

附件 1

# 广东省重点领域研发计划 2018-2019 年度 “量子科学与工程”重大科技专项 申报指南

本专项依据国家和省有关科技发展规划，完善政产学研用协同创新的体制机制，统筹相关高校、科研院所和相关企业的创新要素和优势资源，着力突破以量子信息为主导的前沿科学和关键核心技术，培育量子计算、量子通信、量子领域重大科学仪器等战略性新兴产业。

2018~2019 年度将针对国家和广东战略需求，在量子通信、量子计算与量子模拟、量子领域重大科学仪器研发等方面进行布局，开发三维多比特集成量子计算芯片，研制基于固态量子计算芯片的专用量子计算机，搭建广东星—地—一体量子通信试验示范网，开展量子通信系统的集成化技术及量子计算初期技术和重大科学仪器研发。

**专题一：城域量子安全通信时频网络及关键技术（专题编号：0325）**

## **（一） 研究内容。**

建设广州市量子安全通信时频网络，覆盖主要经济区域，研究高精度时间同步技术、安全量子时间同步网络关键

技术、固态量子存储技术、量子通信系统的集成化技术。具体内容包括：1. 建设覆盖天河区、白云区和番禺区等区域的量子安全通信时频环网。2. 研究城域网范围内的高精度时间同步技术，并在此基础上完成高精度位置定位。3. 研究安全的量子时间同步方案，探索量子力学原理在时间同步中的应用，并利用量子效应保证时间传输的安全性。探索利用人工智能及大数据技术进行量子保密时频传输的设计与分析。4. 完成窄脉冲纠缠源、低抖动单光子探测器等关键器件的研究设计和样机。5. 研制针对量子卫星与量子中继器的固态存储器。6. 研发可替代量子通信系统分立光学元件的集成光子器件，包括量子通信发射、接收端芯片、高速稳定的移相器等。

## **（二）考核指标。**

1. 建设量子通信环网，成码速率不低于 16kbps，实现迂回路由切换和多个用户同时接入使用网络，量子保密通信和量子时频网络需共用物理光纤资源。2. 节点之间实现高精度的量子时间同步实验，时间同步精度优于 10ps，并在此基础上完成高精度位置定位应用示范。3. 节点之间实现高精度的量子安全时频同步实验，可以抵御多种不同的中间人攻击。4. 研发窄脉冲纠缠源和低抖动单光子探测器，发射器件脉宽、探测器单次时间测量抖动小于 10ps。5. 研发固态存储器，相干时长大于 6 小时，通信波长固态存储时间大于 1 秒。6. 研发低损耗（小于 1dB）和高速（大于 1GHz）的量子通信集

成器件。

**资助强度：**6000 万元左右/项。

**申请方式：**竞争择优。

**专题二：基于超导量子芯片的专用量子计算机研发（专题编号：0326）**

**（一） 研究内容。**

研发具有应用价值或应用潜质的专用型量子计算机，其可对特定问题进行有效的求解，展示量子加速优势，计算能力力争突破经典计算机的极限，解决量子计算机在实用化过程中硬件和软件方面重大科学问题和技术瓶颈。具体内容包括：1. 研制具有自主知识产权的高性能多比特超导量子芯片，包括量子处理器,量子参量放大器和长寿命量子存储器等。2. 研制量子计算机量子态调控和读取所需求的高精度仪表测控系统，其具有数模转换功能，模数转换功能以及基于可编程逻辑门阵列的实时运算和反馈功能。3. 针对特定量子芯片，开发能体现量子加速优势的、面向实用化的量子算法。4. 整合相关软硬件资源，研制出应用型专用量子计算机。

**（二） 考核指标。**

1. 固态量子芯片包含不低于 50 个量子比特，其平均退相干时间（弛豫时间）不低于 20 微秒。单比特门保真度不低于 99.9%，两比特门保真度不低于 99%。2. 自主研发的测

控仪表为模块式结构，模拟带宽不低于 300MHz，采样率不低于 1GS/s，通道数不低于 100 个。3. 开发出 2~3 种具有量子加速优势和潜在应用价值的量子算法。4. 在包含 50 比特的超导量子芯片上，针对所开发的量子算法，实现对特定量子多体物理问题的求解，其计算能力力争超越商用经典计算机。

