

2026 年度拟提名陕西省科技进步奖项目公示内容

一、项目名称

黄河“几”字弯煤矿资源再生与绿色开采一体化关键技术及应用

二、提名者及提名意见

提名者：王国法，中国煤炭科工集团有限公司，研究员，矿业工程。

提名意见：该项目针对黄河“几”字弯煤炭基地受限煤炭资源规模化利用难、煤基固废消纳与采空区治理协同不足、绿色开采技术模式缺乏系统配置等问题开展科技攻关，提出了受限资源再生与规模化开采方法，发明了煤基固废全空间功能化充填与智能分选技术，构建了煤基固废循环利用与绿色开采模式及综合评价体系，形成了资源再生、固废消纳、采空区治理、覆岩控制和生态减损协同的技术体系。

项目整体技术创新性强、系统集成度高，核心成果经中国煤炭工业协会组织专家评价达到国际领先水平。成果已在国能神东、陕煤小保当、韩城矿业等多家单位推广应用，在提高受限煤炭资源利用水平、促进煤基固废井下规模化消纳、控制覆岩与地表沉陷以及降低生态治理压力等方面取得了显著经济、社会和生态效益。

鉴于该项目技术成果的创新性、先进性及推广应用成效，对照陕西省科学技术进步奖授奖条件，提名该项目为**陕西省科学技术进步奖二等奖**。

三、项目简介

黄河“几”字弯地区是我国煤炭资源富集和能源保供的重要区域，同时具有生态环境脆弱、水资源约束强、地表扰动敏感等特征。长期高强度开采形成了大量采空区、遗留煤柱及边角受限资源，煤炭资源呈现分散化、受限化特征，并伴随采空区稳定、煤基固废处置、地表沉陷及生态保护等问题。传统“开采—排矸—采后治理”模式中，资源利用、采空区治理、固废处置与生态保护相对割裂，难以适应煤炭资源高效利用与矿区绿色发展的协同需求。

针对上述问题，项目围绕受限煤炭资源再生利用、煤基固废循环消纳和绿色开采系统配置开展科技攻关，构建了煤炭资源再生与绿色开采一体化关键技术体系。主要创新如下：

（1）提出了受限资源再生与规模化开采方法。针对历史采空区、遗留煤柱及边角受限资源空间分散、连续利用困难等问题，提出受限资源空间重构与规模化开采思路，构建煤、矸协同运输和资源开采—固废回填平行作业模式，实现开采空间、充填空间和生产系统的协调组织；揭示充填体、垮落岩层与上覆岩层协同承载及非同步充填条件下围岩变形协调机制，改善采空区承载状态和采动应力环境，为受限煤炭资源安全、高效、连续利用提供了新方法。

（2）发明了煤基固废全空间功能化充填与智能分选技术。针对采空区空间

形态复杂、煤基固废规模化利用困难以及资源再生过程中煤、矸石与人工充填体混杂难分等问题，形成采空区探测评估、分区隔离、固废制浆、加压充填和固化养护的全空间治理流程，提出兼顾稳定承载与后续作业需求的功能化充填材料设计方法；通过源头特征增强与智能视觉识别，实现煤、矸石和人工充填体的高效识别与分选，促进采空区治理、煤基固废消纳与煤质保障协同。

（3）构建了煤基固废循环利用与绿色开采模式及综合评价体系。针对不同矿井煤层赋存、固废来源、采空区条件、沉陷控制和生态保护需求差异，提出“以充定采—以采定充”的分类配置思路，形成覆岩离层注浆、胶结膏体充填、采空区注浆等多工艺协同适配模式；建立涵盖资源利用、固废处置、生产效率、安全保障、沉陷控制及生态效益等内容的综合评价体系，推动煤基固废利用由单项工程治理向矿区循环利用和绿色开采系统化配置转变。

项目形成了从受限煤炭资源再生与规模化利用、煤基固废井下循环消纳，到多工艺分类配置和生态减损的完整技术链，为黄河“几”字弯煤炭基地提高资源利用效率、促进煤基固废源头减量和采动损害协同治理提供了技术支撑。

项目发表论文 26 篇，授权专利 15 项。项目核心研究成果经中国煤炭工业协会组织专家鉴定，达到国际领先水平。

项目研究成果已在国能神东煤炭集团所属多个煤矿开展推广应用，在提高煤炭资源利用效率、促进煤基固废井下消纳、控制覆岩与地表沉陷以及降低生态治理压力等方面取得了显著经济、社会和生态效益。

