

## 项目公示信息

一、项目名称：天然气泄漏燃爆事故智能监测预警与应急处置关键技术

### 二、提名者及提名意见

提名单位：陕西省教育厅

提名意见：

该成果针对天然气泄漏燃爆灾害防控领域的关键科学与技术难题，基于“理论研究-技术攻关-装备开发与应用”的总体思路，系统研究了天然气泄漏燃爆致灾基础特征、预测预警模型和事故应急处置机制，开发了天然气泄漏智能监测技术、智慧应急决策处置技术和火灾爆炸惰化防控技术，研发了天然气泄漏监测预警和火灾爆炸惰化防控系统与装备并开展了推广应用，取得了显著的社会经济效益。

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。**特提名为陕西省科技进步奖一等奖。**

### 三、项目简介

天然气作为低碳化石能源，发挥天然气清洁低碳、高效稳定的独特优势，对于我国能源行业的高质量发展和“碳达峰、碳中和”目标的顺利实现具有重要意义。然而，在天然气开采、储运和使用期间易发生泄漏火灾爆炸事故，造成严重的人员伤亡及财产损失。本项目系统开展了天然气泄漏燃爆事故智能监测预警与应急处置关键技术研究，对预防天然气燃爆事故的发生、减轻事故后果具有重要意义。本项目在多项国家重点研发计划专题、国家自然科学基金项目、省部级科研项目和校企合作项目等支持下，历经多年攻关和实践，以提升天然气泄漏燃爆事故防控和现场应急处置技术水平为目标，系统研究了天然气泄漏燃爆致灾机制，开发了天然气泄漏智能监测技术、智慧应急决策处置技术和火灾爆炸惰化防控技术，研制了天然气泄漏监测预警和火灾爆炸惰化防控装备及系统并开展了推广应用，形成了泄漏燃爆事故智能监测预警与应急处置关键技术及装备体系。主要创新点如下：

创新点1. 开发了天然气泄漏智能监测预警与溯源技术。

明确了不同环境条件下的天然气泄漏扩散范围与风险分布规律。构建了天然气泄漏扩散空间羽流快速预测模型及羽流时空演化超前预测模型，实现了天然气泄漏扩散物理特性预测。提出了具有可解释性的基于注意力学习和长短时记忆网络的天然气泄漏实时智能监测溯源模型。研制了基于分布式光纤传感、TDLAS和光学超材料等技术的天然气泄漏监测系统，实现了典型场景中泄漏天然气的快响应、高精度实时监测及泄漏事件预警。

创新点2. 形成了天然气泄漏燃爆事故后果快速预测与智慧应急决策技术。

开发了大规模天然气泄漏事故后果快速预测技术，解决了传统高斯模型在复杂地形适应性上的不足以及完全CFD模型计算速度慢的难题。构建了天然气泄漏燃爆事故应急处置方案基础数据库，明确了事故演化路径与应急处置策略的非线性映射关系，实现了处置方案与动态演化事故情景的精准适配。建立了基于虚拟演练的应急处置方案优化迭代机制与模型，形成了适用天然气事故多米诺演化过程的现场应急处置辅助决策技术。

创新点3. 研发了天然气惰化防爆及火灾爆炸抑控技术装备。

揭示了细水雾控制衰减天然气射流火焰机制、以及多相复配抑制剂对天然气爆炸的协同惰化效应与靶向抑制机理，获得了抑控材料临界特征关键参数。建立了CO<sub>2</sub>分阶段相变计算方法，解决了短时间、大流量长距离输送难题，开发了CO<sub>2</sub>泡沫惰化防爆系统。改进了多相灭火抑爆材料的协同释放工艺，研发了适用于天然气泄漏事故的高效高压灭火抑爆装备和综合灭火抑爆系统，提升了天然气泄漏燃爆事故应急处置技术装备水平。

本项目开展实施期间，取得了一系列标志性成果，先后在Journal of Hazardous Materials、Energy、Process Safety and Environmental Protection、化工学报等国内外权威期刊发表学术论文108篇（其中SCI/EI收录87篇；ESI热点/高被引8篇）；授权发明专利33项，软件著作权12项，参与起草地方标准规范6项，培养博士4名、硕士12名。

