附件2

自然资源科学技术奖推荐成果公示内容

**【01】**

**一、成果基本情况**

成果名称：库区地质灾害状态智能感知与风险精准管控关键技术及应用

主要完成人：陈立川、仉文岗、康燕飞、唐菲菲、梁丹、谭淋耘、王鲁琦、杜娟、江君、陈斌、廖蔚茗、杨勇、王琦、曾亮、任晓虎

主要完成单位：重庆地质矿产研究院、重庆大学、重庆市地质环境监测总站、重庆交通大学、中国地质大学（武汉）

任务来源： B 部委计划，C 省、市、自治区计划，D2 其他基金

申报等级：一等奖或二等奖

**二、推荐意见**

三峡库区长期地质安全事关国家长江经济带发展战略，开展三峡库区岸坡地质灾害科学防控研究，对推动长江经济带高质量发展意义重大。该成果由重庆地质矿产研究院牵头，围绕库区地质灾害状态智能感知与风险精准管控关键技术进行了系统深入的研究及实践应用，取得系列创新性成果：

（1）提出了基于力－能量平衡理论的岩质岸坡失稳临界状态确定方法，量化了库水位变化与岸坡岩体力学状态的动态关系，揭示了复杂力学环境下库岸斜坡的灾变演化机制，为库区地质灾害隐患智能感知与风险精准判识提供了理论支撑。

（2）构建了基于光谱-纹理－结构特征相结合的消落带岸坡岩体劣化评价模型，建立了岸坡灾变动力－静力－形变多场耦合立体感知体系，实现了从内部物理力学过程到外部宏观响应的地质体灾变全链条智能感知。

（3）提出了形变、应力、水位、降水等多源监测数据融合的库岸斜坡稳定性动态预警方法、崩滑-涌浪危险性动态评价方法，构建了地理地质空间本底与多源监测数据融合响应的岸坡动态风险评估体系，开发了重庆三峡库区岸坡地质灾害风险综合管控平台，实现了库区地质灾害防治全链条数智化转型升级。

项目获得授权发明专利41件，出版专著7部，编制标准规范9部，发表高水平论文125篇。该成果创新性强，基于地理地质空间本底融合多源监测数据的库岸斜坡稳定性动态评价与风险动态管控处于国际领先水平。

推荐该项成果申报自然资源科技进步奖一等奖或二等奖。

**三、成果简介**

面向长江经济带高质量发展和三峡库区地质安全保障等国家重大战略需求，针对复杂地质水文环境下岸坡灾变机理不明、监测预警精准性不足、风险管控颗粒度粗等关键科学技术难题，在国家重点研发计划、国家自然科学基金、重庆市技术创新与应用发展重点专项等7个国家级/省部级项目的资助下，以三峡库区岸坡地质灾害智慧防控为工程依托开展了13年协同攻关与系统研究，攻克了复杂环境下峡谷岸坡灾变演化理论难题，构建了库区地质灾害状态智能感知技术体系，突破了岸坡地质灾害精准预警与动态管控技术瓶颈。主要创新成果如下：

（1）提出了基于力－能量平衡理论的岩质岸坡失稳临界状态确定方法，量化了库水位变化与岸坡岩体力学状态的动态关系，揭示了复杂力学环境下库岸斜坡的灾变演化机制，为库区地质灾害隐患智能感知与风险精准判识提供了理论支撑。

（2）构建了基于光谱-纹理-结构特征相结合的消落带岸坡岩体劣化评价模型，建立了岸坡灾变动力-静力-形变多场耦合立体感知体系，实现了从内部物理力学过程到外部宏观响应的地质体灾变全链条智能感知。

（3）提出了形变、应力、水位、降水等多源监测数据融合的库岸斜坡稳定性动态预警方法、崩滑-涌浪危险性动态评价方法，构建了地理地质空间本底与多源监测数据融合响应的岸坡动态风险评估体系，开发了重庆三峡库区岸坡地质灾害风险综合管控平台，实现了库区地质灾害防治全链条数智化转型升级。

研究成果获授权发明专利41件、实用新型专利15件、软件著作权30件，出版专著7部，编制标准规范9部，发表论文125篇（其中SCI/EI论文105篇）。研究成果在三峡库区及周边省市大量推广应用，成功预警巫峡笔架山危岩、瞿塘峡吊嘴危岩、奉节县大树场镇滑坡等地质灾害36起，支撑了三峡库区专业监测区域零伤亡，保障了库区航道、铁路、公路运营安全，直接经济效益19.83亿元。

**四、客观评价**

**1. 专家组评价意见**

以中国工程院李建成院士为组长的专家组认为：该研究成果丰富，创新性强，整体技术处于国际先进水平，其中基于地理地质空间本底融合多源监测数据的库岸斜坡稳定性动态评价与风险动态管控处于国际领先水平。

**2. 科技部西南信息查新中心科技查新评价**

根据科学技术部西南信息中心查新中心出具的成果查新报告(编号J20245001258225871)结论：针对查新研究成果的技术要点和查新点，涉及综合本项目所述技术特点的“库区地质灾害状态智能感知与风险精准管控关键技术及应用”，在所检文献以及时限范围内，国内外未见相同文献报道。

**五、主要知识产权目录**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 已授权成果名称 | 知识产权类别 | 国（区）别 | 授权号/公开出版时间 |
| 1 | 一种适用于水动力滑坡模型试验的人工滑床及制备方法 | 发明专利 | 中国 | ZL202110931691.7  2024-03-22 |
| 2 | 一种考虑位移牵引的滑坡稳定性靶向分析方法及设备 | 发明专利 | 中国 | ZL202410928501.X  2025-02-28 |
| 3 | 一种地质与工程参数约束的微地震数据去噪方法 | 发明专利 | 中国 | ZL202010187969.X  2022-09-09 |
| 4 | 一种基于多源监测数据的滑坡稳定性智能动态预测方法 | 发明专利 | 中国 | ZL202211241465.7  2024-01-16 |
| 5 | 一种地下水位监测装置及其监测方法 | 发明专利 | 中国 | ZL202110546985.8  2022-11-29 |
| 6 | 基于关键参数预测值降低地质灾害预警系统故障率的方法 | 发明专利 | 中国 | ZL202211058023.9  2023-09-01 |
| 7 | 一种考虑库岸滑坡失效概率的涌浪链生灾害评价方法 | 发明专利 | 中国 | ZL202410444391.X/2024-09-20 |
| 8 | 一种基于多监测点协同作用的滑坡整体稳定性预警方法 | 发明专利 | 中国 | ZL202011019379.2  2022-05-27 |
| 9 | 山地城镇边坡自动化监测技术规范 | 标准规范 | 中国 | DB50/T1682-2024  2024-10-08 |
| 10 | 城镇地质安全监测规范 | 标准规范 | 中国 | DB50/T1041-2020  2020-10-10 |

**【02】**

**一、成果基本情况**

成果名称：西南采煤沉陷区地质环境问题防治与资源生态化利用关键技术及应用

主要完成人：马磊，李满意，朱星，白波，朱冬雪，王志一，刘莉，卢小海，司洪涛，李少华，李成，葛彬彬，彭小东，张华莲，毛铮

主要完成单位：重庆地质矿产研究院、成都理工大学、中国地质环境监测院、重庆大学、重庆华地资环科技有限公司

任务来源： A1 国家科技支撑计划，C 省、市、自治区计划，D1 国家自然科学基金，E 企业

申报等级：一等奖

**二、推荐意见**

西南地区煤田受控于区域大地构造与沉积环境影响，煤层赋存条件复杂，具有煤层厚度普遍小于1.5m且稳定性差，倾角多大于35°，并伴随频繁的厚度突变、夹矸层发育及断层切割等典型特征，开采难度大，引发非均衡突发沉陷、链式水文地质破坏与矿业扰动区生态级联失稳等复合地质环境问题，与人口密集区形成空间重叠，建设用地占比达25%，严重制约城镇发展。该项目聚焦西南采煤沉陷区矿山地质环境与资源生态化利用，系统构建了基于5G赋能的“空-天-地-深”多维多源地质环境问题智能识别预警技术体系，创新研发了顺应塌陷变形效应的水-土-生一体化综合治理技术体系，率先提出了多目标规划与资源生态化利用技术体系，实现了采煤沉陷的精准感知与动态追踪，生态修复及资源优化利用，为推动资源枯竭城市可持续绿色发展提供了重要技术支撑。

成果发布国家及地方行业标准15项，授权国家发明专利21项，登记软件著作权5项，出版专著2部，发表论文97篇（SCI/EI收录48篇）。成果支撑采煤沉陷区国土空间规划编制、综合治理与绿色转型发展，成果入选自然资源部国土空间生态修复创新适用技术目录推广，曾获绿色矿山科学技术奖1项，在重庆、四川、云南、贵州及陕西等省市地区累计推广面积148万亩，受益人口514万，经济效益46亿元。中国科学院赖远明院士、中国工程院刘汉龙院士认为，成果意义重大，总体达到国际先进水平。

推荐该项成果申报自然资源科技进步奖一等奖。

**三、成果简介**

西南地区作为我国南方煤炭集中区，城镇因煤而建、缘煤而兴，受复杂地形地貌、地质构造、岩溶发育等多重因素影响，地下开采易引发非均衡突发沉陷、链式水文地质破坏与矿业扰动区生态级联失稳等复合地质环境问题，仅重庆地区采煤沉陷区面积2300平方公里，其中城镇建设用地占比25%，造成资源枯竭、土地压占，制约城镇发展，亟需开展资源化生态再利用。现有理论体系与治理技术难以系统解决该区域“地质损伤-生态退化-综合再利用”等关键问题。

在国家重点研发计划、国家自然科学基金及地方重大专项的大力支持下，经10余年的原位观测、中试验证与产研用深度融合，形成如下创新成果：

1. 系统构建了基于5G赋能的“空-天-地-深”多维多源地质环境问题智能识别预警体系。精准解析了矿业扰动下地质-生态级联损伤机制与路径，创建了西南采煤沉陷区倾斜岩层破坏前兆识别方法，研制了适用于复杂立地条件的矿山地质环境智能监测成套装备，开发了基于轻量化AI的矿山地质灾害与生态损毁一体化预警管控系统，提出采煤沉陷区精细化地质-生态损毁调查评价等技术标准。监测设备信号抗干扰能力提升15~20%，工作范围温度拓展至-40℃至60℃，地质环境问题防控能力提升20%以上，释放安全用地48平方公里用于城镇建设，支撑自然资源部重庆典型矿区野外观测站建设与运维工作，为采煤沉陷的精准感知与动态追踪，生态修复及资源优化利用提供科学决策支持。

2. 创新研发了顺应塌陷变形效应的采煤沉陷区水-土-生一体化综合治理技术体系。研发了兼顾生态功能提升与用水安全保障的截-排-堵-净水资源保护体系，集成构建了基于应力实时监测与地质-生态协同修复、分区治理的塌陷地治理技术体系，研制了基于水土保持与地表变形适应的植被退化修复技术体系，沉陷区供水建造成本降低10%以上，水土保持率提高15%以上，成果入选自然资源部国土空间生态修复创新适用技术目录推广，填补了川渝地区煤矿生态修复技术标准空白，为推动矿区向生态友好型发展提供了技术支撑。

