

# 中国全球变化国家基础 Research 计划 (2011–2020)

徐冠华<sup>1</sup>, 葛全胜<sup>2\*</sup>, 方修琦<sup>3</sup>, 杨林生<sup>2</sup>, 程邦波<sup>2</sup>

1. 中华人民共和国科学技术部, 北京 100862; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 3. 北京师范大学地理学与遥感科学学院, 北京 100875

**摘 要:** 从 2011 年开始, 中国的全球变化研究从之前的各部委各自立项, 逐步过渡到国家统一协调部署。本文分“十二五”和“十三五”介绍了 2011 年以来中国实施全球变化国家基础 Research 计划的主要进展。“十二五”(2011–2015 年)期间, 中国全球变化研究在“全球变化研究国家重大科学 Research 计划”中, 批准实施了 62 个项目, 总经费人民币 15.26 亿元。“十二五”期间的主要成果包括: (1) 在以下 5 个方面的研究取得一系列创新性成果: 全球变化的事实、过程和机理; 人类活动对全球变化的影响; 全球变化的影响及适应; 综合观测和数据集成; 地球系统模式等; (2) 国际学术影响力显著提高; (3) 有力服务于国家重大需求; (4) 基础 Research 能力明显提高。“十三五”(2016–2020 年)期间, 中国全球变化国家基础 Research 计划更名为国家重点研发计划“全球变化与应对”重点专项, 并根据国家需求和国际进展, 将研究任务调整为 5 个方向: (1) 全球变化综合观测、数据同化与大数据平台建设及应用; (2) 全球变化事实、关键过程和动力学机制; (3) 地球系统模式研发、预测和预估; (4) 全球变化影响与风险评估; (5) 减缓和适应全球变化与可持续转型研究。其中 2016 年已批准实施 29 个项目, 资助经费人民币 5.7 亿元。

**关键词:** 中国; 全球变化; 基础 Research 计划; “十二五”; “十三五”

**DOI:**10.3974/geodp.2017.01.04

## 1 前言

全球变化是指由自然和人文因素引起的、地表环境及地球系统功能在全球尺度上的变化<sup>[1]</sup>。全球变化已经并将持续影响人类的生存和发展, 成为当今世界各国和社会各界关注的重大科技、政治、经济, 甚至外交问题。

妥善应对全球变化, 离不开科学研究的支撑, 全球变化因而成为地球科学最活跃的研究领域之一。国际全球变化研究始于 20 世纪 80 年代, 由多个国际科学 Research 计划引领, 当前主要以 2012 年国际科学理事会 (ICSU)、国际社会科学理事会 (ISSC) 等多家国际组织联合发起的“未来地球计划 (Future Earth)” (2014–2023)<sup>[2]</sup>主导。欧、美等发达国家凭借其雄厚的经济、科技实力, 设立了本国的全球变化研究计划, 如: 美国自 1989 年制定国家全球变化研究计划 (USGCRP) 以来, 持续将全球变化作为优先支持的研究领域<sup>[3]</sup>。这些

收稿日期: 2016-09-20; 修订日期: 2017-01-15; 出版日期: 2017-03-25

\*通讯作者: 葛全胜 A-4129-2017, 中国科学院地理科学与资源研究所, geqs@igsnrr.ac.cn

作者 ID: 徐冠华 A-4127-2017, 葛全胜 A-4129-2017, 方修琦 A-3191-2017, 杨林生 H-4326-2011, 程邦波 A-3184-2017

引用格式: 徐冠华, 葛全胜, 方修琦等. 中国全球变化国家基础 Research 计划 (2011–2020) [J]. 全球变化数据学报, 2017, 1(1): 16–26. DOI: 10.3974/geodp.2017.01.04.

国际（国家）研究计划对全球变化研究予以持续的关注与支持，不断地影响着国际全球变化研究的进程。中国要在地球科学和应对全球气候变化国际事务中发挥更大作用，需要拥有世界领先的科研成果。

中国是世界上较早开展全球变化研究的国家之一。20 世纪 80 年代以来，中国积极参与了国际全球变化研究计划的酝酿、组织和实施全过程。中国于 2005 年制定的《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020 年）》将“全球变化与区域响应”列为面向国家重大战略需求基础研究 10 个方向之一。国家重点基础研究发展计划（973 计划）、国家高技术研究发展计划（863 计划）、国家科技支撑计划、国家国际科学合作计划、国家自然科学基金，以及中国科学院、教育部等部门，支持了一大批全球变化研究项目，有力推动了中国全球变化研究的发展<sup>[4]</sup>。

