

附件 1

数学物理学部重大项目指南

2022 年数学物理学部共发布 10 个重大项目指南，拟资助 5 个重大项目。项目申请的直接费用预算不得超过 1500 万元/项。

“融汇海量观测数据的大气系统建模与预报中的关键数学问题与算法”重大项目指南

气象和大气环境的精准模拟和预报是大气物理与应用数学研究的核心问题之一。气象卫星所提供的多光谱、多时次、高时空分辨率的海量数据，为提高大气系统数值模式的预报精度，生成高质量的再分析数据集和提高突发天气与环境事件预报的准确性提供了数据支撑和新的可能。研究融汇海量观测数据的大气系统建模与预报中的关键数学问题，需要建立统计学与数据科学的基础理论，以及高效的智能算法。

一、科学目标

针对融汇海量多源异构数据与机理的大气建模和预报中的关键问题，研究基于海量多源数据的大气模式的人工智能算法、适用于高分辨率时空数据的集合 Kalman 滤波方法的统计学理论，实现敏感区域特殊任务和复杂环境极端天气事件的精准预报。

二、研究内容

（一）海量多源异构数据反演融合的数学基础与算法。

基于辐射传输方程的机理，结合多源观测数据，构建数据与机理双驱动的大气物理变量的反演模型，提出融合多源异构数据与辐射模型的统计推断方法，开发大气物理变量快速反演的分布式与其它高效算法。

（二）利用海量多源数据的大气模式的人工智能算法。

基于机器学习和统计学算法，利用海量多源数据，发展针对大气运动 Navier-Stokes 流体力学方程组和物理过程参数化，发展具有良好精度和高计算效率的人工智能算法，为提高大气数值预报模式的精准度和时效性奠定数学基础。

（三）适用于高分辨率时空数据的集合 Kalman 滤波方法的统计学理论与算法。

基于超高维大气物理量的反演观测和高分辨率大气数值模式预报，建立在高时空分辨下集合 Kalman 滤波方法的相合性，发展快速高斯分布检验方法，改进非高斯情形下的集合 Kalman 滤波的算法，并应用于全球二氧化碳遥感观测的数据同化以改进全球陆面碳通量的估计。

（四）复杂环境极端天气事件精准预报研究。

研发极端天气事件的不确定度量化及智能诊断方法，针对天气分析场、天气预报场及其它预报变量，构建智能诊断模型以校正数值模式集合预报，建立极端天气事件预报的理论基础，并用于改进重点区域极端天气事件的预报效果。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“融汇海量观测数据的大气系统建模与预报中的关键数学问题与算法”，申请代码 1 选择 A04 或 A06 或二者的下属申请代码。

（二）咨询电话：010-62325025。

“反散射问题的数学理论与计算方法”重大项目指南

反散射问题在资源勘探、隐身技术、微纳光学与电磁结构设计等领域应用广泛。通过发展反散射问题的数学理论与计算方法，在复杂环境条件下探测更深、更远、更细微的目标，对进一步突破科技封锁和颠覆性技术的研发具有重大意义。

一、科学目标

聚焦深地深空探测中出现的复杂介质波传播及其新型反散射问题，建立反散射问题的唯一性和稳定性理论，发展融合多频观测数据的逐次线性化方法，构造随机反散射问题的高效数值算法，建立其收敛性理论；克服反散射问题呈现出的更复杂非线性性、不适定性、不确定性，以及非常规、多样化观测方式形成多频、混合、不完全数据模式导致问题的计算复杂性，为“深空、深海、深地、深蓝”等国家重大需求提供有效的数学理论及计算方法支撑。

二、研究内容

（一）声波方程反散射问题的理论分析与计算方法。

针对复杂交界面多层介质中的障碍反散射问题，建立波场观测数据与反演目标之间的映射关系。利用边界上的可观测信息，反演非线性波动方程的未知介质参数，建立其相关问题的稳定性理论。针对随机反散射问题，建立相关的唯一性理论，并设计高效计算方法。

