

自然奖-含油气细粒沉积岩形成机理及应用

一、项目名称：含油气细粒沉积岩形成机理及应用

二、推荐单位：中国地质大学（北京）

三、项目简介：

细粒沉积岩分布广泛，约占沉积岩的 2/3，但由于粒度小、观察难度大以及受超微观实验条件的限制，细粒物质的沉积、成岩作用是沉积学界，乃至地质学界研究薄弱领域。随着全球范围内页岩油气勘探开发如火如荼地展开，细粒沉积岩的成因受到前所未有的高度关注。尤其是，我国页岩气可采资源量超过 22 万亿方，居世界第一，页岩油可采资源量 43 亿吨，居世界第三，是我国重要的油气接替资源和保障国家能源安全的重要组成部分。与此同时，国外海相含油气细粒沉积岩的成因模式既不适用于我国海相高生物硅含油气细粒沉积岩，也不能解释我国东部陆相高钙含油气细粒沉积岩的成因机理，因此全面建立含油气细粒沉积岩形成理论，进而服务于页岩油气勘探开发就显得尤为重要。

在国家科技重大专项十一五、十二五课题、国家自然科学基金的持续支持下，研究团队进行了十余年的室内实验、沉积观测、油田生产实践，系统建立了含油气细粒沉积岩形成理论，为我国页岩油气勘探突破提供了重要理论支撑。主要科学发现包括：①首次提出了含油气细粒沉积岩概念和分类方案，突破了国外仅限于细粒陆源碎屑岩的局限；②发现了微生物控制含油气细粒沉积岩形成与演化，揭示了含油气细粒沉积动力学的多样性；③建立了海相高硅细粒沉积岩上升洋流成因机制与模式，发现了海相含油气细粒沉积岩新类型；④建立了湖相富碳酸盐含油气细粒沉积岩“陆源—内源”耦合作用成因模式，揭示了湖相页岩油生储分布规律。

本成果共发表论文 63 篇，其中 SCI 论文 28 篇、EI 论文 19 篇，授权/申请发明专利 15 项，软件著作权 4 项，出版专著 3 部。4 篇论文累计 6 次入选领跑者 F5000—中国精品科技期刊顶尖学术论文，2 篇获得中国石油学会优秀论文奖。论文他引总次数 1806 次，8 篇代表作他引 519 次，其中 SCI 他引 185 次。细粒沉积学是新兴分支学科，8 篇代表性论著集中发表于 2012-2016 年，引用次数在国内外同行居于前列。在研究过程中，1 人受聘为国家能源专家咨询委员会委员、入选教育部油气沉积地质创新团队首席科学家、入选新世纪百千万人才工程国家级人选，1 人入选泰山学者青年专家计划。项目第一完成人受邀为客座主编出版 5 期相关中英文专刊（Interpretation, 2018; Journal of Earth Science, 2017; 石油学

报, 2015; 地学前缘, 2012; 石油与天然气地质, 2010), 组织并召集国际层序地层学研讨会 1 次, 召集并主持国际沉积学大会分会场等国内外学术会议 5 次。该成果建立了含油气细粒沉积学的理论和方法体系, 成为沉积学研究热点和前沿, 引领了沉积学的发展, 拓展了页岩油气勘探开发领域。上述成果为四川盆地、渤海湾盆地等海陆相页岩油气的勘探重大突破提供了重要理论指导。包括中国科学院院士贾承造和邹才能教授、沙特阿美石油公司首席科学家 Hayton Shaun、前英国地调局局长 Gluyas Jon 教授、前国际湖泊地质协会主席 Elizabeth Gierlowski 教授等在内的国内外知名学者广泛引用和高度评价了本成果。

四、主要完成人情况与贡献:

1. 姜在兴: 排名1, 教授, 工作单位: 中国地质大学(北京), 完成单位: 中国地质大学(北京)。曾获科技奖励情况: 2016 年教育部科技进步二等奖, “风控湖相砂体储层预测新方法及其在油气勘探开发重大成效”, 排名第一; 2011年教育部科技进步二等奖, “可容空间转换系统与油气预测”, 排名第一; 2005年国家科学技术进步二等奖, “陆相湖盆层序地层学研究及其在油气勘探开发中的应用”, 排名第一; 2004年国家科技进步一等奖, “陆相断陷盆地隐蔽油气藏形成机制与勘探”, 排名第九。对本项目具体创新性贡献: 为本项目的总负责人, 8篇代表性论文中2篇论文的第一作者和其他6篇论文的第二作者, 提出了本项目的总体学术思想和研究方案, 是重要科学现象、特性、规律、理论的主要发现者与阐明者, 系统研究了中国主要盆地含油气细粒沉积岩成因机制与演化, 建立了含油气细粒沉积岩形成理论。培训油田页岩油气勘探人才2000余人/次, 负责推动了细粒沉积岩形成理论指导我国页岩油气勘探实践。

2. 张建国: 排名 2, 讲师, 工作单位: 中国地质大学(北京), 完成单位: 中国地质大学(北京)。对本项目具体创新性贡献: 为 8 篇代表性论文中 2 篇论文的第一作者, 对第二、四重要科学发现做出了创造性贡献。对于第二重要科学发现“发现了微生物控制含油气细粒沉积岩形成与演化”, 揭示了微生物是驱动方解石沉淀关键要素, 提出有机质的热成熟生油气作用控制亮晶方解石形成。在第四重要科学发现“湖相富碳酸盐含油气细粒沉积岩“陆源—内源”耦合作用成因模式”中, 建立了陆源作用、内源作用共同作用下的湖相富碳酸盐细粒沉积岩混合沉积模式。

