

“地球系统与全球变化”重点专项

2023 年度项目申报指南

(征求意见稿)

“地球系统与全球变化”重点专项总体目标是：通过多学科交叉研究，深入认识地球系统和全球环境演变历史、规律和未来变化趋势，探索地球深部动力过程、地表及地球外圈层、人类活动三者及其互相作用对全球变化的影响机理，获取原创性的科学数据，创新地球系统和全球变化研究的方法体系，构建一批全球和区域性数据产品，发展新的理论体系，满足应对全球变化领域的需求，服务于国家经济和社会发展战略。

2023年度指南围绕以下8个重点任务进行部署：1) 地球宜居性演化的关键因素；2) 地球圈层分异及其相互作用对地球宜居性的控制作用；3) 地球系统科学观测与研究的大数据集成与信息智能化；4) 全球变化基础数据采集、集成、挖掘、同化研究与综合数据平台研发；5) 全球变化特征、机理与关键过程研究；6) 全球/区域海陆气耦合模式、地球系统与区域地球系统模式优化与大数据分析研究方法研究；7) 全球变化影响评估和风险预估；8) 全球变化适应理论与技

术研究。2023年度指南拟支持32个项目，同时拟支持10个青年科学家项目。

本指南方向 1-8 均可作为青年科学家项目组织申报，但不受研究内容和考核指标限制。青年科学家项目不再下设课题。

1. 地球宜居性演化的关键因素

1.1 典型大洋俯冲边界精细结构及物质循环过程

研究内容：针对典型大洋俯冲区，开展多尺度、多参数、高精度综合地球物理学研究，约束俯冲板片和上覆板片结构，并研究其变形特征；开展地球内部重要界面精细成像，研究界面性质与俯冲作用关系；探测俯冲隧道精细结构，查明其从地表至地幔的垂向变化、以及不同俯冲带的横向变化，认识俯冲过程中碳、水等通道、含量及迁移规律；从地球系统整体行为出发，构建大洋俯冲带深部物质循环及其与周围地幔相互作用的系统框架，认识俯冲系统构造演化规律。

考核指标：建立典型大洋俯冲带高精度（横向分辨率30~50km）、多参数（如波速、流变性等）综合地球物理学模型，约束俯冲板片的精细形态及其变形特征；建立俯冲带与地球内部重要界面精细结构模型，揭示俯冲带异常结构与相变、温度、熔体和物质组分等的关系；建立俯冲板片与岩石圈、深部地幔相互作用模型，量化板片物质组分结构、俯

冲带水循环和碳循环的通道、通量及其响应。

研究成果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：俯冲板片形态，深部界面性质，俯冲隧道结构，物质循环过程，俯冲系统演化

1.2 晚中生代华南陆缘深部过程驱动构造地貌与环境气候变化

研究内容：围绕侏罗纪-白垩纪华南超宽陆缘形成、演化的深部过程，及其驱动的多圈层构造-地貌-气候环境响应，研究华南大陆地壳反射结构特征、岩石圈地幔速度结构和电性结构特征，利用上述多参数数据共同约束岩石圈结构和超宽陆缘形成深部过程；揭示超宽陆缘地壳变形和隆升剥露历史，恢复古地形地貌演变；开展华南侏罗系-白垩系典型地层剖面多重古环境代用指标研究，重建华南陆缘从早期高原型环境向晚期盆山型环境变迁的过程及其古气候响应。

考核指标：建立华南超宽陆缘地壳反射结构模型和岩石圈地幔速度结构及电性结构模型，进而阐明华南地壳行为在岩石圈变形中的调节作用；重建侏罗纪-白垩纪古环境与古气候演变记录；提出华南侏罗系-白垩系典型地层剖面多重古环境代用指标，构建深部过程驱动的地表地貌环境与古气候响应的多圈层协同演化关系。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词： 华南陆缘，深部过程，构造-地貌-气候环境响应

1.3 太平洋-欧亚-印度多板块汇聚对地球宜居性的影响

研究内容： 研究太平洋-欧亚-印度多板块汇聚过程，重点获取澳大利亚-东南亚交汇区深部结构，揭示新特提斯洋俯冲消减的深部过程及与印度洋俯冲的时空转换过程；基于多源、多尺度观测数据的集成，分析研究不同俯冲-碰撞阶段深部过程对浅部结构、岩浆活动和变形特征的影响，探究东南亚环形俯冲体系形成机制及其对资源能源的控制作用。