**资助强度：**6000 万元左右/项。

**申请方式：**竞争择优。

### **专题三：电子束曝光机研制（专题编号：0327）**

#### **（一） 研究内容。**

重点研发具有自主知识产权的电子束曝光系统，主要包括：1. 以 AD/DA 板卡和独立扫描电子束图形发生器为基础的可配套扫描电子显微镜使用的初级电子束曝光系统。2. 以独立研制电子枪及电子光学系统为基础的最高加速电压不低于 50kV 的专业电子束曝光机。着重攻关电子束曝光机所涉及关键核心技术，包括研发用于电子束曝光机的高能场发射电子枪，针对高能电子束曝光应用的电子光学系统，高速电子束束闸，高速稳定的电子束矢量扫描系统，大范围写场拼接所需要的高精度激光干涉样品台，专业化的电子束曝光控制和应用软件，针对电子束曝光中的邻近效应开发修正软件等。通过对电子束曝光机的研发，实现量子芯片的自主设

计加工，降低芯片制造成本，推进量子计算与通信技术研究与应用的高效发展。

## **（二）考核指标。**

1. 扫描电子束图形发生器，可装配至主流扫描电子显微镜实现电子束曝光功能，扫描速度 5-50 MHz，数模转换位数不低于 12 位。2. 电子束曝光机，可提供 30kV 和 50 kV 的电子束加速电压，具有纳米量级束斑，最大写场范围不低于 500 $\mu$ m，加工线宽可达到 10 nm。3. 样品台位移控制精度优于 5nm，最大位移范围不低于 100mm。

**资助强度：**6000 万元左右/项。

**申请方式：**竞争择优。

**专题四：星地一体量子保密通信网络及关键技术（专题编号：0328）**

## **（一）研究内容。**

结合星地一体量子通信网络的总体规划，建设广东省星地一体量子通信试验示范网，研发网络调度和仿真平台，重点攻关面向星地一体化量子通信网络组网的技术研究、模拟平台研制及应用系统研发。具体内容包括：1. 建设星地一体量子保密通信网络，包括量子卫星地面站和地面干线。2. 研发星地量子通信网络的集中运行调度系统。3. 研发星地量子密钥分发仿真系统。4. 研制星地量子密钥分发成码率估算设

备。通过对星地一体化量子通信网络的关键技术攻关及系统研制建设，为星地量子通信网络的工程化实用化组网打下基础，推进量子通信的产业化发展。

## **（二） 考核指标。**

1. 建设星地一体量子保密通信网络，实现卫星和地面网络的对接融合，地面网络成码指标不低于 16kbps，地面站望远镜有效接收口径不小于 0.55 米，回转半径不大于 1.5 米，对低轨卫星跟踪和指向精度优于 5"，对卫星的单轨最大成码量不低于 300kbits，需预留接口对接未来国家规划建设京广干线和卫星网络。2. 研发星地量子通信网络的集中运行调度系统，实现卫星任务计划的制定和执行，系统任务调度策略制定时间小于 10 分钟，调度策略执行成功率大于 95%，任务系统可用率大于 99%，具有实用价值。3. 研发星地量子密钥分发仿真系统，支持实际环境数据及卫星轨道数据采集，支持星地成码率估算，仿真系统结果偏差小于 20%，具有实用价值。4. 研发星地量子密钥分发成码率估算设备，支持夜间云量分析，支持周边环境遮挡情况分析，支持温湿度测量，支持卫星轨道信息录入，支持星地成码率估算。系统估算偏差率小于 10%，系统估算用时小于 10 分钟，具有实用价值。

**资助强度：**6000 万元左右/项。

**申请方式：**竞争择优。

**专题五：基于半导体光电异质结构的集成量子信息芯片**  
**（专题编号：0329）**

**（一）研究内容。**

研发可编程的半导体量子信息处理芯片，对经典计算机无法有效解决的重要问题，如材料特性、生化反应、优化问题、抽样问题等进行有效的模拟和计算。主要包括：1. 研发具有高性能的半导体异质结量子材料。2. 研发片上量子信息处理核心元部件，包括量子光源、量子信息处理线路，并发展量子现象的时域超快表征技术。3. 制备有效集成多个量子元器件的半导体量子信息处理芯片。4. 以半导体量子信息处理芯片为平台，对复杂量子过程和现象进行模拟。

