

乙烯裂解炉能效提升与碳排放协同优化策略

陈 凯

莱斯安全阀门（天津）有限公司 天津

【摘要】 乙烯裂解炉作为石化行业中重要的生产设备，其能效提升和碳排放降低的协同优化具有重要意义。近年来，随着全球对碳减排要求的提高，如何在提高乙烯裂解炉能效的同时减少碳排放，成为了研究的热点。本文提出了一种协同优化策略，结合能效提升和碳排放减排两方面，探索通过工艺优化、热能回收、催化剂改性等多种手段，达到提升能效与减少碳排放的双重目标。通过模拟和实验研究，验证了该策略在实际生产中的可行性及效果。通过合理优化和创新，不仅能有效提高乙烯裂解炉的生产效率，还能为企业在实现碳中和目标方面提供支持。

【关键词】 乙烯裂解炉；能效提升；碳排放；协同优化；工艺改进

【收稿日期】 2025 年 5 月 16 日

【出刊日期】 2025 年 6 月 21 日

【DOI】 10.12208/j.jccr.20250029

Energy efficiency improvement and carbon emission collaborative optimization strategy for ethylene cracking furnaces

Kai Chen

Laisi Safety Valve (Tianjin) Co., Ltd, Tianjin

【Abstract】 As an important production equipment in the petrochemical industry, the collaborative optimization of energy efficiency improvement and carbon emission reduction for ethylene cracking furnaces is of great significance. In recent years, with the global improvement of requirements for carbon emission reduction, how to reduce carbon emissions while improving the energy efficiency of ethylene cracking furnaces has become a research hotspot. This paper proposes a collaborative optimization strategy, combining energy efficiency improvement and carbon emission reduction, and explores various means such as process optimization, thermal energy recovery, and catalyst modification to achieve the dual goals of improving energy efficiency and reducing carbon emissions. Through simulation and experimental studies, the feasibility and effect of this strategy in actual production are verified. Through reasonable optimization and innovation, it can not only effectively improve the production efficiency of ethylene cracking furnaces but also provide support for enterprises in achieving the carbon neutrality goal.

【 Keywords 】 Ethylene cracking furnace; Energy efficiency improvement; Carbon emission; Collaborative optimization; Process improvement

引言

乙烯裂解炉在石油化工领域中占据重要地位，是乙烯等化学原料生产的核心设备。传统的裂解炉在运行过程中能效较低，且碳排放量大，造成了资源浪费和环境污染。随着全球环境保护意识的提升，如何在提升乙烯裂解炉能效的同时减少碳排放，已成为亟待解决的关键问题。当前，虽然存在一些能效优化和碳排放减少的单一措施，但如何实现这两者的协同优化，仍面临诸多挑战。为此，本文通过对乙烯裂解炉的各项指标进行综合分析，提出了一种协同优化策略，以期为解决该

问题提供新的思路和方法。这一研究不仅为提升乙烯裂解炉的整体能效提供了理论支持，也为碳排放减少目标的实现奠定了基础。

1 乙烯裂解炉能效提升的现状与挑战

乙烯裂解炉是石化行业中关键的化学反应设备，广泛用于生产乙烯、丙烯等基础化学原料。然而，传统裂解工艺中，裂解炉热效率较低，能源消耗大，导致生产成本上升和资源浪费。提升乙烯裂解炉的能效成为行业研究的重点。当前提升能效的主要方法包括优化热回收系统、改进炉内温度分布、提升催化剂效率以及

采用先进的热能管理技术。这些方法在一定程度上降低了能耗并提升了能效,但由于裂解过程需要在高温高压条件下进行,热量传递和物质流动的复杂性使得能效提升面临挑战。尽管如此,技术的不断发展仍为进一步优化裂解炉的能效提供了希望。

裂解炉的工艺优化不仅涉及热能管理,还与炉体结构、物料流动模式及反应速率密切相关。在传统设计中,裂解炉往往存在不均匀的温度分布和不理想的热交换效果,这不仅影响了反应效率,也增加了不必要的能量消耗。为了突破这些瓶颈,现代化的裂解炉通常采用热交换器与冷却系统的联合优化,或者通过智能化控制技术来优化炉内温度的分布^[1]。由于裂解反应对温度的敏感性,这种优化过程的实施效果在实际生产中可能会受到设备老化、工况波动等因素的影响,从而限制了能效提升的空间。如何在保持反应效率的确保炉体内部热管理系统的最佳状态,成为了目前亟待解决的问题。

