

地球科学部重大项目指南

2024 年地球科学部共发布 10 个重大项目指南，拟资助 6 个重大项目。项目申请的直接费用预算不得超过 1500 万元/项。

“中国泥炭地碳库演变规律与稳定性维持机制”

重大项目指南

泥炭地生态系统虽然仅占地球表面积的 3%，但是累积了全球约 1/3 的土壤碳储量，是重要的生态系统碳库和碳汇功能执行体，对于全球气候变化具有重要的调节作用。中国泥炭地面积约 1.04 万平方公里，储存了约 15 亿吨有机碳，是陆地生态系统碳汇的重要组成部分。深入理解全球变化背景下泥炭地碳库的演变规律、碳循环特征和稳定性维持机制，提出泥炭地碳库保护和恢复的原理与对策，对促进我国“双碳”战略目标的实现具有重要意义。

一、科学目标

阐明我国典型的泥炭地分布区碳库组成及其时空分布格局，解析泥炭地碳库的形成过程、稳定机理与维持机制，揭示泥炭地的碳循环特征及其对全球变化的响应机制，预估未来我国泥炭地增汇潜力和失稳风险，为实现“双碳”战略目标提供科学依据。

二、研究内容

（一）泥炭地碳库的时空分布格局及其驱动因素。

基于人工智能、大数据等创新碳库观测与评估方法，精准评估我国泥炭地碳库组成和储量；揭示我国泥炭地碳库及其组成的时空格局特征；综合气候、植被和土壤等变化过程，阐明我国泥炭地碳库及其组成的时空变化的驱动因素。

（二）典型泥炭地碳库的形成与稳定性维持机理。

揭示典型泥炭地的碳库形成过程及其与关键生态因子的交互作用机理，剖析碳库形成的物理、化学与生物机制；探明碳库不同组分的转化过程与驱动机制；阐明不同碳库组分的化学稳定性、生物稳定性和物理保护机制，揭示我国不同区域典型泥炭地碳库稳定与维持机理。

（三）泥炭地碳库对全球变化的响应与适应机制。

研究人工排水、过度放牧等人类活动对典型泥炭地碳库及其组成的影响机制；解析泥炭地碳库和碳汇过程对气候变暖及其诱发的水文、植被等环境要素变化的响应机理；定量揭示气候变化及人类活动与泥炭地碳库的互馈效应，阐明其关键过程、主控因素和驱动机制。

（四）泥炭地碳库演化预测与增汇促稳应对策略。

基于多源观测数据，构建泥炭地碳库稳定性评估指标体系与方法；结合陆地碳循环模型和泥炭地碳库对全球变化的响应机制，预估全球变化背景下典型泥炭地碳库的演变趋势和增汇潜力；识别泥炭地碳库失稳的风险区域与驱动因子，评估不同管理对策对泥炭地碳库的效应，提出提升泥炭地碳库稳定性的保护和管理策略。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“中国泥炭地碳库演变规律与稳定性维持机制”，申请代码 1 选择 D01 的下属申请代码。

（二）咨询电话：010-62327166。

“下地幔大低速省的性质、成因与环境效应”

重大项目指南

下地幔大低速省（Large Low Velocity Province, LLVP）是核幔边界最重要的结构，对地核冷却和地磁场演化、地球深部圈层之间的物质和能量交换、大陆演化、地表环境等方面都有重要影响。通过天然观察、实验分析、物理/数值模拟等多种手段的结合，系统研究 LLVP 的性质、成因和环境效应，对理解地球内部运行机制以及地表宜居性具有重要意义。

一、科学目标

深入认识 LLVP 的组成、结构、动力学过程及环境效应。

二、研究内容

（一）LLVP 的精细结构和特征。

发展基于大数据和多种震相波形反演的高分辨率成像方法，解析 LLVP 的横向、顶部和底部边界的精细三维结构，约束 LLVP 的波速和密度结构，探究 LLVP 与地幔柱和俯冲板片的关联性及其相互作用机制。

（二）LLVP 的地球化学演化。

建立地球化学数据库，运用机器学习方法，探究非洲和太平洋两大 LLVP 化学组成的异同，揭示化学组成的时空演化及其与地球早期分异、板块俯冲和超大陆裂解之间的可能联系。

