

符淙斌, Manton Michael. 2018. 季风亚洲区域集成研究国际计划 (MAIRS) 10 年回顾 [J]. 大气科学, 42 (3): 524–532. Fu Congbin, Manton Michael. 2018. Review of the Monsoon Asia Integrated Regional Study (MAIRS) program over the past 10 years [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 42 (3): 524–532 doi:10.3878/j.issn.1006-9895.1711.17240.

季风亚洲区域集成研究国际计划 (MAIRS) 10 年回顾

符淙斌^{1,2} MANTON Michael³

1 南京大学大气科学学院, 南京 210023

2 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029

3 Monash University, Melbourne Australia

摘 要 季风亚洲区域集成研究 (Monsoon Asia Integrated Regional Study, 简称 MAIRS) 是国际全球变化研究计划 (GEC) 和地球系统科学联盟 (ESSP) 的一个子计划, 是全球变化邻域第一个由中国科学家提出, 并组织实施的国际计划, 历时 10 余年。MAIRS 明确提出: 不同于过去和正在进行的任何一个关于季风的研究计划, MAIRS 研究的主题是人类与季风系统的相互作用。本文从四个方面回顾了计划的历程: (1) 2003~2006 年的可行性研究。包括区域集成研究概念的提出、亚洲区域全球变化研究的快速评估、以及在此基础上确定 MAIRS 的总体科学目标和起草 MAIRS 的科学计划。(2) 2006 年正式发布的 MAIRS 科学计划的主要内容。包括季风亚洲区域面临的环境变化和研究挑战、集成研究的科学问题、四个最脆弱区域的确定以及计划执行的方法和手段等。(3) 2006~2016 年 MAIRS 计划的执行情况。包括组织结构、科学活动、研究项目和成果、以及国际合作网络的建立。(4) MAIRS 的国际影响和未来发展。MAIRS 与未来地球国际计划 (Future Earth)。

关键词 季风亚洲 全球变化 区域集成 国际研究计划

文章编号 1006-9895(2018)03-0524-09

中图分类号 P462

文献标识码 A

doi:10.3878/j.issn.1006-9895.1711.17240

Review of the Monsoon Asia Integrated Regional Study (MAIRS) Program over the Past 10 Years

FU Congbin^{1,2} and MANTON Michael³

1 Nanjing University, Nanjing 210023

2 Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029

3 Monash University, Melbourne, Australia

Abstract Monsoon Asia Integrated Regional Study (MAIRS) is a component of both the International Global Environmental Change (GEC) Research Program and the Earth System Science Partnership (ESSP). It is the first sub-program in the area of global change research proposed and initiated by Chinese scientists and has been implemented in collaboration with the international scientific community for more than 10 years.

MAIRS is clearly differentiated from any previous and on-going monsoon-related program. The major theme of MAIRS is to study the human–monsoon interaction in the sustainable development of monsoon Asia. This paper reviews the development and progress of MAIRS over the past decade in the following aspects: (1) Feasibility study, including the development of a concept of Regional Integrated Study of Global Change and a START-SCOPE /ICSU project of rapid

收稿日期 2017-09-19; 网络预出版日期 2017-12-05

作者简介 符淙斌, 男, 1939 年出生, 中国科学院院士, 主要从事气候与全球变化的研究。E-mail: fcb@nju.edu.cn; fcb@tea.ac.cn

资助项目 季风亚洲区域变化集成研究计划、江苏省气候变化协同创新中心

Funded by Monsoon Asia Integrated Regional Study Program, Jiangsu Collaborative Innovation Center for Climate Change

assessment of on-going global change research in Asia. Based on these researches, the major challenges for MAIRS are identified and the initial science plan has been drafted during this period. (2) Main contents of the science plan, including critical environmental issues that the monsoon Asia region is now facing, the major research challenges and the proposed main integrated research themes and the four most vulnerable zones, and implementation processes, etc.. (3) Progress in 2006–2016, including organization and structure; scientific activities, research projects and major achievements, and the development of international research network. (4) International visibility of MAIRS and future development: transition to a component of Future Earth /ICSU.

Keywords Monsoon Asia, Global change, Regional integration, International research program

1 引言

以季风气候为主要特征的东亚、东南亚和南亚地区，即季风亚洲区域 (Monsoon Asia)，是 36 亿人口的居住地。这里既是人类文明的发源地，又是近半个世纪来工业化、城市化和社会经济发展最迅速的区域。高变率的亚洲季风气候系统和高强度的人类活动的相互作用，决定了这个区域在地球系统中的重大作用。同时，它也将影响区域和全球的可持续发展的进程。

季风亚洲区域集成研究 (Monsoon Asia Integrated Regional Study, 简称 MAIRS) 是全球变化邻域，第一个由中国科学家提出，并组织实行的国际计划。它旨在研究季风亚洲区域人类与自然系统的关系。从 2003 年开始，历经 3 年的可行性研究，在 2006 年的全球环境变化北京会议 (Beijing Conference of Global Environment Change) 上地球系统科学联盟 (Earth System Science Partnership, 简称 ESSP) 批准了 MAIRS 科学计划，并正式宣布该计划的实施。这是 ESSP 区域集成研究领域的第一个国际计划。

