

北京市科技奖推荐项目公示材料

基本信息		
项目奖项名称	危险化学品微小泄漏快速感知与高效风险防控关键技术装备及应用	
申报奖励类型	北京市科学技术奖科学技术进步奖	
申报等级	☒ 一等奖 ☒ 二等奖 ☐ 三等奖	☒ 同意调级
主要完成人	陈昇，李光海，赵金龙，杨明红，殷松峰，张君娇，姜海一，喻友良，马腾洲，李坤，敖小强，吕大娟，高伟，喻健良，康昊源	
主要完成单位	中国特种设备检测研究院、清华大学合肥公共安全研究院、中国矿业大学（北京）、武汉理工大学、华商国际工程有限公司、北京雪迪龙科技股份有限公司、长飞光纤光缆股份有限公司、大连度达理工安全系统有限公司、上海海关工业品与原材料检测技术中心、凯特克集团有限公司	
推荐单位	中国特种设备检测研究院	
奖项的主要项目来源	☒ 国家级 ☒ 省部级 ☐ 其他	
具体计划、基金的名称和编号： 1、国家重点研发计划课题“口岸典型场景致灾因子成灾机理研究及灾害防控平台构建”2019YFC0810901； 2、国家重点研发计划课题“冬奥用承压设备状态监测及风险预警技术研究”2019YFF0302202； 3、应急管理部消防救援局科技计划项目“典型液体燃料火灾泡沫灭火有效性研究与实战灭火策略分析”2022XFZD04。		

一、项目简介

危险化学品是国民经济发展的核心引擎和科技强国的产业基石。近年来危化品泄漏事故频发，占安全事故总数一半以上，是国家危化品安全治理模式向“事前预防”转型的首要目标。危险化学品微小泄漏隐蔽性强、辨识难，防控不及时极易衍生为重大安全事故，造成社会负面影响。由此，本团队建立了危险化学品微小泄漏“精准预测-快速感知定位-高效控制”关键技术体系，从源头遏制早期泄漏并提升防控时效性。项目取得如下创新成果：

（1）逃逸和有限孔微小泄漏扩散速率工程化精准预测方法。建立了微小泄漏扩散系列化测试平台，探究了不同介质相态泄漏扩散速率与内外压差和缺陷形貌之间的关联机制，开发了覆盖气态、液态和两相流相态及密封面逃逸、有限孔泄漏类型的泄漏速率和湍流扩散工程化预测模型，突破了现有模型泄漏扩散速率预测精度不高、工业环境预测不准的难题，实现了微小泄漏扩散速率 20%误差内准确预测，有力支撑了危险化学品泄漏分级监管。

（2）微小泄漏多维快速感知、溯源定位系列化技术。开发了微小泄漏多组分 TDLAS 高灵敏远距离遥测、气-声-力-热多参量融合光纤原位监测、声发射与低频电磁原位检测、太赫兹时域光谱气体原位辨识的系列秒级感知技术装备，建立了 CFD 与 AI 神经网络结合的泄漏溯源秒级定位方法，突破了危险化学品泄漏精准度低、误报率高、感知定位速度慢的难题，形成了微小泄漏“点、线、面”立体化多维快速感知技术体系，实现了关键技术装备国产化、标准化。

（3）泄漏演变致灾前动态风险量化评估及高效控制技术。提出了泄漏动态风险量化评估及致灾强度精准推演技术平台，预知风险演变；研创了可控微小泄漏的无力臂扭矩拉伸密封紧固修复、不可控小泄漏的强附着凝胶泡沫隔离与超韧聚脲/聚酰胺堵漏控制、不可控大泄漏的紧急有序泄放保护的泄漏演变致灾前高效控制技术，突破了泄漏动态风险识别不及时、控制效果差、效率低的难题，微小泄漏率可降至 ppm 量级，填补国内空白；不可控泄漏隔离、堵漏、有序泄放三级组合技术可大幅降低泄漏事故发生概率，达到事前预防效果。

