

附件 2:

2022 年度陕西省科技进步奖推荐项目公示内容

项目信息（科学技术进步奖）

一、项目名称

大型煤矿群智能协同管控系统研发与应用

二、提名者及提名意见

提名单位：陕西省煤炭学会

三、项目简介

本项目属于数字矿山关键技术研究与应用领域。随着煤炭行业采矿科学、信息科学、人工智能和计算机技术高度结合，在统一时间坐标与空间框架下，科学合理地组织各类矿山信息，将海量、异质的矿山信息资源进行全面、高效和有序的管理和整合；在矿山信息数据仓库的基础上，通过三维可视化表达手段获得多维、动态的矿山信息，建立矿山信息的分布式共享、协同与利用机制，最大限度地挖掘和发挥矿山数据的潜能和作用，并贯穿于矿产资源评估、矿山规划、开拓设计、安全生产、煤矿灾害预防、事故抢险、事故应急预案编制和决策管理的全过程，保障矿山的科学决策与现代化管理。该项目研发创建了大型煤矿群智能协同管控系统，实现了六矿井采掘机运通等系统的数据集成展示、集中控制、关联分析、故障诊断与决策、智能报警、人力物料管理等功能。实现了实时数据分析，专业化调度体系，生产优化排程，达到了减员增效，安全生产的目的。为构建大型煤矿群智能协同管控体系，为神东大数据挖掘，为探索矿井少人无人化之路，奠定了坚实的基础。

主要技术内容如下：

1) 首创了国内大型煤矿群智能协同管控体系。形成了集中央集中管控、分专业、分区域、分矿井等多种管控模式于一体的智能协同管控体系。分别执行专业调度、区域调度、矿级调度和指挥中心集中调度，把原有安全、采掘、主运、通风、供电、供排水等子系统的数据与平面地图相关联，实现多矿井、多工作面数据集成，分层动态展示生产监控、控制画面。

2) 研发了“互联网+”大型煤矿群的一张图管控技术。构建了大型煤矿群的

GIS云平台体系架构，建设了矿山统一的空间数据采集、存储、输出、查询与分析平台，构建了服务于生产技术人员的地测、通风、安全、生产、机电等专业应用系统，实现了矿图数据共享、协同编辑、动态更新及三维实景等功能。

3) 研发了大型煤矿群异构网络融合与数据高质量传输技术。建设了多冗余快速切换的大型煤矿群生产控制万兆环网，研发了基于MPLS隧道、多协议标签交换等技术的大型煤矿群异构网络融合技术，建立设备和系统的大数据柔性接口，制定了矿山EtherNet/IP通信协议。整体解决了煤矿数据异构化、远程控制安全性、数据标准和高质量传输等问题。

4) 研发了大型煤矿群的智能协同生产排程优化技术。建设了矿业组合服务技术支撑平台，研发了生产计划和接续计划联合驱动的大型煤矿群生产协同调度技术，构建了采掘效能评价指标体系和矿区采掘资源结构化管理体系。通过机器学习和关联分析，进行智能测算及专家决策，打通了“人机料法环”五要素，实现了全矿区生产指挥流程再造、优化排程。

5) 研发了基于大数据分析的大型煤矿群智能管控决策技术。建立了基于大数据的智能矿山分析模型，构建了矿区大数据中心，将生产数据从接入、传输、存储、ETL、分析到应用，进行全生命周期管理，利用各类分析算法对数据进行深度挖掘，为矿井群生产指挥决策提供了科学依据。

四、客观评价

(1) 科技查新评价

2020年，委托煤炭信息研究院对成果进行查新。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有关大型煤矿群智能协同管控系统研发与应用的文献报道。

(2) 同行及学术界评价

2021年，陕西省煤炭学会在西安对“大型煤矿群智能协同管控系统研发与应用”项目进行了成果鉴定。鉴定委员会听取了项目汇报，审阅了相关资料，经过质询讨论，专家委员会一致认为该项目主要技术成果达到国际领先水平，进一步加大推广应用。

五、主要知识产权证明目录

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	发明专利	一种连采给料破碎机自动控制系统及其控制方法	中国	ZL201410324 623.4	2016-09-21	2246724	中国神华能源股份有限公司；神华神东煤炭集团有限责任公司	王波、孟光平、吴涛、贾有生、吴晓娥、武鹏	有效
2	发明专利	巷道风门	中国	ZL201810009 420.4	2020-06-02	3820875	中国神华能源股份有限公司,神华神东煤炭集团有限责任公司	张磊,贺海涛,徐博华,孟光平,王春雷	有效
3	发明专利	综采工作面智能供液方法、存储介质、电子设备和系统	中国	ZL201910408 595.7	2020-10-20	4038526	中国神华能源股份有限公司,神华神东煤炭集团有限责任公司	杨俊哲,崔亚仲,贺海涛,郭爱军,王占飞,张日珍,牛亚军,关丙火,谢巧军	有效
4	发明专利	采煤机电缆夹拖拽方法	中国	ZL201810001 035.5	2020-05-05	3782065	中国神华能源股份有限公司,神华神东煤炭集团有限责任公司	原长锁,贺海涛,鞠晨,魏冠伟,李艳杰,杨东,张建荣	有效
5	实用新型专利	一种煤矿用自动化风窗	中国	ZL201420807 601.9	2015-06-24	4386408	中国神华能源股份有限公司；神华神东煤炭集团有限责任公司	王海军、张磊、武福生、马瑞峰、高小强、赵涛	有效
6	实用新型专利	一种皮带机控制装置	中国	ZL201320835 980.8	2014-06-25	3635901	中国神华能源股份有限公司；神	孟光平、王占飞、贺海涛、	有效

							华神东煤炭集团 有限责任公司	关丙火、李建 平、夏后强	
7	实用新型专利	用于矿井的氧气浓度 预警装置	中国	ZL201822116 247.6	2019-11-15		中国神华能源股 份有限公司,神 华神东煤炭集团 有限责任公司	王存飞; 迟国 铭; 张立辉; 刘虎生; 钟庆 丰; 蔡崇; 陈 泽; 王维平	有效
8	实用新型专利	一种连采系统	中国	ZL201621077 539.8	2017-04-12	6058267	中国神华能源股 份有限公司; 神 华神东煤炭集团 有限责任公司	张鹏、张增誉、 韩忠利、许军、 吕俊杰、王占 飞、宗加银	有效
9	论文	基于组合赋权法的采 煤机健康状态评估方 法研究		48(06):135-14 1.	2020-06		西安科技大学	曹现刚,宫钰 蓉,罗璇,雷一 楠,张树楠	有效
10	论文	采煤机惰轮轴疲劳裂 纹超声检测研究		35(8): 236-237	2016-08		西安科技大学	董明, 马宏伟, 陈渊.	有效

六、主要完成人情况

序号	姓名	行政职务	技术职称	工作单位	对本项目贡献
1	贺海涛	副总经理	高级工程师	中国神华能源股份有限公司神东煤炭分公司	项目总体负责人，立项审查、过程管理，协调各项内外部资源
2	王存飞	总经理	高级工程师	中国神华能源股份有限公司神东煤炭分公司	项目监督管理，立项审查、过程管理，协调各项内外部资源
3	张鹏	部门副经理	工程师	中国神华能源股份有限公司神东煤炭分公司	负责方案编制，项目实施，项目验收协调等工作
4	曹现刚	院长	教授	西安科技大学	项目方案编制，项目实施
5	董明	无	副教授	西安科技大学	项目方案编制，项目实施
6	王占飞	部门经理	高级工程师	中国神华能源股份有限公司神东煤炭分公司	负责方案编制，项目实施
7	关丙火	项目主管	高级工程师	中国神华能源股份有限公司神东煤炭分公司	负责方案编制，项目实施
8	宗加银	主管	高级工程师	西安华光信息技术有限公司	负责方案编制，项目实施
9	王波	主管	高级工程师	中国神华能源股份有限公司神东煤炭分公司	负责方案编制，项目实施
10	张磊	主管	工程师	中国神华能源股份有限公司神东煤炭分公司	负责方案编制，项目实施
11	赵涛	主管	工程师	中国神华能源股份有限公司神东煤炭分公司	负责方案编制，材料整理

七、主要完成单位情况

1. 中国神华能源股份有限公司神东煤炭分公司

本项目中，中国神华能源股份有限公司神东煤炭分公司全面负责本项目的研究工作，统筹协调各合作单位的研究工作，确定项目的研究目标，规划项目整体研究思路和项目整体实施计划。为本项目研究工作提供了工业试验场地和条件，对项目研究成果进行了效果检验，对项目理论研究和体系体系的构建和完善作出了重大贡献。

2. 西安科技大学

本项目中，西安科技大学重点研究了用回归分析、概率分布分析、占比分析、统计量分析、关联分析、趋势分析、核密度估计等进行数据质量分析；采用分类算法、K-means 和 KNN 等聚类分析算法对数据进行深度挖掘，参与构建了矿压大数据中心；对矿井各系统生产、检修、故障数据进行分布式处理，对有效生产时间、生产效率以及主要设备开机率等一系列关键指标进行关联分析，实现了矿井生产控制由单一分散式向综合智能一体化的转变。

3. 西安华光信息技术有限责任公司

本项目中，西安华光信息技术有限责任公司重点研究了生产计划和接续计划联合驱动的大型煤矿群生产协同调度技术，基于 OEE 和群组 AHP 方法，构建了采掘效能评价指标体系和矿区采掘资源结构化管理体系，打通了“人机料法环”五要素，实现了生产准备、机电安装、搬家倒面、设备维护检修等队伍快速合理调配，实现了全矿区生产指挥流程再造、优化排程，为管理决策提供支撑。

八、完成人合作关系说明

项目实施期间，项目第一完成人贺海涛、第二完成人王存飞、第三完成人张鹏、第六完成人王占飞、第七完成人关丙火、第九完成人王波、第十完成人张磊与第十一完成人赵涛均属同一单位（中国神华能源股份有限公司神东煤炭分公司），与第八完成人宗加银（西安华光信息技术有限责任公司）曾共同完成（中国神华能源公司科技创新项目，编号：SHGF-11-76-3）。

项目第四完成人曹现刚、第五完成人董明均属同一单位（西安科技大学），曾共同立项、合著论文、申报专利和软件著作权。

项目信息（技术发明奖）

一、项目名称

稀缺难采煤层安全高效开采方法与关键技术

二、提名者及提名意见

提名单位：陕西省煤炭学会

提名意见：

稀缺煤炭资源具有十分重要的工业用途，我国该类煤炭资源探明储量中，约2/3为大倾角、急倾斜煤层，在四川、新疆、贵州、甘肃、陕西等省区广泛赋存，是国际公认的难采煤层，其安全高效开采是保障国家能源安全和区域经济社会发展亟待解决的重大工程问题。

经过6年攻关，在大倾角、急倾斜采动煤岩体力学行为及控制机理、开采方法和围岩-装备协同控制等方面实现了整体创新，解决了稀缺难采煤层安全高效开采难题。主要发明如下：一是发明了倾斜层状采动煤岩体力学行为实验测试方法，研制了可变角、多比例、多维度模拟实验平台，开展了试件-模型-工程尺度下倾斜层状采动煤岩体物理力学性状与行为研究，发现了重力-倾角效应，揭示了关键层迁移、岩体结构泛化与围岩-装备多维稳定性控制机制。二是创新了薄及中厚煤层伪俯斜与斜向长壁开采系统，发明了厚及特厚煤层小短壁、长-短壁融合开采方法，研发了多煤层、多区段协同开采方法，提升了大倾角、急倾斜煤层开采安全-产量综合效能。三是发明了大倾角、急倾斜采场走向-垂向-倾向多维协同控制技术及配套装备，研发了多维围岩与装备（群）协同控制技术，攻克了围岩-装备三维跨尺度动态稳定性控制难题。项目核心技术达到国际领先水平。

该项成果授权专利50项，发表论文53篇，出版专著2部。在四川、新疆、甘肃、安徽、贵州等地得到广泛应用，取得了显著的经济和社会效益。项目成果为我国稀缺难采煤炭资源安全高效开采提供了新的技术途径。

提名该项目为陕西省技术发明奖 一 等奖。

三、项目简介

本项目属于能源领域，煤炭开采、采矿机械与矿山支护工程。

稀缺煤炭资源是指具有十分重要的工业用途,需求量大但资源量又相对较少的优质煤种,属于国家保护性开发的煤炭资源(气煤、肥煤、焦煤、瘦煤和无烟煤等),探明储量中约2/3为大倾角、急倾斜煤层,在四川、新疆、贵州、陕西、山西、河北、黑龙江等省区广泛赋存,是国际公认的难采煤层,其安全高效开采是保障国家能源安全和区域经济社会高质量发展亟待解决的重大工程问题。大倾角、急倾斜煤层机械化开采过程中,采动煤岩体力学行为复杂多变,诱发大尺度倾斜采煤空间岩层大范围垮落滑移、飞溅冲击;围岩与装备多维多目标动态控制困难,导致数千吨-成百台装备失稳下滑、倾倒挤压,严重制约了该类煤层安全高效开采。

为解决上述重大理论与技术难题,在国家自然科学基金重点项目(51634007)、面上项目(51774230)和3项陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2019JM-205、2017JQ5091、2016JQ5019)支持下,围绕倾斜层状采动煤岩体力学行为、装备与围岩协同控制等关键科学与技术问题,经过6年攻关,创新了倾斜层状采动煤岩体力学行为实验与测试方法,发明了适用于变角度、变厚度的大倾角、急倾斜煤层(群)开采新型方法,研发了多维度、多尺度围岩协同控制技术与配套装备,大幅提升了安全-产量综合效能,实现了稀缺难采煤层安全高效开采。主要发明点为:

- 1、提出了基于重力-倾角效应的倾斜层状采动煤岩体控制理论。发明了倾斜层状采动煤岩体力学行为系列实验系统与测试方法,研制了可变角、多比例、多维度模拟实验平台,开展了试件尺度、模型尺度、工程尺度下倾斜层状采动煤岩体物理力学性状与行为创新研究,发现了大倾角、急倾斜采场重力-倾角效应,揭示了关键层区域迁移、岩体结构泛化特征与围岩-装备系统多维度稳定性控制机制,奠定了大倾角、急倾斜煤层开采方法与技术突破的理论基础。

- 2、发明了不同埋藏条件的大倾角、急倾斜煤层(群)开采新方法。创新了伪俯斜与斜向长壁开采系统,有效利用了倾角效应,解决了薄及中厚煤层采场围岩-装备稳定性控制难题;发明了小短壁、长-短壁融合开采方法,提升了特厚煤层工作面煤壁稳定性及顶煤冒放性,提高了煤炭资源回收率;研发了多煤层、多

区段协同开采方法，消除了回采空间群组联动致灾隐患，提升了煤层群与无煤柱开采安全-产量综合效能。

3、提出了倾斜回采空间多维度、多尺度围岩与装备协同控制技术。发明了大倾角、急倾斜采场走向（煤壁-支架-采空区矸石）、垂向（顶板-支架-底板）、倾向（煤柱-支架群-煤柱）多维协同控制技术及其配套装备，研发了装备单元体自控制、围岩-装备群组联合控制、多空区煤岩体-装备群组协同控制技术，攻克了围岩-装备三维跨尺度动态稳定性控制难题，实现了稀缺难采煤层安全高效开采。

项目实施过程中取得了一批重要的标志性成果。授权专利50项，其中授权中国发明专利22项、美国发明专利1项、实用新型专利27项；在《煤炭学报》《International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences》等国内外高水平期刊发表学术论文53篇，出版专著2部，其中代表性论文34篇，论著被引508次、下载逾万次，均居大倾角煤层开采领域首位。世界采矿权威杂志《Mining Engineering》转载了题为“Roof deformation associated with mining of two panels in steeply dipping coal seam ……”等3篇论文；论文“大倾角煤层大采高综采围岩运移与支架相互作用规律”获 2019 年度领跑者 5000 中国精品科技期刊顶尖学术论文，引起了同行的广泛关注。项目完成人员获评全国优秀教师、全国徐芝纶力学优秀教师奖、陕西省青年科技奖、陕西省五四青年奖章；多人受聘《煤炭学报》《煤炭科学技术》等青年编委，2人当选采矿、勘探与冶金协会（SME）会员。项目成员与West Virginia University、Technische Universität Bergakademie Freiberg等开展学术交流合作，2016年以来，5人完成访学交流，2人完成联合培养。项目组于2019年召集并举办了第二届全国复杂难采煤层开采技术研讨会，200余位同行专家参加了会议，提升了项目成果在该领域的影响力。参加世界采矿大会、国际岩层控制大会等国内外学术会议50余人次，并作与本项目紧密相关的学术报告10余场，来自世界各地的采矿同行给予了高度评价。可以看出，项目成果的学术水平得到国内外权威专家和煤炭企业的高度认可和正面评价。

项目成果相继在四川、新疆、甘肃、安徽、贵州等10余对矿井20个工作面应用，其中，四川绿水洞煤矿利用伪俯斜开采方法和配套技术装备成功开采了倾角 35° – 78° 的中厚煤层，打破了大倾角煤层长壁综采的开采“禁区”；甘肃东峡煤矿通过创新非线性异面空间工作面布置，实现 35° – 75° 特厚煤层长壁综采–短壁综放融合开采；新疆2130煤矿首次采用煤层群组水平分段协调开采方法和多区段无煤柱错层护巷开采方法，成功开采了倾角 45° 大倾角厚煤层。矿井平均年产量提高10%，资源回收率提高9%，新增产值18.9亿元，新增利润4.48亿元，安全–产量综合效能大幅提升。同时，指导山东矿机华能装备制造有限公司、四川华蓥山广能嘉华机械有限责任公司，研发制造大倾角、急倾斜煤层工作面专用三机装备20余（台）套，提升了我国煤炭行业特种开采装备研发制造水平。主要装备还出口至俄罗斯、乌兹别克斯坦、土耳其、巴基斯坦、越南等“一带一路”沿线主要采煤国家。

项目实现产–学–研–用深度融合，引领了我国稀缺难采煤炭资源开采理论与关键技术创新，开辟了复杂条件煤炭资源安全高效开发新路径。

四、客观评价

稀缺煤炭资源是国家保护性开发的焦煤、无烟煤等优质煤种，埋藏条件复杂，多为国际公认难采的大倾角、急倾斜煤层。该项目研发的稀缺难采煤层安全高效开采方法与关键技术，创新了倾斜层状采动煤岩体力学行为实验与测试方法，发明了适用于变角度、变厚度的大倾角、急倾斜煤层（群）新型开采方法，研发了多维度、多尺度围岩协同控制技术与配套装备，大幅提升了安全–产量综合效能，实现了稀缺难采煤层安全高效开采，与国内外同类技术对比，达到了国际领先水平。

（1）岩层控制理论：现有成果主要集中在大倾角、急倾斜煤层开采矿压显现时序性、围岩变形破坏非对称性、支架–围岩系统倾向失稳等一般规律。本项目发明了倾斜层状采动煤岩体力学行为系列实验系统与测试方法，研制了可变角、多比例、多维度模拟实验平台，突破传统研究方法，发现了大倾角、急倾斜采场“重力–倾角效应”，揭示了“关键层”区域迁移泛化特征与装备–围岩系统

多维度稳定性控制机制。

(2) 开采方法：现有传统与单一开采方法能够实现大倾角薄及中厚煤层走向长壁综合机械化开采、急倾斜特厚煤层（10m以上）水平分段综放开采，随着倾角增大、厚度增大，工作面综合效能急剧降低。本项目发明的伪俯斜与斜向长壁开采系统，有效降低了倾角效应，解决了薄及中厚煤层支架系统失稳难题；发明了小短壁、长-短壁融合开采方法，提升了特厚煤层煤壁稳定性及顶煤冒放性，提高了煤炭资源回收率；研发了多煤层、多区段协同开采方法，开辟了倾斜回采空间围岩控制新路径。

(3) 关键技术：现有围岩控制技术主要集中在近采场二维空间支架-围岩系统稳定性控制，主要有支架工作阻力分区域控制技术、顶板-降坡段-底板布置方式、顶板超前预爆破技术。本项目发明了大倾角、急倾斜采场煤壁与矸石、煤柱与飞矸、顶板与底板多维协同控制技术及其配套装备，形成了覆岩-围岩-装备稳定性多尺度协同控制技术体系。

(4) 工作面装备：现有装备主要由一般埋藏倾角工作面支护装备改造而来，适应性较差；本项目专门研制的具有安全防护设备、防倒防滑装置的大倾角综采支架、大倾角伪俯斜工作面平行四边形液压支架、急倾斜薄煤层俯伪斜综采工作面防倒、防飞矸特殊型液压支架，适应性强。

(5) 工作面产效：现阶段大倾角煤层工作面产量为70万t/年，本项目实施过程中产量达到了88万t/年。现阶段急倾斜薄煤层工作面月产量0.3~0.5万t，本项目急倾斜薄煤层伪俯斜工作面月产量1.2万t。现有大倾角厚煤层综放开采工作面回采率85%，本项目大倾角厚煤层大采高开采工作面回采率94%。

(6) 技术水平：本项目研究提高理论系统的完整性，技术水平成熟，装备性能稳定、运行可靠、实用性强、自动化程度高，且属国内外首创。

四、应用情况与效益

本项目发明的稀缺难采煤层安全高效开采方法与关键技术，通过自主转化实施和技术转让方式在山东矿机华能装备制造公司、四川华蓥山广能嘉华机械有限公司等单位进行了成果转化和产品制造，累积生产大倾角、急倾斜煤层综采装备

3000 余台（架）。2016 年以来，相关开采方法与关键技术在中国煤炭产业集团、新疆焦煤集团、新疆润田科技发展有限公司、甘肃靖远煤业集团有限公司、甘肃华亭煤电股份有限公司、淮南矿业集团有限责任公司、贵州盘江煤电集团、国家能源集团宁夏煤业有限责任公司等煤炭生产企业所属的 20 个大倾角、急倾斜工作面整体或局部应用，累积新增原煤产量约 9000 余万吨。同时，大倾角、急倾斜煤层安全高效开采方法与关键技术辐射到俄罗斯、乌兹别克斯坦、土耳其、巴基斯坦、越南等“一带一路”主要采煤国家。

项目成果先后在绿水洞煤矿、2130 煤矿、花山煤矿、王家山煤矿、润田煤矿、东峡煤矿、阿嘎煤矿、潘三煤矿等 10 个煤矿进行了推广应用，稀缺难采煤层开采方法与关键技术整体应用的效果良好，实现了大倾角、急倾斜薄及中煤层、特厚煤层、煤层群组及多区段无煤柱开采，解决了采场“围岩-装备”多维多尺度协同控制技术难题。薄煤层工作面月产量达 3 万吨，中厚煤层月产量达 6 万吨，工作面原煤产量提升 20%-30%；厚煤层工作面顶煤回收率提高 8%-10%，突破了 4-8m 厚急倾斜煤层开采禁区。近三年来，新增产值 18.9 亿元，新增利润 4.48 亿元。

五、主要知识产权证明目录（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
1	发明专利	一种多灾元耦合难采煤层解耦开采方法	中国	ZL201810283370.9	2019.10.01	3548547	西安科技大学	伍永平；解盘石；武永强
2	发明专利	一种急倾斜厚煤层水平分段小短壁综放开采方法	中国	ZL202010233002.0	2021.09.28	4709513	西安科技大学	王红伟；焦建强；伍永平；宋远洋
3	发明专利	Multi-section non-pillar staggered protected roadway for deep inclined thick coal seam and method for coal pillar filling between sections	美国	ZL10989051	2021.04.27	US10989051B2	Xi'an University of Science and Technology	Panshi Xie; Yingyi Zhang; Yanli Zhang; Shuangqi Tian; Jianjie Duan
4	发明专利	一种大倾角煤层工作面局部充填的无	中国	ZL201911342315.3	2021.04.30	4391938	西安科技大学	伍永平；皇甫靖宇；王同；汤

		煤柱开采方法及系统						业鹏；刘晨光
5	发明专利	大倾角煤层变角度综采/放工作面伪仰斜变倾角布置方法	中国	ZL201610028073.0	2018.07.10	2994845	西安科技大学	王红伟；伍永平；曹沛沛；高凯；武会杰
6	发明专利	一种大倾角中厚煤层走向长壁开采异形沿空巷道留设与支护方法	中国	ZL201911266446.8	2021.11.09	4779613	西安科技大学	王红伟；焦建强；宋远洋
7	发明专利	一种急倾斜厚煤层俯伪斜弧形斜切分层综放开采方法	中国	ZL201811112185.X	2019.12.03	3617286	西安科技大学	王红伟
8	发明专利	一种利用飞矸防护系统防护飞矸的方法	中国	ZL201611246655.2	2018.07.24	3009858	西安科技大学	伍永平；胡博胜；解盘石；武会杰；王红伟
9	发明专利	深部富水覆岩厚煤层开采复合动力灾害监测预警系统及方法	中国	ZL201910149186.X	2020.04.21	3763073	西安科技大学	高喜才；王琪；王同；伍永平；来兴平
10	发明专利	一种可变角度的物理相似模拟实验平台及其应用方法	中国	ZL201510991512.3	2018.03.13	2843083	西安科技大学	伍永平；杜文刚；解盘石；胡博胜

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
伍永平	1	重点实验室主任	教授	西安科技大学	西安科技大学	提出了发明点1和2的核心思想，发现了倾斜层状采动煤岩体物理力学性状与行为“重力-倾角效应”和采场围岩承载结构泛化现象；研制了国内首套大比例倾斜开采空间支架-围岩系统数字孪生智能测控平台和系列模型支架；发明了大倾角、急倾斜薄及中厚煤层走向长壁自平衡异形支架俯伪斜开采方法和斜向长壁开采方法，研制了平行四边形液压支架。
解盘石	2	副院长	教授	西安科技大学	西安科技大学	对发明点1和3做出重要贡献，发明了适用于倾斜层状采动煤岩体可变角物理模拟实验平台与测试模型，揭示了大倾角长壁采场支架-围岩系统多维交互效应和控灾机制；发明了大倾角、急倾斜煤层多区段煤柱错层护巷开采方法；提出了倾斜回采空间多尺度、多维度装备与围岩协同控制技术。
王红伟	3	副主任	教授	西安科技大学	西安科技大学	对发明点1和2做出重要贡献，开展了不同比例倾斜采场三维物理模拟实验，揭示

				大学	大学	了非完整破断形态下“关键层”区域迁移-转化特征；发明了发明了大倾角、急倾斜特厚煤层小短壁综放开采方法和厚煤层群组水平分段协调开采方法；发明了变角度工作面弧形布置技术。
罗生虎	4	支部书记	副教授	西安科技大学	西安科技大学	对发明点 1 做出重要贡献，提出了基于等比例外置建模和数-力映射反演的多元数值仿真方法，揭示了不同尺度采动岩体应力-载荷和应变-位移等效转换过程和宏观力学性质改变特征，构建顶板倾向非对称应力拱力学模型和走向对称拱力学模型。
高喜才	5	重点实验室副主任	副教授	西安科技大学	西安科技大学	主持发明了厚煤层开采动力灾害监测预警系统与方法；研制了适用于物理模拟实验平台与测试模型；建立了倾斜层状煤岩体力学模型和宏细观尺度关联表征函数。
胡博胜	6	/	讲师	西安科技大学	西安科技大学	对发明点 3 作出了贡献，发明了大倾角、急倾斜煤层长壁工作面飞矸智能防护技术，提出了以“诱导运动模式，限制回弹高度，调控耗能比例”的全过程智能控制技术，消除了飞矸伤人损物安全隐患。

七、主要完成单位情况

西安科技大学为项目研究提供了配套研究经费、实验仪器和设备、研究人员，确保了项目内容的高质量完成。

(1) 提出项目总体研究技术路线与实施方案，完成项目理论研究、数值计算、物理模拟实验，并指导了现场工业性试验。

(2) 项目提出了基于重力-倾角效应的倾斜采动煤岩体控制机制，发明了不同埋藏条件的大倾角、急倾斜煤层（群）开采新方法，提出了倾斜回采空间多尺度、多维度装备与围岩协同控制技术，实现了稀缺难采煤层安全高效开采。

(3) 召集并举办了第二届全国复杂难采煤层开采技术研讨会，200 余位同行专家参加了会议，提升了项目成果的学术影响力。促进了研究成果在四川、新疆、甘肃、贵州、安徽、俄罗斯、土耳其等国内外矿区的推广应用。

