项目公示信息（309-4005）

一、项目名称：

星网赋能煤矿井下作业人员安全防控关键技术研究与应用

二、提名者及提名意见

提名单位：陕西省煤炭学会

提名意见：

矿井作业人员安全防控是矿山安全生产的重要环节。当前作业人员入井前适岗准入缺乏全面评估手段、井下作业过程难以做到持续精准感知、异常行为和风险状态得不到及时识别处置，增大了人卡不符、一人多卡、无卡入井、超定员作业等违规风险。针对这些问题，本项目开展了星网赋能煤矿井下作业人员安全防控关键技术研究，攻克了面向煤矿井下复杂区域的本安型星网一网全承载关键技术，破解了复杂采掘区域信号覆盖不足难题；突破了矿工入井前置筛查的身份-状态-装备一体化适岗准入判别技术，实现了由单一身份核查向身份、身心状态、防护装备、岗位适配能力多维综合准入评估转变；研发了面向巷道非视距干扰的井下人员多源观测协同定位技术，实现了复杂巷道场景下人员亚米级实时精准定位；开发了多模态时空信息融合的井下复杂环境人员违规行为识别技术，实现了矿工越界闯入、危险作业等违规行为的精准识别；建成了面向人员全流程风险处置的事件驱动智能管控平台，实现了矿井作业人员从入井准入、井下作业到应急处置的全过程闭环智能管控。经审查，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。

经审查，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

本成果属于矿山安全技术领域。

煤矿井下作业人员管控是煤矿安全生产的薄弱环节。当前煤矿生产现场，人卡不符、一人多卡、无卡入井、超定员作业等违规现象仍

有发生，同时矿工疲劳、情绪应激等人因风险具有隐蔽性，往往难以及时发现并预警。造成上述管控难题的背后，是现有技术手段存在一系列关键短板：入井管控大多停留在简单身份刷卡核验，缺少身心状态、防护装备的前置筛查手段；井下通信、定位、监控系统相互分立，复杂采掘区域难以实现多频段信号同步覆盖，缺乏硬件级统一授时底座；巷道非视距干扰易造成定位精度劣化；单纯依赖可见光视频识别，受井下高粉尘、弱光照环境干扰，违章行为识别虚警率高；各业务模块数据相互割裂形成孤岛，难以构建完整闭环管控链条。项目充分吸收国家矿山安全监察局利用信息化手段打击煤矿非法违法行为相关文件精神，开展产学研用联合攻关，围绕“星网底座-准入评估-协同定位-行为识别-智能管控”这一技术主线，依次突破井下复杂区域本安星网承载、作业人员适岗前置评估、非视距干扰下协同定位、不安全行为时空信息融合识别、事件驱动全流程风险闭环管控等关键技术，实现煤矿井下作业人员的不间断闭环安全防控。主要创新性成果如下：

1、煤矿井下复杂区域本安型星网一网全承载关键技术

采用“星-网-端”三维融合架构，研发基于本安型万兆级工业互联网的多制式、多频段通信及位置信号的共网覆盖技术；采用TDD+FDD 高低频载波聚合技术，融合 4G、5G、WiFi、UWB、SIP 等多类信号，通过总线侦听、速率自适应和负载识别实现业务的高效融合传输；研制低功耗小型化本安一体化基站，实现通信、定位、导航、授时、计算五维一体，让传统分立的多张网络统一到“一张网”上承载，为准入判别、协同定位、违规行为识别业务提供统一通信承载与全局时间基准。

2、矿工入井前身份-状态-装备一体化适岗准入判别技术

研究矿井人员多模态智能感知与适岗准入评估技术，建立矿井人员多模态特征数据库，构建跨模态信息融合与智能评估模型，实现入井前人员身份真实性核验及安全防护装备规范佩戴识别，并融合脑电、生理体征等多模态信息，评估人员疲劳程度、异常生理状态及岗位适配能力，形成基于身份、适岗状态与装备的综合准入判定；研制人员安全准入与多模态智能适岗评估一体化装置，部署智能评估模型，实

