

附件 4

地球科学部重大项目指南

2023 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 1500 万元/项。

“智能化测绘的混合计算理论与方法”重大项目指南

智能化测绘的核心要求是对混合智能计算的信息机理、赋能方法、实现路径开展深入研究。建立智能化测绘的理论方法与知识体系，创建自然智能与机器智能耦合（混合智能）的智能化测绘成套关键技术，形成测绘科学新的智能化计算范式，实现对现实世界中时空现象的泛在感知、动态建模、灵性表达与知识服务，将极大推动我国测绘从数字化到智能化的转型升级。

一、科学目标

突破自然智能与机器智能融合的测绘混合智能计算难题，构建以算法为基础、知识为引导、服务计算为支撑的混合智能计算范式；研制可感知、可分析、可解释的测绘混合智能计算引擎，形成智能化测绘的知识体系和理论方法。

二、研究内容

（一）测绘自然智能的解析与建模。

分析人类测绘活动中环境感知、认知和表达的物理学原理、地理学方法、几何学模型和心理学机制，探索语义理解、尺度驱动、空间约束、时间连续、时空关联等智能机理，发展归纳提炼、演绎推理、数据挖掘、群智计算、演进更新等时空知识凝练方法，开展描述型、公式型、规则型、图谱型、指标型等测绘自然智能的解析与建模研究，形成多模态、多维度、多粒度的测绘知识模型与信息处理机理，构建形成具有系统性和逻辑性的智能化测绘

知识框架。

（二）测绘混合智能计算范式。

揭示测绘自然智能与机器智能在时空耦合、语义耦合及模型耦合过程中的计算机理，发展知识引导、指标约束、模型嵌入、图谱推理、人在回路等知识与算法混合计算模式，建立测绘自然智能与模型算法、机器智能的融合机制，构建数据-知识双向驱动的多层次、跨模态测绘混合型智能计算范式。

（三）测绘混合智能计算方法。

针对时空信息感知、认知、表达与服务的智能化难题，集成知识迁移、时空推理、三维语义地图、深层次 AI 等时空智能关键技术，突破多传感器协同感知、时空场景精准认知、时空信息适宜决策、泛地图自适应表达等测绘混合智能构建算法，研制可感知、可分析、可解释的测绘混合智能计算引擎原型，发展领域知识、模型算法、机器智能融合驱动的实景三维混合智能计算方法，为时空信息的泛在感知、动态建模、灵性表达与知识服务提供方法与技术。

（四）测绘混合计算的基础理论体系。

针对多维动态现实世界的完整描述与表达和高维、非线性的空间问题求解的瓶颈，耦合自然智能与机器智能，实现不同测绘算法、模型、领域知识与业务场景的匹配、关联与协同，创建集泛在感知、认知、表达与服务于一体的智能化测绘基础理论体系。

三、申请要求

(一) 申请书的附注说明选择“智能化测绘的混合计算理论与方法”，申请代码 1 选择 D01 的下属申请代码。

(二) 申请书研究内容应涵盖本指南所有研究内容。

(三) 咨询电话：010-62327166。

“碰撞造山背景物质循环与金多金属超常富集机制”

重大项目指南

黄金是重要的战略性关键矿产，对外依存度高，亟需开展金成矿机制的基础研究。全球有两类造山带：增生造山带和碰撞造山带。增生造山带成矿理论已较为完善，但碰撞造山带的成矿潜力如何既是悬而未决的重大理论问题，也是亟待解决的找矿突破战略问题。经过多年的工作，在特提斯等碰撞造山带发现多条世界级多金属成矿带，因此，建立金多金属碰撞造山成矿理论，可为我国金的勘查增储提供技术支撑。

一、科学目标

研究特提斯碰撞造山带岩石圈物质成分、壳幔结构及时空演化，揭示碰撞造山背景下金多金属超常富集和共生分异的关键诱因，建立碰撞造山型金多金属矿成矿模式，为青藏高原金多金属的勘查增储提供理论指导和技术支撑。

