

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

碎软低渗突出煤层区域瓦斯高效抽采关键技术及应用

二、提名者及提名意见

提名者：陕西省科学技术厅

提名意见：

我国碎软煤层分布广泛，具有碎软、低渗和强突等特点，煤层成孔难、瓦斯抽采难度大，顶钻、卡钻及喷孔现象突出，特殊的瓦斯地质条件决定了采用常规方法难以实现瓦斯灾害的区域超前与高效治理，严重影响和制约该类矿井的安全高效生产和智能化建设。

立足碎软低渗突出煤层瓦斯区域超前治理需求，中煤科工西安研究院（集团）有限公司与陕西陕煤韩城矿业有限公司及陕西能源投资股份有限公司以韩城矿区单一煤层和保护层开采瓦斯治理为研究对象，转变常规瓦斯治理思路，创新性提出碎软低渗单一开采煤层顶板梳状孔水力压裂区域瓦斯超前抽采模式和上保护层开采底板水平长钻孔卸压瓦斯区域拦截抽采技术，突破了碎软低渗突出煤层井下长距离、大范围瓦斯抽采的技术瓶颈。项目实施对于改变韩城矿区瓦斯防治现状、提升瓦斯抽采效果和治理水平、转变矿井瓦斯防治理念、完善矿区瓦斯防治技术体系、保障矿区安全高效生产具有重要意义。研究成果能够为我国类似地质条件的矿井瓦斯防治提供理论借鉴和技术指导，丰富和完善了煤炭行业瓦斯区域高效治理技术体系。研究成果在陕西韩城矿区、安徽淮北矿区、贵州黔北矿区、山西阳泉矿区及新疆艾维尔沟矿区等矿井开展了工程应用，取得了显著的经济、社会和生态效益。

项目获得授权专利 21 件，其中，发明专利 17 件、实用新型专利 4 件；发表科技论文 17 篇，其中，SCI/EI 收录 7 篇。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖 三 等奖。

三、项目简介

本项目属于矿山安全领域。我国碎软低渗强突煤层分布广泛，韩城矿区是典型的碎软低渗强突矿区，主采的 3#煤层发生过各种类型的瓦斯动力现象，曾发生过有记载的煤与瓦斯突出事故约 150 次，瓦斯灾害是矿区首要灾害、严重威胁矿区安全生产。矿区现有单一煤层和保护层开采瓦斯治理措施存在钻孔覆盖范围小（顺煤层钻进不超过 100m、局部 30~40m）、瓦斯抽采效率低、钻孔工程量大、串孔严重、抽采浓度低（一般不超过 10%）、效果差、工序繁琐等问题，直接导致矿井瓦斯抽采达标时间长，煤炭资源量无法超前释放，矿井采掘接续异常紧张，

亟待寻求适合的高效、经济、超前的区域瓦斯治理技术。为此，结合韩城矿区瓦斯地质和安全生产实际需要，中煤科工西安研究院（集团）有限公司与陕西陕煤韩城矿业有限公司以韩城矿区 3#主采煤层为研究对象，针对碎软低渗突出单一煤层开采煤层瓦斯预抽和保护层开采邻近层卸压抽采问题，开展了科研攻关研究。在碎软低渗突出煤层区域均匀增透抽采、压裂范围连续监测、裸眼压裂孔内工具突发事故处理、定向钻孔层位精准控制、围岩破碎带有效封孔、复杂地层高效钻进等方面取得了诸多创新性成果。

1. 创立了碎软低渗单一煤层顶板梳状长钻孔水力压裂区域瓦斯超前抽采模式。（1）提出“以分支孔为一级导向裂缝，定向预制裂缝破裂岩体为二级裂缝的多级渗流网络通道”的煤层顶板梳状长钻孔水力压裂区域瓦斯高效抽采技术思路；（2）研究了紧邻煤层顶板梳状长钻孔水力压裂起裂机制与裂缝延展规律，得出主孔布置层位控制与煤层的临界距离 5m；（3）开展了顶板梳状长钻孔水力压裂可行性试验，得到紧邻煤层顶板梳状长钻孔水力压裂典型压力特征曲线，瓦斯强化抽采效果是水力冲孔的 12.48 倍，验证了技术适用性。

