

---

# 科学家在量子体系中实现并探测高阶非平衡拓扑相

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/37023.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！*

科学家在量子体系中实现并探测高阶非平衡拓扑相。中国科学技术大学教授潘建伟、朱晓波、彭承志、龚明等与山西大学教授梅锋等合作，基于可编程超导量子处理器祖冲之二号，首次在量子体系中实现并探测了高阶非平衡拓扑相。这一成果标志着量子模拟在探索复杂拓扑物态方向上取得重要突破，为利用超导量子处理器在量子模拟问题上实现量子优势奠定了基础。11月28日，相关研究成果发表于《科学》。

拓扑相是近年来凝聚态物理与量子模拟领域的重要研究方向。与传统拓扑相不同，高阶拓扑相在更低维度的边界上出现了局域态，挑战了传统的体-边对应关系。尽管在经典超材料中已实现高阶拓扑相的实验，但在量子体系中实现高阶拓扑相一直是国际前沿的科学挑战。实现高阶拓扑相不仅有助于揭示拓扑物态的量子本质，还为基于非阿贝尔统计的拓扑量子计算提供了潜在实现途径。

进一步地，拓扑物态的研究正从平衡体系向非平衡体系拓展，成为凝聚态物理的重要前沿方向。非平衡拓扑相表现出平衡体系所不具备的特性，揭示了拓扑与动力学之间复杂而深刻的内在联系，从而为在时间维度利用拓扑保护对量子态进行高精度、高鲁棒性的超快操纵提供可能。然而，二维非平衡高阶拓扑相的实验实现长期面临两大挑战：其一是如何在量子体系中精确设计高阶非平衡拓扑哈密顿量；其二是缺乏直接探测非平衡拓扑性质的有效方法。

研究团队基于祖冲之二号超导量子处理器的可编程能力，首次在实验中实现了平衡与非平衡二阶拓扑相的量子模拟与探测。在理论上，研究团队提出了针对高阶拓扑相的静态与Floquet量子线路设计方案，解决了在二维超导量子比特阵列中构建高阶平衡与非平衡拓扑哈密顿量的关键难题，并开发了通用的动力学拓扑测量框架。

在实验上，研究人员建立了系统化的处理器优化方案，通过精密标定，实现了量子比特频率与耦合强度的动态调控，在6乘以6量子比特阵列上，成功执行了多达50个Floquet周期的演化操作，首次成功实现了四种不同类型的非平衡二阶拓扑相，并系统探索了该拓扑相的能谱、动力学行为、拓扑不变量等特征。

该成果标志着二维可编程量子模拟能力的显著提升。审稿人认为这一工作在以往一维实验的基础上取得了重要突破，扩展到二维体系是一次显著的提升，展示了丰富的实验能力；所发展的测量与分析非平衡拓扑物态的理论方法具有新颖性和趣味性。（来源：中国科学报 王敏）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1126/science.adp6802>

---

作者：潘建伟等 来源：《科学》

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