

2024 年度山西省科学技术奖拟提名项目简介

项目 1：双碳目标下华北典型煤矿区甲烷开采防灾减灾一体化关键技术及应用

一、项目简介

该项目以聚焦攻关华北典型煤矿区甲烷开采防灾减灾一体化关键技术，引领能源行业碳中和实践为目标，揭示了煤储层微纳米孔隙导通的甲烷高效开发机理，研发了复杂条件下甲烷地面开采新型增产技术以及不同类型变形煤储层井下甲烷抽采与防灾新技术，建立了甲烷资源开采、灾害防治与利用减排一体化技术体系。主要创新性成果如下：

1、查明了挤压、剪切等作用下不同类型煤储层变形过程及其物性特征，揭示了脆韧性构造煤大分子结构与微纳米孔裂隙协同演化机理，阐明了不同类型构造煤储层微观结构与甲烷相互作用机制；提出了“应力扰动-缝内滤失-流量分配”的压裂力学判别准则；制定了华北典型煤矿区甲烷开发方式优选标准，为华北煤与煤层气资源高效开发及其低碳利用提供了重要理论基础；

2、研发了用于难开采甲烷煤层通缝扩喉、扩大微纳米孔隙作用的水力射流增透技术；研制了适用于不同类型构造煤储层改造的新型清洁压裂液体系，形成了针对性提高连通性的纳米瓶颈孔段水力多段压裂改造增产技术；突破了煤矿采空区与下煤层甲烷联合抽采技术，实现了华北典型煤矿区甲烷地面高效开发；

3、研发了井下变形较弱煤储层变频脉动水力压裂增透技术及其成套装备，创建了变形较强煤储层差异化水力造穴卸压增透技术；研发了难抽采煤层注 N_2 和液态 CO_2 相变致裂增透与气相驱替抽采技术；建立了基于煤层微纳米结构与物性突变耦合的矿井瓦斯突出电磁辐射监测与灾害防治技术，实现了华北典型煤矿区甲烷井下高效抽采，为煤矿减灾提供了重要依据；

4、建立了基于煤储层瓦斯含量“新排放因子”的碳排放计算模型，实现了华北典型煤矿区煤炭开发碳排放量的精准计算和预测；研发了煤矿区多源不同浓度甲烷阶梯式利用系列技术；构建了华北典型煤矿区地面-井巷-回采面-采空区甲烷全链条立体式资源开采、灾害防治与利用减排一体化技术体系，为煤矿区甲烷资源的高效开发利用、灾害精准防控和低碳规模减排提供了技术支撑，并为提升中国政府在国际碳减排市场话语权做出了重大贡献。

项目在山西潞安环保能源开发股份有限公司常村煤矿、王庄煤矿、五阳煤矿、漳村煤矿，山西高河能源有限公司，山西潞安集团余吾煤业有限责任公司，山西阳煤寺家庄煤业有限责任公司，山西新元煤炭有限责任公司，山西潞安矿业集团慈林山煤业有限公司李村煤矿、夏店煤矿等华北典型矿井进行了推广应用。

二、知识产权及代表性论文专著目录

专利

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国别	专利号
1	发明专利	一种天然气产层组非均质性评价方法	中国	ZL20201001164.8

2	发明专利	一种煤层气井排采井筒的动态调压方法及相关装置	中国	ZL202011530548.9
3	发明专利	一种刀柱式老空区及下煤层煤层气联合开采的方法	中国	ZL201610446293.5
4	发明专利	一种采空区内煤层气及积水同时抽采利用的方法	中国	ZL201811134315.X
5	发明专利	一种多耦合煤层瓦斯增透抽采方法及抽采装置	中国	ZL202410736874.7
6	发明专利	一种穿层钻孔分离式全程瓦斯抽采封孔装置	中国	ZL202011040944.3
7	发明专利	一种煤体瓦斯渗透实验与裂隙监测装置及方法	中国	ZL202011117476.5
8	发明专利	一种测量煤吸附甲烷或水平平均分子层数的方法	中国	ZL201611077832.9
9	发明专利	一种欠压储层水平井复合桥塞快速钻铤工艺及实施方法	中国	ZL201710286597.4
10	发明专利	一种气相压裂设备的立式多功能充装设备	中国	ZL201410608703.2

论文

1. 琚宜文, 乔鹏, 卫明明, 李鑫, 徐凤银, 冯国瑞, 李勇, 吴财芳, 曹运兴, 李国富, 韩玉明, 李振, 芦志刚, 姜磊. 区域构造与演化控制下煤层气富集高产典型模式. 煤田地质与勘探, 2022, 50 (09): 1-12.
2. Xu Xijie, Rui Xiaoping, Fan Yonglei, Yu Tian, Ju Yiwen. Forecasting of Coalbed Methane Daily Production Based on T-LSTM Neural Networks. Symmetry, 2020, 12(05):861.
3. 张文静, 琚宜文, 卫明明, 王国昌. 不同变质变形煤储层吸附/解吸特征及机理研究进展. 地学前缘, 2015, 22(2): 232-242.
4. 范俊佳, 琚宜文, 柳少波, 李小诗. 不同煤储层条件下煤岩微孔结构及其对煤层气开发的启示. 煤炭学报, 2013, 38(3): 441-447.
5. Guorui Feng, Zhilong Fang, Zhen Li, Qi Tingye, Zhao Jiapeng, Fan Weichao Yang Peng, Yang Xiaojun, Yu Yirui, Zhang Huifang, Wang Zhiwei. Effect of particle size on re-crushing characteristics of crushed coal during axial loading. Powder Technology, 2022, 407:117675.
6. Wu Caifang, Zhang Xiaoyang. Morphology and propagation of hydraulic fractures for CBM wells. Acta Geologica Sinica (English Edition), 2017, 91(5): 1936-1967.

7. Liu Xianfeng, Song Dazhao, He Xueqiu, Nie Baisheng, Wang Qian, Sun Ran, Sun Dongling.

8. Coal macromolecular structural characteristic and its influence on coalbed methane adsorption. Fuel, 2018, 222: 687-694.

9. Liu Xianfeng, Nie Baisheng, Guo Kunyong, Zhang Chengpeng, Wang Zepeng, Wang Longkang. Permeability enhancement and porosity change of coal by liquid carbon dioxide phase change fracturing. Engineering Geology, 2021, 287:106106.

10. 李鑫, 傅雪海. 潞安矿区煤储层裂隙及其与人工裂缝的关系. 煤田地质与勘探, 2015, 43(1): 22-25.

11. 张宝, 华明国, 李建伟, 傅国廷, 姚邦华. 地面井预抽瓦斯应力-渗流耦合数值模拟研究. 煤矿安全, 2020, 51(1): 18-21.

三、完成人合作关系说明

该项目由潞安化工集团有限公司、中国科学院大学山西能源学院、太原理工大学、重庆大学、河南理工大学共同合作完成。第一完成人据宜文项目整体负责，研发了用于难以开采甲烷的煤储层通缝扩喉、扩大微纳米孔隙作用的水力射流增透技术，建立了华北典型煤矿区煤炭开发过程中“新排放因子”的碳排放计算模型。李振研发了华北典型煤矿区复杂条件下甲烷地面开采新型增产技术，参与了不同类型变形煤储层井下甲烷抽采与防灾新技术的研发与现场应用。华明国参与了复杂条件下甲烷地面开采新型增产技术、不同类型变形煤储层井下甲烷抽采与防灾新技术和多源不同浓度煤层气阶梯式利用系列技术的研发，主导了项目成果在山西潞安环保能源开发股份有限公司常村煤矿、王庄煤矿和五阳煤矿等应用和实施。柳先锋研发了难抽采煤层注N₂和液态CO₂相变致裂增透与气相驱替抽采技术，贾天让制定了华北典型矿区甲烷开发方式优选标准，参与研发了以微纳米孔发育为主的煤储层新型清洁微纳米压裂液改造增渗体系。王文研制了井下变形较弱煤储层变频脉动水力压裂增透技术及其成套装备，研发了变形较强煤储层差异化水力造穴卸压增透技术，负责了该相关成果在焦作煤业集团九里山矿井的推广应用。吴财芳研发了用于难以开采甲烷的煤储层通缝扩喉、扩大微纳米孔隙作用的水力射流增透技术，参与构建了以微纳米孔发育为主的煤储层新型清洁微纳米压裂液改造增渗体系。曹运兴研发了水力造穴与N₂气相增透技术，构建了以微纳米孔发育为主的煤储层新型清洁微纳米压裂液改造增渗体系。李鑫参与了煤储层微纳米孔隙导通的甲烷高效开发机理的研究。张宝参与研发了煤储层多方式融合的甲烷减排和多源不同浓度甲烷阶梯式利用技术，负责项目整体技术在山西潞安集团余吾煤业有限责任公司、山西阳煤寺家庄煤业有限责任公司和山西新元煤炭有限责任公司等煤矿的推广应用及协调。

四、项目主要完成人情况

排名	姓名	工作单位	创新推广贡献
----	----	------	--------

1	琚宜文	中国科学院大学 山西能源学院	项目整体负责，剖析了挤压、剪切等作用下不同类型煤储层变形过程及其物性特征，揭示了脆-韧性构造煤大分子结构与微纳米孔裂隙协同演化机理，研发了用于难以开采甲烷的煤储层通缝扩喉、扩大微纳米孔隙作用的水力射流增透技术，建立了华北典型煤炭开发过程中“新排放因子”的碳排放计算模型。
2	李 振	太原理工大学	参与了煤储层微纳米孔隙导通的甲烷高效开发机理的研究，提出了地面与井下不同组合方式下煤层气（瓦斯）联合抽采技术，研发了华北典型煤矿区复杂条件下甲烷地面开采新型增产技术，参与了不同类型变形煤储层井下甲烷抽采与防灾新技术的研发与现场应用。
3	华明国	潞安化工集团有限公司	参与了复杂条件下甲烷地面开采新型增产技术、不同类型变形煤储层井下甲烷抽采与防灾新技术和多源不同浓度煤层气阶梯式利用系列技术的研发，主导了项目成果在山西潞安环保能源开发股份有限公司常村煤矿、王庄煤矿和五阳煤矿等应用和实施。
4	柳先锋	重庆大学	阐明了不同类型构造煤储层微观结构与甲烷相互作用机制，研发了难抽采煤层注 N ₂ 和液态 CO ₂ 相变致裂增透与气相驱替抽采技术，建立了基于煤层微纳米结构与物性突变耦合的矿井瓦斯突出电磁辐射监测与灾害防治技术。
5	贾天让	河南理工大学	制定了华北典型矿区甲烷开发方式优选标准，研发了以微纳米孔发育为主的煤储层新型清洁微纳米压裂液改造增渗体系，和变形较强煤储层差异化水力造穴卸压增透技术。
6	王 文	河南理工大学	研制了井下变形较弱煤储层变频脉动水力压裂增透技术及其成套装备，研发了变形较强煤储层差异化水力造穴卸压增透技术，负责了该相关成果在焦作煤业集团九里山矿井的推广应用。
7	吴财芳	中国矿业大学	研发了用于难以开采甲烷的煤储层通缝扩喉、扩大微纳米孔隙作用的水力射流增透技术，参与构建了以微纳米孔发育为主的煤储层新型清洁微纳米压裂液改造增渗体系。

8	曹运兴	河南理工大学	研发了水力造穴与 N2 气相增透技术，构建了以微纳米孔发育为主的煤储层新型清洁微纳米压裂液改造增渗体系。
9	李鑫	河南理工大学	参与了煤储层微纳米孔隙导通的甲烷高效开发机理的研究，参与研发了用于难以开采甲烷的煤储层通缝扩喉、扩大微纳米孔隙作用的水力射流增透技术。
10	张宝	潞安化工集团有限公司	参与研发了煤储层多方式融合的甲烷减排和多源不同浓度甲烷阶梯式利用技术，负责项目整体技术在山西潞安集团余吾煤业有限责任公司、山西阳煤寺家庄煤业有限责任公司和山西新元煤炭有限责任公司等煤矿的推广应用及协调。

五、提名意见：

对照山西省科学技术奖授奖条件，提名该项目为2024年度山西省科学技术进步奖一等奖。

项目 2：双长综放面巷道主应力偏转致灾机制及全空间协同控制技术

一、项目简介

该项目主要针对双长(走向推进距离和工作面倾斜长度)综放工作面强采动诱发主应力偏转而导致的巷道变形大、控制困难、支护和返修成本高，严重影响了双长工作面的安全、高产、高效开采等问题，以山西潞安化工集团有限公司王庄煤矿和山西华阳新材料科技集团有限公司新元煤矿为工程背景，采用岩石力学实验、理论建模分析、数值模拟分析、工程实践应用及现场实测分析等综合方法，系统研究了双长综放面巷道主应力偏转致灾机制，发明了锚杆-锚索-锚注和组合支架的主被动等强支护理论，并提出了双长综放面巷道全空间协同控制技术。主要研究内容如下：

