
首次实现量子互文性无漏洞测试

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/17379.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！

首次实现量子互文性无漏洞测试。

近日，北京量子信息科学研究院助理研究员王鹏飞、张静宁和兼聘教授金奇旻，联合清华大学、西班牙塞维利亚大学、南方科技大学等单位的研究人员，首次在实验上实现了量子互文性的无漏洞检验，相关研究成果于2月9日发表在Science Advances。

量子互文性是量子体系和经典体系之间的本质区别。在人们熟悉的经典世界中，当人们以不同的顺序或在不同的时间点测量同一个体系的同一个观测量时，输出的结果总是相同。因此人们自然地认为这些被测量的观测值是早就存在的，并且在测量之后仍然存在。

然而这个假设在量子力学中并不成立。量子系统中的一对测量也可以产生互不干扰的测量结果并且在重复测量时产生相同的结果，但即使在这种情况下，它们测量结果的相关性也不能用预先存在内在值的假设来解释。基于这一现象，科学家提出了量子力学中量子互文性的Bell-Kochen-Specker定理。这个性质如今被证明是量子计算机性能超越经典计算机的内在原因。

但是，如何在关闭所有漏洞的情况下，在实验上测试量子互文性一直是一个极具挑战的问题。量子互文性测试和Bell测试很类似，但是并不需要类空间隔这一条件。最近，一些Bell测试实验已经在没有重大漏洞的情况下得到了证明。然而，包括量子计算机在内的许多量子系统很难大到足以容纳处于类空间隔关系的子部件。

在此情况下，如何知道系统是在量子状态下运行的并受量子力学原理的控制呢？量子互文性测试可以提供一个解决方案。在光子、中子、离子、分子核自旋、超导系统的体系中，人们已经观察到了量子互文性不等式的违背，但它们都无法关闭所有的漏洞。

在此次研究中，研究团队提出了一种利用复合系统进行无漏洞量子互文性测试的实验方法。实验中使用两种不同离子进行实验来保证它们彼此互不干扰，并通过对两种离子分别进行重复测量来保证理想观测条件，且实验中没有漏掉任何测量结果。最后的实验结果实现了量子互文性不等式15个标准差的违背。

具体来说，量子互文性的实验验证主要涉及两个漏洞，探测性漏洞和理想（ideal）观测漏洞，其中理想观测漏洞又可以分为锋利性（sharpness）漏洞和兼容性漏洞。该研究采用的混合离子系统用荧光探测技术探测量子比特状态，实现了100%的探测效率和高达98%的探测保真度，由此关闭了探测性漏洞和锋利性漏洞。

混合离子系统包含囚禁在保罗阱中的一个Ba离子和一个Yb离子。量子互文性不等式的每对观测量分别对应于一对不同的离子，而且两个离子具有完全不同的操作激光、探测激光以及探测装置，保证了兼容性漏洞的关闭。实验结果清楚地显示了量子互文性不等式的违背。

研究团队表示，该研究结果可以广泛地应用在量子信息的其他领域。比如很多量子体系因为尺寸不能实现类空间隔而无法进行Bell测试。该研究设计的方案没有类空间隔的要求，可以用于量子系统的真伪验证。此外，该研究结果还可以用来检测量子计算机是否是真正的量子计算机，也可以用于自验证的量子随机数发生器、盲量子计算等。（来源：中国科学报郑金武）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1126/sciadv.abk1660>

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：王鹏飞等 来源：《科学进展》

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](https://www.iikx.com)转发