（二）电磁波反散射问题的理论分析与计算方法。

针对电磁波的反演与高频计算，发展求解反散射问题的数值方法和大规模离散问题的高效求解算法。利用变分方法及非局部边界条件，研究解与波数的显式关系，为高频算法的收敛性研究提供理论基础。研究观测数据和被测目标的内在联系，发展逐次线性化等新型反演算法突破衍射极限，实现超分辨率成像。建立麦克斯韦方程多频反散射问题的稳定性理论。

（三）弹性波反散射问题的理论分析与计算方法。

针对非均匀、各向异性的弹性波方程，发展弹性波的奇性传播理论，系统研究弹性波反散射问题的唯一性与稳定性理论。基于积分方程方法，发展复杂介质中弹性波传播的高精度计算方法及求解反散射问题的反演算法。

（四）基于反散射问题理论和算法的应用研究

基于反散射问题的理论和算法研究，提出新型探测与隐身方法。结合对倏逝波的精细分析，设计有效反演算法，突破衍射极限，实现超分辨率成像，为构建新的光学成像技术提供理论和算法支撑，并在相关实验中加以验证和完善。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“反散射问题的数学理论与计算方法”，申请代码 1 选择 A05 或 A05 的下属申请代码。

（二）咨询电话：010-62325025。

“水下流固耦合滑移边界力学理论及应用”

重大项目指南

海洋工程装备设计与性能提升等国家重大需求对复杂流动条件下的流动控制技术提出了迫切需求。滑移边界可实现边界层及宏观流场调控，为流动控制提供了新的技术途径。然而，现有的Navier滑移边界理论仅局限于线性滑移或微观流动，严重制约了滑移边界在海洋装备航行减阻、出水降载增稳等重大工程中的应用。如何建立时空关联的流固耦合非线性滑移边界理论及其相应有效的流动控制方法是亟待突破的难题，对海洋装备设计及航行减阻、出水降载增稳等性能提升具有重要意义。

一、科学目标

围绕具有多相多尺度特征的滑移边界，构建跨越微-细-宏观、涵盖固-液-气界面的时空关联流固耦合非线性滑移边界理论，揭示水下滑移边界对边界层及多相多界面流动的调控机理，发展新型复合滑移边界材料/结构设计及制造方法，应用于具有重要战略意义的水下航行器减阻和出水降载增稳设计，推动滑移边界在流动控制领域的发展和应用。

二、研究内容

（一）流固耦合滑移边界力学理论。

研究滑移边界的非线性与流固耦合特性，揭示复杂流动条件下滑移边界的形态演化规律，建立时空关联的流固耦合非线性滑

移边界模型；发展非线性滑移边界理论与滑移边界稳定性理论，构建流固耦合滑移边界流动控制基础理论框架。

（二）滑移边界对边界层的调控机制。

研究滑移边界对壁面旋涡生成演化的影响，建立滑移边界影响下的多尺度非线性旋涡动力学理论；结合固体表面功能材料设计，揭示多层级结构对边界层及旋涡演化的非线性流固耦合控制规律，发展滑移边界对边界层的调控方法。

（三）滑移边界对多相多界面流动的耦合作用机理。

研究滑移边界对多相流动界面演化和气泡动力学的影响，建立气泡融合概率模型；分析滑移边界条件下气泡融合、气泡-气层流态转换机理及结构振动耦合规律，以及来流湍流度对流态转换的影响，获得结构载荷安全判据和优化方法。

（四）新型复合滑移边界设计方法及应用。

建立滑移边界的多层级结构设计准则，发展兼具多层级结构、柔性变形、附着气层等多种属性的新型复合滑移边界材料/结构设计及制造方法；发展复合滑移边界减阻技术、降载增稳技术及表征测试方法，开展实验验证。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“水下流固耦合滑移边界力学理论及应用”，申请代码 1 选择 A0810。

