

## 项目情况简介（省科技进步奖）

1、项目名称：清洁燃料添加剂高效制备关键技术及产业化应用

2、主要完成人：汤颖、王小莉、黄凤林、闫昊、申志兵、李广涛、何伟、丁丽芹、曹彬、李永飞

3、提名单位：陕西省教育厅

4、提名意见：本成果基于“生物质燃料快速制备技术”、“醇基燃料添加剂与调配工艺”“高清洁燃料多功能添加剂与燃料调配工艺”等方面的研究，完成国家自然科学基金项目等科研项目 21 项，在国内外刊物发表相关研究论文 92 篇，其中 SCI/EI 收录 62 篇，出版专著《甲醇基替代燃料研究及进展》，获得授权发明专利 30 件，备案企业标准 8 件，培养了一批专业技术人才。推广应用了非均相高效反应体系、高清洁汽柴油、醇基燃料、M100 车用甲醇燃料、生物柴油、煤基车用乙醇汽油等燃料，健全了我省精细化学品绿色高效制备以及煤基合成燃油的调配添加剂体系，全力保障了陕西省全面提升燃油标准，体现了显著的经济、社会和环保效益。

提名申报二等奖。

### 5、项目简介

创新工作主要包括以下三个方面：

#### （1）生物质燃料快速制备技术

建立了具有拟均相和多级孔道结构的固体碱催化三组分高效制备无甘油生物柴油新体系，实现了生物柴油清洁燃料的非均相快速制备，反应后甲醇与脂肪酸甲酯互溶，可以直接用于后续清洁燃料调配。

#### （2）醇基燃料多效添加剂制备技术

发明了醇基燃料调配所需的具有相稳定、饱和蒸气压抑制、缓蚀、橡胶溶胀抑制等两种及以上功能的多功能添加剂，使其具备了“一剂多效”的功能，简化了配制工艺，降低了生产成本和安全环保风险，提高了经济和社会效益。

#### （3）高清洁燃油多功能添加剂与燃料调配工艺

针对汽柴油和煤基合成燃料油环保指标提升传统添加剂不达标的情况，发明了无磷、无硫、低/无氮的具有防腐、防锈、润滑等两种及以上功能的添加剂。根据现场设备和技术情况制定了不同的快速调配醇酯基清洁燃料的方案。

基于以上技术，开发了调配高清洁汽柴油和燃料油用的系列添加剂。工业化配制了高清洁汽柴油、醇基燃料、M100 车用甲醇燃料、生物柴油、煤基车用乙醇汽油等燃料。生产的多功能呢汽柴油添加剂用调配高清洁汽柴油 200 万余吨、醇基燃料 5500 余吨、M100 车用甲醇燃料 8 万余吨。

### 6、客观评价

西安石油大学与陕西延长石油能源科技有限公司共建了陕西省醇醚及生物

质能源工程研究中心，以醇醚燃料开发与应用技术、生物质能源开发与应用技术、油气田及油品精细化学品开发与应用技术、润滑油添加剂开发与润滑油应用技术为主要开发与应用方向。合作成果用于陕西省内 40% 以上的 M100 车用甲醇燃料和 30% 以上的醇基燃料生产。与西安石油大佳润实业有限公司合作进行特种润滑油脂、汽柴油调配所用添加剂的研究和工业化生产，该企业成为目前陕西省内唯一一家供给油田专用润滑油脂的生产型企业。与西安云链新能化工科技有限公司合作开发的汽柴油调配所用的抗氧化剂、清净剂清洁和醇基燃料调配所用的相稳定剂、饱和蒸气压抑制剂、缓蚀剂、橡胶溶胀抑制剂加工和配制工艺进行了工业化配制。

“醇酯清洁燃料及多效油品添加剂制备技术与应用”、“固体碱表面功能化及其催化制备精细化学品研究”和“多尺度结构化催化剂制备技术及其在清洁燃料开发中的应用开发和推广应用”发明的非均相高效反应体系、高清洁汽柴油、醇基燃料、M100 车用甲醇燃料、生物柴油、煤基车用乙醇汽油等燃料，健全了我省精细化学品绿色高效制备以及煤基合成燃油的调配添加剂体系，全力保障了陕西省全面提升燃油标准，体现了显著的经济、社会和环保效益。部分成果分别获得陕西省教育厅、陕西省化工学会、陕西省石油学会的科技奖励。

7、应用情况

本成果开发了调配高清洁汽柴油和燃料油用的系列添加剂。工业化配制了高清洁汽柴油、醇基燃料、M100 车用甲醇燃料、生物柴油、煤基车用乙醇汽油等燃料。高清洁汽柴油、醇基燃料、M100 车用甲醇燃料已经实现市场产业化。生产的多功能呢汽柴油添加剂用调配高清洁汽柴油 200 万余吨、醇基燃料 5500 余吨、M100 车用甲醇燃料 8 万余吨，车用润滑油和油田特种设备润滑油及醇醚燃料添加剂等 1.3 万吨，产值超过 120 亿元，利润 3.5 亿元。

