

# 影响催化裂化提升管再生烧焦过程的主要因素及其分析

陆辉

中石油兰州石化公司 甘肃兰州 730060

**【摘要】**本文探讨了影响催化裂化提升管再生烧焦过程的主要因素及其分析,研究目的是优化烧焦效果、提高催化剂再生效率。主要研究内容包括温度、氧分压、催化剂含碳量和再生器催化剂藏量等因素对烧焦过程的影响,以及烧焦风量、床层稳定性和催化剂污染对烧焦效果的影响,研究方法采用理论分析和实践经验相结合。结果表明,合理控制这些因素可显著提高烧焦效率和催化剂再生效果,为催化裂化装置的优化运行提供了重要参考。

**【关键词】**催化裂化;再生烧焦;温度;氧分压;催化剂含碳量

The main factors affecting the regenerative coking process of the catalytic cracking elevator tube and their analysis

Lu Hui

PetroChina Lanzhou Petrochemical Company Lanzhou, Gansu province 730060

**【Abstract】**This paper discusses the main factors affecting the regenerative coking process of catalytic cracking hoter and its analysis, the purpose is to optimize the coking effect and improve the catalyst regeneration efficiency. The main research contents include the influence of temperature, oxygen partial pressure, carbon content of catalyst and catalyst storage of regenerator on the coking process, as well as the influence of coke air volume, bed stability and catalyst pollution on the coking effect. The research method adopts the combination of theoretical analysis and practical experience. The results show that reasonable control of these factors can improve the coking efficiency and catalyst regeneration effect, which provides an important reference for the optimal operation of catalytic cracking device.

**【Key words】**catalytic cracking; regenerative coke; temperature; oxygen partial pressure; carbon content of catalyst

## 引言:

催化裂化装置中的烧焦过程直接决定了催化剂的再生效果,良好的再生能够保障催化剂的活性、提高轻质油收率,并减少催化剂单耗;然而在实际操作中,再生烧焦效果常受到多种复杂因素的制约。本文将从温度、氧分压、催化剂含碳量、再生器催化剂藏量等方面系统分析这些因素对再生烧焦过程的影响,并提出相应的改进措施。

## 一、影响催化裂化提升管再生烧焦过程的主要因素

### (一) 温度

温度是催化裂化提升管再生烧焦过程中的关键因素,研究表明,温度每提高 10℃,烧炭速度可以提高 15~20%,这一显著的速率提升凸显了温度对烧焦过程的重要影响。在再生烧焦过程中,适当提高温度能够促进焦炭的燃烧反应、加

快烧焦速度,温度的提高不仅能够增加反应分子的动能,还能够提高反应物分子之间的碰撞频率,从而加速烧焦反应的进行。然而,温度的提高并非没有限制,过高的温度可能导致催化剂的活性组分流失,甚至造成催化剂结构的破坏,催化剂中的活性组分通常对温度敏感,过高的温度可能导致这些组分发生不可逆的变化或流失,从而降低催化剂的活性,更严重的是,极高的温度可能会改变催化剂的孔结构,导致比表面积下降,进而影响催化剂的性能。除了对催化剂的影响,温度的提高还受到设备材料的限制,再生器等设备的材料在高温下可能发生强度降低、腐蚀加剧等问题,这不仅会影响设备的使用寿命,还可能带来安全隐患<sup>[1]</sup>。因此,在实际操作中,需要根据催化剂的耐温性能和设备条件,合理控制再生温度,操作人员需要在提高烧焦效率和保护催化剂及设备之间找到平衡点,这要求对催化剂的性能、设备的耐温能力有深入的了解,同时还需要考虑其他因素如氧分压、催化剂含碳量等的影响。通过精确控制和优化温度,可以在保

证催化剂和设备安全的前提下，最大化烧焦效率。

### （二）氧分压

氧分压是影响碳燃烧速度的另一个重要因素，在催化裂化装置中，氧分压的调节可以通过改变再生器压力和过剩氧浓度来实现，提高再生器压力能够增加氧分压从而加快燃烧速度，这是因为压力的增加会提高氧气分子在单位体积内的数量、增加氧气分子与碳分子的碰撞概率，促进燃烧反应的进行；同样，提高过剩氧浓度也有助于提高烧焦强度，过剩氧浓度的增加意味着反应体系中有更多的氧气可以参与反应，这不仅能够加快燃烧速度，还能够确保焦炭的充分燃烧，充足的氧气供应可以减少不完全燃烧产物的生成，提高烧焦的效率和质量。然而，氧分压的调节同样需要谨慎，过高的氧分压可能导致催化剂表面发生过度氧化反应，生成不利于再生的副产物，例如，某些金属氧化物在高氧分压下可能形成更高价态的氧化物，这些氧化物可能会降低催化剂的活性或改变其物理结构；调节氧分压时，需要综合考虑烧焦速度和催化剂的稳定性，寻求最佳的操作条件，这要求操作人员对烧焦过程和催化剂性能有深入的了解，通过精确控制氧分压，可以在提高烧焦效率的同时，最大限度地保护催化剂。在实际操作中，氧分压的调节还需要考虑设备的承压能力、安全性等因素，过高的压力可能会增加设备的负荷，带来安全隐患，因此，在提高氧分压时，需要权衡烧焦效率提升和设备安全之间的关系。

