

加氢裂化装置用能与节能探究

宋志宇

中石化(天津)石油化工有限公司

摘要: 加氢裂化装置是炼油装置中的重要组成部分, 为实现对原料油的深度加工, 一般都会在其中加入氢气。因此, 加氢裂化装置需要消耗大量的能源。而为了提升加氢裂化装置的生产效率, 减少能耗, 文章对加氢裂化装置用能与节能措施进行了分析和探究。文章首先对加氢裂化装置进行了概述, 其次对其能耗情况进行了分析, 再次针对其能耗情况提出了节能措施, 最后对加氢裂化装置用能与节能进行了总结和展望。综上所述, 加氢裂化装置在炼油行业中具有十分重要的地位, 其能耗也是整个炼油行业的重点环节, 因此需要重视加氢裂化装置用能与节能。

关键词: 加氢裂化装置; 用能; 节能

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2023.11.115

一、引言

随着全球能源需求的日益增长和环保意识的不断加强, 炼油行业面临着巨大的挑战和机遇。加氢裂化装置作为炼油过程中的核心设备, 其用能效率和节能水平直接影响到企业的经济效益和环境影响。因此, 对加氢裂化装置的用能与节能进行深入研究, 对于提升炼油行业的整体能效和可持续发展具有重要意义。加氢裂化装置主要用于加工原料油, 通过深度加工氢气, 实现对原油的二次加工。这一过程涉及复杂的化学反应和能量转换, 因此, 优化其用能结构、提高能源利用效率成为当前研究的热点。

近几年来, 国内炼油企业已经开始了对于加氢裂化装置的优化升级工作, 以此来提升加氢裂化装置的生产效率, 进而提升企业的经济效益。当前国内很多炼油企业都已经将加氢裂化装置的生产效率作为提高企业效益的关键环节, 并将其视为企业的核心竞争力。

二、加氢裂化装置

加氢裂化装置在石油炼制过程中扮演着至关重要的角色, 它主要是通过加氢反应, 将重质烃类转化为轻质烃类, 从而满足市场对轻质油品的需求。然而, 加氢裂化装置在运行过程中消耗大量的能源, 因此, 探究其用能与节能问题具有重要意义。

首先, 加氢裂化装置的用能主要集中在反应、加热、冷却和压缩等过程。其中, 反应过程消耗大量的氢气, 同时需要保持一定的温度和压力条件; 加热过程则需要提供足够的热量, 以保证反应的顺利进行; 冷却过程则用于回收反应热, 降低装置温度; 压缩过程则用于提供反应所需的氢气压力和流量。

在节能方面, 加氢裂化装置可以采取多种措施。首先, 优化反应条件, 如提高反应温度、降低反应压力等, 可以减少反应过程中的能耗。其次, 回收和利用反

应热, 通过热交换器将反应热传递给其他需要加热的介质, 实现能量的高效利用。此外, 改进冷却系统, 提高冷却效率, 也可以减少冷却过程中的能耗。另外, 针对加氢裂化装置的压缩机、电机等关键设备, 也可以采取节能措施。例如, 采用高效压缩机和电机, 减少设备在运行过程中的能耗; 优化设备的运行参数, 如调整转速、流量等, 以适应装置的实际需求。除了以上措施外, 还可以从管理层面出发, 加强能源管理, 制定合理的能源消耗指标和考核办法, 激励员工积极参与节能工作。同时, 加强设备维护和检修, 确保设备的正常运行和高效利用。

三、加氢裂化装置能耗分析

1. 电力能耗分析

加氢裂化装置的电力能耗主要源自多个方面。首先, 设备的运转, 如泵、压缩机、搅拌器等大型机械设备, 需要消耗大量的电力以维持其连续、稳定的运行。这些设备在加氢裂化过程中起着至关重要的作用, 它们的电力消耗占据了装置总电力消耗的大部分。其次, 控制系统也是电力能耗的重要来源。现代加氢裂化装置配备了先进的控制系统, 用于监控和调节生产过程中的各种参数, 确保生产过程的稳定和安全。这些控制系统的稳定运行需要稳定的电力供应。此外, 装置的照明系统、通讯系统以及办公区域的电力消耗虽然相对较少, 但也不能忽视。这些辅助设施的电力消耗虽然不直接参与生产过程, 但对于保障生产环境的舒适性和安全性至关重要。

2. 燃料气能耗分析

燃料气是加氢裂化装置的主要能源之一, 主要用于为反应过程提供所需的热量。燃料气的消耗量直接受到反应温度、压力、原料油性质以及催化剂活性等多种因素的影响。

反应温度和压力是影响燃料气消耗量的关键因素。在加氢裂化过程中，为了获得理想的反应效果和产品质量，通常需要控制较高的反应温度和压力。然而，随着温度和压力的增加，燃料气的消耗量也会相应增加。因此，在保证产品质量的前提下，适当降低反应温度和压力是降低燃料气消耗量的有效途径。原料油的性质同样会影响燃料气的消耗量。不同种类的原料油具有不同的反应活性和热值，因此在加工过程中所需的热量也会有所不同。选用热值较高、反应活性较好的原料油可以在一定程度上降低燃料气的消耗量。催化剂的活性对燃料气消耗量也有显著影响。活性较高的催化剂可以加速反应进程，提高反应效率，从而减少燃料气的消耗量。因此，选用性能优良的催化剂并定期进行更换是降低燃料气消耗量的重要措施之一。

