

催化裂化装置长周期运行的设备维护 与管理对经济效益的影响

卢洪峰（中海油惠州石化有限公司，广东 惠州 516083）

摘要：实现装置长周期稳定运行，对提高产能、降低成本、确保产品质量至关重要，催化裂化是石化行业转型的重要环节。围绕长周期运行的催化裂化装置的设备维护和管理等方面展开讨论。首先阐述了包括提高装置运行稳定性、降低运行维护成本、保证产品质量等在内的长周期运行的重要意义。二是对催化剂失活、设备腐蚀磨损、工艺参数波动等长周期运行中面临的主要挑战进行了分析。随后提出了涉及催化剂再生战略、预防性维护计划、工艺优化及自动化控制、设备改造升级等诸多方面的相应管理对策。对长周期经营管理的关键要素进行了总结，并对今后的方向进行了展望。

关键词：催化裂化装置；催化剂；设备维护；经济效益

催化裂化是石油化工生产中一个极为重要的转化环节，通过将重质油分子裂解为轻质油和石油气，以生产高附加值的清洁燃料和石化原料。由于涉及复杂的高温高压反应，催化裂化装置的正常运转对于保证产品质量、维持企业经济效益至关重要。

为了充分发挥装置产能，实现持续稳定运行，避免频繁停车检修，石油化工企业普遍追求装置长周期运行。所谓长周期运行，是指在保证安全环保前提下，通过优化工艺条件、加强设备维护，使装置持续运行时间延长至通常周期的2-3倍。长周期运行不仅能最大限度减少因停车而造成的经济损失，还可避免频繁升降温对设备造成的冲击，从而延长设备使用寿命，提高资产利用效率。

1 长周期运行的重要意义

长周期运行对催化裂化装置的重要意义主要有三点。一是对增强装置运行稳定性、延长装置寿命有一定好处。传统的短周期运行方式会频繁地进行热车、热循环等工作，造成设备经受热冲击，温度应力，加速设备老化、损耗等现象的发生，也就造成了设备而长周期操作，则能避免温度梯度降低对设备的频繁热循环和冲击，从而在保证长时间平稳运行的同时，提高了设备的基本安全性。同时，将催化剂的失活率推迟，使设备处于最佳工作状态，使装置的寿命整体延长，也有利于稳定的工艺参数。

其次，长周期运营，对降低保养费用、减少停车损耗都有很大帮助。每次大修、停车、维修费用高，都需要投入大量的人力物力。且长周期运行使大修周期大大延长，停车次数减少，从而使维修保养费用

节省了一大笔。此外，停车对于企业来说，也意味着OGML较大的经济损失，可以避免大量停车带来的效益损失，而这种损失可以通过最小的停车时间的长周期运行来实现。

最后，保证产品质量和生产效率的先决条件是长周期的稳定运行。对下游加工利用可能造成产品收率和质量的变化，影响工艺参数的微小波动或设备故障。而且在长周期的运行下，有利于生产出理想的目标产品，有利于提高产品质量的稳定性，在最佳的工艺条件下不断地进行催化反应。同时，长周期避免了热车、冷却和产能频繁波动，保证了装置整体运行效率的提高和产能利用率的提高，从而保证了生产的连续性和充分性。

2 催化裂化装置长周期运行面临的挑战

2.1 催化剂失活及积碳问题

催化裂化反应是一个复杂的催化过程，利用催化剂在高温高压下将重质油分子裂解为轻质油和石油气等轻质产品。然而，随着装置长周期运行时间的延长，催化剂活性会逐渐下降。这种失活主要是由于催化剂上积累了大量的积碳沉积物所致。

积碳是不可避免的，它主要来源于原料油中的金属杂质、胶质物质以及热裂解的重组反应。在催化剂表面和孔隙内部沉积的积碳会堵塞催化剂的活性中心和孔道结构，阻碍反应物和产物的扩散，从而使催化剂失去活性。此外，积碳还会与催化剂载体发生焦铝中间体反应，导致催化剂表面积下降、孔道结构破坏，进一步加剧失活过程。

除了化学失活外，催化剂还会发生物理失活。这

是由于催化剂颗粒在反应器内长时间高温高压搅拌形成磨损,颗粒变小造成比表面积降低;或者因为还原气氛容易团聚结块,使多孔结构遭到破坏而失活。

如果不采取适当措施,随着时间推移,催化剂活性会持续下降,催化反应效率将大幅降低,催化裂化装置的正常运转和产品质量都将受到严重影响。因此,控制催化剂失活速率、及时处理积碳问题,是实现催化裂化装置长周期稳定运行的关键因素之一。

同时,长期高温和剧烈的气固运动还会促进催化剂的损耗和流失。催化剂颗粒在气固体系中高速循环,不可避免地会发生细粉磨损、夹带及其他损失,引起催化剂库存持续消耗。如果催化剂损耗过快,将加大补加成本,影响装置经济性。因此,对于延长催化剂使用周期也是长周期运行必须解决的重要问题。

