

“大科学装置前沿研究”重点专项

2019 年度项目申报指南

（征求意见稿）

大科学装置为探索未知世界、发现自然规律、实现技术变革提供极限研究手段，是科学突破的重要保障。设立“大科学装置前沿研究”重点专项的目的是支持广大科研人员依托大科学装置开展科学前沿研究。为充分发挥我国大科学装置的优势，促进重大成果产出，科技部会同教育部、中国科学院等部门组织专家编制了“大科学装置前沿研究”重点专项实施方案。

“大科学装置前沿研究”重点专项主要支持基于我国在物质结构研究领域具有国际竞争力的两类大科学装置的前沿研究，一是粒子物理、核物理、聚变物理和天文学等领域的专用大科学装置，支持开展探索物质世界的结构及其相互作用规律等的重大前沿研究；二是为多学科交叉前沿的物质结构研究提供先进研究手段的平台型装置，如先进光源、先进中子源、强磁场装置、强激光装置、大型风洞等，支持先进实验技术和实验方法的研究和实现，提升其对相关领域前沿研究的支撑能力。

专项实施方案部署 14 个方面的研究任务：1) 强相互作用性质研究及奇异粒子的寻找；2) Higgs 粒子的特性研究和超出标准模型新物理寻找；3) 中微子属性和宇宙线本质的研究；4) 暗物质直接探测；5) 新一代粒子加速器和探测器关键技术和方法的预先研究；6) 原子核结构和性质以及高电荷态离子非平衡动力学研究；7) 受控磁约束核聚变稳态燃烧；8) 星系组分、结构和物质循环的光学-红外观测研究；9) 脉冲星、中性氢和恒星形成研究；10) 复杂体系的多自由度及多尺度综合研究；11) 高温高压高密度极端物理研究；12) 复杂湍流机理研究；13) 多学科应用平台型装置上先进实验技术和实验方法研究；14) 下一代先进光源核心关键技术预研究。

2016 到 2018 年，“大科学装置前沿研究”重点专项围绕以上 14 个方面研究任务，共立项支持了 47 个研究项目。根据专项实施方案和“十三五”期间有关部署，2019 年将围绕核物理等领域的专用大科学装置和多学科平台型大科学装置继续部署项目，拟优先支持 4 个研究方向，8 个子任务。同一子任务下，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，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。国拨总经费 1.75 亿元。

按照《国务院关于国家重大科研基础设施和大型科研仪器向社会开放的意见》（国发〔2014〕70 号）精神，鼓励高校、科研院所、企业、社会研发组织等社会用户利用开放的大科学装置开

展科学研究，要求基于大科学装置开展科学研究的每个项目的参加人员 65%以上是所依托大科学装置管理单位以外的人员。

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，每个项目所含单位数控制在 6 个以内。本专项不设青年科学家项目。

1. 新一代粒子加速器和探测器关键技术预研

1.1 新一代强流重离子加速器束流物理和核心技术预研

研究内容：新一代强流重离子加速器束流物理问题及其核心关键技术研究。束流物理包括强流重离子束流双向涂抹累积、强流动态真空效应和强流集体不稳定性动力学研究；核心关键技术包括双向涂抹静电偏转板、非谐振快上升速率磁铁电源、高梯度磁合金加载高频腔和高场快循环超导磁铁。

考核指标：发展包含束流集体效应及动态真空效应的强流重离子同步加速器双向涂抹注入束流动力学模拟平台并完成方案设计，累积增益大于 100，注入束流损失小于 5%；研

发双向涂抹注入倾斜静电偏转板样机，电压大于 100kV，场均匀性小于 $\pm 1\%$ ；完成高场快循环超导二极磁铁的样机，最高磁场为 4T，磁场变化率范围为 1-2T/s，场均匀性小于 $\pm 4 \times 10^{-4}$ ；完成高加速电压梯度、宽频带、快速响应软磁合金加载腔高频系统关键技术及样机验证，单腔峰值电压达到 40kV，0~40kV 电压上升时间小于 10 μ s，电压稳定度好于 $\pm 1\%/24\text{h}$ ；完成全储能模式快循环大功率高精度脉冲电源样机研制，实现百毫亨磁铁电感 4000-5000A 脉冲电流输出，上升时间小于 100ms，跟踪误差小于 $\pm 1 \times 10^{-4}$ ，电流上升率 38000A/s。

1.2 用于重离子束驱动高能量密度物质诊断的高能电子成像核心技术预研

研究内容：针对高功率重离子束驱动的高能量密度物理研究，建立高能电子瞬态透射成像技术和方法，数值模拟研究重离子束驱动高能量密度物质的动态演化过程，提出用于高能量密度物理研究的高能电子直线加速器成像终端设计，研制超高时空分辨单发多幅动态成像的关键设备。

考核指标：模拟得到特定参数条件下强流重离子束驱动高能量密度物质的密度、压力和温度等状态参数的演化图像，提出高能量密度物质成像诊断的时空分辨和动态范围需求，完成用于重离子束驱动高能量密度物质诊断的高能电子成像系统设计；完成超高时空分辨单发动态成像部分关键设