二、研究内容

（一）碰撞造山带金多金属矿成矿特征和高精度年代学。

碰撞造山带金多金属矿热液副矿物高精度年代学；金多金属矿成矿与主要地质事件之间的耦合关系、构造控矿机理、控矿构造变形精确定年和抬升速率等。

（二）碰撞造山带金多金属矿集区不同尺度三维结构。

金多金属矿集区不同尺度三维结构；碰撞造山带不同地区下

地壳和上地幔主要性质、壳幔相互作用机理；碰撞造山带金多金属矿三维地质-地球物理模型。

(三) 碰撞造山背景下金多金属活化、迁移与超常富集机制。

碰撞造山背景下金多金属源、运、聚过程；碰撞造山带上地壳、新生和古老下地壳及上地幔岩石金多金属物质结构模型；金多金属矿深部地壳含矿金流体等成矿介质迁移通道与识别技术。

(四) 碰撞造山带金多金属成矿差异和共生分异关键诱因。

青藏和伊朗高原金多金属成矿对比；不同构造部位金与金铜和金锑等多金属成矿差异关键诱因；不同成矿流体演化中金、锑和铜等成矿元素共生和分异的关键控制因素。

(五) 碰撞造山带金多金属矿成矿模式。

在研究碰撞造山带岩石圈物质成分及其结构特征与时空演变的基础上，阐明碰撞造山背景下金多金属巨量集聚过程和演化/赋存规律，建立碰撞造山背景下金多金属矿成矿模式。

三、申请要求

(一) 申请书的附注说明选择“碰撞造山背景物质循环与金多金属超常富集机制”，申请代码 1 选择 D02 的下属申请代码。

(二) 申请书研究内容应涵盖本指南所有研究内容。

(三) 咨询电话：010-62327165。

“大剪切波低速省的性质、成因与效应”重大项目指南

“大剪切波低速省”(Large low shear velocity provinces, LLSVPs)是核幔边界最重要的结构,它们对地核热流输出、地球深部圈层之间的物质和能量交换、大陆演化、地表资源与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 LLSVPs 的性质、成因和效应,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 LLSVPs 的组成、结构、动力学过程及其表层响应。

二、研究内容

(一) LLSVPs 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 LLSVPs 的横向、顶部和底部边界的精细三维结构,约束 LLSVPs 的波速和密度结构,探究 LLSVPs 与地幔柱、D'' 层的关联性及其相互作用机制。

(二) LLSVPs 的地球化学演化。

建立地球化学数据库,运用机器学习方法,探究两者化学组成的异同和时空演化,揭示两大 LLSVPs 的化学组成和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) LLSVPs 的波速与元素配分行为。

研究下地幔矿物、俯冲物质以及早期岩浆洋残留物在 LLSVP

s 温压条件下的波速和元素配分等变化规律，解释地球物理与地球化学观测数据，探索 LLSVPs 的成因、物质组成、演化特性等。

（四）LLSVPs 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 LLSVPs 温压条件下物质的热导率和流变性质变化规律，为认识 LLSVPs 如何影响核幔边界热流分布、LLSVPs 结构稳定性、地震学、地球化学观测和地球动力学模拟提供参数约束。

（五）LLSVPs 的深部动力学过程与表层响应。

模拟 LLSVPs 与俯冲板块、地幔柱等之间的相互作用，为地震学观测到的 LLSVPs 精细结构和特征提供动力学解释；建立 LLSVPs 时空演化与地幔水和碳等挥发分的释放旋回之间的关系，探讨 LLSVPs 深部动力过程对大气温室气体浓度、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“大剪切波低速区的性质、成因与效应”，申请代码 1 选择 D02 的下属申请代码。

（二）申请书研究内容应涵盖本指南所有研究内容。

（三）咨询电话：010-62327165。

“汞的生物地球化学循环研究及其履约意义”重大项目指南

汞因其极强的生物毒性及在大气中长距离迁移传输的特性，被联合国环境规划署确定为全球优先控制污染物。中国作为当前全球最大的汞生产、使用和排放国，在汞公约履约与环境外交谈判中面临巨大压力。然而，欧美发达国家自工业革命以来人为活动累积排放大量汞，可能是导致当前全球汞污染严峻形势的主因。厘清工业革命以来人为活动排放汞的生物地球化学循环过程，评估其对中国生态环境的影响，不但能显著提升对全球汞生物地球化学循环规律的认识水平，也为履约减排责任划分及未来减排成效评估等国家重大需求提供科学依据。