3. 创新提出了采煤沉陷区多目标规划与资源生态化利用技术体系。提出了基于空间管控-系统治理-价值实现的采煤沉陷区可持续发展范式，率先制定了煤矸石分级分质识别技术标准，研制了资源生态化利用技术体系，构建了喀斯特煤矿区含水层再造与矿井涌水生态回用技术体系，率先制定煤矸石与矿井水分级分类利用等标准，累计治理矸石山3000万m3，综合利用矿井水9900余万m3、利用率提高至65%，有效提高了西南地区采煤沉陷区内资源综合利用效能。

该研究发布国家标准6项、地方及行业标准9项，授权国家发明专利21项，登记软件著作权5项，出版专著2部，发表论文97篇（SCI/EI收录48篇）。成果支撑采煤沉陷区国土空间规划编制、综合治理与绿色转型发展，累计推广面积148万亩，受益人口514万，经济效益46亿元。赖远明、刘汉龙院士认为，成果总体达到国际先进水平。

**四、客观评价**

1. 中国科学院赖远明院士评价意见

项目通过对西南特有的（急）倾斜煤层开采导致的采煤沉陷区矿山地质环境问题与多介质资源开展系统性基础研究、技术攻关与应用示范，构建了多维多源智能识别预警体系，研发了采煤沉陷区水-土-生一体化综合治理技术与资源生态化利用技术，助力了西南采煤沉陷区地质环境问题防治与资源生态化再利用协同实施，并在该区域广泛应用推广，成果意义重大，理论、技术上有创新，总体达到国际领先水平。

2. 中国工程院刘汉龙院士评价意见

项目成果聚焦采煤沉陷区“地质损伤-生态退化-生态化利用”关键科技问题，形成了多维多源智能识别监测预警、水-土-生一体化综合治理和资源生态化利用三点原创性技术体系，在西南地区矿山地质环境监测评估、煤矸石综合利用、矿山生态修复利用规划等多目标协同修复方面取得了广泛应用，成果意义重大，理论上有突破、技术上有创新，成效显著，总体达到国际领先水平。

3. 科技部西南信息查新中心科技查新评价

经中心检索，本项目所述西南采煤沉陷区地质环境问题防治与资源生态化利用关键技术及应用，构建了基于5G赋能的“空-天-地-深”多维多源智能监测预警体系，研发了顺应塌陷变形效应的采煤沉陷区水-土-生一体化综合治理技术，提出了采煤沉陷区多目标规划与资源生态化利用技术体系，系统解决了采煤沉陷区“地质损伤-生态退化-综合再利用”关键问题，在所检文献以及时限范围内，国内外未见相同文献报道。

4. 验收意见

本项目获国家重点研发计划、国家自然科学基金及地方重大专项等课题支撑，完成了“便携式滑坡灾害应急监测工具箱研制、城市群地质环境演化典型要素遥感识别与地质环境演化综合评价、矿山地质环境监测体系建设、采煤沉陷区地质环境专项调查”等课题研究任务，均通过验收。形成了西南采煤沉陷区基于5G赋能的“空-天-地-深”多源多维识别预警体系、地质与生态一体化综合治理、资源生态化利用技术体系，建成了重要矿集区矿山地质环境监测示范区，生态、经济与社会效益显著，成果获绿色矿山科学技术奖及重庆市自然资源类优秀工程设计奖，对推动西南地区采煤沉陷区可持续发展起到了关键效用。

5. 论文引用及同行评价

西南采煤沉陷区倾斜岩层破坏前兆识别方法。发表在《岩土力学》，总他引58次，被西安科技大学杰青、长江学者张天军教授、中南大学李夕兵教授等学者对论文进行了正面评价及引用。

6. 媒体报道

人民日报、新华网等权威媒体对依托本项目研发的顺应塌陷变形效应的水-土-生一体化治理技术体系所支撑的重庆万盛资源枯竭型城市转型进行了专项报道，评价从一煤独大的“黑”城迈向生态美、产业兴的“绿”城，在2023年度资源枯竭城市转型绩效评价中排名全国前列，实现高质量转型。

**五、主要知识产权目录**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 已授权成果名称 | 知识产权类别 | 国（区）别 | 授权号/公开出版时间 |
| 1 | 基于5G智能通讯的矿山地质环境智能监测与预警方法 | 发明专利 | 中国 | ZL 2021 1 1201316.3 |
| 2 | 一种强振动干扰条件下的矿山边坡变形监测方法及系统 | 发明专利 | 中国 | ZL 2024 1 0755810.1 |
| 3 | 一种边坡环保生态防护方法 | 发明专利 | 中国 | ZL 2023 1 1275849.5 |
| 4 | 一种生态环境修复系统及其智能防堵方法 | 发明专利 | 中国 | ZL 2023 1 1275848.0 |
| 5 | METHOD FOR TREATING CO-POLLUTED WASTEWATER BASED ON OHYDROXYPHENYL-DRIVEN IRON CIRCULATION | 发明专利 | 荷兰 | ZL2032754 |
| 6 | 煤矸石检验通则 | 标准 | 中国 | GB/T 33687-2017 |
| 7 | 煤矿矿井水利用技术导则 | 标准 | 中国 | GB/T 31392-2022 |
| 8 | 矿山生态修复技术规范 第1部分：通则 | 标准 | 中国 | TD/T 1070.1-2022 |

**【03】**

**一、成果基本情况**

成果名称：基于多模态感知的重庆山区矿产资源开采智能监测技术创新与应用

主要完成人：栾进华、李佳男、冯永、张瑞刚、潘勇卓、郑大东、许廷发、董毅、谢洪斌、吴国代、席亚文、姜良美、陈立、吴欣蔓、魏明浩

主要完成单位：重庆地质矿产研究院、北京理工大学、重庆市地质调查院、重庆大学、北京理工大学重庆创新中心、重庆华地资环科技有限公司

任务来源： C 省、市、自治区计划，D2 其他基金，H 其他

申报等级：一等奖或二等奖

**二、推荐意见**

由重庆地质矿产研究院、北京理工大学、重庆市地质调查院、重庆大学、北京理工大学重庆创新中心、重庆华地资环科技有限公司完成的“基于多模态感知的重庆山区矿产资源开采智能监测技术创新与应用”项目，针对山区重庆市山区环境存在的“多云多雾遥感干扰多+地下开采隐蔽性强+工程采掘混淆性大”现象和“数据获取难+识别判定难+监管不量化”监管痛点难点问题，首次构建了“高空-低空-地面-地下”多维一体数据采集与处理体系，突破了山区复杂地形下矿产资源监管多模态数据获取与融合处理关键难题；创建了多模态数据AI智能解译与识别体系，创新了广域遥感采矿图斑精细识别与变化检测模型、无人机影像多尺度小目标检测算法、基于双目视觉的露天采场作业识别与越界监测技术，以及地下矿山震源自动识别与高精定位方法，实现了矿产开采多维立体化智能监测预警，突破了监管识别判定不准确关键问题；创建了三维空间计算量化监管技术体系，创新集成“模型拼接+储量计算+矿山评估”于一体的数字化综合监管平台，首创矿产资源三维定量分析与数字化监管技术方法，突破了监管不量化关键问题。上述创新技术方法形成了解决山区矿产资源开采监管数据获取难、识别判定难、量化计算难的综合技术措施，研究成果被自然资源部列为典型应用案例，对推动矿产资源开采监管科技发展、技术进步作出了突出贡献。

应用成果获得相关学会、协会工程金奖、一等奖等奖励6项，获评自然资源部高层次科技创新团队1个，培养重庆市学术技术带头人、自然资源部青年科技人才等省部级名号人才3名，博士研究生2名、硕士研究生5名、正高级职称6名、高级职称8名。取得发明专利11项、实用新型专利11项、软件著作权18项，发表科技论文30篇（SCI/EI收录18篇），发布地方行业标准7项，出版专著3部。成果有效解决了重庆地区矿产资源开采监测的时空全面性问题，助力打击非法采矿活动、促进绿色矿山建成效果保持，近年来全市常态化采矿监管工作效率提升50%，线索发现率提升36%，促进全市成功申报国家级绿色矿山11个、市级绿色矿山138个，非法采矿数量减少95%，增加财政收入或挽回经济损失4.3亿元，经济和社会效益显著。

经审核，该成果符合自然资源科技进步奖资格提名条件，同意推荐该项目成果申报一等奖或二等奖。

**三、成果简介**

矿产资源开采监管是推动绿色低碳发展、促进安全生产和维护矿业市场秩序的重要工作。习总书记强调，要“提高海洋资源、矿产资源开发保护水平”。目前，常规“空天地”监测技术在复杂山区地形条件下存在诸多技术问题。重庆作为典型“大山区、大库区”，露天矿山平均高差达144米，最大可达390米，无人机航测垂直误差大，开采量算不准确；年均云雾覆盖日超过120天，导致可见光遥感影像存在高达26%的数据缺失率，监管盲区大；采矿活动广而散、规模小，地下采矿硐口隐蔽性强，遥感解译特征模糊、图斑难发现；常规人工地面巡检频次低，部分地下矿山违法开采发现周期长达3-6个月，监管难度大；工程建设项目点多面广，因施工、平场开挖砂石土行为与无证采矿易混淆，违法行为难锁定。

针对以上问题，依托重庆市自然科学基金等13项课题和项目，经过5年“产-学-研”联合攻关和技术研发，提出了“基于多模态感知的重庆山区矿产资源开采智能监测”技术体系，实现对工程挖掘、超层越界开采、隐蔽型无证采矿等违法行为的有效识别、快速预警、精准量化，为矿产资源开采全生命周期监管提质增效。主要创新如下：

一是数据采集方面，建立了山区“高空-低空-地面-地下”多维一体数据采集与处理体系，融合遥感、无人机、视频监控与地下微震传感技术并改进优化，突破了山区复杂地形下矿产资源监管多模态数据获取与融合处理关键难题，实现全域覆盖监测。非法采矿线索发现率提高约36%。

二是分析决策方面，创建了多模态数据AI智能解译与识别体系，研发了广域遥感采矿图斑精细识别与变化检测模型、无人机影像多尺度小目标检测算法、基于双目视觉的露天采场作业识别与越界监测技术、地下矿山震源自动识别与高精定位方法，实现了多模态数据智能监测预警。非法采矿线索发现时效性提升约50%。

三是监管应用方面，构建了三维空间计算量化监管技术体系，创新研发集“模型拼接+资源计算+矿山评估”于一体的数字化综合监管平台，精准锁定非法采动量、追溯开采过程、预警违法风险，为矿产资源三维定量分析与数字化监管提供技术支撑。

成果含发明专利11项、实用新型专利11项、软件著作权18项、科技论文30篇（SCI/EI收录18篇）、地方行业标准7项、专著3部。培养自然资源部高层次科技创新团队1个，重庆市学术技术带头人、自然资源部青年科技人才等省部级名号人才3名，博士研究生2名、硕士研究生5名、正高级职称6名、高级职称8名。相关应用成果获得相关学会或协会工程金奖、一等奖等奖励6项。评价意见认为，成果在技术方法和应用实践上有重要创新，总体达到国内先进水平。

