研究实现保真度超99.9%的量子门操控

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/35342.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！

研究实现保真度超99.9%的量子门操控。中国科学技术大学郭光灿院士团队教授郭国平、李海欧与本源量子等合作，在锗硅异质结结构半导体量子点体系中实现了保真度超过99.9%的几何量子门操作，为构建大规模容错量子计算处理器提供了关键技术。8月26日，研究成果在线发表于《自然-通讯》。

半导体量子点凭借其兼容成熟半导体制造工艺的可集成性，已成为实现可扩展量子计算的重要平台。然而，随着量子比特数目的增多，半导体量子计算正步入中等规模含噪声量子时代。在大规模量子比特阵列中，不同比特面临的噪声环境差异巨大，亟需开发高保真度、强噪声鲁棒性的量子比特操作方案。

相比传统量子门，几何量子门对局部演化路径上的噪声扰动和环境诱导的退相干等特定类型噪声具有天然抵抗性。研究团队采用门集层析技术识别出比特频率偏移噪声和拉比频率噪声两类主要噪声源，并确定前者是影响量子门操作保真度的核心因素。基于此发现，团队采用针对这两类噪声的理论优化方案，实现了高保真度的几何量子门操控。

为全面评估几何量子门的性能优势，研究团队对传统动力学门和新型几何量子门进行了系统性对比测试。相比之下，几何量子门在大工作范围内展现出稳定的抗噪声能力。在较宽的拉比频率范围内，其操作保真度始终保持在99%的容错量子计算阈值之上。更为重要的是，I门、X/2门、Y/2门的最高保真度分别达到99.98%、99.80%和99.97%，均达到国际先进水平。这一出色表现充分证明了，几何量子门不仅在单一工作点表现优异，更在大的工作范围内保持稳定的高性能，这种可复现性对大规模量子计算处理器的实现具有重要意义。

在噪声鲁棒性验证实验中，几何量子门的操作保真度始终显著高于传统动力学门。即使在±2.5兆赫（±1.2 兆赫）的比特频率偏移噪声扰动下，几何量子门X/2门和Y/2门的保真度仍能稳定保持在99%之上。这一噪声容忍范围与实验环境中的噪声水平吻合，充分表明几何量子门方案在真实应用场景中具备有效的噪声抵抗能力，可显著降低频繁校准的需求，为构建大规模量子处理器节约关键资源。（来源：中国科学报 王敏）

相关论文信息：https://www.nature.com/articles/s41467-025-63241-4

作者：郭光灿等 来源：《自然—通讯》

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