公示内容（提名号：309-4004）

一、项目名称

综掘工作面磁化试剂水喷雾煤尘-瓦斯协同防治机理及应用技术研究

二、提名者及提名意见

提名单位：陕西省煤炭学会

提名意见：

煤炭是我国的主体能源，是保障国家能源安全的“稳定器”和“压舱石”。随着煤矿机械化、智能化水平的提高，煤炭开采强度大幅度提升，煤体破碎程度大幅增加，开采过程极易破碎产尘和瓦斯瞬时释放，影响矿井安全生产、污染井下作业环境。本项目针对掘进巷道综掘过程煤尘产尘大，瓦斯涌出异常的问题，采用理论分析、实验室测试、物理相似模拟、数值模拟和现场工业性实验等综合实验方法，系统分析了掘进工作面煤尘-瓦斯动态运移及分布特征，明确了磁化水喷雾的煤尘团聚与瓦斯缓释规律，揭示了磁化复合试剂对煤尘的沉降和煤体瓦斯解吸抑制机理，形成了综掘面磁化试剂水喷雾的煤尘-瓦斯协同防治技术体系，项目在陕西省内多个矿区推广应用，取得了安全、能源与环境三重效益。

项目材料齐全、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。特提名为陕西省科技进步奖三等奖。

三、项目简介

本项目属于矿山安全科学技术及应用领域。

煤炭是我国的主体能源，是保障国家能源安全的“稳定器”和“压舱石”。随着煤矿机械化、智能化水平的提高，煤炭开采强度大幅度提升，煤体破碎程度大幅增加，开采过程极易破碎产尘和瓦斯瞬时释放，导致综掘过程中的粉尘浓度过高，不仅严重污染工作环境，还易导致局部瓦斯超限，影响煤矿安全高效回采。针对煤巷综掘过程煤尘产尘大，瓦斯涌出异常的问题，在国家自然科学基金项目、校企合作

项目的资助及陕西陕煤澄合矿业有限公司及其下属煤矿的支持下，以综掘面煤尘-瓦斯联合防控为目标，系统开展了“磁化增效水雾作用下综掘面煤尘-瓦斯联合防控机理及工程应用研究”。主要研究内容如下：

（1）建立了煤巷综掘过程瓦斯运移与煤尘分布综合作用模型。全方位确定了煤巷综掘工作面尘源及瓦斯涌出源，提出了煤尘源/瓦斯源浓度精准测定方法，明确了掘进工作面煤尘-瓦斯动态运移及分布规律，建立了瓦斯运移与煤尘分布的综合作用模型，为综掘面煤尘-瓦斯联合防控提供方法参考。

（2）揭示了磁化复合试剂对煤尘的沉降机理和煤体瓦斯解吸抑制机理。明确了磁化复合试剂对煤体的增效润湿变化规律，得到了磁化对溶液微观分子结构的动态改变特性，揭示了磁化试剂对煤尘的沉降和煤体瓦斯解吸抑制机理，为综掘面煤尘-瓦斯联合防控提供理论基础。

（3）形成了综掘面磁化试剂水喷雾的煤尘-瓦斯协同防治技术体系。研发了煤尘-瓦斯协同防治磁化复合试剂装置、固体试剂定量添加装置，提出了综掘面活性磁化水煤尘-瓦斯协同防治的一工艺、两技术的一体化防治方法，构建了综掘面磁化试剂水喷雾的煤尘-瓦斯协同防治技术体系，为综掘面煤尘-瓦斯联合防控提供一定实践经验。

四、客观评价

（1）国内外相关技术比较

项目阐明了煤巷综掘过程煤体产尘及瓦斯涌出与分布特征，提出了磁化试剂对煤体瓦斯缓释及煤尘促凝助沉方法，并形成了综掘面磁化试剂水喷雾的煤尘-瓦斯协同防治技术体系，与国内外同类技术对比如下表1所示。经“黑龙江省科学技术情报研究院”（国家一级科技查新咨询单位）检索，进行国内外查新表明，基于成果所涉及的各创新点，目前在国内外所查文献中，除委托单位发表成果外，未见相同报道。