备的研制，空间分辨率达到 $1\text{-}10\mu\text{m}$ 量级；完成多幅动态成像技术研究，单发时间分辨达到 1ps 量级，多幅动态时间间隔达到 $1\text{-}10\text{ns}$ 量级。

2. 星系组分、结构和物质循环的光学-红外观预测研究

2.1 基于 LAMOST 巡天的银河系和恒星形成与演化研究

研究内容：利用 LAMOST 海量光谱数据优势，研究大批量恒星的统计性质，寻找特异天体进行细致研究并检验现有恒星演化理论。研究银河系盘和晕的结构、运动、化学成分及演化历史。探测暗物质分布。研究银河系星际介质的分布和物理性质。

考核指标：建立信噪比大于 10 的千万数量级恒星光谱数据库，得到百万级恒星样本的统计性质。发现并证认极贫金属星、超高速星、致密星、Ia 型超新星前身星等特殊天体样本，描述恒星演化过程。构建星际尘埃、弥散星际带载体分子的空间分布。建立银河系盘和晕的化学-动力学模型，揭示银河系演化历史。

2.2 基于 LAMOST 巡天的类太阳恒星活动物理研究

研究内容：基于 LAMOST 海量恒星光谱观测，诊断类太阳恒星活动特征；结合地面和空间高分辨率太阳成像光谱和磁场的详细观测，研究太阳及类太阳恒星大气磁能积累和

爆发式释放的物理过程，揭示类太阳恒星的总体活动规律，认知类太阳恒星和太阳活动的初发机制和演化规律。

考核指标：建立百万个类太阳恒星和太阳爆发活动光谱数据库，确定恒星耀发和星冕物质抛射光谱学判据，发现类太阳恒星活动的总体统计规律；认知类太阳恒星活动机理，发展类太阳恒星爆发活动的物理模型，揭示类太阳恒星和太阳活动的发生、发展和演化过程。

2.3 基于 LAMOST 巡天的系外行星系统研究及观测搜寻

研究内容：利用 LAMOST 数据对大样本的系外行星系统进行精确刻画，研究系外行星的分布规律以及宿主恒星性质对该分布的影响，发展多种发现系外行星的技术和方法，搜寻系外行星系统，研究行星系统的形成理论和动力学演化及其可居住性。

考核指标：建立以 LAMOST 数据为基础的首个系外行星及其宿主恒星性质的数据库；得到数百个系外行星的统计分布；确定不同恒星环境对行星分布和演化影响的特征指标；获得行星系统形成和动力学演化理论的理解及对系外行星宜居性的定性结果。

3. 复杂湍流机理研究

3.1 湍流与多物理场耦合机理研究

研究内容：湍流与高温真实气体效应、稀薄气体效应、电磁场等多物理场耦合作用的机理与规律。

考核指标：发现在高温真实气体效应、稀薄气体效应、燃烧、电磁场等多物理场作用下的湍流流动新现象。获得气体组分、传热传质、电磁场强度等参数对湍流与多物理场耦合作用的影响规律。建立和完善湍流与多物理场耦合效应的预测新模型与新方法。获得湍流与多物理场耦合效应的地面预示与飞行实验结果之间的天地相关性。

3.2 激波/湍流边界层干扰机理研究

研究内容：激波与湍流边界层相互干扰过程中流动结构及其演化机理。

考核指标：获得激波与湍流边界层相互干扰过程中边界层湍流相干结构、分离涡、剪切层、小激波脉动等演化的新现象。获得上下游扰动、物面凸起物尺度、马赫数、雷诺数、激波强度等参数对激波与湍流边界层相互干扰过程的影响规律。建立和完善针对激波/湍流边界层干扰的高精度气动力/热预测新模型与新方法。发展激波与湍流边界层干扰的主/被动控制新技术，阐明其流动控制机理。获得激波与湍流边界层干扰气动力/热的地面预示与飞行实验结果之间的天地相关性。

4. 多学科应用平台型装置上先进实验技术和实验方法研究

4.1 复杂体系微观界面研究方法

研究内容：发展基于先进光源、强磁场装置等的新一代实验技术，针对能源、生命和环境研究中的界面问题，建立复杂条件下表界面电子结构、生物膜界面相互作用、催化降解过程的原位研究手段，进行关键前沿科学问题的研究，提升装置支撑多学科前沿研究的能力。

考核指标：发展具有同时表征多参量能力、高能量分辨的表界面谱学方法（能量分辨优于 0.5eV ），发展具有元素分辨能力的无损层析表征技术（厚度分辨 1nm ），阐述原位条件下能源和环境材料表界面的物质传输和能量传递过程；发展能够直接获取表界面电子行为和反应中间体结构、具有指纹分辨和时间分辨（皮秒量级）的原位谱学方法，从分子层面认识表界面反应的复杂过程；发展结合基于先进光源的组织与细胞成像、强磁场条件下低温和多频电子顺磁共振检测的分析方法，研究生物膜物质传输与能量代谢过程中的界面相互作用和电子行为等。