近 10 年来，MAIRS 与 ESSP 的主要科学计划合作，组建了由亚洲各国和欧美等国际知名专家组成的科学指导委员会，在中国科学院建立了 MAIRS 的国际项目办公室。在中国、欧盟、美国和日本等国家的资助下，组织实施了一批与其研究方向有关的科研项目，建立了海岸带/城市工作组、高山带工作组、干旱—半干旱带工作组以及区域气候模式比较等 4 个工作组及其下的 12 个任务组；活跃在 MAIRS 计划的国内外科学家有近 1000 名；在半干旱区气候—土地利用—沙尘气溶胶—水资源—生态系统相互作用、沿海城市群区气候变化—空气污染—能源与健康的相互关系、高山带气候变化—水资源—生态系统和区域发展的关系等问题的集成研究方面做了很多有益的探索，在集成观测、区域

气候模拟、影响与适应对策研究等方面取得了重要进展。同时，MAIRS 发展了覆盖亚洲及全球其他国家的研究网络，与众多全球变化研究国际组织建立了紧密的合作关系。经过 10 多年的努力，MAIRS 已经成为全球变化区域研究的品牌项目，是 ICSU (国际科联) 推荐的环境变化邻域的区域研究计划。同时，MAIRS 作为中国人发起和主导的大型国际项目，增加了中国科学家的显示度，为中国科学家活跃在国际科学前沿提供了更广阔的平台。2014 年 MAIRS 在北京召开了科学大会，总结了 10 余年来科学计划取得的进展。2016 年经“未来地球计划”的评估，MAIRS 正式成为该计划的一个子计划，国际项目办公室设在北京大学环境学院。

2 MAIRS 国际计划的提出和可行性研究

区域集成研究的最原始的思想可以追溯到 20 世纪 90 年代开始的 START 及其区域研究中心的工作。1990 年，在意大利的 Bellagio 召开的 IGBP 会议首次明确指出，区域研究是全球变化研究的薄弱环节，提出了在第三世界建立全球变化分析、研究和培训的区域网络 (System for Analysis, Research and Training of Global Change Research, 简称 START) 的建议。1992 年，在 ICSU 的领导下，IGBP 联合 WCRP (World Climate Research Program) 和 IHDP (International Human Dimensions Program) 正式启动 START 网络的建设。1994 年，在时任中国科学院院长周光召和特别顾问叶笃正先生的支持下，中国科学院联合日本、韩国、朝鲜、蒙古和当时的苏联，组建了东亚区域全球变化研究合作委员会，并且在我国建立了 START 的第一个区域研究中心 (简称东亚中心)。1997 年，在综合分析亚洲区域季风气候、环境和社会变化问题的基础上，逐步形成区域集成研究的思想。研究发现，季风亚洲区域几乎所有的社会和经济活动都依赖于季风

及其变率。同时,区域和全球的人类活动可能正在对季风系统产生可检测的影响。因此,从地球系统的视角来看,季风系统不仅仅是传统的物理气候系统,而是物理—化学—生物—社会过程的耦合系统^①。这一科学概念在其后的 START 和 APN(Asia Pacific Network for Global Change Research)的多次会议上讨论和不断完善。同时进一步强调,季风亚洲区域的变化并不独立于全球变化,提出了区域与全球系统的耦合关系(Fu et al., 2002)。

2001 年阿姆斯特丹的全球变化大会后,ESSP 开始了启动全球变化区域集成研究计划的活动,并进一步深化了区域集成研究(Integrated regional study)的内涵(Tyson et al., 2001; Steffen et al., 2004)。2002 年,经时任院长路甬祥的批准,中国科学院向 ESSP 和 START 提出了季风亚洲区域集成研究计划(MAIRS)的建议,并承诺在中国设立该计划的国际项目办公室,提供为期 10 年的经费支持。2003 年,ESSP 正式确认 MAIRS 为第一个区域集成研究计划。2003 年 3 月,MAIRS 的第一次计划会议在越南河内召开。2004 年,在 START、SCOPE(国际环境问题科学委员会)、ICSU、UNESCO(联合国教科文组织)、APN 和中国科学院的支持下,在杭州召开了东亚区域全球变化研究快速评估筹备会议,开始了为期 2 年的评估研究。START 的南亚和东南亚区域也相继启动了快速评估研究,出版了专著,为 MAIRS 科学计划的制定提供了基础(Fu et al., 2008; Lebel et al., 2009)。

2004 年,经过国际评估小组考核,由荷兰科学家 Frits Penning de Vries 为 MAIRS 国际项目办公室(IPO)的主任,艾丽坤博士为副主任以及其他成员共 6 人组成的 MAIRS IPO 正式在大气物理所开始运行。在 START 及其区域中心的支持下,IPO 召开了一系列研讨会议,进行了紧张的科学计划的起草工作。2006 年 3 月,有 14 名委员组成的 MAIRS 科学委员会的第一次会议,认真讨论了科学计划的初稿并提出了修改意见。由委员们分工负责的工作小组用半年的时间完成了修改稿,并送往各相关国际计划和组织征求意见。在 2006 年 10 月最后定稿。2006 年 11 月,在第二次 ESSP 全球大会上,符淙斌代表 MAIRS 介绍了计划的筹建情况和科学计划的核心内容,并召开了 MAIRS 科学计划发布会。

