中国科大在天然超导异质结中发现新奇电子结构

本报讯 中国科大陈仙辉教授、何俊峰教授研究团队联合国内外合作者，在天然超导异质结4Hb-TaS_2电子结构研究中取得重要进展。研究团队利用具有空间分辨能力的角分辨光电子能谱（ARPES）技术，在能量－动量空间直接观测到理论预言的平带，然而该平带在材料表面和内部表现出极强的差异性，直接挑战了长期以来理解该材料体系的理论范式；同时，温度和掺杂依赖测量体现出超越传统的新物理图像。相关成果发表在《美国国家科学院院刊》上。

凝聚态物理的一个前沿方向是将具有不同物性的原子级薄层材料堆叠起来，进而创造出新奇物性。过渡金属硫化物4Hb-TaS_2是一种可以实现上述目标的天然异质结。研究团队利用小光斑高分辨率角分辨光电子能谱，对4Hb-TaS_2单晶解理后出现的1H和1T两种不同解理面分别进行了精细的电子结构测量，成功区分了表面1T-TaS_2层与材料内部1T-TaS_2层的电子结构。实验在能量－动量空间直接观测到理论预言的平带，其能量位置与前期理论计算、扫描隧道谱结果高度吻合。然而，出乎意料的是，这条费米能附近的平带只存在于平移对称性破缺的表面1T-TaS_2层中；材料内部的1T-TaS_2层由于具有更高的空穴掺杂水平，其平带远高于费米能，无法为体系提供电子关联。这一结果表明，当前流行的理论图像只能用于解释该体系的表面1T-TaS_2层物性，不能解释体材料表现出的宏观物理性质。

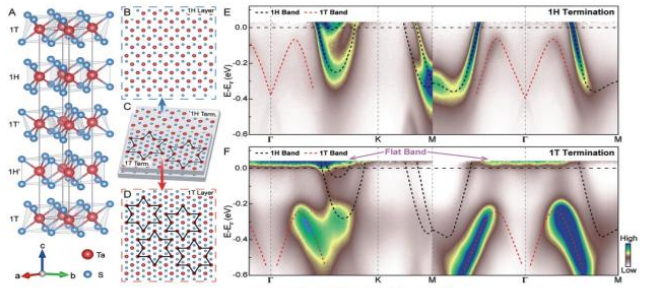


图. 4Hb-TaS_2单晶不同解理面的电子结构

在此基础上，研究团队对表面1T-TaS_2层开展了系统的变温与原位碱金属表面掺杂研究，揭示出更多超越标准图像的新现象：一方面，平带与CDW能隙在CDW转变温度以上依然存在，表明体系中可能存在表面短程CDW序导致的赝能隙行为；另一方面，随着连续的钾表面掺杂，其诱导出的新平带与原空穴型能带往相反的能量方向移动，揭示了巡游电子的重要作用，超出了此前在1T-TaS_2中建立的传统双组分局域物理图像。

这些实验结果为理解4Hb-TaS_2这一神秘异质结中多种电子序的反常共存，以及表面与体材料物性的显著差异提供了全新的视角。

中国科大为论文的第一单位，中国科大博士生孙秀鹏、魏志远为论文的共同第一作者，中国科大陈仙辉、何俊峰教授为论文的共同通讯作者。

（物理学院 科研部）

中国科大利用量子热化实现固态系统中多体哈密顿量的实验层析

本报讯 中国科大自旋磁共振实验室彭新华教授及其合作者提出并实验演示了一种新型的量子多体哈密顿量层析方法，首次在固体核自旋体系中利用量子热化机制，高效提取了量子多体哈密顿量中的复杂相互作用结构。相关成果发表在《物理评论快报》上。

研究团队将通常被视为破坏量子相干性的“量子热化”过程，转化为一种高效编码哈密顿量信息的核心机制。在高温极限下，借助团簇展开理论，未知的哈密顿量参数得以显式地编码在热化后的平衡态中。为了高效提取这些相互作用信息，研究团队设计了一套仅依赖全局操控的测量方案：让系统先后经历两次量子热化过程，并在两次热化之间穿插一次参数可调的全局旋转，随后测量系统的宏观集体响应（如图所示）。通过对欧拉旋转参数进行系统性扫描，测量信号便构成了系统的特征响应谱，相当于从不同角度为系统的哈密顿量拍摄了一整套高精度的“特征指纹”。

