



引入“微穹顶”，他们让“凝固的烟”弹起来

■本报记者 崔雪芹 通讯员 周炜

在浙江大学的一间实验室里，两个不锈钢“铁掌”之间，几片气凝胶被压缩到薄薄一张纸的厚度，形变达到99%。神奇的是，即便经历这样数万次的压缩，气凝胶每一次都能重新支棱起来，弹回原来的形状。对于传统气凝胶来说，这样的压缩足以让其“粉身碎骨”，而浙江大学教授高超团队通过改变气凝胶内部的气孔形状，让材料从脆变弹。

这是高超团队10余年来探索的成果。他们成功制备出具有微穹顶结构的高弹气凝胶，其耐热能力突破2000摄氏度（2273开尔文）大关，在反复挤压下依然保持轻盈高弹、性能稳定。

“此项突破不仅为气凝胶产业注入了高效、普适的新型制备范式，还打通了极端温度环境应用的全新路径。”高超告诉《中国科学报》。

这一颠覆性成果源于一种全新的气凝胶构筑方法——氧化石墨烯基二维通道受限发泡法。这是一种简便并且通用的制备方法。研究团队采用这一路线制备了数百种气凝胶，它们都具有独特的隔热能力和高弹性，有望在深空探测器、超音速飞行器、核聚变装置中提供热防护。相关研究论文7月18日发表于《科学》。

让气凝胶“弹”起来

气凝胶是世界上最轻的材料之一，素有“凝固的烟”之称。气凝胶中90%以上都是微纳米级的气孔，通常呈蜂窝或拱形结构，而高超团队则引入了穹顶结构。

“传统气凝胶中的孔隙结构大多有棱有角，而我们的孔隙是微米级的穹顶曲面。”论文共同第一作者、浙江大学先进技术研究院专职研究员庞凯说，穹顶结构常见于生物体和建筑工程中，以卓越的承载能力和机械稳定性著称。“存放鸡蛋的槽孔也是穹顶形状，它能够更好地抵消外部冲击。”

高超团队与西安交通大学教授刘益伦团队合作，揭示了穹顶结构不可展曲面特性会形成丰富的可恢复褶皱，这能让材料储存更多的弹性应变能。

计算机仿真模拟显示，微穹顶结构的弹性应变能存储能力至少是传统结构的10倍，从而让气凝胶展现弹性抗压的特性。高超认为，这一结构代表了多孔材料领域全新的曲率设计理念，可启发创制更多新材料。



多种类型的微穹顶气凝胶堆叠。 浙江大学供图

在“夹缝”中构筑气泡

微穹顶气泡是用一种全新的制备方法构筑的，灵感来源于“大象牙膏”实验：过氧化氢在催化剂的作用下加速分解产生氧气，大量气体与发泡剂混合后形成泡沫喷涌而出，仿佛伸出烧杯的大象鼻子。

“我们提出了二维通道受限发泡的方法，让产气发泡过程发生在氧化石墨烯夹层之间。”高超介绍，二维氧化石墨烯具有丰富的含氧功能基团，能高效捕捉金属离子，防止层间金属离子脱出。常温常压下加入发泡剂后，大量球形气泡在一层层氧化石墨烯之间成核、涌出，留下了微穹顶结构的气孔。

“这个过程就像做面包，面包切面上的气孔就是酵母呼吸作用产生的二氧化碳留下的。”庞凯说，这种二维通道受限发泡的方法操作简单，整个过程不需要高能耗的冷冻干燥或超临界干燥技术，也不依赖复杂昂贵的设备。

高超团队长期致力于石墨烯气凝胶材料的研究。2013年，团队制备的石墨烯碳气凝胶创造了当时世界上最轻材料的纪录。多年来，高超团队一直将制备方法的探索作为重点，他们认为这是气凝胶从实验室走向现实应用的关键。

论文共同通讯作者、浙江大学长聘副教授许震说，二维通道受限发泡的方法具有很大的普适性。石墨烯可与金属、氧化物、碳化物等各种物质组成杂化气凝胶，涵盖121种氧化物、38种碳化物及35种金属体系，大大扩展了气凝胶种类。

此外，研究团队实现了高熵材料组分的可控设计，其组分可调至含有多达30种元素的高熵态。

“我们希望它能成为一个材料家族的创新平台，从单一组分到高熵组分，从导电金属到绝缘陶瓷，从透明、黑白到彩色等。”高超说。

耐热超过2000摄氏度

距离太阳610万公里处，美国帕克太阳探测器创造了史上距离太阳表面最近的纪录。高温是限制其离太阳再近一些的最大障碍，相关资料显示，其现有隔热罩可耐受1650摄氏度的高温。

