

2024年度福建省科学技术奖 提名项目（人选）公示内容

项目名称：基于常温物态系统的量子计算与量子模拟研究

提名奖种：自然科学奖

提名单位：三明市科技局

项目简介：

量子计算与量子模拟的核心研究目标是对复杂量子多体系统进行精确操控，突破经典计算机的算力物理极限。本项目基于自研的固态自旋量子系统与囚禁离子系统，在常温物态条件下开展量子逻辑门操控、量子相变临界行为验证、拓扑量子物态调控等系统性、创新性研究，取得了一系列具有国际影响力的原创成果。

一、固态自旋量子系统的突破性进展

团队提出基于几何相位的抗噪量子操控方案，通过金刚石氮-空位色心电子自旋与核自旋的精密调控，国际上首次在固态自旋系统实现了全几何通用量子逻辑门集合与非绝热量子计算（Nature, 2014）。该工作被引300余次，成为物理学领域前1%的ESI高被引论文，被哈佛大学 Ronald Walsworth 教授、麻省理工学院 John Barry 教授等在物理学顶级综述刊物《现代物理评论》引用参考（Rev. Mod. Phys., 2020）。进一步地，团队基于固态自旋量子系统模拟了量子版本的麦克斯韦妖佯谬，首次通过该系统实证揭示了量子信息反馈与热力学熵减的关联机制，阐明了量子相干性在系统信息熵变中的关键作用（Chin. Phys. Lett., 2018）。法国斯特拉斯堡大学 M. Bowen 教授评价其“是少数能够利用电子自旋实验实现量子热机的研究成果”（Commun. Phys., 2019）。

二、离子阱量子计算的前沿探索

团队合作研制国产第一代离子阱量子计算机商用原型机 HYQ-A37，其性能指标已达国际一流水平，取得了多项量子模拟方面的重要研究成果：其一，通过高精度离子阱操控技术，首次观测到量子 Rabi 模型在超辐射相的量子相变现象，并测得临界行为与理论预言高度吻合（Nat. Commun., 2021）。该成果被ESI评为物理学领域前1%的高被引论文，中国科学院院士杜江峰教授在《自然·通讯》中评价其为“通过囚禁离子模拟标准量子拉比模型（QRM）相位跃迁的最新发现”（Nat. Commun., 2021）。其二，成功实现了拉比-哈伯德模型的大规模量子模拟，首次观测到接近理论预测的量子相变临界点（Phys. Rev. Lett., 2022）。阿姆斯特丹大学 Liam Bond 教授特别称赞其“为论证理论预测提供了理想的实验平台”（Phys. Rev. Lett.,

2024)。其三，通过离子阱系统首次实现了拓扑欧拉绝缘体的可编程量子模拟，以及欧拉拓扑结构动力学特征的测量与表征 (Commun. Phys., 2022)。英国剑桥大学 Robert-Jan Slager 教授强调其为“囚禁离子系统实现新型奇异拓扑态的代表性成果” (Nat. Commun., 2022)。

本项目在 Nature、Physical Review Letters 等国际权威学术期刊发表论文 10 余篇，总被引超 1000 次，其中 5 篇代表性论文单篇最高被引超过 300 次。部分研究成果的核心技术被国际和国内 30 多个实验室借鉴采用，推动了量子计算技术在我国加速迭代升级。

主要完成单位： 三明学院；华翊博奥（北京）量子科技有限公司

主要完成人及其贡献：

- (1) 王玮彬（三明学院）：项目负责人；
- (2) 蔡明磊（华翊博奥（北京）量子科技有限公司）：系统研制与实验研究；
- (3) 赵文定（华翊博奥（北京）量子科技有限公司）：理论与实验设计；
- (4) 梅全鑫（华翊博奥（北京）量子科技有限公司）：技术研发与实验研究；

代表性论文专著目录：

代表性论文(专著)情况										
刊名	论文(专著)名称	年卷页码	发表时间	通讯作者(含共同)	第一作者(含共同)	作者:排序/姓名	影响因子(发表当年)	他引次数	检索数据库	备注
Nature	Experimental realization of universal geometric quantum gates with solid-state spins	2014, 514(7520): 72-75	2014-10-02	7/L. - M. Duan		1/C. Zu, 2/W. -B. Wang, 3/L. He, 4/W. -G. Zhang, 5/C. - Y. Dai, 6/F. Wang	41.456	300	Web of Science	国际期刊

Chinese Physics Letters	Realization of quantum Maxwell's demon with solid- state spins	2018, 35(4): 040301	2018- 04-01	12/段 路明	1/王玮 彬	2/常秀 英 ,3/王 飞 ,4/侯 攀宇 ,5/黄 园园 ,6/张 文纲 ,7/欧 阳晓龙 ,8/黄 峴之 ,9/张 正宇 ,10/王 海艳 ,11/何 丽	1.066	7	Web of Science	国内期 刊
-------------------------------	--	---------------------------	----------------	------------	-----------	--	-------	---	-------------------	----------

Nature Communi- cations	Observation of a quantum phase transition in the quantum Rabi model with a single trapped ion	2021, 12(1): 1126	2021- 02-19	10/L. - M. Duan	1/M. - L. Cai	2/Z. - D. Liu, 3/ W. -D. Zhao, 4/ Y. -K. Wu, 5/Q. -X. Mei, 6/ Y. Jiang, 7/L. He, 8/X. Zhang, 9/Z. - C. Zhou	17.694	123	Web of Science	国际期 刊
Physic- al Review Letter- s	Experimental realization of the Rabi-Hubbard model with trapped ions	2022, 128(16): 160504	2022- 04-22	8/L. - M. Duan	1/Q. - X. Mei	2/B. - W. Li, 3/Y. -K. Wu, 4/M. -L. Cai, 5/ Y. Wang, 6 /L. Yao, 7/ Z. -C. Zhou	8.600	37	Web of Science	国际期 刊

Communications Physics	Quantum simulation for topological Euler insulators	2022, 5(1): 223	2022- 09-15	12/L. - M. Duan	1/W. - D. Zhao	2/Y. - B. Yang, 3 /Y. Jiang, 4/Z. - C. Mao, 5/ W. -X. Guo, 6/ L. -Y. Qiu, 7/ G. -X. Wang, 8 /L. Yao, 9/ L. He, 10/ Z. -C. Zhou, 1 1/Y. Xu	5. 400	21	Web of Science e	国际期 刊
---------------------------	--	-----------------------	----------------	-----------------------	----------------------	--	--------	----	------------------------	----------

其他支撑材料目录:

证明材料类型	证明材料名称	证明材料提供单位
授权函	论文成果使用授权函	清华大学交叉信息研究院 (论文第一单位)
战略合作协议书	三明学院经济与管理学院 -华翊博奥(北京)量子科 技有限公司产学研合作协 议书	三明学院&华翊博奥(北 京)量子科技有限公司
图片	合作共建科研平台落成铜 牌	三明学院

检索查新报告	检索查新报告	检索查新报告
代表作 1 索引报告	代表作 1 索引报告	代表作 1 索引报告
三明学院图书馆	三明学院图书馆	三明学院图书馆
检索查新报告	检索查新报告	检索查新报告
代表作 2 索引报告	代表作 2 索引报告	代表作 2 索引报告