项目获发明专利 44 项，标准 11 项，形成装备 12 套，成果广泛用于化工、制冷、氢能等行业，占据一半以上国内大型石化承压设备危化品泄漏检测、评估、控制、修复市场，每年控制上百万个密封点泄漏，减少非计划停车上百次，有效避免重大安全事故发生，近 3 年新增收入 20.71 亿元，利润 3.11 亿元，经济效益显著。此外，成果还用于北京冬/残奥会“雪游龙”场馆氨制冷系统及八达岭隧道赛事安全保障、海关口岸危险化学品快速通关查验监管、以及深海核动力装备、航空发动机、核反应堆蒸汽发生器高压危险介质泄漏风险控制，具有较好社会效益。以张来斌院士为主任的鉴定委员会认为：“在微小泄漏气-声-力-热多参

量融合光纤原位传感、无力臂扭矩拉伸密封紧固修复等方面达到国际领先水平”。

二、推广应用情况

在《中华人民共和国安全生产法》危险化学品“双重预防机制”导向和特种设备行业“零泄漏、零事故”发展需求下，迫切需将泄漏“事后应急处置”现状向“预防性控制”方向转变。本项目针对化工承压设备微小泄漏预测精度不足、感知预警时效性差、早期控制效率低的难题，建立泄漏风险快速感知及高效防控技术装备及体系，从源头降低泄漏风险并提升防控时效性。目前已通过提供泄漏风险预测、检测、评估、控制、管理安全和环保技术服务，已在北京冬奥会雪橇中心场馆，上海、天津海关口岸，加氢站、石油化工承压设备、深海勘探、深空发射、核电生产、军工等各类重大场所进行推广应用，并获得了显著的经济和社会效益。每年控制上百万个密封点泄漏，减少非计划停车上百次，有效避免重特大安全事故发生，显著提升承压设备安全韧性和危化品安全监管水平，有力支撑了承压设备绿色安全运行。未来在环境污染和危险化学品安全国家监管、企业危险源、污染物管控及巡查等方面具有较大的应用推广市场，可产生较大的经济效益；同时，可推广至各行各业以及各类重大场所，彰显国际影响力和避免社会负面影响。

三、曾获科技奖励情况

获 奖 项 目 名 称	获奖时间	奖项名称	奖励等级	授奖部门（单位）
承压设备密封泄漏风险在线预知及高效预防技术	2024 年 7 月	公共安全科学技术奖	一等奖	公共安全科学技术学会
基于光电融合的特种功能材料集成生化环境感知技术及工程应用开发	2024 年 7 月	中国仪器仪表学会科技进步奖	一等奖	中国仪器仪表学会
公路隧道危化品典型突发事件应急处置关键技术及应用示范研究	2024 年 7 月	公共安全科学技术奖	一等奖	公共安全科学技术学会
储罐火灾燃烧机理与智能防控精准一体化装备	2024 年 9 月	中国消防协会科学技术创新奖	一等奖	中国消防协会

四、主要知识产权证明目录

知识产权 (标准) 类别	知识产权(标准)具 体名称	国家(地区) /期刊或会议 名称	授权号(标准 号)	授权(标准发 布/论文发表) 日期	证书编号(标 准批准发布 部门, 论文 卷、期、页码)	权利人(标准起草单位, 作者单位)	发明人(标准起草 人, 论文作者)	发明专利 (标准) 有效状态
国家标准	无损检测 声发射泄 漏检测方法	中国	GB/T 33643-2022	2022 年 3 月 9 日	国家市场监 督管理总局 中国国家标准 化管理委员 会	中国特种设备检测研究 院, 上海材料研究所, 安 徽华夏高科技开发有限 责任公司, 南京市锅炉压 力容器检验研究院, 北京 声华兴业科技有限公司, 山东科捷工程检测有限 公司, 北京科海恒生科技 有限公司	张君娇, 沈功田, 沈永娜, 丁杰, 业 成, 胡斌, 俞跃, 王婷, 蒋俊, 刘时 风, 李寰, 梁玉梅, 段庆儒, 熊群峰	其他有效 知识产权
国家标准	承压设备修理基本 要求	中国	GB/T 42595 —2023	2023 年 5 月 23 日	国家市场监 督管理总局 中国国家标准 化管理委员 会	中国特种设备检测研究 院, 合肥通用机械研究院 有限公司, 中国石油天然 气股份有限公司炼油与 化工分公司, 国家市场监 督管理总局, 中国石油化 工集团有限公司等	姜海一, 李军, 杜 晨阳, 卜华全, 谢 国山, 林震宇, 史 进, 王建军, 赵保 成, 邵珊珊, 赵斌, 王辉, 刘长军, 郭 广飞, 杜彦楠, 雷 高涛, 袁奕雯, 康 昊源等	其他有效 知识产权
国家标准	承压设备低频电磁 检测方法	中国	GB/T 44845-2024	2024 年 10 月 26 日	国家市场监 督管理总局 中国国家标	中国特种设备检测研究 院, 北京工业大学, 重庆 市特种设备检测研究院,	李光海, 陆新元, 焦敬品, 邵珊珊, 陈杰, 张彬斌, 彭	其他有效 知识产权