2. 建立了碎软低渗单一开采煤层顶板梳状长钻孔分段水力压裂成套技术装备。（1）提出了设计阶段集“三维地震、钻孔柱状、巷道揭露”等数据综合分析预测、施工阶段“分支孔探查不断修正”的多源信息融合的地质条件动态分析技术，精准控制主孔层位距离煤层顶板 5m 以内；（2）研发了适合于 500m 以上碎软低渗突出煤层顶板梳状长钻孔分段水力压裂成套装备，主要包括适用于 $\phi 73\text{mm}$ 及 $\phi 89\text{mm}$ 的孔内定点分段水力压裂装备、不动管柱式和拖动式分段压裂工艺及其工具组合、孔内压裂工具遇阻解堵关键部件、孔口连续保压、重力定向加砂喷射和供混砂装置；（3）开发了煤层顶板长钻孔水力压裂影响范围轴向连续探查技术与方法，探测深度 500m 以上，探测半径达 35m；（4）构建了碎软低渗突出煤层顶板梳状长钻孔水力压裂瓦斯强化抽采综合评价体系。

3. 形成了上保护层开采底板水平长钻孔卸压瓦斯区域拦截抽采技术。（1）开发了集裂隙预处理、稳压注浆、循环补浆、耐压检测于一体的开孔破碎段综合封（固）孔工艺，固孔强度达 3.0MPa；（2）开发了集大角度开孔、岩屑地层判别、快速回转穿异常区、预留分支点、混合钻进于一体的复杂底板定向水平孔高效成孔钻进和轨迹控制技术，钻进效率由 30m/d 提升至在 60~70m/d，实现最高单日进尺 186m；（3）研发了大直径套管护孔工艺及装备，提高了底板水平长钻孔 $\phi 89\text{mm}$ 套管下入深度和效率，下入深度达 670m。

4. 开展了碎软低渗突出煤层区域瓦斯高效抽采工程应用。在韩城矿区王峰矿、桑树坪二号井、下峪口煤矿等矿井多个地点（采掘工作面）实施主采厚煤层顶板梳状长钻孔裸眼分段水力压裂长度达 588m，单孔压裂段数 6 段，钻孔瓦斯抽采浓度大于 40%、抽采量达 $1\text{m}^3/\text{min}$ 以上；保护层底板区域拦截抽采长钻孔平均孔深 566m，钻孔瓦斯抽采浓度 21.12%、抽采 $3.70\text{m}^3/\text{min}$ ，实现了碎软低渗突出煤层区域瓦斯高效抽采。

项目成果突破碎软低渗突出煤层井下长距离、大范围瓦斯预抽的技术瓶颈，

取代传统下向穿层钻孔被保护层卸压抽采方法，解决了工程量大、瓦斯抽采浓度和抽采量低等问题。项目成果在陕西、安徽、贵州、山西及新疆等典型碎软低渗突出煤矿区开展了工程应用，应用效果良好，保障了矿井的安全高效开采，累计解放煤炭资源量 750 万吨，创造产值（销售额）42 亿元、新增利润 13.5 亿元。取得了显著的经济、社会和生态效益。项目获得授权专利 21 件，发表论文 17 篇。培养了一批具备实施碎软低渗煤层区域瓦斯高效抽采的高科技人才和煤矿一线工程技术骨干。项目实施对于改变韩城矿区瓦斯防治现状、转变矿井瓦斯防治理念、保障矿区安全高效生产具有重要意义，更为我国碎软低渗突出煤层实现区域化单一煤层预抽和保护层卸压抽采提供了基础理论和技术支撑。项目成果还适用于碎软低渗煤层区域高效预抽、强突煤层超前区域增透与卸压解危、煤矿瓦斯与矿压协同防治等领域，具有广泛的推广应用前景。

