拟提名四川省科技进步奖公示信息

一、项目名称

极近距离煤层分层转合层开采沿空留巷关键技术研究

二、提名者及提名意见

提名单位：四川省应急管理厅

提名意见：在沿空巷道围岩控制理念与原理方面，提出了“支护体与支撑体协同承载”的围岩控制理念以及“切顶卸压→应力再平衡，支护体与支撑体协同承载→结构再稳定”的转采巷道围岩控制原理。在沿空巷道围岩控制技术方面，提出了转采巷道“支顶控顶、拉顶控顶与固帮控顶”的一体化控顶原则，形成了“切顶卸压+柱式支撑+锚杆与锚索梁协同”为核心的分步支护技术。在沿空巷道围岩支护材料方面，创造性地提出了使用无缝钢管配合商用混凝土制作混凝土墩柱作为巷旁支护体进行沿空留巷，并对跨冒后的矸石墙进行喷浆，有效解决了传统工字钢、砌块作巷旁支护强度偏低、稳定性差以及采空区漏风的问题。

提名该项目为2023年度四川省科学技术进步奖。

三、项目简介

在我国南方地区，普遍存在近距离薄煤层群。受前期开采技术水平限制，进行了不同程度的分层开采。然而，随着浅部易采煤炭资源的枯竭和煤炭开采技术水平的不断提高，这类极近距离薄煤层分层开采的产能和经济效益逐渐落后。为提高矿井经济效益，节约煤炭资源，提高回采率，实施极近距离薄煤层分层转合层开采势在必行。然而，在此条件下进行合层开采和沿空留巷存在诸多困难。本项目研究成果不仅对四川川煤华荣能源有限责任公司小河嘴煤矿发展具有重要的现实意义和理论价值，而且对其他类似条件下矿井的安全高效开采提供借鉴，为全国建设和管理同类型矿区起到积极的示范和带动效应，对推动我国煤炭科技的进步与发展发展具有重要的意义。

1.**揭示了“上层煤回采+下层转采巷道掘进+下部煤层回采”叠加应力场下的围岩损伤演化规律。**分层开采后上覆岩层垮冒高度叠加，支承压力增大。在横向上，应力峰值往侧向深层围岩不断转移，从上层煤回采到转采巷道掘进再到下层煤回采过程中，巷道围岩中出现“单峰-双峰-单峰”的应力扰动，大大弱化了巷道围岩强度。在纵向上，覆岩层位越高，应力峰值则略有减小。在这种叠加应力场引起的偏应力作用下，巷道围岩损伤演化过程依次为损伤稳定减少阶段-无损伤阶段-损伤稳定增长阶段-损伤加速增长阶段-损伤破坏阶段。

2．**提出了极近距离薄煤层分层转合层开采沿空留巷巷旁支护体与采空区矸石协同压缩流变变形的巷旁让压支护原则。**针对极近距离薄煤层分层转合层开采沿空留巷，通过超前顶板预裂爆破，优化了覆岩“悬臂梁”结构，理论推导了采空区矸石充分压实时顶板岩梁的回转下沉量，提出采用“柔−刚”组合巷旁支护结构控制顶板岩梁的回转下沉，提出了极近距离薄煤层分层转合层开采沿空留巷巷旁支护体与采空区矸石协同压缩流变变形的巷旁让压支护体系。

3.**构建了****“一次强支护-超前顶板预裂-二次巷内补强支护-巷旁让压支护”的极近距离薄煤层分层转合层开采沿空留巷关键技术。**根据四川川煤华荣能源有限责任公司小河嘴煤矿极近距离煤层分层转合层开采沿空留巷覆岩破断、回转规律，提出“支护体与支撑体协同承载”的转采巷道沿空留巷围岩控制理念以及“切顶卸压→应力再平衡，支护体与支撑体协同承载→结构再稳定”的控制原理。针对转采巷道顶板提出了“支顶控顶、拉顶控顶与固帮控顶”的一体化控顶原则，并形成了“一次强支护-超前顶板预裂-二次巷内补强支护-巷旁让压支护”为核心的分步支护技术。

