



近年来,伴随着我国经济社会发展,炼油节能面临新的约束和要求:一是受国家、地方政策影响,炼油企业能源供应形势发生变化;二是炼油产业面临产能过剩的严峻挑战,通过节能降耗降低生产成本,增强企业核心竞争力成为应对产能过剩的重要抓手之一,也对炼油全局节能提出了新的要求。能量系统优化是指导炼油企业开展节能工作的重要理论基础和研究领域,遵循科学合理的能量利用原则,以能量利用最优状态指导炼厂的节能和能效提升工作,是未来炼厂能源管理的重要内容。

突破节能“天花板”需全局优化用能

——关于炼油能量系统优化的思考与展望



专家视点

田涛

近年来,随着我国炼油行业节能工作逐步深入,提高炼油过程能效已经成为一项涉及全厂物料平衡、工艺路线、操作优化、设备更新改造等的综合性工作。理清节能、用能优化与炼油生产的关系,成为指导炼油厂开展能源优化管理的重要基础。

能量系统优化是未来炼厂能源管理的重要内容

节能与能量系统优化是既有区别又有联系的两个方面。节能是以降低生产过程的能源消耗,减少不必要的能量浪费以实现节约生产成本的实践活动;能量系统优化是在遵循能量合理利用的基础上,运用过程系统工程的方法整体优化能量推动过程的活动,是过程系统工程在能量利用领域的运用和发展,对企业开展节能工作具有重要指导作用。节能可以降低企业的能源消耗,但却未必是通过最优的能量利用措施来实现,如对出口阀门截流的机泵采用叶轮切削降低电耗,对管网蒸汽进行回收利用等,这些措施都节约了能量,却不一定达到能量利用的最优状态。

在遵循科学合理的能量利用原则基础上采取最优的能量利用方式,是实现炼油厂用能本质合理的重要体现。炼油能量系统优化就是从过程用能本质合理的角度出发,在揭示和运用能量利用规律基础上,从企业用能的全局视角优化能量利用过程,切实提升企业的整体用能水平。

能量系统优化在炼油行业的应用较早,20世纪70年代,Linhardt教授创立夹点理论,极大促进了换热网络优化技术的发展;国内华贵教授在总结用能过程热力学基础上,创立了用能分析的“三环节”理论。线性规划(LP)求解软件及技术的应用促进了炼油蒸汽动力系统与管网系统的优化和求解,同时PIMS(生产过程信息管理系统)、Pro/II(化工工艺模拟计算软件)、Aspen(大型通用流程模拟系统)等商业流程模拟软件的应用也推动了系统优化手段在炼油节能领域的进步。随着节能工作的深入,炼油能量系统优化的应用将会越来越广泛。

能量是推动炼油生产过程的重要因素,既要驱动流体物料的流动,又要完成工艺介质的分离,同时也是推动反应进行的条件,因此能量在炼油生产过程中利用形式多样。能量的来源广泛、品种繁多,包括原煤、石油焦、炼厂干气(瓦斯)、燃料油、天然气、蒸汽、电等,能源的转化和用能形式差别较大,加之炼油过程的工艺物流数量多、温度分布广、压力等级多,物料间的能量选择匹配余地大。因此,炼油生产的工艺特点决定了用能过程的复杂性,这使得应用过程系统方法优化炼油用能过程具有较大的施展空间。

炼油产能的逐步发展,对能量系统优化提出了现实需求。我国多数炼油企业建设年代跨度较大,炼油能力逐步增加,项目投资中对主要工艺装置的投入较大,而对公用工程和用能系统

阅读提示

企业行动

镇海炼化

着眼全局诊断 优化提升能效

卞江岐

“3号重整装置去年实施了一系列能效提升项目,年节能超过1.4万吨标准煤。”镇海炼化炼油一部高级主管徐俊超说。

由于重整原料中的有害杂质,即硫、氮、氧和金属杂质,会影响催化剂的活性,所以原料进入重整装置之前,需要有一个预加氢单元。这个单元相当于给原料洗个“氢气澡”,洗除这些杂质,为重整单元提供合格干净的原料。镇海炼化优化团队统筹公司所有装置,测算出全厂预加氢能力是有富余的,因此制订了停用3号重整装置预加氢单元的能效提升计划。

2022年1月14日,3号重整装置预加氢原料泵P201停运,装置平稳引入3号加氢裂化装置的重石脑油,这次进料的改变,每年可节省7000吨标准煤。之后,优化团队继续努力,又将目光瞄准了该装置汽提塔重沸炉。他们组织3号、4号两套重整装置的技术人员共同攻关,成功验证了4号重整装置预加氢精

制油作为两套连续重整装置进料的可行性,并于11月25日正式实施,每年可节约标准煤7188吨。

一直以来,镇海炼化树立“节能优先”理念,从源头严格控制能源增量、积极压减能源存量,着眼全局推进全厂用能诊断与优化,每年确定“能效提升”项目,通过工艺流程改造、原料优化、热联合、设备更新等措施做细做实节能降耗工作。2022年共实施19个项目,节能3.4万吨标准煤;2023年计划实施节能项目26个,其中芳烃低温热综合利用已于日前完成。

