

# 2024 年度贵州省科学技术奖公示内容

## 一、项目名称

二氧化碳相变爆破致裂煤岩体关键技术研究与应用

## 二、推荐单位

贵州大学

## 三、推荐等级

科技进步一、二等奖

## 四、项目简介

贵州是我国长江以南最大的煤炭生产基地，保障了我国南部区域的能源安全，但贵州矿区煤层赋存地质条件复杂，80%为高瓦斯、煤与瓦斯突出矿井，导致煤与瓦斯突出等动力灾害频发，成为制约贵州省煤矿安全高效生产的主要因素；此外坚硬顶板的存在导致采动应力扰动大，易引发巷道动压及顶板大面积冒落，且贵州地貌多以高原山地为主，采用传统爆破技术对岩体开挖扰动大，易诱发次生灾害。二氧化碳相变爆破作为一种非炸药低扰动破岩技术，具有爆破振动小、安全性能好、环境污染小及爆破能力可控可调等优点，能够解决贵州低渗煤层卸压增透、坚硬顶板定向致裂、山区岩体低扰动开挖等问题，为此，项目围绕二氧化碳相变爆破致裂煤岩体的基础理论，研制了适用于不同矿山应用场景的二氧化碳相变爆破系列装备，研发了相变爆破致裂增透、定向切顶、低扰动开挖成套技术，主要创新是：

(1) 研发了二氧化碳相变爆破致裂煤岩体机理与系列装置。建立了致裂钻孔孔壁起裂理论模型，揭示了中等冲击动态作用下岩体多重起裂机理；提出了气体静态作用下岩体多重裂隙扩展相场损伤模拟方法，明晰了高压气体静态作用下岩体多重裂隙扩展特征；揭示了二氧化碳相变爆破致裂分形特征，定量表征了二氧化碳相变爆破致裂效果，完善了二氧化碳相变爆破的基础理论，研制了基于二氧化碳相变压力能量特征精准可控的气体致裂装备。

(2) 研发了低渗煤层二氧化碳相变爆破致裂增透关键技术。揭示了二氧化碳对损伤煤体瓦斯驱替机理，明晰了二氧化碳相变爆破致裂应力-裂隙-渗流耦合作用规律，探讨了二氧化碳相变爆破致裂效果的主要影响因素的影响规律，实现了二氧化碳相变爆破致裂煤层增透，致裂后煤层瓦斯抽采半径提高了2.3~2.5倍，抽采达标时间缩短了2~6.6倍，透气性系数增加了2.6~3.97倍，钻孔瓦斯涌出量衰减强度减小了26.2%~58.3%。

(3) 研发了坚硬顶板二氧化碳相变爆破定向切顶卸压技术。揭示了应力环境对二氧化碳相变爆破多重裂隙的影响特征，结合切顶卸压场景应力环境确定多重裂隙扩展趋势，探讨了控制孔对于相变爆破裂纹扩展的诱导转向机制，实现了二氧化碳相变爆破定向切顶卸压，改善了巷道围岩应力环境，巷道变形量减小50%以上，缓和了工作面矿压显现，工作面初次来压距离减少50%。

(4) 开发了喀斯特山区二氧化碳相变爆破低扰动破岩技术。建立了相变爆破地震波信号小波包变换分解与重构技术和自适应最优核时频分析方法，揭示了二氧化碳相变爆破地震波时频特性和能量衰减规律；明晰了二氧化碳相变爆破破岩块度分布特征及分形规律，确定了相变爆破能量利用特性；实现了岩体低扰动开挖，相变爆破产生振动峰值和噪声数值能够满足周围环境的要求，未发现相变

爆破引发的空气冲击波。

项目研究成果获8件发明专利、36项实用新型专利、3项软件著作权，发表高水平论文20余篇，通过了国家自然科学基金委和贵州省科技厅的项目验收，推广应用成果被专家鉴定达到“国际先进水平”。研究成果在文家坝一矿等煤矿得到成功应用，具有广阔的推广应用前景，对保障贵州矿产安全高效开采具有重要作用。

### 五、主要知识产权和标准规范等目录

序号	已授权项目名称	知识产权类别	国(区)别	授权号
1	柔性二氧化碳相变爆破致裂装置及其使用方法	发明专利权	中国	ZL202210881350.8
2	二氧化碳相变定向爆破装置及定向爆破方法	发明专利权	中国	ZL202210881362.0
3	一种高瓦斯煤层工作面钻采预抽瓦斯方法	发明专利权	中国	ZL201610357774.9
4	一种气体致裂器	发明专利权	中国	ZL201610838890.2
5	一种二氧化碳致裂器	发明专利权	中国	ZL201610838941.1
6	一种露天矿矿岩穿孔爆破装药装置及装药方法	发明专利权	中国	ZL202310983234.1
7	一种基于安全气囊气体发生剂的致裂筒及其近人爆破方法	发明专利权	中国	ZL201810652246.5
8	二氧化碳致裂压力控制系统 V1.0	计算机软件著作权	中国	2023SR1741314
9	二氧化碳致裂技术研究实验平台 V1.0	计算机软件著作权	中国	2023SR1778298
10	二氧化碳致裂爆破安全施工管理系统 V1.0	计算机软件著作权	中国	2023SR1741284

### 六、主要完成人

排名	姓名	技术职称	工作单位
1	袁永	教授	中国矿业大学
2	江泽标	副教授	贵州大学
3	李波	副教授	中国矿业大学
4	陈忠顺	无	中国矿业大学
5	柯波	助理研究员	武汉理工大学
6	丁小华	副教授	中国矿业大学
7	崔毅	工程师	贵州致裂科技有限公司

### 七、主要完成单位

主要完成单位	排名	创新推广贡献
贵州大学	1	贵州大学作为第一完成单位，对本项目的创新点一、二、三、四均有重要贡献
中国矿业大学	2	中国矿业大学作为第二完成单位，对本项目的创新点一、二、三有重要贡献
武汉理工大学	3	武汉理工大学作为第三完成单位，对本项目的创新点四有重要贡献
贵州致裂科技有限公司	4	武汉理工大学作为第四完成单位，对本项目的创新点三有重要贡献