

中国科大实现剪切变硬弹性体的仿生结构设计

本报讯 中国科大袁兴龙教授团队突破传统制备工艺限制,受自然界软硬相结构结构的启发,创新性地提出混合3D打印策略,成功实现剪切变硬弹性体的各向异性结构设计,研制出兼具高强度与优异缓冲性能的晶格结构软硬相复合材料。相关成果发表在《先进材料》科学类期刊《先进材料》上。

本研究提出了一种创新性的混合3D打印策略,精准实现了软硬相复合结构的定制化设计。该策略巧妙融合“熔融沉积成型”(Fused Deposition Modeling, FDM)和“直写书写成型”(Direct Ink Writing, DIW)两种3D打印技术,为软相粘弹性剪切变硬弹性体(SSE)引入具有优异准静态承载能力与热稳定性的硬相热塑性弹性体(TPR)晶格骨架,成功研制出一种具有仿生软硬相晶格结构的TPR-SSE复合材料。研究团队通过系统的准静态与动态力学实验,并辅以光学原位测量与有限数值模拟分析,深入揭示了TPR-SSE复合材料中仿生软硬相晶格结构的力学增强机制。研究表明,硬相晶格TPR骨架为复合材料提供了坚固的准静态支撑并显著抑制整体失效,而粘弹性软相SSE凭借独特的应变率强化

效应能够为复合材料耗散冲击动能。该软硬相协同的晶格结构设计,不仅显著提升了复合材料在准静态载荷下的承载能力,同时大幅提高了在动态冲击载荷下的失效阈值。进一步地,研究发现具有较低正泊松比的蜂窝晶格结构展现出优异的力学性能,能够有效调控软相SSE的局部应力集中,降低界面剥离与横向失稳风险,从而实现最优化的力学增强效果。

基于蜂窝晶格结构TPR-SSE复合材料优异的力学性能,研究团队充分发挥该混合3D打印技术在结构可定制化方面的优势,进一步将复合材料与深度学习算法驱动的智能传感模块集成,成功开发出兼具实时动态传感、识别与个性化预警功能的新型智能运动鞋。该智能可穿戴设备在复杂载荷下展现出优异且稳定的力学响应与动态传感性能,充分验证了TPR-SSE复合材料在运动防护、智能健康监测等前沿应用领域中的广阔前景。

综上,研究团队提出了一种基于混合3D打印技术的剪切变硬弹性体复合材料研制工艺,通过仿生软硬相晶格结构设计显著提升了材料在准静态载荷与动态冲击载荷下的综合力学性能。凭借该材料体系优异的结构可定制性,研

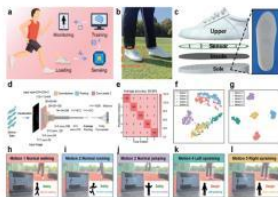


图 深度学习算法驱动的智能应用

究团队面向智能穿戴领域成功开发了实用化样机,突破了传统剪切变硬材料在复杂工况应用中的性能瓶颈,为高性能柔性防护材料与新一代智能可穿戴设备的融合设计提供了新的研究思路与技术支撑。

中国科大工程科学学院硕士研究生杨俊杰为论文第一作者,袁兴龙教授和赵春宇特任副研究员为通讯作者。合作者包括中国科大硕士研究生王东鹏、(工程科学学院 科研部)

中国科大开发出长效稳定的锂离子电池原位膨胀力监测技术

本报讯 中国科大苏州高等研究院潘挺晔教授、常健研究员团队与中国科大工程科学学院热科学和能源工程系张帆教授团队、中国科学院深圳先进技术研究院唐永刚教授、张帆研究员团队合作开发了一种基于一体式离电传感技术的新型原位监测技术,利用微型电芯自身的电解液和材料构建传感界面,无需额外封装即可实现高精度压力监测。该技术不仅与电池材料高度兼容,还解决了传统柔性压力传感器在腐蚀性环境中的稳定性难题。相关研究成果于4月25日发表在《国家科学评论》上。

实验表明,一体式离电传感技术可以对Pa级别的膨胀力变化产生响应,并在电芯内稳定工作超过1个月。该技术可通过压力曲线不对称性和峰值变化捕捉到锂枝晶的不可逆沉积。作为验证,通过充放电循环400周加速老化实验,记录了因SEI层增厚和锂枝晶生长导致的压力累积,发现压力变化与容量衰减趋势高度吻合。该技术作为智能电池设计开辟了新路径,其低成本、高精度和长寿命特性尤其适用于车载电池管理系统。

中国科大苏州高等研究院智能医疗器械研究中心的常健、汪若江以及中国科学院深圳先进院的程均和贾震为本文第一共同作者;中国科大苏州高等研究院智能医疗器械研究中心潘挺晔、常健、工程科学学院热科学和能源工程系张帆、中国科学院深圳先进技术研究院的唐永刚和张帆为文章的共同通讯作者。(苏州高等研究院 热科学和能源工程系 科研部)

