

## 陕西省科学技术进步奖公示信息 (2025 年度)

### 一、项目名称

《低渗致密油藏千万吨持续高产稳产关键技术创新及工业化应用》

### 二、提名奖种

陕西省科学技术进步奖

### 三、提名者及提名意见

提名专家姓名：李根生院士

提名专家工作单位：中国工程院、中国石油大学（北京）

提名专家职称：教授

提名专家学科专业：石油与天然气工程

提名意见：

延长油田是典型的低品位低渗致密油藏，储量占比达 98%，具有低孔、低渗、低压、低丰度、低含油饱和度和强非均质性的不利特征，被称为“磨刀石”油藏，是全球开发难度最大的油田。早期依靠大规模产能建设产量突破千万吨，2015 年以来，新增储量劣质化加剧，油藏“五低一强”不利因素更为凸显，裂缝系统交织渗流关系更加复杂，传统开发理论与技术难以适用，油田开发面临诸多世界级难题。延长石油联合西安石油大学、中国石油大学（北京）等高校，在国家重点研发计划等项目资助下，采用物理与数学模拟、宏观与微观、理论与实践相结合研究方法，创新了低渗致密油藏水动力学开发新理论，研发了低品位致密油藏“三维甜点”靶向改造与人工油藏构建技术，创建了低渗致密油藏非稳态补充能量开发新技术和发明了绿色低碳“微生物+”复合驱油提高采收率技术。2024 年原油产量达到 1160 万吨，实现了千万吨级持续高产稳产，为保障国家能源安全和陕北革命老区社会经济发展做出了重大贡献。该成果具有重要的行业示范效应与战略推动价值。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。

### 四、项目简介

延长油田低渗致密油藏早期依靠大规模产能建设和常规注水开发，产量突破千万吨，2015 年以来，油田面临低渗致密油藏渗流机理认识不清、高效改造

难度大，常规注水模式效果差及水驱后提高采收率技术不适用等四大科学问题，导致油田千万吨难以持续高产稳产。在国家重点研发计划、国家自然科学基金和企业重大科技项目的资助下，创新建立了低渗致密油藏水动力学开发新理论，为低渗致密油藏高效开发奠定了理论基础；研发了低品位致密油藏“三维甜点”靶向改造与人工油藏构建技术，突破了传统油藏开发中对天然储层条件的依赖，实现低品位致密油藏效益开发；创建了低渗致密油藏非稳态补充能量开发新技术，突破了传统注水开发模式能量利用率低、采收率受限的技术瓶颈；发明了绿色低碳“微生物+”复合驱油提高采收率技术，为低渗致密油藏增产稳产和油气田开发领域碳减排提供了关键技术支撑，形成了集基础理论、实验测试、产品研发和矿场应用为一体的开发理论技术体系，攻克了低渗致密油藏高效开发的世界级难题。从实践中探索了一套低渗致密油藏高效开发关键技术，实现了延长油田千万吨持续高产稳产，为保障国家能源安全做出了重大贡献。

## 五、客观评价

陕西延长石油（集团）有限责任公司、中关村绿色矿山产业联盟和中国石油和化学工业联合会分别组织专家对研究成果进行评审、鉴定并通过陕西省科学技术情报研究院查新，认为该成果达到了国际先进水平，其中低渗致密油藏非稳态补充能量开发新技术与绿色低碳“微生物+”复合驱油提高采收率技术处于国际领先水平。

## 六、应用情况

近 10 年该成果在延长油田进行了矿场应用，新增动用储量 6.3 亿吨，提高采收率 5.2 个百分点，取得重大技术突破和经济社会效益，有力保障了延长油田千万吨持续高产稳产，为国内外同类油田高效开发提供技术示范与借鉴。

## 七、主要知识产权和标准规范等目录

发表文章：

(1) Study on the Effect of Cations on the Surface Energy of Nano-SiO<sub>2</sub> Particles for Oil/Gas Exploration and Development Based on the Density Functional Theory, Molecules (SCI) , 2024 年, 倪军、王成俊等