1、实验研究了回采巷道(煤巷)、大巷(岩巷)和高抽巷(半煤岩巷)围岩在双长综放面开采主应力偏转作用下的力学响应，获得了双长综放采动作用下围岩波速和声发射数量及能量演变特征，建立了强采动煤岩组合体差能失稳力学模型，揭示了煤岩界面巷道发生煤岩非协同变形和环向扩容激增致灾机理；

2、基于双长综放强采动主应力偏转作用巷道围岩应力梯度和裂隙空间分布规律，建立了巷道围岩梯度破坏模型，揭示了主应力偏转是导致双长综放面巷道围岩失稳的主控机制；

3、发明了巷道“应力、岩性和构造”三因素调控技术，降低围岩应力梯度；研发了新型纳米基注浆材料，对巷道围岩多尺度孔(裂)隙梯度注浆改性；提出了深层应力调控、浅层岩性改性和表层结构支护的全空间协同控制关键技术；

4、研发了高强钢管混凝土支架，并发明了钢管混凝土支架自移式安装系统；提出的全空间协同控制关键技术在潞安王庄煤矿 91-105 双长综放小煤柱回采巷道和阳泉新元煤矿强采动影响巷道进行现场试验，有效控制了巷道大变形。

本项目为潞安王庄煤矿和阳泉新元煤矿双长综放强采动巷道围岩控制提供了新方法，改善了生产安全环境，保证矿井安全高效可持续发展，经济效益和社会效益显著。研究成果可推广到全国相似地质条件下的煤矿，具有相当广泛的应用前景。

二、知识产权及代表性论文专著目录：

专利

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国别	专利号
1	发明专利	一种应力-岩性-构造三因素时空耦合调控支护方法	中国	CN112065404B
2	发明专利	深井软岩巷道围岩承压环稳定性控制方法	中国	CN105673037B
3	发明专利	一种煤矿矩形巷道顶板等强梁支护方法	中国	CN108071405A

4	发明专利	一种深部软岩圆形巷道支护方法	中国	CN110145329B
5	发明专利	一种装配式让压钢管混凝土支架及制作方法	中国	CN108361051B
6	发明专利	一种基于“钢格栅-钢管混凝土”的软岩巷道支护方法	中国	CN107956491B
7	发明专利	一种基于“钢格栅-钢管混凝土”的软岩巷道支护方法	中国	CN107956491B
8	发明专利	一种基于型钢的预制装配式复合支护结构安装工艺	中国	CN107893665B
9	发明专利	一种巷道交岔点用钢管混凝土组合支架	中国	CN106593486B

论文专著

1. 专著：左建平，曹光明，孙运江，王金涛，陈岩. 采矿围岩破坏力学与全空间协同控制控制实践[M]. 科学出版社，2016.

2. 论文：左建平，魏旭，王军，刘德军. 深部巷道围岩梯度破坏机理及模型研究[J]. 中国矿业大学学报，2018, 47(3):478-485.

3. 论文：左建平, 文金浩, 胡顺银, 赵善坤. 深部煤矿巷道等强梁支护理论模型及模拟研究[J]. 煤炭学报, 2018, 43:1-11;

4. 论文：左建平，孙运江，文金浩，吴根水，于美鲁. 深部巷道全空间协同控制技术及应用[J]. 清华大学学报(自然科学版)，2021, 61(8):853-862.

5. 论文：Jian-ping Zuo, Jin-hao Wen, Yong-dong Li, Yun-jiang Sun, Jin-tao Wang, Yun-qian Jiang and Lei Liu. Investigation on the interaction mechanism and failure behavior between bolt and rock-like mass. Tunnelling and Underground Space Technology. 2019, 93: 103070:1-14

6. 论文：Jian-ping Zuo, Zi-jie Hong, Zu-qiang Xiong, Cheng Wang, Hong-qiang Song. Influence of different W/C on the performances and hydration progress of dual liquid high water backfilling material. Construction and Building Materials, 2018, 190: 910-917

7. 论文：Zuo, Jianping, Ma, Zongyu. Asymmetric deformation and failure behavior of roadway subjected to different principal stress based on biaxial tests. Tunnelling and Underground Space Technology, 2024, 155(1): 106174.

8. 论文：Jianping Zuo, Haiyan Liu, Dejun Liu, Jun Wang, Tangliang Zhang, Fei Xu. Study on large deformation mechanism and concrete-filled steel tubular support technology for ventilation shaft roadway[J]. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 2021, 80: 6245-6262;

9. 论文：Liu Dejun, Zuo Jianping, Wang Jun, Li Pan, Duan Kang, Guo Song. Bending failure mechanism and strengthening of concrete-filled steel tubular support[J]. Engineering

Structure, 2019, 198, 109449:1-20;

10. 论文：Liu Dejun, Zuo Jianping, Wang Jun, Zhang Tangliang, Liu Haiyan. Large deformation mechanism and concrete-filled steel tubular support control technology of soft rock roadway-A case study[J]. Engineering Failure Analysis, 2020, 116.

三、完成人合作关系说明：

该项目由山西潞安环保能源开发股份有限公司王庄煤矿、中国矿业大学（北京）、山西警察学院、华北科技学院、山东建筑大学共同合作完成，第一完成人杨计先为本项目总负责人，在本成果中的合作方式为项目合作。协同项目完成单位的所有参与人员，负责项目顶层设计、部署及运行工作，制定项目研究实施的技术路线，负责了山西潞安王庄煤矿 91-105 双长综放巷道分级支护技术工业试验。左建平负责项目总体设计、实施方案的制定、任务分工与人员调配、组织落实等全面工作，发明了巷道围岩“应力、岩性和构造”三因素调控技术，研发出新型纳米基注浆材料，提出了高地应力巷道深层应力调控、浅层岩性改性和表层结构支护的分级支护控制技术。云小鹏负责组织现场工程实践及监测巷道变形。刘德军参与项目研究内容、实施方案的制订，提出了深层应力调控、浅层岩性改性和表层结构支护的分级支护控制成套关键技术。朱建明为参与技术和产品研发方案、实施方案的制定和组织落实等工作，建立了深部双长综放强扰动巷道围岩梯度破坏模型。王军参与项目研究内容、实施方案的制订，研发了高强钢管混凝土支架，发明了钢管混凝土支架自移式安装系统。靳苏平参与项目研究内容、实施方案的制订，组织实施了山西潞安王庄煤矿 91-105 双长综放巷道分级支护技术工业试验。赵福兴为参与项目研究内容、实施方案的制订，负责了阳泉新元煤矿深部软岩巷道对分级支护控制技术工业试验。孙运江参与项目研究内容、实施方案的制订，揭示了双长综放强扰动巷道围岩梯度破坏机理。吴培林参与项目研究内容、实施方案的制订，组织实施了山西潞安王庄煤矿 91-105 双长综放巷道分级支护技术工业试验。

四、主要完成人情况：

排名	姓名	工作单位	创新推广贡献
1	杨计先	山西潞安环保能源开发股份有限公司王庄煤矿	组织实施了山西潞安王庄煤矿 91-105 双长综放巷道分级支护技术工业试验。
2	左建平	中国矿业大学（北京）	项目整体负责，建立了深部双长综放强扰动巷道围岩梯度破坏模型，揭示了巷道围岩主应力偏转失稳机理；发明了巷道围岩“应力、岩性和构造”三因素调控技术；研发出新型纳米基注浆材料；提出了高地应力巷道深层应力调控、浅层岩性改性和表层结构支护的分级支护控制技术。
3	云小鹏	山西警察学院	现场协调工程实践及监测巷道变形。

4	刘德军	中国矿业大学（北京）	提出了深层应力调控、浅层岩性改性和表层结构支护的分级支护控制成套关键技术。
5	朱建明	华北科技学院	建立了深部双长综放强扰动巷道围岩梯度破坏模型。
6	王 军	山东建筑大学	创新了高强钢管混凝土支架，并发明了钢管混凝土支架自移式安装系统。
7	靳苏平	山西潞安环保能源开发股份有限公司王庄煤矿	组织实施了山西潞安王庄煤矿 91-105 双长综放巷道分级支护技术工业试验。
8	赵福兴	山西华阳集团新能股份有限公司	组织实施了阳泉新元煤矿深部软岩巷道对分级支护控制技术工业试验。
9	孙运江	中国矿业大学（北京）	揭示了双长综放强扰动巷道围岩梯度破坏机理。
10	吴培林	山西潞安环保能源开发股份有限公司王庄煤矿	组织实施了山西潞安王庄煤矿 91-105 双长综放巷道分级支护技术工业试验。

五、提名意见：

对照山西省科学技术奖授奖条件，提名该项目为 2024 年度山西省科学技术进步奖一等奖。

项目 3：煤基固废矿用材料制备与应用关键技术

一、项目简介

该项目针对低品位粉煤灰活性低、煤气化炉渣利用率低、煤矸石骨料自身缺陷导致利用困难以及矿用材料消耗大量天然砂石和水泥导致碳排放高、成本高等问题，创新性提出了低品位粉煤灰活化技术、煤气化炉渣梯级利用技术、煤矸石骨料矿化增强技术以及煤基固废制备矿用材料技术；揭示了粉煤灰-水泥浆包裹煤矸石和 CO₂ 矿化协同效应的作用机制，阐明了 CO₂ 矿化增强煤矸石骨料混凝土界面过渡区的影响规律；开发出煤气化炉渣梯级利用制备辅助胶凝材料、聚合物增强粉料、混凝土骨料等矿用材料，应用于煤矿井下膏体充填，矿化固定 CO₂，实现了煤基固废的规模化利用。具体研究内容包括：

1、低品位粉煤灰活性激发研究。研究了低品位粉煤灰化学成分、物相组成、微观结构和热性质等矿物特性；研究了不同活化技术对低品位粉煤灰物相组成、微观形貌的影响规律，建立了粉煤灰晶相演变、活性位点与活性指数的关联，探明了不同活化技术对粉煤灰活性的作用机理，确立了活性粉煤灰的制备工艺参数，形成低品位粉煤灰活性激发技术与理论。

2、煤气化炉渣梯级利用技术研究。探明煤气化炉渣粒径、粒形与矿相赋存规律，开发出梯级利用技术：大于 4.75mm 的制备高活性辅助胶凝材料；4.75~0.075mm 的制备膏体充填细骨料；小于 0.075mm 的制备聚合物增强材料。

3、CO₂ 矿化增强煤矸石骨料研究。研究了煤矸石化学成分、物相组成、微观结构等矿物特性；研究了不同水灰比、粉煤灰掺量和 CO₂ 矿化条件对煤矸石骨料物理力学性能的影响规律，揭示了粉煤灰-水泥浆体包裹协同 CO₂ 矿化改性对煤矸石骨料的增强机理；研究了不同改性方法处理后的煤矸石骨料对混凝土工作性能、力学性能和耐久性的影响规律，明晰了煤矸石骨料改性对混凝土宏观性能和微观结构的作用机理。

4、煤基固废制备矿用材料研究。研究了不同煤基固废配伍对膏体充填材料工作性的影响规律，建立煤基固废膏体充填材料模型，形成煤基固废膏体充填材料制备理论；研究了水胶比、胶骨比、外加剂等对沿空留巷混凝土、矿井喷浆支护材料和路面混凝土工作、力学性能的影响规律，揭示煤基固废的协同作用机理；形成煤基固废制备矿用材料系列关键技术与理论。

开发的系列煤基固废矿用材料在山西潞安集团司马煤业有限公司、山西潞安郭庄煤业有限公司、山西潞安环保能源开发股份有限公司常村煤矿、五阳煤矿和王庄煤矿得到应用，取得了良好的经济、社会和环境效益。

二、知识产权及代表性论文专著目录：

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国别	专利号
1	发明专利	一种煤矸石膏体充填材料用抗泥剂及其制备方法	中国	ZL202211109150.7

2	发明专利	一种膏体充填预湿矸石电化学处理装置	中国	ZL202320052400.1
3	发明专利	一种高活性煤气化炉渣矿物掺合料及其制备方法和应用	中国	ZL202211303343.6
4	发明专利	一种 γ 型硅酸二钙的制备方法以及以 γ 型硅酸二钙为主要物相组成的高强碳化材料.	卢森堡	LU501358
5	发明专利	一种用煤制油气化炉炉渣制备的自流平砂浆	中国	ZL201810203206.2
6	发明专利	一种煤矿巷道用喷射混凝土改性剂制备方法	中国	ZL201810203207.7
7	发明专利	一种采用建筑石膏和熟石灰制备的建材制品及其方法	中国	ZL201811179703.X
8	发明专利	一种利用固废制备的自粉化碳固化胶凝材料及其制备方法	中国	ZL202210734221.6
9	发明专利	N,N-二甲基甲酰胺激发煤制油炉渣制备早强混凝土的方法	中国	ZL201910241025.3
10	发明专利	一种煤柱注浆加固的封孔方法	中国	ZL201910032260.X

论文

1. 期刊论文: Shuqiong Luo, Sheng Gao, Lei Yang, Songhui Liu, Xuemao Guan, Danqian Wang. Enhancing coal gangue aggregates with fly ash-cement slurry: Synergistic effects of CO₂ mineralization on physical and mechanical properties. *Construction and Building Materials*. 2024, 440: 137389.

