

附件 4

地球科学部重大项目指南

2022 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。

“滨海地球关键带结构、过程与生态系统服务”

重大项目指南

滨海地区是海-陆相互作用的交界部位，既是资源与环境条件最为优越的自然区域，也是地球表面圈层间交互最为活跃、与人类生存与发展关系最为密切的地球关键带。深入理解滨海地球关键带地球生态系统和全球环境变化机制，突出多圈层、多要素、多尺度、多学科交叉和综合集成，系统开展全球变化背景下的滨海关键带结构、过程和生态系统服务研究，对全面认识滨海环境变化机制、促进国家重要生态屏障建设、实现滨海可持续发展具有重要意义。

一、科学目标

发展滨海地球关键带多界面、多尺度、多要素集成观测技术与方法，系统认识滨海地球关键带的时空演变规律，揭示滨海地球关键带结构与过程的耦合机理及其生态环境效应，阐明关键过程对气候变化和人类活动的响应及其对生态系统服务的影响。

二、研究内容

（一）滨海地球关键带时空演变规律与驱动机制。

研究滨海地球关键带垂直结构类型及其空间分布格局，解析滨海地球关键带结构的动态变化及其与海岸带变迁的关系，定量辨识气候变化和人类活动对滨海地球关键带结构的影响及其驱动机制。

（二）滨海地球关键带结构与过程的耦合机理。

研究滨海地球关键带不同圈层与界面的物质迁移循环过程与机制，解析其在温室气体排放、营养盐输移等方面的作用；揭示滨海地球关键带结构演化对外部物质能量输移的响应过程与机理；阐明水盐和植被梯度下滨海地球关键带结构-过程的耦合规律。

（三）滨海湿地关键过程对气候变化和人类活动的响应。

研究气候变化和人类活动对滨海湿地污染物归趋、温室气体排放、碳汇与碳固定潜力、生物多样性的影响；阐明不同类型滨海地球关键带湿地过程和功能的演变特征；定量评估滨海湿地水盐动态、干湿交替、碳循环等关键过程对气候变化和人类活动的响应。

（四）滨海地球关键带生态系统服务形成机理。

研究滨海地球关键带结构-过程与生态系统服务的耦合作用关系及其时空演变特征；阐明不同类型滨海地球关键带生态系统服务形成机理；揭示滨海地球关键带生态系统服务类型权衡关系及其对区域社会-生态系统的影响，并预估未来环境变化情景下生态系统服务的演变趋势。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“滨海地球关键带结构、过程与生态系统服务”，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的主要研究内容。

(三) 咨询电话：010-62327166。

“乡村地域系统协同观测与转型机理及模拟” 重大项目指南

人地关系地域系统是地理科学的核心研究对象。乡村地域差异显著、构成要素多样、交互作用复杂，是一种典型的人地关系地域系统，需要人文地理学、自然地理学和信息地理学等相关领域开展交叉融合研究。改革开放以来，我国乡村人地系统发生了巨大变化，脱贫攻坚取得了举世瞩目的成就，但也存在乡村发展不平衡、不充分、不协调等问题。面向乡村振兴的国家战略需求，亟待开展乡村地域转型发展的理论、方法、路径创新研究。

一、科学目标

围绕乡村地域系统转型的前沿科学问题、中国乡村发展的特殊历程和乡村振兴的国家战略，发展乡村人地系统协同观测的技术手段，依托以大数据和人工智能融合为核心的协同观测技术与方法，建立多源数据融合的方法体系；精细刻画乡村地域系统的时空演变过程，剖析乡村地域系统的要素交互机理与演化规律，构建乡村地域系统理论体系；提出多情景、多要素综合模拟方法，揭示乡村地域系统发展情景与资源环境效应；探索乡村振兴的科学路径，研制乡村振兴管理的标准规范体系，为服务国家乡村振兴战略决策提供科学依据。

二、研究内容

（一）乡村地域系统协同观测与融合构建。

研究建立典型乡村地域遥感、物联网、无人机等协同观测技术体系，发展乡村地域系统复杂要素观测和多源数据融合方法，建立定性定量相结合、多模型耦合的多源地理空间信息模型，创新多层次、多维度、多时相的乡村地域系统场景化建模技术方法。

