

题目 12:

“量电融合，共创未来——量子经典混合算法的应用探索”比赛方案

(量子科技长三角产业创新中心)

一、组织单位

量子科技长三角产业创新中心

二、题目名称

量电融合，共创未来——量子经典混合算法的应用探索

三、题目介绍

量子计算在中国未来科技发展中扮演着关键角色。习近平总书记多次强调量子科技的战略意义，并指出通过调控量子世界，将推动信息、能源、材料科学的发展，引领新的产业革命。党的十九大和二十大报告明确将量子科技列为重点领域，凸显其对国家竞争力的重要意义。今年，工信部等七部门联合印发的《关于推动未来产业创新发展的实施意见》中更是将量子计算机列为未来高端装备中的创新标志性产品。政府支持和政策引导将深刻影响量子计算的研究、发展和产业化，助推我国在全球量子科技领域实现更为突出的成就。

尽管量子计算具备巨大潜力，却面临着一系列挑战，包括量子比特的稳定性、错误纠正等问题，制约了像 Shor、Grover、QFT 等纯量子算法在实际应用中的广泛使用。当下量子计算仍

受到硬件和技术的限制，使得实现大规模、深层次线路的量子计算变得艰难。为了克服这些局限性，需要不断投入研究和创新，以实现量子计算的可靠性和可扩展性。

量子经典混合算法崭露头角成为当下可行的解决方案。混合算法巧妙结合了经典算法和量子算法的优势，能够有效规避纯量子算法在大规模深层次线路上的弱点，使其在当前中等规模、含噪声的量子时代发挥重要作用。这类算法能够有效解决实际问题，为各个领域提供创新性解决方案。混合算法的不断发展有望为实际问题的解决提供更为有效的途径，推动量子计算技术的进一步发展，有助于我国在量子计算领域取得领先地位。

本题目以量子经典混合算法的优势应用探索为主要内容，将通过量子计算云平台，开放目前国内先进的超导量子计算机和相干光量子计算机硬件和经典计算集群供参赛的青年学子使用，鼓励选手通过量子经典混合算法，使用量子计算结合传统计算能力探索各行业的优势应用解决方案，开发相关程序和软件。所有对量子计算感兴趣、具备基本编程能力的开发者均可参加报名。

参赛者可在包括但不限于以下几个方向中选取自己感兴趣的题目：

1. 量子+金融。金融市场中通常面对许多复杂的数学问题，如期权定价、投资组合优化、欺诈检测等问题。如量子振幅放

大估计、量子虚时演化方法，Grover 自适应搜索方法等传统纯量子算法在上述问题中都给出了相对于传统方法平方甚至指数级加速效果。然而由于纯量子算法线路的门深度和比特规模随问题规模或精度要求可能呈现为指数级扩大的特征，距离真实商用场景较为遥远。通过结合经典计算机，使用较浅的量子线路的变分量子算法，或使用专用的相干光量子计算机的 QUBO 算法，助力量子应用在金融行业中的场景落地。

2. 量子+大健康。量子计算的出现为大健康领域中药物辅助治疗、数字医疗诊断等领域提供了新的解决办法。以医药辅助设计中的药物分子模拟为例，受限于当前量子计算机规模，当下的量子算法仅能对简单结构的小分子进行模拟，与实际问题仍有不小距离。又例如，在数字医疗诊断中量子支持向量机方法、量子最近邻方法等算法在检测异常健康数据、智慧医疗诊断等问题中表现出了相较经典方法指数级加速的潜力，同样受限于当下量子硬件规模问题而无法商用。通过使用变分量子算法和机器学习方法等结合的技术手段，在降低量子线路要求的同时，尝试解决上述药物分子模拟或医疗诊断领域的一些有实用价值的问题，或设计并论证新算法较原有算法在硬件资源性能指标需求上的优势，或使用专用的相干光量子计算机硬件进行求解，促进量子计算机对具有实际商用价值的大健康领域问题的解决。

3. 量子+人工智能。近些年，人工智能在图像识别，自然语言处理等问题上都有广泛的应用，量子计算的出现给机器学习提供了新的基础模型，如 QNN、QCNN 等，量子机器学习模型和传统机器学习模型的结合在各领域的应用引起广泛探索；同时随着 GPT 的问世，以 Transformer 为基础构型的各类大模型也快速涌现。探索量子计算与人工智能结合在矩阵计算中的计算速度优势对各类机器学习模型可能的训练加速效果。

