1. **项目名称：**复杂介质油藏扩大波及体积关键技术及规模应用

2、**完成人**：邓嵩、屈鸣、郝宏达、梁拓、刘音颂、崔文龙

3、**完成单位：**常州大学、东北石油大学三亚海洋油气研究院、西安石油大学

4、**提名单位：**常州大学

5、**主要知识产权：**

5.1．**论文**

1. Ming Qu, Tuo Liang\*, Jirui Hou\*, Zhichang Liu, Erlong Yang, Xingquan Liu. Laboratory study and field application of amphiphilic molybdenum disulfide nanosheets for enhanced oil recovery[J]. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2022, 208, 109695.（SCI，影响因子5.168，中科院二区）
2. Song Deng, Yahong Huang, Xuhui Hu, Hao Wang, Huijun Zhao\*, Jialei He. Nano-film-forming plugging drilling fluid and bridging crosslinking plugging agent are used to strengthen wellbores in complex formations[J]. *ACS Omega*, 2022, 7, 22804-22810. （SCI，影响因子4.1，中科院三区）
3. Ming Qu, Jirui Hou, Tuo Liang\*, Infant Raj, Yulong Yang, Pengpeng Qi. Synthesis of *α*-starch based nanogel particles and its application for long-term stabilizing foam in high-salinity, high-temperature and crude oil environment[J]. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2020, 191, 107185.（SCI，影响因子5.168，中科院二区）
4. Tuo Liang, Jirui Hou, Ming Qu\*, Jiaxin Xi, Infant Raj. Application of nanomaterial for enhanced oil recovery[J]. *Petroleum Science*, 2022, 19, 882-889. （SCI，影响因子5.6，中科院一区）
5. Hongda Hao\*, Dengyu Yuan, Jirui Hou, Wenmi Guo, Huaizhu Liu. Using starch graft copolymer gel to assist the CO2 huff-n-puff process for enhanced oil recovery in a water channeling reservoir[J]. *RSC Advances*, 2022, 12, 19990. （SCI，影响因子3.9，中科院三区）
6. Yinsong Liu, Jingchun Wu, Yukun Liu, Xiaolin Wu\*. Biological process of Alkane degradation by Gordonia sihwaniensis[J]. *ACS Omega*, 2022, 7, 55-63. （SCI，影响因子4.1，中科院三区）
7. Infant Raj, Tuo Liang, Ming Qu, Lizhi Xiao\*, Jirui Hou, Chenggang Xian. An experimental investigation of MoS2 nanosheets stabilized foams for enhanced oil recovery application[J]. *Colloids and Surfaces A – Physicochemical and Engineering Aspects*, 2020, 606, 125420.（SCI，影响因子5.2，中科院二区）
8. Weipeng Wu, Jirui Hou, Ming Qu\*, Yulong Yang, Wei Zhang, Wenming Wu, Yuchen Wen, Tuo Liang, Lixiao Xiao. A novel polymer gel with high-temperature and high-salinity resistance for conformance control in carbonate reservoirs[J]. *Petroleum Science*, 2022, 19, 3159-3170. （SCI，影响因子5.6，中科院一区）
9. 陶磊, 赵越哲, 何岩峰, 邓嵩. 一种碳酸盐岩气藏地层孔隙压力计算方法[J]. *常州大学学报(自然科学版)*, 2019, 31(3), 88-92. （CA收录，影响因子0.401）
10. Wenlong Cui\*, Qingqing Zhu, Chenze Zhao, Cheli Wang. Selection of extraction solvents for bitumen from Inndonesian Oil Sand through solubility parameters[J]. *China Petroleum Processing & Petrochemical Technology*, 2022, 24(4), 93-97. （SCI，影响因子0.9，中科院四区）