那么，有没有一种材料能够

耐受更高温度的呢？

高超团队创造的“烯陶”气凝胶可能具备这种能力。它一半是陶瓷、一半是石墨烯，是两者在原子层面的二维杂化。它不像普通陶瓷那样易碎，而是柔软、有弹性。实验显示，烯陶气凝胶在宽温域范围具有突出的力学弹性，不仅常温下能被反复压缩，在4.2开尔文（-268.8摄氏度）深冷至2273开尔文（2000摄氏度）超高温环境中仍能保持99%弹性应变。

论文共同通讯作者、浙江大学研究员刘英军解释说，“烯陶”中的石墨烯显著抑制了二维陶瓷的高温重结晶过程，同时二维陶瓷有效防止了石墨烯片层的超高温滑移。

更令人欣喜的是，研究团队制备的高熵气凝胶在隔热性能上更有优势，室温下导热率仅为13.4毫瓦/米·开尔文，是空气的一半。他们制备的高熵氧化物气凝胶、高熵碳化物烯陶气凝胶在1273开尔文下为53.4毫瓦/米·开尔文，在2273开尔文下为171.1毫瓦/米·开尔文，且在2273开尔文的反复热冲击100次维持结构稳定，为极端温度环境下的热防护提供了新的材料选择。

“我们相信二维通道受限发泡法会打开许多未知的多孔材料世界，其中有更多优异性能及应用场景等待我们发现。”高超说，未来或许这种如烟却坚韧的新材料，能让探测器更接近太阳；也许有一天，人们穿上它制成的热防护服，能够深入地球内部，探索前所未见的奇异景观。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.adw5777>

我国每万人口高价值发明专利拥有量达15.3件

本报讯(记者李晨)7月17日，国务院新闻办举行“高质量完成‘十四五’规划”系列主题新闻发布会，介绍“十四五”时期知识产权强国建设新进展、新成效。“每万人口高价值发明专利拥有量”是“十四五”时期经济社会发展的主要预期性指标之一。会上，国家知识产权局战略规划司司长梁心新介绍，截至今年6月，我国每万人口高价值发明专利拥有量已经达到15.3件，提前实现“十四五”规划预期的12件目标。

梁心新介绍，截至今年6月，我国战略性新兴产业有效发明专利拥有量达147.2万件，是“十三五”末的2.2倍，占高价值发明专利总量的七成左右，特别是在人工智能、新能源、绿色环保、生命健康等重点领域储备了一批高价值核心专利。

梁心新表示，高价值发明专利有力支撑了区域创新发展。在全球十大科技集群中，我国占了4个，分别是深圳—香港—广州集群、北京集群、上海—苏州集群，以及南京集群。这些科技集群及所在的粤港澳大湾区、京津冀地区、长三角地区创新活跃，高价值发明专利产出密集。其中，上海—苏州集群和南京集群所在的长三角地区高价值发明专利数量最多，达到68.5万件，占国内总量的31.8%；京津冀地区为43.8万件，粤港澳大湾区内的广东省为39.4万件，分别占国内总量的20.3%和18.3%。这些都充分说明高价值发明专利为区域创新发展提供了有力支撑。

为“两弹一星”精神注入边疆智慧

■孙正文

在中国科学院2025年度工作会议期间，我有幸参观了中国科学院与“两弹一星”纪念馆，再一次学习领悟了“两弹一星”精神，并深受鼓舞。中国科学院新疆理化技术研究所(以下简称新疆理化所)是在中国科学院原新疆物理研究所、原新疆化学研究所基础上整合成立的。这两个研究所均在“两弹一星”工程中应运而生，自成立之初就承载着研制“两弹一星”的艰巨使命。

新疆理化所曾在“东方红一号”研制任务中承担温敏器件研发工作，为我国“两弹一星”事业贡献力量。在红色基因指引下，新疆理化所一代又一代的科研人员积极投身国家现代化建设，为我国航天航空事业贡献力量，发扬优良传统，以实际行动传承和发扬“两弹一星”精神。

经过60多年的发展，新疆理化所在新材料、民族药创新、信息技术等领域开展科技创新工作，努力解决重大科学问题、攻克关键技术，在国家科技创新体系中发挥骨干和引领作用，为推动新疆区域经济社会高质量发展作出积极贡献。