四、客观评价

目前国内外在常规瓦斯抽采技术方面,有不少成功的经验可以借鉴,但在碎软低渗突出煤层大区域瓦斯抽采方面鲜有研究。现有井下水力压裂煤层增透工艺技术,仍主要集中在煤层底(顶)板岩巷穿层钻孔和顺煤层短钻孔中实施,钻孔有效压裂段短,无法实现大面积区域煤层增透与超前预抽的目的;保护层开采邻近层卸压瓦斯抽采仍主要采用常规穿层钻孔抽采方式,存在钻孔有效长度短、串孔严重、抽采浓度低(一般不超过10%)、工序繁琐等问题。项目研究成果突破了碎软煤层本煤层钻孔施工困难、钻孔覆盖范围小,瓦斯抽采效果差的技术瓶颈,创建了碎软低渗煤层实现区域瓦斯超前预抽和煤层区域增透技术体系和区域抽采模式,形成了中近距离上保护层底板水平长钻孔(孔深>600m)卸压瓦斯区域高效拦截抽采技术。实现了碎软低渗突出煤层区域瓦斯高效抽采技术升级,填补了国内外技术、工艺和装备空白,为国内类似地质条件矿井瓦斯区域高效治理提供了新的技术途径。主要客观评价意见如下:

(一) 项目成果鉴定评价

中国煤炭工业协会组织周心权、陈家祥、林海飞等煤矿瓦斯防治领域资深专家对项目成果进行了鉴定,鉴定意见:项目提出了韩城矿区碎软低渗突出厚煤层顶板梳状钻孔水力压裂区域瓦斯高效抽采模式和中近距离上保护层底板水平长钻孔卸压瓦斯区域拦截抽采技术,研发了顶板梳状长钻孔裸眼分段水力压裂关键技术、开孔破碎段综合封(固)孔工艺、近距离复杂地层高效定向钻进和轨迹控制技术,有效提高了底板定向长钻孔成孔率和碎软低渗煤层瓦斯预抽效果,应用效果良好,取得了显著的经济和社会效益。鉴定委员会一致认为,项目成果达到国际领先水平。

(二) 科技查新报告

中煤科工西安研究院(集团)有限公司委托一级查新资质单位陕西省科学技术情报研究所对项目所列创新点进行了查新,报告检索了国内外相关数据,查新结论为:在国内外公开发表的中外文文献中,除本项目成员发表的论文和申请的专利以外,未见与本项目查新点完全相同的报道。

(三) 课题验收意见

陕西煤业化工集团公司科技发展部组织验收专家对本项目课题一:“定向长钻孔水力压裂强化抽采技术研究项目”、课题二:“下峪口煤矿顶板定向长钻孔卸压瓦斯抽采技术研究项目”及课题三:“桑树坪二号井3号煤层顶板水力压裂强化抽采技术研究项目”分别进行了验收。验收专家组认为:项目完善了韩城矿区碎软低渗煤层顶板、底板定向长钻孔钻探施工工艺和顶板梳状长钻孔水力压裂强化抽采工艺技术体系,为韩城矿区实现碎软低渗煤层长距离、区域煤层瓦斯高效抽

