

重油催化裂化装置产品分布调控与优化模拟分析

吕兆鑫

中石化(天津)石油化工有限公司

摘要:催化裂化装置是重油加工的关键装置,其主要功能是将原油中的重质成分转化为气体、汽油、柴油、润滑油等产品。近年来,随着石油化工行业的发展,国内重油催化裂化装置的规模和加工能力不断提高。但是由于受到原料和产品分布的限制,导致重油催化裂化装置存在能耗高、产品收率低等问题,严重制约了企业效益。因此,研究和分析重油催化裂化装置产品分布调控与优化,对于提高企业经济效益具有重要意义。

关键词:重油催化裂化装置;产品分布调控;优化模拟

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2023.10.111

一、引言

随着经济的快速发展,重油在石油资源中的占比不断提高,为了满足石油资源日益增长的需求,需要不断优化和提升重油加工装置。重油催化裂化装置是将原油中的重质成分转化为气体、汽油、柴油、润滑油等产品的关键装置,其主要功能是利用催化剂将原油中的重质成分转化为气体、润滑油等产品,主要用于炼化企业和油田企业,对于提高石油化工行业的经济效益具有重要意义。

在重油催化裂化装置中,影响产品分布的因素有很多,主要包括原料性质、催化剂活性、反应温度和压力等。其中,原料性质是影响催化裂化装置产品分布的最重要因素。根据国内外的研究,催化裂化装置原料性质对产品分布的影响主要体现在以下两个方面:(1)原料性质中的胶质、酸类等会影响催化剂的活性,进而影响催化裂化装置产品分布;(2)原料中的水分会对产品分布造成影响,当水分含量超过一定水平后,将会导致催化剂活性降低,进而影响产品分布。由于国内重油催化裂化装置的规模和加工能力不断提高,原料和产品分布存在问题逐渐凸显出来,导致催化裂化装置能耗较高、产品收率低,严重影响了企业的经济效益。

目前,国内外许多学者对催化裂化装置的优化进行了研究,主要包括以下方面:利用数学模型对催化裂化装置的工艺参数进行优化,可以有效提高装置的运行效率,降低能耗,达到提高经济效益的目的;通过对催化裂化装置的工艺参数进行优化,可以实现原料和产品分布的调控和优化,达到节能降耗的目的。因此,本文将从催化裂化装置产品分布调控与优化方面展开研究。

二、催化裂化装置概述

催化裂化装置是石油加工过程中的重要设备之一,主要用于将重油转化为轻质油,以满足市场对轻质油的

高需求。该装置通过特定的催化裂化过程,使重油在高温、高压和催化剂的作用下发生裂化反应,生成汽油、柴油等轻质油产品。

在催化裂化装置中,原料油与催化剂混合后进入反应区,在催化剂的作用下发生裂化反应。反应后的产物进入分离区,通过蒸馏等手段将轻质油与重质油分离。轻质油经过进一步处理后可作为成品油出厂,而重质油则返回反应区继续裂化,以提高轻质油收率。然而,重油催化裂化过程中存在焦炭产率较高的问题,这不仅会加重再生器的负荷,还会降低剂油比和轻质油收率。因此,在催化裂化装置基础上添加外取热器,并通过采用外取热和外甩油浆相结合的方法,实现重油催化裂化轻质油收率的提高。外取热器的作用是为了快速有效地将再生器部分过多的热量取走,达到再生催化剂降温的目的。而外甩油浆的作用则是为了降低焦炭产率,减少烧焦产生热量。热量的降低可以有效提高剂油比,增加轻质油收率。此外,原料残炭值的大小对产品分布有直接影响。原料残炭值越大,催化裂化装置的反应器部分产生焦炭越多,待生催化剂上含碳量也会升高,到达再生器烧焦以后释放大量的热量,这不仅会影响再生器的寿命,也会使催化裂化装置中的剂油比降低,从而降低轻质油收率。为了进一步优化催化裂化装置的产品分布,提高轻质油收率,还需要对装置进行深入的模拟分析和调控。

总的来说,催化裂化装置在石油加工中占据重要地位,通过对其进行优化和改进,可以提高轻质油收率,降低能耗和排放,为石油工业的可持续发展做出贡献。

三、重油催化裂化装置产品分布调控

1. 优化原料结构

由于重油催化裂化装置产品分布受原料结构的影响较大,因此,要想通过调控重油催化裂化装置产品分

布, 首先就是要优化原料结构。重油催化裂化装置产品分布调控的第一步就是要优化原料结构, 由于重油催化裂化装置产品分布主要受原料结构的影响较大, 因此, 在对原料进行调控之前首先要做的就是优化原料结构。在进行原料结构的优化过程中, 需要结合不同地区的重油催化裂化装置生产情况进行分析, 比如, 在我国西南地区的重油催化裂化装置主要以原油为主, 其中有超过80%以上的原油为稠油、重质原油和中质原油。因此, 在对原料进行调控之前首先要确定该地区是否有稠油、重质原油和中质原油资源。