（二）咨询电话：010-62327178。

“服役期满航天器再入解体空气动力学与数值预报 理论研究”重大项目指南

大型航天器如货运飞船、空间站等服役期满或失控离轨，坠入大气层多次解体，将威胁覆盖空域飞行器及地面人财物安全，需进行再入解体空气动力学计算建模、高效模拟与气动融合弹道/结构解体落区预报、安全评估，该工作是世界航天难题。开展服役期满航天器离轨再入解体空气动力学与落区数值预报理论方法重大基础问题研究，对提升我国航天领域核心竞争力具有重要意义。

一、科学目标

针对大型航天器再入解体落区数值预报与风险评估重大需求，建立求解大型航天器再入解体跨流域含内能激发热化学非平衡气动力/热统一计算理论与非规则多体绕流气动干扰高精度算法；提出再入气动力/热致结构响应软化熔融/烧蚀毁坏计算建模数学理论方法与解体判据准则，经航天器飞行试验应用检验。

二、研究内容

（一）大型航天器再入解体跨流域空气动力学统一计算理论。

建立描述服役期满航天器再入解体跨流域含内能激发高温非平衡绕流输运现象 Boltzmann 模型方程及隐式气体动理论统一算法。发展模拟近空间非规则解体物高超声速绕流问题气体动理学波动粒子方法(UGKWP)。建立大型航天器离轨再入解体过程非平

衡气动力/热问题统一计算理论。

(二) 再入解体热化学非平衡流多尺度耦合算法与验证确认。

发展大型航天器再入高温梯度热化学非平衡 DSMC 方法与壁面催化烧蚀滑移边界流 N-S 方程数值解法, 建立过渡区非规则解体物热化学辐射非平衡多尺度耦合算法。建立多体分离非定常气动干扰数学模型与高精度数值方法, 提出小升阻比测力天平技术, 发展近空间解体残骸碎片多体气动特性实验验证方法。

(三) 气动力/热环境致结构动态响应行为建模理论与方法。

发展航天器结构动态热力响应有限元算法与气动力热冲击下材料内部缺陷演化分子动力学理论, 建立再入气动环境致金属(合金)结构变形软化失效非线性力学行为有限元算法, 构建结构响应变形多尺度有限元算法/分子动力学耦合计算理论方法。

(四) 航天器再入解体气动热/复合材料热解烧蚀耦合算法。

提出大型航天器解体气动热环境与复合材料热解烧蚀计算模型。发展含动边界气动热/烧蚀/高温瞬态热物性参数内部热传导耦合求解技术, 建立再入解体实时烧蚀外形与材料多组分热解气体绕流/复合材料热响应沿弹道计算分析与试验验证方法。

(五) 再入解体气动融合弹道/结构/飞行航迹数值预报理论。

建立航天器再入解体气动力/力矩融合六自由度弹道动力学高精度计算模型, 研制近空间多次解体气动力/热耦合结构熔融/烧蚀/弹道计算软件框架。提出大型航天器再入解体模型、熔融热解烧蚀损毁判据, 建立解体残骸碎片落区散布安全评价准则。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“服役期满航天器再入解体空气动力学与数值预报理论研究”，申请代码 1 选择 A0903。

（二）咨询电话：010-62327178。

“面向新一代巡天的暗物质研究”重大项目指南

暗物质决定了宇宙结构的形成和演化，其在宇宙中的分布是限制宇宙学模型的最重要依据。近三十年以来，在对暗物质各个方面的研究取得诸多突破后，现代宇宙学的主要框架基本确立，但暗物质本质依然未知，对其在宇宙中分布的测量仍然不够精细，它在星系形成和演化中的作用尚未完全明确。国内外已经或者即将开展的众多新一代星系巡天计划有望将星系数目提高一百倍以上，快速发展的人工智能技术在各个科学领域正逐步取得突破性成果，这些因素将给暗物质研究带来新的重要机遇。

一、科学目标

通过间接探测和不同的观测方法对暗物质模型给出更新的限制，力争对暗物质是温还是冷给出明确回答；对从太阳邻域，到银河系内，再到宇宙尺度上暗物质分布给出精度更高、范围更广的精确测量；对暗物质在星系形成和演化中的作用给出更清楚的描述，尝试构建更清晰的暗晕－星系共同演化图像。

