

周荣斌团队报道靶向组织驻留NK的肿瘤免疫治疗新策略和新靶点

本报讯 10月2日，中国科大生命科学与医学部、免疫应答与免疫治疗重点实验室周荣斌/江维/王夏琼团队在《自然·免疫学》在线发表研究论文，报道了肿瘤来源的脂质代谢物溶血磷脂酰丝氨酸（LysoPS）可通过其受体GPR34抑制ILC1s的抗肿瘤活性，而拮抗GPR34受体可以诱导强效的ILC1s介导的抗肿瘤免疫从而抑制肿瘤、结直肠癌等实体肿瘤生长。

在该项研究中，研究人员通过构建tdTomato-GPR34报告鼠，发现GPR34在ILC1s上高表达，而在cNK细胞上不表达，提示GPR34可以作为一个新的区分ILC1s和cNK的标志物。进一步利用多种不同的皮下瘤和结肠癌肝转移的原位瘤模型，研究人员发现GPR34全身基因缺陷或ILC1s条件缺陷均能增加肿瘤中ILC1s的比例、数目和抗肿瘤活性，并抑制肿瘤生长，表明GPR34通过抑制ILC1s的抗肿瘤活性来促进肿瘤生长。

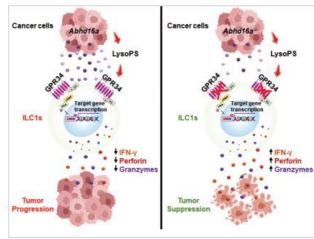
接下来，研究人员探究了GPR34调控ILC1s介导的抗肿瘤免疫的机制。通过质谱检测，发现GPR34配体LysoPS在肿瘤间质液积累。体外实验表明LysoPS以GPR34依赖的方式通过cAMP-PKA-CREB途径抑制ILC1s的活

化。降低肿瘤细胞上LysoPS合成酶ABHD16A的表达可以降低肿瘤间质液中LysoPS的水平并抑制了肿瘤的生长。此外，抑制肿瘤中LysoPS的产生可增加肿瘤中ILC1s的数量、比例以及抗肿瘤活性。这些结果表明，肿瘤来源的LysoPS通过GPR34抑制ILC1s介导的肿瘤免疫从而促进肿瘤生长。

进一步的研究发现，不管是在皮下肿瘤模型还是在肝转移模型中，利用抑制剂阻断GPR34均可抑制肿瘤生长，且GPR34抑制剂与抗TIGIT抗体联合使用可提高抗肿瘤治疗的效率。

最后，研究人员探究了LysoPS-GPR34-ILC1s通路在人类癌症中的临床相关性，发现GPR34mRNA在结肠腺癌、头颈癌或肝细胞癌患者肿瘤组织中的ILC1样细胞上高表达，而在cNK细胞上表达较低，且ABHD16A和GPR34的表达与癌症患者ILC1s的抗肿瘤活性呈负相关性。

综上所述，该研究发现肿瘤来源的脂质代谢物LysoPS可通过其受体GPR34抑制ILC1s的抗肿瘤活性，而拮抗GPR34可增强ILC1s的抗肿瘤活性并抑制肿瘤生长。研究的创新性体现在：（1）率先证明靶向ILC1s（组织驻留NK）可以



诱导抗肿瘤免疫并抑制肿瘤生长，提示靶向组织驻留的免疫细胞对实体肿瘤可能为一种潜在的有效策略；（2）发现危险信号感受受体GPR34为一个新的代谢免疫检查点。

中国科大博士后颜家贤、博士研究生张弛、博士后曹月丽和博士生黄宗晖为论文的第一作者，生命科学与医学部、免疫应答与免疫治疗重点实验室周荣斌、江维教授和王夏琼研究员为论文的共同通讯作者。

（生命科学与医学部 科研部）

中国科大在磁驱动软体抓手研究中取得重要进展

本报讯 近日，中国科大工程科学学院、人形机器人研究院李木军副教授、张世武教授、联合生命科学与医学部胡兵教授，提出了一种新型多孔磁性软体抓手（PMMSG），通过柔性磁性橡胶中融入多孔设计，使得PMMSG能够迅速且安全地抓取脆弱的生物活体。相关研究成果发表在《先进材料》上。

