

# 2023 年度广东省量子科学战略专项指南

“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。

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整体联合申报。

## 专题一：量子物态与新量子效应

**研究内容：**1. 拓扑量子物态。重点聚焦量子反常霍尔效应、半整数量子霍尔效应等磁性拓扑物态、拓扑物质的微观结构和缺陷、拓扑物态的能谱和电学的原位测量、拓扑物质的物理及化学性质等。2. 超导量子物态。重点聚焦原子级精准的材料生长、先进的能谱探测、铁电超导器件、非常规超导机理和拓扑纠缠、下一代具有实用价值的高温超导和拓扑

物态等。3.磁性量子物态。重点聚焦非共线反铁磁、低维磁性体系的磁性、输运、拓扑性质的纯电调控、自旋轨道力矩、自旋泵浦、自旋塞贝克效应等。4.有机磁性半导体。聚焦其强自旋相互作用、自旋极化输运、自旋纠缠等奇特量子现象。

**考核指标：**发现更高温量子反常霍尔效应体系和纯电调控磁性物态；实现量子拓扑物态和超导态的耦合；探索高温超导微观机理超导，为高温超导机理提供明确的判据；研究界面电声相互作用增强以及对界面超导的影响超导；寻找新的量子自旋物态与效应并对其进行有效调控；探索新的拓扑物态及其调控手段。

**资助强度：**本专题拟支持不超过 4000 万元。

## **专题二：关键核心设备**

**研究内容：**1.量子材料与结构制备类仪器。重点研究光、电、磁、热单层或复合层薄膜生长设备，研制能够严格控制化学组分、缺陷密度、界面结构等精密仪器设备。2.量子精密测量与操控类仪器。重点研究与发展磁效应、光效应的极微弱信号同步测量技术、量子相变、量子输运动态过程的测量技术，发展超薄偏振光探测器，解决不同拓扑系统的 Berry 相测量，磁场变化的飞特斯拉测量，单光子与相干光子对的测量，电子自旋极化矩的测量，单光子微腔的芯片研制等科学问题。3.量子特殊环境营造类设备与装置。重点研制智能化、大空间、强磁场、极低温多物理参数测量系统，研制极低温条件下热、磁、震动的高屏蔽技术，研制将量子材料生

长、样品制备以及物性的多物理参数原位测量一体化的整体设备等。

**考核指标：**基于国产自研设备制备的双面大面积超导薄膜，发展高温超导薄膜表界面微波电阻测量方法；基于国产自研设备制备的双面大面积超导薄膜，发展聚焦氦离子束辐照技术制备高温超导约瑟夫森结；研制高品质光学微腔与碱金属原子气室。

**资助强度：**本专题拟支持不超过 3000 万元。

### **专题三：量子计算**

**研究内容：**1.大规模通用量子计算的芯片研发。重点研究芯片设计、材料选取、制备工艺、芯片封装等领域，解决大规模芯片的设计及验证自动化的问题，开展平面及立体结构的多比特芯片工艺开发，通用量子器件的研发，适用于大规模生产的约瑟夫森结加工等。2.基于混合量子比特的量子计算。重点研究原子-分子体系的多体相互作用量子热机，超导电路与电子自旋系综的混合、磁子光子和量子比特之间的混合、超导电路与半导体量子点的混合、超导电路与核自旋的混合、离子阱原子与光的混合等，以实现更长的相干时间、快速而精确的量子调控、多比特的耦合以及可扩展性等。3.控制软硬件系统。研究无缺陷单原子阵列的高效率装载、高保真度量子逻辑门。研发满足实际实验需求的量子抑错和容错纠错方案等。发展格点量子色动力学模拟的量子算法，

研究分布式及可编程量子算法。构建比特数成倍增加的量子计算体系。

**考核指标：**通过将电子自旋系综耦合到超导波导开放传输线来增强耦合，缩短逻辑门时间。实现氮空位缺陷跟磁学波导里磁子的相干耦合；实现磁振子、光子和量子比特的片上耦合以及对于混合系统的调控。开发多比特自旋体系通用量子处理器并发展新相应的控制技术。基于量子计算的可扩展分布式架构，建立包含离子阱和光相干态的混合量子系统。

