

“大科学装置前沿研究”重点专项 2018年度项目申报指南

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 和 2017 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 37 个研究项目。根据专项实施方案和“十三五”期间有关部署，2018 年将围绕粒子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 10 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，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 3.14 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. Higgs 粒子的特性研究和超出标准模型新物质寻找

1.1 CMS 实验 Run-2 数据的物理研究

研究内容：利用 CMS 实验获取的 Run-2 数据进行物理分析研究，研究希格斯粒子的性质；寻找超越标准模型的新物理现象。

考核指标：测量希格斯粒子的质量，精度比 Run-1 结果提高 20%，测量希格斯到 4 轻子截面的精度提高 1 倍，观测 ttH 过程显示度达到 5 倍标准差，检验希格斯与 top 夸克的耦合是否与标准模型相符合。寻找 ZZ 和 WW 新的共振态，如果没有找到新粒子，则新粒子产生截面的上限有显著下降，在 1TeV，窄宽度假设下，新粒子产生截面的上限下降 1 倍。观测标准模型稀有过程电弱规范玻色子加光子加喷注末态的显示度达到 5 倍标准差，检验其产生截面是否与标准模型预言相符合。

1.2 Atlas 实验 Run-2 数据物理分析

研究内容：利用 ATLAS 实验获取的 Run-2 数据进行物理分析研究，测量希格斯粒子的性质，寻找超出标准模型的新物理现象。

考核指标：对希格斯粒子性质的测量，统计误差为主的情况下的测量精度比 Run-1 数据提高 2-3 倍，系统误差为主的测量着重研究改进系统误差的方法；首次确定希格斯粒子的费米子衰变模式并测量其耦合性质；首次在 LHC 13TeV 能区对标准模型过程进行精确检验，特别是完成 WW 和 ZZ 散射过程的寻找和测量研究；对 SUSY、W'/Z'，重希格斯粒子等超出标准模型新粒子的寻找，可以利用这些分析的敏感度在 Run-2 数据的显著提高，从实验上进一步排除或观测到这些粒子产生的迹象。

2. 中微子属性和宇宙线本质的研究

依托大亚湾中微子实验设施和高海拔宇宙线观测设施、开展中微子属性和宇宙线本质前沿科学问题的研究。

2.1 中微子实验物理研究

研究内容：利用大亚湾实验装置进行中微子 θ_{13} 参数测量和新物理寻找；中微子振荡的全局分析；针对江门中微子实验的超新星中微子、地球中微子研究，中微子质量顺序研究。

考核指标：将大亚湾实验对 θ_{13} 的测量精度提高到 3%；利用大亚湾数据完成惰性中微子等一系列新物理寻找工作；建立中微子实验数据全局分析技术；完成江门中微子实验超新星中微

子和地球中微子，以及质量顺序灵敏度研究。

2.2 大面积宇宙线观测及宇宙线本质研究

研究内容：依托高海拔宇宙线观测站精确测量银河宇宙线的成份、能谱及各向异性，观测银河系内外高能伽马射线发射源，探测太阳高能宇宙线粒子。

考核指标：获得跨越 30 TeV 到 3 EeV 共 5 个量级的宇宙线分成份能谱和各向异性数据，300 GeV-1 PeV 宽广能区内点源及弥散伽马射线的能谱，发现数百个河内外新伽马源和高能粒子的加速源；对银河系内外宇宙线的起源、加速和传播，黑洞、中子星等致密天体高能物理过程的研究，及暗物质粒子的间接探测和其他新物理学规律研究取得重要进展。

3. 新一代粒子加速器和探测器关键技术预研

3.1 高能环形正负电子对撞机关键技术验证

研究内容：正负电子对撞机加速器关键技术和高分辨探测技术的样机验证。

考核指标：高能环形正负电子加速器关键技术验证。完成增强器交变二极低场磁铁的样机，磁场范围为 31-620Gs，场均匀性要求 5×10^{-4} ；完成弯转真空盒和 RF 屏蔽波纹管的样机，总漏率小于 2×10^{-10} Torr·L/s；完成正负电子束静电分离器的样机，最大场强为 2MV/m，场均匀性为（1‰） $10 \times 10 \text{mm}^2$ ；完成在 Z 能区极化束对撞的设计，束流极化度大于 50%，寿命大于 60 分钟；完

成极化束核心器件螺旋式超导波荡器样机。

高能量加速器上高分辨探测技术验证。完成内层硅径迹探测器原型机，通过束流试验验证主要设计指标，空间分辨 3-5 μm ；设计总电离剂量为 1MRad 的硅探测器；完成高颗粒度成像型强子量能器原理样机，解决工艺和测试等关键问题，进行束流实验验证主要设计结论。