为大幅度提升中国全球变化研究领域观测、分析、和模拟能力，取得国际学术界公认的重大成果，为国家参与全球气候治理及国际气候谈判、应对全球变化给中国经济社会带来的影响、为实现可持续发展提供科学支撑，在中国全球变化研究 30 年来成果基础上，根据《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020 年）》提出的指导方针和确定的重点领域，国家科技部于 2009 年组织专家，就中国未来全球变化研究战略进行研讨，完成了《中国全球变化战略研究报告》<sup>[4]</sup>，并从 2010 年起组织实施中国“全球变化研究国家重大科学研究计划”。进入“十三五”后，随着国家科技项目管理和组织形式的变化，该计划发展为国家重点研发计划“全球变化及应对”重点专项，继续推动中国全球变化的综合研究。

## 2 “十二五”期间中国“全球变化研究国家重大科学研究计划”实施情况

基于 2009 年发布的《中国全球变化战略研究报告》，科技部于 2011 年启动了“全球变化研究国家重大科学研究计划”（以下简称“全球变化重大计划”）<sup>[5]</sup>。

### 2.1 目标

“十二五”期间实施全球变化重大计划的目标是：在若干全球变化关键科学问题上取得突破性进展，大幅度提升中国在全球变化研究领域的国际地位和自主创新能力；为中国建设生态文明、减少温室气体排放、参加国际气候变化谈判等提供基础科学支撑；显著提升中国全球变化科学研究能力，提高中国全球变化观（监）测与数据获取、管理、共享水平；发展具有国际先进水平的地球系统模式和高分辨气候系统模式；建立全球变化研究国家基地；扩大全球变化研究国际合作；培育若干国际一流的全球变化研究团队。

### 2.2 主要研究任务

全球变化重大计划共部署了五个方向的研究任务，分别是：

（1）全球变化的事实、过程和机理研究。主要包括：全球气候变化的事实、成因及多尺度相互作用；海陆气相互作用的过程与机理及其与全球气候的关系；气候系统的敏感性、突变及其变化的可预报性；全球变化敏感区的气候与环境变化规律及其预测；日地关系、

地球深部过程对全球变化的影响。

（2）人类活动对全球变化的影响研究。主要包括：全球温室气体排放、碳转移检（监）测技术体系；大尺度土地及近海利用变化对全球变化的影响；人为气溶胶排放对全球变化的影响；人类活动对 20 世纪全球增暖的影响。

（3）全球变化的影响及适应研究。主要包括：生物圈结构和功能对气候变化的响应与调控；冰冻圈的变化及其影响；气候变化对水资源和海洋环境的影响及人类适应途径；极端天气气候事件演变规律、影响与适应；全球变化对粮食安全和人类健康的影响与适应；全球变化经济学、地球系统管理与综合风险防范；地球系统适应全球变化的弹性与阈值。

（4）综合观测和数据集成研究。主要包括：全球变化关键参数和过程的综合观（监）测；高精度遥感原理研究和星机地观测资料的校准；多源观测数据的质量控制、同化、融合与集成及共享机制。

（5）地球系统模式研究。主要包括：高分辨率气候系统模式的研发与应用；地球系统模式的研发与应用；近地空间环境模式和固体地球模式研发与应用；地球系统模式的支撑环境研发。

2.3 项目部署情况

“十二五”期间，全球变化重大计划共执行 62 个项目（包括 1 个针对重大科学问题组织的项目群和 4 个培育人才的青年科学家项目），国拨经费 15.26 亿元<sup>[6]</sup>。项目部署、第一承担单位及经费分解列于表 1 和表 2。

表 1 “十二五”期间全球变化重大计划项目部署统计表

研究方向		项目		经费	
		个数	所占百分比（%）	额度（亿元）	所占百分比（%）
1	全球变化的事实、过程和机理研究	32	51.5	7.73	50.5
2	人类活动对全球变化的影响研究	4	6.5	1.02	6.7
3	全球变化的影响和适应研究	18	29.0	4.44	29.1
4	综合观测和数据集成研究	4	6.5	1.00	6.6
5	地球系统模式研究	4	6.5	1.08	7.1
总计		62	100	15.27	100

表 2 “十二五”期间全球变化重大计划第一承担单位统计表

第一承担单位隶属		项目		经费	
		个数	所占百分比（%）	额度（亿元）	所占百分比（%）
1	教育部系统单位（高校）	28	45.2	6.75	43.2
2	中国科学院所属研究所	27	43.5	6.59	44.2
3	国家其他委办局系统单位	7	11.3	1.92	12.6
总计		62	100.0	15.26	100.0

3 全球变化研究国家重大科学研究计划实施成效

“十二五”期间执行的全球变化重大计划，全面推动了中国全球变化基础科学研究的发展，在若干全球变化关键科学问题上取得了突破性进展，大幅度提升了中国在全球变化研究领域的自主创新能力和国际地位，为中国制订有效应对全球变化的战略和政策、参与全球气候治理及国际气候谈判等重大国家需求提供了科学支撑，实现了“十二五”预期目标。