一、科学目标

开发精准刻画历史时期、特别是工业革命以来汞沉降的新方法，解析人为活动向大气排放汞的生物地球化学循环过程，明确欧美国家工业革命以来汞排放对中国生态环境的影响，为中国汞公约履约提供科学依据。

二、研究内容

（一）历史汞沉降机制及地表汞累积。

开展多种地质档案汞沉降历史研究，获得不同时期人为活动汞排放特征及其地球化学指纹，解析外源输入对我国汞循环的影响，厘清工业革命以来我国大气汞沉降与全球人为活动汞排放的关系。

（二）土壤汞再循环机制。

精准解析不同来源汞在不同类型土壤中形态转变和迁移演化过程，厘清土壤汞再释放规律及其同位素分馏机制，确定土壤汞排放地质源、本地源及外来源贡献份额，构建土壤排汞模型参数化方案。

（三）植被汞转化机制及与大气交换过程。

系统研究不同类型植被与土壤、大气间汞交换过程，阐明植物组织中汞的来源、分布与相态转化机制，估算全球植被汞汇及与大气交换通量，阐明植被系统对全球大气汞生物地球化学循环的作用机制，构建植被汞循环模型参数化方案。

（四）历史排放汞环境效应。

以欧美国家的历史排放对我国环境影响为中心，构建工业革命以来全时间序列多圈层耦合的地球系统汞生物地球化学循环模型，评估工业革命以来人为活动，特别是欧美国家工业化进程中大气汞排放对全球汞污染的贡献份额。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“汞的地球化学循环研究及其履约意义”，申请代码 1 选择 D03 的下属申请代码。

（二）申请书研究内容应覆盖本指南所有研究内容。

（三）咨询电话：010-62327675。

“油气地球物理精确探测的跨尺度理论与方法”

重大项目指南

我国油气对外依存度持续突破警戒线,《二十大报告》提出“加大油气资源勘探开发和增储上产力度”。我国油气资源种类多、资源量大,但面临油气储层条件复杂,勘探开发技术难度高等问题。精确的油气地球物理探测和表征对于解决上述难题至关重要。鉴于油气地球物理探测的地质对象、观测数据、物理规律等具有很强的跨尺度科学属性,本领域旨在建立油气地球物理高精度探测的跨尺度理论与方法,解决油气勘探开发中小尺度和薄储层的结构高精度表征难、甜点识别难、宏观储层流体运聚特征刻画难等瓶颈问题。

一、科学目标

揭示地球物理响应的微观、介观及宏观多尺度耦合效应机理,建立高精度探测技术体系;实现对油气储层的空间分布、岩性物性、多相流体运移及流体性质的精细表征与预测;建立油气地球物理高精度探测的跨尺度理论构架及体系,迈向精确探测。

二、研究内容

(一) 油气储层的流体跨尺度运移模型。

揭示孔隙结构、渗透率和饱和度三者之间的力学机制,构建跨尺度地震岩石物理模型,厘清孔隙结构-流体-地震岩石物理性质的内在联系,建立孔-渗-地震动力学参数间的映射关系。

(二) 多相流体运移与跨尺度波控制方程。

揭示多相流体与固体相互作用的尺度效应及流固耦合机理，开展多相流体界面效应的微纳米尺度测量与理论描述，构建地震波传播的跨尺度统一方程。

(三) 基于跨尺度统一方程的高精度模拟与成像。

建立跨尺度统一方程的适定性数学理论，提出地震波跨尺度方程高精度高效数值解法，构建基于跨尺度统一方程的地震数据保真高分辨率成像的方法技术体系。

(四) 油气储层智能超分辨率反演与多维度表征。

构造融入跨尺度统一方程的空间变换，实现对地震数据从空间-时间-尺度-方位角等多个维度的表征；搭建数据、跨尺度统一方程和先验知识融合的神经网络，建立岩性物性参数智能超分辨率反演理论及方法。