（三）LLVP 的热结构和流变性质。

开发高温高压下热导率和流变性质原位测量新技术，探究 LLVP 温压条件下物质的热导率和流变性质变化规律，为认识核幔边界热流分布和 LLVP 结构的稳定性，解释地震学和地球化学观测结果，以及开展地球动力学模拟提供参数约束。

（四）LLVP 的波速与元素配分行为。

发展第一性原理计算结合机器学习的方法，研究下地幔矿物、俯冲物质以及早期岩浆洋残留物在 LLVP 温压条件下的波速和元素配分等变化规律，解释地球物理和地球化学观测数据，探索 LLVP 的成因、物质组成和演化特征。

（五）LLVP 的深部动力学过程与环境效应。

模拟 LLVP 与俯冲板片、地幔柱等之间的相互作用，为地球物理和地球化学观测到的 LLVP 精细结构和特征提供动力学解释；建立 LLVP 时空演化与地幔挥发分的释放旋回之间的关系，探讨 LLVP 深部动力学过程对古气候、古环境演变的影响。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“下地幔大低速省的性质、成因与环境效应”，项目申请书的代码 1 选择 D02 的下属申请代码。

（二）咨询电话：010-62327165。

“中生代食物网稳定性演化”重大项目指南

生态系统的退化是当前人类面临的重大威胁之一。深入解析中生代海陆生态系统食物网结构，揭示其稳定性的长时间尺度演化规律，为全面认知当前生态危机和更好地评估其发展趋势提供科学参考。突破深时与现代食物网对比难、海陆食物网联动模式缺失、生态稳定性定量指标少以及深时生态模拟技术匮乏四大难题，开发新的生态模拟技术，开展古今食物网对比研究，模拟中生代海陆食物网稳定性，揭示两者联动和能量流通机制，争取在这一新兴前沿领域上取得突破，提升我国科学家在生态系统演化领域的整体研究水平和国际影响力。

一、科学目标

模拟中生代各时期食物网的稳定性，重建长时间尺度海洋和陆地食物网稳定性的演化过程，建立海-陆食物网联动及能量流通新模型，提出生态系统演化的新理论，揭示中生代不同场景极端环境气候和生物事件对食物网稳定性的影响机制，并与现代食物网进行比较，总结关键参数，开发新型生态模拟技术。

二、研究内容

（一）古今食物网对比研究及新生态模拟技术开发。

收集中生代古食物网的生态学数据，对比现代相同场景典型食物网，分析其异同点，模拟古代和现代典型食物网稳定性的临界值，总结关键参数。最终，改进现有古生态模拟技术，使其适

应于古代和现代食物网模拟研究。

（二）中生代海洋食物网稳定性演化模式。

建立中生代各时期深海、浅海和滨岸生境中的食物网，模拟其稳定性临界值，表征生物大灭绝-复苏过程，以及极热和海洋缺氧事件的前后变化特征，重建长时间尺度稳定性临界值的变化模式，揭示其与环境因子变化的耦合机制。

（三）中生代陆地食物网稳定性演化模式。

构建中生代各时期陆地和湖泊食物网，模拟大灭绝、极端环境气候事件前后食物网稳定性临界值，建立其短时间尺度的变化模式，并重建长时间尺度食物网稳定性临界值变化过程，揭示环境气候的影响机制。

（四）中生代海陆食物网联动机制及能量流通模型。

查明连接海-陆-湖食物网各功能群生物类型，构建新型食物网生态模型，模拟其稳定性临界值，重建海-陆食物网联动的能量流通过程，揭示生物与环境对其的影响机制。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“中生代食物网稳定性演化”，申请代码 1 选择 D02 的下属申请代码。

（二）咨询电话：010-62327165。

“非质量依赖同位素分馏效应”重大项目指南

与质量依赖的同位素分馏类似，同位素“非质量依赖分馏”（简称非质量分馏）广泛存在于太阳系的行星和陨石中，蕴含着丰富的物质来源和迁移转化等信息，为研究太阳系形成与演化、地球宜居性等科学问题提供了关键证据。目前同位素质量分馏的理论相对完善，但是非质量分馏形成机制和分馏理论的认知仍很有限。结合化学反应动力学、高性能计算和同位素分析技术，有望发展同位素分馏理论，揭示非质量分馏效应的机制，推动行星和地球科学前沿领域的发展。