					准化管理委员会	南京市锅炉压力容器检验研究院等	刚, 袁坤, 罗雄等	
国家标准	安全阀与爆破片安全装置的组合	中国	GB/T 38599-2020	2020 年 3 月 21 日	国家市场监督管理总局 中国国家标准化管理委员会	上海华理安全装备有限公司, 大连度达理工安全系统有限公司, 英侨机械制造有限公司, 徐州八方安全设备有限公司等	吴全龙, 顾雪铭, 卞锦保, 喻友良等	其他有效知识产权
发明专利	一种高压气体泄漏扩散联动测量试验系统	中国	CN 110926731 B	2024 年 11 月 15 日	第 7526037 号	中国特种设备检测研究院	陈昇, 何萌, 康昊源, 孙丽, 谢国山, 朱国栋, 邵珊珊, 庄法坤	有效专利
发明专利	一种可模拟水面流动及波浪存在下的油品持续泄漏流淌火装置	中国	CN 115656415B	2025 年 1 月 14 日	第 7667977 号	中国矿业大学 (北京)	赵金龙, 张清元, 李信江, 张少华	有效专利
发明专利	氯乙烯远距离开放光程中红外脉冲激光监测装备及方法	中国	CN 119064304 B	2025 年 1 月 21 日	第 7676196 号	中国特种设备检测研究院	陈昇, 俞跃, 何萌, 李天天, 谢国山, 李子争, 韩继鹏, 王炳捷	有效专利
发明专利	一种基于峰体映射的双重叠谱峰解析方法	中国	CN 113607867B	2024 年 6 月 11 日	第 70859993 号	清华大学合肥公共安全研究院	刘卫, 赵富胜, 刘澍, 米文忠, 殷松峰	有效专利

发明专利	一种基于傅里叶变换的光谱降噪方法	中国	CN 117574063 B	2024 年 4 月 16 日	第 6912264 号	北京雪迪龙科技股份有限公司	王振, 张倩暄, 李刚, 谢政, 敖小强, 韩汐	有效专利
发明专利	一种基于光电探测器的光纤氢气检测装置	中国	CN 107741399B	2023 年 6 月 20 日	第 3823601 号	武汉理工大学	代吉祥, 杨明红, 王高鹏, 向峰, 秦玉寰	有效专利
发明专利	一种空芯反谐振光纤气体拉曼光谱的空间滤波系统	中国	CN 113534332 B	2023 年 7 月 28 日	第 6186550 号	武汉理工大学	杨明红, 熊灵犀, 郭东来, 胡文彬, 程乘, 代吉祥等	有效专利
发明专利	一种基于法布里珀罗腔的微型化高温传感器及其制作方法	中国	CN 109282914 B	2023 年 4 月 18 日	第 5892459 号	长飞光纤光缆股份有限公司	吕大娟, 曹蓓蓓, 郭飞, 张国钺, 徐东, 李立彤	有效专利
发明专利	一种评估辐射作用下泡沫流动性与热稳定性的装置及方法	中国	CN 118961508 B	2025 年 4 月.18 日	第 7879148 号	中国矿业大学 (北京)	赵金龙, 王振华, 赵利宏	有效专利
发明专利	氨泵供液制冷系统及其控制方法	中国	CN 112146314 B	2022 年 3 月 11 日	第 4988492 号	华商国际工程有限公司	李坤, 李瑞申, 张蕊, 孙天慧, 孙建军	有效专利
团体标准	石油化工装置法兰密封结构安装与维修技术规范	中国	T/CPI 64002-2023	2025 年 6 月 6 日	中国石油和石油化工设备工业协会	中国特种设备检测研究院, 中国石化工程建设公司, 中国石油化工股份有限公司化工事业部, 中国石油化工股份有限公司	戴澄, 郭雪华, 陈祖志, 姜海一, 高晖, 高伟, 何承厚, 任刚, 赵斌等	其他有效知识产权

