

煤制油过程中温室气体排放的估算与减排策略

陈丽 王思杨

国能集团宁夏煤业煤制油分公司 宁夏 银川 750411

摘要：煤制油过程在能源生产中占据重要地位，但其温室气体排放问题亦不容忽视。本文首先探讨了煤制油过程中温室气体排放的估算方法，旨在准确量化排放源与排放量。还提出了针对性的减排策略，包括节能技术与装备的应用、工艺优化与改进与碳捕获与封存技术（CCS）等，以降低煤制油过程中的温室气体排放。这些措施的实施对于推动煤制油行业向更环保、更高效的方向发展具有重要意义。

关键词：煤制油；温室气体排放；减排策略

引言：煤制油技术以其独特的能源转化能力，在能源供应紧张的背景下扮演着关键角色。然而，这一技术的运用同时也伴随着显著的温室气体排放，给全球气候变化带来了挑战。为了平衡能源需求与环境保护之间的关系，我们必须深入研究煤制油过程中的温室气体排放问题，精确估算其排放量，并寻求有效的减排策略。这不仅是技术革新的需要，更是对可持续发展理念的深刻践行。

1 煤制油过程概述

煤制油是一种将煤炭转化为液体燃料的技术，其过程复杂且需要精细的操作。以下是煤制油过程的概述：煤制油过程主要分为直接液化和间接液化两种类型，直接液化是将煤炭在高温高压条件下，通过催化剂的作用，直接转化为油品。这种工艺的优点是油品收率高，但设备投资大，操作条件苛刻。在直接液化过程中，首先将煤炭进行破碎、筛分、干燥等预处理，然后在特定的反应器中，通过催化加氢反应使煤液化直接转化成液体燃料。这些液体燃料在精制后可制得优质的汽油、柴油和航空燃料等。另一种工艺是间接液化，该工艺首先将煤炭在高温高压条件下转化为合成气（主要成分为一氧化碳和氢气）。然后，合成气经过净化处理，去除其中的杂质，以保证后续费托合成的顺利进行^[1]。在费托合成阶段，合成气在催化剂的作用下，经过一系列反应转化为烃类化合物，进而形成液体烃产品。这些液体烃产品包括汽油、柴油和燃料油等，需要进行一系列的分离和精制步骤，以得到符合标准的石油产品。在整个煤制油过程中，会产生大量热能和废气等，对这些余热和废气进行有效利用和处理，是煤制油工艺中非常重要的一个环节。此外，煤制油工艺还需要密集的设备和技术支持，同时还需要大量的能源资源。煤制油是一种重要的能源转化技术，具有高热值、低污染、长寿命等优点，

广泛应用于汽车、船舶、工业、发电等领域。煤制油流程如下图1所示。

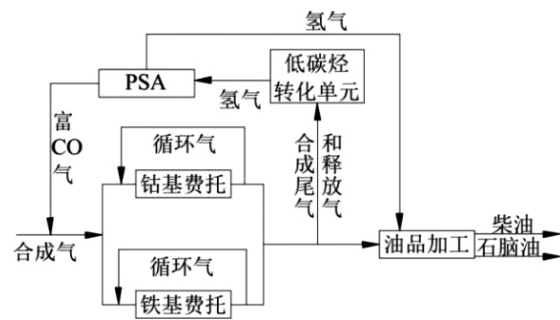


图1 煤制油流程

2 煤制油过程中温室气体排放的估算方法

2.1 物料衡算法

煤制油过程中温室气体排放的估算方法中，物料衡算法是一种常用且基础的方法。这种方法基于质量守恒原理，通过计算煤制油过程中煤炭的输入量、油品的输量以及副产品的生成量，来间接估算二氧化碳（CO₂）的排放量。具体来说，物料衡算法首先需要确定煤制油工艺中煤炭的消耗量，这通常可以通过记录煤炭的采购量、库存变化以及实际使用量等数据来获取。接着，需要了解煤制油工艺的转化率，即煤炭转化为油品的比例，以及副产品的生成比例。这些比例数据通常可以通过实验测定或参考相似工艺的数据来获取。在获取了上述数据后，物料衡算法通过计算煤炭中的碳含量与油品和副产品中的碳含量之差，来估算出煤制油过程中二氧化碳的排放量。这个计算过程需要考虑碳在煤炭、油品和副产品中的分布情况以及碳的转化效率等因素。物料衡算法的优点在于其原理简单、操作方便，且能够较为准确地估算出煤制油过程中的二氧化碳排放量。然而，这种方法也存在一定的局限性，比如需要获取准确的煤炭消耗量和工艺转化率等数据，而这些数据往往难以准