现入井前人员身份识别、适岗状态评估与准入决策一体化。

3、面向巷道非视距干扰的井下人员多源观测协同定位技术

研发星网协同的井下高精度时空同步数据传输技术，融合星网授时机制，实现井下多定位设备时间基准统一与数据可靠传输；研究基于自训练抑制模型的 NLOS 误差动态补偿算法，实现非视距观测数据的误差识别与动态修正，显著降低复杂巷道环境下原始位置解算误差；研发 5G/UWB/PDR/惯导等多源异构数据融合的矿井人员协同定位技术，通过多源定位数据互补融合与协同解算，实现复杂巷道场景下人员亚米级实时精准定位。

4、多模态时空信息融合的井下作业人员不安全行为识别技术

研发基于矿井星网底座的多模态数据时间基准统一方法，采用最小二乘时间配准算法，解决多源数据时间基准同步难题；研发基于多模态时序特征融合的不安全行为识别模型，融合视觉表征、红外热特征、毫米波微动与点云轨迹等多模态时空信息，实现矿工的不安全行为精准识别；提出基于 TensorRT 的模型加速部署方案，对不安全行为识别模型进行量化压缩、层融合与推理引擎适配优化，加快推理速度，实现不安全行为的快速精准识别。

5、面向人员全流程风险处置的事件驱动智能管控平台

依托矿井星网统一传输与高精度授时能力，研究人员状态、位置、行为及异常事件等多源信息的统一汇聚与关联分析方法，构建动态决策机制与事件驱动的分布式架构，实现多源异构数据关联分析、异常事件智能判别与管控任务协同分发；建立准入评估、协同定位、行为识别与异常处置的跨系统联动机制，开发矿井作业人员全流程智能融合管控平台，形成“感知-识别-决策-处置”闭环管控链路，实现矿井作业人员全过程安全风险智能管控。

项目成果已在国家能源、中煤能源、山东能源、陕煤集团、川煤集团、甘肃靖煤等所属煤矿推广应用。截至 2025 年末，相关系统连续稳定运行两年，累计实现新增销售额 108374.15 万元、新增利润 33562.45 万元、新增税收 12763.47 万元。其中，天地（常州）自动化股份有限公司新增销售额 94498.15 万元、新增利润 28349.45 万元、

新增税收10871.47万元；甘肃靖煤能源有限公司新增销售额9312万元、新增利润3378万元、新增税收1252万元；四川川煤华荣能源有限责任公司新增销售额4564万元、新增利润1835万元、新增税收640万元。

该项目在IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems、煤炭科学技术、工矿自动化等国内外著名学术期刊发表代表性论文35篇，授权专利23项，获得软件著作权15项，参与制定标准2项，培养研究生12名。查新表明：除本项目申报单位公开的内容外，国内外未见其他相同文献报道，本项目具有新颖性。

2024年10月至2026年7月，中国煤炭工业协会、中国职业安全健康协会分别组织鉴定专家对本项目科技创新成果1-4进行鉴定。经鉴定，各技术成果分别达到了国际领先、国内领先、国际先进等水平。

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(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	一种矿工异常心理状态分级预警方法	中国	ZL202511220625.3	2025.11.14	8470197	西安科技大学，四川嘉华机械有限责任公司	**潘红光**，**陈飞**，**张晶园**，秦学斌，**李利**，**郭强**，孙凯文，王欣瑞，雷心宇，景宁波，滕冰洋，李立星，李勇，高红正
2	发明专利	用于煤矿开发的矿山网络运维管理系统及方法	中国	ZL202510620412.3	2025.08.19	8170876	西安科技大学，甘肃靖煤能源有限公司	孙国辉，**曹鑫**，谢小亚，刘小岗，**潘红光**，郭秀才
3	发明专利	矿工跨越警戒线行为的识别方法	中国	ZL202511053761.8	2025.10.03	8329389	西安科技大学	**潘红光**，辛芳芳，雷心宇，陈航毅，**蒋泽**，张立斌，**郭强**，**李利**，景宁波，秦学斌
4	发明专利	基于步长估计的井下人员定位方法、计算机设备及其介质	中国	ZL202411658983.8	2025.02.07	7708818	天地(常州)自动化股份有限公司，中煤科工集团常州研究院有限公司，西安科技大学	**潘红光，周澍，陈海舰，李利**，**郭强**，景宁波，魏绪强
5	发明专利	一种 UWB 定位系统的分布式时隙划分方法	中国	ZL202210587670.2	2024.08.06	7267182	天地(常州)自动化股份有限公司，中煤科工集团常州研究院有限公司	陈康，包建军，**周澍**，陈贤，王伟
6	发明专利	多参考节点 UWB 高效测距方法、装置及系统	中国	ZL202010935064.6	2022.09.02	5423356	天地(常州)自动化股份有限公司，中煤科工集团常州研究院有限公司	陈康，徐寿泉，金业勇，王伟，叶国庆，罗克，包建军，赵宇，宋兴家，王军，**周澍**，储楠，张立峰，陈贤，孙旭峰，杨旭峰
7	发明专利	煤矿井下多系统融合联动控制关系配置方法以及联动智能网关	中国	ZL201911406975.3	2022.06.21	5247884	天地(常州)自动化股份有限公司，中煤科工集团常州研究院有限公司	赵小兵，**蒋泽，**朱晓洁，张明杰，姚超修，陈向飞，陈辉，钱杰，刘冬
8	软著	煤矿环境下人员生理指标智能监测与应急管控系统	中国	2025SR0067349	2025.01.10	14723466	西安科技大学	**潘红光**，李孟霖，滕冰洋，王嘉琪，孙凯文，李勇