(五) 项目理论方法在选择目标区进行应用示范。

三、申请要求

(一) 申请书的附注说明选择“油气地球物理精确探测的跨尺度理论与方法”，申请代码 1 选择 D04 的下属申请代码。

(二) 申请书研究内容应覆盖本指南所有研究内容。

(三) 咨询电话：010-62327619。

“地核的精细结构及时变机制”重大项目指南

地核是地球的心脏，其内部运动维持着地球磁场，驱动着地幔对流和板块运动，使地球有了适宜的环境、资源和生命，成为目前太阳系中唯一适合生命繁衍的宜居星球。深入开展地核的精细结构及时变机制是理解地球系统和宜居地球的重要内容，是地球参考框架和时空观测系统的基础。该研究可为深空探测提供科学牵引，也为研究类地行星和卫星提供研究的范式。

一、科学目标

开展地震学、大地测量学、高温高压矿物学等新的观测与实验，进行多学科交叉研究，探测地核结构与物性特征，建立多学科协同下的地核结构模型；以年代际时间尺度变化的信号为牵引，揭示地核运动规律及其时变机制，解译地核固液边界的耦合机制与过程，为地球系统和深空探测研究提供关键支撑。

二、研究内容

（一）地核的精细结构。

研究地核地震波速度、密度、衰减与各向异性结构特征；结合高温高压矿物物理、地球化学与内核动力学等确定地核的物性特征、组分和物质状态。

（二）地核固液边界动力形态。

结合地震学和大地测量学开展核幔边界和内外核边界的三维形态特征研究；探明固液边界的物理与化学属性；揭示核幔与内

外核耦合对地核动力学与地磁场的形成与演化的影响。

(三) 地核的时变运动及机理。

测定内核的差速旋转速率及其随时间变化模式，获得内核时变信号的性质和成因机制；分析外核对流运动的模式和地磁场变化机制；研究地核年代际尺度的运动机制，探索地核时变特征。

(四) 地核参考模型。

融合多学科新的观测与实验数据，综合多学科研究手段，建立新的地核参考模型，提供新的国际参考标准。

三、申请要求

(一) 申请书的附注说明选择“地核的精细结构及时变机制”，申请代码 1 选择 D04 的下属申请代码。

(二) 申请书研究内容应覆盖本指南所有研究内容。

(三) 咨询电话：010-62327619。

“中高层大气环境变异及其天气气候致灾效应”

重大项目指南

中高层大气是地球大气圈层的重要组成部分，其下界为对流层顶，上界在不同学科领域有所差异。本指南中，“中高层大气”针对的是对流层顶至一两千米高度左右的大气层。作为地表大气通向深空的过渡区，中高层大气与上下邻接大气存在强烈的物质、动量和能量交换，并可引发对流层极端天气气候事件。系统揭示中高层大气热动力条件、化学成分等环境因素变异及其天气气候致灾效应，不仅可以推动大气科学内部各分支领域的融合，还可促进大气科学与空间科学等其他学科的交叉，研究成果可为空间资源有效利用、气候变化应对和防灾减灾等领域提供重要科技支撑和决策依据。

一、科学目标

发展中高层大气及其与对流层大气相互作用的科学理论，揭示中高层大气环境演变过程及其影响机理，优化设计中高层大气的观测系统，研发中高层大气数值模拟新技术与新方法，提升我国对极端天气气候及其灾害的监测、模拟和预报预测能力，更好地发挥大气科学在国家高质量发展中的支撑作用，助力建设“气象强国”的战略目标。

二、研究内容

(一) 基于观测系统优化设计的多要素协同观测新技术与新

方法。

针对中高层大气环境变异及其天气气候效应，优化设计观测系统，发展“天空地”一体化的多要素协同观测新技术新方法，开展中高层大气多时空尺度观测，完善外强迫表达及模式初始场。

（二）基于中高层-对流层大气模式的预报预测原理与技术。

研究中高层大气的多尺度可预报性，研发中高层与对流层耦合的大气模式，发展中高层-对流层天气气候多尺度数值模拟方法和预报技术，构建基于先进数据分析及同化方法的开源高质量数据集，建立具有自主知识产权的预报预警系统。

