

报告编号:

2	0	2	6	4	1	K	X	0	0	0	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

# 科学技术成果评价报告

豫矿协科(评)字〔2026〕第2号

成果名称：矿井复杂地质条件下随掘地质超前探测实时成像技术研究

成果类型：技术开发类应用技术成果

完成单位：义煤集团新义矿业有限公司

安徽惠洲地质安全研究院股份有限公司

中国矿业大学

河南理工大学

委托评价单位：义煤集团新义矿业有限公司

委托日期：2026年6月1日

评价形式：会议形式

评价机构：河南省矿业协会(盖章)

评价完成日期：2026年6月30日

中华人民共和国科学技术部

二〇〇九年制

## 撰写说明

一、撰写本报告之前，应仔细阅读科学技术部《科技成果评价试点暂行办法》和《河南省矿业协会科技成果评价办法》。

二、报告采用A4纸，左右页边距28mm，上下页边距30mm，可分栏。

三、内容打印，签字用钢笔或碳素笔，无需填写处划“/”。

四、报告编号为12位，第1-4位为公历年代号，第5-6位为省、自治区、直辖市编码，第7-8位为矿业协会拼音字母KX，第9-12位为报告序号。省、自治区、直辖市的编码按GB/T2260的规定填写。

五、成果类型：技术开发类、社会公益类、软科学研究成果。

六、评价指标：是指反映评价成果的特征指标。

七、主要文件和技术资料是指评价委托方向评价机构提交的有关文件和技术资料，以及评价机构在评价中的所依据的其他文件、技术资料和标准等。

八、评价机构对其做出的评价结论负责。评价结论属咨询意见，供使用者参考。

成果名称	矿井复杂地质条件下随掘地质超前探测实时成像技术研究					
项目来源	本项目《矿井复杂地质条件下随掘地质超前探测实时成像技术研究》(义煤发(2024)196号, 项目编号:YMICXY202417-FS3)是针对矿井巷道安全掘进的智能地质保障“揭榜挂帅”科技项目。					
起止时间	2024年08月至2025年11月					
委托方	名称	义煤集团新义矿业有限公司				
	地址	洛阳新安县正村镇白墙村				
	负责人	马合飞	电话	13700797290	传真	/
	联系人	闫伟	电话	18956068572	邮编	/
	电子信箱	540625620@qq.com				
评价机构	名称	河南省矿业协会				
	地址	郑州市金水东路16号鑫地大厦三层				
	负责人	冯进城	电话	0371-87520553	传真	/
	联系人	李利彬	电话	18638571506	邮编	/
	电子信箱	hnkybzh@163.com				
<b>委托评价要求方式</b>						
会议方式						
<b>评价基本过程陈述</b>						
<p>2026年6月30日, 受义煤集团新义矿业有限公司委托, 河南省矿业协会组织召开了“矿井复杂地质条件下随掘地质超前探测实时成像技术研究”项目成果评价评审会, 按照国家科技部《科技成果评价试点暂行办法》和《河南省矿业协会科技成果评价办法》的规定和要求, 从河南省矿业协会专家库选定了3位专家组成评价委员会, 评价委员会专家听取了项目组的汇报, 审阅了有关技术资料, 进行了质询、交流和成果评价打分, 最后得到综合评分并形成综合评价结论。</p>						

## 科技成果简要技术说明及主要技术经济指标

### 一、任务来源

本项目《矿井复杂地质条件下随掘地质超前探测实时成像技术研究》（义煤发〔2024〕196号，项目编号：YMCXY202417-FS3）是针对矿井巷道安全掘进的智能地质保障“揭榜挂帅”科技项目。