2. 期刊论文: Yanchao Tian, Yuli Wang, Hucheng Chai, Liya Zhao, Huiting Sun, Haibo Zhang. Study on the properties and interfacial transition zone of coal gasification slag aggregate and mineral powder geopolymer mortar. *Construction and Building Materials*. 2024, 414: 134864.

3. 期刊论文: Suwan Yao; Songhui Liu; Dinghua Zou; Chao Pan; Jiru Wang; Xuemao Guan; Haibo Zhang. Development of an aerated sulfoaluminate cement-based material for coal mine filling. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2023, 35 (2).

4. 期刊论文: Suwan Yao, Songhui Liu, Dinghua Zou, Chao Pan, Xuemao Guan, Haibo Zhang. Effect of CO₂ foaming agent on the hydration and hardening properties of OPC-CSA-FA ternary composite filling materials. *Sustainable Materials and Technologies*. 2022, 33: e00495.

5. 期刊论文: Shuqiong Luo, Minghui Zhao, Zhuangzhuang Jiang, Songhui Liu, Lei Yang, Yuxiang Mao, Chonggen Pan. Microwave preparation and carbonation properties of low-carbon

cement. *Construction and Building Materials*. 2021, 320: 126239.

6. 期刊论文：Yuli Wang, Shuqiong Luo, Lei Yang, Yahong Ding. Microwave curing cement-fly ash blended paste. *Construction and Building Materials*. 2021, 282: 122685.

7. 期刊论文：张海波，郭朝阳，郭晋辉，赵冬，陈玉泰，王菲. 煤气化炉渣对煤矸石膏体充填材料性能影响[J]. *河南理工大学学报(自然科学版)*,2024,43(01):165-171.

8. 期刊论文：王峰，赵冬，岳学功. 综放工作面快速高效绕陷落柱开采技术实践[J].*煤*, 2008, 11: 73+82.

9. 期刊论文：孙得志，杨永康，郭俊庆，赵国飞，庞宏，谢二伟. 煤层坚硬顶板爆破裂纹的扩展规律[J]. *爆破器材*, 2022, 51(04): 58-64.

10. 期刊论文：王菲，温海锋，金俊杰，张海波. 煤制油炉渣喷射混凝土性能研究[J]. *河南理工大学学报(自然科学版)*, 2019, 38(01): 152-156.

11. 学位论文：葛亚丽，罗树琼(指导老师). 免蒸养 PHC 管桩混凝土矿物掺合料的活性激发研究. 河南理工大学, 2023-06.

12. 学位论文：高升，罗树琼(指导老师). 煤矸石骨料预处理及对混凝土性能影响研究. 河南理工大学, 2024-06.

13. 学位论文：王春威，张海波(指导老师). 粉磨-热处理对粉煤灰火山灰活性的影响. 河南理工大学, 2024-06.

14. 学位论文：田艳超，张海波(指导老师). 碱激发煤气化炉渣骨料砂浆结构与性能. 河南理工大学, 2024-06.

15. 学位论文：郭朝阳，张海波(指导老师). 煤基固废膏体充填材料研究.河南理工大学, 2023-06.

三、完成人合作关系说明：

该项目由山西潞安环保能源开发股份有限公司、河南理工大学、山西潞安矿业（集团）有限责任公司新型墙体材料厂共同合作完成。第一完成人郭晋辉为本项目总负责人，负责项目顶层设计、部署及运行工作，制定项目研究实施的技术路线，罗树琼负责项目总体设计、实施方案的制定、任务分工与人员调配、组织落实等全面工作。赵冬负责组织现场实际应用技术方案的规划、具体实施。田艳超参与项目研究内容、实施方案的制订，负责了煤气化炉渣梯级利用技术中利用粒径为 4.75~0.075mm 的煤气化炉渣制备膏体充填细骨料的研发。庞宏参与技术和产品研发方案、实施方案的制定和组织落实等工作；张海波参与项目研究内容、实施方案的制订，负责了煤气化炉渣梯级利用技术的研发。王菲参与项目研究内容、实施方案的制订，负责了煤基固废辅助胶凝材料的研发。

三、主要完成人情况：

排名	姓名	工作单位	创新推广贡献
1	郭晋辉	山西潞安环保能源开发股份有限公司	煤基固废矿用材料设计及开发
2	罗树琼	河南理工大学	固废辅助胶凝材料研发和煤气化炉渣梯级利用技术研究
3	赵冬	山西潞安环保能源开发股份有限公司	矿用充填材料研究及现场应用指导
4	田艳超	河南理工大学	CO ₂ 矿化增强煤矸石骨研究
5	庞宏	山西潞安环保能源开发股份有限公司	矿用喷射和路面混凝土现场应用指导
6	张海波	河南理工大学	固废辅助胶凝材料优化及现场生产指导
7	王菲	山西潞安矿业(集团)有限责任公司新型墙体材料厂	项目技术的生产及应用

五、提名意见：

对照山西省科学技术奖授奖条件，提名该项目为 2024 年度山西省科学技术进步奖二等奖。

项目 4：动压巷道高强柔性支护关键技术研究

一、项目简介

本项目以五阳煤矿强动压巷道为工程背景，分别从临时支护和主动支护两个角度优化支护工艺，研发高初撑力主动护顶临时支护装置以及限位抗剪吸能让压锚索，提出了“主动护顶、高阻让压、限位抗剪、复合承载”的动压巷道高强柔性让压支护原理，设计动态精准监测方案，实现动压巷道经济控制，确保强动压巷道安全快速施工。形成强动压巷道高强度柔性支护成套技术体系，达到安全、经济、快速成巷，同时为提高强动压巷道锚索锚固力提供参考。此项目将产生巨大的经济和社会效益，具有广泛的推广应用前景。

1、研制了高初撑力主动护顶临时支护装置，分析了主动临时支护装置力学影响特征，揭示了主动临时支护装置的支护机理，研究了临时支护区域顶板控制效果，优化了支护工艺过程，为临时支护提供了技术保障；

2、研发了限位抗剪吸能让压锚索，锚索索体上设置鸟巢结构和抗剪套管，外露段安装让压装置和锁具。揭示了其支护机理，提高了锚索杆体延伸率，增加了支护系统对瞬时动压快速响应的稳定性与可靠性，增强了浅部围岩的抗剪能力，为强动压巷道支护提供了有效的技术途径；

3、提出了动压巷道高强柔性支护的概念，分析了高强柔性支护原理，并给出了关键技术及方法，形成了“主动护顶、高阻让压、限位抗剪、复合承载”的高强柔性支护方法与技术，较好地控制强动压巷道有害变形。

研究成果在五阳煤矿成功应用，取得了良好的经济和社会效益，整体达到了国际领先水平。

二、知识产权及代表性论文专著目录：

序号	知识产权类别	授权项目名称	国别	授权号
1	发明专利	一种可收缩式弧形顶梁	中国	ZL201910693200.2
2	实用新型专利	一种厚煤层沿底掘进矩形巷道的新型临时支护装置	中国	ZL201921841218.4
3	实用新型专利	一种矿道掘进用的临时支护装置	中国	ZL202320586145.9
4	实用新型专利	一种巷道简易锚索防冲装置	中国	ZL202123037774.6
5	实用新型专利	一种钻孔卸压扩孔装置		ZL202123033080.5

6	实用新型专利	一种具有快速卸压功能的水力压裂段注水钢管	中国	ZL202222117063.8
7	实用新型专利	一种锚索支护结构	中国	ZL202321643263.5

三、完成人合作关系说明

该项目由山西潞安环保能源开发股份有限公司五阳煤矿、中国矿业大学、泰安泰烁岩层控制科技有限公司共同合作完成。第一完成人王德振为本项目总负责人，协同三个单位的所有参与人员，参与了项目总体研究方案以及课题研究方法和技术路线的制定，并组织相关人员进行现场实施与现场监测，在项目论证、项目实施方案制定、项目实施与现场监测等方面起主导作用。李冲研制了高初撑力主动护顶临时支护装置，分析了主动临时支护装置力学影响特征，揭示了主动临时支护装置的支护机理，研究了临时支护区域顶板控制效果，优化了支护工艺过程，为临时支护提供了技术保障；常春锋参与临时支护装置的改进，负责项目实施进度、工程实施方案的制定以及组织落实等工作。孙垒研发了限位抗剪吸能让压锚索，锚索索体上设置鸟巢结构和抗剪套管，外露段安装让压装置和锁具。曹建来参与巷道施工工艺与支护参数优化，负责项目实施进度与现场监测，确保工程施工质量。王阁研发了限位抗剪吸能让压锚索，锚索索体上设置鸟巢结构和抗剪套管，外露段安装让压装置和锁具。李艳杰参与巷道施工工艺与支护参数优化，对巷道现场实施及应用等方面有重要贡献。台连海参与了动压巷道高强柔性支护关键技术体系的制定以及巷道支护方案的设计。

四、主要完成人情况：

排名	姓名	工作单位	创新推广贡献
1	王德振	山西潞安环保能源开发股份有限公司五阳煤矿	参与了项目总体研究方案以及课题研究方法和技术路线的制定，并组织相关人员进行现场实施与现场监测，在项目论证、项目实施方案制定、项目实施与现场监测等方面起主导作用。
2	李冲	中国矿业大学	给出强动压巷道围岩应力分布特征与变形规律，研制高初撑力主动护顶临时支护装置研发新型预应力限位抗剪吸能让压锚索，确定强动压巷道支护方案，解决动压巷道大变形的难题。
3	常春锋	山西潞安环保能源开发股份有限公司五阳煤矿	参与高强柔性支护技术的研发，负责项目实施进度、工程实施方案的制定以及组织落实等工作。

4	孙垒	中国矿业大学	参与了限位抗剪吸能让压锚索的研发,揭示其支护机理。
5	曹建来	山西潞安环保能源开发股份有限公司五阳煤矿	完成了限位抗剪锚索的结构设计,参与了新型锚索的实验室实验。
6	王阁	泰安泰烁岩层控制科技有限公司	完成了限位抗剪锚索的结构设计,参与了新型锚索的实验室实验。
7	李艳杰	山西潞安环保能源开发股份有限公司五阳煤矿	参与高强柔性支护方案设计与现场施工,对现场实施及监测等方面有重要贡献。
8	台连海	中国矿业大学	参与了主动临时支护方案与参数优化,现场实施效果检验。

五、提名意见:

对照山西省科学技术奖授奖条件,提名该项目为2024年度山西省科学技术进步奖二等奖。

项目 5：基于水力压裂缝网原位弱化硬岩巷道快掘关键技术研究与应用

一、项目简介

为了提高硬岩巷道的掘进速度，选取王庄煤矿高抽巷硬岩段为试验地点，开展基于水力压裂缝网原位弱化硬岩巷道快掘关键技术研究与应用。采用理论分析、数值模拟和实验研究等方式对影响硬岩水压致裂效果的不同因素进行研究。提出了一种基于水压致裂技术对待掘进岩体进行预处理，改善坚硬岩体切割性，进而实现辅助机械化破岩的硬岩巷道快掘关键技术方案，并配置了架柱式液压回转钻机，钻头，钻杆和封孔器等快掘成套装备，以达到提升硬岩巷道综掘工作面掘进效率的目的。具体开展了以下研究工作：

1、建立了针对非贯通裂隙岩体的损伤模型，分析裂隙拓展弱化岩石强度的影响机制，并通过理论分析，数值模拟与实验室实验研究裂隙参数(长度、数量、宽度)对岩石可截割性的影响规律，揭示了水力缝网原位弱化坚硬围岩机理，论证水力压裂技术改善坚硬岩体切割性，进而实现辅助机械化破岩的可行性。