“十四五”期间，新疆理化所围绕世界科技前沿与国家重大需求，聚焦光电功能晶体材料及器件、抗辐射器件与装备、极端环境测温器件与装备，部署了“特殊环境功能材料与器件”主攻方向；围绕区域经济社会发展重大需求，聚焦实现特色药用资源高效利用、智能信息处理和可信计算，部署了“‘丝绸之路经济带’核心区健康与发展”主攻方向；在玄武岩纤维基先进分离材料、痕量物质仿生传感技术研究等学科方向上开展新兴前沿领域研究。

航天器及器件的辐射加固与评估是新疆理化所承担的一项重要科研工作。航天器及其器件要具备高效辐射屏蔽能力，才能在外太空强辐射环境中稳定运行。新疆理化所的学科平台可对航天器电子元件和电路进行抗辐射测试，并对不合格的部分提出改进建议。新疆理化所签发的“许可证”是航天器及器件安心“上天”执行任务的关键保障。

新疆理化所还为航天器测温工作提供重要支持，研制的温度传感器不仅大量应用于航天领域，而且成功应用于“深海勇士”号和“奋斗者”号等深海探测项目。

新研究发现 肿瘤患者过度“控糖”可能促进肺转移

本报讯(记者朱汉斌 通讯员郑钰)中山大学教授卢栋明、副教授魏媛团队与合作者首次系统揭示了低碳饮食、抑制葡萄糖代谢这一看似能“饿死”肿瘤的策略，反而可能通过外泌体将多功能信号调控蛋白TRAIL传递至肺部，显著增加肿瘤肺转移的风险。相关研究7月15日在线发表于《细胞》。

传统观点认为，活跃的葡萄糖代谢为肿瘤的生长和扩散提供了能量支持，因此抑制葡萄糖代谢的低碳饮食近年来被视为一种潜在的抗肿瘤策略。然而，卢栋明团队通过分析涵盖15种肿瘤类型的大规模患者数据，有了新发现——原发肿瘤葡萄糖代谢活性较低的患者，术后两年内复发风险显著升高。值得注意的是，尽管葡萄糖限制会促进肿瘤向肺部转移，但最终在肺部形成的转移灶并非由原本葡萄糖受限的肿瘤细胞直接形成。论文通讯作者卢栋明提出假设：葡萄糖代谢受限的肿瘤细胞可能并非直接具备更强的转移能力，而是通过“旁观者效应”影响其邻近的正常代谢肿瘤细胞，从而间接促进转移。

围绕这一假说，研究团队设计了体内转移模型并反复验证，最终证实葡萄糖低的肿瘤细胞可通过外泌体—免疫轴重塑远端免疫环境，促进代谢正常的细胞发生肺转移。这一发现深化了学界对“代谢—免疫—转移”之间因果链条的理解，也为肿瘤代谢靶向治疗策略的优化提供了理论依据与实验支持。

研究团队通过机制研究提出了干预策略。在多个动物模型中，阻断TIGIT信号通路不仅显著减轻了肺部转移负担，而且对原位肿瘤的生长表现出抑制作用，这提示TIGIT是干预代谢应激相关转移的潜在新靶点。

此外，该研究还提出血浆外泌体TRAIL可作为预测肝癌肺转移的高效生物标志物，为肿瘤患者的早期筛查、干预评估以及靶向治疗提供了全新思路。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2025.06.027>

科学家鉴定 中东呼吸综合征冠状病毒离子通道

本报讯(见习记者江庆龄)美国麻省理工学院教授洪梅团队联合中国科学院上海药物研究所研究员高召兵、夏冰清团队，揭示了中东呼吸综合征冠状病毒(MERS-CoV)的包膜蛋白(E)跨膜区芳香网络协同介导阳离子通透的作用机制，解析了MERS-E蛋白的通道属性及结构基础，为靶向MERS-E通道的抗病毒药物研发提供了理论指导。相关研究近日发表于《科学进展》。

病毒离子通道是一类膜蛋白，具备增强膜通透性、调节膜内外离子稳态、改变细胞器pH值等功能。已有研究表明，冠状病毒的E蛋白能够形成离子通道，参与病毒的生命进程及宿主细胞的致病进程，是一类潜在的抗冠状病毒药物靶点。

