

中国地质学会探矿工程专业委员会 推荐 2026 年度自然资源科学技术奖 (科技进步奖) 公示材料

一、成果基本情况

成果名称	深层页岩油气工厂化钻采技术创新与提效增产工程应用
学会评审组	中国地质学会
主要完成人	刘永升、翁定为、陈志明、豆子钧、杨甘生、孙强、张文远、柴麟、赵慧言、牛妍、刘环宇、唐金、周惠、朱昱谔、周彪
主要完成单位	中国地质大学（北京）、中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院、中国石油大学（北京）、四川长宁天然气开发有限责任公司、中国地质调查局油气资源调查中心、山东省煤田地质局第三勘探队、中国石油天然气股份有限公司长庆油田页岩油开发分公司
推荐等级	一等或二等

二、推荐意见

推荐项目面向我国深层页岩油气井工厂规模高效开发需求，通过理论创新、关键技术研发与工程应用，形成了井网—轨迹优化与钻井提效、复杂缝网均衡构建与压裂提效、复杂缝网渗流表征与开发动态预测调控三大技术体系，实现了深层页岩油气井工厂由单环节提效向钻井—压裂—生产全过程提效转变。相关成果显著提高了复杂工况钻进效率、储层压裂改造均衡程度以及复杂缝网条件下的产能预测与开发调控水平，为我国深层页岩油气规模高效开发提供了重要技术支撑。

项目形成行业标准 3 件、企业标准 1 件，授权发明专利 21 项、软件著作权 5 项，出版专著 1 部，在 SPE Journal 等期刊发表论文 113 篇，培养高层次技术人才 100 余人，其中中国科协青年人才托举工程入选者 1 人、自然资源部高层次青年科技人才 1 人、北京市科技新星 1 人，并获绿色矿山青年科技奖、国际石油工程师协会（SPE）北亚太区青年突出贡献奖等奖励。成果已在多个深层页岩油气区块实现规模化应用，取得了显著的技术、经济和社会效益，具有良好的推广应用价值。

推荐该项目申报自然资源科学技术奖（科技进步奖）一等奖或二等奖。

三、成果简介

深层页岩油气是我国油气增储上产的重要战略接替领域，对保障国家能源安全具有重要意义。随着页岩油气开发向深层、复杂储层和井工厂规模化方向发展，井间距离不断缩小、井眼轨迹日趋复杂、压裂规模持续增大，传统以单井和单环节优化为主的技术模式已难以满足规模高效开发需求。深层页岩油气井工厂开发面临三方面突出难题：一是邻井压裂影响范围难以精细界定，井网—轨迹布控风险高，复杂轨迹井段高效钻进困难；二是储层纵向非均质性强，多簇裂缝竞争扩展突出，压裂改造均衡程度不足；三是复杂缝网条件下多尺度渗流机理复杂，储层—裂缝参数识别、产能预测及开发动态调控困难。针对上述问题，项目团队围绕钻井、压裂和生产全过程开展系统科技攻关，取得以下创新成果。

1. 理论创新：揭示邻井压裂影响与井眼轨迹空间耦合作用规律，建立压裂影响域与井眼轨迹误差域耦合的压扰风险评价模型，为井工厂井网部署和三维井眼轨迹优化提供风险约束依据；建立考虑储层纵向非均质性的地应力精细评价模型及多裂缝应力干扰和竞争扩展模型，揭示簇间距、布缝方式及压裂时序对多簇裂缝起裂扩展的影响规律；构建热力学场、化学场、应力场和渗流场耦合的多场多尺度非线性传输模型，形成复杂缝网储层动态参数反演及产能预测理论方法，深化了井工厂条件下井网、裂缝与储层相互作用规律的认识。

2. 技术突破：融合微地震、光纤应变和柔性侧钻取心，形成邻井压裂影响域精细表征与钻前风险区界定技术；形成压扰风险约束下井网部署、三维轨迹优化及实钻动态纠偏一体化技术，压裂干扰发生率降低80%以上。提出轴向冲击强化破岩与扭转冲击抑制粘滑相结合的多向耦合冲击提速方法，研发多向耦合冲击钻井工具，平均机械钻速提高54%。形成面向多裂缝均衡扩展的缝控体积压裂技术，缝控程度提高至85%以上；研发可溶金属增强绳结暂堵转向技术，通过优势吸液通道封堵和流量重新分配实现多簇裂缝动态再均衡，裂缝复杂度提高30%以上。进一步形成多井数值试井与动态参数反演、复杂缝网井产能预测以及闷井—返排—生产参数协同优化技术，实现由静态评价向动态预测与全过程调控转变。