研究团队提出的多孔磁性软体抓手凭借其多孔结构，展现出卓越的柔软度和适形性，能够轻松抓取各种大小和质地的物体。这种软体抓手的灵活性使其能够适应复杂或形状不断变化的物体，提供了比传统机械抓手更可靠的抓取方案，特别是在处理形状不规则或容易变形的

物体时更为有效。由于具备高磁化强度和低弹性模量，能够迅速对磁场变化作出反应，同时保持较小的冲击力，确保安全地抓取易碎物体。此外，多孔磁性软体抓手在生物医学领域，尤其是细胞操作方面，展现出巨大的应用前景，因为它能够提供持续温和的压力，确保对生物样本的轻柔与安全抓取，为医疗微操作器械的创新提供了新的可能性。

研究团队还进一步开发了可远程操作的多孔磁性软体抓手，克服了传统磁驱动平台对大型电磁线圈的依赖，更有利于与移动平台相结合，从而适用于更广泛的应用场景。所设计

的抓手能够与移动机器人集成，实现对小鸡的温和抓取与定点移动。同时，该软体抓手还可与无人机集成，可以捕获水中的小鱼，并能迅速地将它们进行远距离的安全转移。这些结果表明，多孔磁性软体抓手在未来的野外生物样本收集和生物医学研究中将发挥更加重要的作用。

中国科大精密机械与精密仪器系博士研究生李幸卿、生命科学与医学部博士研究生凡定刚、精密机械与精密仪器系博士后孙宇轩为论文的共同第一作者，李木军副教授、张世武教授、胡兵教授为论文的通讯作者。

（工程科学学院 人形机器人研究院 科研部）

中国科大提出协同量子精密测量新技术

本报讯 近日，中国科大中国科学院微纳磁共振重点实验室彭新华教授、江敏副教授团队在量子精密测量方面取得了重要进展，成功制备出具有协同效应的原子核自旋，使核自旋相干时间延长到90分钟，并观测到协同自旋对极弱磁场的量子放大现象。进一步，他们提出了协同量子精密测量新技术，磁场测量的灵敏度突破了碱金属原子的标准量子极限。相关研究成果发表于《物理评论快报》，美国物理学会网站Physics Synopsis栏目以“Gases Team Up for Enhanced Coherence”为题对该研究成果进行了亮点报道。

如何增强量子系统的相干时间一直是一个具有挑战性的科学问题。针对这一难题，研究团队创新性地提出了基于协同自旋的量子相干增强技术。与独立自旋不同，协同自旋之间存在一定的

关联性，能够相互感知。该方案通过碱金属原子测量惰性气体的核自旋，再将信号转化为磁场，实时反馈到核自旋上。在这种情况下，单个核自旋可以根据集体的状态校正自身的相位误差，最终达到增强自旋相干时间的效果。该技术将核自旋的相干时间从约30秒延长到约540秒。利用相干时间延长的协同核自旋，该工作构建了一种新型的磁场量子放大器，成功实现三个数量级的磁场放大。进一步，该工作将协同量子放大技术应用于极弱磁场测量，磁场灵敏度达到4fT/Hz^{1/2}，超越了所使用碱金属磁力计本身的自旋投影噪声极限。

该工作在量子精密测量和基础物理领域具有潜在的应用价值。一方面，该方案适用于更广泛的实验体系，包括碱金属自旋和金刚石缺陷等。此外，协同增强技术也可以推广到其他量子传感

技术，例如其磁力计和原子陀螺仪，有望大幅提升相应的传感性能指标，形成一类全新的“协同量子传感器”。另一方面，更高的探测灵敏度将有助于超越标准模型的基础物理研究，为暗物质、超五力等奇异物理论提供全新手段。未来，通过选择自旋破坏截面更小的惰性气体-碱金属混合原子体系，有望进一步提高磁场测量灵敏度，突破0.1fT/Hz^{1/2}的测量精度，创造磁场测量新纪录。这将为极弱磁场科学研究提供前所未有的测量精度，孕育重大科学新发现。