采用本项目所提出的“切顶卸压+柱式支撑+锚杆与锚索梁协同”的分步支护技术在四川川煤华荣能源有限责任公司小河嘴煤矿、斌郎煤矿、柏林煤矿、铁山南煤矿多个工作面进行了推广应用，取得了良好的效果，具体应用情况见表1所示。

表1 四川川煤华荣能源有限责任公司下属各矿应用情况

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **应用单位** | **应用巷道长度/km** | **多回收煤炭/t** | **间接经济效益/万元** |
| 小河嘴煤矿 | 5.07 | 12.90 | 6952.50 |
| 斌郎煤矿 | 2.24 | 8.25 | 3582.50 |
| 柏林煤矿 | 1.57 | 7.65 | 3027.50 |
| 铁山南煤矿 | 4.50 | 10.15 | 4727.50 |
| 合计 | 13.38 | 38.95 | 18290.00 |

本项目提出的支护技术不仅成功实现复杂条件下的沿空留巷，大大提高了煤炭资源的回采率，而且有效保障了沿空巷道围岩的稳定性、安全性，经济效益与社会效益显著。并取得了一系列研究成果，包括授权发明专利 3项，实用新型专利 7项。经中国煤炭工业协会组织鉴定的科技成果 1 项，培养博士研究生 3 人，硕士研究生 7 人，发表高水平论文 12篇。

四、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） | 授权（标准发布）日期 | 证书编号 （标准批准发布部门） | 权利人（标准起草单位） | 发明人（标准起草人） | 发明专利（标准）有效状态 |
| 发明专利 | 一种巷道全断面非均匀收敛的检测装置及监测方法 | 中国 | CN108801167B | 2020.03.24 | 3728645 | 湖南科技大学 | 王平；朱永建；余伟健；任恒；黄钟 | 有效 |
| 发明专利 | 一种用于施加锚杆预紧力的辅助装置及施工方法 | 中国 | CN111322101B | 2022.03.04 | 4972843 | 湖南科技大学 | 王平；冯涛；李鹏 | 有效 |
| 发明专利 | 一种预留极近距离薄煤层分采-合采中沿空留巷支护方法 | 中国 | CN113417640B | 2023.01.03 | 5676474 | 湖南科技大学 | 朱永建；任恒；王平；李鹏；王希之；江永志 | 有效 |
| 实用新型专利 | 模拟破碎岩体二次成岩的试验装置 | 中国 | CN206583905U | 2017.10.24 | 6555538 | 湖南科技大学 | 王平；朱永建；冯涛；余伟健；李树清 | 有效 |
| 实用新型专利 | 一种在钻取岩芯时用于固定不规则岩块的装置 | 中国 | CN206571454U | 2017.10.20 | 6546299 | 湖南科技大学 | 冯涛；王平；朱永建 | 有效 |
| 实用新型专利 | 提高锚杆或锚索锚固力的自动撑开装置 | 中国 | CN208267881U | 2018.12.21 | 8251215 | 湖南科技大学 | 任恒；朱永建；王平；余伟健；黄钟 | 有效 |
| 实用新型专利 | 一种用于压制试件的装载取放装置 | 中国 | CN207456901U | 2018.06.05 | 7430992 | 湖南科技大学 | 黄钟；冯涛；王平；余伟健 | 有效 |
| 实用新型专利 | 用于测试试件抗拉强度的装置 | 中国 | CN209542299U | 2019.10.25 | 9526442 | 湖南科技大学 | 王平；冯涛；余伟健；朱永建 | 有效 |
| 实用新型专利 | 可调整凿岩机方位的固定支架及凿岩机组件 | 中国 | CN211115804U | 2020.07.28 | 11110917 | 湖南科技大学 | 任恒；朱永建；王平；李鹏；张玉群 | 有效 |
| 实用新型专利 | 减缓巷道顶板回转下沉速率的掩护式支架 | 中国 | CN216240713U | 2022.04.08 | 16215607 | 湖南科技大学 | 江永志；王平 | 有效 |

