**2021年度国家自然科学基金专项项目指南**

**——面向国家碳中和的重大基础科学问题与对策**

　　2020年9月22日，习近平主席在第七十五届联合国大会一般性辩论上承诺，中国力争于2030年前达到CO2排放峰值，努力争取2060年前实现碳中和。中国的碳达峰与碳中和战略，不仅是全球气候治理、保护地球家园、构建人类命运共同体的重大需求，也是中国高质量发展、生态文明建设和生态环境综合治理的内在需求。碳中和战略涉及深度社会经济发展转型，以期实现低碳甚至零碳排放和基于技术变革的增汇目标，是面向可持续发展的重大机遇。为满足国家实施碳中和战略对基础科学研究的需求，充分发挥国家自然科学基金的基础性、科学性和前瞻性优势，促进地球科学与管理科学的融合创新，国家自然科学基金委员会地球科学部和管理科学部联合启动“面向国家碳中和的重大基础科学问题与对策”专项项目，拟针对国家碳中和的重大基础科学问题与对策开展专项资助工作。

**一、科学目标**

　　围绕“减排”和“增汇”这两条实现国家碳中和战略的根本路径，本专项项目旨在系统揭示海洋和陆地碳汇格局、过程机制、演化趋势及其与气候系统的互馈机理，阐明地质碳封存过程机制、固碳功效、增汇潜力、技术风险与管理模式，剖析经济转型、路径优化、气候治理、国际合作等碳中和管理与政策问题，通过学科交叉融合研究，凝练关键基础科学问题并提出解决方案，服务于国家碳中和战略。本专项项目鼓励自然科学与管理政策研究团队联合攻关，突破学科间屏障，面向国家碳中和战略解决基础性和前瞻性的重大科学问题。

**二、拟资助研究方向**

　　（一）中国海生态系统碳汇格局、清单及不确定性（申请代码1选择地球科学部D下属代码）

　　集成现场观测和卫星遥感数据，结合数值模拟等技术手段，系统评估中国海生态系统主要碳库时空变化，揭示渤海、黄海、东海和南海等主要中国近海系统的碳源汇格局，降低其评估的不确定性，提供中国区域高时空分辨率的海洋碳收支清单。

　　（二）中国海生态系统固碳关键过程与调控机制（申请代码1选择地球科学部D下属代码）

　　集成分析历史观测数据，深入研究我国邻近海域典型生态系统结构和碳汇功能的关系，揭示海水碳酸盐体系、浮游植物初级生产过程、群落净生产和浮游动物传递等关键碳汇过程的调控机制，甄别自然和人类活动对碳汇的影响，厘清暖化和富营养化等环境变化对生态系统碳汇功能的影响。

　　（三）海洋微型生物驱动与耦合的综合负排放机理（申请代码1选择地球科学部D下属代码）

　　通过学科交叉同步研究微型生物代谢驱动的碳、氮、硫循环过程，从分子、基因水平到种群、生态系统水平上阐释微型生物碳泵与无机碳汇的协同作用机理，探究微型生物碳泵驱动与耦合的有机碳-自生碳酸盐联合负排放路径，从实验观测到数值模拟建立微生物驱动的碳、氮、硫循环与碳汇耦合关系，实现海洋负排放机理上的突破，为碳中和目标提供海洋负排放的创新性理论和技术储备。

　　（四）中国陆地生态系统碳库现存量及其不确定性（申请代码1选择地球科学部D下属代码）

　　系统地评估2010-2020年间中国森林、草地、农田、湿地和内陆水体生态系统的全组分碳库的现存量、空间变异特征及其影响因素；量化地上植被、地下植被、土壤、凋落物碳库组分及其关系；评估碳库的现存量与容量，揭示碳库的稳定性以及估算的不确定性，凝练提出碳储量评估及其不确定性量化的方法体系。

　　（五）中国陆地生态系统固碳速率及其不确定性、稳定性和持续性（申请代码1选择地球科学部D下属代码）

　　基于长期调查样地、通量观测、多模型比对、多源数据整合等途径，定量分析森林、草地、农田、荒漠、湿地、内陆水体等类型陆地生态系统的固碳速率，以及以县、市、省等行政区划为主体的固碳速率，分析不同体系下固碳速率的不确定性；定量揭示中国陆地生态系统固碳速率的时空变异特征、影响因素和调控途径；评估碳汇功能的稳定性和持续性。