3.1 创新性成果

“十二五”期间，通过实施全球变化重大科技研究计划，中国在国际地球系统科学和全球变化前沿领域及关键科学问题上取得一批原创、为国际同行广泛认同的重大成果。其中包括：中国在过去气候变化重建、青藏高原-亚洲季风-西太平洋-印度洋区域地球系统动力学和陆地生态系统碳收支等领域的研究优势得到进一步巩固和加强；在全球碳循环和能量及水循环主导的地球系统过程与机制、全球变化经济学与全球变化的减缓和适应等国际前沿领域形成了新的增长点；在新一代地球系统模型开发、数据同化、全球变化卫星及对地观测技术的推广和应用等方面取得了显著的进步。“十二五”期间结题的项目累计发表 SCI 检索论文 4,000 余篇（各研究方向项目发表 SCI 论文百分比见图 1）。若将“十二五”期间立项、“十三五”期间结题的项目成果考虑在内，预计 62 个项目发表 SCI 检索论文总数将达 8,500 篇左右。部分成果在 *Science*、*Nature* 等国际权威期刊发表或得到专题报道，受到国际同行的关注，产生了明显的国际影响，实现了研究论文数量和质量“双丰收”。根据已结题项目的总结和专家意见，各研究方向的代表性成果如下。

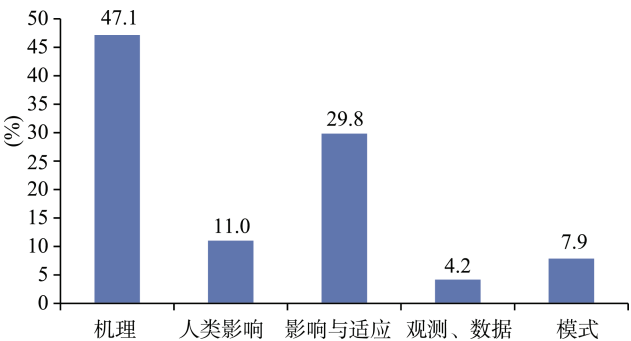


图 1 各研究方向项目发表 SCI 论文百分比分布

(1) 全球变化的事实、过程和机理研究

在全球变化的事实、过程和机理研究方向，中国的研究深化了科技界对 20 世纪暖期的历史地位及其成因机制的认识。在轨道和亚轨道尺度上，过去发生的全球增温均有利于季风区降水的增加，轨道尺度的季风变化包含低纬日照量分量（南北两半球反相位）和冰期-间冰期分量（南北两半球同相位），后者亦受两极冰盖不对称演化的影响，与轨道参数配置相关的两极冰盖不对称演化可能有利于当前北半球温暖间冰期气候的持续<sup>[7]</sup>。过去 2,000 年中曾出现过与 20 世纪温暖程度相仿的暖期，但 20 世纪气候增暖在北半球几乎同步，而中世纪增暖在空间上则存在幅度和位相差异，中世纪全球增暖主要受太阳短波辐射变化影

响（海洋恒温机制），20 世纪的全球增暖则主要受温室气体控制（大气稳定机制）<sup>[8]</sup>。

中国的研究揭示了亚洲区域海陆气相互作用对全球变化及东亚季风影响的可预报性，进一步论证了青藏高原热力效应对亚洲季风变化的影响。发现全球变暖背景下热带东太平洋海温存在长期变冷的冷舌模态，提出了冷舌模态对 ENSO 型态影响的动力学理论模型—SST 传播的障碍理论，即冷舌模态抑制东部增暖，产生中部型 El Niño。发现了 Hadley 环流的年代际变化主模态，阐明热带印度洋-西太海温是热带大气环流年代际变化的重要驱动器，是全球尺度副热带干旱的重要调控器。认为整个亚洲夏季风是受海陆分布和大地形的热力作用所调控，其中南亚夏季风的南支主要受海陆分布影响，南亚夏季风的北支受亚洲大地形的热力作用影响，而东亚季风则受到海陆分布和亚洲大地形热力作用的共同影响<sup>[9]</sup>。

中国的研究构建了全球变暖背景下海洋增暖不均匀性动力学的理论框架，对全球变暖背景下热带降水变化分布的国际争论提出了统一解释。在全球变暖下，海温分布型将在赤道地区引起上升运动异常，而在两侧形成下沉运动异常，这一影响常年保持不变；同时，气候平均的上升运动将全球变暖下更湿的大气抬升引起降水增加，这一影响是南北摆动的。气候态降水作为年平均和季节异常的和表现为“湿→更湿”和“暖→更湿”的共同影响，二者共同影响了全球变暖下降水的变化<sup>[10]</sup>。