5.2 专利

1. 屈鸣, 侯吉瑞, 肖丽晓, 吴伟鹏, 许志辉. 一种纳米花-纳米片双无机纳米调驱体系及其应用. 发明专利, 中国, ZL202210570585.5, 2023年02月03日授权.
2. 侯吉瑞, 屈鸣, 许志辉, 黄保州, 张金锋, 张工厂, 张华南, 许书文, 梁方伟. 一种2D纳米片驱油剂的制备方法及其应用. 中国专利, ZL202010254494.1, 2021年05月18日授权.
3. 侯吉瑞, 屈鸣, 许杰, 许志辉, 张工厂, 刘学杰, 刘坤岳, 许金梦, 黄宁. 一种凝胶泡沫携带改性二硫化钼体系的制备方法. 发明专利, 中国, ZL201910730575.1, 2021年10月15日授权.
4. 侯吉瑞, 屈鸣, 吴伟鹏, 李亚凯, 张炜, 吴文明. 一种凝胶堵水剂及其制备方法. 发明专利, 中国, ZL202111012893.8，2023年03月10日授权.
5. 邓嵩, 沈鑫, 赵会军, 王磊, 贺嘉蕾, 杨硕, 黄亚红, 马明宇, 贡誉. 适用于高温地热井的井下视像检测装置及其控制方法. 发明专利, 中国, ZL202110635612.8, 2021年09月28日授权.
6. 刘音颂. 一种长链烷烃降解菌及其应用. 发明专利, 中国, ZL202111035194.5, 2021年11月23日授权.
7. 闫霄鹏, 邓嵩, 王江帅, 郝宏达, 李朝玮. 一种深层裂缝漏失性地层堵漏封堵层承压能力预测方法. 发明专利, 中国, ZL202211631166.4, 2024年05月14日授权.
8. 闫霄鹏, 邓嵩, 康毅力, 许成元, 李朝玮, 经浩然, 王江帅, 郝宏达. 一种深层裂缝性地层物理类颗粒堵漏材料抗盐性评价方法. 发明专利, 中国, ZL202211126625.3, 2023年12月29日授权.
9. 郝宏达, 郭文敏, 邢国强. 一种顶部注气过程中气顶形成及扩大规律的室内判定方法. 发明专利, 中国, ZL202111442286.5, 2023年10月20日授权.
10. 闫霄鹏, 邓嵩, 王江帅, 郝宏达, 李朝玮. 一种深层裂缝性地层封堵层细观力链剪切稳定性判定方法. 发明专利, 中国, ZL202211631146.7, 2024年5月10日授权.

**6、项目简介**

塔河缝洞型碳酸盐岩油田储集空间主要由溶洞、裂缝和溶孔组成，介质类型复杂，主要形成了三类储集体：裂缝型储集体、溶洞型储集体及裂缝-溶洞型储集体。缝洞型碳酸盐岩储层复杂的介质条件导致注水、注气开采过程中见效井组少，极易沿着溶洞或裂缝发生窜逸，严重降低了注入介质的波及体积。塔河油田缝洞型碳酸盐岩油藏温度高达140 ℃，原油黏度高于10×103 mPa·s，地层水矿化度高达21×104 mg/L。因此，针对具有复杂介质的缝洞型碳酸盐岩油藏，急需研发出能够大幅度提高注水、注气介质波及体积的关键技术，为解决制约缝洞型碳酸盐岩复杂介质油藏高质量发展的技术难题提供方法与思路。

本项目依托“十三五”国家重大科研项目：缝洞型油藏注气提高采收率技术（2016ZX05014-004），针对缝洞型碳酸盐岩复杂介质油藏扩大波及体积的技术难题开展科研攻关，有针对性的研发了适用于不同复杂介质油藏的扩大波及体积关键技术，从机理研究到矿场试验实现了理论和实践结合，从工艺方法到施工设备实现了软件和硬件兼备，最终形成了完善的缝洞型碳酸盐岩复杂介质油藏扩大波及体积关键技术。取得的主要创新成果如下：

