

评“经典、量子及其混合场景下的经典关联生成协议”

王子竹

关联性作为区别经典和量子世界的最基本性质之一，从量子信息产生早期，科学家们就对其产生、消耗以及在信息处理任务中扮演的角色进行了持续的研究。量子信息中的关联性由强到弱一般分为非定域/互文性 (nonlocality/contextuality)、可导性 (steerability) 与纠缠 (entanglement) 几种。满足这几种关联性的概率分布组成的集合由弱到强是上一级集合的真子集：非定域的关联一定可导，并且产生这些关联的量子态一定是纠缠态，反之则不成立。这几种关联性的定义都用到了经典共享随机性 (shared randomness)。经典关联和与之密切相关的经典共享随机性既可以看作是量子关联性的“种子”，也可以反过来把它当成可以用量子关联高效生成的“果子”。

该文回顾了 3 种产生经典关联的主要途径：经典、量子与经典量子混合。其中经典与量子场景都可以对产生经典关联所需的资源进行精确的数学刻画：它们分别由非负秩 (nonnegative rank) 和半正定秩 (PSD rank) 来决定。在混合场景中，考虑到 NISQ 时代对量子资源的操控能力有限，通过引入 quantum capability 的概念量化所需的额外经典资源，并分先经典后量子与先量子后经典两种场景进行了讨论。前一种场景可以精确刻画所需的额外经典比特数，后一种场景可以给出所需比特数的上界。

评“基于变分量子虚时演化和 UCC Ansatz 的基态求解器”

王子竹

量子变分求解器 (variational quantum eigensolver, VQE) 作为中等尺度含噪声量子器件 (noisy intermediate-scale quantum devices, NISQ) 时代可能产生实际应用的场景，近年来在量子计算和量子信息研究中备受关注。VQE 作为一种量子-经典混合算法，将纯经典算法中需要对量子系统进行精确模拟调控的问题交给算法的量子部分，同时保留了经典优化算法的高效率和准确度。也正是由于这种特性，使得 VQE 解决特定量子问题如寻找多体量子系统基态时对描述量子系统的拟设 (ansatz) 有很大的依赖。一个好的拟设可以使算法在解决问题时事半功倍，而一个不好的拟设可能使算法长时间无法收敛到最优值上。

该文采用了一种称为 UCC 的拟设，并将其转化为小量子电路，作为变分算法的基本组成部分。在有了好的拟设之后，如何使用变分法优化这些电路是算法需要解决的第二个问题。量子多体模拟中常见的虚时演化法是一种简单有效的寻找基态算法。但与普通的虚时演化算法不同，由于变分空间是量子电路，所以文中采用了 VITE 算法对量子电路进行变分虚时演化。整个算法在 MindQuantum 平台上实现，并用其求解 LiH 分子的基态能量，得到了很好的效果。作者们凭借此算法夺得了第四届量子计算黑客松全国大赛冠军。