						炼油事业部，中国石油炼化化工和新材料分公司，中海炼化石油有限责任公司，国家能源投资集团有限公司责任公司化工产业管理部，凯特克集团有限公司等		
--	--	--	--	--	--	---	--	--

注：专利只统计授权专利

五、主要完成单位及对本项目技术创新和应用的贡献

排序	主要完成单位	创新推广贡献
1	中国特种设备检测研究院	负责项目组织、协调、统筹、研发及推广应用，在承压设备泄漏扩散模型开发、泄漏快速感知技术装备研制、泄漏高效防控技术平台研制等方面做出突出贡献，建立有承压设备泄漏“精准预测—快速感知定位—高效控制”为主线的泄漏风险快速感知及高效防控技术装备体系，减少非计划停车上百次，有效避免重大安全事故发生；成果在北京冬、残奥会、海关口岸、石油化工、加氢站、城镇燃气等各类重大场合提供了有力安全保障，显著提升了承压设备安全韧性和危化品安全监管水平，通过产品销售、技术服务、技术咨询取得可观的直接经济效益和社会效益。
2	清华大学合肥公共安全研究院	负责项目协调、研发及推广应用，在可调谐二极管激光光谱（TDLAS）高性能激光传感器及模组研发中做出贡献，参与多组分高危气体 TDLAS 集成装备研制及泄漏风险多维感知、风险预警技术平台开发，实现了氨气、氯乙烯、甲烷、硫化氢等高危气体微小泄漏快速感知，成果在城镇燃气、石油化工、海关口岸等重大民生设施上广泛应用，通过产品销售、技术服务取得一定的直接经济效益和社会效益，有力支撑了承压设备泄漏风险快速感知。
3	中国矿业大学（北京）	负责项目协调、研发及推广应用，在强附着凝胶泡沫及应急装备研制中做出贡献，参与泄漏全过程控制技术装备研制，实现泄漏后半小时以上长时高效泡沫隔离，成果在北京冬、残奥会八达岭隧道，石油化工，北京市消防救援等场景下得到广泛应用，具有较大的社会效益，有力支撑了承压设备泄漏风险高效防控。
4	武汉理工大学	负责项目协调、研发及推广应用，在气-声-力-热多参量融合光纤原位传感装备研制中做出贡献，参与泄漏风险多维感知、高可靠性预判、定位预警、风险管理技术平台构建，实现泄漏后风险高效评估，成果在化工、煤化工、加氢站等场所上广泛应用，通过产品销售、技术服务取得可观的直接经济效益和社会效益，有力支撑了承压设备泄漏风险快速感知。
5	华商国际工程有限公司	参与项目研发及推广应用，承担制冷承压设备防泄漏设计及泄漏防控，重点参与氨制冷承压设备泄漏扩散机制、在线感知及风险管理、紧急连锁控制等技术研究，成果在北京冬、残奥会雪车雪橇中心场馆，以及全国各大冷库得到了应用，通过技术服务、技术咨询取得了较好的经济和社会效益，有力支撑了承压设备密封泄漏风险在线感知和高效防控。
6	北京雪迪龙科技股份有限公司	负责项目协调、研发及推广应用，在承压设备泄漏监测评估、智慧运维管理等技术研究中做出贡献，有力支撑了石油化工等危险化学品、重大污染源泄漏防控，显著提升了危险化学品安全监管和排放控制水平，通过产品销售、