2、分析水力缝网生成与拓展影响因素，构建水力缝网拓展力学分析模型。系统研究布置方式，布置间距及地应力场等多因素影响水力缝网空间形态演化规律，揭示了不同钻孔布置下水力缝网空间形态对坚硬岩体强度弱化机理，提出“水力缝网形态+硬岩可截割性+围岩控制”动态水力缝网调控体系，确定双孔循环水力压裂综合机械化快掘工艺。

3、基于水压致裂技术对待掘进岩体进行预处理，改善坚硬岩体切割性，提升硬岩综掘工作面掘进效率的研究，提出了硬岩巷道水力压裂缝网原位改性机理与快掘成套技术方案，并完成了中深孔架柱式液压回转钻机和小孔径封孔器的研发与现场应用。验证了水力压裂改性成套技术方案对硬岩巷道综合机械化掘进效率的显著提升作用。

基于该创新的研究成果，在实际工程中，可提升岩石巷道的掘进效率，实现全新的辅助机械化破岩掘进方法，具有显著的经济和社会效益。研究成果对保障国家能源安全，提高矿井开采效率具有重要意义。

二、知识产权及代表性论文专著目录：

专利

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家	专利号/登记号
1	发明专利	一种坚硬顶板定向水压致裂沿空巷道快速掘巷方法	中国	ZL 2021 1 1433253.4
2	实用新型专利	一种用于钻孔实时监测围岩裂隙的装置	中国	ZL 2023 2 2310599.6
3	发明专利	一种沿空留巷厚硬顶板分段定向水力压裂方法	中国	ZL 2021 1 0361261.6
4	发明专利	一种适用于煤巷的钻、裂一体	中国	ZL 2020 1 1638433.1

		式封孔装置及使用方法		
5	发明专利	一种厚煤层水力压裂切顶沿空留巷方法	中国	ZL 2021 1 0333342.5
6	发明专利	一种坚硬顶板定向水压致裂沿空巷道快速掘巷方法	中国	ZL 2021 1 1433253.4
7	发明专利	一种快速拆装与实时固定的钻孔窥视装置	中国	ZL 2021 1 0679496.X
8	发明专利	一种基于裂隙和能量演化的锚杆支护效果评价方法	中国	ZL 2020 1 0617101.9
9	发明专利	一种钻压掘一体化硬岩巷道快速掘巷方法	中国	CN114961724A

论文

作者(前三位)	单位	论文	期刊	期刊等级
张永强, 王襄禹, 李冠军	中国矿业大学	回撤通道顶板结构失稳机理及压裂控制研究	采矿与岩层控制工程学报	EI 检索期刊
张飞腾; 王襄禹; 柏建彪;	中国矿业大学	Fixed-length roof cutting with vertical hydraulic fracture based on the stress shadow effect: A case study	International Journal of Mining Science and Technology	Sci(Q1)
褚渊, 张永强, 王襄禹	中国矿业大学	遗留煤柱下回撤通道高低位顶板联合失稳机理及控制技术	采矿与岩层控制工程学报	EI 检索期刊
张飞腾; 王襄禹; 柏建彪;	中国矿业大学	Study on Hydraulic fracture Propagation in Hard Roof Under Abutment Pressure	Rock Mechanics and Rock Engineering	Sci(Q1)
李冠军; 王襄禹; 柏建彪;	中国矿业大学	Weighting Failure Mechanisms of Pre-Driven Recovery Rooms and Evaluation of Hydraulic Fracturing Applications: A Case Study	Applied Sciences	Sci(Q3)

三、完成人合作关系说明：

该项目由山西潞安环保能源开发股份有限公司王庄煤矿、中国矿业大学共同合作完成。第一完成人孙文忠为本项目总负责人，负责项目顶层设计、部署及运行工作，制定项目研究实施的技术路线，王襄禹负责项目总体设计、实施方案的制定、任务分工与人员调配、组织落实等全面工作。孙世奇负责组织现场实际应用技术方案的规划、具体实施及工业性试验。任宝恒参与项目研究内容、实施方案的制订，负责了部分基于水力压裂的硬岩切割性增强理论与现场应用成套技术装备的研发。张永强在本成果中参与技术和产品研发方案、实施方案的制定和组织落实等工作。田计宏参与项目研究内容、实施方案的制订，负责了部分基于水力压裂的硬岩切割性增强理论与现场应用成套技术装备的研发。张瑾参与项目研究内容、实施方案的制订，负责了部分基于水力压裂的硬岩切割性增强理论与现场应用成套技术装备的研发。张飞腾参与项目研究内容、实施方案的制订，负责了部分基于水力压裂的硬岩切割性增强理论与现场应用成套技术装备的研发。

四、主要完成人情况：

排名	姓名	工作单位	创新推广贡献
1	孙文忠	山西潞安环保能源开发股份有限公司王庄煤矿	主持方案研究、技术指导、具体实施及报告编写；参与了现场实施，为项目的顺利完成做出了巨大贡献；
2	王襄禹	中国矿业大学	主持了项目的立项、方案的确定；组织了现场实施，为项目的顺利完成做出了巨大贡献；
3	孙世奇	中国矿业大学	负责理论分析、实验室实验方案制定及工业性试验，为项目的顺利完成做出巨大贡献
4	任宝恒	山西潞安环保能源开发股份有限公司王庄煤矿	参与了项目的立项、方案的确定；参与了现场实施，为项目的顺利完成做出了贡献；
5	张永强	中国矿业大学	参与了项目的立项、方案的确定；参与了现场实施，为项目的顺利完成做出了贡献；
6	田计宏	山西潞安环保能源开发股份有限公司王庄煤矿	参与了项目的立项、方案的确定；参与了现场实施，为项目的顺利完成做出了贡献；

7	张瑾	中国矿业大学	参与了项目的立项、方案的确定；参与了现场实施，为项目的顺利完成做出了贡献；
8	张飞腾	中国矿业大学	参与了项目的立项、方案的确定；参与了现场实施，为项目的顺利完成做出了贡献；

五、提名意见：

对照山西省科学技术奖授奖条件，提名该项目为2024年度山西省科学技术进步奖二等奖。

项目 6：气液两相抑制瓦斯/煤尘爆炸复合火焰加速与柔性泄爆协同减灾技术及应用

一、项目简介

针对我国矿山安全对清洁、高效、可靠抑爆减灾重大技术需求，本项目研发了气液两相抑制瓦斯/煤尘爆炸复合火焰传播技术及装备，研制了煤矿风井柔性防爆门，提出了气液两相抑爆-柔性泄爆协同减灾技术。研究在山西、河南、重庆等矿区应用，累计提高煤炭产量 90 万吨，瓦斯安全发电量 10.5 亿度，创造经济效益 13.3 亿元。主要研究内容如下：

1、系统分析了瓦斯/煤尘复合火焰加速特性，建立了瓦斯浓度、煤尘质量浓度、煤粉粒径、煤粉种类耦合作用下复合火焰加速特性与爆炸强化的对应关系，阐明了瓦斯/煤尘复合火焰加速模式及强化诱因。

2、获得了气液两相抑制瓦斯/煤尘爆炸参数的衰减规律，确立了抑制复合火焰加速指标体系；建立了抑爆剂作用下火焰微观结构与爆炸超压、爆炸流场特征的量化联系；获得了气液两相抑制冲击波诱导沉积煤尘爆炸复合火焰加速条件；构建了惰性气体-细水雾抑制瓦斯/煤粉爆炸气相动力学模型，揭示了其抑制复合爆炸机理。

3、研发了清洁、高效含复合添加剂气液两相抑制复合火焰传播技术及装备。研制出性能优异的复合添加剂，优化了含添加剂气液两相抑制火焰加速技术指标以及添加剂制备工艺，揭示了其抑制瓦斯/煤尘爆炸的物理化学机理；研发了适用于高抽巷、采面上隅角和抽采管网的含添加剂气液两相抑制复合火焰加速技术及成套装备。

4、提出了气液两相抑爆-柔性泄爆协同减灾技术。研制了具有“主用门快速泄爆，备用门多次打开、自动复位”特点的轻量化、主备式煤矿风井柔性防爆门，揭示了气液两相抑爆与柔性泄爆协同减灾机制，提出了气液两相抑爆-柔性门泄爆相结合的主动式协同减灾技术，满足了矿井瓦斯爆炸灾变时期有效控风、多次爆炸的泄压需求。

本项目研究成果在山西潞安集团余吾煤业有限责任公司、河南红旗煤业股份有限公司、重庆市能源投资集团科技有限责任公司等多个矿区的高抽巷、工作面上隅角、抽采管网和整个矿井的防爆减灾系统进行了推广应用，大幅提高了瓦斯抽采与运输系统安全性，有效防控了瓦斯爆炸灾害，保障了矿井的安全高效生产，减少瓦斯气体的排放，促进了绿色矿山建设，具有显著的经济、社会与生态效益。

二、主要知识产权证明目录

专利

序号	类别	知识产权具体名称	国别	授权号
1	发明专利	双流体惰化细水雾抑制管道瓦斯爆炸实验装置及实验方法	中国	ZL2015102646376
2	发明专利	一种用于煤矿风井导风硐的自动喷淋消波系统	中国	ZL2021104750153

3	发明专利	一种主备式煤矿风井防爆门系统	中国	ZL2020106296739
4	发明专利	一种判断煤矿掘进工作面瓦斯爆炸超压的分析方法	中国	ZL2017110223512
5	发明专利	一种用于保护煤矿风井设施的爆炸波预先消减结构	中国	ZL2018105895514
6	发明专利	一种截能式矿井爆炸波消减装置	中国	ZL2019109224049
7	发明专利	一种煤矿风井辅助防爆系统	中国	ZL2020107115232
8	发明专利	一种煤矿立风井防爆门先行泄爆装置及防爆门	中国	ZL2017106107398
9	发明专利	一种公路隧道火灾全封闭阻隔灭火的方法	中国	ZL201811204127X
10	发明专利	一种气化水煤浆提浓设备	中国	ZL2024103527354

论文

1. 裴蓓, 张子阳, 潘荣锟, 余明高, 陈立伟, 温小萍. 不同强度冲击波诱导沉积煤尘爆炸火焰传播特性, *煤炭学报*, 2021, 46(2): 498-506. (EI: 20211610215836)
2. 裴蓓, 韦双明, 余明高, 陈立伟, 潘荣锟, 王燕, 李杰, 景国勋. 气液两相介质抑制管道甲烷爆炸协同增效作用, *煤炭学报*, 2018, 43(11): 3130-3136. (EI: 20191206653291)
3. 余明高, 朱新娜, 裴蓓, 杨勇. 二氧化碳-超细水雾抑制甲烷爆炸的实验研究, *煤炭学报*, 2015, 40(12): 2843-2848. (EI: 20160401849248)
4. 裴蓓, 李世梁, 韦双明, 康亚祥, 潘荣锟, 路长, 景国勋. N₂/超细水雾抑制甲烷爆炸点火和火焰传播特性, *中国矿业大学学报*, 2023, 52(2): 329-341. (EI: 20231914058714)
5. 裴蓓, 康亚祥, 余明高, 郭佳琪, 韦双明, 陈立伟. 点火延迟时间对 CO₂-超细水雾的抑爆特性影响, *化工学报*, 2022, 73(12): 5672-5684. (EI: 20230613565264)
6. Bei Pei, Jie Li, Liwei Chen, Xiaoping Wen, Minggao Yu, Guoxun Jing. Synergistic inhibition effect on methane/air explosions by N₂-twin-fluid water mist

containing sodium chloride additive , *Fuel*, 2019, 253: 361-368. (一区, TOP, IF: 8.035) (SCI:000471841600038)

7. Wei Shuangming, Yu Minggao, Pei Bei, Zhu Zhiyin, Zhang Ziyang. Suppression of CO₂ and H₂O on the cellular instability of premixed methane/air flame, *Fuel*, 2020. 264:116862. (一区, TOP, IF: 8.035) (SCI:000505667000036)

8. Wei Shuangming, Yu Minggao, Pei Bei, Xu Mengjiao, Guo Jiaqi, Hu Ziwei. Experimental and numerical study on the explosion suppression of hydrogen/dimethyl ether/methane/air mixtures by water mist containing NaHCO₃. *Fuel*, 2022, 328, 125235 (一区, TOP, IF: 8.035). (SCI: 000862788900005)

9. Ziwei Hu , Bei Pei , Mengjiao Xu , Yuliang Han , Hang Lv , Zhiqi Wu , Liwei Chen. Study on the inhibition effect and mechanism of N₂ twin-fluid water mist with modified chloride compounds on LPG explosion, *Energy*, 2024, 291: 130394. (一区, TOP, IF: 9) (SCI: 001164915800001)