ESSP 的大会宣言称:基于区域问题特殊性的认识,北京会议正式启动季风亚洲区域集成研究(MAIRS),以查明全球变化对该区域社会和生态系统的威胁。

3 MAIRS 科学计划的主要内容

作为季风亚洲区域集成研究的科学指南,MAIRS 科学计划(Initial Science Plan of the Monsoon Asia Integrated Regional Study)(Fu and de Vries, 2006; 符淙斌和 de Vries, 2007)确认了影响季风亚洲区域人类和社会的主要环境变化及其对全球系统的反馈,强调指出将要受到或可能受到严重影响的脆弱地带、人群和环境,并提出了与之相关的关键的科学研究问题。最后,提出了回答这些问题的集成研究,列出了 MAIRS 的行动计划和组织结构。

3.1 季风亚洲区域环境变化和研究挑战

MAIRS 提出集成研究面临的重大挑战是:(1)亚洲季风系统如何响应或适应由于人类活动造成的土地利用和覆盖、水资源和大气成分的变化?(2)面对季风系统的可能变化,季风亚洲区域的社会和经济是否会变得更加脆弱或更加稳定?(3)季风亚洲的变化将可能对地球系统产生什么影响?

MAIRS 的科学目标是:(1)进一步揭示季风亚洲区域人类活动与大气、陆地和海洋等环境因子之间的相互作用,特别是与系统弹性阈值以及风险和脆弱性的重大变化的关系;(2)为区域可持续发展提供可靠的科学依据;(3)提高对地球系统中区域与全球之间关系的可能变化的预测能力,并全面评估这种变化可能产生的影响。

基于亚洲三个区域的快速评估报告,科学计划提出了 MAIRS 的概念框图(图 1)。这个概念图首次说明,亚洲季风系统是物理过程—大气化学过程—生物地球化学过程的耦合系统,这个系统的变化既受到自然强迫的影响,也受到人类强迫的影响;自然强迫包括太阳辐射、海—陆热力对比和青藏高原等因子,区域人类活动主要是工业化、城市化和集约式农业引起的温室气体和污染物的排放和土地利用覆盖的变化;在自然和人类强迫共同作用下季风系统的变化,将可能导致生物多样性、水资源、食物、空气质量的变化,以及导致能源需求和自然

^① Fu C B. 1997. Concept of "General Monsoon System", an earth system science view on Asia monsoon [C]//Proceedings of the International Workshop on Regional Climate Modeling of the General Monsoon System in Asia. Beijing, China, 1-6. START regional center for Temperate East Asia, Beijing, China

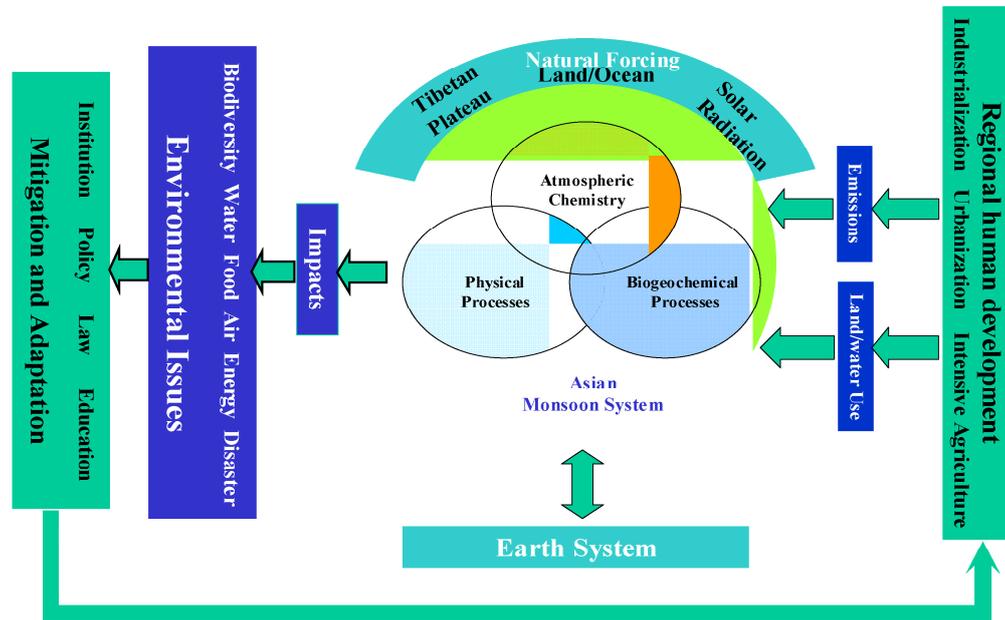


图 1 季风亚洲区域集成研究 (MAIRS) 概念框图

Fig. 1 The conceptual framework of Monsoon Asia Integrated Regional Study (MAIRS)

灾害发生频率和强度的变化等，人类将从制度、政策、法律和教育等层面采取应对和适应的措施，从而调整区域人类活动的规模和强度。同时，季风亚洲的区域变化与地球系统又有强力的相互作用。(Fu and de Vries, 2006)。

