

陕西省自然科学奖公示信息

(2025年度)

一、项目基本情况

项目名称	高烃废物可持续绿色氢碳热化学转化及污染控制基础研究
主要完成人	高宁博，全翠，谭厚章，王凤超，段一航
主要完成单位	西安交通大学

二、提名意见（适用于部门、机构提名）

提 名 者	陕西省教育厅	提名等级	<input checked="" type="checkbox"/> 一等奖 <input type="checkbox"/> 二等奖及以上
<p>提名意见：</p> <p>该项目以可持续绿色发展为核心导向，围绕高烃废物处理领域中氢碳热化学转化效率低、产物氢碳组分品质欠佳、反应选择性差、污染控制难度大及资源化利用路径与风险机制不明确等关键问题开展系统性研究。通过高烃废物预处理工艺优化、氢碳热化学转化路径创新、转化过程污染精准控制及资源化利用模式构建等方面的基础科学研究，旨在实现高烃废物氢碳热化学转化过程的高效优化与定向调控，突破传统处理技术瓶颈，为高烃废物的无害化处置、绿色化转化及高值化利用提供坚实的理论支撑与技术基础。项目创新性强，在执行过程中，获得包括国家自然科学基金、中国博士后科学基金、陕西省科技计划项目及中石油、中海油、国能集团、中国神华能源股份有限公司等国家、省部级课题和企业的资助。</p> <p>项目成果具有重要的学术价值和理论意义，对缓解我国能源危机、实现经济社会的可持续发展意义重大。</p> <p>该项目的主要完成人政治立场坚定，能够坚决贯彻执行党的路线，方针、政策，忠诚党的教育事业爱岗敬业、为人师表、治学严谨，具有良好的职业道德和师德师风，热爱教学和科研工作，长期坚持在教学和科研第一线，改革创新、锐意进取，在相关领域取得了突出的创新成果。我单位认真审阅了该项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，并按照要求，我单位和其它项目完成单位都已对该项目进行了公示，目前无异议。</p> <p>本成果属实，人员排序无异议，无知识产权纠纷，同意推荐。</p> <p>说明：省科学技术奖一、二等奖项目，实行按等级标准提名、独立评审表决的机制。提名单者应严格依据省科学技术奖的标准条件，说明提名项目的贡献程度及等级建议。“仅提名一等奖”评审落选项目不再降格参评二等奖。提名项目正式提交后，提名等级建议本年度不得变更。</p>			

三、项目简介

本项目针对高烃废物的处理难题展开基础研究与技术创新，构建起低能耗、高效能的高烃废物处理技术体系，实现其减量化、资源化与无害化处置，已在多家企业成功应用并收效显著。高烃废物以碳氢化合物为主要成分，常含水分、重金属等复杂组分，不当处理易引发土壤污染、水体污染及碳排放超标问题。其中石油化工类高烃废物因水包油、油包水特殊结构，普通压滤脱水失效；传统焚烧、热解技术存在能耗高、热解产物品质低、反应不彻底等弊端，为实现绿色氢碳热化学转化与污染控制，亟需突破技术瓶颈。

在预处理环节，项目聚焦高烃废物脱水效率与能耗优化，针对石油化工类高烃废物破乳难、脱水差、药剂用量大等问题，创新提出水热无相变脱水预处理工艺，搭建水热耦合原位机械压滤脱水装置。研究明确，在水热温度 240℃、停留时间 60min 的最佳条件下，水分脱除率达 96%；通过分析油泥粒度、Zeta 电位等特征参数，揭示水热破乳强化脱水机理，同时证实该技术可有效稳定重金属，降低潜在环境风险，基于此研制的脱水装备已实现工业化应用。

在可持续绿色氢碳热化学转化机理研究层面，为解决高烃废物热解产物品质差、转化效率低问题，项目开展催化清洁热解研究：以焚烧飞灰为添加剂可显著提升油气收率；在热解反应器内置陶瓷膜管，原位去除挥发物中固体颗粒物，热解油回收率达 79.94%。针对油泥粘稠特性，开发油泥与废轮胎加压共热解技术，利用二者形成的核壳结构改善热解效果，并验证油泥焚烧底灰与废轮胎热解焦的催化作用。此外，通过回转窑耦合热解气化模拟为参数优化提供支撑，构建的热解 - 焚烧耦合系统可实现能量自给，尾气中 VOCs、NO_x 等污染物排放均低于国家标准。

在污染控制与资源化利用方面，项目阐明热转化过程中反应温度、停留时间对重金属与多环芳烃迁移转化的影响机制，发现重金属主要富集于热解残渣，多环芳烃主要存在于热解液。同时探索热解残渣资源化路径，研究表明添加 15wt.% 热解半焦制备的渗水砖，抗压强度达 32.20Mpa、透水系数 $1.80 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ ，物理性能最优，为污染控制与资源循环提供新方向。