根据相关统计数据可知, 我国西南地区的石油资源非常丰富, 并且由于这些地区的地理位置十分特殊。在对西南地区的石油资源进行分析时可以发现, 在西南地区内有超过70%以上的原油都属于稠油和重质原油, 因此, 要想实现对西南地区石油资源的合理利用和开发就需要在该区域内进行合理布局。但是由于这些重油都属于稠油和重质原油, 所以其品质较差且价格较为昂贵。

2. 调节循环油性质

在重油催化裂化装置中, 循环油是催化剂再生的关键介质, 同时也是最主要的产品, 因此循环油性质的调节对于产品分布具有重要影响。在实际生产中, 重油催化裂化装置中, 循环油性质会受到诸多因素影响, 其中最为主要的是循环油中重油含量和渣油残炭含量, 这两个指标会对循环油的质量产生直接影响。循环油中重油含量增加会使重油催化裂化装置产品分布变得更加均匀, 同时也会使得产品收率增加; 反之, 如果循环油中重油组分含量降低, 那么就会使得循环油收率下降, 同时也会使得产品分布不均匀。如果渣油残炭含量过高就会导致反应温度降低, 而催化剂的活性下降; 反之, 如果渣油残炭含量过低则会导致反应温度升高。

因此在实际生产中必须要严格控制循环油中重油含量和渣油残炭含量, 具体操作如下: (1) 严格控制循环油中组分含量。(2) 调节循环油残炭含量, 当循环油残炭含量达到0.5%时可以满足再生催化剂的活性要求。(3) 调节循环油中组分含量时应注意以下两点: 一是改变循环油性质时应确保循环油中胶质、沥青质和硫等有害杂质含量减少; 二是调整循环油性质时应确保循环油收率增加。

通过调节循环油性质可以有效控制产品分布不均匀的问题, 同时也能够进一步降低催化剂活性和反应温度等操作条件。

3. 优化原料加热炉操作

在原料加热炉操作中, 影响产品分布的因素很多, 主要是: 原料性质、产品性质、反应器停留时间、催化剂性质、原料温度和流化状态等。原料性质对催化裂化装置的产品分布影响很大, 而反应温度、催化剂活性等是影响反应产物分布的主要因素。如: 原料中的硫含量偏高, 会降低裂化产物中的硫酸盐含量, 提高脱硫产物的收率, 从而减少汽油产品产率; 原料中含有较高含量的水分, 会造成裂化产物中水分含量升高, 降低汽油产品产率。

在重油催化裂化装置中, 加热炉是重油催化裂化装置中主要的热源和燃料供给设备, 也是影响产品分布和装置能耗的重要因素。在重油催化裂化装置中, 原料加热炉对重油产品分布有重要影响: 原料加热炉不仅提供热量, 而且直接影响着产品分布和装置能耗。

适当降低加热炉炉管出口温度和炉管壁温, 有利于提高转化气中烃类气体含量; 但需控制好炉管壁温变化范围及变化速率, 防止出现过大温差对转化气中氢气含量产生不利影响。

合理控制原料进料速度, 从而控制物料在燃烧室内停留时间; 但需注意加快进料速度会造成气流短路而形成“旋风”现象; 当进料速度过快时会导致转化率气含率下降、循环油含率降低、汽油产率降低、汽柴比增加。

合理控制原料进料流量和反应时间, 提高反应温度可以缩短裂化产物中的硫酸盐生成时间、增加转化气中硫酸盐含量; 但需注意过快进料会造成转化率气含率降低、循环油含率降低、汽油产率下降等。

4. 控制物料平衡

物料平衡是重油催化裂化装置产品分布调控的重要环节, 也是提高装置运行经济性和稳定性的重要手段。通过对装置内的物料平衡进行分析, 能够帮助操作人员更加直观地了解物料之间的影响关系, 进而更好地调控产品分布, 提高重油催化裂化装置运行的经济性和稳定性。在生产过程中, 如果发生了物料不平衡问题, 会对装置造成严重的影响。当催化裂化反应系统发生不平衡时, 会导致催化裂化反应温度升高, 进而降低柴油产率。由于催化剂无法完全反应原料中的重质组分, 从而导致重质组分无法完全转化为柴油产品, 导致柴油收率降低。在原料不平衡的情况下, 会使催化裂化反应系统中的催化剂分布不均匀, 从而使反应系统中各反应器之