3.2 研究主题

为了应对季风亚洲区域面临的挑战，回答 MAIRS 关键的科学问题，实现 MAIRS 计划的科学目标，计划书建议从 4 个最脆弱区域（海岸带、高山带、半干旱带和城市带）着手，针对每个地带的生物地球物理和人类活动的特点，确定优先研究领域和集成研究的主题。

海岸带：陆地和海洋资源的快速转变。海岸带是陆地、河流、大气、海洋、沉积物和生物区系的汇合地。季风亚洲的海岸带数千年来一直受到农业、渔业和城市人居等人类活动的影响。集成研究的主题是：人类活动和季风气候变化引起的海岸带形态的变化、生态系统和自然资源的变化和可持续性、海岸带社会的脆弱性和适应性以及海岸带的管理等。

高山带：生态系统和生物物理资源的多重压力。以喜马拉雅山脉和青藏高原为标志的季风亚洲高山区对全球气候有十分重要的影响。同时，这里拥有同南北极相仿的冰雪量，是亚洲大多数河流的发源地，为季风亚洲区域人类和生态系统提供水资

源。集成研究的主题是：全球气候变化对高山带生态系统和生物资源和水资源的影响及其对农业、林业和能源安全的压力和自然灾害的风险管理。

半干旱带：生态系统的脆弱性。季风亚洲区域的干旱、半干旱带，是地球演化过程中青藏高原快速隆升的伴生物。近百年来，半干旱带又是干旱化最剧烈的地区。气候干燥、植被覆盖率低、水资源短缺，脆弱的生态环境是社会经济发展的严重障碍。集成研究的主题是：气候变化和土地利用对半干旱带生态系统的影响和适应对策。

城市带：快速城市化导致的资源利用和环境变化。季风亚洲区域居住着 36 亿人口，大多数集中在沿海的特大城市 (Maggcity) 或城市群区。这里是近几十年来，全球工业化和城市化浪潮中变化最剧烈的地带。集成研究的主题是：城市化对局地、区域和全球可持续发展的影响，特别是对能源和水资源利用以及空气和水的污染的影响。

3.3 实施集成研究中的关键问题和组织结构

区域集成研究作为一种独特的研究方式，它基于地球系统的概念。“集成”至少包括两个维度：区域内部和区域与区域间相互关系以及区域与整个地球系统的关系以及区域的物理、化学、生物和社会经济学过程的相互作用。因此，在研究方法上也必须包括过程研究、外场试验、数值模拟研究

等。建议建立如下工作机制,包括:资料和数据的质量控制和共享机制;区域模式发展和模拟结果的共享机制;区域集成研究中跨边界问题的研究(如上下游资源共享,污染物在空气和河流中的输送等);能力建设,区域和国际合作机制等。

3.4 组织结构及职能

包括科学指导委员会(SSC)和下设工作组,国际项目办公室(IPO)以及研究项目。SSC负责整个计划实施的中重大问题的决策,IPO提供具体支持和保障。研究计划和工作组是研究成果的主要生产者。SSC负责向ESSP报告计划执行情况,IPO向SSC和资助机构提供项目进展报告和经费使用情况报告。

4 MAIRS 计划的主要进展

10余年来,MAIRS在ICSU及ESSP的指导下,组成了由不同学科(包括自然和社会科学)科学家组成的国际科学指导委员会,以及以国际标准运行的项目办公室。聚集了一支由多国优秀科学家组成的研究队伍,组建了围绕关键脆弱地带及交叉科学问题的集成研究工作组,开展了卓有成效的合作。在相关国际科学计划和区域各国政府的支持下,获得了区域内各国以及欧美等国的资助,实施了一批围绕MAIRS主题的研究项目,其中包括中国(科技部、科学院和基金委)的基础研究和国际合作项目11项,美国NASA-MAIRS专项经费9项,欧共体(FP7)5项,APN和日本政府13项,合计38项。同时,围绕集成研究的需要,积极投入能力建设。在此期间,同UNESCO、START、GEOSS(地球观测系统)和NASA(美国宇航局)合作在陆面过程观测、模拟和资料同化,干旱监测,陆地表面遥感技术,地面通量观测的质量控制和分析方法以及气候变化适应方法等主题组织了6次培训班。同时,组织召开了专题国际会议30多次(包括有中国、日本、韩国、蒙古、俄罗斯、泰国、菲律宾、马来西亚、澳大利亚、印度、美国、芬兰、荷兰和德国等20多个国家参加的International Workshop on Anthropogenic Changes of Asian Monsoon, 21–23 April, 2008, Nanjing, China、International Workshop on Semi-arid Land Surface–Atmosphere Interaction, 9–12 Aug, 2007, Lanzhou, China和MAIRS Open Science Conference, April, 2014, Beijing等)。

10余年来,MAIRS在集成研究、能力建设和

服务社会等方面取得了重要进展,增强了季风亚洲区域内发展中国家参与全球变化国际合作研究的能力,现举例如下。

4.1 特大城市研究(MAIRS Megacity Study)