**创新点1 研发了裂缝型复杂介质油藏扩大波及体积关键技术**

（1）研发了尺寸可调控的耐温耐盐改性PE/POE共混颗粒堵剂

针对裂缝物性参数及油藏特征，研发了尺寸可调控的CaCO3改性PE/POE共混颗粒，可在油藏温度130 ℃下熔融成团，裂缝深部调整后液流能力得到有效控制，封堵率可达到94.8%。当共混颗粒粒径与裂缝宽度比值为1:2.5时，裂缝调整后注水压力较高，封堵率基本达到最大值，并建立了裂缝型复杂介质油藏深部封堵后裂缝承压能力的预测方法。

（2）提出了改性PE/POE共混颗粒扩大裂缝型复杂介质油藏波及体积关键技术

研发了用于制备改性PE/POE共混颗粒的双螺杆挤出设备，建立了流体—改性PE/POE共混颗粒两相耦合流动模型，优化了改性PE/POE共混颗粒技术政策，明确了改性PE/POE共混颗粒封堵（调流）效果，提出了油水井定量调参调配调流线的方法，完善了改性PE/POE共混颗粒裂缝型介质油藏注入工艺。

**创新点2 研发了溶洞型复杂介质油藏扩大波及体积关键技术**

（1）研发了一种耐温耐盐耐油性生物纳米强化泡沫体系

针对溶洞型复杂介质油藏剪切力弱、温度高、原油黏度高等特点，研发了以活性纳米片、长链烷烃降解菌、抗温抗盐起泡剂为主要成分的生物纳米强化泡沫体系，耐温130 ℃、耐盐22×104 mg/L、耐油50%。生物纳米强化泡沫体系运移至油藏深部可发挥多重作用：泡沫在溶洞堆积控制气窜、降解菌高效分解长链烷烃（稠油）及活性纳米片高效剥离油膜。

（2）提出了生物纳米强化泡沫辅助气驱扩大溶洞型复杂介质油藏波及体积关键技术

优化了生物纳米强化泡沫辅助气驱技术政策（注入段塞、注入时机等），研发并建立了溶洞型复杂介质油藏泡沫体系相关配套设施及发泡系统，形成了一套完整的溶洞型复杂介质油藏生物纳米强化泡沫矿场注入工艺，能够实现地面两级发泡、集成数控、同步混输和配-发-注一体撬装式，解决了塔河油田矿场注泡沫的三大难题：泡沫粒径可控、油井连续作业及罐多/线长/面广。

**创新点3 研发了裂缝-溶洞型复杂介质油藏扩大波及体积关键技术**

（1）研发了改性淀粉树脂胶和共聚胶复合堵水体系

针对裂缝-溶洞型复杂介质油藏特征，研发了改性淀粉树脂胶和共聚胶复合堵水体系，耐温最高可达140 ℃，耐盐24×104 mg/L，凝胶强度可达G-I级，150 d稳定不脱水，成胶时间和成胶强度可控，可满足裂缝-溶洞型复杂介质油藏扩大波及体积的需求。

（2）提出了改性淀粉树脂胶和共聚胶复合堵水体系扩大裂缝-溶洞型复杂介质油藏波及体积关键技术

优化了改性淀粉树脂胶和共聚胶复合堵水体系技术政策（注入段塞、注入时机等），制定了改性淀粉树脂胶和共聚胶复合堵水体系选井标准，明确了改性淀粉树脂胶和共聚胶复合堵水体系用量的设计准则，建立了改性淀粉树脂胶和共聚胶复合堵水体系从配制、施工参数设计（注入量、注入方式、注入速度等）、施工后效果评价等一套系统地工艺措施及评价方法，可大幅度提高裂缝-溶洞型复杂介质油藏的波及体积。

经中国石油和化学工业联合会鉴定，该项目成果在复杂介质油藏扩大波及体积关键技术方面达到了国际领先水平，并获得中国石油和化学工业联合会科技进步二等奖，获批授权专利10项，发表相关论文37篇，培养硕博士12人。该项目成果已成功应用于塔河油田缝洞型碳酸盐岩复杂介质油藏扩大波及提高采收率领域，创造了显著的经济和社会效益。