# 项目公示内容

## （科技进步奖 提名号309-4031）

## 一、项目名称

高瓦斯矿井掘进粉尘三级梯度分区协同防控技术与应用

## 二、提名者及提名意见

提名单位：陕西省煤炭学会

提名意见：

高瓦斯矿井掘进工作面粉尘浓度高、动态迁移规律复杂，传统喷雾、通风、抽尘及隔尘措施相互独立，难以适应横轴掘锚一体机连续截割过程中尘源位置、装备姿态和通风边界持续变化的作业条件，粉尘全过程协同治理能力不足。项目聚焦高瓦斯矿井掘进粉尘动态迁移与分区协同防控关键技术问题，取得系统性技术突破：构建基于粉尘空间分布与浓度衰减特征的“挡—降—除”三级梯度分区协同防控体系，实现近场高浓度粉尘隔控、中段逸散粉尘沉降和下游残余粉尘排除的空间连续治理；提出动态截割条件下粉尘迁移预测、控制分区判定与治理参数协同匹配方法，建立尘源位置、通风边界与粉尘时空迁移过程的关联关系，实现治理工艺随掘进工况动态调整；研制液压伸缩式动板、局部抽风、水射流降尘和旋流通风等关键装备，开发多源信息融合智能调控系统，实现粉尘状态实时感知、控制参数优化与治理装备协同联动。项目形成了集动态迁移预测、三级梯度分区治理、关键装备执行与智能协同调控于一体的高瓦斯矿井掘进粉尘全过程防控技术体系，为复杂动态条件下煤矿掘进粉尘高效治理提供了成套技术与装备支撑，具有重要的工程应用和推广价值。

成果材料齐全、规范，相关完成人和完成单位合作关系明确，符合陕西省科技进步奖提名条件。同意提名该项目申报2026年度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。

高瓦斯矿井掘进工作面空间受限、装备密集，横轴掘锚一体机连续截割过程中尘源位置、设备姿态及通风边界持续变化，导致粉尘产生强度、迁移路径和浓度分布呈现显

著动态特征。现有喷雾、通风、抽尘及固定隔尘措施多为单一环节独立治理，难以适应粉尘产生、逸散、迁移和排除全过程的协同控制需求。项目聚焦动态截割条件下粉尘时空迁移规律、分区协同治理方法及关键装备适应性等技术问题，开展系统研究，构建了以粉尘动态迁移预测为基础、以三级梯度分区治理为核心、以关键装备协同执行和多源信息智能调控为支撑的高瓦斯矿井掘进粉尘全过程协同防控技术体系。

主要创新性成果如下：

1.高瓦斯矿井掘进粉尘“挡—降—除”三级梯度分区协同防控体系。

依据粉尘空间分布、浓度衰减及不同作业区域受尘特征，将掘进工作面划分为近场高浓度粉尘隔控区、中段逸散粉尘降尘区和下游残余粉尘排除区，形成由近及远、由高浓度向低浓度连续衔接的梯度治理模式；通过不同控尘环节的空间分工与功能互补，实现由单点、分散治理向全过程分区协同防控转变。

2.了动态截割条件下三级梯度协同控尘工艺方法。

针对截割位置、风筒位置和巷道边界持续变化导致粉尘迁移路径及治理参数难以准确匹配的问题，建立包含掘进巷道、横轴掘锚一体机、截割头、送风风筒、局部抽风装置及动板的全尺寸模型，研究不同截割位置与送风边界组合条件下粉尘时空迁移规律；建立尘源位置、通风边界、粉尘迁移与控制分区之间的关联关系，形成近场隔控、中段降尘、下游排尘相衔接的三级梯度协同控尘工艺，为动板位置、送抽风参数及水射流、旋流通风参数确定提供量化依据。

