

## 2024 年度安徽省自然科学奖提名项目公示内容

项目名称	受限火羽流行为演化机理与特性基础研究
提名者	中国科学技术大学
提名意见	<p>完成人长期从事受限火羽流行为基础研究，创新发展了受限火羽流行为“场景抽象-机理揭示-物理模化”的研究路径，实现了对于固体边界卷吸受限火焰燃烧行为、交互卷吸受限多火燃烧行为和卷吸受限烟羽流运动特性的高精度预测，为各类场景的火灾精准防控提供了重要的共性理论指导和模型支撑。科学发现包括：1) 提出受限程度为主线研究思路，建立固体边界受限火羽流行为理论模型，被多个国际知名团队用作基准数据和发展模型；2) 提出解耦思路，系统揭示多火交互卷吸受限与热反馈增强耦合作用并量化，结果精度获广泛验证；3) 首次发现并揭示竖井受限烟羽流运动的吸穿、边界层分离，以及烟囱效应与湍流掺混时空混合驱动机制，获国际同行广泛跟踪研究和验证，被评价为跨尺度普适性结果与模型。成果服务于国际两大主流火灾模拟软件开发、国内外规范制定、新型消防装备研发、中国锦屏极深地下实验室等重大工程特殊消防设计。项目发表 SCI 论文 96 篇，11 次国际会议邀请报告。5 篇代表性论文累计 SCI 他引 505 次，单篇最高他引 220 次，其中 2 篇入选 ESI 高被引论文。第一完成人任国际火灾两刊编委、系列性国际会议技术委员会主席等，入选国际燃烧学会会士、国家级科技领军人才、国家优青、爱思唯尔高被引学者等；第三完成人获国际火灾安全科学学会最佳学位论文奖，第五完成人入选中组部国家高层次人才计划。</p>
项目简介	<p>火羽流行为动力学模型是发展城市、森林、建筑、石油化工、交通工具等各类火灾防控方法与技术的理论基础，模型预测精度直接影响到火灾早期探测报警、防火设计、扑救决策等方面有效性。经典理论火羽流是基于自由、对称空气卷吸假设建立的，后续学者针对特定的复杂火灾场景建立了具有极强场景依赖性的经验和半经验模型，面临的关键瓶颈在于如何从根本上构建跨越场景的高精度火羽流动力学模型。该项目创新发展了受限火羽流行为“场景抽象-机理揭示-物理模化”的研究路径，实现了对于固体边界卷吸受限火焰燃烧行为、交互卷吸受限多火燃烧行为和卷吸受限烟羽流运动特性的高精度预测，为各类场景的火灾精准防控提供了重要的共性理论指导和模型支撑。</p> <p>主要科学发现观点如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>揭示了固体边界卷吸受限火焰燃烧行为演化机理：提出了以受限程度为主线，系统揭示受限火焰燃烧行为的研究思路，建立了基于有效卷吸周长的受限火羽流参数（羽流形态和脉动频率等）预测模型，发展了固体边界受限火羽流行为特性理论。</li> <li>揭示了交互卷吸受限多火燃烧行为演化机理：提出解耦思路，系统解决了多火交互卷吸受限与辐射热反馈增强的复杂耦合问题，基于物理机制量化分析了交互火焰空气卷吸受限程度，揭示了交互火焰热反馈主控机制，建立了燃烧速率和对外热辐射模型，发展了交互卷吸受限多火燃烧行为特性理论。</li> <li>揭示了卷吸受限烟羽流运动特性并发展其控制方法：首次发现并揭示了影响竖井排烟效果的两个共性物理机制——烟气顶棚射流吸穿和边界层分离，建立了烟气多尺度实验系统和全尺度解析模型，揭示了烟囱效应和湍流混合的时空混合驱动机制，发展了受限烟羽流的控制方法。</li> </ol> <p>该项目共发表 SCI 论文 96 篇，其中 <i>Proc. Combust. Inst.</i>、<i>Combust. Flame</i>、<i>Fire Safety J.</i>、<i>Fire Technol.</i> 和 <i>Int. J. Heat Mass Tran.</i> 燃烧、传热与火灾权威期刊论文 42 篇，被国际火灾学会主席、多个国家院士、权威期刊主编、权威机构负责人等国际知名学者大篇幅引述、验证或跟踪研究。5 篇代表性论文累计 SCI 他引 505 次，单篇最高他引 220 次，其中 2 篇入选 ESI 高被引论文。项目成果出版专著 2 部，授权发明专利 5 项。第一完成人 11 次在火灾科学与消防工程国际研讨会、亚澳火灾科学与技术大会、国际隧道安全会议、日本燃烧年会等系列性国际学术会议作大会特邀报告。成果被国际火灾领域两大数值模拟软件（Fire Dynamics Simulator (FDS)、FireFoam）作为基准数据和模型，服务于国内外消防规范制定，新型消防设备研发，以及中国锦屏极深地下实验室等国家重大工程的特殊消防设计。受邀担任火灾领域国际两大权威期刊编委，第 40 届和 41 届国际燃烧会议火灾主题主席、第 14 届国际火灾科学大会委员会主席、第 5 届建筑</p>