二、研究内容

（一）间接探测限制暗物质属性。

高精度测量直至 15 TeV 能段的正负电子能谱；以高置信度发现能谱新结构；测量或高精度限制暗物质粒子的质量、湮灭截面等基本参量，并研究宇宙射线的起源和传播；开展针对新一代暗物质探测的空间探测器原理与方法研究。

（二）暗物质模型的小尺度精测和检验。

精测从星系到星系团级别各质量段暗晕小尺度的物质分布；利用中性氢巡天系统搜索暗星系；利用强引力透镜探测暗物质子晕；结合观测结果和高精度数值模拟检验暗物质理论预言，期望对暗物质是冷还是温给出明确答案；开发新的限制暗物质属性方法。

（三）高精确绘制暗物质在宇宙中的三维分布图。

将对太阳邻域暗物质测量精度提高两倍以上，银河系内暗物质测量范围延展至 100kpc；利用人工智能新方法绘制暗物质在宇宙大尺度上的高精度分布图；利用新一代巡天数据大幅提高对宇宙学模型的限制能力；利用中性氢深度巡天构建至少 100 个邻近星系冷气体分布图；利用高精度数值模拟对新一代星系巡天宇宙学应用给出预测和指导。

（四）暗物质在星系形成演化过程中的作用。

统计测量红移 $z=2$ 以来暗物质晕的密度分布、形态特征、并合历史以及大尺度分布；更清楚地描述暗晕中的气体与星系的共同演化；更好的理解暗物质比例和分布相对极端的特殊星系；完成超过 100 平方度以上深度 HI 巡天，HI 质量下限比以往同类型巡天低至少一个量级；理解星系形成和演化对暗晕和大尺度环境的依赖性，尝试构建新的星系-暗晕共同演化图像。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“面向新一代巡天的暗物质研究”，申请代码 1 选择 A14、A15、A16、A17、A18 或 A19 的下

属申请代码。

(二) 咨询电话：010-62325940。

“分布式空间碎片激光测距关键技术与应用研究” 重大项目指南

近年来，低轨道空间轨道环境问题广受关注，加强太空交通管理成为全世界共同的目标，也是我国发展航天事业的重大需求。当前太空形势对高精度碰撞预警提出了新的挑战，其核心是高精度定轨预报。目前使用的以雷达、光电为主的空间碎片监测手段，其定轨精度无法支撑高精度预警需求；采用漫反射激光测距方式虽然提高了空间碎片测距精度，但没有显著提升定轨预报精度。因此，亟需发展分布式空间碎片激光测距关键技术及其轨道姿态确定方法，推动空间碎片高精度测量与定轨预报新模式的建立。

一、科学目标

围绕分布式空间碎片激光测距，发展高精度多级跟瞄、高性能超导单光子探测器技术，突破远距离高精度时频传递技术，建立分布式空间碎片激光测距系统及观测模式；通过轨道、姿态融合处理实现高精度稀疏短弧数据下的空间碎片高精度定轨预报与姿态反演；在稀疏观测条件下实现空间碎片轨道外推 24 小时精度优于 100 米，支撑高精度碰撞预警的国家重大需求。

二、研究内容

（一）望远镜高精度跟瞄技术研究。

针对分布式激光测距系统，发展多级次复合光电跟踪技术，构建复杂形态空间碎片快速、高精度跟瞄新体系，显著提升复杂

目标跟瞄精度与低信噪比条件下的探测能力和测量精度，实现亚角秒级跟瞄精度，提高分布式激光测距稳定性和效率。

（二）高性能单光子探测技术研究。

发展近红外波段、百微米级光敏面、50 皮秒级低抖动超导单光子探测技术。开展超薄超导薄膜性能调控技术研究，发展大光敏面器件微纳加工技术、低温射频信号放大器和差分读出电路技术，满足分布式空间碎片激光测距需求。