4. 原子核结构和性质以及高电荷态离子非平衡动力学研究

4.1 高精度核物理实验研究

研究内容：产生远离稳定线原子核，以精确系统测量短寿命原子核质量为重点，并利用衰变谱学、在束谱学以及核反应实验方法研究弱束缚核结构和动力学。

考核指标：发展高精度、高灵敏度实验技术和方法，在国际上率先建立基于双 TOF 探测器的等时性原子核质量测量谱仪，原子核质量测量精度达到 $\sim 10^{-7}$ 。在实验研究方面，发现 2-3 个新的晕结构或集团奇特结构；研究 2-3 个弱束缚核反应系统动力学；在轻质量丰中子区，研究原子核壳层结构的演变；在质子滴线区，研究同位旋对称性；合成 3-5 个极端缺中子新核素，探索重核素存在的极限；探索产生、分离、鉴别丰中子重核素和超重核素的技术和方法。与理论工作者合作，给出具体作用条件下原子核内有效相互作用的新形式，发展和完善描述弱束缚核性质的理论。

5. 星系组分、结构和物质循环的光学-红外观测研究

5.1 星系结构、演化与宇宙学研究

研究内容：依托 LAMOST 大规模光谱巡天观测，结合国际大型星系巡天计划和宇宙学与星系形成数值模拟，研究星系的结
构、形成、演化和宇宙物质的构成及宇宙尺度广义相对论检验等
重大科学问题。

考核指标：建立数目超过一万个的近邻星系对样本，重构
600Mpc 内的近邻宇宙密度场；利用积分场数据测量近万个星系
恒星形成历史信息，明确星系各组分及其空间分布，建立星系化
学-动力学模型；发展测量星系形状的方法，使测量的系统误差小
于弱引力透镜信号的百分之一；发展测量红移畸变的理论和方法，
以高精度测量红移 1 以上的重子声波振荡及 $k \leq 0.2h/\text{Mpc}$ 的红移畸
变信号；开展宇宙再电离、中微子的宇宙学效应、修正引力理论
等新型高精度（尺度超过 2Gpc，粒子数超过 1000 亿）的宇宙学
模拟，获得对暗物质和暗能量属性以及修正引力理论的新限制，
为新一代大科学装置研发提供科学支撑。

6. 脉冲星、中性氢和恒星形成研究

6.1 SKA 数据处理和相关科学

研究内容：紧密围绕国际大科学工程 SKA，以实现宇宙再电
离成像观测为首要科学目标，研究大视场高动态强前景的低频射
电干涉成像技术。

考核指标：立足 21CMA 并与 WMA 合作，建设简易验证

SKA1-low 系统，掌握多波束数字合成技术和高动态的大视场成像技术；获得半径为 10 度的深度低频图像，掌握前景去除技术，预选并主导未来 SKA1-low 宇宙再电离成像观测天区；拟定中国 SKA 科学方案，参与 SKA 早期科学准备；完成 SKA 区域数据中心设计和原型建设。

6.2 射电技术方法前沿研究

研究内容：立足南极五米太赫兹望远镜、FAST 望远镜等大科学装置，探索和发展最前沿的射电天线、信号接收及处理技术与方法。

考核指标：建立针对大型及高精度天线的设计、制造及测量关键技术与方法；确定影响射电天文接收机关键部件带宽与灵敏度的物理机制，为研制倍频程以上超宽带、接近量子极限高灵敏度射电天文接收机提供理论基础；完成下一代太赫兹观测设备相关原理芯片或系统的研制。太赫兹超导探测器及接收机性能达到或优于国际同类探测器水平；建立针对相位阵馈源及多波束接收机的关键技术与方法；建立针对超宽带 ($>5\text{GHz}$)、高时间分辨率（亚毫秒量级）、高频谱分辨率 ($\sim 50\text{kHz}$) 的射电天文信号处理关键技术与方法。

7 高温高压高密度极端物理研究

7.1 极强光场条件下 QED 效应研究

研究内容：依托现有数拍瓦飞秒激光装置，开展极强光场条

件下量子电动力学（QED）效应的理论研究和实验探索。

考核指标：提升现有装置的激光强度及激光束品质，功率大于 5 拍瓦、强度达到 $5 \times 10^{21} \text{W/cm}^2$ ；发展描述极强光场与物质相互作用中 QED 效应的物理模型，完成相应的数值模拟程序研制，获得辐射反作用、伽马光子发射以及正负电子对产生等物理规律；设计实验方案，实现具有显著 QED 效应的极端强场与物质相互作用的实验室模拟。