表 1 国内外同类技术对比

序	创新成果	本项目研究	国内外研究	本项目水平

号				
1	阐明了煤巷综掘过程煤体产尘及瓦斯涌出与分布特征	全方位确定了煤巷掘进工作面煤尘、瓦斯来源，提出了煤尘、瓦斯浓度精准测定方法	目前研究主要集中在定点测定和瓦斯涌出量预测，对于考虑尘源、瓦斯涌出源的精准测定方法研究较少	明确了不同类型煤体的产尘规律及煤尘物理-化学特性，并提出了煤尘、瓦斯浓度全方位精准测定方法
		得到了综掘面煤尘-瓦斯动态运移及分布规律	针对煤巷掘进巷道瓦斯运移与煤尘分布特征的研究尚不全面	
2	提出了磁化试剂对煤体瓦斯缓释及煤尘促凝助沉控制方法	构建了水、煤和复合试剂的三元、四元体系模型，明确了磁化复合试剂对煤尘增效润湿规律	目前研究多聚焦于表面活性剂、复配试剂的润湿规律研究，对于磁化复合试剂的润湿规律研究较少	明确了磁化试剂/煤/瓦斯三相界面行为分子动力学特征，得到了磁化试剂对煤体瓦斯解吸抑制及煤尘增效降尘方法
		揭示了磁化润湿效应下煤体瓦斯解吸抑制及煤尘促凝助沉机理	目前对于磁化复合试剂对煤尘的沉降机理和煤体瓦斯解吸抑制机理的研究尚不全面	
3	形成了综掘面磁化试剂水喷雾的煤尘-瓦斯协同防治技术体系	研发了煤尘-瓦斯协同防治磁化试剂水喷雾系统装置	研究多聚焦于瓦斯或煤尘单一灾害治理，对于煤尘-瓦斯协同防治研究较少	确定了磁化试剂水喷雾煤尘-瓦斯协同防治工艺参数，形成了一工艺、两技术的一体化防治方法
		提出了综掘面磁化试剂水喷雾的煤尘-瓦斯协同防治技术体系	大部分未全面考虑煤尘、瓦斯防治协同技术，实现工作面煤尘-瓦斯的协同高效一体化防治体系有待深入研究。	

（2）项目验收情况

本研究成果所依托的2项国家自然科学基金项目，4项企业合作科研项目，均通过国家自然科学基金委员会、合作企业技术委员会的项目验收。

（3）科技成果评价

针对本项目中的煤尘-瓦斯协同防控机理及应用技术问题，西安科技大学、中煤能源研究院有限责任公司、陕西省煤炭科学研究所有限责任公司、陕西陕煤澄合矿业有限公司和西安工程大学等单位合作

完成了“磁化增效水雾作用下综掘面煤尘-瓦斯联合防控机理及工程应用研究”，在现场得到成功应用。2024年9月18日，由中国职业安全健康协会组织专家对项目成果进行了评价，项目研究成果达到了国际先进水平。

（4）论文发表、知识产权及人才培养情况

本项目相关研究成果发表论文25余篇，其中SCI、EI收录12篇，国内外相关专家学者引用700余次，单篇最高他引74次；授权发明专利10余项，实用新型专利7余项。培养博士后3名，博士研究生6人，硕士研究生10余人，研究成果得到普遍应用，影响广泛。

六、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(地区)	授权号	授权公告日	证书编号	权利人(标准起草单位)	发明人(标准起草人)
1	发明专利	一种声波激励液面振动对微细颗粒的润湿沉降过程监测系统及方法	中国	ZL202510005745.5	2025-09-19	8277089	西安科技大学	肖鹏；杨卿；赵波；李树刚；林海飞；刘潇潇；陈紫溪
2	发明专利	一种井下用柔性封孔浆液及其制备方法	中国	ZL2022 10600259.4	2023-11-14	6485141	中煤能源研究院有限责任公司	成小雨；赵刚；程成；龚选平；陈龙；叶正亮；雷慧
3	发明专利	一种封堵气墙与磁化活性剂协同治理隅角瓦斯系统及方法	中国	ZL202010796199.9	2025-03-14	7801192	西安科技大学	林海飞；李树刚；闫冬洁；杨二豪；严敏；龙航；秦雷；赵波；孔祥国；李绍荣
4	发明专利	一种采动覆岩瓦斯聚集区空间辨识方法和系统	中国	ZL2019 10592595.7	2022-12-02	5622277	中煤能源研究院有限责任公司	成小雨；龚选平；高涵；曹文超；杨鹏；丁建勋；程成；雷慧；付栋；陈龙；孙令超
5	发明专利	采动煤岩结构和瓦斯变化观测反演系统及方法	中国	ZL201910592605.7	2022-04-08	5063446	中煤能源研究院有限责任公司	成小雨；龚选平；高涵；曹文超；杨鹏；丁建勋；程成；雷慧；付栋；陈龙；孙令超
6	软件著作权	声波除尘效果数据集成分析平台	中国	2025SR0057236	2025-01-09	14713434	西安科技大学	肖鹏，赵波，陈紫溪，闫冬洁，杨卿，刘潇潇
7	论文	Wetting and aggregation mechanisms of coal	中国	2024, 408: 125357	2024-07-10	Journal of Molecular	西安科技大学	Xiao Peng, Chen Zixi, Zhao Bo, Huang Xiaosheng, Liu

		molecules via XTG and SDBS based on molecular simulation				Liquids		Xiaoxiao, Chen Liping, Li Bingkun
8	论文	声波传播角度对喷雾降尘效果影响的规律	中国	2025，53（12）：180−190	2025-07-15	煤炭科学技术	西安科技大学	肖鹏，陈丽萍，赵波，李树刚，刘潇潇
9	论文	Study on the influence pattern and efficiency enhanced mechanism of acoustic–chemical spray dust reduction	中国	2023, 900: 165913	2023-07-30	Science of the total environment	西安科技大学	Zhao Bo, Xiao Peng, Li Shugang, Liu Xiaoxiao, Lin Haifei, Yan Dongjie, Chen Zixi, Chen Liping
10	论文	Experimental study of influence of coal dust physical-chemical properties on indirect dust suppression effect	中国	2025, 302: 120799	2024-10-15	Chemical Engineering Science	西安科技大学	Zhao Bo, Xiao Peng, Yan Dongjie, Li Shugang, Hu Biao, Lin Haifei, Liu Xiaoxiao

