**陕西省科学技术进步奖公示信息**

**（2024年度）**

1. **项目名称：**

基于沸腾床加氢的煤焦油制芳烃成套技术开发及工业化应用

**二、提名者及提名意见**

**提名者：陕西省化工学会**

**提名意见：**

煤炭分质转化是煤炭清洁高效利用的主要途径之一，煤炭分质利用技术研发与工程示范先后被列入国家相关规划。煤焦油作为煤炭分质转化的主要产物，亟需从燃料产品向高价值的化工产品转变。本项目团队历时10余年，开发了煤焦油低能耗环保预处理技术、高耐水耐磨型沸腾床加氢催化剂、以自持流化三相分离器为核心的沸腾床反应器核心技术，其中沸腾床加氢催化剂和工艺技术打破国外垄断，建成了世界首套50万吨/年中低温煤焦油制芳烃工业化示范装置，实现了长周期安全稳定运行。该项目已获专利授权15件，其中发明专利9件。成套技术通过陕西省石油和化学工业联合会鉴定，达到国际领先水平。该项目在2021-2023年新增销售收入593984.82万元，纳税65099.53万元。目前我国西北有近1000万吨煤焦油，经该技术转化可获得800万吨芳烃，随着煤炭分质转化新技术的逐步推广应用，每转化1亿吨煤，可产生1300万吨煤焦油，获得1040万吨芳烃。以煤焦油为原料制备芳烃在实现煤炭清洁高效使用的同时将极大的缓解我国对石油、芳烃等原料的对外依存度，为保证我国能源安全提供巨大的技术支撑和保障。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖二等奖。

**三、项目简介：**

该项目属于煤化学工程学科。煤炭分质转化是煤炭清洁高效利用的主要途径，低阶煤分质利用技术研发与工程示范先后被列入国家相关规划。煤焦油作为低阶煤分质转化的主要产物，煤焦油加工是改变煤炭燃料化单一路径及实现清洁高效转化和产品高端化和多元化的产业发展方向。为形成技术可靠、经济可行的煤焦油制芳烃技术，在研发和工业化方面需攻克诸多难题，其一为解决不同原料煤、不同煤化工工艺所提供的复杂多变的原料，对煤焦油制芳烃工艺造成影响的问题；其二为克服煤焦油中N、S、羟基含量，催化剂易中毒、易水化的问题；其三为突破煤焦油制芳烃技术中多个工艺间的协同优化、工业化放大难度大的问题。

本项目团队历时10余年，突破煤焦油预处理难题，开发出沸腾床加氢反应器和催化剂，建成了世界首套50万吨/年中低温煤焦油制芳烃工业化示范装置，于2020年一次性开车成功，实现了长周期安全稳定运行，主要创新点如下：

主要创新点如下：

1、开发了高脱杂性、高耐水性、高抗结焦性以及高耐磨性的煤焦油加氢微球催化剂，解决了煤焦油含硫、氮、重金属、水等杂质原料成分复杂，加氢过程中含氧化合物脱除、二烯烃缩合易结焦等行业难题。

2、开发了以自持流化三相分离器为核心的沸腾床反应器，采用催化剂级配装填、在线加排等工艺，配合精准控温方式，形成了高处理量、高液体收率、高石脑油收率、易工程化放大的煤焦油沸腾床加氢技术，打破国外对沸腾床加氢技术的垄断。

3、攻克了焦油预处理、固定床加氢裂化、连续重整、芳烃抽提等多步骤工艺的协同优化难题，实现了设备间的匹配和规模放大，开发了具有完全自主知识产权的煤焦油制芳烃成套工艺技术，建成了世界首套50万吨/年中低温煤焦油制芳烃工业化示范装置。

基于上述自主创新成果，建成了世界首套50万吨/年中低温煤焦油制芳烃工业化示范装置，实现了长周期安全稳定运行，芳烃产品达到国家标准要求。该项目己 获专利授权16件，其中发明专利9件。核心技术通过陕西省石油和化学工业联合会鉴定，其成果达到国际领先水平。