　　（六）中国陆地生态系统碳固持与碳汇功能的关键过程与调控机制（申请代码1选择地球科学部D下属代码）

　　研究土壤有机碳库关键属性的空间分布规律特征，解析森林、草地、农田、荒漠、湿地、内陆水体等类型生态系统土壤有机碳库的形成与稳定机制；研究主要生态系统类型土壤碳库关键属性和土壤碳转化的关键过程对全球变化的响应及其生物与非生物机制；探究植物及土壤微生物群落对土壤有机质稳定性的影响机制。

　　（七）中国陆地生态系统增汇潜力及风险评估（申请代码1选择地球科学部D下属代码）

　　根据不同的气候变化和大气沉降情景，结合我国重大生态工程及各类人为管理措施等，探讨不同时期、不同排放情境下的增汇潜力，量化气候变化和人为活动各分量对生态系统增汇潜力的贡献，在充分考虑固碳速率（动态特征）、稳定性、持续性的基础上，提出陆地生态系统增汇的系统管理优化方案。

　　（八）中国区域岩溶碳汇机理、清单及增汇潜力（申请代码1选择地球科学部D下属代码）

　　集成分析岩溶系统监测数据，发展新型融合观测系统，研究其中的碳循环过程与机理，建立岩溶碳汇算法，量化我国岩溶碳汇清单，评估岩溶碳汇速率与稳定性；研究微生物、碳酸苷酶、土地利用形式等对岩溶形成及碳汇的影响，探索通过人工干预加速岩溶碳汇的方法与途径，并评估其潜力。

　　（九）CO2封存的地质体结构透明化表征方法与埋存场地选址（申请代码1选择地球科学部D下属代码）

　　开展区域地质调查和工程地质勘察，进行多尺度地质结构观测，进行地表水/地下水物理化学力学性质测试，建立多尺度三维地质结构模型和水文地质结构精细化模型，开展数据挖掘、人工智能与大数据分析，建立CO2地质封存潜力评价指标体系。

　　（十）深地CO2封存多相流体与地质体的长时耦合作用（申请代码1选择地球科学部D下属代码）

　　建立真三向应力状态下CO2注入-运移-封存全周期过程中储层孔隙率-渗透率演化机制；揭示CO2-咸水-岩层耦合作用下储层孔隙力学长期变形规律以及时效致裂机理；建立渗透-化学-力学耦合作用下盖层岩体的真三向破坏准则及强度理论，揭示CO2聚集压力下盖层岩体时效损伤变形规律以及渐进式破坏机理。

　　（十一）去碳目标导向的CO2驱油与埋存的关键理论与技术（申请代码1选择地球科学部D下属代码）

　　研究适应不同类型地质封存需求的烟气净化和CO2捕集原理，分析高含水油藏开发历程对渗流、封存效率和封存安全性的影响规律，阐明高含水油藏中CO2-水-油-岩的微观相互作用，揭示高含水油藏封存CO2后流体重新分布及长期封存机制。

　　（十二）CO2地质封存潜力与资源协同方法（申请代码1选择地球科学部D下属代码）

　　构建区域尺度地质结构时空数据，量化不同区域的潜在碳封存储层及能力，探讨不同区域工业CO2排放源与区域碳封存能力的匹配性问题，揭示不同区域生物质能源、水资源、清洁能源等资源与碳封存的协同性。

　　（十三）地质碳封存安全与风险（申请代码1选择地球科学部D下属代码）

　　开展CO2-咸水物理化学作用下盖层渗漏破坏试验与模拟研究，揭示非纯CO2-咸水作用下盖层密闭性与力学特性演化机理，建立考虑储层密闭性及盖层突破性的力学稳定性评价方法；开展物理和化学两种捕获方式下多尺度地质结构劣化试验，建立断层活化判据，建立封存CO2后的监测方法，评价封存CO2后的长期封存机制、泄露风险和引发地质灾害的潜在风险。