一、科学目标

发展气体、金属等同位素非质量分馏的分析技术，测量行星和地球物质，获得可靠的同位素数据；开展非质量分馏效应的实验和理论研究，揭示分馏规律，总结分馏机理，实现非质量分馏理论突破；开拓非质量分馏效应在行星和地球科学中的应用，促进行星和地球科学的认识进步和理论创新，为国家的深时、深空重大工程任务提供科学和技术支持。

二、研究内容

（一）非质量分馏产生的机理。

利用实验和计算厘清气体或金属同位素非质量分馏的机理，针对非热平衡、核磁效应、核体积效应等进行分子水平及量子态水平的机理研究，建立非质量分馏理论。

（二）非质量分馏信号传导机制。

厘清非质量分馏信号从微观向宏观的传导过程，查明物理和化学因素的影响，重点关注微观形成的分馏信号向宏观样品表观信号的转化。

（三）非质量分馏的精准分析。

建立同位素非质量分馏的高精度分析方法，发展非质量分馏信号的采集和检测技术，测量行星和地球物质的非质量分馏，获得其在地球和行星演化过程中的变化规律。

（四）地球和行星科学中的应用。

应用非质量分馏数据，揭示地球和各类天体样品中非质量分馏特征的过程及对应的环境条件，为太阳系起源与演化、行星宜居性、生命起源等重大事件提供关键证据。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“非质量依赖同位素分馏效应”，申请代码 1 选择 D03 及其下属申请代码。

（二）申请书可针对气体或金属同位素非质量分馏任选其一开展研究，并须涵盖本指南的四个研究内容，但无须全覆盖每个研究内容中的详细描述。申请人应根据研究对象和内容设计自行拟定申请题目。

（三）咨询电话：010-62327627。

“级联破裂大地震机理与致灾效应”重大项目指南

近十几年来多个破坏性地震均为级联破裂大地震，即断裂带破裂引发同一断层多个段落或相邻的多个断层系统短时间内也发生破裂。不同于发生于单一断层上的大地震，级联破裂大地震的发震机理更为复杂，且震级上限高、破坏性大。我国一些重大工程设施穿越或邻近复杂的地震断裂带上，级联破裂增大了地震危险性评价的难度和不确定性。级联破裂大地震机理与致灾效应属于前沿科学问题，也是国家的重大需求，需要从深浅部孕震环境、断裂带三维结构、变形作用、地震动模拟与风险评价等方面开展多学科交叉综合研究，为国家重大基础设施的安全保障提供科学依据。

一、科学目标

探究级联破裂大地震区域深部构造变形与物质运移机制，识别级联破裂大地震深部孕震构造与发震规律，构建危险区段级联破裂理论体系，探索大地震可能的级联破裂模式和多种情景下的致灾效应，为国家重大基础设施的地震安全保障提供科学依据。

二、研究内容

（一）级联破裂深部孕震环境与动力学特征。

基于多学科数据联合反演，获取地震灾害重点区域的深部三维物性结构和圈层特征，研究级联破裂大地震深部变形与孕震构造、发震规律及动力学机制。

（二）级联断裂带内部深浅结构。

开展级联断裂带近地表精细结构研究，探测级联断裂体系高分辨率三维深浅结构和介质物性及时空演变，研究断裂带断层破裂分段以及相邻断层之间的相互作用，探讨介质物性对大地震的孕育和发生的影响。

（三）级联断裂带地表变形特征与机制。

研究级联断裂带的变形特征、应变分配模式、蠕滑段分布及时变特征，分析地表断层变形与错断特征，完善地表位错确定性与概率性评价技术，探讨级联破裂地表破裂形变特征和机制。

（四）级联破裂大地震致灾效应。

研究级联破裂大地震的近断层强地震动特征，对穿越或邻近断裂带的重大工程开展风险评估研究，分析大地震可能的级联破裂模式、机制和多种情景下的致灾效应，探讨典型构造带级联破裂大地震对国家重大基础设施的破坏机理与致灾效应。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“级联破裂大地震机理与致灾效应”，申请代码 1 选择 D04 下属申请代码。