该项目近三年新增销售收入593984.82万元，新增利税65099.53万元。关键技术成果多次被中国国际煤化工大会推介。该项目的成功示范，引领了我国低阶煤分 质转化产业的升级和技术进步，以煤焦油为原料制备芳烃在实现煤炭清洁高效使用 的同时将极大程度的缓解我国对石油、芳烃等原燃料的对外依存度，为保证我国能 源安全提供巨大的技术支撑和保障。

**四、客观评价：**

“基于沸腾床加氢的煤焦油制芳烃成套技术开发及工业化应用”于2022年6月通过了陕西省石油和化学工业联合会组织的科技成果鉴定。以中国科学院徐春明院士领衔，包括马晓迅、张早校、屈撑囤、郑化安等七位专家组成鉴定委员会一致认为：

1、开发了以自持流化三项分离器为核心的沸腾床反应器，以及高耐水、耐磨型沸腾床加氢催化剂，形成了高处理量、高液体收率、高石脑油收率的煤焦油沸腾床加氢成套工业技术，打破国外对沸腾床加氢技术的垄断。

2、开发了煤焦油低能耗环保型多效预处理工艺，在不需添加化学药剂的条件下，实现了中低温煤焦油的低能耗净化预处理，处理后煤焦油氯化钠<3mg/L，水含量<0.5%。

3、充分发挥煤基石脑油芳烃潜含量高的特点，在沸腾床加氢基础上集成了固定床加氢裂化、连续重整、芳烃抽提过程，开发了具有完全自主知识产权的煤焦油制芳烃成套工业技术，建成了世界首套50万吨/年中低温煤焦油制芳烃工业化示范装置，实现了长周期安全稳定运行，芳烃产品达到国家标准要求。

4、成套技术应用于陕西精益化工有限公司50万吨/年示范装置，72小时现场标定结果：煤焦油加氢液体收率91.65%,芳烃产品收率71.26%,煤焦油制芳 烃整体吨油氢耗642.65Nm³,能源转化率达到82.29%。

鉴定委员会一致认为，成套技术达到国际先进水平，基于沸腾床技术的中低温煤焦油加氢制芳烃居国际领先水平。

**五、应用情况：**

陕西精益化工有限公司煤焦油制芳烃成套技术联合中国石化大连石油化工研究院与中国石化广州工程有限公司共同开发。煤焦油制芳烃成套技术采用全馏分煤焦油沸腾床加氢提质+固定床加氢裂化组合技术，并结合超低压连续重整抽提技术制取苯、甲苯与二甲苯等芳烃产品。工业化成套技术通过中低温煤焦油脱盐、脱水和脱杂质预处理，经沸腾床加氢脱金属、脱硫、脱氮、脱氧与精致转化，固定床加氢裂化、连续重整与抽提分离实现煤焦油制芳烃，生产苯、甲苯、二甲苯、副产C₉+芳烃等。本项目充分利用煤基石脑油芳烃潜含量高 的特点，在国内首次采用工业化煤焦油生产芳烃工艺，将煤焦油下游产品从油 品延长到芳烃，延长产业链和价值链。装置设计规模：55万吨/年煤焦油预处理装置，50万吨/年沸腾床装置，45万吨/年固定床加氢裂化装置，40万吨/年连续重整装置，17万吨/年芳烃抽提装置，操作弹性为60%~110%，年运行时数8000小时。

产品设计规模：生产轻质化柴油22.72万吨/年，苯3.85万吨/年，甲苯9.09万吨/年，二甲苯11.53万吨/年，C₉+芳烃7.53万吨/年，重组分油1.2万吨/年，稳定轻烃5.6万吨/年，液化气2.3万吨/年，减底油4.0万吨/年。

项目于2017年8月开工建设，2020年5月30日完成工业应用，产出合格 产品，截至2021年8月5日，沸腾床平均运行负荷62%,9月20日检查结束后运行至今，各装置运行负荷达到100%。2021年至2023年，产出C₅~450℃馏分油92.5万吨，减底油9.71万吨，沸腾床装置实现安全稳定满负荷运行。