八、完成人合作关系说明

项目第 1 完成人伍永平，为项目第 2、3、4、5、6 完成人的博士、硕士研究生导师或博士后合作导师。完成人合作说明：完成人均为项目技术研发、推广应用的主要完成人，其中伍永平为稀缺难采煤层安全高效开采方法与关键技术的总负责人，解盘石、王红伟、高喜才、罗生虎、胡博胜为关键技术与推广应用的核

心人员。

合作方式说明：（1）项目合作方式。该项目完成人均是我国战略性稀缺难采煤层开发领域的代表性研究人员，并联合申报了国家自然科学基金重点项目、国家自然科学基金面上项目等 5 项。（2）合作时间：研究团队的合作关系从 2005 年起延续十余年，共同针对稀缺难采煤层开采理论与技术难题进行攻关。（3）主要合作成果：该项目完成人共同完成的科研成果，作为共同作者在 SCI/EI 期刊发表论文 34 篇，并合作申请中国发明专利 22 项、美国发明专利 1 项、实用新型专利 27 项。（4）合作者排名：完成人严格按照对成果的实际贡献大小依次排名。经项目组成员充分协商，按完成人承担完成研究任务、创新点贡献、推广应用工作量等综合实际绩效依次排名，各完成人及所在单位一致同意其在项目中的排序。

项目信息（技术发明奖）

一、项目名称

保水采煤关键技术与工程应用

二、提名者及提名意见

提名单位：陕西省煤炭学会

提名意见：我单位认真审阅了提名书材料，项目内容、发明人和完成单位对项目贡献属实，符合《陕西省科学技术奖励办法》及《2022 年度陕西省科学技术奖励工作实施方案》的推荐要求。按照要求，我单位和发明人所在单位都已对该项目进行了公示，无异议。

针对我省煤炭开发面临的水资源和生态环境破坏双重压力，该项目提出了保水采煤理念，发明了保水采煤地质条件分区方法及限高、充填、注浆等保水采煤技术，建立了不同地质结构下导水裂隙带高度预测模型，发明了植被约束下矿山地下水位阈值的确定方法，建成全国首张大型煤炭基地地下水监测网。该项目授权发明专利 36 件（包括美国、澳大利亚等先进采煤国家专利 7 件），实用新型专利 26 件，登记软件著作权 10 项，制定陕西省地方标准 2 项。出版专著 5 部，发表论文 197 篇（其中 SCI/EI 检索 118 篇）。

该项目主要发明人长期从事科学技术基础性工作和社会公益性科学技术事业，研究成果应用于陕北侏罗纪煤田、渭北石炭二叠纪煤田、黄陇侏罗纪煤田等我省主要煤炭生产基地，在保证我省煤炭产量持续增加的前提下，有效地保护了矿区生态环境，促进了我省矿区生态文明建设，创造了显著的社会效益和经济效益。

提名该项目为陕西省技术发明奖一等奖。

三、项目简介：

针对我国西北干旱半干旱矿区煤炭开发面临的严重缺水与生态损害双重压力，该项目以地下水与生态环境保护为约束条件，以黄河流域环境保护和高质量发展为目标，取得如下发明成果：一是提出了保水采煤的科学理念和概念，发明了保水采煤生态水位保护阈值确定方法，研制了保水采煤技术规范，创立并规范

了保水采煤的科学技术体系，实现了煤炭开采与地下水保护协同一致。二是开发了基于含水层结构保护的精细探查仪器和技术方法，发明了保水采煤地质条件分区技术，为合理规划开采区域和保水采煤技术选择提供了依据：研制了矿区地下水精准探测的流速流向仪和单孔放水仪，揭示了矿区天然和采动渗流场演化规律；发明了导水裂隙带、底板损害深度等采动裂隙场精准探测技术；发明了保水采煤三图分区法，开发出五图-三带-两分区保水采煤方法，为合理选择开采区域（矿区规划等）提供了依据。三是发明了多种保水采煤方法，在不同地质环境进行了工程应用，实现高强度采煤与水资源、生态环境保护的协调统一：在采动岩层渗透性规律研究的基础上，提出了限高保水采煤技术，广泛应用于榆神矿区等厚、巨厚煤层分布区；发明了构造与地层薄弱带注浆保水采煤技术，广泛应用于烧变岩含水层、煤层底板岩溶含水层的保护；发明了连采连充、壁式条带充填保水采煤等技术，广泛应用于极近距含水层体下和近距离煤层群赋存条件煤层的保水开采。四是构建了基于保水采煤的煤炭基地地下水智能监测预警系统，实现了高强度采煤条件下地下水流畅的实时监测监控和预警。推广应用取得显著社会效益。

四、客观评价

1. 技术鉴定和专家评价

(1) 王双明院士为主任委员的鉴定委员会认为：“研究成果总体达到国际领先水平”；

(2) 康红普院士公开评价说“近年来，煤炭行业采取了一系列预防、控制和修复的措施，包括保水采煤技术等，大大减轻了煤炭开采对生态环境的影响”；

(3) 钱鸣高院士对本项目给予评价：“初步建立了保水采煤的技术体系，填补了保水采煤领域的一些空白”；

(4) 武强院士给予评价：“建立了生态脆弱矿区保水采煤技术方法，通过推广保水采煤技术，有力地保障了生态脆弱矿区的可持续发展”；

(5) 中国煤炭工业协会会长王显政指出“以煤矿保水开采、充填开采为主的绿色开采技术得到普遍推广，……，初步实现了矿山开发与自然系统和谐交融的

发展模式”。

2. 获奖情况

(1) 李四光地质科学奖 1 人。

3. 用户评价

陕西南梁矿业有限公司评价：“通过大力推广保水采煤技术和绿色开采理念，创建了开采方式的科学化，提高了资源综合利用率。西安科技大学评价：“保水采煤技术应用以来，为我校带来了新的学科发展方向，培养了一批研究生，带动了科研项目。”

4. 媒体评价

(1) 《光明日报》2000 年 6 月 19 日刊发了课题组《先保水后采煤》一文；
(2) 《中国自然资源报》（原中国国土资源报）持续关注 20 年。

5. 国家规划关注

(1) 2013 年 1 月国务院颁布《国家能源发展十二五规划》，将保水采煤技术列为重点推广的新技术；(2) 2014 年 6 月 7 日《国务院办公厅关于印发能源发展战略行动计划（2014-2020 年）的通知》文件要求：“推广充填、保水等绿色开采技术”。

五、应用情况：

项目成果应用于陕北侏罗纪煤田、渭北石炭二叠纪煤田、黄陇侏罗纪煤田各大矿业公司的上百处煤矿，实现了煤层顶板含水层结构保护、底板含水层结构保护和地表水体保护，通过技术的成功推广，全面维护和提升了我省矿山生态系统功能和环境质量，获得了重大的环境效益。

六、主要知识产权和标准规范等目录：

1. 发明专利

(1) 一种潜水含水层水位水量协同控制的保水采煤方法，中国发明专利；
(2) 生态脆弱矿区植被约束下地下水位变化阈值的测定方法，中国发明专利；
(3) 五图-三带-两分区保水采煤方法，中国发明专利；

- (4) 一种探测黄土中采煤导水裂隙带高度的方法，中国发明专利；
- (5) 壁式连采连充保水采煤及水资源运移监测、水害预警方法，中国发明专利；
- (6) 一种浅埋煤层保水开采方法及其应用，中国发明专利；
- (7) 一种承压水体上无煤柱开采的底板破坏深度的探查方法，中国发明专利；
- (8) 一种探测黄土中采煤导水裂隙高度的方法，中国发明专利；
- (9) Water-Preserved-Mining Roof-Contacted Filling Method for Controlling Fissure of Overlying Strata and Surface Subsidence, 澳大利亚发明专利
- (10) 一种薄基岩浅埋煤层保水开采适用条件分类方法，中国发明专利。

2. 规范

- (11) 保水采煤技术规范，DB61/T1295-2019。

3. 代表性专著

- (12) 保水采煤的理论与实践，科学出版社，2019；
- (13) 浅埋近距离煤层保水开采机理及技术，科学出版社，2019；
- (14) 西部生态脆弱矿区煤-水协调开采技术与实践，中国矿业大学出版社，2020.

4. 软件著作权

- (15) 基于物联网的保水采煤方案策划管理系统；
- (16) 保水采煤区浅层水动态监测程序软件 V4.4；
- (17) 保水采煤参数优化配置系统；
- (18) 矿山保水采煤环境监管系统。

七、主要完成人情况：

- 1. 范立民，正高级工程师（二级），陕西省地质环境监测总站（陕西省地质灾害中心），项目负责人，发明了水位-水量协同控制的保水采煤方法、生态水位阈值确定方法等，主持制定了保水采煤技术规范、煤矿地下水监测规范，发明点

1-4 的主要贡献者；

2. 马立强, 教授, 中国矿业大学, 发明了五图-三带-两分区保水采煤分区方法和多种保水采煤技术方法, 发明点 1-3 的主要贡献者；

3. 马雄德, 高级工程师, 长安大学, 发明了矿区地下水位阈值和导水裂隙带公式推演, 发明点 1-2 的主要贡献者；

4. 李涛, 教授, 陕西煤业化工技术研究院有限责任公司, 负责榆神矿区导水裂隙带探测技术创新, 发明点 2-4 的主要贡献者；

5. 冀瑞君, 工程师, 陕西煤业化工技术研究院有限责任公司, 发明点 2-3 的贡献者。

6. 蒋泽泉, 正高级工程师, 陕西省一八五煤田地质有限公司, 主持实施了导水裂隙带高度探测与保水采煤技术示范推广, 发明点 4 的主要贡献者；

八、要完成单位及技术创新推广贡献：

1. 陕西省地质环境监测总站（陕西省地质灾害中心）, 项目第一完成单位, 负责支撑项目的立项申请申报, 负责项目总体研发计划及发明专利总体布局 and 研发；负责保水采煤技术规范制定, 组织建成涵盖陕西境内所有大中型煤矿的保水采煤地下水智能监测预警系统（网）, 负责项目进展总体管理, 在成果推广和应用过程中, 发挥了重要的组织协调和落实作用。

2. 中国矿业大学, 项目第二完成单位, 项目技术研发单位, 对项目实施予以试验条件、设施、人员方面的支持。主要发明了多种保水采煤技术方法、保水采煤区地下水监测技术方法、模拟实验方法和装置等。

3. 陕西煤业化工技术研究院有限责任公司, 项目第三完成单位, 为项目实施提供了资金、试验条件、人员和推广应用基地等支持。负责研发部分专利技术, 组织协调保水采煤技术在陕煤集团所属矿区推广应用。

九、完成人合作关系说明

该项目由陕西省地质环境监测总站（陕西省地质灾害中心）、中国矿业大学、陕西煤业技术化工研究院有限责任公司等单位合作完成。发明人中, 范立民属于陕西省地质环境监测总站（陕西省地质灾害中心）, 马立强属于中国矿业大学,

马雄德属于长安大学，李涛、冀瑞君属于陕西煤业化工技术研究院有限公司。范立民是项目负责人，长期以来与马雄德（2000 年起）、马立强（2012 年起）、蒋泽泉共同致力于保水采煤技术研发和推广应用，全面负责研究内容、研究方法、技术路线制定和实施，范立民、马雄德合作申请并授权专利，合著出版了《保水采煤理论与实践》专著，发表了相关研究论文。范立民、马立强合作研发专利技术，合作发表学术论文。李涛、冀瑞君等所在的陕西煤业技术化工研究院有限责任公司，与陕西省地质环境监测总站（陕西省地质灾害中心）、中国矿业大学等单位组成产学研合作联盟，负责保水采煤技术研发与推广应用。李涛与范立民合作开发保水采煤软件、合作研发保水采煤专利技术。范立民与蒋泽泉合作开展保水采煤技术推广。范立民、马雄德、冀瑞君等共同发表保水采煤论文。

项目信息（科学技术进步奖）

一、项目名称

煤矿井下掘进装备视觉精确定位与智能截割技术研究及应用

二、提名者及提名意见

提名单位：陕西省煤炭学会

提名意见：

该成果以煤矿井下掘进装备视觉精确定位与智能远程截割控制为目标，创建了煤矿井下矿用防爆相机折射成像建模及校准理论，提出了机器视觉与多传感器融合的掘进装备机身及截割头位姿精确定位方法；研发了视觉伺服反馈驱动的掘进装备截割控制系统，实现了复杂环境下掘进作业的远程可视化掘进与智能操控，形成了掘进装备精确定位与智能控制关键技术体系及相关智能掘进建设标准，为少人或无人化生产奠定了良好基础，可有效提高煤矿掘进效率和保障煤矿生产安全。研究成果具有很强的市场竞争力和极大推广应用价值，对于促进煤矿掘进工作面的智能化和区域经济发展具有重大意义。

成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科技进步奖提名条件。**特提名为陕西省科技进步奖二等奖。**

三、项目简介

本成果属于国民经济行业的采矿业，是电子信息技术在矿用掘进装备智能化领域的典型应用。

掘进装备受工作环境以及地质条件影响较大，自动化程度不高，加之煤矿井下工作环境恶劣，不可控因素多，严重影响了掘进效率，导致“采掘失衡”问题严重，人员和生产安全时有发生。研发智能掘进技术实现工作面少人甚至无人生产是当前国内外研究的热点。智能掘进技术面临的瓶颈问题是巷道掘进过程中掘进机位姿精确、稳定测量，在此基础上才能实现定向导航、定形截割、碰撞预警和远程控制等功能的智能化。目前，煤矿井下掘进装备机身位姿测量方法均存在一些不足，惯性导航方法存在累积误差且受设备振动的影响较大，在掘进振动工况下难以保证精度且测量稳定性不高。因此，研究煤矿井下掘进装备机身以及截

割部位姿测量理论及方法，对提高煤矿掘进效率和煤矿安全生产具有重大意义，具有广阔的应用价值和市场前景。

本项目以中、省项目为依托，历经多年攻关和实践，以煤矿掘进工作面少人或无人化生产为目标，攻克矿用相机折射成像建模与参数非线性辨识、煤矿井下移动目标视觉定位、视觉伺服截割成形轨迹跟踪，以及远程可视化截割控制等技术，在煤矿井下掘进装备精确定位与智能控制理论方面取得了重大突破并实现了工业化应用。主要创新点如下：

1、首创了煤矿井下矿用防爆相机折射成像建模及校准理论

创建了几何驱动的矿用相机共面约束成像模型，实现了矿用相机成像像素点与空间点映射的数学表征，揭示了防爆玻璃引起的矿用相机成像非单视点成像规律，攻克了引入虚拟相机轴的矿用相机折射畸变校准方法，形成了具有防爆玻璃的矿用相机成像机理及理论，实现了矿用图像测量理论的重要突破，为提高煤矿图像测量精度提供了新的理论与方法。

2、创建了掘进装备机身与截割部视觉/惯导组合位姿测量系统

以激光点-线标靶为特征信息源，自主研发了悬臂式掘进机机身及截割头视觉/惯导组合精确位姿测量与动态定位系统，提出了高粉尘、低照度环境下激光束标靶图像亚像素级精确分割、特征提取算法，发明了基于2P3L的掘进机机身位姿视觉解算方法，创新了基于多点LED合作标靶的截割头位姿视觉解算模型；建立了掘进装备位姿视觉测量误差传递函数模型，揭示了测量系统的误差传播规律，形成了悬臂式掘进机机身及截割头位姿视觉测量方法，进而提出并创立了基于松耦合组合机制、扩展卡尔曼滤波等技术的惯导/视觉位姿信息融合的井下掘进装备视觉定位技术体系，形成了视觉/惯导融合的井下掘进装备位姿精确测量与动态定位理论与方法，实现了井下掘进装备的位姿精确测量。

3、创新了视觉伺服反馈驱动的掘进装备智能截割控制方法

提出了用于运动学方程正逆问题求解的掘进装备关节空间轨迹规划参数表征方法，建立了定向掘进运动控制过程的视觉伺服截割控制模型，形成了反馈线性化积分滑模控制器的截割轨迹控制方法，设计了基于纠偏控制策略的截割控制

系统轨迹跟踪控制器，创新了巷道成形轨迹自动规划与截割方法，自主研发了视觉反馈的视觉伺服截割控制系统，实现了掘进装备巷道成形截割过程的智能控制，满足了巷道成形截割质量要求。

4、研发了井下掘进装备远程智能操控与截割控制系统

自主研发了井下悬臂式掘进机远程可视化辅助截割系统，实现了掘进机精确定位、定向导航和定形截割控制，以及巷道截割轨迹实时显示，超挖欠挖报警等功能，解决了复杂环境下掘进作业的远程可视化掘进，同时建立了数字孪生驱动的掘进装备远程智能操控系统，实现了掘进工作面设备群远程虚拟操控，承担了煤炭行业标准化相关工作，主持制定了陕西煤业化工集团《智能矿井掘进工作面建设标准》等规范，为煤矿智能化技术推进做出了巨大贡献。

本项目成果先后在 *IEEE Transactions on Industrial Electronics*、*Optics and Lasers in Engineering*、*IEEE ACCESS*、煤炭学报、煤炭科学技术等国内外著名学术期刊发表代表性论文30余篇，其中SCI、EI收录15篇，成果得到了国内外同行的认可；获批国家发明专利10余项，解决了煤炭行业的一个重大理论与技术难题，为提升我国煤炭开采技术水平做出了贡献；研究成果具有很强的市场竞争力和极大推广应用价值，在井下工业试验工程中得到了检验和完善，形成系列化实用理论与技术，达到国际先进水平。成果已在陕西神府、山西阳泉、山西王家岭、陕西大海则等矿区推广应用，以及西安煤矿机械有限公司、山东天河科技有限公司等掘进机厂家配套使用，经济社会效益显著。

四、客观评价

本项目在煤矿掘进装备精确位姿测量与智能截割控制的研究方面取得了系统性和开创性的突破。依托西安市科技计划项目和企业委托项目开展系统理论研究及应用，2020年12月8日，中国煤炭工业协会对“煤矿井下掘进装备精确定位与可视化截割控制技术及应用”项目进行了科技成果鉴定，鉴定委员会专家听取项目组的汇报，经质询和讨论，认为项目技术可行性很高，对推动煤矿智能化掘进和我国煤炭行业科技进步具有重大作用，经济、社会与生态效益很大。鉴定委员会专家一致同意通过科技成果鉴定，项目整体水平达到国际先进水平。

通过对本项目的研究,从理论和实践上解决了困扰掘进工作面的掘进装备位姿精确测量、可视化远程控制等问题。项目研究成果在现场实施后,掘进效率、综合成本、掘进司机操作环境等均有了较为显著的改善,在低照度、高粉尘的环境下实现了掘进装备的可视化远程智能操控,保证了掘进装备操作人员掘进过程中的安全,取得了明显的社会与经济效益。

本项目成果率先解决了煤矿井下掘进工作面设备精确定位、自主导航和自主截割难题,可视化远程智能控制技术破解了煤矿井下恶劣环境掘进装备的远程控制难题,对于提高煤矿掘进效率、掘进工人幸福感和煤矿安全生产均具有重大意义。

项目的思路方法和技术体系对煤矿巷道智能掘进具有借鉴作用。煤炭作为常规能源,长期担当能源基础保障重任。受掘进工作面复杂环境影响和煤矿井下GPS和北斗导航无信号,煤矿巷道掘进装备的位姿精确测量制约了掘进装备智能导航的发展。本项目较好解决了带有共性的煤矿掘进装备位姿精确测量难题,为推广应用提供了广阔空间与条件。

项目第一完成人张旭辉教授分别在中国煤机协会主办的“煤机装备智能化产业联盟成立大会”作了题为“煤矿采掘装备智能化技术发展与研究探索”的大会特邀报告,“第四届数字孪生与智能制造服务学术会议”作了题为“数字孪生驱动的煤矿采掘装备远程监控技术”的主题报告,本项目研究成果得到行业专家的高度评价。中国矿业大学吴淼教授等知名学者援引评价了本项目研究成果的科学性、先进性和有效性。

项目完成人张旭辉教授、杨文娟博士在煤矿井下装备视觉测量与导航研究领域研究成果 *Geometrically-driven underground camera modeling and calibration with coplanarity constraints for Boom-type roadheader* (几何驱动的悬臂式掘进用井下相机共面约束建模与标定)发表于电气电子领域国际顶级期刊 *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 该刊主编 Makoto Iwasaki 教授及匿名审稿人对该工作给予较高评价,认为几何驱动的井下相机共面约束建模与标定有效克服井下相机防爆玻璃和振动等因素的影响。

五、代表性论文专著目录

序号	论文专著名称	刊名	作者	第一完成单位	年卷页码	发表时间	通讯作者	第一作者	国内作者	SCI 他引次数	他引总次数	知识产权是否归国内所有
1	Geometrically-driven underground camera modeling and calibration with coplanarity constraints for Boom-type roadheader	IEEE Transactions on Industrial Electronics	W. Yang, X. Zhang, H. Ma and G. Zhang	西安科技大学	DOI: 10.1109/TIE.2020.3018072	2020	W. Yang	X. Zhang	杨文娟、张旭辉、马宏伟	0	0	是
2	Non-central refractive camera calibration using co-planarity constraints for a photogrammetric system with an optical sphere cover, , Volume 139, 2021, 106487,	Optics and Lasers in Engineering	Wenjuan Yang, Xuhui Zhang, Hongwei Ma, Guangming Zhang, Gang Yang,	西安科技大学	DIO: 10.1016/j.optlaseng.2020.106487	2020	Wenjuan Yang	Xuhui Zhang	杨文娟、张旭辉、马宏伟、杨刚	0	0	是
3	Infrared LEDs-Based Pose Estimation With Underground Camera Model for Boom-Type Roadheader in Coal Mining	IEEE ACCESS	Yang, Wenjuan; Zhang, Xuhui; Ma, Hongwe	西安科技大学	v7 p33698-33712	2019	Yang Wenjuan	Zhang Xuhui	杨文娟、张旭辉、马宏伟	0	0	是

4	Laser Beams-Based Localization Methods for Boom-Type Roadheader Using Underground Camera Non-Uniform Blur Model	IEEE ACCESS	W. Yang, X. Zhang, H. Ma and G. Zhang	西安科技大学	vol. 8, pp. 190327-190341, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3032368	2020	W. Yang	X. Zhang	杨文娟、张旭辉、马宏伟	0	0	是
5	悬臂式掘进机截割头姿态视觉检测系统	煤炭学报	杨文娟,马宏伟,张旭辉	西安科技大学	2018,43(S2):581-590.	2018	杨文娟	张旭辉	杨文娟,马宏伟,张旭辉	0	2	是
6	煤矿悬臂式掘进机截割头位置精确控制方法	煤炭学报	毛清华,陈磊,闫昱州,张旭辉,刘永伟	西安科技大学	2017,42(S2):562-567	2017	毛清华	毛清华	毛清华,陈磊,闫昱州,张旭辉,刘永伟	0	26	是
7	煤矿掘进机器人虚拟仿真与远程控制系统	工矿自动化	张旭辉,陈利,马宏伟,毛清华,杜昱阳等	西安科技大学	2016,42(12):78-83	2016	张旭辉	张旭辉	张旭辉,陈利,马宏伟,毛清华	0	20	是
8	基于虚拟现实的煤矿救援机器人远程控制技术	煤炭科学技术	张旭辉,董润霖,马宏伟等	西安科技大学	2017,45(05):52-57	2017	张旭辉	张旭辉	张旭辉,董润霖,马宏伟等	0	32	是
9	悬臂式掘进机可视化辅助截割系统研制	煤炭科学技术	张旭辉,张超,杨文娟,赵建勋	西安科技大学	2018,46(12):21-26.	2018	张旭辉	张旭辉	张旭辉,张超,杨文娟,赵建勋	0	6	是
10	矿用悬臂式掘进机截割头姿态视觉测量系统	工矿自动化	张旭辉,刘永伟,杨文娟,毛清华等	西安科技大学	2018,44(08):63-67.	2018	张旭辉	张旭辉	张旭辉,刘永伟,杨文娟,毛清华等	0	13	是

六、代表性知识产权目录

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(标准起草单位)	发明人(标准起草人)
1	发明专利	一种悬臂式掘进机截割头位姿视觉测量方法	中国	ZL201710443405.6	2018 年 06 月 29 日	2982887	西安科技大学	张旭辉,刘永伟,杨文娟,王冬曼,毛清华,杜昱阳
2	发明专利	矿用悬臂式掘进机可视化辅助导引方法和系统	中国	ZL201811330833.9	2020 年 05 月 19 日	3803805	西安科技大学	张旭辉,赵建勋,杨文娟,张超, 谢亚洲
3	发明专利	基于直线定位模型的掘进机机身位姿单目视觉测量方法	中国	ZL201810966751.7	2020 年 09 月 11 日	3982147	西安科技大学	张旭辉,杨文娟
4	发明专利	BINOCULAR VISION - BASED METHOD AND SYSTEM FOR POSE MEASUREMENT OF CANTILEVER TUNNELING EQUIPMENT	澳大利亚	202010683907.8 (CN)	2020 年 9 月 16 日	2020101932	西安科技大学	张旭辉, 张超, 杨文娟, 谢楠, 张楷鑫, 周创
5	发明专利	一种采煤机摇高采高视觉测量方法	中国	ZL201710442853.4	2017 年 6 月 13 日	2927033	西安科技大学	张旭辉, 杨文娟, 刘永伟, 毛清华, 谢亚洲, 谭厚志, 张超

6	发明专利	基于多图像序列的井下液压支架组位姿及直线度测量方法	中国	ZL201710442811.0	2017 年 6 月 13 日	2979383	西安科技大学	张旭辉, 杨文娟, 刘永伟, 毛清华, 王冬曼, 周颖, 张超
7	发明专利	基于视觉导航的煤矿悬臂式掘进机截割控制方法及系统	中国	ZL202010783915.X	2022 年 5 月 3 日	5130122	西安科技大学	张旭辉, 谢楠, 张超, 杨文娟, 张楷鑫, 周创
8	发明专利	一种悬臂式掘进机空间位姿自动检测方法及系统	中国	ZL202010850770.0	2022 年 3 月 15 日	5000442	西安科技大学	张旭辉, 谢楠, 张超, 杨文娟, 张楷鑫, 周创
9	发明专利	一种基于 VR 的煤矿综采设备碰撞检测与预警方法	中国	ZL201811233674.0	2018 年 10 月 23 日	3776404	西安科技大学	张旭辉, 王妙云, 杜昱阳, 张雨萌, 张超, 赵建勋
10	实用新型	一种悬臂式掘进机截割臂姿态非接触测量装置	中国	ZL201721212411.2	2017 年 9 月 20 日	7246401	西安科技大学	张旭辉, 刘永伟, 杨文娟, 王冬曼, 毛清华, 夏晶

七、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
张旭辉	1	院长	教授	西安科技大学	西安科技大学	项目负责人，负责项目整体方案制定与整体实施，对4个创新点均有重要贡献。
毛清华	2	副院长	教授	西安科技大学	西安科技大学	技术负责人，解决项目实施过程中的技术问题，负责项目的总体协调，对创新点3、4个均有重要贡献。
杨文娟	3	无	副教授	西安科技大学	西安科技大学	担任项目主要完成人之一，主要开展视觉测量理论研究，对创新点1、2个均有重要贡献。
杜昱阳	4	实验中心主任	工程师	西安科技大学	西安科技大学	担任项目主要完成人之一，视觉测量技术应用，对创新点4有重要贡献。
李德锁	5	无	教授级高工	陕西煤业股份有限公司	陕西煤业股份有限公司	担任项目主要完成人之一，负责项目工程应用，对创新点4有重要贡献。
张超	6	无	博士研究生	西安科技大学	西安科技大学	担任项目主要完成人之一，负责视觉测量技术应用与视觉伺服控制技术，对创新点3、4个均有重要贡献。
张鹏	7	副总经理	高工	西安煤矿机械有限公司	西安煤矿机械有限公司	担任项目主要完成人之一，视觉测量技术应用，对创新点4有重要贡献。
万继成	8	无	博士研究生	西安科技大学	西安科技大学	担任项目主要完成人之一，张旭辉教授正在指导的博士研究生，负责视觉伺服反馈控制技术及应用，对创新点3有重要贡献
雷孟宇	9	无	博士研究生	西安科技大学	西安科技大学	担任项目主要完成人之一，张旭辉教授正在指导的博士研究生，负责视觉伺服反馈控制技术及应用，对创新点3有重要贡献。