2.2 设备腐蚀磨损及寿命风险

催化裂化装置是包括反应器,热交换器,压缩机,泵等众多设备在内的复杂的大型石油化工装置系统。这些设备在长周期高温高压的苛刻工况下运行,成为长周期运行对装置的又一重大挑战,因此它们极易遭受各种腐蚀和磨损。首当其冲的就是内部腐蚀性的困扰。具有一定腐蚀性的介质,如高温可燃气体、硫化氢等,均涉及催化裂化工艺。长期接触这些腐蚀性介质的反应器和传热管道材料,会使金属材料腐蚀速度加快。特别是在局部地区,极易发生较严重的锈蚀问题,原因是流场分布不均,温度梯度等。一旦腐蚀超出预期,就会对装置的安全稳定运行造成泄漏、渗漏等安全事故的威胁。其次是各种磨损问题的存在。催化裂化反应器内的催化剂料层由高速气固体系形成,常年处于剧烈的流态化状态下。高速气固运动会对反应器内壁造成持续冲刷磨损。此外,压缩机、泵等旋转设备的叶轮、轴承等摩擦副也会出现磨损。这些磨损会使设备效率逐渐降低,甚至出现故障风险。高温工况也会加剧设备的材料老化。金属材料经历长期高温氧化还原环境,其结构和力学性能会逐渐退化。一些耐热合金的涡轮叶片、换热管等,均存在在高温下发生钝化、开裂、断裂等失效风险。

2.3 工艺参数波动及控制困难

工艺参数的微小波动在催化裂化装置长周期的运行过程中是无法完全避免的,但若波动幅度过大或持续时间过长,就会给装置的稳定运行带来剧烈的冲击。第一,原料油质量的起伏。原油来源地的变化,原油的贮存和预处理过程都可能导致原料油成分的变化,如硫、氮、金属杂质含量及组成成分等,这些成分进入催化裂化装置都会发生变化。催化剂的失活率、积

碳量和产品的收率、质量等都会受到原料油性状变化的直接影响。二是反应器进料波动及运行状况。催化剂床层温度分布和传质传热状况的变化,会使反应器进料的流量、温度、压力等参数发生异常波动,从而对催化反应过程产生影响。同理,反应器的运行条件的改变,如再生气、再生温度等,都会使催化剂的最佳运行环境受到损害。

3 长周期运行的管理对策

3.1 制定催化剂再生与更换计划

为使催化裂化装置长周期稳定运行并解决催化剂失活及积碳等难题,制定科学合理的催化剂再生及更换策略必不可少。一方面需要对催化剂的再生过程进行优化设计以最大程度的延长单循环的使用周期;另一方面对催化剂的更换方案进行合理编排以使总体运行费用得到最大程度的降低。

对催化剂进行再生时,为了保证积碳得到充分的燃烧,优化再生介质气源及再生温度曲线等方面的参数很重要;另外,在再生过程中的热压差也要做到合理控制,以免出现过度氧化对催化剂结构造成损害的情况发生;对于利用在线评价工具综合分析反应器进出口温度及差压等参数的变化情况,以确定最佳再生时机;另外可结合引入一些新型再生技术如半连续式微惰性气氛再生等,使催化剂失活速率得到提高;同时也能在一定程度上延长催化剂的寿命。

如催化剂使用完毕,当须及时制定更换方案,对新旧催化剂的切换过程进行优化,避免因剧烈操作变动对附属设备造成负荷过重的情况发生;对已掺入一定量旧催化剂的新催化剂中,可促使活性组分的逐步释放,从而保证过渡过程的平稳进行;对已制备出来的新催化剂,为达到延长使用周期的目的,进行筛选与鉴定;最后,针对上述情况,在提高催化剂稳定性和抗积碳能力的同时,对新一代催化剂的制备工艺进行进一步研究。制定合理的催化剂管理策略,除了对再生和更换过程进行优化之外,也十分重要。根据实际的运行状况和使用经验数据,对催化剂的寿命进行预测,并事先做好相应的物资准备,以做到心中有数。为了对催化剂进行在线评价和智能管理系统的引入,对催化剂的状态信息进行综合把握,从而在为决策提供依据的同时,合理控制催化剂的补加量和更换频次,在不影响装置正常运转的前提下,最大限度地节约催化剂的使用成本。

3.2 加强设备检测与预防性维修

保证催化裂化装置长周期稳定运行的一个重要保障是加强设备检测和预防性维修两个方面的工作。通

过定期检测全面掌握设备的状态信息是进行预防性维修的前提与基础,所以要建立完善的检测制度和工作流程,按照设备重要程度与运行风险确定合理的检测频次与方式。因此,必须把预防性维修作为一项重要的工作来抓,以不断提高装置的运行效率与质量。