10. Yulong Duan, Liwen Liu , Jie Yang , Jun Long , Guoqin He , Shilin Lei , Xianqi Duan. Effects of explosion-venting interlayer within utility tunnels on the characteristics of natural gas explosions. *Fuel*, 2024, 377:132766. (一区, IF:6.7) (SCI:001297448400001)

三、完成人合作关系说明

该项目由山西潞安集团余吾煤业有限责任公司、河南理工大学、重庆科技大学、西安科技大学共同合作完成。第一完成人张兴润为项目整体负责人,参与研发了气液两相抑爆-柔性泄爆协同减灾技术及成套装备,主导了项目成果在山西矿区的应用和实施。裴蓓为技术负责人,构建了惰性气体-细水雾抑制瓦斯/煤粉爆炸气相动力学模型,揭示了气液两相抑制瓦斯/煤尘爆炸火焰加速机理,研制了性能优异的复合添加剂。景国勋厘清了瓦斯/煤尘复合火焰加速特性影响因素,阐明了瓦斯/煤尘复合火焰加速模式及强化诱因,主导了项目成果在河南矿区的应用和实施。余明高提出了气液两相抑爆-柔性门泄爆协同减灾技术体系,揭示了气液两相抑爆-柔性泄爆的耦合效应。段玉龙优化了柔性防爆门柔性材料技术指标,获得了在柔性滑移装置-细水雾协同作用下爆炸特性参数变化规律,负责项目在重庆市能源投资集团科技有限责任公司煤矿的推广应用及协调。宋维宾优化了上隅角气液两相抑制瓦斯爆炸火焰加速布置工艺,建立全尺寸全过程流固耦合数值模型,利用 LS-Dyna 数值模拟平台,得到气液两相抑爆-泄爆过程中井下压力变化规律,开展管道物理模型试验。陈立伟确立了气液两相抑制瓦斯/煤尘爆炸火焰加速的指标体系,设计了适用于抽采管网的成套抑爆装备,优化了现场系统布置工艺,项目合作研究过程中共同完成国家自然科学基金青年项目 1 项。余盈荧负责气液两相抑制瓦斯/煤尘爆炸火焰加速系统控制的研发工作,优化了水雾喷头位置、角度、距离等工艺参数,并参与了工业化实验。

四、主要完成人及创新推广贡献

排名	姓名	工作单位	创新推广贡献
1	张兴润	山西潞安集团余吾煤业有限责任公司	项目整体负责,参与研发了气液两相抑爆-柔性泄爆协同减灾技术及成套装备,主导了项目成果在山西矿区的应用和实施。
2	裴蓓	河南理工大学	技术负责人,构建了惰性气体-细水雾抑制瓦斯/煤粉爆炸气相动力学模型,揭示了气液两相抑制瓦斯/煤尘爆炸火焰加速机理,研制了性能优异的复合添加剂。
3	景国勋	河南理工大学	厘清了瓦斯/煤尘复合火焰加速特性影响因素,阐明了瓦斯/煤尘复合火焰加速模式及强化诱因,主导了项目成果在河南矿区的应用和实施。
4	余明高	河南理工大学	提出了气液两相抑爆-柔性门泄爆协同减灾技术体系,揭示了气液两相抑爆-柔性泄爆的耦合效应。
5	段玉龙	重庆科技大学	优化了柔性防爆门柔性材料技术指标,获得了在柔性滑移装置-细水雾协同作用下爆炸特性参数变化规律,负责项目在重庆市能源投资集团科技有限责任公司煤矿的推广应用及协调。
6	宋维宾	河南理工大学	优化了上隅角气液两相抑制瓦斯爆炸火焰加速布置工艺,建立全尺寸全过程流固耦合数值模型,利用LS-Dyna数值模拟平台,得到气液两相抑爆-泄爆过程中井下压力变化规律,开展管道物理模型试验。
7	陈立伟	河南理工大学	确立了气液两相抑制瓦斯/煤尘爆炸火焰加速的指标体系,设计了适用于抽采管网的成套抑爆装备,优化了现场系统布置工艺。
8	余盈荧	西安科技大学	负责气液两相抑制瓦斯/煤尘爆炸火焰加速系统控制的研发工作,优化了水雾喷头位置、角度、距离等工艺参数,并参与了工业化实验。

五、提名意见:

对照山西省科学技术奖授奖条件,提名该项目为2024年度山西省科学技术进步奖二等奖。

项目 7：城市轨道交通齿轮箱润滑油的研究开发

一、项目简介

项目以中国机械总院集团郑州机械研究所有限公司给出的齿轮箱润滑模型为切入点，结合城市轨道交通齿轮箱实际工况要求提出润滑油技术指标，自主研发满足城市轨道交通齿轮箱的润滑油产品。开展的工作主要包括基础油的选择、市售复合剂、自主研发复合剂性能评测、产品的实验室理化、模拟评测及中国机械总院集团郑州机械研究所有限公司台架试验评定。建立了齿轮箱润滑模型，提出润滑油具体参数，实现城市轨道交通齿轮箱润滑油的国产化。

1、根据城市轨道交通齿轮箱润滑机理，正向设计润滑油产品，科学开展评测，解决了城市轨道交通齿轮箱的关键润滑技术；

2、基于煤制 CTL 及 PAO 基础油，自主研发复合剂，实现了城市轨道交通齿轮箱润滑技术的完全自主化；

3、本项目开发产品可完全替代进口产品，具有国际先进水平；

4、基于轨道交通齿轮箱运行工况，建立了实验室模拟评测方法，科学合理，可标准化推广。

本项目开发产品已于郑州轨道交通运营有限公司地铁线路上开展试用，运行情况良好。

二、知识产权及代表性论文专著目录：

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国别	专利号
1	发明专利	一种利于清理的城市轨道交通用油测试台结构	中国	ZL201911236954.1
2	实用新型专利	城市轨道交通齿轮箱润滑油生产用的混合机	中国	ZL202320408660.8

三、完成人合作关系说明：

本项目由山西潞安太行润滑科技股份有限公司、郑州轨道交通运营有限公司、中国机械总院集团郑州机械研究所有限公司共同合作完成。第一完成人张春风为项目负责人，提出了该项目的研究思路和主要技术方案。张晓军为本项目主要指导专家，对主要技术方案进行论证，及时修正实验路线。张力负责了台架试验方案编制及后续跟踪和数据收集，参与本项目专利的撰写工作。路捷参与了本项目的主体技术方案论证。对添加剂选型和评测给出重要指导建议及项目开发报告的编写。程相勋、徐文博、张祥儒对台架试验方案和应用方案提出相关修改意见并协助发明专利的撰写。李耕参与项目主体研发产品在轨道交通的推广应用工作。

四、主要完成人情况：

排名	姓名	工作单位	创新推广贡献
1	张春风	山西潞安太行润滑科技股份有限公司	提出了利用潞安化工集团自主生产的煤基全合成基础油作为主要原料开发城市轨道交通齿轮箱润滑油作为国外产品替代的研究思路，提出主要技术方案。负责研制产品的研制过程大纲编写和监督，负责研制产品的改良评测和验证，负责跟踪台架试验和应用试验并根据反馈情况调整研制产品。作为第一发明人撰写相关专利：发明专利“一种利于清理的城市轨道交通用油测试台结构”、实用新型专利“城市轨道交通齿轮箱润滑油生产用的混合机”。
2	张晓军	山西潞安太行润滑科技股份有限公司	作为本项目主要指导专家，对主要技术方案进行论证，及时修正实验路线。主导自主复合剂的研发，从理论上分析指导复合剂的适配机理，采用正交试验法研究添加剂适配性。主导申报本项目的科学成果鉴定证书。
3	张 力	山西潞安太行润滑科技股份有限公司	作为本项目主要指导专家，对主要台架试验方案进行编制及后续跟踪和数据收集。从事从实验室规模到中试、工业放大以及产品应用配方研究。参与本项目专利的撰写工作。
4	路 捷	山西潞安太行润滑科技股份有限公司	作为本项目主要参与者之一，参与本项目的主体技术方案论证。对添加剂选型和评测给出重要指导建议，参与研制产品研制过程中的具体项目评测和验证工作。参与编写项目开发报告。
5	程相勋	郑州轨道交通运营有限公司	作为主要参与者，对台架试验方案和应用方案提出主要要求，根据实际应用过程中轨道交通齿轮箱可能出现的润滑不良问题进行收集罗列，及时反馈，跟踪应用试验过程。及时修正应用过程中的偏差，确保项目产品实施的安全性、可靠性和实用性。
6	徐文博	中国机械总院集团 郑州机械研究所有	作为主要参与者，对台架试验方案提出主要要求，结合研制产品实际应用过程中可能出现的

		限公司	润滑失效问题和台架试验项目进行强关联，给研制产品人员提出具体油品润滑需求并全程跟踪台架试验过程。协助发明专利的撰写。
7	张祥儒	中国机械总院集团 郑州机械研究所有限公司	作为主要参与者，对台架试验方案提出主要要求，结合研制产品实际应用过程中可能出现的润滑失效问题和台架试验项目进行强关联，给研制产品人员提出具体油品润滑需求并全程跟踪台架试验过程。参与本项目专利等成果的撰写。
8	李 耕	郑州中建深铁轨道交通有限公司	作为主要参与者，对台架试验方案和应用方案提出主要要求，根据实际应用过程中轨道交通齿轮箱可能出现的润滑不良问题进行收集罗列，及时反馈，跟踪应用试验过程。参与项目主体研发产品在轨道交通的推广应用工作。

五、提名意见：

对照山西省科学技术奖授奖条件，提名该项目为2024年度山西省科学技术进步奖二等奖。

项目 8：6m 厚煤层条带膏体全采全充技术研究

一、项目简介

该项目以潞安化工集团常村煤矿为工程背景，设计了条带式综掘开采巷道膏体充填方案和工艺流程，研究了膏体充填料浆流动特性与强度变化规律，构建了充填材料井上井下高效输送系统和密实充填方法，掌握了厚煤层分步式“全采全充”条带充填采煤方法，同时研制了新型高强度玻璃钢锚杆，实现了大断面高煤帮条带巷道快速掘进与支护，保障了充填工作面安全高效生产。主要技术创新：

1、开发了近水平厚煤层条带巷道分层分段密实充填工艺、充分接顶方法和监测手段，实现了料浆在 6m 厚度煤层条件下的密实充填，并通过顶板掏槽后注浆、内置溢浆排气管等手段，实现了充填体充分接顶；

2、通过划分条带、间隔跳采、即时充填的分步式“全采全充”充填工艺，实现了充填和回采平行作业，阐述了煤柱与充填体交替承受顶板荷载的控顶机理；

3、研制了适应条带充填开采巷帮支护的高强抗扭玻璃钢锚杆，实现了大断面高煤帮条带工作面快速回采与支护。

2023 年 4 月，中国煤炭工业协会组织有关专家对本项目创新成果进行了鉴定，鉴定委员会一致认为项目研究成果达到国际先进水平。

项目研究成果已在潞安常村矿井下 CTS2-01 工作面进行了井下工业性试验，CTS2-01 工作面原煤日产量 790.03t/d，年产量 24.8 万 t/a，工作面充填率达到 95%以上，基本实现工作面全采全充、煤炭资源完全回收，每年创造经济效益约 1.25 亿元。

二、知识产权及代表性论文专著目录：

专利

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国别	专利号
1	实用新型专利	巷道混凝土喷层的应变测试系统	中国	ZL202220638171.7
2	实用新型专利	一种可调式锚索防断保护装置	中国	ZL202022672208.1
3	发明专利	一种井下巷道混凝土喷层内应力的测量系统及方法	中国	ZL202011463772.9

论文

序号	期刊类别	文章名称	检索号	发表日期	收录情况
1	采矿与安全工程学报	矸石充填开采协同承载机制及充填效果评价研	2022,39(2)	2022.03	EI

		究			
2	低温建筑技术	玻璃钢锚杆托盘及螺母极限应力和位移分析	2021, 39(6)	2021. 06	EI
3	煤炭技术	高强玻璃钢锚杆承载特性及应用研究	2021, 34(12)	2021. 12	核心
4	中国矿业	高煤帮巷道锚杆锚索支护合理预紧力匹配设计及应用	2019, 28(12): 137-141	2020. 01	核心
5	中国安全生产科学技术	基于覆岩裂隙带发育高度的走向高抽巷合理位置确定	2020, 16(7): 75-81	2021. 01	核心