考核指标： 揭示太平洋-欧亚-印度多板块汇聚的动力过程，构建东南亚环形俯冲体系及其周缘三维壳幔速度结构模型（探测深度 ≥ 1200 km，横向分辨率 < 80 km）；获取不小于 400 km 大地电磁剖面；构建晚中生代以来新特提斯洋-印度洋多阶段俯冲和东南亚环形俯冲体系形成的动力学模型。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词： 多板块作用，东南亚环形俯冲体系，深部结构

1.4 非洲-阿拉伯与欧亚板块汇聚及新生代重大环境演变

研究内容： 研究非洲-阿拉伯与欧亚板块汇聚的地质过程

与机制，厘清不同时空尺度的构造演化历史；探究汇聚-碰撞过程中的深部碳排放规模、探讨碳循环机制；研究板块汇聚过程对古高度、海陆分布、关键海道关闭的重要影响，认识关键地质时段的古环境格局；从多圈层相互作用角度出发，利用数值模拟，揭示深部过程、构造变动、海陆变迁的古环境效应。

考核指标：揭示关键地质单元的构造演化历史，建立非洲-阿拉伯与欧亚板块汇聚过程的时空演化格局；查明典型俯冲-碰撞带的深部碳排放通量，建立造山带深部碳循环的演化模式；重建关键时段古地理格局，解析重大古气候事件；利用数值模拟，揭示多圈层相互作用的过程与机制。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：大陆汇聚，深碳排放，圈层耦合，环境变革

1.5 第四纪海洋碳循环关键参数的可靠重建及其时空演化

瞄准碳循环关键参数，对气候变化敏感海域进行高分辨时间序列研究；创建南极冰芯所覆盖时段以前的大气 CO₂ 记录，并验证记录的可靠性；重建第四纪海洋、特别是深部海洋的 pH 和营养盐时空演化史；综合传统和新型数据，开展数模结合，探究海洋碳循环过程与机制及其对气候系统的调

控作用；探索海洋碳循环、大洋环流、极地冰盖和重要深水形成等过程在轨道尺度、千年尺度和重要气候转折期的交互关系，解析海洋碳循环和全球气候的耦合机制。

研究成果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：深海碳循环，大洋环流，气候变化，轨道-千年尺度，第四纪

1.6 寒武纪大爆发环境诱因与生态重建

研究内容：研究重要动物门类起源及其关键组织器官系统演化；探索不同动物门类矿化发生、生态工程及其海水化学变化与环境；厘清关键环境指标与早古生代生物多样性及演化速率、群落复杂化过程；研究寒武纪大爆发前后微生物、真菌参与地球化学循环过程；探讨造山规模与俯冲过程、古磁场与环境生命的耦合关系；探讨寒武纪大爆发的生物（内因）、非生物（外因）因素与地球海洋动物生态系统关联机制。

考核指标：新发现 2-3 个动物高级别门纲生物类群；对比 3-5 个动物门类海洋无脊椎动物矿化机制；采集 ≥ 500 个磷灰石氧同位素；碳酸盐岩碳、锶同位素均 ≥ 1000 个；采集大于 500 个古地磁数据，大于 50 个微生物化石数据，发现 3-5 个微生物门纲级别功能群；建立造山带与古地磁数据库，

并与古生物数据库拟合，揭示地球岩石圈与表生圈层协同演化。

研究成果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：寒武纪大爆发，生物矿化，生态系统重建，微生物、古地磁

1.7 晚奥陶-早志留世全球大规模有机质堆积对地球宜居性的影响

研究内容：针对晚奥陶-早志留世全球大规模有机质堆积与古大气和海洋环境演化的耦合机制，揭示该关键转折期火山、冰川作用的地球深部-浅部耦合机制；研究古大气、海洋化学组成演化，特别是快速营养盐供给与海洋高初级生产力成因；研究由大规模有机质堆积引起的 $p\text{CO}_2$ 降低、海洋真光层 H_2S 充溢等宜居性改变等问题；探讨该转折期大规模有机质堆积对生命系统灭绝-复苏的影响。

考核指标：建立晚奥陶-早志留世火山、冰川作用与富有机质页岩年龄框架及综合对比剖面；建立古大气、古海洋系统演化与 CO_2 及营养盐元素循环的定量模型；编制晚奥陶-早志留世岩相及浮游藻类古地理分布图；揭示晚奥陶-早志留世转折期生命系统灭绝-复苏的机制。