3. 梁超: 排名 3, 讲师, 工作单位: 中国石油大学(华东), 完成单位: 中国石油大学(华东)。曾获科技奖励情况: 2015 年北京市优秀博士毕业生; 2017 年中国精品科技期刊顶尖学术论文(F5000); 2018 年入选“泰山学者青年专家”。对本项目具体创新性贡献: 对重要科学发现一、二、三做出了创造性贡献: 对重要科学发现一的贡献是界定了

含油气细粒沉积岩相关术语和使用规范（代表性论文 1）；对重要科学发现二的贡献是发现了微生物控制了海相高硅细粒沉积岩的形成（代表性论文 4）；对重要科学发现三的贡献是提出了海相高硅细粒沉积岩上升洋流成因机制与模式，揭示了多种过程控制下的海相页岩沉积模式，为页岩油气勘探寻找有利储层提供了新思路（代表性论文 2、4、6）。

4. 韩超：排名 4，讲师，工作单位：山东科技大学，完成单位：山东科技大学。对本项目具体创新性贡献：为 8 篇代表性论文中第 5 篇论文的第一作者；将“重要科学发现”栏中所列第一、三运用到四川盆地五峰组-龙马溪组页岩气储层评价中，发现岩相对页岩气储层含气性、物性及脆性特征具有重要控制作用，受上升流影响的富有机质硅质页岩为页岩气储层“甜点”（代表性论文 5）。

五、代表性论文专著目录（8 篇代表作）

| 序号 | 论文、专著 名称/刊名/作者 | 影响因子 | 年卷页码 年(卷):页码 | 发表年月 | 通讯作者/第一作者 (中文名) | SCI 他引次数 | 他引 总次数 | 是否国内完成 |
|----|--|-------|--------------------|---------|--------------------|-------------|-----------|--------|
| 1 | 含油气细粒沉积岩研究的几个问题/石油学报/姜在兴, 梁超, 吴靖, 等 | 4.795 | 2013(34):1031-1039 | 2013-11 | 姜在兴/姜在兴 | 15 | 123 | 是 |
| 2 | 四川盆地五峰组—龙马溪组页岩岩相及储集空间特征/石油勘探与开发/梁超, 姜在兴, 杨懿婷, 等 | 5.485 | 2012(39):736-743 | 2012-12 | 梁超/梁超 | 57 | 236 | 是 |
| 3 | Source-controlled carbonates in a small Eocene half-graben lake basin (Shulu Sag) in central Hebei Province, North China/Sedimentology/Zaixing Jiang, Daizhao Chen, Longwei Qiu, et al. | 3.531 | 2007 (54):265-292 | 2007-02 | 姜在兴/姜在兴 | 10 | 13 | 是 |
| 4 | Deep-water depositional mechanisms and significance for unconventional hydrocarbon exploration: A case study from the lower Silurian Longmaxi shale in the southeastern Sichuan Basin/AAPG Bulletin/Chao Liang, Zaixing Jiang, Yingchang Cao, et al. | 4.815 | 2016(100):773-794 | 2016-05 | 梁超/梁超 | 22 | 31 | 是 |
| 5 | The lithofacies and reservoir characteristics of the Upper Ordovician and Lower Silurian black shale in the Southern Sichuan Basin and its periphery, China/Marine and Petroleum Geology/Chao Han, Zaixing Jiang, Mei Han, et al. | 3.647 | 2016(75):181-191 | 2016-10 | 姜在兴/韩超 | 19 | 29 | 是 |

| 序号 | 论文、专著名称/刊名/作者 | 影响因子 | 年卷页码年(卷):页码 | 发表年月 | 通讯作者/第一作者 (中文名) | SCI 他引次数 | 他引 总次 数 | 是否 国内 完成 |
|----|---|-------|--------------------|---------|--------------------|-------------|---------------|----------------|
| 6 | The shale characteristics and shale gas exploration prospects of the Lower Silurian Longmaxi shale, Sichuan Basin, South China/Journal of Natural Gas Science and Engineering/Chao Liang, Zaixing Jiang, Chunming Zhang, et al. | 2.815 | 2014(21):636-648 | 2014-11 | 梁超/梁超 | 44 | 59 | 是 |
| 7 | Oil generation induces sparry calcite formation in the lacustrine mudrock, Eocene of east China/Marine and Petroleum Geology/Jianguo Zhang, Zaixing Jiang, Xiaolong Jiang, et al. | 3.647 | 2016(71):344-359 | 2016-08 | 姜在兴/张建国 | 13 | 22 | 是 |
| 8 | Lacustrine massive mudrock in the Eocene Jiyang Depression, Bohai Bay Basin, China: Nature, origin and significance/Marine and Petroleum Geology/Jianguo Zhang, Zaixing Jiang, Chao Liang, et al. | 3.647 | 2016(77):1042-1055 | 2016-12 | 姜在兴/张建国 | 5 | 6 | 是 |