科技进步奖（提名号 309-4026）

一、项目名称

巨厚土层覆盖区特厚煤层保水开采关键技术及工程应用

二、提名者及提名意见

提名单位：陕西省煤炭学会

提名意见：

西部生态脆弱矿区特厚煤层资源储量丰富，但其高强度开采对区域水资源与地表生态环境的影响已成为制约绿色开采的核心难题。研发了多期次水化学相近含水层突水水源精准判别技术,提出了双驱动释水模型的矿井间-直接涌水量预测方法及减水技术、揭示了特厚煤层采动巨厚土层时效损伤及渗透性控制机理、建立了巨厚土层覆盖区特厚煤层保水采煤方法及适用性分区，经行业专家鉴定，研究成果达到国际领先水平，实现了特厚煤层安全高效开发、矿井水资源及矿区生态环境保护多重目标，综合效益突出，为推动西部矿区绿色矿山建设提供了重要科技支撑。

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。特提名为陕西省科学技术进步奖二等奖。

三、项目简介

本项目属于环境与资源领域中煤矿开采、采矿环境工程等交叉学科技术领域。

煤炭是我国主体能源，西部生态脆弱矿区特厚煤层资源储量丰富，但其高强度开采空间大、采动影响更剧烈，更易造成含（隔）水层结构破坏、导水裂隙贯通或突水灾害，从而导致更严重的水资源与生态环境破坏问题。项目依托国家自然科学基金（52574174）及陕西省科技计划（2024QCY-KXJ-055）等项目，针对“巨厚土层覆盖区特厚煤层保水采煤”主题，围绕“巨厚土层覆盖区间-直接释水机理及特厚煤层分区保水控制方法”关键科学问题，取得了四个主要创新成果，并经行业专家鉴定，研究成果达到国际领先水平，实现了特厚煤层安全高效开发、矿井水资源及矿区生态环境保护多重目标。主要创新成果如下：

创新成果 1：研发了多期次水化学相近含水层突水水源精准判别技术。开展煤矿区各充水含水层水化学、同位素和微生物场高通量测序试验，分析了微生物高通量测序结果与水化学测试的相关关系，构建了煤矿单一充水水源条件下微生物 Simpson

指数、属分类单元数、变形杆菌属分类学组成等多特征因子的突水水源判别模型，提出了多充水混合水源微生物定量占比计算方法，解决了水化学相近多期次含水层的突水水源准确判别的难题。

创新成果 2：研发了双驱动释水模型的矿井间-直接涌水量预测方法及减水技术。构建了下伏含水层失水和采动附加应力双固结驱动作用的失水量计算方程，结合固结释水时间过程，提出了间接充水方程式，构建了矿井间接-直接充水含水层联合涌水量预测公式，研发了巨厚弱富水间接充水含水层减水技术（地面大孔径排水+微生物旋喷注浆控水+井下弱富水含水层探放水）。

创新成果 3：揭示了特厚煤层采动巨厚土层时效损伤及渗透性控制机理。研究了近场薄基岩及远场巨厚土层采动应力及结构位态演化规律，测试了弱胶结岩石时效损伤及非达西渗流特性，给出了特厚煤层采动隔水关键层非线性渗流失稳判据，研究了特厚煤层采动覆岩裂隙发育特征、渗透性演化及地下水运移规律，分析了巨厚土层结构时效损伤特征及阻隔水性能。

创新成果 4：建立了巨厚土层覆盖区特厚煤层保水采煤方法和适用性分区。分析了巨厚土层覆盖区含隔水层富水性和结构特征，提出了分层开采、限厚与充填协同开采、隔水层自修复、注浆隔水层再造四种保水采煤方法，研究了不同保水采煤方法导水裂隙带发育高度及隔水层损伤规律，实测分析了覆岩破坏规律与地下水动态演化规律及涌水量，划分了保水采煤效果适应性分区。

项目成功破解了特厚煤层安全开采与水资源保护的协同难题，并在陕西、贵州、新疆等矿区推广应用，近三年新增销售额 72.20 亿元，新增利润 34.94 亿元。研究成果完善了保水采煤理论与技术体系，为推动西部矿区绿色矿山建设提供了重要科技支撑。

