**附件**

**一、项目名称：矿山采动岩体锚固结构失稳机理及巷道稳定性控制**

**二、项目简介**

长期以来在矿山资源开采过程中，受资源利用形式及开采方法制约，巷道稳定性控制仍是当前矿山安全高效生产的核心问题。受采动影响，矿山工程易形成具有典型特征的采动卸荷裂隙岩体，在此种岩体中开掘巷道时，巷道围岩破裂范围大、破坏程度严重，传统的锚固设计方法难以对其进行有效控制。本项目以煤矿普遍应用的锚杆支护技术为研究背景，针对采动应力环境特征、锚固结构失稳机理及巷道支护控制方法等三个方面的科学问题，经过多年的科研攻关，取得了如下科技创新成果：

（1）通过研究采动岩体应力场分布及裂隙场演化规律，建立了采动应力传递演化结构模型，揭示了采动应力时空演化与巷道围岩破裂形态间的关系，提出了采动影响系数的不同应力作用下巷道支护强度确定方法；

（2）采用光电同步测试法研究了锚固结构应力分布及变形场演化规律，提出了锚固结构变形失稳的三个阶段及四种类型，得到了不同应力环境下锚固关键承载部位，探究了锚固对裂隙岩体的止裂抑滑效应，揭示了采动裂隙岩体锚固机理。

（3）构建了采动破裂巷道锚固结构力学模型，揭示了浅层破裂围岩预紧成拱、深部协同承载的采动巷道支护机理，研发了基于锚固承载系数的采动巷道支护参数量化计算及控制设计方法，提出了三参量递进式巷道稳定性评价方法，实现了采动岩体巷道的有效合理控制。

本项目研究成果授权国家专利5项，登记软件著作权1项，出版学术著作1部，发表SCI/EI等高水平学术论文14篇，其中论文SCI单篇他引次数最高16次。经中国煤炭工业协会组织专家鉴定认为，项目研究成果总体达到国际先进水平，在采动破裂围岩锚固性能试验研究方面达到国际领先水平。

**三、主要完成单位及创新推广贡献**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **排名** | **完成单位** | **创新推广贡献** |
| 1 | 山东科技大学 | （1）负责项目总体技术方案设计工作，主持具体技术方案实施；  （2）负责室内试验、理论研究和数值模拟工作；  （3）揭示了锚固结构失稳机理，开发了采动巷道锚固控制及稳定性评价方法；  （4）负责现场支护设计及稳定性监测方案设计工作。 |
| 2 | 重庆大学 | （1）参与了项目研究方案的论证和技术路线的制定等工作；  （2）参与了理论研究和数值模拟工作；  （3）参与锚固结构力学行为及巷道支护数值分析。 |
| 3 | 中国科学院武汉岩土力学研究所 | （1）参与了项目研究方案的论证和技术路线的制定等工作；  （2）参与了室内试验和现场测试方案设计工作；  （3）参与了锚固岩体力学试验分析。 |
| 4 | 北京昊华能源股份有限公司木城涧煤矿 | （1）参与制定了现场支护及监测设计方案；  （2）负责木城涧煤矿现场技术方案实施及推广应用工作。 |
| 5 | 开滦（集团）有限责任公司东欢坨矿业分公司 | （1）参与制定了现场支护及监测设计方案；  （2）负责东欢坨煤矿现场技术方案实施及推广应用工作。 |

**四、推广应用情况**

本项目研究成果先后在北京昊华能源股份有限公司、开滦（集团）有限责任公司进行了推广应用，保证了采动巷道支护参数的更加合理有效，降低了巷道的综合支护成本。应用效果表明，回采巷道围岩控制效果较好，未发生巷道顶板失稳、片帮等事故，避免了巷道返修，提高了巷道掘进及支护效率。

