**拟提名四川省科技进步奖公示信息**——**科技进步类**

**（四川省应急厅）**

—、项目名称

西南极软岩巷道动态耦合支护理论与关键技术研究

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：项目研发了软岩水理、流变测试等技术，获得了软岩岩体力学特性，确定了支护难度和变形破坏机理。确定了极难软岩IABC ⅡABD IIICE 型、ⅡABD IIICE 型复合变形力学机制，并提出层位优 化、高恒阻、高预紧力、可让压、支护体与围岩变形动态耦合作用实现稳定的控制方案。国内外首次研发了软岩高恒阻锚杆索成套支护技术、材料、安装及测试设备.提出了系统的软岩高阻动态耦合支护关键技术，提出高恒阻锚杆(索)、锚注、钢架耦合支护技术，针对新开巷道来压快、变形量大、裂隙不发育难注浆的难题，提出了采用高恒阻高预紧力可 变形让压的恒阻锚杆(索)初次支护、滞后基角开槽微爆适度激发裂隙、高强稳压锚注二次动态 耦合支护促稳，取得了良好效果。提出高强高预紧力锚杆、高强锚杆索注、长注浆锚索束耦合支护技术针对大断面维修巷道多次返修、松动圈大、围岩破坏严重等难题，提出高强高预紧力锚杆快速支护围岩、高强注浆锚杆索二次修复围岩、长注浆锚索束三次强力促稳的动态耦合支护，解决了软围岩、大松动圈、强流变的支护难题。提出自封闭膨胀胶管注浆+高强注浆锚索底鼓控制技术针对巷道围岩普遍含水、积水多、遇水泥化膨胀等导致巷道底鼓严重的治理难题，提出的自封闭膨胀胶管注浆+高强注浆锚索技术工艺，成功解决了底板破碎难注浆，难施工的难题。

提名该项目为2023年度四川省科学技术进步奖。

三、项目简介

该项目属于矿山安全领域。

西南地区是我国重要的能源与化工原料矿产基地，主要开采煤层普遍出现软岩问题。其中新维煤矿位于四川南部，属于该区域典型的二叠系煤系地层代表，2010年开始建设，为四川最大的基建矿井，产能180万吨，投资23.9亿元。在建井初期，开拓巷道整体布置于二叠系厚层泥岩、砂泥岩层等极软岩层中，导致主平硐、胶带巷、上车场、8#煤底板巷、总回风等3500余米关键巷道中出现了顶板冒落严重、两帮收缩变形量大、底鼓突出、支护体破坏失效严重等软岩大变形问题，先后试验锚网喷、锚网索、工字钢、U29三节棚、围岩注浆等国内外现有的各种支护技术由于不能适应围岩剧烈的变形和压力，现有支护技术均试验失败，在巷道每米成本高达6万的情况下，仍然不能支护成功，每延误一年投产，仅利息达1800万，建井面临新开支不住、返修修不停的被动局面，成为西南地区第一困难、国内第二困难的极难支护软岩矿井（国内第一困难极软岩矿井柳海矿，因极软岩支护无法解决而关闭，造成26.5亿投资损失无法挽回），极软岩成为困扰新维煤矿顺利投产、挽回投资损失的重大技术难题

为解决新维煤矿建井难题，研究提出西南地区极软岩巷道支护理论技术，自2011年建井开始起、历经十余年持续攻关，其中2012-2016年，川煤集团重点项目《新维煤矿软岩支护理论与关键技术》，主要解决新场井建井技术难题；2018年，原芙蓉公司重点项目《芙蓉矿区二叠系软岩巷道变形机理及防控关键技术》，主要解决动态耦合支护技术问题；2019年，川煤集团重点项目《川南矿区深部巷道严重破坏机理及支护体系构建》，主要解决深部软岩变形、底鼓控制问题。通过系列科技攻关，基本上解决了困扰这一区域性软岩支护技术难题，形成一整套适用于西南极软岩巷道治理的动态耦合支护理论与关键技术，主要创新成果如下：