3.制了三级梯度协同控尘关键装备及智能调控系统。

针对高瓦斯半煤岩巷道装备持续移动、空间受限及治理装备协同运行困难的问题，研制液压伸缩式动板隔尘装置、局部抽风装置、水射流降尘装置和旋流通风装置，形成与三级梯度分区相匹配的成套控尘装备；融合粉尘浓度、风速、温度、甲烷浓度及掘进机位姿等多源信息，开发粉尘智能协同调控系统，实现环境状态感知、控制参数优化和治理装备联动，提高不同掘进工况下粉尘治理的适应性和协同性。

项目成果已在陕西陕煤黄陵矿业有限公司一号煤矿多个掘进工作面推广应用。现场应用结果表明，工作面附近 10 米处呼吸性粉尘浓度降低 90%，总粉尘浓度降低 85%以上，粉尘浓度达标率由 75%提高至 95%以上，掘进效率提升约 12%。项目形成专利成果

4 件、计算机软件著作权 1 项，发表论文 8 篇。2026 年 8 月 19 日，项目通过科技成果鉴定，鉴定委员会认为项目研究成果整体达到国内领先水平。

## 四、客观评价

本项目委托中国科学院成都文献情报中心科技查新中心对“高瓦斯矿井半煤岩巷道掘进粉尘三级梯度控制工艺与应用”（报告编号：I1202604459）开展了国内外查新工作。查新结果表明，现有研究主要集中于喷雾、通风、抽尘等单项粉尘治理技术，在动态截割条件下实施分区梯度治理、多种控尘装备连续协同及多源信息驱动动态调控等方面，与本项目技术方案存在明显差异，在检索范围内未见与本项目查新点内容完全相同的公开文献报道；查新结果认为，项目建立了不同截割工况下粉尘迁移数值仿真模型，提出了“挡—降—除”分区协同粉尘防控方法，研制了液压伸缩式动板隔尘装置等关键装备，开发了多源信息融合智能调控系统，成果整体达到国内领先水平。陕煤集团官方网站在《黄陵矿业一号煤矿：科技赋能 创新提质》中明确将“三级梯度降尘”列为该矿智能快掘中的关键技术。上述内容证实了本项目研究成果的创新性和先进性，为煤矿安全领域的技术突破提供了重要支撑。

陕西省煤炭学会组织有关专家对本项目进行了科技成果鉴定。鉴定委员会认为，项目建立了不同截割工况下粉尘迁移数值仿真模型，揭示了煤岩截割产尘及粉尘迁移规律；提出了“挡—降—除”分区协同粉尘防控方法，研制了液压伸缩式动板隔尘装置和疏水疏尘功能涂层，形成了动板隔降、水射流和旋流通风三级梯度除尘技术；开发了融合粉尘浓度、风速、温度、甲烷浓度和掘进机位姿等多源信息的智能调控系统，实现了粉尘实时感知、控制参数优化和装备联动。鉴定委员会一致同意通过科技成果鉴定，认为项目成果整体达到国内领先水平，并建议加快推广应用。

本项目研究成果已在陕西陕煤黄陵矿业有限公司一号煤矿 1014 回顺、1015 回顺、820 回顺、634 回顺、636 进顺和 815 回顺等多个掘进工作面开展工程应用，有效改善了掘进工作面粉尘治理效果和作业环境，粉尘浓度达标率由 75%提高至 95%以上，掘进单进水平提高 12%。项目应用后，2025 年实现新增销售额 7427 万元、新增利润 4456 万元，2026 年预计新增销售额 4303 万元、新增利润 2582 万元，两年累计新增销售额 11730 万元、累计新增利润 7038 万元；同时，年节约掘进施工成本约 2550 万元、设备维护成本约 1230 万元、除尘耗材费用约 125 万元、职业病防治相关费用约 151 万元，经济和社会效益显著。项目形成代表性成果 8 项，包括发表于《Powder Technology》《Advanced