上述成果在重庆市规划和自然资源主管部门、技术单位、矿山企业等27家单位广泛应用，有效提升了重庆山区矿产资源开发保护水平，非法采矿势态得到有效遏制（降幅约95%）。及时发现线索839条，促进了12项工程项目富余砂石交易和出让，助力149个绿色矿山申报和成效保持，累计增加收入、节约成本或挽回经济损失约4.3亿元，经济和社会效益显著。

**四、客观评价**

1.重庆市地质学会科技成果评价

2025年4月10日，重庆市地质学会组织了以自然资源部矿产资源保护监督司原司长鞠建华为组长的专家组，对“基于多模态感知的重庆市矿产资源开采智能监测技术与应用”科技成果进行评价。专家组认为：

该项目针对重庆地区多云多雾、地形高差大、矿产资源分布广而散、开采活动隐蔽性强、地下矿山监管难度大、井下测量安全风险高等问题，通过“产学研”联合攻关，建立了矿产资源“高空-低空-地面-地下”多维一体数据采集、多模态综合处理与智能感知、三维空间计算量化监管的多模态智能监测技术体系，突破了山区环境下数据获取率低和信息缺失瓶颈，有效识别和预警工程挖掘、超层越界开采、间歇性无证采矿等隐蔽违法行为，精准量化、锁定非法采矿资源量证据，提升监管时效性、准确性，为山区复杂环境下矿产资源监管技术提质增效提供了重要参考。成果推广应用成效显著，社会经济效益明显，在矿产资源开发和保护利用领域具有很强的示范引领作用。

该成果在技术方法和应用实践上具有创新性和先进性，在提高监管精细化和全流程管理效力方面具有更高的时效性和成本优势，总体达到国内先进水平，极大推动了矿产资源监管行业发展与技术进步。

2.成果验收意见

本项目获得重庆市科技局自然科学基金、重庆市规划和自然资源局科技计划等项目支持，2017-2022年先后完成《融合遥感影像浅层特征与深层网络的矿业活动图斑精细化识别模型研究》（cstc2019jcyj-msxmX0657）、《面向露天矿山监测的无人机倾斜摄影关键技术研究》（cstc2020jcyj-msxmX1042）、《震源定位技术在地下矿山越界开采监督管理的应用研究》（KJ-2017009）、《重庆市露天矿山越界开采视频主动感知技术应用示范研究》（KJ-2019001）等课题研究任务，均通过了验收，形成的创新技术方法得到评审专家一致认可。

3.同行意见

该成果深度应用于矿产资源开采监管领域，在重大工程中实践推广，获得相关行业、协会等高度评价，累计获省部级工程类金奖、一等奖等奖励6项。

（1）应用成果《重庆市矿产资源三维时空动态监测》获得2023年中国测绘学会优秀工程“金奖”；

（2）应用成果《重庆市矿产资源开发“空天地”一体化监测工程》获得2023年中国地理信息产业协会优秀工程“金奖”；

（3）应用成果《重庆市矿产资源开发“空天地”一体化监测工程》获得2023年度重庆市测绘地理信息优秀工程“一等奖”；

（4）应用成果《重庆市大区域三维地质建模关键技术研究与多元场景应用》获得2024年全球卓越工程师大赛“优秀成果转化奖”；

（5）应用成果《矿产资源四维监管体系建设》获评2024年度重庆市优秀地质成果“一等”成果；

（6）应用成果《重庆市绿色矿山建设标准研究与实践》获评2023年度重庆市优质地质成果“二等”成果；

此外，典型做法被自然资源部通报表扬3次、收到重庆市规划和自然资源局表扬信和感谢信4次；技术团队受邀在全国信息公示工作座谈会、矿产品监测培训会等6项全国性、区域性会议上作发言。

4.应用单位评价

2019年以来，成果先后在重庆市规划和自然资源局、合川等11区县规划自然资源主管部门、地质矿产行业5家技术支撑单位、9家大中型矿山企业等得到广泛推广和深度应用，并在全市矿产资源开采监管领域相关重大工程中深度实践（总投资1.14亿元），显著提升了监管效力、节约成本，且各项工作均获得了应用单位一致好评，有效支撑了重庆地区矿产资源开发保护工作。如重庆市规划和自然资源局评价成果“提升了传统监管任务内业监测分析、外业调查核实效率，降低了工作成本，指导了绿色矿山建设，促进了绿色矿山建成效果保持”；重庆市武隆区规划和自然资源局评价成果“有效保障了合法矿业经济市场稳定，为企业增加了收入，在实现矿产监管及时性、全面性、准确性方面取得了新突破”；重庆市南川区规划和自然资源局评价成果“有效防止非法开采矿产品扰乱合法矿业经济市场，为合法矿山企业增加了收入，维护了矿山企业合法权益、促进矿业经济公平竞争”；重庆市一三六地质队、重庆武金勘察有限公司等评价成果“为监测工作提供了技术支持，提高了工作效力”、“准确反映监测矿山开发利用现状”；冀东水泥璧山有限责任公司评价成果“克服了矿山测绘人员不足、技术不到位的情况，节约了人员成本，及时预警了矿山临近边界开采的区域，避免了不良后果”。

5.媒体报道

该成果支撑的《重庆实现矿产勘查开采全流程监管》专题报告，先后在中华人民共和国政府网、新华网、中国新闻网、中国自然资源报、新浪网刊载。中国共产党员网、中国砂石协会微信公众号等媒体相继报道，应用该成果发现了南川重大非法采矿线索，涉案金额700多万元。中国法制报报道了项目发现的大足某矿山越界开采线索，涉案金额2416.86万元，经查实后收到公安部表扬。

**五、主要知识产权目录**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 已授权成果名称 | 知识产权 类别 | 国（区）别 | 授权号/公开出版时间 |
| 1 | 一种面向大高差地形矿山监测的无人机航摄设计方法 | 发明专利 | 中国 | CN116772800B |
| 2 | 基于双分支时序深度监督的遥感采矿图斑变化检测方法 | 发明专利 | 中国 | CN118230159B |
| 3 | 基于倾斜摄影测量技术的露天矿山界桩位置布设优化方法 | 发明专利 | 中国 | CN116337012B |
| 4 | 一种沉积地层复杂构造三维地质模型拼接方法 | 发明专利 | 中国 | CN114842159B |
| 5 | 一种矿山微地震定位控制系统及方法 | 发明专利 | 中国 | CN111413733B |
| 6 | 基于多层感知机校正的快速拼接航拍图像的方法和系统 | 发明专利 | 中国 | CN113781444B |
| 7 | 一种基于区域自适应光谱角阈值的图像合并分割方法 | 发明专利 | 中国 | CN109191482B |
| 8 | 重庆市非油气矿业权实地核查技术要求（试行） | 标准 | 中国 | 2021年10月 |
| 9 | 重庆市矿业权遥感监测技术要求 | 标准 | 中国 | 2021年11月 |
| 10 | 重庆市绿色矿山“双随机、一公开”监督检查技术指南 | 标准 | 中国 | 2021年11月 |

**【04】**

**一、成果基本情况**

成果名称：上扬子地区常压海相页岩气高效开发技术突破及产业化

主要完成人：房大志、曾春林、唐显春、侯宇光、王雷、陈浩、程礼军、张志平、李建林、李书应、薛冈、胡科、吴学兵、隆辉、汪生秀

主要完成单位：重庆地质矿产研究院、中石化重庆页岩气有限公司、中国地质大学（武汉）、中国地质科学院、长江大学、中国石油大学（北京）、重庆市地质矿产勘查开发局107地质队、重庆华地资环科技有限公司、中石油西南油气田分公司蜀南气矿

任务来源：A1 国家科技支撑计划，A4 其他计划，C 省、市、自治区计划，E 企业

申报等级：一等奖或二等奖

**二、推荐意见**

开发好页岩气对满足我国不断增长的能源需求、优化能源结构、提高能源效率、促进节能减排和促进经济社会发展意义重大。常压页岩气是我国页岩气的发展方向，具有加大勘探开发力度的资源基础，但常压页岩气地质条件复杂、资源丰度中低、效益开发难度大，针对上述问题，该项目研究团队历经多年攻关首创了常压页岩气富集高产地质理论，率先在常压页岩气藏集成应用了全电压裂技术系列，并自主研发了适应常压页岩气田的压裂新材料和关键装备，创建了基于智能化的复杂构造带常压页岩气田高效管理模式。

该项成果取得发明专利14项、实用新型专利28项、软件著作权 20 项，发表论文 45 篇（SCI/EI 收录26 篇）。研究成果有效指导了盆缘区常压页岩气商业突破和开发建产，极大拓展了页岩气开发纵深，提振了我国深层页岩气勘探开发的信心，为国内资源保供筑牢了坚实的基础保障，助力成渝千亿方天然气产能基地建设。南川作为上扬子海相常压页岩气的典型代表，首次实现了规模商业开发，累计生产页岩气超过80亿方，经济社会效益显著，应用前景广阔。

推荐该项成果申报自然资源科技进步奖一等奖或二等奖。

**三、成果简介**

四川盆地及周缘页岩气资源丰富，其中常压页岩气可采资源量9.08万亿方。与“涪陵、长宁、威远”为代表的超压页岩气田相比，常压页岩气遭受更为强烈的构造改造，保存条件较差，地层压力系数介于 0.9-1.3，广泛分布于四川盆地盆缘与盆外构造复杂区，可采资源量 9.08 万亿方，面临地质条件复杂、资源丰度低、单井产量和最终可采储量较低、高效勘探和效益开发难度大等瓶颈，一直未取得商业突破。项目围绕制约常压页岩气效益开发的关键技术难题，以国内首个页岩气探矿权“招拍挂”区块—南川区块为研究对象，通过常压页岩气富集高产规律及高效勘探关键技术研究，落实资源规模，形成高效勘探关键技术，明确产建区，突出增产和降本两大主线，首次实现我国常压页岩气规模商业开发，引领了我国常压页岩气产业发展，取得了如下创新成果：

1.创建了常压页岩气“正负向主控因素”储层精细分级评价体系，提出了三类常压页岩气聚集模式，支撑了我国首个千亿方级大型南川常压页岩气田的建设。

2.创新形成常压页岩气复杂缝网压裂设计方法和自生气气举应用新技术，实现单井长期稳产，支撑全国首个常压页岩气田的高效开发。

3.自主研发适应常压页岩气田的无限级全通径固井滑套、全可溶金属桥塞等关键工具，研制了“电动混砂撬、电动混配撬、电动供液撬”等配套设施，形成了常压页岩气田全电压裂技术系列，实现了常压页岩气开发的降本增效。

4. 创建了常压页岩气田高效开发智能化管理模式，形成了基于大数据智能平台的井位部署及井位优化技术，实现了立体可视化气田的掌上管理。

成果取得授权专利 42项（发明专利 14 项），软件著作权 20 项，发表论文 45 篇（SCI/EI 收录26 篇）。

研究成果实现多项技术突破与创新，打破国外技术垄断，为涪陵、南川、武隆等常压页岩气勘探突破提供了可复制的先进技术，有效指导了盆缘区常压页岩气商业突破和开发建产，发现国内首个大型南川常压页岩气田，引领和推动了我国常压页岩气快速发展。累计提交探明储量1989亿方，预测储量1169亿方。带动钢铁、材料、化工等相关产业发展，增加社会就业1万余人，经济社会效益显著。