（二）咨询电话：010-62327619。

“东亚重大干湿转折的多尺度动力学机理及预测”

重大项目指南

重大干湿转折常导致特大干旱、洪涝或旱涝急转事件，具有严重和广泛的社会和自然影响。在东亚地区，年代际至百年尺度的重大干湿转折和冷暖交替与社会发展和生态环境演化密切相关，年际尺度上的干湿转折及其引发的持续性气候异常往往造成重大自然灾害。目前，对东亚地区重大干湿转折的多尺度变化尚缺乏系统性的动力学机理认识和有效预测方法。开展相关研究，将推动气候变化动力学和气候突变理论的发展，并为国家气象防灾减灾提供科技支撑，具有重要的科学意义和应用前景。

一、科学目标

揭示近 2000 年来东亚地区多时间尺度重大干湿转折的主要事实及影响，阐明地球气候系统内部变率和外部强迫影响东亚地区重大干湿转折的动力学机理，构建年际尺度东亚地区干湿转折的有效预测模型。

二、研究内容

（一）东亚地区重大干湿转折的主要事实及影响。

集成历史时期史料、树轮等多源重建资料和观测数据，研究近 2000 年来东亚地区年际至百年尺度重大干湿转折的时空变化事实，评估其对生态环境等的主要影响。

（二）历史时期东亚重大干湿转折的主要物理过程。

通过数值模拟试验等手段，研究太阳活动、火山喷发等自然外强迫以及地球气候系统内部变率对东亚地区年代际至百年尺度重大干湿转折的影响及主要物理过程。

（三）工业革命以来东亚重大干湿转折的动力学机理。

基于数值模拟和器测资料，并与历史气候对比，研究自然外强迫和人为活动对东亚年际至年代际尺度重大干湿转折的影响；研究地球系统海—陆—冰—气—生等多圈层过程影响东亚年际至年代际重大干湿转折的动力学机理。

（四）东亚地区干湿转折的年际预测。

研究年际尺度东亚干湿转折的可预测性；探寻干湿转折的有效预测源；基于物理机制、动力模式、人工智能等新兴技术，构建年际尺度东亚干湿转折的预测模型。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“东亚重大干湿转折的多尺度动力学机理及预测”，申请代码 1 选择 D05 及其下属申请代码。

（二）咨询电话：010-62327675。

“远海岛礁海洋生态系统演化与保护”重大项目指南

远海岛礁海洋生态系统演化与生物多样性保护是建设宜居岛礁与自然发育生态岛礁亟待解决的基础与前沿问题，对保障国家安全和海洋权益具有重大战略意义。促进远海岛礁进入良性自然发育和天然演化，破解远海岛礁海洋生态系统的能量物质固定转化与能流连通性、物种生存与演化、保护与修复等瓶颈问题迫在眉睫，亟需开展多学科交叉的整合研究。

一、科学目标

阐明远海岛礁海洋动力过程和营养元素循环机制及其对生物能流的影响，解析贫瘠环境中远海岛礁海洋生态系统的能量物质形成机制、生命与岛礁环境相互作用及协同演化机理，开发指示生态系统发育状态的环境与生物信息识别方法，建立远海岛礁海洋生态系统健康评价和保护新体系。

二、研究内容

（一）远海岛礁海洋生态系统物质能量的形成、聚集与循环。

研究远海岛礁生态系统生源要素的主要来源、赋存形式与循环过程，精准观测生源物质固定过程，厘清远海岛礁海洋生态系统能量物质的运转机制，阐明物质循环和能量流动过程对远海岛礁海洋生态系统演化的作用机理。

（二）远海岛礁海域海洋动力过程及其生态效应。

揭示远海岛礁海域典型中小尺度过程的运动学和动力学特

征，量化中小尺度过程对海洋生源物质在水平和垂向上的输运用，探明岛礁地形影响下海洋生源物质三维输运的路径与机理，阐释海洋动力过程的生态效应。

（三）远海岛礁海洋生物关键类群多样性与演化。

评估自然和修复岛礁真光层和深层环境下关键生物类群多样性，解析关键生物类群表型可塑性形成机制及其适应策略，以及与共生/附生微生物的互作机制，阐明岛礁海洋生物关键类群多样性与功能恢复的时空演变过程。