为了从响应信号中反演目标参数，研究团队首先将目标哈密顿量在不可约球张量算符（ISTO）基底上展开，利用三维旋转群SO(3)傅里叶变换将不同角动量量子数l与磁量子数m的贡献彻底解耦；进一步结合主成分分析算法提取主导的ISTO系数，实现了各阶多体相互作用强度的定量解析。团队在400 MHz固态核磁共振谱仪上，利用射频脉冲的Floquet调控技术，在固态核自旋体系中构造出两种不同形式的有效哈密顿量并成功完成实验层析，重构结果与理论值的保真度分别达到99.3%和98.2%。此外，实验还敏锐地捕捉到了显著高于噪声基线的高阶球张量分量。理论分析与数值模拟证实，这些信号分量源自高阶平均哈密顿量中的三体与四体相互作用。这一突破表明，该方案不仅能清晰测绘常规的两体相互作用网络，还能进一步定量刻画量子系统中更为微弱，也更为复杂的高阶多体相互作用结构。

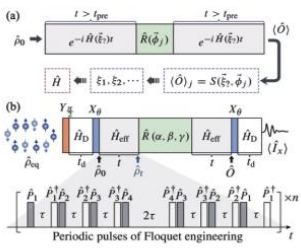


图. 基于量子热化的哈密顿量层析方案

该方案全程仅依赖全局旋转与集体读出，无需微观单粒子寻址，更无需预先假设哈密顿量的具体形式；在哈密顿量相互作用结构的表征任务中，其实验测量资源开销随可测的目标参数数目呈多项式级增长，展现出优异的实验效率与可扩展性。得益于量子热化现象的普适性以及该方案对操控能力的极简要求，该方法有望直接推广至中性原子、离子阱等更广泛的实验平台，既可为大规模量子模拟器的标定与验证提供实用工具，也为深入揭示复杂量子多体现象背后的物理机制开辟了新路径。

中国科大博士生尹浩川、博士后李宇晨为论文共同第一作者；彭新华教授、香港中文大学博士后吴泽为论文共同通讯作者。

（物理学院 科研部）

中国科大发现首例确凿的黑洞重复潮汐瓦解恒星事件

近日，中国科学技术大学天文学系墨子巡天望远镜（WFST）科学团队发现了一例具有至少5次周期性光学耀发的核区暂现源AT2023uqm，其是目前发现的首例具有说服力的重复部分潮汐瓦解事件候选体。并且，AT2023uqm每次耀发的能量呈现近乎指数级的增长，这种前所未有的“失控”行为意味着研究人员正在目睹一颗恒星被超大质量黑洞逐步瓦解、走向终结的过程。相关成果发表于《科学通报》。

AT2023uqm最初由小行星陆地撞击持续报警系统于2023年10月发现。随后，研究团队在茨威基暂现源设施的历史数据中追溯到3次此前未被注意到的较弱耀发。这些耀发呈现出较好的周期性，且耀发光变曲线相似，暗示它们具有同一物理起源。第五次耀发于2025年4月如期而至，研究团队随即启动了涵盖光学/紫外、X射线和射电波段的多波段后随观测，并在第五次耀发期间获取了多台望远镜的光谱数据。WFST对光学光变曲线的下降阶段给出了最优观测约束。这些多波段观测及光谱数据表明，第五次耀发具有与典型潮汐瓦解事件相似的观测特征，很可能源于黑洞潮汐瓦解恒星过程，支持整个周期性事件为黑洞重复潮汐瓦解恒星事件。

研究团队通过分析长期光变曲线发现，AT2023uqm的耀发周期约为527天，且每次耀发的能量约为上一次的1.7倍。这一持续增强的趋势在观测上属首次发现，与黑洞重复潮汐瓦解小质量对流恒星或巨星包层的数值模拟结果一致。研究团队介绍，这是因为对流主导的恒星在损失物质时，其半径会变得更大，使得黑洞在下一次瓦解过程中更容易撕裂出更多的物质。