		技术服务、技术咨询取得可观的直接经济效益和社会效益。
7	长飞光纤光缆股份有限公司	参与项目研发及推广应用，承担多参量特种光纤基材和传感器研制，重点参与气-声-力-热多参量特种光纤原位传感装备研制及应用，辅助泄漏在线感知装备信号通讯传输，通过产品销售、技术服务取得可观的直接经济效益，有力支撑了承压设备泄漏风险快速感知。
8	大连度达理工安全系统有限公司	参与项目研发及推广应用，在泄漏紧急泄放连锁保护技术方面做出了突出贡献，通过自研的爆破片与安全阀等产品，与承压设备防泄漏设计及工艺深度融合，实现高危介质泄漏前高效调控，成果在石油化工、航天、军工、核电等领域下得到广泛应用，通过产品销售、技术服务取得可观的直接经济效益和社会效益，有力支撑了承压设备泄漏风险高效防控。
9	上海海关工业品与原材料检测技术中心	参与项目研发及推广应用，承担太赫兹时域光谱气体辨识技术装备研究，重点参与泄漏多维感知、风险评估、可靠定位预警、致灾推演预判平台研究，成果在上海、天津海关口岸得到广泛应用，通过技术服务、技术咨询取得了一定的经济效益，有力支撑了承压设备密封泄漏风险在线感知和高效防控。
10	凯特克集团有限公司	参与项目研发及推广应用，在无力臂扭矩拉伸密封紧固修复技术方面做出了突出贡献，与微小泄漏感知和泄漏风险评估技术结合，在石油化工承压设备 VOCs 控制、高危介质泄漏控制和修复等方面得到广泛应用，通过产品销售、技术服务取得可观的直接经济效益和社会效益，有力支撑了承压设备密封泄漏风险高效防控。

六、主要完成人情况表

排名	姓 名	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目技术创造性贡献
1	陈昇	正高级工程师	中国特种设备检测研究院	中国特种设备检测研究院	负责项目组织、协调、统筹、研发及推广应用，在承压设备泄漏扩散模型开发、泄漏快速感知技术装备研制、泄漏高效防控技术平台研制等方面做出突出贡献，建立有承压设备泄漏“精准预测—快速感知定位—高效控制”为主线的泄漏风险快速感知及高效防控技术装备体系，是创新点 1、2、3 的主要贡献者。
2	李光海	研究员	中国特种设备检测研究院	中国特种设备检测研究	项目核心技术骨干，在承压设备泄漏预测、快速感

				院	知、致灾后果评估、泄漏防控等技术研发中做出突出贡献，在承压设备泄漏风险防控方面形成有核心技术标准，是创新点 1 和 2 的主要贡献者。
3	赵金龙	副教授	中国矿业大学（北京）	中国矿业大学（北京）	项目核心技术骨干，在强附着凝胶泡沫及应急装备研制中做出突出贡献，参与泄漏全过程控制技术装备研制，实现泄漏后半小时内以上长时高效泡沫隔离，有力支撑了承压设备密封泄漏风险高效防控，是创新点 1 泄漏扩散和创新点 3 中强附着凝胶泡沫控制技术装备的主要贡献者。
4	杨明红	教授	武汉理工大学	武汉理工大学	项目核心技术骨干，在气-声-力-热多参量融合光纤原位传感装备研制中做出突出贡献，参与泄漏风险多维感知、高可靠性预判、定位预警、风险管理技术平台构建，有力支撑了承压设备泄漏风险快速感知，是创新点 2 中气-声-力-热多参量融合光纤原位传感技术装备的主要贡献者
5	殷松峰	研究员	清华大学合肥公共安全研究院	清华大学合肥公共安全研究院	项目核心技术骨干，负责装备研发；负责可调谐二极管激光吸收光谱的多组分气体泄漏同步在线遥测技术及装备开发，参与氨制冷承压设备动态风险远程监控预警系统平台建设，有力支撑了承压设备泄漏风险快速感知，是创新点 2 中可调谐二极管激光光谱（TDLAS）高性能激光传感器及模组的主要贡献者。
6	张君娇	高级工程	中国特种设备检	中国特种设	项目核心技术骨干，负责

