

量子信息专题简介

张卫平^{1*}, 周正威^{2*}, 苏晓龙^{3*}, 许金时^{2*}

1. 上海交通大学, 上海 200240

2. 中国科学技术大学, 合肥 230026

3. 山西大学, 太原 030006

* 通信作者. E-mail: wpz@sjtu.edu.cn, zwzhou@ustc.edu.cn, suxl@sxu.edu.cn, jsxu@ustc.edu.cn

量子通信和量子计算作为量子力学二次革命中潜在的关键性技术已经获得了长足的发展. 量子通信 (尤其是其中的量子密码技术) 正在不断提升其技术指标及性能, 向实用化迈进; 量子计算技术已经突破“展现量子计算优越性”(指量子计算在实施某一项算法功能或模拟功能中, 超越现有的经典计算机的性能) 这一技术节点, 向“展现量子计算的现实优越性”迈进 (指量子计算在解决对现实世界有重要应用的问题中, 超越现有经典计算机的性能). 本年度的“量子信息专题”(Special Topic: Quantum Information) 正是部分地反映了这一趋势. 专题共收录了 11 篇文章, 包括 1 篇综述 (Review)、7 篇研究论文 (Research Paper) 和 3 篇通讯 (Letter).

在量子通信方面, 李永明教授等的文章综述了连续变量测量设备无关的量子密钥分配技术的发展; 曾贵华教授等在他们的工作中提出了一种采用低密度奇偶校验编码技术对连续变量量子密钥分配进行有效速率自适应协调的方案. 在对量子信道的研究方面, 李传锋教授等的工作提出了一种通过量子开关, 直接估计量子信道的不相容性的方法; 王鑫教授等的文章研究了量子信道的鉴别问题, 揭示了信道容量、信道鉴别和信道发散的数学结构之间的深层联系. 在量子链路的研究方面, 周强教授等提出并演示了一种通过频移连接 2 个相邻基

本链路的方案. 另外, 在基于量子增强的协议方面, 针对现有的基于区块链的联邦学习方法存在容错能力有限和通信开销高的问题, 陈增兵教授等提出了一种基于拜占庭协议的量子增强的区块链联合学习框架, 从而可以显著提高容错能力, 同时大大降低通信开销.

在量子计算方面, 郭国平教授等将变分量子本征求解器应用于金融投资组合优化问题, 并在超导量子计算机“悟空”上成功实现了多达 55 个量子位的混合式分布计算的实验; 高飞教授等提出了拓扑驱动的量子架构搜索框架, 该构架避免了在低性能拓扑中探索门配置, 从而显著降低了计算复杂度, 通过无噪声和有噪声条件下对各种任务进行的数值模拟的例子, 验证了该框架的有效性. 上述的两项工作为中等规模的噪声量子计算的应用提供了有益的探索.

专题中的另外几项工作包括: 苗子博教授等提出了一个关于噪声动力学的量子调控速度限制的新框架, 基于此, 得到了噪声动力学在任何给定时间可以实现的精确最大旋转角度, 这对噪声动力学的演化时间产生了严格的限制; 张在琛教授等提出一种通过自适应局部测量验证 GHZ-W 真纠缠子空间的方法; 杨垂平教授等提出了一种赝厄米超导电路系统, 并在该系统的参数空间中发现存在三阶奇异曲面. 这些工作探索了量子力学的数学结构对量子调控施加的限制.

引用格式: 张卫平, 周正威, 苏晓龙, 等. 量子信息专题简介. 中国科学: 信息科学, 2025, 55: 2400, doi: 10.1360/SSI-2025-0361
Zhang W P, Zhou X W, Su X L, et al. Special Topic: Quantum Information. Sci Sin Inform, 2025, 55: 2400, doi: 10.1360/SSI-2025-0361