**六、主要知识产权和标准规范等目录：**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 知识产权类别 | 知识产权名称 | 国家（地区） | 授权号 | 授权日期 | 证书编号 | 权利人 | 发明人 |
| 1 | 专利 | 一种煤焦油脱除杂质的方法 | 中国 | CN113956899B | 2022年12月02日 | ZL202221702299.1 | 陕西精益化工有限公司 | 李斌、王云、张洪伟、杨华、李建鹏 |
| 2 | 专利 | 一种提高聚结脱水器油水分离效果的系统 | 中国 | CN217600665U | 2022年10月18日 | ZL202221702317.6 | 陕西精益化工有限公司 | 王志埃、朱继飞、韩高飞、刘鹏德、刘晓云 |
| 3 | 专利 | 一种煤焦油与水的分离装置 | 中国 | CN217628251U | 2022年10月21日 | ZL202221702299.1 | 陕西精益化工有限公司 | 李斌、刘旭旭、王茂生、阎能龙、刘艳强 |
| 4 | 专利 | 一种重油加氢处理方法及反应器 | 中国 | CN101942325B | 2013年08月28日 | ZL200910012451.6 | 大连石油化工研究院 | [杨涛](javascript:void(0))、[方向晨](javascript:void(0))、[胡长禄](javascript:void(0))、[刘建锟](javascript:void(0))、[葛海龙](javascript:void(0)) |
| 5 | 专利 | 一种煤焦油加氢处理方法 | 中国 | CN105733668B | 2017年08月22日 | ZL201410732099.4 | 大连石油化工研究院 | [孟兆会](javascript:void(0))、[陈新](javascript:void(0))、[杨涛](javascript:void(0))、[贾永忠](javascript:void(0))、[蒋立敬](javascript:void(0)) |
| 6 | 专利 | 一种自清洁的煤于馏炉集气伞系统 | 中国 | CN214004522U | 2021年08月20日 | ZL202022485849.6 | 陕西精益化工有限公司 | 薛海龙、李斌、孟彪、王志埃、李智锋、党小锋、段耀强、袁州 |
| 7 | 专利 | 一种新型沸腾床反应器 | 中国 | CN20510 9603U | 2016年03月30日 | ZL201520898391.3 | 大连石油化工研究院 | [孟兆会](javascript:void(0))、[杨涛](javascript:void(0))、[贾永忠](javascript:void(0))、[蒋立敬](javascript:void(0))、[刘建锟](javascript:void(0)) |
| 8 | 专利 | 一种三相沸腾床反应器 | 中国 | CN100558458C | 2009年11月11日 | ZL200610134154.5 | 大连石油化工研究院 | [杨涛](javascript:void(0))、[胡长禄](javascript:void(0))、[贾丽](javascript:void(0))、[刘建锟](javascript:void(0))、[贾永忠](javascript:void(0)) |
| 9 | 专利 | 一种沸腾床反应器 | 中国 | CN101618305B | 2012年05月30日 | ZL200810012191.8 | 大连石油化工研究院 | [刘建锟](javascript:void(0))、[杨涛](javascript:void(0))、[胡长禄](javascript:void(0))、[蒋立敬](javascript:void(0))、[贾永忠](javascript:void(0)) |
| 10 | 专利 | 一种三相沸腾床反应器 | 中国 | CN101721962B | 2008年10月29日 | ZL200810228414.4 | 大连石油化工研究院 | [杨涛](javascript:void(0))、[胡长禄](javascript:void(0))、[贾丽](javascript:void(0))、[刘建锟](javascript:void(0))、[贾永忠](javascript:void(0)) |