（二）乡村地域系统转型机理与过程揭示。

揭示乡村地域转型发展机理，探明基于要素-结构-功能互馈促进乡村地域发展的动力机制，揭示乡村地域自然-社会-技术多要素交互作用过程，研制乡村地域系统转型发展测度模型，研究创建乡村地域系统理论体系。

（三）乡村振兴情景动态模拟与路径探索。

研发不同尺度、不同情景下乡村地域系统协同发展状态的评估模拟系统，选择我国东、中、西部不同类型的典型乡村区域，动态模拟未来 30-50 年我国乡村振兴的情景，探索从乡村衰退到乡村振兴的科学路径，研制乡村振兴管理的标准规范体系。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“乡村地域系统协同观测与转型机理及模拟”，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的主要研究内容。

（三）咨询电话：010-62327166。

“古生代-中生代重大转折期极端气候与生物响应” 重大项目指南

地球生物多样性如何响应当今全球变化是重大前沿科学问题。深入解析古-中生代转折期冰室气候和极热气候事件的环境演变过程与生物多样性响应机制，为评估当今大冰期背景下的快速升温如何影响地球的宜居性提供重要借鉴。突破深时时间精度低，高分辨率海陆生物多样性模式缺失，可靠的古气候和古环境定量指标尚未确立以及适用于深时的地球系统模型匮乏四大瓶颈，推进深时地球系统科学研究，提升中国科学家在生物与环境演化领域的整体研究水平和国际影响力。同时，这一重大转折期也是煤炭、油气及金属矿产等资源的富集期，研究这一关键时期的时间框架和生物多样性也将为中国能源远景预测提供重要依据。

一、科学目标

建立高精度时间框架，利用大数据重建古-中生代之交海洋和陆地生物多样性的精细演变过程，综合地球化学和不同复杂度定量模型揭示极冷和极热气候事件的起始、发展和终结过程，阐明深时生物多样性重大变化的环境因子和预警标志，进一步提升中国在生物演化与环境领域的核心竞争力。

二、研究内容

（一）石炭纪—三叠纪高分辨率时间框架。

开展精细生物地层学、关键层段的高精度同位素地质年代学、旋回地层学等研究，建立高分辨率的综合时间格架，精确限

定生物与环境事件的时间，以及重要能源资源的时空分布。

（二）石炭纪—三叠纪全球海陆生物多样性演化模式。

建立具有时空分布及生态、环境信息的古生物学、地层学全球数据库，研发全新的人工智能算法，重建该时期高分辨率的海陆生物多样性模式，精细刻画生物辐射、灭绝和复苏等事件的起止时限、速度、幅度以及古地理变化过程。

（三）大灭绝之后的生态系统复苏与重组过程。

基于高精度的化石和地层学数据，探寻海、陆生态系统崩溃的临界条件，阐明中生代新型生态系统的建立过程及生物和环境动力学机制。

（四）石炭纪—三叠纪极端气候事件的演变过程与触发机制。

突破单一指标局限性和多解性，建设示踪古环境变化的指标体系，以海、陆相沉积岩和动、植物化石为载体，定量揭示温度、大气 CO₂、大陆风化、海洋初级生产力和氧化还原条件等对极端气候事件的影响机制。

（五）石炭纪—三叠纪极端气候事件及其综合模拟。

在已有国际前沿盒式模型、生物地球化学模型和地球系统模式基础上，探索建立适用于深时的地球系统模型，探索极端气候条件下环境因子之间的相互作用和反馈机制，定量探讨冰期气候和极热气候事件下的生命和环境演化过程，解析其制约关系和耦合机制。

三、申请要求

(一) 申请书的附注说明选择“古生代-中生代重大转折期极端气候与生物响应”，申请代码 1 选择 D02 的下属申请代码。

(二) 申请书研究内容应覆盖本指南所有研究内容。

(三) 咨询电话：010-62327165。

“地质微生物与地球重大环境转型”

重大项目指南

地质微生物作为生物圈的主体，是宜居地球形成和演化的重要驱动力，其演化时间长、分布空间广、代谢多样，通过调节碳、氮、硫、铁等生命元素的生物地球化学循环改变大气和海洋成分，驱动重大地质环境转型。通过学科交叉，以技术方法创新突破地质微生物研究的瓶颈，构建地质微生物功能群、元素生物地球化学循环、重大地质环境转型三者有机联系的完整链条，系统提升对地球宜居性演化的认识，为应对全球变化国家战略提供理论基础和史实依据。

