研究证实真实的量子体系存在操控速度的极限

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/17583.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！

研究证实真实的量子体系存在操控速度的极限。近日，中科院精密测量院研究团队与多个单位合作，利用超冷40Ca+离子所构造的量子模拟实验平台，设计并实验展现了可控的量子非平衡热力学过程，在单原子层面上首次高精度地验证了远离平衡状态的量子体系的操控速度受制于体系的熵产生率这一全新的量子热力学特性，研究成果发表在《物理评论快报》上。

该成果不仅涉及量子力学和热力学的基本问题，而且对于优化量子测量、量子态制备和量子信息读取，甚至加快量子计算的速度等量子技术都有着重要意义，被编辑部作为亮点论文同时推选为编辑推荐 和特色物理。美国物理学会（APS）也在其网站Physics上以
变化的速度极限为题作为新闻焦点报道和评述了此项工作。

运用超级计算机来模拟现实世界的真实过程是目前科技界和工业界广泛采用的方法。例如，飞机和汽车性能的测试、核爆炸试验都可以在超级计算机上模拟进行。但是，当使用这些超级计算机来研究微观世界的量子过程时，原来强大的计算能力马上就变得捉襟见肘。目前人类最强大的计算机也只能计算30多个量子比特所构成的系统。著名物理学家理查德·费曼在上世纪70 年代就意识到这方面的困难，并想出了创造一个人工量子力学系统来模拟真实的量子过程的解决方案，称作量子模拟。一个量子模拟器其实就是一台简约版的量子计算机。

长期以来，能否进一步加快量子体系的操控速度不仅是一项技术挑战，而且也是一个基础科学的前沿问题。实际的量子操控不可避免地受到环境的影响。由此带来的噪声会影响量子操控的保真度，但另一方面，这种影响在量子操控、量子初态制备等方面能起到积极的作用。因此，快速操控真实体系的量子态除了需要量子技术的提升，也要考虑其它非量子的因素。

2020年的一项理论研究将以上问题抽象为一个非平衡热力学问题，得到了一个普适的不等式关系（称为耗散-时间不确定性关系），表明任何非平衡热力学过程中物理体系的演化速度都会受限于熵的流动速率。由于这一限制条件也适用于量子系统，因此这不仅是对量子力学基本理论的深入认识，而且也是第一次将量子速度与热力学过程相关联。

在本项工作中，研究人员联手，运用离子阱量子操控技术检验了以上理论结论。离子阱系统以孤立干净、精准可控而著称，是目前最有希望展现量子技术优越性的候选者之一。精测院冯芒研究团队一直在发展基于40Ca+离子的精密操控关键技术，旨在发展量子精密测量应用技术和利用量子模拟探索量子世界的未知领域。

研究人员基于由单个超冷40Ca+离子构造的量子模拟实验平台，精巧地设计了四个独立可控的耗散通道，每个通道可以独立地开关，热力学过程的速度可以精准地操控；同时，研究人员还自主

发展了一套数据后处理的理论方法，使整个热力学过程的细节可以通过实验测量和数值处理而精确地呈现出来，由此完全满足了模拟一个可控的量子非平衡热力学过程的物理条件。经过针对不同参数条件的多次实验，反复对比测量的结果，研究人员最终确认了耗散-
时间不确定性关系在量子体系中完全成立。

该研究工作有助于理解真实的量子操控的速度限制，进一步优化量子测量、操控和量子信息读取等涉及非平衡热力学过程的量子技术，同时也再次证明了热力学在真实的量子过程中所具有的意想不到的作用。尤为重要的是，该项工作展示了单个离子构成的量子模拟器就能精确可信地模拟难以真实观察到的量子非平衡热力学过程，这再一次表明量子技术的巨大潜力和作为一项颠覆性技术的未来前景。

据了解，冯芒研究团队在2018年曾利用该量子模拟平台验证了兰道尔原理（信息学界的重要原理之一）在量子领域的适用性，用实验数据表明量子永动机不可能存在。而且表明，虽然量子技术有助于信息处理，但在节能方面并无优势。这次的工作再一次与量子技术的能耗相关，证明量子信息读取的快慢将取决于体系的熵的变化，
这为提升精密测量技术和量子操控效率所需的能耗提供了原理性的解释。

该研究得到科技部国家重点研发计划项目、国家自然科学基金项目和广东省重点领域研发计划重大专项项目的资助。（来源：中国科学报荆淮侨）

相关论文信息：https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.128.050603

版权声明：凡本网注明来源：中国科学报、科学网、科学新闻杂志的所有作品，网站转载，请在正文上方注明来源和作者，且不得对内容作实质性改动；微信公众号、头条号等新媒体平台，转载请联系授权。邮箱：shouquan@stimes.cn。
作者：冯芒等 来源：《物理评论快报》

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