中国科学院微纳磁共振重点实验室博士研究生徐夏卿为论文的第一作者，彭新华教授、江敏副教授为论文的通讯作者。

（中国科学院微纳磁共振重点实验室 物理学院 中国科学院量子信息和量子科技创新研究院 科研部）

中国科大跨学科团队合作实现多项单细胞多组学分析算法的系统性评估

本报讯 近日，中国科大生命科学与医学部瞿昆教授课题组、北京生命科学研究所梁斌研究员课题组、以及中国科大数学科学学院陈发友教授课题组联合完成了一项大规模研究。他们通过对百万量级单细胞多组学数据进行系统分析，系统评估了14种单细胞模态预测算法和18种单细胞多组学整合算法的性能。相关研究成果于9月25日发表在《自然·方法》上。

在本次研究中，团队收集了来自47个数据集的上百万个单细胞多组学数据，涵盖多个生物样本和实验平台。他们设计了一套全面的评估流程，结合算法的准确性、鲁棒性和计算资源消耗

等多维度指标，系统评估了领域内最常用的算法。结果显示，在蛋白质丰度预测方面，totalVI和tscArches表现最为优异；在染色质可及性预测中，LS_Lab算法排名领先。在多组学整合分析中，Seurat、MOJITO和tscArches在垂直整合上表现突出，而totalVI和tscArches在水平整合和马赛克整合任务中展现了卓越性能。

本次研究不仅为算法设计提供了新思路，还为未来多组学数据的分析和应用奠定了重要基础。为帮助科研人员选择合适的分析工具，研究团队在GitHub上发布了完整的分析流程、代码和测试数据集，供同行使用和改造。

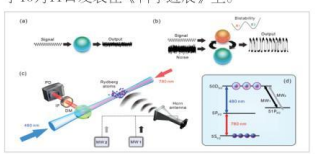
研究团队还通过深入探讨这些算法的数学原理，发现降噪处理是提高单细胞数据预测精度的关键。在性能评估中，机器学习算法（如基于奇异值分解的LS_Lab和Guanlab-dengkw）以及基于概率模型的深度学习方法（如totalVI）均表现出显著优势。然而，研究还指出，现有模态预测算法在某些关键蛋白的预测性能上仍有待提升，染色质可及性预测的准确性也需进一步优化。

中国科大博士后胡银雷、博士研究生万思远和罗震宇为论文的共同第一作者，瞿昆教授、梁斌研究员和陈发友教授为论文的通讯作者。

（生命科学与医学部 数学科学学院 科研部）

中国科大实现噪声增强的里德堡原子电场探测

本报讯 中国科大郭光灿院士团队在基于里德堡原子的微波传感方向取得新进展。该团队项国勇、邵长铃等人研制出一种新型的噪声鲁棒且可实现连续探测的里德堡原子微波探测装置，利用了里德堡原子系统里多体效应引起的强相互作用，实现强微波背景噪声下探测微弱信号的显著增强和信噪比提升。相关研究成果于10月11日发表在《科学进展》上。



噪声增强的非线性微波传感

发展在抗干扰性能上具有实用化潜力的原子微波接收机是里德堡微波传感领域的迫切需求。在前期基于里德堡原子微波传感的研究基础上，项国勇等人结合基于随机共振理论和里德堡原子系统里的多体效应产生的强非线性提出了噪声增强的微波探测方案。研究人员通过系综里的多体效应引入强非线性产生双稳态现象，并利用一个很强的噪声微波场进行辅助，实现了对另一个弱探测信号的放大。相较于工作在线性区域的外差探测法，研究人员实现了25dB的功率值放大和6.6dB的信噪比提升。

值得一提的是，这类新型非线性原子微波传感器具有很多优势。（1）非线性可调：操作人员可以通过调节系统参数改变系统的非线性大小，适应不同类型的噪声环境。（2）噪声鲁棒：噪声可以通过引入或仅仅利用系统噪声进行信号放大；并且噪声形式可为随机白

色噪声或者有色噪声。（3）可连续测量：该微波接收机工作于系统临界点附近，且可持续进行微波探测。（4）兼容性好：该方案兼容目前任意一种原子微波测量或者通信方案。

另外，研发人员正在对该类新型微波传感器进行进一步升级改造：比如可通过提升原子-微波相互作用体积来提升绝对灵敏度，通过引入多能级协助提升信号接收带宽等。该方案在多种场合下具有应用潜力：比如基于里德堡原子的微弱信号检测、噪声背景下的微波通信以及微波成像等。