研究成果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、

开放共享。

关键词：晚奥陶-早志留世，有机质堆积，地球宜居性演化，营养盐，浮游藻类

1.8 太古宙-元古宙关键转折期板块构造体制演变及其对地球宜居性的贡献

研究内容：研究太古宙-元古宙关键转折期板块构造演化过程、俯冲-碰撞的动力学机制、岩浆活动、高温高压/超高压变质作用及壳幔相互作用，研究新太古代大陆岩石圈的形成发育过程、大陆克拉通化的动力学机制及其与板块构造的内在联系；探索板块俯冲碰撞过程中变质和岩浆驱动的C-H-O-S流体循环过程、地幔和地壳氧逸度变化，揭示俯冲带流体循环与大氧化事件及地球宜居性演化的内在联系。

考核指标：揭示太古宙-元古宙转折期的构造-岩浆-变质-流体活动及地幔-地壳的圈层耦合关系，查明新太古代的板块构造样式，阐明早期板块构造的变质和岩浆过程和壳幔物质交换，揭示壳幔热结构和氧化还原状态，量化变质-岩浆的C-H-O-S流体通量对大氧化事件和地球宜居性演化的贡献。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：板块构造，岩浆变质过程，流体循环，大氧化事件，太古宙-元古宙转折期

2.地球圈层分异及其相互作用对地球宜居性的控制作用

2.1 赤道太平洋海道闭合以及冰盖和季风演变的耦合机制

研究内容：利用地质记录和数值模拟，研究太平洋构造演化如何通过改变海陆分布和地形影响经向上的水热输送，进而调控新生代水文循环和碳循环演变。聚焦赤道太平洋海道闭合引起的太平洋海水上层结构演变历史，重点关注上层海水结构在空间上的变迁；利用边缘海沉积重建和集成长时间尺度上低纬季风演变记录，并探究它与海水上层结构变化的耦合关系和动力学机制；研究关键时段由海道关闭引起的太平洋表层和深部洋流重组事件，探讨洋流变化与季风、极地冰盖和碳循环的耦合机制。

考核指标：建立关键的海洋环境指标并构建太平洋上层海水结构与季风演变的基准序列；绘制关键时段太平洋深部环流变迁模式图；发展基于地质记录约束进行古气候动力学数值模拟的可靠方案。深度融合指标重建与数值模拟，建立低纬过程驱动全球气候演变的研究范例。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：大洋海道，经向水热梯度，大洋和大气环流，冰盖

2.2 地球深时大洋缺氧事件与环境演变

研究内容：开展不同时代、气候和地理背景下的深时大洋缺氧事件对比研究，解析大洋缺氧的控制因素；研究全球性、区域性海洋缺氧定量表征方法，刻画轨道尺度大洋缺氧的时空演化过程；揭示典型大洋缺氧事件中海洋生物多样性和生态系统演变过程；在全球大洋沉积和古环境大数据基础上阐明深时大洋缺氧事件的基本特征，查明其触发机制和环境演化过程及碳循环响应变化、环境演变过程以及与板块构造活动的关联。

考核指标：建设深时大洋缺氧事件高精度（千年-万年尺度）年代框架和数据库；建立表征海洋缺氧范围与程度的定量方法；构建大洋缺氧事件海洋生态系统演变模式图；建设深时大洋缺氧事件沉积、古环境数据库；建立跨越板块构造、地球圈层的大洋缺氧事件与环境演变的模型。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：大洋缺氧事件，氧化还原，气候变化，生态系统

2.3 俯冲带碳的深部赋存、迁移与释放

研究内容：聚焦碳在俯冲带中的埋藏、运移和释放等的动力学效应这一关键科学问题，研究含碳矿物在俯冲界面的

物理化学性质，研究碳在大洋俯冲板片中的赋存形式及相态转化机制；发展地质、地球物理、地球化学等综合方法，建立碳迁移与新生代以来不同类型大洋俯冲带岩浆的联系，研究新生代以来典型板块俯冲体系中碳的释放机制及其浅表效应；模拟碳在俯冲带壳幔相互作用下的迁移过程，计算新生代以来关键俯冲带的脱碳通量，并探讨对地表系统碳总量和气候的长周期影响。