　　（十四）中国海岸带生态系统碳汇格局、清单及潜力（申请代码1选择地球科学部D下属代码）

　　结合长期样地、通量观测、遥感监测、模型模拟等技术手段，构建红树林、盐沼、海草床等中国海岸带典型生态系统碳储量与碳通量的评估体系，阐明气候变化与人类活动影响下碳储量与碳通量的时空格局、演变规律及演化特征，揭示碳汇关键过程与调控机制，提供碳收支清单及不确定性，评估碳库稳定性、碳汇可持续性及潜力。

　　（十五）中国河流-河口-近海连续体碳交换与循环（申请代码1选择地球科学部D下属代码）

　　结合长期观测、遥感分析与模型模拟，厘清中国主要河流-河口-近海连续体的多界面碳传输通量特征，揭示碳传输的关键过程与调控机制，阐明气候变化与人类活动双重压力下河流-河口-近海碳交换的演变规律及其对海洋与陆地碳收支的影响。

　　（十六）陆海统筹下的中国海岸带生态系统保护修复与固碳增汇协同增效（申请代码1选择地球科学部D下属代码）

　　构建和发展陆海统筹下的中国海岸带生态系统固碳增汇的基础理论，研发红树林、盐沼、海草床等典型海岸带生态系统的增汇措施与关键技术，探索兼顾生态系统保护修复与固碳增汇的协同增效途径，评估不同增汇措施与技术实施的潜在风险，提出面向碳中和的海岸带生态系统保护修复的最优化管理方案。

　　（十七）区域碳循环过程与区域地球系统模式（申请代码1选择地球科学部D下属代码）

　　研发或优化包含碳循环过程的区域海陆气耦合的理论方法与关键技术，发展适用于中国区域海陆气耦合的区域地球系统模式；研究未来气候变化情景下东亚区域海洋和陆地生态系统碳循环及其与气候系统的互馈作用，阐明海陆气耦合对海洋和陆地生态系统碳源汇的影响。

　　（十八）中国碳中和行动有效性监测评估（申请代码1选择地球科学部D下属代码）

　　充分融合观察数据与数值模式，研究碳中和行动有效性监测评估的关键科学与技术，开展中国区域碳中和行动有效性监测评估，支撑碳收支盘点工作；开发碳同化系统、甄别自然与人为碳排放等关键措施与技术，评价不同碳中和路径的不确定性。

　　（十九）碳中和路径下的中国区域气候系统动力学（申请代码1选择地球科学部D下属代码）

　　从气候系统对温室气体强迫的快慢响应、反馈过程和气候敏感度等方面，揭示碳中和目标下中国区域气候系统的变化、不确定性以及关键的动力过程；研发能够有效减少模式预估不确定性的“涌现约束”方法，提高碳中和目标下东亚地区气候变化的预估可靠性，量化气候均态和极端事件等关键指标的变化和空间分布特征；评估碳中和政策在减缓增温、减轻气候灾害等方面的有效性；评估我国生态工程的碳汇作用及其气候影响。

　　（二十）面向不同碳中和路径下的自然生态系统碳汇演化集成研究（申请代码1选择地球科学部D下属代码）

　　探讨中国实现碳中和愿景的动态路径和技术途径，核算不同人为生态工程及管理措施对自然生态系统碳汇的影响潜力，基于不同的碳中和路径评价不同的管理体系对自然生态系统增汇的有效性、可行性以及经济性，提出自然生态系统增汇新技术方法和政策理论体系。

　　（二十一）面向碳中和的经济转型模式构建研究（申请代码1选择管理科学部G下属代码）

　　研究碳中和愿景与长期经济增长的相关影响；2030年前碳达峰和2060年碳中和愿景下经济结构形态演变特征和动力机制；碳中和愿景下的经济转型成本；碳中和愿景下的企业技术创新模式；研究进出口贸易对我国碳中和路径的影响；发展适合中国国情的碳中和经济学理论。

　　（二十二）面向碳中和的能源革命路径研究（申请代码1选择管理科学部G下属代码）

　　研究碳中和愿景下颠覆性能源系统技术与结构特征；碳中和愿景下能源系统形态动态演化过程、驱动机制和管理理论；基于大数据的能源系统复杂性建模方法；高比例可再生能源下的电力系统安全运行管理理论与方法；颠覆性能源技术和碳移除（CDR）技术在实现碳中和目标中的作用和发展路线图。

