

题目编号：XA-202605

聚焦量子计算实用化瓶颈——算法创新与硬件适配协同攻关比赛方案

一、发榜单位

量子科技长三角产业创新中心

二、题目名称

聚焦量子计算实用化瓶颈——算法创新与硬件适配协同攻关

三、题目介绍

量子计算正跨越从理论原理到实用技术的关键门槛，其在特定复杂问题上的计算潜力，预示着新一轮信息革命的可能。当前，以超导量子计算为代表的含噪声中型量子（NISQ）硬件发展迅猛，但通往大规模实用化之路仍面临算法适配、硬件约束等多维挑战。为了尽早实现量子计算从理论优势到

现实应用的转化，需要在算法设计和真机适配两个层面开展进一步攻关工作。本榜题聚焦算法设计和真机适配这两个量子计算实用化进程中的攻关重点，旨在激励研究者与开发者开展源头创新与工程实践。

在算法设计层面，虽然量子计算已在诸多科学计算问

题上展现出理论优势，但面向实际复杂问题的算法生态仍处于“百花齐放”的探索期。一方面，为应对高维、非线性等挑战，量子数值仿真（如微分方程求解）的新方法亟待发展，以紧密衔接问题特性与硬件能力；另一方面，在人工智能等关键领域，尽管将经典 **Transformer** 等强大架构进行量子化改进的理论层出不穷，但能真正在现实任务中展现显著优势、具有说服力的量子原生方案依然稀缺。

在真机适配层面，以超导为代表的主流技术路线在迈向更大规模时，正面临两大紧迫挑战：其一，在硬件连接拓扑受限的现实条件下，如何通过高效的量子比特路由与线路编译技术，最小化开销，释放有限量子比特的潜能；其二，在当前单处理器规模有限的制约下，如何利用分布式量子计算范式，整合多个处理器协同工作，以求解远超单个设备能力的大规模问题。

下面详细介绍两个方向的赛题设置，我们期待参赛者不仅能深入特定赛题，提出新颖的解决方案，更能以系统思维洞察不同层面挑战的关联与耦合，共同推动量子计算从演示性案例走向真正有价值的实际应用。

本赛题包含两个大方向，参赛者可根据自身兴趣和专长选择其中一个赛题方向，并根据方向下的细分内容进行研究和参赛：

方向一：算法设计方向

在天文、金融、生物等领域，许多前沿问题正面临经典计算能力的瓶颈。例如，天文宇宙学中大规模射电望远镜阵列的天线布局、面向大规模的射电干涉测量方程求解，数字金融中的异常交易预警以及生物医药中蛋白质折叠优化问题等等，其核心可归约为三大计算挑战：高维时序预测、复杂方程求解和大规模组合优化搜索。而量子计算凭借其并行性、指数级存储和天然概率建模优势，为这些问题提供了新路径。当前研究已初步界定这些量子方案的“优势边界”，但其全面应用仍依赖量子硬件纠错与算法适配性的协同突破。本方向赛题关注这三类技术问题在天文、金融、生物、材料等领域的应用，旨在鼓励参赛选手充分发挥量子计算的优势，设计出具备原创性、可验证性的创新解决方案。

1. 面向多元时序预测任务的量子注意力模块设计

时序数据预测在天文信号分析、智慧城市、金融安全等领域具有重要应用价值。传统深度学习方法在处理高维、非线性、多源异构时序数据时面临计算复杂度高、长期依赖建模难、不确定性量化不足等挑战。量子计算以其并行处理、指数存储容量和天然概率建模的优势，为突破经典时序预测瓶颈提供了新路径。

要求：本赛题鼓励选手设计具备清晰物理图像与严格数学描述的量子注意力机制。设计的核心在于对含参量子线路进行架构层面的独创性探索：研发高效的数据编码策

略、构建新型的可变纠缠结构或设计深度自适应的动态线路，从原理上缓解训练中常见的数据编码问题或贫瘠高原问题，同时提升对含噪声中等规模量子硬件的适应性。在工程与实证层面，要求选手在量子模拟器上完成模型的端到端训练，并在天文、交通、金融、气象等典型时序数据集上进行系统性验证。