**（二）考核指标。**

1. 发展液滴分子束外延技术，生长出具有超高对称性的量子点异质结，单双激子精细结构劈裂小于  $5 \mu\text{eV}$ ，并实现通信波段量子光发射。2. 发展片上高效半导体多光子纠缠源，光子数  $\geq 6$ 。研制基于周期极化铌酸锂微纳薄膜波导的量子光源，光子对产率大于  $10^7 \text{Hz nm}^{-1} \text{mW}^{-1}$ 。研制铌酸锂波导移相器，半波电压小于  $3\text{V}$ ，电光带宽大于  $20\text{GHz}$ 。发展皮秒量级量子操控超快过程的测量技术平台。3. 发展混合集成量子处理芯片，实现片上集成 III-V 族有源器件，低损硅基波导器件，高非线性调制器件等，硅基量子线路的传输损

耗小于 1dB/cm，不同器件之间光子耦合效率高于 80%，实现片上 3 个以上半导体量子比特的多体耦合。4. 发展新型量子模拟理论与技术，在半导体量子信息处理芯片上对特定的复杂量子现象与过程（如生化反应、分子能级结构、优化问题等）进行高精度模拟。

**资助强度：**6000 万元左右/项。

**申请方式：**竞争择优。

**专题六：基于原子/离子体系的量子精密测量关键技术**  
**（专题编号：0330）**

**（一）研究内容。**

研发具有重要应用价值,灵敏度突破传统测量极限的电磁场探测设备，实现对微波电场、磁场和微弱力场的超高灵敏探测，展示量子效应在精密测量中的优势，探索突破传统测量精度极限的量子测量方法，解决高灵敏度电磁场探测方面的重大科学问题和技术瓶颈。具体内容包括：1. 研制具有自主知识产权的超高灵敏度微波电场探测设备，包括 1-500GHz 原子微波电场探测器、原子微波天线和弱场通信技术。2. 研制具有自主知识产权的太赫兹实时成像探测系统，包括 0.1-10THz 里德堡原子太赫兹电场探测和空间分布实时成像等。3. 研制具有自主知识产权的高灵敏度电磁场探测设备，包括电磁场精密测量所需的冷原子气体真空系统、

量子态制备与操控系统、电磁场信号提取与分析系统等。4. 研究冷原子制备、操控及冷原子系统集成相关的关键技术；研制出实用化原子微波电场探测器样机和冷原子电磁场探测实验室样机。5. 发展基于囚禁离子的纳米级超分辨检测技术，并利用该技术发展对极微弱力场、磁场、电场、加速度、角速度等物理量进行超高精度测量的小型集成化传感器模组，研制基于囚禁离子的高精度加速度计和陀螺仪；研究囚禁离子在对材料表面环境的运动模式响应规律，离子加热速率与材料表面态、材料体噪声等因素的关联与变化规律，发展基于囚禁离子的高灵敏度材料表面检测装置。

## **(二) 考核指标。**

1. 1-500GHz 高灵敏度热原子微波天线最小探测电场  $1\mu\text{V}/\text{cm}$ ，灵敏度  $10\mu\text{V}/\text{cmHz}^{(0.5)}$ ；冷原子微波天线最小探测电场  $0.1\mu\text{V}/\text{cm}$ ，灵敏度  $0.1\mu\text{V}/\text{cmHz}^{(0.5)}$ 。2. 实现对 0.1THz-10THz 太赫兹的实时成像探测。3. 利用超冷量子气体实现磁场依赖自旋压缩态与非高斯纠缠态的制备，压缩度  $\geq 12\text{dB}$ ；实现分辨率  $\leq 700\text{nm}$  的量子气体显微镜。4. 磁场测量灵敏度达  $\sim \text{fT}/\text{Hz}^{(0.5)}$  量级；5. 原子微波电场探测器实用化、可搬运；冷原子电磁场探测器实现原理样机。6. 实现  $\leq 10\text{nm}$  分辨率的突破衍射极限的单离子超灵敏成像，基于该技术研制集成化传感器，加速度传感灵敏度  $\leq 0.1\mu\text{g}/\text{Hz}^{(0.5)}$ ，角速度传感灵敏度  $\leq 100\text{nrad}/\text{s}/\text{Hz}^{(0.5)}$ 。研制弱力测量样机，

精确度  $10^{-24}\text{N}$  量级，空间解析度 1 埃。

资助强度：6000 万元左右/项。

申请方式：竞争择优。