

国家自然科学基金委员会 2024 年度专项项目指南

——锦屏深地基础科学前沿研究专项

国家重大科技基础设施“极深地下极低辐射本底前沿物理实验设施”即将建设完成，作为全球垂直岩石埋深最大、宇宙射线通量最低、可用空间最大、辐射本底极低、综合条件优越的极深科研设施，可为新物理、新现象和新技术研究提供独特的窗口和平台。为保持我国深地科学研究的发展势头，未来十到二十年在物理学、化学、生物学等领域的极深地下研究取得重大突破，在国际深地科学竞争中占据优势，现启动“锦屏深地基础科学前沿研究”专项资助工作。

一、科学目标

推动深地科学研究突破认知边界、技术极限、学科壁垒，在物质科学、量子科技等基础前沿和精密测量领域取得重大进展。核心科学问题包括：

(1) 锦屏极深地下前沿科学新物理、新方法、新技术；(2) 锦屏极深地下极端环境参数的准确测量方法及产生机制；(3) 锦屏极深地下交叉科学及在技术领域的推广应用。

二、申请项目类型

围绕核心科学问题，拟资助重点项目和培育项目两个项目类型，研究方向分别如下：

(一) 重点项目。

1. 基于极深地下宇宙射线及暗物质探测新方法研究

基于锦屏极低宇宙线通量、极低辐射本底条件，开发用于暗物质探测的超导量子比特高精度传感器，获得小于 MeV 质量暗物质的直接探测结

果；建立超导量子比特与宇宙射线相互作用的物理模型，开展极深地下超导量子计算剩余关联错误及来源机制和抑制方法研究；开展基于新物理的暗物质探测新方法研究。

2. 锦屏深地低温量热器 ^{100}Mo 衰变研究

建立锦屏深地低温量热实验装置,实现 ^{100}Mo 核素富集、钼酸锂(LMO)晶体制作和 LMO 探测器的组装测试；开展 ^{100}Mo 无中微子双贝塔衰变研究，获得 ^{100}Mo 无中微子双贝塔衰变半衰期的实验限制。

3. 深地强流束的核天体反应实验靶新技术

为建成国际上灵敏度最高的深地核天体反应实验平台提供关键技术支撑，针对深地核天体物理加速器实验靶材需求，开展低温条件下超音速气体喷射技术研究；基于强流束的低温超音速喷射靶研究；低温超音速喷射靶的低本底屏蔽技术研究。

4. 相对论电子库仑激发的虚光核反应机制研究

开展相对论电子库仑激发核反应、虚光子诱发同质异能跃迁机制的理论与实验研究，构建大立体角、具备寻迹与级联伽马甄别能力的高分辨稀有核素能谱测量装置；测量高能量转移和高角动量转移截面与相关核素寿命；研究质子滴线附近核素和长寿命同质异能核素的衰变特性。

5. 液氮介质方向性探测技术的研发与应用研究

基于锦屏大型低温液氮系统与地球反方向屏蔽的特点，研究液氮介质亚 MeV 观测能区的切伦科夫中微子望远镜探测技术；定位天体中微子源，开展超新星和伽玛射线暴研究。

6. 锦屏深地地球物理运动参数的超高精度测量

依托锦屏极微震动条件，开展超稳定地球物理运动参数精密测量实验室的温度、力学、电磁等环境测试误差机理与抑制技术研究；地球及天体扰动测试分析与抑制技术研究；超稳定精密测量实验室长期稳定设计与评价技术研究。构建超稳定地球物理运动参数精密测量实验室，形成国际先进水平的地球物理运动参数测量科学研究、精度测试评价能力和标准体系。

7. 锦屏深地低频磁场精确测量方法及产生机制研究

构建锦屏深地极低电磁辐射屏蔽环境实验平台，开发高稳定性、高灵敏度的新型超高精度固态自旋磁测量技术；开展锦屏深地环境低频磁场的长时间测量，并研究其产生的物理机制。

8. 锦屏深地极低本底计量基准与标准研究

依托锦屏极低辐射本底条件，开发高精度计量标定方法和标定设备，研发极深地下极低本底计量标准与基准。

9. 引力波探测器震动噪声机制和抑制方法研究

依托锦屏极深地下极微震动条件，开展空间引力波探测 $1/f$ 噪声研究，研究亚 mHz 频段超高精度微推力测量技术与方法；开展亚 mHz 频段引力参考传感器地面测试与标定对比方法研究；提供空间引力波探测器从 0.1 mHz ~ 1.0 Hz 频段范围内完整噪声模型及抑噪方案。