(2) 低渗透油田微生物堵剂的多尺度封堵性能, 油田化学 (中文核心) ,

2024, 倪军、王维波、王成俊等

(3) 特低渗油藏表面活性剂驱潜力评价新模型, 特种油气藏(中文核心),  
2018, 倪军、王成俊等

(4) 粗糙壁面压裂裂缝内支撑剂运移铺置特征, 石油勘探与开发(SCI),  
2024, 黄海、倪军等

(5) Experimental study of spontaneous imbibition for oil recovery in tight sandstone cores under high pressure high temperature with low field nuclear magnetic resonance, Journal of Petroleum Science and Engineering (SCI), 2021,  
郭肖、高振东等

(6) 低渗透油藏压裂选层方法研究及应用, 系统工程理论与实践(EI),  
2018 年, 党海龙、孟选刚等

出版专著:

低渗透油藏非线性渗流机理与 CO<sub>2</sub> 微泡沫驱油研究, 专著, 2019 年, 郭肖、  
高振东、周明等

授权专利:

(1) 一种基于采油井同步见水的井组注采压差优化方法 ZL202211115914.3,  
发明专利, 高涛、倪军等

(2) 一种利用微生物降烃菌来降低 CO<sub>2</sub> 驱最小混相压力的方法  
ZL201710597203.7, 发明专利, 王成俊、倪军、党海龙等

(3) 一种适用于低渗透油藏的蓄能增渗评价方法 ZL202210264960.3, 发  
明专利, 朱争、党海龙、高涛等

软件著作权:

《低渗油藏渗吸驱油模拟软件 V1.0》

## 八、主要完成人情况

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	对本项目主要学术和技术创造性贡献
倪军	1	集团公司科技部部长/研究院党委书记、副院长	正高	陕西延长石油(集团)有限责任公司	项目负责人, 项目总体设计规划, 制定技术路线并统筹组织室内研究及矿场实践。对创新点 1-4 做出重要贡献。

黄海	2	院长	教授	西安石油大学	项目主要完成人,主要在创新点2低品位致密储层地质-流体-工程三维甜点精细评价技术做出重要贡献。
高振东	3	党委书记、董事长	正高	陕西延长石油(集团)有限责任公司延长油田股份有限公司	现场实施负责人,主要负责项目成果的现场实施与转化应用,对创新点1非线性渗流机理研究做出重要贡献。
王成俊	4	/	高工	西安石油大学	项目主要完成人,主要在创新点3绿色低碳“微生物+”复合驱油提高采收率技术做出重要贡献。
刘雪峰	5	总地质师	正高	陕西延长石油(集团)有限责任公司延长油田股份有限公司	项目主要完成人,主要负责相关技术的矿场实施与效果评价。对创新点1做出重要贡献。
郭肖	6	全国重点实验室副主任	教授	西南石油大学	项目主要完成人,主要在创新点1油藏基质-裂缝下水动力学作用的油水非稳态渗流机理做出重要贡献。
党海龙	7	副院长	正高	陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院	项目主要完成人,主要在创新点2人工油藏的甜点改造新模式中压裂选层方法研究与创新点3非稳态注水开发技术做出贡献。
王维波	8	室主任	高工	陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院	项目主要完成人,主要在创新点4微生物+提高采收率技术做出贡献。
孟选刚	9	科技与信息化管理部经理	正高	陕西延长石油(集团)有限责任公司延长油田股份有限公司	项目主要完成人,主要在创新点2人工油藏的甜点改造新模式中压裂选层方法研究做出贡献。
赵晓亮	10	/	副教授	中国石油大学(北京)	项目主要完成人,主要在创新点1水动力学渗流的多场耦合非线性渗流数值模拟技术做出贡献。
高涛	11	室主任	高工	陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院	项目主要完成人,主要在创新点3非稳态注水开发技术做出贡献。
周明	12	全国重点实验室主任助理	教授	西南石油大学	项目主要完成人,主要在创新点1油藏基质-裂缝下水动力学作用的油水非稳态渗流机理做出贡献。
朱争	13	/	高工	陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院	项目主要完成人,主要在创新点3油藏蓄能增渗补能开发技术做出贡献。
崔凯	14	/	副教授	西安交通大学	项目主要完成人,主要在创新点4微生物+CO <sub>2</sub> 驱提高采收率技术做出贡献。
郭粉转	15	室主任	高工	陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院	项目主要完成人,主要在创新点3窜流水淹阶段“基质促渗-裂缝调控”提产控水技术做出贡献。

