

国家重点研发计划“大科学装置前沿研究”重点专项

2025 年度项目申报指南

为落实“十四五”期间国家科技创新的有关部署，国家重点研发计划启动实施“大科学装置前沿研究”重点专项。根据本重点专项“十四五”实施方案的安排，现发布 2025 年度项目申报指南。

本重点专项的总体目标是：开展专用型大科学装置的科学前沿研究，推动我国粒子物理、核物理、天文学等重要学科的部分研究方向进入世界先进行列；开展平台型大科学装置的先进实验技术和实验方法研究，提升大科学装置支撑科技创新、经济社会发展和国家安全的能力。继续支持我国具有特色和优势的大科学装置开展前沿探索研究，力争在世界上率先实现若干重大前沿与技术的突破。

2025 年度指南围绕粒子物理、核物理、强磁场与综合极端条件、天文学、先进光源与中子源及前沿探索、交叉科学与应用等 6 个方向进行部署，按照基础研究、共性关键技术两个层面，拟发布 10 个指南方向，拟安排国拨经费概算 6000 万元。其中，拟支持 7 个青年科学家项目，安排国拨经费概算 2100 万元，每个 300 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报，同一指南方向下，只支持 1 项。

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设计。项目应整体申报，须覆盖相应

指南方向的全部研究内容。项目实施周期一般为 5 年。项目下设负责人 1 名，项目下设课题数不超过 4 个，每个课题设 1 名负责人，鼓励青年科学家担任课题负责人。每个项目参与单位总数不超过 6 家。

青年科学家项目支持青年科研人员承担国家科研任务，本指南方向 3 作为青年科学家项目组织申报。青年科学家项目参与单位总数不超过 3 家，不再下设课题。项目设 1 名项目负责人，青年科学家项目负责人应为 1985 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

本专项 2025 年度项目申报具体指南如下。

1.1 粲能区新型强子态的实验研究（基础研究）

研究内容：基于北京谱仪 III 实验在质心能量 4.0GeV 以上能区已有数据和 BEPCII 升级后的高统计量数据，精确测量已发现的类粲偶素性质，寻找新的奇特强子态；利用粲偶素峰值上的海量数据和正负电子直接产生数据开展轻强子态、奇特量子态和胶球的寻找，深入开展相关强子理论模型和格点量子色动力学研究；研发新的数据处理技术和软件。

考核指标：测量含奇异夸克中性和带电隐粲粒子 $Z_{cs}(3985)$ 的共振参数；寻找 $Z_{cs}(3985)$ 更多衰变方式；测量 $Y(4230)$ 、 $Y(4500)$ 和 $Y(4710)$ 的共振参数和性质，质量精度好于 7%；测量夸克偶素的产生截面，首次利用 η' 测量轻夸克质量比值；寻找轻奇特量子态 $\eta_1(1855)$ 的不少于两种衰变和产生过程；寻找胶球候选者 $X(2370)$ 的不少于三种衰变模

式；研发基于人工智能的粒子鉴别新算法，在相同 Pion 误判率下实现 Muon 鉴别效率提升 5%。

关键词：夸克偶素、重味新型强子态、混杂态、胶球、数据处理技术

2.1 依托 FAST 的脉冲星发现和研究（基础研究）

研究内容：利用 FAST 进行脉冲星搜寻，大批量发现脉冲星，获得脉冲星在银河系内的分布，促进中子星族群的理解；对 FAST 发现的大批量脉冲星进行测时研究，获得测时特征参数，筛选出优异的引力波探针和特殊双星系统；对 FAST 发现的双星进行测时观测和研究，测得一批特殊脉冲星双星系统的后开普勒参数和中子星质量，检验引力理论；对脉冲星辐射包括偶发脉冲的暂现特征等进行详细研究，探索脉冲星辐射机制。

考核指标：基于 FAST 观测数据，新发现脉冲星>200 颗；利用 FAST 进行测时，获得>300 颗 FAST 发现脉冲星的测时特征参数；新发现 >5 对双中子星系统；新测得 >10 个中子星的质量。