## （2）人类活动对全球变化的影响研究

在人类活动对全球变化的影响研究方向，中国的研究完成了迄今对全球森林碳收支最为全面的评估。1990-2007 年，全球森林是一个显著的碳汇，每年固定约 4.0 Pg C（1 Pg=10<sup>15</sup> g），相当于同期化石燃料碳排放的一半，而因热带毁林等人为活动导致约 2.9 Pg C 的排放，全球森林每年实际净固定约 1.1 Pg C；1977-2008 年，中国森林生物量碳汇 1,896 Tg C（1 Tg=10<sup>12</sup> g），年均增加 70.2 Tg C/a。20 世纪 70 年代末和 80 年代初种植的森林在近 10 年进入中年旺盛生长期，森林碳循环的所有组分（生物量碳、凋落物碳、木质残体及土壤有机碳）均表现为明显的碳汇，年总碳汇 186.7 Tg C/a，与美国森林碳汇强度相当<sup>[11]</sup>。

中国的全球变化研究模拟诊断了土地利用/覆盖变化（LUCC）对对流层气温及季风区气温年际变率的影响。LUCC 可导致对流层温度降低，其中东亚地区最显著的降温出现在春季和秋季，在对流层低层和中上层分别出现一个降温峰值；欧洲和北美地区显著的降温可以从对流层低层向上扩展到 300-400 hPa，最大降温出现在夏季的对流层低层，气温降低约 0.8 °C。LUCC 还显著地影响地表气温的年际变率，在秋季和冬季 LUCC 导致黄淮地区至贝加尔湖之间地区气温年际变率减弱，印度半岛和中南半岛地表气温年际变率增强<sup>[12]</sup>。

中国的全球变化研究定量评估了发达国家和发展中国家温室气体排放对于气候变化的历史责任，以及不同国家承诺减排对于减缓未来气候变暖的贡献，指出发达国家对减缓未来气候变化承诺的减排与其应该承担的历史责任不相符，如 1850-2005 年的全球变暖，发达国家的历史责任是 61%-63%，而发展中国家的历史责任是 37%-39%<sup>[13]</sup>。

## （3）全球变化的影响及适应研究

在全球变化的影响及适应研究方向，中国的研究构建了综合环境风险评估模型和综合风险防范“凝聚力模型”。综合环境风险评估模型解决了综合环境风险评估中量化、模拟与

预估的问题，据此编制了中国环境风险区划，揭示了中国环境风险东西分异的特点和在全球所处的地位。“凝聚力模型”系统综合了环境风险中的“脆弱性、恢复性、适应性”等概念，构建了以“凝聚力”为核心的环境风险协同适应与综合风险防范的基本理论框架，建立了协同放大、协同约束、协同分散和协同宽容四个基本的原理，并从理论上进行了推导和证明<sup>[14]</sup>。

中国的全球变化研究模拟分析了全球变暖对干旱区范围变化的影响。全球变暖将导致干旱区范围扩大，RCP8.5 and RCP4.5 情景下，干旱区扩张速率加大，可使全球陆地一半以上的区域到 21 世纪末成为干旱区，其结果将降低陆地碳汇并区域变暖增强。干旱程度增大、强化变暖和人口快速增长的共同作用将加剧干旱地区发展中国家土地退化和荒漠化的风险<sup>[15]</sup>。

中国的全球变化研究建立了全球变暖背景下中国东部夏季三类雨型预测概念新模型。20 世纪 70 年代末，在全球显著变暖的影响下，ENSO 和 NPO 等因子与中国夏季降水的关系发生了转变，导致传统三类预测模型的准确率下降。基于新的年代际气候背景，分析了中国东部夏季三类雨型新的前兆信号，发现前冬太平洋/北美型（PNA）遥相关在全球显著变暖的后一阶段与中国夏季雨型的关系加强，可以很好的判别Ⅱ类和Ⅲ类雨型，而前冬欧亚型（EU）遥相关是Ⅰ类雨型的显著前期信号。这项研究定义了有别于传统且适合中国夏季气候的 PNA 指数和 EU 指数，并新建了三类雨型的预测概念模型，该模型可以为未来汛期预测提供新的方法论<sup>[16]</sup>。

此外，中国学者利用古湖沼学和模拟手段提取了生态系统突变早期信号<sup>[17]</sup>，采用古湖沼和现代湖泊监测数据并结合模型分析，研究云南洱海富营养化过程中生态系统结构的转换特点，辨识湖泊生态系统突变的早期信号表征，揭示了在强烈干扰条件下，生态系统在突变前存在频繁波动特征，即 flickering 现象。该研究发展了湖泊生态系统突变早期信号表现形式的研究方法，为利用古湖沼学和模拟方法，开展复杂生态系统长期变化研究提供了新思路<sup>[17]</sup>。