八、主要完成单位情况

1.西安科技大学

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，组织并完成了项目策划和实施工作，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，为本项目提供配套经费支持。

2.陕西煤业股份有限公司

陕西煤业股份有限公司参与了项目的工程应用，并将西安科技大学研发的“煤矿井下掘进装备视觉精确定位与智能截割技术”应用到陕煤集团的掘进装备上。

3.西安煤矿机械有限公司

西安煤矿机械有限公司参与了项目的研究，并将西安科技大学研发的“煤矿井下掘进装备视觉精确定位与智能截割技术”应用到西安煤矿机械有限公司的掘进装备上。相关技术通过了中国煤炭工业协会鉴定，鉴定结果为“国际先进”。

八、完成人合作关系说明

项目实施期间，项目完成人张超、万继成、雷孟宇由主持人张旭辉教授指导攻读博士学位；毛清华，杨文娟，杜昱阳，李德锁，张鹏等合作参与项目的研究与实施应用工作，主要取得如下成果：

1. 张旭辉/1、毛清华/2合作发表代表性论文6、7、10，合作代表性专利1、5、6、10，合作中国煤炭工业协会鉴定。

2. 张旭辉/1、杨文娟/3合作发表代表性论文1、2、3、4、5，合作代表性专利1、2、3、4、5、6、7、8、10，合作中国煤炭工业协会鉴定。

3. 张旭辉/1、杜昱阳/4合作发表代表性论文1、2、3、4、5、7、8，合作代表性专利1、9，合作中国煤炭工业协会鉴定。

4. 张旭辉/1、李德锁/5合作开展“煤矿井下掘进装备视觉精确定位与智能截割技术研究及应用”的工程应用，合作中国煤炭工业协会鉴定。

5. 张旭辉/1、张超/6合作发表代表性论文9，合作代表性专利2、4、5、6、7、

8、9，合作中国煤炭工业协会鉴定。

6. 张旭辉/1、张鹏/7合作完成“煤矿井下掘进装备视觉精确定位与智能截割技术”的性能测试，合作中国煤炭工业协会鉴定。

7. 张旭辉/1、万继成/8合作中国煤炭工业协会鉴定。

8. 张旭辉/1、雷孟宇/9合作中国煤炭工业协会鉴定。

项目信息（科学技术进步奖）

一、项目名称

浅埋煤层群重复采动覆岩控制与灾害防治研究

二、提名者及提名意见

提名单位：陕西省煤炭学会

提名意见：

该成果以浅埋近距离煤层群开采覆岩控制与灾害防治为目标，对浅埋近距离煤层群开采过程中的覆岩破断特征以及裂隙带的发育规律进行系统研究，探寻浅埋近距离煤层群开采矿压显现规律与单一煤层开采不同的原因，确定覆岩裂隙发育高度，对于浅埋近距离煤层群开采过程中回采工作面的顶板稳定性控制以及安全开采具有极其重要的意义，解决了全行业的一个重大技术难题，为提升我国煤炭开采的技术水平做出了贡献。研究成果具有很强的市场竞争力和极大推广应用价值，对于促进科学采矿和区域经济发展具有重大意义。

成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科技进步奖提名条件。**特提名为陕西省科技进步奖二等奖。**

三、项目简介

本项目属于项目技术领域为煤矿开采，矿山压力工程领域。

随着陕北侏罗纪煤层开采规模不断扩大，许多矿井自初期投产以来所开采的浅部煤炭资源逐渐枯竭，不得不转向煤层群的下部开采。当煤层层间距离较大时，上部煤层开采后对下部煤层的开采影响程度较小，其矿压显现规律、开采方法几乎不受上部煤层开采的影响，与单一煤层开采情况基本相同。但是随着煤层层间距离的减小，浅埋煤层近距离开采之间的相互影响会逐渐增大，特别是当煤层的间距较近时，下部煤层开采会受到上部煤层采动的显著影响。浅埋近距离煤层上部开采空区，或者是上部煤层开采后残留区段煤柱在底板形成的集中压力，将会导致下部煤层开采区域的顶板运动结构和应力环境发生变化。实践表明，浅埋煤层近距离煤柱采空区形成的顶板结构和来压普遍出现台阶下沉、裂隙群扩展等强

矿压现象。

为了较好的解决上述问题，本项研究基于矿山压力及岩层控制理论、绿色开采和科学采矿学术思想，在国家自然科学基金、省部级基金和企业合作等系列项目支持下，历时10年，形成了浅埋煤层群开采动压防治与水害治理关键理论技术体系，对浅埋近距离煤层群开采过程中回采工作面的顶板稳定性控制以及安全开采具有极其重要的意义。创新点如下：

（1）揭示了浅埋近距离煤层群开采动压致灾机理

通过建立浅埋近距离煤层群开采覆岩关键层结构失稳模型，并结合模拟手段，研究不同水平工作面不同上覆岩层结构的失稳导致事故的机理，认识和总结了浅埋煤层群开采动压致灾的规律及机理，为动压治理及防控提供了理论基础。

（2）揭示并提出了典型煤柱采空区下避压机理及方法

通过建立基于半无限平面煤柱应力传递模型，揭示了上煤层开采后煤柱应力集中传递规律，掌握了采面布置方式对煤层群开采矿压显现的影响，通过针对不同工况设计合理错距，避开了上煤层开采的应力增高区，减少了下煤层受动压影响，为合理选择开采方案和科学管理提供了依据。

（3）揭示了浅埋近距离煤层群两带发育高度随下行采动的演化规律

通过建立浅埋煤层群分步开采等效厚度模型，对煤层群开采覆岩两带发育高度进行了准确分析与动态预测，为下组煤工作面布置、支护设计提供理论基础。分析了多采空区贯通裂隙演化机理，并结合多因素耦合评价模型的预测结果提出了相应的安全开采水害防治措施。

本项目成果相关研究成果发表论文20篇，其中7篇被EI收录，被国内外相关专家学者正面引用758篇次；授权发明专利4项，实用新型专利6项。研究成果得到普遍应用，影响广泛。解决了煤炭行业的一个重大理论与技术难题，为提升我国煤炭开采技术水平做出了贡献；研究成果具有很强的市场竞争力和极大推广应用价值。研究成果在韩家湾矿井推广应用，通过建立浅埋煤层群重复采动灾害主动防控技术体系，显著的提高了工作面动压防治效果，提高了工作开采效益，相比之前被动防治方法，每年提高了原煤生产量，直接经济效益显著。

四、客观评价

本成果所依托的 2 项国家自然科学基金面上项目，1 项企业合作科研课题，均通过国家自然科学基金委员会及相关企业项目验收。

相关研究成果“浅埋近距离煤层群开采动压致灾机理”，揭示不同水平工作面不同上覆岩层结构的失稳导致事故的机理，认识和总结了浅埋煤层群开采动压致灾的规律及机理，为动压治理及防控提供了理论基础。发表论文 8 篇，他引 236 次。授权国家发明专利 4 项。研究成果“典型煤柱采空区下避压机理及方法”，实现了煤柱采空区下避压及卸压，为解放大量优质煤炭资源提供了途径。发表论文 5 篇，他引 295 次，授权国家发明专利 3 项；研究成果“浅埋近距离煤层群两带发育高度随下行采动的演化规律”，解决了煤层群开采裂隙发育动态参数难以精准确定的难题。发表论文 7 篇，他引 277 次，授权国家发明专利 3 项。2022 年 2 月 24 日，中国煤炭工业协会组织有关专家在西安对陕西陕北矿业韩家湾煤炭有限公司、西安科技大学及陕西能源职业技术学院共同完成的“浅埋煤层群重复采动覆岩控制与灾害防治研究”项目进行了鉴定。鉴定委员会专家听取了项目第一完成人的汇报，经质询和讨论，认为项目技术可行性很高，对推动矿业工程学科和我国煤炭行业科技进步具有重大作用，应用程度很高，经济、社会效益很大。鉴定委员会一致认为，创新点突出，符合鉴定要求，同意通过技术鉴定，项目成果总体达到了国际先进水平，并建议加强该技术成果的推广应用力度。

五、代表性论文专著目录（限 5 条）

序号	论文专著名称	刊名	作者	第一完成单位	年卷页码	发表时间	通讯作者	第一作者	国内作者	SCI 他引次数	他引总次数	知识产权是否归国内所有
1	采动及渗流作用下隔水土层破坏规律研究	岩土力学	张杰、杨涛、田云鹏、王斌	西安科技大学	2015 年 36 期 1 卷 219-224	2015.01	张杰	张杰	张杰、杨涛、田云鹏、王斌	0	19	是
2	基于隔水土层失稳模型的顶板突水致灾预测研究	煤炭学报	张杰、杨涛、索永录、刘东、周府伟	西安科技大学	2017 年 42 期 10 卷 2718-2724	2017.10	张杰	张杰	张杰、杨涛、索永录、刘东、周府伟	0	6	是
3	浅埋煤层区段煤柱稳定性实验分析及应用	矿业安全与环保	张杰、霍军鹏、王斌、刘东	西安科技大学	2016 年 43 卷 1 期 30-33	2016.03	张杰	张杰	张杰、霍军鹏、王斌、刘东	0	15	是
4	浅埋煤层沟谷下开采动载机理研究	采矿与安全工程学报	张杰、龙晶晶、杨涛、王斌、周府伟	西安科技大学	2019 年 36 卷 6 期 1222-1227	2019.11	张杰	张杰	张杰、龙晶晶、杨涛、王斌、周府伟	0	4	是
5	Gradient Boosting 算法在典型浅埋煤层液压支架选型中的应用	煤矿安全	张杰、孙遥、谢党虎、蔡维山、刘清洲、龙晶晶	西安科技大学	2020 年 51 卷 7 期 166-170+175	2020.07	张杰	张杰	张杰、孙遥、谢党虎、蔡维山、刘清洲、龙晶晶	0	4	是
6												

六、代表性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	授权公告日	证书编号	权利人(标准起草单位)	发明人(标准起草人)
1	实用新型专利	一种新型矿灯安全帽	中国	ZL2020 2 0039971.8	2020.11.10	11879051	西安科技大学	张杰、康小杰、何义峰、李宏儒、白文勇、刘清洲、陈诚
2	实用新型专利	一种能自动脱离窥视探头的一次性防污装置	中国	ZL2019 2 1960900.5	2020.11.13	11127724	西安科技大学	张杰、白文勇、陈诚、康小杰、李宏儒、何义峰
3	实用新型专利	一种适用于褶皱地质构造下开采的模拟实验装置	中国	ZL2017 2 0728517.1	2018.02.02	6937987	西安科技大学	张杰、周府伟、杨涛、刘效贤、龙晶晶、刘东
4	实用新型专利	适用于固液耦合相似模拟实验的导水裂缝带监测装置	中国	ZL2016 2 1339455.7	2017.06.09	6209690	西安科技大学	张杰、杨涛、周府伟、刘东、龙晶晶
5	实用新型专利	一种适用于模拟承压含水层的相似模拟实验装置	中国	ZL2017 2 0522916.2	2017.05.11	6690425	西安科技大学	张杰、杨涛、周府伟、刘效贤
6	实用新型专利	一种模拟基岩注浆充填的实验装置	中国	ZL2016 2 1344181.0	2017.06.06	6198510	西安科技大学	张杰、周府伟、杨涛、龙晶晶、刘东
7	发明专利	一种软顶煤层无爆破切顶卸压沿空留巷方法	中国	ZL2017 1 1454855.1	2019.03.19	3298193	西安科技大学	张杰、杨涛、周府伟、赵劭
8	发明专利	浅埋近距房柱式采空区上行开采岩层稳定性分析方法	中国	ZL2018 1 1563283.5	2019.08.16	3493152	西安科技大学	张杰、刘清洲、陈诚、张建辰、孙遥、蔡维山、杨涛、王斌

9	发明专利	一种薄基岩浅埋煤层来压步距的计算方法	中国	ZL2019 1 1297754.7	2021.03.16	4298042	西安科技大学	张杰、刘清洲、杨森、杨涛、 王斌
10	发明专利	一种智能化井下猴车运输装置	中国	ZL2019 1 1241684.3	2020.09.11	3981414	西安科技大学	张杰、何义峰、康小杰、李宏 儒、白文勇、刘清洲、陈诚

七、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
张 杰	1	无	教授	西安科技大学	西安科技大学	项目负责人，主要承担项目研究方案和研究路线的设计，组织实施课题研究的全过程。对创新点一、二、三做出了创造性的贡献，投入工作量占本人工作量的 60%以上，主要贡献为： (1) 揭示了多煤层下关键层结构失稳特征及动载矿压机理； (2) 揭示并提出了典型煤柱采空区下避压机理及方法； (3) 揭示了浅埋近距离煤层群两带发育高度随下行采动的演化规律。
杨建华	2	无	教授	陕西能源职业技术学院	陕西能源职业技术学院	项目主要参与人，主要承担项目部分理论推导、实验设计及现场观测方案的制定。对创新点一、二、三做出了创造性的贡献，投入工作量占本人工作量的 60%以上，主要贡献为： (1) 通过实测和模拟研究浅埋近距离煤层群的空间组合关系，开采过程中顶、底板结构，揭示浅埋近距离煤层群开采过程中煤层岩裂隙发育、贯通、分布特征。 (2) 研究在重复采用下覆岩裂隙时空演化规律，覆岩“三带”发育高度，掌握工作面开采后煤层顶板垮落带、导水裂缝带发育范围，揭示导水灾变机理，提出水害防治措施。
霍军鹏	3	生产地测技术管理部	高级工程师	陕西陕北矿业韩家湾煤炭有限公司	陕西陕北矿业韩家湾煤炭有限公司	项目主要参与人，主要承担项目部分理论推导、实验设计及现场观测方案的制定。对创新点一、二、三做出了创造性的贡献，投入工作量占本人工作量的 60%以上，主要贡献为： (1) 现场探测实施方案的制定与实测； (2) 现场动压危险区数据的统计及分析。
杨 涛	4	无	讲师	西安科技大学	西安科技大学	项目主要参与人，主要承担项目部分理论推导、实验及现场观测方案的制定。对创新点二、三做出了创造性的贡献，投入工作量占本人工作量的 50%以上，主要贡献为： (1) 分析并提出了煤层群顶板突水预测方法； (2) 优化了采动卸压方法及预测参数分析。
乔重让	5	副经理	高级工程师	陕西陕北矿业韩家湾煤炭有限公司	陕西陕北矿业韩家湾煤炭有限公司	项目主要参与人，主要承担项目部分理论推导、实验设计及现场观测方案的制定。对创新点一、二、三做出了创造性的贡献，投入工作量占本人工作量的 50%以上，主要贡献为： (1) 现场工程试验开展验证煤层群顶板突水预测方法； (2) 采用数值模拟优化了采动卸压方法及预测参数分析。
丁 佳	6	副经理	高级工程师	陕西陕北矿业韩家湾煤炭有限公司	陕西陕北矿业韩家湾煤炭有限公司	项目主要参与人，主要承担项目部分理论推导、实验设计及现场观测方案的制定。对创新点一、二、三做出了创造性的贡献，投入工作量占本人工作量的 50%以上，主要贡献为： (1) 现场探测实施方案的制定与实测；

						(2) 现场动压危险区数据的统计及分析。
卢少帅	7	一级业务主管	工程师	陕西陕北矿业韩家湾煤炭有限公司	陕西陕北矿业韩家湾煤炭有限公司	项目主要参与人，主要承担项目部分理论推导、实验设计及现场观测方案的制定。对创新点一、二、三做出了创造性的贡献，投入工作量占本人工作量的 50%以上，主要贡献为： (1) 实验室内进行了煤层群裂隙发育相似物理演化规律的研究； (2) 优化了采动卸压方法及预测参数分析。
雷鹏翔	8	一级业务主管	工程师	陕西陕北矿业韩家湾煤炭有限公司	陕西陕北矿业韩家湾煤炭有限公司	项目主要参与人，主要承担项目部分理论推导、实验设计及现场观测方案的制定。对创新点一、二、三做出了创造性的贡献，投入工作量占本人工作量的 40%以上，主要贡献为： (1) 理论统计分析动压防控监测数据； (2) 建立煤层高强开采动压机理模型，并用于现场案例计算。
王 斌	9	无	讲师	西安科技大学	西安科技大学	项目主要参与人，主要承担项目部分理论推导、实验设计及现场观测方案的制定。对创新点一、二、三做出了创造性的贡献，投入工作量占本人工作量的 40%以上，主要贡献为： (1) 现场探测实施方案的制定与实测； (2) 下行开采过程中现场涌水量的实测及统计分析。

八、主要完成单位情况

1. 陕西陕北矿业韩家湾煤炭有限公司

陕西陕北矿业韩家湾煤炭有限公司为该项目的第一完成单位，先后投入技术人员 18 人，其中高级工程师 3 名，现场技术人员 15 人。项目成员在研究期间，密切配合，开展理论分析及现场工业性试验等相关研究内容，高效的完成了项目预期研究目标，取得了显著的成绩。

项目开展过程中，密切配合该项目主持单位，开展煤层开采煤柱群卸压关键技术以及顶板突水预测技术方面的研究工作。运用项目提出的煤层群下行开采主动避压、卸压方法，为合理选择开采方案和科学管理提供了保障；通过煤层群开采覆岩两带发育高度的准确分析与预测，为工作面布置、支护设计提供基础。通过在 3-1 煤层、4-2 煤层多个主采工作面开展工程实践验证，形成适用于陕西陕北矿业韩家湾煤炭有限公司的浅埋煤层群重复采动覆岩控制与灾害防治模式。

2. 西安科技大学

西安科技大学为本项目的主要参与单位之一，先后投入 24 人，其中教授 3 人，副教授 5 人，讲师 6 人，研究生 10 人。项目成员在研究期间，密切配合，

开展理论分析、实验室试验、数值模拟、物理模拟及现场工业性试验等相关研究内容，高效的完成了项目预期研究目标，取得了显著的成绩。表现为：1) 组织并完成了项目策划和实施工作；2) 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；3) 提供了本项目所需的设备、能源、图书资料和数据库等资源；4) 为本项目提供配套经费支持。

3. 陕西能源职业技术学院

陕西能源职业技术学院为本项目的主要参与单位之一，先后投入10人，其中教授2人，副教授3人，讲师5人。项目成员在研究期间，密切配合，开展实验室试验、数值模拟及现场工业性试验等相关研究内容，高效的完成了项目预期研究目标，取得了显著的成绩。

在项目开展过程中，密切配合该项目主持单位，运用项目提出的采动卸压方法，开展煤层采动覆岩位移及应力分布规律观测的理论及现场工业性试验，研究不同水平工作面上覆岩层结构的失稳导致事故的机理，认识和总结浅埋煤层群开采动压致灾的规律及机理。为进一步完善浅埋煤层群重复采动覆岩控制与灾害防治研究与应用做出了重要贡献。

九、完成人合作关系说明

本项目是由陕西陕北矿业韩家湾煤炭有限公司联合西安科技大学以及陕西能源职业技术学院合作完成的。

项目实施期间，项目完成人张杰、杨建华、霍军鹏、杨涛、乔重让、丁佳、卢少帅、雷鹏翔、王斌合作进行项目的研究工作，主要取得成果如下：

1. 张杰/1、杨涛/4、王斌/9合作发表知识产权2-5、2-12、2-19、3-1、3-2；
2. 张杰/1、霍军鹏/3、王斌/9合作发表知识产权2-13；
3. 张杰/1、杨涛/5合作发表知识产权2-18、3-3、3-7、3-8、3-9、3-10；
4. 张杰/1、杨建华/2、霍军鹏/3、乔重让/5、丁佳/6、王斌/9合作进行了4-2煤层首采工作面矿压规律及覆岩发育观测研究；
5. 张杰/1、杨涛/4、乔重让/5、卢少帅/7、雷鹏翔/8合作进行了浅埋近距煤层群下4-2煤开采覆岩三带发育及水害防治研究。

项目信息（科学技术进步奖）

一、项目名称

煤自燃多尺度协同防控理论与技术

二、提名者及提名意见

提名单位：陕西省煤炭学会

提名意见：

我国90%以上煤层为自燃或容易自燃煤层，煤自燃及其次生灾害严重威胁矿井安全生产，由于煤成分的多样性、煤自燃环境的复杂性、高温火源的隐蔽性决定了煤自然发火早期隐患识别及主动防控难度较大。目前，多是基于微观或宏观单一尺度的研究，难以解决煤自燃多尺度演变过程协同防控的关键科学技术问题。针对煤自燃科学防控存在的难题，系统研究了表征煤自燃构效本质特征的微观结构、介观孔隙、宏观物理场，创建了煤自燃多尺度理论体系，发明了煤自燃特征信息监测预警技术，攻克了煤自燃时空演变的多维度防控技术。项目创新性突出，兼顾前沿性和实用性，提升了我国煤矿安全的保障能力，对煤火灾害隐患的早期识别及科学防控具有重要指导意义和应用价值。项目主要技术成果通过多个省市的数十个矿井推广应用，创造了显著的经济和社会效益。

成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科技进步奖提名条件。**特提名为陕西省科技进步奖二等奖。**

三、项目简介

本项目属于“矿山安全”技术领域。

煤层火灾严重威胁矿井安全生产，易造成采煤面和矿井停产甚至封闭，引发瓦斯、煤尘、水煤气爆炸或火烟毒化矿井等事故，酿成人员伤亡的恶性事故。随着矿井开采强度和深度的增加，煤自燃趋于复杂化和多样化，呈现出煤自燃的多尺度特征。因此，项目围绕煤自燃微观基团演化、介观孔隙发育和宏观物理场运移等关键科学技术问题，开展了系统的理论研究和攻关，创建了煤自燃“微观-介观-宏观”理论体系，发明了煤自燃特征信息无线监测预警系统，提出了煤自燃多尺度协同防控方法。

主要科技创新内容：

(1) 构建了煤自燃特征分子结构模型，确定了促进煤氧化链式反应发展的关键反应环节；建立了煤分子中酸性含氧官能团脱氢链式反应过程模型，确定了煤自燃突变过程微观尺度的关键基团，揭示了煤自燃氧化基团脱氢机制；开发了惰化煤表面活性基团的纳米片层无机阻化材料，优化了阻化材料配比，揭示了阻化剂抑制煤自燃的配位耦合机理。

(2) 构建了基于介观尺度的采空区松散煤岩体高温点正反演动态预测模型，确定了松散煤体的气体渗流特性，掌握了煤自燃过程中能量与气体输运的时空变化规律；得到了高温点的形成过程及动态演化规律，提出了多信息耦合叠加原理的危险区域融合判识方法；开发了系列煤自燃防治新材料，实现高温区域窒息降氧、快速降温。

(3) 掌握了温度场与气体浓度场发生、发展及其动态演化特征，确定了压能分布规律和漏风通道；研发了矿用本安型泵吸式多参数无线传感器，建立了基于DWT-LSTM算法的煤自燃危险程度预测模型；开发了采空区煤火灾害感知预警与危险程度动态预测系统，动态监测采空区的“呼吸”状况，智能分析采空区的漏风规律，实现煤自燃早期隐患的及时识别和精准预测。

(4) 基于煤自燃多尺度构效本质特征，构建了“靶向阻化、定位封堵、定向降温”的煤自燃“定点-定时-定向”协同防控技术体系；开发了纳米片层无机阻化材料循环喷洒工艺与装备，实现了煤自燃危险区域的定点阻化；研发了堵漏控风的无机发泡膏体充填工艺与装备，实现了采空区漏风通道的定时封控；研发了矿井灌浆注氮在线监测与远程智能控制系统，实现了采空区漏风通道的定向惰化降温；并提出了煤自燃隐患及危险程度分级协同防控准则，开发了煤自燃协同防控软件平台，实现了煤自燃危险区域的动态判定、防灭火系统装备的实时监测和远程智能控制。

本项目成果先后在煤炭学报、Fuel、Energy等国内外著名学术期刊发表代表性论文40余篇，其中SCI、EI收录20余篇，出版了学术专著2部，授权专利20余项，登记软件著作权2项，得到了国内外同行的认可。研究成果已在全国主要煤发生

产基地进行了推广应用，研发的动态辨识预警技术为矿井安全监测、火灾防控提供了参考依据，研发的煤自然发火协同防控技术显著降低了煤自燃灾害发生的可能性与严重度，保证了井下人员的生命安全，社会经济效益显著，应用前景广阔。

四、客观评价

经教育部科技查新工作站对项目相关研究成果“煤自然发火多尺度特征参数及预测方法”、“煤自燃基团突变机制及纳米定向阻化抑制阻化技术”的查新点进行对比分析，在检索范围内，除申报单位独立或联合其他单位发表的文献涉及查新项目相关研究内容外，国内外未见相似报道。

2017年12月20日中国煤炭工业协会组织有关专家，对项目相关研究成果“煤自然发火多尺度特征参数与预测方法研究”进行了鉴定。鉴定委员会专家听取项目组的汇报，经质询和讨论，认为项目技术可行性很高，达到了预期目标，同意通过鉴定，技术成果达到国际先进水平。

2020年10月15日中国职业安全健康协会组织有关专家，对项目相关研究成果“煤自燃基团突变机制及纳米定向阻化抑制阻化技术”进行了函审鉴定。鉴定委员会专家审查了相关技术资料，经讨论认为项目技术符合鉴定要求，物化成果丰富，同意通过成果鉴定，研究成果达到国际先进水平。

2020年12月30日中国煤炭工业协会组织有关专家，对项目相关研究成果“采空区煤火灾害动态感知预警与危险程度预测技术研究”进行了科技成果鉴定。鉴定委员会专家听取了汇报、审阅了技术资料，经质询、讨论，认为项目提供的技术资料完整，符合鉴定要求，完成了《计划任务书》规定的研究内容，研究成果达到国际先进水平。

五、代表性论文专著目录（限5条）

序号	论文专著名称	刊名	作者	第一完成单位	年卷页码	发表时间	通讯作者	第一作者	国内作者	SCI他引次数	他引总次数	知识产权是否归国内所有
1	Analysis of oxidation pathways for characteristic groups in coal spontaneous combustion	Energy	张嬭妮、舒盼、邓军、段正肖、李乐乐、张陆陆	西安科技大学	254,124211	2022.05.09	张嬭妮	张嬭妮	张嬭妮、舒盼、邓军、段正肖、李乐乐、张陆陆	0	0	是
2	卤盐载体无机盐阻化煤自燃的机理及性能	工程科学学报	张嬭妮、侯云超、刘博、邓军、刘春辉、杨晶晶、温心宇	西安科技大学	43,10:1295-1303	2021.10.01	张嬭妮	张嬭妮	张嬭妮、侯云超、刘博、邓军、刘春辉、杨晶晶、温心宇	0	0	是
3	Assessing the effectiveness of a high-temperature-programmed experimental system for simulating the spontaneous combustion properties of bituminous coal through thermokinetic analysis of four oxidation stages	Energy	赵婧昱、邓军、王涛、宋佳佳、张嬭妮、徐启铭、曾强	西安科技大学	169,587-596	2018.12.15	赵婧昱	赵婧昱	赵婧昱、邓军、王涛、宋佳佳、张嬭妮、徐启铭、曾强	81	81	是
4	A comparison of random forest and support vector machine approaches to	Fuel	雷昌奎、邓军、曹凯、肖旻、马砺、王伟峰、马腾、徐启铭	西安科技大学	239,297-311	2019.11.10	雷昌奎	雷昌奎	雷昌奎、邓军、曹凯、肖旻、马砺、王伟峰、马	49	49	是

	predict coal spontaneous combustion in gob								腾、徐启铭			
5	Experimental investigation on using ionic liquid to control spontaneous combustion of lignite	Process Safety and Environmental Protection	白祖锦、王彩萍、邓军、康付如、徐启铭	西安科技大学	142,138-149	2020.10	王彩萍	白祖锦	白祖锦、王彩萍、邓军、康付如	37	37	是