### 二、应用领域和技术原理

本成果应用于煤矿地质保障与安全生产领域，涉及复杂地质条件下巷道安全高效掘进与灾害防治方面。

矿井巷道的安全高效掘进直接受断层、裂隙发育带、岩层倾角变化、煤岩界面变化、破碎带及富水异常等隐伏地质异常体影响，掘进工作面过地质异常区可能会造成经济损失甚至引起矿井灾害。因此，在巷道掘进过程中对迎头前方地质异常体的连续超前探测与动态跟踪监测是保障煤矿安全高效生产与灾害防治的重大需求。目前煤矿巷道超前地震探测震源形式包括人工锤击、小药量爆破、电磁震源和液压震源等，多依赖外部主动震源激发，探测实施方式以间歇式、分时段作业为主，数据处理成像需要到地面才能完成，存在与掘进施工协同性不足、现场组织复杂、连续实时成像能力有限等问题，难以满足复杂地质条件下连续化、快速化、智能化掘进的实际需要，因此，亟需开展复杂地质条件下随掘地质超前探测实时成像技术研究。

项目综合利用地球物理学、矿井地质学、地震勘探学、信号处理与仪器系统开发等领域的研究方法和工程调研、理论分析、数值模拟计算等多重手段，围绕复杂地质条件下随掘地质超前探测实时成像技术开展研究。首先通过构建几何模型进行数值模拟研究地震波场特征，开展了随掘地震物理模拟实验探究了不同振动参数和震源形式对地质异常体识别精度及空间分辨能力方面的差异性。项目以截割煤岩体过程中产生的连续振动信号作为震源，针对井下连续震源随机性强、噪声背景复杂、有效反射信息提取困难等问题，采用塑形相关分析、约束脉冲反褶积、多道叠加、时频分析及相关干涉处理等关键技术，对连续随掘地震记录进行震源脉冲化和信噪比增强处理，提取前方异常界面的有效反射信息，并结合二维、三维反射波叠加偏移成像技术，实现对巷道迎头前方地质构造、煤岩界面变化及异常区域的连续、动态、实时成像与预测预报。在此基础上，形成了由井下检波器阵列、采集基站、传输系统、数据处理软件

和地面显示平台组成的随掘地质超前探测实时成像系统，实现了“采集—传输—处理—成像—显示—预警”一体化功能，并结合新义煤矿11000工作面胶带顺槽底板巷和12070工作面胶带顺槽底板巷现场应用，对地质异常进行了持续跟踪探测与验证，最终形成了复杂地质条件下煤矿巷道随掘地质超前探测实时成像技术与装备体系，为煤矿安全高效生产提供了新技术与新装备，也为煤矿智能化建设提供了技术基础。

### 三、性能指标

通过本项目研究成果，达到了如下技术性能指标：

(1) 构建了适用于复杂地质条件下巷道掘进地震超前探测的技术体系，通过相关叠加干涉等智能算法将掘进震动转换成主动炸药震源，利用反射波提取与基于广义S变换的时频极化分析绕射波成像技术，探测巷道前方异常地质界面变化。

(2) 研制装备硬件的动态范围不低于140dB，具备多级程控自动增益、压制随机干扰、 $\mu$ V级分辨率的功能；研发了基于B/S架构的远程在线智能监测系统，具备数据的自动采集、存储、显示、处理与研判的功能。

(3) 矿井复杂地质条件下随掘地质超前探测系统具备观测系统设置、数据在线自动处理、智能筛选与自动成图等功能，可实现探测结果多次叠加、异常判定，以及对异常体的连续动态跟踪探查与预测预报；

(4) 开展了684.9m的井下巷道掘进现场工业性试验，对裂隙、岩层倾角变化等地质异常的探测距离可达75m，累计推测异常7处，实揭验证6处，误报1处，无漏报，异常探测准确率 $\geq 85\%$ ，满足合同对大于5m的断层、陷落柱探测准确度达100%的要求。掘进效率与异常探测精度得到显著提升，证明了该技术在复杂地质条件下的实用性。

(5) 申请/授权国家实用新型专利3项、发明专利3项，软著2篇，以及发表/录用高水平论文8篇。

### 四、与国内外技术同类技术比较

在探测原理研究方面，目前，国内同类技术主要依赖“主动激发震源”理论。在探测时需人工采用炸药爆破、电火花激发或机械重锤冲击等方式产生震源信号。这种方式获取的信号在时间上是离散的，无法伴随掘进过程连续获取地质信息，且爆破震源在回风流工作面施工存在极大的安全隐患。本项目技术创新引入了“随掘被动震源”理论。将掘进机截割头截割煤岩体产生的强烈震动与冲击作为虚拟震源。通过对地