#### （4）综合观测和数据集成研究

在综合观测和数据集成研究方向，中国学者建立了具有自主知识产权的全新的集成遥感反演-模型模拟-大气反演-陆气同化的陆地生态系统碳汇优化计算体系，开发了首套能同时优化生态系统碳通量和生态系统模型参数的全球碳同化系统，模拟并揭示了近 30 年全球不同区域陆地碳汇演变的特征及其驱动机制，明晰了 21 世纪以来中国的陆地碳汇强度与分布格局<sup>[18]</sup>。

中国构建了典型区域气溶胶地基遥感观测网络，开发了综合性的气溶胶地基观测与处理系统，发展了不破坏大气颗粒物自然存在状态的气溶胶成分遥感观测方法，建立了长时间序列历史卫星数据集和国产卫星气溶胶产品集；围绕京津唐地区开展了气溶胶大型综合观测实验，获取了天、空、地一体化的高精度多参数气溶胶综合观测数据；模拟分析了 20 世纪中国主要人为气溶胶浓度和直接辐射强迫的年代际变化<sup>[19]</sup>。

#### （5）地球系统模式研究

在地球系统模式研究方向，中国学者研发了全球高分辨率气候系统模式 BCC\_CSM2，

改进了模式中一些重要物理过程的参数化方案,模式性能得到明显提高,增强了对热带气旋、台风等中小尺度过程的模拟能力<sup>[20]</sup>。建立了全球植被生态系统动力学模式、气溶胶和大气化学模式、以碳氮循环为主的陆地和海洋生化过程模式,并形成完整的生态和环境系统模式的第一版本<sup>[21]</sup>。这些研究成果对东亚季风区的研究具有一定的优势,在全球模拟性能方面与国际先进的同类模式相当。

### 3.2 国际学术影响力显著提升

“十二五”期间所取得的科研成果,增强了中国在国际全球变化研究领域的参与程度,使中国在全球变化研究领域的国际地位与影响得到显著提高。

在政府间气候变化专门委员会(IPCC)科学评估工作中,中国作者的人数从第一次评估报告(FAR, 1990年出版)的7名增加到第五次评估报告(AR5, 2013–2014年出版)的43名,是IPCC作者人数最多的发展中国家;中国科学家在第三次至第五次评估报告(TAR、AR4和AR5)中连续三届代表发展中国家担任第一工作组(WGI)的联合主席;中国科学家撰写的论文被IPCCAR5引用近千篇,其中第一工作组(WGI)评估报告引用了约450篇,占总篇数的4.9%;由全球变化重大计划资助研制的地球系统模式和高分辨率气候模式参与了IPCC第五次评估报告(AR5)等气候变化模拟比较试验,取得了较大的国际影响。

全球变化重大计划有效地支撑了由中国发起的“综合风险防范计划(IRG)”。目前该科学计划已被“未来地球计划(FE)”确定为下一周期的核心计划之一。此外,在重大计划研究工作的支持下,中国承接了“气候变率及可预测性研究计划(CLIVAR)”国际计划办公室,中国学者成为国际过去全球变化计划2000年气候变化重建工作委员会亚洲2000年工作委员会(Asia2k Working Group, The 2k Network in PAGES)轮值主席;中国科学家发起创立的“海洋生物地球化学与碳汇论坛”被世界学术品牌美国“戈登科学前沿论坛”设立为永久论坛。目前,有多名重大计划项目组成员在国际学术组织和国际知名科技期刊担任重要职务。

### 3.3 服务国家重大需求方面成效显著

全球变化重大计划所取得的科研成果为中国在“十二五”期间制订全球变化国家战略和政策、参与全球气候治理及国际气候谈判等重大国家需求提供了科学支撑。具体表现在:

(1) 支撑了国家应对气候变化决策。除学术方面的国际影响外,一批成果为《第三次气候变化国家评估报告》、《中国极端天气气候事件和灾害风险管理与适应国家评估报告》等国家报告所引用,这些成果为国家应对全球变化战略决策提供了重要的科学支持。

(2) 全球变化科学研究中温室气体排放历史责任分析等研究成果被直接应用于中国应对气候变化国际谈判。如,有关“发达国家对减缓未来气候变化承诺的减排与其应该承担的历史责任不相符”的结论被中国政府代表团在联合国气候变化大会等各种多边、双边谈判磋商中多次引用,并反映在有关会议文件中,为《联合国气候变化框架公约》中“共同但有区别的责任”原则提供了科学依据,为中国参与国际气候谈判提供了科学支持。