五、论文专著目录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文（专著）名称/刊名/作者 | 年卷页码（xx年xx卷xx页） | 发表时间（年月日） | 通讯作者（含共同） | 第一作者（含共同） | 国内作者 | 他引总次数 | 检索数据库 | 论文署名单位是否包含国外单位 |
| 1 | Experimental Study of Blast-Induced Vibration Characteristics Based on the Delay-Time Errors of Detonator Advances in Civil Engineering，Ping Wang | 2020（13）:1-9 | 2020.08.08 | 马元军 | 王平 | 王平；马元军；朱永建；朱军 | 2 | SCI | 否 |
| 2 | A Case Study on Gob-Side Entry Retaining Technology in the Dee Coal Mine of Xinjulong，Advances in Civil Engineering，Ping Wang | 2020（13）:1-9 | 2020.09.29 | 马元军 | 王平 | 王平；丁理；马元军；冯涛；孙广京；朱永建；任恒；李鹏；张玉群；王希之 | 2 | SCI | 否 |
| 3 | 深井矸石充填工作面沿空留巷围岩控制原理与技术，煤炭科学技术，王平 | 2022，50(06):68-76 | 2022.06.15 | 王平 | 王平 | 王平；曾梓龙；孙广京；冯涛；李乃录；刘金海；李鹏；江永志 | 3 | EI | 否 |
| 4 | Classification and Application of Roof Stability of Bolt Supporting Coal Roadway Based on BP Neural Network，Advances in Civil Engineering，Heng Ren | 2020(6):1-9 | 2020.11.17 | 朱永建 | 任恒 | 任恒；朱永建；王平；李鹏；张玉群；王希之；李莹莹 | 2 | SCI | 否 |
| 5 | 损伤石灰岩单轴再加载力学特性及破坏机理，哈尔滨工业大学学报，朱永建 | 2021，53(11):119-126. | 2020.06.22 | 任恒 | 朱永建 | 朱永建；任恒；王平；余伟健；李鹏；张玉群 | 8 | EI | 否 |
| 6 | Experiment on the energy damage development process of water-saturated limestone under varied loading rates，Arabian journal of geosciences，Peng Li | (2022) 15:414 | 2022.02.24 | 朱永建 | 李鹏 | 李鹏；朱永建；王平；任恒；魏明星；王希之 | 3 | SCI | 否 |
| 7 | 大倾角厚层坚固顶板巷旁支护体合理宽度及让压尺度研究，中南大学学报(自然科学版)，李鹏 | 2022，53(11):4494-4503 | 2022.11.26 | 朱永建 | 李鹏 | 李鹏；朱永建；王平；任恒；张玉群；王希之；梅成成 | 0 | EI | 否 |
| 8 | 煤矸石集料混凝土材料配比优化，矿业工程研究，魏明星 | 2022，37(04):65-71 | 2022.12.20 | 朱永建 | 魏明星 | 魏明星；朱永建；任恒；李鹏；张玉群；廖洪波；赵俊；吴寻云 | 0 | 国家级普刊 | 否 |
| 9 | 深部高应力硐室围岩稳定性分析，能源与环保，陈鑫源 | 2021，43(11):283-289 | 2021.11.25 | 陈鑫源 | 陈鑫源 | 陈鑫源 | 3 | 国家级普刊 | 否 |
| 10 | 巷道开挖效应下围岩损伤演化规律及试验研究，地下空间与工程学报，任恒 | 2022，18(05):1615-1622. | 2022.10.15 | 任恒 | 任恒 | 任恒；朱永建；王平；余伟健；李鹏 | 0 | CSCD | 否 |
| 11 | 岩石三轴卸载－单轴再加载声发射特性及破坏模式，矿业工程研究，任恒 | 2022，37(03):7-12. | 2022.09.20 | 朱永建 | 任恒 | 任恒；朱永建；廖洪波；赵俊；吴寻云 | 0 | 国家级普刊 | 否 |
| 12 | 断层影响下深部巷道交叉点围岩破坏特征及支护，矿业工程研究；王希之 | 2021，36(02):19-25 | 2021.06.20 | 朱永建 | 王希之 | 王希之；朱永建；王平；任恒；李鹏；张玉群 | 2 | 国家级普刊 | 否 |