采提供了技术支撑。项目均达到了考核指标要求，同意通过验收。

（四）获奖荣誉情况

1. 《碎软低渗突出煤层区域瓦斯高效抽采关键技术与工程示范》获得中国煤炭工业协会科学技术奖二等奖。

2. 《碎软低渗突出煤层区域瓦斯高效抽采关键技术与工程示范》获得陕西煤业化工集团有限责任公司第六届科技创新大会科技奖三等奖。

3. 《韩城矿区 3#煤层顶板定向长钻孔水力压裂高效抽采技术研究》获得中煤科工西安研究院（集团）有限公司优秀项目。

（五）社会评价

1. 中国煤炭报、中国化工报、中央企业学习平台、陕西日报、新浪网、东方财富网等主流新闻期刊、媒体及公众号对该技术研究成果进行了报道和关注，报道称：项目立足碎软低渗突出煤层瓦斯区域超前防治需求，以韩城矿区单一煤层开采和保护层开采为研究对象，创立了碎软低渗单一开采煤层顶板梳状钻孔水力压裂区域瓦斯高效抽采模式，提出了中近距离上保护层底板水平长钻孔卸压瓦斯区域拦截抽采技术。首次实现煤矿井下超过 500m 孔深的煤层顶板长钻孔裸眼分段水力压裂，突破了碎软低渗突出煤层井下长距离、大范围瓦斯抽采的技术瓶颈，大幅提高了碎软低渗突出煤层瓦斯抽采范围和抽采效果。

2. 依托本项目“顶板定向钻孔水力压裂强化抽采技术”及“保护层开采定向长钻孔卸压瓦斯抽采技术”成果，形成了具有韩城特色的“10+4”瓦斯灾害治理模式，实现矿区瓦斯“治得住，治得快，治得省”以及“零超限，零突出，零排放”的目标，获得外界一直好评。

五、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	陕西陕煤韩城矿业有限公司	碎软低渗单一开采煤层顶板梳状长钻孔分段水力压裂工艺技术	分别在桑树坪二号井北轨道大巷迎头及南轨道大巷迎头各完成1孔顶板长钻孔分段水力压裂施工，累计进尺1426m，单孔8段压裂，实测最大压裂影响半径40.5m，平均抽采浓度25.1%，平均抽采纯量0.6m ³ /min。	2020.10 ~ 2022.11	王辉 13892507507
2	陕西陕煤韩城矿业有限公司	碎软低渗单一开采煤层顶板梳状长钻孔分段水力压裂及上保护层开采底板水平长钻孔卸压瓦斯区域拦截抽采技术	在下峪口煤矿22206进顺实施1个定向长钻孔分段水力压裂，主孔长度496m、压裂9段，压裂影响半径超过35m；在21218、21220、23208、23210等工作面进行上保护层开采底板水平长钻孔卸压瓦斯区域拦截抽采技术应用，累计完成定向钻孔26个，平均孔深566m，进尺1.3万m。	2021.11 ~ 2023.6	蔡敏博 17829436879
3	陕西陕煤韩城矿业有限公司	上保护层开采底板水平长钻孔卸压瓦斯区域拦截抽采技术	在象山煤矿222301、21312及21315等工作面进行技术应用，累计完成定向钻孔23个，累计进尺8653m。	2022.8 ~ 2024.5	温志强 13891393963
4	陕西彬长孟村矿业有限公司	定向长钻孔分段水力压裂技术装备	分别在403109和403110工作面实施6孔分段水力压裂技术应用。	2021.4 ~ 2024.8	李文福 18690088021
5	陕西彬长大佛寺矿业有限公司	定向长钻孔分段水力压裂技术装备	在40103工作面实施4个顺煤层定向长钻孔分段水力压裂施工，累计进尺2190m、压裂30段。压裂后，瓦斯抽采效果提高	2021.3 ~ 2022.6	窦成义 15384602670