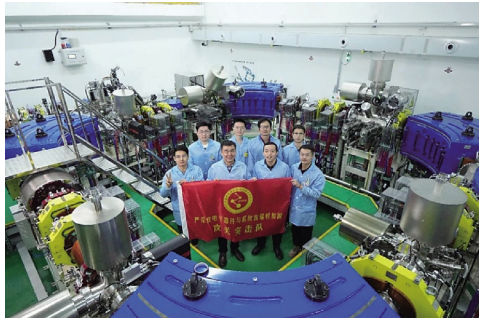
MERS-CoV、严重急性呼吸综合征冠状病毒(SARS-CoV-1)和新型冠状病毒(SARS-CoV-2)是3种高致病性的冠状病毒。后两者的E蛋白已被证实为阳离子通道。

然而，MERS-E蛋白的结构特征与通道属性尚不明确。研究团队结合核磁共振、单通道电生理及单点突变等技术，解析了MERS-E蛋白的通道结构。MERS-E蛋白具有阳离子通透性，五聚体结构为一个由疏水与极性残基共同稳定、具有两个孔道收缩部位的阳离子通道，其构象和功能调控机制与SARS1/2-E存在明显差异。MERS-E N端的极性—芳香网络以及C端的芳香网络可能对通道调控起关键作用，针对这两部分调控网络的单点突变会显著降低MERS-E的通道活性。