四、客观评价

项目针对黄河“几”字弯煤炭基地历史开采形成的采空区、遗留煤柱及边角受限资源难以规模化利用，以及煤基固废消纳、采空区治理、覆岩沉陷控制和生态保护协同不足等技术难题，开展系统科技攻关，形成了煤炭资源再生与绿色开采一体化技术体系。项目技术链条完整，关键技术创新突出，实现了资源利用、固废消纳、采动损害控制和生态保护的协同统一。主要创新成果如下：

1. 提出了受限资源再生与规模化开采方法，针对受限煤炭资源空间离散、采空区结构复杂以及常规开采方式难以实现连续利用等问题，提出采空区空间重构与资源规模化开采方法，构建资源开采与固废回填协同的生产组织模式；通过充填体、垮落岩层和上覆岩层协同承载，改善采空区结构及覆岩运动状态，并形成适应不同充填条件的围岩变形协调与矿压控制方法，实现受限煤炭资源由分散利用向连续化、规模化利用转变。

2. 发明了煤基固废全空间功能化充填与智能分选技术，建立采空区探测评估、分区隔离、固废制浆输送、全空间加压充填和固化养护的一体化治理流程，实现采空区由离散破碎空间向稳定承载空间重构；提出兼顾治理承载与后续作业需求的功能化充填材料设计方法，并通过主动特征植入、机器视觉和智能识别技术解决资源再生过程中煤、矸石与人工充填体混杂识别难题，实现采空区治理、煤基固废循环利用和煤质保障协同。

3. 构建了煤基固废循环利用与绿色开采模式及综合评价体系。针对不同矿

井煤层赋存、煤基固废来源、采空区条件、采掘接续以及沉陷和生态保护要求差异，提出“以充定采—以采定充”的分类配置模式，形成覆岩离层注浆、胶结膏体充填、采空区注浆等多工艺协同配置方法；建立兼顾资源、技术、经济、安全和生态效益的综合评价体系，推动煤基固废利用由单矿、单工作面 and 单一工艺应用向矿区系统化配置与绿色开采转变。

2024 年 5 月，受中国煤炭工业协会委托，专家组对项目核心成果进行了科技成果评价。评价时成果名称为“黄河‘几’字弯煤矿固废消纳与残煤复采协同绿色开采关键技术及应用”，其评价技术内容与本次申报项目核心技术体系一致。专家组经听取汇报、审阅资料、质询和讨论认为，项目在受限煤炭资源再生利用、煤基固废充填治理与智能分选、矿区煤基固废循环利用和绿色开采模式等方面形成了系统创新成果，取得了良好的经济、社会和生态效益，具有广阔的推广应用前景，研究成果总体达到国际领先水平。

五、应用情况

1. 应用情况

项目成果自 2023 年 9 月以来，已在国能神东煤炭集团有限责任公司、陕煤小保当矿业有限公司、陕西陕煤韩城矿业有限公司下峪口煤矿、府谷县瑞丰煤矿有限公司、陕西益东矿业有限公司、天地（榆林）开采工程技术有限公司、山西煤炭进出口集团左云韩家洼煤业有限公司、潞安集团司马煤业有限公司、山东能源集团贵州矿业有限公司等 9 家单位推广应用。

针对不同矿井煤层赋存、历史采空区、煤基固废来源、覆岩结构及生态保护条件差异，项目形成了受限煤炭资源再生、采空区分区全空间注浆修复、胶结膏体及局部精准充填、煤基固废井下循环利用、覆岩离层注浆与沉陷控制等技术模式。通过“以充定采—以采定充”分类配置，实现煤炭资源高效利用、煤基固废规模化消纳、采空区治理、覆岩沉陷控制和生态减损协同。相关成果已在陕西、内蒙古、山西、贵州等不同矿区条件下得到应用，具有较好的工程适应性和推广价值。

2. 经济效益和社会效益

（1）经济效益

2023—2025 年项目成果累计实现新增销售额 695324.55 万元，新增利润 153006.83 万元。经济效益主要来源于受限煤炭资源利用形成的新增收益、煤基固废井下消纳节支、采空区与地表沉陷治理降本、充填工艺优化及生产组织效率提升等。其中，国能神东煤炭集团累计新增销售额 300955 万元、新增利润 77281 万元；陕煤小保当矿业累计新增销售额 118956 万元、新增利润 20112 万元；左云韩家洼煤业累计新增销售额 156368 万元、新增利润 29886.17 万元，形成了较为显著的规模化应用效益。

