**倾斜煤层沿空留巷塑性区非均匀扩展机制及减跨增稳控制技术项目公示信息（科学技术进步奖）**

**一、项目名称**

倾斜煤层沿空留巷塑性区非均匀扩展机制及减跨增稳控制技术

**二、提名者及提名意见**

提名单位：四川省应急管理厅

该项目针对倾斜煤层沿空留巷塑性区非均匀扩展机制及减跨增稳控制技术难题，采用理论分析、物理模拟实验、数值模拟和现场实测互馈研究方法，对倾斜煤层沿空留巷塑性区非均匀扩展机制及减跨增稳控制技术进行研究，系统分析了沿空巷道围岩变形演化规律，包括塑性区、位移等变化规律及其相互影响，进而分析研究留巷塑性区非均匀扩展机制，揭示其变形破坏失稳机理，针对性提出倾斜煤层沿空巷道围岩“减跨增稳”控制技术，大幅度增加资源回收率，缓解了采掘接替紧张关系，还可以解决上隅角瓦斯积聚问题，避免采空区煤柱自燃发火的问题，实现了工作面安全高效开采。

该项目成果授权发明专利7项，实用新型专利3余项，软件著作权2项，发表代表性论文15篇。在各矿井得到广泛应用，取得了显著的经济和社会效益。

拟提名该项目为四川省科技进步奖。

**三、项目简介**

本项目属于矿业工程领域。沿空留巷技术在提高资源回收率、优化通风方式及缓解采掘紧张关系等方面都具有明显优势，但在倾斜煤层（例如大倾角和中倾斜煤层）的应用却仍存在缺陷。倾斜煤层由于煤层存在倾角，其沿空留巷围岩矿压显现复杂，传统的支护方式无法很好的控制围岩变形，对倾斜煤层沿空留巷围岩变形机制及围岩控制技术需进一步研究完善。

本项目以龙门峡南煤矿3131机巷为工程背景，研究了倾斜煤层沿空留巷整个服务阶段围岩区域应力场主应力方向的分布特征及变化规律，分析了倾斜煤（岩）层巷道围岩塑性区的煤（岩）层倾角效应和主应力方向效应，提出了以“减跨增稳”为核心的顶板非均匀扩展塑性区稳定性控制方法，研发了以“新型巷旁柔模混凝土墙”为核心的沿空留巷围岩支护技术，对于提高巷道围岩稳定性具有显著效果。项目研究及开展期间，取得了四个层面的创新性成果：

1、获得了倾斜煤层沿空留巷“掘进—留巷—采动”期间的围岩区域应力场主应力方向演化规律，阐明了在整个服务阶段围岩区域应力场主应力方向的分布特征及变化规律。

2、建立了倾斜煤（岩）层巷道围岩塑性区理论计算模型，并通过该模型研究了围岩塑性区的煤（岩）层倾角效应和主应力方向效应，揭示了围岩塑性区在煤（岩）层倾角和主应力方向共同作用下的非均匀扩展机理。

3、针对支护阻力对倾斜煤层沿空留巷围岩塑性区具有“低阻微效”性提出了以“减跨增稳”为核心的倾斜煤层沿空留巷顶板稳定性控制方法，该方法可通过巷旁柔模混凝土墙的支撑作用有效减小因塑性区非均匀扩展导致顶板增加的实际跨度，进而提高顶板稳定性。

4、研发了新型以石粉水泥浆为基础的柔模充填材料配方，完善了以“巷旁柔模混凝土墙体”为核心的倾斜煤层沿空留巷围岩控制技术，形成了全套新型巷旁柔模混凝土墙参数设计与井下施工体系。

项目形成了完整的以“减跨增稳”为核心的围岩塑性区非均匀扩展稳定性控制方法和研发了以“新型巷旁柔模混凝土墙”为核心的沿空留巷围岩支护技术对于提高煤炭资源回采率以及矿井的安全生产具有重要的理论意义和工程意义。据不完全统计，项目研究成果实施以来，应用该技术的矿井在保障巷道安全的同时，共创造经济效益7735.65万元。

项目研究及开展期间，国外革新专利2项，国内发明专利2项，实用新型专利3项，软件著作权2项；发表论文14篇，出版专著1部，其中：SCI检索8篇，EI检索2篇，中文核心3篇；会议1篇。