**四、客观评价**

1.院士评价意见

中国工程院李根生院士：成果总体达到了国际先进水平，其中常压页岩气富集高产地质理论及甜点定量评价技术达到国际领先水平。

中国科学院贾承造院士：建立的常压页岩气勘探开发模式，积极、稳妥、高效推进了示范工程建设，示范引领作用显著。

中国工程院罗平亚院士：项目研究成果指导了渝东南南川地区常压页岩气勘探开发，取得三个重大突破，落实了三个千亿方增储区带，明确了平桥、东胜规模产建区，对常压页岩气勘探具有重要指导意义。该成果整体达到国际先进水平，其中在复杂构造区常压页岩气富集规律研究达到国际领先水平。

2.科技查新报告

科学技术部西南信息中心查新中心对项目创新点进行查新，结论认为，在所检文献以及时限范围内，国内外未见相同文献报道。

**五、主要知识产权目录**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 已授权成果名称 | 知识产权 类别 | 国（区）别 | 授权号/公开出版时间 |
| 1 | 岩心夹持器、分子扩散系数测试系统及方法 | 发明专利 | 中国 | CN113552023B/2022-6-3 |
| 2 | 井场虚拟建设模型的生成方法、装置、设备及存储介质 | 发明专利 | 中国 | CN111539100B/2021-11-9 |
| 3 | 一种页岩气开采勘测用钻孔装置 | 发明专利 | 中国 | CN110714720B/2020-11-24 |
| 4 | 一种页岩气采出水集输自动化装置 | 实用新型专利 | 中国 | CN222209965U/2024-12-20 |
| 5 | 一种适用于页岩气井口阀门的开关工具 | 实用新型专利 | 中国 | CN220581008U/2024-3-12 |
| 6 | 一种页岩气井采出气组分检测控制装置 | 实用新型专利 | 中国 | CN220870359U/2024-4-30 |
| 7 | 非常规油气地面地下一体化部署及信息管理系统 | 计算机软件著作权 | 中国 | 2022SR0092542/2022-1-13 |
| 8 | 页岩气资源地层压力探测评估计算软件 | 计算机软件著作权 | 中国 | 2020SR0925108/2020-8-13 |
| 9 | 一种针对页岩气田配电网的铁磁谐振辨识与治理方法 | 发明专利 | 中国 | CN220870359U/2024-8-6 |
| 10 | 一种用于柱塞泵的润滑油加注装置 | 实用新型专利 | 中国 | CN218378928U/2023-1-24 |

**【05】**

**一、成果基本情况**

成果名称：前泥盆系沉积有机质地球化学关键技术及油气勘探应用

主要完成人：罗情勇、汪威、尤兵、刘军、李美俊、李大华、肖洪、马勇、刘晓强、师生宝、吴进、罗鹏

主要完成单位：重庆地质矿产研究院、中国石油大学（北京）、重庆华地资环科技有限公司、四川大学、大庆油田有限责任公司成都勘探开发研究院、保定学院

任务来源：A1 国家科技支持计划，D1 国家自然科学基金

申报等级：一等奖或二等奖

**二、推荐意见**

该成果依托重点研发计划、国家自然科学基金等项目，以超深层超古老油气成因成藏研究和资源勘查需求为指引，聚焦前泥盆纪超古老和超深层烃源岩评价、页岩气吸附和储层多尺度结构表征、特殊生物标志物检测及其生源和环境意义、古老油气成因和和成藏等关键科学问题，推动了有机地球化学基础理论和关键技术的发展，主要创新性成果包括：建立了古老海相烃源岩有机显微组分分类体系和成熟度评价指标，揭示了早古生代海洋中动物有机碎屑对海相烃源岩埋藏有机碳的重要贡献，为解决古老海相烃源岩有机质成熟度评价的国际性难题提供了新的方案；建立多尺度孔隙结构精细表征技术体系，实现了页岩孔隙中吸附行为的动态量化，形成了基于渗透率差异与地应力竞争的储层改造潜力动态评价体系；（3）拓展了中元古界特征型分子标志化合物的基础研究，首次在中元古界鉴定出18α(H)‐新藿烷等4个完整系列重排藿烷，并探讨了其来源与成因机制，明确了中元古代海洋的特定原始藻类或细菌的生物贡献；（4）建立了多个适用于前泥盆纪和超深层油气成因判识图版和油气运移方向示踪的指标，解决了轻质油、凝析油藏等特殊复杂成因油藏原油传统分子地球化学指标适用性受限的技术瓶颈，为油气勘探钻井部署提供了重要的科学依据，显著提升了前泥盆纪含油气系统的勘探成效。

该成果共获得国家专利15项，软件著作权3项，实用新型专利11项，科技论文200余篇（SCI/EI收录150余篇）。相关成果丰富了对前泥盆系海相烃源岩的地球化学特征的认识，支撑了四川盆地和塔里木盆地的油气勘探，具有显著的经济和社会效益。

推荐该项成果申报自然资源科技进步奖一等奖或二等奖。

**三、成果简介**

地质体中的沉积有机质，作为地球碳循环的核心载体与生命演化史的关键记录者，其来源主要包括生命残骸、生物分解产物及微生物代谢产物等。前泥盆纪作为地质历史中生命演化和气候环境变迁的关键转折期，其沉积有机质具有特殊的地球化学研究价值。该时期生物群落结构相对简单，主要来源于海洋菌藻类生物，海洋普遍处于缺氧状态，为有机质的保存创造了极为有利的条件，进而在全球范围内形成了广泛分布的富有机质页岩。为探索地球早期生命演化历程和气候环境变迁等重大地球科学问题提供了独特研究窗口。本成果聚焦前泥盆系沉积有机质地球化学基础研究及其对超古老油气资源勘探的意义，取得了以下四个方面重要创新：

1.建立了古老海相烃源岩有机显微组分分类体系，揭示了早古生代海洋中动物有机碎屑（即笔石）对海相烃源岩埋藏有机碳的重要贡献，发现笔石具有较好的生烃潜力；确定了古老海相烃源岩主要显微组分物理和化学性质演变对有机质热演化作用的响应特征和规律，为解决古老海相烃源岩有机质成熟度评价的国际性难题提供了新方案。

2.建立了基于数字岩心技术的多尺度孔隙结构精细表征技术体系，实现了页岩孔隙中吸附行为的动态量化，形成了基于渗透率差异与地应力竞争的储层改造潜力动态评价体系，为页岩气低碳开发与碳封存技术提供理论方法双重突破。

3.将华北地区中元古界特征性分子标志物13α（正烷基）-三环萜烷系列的碳数范围由C18-C23延伸至C33，增加了10个同系物；首次在中元古界鉴定出18α(H)‐新藿烷、17α(H)‐重排藿烷、早洗脱重排藿烷、21‐甲基‐28‐降藿烷等4个完整系列重排藿烷；探讨了13α（正烷基）-三环萜与重排藿烷的来源与成因机制；明确了中元古代海洋的特定原始藻类或细菌的生物贡献。

4.建立了C26-C28三芳甾烷、芴-二苯并噻吩-二苯并呋喃、烷基二苯并呋喃-姥鲛烷/植烷以及甲基芘-甲基荧蒽等油气成因判识图版，解决了轻质油、凝析油藏等特殊复杂成因油藏原油中生物标志化合物浓度低、传统分子地球化学指标适用性受限的技术瓶颈，为油气勘探钻井部署提供了重要的科学依据，显著提升了前泥盆纪含油气系统的勘探成效。

主要发现在石油与天然气地质学领域有重要影响，成果受到了包括中国科学院院士、加拿大皇家科学院院士和国家杰青等权威专家的积极评价。8篇代表作他引达到291次，1篇入选ESI高被引论文。团队总成果80篇论文入选ESI高被引论文，1篇论文入选ESI热点论文，1篇中文论文入选F5000中国精品科技期刊顶尖学术论文，文章总引用率达10000余次。培养了国家优青、湖北省“楚天学者”、新疆维吾尔自治区“天池学者”特聘教授等多位中青年学术带头人和骨干，获得了包括11项科学技术奖和国际有机岩石学会Ralph Gray奖（每年全球仅授予1项，亚洲唯一获奖成果）等奖励，培养了教授7人，副教授12人，培养了博士/硕士180余人，培养学生先后荣获美国石油地质学家学会助研金、国家奖学金、高校优秀毕业生等荣誉称号。项目成果被广泛应用于塔里木盆地托普台、哈拉哈塘等地区，成果对塔里木盆地托普台和哈拉哈塘等地区的勘探具有重要的借鉴意义。指导托普台南区提交石油控制储量7919.9×104 t，溶解气108.48×108 m3，部署跃进1X、2X、3等三口井均获得工业性油气流，实现了年产20万吨原油产能；指导哈拉哈塘地区奥陶系油藏油气运移充注方向为由南向北，成功预测南部为源灶区，并在哈拉哈塘南部取得了重要的油气发现，取得了显著的勘探成效和经济效益，为油田企业的可持续发展做出了重要贡献。

**四、客观评价**

1.第三方同行引用评价

针对创新点1的相关研究成果，得到了国内外同行的充分肯定，先后被邹才能院士、郝芳院士、丹麦奥尔胡斯大学、美国地质调查局和美国印第安纳大学等团队或机构所引用。于2019年和2023年先后被邹才能院士团队和丹麦奥尔胡斯大学Hamed Sanei 教授团队所引用，强调了笔石对埋藏有机碳贡献的重要性；于2024年被美国地质调查局P.C. Hackley研究员所引用，明确指出笔石反射率是评价前泥盆系页岩有机质成熟度的可靠指标。

针对创新点2的相关研究成果，得到了国内外同行的充分肯定，先后被中国工程院院士谢和平院士、德国地球科学与岩土工程院院士侯正猛、Petroleum Science主编肖立志教授、剑桥大学等团队或机构等引用。于2023年中国工程院院士谢和平院士、德国地球科学与岩土工程院院士侯正猛团队的综述文章中，肯定了CO2增产页岩气及地质封存的成果；于2024年被剑桥大学研究团队引用，肯定了CPMG模型在低场核磁共振定量表征多孔介质孔隙结构方面的使用。于2022年被Petroleum Science主编肖立志团队引用，肯定了低场核磁共振在页岩储层定量表征方面的应用。

针对创新点3的相关研究成果，得到了国内外同行的充分肯定。关于3.1重排藿烷相关成果，于2022年被美国俄克拉荷马大学油气地球化学家Paul Philp教授（第一作者）所引用，明确指出代表性论文1是迄今为止唯一一篇系统解释4类重排藿烷系列形成转化机理的论文。关于3.2和3.4相关成果，于2024年被中国科学院广州地球化学研究所彭平安院士（通讯作者）所引用，其研究成果支持了13α（正烷基）-三环萜烷与规则三环萜烷具有不同前身物和形成转化机理、沉积水体环境等。关于C19-C23规则三环萜烷作为古沉积环境新指标的相关论文被知网评为高被引论文、高PCSI论文和高下载论文。

针对创新点4的相关研究成果，得到了国内外同行的充分肯定，被郝芳院士、金之钧院士、张水昌院士等学者及奥斯陆大学、北莱茵-威斯特法伦州地质调查局等机构所引用。

2. 应用情况

（1）四川省地质调查研究院

本成果支撑了研究所西昌盆地页岩气资源调查评价与区块优选。对页岩生烃潜力、页岩气储层特征、页岩含气能力、页岩气保存条件和页岩气富集因素进行了系统评价，在西昌盆地布拖一带五峰组-龙马溪组的页岩气勘探中取得了突破。