依据本项目的研究成果，本项目获批并结题国家自然科学基金 2 项、陕西省科技计划项目 1 项、国家重点实验室课题 1 项及企业委托课题 1 项。累计发表各类论文 27 篇，其中 SCI 论文 24 篇，并获授权发明专利 1 项。在 Web of Science 核心集中，SCI 论文共计他引 967 次，单篇 SCI 论文最高他引 314 次，8 篇代表作中他引 224 次。研究成果受到国内外同行的广泛认可和关注。

四、客观评价

本项目围绕高烃废物可持续绿色氢碳热化学转化及污染控制核心目标，系统开展脱水预处理、热化学转化、污染物控制与资源化利用研究，多项技术与成果达国际领先水平，获国内外权威专家高度认可。

在脱水预处理领域，项目创新提出水热无相变压滤脱水新方法。研究显示，随水热温度升高，高烃废物水分去除率从 77.19 wt% 提升至 96.76 wt%，其核心机制为水热条件促使小尺寸水颗粒团聚为大颗粒，便于机械压滤去除；最佳操作条件（240℃、60min）下水分脱除率达 96%，且能使大部分重金属从不稳态转为稳态，大幅降低环境风险。中国煤炭学会煤化工专业委员会委员魏贤勇教授（*Journal of Molecular Liquids*, 2024）评价该方法为高烃废物处理提供新可行路径；中国石油大学郭继香教授（*Journal of Cleaner Production*, 2024）肯定水热处理工艺对破坏乳化结构、实现快速脱水的显著效果；中国科学院院士郭烈锦（*Journal of Hazardous Materials*, 2023）认可多环芳烃难去除的研究结论，天津商业大学副校长陈冠益教授（*Environmental science & technology*, 2023）提出可将水热残渣用作土壤改良剂，浙江大学刘建忠教授（*Journal of Hazardous Materials*, 2023）认同重金属浸出特性的评定方法。

在高烃废物热化学转化研究中，针对热解油气中的颗粒物问题，创新性地在热解反应器内置陶瓷膜管，使热解气中颗粒物从 2.74mg/L 降至 0.17mg/L，油中颗粒物从 3708.9mg/L 降至 234.62mg/L，去除率达 94%，中国工程院院士汪华林与山东大学李玉江教授均引用该成果并肯定 Ni 基陶瓷膜催化剂选用。针对高烃废物粘稠特性，开发与废轮胎加压共热解技术，利用核壳结构提升热解焦、油品质，山东大学李英杰教授（*Environmental Research*, 2023）在综述中引用相关分析并肯定项目贡献。构建的热解-焚烧耦合系统可实现能量自给，华中科技大学孙路石教授（*Journal of the Energy Institute*, 2024）引用项目中高烃废物危害性评定标准；模拟回转窑耦合热解气化过程，确定连续与同步反应的最佳初始温度分别为 1187K、1400K，韩国首尔大学 Young-KwonPark 教授（*Environmental Research*, 2023）肯定模拟工作并引用其论证富氢合成气生产潜力。

在污染控制与资源化方面，项目阐明热解过程中重金属、多环芳烃（PAHs）的迁移机制，发现重金属主要富集于残渣，多环芳烃多存在于热解液；开发热解残渣制备渗水砖技术，明确有害物质浸出行为。东南大学金保昇教授（*Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2023）肯定重金属在残渣中积累的结论；埃及石油研究所 Manar E. Abdel-raouf 教授（*Environmental Science and Pollution Research*, 2024）认可后续处理与资源化方案；澳大利亚肯迪大学 Chuxia Lin 教授（*Molecules*, 2022）认可重金属固化研究；中国科学院汪印研究员（*Journal of Hazardous Materials*, 2024）多次引用项目成果，深入探讨热解温度对重金属迁移的影响，充分肯定项目价值。

五、代表性论文专著目录
(不超过 8 条, 其中代表性论文不超过 5 篇, 代表性专著不超过 3 部)

