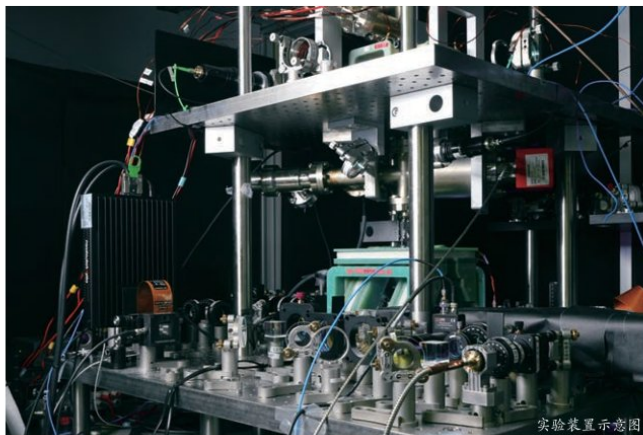


中国科大构建国际最大规模原子量子计算系统

本报讯 中国科大潘建伟、陆朝阳教授等与上海量子科学研究中心、上海人工智能实验室钟翰森研究员等同事合作，利用人工智能技术，实现了高度的并行性以及阵列规模无关的常数时间消耗，在60毫秒内成功构建了多达2024个原子的无缺陷二维和三维原子阵列，刷新了中性原子体系无缺陷原子阵列规模的世界纪录。该方法为大规模中性原子量子计算奠定了关键技术基础。相关研究成果于8月9日以“编辑推荐”的形式发表在国际学术期刊《物理评论快报》上，并被美国物理学会《物理》期刊作为研究亮点专门报道。

中性原子体系因优异的扩展性、高保真度量子门、高并行性和任意的连接性，成为极具潜力的量子计算和量子模拟平台。该体系使用光镊阵列囚禁中性原子，首先需要通过重排技术将初始随机填充的原子阵列转换成无缺陷原子阵列，在此基础上进行量子逻辑门操作。传统的重排方法受限于随阵列规模增长的时间复杂度、原子丢失、计算速度等，阵列规模停留在几百个原子的水平，难以进一步扩展。

为攻克该难题，研究团队创新性地研发人工智能技术，实时驱动高速空间光调制器进行动态刷新，通过对光镊阵列位置和相位的精确控制，同时移动所有原子。在该工作中，研究团队演示了二维和三维原子阵列的任意构型重排，实现了高达2024个原子的无缺陷阵列，总耗时仅为60毫秒。随着原子阵列规模增大，该



实验装置示意图

重排方法耗时保持不变，因此未来可以直接应用于数万原子规模的无缺陷阵列重排。目前，该系统单比特门保真度达99.97%，双比特门保真度达99.5%，探测保真度达99.92%，已迫近以美国哈佛大学为代表的国际最高水平，为构建基于中性原子阵列的容错通用量子计算机奠定了技术基础。

审稿人高度评价这项研究工作，认为这一工作“通过组装2024个原子的阵列创造了新的纪录”“标志着原子相关量子物理领域在计算效率和实验可行性方面的一次重大飞跃”。

（科技部 物理学院 合肥微尺度物质科学国家研究中心 中国科学院量子信息与量子科技创新研究院）

中国科大成功研发基于磁流变技术的人体极限增强手部外骨骼

本报讯 中国科大工程科学学院、人形机器人研究院孙帅帅特任教授课题组联合澳大利亚伍伦贡大学李卫华教授、中国科大贡霖特任教授和张世武教授，成功研发了一种基于磁流变技术的手部外骨骼系统，能够极大增强手部抓握耐力与抓握力，有望服务于地震救援、工业生产等应用场景。相关成果7月15日发表在机器人领域著名国际期刊《IEEE机器人汇刊》。

研究团队利用磁流变智能材料模量可调的特性，创新性地设计了基于磁流变轴承和螺旋丝杆结构的被动驱动器，在仅需5瓦功耗下实现了最高

1046牛的大输出力，功率比相较于其他方案提升一个数量级，在同样输出力下节省了97.7%的能量消耗。将其应用到手部外骨骼上时，整手可提供788N的最大助力。同时，磁流变驱动器在结合飞轮后，人手穿戴外骨骼可以在无需外部能量输入情况下提升41.8%的抓握力。

研究团队对磁流变手部外骨骼进行了地震救援模拟应用实验。在营救被压人员和运送伤员的任务中，受试者指屈肌的肌电信号幅度均大幅降低，意味着控制手指抓握的肌肉活动度大幅降低。在运送伤员任务中，受试者呼吸率

