

量子速度极限研究取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/27600.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！

量子速度极限研究取得进展。

近日，中国科学院精密测量科学与技术创新研究院束缚体系量子信息处理研究组与广州工业技术研究院、广州工业智能研究院、苏州大学等合作，探讨了量子速度极限对量子信息处理的影响，并基于囚禁离子实验平台，实验证实了理论上获得的量子速度的最优上限。该研究通过量子绝热捷径操作给出了量子速度上限的最优表达式，并在实验上验证了真实的量子演化速度可以无限接近但不会超越该上限。

量子力学中的海森堡不确定原理给出了能量变化与时间之间的权衡关系，由此限制了量子态演化的最大速度。准确理解这一速度限制有助于推动量子信息技术的应用。量子绝热捷径方法是量子计算常用的量子调控手段，是通过增加辅助驱动场的方式实现与传统绝热过程相同的效果，但能够加快量子门操作的速度，利于在退相干时间内尽快完成相应的量子过程。由于受制于量子速度极限，量子绝热捷径技术能够将量子态的演化速度提升多少是热点问题。基于海森堡不确定原理，辅助驱动场的功耗与量子态演化速度极限之间存在一种权衡，而这种权衡决定了如何以最小化能量成本实现演化速度的极限。

研究发现，以往得到的权衡关系无法准确反映出量子系统真实的演化速度。主要存在的问题有：一是真实的演化速度无法达到理论上求得的量子速度极限。通常情况下，使用Cauchy-Schwarz不等式得到的量子速度极限大于真实的演化速度，不能准确反映出量子系统的情况；二是量子速度极限无法真实反映量子态本身的演化趋势，有时甚至是完全相反的描述。在此次工作的理论研究部分，科研人员利用 s 参数化相空间方法对量子速度极限进行二次缩放，解决了上述问题。 s 参数化相空间是一系列相空间的集合，如常见的Wigner相空间即 $s=0$ 情形。研究发现，由于 s 参数具有连续性，因此总可以找到所有相空间的一个子集，使得二次缩放后的量子速度极限比以往得到的量子速度极限更优。研究通过对量子速度极限的严格证明，发现最优量子速度极限可以利用以往较少关注的 $s=-\infty$ 相空间来描述，提出了辅助驱动场的功耗与量子态演化速度极限之间新的权衡关系表达式。

该研究运用离子阱量子操控技术进行验证。科研人员基于钙离子量子精密测量平台，运用量子绝热捷径技术执行了朗道-齐纳模型。该研究借助单个超冷钙离子的三能级结构，利用机器学习等辅助手段制备了不同的初态。进一步，研究通过激光的精准操控，测量出体系的真实量子速度，并与理论结论进行对比。结果显示，与以前的理论结果相比，该工作获得的量子速度极限能够真实地反映量子态的演化速度和趋势，并可以更准确地代表量子速度的极限即量子速度的最优极限。

上述成果为量子信息处理中速度与功耗之间的权衡建立了更准确的解析不等式，并在实验上做了精准的检验。这有助于科学家更深入地探讨量子力学的基本原理，并可以加深科学家对量子技术中内禀存在的根本性限制的认知。

相关研究成果以 *Single-Atom Verification of the Optimal Trade-Off between Speed and Cost in Shortcuts to Adiabaticity* 为题发表在《物理评论快报》（*Physical Review Letters*）上。研究工作得到国家自然科学基金、中国博士后科学基金以及广州市的支持。

[论文链接](#)

研究团队单位：精密测量科学与技术创新研究院

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