三、完成人合作关系说明：

该项目由山西潞安环保能源开发股份有限公司常村煤矿、天地科技股份有限公司、中煤科工开采研究院有限公司共同合作完成，第一完成人郜富平为项目负责人，全面负责项目的整体策划、组织与实施。方树林负责项目试验研究与成果总结，针对常村矿条带巷6m高煤帮特点，分析了高煤帮对条带巷支护稳定性的影响，并提出了改进方案。范红斌负责项目协调与组织管理，提出了膏体泵送性能指标，开发了近水平厚煤层条带巷道分层密实充填工艺和充分接顶方法。王滨负责项目试验与检测，在设计充填体长期稳定性所需最小强度的基础上，进行充填材料配比试验，为常村煤矿膏体充填选择了合理的材料配比。董飞负责项目井下试验与应用，开发了三种不同模式的条带开采方法和采充工艺。李文洲参与项目的理论研究和方案优化，通过数值模拟手段，揭示了不同充填开采模式下采场围岩应力呈现“波浪型”的时空动态演化规律，阐述了煤柱与充填体交替承载顶板荷载的控顶机理。王永红参与组织项目施工与矿压观测。王涛参与施工工艺指导与矿压观测数据分析。

四、主要完成人情况：

排序	姓名	工作单位	对本项目的贡献
1	郜富平	山西潞安环保能源开发股份有限公司常村煤矿	项目总负责人、全面负责总体方案制定与策划
2	方树林	中煤科工开采研究院有限公司	负责项目理论研究与成果总结
3	范红斌	山西潞安环保能源开发股份有限公司常村煤矿	负责项目研究方案的组织与实施
4	王 滨	中煤科工开采研究院有限公司	负责项目方案设计

5	董 飞	山西潞安环保能源开发股份有限公司常村煤矿	负责项目现场施工方案的审查与实施
6	李文洲	天地科技股份有限公司	负责实验室试验与数据分析
7	王永红	山西潞安环保能源开发股份有限公司常村煤矿	负责项目井下矿压监测
8	王 涛	天地科技股份有限公司	负责支护参数优化

五、提名意见：

对照山西省科学技术奖授奖条件，提名该项目为 2024 年山西省科学技术进步奖二等奖。

项目 9：托顶煤掘进巷道过构造带承载结构再造及控制技术研究

一、项目简介

该项目针对常村煤矿揭露的断层构造带多，托顶煤掘进巷道过构造带难以安全快速掘进的技术难题，开展基于托顶煤巷道高效掘进模式研究。通过理论分析了托顶煤巷道顶板变形机理，揭示了顶板下沉量与巷道跨度、顶煤强度的关系；通过含节理（即含弱面）动静态剪切试验研究和数值试验，得到了过构造带巷道沿弱面发生塑性剪切滑移破断规律；揭示了托顶煤超前导管在不同注浆参数下注浆扩散半径的变化规律；研发了新型注浆材料、注浆装置及支护结构；提出了托顶煤巷道超前导管预注浆承载结构再造帮顶联合控制技术；研究成果在常村等煤矿成功应用，取得了良好的经济和社会效益。项目创新如下：

1、通过理论分析了托顶煤巷道顶板变形机理，揭示了顶板下沉量与巷道跨度、顶煤强度的关系；②明确了侧压系数、埋深、支护强度以及煤体强度是影响托顶煤巷道帮部变形的主要因素，通过理论分析确定了巷帮的最大变形位置。

2、揭示了托顶煤掘进巷道过构造带巷道围岩大变形机理。理论分析得到了巷道在构造带区域大断面效应显著，构造应力机制（IIA）、重力机制（IIB）和随机节理型机制（IIIE）的复合变形力学机制作用是过构造带围岩大变形的主要原因；明确了托顶煤巷道过构造带托顶煤巷道围岩变形破坏的关键因素。

3、进行了含节理（弱面）动静态剪切试验和数值试验研究，得到了过构造带（即含弱面）巷道顶板离层、沿弱面发生塑性剪切滑移破断规律，揭示了含弱面岩体断裂机制。

4、探明了不同巷道埋深、侧压系数、顶煤厚度与顶煤强度对托顶煤巷道稳定性的影响规律，揭示了顶煤超前导管在不同注浆参数下注浆扩散半径的变化规律；提出了托顶煤巷道超前导管预注浆帮顶联合控制技术。

5、研发了新型注浆材料，该材料具有凝结快、强度高、粘结性强的特性，提高了材料的力学性能、耐久性及其可注性，并应用于实践。

6、研发了新型注浆装置，实现注浆料的筛分剔除、高效注浆、防堵塞注浆等功能，并应用于实践。

7、研发了适用于托顶煤掘进巷道过构造带松软煤层巷道断面的新型支护结构，加强了对岩层的支撑作用，确保支护结构整体的稳定性。

采用承载结构再造及超前导管预注浆帮顶联合控制技术，围岩变形得到了有效控制，提高了安全高效生产水平。提出的新型注浆材料、注浆材料筛分剔除、高效注浆、防堵塞注浆装置、松软煤层支护新型结构等产品。

该项目研究成果和工艺技术对潞安矿区其他矿井具有示范意义，已在潞安矿区五阳煤矿、余吾煤业进行了应用推广，取得了显著经济效益。该成果为国内外托顶煤掘进巷道过构造带的施工提供了宝贵的经验和借鉴意义，其推广前景广阔。

二、知识产权及代表性论文专著目录：

专利

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国别	专利号
1	发明专利	一种矿用无机速凝双液注浆加固材料	中国	CN202210485648.7
2	发明专利	一种破碎围岩巷道速凝双液注浆加固材料及制备方法	中国	CN202210465250.7
3	发明专利	一种无机复合型矿用注浆加固材料	中国	CN202210475341.9
4	发明专利	一种高强超细深孔注浆加固材料及制备方法	中国	CN202210485653.8
5	发明专利	一种煤矿巷道掘进的支护结构	中国	CN202210350518.2
6	发明专利	一种松软煤层巷道断面的支护结构	中国	CN202210524519.4
7	实用新型专利	一种巷道注浆料的筛分剔除装置	中国	CN202021367938.4
8	实用新型专利	一种巷道围岩加固的高效注浆装置	中国	CN202021366410.5
9	实用新型专利	一种巷道注浆的防堵塞注浆装置	中国	CN202021367945.4
10	实用新型专利	一种巷道两帮防片帮支护装置	中国	CN202021351093.X
11	实用新型专利	一种用于巷道表面加固的快速喷浆装置	中国	CN202021366411.X
12	实用新型专利	一种工作面煤层巷道掘进的临时支护装置	中国	CN202021339956.1

软著

1、软件著作权：山西中科赛德能源科技有限公司，锚杆锚索受力测试计算系统：2020SR0693355

2、软件著作权：山西中科赛德能源科技有限公司，煤矿巷道顶板压力计算系统：2020SR0692961

论文

1. Yu Yihe, Ma Liqiang, Zhang Dongsheng, Su Faqiang, Wang Guoying. Approach for Numerical Modeling of Strain-Hardening Materials Using Double-Yield Model[J]. Rock Mechanics and Rock Engineering, 2022, 55(12):7357-7367.
2. Shunchuan Wu, Wei Sun, Xueliang Xu. Study on mode I fracture toughness of rocks using flat-joint model and moment tensor[J]. Theoretical and Applied Fracture Mechanics, 2022, 120:103403.
3. Wei Sun, Shunchuan Wu, Wenbing Guo. Study on the semi-circular bend method for characterizing the mixed mode I/II fracture toughness of sandstone: A micro-perspective[J]. Theoretical and Applied Fracture Mechanics, 2023, 127:10464.
4. Yang Kai, Gou Panfeng. Research on Reasonable Width of Coal Pillars in High Strength Mining Roadway in Wantogou Mine[J]. Geotechnical and Geological Engineering. 2021, 39(3):2065-2073
5. Zhu Chuangwei, Guo Baohua, Zhang Zhezhe, Zhong Pengbo, Lu He, Sigama Anthony. Determining Rock Joint Peak Shear Strength Based on GA-BP Neural Network Method[J]. Applied Sciences, 2024, 14 (20):9566.
6. Zhang Zhezhe, Guo Baohua, Zhu Chuangwei, Zhong Pengbo, Rong Tenglong. Experimental study on shear mechanical characteristics and its size effect of concrete joints based on BP neural network method[J]. Construction and Building Materials, 2024, 442, 137583
7. 焦峰, 郭保华, 翟明磊, 程坦, 董航宇. 砂粒充填大理岩节理剪切强度试验研究[J]. 地下空间与工程学报, 2019, 15 (02):352-357.
8. 翟明磊, 郭保华, 王辰霖, 等. 法向卸荷下贯通裂隙岩样压剪破坏特征研究[J]. 岩土力学, 2019, 40 (S1):217-223+230.
9. 郭金宝, 郭保华, 陈岩, 骆韬. 考虑端部摩擦效应的岩石卸载强度准则[J]. 岩石力学与工程学报, 2019, 38(07)1307-1318.
10. 杨凯, 勾攀峰. 高强度开采双巷布置巷道围岩差异化控制研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2021, 38 (01): 76-83.
11. 丁永红. 围岩变形机理及控制技术与应用[J]. 煤, 2024, 33(3): 36-38.
12. 史沁彬. 矩形大断面煤巷超前循环护架设计研究[J]. 煤, 2024, 33(11): 49-52.
13. 史沁彬. 综放开采顶煤裂解数值模拟[J]. 煤, 2024, 33(10):29-31+108.
14. 张慧芳. 基于数值模拟的切顶卸压研究[J]. 煤, 2024, 33(11):73-75.
15. 张慧芳. 针对无底柱崩落法放矿的回采效率模拟研究[J]. 煤, 2024(10):64-68.
16. 杨凯, 勾攀峰. 锚固预紧力和预留尺寸对煤柱承载特性影响分析[J]. 能源与环保, 2020, 42 (2) : 123-127

三、完成人合作关系说明：

该项目由山西潞安环保能源开发股份有限公司常村煤矿、河南理工大学共同合作完成，第一完成人丁永红为本项目总负责人，负责项目顶层设计、部署及运行工作，制定项目研究实施的技术路线。余伊河负责项目总体设计、实施方案的制定等研究工作。史沁彬负责组织现场实际应用技术方案规划、具体实施及工业性试验。孙伟参与项目研究内容、实施方案的制订，负责了部分托顶煤巷道过构造带围岩变形机理及影响因素的研发。张慧芳参与技术和产品研发方案、任务分工与人员调配、组织落实等工作。陈晓祥参与项目研究内容、实施方案的制订，负责部分托顶煤巷道过构造带围岩控制技术的研发。郭保华参与项目研究内容、实施方案的制订，负责部分托顶煤巷道过构造带围岩变形机理与失稳类型的研究。勾攀峰参与项目研究内容、实施方案的制订，负责了部分托顶煤巷道过构造带围岩力学性质与变形机理的研究。

四、主要完成人情况：

排名	姓名	工作单位	创新推广贡献
1	丁永红	山西潞安环保能源开发股份有限公司常村煤矿	负责总体研究方案制定与实施工作，负责研究报告审定；参与了项目的数值模拟研究工作，负责对数值模拟模型的建立和审核工作；提出超前导管预注浆帮顶联合支护技术方案，组织2701工作面皮带顺槽的围岩支护方案论证，负责项目主体技术在矿区的推广应用工作。
2	余伊河	河南理工大学	从理论上分析托顶煤巷道过构造带围岩大变形控制机理；采用数值分析系统研究托顶煤巷道围岩稳定性及支护优化设计；制定超前导管预注浆帮顶联合支护技术方案；撰写相关论文和专利。
3	史沁彬	山西潞安环保能源开发股份有限公司常村煤矿	负责设计和现场实施新型支护结构；负责超前导管预注浆帮顶联合支护技术方案设计和现场实施；现场位移和应力监测的设计和实施；撰写相关论文和专利，以第一作者发表论文“矩形大断面煤巷超前循环护架设计研究”等。
4	孙伟	河南理工大学	研发了多种新型注浆材料，研发了新型支护结构；参与研发托顶煤掘进巷道过构造带承载结构再造及控制技术体系；撰写相关论文和专利。
5	张慧芳	山西潞安环保能源开发股份有限公司	负责新型注浆装置的设计和现场实施；协助新型注浆材料、装置及新型支护结构专利的撰写和申