（三）分布式测距多站时间同步技术研究。

发展基于通信光纤的分布式网络化时间同步技术，构建分布式高精度误差闭合和时空一致的机制与方法、开展传输时延噪声精准测控、高精度同步信号接入、分布式组网等关键技术研究，实现相距数百公里的多个测站之间 10 皮秒精度的时间同步。

（四）分布式激光测距系统及观测模式研究。

开展高精度单光子测距信号接收、识别与处理方法与分布式系统误差标校方法研究，建立分布式激光测距观测新模式。基于现有技术平台，研发相距数百公里的多个测站之间一发多收测距示范系统，实现空间碎片分米级非合作同步测距。

（五）空间碎片高精度轨姿确定研究

发展基于分布式激光测距测量的空间碎片姿态反演方法与稀疏短弧测距数据定轨方法。结合轨道动力学与姿态动力学，建立空间碎片轨道、姿态融合处理新框架，实现高精度轨道确定和姿态反演，空间碎片稀疏数据定轨精度优于 1 米。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“分布式空间碎片激光测距关键技术与应用研究”，申请代码 1 选择 A14、A15、A16、A17、A18 或 A19 的下属申请代码。

（二）咨询电话：010-62325940。

“微纳尺度多物理场调控的基础物理及技术应用”

重大项目指南

本项目旨在研究微纳尺度光、声、电、力、热等多物理场耦合及调控的物理问题，构建纳米乃至原子尺度光和物质相互作用统一理论，发展三维微纳结构和器件的精密制造技术，开发微纳尺度多物理场调控器件的技术应用，为信息处理、光子集成、显微成像、单分子检测等重大科学技术问题提供原创性解决方案。

一、科学目标

在原子水平上构建物质对光的响应与光场演化规律统一的物理模型和理论体系，构建多物理场作用下光子、电子、声子、自旋等协同调控量子体系光电过程的物理机制与计算方法；挖掘和研制基于金属纳米间隙-二维半导体复合体系的超高带宽发光器件；构建和研制三维微纳结构多物理场灵敏检测、传感和成像器件；发展高时空分辨的显微成像和光谱测量技术。

二、研究内容

（一）发展介观和微观、经典和量子相统一的光和物质相互作用理论。

考虑分子和二维材料与等离激元纳腔在微观原子和介观微纳水平上的相互作用，发展微观原子水平的电磁场理论，建立介观和微观、经典和量子相统一的光和物质相互作用理论，构建第一性原理和纳米光子学、经典和量子相统一的等离激元物理理论和

计算方法，开发高效的等离激元单分子检测和光催化器件等。

（二）发展金属纳米间隙-分子复合体系多场耦合计算方法。

针对金属纳米间隙-分子复合体系，建立光-电、电-声、声-声、激子-声子等多种微观元激发耦合作用的理论模型，发展多物理场叠加下载流子输运的全量子计算方法，开发具有自主知识产权的计算软件。

（三）开发金属纳米间隙-二维半导体复合体系超高带宽发光器件。

研究金属-层状材料-金属组成的纳腔中的高度局域化电磁场、电子集体振荡、隧穿电子、激子与磁振子之间的相互作用，实现纳腔中多种元激发对发光强度、速率和选择定则的协同调控，探索新型的超高带宽发光、全光光开关、电光调制等器件。

（四）发展高时空分辨的显微成像和光谱分析技术。

研究影响分辨率、光通量、扫描速度等的瓶颈问题，构建光通量高（10%量级）、聚焦光斑小（10-20 纳米）、光纤可集成的高时空分辨显微成像及光谱分析系统，研究微纳尺度上表面等离激元与分子、量子点、二维材料等相互作用时荧光、拉曼、非线性光学、光电、光机等多物理场相互作用的时空细节。

（五）开发基于三维微纳结构的光电调控器件技术。

研究三维微纳结构智能变形行为，厘清多物理场与形变结构的作用机制，掌握光力、光热、光声等多物理场耦合作用机理和调控手段，开发在光电调控、多物理场传感等领域的器件应用。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“微纳尺度多物理场调控的基础物理及技术应用”，申请代码 1 选择 A22 或 A22 下属申请代码。