（1）研发了国内外首套湿热环境深部软岩吸附气体试验系统和五联流智能测试系统等，在获得极软岩岩体力学特性基础上，构建了软岩难度评价方法，提出了依靠层位优化降低软岩难度、研发新的支护理论与技术，解决西南极软岩支护难题的技术思路。（2）首次系统确定了西南矿区极软岩地层复合变形力学机制，提出了层位优化、高恒阻、高预紧力、可让压、支护体与围岩变形动态耦合作用实现稳定的控制方案，彻底扭转了极软岩支护困难、建井面临失败的局面。（3）国内外首次研发了适应极软岩巷道剧烈变形要求的高恒阻、可伸长的高恒阻锚杆、锚索等新型锚杆索材料，配套研发了相应的力学性能测试系统、施工、监测机具、施工工艺，提出了全围岩软弱条件下的恒阻锚杆索支护设计参数的能量设计方法，解决了现有支护技术无法有效实现极软岩巷道支护的难题，相关成果获得中国专利金奖。（4）提出了极难软岩动态耦合支护理论，以及高恒阻锚杆索初次支护、基角开槽卸压微爆激隙、高强注浆锚杆和自封闭胶管提高围岩强度、合理确定二次支护时机下使用高强锚注和结构补偿封闭钢架动态、强力促稳等手段实现围岩稳定的软岩高阻动态耦合支护理论与关键技术。其中，采用高恒阻高预紧力可变形让压的恒阻锚杆（索）初次支护、滞后基角开槽微爆适度激发裂隙、高强稳压锚注二次动态耦合支护技术解决了新开巷道来压快、变形量大、裂隙不发育难注浆的难题；高强高预紧力锚杆快速支护围岩、高强注浆锚杆索二次修复围岩、长注浆锚索束三次强力促稳的动态耦合支护，解决了软围岩、多次返修、大松动圈、强流变的支护难题；自封闭膨胀胶管注浆+高强注浆锚索技术工艺成功解决了巷道围岩普遍含水、积水多、遇水泥化膨胀等导致巷道底鼓严重、底板破碎难注浆，难施工的治理难题。

该成果获中国发明专利4项，实用5项；发表国家级论文10篇。

应用表明：该成果在新维煤矿、杉木树煤矿、小河嘴煤矿等矿企得到推广应用，使得极软岩巷道由全断面返修3～4次才能稳定，减为仅二次局部补强支护即可稳定，并且使得投资23.9亿元、年产180万吨极软岩矿井由面临关闭转变为提前2年投产，不仅成功挽救了我省23.9亿元国家投资，还节省融资成本3600万；还累计推广巷道6200米，产生直接经济效益12264万元；累计总效益15864万元。

该成果应用后，解决了西南矿区极软岩支护难题，成功挽救了23.9亿元国家投资，取得了巨大经济社会效益，为贵州、云南等大量类似极软岩矿井提供了工程示范，引领了国内外深部、软岩巷道支护理论与技术的发展，推广应用前景巨大。整体达到**国际领先水平**，对推动行业科技进步起到了引领示范作用。