关键词：脉冲星，中子星质量，引力理论

2.2 基于郭守敬望远镜等的类星体巡天及相关科学研究（基础研究）

研究内容：基于多波段巡天数据选出海量类星体候选体并得到可靠测光红移，利用郭守敬望远镜等光谱观测证认大样本类星体。基于多波段观测探索黑洞吸积与喷流形成的物理机制，建立类星体光变模型。利用类星体巡天数

据获取成团性的宇宙学信息，检验暗能量动力学属性和宇宙再电离演化过程。明晰类星体形态、结构等对多波段背景参考源连接与统一的影响，构建完善的类星体天体测量精度评估方法。

考核指标：获得>100 万个类星体候选体并用光谱证认>8000 个类星体，包括>3000 个银道面背景类星体。估算>1000 个伽马射线强类星体的电子能量和磁场强度。对>100 万类星体的样本测得重子声波振荡尺度。给出>2000 个作为背景参考源的类星体形态和结构分析结果。

关键词：类星体，巡天，多波段，宇宙学，背景参考源

3.1 对撞机上基于量子计算的部分子簇射和强子化研究（基础研究）

研究内容：针对高能对撞机上的部分子簇射和强子化过程，基于第一性原理，发展适用于格点 QCD 的量子计算方法，研究与 QCD 相关的动力学特征；针对高亮度大型强子对撞机（HL-LHC）和下一代对撞机，采用量子辅助的机器学习方法，通过强子末态开展部分子量子关联的唯象学研究，对电弱理论进行精确检验和寻找新物理。

考核指标：通用的 SU(3)规范场数字化编码方案误差水平降到 20% 以下；高维时空可拓展到大规模量子体系的初态制备方案，精度达 70%以上；实现至少两个不同角度的场论能量关联函数格点量子计算；强子末态部分子量子关联直接观测的统计显著性唯象学研究达 2 倍标准偏差以上。

关键词：强相互作用，格点 QCD，部分子演化，能量关联

3.2 高能核-核碰撞中强相互作用小系统研究（基础研究）

研究内容：依托 RHIC-STAR 和 LHC-CMS 实验，开展强相互作用小系统性质的研究，并探索极高密度胶子系统的特性。主要包括：测量轻核-轻核碰撞及质子-质子碰撞高多重数喷注中粒子的动力学关联性质；揭示夸克物质中粒子自旋关联及其随系统体积的演化规律；研究部分子在强相互作用小系统中的输运行为及其随系统体积的演化。

考核指标：测量轻核-轻核碰撞及质子-质子碰撞高多重数喷注中奇异粒子产额增强及各种粒子的动力学关联；测量质子-质子、质子-重核、轻核-轻核碰撞中粒子的自旋关联；测量轻核-轻核碰撞中高能部分子及重味夸克的输运行为。

关键词：夸克胶子等离子体，小碰撞系统，动力学关联，自旋关联，输运行为

3.3 极低温强磁场下超导体/多铁共存体系中的新奇配对及磁电效应研究（基础研究）

研究内容：依托综合极端条件实验装置，在极低温强磁场下研究超导体/多铁共存体系中的非常规配对机制，通过电子轨道、自旋、极化等多自由度间的相互作用，拓展基态下的非常规超导物态；结合宽频段的电学测量技术，研究超导体/多铁共存体系中的极化翻转非平衡态过程和与之相关的高频电容电感特性，探讨该过程中非常规配对

指纹性的磁电耦合及激发效应；研制高质量超导非易失性存储原型器件。

考核指标：基于全超导磁体，实现 0-30T 范围内超导和磁电效应研究；实现 Hz 至 GHz 的宽频相关电学测量，其中与超导基态相关的测量确保电子温度可低至 30mK；发现 1 种以上受极化调控的非常规超导态，并阐明极化特征量与非常规超导特性之间的关联机制；在至少 1 种超导电/多铁共存体系中实现对极化翻转的瞬态测量，发现 1 种以上新的非平衡态磁电效应；研发至少 1 种可实现纳秒级读写的超导非易失性存储原型器件。

