

## 附件 4

# “量子调控与量子信息”重点专项 2019 年度项目申报指南

“量子调控与量子信息”重点专项的总体目标是瞄准我国未来信息技术和社会发展的重大需求，围绕量子调控与量子信息领域的重大科学问题和瓶颈技术，开展基础性、战略性和前瞻性探索研究和关键技术攻关，产生一批原创性的具有重要意义和重要国际影响的研究成果，并在若干方面将研究成果转化为可预期的具有市场价值的产品，为我国在未来的国际战略竞争中抢占核心技术的制高点打下坚实基础。

本专项鼓励和倡导原始创新，并积极推动应用研究，力争在新原理原型器件等方面取得突破，向功能化集成和实用化方向推进。量子调控研究的目的是认识和了解量子世界的基本现象和规律，通过开发新材料、构筑新结构、发现新物态以及施加外场等手段对量子过程进行调控和开发，在关联电子体系、小量子体系、人工带隙体系等重要研究方向上建立突破经典调控极限的全新量子调控技术。量子信息研究的目的是在量子通信的核心技术、材料、器件、工艺等方面突破一系列关键瓶颈，初步具备构建空地

一体广域量子通信网络的能力，实现量子相干和量子纠缠的长时间保持和高精度操纵，实现可扩展的量子信息处理，并应用于大尺度的量子计算、量子模拟和量子精密测量。

“量子调控与量子信息”重点专项将部署 6 个方面的研究任务：1.关联电子体系；2.小量子体系；3.人工带隙体系；4.量子通信；5.量子计算与模拟；6.量子精密测量。

2016—2018 年，量子调控与量子信息重点专项围绕以上主要任务，共立项支持 76 个研究项目（其中青年科学家项目 25 项）。根据专项实施方案和“十三五”期间有关部署，2019 年，“量子调控与量子信息”重点专项将围绕关联电子体系、小量子体系、量子计算与模拟以及量子精密测量等方面继续部署项目，拟优先支持 5 个研究方向。同一指南方向下，原则上只支持 1 项，仅在申报项目评审结果相近，技术路线明显不同时，可同时支持 2 项，并建立动态调整机制，根据中期评估结果，再择优继续支持。国拨经费总概算 1.6 亿元（其中，拟支持青年科学家项目不超过 6 个，国拨经费总概算不超过 3000 万元）。

申报单位根据指南支持方向，面向解决重大科学问题和突破关键技术进行一体化设计。鼓励围绕一个重大科学问题或重要应用目标，从基础研究到应用研究全链条组织项目。鼓励依托国家

重点实验室等重要科研基地组织项目。项目应整体申报，须覆盖相应指南方向的全部考核指标。

项目执行期一般为 5 年。一般项目下设课题数原则上不超过 4 个，每个项目所含单位总数不超过 4 家。

青年科学家项目可参考指南支持方向组织项目申报，但不受研究内容和考核指标限制。

## 1. 关联电子体系

### 1.1 自旋超导等新型关联体系的量子态

研究内容：自旋超导等新型关联体系的新奇量子态调控，及拓扑量子态的多场调控。

考核指标：发现一种新的自旋超导材料；利用界面工程构筑二维自旋超导等新型关联量子态；通过分子束外延、原子层堆垛、原子插层、栅极调控等实验技术，在低维异质结构中调制出自旋超导等非常规超导态及非平庸拓扑态；揭示自旋超导等关联体系的新奇量子相变特性，建立自旋超导的探测与调控技术；构筑高品质人工拓扑结构并揭示其拓扑态的量子规律。

## 2. 小量子体系

### 2.1 新型低维量子体系的多场调控

研究内容：新型低维量子体系的精准制备、新奇物性及其多场调控。

考核指标：制备超越石墨烯的新型二维原子晶体如硅烯、锗烯、铅烯等，及新型多功能钙钛矿氧化物低维体系；构筑高品质多自由度耦合的新型二维多元原子晶体体系和低维分子晶体材料；揭示新型低维量子材料的新奇物性和功能，建立量子态的多场调控技术；基于新奇物性，构造具有新输运特性的原型量子器件。

## 2.2 马约拉纳零能模的构筑与操控

研究内容：马约拉纳零能模的构筑、探测、编织与融合，及其非阿贝尔统计特性。

考核指标：制备具有马约拉纳零能模的高品质人造拓扑超导材料、二维新型电子材料和多体相互作用材料；建立单个马约拉纳零能模的探测和操控技术，实现两个马约拉纳零能模的融合与编织；揭示多个马约拉纳零能模的新奇现象以及非阿贝尔统计特性；探索发现拓扑任意子新材料，构筑拓扑量子比特。

## 3.量子计算与模拟

### 3.1 光学量子计算

研究内容：发展具有高效率和高品质的量子光源和量子线路，实现在特定问题方面超越经典计算能力的量子模拟机。

考核指标：研制同时满足双光子纠缠对比度优于 99%、光子对收集效率优于 95%、全同性优于 95% 的双光子纠缠源；研制能同时满足全同性优于 98%、单光子纯度优于 99%、单模光纤耦合的单光子最终系统效率优于 60% 的单光子源。研制耦合损耗低于 8%、单路线路损耗低于 2%、可支持模式数达到 60 以上的光学线路。在此基础上，实现 20~30 个高品质单光子的相干操纵和量子纠缠，在玻色取样等特定问题上超越商用计算机的经典计算能力。基于激光直写，实现模式数超过 1000 的三维集成光学波导。研究和推广各种模拟量子计算算法到实际问题的映射和应用。

#### 4.量子精密测量

##### 4.1 原子分子瞬态量子过程的精密测量

研究内容：建立超宽谱段超快光场技术及阿秒时间分辨测量技术，发展光子、电子和离子的多维关联谱学新方法，开展原子分子飞秒、阿秒瞬态过程和量子多体过程的精密测量，揭示原子分子多体关联动力学规律和调控机理。

考核指标：提供新的电子、离子、光子多维关联测量实验技术和理论方法；利用太赫兹、红外至软 X 射线波段超快光脉冲实

现多谱段关联、多自由度耦合的量子相干性传递和原子分子多体关联动量符合测量；实现原子分子内壳层、价壳层瞬态与耦合量子过程亚埃空间分辨和 10 阿秒时间分辨的精密测量；发展含时多体散射矩阵理论和含时多组态 **Hartree-Fock** 计算方法，研制完成具有自主知识产权的计算软件。