1. 主要知识产权和标准规范等目录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 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 |
| 1 | 发明  专利 | 一种双工位锚索静力拉伸力学特性试验设备 | 中国 | ZL201910294841.0 | 2020.11.13 | 4094651 | 中国矿业大学（北京） | 陶志刚，徐慧霞、李梦楠、汪勇、郑小慧 | 有效 |
| 2 | 实用  新型 | 一种软岩巷道中空注浆恒阻锚索 | 中国 | ZL 202222303781.4 | 2023.01.24 | 18356031 | 筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司 | 张国锋；黄正谷；林清；饶孜；李雄；银正川；欧道刚；张望 | 有效 |
| 3 | 实用  新型 | 一种软岩巷道自钻式中空注浆恒阻锚杆 | 中国 | ZL 202222295461.9 | 2023.01.24 | 18372426 | 筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司 | 张国锋；黄正谷；林清；饶孜；李雄；银正川；欧道刚；张望 | 有效 |
| 4 | 实用  新型 | 一种软岩巷道底板自封闭注浆器 | 中国 | ZL 202222328499.1 | 2023.01.24 | 18347384 | 筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司 | 张国锋；黄正谷；林清；饶孜；李雄；银正川；欧道刚；张望 | 有效 |
| 5 | 实用  新型 | 一种恒阻锚杆后张式预紧力螺旋施加装置 | 中国 | ZL 202222347617.3 | 2023.01.24 | 18347330 | 筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司 | 黄正谷；雷仁忠；李雄；张望；王传镜 | 有效 |
| 6 | 实用  新型 | 测量NPR锚杆索恒阻装置伸长量的机械式监测仪 | 中国 | ZL 202222298065.1 | 2023.01.24 | 18360697 | 筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司 | 银正川；林清；饶孜；黄正谷；欧道刚；王克雄 | 有效 |
| 7 | 发明  专利 | 力学传感器组件及NPR锚索自调心球头穿心装置 | 中国 | ZL20201.975331.2 | 2022.03.29 | 5035275 | 中国矿业大学（北京） | 陶志刚，庞世辉，马高通，米蒙，刘宇飞 | 有效 |
| 8 | 发明  专利 | 深部软岩水理作用智能测试系统 | 中国 | ZL201110156438.5 | 2013.12.25 | 1327442 | 中国矿业大学（北京） | 何满潮，张国锋，赵健 | 有效 |
| 9 | 发明  专利 | 一种大直径钻孔使用小直径锚索锚固的装置及方法 | 中国 | ZL201811612657.8 | 2020.02.04 | 3679358 | 中国矿业大学（北京） | 陶志刚，李梦楠，郑小慧，汪勇，刘奎明 | 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 | 煤矿高恒阻大变形锚索受力特性、规律及应用研究/岩石力学与工程学报/张国锋，王二雨，许丽莹 | 2016,35（10） | 2016-10 | 张国锋 | 张国锋 | 张国锋，王二雨，许丽莹 | 36 | EI | 否 |
| 2 | 新维煤矿恒阻带变形锚杆索软岩支护施工技术/煤矿现代化/黄正谷，徐家雷，张国锋，邱邦汉 | 2016,130（1） | 2016-1 | 黄正谷 | 黄正谷 | 黄正谷，徐家雷，张国锋，邱邦汉 | 1 | 知网 | 否 |
| 3 | 恒阻大变形锚杆（索）在新维煤业软岩支护中的应用/煤炭科技/杨成，秦祖军，陈朝森，胡秀清，明祥林 | 2015（3） | 2015-3 | 杨成 | 杨成 | 杨成，秦祖军，陈朝森，胡秀清，明相林 | 0 | 知网 | 否 |
| 4 | 二叠系软岩大变形巷道支护关键技术在新维煤业公司的研究与应用/科技创新导报/银正川，胡雷，王克雄 | 2020.66（540） | 2020-12 | 银正川 | 银正川 | 银正川，胡雷，王克雄 |  |  | 否 |
| 5 | 微观负泊松比锚杆静力学特性及其工程应用研究/岩土力学/陶志刚、郭爱鹏、何满潮、张晋、夏敏、王鼎、李梦楠 | 2022,43(03) | 2022-03 | 陶志刚 | 陶志刚 | 陶志刚、郭爱鹏、何满潮、张晋 | 0 | EI | 否 |
| 6 | 恒阻大变形锚杆（索）让压吸能模型及支护设计/张国锋，张志民，许丽莹，苗沛沛 | 2016,4 | 2016-4 | 张国锋 | 张国锋 | 张国锋，张志民，许丽莹，苗沛沛 | 5 | 知网 | 否 |
| 7 | 新维煤矿总回风巷松动圈测试及围岩类型划分研究/煤矿现代化/邱邦汉，金银财，张国锋，胡勇 | 2016,130(1) | 2016-1 | 邱邦汉 | 邱邦汉 | 邱邦汉，金银财，张国锋，胡勇 | 1 | 知网 | 否 |
| 8 | 高恒阻大变形锚索静力学特性数值模拟分析及应用/矿业科学学报/陶志刚、李梦楠、庞世辉、谷明 | 2020,5（1） | 2020-02 | 陶志刚 | 陶志刚 | 陶志刚，李梦楠、庞世辉、谷明 | 7 | EI | 否 |
| 9 | 浅析筠连矿区二叠系软岩巷道支护关键技术的应用研究/信息周刊/陈忠，银正川，余鹏，张正，余虹志 | 2019（45） | 2019 | 银正川 | 陈忠 | 陈忠，银正川，余鹏，张正，余虹志 |  |  | 否 |
| 10 | 微观NPR锚杆静力学特性及其工程应用研究/岩土力学/何满潮，郭志飚 | 2022,43（3） | 2022-3 | 陶志刚 | 陶志刚 | 陶志刚，郭爱鹏，何满潮，张瑨，夏敏，王鼎，李梦楠，朱 珍， | **6** | EI | 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 |
| 张国锋 | 1 | 执行主任 | 教授 | 中国矿业大学（北京） | 中国矿业大学（北京） | 项目负责人、总体方案制定 |
| 黄正谷 | 2 | 总工程师 | 高级工程师 | 筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司 | 筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司 | 项目总体技术负责人 |
| 林 清 | 3 | 总经理 | 高级工程师 | 筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司 | 筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司 | 项目现场实施负责人 |
| 银正川 | 4 | 生产技术部副部长 | 工程师 | 筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司 | 筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司 | 现场实施负责人 |
| 李 雄 | 5 | 科技创新主任 | 高级工程师 | 筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司 | 筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司 | 项目现场实施负责人 |
| 文德才 | 6 | 副总工程师 | 正高级工程师 | 筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司 | 筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司 | 项目实施负责人 |
| 欧道刚 | 7 | 科技创新副主任 | 高级工程师 | 筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司 | 筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司 | 现场实施负责人 |
| 俞学平 | 8 | 首席专家 | 正高级工程师 | 四川川煤华荣能源有限责任公司 | 四川川煤华荣能源有限责任公司 | 项目技术负责人 |
| 杨 成 | 9 | 技术副总师 | 高级工程 师 | 筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司 | 筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司 | 现场实施负责人 |
| 陶志刚 | 10 | 副主任 | 教授 | 中国矿业大学（北京） | 中国矿业大学（北京） | 材料研制与性能测试 |

