**高精度量子操控与探测重大研究计划2024年度项目指南**

　　高精度量子操控与探测重大研究计划面向发展量子科技的国家重大战略需求，针对量子信息科学及其与各领域交叉研究面临的关键科学问题和技术挑战，发展新原理、新方法，探索可持续发展的技术路线，加强我国量子科技基础研究和人才培养，推动我国抢占量子科技国际竞争制高点。

**一、科学目标**

　　聚焦高精度量子操控与探测技术及其应用，发展量子增强的新原理、新方法，推动精密测量技术进步；突破量子操控与探测技术在高精度、高复杂度和可扩展性等方面的技术挑战，为量子信息科学发展提供支持；充分发挥量子平台和工具的优越性，突破经典技术探测极限，推动量子信息科学与各个领域的交叉研究。进一步提升我国量子科技基础研究的原始创新能力，为实现我国量子科技自立自强提供支撑。

**二、核心科学问题**

　　本重大研究计划围绕以下三个核心科学问题开展研究：

　　（一）量子增强的新原理和新方法。

　　围绕当前发展较为成熟或极有潜力的精密测量技术，建立和发展有效提高测量精度和灵敏度等指标的量子操控与探测新原理新方法。

　　（二）量子信息科学进一步发展需要的高精度量子操控与探测技术。

　　突破量子操控与探测在精度、复杂度以及可扩展性等多方面技术挑战，发展量子模拟、量子计算、空间量子技术等量子信息科学领域所需的高精度量子操控与探测技术。

　　（三）超越经典技术的量子操控与探测技术的应用。

　　发展有望超越经典技术探测极限的量子精密测量技术，并在物理学、天文学、化学、生命科学、地球科学和材料科学等领域实现应用示范。

**三、2024年度资助研究方向**

　　（一）培育项目。

　　围绕上述科学问题，以总体科学目标为牵引，拟以培育项目的方式资助探索性强、选题新颖、前期研究基础较好的申请项目，优先支持以下研究方向：

　　1.量子增强的新原理和新方法。

　　在光子和原子等量子体系产生用于实现测量精度增强的量子态，发展超越标准量子极限的量子精密测量新原理、新方法、新系统，在测量精度上实现具有应用意义的量子增益。

　　2.量子信息技术中的高精度量子操控与探测。

　　聚焦光子、冷原子、冷分子、囚禁离子以及人造量子比特等量子体系，发展面向大规模、高复杂度的量子模拟和量子计算以及远距离、实用化量子通信等的量子操控与探测关键技术和新理论新方案。

　　3.超越经典技术的量子操控与探测技术。

　　发展超越经典技术探测极限且具有应用价值的量子精密测量关键技术和新方案，推动量子操控与探测技术在基础物理检验、超越标准模型的新物理、暗物质探测、天文观测、化学、生命科学、地球科学和材料科学等领域的应用研究。

　　（二）重点支持项目。

　　围绕核心科学问题，以总体科学目标为牵引，拟以重点支持项目的方式资助前期研究成果积累较好、在理论和关键技术研发上能发挥推动作用、具备交叉应用基础或前景的申请项目，优先支持以下研究方向：

　　1.光和原子体系非经典态的制备和操控。

　　制备高压缩度的非经典态，包括相位压缩态、偏振压缩态、正交分量压缩态、数压缩态、迪克态、自旋压缩态等，发展不同类型非经典态在相位、位移、偏振等各种物理量精密测量中的应用，演示超过10 dB的测量精度量子增益。

　　2.多参数联合量子测量技术与应用。

　　揭示量子噪声对多参数联合测量精度的影响以及抵御方法，研制基于多种物理体系的集成化量子增强测量装置，有效提高多参数联合测量灵敏度，应用于高灵敏度电磁场探测、高精度光频标等场景，突破标准量子极限，实现超过5 dB的多参数联合测量精度量子增益。

　　3.多场调控的单自旋态灵敏探测。

　　研究利用光场、电场、磁场等调控技术实现高空间分辨率量子测量，实现在10-30 GHz射频微波范围内通过磁场调控的单自旋态灵敏探测，空间分辨率优于2埃，自旋态间相互作用能量分辨率优于0.2 μeV。

