

# 陕西省科学技术奖提名公示内容-科学技术进步奖

(2024年度)

## 一、项目名称

基于智能预测冲击地压工作面安全回采关键技术及应用

## 二、提名者

陕西煤业化工集团有限责任公司

## 三、项目简介

本项目属于采矿工程研究领域，研究成果主要应用于冲击地压工作面矿压智能监测、识别与预警，工作面危险性综合评判，工作面应力（能量）集中可视化分析以及工作面覆岩定点（精准）卸压等方面，进而保证工作面安全高效回采，为实现矿山智能开采奠定基础。

近年来，我国煤矿孤岛工作面安全回采相关技术取得了显著成效，但由于矿井、矿区之间生产地质条件的差异性和多变性，研究成果推广应用仍然普遍存在设计理论与依据普适性差、影响因素考虑不全面、回采成本和风险偏高等问题。建新煤化4206 孤岛工作面长约 197m（不含两巷及煤柱），每侧各有两个采空区，形成了煤层倾向约 1200m、走向约 2000m 的超大范围采空区，区别于常见孤岛工作面，覆岩结构更为复杂，加之蒲白矿业公司没有孤岛工作面开采经验，成功回采孤岛煤柱面临的挑战是前所未有的。针对上述问题，基于建新煤化生产地质条件，深入研究了受载煤岩体冲击倾向性特征、采场大空间覆岩高位承压拱结构、工作面强矿压治理、巷道围岩控制及快速回撤等关键科学问题。

**(1) 研究了煤岩在不同应力路径或受力状态下的冲击倾向性特征：**设计了多种模拟施工围岩应力调整的加卸荷应力路径，研究了不同受力状态下煤岩体的力学特性、能变规律及冲击倾向性特征，得出了煤岩变形破坏本质和诱冲致冲判据。

**(2) 研究了孤岛工作面大空间覆岩高位承压拱结构渐进扩展演化规律和应力传递机制：**建立了工作面回采过程中覆岩高位承压拱理论模型，研究了孤岛工作面大空间覆岩高位承压拱结构渐进扩展演化规律和应力传递机制，分析了承压拱扩展过程中工作面煤壁应力集中的受力特征，提出了孤岛工作面区段煤柱剧烈矿压显现断高位承压拱的卸压治理关键技术。

**(3) 研究了孤岛工作面强矿压显现与地表沉降关系：**利用无人机航拍三维成像地面岩移观测技术实测了孤岛工作面回采期间地表沉降数据，研究了初次来压、周期来压、“见方”效应、煤厚变化等与地表沉降之间的关系，确定了孤岛工作面回采期间卸压防冲重点区域，提出了重点区段“加强卸压+联合支护”技术方案。

**(4) 研究了孤岛工作面两巷矿压显现与高位断拱步距关系：**结合现场实测和数

值模拟分析了两巷矿压显现与高位断拱步距之间的关系，设计并优化了断拱步距，提出了装备回撤通道小步距高位断拱卸压治理关键技术。

为进一步解决蒲白矿业公司矿井受大埋深、地质构造、覆岩结构等因素制约的难题，响应智能采矿国家战略，结合矿井煤层诱发强矿压、冲击地压等危险性较高的生产实际，系统研究了基于智能预测冲击地压工作面安全回采关键技术，取得以下成果：

**(1) 工作面掘采过程矿压显现规律。**根据实际生产过程对工作面倾向和走向采场覆岩下沉、围岩塑性区、应力、位移及能量等分布进行了数值模拟分析，认为采动超前影响范围为 110-120m，剧烈影响区为 0~30m；通过现场监测重点研究了工作面推进过程中周期来压、“见方”效应以及特殊区段矿压显现特征，日最大能量均未超过  $10^4\text{J}$ ，巷道围岩应力、位移以及锚杆索受力均在合理范围内，支护有效。

**(2) 工作面矿压智能监测、超前预测和智慧管理。**对原有矿压监测设备与系统升级改造，落实微震、应力、支架阻力、锚杆索受力、巷道表面收敛与深部位移等多源信息在线监测；重构矿压数据，建立了工作面矿压显现预测模型，开发了矿山压力预测预警管理平台，提升了工作面矿压智能监测和智慧管理的水平。

**(3) 工作面安全生产危险性等级多维综合判定。**结合工作面生产地质因素及多源信息监测内容，提出了一种工作面安全生产危险识别判断方法，确定了与实际生产高度匹配的 6 个一级指标和 19 个二级指标，建立了各级指标判断矩阵以及区间对应危险等级，基于智能监测和预测技术实现了工作面生产过程危险性等级实时判定和超前预判定，为高危险区段超前卸压、安全生产提供了依据。

**(4) 工作面应力环境三维 CT 反演与层析成像。**结合微震实时监测，建立了工作面三维地质模型，通过 CT 反演研究了采场空间应力分布特征及其与工作面和覆岩层位等之间的关系，通过层析成像可视化分析研究了工作面应力集中区域动态调整机理，为精准卸压提供了依据。