（二）咨询电话：010-62325055。

“集成微腔光梳物理与天文应用”重大项目指南

光学频率梳（光梳）是最精密的测量工具之一，在精密测量物理与应用中有重大潜力。然而，传统光梳系统受限于体积与功耗等因素难以走出实验室，亟须开展小型化光梳物理与技术研究。基于集成光学微腔产生的小型化光梳，为光梳应用提供了新的重大机遇，使得光梳大规模部署于卫星、空间站、望远镜等复杂环境成为可能；但其工作波长受限于材料色散、能量转换效率等仅限于近红外波段，难以拓展到可见光波段。将集成微腔光梳的工作波段拓展到可见光波段，是其应用于天文光谱定标等重要场景的物理基础。

本项目旨在发展可应用于天文光谱定标的集成微腔光梳，推动光学前沿与天文学等基础学科的融合。一方面，研究光学微腔中的宽谱相位匹配物理机制与实现方法，揭示复杂光场的非线性演化规律，获得工作在可见波段的高效集成微腔光梳；另一方面，针对天文观测的实际需求，开展集成微腔光梳稳频与频谱整形研究，实现高精度视向速度测量，并应用于系外行星研究等领域。

一、科学目标

建立微腔中非线性光学过程的相位匹配和动量变换理论，实现微腔光场的时/频域物理特性与演化规律的预测；研究集成微腔光梳的制备与调控关键技术，发展光学频率转换、频谱扩展与整

形新方法，得到高效、稳频、工作在可见波段的集成微腔光梳，实现其在天文光谱定标等基础研究中的应用。

二、研究内容

（一）集成微腔非线性光学相位匹配与宽带耦合机制。

针对微腔内复杂的光学效应，融合多种非线性相互作用和多场耦合的新物理，揭示集成微腔光梳的时/频域物理特性和演化规律；面向微腔高效光耦合挑战，构筑混沌辅助的动量变换通道，实现微腔光梳的高效激发与宽带输出。

（二）集成微腔精准制备与光梳稳频关键技术。

针对全集成的稳频微腔光梳需求，研发可调谐、高品质因子光学微腔，实现高能量转换效率的集成微腔光梳产生和频率锁定，微腔光梳频率长期稳定性优于 10^{-11} 。

（三）集成微腔光梳频谱展宽与波长转换方法。

针对可见光波段光梳的需求，开展频谱展宽与波长转换研究，建立高重频脉冲的放大与超连续展宽模型，发展高效低噪声光放大技术与集成光波导相干超连续谱技术；研究相位匹配新机制，实现高效倍频光子器件，使光梳波长覆盖 400-760 nm 可见光波段。

（四）集成微腔光梳频谱整形与天文定标应用。

针对集成微腔光梳在天文定标中的具体需求，发展光梳光谱整形技术，得到功率平坦的超大数目定标谱线，校准高分辨率光谱仪的误差，实现定标精度优于 0.1 m/s 的视向速度测量。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“集成微腔光梳物理与天文应用”，申请代码 1 选择 A22 或 A19 或二者的下属申请代码。

（二）咨询电话：010-62325055。

“基于国产超算的格点量子色动力学 关键科学问题研究”重大项目指南

强相互作用的非微扰性质是粒子物理与原子核物理领域亟待解决的重大科学问题。格点量子色动力学（格点 QCD）从第一性原理出发，结合超大规模数值模拟，系统和精确地研究强相互作用非微扰性质，并与目前和未来的实验结果相互检验。在国家大力部署国产 E 级超算的背景下，将体现国产超算对基础科学研究的重要支撑作用。

一、科学目标

在国产超算系统上产生用于 QCD 精确预言的一系列规范场组态，揭示强子态的动力学性质及其质量、动量与极化的三维分布，精确预言对新物理敏感的关键强子矩阵元，探索 QCD 相变的临界区域并阐明其行为。最终结合相关大型实验设施，实现基础科学的理论、实验和计算的深度有机融合。