　　4.基于超冷原子的新型光晶格调控技术。

　　基于超冷原子的新型光晶格调控技术。实现不同类型光晶格（比如三角、六角、笼目光晶格等）以及双层扭转光晶格，发展光晶格体系中周期性调制、无序、规范场等多个维度的调控和小于500纳米格点分辨的高分辨原位探测技术，超冷原子通过光晶格调控实现多个新奇量子物态（关联绝缘体、非常规超导、量子反常霍尔效应、强关联诱导的拓扑性等）以及原子数大于100的量子纠缠态。

　　5.量子纠错的新方法。

　　针对现有量子纠错操控技术要求高、资源消耗大等问题，探索资源效率型量子纠错码的构建技术，及其相应的可容错逻辑量子控制技术；发展纠错循环过程中的错误影响表征新技术，厘清量子纠错实验中的关键错误因素，并提出相应的错误缓解策略；发展精度与张量网络解码器相当、但速度有大幅提升的高效率解码算法，支撑量子纠错的快速精确解码；基于当前主流量子计算设备操控水平，不依赖后选择，提出在200比特内实现10-5级逻辑错误率的具体可行方案，并给出可扩展的性能提升方法，支撑未来量子纠错技术的持续发展。

　　6.高精度远距离量子干涉技术。

　　发展万公里级大空间尺度单光子、双光子传输和干涉技术，为广域量子网络的实现奠定基础，为探索引力诱导纠缠退相干、引力红移和时间膨胀效应影响下的量子干涉测量等引力场中的量子效应检验开辟新途径。发展基于量子干涉辅助的天文光干涉技术，光学干涉基线长度突破现有极限，达到千米量级，为获得高精度宇宙距离阶梯、探索解决“哈勃常数危机”、加深对宇宙加速膨胀历史和暗能量物理的理解等若干重大物理学和天文学基础问题检验提供新手段。

　　7.面向新物理探索的量子测量技术。

　　针对超越粒子物理标准模型的新物理探测需求，发展量子精密测量技术。实现原子固有电偶极矩（EDM）的高精度测量（精度达到10-28 e cm量级）；对磁单极子和轴子等新粒子进行搜寻，发展新型探测模式，突破现有探测瓶颈，超越现有指标（如轴子-自旋相互作用探测界限优于10-11 GeV-1，相互作用力程达到1 μm量级，突破超新星天文学观测极限）；对自旋相关第五力进行测量，发展能量分辨率达到10-24 eVHz-1/2量级的超高精度赝磁信号测量技术，实现国际领先测量指标。

　　8.量子测量在惯性、引力测量和引力波天文观测等方面的应用。

　　发展基于原子干涉、原子自旋等的量子精密测量方法和技术，支持量子引力、时空特性、极端物质状态等前沿科学问题研究需求。开展10-10g量级水平重力加速度和惯性精密测量，提高地球定向参数和地球引力势等的自主测量能力；开展10-7 os-1Hz-1/2量级灵敏度的惯性角速度测量，验证原子自旋惯性导航精度潜力，实现自旋-引力相互作用检验国际领先指标，开展量子惯性导航系统及应用研究，提高无人系统、智能控制等自主定位导航能力。

　　9.冷分子碰撞与反应动力学的探测。

　　发展外场调控下超冷分子碰撞和反应、里德堡超冷分子长程相互作用反应、分子取向操控、高时间/能量分辨冷分子反应（<10 K）等实验技术以及冷分子碰撞散射动力学理论与计算方法，应用于量子三体问题、超冷分子动力学（<100 μK）、分子反应立体调控、基于单分子的量子器件等研究。

　　10.量子精密测量在遥感技术中的应用。

　　发展高精度光频梳、高效低噪声单光子探测器、超宽谱光电转换等技术，在单光子弱信号的高效和高增益探测，对大气的多种成分、层析风场和温度反演，地貌跨介质高精度单光子测绘，亚毫米精度海平面快速测量，高精度非视域单光子成像技术，高速运动星间高精度测距和时钟同步，超远距离星地链路的光频梳多要素遥感等方面，突破经典遥感技术在探测距离、精度和灵敏度方面的瓶颈。发展宽谱双光梳激光远程干涉技术，实现火焰中多组分和温度的实时遥感测量，助力航空发动机燃烧室研发。