**(5) 工作面精准超前卸压解危技术体系。**基于工作面矿压显现特征、工作面安全生产危险性等级以及工作面可视化应力（能量）环境，提出了工作面巷道定点分段扩孔卸压关键技术，形成了工作面危险性“空间-面域-区段”多维综合评估的精准超前卸压解危技术体系。

本项目研究成果包括博（硕）士学位论文 1（15）篇，SCI/EI 收录论文 18 篇，中文核心 5 篇，发明专利 10 项，实用新型专利 9 项，软件著作权 6 项。

项目研究成果在蒲白矿业有限公司多个工作面进行了现场工业性试验及推广应用，应用情况表明：本项目提出的基于智能预测冲击地压工作面安全回采关键技术体系取得了显著的技术、经济与社会效益，实现经济创收超 16 亿元，为强矿压及冲击地压工作面智能、安全且高效回采提供了科学可靠的理论依据、设计方法，具有广阔的推广应用前景。

#### 四、主要知识产权和标准规范

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种巷道表面位移、深部位移同位测量方法	中国		2017.1.4	2332476	中国矿业大学	张益东; 金志远; 程亮; 季明; 贾锦波; 张猛; 张春喜; 崔满堂; 张明磊; 郭红军
2	发明专利	一种制备带非穿透孔的人造岩心的模具及方法	中国	CN104502167 B	2018.4.27	2904726	中国矿业大学	季明; 张益东; 金志远; 郭红军; 程亮; 李忠; 张猛; 张明磊; 崔满堂
3	发明专利	一种高瓦斯矿井无氧工作面的回采方法	中国	CN106761747 B	2019.1.11	3214240	中国矿业大学	季明; 郭红军; 陈凯; 张益东; 程亮; 张明磊; 张宗良; 郭文豪; 赵永平; 周长过
4	发明专利	一种模拟巷道综掘工艺的实验方法	中国	CN106771058 B	2019.6.28	3433063	中国矿业大学	季明; 郭红军; 陈凯; 张益东; 程亮; 张明磊; 张宗良; 郭文豪; 赵永平; 张弦; 郑讴阳
5	发明专利	一种利用经验模态分解和支持向量机定量预测煤厚的方法	中国	CN108333629 B	2021.8.24	4635817	中国矿业大学	黄亚平; 董守华; 祁雪梅
6	发明专利	一种受重复采动影响巷道冲击地压力构协同防控方法	中国	CN111720139 B	2021.11.23	4811855	煤炭科学技术研究院有限公司	赵善坤; 李云鹏; 王寅; 李一哲; 赵忠证; 王根盛; 吕坤; 刘毅涛; 秦凯; 苏振国; 赵斌; 张宁博; 赵阳
7	发明	模拟顶板岩层回转破断试验方法	中国	CN111208010 B	2022.3.1	4962932	煤炭科学技术研究院有限公司	赵善坤; 李一哲; 蒋军军; 刘毅涛; 张修峰; 赵阳; 张宁博; 王寅; 秦凯
8	发明	一种受重复采动影响巷道围岩稳定性力构协同监测方法	中国	CN111913216 B	2022.9.20	5465222	煤炭科学技术研究院有限公司	赵善坤; 李一哲; 苏振国; 吕坤; 张宁博; 刘毅涛; 张修峰; 王寅; 付兴玉; 李云鹏
9	发明	区段煤柱临空侧向复合厚硬顶板最优破断位置确定方法	中国	CN111259569 B	2024.2.20		煤炭科学技术研究院有限公司	赵善坤; 李云鹏; 赵毅涛; 张修峰; 陈增; 张宁博; 王寅; 秦凯; 管新邦
10	软件著作权	煤冲击倾向性鉴定软件 V1.0	中国	2017SR337883	2017.7.3	1923167	中国矿业大学	陈凯; 季明; 郭红军; 赵永平; 刘建; 张益东

## 五、主要完成人

完成人	排序	技术职称	工作单位
季明	1	教授	中国矿业大学
问永忠	2	高级工程师	陕西陕煤蒲白矿业有限公司
郭红军	3	副教授	江苏建筑职业技术学院
王军胜	4	高级工程师	陕西陕煤蒲白矿业有限公司
黄亚平	5	教授	中国矿业大学
张龙刚	6	高级工程师	陕西陕煤蒲白矿业有限公司
王寅	7	副研究员	煤炭科学技术研究院有限公司
童苗苗	8	工程师	陕西建新煤化有限责任公司
蒋永杰	9	高级工程师	陕西煤业集团黄陵建庄矿业有限公司
周舟	10	高级工程师	中国矿业大学

## 六、主要完成单位

完成单位	排序	备注
陕西陕煤蒲白矿业有限公司	1	主持
中国矿业大学	2	主持
陕西建新煤化有限责任公司	3	参与
陕西煤业集团黄陵建庄矿业有限公司	4	参与
江苏建筑职业技术学院	5	参与
煤炭科学技术研究院有限公司	6	参与
徐州胤新矿业科技有限公司	7	参与