六、代表性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	授权公告日	证书编号	权利人(标准起草单位)	发明人(标准起草人)
1	发明专利	Device and Method for Determining Coal Pore Structure Change Based on Nuclear Magnetic Resonance Technology	澳大利亚	2021103305	2021.07.14		西安科技大学	张嫵妮;舒盼;王安鹏;樊世鑫;黄浩;刘春辉;邓军;王凯;程方明
2	发明专利	一种高温煤田火区精准分区爆破灭火方法	中国	CN108815752B	2019.07.02	证书号第 3438340 号	西安科技大学	张嫵妮;李海涛;冯志超;陈少康;刘春辉;王安鹏;邓军;易欣;程方明;王亚超
3	发明专利	矿井煤自燃特征信息高密度网络化监测预警系统	中国	CN106870007B	2019.11.15	证书号第 3597978 号	西安科技大学	王伟峰;邓军;石浩;郭丽丽;窦永婷;卞朝阳;祝文君;吴世熊
4	发明专利	一种煤矿离子液体阻化剂的回收方法	中国	CN106590809B	2019.09.27	证书号第 3542564 号	西安科技大学	邓军;肖旻;白祖锦;徐启铭;王彩萍;易欣
5	实用新型	一种敞开式厢体煤自燃检测装置	中国	CN216560443U	2022.05.17	证书号第 16544414 号	西安科技大学	张嫵妮;刘雪梦;舒盼;段正肖;张陆陆;王伟峰
6	实用新型	一种矿井采空区三带阻化剂智能喷洒系统	中国	CN216788465 U	2022.06.21	证书号第 16771712	西安科技大学	张嫵妮;李乐乐;舒盼;段正肖;王凯;杨晶晶;张陆

						号		陆
7	实用新型	一种测试煤自然发火全过程的实验系统	中国	CN208818642U	2019.05.03	证书号第 8806404 号	西安科技大学	赵婧昱;张宇轩;宋佳佳;张嫵妮; 邓军;郭涛;王涛
8	实用新型	一种研究煤高温区域的模拟测试煤仓	中国	CN209085793U	2019.07.09	证书号第 9063552 号	西安科技大学	赵婧昱;郭涛;王涛;宋佳佳;张宇 轩
9	实用新型	一种用于模拟煤田火灾演化的试验装置	中国	CN216449501U	2022.05.06	证书号第 16436732 号	西安科技大学	赵婧昱;明汉奇;宋佳佳;卢世平; 郭涛;张宇轩
10	软件著作权	煤自燃无线监测预警系统 V1.0	中国	2021SR1296177	2021.01.18	证书号第 8018803 号	陕西西科智安信息科技有限公司,西安科技大学	王伟峰;杨博;刘韩飞;王志强;任 立峰;霍宇航;路翠珍

七、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
张婉妮	1	消防救援系主任	教授	西安科技大学	西安科技大学	担任项目总负责人，为本项目的第一完成人，负责总体技术攻关
赵婧昱	2	消防救援系副主任	副教授	西安科技大学	西安科技大学	担任项目主要完成人之一，对主要技术内容（1）、（2）和（3）做出了贡献。
王伟峰	3	无	教授	西安科技大学	西安科技大学	担任项目主要完成人之一，对主要技术内容（2）和（3）做出了贡献。
刘博	4	无	副教授	西安科技大学	西安科技大学	担任项目主要完成人之一，对主要技术内容（1）和（4）做出了贡献。
雷昌奎	5	无	讲师	太原理工大学	太原理工大学	担任项目主要完成人之一，对主要技术内容（2）和（4）做出了贡献。
李申龙	6	总工程师	高级工程师	陕西未来能源化工有限公司 金鸡滩煤矿	陕西未来能源化工有限公司 金鸡滩煤矿	担任项目主要完成人之一，对主要（4）做出了贡献。
白祖锦	7	无	无	西安科技大学	西安科技大学	担任项目主要完成人之一，对主要技术内容（1）和（4）做出了贡献。
任帅京	8	无	无	西安科技大学	西安科技大学	担任项目主要完成人之一，对主要技术内容（2）和（4）做出了贡献。
宋佳佳	9	无	无	西安科技大学	西安科技大学	担任项目主要完成人之一，对主要技术内容（1）和（4）做出了贡献。

八、主要完成单位情况

1. 西安科技大学

作为本项目的依托单位，西安科技大学为项目的顺利完成并取得优异成绩做出了重要贡献，表现为：1）组织并完成了项目策划和实施工作；2）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；3）提供了本项目所需的设备、能源、图书资料和数据库等资源；4）为本项目提供配套经费支持。

2. 陕西西科智安信息科技有限公司

作为本项目的依托单位，陕西西科智安信息科技有限公司为项目的顺利完成并取得优异成绩做出了重要贡献，表现为：1）组织并完成了项目策划和实施工作；2）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；3）提供了

本项目所需的设备、能源、图书资料和数据库等资源。

3. 陕西未来能源化工有限公司金鸡滩煤矿

作为本项目的依托单位,陕西未来能源化工有限公司金鸡滩煤矿为项目的顺利完成并取得优异成绩做出了重要贡献,表现为:1)组织和开展了现场工作;2)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。

九、完成人合作关系说明

1. 张燕妮/1、赵婧昱/2合作发表代表性论文3, 代表性专利8。
2. 张燕妮/1、王伟峰/3合作发表代表性专利6。
3. 张燕妮/1、刘博/4合作发表代表性论文2。
4. 王伟峰/3、雷昌奎/5合作发表代表性论文4。
5. 张燕妮/1为白祖锦/7、任帅京/8、宋佳佳/9的博士后合作导师。
6. 赵婧昱/2、宋佳佳/9合作发表代表性论文3, 代表性专利7、8和9。

项目信息（科学技术进步奖）

一、项目名称

复合煤岩动力灾害鉴定、预测预警及防控技术

二、提名者及提名意见

提名单位：陕西省煤炭学会

三、项目简介

本项目属于煤矿安全领域，方向是煤岩动力灾害防控。

深部地质条件下，煤矿井工开采时出现一种新型煤岩瓦斯动力灾害，其表现出具有冲击倾向性和突出危险性的双重动力学特性，其由单一、独立的冲击地（矿）压或煤与瓦斯突出转变为相互交叉型，并已成为煤矿一种主要的、新型的安全危害，即**复合煤岩动力灾害**。复合煤岩动力灾害发生区域煤岩体物理力学性质不同于典型灾害发生区域，发生力学条件为高地应力、强动载扰动和中高瓦斯压力共同主导，灾害发生兼具煤与瓦斯突出和冲击地压特征，发生机理变得更为复杂，预测预警及防治难度加大。**复合煤岩动力灾害防控是世界性难题**，已成为当前亟待解决的重大行业问题，但复合煤岩动力灾害发生机理、鉴定、预测预警与防控方面目前只进行了初步研究或机械的采用典型煤与瓦斯突出和冲击地压的预防技术或法律法规，尚未形成自己独有的防控技术及相应的法律法规。为了解决深部复合煤岩动力灾害精准防控难题，需要研究复合煤岩动力灾害发生机理、量化鉴定指标临界值、预测预警与防控技术装备等问题。经研究取得以下研究成果：

（1）首次提出了控制复合煤岩动力灾害的“主控地质体”概念，建立了“主控地质体”理论方法，该理论方法弥补了现有的一些理论方法仅仅从地质构造、力学角度进行灾害预测缺陷，从地层沉积埋藏作用、地质构造作用、热作用及生烃作用等时空配置综合角度进行灾害发生预测，既解决了现有理论可预测功能，又可实现解释、预测煤层群不同煤层复合煤岩动力灾害危险性程度差异。

（2）首次提出了深部复合煤岩动力灾害煤层鉴定的单项指标及临界值，使得复合煤岩动力灾害鉴定、预测及效果检验有了初步的技术依据。

（3）首次从瓦斯浓度信息中提取了反映复合煤岩动力灾害煤体强度、瓦斯

含量、地应力的指标，实现了复合煤岩动力灾害的快速连续精准预警，弥补了传统钻孔取样测定指标点预测、准确性差、无法趋势预警缺陷，实现了同时预警复合煤岩动力灾害突出危险性、冲击倾向性双重动力学行为。

(4) 声发射预警技术在典型冲击地压灾害方面具有较好应用，但在复合煤岩动力灾害方面尚属首次；声发射和微震技术的综合应用，实现了复合煤岩动力灾害区域、局部精准预警。

(5) 综合预警技术及系统在典型煤与瓦斯突出方面具有较好应用，但在复合煤岩动力灾害方面尚属首次，复合煤岩动力灾害预警技术及系统增加了冲击地压方面相关预警指标模型，实现了复合煤岩动力灾害的精准预警，预警准确率平均达到 95%以上。

(6) 目前，水力割缝技术在我国复合煤岩动力灾害方面应用不多，针对复合煤岩动力灾害特殊的物理力学环境，超高压水力割缝技术及装备增加了清水泵的压力和流量，额定压力达到 100MPa，额定流量达到 125 L/min，并增加了远程操控平台，实现了复合煤岩动力灾害的安全有效防控。

深部复合煤岩动力灾害精准防控理论、技术及装备已在我国河南平煤、安徽淮南进行了应用，并在山西潞安、安徽淮北及甘肃窑街等矿区近二十对矿井成功进行了成果推广应用，产生直接经济效益 2 亿元以上，推广应用前景良好。

经中国煤炭工业协会鉴定，研究成果达到国际先进水平，国家安全生产监督管理总局已明确将项目成果列入了煤矿瓦斯灾害防治科技发展对策（2014）中；依托该项目申请了 10 余项发明专利，发表了 20 余篇核心论文（SCI 收录 5 篇，EI 收录 6 篇），出版专著 4 部。

四、客观评价

2018 年 3 月 18 日，中国煤炭工业协会组织专家对由西安科技大学、中煤科工集团重庆研究院有限公司共同完成的“深部复杂地质条件下非典型突出防控理论、技术及装备”项目进行科技成果鉴定。鉴定委员会审阅了相关技术资料，听取了课题组的汇报，经质询和讨论，形成意见如下：

1、提出了控制非典型突出的“主控地质体”概念，阐述了非典型突出地质作用机理，解释了煤层群非典型突出灾害程度差异；初步明确了深部复杂地质条件下非典型突出物理力学特性、参数范围及突出发生条件。

2、从瓦斯浓度信息中提取了在一定程度上反映非典型突出煤岩体物理力学性质（煤体结构、冲击倾向性等）、瓦斯含量、地应力的指标，进行了非典型突出的快速连续预警；将声发射预测预警技术应用于非典型突出灾害，确定了非典型突出声发射前兆信号振铃计数、能量指标及趋势指标预警临界值，建立了非典型突出灾害声发射预警辨识准则，开发了综合预警模型和预警系统。

3、确定了非典型突出煤层超高压水力割缝关键技术参数，实现了非典型突出灾害的快速防控。

研究成果在平煤、淮南及窑街等矿区成功应用，取得了显著的经济和社会效益。提交的资料齐全，符合鉴定要求，项目完成了计划任务书规定的研究内容，同意通过成果鉴定。项目成果达到国际先进水平。

五、代表性论文专著目录

序号	论文专著名称	刊名	作者	影响因子	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时间	通讯作者	第一作者	国内作者	知识产权是否归国内所有
1	非典型突出预测预警成套技术及应用 (专著)	中国矿业大学出版社	董国伟,金洪伟,胡千庭,等.			2017	董国伟	董国伟	董国伟, 金洪伟, 胡千庭	是
2	煤与瓦斯突出地质作用机理及应用 (专著)	中国矿业大学出版社	董国伟,金洪伟,胡千庭,等.			2017	董国伟	董国伟	董国伟,金洪伟, 胡千庭, 王麒翔	是
3	组合串联煤岩冲击倾向性影响因素数值模拟	西安科技大学学报	薛俊华,刘超,王龙		2016,36(1):65-69	2016	薛俊华	薛俊华	薛俊华,刘超,王龙	是
4	深部复合岩层巷道围岩控制技术	煤矿开采	薛俊华,范明建,段昌瑞,等		2015,20(1):64-67	2015	薛俊华	薛俊华	薛俊华,范明建,段昌	是
5	淮南矿区深部岩巷支护面临问题及对策	煤矿安全	薛俊华,余国锋		2008, (7):93-95	2008	薛俊华	薛俊华	薛俊华,余国锋	是
6	低透气性煤层外错高抽巷卸压瓦斯抽采技术研究 (专著)	中国矿业大学出版社	王红胜			2017	王红胜	王红胜	王红胜	是
7	A Novel Method for Selecting Protective Seam against Coal and Gas Outburst: A Case Study of Wangjiazhai Coal Mine	Sustainability	Dong Guowei,Zou Yinhui.	2.075	2017,9(6):1015	2017	Dong Guowei	Dong Guowei	Dong Guowei, Zou Yinhui	是
8	A Novel Study of Waveguide Propagation Rules of Coal Rock AE Signal: Effects of Waveguide Size and Installation Method on the Propagation Rules of AE Signal (SCI)	Sustainability	Dong Guowei,Zou Yinhui.	2.075	2017,9(7):1209	2017	Dong Guowei	Dong Guowei	Dong Guowei, Zou Yinhui	是

9	隔档式褶皱演化及其对煤与瓦斯突出灾害的影响(EI)	中国矿业大学学报	董国伟,胡千庭,王麒翔,等	1.342	2012,41(6):912-916	2012	董国伟	董国伟	董国伟,胡千庭,王麒翔,等	是
10	The properties of a coal body and prediction of compound coal-rock dynamic disasters	Shock and Vibration	Dong Guowei, Liang Xuanming, Wang Zhen	1.543		2020	董国伟	董国伟	Dong Guowei, Liang Xuanming,	是
11	A novel early warning method for atypical outbursts disasters in mines: extraction of indexes from gas concentration data for the early warning	Arabian Journal of Geosciences	Dong Guowei, Ren Xiaoliang, Wang Zhen	1.827	2019, 24(12)	2019	董国伟	董国伟	Dong Guowei, Ren Xiaoliang,	是
12	Dynamic Behavior of Coal Pillar under Different Load Percentage by Numerical Simulation	Advances in Civil Engineering	Dong GuoWei, Liu HaiYang , Zhu Guangan	1.924		2021	董国伟	董国伟	Dong GuoWei, Liu HaiYang ,	是
13	Numerical investigation of the evolution of overlying strata and distribution of static and dynamic loads in a deep island coal panel (SCI)	Arabian Journal of Geosciences	Zhu Guangan, Dou Linming, Wang Changbin, etc.	0.860	2017,10(24): 1-22	2017	Zhu Guangan	Zhu Guangan	Zhu Guangan, Dou Linming, Wang	是
14	Assessment and analysis of strata movement with special reference to rock burst mechanism in island longwall panel (SCI)	Journal of Central South University	Zhu Guangan, Dou Linming, Cao Anye, etc.	0.95	2017,24(12): 2951-2960	2017	Zhu Guangan	Zhu Guangan	Zhu Guangan, Dou Linming, Cao Anye,	是

15	孤岛工作面采前冲击危险性预评估研究(EI)	岩土工程学报	朱广安,窦林名,丁自伟,等.	1.642	2018,40(5):819-827	2018	Zhu Guangan	Zhu Guangan	朱广安 ,窦林名,丁自伟,等.	是
16	超应力卸载作用下煤样冲击破坏试验研究(EI)	煤炭学报	朱广安,窦林名,丁自伟	3.50	2018,43(5):1258-1271	2018	Zhu Guangan	Zhu Guangan	朱广安,窦林名,丁自伟	是

六、主要知识产权证明目录

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
1	发明专利	一种复合型煤岩瓦斯动力 灾害预警方法	中国	ZL201610853264.0	2019-02-22	第 3265273 号	西安科技大学	董国伟
2	发明专利	一种煤岩冲击地压动力灾 害预警方法	中国	ZL201610853301.8	2019-02-15	第 3252482 号	西安科技大学	董国伟
3	发明专利	一种煤岩体相对应力快速 智能测定方法	中国	ZL201610854320.2	2019-02-26	第 3266743 号	西安科技大学	董国伟
4	发明专利	基于瓦斯浓度和声发射提 取指标的复合煤岩动力灾 害预测预警方法	中国	ZL 201811487572.1	2020-11-17	第 4099894 号	西安科技大学	董国伟
5	发明专利	一种煤体瓦斯含量损失量 计算方法	中国	ZL 201811488826.1	2021-02-02	第 4233849 号	西安科技大学	董国伟
6	发明专利	防治煤与瓦斯突出的方法	中国	ZL201510760085.8	2018-01-16	第 2780715 号	淮南矿业（集团） 有限责任公司	薛俊华
7	发明专利	一种煤与瓦斯突出保护层 选择方法	中国	ZL201210251244.8	2015-04-08	第 1626257 号	中煤科工集团重庆 研究院有限公司	胡千庭、文光才、 董国伟等
8	发明专利	可重复利用声发射传感器 的安装方法和装置	中国	ZL201410793899.7	2017-02-22	第 2386230 号	中煤科工集团重庆 研究院有限公司	胡千庭、文光才、 李建功等

七、主要完成人情况

序号	姓名	行政职务	技术职务	工作单位	主要学术和技术创造性贡献
1	董国伟	无	特聘教授	西安科技大学	担任项目总负责人，为本项目第一完成人，负责项目整体技术方案攻关
2	薛俊华	无	教授	西安科技大学	对复合煤岩动力灾害鉴定指标及预警指标建立做出了创造性贡献。
3	肖双双	无	副教授	西安科技大学	对声发射传播规律考察、声发射前兆信号采集等做出了突出性贡献。
4	王红胜	无	副教授	西安科技大学	对复合煤岩动力灾害综合智能预警数据分析做出了突出性贡献。
5	郭卫彬	支部书记	副教授	西安科技大学	对复合煤岩动力灾害快速连续预警软件开发做出了突出性贡献。
6	王振	院长	研究员	中煤科工集团重庆研究院有限公司	对复合煤岩动力灾害煤岩体物理力学特性研究做出了突出性贡献。
7	朱广安	无	讲师	西安科技大学	对复合煤岩动力灾害发生条件、综合智能预警技术及系统现场实施做出了突出性贡献。
8	李磊	无	讲师	西安科技大学	负责项目现场实施，对项目成果取得做出了突出性贡献。
9	任小亮	无	工程师	西安科技大学	负责项目现场实施，对项目成果取得做出了突出性贡献。

八、主要完成单位情况

1. 西安科技大学

项目第1完成单位，负责项目研究与实施的整个过程。组织了该项目的立项、论证工作，制订了项目的研究路线、方法和整体方案。主持研究了复合煤岩动力灾害主控地质体理论方法、鉴定指标、瓦斯浓度提取指标、综合预警指标、超高压水力割缝技术参数及软硬件开发。组织实施了项目工业性试验，考察了现场应用效果，主持编写了项目研究报告。

2. 中煤科工集团重庆研究院有限公司

项目第2完成单位。主要负责地质理论分析、实验室实验及声发射监测系统研发等工作。

九、完成人合作关系说明

一、项目第一完成人董国伟特聘教授与第二完成人薛俊华教授、第三完成人肖双双副教授、第四完成人王红胜副教授、第五完成人郭卫彬副教授、第七完成人朱广安讲师、第八完成人李磊讲师、第九完成人任小亮工程师均属同一课题组，曾共同立项、合著论文，共同申请了中国煤炭工业协会组织的科学技术成果鉴定。

二、项目第一完成人董国伟特聘教授与第六完成人王振研究员，依托国家科技支撑计划“十二五”，在深部复合煤岩动力灾害鉴定、预测预警及防控等方面开展长期合作研究。双方广泛开展学术交流，共同申请了中国煤炭工业协会组织的科学技术成果鉴定。

三、项目第一完成人董国伟特聘教授与第六完成人王振研究员，自2007年开始，依托多项国家级项目，在瓦斯地质、煤体物理力学性质等方面开展合作研究，曾共同立项、合著论文，共同申请了中国煤炭工业协会组织的科学技术成果鉴定。

项目信息（科学技术进步奖）

一、项目名称

基于机器视觉的煤矿火灾烟雾检测关键技术创新及其应用

二、提名者及提名意见

提名单位：陕西省煤炭学会

提名意见：

针对传统矿井火灾监测报警准确率低、火源位置确定难以及物理设施和信息设施分离等问题，该成果将图像处理、人工智能等技术应用于煤矿火灾监控，以矿井巷道、带式输送机等为监控对象，以提升煤矿火灾烟雾检测准确率、降低虚警率为目标，聚焦矿井视频图像增强、疑似烟雾区域提取、烟雾特征建模、图像烟雾检测四个关键技术展开系统探究，创建了强鲁棒性、高实时性的视频烟雾检测方法，建立了一套适用于煤矿的视频烟雾检测系统，提升了煤矿监控智能化、网络化水平，为火灾隐患研判、决策信息共享提供了强有力的技术支撑，推动了煤矿企业的智慧化进程。研究成果具有很强的市场竞争力和推广应用价值，对于提高煤矿企业的安全生产效率具有重要的理论意义和实用价值。

成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科技进步奖提名条件。提名该项目为陕西科学技术进步奖三等奖。

三、项目简介

本项目属于矿山工程技术基础科学及应用领域。

煤炭是我国的重要能源。西部是我国能源战略承接地，储量与产量均占全国 60%以上。陕西煤炭资源居于全国第四位，对于我国能源经济的发展起着举足轻重的作用。矿井火灾是煤矿的重大灾害之一，严重威胁着井下工作人员的生命安全、设备资产安全和煤矿企业的生产安全。发生在煤矿井下巷道、工作面、酮室、采空区以及地面井口房、通风机房等的煤矿外因火灾较因煤自燃导致的内因火灾发展更为迅猛，还会诱发瓦斯、煤尘爆炸，导致酿成重大生产安全事故。大力解决煤矿灾害预警与防控实现西北矿山绿色开采促进生态文明建设改善人民生活质量的重要举措。烟雾是火灾早期的特征产物，快速准确的烟雾检测有利于火灾预警。传统的红外、电子温度传感器易受环境及电磁场干扰，大容量分布式光纤温度传感器虽能快速、实时检测，但侧重于煤矿高耗能大型机电设备和电缆，且成本高。基于机器视觉的烟雾检测对矿井火灾预警具有非接触、响应迅速、探测范围大、主动可视、火警信息直观全面等优势，然而煤矿低照度、光照不均、

粉尘多、湿度大等因素易导致烟雾检测准确率低、虚警率高，则影响了该技术的推广应用。

围绕“理论创新-技术突破-应用服务”的主线，以陕西省科技厅重点研发项目为依托，历经多年攻关和实践，针对煤矿机器视觉烟雾检测中图像预处理、烟雾目标区域提取、烟雾特征表示和烟雾识别四个关键环节所面临的瓶颈问题，本项目开展了多年的关键技术创新与应用推广，创建了基于卷积神经网络的视频烟雾检测系统，实现了强鲁棒性和高实时性的烟雾检测，减少或避免了火灾的发生，提升了煤矿火灾烟雾监测智能化、网络化水平和灾害管理信息化水平，为人民生命安全、煤矿企业的安全管理奠定了基础。本项目的主要创新点如下：

(1) 提出了基于引导滤波-Retinex 的煤矿图像增强方法，解决了煤矿井下因低照度、光照不均、粉尘大以及图像传输过程导致的图像噪声大、对比度低、细节不足的问题，提升了图像对比度、亮度及边缘保持效果，从根本上改善了图像质量。本项目创建的方法较主流图像增强方法在对比度、信息熵、信噪比指标上分别提高了 33%、11%和 5%，有力地支撑了以图像为主要信息源的图像预处理效果，提升了煤矿烟雾检测准确率。

(2) 发明了基于粒子群优化的最近邻算法，对矿井疑似烟雾目标区域开展高精度、快速分割，突破了传统基于阈值分割、颜色分割等依赖先验知识的局限，实现了疑似烟雾目标区域的自适应提取，提升了本技术应用的自动化性能，提高了烟雾目标区域的分割准确率及效率。与主流图像分割方法相比，图像分割评价指标马修斯系数 MCC、F1-score 平均分别提高了 35%和 38%，运算速度提高了 15%，实现了煤矿烟雾目标区域的高效精准分割。

(3) 创建了基于 Garbor 滤波器的自适应局部三值模式的烟雾图像局部特征构建技术，解决了矿井环境下传统烟雾特征提取时光照敏感、信息不足的问题，构建了烟雾的多尺度、多方向特征，增强了特征建模时的抗噪性，减少了冗余信息，提高了计算效率，实现了烟雾图像局部特征的强鲁棒性、强分辨力、高效性表征，为高精度煤矿烟雾检测提供技术支撑。

(4) 研发了基于改进卷积神经网络的烟雾检测技术，研发了煤矿视频监控及决策系统平台，实现了基于机器视觉的火灾烟雾智能预警，提高了设备感知的自动化和信息化水平，显著提升了协同管控能力，为火灾隐患决策及救援提供了强有力的技术支撑，促进煤矿企业的智慧化进程。基于混淆矩阵对本项目检测效果进行评价，本方法比常规方法准确率提高 11%，而误检率、漏检率降低 4%，检测速率提高 20%。本项目提高了煤矿烟雾检测精度及检测速率，增强了系统实时性、鲁棒性与泛化性，为及时判定火灾灾情状况、发展趋势、火灾定位及救援等提供了保障。

项目授权发明专利 9 项，登记计算机软件著作权 1 项，发表 SCI 论文、EI 期刊论文、CSCD、中文核心等 30 余篇，成果得到了国内外同行的认可。该成果推动了基于机器视

觉的火灾烟雾检测智慧化进程，为提升煤矿企业的安全生产做出了重要贡献。研究成果具有很强的市场竞争力和极大推广应用价值，形成系列化实用理论与技术，成果已在陕西曹家滩煤矿、黄陵以及内蒙古、四川等煤矿企业应用，产生了显著的经济效益和社会效益。

本项目将视频监控技术、图像处理技术、目标检测、人工智能等应用于煤矿智能网络化监控系统，实现煤矿多源信息感知、跨平台应用集成和决策信息共享及协同管控，系统在性能上比现有煤矿安全监控系统更具有优势，大大提高煤矿安全监控预警的精确性和可靠性。根据预警结果提出有针对性的事故预防措施，可以减少经济财产的损失，提高煤炭企业安全工作效率，减少灾害损失，经济效益显著。

研究成果可提高煤矿设备感知、灾害感知的自动化和信息化水平，促进煤炭企业的安全管理、规范化、标准化，推动智慧矿山的发展，显著提升我国煤矿人员危险感知和火灾动态感知的技术装备水平，充分体现“预防为主”和“以人为本”的煤矿安全生产要求，有效控制和减少重大事故的发生，降低人员伤亡，实现煤矿安全生产和智能决策、煤炭企业社会效益最大化。因此，该项目具有显著的社会效益。

项目研究成果也可用于工业厂区、仓库、高大建筑等室内环境及森林等室外环境，开展火灾烟雾监测预警，可以及时识别早期的火灾隐患，保障企业、工厂生产安全和资产安全，保护员工生命安全，促进安全生产形式稳定向好。项目具有广阔的应用前景，社会效益和经济效益显著。

四、客观评价

本项目在基于机器视觉的煤矿火灾预警预报方面取得了系统性和开创性的突破。依托省科技厅重点研发项目煤矿物联网环境下视频烟雾识别的关键技术研究（2019KW-046）开展系统理论研究，2021年顺利通过验收。验收意见：项目以物联网环境下煤矿视频烟雾识别为研究对象，针对煤矿井下视频信息特点，采用数值模拟、仿真验证等方法，对煤矿物联网环境下的视频烟雾图像进行采集、图像增强及分割处理，构建了基于深度学习的烟雾分类模型，研究成果有助于提升我国煤矿安全监测水平，符合国家煤矿安全生产的重大战略需求，市场前景广阔。项目完成了合同书规定的各项任务，同意通过验收。

相关研究成果“采空区煤火灾害动态感知预警与危险程度预测技术研究”于2020年12月31日由中国煤炭工业协会组织专家对本项目成果进行科技成果鉴定。鉴定组对本项目评价意见：该技术实现了采空区煤自燃危险区域的单指标报警、多指标报警及隐患预判，有效保障了安全生产。鉴定委员会认为，项目研究已完成计划任务书，提出的研究内容达到了预期目标，同意通过鉴定，技术成果达到国际先进水平。