2021年4月，委托四川省科学技术信息研究所（国家一级科技查新咨询单位）对成果进行查新。经过国内外文献对比，得出结论：经全面检索，在检索范围内，国内外未见有与本课题查新点综合研究内容相同的倾斜煤层沿空留巷塑性区非均匀扩展机制及减跨增稳控制技术的文献报道。

2021年4月，四川省科建煤炭产业技术研究院有限公司在成都对由四川省华蓥山煤业股份有限公司及西安科技大学共同完成的“倾斜煤层沿空留巷塑性区非均匀扩展机制及减跨增稳控制技术”项目进行了科技成果评价会。评价咨询专家组审阅了技术资料，听取了课题组汇报，经质询与讨论，评价咨询专家组认为该成果达到了国际先进水平。

**四、主要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 | 授权日期 | 证书编号 | 权利人 | 发明人 | 专利有效状态 |
| 1 | 革新专利授权 | A Roof Fall Prevention Device of Coal Mine Roadway for Preventing Dangerous Rocks from Falling | 澳大利亚 | 2021100423 | 2021.01.22 | 2021100423 | 西安科技大学；四川省华蓥山煤业股份有限公司龙门峡南煤矿 | 李季；万龙文；李国玉；李博；王文硕；潘星雨；陈钟伟；陈科迅 | 有效 |
| 2 | 革新专利授权 | Method for Quantitatively Designing Roadway Support Based on size of Plastic Zone of Surrounding Rock | 澳大利亚 | 2021100425 | 2021.01.22 | 2021100425 | 西安科技大学；四川省华蓥山煤业股份有限公司龙门峡南煤矿 | 李季；汪胜；强旭博；谭集蚝；张荣光；沈蓥；欧平富 | 有效 |
| 3 | 计算机软件著作权 | 一种新型巷旁充填体抗剪及防倾设计系统V1.0 | 中国 | 2021SR0733534 | 2021.05.08 | 7456160 | 西安科技大学；四川省华蓥山煤业股份有限公司 | 李季；汪胜；谭集蚝；沈蓥；袁崧人；张荣光；李博 |  |
| 4 | 计算机软件著作权 | 一种倾斜煤层巷道围岩塑性区模拟系统V1.0 | 中国 | 2021SR0733535 | 2021.03.06 | 7456160 | 西安科技大学；四川省华蓥山煤业股份有限公司 | 李季；万龙文；李国玉；王志刚；强旭博；王文硕；杨涛 |  |
| 5 | 发明专利授权 | 基于围岩塑性区大小的巷道支护定量设计方法 | 中国 | ZL201711298427.4 | 2021.04.14 | 4408240 | 西安科技大学 | 李季 | 有效 |
| 6 | 发明专利授权 | 一种软顶煤层无爆破切顶卸压沿空留巷方法 | 中国 | ZL201711454855.1 | 2019.03.19 | 3298193 | 西安科技大学 | 张杰；杨涛；周府伟；赵劝 | 有效 |
| 7 | 实用新型专利授权 | 辅助煤矿井下刮板输送机溜槽整体搬迁专用平板车 | 中国 | ZL201921533829.2 | 2019.09.16 | 10664401 | 四川省华蓥山煤业股份有限公司龙门峡南煤矿 | 曾元金；文国胜；胡兵；唐宇；魏旭；沈蓥 | 有效 |
| 8 | 实用新型专利授权 | 一种矿用液压泵站快速拆卸连接装置 | 中国 | ZL201721701510.7 | 2017.12.08 | 7610550 | 西安科技大学 | 李季 | 失效 |
| 9 | 实用新型专利授权 | 一种岩层钻孔巡回探测装置 | 中国 | ZL201621372690.4 | 2016.12.14 | 6242341 | 西安科技大学 | 李季；丁自伟；贾后省 | 失效 |