主要对核心装置如反应器或换热器等应用先进的无损检测技术加以运用,对设备内部出现的腐蚀或裂纹等有潜在隐患的地方进行及时的发现和排除,在普通装置上主要从设备外观振动温度压差等参数进行检测和评价,同时应加强对管线的检测工作,防止出现介质渗漏造成安全事故的情况发生。从以上几个方面入手,做到心中有数,防患于未然。

制订科学的预防检修计划,在取得检测结果的基础上进行。及时纳入年度大修范围,对存在致命隐患或磨损严重的设备进行全面检修更换。对于一般磨损,应采取延缓衰减速率的措施,如对易损部件进行清理、打磨和更换等。同时制定了规范保养流程、保证保养质量的详细保养操作规程。检修计划不能一味地等待故障出现再检修,而应采取在设备性能下降到一定程度时,争取实施检修的“以防为主,缺时修复”策略。对存在较高隐患的设备,为降低运行风险,可考虑在生产间隙对其进行预防性检修。

此外,制定相应的养护体系也是必不可少的。引进了记录设备全寿命周期运行维护信息的先进维护管理信息系统,为决策提供依据。建立了机务人员培训考核制度,使机务队伍业务素质有了新的提高。完善配件管理,做到应修尽修、应修尽修。同时,制定养护报表复核制度,不断提高养护质量,提高养护效益。

同时,对不可测参数建立软测量模型加以估算,借助相关参数的函数表达,实现虚拟测量并弥补测量盲区,从而为调节控制提供更多信息支持。

3.3 推动设备改造升级及新技术应用

实现催化裂化装置长周期稳定运行的重要举措是促进设备改造升级和新技术应用。传统的设备和工艺必然会随着装置运行时间的延长而逐渐过时,越来越高的生产要求得不到满足。因此,在积极应用新兴先进技术,不断提升装置自动化、智能化水平的同时,需要根据实际情况对现有装置进行适度改造升级。

在设备改造上,可重点关注核心设备,如催化反应器和热交换器。有利于延缓催化剂失活,有利于优化反应器内部结构,改善催化剂流化状态和催化床层分布。可采用新型防垢涂层材料,也可将易结垢的换热管束改造成提高抗垢能力的双管束式。另外,还可对压缩机、泵等旋转装置进行密封改造,减少渗漏,

减少能源消耗。为便于部署新技术,装置必须跟上时代发展的步伐,拥抱数字化改造的潮流。提高装置的自动化智能化程度,借助物联网大数据人工智能等技术手段进行精细化管理与远程运维工作,从而使管理成本得到大幅降低检修周期大大延长,提高装置的运行效率并有效促进长周期稳定运行,以应对日益严峻的能源经济形势。

4 注重提高经济效益

在催化裂化装置长周期运行的设备维护与管理中,提高经济效益的关键在于综合考虑设备的可靠性、安全性和运行成本。首先,需要实施有效的预防性维护计划,包括定期检查设备状态、清洗和更换关键部件,以延长设备寿命并减少突发故障的发生,从而降低维修成本和停工损失。其次,采用先进的监测和诊断技术,实时监控设备运行数据,早期发现潜在问题并进行预测性维护,提高设备利用率和生产效率。另外,优化能源消耗,采用节能技术和设备改进措施,降低能源成本。同时,合理规划备件库存和管理,避免因备件缺乏导致的停产时间和额外采购成本。最后,培训和提升维护人员的技能水平,确保他们能够熟练操作设备和进行高效的维护管理,减少人为失误和事故的发生,从而全面提升催化裂化装置长周期运行的经济效益。

5 结语

需要综合系统的管理对策,才能使催化裂化装置实现长周期的稳定运行。重点包括催化剂更新更换策略的优化和催化剂使用寿命的延长;加大设备巡检和预防检修力度,对故障隐患进行消减;注重工艺参数的优化和保证最佳运行状态的自动化控制;同时,推进设备改造升级,积极应用新型催化剂、先进检测、智能控制等新技术,全面提升装置自动化智能化水平,在新型催化剂、先进检测、智能控制、只有多管齐下,全方位地采取高效的管理措施,才能最终实现长周期稳定、经济、安全地运行该装置,才能真正实现该装置的运行。

参考文献:

- [1] 史光辉.加强设备技术管理提高催化裂化装置长周期运行水平[J].设备管理与维修,2021,(12):82-84.
- [2] 李伟郡.加强设备技术管理提高催化裂化装置长周期运行水平[J].化工管理,2020(23):169-170.

作者简介:

卢洪峰(1990.3-),男,汉,学历:大专,单位:中海油惠州石化有限公司,辽宁沈阳人,助理工程师,从催化裂化操作工作。