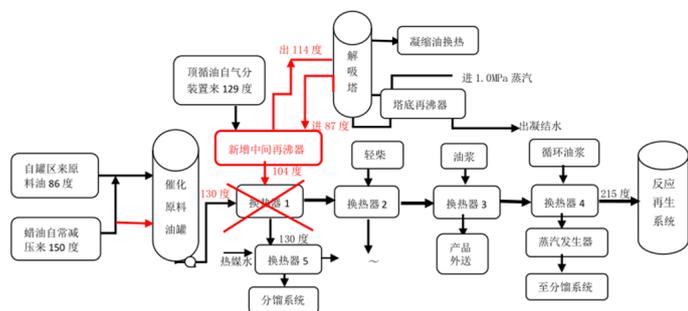


图 1 装置物料供热系统简图

### 3 装置能耗优化分析

#### 3.1 装置进料优化

直馏蜡油热进料由原进罐区改为直供催化原料油混合罐（图 1 标红色），上游装置不再浪费低温热，蜡油 80% 直供至 DCC 装置，少量蜡油仍输送罐区，因此保持去罐区蜡油线为活线，根据生产情况随时调量。

蜡油热进料至装置温度约 150°C 和罐区来的冷蜡油、减压渣油混合后温度为 130°C，顶循油 129°C，所以停用顶循原料油换热器 1，合理利用上游蜡油热源直供，顶循热源供给下游。

#### 3.2 装置余热利用优化

从克服主工艺不变与主体结构设计上的壁垒，采用对装置自产的热能作为解吸塔的热源，由现状考虑吸收热源塔中段塔盘的结构设计一个大胆创新，满足物料产品热量平衡，由新增中间再沸器设备提取多余热量，具体拆除 21-23 层塔盘共 3 层，增加集液塔盘、增加分配器、更换密封等辅助配件；其二，从安全角度考虑具体到拆除三层塔盘，由新增中间再沸器替代原有功能并增加吸收余热作用，不影响中间产品质量，装置运行平稳，操作工况正常；其三，利用顶循自气分装置返回催化装置的温度 129°C 先作中间再沸器的热源，物料温度由进 87 度升温到 114 度，对热媒水换热并无影响（位置图 1 中红色线）。并且原料油和油浆换热负荷减少 909kW，油浆可多产 3.5MPa 蒸汽 1.4t/h；塔底再沸器负荷降低 3332kW，节省塔底蒸汽使用 5t/h；顶循输出低温热量减少 100kW，但仍有富余，故对低温热系统也无影响，设计中间再沸器后将是一个很好的低温热热阱。

#### 3.3 工艺优化优势

DCC 装置热能优化综合利用相比于 MCC 与 FCC 现有的通用技术加工深度来看，为生产运行开辟了新思路，通过对单套塔中段优化吸收了余热，降低蒸汽消耗，便于安全生产使整套装置的热能利用率提高了 80%，而 MCC 与 FCC 通过其他装置消化余热利用率仅 55%。即

延长设备使用寿命，又降低运营成本，而且满足装置余热综合利用。

### 4 装置能耗优化效果与经济指标

按 2018-2019 年 145 万 t/a 正常加工 8000h/a，统计蒸汽消耗量、单价、凝结水与电耗成本得出效益 700 万元/a，静态回收期一年之内，并记录了 2016-2020 年装置平均能耗（图 2）。

如图 2 能耗由 64.16kgEot/t 到如今 47.52kgEot/t 明显降低，说明通过蜡油直供与解吸塔中段新增再沸器优化措施能充分消化吸收自产热能，并降低解吸塔塔底再沸器负荷节约蒸汽 4 万 t/a，按质量守恒定律节水最少 4.4 万 t/a。

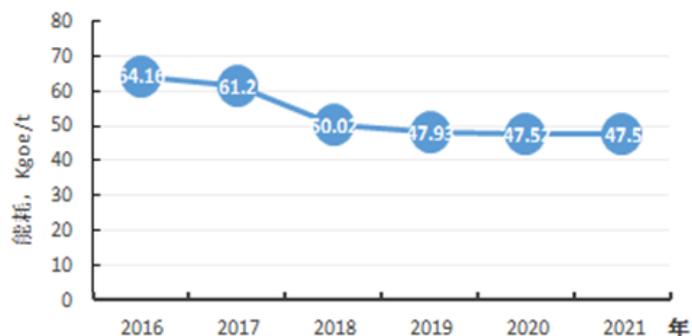


图 2 2016-2021 年装置年平均能耗变化情况

### 5 结语

催化裂化装置的能耗是所有加工基础炼化企业能耗的重要组成部分之一，采用打破传统的节能理念，充分利用装置现有能量并有效降低额外资源的消耗，即延长设备寿命，又降低装置综合能耗与成本，也给企业带来一定的经济效益。并已获得集团总部专利优秀奖，弥补并解决了炼化装置能量利用的不足，实现了节能增效绿色发展的目的。适合炼化行业同类生产装置，为社会有效降低自然资源消耗的力度，加大了企业对生存环境和自然资源的进一步保护。

#### 参考文献：

- [1] 第十届中国化工产学研高峰论坛 [Z].2020,12.
- [2] 李丙超, 马世通. 催化裂化装置节能技术改造 [J]. 中国经济社会论坛, 2018,03.
- [3] 佚名. 催化裂化装置基准能耗 [J]. 中石化炼油事业部节能中心, 2004,12.
- [4] 佚名. 催化裂化老装置能源优化设计 [J]. 正和石化技术部, 2016.
- [5] 周旭. 140 万吨 / 年催化裂化装置的烟气轮机节能改造关键技术研究 [J]. 华东理工大学, 2016,81.

#### 作者简介：

柳艳青 (1977- )，女，汉族，山西人，科研技术工程师，主要从事石油化工、化工工程、污水处理工艺技术与应用、科技管理等相关工作，正和集团股份有限公司技术中心、重点实验室。