主要应用单位情况如下表：

主要应用单位情况表					
序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模(MW)	应用起止时间	单位联系人/电话
1	陕西延长石油能源科技有限公司	调配高清洁汽柴油和燃料油用的系列添加剂	清洁汽柴油和燃料油 200 万余吨、醇基燃料 5500 余吨、M100 车用甲醇燃料 8 万余吨	2016.10 至 2024.12	王小莉
2	西安石油大佳润实业有限公司	车用润滑油和特种设备润滑油添加剂及醇醚燃料添加剂	车用润滑油和油田特种设备润滑油及醇醚燃料添加剂等 1.3 万吨	2013.10 至 2024.12	李广涛
3	东营恒坤石油科技有限公司	清洁燃料及其添加剂绿	清洁燃油用缓蚀润滑剂 275 吨	2016.10 至	李刚

		色化工关键技术		2024.12	
4	西安云链新能化工科技有限公司	清洁燃料添加剂	生产煤基清洁燃油用缓蚀润滑剂1000吨	2020.9至2024.12	张春萍

### 8、主要知识产权和标准规范等目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明	一种环保复合型甲醇汽油的制备方法	中国	ZL201310064713.X	2014.11.05	1516623	西安石油大学	汤颖, 张洁, 冯超, 钟文静, 孔一
2	发明	甲醇促进同步制备生物柴油和碳酸甘油酯的方法	中国	ZL201310396836.3	2013.09.23	1647709	西安石油大学	汤颖, 张洁, 王珊珊
3	发明	一种润滑性改进剂和煤基高清洁燃油复合添加剂及其制备方法	中国	ZL201610007350.X	2016.01.07	2581098	陕西延长石油能源科技有限公司	唐琛, 王珉, 王小莉, 王小婷, 赵贞, 何伟
4	发明	一种甲醇汽油蒸汽压抑制剂的制备方法	中国	ZL201610806941.3	2016.09.07	2653909	西安石油大学	汤颖, 张洁, 马超, 顾雪凡, 陈世军, 张黎
5	发明	用于甲醇汽油的橡胶溶胀抑制剂的制备方法	中国	ZL201610807089.1	2016.09.07	2653992	西安石油大学	汤颖, 张洁, 顾雪凡, 马超, 张黎, 周瑞, 徐敬芳
6	发明	一种高清洁燃油复合添加剂及其制备方法	中国	ZL201610067900.7	2016.02.01	2645507	陕西延长石油能源科技有限公司	唐琛, 王珉, 赵贞, 王小婷, 王小莉, 王敏
7	发明	一种车用乙醇汽油复合添加剂及其制备方法和应用	中国	ZL201810139920.X	2018.02.11	3930231	陕西延长石油能源科技有限公司	唐琛, 贺刚, 王小莉, 拓红兵, 何伟, 宣双庆, 王敏
8	发明	一种清洁车用汽油调合组分油及其制备方法和应用	中国	ZL201921736908.3	2019.11.18	4612720	西安石油大学	王进; 周瑞; 黄凤林; 杨鹏辉; 汤颖

9	发明	低碳醇制备低碳羧酸的催化剂及其应用	中国	ZL20211512082.9	2023.4.25	6976849	中国石油大学（华东）	闫昊；孟凡宇；周鑫；赵辉；杨朝合；郑子渊；刘洋希
10	发明	一种异辛酸铈的生产方法	中国	ZL20211512377.6	2022.11.29	6972126	中国石油大学（华东）	闫昊；孟凡宇；周鑫；赵辉；杨朝合

### 9、主要完成人情况

序号	完成人	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目的贡献
1	汤颖	无	教授	西安石油大学	西安石油大学	主持发明了系列多级孔道固体催化剂,应用于生物柴油制备中提高反应速度和产率的同时解决液体碱催化时存在的催化剂分离难以以及无法重复使用等问题。主持发明了生物柴油快速制备的三组分反应新技术。主持发明了多功能甲醇汽油添加剂制备技术,合作实施了工业化生产添加剂和清洁燃油调配。
2	王小莉	研发部经理	高级工程师	陕西延长石油能源科技有限公司	陕西延长石油能源科技有限公司	主持本单位与西安石油大学高清洁燃油添加剂的合作开发,组织了企业技术攻关,对添加剂的加工工艺进行优化,实现了零排放,提高了生产的安全环保性;组织编写清洁燃油类企业标准 6 件,通过实验和车载试验进行了验证,有力保障了燃油添加剂和成品油调制的质量控制。发明了高清洁燃油用系列添加剂,获得授权发明专利 4 件。

