

2024 年度广东省量子科学战略专项 第一批指南

“广东省量子科学战略专项”的总体目标是瞄准量子科学前沿和国家重大战略需求，以量子基础科学研究为核心，量子技术应用为牵引，抢占国际技术制高点，探索“一国两制”下的科教创新发展模式，推进粤港澳优势资源深度融合，支撑粤港澳大湾区高水平人才高地建设，打造量子科技国家战略力量。

本专项依据国家和省有关科技发展规划，着力突破量子前沿科学和关键核心技术，鼓励和倡导原始创新，并积极推动粤港澳大湾区优势科技资源的整合利用。本专项将在量子物态与新量子效应、关键核心设备、量子计算、原子分子光学量子物性与技术、量子精密测量和量子传感、功能量子芯片与技术等六个专题方向部署研究任务。

本次指南主要面向重点和一般类项目，总资助强度为4000万元，其中，重点类项目资助强度为200万/项，一般类项目资助强度为50-60万/项，项目执行期为3年。本专项重点支持粤港澳大湾区内高水平高校、科研机构、龙头骨干企业牵头申报，建议围绕一个专题方向聚焦关键研究内容及指标进行申报。

专题一：量子物态与新量子效应

研究内容：1. 拓扑/超导量子物态调控。重点聚焦低维体系配对电荷密度波、拓扑超导物态的探测与调控，常压下高温超导的智能搜索与实现，新型非常规超导薄膜及异质结器件的精准制备与多端高精度输运表征。2. 磁性量子物态。开展大尺寸量子自旋液体单晶样品的合成，探索磁子波色爱因斯坦凝聚、磁子超流等新奇磁子量子物态，开发无耗散磁子量子器件和低功耗高密度信息存储量子器件。3. 量子物态理论。研究新型镍氧高温超导体、二维莫尔超晶格与二维磁性体系的量子物态理论及结构、缺陷与外场调控，揭示投影对称性结构和拓扑不变量之间的关系，通过投影对称性构建新奇量子物态。

考核指标：发现超高温新超导体系，研制新型拓扑/超导异质结、无耗散磁子量子器件，实现量子拓扑物态和超导态的耦合。结合局域谱学和非局域测量技术，揭示高温超导、拓扑及界面超导的形成机制，并提供明确判据。通过精准材料设计、界面调控、投影对称性等构建新奇量子物态，利用中子散射、缪子自旋弛豫等手段寻到量子自旋液体的分数激发及能隙证据。

专题二：关键核心设备

研究内容：1. 光量子检测器件。重点聚焦面向量子计算与通信应用的超薄光量子偏振态检测器，研制空气稳定、可集成的线偏振和圆偏振光探测器件。2. 量子特性精密测量类。开发量子扭转显微镜，原位调控新型量子材料间的扭转角，探究电子的基本量子特性。3. 量子测控类。开发确定性多通道精准信号生成系统，实现多量子比特精准控制，开展 ARTIQ 架构量子测控系统关键技术研究，实现多位量子控制的射频脉冲相位精密测量。

考核指标：研制空气稳定的二维超薄半导体线偏振、圆偏振光探测器件，解码光量子偏振态，在极低温、强磁场下实现对电子体系中动量能量色散的直接测量。实现多通道相参量子控制信号发生设备，突破 8.5GHz 频率、1GHz 信号带宽一体化信号合成技术，攻克多量子位控制信号集成难题，实现多位量子控制的射频脉冲相位精密测量，突破优于 50ps 分辨率、8 通道（可级联），攻克多通道信号全相位采集难题。

专题三：量子计算

研究内容：1. 大规模通用量子计算与芯片。重点聚焦铌酸锂薄膜通用光量子芯片、片上集成碳化硅光量子芯片、离子芯片及离子-光子混合量子计算研究，开展分布式片上集成高维光量子信息处理实验研究，2. 量子算法。发展量子电路逻辑综合算法、新型量子算法与量子安全理论研究，探索适于容错量子计算的量子机器学习算法。3. 量子系统噪声与结构设计。研究真实开放体系的噪声谱及辐射对量子比特的影响，探索线性量子系统的结构与控制设计、对规模化可拓展量子器件的结构进行优化，并调控其性能。

