
科学家首次观测到超冷原子气体中的对流超流相

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/31308.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！

科学家首次观测到超冷原子气体中的对流超流相。

中国科学技术大学潘建伟、苑震生、邓友金等与合作者，在超冷原子量子模拟实验中首次观测到对流超流相这一新奇量子物态，证实了对流的双组分超流体共同形成绝缘体的特性。近期，相关研究成果发表在《自然-物理学》（Nature Physics）上。

20世纪30年代，卡皮查、艾伦和迈斯纳等在液氦中发现超流现象，推动了近一个世纪以来关于宏观量子现象的探索，如玻色-爱因斯坦凝聚、量子涡旋、超流-绝缘体相变、拓扑量子物态以及超流与超导之间关系等的研究，对量子多体物理基础前沿研究具有重要的科学意义。超流现象的研究推动了激光冷却、稀释制冷机等低温技术的发展，为量子模拟、量子计算和相关领域的发展提供了重要工具。同时，不断增强的量子调控技术为揭示此类宏观量子现象中的微观物理机制提供了重要的手段和崭新的研究视角。

21世纪初，Kuklov等在理论上提出了对流超流的设想：与一般的超流体不同，对流超流相存在两个相对流动的超流体，分别由自旋为A和B的粒子组成；两种自旋的粒子会相对流动，体现出超流性；两种相对流动的自旋流之间存在严格的关联，使得总粒子流为零，因此整体上看不存在流动性，而是形成莫特绝缘体。对流超流态的制备需要极低温度，其观测更需要单原子自旋可分辨的测量能力。这些实验技术挑战使得此类超流性与绝缘性共存的新奇物态尚未被实验证实。

近年来，超冷原子量子模拟器的出现为观测对流超流相提供了新手段。实验中，该研究设计制备了无缺陷低熵的双填充自旋莫特相初态，由此出发调控两种自旋原子之间的相互作用将体系绝热演化至对流超流相。该研究使用团队开发的具备单原子自旋可分辨的量子气体显微镜技术发现，在对流超流相两种自旋的粒子数涨落变大但总粒子数的涨落依然很小。这说明，两种自旋的原子在格点上存在粒子数涨落反关联。进一步，时间飞行测量显示，两种自旋间存在非零的对流超流关联函数即对流超流相的关键实验证据。研究通过探测体系中原子之间的长程自旋关联，估计出系统的温度低于1.2 nK，这为对流超流相的产生提供了重要的低温条件。

研究表明，超冷原子量子模拟方法为探索新奇物相提供了丰富的量子调控和观测手段，成为探讨强关联量子多体物态中微观物理机制的重要工具。相关实验技术可以拓展到三组分、多组分自旋超流体系的研究中，并能够推动大自旋原子形成的拓扑量子物态的实验研究。

审稿人认为这一工作是“量子模拟领域的卓越成就”，“尤其是基于该团队前期几项重要科研进展实现了对低温低熵对流超流态的制备”，“此工作的一个关键创新点是制备超低温自旋莫特相”。

研究工作得到国家自然科学基金委员会、科学技术部、中国科学院等的支持。

[论文链接](#)

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](#)转发