**五、论文专著目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文（专著）名称/刊名/作者 | 年卷页码 | 发表时间 | 通讯作者 | 第一作者 | 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 | 深部沿空巷道顶板蝶叶塑性区“低阻微变”性形成机理研究/《采矿与安全工程学报》/李季，彭博等 | 2019,36(3):465-472 | 2019 | 李季 | 李季 | 李季、彭博 | 2 | EI | 否 |
| 2 | 倾斜煤层采空区矸石非均匀充填沿空留巷稳定性分析及控制/《煤炭科学技术》/李季，李博等 | 2022，49（05），174-184 | 2022 | 李季 | 李季 | 李季、李博、张荣光、万龙文、汪胜、李国玉、彭博、沈蓥 | 0 | 中文核心 | 否 |
| 3 | Directionality of butterfly leaves and nonuniform deformation mechanism in gob-side entry driving roadway/《Journal of Mechanics》/李季，谭集蚝，彭博等 | 2021,37:291-301 | 2021 | 王文硕 | 李季 | 李季，王文硕，李彬，谭集蚝，彭博 | 1 | SCI | 否 |
| 4 | Microseismic Signals in Heading Face of Tengdong Coal Mine and Their Application for Rock Burst Monitoring/《Shock and Vibration》/任建举，李季，沈蓥等 | 2021,2021 | 2021 | 任建举 | 任建举 | 任建举、李季、沈蓥 | 2 | SCI | 否 |
| 5 | A Simulation Study on the Spatial-Temporal Characteristics of Pore Water Pressure and Roof Water Inrush in an Aquiclude/《Shock and Vibration》/杨涛，李季，万龙文等 | 2021,2021 | 2021 | 杨涛 | 杨涛 | 杨涛、李季、万龙文、汪胜 | 1 | SCI | 否 |
| 6 | Surrounding Rock Failure Characteristics and Water Inrush Mechanism of Roadway above the Aquifer in Nonuniform Stress Field/《Geofluids》/郭晓菲，李季，李国玉等 | 2021,2021 | 2021 | 郭晓菲 | 郭晓菲 | 郭晓菲、李季，李国玉，谭集蚝 | 0 | SCI | 否 |
| 7 | 基于主应力方向改变的深部沿空巷道非均匀大变形机理及稳定性控制/《采矿与安全工程学报》/李季等. | 2017,35（4）:670-676 | 2018 | 李季 | 李季 | 李季，马念杰，丁自伟 | 26 | EI | 否 |
| 8 | 回采巷道蝶叶形冒顶机理及其控制技术/《煤炭科学技术》/李季等 | 2017,45（12）:46-52 | 2017 | 李季 | 李季 | 李季，马念杰，赵志强 | 12 | EI | 否 |
| 9 | 深部沿空巷道非均匀变形破坏机理及冒顶控制/应急管理出版社/李季 |  | 2019 | 李季 | 李季 | 李季 |  | 专著 | 否 |
| 10 | 倾斜煤层柔模混凝土沿空护巷配套装备及施工工艺/《煤炭技术》/沈蓥，袁伟淇等. | 2020,39（04）：40-43 | 2020 | 袁伟淇 | 袁伟淇 | 袁伟淇，卓军，沈蓥 | 1 | 中文核心 | 否 |
| 11 | 倾斜煤层柔模混凝土机械化高效沿空留巷技术应用/《煤炭学术年会》沈蓥，袁伟淇等 | 2019，58-62 | 2019 | 袁伟淇 | 袁伟淇 | 沈蓥，袁伟淇 |  | 国内会议 | 否 |
| 12 | The coal pillar design method for a deep mining roadway based on the shape of the plastic zone in surrounding rocks/《Arabian Journal of Geosciences》/李季 | 2020,13（12） | 2020 | 李季 | 李季 | 李季 | 10 | SCI | 否 |
| 13 | Distribution Law of Principal Stress Difference of Deep Surrounding Rock of Gob-side Entry and Optimum Design of Coal Pillar Width/《Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette》/李季等. | 2019，26（6）：1743-1752 | 2019 | 李季 | 李季 | 李季，强旭博，王文硕 | 6 | SCI | 否 |
| 14 | Experimental Research on Simulation Material for Water-Resisting Soil Layer in Mining Physical Simulation/《Advances in Materials science and Engineering》/杨涛等 | 2020,2020 | 2020 | 杨涛 | 杨涛 | 杨涛，张杰 | 1 | SCI | 否 |
| 15 | Gob-Side Entry Retaining Technology with Advanced Empty Hole Butterfly-Shaped Weakening in Three-Soft Coal Seam in China/《Advances in Materials science and Engineering》/杨涛等 | 2020,2020 | 2020 | 杨涛 | 杨涛 | 杨涛，张杰 | 0 | SCI | 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 | 对本项目贡献 |
| 李季 | 1 | 无 | 副教授 | 西安科技大学 | 西安科技大学 | 负责总体技术攻关，设计研究思路、确定研究内容及技术路线、全面负责项目组织实施 |
| 万龙文 | 2 | 矿长 | 采矿高级工程师 | 四川川煤华荣能源有限责任公司龙门峡南煤矿 | 四川省华蓥山煤业股份有限公司 | 参与制定项目研究方案，组织实施现场试验并进行现场技术把关 |
| 汪胜 | 3 | 总工程师 | 通风工程师 | 四川川煤华荣能源有限责任公司龙门峡南煤矿 | 四川省华蓥山煤业股份有限公司 | 参与制定项目研究方案，负责现场试验技术把关，审核项目报告 |
| 李国玉 | 4 | 生产矿长 | 采矿高级工程师 | 四川川煤华荣能源有限责任公司龙门峡南煤矿 | 四川省华蓥山煤业股份有限公司 | 参与设计项目研究技术路线，负责现场试验技术把关，审核项目报告 |
| 沈蓥 | 5 | 副科长 | 采矿助理工程师 | 四川川煤华荣能源有限责任公司龙门峡南煤矿 | 四川省华蓥山煤业股份有限公司 | 负责项目研究决策，参与项目现场研究工作，并对现场技术进行把关 |
| 袁崧人 | 6 | 无 | 地质工程师 | 四川川煤华荣能源有限责任公司 | 四川省华蓥山煤业股份有限公司 | 参与制定项目研究方案，负责项目研究决策，参与项目现场研究工作 |
| 谭集蚝 | 7 | 副总工程师 | 采矿高级工程师 | 四川川煤华荣能源有限责任公司龙门峡南煤矿 | 四川省华蓥山煤业股份有限公司 | 负责项目研究决策，参与项目现场研究工作 |
| 尹彬湾 | 8 | 副总工程师 | 采矿工程师 | 四川川煤华荣能源有限责任公司龙门峡南煤矿 | 四川省华蓥山煤业股份有限公司 | 负责现场试验技术把关，参与项目现场研究工作 |
| 强旭博 | 9 | 无 | 无 | 西安科技大学 | 西安科技大学 | 参与制定项目研究方案，参与项目实验室研究工作 |
| 杨涛 | 10 | 无 | 讲师 | 西安科技大学 | 西安科技大学 | 参与制定项目研究方案，参与项目实验室研究工作， |
| 彭博 | 11 | 无 | 采矿工程师 | 四川川煤华荣能源有限责任公司 | 四川省华蓥山煤业股份有限公司 | 参与制定项目研究方案，参与项目现场研究工作 |
| 陈钟伟 | 12 | 科长 | 地质工程师 | 四川川煤华荣能源有限责任公司龙门峡南煤矿 | 四川省华蓥山煤业股份有限公司 | 参与制定项目研究方案，参与项目现场研究工作 |
| 陈科迅 | 13 | 无 | 采矿助理工程师 | 四川川煤华荣能源有限责任公司龙门峡南煤矿 | 四川省华蓥山煤业股份有限公司 | 参与制定项目研究方案，参与项目现场研究工作 |