考核指标：研制薄膜铌酸锂基多款光量子芯片，单端耦合损耗 $<2\text{dB}$ ，干涉消光比 $\geq 30\text{dB}$ ；模式数 ≥ 6 ，保真度 >0.9 ；演示5种可编程量子算法，研制百比特离子阱量子计算芯片，实现片上集成的碳化硅色心的高效可控制备，理论上实现规模化可拓展量子器件结构，设计高效量子线路，实验演示长距离、分布式的高维光量子信息处理，基于真实噪声谱探索优化控制方案。

专题四：原子分子光学量子物性与技术

研究内容：1. 超冷原子物性与调控技术研究。重点聚焦超冷原子中拓扑物态和非平衡物理研究，冷原子系综中单暗态激子的操控及应用，揭示单暗态激子的超快动力学和退相干机制。2. 光与物质/电子相互作用。研究复杂光学体系中光子与自由电子的相互作用及光腔真空涨落对范德华材料中电子输运的影响，开展光与物质强耦合的多维度-超高精度表征，利用先进的光电子探测技术，揭示金属-半导体等异质界面的超快动力学和退相干机制。3. 量子光源。开展低维半导体超晶格在多光子纠缠量子光源中的应用，制备量子光源相控阵集成光学芯片，研究量子光源相控阵原理，探索光束成形方法。

考核指标：开发低维超冷原子中的非阿贝尔规范势和非平衡调控新技术，实现冷原子系综中单暗态激子的高效率确定性制备与探测，揭示单暗态激子的动力学演化和退相干机制，利用多脉冲激发、多维度、超高分辨的光电子探测技术，揭示光与物质强耦合及超快动力学过程，制备准二维半导体纳米片有序超晶格结构，产生高效超荧光并产生多光子纠缠量子光源，研制集成量子光源的相控阵集成光学芯片，利用异质异构集成提升性能。

专题五：量子精密测量和量子传感

研究内容：1. 高精度时间同步系统。重点聚焦基于量子纠缠的高精度时间溯源计量技术，突破散粒噪声极限，实现飞秒量级时间同步精度，支撑国家高精度时间基准溯源计量。2. 冷原子等精密测量和传感技术。研究基于（类）碱土金属元素窄跃迁的冷原子光钟、基于里德堡原子的高灵敏度短波传感与频率识别技术，开展基于光学非厄密奇异点的量子传感器件，实现时频精密测量及信道容量突破传统 Chu 极限的短波通信。3. 量子成像技术。开展基于超导量子干涉原理的芯片电流高精密磁成像技术研究，探索相应的物理机制，实现无损的微米级电失效定位，结合生成式 AI 的量子成像装备与算法研究，解决复杂场景下单光子成像速度慢等问题。

考核指标：利用量子时间同步技术突破散粒噪声极限，实现飞秒量级时间同步精度，支撑国家高精度时间基准溯源计量，研制（类）碱土金属原子的超冷量子气体，实现光镊阵列中可控囚禁原子和时频精密测量，实现超越传统 Chu 极限的短波通信，设计并实现基于光学非厄密奇异点的量子传感器件、芯片电流高精密磁成像和无损的微米级电失效定位，解决非视域探测、复杂环境测量等场景下单光子成像速度慢等问题。

专题六：功能量子芯片与技术

研究内容：1. 片上辐射光源。重点聚焦片上辐射光源，研究片上辐射光源间的长程相互作用，突破近邻耦合限制，实现非共线长程相互作用与强耦合。2. 超构表面芯片。研发高维偏振纠缠量子态超构表面芯片，产生与操控高维度多光子偏振量子纠缠，实现高 Q 及高效超构表面。3. 集成光量子芯片。研究高阶拓扑与磁光集成光量子芯片、高性能光电集成量子随机数芯片，发展低温强磁显微光谱测量技术，实现量子随机数和经典加密的融合应用。4. 其他功能量子芯片与技术。面向脑科学应用、高功率太赫兹源及低温量子计算机需求，开展基于高温超导量子干涉的脑磁成像关键技术、零磁场可电调自旋电子太赫兹源、低温 CMOS 混合信号芯片及系统设计研究，实现毫秒/毫米级时空分辨的脑磁探测与零磁场可电调太赫兹辐射。

考核指标：片上辐射光源突破近邻耦合限制，实现耦合距离超过辐射波长 5 倍以上及 3 体以上非共线长程相互作用与强耦合，实验上实现高 Q 及高效超构表面及毫秒和毫米级时空分辨的脑磁探测，优化磁电耦合效率，实现零磁场可电调太赫兹辐射，研制低功耗高速率量子随机数芯片，实现量子随机数和经典加密的融合应用。