

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

西部矿区矿井水井上下高效协同处理与资源化利用关键技术

二、提名者及提名意见

提名者：陕西省科学技术厅

提名意见：项目立足国家煤炭绿色开发与黄河流域生态保护协同发展的重大战略需求，创新了矿井水水质成因解析与量质动态预测方法，实现矿井涌水量、水质预测准确度超 80%；研制了矿井水井下原位集约模块化处理技术装备，率先实现“井下原位处理”的工程化应用，引领矿井水处理模式重大变革；研发了矿井水地面多级耦合膜浓缩及蒸发结晶技术，实现了高盐矿井水处理由“高耗浓缩减量”到“低碳资源利用”的跨越，制备纯碱总碱量 $\geq 98\%$ 、氯化钠杂质含量 $\leq 1.2\%$ ；开发了矿井水资源化利用与全周期智慧水务系统，推动了矿井水管理从“经验驱动”向“数字驱动”的转型升级。

项目获授权发明专利 21 件，出版专著 1 部，发表论文 35 篇，登记软件著作权 10 项，制（修）订国家标准 1 项。项目成果在陕西煤业化工集团、国家能源集团、中煤能源集团、陕西延长石油矿业有限责任公司、山东能源集团西北矿业有限公司等大型煤企成功应用，经济效益、社会效益与环境效益显著。

经审查，提名书及附件材料真实有效，相关栏目均符合填写要求，经公示无异议。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖二等奖。

三、项目简介

本项目属于矿业工程、资源与环境等交叉学科领域。

我国西部地区矿井水产生总量超 40 亿 m^3 ，但受矿井水水质类型多样、组分复杂等因素制约，矿井水的处理及利用效率不高。鉴于此，中煤科工西安研究院（集团）有限公司、中煤科工集团杭州研究院有限公司、陕西彬长矿业集团有限公司联合开展技术攻关、现场示范及工程实践，创新构建了覆盖“预测-处理-利用-管控”全链条的矿井水高效处理与资源化利用技术体系，有力推动了我国西部矿区矿井水由被动达标处置向主动高效资源化利用的技术跨越与系统性变革。项目的主要创新成果有：

1. 矿井水水质成因解析与量质动态预测方法。融合水文地球化学测试、岩层物性分析、环境同位素溯源等多技术手段，厘定了矿井水主要超标组分，查明了矿井水水文地球化学演化规律与水岩作用类型，揭示了矿井水特征组分富集的水文地球化学作用机制。构建了给定开拓布局的矿井全尺度涌水量动态预测模型，发明了基于矿物溶解反应动力学-系统动力学的矿井水水质预测模型，率先研发形成矿井水量质耦合动态预测系统。

2.矿井水井下原位集约模块化处理技术装备。提出了“仓前分级、源头防淤”模式，构建了旋流分离效率预测模型，研制了井下筛分-旋流一体化装备；研发了特种抗污染直滤膜，研制了无人值守密闭压力式井下直滤装备，开发了井下高频微振-负压筛分耦合煤泥脱水装备，实现了煤泥井下直接脱水成饼，有效避免了地面二次污染。

3.矿井水地面多级耦合膜浓缩与蒸发结晶技术。阐明高盐矿井水脱盐膜结垢多因子耦合作用机理，创新了三级梯度分步软化工艺，构建了全流程水盐动态平衡计算模型；创新膜元件结构设计，研发了矿井水专用增强型抗污染反渗透膜，构建了梯度增效多级耦合膜浓缩工艺；研发了矿井低品位余热利用与高盐矿井水膜浓缩协同技术，开发了基于联合制碱原理与离子交换碳化的盐类高值转化工艺。

4.矿井水资源化利用与全周期智慧水务系统。创新了矿井水井上下资源化利用模式，构建了面向生活、生产、生态的矿井水分质利用技术体系与配套工艺，构建了矿井水多目标分级分质优化配置模型，研制了矿用本安型多参数水质传感器，开发出融合水量水质、水处理设备运行状态、用水设备管网等动态信息的矿井水全周期智慧水务系统，实现了矿井水从源头到末端、从井下到地面的全流程数字化管控与智慧化决策。

四、客观评价

（1）“高盐矿井水多级膜浓缩与蒸发结晶处理关键技术研究与应用”鉴定意见：中国煤炭工业协会组织专家鉴定认为，项目成果在多个煤矿矿井水零排放工程中开展了示范应用，经济效益、环境效益和社会效益显著，达到国际先进水平；