（2）中国石油化工股份有限公司

成果支撑了塔河油田及周缘地区油气勘探部署。论证部署了TP25、26X、27X、29、37和39等井，支撑TP39井累产油11.95×104t。部署的跃进1X、2X、3等探井已形成年产20万吨的原油产能。

（3）中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院

成果支撑了塔里木盆地海相碳酸盐岩油气富集机理。通过分子标志化合物示踪了轮南-塔河地区油气运移主干路径，划分了多条古生界海相碳酸盐岩油气运移和优势运移通道。

3. 经济效益和社会效益

（1）经济效益：该成果直接推动了四川、重庆地区深层页岩气和新疆地区深层-超深层油气勘探开发工作，为我国深层油气勘探开发提供了技术支持，降低了勘探风险，提升了勘探成效，产生间接经济效益超过20亿元。据测算，成果推动四川、重庆、新疆地区油气藏开发，拉动地区GDP超过110亿元，为地区经济做出重要贡献，新增就业岗位5000余个。

（2）人才培养：通过项目研究实施，培养了国家优青、湖北省“楚天学者”、新疆自治区“天池学者”特聘教授等多位中青年学术带头人和骨干，培养了教授7人，副教授12人，培养了博士/硕士180余人，培养学生先后荣获美国石油地质学家学会助研金、国家奖学金、高校优秀毕业生等荣誉称号。

（3）成果社会影响力：完成单位在深层页岩气勘探开发中取得的突破进展和巨大成效，提振了我国深层页岩气勘探开发的信心。深层页岩气的规模开发，也大大拓展了页岩气开发纵深，夯实了国内资源保供基础保障，助力川渝地区千亿方天然气产能基地建设。

五、主要知识产权目录

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 已授权成果名称 | 知识产权类别 | 国（区）别 | 授权号/公开出版时间 |
| 1 | 砂岩储层智能勘测系统V1.0 | 软件著作 | 中国 | 2023SR0180445/2022.04.07 |
| 2 | 岩样精细加工装置 | 发明专利 | 中国 | ZL201821406613.5/2019.10.29 |
| 3 | 一种判断基地花岗岩是否对富氦天然气藏供氦的方法 | 发明专利 | 中国 | ZL202211010422.8/2024.06.28 |
| 4 | 一种应用拉曼光谱参数划分显微组分的方法 | 发明专利 | 中国 | ZL202111025691.7/2022.10.21 |
| 5 | 一种基于正构烷烃C22+/C21-比值定量鉴定烃源岩有机质来源的方法 | 发明专利 | 中国 | ZL202110570566.8/2022.04.12 |
| 6 | 砂岩油气输导层地球物理-地质-地球化学检测方法及装置 | 发明专利 | 中国 | ZL201410072577.3/2014.02.28 |
| 7 | 一种利用有效介质理论评价泥岩总有机碳的方法 | 发明专利 | 中国 | ZL202010220656.x/2020.03.25 |
| 8 | 用于天然气井口采样和测试阶段的尾气处理装置 | 发明专利 | 中国 | ZL202021491700.2/2020.07.27 |

**【06】**

**一、成果基本情况**

成果名称：页岩气开发区域水资源水环境协同保护与综合治理关键技术及应用

主要完成人：杨德敏、卢培利、孔繁鑫、李明国、范举忠、梅绪东、潘嘉、蒙春、丁阿强、黄永葵、潘树彪、袁建梅、张健强、刘田、李成龙

主要完成单位：重庆地质矿产研究院、重庆大学、中国石油大学（北京）、中石化重庆涪陵页岩气勘探开发有限公司、重庆市涪陵页岩气环保研发与技术服务中心、中石油西南油气田分公司蜀南气矿、中石化重庆页岩气有限公司、重庆华地资环科技有限公司

任务来源：A1国家科技支撑计划，A4其他计划，C省、市、自治区计划，D1国家自然科学基金

申报等级：一等奖或二等奖

**二、推荐意见**

该成果依托国家科技重大专项、国家重点研发计划、中国工程院战略咨询重点项目、国家自然科学基金、重庆市科技局重点专项等，围绕长江经济带高质量发展和川渝地区国家天然气（页岩气）千亿立方米级产能基地建设的国家战略需求，聚焦页岩气开发区域水资源水环境安全保障压力大、水资源节约集约利用水平不高、水环境保护综合治理能力不足等关键难题，联合优势创新资源组建“产学研用”协同创新实践团队，经过多年持续攻关实践，在山地页岩气规模化开发水资源水环境协同保护领域实现了重大突破，创立了适合山地页岩气规模化开发特点和行业特征的“减量化-再循环-再利用”清洁生产新模式，研发了页岩气钻-压-采出井废液短流程低碳处理资源化利用和复杂废液全流程梯级耦合处理关键技术，建立了川渝协同的页岩气开采水污染物排放标准，保障了区域水资源水环境安全。

获得国家授权专利75项（发明专利48项），软著13件，制定标准12项，发表高水平论文100篇（SCI/EI 66篇），培养省部级以上高层次人才4人，获2024年全球卓越工程师大赛“十佳成果转化奖”等。成果在川渝两地页岩气重点建产区得到了广泛推广应用，产生了显著的经济、社会和环境效益显著，促进了科技创新和产业发展深度融合，支撑涪陵页岩气田被自然资源部评为中国页岩气开发的“绿色典范”，为我国页岩气绿色高效开发和区域生态环境高水平保护形成了“典范”，推广前景广阔。

推荐该项成果申报自然资源科技进步奖一等奖或二等奖。

**三、成果简介**

我国页岩气清洁能源的规模化商业开发利用，为国家能源资源安全和川渝地区国家天然气（页岩气）千亿立方米级产能基地建设提供了重要保障，但同时也面临着页岩气开发区域水资源水环境安全保障压力大、水资源节约集约利用水平不高、水环境保护综合治理能力不足等难题，给页岩气资源绿色高效开发和区域水资源水环境高水平保护带来了挑战。

为解决上述重大难题，重庆地质矿产研究院牵头，联合重庆大学、中国石油大学（北京）、中石化重庆涪陵页岩气勘探开发有限公司等单位组建“产学研用”协同创新实践团队，在国家科技重大专项、国家自然科学基金、重庆市重点专项等大力支持下，经过多年持续攻关实践，取得了三个方面的创新成果：

1.构建了页岩气开发区域水资源水环境安全评价方法，揭示了页岩气钻-压-采开发全过程对区域水资源水环境安全的主要影响及综合防控机制，创立了适合山地页岩气规模化开发特点和行业特征的“减量化-再循环-再利用”清洁生产新模式，破解了水资源水环境源头保护与安全利用难题，支撑了页岩气资源绿色高效开发。

2.建立了页岩气入井材料环境影响检测指标体系和评价方法，研发了页岩气钻-压-采出井废液短流程低碳处理资源化利用关键技术，研制了国内首套页岩气高盐有机废液集约化处理装备，攻克了废液处理工艺流程长、效果差等难题，保障了区域水资源水环境安全。

3.基于生命周期评价创建了页岩气开发复杂废液处理技术优选评价方法，提出了废液中锂等有益资源回收利用可行工艺，研发了复杂废液全流程梯级耦合处理关键技术，建立了川渝协同的页岩气开采水污染物排放标准，解决了复杂废液无害化高效处理难、标准缺失等难题，守牢了区域水生态环境质量安全底线。

获得国家授权专利75项（发明专利48项），软著13件，标准12项，高水平论文100篇（SCI/EI 66篇，高被引10篇），培养省部级以上高层次人才4人、硕博士研究生23人，支撑2个国家级和4省部级创新平台建设，获2024年全球卓越工程师大赛“十佳成果转化奖”等。成果在川渝两地页岩气重点建产区得到了广泛推广应用，为更高质量建设国家天然气（页岩气）千亿方产能基地和更高水平保护区域水资源水环境水生态提供了重要支撑，经济、社会和环境效益显著。

**四、客观评价**

1.院士专家评价

2022年8月，中国工程院郭旭升院士发文指出，重庆涪陵国家级页岩气示范区创新形成了岩溶山地绿色开发技术等配套技术体系，示范区取得的成果将继续指导中国页岩气勘探开发，对推动我国页岩气勘探开发技术发展具有示范和指导作用。

美国工程院院士、耶鲁大学Menachem Elimelech教授多次引用本成果研究论文，就膜耦合工艺处理压裂液返排水及其研究成果进行了正面评价，认为双电极耦合膜法处理技术处理压裂液实现了混凝和氧化的协同耦合，有效减轻了膜污染。

SCI一区TOP期刊《Journal of Membrane Science》前主编、美国宾州州立大学Andrew Zydney教授认为，电絮凝电催化臭氧耦合膜技术对压裂作业废水的高效回用具有重要的价值。

2.技术认证和项目验收评价意见

2021年6月22日，国家能源局对国家科技重大专项《涪陵页岩气开发示范工程》进行绩效评价，以中国科学院贾承造院士为组长的专家组认为：示范工程突破了岩溶山地页岩气绿色开发技术，废液处理无害化率100%，指导了海相页岩压裂工艺优化，支撑了涪陵页岩气示范区建设，引领示范我国页岩气高效开发。

2022年10月25日，中关村绿色矿山产业联盟对项目依托成果“川渝气田国家级绿色矿山建设减污降碳关键技术”进行了科技成果鉴定，以中国工程院彭苏萍院士为主任、国家杰青姚俊教授为副主任的专家委员会认为：该项目成果在气田产出水处理利用与恶臭治理技术等领域达到国际先进水平，同意通过鉴定。

3.成果查新评价意见

2025年4月10日，科技部西南查新中心对1800年以来的Ei Compendex®等32个国内外数据库进行了成果查新，结论表明，涉及本项目所述特点的“页岩气开发区域水资源水环境协同保护与综合治理关键技术及应用”，在所检文献以及时限范围内，国内外未见相同文献报道，本项目具有新颖性。

