

煤制烯烃工艺中的碳排放问题及减排对策分析

张化建

菏泽富海能源发展有限公司 山东菏泽

【摘要】煤制烯烃工艺是将煤炭转化为烯烃的工业过程，这一过程虽然在满足能源需求和化学品生产方面具有重要意义，但也面临着巨大的碳排放问题。随着全球对环境保护和碳排放减少的重视，煤制烯烃工艺的碳排放问题亟待解决。本文通过分析煤制烯烃工艺中的碳排放源，探讨了影响碳排放的主要因素，并提出了减排对策，包括优化工艺过程、提升能源效率、应用碳捕集与封存技术等手段。通过这些措施的实施，可以有效减少煤制烯烃工艺中的碳排放，推动可持续发展。

【关键词】煤制烯烃；碳排放；减排对策；碳捕集；能源效率

【收稿日期】2025 年 5 月 18 日

【出刊日期】2025 年 6 月 22 日

【DOI】10.12208/j.jccr.20250036

Analysis of carbon emission and emission reduction countermeasures in coal to olefin process

Huajian Zhang

Heze Fuhai Energy Development Co., Ltd., Heze, Shandong

【Abstract】 The coal-to-olefins process, an industrial method for converting coal into olefins, plays a vital role in meeting energy demands and chemical production. However, this process also faces significant carbon emission challenges. With global emphasis on environmental protection and carbon reduction, addressing the carbon footprint of coal-to-olefins technology has become imperative. This study analyzes carbon emission sources within the process, identifies key influencing factors, and proposes mitigation strategies including process optimization, enhanced energy efficiency, and implementation of carbon capture and storage (CCS) technologies. Through these measures, effective carbon reduction can be achieved in coal-to-olefins operations, thereby advancing sustainable development.

【Keywords】 Coal to olefin; Carbon emission; Emission reduction strategies; Carbon capture; Energy efficiency

引言

煤制烯烃工艺作为一种将煤转化为化学品的重要技术，已被广泛应用于全球多个地区。传统煤制烯烃工艺面临着严重的碳排放问题，其过程中的高能耗和大量二氧化碳排放对环境造成了不小的压力。随着全球应对气候变化的行动不断加剧，如何在保持生产效率的同时减少碳排放，成为业界亟待解决的难题。深入探讨煤制烯烃工艺中的碳排放问题，并提出有效的减排对策，成为实现绿色化学工业的重要方向。

1 煤制烯烃工艺中碳排放的主要来源与影响因素分析

煤制烯烃工艺作为将煤炭转化为烯烃类化学品的重要生产技术，虽然在能源转化与化学品制造方面发挥了重要作用，但其过程中的碳排放问题却日益严峻。煤制烯烃工艺的主要碳排放源包括煤的气化过程、合

成气的制备、以及烯烃产品的分离与精制等多个环节^[1]。尤其是在煤气化阶段，煤的热解反应不仅消耗大量能源，还会释放大量的二氧化碳。煤气化过程中，高温条件下的煤与氧气反应生成一氧化碳和二氧化碳，二氧化碳的排放量直接影响着整体工艺的碳排放水平。合成气制备过程中，虽然可以通过调节气化条件实现一定的能源回收，但仍难以避免二氧化碳的产生，尤其在气化炉的运行过程中，存在一定的二氧化碳直接排放现象，这也是煤制烯烃过程中碳排放的主要来源之一。

除了煤气化过程的碳排放外，烯烃合成及后续的分离过程同样会加剧二氧化碳的排放。在合成烯烃的 Fischer-Tropsch 合成反应中，虽然反应本身可以转换煤炭中的碳为烯烃类化合物，但反应条件下会产生较大数量的副产物，其中包括二氧化碳。进一步的分离与

精制阶段,也需要大量的热能和电力供给,能源的消耗与二氧化碳排放呈现正相关关系。尤其是在分离过程中,采用传统的低效热交换技术和蒸馏过程,会导致能源浪费及碳排放量的进一步增加。因此,整个煤制烯烃工艺中,不同环节的碳排放相互叠加,使得其碳排放水平非常高。

影响煤制烯烃工艺碳排放的因素多方面且复杂。煤的种类与质量、气化过程的效率、合成气的优化与利用方式,都是决定碳排放水平的关键因素。高硫、高灰分的煤炭会使得气化过程产生更多的二氧化碳及其它污染物,而煤的气化效率的提升可以在一定程度上减少二氧化碳的排放^[2]。合成气的组成及其利用效率也是一个至关重要的环节,不同的合成气处理方法及催化剂的选择会影响碳排放的量。在此基础上,整个工艺中的能源消耗也是影响碳排放的重要因素,采用高效的能源回收系统和热能利用措施有助于降低碳排放水平。对煤制烯烃工艺中各个环节的碳排放来源进行详细分析与优化,是减少碳排放的关键步骤。

