

附件一

# 2024 年度广东省量子科学战略专项 (第二批) 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大项目，项目执行期为5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，建议围绕一个指南聚焦关键研究内容及指标进行申报。

## 方向一：量子物态与新量子效应

1、指南内容：在笼目超导体中建立限动量配对超导态实空间-倒空间的对应关系，并利用矢量磁场和化学掺杂对

有限动量配对超导态进行量子调控。

**研究目标:**通过对有限动量超导态及其衍生量子现象的高分辨率测量，理解其产生的微观机理，并实现对其的量子调控。

**考核指标:**能隙震荡空间分辨率达到  $1 \mu\text{eV}$ ; 探测到超导转变温度低于 1K 的超导体内的配对密度波。

**2、指南内容:** 研究非常规反铁磁体的自旋群描述、材料设计、物性探测与表征、输运、非线性霍尔效应、多场调控和原型器件。

**研究目标:**围绕非常规反铁磁体的基础物理特性和潜在器件应用，发展自旋群理论，系统探索（电荷、自旋、轨道、局域磁矩等）多自由度耦合下，非常规反铁磁体的材料设计、实验制备与表征、物态调控和原型器件研制，在量子材料领域形成新的特色学科方向。

**考核指标:**建立自旋群理论和自旋空间群下的磁性分类方法，设计并制备出 6-8 种具有非常规反铁磁序的高质量单晶、薄膜或异质结构。

## **方向二：关键核心设备**

**指南内容:**建立超高分辨电子显微成像平台以及原子团簇筛选与组装系统，探索新型量子物态的三维原子构型及奇异物理特性。

**研究目标:**实现超高空间分辨和能量分辨的电子显微成

像系统以及高真空原子团簇筛选、组装和集成，构筑具有高密度周期性极化拓扑结构的铁电氧化物多层膜和超晶格，制造具有不同序结构及超细纳米晶的软磁非晶合金，实现材料的原子级可控制备、新型极化拓扑结构诱导并获得原子结构图谱；揭示拓扑结构赋予的特殊物理特性及外场响应行为；实现铁电拓扑结构在硅基衬底上的集成。

**考核指标：**搭建高真空原子团簇筛选与组装系统，揭示高频软磁材料的性能调控与磁损耗机理。

### **专题三：量子计算**

**1、指南内容：**辐射会显著影响超导量子比特的相干性。本项目通过研究辐射对量子比特的影响，加强量子计算的稳定和可靠性。

**研究目标：**全面揭示并解析辐射环境中超导量子比特的退相干机理，开发出有效的防护策略和量子错误纠正技术，显著提高超导量子计算机在辐射环境下的稳定性和可靠性。

**考核指标：**深入揭示辐射对超导量子比特影响的物理机制，开发提高量子比特抗辐射性能的技术。

**2、指南内容：**搭建超冷中性镱原子的大规模二维光镊阵列，实现高保真度物理比特和门操作，并初步实现量子纠错。

**研究目标：**构建超冷中性  $^{171}\text{Yb}$  原子的大规模光镊阵列并初步实现量子纠错。

**考核指标：**实现大于 50x50 的无缺陷二维单原子阵列及任意构型的二维单原子阵列；实现 171Yb 原子中基于光、微波和射频跃迁的高保真度的单量子比特控制，保真度 > 99.9%；实现全局里德堡双光子激发，并基于此来实现保真度 > 99% 的两比特量子门操作；实现路间测量并尝试量子纠错。

#### **专题四：原子分子光学量子物性与技术**

**1、指南内容：**发展超冷原子中新型晶格、规范势和相互作用调控技术，研究平带、拓扑和相互作用竞争下的量子多体态特性。

**研究目标：**发展低维物理体系中的调控新方法，研究零色散平带、能带拓扑和相互作用的竞争如何影响体系的量子多体物态如超流等的物理特性，并进一步通过调控体系的维度，研究不同空间拓扑如曲面、准晶对量子多体物态的影响以及可能诱导出的新奇物态。

**考核指标：**开发一维、二维超冷原子体系中的新型超晶格调控技术，实现平带的拓扑结构调控，探索拓扑结构与平带带隙和带宽的关系。

**2、指南内容：**研究片上光量子态生成及调控的核心需求，开发高可扩展性的集成光学器件与芯片。

**研究目标：**从器件和应用层面拓展当前集成光量子芯片体系，通过开发下一代规模化、高性能、高集成度的功能光量子器件和芯片，实现片上光量子态的高精度制备和大规模

调控，为集成光量子信息处理和量子计算提供强有力的硬件基础。

**考核指标：**研制针对集成光量子系统的多材料晶圆级光学异质集成技术；研制规模化光量子态制备需要的低噪声泵浦激光器、高 Q 值色散可调微环谐振腔；研制片上大规模光量子态调控所需要的超低损耗、高集成度光量子态调控线路。

### **专题五：量子精密测量和量子传感**

**1、指南内容：**建立基于金刚石的量子传感平台，开发高灵敏度的温度与磁场测量技术用以研究生命体系的重要科学问题。

**研究目标：**建立适用于活的生物系统研究的多功能量子传感平台，开发多模式（温度、转动、磁场）量子传感技术，实现生物系统中的长期连续跟踪测量。

**考核指标：**搭建适用于活的单细胞温度测量的量子传感平台，开发新的传感技术，实现>6 小时连续跟踪测量；开发基于光探测磁共振谱锁相反馈或关联测量的方法，将转动跟踪速度提高一到两个数量级。

**2、指南内容：**针对地磁环境下的弱磁场信号测量，研究量子增强精密磁场测量的新原理与新方案，发展矢量磁场测量的关键技术。

**研究目标：**基于热原子体系，研究量子增强精密磁场测量的新原理与新方案，发展矢量磁场测量的新方案和关键技

术。搭建铷原子气室精密磁场测量实验平台，开展量子增强精密测量的基础前沿研究。设计研发集成化矢量原子磁力仪实验样机，结合量子增强精密测量理论与量子多体关联效应，进一步提高矢量磁场测量的灵敏度与长期漂移。

**考核指标：**研制矢量原子磁力仪实验样机，标量磁场灵敏度  $200 \text{ fT}/\sqrt{\text{Hz}}$ ，长期漂移小于  $10 \text{ pT}$ ；矢量磁场灵敏度  $10 \text{ pT}/\sqrt{\text{Hz}}$ ，长期漂移小于  $100 \text{ pT}$ ；地磁环境下的矢量磁场测量灵敏度提升至  $200 \text{ fT}/\sqrt{\text{Hz}}$ 。

#### **专题六：功能量子芯片与技术**

**指南内容：**探索室温强耦合量子态的实现、超快操控与探测的方法和技术，研发室温量子器件及其固态量子芯片。

**研究目标：**发现室温强耦合人工量子态及其超快相干操控的实现方法和技术，演示室温量子逻辑门器件和功能室温量子芯片。

**考核指标：**设计并制备出耗散线宽被有效压缩至  $10 \text{ 纳}$ 米以内的低损耗室温量子强耦合系统。