六、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
肖鹏	1	副院长	教授	西安科技大学	西安科技大学	项目负责人，主要承担项目研究方案和研究路线设计，申报、组织和实施项目的全过程。对创新点一、二、三做出了创造性贡献。
赵波	2	/	讲师	西安科技大学	西安科技大学	项目主要参与人，主导项目整体的实施过程设计。承担项目的实验室实验、数值模拟及现场测试。对创新点一、二、三做出了创造性贡献。以创新点二、三为主要贡献。
成小雨	3	/	高级工程师	中煤能源研究院有限责任公司	中煤能源研究院有限责任公司	项目主要参与人，主要承担项目的现场工业性实验及现场数据采集与分析。对创新点一、二、三做出了创造性贡献。以创新点三为主要贡献。
闫冬洁	4	/	讲师	西安科技大学	西安科技大学	项目主要参与人，主导项目的实验室实验和模拟方案设计。主要承担项目的理论分析、数值模拟和实验室实验。对创新点一、二、三做出了创造性贡献。以创新点一、二为主要贡献。
张小军	5	/	高级工程师	陕西省煤炭科学研究所有限责任公司	陕西省煤炭科学研究所有限责任公司	项目主要参与人，主要承担项目的现场工业性实验及现场数据采集与分析。对创新点一、二、三做出了创造性贡献。以创新点三为主要贡献。
徐经苍	6	通风部部长	高级工程师	陕西陕煤澄合矿业有限公司	陕西陕煤澄合矿业有限公司	项目主要参与人，主要承担项目的现场工业性实验的方案制定与现场数据采集与分析。对创新点三做出了创造性贡献。
张瑾	7	/	讲师	西安工程大学	西安工程大学	项目主要参与人，主要承担项目的理论分析与实验室实验。对创新点一做出了创造性贡献。

七、主要完成单位情况

1.西安科技大学

作为本项目的主要完成单位，西安科技大学为项目的顺利完成并取得优异成绩做出了重要贡献，表现为：1）全面负责本项目研究方案的制定与组织实施；2）完成了磁化试剂水喷雾的煤尘-瓦斯协同防治机理及应用技术研究。

2. 中煤能源研究院有限责任公司

作为本项目的主要完成单位之一，中煤能源研究院有限责任公司通过技术研发，开展项目的现场指导和应用。

3. 陕西省煤炭科学研究所有限责任公司

作为本项目的主要完成单位之一，陕西省煤炭科学研究所有限责任公司主要承担项目的实施方案指导。通过技术研发，开展项目的现场技术应用和数据采集。

4. 陕西陕煤澄合矿业有限公司

作为本项目的主要完成单位之一，陕西陕煤澄合矿业有限公司主要承担项目的实施方案指导。提供现场工业性实验的实验场地，协助完成现场实施与数据收集。

5. 西安工程大学

作为本项目的主要完成单位之一，西安工程大学主要承担项目的理论分析与实验室实验方案的指导。协助完成磁化活性剂的煤尘-瓦斯协同防治机理研究。

八、完成人合作关系说明

项目实施期间，肖鹏、赵波、闫冬洁为西安科技大学主要完成人；成小雨为中煤能源研究院有限责任公司主要完成人；张小军为陕西省煤炭科学研究所有限责任公司主要完成人；徐经苍为陕西陕煤澄合矿业有限公司为主要完成人；张瑾为西安工程大学主要完成人，主要取得成果如下：

1. 肖鹏/1、赵波/2共同获得发明专利“一种声波激励液面振动对微细颗粒的润湿沉降过程监测系统及方法”（ZL202510005745.5）；合作发表论文《Wetting and aggregation mechanisms of coal molecules via XTG and SDBS based on molecular simulation》、《声波传播角度对喷雾降尘效果影响的规律》。

2. 肖鹏/1、赵波/2、闫冬洁/4合作发表论文《Experimental study of influence of coal dust physical-chemical properties on indirect dust suppression effect》、《Study on the influence pattern and efficiency enhanced mechanism of acoustic–chemical spray dust reduction》；共同获得软件著作权“声波除尘效果数据集成分析平台”（2025SR0057236）。

3. 肖鹏/1、成小雨/3合作完成项目《采动卸压富集瓦斯精准抽采技术研究》的相关研究。

4. 肖鹏/1、张小军/5合作完成项目《芦村二号煤矿煤油气共生矿井瓦斯与油型气赋存规律及安全开采关键技术研究》项目研究及成果推广。

4. 肖鹏/1、徐经苍/6合作完成项目《煤尘与瓦斯协同控制机理及应用技术研究》项目研究及成果推广。

5. 肖鹏/1、张瑾/7 合作完成项目《煤矿掘进工作面粉尘浓度分布特征及降尘剂试制研究》的相关研究。