相关研究成果“基于随机森林的采空区煤自燃主动式无线监测预警技术研究”于2019年6月10日由中国煤炭工业协会组织专家对该项目进行鉴定。经过质询和讨论，项目组专家一致认为该项目实现了大面积采矿区煤火灾害无线 mesh 网络主动式监测，所建立的基于随机森林方法的采空区煤自燃预测模型实现了隐蔽区域的隐患预判，实现了矿井煤火灾害由被动治理到主动防控的转变，有效保障了矿井安全生产，降低了防火成本和工作量。鉴定委员会认为，项目研究已完成计划任务书，提出的研究内容达到了预期目标，同意通过鉴定，技术成果达到国际先进水平。该项目提升了煤矿企业安全生产效率，于201902获中国安全生产协会第一届安全进步奖二等奖。

相关研究成果“基于物联网的煤自燃监测预警技术研究与应用”于2015年12月20日由中国煤炭工业协会组织专家对该项目进行鉴定。经过质询和讨论，鉴定组专家一致认为该项目实现了采空区煤自燃的高密度网络化监测；建立的基于 web 的物联网监测预警平台，为煤自燃监测预警系统提供了基础信息和决策依据。鉴定委员会认为，项目研究已完成计划任务书，提出的研究内容达到了预期目标，同意通过鉴定，技术成果达到国际先进水平。

相关研究成果“煤火预警专家”为西安科技大学和西安捷锐消防科技有限责任公司联合开展项目，旨在遏制矿井灾害事故的发生。该系统可实时提取有效的、精准的大面积采空区煤自燃特征信息，支持技术人员通过 PC 端、手机端实时查看，提升了煤矿安全生产保相关研究成果“煤矿井下一体化通信、定位、监视与监控系统”利用图像增强、去雾技术提升了煤矿视频监控质量，为煤矿生产资料备份及日后事故追溯提供了依据。该项目2018年获中国煤炭工业科学技术奖二等奖。

2022年6月陕西省科学技术情报研究院对成果进行了查新，查新结论为：相关文献已分别述及查新项目所述技术内容，未见明确述及综合采用上述技术方法的煤矿火灾烟雾检测研究。障能力。该项目2020年获陕西省科技工作者创新创业大赛一等奖。

相关研究成果“小断面多起伏巷道煤矿灾害应急救援可视化关键技术”在对巷道进行煤矿灾害救援时利用可视化技术促进了煤矿灾害的科学决策，提升了煤矿企业安全生产效率。该项目2020年获中国安全协会健康协会科学技术奖二等奖。

相关研究成果“基于机器视觉的井下钻杆自动计数系统开发及应用”利用图像处理技术、图像增强技术在对井下钻杆计数时提高了计数准确率和工作效率。该项目2019年获中国煤炭工业科学技术奖二等奖。

相关研究成果“煤矿井下一体化通信、定位、监视与监控系统”利用图像增强、去雾技术提升了煤矿视频监控质量，为煤矿生产资料备份及日后事故追溯提供了依据。该项目2018年获中国煤炭工业科学技术奖二等奖。

2022年6月陕西省科学技术情报研究院对成果进行了查新，查新结论为：相关文献

已分别述及查新项目所述技术内容，未见明确述及综合采用上述技术方法的煤矿火灾烟雾检测研究

五、代表性论文专著目录（限 5 条）

序号	论文专著名称	刊名	作者	第一完成单位	年卷页码	发表时间	通讯作者	第一作者	国内作者	SCI他引次数	他引总次数	知识产权是否归国内所有
1	Application of KNN Algorithm Based on Particle Swarm Optimization in Fire Image Segmentation	Journal of electrical and engineering technology	Wang Yuanbin, Ren Jieying	西安科技大学	1707-1715	2019.7	Ren Jieying	Wang Yuanbin	王媛彬, 任杰英			是
2	Video detection of foreign objects on the surface of belt conveyor underground coal mine based on improved SSD	Journal of ambient intelligence and humanized computing	Wang Yuanbin, Wang Yujing, Dang Langfei.	西安科技大学	45---55	2020.9.6	Wang Yujing	Wang Yuanbin	王媛彬, 王玉静, 党浪飞			是
3	Research on	Advances	Wang Yuanbin,	西安科技大学		2019.4	Wang	Wang	王媛彬			是

	Thermal State Diagnosis of Substation Equipment Based on Infrared Images	in mechanical engineering	Yin Yang, Ren Jieying				Yuanbin	Yuanbin	尹阳任杰英			
4	Video smoke detection based on multi feature fusion and modified random forest	Engineering letters	Wang yuanbin, Han qian, li Yuanyuan, Li Yujie	西安科技大学		202109	Wang Yuanbin	Wang Yuanbin	王媛彬 韩 骞 李媛媛 李瑜杰			是
5	煤矿烟雾的计算机视觉检测方法	辽宁工程技术大学学报	王媛彬	西安科技大学	1230-1234	201635	王媛彬	王媛彬	王媛彬			是

代表性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	授权公告日	证书编号	权利人(标准起草单位)	发明人(标准起草人)
1	发明专利	一种图像增强及分割方法	中国	ZL 2014 1 0042360.8	20170606	2507844	西安科技大学	王媛彬
2	发明专利	一种煤矿井下图像预处理方法	中国	ZL20141 0041951.3	20170711	2548579	西安科技大学	王媛彬
3	发明专利	一种基于卷积神经网络的煤矿火灾识别方法	中国	ZL 201910657551.8	20210625	4505719	西安科技大学	王媛彬, 王玉静, 韩骞, 任杰英, 周冲, 黄海龙
4	发明专利	一种图像型火灾火焰识别方法	中国	ZL20141 0148888.3	20170711	2545925	西安科技大学	王媛彬
5	发明专利	基于图像处理的森林火灾检测方法	中国	ZL20181039533 1.8	20200207	368349	西安科技大学	王媛彬任杰英
6	发明专利	一种低照度林火图像分割方法	中国	ZL20171095372 8.x	20190301	3274122	西安科技大学	王媛彬,任杰英,尹阳,党浪飞,张建
7	发明专利	变电站复杂背景红外图像中设备的提取方法	中国	ZL20171095452 6.7	20190604	3402845	西安科技大学	王媛彬,尹阳
8	发明专利	变电站设备红外智能监测系统的监测图像特征提取方法	中国	ZL20171095451 9.7	20210625	4507969	西安科技大学	王媛彬
9	软件著作权	煤矿视频监控及决策	中国	2022SR0406533	20220329	9360732	西安科技大	

	权	系统					学，中国农业 科学院农业资 源与农业区划 研究所	
1 0	软件著作 权	矿井外因火灾视频监 控预警系统	中国	2021SR0760689	20210318	7483252	西安科技大 学；陕西西科 智安信息科技 有限公司	

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
王媛彬	1	无	副教授	西安科技大学	西安科技大学	项目负责人，负责项目整体方案制定与整体实施，对4个创新点均有贡献。
刘萌	2	无	助理研究员	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	技术负责人，协助解决项目实施工程中的技术问题，对创新点4有重要贡献。
符立梅	3	支部书记	副教授	西安科技大学	西安科技大学	担任项目主要完成人之一，主要开展视频图像预处理研究，对创新点4有重要贡献。
王锐	4	总工程师	工程师	陕煤曹家滩矿业有限公司	陕煤曹家滩矿业有限公司	担任项目主要完成人之一，负责项目工程应用，对创新点4有重要贡献。
刘韩飞	5	无	博士研究生	西安科技大学	西安科技大学	担任项目主要完成人之一，解决项目实施中的技术问题，对创新点4有重要贡献。
王振兴	6	副总工程师	高工	陕煤曹家滩矿业有限公司	陕煤曹家滩矿业有限公司	担任项目主要完成人之一，负责项目工程应用，对创新点4有重要贡献。
杨方	7	无	讲师	西安科技大学	西安科技大学	担任项目主要完成人之一，对创新点4有重要贡献。

七、主要完成单位情况

1. 西安科技大学

作为本项目的依托单位，西安科技大学为项目的顺利完成并取得优异成绩做出了重要贡献，表现为：1）组织并完成了项目策划和实施工作；2）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；3）提供了本项目所需的设备、能源、图书资料和数据库等资源；4）为本项目提供配套经费支持。

2. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

中国农业科学院农业资源与农业区划研究所参与联合开发了煤矿视频监控及决策系统平台，并协助本项目的推广和应用，为本项目的顺利实施做出了重要贡献。

3. 陕煤曹家滩矿业有限公司

陕煤曹家滩矿业有限公司参与了本项目的研究，并将西安科技大学研发的“基

于计算机视觉的煤矿火灾烟雾关键技术创新与应用”在本单位的，为本项目的顺利实施做出了重要贡献。

八、完成人合作关系说明

项目实施期间，主要取得成果如下：

- 1 王媛彬/1、刘萌/2 合作开发软著 煤矿视频监控及决策系统。
- 2 王媛彬/1、符立梅/3，合作开发软著 煤矿视频监控及决策系统及矿井外因火灾视频监控预警系统。
- 3 王媛彬/1、王锐/4，合作开展项目工程应用；合作开发软著矿井外因火灾视频监控预警系统。
- 4 王媛彬/1、刘韩飞/5，合作开发软著矿井外因火灾视频监控预警系统。
- 5 王伟峰/2、王振兴/6，合作开发项目工程应用。
- 6 王媛彬/1、杨方/7 共同立项，煤矿物联网环境下视频烟雾识别的关键技术研究；合作开发软著矿井外因火灾视频监控预警系统。

项目信息（科学技术进步奖）

1、项目名称

低渗煤层高强开采瓦斯精准治理关键技术体系与工程示范

2、主要完成人

龚选平，成小雨，叶正亮，程成，高涵，陈龙，杨鹏，赵刚，范晓刚

3、提名单位

陕西省煤炭学会

4、拟申报奖项及等级

提名该项目为陕西省科学技术进步奖二等奖。

5、项目简介

“低渗煤层高强开采瓦斯精准治理关键技术体系与工程示范”项目技术领域为矿山安全，煤矿瓦斯灾害防治。

目前，在我国高瓦斯矿井开采的煤层中，大多数属于低渗透煤层，煤层透气性差，瓦斯抽采效率低，尤其对于单一低渗透厚煤层，由于无法采取保护层开采手段，在高强度开采条件下，大量煤体瓦斯瞬间解吸，导致工作面瓦斯涌出量大，给矿井瓦斯治理工作增加了挑战。随着开采规模的增大以及开采深度的增加，我国现有大部分低瓦斯矿井将逐步向低透气性、高开采强度、高瓦斯涌出矿井发展，瓦斯灾害的影响将日益显现。因此，需探寻针对低透气性煤层高强度开采条件下的瓦斯治理技术，保证该条件下矿井的安全高效生产。本项目综合采用理论分析、物理实验、数值分析、现场试验、工程应用等方法，系统研究并形成了低渗煤层高强开采瓦斯精准治理成套理论与技术体系，并在典型矿井智能综放工作面进行了工程示范应用，取得了如下创新性成果：

（1）基于主采煤层成煤沉积环境作用的瓦斯赋存特性研究，建立了主采煤层瓦斯赋存敏感性趋势预测模型，为本煤层瓦斯强化治理提供了可靠基础依据和支撑。

（2）针对低渗透煤层高强度开采条件，提出了基于瓦斯赋存敏感性预测的本煤层瓦斯区块化复合导流强化治理技术，提升了低渗透难抽煤层瓦斯治理的针对性和高效性。（3）基于多源瓦斯涌出动态预测，提出了考虑工作面瓦斯释放时空差异特征的开采工艺参数定量优化技术，为工作面开采关键工艺参数的合理确定提供了技术指导。（4）提出了基于“开采-地质-瓦斯”综合信息的卸压瓦斯时空分区治理技术，

确保了工作面各回采时期采空区瓦斯的高效治理。(5) 建立了智能综放工作面“开采、通风、抽采”复杂多元信息一体化分析决策及联动调控平台，保障了智能化工作面煤炭资源的安全、高效、精准开采。

本成果发表代表性学术论文 8 篇（其中 SCI/EI 收录 3 篇），授权代表性国家专利 5 项（其中发明专利 2 项）。本成果近三年在中煤华晋集团有限公司王家岭等矿进行了推广应用，新增销售额 45000 万元，新增利润 27000 万元，新增税收 9000 万元，取得了较大的经济和社会效益。2021 年中国煤炭工业协会鉴定达到国际领先水平。

6、客观评价

序号	创新成果	本项目研究	国内外研究	本项目水平
1	建立了基于主采煤层成煤沉积环境作用的瓦斯赋存敏感性趋势预测模型	从成煤和沉积时期形成的瓦斯赋存特性研究入手，主要考虑成煤和沉积作用等根本影响因素，综合考虑常规因素	目前煤层瓦斯赋存规律研究大多考虑顶底板岩性、煤层厚度、埋深等常规直接影响因素，但仍需综合考虑煤系形成过程成煤作用、沉积作用	基于煤层瓦斯赋存影响因子敏感性分析，建立了瓦斯赋存敏感性趋势预测模型，并进行了模型准确性和可靠性检验
2	提出了基于瓦斯赋存敏感性预测的本煤层瓦斯区块化复合导流强化治理技术	基于煤层瓦斯赋存敏感性趋势预测，针对煤层瓦斯赋存差异特征采取差异化工艺参数研究	煤层不同区域瓦斯赋存有较明显差异，目前煤层瓦斯治理需进一步开展针对同一煤层不同瓦斯赋存特征的差异化工艺参数研究	采用煤层瓦斯区块化复合导流强化治理技术，确保煤层瓦斯的精准有效治理
3	提出了考虑工作面瓦斯释放时空差异特征的开采工艺参数优化技术	考虑工作面瓦斯释放时空差异特征，通过模型解算得到了工作面开采过程割煤速度、运煤时间、放煤速度等合理工艺参数值	煤层瓦斯赋存、开采强度的多变性，导致煤层开采过程瓦斯涌出在时间和空间上差异明显。目前卸压瓦斯治理针对同一工作面通常采用基本一致的技术措施，导致在煤层瓦斯富集区或开采强度大的时期瓦斯涌	建立了综放开采多源瓦斯涌出动态预测模型，并据此解算优化了开采关键工艺参数
4	提出了基于“开采-地质-瓦斯”综合信息的卸压	针对工作面初采时期和开采稳定时期提出了不同的针对		提出了综合考虑开采、地质和瓦斯参数变化特征的卸压瓦斯时空分区治理技术

	瓦斯时空分区治理技术	性治理方案，保障工作面全生命周期的安全高效回采	出出现异常	
5	建立了智能综放工作面“开采、通风、抽采”复杂多元信息一体化分析决策及联动调控平台	依托乡宁矿区典型矿井智能综放工作面，搭建了基于复杂多元致灾参数分析决策的智能工作面开采、通风、抽采参数联动调控平台	目前智能工作面配套瓦斯防治智能管控技术体系尚待研究完善，以充分满足智能工作面安全高效生产的迫切需求	保障了智能化工作面煤炭资源的安全、高效、精准开采
总体水平： 经查新未见相关报道；2021 年中国煤炭工业协会鉴定达到国际领先水平。				

7、应用情况

本项目综合采用理论分析、物理实验、数值分析、现场试验、工程应用等方法，系统研究乡宁矿区低渗透煤层瓦斯地质及赋存规律、低渗透煤层高强度开采瓦斯空间运移及分布特征，并据此提出低渗透厚煤层瓦斯区块化复合导流强化治理技术、低渗煤层高强综放开采卸压富集瓦斯时空分区治理技术等矿井瓦斯精准治理技术手段，研发建立智能综放工作面复杂多元致灾信息一体化分析决策及联动调控平台，形成了低渗煤层高强开采瓦斯精准治理成套理论与技术体系，并在乡宁矿区典型矿井智能综放工作面进行工程示范应用。

本项目研究成果已在山西乡宁矿区中煤华晋集团王家岭矿、崖坪矿和韩咀矿进行了推广应用，主要针对我国低瓦斯赋存煤层高强度开采导致的瓦斯治理难题，开展了系统研究，形成了低渗煤层高强开采瓦斯精准治理技术体系，提升了该条件下的瓦斯综合治理水平，杜绝矿井瓦斯超限，保障煤矿的安全生产，为类似条件矿井瓦斯治理提供了重要的理论依据和技术保障，具有广泛的推广应用前景，对于推进我国高产高效现代化矿井建设具有一定的社会意义和应用价值。可在类似矿井进一步推广应用。

项目成果提高了低渗煤层高强开采矿井瓦斯治理的有效性和针对性，显著提升了工作面瓦斯隐患的治理效率，实现了矿井的安全高效生产，具有一定的指导意义和推广价值。本项目的研究成果对开采低瓦斯含量、低透气性，高开采强度、高瓦

斯涌出煤层具有较强的理论价值及实践指导意义，可有效提高我国低瓦斯赋存高瓦斯涌出矿井的安全高效性，对于推进我国高产高效现代化矿井安全保障体系建设具有一定的支撑和促进作用。

主要应用单位情况表					
序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	中煤华晋集团有限公司	低渗煤层高强开采瓦斯精准治理成套技术	下属王家岭矿、崖坪矿和韩咀矿	2020 年至 2022 年	白 廷 海 /18735928624

8、主要知识产权和标准规范

知 识 产 权 类 别	知识产权具体名称	国家	授权号	授 权 日 期	证书编号	权利人	发明人
发明专利	智能化采煤工作面瓦斯预测与设备联动安全保障系统及方法	中国	CN111156048B	2021 年 3 月 30 日	4329172	中煤能源研究院有限责任公司	龚选平；成小雨；高涵；杨鹏；曹文超；程成；陈龙；雷慧；孙令超；付栋
发明专利	一种综放工作面多源瓦斯涌出量动态预测方法	中国	CN111287796B	2021 年 8 月 24 日	4635469	中煤能源研究院有限责任公司	龚选平；高涵；成小雨；雷慧；曹文超；杨鹏；程成；陈龙；付栋；孙令超
实用新型	一种煤层瓦斯含量自动测定装置	中国	CN210514293U	2020 年 5 月 12 日	10503987	中煤能源研究院有限责任公司	龚选平；雷慧；李超；高涵；刘成勇；程成；曹文超；杨鹏；成小雨；付栋；孙令超；陈龙
实用新型	瓦斯抽采钻孔封孔质量在线	中国	CN211648074U	2020 年 10 月 9 日	11627280	中煤能源研究院有限	龚选平；成小雨；程成；陈龙；孙俊

	监测与自动密封一体化系统					责任公司	彦；高涵；杨鹏；曹文超；雷慧；孙令超；付栋
论文	Reasonable Arrangement of High-Level Orientation Extraction Boreholes of Pressure Relief Gas in Overlying Strata under High-Strength Fully Mechanized Mining in Low-Gas-Thick-Coal Seam	美国	doi.org/10.1155/2021/5574917	2021 年 3 月 2 日	Shock and Vibration	中煤能源研究院有限责任公司	Gao han, Gong Xuanping, Cheng Xiaoyu, et al.
论文	Analysis of the optimization of high level drilling in fully mechanized caving face based on	美国	doi.org/10.1155/2021/2752582	2021 年 8 月 12 日	Geofluids	中煤能源研究院有限责任公司	Cheng Cheng, Cheng Xiaoyu, Yu Rui, et al.

	the evolution law of gas enrichment and migration area						
论文	Experimental research on damage and failure characteristics of rock similar materials with pre-existing cracks	美国	2019, 6 (4):505-517	2019 年 6 月 22 日	International Journal of Coal Science & Technology	中煤能源研究院有限公司	Cheng Xiaoyu
论文	高强度开采低瓦斯煤层时瓦斯涌出的时空分布特征及关键影响因素	中国	2020, 47(04):17-23+28	2020 年 8 月 30 日	矿业安全与环保	中煤能源研究院有限公司	龚选平, 陈龙, 陈善文, 白廷海, 林海飞, 高涵, 成小雨
论文	综放工作面采空区高位定向钻孔抽采效果影响因素分析	中国	2020, 52(05):87-91	2020 年 5 月 30 日	煤炭工程	中煤能源研究院有限公司	曹文超, 龚选平, 李红波, 高涵
论文	受载相似材料单裂隙影响下损伤空间发展过程分析	中国	2020, 51(11):263-268	2020 年 11 月 30 日	煤矿安全	中煤能源研究院有限公司	成小雨

9、主要完成人情况

序号	完成人	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目的贡献
1	龚选平	所长	教授级高工	中煤能源研究院有限责任公司	中煤能源研究院有限责任公司	项目负责人，负责项目研究团队建设，主持制定研究计划，协调项目研究过程中的重大科研问题，安排项目验收、成果鉴定、奖项申报、后续推广等工作。对项目全部创新点做出主要贡献。
2	成小雨		高级工程师	中煤能源研究院有限责任公司	中煤能源研究院有限责任公司	项目技术负责人，落实并分解项目实施内容、人员分工、项目管理，及时处理项目实施过程中的技术问题，组织撰写项目成果总结报告及对外宣传等工作。对项目全部创新点做出主要贡献。
3	叶正亮	副所长	副研究员	中煤能源研究院有限责任公司	中煤能源研究院有限责任公司	项目主要参与人，负责方案制定、方案实施和结果分析。根据分配的任务，制定具体实施方案，落实方案的实施过程，并对实施结果和效果进行分析论证。对项目创新点 1、3、5 做出主要贡献。
4	程成		工程师	中煤能源研究院有限责任公司	中煤能源研究院有限责任公司	项目主要参与人，负责方案制定、方案实施和结果分析。根据分配的任务，制定具体实施方案，落实方案的实施过程，并对实施结果和效果进行分析论证。对项目创新点 2、4、5 做出主要贡献。
5	高涵		工程师	中煤能源研究院有限责任公司	中煤能源研究院有限责任公司	项目主要参与人，负责方案制定、方案实施和结果分析。根据分配的任务，制定具体实施方案，落实方案的实施过程，并对实施结果和效果进行分析论证。对项目创新点 2、3、5 做出主要贡献。

6	陈龙		工程师	中煤能源研究院有限责任公司	中煤能源研究院有限责任公司	项目主要参与人，负责方案制定、方案实施和结果分析。根据分配的任务，制定具体实施方案，落实方案的实施过程，并对实施结果和效果进行分析论证。对项目创新点 3、4、5 做出主要贡献。
7	杨鹏	主任工程师	高级工程师	中煤能源研究院有限责任公司	中煤能源研究院有限责任公司	项目主要参与人，负责方案制定、方案实施和结果分析。根据分配的任务，制定具体实施方案，落实方案的实施过程，并对实施结果和效果进行分析论证。对项目创新点 3、4、5 做出主要贡献。
8	赵刚		助理工程师	中煤能源研究院有限责任公司	中煤能源研究院有限责任公司	项目主要参与人，负责方案制定、方案实施和结果分析。根据分配的任务，制定具体实施方案，落实方案的实施过程，并对实施结果和效果进行分析论证。对项目创新点 4、5 做出主要贡献。
9	范晓刚		研究员	中煤能源研究院有限责任公司	中煤能源研究院有限责任公司	项目主要参与人，负责方案制定、方案实施和结果分析。根据分配的任务，制定具体实施方案，落实方案的实施过程，并对实施结果和效果进行分析论证。对项目创新点 5 做出主要贡献。

10、主要完成单位及创新推广贡献

排序	完成单位	对本项目的贡献
1	中煤能源研究院有限责任公司	项目主体完成单位。负责组织项目总体研究内容、研究目标、研究方法、技术路线和实施方案的制定。落实并分解项目实施内容、人员分工、项目管理及经费筹集、使用，及时处理项目实施过程中的技术问题，组织撰写项目成果总结报告及对外宣传等工作。具体如总体方案设计、组织管理、实施监督、成果验收和应用推广。

2	中煤西安设计工程有限责任公司	项目完成单位之一。负责项目成果在矿井现场工程应用部分内容的施工设计、过程组织、协调和监督，为现场工程示范工作提供设计支撑，并协调相关事宜。根据现场实际情况及时提出项目工程设计优化思路，对工程实施的准确性、可靠性及技术优化提出有针对性的意见。
---	----------------	--

11、完成人合作关系说明

项目主要完成人共 9 人，均为中煤能源研究院有限责任公司职工，长期从事矿井瓦斯灾害防治相关合作研究，合作方式为共同立项、共同知识产权，合作成果有共同发表论文、专著、申请专利等，合作完成了该项目全部研究内容。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果
1	共同知识产权	龚选平/1，成小雨/2，程成/4，高涵/5，陈龙/6，杨鹏/7	2020 年 2 月	2021 年 3 月	智能化采煤工作面瓦斯预测与设备联动安全保障系统及方法
2	共同知识产权	龚选平/1，成小雨/2，程成/4，高涵/5，陈龙/6，杨鹏/7	2020 年 2 月	2021 年 8 月	一种综放工作面多源瓦斯涌出量动态预测方法
3	共同知识产权	龚选平/1，成小雨/2，程成/4，高涵/5，陈龙/6，杨鹏/7	2019 年 12 月	2020 年 5 月	一种煤层瓦斯含量自动测定装置
4	共同知识产权	龚选平/1，成小雨/2，程成/4，高涵/5，陈龙/6，杨鹏/7	2020 年 2 月	2020 年 10 月	瓦斯抽采钻孔封孔质量在线监测与自动密封一体化系统
5	共同知识产权	龚选平/1，成小雨/2，程成/4，高涵/5，陈龙	2019 年 10 月	2020 年 4 月	矿用气体多参数便携检测仪

		/6, 杨鹏/7			
6	论 文 合 著	龚选平/1, 成小雨/2, 高涵/5	2021 年 1 月	2021 年 3 月	Reasonable Arrangement of High-Level Orientation Extraction Boreholes of Pressure Relief Gas in Overlying Strata under High-Strength Fully Mechanized Mining in Low-Gas-Thic k-Coal Seam
7	论 文 合 著	龚选平/1, 成小雨/2, 程成/4	2021 年 6 月	2021 年 8 月	Analysis of the optimization of high level drilling in fully mechanized caving face based on the evolution law of gas enrichment and migration area
8	论 文 合 著	龚选平/1, 成小雨/2, 高涵/5, 陈 龙/6	2019 年 10 月	2020 年 4 月	高强度开采低 瓦斯煤层时瓦 斯涌出的时空 分布特征及关 键影响因素
9	论 文 合 著	龚选平/1, 高涵/5	2019 年 10 月	2020 年 5 月	综放工作面采 空区高位定向 钻孔抽采效果 影响因素分析
10	论 文 合 著	龚选平/1, 成小雨/2, 程成/4, 陈 龙/6,	2020 年 12 月	2021 年 9 月	低瓦斯高强度 开采综放工作 面卸压瓦斯抽 采关键技术

项目信息（科学技术进步奖）

一、项目名称

8.2m 超大采高综采工作面矿压显现特征及支架围岩控制关键技术

二、提名者及提名意见

提名单位：陕西省煤炭学会

提名该项目为陕西省科学技术进步奖二等奖。

三、项目简介：

项目以金鸡滩煤矿 $12^{-2}\pm 108$ 工作面大采高开采为工程背景， $12^{-2}\pm 108$ 工作面为一盘区西南翼首采工作面，煤层厚度 5.5~8.4m，倾角平均小于 1° 。工作面采用大采高采煤工艺，设计采高 5.5~8m，深厚比远小于 50 倍，为国内外首创。工作面开采选用 8m 综采超大采高液压支架，按照现有的开采条件、工艺和装备，目前，针对榆神矿区大采高矿压显现规律及围岩控制还没有完整和统一的认识，在国内外可借鉴的理论和技術很少。在近浅埋煤层条件下，长壁工作面开采后顶板活动规律、力学模型选用、顶板大面积来压防治措施和技术保障都是亟待解决的重大技术难题。因此如何安全、高效的开采煤炭资源对我国煤炭工业的持续、稳定发展有重大意义。当采高 $\geq 5.5\text{m}$ 时，上覆岩层折断的厚度将超过 100m，岩梁的折断步距、折断岩梁运动的自由空间较大。工作面支架将承受岩梁大规模运动引起的动载荷和较大的偏心载荷，从而影响到支架的稳定性，使支架-围岩关系恶化。由于采高加大，设备趋于大型化、复杂化，致使设备的维护量和管理难度进一步增加；设备机动性变差，对变化的工作面地质条件适应性差，顶板控制更加困难，工作面推进能力降低。煤壁片帮加剧，工作面冒顶的机会增加，特别是当采高不断提升，需要垮落更多的岩层来充填采空区，当直接顶不能充填满采空区时，在普通采高工作面被看做老顶的上位岩层则要与直接顶一起垮落到采空区，成为垮落带的一部分，在坚硬顶板和坚硬煤层条件下，极易产生采空区动力灾害。随着工作面长度进一步加大，以及机械设备日趋重型化的一系列问题的出现，导致支架-围岩系统控制和综采装备配套问题成为国际性采矿难题。大采高综采的采高加大，造成采空区空间较大幅度的增加，使