相较无外骨骼情况平均降低了20%，最大运送距离提升了110%。实验表明，团队研发的磁流变手部外骨骼可大幅提升人手抓握耐力、降低重体力劳动中的运动代谢、提高救援工作效率，该项工作有望应用于地震、火灾救援与工业生产领域。

工程科学学院精密机械与精密仪器系博士姜贤龙为第一作者，该系孙帅帅特任教授、澳大利亚伍伦贡大学李卫华教授以及近代力学系贡霖特任教授为论文共同通讯作者。（工程科学学院）

中国科大通过压力调控首次观测到石墨烯/六方氮化硼二维莫尔超晶格中三级能隙

中国科大张增明教授、乔振华教授、秦维教授等人组成的联合团队在二维莫尔超晶格的量子调控研究中取得突破性进展。该团队自主研发了一套适用于极高压力的范德瓦耳兹结量子输运测量技术，并以石墨烯/六方氮化硼（h-BN）莫尔超晶格为平台，实验证明了通过压力可大幅增强莫尔势，首次观测到理论预言的“三级能隙”（tertiary gap）。这一成果为利用压力调控莫尔电子能带、探索新奇关联物态开辟了全新的研究范式。相关成果于近日在线发表在国际物理学权威期刊《物理评论快报》。

莫尔超晶格为构筑和调控关联量子物态提供了理想的平台。传统上，科学家主要通过改变转角来调节莫尔周期性，但器件制备完成后转角便固定下来，难以实现动态调

控。静水压作为一种“洁净”的原位调控手段，可以在不改变莫尔周期的情况下连续调节层间耦合，从而有效调控莫尔能带结构。然而，此前的相关量子输运研究受限于技术瓶颈，压力通常无法超过3GPa，远未达到探索莫尔体系丰富物理现象所需的压力区间。为突破这一限制，该团队开发了创新的金刚石对顶砧（DAC）高压量子输运测量技术，实现了在高达9GPa的极端压力下对莫尔器件的高精度测量。该工作是团队在高压二维器件物理研究方面的又一重要成果，此前他们已成功将金刚石NV色心技术与DAC相结合，实现了高压下石墨烯器件中电流密度的高分辨成像，为本研究奠定了基础。

该工作以精准转角对齐的石墨烯/h-BN异质结为研究对象。实验发现，随着压力增大，

器件的主能隙（primary gap）增大了近一倍，同时第一莫尔价带的带宽被显著压缩，表明压力有效增强了莫尔势的强度。当压力超过6.4 GPa时，研究人员首次在实验上观测到了一个在常压下不存在的三级能隙（tertiary gap）。理论计算也完美复现了实验结果，并揭示了该能隙的打开与压力下增强的原子弛豫效应密切相关。该项工作不仅展示了一种强大的高压量子输运实验平台，更证明了静水压是调控莫尔体系电子能带结构和电子关联效应的普适而有效的工具。该技术有望被推广到转角双层石墨烯、过渡金属硫化物等其他莫尔体系中，从而在一个更广阔的参数空间内探索和发现非常规超导、拓扑量子态等新奇的关联与拓扑现象。

（原载于人民日报客户端 2025年8月11日 记者 徐靖）

中国科大俞书宏院士团队成功开发一种可闭环生物回收的纤维素基介电薄膜，能够提高电子器件的循环利用，从而减少电子废弃物。近日，相关研究成果发表于《自然·可持续性》。

电子废弃物正以惊人的速度增长，其对环境与人类健康的负面影响引发广泛关注。闭环回收，即在回收过程中不损害材料质量的回收技术，对于减轻全球环境负担和建立循环经济至关重要。目前，科学家在部分塑料的闭环回收方面已有一些成功尝试，但这些方法存在高能耗或需使用苛刻化学品的问题。相比之下，生物技术凭借其固有的选择性和温和的工作条件等优势，为解决这些问题提供了潜在替代方案。不过，设计可闭环生物回收的材料对生物制造、生物降解以及两者之间的兼容性提出了很高要求。

研究团队将开发的“气溶胶辅助生物合成”新兴生物制造策略与特异性酶降解过程相结合，成功设计并制备出可闭环生物回收的纤维素基复合介电薄膜。具体来说，“气溶胶辅助生物合成”法是一种通用且可扩展的策略，可将葡萄糖单体和功能构筑单元加工成纤维素基功能复合材料。同时，纤维素酶水解是一项成熟技术，能特异性地将纤维素降解为葡萄糖，且不影响其他组分。两种生物过程足够温和，无需高温高压或使用有毒化学品，即可形成“原料—产品—废弃物”的闭环。