4.媒体报道

人民网、新华网、重庆日报、中石化新闻网等多家权威机构和媒体对成果完成单位取得的显著创新实践成效进行了正面报道。

**五、主要知识产权和标准规范等目录**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 已授权成果名称 | 知识产权类别 | 国家（地区） | 授权号（标准编号） | 专利权人 |
| 1 | 一种水质采样检测装置及检测方法 | 发明专利 | 中国 | ZL2023107346372 | 重庆地质矿产研究院、重庆华地资环科技有限公司 |
| 2 | 一种双电极电絮凝-电催化臭氧装置及工业废水处理方法 | 发明专利 | 中国 | ZL2018101892860 | 中国石油大学（北京） |
| 3 | 用于页岩气返排水的积木式导电分离膜系统装置及方法 | 发明专利 | 中国 | ZL2022113476843 | 重庆大学 |
| 4 | 一种页岩气单井快速试气系统 | 发明专利 | 中国 | ZL2019108548680 | 中国石油化工股份有限公司、中国石油化工股份有限公司华东油气分公司 |
| 5 | 一种用于页岩气开采的自沉沙分离装置 | 发明专利 | 中国 | ZL2020102695212 | 中国石油化工股份有限公司、中国石油化工股份有限公司华东油气分公司 |
| 6 | 一种难降解有机废水的处理方法 | 发明专利 | 中国 | ZL2012102102072 | 重庆地质矿产研究院、重庆华地工程勘察设计院、杨德敏 |
| 7 | 一种页岩气采出水处理方法 | 发明专利 | 中国 | ZL201710438382X | 重庆市涪陵页岩气环保研发与技术服务中心、中石化节能环保工程科技有限公司、四川兴澳环境技术服务有限公司 |
| 8 | 交联型共价有机骨架脱盐膜及其制备方法与应用 | 发明专利 | 中国 | ZL2021102898137 | 中国石油大学(北京)、中国城乡控股集团有限公司 |
| 9 | 一种反硝化厌氧甲烷氧化膜生物电化学反应装置及其方法 | 发明专利 | 中国 | ZL2020109789691 | 重庆大学 |
| 10 | 页岩气开采水污染物排放标准 | 重庆市地方标准 | 重庆 | DB50/1806-2025 | 重庆市生态环境科学研究院、重庆市涪陵页岩气环保研发与技术服务中心、重庆大学、重庆地质矿产研究院 |

**【07】**

**一、成果基本情况**

成果名称：高陡岩质滑坡时效变形机理与智能防控关键技术及应用

主要完成人：谢强、陈柏林、刘朋飞、彭海游、田大浪、黄帅、陈思、秦代伦、傅翔、张沛喆

主要完成单位：重庆地质矿产研究院、重庆市地质环境监测总站、重庆大学、中铁二院重庆勘察设计研究院有限责任公司、重庆华地资环科技有限公司

任务来源： B 部委计划，C 省、市、自治区计划，D2 其他基金，E 企 业。国家重大科研仪器研制项目；国家自然科学基金联合基金项目；国家自然科学基金面上项目；国家自然科学青年基金；中国博士后科学基金面上项目；重庆市科技局重点项目,重庆市规划和自然资源局重点项目

申报等级：科技进步奖二等奖

**二、推荐意见**

该项目依托国家重大科研仪器研制项目、国家自然科学基金、重庆市技术创新与应用发展专项等，围绕高陡边坡数智化建模技术、长期稳定性预测评价技术、生态支护技术、数智化监测-预警-防控等关键技术开展系统性研究，取得的创新性成果如下：（1）提出了多源数据融合三维地质建模技术、地质模型智能感知技术及云端协同可视化技术，实现了边坡高精度三维地质建模、地质环境与结构健康状态动态感知、云端可视化，攻克了传统地质建模方法难以实现数据整合、实时感知与可视化等瓶颈，解决了潜在灾害如何表征的问题。（2）提出了统一非线性蠕变-损伤耦合模型、长期稳定性评价方法，克服了传统评价模型无法考虑时间效应的限制，解决了潜在灾害何时发生的问题。（3）建立了装配式生态支护结构体系，研发了相应设计施工方法、设备及工艺，克服了山区高陡边坡施工面临诸多难题，解决了潜在灾害如何治理问题。（4）提出了高陡边坡数智化监测-预警-防控新技术，构建了多源信息融合的数智化预测预警模型，研发了以三维地质模型为载体的监测-预警-防控一体化平台，实现了高陡边坡监测-预警-防控一体化管理，解决了潜在灾害如何防控问题。

项目发表论文48篇（SCI22篇、EI24篇、核心2篇），授权专利52项（发明12项、实用新型40项）、登记计算机软件著作权6项、编制标准4部。成果在重庆铁路枢纽东环线、库区移民高切坡、库区危岩治理等重大项目成功应用，指导地质灾害成功预警67起，获国务院、自然资源部表彰2项，确保了54万库区移民的生命财产安全，取得了良好的经济效益和社会效益。

推荐该项成果申报自然资源科技进步奖二等奖。

**三、成果简介**

本项目属三峡库区岩质滑坡工程技术领域。受特殊地质环境、人类活动、库水位、波动、地震等多种因素影响，三峡库区地质灾害多发、频发、易发。截止2025年，三峡库区共查明各类地质灾害14926 处，其中滑坡11041处，占比达74%，滑坡尤其是岩质滑坡是三峡库区和重庆市的主要灾种。共威胁居民群众85万人生命财产安全，以及潜在经济损失约480亿元。岩质滑坡时效变形是高速滑坡或崩塌灾变前兆关键阶段，由于复杂的地质条件和极端气候变化，岩质滑坡时效变形机理不明，理论和数值分析手段缺失，传统监测预警、综合治理手段难以有效防控潜在灾害。针对三峡库区岩质滑坡时效变形机理与防控存在的关键科学问题，本团队依托国家重大科研仪器专项和国家自然科学联合基金、面上基金和青年基金等项目，通过多单位合作、多学科交叉融合，厘清了岩质滑坡时效演化机理，研发了高陡岩质滑坡监测-预警-防控一体化关键技术，主要创新点如下：

（1）揭示了岩质滑坡时效演化机理。首创了岩质滑坡非局部数值分析方法，揭示了红层软岩蠕变力学特性与破坏机理，提出了统一非线性蠕变-损伤耦合模型，阐明了岩质滑坡时效变形-损伤-失稳机理，克服了传统数值模型无法考虑时效损伤与断裂的限制，解决了潜在灾害为何发生的问题。

（2）创建了岩质滑坡地质模型数字孪生技术。首创了地质模型智能感知技术，提出了多源数据融合三维地质建模及云端协同可视化技术，实现了滑坡高精度三维地质建模，地质环境与结构健康状态动态感知及云端可视化，攻克了传统地质建模方法难以实现数据整合、实时感知与可视化等瓶颈，解决了潜在灾害如何表征的问题。

（3）研发了岩质滑坡装配式生态支护技术与装备。首创了装配式容错控制计算模型及设计方法，构建了装配式生态支护结构体系，研发了相应施工方法、设备及工艺，克服了岩质滑坡支护施工面临的交通不便、作业面狭窄、费用高、生态不友好等难题，解决了潜在灾害如何治理问题。

（4）提出了岩质滑坡数智化监测-预警-防控一体化技术。建立了基于卷积神经网络的多源异质数据特征提取方法，构建了多源信息融合的数智化预测预警模型，研发了以三维地质模型为载体的监测-预警-防控一体化平台，实现了监测-预警-防控一体化管理，解决了潜在灾害如何防控问题。

发表论文48篇（SCI22篇、EI24篇、核心2篇），授权专利52项（发明12项、实用新型40项）、登记软件著作权6项、编制标准4部，获得行业学会协会奖励15项。成果在重庆铁路枢纽东环线、库区移民高切坡、库区危岩治理等重大项目等得到成功应用，累计减少经济损失7.26亿元，50余家应用单位累计节约投资86亿元（近三年21.15亿元），经济效益显著。打造重庆市青年文明号等基层组织4个，全国政协采纳的参政议政建议2篇，指导地质灾害成功预警67起，获自然资源部、应急部表彰2项；确保了54万库区移民的生命财产安全。由中国工程院院士郑颖人院士评价为整体达到国际领先水平。

**四、客观评价**

1.国内专家评价

中国工程院院士郑颖人评价指出：项目针对山区高陡边坡防控重大需求，通过多学科交叉融合，研发了边坡长期稳定性评价与数智化监测-预警-防控关键技术等成套技术，具有显著的创新性、先进性和实用性，推广应用前景广阔，整体达到国际领先水平。

2.科技部西南信息查新中心科技查新评价

本项目研发的高陡边坡地质模型数字孪生技术、高陡边坡长期稳定性评价技术、高陡边坡装配式生态支护技术、高陡边坡数智化监测－预警－防控新技术为本项目特有的创新成果，均未见其他单位报道，成果具有新颖性。

3.第三方同行引用评价

欧洲科学院院士Timon Rabczuk教授等发表在《Computers and Structures》 （2024年，第299卷，107395）的论文“A review of peridynamic theory and nonlocal operators along with their computer implementations”引用和评价了本项在《Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering》发表的成果，指出“田大浪提出了具备研究岩石时效行为能力的近场动力学模型”。

**五、主要知识产权目录**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 已授权成果名称 | 知识产权 类别 | 国（区）别 | 授权号 |
| 1 | 模拟推移式滑坡演化的坡顶三角转化堆载装置及方法 | 发明专利 | 中国 | ZL2020111740927 |
| 2 | 一种基于三维地质模型的滑坡监测关键点的布置方法 | 发明专利 | 中国 | ZL2020104851164 |
| 3 | 一种水平弧形拱挡土墙及上部拱形坡体 | 发明专利 | 中国 | ZL2020112884494 |
| 4 | 高切坡变形监测装置 | 发明专利 | 中国 | ZL2021106614859 |
| 5 | 一种基于AutoCAD的滑边坡地质模型、构建方法及评价方法 | 发明专利 | 中国 | ZL2021105352134 |
| 6 | 一种地表与地质钻孔高程一致性建模的系统 | 发明专利 | 中国 | ZL2019101781881 |
| 7 | 一种滑坡面域－单体危险性预警的一体化评价方法 | 发明专利 | 中国 | ZL2023102110908 |
| 8 | 一种继承性大变形电阻应变片测试结构及测试方法 | 发明专利 | 中国 | ZL2021102579875 |
| 9 | Web端三维地质模型可视化软件V1.0 | 计算机软件著作权 | 中国 | 2021SR0229495 |
| 10 | 地质模型勘察云平台V1.0 | 计算机软件著作权 | 中国 | 2020SR0882887 |

**【08】**

**一、成果基本情况**

成果名称：矿产资源安全风险评估技术创新与应用

主要完成人：陈甲斌、冯丹丹、葛建平、李维明、霍文敏、黄培培、陈志华、左更、冯聪、聂宾汗、刘超、杜少荣、陈子微、丁晗、黄书飞

主要完成单位：中国自然资源经济研究院、重庆地质矿产研究院、中国地质大学（北京）

任务来源： B 部委计划，D2 其他基金。自然资源部部门预算二级项目；国家发展和改革委员会项目；中央企业智库联盟项目；重庆市规划和自然资源局项目。

申报等级：自然资源科学技术一等奖或二等奖

**二、推荐意见**

1．成果面向国家矿产资源安全保障战略需求，主要研究人员赴湖南、云南、江西等资源富集地开展实地调研20余次，并与国家发改委、自然资源部、有关涉矿行业协会、中国五矿等单位召开10余次研讨会，较为全面地掌握了我国矿产资源需求发展态势和生产供应中潜在的主要风险问题，以及国家（地方）部门资源管理和企业生产实践对风险评估的技术需求，获取了大量相关数据资料。成果工作基础扎实。

2．成果主要包括一批支撑项目的科研报告、学术论著、技术方法与模型、实用新型专利、软著权，以及一批获得省部级及以上领导批示的咨政建议报告，报送自然资源部、国家发改委等国家部门方面的专题报告。成果内容丰富。

3．成果以解决矿产资源安全风险评估技术的实际需求为导向，创新建立了矿产品价格指数和价格预警、经济发展能源资源成本评估、供应链风险评估、地缘风险评估，以及资源安全政策评估等5项技术，并在支撑国家（地方）部门工作中得到实践应用。成果在实际问题解决上取得科技创新。