考核指标：获取含碳矿物在高温高压下（压力范围不小于 1-15 GPa；温度范围不小于 600-1400°C）的电导率、弹性、波速和黏滞度等地球物理参数，建立不同类型大洋俯冲带中碳的赋存形式及其物理化学性质数据库；厘清新世代以来大洋俯冲带含碳岩浆迁移转化和脱碳模式，完善俯冲带碳循环通量模型，量化新生代以来典型大洋俯冲带岩浆事件 CO₂ 释放通量；在多学科数据融合基础上，建立地球表层-深部交互的碳循环定量综合研究新方法。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：俯冲带，高温高压实验，碳循环机理，深部碳通量计算

2.4 挥发分元素循环与宜居地球形成演化的地球化学制约

研究地球早期界面过程和氮的循环通路及其对大气组成的改造，分析早期地球宜居性演化的关键路径；剖析海底风化、反风化等过程对俯冲板块的改造机制，评估现今不同类型俯冲带俯冲板片输入以及岩浆输出氢、硫和氮等元素的通量、主控因素、循环机理及其对气候的反馈；解析上述元素循环对于俯冲带岩浆作用和地震活动的控制机理，探究板块构造控制下的元素循环对地球宜居性的改造。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：氢、硫、氮元素循环，宜居地球，原始大气，板块构造，界面过程

2.5 大陆裂解过程中的圈层相互作用及物质循环

研究内容：以大陆裂解及其构造-岩浆响应和资源效应为主线，研究大陆裂解过程中圈层相互作用特征、深部岩浆过程、伸展构造样式及变形机制，探索大陆裂解的深部地球动力学过程、物质循环作用及金属元素超常富集机理，研究大陆裂谷区战略性矿产资源的形成机制和分布规律，认识大陆裂解的资源效应。

考核指标：构建我国不同地质历史时期典型大陆裂谷/伸展区的岩石圈结构模型并揭示裂谷形成机制，揭示大陆裂解过程中的深部岩浆演化、流体迁移过程及金属元素超常富

集机理；阐明大陆裂解作用与铁、铜、金、钨和锡等战略性矿产资源聚集的内在联系。

研究成果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：大陆裂解，圈层相互作用，物质循环，金属富集机理

2.6 中国东部新生代板块俯冲带圈层相互作用与油气资源及环境效应

研究内容：聚焦中国东部新生代板块俯冲带圈层协同演化与关联机制，以碳“汇-转-聚-散”循环过程为主线，研究多圈层耦合的富有机质岩层形成及气候环境互馈机制；探究深部动力学过程与物质能量交换对油气资源形成分布的控制作用；探讨生物圈与大气圈协同响应作用下的生物固碳通量，研究深部壳幔活动对碳释放和气候环境的影响与调节机制。

考核指标：揭示俯冲带圈层作用下的陆相湖盆碳汇过程与富有机质岩层形成机理；阐明俯冲构造演化过程与壳幔物质能量交换传递作用下有机碳转化成烃与油气的富集机理及分布规律；构建陆相湖盆有机碳“汇-转-聚-散”和深部无机碳释放对气候环境响应机制的评价模型。

研究成果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：油气资源，板块俯冲带，圈层作用，新生代

2.7 深地幔物质循环与 Cr-Ni-PGE 聚集

研究内容：以全球代表性蛇绿岩地幔橄榄岩和镁铁-超镁铁岩体为主要研究对象，研究上地幔的物质组成和物理化学状态（如熔融程度、流体性质等），揭示上地幔熔流体作用与地壳物质的相互作用及其化学效应，探索地幔熔流体作用对铬、镍、铂族等元素在地幔中迁移与聚集的控制机理，理清上地幔的物质组成、物理化学条件以及物质循环规律对地壳浅部幔源金属成矿作用的制约，发展地幔化学动力学及壳幔等圈层相互作用理论。

考核指标：构建蛇绿岩地幔橄榄岩和成矿超基性岩侵入体的成矿物质组成和不同赋存状态类型；建立上地幔物质组成和物质循环轨迹模型；定量评价地幔熔流体活动如何控制铬、镍和铂族等元素在地幔中迁移与聚集规律；建立国内外大型 Cr-Ni-PGE 代表性三种矿床的成矿模型和赋存规律。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：地幔物质循环，Cr-Ni-PGE 聚集