关键词：极低温强磁场，高频瞬态电学测量，超导电/多铁共存，非常规超导配对，非易失性存储

3.4 面向 CSST 和国内大型地基望远镜的时域引力透镜研究（基础研究）

研究内容：聚焦哈勃常数危机，发挥 CSST 和国内大型地基望远镜的自主数据优势，开展时域引力透镜研究。针对 CSST 开展透镜化变源仿真，定量评估 CSST 探测能力；开发面向图像和光变数据的透镜化变源搜寻算法；开发面向 CSST 多波段数据的建模算法；生成仿真光变曲线，评估国内大型地基望远镜对时间延迟测量的精度；从数据中选取高质量的透镜化变源，开展哈勃常数测量工作和误差分析。

考核指标：构建极限星等至少达 28 等的仿真透镜化变源星表；分别完成基于图像和光变曲线的两套透镜化变源

搜寻算法，基于图像的搜寻算法在 0.1%误报率下，完备性高于 90%；透镜建模的典型精度优于 3%；对不少于 3 个强透镜类星体系统开展地面时域监测，时间延迟测量的典型精度优于 2 天。

关键词：CSST，哈勃常数，强引力透镜，机器学习

3.5 人脑高分辨成像数据标注与智能识别技术研究（基础研究）

研究内容：面向人脑神经网络三维物理结构解析的需求，研究基于同步辐射人脑成像三维重构数据的智能化数据标注体系，研究人类重要脑区（如语言区或海马体）神经元与神经连接结构智能识别与精准提取方法。

考核指标：实现同步辐射脑成像三维重建数据标注中人工校正比例低于 5%，发布人类重要脑区同步辐射神经结构标准数据集不少于 5 套；实现同步辐射脑成像三维重建数据中不少于 1 亿神经元的自动识别且准确率>95%，神经连接结构追踪准确率>95%。

关键词：同步辐射光源，X 射线断层成像，人脑神经网络，人工智能数据处理算法

3.6 基于自由电子光源的近场光学显微镜研究（共性关键技术）

研究内容：针对低维半导体材料与器件中晶格缺陷演化、光热传输机制等研究对低能电-声子高精度表征的迫切需求，突破传统光谱技术在亚毫电子伏特能量分辨率与纳米空间分辨率方面的瓶颈，开发基于同步辐射的低能频段近场光

学显微系统。通过高效耦合同步辐射光源与先进近场探针技术，实现对低维半导体材料低能电-声子特性、异质界面缺陷及极化激元光热特性的纳米级空间分辨观测。

考核指标：实现低能频段（ ≤ 100 meV）、高能量分辨率（ ≤ 1 meV）以及纳米级空间分辨率（ ≤ 5 nm）的近场光学观测能力；用于测量低维半导体晶格缺陷、电-声子耦合、声子共振特性和极化激元色散等；揭示至少两种低维半导体界面低能声子调控和电-声子耦合的机制。

关键词：近场光学，高分辨表征，电-声子耦合，低维半导体材料

3.7 高耐蚀高隐身涂层材料微观组织结构演化与性能研究（共性关键技术）

研究内容：基于大科学装置先进原位表征技术，围绕电磁波-材料动态相互作用机制，研制适配同步辐射/中子散射的高精度原位电磁波加载系统，构建电磁波-材料动态耦合作用实验平台，集成同步辐射或中子散射等多模态表征手段，开发电磁场-材料相互作用的检测表征技术，实现电磁波动态加载条件下高耐蚀高隐身材料微观结构组织动态演化的跨尺度原位表征，揭示电磁波吸收动态过程中微观结构演化与宏观吸波性能的构效关系。突破多相复合粉体材料高能束流可控制备技术瓶颈，开发具有多元金属非金属纳米异质结构的高耐蚀高隐身材料。

考核指标：研制频率范围 2-18GHz、频率精度 ± 0.1 GHz的高精度原位电磁波加载系统；基于高能束流制备技术开

发不少于 3 种多元金属非金属异质结构纳米粉体，研发不少于 3 种新型高耐蚀吸波隐身涂层材料，吸收频率范围 $\geq 8\text{GHz}$ ；建立基于同步辐射光源、中子源的原位表征高耐蚀高隐身涂层材料微观组织结构演化过程技术规范。

关键词：先进原位表征技术，高耐蚀高隐身涂层材料，电磁波-材料动态相互作用机制