## 四、客观评价

### 1 项目验收情况

本成果所依托的国家级、省部级科研项目和校企合作项目，均已通过验收。

### 2 科技查新情况

“科技部西南信息中心查新中心”就本项目核心技术成果所涉及的各创新点开展了查新检索，结果表明除项目组已发表成果外，在国内外所查文献中未见相同报道。

### 3 论文发表引用情况

本成果发表学术论文108篇，其中SCI/EI检索87篇，8篇入选ESI热点/高被引论文；核心技术成果被多位国内外知名学者正面引用并给予高度评价。

### 4 知识产权及人才培养情况

依托本项目成果，参与起草地方标准规范6项，授权发明专利、实用新型专利及软件著作权等50余项；培养了一批博/硕士研究生及现场技术人员。

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	一种基于微纳光纤阵列的光热光谱气体检测装置及方法	中国	ZL202410627197.5	2024.08.02	证书号第7257339号	西安科技大学	李俊
2	发明专利	一种基于液态二氧化碳的多剂联合灭火系统与方法	中国	ZL202010710986.7	2021.08.27	证书号第4640359号	西安科技大学 西安捷锐消防科技有限责任公司	刘长春，邓天刁，吴鹏志，罗振敏，邓军，程方明，王伟峰，白磊，姜桦，黄林远
3	发明专利	基于两相流驱动的正压泡沫灭火系统以及泡沫生成方法	中国	ZL201910238273.2	2020.09.25	证书号第4004851号	西安科技大学 西安捷锐消防科技有限责任公司	刘长春，邓天刁，黄林远，邓军，罗振敏，程方明，白磊
4	发明专利	动态浓度梯度可燃气体爆炸抑爆管道式实验装置及方法	中国	ZL202210846005.0	2024.05.17	证书号第7007281号	西安科技大学	罗振敏，李睿康，程方明，王涛，林海飞，王亚超，刘博，王秋红
5	发明专利	一种混合可燃气体的爆炸极限计算方法	中国	ZL201810102343.7	2019.10.15	证书号第3557554号	西安科技大学	罗振敏，郝强强，王涛，程方明，邓军，王秋红，王亚超，刘博，张江，易欣
6	发明专利	一种可燃气体最小点火能分析方法	中国	ZL202011205530.1	2022.01.28	证书号第4908765号	西安科技大学	罗振敏，李大方，苏彬，王涛，苏洋，刘利涛，王亚超，朱晓春.
7	发明专利	甲烷爆炸最小氧浓度影响指数的主成分多元回归分析方法	中国	ZL201811499508.5	2019.08.27	证书号第3507209号	西安科技大学	罗振敏，苏彬，李睿康，刘博，王秋红，王涛，康凯，安亚飞.
8	发明专利	一种管道内气体爆炸火焰传播真实速度的获取方法	中国	ZL202010044933.6	2023.01.31	证书号第5720070号	西安科技大学	王涛，赵婧昱，罗振敏，邓军，文虎，程方明，肖旻，王亚超，苏彬，李睿康，康晓峰
9	发明专利	一种抑制瓦斯爆炸热反应进程的三相抑制剂复配方法	中国	ZL202011597217.7	2024.04.05	证书号第6873278号	西安科技大学	王涛，罗振敏，梁鹤，赵婧昱，邓军，文虎，程方明，丁旭涵，刘长春，苏彬，李睿康，苏洋
10	发明专利	一种凝胶和凝胶泡沫两用灭火系统及方法	中国	ZL202210102417.3	2023.05.02	证书号第5937616号	西安科技大学 三一汽车制造有限公司	刘长春，张翌祥，段啸天，李存英，刘思奇，艾国栋，肖勇，胡亮

## 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
罗振敏	1	副校长	教授	西安科技大学	西安科技大学	担任项目总负责人，为本项目的第一完成人，负责总体技术攻关
王涛	2	无	教授	西安科技大学	西安科技大学	多相复配材料抑制甲烷爆炸进程的协同增效机制
苏彬	3	无	副教授	西安科技大学	西安科技大学	甲烷爆炸极限、最小点火能预测
吴钢	4	总工程师	高级工程师	陕西省消防救援总队	陕西省消防救援总队	天然气泄漏事故智慧应急决策技术
程方明	5	无	教授	西安科技大学	西安科技大学	天然气爆炸极限、压力、火焰传播等宏观特性演化规律
刘长春	6	无	副教授	西安科技大学	西安科技大学	细水雾作用下甲烷射流火焰热辐射衰减机理
周尚勇	7	无	讲师	西安科技大学	西安科技大学	天然气惰化防爆实验
李俊	8	无	副教授	西安科技大学	西安科技大学	天然气泄漏监测系统研发
余盈荧	9	无	副教授	西安科技大学	西安科技大学	天然气爆炸抑制实验
白磊	10	系副主任	讲师	西安科技大学	西安科技大学	天然气泄漏事故应急处置技术，项目推广和应用和现场实施
李睿康	11	无	讲师	西安科技大学	西安科技大学	天然气爆炸反应机理
杨抗震	12	董事长	工程师	陕西银河消防科技股份有限公司	陕西银河消防科技股份有限公司	项目推广应用，现场实施
刘利涛	13	无	讲师	西安科技大学	西安科技大学	天然气射流火灭火实验
张江	14	无	工程师	西安科技大学	西安科技大学	天然气爆炸抑制机理
张訢炜	15	无	无	西安科技大学	西安科技大学	天然气泄漏监测预警技术