3. 地球系统科学观测与研究的大数据集成与信息智能化

3.1 新生代环境-生物-人类协同演化

研究内容：利用形态学数据和遗传学数据对各门类进行全证据系统发育分析，开展新生代以来陆地生态系统植物、动物与人类协同演化的研究；通过高分辨率的陆相地层及其沉积环境研究，重建物种多样性与古气候环境的耦合关系；研究新生代重大构造事件，尤其是青藏高原隆升造成的亚洲内陆干旱化事件对生物演化和迁徙的关联机制；探索东亚古人类扩散路线及与新生代气候转换的耦联机制。

考核指标：构建主要脊椎动物类群及人类的系统演化关系；建立中国新生代重大地质事件万年尺度的精确年代框架，恢复古气候与古生态环境特征；揭示新生代环境-植被-动物-人类协同演化的机制；建立陆地生态系统变迁背景下的古人类扩散模式。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：新生代，系统演化，生态环境，年代框架，古人类

4. 全球变化基础数据采集、集成、挖掘、同化研究与综合数据平台研发

4.1 过去典型增温场景下的北极-东亚气候关联

研究内容：选择第四纪不同大气 CO₂ 浓度场景下的典型增温期作为气候变化的相似型，研究北极-东亚不同时间尺度

（万年-年代际）的气候演化特征；揭示北极海冰-大气-洋流等关键耦合过程与东亚季风及干旱气候的关联性；分析北极快速气候变化对东亚地区不同时间尺度气候变化的影响、过程与机制；评估未来全球变暖背景下北极地区的快速气候变化及其全球和区域影响与典型古气候增温期的相似性。

考核指标：建立 1 套晚第四纪北极和东亚（中国）地区高精度古气候代用指标集成数据集；获得不少于 2 个关键区域晚第四纪高分辨率气候变化序列；阐明过去和未来不同大气 CO₂ 浓度场景下的典型增温期北极海冰-大气-洋流等耦合过程，揭示其影响东亚气候变化的机制。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：典型增温期，北极-东亚地区，海冰-大气-洋流-沉积，东亚季风，干旱气候

4.2 末次盛冰期以来中国气候代用资料及多尺度变化与机制

研究内容：获取末次盛冰期多时间尺度气候定量变化的关键数据，研发气候环境变化替代指标的定量模型；融合多源陆地-边缘海不同区域末次盛冰期以来高精度气候变化时间序列，揭示古气候记录的时空分布；评估现代暖期在末次盛冰期以来气候变化中的地位，探讨高纬低纬过程对不同时

间尺度季风和干旱气候变化的影响，分析末次盛冰期以来半球尺度气候变化的对比关系；研究关键区域气候环境变化、机制和气候-环境敏感性。

考核指标：建立末次盛冰期以来轨道-千年-百年-多年代际尺度气候变化代用指标的融合集成数据集，关键区域全新世数据空间分辨率达到百公里尺度；厘清现代暖期在末次盛冰期以来气候变化中的作用；构建末次盛冰期以来区域和半球尺度气候环境变化驱动机制的新认识和新理论。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：末次盛冰期以来气候代用资料，多尺度变化，数据融合与集成，气候环境变化驱动机制

4.3 热带西太平洋全新世高分辨率气候变化重建、集成和同化研究

研究内容：聚焦热带西太平洋这一全球变化关键区域，采集高分辨率地质生物载体，重建近 500 年及全新世特征时段高分辨率气候变化序列；构建热带西太平洋区域高时空分辨率气候变化代用资料数据集；结合现代观测和数值模拟，开展数据融合及同化研究；解析热带西太平洋气候系统多时间尺度变化规律及其与 PDO、ENSO、MJO 和台风联系的机制，以及我国全新世气候变化的关联，并探讨背景气候态

和外强迫的作用。

考核指标：获取热带西太平洋关键区域近 500 年及全新世特征时期 5-10 条高分辨率气候变化序列；集成多种代用资料，建立 1 套热带西太平洋区域高时空分辨率（时间达到季节、空间达到百公里）气候要素代用资料数据集；开发 1-2 个适用的代用资料同化方法并建立 1 套同化数据集；阐明全新世热带西太平洋重要气候变异与我国气候的关联，以及气候系统内外强迫的作用机理。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：热带西太平洋，全新世以来高分辨率气候变化序列，数据集成及同化，多尺度气候异常

5. 全球变化特征、机理与关键过程研究

5.1 人类活动及气候变化背景下区域水资源供需系统变化及其应对策略

研究内容：聚焦我国水资源短缺的主要经济区，研究在人类活动及极端气候变化背景下区域水资源供需的系统变化及其应对策略；分析近百年来人类活动（社会经济发展、下垫面变化、大规模调水工程等）和气候变化（升温、极端事件等）驱动下生态水文过程及水资源演变机理；厘清不同类型关键带结构和组成的水资源赋存能力及脆弱性、可恢复