Powder Technology》《Measurement》《煤田地质与勘探》等国内外期刊的论文 7 篇及计算机软件著作权 1 项。

## 五、代表性论文专著目录（限 5 条）

| 序号 | 论文专著名称 | 刊名 | 作者 | 年卷页码（xx 年 xx 卷 xx 页） | 发表时间（年/月/日） | 通讯作者（含共同） | 第一作者（含共同） | 国内作者 | 知识产权是否归国内所有 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Analysis of particle flow regimes and energy dissipation induced by particle-wall collisions in transfer chutes | Powder Technology | Yaocheng Shi, Guojun Wen, Yudan Wang, Siyi Cheng, Quan Zhao | 2026 年 469 卷 121734 | 2025 年 10 月 | Guojun Wen | Yaocheng Shi | Yaocheng Shi, Guojun Wen, Yudan Wang, Siyi Cheng, Quan Zhao | 是 |
| 2 | Calibration and verification of DEM parameters for particles in transfer chute from rapid flow to stable accumulation | Advanced Powder Technology | Yaocheng Shi, Guojun Wen, Luhua Lu, Xin He | 2023 年 34 卷（11）104237 | 2023 年 11 月 | Guojun Wen | Yaocheng Shi | Yaocheng Shi, Guojun Wen, Luhua Lu, Xin He | 是 |
| 3 | A two-degree-of-freedom controller for a high-precision air temperature control system with multiple disturbances | Case Studies in Thermal Engineering | He Dong, Xiaoping Li, Xin He, Zhibo Zeng, Guojun Wen | 2023 年 50 卷 103442 | 2023 年 10 月 | Guojun Wen | He Dong | He Dong, Xiaoping Li, Xin He, Zhibo Zeng, Guojun Wen | 是 |
| 4 | 基于煤岩颗粒能量耗散机理的溜槽结构优化方法 | 煤田地质与勘探 | 史垚城、邹祖杰、文国军、程斯一、吴来杰、王玉丹、刘璞、陈梦溪 | 2025 年 53 卷（9）256-266 页 | 2025 年 | 文国军 | 史垚城 | 史垚城、邹祖杰、文国军、程斯一、吴来杰、王玉丹、刘璞、陈梦溪 | 是 |
| 5 | An Adaptive Point Cloud Registration Algorithm Based on Cross Optimization of Local Feature Point Normal and Global Surface | IEEE Transactions on Automation Science and Engineering | Lei Li, Shuang Mei, Weijie Ma, Xingyue Liu, Jichun Li, Guojun Wen | 2024 年 21 卷（4）6434-6447 页 | 2024 年 10 月 | Guojun Wen | Lei Li | Lei Li, Shuang Mei, Weijie Ma, Xingyue Liu, Jichun Li, Guojun Wen | 是 |

## 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 | 国际（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 | 一种激光钻进煤岩产生的气体浓度测量装置和方法 | 中国 | CN110411979B | 2023 年 8 月 29 日 | - | 中国地质大学（武汉） | 罗耀坤、文国军、王玉丹、吴玲玲、官东林 |
| 2 | 实用新型专利 | 一种矿用快掘三级除尘装置 | 中国 | CN224452844U | 2026 年 7 月 3 日 | - | 陕西陕煤黄陵矿业有限公司 | 付天河、陈博、魏东、张春帅 |

