

2025 年度自治区科技奖励提名公示

一、项目名称

非常规油藏 CCUS 地质工程一体化的实验装置研制及关键技术应用

二、提名单位

克拉玛依市政府

三、提名单位意见

本成果面向国家“双碳”战略和能源安全的重大需求，针对砾岩、低渗透、致密及页岩等非常规油藏“改造难、注入难、封存难”等工程难题，围绕 CO₂ 压裂、提采与地质封一体化的技术瓶颈，系统构建了非常规油藏 CCUS 地质工程一体化的实验装置与关键技术体系。国内外尚缺乏具备复杂储层条件下多场耦合模拟与定量表征能力的实验装备与技术标准体系，该项目依托各项重大科研任务，创新性研制了系列国产化实验装置，建立了地质—工程一体化实验研究平台与成套技术方法。项目在技术上实现了四方面突破：研制了高精度的 CO₂ 压裂、驱油与封存实验装置，突破了高压高腐蚀环境下的精密控制与参数采集瓶颈；构建了耦合驱替、封存与渗流的多场多相模拟模型，实现了 CO₂-流体-岩石的动态互馈模拟，为实验数据解释与场景预测提供支撑；建立了基于驱封协同的产能预测与封存效能模型，实现了驱油效率与封存安全性的协同提升；四是建立了适用于砾岩及致密油藏的储层改造与 CO₂ 驱油封存的现场工艺优化技术体系。

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，相关栏目均符合新疆科学技术奖励工作办公室的填写要求。

提名该项目申报新疆维吾尔自治区技术发明奖一等奖。

四、项目简介

在“双碳”战略与能源安全的双重背景下，砾岩、低渗透、致密与页岩等非常规油藏开发与 CO₂ 地质封存的耦合利用成为我国油气领域的重要方向。然而，该类储层普遍存在孔喉结构复杂、改造难度大、气液两相流耦合机理不清等问题，严重制约了 CO₂ 驱与封存的高效协同。针对这一重大工程难题，本项目组围绕非常规油藏的储层改造机理、数值模拟技术、开发模型构建与现场工艺优化四大创新方向并形成了原创性技术体系：

针对砾岩、低渗透、致密与页岩油藏差异显著的物性与力学特征，研发了系

列实验装置与评价方法，实现了多尺度孔缝结构、力学响应与改造行为的定量表征；构建了耦合驱替、封存与渗流的多场多相模拟模型，实现了 CO₂-流体-岩石的动态互馈模拟，为实验数据解释与场景预测提供支撑；建立了基于驱封协同的产能预测与封存效能模型，揭示了 CO₂ 在非常规储层中驱油、封存与迁移转化的动力学规律；形成了适用于典型非常规油藏的 CO₂ 压裂、驱油与封存一体化工程工艺，实现了“实验-模拟-现场”的闭环验证与推广。

项目突破了非常规油藏 CCUS 实验装置长期依赖进口的瓶颈，填补了地质-工程一体化实验研究平台的国内空白，显著提升了我国在 CCUS 地质封存与非常规储层改造领域的自主创新能力。其成果为新疆及西部地区碳减排与油气高效开发提供了成套技术支撑，具有显著的经济、环境与社会效益。

五、推广应用情况

本项目成果已在新疆油田等地区的砾岩、低渗透、致密及页岩油藏得到推广应用，并在 CO₂ 驱油与封存一体化工程中取得良好效果。依托项目形成的实验装置和关键技术体系，为非常规油藏的储层改造、参数优化和封存效果评价提供了系统支撑，显著提升了 CCUS 技术的工程化验证与应用能力。形成了适应复杂储层特征的 CO₂ 驱油与封存工艺模式，促进了 CCUS 技术在西部油区的示范推广。项目联合国内仪器公司共同推进国产化实验装置的研制与产业化应用，提升了我国 CCUS 实验装备的自主制造水平，为相关领域的科研与现场应用提供了装备支撑。总体来看，项目成果在科研、工程与产业领域均实现了有效应用，示范带动作用显著，对推动我国非常规油藏 CO₂ 驱油与封存一体化技术发展具有重要意义。

六、主要知识产权、论文、论著目录

授权知识产权名称	知识产权类别	国别	授权号
MINIMUM MISCIBLE PRESSURE PREDICTION METHOD FOR CO ₂ -CRUDE OIL SYSTEM CONSIDERING RESERVOIR WELL SPACING	发明专利	美国	19066174
岩心夹持器、分子扩散系数测试系统及方法	发明专利	中国	ZL202110630040.4
基于二氧化碳非完全混相驱替特征的井网优化方法及系统	发明专利	中国	ZL202410342945.5
一种提高段内多簇裂缝均匀延伸和支撑的方法	发明专利	中国	ZL202010282904.3
一种用于优化多段压裂水平井网络裂缝参数的方法	发明专利	中国	ZL201510378922.0

