项目公示信息（提名号309-2001）

一、项目名称：深部能源开发中岩石高温损伤路径效应与原位感知

二、提名者及提名意见

提名单位：陕西省煤炭学会

提名意见：该项目以“演化规律-微观机制-感知方法”为主线，综合采用室内试验、理论分析与数值模拟，形成了以三大科学发现为核心的研究成果：揭示了岩石高温损伤演化的路径效应与临界跃迁规律，建立了高温水-岩作用下岩石反应性损伤的跨尺度机制，创建了高温损伤的原位感知与多场感知识别方法，分别回答了损伤“如何发展”、“为何加剧”、“如何识别”三个瓶颈难题，构成了完整的研究成果体系，研究成果为我国深部煤炭与地热资源安全高效开发提供了科学依据与方法支撑，具有重要的学术价值和理论意义。

成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科技科技进步奖提名条件。**特提名为陕西省自然科学奖二等奖。**

三、项目简介

本项目属于工程地质科学及应用领域。

国家能源安全、深地战略与“双碳”目标驱动下，深部煤炭原位转化与地热开发使岩体长期处于高温、高压与强水-岩化学反应的共同作用下，其结构演化与性能劣化直接关系工程安全与开发效益。本成果聚焦以原位转化与高温流体循环为共同特征的深部煤炭与地热开发场景，着力探索温度路径、应力路径与高温水-岩作用对岩石的改造行为，破解岩石高温损伤路径效应与原位感知难题。研究团队依托国家自然科学基金面上项目、国家自然科学基金青年基金和中国博士后科学基金面上项目等，综合采用室内试验、理论分析、数值模拟等研究方法，对岩石高温损伤规律、细观机制、路径效应、演化机理和感知方法等内容展开深入研究，历时十二年攻关，形成如下创新成果：

1、揭示了岩石高温损伤演化的路径效应与临界跃迁规律

2、建立了高温水-岩作用下岩石反应性损伤的跨尺度机制

3、创建了高温损伤的原位感知与多场感知识别方法

本项目成果揭示了岩石高温损伤过程中演化规律与多场信息特征，回答了损伤“如何感知”的问题，为深部资源开发中的高温岩石损伤评价奠定了理论基础。

四、客观评价

本项目面向深部资源高效绿色开发及地质安全性评价的重大需求，西安科技大学联合中国矿业大学、深圳大学组成攻关团队，依托国家自然科学基金面上项目、青年基金和中国博士后基金等项目，研究成果为我国深部煤炭与地热资源安全高效开发提供了科学依据与方法支撑。3篇代表性论文发表在工程地质领域顶级期刊《International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences》《Engineering Geology》上，2篇代表性论文分别发表在《Applied Thermal Engineering》《Environmental Earth Sciences》专业权威期刊上，出版1部代表性专著《岩石热损伤与物理力学性质演变及应用》。研究成果被国际知名期刊《Nature》(2022,610:308-312)引用，5篇代表性论文在Web of Science 核心合集总被引842次，他引732次，得到了包括中国科学院院士、中国工程院院士、国际岩石力学与岩石工程学会（ISRM）前主席、国际知名期刊JRMGE和BOEG主编等国内外知名学者的高度评价。项目培养了一批科研与工程技术人才，包括博士10人，硕士20余人，在CHINAROCK、全国工程地质大会等作相关学术报告10场，产生了广泛的学术影响力，促进了研究成果在“一带一路”战略中的影响力。

五、代表性论文专著目录

（不超过 8 条。其中代表性论文不超过 5 篇，代表性专著不超过 3 部）

序号	论文专著名称	刊名	作者	第一完成单位	年卷页码	发表时间	通讯作者	第一作者	国内作者	SCI 他引次数	他引总次数	知识产权是否归国内所有
1	Thermal properties of sandstone after treatment at high temperature	International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences	Qiang Sun, Chao Lü, Liwen Cao, Weichao Li, Jishi Geng, Weiqiang Zhang	中国矿业大学	2016, 85, 61-66	2016 年 5 月 1 日	Chao Lü	Qiang Sun	孙强，吕超，曹丽文，李伟朝，耿济世，张卫强	152	200	是
2	Combined effects of salt, cyclic wetting and drying cycles on the physical and mechanical properties of sandstone	Engineering geology	Qiang Sun, Yuliang Zhang	中国矿业大学	2019, 248, 70-79	2019 年 2 月 21 日	Yuliang Zhang	Qiang Sun	孙强，张玉良	128	176	是
3	Damage mechanism of granite under subcritical water-rock interaction	Environmental Earth Sciences	Qiang Sun，He Zhang，Jianjun Hu， Jishi Geng， Shutao Zhou	西安科技大学	2023, 82(5), 124	2023 年 3 月 22 日	Qiang Sun，He Zhang	Qiang Sun	孙强，张鹤，胡建军，耿济世，周书涛	7	7	是
4	Experimental	Applied	Weiqiang Zhang, Qiang	中国矿业大学	2016,98，	2016 年 4	Weiqian	Weiqia	张卫强，	380	387	是