4. 量子+网络。量子算法的出现可能在网络通信安全、网络调度等方面改变当下的网络格局。通信安全方面，现在广泛使用的加密算法依赖于大整数质因数分解，椭圆曲线离散对数问题求解等数学问题的困难性，经典计算机的算力无法在多项式时间内破解现代密码体系。量子计算机通过 Shor 算法、Grover 算法等方法已经展示了对传统密码体系的威胁。网络调度方面，量子近似优化算法（QAOA）、Grover 搜索算法、量子神经网络等方法在解决网络调度中路径选择、资源分配、异常数据检测等方面表现出了至少平方级的加速能力。上述算法由于量子硬件规模问题，和商用仍有距离。探索变分量子算法在网络领域的应用，设计用于加密攻击的量子经典混合算法，并论证现有密码体制在各种算法攻击下的极限安全性，或设计用于解决大规模网络资源高效管控调度的算法；或设计适用于专用的相干光量子计算机硬件的算法，促进量子计算真正为大规模网络的安全稳定运行与管控调度服务赋能。

5. 量子+材料。量子计算在材料领域的应用展现了其在材料设计与优化方面的潜力。传统计算机在处理复杂的电子结构和材料特性预测时面临计算复杂性的挑战，而引入量子计算为这些问题提供了全新的解决途径。以电子结构计算为例，量子算法在模拟分子和材料的电子态时，能够更准确地捕捉电子之间的相互作用和相关性。然而，由于当前量子计算机规模的限制，针对大规模材料的精确模拟仍然是一个挑战。通过采用变分量子算法、量子机器学习和融合相关经典算法等技术手段，有效降低对量子线路的深度和比特数目的要求，提高对大型分子和复杂材料系统的模拟规模和模拟精度，促进高效率光电转换、高储能比等新型实用材料的研发。

6. 量子+其它。物流优化、工业制造、博弈、气象预测等其他通过结合经典计算机和量子计算机的可能产生超越经典计算的优势应用场景。

7. 高效率量子计算模拟器。当下量子计算机仍处于初期发展阶段，基于经典计算机的量子模拟器可以给出量子计算机运行结果的理论参考，从而在量子算法研究中有着举足轻重的地位。探索含噪声的量子模拟器开发，以更准确的模拟算法在真实量子硬件中的运算结果；探索张量网络等技术在量子模拟器中的应用，以更少的资源量模拟更大规模的多体量子系统；探索线路切割技术，将大规模量子线路分解成更小且易于管理的部分，更好地适应不同计算环境和硬件限制；探索线路编译技

术，使算法适应各种物理架构的量子芯片并降低量子门深度；以及任何其他可以改进量子算法、量子模拟器运行效率的算法或程序软件。

四、参赛对象

2024 年 6 月 1 日以前正式注册的全日制非成人教育的各类高等院校在校专科生、本科生、硕士研究生（不含在职研究生）均可申报作品参赛，以个人或团队形式参赛均可，每个团队不超过 10 人（含作品申报者），每件作品可由不超过 3 名教师指导完成。可以跨专业、跨校、跨地域组队。

本校硕博连读生（直博生）若在 2024 年 6 月 1 日以前未通过博士资格考试的，可以按研究生学历申报作品。没有实行资格考试制度的学校，前两年可以按硕士学历申报作品。本硕博连读生，按照四年、两年分别对应本、硕申报，后续则不可申报。

毕业设计和课程设计（论文）、学年论文和学位论文、国际竞赛中获奖的作品、获国家级奖励成果（含本竞赛主办单位参与举办的其他全国性竞赛的获奖作品）等均不在申报范围之内。

每件作品仅可由 1 所高校推报，高校在推报前要对参赛团队成员及作品进行相关资格审查。

每所学校选送参加专项赛的作品数量不设限制，但同一作品不得同时参加第十九届“挑战杯”全国大学生课外学术科技

作品竞赛主体赛事自然科学类学术论文、哲学社会科学类调查报告、科技发明制作作品评比。

五、答题要求

根据选题情况作品主要涵盖以下要求：

1. 具备创新性和原创性，独立设计并完成开发，未与其他单位合作，无知识产权纠纷，此前未公开发布；
2. 具备实用性，有潜在的商业应用价值；
3. 参赛者根据所选题目，提交计算应用程序或软件，并以书面形式给出软件设计方案，内容包括但不限于设计说明、源代码、返回结果、总结报告、核心技术/创新点等。

六、作品评选标准

1. 提交参赛作品，要求代码及报告文档内容完整、书写规范、可读性强；
2. 对于能够解决给定规模的某个问题的算法，将主要根据其中使用的量子线路的量子比特数和线路深度进行评分，量子资源需求及开销较小者将获得更优的评价；能通过对比试验或理论推导证明出所用量子经典混合算法相对于对应领域的传统方法的优越性或潜在优越性；能够在含噪声量子计算机（模拟器）上运行算法，展示算法对量子计算机噪声的处理方法或给出算法对噪声的鲁棒性分析；
3. 对于量子模拟器，能够结合量子算法的应用，分析对经典资源消耗的减少、计算速度提升等改进效果；能够模拟量子

计算机噪声；能够从计算原理出发给出模拟器构建方法相对于传统方法的优越性；

4. 对于量子编译/线路优化，能够结合量子算法的应用，分析对量子资源需求的优化效果，能够结合量子计算机真机物理参数设计编译/优化方法，能够给出相对于业界常用编译/优化方法的优越性分析；