确获取。因此，在实际应用中，物料衡算法通常需要与其他估算方法相结合，以提高估算的准确性和可靠性。

2.2 排放因子法

煤制油过程中温室气体排放的估算方法中的排放因子法是一种广泛应用的计算方法。这种方法基于特定的排放因子（EF），即与特定活动或过程相关的单位温室气体排放量，来估算整个煤制油过程中温室气体的总排放量。在使用排放因子法时，需要确定煤制油过程中的关键活动或过程，如煤炭的燃烧、油品的生产等。然后，针对每个活动或过程，查找或计算出相应的排放因子。一旦获得了排放因子，就可以将其与煤制油过程中的活动水平数据（AD）相乘，从而得到该活动或过程的温室气体排放量。活动水平数据通常包括煤炭的消耗量、油品的生产量等。通过将所有关键活动或过程的排放量相加，就可以得到整个煤制油过程的温室气体排放总量。排放因子法的优点在于其简单易行，且能够较为准确地估算出煤制油过程中的温室气体排放量^[2]。然而，该方法也存在一定的局限性，如排放因子的准确性受到多种因素的影响，包括原料煤的种类、燃烧方式、设备效率等。因此，在实际应用中，需要根据具体情况选择合适的排放因子，并对其进行必要的修正和调整。

2.3 实测法

在煤制油过程中，温室气体排放的实测法是一种直接且精确的估算方法，这种方法通过在实际生产线上安装温室气体监测设备，直接测量并记录温室气体（如二氧化碳、甲烷等）的排放量。实测法的关键在于选择适当的监测设备和监测点，在煤制油过程中，可能的监测点包括煤炭燃烧炉、反应器、分离器等关键环节，这些监测点应能够全面反映整个生产过程的温室气体排放情况。监测设备需要定期校准和维护，以确保测量数据的准确性和可靠性。同时，实时监测数据还需要经过处理和分析，以得到准确的温室气体排放量。实测法的优点在于其数据直接来源于实际生产过程，具有较高的准确性和可靠性。此外，通过实时监测，企业还可以及时发现并处理温室气体排放异常情况，从而及时采取措施减少排放。

3 煤制油过程中温室气体减排策略

3.1 节能技术与装备的应用

在煤制油过程中，节能技术和装备的应用成为减少温室气体排放的关键手段。通过采用高效节能设备、优化生产流程和提高能源利用效率，可以显著降低能源消耗，从而减少温室气体排放，推动煤制油行业的绿色发展。以下是几种有效的节能技术与装备的应用方法：

（1）过程优化和热集成：通过改进煤制油的工艺流程，减少能量消耗和不必要的热损失。利用计算机模拟和工艺模拟软件，可以对整个过程进行优化设计，实现能量和物料的更有效利用。（2）高效能源设备：引入高效的锅炉、换热器和泵等能源设备，可以提高能量转换效率，减少能源消耗。采用变频调速技术调整泵和风机的运行速度，以适应生产过程中的实际需求，避免不必要的能源浪费。（3）回收废热：利用余热回收系统收集工艺过程中产生的废热，用于加热或产生电力。这不仅可以降低外部能源需求，还能显著减少温室气体排放。（4）优化原料结构：通过提高煤炭的利用效率和选择更环保的原料，可以减少温室气体的产生。例如，使用先进的煤炭预处理技术，去除杂质，提高碳转化率。（5）能量管理系统：实施企业级别的能量管理系统（EMS），对整个厂区的能量流进行监控和调度。通过数据分析和实时监控，优化能源分配，确保设备运行在最佳状态。

3.2 工艺优化与改进

在煤制油过程中，工艺优化与改进是减少温室气体排放的关键策略，这一策略不仅体现了对环境保护的深刻认识，也展现了工业技术发展的前沿方向。原料煤的优化选择至关重要，选取低硫、低灰分的高质量煤炭，可以显著降低燃烧过程中硫氧化物和颗粒物的排放，这不仅有助于改善空气质量，还能减少温室气体的间接排放。这种优化选择不仅是对原料的严格筛选，更是对整个煤制油工艺环境友好性的全面提升。原料煤的预处理同样不容忽视，通过破碎、筛分、干燥等步骤，煤炭的物理性能得到改善，燃烧效率得以提升，进而减少能源消耗和温室气体排放。这种预处理技术不仅提高了煤炭的利用率，也为煤制油过程的高效、低排放奠定了基础^[3]。在煤制油工艺的优化中，反应条件的精准控制和催化剂的选择也起到了关键作用。通过优化反应条件，如温度、压力、反应时间等，可以提高煤制油过程的转化率和选择性，减少副产品的生成和能源的浪费。同时，采用先进的催化剂和反应器设计，可以进一步提高煤炭的液化效率和油品质量，实现煤制油过程的高效、绿色生产。通过回收和利用废气、废水、废渣等资源，可以减少新资源的消耗和废弃物的排放。这种循环经济的理念不仅降低了生产成本，也为煤制油过程的可持续发展提供了有力支持。