震信号的记录，实现了“随掘随探”，不仅消除了人工激发震源的安全隐患，还奠定了连续不间断探测的物理基础。此外项目技术还可搭载多物理场耦合探测装备，实现单一物性参数探测走向“构造-富水性”多指标联合判识，大幅降低了地质解释的多解性。

在探测装备软硬件开发方面，目前，国内井下超前地震探测装备多以单次激发、分段采集和离线处理为主，在超前实时探测成像一体化系统装备较为薄弱。针对连续振动震源条件下地震信号实时采集、稳定传输、自动处理和动态显示需求，本项目研发形成了由井下检波器阵列、采集基站、供电系统、数据传输系统、数据处理软件和地面显示平台组成的随掘地质超前探测实时成像系统，构建了“采集-传输-处理-成像-显示-预警”一体化技术架构。系统最大支持64通道信号采集，采集频率范围0~2kHz，采样间隔0.02ms~1ms；在实时处理能力、采样配置和自动化水平等方面优于同类井下随掘监测设备，形成了适用于煤矿复杂地质条件下随掘超前探测实时成像的专用装备体系。

在探测能力方面，目前，国内井下超前地震探测技术除了需要施加外部震源之外，还需要停掘施工，对工作面的掘进效率存在影响，同时常规地震超前探测属于单次、静态探测，随着掘进机持续前进，探测盲区会不断增大，而且由于主动震源的频带窄、算法精度低，传统超前探仅大尺度地质异常体敏感，而对落差小于2m的断层、小陷落柱和隐伏导水通道等的识别率较低。本项目技术探测无需停工，真正意义上实现了掘探同步，依托截割煤岩产生的丰富震源频率信息，结合多次探测结果的叠加分析和异常判定方法，可实现对异常体的连续动态跟踪探查与预测预报。开展684.9m的井下巷道掘进实时监测作业、推测异常共7处、实揭验证6处，对裂隙、岩层倾角变化等地质异常的有效探测距离可达75m，误报1处，无漏报，异常探测准确率 $\geq 85\%$ ，掘进效率提升幅度 $\geq 30\%$ ，综合表明项目整体技术达到国内领先水平。

## 五、成果的创造性、先进性

### (1) 理论方法体系创新

基于煤矿井下掘进设备截割煤岩体破裂产生的地震信号，揭示了随掘地震信号的地震波场特征，提出了复合反褶积干涉的高信噪比叠加方法，形成了以随掘信号为基础模型的复杂地质异常自动提取技术体系。

## (2) 装备技术创新

结合煤矿复杂地质条件随掘信号的时频域特征，基于FPGA硬核自控技术，研制了多分量传感器、数据自适应调理、采集、存储、通讯、显示的全时地震系统，开发了矿用本安型、大动态、宽频带、高精度随掘地质超前探测系统与装备。

## 六、作用意义

在项目研究所形成的矿井复杂地质条件下随掘地质超前探测实时成像技术装备基础上，于2025年3月至2025年11月期间，先后完成了新义煤矿11000工作面胶带顺槽底板巷420.6m和12070工作面胶带顺槽底板巷264.3m的工业性应用，期间探测并验证了3处裂隙和3处岩层倾角变化，掘进效率提升幅度 $\geq 30\%$ ，异常探测准确率 $\geq 85\%$ ，掘进效率与异常探测精度得到显著提升，完全符合生产要求。在项目应用实施期间有效减少钻探施工量和钻孔硐室的支护投入，经济和社会效益显著。项目的研究直接降低施工成本216万元；间接提高巷道掘进效率，新增产值3420万元。项目研究为巷道掘进提供了准确的异常分布信息，保障了巷道的安全掘进与后期工作面的高效回采，经济与安全效益显著。