　　（二十三）重点行业和领域碳达峰、碳中和路径优化研究（申请代码1选择管理科学部G下属代码）

　　研究钢铁、水泥、石化等重点行业和交通、建筑等关键领域实现碳达峰和碳中和目标的主要障碍、技术措施、转型成本和优化路径；研究数字经济发展战略和乡村振兴战略对我国碳中和路径的影响；从物质流动和供给-需求系统的角度，综合分析主要行业和领域低碳发展的系统路径。

　　（二十四）碳达峰、碳中和区域协同路径优化研究（申请代码1选择管理科学部G下属代码）

　　研究自上而下与自下而上相结合的全国分区域碳中和路径评价理论和方法体系；碳中和愿景下我国分区域能源结构和产业结构转型的特征和驱动机制；全国重点产业空间布局特征对于区域和全国碳中和路径的影响机制；建立省级尺度的全国能源经济综合评估模型体系，识别实现碳达峰和碳中和目标的区域协同优化路径；选择京津冀、长三角、粤港澳、西部等区域开展碳中和先行示范区案例研究。

　　（二十五）面向碳中和的环境协同治理研究（申请代码1选择管理科学部G下属代码）

　　研究碳中和愿景下碳排放与大气污染物排放协同治理的模式与机制；研究不同区域碳中和路径对于大气污染物排放影响机制；研究不同碳中和路径下的空气质量空间格局特征、人群暴露风险特征和协同效益；研究碳中和与水污染、土壤污染治理的协同路径；研究碳中和路径下的中国分区域生态环境承载力；研究碳排放和非二氧化碳温室气体排放治理的协同路径。

　　（二十六）面向碳中和的国家气候治理体系研究（申请代码1选择管理科学部G下属代码）

　　研究面向碳中和愿景的法律法规体系创新；研究碳中和愿景下行业、地方碳排放总量控制的制度安排和协调机制；研究碳中和愿景下不同政策的交互影响；面向碳中和的政策工具创新和评估方法研究；碳汇体系建设与低碳消费模式对碳中和的贡献与激励机制研究；企业碳中和管理方法和激励机制研究；建立国家碳达峰、碳中和转型监测与战略决策支撑系统。

　　（二十七）面向碳中和的国际气候合作研究（申请代码1选择管理科学部G下属代码）

　　开展世界主要国家碳中和愿景比较和对我国的借鉴研究；面向全球碳中和的市场和非市场合作机制研究；研究基于算法的全球碳排放数据报告与核算理论和方法；研究国际碳定价机制链接和合作对我国和全球实现碳中和愿景中的贡献和影响；提出我国深入参与并引领国际气候合作机制构建的战略和策略。

　　（二十八）碳中和路径与对策综合研究（申请代码1选择管理科学部G下属代码）

　　综合运用管理科学、自然科学等相关领域的研究成果，建立由科学理论与技术支撑的碳中和路径决策系统，识别和探索在不同自然生态系统碳汇演化情景下的最优行动方案，支撑国家形成并实施碳中和综合战略和对策。

**三、项目遴选的基本原则**

　　除撰写提纲要求外，申请书内容还须体现如下几个方面：（1）申请项目为实现总体科学目标的贡献；（2）针对本项目指南中研究方向拟重点突破的科学问题、达到的研究目标或技术指标；（3）为实现总体科学目标和满足多学科集成需要，申请人应承诺在研究材料、基础数据和实验平台上的项目集群共享。

**四、资助计划**

　　本专项项目资助期限为4年，申请书中的研究期限应填写“2022年1月1日-2025年12月31日”，拟在每个研究方向资助1项，共资助28项，直接费用平均资助强度约300万元/项。其中，研究方向（二十）和（二十八）的集成项目资助强度可略高于平均资助强度。

**五、申请要求及注意事项**

　　（一）申请条件

　　本专项项目申请人应当具备以下条件：

　　1. 具有承担基础研究课题的经历；

　　2. 具有高级专业技术职务（职称）；

　　在站博士后研究人员、正在攻读研究生学位以及无工作单位或者所在单位不是依托单位的人员不得作为申请人进行申请。

　　（二）限项申请规定

　　1.本专项项目申请时不计入高级专业技术职务（职称）人员申请和承担总数2项的范围；正式接收申请到国家自然科学基金委员会作出资助与否决定之前，以及获得资助后，计入高级专业技术职务（职称）人员申请和承担总数2项的范围。