2 煤制烯烃工艺中碳排放问题的现状与挑战

煤制烯烃工艺虽然在煤炭资源丰富的地区得到广泛应用,但其碳排放问题始终是业内面临的主要挑战之一。煤制烯烃工艺中的碳排放大部分来源于气化炉和合成气处理过程。在煤气化过程中,煤炭的热解反应会直接释放大量的二氧化碳,尤其是在传统气化技术下,二氧化碳的排放量非常高。尽管气化过程中有一定的二氧化碳回收和利用的尝试,但现有技术仍难以避免二氧化碳的高排放水平^[3]。此现象在全球能源结构向低碳转型的背景下,越来越受到关注。对于煤制烯烃工艺而言,如何降低二氧化碳排放,已成为一项亟待解决的问题。

煤制烯烃工艺面临的另一个挑战是合成气的利用效率与烯烃合成反应中的副产物问题。虽然煤气化制得的合成气主要由一氧化碳和氢气组成,这些气体可以用于合成烯烃,但合成过程中的碳转化效率并不完美,副产物中的二氧化碳往往占据了较大比例。尤其是 Fischer-Tropsch 合成反应中,碳和氢的转化过程伴随着一定量的二氧化碳生成。随着合成气的不断消耗和烯烃产品的不断分离,这一过程产生的二氧化碳难以避免。烯烃分离与精制环节所需要的高能耗,也使得整个过程的碳排放问题更加严重,导致了煤制烯烃工艺难以满足低碳环保的要求。

煤制烯烃工艺的碳排放问题亟需解决,但现有的技术手段和措施尚未能有效遏制其碳排放水平。虽然

一些企业和科研机构已经尝试通过优化煤气化工艺、改进催化剂、以及提高合成气利用效率来降低排放,但这一过程中仍然存在大量技术难题^[4]。如何提升碳捕集与封存技术的效率,如何降低煤气化过程中的能量损失,如何提升催化剂在合成反应中的碳转化效率,都是当前工艺优化中的关键挑战。针对这些问题,如何实现煤制烯烃工艺的绿色转型,减少碳排放,仍然是业界的重大难题。

3 煤制烯烃工艺减排对策的实施路径与技术优化

为应对煤制烯烃工艺中的碳排放问题,减少碳排放的关键在于提高煤气化过程的能效和优化反应路径。在煤气化过程中,气化炉的工作效率直接决定了二氧化碳的排放量。提高气化效率,减少煤炭在气化过程中的能量浪费,有助于降低碳排放。采用先进的气化技术如超临界水气化技术或双流化床气化技术,这些技术能够在更高的温度和压力下高效转化煤炭,提高反应速率并降低二氧化碳的生成^[5]。通过优化气化条件、改进反应器设计以及提升催化剂的性能,可以在不降低产物质量的情况下,实现更高的能效和更低的碳排放。此外,完善的碳捕集与封存技术(CCS)在气化过程中的应用,也能够有效降低二氧化碳的排放,实现煤制烯烃工艺的低碳排放目标。

在合成气的利用方面,通过提升气体转化效率来减少二氧化碳排放同样具有重要意义。优化合成气的组成,控制一氧化碳与氢气的比例,是提高烯烃合成反应效率的关键。通过改进 Fischer-Tropsch 合成反应的催化剂和反应条件,可以大幅度提升烯烃的产率,同时减少副产物的生成,尤其是二氧化碳的排放。新型催化剂的开发,如基于纳米技术的催化剂,能够显著提高反应的选择性,减少不必要的副反应,从而降低二氧化碳的排放。此外,采用先进的分离技术,如膜分离技术或超临界流体分离技术,不仅可以提高分离效率,降低能耗,还能有效减少分离过程中的碳排放。

在整体工艺的优化上,能源的高效利用和回收至关重要。通过建立闭路循环系统、回收废热和废气中的有用能源,可以大幅度降低工艺中的能源消耗,从而减少二氧化碳的排放。加强热电联产技术的应用,使得在烯烃合成过程中产生的热能可以用于电力生产或其他工艺需求,从而降低外部能源输入的需求,进一步减少工艺碳排放^[6]。结合生物质等可再生能源与煤制烯烃工艺的联合应用,可以实现能源多元化,为减排提供更多的可能性。通过上述技术优化与综合减排措施的实施,煤制烯烃工艺有望在未来逐步实现绿色转型,向低碳