（2）社会效益

项目通过采充协同、采空区空间重构及覆岩稳定控制，为遗留煤柱、边角煤和受地表条件制约煤炭资源的安全高效利用创造了条件，提高了资源节约集

约利用水平。将煤矸石、粉煤灰、掘进及洗选矸石等煤基固废转化为井下充填和注浆材料，减少固废提升、运输、地面堆存及外委处置，降低土地占用和生态环境压力；覆岩离层注浆、膏体充填及沉陷控制技术有效减缓覆岩移动和地表沉陷。项目形成的资源再生与绿色开采一体化模式，对黄河“几”字弯煤炭基地资源高效利用、煤基固废规模化消纳和矿区绿色低碳发展具有良好示范作用。

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	国能神东煤炭集团有限责任公司	长壁边采边充、煤矸双向物流、矸石回填覆岩协同控制	受限煤炭资源开采及井下矸石消纳	2023.09—2025.12	18047388886
2	陕煤小保当矿业有限公司	胶结膏体充填、覆岩移动控制、受限资源安全利用	受地表建构筑物、生态保护及沉陷控制条件制约区域	2023.09—2025.12	0912-8602500
3	陕西陕煤韩城矿业有限责任公司下峪口煤矿	端头膏体充填、局部胶结充填、采充工艺优化	工作面关键区域精准充填及固废循环利用	2023.09—2025.12	0913-5271184
4	府谷县瑞丰煤矿有限公司	采空区分区全空间注浆修复、功能化充填、受限资源利用	历史采空区、遗留煤柱及边角煤区域	2023.09—2025.12	13466764340
5	陕西益东矿业有限	遗留煤柱安全利用、局	遗留煤柱、边角	2023.09—2025.12	18701648083

	责任公司	部充填支撑、覆岩协同控制	煤及不规则采空区		
6	天地（榆林）开采工程技术有限公司	煤基固废井下充填、综采充填、覆岩协同控制	掘进矸石、洗选矸石井下资源化利用	2023.09—2025.12	18765926859
7	山西煤炭进出口集团左云韩家洼煤业有限公司	覆岩离层注浆、煤基固废制浆、采动沉陷控制	覆岩及地表沉陷治理、生态保护	2023.09—2025.12	13653502636
8	潞安集团司马煤业有限公司	采空区探测评估、分区全空间注浆、功能化充填	历史采空区稳定治理及固废利用	2023.09—2025.12	0355-5950822
9	山东能源集团贵州矿业有限公司	“以充定采—以采定充”、多类型充填工艺适配、固废全过程循环利用	多区域煤基固废循环利用及绿色开采系统	2023.09—2025.12	0851-82508726

六、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	煤矿膏体填充开采隔离装置	中国	ZL 2025 1 0644746.4	2025.07.25	8098418	国能神东煤炭集团有限责任公司； 国家能源集团宁夏煤业有限责任公司	张传玖；孟永兵；李白；杨俊彩；李化敏；陈苏社；王巍；范东林；王文；丁坤明
2	发明专利	一种煤矿采空区自动充填装置	中国	ZL 2025 1 0648227.5	2025.08.01	8124881	国能神东煤炭集团有限责任公司； 国家能源集团宁夏煤业有限责任公司	张传玖；杨俊彩；陈苏社；胡江；范东林；王巍；马昊宾；冯川川
3	发明专利	一种柱旁双侧部分充填复采残采区遗留煤柱的方法	中国	ZL 2015 1 0912908.4	2018.05.04	2914201	太原理工大学	冯国瑞；白锦文；戚庭野；章敏；张玉江；郭军；郭峰；王泽华；康立勋

4	发明专利	倾斜采空区多排群柱扰动载荷下抗拉能力测试装置与方法	中国	ZL 2021 1 0151082.X	2023.10.10	6386992	太原理工大学	崔博强；史旭东；杨欣宇；白锦文；冯国瑞；郭军；文晓泽
5	发明专利	一种采煤工作面沉陷区的沉陷要素的测量方法和装置	中国	ZL 2024 1 1729213.8	2025.11.21	8499128	国能神东煤炭集团有限责任公司；中国神华能源股份有限公司神东煤炭分公司	张传玖；闫伟涛；王小龙；郭俊廷；刘刚
6	发明专利	微波加热 L 式消减厚硬顶板及遗留煤柱复合强矿压的方法	中国	ZL 2019 1 0512018.2	2021.02.02	4236596	太原理工大学	史旭东；白锦文；冯国瑞；毋皓田；胡胜勇；李振；高瑞；杜孙稳；康立勋
7	发明专利	矿区植被覆盖率的监测方法、装置、存储介质和电子设备	中国	ZL 2025 1 0224970.8	2025.08.12	8157727	中国神华能源股份有限公司；北京低碳清洁能源研究院；中国神华能	蒋立翔；滕腾；张传玖；徐祝贺；李全生；曹海滨；方杰；