		常村煤矿	报；参与托顶煤巷道超前导管预注浆承载结构再造帮顶联合控制技术研制；撰写相关论文和专利，以第一作者发表论文“基于数值模拟的切顶卸压研究”等。
6	陈晓祥	河南理工大学	负责设计和研发多种新型注浆材料，如发明专利“一种矿用无机速凝双液注浆加固材料”、“一种破碎围岩巷道速凝双液注浆加固材料及制备方法”等；负责设计和研发多种新型注浆装置和新型支护结构，如实用新型专利“一种巷道注浆料的筛分剔除装置”等；协助新材料和新装置的实施方法的制定、论证及实施。
7	郭保华	河南理工大学	参与新型注浆装置的设计和现场实施；协助新型注浆材料、装置及新型支护结构专利的撰写和申报；撰写相关论文和专利，发表论文。
8	勾攀峰	河南理工大学	提出了再造承载层理念；协助实施托顶煤掘进巷道过构造带承载结构再造及控制技术，确保项目实施的安全性、可靠性和实用性；撰写相关论文和专利。

五、提名意见：

对照山西省科学技术奖授奖条件，提名该项目为2024年山西省科学技术进步奖二等奖。

项目 10：复杂构造和高水压下深部采掘多源灾害致灾机理及协同防控关键技术

一、项目简介

针对山西潞安漳村煤矿煤炭资源采掘接续紧张，北侧扩区受区域或局部构造运动的影响，地应力高、瓦斯压力和含量高，底板突水和冲击危险性极高等问题。项目开展了复杂构造和高水压下深部采掘多源灾害致灾机理及协同防控关键技术研究。

1、查明了复杂断裂构造条件巨厚奥灰含水层的水文地质特征，提出了穿越大型断层及巨厚奥灰含水层延深开拓大巷的线路优化方法，揭示了岩溶含水层内大巷围岩应力-渗流机理，确定了延深大巷围岩注浆圈最佳范围。

2、研发了多区段综合预测法和突水系数-单位涌水量-隔水层厚度 2 种底板水害预测评价方法，结合突水系数法、脆弱性指数法等，提出了适合于深部开采的底板水害综合预测评价技术。

3、提出了井上井下联合查治协同的穿越复杂构造和巨厚岩溶含水层开拓大巷水害综合防控技术体系以及深部煤层瓦斯区域性治理方法。基于应力叠加的冲击危险评价预测方法，形成了深部煤层开采多源灾害协同防控综合技术体系。

本项目研究理论和技术成果已推广应用于其他矿井，包括山西潞安环保能源开发股份有限公司漳村煤矿、江苏徐矿能源股份有限公司张双楼煤矿和鄂克托前旗长城六号矿业有限公司。有效预防了灾害的发生，保障了矿井的安全生产，增加了煤炭产量，为开拓大巷安全穿越复杂构造和奥灰巨厚含水层、释放扩区深部煤炭资源提供了理论依据和技术保障，具有广泛推广应用前景。

二、知识产权及代表性论文专著目录：

专利

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国别	专利号
1	发明专利	一种煤岩体卸压类椭圆形钻孔导向开槽卸压方法	中国	ZL202211623408.5
2	发明专利	一种煤层顶板或底板含水层富水性综合评价方法	中国	ZL202011000244.1
3	实用新型专利	柔膜袋密闭墙自动构筑装置	中国	ZL202320848254.3
4	实用新型专利	一种高速架空乘人装置用斜坡静止上下车机构	中国	ZL202321274155.5
5	实用新型专利	一种断层导水三维可视化模拟装置	中国	ZL202420312349.8

6	实用新型 专利	一种过断层开拓延伸大巷涌水三维 可视化模型	中国	ZL202420335582.8
---	------------	--------------------------	----	------------------

三、完成人合作关系说明：

该项目由山西潞安环保能源开发股份有限公司漳村煤矿、中国矿业大学共同合作完成。第一完成人史安忠为本项目总负责人，负责项目方案制定和总体协调。乔伟完成了穿越大型断层及巨厚奥灰含水层延深开拓大巷的线路优化设计和岩溶含水层内大巷围岩应力-渗流机理研究。赵伟参与了项目立项、方案讨论、试验、归纳、总结、检索、鉴定的全过程。参与深部开采的底板水害综合预测评价和冲击危险评价。李伟负责构建深部煤层瓦斯区域性治理方法，参与构建深部煤层开采多源灾害协同防控综合技术体系。孙鹏飞负责项目协调推进，负责穿越大型断层及巨厚奥灰含水层延深开拓大巷的线路优化参数设计，参与开拓大巷穿越复杂构造和深部煤炭资源开采中工程灾害隐患和影响因素分析研究。贺虎负责完成冲击危险评价预测，参与构建深部煤层开采多源灾害协同防控综合技术体系。赵慧亮参与项目各环节研究、技术改进等工作，参与井上井下联合查治协同的穿越复杂构造和巨厚岩溶含水层开拓大巷水害综合防控技术研究，配合多源灾害协同防控实施和测试。程香港参与分析岩溶含水层内大巷围岩应力-渗流机理，提出多区段综合预测法和突水系数-单位涌水量-隔水层厚度 2 种底板水害预测评价方法。

四、主要完成人情况：

排名	姓名	工作单位	创新推广贡献
1	史安忠	山西潞安环保能源开发股份有限公司漳村煤矿	项目总体负责的，负责项目方案制定，项目开展、项目推进和项目协调。参与复杂断裂构造条件巨厚奥灰含水层的水文地质特征研究，负责深部煤层开采多源灾害协同防控方法研究。
2	乔伟	中国矿业大学	参与设计穿越大型断层及巨厚奥灰含水层延深开拓大巷的线路优化设计，完成岩溶含水层内大巷围岩应力-渗流机理，提出适合于深部开采的底板水害综合预测评价技术，负责构建深部煤层瓦斯区域性治理方法、基于应力叠加的冲击危险评价预测方法，形成了深部煤层开采多源灾害协同防控综合技术体系。

3	赵伟	山西潞安环保能源开发股份有限公司 漳村煤矿	参与了项目立项、方案计论、试验、归纳、总结、检索、鉴定的全过程。负责漳村煤矿及其扩区深部煤炭资源的安全、高效、可持续性开采理论分析,参与深部开采的底板水害综合预测评价和冲击危险评价。
4	李伟	中国矿业大学	针对漳村煤矿深部采区开采过程中所面临煤与瓦斯突出问题,负责构建深部煤层瓦斯区域性治理方法,对与构建深部煤层开采多源灾害协同防控综合技术体系。
5	孙鹏飞	山西潞安环保能源开发股份有限公司 漳村煤矿	负责项目协调推进,负责穿越大型断层及巨厚奥灰含水层延深开拓大巷的线路优化参数设计,参与开拓大巷穿越复杂构造和深部煤炭资源开采中工程灾害隐患和影响因素分析研究。
6	贺虎	中国矿业大学	针对漳村类矿深部采区开采过程中面临的冲击地压问题,负责完成冲击危险评价预测,参与构建深部煤层开采多源灾害协同防控综合技术体系。
7	赵慧亮	山西潞安环保能源开发股份有限公司 漳村煤矿	参与项目各环节研究、技术改进等工作,参与井下联合查治协同的穿越复杂构造和巨厚岩溶含水层开拓大巷水害综合防控技术研究,配合多源灾害协同防控实施和测试。
8	程香港	中国矿业大学	参与分析岩溶含水层内大巷围岩应力-渗流机理,提出多区段综合预测法和突水系数-单位涌水量-隔水层厚度 2 种底板水害预测评价方法。

五、提名意见:

对照山西省科学技术奖授奖条件,提名该项目为2024年度山西省科学技术进步奖二等奖。

项目 11：条带式开采膏体充填工艺

一、项目简介

针对目前国内进行的条带式充填技术主要存在的充填膏体浓度低，固废利用率低；充填膏体稳定性差，长时间停泵易堵管；充填管路不满管，导致立管受压损坏、膏体自由落体导致离析堵管；下条带端口断面不规则，导致封堵挡墙漏浆等问题，该项目开展了“条带式开采膏体充填工艺”关键技术研究，提升了充填开采技术的实施效果。

具体研究内容如下：

1、高浓度充填膏体：利用大掺量矿物掺合料及破碎煤矸石，结合胶凝材料，开发出高浓度充填膏体配方。该配方通过提升膏体浓度，配合不同粒径的矿物掺合料，有效降低体系孔隙率，加强膏体内聚力，提升了充填体的整体强度，有效减少了粗骨料的沉降和泌水现象；其次，大掺量的矿物掺合料充分发挥其形态效应和微集料效应，减少了浆体与集料间的界面摩擦，提高了拌合物的流动性，确保其在泵送过程中的连续可泵性能。此外，由于该配方增加了矸石、粉煤灰等固体废弃物的使用量，还有效减轻了固废处置对环境造成的负面影响。

2、缓凝型充填剂：为确保膏体保持长时间的可泵性能，保障生产安全，针对现有充填剂进行研发升级。此充填剂在 I 代产品的基础上进行改良，通过大量实验筛选出多组性能优良的缓凝材料，并与 I 代充填剂进行混合复配试验，最终，通过整体配方微调，确定了最优充填剂配方。这一充填剂的掺入有效解决了停泵后膏体硬化造成的堵管问题，同时还减少了充填膏体硬化后可能出现的分层现象，进而降低了由此产生的经济损失。

3、储料斗再搅拌装置：通过本装置的研发应用，实现泵送储浆斗内物料再搅拌功能，在不影响原设备功能的情况下，实现料浆的二次搅拌功能，既提高搅拌效率，又可延长料浆储存时间，避免因各种原因导致停泵后发生物料凝结堵泵现象。

4、“满管流”输送技术：深入研究膏体输送过程中管路沿程阻力的动态变化，通过优化管阀布局、引入增阻设施等措施，结合压力监测装置，实时监控立孔上下及井下水平管段的压力状况以及在不同泵送速率下的压力波动，确立适宜的泵送排量范围，最终达到充填满管的效果。

5、井下条带端口不规则断面封堵技术：构建条带式挡墙是充填采矿法中的核心环节，目前使用的挡墙类型繁多，但普遍面临抗倾倒能力差、安装劳动强度大、安装耗时长、材料损耗大以及易发生漏浆、溃浆等问题。针对这些缺陷，我们研制了一种组合式充填模板结构，该结构使用模板滑道及支撑液压装置，能够迅速完成组装和支撑工作，内侧预留有气囊槽，可在挡墙构筑后充气堵漏。整套结构组装便捷，适应不同工程需求，显著提升了充填作业的安全性和采充衔接效率。

二、知识产权及代表性论文专著目录：

专利

序	知识产权	知识产权具体名称	国家	专利号
---	------	----------	----	-----

号	类别			
1	实用新型专利	一种矿井充填料泵送管路增阻调压装置	中国	CN222142742 U,2024.12.10.
2	实用新型专利	一种矿井充填矸石混凝土喷吹混匀装置.	中国	CN222121590 U,2024.12.06

论文

- 1、陈玉泰. 矿井充填泵送工艺的设计与研究.建材与装饰, 2023 年 24 期.
- 2、暴捷.井下巷道充填工艺分析.建筑实践, 2022 年第 41 卷.