	能源与环境国际会议技术委员会共同主席等。入选国际燃烧学会会士、“国家高层次人才特殊支持计划”科技创新领军人才、国家优青等。第三完成人获国际火灾安全科学学会（IAFSS）最佳学位论文奖，第五完成人入选中组部国家高层次人才计划。							
<b>主要完成人</b>	纪杰、范传刚、高子鹤、段君瑞、李开源							
<b>主要完成单位</b>	中国科学技术大学							
<b>5 名论证专家</b>	1. 刘乃安、中国科学技术大学、研究员、工程热物理和安全工程 2. 朱霁平、中国科学技术大学、教授级高级工程师、安全工程 3. 胡源、中国科学技术大学、研究员、工程热物理和安全工程 4. 宋卫国、中国科学技术大学、研究员、安全工程 5. 孙金华、中国科学技术大学、教授、工程热物理和安全工程							
<b>代表性论文（专著）目录</b>								
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	论文署名单位是否包含国外单位	是否国内期刊
1	Experimental investigation on influence of different transverse fire locations on maximum smoke temperature under the tunnel ceiling/International Journal of Heat and Mass Transfer / Jie Ji, Chuangang Fan, Wei Zhong, Xiaobo Shen, Jinhua Sun	2012 年 55 卷 4817-4826 页	2012-08-01	Jie Ji	Jie Ji	纪杰, 范传刚, 钟委, 沈晓波, 孙金华	否	否
2	An investigation of the detailed flame shape and flame length under the ceiling of a channel/ Proceedings of the Combustion Institute /Zihe Gao, Jie Ji, Huaxian Wan, Kaiyuan Li, Jinhua Sun	2015 年 35 卷 2657-2664 页	2015-02-26	Jie Ji	Zihe Gao	高子鹤, 纪杰, 万华仙, 李开源, 孙金华	否	否
3	A method of determining flame radiation fraction induced by interaction burning of tri-symmetric propane fires in open space based on weighted multi-point source model/Frontiers in Energy/Jie Ji, Junrui Duan, Huaxian Wan	2022 年 16 卷 1017-1026 页	2021-02-03	Jie Ji	Jie Ji	纪杰, 段君瑞, 万华仙	否	是
4	Predicting heat fluxes received by horizontal targets from two buoyant turbulent diffusion flames of propane burning in still air/Combustion and Flame/Huaxian Wan, Zihao Gao, Jie Ji, Jinhua Sun, Yongming Zhang, Kaiyuan Li	2018 年 190 卷 260-269 页	2018-12-28	Jie Ji	Huaxian Wan	万华仙, 高子鹤, 纪杰, 孙金华, 张永明, 李开源	是	否

5	A study of the effect of plug-holing and boundary layer separation on natural ventilation with vertical shaft in urban road tunnel fires/International Journal of Heat and Mass Transfer /Jie Ji, Ziheng Gao, Chuangang Fan, Wei Zhong, Jinhua Sun	2012年55卷6032-6041页	2012-10-01	Jie Ji	Jie Ji	纪杰, 高子鹤, 范传刚, 钟委, 孙金华	否	否
---	--	--------------------	------------	--------	--------	-----------------------	---	---