得只有更高的垮落带才能维系整个采场岩体的平衡，工作面顶板活动空间与老顶悬臂梁结构的弯矩加大，采场采动影响具有较大的波及范围，并且采空区空间加大易造成岩体结构失稳破坏及衍生灾害，采空区失稳及衍生灾害是复杂地层结构承受复杂环境作用的演化过程，这一过程是能够通过现场监测进行预警，并可以得到有效的控制。

项目通过理论预测、数值模拟和工程实测等研究手段，确定超大采高工作面顶板的结构分类，从而进行系统科学地对超大采高开采中出现的矿压显现规律特征、支架围岩作用关系、巷道矿压控制、工作面布置优化及煤柱合理留设等方面，建立围岩结构力学模型并确定其主要参数，系统地研究榆神矿区金鸡滩煤矿近浅埋超大采高综采矿压控制成套技术研究，有效控制近浅埋超大采高端面漏冒及台阶下沉，预防超大采高开采中相关事故的发生。本项目的研究将为兖矿集团在超大采高（8.2m 支架）综采工作面安全开采方面提供技术保障，填补榆神煤田乃至全国 8.2m 超大采高安全高效开采研究成果空白。对提高榆神矿区煤炭资源回收率、实现高产高效具有重要的意义，同时对我国类似条件下的工作面实现高产高效具有指导意义。

主要技术内容如下：

1. 提出近浅埋超大采高工作面覆岩运动的“块体堆积-突变动载”模型；并建立大采高“等效直接顶”结构力学模型。

根据弹性力学等理论，构建了超大采高综采采场“块体堆积-突变动载”结构模型，阐明了超大采高工作面与普通工作面的本质区别，并建立近浅埋超大采高工作面“等效直接顶”力学结构模型。大采高采场通常直接顶很小，而且经常出现大面积悬顶；在普通采高作为基本顶部分的岩层可能转化为直接顶，而对于大采高工作面直接顶却转化为基本顶，即直接顶没有在采空区及时冒落且冒落后产生体积碎胀能够对上位岩层起到支撑作用的强度较低的岩层；或者局部有很薄的伪顶，厚度较小，起不到对上位岩层的支撑作用。块体突变失稳后，以完整的块体形式堆积在采空区，本身不破碎，碎胀系数约为 1.0。超大采高工作面“等效直接顶”表现为双关键层结构，下组关键层为“高位台阶岩梁”结构，上组关键层为“短砌体梁”结构，随着采高加大和等效直接顶变厚，顶板下组关键层铰接结构层位上移，整个铰

接结构层厚度增大并分为两组，形成大采高工作面顶板双组结构模型。

2. 建立超大采高综采“支架—围岩”安全控制对策，实现 8.2m 超大采高综采工作面安全高效开采的关键技术。

通过研究，直接顶对支架载荷具有重要影响，由于等效直接顶较厚，如果岩层具有较好的抗剪强度，则直接顶具有较高的承载能力。因此，大采高工作面会出现非来压期间压力并不大的现象。如果直接顶强度低或支护阻力不足，直接顶破断，由于厚直接顶的自重作用，则会出现工作面持续处于较高阻力状态。为了防止直接顶破坏，要求及时提供足够的支撑力。因此，要求大采高支架具有高初撑力和工作阻力，平衡直接顶自重和老顶结构的载荷。大采高工作面煤壁片帮深度随着采高增加而非线性增加。

3. 运用柔性探测单元、数值模拟等技术得出护巷煤柱合理尺寸为 20~22m；并提出巷道支护优化设计参数。

4. 建立超大采高综采工作面采场结构力学模型及相关参数。

根据对回撤通道基本顶破断特征分析，岩块 B 是工作面能否安全通过空巷的关键块体，针对空巷围岩力学特征作以下简化：岩块 A，B，C 形成铰接结构，岩块 B 长度为工作面周期来压步距；岩块 B 之上的软弱岩层与其上部硬岩层离层，失去力的传递，软弱岩层可视为作用于其上的载荷；回撤通道支护阻力及工作面支护阻力通过顶煤及直接顶对岩块 B 作用。根据回撤通道基本顶破断特征及上述简化建立回撤通道上方基本顶结构力学模型。

5. 研究超大采高回撤通道围岩变形破坏机理及支护加固技术。

回撤通道围岩的变形破坏规律（特点）、巷道顶板的运动规律及控制设计回撤通道围岩支承压力分布规律和巷道支护设计的加固技术。

6. 建立超大采高回撤通道围岩安全控制对策，实现超大采高设备安全高效快速回撤。

(1) 通过现场监测分析得到，工作面超前支承压力的影响范围为 20~24m，强烈影响范围为 6~10m，工作面距主回撤通道 30m 时，巷道开始受采场动压影响，但此时影响不明显；当工作面与回撤通道间煤柱宽度小于 8m 时，主回撤通道附近围岩

应力显著提高，而回撤辅巷附近应力基本没有变化。煤柱大于 8m 时，巷道受采动影响不明显；当煤柱为 8~2m 时，回撤通道受动压影响最为剧烈，巷道围岩变形破坏严重。

(2) 研究大采高综采面推进速度与周期来压步距和超前支承压力的关系，找出工作面末采阶段周期来压规律和支承压力分布范围对工作面停采时主回撤通道受动压影响程度，结合理论预计停采等压煤柱宽度 6m（即停采等压位置）。

(3) 108 工作面主回撤通道（断面宽 6.6m）首次采用恒阻大变形锚索+十字钢带链接+双排垛式支架支护设计方案。在巷道支护方面采用 A（靠顺槽两端）、B（巷道次中间）、C（巷道中间）分区域支护设计，即 A 区域恒阻大变形锚索排距为 2.0m，B 区域排距为 1.5m，C 区域排距为 1.0m。为了增强主回撤通道顶板支护强度，增加采空侧纵向钢带+横向钢带十字链接的支护方式，增强顶板支护强度和整体性；A 类抹角顶板及帮部均采用预应力锚索+钢带的支护方式，现场应用效果良好。

四、客观评价

国外对 8.0m 以上超大采高综采工作面矿压显现规律与围岩控制技术方面研究相对较少。近年来，我国神华集团分别在补连塔煤矿 8.0m 超大采高综采和上湾煤矿 8.8m 超大采高综采进行了应用，这两个工作面均属于浅埋煤层，顶板主要以单岩梁无内应力场结构，周期来压矿压显现非常强烈。

金鸡滩煤矿“8.2m 超大采高综采工作面矿压显现特征及支架—围岩控制关键技术研究”属于近浅埋煤层，顶板结构主要以双关键梁及其叠合作用导致的大小周期来压步距为主的矿压特征。在此类似条件下，该项目实属国际首创。项目研究总体达到国际先进水平，在支承压力及围岩控制方面达到国际领先水平。

对金鸡滩煤矿和上湾煤矿两个工作面经济技术指标进行分析，两个矿赋存条件有很大区别，主要从矿压显现、支承应力、支架工况及围岩控制技术等方面进行表述。

煤矿 指标	金鸡滩煤矿（12 ⁻² ±108） 8.2m 大采高工作面	上湾煤矿（12401） 8.8m 大采高工作面
基本顶周期来压步距	平均 22m	平均 13.5m
煤体支承应力	将原护巷煤柱 24m，通过项目研究缩小至 20m。	

大采高综采支架	架型	ZY21000/53/80D	ZY26000/40/88D
	工况	支架平均 13200KN	支架平均 14000KN
		动载系数 1.38	动载系数 1.65
煤壁片帮深度		局部片帮 0.8~1.1m	1.6m
工作面巷道变形量	顶底板	26mm	560mm
	两帮	58mm	840mm
回撤通道围岩控制		采用恒阻大变形锚索分区支护，整体支护效果很好，几乎没有片帮，变形量很小。	传统巷道支护方式

本项目成功实现了金鸡滩煤矿 6~8m 厚煤层一次采全厚开采，大大提高了工作面开采效率和资源采出率，丰富提高了综采装备的设计理论及制造工艺水平。针对金鸡滩煤矿进行 8.2m 大采高综合机械化开采的具体条件，综合采用理论分析、数值模拟和工程实测等研究手段，深入研究大采高采场覆岩运动规律和支承压力分布变化规律，分析大采高采场支架围岩关系及矿压显现规律，探讨煤壁片帮机理及控制技术，建立大采高采场的灾害控制模型，构建大采高采场的灾害预防与围岩控制技术体系。实践证明：有效避免了重大灾害的发生，保证了工作面的安全高效生产，取得了较好的技术效益和经济效益。本项目在金鸡滩煤矿 12⁻²±108 工作面完成工业性试验，项目成果已经实现产业化，研究成果已在陕西未来能源化工有限公司金鸡滩煤矿 12⁻²±108 工作面、12⁻²±106 工作面、12⁻²±104 工作面、12⁻²±102 工作面成功应用，保证了四个工作面安全回采，金鸡滩煤矿一盘区西翼规划全部采用超大采高一次采全高工艺组织生产工作，技术效益和经济效益可观。

2019 年 12 月 5 日，中国煤炭工业协会在济南组织有关专家对陕西未来能源化工有限公司金鸡滩煤矿、大连大学共同完成的项目“8.2m 超大采高综采工作面矿压显现特征及支架—围岩控制关键技术研究”进行了科技成果鉴定。鉴定委员会听取了项目组的汇报，审阅了鉴定材料，经质询与讨论，形成以下鉴定意见：

1. 项目研究应用室内岩石力学参数测定、理论预测、数值模拟、现场实测等研究方法，分析揭示了超大采高综采工作面围岩破裂的力学机理。为相应的控制对策提供了依据。

2. 研究了超大采高综采工作面覆岩运动规律及矿压显现特征，得出工作面老顶初次来压和周期来压步距，确定了不同采高不同推进速度情况时周期来压规律参数：据此选用了 ZY21000/38/82D 液压支架，现场使用工况良好。

3. 通过对 8.2m 超大采高综采工作面支承压力分布规律研究，确定其内外应力场范围、超前压力范围及支承压力影响范围；优化了支护设计方案，满足了生产要求。

4. 研究了 8.2m 超大采高综采末采阶段矿压显现特征，分析了回撤通道围岩的破坏机理，提出了主回撤通道采用了恒阻大变形锚索+十字钢带链接分区支护的新方法，增强了顶板支护和整体性。通过现场应用，取得了良好的经济和社会效益。

项目提供的鉴定资料齐全，完成了合同书的内容要求，同意通过成果鉴定，研究成果达到了国际先进水平。建议：加大研究成果在类似矿井下的推广应用。

五、应用情况

本项目成功实现了金鸡滩煤矿 6~8m 厚煤层一次采全厚开采，大大提高了工作面开采效率和资源采出率，丰富提高了综采装备的设计理论及制造工艺水平。针对金鸡滩煤矿进行 8.2m 大采高综合机械化开采的具体条件，综合采用理论分析、数值模拟和工程实测等研究手段，深入研究大采高采场覆岩运动规律和支承压力分布变化规律，分析大采高采场支架围岩关系及矿压显现规律，探讨煤壁片帮机理及控制技术，建立大采高采场的灾害控制模型，构建大采高采场的灾害预防与围岩控制技术体系。实践证明：有效避免了重大灾害的发生，保证了工作面的安全高效生产，取得了较好的技术效益和经济效益。本项目在金鸡滩煤矿 12⁻²±108 工作面完成工业性试验，项目成果已经实现产业化，研究成果已在陕西未来能源化工有限公司金鸡滩煤矿 12⁻²±108 工作面、12⁻²±106 工作面、12⁻²±104 工作面、12⁻²±102 工作面成功应用，保证了四个工作面安全回采，金鸡滩煤矿一盘区西翼规划全部采用超大采高一次采全高工艺组织生产工作，技术效益和经济效益可观。

主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	金鸡滩煤矿	8.2m 超大采高综采工作面矿压显现特征及支架—围岩控制	108 工作面	2016.6-2018.1	李申龙 /15319663769
2	金鸡滩煤矿		106 工作面	2018.4-2020.4	

3	金鸡滩煤矿		104 工作面	2018. 4-2021. 12	
4	金鸡滩煤矿		102 工作面	2021. 12-至今	

六、主要知识产权和标准规范等目录

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
1	论文	8.2m 超大采高采场矿压显现特征及围岩控制研究	中国	ISSN 0253-2336, CN 11-2402/TD	2020 年 12 月 18 日	煤炭科学技术	大连大学, 陕西未来能源化工有限公司 金鸡滩煤矿	彭林军、岳宁、蔡逢华、李申龙、李明辉、闫国成、刘欢
2	论文	超大采高综采工作面回撤通道支护研究	中国	ISSN0253-2336, CN11-2402/TD	2020 年 12 月 17 日	煤炭科学技术	大连大学, 陕西未来能源化工有限公司 金鸡滩煤矿	彭林军、岳宁、李申龙、蔡逢华、冯振华、李明辉
3	论文	金鸡滩煤矿 11m 宽超大断面切眼支护技术	中国	10.13606/j.cnki.37-1205/td.2021.04.011	2021 年 04 月 11 日	煤矿现代化	陕西未来能源化工有限公司 金鸡滩煤矿	郭亮、蔡逢华
4	论文	8.2m 超大采高综采工作面回撤通道设计与实践	中国	1006-6225(2018)04-0045-05	2018 年 04 月 23 日	煤矿开采	陕西未来能源化工有限公司 金鸡滩煤矿	庞世界

七、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
岳宁	1	矿长	高级工程师	陕西未来能源化工有限公司	陕西未来能源化工有限公司	技术负责、项目实施
彭林军	2	主任	教授	大连大学	大连大学	技术负责
李申龙	3	总工程师	高级工程师	陕西未来能源化工有限公司	陕西未来能源化工有限公司	负责项目分析研究及方案优化
刘德军	4	副矿长	工程师	陕西未来能源化工有限公司	陕西未来能源化工有限公司	技术负责、项目实施
蔡逢华	5	副总工程师	工程师	陕西未来能源化工有限公司	陕西未来能源化工有限公司	负责项目分析研究及方案优化
佟朋	6	安全总监	高级工程师	陕西未来能源化工有限公司	陕西未来能源化工有限公司	负责现场实施、分析
刘欢	7	科长	工程师	陕西未来能源化工有限公司	陕西未来能源化工有限公司	现场实施、分析
陈元祯	8	区长	工程师	陕西未来能源化工有限公司	陕西未来能源化工有限公司	技术负责、项目实施
李明辉	9	一般管理	工程师	陕西未来能源化工有限公司	陕西未来能源化工有限公司	技术负责、项目实施

八、主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	陕西未来能源化工有限公司				
排 名	1	法定代表人	董正庆	所 在 地	陕西
单位性质	国有大中型企业	传 真	09123567716	邮政编码	719000
通讯地址	陕西省榆林市榆阳区芹河镇榆横煤化学工业园北区				
联 系 人	李申龙	单位电话	09123567889	移动电话	15319663769
电子邮箱	jjtjjsk@163.com				
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 在认真调研国内外近浅埋煤层开采和研究现状的基础上，结合榆神矿区金鸡滩煤矿开采实践，通过理论分析、数值模拟、室内试验与现场实测相结合的研究技术路线，形成了以岩层运动为核心的近浅埋厚煤层采动覆岩矿压显现特征及其控制技术体系，并在实际工程中进行应用，在后续接续工作面检验了理论与技术研究成果的合理性、安全性、可靠性。					

单位名称	大连大学				
排 名	2	法定代表人	孟长功	所 在 地	辽宁
单位性质	高等院校	传 真	8641187403800	邮政编码	116622
通讯地址	大连经济技术开发区学府大街 10 号				
联 系 人	彭林军	单位电话	041187403723	移动电话	13898401666
电子邮箱	13898401666@139.com				
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 协助完成了项目理论预测研究方法，包括：采场结构模型的概念与研究范围的确定、垮落带结构力学模型与结构参数的确定、支承压力平衡拱的研究、裂断带结构模型与结构参数的确定和支承压力分布规律分析研究、支架与围岩稳定性控制等关键技术研究。利用数值模拟分析方法进行回采期间的数值模拟，分析动压影响下围岩的应力变化状况。在理论研究、数值模拟和工程实测的基础上，进一步建立超大采高工作面安全开采的数学模型，为实现国内首创超大采高安全生产奠定基础。					

九、完成人合作关系说明

由陕西未来能源化工有限公司金鸡滩煤矿与大连大学合作的科技项目“8.2m 超大采高综采工作面矿压显现特征及支架—围岩控制关键技术研究”，自 2016 年 1 月以来，大连大学彭林军教授与我矿项目组所有人员密切配合，在我矿进行了大量的研究和应用实施。

通过运用“以岩层运动为核心的实用矿压理论”大采高综采采场“块体堆积-突变动载”结构力学模型对该项目的研究，明确了近浅埋大采高开采围岩控制技术的意义，确定了两硬近浅埋煤层大采高的顶板分类，从理论上取得了突破性成果。在井下安全生产方面，提供了大采高开采近浅埋煤层开采的技术保障措施，进一步改善了工作面安全生产状况。资源回收率有了明显的提高，延长了矿区寿命。研究成果为今后近浅埋大采高开采条件下工作面采煤方法的确定、支架选型等提供了科学依据，具有很大的理论价值和指导意义。

综上所述,“8.2m 超大采高综采工作面矿压显现特征及支架—围岩控制关键技术研究”在我矿得到了很好的应用,从技术上和手段上都保证了我矿的安全生产,课题研究应用效果显著。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/ 项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	共同知识产权	岳 宁/1	2016 年 1 月 1 日	2018 年 3 月 31 日	8.2m 超大采高采场矿压显现特征及围岩控制研究、超大采高综采工作面回撤通道支护研究	附件 1、附件 2
2	共同知识产权	彭林军/2	2016 年 1 月 1 日	2018 年 3 月 31 日	8.2m 超大采高采场矿压显现特征及围岩控制研究、超大采高综采工作面回撤通道支护研究	附件 1、附件 2
3	共同知识产权	李申龙/3	2016 年 1 月 1 日	2018 年 3 月 31 日	8.2m 超大采高采场矿压显现特征及围岩控制研究、超大采高综采工作面回撤通道支护研究	附件 1、附件 2
4	共同知识产权	蔡逢华/5	2016 年 1 月 1 日	2018 年 3 月 31 日	8.2m 超大采高采场矿压显现特征及围岩控制研究、超大采高综采工作面回撤通道支护研究	附件 1、附件 2
5	共同知识产权	刘 欢/7	2016 年 1 月 1 日	2018 年 3 月 31 日	8.2m 超大采高采场矿压显现特征及围岩控制研究	附件 1
6	共同知识产权	李明辉/9	2016 年 1 月 1 日	2018 年 3 月 31 日	8.2m 超大采高采场矿压显现特征及围岩控制研究、超大采高综采工作面回撤通道支护研究	附件 1、附件 2

项目信息（科学技术进步奖）

一、项目基本情况

项目名称	兰炭聚氯乙烯规模化联产关键技术与应用
主要完成人	刘国强、张秋利、刘延财、宁小钢、惠维渊、申建成、徐生智、熊磊、张明
主要完成单位	陕西北元化工集团股份有限公司，西安建筑科技大学

二、项目简介

该项目来源于陕西省科技统筹创新工程计划“煤-兰炭-电石-聚氯乙烯产业链及园区示范”。项目成果主要针对陕北国家能源化工基地建设中煤、盐的“三个转化”需求之兰炭、聚氯乙烯生产规模升级的关键成套技术和装备开发与应用，即将原有年产兰炭5万吨-电石2万吨-聚氯乙烯2万吨技术落后，质量不稳定，生产体系废水无法利用，含汞催化剂污染严重等面临淘汰的产业链，通过原始创新技术开发，使其升级换代为年产兰炭60万吨、电石50万吨、聚氯乙烯100万吨新型现代化产业链，并建成循环经济示范工业园区，达产达标，稳定生产运行，实现了聚氯乙烯装置工业废水零排放、绿色金基无汞催化剂的示范应用、内热式兰炭干馏炉的模拟优化、节能和碳排放减少效果显著。对兰炭、聚氯乙烯生产技术及其产业链、产业集群升级换代和行业技术进步具有重大现实意义，应用推广前景广阔。主要创新性成果如下：

（1）开发了全产业链废水分级分质耦合处理新工艺技术，实现聚氯乙烯装置工业废水零排放。通过废水的成分分析，开发了废水分级分质耦合处理新工艺，充分利用了各类高含盐废水的特点，经处理后直接回用于氯碱工段的采卤工序，母液水COD降低到5ppm以下，且稳定性较好，实现了母液水的高价值循环利用；生活污水采用A0一体化生化处理技术处理后满足绿化再生水用水标准，对于氯碱行业企业工业废水零排放具有良好的示范意义。

（2）绿色金基无汞催化剂的制备及工业化示范应用。制备出金质量含量为0.1%绿色无汞催化剂，在万吨级新型工业装置上单台连续运行时间超过20000小时，平均乙炔空速 24.83h^{-1} ，平均乙炔转化率94.80%，氯乙烯选择性不低于99%。设计并建成新型多段式乙炔氢氯化反应器，单台产能较低汞转化器产能提升25%以上，大幅减少了转化器和催化剂的使用数量，副产0.3-0.5MPa低压蒸汽0.69t/tPVC，二氧化碳减排量108.6kg/tPVC，形成一套拥有自主知识产权的氯乙烯无汞催化及新型反应器技术，并进

行无汞催化剂工业化中试试验和生产示范装置设计工作，建成工业示范装置，形成完备的工艺数据包，在电石法氯乙烯无汞催化领域达到国际领先水平。

(3) 建成 60 万吨/年兰炭生产线，并推广应用于兰炭联产聚氯乙烯规模化生产。

基于煤热解的 TG/DTG 曲线和红外吸收光谱图，分析得出煤热解过程的动力学参数及机理方程与主要官能团的热解演变机理，根据内热式低温干馏方炉的结构、工况建立物理模型，模拟得出低温干馏炉的温度场、压力场分布规律，再通过兰炭炉结构优化、干馏过程工艺参数优化解决炉体设计、放大过程中的关键技术难题。

(4) 年产能为 50 万吨的电石生产线集成开发与应用。针对电石生产过程中电石渣利用率低、环境污染严重等关键难题，通过电石炉的结构、电石渣的综合利用技术研究、电石炉气净化及利用技术，开发了 7.5、10 万吨/年电石生产技术与装备，采用节能环保型密闭电石炉，有效利用了电石渣、电石尾气、兰炭炉尾气，降低了粉尘排放，减少了二氧化碳排放量，建成 50 万吨/年的电石生产线。

(5) 年产能为 100 万吨的聚氯乙烯生产线开发与应用。针对传统聚氯乙烯的串联两段式转化器工艺存在的催化剂寿命短及催化剂抽翻导致的破损问题，研发新型乙炔法氯乙烯合成工艺，采用两次混合与两次预热，提高了转化率，延长了催化剂的使用寿命。通过反应过程动力学模拟，聚氯乙烯聚合釜的控制优化等，开发了容积为 108m³、年产能为 4.2 万吨的悬浮法生产聚氯乙烯成套技术与装备，并将 24 台设备集成为 100 万吨/年聚氯乙烯生产线，物料达到优化平衡，提高了原料的利用率，减少了副产物。

(6) 兰炭-电石-聚氯乙烯产业链及园区示范开发与应用。基于系统工程理论和方法对兰炭产业链各生产单元的优化耦合问题进行研究，实现兰炭生产单元产物的质和量的优化调控，从技术经济的角度实现物质和能量系统调配，为兰炭-电石-聚氯乙烯产业链升级及园区示范提供技术支撑。采用电石炉尾气、兰炭炉尾气两气发电，实现了兰炭、电石、聚氯乙烯产能匹配及耦合联产，开发建成了国内外首套 60 万吨/年兰炭、50 万吨/年电石、100 万吨/年聚氯乙烯的兰炭-电石-聚氯乙烯产业链及循环经济示范园区，生产运行稳定。2019 年-2021 年生产兰炭 118.65 万吨，电石 139.61 万吨，聚氯乙烯 384.54 万吨等，销售收入 330.53 亿元，利润 61.37 亿元。采用本成果的新技术后，每年可节水约 100 万吨，节煤约 20 万吨，减排废渣约 120 万吨。

项目成果经陕西省煤炭学会科技成果评价办公室组织鉴定，“该成果属国内首创，总体达到国际领先水平”，开发的“兰炭聚氯乙烯产业链规模化联产技术与应用”获中国产学研促进会创新成果一等奖和中国石油和化学工业联合会科技进步二等奖，得到国内外学术界和工程界的广泛关注与赞誉。

三、客观评价

1、科技项目验收意见

陕西省科学技术厅组织有关专家，对陕西省科技统筹创新工程项目“煤-兰炭-电石-聚氯乙烯产业链及园区示范”（2011KTDZ 01-05-02）进行了验收。专家组一致认为，课题完成了合同书规定的任务，同意通过验收。验收的主要意见为：该项目开发出聚氯乙烯生产成套新技术及装备，建成了国内首套煤-兰炭（60 万吨/年）-电石（50 万吨/年）-聚氯乙烯（110 万吨/年）产业链及循环经济示范园区。开发了电石粉尘综合利用技术，粉尘回收利用率可达到 100%；通过兰炭-电石-聚氯乙烯产业链中各生产环节之间的质量能量耦合优化，实现了兰炭生产尾气、电石炉尾气、石灰窑尾气等多气余热的综合利用，实现了节能减排，详见附件 2-2-9 和附件 2-2-10。

2、科技成果鉴定结论

陕西省煤炭学会组织科技成果鉴定，鉴定的主要意见为：建成了国内首套兰炭（60 万吨/年）-电石（50 万吨/年）-聚氯乙烯（100 万吨/年）产业链及工业示范园区，装置实现了长期稳定运行，达产达标，经济、社会和环境效益显著，采用兰炭聚氯乙烯耦合多联产技术，实现了兰炭、电石尾气等多气余热的综合利用，节能和碳排放减少效果显著，对兰炭、聚氯乙烯生产技术及其产业链、产业集群升级换代和行业技术进步具有重大现实意义，应用推广前景广阔。该成果属国内首创，总体达到国际领先水平，详见附件 2-2-11 和附件 2-2-12。

3、科技成果登记

2019 年 10 月 20 日，“兰炭聚氯乙烯产业链规模化联产技术与应用”科技成果进行登记成功，批准登记号为：9612019Y1158，详见附件 1-5。

4、科技查新报告

省科委西安建筑科技大学查新工作站查新的主要结果为：

该项目的创新点主要有：清洁兰炭单炉生产系列成套技术与装备创新；基于系统工程理论和方法对兰炭产业链各生产单元的优化耦合问题进行研究；煤-兰炭-电石-聚氯乙烯一体化技术集成创新。经检索并对相关文献分析对比结果表明。在国内公开发表的中文文献中与本委托项目创新点完全相同的未见报道，详见附件 2-2-13 和附件 2-2-14。

5、国内外重要科技奖励

本项目的部分研究成果均已获得行业及协会的认可,“兰炭聚氯乙烯产业链规模化联产技术与应用”于 2019 年获得中国产学研合作创新成果一等奖,“兰炭聚氯乙烯产业链规模化联产技术应用”于 2020 年获得中国石油和化学工业联合会科技进步二等奖,详见附件 2-2-15 和附件 2-2-16。

6、产品检测及质量评价

本项目成果应用生产出的聚氯乙烯树脂经化学工业氯碱产品质量监督检验中心检测,产品符合 GB/T5761-2018 中 SG5 型优等品指标要求,详见附件 2-1-2。本项目成果应用生产出的北元牌聚氯乙烯经陕西省质量强省工作推进委员会认定为陕西省名牌产品,详见附件 2-1-3。本项目成果应用生产出的北元牌高纯氢氧化钠经陕西省质量强省工作推进委员会认定为陕西省名牌产品,详见附件 2-1-4。