考虑到特大城市的高度复杂性和区域可持续发展中的重要性,以及季风亚洲区域的特大城市主要位于沿海地区并组合成为城市群区的特点,在实施过程中,MAIRS把这城市带和海岸带组合成为特大城市和城市群区研究。由MAIRS科学指导委员会成员牵头,组建了有中国(大陆、香港、台湾),日本,美国和芬兰等国家科学家组成的特大城市和城市群区研究组(简称MAIRS Megacity Study Working Group)。确定的主要集成研究方向是:季风亚洲区域人类活动,主要是人为的温室气体、气溶胶的排放以及土地利用和覆盖状况的变化,与亚洲季风系统之间的相互作用。其中主要包括三个方面:(1)人类活动对季风亚洲区域特大城市和城市群区的温室气体和气溶胶排放以及土地覆盖状况的影响程度;(2)观测到的季风气候的年际和年代际化及其对温室气体、气溶胶的排放以及土地利用和覆盖状况的变化影响;(3)特大城市群区人类活动和气候变化对城市能源和水资源影响的管理调控,以及对城市内涝和热浪等灾害的风险管控的需求等。

研究组的科学家依托各自承担的国家或国际研究计划[例如:IGBP-IGAC(国际地圈—生物圈计划—全球大气化学子计划)、IGBP-iLEPS(陆地生态系统—大气过程集成研究子计划)和WCRP-AMY(世界气候研究计划—亚洲季风年)等],与相关国际计划紧密合作,围绕上面确定的科学问题开展集成研究。

(1)建立特大城市及城市群区的协同观测网。例如,由南京大学依托973计划项目建立的长江三角洲特大城市群区大气污染集成观测网(其中包括由3个城市站和2个用于对照研究的乡村站),观测研究内容包括污染物的排放清单及其物理化学参数、地表覆盖状况和地气能量和物质通量等,以及数据质量控制和共享系统;特别是南京大学与芬兰赫尔辛基合作建立的位于仙林校区的区域地球系统过程综合观测站(SORPES),连续近6年的大气化学和物理过程的协同观测为长三角特大城市群区空气污染的研究提供了十分宝贵的第一手观测数据,在此基础上,结合卫星遥感数据和数值模拟,取得了一批有国际影响的合作研究成果。(例

如, Ding et al., 2013a, 2013b, 2016; Fu et al., 2017) 由北京大学依托 863 计划项目, 与地方合作建立了京津冀和珠江三角洲观测网, 观测和研究内容包括污染物化学和物理组分和气溶胶形成过程及其对人类健康的影响等。工作组同国际科学家合作撰写了超大城市对空气污染和气候变化和人体健康影响的专著 (Zhu et al., 2012) 和系列论文 (如, Parrish and Zhu, 2009)。

(2) 利用长期观测资料以及区域和全球模式进一步研究了城市化对区域气候的影响。例如, 开展了典型城市群气候效应的高分辨率模拟, 利用包含气溶胶—云相互作用的全球气候模式, 模拟了人为气溶胶增加对东亚夏季风的影响, 初步揭示了其影响机理。以及利用区域模式模拟了珠三角空气污染对冬季降水的影响 (例如, Jiang et al., 2015, Jiang and Yang, 2017)。比较各项目的结果发现, 模拟结果依赖于不同的模式和模拟的地理区域等。提出了组织多个项目开展模式比较的研究, 包括: 气溶胶—化学模式、包括城市模块的区域气候模式和考虑土地覆盖变化的全球模式等。

4.2 干旱陆地研究 (MAIRS Dryland Study)

季风亚洲旱地包括东亚和南亚的干旱和半干旱区, 对于气候变化和人类活动的影响的适应能力很低。考虑到干旱、半干旱区有许多共同的特点, 并且在地理位置上又联系在一起, MAIRS 把原来科学计划提出的半干旱带研究扩展为旱地研究。由科学指导委员会成员牵头, 组成了有中国、美国、日本、蒙古、印度、韩国、巴基斯坦、荷兰和新西兰等国家科学家组成的干旱陆地研究组 (MAIRS Dryland Study working group), 工作组确定的主要集成研究方向是, 气候变化和人类活动引起的土地利用和覆盖变化影响下, 干旱/半干旱区生态系统的脆弱性和人类适应。其中包括: (1) 全球气候变暖对干旱/半干旱区区域气候、水循环和水资源、农业和自然生态系统的影响; (2) 区域人类活动引起的土地覆盖变化对区域气候、水土保持、生态系统的结构和功能以及沙尘暴发生频率的影响; (3) 未来干旱/半干旱区环境系统变化对社会和经济发展产生什么样的后果及人类社会的对策等。

工作组的科学家依托各自承担的研究项目和课题, 例如有中国国家科技部资助的 3 个有关干旱化研究的 973 项目、基金委重点项目、科学院知识创新工程方向性项目、欧盟 FP-7 项目和 NASA-

