

附件 1

“大科学装置前沿研究”重点专项 2022 年度定向项目申报指南

(仅国家科技管理信息系统注册用户登录可见)

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 2022 年度定向项目申报指南。

本重点专项总体目标是：开展专用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 and 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。

2022 年度定向项目申报指南围绕粒子物理和核物理 2 个方向进行部署，拟支持 3 个定向委托项目，拟安排国拨经费概算 7000 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。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。每个项目参与单位总数不超过 6 家。

本专项 2022 年度定向项目申报具体指南如下。

1. 粒子物理

1.1 无中微子双贝塔衰变和太阳中微子

研究内容：研发高分辨、高效率、低本底及高可扩展性的稀有事例探测技术。主要有：基于液氙闪烁光的高效反符合及阵列式富集 Ge-76 高纯锗探测器在液氮/液氙中稳定运行技术；低温、低本底晶体量热器平台、高纯度晶体制备及其光—热双通道信号读出技术；可对双贝塔衰变电子进行三维径迹重建的无雪崩放大高压气体时间投影室技术；低本底、低纬度与可拓展的百吨级太阳中微子探测装置。针对未来无中微子双贝塔衰变和太阳中微子实验需求，以实验总体灵敏度和具有国际竞争力的样机为评价标准，确定可实施的技术方案。

考核指标：（1）液氙反符合原型装置能量阈 $< 100\text{keV}$ ；5kg 富集 Ge-76 高纯锗探测器，本底水平 2MeV 能区附近在 $10^{-3}\text{cts}/(\text{keV}\cdot\text{kg}\cdot\text{yr})$ 量级、0.3% 的能量分辨率。（2）可在 10mK 运行的量热器低温实验平台；高纯钼酸锂晶体的铀、钍本底低于 $10\mu\text{Bq}/\text{kg}$ ；探测器模块光—热双通道信号读出，具有压低信号区间 α 本底两个数量级的能力；能量分辨为 $10\text{keV}@2615\text{keV}$ 。

(3) 电荷测量芯片的等效噪声电荷小于 45 个电子; 基于该芯片的读出平面达 0.44m^2 ; 建成能量分辨率达 1.5% 的 $100\text{kg}@10\text{atm}$ TPC 样机。(4) 百吨级太阳中微子观测站; 可替换介质密度差达 20%; 铀、钍 $< 1\text{Bq/kg}$, 钾 $< 2.4\text{Bq/kg}$ 的八寸 PMT; 350mW 和 12 位 GSps 级的 ADC 芯片及 40Gbps 带宽读出; 角分辨 35 度@5MeV; 首个低纬度 B-8 中微子测量。

有关说明: 由教育部作为推荐单位组织申报, 由清华大学作为项目牵头单位申报。

1.2 阿尔法磁谱仪探测器升级和物理分析

研究内容: 研制成 $\sim 11\text{cm}\times 96\text{cm}$ 硅探测器模块, 平均位置分辨好于 $10\mu\text{m}$, 优良通道占比超过 95%; 通过空间环境的振动和热真空测试, 满足太空的辐照环境要求。生产大于 2 平方米探测器模块, 用于 AMS 升级。依托大型国际合作装置 AMS 实验, 开展暗物质和反物质寻找, 宇宙线的起源加速和传播规律机制的物理研究工作。通过宇宙线正电子、反质子和反氦核的精确测量, 进行暗物质寻找; 通过宇宙线反氦核、反碳核和反氧核的测量寻找原初反物质; 精确测量宇宙线各原子核的能谱以研究宇宙线的起源加速和传播规律。得到 $1\text{GeV}\sim 1.4\text{TeV}$ 的宇宙线正电子能谱测量结果, $700\text{GeV}\sim 1000\text{GeV}$ 精度达到 35%; 得到 $1\text{GV}\sim 500\text{GV}$ 的宇宙线反质子能谱结果, 反质子能谱 500GV 精度好于 20%; 得到 $2\text{GV}\sim 3\text{TV}$ 的宇宙线硫、亚铁 ($Z=21\sim 25$) 等分析结果, 100GV 精度 4%~5%, 3TV 精度

20%~40%。

有关说明：由中科院作为推荐单位组织申报，由中科院高能物理研究所作为项目牵头单位申报。

2. 核物理

2.1 STAR 束流能量扫描实验中 QCD 相结构和临界点的实验研究

研究内容：针对量子色动力学（QCD）的核物质相结构和 QCD 临界点的重大科学问题，依托相对论重离子对撞机（RHIC）的螺旋管径迹探测器（STAR）的第二期束流能量扫描实验，主要开展质心能量 20GeV 以下的重离子碰撞实验的物理分析。通过测量守恒荷的高阶矩、超子整体极化和矢量介子的自旋排列、多奇异强子的产生和集体流、双轻子和光致产生的产额，手征磁效应寻找等，建立系统的 QCD 相结构和临界点的实验探针与方法，研究 QCD 物质相结构和 QCD 临界点。

考核指标：基于 STAR 实验第二期能量扫描实验数据，精确测量能量扫描不同能量点下净质子、净 K 介子和净电荷数分布的高阶矩，绝对误差提高到 1%~2%；实现超子整体极化和局域极化的实验测量，显著性达到 4~8 倍标准差，并将快度覆盖到 (-1.5, 1.5)；精确测量 Ω 粒子、 ϕ 粒子等多重奇异粒子产额分布，将测量的实验精度提高到 5%~10% 的绝对误差。通过电荷依赖的方位角关联量等敏感于 QCD 手征磁效应的具体测量，将实验精度提高到 1%~2% 的绝对误差；完成双轻子的精确测

量，绝对误差提高到 5%~10%，实现相干光致产生在同质异位素碰撞中的首次测量，显著性好于 10 倍标准差，探索夸克物质的手征性和电磁特性；利用以上分析得到的系统实验结果给出 QCD 相结构及 QCD 临界点的确切信息。

有关说明：由教育部作为推荐单位组织申报，由复旦大学作为项目牵头单位申报。

华北电力大学 A00066