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷 页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发 表 时 间	通 讯 作 者	第 一 作 者	国 内 作 者	他 引 总 次 数	检 索 数 据 库	知 识 产 权 是 否 归 国 内 所 有
1	Characterization of heavy metals and oil components in the products of oily sludge after hydrothermal treatment	Journal of Hazardous Materials	Yihang Duan, Ningbo Gao*, Ayesha Tariq Sipra, Kun Tong, Cui Quan	2022 年 424 卷 12729 3 页	2021 年 09 月 24 日	高宁博	段一航	段一航, 高宁博, 全翠	30	Web of Science	是
2	Pyrolysis of biomass components in a TGA and a fixed-bed reactor: Thermochemical behaviors, kinetics, and product characterization	Journal of Analytical and Applied Pyrolysis	Cui Quan, Ningbo Gao, Qingbin Song	2016 年 121 卷 84-92 页	2016 年 09 月 21 日	高宁博	全翠	全翠, 高宁博, 宋庆彬	238	Web of Science	是
3	Product property and environmental risk assessment of heavy metals during pyrolysis of oily sludge with fly ash additive	Fuel	Ningbo Gao, Jiaqi Li, Cui Quan, Houzhang Tan	2020 年 266 卷 11709 0 页	2020 年 04 月 15 日	高宁博	高宁博	高宁博, 李家琦, 全翠, 谭厚章	120	Web of Science	是
4	Tire pyrolysis char: Processes, properties, upgrading and applications	Progress in Energy and Combustion Science	Ningbo Gao, Fengchao Wang, Cui Quan, Laura Santamaria, Gartzen Lopez, Paul	2022 年 93 卷 10102 2 页	2022 年 09 月 02 日	高宁博	高宁博	高宁博, 王凤超, 全翠	119		
5	Thermochemical conversion of sewage sludge: A critical review	Progress in Energy and Combustion Science	Ningbo Gao, Kamran Kamran, Cui Quan, Paul T. Williams	2020 年 79 卷 10084 3 页	2020 年 03 月 20 日	高宁博	高宁博	高宁博, 全翠	583		
6	固体废物资源化技术	西安交通大学出版社	高宁博, 全翠	无	2022 年 06 月	无	高宁博	高宁博, 全翠	无	无	是
合 计									1090	-	是
补充说明 (视情填写):											

六、主要完成人情况表

姓 名	高宁博	排 名	1
行政职务	无		
技术职称	教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献： 项目的总负责人，学术科研带头人。负责项目的总体设计、研究与实施，提出了项目的整体技术方案，构建了高烃废物可持续绿色氢碳热转化体系，形成了热解半焦的资源化利用过程污染控制方法。主持完成了本项目相关的全部研究工作。			

姓 名	全 翠	排 名	2
行政职务	无		
技术职称	副教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献： 项目第 2 完成人，负责高烃废物热化学转化定向调控机理研究、热解过程中污染物迁移转移化与热解半焦的资源化利用研究。			

姓 名	谭厚章	排 名	3
行政职务	无		
技术职称	教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		

对本项目主要学术贡献：

负责高烃废物热化学转化过程中的污染控制展开研究，负责该研究内容的总体设计和实施，明确了热解残渣中重金属的含量与热解工艺参数及与残渣性质间的关联关系，为高烃废物热化学转化过程中的污染控制提供了理论基础，并为其资源化利用提供了新方向。

姓 名	王凤超	排 名	4
行政职务	无		
技术职称	助理研究员		
工作单位	中国科学院广州能源研究所		
完成单位	西安交通大学		

对本项目主要学术贡献：

负责高烃废物可持续绿色氢碳热转化机理研究的开展，开发了油泥和废轮胎的加压共热解技术，提高了油泥热解产物的品质。

姓 名	段一航	排 名	5
行政职务	无		
技术职称	讲师		
工作单位	河南科技大学		
完成单位	西安交通大学		

对本项目主要学术贡献：

负责高烃废物水热无相变脱水预处理研究的开展，设计研制了石油化工类高烃废物水热耦合机械压滤脱水处理装备并已工业化应用，取得了显著的经济和社会效益。

七、主要完成单位情况表

单位名称	西安交通大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>西安交通大学作为项目完成单位，学术贡献突出。牵头构建学术框架与设计研究方案，聚焦领域核心问题，整合多学科理论搭建创新框架，破解传统研究关键瓶颈，为项目学术方向提供科学指引。其二，引领核心学术成果创新，带领团队突破技术或理论难点，填补细分领域空白，推动理论与技术融合。其三，整合推广学术资源，依托自身平台优势，组织学术研讨会，成果形成可推广研究范式，为相关领域提供学术支撑，获同行专家认可。</p>	

完成人合作关系说明

本项目的完成人包括高宁博、全翠、谭厚章、王凤超和段一航 5 人，均来自西安交通大学。高宁博、全翠、谭厚章、王凤超和段一航合作完成代表性论著的工作。完成人之间有着密切的项目、科研合作关系，也同时产生了丰富的科研成果，共同攻关完成本成果的研究工作。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作时间	合作成果	证明材料
1	论文合著	段一航 1，高宁博 2，全翠 5	2016.01.01-2021.09.24	主要论文 1	
2	论文合著	全翠 1，高宁博 2	2016.01.01-2021.09.21	主要论文 2	
3	论文合著	高宁博 1，全翠 3，谭厚章 4	2016.01.01-2020.04.15	主要论文 3	
4	论文合著	高宁博 1，王凤超 2，全翠 3	2016.01.01-2022.09.02	主要论文 4	
5	论文合著	高宁博 1，全翠 3	2016.01.01-2020.03.20	主要论文 5	
6	专著合著	高宁博 1，全翠 2	2016.01.01-2022.06.01	主要专著 1	