性，分析人类活动及极端气候背景下水资源供需系统对全球变化的适应能力；建立水资源系统动态模拟方法，探寻低碳、绿色可持续发展模式下水资源供需优化方案。

考核指标：解析不少于 3 个近百年来人类活动和气候变化对不同类型关键带水资源演变及供需变化的影响案例；构建 1 套关键带水资源供需与社会经济、生态环境系统协同演变的模拟和预测模型；阐明未来不同气候变化情景及发展模式下的水资源供需演变趋势；提出适应低碳模式以及应对极端气候变化的水资源调控方案及策略。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：水资源供需系统，地球关键带，生态水文，低碳模式，应对策略

5.2 西北太平洋生态系统碳、氮、磷循环过程、机理及演化趋势

解析西北太平洋生态系统碳、氮、磷及铁等痕量元素循环的时空格局、耦合分异及其动力和生物驱动机制；研究过去和现代气候背景下，西北太平洋碳、氮、磷及铁等生源要素循环关键过程的演变对生态系统固碳、储碳的调控；探索不同 CO₂ 排放情景，包括碳中和路径下，西北太平洋生态系统固碳、储碳关键过程的变化趋势和对气候变化的反馈效应。

研究成果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：气候变化，生源要素循环，海洋生态系统，碳汇，演变趋势

5.3 气候系统年代际变化关键过程、机理与预测

研究内容：研究气候系统年代际变化的能量学过程，分析跨洋盆海气耦合桥和海洋的年代际记忆力，探索年代际变率跨时空相互作用；研究全球变暖对年代际变率的调制作用，解析关键海洋和海气动力学过程及机制；评估气候系统年代际变率的可预测性期限及其时空特征，探讨火山喷发等突发自然强迫对年代际可预测性的影响；研制年代际气候预测耦合同化系统，利用涌现约束等新方法，结合大数据、机器学习和动力系统理论，建立年代际气候预测系统。

考核指标：揭示气候系统年代际变率主模态的变化规律及其影响，厘清跨洋盆海气耦合桥机制和海洋记忆力的作用；量化年代际可预测性期限的时空特征（以年为单位），阐释其中的自然和人为驱动因子与耦合机理；构建同化大气和海洋观测数据的年代际气候预测耦合同化系统，完成成员数大于 40 的大集合历史回报试验，建立面向未来 1-10 年的年代际气候预测理论与预测系统。

研究成果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、

开放共享。

关键词：年代际变化，能量学，跨洋盆海气耦合，年代际可预测性，年代际预测模型

5.4 气候反转点的机制、影响及应对

研究内容：研究地球气候系统的主要组成部分（海洋环流、两极冰冻圈、季风系统、陆地植被、山地冰川和海洋碳循环等）发生重要反转点的触发机制、关键过程和演化规律；分析气候系统各组成部分的互馈、组织与响应过程和韧性机制；建立识别气候反转点的预警与预测模型，探究未来气候出现反转点的可能场景及其对全球和我国的影响。

考核指标：解析不少于 3 个典型气候反转点触发案例，包括气候反转点触发时间、主要特征、产生机理、触发阈值和韧性机制等；构建 1 个气候反转点预警-预测模型；提供 1 套未来气候出现反转点的场景清单，包括触发反转点的气候场景；形成 1 套全球与我国的气候响应过程模拟预测数据集。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：气候反转点，触发条件，数据-模拟融合，模型评估

5.5 影响东亚季风预测和预估准确性的青藏高原热力作用和关键热带海气过程

研究内容：分析全球变暖背景下东亚季风多时空尺度变化特征，探讨青藏高原热力作用和热带海洋遥强迫对东亚夏季风和冬季风多尺度变率的协同影响机制；研究海洋环流与跨洋盆海气系统影响东亚季风能量和水汽输送的机理；研发动力统计结合的东亚夏季风多尺度变率预测方法，提升东亚夏季风次季节-季节动力预测的水平；基于青藏高原和热带海气相互作用过程影响季风变异的机制，约束预估未来不同温升背景下的东亚季风变化，提高预估结果的可靠性。