（3）有关气候变化影响及风险的研究成果为相关行业和区域应对气候变化与实现可持续发展提供了重要的支撑。全球变化重大计划项目就气候变化背景下西北干旱区水资源与生态水文问题、黄淮海地区旱涝及其灾害风险评估、气候变化对中国粮食安全的影响等问题向有关部门提交了数十份咨询报告，引起了国家和社会各界的关注，其中部分得到国家领导人的批示，或被相关部门所采用和参考，在服务生产实践和提高应对气候风险能力方面发挥重要作用，并取得了显著的经济效益和社会效益。

（4）已有部分数据、分析方法、模型和数据同化技术应用到相关部门的具体业务中，提高了相关业务工作的能力。如基于时间尺度分离（年际、年代际）的降尺度预测方法所发展的模型，已应用到国家气候中心（NCC）业务预报平台，取得了较好的实际预测效果，为中国汛期降水预测提供了有力支撑；T106 中等分辨率气候系统模式 BCC\_CSM1.1(m)版本，已开发为国家气候中心第二代季节预测模式业务系统，在中国短期气候预测业务中发挥了重要作用；LAI 算法、用于卫星资料质量评估的频干扰（RFI）检测方法已经被应用在国家卫星气象中心的日常业务中。

### 3.4 基础研究能力明显增强

全球变化重大计划有力地促进了基础研究人才与团队建设，基地条件平台能力显著提高，具体表现在以下方面。

（1）中国在全球尺度数据集的建设方面取得了重大突破。通过全球变化数据的观测、挖掘与同化，形成了一定量的原创性、高质量的全球变化数据产品，得到国际同行的认同，数据共享水平显著提高。代表性的数据产品如：

在古气候重建数据产品方面，新建了 45 条（其中 23 条长度逾千年）全国及区域高分辨率（10 年或更高）的气候变化序列、8 条长达 2000 年的分辨率为 10 年的全国社会经济序列；集成重建的过去 1000 年的分辨率为年的北半球温度序列，是第一条为 IPCC 评估报告引用的中国学者所重建的序列。

在数据观测方面，建立了碳循环基准点（24 个基准点）测定网络，为建立和改良适合中国特点的碳收支模型提供了基本的校验参数；南海北部 18° N 断面的海洋大气综合观测，为更长时间尺度的海洋和气象科学研究积累了长时间序列的现场观测资料，形成了国际上具有重要影响的、中国自主实施的长期断面观测。

在卫星数据反演与同化方面，首次对中国的 FY-3A/B 微波温度计和湿度计的观测资料进行全面的质量评估，为中国 FY-3A 卫星资料的应用和新仪器的研发、改进提供了有力依据，为将中国 FY-3 卫星资料推向国际做出了重大贡献。

在全球尺度数据集方面，建立了全球植被结构数据产品（LAI、集聚度指数、林下植被反射率）、全球陆地碳源汇、中国人为源 CO<sub>2</sub> 排放清单等数据产品，受到高度关注；多尺度（中国-亚洲-全球）高时空分辨率的气溶胶排放清单数据集，被多个国际大型研究计划（MICS-Asia、EDGAR-HTAP 等）所采用。

（2）中国在全球变化模式研发方面取得显著进步。中国研制和发展了高分辨率气候模



式系统及其评估系统,建立了全球植被生态系统动力学模式、气溶胶和大气化学模式、以碳氮循环为主的陆地和海洋生化过程模式,并形成完整的生态和环境系统模式的第一版本。

(3) 基地建设和人才培养成效显著。全球变化重大计划 62 名项目首席科学家中,6 人为中国科学院或中国工程院院士,47 人为获得“杰青”、“千人”、“万人”、“百人”、“长江学者”等各类称号的人才,其中 16 位为新增选学术带头人(包括新增 3 位院士和 13 位杰出人才)。此外,依托全球变化重大计划,中国全球变化研究有关的重点实验室建设、仪器设备研发、数据等基础设施得到进一步改善和提高。中国科学院和多个高校还建立了全球变化协同创新中心、研究院等全球变化研究机构。这些研究单位成为中国全球变化研究高水平研究、高层次人才、高标准科研设施汇聚的主要科研基地。