## 七、主要完成单位情况

### 1. 西安科技大学

作为项目依托单位，西安科技大学提出了项目的整体技术方案，并负责组织本项目的实施，为本项目关键技术成果成功研发和整体转化推广做出了重要贡献。依托陕西省科技厅“工业火灾与爆炸防控”创新团队、陕西省工业过程安全与应急救援工程技术研究中心等科研平台，系统开展并完成了天然气泄漏燃爆事故智能监测预警与应急处置关键技术研究。表现为：1) 开发了分布式光纤传感技术、TDLAS监测技术和光学超材料传感技术，构建了天然气泄漏智能监测预警模型；2) 研发了天然气泄漏燃爆事故后果快速预测技术；3) 阐明了天然气泄漏燃爆致灾机理和惰化防控技术原理。

### 2. 陕西省消防救援总队

作为项目合作单位，陕西省消防救援总队为本项目关键技术研发和成果转化应用推广做出了重要贡献。表现为：1) 开展了天然气泄漏燃爆事故后果快速预测与智慧应急决策技术攻关；2) 为项目创新点二和创新点三的现场实施应用提供了科研人员和技术人员。

### 3. 陕西银河消防科技装备股份有限公司

陕西银河消防科技装备股份有限公司作为本项目第三完成单位，负责本项目研究过程中技术装备的推广應用和效果评价工作。表现为：研发了系列车载高效高压喷雾灭火系统，兼具“高压、高效能、低流量、低损耗、无污染”等特点，大幅提升了天然气泄漏火灾灭控技术水平。

## 八、完成人合作关系说明

项目实施期间，项目完成人周尚勇、张訢炜由主持人罗振敏教授指导攻读博士学位。罗振敏、王涛、苏彬、程方明、刘长春、李俊、余盈荧、李睿康、杨抗震共同荣获陕西高校科技优秀成果一等奖“天然气泄漏燃爆事故防控理论与技术”。罗振敏、王涛、程方明、张江合作完成发明专利（ZL201810102343.7）。罗振敏、苏彬、王涛、刘利涛合作完成发明专利（ZL202011205530.1）。罗振敏、程方明、刘长春、白磊合作完成发明专利（ZL202010710986.7）。吴钢、白磊共

同完成陕西省重点研发计划项目（2017ZDXM-SF-092）。

主要取得成果如下：

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
1	共同荣获 陕西高校 科技优秀 成果	罗振敏/1、王涛 /2、苏彬/3、程 方明/5、刘长春 /6、李俊/8、余 盈荧/9、李睿康 /11、杨抗震/12	2020.01.01	2024.12.31	天然气泄漏燃爆事故 防控理论与技术
2	共同知识 产权	罗振敏/1、王涛 /2、程方明/5、 李睿康/11	2017.01.01	2024.12.31	动态浓度梯度可燃气 体爆炸抑爆管道式实 验装置及方法
3	共同知识 产权	罗振敏/1、王涛 /2、程方明/5、 张江/14	2017.01.01	2024.12.31	一种混合可燃气体的 爆炸极限计算方法
4	共同知识 产权	罗振敏/1、王涛 /2、苏彬/3、刘 利涛/13	2017.01.01	2024.12.31	一种可燃气体最小点 火能分析方法
5	共同知识 产权	罗振敏/1、王涛 /2、苏彬/3、李 睿康/11	2017.01.01	2024.12.31	甲烷爆炸最小氧浓度 影响指数的主成分多 元回归分析方法
6	共同知识 产权	罗振敏/1、王涛 /2、苏彬/3、程 方明/5、李睿康 /11	2017.01.01	2024.12.31	一种管道内气体爆炸 火焰传播真实速度的 获取方法
7	共同知识 产权	罗振敏/1、王涛 /2、苏彬/3、程 方明/5、刘长春 /6、李睿康/11	2017.01.01	2024.12.31	一种抑制瓦斯爆炸热 反应进程的三相抑制 剂复配方法
8	共同知识 产权	罗振敏/1、程方 明/5、刘长春/6、 白磊/10	2017.01.01	2024.12.31	一种基于液态二氧化 碳的多剂联合灭火系 统及方法
9	共同知识 产权	罗振敏/1、程方 明/5、刘长春/6、 白磊/10	2017.01.01	2024.12.31	基于两相流驱动的正 压泡沫灭火系统以及 泡沫生成方法
11	共同完成 项目	吴钢/4、白磊/10	2017.01.01	2024.12.31	陕西省重点研发计划 项目 2017ZDXM-SF- 092