考核指标：定量评估青藏高原热力作用和热带海洋遥强迫对东亚季风多尺度变率的相对贡献；明确洋际尺度海洋环流系统对东亚季风能量和水汽循环的调制机制；建立东亚夏季风多尺度变率预测方法，支撑气候预测业务化应用，预测产品在中国区域空间分辨率优于 25 km；基于青藏高原热力作用和关键热带海气过程的约束作用，降低东亚夏季风降水预估结果不确定性至少 15%。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：东亚季风，青藏高原，热带海洋，动力预测业务，气候预估

6. 全球/区域海陆气耦合模式、地球系统与区域地球系统模式优化与大数据分析研究方法研究

6.1 包含多关键陆面生态过程和大气化学过程的陆气耦合模式及气候-植被生态环境预测

研究内容：研发包含关键陆面生态过程和大气化学过程的全球陆气耦合模式；研究全球变化背景下植被生态环境的变化特征，以及植被生态环境对未来空气质量演变的影响；探讨气候与植被生态环境、大气化学过程的反馈机制；研发风云卫星全球高时空分辨率的植被生态（包括叶面积、植被生产力和植被含水量）反演关键技术和长时间气候数据集；研制气候与植被生态环境的次季节-季节-年际尺度预测系统。

考核指标：研发的全球陆气耦合模式能够描述陆面植被生态和大气化学过程；揭示植被生态环境对气候及大气化学过程的影响机制及反馈；研制风云卫星 10 年以上全球 10km 分辨率植被生态气候数据集；建立覆盖全球 50km、中国 10km 超高分辨率气候与生态环境变化的次季节-季节-年际尺度预测系统，并实现准业务化应用。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：陆面模式，动态植被，风云卫星，次季节-季节-年际尺度气候预测系统

6.2 共享开放、自主可控的区域地球系统模式多元耦合及人类活动影响的反馈与预估

研究内容：自主研发耦合大气-海洋-陆面等圈层的区域地球系统模式，发展完善自然-人类活动影响下的多圈层多尺度相互作用过程，实现东亚区域陆-海-气-生-水-人多过程耦合的高分辨率模拟；发展陆地碳氮磷循环模块、作物模块、土地利用模块、水量和水化学模块；建立区域海洋生物地球化学循环过程模块，实现陆-海-气之间的碳氮交换模拟；研发适合东亚区域的包含气溶胶间接效应的微物理过程方案，完善植被生理生态与大气、水和化学循环相互作用的关键过程；研究气候-环境-生态系统的互馈机制及影响，开展未来10-50年东亚极端气候及人居环境变化的预估。

考核指标：建立多元耦合的高分辨率区域地球系统模式，大气、陆地分辨率达到1-3公里，海洋分辨率优于2公里；量化氮磷循环对东亚陆地生态系统碳汇的贡献；提供大气-生态-化学-水文-社会-经济的预估数据集；实现模式系统自主可控，模式代码和模拟数据集共享开放。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：区域模式，陆面生物地球化学循环，海洋生物地球化学循环，气候-生态互馈，东亚区域气候预估

7. 全球变化影响评估和风险预估

7.1 气候变化对干旱、半干旱区生态系统的影响及生态

风险评估

研究内容：分析我国干旱、半干旱区生态系统和生物多样性格局及其对气候变化的响应与适应机制；研究干旱、半干旱区典型生态系统碳水循环、养分循环和能量收支规律；解析生态系统稳定性的时空格局、驱动要素及其维持机制；探究全球变化背景下我国干旱、半干旱区生态系统结构与功能的演化趋势、潜在风险及其对气候变化的反馈效应。

考核指标：建立 1 套我国典型干旱、半干旱生态系统植物和微生物生物多样性数据集；揭示生态系统碳、氮和水循环机制及对生物群落构建的影响；研制“气候变化-生态系统稳定性”耦合预测系统；评估我国典型干旱、半干旱生态系统功能响应气候变化的阈值，并提出有序适应和风险应对方案。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：生物多样性，生态系统功能，生态系统稳定性，生态阈值，适应性管理

7.2 湿地生态系统对气候变化的响应、生态安全调控及风险评估

研究内容：聚焦我国东北地区和青藏高原等湿地主要集中在分布区，研究湿地生态系统多样性格局与功能演变过程，

探索湿地生态系统多样性与功能稳定性维持机制；研究湿地生态过程对气候变化响应的机理及多尺度表征，分析湿地水文-生物多样性-温室气体变化-碳汇功能的协同演变机理，解析降碳增汇、降污涵养等多功能协调的湿地生态功能提升机制；构建服务可持续发展目标的区域水-湿地-粮食协同生态安全调控模式，提出湿地生态安全风险评估和调控技术与对策。