一、科学目标

揭示地质历史时期不同类型重大环境转型过程中关键地质微生物功能群特征，阐明地质微生物对古气候、古海洋环境变化的响应与反馈，实现地质微生物学技术方法、理论认识的系统性创新。

二、研究内容

（一）光合自养微生物功能群与古海洋生产力演变。

以同位素地球化学、有机地球化学和数值模拟为主要研究手段，解剖重大环境转型期初级生产力的结构特征，揭示初级生产者与海洋动物生态系统之间的关系，评估光合自养微生物功能群对大气成分变化以及其他关键地质事件的影响。

（二）氮硫代谢微生物功能群与古海洋水化学演变。

以有机地球化学和同位素地球化学为主要研究手段，揭示重大环境转型期的氮、硫代谢微生物功能群特征，建立其与氮营养、硫酸盐浓度等海洋水化学的关系，查明氮、硫代谢微生物功能群驱动海洋水化学演变并通过海气交换改变大气成分的机制及其宏观生态环境效应。

（三）金属氧化还原微生物功能群与古海洋沉积转换。

以地球化学和分子生物学为主要研究手段，构建铁矿化微生物功能群演变的地质与地球化学标识，揭示重大环境转型期典型金属矿化微生物功能群的特征，研究其矿化产物的转变过程，探究金属矿化微生物功能群对古海洋沉积和有机质埋藏过程的影响。

（四）不同地质微生物功能群对地质环境演变的综合影响。

以分子有机地球化学、分子生物学和数值模拟为主要研究手段，揭示甲烷代谢等微生物功能群与重大环境转型的关系。综合集成前述研究内容，查明不同地质微生物功能群通过碳-氮-硫-铁循环联合驱动地质环境变化的动力学机制、综合影响因素及其宏观环境效应。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“地质微生物与地球重大环境转型”，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。

“汞的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）历史时期汞沉降记录及地表汞累积。

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机制，阐明土壤-大气界面汞的交换过程，明确土壤中不同形态汞再释放规律、机制和关键控制因素。

（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、大气间的汞交换过程，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其与大气交换通量，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。

（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的多圈层耦合的全球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。

“行星电离层-磁层物质能量交换过程与机理”

重大项目指南

行星电离层-磁层是行星空间环境的重要组成部分，是人类航天活动和空间开发利用的主要区域，是行星物质逃逸的关键通道，也是认识行星演化的一个重要窗口。我国“十四五”规划和2035年远景目标纲要将“空天科技”列为八大科技前沿领域之一，并且已经成功实施了“子午工程”、“嫦娥工程”和“天问一号”等探测工程，这为深入研究行星电离层-磁层间物质能量交换的过程与机理、理解物质逃逸的主要过程和控制因素提供了契机。充分利用最新观测数据，通过对比研究地球与其它行星电离层-磁层物质交换过程，深入理解不同行星空间环境中物质循环及辐射环境的差异及其产生机理，将提升应对航天器安全与通讯保障领域挑战的能力，拓展对行星宜居性的认识。

一、科学目标

从比较行星学的角度，研究地球及其它行星电离层-磁层间的物质能量交换过程，深入理解其中多尺度的动力学过程及驱动机理；探究行星空间粒子逃逸的路径、控制因素及影响，深刻认识磁场在行星空间粒子损失中的作用。

二、研究内容

（一）磁层向电离层的物质与能量传输过程。

研究磁层粒子的动力学过程；探讨高纬电离层对磁层不同尺

度动力学过程的响应；研究不同外部条件下高纬电离层动力学过程的物理机制；探讨中低纬度电离层不同时间尺度的演化规律。

（二）电离层向磁层的物质输运过程及效应。

探明电离层离子上行与外流的加速机制、逃逸路径及其对整个磁层动力学过程的影响；评估地球磁场长期演化对磁层与电离层动力学过程以及人类活动的影响等。

（三）地球与其它行星的空间环境演化规律。

对比研究不同行星空间中粒子的来源、分布、输运、逃逸等基本特征，厘定这些特征的主要控制因素；探究内禀磁场、感应磁层和局部磁异常等不同类型的行星磁场如何控制不同纬度电离层-磁层物质的交换过程；探查粒子逃逸的新机制和新通道，评估其对行星大气长期演化的影响。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“行星电离层-磁层物质能量交换过程与机理”，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。

