

关键地球物质循环前沿科学中心

2023 年度 “GeoX” 交叉项目申报指南

关键地球物质循环前沿科学中心根据建设方案及有关科研项目实施和人才队伍建设办法，现发布 2023 年度 “GeoX” 交叉项目指南，请申请人按所述要求和注意事项申请。

一、科学目标

关键地球物质循环前沿科学中心瞄准全球变化背景下的未来地球科学前沿方向，聚焦地球物质循环与能量循环相结合、深部循环和表层循环相结合、全球循环与区域循环相结合、自然循环与社会循环相结合等重大基础理论问题，整合“固体地球科学-流体地球科学-环境科学”，实施关键地球物质的大循环研究。以“全球变化驱动机制及应对路径”为核心科学问题，主攻“碳循环与生态安全”“水循环与水安全”“关键金属循环与资源安全”“气候系统过程与模拟”“碳中和”五大方向（三循环一系统一中和），旨在实现地球物质跨圈层、多时间尺度循环理论突破，提供主动应对未来气候和环境变化的方案，为地球系统科学前沿和国家目标服务，强化国家战略科技力量建设和人才力量建设。

二、2023 年度资助研究方向

围绕上述核心科学目标，本年度以“重点项目”和“培育项目”的形式开展资助，拟资助但不限于以下方向和内容，旨在通过多学科交叉研究，为地球与行星科学的发展和创新提供多学科融通视角，形成科学新认识与关键新技术，建设青年人才队伍。

（一）碳循环

围绕“碳循环跨时空联系机制和气候-生态响应”核心科学问题，聚焦地球不同圈层物质交换过程中碳的运动规律、联系机制及其对地球宜居性的影响，研究深时跨圈层碳循环和重大地质-气候-生态事件的联系机制、新生代碳循环驱动机制和全球变化响应、全球 CO₂ 源汇变率机制。

重点突破深时碳循环与地球系统模拟, 以及深时化石的古蛋白组学等前沿科学问题。聚焦深时最为显著的气候事件, 利用金属稳定同位素示踪技术重建关键环境因素变率, 构建耦合多同位素地球化学循环的深时地球系统模型。通过模拟埋藏学实验获得类化石模拟样品, 获取高效古蛋白提取方法, 以及古蛋白的保存信息, 结合其他生物大分子以及形态等传统化石数据, 识别古生态群落组成, 复原生态学关系。

通过多学科交叉创新研究, 为评估当今人类面临的全球变化与生物多样性锐减现状, 预测未来发展趋势提供科学新依据, 通过构建深时系统地球科学模拟平台改善我国地球科学研究以描述性、区域性问题为主的格局, 在环境变率影响生物演化和地球宜居性理论方面取得新突破, 深化理解生物系统发育、古生态和古生理等交叉领域的关键科学问题。

(二) 水循环

聚焦全球变化背景下水循环的多尺度响应机制, 建立重大水-气候-灾害相互作用理论, 提高我国重要经济区域地表-地下水有效管理与高效利用水平, 增强流域治理、污水处理与清洁水保障能力。研究大气-浅部-深部水循环耦合机制、流域水平衡基础理论、水文极端事件的历史、现在和未来变化趋势、海-气-陆界面水汽源汇过程与机理, 以及水资源优化配置与生态环境效应评估。

重点突破区域季节-万年时间尺度水循环的过程和影响机制、冰川消融效应及其辐射调控, 以及极端环境条件下水在气-液-固相转换过程中的同位素分馏机理等前沿科学问题。聚焦东亚季风区典型流域(黄河、长江和珠江等), 揭示流域水循环季节-年代际和轨道尺度变异机理, 研究天文轨道对过去 100 万年季风区气候水文演化的影响及机制, 过去 2000 年季风区气候水文的定量重建及其对太阳活动的响应机制, 以及过去 200 年以来季风区典型流域暴雨洪涝过程季节及年际变异机理。研究全球变暖背景下冰川消融的过程及方式、冰川剧烈消融或消失流域水资源及水文过程状态转变、生态系统对冰川剧烈消融或消失的响应、辐射制冷技术开展冰川保护的可行性。针对极端环境下的水循环, 研究高盐度液体和固体在低温下的扩散同位素

分馏、低温条件下气液和气固相变过程中的平衡和动力学同位素分馏、低温低压条件下的气液和气固相变实验。

通过多学科交叉创新研究，建立天文活动要素与地球水文气候因子多时相特征的统计和物理联系，为“日-地关系”研究提供科学新证据和机理解释，为预测地球环境变化和人类命运奠定理论基础。在冰川强烈消融或消失水文生态环境效应和验证地球工程技术在冰川保护成效等方面取得原创性突破。发展极端环境下水相变的数值模型，厘定同位素分馏机理。

（三）关键金属循环

融合地球不同圈层和自然-社会中的关键金属循环，揭示关键金属元素在不同循环过程中的行为，查明成矿规律和城市矿产资源特征，实现我国关键矿产成矿理论创新和绿色利用技术突破。研究深部物质重组与关键金属循环、浅表地质过程与关键金属成矿、人类世关键金属地表循环机制和资源环境效应、矿床尺度关键金属迁移和富集机制。