本成果适用于我国煤层开采受采动影响巷道支护设计，特别是煤层群开采矿区，对隧道、金属矿巷道支护等地下工程具有一定的借鉴意义，推广应用前景广阔。

**五、曾获科技奖励情况：无**

**六、主要知识产权证明目录**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 知识产权类别 | 知识产权具体名称 | 授权号 | 授权日期 | 发明人 | 专利有效状态 |
| 发明  专利 | 一种非标准岩石试件力学参数测试装置及测试方法 | ZL201310667466.2 | 2015.08.05 | 赵同彬，魏平，尹延春，于凤海，房凯 | 有效 |
| 发明  专利 | 预留硐室模拟试件制备模具总成及其用于制备试件的方法 | ZL20131085086.5 | 2015.07.15 | 赵同彬，谭云亮，盛园园，魏平，尹延春，于凤海 | 有效 |
| 发明  专利 | 井下膨胀软岩的电渗法原位改性巷道锚固方法 | ZL201310476691.8 | 2015.07.01 | 赵同彬，赵志刚，张振权，宋璐璐，房凯 | 有效 |
| 发明  专利 | 一种相似材料模型多形状巷道开挖装置及其使用方法 | ZL201510884683.6 | 2017.03.08 | 谭云亮，杨坤，韩高升，尹延春，赵同彬 | 有效 |
| 发明  专利 | 沿空留巷锚固矸石墙承载性能的模拟测试装置及测试方法 | ZL201410205462.7 | 2015.12.16 | 赵同彬，邹建超，蔡来生，谭云亮，尹延春 | 有效 |
| 软件著作权 | 煤巷支护设计咨询系统V1.0 | 2011SR071048 | 2011.05.10 |  |  |

**七、主要完成人情况表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **排名** | **姓名** | **技术职称** | **工作单位** | **完成单位** | **对成果创造性贡献** | **曾获奖励情况** |
| 1 | 赵同彬 | 副高 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 全面主持了项目的研究工作，先后组织制定了研究方案及技术路线，承担了项目总体研究报告的撰写工作，揭示了锚固结构失稳机理，提出了矿山采动巷道稳定性控制方法。 | 1）难采煤层开采及安全保障技术，安全生产科技成果一等奖，2011年，第4位；  2）复杂条件下破碎围岩巷道深浅支撑层控制技术研究与应用，教育部科技进步二等奖，2015年，第4位。 |
| 2 | 谭云亮 | 正高 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 参与了项目研究方案的论证及技术路线的制定工作，研发了采动巷道稳定控制及评价方法。 | 1）我国东部煤矿深井巷道松软围岩失稳安全控制关键技术与应用，国家科技进步二等奖，2011年，第3位；  2）煤矿沿空留巷安全支护理论技术及应用，安全生产科技成果一等奖，2015年，第1位。 |
| 3 | 尹延春 | 中级 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 主要负责项目的室内试验工作，研究了锚固结构失稳机理，提出了锚固结构变形的三个阶段及四种类型。 | 1）急倾斜煤层柔掩工作面矸石充填开采技术及应用，中国煤炭工业科学技术三等奖，2015年，第6位。 |
| 4 | 张振宇 | 正高 | 重庆大学 | 重庆大学 | 主要参与了项目的数值模拟工作，研究了不同应力环境下锚固结构力学行为特征。 | 1）水下黄金矿开采巷道岩体变形观测技术规范，中国黄金协会科学技术二等奖，2015年，第6位。 |
| 5 | 肖亚勋 | 副高 | 中国科学院武汉岩土力学研究所 | 中国科学院武汉岩土力学研究所 | 主要负责项目的现场试验工作，研究了采动应力影响下围岩破裂规律。 | 1）深部工程硬岩破裂过程试验监测与控制技术，湖北省技术发明一等奖，2016年，第5位。 |
| 6 | 于凤海 | 中级 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 主要参与了项目的数值模拟和现场试验工作，研发了基于锚固承载系数的采动巷道锚固参数量化计算及控制设计方法。 | 1）沿空留巷力学模型及系列支护技术，中国煤炭工业科学技术二等奖，2014年，第10位。 |
| 7 | 张玉宝 | 其他 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 主要参与了项目的数值模拟工作，研究了采动巷道围岩破裂规律。 | 1）京西矿区复杂地质条件沿空留巷巷旁控制机理与关键支护技术，中国煤炭工业协会科学技术三等奖，2015年，第5位。 |
| 8 | 马成甫 | 中级 | 北京昊华能源股份有限公司木城涧煤矿 | 北京昊华能源股份有限公司木城涧煤矿 | 主要负责项目在木城涧煤矿的现场试验及推广应用工作，参与制定了现场支护设计及监测方案。 |  |
| 9 | 耿清友 | 副高 | 开滦（集团）有限责任公司东欢坨矿业分公司 | 开滦（集团）有限责任公司东欢坨矿业分公司 | 主要负责项目在东欢坨煤矿的现场试验及推广应用工作，参与制定了现场支护设计及监测方案。 |  |
| 10 | 刘鹏程 | 副高 | 北京昊华能源股份有限公司木城涧煤矿 | 北京昊华能源股份有限公司木城涧煤矿 | 主要参与了项目在木城涧煤矿的现场试验及推广应用工作。 |  |
| 11 | 张连伟 | 副高 | 开滦（集团）有限责任公司东欢坨矿业分公司 | 开滦（集团）有限责任公司东欢坨矿业分公司 | 主要参与了项目在东欢坨煤矿的现场试验及推广应用工作。 |  |