	study on the variation of physical and mechanical properties of rock after high temperature treatment	Thermal Engineering	Sun, Shuqing Hao, Jishi Geng, Chao Lv		1297-1304	月 5 日	g Zhang，Shuqing Hao	ng Zhang	孙强，郝树青，耿济世，吕超			
5	Acoustic emission characteristics of gabbro after microwave heating	International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences	Zhenlong Ge, Qiang Sun	西安科技大学	2021,138 ,104616	2021 年 3 月 14 日	Qiang Sun	Zhenlong Ge	葛振龙，孙强	65	94	是
6	岩石热损伤与物理力学性质演变及应用	中国矿业大学出版社	孙强、张卫强、李文平、薛雷、张玉春	中国矿业大学	/	2017 年 12 月		孙强	孙强、张卫强、李文平、薛雷、张玉春			是

六、代表性知识产权和标准规范等目录（限 10 条）

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权公告日	证书编号	权利人(标准起草单位)	发明人(标准起草人)
1								
2								
3								
4								
5								

六、主要完成人情况

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
孙强	1	无	教授	西安科技大学	西安科技大学	作为本项目第1完成人，是本项目的组织、设计、指导与直接参与者，是代表性论著1、2、3的唯一第一作者，科学发现点1、2、3的主要贡献者。揭示了岩石高温损伤演化的路径效应与临界跃迁规律，建立了高温水-岩作用下岩石反应性损伤的跨尺度机制，创建了高温损伤的原位感知与多场感知识别方法。
李文平	2	教育部工程中心主任	教授	中国矿业大学	中国矿业大学	作为本项日第2完成人，是代表性论著6的第三作者，科学发现点1、2的主要贡献者。对岩石高温损伤演化与临界跃迁规律、岩石反应性热损伤的跨尺度机制等科学发现有重要贡献。
胡建军	3	无	特聘研究员	深圳大学	深圳大学	作为本项目第3完成人，是代表性论著3的第三作者，科学发现点2的主要贡献者。揭示了高温水-岩作用下岩石损伤的矿物溶解、界面弱化、应力腐蚀与热力破裂协同驱动过程，阐明了“化学效应-应力腐蚀-热力破裂”协同损伤机制，建立了由矿物尺度反应向工程尺度失稳传递的跨尺度分析方法。
张卫强	4	系主任	副教授	中国矿业大学	中国矿业大学	作为本项目第4完成人，是代表性论著4的第一作者，代表性论著6的第二作者，对于温度-应力-流体路径共同控制的岩石高温损伤演化与临界跃迁机制的揭示有重要贡献。
吕超	5	无	副教授	西安科技大学	西安科技大学	作为本项目第5完成人，是代表性论著1的通信作者，对于温度-应力-流体路径共同控制的岩石高温损伤演化机制的揭示有重要贡献。
张鹤	6	无	无	西安科技大学	西安科技大学	作为本项目第6完成人，是代表性论著3的通讯作者，对于高温损伤磁-声-电-热-化多场感知方法构建有重要贡献。

七、主要完成单位情况

1.西安科技大学

作为本项目的依托单位，西安科技大学为项目的顺利完成并取得优异成绩做出了重要贡献，表现为：1）组织并完成了项目策划和实施工作；2）为项目的顺利实施提供了人力资源与优质的工作环境与场所；3）提供了本项目所需的设备、能源、图书资料和数据库等资源；4）为本项目提供配套经费支持。

2.中国矿业大学

作为本项目第2完成单位，中国矿业大学为项目的顺利完成并取

得优异成绩做出了重要贡献，表现为：1）协助组织并完成了项目策划和实施工作；2）为项目研究提供了实验场地、测试仪器设备和工程研究人员，确保了项目内容的顺利实施与应用。

3.深圳大学

作为本项目第 3 完成单位，中国矿业大学为项目的顺利完成并取得优异成绩做出了重要贡献，表现为：1）协助组织并完成了项目策划和实施工作；2）提供了室内实验测试仪器、场地和相关研究人员，确保了项目基础实验的顺利完成。

八、完成人合作关系说明

项目实施期间，项目完成人张卫强、胡建军、吕超、张鹤由主持人孙强教授指导攻读研究生学位；李文平合作参与项目的研究工作，主要取得成果如下：

1. 孙强/1、李文平/2 合作出版代表性论著 6。
2. 孙强/1、胡建军/3合作发表代表性论著3。
3. 孙强/1、张卫强/4合作发表代表性论著1、4、6、7。
4. 孙强/1、吕超/5合作发表代表性论著1、4。
5. 孙强/1、张鹤/6合作发表代表性论著3。