
中国科大在超冷原子光晶格中实现大规模高保真度量子纠缠对的同步制备

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/10096.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

近日，中国科学技术大学教授潘建伟、苑震生等在超冷原子量子计算和模拟研究中取得进展，在理论上提出并实验实现原子深度冷却新机制的基础上，在光晶格中首次实现1250对原子高保真度纠缠态的同步制备，为基于超冷原子光晶格的规模化量子计算与模拟奠定基础。

基于量子力学的基本原理，量子计算和模拟被认为是后摩尔时代推动高速信息处理的颠覆性技术，有望解决高温超导机制模拟、密码破解等重大科学和技术问题。量子纠缠是量子计算的核心资源，量子计算的能力将随纠缠比特数目的增长呈指数增长。因而，大规模纠缠态的制备、测量和相干操控是该研究领域的核心问题。实现大规模纠缠态的通常途径是，先同步制备大量纠缠粒子对，然后通过量子逻辑门操作将其连接形成多粒子纠缠。因此，高品质纠缠粒子对的同步制备是实现大规模纠缠态的首要条件。十几年来，已有很多实验在光子、囚禁离子、中性原子等系统中演示操控多个量子比特进行信息处理的可行性。但以往的工作中，受限于纠缠对的品质和量子逻辑门的操控精度，目前所能制备的最大纠缠态距离实用化的量子计算和模拟所需的纠缠比特数和保真度还有很大差距。

在实现量子比特的众多物理体系中，光晶格超冷原子比特和超导比特具备良好的可升扩展性和高精度的量子操控性，是最有可能率先实现规模化量子纠缠的系统。自2010年开始，中国科大研究团队与德国海德堡大学合作，对基于超冷原子光晶格的可拓展量子信息处理展开联合攻关。在前期的研究中，团队使用Rb-87超冷原子制备了600多对保真度为79%的超冷原子纠缠态[Nature Physics 12, 783 (2016)]，并使用该体系调控特殊的环交换相互作用产生四体纠缠态，模拟了拓扑量子计算中的任意子激发模型[Nature Physics 13, 1195 (2017)]。以上的实验中，晶格中原子的温度偏高（约10 nK），使得晶格中原子填充缺陷大于10%，这对于纠缠原子对连接形成更大的多原子纠缠态和提升纠缠保真度有很大的影响。

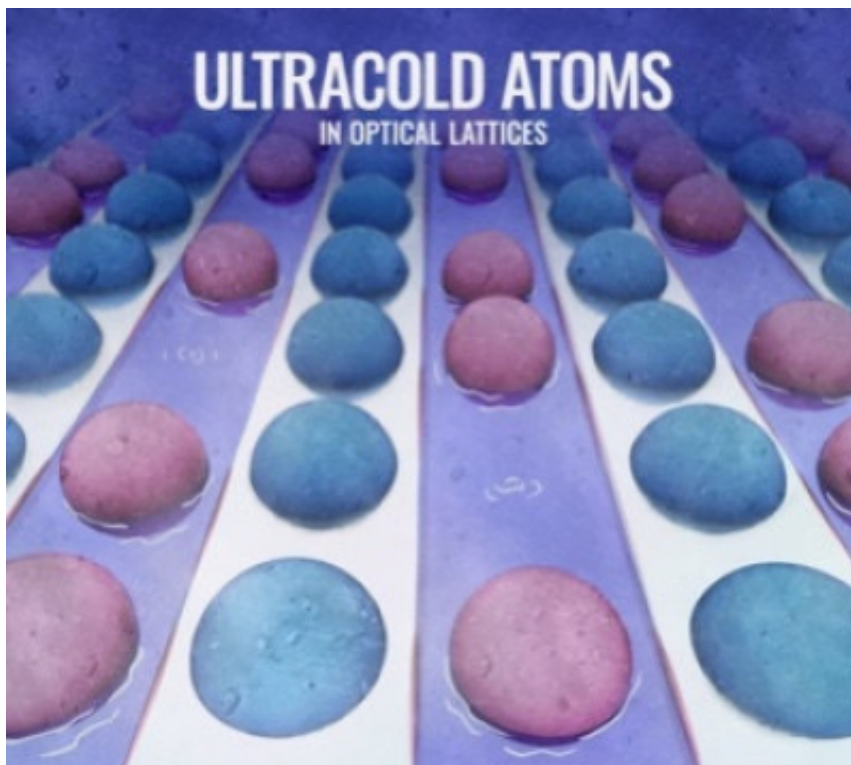
近期的这项研究首次提出使用交错式晶格结构将处在绝缘态的冷原子浸泡到超流态中的新制冷机制，通过绝缘态和超流态之间高效率的原子和熵的交换，使系统中的热量主要以超流态低能激发的形式存储，再用精确的调控手段将超流态移除，从而获得低熵的完美填充晶格。该实验实现了这一制冷过程，制冷后使系统的熵降低65倍，达到创纪录的低熵，使晶格中原子填充率大幅提高到99.9%以上。在此基础上，该研究开发了两原子比特高速纠缠门，获得纠缠保真度为99.3%的1250对纠缠原子。

该研究中的新制冷技术有助于对超冷费米子系统的深度冷却，使系统达到模拟高温超导物理机制的苛刻温区。研究团队还将通过连接多对纠缠原子的方法，制备几十到上百个原子比特的纠缠态

，用以开展单向量子计算和复杂强关联多体系统量子模拟研究。

相关成果以“First Release”形式发表在《科学》上。审稿人认为，这在原子比特中实现了其所知的最低的熵，且是在如此大（1万个原子）的系统中；报道了其所知的中性原子中的最高保真度两比特量子门；开发新的晶格量子气体制冷技术，是研究新物态和满足量子信息处理需求的重要目标，该研究实现如此大的熵减是一个突破。研究工作得到科技部、国家自然科学基金委、中科院、教育部和安徽省等的支持。

[论文链接](#)



光晶格中原子冷却的示意图。将处在绝缘态的样品原子（蓝绿色球）交错浸泡到处在超流态的环境原子（红色球）中，这两种状态之间高效率的原子和熵的交换，导致有能隙的绝缘态不易被激发，系统中的热量主要以超流态低能激发的形式存储。

研究团队单位：中国科学技术大学

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发