3	黄风林	无	教授	西安石油大学	西安石油大学	主持发明了系列多级孔道固体催化剂,应用于生物柴油制备中提高反应速度和产率的同时解决液体碱催化时存在的催化剂分离难以及无法重复使用等问题。主持发明了生物柴油快速制备的三组分反应新技术。主持发明了多功能甲醇汽油添加剂制备技术,合作实施了工业化生产添加剂和清洁燃油调配。
4	闫昊	无	副教授	中国石油大学（华东）	中国石油大学（华东）	主持本单位与西安石油大学进行了羧酸及其衍生物制备油品添加剂方面的研究,建立了利用羧酸衍生物制备添加剂的反应方法及其催化剂的制备的关键技术,对添加剂的加工工艺进行优化,实现了多功能添加剂的制备;最终形成了催化剂规模化制备与氧化工艺过程放大的应用新方法,获得授权发明专利 6 件。
	申志兵	系主任	副教授	西安石油大学	西安石油大学	负责与西安石油大学合作进行特种润滑油脂、汽柴油调配所用的抗氧化剂、清净剂清洁和醇基燃料调配所用的相稳定剂、饱和蒸气压抑制剂、缓蚀剂、橡胶溶胀抑制剂的工业化生产。组织了企业技术攻关,对加工工艺进行优化,实现了零排放,所有原料都进入最终产品,降低了加工成本,提高了生产的安全环保性。
6	李广涛	副总经理	高级工程师	西安石油大佳润实业有限公司	西安石油大佳润实业有限公司	负责与西安石油大学合作进行特种润滑油脂、汽柴油调配所用的抗氧化剂、清净剂

				司	司	清洁和醇基燃料调配所用的相稳定剂、饱和蒸气压抑制剂、缓蚀剂、橡胶溶胀抑制剂的工业化生产。组织了企业技术攻关，对加工工艺进行优化，实现了零排放，所有原料都进入最终产品，降低了加工成本，提高了生产的安全环保性。
7	何伟	研 究 室 主 任	工 程 师	陕 西 延 长 石 油 能 源 科 技 有 限 公 司	陕 西 延 长 石 油 能 源 科 技 有 限 公 司	参与开发了调配高清洁汽柴油用的抗氧化剂、清净剂清洁；调配醇基燃料所用的高热值低成本添加剂，调配M100 车用甲醇燃料所用的添加剂，调配生物柴油所用的抗氧化剂、清净剂清洁，调配煤基车用乙醇汽油所用的饱和蒸气压抑制剂、缓蚀剂、橡胶溶胀抑制剂。对高清洁汽柴油、醇基燃料、M100 车用甲醇燃料、生物柴油、煤基车用乙醇汽油进行了配制工艺研究，并进行了工业化配制。
8	丁丽芹	无	教授	西 安 石 油 大 学	西 安 石 油 大 学	主持本单位与西安石油大学高清洁燃油添加剂的合作开发，组织了企业技术攻关，对添加剂的加工工艺进行优化，实现了零排放，提高了生产的安全环保性；组织编写清洁燃油类企业标准 6 件，通过实验和车载试验进行了验证，有力保障了燃油添加剂和成品油调制的质量控制。发明了高清洁燃油用系列添加剂，获得授权发明专利 4 件。
	曹彬	无	副 教 授	西 安 石 油 大 学	西 安 石 油 大 学	协助发明了系列多级孔道固体催化剂，建立催化剂的制备方法并应用于生物柴油

						制备中提高反应速度和产率的同时采用模拟计算解决反应传质效率问题。对生物柴油快速制备的三组分反应新技术中反应效率以及生物柴油组分等进行了详细研究。采用多种生物质原料制备生物柴油,并对其产物结构和性能进行理化分析,得到了原料结构对其产物性质影响的规律。
0	李永飞	副系主任	副教授	西安石油大学	西安石油大学	主要研究了油品理化性质及其在油品添加剂改性之后油品特性变化规律,并对以及流变特性分析。结合添加剂化学结构特点,总结出添加剂结构与油品理化性质之间的对应关系,有力保障了燃油添加剂和成品油调制的选择依据。

