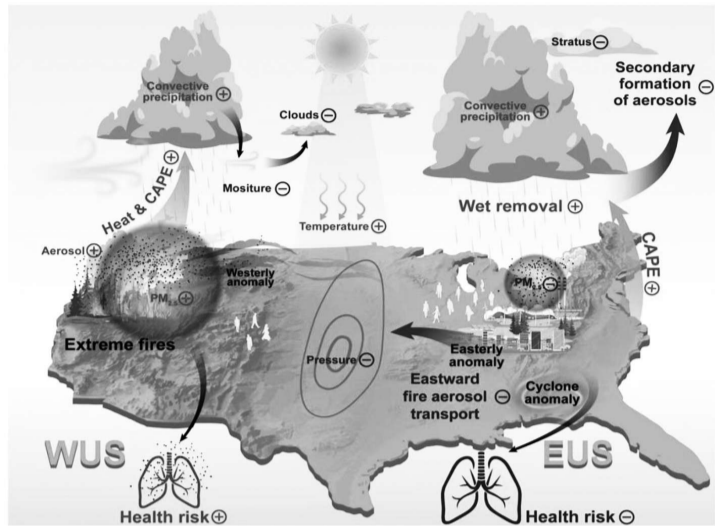


野火缓解千里外空气污染,相关研究登《科学》

郭玉萍团队提供新线索



考虑火的热量后,美国西部野火降低东部污染的机理示意图

全球变暖下野火频次攀升野火会让空气质量变差? 不一定! 复旦团队最新研究发现野火居然能缓解千里之外的空气污染。

9月12日,大气与海洋科学系王勇教授团队论文“Fire Heat Affects the Impacts of Wildfires on Air Pollution in the United States (火释放的热量影响美国野火空气污染)”在《科学》(Science)发表。

这项前沿交叉研究突破传统野火研究的范式局限,融合大气科学、生态学、公共卫生、经济学等多学科力量,构建起更为系统、立体的野火研究框架,不仅改写了学界和公众对野火污染的传统认知,更有望为气候变化背景下的空气质量管控策略提供更精准的科学支撑。

打破传统认知:野火只会让空气质量变差吗?

在全球变暖的大背景下,全球野火正变得越来越活跃,特别是在美国、澳洲等地,野火的发生频率显著升高,燃烧面积扩大、持续时间延长,屡破新纪录。

作为自然气溶胶的主要排放源之一,传统观点普遍认为野火只会对空气质量产生负面影响。然而,王勇团队在一次偶然梳理极端野火期间的全球大气细颗粒物(PM_{2.5})监测站数据时,敏锐捕捉到一个与常识认知相悖的“反常”现象:当美国西部发生极端野火,受直接影响的西部区域PM_{2.5}浓度会显著上升;但令人意外的是,在千里之外的东部地区,PM_{2.5}浓度反而呈现下降趋势,且与西部增幅相当。

这种“西升东降”的现象并非随机出现,而是与美国西部野火释放的热量峰值存在一定的时间差——西部野火最旺盛(释放热量最多)后的1至2天,东部的PM_{2.5}浓度出现最显著的下降。为了进一步验证该现象,研究团队分析核查了多套PM_{2.5}数据集,结果都惊人的一致。

“排除了污染控制政策等潜在干扰因素后,我们开始怀疑,除了野火释放的气溶胶,野火释放的热量会不会对空气质量产生影响?”王勇在复旦和清华的共同支持下,

不断更新思想认识,提出了这一打破常规的思考。长久以来,传统研究多聚焦于野火释放的污染物本身,却普遍忽略了火最原始也最显著的特征——燃烧过程中释放的大量热量(感热和潜热)。

在西部地区7至9月的火季,研究团队分析发现局地野火释放的逐日热量通量最大可达约263 W/m²。如此庞大的热量足以改变局部大气的温度、湿度,甚至触发强对流天气,而对流又恰似一颗投入湖面的“石子”,在大气这一广阔的“湖面”上激起层层涟漪,进而对千里之外的天气状况产生连锁影响。

为了验证“野火释放的热量影响远方空气质量”的核心猜想,团队基于地球系统模式,设计了严谨的大气模拟试验。团队首先将基于观测反演的火的热量引入到两种不同的地球系统模式(传统地球系统模式和对流解析的地球系统模式)中,随后针对性的设置了三组对照试验,形成清晰变量对比:第一组为“无火气溶胶和无热量”的基础对照组,第二组仅加入“火气溶胶”变量,第三组则同时纳入“火气溶胶和热量”两个关键要素。试验结果显示,只有同时纳入气溶胶和热量的第三组试验,才能准确模拟出美国西部野火发生时,西部PM_{2.5}上升、东部PM_{2.5}下降的实际观测现象。这说明野火释放的热量是东部PM_{2.5}浓度下降的核心主导因素。

西部野火释放的热量,究竟如何跨越千里影响东部空气质量? 团队通过追踪大气环流的变化,成功勾勒出了一条清晰完整的机制作用链:首先,西部野火燃烧释放的大量热量,成为触发局部强对流“引擎”。其产生的降水会显著消耗原本向美国中部输送的水汽;水汽输送的减少直接导致了美国中部区域陷入干燥少云的状态,进而引发中部近地层气温升高与低压异常。而中部的低压异常又进一步为美国东部的气旋生成创造有利条件,并推动东风异常。因此,一方面,东部气旋异常有助于增强对流性降水,进而导致“湿清除”作用增加。同时,对流降水还

可以抑制层云二次气溶胶的生成。双重作用下PM_{2.5}浓度显著下降;另一方面,东风异常会形成一道“屏障”,有效抑制西部野火释放的气溶胶向东部扩散。至此,野火热量跨区域影响空气质量的完整路径得以明晰。