3. 水能耗分析

在加氢裂化装置中，水主要用于冷却、洗涤和工艺过程等多个方面。冷却水是保持装置稳定运行的关键，用于控制设备的温度，防止设备过热，确保反应过程在适宜的温度范围内进行。洗涤水则用于去除反应过程中产生的杂质和污染物，保证产品的质量和装置的连续运行。

为了降低水能耗，首先可以优化冷却系统的设计和运行参数。这包括选择合适的冷却介质、优化冷却水流量和温度，以及提高冷却系统的热交换效率。通过采用高效的冷却设备和先进的控制技术，可以显著减少冷却水的使用量，降低水能耗。其次，推广循环冷却水系统也是降低水能耗的有效措施。循环冷却水系统通过回收和利用冷却水，减少新鲜水的补充量，降低水的消耗。同时，加强冷却水的处理和再利用，避免水资源的浪费和环境污染。

4. 蒸汽能耗分析

蒸汽在加氢裂化装置中扮演着重要的角色，主要用于加热、驱动设备和提供工艺过程所需的热能。蒸汽的消耗量直接受到设备的热负荷、蒸汽的压力和温度等因素的影响。为了降低蒸汽能耗，首先可以优化设备的热负荷分配。通过合理调整设备的运行参数和工艺流程，减少不必要的热量损失，降低蒸汽的消耗。同时，采用高效的蒸汽发生器和换热设备，提高蒸汽的利用效率，减少能量的浪费。其次，回收利用反应过程中产生的余热也是降低蒸汽能耗的有效途径。通过安装余热回收装置，将反应过程中产生的热量进行回收和再利用，产生蒸汽或加热其他工艺介质，从而减少新鲜蒸汽的消耗。

四、加氢裂化装置节能措施

1. 炉后混氢与炉前混氢工艺

加氢裂化装置作为石油化工行业的重要设备，其能

耗问题一直是行业关注的重点。为了降低装置的能耗，提高能源利用效率，可以采取多种节能措施。其中，炉后混氢与炉前混氢，以及冷热高分与冷热低分在能耗方面存在一定的差异，因此对比这些方面的能耗特点并采取相应的节能措施尤为重要。

首先，针对炉后混氢与炉前混氢的能耗对比，需要考虑到两种混氢方式在反应温度、压力以及氢油比等方面的差异。炉后混氢通常能够使反应在更高的温度和压力下进行，从而提高反应深度和转化率，但同时也可能增加能耗。而炉前混氢则可能在较低的温度和压力下进行，虽然反应深度和转化率可能稍低，但能耗相对较低。因此，在选择混氢方式时，需要综合考虑反应效果和能耗之间的平衡，选择最适合的工艺条件。

其次，冷热高分与冷热低分在能耗方面的差异主要体现在分离效果和热量回收上。冷热高分通常具有较高的分离效果，能够更彻底地分离出轻组分和重组分，但也可能需要消耗更多的能量。而冷热低分则可能在分离效果上稍逊一筹，但能量消耗相对较低。因此，在优化分离过程时，需要权衡分离效果和能耗之间的关系，寻找最佳的平衡点。

基于以上对比，可以采取以下节能措施：

优化反应条件：通过调整反应温度、压力和氢油比等参数，使反应在最佳状态下进行，既保证反应深度和转化率，又降低能耗。

改进混氢方式：根据具体工艺需求和原料特点，选择合适的混氢方式，以平衡反应效果和能耗之间的关系。

优化分离过程：通过改进分离器的设计、提高分离效率、减少分离过程中的能耗损失，实现节能降耗。

加强热量回收：利用装置产生的热量进行回收和再利用，如采用高效的换热设备、优化热量回收系统，提高热量利用效率。

采用节能型工艺流程：采用新型的、节能型的工艺流程，减少不必要的流程步骤，提高能源利用效率。

2. 优化原料结构

(1) 原油加工能力：在原油加工能力达到饱和状态时，必须优化原料结构，为生产装置提供更多的原料，以提高加氢裂化装置的整体产能。根据目前国内的原油加工情况来看，在低油价时期，对于炼厂而言，应适当减少柴油的产量；而在高油价时期，则应适当增加柴油的产量。另外，原油加工能力也应与原油性质相适应。