## 七、推广应用的范围、条件和前景

针对复杂地质条件下巷道掘进过程中隐蔽地质异常体实时探测难、传统“先探后掘”方式效率低、适应性差等问题，项目提出了矿井复杂地质条件下随掘地质超前探测技术，通过以掘进机振动连续震源为基础，结合地震干涉法与反射波成像算法，构建了动态实时探测系统，极大程度解决了“工探矛盾”，无需频繁停掘进行探测，有效保障了掘进连续性，掘进效率整体提升30%。同时，该技术探测精度高，可对前方100m范围内的异常体实现高分辨率实时成像。

随着矿产资源深部开采持续推进，全国矿区平均开采深度每年递增8-12m，深部巷道掘进面临更加复杂的地质环境，隐蔽异常体引发的灾害风险也日益突出，严重威胁施工安全与生产效率。项目研究成果的推出，为我国复杂地质矿井的掘进工作提供了高效、安全的技术保障，具有显著经济效益和广泛推广价值。

在碳中和目标引领下，煤矿智能化建设成为新时期我国煤炭开采的重要方向，本项目的实施有助于提升煤炭资源安全、高效利用，推动能源稳定供应，对社会发展起到积极促进作用。项目成果不仅能提升复杂地质巷道掘进效率、增加煤炭产能、降低安全风

险，还具备环境友好性，有助于减少碳排放和环境污染。综上，本项目成果应用范围广阔，前景十分可观。

#### 八、存在的问题和改进意见

进一步加强在矿井复杂地质条件下巷道掘进中的推广应用与地质保障系统的动态更新。

#### 主要文件和技术资料目录和来源

(包括：1. 评价大纲；2. 工作报告；3. 技术研究报告；4. 测试分析报告及主要实验、测试技术报告；5. 设计与工艺图表；6. 质量标准；7. 科技查新报告；8. 用户使用情况报告；9. 社会效益、经济效益分析报告及证明材料；10. 环保证明；11. 其他证明材料)

- 1、鉴定材料之一：评价大纲
  - 2、鉴定材料之二：工作报告
  - 3、鉴定材料之三：技术研究报告
  - 4、鉴定材料之四：测试分析报告及主要实验、测试技术报告
  - 5、鉴定材料之五：设计与工艺图表
  - 6、鉴定材料之六：质量标准
  - 7、鉴定材料之七：科技查新报告
  - 8、鉴定材料之八：用户使用情况报告
  - 9、鉴定材料之九：社会效益、经济效益分析报告及证明材料
  - 10、鉴定材料之十：环保证明
  - 11、鉴定材料之十一：其它证明材料
- (安标、防爆证明材料，计划任务书(合同)，专利、论文知识产权)

备注：

无

### 综合评分与评价结论

2026年6月30日，河南省矿业协会组织有关专家，对义煤集团新义矿业有限公司、安徽惠洲地质安全研究院股份有限公司、中国矿业大学和河南理工大学共同完成的“矿井复杂地质条件下随掘地质超前探测实时成像技术研究”项目研究成果进行了鉴定。鉴定委员会审阅了鉴定资料，听取了汇报，经质询、讨论，形成以下鉴定意见：

1. 提交的成果资料齐全、规范，符合鉴定要求。

2. 针对复杂地质条件下巷道掘进过程中隐蔽地质异常体实时探测难、传统“先探后掘”方式效率低、适应性差等问题，开展了针对性研究，取得如下创新性成果：

(1) 基于煤矿井下掘进设备截割煤岩体破裂产生的地震信号，揭示了随掘地震信号的地震波场特征，提出了复合反褶积干涉的高信噪比叠加方法，形成了以随掘信号为基础模型的复杂地质异常自动提取技术体系。

(2) 结合煤矿复杂地质条件随掘信号的时频域特征，基于FPGA硬核自控技术，研制了多分量传感器、数据自适应调理、采集、存储、通讯、显示的全时地震系统，开发了矿用本安型、大动态、宽频带、高精度随掘地质超前探测系统与装备。