该机制表明，靶向这些芳香烃残基及保守的极性氨基酸残基研发小分子药物，可能有效抑制该致病通道的功能。

此外，该研究还发现病毒通过不同方式破坏宿主离子稳态以增强毒力的能力。

相关论文信息：
<http://doi.org/10.1126/sciadv.adx1788>

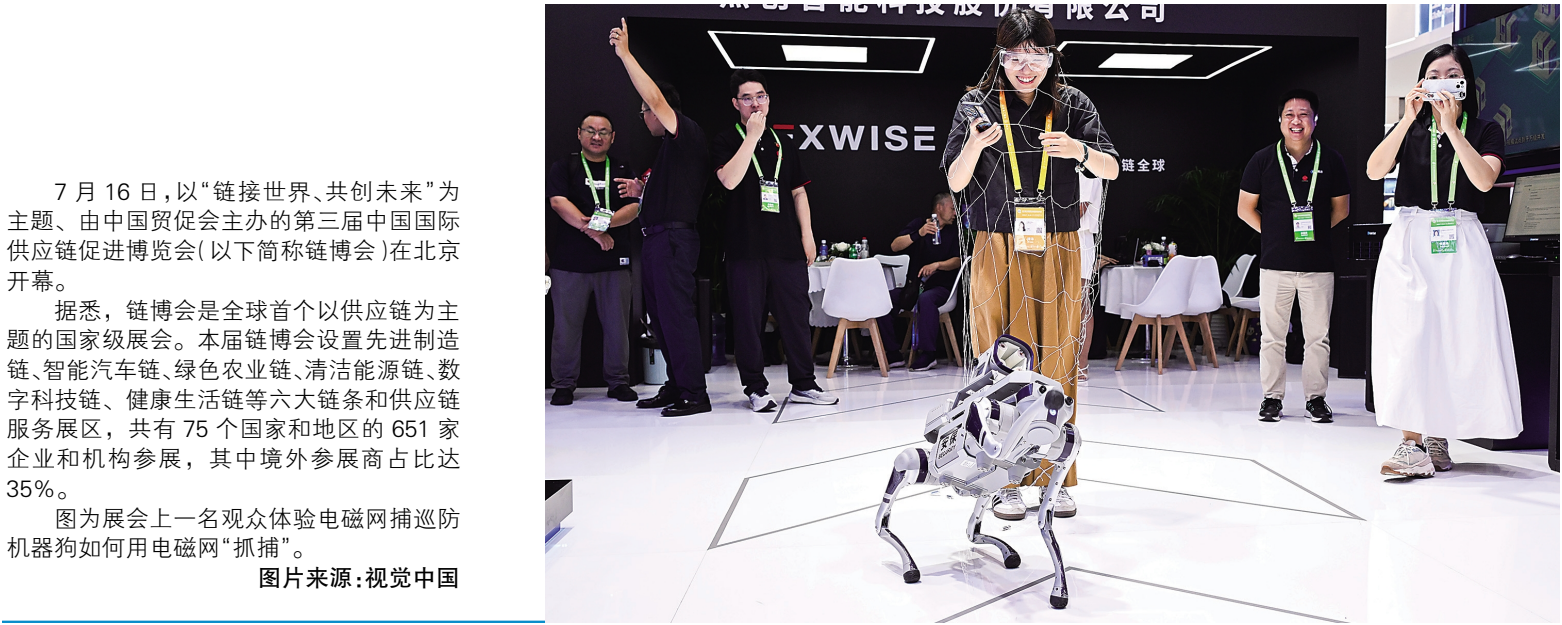


世界首台10~60兆电子伏质子加速器与“严荣良电子器件与系统抗辐射加固青年突击队”。 新疆理化所供图

近年来，新疆理化所深度挖掘以彭加木、庄顺昌、严荣良等为代表的老科学家精神。其中，彭加木曾担任原新疆化学研究所副所长，在我国最早开创了将电子显微镜观察及界面电泳用于生化研究的技术。这些老科学家为国奉献的精神，始终激励着研究所一代代科研工作者的勇攀高峰、攻坚克难，为国家科技进步贡献力量。我们组织各种纪念、传承、弘扬活动，激发青年科研人员传承“两弹一星”精神，以实际行动践行新时代科技工作者勇攀科技高峰的使命与担当。

在老一辈科学家的感召下，新疆理化所逐渐形成“扎根边疆，创新科技”的科研精神，全所上下不忘初心、牢记使命、艰苦奋斗、奋勇拼搏，营造出风清气正、积极向上的科技创新氛围和环境。我们将继续发扬优良传统，紧盯国家重大需求，加快抢占科技制高点的步伐，努力为国家科技事业贡献更多力量。

(作者系中国科学院新疆理化技术研究所党委书记、副所长，本报见习记者赵宇彤采访整理)



7月16日，以“链接世界、共创未来”为主题、由中国贸促会主办的第三届中国国际供应链促进博览会(以下简称链博会)在北京开幕。

据悉，链博会是全球首个以供应链为主题的国家级展会。本届链博会设置先进制造链、智能汽车链、绿色农业链、清洁能源链、数字科技链、健康生活链等六大链条和供应链服务展区，共有75个国家和地区的651家企业和机构参展，其中境外参展商占比达35%。

图为展会上一名观众体验电磁网捕巡防机器狗如何用电磁网“抓捕”。

图片来源：视觉中国

国内首个低空飞行器专用复合型风洞启用

本报讯(记者朱汉斌)7月16日，国内首个专注低空飞行器气动研究的复合型风洞在广州南沙正式落成并启用。记者在现场获悉，该风洞由广东空天科技研究院(以下简称“广天院”)建设，创新融合了航空级风洞与工业级风墙系统的优势，填补了低空飞行器从实验室研究到真实场景验证的基础设施空白。

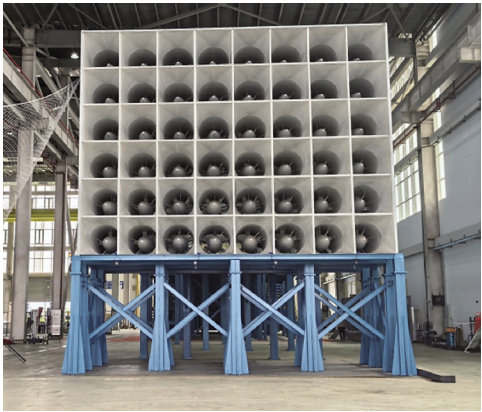
据介绍，风洞是一种人工控制产生空气流动的大型实验平台，可用来模拟飞行器在高空中的飞行状态。通过风洞实验，科研人员可以深入研究飞行器的空气动力学特性，优化控制性能，是飞行器上天前最重要的一环。

广天院低空飞行器风洞将传统航空风洞与无人机风墙测试系统相结合，是国内首个针对低空飞行器气动特性研究和测试的4.5米量级

风洞，支持城市复杂飞行环境下低空飞行器特殊气动动力问题的研究和验证。该风洞的落成和启用标志着粤港澳大湾区低空经济基础科研平台建设取得突破。

当天，全空间无人体系综合试验场也正式启用。该试验场包括物理试验场和数字试验场，物理试验场由33平方公里空域、垂直起降场、滑行道、5G-A通感一体网络、测风雷达等组成，数字试验场包括协同设计平台、超算中心、数字孪生中心以及全空间无人体系管理服务云平台。

广天院依托低空飞行器风洞、全空间无人体系综合试验场等公共技术服务平台，可为无人机制造企业、科研院所、政府监管机构等提供产品质量攻关、技术指标测试与验证、应用场景开拓以及产业培育等服务。



广天院低空飞行器风洞外貌。 朱汉斌/摄