(2) 原油性质：在进行加工时，原油性质也是影响原料与产品质量的关键因素之一。原油中含有的硫、

氮、金属等杂质均会对加氢裂化装置产生严重影响。为降低装置能耗及产品质量，应尽可能使原料中含硫、氮杂质含量达标。

(3) 操作压力：加氢裂化装置的操作压力主要是通过催化剂床层温度来实现控制，所以其对加氢裂化装置能耗产生直接影响。

(4) 原料性质：对于加工低硫、低氮、低金属等劣质原油时，在原料选择方面应尽量选择高熔点、高沸点、高水分含量的劣质原料。这不仅可以降低原料中所含杂质对加氢裂化装置产生的不利影响，同时还可以降低催化剂床层温度。

(5) 进料性质：加氢裂化装置是一种连续生产过程，在实际生产过程中原料质量、进料温度等都会对产品质量产生直接影响。如果原料中杂质含量高，则会对产品质量产生不利影响；如果进料温度较低，则会降低产品的收率及转化率。

3. 采用先进的生产设备

加氢裂化装置是一个耗能大户，能耗占总能耗的30%以上。因此，在生产过程中采取措施，降低装置能耗也是加氢裂化装置节能的重要途径。

(1) 原料的合理分配：在原料罐中对原料进行合理的分配，通过对装置整体流程的优化，减少循环氢在原料罐中的停留时间，提高循环氢的利用率，以此来减少循环氢压缩机的能量消耗。

(2) 增加换热器：在装置中增加换热器可以对反应和分离进行有效的换热，提高换热效率；在循环氢压缩机出口设有低压氢气泵进行氢气循环；在装置中设置了冷凝系统和汽提系统对反应物料进行冷却和汽提。

(3) 采用新技术：将新技术应用到加氢裂化装置中是当前企业节能减排的主要途径之一。例如在加氢裂化装置中使用了新型催化剂、改进反应器操作条件、改进反应控制以及使用新型反应器等。

(4) 采用低能耗设备：在加氢裂化装置中使用新型催化剂可以使反应时间大大缩短、提高转化率、减少循环氢压缩机能量消耗；在反应器中使用新型高效催化剂可以大大降低反应温度，减少燃料消耗。

4. 采用换热网络优化

换热网络优化，主要是通过对装置的操作条件进行调整，来对换热网络进行优化，实现装置的节能。由于加氢裂化装置的换热网络是由若干个换热器组成，而每个换热器又由若干个管束构成，这就造成了换热网络存在着一定的复杂性，特别是在高温高压的条件下，如果采用常规方法进行的操作时，很容易造成局部的过热或过冷现象，严重影响了换热网络的正常运行。在这种情况下，

我们就需要对换热网络进行优化，而换热网络优化主要包括了对换热器、管束及管箱的数量进行调整。一般来说，换热器及管箱数量的减少可以有效地降低装置中热媒的总流量，同时也可以避免产生过大的温差，而管束数量的减少可以有效地减少换热网络中传热温差大所导致的能量浪费现象。

在加氢裂化装置中采用换热网络优化时需要注意以下几点：(1) 在进行换热网络优化时应该首先考虑到装置所生产的产品性质及产品产量；(2) 对于装置中换热器或管箱数量较多的部位进行优化时，应尽可能地将换热网络中换热器或管箱位置进行调整；(3) 在进行换热网络优化时应该对换热器或管箱温度以及换热器管束的位置等进行合理安排；(4) 在换热网络优化时还应注意到换热器及管束与工艺生产之间所存在的温差问题。

五、结束语

在深入探究加氢裂化装置的用能与节能问题后，我们不难发现，优化装置的能耗构成、提高原料油和氢气的热值利用率，对于提升装置整体运行效率、降低成本以及实现可持续发展具有至关重要的意义。

随着科技的进步和环保要求的日益严格，加氢裂化装置的节能技术和管理手段也在不断更新和完善。通过采用先进的节能技术、优化操作参数、强化能源管理，我们可以有效地降低装置的能耗，提高能源利用效率，从而为石油炼制行业的绿色发展贡献力量。

我们期望通过持续的研究和创新，推动加氢裂化装置的节能技术不断向前发展，为实现石油炼制行业的节能减排目标提供强有力的技术支持。同时，我们也呼吁广大从业人员积极参与节能工作，共同为构建资源节约型、环境友好型社会而努力。

参考文献

- [1] 李力丰. 加氢裂化装置用能分析及节能解析[J]. 化工管理, 2020, (29): 92-93.
- [2] 魏俊邦. 浅谈石油化工加氢裂化装置的能耗分析及节能[J]. 石化技术, 2019, 26(09): 10+6.
- [3] 任博. 惠州炼化加氢裂化装置分馏部分流程模拟研究[D]. 中国石油大学(北京), 2016.
- [4] 杨翌, 孟敏. 加氢裂化装置用能分析及节能途径探讨[J]. 化工管理, 2016, (08): 292.
- [5] 刘振峰. 蜡油加氢裂化装置流程模拟与优化研究[D]. 中国石油大学(华东), 2015.

作者简介：宋志宇，1996年12月，男，助理工程师，河北省张家口市宣化区，汉，本科，河北科技大学，研究方向，石油炼制。