（三）中高层大气环境变异的过程与机制。

开展动力、辐射和化学耦合机制研究，从多时空尺度相互作用视角揭示中高层大气环境变异的产生、发展、传播、消亡过程及影响机理，量化内部变率及外强迫因子对中高层大气变异的影响。

（四）中高层大气环境变异的天气气候致灾效应。

研究中高层大气环境异常引发的对流层大气变化，揭示中高层大气变异对极端天气气候事件的影响及其致灾效应，发展相关气象灾害风险评估方法，提出应对策略。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“中高层大气环境变异及其天气气候致灾效应”，申请代码 1 选择 D05 的下属申请代码。

（二）申请书研究内容应覆盖本指南所有研究内容，鼓励开展探测、机理和模拟预报预测综合性研究。

(三) 咨询电话：010-62328511。

“海平面上升的多圈层作用机制与预估”重大项目指南

海平面上升是跨圈层物质能量传递与相互作用的产物，是地球宜居性面临的重大威胁。目前，关于海平面上升速率的估计存在相当大的不确定性，影响海平面变化的主要贡献源不完全明确，贡献源之间跨圈层的机理不清晰，对海平面变化的模拟预测能力仍然有限。海平面上升的归因与预估是海洋科学优先领域中亟需解决的前沿问题，是地球系统科学的重要使命，是解决联合国可持续发展目标 13 “气候行动” 所关切的气候变化导致全球海平面上升问题的关键。

一、科学目标

阐明影响全球海平面变化的关键物理过程及其相互作用机制，辨析自然变率以及人类活动过程如何影响未来海平面变化，揭示中国近海未来不同时间跨度的海平面变化趋势及其对我国沿海特大经济发展区域的影响，形成我国适应与应对全球海平面上升的战略方案。

二、研究内容

（一）多源观测数据处理技术体系与新贡献源识别。

利用多源卫星数据尤其是国产卫星数据估计贡献源并重建海平面高度，追溯近百年来海平面历史变化，结合地面观测厘清海平面上升归因和新贡献源。

（二）海平面变化的多圈层作用机制与归因。

揭示影响全球海洋中能量和热量分布的多尺度过程与动力学机制，研究全球水循环、圈层之间质量迁移与海平面变化的关联，分析地球系统自然变率和人类活动对海平面变化的贡献。

(三) 中国近海海平面预测预估及影响与应对。

分析预测本世纪中国近海海平面的变化规律和上升趋势，提出重点区域应对和适应海平面上升的对策方案，建立我国应对海平面上升的战略和规划。

三、申请要求

(一) 申请书的附注说明选择“海平面上升的多圈层作用机制与预估”，申请代码 1 选择 D06 的下属申请代码。

(二) 申请书研究内容应覆盖本指南所有研究内容。

(三) 咨询电话：010-62326909。

“数据-知识耦合的海洋环境预报预测理论与方法”

重大项目指南

海洋环境预报预测对我国海洋权益维护、海洋经济发展以及海洋防灾减灾等具有重要意义。人工智能是海洋科学的国际前沿和热点研究领域，也将是海洋环境监测与预报预测的一场技术革命。由于海洋过程发生及演化机理复杂，传统基于数值模式与资料同化的预报不确定性高、时效性低。将大数据驱动的人工智能技术应用于海洋过程及其变化规律研究，可望实现对海洋环境的高效监测和精准预报预测、推动人工智能海洋学这一新兴交叉学科的发展。

一、科学目标

突破多模态海洋环境大数据智能化信息挖掘和重构，发展面向海洋科学、聚焦海洋环境预报预测的人工智能理论方法与技术，提升典型海洋过程、典型海洋现象深度挖掘与智能预测水平，建立数据-知识协同驱动的海洋环境预报预测新体系，促进海洋科学研究范式变革，开展海洋环境高效监测和精准预报预测应用示范研究。