LUCC 项目等, 同时建立了同 IGBP-iLEPS, 全球陆地计划 (Global Land Project) 等国际计划的紧密合作, 组织开展集成研究。

(1) 干旱陆地协同观测网的建立 (Dryland Coordinated Observation Network)。

为了认识干旱、半干旱区陆地—大气—生态系统的相互作用, 组织了季风亚洲旱地现有相关观测站的协同观测和数据共享。2008~2010 年间大约 20 个站参与了协同观测。在协同观测网内协调统一观测项目, 统一仪器检定, 统一数据处理方案, 并最终实现观测数据的共享。观测项目包括, 大气边界层动力参数、陆面过程参数 (陆地表面水分、能量和 CO₂ 通量) 和土壤热通量; 沙尘气溶胶以及生态系统参数等。同时也利用卫星遥感信息, 实现点面结合的分析。协同观测已经为参与单位及外单位实施了数据共享, 在干旱、半干旱区气候变化, 陆地—大气相互作用, 陆面模式和区域气候模式的检验等方面取得一批研究成果。以大气物理研究所的通榆站为例, 该站建于 2001 年已经取得长达 15 年的连续观测资料, 国际和国内利用该站的资料完成多篇研究论文和专著 (Fu and Mao, 2017)。

(2) 亚洲干旱陆地模式比较计划 [Asian Dryland Models Inter-comparison Project (ADMIP)]

这个项目的目的是应用典型地面观测站的资料评估和改进陆面过程模式在干旱、半干旱地区的应用。在 APN 项目的支持下, 大约有 20 个模式参与这个比较研究。用于比较的地面观测包括中国的通榆和平凉站和蒙古的 Kherlen Bayan Ulaan 站等。集成研究的主要内容包括, 模式模拟干旱区地表与大气间能量、水分和碳交换的能力; 现有的主要适合于森林的生态系统模式是否适用于干旱地区以及多模式集合是否可以明显改进模拟结果等。研究组还与 NASA 和 CEOP/GEWEX (全球能量水分循环研究计划) 联合召开了国际会议和陆面模式培训班。

(3) 旱地区域耦合人类—环境系统研究 (Coupled Human—Environment Systems)

这个工作组由中国、蒙古、日本和印度等国科学家组成, 合作的国际计划有 GEWEX/CEOP (协同强化观测计划)、NEESPI (欧亚大陆北部环境集成研究)、NASA LULCC (土地利用/覆盖变化研究)、GLP/IGBP 和 GCP (全球碳研究计划)/ESSP 等。工作组从干旱区耦合人类—环境系统的角度, 开展旱地区域土地利用, 生态系统的服务与功能以

及生态系统模拟的集成研究, 确认、理解和预测气候变化对自然和人类系统的影响, 为干旱区可持续发展政策制定和决策过程提供科学依据, 是探索自然科学和人文科学的交叉研究的初步尝试。集成研究的活动包括: 综合分析影响旱地区域脆弱性的关键驱动力(如气候、市场、社会发展路径和政策等), MAIRS 旱地区域各类生态系统对驱动力的敏感性和适应能力等。

4.3 山地区域研究 (MAIRS Mountain Study)

季风亚洲高山区的重要性不仅在于喜马拉雅山脉和青藏高原在全球气候变化中的特殊作用, 而且它在地质上是不稳定的, 生态上是敏感的地区。同时, 它又是全球高山地区人口密度最大, 经济相对落后的地区。由中国、印度、巴基斯坦、尼泊尔、不丹、越南、日本和澳大利亚等国科学家组成的工作组, 与国际山地研究中心 (ICIMOD)、全球陆地研究计划 (GLP/IHDP)、全球水系统研究计划 (GWSP/ESSP) 和山地研究启动研究 (MRI) 等国际计划合作开展了卓有成效的集成研究。2008~2010 年间, 在 APN 的资助下, 由 MAIRS-IPO 协调组织实施了题为“全球变化对喜马拉雅山地区积雪、冰川和径流的影响及其对山地和下游地区带来的后果”的集成研究, 先后召开了 3 次国际会议, 并撰写了专题报告。报告系统评估了气候变化对喜马拉雅山地区积雪、冰川和径流的影响, 山地区域人类的生活方式和经济社会活动对下游地区的

影响, 提出了应对上述变化和影响的策略建议等。

4.4 未来亚洲气候变化情景的区域模式比较研究 (RMIP-III)

为了给季风亚洲区域各国提供高分辨的未来气候变化的情景, 以满足气候变化影响和适应研究的需要, 在亚洲区域模式比较计划 (RMIP for Asia) 第一、二阶段工作的基础上 (Fu et al., 2005), MAIRS 扩建了相关的工作组, 开展了亚洲气候变化情景 (2038~2070 年) 多模式比较研究。由中国、韩国、日本、美国和澳大利亚等国家的 10 余个研究组组成的工作组, 并成为 WCRP 区域气候变化降尺度试验 (CORDEX/WCRP) 的组成部分。研究组系统分析了模式的动力框架、物理过程的参数化方案、土地利用/覆盖资料等对模拟结果的影响, 给出了多模式集合的气候变化情景 (例如, Cha et al., 2015; Niu et al., 2015)。

5 MAIRS 的国际影响和未来发展 ——MAIRS 与未来地球国际计划

近 10 余年来, MAIRS 发展了覆盖亚洲及其他地区国家的区域集成研究网络, 参与 MAIRS 集成研究活动的科学家来自除南美洲以外的世界各国, 活跃在 MAIRS 的国内外科学家有 500 余人。MAIRS 与全球变化研究的大部分国际计划开展了合作, 成为当时 ESSP (地球系统科学联盟) 唯一开展实质性区域集成研究的国际计划 (见图 2)。同时 MAIRS