## 九、主要完成单位情况及创新推广贡献

名称	排名	联系人	对本项目的创新推广贡献
陕西延长石油（集团）有限责任公司	1	王维波	全程负责项目科研与实施工作，负责项目的立项和结题，主要贡献如下： 作为主要完成单位组织完成了项目全部成果与实施工作。项目研究成果发表论文 72 篇，专利 24 项，软件著作权 6 项，专著 3 部。
西安石油大学	2	王成俊	主要参与完成了致密油藏“三维甜点”靶向改造与人工油藏构建技术与绿色低碳“微生物+”复合驱油提高采收率技术研究工作。项目研究成果发表论文 58 篇，专利 13 项，软件著作权 3 项，专著 2 部。
西南石油大学	3	郭肖	主要参与完成了油藏基质-裂缝下水动力学作用的油水非稳态渗流机理研究工作。项目研究成果发表论文 40 篇，专利 8 项，软件著作权 2 项，专著 2 部。
中国石油大学（北京）	4	赵晓亮	参与完成了低渗致密油藏水动力学开发新理论部分研究内容。项目研究成果发表论文 38 篇，专利 6 项，软件著作权 3 项，专著 1 部。
西安交通大学	5	崔凯	参与完成了绿色低碳“微生物+”复合驱油提高采收率技术研究工作。项目研究成果发表论文 27 篇，专利 5 项，软件著作权 2 项。

## 十、完成人合作关系说明

本项目由第一完成人负责，其余完成人共同参与，根据项目需要各自分工，相互合作，合理有序推进项目的顺利完成。项目组成员倪军、黄海、王成俊、郭肖、党海龙、王维波、赵晓亮、高涛、周明、朱争、崔凯、郭粉转主要负责技术攻关；项目组成员高振东、刘雪峰、孟选刚主要负责研究成果现场实施与转化。

1、针对创新成果一，倪军、刘雪峰、高涛等合作软件著作权《低渗油藏渗吸驱油模拟软件 V1.0》。高振东、郭肖等合作学术论文《Experimental study of spontaneous imbibition for oil recovery in tight sandstone cores under high pressure high temperature with low field nuclear magnetic resonance》。郭肖、高振东、周明等合作完成专著《低渗透油藏非线性渗流机理与 CO<sub>2</sub> 微泡沫驱油研究》；

2、针对创新成果二，倪军、黄海等合作学术论文《粗糙壁面压裂裂缝内支撑剂运移铺置特征》。党海龙、孟选刚等合作学术论文《低渗透油藏压裂选层方法研究及应用》；

3、针对创新成果三，倪军、高涛等合作授权发明专利《一种基于采油井同

步见水的井组注采压差优化方法》。倪军、王成俊、王维波等合作学术论文《低渗透油田微生物堵剂的多尺度封堵性能》。党海龙、高涛、朱争等合作授权发明专利《一种适用于低渗透油藏的蓄能增渗评价方法》；

4、针对创新成果四，倪军、王成俊、党海龙等合作授权发明专利《一种利用微生物降烃菌来降低 CO<sub>2</sub> 驱最小混相压力的方法》。倪军、王成俊、王维波等合作学术论文《Study on the Effect of Cations on the Surface Energy of Nano-SiO<sub>2</sub> Particles for Oil/Gas Exploration and Development Based on the Density Functional Theory》。