4．成果已在全国矿产资源规划编制、履职国家资源安全协调工作机制等工作中得到参考应用，其中有的已转化为国家政策实施或部门文件。同时，在服务科研院所科学研究和研究生教学、矿业公司生产经营实践等方面得到广泛应用，并培养出一批高层次人才。成果社会效益突出。

鉴于成果在科技创新方面取得的贡献，以及在产、学、研、用等方面取得的成效和应用前景，同意推荐该成果申报自然资源科学技术一等奖或二等奖。

**三、成果简介**

面向中国式现代化建设对矿产资源安全保障的战略需求，围绕资源安全风险评估理论和机制不健全、技术方法和模型不系统、风险分析与宏观经济联系不紧密等问题，近5年，研究团队在实地调研20余次和召开专题研讨会10余次的基础上，致力于矿产资源安全风险评估理论和技术方法突破，着重从矿产品价格指数编制和价格预警、经济发展能源资源成本评估、供应链风险评估、地缘风险评估，以及资源安全政策评估等5个方面开展了创新性研究。先后取得集成成果报告1份、科研项目报告5份、学术论著5部、学术论文30余篇、技术方法模型5套、实用新型专利2项、软著权3项，获得省部级及以上领导肯定性批示成果报告20余份，报送自然资源部、国家发改委、重庆市政府等方面的专题成果报告近20份，有力地支撑了自然资源部等国家（地方）部门的资源管理、矿产资源规划编制等业务工作，其中有的已转化为国家政策实施。与此同时，成果在服务科学研究、研究生教学、矿业公司生产经营实践、资源管理业务培训等方面也得到广泛应用，且在实战中培养出一批高层次人才，成果社会效益显著，应用前景广阔。其中，创新性成果主要体现在以下3个方面：

**一是**理论上，在继承传统资源安全概念的基础上，提出了矿产资源安全风险评估的“四要素准则”框架体系，并改进了其中的“经济”维度的评估方法，且提出了矿产资源总体安全理念。

**二是**技术方法上，创新建立了矿产品价格指数编制技术方法与模型、矿产品价格预警技术方法与模型，以及经济发展能源资源成本评估技术方法与模型，探索解决了矿产品市场变化与宏观经济联系路径和机制的技术问题；以复杂网络理论为基础，创新建立了矿产资源供应链风险评估指标和技术方法模型，形成了一套以主要资源生产国、出口国和贸易进口国的相互联系网络图谱，解决了矿产资源供应链风险评估的技术问题；以有关贸易理论为基础，加入地缘风险代理变量，构建了包含地缘风险的贸易引力模型，形成了一套矿产资源地缘风险评估的技术方法，解决了矿产资源地缘风险评估难以量化的技术问题；以系统动力学有关理论为基础，将市场波动、产业链断裂、供应链中断及地缘冲突等风险要素转化为可量化的政策干预变量，构建了“风险-政策”动态耦合评估框架和动态演化模型，形成了一套矿产资源安全政策评估的技术方法，解决了矿产资源政策风险治理效能的可视化诊断与政策工具组合精准优化的技术问题，为差异化、前瞻性矿产资源安全政策设计提供数据驱动的决策基准。

**三是**实践上，联合自然资源、发展改革等部门，以及钢铁、有色等涉矿行业协会、资讯机构、中国五矿等大企业有关方面的优势力量，创新建立了较为稳固的资源市场联合跟踪监测与资源安全风险评估集体会商机制，工作方法和组织方式的创新保障了基础数据和信息来源的连续性稳定性，工作根基更为稳固，并促进了资源安全分析工作由传统的定性描述为主向定性与指标定量分析相结合的转变。

**四、客观评价**

**专家组评价**

成果以支撑国家资源管理部门履行矿产资源安全职责为主要目标，以创新矿产资源安全风险评估技术方法体系为核心，创新建立了矿产品市场风险评估、矿产资源供应链风险评估、矿产资源地缘风险评估、矿产资源安全政策评估等技术方法与模型，并开展了相关技术方法应用实践，成果在指标体系建设和技术方法模型等方面取得科技创新。

成果中有关矿产资源安全保障和风险评估研究、资源保障能力建设与规划等专题报告，及时报自然资源部等国家部门参考应用；有关矿产资源安全保障、矿产资源形势分析等成果，在编制全国矿产资源规划等文件中得到参考应用，其中有的已转化为政策文件，为国家部门履职提供了业务支撑。

成果在科研院所研究生教学和学科建设、项目科学研究，以及支撑有关事业单位、行业协会协助政府部门履职，服务矿业公司生产经营管理等方面得到参考应用。同时，在人才培养等方面取得突出成效，社会效益显著。。

**五、主要知识产权目录**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 已授权成果名称 | 知识产权类别 | 国（区）别 | 授权号 |
| 1 | 货车称重采集系统 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202222030541.1 |
| 2 | 一种矿山地磅称重监控防逃逸装置 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202222032780.0 |
| 3 | 重庆市矿产品监测平台 | 软著权 | 中国 | 2020SR0712373 |
| 4 | 矿山产销数据申报平台 | 软著权 | 中国 | 2020SR0712551 |
| 5 | 矿产品监测统计软件 | 软著权 | 中国 | 2021SR0791878 |

**【09】**

**一、被推荐人基本信息**

被推荐人姓名：贺培

职称：正高级工程师

单位及职务：重庆地质矿产研究院

专业专长：页岩气绿色开发

申报奖种：青年科技奖

**二、代表性成果基本情况**

成果名称：川渝深层页岩储层高强度精细压裂与提质增效技术及应用

具体计划、基金名称、成果名称和编号： 重庆市重点产业共性关键技术创新重大专项：重庆地区中深层页岩气勘探开发关键技术研究与应用（cstc2017zdcy-zdzx0013），国家自然科学基金：[基于低场核磁共振技术的页岩气储层“焖井”增产机理研究](https://www.medsci.cn/sci/nsfc_show.do?id=664d88209e65" \t "_blank)（51904050）、页岩水平井“多段分簇”压裂支撑剂分流与展布机理研究（51604050），重庆市科技局绩效引导项目：页岩气储层改造工程评价与优化关键技术研发与应用（cstc2018jxjl90003）、渝西深层页岩气绿色开发关键技术研究与应用（cstc2019jxjl90002），重庆市国土房管局科技项目：钻完井技术优化与压裂增产技术（CQGT-KJ-2012-3）、水力压裂裂缝扩展模拟与渗透率测试一体化仪器研发（KJ-2018010）。

**三、推荐意见**

自重庆涪陵取得页岩气商业开发开创性成功以来，全国各地页岩气勘探开发陆续取得成功。页岩气勘探开发技术从引进吸收到自主创新攻关，已完全攻克3500m以浅全套页岩气开发技术，正在迈向深层页岩气开发时代，迎来我国页岩气开发第二次腾飞。为此，项目成果完成单位在国家、地方科技攻关项目支持下，组建攻关团队，以成渝地区双城经济圈为主战场、提高深层页岩气产量为目标，针对储层改造和提质增效难题，构建了一套深层页岩气“提排量－增体积－促复杂－保稳定－提产量”的地质工程一体化高强度安全压裂技术体系，形成了一套集高性能支撑剂、最优分流展布及压裂工作液为一体的高强度与高效支撑压裂技术体系，创建了一套深层页岩气井智能化压后焖井和产能动态优化的EUR提质增效技术，实现了深层页岩气开发突破，为保障国家能源安全作出了巨大贡献。

项目成果取得授权专利52件，发表文章75篇，出版专著2本，制定标准5项。在泸州、渝西、涪陵等深层页岩气开发区进行了推广应用，经济和社会效益显著，推动了深层页岩气压裂改造和提质增效技术进步，带领川渝地区页岩气开发持续领跑全国。

**四、成果简介**

推动我国天然气产业发展，提升天然气自给率，是应对国际能源安全动荡和降低中美竞争能源安全风险的关键。国内深层页岩气资源量是中浅层（3500米以浅）的1.86倍，其中3500—4500米可采资源量高达9万亿立方米。深层页岩气由于埋藏深、温度高和地应力差大，传统压裂技术改造效果不佳，单井EUR低，经济开发面临巨大挑战。如何解决深层页岩气压裂改造面临的复杂缝网形成难、随机性强、加砂难度大、支撑效果差、压后焖井和产能匹配性差等问题，已成为这类资源开发和提质增效关键。为解决上述重大难题，项目围绕深层页岩气高强度精细压裂和压后配产提质增效，采用“理论/实验研究－材料/技术突破-实践检验－推广创新”思路，依靠多单位联合攻关，取得以下创新成果：

1.构建了深层原位地应力“裂缝扩展-渗透率”同步评价方法和实验平台，建立了动网格和模块化裂缝扩展模拟评价方法，创建了全生命周期的地质工程一体化动态迭代更新和融合方法，形成了一套深层页岩气“提排量－增体积-促复杂－保稳定-提产量”的地质工程一体化高强度安全压裂技术体系，实现了压裂实验－模拟-施工动态融合调整和安全增效压裂。

2.揭示了支撑剂在裂缝中悬浮运移、滑移滚动和分流展布机制，提出了一种脉冲辅助加砂高强度携砂运移方法，研发了多种废弃矿物组成的高强度支撑剂、防膨高效粘土稳定剂和纳米乳液助排剂，形成了一套“增体积－促复杂-强支撑”的高强度压裂工艺技术，解决了加砂难和支撑效率低等难题。

3.揭示了低伤害－低水化-高置换-高渗吸压裂工作液与深层页岩储层耦合焖井增产机理，构建了一种全新的产能动态智能分析评价方法，创建了一套深层页岩气井智能化压后焖井和产能动态优化的EUR提质增效技术，解决了“怎样产效率高”的难题。

项目成果授权专利52件（发明专利34件），发表论文75篇（SCI/EI 52篇），制定标准5项，出版专著2本。率先在足203井区取得突破，后在永川黄202-203井区进行系统应用，并推广至四川泸州、涪陵等地，累计推广应用566井次，2020—2022年连续三次刷新中国石油深层页岩气高强度加砂记录。近五年，新增销售额127亿元、新增利润21亿元。经康玉柱、李根生院士评价，成果整体达到国际先进水平。

**五、客观评价**

1.行业专家评价

（1）中国工程院康玉柱院士：项目实现了高应力环境“多段多簇”裂缝扩展、压前压后和多方向改造结果精细评价和压裂指导，大幅度提高了加砂强度和单段加砂量，形成了智能化压后焖井和产能动态优化的提质增效技术。成果经济和社会效益显著，总体达到国际先进水平。

（2）中国工程院李根生院士：项目构建了一套深层页岩“增体积-促复杂－强支撑”高强度精准缝网压裂技术体系，三次刷新中石油深层页岩气加砂记录，增产增效显著，整体达到国际先进水平。

2.技术认证和项目验收评价意见

（1）2021年9月1日，中国石油和化工自动化应用协会组织专家对成果《非常规天然气储层精细改造与评价技术及规模应用》进行鉴定，由国家杰青/长江学者郭建春教授等专家组成的专家组认为：成果总体达到国际先进水平，其中脉冲水力压裂实验评价和脉冲增渗致裂携砂运移评价技术达到国际领先水平。