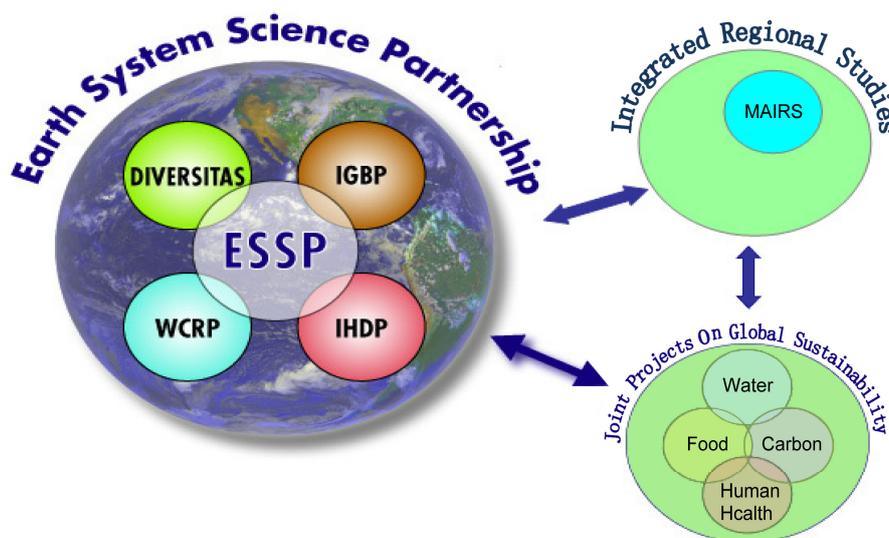


图 2 MAIRS 与 ESSP (地球系统科学联盟)

Fig. 2 MAIRS as a component of the Earth System Science Partnership (ESSP)

作为中国科学家发起并主导的大型国际科学计划, 为中国科学家参与国际科学前沿的活动提供了广阔的平台, 增加了中国科学家在国际科学舞台上的显示度。

2009 年开始 MAIRS 的部分科学家参与了 ICSU 未来地球计划 (Future Earth Science for Sustainability) 的可行性研究 (ICSU, 2010)。2012 年 MAIRS 科学指导委员会开始讨论如何向未来地球计划的转变。委员会认为, MAIRS 的科学目标与未来地球计划的目标极为相近, MAIRS 更注重亚洲区域人类活动对季风气候—环境的影响以及与社会经济发展的相互关系, 在亚洲气候变化观测与分析、亚洲气候变化的影响及相应、气候变化风险评估及适应对策、全球变化的区域集成研究、区域地球系统模拟以及区域能力建设等方面与未来地球计划的研究内容相匹配。2014 年在北京召开的 MAIRS 科学大会 (MAIRS Open Science Conference) 上, 在系统总结 MAIRS 10 年的集成研究成果的基础上, 讨论了新的 MAIRS 战略研究计划。2015 年, 经过对 MAIRS 10 余年科学活动的评估, 未来地球国际计划正式批准 MAIRS 成为它的一个子计划 (sub-project)。2016 年新的 MAIRS 项目办公室落户北京大学, 朱彤教授任主任。

作为未来地球科学计划的一个子计划, MAIRS 需要把区域尺度上对地球系统的认知转化成为区域各国政府的决策部门、企业家和投资人等在社会经济发展规划和管理等方面可以应用的知识。建议考虑将下列几个方面作为研究的主要内容: (1) 亚洲季风系统动力学; (2) 季风亚洲关键区地球系统综合观测平台研制和观测网的建设; (3) 季风亚洲区域地球系统模式的研制及季风气候多年代际尺度变化及其对生态系统和社会、经济系统影响的预测; (4) 季风亚洲未来社会发展蓝图的绘制; (5) 人类主动和有序适应季风气候变化的理论、方法和试验 (包括政策和制度建设)。

季风亚洲独特的自然和人文环境为 MAIRS 科学计划的实施提供了独一无二的科学试验平台。当今和未来这个地区社会经济和科学技术的快速发展也为未来 10 年 MAIRS 新的发展提供前所未有的动力和物质基础。祝愿 MAIRS 和季风亚洲区域更加美好的明天。

致谢 作者作为 MAIRS 计划的发起者和 MAIRS 科学指导委员会第一任主席和现任主席, 首先要感谢中国科学院各级领导的支持, 感谢中国

科学院为计划的实施, 特别是项目办公室的运行提供了长达 10 年的经费支持和中国科学院大气物理研究所为 MAIRS 项目办公室提供的人力和物力支持。同时也要感谢地球系统科学国际联盟 (ESSP) 及所属各科学计划的指导和帮助, 感谢为 NAIRS 直接或间接提供项目经费支持的中国科学院、科技部和自然科学基金委, APN, EU-FP7, NASA-LUCC 等。过去 10 年 MAIRS 的成功实施, 也离不开由各国科学家组成的科学指导委员会和各集成研究工作组成员的智慧和创造力, 离不开 MAIRS 项目办公室的组织协调和辛勤劳动。最后, 作者要特别感谢已故叶笃正先生在 MAIRS 计划的提出和实施整个过程中的激励和支持。