							源股份有限公司神东煤炭分公司	赵勇强; 刘新杰; 杨英明; 贺兆鹏; 马志杰
8	发明专利	一种取芯钻机的作业控制方法、系统、设备及程序产品	中国	ZL 2025 1 0766250.4	2025.08.12	8156335	国能神东煤炭集团有限责任公司; 中国神华能源股份有限公司神东煤炭分公司	张传玖; 徐世国; 范东林; 陈苏社; 杨元; 周宇星; 王巍; 吴强
9	发明专利	一种升降式相似模拟实验系统及其使用方法	中国	ZL 2020 1 0880389.9	2025.10.03	8324850	中国矿业大学(北京)	赵志强; 朱凡; 高旭
10	发明专利	一种自移式灾害隔离闸墙	中国	ZL 2018 1 1180286.0	2023.05.12	5958793	中国矿业大学(北京)	赵志强; 马念杰; 冯吉成; 高旭

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
张传玖	1	煤炭技术研究院院长	高级工程师	中国神华能源股份有限公司神东煤炭分公司	中国神华能源股份有限公司神东煤炭分公司	负责项目总体设计、工程需求凝练与技术集成，组织受限煤炭资源再生、煤基固废充填及绿色开采关键技术研发和工程示范，推动“一矿一策”技术体系在神东矿区规模化应用，对项目总体成果形成和转化作出主要贡献。
赵志强	2	无	副教授	中国矿业大学（北京）	中国矿业大学（北京）	负责项目总体技术路线和核心理论研究，开展受限资源空间重构、采充协同再生开采及覆岩控制研究，参与揭示“再生顶板”协同承载与非对称释能机制，负责关键技术集成及成果总结。
冯国瑞	3	党委书记	教授	太原理工大学	太原理工大学	负责遗留煤柱及受限煤炭资源再生利用理论与技术研究，开展群柱稳定、柱旁充填、厚硬顶板及矿压控制研究，为受限资源安全高效再生开采和采空区空间重构提供理论与技术支撑。
杨栓	4	董事长	高级工程师	中国神华能源股份有限公司神东煤炭分公司	中国神华能源股份有限公司神东煤炭分公司	负责项目重大工程应用和成果推广组织，开展神东矿区工程条件分析、充填参数优化、现场监测及示范方案审定，组织多矿井技术适配与规模化推

						广，推动项目成果工程转化。
郭晓菲	5	无	副教授	中国矿业大学（北京）	中国矿业大学（北京）	负责受限资源空间重构、矿压及覆岩控制研究，开展采空区及围岩结构识别、煤柱稳定性和覆岩演化分析，为采空区修复重构、“再生顶板”形成及采充协同参数确定提供理论依据。
白锦文	6	无	教授	太原理工大学	太原理工大学	负责采空区遗留资源充填开采、群柱稳定及矿压控制研究，参与柱旁部分充填和厚硬顶板控制关键技术研发，为受限煤炭资源再生利用及覆岩稳定控制提供技术支撑。
杨嘉辉	7	企管部部长	高级工程师	陕西陕煤韩城矿业有限公司	陕西陕煤韩城矿业有限公司	负责项目在韩城矿区的工程应用与现场验证，开展不同地质及开采条件下充填参数优化、矿压监测和工程效果评价，为技术跨矿区适配及推广应用提供支撑。
张盼栋	8	无	无	中国矿业大学（北京）	中国矿业大学（北京）	负责煤基固废充填材料性能及“再生顶板”承载机制研究，参与充填材料承载—可截割性能设计、采充条件下覆岩协同承载分析及现场试验，为资源再生开采和充填参数优化提供依据。
李鹏	9	科长	高级工程师	中国神华能源股份有限公司神东煤炭分公司	中国神华能源股份有限公司神东煤炭分公司	负责项目工程技术方案设计及现场实施，参与采空区充填修复、煤基固废循环利用和资源再生开采工艺优化，