间的转化率出现偏差。为了避免这种情况的发生，操作人员可以在催化裂化反应系统中增加一台平衡反应器。通过该反应器可以控制各反应器之间的转化率，从而有效地避免了因为催化裂化反应系统中催化剂分布不均匀导致的不平衡现象。当原料和原料产品不平衡时，需要及时对物料进行调整，防止因催化剂分布不均匀而导致产品分布发生变化。

四、重油催化裂化装置产品优化模拟

重油催化裂化装置产品优化模拟是一个复杂而关键的过程，它涉及对装置操作条件、原料性质、催化剂性能等多个因素的综合分析和调控。通过模拟分析，可以深入理解催化裂化过程中的反应机理和产品生成规律，进而优化操作条件，提高轻质油收率和产品质量。

在模拟过程中，首先需要建立催化裂化装置的数学模型。这个模型需要能够准确描述装置内的反应过程、物质传递和能量转换等关键环节。通过收集实际生产数据，对模型进行验证和修正，确保其能够真实反映装置的实际运行情况。建立的数学模型必须要能反映装置的生产特点，能够对反应器内的反应过程和产品生成进行模拟，以实现装置运行参数的调控。

基于建立的数学模型，可以利用化工模拟软件对催化裂化装置进行模拟分析。通过调整操作参数，如反应温度、压力、剂油比等，观察产品分布和性质的变化，找出影响轻质油收率和产品质量的关键因素。同时，还可以分析原料性质对产品分布的影响，为优化原料选择提供依据。

在模拟分析的基础上，可以进一步采用优化算法对催化裂化装置的操作条件进行优化。通过设定目标函数和约束条件，利用优化算法求解出最佳操作参数组合，以实现轻质油收率和产品质量的最大化。在优化算法中，通常采用智能优化算法，如遗传算法、粒子群优化算法、禁忌搜索等。由于传统的智能优化算法存在求解速度慢、易陷入局部最优等缺点，而遗传算法具有较好的全局搜索能力和较快的收敛速度，在催化裂化装置产品优化模拟中得到了广泛应用。

为了提高催化裂化装置产品分布的调控水平，还可以引入先进的工艺技术和先进设备。例如，在重油催化裂化装置中引入连续流反应器，以提高产品分布调控的精确度和响应速度；在催化裂化装置中引入热集成技术，以提高传热效率、减少能耗和排放；在催化裂化装置中引入高效催化剂，以提高催化剂活性和稳定性。此

外，还可以考虑引入先进的控制技术和智能化手段，对催化裂化装置进行实时监控和自动调控。通过采集实时数据，利用机器学习等方法对装置运行状态进行预测和诊断，及时发现并处理潜在问题，提高装置的稳定性和运行效率。

通过重油催化裂化装置产品优化模拟，不仅可以提高轻质油收率和产品质量，还可以降低能耗和排放，实现绿色、高效、可持续的石油加工生产。这对于推动石油工业的转型升级和可持续发展具有重要意义。

五、结论

通过对重油催化裂化装置产品分布调控与优化模拟分析的研究，我们深入理解了催化裂化过程的复杂性和多变性。在实际操作中，通过调控关键操作参数和优化原料选择，可以有效改善产品分布，提高轻质油收率，降低能耗和排放。模拟分析作为一种有效的研究方法，为我们提供了深入理解催化裂化过程、优化操作条件和提高产品质量的重要手段。随着计算机技术的不断发展和模拟软件的日益完善，我们有理由相信，未来模拟分析将在重油催化裂化装置优化中发挥更加重要的作用。然而，我们也应该意识到，催化裂化过程是一个涉及多个因素、多个环节的复杂系统，仅仅依靠模拟分析是远远不够的。我们还需要结合实际操作经验、现场数据分析和专家意见，形成一套完整的优化方案，并在实际生产中加以应用和调整。

参考文献

- [1] 江火生. 催化裂化装置反应温度对产品分布的影响[J]. 广东石油化工学院学报, 2020, 30(04): 23-26.
- [2] 国玲玲, 王国峰, 吕延曾等. CO助燃剂在重油催化裂化装置中的应用[J]. 石化技术与应用, 2015, 33(06): 502-504.
- [3] 胡海兰. 降低重油催化裂化装置新鲜原料喷嘴雾化蒸汽量的消耗[J]. 石油石化节能, 2015, 5(01): 9-10.
- [4] 温艳. LD0-70催化剂在90万吨/年重油催化裂化装置上的试用分析[J]. 河南科技, 2014, (23): 71-72.
- [5] 熊玉平, 张国静. 掺炼俄罗斯原油对重油催化裂化装置产品分布及质量的影响[J]. 炼油与化工, 2012, 23(02): 13-16+57-58.