考核指标：构建定量区分气候变化和人类活动对湿地影响贡献率的方法；建立 1 套我国典型湿地地表与地下水交换过程、地上与地下生物多样性、生态功能融合数据集；提出 1-2 个维持湿地生物生境稳定、提升碳汇和水源涵养等生态功能的调控模式。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：气候变化，湿地水位，功能提升，生态安全调控、可持续管理

7.3 复合型气候极端事件影响机理与风险预估

准确识别长江流域等重点生态区复合型气候极端事件，解析其成因及演变规律；量化复合型气候极端事件的危险性，评价自然和社会承灾体的暴露性和脆弱性；从局域、流域和区域多个尺度，厘清复合型极端事件对生物多样性、碳汇功

能等生态系统服务、流域水资源供给的影响和社会经济损失；预估复合型气候极端事件对自然保护和社会经济的未来风险。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：复合极端气候，生态系统服务，社会-经济-自然复合生态系统，气候韧性

7.4 全球变化对重要陆地物种资源及其保护成效的影响评估与风险预估技术

研究内容：分析重要物种及相关资源与环境因子的时空格局，研究不同类型重要物种适应气候变化的潜力与生态机制；建立适应于气候变化的空天地一体化物种资源动态监测技术体系；模拟预测不同气候变化和社会经济情景下的重要物种资源分布区变化；研发提升气候变化情景下物种就地保护、迁地保护和野外回归成效的关键技术。

考核指标：揭示重要物种资源适应气候变化的机制；建立 1 套物种资源适应气候变化的综合监测体系；形成 1 项适应于不同气候条件的物种资源核心种质保育技术标准；构建 1 套不同气候变化情景下重要物种资源分布区变化图集；构建 1 套应对气候变化的物种资源保护成效评估体系。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、

开放共享。

关键词：资源动态监测，资源保育，保护成效提升

8. 全球变化适应理论与技术研究

8.1 重点行业气候变化适应关键技术体系、决策支持系统和恢复力评估

研究内容：发展全球变化经济学，创新理论体系，综合评估不同区域、重点行业对气候变化的适应能力和恢复力及其差异化适应策略；研发重点行业关键气候变化适应技术体系；面向全球 2030 年生物多样性保护目标和 2050 年愿景，基于生物多样性情景模型，探索扭转我国生物多样性丧失趋势的路径并分析其可行性；应用大数据等多种技术手段开发适应气候变化的决策支持系统。

考核指标：构建 1 个全球变化经济学综合评估模型；发展结合社会经济驱动力并考虑生物多样性保护等生态因素的气候变化适应性技术体系理论框架，构建多领域协同的气候变化适应性技术体系；提出生物多样性保护路径，细化评估指标体系，建成 1 套监测体系；基于大数据集成，研制适应气候变化的决策支持平台并进行应用。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：重大行业，气候变化，适应能力，恢复力，决

策支持系统

8.2 关键生态脆弱区和重大工程区气候变化适应性保护修复技术示范

研究内容：针对关键脆弱生态区和水电集中开发工程区，探索极端气候变化与人类活动对水-养分循环过程和生态环境功能的影响；研究关键生态脆弱区、主要江河湖库水利工程等重点区域适应气候变化关键技术；研发极端气候下典型复合流域水土保持与水源涵养关键技术，构建典型复合流域生态修复与水电工程安全协同提升技术体系；针对不同关键脆弱区和重大工程区，开展适应性保护修复关键技术示范，提出江河湖库对气候变化的适应性技术与调控策略。

考核指标：揭示气候变化影响关键脆弱生态区和水电集中开发工程区流域的水-养分循环的机制；建立 1 套人为工程扰动条件下水-养分物质耦合循环模型；形成 1 套水源生态涵养功能提升的生态空间格局优化和调控技术体系；研发 1 项关键脆弱区和重大工程区适应性保护修复关键技术；建立 1 套主要江河湖库重大工程区适应和应对气候变化的决策支持系统。

研究结果、数据须按照科技部的相关规定进行数据汇交、开放共享。

关键词：关键脆弱生态区，重大水电工程区，气候变化

适应，水-养分耦合循环，适应性修复保护

浙江大学 A00097