						承担典型矿井工程适配、现场验证及推广应用工作。
温双武	10	一级主办	高级工程师	宁夏煤炭科学技术研究所有限公司	宁夏煤炭科学技术研究所有限公司	负责项目在宁夏煤业矿区的工程适配与现场验证，开展煤基固废充填工艺、参数优化、运行监测及应用效果评价，为“一矿一策”多工艺配置和绿色开采技术推广提供支撑。

八、主要完成单位情况及创新推广贡献

完成单位	排名	对本项目科技创新和应用推广情况的贡献 (限 600 字)
中国神华能源股份有限公司神东煤炭分公司	1	作为项目主要工程依托和成果应用单位，负责重大工程需求凝练、总体技术方案组织及现场示范应用。围绕受限煤炭资源再生、煤基固废井下循环利用、采空区治理及绿色开采，提供典型矿井工程条件与现场试验平台，组织采充协同、充填参数优化、沉陷监测及多工艺工程验证，推动成果在神东矿区多矿井规模化推广应用，为“一矿一策”绿色开采模式形成和成果工程转化提供了关键支撑。
太原理工大学	2	负责遗留煤柱、采空区群柱稳定及充填开采矿压控制相关理论与技术研究。围绕受限煤炭资源再生利用，开展柱旁部分充填、多排群柱扰动稳定、厚硬顶板与遗留煤柱复合强矿压控制等研究，形成相关知识产权和技术方法，为采空区空间重构、遗留资源安全高效利用及覆岩稳定控制提供了重要支撑。
中国矿业大学（北京）	3	负责项目总体技术路线、关键理论与方法研究。围绕受限煤炭资源空间重构与采充协同再生开采，开展“再生顶板”协同承载、倾向非同步充填非对称释能、采空区及围岩结构识别等研究；参与煤基固废功能化充填、智能识别分选及多工艺综合评价技术研发，为项目核心机理揭示、关键参数确定和技术体系集成提供了主要理论与技术支撑。
陕西陕煤韩城矿业有限公司	4	作为陕西地区重要工程应用与示范单位，结合韩城矿区煤层赋存、覆岩结构及采动条件，开展项目技术的现场适配与工程验证。重点参与充填参数优化、矿压及覆岩响应监测、受限资源安全利用和绿色开采效果评价，验证项目关键技术在不同地质与开采条件下的适用性，为成果在陕西矿区推广应用及区域示范提供了工程支撑。
新疆工程学院	5	参与项目多矿井、多区域工程条件分析及绿色开采技术适配研究，围绕不同地质条件下资源再生利用、煤基固废循环消纳和矿区生态减损开展技术与成果总结，参与项目综合评价及推广应用研究，为“一矿一策”多工艺配置方法的完善和项目成果向不同矿区条件拓展提供了技术支撑。
宁夏煤炭科学技术研究所有限公司	6	结合宁夏煤业矿区工程条件，参与煤基固废充填工艺及参数适配、现场监测和工程应用验证。重点开展不同固废来源与矿井条件下充填材料、输送与注浆工艺的适应性分析，参与运行效果与安全评价，为项目多类型充填工艺分类适配和“一矿一策”绿色开采模式在不同矿区的推广应用提供了工程技术支撑。

九、完成人合作关系说明

本人张传玖作为项目第一完成人，与项目其他主要完成人围绕黄河“几”字弯煤炭基地受限煤炭资源再生、采空区空间重构、煤基固废循环利用、覆岩稳定控制及绿色开采等关键问题开展了长期合作。项目形成了以煤炭企业提出工程需求和组织现场实施、高校及科研机构开展理论研究与关键技术攻关、典型矿井开展工程验证和推广应用的产学研用协同创新模式。主要完成人之间通过共同承担科研任务、论文合著、共同知识产权及工程应用形成了稳定的合作关系。

(1) 张传玖与李鹏长期依托神东矿区开展煤炭资源安全高效与绿色开采技术研究和工程实践，共同参与大型矿井群安全生产、智能高效开采、绿色开采及矿区资源综合利用技术研究。两人共同署名发表《神东矿区亿吨矿井群智能绿色开采研究与实践》，系统总结了神东矿区在安全生产、智能开采和绿色开采方面的技术成果，体现了双方在项目工程需求凝练、技术集成及规模化应用方面的长期合作关系。

(2) 赵志强与郭晓菲长期围绕采动巷道围岩非均匀破坏、塑性区演化及顶板灾害控制开展理论与工程研究。双方共同发表《大变形回采巷道蝶叶型冒顶机理与控制》，揭示了高偏应力条件下巷道围岩蝶形塑性区及蝶叶型冒顶机制，并提出相应控制方法，为本项目受限资源再生开采过程中覆岩及围岩稳定控制研究提供了理论基础。。