#### 4 “十三五”(2016–2020 年)国家重点研发计划“全球变化及应对”重点专项

2015 年,根据《关于深化中央财政科技计划(专项、基金等)管理改革的方案》关于针对事关国计民生的重大社会公益性研究,以及事关产业核心竞争力、整体自主创新能力和国家安全的重大科学技术问题,整合现有科技计划,部署国家重点研发计划的要求,国家科技部会同教育部、中国气象局、国家海洋局、环保部,组织编写了《国家重点研发计划“全球变化及应对”重点专项实施方案》<sup>[22]</sup>。2016 年 3 月,科技部发布国家重点研发计划“全球变化及应对”重点专项(以下简称“全球变化重点专项”)2016 年度(即第一批)项目申报指南,标志着在全球变化研究国家重大科学研究计划“十二五”期间成功实施的基础上,全球变化重点专项从“十三五”开始承担起国家级全球变化基础研究计划的功能。

##### 4.1 全球变化重点专项的目标

全球变化重点专项的总体目标是:发挥优势,突出重点,整合资源,在全球变化领域若干关键科学问题上取得一批原创性的成果,增强多学科交叉研究能力,提升中国全球变化研究的竞争力和国际地位,为维护国家权益、实现可持续发展提供科学支撑。

其科学目标包括:在全球变化综合观测、数据同化与大数据分析,全球变化事实、关键过程和动力学机制,地球系统模式研发与预测预估,全球变化影响与风险评估,减缓和适应全球变化与可持续转型研究等若干领域取得一批原创性的、为国际同行广泛认同的重大进展,减少对全球变化过程、幅度、影响和风险认识的不确定性。

国家需求目标包括:为国家参与全球气候治理,实现 2030 年排放峰值目标,及评估和核查世界主要国家碳减排自主贡献率,开展生态文明建设,实施“一带一路”、新型城镇化等重大战略,促进社会经济可持续发展和转型提供强有力的科技支撑。

能力建设目标包括:全面提升中国多学科交叉的全球变化科学研究能力,形成一批具有国际影响力的全球变化研究数据集(库)和自主创新中国品牌的地球系统模式,建立完善地球系统综合模拟及实验模拟公共平台和全球变化大数据管理平台,实现设备、模型、软件与资料的高度共享,培育一批具有国际影响的高水平研究团队和中青年学术带头人。

##### 4.2 主要研究任务

基于中国全球变化研究 30 多年的发展成果,特别是全球变化研究国家重大科学研究计划“十二五”期间取得的重大进展,以及国际全球变化研究和国际气候谈判的新动向、新趋势,“十三五”全球变化重点专项部署了五个方向的研究任务。

(1) 全球变化综合观测、数据同化与大数据平台建设及应用。主要包括:关键过程和重要参数综合观(监)测及相关数据产品研发;数据同化和融合技术研究;大数据平台建设和集成分析。

(2) 全球变化事实、关键过程和动力学机制研究。主要包括:多尺度气候变化的检测(定量重建)与归因研究;陆地和海洋碳库、碳源汇变化与温室气体气候敏感性研究;地球系统能量与水循环过程及其气候环境效应研究;气溶胶-云-辐射过程及其与环境气候变化相互作用研究。

(3) 地球系统模式研发、预测和预估。要包括:高分辨率气候系统模式与无缝隙气候预测;地球系统模式研发、改进及气候变化数值模拟;地球系统模式通用耦合器及其公共软件平台研制;建立和发展高分辨率区域地球系统模式;地球系统模式与综合评估模型耦合模式系统研发和应用。

(4) 全球变化影响与风险评估。主要包括:全球变化对自然和人类社会系统影响的辨识;全球变化风险形成机制、模拟与评估。

(5) 减缓和适应全球变化与可持续转型研究。主要包括:全球变化经济学与影响综合评估模型研究;应对全球变化可持续性转型模式研究;应对全球变化国家战略的科学基础研究。

#### 4.3 项目部署情况

2016 年,全球变化重点专项围绕以上五个方向的主要任务,共立项支持了 29 个研究项目<sup>[23]</sup>,中央财政经费共支持约 5.7 亿元。2016 年 10 月,科技部发布了全球变化重点专项 2017 年度(即第二批)项目申报指南,围绕全球变化关键过程、机制和趋势,全球变化影响、风险、减缓和适应,数据产品及大数据集成分析,地球系统模式研制,国家、区域应对全球变化和可持续发展途径等方面继续部署项目,拟优先支持 25 个研究方向(每个方向拟支持 1-2 个项目),预计中央财政支持经费约 5.2 亿元。

### 5 展望

中国的全球变化研究以国际前沿和国家重大需求为导向。“十二五”期间,中国的全球变化研究实现了预期目标,大幅度提升了中国在全球变化研究领域的国际地位和自主创新能力。“十三五”的全球变化研究更强调面向国际前沿与国家需求、突出全球视野与原始创新、兼顾传统优势与新增长点、加强技术研发与平台建设、抓好顶层设计与资源整合。通过“十三五”全球变化重点专项的实施及未来国家对全球变化基础研究的持续支持,中国的全球变化及地球系统科学研究有望实现跨越式发展。中国在季风亚洲-西太平洋-印度洋区域地球系统动力学研究领域的国际领先地位将得到进一步增强,有望在地球系统过程与机制、全球变化的影响与风险、适应和减缓基础理论方面取得原创性突破,气候系统模式