　　2.申请人和参与者只能申请或参与申请1项本专项项目。

　　3.申请人同年只能申请1项专项项目中的研究项目。

　　（三）申请注意事项

　　1.申请接收时间为2021年5月20日-2021年5月31日。

　　2.本专项项目申请书采用在线方式撰写。对申请人具体要求如下：

　　（1）申请人在填报申请书前，应当认真阅读本项目指南和《2021年度国家自然科学基金项目指南》的相关内容，不符合项目指南和相关要求的申请项目不予受理。

　　（2）本专项项目旨在紧密围绕核心科学问题，将对多学科相关研究进行战略性的方向引导和优势整合，成为一个专项项目集群。申请人应根据本专项拟解决的具体科学问题和项目指南公布的拟资助研究方向，自行拟定项目名称、科学目标、研究内容、技术路线和相应的研究经费等。

　　（3）申请人登录科学基金网络信息系统https://isisn.nsfc.gov.cn/（没有系统账号的申请人请向依托单位基金管理联系人申请开户），按照撰写提纲及相关要求撰写申请书。

　　（4）申请书中的资助类别选择“专项项目”，亚类说明选择“研究项目”，附注说明选择“科学部综合研究项目”。申请代码1应按照拟资助研究方向后标明的申请代码要求选择地球科学部或管理科学部相应的申请代码。**以上选择不准确或未选择的项目申请不予受理。**申请项目名称可以不同于拟资助研究方向下列出的研究内容名称，但应属该内容所辖之内的研究领域。

　　其中，管理科学部不受理如下申请人的项目申请：（i）作为项目负责人近5年（2016年1月1日后）已经获得国家社科基金资助，但在本项目申请截止日期前，尚未获得全国哲学社会科学工作办公室颁发的《结项证书》者。若已获得《结项证书》，申请人必须在申请书后附《结项证书》复印件，并在复印件上加盖依托单位法人公章。（ii）2021年作为负责人申请国家社科基金项目者。

　　（5）每个专项项目的依托单位和合作研究单位数合计不得超过3个；主要参与者必须是项目的实际贡献者。

　　（6）申请人应当按照专项项目申请书的撰写提纲撰写申请书，**请在申请书正文开头注明“2021年度专项项目面向国家碳中和的重大基础科学问题与对策之研究方向：\*\*\*（按照上述28个拟资助研究方向之一填写）”**。申请书应突出有限目标和重点突破，明确对实现本专项总体目标和解决核心科学问题的贡献。

　　如果申请人已经承担与本专项项目相关的其他科技计划项目，应当在申请书正文的“研究基础与工作条件”部分论述申请项目与其他相关项目的区别与联系。

　　（7）申请人应当认真阅读《2021年度国家自然科学基金项目指南》申请规定中预算编报要求的内容，认真如实编报项目预算，依托单位要按照有关规定认真进行审核。

　　（8）本专项项目**实行无纸化申请**,申请人完成申请书撰写后，在线提交电子申请书及附件材料。依托单位只需在线确认电子申请书及附件材料，无须报送纸质申请书，但必须应在项目接收工作截止时间前（2021年5月31日16时）对本单位申请人所提交申请材料的真实性和完整性进行认真审核。项目获批准后，依托单位将申请书的纸质签字盖章页装订在《资助项目计划书》最后，在规定的时间内按要求一并提交。

　　3.本专项项目咨询方式：

　　（1）申请代码1属于地球科学部的专项项目

　　国家自然科学基金委员会地球科学部综合与战略规划处

　　联系电话：010-62327157

　　（2）申请代码1属于管理科学部的专项项目

　　国家自然科学基金委员会管理科学部综合与战略规划处

　　联系电话：010-62326898

　　（四）其他注意事项

　　1.为实现专项总体科学目标，获得资助的项目负责人应当承诺遵守相关数据和资料管理与共享的规定，项目执行过程中须关注与本专项其他项目之间的相互支撑关系。

　　2.为加强项目的学术交流，促进专项项目集群的形成和多学科交叉，本专项项目集群将设专项项目指导专家组和协调推进组，每年举办一次资助项目的年度学术交流会，并将不定期地组织相关领域的学术研讨会。获资助项目负责人必须参加上述学术交流活动，并认真开展学术交流。