**七、主要完成人情况：**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 排名 | 姓名 | 职称 | 行政职务 | 工作单位 | 完成单位 | 对本成果主要学术和技术创造性贡献 |
| 1 | 常懿 | 工程师 | 董事长 | 陕西精益化工有限公司 | 陕西精益化工有限公司 | 项目技术管理主要负责人，参与项目技术方案审查及确定，并提出重要优化意见；负责组织项目建设实施，在项目具体实施过程中直接组织并对关键技术和疑难问题的解决做出重要贡献；在投产、应用和推广过程中直接组织并解决重要技术难点，完成项目关键技术改造，持续推进项目技术优化、达产达效工作。对应创新点3。 |
| 2 | 方向晨 | 研究员 | 高级顾问 | 中石化（大连）石油化工研究院有限公司 | 中石化（大连）石油化工研究院有限公司 | 中国石化大连石油化工研究院原院长，国内加氢邻域资深权威专家，煤焦油全馏分预处理、国产沸腾床加氢技术及固定床加氢裂化技术总负责人，提出和确定项目总体方案设计，自2004年开始组织国产沸腾床技术的研发及工程放大工作，主持开发了沸腾床催化剂及自持流化三相沸腾床反应器；在研制过程中组织对关键技术和疑难问题进行分析解决；在投产、应用和推广过程中直接参与并解决重要技术难点，对应创新点1、2。 |
| 3 | 李斌 | 教授级高工 | 总经理 | 陕西精益化工有限公司 | 陕西精益化工有限公司 | 项目技术管理主要负责人，参与项目技术方案审查及确定，并提出重要优化意见；负责组织项目建设实施，在项目具体实施过程中直接组织并对关键技术和疑难问题的解决做出重要贡献；在投产、应用和推广过程中直接组织并解决重要技术难点，完成项目关键技术改造，持续推进项目技术优化。对应创新点3。 |
| 4 | 孟兆会 | 副研究员 | 副主任 | 中石化（大连）石油化工研究院有限公司 | 中石化（大连）石油化工研究院有限公司 | 提出和确定项目总体方案设计，煤焦油全馏分沸腾床加氢技术具体负责人，承担国产沸腾床煤焦油加氢技术的研发及工程放大工作，成功开发煤焦油全馏分沸腾床加氢技术，对技术开发及工业放大做出突出贡献；在研制过程中组织对关键技术和疑难问题进行分析解决；在投产、应用和推广过程中直接参与并解决重要技术难点，对应创新点1、2。 |
| 5 | 赵颖 | 高级工程师 | 无 | 中石化广州工程有限公司 | 中石化广州工程有限公司 | 国产沸腾床加氢技术工程设计负责人，参与确定项目总工艺方案；在设计过程中直接组织并对关键技术和疑难问题的解决做出重要贡献；在投产、应用和推广过程中直接参与并解决重要技术难点，对系统优化改造有突出贡献。对应创新点2、3。 |
| 6 | 王志埃 | 高级工程师 | 副总经理 | 陕西精益化工有限公司 | 陕西精益化工有限公司 | 参与项目技术方案优化及确定；在项目建设实施过程中组织对关键技术和疑难问题的解决作出重要贡献 ;在投产、应用和推广过程中参与并解决重要技术难点；主持了项目技改优化工作。对应创新点3。 |
| 7 | 孟彪 | 工程师 | 副总经理 | 陕西精益化工有限公司 | 陕西精益化工有限公司 | 参与确定项目总体方案及技术路线设计；在项目建设阶段对关键技术问题的解决做出突出贡献；在投产 应用和推广过程中直接参与并解决重要技术难点。对应创新点3。 |
| 8 | 张万春 | 工程师 | 副总经理 | 陕西精益化工有限公司 | 陕西精益化工有限公司 | 参与项目技术方案审查及确定，并提出重要优化意见；在项目具体实施过程中直接组织并对关键技术和疑难问题的解决做出重要贡献；在投产、应用和推广过程中直接组织并解决重要技术难点，完成项目关键技术改造，持续推进项目技术优化。 |
| 9 | 朱慧红 | 研究员 | 院专家 | 中石化（大连）石油化工研究院有限公司 | 中石化（大连）石油化工研究院有限公司 | （1）提出和确定项目总体方案。（2）在研制过程中负责催化剂创制，直接参与并对关键技术及疑难问题的解决作出重要贡献。（3）在投产、应用或推广过程中直接参与并解决重要技术难题。 |
| 10 | 朱继飞 | 高级工程师 | 经理 | 陕西精益化工有限公司 | 陕西精益化工有限公司 | 项目技术管理主要负责人，参与项目技术方案审查及确定，并提出重要优化意见；在投产、应用和推广过程中直接组织并解决重要技术难点，完成项目关键技术改造，持续推进项目技术优化。 |