#### 10、主要完成单位及创新推广贡献

排序	完成单位	对本项目的贡献
1	西安石油大学	主持发明了系列多级孔道固体催化剂,应用于生物柴油制备中提高反应速度和产率的同时解决液体碱催化时存在的催化剂分离难以及无法重复使用等问题。主持发明了生物柴油快速制备的三组分反应新技术,大幅度降低了反应温度,提高了反应速度。主持发明了多功能甲醇汽油添加剂制备技术,该类物质因其多种类官能团从而具有抗腐蚀以及润滑等多种功效,能够实现对甲醇汽油等清洁燃料的气阻、润滑性以及腐蚀性等多方面问题的同时处理效果,减少油品添加剂种类,提高添加剂作用效果,实现“一剂多效”。优化了制备工艺,反应中的所有原料全部进入产品,实现了零排放,简化了生产和配制工艺,降低了生产成本和安全环保风险,提高了经济和社会效益。与陕西延长石油能源科技有限公司、西安石油大佳润实业有限公司、东营恒坤石油科技有限公司等共同进行了添加剂生产和清洁燃油调配工艺研究,合作对高清洁汽柴油、醇基燃料、M100 车用甲醇

		燃料、生物柴油、煤基车用乙醇汽油进行了配制工艺研究。协助高清洁汽柴油、醇基燃料、M100 车用甲醇燃料实现市场产业化。完成科研项目 16 项，发表相关研究论文 70 篇，获得授权发明专利 18 件，同时培养了一批专业技术人才。
	陕西延长石油能源科技有限公司	负责了调配高清洁汽柴油用的抗氧化剂、清净剂清洁、调配醇基燃料所用的高热值低成本添加剂，调配 M100 车用甲醇燃料所用的添加剂、调配生物柴油所用的抗氧化剂、清净剂清洁、调配煤基车用乙醇汽油所用的饱和蒸气压抑制剂、缓蚀剂、橡胶溶胀抑制剂的工业化加工和应用。对高清洁汽柴油、醇基燃料、M100 车用甲醇燃料、生物柴油、煤基车用乙醇汽油进行了配制工艺研究，并进行了工业化配制。2013 年生物柴油在省发改委备案立项，本公司进行了技术研究、中试试验和推广应用；2017 年煤基车用乙醇汽油在陕西延长石油(集团)有限责任公司立项备案，本公司承担技术研究、车辆道路实验和推广应用。累计生产高清洁汽柴油 200 万余吨、醇基燃料 5500 余吨、M100 车用甲醇燃料 8 万余吨。目前陕西省内 40%以上的 M100 车用甲醇燃料和 30%以上的醇基燃料由本公司生产。
	中国石油大学（华东）	负责与西安石油大学合作进行甘油、脂肪酸、脂肪醇转化技术研究，并共同进行特种润滑油脂、汽柴油调配所用的抗氧化剂、清净剂清洁和醇基燃料调配所用的相稳定剂、饱和蒸气压抑制剂、缓蚀剂、橡胶溶胀抑制剂的工业化生产研究。组织了企业技术攻关，对加工工艺进行优化，实现了零排放，所有原料都进入最终产品，降低了加工成本，提高了生产的安全环保性。
	西安石油大佳润实业有限公司	与西安石油大学合作研发的特种润滑油脂、醇醚燃料添加剂系列技术与专利进行了转化应用。负责与西安石油大学合作进行特种润滑油脂、汽柴油调配所用的抗氧化剂、清净剂清洁和醇基燃料调配所用的相稳定剂、饱和蒸气压抑制剂、缓蚀剂、橡胶溶胀抑制剂的工业化生产。组织了企业技术攻关，对加工工艺进行优化，实现了零排放，所有原料都进入最终产品，降低了加工成本，提高了生产的安全环保性。

## 11、完成人合作关系说明

依托学校实验室、企业实验室和企业现场服务等平台，学校、企业进行科学



研究、技术推广及产学研合作。其中学校以技术开发为核心，企业以技术推广为核心。

汤颖与王小莉、何伟合作，共同发明了系列醇酯清洁燃料及多效油品添加剂，研发了清洁燃油的调配方法，高清洁汽柴油、醇基燃料、M100 车用甲醇燃料实现市场产业化；共同发明了多功能甲醇汽油添加剂制备技术。合作的成果获得 2023 年“陕西省石油学会科技进步奖”和 2024 年“陕西石化科学技术奖”。

汤颖与黄凤林在科研项目“一种清洁车用汽油调合组分油及其制备方法和应用”中合作研究了清洁燃油的调配方法。

汤颖与闫昊、李永飞通过科研项目“成品油管道隔离及输送试验与方案研究”合作研究了油品流动性特征测试方法以及油品添加剂理化性质的在线快速检测技术。

汤颖与申志兵在生物柴油高效制备新技术以及拟均相固体催化剂制备中进行了深入合作，合作成果获得 2024 年“陕西石化科学技术奖”。

汤颖与曹彬、丁丽芹通过科研项目“特种设备润滑脂研发与性能检测”合作研究了天然油脂制备润滑油添加剂及其应用过程中的检测与控制技术。

汤颖与李广涛在生物柴油高效制备新技术以及拟均相固体催化剂制备中进行了深入合作，合作成果获得 2024 年“陕西石化科学技术奖”。