(3) 赵志强与张盼栋围绕复杂岩层条件下锚固系统承载与围岩控制开展持续合作，共同发表《Time differential development of destruction mechanism of bolt anchorage system in composite rock formation》，研究复合岩层锚固系统在不同岩层位置、厚度及强度条件下的承载与破坏机制，为复杂岩层条件下围岩控制和支护参数优化提供了理论支撑。

(4) 冯国瑞与白锦文长期围绕遗留煤柱、残采区空间重构、充填开采及覆岩稳定开展合作研究，形成了较为系统的理论与技术成果。两人共同发表《遗留煤柱群链式失稳的关键柱理论及其应用展望》，提出遗留煤柱群最弱失稳致灾模式和关键柱理论；共同发表《残采区关键域充填储碳空间重构的科学内涵》，提出残采区关键域分区设计、充填重构与空间开发思路；共同发表《残采区群柱遗煤资源绿色开采与地下空间开发技术挑战》，系统分析群柱遗煤资源绿色开采与地下空间开发问题。这些成果共同支撑了本项目受限煤炭资源空间重构、煤基固废充填及绿色开采相关技术形成。

(5) 在共同论文研究基础上，冯国瑞与白锦文还围绕遗留煤柱安全利用和采空区稳定控制形成了多项共同知识产权，包括“一种柱旁双侧部分充填复采残采区遗留煤柱的方法”“倾斜采空区多排群柱扰动载荷下抗拉能力测试装置与方法”“微波加热 L 式消减厚硬顶板及遗留煤柱复合强矿压的方法”等，进一步体现了从基础理论、方法研发到工程技术形成的连续合作关系。

(6) 张传玖与李鹏在神东矿区绿色开采和采空区空间综合利用方面进一步开展技术研发，共同参与形成“煤矿地下水库及其施工方法”“煤矿地下水库泄水

的导流结构”等知识产权，为采空区空间资源利用、矿井水循环利用及绿色矿山建设提供了技术支撑。

（7）杨栓、杨嘉辉、温双武等主要完成人分别依托神东矿区、韩城矿区和宁夏煤业相关工程条件，围绕充填工艺适配、工程参数优化、矿压监测和应用效果评价，与项目理论研究及技术研发人员开展工程协作，共同推动项目成果在不同矿区、不同地质与开采条件下开展现场验证与推广应用，形成了“理论研究—技术研发—现场试验—反馈优化—规模化应用”的协同创新机制。

综上，项目主要完成人之间既具有长期的学术研究和论文合作基础，又通过共同知识产权研发、科研项目实施及跨矿区工程应用形成了相互衔接的合作网络，为项目煤炭资源再生与绿色开采一体化技术体系的形成、工程验证和推广应用提供了坚实基础。

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	论文合著	张传玖/1 李鹏/9	2021.01	2026.07	神东矿区亿吨矿井群智能绿色开采研究与实践	期刊论文
2	论文合著	赵志强/2 郭晓菲/5	2021.01	2026.07	大变形回采巷道蝶叶型冒顶机理与控制	期刊论文
3	论文合著	赵志强/2 张盼栋/8	2021.01	2026.07	Time differential development of destruction mechanism of bolt anchorage system in composite rock formation	期刊论文
4	论文合著	冯国瑞/3 白锦文/6	2021.01	2026.07	遗留煤柱群链式失稳的关键柱理论及其应用展望	期刊论文
5	论文合著	冯国瑞/3 白锦文/6	2021.01	2026.07	残采区关键域充填储碳空间重构的科学内涵	期刊论文
6	论文合著	冯国瑞/3 白锦文/6	2021.01	2026.07	残采区群柱遗煤资源绿色开采与地下空间开发技术挑战	期刊论文
7	共同知识	冯国瑞/3 白锦文/6	2021.01	2026.07	一种柱旁双侧部分充填复采残采区遗留煤柱的方法	发明专利证书

	产权					
8	产业合作	张传玖/1 赵志强/2 杨栓/4、 李鹏/9	2021.01	2026.07	神东矿区资源再生与绿色开采工程应用	应用证明
9	共同知识产权	张传玖/1 李鹏/9	2021.01	2026.07	煤矿地下水库及其施工方法	发明专利证书
10	共同知识产权	张传玖/1 李鹏/9	2021.01	2026.07	煤矿地下水库泄水的导流结构	发明专利证书