3. 重大工程应用成效：项目技术已在渝西、威远、庆城等页岩油气区块实现规模化应用，累计实施63井次以上，平均钻井周期缩短26%、压裂效率提高28%、累计产量提高36%；近三年累计增（产）页岩气12.19亿 m^3 、页岩油23.7万吨，创造经济效益25.60亿元、利润超过4.54亿元。项目成果推动了深层页岩油气井工厂开发由单环节提效向钻井—压裂—生产全过程提效转变，为我国深层页岩油气规模高效开发提供了重要技术支撑和工程示范。

项目形成标准及自主知识产权36项，包括行业标准3件、企业标准1件、团体标准1件，授权发明专利21项、实用新型专利5项，登记软件著作权5项；出版专著1部，在SPE Journal等国内外期刊发表论文113篇。项目实施过程中培养高层次技术人才100余人，其中中国科协青年人才托举工程入选者1

人、自然资源部高层次青年科技人才 1 人、北京市科技新星 1 人，并获绿色矿山青年科技奖、国际石油工程师协会（SPE）北亚太区青年突出贡献奖等奖励。

四、客观评价

项目成果围绕深层页岩油气井工厂钻井、压裂和生产全过程提效开展系统创新，相关技术先后得到国内外同行专家、成果鉴定专家以及油气田现场应用的评价与验证，并受到行业媒体和相关机构关注。

1. 井网—轨迹优化与钻井提效技术得到同行专家和现场应用验证。

中国石油大学（北京）韩国庆教授认为，相关井眼轨迹规划研究综合考虑了油藏因素、目标误差及轨迹力学指标，体现了多学科交叉的轨迹优化思路；中国地质大学（武汉）陈鑫教授指出，压裂干扰约束下的合理设计井眼轨迹改善了储层动用效果并提高了油气井生产率。中国石化新闻网报道了防碰绕障与防压裂干扰技术在页岩气水平井中的应用，认为相关成果为复杂井网条件下加密井施工积累了工程经验。孙金声院士对多向耦合冲击提速技术给予积极评价，认为 XZ-MCT 多向耦合冲击提速工具达到国际先进水平。玉门油田现场应用表明，鸭西 17 井采用多向耦合冲击工具后，较上一趟钻平均机械钻速提高 48%，验证了该技术在复杂井段钻井提速中的工程效果。中国石油报、中国石油商报先后报道了柔性钻具及超短半径侧钻取心技术，实现 5 寸半套管内开窗、118mm 井径及最小曲率半径 2m 条件下定点定方位取心。

2. 复杂缝网均衡构建与压裂提效技术获得成果鉴定和多区块应用验证。

成都理工大学程冰洁教授认为，页岩储层具有明显纵向各向异性，基于 VTI 介质的地应力预测能够较好反映页岩储层非均质特征，为压裂设计优化提供了可靠依据。2020 年 8 月 27 日，由孙金声院士、单文文教授等 7 位专家组成的鉴定专家组对相关成果进行评价，认为缝控体积压裂技术整体达到国际先进水平，其中缝控压裂设计方法达到国际领先水平。暂堵转向技术在多个非常规油气区块得到现场验证：济阳页岩油现场应用中，“绳结+柔性暂堵剂”实现 11 MPa 以上封堵压力，改造体积由 $1312 \times 10^4 \text{ m}^3$ 提高至 $1710 \times 10^4 \text{ m}^3$ ；中国石油新闻网报道，玉门油田环庆 2-15X 井顺利完成绳结暂堵均匀压裂现场试验，表明该类暂堵转向技术具有良好的工程适用性。

3. 复杂缝网渗流表征与开发动态调控技术得到国内外同行评价和规模应用检验。

加拿大阿尔伯塔大学、澳大利亚科廷大学、德国克劳斯塔尔工业大学及 UTP 大学相关专家分别对复杂裂缝网络试井、产能预测、智能试井解释及参数反演等研究成果给予积极评价，认为相关工作在复杂缝网储层动态表征、参数识别和产能预测方面具有较强创新性。相关动态反演、模拟仿真及生产调控技术已在长庆、长宁—威远等页岩油气区块开展工程应用。长庆油田报道，相关压后缝网动态反演与模拟仿真技术支撑了油田产能建设；科技部及中国石油新闻中心对我国陆相页岩油气高效开发及长宁—威远页岩气规模开发成果进行了报道，反映了相关技术在深层页岩油气开发中的工程应用价值。