10. 集成电路软错误机理与评价方法

依托锦屏极低宇宙线通量、极低辐射本底条件，开展超大规模电路阵列稀少扰动信号测量与甄别研究；超低本底电子材料表面辐射表征研究； α 粒子诱发软错误的能量微观输运过程及效应机制研究，建立深地集成电路软错误率评价方法，为集成电路软错误机理与评价方法研究提供基础。

11. 锦屏深地氦分离和捕获技术及应用研究

针对深地科学实验的除氦需求，研究多孔材料氦捕获性能；定向设计合成具有高选择性、高堆积密度、高吸附量的吸氦多孔材料；设计并优化用于氦原子捕捉的分子筛吸附材料；研究并开发从氮氩介质中去除微量放射性氦的实验技术与设备。

12. 锦屏深地实验新物理新方法研究

开展基于锦屏深地实验中新物理新方法的研究，研究微观粒子新的物理机制，提出探索新的微观世界结构的实验方案，引领下一代深地前沿物理实验研究。

(二) 培育项目。

13. 锦屏深地低辐射本底物理探索研究

依托锦屏实验室极低宇宙线通量、极低辐射本底特点，在锦屏极低辐射本底的来源和机制、低本底下的极稀有过程、低本底材料的研发制备等方向开展探索性研究。

14. 高能宇宙射线方位角测量与来源的研究

针对宇宙射线通量和方向精确测量需求，研究宇宙线方位角通量测量技术，研究高能宇宙射线通量及其诱发粒子的关系，为理解宇宙线及次生粒子可能本底来源及降低相关本底提供重要基础。

15. 锦屏极深地下极高能粒子测量研究

结合锦屏独特地理位置与岩石覆盖，研究极深地下极高能粒子能谱测量技术，研发极高能粒子探测器、研究极高能粒子输运模拟和反演算法、

研究粒子能量和方向重建方法，开启锦屏极深地下极高能宇宙线粒子观测的新窗口。

16. 锦屏深地量子精密测量技术研究

依托锦屏深地极低辐射本底、极微震动环境的优势特点，研究提升量子测量精度的实验方法，开发新型更高精度的量子测量技术，开展磁矩、自旋等参数的超精确测量，为建立锦屏深地计量基准提供可能的技术路径。

17. 晶体方向性低能探测计算和测量研究

针对目前半导体探测器晶体对极微弱核反冲信号淬灭效应尚不清楚的问题，研究各类晶体不同方向上的电离淬灭效应，研究反冲核低能刻度测量技术并实验验证低能区晶体淬灭效应，研究晶体方向效应对低质量暗物质探测造成的影响，为提升低质量暗物质的探测能力以及突破中微子地板效应提供重要的技术支持和理论基础。

18. 深地平台极低本底的固氦探测技术研究

面向深地稀有事例探测实验的反符合本底抑制技术，开展固氦闪烁体探测器技术研究，开发反符合固氦原型探测系统，提出固氦反符合探测系统设计方法。

19. 低温低噪声低本底前端电子学

针对深地暗物质、中微子实验中低温探测器信号噪声抑制的问题，系统研究不同半导体工艺前端电子学在低温环境下的性能，为未来低本底、高分辨率稀有核素能谱测量装置提供优化的低温低噪声前端电子学设计方案。

20. 锦屏深地高能伽马辐射本底来源研究

研究锦屏环境中大于 8MeV 的高能伽马本底的准确探测技术及来源解析方法，获取锦屏深地高能伽马辐射通量和源项解析，为极低本底实验本底来源计算提供参考。

21. 宇宙射线所致极微弱力学效应研究

针对锦屏极深地下极微震动环境成因和宇宙射线极微弱力学效应的可能关系，研究宇宙射线所致极微弱力学效应的精密测量技术，提出地上和锦屏极深地下的对比测量实验方案，尝试探索锦屏极微震动环境成因。

22. 锦屏深地微震动监测与地震预测研究

研究锦屏深地微震动精密测量方法，开展微震动长期监测以及深地微震动和地震的关联分析，利用锦屏震动监测结果开展地震预测研究。同时基于环境精细测量参数开展锦屏地下实验室基岩稳定性研究，为实验室长期安全稳定运行提供支撑。

23. 锦屏深地地球极移测量与其引起环境变化研究

面向地球物理和环境科学交叉方向，研究基于高精度光纤干涉仪的地球极移测量方法，在锦屏开展地球极移精确测量，研究地球极移与大气、海洋等环境变化的映射关系，为厄尔尼诺、极端降水、干旱等气象预测提供参考。

24. 锦屏深地极低辐射剂量生物学效应研究

针对目前低辐射剂量下生物效应的产生机制和作用效果尚不明确的问题，依托锦屏极低辐射本底特点，通过对比实验研究人类、动植物在极低辐射本底环境下的各类剂量生物学效应，为极低辐射本底下剂量生物学效应研究提供新的手段。