**资助强度：**本专题拟支持不超过 4000 万元。

#### **专题四：原子分子光学量子物性与技术**

**研究内容：**1. 超构光子学及与量子材料的相互作用。利用自由电子与复杂光学体系相互作用调控具备纠缠特性的光量子。探索自旋量子体系中自旋有序态的超快光磁调控。面向离子阱技术，研究亚微米波段上的光场强度角度和偏振调控。探索极端尺度下的光与物质的相互作用。2. 超冷原子量子物性和调控技术研究。开展非厄米开放量子系统动力学研究。搭建超冷原子量子简并气体实验平台，发展超冷原子波函数的精密操控和相干探测技术，探索量子调控、量子关联、拓扑量子物态和非平衡量子动力学等前沿基础问题。3. 光电子器件的量子动力学研究。利用时间分辨的超快二维光谱，研究聚合物太阳能电池的激子拆分量子动力学过程。开发基于超快激光脉冲的新型量子光源。以偏振光为光源，利

用材料手性结构对自旋电子的极化效应，研发高比特的光量子器件。

**考核指标：**在硅基芯片上实现晶圆级大规模制备高效单光子源、纠缠光子对等量子态；实现针对纠缠光子态的低损耗传输以及波导控制；实现宽谱非线性量子态频率转换。实现具有增益损耗的二维光晶格，通过控制人工规范场调节贝里曲率，控制原子损耗调节非厄米强度。制备并表征手性诱导多比特光电量子器件。

**资助强度：**本专题拟支持不超过 4000 万元。

### **专题五：量子精密测量和量子传感**

**研究内容：**1. 量子传感技术在纳米尺度凝聚态物理研究的新型应用。利用金刚石色心自旋比特探测等量子传感技术研究纳米磁性、二维磁体、纳米传热等重要的凝聚态物理问题。开发微残余应力的量子弱测量技术，研究里德堡原子与微波电磁场相互作用。研制低噪声的里德堡接收机，开发小型化原子接收机。2. 基于量子强耦合效应的室温量子芯片与器件开发。研究基于量子强耦合效应的固态高灵敏度传感芯片。发展高精度微纳制备工艺，研发器件表面特异性修饰技术。3. 冷原子量子传感机理与关键技术研究。研究光电集成冷原子 CPT 钟的关键物理问题与技术实现。研究基于动态操控的量子传感技术，开发适用于高频、低频、多频系统的量子传感方案。4. 基于光量子态的非线性光谱和度量学。开展基于多光子干涉和光量子态的时间-频率分辨光谱的研究。

**考核指标：**创新量子强耦合 传感的原理，实现量子噪声的有效抑制。实现基于量子强耦合效应的室温固态高灵敏传感芯片。开发高精度高带宽的基于金刚石转动测量的动态形变传感方法。开发高质量的纠缠光源，具有适用于量子非线性光谱研究的光谱关联特性，并对其进行精准的控制。

**资助强度：**本专题拟支持不超过 3000 万元。

### **专题六：功能量子芯片与技术**

**研究内容：**1. 量子点光源。设计和构筑量子点光源和波导以及微腔结构的高效耦合，通过片上多维调控，实现高性能片上确定性量子光源。实现拓扑量子点单光子源。2. 全光集成量子系统。构造集成量子器件，在芯片上生成压缩态和纠缠态，实现量子测量过程在芯片上的全量子集成。开发偏振可分辨的超导单光子探测器。3. 拓扑光量子芯片。研究基于轨道角动量的集成芯片，研制高速率设备无关量子随机数芯片。发展基于 III-V 材料的片上非经典光发射芯片。4. 量子超构表面。基于超构表面元件研发高维度量子纠缠芯片。研究基于连续域束缚态诱导的动量空间的几何相位及其对应的拓扑荷，制备具有高阶轨道角动量的太赫兹单光子源。研制高效半导体量子点纠缠光源，探索光芯片激光雷达方案。

**考核指标：**在 GaAs 和硅上制备高性能 InAs/GaAs 量子点，演示高性能片上确定性量子光源。在集成平台上实现量子源、量子控制和量子检测及片上量子纠缠非线性干涉仪。

研发拓扑光量子芯片，探索拓扑学光子集成线路。利用太赫兹量子超构表面，演示高阶轨道角动量的太赫兹单光子源。

**资助强度：**本专题拟支持不超过 2000 万元。