			4.93~11.03 倍。		
6	陕西黄陵二号煤矿有限公司	定向长钻孔分段水力压裂技术装备、底板长钻孔卸压瓦斯区域拦截抽采技术	在 221、219 工作面完成 8 孔中硬煤层定向长钻孔分段水力压裂技术应用累计压裂 31 段，瓦斯抽采效果提升 2.9 倍。在 217 工作面实施了底板长钻孔拦截 3#煤层卸压瓦斯技术应用，工作面回采期间上隅角瓦斯浓度为 0.13~0.67%。	2019.11 ~ 2024.12	韩桂祁 18291153710
7	富县矿业开发有限公司芦村二号煤矿分公司	定向长钻孔分段水力压裂技术装备	在 101 工作面 2#煤层顶板油型气储集层实施 3 孔顶板长钻孔水力压裂技术应用，累计完成加砂压裂 28 段，实施后，钻探工程量降低 53%，巷道掘进速度提升 20%。	2024.6 ~ 2025.5	李博 19929738888
8	淮北矿业股份有限公司	定向长钻孔分段水力压裂技术装备	在芦岭煤矿 II888 集中巷及 II9410 工作面实施 1 个定向长钻孔分段水力压裂技术应用，孔深 520m，最大日抽采瓦斯量 3800m ³ /d。	2019.4 ~ 2023.12	杨桢 18298040066
9	阳泉煤业（集团）股份有限公司	定向长钻孔分段水力压裂技术装备	在新景煤矿保安区三北轨道巷北六和北七钻场实施 2 个顶板长钻孔分段水力加砂压裂技术应用，孔深 609m，压裂钻孔平均日抽采瓦斯纯量 1134.15m ³ 。	2019.1 ~ 2022.10	杨辉 13575213659
10	中煤河南新能开发有限公司	上保护层开采底板水平长钻孔卸压瓦斯区域拦截抽采技术	在王行庄煤矿 11151 采面及 15061 回采工作面实施了上保护层开采底板水平长钻孔卸压瓦斯区域拦截抽采技术应用，累计进尺 2.0 万 m。	2024.10 ~ 2025.8	王浩然 13521954398

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	发明专利	具备快速解堵功能的煤矿井下分段水力压裂工具串及方法	中国	ZL 2022 10955712.3	2023.8	6265636	中煤科工西安研究院（集团）有限公司	贾秉义； 陈冬冬； 王晨阳； 王彬等
2	发明专利	一种煤矿水力压裂气控多路并联加砂系统及使用方法	中国	ZL 2020 1 082974.0	2023.1	5688227	中煤科工西安研究院（集团）有限公司；淮南矿业（集团）有限责任公司	贾秉义； 董瑞刚等
3	发明专利	松软煤层可控射流冲孔卸压增透装置及方法	中国	ZL 2019 1 1233543.7	2021.3	4306399	中煤科工西安研究院（集团）有限公司	陈冬冬； 贾秉义等
4	发明专利	双分支顶板大直径高位定向长钻孔的施工方法	中国	ZL 2019 1 0589446.5	2021.3	4307789	中煤科工西安研究院（集团）有限公司	刘建林； 李泉新； 赵江鹏等
5	发明专利	一种煤矿井下大直径套管下放装置及方法	中国	ZL 2021 1 1282606.5	2024.4	6884751	中煤科工西安研究院（集团）有限公司	杨冬冬； 刘建林等
6	实用新型专利	一种瓦斯抽采三堵两注可吸水膨胀封孔装置	中国	ZL 2024 2 07270068.8	2025.3	22566356	陕西陕煤韩城矿业有限公司；中国矿业大学	钱万学； 宋梦飞等

7	实用新型专利	一种煤矿井下用封闭高压液动旋流连续混供砂装置及系统	中国	ZL 2021 2 2172689.4	2022.1	15642887	中煤科工西安研究院（集团）有限公司	贾秉义；陈冬冬等
8	实用新型专利	煤矿井下长钻孔水力压裂封隔器解卡装置	中国	ZL 2021 2 0819080.9	2021.11	14889670	中煤科工西安研究院（集团）有限公司	陈冬冬；贾秉义；王彬等
9	学术论文	Study on Staged Hydraulic Sand-Propped Fracturing Technology for Gas Drainage via Long Boreholes in Coal Seam Roof	中国	10.1063/5.0277686	2025.7		中煤科工西安研究院（集团）有限公司；山东科技大学	陈冬冬；贾秉义；韩瑞豪；刘乐；王彬等
10	学术论文	煤矿井下顶板梳状长钻孔分段压裂强化瓦斯抽采实践	中国	10.3969/j.issn.1001-1986.2021.02.009	2021.4		中煤科工西安研究院（集团）有限公司	贾秉义；陈冬冬等

