

Research on the Preparation of High Value-added Chemicals from Coal Tar under Different Process Conditions

Ya Tu

Coal and Coke Chemical Branch of Baogang Steel Union Co., Ltd., Baotou, Inner Mongolia, 014010, China

Abstract

In this paper, the composition analysis and conversion mechanism of coal tar are discussed, the influence of pyrolysis and main processes on the preparation of high value-added chemicals from coal tar is analyzed, the key factors for optimizing product quality and conversion efficiency are proposed, and the application fields and market prospects of high value-added chemicals are introduced. The purpose of this paper is to provide a theoretical basis and process reference for the efficient utilization of coal tar and the production of high value-added chemicals. Through the adjustment of different process conditions, the selective conversion of complex components in coal tar can be realized, so as to produce a variety of market-competitive chemicals. The pyrolysis process can not only improve the conversion efficiency, but also significantly reduce the emission of pollutants, which meets the environmental protection requirements of modern industry.

Keywords

coal tar; high value-added chemicals; pyrolysis

不同工艺条件下煤焦油制备高附加值化学品的研究

图雅

包钢钢联股份有限公司煤焦化工分公司, 中国·内蒙古 包头 014010

摘要

论文探讨了煤焦油的成分分析和转化机制, 分析了热解、主要工艺对煤焦油制备高附加值化学品的影响, 提出了优化产品质量和转化效率的关键因素, 介绍了高附加值化学品的应用领域和市场前景。论文旨在为煤焦油高效利用及其高附加值化学品的生产提供理论依据和工艺参考。通过不同工艺条件的调整, 可以实现煤焦油中复杂组分的选择性转化, 从而生产出多种具有市场竞争力的化学品。热解工艺不仅能够提高转化效率, 还能显著减少污染物的排放, 符合现代工业的环保要求。

关键词

煤焦油; 高附加值化学品; 热解

1 引言

煤焦油的高效转化和综合利用已成为煤化工领域研究的重点, 随着能源需求的增长和环保要求的日益严格。传统的煤焦油处理方式多以燃料利用为主, 但逐渐不能满足现代工业对环保和效益的要求, 因为煤焦油热值低, 污染物大量产生。通过将芳烃、酚类、沥青等煤焦油中的有机组分转化为高附加值的化学物质, 在提高其经济效益的同时, 还可以高效利用资源。煤焦油的组分可以在不同的工艺条件下发生变化, 产生更有市场价值的产品。但煤焦油复杂的化学结构使其转化过程在技术上面临较大挑战, 产品的产率、质量、种类等都受到不同工艺条件的显著影响。

2 煤焦油的基本性质

2.1 煤焦油的成分分析

煤焦油是煤在高温干馏过程中分解形成的一种复杂混合物。根据其沸点范围, 可分为轻质、重质及沥青质组分, 其中轻质部分富含低分子量的芳香烃和酚类物质, 重质部分则包含较多的多环芳烃及杂环化合物, 而沥青质部分则主要是高分子量、复杂结构的化合物。煤焦油中芳香烃类化合物如苯、甲苯和二甲苯, 是重要的化工原料, 在合成塑料、橡胶和染料中具有广泛应用^[1]。酚类化合物包括苯酚、甲酚和二甲酚等, 是生产树脂、医药、农药的重要原料。杂环化合物如吡啶、喹啉则具有显著的药用和催化特性。煤焦油的成分复杂性使得其在转化过程中具有较高的选择性和反应性, 为其后续制备高附加值化学品提供了丰富的原料基础。煤焦油如图1所示。

【作者简介】图雅(1982-), 女, 蒙古族, 本科, 工程师, 从事煤焦化研究。



图1 煤焦油

2.2 煤焦油的转化机制

复杂的化学反应路径涉及到煤焦油的转化机制。在热解过程中，高温条件下，煤焦油中的大分子有机物质发生裂解反应，生成烃类化合物和气体产物，分子量很低。煤焦油的转化主要通过热解工艺进行。热解过程中，大分子有机物质裂解生成低分子量的烃类化合物和气体产物。热解过程中的温度控制和加热速率对于产物选择性和转化效率具有重要影响。主要表现为碳氢键断裂与芳香化合物生成过程的芳香化反应是煤焦油转化的核心反应之一。通过对不同反应条件下的自由能变化的控制，能够优化反应路径，提高目标化学品的产率和选择性。

3 煤焦油制备高附加值化学品的主要工艺

3.1 热解工艺

热解工艺的过程一般在无氧或缺氧条件下进行，主要生成气体、液体和固体产物。气体产物以氢气、甲烷等轻质气体为主，液体产物中富含芳烃、酚类、烯烃及其他中间化合物，而固体部分主要是炭质残留物。热解的温度和升温速率对产物的组成和产率具有重要影响，例如低温热解倾向于生成更多的液体产物，而高温条件则促进气体产物的形成^[2]。通过调控热解条件，能够提高特定目标产物的选择性和产率。热解工艺不仅适用于焦油的转化，还能够结合其他工艺，如二次热解、蒸汽裂解等，以进一步优化产物质量。热解技术的研究重点集中在催化热解和共热解技术，引入不同类型的催化剂或其他有机物共热解，显著提升高附加值化学品的产量和选择性。

3.2 催化热解工艺的优化及新兴应用

催化热解工艺与传统的热解相比，催化热解能够在较低温度下实现更高的转化效率，且具有更高的产品选择性。在催化热解中，催化剂的种类、表面积、活性位点的分布等都直接影响产物的组成和产率。目前，金属氧化物、酸性分子筛和碱性材料等催化剂被广泛应用，其中酸性分子筛由于其独特的微孔结构和较高的酸性位点，能够有效促进芳烃的生成。同时，碱性催化剂可以通过调节反应路径，增加气体产物如氢气和甲烷的产出。

传统催化剂在高温高压下容易失活，因此近年来的研究重点集中在开发新型催化剂材料，如纳米级金属氧化物催

化剂和复合材料催化剂。这些新材料不仅具备更强的抗积碳能力，还能够通过增强催化剂的比表面积和增加活性位点的暴露，提高反应活性和选择性。此外，固定床反应器和流化床反应器的优化设计，也进一步提升了催化热解的工业应用效率。特别是在流化床反应器中，通过调控气固相的流动速度，能够确保反应的均匀性，从而减少局部过热和积碳现象，延长催化剂的使用寿命^[3]。

3.3 催化热解的工业应用

催化热解技术在工业应用中展现了广阔的前景，尤其是在化学品生产和能源转化领域。通过催化热解，煤焦油可以高效地转化为高附加值的化学品，如苯、甲苯、二甲苯等芳烃类化合物，广泛用于合成树脂、塑料、橡胶等工业领域。催化热解技术还能够与其他能源转化技术结合使用，如生物质共热解和蒸汽裂解等，为提高能源利用率和减少温室气体排放提供了新的途径。

4 不同工艺条件对产品质量的影响

4.1 温度对转化效率的影响

温度是煤焦油转化过程中直接影响着反应速率、产物分布以及最终的转化效率。在热解工艺中，温度的升高可以加速大分子有机物的裂解反应，促使更多的碳氢键断裂，生成较多的小分子产物和气体。低温热解（如500℃以下）通常会生成更多的液体产物，如酚类和轻质芳烃类物质，而高温条件下（800℃以上）则有助于增加气体产物如氢气和甲烷的产率^[4]。温度的提高通常会增强碳链裂解和芳构化反应，促进芳烃和轻质烃类化合物的生成，但过高的温度可能导致催化剂的失活或积炭问题，降低反应效率。控制温度在一个适宜的范围内，既能确保较高的转化效率，又能提高目标产品的选择性，是优化煤焦油转化过程的关键。

4.2 催化剂类型及用量的影响

催化剂在煤焦油的转化过程中起着重要的作用，它不仅影响反应的活化能，还直接决定着产物的种类和选择性。不同类型的催化剂具有不同的活性中心和酸性位点，能够选择性地促进某些特定反应的进行。催化剂在热解工艺中的作用不可忽视。不同类型的催化剂对产物分布有显著影响。例如，金属氧化物催化剂可以促进酚类化合物的生成，而酸性催化剂可以提高芳烃类物质的产率。

