

# 2026CAAI-玻色量子创新应用基金指南

## 软件算法类课题：

### 课题 1：相干光量子计算机赋能大模型复杂分布建模与架构的技术探索

#### 课题介绍

面向大模型训练与推理成本高、参数规模膨胀快、复杂任务建模能力受限等关键问题，依托相干光量子计算机在 QUBO 组合优化、玻尔兹曼采样及复杂系统动力学演化方面的独特能力，探索其在大模型体系中的深度嵌入路径与关键应用模式。

本课题不局限于对现有大模型工程流程进行局部加速或辅助优化，而是进一步探索将专用相干光量子计算机所具备的**复杂分布建模能力、全连接耦合表达能力和动力学神经计算机制**，作为新型计算模块嵌入大模型之中，推动大模型从“参数堆叠驱动”向“结构与机制增强驱动”演进。借鉴 QBM-VAE 等量子生成建模思路，研究专用量子计算在大模型训练、模型压缩（包括但不限于剪枝、蒸馏等）、提示词优化、强化学习策略搜索、注意力机制增强、隐变量建模与结构搜索等关键环节中的作用机制，探索构建**更少参数、更精巧结构、更快速度、且具备更强复杂任务处理能力**的新型大模型技术路线。

通过量子计算、超级计算与智能计算融合协同，研究如何突破传统计算架构在复杂分布表达、全局耦合优化和高维搜索方面的瓶颈，形成面向大模型全流程的量子-经典融合计算范式，实现训练与推理效率提升、资源配置优化、模型收敛质量增强以及计算能耗降低，为下一代高效智能模型提供新路径。

#### 预期目标

##### 1. 构建相干光量子计算嵌入大模型的理论模型与关键算法框架。

围绕大模型中的复杂分布建模、关键算子优化、结构搜索与模型压缩等核心问题，建立相干光量子计算机与大模型融合的数学建模方法，形成适用于大模型关键任务的量子算法或量子-经典混合算法框架。重点突破专用量子能力在模型压缩、隐变量生成建模、注意力增强、强化学习搜索优化等方向的嵌入机制与实现路径。

##### 2. 验证相干光量子计算对大模型能力增强与效率提升的实际效果。

面向大模型训练、推理、剪枝、蒸馏、提示词优化、策略搜索等代表性任务，开展实验研究与系统评测，重点验证相干光量子计算在以下方面的作用：

- 一是提升复杂分布建模与全局优化能力；
- 二是增强模型在更少参数和更紧凑结构下完成复杂任务的能力；

三是改善训练收敛效率、推理速度、模型压缩效率与综合能耗表现。

在此基础上，系统分析其技术边界、适用场景及产业化潜力，形成高质量研究报告和学术论文。

### 3. 依托真实相干光量子算力平台实现至少一个典型场景落地验证。

申报人需基于相干光量子计算机实际算力，完成至少一个大模型任务场景的落地验证。优先支持模型压缩、结构优化、训练加速、推理优化或复杂生成建模等方向，形成可复现的技术方案、原型系统或实验基线，明确量子嵌入带来的性能增益与应用价值，验证方案的可行性、可实施性和推广潜力，为后续产业级应用奠定基础。

## 课题 2：基于相干光量子计算机的大模型可解释性与鲁棒性增强

### 研究

#### 课题介绍

本课题面向大模型在复杂任务场景中普遍存在的“决策机理不透明、内部表征难解析、对扰动和攻击敏感、跨场景泛化稳定性不足”等问题，依托相干光量子计算机在 QUBO 组合优化、玻尔兹曼采样及复杂高维系统搜索方面的能力，探索其在大模型可解释性分析与鲁棒性增强中的嵌入路径与应用潜力。

课题重点不是停留在传统解释方法或鲁棒训练方法的局部改进，而是研究如何将大模型中的关键问题——如特征归因、决策路径解析、表示结构挖掘、反事实解释、不确定性评估，以及对抗防御、噪声抑制、分布偏移适应和泛化稳定性增强——转化为适合相干光量子计算机处理的优化与采样问题。通过发挥专用量子设备在高维非凸搜索、全局组合优化和复杂分布建模方面的优势，突破经典方法在大规模、高维、强耦合和非线性场景下的计算瓶颈。