重点突破关键金属物态转化与多样性超常富集、关键矿产资源的“地质-社会”全链条循环，以及关键金属城市矿产成矿机制及其分布规律等前沿科学问题。聚焦不同物理化学条件下关键金属元素的物态转换机制，尤其是深入微观原子层面获得关键金属的赋存物态，建立关键金属在晶体-熔体-流体间各种相变、物态转化的多路径、多样性超常富集过程，以及可计算的模型，指导关键金属找矿及高效利用。研究以锂为重点的关键矿产资源的赋存形态、绿色提取技术和城市矿产高效回收技术。建立关键金属社会存量测算模型，预测关键金属城市矿产分布规律，绘制城市矿产分布图。

通过与物理化学、计算科学、信息科学、材料科学、社会科学等多学科交叉驱动，推进矿床学从定性化描述向量化模型研究的转变，建立关键金属矿产资源循环的全链条创新研究，满足战略新兴矿产资源的增储和绿色开发需求，形成城市矿床学新的学科增长点。

（四）气候系统过程与模拟

以地球物质循环为主线，发展地球系统模式并优化气候系统过程的表征及其与社会经济

模块的耦合，综合评估气候变化对生态系统功能、社会经济发展及人类生命健康的影响，为应对和适应气候与全球变化构建人类命运共同体提供技术途径和对策方案。研究气候系统水循环过程与能量收支、全球野火对气候变化、生态环境与水循环的影响、我国青藏高原地区气候变化与生态系统的相互作用、历史气候时期重大气候事件对中华文明发展的影响。

重点突破关键地球物质循环与气候变化相互作用研究，深入理解控制地球表层与大气间物质和能量交换和循环的关键过程，以及气候系统水循环过程与能量收支等基础性科学问题。揭示全球典型地区高强度人类活动和自然过程排放的温室气体和气溶胶等物质对区域气候变化和生态系统以及水循环的影响机制，厘清气候变化对相关过程的影响。进一步发展包含关键地球物质循环模块的地球系统模式，优化关键物质如氮和汞等的生物地球化学循环模拟，理解其在大气-流域-海洋中的作用机制并量化其生态环境效应。

通过多学科交叉创新研究，探索地球过去、现在及未来地球物质循环与气候变化的相互作用，探讨适应和应对气候变化的可能途径，实现大气、环境、地理、管理等学科交叉研究，完善气候系统人地交互作用机制。

（五）碳中和

面向碳中和科学前沿和国家战略需求，以前沿基础理论、产业前瞻与关键核心技术为主攻方向，积极探索基于实验室的新技术研发，寻找合适应用场景，设计和定义产品，整合重要资源和核心转化能力，通过技术研发平台、小试及中试放大平台、测试与评价平台，形成解决方案，并努力完成示范性验证。

重点突破 CO₂ 矿化低碳辐射制冷材料、海岸带“蓝碳”人工增汇、城市群空间协同碳减排、二氧化碳资源化等研究。形成工业固废矿化 CO₂ 产品制备辐射制冷涂层的低碳新材料，从固碳-降温两个角度应对气候变化。发展人工诱导沉积物水界面的碳酸钙结晶的方法，实现长期的有机碳封存，评估生态环境效应。开展基于“天—地”一体化多源大数据的国土空间碳收支监测，形成以增汇降碳、区域一体化发展为目的的国土空间优化管理政策。探究高效率的

二氧化碳电催化转化过程，实现实际土壤污染与二氧化碳转化的协同治理。揭示 CO₂ 精准活化及可控碳碳偶联新机制，构建高效稳定的 CO₂ 转化催化新体系，阐明系统级反应动力学过程与物料传质规律。

通过多学科交叉创新研究，打造基础研究-创造技术-成果转化链条式创新体系，研发以辐射制冷为代表的终端低碳产品和CO₂资源化关键新技术，建立海岸带碳循环研究新范式，形成服务于区域协同发展、低碳城市建设、空间格局优化的学科方向新增长点，服务于社会应用，支撑国家形成并实施碳中和综合战略和对策。

三、资助计划与注意事项

1. 为确保实现总体科学目标，要求申请项目的研究内容符合本指南要求，围绕“GeoX”跨一级学科开展交叉创新，以“原创性”“突破性”“颠覆性”为导向，提炼基础科学问题，开展创新研究。

2. 对于有较好研究基础和积累、有明确重要科学问题需要进一步深入系统研究、体现“GeoX”学科交叉特征的申请，将以重点项目的方式予以资助。本年度拟资助重点项目 5 项，资助强度约 100 万元/项。重点支持项目需经前沿科学中心“三循环一系统一中和”五大研究方向首席科学家推荐，申请书中附推荐信。申请人具有高级职称，年龄一般不超过 45 岁。

3. 对于有较好创新性研究思路或较好苗头但尚需一段时间探索研究的申请，将以培育项目方式予以资助。鼓励“GeoX 奇思妙想”式的探索性研究，体现地球科学与其他不同学科间的强交叉、广交叉、深交叉。本年度拟资助培育项目 15-20 项，资助强度约 10-30 万元/项。申请人职称不限，年龄一般不超过 40 岁，鼓励科研助理和博士后系列，以及在读博士研究生申请。

4. 申请人在申请书“项目意义”部分，需说明申请符合本项目指南中的资助研究方向并注明相应的研究方向名称（建议在正文第一句明确写明），同时说明所申请项目对解决本研究计划核心科学问题、实现本研究计划科学目标的贡献。

5. 曾获前沿科学中心科研项目资助再次申请人需说明项目完成情况，包括研究进展及与本申请项目的区别与联系等，附项目研究工作总结摘要和相关成果详细目录。
6. 执行期一般为三年，择优滚动支持。
7. 本指南解释在关键地球物质循环前沿科学中心（cemac@nju.edu.cn）。

关键地球物质循环前沿科学中心

2023年4月