**七、主要完成单位情况**

1、四川省华蓥山煤业股份有限公司（省属国有企业）

作为本项目的依托单位，为项目的顺利完成并取得优异成绩做出了重要贡献，重点参与了本项目的工业实验的实施，为工业实验的实施提供了现场实验实施人员、实验场地、设施及必要的经费支持。

（1）主持完成了倾斜煤层沿空留巷塑性区非均匀扩展机制及减跨增稳控制技术的实践工作

（2）为项目的完善和大规模推广应用提供了现场试验基地及现场培训基地，组建了专门的现场推广技术服务小组，促进成果的推广。

2、西安科技大学（大专院校）

重点组织并完成了项目策划和实施工作，主持完成了项目的理论分析、实验测试、现场监测与技术指导等工作，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，提供了本项目所需的设备、能源、图书资料和数据库等资源。

（1）获得了倾斜煤层沿空留巷“掘进—留巷—采动”期间的围岩区域应力场主应力方向演化规律，阐明了在整个服务阶段围岩区域应力场主应力方向的分布特征及变化规律。

（2）建立了倾斜煤（岩）层巷道围岩塑性区理论计算模型，揭示了围岩塑性区在煤（岩）层倾角和主应力方向共同作用下的非均匀扩展机理。

（3）提出了以“减跨增稳”为核心的倾斜煤层沿空留巷顶板稳定性控制方法，研发了以“巷旁柔模混凝土墙体”为核心的倾斜煤层沿空留巷围岩控制技术。

西安科技大学

2022年4月15日