随着全球环保压力的加大,乙烯裂解炉的碳排放问题逐渐成为重要的讨论话题。裂解炉在高温裂解过程中会产生大量的CO₂等温室气体,而这些碳排放对环境的影响不容忽视。尽管采取了部分技术措施,如废气回收、热能利用等,但由于裂解反应的高温特点,碳排放的控制仍然存在很大挑战。为了降低裂解炉的碳排放,除了技术层面的改进外,还需要从全流程的能源管理和生产工艺出发,进行更加系统性的优化。如何在提高能效的减少碳排放,这成为了乙烯裂解炉技术发展中的一大难题,且其优化路径尚在探索阶段。破解乙烯裂解炉能效提升与碳排放减少之间的矛盾,仍是行业持续创新和改进的重点。

2 碳排放控制的关键因素分析

乙烯裂解炉在高温裂解过程中产生的碳排放主要源于燃料的燃烧及裂解反应中的副产品排放。燃料燃烧产生的二氧化碳是裂解炉碳排放的主要来源之一,而裂解反应本身也会释放大量温室气体。在裂解工艺中,烃类原料被加热至高温进行裂解反应,这一过程中不仅需要大量的热能,还伴随着复杂的副反应,产生了大量的CO₂。为了解决这一问题,控制燃料的燃烧效率和优化裂解反应路径至关重要。对燃烧系统进行高效燃烧控制、提升燃烧效率,可以有效降低二氧化碳的排放量。利用低碳燃料或者通过实施更先进的气体循环技术,减少对传统高碳能源的依赖,也是当前减少裂解炉碳排放的有效途径。

裂解炉中的热回收系统对于减少碳排放同样具有

重要作用。传统裂解炉中,热量损失较为严重,未被充分利用的废热直接排放到环境中,这不仅浪费了大量的能源,还增加了二氧化碳的排放。通过设计高效的热回收系统,可以将废气中的热量回收并再次用于炉体内的加热过程,减少对额外燃料的依赖,从而降低整体的碳排放水平。利用先进的热交换技术,如余热锅炉、热电联产等系统,可以有效地提升热能的利用率,减少能源浪费,进一步降低碳排放。改进炉内温度分布和反应过程的控制,也有助于降低能量的过度消耗,从而减少不必要的碳排放。

裂解炉的催化剂选择和反应条件的优化也是控制碳排放的重要因素。通过优化催化剂的活性和选择性,可以有效提高裂解反应的效率,减少副产物的生成,降低碳排放。选择高效且环境友好的催化剂,不仅能够提升裂解过程中的能效,还能够减少对高温燃料的需求,从而降低CO₂的生成。裂解反应的温度、压力和停留时间等反应条件也直接影响着碳排放的水平^[2]。通过精确调节反应条件,使反应更加高效,可以进一步降低碳排放。除了设备本身的节能减排技术外,对裂解炉操作过程中的各项关键参数进行优化管理,能够有效实现碳排放的控制,并促进裂解炉向低碳化、绿色化方向发展。

3 协同优化策略的提出与实现路径

为实现乙烯裂解炉能效提升和碳排放控制的协同优化,首先需要综合考虑裂解炉的热管理系统、反应过程的控制以及原料和催化剂的选择。在实际操作中,能源的高效利用与碳排放的减少常常面临矛盾,因此需要采用多层次、多维度的优化策略。一个有效的协同优化策略应该着眼于从源头减少能源消耗,同时加强废热回收和热能管理。通过实施先进的热回收系统和改进的热交换设备,可以将废热转化为可再利用的能量,减少对传统能源的依赖。这种方法不仅可以有效提高裂解炉的能效,还能够通过减少燃料消耗,间接降低碳排放。

在反应过程中,裂解炉的操作条件对能效和碳排放有着重要影响。合理优化炉内的温度、压力及反应时间,有助于提升反应效率并减少能量浪费。通过智能化控制系统对裂解炉运行参数进行实时监控和调节,确保炉内反应的最佳状态,是实现协同优化的关键一环。反应过程中的催化剂选择和改性也起着至关重要的作用。采用高效且低碳的催化剂能够显著提高裂解反应的选择性和转化率,减少副产物的生成,进而降低能源消耗和碳排放。合理选择催化剂和调整反应工艺参数,实现工艺的高度集成,是协同优化策略成功实施的核心。