（四）远海岛礁海洋生态系统健康评价与保护。

揭示远海岛礁海洋生态系统发育过程中物种多样性、能量传递作用和生态功能变化，界定远海岛礁生态系统健康程度的指示生物信息和关键环境要素，建立基于旗舰物种生存状况的岛礁生态系统保护方法，并形成生态系统的健康评价标准。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“远海岛礁海洋生态系统演化与保护”，申请代码 1 选择 D06 及其下属申请代码。

（二）咨询电话：010-62328528。

“极端降雨下城市突发地质灾害链防范基础研究”

重大项目指南

受全球气候变化影响，极端降雨引发的城市突发性地质灾害链不断加剧且呈现新的特点，严重制约了国家区域发展战略顺利实施和城市地质安全保障。现有地质灾害防范理论难以支撑极端降雨下城市突发地质灾害链风险防范，因此亟待聚焦其前沿关键科学问题，开展极端降雨下城市突发地质灾害链动力学机制、风险预警与防范研究，促进环境地球科学发展，为“平安中国”“美丽中国”等国家重大战略实施提供基础科学支撑。

一、科学目标

面向极端降雨下突发地质灾害链风险防范的国家重大需求和国际科学前沿，揭示极端降雨下城市突发地质灾害链孕生演化、单灾链长距离物源加积和多灾链大面积汇聚机制，诠释极端降雨下突发地质灾害链与城市工程链互馈碰头叠加放大机理，突破极端降雨下城市突发地质灾害链风险预警与防范技术瓶颈，构建城市突发地质灾害链风险防范体系并实现示范应用。

二、研究内容

(一) 极端降雨下山前城市突发地质灾害链形成演化机制。

通过观测、模拟研究局地极端降雨与地表过程联动模式，厘清山前城市突发地质灾害孕生规律，揭示极端降雨下斜坡-沟道物源响应特征与启动力学机制，阐明单灾链演进多物源加积模式和

级联放大效应，揭示山前城市多灾链汇聚放大机制与形成演化过程。

（二）极端降雨下黄土山城突发地质灾害链汇聚放大机制。

模拟预测黄土高原极端降雨趋势及其与城市灾害链孕生的关联性，揭示极端降雨下黄土山城灾害链群发、灾害链阶段转化的动力学机制，阐明黄土山城灾害链物源加积过程及单灾链沿程放大效应，揭示多灾链汇聚演进过程与成灾放大机制。

（三）突发地质灾害链与城市工程链互馈致灾机理。

研究典型城市规划格局与突发地质灾害链的时空作用关系，揭示灾害链与城市工程链互馈碰头叠加放大规律及致灾机理，提出城市灾害链动态演化过程模拟与多场景推演方法，揭示典型城市灾害链风险时空变化规律，实现突发灾情快速评估与预测。

（四）典型城市突发地质灾害链风险预警与防范。

研发典型城市突发地质灾害链风险监测与预警技术，提出灾害链隐患精准判识标准和动态预警模型，建立城市工程链与地质灾害链自适应的协同减灾理论与韧性防范技术，形成北方典型城市地质灾害链实时预报预警体系，并示范应用。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“极端降雨下城市突发地质灾害链防范基础研究”，申请代码 1 选择 D07 的下属申请代码。

（二）咨询电话：010-62327539。

“农田土壤减污固碳协同机制与调控原理”

重大项目指南

在全球气候变化和环境保护的背景下，国家提出的“双碳”战略和农业面源污染防控成为了当代环境治理的两大核心议题。传统土壤减污技术往往效率不高、成本较大，土壤固碳机理也十分复杂，之前研究很少将土壤污染防控和固碳结合起来，这不利于国家减污降碳增汇战略的同步实现。因此，系统研究农田土壤减污与固碳的相互作用及多过程耦合机制，科学认识不同土壤减污技术对土壤固碳能力的影响，探索微生物在土壤减污和固碳过程中的作用，对实现土壤质量的改善、农业生产的可持续发展、以及生态环境的整体恢复与保护具有重要意义。