五、主要知识产权目录

1. 代表性论文专著目录

序号	论文专著名称	刊名	作者	影响因子
1	A designing method of infill wells bypass trajectory in fracturing domains of shale gas fields	Geoenergy Science and Engineering	刘永升, 豆子钧, 杨甘生, 陈志明, 高德利	4.4
2	Investigating the Jet Comminuting Process in Cuttings Transport by Coupling the CFD-DEM Method and Bonded-Particle Mode	SPE Journal	刘永升, 高德利, 李鑫, 秦星, 李赫, 刘航	2.9
3	Multi-objective optimization design of deviation-correction trajectory considering the production loss in shale gas cluster well	Petroleum Science	豆子钧, 刘永升, 秦星, 高德利, 杨甘生	6.4
4	Optimization Design of Infill Well Trajectory with Antifracturing Interference for Shale Gas 3D Development	SPE Journal	豆子钧, 刘永升, 杨甘生, 孙强, 侯学军	2.9
5	水力压裂设计的新模型和新方法	天然气工业	翁定为, 付海峰, 梁宏波	
6	Transient flow analysis in flowback period for shale reservoirs with complex fracture networks	Journal of Petroleum Science and Engineering	陈志明, 廖新维, 于伟, 赵晓亮	4.4
7	页岩气勘探装备	华东理工大学出版社	杨甘生, 王树学, 潘令枝, 唐玄	
8	Shale oil and gas exploitation in China: Technical comparison with US and development suggestions	Petroleum Exploration and Development	雷群, 翁定为, 管保山, 师俊峰, 才博, 何春明, 孙强, 黄瑞	10.7

2. 知识产权目录

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
发明专利	一种加密井绕障轨迹的优化	中国	ZL202310333932.7	2025-11-04	8439066	中国地质大学（北京）	刘永升, 豆子钧, 杨甘生, 李治平,	有效

	方法						陈志明	
发明专利	一种径向水平井密封装置、钻井设备及钻井方法	中国	ZL202110383738.0	2021-12-28	4870289	中国地质大学（北京）	刘永升，陈国强，豆子钧，许智勇，孟庆生，阳志远	有效
标准	页岩气调查钻井完井技术规程	中国	DZ/T 0365-2021	2021-02-04	中华人民共和国自然资源部	中国地质调查局油气资源调查中心，中国地质大学（北京）	杨甘生，张春贺，刘宝林，周惠，夏响华，于培志，胡远彪，等	有效
发明专利	一种水平井优化布井方法及装置	中国	ZL201910509186.6	2022-10-04	5500544	中国石油天然气股份有限公司	翁定为，雷群，刘哲，胥云，王欣，郭子仪，林海，段瑶瑶，梁宏波	有效
发明专利	缝网改造后页岩储层流体动用范围定量评价装置及其方法	中国	ZL201911104499.X	2024-05-10	6987431	中国石油大学（北京）	陈志明，吴佳琦，廖新维	有效
发明专利	一种致密储层有效缝网的动态识别方法	中国	ZL201810952019.4	2023-08-04	6202786	中国石油大学（北京）	陈志明，廖新维，赵晓亮，褚洪杨，邹建栋，穆凌雨，陈昊枢，张家丽	有效
发明专利	柔性取心工具	中国	ZL201610649752.X	2019-05-07	3367103	中国石油天然气股份有	孙强，刘合，李	有效

						限公司	涛, 李益良, 张绍林, 明尔扬, 黄守志, 韩伟业	
发明专利	外壳导向式造斜钻具	中国	ZL201710946251.2	2020-05-08	3789856	中国石油天然气股份有限公司	孙强, 张绍林, 明尔扬, 李涛, 李益良, 黄守志, 韩伟业, 陈强, 刘合	有效
标准	油水井压裂设计规范	中国	Q/SY 02025-2017	2017-06-28	中国石油天然气集团公司	中国石油勘探开发研究院廊坊分院, 川庆钻探工程公司, 渤海钻探工程有限公司	胥云, 翁定为, 刘哲, 毕国强, 尹从彬, 余芳, 郭英, 王欣, 管保山, 等	有效
标准	陆地油气资源战略选区调查与评价技术要求	中国	DZ/T 0387-2021	2021-12-07	中华人民共和国自然资源部	中国地质调查局油气资源调查中心, 中国地质调查局, 中国地质大学(北京), 等	张春贺, 李世臻, 周惠, 王利, 腾格尔, 白名岗, 王家松, 杨甘生, 等	有效