

附件 3

“量子精密测量”重大专项 2026 年度项目 申报指南

“量子精密测量”重大专项聚焦量子精密测量领域前沿科学与工程关键技术难题，开展核心机理研究、关键装备研发、工程示范验证链式攻关，加快量子精密测量技术成果在能源、环境、高端制造等领域转化落地。2026 年度部署项目 6 项，其中青年科学家项目 1 项。

1. 应用示范类

1.1 基于量子光谱的煤炭在线智能质检监测系统集成与应用示范

研究内容：面向煤炭行业煤质检测精度不足、数据孤岛、结算偏差大、核心装备依赖进口行业痛点，研发量子增强煤质在线监测软硬件一体化集成技术。研究高粉尘、高湿度条件下光谱信号传输衰减与稳定测量机理，开发多源异构数据融合与质量追溯模块，构建煤质参数、设备状态、生产过程数据的实时关联与深度挖掘模型，研究时序对齐、异常检测与特征提取算法，实现质量全流程可追溯

与异常溯源；研究多光谱模块与数据采集单元的硬件接口适配及通信协议统一方法，开发标准化中间件，实现检测装备与管控平台间低延迟、高可靠无缝对接；构建多设备协同调度与远程运维平台，建立设备间协同运行机制与远程运维体系，开发基于任务优先级的协同控制策略及远程诊断、预测性维护功能，支撑入厂煤验收、入炉煤掺配、洗选过程控制等典型场景的协同运行。

考核指标：集成量子增强光学感知煤质在线分析、监测成套系统 2 套以上，累计稳定运行时间 ≥ 8000 小时，关键设备平均无故障时间 ≥ 2000 小时；完成 2 个及以上典型场景（入厂煤验收、入炉煤掺配或洗选过程控制）的示范应用与工程验证，形成应用示范报告 1 份与标准化接口规范 1 套。

有关说明：项目牵头申报单位须为具有独立法人资格的企业。项目申请财政资金资助额度不超过 500 万元，承担单位配套经费与财政经费比例不低于 1.2:1。

1.2 深紫外激光诱导量子发光检测系统集成与示范应用

研究内容：发展深紫外激光诱导量子发光检测技术，利用深紫外激光激发半导体晶圆中的量子缺陷中心，诱发

特征量子发光光谱，解析深紫外激光诱导量子发光波长、强度及偏振特性，获取晶格畸变、杂质聚集、表面颗粒、划痕等纳米至微米级缺陷信息，实现高灵敏度缺陷检测和定位；开发模块化光机集成架构，攻克深紫外光源与高数值孔径光致发光信号采集物镜、高灵敏度探测器之间的光路耦合与振动隔离技术；研发软硬件协同控制平台，开发基于深度学习的缺陷智能识别算法；建立涵盖光源功率稳定性、波长漂移、信噪比、重复测量精度等关键指标的整机测试规范。

考核指标: 建立深紫外激光诱导量子发光光谱分析模型，发展半导体材料光致发光缺陷成像和识别方案；开发深紫外激光诱导量子发光智能化缺陷检测系统，深紫外照明光功率 $\geq 50\text{mW}$ ；缺陷灵敏度 $\geq 60\text{nm}$ ，空间分辨率 $\leq 1\ \mu\text{m}$ ，检测产率达到 5WPH（Wafer per hour），整机零部件国产化率 $>60\%$ ；完成宽禁带半导体晶圆在衬底加工、薄膜沉积等关键环节的检测应用示范。

有关说明: 项目牵头申报单位须为具有独立法人资格的企业。项目申请财政资金资助额度不超过 500 万元，承担单位配套经费与财政经费比例不低于 1.2:1。

1.3 多参量分布式光纤量子感知关键技术体系构建

与工程示范应用

研究内容：面向能源、交通设施灾毁预警场景，开展散射信号量子测量增强与分布式光纤传感融合技术研究，发展量子增强瑞利、拉曼、布里渊散射融合探测的多参量分布式光纤传感系统一体化设计方案；研制强关联高熵值混沌激光信号源，攻关量子增强微弱信号放大、高信噪比光纤传感解调、复杂背景噪声抑制及多参量特征识别等技术；开发面向煤层气井筒完整性监测、压裂动态评价与泄漏预警及公路结构灾毁监测、风险识别与联动预警的量子增强多参量分布式光纤传感系统。