芳烃低温热综合利用项目是将芳烃装置150摄氏度的水运往宁波化工园区的金海晨光公司。镇海炼化及该公司的低温热综合利用历史悠久,早在2012年,低温热综合利用一期项目就为双方带来了可观的效益。今年2月5日,二期项目投用,新增管线4.5公里,每小时供水750吨,每年可降耗1万吨标准煤,创效4000万元,同时可为金海晨光节省能源费用近千万元。

广州石化

系统管理优化 能效持续领跑

黄敏清 钟 晔 肖佳宇

多年来,广州石化积极践行绿色低碳发展战略,强化现场节能减排管理,持续挖掘装置用能潜力,不断寻求系统管理优化、技改措施投入和产品结构优化方面的节能措施。2022年,广州石化炼油单因能耗6.79千

克标准油/吨·因数,同比下降2.48%;综合能源消费量同比下降1.32%,其中燃动能耗下降4.54%。从2014年至今,该公司已7次获得石油和化工行业企业能效“领跑者”标杆企业(原油加工)称号;2019年荣获工信部重点用能行业能效“领跑者”企业(原油加工)称号。

从源头做好能源规划,提高企业能源综合利用率,是广州石化能效提升的重要一环。他们坚持“减量化、再利用、资源化”原则,从安全绿色高质量发展技术改造项目的可研、总体设计及各阶段调整方案入手,统筹新旧系统的热源和热阱,不断完善全厂低温热回收利用方案。据测算,项目实施后年可回收利用低温热

174兆瓦,节能6万多吨标准煤。以19号罐区高温凝结水替代蒸汽加温项目为例,技术人员利用污水汽提五装置的高温凝结水作为罐区热源,在节约蒸汽的同时,有效降低了污水汽提五装置凝结水空冷器的能耗。

同时,该公司持续强化加热炉现场管理及对加热炉“三门一板”的操作调节,每周对加热炉及锅炉运行热效率进行监测和考评,对炉效率不达标的排烟氧含量超标的炉子严格按相关管理规定进行考核;每月开展加热炉劳动竞赛,对部分装置加热炉进行节能技术改造。2022年,该公司加热炉热效率呈逐月上升趋势,加热炉按实际热负荷加权平均热效率同比提升了0.02个百分点。

广州石化还加强现场能源使用的监督管理。针对凝结水回收站窜汽现象严重、现场蒸汽排空量大的问题,他们开展专项整治,并组织召开节能现场会,安排人员对系统伴热疏水器进行全面排查,发现问题立即整改。

青岛炼化

强化过程优化 节能增效降本

刘强 齐本东

近年来,青岛炼化锚定“世界领先城市型炼化企业”目标,聚焦炼油过程优化,全员汇智聚力、多措并举,推动能效水平不断提升。2022年炼油单因能耗达到6.37千标准油/吨·因数,再创历史新低,在中国石油和化工行业能效“领跑者”活动中连续10年被评为标杆企业,始终位居原油加工组第一。

细化分解指标,落实责任单位,制定提升措施,定期通报、跟踪、分析、总结,再阶段性调整改进措施……青岛炼化的对标管理工作自成体系,持之以恒地按照PDCA循环有序运转,确保了120多项措施有效落地。他们抓住一切机会开展对标挖潜工作,积极组织各单位围绕烟气余热回收、低温余热利用、用能净化、氢资源优化、二氧化碳回收利用等议题进行研讨,分析现状、剖析问题、挖掘潜能,形成2022-2025年节能降碳整体工作方案并有序推进,为企业绿色低碳发展夯实了基础。

青岛炼化加大典型节能技术的推广力度,如采用马刀型叶片技术对催化烟机进行改造,年节电超2400万千瓦时;采用两段预热、铸铁式预热器技术的重整四合一炉余热回收系统,实现排烟温度长期低于90摄氏度;采用“纳米气凝胶+硅酸铝”复合保温材料,对4000米中、低压蒸汽管道进行更新,年可减少散热损失12.13万吉焦。

炼油整体能量优化实施框架图

I、炼油企业总体用能改进

企业加工流程及资源优化
减少重复分离、加氢等过程
实现一次能源优化、碳减排

II、工艺装置能量优化

C蒸馏装置 F催化裂化 D焦化装置 H加氢装置 R重整装置 Q其他装置

能量平衡分析、流程模拟技术、换热网络参数优化、流程优化、单元过程与设备节能方案编制及可行性分析

对工艺装置
的反馈

III、装置间热集成

工艺装置优化确定边界
识别热联合机会
温焓分析、可实施性分析

对工艺装置
的反馈

IV、低温热综合利用优化

低温热资源量及热阱统计
降低储运等热阱负荷需求
低温热源、热阱匹配
低温热升级利用

蒸汽动力系统优化

优化管网保温、疏水器
蒸汽/电力/凝结水平衡分析
优化锅炉、汽轮机运行
自发电/外购电力平衡优化

V、公用工程系统

蒸汽动力系统优化
氢气系统优化
循环水系统优化
化学水系统优化
燃料气、工业风、胺液

结束



炼油生产过程
能量系统优化手册
扫码了解更多

关注较少,工艺装置依托原有公用工程建设,导致工艺过程与用能系统缺少统一规划。未来一个时期内,油品质量升级、环境保护与“双碳”目标将会驱动新一轮炼油装置升级改造,能量系统优化技术将在工艺产能升级与用能优化的协同发展中发挥重要作用,降低产能升级项目投资的同时提升过程能效水平。