对于野火热量跨区域影响空气质量的复杂机制,王勇给出通俗生动的总结:“简单说,西部的野火热量如同推倒了第一张多米诺骨牌,它触发对流,并通过水汽凝结释放潜热对大气环流产生连锁反应,最终让东部雨多了、本地污染物少了、野火释放的气溶胶导致的污染物也不易传输到东部了。”

重算“野火健康经济账”,为全球提供健康与政策启示

这项研究不仅揭示了地球系统中“小区域热源-大尺度气候”的隐秘关联,更直接关系到人类对野火影响的认知。

研究团队结合全球暴露死亡率模型(该模型可通过PM_{2.5}浓度估算过早死亡人数)进行深入分析,发现若仅考虑野火气溶胶的影响,将会严重高估健康风险——全美因PM_{2.5}导致的过早死亡人数会被多算约1200例;结合经济模型得出经济损失高估约33亿美元。尤其是在人口密集的东部地区,这种偏差尤为显著。

从政策制定角度来看,当前美国的空气质量管理政策(如《清洁空气法案》)、野火防控策略以及环境正义,几乎都只关注野火释放的气溶胶,却完全忽略了热量的作用。论文的共同第一作者、博士生马启涵解释道:“这会导致资源错配,例如东部可能无需为‘西部野火带来的污染’过度筹备资源。”

更值得关注的是,这种“野火热量触发的对流”,宛如一条耸入云霄的传送带,它将向对流层高层和平流层低层输送水汽和污染物,进而对全球气候产生影响。王勇表示,“当全球气候因之发生变化后,野火的活动也会随之改变。这就像一场自然之间的对话,野火与气候彼此呼应,最终形成一个循环往复的反馈闭环。”

从过去“美国西部野火会加剧东部污染”的传统认知到“火释放的热量使得西部野火能降低东部污染”的颠覆,王勇团队的研究改写了人类对野火与大气关系的理解。它宛如一面镜子,清晰地映照出了地球系统的复杂——一个小区域的热源(如野火),竟能通过大气环流这一“链条”,对数千公里外的气候与环境产生影响。

“这提醒我们,地球是一个紧密相连的整体,任何局部事件都有可能遥远的地方引发‘蝴蝶效应’。”王勇总结道。

论文链接: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.ads1957>

实习记者 谢 蕴 本报记者 殷梦昊

现代物理研究所郭玉萍团队与中国科学院高能物理研究所合作,通过分析质心能量在4.01 GeV至4.95 GeV范围内的正负电子对撞数据,首次在 $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-hc$ 反应过程中观测到三个共振结构,为探索强子内部结构提供了关键的新线索。研究以“Observation of Three Resonant Structures in the Cross Section of $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-hc$ ”为题,8月11日发表于《物理评论快报》。

本研究精确测量了正负电

子对撞产生一对 π 介子和一个 hc 粒子过程的产生截面,发现在4.3到4.45 GeV的能量区间截面大小保持在一个相对稳定的水平,形成一个“平台”,当能量达到4.5 GeV时,截面急剧下降。描述这种独特的截面变化需要使用三个相干叠加的共振态,其中第三个结构是首次在这个反应过程中被发现,统计显著性超过 5σ 。

原文链接: <https://journals.aps.org/prl/pdf/10.1103/PhysRevLett.128.112001>

来源:科学技术研究院

周磊团队合作取得新突破

未来信息创新学院周磊院长、马少杰青年研究员和香港大学物理系张霜教授合作,在拓扑物态研究领域取得突破性进展,首次在理论和实验层面证明:均匀电磁媒介中存在本征性的高阶拓扑绝缘体(HO-TI)。相关研究成果以“Intrinsic Topological Hinge States Induced by Boundary Gauge Fields in Photonic Metamaterials”为题,8月15日发表于*eLight*。

本工作利用电磁超材料平台中人工原子的本征特性,构建了一类新型的高阶拓扑绝缘体,并在方形截面的均匀杨单极子超材料柱体中通过实验验证了拓扑棱态的存在。本工作在理论和实验层面均证实:在均匀杨单极子介质柱中存在HOTI型棱态。这些棱态源自于合成高维物理空间中非平庸的二阶陈数,其拓扑性质确保了棱模式的存在。与传统依赖于对称性保护HOTI不同,该机制产生的是本征高阶拓扑模式,其存在性不依赖于具体的材料组成、几何构型或系统对称性,因而可在任意截面形状的柱体和一系列均匀电磁材料中普适实现。

原文链接: <https://doi.org/10.1186/s43593-025-00097-7>

来源:科学技术研究院

NSFC-RGC青年学者论坛在我校举办

由我校承办的“NSFC-RGC青年学者论坛:钙钛矿光电能源转换材料与器件”8月20日至22日在江湾校区举办。

来自50余所高校与科研院所的200余位专家学者齐聚一堂,围绕钙钛矿光电材料的前沿技术、基础研究与产业化路径展开深入交流。

论坛设置大会报告和多个专题研讨环节,专家学者们围绕

钙钛矿“单结光伏材料与器件”、“叠层光伏材料与器件”、“光电智能感知器件”、“新材料、新原理、新器件”、“产业发展论坛”等核心议题进行交流。与会专家一致认为,钙钛矿技术正处于从实验室走向产业化的关键阶段,亟需加强原始创新与跨学科协作,构建“教育—人才—产业—创新”四链融合的良好生态。

来源:光电研究院

图片新闻

Nature首席讲师培训



9月12日,科研院特邀Nature首席讲师Jeffrey Robens博士面向全校师生开展题为“提升论文可见度:撰写标题、关键词与摘要”的专业科研培训。

来源:科学技术研究院