### （三）催化剂含碳量

催化剂的含碳量直接影响烧焦速度，是再生过程中需要重点关注的因素，一般来说，催化剂含碳量越高，烧焦速度越快，这是因为较高的碳含量意味着单位质量的催化剂上有更多的碳可以参与燃烧反应，从而提高了整体的烧焦速度。再生的目的正是为了降低再生催化剂的含碳量以恢复其活性，高含碳量的催化剂虽然有利于提高烧焦速度，但这并不符合再生的最终目标，因此，在实际操作中，不可能通过提高再生剂含碳量的方法来加快烧焦速度。相反，需要通过优化烧焦条件，如调节温度、氧分压等，使催化剂在再生过程中达到理想的含碳量水平，这样既能保证烧焦速度，又能确保催化剂的再生效果<sup>[2]</sup>。操作人员需要根据催化剂的初始含碳量，合理设置再生条件，以达到最佳的再生效果，在烧焦过程中，催化剂的含碳量会随时间变化：初期，由于含碳量高，烧焦速度较快；随着烧焦的进行，含碳量逐渐降低，烧焦速度也会相应减慢，这要求操作人员能够动态调整烧焦条

件，以适应不同阶段的烧焦需求。此外，不同类型的碳（如易燃碳、难燃碳）在催化剂上的分布也会影响烧焦速度和效果，了解催化剂上碳的类型和分布，有助于更精确地控制烧焦过程，提高再生效率。

### （四）再生器催化剂藏量

再生器催化剂藏量是影响烧焦过程的重要因素之一，再生器催化剂藏量增加意味着催化剂在再生器中的停留时间相应延长，这可以使烧焦程度加深，较长的停留时间为催化剂提供了更充分的烧焦机会，有利于碳的彻底燃烧和催化剂活性的恢复。增加再生器催化剂藏量并非没有代价，这要求再生器尺寸相应增大，从而可能限制了整个装置的烧焦能力，更大的再生器意味着更高的设备投资和运行成本，同时也可能带来操作和控制方面的挑战。在实际操作中，需要根据装置的处理能力和催化剂的烧焦特性合理确定再生器催化剂藏量，这需要综合考虑多个因素，包括原料的性质、催化剂的活性衰减速度、装置的生产目标等。通过精确计算和优化，可以确定最适合的再生器催化剂藏量，既能保证充分的烧焦效果，又能避免过度的设备投资，同时，通过优化烧焦工艺条件，如调节温度梯度、优化氧浓度分布等，可以提高烧焦效率，确保催化剂在有限的时间内达到理想的再生效果<sup>[3]</sup>。这种优化可以在一定程度上弥补再生器尺寸限制带来的不足，实现更高效的烧焦过程。在确定再生器催化剂藏量时，还需要考虑装置的灵活性，较大的藏量虽然有利于深度烧焦，但可能会降低装置对原料和工况变化的响应速度，因此，在设计和操作中需要权衡烧焦效果和操作灵活性之间的关系，以满足不同生产需求。

## 二、烧焦效果的影响因素分析

### （一）烧焦风量

烧焦风量在催化裂化装置的再生过程中扮演着至关重要的角色，充足的烧焦风量是确保催化剂完全再生的基础；当风量不足时，再生器内的氧气供应会受到限制，导致烧焦反应不完全，残留的积碳会降低催化剂的活性。为了维持理想的烧焦效果，操作人员需要精确控制进入再生器的风量，使其与催化剂的焦炭含量和再生器的处理能力相匹配，而风量的分配和分布同样对烧焦效果产生重大影响。合理的风量分配能够确保再生器各个区域都得到充分的氧气供应，避免出现局部烧焦不充分的情况；在实际操作中，可以通过调节