四、客观评价

2024 年 9 月，经行业专家鉴定，“巨厚土层覆盖区特厚煤层保水开采关键技术及工程应用”项目研究成果达到国际领先水平。

五、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	专利号	授权日期	发明专利有效状态
1	发明专利	一种采煤隔水土层旋喷再造方法	中国	ZL 202311714235.2	2025.04.15	有效专利
2	发明专利	隔水层再造效果的实验室模拟及测试方法	中国	ZL 202211443000.X	2024.11.22	有效专利
3	发明专利	一种基于微生物测试的煤矿突水水源判别方法	中国	ZL202110036895.4	2022.9.27	有效专利
4	发明专利	一种巨厚土层下特厚煤层垮落与充填保水开采设计方法	中国	ZL 202310574287.8	2025.03.11	有效专利
5	发明专利	一种煤矿重复采动生态水位阈值控制的设计方法	中国	ZL 202211460343.7	2025.07.29	有效专利
6	发明专利	一种基于采动地表裂缝的含隔水层及表土层再造修复方法	中国	ZL202110468082.2	2023.10.10	有效专利
7	发明专利	一种煤炭开采潜水位磁化控制方法	中国	ZL202110039297.2	2023.03.24	有效专利
8	发明专利	一种近距离煤层与上覆区段煤柱协同开采方法	中国	ZL 202211506344.0	2024.11.15	有效专利
9	发明专利	一种薄砂层覆盖区真空预压修复采煤破坏的隔水土层方法	中国	ZL 202210105244.0	2023.09.15	有效专利
10	发明专利	METHOD OF COLLABORATIVE MINING OF CLOSE-DISTANCE COAL SEAM AND OVERLYING SECTION COAL PILLAR	澳大利亚	2023216862	2025.10.09	有效专利

六、主要完成人情况

姓名	排名	职务	职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
孙强	1	支部副书记	教授	中国矿业大学	中国矿业大学	研发了基于高通量测序结果的煤矿涌水水源判别技术;(2)提出了双驱动释水模型的矿井间-直接涌水量预测方法;(3)揭示了特厚煤层采动隔水关键层时效损伤及渗透性控制机理;(4)提出了巨厚土层覆盖区特厚煤层保水采煤方法和适用性分区。
白如鸿	2	分管领导	正高级工程师	陕西榆林能源集团榆神煤电有限公司	陕西榆林能源集团榆神煤电有限公司	巨厚土层覆盖区特厚煤层采动导水裂隙带高度探测实测数据监测与分析;(2)巨厚土层覆盖区特厚煤层采空区水位监测及涌水量分析;(3)揭示了特厚煤层采动隔水关键层时效损伤及渗透性控制机理
李涛	3	无	教授	六盘水师范学院	六盘水师范学院	研发了基于高通量测序结果的煤矿涌水水源判别技术；（2）提出了双驱动释水模型的矿井间-直接涌水量预测方法。
李小龙	4	部门正职	工程师	陕西榆林能源集团榆神煤电有限公司	陕西榆林能源集团榆神煤电有限公司	)巨厚土层覆盖区特厚煤层采动导水裂隙带高度探测实测数据监测与分析;(2)巨厚土层覆盖区特厚煤层采空区水位监测及涌水量分析;(3)巨厚土层覆盖区特厚煤层保水开采方法及实用性分区现场应用。
高颖	5	无	副教授	六盘水师范学院	六盘水师范学院	研发了基于高通量测序结果的煤矿涌水水源判别技术；（2）提出了双驱动释水模型的矿井间-直接涌水量预测方法。
刘伟	6	部门副职	工程师	陕西榆林能源集团榆神煤电有限公司	陕西榆林能源集团榆神煤电有限公司	巨厚土层覆盖区特厚煤层采动导水裂隙带高度探测与水位监测;(2)研究了特厚煤层分层开采的采动隔水关键层时效损伤及渗透性演化规律
万晓波	7	部门副职	助理工程师	陕西榆林能源集团榆神煤电有限公司	陕西榆林能源集团榆神煤电有限公司	开展了基于高通量测序结果的煤矿涌水水源判别组织实施工作;(2)基于了双驱动释水模型的矿井间-直接涌水量预测方法，开展了榆树湾及银河煤矿的具体实测数据监测及分析工作。
郑静	8	无	助理工程师	陕西榆林能源集团榆神煤电有限公司	陕西榆林能源集团榆神煤电有限公司	巨厚土层分布区特厚煤层采动影响导水裂隙带发育实测数据分析及涌水量实测数据分析;(2)开展了榆树湾煤矿、银河煤矿特厚煤层分层开采及大采高保水采煤技术现场实施组织工作及相关保水采煤效果的实测数据分析。
孙崇宁	9	总工程师	工程师	陕西榆林能源集团榆神煤电有限公司	陕西榆林能源集团榆神煤电有限公司	开展了榆树湾煤矿矿井涌水量实测数据分析;(2)开展了榆树湾巨厚土层分布区特厚煤层采动影响导水裂隙带发育实测数据分析及涌水量实测数据分析。
鱼智让	10	总工程师	高级工程师	陕西榆林能源集团榆神煤电有限公司	陕西榆林能源集团榆神煤电有限公司	开展了银河煤矿矿井涌水量实测数据分析;(2)开展了银河煤矿巨厚土层分布区特厚煤层采动影响导水裂隙带发育实测数据分析及涌水量实测数据分析。