二、研究内容

（一）揭示奇特强子态的动力学性质。

通过对谱学和强子散射的精确计算，明确 XYZ 粒子和五夸克态 Pc 粒子等奇特强子态的性质和结构；计算胶球质量谱并研究胶球和普通介子的产生和混合问题；从理论上预言新的奇特强子态。

（二）预言核子等强子态的内部结构。

精确预言核子及其它强子的质量中各种成分的空间分布，核子

极化中各种成分的空间分布，以及核子中夸克和胶子的动量在光锥坐标系下的三维分布；探索轻核中的核介质效应。

（三）获得对新物理敏感的关键强子矩阵元。

研究粲物理中纯轻和半轻衰变的强子矩阵元及其电磁修正；结合相关实验测量结果，精确检验 CKM 矩阵幺正性；研究稀有高阶电弱过程中强矩阵元并探索超出标准模型的新物理。

（四）探索 QCD 相变的临界区域并阐明其行为。

研究温度-磁场维度下的 QCD 相结构，探索 QCD 相变的临界行为并阐明其微观本质；研究强子在磁场下的性质及其与 QCD 相转变的联系。

（五）产生用于 QCD 精确预言的一系列规范场组态。

设计研发面向多种国产超算平台的高效、可移植的格点 QCD 软件；面向各课题目标实现相关算法，并产生满足需求的规范场组态和其他基础数据。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“基于国产超算的格点量子色动力学关键科学问题研究”，申请代码 1 选择 A2602。

（二）咨询电话：010-62325069。

“电子离子对撞核心物理及关键技术研究”

重大项目指南

利用电子离子对撞机开展核子结构研究是中高能核物理领域最新拓展的研究前沿。通过高能电子探针精准扫描核子内部的三维信息，并在夸克-胶子层面深入理解宇宙中可见物质的内部结构。依托大科学装置，以前沿加速器技术、高精度探测器技术、关键物理问题研究为基础，开展电子离子对撞研究，将有助于解答核子自旋结构、质量起源等重大基础问题。

一、科学目标

开展强相互作用理论研究，为质子自旋结构和质量分解等基本问题提供新的实验观测思路；开展电子离子高亮度对撞的新模式和对撞动力学研究；开展加速器装置高极化率强流粒子源研究与样机研制，探索新冷却物理机制；研发高颗粒度高计数率微结构气体径迹探测器以及高性能切伦科夫粒子鉴别探测器。

二、研究内容

（一）强相互作用基本理论。

深入开展针对质子自旋结构和质子质量分解等与核子结构相关基本问题的理论和唯象学研究；揭示核子结构背后的动力学规律，为精准实验测量提供必要的理论预言和模拟计算。

（二）微结构气体（MPGD）径迹探测器研制。

研制大面积、计数率高于 $100\text{kHz}/\text{cm}^2$ 、位置分辨率优于 $100\mu\text{m}$ 的 Micromegas 探测器原型机；研发相应的探测器读出电子学技术，开展探测器与电子学完整链路的联合测试。

（三）高性能粒子鉴别探测器系统研制。

开展大动量覆盖范围的高精度、高密度、高速读出的粒子鉴别技术研究；开展动量覆盖达到 $6\text{GeV}/c$ 的高性能粒子鉴别探测器技术原理验证研究并制作原型机。

（四）高亮度双极化对撞束流动力学及关键技术。

研究快循环对撞机制，开发强流对撞机束流动力学模拟平台；研制高极化率粒子源和固定场西伯利亚蛇磁铁；研发 20GeV 能区自旋导航器；研制高精度内靶偏振仪和 Compton 散射偏振仪。

（五）高能离子束团冷却机制。

研究基于能量回收电子加速器（ERL）和电子储存环的高能离子束团冷却物理机制；研究相干电子冷却机理；研制高流强 ($>1\text{nC}/\text{bunch}$) 光阴极电子枪和高梯度 ($>20\text{MV}/\text{m}$) 超导电子加速腔。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“电子离子对撞核心物理及关键技术研究”，申请代码 1 选择 A2703。

（二）咨询电话：010-62325069。