吴康达副教授和博士研究生谢崇武为论文的同等第一作者，项国勇教授和邵长铃教授为论文的通讯作者。

（中国科学院量子信息重点实验室 物理学院 中国科学院量子信息和量子科技创新研究院 科研部）

本报讯 日前，中国科大郭光灿院士团队在量子网络领域取得重要进展。该团队李传锋、周宗权、柳必恒等人基于多模式固态量子存储和量子门隐形传输协议在合肥市区实现了跨越7公里的非局域量子门，并演示了分布式的Deutsch-Jozsa算法及量子相位估计算法。相关研究成果于10月2日发表在《自然·通讯》上。

在该工作中，研究团队基于量子门隐形传输协议来建立两个量子节点之间的非局域量子门。两个量子节点之间的直线距离为7公里，分别位于中国科大东校区（简称中国科大）和合肥市大蜀山东侧（简称大蜀山）。研究团队首先在两节点间使用通信波段光子和专线光缆进行了量子纠缠态的远程分发。随后，中国科大节点和大蜀山节点分别执行本地的两比特量子门操作。中国科大节点采用掺杂硅酸钪晶体实现纠缠态的存储，直到接收到大蜀山节点的测量结果，并根据这一结果执行相应的单比特门操作。

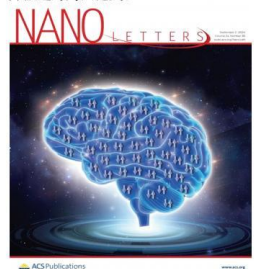
实验结果表明，中国科大节点的光子与大蜀山节点的光子之间完成了两比特非局域量子门操作，其中受控非门的保真度达88.7%。固态量子存储的纠缠态存储时间达到80.3μs，相比前人工作提升近2倍，并且纠缠存储的时间模式数达1097个，使得非局域量子门的生成速率获得了线性的提升。基于非局域量子门，研究团队进一步在这两个远程节点间演示了两比特的Deutsch-Jozsa算法以及量子相位估计算法，成功实现了量子算法的远程分布式执行。

该工作首次在城市距离上实现分布式量子光量计算的演示，展示了基于量子存储和通信光路构建分布式量子计算网络的可行性，为规模化量子计算的实现提供了新思路。

审稿人对该工作给予高度评价，“这是一项杰出的工作，它结合了几项非常具有挑战性的技术要素，包括纠缠光子对、光子量子存储器、城域量子通信，实现了首创性的演示”“我们认为该工作在实际量子网络方面取得了重要的进展，它开辟了一个新的实验方向去实现分布式量子信息处理”。

中国科学院量子信息重点实验室特聘研究员刘肖、特聘教授胡晓敏和博士后朱天翔为论文的共同第一作者。（中国科学院量子信息重点实验室 物理学院 中国科学院量子信息和量子科技创新研究院 科研部）

本报讯 近日，中国科大微电子学院龙世兵教授和高南特研究员团队在自旋神经形态器件研究中取得新进展。研究团队基于反铁磁氧化钴材料，成功开发了具有非线性响应和短时存储特性的神经形态器件，并展示其在存储计算和复杂信息处理方面的应用潜力。相关研究成果发表在《纳米快报》上，并被选为封面论文。



《纳米快报》论文封面

现有的绝热反铁磁材料大多不具备面外各向异性，较大程度限制了其集成潜力；此外，神经形态计算进一步对器件提出了非线性响应、短时存储等新的要求。因而构建反铁磁神经形态器件是当前自旋电子学领域的一个挑战。

针对上述挑战，研究团队基于（111）取向的氧化钴/钨双层结构，实现了巨大的面外磁各向异性。利用器件在自旋轨道力矩作用下磁矩部分翻转的非线性特征以及在热激发下的自发弛豫特性，实现了全电学读写，并具有非线性响应和短时存储能力的自旋神经形态器件，并验证了其可以在手写数字识别和量子纠缠态分类等存储计算任务中实现高识别率。进一步，基于器件的双向弛豫特性，提出并验证了其在多维信息处理方面的独特优势。

该工作首次基于纯反铁磁体系实现了自旋神经形态器件，并为进一步利用反铁磁材料的优势，开发超高集成度和超高速运算速度的类脑计算系统奠定了基础。

中国科大博士研究生向学强为论文的第一作者，高南特研究员和龙世兵教授为论文的共同通讯作者。（微电子学院）

中国科大在自旋神经形态器件研究中取得新进展