七、主要完成单位情况

（1）陕西榆林能源集团榆神煤电有限公司

陕西榆林能源集团榆神煤电有限公司作为第一完成单位，主要在创新点一、三、四做出了重要贡献，具体表现为:(1)监测了导水裂隙带发育高度及生态水位下降现场数据;(2)开展了特厚煤层分层限厚开采及大采高保水采煤技术;(3)验证了特厚煤层采动巨厚土层时效损伤及渗透性控制方法。联合其他完成单位，将该项技术推广到陕西榆林能源集团榆神煤电有限公司下属的榆树湾煤矿、银河煤矿等多个应用单位，取得了显著的经济、社会和环境效益。

（2）中国矿业大学

中国矿业大学作为主要完成单位，对该项目的研究起主导作用。主要在创新点一、二、三、四做出了重要贡献，具体表现为:(1)研发了基于高通量测序结果的煤矿涌水水源判别技术;(2)提出了双驱动释水模型的矿井间-直接涌水量预测方法;(3)提出了特厚煤层采动隔水关键层时效损伤及渗透性控制机理;(4)提出了巨厚土层覆盖区特厚煤层保水采煤方法和适用性分区。联合其他完成单位，将该项技术推广到陕西榆林能源集团榆神煤电有限公司下属的榆树湾煤矿、银河煤矿等多个应用单位，取得了显著的经济、社会和环境效益。

（3）六盘水师范学院

六盘水师范学院作为本项目的主要完成单位，在创新点一、二做出了重要贡献，具体表现为:(1)研发了基于高通量测序结果的煤矿涌水水源判别技术;(2)提出了双驱动释水模型的矿井间-直接涌水量预测方法。联合其他完成单位，将该项技术及相关成果推广到贵州发耳煤业有限公司等多个应用单位，取得了显著的经济、社会和环境效益。

八、完成人合作关系

项目研制过程中主要完成人共 10 人，白如鸿、李小龙、刘伟、万晓波、郑静、孙崇宁、鱼智让为陕西榆林能源集团榆神煤电有限公司成员，孙强为中国矿业大学成员，李涛、高颖为六盘水师范学院成员，合作期间 3 单位在项目研制过程中取得了一系列共同的研究成果。完成人和完成单位按照实际贡献大小依次排名，各完成人和完成单位一致同意其排名。现对完成人合作关系及参与并做出重要贡献说明如下：