（2）“煤矿井下水仓防淤积及矿井水井下处理利用关键技术及示范”鉴定意见：中国职业健康协会组织专家鉴定认为，项目显著提升了水仓有效容积，减少了清淤压力，经济社会效益显著，达到国际领先水平；

（3）中国生产力促进中心协会发布《关于授予 2022 年度“中国好技术”称号的决定》，“含盐矿井水零排放处理技术”获得“中国好技术”称号；

（4）依托项目成果建设的陕西澄合山阳煤矿矿井水处理站工程，成功入选煤炭行业优质工程。

五、应用情况

项目成果在我国西部矿区矿井水处理与资源化利用领域实现规模化应用，支撑建成我国首个高盐矿井水零排放分盐处理示范工程、我国单体规模最大的高盐矿井水零排放工程、以及国内唯一副产高价碳酸钠的矿井水处理工程。截至 2025 年底，矿井水年处理量突破 1 亿 m^3 ，近三年新增产值超 10 亿元，经济、社会和环境效益显著。

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	陕西彬长矿业集团有限公司	创新成果 1、3、4	应用于所属煤矿矿井水量质预测、处理、利用及监管	2023 年 01 月-今	徐景果 18992005390
2	国能神东煤炭集团有限责任公司	整体应用	应用于所属煤矿矿井水全空间量质预测、处理、利用及监管	2022 年 03 月-今	王义 13327068616
3	陕西延长石油榆林可可盖煤业有限公司	整体应用	应用于矿井水全空间量质预测、处理、利用及监管	2024 年 01 月-今	曹宇 13289491108
4	陕西长武亭南煤业有限责任公司	创新成果 2	应用于高悬浮物矿井水源头分级处理和井下分质利用	2021 年 05 月-今	杨桂磊 15929743715
5	内蒙古昊盛煤业有限公司石拉乌素煤矿	创新成果 3	应用于矿井水地面多级耦合膜浓缩及蒸发结晶，处理能力 21600m ³ /d	2021 年 06 月-今	董天文 18648016677
6	乌审旗蒙大矿业有限责任公司纳林河二号煤矿	创新成果 2	应用于矿井水井下原位集约模块化处理，处理能力 7200m ³ /d	2025 年 07 月-今	张伟 17390773366

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	一种 $\text{SO}_4\cdot\text{HCO}_3\text{-Na}$ 型高盐矿井水处理与资源化利用方法及系统	中国	ZL202011062700.5	2021.11	4773645	中煤科工集团杭州研究院有限公司	肖艳, 郭中权, 毛维东, 周如禄, 马赛, 高杰
2	发明专利	一种面向零排放的高盐高氟矿井水净化系统及工艺	中国	ZL202111551133.4	2022.11	5550740	中煤科工西安研究院(集团)有限公司	张全, 王皓, 杨建, 王晓东, 葛光荣, 等
3	发明专利	一种煤矿井下煤泥水处理复用系统及方法	中国	ZL202110254031.X	2025.01	7669639	中煤科工集团杭州研究院有限公司	崔东锋, 郭中权, 郑利祥, 杨建超, 等
4	发明专利	一种用于预测矿井水在反渗透膜组件内部结垢的分析方法	中国	ZL202110594029.7	2022.05	5151358	中煤科工集团杭州研究院有限公司	郭中权, 邹湘, 毛维东, 孙遂, 肖艳, 等
5	发明专利	一种混合纳滤反渗透净化地下水系统及处理工艺	中国	ZL202111430578.7	2023.08	6271016	中煤科工西安研究院(集团)有限公司	张全, 胡骁, 杨建, 葛光荣, 乔伟, 王强民, 等
6	发明专利	一种垃圾中转站渗滤液预处理方法	中国	ZL202311260844.5	2024.07	7153300	中煤科工集团杭州研究院有限公司	付元, 肖艳, 马赛, 苏德欣, 徐旭峰
7	软件著作权	智慧水务处理系统	中国	2025SR1574696	2025.08	16230894	中煤科工集团杭州研究院有限公司	付元, 高诣, 张夏雨, 杜海波, 等
8	软件著作权	矿井涌水量和水质变化动态预测系统	中国	2025SR0791307	2025.05	15447505	中煤科工西安研究院(集团)有限公司	周振方, 王晓东, 王甜甜, 薛建坤, 等