七、主要完成单位情况

1.筠连川煤芙蓉新维煤业有限公司，国有企业，作为该项目的第一完成单位，对该项目主要做出了以下创造性贡献:

提出现场应用需求，负责项目现场研究及应用方案制定。负责本项目成果的论证以及研究成果在公司的推广应用工作,负责该项目研究过程中所需岩样、相关基础参数提供及现场试验工程施工；负责动态耦合支护关键技术及装备的现场应用、效果分析及现场应用推广工作。

2.中国矿业大学（北京），国内高等院校、深部岩土力学与地下工程国家重点实验室依托单位，作为该项目的第二完成单位，对该项目主要做出了以下创造性贡献:

负责项目总体研究方案的制订、理论技术研发的实施等工作；负责理论模型建立、实验室参数测试、数值模拟、支护材料、测试设备、施工工艺机具研发以及新技术方法、技术标准的现场应用技术指导、国内类似矿井的现场应用推广工作。

3. 四川川煤华荣能源有限责任公司，省属国有企业，作为该项目的第三完成单位，对该项目主要做出了以下创造性贡献:

提出现场应用需求，总体负责项目现场研究及应用方案制定。负责本项目成果的论证以及研究成果在四川川煤华荣能源有限责任公司下属深部、软岩矿井的推广应用工作。