技术经济条件的改变及新技术的出现,对炼油用能提出新要求。能量系统优化的本质是追求用能过程的经济最优化,权衡生产过程推动力与设备投资的最佳组合,因此全社会技术经济条件的改变必然带来用能过程最优条件的变化,需要能量系统优化技术的迭代应用。例如能源价格的上涨使得钢材与原油的比价越来越低,以热回收为主的节能设备的经济平衡点会出现新变化,炼油过程加热炉排烟温度、传热温差等逐渐降低,最优的能量回收条件也会因经济条件的变化而改变。

寻求能量系统优化最优解 需结合炼油过程能量利用特点

炼油生产过程的能量利用具有高度非线性特征,现有技术多是在某个具体方面实施,针对炼油过程的集成应用尚没有完整统一的原则和策略方法。同时,能量系统优化也未找到一种适用于所有问题、任何体系的最优化模型和求解方法,必须结合炼油过程的能量利用特点,逐步逼近最优的能量利用状态。

炼油生产工艺的用能过程复杂,全局系统更是涉及几十个工艺装置和公用工程系统,在进行工艺装置和全局系统优化过程中涉及数量庞大的过程变量和约束关系,需要采用科学的分解调优策略,避免或降低变量与约束关系间的相互干扰,保证能量全局优化的系统性和可行性。

针对以热加工为主的炼油过程用能规律及特点,能量系统优化应以工艺

装置用能改进为核心,同时对炼油企业全局的总用能过程、装置间热集成系统、低温热综合利用系统、公用工程系统等进行集成调优,其相关工作内容、层次及工作步骤包括企业总用能改进、工艺装置能量优化、装置间热集成、低温热综合利用优化和公用工程系统优化等5个相互联系的任务包和闯关卡。

企业总用能改进在原料、产品数量确定的条件下,应优化从原料到产品的工艺路线,合理确定和优化全厂的总加工流程,例如循环比、回炼比等,避免重复分离-混合、加氢等过程。总用能改进的结果是确定最优的装置运行边界条件,为工艺装置优化提供依据。

工艺装置用能优化是能量系统优化的关键过程,同时也是全厂多个系统调优的前提和边界条件,工艺装置优化后所确定的燃料气/用量、蒸汽/用量、低温热/用量、热出料条件、热量富余情况、公用工程参数等是全局系统优化的初始边界。同时,系统优化结果也会反馈到工艺装置用能,各个全局系统在优化前后也会相互关联,例如热集成系统优化结果会影响全局低温热的资源量,进而对低温热利用系统产生影响。

未来能量系统优化将在三大领域实现长足发展

能量系统优化作为指导炼油企业开展节能工作的重要理论基础和研究领域,是无边界、无边界的开放知识体系,需要在总结大量具体措施的基础上进行实践规律的抽象提升,既坚持措施方法的实用性,又兼顾实际应用的一般性,但要达到这个目的绝非易事。同时,能量系统优化不仅需要信息类知识,也需要思维创新能力,总结实践中开展能量系统优化工作的内容,积累炼油生产中的能效提升措施,归纳提炼能量系统优化所涉及的改进方向和策略,才能建立开展该项工作所涉及的知识和专业方法,扩大其应用面。未来,能量系统优化在以下三个领域必将有长足发展。

一是能量与能源利用的跨尺度集成优化。能量作为推动物质运动变化的源泉和根本,其作用的尺度包括分子级(反应)、设备级(三传)、工厂级(公用工程系统)和宏观级(国家区域能源)等多个层面,因此构建从反应热、工业装置热、蒸汽动力平衡直至区域能源禀赋为约束的跨尺度模型对于丰富能量优化的应用领域意义重大,由此实现能量优化到工业过程闭环调优。

二是新一代信息技术的应用,包括智能优化算法、专家知识系统开发、大数据规律发现等方面。信息技术的应用不仅体现在新的软件系统和软件功能的开发,更重要的是深入能量利用实际发现实践中的问题,构建模型、开发方法、指导实践。

三是在国家“双碳”目标下,碳排放将成为能源利用问题的重要约束条件。碳排放成本体现在碳税、碳配额交易、新能源应用等环节,能量的优化利用不仅要增加新的外部约束,而且更应该从自身规律出发,确立实现“双碳”目标的行动方向。

(作者单位:中国石化节能技术服务中心)