**八、主要完成单位及创新推广贡献：**

|  |  |
| --- | --- |
| **主要完成单位** | **创新推广贡献** |
| 陕西精益化工有限公司 | 陕西精益化工有限公司作为本项目的第一完成单位，负责组织该项目的总体设计、工艺路线制定、工业示范及工程放大，在该技术路线的工业转化过程中发挥了关键性作用。  1、组织中国石化大连石油化工工研究院、中石化广州工程有限公司以及陕西榆林能源集团有限公司提出和确定项目总体方案设计；  2、研究开发并最终完成项目设计及工程建设；  3、在实施过程中直接组织并对关键技术和疑难问题的解决做出重要贡献；  4、在投产、应用和推广过程中直接参与并解决重要技术难题。  完成50万吨/年煤焦油制芳烃工业示范装置技术分析及数据支撑，并最终实现成套技术的成功应用，为工业装置的稳定运行及持续优化和技术推广提供技术支撑和保障。 |
| 中石化（大连）石油化工研究院有限公司 | 中石化（大连）石油化工研究院有限公司作为本项目的第2完成单位，负责该项目的总体设计路线制定、小试研究、工业示范及工程放大，在该技术路线的工业转化过程中发挥了关键性作用  1.完成全馏分煤焦油组成及结构剖析，洞悉全馏分煤焦油加工的难点及重点，提出高效加工全馏分煤焦油的设计理念、技术路线及总体方案；  2.开发了拥有自主知识产权的STRONG沸腾床反应器，相比国外沸腾床反应器，该反应器具有反应器利用率高，造价成本低等优势  3.开发了耐磨性能好、流化性能强的微球沸腾床催化剂，该催化剂加氢活性高，耐水性强，可以很好地适应煤焦油加氢体系；  4.开发了全馏分煤焦油沸腾床加氢预处理-固定床一段串联加工工艺流程，大幅提高原料适应性、简化工艺流程，降低装置总投资。  5.开展全馏分煤焦油沸腾床-固定床加氢评价工作，完成工艺包设计基础数据编制，为工艺包编制提供第一手资料；  6.开发出以沸腾床加氢技术作为核心的全馏分煤焦油加氢处理工艺及满足该工艺要求的配套催化剂体系,最终成功开发出煤焦油全馏分沸腾床-固定床组合加氢成套技术；  7.完成工业放大技术分析及数据支撑，并最终实现50万吨/年工业应用，为工业装置的稳定长周期运行提供技术支撑。 |
| 中石化广州工程有限公司 | 中石化广州工程有限公司作为项目第3完成单位，与第1完成单位共同提出和确定项目总体方案设计；组织工程设计，并对设计过程的关键技术和疑难问题的解决作出重要贡献；在投产、应用和推广过程中 直接参与并解决重要技术难点，保证了50万吨/年煤焦油制芳烃工业示范装置的顺利运行。 |
| 陕西榆林能源集团有限公司 | 陕西榆林能源集团有限公司作为项目第4完成单位，与第1完成单位共同提出和确定项目总体方案设计；在投产、应用或推广过程中直接参与并解决重要技术难点作出贡献。 |

**九、完成人合作关系说明：**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 合作方式 | 合作者/项目排名 | 合作起始时间 | 合作完成时间 | 合作成果 | 证明材料 |
| 1 | 共有科技成果 | 常懿（1）  李斌（3）  方向晨（2）  王志埃（6）  孟彪（7）  朱继飞（10）  孟兆会（4）  赵颖（5） | 2016.12 | 至今 | 基于沸腾床加氢的煤焦油制芳烃成套技术开发及工业化应用科学技术鉴定证书 | 附件：陕石化联鉴定[2022]第一号 |
| 2 | 共有知识产权 | 常懿（1）  李斌（3）  王志埃（6）  孟彪（7） | 2016.12 | 至今 | 一种低温富氧干馏炉供气系统 | 专利证书编号：ZL202022485383.X |
| 3 | 共有知识产权 | 李斌（3）  王志埃（6）  孟彪（7） | 2016.12 | 至今 | 一种自清洁的煤干馏炉集气伞系统 | 专利证书编号：ZL202022485849.6 |