

2025年山东省自然科学奖申报项目情况公示

项目名称：生物质热解异相界面重构与限域催化芳构化理论及方法

提名者及提名意见：

提名者：山东省教育厅

提名意见：

该项目针对热解转化效率低、转化定向性及稳定性差等难题，在国家自然科学基金、国家重点研发计划等项目资助下，阐明了高热容特性与辐射传热效应对热解聚反应的协同控制规律，解析了生物质结构演变与关键官能团断键规律，创建了动态耦合界面重构方法，揭示了生物质定向解聚、脱氧及芳构化反应的动态调控规律，形成了原位催化深度热解芳构化理论及方法。相关研究成果发表于 Chem. Eng. J.、Energ. Convers. Manage. 等期刊，成果得到国内外著名学者的高度肯定，被 Bioresour. Technol.、J. Anal. Appl. Pyrolysis 等杂志广泛引用。该项目研究系统深入，研究成果创新发展了热解界面传递机制、催化定向调控与工程强化理论与方法体系，具有重要的科学意义和创新性。

我单位认真审阅了该项目推荐书及其附件材料，确认真实有效，相关栏目符合填写要求。

按照要求，本单位已于 2025 年 3 月 24 日通过张榜方式对该项目进行了公示，确认完成人、完成单位排序无异议。特提名该项目申报山东省自然科学奖二等奖。

提名奖种及等级：山东省自然科学奖（二等奖）

项目简介：

芳烃是化学工业的根基和运输燃料核心组分，其生产技术关乎国家化工竞争力。我国作为全球最大芳烃产消国，主要依赖化石原料，破解生物基制备技术是突破“卡脖子”制约、落实双碳战略的关键。我国木质纤维生物质年产量达 11.8 亿吨，其中热解转化虽被国际权威认证为最具潜力的芳烃制备路线，但长期受制于转化效率低、定向调控难、产物品质差等瓶颈，导致生物基芳烃产量不足且品

质欠佳。本项目针对性地系统开展了生物质热解异相界面重构与限域催化芳构化理论及方法研究，取得了以下重要科学发现：

1. 揭示了源头调质方法对产物的选择性调控规律，解析了生物质结构演变与关键官能团断键规律，阐明了多相流动-传质-传热对热解反应的影响，揭示了生物质热解聚反应机制，创建了动态耦合界面重构方法。

2. 解析了微介孔多级催化协同耦合作用规律，探明了金属-酸双活性位点协同催化机制，揭示了双功能协同调控酚类 C-O 键精准剪裁方法，阐明了活性氢从金属位点迁移至酸位点的动态路径，建立了解聚中间体关键基团调控机制。

3. 揭示了生物质定向解聚、脱氧及芳构化反应的动态调控规律，形成了生物质原位催化深度热解芳构化提质制芳烃的方法和策略，验证了异质离散颗粒动态耦合协同转化方法的可行性。

相关研究成果发表于 *Chem. Eng. J.*、*Energ. Convers. Manage.* 等期刊，成果得到国内外著名学者的高度肯定，被 *Bioresour. Technol.*、*J. Anal. Appl. Pyrolysis* 等杂志广泛引用。该项目研究系统深入，研究成果创新发展了热解界面传递机制、催化定向调控与工程强化理论与方法体系，具有重要的科学意义和创新性。

代表性论文专著目录：

- [1] Zheng Q, Zhang D, Fu P, Wang A, Sun Y, Li Z, Fan Q. Insight into the fast pyrolysis of lignin: Unraveling the role of volatile evolving and char structural evolution. *Chem. Eng. J.* 2022, 437, 135316.
- [2] Fu P, Yi W, Li Z, Bai X, Wang L. Evolution of char structural features during fast pyrolysis of corn straw with solid heat carriers in a novel V-shaped down tube reactor. *Energ. Convers. Manage.* 2017, 149, 570-578.
- [3] Li Z, Jiang E, Xu X, Sun Y, Tu R. Hydrodeoxygenation of phenols, acids, and ketones as model bio-oil for hydrocarbon fuel over Ni-based catalysts modified by Al, La and Ga. *Renew. Energy.* 2020, 146, 1991-2007.
- [4] Xiong Z, Wang Y, Syed-Hassan S, Hu X, Han H, Su S, Xu K, Jiang L, Guo J, Berthold E, Hu S, Xiang J. Effects of heating rate on the evolution

of bio-oil during its pyrolysis. *Energ. Convers. Manage.* 2018, 163, 420–427.

[5] Peng F, Bai X, Li Z, Yi W, Li Y, Zhang Y. Fast pyrolysis of corn stovers with ceramic ball heat carriers in a novel dual concentric rotary cylinder reactor. *Bioresour. Technol.* 2018, 263, 467–474.

主要完成人情况：

第一完成人：付鹏，教授，山东理工大学，对本项目的贡献：提出本项目的主要学术思想与研究思路，负责项目的设计与规划、研究方向的确定以及研究方案的制定与实施，创建了原位催化深度热解芳构化新方法。

第二完成人：汪一，教授，华中科技大学，对本项目的贡献：阐明了生物油转化过程中产物调控规律，解析了大分子构型演变与催化剂结构匹配机制，建立了关键基团选择性重构调控方法。

第三完成人：李治宇，副教授，山东理工大学，对本项目的贡献：解析了生物质结构演变与关键官能团断键规律，建立了双功能协同调控酚类 C-O 键精准剪裁方法。

第四完成人：许细薇，教授，华南农业大学，对本项目的贡献：解析了双功能协同催化机制，揭示了金属-酸活性位点催化酚羟基键合规律，阐明了反应过程 C-O 键调控规律。

第五完成人：胡松，教授，华中科技大学，对本项目的贡献：阐释了解聚中间体定向转化作用机制，创新了微介孔多级协同催化调控方法，建立了级联催化路径。

主要完成单位情况：

第一完成单位：山东理工大学，揭示了源头调质方法对产物的选择性调控规律，解析了生物质结构演变与关键官能团断键规律，阐明了多相流动-传质-传热对热解反应的影响，创建了原位催化热解芳构化新方法。

第二完成单位：华中科技大学，阐明了生物油转化过程中产物调控规律，解析了大分子构型演变与催化剂结构匹配机制，阐释了解聚中间体定向转化作用机

制，创新了微介孔多级协同催化调控方法，建立了级联催化路径。

第三完成单位：华南农业大学，探明了金属-酸双活性位点协同催化机制，揭示了双功能协同调控酚类C-O键精准剪裁方法，阐明了活性氢从金属位点迁移至酸位点的动态路径，建立了解聚中间体关键基团调控机制。