此外，AT2023uqm的每次耀发都呈现出相似的双峰结构，两个峰之间的间隔约为17至20天。研究团队提出两种可能的解释：一是部分潮汐瓦解情形下天然存在的双峰质量回落率，被剥离的恒星物质在靠近黑洞时形成内外两条碎片流，先后落回黑洞周围，从而产生两个辐射峰；二是恒星每绕黑洞一周发生两次碎片与吸积盘的碰撞。在第一种情形下，观测到的双峰间隔要求被瓦解的恒星为演化后的巨星。研究团队指出，未来耀发强度的演化将帮助区分两种情形。

研究团队曾预测，如果被瓦解的是小质量恒星，最多还会有1到2次耀发；而下一次耀发如果存在，按周期推算应发生在2026年9月左右，团队已经提前部署并开展了观测。

研究人员介绍，AT2023uqm是目前最有说服力的重复部分潮汐瓦解事件候选体，为研究恒星如何在黑洞的反复“啃噬”下逐步走向瓦解提供了一个天然的实验室。

（原载于《中国科学报》2026年10月22日 记者 王敏）

中国科大实现仿生非对称设计下的磁控可编程力-热防护

本报讯 中国科大龚兴龙教授团队受海洋生物多尺度防护机制启发，提出了一种仿生非对称材料设计策略，将应变率响应、磁场调控与非对称热管理集成于同一材料体系，实现复杂力－热环境下的可编程防护，相关研究成果发表在《美国科学院院刊》上。

研究团队利用弹性网络约束剪切变硬材料，在抑制材料蠕变的同时保留其应变率响应特性，并引入磁性颗粒构建磁偶极网络。在此基础上，通过表面自组装进一步构筑仿珍珠层结构，形成具有力学与热学功能分区的非对称材料体系。

在冲击载荷作用下，硬质片层可承担并扩散局部载荷，柔性界面则通过层间滑移、裂纹偏转与桥联等机制缓解应力集中并耗散冲击能量。与此同时，动态聚合物网络对应变率高度敏感。随着加载速率提高，分子链运动与动态键重构受到限制，使材料由柔顺状态向高刚度响应转变，从而产生显著的冲击硬化效应。外部磁场进一步增强磁偶极相互作用，为材料提供主动调控通道，实现应变率诱导的被动硬化与磁场驱动的主动力学调控协同。此外，非对称表面具有差异化的光学与热响应，可通过辐射反射、吸收及光热转换调节热量传递，从而实现力学防护与热管理的协同。

在材料多场响应基础上，研究团队进一步构建了磁控穹顶防护结构，将构型重构、冲击耗能与热管理集成于同一体系。施加外部磁场后，预设磁化区域在磁力矩驱动下发生定向变形，使结构由平面状态可逆隆起并形成穹顶构型。相较于平面结构，穹顶几何能够通过面外变形与载荷重分配降低局部应力集中，并与材料自身的黏弹耗能、冲击硬化及磁相互作用共同构建多层级能量耗散机制。同时，通过调节非对称功能表面的朝向及穹顶构型，可进一步改变辐射热传递路径，实现不同服役条件下冲击缓冲与热调控功能的可编程切换。

总体而言，本研究面向复杂环境下机械冲击与热载荷协同作用的防护需求，提出了仿生非对称结构－材料协同设计策略，构建了涵盖动态聚合物网络、仿生界面与宏观可变构型的多尺度防护机制。相关研究为突破传统防护材料力学性能固定、功能单一以及力学防护与热管理相互割裂等局限提供了新的研究思路，也为极端环境下智能自适应防护材料与装备的材料－结构一体化设计提供了新的力学设计范式。

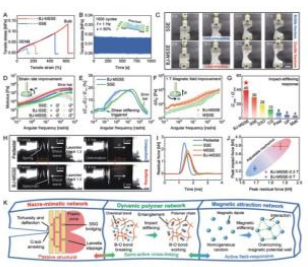


图. 仿生非对称设计实现磁控可编程力-热防护

论文第一作者为中国科大工程科学学院近代力学系博士生李子木和硕士生黄剑锋，通讯作者为龚兴龙教授和王胜副教授。

（工程科学学院 科研部）

工程科学学院王柳教授入选第二届“何享健青年科学家”项目

本报讯 10月24日，第二届“何享健青年科学家”项目揭晓仪式在广东佛山顺德举行。我校工程科学学院近代力学系王柳教授入选该项目，成为全国20位获此殊荣的青年科学家之一。