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 | 对本项目技术创造性贡献 |
| 王平 | 1 | 系主任 | 副教授 | 湖南科技大学 | 湖南科技大学 | 1.提出总体研究思路，负责研究方案、技术路线及实施计划的制订；2.主持了沿空巷道围岩稳定性控制的理论分析工作；2对主要科技创新中1、2、3、4项有创造性贡献；4.第1-1、1-2、1-4、1-8项知识产权的第一完成人。 |
| 廖洪波 | 2 | 矿长 | 采矿高级工程师 | 四川川煤华荣能源有限责任公司小河嘴煤矿 | 四川川煤华荣能源有限责任公司 | 1.参与极近距离薄煤层分层转合层开采沿空留巷方法的理论分析工作；2.主持了项目的现场实施与推广工作；3.对主要创新中的第1、3、4项有创造性贡献； |
| 李鹏 | 3 | 无 | 硕士研究生 | 湖南科技大学 | 湖南科技大学 | 1.参与沿空巷道围岩损伤演化规律及其稳定性控制的理论分析工作；2.参与研究成果的应用推广；3.对主要科技创新中1、2、3项有创造性贡献；4. 第1-2、1-3、1-9项知识产权的发明人。 |
| 吕建华 | 4 | 总工程师 | 采矿高级工程师 | 四川川煤华荣能源有限责任公司小河嘴煤矿 | 四川川煤华荣能源有限责任公司 | 1. 参与极近距离薄煤层分层转合层开采沿空留巷方法的理论分析工作；2.参与项目的现场实施与推广工作；3.对主要科技创新中1、4项有创造性贡献。 |
| 何先文 | 5 | 生产副矿长 | 采矿高级工程师 | 四川川煤华荣能源有限责任公司小河嘴煤矿 | 四川川煤华荣能源有限责任公司 | 1. 参与极近距离薄煤层分层转合层开采沿空留巷方法的理论分析工作；2.参与项目的现场实施与推广工作；3.对主要科技创新中1、3、4项有创造性贡献。 |
| 郭海军 | 6 | 技术部部长 | 采矿工程师 | 四川川煤华荣能源有限责任公司小河嘴煤矿 | 四川川煤华荣能源有限责任公司 | 1. 参与沿空巷道围岩变形破坏机理以及稳定性控制的理论分析工作；2.参与项目的现场实施与推广工作；3.对主要科技创新中1、3、4项有创造性贡献。 |

七、主要完成单位情况

1.四川川煤华荣能源有限责任公司（第一完成单位）

作为第一完成单位承担了本项目在四川川煤华荣能源有限责任公司的现场试验和推广应用工作，从2019年开始，采用本项目所开发的“切顶卸压+砌墙封闭与柱式支撑+锚杆与锚索梁协同”的分步支护技术在四川川煤华荣能源有限责任公司小河嘴煤矿-1216 (21）机巷、-1213(21）机巷、-1215（21）机巷、-2111（21）机巷和-2112（22）机巷进行了多次试验和推广应用。推广应用的巷道总长度为5.07 km，在南方矿区的推广应用起到了很大的示范作用和重要意义。

2.湖南科技大学（第二完成单位）

本项目中，湖南科技大学主要负责研究方案、技术路线及实施计划的制订。揭示了“上层煤回采+下层转采巷道掘进+下部煤层回采”叠加应力场下的围岩损伤演化规律；提出了极近距离薄煤层分层转合层开采沿空留巷巷旁支护体与采空区矸石协同压缩流变变形的巷旁让压支护原则；构建了“一次强支护-超前顶板预裂-二次巷内补强支护-巷旁让压支护”的极近距离薄煤层分层转合层开采沿空留巷关键技术。研制了相关试验平台，发明了多种新型支护结构，开发了多种现场测试装置，为极近距离薄煤层安全、绿色开采奠定了理论基础。