压矿	安矿柱	安矿柱	小计	量	资源量
----	-----	-----	----	---	-----

质异常体的超前探测能力和掘进地质保障水平，取得广阔的推广应用前景。

目基于FPGA硬核自控技术研制的随掘地质超前探测系统通过鉴定。

张文煜

2026年6月30日

公司得到应用，显著提升了隐蔽地得了显著的经济和社会效益，具有鉴定委员会一致认为：该项目系统与装备达到国内领先水平，同意评价委员会主任：委员：

评价咨询专家名单					
姓名	工作单位	职称	从事专业	联系电话	签字
张良	河南省地质局	教授级高工	地质矿产	13937161805	张良
常云真	河南省第一地质矿产调查院有限公司	教授级高工	地质矿产	13937985822	常云真
张文焰	河南省地质研究院	教授级高工	煤田地质	18239950766	张文焰
评价指标和评分 (技术开发类)					
技术创新程度				19	
技术指标的先进程度				19	
技术难度和复杂程度				14	
技术重现性和成熟度				13	
技术创新对科技进步及市场竞争力的作用				14	
经济或社会效益				14	
评分结果				93	

河南省地质局

评价机构意见

同意评价结论



评价机构声明

我单位依据《中华人民共和国科学技术进步法》《中华人民共和国促进科技成果转化法》、科学技术部《科学技术评价办法(试行)》《科技评估管理暂行办法》《科技成果评价试点暂行办法》和《河南省矿业协会科技成果评价管理办法》的有关规定和要求,秉承客观、公正、独立的原则,聘请同行专家对该项科技成果进行了评价。评价结论以客观事实为依据,评价过程不存在任何违反上述有关法律法规规定的情形。

我单位承诺对依据委托方提供的技术资料所做出的科技成果评价结论的客观性、真实性和准确性负责,将严格按照上述有关规定和要求,认真履行作为评价机构的义务并承担相应的责任。

科技成果评价结论不具有行政效能,仅属咨询性意见。依据评价结论做出的决策行为,其后果由行为决策者承担。



主要研制人员名单

序号	姓名	性别	出生年月	技术职称	文化程度	工作单位	对成果创造性贡献
1	陈永让	男	1971.10	高级工程师	硕士	义煤集团新义矿业有限公司	项目负责、组织实施
2	刘金锁	男	1995.09	高级工程师	硕士	安徽惠洲地质安全研究院股份有限公司	技术总负责
3	杨彩	女	1986.09	副教授	博士	中国矿业大学	技术负责
4	韩磊	男	1994.11	副教授	博士	河南理工大学	技术负责
5	杜留群	男	1984.10	高级工程师	硕士	义煤集团新义矿业有限公司	项目总协调
6	邱远舰	男	1999.09	工程师	硕士	安徽惠洲地质安全研究院股份有限公司	技术跟进
7	马合飞	男	1984.09	高级工程师	本科	义煤集团新义矿业有限公司	技术监督
8	曹煜	男	1984.06	高级工程师	硕士	安徽惠洲地质安全研究院股份有限公司	项目技术方案制定
9	章俊	男	1988.06	副教授	博士	中国矿业大学	基础理论研究
10	贾振阳	男	1986.06	工程师	大专	义煤集团新义矿业有限公司	技术监督
11	任川	女	1989.04	高级工程师	硕士	安徽惠洲地质安全研究院股份有限公司	基础理论研究
12	刘惠洲	男	1987.11	工程师	硕士	安徽惠洲地质安全研究院股份有限公司	硬件研制负责
13	赵文龙	男	1989.04	工程师	大专	义煤集团新义矿业有限公司	硬件装备测试
14	闫伟	男	1986.08	高级工程师	硕士	安徽惠洲地质安全研究院股份有限公司	软件开发负责
15	董亚	男	1992.11	工程师	硕士	安徽惠洲地质安全研究院股份有限公司	基础理论研究

注：主要研制人员超过15人可加附页，按照贡献大小顺序严格排列。