模拟亚洲季风与西太平洋-印度洋海洋环境的水平将持续处于国际先进地位, 年代际预测能力有望得到显著提高, 在全球气候治理、风险评估、减缓与适应、可持续发展转型等方面满足国家需求的能力, 在监测、数据产品、研究基地、人才和团队等方面的水平都将得到大幅度提升。

## 参考文献

- [1] Steffen, W., Sanderson, A., Tyson, P. D., *et al.* Global Change and the Earth System: A Planet under Pressure [M]. Berlin: Springer, 2004.
- [2] Future Earth. Future earth initial design: report of the transition team [R]. Paris: International Council for Science (ICSU), 2013.
- [3] USGCRP. The national global change research plan 2012–2021: a strategic plan for the U.S. Global Change Research Program [R]. 2012.
- [4] 全球变化研究国家重大科学研究计划专家组编. 中国全球变化战略研究报告[R]. 2009.
- [5] 全球变化研究国家重大科学研究计划专家组编. 全球变化研究国家重大科学研究计划“十二五”专项规划[R]. 2012.
- [6] 全球变化研究国家重大科学研究计划专家组编. 全球变化研究国家重大科学研究计划“十二五”专项规划总结评估报告[R]. 2015.
- [7] 郭正堂, 羊向东, 陈发虎等. 末次冰盛期以来我国气候环境变化及人类适应[J]. 科学通报, 2014, 59: 2937–2939.
- [8] 葛全胜, 华中, 郑景云等. 过去 2000 年全球典型暖期的形成机制及其影响[J]. 科学通报, 2015, 60: 1727–1734.
- [9] 李建平, 任荣彩, 齐义泉等. 亚洲区域海-陆-气相互作用对全球和亚洲气候变化的作用研究进展[J]. 大气科学, 2013, 37 (2): 518–538.
- [10] Huang, P., Xie, S. P. Mechanisms of change in ENSO-induced tropical Pacific rainfall variability in a warming climate [J]. *Nature Geoscience*, 2015, 8: 922–927.
- [11] 方精云, 黄耀, 朱江玲等. 森林生态系统碳收支及其影响机制[J]. 中国基础科学, 2015, 17(3): 20–25.
- [12] 徐忠峰, 张炜月, 郭维栋. 大尺度土地利用变化对区域气温及其变率的影响[J]. 中国基础科学, 2015, 17 (5): 34–39.
- [13] Wei, T., Yang, S. L., Moore, J. C., *et al.* Developed and developing world responsibilities for historical climate change and CO<sub>2</sub> mitigation[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2012, 109(32): 12911–12915.
- [14] 史培军, 汪明, 胡小兵等. 社会-生态系统综合风险防范的凝聚力模式[J]. 地理学报, 2014, 69(6): 863–876.
- [15] Huang, J. P., Yum, H. P., Guan, X. D., *et al.* Accelerated dryland expansion under climate change [J]. *Nature Climate Change*, 2016, 6: 166–172.
- [16] Zhao, J. H., Feng, G. L. Reconstruction of Conceptual Prediction Model for the three rainfall patterns in the summer of eastern China under global warming [J]. *Science China: Earth Sciences*, 2014, 57: 3047–3061.
- [17] Wang, R., Dearing, J. A., Langdon, P. G., *et al.* Flickering gives early warning signals of a critical transition to a eutrophic lake state[J]. *Nature*, 2012, 492: 419–422.
- [18] “全球不同区域陆地生态系统碳源汇演变驱动机制与优化计算研究”(92010CB950700)项目报告[R].
- [19] 顾行发, 李正强, 李俊等. 多尺度综合观测中国区域气溶胶时空分布[J]. 遥感学报, 2014, 18(5): 1138.
- [20] 宇如聪. 高分辨率气候系统模式的研制与评估[J]. 中国基础科学, 2015, 17(2): 27–37.
- [21] “生态和环境过程模式的研制与改进”(2010CB951800)项目报告[R].
- [22] 国家重点研发计划“全球变化及应对”重点专项专家组编. 国家重点研发计划“全球变化及应对”重点专项实施方案[R]. 2016.
- [23] 科学技术部. 关于对国家重点研发计划“纳米科技”等 5 个重点专项 2016 年度项目安排进行公示的通知[R]. 2016. [http://service.most.gov.cn/2015tztg\\_all/20160624/1125.html](http://service.most.gov.cn/2015tztg_all/20160624/1125.html).