三、完成人合作关系说明:

该项目由山西潞安工程有限公司独家完成。第一完成人连秀峰为课题负责人，参与了项目总体研究方案以及课题研究方法和技术路线的制定，并组织相关人员进行现场实施与监测，在项目论证、项目实施方案制定、项目实施等方面起主导作用。王刚对主要技术创新点中“满管流”输送技术提出了创新思路，制定了实施方案。杨勇在本项目矿井实施方面担任专项负责人，构建了“满管流”输送技术模型。翟亮在本项目中担任机械研发的专项负责人，领导并成功完成了多项管路阀门的改造任务。陈玉泰项目中担任材料研发的专项负责人，提出了高浓度充填膏体的整体机制理论。高原实现本项目整体应用生产任务，解决衔接过程中的问题，并对生产工艺进行优化改良，还提出对膏体进行二次搅拌的创新思路。马喆提出了输送高浓度胶结充填料浆的流变特性变化研究方案、张楠提出了高浓度满管充填的整体思路。科研成果为全体研究人员共同研发的成果。

四、主要完成人情况:

排名	姓名	工作单位	创新推广贡献
1	连秀峰	山西潞安工程有限公司	课题负责人，参与了项目总体研究方案以及课题研究方法和技术路线的制定，并组织相关人员进行现场实施与监测，在项目论证、项目实施方案制定、项目实施等方面起主导作用。对本项目膏体满管流泵送控制技术的研发做出了创造性贡献，完成条带式开采膏体充填整体工艺设计，并验证了方案与理论的可行性。
2	王刚	山西潞安工程有限公司	对主要技术创新点中“满管流”输送技术提出了创新思路，制定了实施方案，并最终落实，研发了一种矿井充填料泵送管路增阻调压装置。对膏体充填模板结构进行了主持设计工作。
3	杨勇	山西潞安工程有	在本项目矿井实施方面担任专项负责人，对不满管

		限公司	输送现象提出相应的防治对策，结合矸石高浓度充填膏体管路输送的实践，构建了“满管流”输送技术模型。同时，领导团队研发了一种矿井充填用的矸石混凝土喷吹混匀装置。
4	翟亮	山西潞安工程有 限公司	在本项目中担任机械研发的专项负责人，领导并成功完成了多项管路阀门的改造任务。同时，在矿井充填矸石混凝土喷吹混匀装置、泵送管路增阻调压装置等关键设备的研发过程中进行了重大改进。
5	陈玉泰	山西潞安工程有 限公司	项目中担任材料研发的专项负责人，提出了高浓度充填膏体的整体机制理论。研究了膏体充填材料的早龄期物理力学特性、流变特性、水化动力学特征以及水化机理，并成功地将这些研究成果应用于各充填站的生产实践中。
6	高原	山西潞安工程有 限公司	实现本项目整体应用生产任务，解决衔接过程中的问题，并对生产工艺进行优化改良，还提出对膏体进行二次搅拌的创新思路。
7	马喆	山西潞安工程有 限公司	提出采用模板与气囊相结合的双层充填封堵结构，对充填管路的增阻调压装置进行了全面优化。提出了输送高浓度胶结充填料浆的流变特性变化研究方案，分析了时间因素对料浆流变参数的影响。
8	张楠	山西潞安工程有 限公司	揭示了不同浓度充填料浆与控制上覆岩层变形之间的关系，分析了影响充填效果的直接原因，提出了高浓度满管充填的整体思路。

五、提名意见：

对照山西省科学技术奖授奖条件，提名该项目为2024年度山西省科学技术进步奖二等奖。

项目 12：高瓦斯低渗煤层顶板卸压-导流瓦斯精准治理技术研究

一、项目简介

该项目采用煤层顶板定向分段水力压裂的技术方法，实现了“顶板卸压-煤层增渗-精准抽采”，构建了煤体全应力应变过程的渗透率演化模型，阐明了顶板水力压裂裂缝的破裂准则和扩展形态，揭示了顶板定向分段水力压裂的卸压-导流机理。采用微震监测系统动态监测及推演工作面顶板运动和裂隙发育状态，可精准定位覆岩瓦斯富集区，实现了煤层顶板定向钻孔与本煤层钻孔协同抽采技术；研发了煤层瓦斯含量快速测定仪，建立了综合考虑矿压显现与瓦斯抽采效果的工作面瓦斯抽采达标动态评判体系，保障了高瓦斯低渗煤层的安全高效开采。

该技术在潞安矿区得到了成功的应用，实现了回采工作面煤层定向增渗、单孔多次压裂、顶板预裂卸压以及远距离施工、顶板管理与煤层预抽协同作业，实现了煤层顶板高位定向孔与本煤层钻孔协同抽采、煤层瓦斯赋存变化快速掌握、回采工作面瓦斯抽采动态达标评判等关键技术体系，增加了“顶板+煤层”的煤层瓦斯治理的维度，提高了低渗煤层增渗位置的精准性，降低了煤层增渗抽采的盲目性，超前管理回采工作面煤层顶板，缓解了顶板来压强度，减少了顶板剧烈运动造成的瓦斯异常涌出，全面评判了回采工作面的瓦斯治理水平和状态，为高瓦斯矿井安全生产提供了重要保证。

项目成果在潞安矿区五阳煤矿、常村煤矿和李村煤矿的成功应用，产生了良好的经济效益。同时有效提高了矿井瓦斯的防治技术水平，保障了矿井的安全高效生产。

二、知识产权及代表性论文专著目录

专利

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家	专利号
1	发明专利	煤与瓦斯突出预测装置	中国	ZL202311684321.3
2	发明专利	一种高瓦斯矿井回采工作面采空区瓦斯安全长效抽采方法	中国	ZL202110126606.X
3	发明专利	一种快速测定煤层钻孔深度装置和方法	中国	ZL201811373628.0
4	发明专利	矿井瓦斯抽采设备及数据管理可视化系统与方法	中国	ZL202111301451.5
5	实用新型专利	一种能够测量单个抽采钻孔瓦斯流量的装置	中国	ZL201821099054.8

论文

1.Lei Yang, Chaojun Fan*, Haiou Wen, Mingkun Luo, Hao Sun, Ce Jia. An improved gas - liquid - solid coupling model with plastic failure for hydraulic flushing in

gassy coal seam and application in borehole arrangement [J]. *Physics of Fluids*, 2023, 35, 036603. (SCI, Top 期刊)

2. Guoxun Jing and Yu Wang. Research on Hydraulic Fracturing Pressure Relief and Improvement Permeability Technology of the Soft Coal Seam Roof[J]. *ACS Omega* 2024, 9, 2970–2979. (SCI)

3. Chaojun Fan, Mingkun Luo, Sheng Li, Haohao Zhang, Zhenhua Yang and Zheng Liu. A thermo-hydro-mechanical-chemical coupling model and its application in acid fracturing enhanced coalbed methane recovery simulation [J]. *Energies*, 2019, 12, 626. (SCI)

4. Yankun Ma, Longyong Shu, Hongyan Li, Cong Cui, Yang Zhou and Yang Li. Numerical Investigation of Safety Strategy for Gas Disaster Prevention in Successive Panels Using Upper Protective Layer Mining: A Case Study[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022, 19, 4408–4427. (SCI)

5. Yankun Ma. Multiscale Fractal Characterization of Pore Structure for Coal in Different Rank Using Scanning Electron Microscopy and Mercury Intrusion Porosimetry[J]. *processes*. 2022, 10, 1577–1591. (SCI)

6. 张小龙, 王飞, 刘红威, 高瑞青, 高亚斌, 李子文, 贺志宏, 刘振明, 郝亚兵. 基于采动覆岩三维裂隙场演化规律的地面 L 型钻井瓦斯抽采技术[J]. *中国安全生产科学技术* 2022, 18, 10, 56–61

7. 胡胜勇, 张甲雷, 冯国瑞, 刘红威, 姜海纳, 张钰亭. 煤矿采空区瓦斯富集机制研究[J]. *中国安全科学学报* 2016, 26, 2, 121–126

8. 刘佳, 赵耀江, 施恭东, 刘红威. 深孔定向钻进技术与装备在我国矿井瓦斯抽采中的应用[J]. *煤炭工程* 2017, 49, 7, 106–110

9. 周晋辉, 郭晓阳, 赵博, 金智新, 邓存宝, 刘继勇, 王蒙. 煤岩体系微观组分及孔隙结构对甲烷吸附的影响研究[J]. *矿业安全与环保* 2024, 51, 1, 51–69

10. 马延崑, 郭勇义, 吴世跃, 李川田, 闫晋文, 秦贵成. 综采工作面初采期煤与瓦斯共采试验研究[J]. *太原理工大学学报*, 2014, 45(1): 65–70

三、完成人合作关系

本项目由山西潞安环保能源开发股份有限公司、煤炭科学技术研究院有限公司安全分院、辽宁工程技术大学、太原理工大学、西安科技大学共同合作完成。第一完成人李超为项目总负责人，负责制定项目的研究路线，方法，组织方案实施和总结工作。马延崑参与构建顶板分段水力压裂卸压力学模型，分析卸压后煤层的所受载荷的大小。韩军组织建立模糊聚类分析法数学模型，提出利用综合指数法对煤层顶板水力压裂目标层进行综合性评价；刘红威参与并协助完成了“一种高瓦斯矿井回采工作面采空区瓦斯安全长效抽采方法”专利研发工作，

建立了瓦斯抽采效果快速检验与抽采达标动态评判技术体系。李媛提出借助相似模拟和离散元数值模拟方法研究煤层顶板岩层裂隙演化规律。赵博提出综合指数法对压裂目标层进行综合性评价的方法。李阳提出单一厚煤层顶板裂隙带瓦斯富集区时空感知定位方法。潘红宇提出通过回采工作面采扰效应与瓦斯流动场联动分析，形成顶板卸压条件高位定向孔与本煤层钻孔协同抽采技术，研发专利“矿井瓦斯抽采设备及数据管理可视化系统及方法”。

四、主要完成人情况

排序	姓名	工作单位	对成果创造性贡献
1	李超	山西潞安环保能源开发股份有限公司	研究方案和技术方案制定
2	马延崑	煤炭科学技术研究院有限公司安全分院	研究方案设计
3	韩军	辽宁工程技术大学矿业学院	技术方案设计
4	刘红威	太原理工大学安全与应急管理工程学院	现场测试、数据分析
5	李媛	辽宁工程技术大学安全科学与工程学院	理论分析、数值模拟
6	赵博	太原理工大学安全与应急管理工程学院	现场测试、数据分析
7	李阳	煤炭科学技术研究院有限公司安全分院	现场测试、数据分析
8	潘红宇	西安科技大学安全学院	理论分析

五、提名意见：

对照山西省科学技术奖授奖条件，提名该项目为2024年山西省科学技术进步奖二等奖。

项目 13：山西潞安太行润滑科技股份有限公司-企业技术创新奖

一、项目简介

山西潞安太行润滑科技股份有限公司成立于 2015 年 6 月，是潞安化工集团旗下全资子公司。作为潞安煤制油产业链下的战略转型育新企业，目前已发展为集煤基全合成润滑材料研发、生产、销售和服务为一体的高新技术企业，近年来公司先后被认定为国家级专精特新“小巨人”企业、山西省技术创新示范企业。公司依托于潞安化工国内唯一的 CTL 基础油和煤基 α -烯烃产品原料优势，致力于煤基全合成润滑材料研究与应用，推动煤基合成产业高端化、多元化、低碳化发展。

公司以科技创新作为核心驱动，持续加大创新研发投入强度，高质量推动科研成果产业化。面向国家高端装备用油脂重大战略需求，系统开展核心基础油工艺研究、专属添加剂开发、高端润滑材料配方研发与应用，服务高端制造、新能源、智能装备、军工装备、工业母机等领域。近年，公司相继研制出风电系统用油、无人机系统用油、轨道交通齿轮箱用油、三峡升船机开式齿轮脂、数据中心浸没热管理液、新型储能浸没冷却液、工业母机煤基淬火油等高端产品，打破国外品牌技术垄断，解决了我国高端油脂“卡脖子”问题。目前，公司已形成覆盖工业油、车用油、先进润滑材料等 5 大类，19 个系列，288 个牌号的煤基合成高端润滑材料产品体系，并取得大众、沃尔沃、奔驰、斯堪尼亚等各类产品认证 25 项，市场遍布 21 省 81 市。相关产品和专利累计取得授权发明专利 9 项，实用新型专利 37 项，形成国家标准 1 项，地方标准 2 项，团体标准 6 项，企业标准若干，完成科技成果鉴定 3 项（国际先进水平）。

二、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	专利号
1	发明专利	一种低粘度茂金属 PAO 基础油的制备方法	中国	ZL201610392063.5
2	发明专利	一种耐高温长寿命润滑脂及其制备方法	中国	ZL201210525853.8
3	发明专利	一种胆甾醇脂类化合物及其制备方法及应用	中国	ZL201810200852.3
4	发明专利	一种具备预处理功能的废润滑油回收用收集装置	中国	ZL202110997924.3
5	发明专利	一种过渡金属硫化物表面修饰方法及其应用	中国	ZL202111291598.0
6	发明专利	一种乙二醇十二烷基醚（GDE）功能化氧化石墨烯润滑油的制	中国	ZL202211480784.3

		备方法		
7	发明专利	一种利于清理的城市轨道交通用油测试台结构	中国	ZL201911236954.1
8	发明专利	一种车辆齿轮油复合添加剂、制备方法及其应用	中国	ZL202310090354.9
9	发明专利	一种耐高温工业齿轮油组合物	国际	RP:F/PT/PCT/2024/126
10	实用新型	一种大尺寸靠背轮拆卸工具	中国	ZL201721428005.X
11	实用新型	一种用于润滑油检测的装置	中国	ZL201821418518.7
12	实用新型	城市轨道交通齿轮箱润滑油生产用的混合机	中国	ZL202320408660.8
13	实用新型	轻型无人机系统用油制备的调和机构	中国	ZL202320408652.3
14	实用新型	一种液压油生产用精滤装置	中国	ZL202322344121.5
15	实用新型	一种用于润滑油的生产监测用取样装置	中国	ZL202322907309.6

三、提名意见：

对照山西省科学技术奖授奖条件，提名该项目为 2024 年度山西省企业技术创新奖。