“大气臭氧污染过程及天气气候与健康效应” 重大项目指南

对流层臭氧是一种威胁健康的污染气体，同时也是一种重要的温室气体。气象条件，特别是气候变化背景下的极端天气气候条件，是诱发臭氧污染的重要因素之一，亦可协同臭氧污染威胁人体健康。系统揭示“大气臭氧污染过程及天气气候与健康效应”，可以推动环境、天气、气候等大气科学内部各分支领域的融合，促进大气科学与医学等其他学科的交叉，研究成果可为大气污染治理和气候变化应对提供重要科学依据和决策建议。

目前，国内外对大气污染、天气气候变化和人体健康三者交互作用的科学认知水平有限，不能充分满足国家和社会发展的重大需求。考虑到大气系统的自身变率、同其他圈层的相互作用，以及同人类活动的互馈，重大科学问题的提出应从单一时空尺度向多重时空尺度拓展，从对流层向平流层延伸，从气象学向地球系统科学融通，既要深入研究大气臭氧污染的气象成因与大气化学机理，又要发展观测与模拟的高科技手段，通过交叉研究和综合研究突破理论认知和精准预报的瓶颈。为此，应鼓励围绕大气臭氧污染开展基础理论和技术的原创研究，满足我国臭氧污染防治、气候变化应对和减污降碳协同增效的战略需求，同时提升我国在该领域的整体水平和国际影响力，助力建设“美丽中国”“健康中国”和“气象强国”的战略目标。

一、科学目标

从地球多圈层与人类活动互馈的视角揭示大气臭氧污染生成、演变及其影响的机理，发展相关领域的基础理论以及探测、监测、预报和评估技术，促进大气环境科学与天气学、气候学、医学的交叉融通，推动学科研究新范式的建立，进一步提升中国在可持续发展领域的核心竞争力。

二、研究内容

（一）对流层臭氧的探测与监测新技术。

针对臭氧污染典型区域，发展对流层臭氧浓度廓线和前体物源强反演新技术；基于数据融合/集成技术建立全天候、高质量、长期性的连续数据集，发挥观测技术和数据技术在臭氧污染研究中的支撑作用。

（二）臭氧污染过程、机理及预报方法研究。

系统考虑气候变化、人类活动、自然排放、气象条件、平流层-对流层交换对近地面臭氧浓度的影响，研究臭氧在对流层内的生消、传输和沉降等过程及机制，开展臭氧污染的理论 and 预报方法研究，探究“双碳”情景下臭氧在不同碳中和路径下的空间分布格局及演化过程，并提出应对策略。

（三）对流层臭氧的天气气候效应。

量化天气气候对典型区域臭氧污染的敏感性，揭示臭氧浓度影响天气气候的热力和动力等相关过程与机理；研究未来气候变化背景下臭氧浓度变化引起的天气气候效应。

(四) 臭氧污染与天气气候变化的协同健康效应及风险评估。

厘清臭氧污染影响人体健康的生物学机制，定量揭示臭氧污染与相关极端天气气候事件的协同健康效应；研究臭氧污染的人群易感性，建立表征臭氧污染的气象健康风险指数并明晰等级划分依据。

三、申请要求

(一) 申请书的附注说明选择“大气臭氧污染过程及天气气候与健康效应”，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，鼓励开展外场探测、实验室模拟、机理分析和预测预报的综合性研究。

(三) 咨询电话：010-62328511。

“数据-知识耦合的海洋环境预测预报理论与方法” 重大项目指南

海洋环境预报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测预报的一场技术革命。由于海洋过程及其发生机理复杂，传统基于数值模式与资料同化的预报不确定性高、时效性差。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测预报、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

突破基于人工智能的海洋环境信息提取和智能监测瓶颈技术，探索典型海洋过程发生机理，建立数据-知识协同驱动的海洋环境预测预报新体系，促进海洋科学研究范式变革，提升海洋环境预测预报水平。

二、研究内容

（一）面向海洋科学的人工智能理论与方法。

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，突破海洋环境参量的特征自动学习技术，构建面向海洋科学的人工智能理论与方法。