四、应用情况

1. 应用情况（限 2 页）

本技术成果已在陕西北元化工集团股份有限公司推广应用，该公司于 2014 年建成兰炭-电石-聚氯乙烯循环经济工业示范园区，建设投资为 86.8 亿元，2016 年-2018 年的工业总产值 258.78 亿元，利润总计 46.22 亿元；2019-2021 年的工业总产值 364.89 亿元，利润总计 61.37 亿元，技术水平、产品质量指标均达到国内外同行业领先水平，每年可节水约 100 万吨，节煤约 20 万吨，减排废渣约 120 万吨。

主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	陕西北元化工集团股份有限公司	兰炭聚氯乙烯规模化联产关键技术	60 万吨/年兰炭、50 万吨/年电石、100 万吨/年聚氯乙烯的兰炭-电石-聚氯乙烯产业链	2014 年至今	张明/ 15529968621

五、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
1	发明专利	一种氯碱含盐废水处理系统及方法	中国	ZL201711008992.2	2019 年 10 月 11 日	3553908	陕西北元化工集团股份有限公司	刘国强；刘延财；徐生智；熊磊；张明
2	发明专利	一种乙炔法氯乙烯合成工艺	中国	ZL201810112954.X	2020 年 06 月 30 日	3867011	陕西北元化工集团股份有限公司	宁小钢；熊磊；刘延财；张明
3	发明专利	一种实验室制备水泥熟料的方法	中国	ZL201710562032.4	2019 年 11 月 05 日	3581353	陕西北元化工集团股份有限公司	张明
4	发明专利	一种工业废渣油井水泥及其制备方法	中国	ZL201710892751.2	2020 年 11 月 06 日	4073847	陕西北元化工集团股份有限公司	申建成；刘延财；张明
5	实用新型	一种乙炔法氯乙烯合成装置	中国	ZL201820194667.3	2018 年 10 月 12 日	7942995	陕西北元化工集团股份有限公司	宁小钢；熊磊；刘延财；张明
6	实用新型	一种无汞触媒合成氯乙烯的工艺系统	中国	ZL202120447651.0	2021 年 12 月 03 日	14971127	陕西北元化工集团股份有限公司	申建成；宁小钢；熊磊
7	实用新型	多模式无汞催化合成氯乙烯的工艺装置	中国	ZL201921911274.0	2020 年 08 月 11 日	11220487	陕西北元化工集团股份有限公司	宁小钢；刘延财；熊磊
8	国家标准	节水型企业氯碱行业	中国	GB/T 37271-2018	2018 年 12 月 28 日	国家市场监督管理总局	陕西北元化工集团股份有限公司	刘延财
9	专著	电石生产工艺与安全操作	中国	ISBN 9787122395641	2021 年 10 月 01 日	化学工业出版社	陕西北元化工集团股份有限公司	刘国强；刘延财；申建成

10	论文	Numerical Simulation of the Tar Mist and Dust Movement Process in a Low-Temperature Dry Distillation Furnace	中国	(2020) 2356038	2020 年 03 月 02 日	Journal of Chemistry	Xi'an University of Architecture and Technology	张秋利
----	----	--	----	----------------	------------------	----------------------	---	-----

六、主要完成人情况表

姓 名	刘国强	排 名	1
行政职务	董事长		
技术职务	高级工程师		
工作单位	陕西北元化工集团股份有限公司		
完成单位	陕西北元化工集团股份有限公司		
对本项目技术创造性贡献： 项目负责人，全面负责本项目研究与技术应用，主要包括项目的管理，立项手续的协调，批复文件的办理。牵头完成了一种氯碱含盐废水处理系统及方法研究，实现了项目建设过程中氯碱含义废水的合理利用。			

姓 名	张秋利	排 名	2
行政职务	化工系主任		
技术职务	教授		
工作单位	西安建筑科技大学		
完成单位	西安建筑科技大学		
对本项目技术创造性贡献： 项目技术负责人，通过调研现有生产技术及工艺存在问题，对现有兰炭生产工艺进行技术升级基础探索研究，通过干馏炉内温度场、物流场的分布规律的研究，建立动态模拟模型，优化干馏炉的结构与干馏过程工艺参数。			

姓 名	刘延财	排 名	3
行政职务	总经理		
技术职务	高级工程师		
工作单位	陕西北元化工集团股份有限公司		
完成单位	陕西北元化工集团股份有限公司		
对本项目技术创造性贡献： 项目具体实施负责人，负责项目实施过程中的整体管理及各项资源的协调。针对氯碱行业的节水技术进行了深入研究，编制了氯碱行业节水型企业标准。			

姓 名	宁小钢	排 名	4
行政职务	总工程师		
技术职务	正高级工程师		
工作单位	陕西北元化工集团股份有限公司		
完成单位	陕西北元化工集团股份有限公司		
对本项目技术创造性贡献： 负责 100 万吨聚氯乙烯生产装置的建设，对项目建设过程中的合成系统进行研究，研发了一种乙炔法氯乙烯合成工艺，实现了电石法聚氯乙烯无汞化生产。			

姓 名	惠维渊	排 名	5
行政职务	原董事长		
技术职务	正高级工程师		
工作单位	陕西北元化工集团股份有限公司		
完成单位	陕西北元化工集团股份有限公司		
对本项目技术创造性贡献： 负责项目建设过程中各项资源的协调，包含公共介质的供应及物料的协调等，负责项目建设过程中高含盐废水中有机物降级技术的研究，减少项目整体的水资源消耗。			

姓 名	申建成	排 名	6
行政职务	副总经理		
技术职务	高级工程师		
工作单位	陕西北元化工集团股份有限公司		
完成单位	陕西北元化工集团股份有限公司		

<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>负责 220 万吨水泥生产装置的建设，对建设过程中出现的问题进行解决。牵头完成了一种工业废渣油井水泥及其制备方法的研究，实现了水泥产品的多样化。</p>			
---	--	--	--

姓 名	徐生智	排 名	7
行政职务	副总工程师		
技术职务	工程师		
工作单位	陕西北元化工集团股份有限公司		
完成单位	陕西北元化工集团股份有限公司		
对本项目技术创造性贡献： 负责 50 万度电石生产装置的建设，提出了电石生产过程中电石炉的改进建议、电石炉尾气及复合炉尾气的综合利用建议，降低了电石生产过程中能源的消耗。			

姓 名	熊磊	排 名	8
行政职务	副部长		
技术职务	高级工程师		
工作单位	陕西北元化工集团股份有限公司		
完成单位	陕西北元化工集团股份有限公司		
对本项目技术创造性贡献： 负责项目建设过程中数据收集及整理，参与了乙炔法氯乙烯合成工艺的研究，对系统运行过程中的各项数据进行分析，对三种催化剂进行了性能测试及评价，实现了聚氯乙烯生产无汞化。			

姓 名	张明	排 名	9
行政职务	业务主管		
技术职务	工程师		
工作单位	陕西北元化工集团股份有限公司		
完成单位	陕西北元化工集团股份有限公司		
对本项目技术创造性贡献： 负责项目建设过程中数据收集及整理，参与了实验室制备水泥熟料的方法研究，实现了电石渣制水泥的工艺技术研究，减少了水泥制备过程中二氧化碳的产生。			

七、主要完成单位情况表

单位名称	陕西北元化工集团股份有限公司
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：	
<p>陕西北元化工集团股份有限公司是由陕煤集团、民营企业共同组建的大型盐化工企业，被省委省政府誉为“北元模式”。北元集团现下设十个职能部门、一个研发中心和四个分、子公司。与西安建筑科技大学共同组成了陕西省科技统筹创新工程计划项目“兰炭产业链升级及园区示范”研究的课题组，承担了陕西省科技统筹创新工程计划项目“煤-兰炭-电石-聚氯乙烯产业链及园区示范”课题。</p> <p>陕西北元化工集团股份有限公司采用节能环保型密闭电石炉建成 50 万吨/年电石生产线，并开发电石粉尘回收技术并建成投产，运行状况良好，提高了电石的利用率，降低了电石单耗，节省了电石粉尘外运的处理费用，将电石渣在水泥生产和烟气脱硫过程当中得到了 100% 的应用。最终建设年产 100 万吨聚氯乙烯产业链及园区示范。形成了 100 万吨聚氯乙烯、80 万吨离子膜烧碱、4×125MW 热电、220 万吨新型干法工业废渣制水泥、50 万吨电石的生产能力。凭借资源、规模、循环产业链、区位和体制五大优势，实现了煤盐资源就地转化，带动化工、建材、运输、服务等相关产业快速发展，对工业经济增长和追赶超越发展具有重要意义。</p>	

单位名称	西安建筑科技大学
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：	
<p>项目依托陕西省在西安建筑科技大学设立的陕西省冶金工程技术研究中心、中国兰炭产业技术创新战略联盟等开展具体实验研究过程，实验室经过多年的研究形成了一支学历层次高，年轻有为、富有活力和创新精神的科研队伍，实验室各类实验和分析设备先进，且在项目的实施和应用过程中发挥了巨大作用。作为项目的完成单位，主要负责干馏炉内温度场、物流场的分布规律的研究，干馏炉结构及干馏过程工艺参数的优化，通过产学研结合，与陕西北元化工集团股份有限公司共同完成了技术成果的工程应用和推广。</p>	

完成人合作关系说明

项目第一完成人与本项目其他完成人通过专著合著、论文合著、共同立项、共同知识产权、共同获奖等多种方式，就本项目涉及的兰炭电石聚氯乙烯产业链相关技术及装备等进行了广泛的合作研究。共同出版专著 1 本，共同获得授权国家发明专利 6 项，共同获得授权国家实用新型专利 35 余项，共同获奖 2 项，共同制订国家标准 1 项。

项目第二完成人张秋利，针对内热式兰炭干馏炉的热解原理分析与模拟优化的相关理论及技术，与第一完成人合作共同申报并获准 2020 年中国石油和化学工业联合会科学技术进步二等奖 1 项。

项目第三完成人刘延财，针对废水处理系统及电石生产工艺的相关理论及技术，为项目的实际实施做出了突出贡献，与第一完成人共同编写专著《电石生产工艺与安全操作》，共同申请并获准相关发明专利。

项目第四完成人宁小钢，针对乙炔法氯乙烯合成工艺与无汞催化合成氯乙烯的工艺装置的理论及技术，为项目的实际实施做出了突出贡献。并联合第一完成人共同申报并获准 2020 年中国石油和化学工业联合会科学技术进步二等奖 1 项，共同申请并获准相关发明专利。

项目第五完成人惠维渊，针对高盐废水中的有机物降解理论与技术，与第一完成人合作共同进行项目研究，为废水处理工艺的应用做出了重要贡献。

项目第六完成人申建成，针对电石工业废渣综合利用的相关理论及技术开发进行了大量研究，为项目的实际实施做出了突出贡献，联合第一完成人共同编写专著《电石生产工艺与安全操作》，共同申请并获准相关发明专利。

项目第七完成人徐生智，针对废水处理系统的相关理论及技术，在企业中的实际应用开展了大量研究，联合第一完成人申请相关专利，共同申报并获准 2020 年中国石油和化学工业联合会科学技术进步二等奖 1 项。

项目第八完成人熊磊，针对高含盐有机废水处理系统及方法的理论及技术开发了大量研究工作，联合第一完成人申请相关专利，共同合作申报并获准 2020 年中国石油和化学工业联合会科学技术进步二等奖 1 项。

项目第九完成人张明，针对电石工业废渣综合利用的相关理论及技术开发进行了大量研究工作，联合第一完成人共同申请相关专利，共同合作申报并获准2020年中国石油和化学工业联合会科学技术进步二等奖1项。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	共同获奖	张秋利/2	2014.1.1	2020.12.31	中国石油和化学工业联合会科学技术进步二等奖	附件 2-2-16
2	共同知识产权	刘延财/3	2017.1.1	2019.12.31	一种氯碱含盐废水处理系统及方法	附件 1-1-1
3	共同知识产权	宁小钢/4	2014.1.1	2020.12.31	中国石油和化学工业联合会科学技术进步二等奖	附件 2-2-16
4	共同完成项目	惠维渊/5	2013.1.1	2016.12.31	高盐废水中有机物降解技术研究	附件 2-2-17 附件 2-2-18
5	专著合著	申建成/6	2018.1.1	2021.12.30	电石生产工艺与安全操作	附件 2-2-6
6	共同知识产权	徐生智/7	2017.1.1	2019.12.31	一种氯碱含盐废水处理系统及方法	附件 1-1-1
7	共同知识产权	熊磊/8	2014.1.1	2020.12.31	中国石油和化学工业联合会科学技术进步奖二等奖	附件 2-2-16
8	共同获奖	张明/9	2017.1.1	2019.12.31	一种氯碱含盐废水处理系统及方法	附件 1-1-1

项目信息（科学技术进步奖）

1、项目名称

深部侏罗系矿井充水强度评价与水害风险管控

2、主要完成人

郑忠友、丁湘、蒲治国、张坤、冯洁、贺晓浪、黄海鱼、谢朋、段东伟

3、提名单位

陕西省煤炭学会

4、拟申报奖项及等级

该项目拟申报陕西省科学技术进步奖二等奖。

5、项目简介

项目属于矿山安全领域，方向是矿井防治水。

随着“一带一路”战略的实施及我国煤炭生产重点逐步西移，地处能源“金三角”的内蒙古鄂尔多斯煤炭资源开采规模、开采强度逐渐增加，生产揭露的矿井涌水量与勘探阶段预计的矿井涌水量相差甚远，矿井设计不能满足矿井防治水需求，且该区煤层埋藏深度普遍达 600m 左右，煤层顶板上覆巨厚砂岩孔隙裂隙强含水层，富水性极不均匀，水文地质条件复杂，深部侏罗系矿井顶板水害防治已成为制约煤炭科学开采的关键问题，引起了社会的关注。如何破解深部侏罗系矿井顶板水害防治技术难题，亟需开展深部侏罗系矿井充水强度评价与水害风险管控技术研究。

本项目主要依托中煤集团 2017 年度重点科技课题，以呼吉尔特矿区葫芦素矿井、门克庆矿井、母杜柴登矿井、巴彦高勒矿井与纳林河矿区纳林河二号矿井为研究区，运用水文地质学、沉积学、工程地质学等多学科的理论与技术方法，划分了研究区煤层顶板直罗组、延安组沉积相，研究了基于沉积控水因素的煤层上覆主要含水层直罗组一段、延安组三段的富水性与导水裂隙带发育高度，提出了基于沉积控水规律的含水层充水强度分区方法，结合矿井生产实际，研究了“四维时空”动态矿井涌水量精细预计方法，提出了矿井水害风险管控关键技术。取得了如下创新性成果：

(1) 基于深部侏罗系矿井沉积控水规律，提出了煤层顶板充水强度分区评价方法——“充水强度指数法”。

(2) 提出了“四维时空”矿井涌水量精准预计方法。

(3) 形成了深部侏罗系煤层顶板水害区域治理关键技术。

(4) 形成了以闭环式系统过程控制为主体的矿井水害管控体系。

6、客观评价

本项目经中国煤炭工业协会组织专家团队对该项目进行了成果鉴定，总体达到了国际领先水平。具体鉴定意见如下：

1、基于深部侏罗系矿井沉积控水规律，提出了煤层顶板含水层“充水强度指数法”分区评价方法，为我国西部深部矿区侏罗系矿井水害防治提供了科学依据。

2、结合矿井涌水量空间上叠加效应和时间上的传承效应，提出了分区、分层、分时的“四维时空”动态的矿井涌水量精准预计方法，提高了矿井涌水量预测精度。

3、从单侧邻面采空区截流、双侧采空区截流及工作面方向调整截流等角度探索出以采区为单位的大范围治理顶板水害的方法，形成了深部侏罗系煤层顶板水害治理关键技术。

4、以系统工程与闭环式管理理念为指导，构建了“立体探查、预测预报、追踪探放、分段疏降、采前评价、阶梯排水、监测预警、总结优化”的“八位一体”闭环式防治水工程技术管理体系。

研究成果在胡吉尔特矿区葫芦素矿井、门克庆矿井、母杜柴登矿井与纳林河矿区纳林河二号矿井应用，取得了显著的经济和社会效益。项目提供的鉴定资料齐全，符合鉴定要求，同意通过鉴定。研究成果达到了国际领先水平。

建议：加强在深部侏罗系矿井的推广应用。

7、应用情况

1) 应用矿井

本项目成果应用于4个矿井，分别为葫芦素矿井、门克庆矿井、母杜柴登矿井、纳林河矿井。

2) 应用效果

(1) 经济效益

本项目成功将基于沉积控水规律的顶板含水层充水强度分区评价方法、矿井涌水量精细预计等新技术应用与矿井生产实践中,共减少矿井水害防治费用 9630 万元,其中,防治工程费用 6780 万元,矿井排水费用 2850 万元,为煤炭高效开采提供了保障。

(2) 安全效益

本项目综合沉积地质学与水文地质学理论揭示了矿井水文地质条件主要受沉积环境控制的客观规律,基于沉积地质条件开展了主要含水层富水性分区,对矿井水害预测预报与采区生产系统优化布局发挥了重要作用;采用提出的矿井“四维时空”动态涌水量预计方法开展了巷道开拓掘进阶段矿井涌水量预计,将矿井涌水量构成细分为井筒淋水及马头门冻结孔出水、煤巷掘进顶板水及探放水孔涌水、煤仓及上仓斜巷等相关巷道疏放水和井下生产用水 4 个部分,预计结果与实测涌水量接近,为矿井工作面排水系统建设及优化提供了可靠数据;提出的长距离定向钻进技术保证了母杜柴登矿 30201 工作面的安全掘进,累计进尺 10590m,在节省防治水工程费用的同时,为工作面提前形成至少争取了 102 天;提出的基于综合物探与沉积特征的可控疏放方法,减少了纳林河二号矿 31121 工作面疏放水钻孔 37 个,节约矿井水害防治费用 155 万元。

项目成果应用以来,未发生过水害事故,维护了矿井效益的稳定和可持续发展,为矿井安定团结、建设和谐、安宁的新矿山起到了重要作用。

(3) 环境效益

本项目成果的应用减少了矿井水处理费用,带来了显著的环境效益,达到了节约与环保双赢效果。

主要应用单位情况如下表:

主要应用单位情况表					
序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模(MW)	应用起止时间	单位联系人/电话
1	乌审旗蒙大矿业有限责任公司	充水强度分区评价、“四维时空”动态矿井涌水量预计、矿井水害防控理念	纳林河二号煤矿,年产量 800 万	2018 年 3 月 -2021 年 12 月	王朝引/18904773157

			吨		
2	鄂尔多斯市伊化矿业资源有限责任公司	充水强度分区评价、“四维时空”动态矿井涌水量预计、矿井水害防控理念	母杜柴登煤矿，年产量600万吨	2018年3月-2021年12月	刘毅涛/15149456951
3	中天合创能源有限责任公司	充水强度分区评价、“四维时空”动态矿井涌水量预计、区域水害治理模式、矿井水害防控理念	门克庆煤矿，年产量1200万吨	2018年3月-2021年12月	于辉华/15947586366
4	中天合创能源有限责任公司	充水强度分区评价、“四维时空”动态矿井涌水量预计、矿井水害防控理念	葫芦素煤矿，年产量1300万吨	2018年3月-2021年12月	苏士杰/15839893835

8、主要知识产权和标准规范

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
1	发明	一种基于解析法比拟预测综放工作面涌水量的方法	中国	ZL201910950397.3	2020-11-16	第4074298号	中煤能源研究院有限责任公司	谢朋；丁湘；蒲治国；张坤；贺晓浪；黄海鱼
2	实用新型	一种井下一孔多用装置	中国	ZL201921488302.2	2020-05-19	第10532763号	中煤能源研究院有限责任公司	蒲治国；丁湘；张坤；朱磊；吴玉意；刘成勇；宋立平；贺晓浪；段东伟；谢朋；柯贤敏；刘溪；黄海鱼
3	实用新型	一种井下采场自移式煤水自动存储、过滤及转运装置	中国	ZL201922401556.2	2020-09-08	第11426859号	中煤能源研究院有限责任公司；鄂尔多斯市伊化矿业资源有限责任公司	张振配；丁湘；王黔；王国文；段海涛；贺晓浪；宋立平；蒲治国；张坤；谢朋；段东伟；黄海鱼；柯贤

							公司	敏；刘溪
4	计算机软件著作权	基于 Visual Basic 的矿井涌水量计算软件 V1.0	中国	0379 7013	2019-01-28	软著登字第 3902236 号	中煤能源研究院有限责任公司	郑忠友；丁湘；蒲治国；张坤；贺晓浪；黄海鱼；谢朋；段东伟
5	论文	深埋侏罗系煤层顶板水害源头防控关键技术	中国	2019 年，44 卷，2449-2459 页	2019-08-15	煤炭学报	华东理工大学；国家煤矿水害防治工程技术研究中心；中煤能源研究院有限责任公司；中煤冲击地压与水害防治研究中心	王洋；武强；丁湘；高柏；蒲治国
6	论文	毛乌素沙漠区广域适应型保水安全厚度计算及开采影响分区评价	中国	2019 年，44 卷，796-803 页	2019-03-15	煤炭学报	西安科技大学；中煤能源研究院有限责任公司	贺晓浪；夏玉成；丁湘；孙学阳
7	论文	煤矿厚层砂岩裂隙水精细疏放与综合利用技术研究	中国	2018 年，44 卷，110-115 页	2018-01-22	中国煤炭	中煤能源研究院有限责任公司；中煤科工集团西安研究院有限公司；西安科技大学；陕西煤业化工集团黄陵	贺晓浪；穆鹏飞；王英；闫嘉平

							矿业公司 建北煤矿	
8	论文	综合物探在 纳林河二号 矿井砂岩水 防治中的应 用	中国	2018 年， 30 卷， 75-7 9 页	2018-10- 25	中国煤炭 地质	乌审旗蒙 大矿业有 限责任公 司；中煤能 源研究院 有限责任 公司	贺晓浪；穆鹏 飞；王英；闫 嘉平
9	论文	基于充水条 件比拟的工 作面涌水量 预计方法	中国	2019 年， 50 卷， 209- 213 页	2019-05- 20	煤矿安全	中煤能源 研究院有 限责任公 司	段东伟；丁湘； 蒲治国；王洋
10	专著	深部侏罗系 矿井充水强 度评价与水 害风险管控	中国	ISBN ： 9787 5020 7218 6	2021-05- 01	应急管理 出版社	中煤能源 研究院有 限责任公 司	丁湘；申斌学； 郑忠友；蒲治 国；冯洁；王 厚柱；黄海鱼； 王朝引；陈德 明；张坤；李 哲；刘毅涛； 王黔；刘溪； 段东伟；贺晓 浪；郭森林； 谢朋；吴永辉； 刘凯祥；纪卓 辰；闫鑫

9、主要完成人情况

序号	完成人	行政 职务	技术 职称	工作单位	完成单位	对本项目的贡献
1	郑忠友	副总 经理	教高	中煤能源 研究院有 限责任公 司	中煤能源研 究院有限责 任公司	1、项目总负责，参与制定项目总体方案，明确项目所要解决的问题和达到的目的，组织实施研究工作，对项目的整体研究进度和质量进行全面的指导和把握。

						<p>2、对研究成果的各项创新点 4 有创造性贡献。</p> <p>3、本人在该项研究中的工作量占本人同期科研工作量的 65%以上。</p>
2	丁湘	所长	副研究员	中煤能源研究院有限责任公司	中煤能源研究院有限责任公司	<p>1、项目总负责，制定项目总体方案，明确项目所要解决的问题和达到的目的，组织实施研究工作，对项目的整体研究进度和质量进行全面的指导和把握。</p> <p>2、对研究成果的各项创新点 1、创新点 4 有创造性贡献。</p> <p>3、本人在该项研究中的工作量占本人同期科研工作量的 65%以上。</p>
3	蒲治国	副所长	高工	中煤能源研究院有限责任公司	中煤能源研究院有限责任公司	<p>1、参与项目方案的研究和研究成果的编制等工作，提出项目优化技术思路，对本项目的科技创新点的总结和提炼提出建设性意见。</p> <p>2、对研究成果创新点 2、3 作出重要贡献。</p> <p>3、本人在该项研究中的工作量占本人同期科研工作量的 60%以上。</p>
4	张坤	无	高工	中煤能源研究院有限责任公司	中煤能源研究院有限责任公司	<p>1、项目执行负责人，组织实施项目。</p> <p>2、创新点 2、3、4 的主要贡献者。</p> <p>3、本人在该项研究中的工作量占本人同期科研工作量的 80%以上。</p>
5	冯洁	无	高工	中煤能源研究院有限责任公司	中煤能源研究院有限责任公司	<p>1、参与项目报告撰写，成果汇总。</p> <p>2、创新点 1 的主要贡献者。</p> <p>3、本人在该项研究中的工作量占本人同期科研工作量的 50%以上。</p>
6	贺晓浪	无	工程师	中煤能源研究院有限责任公司	中煤能源研究院有限责任公司	<p>1、主要负责现场技术指导与导水裂隙带发育高度的数值模拟。</p> <p>2、创新点 3 的主要贡献者。</p> <p>3、本人在该项研究中的工作量占本人同期科研工作量的 60%以上。</p>
7	黄海鱼	无	工程师	中煤能源研究院有限责任公司	中煤能源研究院有限责任公司	<p>1、主要负责研究区沉积相划分及其充水强度分区指标选取。</p> <p>2、创新点 1 的主要贡献者。</p> <p>3、本人在该项研究中的工作量占本人同期科研工作量的 60%以上。</p>

8	谢朋	无	工程师	中煤能源研究院有限责任公司	中煤能源研究院有限责任公司	1、进行了矿井涌水量预测方法的研究，撰写相关科研成果。 2、创新点 2 的主要贡献者。 3、本人在该项研究中的工作量占本人同期科研工作量的 80%以上。
9	段东伟	无	工程师	中煤能源研究院有限责任公司	中煤能源研究院有限责任公司	1、参与完成防治水工程现场技术指导； 2、进行了区域水害治理模式的研究，撰写相关科研成果。 3、创新点 3 的主要贡献者。 4、本人在该项研究中的工作量占本人同期科研工作量的 70%以上。

10、主要完成单位及创新推广贡献

排序	完成单位	对本项目的贡献
1	中煤能源研究院有限责任公司	项目主体完成单位，负责项目研究与实施的整个过程。组织了该项目的立项、论证工作，制订了项目的研究路线、方法和整体方案。创新点 1、2、3、4 的主要贡献者，完成了创新成果的推广与应用。

11、完成人合作关系说明

项目第一完成人郑忠友、第二完成人丁湘、第三完成人蒲治国、第四完成人张坤、第五完成人冯洁、第六完成人贺晓浪、第七完成人黄海鱼、第八完成人谢朋、第九完成人段东伟均属同一单位（中煤能源研究院有限责任公司），第二、三、四、六、七、八、九完成人曾共同立项（中煤集团 2017 年度重点科研项目，编号 17-38）。

项目第八完成人谢朋、第二完成人丁湘、第三完成人蒲治国、第四完成人张坤、第六完成人贺晓浪、第七完成人黄海鱼共同完成了知识产权 1（发明专利）；

项目第三完成人蒲治国、第二完成人丁湘、第四完成人张坤、第六完成人贺晓浪；第九完成人段东伟、第八完成人谢朋、第七完成人黄海鱼共同完成了知识产权 2（实用新型）；

项目第二完成人丁湘、第六完成人贺晓浪、第三完成人蒲治国、第四完成人张坤、第八完成人谢朋、第九完成人段东伟、第七完成人黄海鱼共同完成了知识产权 3（实用新型）；

项目第一完成人郑忠友、第二完成人丁湘、第三完成人蒲治国、第四完成人张坤、第六完成人贺晓浪、第七完成人黄海鱼、第八完成人谢朋、第九完成人段东伟共同完成了知识产权 4（软件著作权）；