9	论文	Images reconstruction from functional magnetic resonance imaging patterns based on the improved deep generative multiview model	中国	2023 年 509 卷 103-112 页	2023-01-15	Neuroscience	西安科技大学，工业物联网与网络化控制教育部重点实验室，大唐电信科技股份有限公司，西安交通大学，陕西山利科技发展有限责任公司	**潘红光**，付云鹏，温帆，李卓逸，胡建晨，**吴波**
10	标准	非侵入性脑机接口设备技术规范	中国	T/CITS 414-2025	2025.05.23	中国检验检测学会	浙江睿麟脑机医学科技有限公司，西安科技大学，哈尔滨工业大学（深圳），迈格生命科技（深圳）有限公司，西安慧脑科技智能有限公司，华东理工大学，成都锦城学院，杭州睿笛生物科技有限公司，北京科技大学，西安交通大学，中脑云科技(杭州)有限公司，通标中恒标准化技术研究院（北京）有限公司	凌鹏，**潘红光**，马婷，吕海岩，王宁，金晶，王建，陈永刚，宋玉军，郑杨，叶辰飞，韦新，张纪庄，李敏，蔡国庆，闫文强，韩丞丞，刘浩，王博知，刘岩，吴永利，汪贤峰，雷晓飞，徐敬铭，包瑾，晨萌

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
潘红光	1	副院长	教授	西安科技大学	西安科技大学	总体设计，协调项目进度
吴波	2	技术总监	正高级工程师	陕西山利科技发展有限责任公司	陕西山利科技发展有限责任公司	工业试验
曹鑫	3	部长	高级工程师	甘肃靖煤能源有限公司	甘肃靖煤能源有限公司	现场部署与应用验证
李利	4	副主任	副教授	西安科技大学	西安科技大学	软件设计，文件编制
陈海舰	5	院长	高级工程师	天地(常州)自动化股份有限公司	天地(常州)自动化股份有限公司	硬件总体设计
蒋泽	6	院长	高级工程师	天地(常州)自动化股份有限公司	天地(常州)自动化股份有限公司	管控平台研发
郭强	7	副主任	讲师	西安科技大学	西安科技大学	算法设计
张晶园	8	副主任	讲师	西安科技大学	西安科技大学	算法设计
陈飞	9	主任	高级工程师	四川嘉华机械有限责任公司	四川嘉华机械有限责任公司	系统测试
周澍	10	副主任	工程师	天地(常州)自动化股份有限公司	天地(常州)自动化股份有限公司	网关开发与联动控制

七、主要完成单位情况

1.西安科技大学

西安科技大学全面负责本项目研究方案的制定与组织实施，完成了星网赋能矿井作业人员安全防控体系构建关键技术与应用，与天地（常州）自动化股份有限公司、甘肃靖煤能源有限公司、四川嘉华机械有限责任公司、陕西山利科技发展有限责任公司合作完成，表现为：1）研究矿井人员智能适岗评估、多源异构协同定位、多模态不安全行为识别核心算法，实现人员入井评估、亚米级定位、行为实时识别；2）研发矿井人员全流程智能融合管控平台，实现井下人员全流程闭环管控；3）开展成套技术装备的井下工业性试验，验证人员适岗评估、协同定位、行为识别等功能在真实矿井场景下的实际应用效果。