（二）海洋环境稀疏信息挖掘和重构方法。

发展海洋环境多源异构数据精细化质控技术和多尺度、高维度时空变化特征智能提取方法，研究多特征的非线性映射关系，突破稀疏观测数据重构新技术，建立海洋环境大数据样本集。

（三）典型海洋现象智能预测预报模型研究。

研究海洋现象的时空建模方法，发展可解释性人工智能模型，挖掘数据蕴含的海洋环境演化特征及相互关联，探索海洋环境现象特征规律、关键影响因子，实现轻量化海洋现象预测预报。

（四）海洋环境预测预报数据-知识耦合建模理论。

研发数据驱动的海洋环境预测预报物理模型参数化改进和模式订正技术，研究物理模型和智能模型集成和协同作用方法，发展数据-知识耦合建模理论，提高复杂海洋环境预测预报能力。

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测预报理论与方法”，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。

“海平面上升的多圈层作用机制、归因与预估” 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，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，构建高分辨率地球气候系统模式，分析地球系统自然变率和人类活动对海平面的贡献。

（三）中国近海海平面预测预估及影响与应对。

分析本世纪中国近海海平面的变化规律和上升趋势，研究未来“小概率、高影响”的极端高水位事件的可预测性，提出应对和适应海平面上升的对策方案，建立中国应对全球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、归因与预估”，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。

“红层灾变机理与防控理论”

重大项目指南

红层是我国乃至全球岩石圈表层分布最广、厚度最大的沉积地层之一，是与人类生产生活、工程建设、资源开采等密切相关的标志性地层。我国的红层地区同时又是地质灾害最集中、工程病害最突出、生态损害最严重的区域之一。近年来随着经济发展与人类活动的加剧，我国红层地区面临前所未有的灾变效应问题，传统的红层灾变理论和技术遭遇了巨大的瓶颈。开展红层灾变机理、监测预警与韧性防控研究，尽快突破红层防灾减灾技术瓶颈，是红层地区人地协调、长久宜居、生态文明、美丽中国的基础，也是国家重大战略高效实施的重要科技保障。

一、科学目标

围绕复杂条件下红层灾变多层次、跨尺度特性，厘清红层灾变的地质基因与界面效应及其对孕灾致灾的影响规律，揭示红层地质灾害-工程病害-生态损害的成因机理与多层次关联机制，构建基于地质-工程-生态韧性协调的红层灾变防控理论与生态修复体系。

二、研究内容

（一）红层灾变的地质基因与界面效应。

研究红层多尺度物质与结构成生特性，揭示红层工程性质时空演化规律；研究红层跨尺度界面灾变效应，厘清红层灾变的地质基因多尺度要素及其关联；研究红层水-土-气-生相互作用过

程，揭示红层孕灾致灾主控因素及其协同作用规律。

（二）红层重大地质灾害多尺度演变机制。

研究埋藏型红层重大地质灾害控滑物质、结构及其诱发要素，揭示埋藏型红层大型滑坡形成演化规律及其动力机制；研究埋藏型红层大型滑坡形成演化的界面控制及水-岩-力相互作用过程，揭示埋藏型红层多过程互馈机制及灾害链生演变机制。

（三）红层重大工程病害多层次递进响应规律。

研究半裸型红层典型工程病害物理、力学与化学过程及其主控因素，揭示重大工程病害全过程生成演化规律及其界面控制机理；构建半裸型红层地质体与工程结构的多尺度互馈灾变模型，揭示半裸型红层灾变多层次递进响应规律。

（四）红层重大生态损害多尺度演变机制。

研究裸露型红层与生态环境互馈作用及动态演变特性，揭示裸露型红层水-岩-气-生互馈作用的生态损害及界面控制机理；研究裸露型红层生态脆弱退化机理与自修复能力，揭示裸露型红层灾变多体互馈机制及多尺度递进演变机制。

（五）红层灾变韧性协调防控理论与关键技术。

研究红层易损界面演化的早期诊断原理与定向定位立体连续监测技术，揭示红层地质体与防治结构互馈机制，建立基于多目标的红层灾变韧性协调控制模型，构建基于岩土自持性-工程自适应的红层灾变低扰动韧性防控理论和红层生态自修复体系。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“红层灾变机理与防控理

论”，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。