## 六、主要完成人情况

| 排名 | 姓名 | 行政职务 | 技术职称 | 工作单位 | 完成单位 | 对本项目贡献 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 陈博 | 陕西陕煤黄陵矿业有限公司一号煤矿通风部部长 | 高级工程师 | 陕西陕煤黄陵矿业有限公司 | 陕西陕煤黄陵矿业有限公司 | 负责项目组织实施、现场试验及成果工程应用推广。 |
| 2 | 文国军 | 中国地质大学（武汉）工程创新训练中心执行主任 | 教授 | 中国地质大学（武汉） | 中国地质大学（武汉） | 负责总体技术路线、核心技术方案及关键技术研究。 |
| 3 | 钱竹响 | 陕西陕煤黄陵矿业有限公司一号煤矿安监部副部长 | 高级工程师 | 陕西陕煤黄陵矿业有限公司 | 陕西陕煤黄陵矿业有限公司 | 负责设备选型设计、现场调试及装备工艺优化改造。 |
| 4 | 史垚城 | 无 | 无 | 中国地质大学（武汉） | 中国地质大学（武汉） | 负责粉尘迁移机理、数值仿真及控制参数分析研究。 |
| 5 | 徐永涛 | 陕西陕煤黄陵矿业有限公司总会计师 | 高级工程师 | 陕西陕煤黄陵矿业有限公司 | 陕西陕煤黄陵矿业有限公司 | 负责项目经费管理、资金保障及经济效益评估。 |
| 6 | 陈宁 | 陕西陕煤黄陵矿业有限公司一号煤矿通风部副部长 | 工程师 | 陕西陕煤黄陵矿业有限公司 | 陕西陕煤黄陵矿业有限公司 | 负责关键除尘装备工程适配、安装调试及参数优化。 |
| 7 | 路文文 | 陕西陕煤黄陵矿业有限公司一号煤矿副主任科员 | 工程师 | 陕西陕煤黄陵矿业有限公司 | 陕西陕煤黄陵矿业有限公司 | 负责现场环境监测、试验数据采集及防控效果验证。 |

## 七、主要完成单位及创新推广贡献

| 排名 | 单位名称 | 创新和应用推广贡献 |
| --- | --- | --- |
| 1 | 陕西陕煤黄陵矿业有限公司 | 作为项目工程应用与示范单位，针对高瓦斯半煤岩巷道掘进过程中粉尘浓度高、迁移扩散复杂及传统治理措施协同性不足等问题，提出现场工程需求并提供典型掘进工作面和试验条件。参与三级梯度分区协同防控技术及液压伸缩式动板隔尘装置、多源监测与智能调控系统的工程适配、安装调试和运行优化，组织开展粉尘浓度、风速、甲烷浓度及设备运行状态等现场监测和不同治理工况下的应用试验，完成项目技术的现场运行验证和应用效果评价，并推动相关成果在矿井掘进工作面应用。 |
| 2 | 中国地质大学（武汉） | 作为项目主要技术研发单位，围绕高瓦斯半煤岩巷道掘进粉尘产生、迁移及协同控制开展理论与关键技术研究。建立不同截割工况下粉尘迁移数值仿真模型，研究煤岩截割产尘及粉尘迁移规律；提出“挡—降—除”三级梯度分区协同粉尘防控方法，开展液压伸缩式动板隔尘装置、疏水疏尘功能涂层及动板隔降、水射流和旋流通风等关键技术研究；构建融合粉尘浓度、风速、温度、甲烷浓度和掘进机位姿等多源信息的智能调控方法，为项目科技创新和工程应用提供核心技术支撑。 |

## 八、完成人合作关系说明

陈博、文国军、钱竹响、史垚城、徐永涛、陈宁、路文文围绕高瓦斯矿井掘进工作面粉尘产生、迁移、监测与分区协同防控开展了持续合作。2024 年 4 月，陕西陕煤黄陵矿业有限公司与中国地质大学（武汉）签订“一号煤矿高瓦斯矿井半煤岩巷道粉尘三级梯度控制工艺与应用项目”技术服务合同（合同编号：SHYK-2024-FW088），双方依照合同约定共同开展梯级粉尘控制装备、粉尘与掘进机位置监测、粉尘迁移机理、截割产尘特性、多源传感监测及智能控制等研究。

合作过程中，矿方完成人主要参与现场资料提供、试验条件协调、设备安装调试、现场试验和工程应用；中国地质大学（武汉）完成人主要参与机理分析、模型构建、装备与算法研发。各完成人通过方案论证、联合研发、现场试验和应用验证等方式协同推进项目，形成了“高瓦斯矿井掘进粉尘三级梯度分区协同防控技术与应用”整体成果。