本课题以提升大模型“可解释、可验证、可稳健运行”的基础能力为核心，面向大模型可信化与安全化应用需求，探索量子计算与智能计算协同的新方法，为大模型在自然语言处理、计算机视觉、多模态理解等场景中的高可靠部署提供技术支撑。

#### 课题预期目标

##### 1. 构建面向大模型可解释性与鲁棒性任务的量子化建模方法与混合算法框架。

围绕大模型的特征归因、决策逻辑分析、内部表征结构解析、反事实解释、不确定性估计，以及对抗样本防御、噪声扰动抑制、分布偏移适应等关键问题，建立可由相干光量子计算机处理的数学模型，形成相应的量子算法或量子-经典混合算法框架。重点突破可解释性分析任务、鲁棒性优化任务向 QUBO/Ising 求解与复杂概率采样问题的映射方法，实现专用量子能力对大模型可信分析与稳健优化的有效嵌入。

##### 2. 系统验证相干光量子计算机在大模型可解释性增强与鲁棒性提升中的实际效果。

依托相干光量子计算机算力平台，开展针对典型大模型任务的实验研究，重点评估量子驱动方法在解释结果质量、决策路径清晰度、关键特征识别能力、不确定性刻画能力，以及对抗鲁棒性、噪声容忍度、分布外泛化能力等方面的表现。系统分析其在计算效率、结果精度、资源消

耗和能耗控制等方面的综合贡献，形成可复现的实验方案、评测体系和数据支撑。

### 3. 面向典型应用场景完成至少一个可解释性或鲁棒性增强任务的落地验证。

结合自然语言处理、计算机视觉或多模态大模型的实际需求，完成至少一个具有代表性的应用场景验证，例如模型决策逻辑解析、关键表征与概念关联挖掘、对抗样本防御、异常输入稳定响应优化等。验证相干光量子计算机在相关场景中的实际增益效果，形成可落地的技术方案、研究报告和学术论文，为大模型可信化、安全化应用提供可实施的量子技术路径。

## 课题 3：基于相干光量子计算机的自然科学技术与场景探索

### 课题介绍

本课题面向自然科学智能（AI for Science）快速发展背景下自然科学研究对高效计算、复杂建模和精准优化的迫切需求，依托相干光量子计算机在 QUBO 组合优化、玻尔兹曼采样及复杂高维系统搜索方面的能力，探索其在生物医药、单细胞与多组学、酶与蛋白设计、材料科学、化学催化等领域的嵌入路径与赋能模式。

课题聚焦当前科学研究中具有代表性的关键问题，包括但不限于药物分子筛选与多目标优化、药物靶点发现与作用机制分析、单细胞数据高维解析与细胞状态识别、基因调控网络挖掘、酶与蛋白的从头设计及活性/稳定性/选择性优化、新型功能材料与储能材料的逆向设计、半导体与催化材料的结构—性能关联建模、反应路径与合成路线优化等。研究重点不是将相干光量子计算机简单作为通用加速工具，而是探索如何将科学发现中的关键任务转化为专用量子设备可处理的优化与采样问题，使其在候选生成、结构搜索、参数优化、机制推断和实验决策等环节发挥独特作用。

围绕“数据—模型—设计—验证”一体化科研范式，本课题将进一步探索相干光量子计算与人工智能、科学计算及自动化实验体系的融合机制，推动自然科学研究从传统的经验驱动和局部搜索，向数据驱动、模型驱动与高效全局搜索协同的新范式演进，提升科研问题求解效率、候选发现质量和成果转化潜力，为科学发现与产业创新提供量子增强的新路径。

### 课题预期目标

#### 1. 构建面向科学智能典型任务的量子化建模方法与混合算法框架。

围绕生物医药、单细胞组学、酶与蛋白设计、材料科学、化学催化等重点方向，针对分子筛选、结构设计、性质预测、组合优化、复杂分布建模等核心任务，建立适配相干光量子计算机的数学模型，形成量子算法或量子—经典混合算法框架。重点突破科学场景任务向 QUBO/Ising 求解和高维概率采样问题的映射方法，提升专用量子能力与 AI for Science 关键环节的适配性。