一、科学目标

探索并明确农田土壤减污与固碳的协同机制，发展有效的调控策略，以提高土壤质量，增强农田土壤减污固碳能力，为实现国家粮食安全、“双碳”战略和农业面源污染防控提供科学依据和技术支持。

二、研究内容

（一）我国农田土壤污染与固碳时空格局及影响因素。

量化我国不同区域农田土壤多种污染（氮磷流失、有机污染物、重金属污染、新污染物）和固碳与温室气体排放的时空格局变化，并探讨这种变化背后的自然因素和社会经济因素的影响。

（二）农田土壤减污与固碳的相互影响机理。

研究多污染物（氮磷流失、有机污染物、重金属污染、新污染物）的不同减污途径对农田土壤固碳和温室气体减排能力的影响以及不同固碳和温室气体减排措施对多污染物减量、降解和迁移转化的影响，探明污染转化与元素循环耦合机制及其对土壤减污与固碳过程互作关系的调控作用。

（三）微生物在农田土壤减污和固碳中的作用。

研究农田土壤微生物对多污染物的利用、转化和迁移的贡献及其分子生物学机理，探究这种过程对微观尺度污染转化与碳循环的双向影响，阐明微生物调控减污固碳的微观机制与多过程协同路径。

（四）人类活动对农田土壤减污固碳协同的调控。

阐明人类活动如土地利用变化、农业生产方式与措施等对农田土壤减污和固碳从宏观到微观跨尺度的影响机理和路径，量化我国农田土壤减污固碳协同的控制技术和策略方案的实施效果和成本收益情况，在确保我国粮食安全的背景下，实现减污和固碳的协同提升。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“农田土壤减污固碳协同机制与调控原理”，申请代码 1 选择 D07 的下属申请代码。

（二）咨询电话：010-62327539。

“新生代东亚大陆气候环境演化与生物响应”

重大项目指南

全球变暖背景下地球系统正接近一系列重大变化临界点，气候变化和人类活动对地球宜居性产生重大影响。聚焦圈层相互作用下地球系统过程与全球变化，解密地球环境演变历史和预测未来变化趋势，是认识宜居地球的关键环节。新生代经历了全球海陆格局和气候冷暖剧变，伴随着哺乳动物繁盛和古人类出现，是揭示气候环境变化与生物响应的关键时期，对研究多圈层相互作用和探索地球宜居性演化具有重要意义。

一、科学目标

以东亚大陆新生代典型盆山系统为研究对象，开展多圈层、多因子相互作用的综合集成研究，揭示区域构造隆升对沉积盆地形成演化的影响，重建多尺度东亚气候环境演变历史，阐明不同生物群落对气候环境变化的差异响应，获得新生代东亚大陆气候环境演化与生物响应及地球宜居性演化的新认识。

二、研究内容

（一）东亚区域构造隆升与沉积盆地形成演化。

基于低温热年代学和沉积学，结合构造解析、地貌演变与沉积响应，研究东亚大陆新生代隆升与典型盆地的沉降历史，探讨山脉隆升对相邻盆地形成与演化的控制作用，评估盆山耦合过程对气候环境演化的影响。

（二）东亚大陆多尺度气候环境演化历史。

基于东亚大陆新生代沉积盆地的露头剖面和钻孔岩心，开展高分辨率的沉积学、地球化学、地球生物学等多代用指标研究，建立新生代构造-轨道-千年等多尺度气候变化基准序列，重建新生代东亚大陆气候环境演化历史。

（三）生物对东亚大陆环境变化的差异响应。

基于地质脂类、分子生物学、形态学、环境考古学等方法，研究典型盆地沉积中微生物、植物群落、哺乳动物及古人类对气候环境变化的差异响应，阐明生态系统中不同生物群落对气候环境变化的适应规律和机理。

（四）东亚大陆多圈层相互作用对地球宜居的影响。

集成区域地质记录和数值模拟结果，获取新生代山盆演化和气候环境变化转折点等关键数据，揭示岩石圈、大气圈、水圈和生物圈相互作用对气候环境与生物演化的影响，获得新生代东亚大陆多圈层相互作用下地球宜居性演化的新认识。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“新生代东亚大陆气候环境演化与生物响应”，申请代码选择 D07 的下属申请代码。

（二）咨询电话：010-62327539。