化、环保型生产模式发展。

4 推动煤制烯烃工艺可持续发展的碳排放控制策略

推动煤制烯烃工艺可持续发展的关键在于建立一套完善的碳排放控制体系,这不仅需要在技术层面上进行创新,还要通过政策和市场机制的引导,促进低碳化技术的普及与应用。技术方面,煤制烯烃工艺的碳排放控制策略可以从多个环节进行优化。在煤气化过程中,通过选择低碳排放的气化技术,如氧气气化或空气气化联合催化气化技术,可以提高煤的转化率,减少二氧化碳的直接排放^[7]。采用高效的碳捕集与封存(CCS)技术,能够将产生的二氧化碳有效捕获并加以封存,避免其排入大气。改进催化剂和优化反应条件是进一步减少二氧化碳排放的有效手段,通过提高烯烃合成反应的选择性和反应效率,减少副产物的形成,实现低碳、高效生产。

在工艺系统的整体优化中,能源效率的提升是实现煤制烯烃工艺可持续发展的另一重要方面。通过加强能源回收和热能利用,可以有效减少工艺中不必要的能源消耗,从而降低碳排放。采用高效的热交换系统和先进的热电联产技术,不仅可以回收生产过程中产生的废热,还能将废气中的可利用能源加以再利用,从而减少对外部能源的依赖,降低整体碳足迹。在分离与精制过程中的优化,也能通过减少能源消耗,进一步降低碳排放。应用膜分离、低温蒸馏等先进技术,有效提升分离效率,减少不必要的热能投入,减轻碳排放的负担。

在政策和市场机制方面,政府应通过政策引导与激励措施,推动煤制烯烃工艺的绿色转型。对于企业而言,应鼓励采用清洁能源和低碳技术,提供资金支持和税收优惠,以减轻其转型过程中的经济压力^[8]。建立碳交易市场和碳定价机制,也能够通过市场的力量促使企业在生产过程中更加注重碳排放的控制。通过完善的政策体系,企业可以获得足够的动力去投资碳减排技术,从而推动煤制烯烃工艺向低碳、可持续发展方向迈进。政府可以通过加强行业标准的制定和监管,确保企业严格按照低碳排放标准进行生产,推动行业整体的绿色转型进程。

5 结语

煤制烯烃工艺在满足能源和化学品需求的同时,

面临着巨大的碳排放挑战。为实现可持续发展,必须采取一系列技术优化和减排措施,包括提升煤气化效率、改进合成气处理技术和加强能源回收利用。碳捕集与封存技术的应用,及通过政策引导和市场机制的支持,将为工艺转型提供有力保障。随着技术的不断进步和绿色政策的推动,煤制烯烃工艺的碳排放问题有望得到有效解决,走向低碳、环保的生产路径。这不仅能提升行业的竞争力,也为全球应对气候变化贡献力量。

参考文献

- [1] 张运舸,包哲静,尹建兵,等.综合能源系统损耗碳排放责任的源荷双向分摊方法[J/OL].电力自动化设备,1-15[2025-07-21].
- [2] 谭斌,赖欣蕾,廖用开,等.基于燃气加热和电加热方式的有机污染土壤原位热脱附修复能耗及碳排放特征研究[J/OL].环境工程学报,1-17[2025-07-21].
- [3] 矫金池,孙健,倪训友.城市网约车与巡游出租车动态博弈及碳排放效应研究[J/OL].浙江大学学报(工学版),1-12[2025-07-21].
- [4] 吕旭.综合地质勘察法在内蒙古某煤制烯烃项目中的应用研究[J].建筑机械,2025,(07):280-283.
- [5] 乔冰,林晶晶.中国综合交通清洁低碳发展对策及减排效果评估与展望[J].中国航海,2025,48(02):151-158.
- [6] 张昕宇.煤制烯烃项目废碱焚烧锅炉炉衬损毁原因分析及处理[J].大氮肥,2025,48(03):148-151+166.
- [7] 郭彦锐.节能减排理念下生态环境治理的困境与优化对策分析[J].清洗世界,2025,41(05):111-113.
- [8] 刘飞.煤制烯烃高盐水冷冻结晶分盐工艺技术的应用与研究[J].中国煤炭,2025,51(04):160-166.

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