中国科大在精细刻画火山岩浆热液系统方面取得突破

本报讯 中国科大地球和空间科学学院张海洋教授团队联合英国牛津大学和美国康奈尔大学,通过地球物理高分辨率成像、岩石学分析和岩石物理模拟,确定了南美玻利维亚Uturuncu火山下方的岩浆热液系统和流体迁移路径,揭示了其在沉寂超过25万年后于近十年出现活动性的原因。相关研究成果于4月28日发表在《美国国家科学院院刊》上。

研究团队利用长达3年的地震观测数据,基于中国科大团队开发的先进地震成像算法,获得了火山区域的高分辨率三维地震波速度结构和各向异性结构(如图)。结合已有的电阻率和地震衰减结构(如图),通过岩石学分析和岩石物理模拟,定量化解析了Uturuncu火山下方的岩浆-热液系统结构。岩石学分析结果表明,Uturuncu火山下方的岩石骨架主要有三层(A-C),从浅至深分别为:古生代沉积层、富含石英岩层和变泥质片麻岩层。岩石物理分析表明具有高Vp/Vs、低电阻率和低Qp/Qs的柱状岩体(区域E),存在部分熔融和固成气或气体的混合相,其中气体的饱和度超过30%。该柱状体被认为是流体或部分熔融从APMB(区域

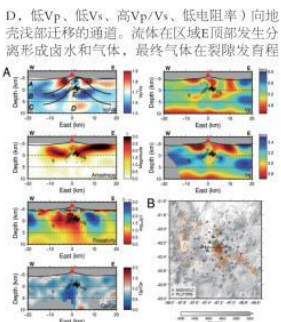


图 (A)沿东西向垂直剖面内Vp、Vs、Vp/Vs、方位各向异性、电阻率和Qp/Qs结构。黑色圆点为重定位之后的地震分布,剖面位置如图B所示。(B)地震(棕色圆点)和台站(三角形)分布,红色三角形为Uturuncu火山口位置。

中国科大在有源热超材料设计理论方面取得突破

本报讯 近日,中国科大工程科学学院热科学和能源工程系何立群课题组在热超材料设计方法上,首次将热源输入温度场变换框架引入,根据功率分布以及目标温度场直接确定区域内材料所需的热导系数张量分布,并提出了实现目标温度场的等价常规材料拓扑结构方法。相关研究成果发表在《先进材料》科学类期刊《先进材料》上。

热超材料(Thermal Metamaterials)是一类人工设计的热学材料,目的是通过设计材料热传输性质来规划材料内的热流路径,适用于那些常规热管理手段难以胜任的热传输管理场合,比如热隐身、热聚焦,甚至热幻觉等特殊功能(图a)。在数学上,热超材料设计就是根据目标温度场,对无源傅里叶传热方程进行坐标变换,从而获得材料热传输

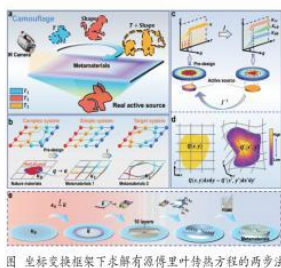


图 坐标变换框架下求解有源傅里叶传热方程的两步法

物性张量空间分布。但在热应用中,无论是能量高效率利用还是集成电路的高效散热,热管理才是问题的核心。为此,作者成功研究了坐标变换框架下求解有源傅里叶传热方程的两步法(图b-e),并通过设计典型热功能器件及其新形式,从理论到实验验证了新理论的兼容性与扩展性。本文工作为热超材料与热源紧密结合,实现能量收集部件、高功率散热部件等结合热超材料的一体化设计提供了通用设计理论。

论文第一作者为热科学和能源工程系研究生曹先荣、李峰以及副研究员年永乐博士,中国科大袁雷副教授、浙江大学方正东教授、中国科大何立群教授为通讯作者。(热科学和能源工程系 科研部)

中国科大团队揭秘汤加火山喷发如何撼动全球高层大气

本报讯 中国科大雷久侯教授课题组联合美国麻省理工学院Haystack现象台张顺荣研究员,结合数值模拟与卫星观测,揭示了汤加火山喷发能量跨越大气多层传播并影响低轨道卫星高度的大气层传播过程。相关研究成果发表在《AGU Advances》,并入选美国地球物理学会(AGU)会议(Eos)亮点论文。

2022年1月15日,南太平洋汤加海底火山剧烈喷发,其喷发羽流高度超过57公里,成为卫星观测时代以来最强火山活动之一。这场“世纪喷发”不仅在地表引发了地震、海

啸以及对流层大气扰动,更在数小时内波及高达500公里的卫星轨道高度大气层。研究团队利用GRACE-FO低轨道卫星探测的热层密度扰动信号,结合对大气扰动传播路径的完整模拟与重建,还原了能量传输的关键过程。

汤加火山喷发形成的巨大羽流突破对流层和平流层,同时激发了初级重力波(Primary GWs)。初级重力波向上传播并逐渐耗散,在低热层区域再次激发出波长更长、传播更远的次级重力波(Secondary GWs)。这一系列重力

