

一、项目名称

低渗致密油藏二氧化碳高效驱替及埋存关键技术与规模应用

二、拟提名奖种

中国发明协会发明创业奖创新奖

三、等级

二等奖

四、完成单位

常州大学、北京化工大学、中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院、北京瑞斯塔科技有限公司、林奇达乐石油科技（常州）有限公司

五、完成人

赵静、孟兴邦、张波、陆努、梁金中、杨珺

六、项目简介

我国低渗致密油藏资源储量丰富，已经成为我国石油资源开发的重要的产量增长点与关键攻关阵地。同时，作为对国家“双碳”战略的重要响应措施，低渗致密油藏也被视作开展二氧化碳捕集、埋存与利用的关键对象，在利用二氧化碳有效补能提高采收率的同时，同步完成二氧化碳的长周期地质封存。然而，低渗致密油藏二氧化碳高效驱替及埋存关键技术存在个关键难题尚未解决：一是在不同储层岩石物性与流体分布条件下 CO₂ 驱油过程的相变-渗流机理尚不清楚，后续注采方案设计与优化缺少理论指导，进而影响了驱替效率与封存效率；二是在储层非均质性、最小混相压力、流度比等因素的影响下，低渗致密油藏注 CO₂ 的过程容易发生气窜，需要结合油藏特性设计有效控窜方案，并且还需要保障后续的注入性；三是在 CO₂ 注入过程中，井筒受到温压条件及流体腐蚀作用，井筒完整性失效风险高且直接影响封存效果，相关井筒泄漏表征与识别技术需要进一步完善。

依托国家自然科学基金项目、江苏省自然科学基金项目、中国石油和中国石化科技攻关项目等，历经 10 年攻关，创新形成了低渗致密油藏二氧化碳高效驱替及埋存关键技术，并在多个油田开展了相应的实践，取得优秀的应用效果。

1. 发明了限域效应与 CO₂ 耦合作用下的低渗致密油藏流体相行为表征技术，提出了纳米孔-岩心-油藏多尺度混合模拟技术，创建了低渗致密油藏 CO₂ 埋存"三维度-五阶"动态评价方法，形成从微观相行为到宏观驱油效率及埋存潜力优化的全技术体系，显著提升低渗致密油藏 CO₂ 驱油效率与埋存能力。

2. 建立了低渗致密油藏孔隙网络重构及 CO₂ 泡沫流动模拟技术，解决了 CO₂ 泡沫演化特性表征难、前缘动态实时追踪难的问题，提升泡沫渗流规律计算效率约 30 倍；创新了低渗致密油藏 CO₂ 驱泡沫控窜驱油与碳埋存实验及理论分析方法，使得综合烃类量测量误差降低至 5% 以内；建立了低渗致密油藏“CO₂ 驱泡沫控窜-驱油”一体化多机理高效数值模拟方法，计算效率相对于传统方法提升了 2~3 个数量级。

3. 研发了针对 CCUS 复杂注采工况的井筒完整性的预测-诊断-检测协同技术，实现了注 CO₂ 过程井筒泄漏的准确识别定位。通过构建多种工况的环空异常起压机理模型，提出了以机理特征为依据的井筒完整性定性识别方法，再结合以“声波+电磁”特征为核心、声电温压多场耦合协同的井筒泄漏检测定位技术，解决了注 CO₂ 过程中井筒泄漏位置及类型的识别难题，井筒安全屏障完整性诊断符合率达 98% 以上。