		师	测研究院	备检测研究 院	声发射气体辨识定位技术装备研制，参与承压设备泄漏风险多维感知技术研制，有力支撑了承压设备泄漏风险快速感知，是创新点 2 中声发射技术的主要贡献者。
7	姜海一	正高级工 程师	中国特种设备检 测研究院	中国特种设 备检测研究 院	项目核心技术骨干，负责承压设备泄漏风险评估、密封紧固修复、承压设备防泄漏修理技术研究，有力支撑了承压设备泄漏风险高效防控，是创新点 3 中密封紧固修复技术的主要贡献者。
8	喻友良	工程师	大连度达理工安 全系统有限公司	大连度达理 工安全系统 有限公司	项目核心技术骨干，负责泄漏紧急泄放连锁保护技术装备研制及推广应用，参与高危介质泄放高效调控技术研究，有力支撑了承压设备泄漏风险高效防控，是创新点 3 中紧急泄放连锁保护技术的主要贡献者。
9	马腾洲	高级工程 师	上海海关工业品 与原材料检测技 术中心	上海海关工 业品与原材 料检测技术 中心	项目核心技术骨干，负责太赫兹时域光谱气体辨识技术研究，参与泄漏多维感知、风险评估、可靠定位预警、致灾推演预判平台研究，有力支撑了承压设备泄漏风险快速感知，是创新点 2 中太赫兹技术的主要贡献者。
10	李坤	高级工程 师	华商国际工程有 限公司	华商国际工 程有限公司	项目核心技术骨干，负责制冷承压设备防泄漏设计及泄漏防控技术研究及推广应用，参与泄漏扩散机理模型开发和紧急泄放连锁保护技术研究，有力支撑了承压设备泄漏风险高效防控，是创新点 3 中高危介质泄放高效控制技术的主要贡献者。
11	敖小强	正高级工	北京雪迪龙科技	北京雪迪龙	项目核心技术骨干，负责

		程师	股份有限公司	科技股份有 限公司	承压设备 TDLAS 泄漏检测装备、泄漏风险管理技术研究及推广应用，有力支撑了承压设备重大污染源泄漏防控，是创新点 2 中微小泄漏在线感知技术的主要贡献者。
12	吕大娟	高级工程 师	长飞光纤光缆股 份有限公司	长飞光纤光 缆股份有限 公司	项目核心技术骨干，负责多参量特种光纤基材和传感器研制及推广应用，参与气-声-力-热多参量融合光纤原位传感装备研制，有力支撑了承压设备泄漏风险高效防控，是创新点 2 中多参量特种光纤原位传感技术的主要贡献者。
13	高伟	高级工程 师	凯特克集团有限 公司	凯特克集团 有限公司	项目核心技术骨干，负责密封修复控制技术研究及推广应用；参与法兰密封结构可靠性评价、基于风险的泄漏率控制方法研究及应用，有力支撑了承压设备泄漏风险高效防控，是创新点 3 中无力臂扭矩拉伸密封紧固修复技术的主要贡献者。
14	喻健良	教授	大连度达理工安 全系统有限公司	大连度达理 工安全系统 有限公司	项目主要成员，参与泄漏紧急泄放连锁保护技术装备研制和高危介质泄放高效调控技术研究和推广应用，支撑了承压设备泄漏风险高效防控，是创新点 3 中紧急泄放连锁保护技术的贡献者。
15	康昊源	高级工程 师	中国特种设备检 测研究院	中国特种设 备检测研究 院	项目主要成员；参与泄漏多维感知、风险评估技术研制和推广应用，支撑了承压设备泄漏风险在线感知，是创新点 2 中泄漏风险评估技术的贡献者。