9	学术论文	Hydrogeochemical processes and groundwater quality assessment for different aquifers in the Caojiatan coal mine of Ordos Basin, northwestern China	外文	000529755600001	2020.05	/	中煤科工西安研究院（集团）有限公司	王强民，董书宁，王皓，杨建，黄浩，等
10	学术论文	Dynamic characteristics of water inflow from a coal mine's roof aquifer	外文	000800985400001	2022.09	/	中煤科工西安研究院（集团）有限公司	周振方，董书宁，王皓，靳德武，王晓东，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
付 元	1	董事长	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	项目总负责人，负责项目总体技术路线和实施方案制定；负责矿井水井下原位集约模块化处理技术装备研制工作；参与现场试验与成果推广工作。
肖 艳	2	副总经理	研究员	中煤科工集团杭州研究院有限公司	中煤科工集团杭州研究院有限公司	项目主要参与人，参与项目总体技术路线和实施方案制定；参与矿井水地面多级耦合膜浓缩及蒸发结晶技术研发工作；负责成果推广工作。
焦小年	3	董事长	高级工程师	陕西彬长矿业集团有限公司	陕西彬长矿业集团有限公司	项目主要参与人，参与项目总体技术路线和实施方案制定；负责技术装备的现场测试与试验；参与成果推广工作。
王晓东	4	分院副院长	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，参与矿井水水质成因解析与量质动态预测方法、矿井水资源化利用与全周期智慧水务系统研发工作；参与成果推广工作。
崔东锋	5	分院院长	研究员	中煤科工集团杭州研究院有限公司	中煤科工集团杭州研究院有限公司	项目主要参与人，参与矿井水地面多级耦合膜浓缩及蒸发结晶技术、矿井水井下原位集约模块化处理技术装备研发及推广工作。
王强民	6	无	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，参与矿井水水质成因解析与量质动态预测方法、矿井水资源化利用与全周期智慧水务系统研发工作。

郭中权	7	副总经理	研究员	中煤科工集团杭州研究院有限公司	中煤科工集团杭州研究院有限公司	项目主要参与人，参与矿井水地面多级耦合膜浓缩及蒸发结晶技术、矿井水井下原位集约模块化处理技术装备研发工作。
周振方	8	无	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，参与矿井水水质成因解析与量质动态预测方法、矿井水资源化利用与全周期智慧水务系统研发工作。
张 全	9	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，参与矿井水井下原位集约模块化处理技术装备研发工作。
马 赛	10	分院副院长	助理研究员	中煤科工集团杭州研究院有限公司	中煤科工集团杭州研究院有限公司	项目主要参与人，参与矿井水地面多级耦合膜浓缩及蒸发结晶技术研发及示范工作。

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	对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：（1）联合制定项目技术方案并组织项目实施；（2）负责研究矿井水水质成因解析与量质动态预测方法；（3）负责开发矿井水资源化利用与全周期智慧水务系统；（4）参与研制矿井水井下原位集约模块化处理技术装备；（5）参与研发矿井水地面多级耦合膜浓缩与蒸发结晶技术；（6）获得了相关发明专利、软件著作权及学术论文；（7）联合开展项目成果的工业性试验和推广应用。
中煤科工集团杭州研究院有限公司	2	对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：（1）联合制定项目技术方案并组织项目实施；（2）负责研制矿井水井下原位集约模块化处理技术装备；（3）负责研发矿井水地面多级耦合膜浓缩与蒸发结晶技术；（4）参与研究矿井水水质成因解析与量质动态预测方法；（5）参与开发矿井水资源化利用与全周期智慧水务系统；（6）获得了相关发明专利、软件著作权及学术论文；（7）联合开展项目成果的工业性试验和推广服务。
陕西彬长矿业集团有限公司	3	对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：（1）负责项目成果的工业性现场试验；（2）参与项目技术方案制定及实施；（3）参与项目成果推广应用。

九、完成人合作关系说明

本项目 10 位主要完成人在项目所属技术领域具有较多合作经历，共同开展项目成果研发和成果转化推广，共同拥有发明专利或软件著作权，共同发表论文论著，共同制定标准。

付元、肖艳、焦小年、王晓东、崔东锋、王强民、郭中权、周振方、张全、马赛等共同承担项目成果研发和成果转化推广；付元、肖艳、马赛等共同拥有发明专利；肖艳、郭中权等共同拥有发明专利，共同参与国家标准制定；王晓东、王强民、周振方、张全等共同拥有发明专利和论文论著；崔东锋、郭中权等共同拥有发明专利。