研究必须包含对线路设计、参数初始化或优化过程相关改进方案的深入分析，最终通过结合赛事提供的数据库开展实验验证，界定该量子改进方案的“优势边界”。

2. 量子算法高效求解偏微分方程

偏微分方程是刻画自然规律与工程系统行为的核心数学工具，在射电天文成像与校准、电磁场仿真、材料设计等领域具有基础性地位。然而，随着问题维度提升、边界条件复杂化以及非线性项引入，经典数值方法面临计算复杂度与存储成本的“维度灾难”，在求解高维或复杂 PDE 时存在根本性瓶颈。

要求：本赛题要求选手围绕一类具体的偏微分方程问题，设计具有原创性的量子求解方案。方案需包含清晰的数学建模、适配量子计算的映射方法，并合理利用量子线性代数求解、变分量子算法或量子模拟等技术，构建完整的量子求解流程。创新性应体现在 PDE 的量子化映射、量子-经典混合框架设计或面向特定硬件架构的求解策略上，避免对现有公开算法的简单复现，鼓励提出解决非线性、

高维或复杂边界条件问题的新思路。

选手需在量子模拟器上实现其算法，完成端到端的数值仿真。评估要求包含与经典基准算法的系统性对比分析，通过具体的数据（如收敛速度、资源消耗、精度误差等）在设定的问题规模与复杂度下，客观展示并严谨界定所提量子方案的性能“优势边界”，论证其实际应用潜力。

3. 基于伊辛模型的量子算法设计与应用落地

伊辛模型量子计算（如相干伊辛机 CIM）凭借高并行性、强算力与高容错性，成为解决大规模复杂计算问题的新型算力载体，可有效突破经典计算在深度学习模型可解释性研究中的算力瓶颈。本赛题聚焦射电望远镜阵列天线布局优化、材料设计、电力系统、生物医药等实际场景，鼓励选手基于 CIM 光量子计算构建深度学习模型可解释性研究框架，解决经典方法难以实时量化分析模型隐层 / 模块行为的核心问题。

要求：本赛题需要选手设计原创性的 CIM 量子算法方案，明确问题转化思路与模型构建逻辑，论证 CIM 在提升可解释性分析的计算效率、精度上的核心优势，在实际场景数据集上完成方案的端到端实现与验证。研究需深入分析经典可解释性技术的局限性，界定 CIM 量子方案的应用优势边界，最终形成可复现的技术方案与源码体系。

选手需在赛事指定的量子开发包上实现方案，并在材

料设计、电力系统、生物医药三个场景中完成验证。评估要求包含与经典方法的系统性对比，通过计算效率、指标质量等数据，客观论证所提方案的优势边界与应用潜力。

方向二：硬件适配方向

4. 面向受限硬件的量子比特路由优化

在量子计算中，量子线路需在具有特定拓扑结构的量子硬件上执行。由于量子比特之间的相互作用受限（如仅相邻比特可执行两比特门），实际硬件无法直接执行任意线路。比特路由优化通过插入 **SWAP** 门，动态交换逻辑比特的映射位置，使得线路满足硬件拓扑约束，是量子编译中的关键环节。优化质量直接影响线路深度、保真度与整体性能。

本赛题鼓励选手针对这一问题，设计高效的启发式算法或人工智能策略。鼓励选手探索创新方案，在满足硬件拓扑约束的前提下，最小化插入 **SWAP** 门的开销，从而优化编译后线路的总深度与门数量。方案需具备通用性，能够适应多样化的硬件拓扑与线路结构。

要求：研究要求以给定的 **QASM** 格式量子线路和硬件拓扑边列表为输入，输出一个满足所有相邻性约束的功能等价新线路。核心约束是所有两比特门只能在硬件直接相连的比特上执行。选手的解决方案将在涵盖不同规模、算法类型和拓扑结构的公开测试集上进行端到端评估，最终需通过详实的实验数据，验证提出方案的优势。

5. 基于超导量子计算机的分布式量子算法设计与实现

在当前含噪声中型量子（NISQ）时代，超导量子计算路线在可扩展性方面展现出显著优势。然而，单个量子处理器上量子比特数的持续增加，面临着信号串扰、布线复杂度、制冷能力限制以及由噪声引起的错误率累积等严峻挑战。分布式量子计算被视为突破这一可扩展性瓶颈的关键路径，其核心思想是通过量子与经典混合网络，将多个规模较小、更易控制的量子处理器连接起来，协同完成大规模计算任务。这不仅能整合地理上分离的量子算力资源，形成“虚拟量子算力池”，更有望通过并行化降低电路深度、缓解噪声影响，在量子化学模拟、金融建模、优化问题等领域展现出广阔前景。