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
钱万学	1	工程中心副主任	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	项目总负责，对创新成果 1、2、3、4 均有重要贡献。具体包括：提出了碎软低渗单一煤层顶板梳状长钻孔水力压裂区域瓦斯超前抽采模式、碎软低渗单一开采煤层顶板梳状长钻孔分段水力压裂成套技术装备和上保护层开采底板水平长钻孔卸压瓦斯区域拦截抽采技术构想，建立了项目实施框架，本人在该项目研究中的工作量占本人同期科研工作量的 70%以上。
贾秉义	2	副所长	副研究员	中煤科工西安研究院（集团）有限公司	中煤科工西安研究院（集团）有限公司	项目主要参与人，对创新成果 1、2、3、4 均有重要贡献。具体包括：开发碎软低渗单一煤层顶板梳状长钻孔水力压裂区域瓦斯超前抽采技术及成套装备，开展了碎软低渗突出煤层区域瓦斯高效抽采工程示范，本人在该项目研究中的工作量占本人同期科研工作量的 75%以上。
李宇龙	3	矿长	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	项目主要参与人，对创新成果 1、2、4 均有重要贡献。具体包括：研究了紧邻煤层顶板梳状长钻孔水力压裂起裂机制与裂缝延展规律，开展了顶板梳状长钻孔水力压裂可行性试验，本人在该项目研究中的工作量占本人同期科研工作量的 50%以上。

王彬	4	无	助理研究员	中煤科工西安研究院（集团）有限公司	中煤科工西安研究院（集团）有限公司	项目主要参与人，对创新成果 1、2 有重要贡献。具体包括：研发了孔口连续保压装置，开发了煤层顶板长钻孔水力压裂影响范围轴向连续探查技术与方法，建立了碎软低渗突出煤层顶板梳状长钻孔水力压裂瓦斯强化抽采综合评价体系，本人在该项目研究中的工作量占本人同期科研工作量的 50%以上。
刘建林	5	无	研究员	中煤科工西安研究院（集团）有限公司	中煤科工西安研究院（集团）有限公司	项目主要参与人，对创新成果 1、2 有重要贡献。具体包括：研发了适合于 500m 以上碎软低渗突出煤层顶板梳状长钻孔分段水力压裂加砂与射孔装置，开展了顶板长钻孔水力压裂试验，本人在该项目研究中的工作量占本人同期科研工作量的 50%以上。
郭毅	6	无	助理研究员	中煤科工西安研究院（集团）有限公司	中煤科工西安研究院（集团）有限公司	项目主要参与人，对创新成果 3、4 有重要贡献。具体包括：开发了复杂底板定向水平孔高效成孔钻进和轨迹控制技术，研发了大直径套管护孔工艺及装备，本人在该项目研究中的工作量占本人同期科研工作量的 50%以上。
李红选	7	安全总监	研究员	陕西能源投资股份有限公司	陕西能源投资股份有限公司	项目主要参与人，对创新成果 4 有重要贡献。具体包括：开展了区域瓦斯高效抽采工程示范，实现了碎软低渗突出煤层区域瓦斯高效抽采，本人在该项目研究中的工作量占本人同期科研工作量的 50%以上。