3.3 碳捕获与封存技术（CCS）

在煤制油过程中，碳捕获与封存技术（CCS）是一项关键的温室气体减排策略。该技术通过捕获煤制油过程

中产生的二氧化碳(CO₂),并将其安全地封存在地下或海底等长期与大气隔绝的地方,从而显著减少温室气体的排放。CCS技术包括碳捕获、运输和封存三个主要环节。第一在煤制油过程中安装碳捕获装置,将产生的二氧化碳从排放源中分离出来。这些装置通常基于化学吸收、物理吸附或膜分离等技术,能够有效地捕获二氧化碳。第二捕获的二氧化碳需要通过管道或船只等运输方式,被输送到封存地点。在运输过程中,需要确保二氧化碳不会泄漏到大气中,因此需要采用密封性良好的运输设备和严格的操作流程。第三在封存地点,二氧化碳被注入到地下深层或海底的岩石孔隙中,这些岩石孔隙具有足够的容量和稳定性,能够长期安全地封存二氧化碳。在封存过程中,需要进行严格的监测和管理,以确保二氧化碳不会泄漏到大气中,并且不会对环境和生态系统造成负面影响。CCS技术在煤制油过程中的应用具有显著的减排效果,通过捕获和封存煤制油过程中产生的二氧化碳,可以大幅度减少温室气体的排放,降低对全球气候变暖的贡献。此外,CCS技术还可以促进煤炭资源的清洁利用和可持续发展,为煤制油行业的绿色转型提供有力支持。需要注意的是,CCS技术虽然具有显著的减排效果,但其建设和运营成本较高,需要政府、企业和科研机构等各方共同努力推动其发展和应用。同时,在CCS技术的推广和应用过程中,也需要充分考虑其对环境和生态系统的影响,确保技术的安全性和可持续性。

3.4 替代能源与可再生能源的利用

替代能源和可再生能源在煤制油过程中的应用,不仅对于实现温室气体减排目标具有显著效果,而且对于推动绿色能源革命和可持续发展具有深远意义。利用天然气替代煤炭作为煤制油的原料,其燃烧产生的二氧化碳排放远低于煤炭,能够有效减少温室效应。同时,天然气中的硫含量较低,燃烧时产生的硫氧化物等有害气体也大大减少,对空气质量的改善有着积极作用。这种清洁能源的利用,不仅有助于降低煤制油过程的环境

污染,也为能源结构的转型提供了有力支持。在生物质能源方面,其作为煤制油的替代燃料,不仅减少了碳排放,还实现了农业废弃物和城市生活垃圾的资源化利用。这些废弃物经过处理转化为生物质能源,不仅可以为煤制油过程提供清洁能源,还能减少废弃物的堆积和环境污染,实现资源的循环利用。可再生能源如太阳能、风能和水能的利用,为煤制油过程提供了更为绿色、低碳的能源供应。太阳能可以用于煤制油过程中的照明、生产及供热等方面,风能和水能则可以转化为电能或热能,为煤制油过程提供动力支持。这些可再生能源的利用,不仅减少了化石燃料的消耗和温室气体排放,还提高了能源利用效率,推动了煤制油过程的可持续发展。替代能源和可再生能源在煤制油过程中的应用,对于实现温室气体减排目标、推动绿色能源革命和促进可持续发展具有重要意义。我们应当积极推广这些清洁能源的利用,为构建更加绿色、低碳的能源体系贡献力量。

结语

未来,煤制油行业面临着巨大的挑战与机遇。为了实现行业的可持续发展,我们必须坚定不移地推进技术创新,不断优化工艺流程,以减少温室气体排放并提高能源利用效率。这不仅需要行业内外的共同努力,也需要企业和社会各界的支持与合作。通过技术创新和工艺优化,煤制油行业将能够更好地适应能源市场的变化,满足社会对于清洁、高效能源的需求,为构建低碳、环保的能源体系贡献更大的力量。

参考文献

- [1]李华,张明.煤制油过程中温室气体排放估算及减排潜力分析[J].石油学报(石油加工),2023,39(2):345-352.
- [2]王晓红,刘强.煤制油工艺温室气体排放特征及减排技术研究[J].化工进展,2022,41(S2):283-289.
- [3]陈晓宇,赵丽.煤制油工业中二氧化碳排放控制及减排技术研究进展[J].环境科学与管理,2022,47(6):61-65.