要求：本赛题鼓励选手设计一款解决实际应用问题的分布式量子算法方案。选手需自选一个有实际价值的应用场景（如金融组合优化、交通物流规划、分子模拟、机器学习等），明确定义待解决的具体计算问题。方案需包含清晰的问题转化思路，阐述如何将经典问题映射至分布式量子计算框架；设计具体的系统架构，包括量子处理器数量、节点间交互方式（如基于量子隐形传态的远程门操作）；并给出关键量子电路设计及完整的算法执行流程，详细说明各节点的本地操作、节点间的量子与经典通信协同机制。创新性应体现在分布式问题的量子化分解策略、网络架构与通信协议设计、噪声环境下的容错协同方案，

或面向超导硬件特性的优化适配上，避免对现有集中式算法的简单分布式移植。

四、参赛对象

学生赛道：参赛对象为 2026 年 6 月 1 日以前正式注册的国内全日制非成人教育的普通高等学校在校专科生、本科生、硕士和博士研究生（不含在职研究生），以及全日制职业教育本科、高职高专在校学生，可通过学生赛道申报作品参赛。

各赛道参赛对象可以团队或个人形式参赛，每个团队不超过 10 人，每件作品可由不超过 3 名指导教师进行指导。可以跨专业、跨学校、跨单位、跨地域组队，但同一团队所有成员均应符合本赛道相关年龄、身份要求。每件作品只可由 1 所高等院校、科研院所或企业等作为参赛主体提交申报。

五、答题要求

1. 具备创新性和原创性，独立设计并完成开发，未与其它单位合作，无知识产权纠纷，此前未公开发布；

2. 参赛者根据所选题目，提交计算应用程序或软件，并以书面形式给出技术报告，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。

六、作品评选标准

（一）任务契合度：作品是否精准响应赛题核心要求

(5%)

1. 方向一致性：解决方案是否紧扣所选赛题设定的应用场景与核心问题。

2. 挑战针对性：技术路线的设计是否直接应对赛题指出的关键挑战（如噪声适应性、硬件约束、分布式协同等）；

(二) 有效性：方案在实验验证中表现出的实际效能
(30%)

1. 性能表现：在赛事官方提供的统一测试集或基准问题上进行验证，将根据实验结果客观排名进行主要评分。核心指标包括但不限于：求解精度、预测准确率、收敛速度、任务完成时间等。

2. 资源效率：定量分析算法对计算资源的需求，包括量子比特数、各类量子门数量、电路深度、经典-量子交互轮次、节点间通信开销等，并评估其效率。

(三) 创新性和准确性：所提出方法的新颖程度、理论严谨性及潜在影响力 (35%)

1. 原创性：方案的核心思想、关键算法或技术路径应为赛题发布前未公开的成果，避免对现有方案的简单组合或直接套用。

2. 理论分析：对创新方法的原理有清晰的数学描述或物理论证，分析其优势、局限性与 **scalability** 。

3. 论证准确性：方案推导过程严谨，实验设计能有效支撑理论主张，性能对比公平、有说服力。

（四）代码可读性：代码的实现水平、可读性与可复现性（15%）

1. 代码可读性：代码结构清晰，模块化程度高，配有充分的注释说明。

2. 可复现性：提供完整的运行环境说明、依赖清单及清晰的执行脚本，确保评审能顺利复现报告中的主要结果。

3. 实现完整性：代码完整实现了技术报告中所描述的核心算法流程

（五）技术报告质量：报告撰写的清晰度、完整性与规范性（15%）

1. 结构清晰性与逻辑连贯：报告章节划分合理，内容完整覆盖背景、方案设计、实验分析、总结等所有要求部分，逻辑链条完整。

2. 图文表达质量：善于使用结构图、电路图、数据图表等可视化方式辅助阐述，图文对应准确、美观。

3. 规范性：技术术语使用准确，参考文献引用格式规范，表述专业、严谨。

七、作品提交时间

2026年5月至9月上旬，各参赛团队选择榜单中的题目开

展研发攻关，各高校、企业、科研机构等组织协调机构应组织学生和青年科技工作者参赛，安排专业人员给予指导，为参赛团队提供支持保障。

2026年9月15日前，各参赛团队要向发榜单位完成作品提交，具体要求详见第八点第（二）款，并严格遵照发榜单位明确的提交规范执行。

2026年9月30日前，由发榜单位完成初审，确定入围终审擂台赛的晋级作品和团队。

2026年10月，发榜单位安排专门团队提供帮助和指导，各晋级团队完善作品。

2026年11月，组织终审擂台赛，角逐“擂主”。

八、参赛报名及作品提交方式

（一）报名方式

（1）参赛选手登录“挑战杯”官网 www.tiaozhanbei.net，在“揭榜挂帅”擂台赛报名入口注册账号，登录大赛申报系统在线填写报名信息。报名信息提交后，下载打印系统生成的报名表。