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
中煤科工西安研究院（集团）有限公司	1	1、主要负责项目相关课题的前期论证、技术方案的总体设计、实施方案制定及现场施工，负责项目研究成果的总结、验收、鉴定、报奖等工作，为项目顺利开展提供保障负责项目总体框架及总体技术方案制定； 2、创立了碎软低渗单一煤层顶板梳状长钻孔水力压裂区域瓦斯超前抽采模式。提出煤层顶板梳状长钻孔水力压裂区域瓦斯高效抽采技术思路；研究了紧邻煤层顶板梳状长钻孔水力压裂起裂机制与裂缝延展规律，并开展了顶板梳状长钻孔水力压裂可行性试验，验证了技术适用性； 3、建立了碎软低渗单一开采煤层顶板梳状长钻孔分段水力压裂成套技术装备。提出了设计阶段集“三维地震、钻孔柱状、巷道揭露”等数据综合分析预测、施工阶段“分支孔探查不断修正”的多源信息融合的地质条件动态分析技术；研发了适合于 500m 以上碎软低渗突出煤层顶板梳状长钻孔分段水力压裂成套装备，构建了碎软低渗突出煤层顶板梳状长钻孔水力压裂瓦斯强化抽采综合评价体系； 4、形成了上保护层开采底板水平长钻孔卸压瓦斯区域拦截抽采技术。开发了集裂隙预处理、稳压注浆、循环补浆、耐压检测于一体的开孔破碎段综合封（固）孔工艺；开发了集大角度开孔、岩屑地层判别、快速回转穿异常区、预留分支点、混合钻进于一体的复杂底板定向水平孔高效成孔钻进和轨迹控制技术；研发了大直径套管护孔工艺及装备； 5、对创新成果（1）、（2）、（3）、（4）有重要的贡献。
陕西陕煤韩城矿业有限公司	2	1、参与项目相关课题的前期论证、技术方案的总体设计与实施方案制定等工作； 2、参与各类技术的现场工业试验和推广应用，为项目顺利开展提供资金及良好的应用平台； 3、参与碎软低渗单一煤层顶板梳状长钻孔水力压裂区域瓦斯超前抽采模式、顶板梳状长钻孔分段水力压裂成套技术装备及上保护层开采底板水平长钻孔卸压瓦斯区域拦截抽采技术等研究； 4、开展了碎软低渗突出煤层区域瓦斯高效抽采工程示范，实现了碎软低渗突出煤层区域瓦斯高效抽采； 5、对创新成果（1）、（2）、（3）、（4）有重要的贡献。
陕西能源投资股份有限	3	1、参与项目相关课题的前期论证、技术方案的总体设计与实施方案制定等工作；

公司		2、参与现场碎软低渗突出煤层区域瓦斯高效抽采工程示范，实现了碎软低渗突出煤层区域瓦斯高效抽采； 3、对创新成果（4）有重要的贡献。
----	--	--

九、完成人合作关系说明

本项目由中煤科工西安研究院（集团）有限公司与陕西陕煤韩城矿业有限公司、陕西能源投资股份有限公司联合完成。

钱万学为成果第1完成人，作为总负责人主持项目立项、整体研究、工程实施和示范推广工作，主要完成人在项目中的合作经历如下：

1. 钱万学（1）、贾秉义（2）、李宇龙（3）、王彬（4）、刘建林（5）、郭毅（6）、李红选（7）共同完成《保护层开采水平长钻孔卸压瓦斯抽采技术研究》(2018SMHKJBJ11)项目子课题一《定向长钻孔水力压裂强化抽采技术研究》、子课题二《下峪口煤矿顶板定向长钻孔卸压瓦斯抽采技术研究》、子课题三《桑树坪二号井3号煤层顶板水力压裂强化抽采技术研究》的研究工作，对项目创新成果1、2、3及4做出了重要贡献。

2. 钱万学（1）完成实用新型专利1件，证明材料附件1-6（一种瓦斯抽采三堵两注可吸水膨胀封孔装置）。

3. 贾秉义（2）及王彬（4）共同完成发明专利1件、实用新型专利1件及学术论文1篇，证明材料附件1-1（具备快速解堵功能的煤矿井下分段水力压裂工具串及方法）、1-8（煤矿井下长钻孔水力压裂封隔器解卡装置）及1-9（Study on Staged Hydraulic Sand-Propped Fracturing Technology for Gas Drainage via Long Boreholes in Coal Seam Roof）。

4. 刘建林（6）完成发明专利2件，证明材料附件1-4（双分支顶板大直径高位定向长钻孔的施工方法）及1-5（一种煤矿井下大直径套管下放装置及方法）。