温敏聚合物、泡沫压裂液及其制备方法与应用	发明专利	中国	ZL201910222325.7
一种便携式 CO ₂ 注入控制装置	发明专利	中国	ZL202110839583.7
一种针对页岩的压裂造缝的方法	发明专利	中国	ZL201610015847.6
一种 CO ₂ 增溶降粘剂及其制备方法和应用	发明专利	中国	ZL202311343041.6
一种薄互层油田开发方法	发明专利	中国	ZL202110211214.3
用于深部岩体古应力场模拟的非均质力学参数场确定方法	发明专利	中国	ZL201811448918.7
一种定量表征岩石物质传输非均质性的数值模拟方法	发明专利	中国	ZL201910808046.9
非常规油藏采收率提高方法及系统	发明专利	中国	ZL202410940009.4
基于非完全混相特征的注二氧化碳开发优化方法及系统	发明专利	中国	ZL202410342868.3
砾岩储层的可压性的评价方法	发明专利	中国	ZL202110234950.0
砾岩胶结强度测试装置及方法	发明专利	中国	ZL201910369299.0
一种超临界 CO ₂ 一体化开发中低成熟页岩油装置	发明专利	中国	ZL202410977486.8
一种页岩油储层含油量评价系统	发明专利	中国	ZL202211325287.6
砾岩非均质性的评价方法、装置、介质、设备及程序产品	发明专利	中国	ZL202111327814.2
Method for Experimentation on Different Storage Modes of Carbon Dioxide	发明专利	尼日利亚	F/PT/NC/O/2025/18054

七、主要完成人情况

序号	姓名	性别	出生年月	技术职称	文化程度	工作单位	对成果创造性贡献
1	陈浩	男	1985.10	教授	博士研究生	中国石油大学（北京）	项目总负责人，负责项目整体组织、研究方案制定及实施、成果总结等；对发明点 1，2，3，4 做出重大贡献，以第一作者授权发明专利 6 项；本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 60%。
2	蒋廷学	男	1969.01	教授级高级工程师	博士研究生	中石化石油工程技术研究院有限公司	项目重要完成人，对发明点 1、3、4 做出重大贡献，以第一作者授权发明专利 3 项；本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 60%。
3	章星	男	1984.10	副教授	博士研究生	中国石油大学（北京）克拉玛依校区	项目重要完成人，对发明点 1、3 做出重大贡献，以第一作者授权发明专利 4 项；本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 50%。
4	孙致学	男	1979.09	副教授	博士研究生	中国石油大学（华东）	项目核心完成人，对发明点 2、4 做出重要贡献，以第一作者授权发明专利 4 项；本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 50%。
5	刘希良	男	1994.10	助理研究员	博士研究生	中国石油大学（北京）	项目核心完成人，对发明点 1、3 做出重要贡献，参与授权发明专利 6 项；本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 40%。
6	周伟	男	1986.12	高级工程师	硕士研究生	中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司	项目研发骨干，对发明点 1、4 做出贡献，参与授权发明专利 6 项；本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 30%。

八、主要完成单位情况

序号	完成单位名称	创新推广贡献
1	中国石油大学（北京）克拉玛依校区	全面统筹了项目的整体研究布局与实施路径，构建了从基础研究、实验验证到工程应用的系统创新链。在非常规油藏改造、CO ₂ 驱油与封存协同机制及装置研发方面取得了一系列原创成果。研发的一体化实验装置、薄互层油田开发方法及页岩油储层含油量评价系统，对非常规储层 CCUS 一体化技术提供了核心技术支撑。同时，依托科研平台，组织开展了多项关键技术攻关，推动项目成果在教学科研、技术转化及产业服务领域的落地应用，奠定了本项目在自治区及行业内的引领地位。
2	中国石油大学（北京）	承担了项目中 CCUS 实验装置研制、开发优化方法制定、现场化学试剂研发的核心研究任务。提出了考虑井距与地质特征的最小混相压力预测及注采优化方法，发明了具有自主知识产权的 CCUS 实验装置和驱埋协同定量评价技术，为不同类型储层的注采方案设计提供了理论与计算支撑。推动了项目技术在非常规油藏条件下的适应性研究与技术拓展，显著提升了项目的影响力与技术先进性。
3	中石化石油工程技术有限公司	负责了非常规油藏储层改造与压裂工艺相关的装备研制及现场技术验证工作。针对非常规油藏裂缝发育不均、改造程度有限等瓶颈，开发了多项创新技术，包括优化水平井裂缝参数设计方法、段内多簇裂缝均匀延伸技术及温敏聚合物与泡沫压裂液体系。通过实验与现场联合验证，显著改善了储层压裂改造均匀性和导流能力，为 CO ₂ 驱油与封存提供了适宜的储层条件，为项目成果的工程化应用奠定了重要基础，为本项目实现实验—模型—现场一体化验证提供了关键保障。
4	中国石油大学（华东）	承担了地质建模、数值模拟与多尺度耦合机理研究等任务。针对非常规油藏复杂的非均质结构与流动特征，建立了地质—工程一体化数值模型体系，提出了多场多相耦合的物质传输模拟与古应力场反演方法。研发的便携式 CO ₂ 注入控制装置和混相驱预测方法，为实验与现场之间的参数映射提供了技术支撑，有效揭示了 CO ₂ 在复杂孔缝介质中的运移规律，提升了模型预测精度和可解释性，构建了项目的计算支撑与仿真分析平台，为技术优化与工程方案评估提供了科学依据。
5	中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司	围绕砾岩、低渗透及致密油藏的改造与 CO ₂ 驱封协同规律，形成了多项具有示范意义的工程成果。该完成单位研发的砾岩非均质性与可压性评价方法、胶结强度测试装置等成果，为储层改造效果评价及现场参数校准提供了关键依据。在项目实施过程中，开展了 CO ₂ 驱油与封存一体化的现场试验与先导示范，验证了项目装置与技术体系的工程适用性与稳定性。该单位推动了项目成果在新疆及西部地区的推广应用，为我国非常规油藏 CCUS 工程化示范提供了重要实践支撑。