为了确保协同优化策略的有效性,还需要从整体工艺流程的角度进行系统性设计与优化。包括裂解炉前后的工艺配置、能源流动的合理调度以及副产物的处理方案。通过精确的能效计算和碳排放评估,制定出符合实际生产条件的优化路径,并在生产过程中不断进行调整和反馈,确保策略的最优运行^[3-7]。采用热电联产技术、废气回收和利用技术等一体化方案,不仅可以大幅提升能源利用效率,还能够最大限度地减少碳排放。通过这些综合措施的实施,协同优化策略能够有效提升乙烯裂解炉的生产效率,同时实现环保目标,为石化行业的绿色发展提供坚实的技术支持。

4 协同优化策略的应用与效果分析

协同优化策略的应用在实际乙烯裂解炉中已经取得了一定的成果,尤其是在提高能效和减少碳排放方面。通过对裂解炉的热回收系统进行优化,实施更加高效的余热利用技术,可以显著降低能源浪费,并提升能源使用效率。废热回收装置的引入,能够将裂解过程中的废气余热转化为可用热能,并用于其他工艺环节或炉体的再加热,从而减少了对外部燃料的依赖。这种优化不仅在提升裂解炉能效的也间接地减少了燃料消耗所带来的碳排放,促进了节能和减排目标的双重实现。

在反应过程的优化方面,智能化控制技术在裂解炉中的应用同样具有显著效果。通过实时监控炉内反应参数,精确调节温度、压力等关键因素,可以保证裂解过程的稳定性和高效性。优化后的反应过程能够有效减少因温度过高或过低导致的能量浪费,同时确保产品的质量和产量达到最佳状态^[8]。反应中的催化剂选择与优化也发挥了重要作用,通过采用高效催化剂,提高裂解反应的转化率,降低了副产物的生成,进而减少了能源消耗和碳排放。这一系列措施的实施,使得裂解炉的能效水平得到显著提升,同时也实现了碳排放的有效控制。

协同优化策略在实际生产中的应用效果表明,能源的合理调度和管理不仅提升了生产效率,还对环境保护产生了积极影响。通过系统的优化,裂解炉能够更高效地利用每一单位能源,减少了不必要的能源损耗和温室气体排放。生产过程中副产物的有效利用和资源的循环使用,也提高了资源的综合利用率,进一步推动了石化行业的绿色转型。这些优化措施的实施不仅符合节能减排的要求,也为企业的可持续发展和社会

的环保目标做出了积极贡献,显示出协同优化策略在提升乙烯裂解炉运行效率和推动低碳发展方面的广泛应用前景。

5 结语

通过实施协同优化策略,乙烯裂解炉的能效提升和碳排放控制取得了显著成效。优化热回收系统、智能化控制反应过程以及催化剂的改进,使得裂解炉能够更高效地利用能源,并减少温室气体的排放。该策略不仅提高了生产效率,还推动了石化行业的绿色转型。未来,随着技术的不断发展和优化,协同优化策略将在乙烯裂解炉的运行中发挥更大的作用,进一步实现可持续发展目标,助力行业向低碳、环保方向迈进。

参考文献

- [1] 张荣勋,乔德刚,周广锋,等.乙烯装置裂解炉提高乙烯收率技术探讨[J].山西化工,2025,45(03):117-118+142.
- [2] 陈永伟,王明明,赵磊,等.乙烯装置裂解炉汽包更换的施工质量控制[J].石油化工设备技术,2025,46(02):37-41+48+76-77.
- [3] 叶娟,连晓明,陈涛,等.SL-I型乙烯裂解炉辐射段炉管的损伤规律[J].机械工程材料,2025,49(01):97-103.
- [4] 李静.乙烯裂解炉炉管更换焊接修复技术研究与应用[J].中国石油和化工,2025,(01):77-79.
- [5] 王明涛,毕学文,王东,等.乙烯装置裂解炉废热锅炉封头法兰失效原因分析[J].压力容器,2024,41(12):51-59.
- [6] 王小强,杨淑萍,程中克,等.乙烯裂解炉现场标定试验及裂解工艺优化[J].石油与天然气化工,2024,53(06):35-40.
- [7] 王杰亮,余兴金,胡鹏.乙烯装置裂解炉进料流量计安装方式改造研究[J].乙烯工业,2024,36(04):61-64+73.
- [8] 陆向东,何冰彬,马重,等.乙烯裂解炉投退料过程控制回路自愈研究[J].石油化工自动化,2023,59(06):1-7.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS