

微型流化床中焦油裂解动力学研究

岳君容¹, 豆晓阳¹

(1.中国科学院过程工程研究所, 北京 100190)

摘要: 煤、生物质及固废等含碳燃料的清洁利用成为解决现如今能源短缺与环境污染问题的关键。基于已有的微型流化床系统, 建立了一套双流化床系统, 通过将热化学反应解耦在不同反应器进行清洁高效利用。装置由快速反应的微型下行床区域及慢速反应的微型流化床区域组成, 以生物质为例, 采用下行床模拟生物质气化的快速热解阶段, 流化床区域进行焦油的二次裂解提质得到高品质的燃气。用四级杆过程质谱在线连续测量主要裂解气体 ($\text{CO}, \text{CO}_2, \text{H}_2, \text{CH}_4, \text{C}_2\text{H}_4$) 的释放特性, 结合色谱测量的气体浓度分析焦油的裂解行为, 进而进行动力学求解。利用双流化床装置能够研究固体燃料的原位转化行为, 同时利用不同分区的解耦特性来减少污染物提高目标产物品质。

关键词: 解耦转化; 微型流化床; 清洁利用; 焦油裂解

中图分类号: (请在 <http://www.ztflh.com> 查询) **文献标识码:**

Kinetics of tar cracking in micro fluidized bed

Yue Junrong¹, Dou Xiaoyang¹

(1. Institute of process engineering, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract: The clean utilization of carbonaceous fuels such as coal, biomass and solid waste has become the key to solve the problems of energy shortage and environmental pollution nowadays. Based on the existing micro fluidized bed system, a dual fluidized bed system was established for clean and efficient utilization by decoupling thermochemical reactions in different reactors. The device consists of a fast-reacting micro downward bed region and a slow-reacting micro fluidized bed region. Taking biomass as an example, the downward bed is used to simulate the fast pyrolysis stage of biomass gasification, and the fluidized bed region carries out the secondary cracking and refining of tar to obtain high-quality gas. The release characteristics of the main cracking gases ($\text{CO}, \text{CO}_2, \text{H}_2, \text{CH}_4, \text{C}_2\text{H}_4$) were continuously measured online by four-stage rod process mass spectrometry, and the cracking behavior of the tar was analyzed in combination with the gas concentrations measured by chromatography, which was then used for kinetic solving. The

use of a dual fluidized bed device enables the study of the in-situ conversion behavior of solid fuels, while the decoupling characteristics of the different zones are utilized to reduce pollutants and improve the quality of the target products.

Keywords: Decoupled conversion; Micro fluidized bed; Clean utilization; Tar cracking

实现碳中和或碳净零排放是将全球气温恢复到工业化前水平的一个重要目标^[1]。生物质被认为是二氧化碳中性能源^[2]，消耗生物质释放 CO₂ 可以通过生物质或生物燃料生长期间所吸收的 CO₂ 来平衡。在世界能源结构急需调整的今天，充分发挥生物质能的优势，可以有效缓解化石燃料短缺，全球气候变暖以及大气污染等亟待解决的问题。目前，气化技术被广泛认为是生物质利用的一种有竞争力的选择，它可以有效地将低质量的生物质废物转化为有价值的合成气和燃料气。然而，对于中低温气化过程，焦油是不可避免的液体副产物^[3]，在露点温度以下，焦油会迅速冷凝，带来许多操作和环境问题，如堵塞和堵塞下游设备和管道，中毒催化剂，产生含酚废水和刺激性气体因此，研究生物质气化过程中焦油的脱除和清洁转化技术是生物质气化的关键。

Bridgewater^[4]研究发现可以通过流化床气化炉中的热裂解来减少焦油。热裂解法是通过将热解或气化生成的产品气体进行高温加热，使焦油分子裂解成轻质气体^[5]。基于已有的微型流化床系统，建立了双流化床系统，进行原位焦油热裂解的动力学分析，对新的气化工艺及焦油脱除器的设计开发提供帮助。

1 试验部分

1.1 仪器

本研究基于已有的微型流化床系统，建立了双流化床系统，在等温条件下进行原位生物质焦油的催化裂解实验。如图 1 所示，反应装置主要由供气单元、石英管反应器、加热炉、进料单元、净化单元、气体分析系统以及控制和数据记录系统。石英反应器由两个部分组成，第一部分为沉降床反应区用于生物质快速热解生成原位热态焦油，经过预实验调整中间段倾斜角度，使得生物质半焦停留在中间区域以消除自身焦炭对焦油裂解的影响，挥发分整体经过中间保温层流入二级流化床反应区。对于供气单元，通过一系列气体质量流量计调控所有气体流量，选择高纯氩气（high-purity Ar）作为生物质在沉降床初次热解的惰性气氛，同时用于流化床中的颗粒流化，使用压缩空气燃烧附着在反应器壁的残留物。加热控制部分由两根位于炉外的热电偶和一根插入流化床区域的热电偶组成，用于控制两个反应区的温度并检