八、完成人合作关系说明

该项目由为中国石油大学（北京）克拉玛依校区与中国石油大学（北京）、中石化石油工程技术研究院有限公司、中国石油大学（华东）、中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司共同完成。中国石油大学（北京）陈浩教授为项目总负责人，负责制定项目总体实施计划、方案，全面负责项目管理与实施，设计总的技术思路，制定研究方案，主持研究、现场实施和推广应用，对项目研究方向决策和推广应用起决定作用。中石化石油工程技术研究院有限公司蒋廷学教授级高工负责储层改造实验装备工程化设计与应用验证，推动成果在油田现场的落地实施。中国石油大学（北京）克拉玛依校区章星副教授负责薄互层油田开发方法、页岩油储层含油量评价系统等实验体系完善与技术研发。中国石油大学（华东）孙致学副教授负责地质建模、数值模拟与多尺度耦合机理研究等任务，构建了数值模拟仿真分析平台。中国石油大学（北京）刘希良助理研究员承担驱油封存一体化实验装置研制和开发方案研究工作。中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司周伟高级工程师负责砾岩非均质性与可压性评价方法、胶结强度测试装置研制、现场应用试验与工程示范，验证成果的工程适应性与经济效益。

九、知情同意证明

知情同意书

“非常规油藏 CCUS 地质工程一体化的实验装置研制及关键技术应用”项目为中国石油大学（北京）克拉玛依校区、中国石油大学（北京）、中石化石油工程技术研究院有限公司、中国石油大学（华东）、中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司共同完成。经协商，同意以中国石油大学（北京）克拉玛依校区作为第一主要完成单位、中国石油大学（北京）作为第二主要完成单位、中石化石油工程技术研究院有限公司作为第三主要完成单位，中国石油大学（华东）作为第四主要完成单位，中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司作为第五主要完成单位，联合申请新疆维吾尔自治区科技成果登记及申报技术发明奖励。项目组成员对主要完成人员名单及排名知情并无异议，各自论文、论著、专利等涉及知识产权的内容同意被该项目使用，并不在其它项目中再次使用。项目此前未在中国石油大学（北京）克拉玛依校区、中国石油大学（北京）、中石化石油工程技术研究院有限公司、中国石油大学（华东）、中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司当地申请科技成果登记和申报科技进步奖励，此后也将不在中国石油大学（北京）克拉玛依校区、中国石油大学（北京）、中石化石油工程技术研究院有限公司、中国石油大学（华东）、中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司当地进行科技成果登记和科技进步奖的重复申报。

主要完成人员名单及排名如下：

姓名	单位	签名
1. 陈浩	中国石油大学（北京）	    陈浩
2. 蒋廷学	中石化石油工程技术研究院有限公司	蒋廷学
3. 章星	中国石油大学（北京）克拉玛依校区	章星
4. 孙致学	中国石油大学（华东）	孙致学
5. 刘希良	中国石油大学（北京）	刘希良
6. 周伟	中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司	周伟
中国石油大学（北京）克拉玛依校区（盖章）		2025 年 10 月 18 日
中国石油大学（北京）（盖章）		2025 年 10 月 24 日
中石化石油工程技术研究院有限公司（盖章）		2025 年 10 月 23 日
中国石油大学（华东）（盖章）		2025 年 10 月 22 日
中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司（盖章）		2025 年 10 月 19 日