参考文献 (References)

- Cha D H, Jin C S, Moon J H, et al. 2015. Improvement of regional climate simulation of East Asian summer monsoon by coupled air-sea interaction and large-scale nudging [J]. *International Journal of Climatology*, 36 (1): 334–345, doi:10.1002/joc.4349.
- Ding A J, Fu C B, Yang X Q, et al. 2013a. Intense atmospheric pollution modifies weather: A case of mixed biomass burning with fossil fuel combustion pollution in eastern China [J]. *Atmos. Chem. Phys.*, 13 (20): 10545–10554, doi:10.5194/acp-13-10545-2013.
- Ding A J, Fu C B, Yang X Q, et al. 2013b. Ozone and fine particle in the western Yangtze River Delta: An overview of 1 yr data at the SORPES station [J]. *Atmos. Chem. Phys.*, 13 (11): 5813–5830, doi:10.5194/acp-13-5813-2013.
- Ding A J, Huang X, Nie W, et al. 2016. Enhanced haze pollution by black carbon in megacities in China [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 43 (6): 2873–2879, doi:10.1002/2016GL067745.
- Fu Congbin, de Vries F P. 2006. Initial Science Plan of the Monsoon Asia Integrated Regional Study [M]. Beijing, China: MAIRS International Program Office, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, 80pp.
- 符淙斌, de Vries F P. 2007. 季风亚洲区域集成研究科学计划 [M]. 艾丽坤, 王春竹, 杨颖, 译. 北京: 气象出版社, 68pp.
- Fu Congbin, de Vries F P. 2007. Initial Science Plan of the Monsoon Asia Integrated Regional Study (in Chinese) [M]. Ai Likun, Wang Chunzhu, Yang Ying, trans. Beijing: China Meteorological Press, 68pp.
- Fu Congbin, Mao Huiting. 2017. Aridity Trend in Northern China [M]. Singapore: World Scientific Publishing, 309pp.
- Fu Congbin, Freney J R, Stewart J W B. 2008. Changes in the Human-Monsoon System of East Asia in the Context of Global Change [M]. Singapore: World Scientific, 366pp.
- Fu Congbin, Ding Aijun, Wu Jian. 2017. Review on studies of air pollution and climate change interactions in monsoon Asia [M]//Chang C P, Kuo H C, Lau N C, et al. *The Global Monsoon System: Research and Forecast*. 3rd ed. Singapore, London: World Scientific, 315–326.
- Fu Congbin, Harasawa H, Kasyanov V, et al. 2002. Regional-global interactions in East Asia [M]//Tyson P, Fu Congbin, Fuchs R, et al. *Global-Regional Linkages in the Earth System*. Berlin, Heidelberg: Springer, 109–149, doi:10.1007/978-3-642-56228-0_4.
- Fu Congbin, Wang Shuyu, Xiong Zhe, et al. 2005. Regional climate model intercomparison project for Asia [J]. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 86 (2): 257–266, doi:10.1175/BAMS-86-2-257.

- ICSU. 2010. Regional environmental change: Human action and adaptation. What does it take to meet the Belmont Challenge? [R]. Paris: International Council for Science, 23pp.
- Jiang Yiquan, Yang Xiuqun, Liu Xiaohong. 2015. Seasonality in anthropogenic aerosol effects on East Asian climate simulated with CAM5 [J]. *J. Geophys. Res.*, 120 (20): 10837–10861, doi:10.1002/2015JD023451.
- Jiang Yiquan, Yang Xiuqun, Liu Xiaohong, et al. 2017. Anthropogenic aerosol effects on East Asian winter monsoon: The role of black carbon-induced Tibetan Plateau warming [J]. *J. Geophys. Res.*, 122 (11): 5883–5902, doi:10.1002/2016JD026237.
- Lebel L, Snidvongs A, Chen C T A, et al. 2009. Critical State: Environmental Challenges to Development in Monsoon Southeast Asia [M]. Selangor, Malaysia: Strategic Information and Research Development Centre, 461pp.
- Niu Xiaorui, Wang Shuyu, Tang Jianping, et al. 2015. Projection of Indian summer monsoon climate in 2041–2060 by multiregional and global climate models [J]. *J. Geophys. Res.*, 120 (5): 1776–1793, doi:10.1002/2014JD022620.
- Parrish D D, Zhu Tong. 2009. Clean air for megacities [J]. *Science*, 326 (5953): 674–675, doi:10.1126/science.1176064.
- Steffen W, Sanderson A, Tyson P D, et al. 2004. Global Change and the Earth System: A Planet under Pressure [M]. Berlin: Springer, 336pp.
- Tyson P, Steffen W, Mitra A, et al. 2001. The earth system: Regional–global linkages [J]. *Regional Environmental Change*, 2 (3): 128–140, doi:10.1007/s101130100033.
- Zhu T, Melamed M L, Parrish D, et al. 2012. WMO/IGAC impacts of megacities on air pollution and climate [R]. Geneva: WMO.