　　11.量子精密测量在极弱磁场测量中的应用。

　　突破现有测量手段的灵敏度和精度瓶颈，面向弱磁计量测试、人体功能信息成像、磁异常探测、资源勘探、地磁场及生命科学研究等方面的应用，发展灵敏度达到aTHz-1/2量级的超高灵敏极弱磁场测量装置、灵敏度达到亚fTHz-1/2 ~ fTHz-1/2量级的微小型近零磁和地磁计量测试原子磁强计及芯片化原子磁强计；面向生物体系微观电磁通路特性解析，发展溶液条件下实现单个蛋白质分子分辨的多模态极弱电流-磁场调控与测量装置。

**四、项目遴选的基本原则**

　　（一）紧密围绕核心科学问题，鼓励原创性、基础性和交叉性的前沿探索。

　　（二）优先资助能够解决高精度量子操控与探测中的基础科学难题或在相关领域具有应用前景的研究项目。

　　（三）重点支持项目应具有良好的研究基础和前期积累，对总体科学目标有直接贡献与支撑。

**五、2024年度资助计划**

　　拟资助培育项目20-25项，直接费用资助强度约为80万元/项，资助期限为3年，培育项目申请书中研究期限应填写“2025年1月1日－2027年12月31日”；拟资助重点支持项目6-8项，直接费用资助强度约为300万元/项，资助期限为4年，重点支持项目申请书中研究期限应填写“2025年1月1日－2028年12月31日”。

**六、申请要求及注意事项**

　　（一）申请条件。

　　本重大研究计划项目申请人应当具备以下条件：

　　1. 具有承担基础研究课题的经历；

　　2. 具有高级专业技术职务（职称）。

　　在站博士后研究人员、正在攻读研究生学位以及无工作单位或者所在单位不是依托单位的人员不得作为申请人进行申请。

　　（二）限项申请规定。

　　执行《2024年度国家自然科学基金项目指南》“申请规定”中限项申请规定的相关要求。

　　（三）申请注意事项。

　　申请人和依托单位应当认真阅读并执行本项目指南、《2024年度国家自然科学基金项目指南》和《关于2024年度国家自然科学基金项目申请与结题等有关事项的通告》中相关要求。

　　1. 本重大研究计划项目实行无纸化申请。申请书提交日期为2024年7月18日－2024年7月25日16时。

　　（1）申请人应当按照科学基金网络信息系统中重大研究计划项目的填报说明与撰写提纲要求在线填写和提交电子申请书及附件材料。

　　（2）本重大研究计划旨在紧密围绕核心科学问题，对多学科相关研究进行战略性的方向引导和优势整合，成为一个项目集群。申请人应根据本重大研究计划拟解决的核心科学问题和项目指南公布的拟资助研究方向，自行拟定项目名称、科学目标、研究内容、技术路线和相应的研究经费等。

　　（3）申请书中的资助类别选择“重大研究计划”，亚类说明选择“培育项目”或“重点支持项目”，附注说明选择“高精度量子操控与探测”，受理代码选择T01，根据申请的具体研究内容选择不超过5个申请代码。培育项目和重点支持项目的合作研究单位不得超过2个。

　　（4）申请人在申请书起始部分应明确说明申请符合本项目指南中的资助研究方向，以及对解决本重大研究计划核心科学问题、实现本重大研究计划科学目标的贡献。

　　如果申请人已经承担与本重大研究计划相关的其他科技计划项目，应当在申请书正文的“研究基础与工作条件”部分论述申请项目与其他相关项目的区别与联系。

　　2. 依托单位应当按照要求完成依托单位承诺、组织申请以及审核申请材料等工作。在2024年7月25日16时前通过信息系统逐项确认提交本单位电子申请书及附件材料，并于7月26日16时前在线提交本单位项目申请清单。

　　3. 其他注意事项。

　　（1）为实现重大研究计划总体科学目标和多学科集成，获得资助的项目负责人应当承诺遵守相关数据和资料管理与共享的规定，项目执行过程中应关注与本重大研究计划其他项目之间的相互支撑关系。

　　（2）为加强项目的学术交流，促进项目群的形成和多学科交叉与集成，本重大研究计划将每年举办1次资助项目的年度学术交流会，并将不定期地组织相关领域的学术研讨会。获资助项目负责人有义务参加本重大研究计划指导专家组和管理工作组所组织的上述学术交流活动。

　　（四）咨询方式。

　　交叉科学部交叉科学一处

　　联系电话：010-62328382