项目第二完成人丁湘、第三完成人蒲治国同完成了知识产权 5（论文）；

项目第二完成人丁湘、第五完成人冯洁、第四完成人张坤同完成了知识产权 7（论文）；

项目第九完成人段东伟、第二完成人丁湘、第三完成人蒲治国同完成了知识产权 9（论文）；

项目所有完成共同完成了知识产权 10（专著。）

项目信息（自然科学奖）

一、项目名称

化工园区泄漏和爆炸及其次生衍生事故演化预测技术与风险防范方法

二、提名者及提名意见

提名单位：陕西省煤炭学会

提名意见：

由于化工园区灾害事故发生机理复杂，事故难以防范且应急救援难度大、风险高，该项目紧密围绕化工园区中大型储罐区和大尺度复杂工艺油气管网的燃烧、爆炸及其次生衍生事故链中的关键科学问题，从重大危险源风险监测与风险感知定量计算、次生衍生灾害概率预测模型与装置失效判据、次生衍生事故链动态演化规律、突发事件群体行为演变特征与应急决策模型等方面开展了系统深入的基础研究，取得了一系列的创新成果，为提升我国化工园区燃烧、爆炸及其次生衍生灾害防控水平做出了贡献，研究成果对于促进化工安全生产及区域经济发展具有重要意义。

成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省自然科学奖提名条件，**特提名为陕西省自然科学奖二等奖。**

三、项目简介

本项目属于公共安全领域。化工园区的工艺装置管网或储罐区具有占地面积大、收发作业频繁、检维修频次多的特点。在化工生产的各个环节中，因人员操作失误，或是设备物料的不安全状态，造成可燃物质泄漏导致燃烧、爆炸事故或灾害链事故时有发生，严重威胁着厂区员工的生命安全，造成难以预计的经济损失和社会影响。本项目以“十三五”国家重点研发计划”项目子课题为依托，针对化工园区化工园区泄漏和爆炸及其次生衍生事故中的关键科学问题开展了基础研究，提出了重大危险源风险监测与风险感知定量计算方法，建立了次生衍生灾害概率预测模型与装置失效判据，得到了“泄漏扩散”、“泄漏诱发蒸气云爆炸”次生衍生事故链动态演化规律，揭示了突发事件群体行为演变特征与应急决策模型，用于高效防范化工园区泄漏、爆炸及其次生衍生灾害链事故的发生，保障园区安全生产，具有重要的科学研究价值和推广意义。创新点如下：

1、提出了重大危险源风险监测与风险感知定量计算方法。①提出了城市重大危险源的专题图分析和危险事故分析方法；②建立了基于无线通信网络和二维码的移动危险源监测系统；③建立了个体风险感知、群体风险感知和社会总风险感知的定量计算方法；④得到了基于变分模态分解和相对熵的城市燃气管道多点

泄漏检测与定位方法。

2、建立了次生衍生灾害概率预测模型与装置失效判据。①构建了灭火条件下常压储罐区事故链的动态概率分析方法；②揭示了化工储罐区导致多米诺效应事故发生的关键环节及各储罐关键时刻事故概率；③建立了常压储罐失效时间与壳体辐射强度简化模型；④揭示了多热源热辐射时序耦合作用下储罐失效判据模型。

3、得到了“泄漏扩散”、“泄漏诱发蒸气云爆炸”次生衍生事故链动态演化规律。①阐明了大型储罐单源泄漏气云最远扩散距离随时间变化符合函数关系；②揭示了大型储罐多源气体泄漏射流气体之间的作用机制及引起管道及相邻罐损坏的连锁效应；③阐明了气云组成、风速风向、障碍物阻塞率等因素对形成不同泄漏气云的作用机制；④建立了基于气云成分组成和气云体积的液化烃类气体泄漏爆炸预测模型；⑤得到了复杂工艺管网最不利场景条件下安全间距和防爆墙高度对泄漏气云爆炸的影响规律。

4、揭示了突发事件群体行为演变特征与应急决策模型。①建立了化工园区突发事件情景下的群体行为系统模型；②建立了化工园区突发事件应急决策模型；③实现了应急决策方案的动态性调整；④提出了社会应急救援力量参与下的应急响应机制。

四、客观评价

本项目在化工领域多灾种耦合致灾机理与规律的研究方面取得了系统性和开创性的突破。依托“十三五”国家重点研发计划项目(2016YFC0800100)子课题开展系统理论研究，2021年2月28日顺利通过中国21世纪议程管理中心成果验收。

相关研究成果“化工园区泄漏和爆炸及其次生衍生事故演化预测技术与风险防范方法”，为西安科技大学和南京工业大学联合开展项目，旨在提高化工园区燃烧、爆炸及其次生衍生灾害防控水平，遏制了次生衍生灾害事故的发生。经陕西省科学情报技术研究院(国家一级科技查新咨询单位)对项目内容进行查新，查新报告对本项目的创新性给予肯定。部分知名学者援引本项目研究成果，并给出了科学性、先进性和有效性的客观评价。

本项目成果发表国内外期刊学术论文25篇，其中SCI收录12篇、EI收录3篇，核心期刊10篇，成果得到了国内外同行的认可；授权自主知识产权13项，其中国家发明专利2项，国家实用新型专利8项，软件著作权3项，形成系列化实用理论，为相关基础研究奠定了丰硕的成果，对促进化工安全生产及区域经济

发展具有重要意义。

五、代表性论文专著目录（限 5 条）

序号	论文专著名称	刊名	作者	第一完成单位	年卷页码	发表时间	通讯作者	第一作者	国内作者	SCI 他引次数	他引总次数	知识产权是否归国内所有
1	Inhibiting effects of gas-particle mixtures containing CO ₂ , Mg(OH) ₂ particles, and NH ₄ H ₂ PO ₄ particles on methane explosion in a 20-L closed vessel	Journal of Loss Prevention in the Process Industries	Qiu hong Wang, Yilin Sun, Juncheng Jiang, Jun Deng, Chi-Min Shu, Zhenmin Luo, Qingfeng Wang	西安科技大学	2020, 64: 10408-10412	2020.3	Qiu hong Wang, Zhenmin Luo	Qiu hong Wang	Qiu hong Wang, Yilin Sun, Juncheng Jiang, Jun Deng, Chi-Min Shu, Zhenmin Luo, Qingfeng Wang	10	14	是
2	Propagation probability of domino effect based on analysis of accident chain in storage tank area	Journal of Loss Prevention in the Process Industries	Mingguang Zhang, Feng Zheng, Fuzhen Chen, Wenjie Pan, Sifan Mo	南京工业大学	2019, 62: 10396-10402	2019.10	Mingguang Zhang	Mingguang Zhang	Mingguang Zhang, Feng Zheng, Fuzhen Chen	13	14	是
3	Process of natural gas explosion in linked vessels with three structures obtained using numerical simulation	Processes,	Qiu hong Wang, Yilin Sun, Xin Li, Chi-Min Shu, Zhirong Wang, Juncheng Jiang, Mingguang Zhang, Fangming Cheng	西安科技大学	2020, 8(1): 52-58.	2020.1	Qiu hong Wang	Qiu hong Wang	Qiu hong Wang, Yilin Sun, Xin Li, Chi-Min Shu, Zhirong Wang, Juncheng Jiang, Mingguang Zhang, Fangming Cheng	5	8	是
4	A system	Journal of	Mingguang	南京	2017,	2017	Min	Mi	Mingguang	7	9	是

	dynamics model for risk perception of lay people in communication regarding risk of chemical incident	Loss Prevention in the Process Industries	Zhang, Xuedong Wang, M. Sam Mannan, Chengjiang Qian, Jiyang Wang	工 业 大学	50: 101-111	. 10	ggu ang Zha ng	ng an g Zh an g	Zhang, Xuedong Wang, Chengjiang Qian, Jiyang Wang			
5	Effect of separation distance on gas dispersion and vapor cloud explosion in a storage tank farm determined using computational fluid dynamics	Journal of Loss Prevention in the Process Industries	Qiu hong Wang, Yilin Sun, Chi-Min Shu, Juncheng Jiang, Mingguang Zhang, Qingfeng Wang, Xuefan Wang	西 安 科 技 大学	2020, 68: 104282.	2020 .10	Qiu hong Wang, Juncheng Jiang	Qiu hong Wang, Juncheng Jiang	Qiu hong Wang, Juncheng Jiang	2	3	是

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
王秋红	1	党支部副书记	教授	西安科技大学	西安科技大学	主要完成人
张明广	2	安全工程研究所副所长	教授	南京工业大学	南京工业大学	主要完成人
蒋军成	3	常州大学校长	教授	常州大学	南京工业大学	主要完成人
罗振敏	4	安全科学与工程学院院长	教授	西安科技大学	西安科技大学	主要完成人
王清峰	5	/	讲师	西安科技大学	西安科技大学	主要完成人
孙艺林	6	/	/	西安科技大学	西安科技大学	主要完成人

项目信息（科学技术进步奖）

一、项目名称

冻结法凿井斜井井筒井壁结构及施工技术研究

二、主要完成人

刘清宝、任建喜、郭光乔、孙书亮、张琨、华召文、孙杰龙

三、提名者及提名意见

提名单位：陕西省煤炭学会

提名意见：

该成果通过设备研发、理论分析、三维物理模型试验、数值模拟、现场实测和工程应用等方法，对人工冻结斜井井筒结构及施工关键技术中的若干问题进行了深入的研究，取得了以下研究成果：

1. 研制了人工冻结斜井三维物理模拟试验系统。
2. 提出了松散富水沙层斜井井壁设计新方法。
3. 发明了松散富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测方法和松散富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测结构，构建了斜井全寿命健康永久信息化可视监测系统。
4. 构建了松散富水沙层人工冻结斜井安全快速施工成套工艺体系。

该成果紧密结合工程实际，在袁大滩煤矿建设中采用人工冻结斜井穿越富水沙层，并经过总结归纳后，在袁大滩煤矿、郭家滩煤矿、里必煤矿斜井冻结工程中成功应用，为类似地层人工冻结斜井建设提供了技术保障，其理论和实践意义重大。

经审查，该成果申报材料齐全，人员排序无异议，符合申报要求。

四、拟申报奖项及等级

该项目拟申报陕西省科学技术进步奖三等奖。

五、项目简介

斜井是陕北千万吨级现代化煤矿首选的首选开拓方式，陕北矿区初期开发的

矿井开拓多为斜井开拓；随着矿区大面积开发建设，埋深较大的榆横、榆神等矿区，地表赋存萨拉乌苏组，属富水沙层，斜井井筒穿越该层时涌水量大，有的矿井涌水量达到 $1000\sim 1200\text{m}^3/\text{h}$ 左右，为了保证井筒安全顺利穿越富水沙层的萨拉乌苏组，需采用人工冻结法施工。但在富水沙层中采用人工冻结斜井建井施工难度极大，且没有相关工程实践案例，由于问题的复杂性，在松散富水沙层中采用人工冻结斜井建井存在诸多亟待解决的问题。主要表现在四个方面：一是斜井冻结施工建设经验缺乏，斜井冻结基础理论研究远远滞后于工程要求；二是冻结法施工研究对象以冻结基岩居多，而针对风积沙或冲积土层冻结研究很少，过去在深厚表土冲积层中立井的冻结设计参数在斜井冻结设计中不能适应，出现了“水土不服”的现象；三是缺少斜井井壁结构设计和井壁结构施工工艺规范；四是信息化施工和监测手段缺失，冻结斜井工程复杂性和不确定性使得冻结斜井施工成为一个系统工程，仅依靠理论分析和经验估计来把握施工节奏和工程质量做法已远远不能适应新形势下斜井建设。

本项目按照理论研究-试验设备研制-施工技术研发-监测系统构建的技术路线开展研究，一是研制了人工冻结斜井三维物理模拟试验系统，完成了松散富水沙层人工冻结斜井施工全过程物理模拟试验。二是提出了松散富水沙层冻结斜井井壁设计新理论，给出了冻结斜井井壁厚度计算公式，研究了斜井冻结法凿井合理施工工法，提出了松散富水沙层人工冻结斜井冻融灾害预测预报控制技术。三是发明了一种富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测方法和一种富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测结构，建立了松散富水沙层冻结斜井全寿命健康永久信息化监测系统。最终构建了松散富水沙层人工冻结斜井安全快速施工成套工艺体系。

项目研究取得以下创新性成果：

(1) 研制了人工冻结斜井三维物理模拟试验系统，完成了松散富水沙层人工冻结斜井施工全过程物理模拟试验。为阐明松散富水沙层斜井冻结过程中冻结壁水热迁移机理和冻结温度场、水分场、应力场的耦合特性，研制了人工冻结斜井三维物理模拟试验系统，分析了冻结壁沙土冻融过程中水热迁移机理和冻结温

度场、水分场、应力场的耦合特性，得到了不同渗流速度下冻结壁温度、冻结压力和孔隙水压力与时间的拟合公式。

(2) 提出了松散富水沙层冻结斜井井壁设计新方法，基于松散富水沙层斜井冻结壁-井壁相互作用机理、冻结斜井井壁变形特性和井筒受荷类型、大小及应力状态，构建了考虑皮带震动影响的冻结斜井井壁厚度设计方法，给出了松散富水沙层人工冻结斜井井壁厚度并袁大滩斜井顺利实施。

(3) 发明了松散富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测方法和松散富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测结构。为适应松散富水沙层冻结斜井施工及安全运营的技术研究，发明了一种富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测结构和方法，基于此发明完成了松散富水沙层人工冻结斜井井壁变形特性现场实测研究，构建了松散富水沙层人工冻结斜井全寿命健康永久信息化监测系统。

(4) 构建了松散富水沙层人工冻结斜井安全快速施工成套工艺体系，保障冻结井壁安全快速施工。基于松散富水沙层人工冻结斜井快速建设技术要求和斜井井壁受力特点，形成了松散富水沙层斜井冻结法凿井合理施工工法，构建了松散富水沙层人工冻结斜井安全快速施工成套工艺体系，节省资金 4000 万元。

研究期间共发表论文 8 篇，授权实用新型专利 3 项，公开发明专利 1 项，登记软件著作权 1 件，培养硕士研究生 2 人，博士研究生 1 人。项目成果被北京中煤矿山工程有限公司一级首席科学家刘志强研究员担任主任委员的鉴定委员会评价为国际先进水平。

应用推广及效益情况：

项目整体成果在袁大滩煤矿、郭家滩煤矿、里必煤矿等斜井井壁结构设计中得以利用，尤其在袁大滩副斜井冻结法凿井施工段井壁进行了校核，减少了施工工期 4 个月左右，节省资金 4000 万元，完成了国内冻结斜长 681m 的最长斜井建设，为斜井冻结施工国家标准《矿山斜井冻结法施工及质量验收标准》

(GB/T51288-2018) 的编写提供数据依据。

成果可直接应用于榆神、榆横、呼吉尔特、纳林河矿区等西部地区能源基地

的冻结斜井建设工程中，其中冻结斜井井壁设计方面研究成果在榆神矿区郭家滩煤矿主、副斜井和山西晋中里必煤矿主斜井井壁设计方面得到了应用，近三年项目成果的成功应用取得经济效益约 4000 万元，提升了人工冻结法的技术水平，拓宽了人工冻结法的应用领域，产生了显著的经济和社会效益。

六、客观评价

特长缓坡斜井是千万吨级现代化煤矿首选的开拓方式，但在富水沙层中采用人工冻结斜井建井，因斜井冻结施工建设经验缺乏，缺少冻结斜井井壁结构设计和井壁结构施工工艺规范和信息化施工监测手段缺失等问题，导致富水沙层中采用人工冻结斜井建井施工难度极大。该成果研发的人工冻结斜井三维物理模拟试验系统，填补了国内外人工冻结斜井三维物理模拟试验系统空白；提出了冻结斜井井壁设计计算方法，填补了松散富水沙层冻结斜井井壁厚度设计理论空白；发明了松散富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测结构和方法，实现了富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测；构建了松散富水沙层冻结法凿井斜井井筒井壁结构快速施工成套工艺体系，实现了 17~20m 大步距连续施工。与国内外同类技术对比，达到了国际先进水平。

1. 行业认可

矿山斜井建设标准《矿山斜井冻结法施工及质量验收标准》

(GB/T51288-2018) 条文说明中提到“2015 年底，全国采用冻结法施工建成的斜井井筒约 36 个。其中，冻结斜长最长达 681m，穿过冲积层的最大厚度达 197.56m，冻结深度最深为 220m，最大倾角 25°”，该冻结斜长 681m 的最长记录即为袁大滩煤矿人工冻结斜井凿井创造。

2. 查新结论

由陕西省科学技术情报研究院对“冻结法凿井斜井井筒井壁结构及施工技术研究”成果进行了科技查新，查新结果为研究内容除查新委托项目组成员发表的文献及申请的专利外，在国内外所检其他文献中未见报道。

3. 鉴定评价

2022 年 2 月 1 日中国煤炭工业协会组织专家，对“冻结法凿井斜井井筒井

壁结构及施工技术研究”项目进行鉴定，以北京中煤矿山工程有限公司一级首席科学家刘志强研究员担任主任委员的鉴定委员会评价为国际先进水平。

七、应用情况

主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	中煤西安设计工程有限责任公司	冻结法凿井斜井井筒井壁结构及施工技术研究	袁大滩煤矿、郭家滩煤矿、里必煤矿等斜井井壁结构设计中得以利用	2017 年 2 月-至今	郭光乔 13060426954
2	榆林市榆阳中能袁大滩矿业有限公司	冻结法凿井斜井井筒井壁结构及施工技术研究	袁大滩煤矿主斜井、副斜井冻结法施工段得以利用	2016 年 4 月-2020 年 3 月	郑天斌 18329270888
3	陕西榆林能源集团郭家滩矿业有限公司	冻结法凿井斜井井筒井壁结构及施工技术研究	郭家滩矿主斜井井筒表土段冻结法施工	2018 年 1 月-2022 年 2 月	周党文 18591230073
4	中煤华晋集团晋城能源有限公司	冻结法凿井斜井井筒井壁结构及施工技术研究	里必煤矿主斜井冻结段井壁结构设计	2019 年 1 月-2022 年 2 月	朱广辉 15234669787

八、主要知识产权和标准规范等目录

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
1	发明专利	一种富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测方法	中国	CN202010129387.6	2020 年 6 月 26 日		陕西陕煤陕北矿业有限公司、中煤西安设计工程有限责任公司、西安科技大学	吴群英 申斌学 任建喜 郭光乔 张 琨

2	实用新型	一种富水沙层 特长冻结斜井 三维数字钻孔 可视化监测结 构	中国	CN 2020202 31984.5	2021 年 3 月 26 日		陕西陕 煤陕北 矿业有 限公司、中 煤西安 设计工 程有限 责任公 司、西 安科技 大学	吴群英 申斌学 任建喜 郭光乔 张 琨
3	软件著作 权	冻结斜井井壁 结构设计软件 V1.0	中国	2021SR 0847295	2021 年 6 月 7 日	No 08136933	中煤西 安设计 工程有 限责任 公司、 西安科 技大学	中煤西 安设计 工程有 限责任 公司、 西安科 技大学
4	实用新型专 利	一种土体加固 土钉	中国	ZL20142 0751733. 4	2015 年 04 月 29 日	No 4269401	西安科 技大学	任建 喜，张 杨洋 ，孙杰 龙
5	实用新型专 利	一种三轴压缩 实验用原状土 体试样制备装 置	中国	ZL20152 0187395. 0	2015 年 05 月 31 日	No448038	西安科 技大学	张琨，焦 传奇， 由临东， 王真，王 群
6	SCI 期 刊	Physical Simulation Test on Temperature Field Distribution of Artificial Vertical Straight Multirow Freezing Inclined Shaft	ENGL AND	2021 年	2021 年 6 月 21 日	Geofluids	延安大 学、西 安科技 大学	孙杰龙 任建喜
7	CSCD 期刊	冻结斜井温度 场分布规律物 理模拟试验研 究	中国	2021 年	2021 年 8 月 14 日	煤炭科学 技术	延安大 学、西 安科技 大学	孙杰龙 任建喜 邱明明 曹海龙 曹雪叶

8	核心期刊	富水砂层冻结斜井内外壁受力特性实测	中国	2017, 37(06)	2017年11月30	西安科技大学学报	西安科技大学	任建喜 孙杰龙 张琨 董西好 宋勇军
9	核心期刊	富水砂层斜井冻结壁力学特性及温度场研究	中国	2017,38(05)	2017年2月8日	岩土力学	西安科技大学	任建喜 孙杰龙 张琨 王江 王东星
10	核心期刊	富水砂层冻结斜井冻结壁厚度设计	中国	2016,35(11)	2016年11月10日	煤炭技术	西安科技大学	任建喜 孙杰龙 张琨 王江 王东星
10	博士论文	饱和砂层斜井冻结壁与井壁相互作用力学机理研究	中国	2018	2018年6月1日	西安科技大学	西安科技大学	孙杰龙

九、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
刘清宝	1	总工程师	教授级高工	中煤西安设计工程有限责任公司	中煤西安设计工程有限责任公司	项目总负责，对项目的组织、策划和实施全面负责，作为主要技术负责，对创新点2、3、4作出了重要贡献，具体贡献如下：（1）提出了斜井井壁设计新思路（创新点2）；（2）提出了富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测方法和富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测结构，指导构建了冻结斜井全寿命健康永久信息化监测系统（创新点3）；（3）构建了人工冻结斜井安全快速施工成套工艺体系，保障冻结井壁安全快速施工（创新点4）。支撑材料：附件2，转件著作权《冻结斜井井壁结构设计软件V1.0》
任建喜	2	院长	教授	西安科技大学	西安科技大学	作为主要技术负责，对创新点3、4作出了重要贡献，具体贡献如下：（1）完成了富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测结构和方法设计（创新点3）；（4）完成了人工冻结斜井安全快速施工成套工艺体系研究，保障冻结井壁安全快速施工（创新点4），投入项目研究工作时间占本人同期科研工作量的75%。支撑材料：附件1，实用新型专利：一种富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测结构，附件3，核心期刊《富水砂层斜井冻结壁力学特性及温度场研究》；附件6，核心期刊《富水砂层冻结斜井内外壁受力特性实测》；附件

						4, 实用新型专利: 一种土体加固土钉。
郭光乔	3	无	高级工程师	中煤西安设计工程有限责任公司	中煤西安设计工程有限责任公司	作为主要技术负责, 对创新点 2、3 作出了重要贡献, 具体贡献如下: (1) 完成了冻结斜井井壁设计理论分析和软件编制(创新点 2); (2) 完成了富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测方法的设计(创新点 3); 投入项目研究工作占本人工作量 75%以上。支撑材料: 附件 2, 软件著作权《冻结斜井井壁结构设计软件 V1.0》; 附件 1, 实用新型专利, 一种富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测结构。
孙书亮	4	无	教授级高工	中煤西安设计工程有限责任公司	中煤西安设计工程有限责任公司	对创新点 1、2 作出了重要贡献, 具体贡献如下: (1) 完成了人工冻结斜井三维物理模拟试验系统模型箱设计研制(创新点 1); (2) 完成了冻结斜井井壁结构受力分析, 并协助完成了冻结斜井井壁结构设计软件编制(创新点 4), 投入项目研究工作占本人工作量 75%以上。支撑材料: 附件 2, 软件著作权《冻结斜井井壁结构设计软件 V1.0》
张琨	5	无	高级工程师	西安科技大学	西安科技大学	对创新点 2、3 作出了重要贡献, 具体贡献如下: (1) 完成了冻结斜井井壁受力特性分析和室内试验, 协助完成了冻结斜井井壁结构设计软件编制(创新点 2); (2) 完成了富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测结构设计(创新点 3); 投入项目研究工作占本人工作量 75%以上。支撑材料, 附件 1, 实用新型专利, 一种富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测结构; 附件 2, 软件著作权《冻结斜井井壁结构设计软件 V1.0》。附件 5, 实用新型专利: 一种三轴压缩实验用原状土体试样制备装置。
华召文	6	矿井所所长	教授级高工	中煤西安设计工程有限责任公司	中煤西安设计工程有限责任公司	对创新点 1、2 作出了重要贡献, 具体贡献如下: (1) 完成了人工冻结斜井三维物理模拟试验系统加载系统的研制(创新点 1); (2) 完成了冻结斜井井壁变形特性和斜井井筒受荷类型、大小及应力状态分析(创新点 2); 投入项目研究工作占本人工作量 80%以上。支撑材料: 附件 2, 软件著作权《冻结斜井井壁结构设计软件 V1.0》。
孙杰龙	7	无	副教授	延安大学	延安大学	对创新点 1、2 作出了重要贡献, 具体贡献如下: (1) 完成了人工冻结三维物理模拟试验系统的研制; (2) 完成了斜井冻结壁与井壁相互作用变形理论分析(创新点 2); 投入项目研究工作占本人工作量 75%以上。支撑材料: 附件 8, SCI 期刊《Physical Simulation Test on Temperature Field Distribution of Artificial Vertical Straight Multirow Freezing Inclined Shaft》; 附件 9, 核心期刊《冻结斜井温度场分布规律物理模拟试验研究》; 附件 10, 论文《饱

						和砂层斜井冻结壁与井壁相互作用力学机理研究》。
--	--	--	--	--	--	-------------------------

十、主要完成单位及创新推广贡献

序号	单位名称	对本项目的主要贡献
1	中煤西安设计工程有限责任公司	<p>作为“冻结法凿井斜井井筒井壁结构及施工技术研究”项目的第一完成单位，中煤西安设计工程有限责任公司开展了较为系统的深入研究，负责为项目创造良好的环境，提供设备，保证科研资金投入等，对项目的创新和应用做出了如下贡献：</p> <p>（1）提出了人工冻结斜井三维物理模拟试验系统研制思路，并给出了可行性研究方案。</p> <p>（2）提出了松散富水沙层人工冻结斜井井壁设计新思路，提出了斜井井壁设计理论分析和软件编制思路。</p> <p>（3）制定了富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测方案，指导构建了斜井全寿命健康永久信息化监测系统。</p> <p>（4）构建了人工冻结斜井安全快速施工成套工艺体系，保障冻结井壁安全快速施工。</p> <p>对创新点 1、2、3、4 有贡献。</p>
2	西安科技大学	<p>作为“冻结法凿井斜井井筒井壁结构及施工技术研究”项目的主要完成单位，西安科技大学负责为项目提供技术支持，制定项目研究总体方案，技术路线，研究内容和方案，对项目的创新和应用做出了如下贡献：</p> <p>（1）完成了人工冻结斜井三维物理模拟试验系统研制。</p> <p>（2）完成了冻结斜井井壁结构受力特性分析，完成了斜井井壁设计理论分析和软件编制。</p> <p>（3）发明了松散富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测方法和松散富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测结构。</p> <p>对创新点 1、3、4 有贡献。</p>
3	延安大学	<p>作为“冻结法凿井斜井井筒井壁结构及施工技术研究”项目的主要完成单位，延安大学为项目负责提供技术支持，对项目的创新和应用做出了如下贡献：</p> <p>（1）完成了人工冻结斜井三维物理模拟试验系统的研制工作。</p> <p>（2）完成了斜井冻结壁与井壁相互作用变形理论分析。</p> <p>对创新点 1、2 做出了贡献。</p>
<p>合作关系说明：</p> <p>中煤西安设计工程有限责任公司为该项目的总负责和牵头单位，负责项目的整体规划及组织各方参与单位开展项目实施；</p> <p>西安科技大学和延安大学是为我方提供技术服务咨询单位，并进行理论分析、模拟技术和实验分析等方面的合作研究。</p>		

十一、完成人合作关系说明

该项目由中煤西安设计工程有限责任公司、西安科技大学和延安大学合作完

成。完成人中刘清宝、郭光乔、孙书亮、华召文属于中煤西安设计工程有限责任公司；任建喜、张琨属于西安科技大学；孙杰龙属于延安大学。项目完成单位从形式上组成产学研合作联盟。

刘清宝是项目负责人，任建喜是项目技术负责人，自 2017 年以来二人共同致力于冻结法凿井斜井井筒井壁结构及施工技术研究，全面负责研究内容、研究方法、技术路线制定和实施。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	共同知识产权	R2、R3、R5	2017 年 2 月	2021 年 3 月	一种富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测结构	实用新型专利授权号：CN202020231984.5
2	共同知识产权	R2、R3、R5	2017 年 6 月	2020 年 6 月	一种富水沙层特长冻结斜井三维数字钻孔可视化监测方法	发明公开：CN202010129387.6
3	共同知识产权	R1、R2、R3、R5、R4、R5、R6	2018 年 1 月	2020 年 11 月	冻结斜井井壁结构设计软件 V1.0	著作权登记号：2021SR0847295