5. 对于其他软件，同样要求结合量子算法的应用，能够分析对经典/量子资源消耗的降低效果，能够考虑量子计算机噪声等物理特性，能够从理论/实验角度证明优越性。

七、作品提交时间

2024 年 4 月-8 月，各参赛团队选择榜单中的题目开展研发攻关，各高校“挑战杯”竞赛组织协调机构要积极组织学生参赛，安排有关老师给予指导，为参赛团队提供支持保障。

8 月 1 日前，各参赛团队提交作品，具体提交要求详见作品提交方式。

八、参赛报名及作品提交方式

1. 网上报名方式

（1）请参赛同学通过 PC 电脑端登录报名网站（<https://fxyh-t.bocmartech.com/jbgs/#/login>），在线填写报名信息。

(2) 报名信息提交后，请将系统生成报名表下载打印，根据提示，由申报人所在学校的学籍管理部门、院系、团委等部门分别进行审核（需严格按照要求在指定位置完成签字和盖章）。

(3) 将审核通过的报名表扫描件上传系统，等待所在学校及发榜单位审核。

(4) 请参赛同学注意查看审核状态，如审核不通过，需重新提交。具体操作流程详见报名网站《操作手册》。

2. 具体作品提交方式

提交具体作品时，务必一并提交 1 份报名系统中审核通过的参赛报名表（所有信息与系统中填报信息保持严格一致）。

请将完整参赛方案（包括但不限于设计说明、源代码、返回结果、总结报告、核心技术/创新点等）以压缩包格式发送至邮箱：kjwbgs@tgqs.net。软件要求附上使用文档，安装环境要求等说明文件一并附在压缩包中。文档要求为 PDF 格式，压缩包名称格式为：提报单位（学校全称）- 选题名称 - 作品名称。

九、赛事保障

1. 提供两台 20 比特“天工”超导量子计算机以及 4 张 A100 型 GPU，参赛者可通过“天工量子云平台”（<http://www.tiangongqs.com>）网站远程访问，免费使用；

2. 本单位针对此次比赛提供专业指导团队，为参赛团队配备辅导老师，保障赛事过程沟通协调及培训指导，具体对接将在报名参赛后由本单位安排；

3. 其他有关赛事协调事宜，尽可联系赛事专班服务团队，在遵守赛事规则的前提下提供所需支持。

十、设奖情况及奖励措施

1. 设奖情况

原则上设特等奖 5 个，一、二、三等奖各 5 个，从特等奖获奖团队中决出 1 个“擂主”。

2. 奖励措施

本单位将结合项目实际，拟奖励“擂主”5 万元；特等奖每支队伍 2 万元（不含“擂主”）；奖励一等奖每支队伍 1 万元；奖励二等奖每支队伍 0.6 万元；奖励三等奖每支队伍 0.4 万元。

获奖团队主要成员提供创新中心核心技术部门工作或实习的机会。创新中心技术团队对所有获奖团队成员优先录用，得奖选手正式入职创新中心上浮薪资。

3. 奖金发放方式

以上奖金为税前奖金，由获奖团队承担税款，赛后 60 个工作日内以汇款方式兑现。

十一、比赛专班联系方式

如针对比赛流程或题目有任何问题，请于工作日（每周一到周五，上午 8：30-12：00、14：00-18：00）与比赛专班取得联系。

1. 赛务组织服务团队

人员 1：王 维 13720030727

人员 2：袁雪振 18936609420

2. 专家指导团队

人员 1：傅宇龙 13161775849

人员 2：何雨宸 18818264048

人员 3：熊 枫 19700751699

人员 4：王志强 15995753357

人员 5：高 新 18846081074

量子科技长三角产业创新中心

附：选题申报单位简介

量子科技长三角产业创新中心(以下简称创新中心)于 2021 年 12 月 17 日注册成立，是苏州市、相城区、中国电子科技集团、中国电子科学研究院四方共建的量子科技创新研发机构，中国工程院陆军院士任中心主任。

创新中心为量子科技产业发展突破了一批关键核心技术。全面开展量子芯片、量子计算机、量子算力服务系统、量子数字智造等领域科研工作，突破了 20 比特量子芯片设计与制造、量子微波测控、量子芯片自动标校、0.9mK 级极低温制冷、量子-经典混合算力控制等核心关键技术，成功研制了全自主可控的 20 比特超导量子计算机，初步构建量子算力网基础平台，形成支撑基础理论研究、计量基准标定、工业母机研发、产品研制和应用服务等任务的能力，开创量子科技产业创新发展的新模式。

创新中心瞄准量子信息先进技术领域，致力成为国家量子工程产业技术基准创立者和工业体系建立者，形成掌握国际一流水平的量子计算机产业体系公共基准、工业母机、工业软件和实验样机等产业核心基础的研发中心与产业基地。