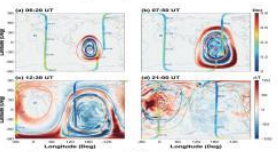


图 2022年1月15日汤加火山喷发期间,GRACE-FO卫星探测的热层中热层密度(单位:10¹⁰ kg/m³)及HAMCM模拟的大气温度变化(单位:K)。

中国科大揭秘“23.7”华北极端暴雨背后“推手”

本报讯 2023年7月底,一场极端强降雨突袭华北(“23.7”极端强降雨事件),在北京、河北等地引发严重洪涝灾害,造成重大人员伤亡和财产损失。这场被纪录的暴雨究竟是如何形成的?仅仅是台风“杜苏芮”残余环流和地形的共同作用吗?

近日,中国科大大气科学先进计算实验室赵纯教授团队通过全球高分辨率区域加密数值模拟和气候归因分析,揭示了一个此前被忽视的关键因素:蒙古高原地区近几十年异常快速的增温,对此次华北极端降雨起到了显著的“催化”和放大作用。相关研究成果发表在《地球物理研究通讯》上。

“火树”旁的蒙古高原:升温速度达全球三倍

研究指出,在全球变暖的大背景下,并非所有地区同步均匀升温。蒙古高原地区就是一个“热点”,其近几十年的升温速度达到了全球平均水平的三倍以上,升温幅度远超周边区域突破临界点。这个地区的气候异常不仅直接影响当地生态,还是影响我国沙尘天气的重要源头。然而,它的影响可能远不止于此。

“23.7”暴雨的极端性:百年一遇,破多项纪录

与此同时,“23.7”暴雨的极端性也超乎想象。北京地区观测到的744.8毫米降雨量,是该城市有仪器观测记录140年以来的最大值。河北临城县最大降雨量更是达到了1003.4mm,相当于当地平均两年降雨量在短短三天内倾泻而下。无论从降雨总量、影响范围来看,此次事件都显著超越了华北地区历史上的多次极端降雨事件。

揭秘“强化”机制:快速增温如何“逼控”暴雨?

远在蒙古高原的快速增温,是如何影响到数百公里之外华北地区的这场暴雨呢?赵纯教授团队利用发展的全球高分辨率大气物理化学耦合模式(IAMAS),在国产神威超算支持下,精准地模拟再现了“23.7”极端降雨过程。模拟结果在降雨落区、强度和时空演变上都与实况观测高度吻合。基于高精度的模拟,研究团队基于国际前沿的“故事线”(storyline)气候归因方法,通过设计对比实验,发现在导致此次降雨极端化的诸多因素中,蒙古高原的异常快速增温趋势扮演了关键的“幕后推手”角色。

蒙古高原上空(大气中层)的快速增温,像“加热器”一样,促使低层形成了一个异常强大且稳定的高压系统。这个“大陆高压”发展,与西太平洋副热带高压(俗称“副高”)“手拉手”连成一体,在华北地区上空构筑了一道坚固的“高压大坝”。这道“高压屏障”如同屏障,阻碍了携带水汽的台风“杜苏芮”残余环流继续北上或东移,将其长时间“困”在华北太行山前区域。被拦截的水汽在太行山地形的持续抬升作用下,被迫被迫抬升,导致降雨在狭小区域内长时间集中倾泻,最终酿成了被纪录的极端暴雨灾害。

这项研究超越了传统上仅仅关注局地天气系统或笼统讨论全球变暖影响的视角,清晰地揭示了区域性气候态(蒙古高原快速升温)如何通过改变大气环流(形成高压坝),进而影响并加剧了另一区域(华北)的极端天气事件强度。这项研究还强调,在全球持续变暖且区域增温不均匀的背景下,不同地区之间的气候影响联系可能比我们过去认识的更为复杂和隐蔽。理解这种“通相关”机制,对于提升极端天气气候事件的预测预警能力、制定更有效的防灾减灾和气候变化适应策略至关重要。

中国科大赵纯教授和中国海洋大学蔡文炬教授为共同通讯作者,博士研究生顾俊为第一作者。合作单位包括中国科学院西北生态环境资源研究院,中山大学和峨边实验室。(地球和空间科学学院 科研部)

波如同“能量接力棒”,将地表扰动能量持续向上传输,直达空间站高度的热层区域,形成了显著的大尺度热层波动,并在全球范围内重塑了热层大气的分布结构。另外,模拟表明火山喷发激发的Lamb波也可上传并影响高层大气,然而幅度相对较小,约为次级重力波的四分之一。

这项研究不仅深化了学术界对地表扰动事件如何影响空间环境的认识,也为高层大气模式优化、近地飞行器轨道定位与预报奠定理论基础。

论文第一作者为中国科大特任副研究员李若暖,通讯作者为中国科大雷久侯教授。(地球和空间科学学院 科研部)