考核指标：研制量子增强多参量分布式光纤传感仪 1 套，实现振动、温度、应变同步监测，连续监测距离 $\geq 50\text{km}$ ，空间分辨率 $\leq 0.1\text{m}$ ，应变测量精度优于 $\pm 1\ \mu\epsilon$ ，温度测量精度优于 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ，微弱振动事件识别信噪比提升 $\geq 20\text{dB}$ ，复杂井下环境异常事件识别率 $\geq 95\%$ ；构建智慧监测与预警平台，在能源或交通基础设施典型路段完成 1 个大型示范应用工程。

有关说明：项目牵头申报单位须为具有独立法人资格的企业。项目申请财政资金资助额度不超过 500 万元，承担单位配套经费与财政经费比例不低于 1.2:1。

2. 技术攻关类

2.1 远程单光子级信号与本地本振光高精度干涉测量技术

研究内容: 建立本地本振架构下量子信号干涉测量模型, 研究独立激光源相位噪声, 光纤信道环境扰动导致的偏振和相位随机变化; 发展高速偏振跟踪与自适应补偿技术, 研究自适应数字偏振补偿算法, 探索误差调控的自适应步长优化; 研究导频辅助频偏和相位补偿方案, 通过导频实现频偏和相位的精确估计, 对量子信号频率和相位进行纠正; 研究高精度干涉测量系统控制, 构建多环节协同闭环控制方法, 发展高增益大带宽伺服控制、人工智能赋能的自适应锁定技术, 实现系统各工作点的智能识别与精确控制; 搭建高精度干涉测量系统, 在外场长距离单模光纤中进行高精度干涉测量的性能测试验证。

考核指标: 系统平均额外噪声 ≤ 0.05 散粒噪声水平, 成码率不低于 100kbps (35 公里外场光纤, 损耗不大于 10dB); 腔长锁定抖动 $\leq 5\text{mrad}$, 相对相位抖动 $\leq 10\text{mrad}$ 。

有关说明: 项目申请财政资金资助额度不超过 400 万元, 承担单位配套经费与财政经费比例不低于 0.8:1。

3. 基础研究类

3.1 原子关键基础参数高精度测量研究（重大项目）

研究内容：构建面向超冷 ^{40}K 原子基态超精细结构常数测量的高稳定实验系统，实现 ^{40}K 简并气体稳定制备与表征，获得高密度超冷原子样品；研究超冷原子双磁不敏感钟跃迁的高精度测量方法，发展不依赖高精度磁场绝对校准的 ^{40}K 原子基态超精细结构常数测量技术；建立系统误差分析平台，开展高分辨微波谱和 Ramsey 干涉测量技术，实现钟跃迁清晰分辨、窄线宽谱测量和长相干时间干涉读出；分析并评估二阶 Zeeman 效应、光学偶极阱 AC Stark 频移、原子数和密度效应等系统效应，实现 ^{40}K 原子超精细结构常数的高精度测量。

考核指标：实现超冷 ^{40}K 简并费米气体稳定制备，原子数达到 10^6 量级、温度优于 $0.3T_F$ ， ^{40}K 原子基态磁不敏感钟跃迁谱线分辨宽度优于 100Hz，跃迁频率测量分辨率达到 10Hz 量级，Ramsey 干涉相干时间达到 450ms 以上， ^{40}K 原子基态超精细结构常数测量绝对不确定度提升至 10Hz 以内、相对精度达到 10^{-8} 量级。

有关说明：项目申请财政资金资助额度不超过 400 万元。

3.2 面向激光干涉精密测量的频率依赖量子光源研

制（青年科学家项目）

研究内容: 研究量子增强精密测量中的频率依赖噪声耦合传递与深度抑制机理; 研究多物理量联合测量信号的低噪声高增益提取方案和高精度评估技术; 发展技术噪声提取与反馈、量子边模识别与滤波、宽频段光场位相操控、量子关联相干调控技术; 突破量子光源高效制备、传输和耦合技术, 研制量子增强变分输出核心关键器件。

考核指标: 信号耦合效率 $\geq 95\%$, 相干探测效率 $\geq 90\%$, 探测带宽覆盖 1kHz-1MHz, 量子增益 $\geq 10\text{dB}$, 连续稳定工作时间 ≥ 4 小时。

有关说明: 项目申请财政资金资助额度不超过 80 万元, 本项目为青年科学家项目, 项目负责人及其他参与人员年龄均须在 40 周岁以内(截至本指南发布日期)。