研究表明，因具有优异的综合性能及闭环生物回收性，这种纤维素基介电薄膜在可持续电子器件领域具有巨大应用潜力。比如，基于该薄膜加工的电子器件的信号传输损耗显著低于商用的环氧树脂基薄膜。而且，纤维素基介电薄膜可与商用介电薄膜相兼容。

研究人员介绍，这种结合气溶胶辅助生物合成和酶降解的闭环生物回收策略，对开发下一代可持续电子材料和电子器件具有重要指导意义。

（原载于《中国科学报》2025年8月8日 1版 记者 王敏）

中国科大特任研究员杜晨之与国际科研人员合作，利用詹姆斯·韦布空间望远镜数据，进行强相互作用暗物质直接探测研究，成功克服地面实验的探测局限，将可探测参数空间达两个数量级。

该研究揭示了空间探测器在强相互作用暗物质探测中的优势和可行性，为未来空间暗物质探测奠定了理论基础。研究成果近日发表于《物理评论快报》，并被选为编辑推荐文章。

探测暗物质的本质对于完善粒子物理的标准模型、理解宇宙形成与演化至关重要。近30年来，国内外诸多地面暗物质直接探测实验为暗物质参数空间探索作出系列重要贡献。然而，地面实验对于强相互作用暗物质存在探测盲区。克服这一探测局限，研发全新探测方法成为当前暗物质探测的前沿挑战。

空间探测器因不受地球大气的阻碍，在探测强相互作用暗物质方面有独特优势。在现有空间探测器中，詹姆斯·韦布空间望远镜携带红外探测器，噪声相对较低，因此是探测低质量强相互作用暗物质的良好平台。

研究团队选取詹姆斯·韦布空间望远镜近红外谱仪的“暗图像”进行分析。这类数据因不受外界光源的影响，可以很好地标定环境噪声，如宇宙射线以及仪器自身噪声。研究团队提出了新的暗图像处理技术，有效排除高能事件干扰，得到暗物质的全新约束。该约束填补了地面实验的探测空白，将可探测参数空间达两个数量级，并且将宇宙中此类强相互作用暗物质在总暗物质的丰度占比限制为0.4%以下。

研究人员介绍，此次研究揭示了空间探测器探测强相互作用暗物质的独特优势及可行性。研究的分析方法可运用于其他空间望远镜数据，进一步探索暗物质未知参数空间，并为未来空间暗物质探测器的设计及数据处理提供坚实的理论支撑，在暗物质直接探测领域发挥重要作用。

（原载于《中国科学报》2025年8月11日 1版 记者 王敏）

研究揭示空间探测器探测强相互作用暗物质独特优势

研究实现波导上高功率太赫兹表面波的高效激发

近日，中国科大副教授胡月团队利用飞秒激光聚焦作用金属丝波导，通过电子发射过程产生10兆瓦功率的太赫兹表面波，实现了高达2.4%的能量转换效率。这是激光驱动波导太赫兹源目前报道的最高效率。研究成果在线发表于《物理评论X》。

太赫兹辐射在材料科学、生物传感和下一代通讯等领域有着广阔的应用前景，但高功率太赫兹辐射传统上主要依靠加速器或相对论激光等大科学装置产生，限制了应用的便捷性。同

时，高功率太赫兹辐射的高效激发和导引传输仍面临挑战。

研究团队实验演示了一种新方法，利用紧凑的亚相对论飞秒激光聚焦于约1米长的金属丝太赫兹波导上，产生了峰值功率达到10兆瓦的单周期太赫兹表面波。与业内广泛认为的观点不同，实验发现这种太赫兹辐射是由激光驱动的电子发射时的相干渡越辐射引起的，贡献最大的不是速度最快的相对论电子，而是较慢的亚相对论电子。这些亚相对论电子在将激光

能量转化为太赫兹辐射方面更有效。通过这种方法，实现了高达2.4%的能量转换效率，这是激光驱动波导太赫兹源目前报道的最高效率。

研究人员介绍，这种方法使用普及度较高的激光技术，无需依赖大型科学设施，为高功率太赫兹源的实际应用提供了一种可行的解决方案。这种紧凑型技术可用于医学诊断中的内窥镜太赫兹成像、基于波导的粒子加速器、非线性太赫兹光学以及集成太赫兹技术等。

（原载于科学网 2025年8月7日 记者 王敏）