5 高附加值化学品的应用及市场前景

5.1 典型高附加值产品种类

经过不同工艺的改造，煤焦油可以生产出在不同工业领域有着重要应用的多种高附加值的化学物质。生产合成树脂、塑料、橡胶、染料等材料的重要基础原料是芳香烃类化合物，如苯、甲苯、二甲苯等。酚类化合物包括苯酚、甲酚、二甲酚等，在生产酚醛树脂、农药、医药中间体等方面都有广泛的应用。具有特殊生物活性的杂环化合物吡啶（吡啶）、INDOLE、喹啉（喹啉）等在医药、农药、催化剂等

领域应用广泛^[5]。路面铺设、防水材料制备等均可采用焦油中的沥青成分，市场需求量较高。通过催化裂解或加氢工艺，煤焦油还可以转化为既有较高经济价值，又能满足市场对清洁能源需求的柴油、航空煤油等液体燃料。通过不同工艺的优化，大幅度提高煤焦油向高附加值化工品转化的产率和质量，从而促进煤化工产业提档升级，实现可持续发展。

5.2 市场需求分析

高附加值化学品在合成材料、医药、农药和能源领域的需求量持续增长。根据市场数据，全球对芳烃类化学品的年需求量已超过 5000 万吨，且以每年 4%~5% 的速度增长。酚类化合物的市场需求也在稳步上升，全球苯酚的年需求量

已达到 1100 万吨，特别是在电子材料和塑料制造领域表现强劲。液体燃料的需求同样巨大，随着全球能源结构的调整，清洁燃料的需求预计在未来十年内将保持 3%~4% 的年增长率。杂环化合物如吡啶和呋喃的需求主要集中在制药和农药行业，这类化合物的年市场需求量已达到数百万吨。随着基础设施建设的加速，沥青材料的市场需求预计也将继续扩大。通过不同工艺将煤焦油转化为这些高附加值产品，不仅能够满足市场需求，还能够显著提高煤化工行业的经济效益。高附加值化学品在未来市场中具有广阔的增长空间和稳定的需求基础。高附加值化学品的全球年需求量及增长率如表 1 所示。

表 1 高附加值化学品的全球年需求量及增长率

产品类别	年需求量 (万吨)	年增长率 (%)
芳香烃类	5000+	4%~5%
苯酚类	1100	3%~4%
液体燃料	10000+	3%~4%
杂环化合物	200	2%~3%
沥青	1500+	5%

6 结语

作为一种复杂的有机化合物混合物，煤焦油经热解等工艺处理后，可有效转化为芳香烃、酚类、杂环化合物等多种高附加值的化学物质。通过优化热解条件，能够显著提高目标化学品的产率和选择性。适当控制温度，优化催化剂的种类和用量，可以显著提高目标化学品的产率，温度和催化剂是影响转化效率和产品选择性的关键因素。市场分析认为，煤焦油高附加值化学品市场前景广阔，因全球对清洁能源、合成材料和化工产品的需求日益旺盛。未来煤焦油的高效利用，将通过技术的不断优化和工艺的改进，使其经济效益得到进一步提升，促进煤化工产业的可持续发展。

参考文献

- [1] 赵渊. 中低温煤焦油重质馏分的化合物组成及表征[J]. 煤质技术, 2024, 39(3): 13-20.
- [2] 辛利, 李京芳, 季超, 等. 催化裂化汽油催化裂解生产化学品工艺研究[J]. 当代化工, 2024, 53(4): 769-773.
- [3] 杨军, 李斌, 牛小强, 等. 中低温煤焦油中酚类化合物的分离研究进展[J]. 广州化工, 2024, 52(2): 24-26.
- [4] 常秋连, 何国锋, 陈明波, 等. 煤焦油深加工技术分离提取高值化学品研究进展[J]. 煤质技术, 2023, 38(4): 10-20.
- [5] 曹菲. 木质素及其模型化合物选择性转化制备高附加值化学品的研究[D]. 常州: 常州大学, 2023.