#### 2. 系统验证相干光量子计算机在典型科研任务中的赋能效果。

依托相干光量子计算机算力平台，开展面向代表性科学问题的实验研究，重点验证量子驱动方法在候选搜索效率、组合空间探索能力、复杂分布建模能力、多目标优化效果、预测与设计精度以及研发周期缩短等方面的实际表现。通过与经典方法进行系统对比，分析相干光量子计算机在效率、精度、资源消耗与应用边界等方面的具体贡献，形成可复现的实验方案、数据支撑与评测报告。

#### 3. 面向高潜力科研场景完成至少一个落地验证。

结合当前 AI for Science 发展趋势与产业转化需求，选择至少一个具有代表性的场景开展落地验证，优先支持药物分子发现与优化、酶/蛋白从头设计、新型材料逆向设计、单细胞多组学关键模式挖掘等方向，形成可运行原型、技术方案或应用示范。围绕实际科研痛点和成果转化需求，产出研究报告、学术论文及可落地实施方案，为相干光量子计算机服务自然科学研究与产业创新提供示范路径。

## 光量子计算机硬件优化类课题：

### 课题 4：AI 赋能光量子计算机（专用型+通用型）核心技术攻关

#### 课题描述

本课题聚焦光量子计算机实用化、高精度、规模化发展中的核心技术瓶颈，以 AI 技术为核心赋能手段，全面开展技术攻关。一方面，针对光量子计算机在多类型专用问题求解领域的性能仍有较大提升空间这一现状，构建求解质量预测、校准与优化一体化体系，研发适配多场景的质量提升算法；另一方面，围绕光量子运算纠错能力三大关键方向，破解初始化耗时久、规模受限、噪音干扰等核心难题，研发适配大规模、高精度应用需求的核心技术与方案，推动光量子计算机向高性能、高可靠、可落地的方向发展，为多领域高精度应用提供坚实技术支撑。

#### 预期目标

- 求解质量优化：显著提升光量子计算机对多类型专用问题的求解质量，优化相关求解算法，形成可复用、可迁移的求解质量优化方案，满足各领域高精度应用场景的需求。
- 芯片优化：突破 AI 驱动的光量子芯片核心优化技术，有效提升芯片初始化效率与规模化水平，破解芯片集成与调控过程中的核心难题，全面提升芯片整体性能。
- 纠错优化：研发 AI 驱动的光量子计算机全方位纠错技术体系，优化量子运算中的噪音抑制与错误缓解能力，提升运算结果的可靠性与准确性，构建完善的纠错技术方案并形成可落地的验证路径。

## 结题标准

- 问题重要性：结合国家 AI 战略、科研创新需求，论证场景突破瓶颈的紧迫性与战略意义。
- 创新性：量化优化效果与传统架构比，需满足至少 1 项核心指标的提升（加速比 / 精度 / 求解质量提升/成功率提升等）。
- 技术可行性与实验验证：实验需在真实的 CIM 硬件上完成，并提供完整技术实现细节文档，通过实验对比 CIM 与传统计算方法（如 GPU/CPU）的性能差异，提供可重复的实验设计，包括数据集选择、参数设置、评估指标（如收敛速度、推理延迟、能耗指标）。
- 应用价值与学术成果贡献：CIM 在大模型项目中的增益效果以及落地前景，包括与现有人工智能计算生态的兼容性，学术论文需在 CAAI A 类期刊/会议发表，或达到国际权威期刊或会议发表标准。

特别说明：申请本项目的团队或个人无需深入掌握光量子计算机的底层物理原理，可将其视为

一个高效求解 Ising 模型、进行高效采样或实现特定优化任务的专用量子计算设备，研究重点在于如何将相关任务转化为适合相干光量子计算机处理的问题形式，最终实现任务在时间、求解质量等指标的提升。此外，玻色量子将为项目提供相干光量子计算机的算力支持，助力科研团队开展相关实验验证工作，保障项目落地推进。