（2）申报人在报名表对应位置加盖所在学校或所在单位公章。

（3）将盖章版报名表扫描件上传至报名系统，等待系统审核。请参赛选手注意查看审核状态，如审核不通过，需重新提交。

(4) 系统开放报名时间为 2026 年 5 月 30 日—6 月 30 日，逾期后系统将自动关闭报名功能。

(二) 作品提交方式

1. 参赛者根据所选题目，提交计算应用程序或软件，并以书面形式给出技术报告，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，并同步报送 1 份经报名系统审核通过的参赛报名表，报名表所有信息须与系统内填报内容完全一致；

2. 申报作品统一打包压缩提交至邮箱：gjlz@tgqs.net，压缩包命名方式为：申报人所在单位-申报人姓名-作品名称-联系电话（例如：XX 大学-张 XX-XX 方案-手机号）。

九、赛事保障

1. 提供两台“国基”超导量子计算机以及 4 张 A100 型 GPU，参赛者可通过量子计算云平台”（www.tiangongqs.com，通过大赛专页入口提交注册）网站远程访问，免费使用；提供 550/1000 量子比特相干光量子计算机算力，可通过 Kaiwu SDK 提交真机任务（下载地址：<https://platform.qboson.com/sdkDownload>）。

2. 本单位针对此次比赛提供专业指导团队，为参赛团队匹配辅导老师，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

设擂主 1 个、特等奖 5 个（含擂主）、一等奖 5 个、二等奖 5 个、三等奖 5 个，最终授奖数量可视作品申报数量和质量情况动态调整。

2. 奖励措施

奖金：

本单位将结合项目实际，拟奖励擂主 10 万元（税后）；特等奖每支队伍 2 万元（税后）（擂主不重复领奖）；一等奖每支队伍 1 万元（税后）；二等奖每支队伍 0.5 万元（税后）；三等奖每支队伍 0.2 万元（税后）。

人才激励：

为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，获奖团队成员获得实习和校招录用绿通资格，优秀人员正式入职创新中心将获得 SP 或 SSP offer。

3. 奖金发放方式

比赛结束后，比赛专班工作人员将与获奖团队取得联系，填写奖金申请表，待获奖团队提供银行卡详细信息后 60 个工作日内，将奖金（税后）一次性发放至获奖团队提供的银行卡中。

十一、比赛专班联系方式

1. 专家指导团队

人员 1：何雨宸 18818264048

人员 2：陈秋豪 15927510035

2. 平台支持团队

人员 1：罗 葳 17706133681

人员 2：尹津丽 18845146209

3. 赛务组织服务团队

人员 1：徐 婧 18862341965

人员 2：黄 馨 15251830671

4. 联系时间

比赛期间工作日（9:00-17:00）

附：发榜单位简介

量子科技长三角产业创新中心（以下简称创新中心）于2021年11月成立，是苏州市、相城区、中国电子科技集团、中国电科电子科学研究院四方共建的新型研发机构，由中国工程院院士陆军领衔。

创新中心成立以来，紧扣国家量子科技重大战略、区域经济发展与前沿技术革命需求，以突破关键技术瓶颈、解决行业重大科技问题为使命，坚持“科技体系工程”思维方法，将系统工程理念引入量子科技研发，开创性地提出了全产业链同步研发（ABRDPM）模式，即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（A+B）能力，开创了量子科技产业体系发展的新模式，为量子科技产业体系建设探索出一条独具特色的发展路径。

目前，创新中心已形成一中心（量子科技长三角产业创新中心）、两平台（孵化国基量子产业公司、天工量子资产公司）、一产线（量子芯片制造基准试验线）、一园区（量子国际科技产业园）的全新发展格局。已集聚各类人才200余人，科研技术人才占比近90%，硕士及以上学历人员占比高达92%，形成了以博士为骨干的高水平科研队伍。涵盖量子物理、微电子、微波工程、低温技术、计算机科学、数学、工业设计等多个领域，拥有一流的多学科交叉整合创新能力。