2. 天地（常州）自动化股份有限公司

作为该项目的主要参与单位之一，天地（常州）自动化股份有限公司积极推动项目现场应用示范。表现为：1））研究本安型万兆级井下星网多制式共网覆盖技术，攻克高低频载波聚合与多信号融合难

题；2）参与本安型一体化基站、定位感知单元硬件结构设计与工程化适配，完成井下复杂巷道环境设备安装调试与实地参数优化；3）推广井下星网、人员适岗准入评估、高精度协同定位、不安全行为识别等关键技术在多家煤矿企业的应用，保障项目成果的现场高效实施与规模化推广。

3. 陕西山利科技发展有限责任公司

作为该项目的主要参与单位之一，陕西山利科技发展有限责任公司积极推动项目立项、组织、实施。表现为：1）负责国内外相关技术方案调研、研究内容的资料整理与报告编写、现场监测数据分析与总结；2）协助西安科技大学开展人员适岗评估、协同定位、不安全行为识别技术研究，实现矿井人员适岗状态精准评估、违规行为智能识别与人员精准定位；3）协助应用单位开展工业性试验，并积极推动该技术向全行业相似条件矿井推广应用。

4. 甘肃靖煤能源有限公司

作为该项目的主要参与单位之一，甘肃靖煤能源有限公司积极推动项目现场应用示范。表现为：1）提供煤矿井下工业试验现场，提供井下工作面、回风巷等典型复杂工况条件，为装备部署、数据采集与系统测试提供现场保障；2）参与井下设备安装配套工艺研究，协助完成装备的地面联调及井下现场装配，支撑项目装备工程化落地；3）参与现场试验方案制定，反馈井下现场信号传输、人员管控实际业务需求，完成系统现场试运行与功能校验。

5. 四川嘉华机械有限责任公司

作为该项目的主要参与单位之一，四川嘉华机械有限责任公司积极推动项目现场应用示范。表现为：1）开展成套技术装备的井下工业性试验，验证人员适岗评估、协同定位、行为识别预警等功能在真实矿井场景下的实际应用效果；2）完成硬件样机的本安、隔爆相关工艺实现，配合完成矿用设备安标相关技术资料梳理，保障装备满足煤矿井下防爆安全规范；3）开展现场示范应用，验证了系统在井下星网信号覆盖、多源异构定位解算、多模态不安全行为识别、人员全流程管控等方面的稳定性与可靠性。

八、 完成人合作关系说明

项目实施期间，潘红光、李利、郭强、张晶园为西安科技大学主要完成人；陈海舰、蒋泽、周澍为天地（常州）自动化股份有限公司主要完成人；吴波为陕西山利科技发展有限责任公司主要完成人；曹鑫为甘肃靖煤能源有限公司主要完成人；陈飞为四川嘉华机械有限责任公司主要完成人，主要取得成果如下：

1．潘红光/1、李利/4、郭强/7、张晶园/8、陈飞/9 合作完成专利《一种矿工异常心理状态分级预警方法》。

2．潘红光/1、曹鑫/3 合作完成专利《用于煤矿开发的矿山网络运维管理系统及方法》。

3．潘红光/1、李利/4、蒋泽/6、郭强/7 合作完专利《矿工跨越警戒线行为的识别方法》。

4．潘红光/1、李利/4、陈海舰/5、郭强/7、周澍/10 合作完成专利《基于步长估计的井下人员定位方法、计算机设备及其介质》。

5．潘红光/1、吴波/2 合作完成论文《Images reconstruction from functional magnetic resonance imaging patterns based on the improved deep generative multiview model》。

6．潘红光/1、吴波/2合作共同完成《综采面异常状态的智能视频检测技术及辅助决策系统应用“科学家+工程师“队伍》科研项目。

7．陈海舰/5、周澍/10合作共同完成《矿井空间位置服务系统关键技术研究》科研项目。