三、资助计划

本专项项目拟资助重点项目 8 项左右, 平均直接费用 300 万元/项, 资助期限为 3 年, 申请书中的研究期限应填写“2025 年 1 月 1 日 - 2027 年 12 月 31 日”; 拟资助培育项目 10 项左右, 平均直接费用 60 万元/项, 资助期限为 3 年, 研究期限应填写“2025 年 1 月 1 日 - 2027 年 12 月 31 日”。

四、申请要求及注意事项

(一) 申请条件。

本专项项目申请人应当具备以下条件:

1. 具有承担基础研究课题或者其他从事基础研究的经历。
2. 具有高级专业技术职务(职称)。

在站博士后研究人员、正在攻读研究生学位以及无工作单位或者所在单位不是依托单位的人员不得作为申请人进行申请。

(二) 限项申请规定。

1. 本专项项目申请时不计入高级专业技术职务(职称)人员申请和承担总数 2 项的范围; 正式接收申请到国家自然科学基金委员会作出资助与否决定之前, 以及获得资助后, 计入高级专业技术职务(职称)人员申请和承担总数 2 项的范围。

2. 申请人和参与者只能申请或参与申请 1 项本专项项目。
3. 申请人同年只能申请 1 项专项项目中的研究项目。

(三) 申请注意事项。

1. 申请接收时间为 2024 年 11 月 1 日 - 2024 年 11 月 15 日。

2. 本专项项目申请书采用在线方式撰写。对申请人具体要求如下：

(1) 申请人应当认真阅读本项目指南和《2024 年度国家自然科学基金项目指南》的相关内容，不符合项目指南和相关要求的申请项目不予受理。

(2) 申请人应当认真阅读《2024 年度国家自然科学基金项目指南》申请规定中预算编报要求的内容，认真如实编报项目预算。

(3) 申请人登录科学基金网络信息系统，资助类别选择“专项项目”，亚类说明选择“研究项目”，附注说明选择“科学部综合研究项目”。申请代码 1 选择数学物理科学部 A 下属申请代码。以上选择不准确或未选择的项目申请不予受理。

每个专项项目的依托单位和合作研究单位数合计不得超过 3 个；主要参与者必须是项目的实际贡献者。

(4) 申请人应当按照专项项目申请书的撰写提纲撰写申请书。申请项目名称可以不同于拟资助研究方向下列出的研究内容名称，但应属该内容所辖之内的研究领域。申请书正文开头应注明“2024 年度专项项目锦屏深地基础科学前沿研究专项之研究方向*：***（按照上述拟资助研究方向之一填写）”。

申请书应阐明围绕本项目指南的研究方向拟重点突破的科学问题、达到的研究目标或技术指标。

如果申请人已经承担与本专项项目相关的其他科技计划项目，应当在申请书正文的“研究基础与工作条件”部分论述申请项目与其他相关项目的区别与联系。

(5) 本专项项目实行无纸化申请，申请人完成申请书撰写后，在线提交电子申请书及附件材料。依托单位只需在线确认电子申请书及附件材料，无须报送纸质申请书，但必须对本单位申请人所提交申请材料的真实性和完整性进行认真审核。依托单位应在项目接收工作截止时间前（2024 年 11 月 15 日 16 时）前通过信息系统逐项确认提交本单位电子申请书及附件材料；在截止日期后 24 小时内在线提交本单位申请项目清单。项目获批准后，依托单位将申请书的纸质签字盖章页装订在《资助项目计划书》最后，在规定的时间内按要求一并提交。

3. 咨询方式

(1) 填报中如遇到技术问题，可联系国家自然科学基金委员会信息中心协助解决（联系电话：010-62317474）。

(2) 国家自然科学基金委员会项目材料接收工作组负责接收申请材料，如材料不完整，将不予接收（联系电话：010-62328591）。

(3) 关于指南研究方向，可咨询国家自然科学基金委员会数学物理学部物理二处（联系电话：010-62326939/62325087；电子信箱：phy-2@nsfc.gov.cn）。

(四) 其他注意事项。

1. 本专项项目鼓励多学科研究团队联合攻关，满足多学科集成需要，跨越学科间屏障，解决深地基础科学前沿研究相关的基础科学问题。

2. 获得资助的项目负责人应当承诺遵守相关数据和资料管理与共享的规定，实现在研究材料、基础数据和实验平台上的项目集群共享。项目执行过程中须关注与本专项其他项目之间的相互支撑关系。

3. 为加强项目的学术交流，促进专项项目集群的形成和多学科交叉，本专项项目集群将设专项项目指导专家组和协调推进组，每年举办一次资助项目的年度学术交流会，并将不定期地组织相关领域的学术研讨会。获资助项目负责人必须参加上述学术交流活动，并认真开展学术交流。