分布器的结构和开度来优化风量分布,例如,采用多层分布器设计,可以实现风量的梯度分配,使得再生器底部获得较高的氧气浓度,而上部区域则维持较低的氧气浓度,从而创造出有利于烧焦反应的环境。除了总风量和分布的控制,风速也是需要考虑的重要参数:过高的风速可能导致催化剂颗粒被吹出再生器,而过低的风速则无法提供足够的氧气,影响烧焦效率;因此,需要根据催化剂的物理性质和再生器的结构特点,选择适当的风速范围,通过调节风机的转速或者调节阀开度,可以实现对风速的精确控制。

### (二) 床层稳定性

床层稳定性是影响烧焦效果的另一个关键因素,稳定的床层能够确保催化剂颗粒在再生器内均匀分布,从而提供一个理想的烧焦环境;当床层稳定时,热量和物质传递效率得到提高,有利于焦炭的均匀燃烧。然而,在实际操作中维持床层稳定性面临诸多挑战,气流分布不均是影响床层稳定性的主要因素之一:不均匀的气流分布可能导致再生器内出现局部高速区域,造成催化剂颗粒的聚集或流化不充分。为了解决这个问题,可以采用先进的分布器设计(如多孔板分布器或导流板分布器)以优化气流分布,同时定期检查和维护分布器、清除可能堵塞的孔眼也是保持气流均匀性的重要措施。催化剂粒度分布的不均匀性也会影响床层稳定性:粒度过小的催化剂容易被气流携带到再生器上部,而粒度过大的催化剂则可能在底部聚集,形成死区。为了缓解这一问题,需要严格控制催化剂的粒度分布,定期补充新鲜催化剂并及时排出磨损或破碎的催化剂颗粒;此外,采用具有良好抗磨性能的催化剂也可以减少运行过程中粒度分布的变化<sup>[4]</sup>。

### (三) 催化剂污染

催化剂污染是影响烧焦效果的一个重要因素,直接关系到催化剂的活性和寿命,在催化裂化过程中,原料油中的金属杂质(特别是镍、钒等重金属)会逐渐沉积在催化剂表面,这些金属不仅会占据催化活性位,还会促进焦炭的生成,导

致催化剂失活。在再生过程中,被污染的催化剂往往表现出较差的烧焦性能,影响整体的再生效果。为了减少催化剂污染对烧焦效果的影响,可以从多个方面采取措施,原料油质量控制是最直接的方法,通过严格的原料选择和预处理(如加氢脱金属等工艺),可以显著降低进入系统的金属杂质含量。此外,开发和具有抗金属污染能力的新型催化剂也是一个重要方向,这些催化剂通常具有特殊的孔道结构或表面改性,能够有效阻止金属的沉积或减缓其对活性的影响。在再生过程中,可以采用特殊的清洗工艺来去除催化剂表面的金属污染物,例如,通过添加氯化物等化学试剂,可以促进某些金属污染物的挥发,从而在高温再生过程中将其去除,同时,优化再生工艺参数(如提高再生温度或延长再生时间)也有助于更彻底地去除催化剂表面的污染物和积碳。定期更换部分催化剂是控制污染水平的另一个重要手段,通过不断补充新鲜催化剂并排出被严重污染的催化剂,可以维持整个系统的催化活性在一个较高水平,在实际操作中,需要根据原料性质、运行条件和催化剂性能等因素,制定科学的催化剂更换计划。

## 三、结论

催化裂化提升管再生烧焦过程是一个复杂的系统工程,涉及多个相互关联的因素,通过深入分析温度、氧分压、催化剂含碳量和再生器催化剂藏量等主要影响因素,可以为操作人员提供有效的指导。同时,烧焦风量的合理控制、床层稳定性的维持以及催化剂污染的防治,对于提高烧焦效果至关重要,在实际操作中,需要综合考虑这些因素,根据具体情况进行精确调控,以实现最佳的再生效果。通过优化烧焦过程,不仅可以提高催化剂的活性和寿命,还能够降低能耗,提升装置的整体经济效益,这对于催化裂化装置的长期稳定运行具有重要意义。

## 参考文献

- [1]冯朔.催化裂化装置反应系统结焦原因探讨[J].当代化工研究, 2020, 77(24): 44-45.
- [2]王彦新.降低吸收稳定系统压力对催化裂化装置影响浅析[J].当代化工研究, 2020, 59(6): 64-65.
- [3]赵万凯.催化裂化装置再生器压力控制分析及应用[J].化工管理, 2018, 474(3): 132-133.
- [4]许日.大型催化裂化装置系统设计压力分析与探讨[J].石油炼制与化工, 2019, 50(6): 28-32.