二、研究内容

（一）多模态海洋环境大数据智能化信息挖掘和重构。

研究海洋环境大数据的多特征非线性映射关系，发展多模态数据的智能联合质控、融合与重构技术，解决海洋稀疏观测数据

时空分布不足的问题，构建适于人工智能海洋学研究的高质量、高时空覆盖率的大数据集。

（二）海洋环境预报预测数据-知识耦合建模。

研究基于知识牵引、数据驱动的海洋环境预报预测模型参数化、智能订正、及多元物理-时空因子约束的建模方法，将物理模型与智能模型进行集成与协同，发展数据-知识耦合的建模新技术，提高复杂海洋环境预报预测能力。

（三）多尺度典型海洋现象深度挖掘与智能预测示范。

研究海洋现象深度挖掘与智能预测的时空建模方法，发展可解释性的海洋现象人工智能模型，解析多尺度海洋现象特征与演化规律，探索海洋现象机制与关键影响因子，实现多尺度海洋现象的智能预报预测。

（四）面向海洋环境预报预测的人工智能理论与方法。

突破海洋环境参量的特征自动学习技术，促进海洋数据到智能模型的过程机制解析，将海洋科学知识介入人工智能方法，提供超越观测条件的模型外推潜力，构建面向海洋环境预报预测的人工智能理论与方法。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“数据-知识耦合的海洋环境预报预测理论与方法”，申请代码 1 选择 D06 的下属申请代码。

（二）申请书研究内容应覆盖本指南所有研究内容。

（三）咨询电话：010-62326909。

“新污染物水质基准理论与方法”重大项目指南

随着污染防治攻坚战深入推进，具有长期、隐形高风险的新污染物（Contaminants of Emerging Concern, CECs）成为了制约当前环境质量持续改善的新问题和新挑战。水环境中的 CECs 来源复杂，种类繁多，地球化学行为独特，具有生物毒性、环境持久性和生物累积性等特征，对生态系统和人体健康构成潜在威胁，生态环境风险高，是国际关注的重大环境问题之一。环境基准是制定环境标准的科学依据，是生态环境质量评估和风险管控的科学基础，是多学科交叉和国际科学前沿领域。但 CECs 水质基准领域仍存在很大的认知空白，已成为 CECs 环境标准制修订和环境保护工作的瓶颈，亟需开展研究，促进环境地球科学发展，为清洁美丽中国和健康中国建设提供有力的科技支撑。

一、科学目标

聚焦水环境中 CECs 的环境地球化学过程、毒性效应、生态与健康风险，发展建立具有重要指示作用的高风险 CECs 的筛查和识别方法，建立基于生态系统健康的 CECs 水质基准理论与方法，将内外暴露和健康效应纳入人体健康水质基准研究，开展我国优先控制 CECs 的水质基准与标准研究，提升国家新污染物治理、管理能力和国际履约能力。

二、研究内容

（一）水环境中指示性优先控制 CECs 的筛查与识别。

构建保护生态安全和人体健康的风险评价指标体系，开发水

环境中 CECs 风险筛查新方法，识别对 CECs 管控具有重要指示作用的优先控制污染物，提出优控清单。

（二）CECs 生态系统水质基准理论与方法。

研究低剂量、长期暴露和真实场景条件下，CECs 对水生生物的毒性效应和致毒机理；以长江、黄河重点流域为主要研究对象，阐明 CECs 在水生生物体内的累积代谢规律和影响因素，建立保护水生生态系统的 CECs 水质基准理论与方法。

（三）CECs 人体健康水质基准理论与方法。

研究新污染物中国人群暴露特征，揭示 CECs 对人体的毒性效应和致毒机理，建立适合我国国情和区域特点的 CECs 内-外暴露风险评估模型，确定保护敏感人群健康的安全阈值，建立基于人体健康效应的 CECs 水质基准理论与方法。

（四）优先控制 CECs 水质基准与标准研究。

提出和发布 3-5 种优先控制 CECs 水质基准阈值，探索不同保护目标的水质基准在重点流域/区域污染控制工程、国家新污染物治理和环境管理中的应用，定量评估优先控制 CECs 的生态与健康风险，提出防控对策。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“新污染物水质基准理论与方法”，申请代码 1 选择 D07 的下属申请代码。

（二）申请书研究内容应覆盖本指南所有研究内容。

（三）咨询电话：010-62327539。