据悉，第二届“何享健青年科学家”项目吸引全国近1000名优秀青年科研人才申报。经过提名机构内部遴选、基金秘书处形式审查、同行专家专业评审及评审委员会最终遴选等多轮严格环节，最终评选出20位青年科学家作为第二期资助对象。

王柳申报的“脑血管介入自主导航机器人”项目，融合软物质力学、尖端力觉感知与磁场控制技术，突破复杂脑血管环境下自主路径规划、实时感知与安全闭环控制等关键难题，为脑卒中等心脑血管疾病的精准介入治疗提供新策略，获得了评审专家的一致认可。

王柳自2022年加入工程科学学院以来，面向心脑血管疾病精准诊疗的重大需求，聚焦医疗软体机器人开展应用基础研究，在软物质力学、柔性触觉传感及机器人导航与控制等方向取得一系列原创性成果。近五年来，以第一或通讯作者发表学术论文40余篇，包括Nature Biomedical Engineering、Nature Machine Intelligence、Nature Synthesis、Science Robotics、JMPS等国际权威期刊，其中18篇论文入选ESI高被引论文，累计被引用1.2万余次，并两次登上央视《新闻联播》。主持国家重点研发计划、国家自然科学基金重点项目、科大新医学重点项目等科研项目。

“何享健青年科学家”项目为何享健科学基金的重要资助项目，聚焦医学与生命科学、能源环境与气候变化两大领域，每位入选青年科学家将获得200万元科研资助，助力原创科研探索。

（工程科学学院）

2026年碰撞束物理探测仪器国际会议在中国科大举行

本报讯 近日，2026年碰撞束物理探测仪器国际会议在我校举行。INSTR系列会议、维也纳探测仪器会议（VCI）和北萨先进探测器会议（ELBA）并列为粒子探测领域三大重要国际会议，INSTR系列会议聚焦于碰撞束实验相关探测技术和仪器的前沿进展，致力于推动粒子物理与核物理领域的协同创新，长期吸引全球各大顶尖研究机构参与。本次会议为该系列会议首次在中国举办。会议汇聚了超140名国内外研究人员，其中包含来自意大利、俄罗斯、法国、德国、荷兰、英国、瑞士、捷克、波兰、印度、韩国、日本、哈萨克斯坦等多国的约50位学者。

会议期间，与会专家学者围绕碰撞束实验探测技术与仪器的前沿方向展开深入交流，议题涵盖探测器物理与技术、电子学技术与系统、触发与数据获取、粒子探测系统与大装置等领域。其中，未来对撞机的粒子探测面临的挑战与技术前景、人工智能和量子技术在粒子探测和新物理探索中的应用等议题备受关注，进一步拓宽了粒子探测技术的多学科交叉应用边界。

粒子探测技术与仪器是我校粒子物理与原子核物理学科和物理电子学学科的重点研究方向之一。通过参加包括欧洲核子中心大型强子对撞机在内的国内外多个粒子物理与核物理大科学装置的建造和升级，以及开展超级陶粲装置（STCF）、环形正负电子对撞机（CEPC）等新一代对撞机预研，我校团队在气体探测器、硅像素探测器、半导体超快定时探测器、闪烁探测器、量能器、超低本底探测器、专用集成电路设计、电子学系统、数据在线处理与获取等方面取得多项显著成果。团队还充分发挥我校学科交叉优势，与自旋量子精密测量团队合作，将传统粒子探测技术与新兴量子传感技术相结合，开展新物理搜寻研究，显著增强了相关技术对粒子物理研究的支撑作用。

本次会议充分展示了我校在粒子探测领域的科研实力，搭建起了高水平交流平台，深化了团队与国际同行的交流，提升了国际影响力，为国内外该领域技术融合与协同发展创造了新的契机。（物理学院 粒子科学与技术研究中心）