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	发明专利	白如鸿/1、李涛 3/、孙强/4、李小龙/5、高颖/11	2023.01	2025.04	一种采煤隔水土层旋喷再造方法	必备附件1.1
2	发明专利	白如鸿/1、孙强/2、万晓波/6	2022.11	2025.07	一种煤矿重复采动生态水位阈值控制的设计方法	其他附件2.2
3	发明专利	白如鸿/1、孙强/2、孙崇宁/4、郑静/5	2022.11	2025.04	一种生态脆弱矿区的三位一体保水采煤方法	未列入附件
4	发明专利	白如鸿/1、郑静/2、孙强/3	2022.11	2025.05	一种特厚煤层工作面分层开采区段煤柱充填保水采煤方法	未列入附件
5	发明专利	孙强/1、白如鸿/2、李涛/5、李小龙/6、刘伟/7	2022.11	2024.11	隔水层再造效果的实验室模拟及测试方法	必备附件1.2
6	发明专利	孙强/1、白如鸿/2、李小龙/5	2023.05	2025.03	一种巨厚土层下特厚煤层垮落与充填保水开采设计方法	其他附件2.1
7	发明专利	孙强/1、白如鸿/2、郑静/4、李涛/5、万晓波/7	2022.11	2024.11	一种近距离煤层与上覆区段煤柱协同开采方法	其他附件2.5
8	发明专利	孙强/1、白如鸿/2、郑静/4、李涛/5、万晓波/7	2022.11	2025.08	METHOD OF COLLABORATIVE MINING OF CLOSE-DISTANCE COAL SEAM AND OVERLYING SECTION COAL PILLAR	其他附件2.7
9	发明专利	李涛/1、高颖/2	2021.01	2022.09	一种基于微生物测试的煤矿突水水源判别方法	必备附件1.3
10	发明专利	李涛/1、高颖/2	2021.01	2023.03	一种煤炭开采潜水位磁化控制方法	其他附件2.4
11	发明专利	李涛/1、高颖/4	2022.01	2023.09	一种薄砂层覆盖区真空预压修复采煤破坏的隔水土层方法	其他附件2.6
12	学术论文	李涛/1、高颖/2、白如鸿/5、孙强/6	2023.01	2025.09	采煤塌陷区微生物矿化联合植被固土研究	未列入附件
13	学术论文	李涛/1、高颖/2	2021.01	2025.12	煤炭开采有效隔水土层固结释水机理及矿井涌水量预测	未列入附件
14	学术论文	李涛/2、高颖/3、白如鸿/4、孙强/5	2023.01	2024.01	生态脆弱煤矿区水体中微生物群落特征及矿井充水指示	未列入附件

15	学术论文	孙强/1、白如鸿/2	2021.01	2022.08	Sustainable high-intensity backfill coal mining method: feasibility assessment for ecologically fragile areas of Western China	未列入附件
16	学术论文	孙强/1、白如鸿/4	2022.01	2023.04	Cooperative mining technology and strata control of close coal seams and overlying coal pillars	未列入附件
17	学术论文	孙崇宁/2、白如鸿/7、孙强/8	2023.01	2023.11	厚煤层坚硬顶板区段煤柱留设尺寸与失稳控制	未列入附件
18	实用新型专利	李小龙/1、孙强/3、李涛/6	2024.06	2025.01	一种用于煤矿井下的抽水装置	未列入附件
19	实用新型专利	刘伟/1、孙强/5、李涛/7	2024.05	2025.01	煤矿开采用地下水位监测机构	未列入附件
20	实用新型专利	郑静/1、孙强/2、李涛/3	2024.05	2024.12	矿井水灾防治装置	未列入附件
21	实用新型专利	万晓波 1、李涛 3、/孙强 4/、鱼智让 6	2024.06	2025.01	一种矿井水文安全监测装置	未列入附件
22	计算机软著	李涛/1、高颖/3	2023.09	2024.01	煤矿突水水源判别软件 V1.0	未列入附件
23	项目成果鉴定	孙强/2、李涛/4、白如鸿/6、高颖/8、李小龙/9、刘伟/11、万晓波/13、郑静/14、孙崇宁/17、鱼智让/18	2023.01	2024.9	巨厚土层覆盖区特厚煤层保水开采关键技术及工程应用	其他附件 2.8