（2）2015年7月24日，重庆市国土房管局组织专家对重大科技专项《钻完井技术优化与压裂增产技术》进行验收，973首席专家罗治斌、国家杰青/长江学者卢义玉教授等专家组成的专家组认为：项目成果创新突出、成果质量达到优秀。

（3）2019年10月7日，重庆市石油与天然气学会组织以重庆大学王宏图教授为组长的专家组对重庆市科技局重大主题专项《重庆地区中深层页岩气勘探开发关键技术研究与应用》进行技术认证认为：项目形成了一套中深层页岩气精细体积改造工艺技术和页岩气压裂效果评价方法，突破了中深层页岩气勘探开发技术难题。

（4）2020年10月27日，重庆科技局组织专家对绩效引导项目《页岩气储层改造工程评价与优化关键技术研发与应用》进行验收认为：项目形成了一套页岩气储层复杂缝网改造潜力评价技术，构建了一套页岩储层水平段多段分簇压裂参数优化技术。

**六、主要知识产权和标准规范等目录**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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） |
| 发明专利 | 一种深层页岩储层复杂缝网形成和高效支撑的压裂方法 | 中国 | ZL 202011057553.2 |
| 发明专利 | Induced Earthquake Evaluation Method For Hydraulic Fracturing Activated Faults | 美国 | US11970940B1 |
| 发明专利 | Pulse hydraulic fracturing tool and method for coiled tubing dragging with bottom packer | 美国 | US11098566B2 |
| 发明专利 | 一种真三轴裂缝扩展模拟和渗透率同步实验的加载体以及渗透率测试表征方法 | 中国 | ZL201911141506.3 |
| 发明专利 | [一种提高页岩储层压裂裂缝支撑效果的支撑剂及方法](https://www.iprdb.com/patent/CN114015430A.html" \t "_blank) | 中国 | ZL202111324461.0 |
| 发明专利 | 一种预测水力压裂生成裂缝和波及区域流体压力的方法 | 中国 | ZL 202310878940.X |
| 发明专利 | Reciprocating Rock Fracture Friction-Seepage Characteristic Test Device and Method | 美国 | US11692919B2 |
| 发明专利 | 一种模拟页岩复杂裂缝铺砂的装置和方法 | 中国 | ZL201410825216.1 |
| 发明专利 | [一种非常规气藏压裂用纳米乳液助排剂及其制备方法](https://www.iprdb.com/patent/CN109233788B.html?ds=all&p=1" \t "_blank) | 中国 | ZL201811286732.6 |
| 发明专利 | 一种页岩气井生产动态预测方法及系统 | 中国 | ZL202010814792.1 |

**【10】**

**一、成果基本情况**

被推荐人姓名：陈阳

职称：正高级工程师

单位及职务：重庆地质矿产研究院矿产资源分院副总工程师、基础地质研究所所长

专业专长：古生物地质、基础地质

申报奖种：青年科技奖

**二、代表性成果基本情况**

成果名称：重庆秀山志留系鱼化石的发现与古环境研究

具体计划、基金名称、成果名称和编号：国家自然科学基金重点项目“志留纪潇湘脊椎动物群与有颌类早期分化研究（41530102）”、重庆市技术创新与应用发展专项重点项目“重庆市早志留世盔甲鱼与古环境研究及应用（CSTB2023TIAD-KPX0098）”、重庆市科研机构绩效激励引导专项“重庆志留纪数字鱼化石平面展示及移动端增强现实的关键技术研究（cstc2022jxjl00008）”、重庆市规划和自然资源局科研项目“重庆市秀山地区志留纪鱼化石形态学与地层学研究（KJ-2022034）”“重庆市志留系含鱼化石地层特异埋藏机理及古环境研究（KJ-2023011）”。

**三、推荐意见**

申报人参与主研在重庆秀山志留纪早期地层中成功发现一个全新的重要突破——“重庆特异埋藏化石库（重庆生物群）”，并取得系列创新性成果。研究中经大量踏勘，在重庆秀山取得了世界级发现——“重庆特异埋藏化石库（重庆生物群）”，为破解有颌脊椎动物崛起与辐射分化之谜提供了宝贵的化石实证。项目成果论文在国际顶级学术期刊Nature上发表，在国际上引起了广泛关注。至今，已有公开发表在Nature等期刊上的多余篇高水平学术论文引用了本研究的代表性论著，国内外同行对重庆生物群的发现及其意义给予了高度评价。研究取得系列创新性成果：

（1）发现全新的世界级古生物化石库；

（2）揭示早期脊椎动物演化新证据；

（3）在古生物学研究中创新应用新技术新方法。

在国内外自然科学界，重庆生物群的发现及系列成果获得了高度评价，填补了演化史关键空白，获国内外多项科技奖励及权威媒体的广泛报道，充分证明了其科学价值和影响力。

总体而言，申报人参与主要的该项成果具有极高的创新性和科学价值，整体处于国际领先水平。

推荐该项成果申报自然资源青年科技奖。

**四、成果简介**

生命探源是人类探源的前奏，作为解读一切生命现象的基础命题，生命演化格局与机制是全球科学界的探索前沿，“从鱼到人”的研究则是开启生命演化与人类起源之门的钥匙。有颌脊椎动物的起源与崛起是人类探源研究中的关键所在，但分子生物学与化石记录揭示的有颌脊椎动物起源时间之间存在3千多万年的时代空白，导致有颌脊椎动物的起源与早期分化研究扑朔迷离，争议不断。申报人参与主研，在重庆秀山志留纪早期地层中成功挖掘出一个全新的重要突破——“重庆特异埋藏化石库（重庆生物群）”。

项目取得如下创新成果：

（1）发现全新的世界级古生物化石库：重庆生物群是目前世界上唯一保存志留纪早期完整有颌脊椎动物化石的化石库，将完整保存的有颌脊椎动物化石的最早记录前推了约1100万年，填补了早期有颌脊椎动物形态演化、生态和多样性的空白。

（2）揭示早期脊椎动物演化新证据：在重庆生物群中，团队发现了世界最古老的盾皮鱼类“奇迹秀山鱼”、世界最古老的关联保存的软骨鱼类大化石“蠕纹沈氏棘鱼”等。这些发现为探究有颌脊椎动物起源与演化提供了多个新思路和化石实证。

（3）在古生物学研究中创新应用新技术方法：本项目创新应用了高精度CT扫描、精细三维重建、扫描电镜元素分析、全光位图像等多种技术手段，克服了化石微小、与围岩不易区分等挑战，首次揭示了4.3亿年前有颌类的确切面貌和身体构型等过去未知的信息。本项目的研究成果具有重要的科学价值，填补了早期有颌脊椎动物演化史上的重大空白，揭示了全新的志留纪早期生物组合，为探究脊椎动物起源与演化提供了关键证据。通过创新应用新技术方法，推动了古生物研究方法的前沿发展，为未来的古生物研究提供了新的思路和技术手段。

应用情况：重庆特异埋藏化石库的发现，成功申报国家“河坝志留纪鱼化石地质文化村”为积极打造“地质+”乡村经济新业态提供了科学支撑，促进了地质与社会经济融合发展，助力河坝村鱼化石成为重庆对外交流“新名片”。

社会经济效益：研究成果获得了“第五届全球减贫案例征集活动”最佳减贫案例、中央广播电视总台2022年度国内十大科技新闻等多项国内外奖励。此外，人民日报、新华社、中央电视台等多家主流媒体对本项目成果的发现进行了深入报道，产生了积极反响，社会效益显著。

**五、客观评价**

1.中国科学院张弥曼院士、周忠和院士、朱敏院士评价意见

秀山早志留世鱼类化石的发现将为有颌类早期演化研究提供极为重要的实证资料，有望填补“从鱼到人”演化谱系上的一些早期缺环。继云南曲靖之后，秀山将成为全球志留纪脊椎动物化石最重要的产地之一。

2.美国密歇根大学古生物博物馆馆长、国际古脊椎动物学会罗伯特·卡罗尔奖得主马特·弗里德曼（Matt Friedman）

在Nature同期配发的评述文章中称：“一个令人振奋的早期有颌类演化研究新时代已经到来，而我们正处在它的起点。”

3.国内外重要科技奖励

“志留纪重庆特异埋藏化石库发现与研究”项目获中国地质学会2022年度地质科技重要进展；“中国科学家在‘从鱼到人’探源研究领域取得重大突破”获中央广播电视总台2022年度国内十大科技新闻；“重庆秀山志留纪鱼化石调查与研究”获重庆市地质矿业协会重庆市优质地质成果一等；代表性论文“A New Family of Galeaspids (Jawless Stem-Gnathostomata) from the Early Silurian of Chongqing, Southwestern China”获川渝科技学术大会优秀论文三等奖；“一块鱼化石带“活”一个村——重庆市秀山土家族苗族自治县河坝村创建国家地质文化村减贫案例”荣获“第五届全球减贫案例征集活动”最佳减贫案例。

4.媒体报道

“重庆特异埋藏化石库”报道当天，共发布权威报道14篇，相关报道被各大媒体平台转载，浏览量超3亿人次，微博热搜浏览量5.7亿，登上热搜榜首位。

“袖珍边城鱼”的发现得到了人民日报、新华社、中央电视台、光明日报、中国日报、科技日报数十家新闻媒体广泛报道，引起社会各界积极反响。

“滨海涌洞鱼”的发现同样得到数十家主流新闻媒体广泛报道，其中新华社报道一周内浏览量达144万人次。

朱敏院士代表研究团队在中央电视台《开讲啦》栏目，与广大青少年分享重庆秀山在“从鱼到人”的演化史中的重要地位；《美国国家地理》《华夏地理》《科技小记者》等期刊杂志邀请申报人做专题报道；重庆卫视《少年科学梦》栏目邀请申报人做专访以及重庆新闻现场采访。

**六、主要知识产权目录**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 已授权成果名称 | 知识产权 类别 | 国（区）别 | 授权号/公开出版时间 |
| 1 | Method for manufacturing paleontological fossil rubblings | 发明专利 | 欧洲 | IE S87433 |
| 2 | STORAGE BOX OF SAMPLING INSTRUMENTS FOR GEOLOGICAL RESOURCE EXPLORATION | 发明专利 | 欧洲 | LU502729 |
| 3 | 一种地质勘探用旋转取样器 | 发明专利 | 中国 | ZL 2021 1 1503607.8 |
| 4 | 一种地质资源勘探用取样器具存储箱 | 发明专利 | 中国 | ZL 2021 1 1436752.9 |
| 5 | 一种样品平稳装载固定装置 | 实用新型专利 | 中国 | ZL 2023 2 0287699.9 |
| 6 | 可旋转展示化石样品的机构装置 | 实用新型专利 | 中国 | ZL 2024 2 0176385.6 |
| 7 | 一种地质勘查野外作业用地质锤 | 实用新型专利 | 中国 | ZL 2019 2 0819352.8 |
| 8 | 一种应用于矿产勘查中的指南针 | 实用新型专利 | 中国 | ZL 2019 2 0039879.9 |
| 9 | 一种采集工具箱 | 实用新型专利 | 中国 | ZL 2023 2 0432079.X |
| 10 | 一种地质矿产地质调查用勘查装置 | 实用新型专利 | 中国 | ZL 2022 2 1468430.2 |