

全球变化科学领域的若干研究进展

叶笃正 符淙斌 董文杰 温 刚 延晓冬

(中国科学院大气物理研究所区域气候环境重点实验室国际 START 东亚区域中心, 北京 100029)

摘 要 介绍了中国科学院大气物理研究所东亚中心在全球变化科学研究方面的一些进展。主要包括: (1) 参与了国际和国内全球变化科学的开拓工作; (2) 提出了区域水平上的全球变化研究新方向; (3) 气候突变和全球变暖的区域响应研究; (4) 东亚季风区植被—大气相互作用研究; (5) 区域环境系统模式的发展和亚洲区域模式的国际比较研究活动; (6) 提出了对全球变化的人类有序适应的概念、试验观测、理论和方法; (7) 面向国家需求的全局变化问题—北方干旱化研究; (8) 陆地生态系统碳循环研究等。

关键词: 全球变化科学; 区域模式; 东亚季风

1 引言

全球变化科学 (Global Change Science) 是 20 世纪后期最活跃、发展最快的新兴科学领域之一。近 20 年来, 中国科学院大气物理研究所 (简称大气物理所) 积极参与了国际上这一领域早期的开拓工作, 并在国内努力推动这一领域的建立和发展, 提出了一系列重要的科学思想, 取得了一批在国际、国内学术界有重要影响的研究成果, 但限于篇幅, 本文着重介绍大气物理所全球变化东亚区域研究中心的相关研究工作, 遗漏之处, 在所难免。

2 参与国际全球变化科学领域的开拓工作

全球变化是 20 世纪 80 年代初开始酝酿的一个科学领域。1984 年 7 月, 国际科联 (International Council of Scientific Unions, ICSU) 在加拿大渥太华召开第一次全球变化大会, 组织全球变化国际计划的可行性研究, 数百名科学家参加了这次大会。叶笃正和符淙斌应邀在会上发表了题为 “Climatic Change——a global and multidisciplinary theme” 的论文^[1]。这篇论文第一次指出了 10~100 年应当是全球变化研究集中关注的时间尺度问题, 讨论了气候变化与全球变化的联系和区别。在这次大会上, 符淙斌^[2]还就气候与生态系统过渡带在全球变化中的敏感性问题发表了评论, 受到与会生态学家的高度重视。随后应 SCOPE (Scientific Committee on Problem of the Environment) 的邀请在巴黎召开的国际会议上, 作了题为 “Transitional zones and biome boundaries——a case study from China” 的报告, 并在 SCOPE 系列专著《Ecological studies

92, Landscape boundaries》发表了相关论文^[3], 进一步阐述了气候和生态系统过渡带对全球变化中的自然扰动和人为影响的响应特征。

1986 年, 国际科联正式批准建立国际地圈—生物圈计划 (简称 IGBP), 标志着全球变化科学新领域的诞生。叶笃正担任该计划的特别委员会成员。1990 年, IGBP 正式开始执行, 建立了科学委员会。符淙斌被国际科联任命为该委员会的成员, 直到 1996 年。在委员会工作期间, 他们的一系列重要科学思想对 IGBP 科学计划的形成和发展作出了重要贡献。

1989 年, 叶笃正和符淙斌在《Climatic Change》上发表了全球变化可预报性的讨论文章, 提出了地球系统的记忆能力和系统各组分变化之间的相互适应问题^[4]。

3 推动中国 IGBP 国家研究计划的制定和发展

20 世纪 80 年代中后期, 叶笃正、符淙斌和陈泮勤等在中国科学院和所属资源环境局的领导和支持下组织了中国全球变化的预研究^[5], 并且提出了中国全球变化研究的指导思想, 将面向国家重大需求又有全球意义的科学问题作为我国全球变化研究的重点。1988 年, 在中国科协, 国家科委、中国科学院和国家自然科学基金委员会等部门的支持下, 发起成立了 IGBP 中国委员会, 并着手制定 IGBP 中国国家研究计划, 在这个计划中提出了两个方面的科学问题:

(1) 全球变化对东亚和我国生存环境变化和可持续发展的影响, 其中包括全球变暖对东亚季风的影响、对水资源和气候灾害出现的频率和强度的影响、对农业的影响以及海平面高度变化等。

(2) 具有全球意义的区域性生存环境问题, 其中包括季风气候—生态系统相互作用、人类活动 (主要是土地利用在生存环境中的作用)、生存环境的敏感带和变化的突变性等。

根据 IGBP 中国国家研究计划, 我们又积极组织力量申请国家项目的立项工作。1991 年, 全球变化和我国未来 (20~50 年) 生存环境变化趋势的预测研究被列为国家攀登计划首批项目——中国十大基础科学研究之一, 叶笃正等^[6]为该项目的首席科学家。在这个项目的六个研究课题中, 有三个是大气物理所主持的, 其中包括大气微量气体生物源的测定和识别方法研究、气候与生态系统相互作用的模拟和理论研究以及生存环境变化趋势宏观特征的预测研究。与此同时, 在中国科学院、国家科委、国家自然科学基金委等部门的支持下, 一批与全球变化有关的研究项目相继立项实施, 有力地推动了中国全球变化的研究。

4 提出区域水平上全球变化研究的方向, 建立全球变化东亚区域研究中心

为了促进全球变化研究领域的区域合作, 特别是加大发展中国家在全球变化研究中的贡献, IGBP、WCRP (World Climate Research Programme) 和 IHDP (International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change) 联合于 1992

年建立全球变化区域网络系统，即全球变化分析、研究和培训系统（Global Change System for Analysis, Research and Training, 简称 START）。1993 年，在中国科学院领导下，大气物理所起草了建立东亚全球变化区域研究网络的建议书。1993 年在周光召院长的亲自主持下，在北京召开了由中国科学院、蒙古科学院、蒙古自然和环境部、俄罗斯科学院远东分院，韩国环境和技术研究院，北朝鲜科学院和日本 IGBP 国家委员会参加的第一次全球变化东亚区域会议，会议修改和通过了中国起草的建议书。这个建议书提出了在东亚开展全球变化研究的意义和建议研究的核心科学问题，把区域水平上的全球变化问题，包括全球变化对区域可持续发展的影响和具有全球意义东亚区域生存环境问题，作为优先领域，同时，还就区域合作的运行方式，包括区域合作委员会、区域中心等问题达成了一致意见。会议决定在大气物理所建立东亚区域合作委员会秘书处。

紧接着，大气物理所在中国科学院领导下制定了区域合作研究的执行计划^[7]，开展建立 START 东亚中心的筹备工作。经过几年的努力，终于在 1995 年 9 月，经 START 国际科学委员会批准，在区域各国的支持下，正式在中国科学院成立 START 东亚区域研究中心，挂靠在大气物理所，符淙斌为东亚中心主任。

东亚中心是 START 全球网络中建立的一个区域研究中心，经过多年来的工作，东亚中心在全球变化的区域研究领域，作出了出色的工作，其中关于季风驱动生态系统的动力学和土地利用对区域环境变化的影响这两个概念模型发展成为东亚区域的两个区域合作研究项目，取得了重要进展，受到多个国际组织的称赞。东亚中心还作为 START 全球网络的唯一代表在日内瓦召开的 WCRP 总结大会上介绍了研究和能力建设相结合的经验^[8]。

5 气候突变和全球增暖区域响应的研究

气候和环境变化的突变是一个重要的科学问题，它对于预测未来的环境变化有重要意义。大气物理所东亚中心对亚洲季风和区域气候的突变有系统的研究，从突变的定义、检测方法和突变事件的时空特征和发生机理等方面开展了许多工作。符淙斌等^[9]最早揭示了季风亚洲区域气候变化的强信号，指出了气候从一种稳定状态向另一种稳定状态转变中的突变性，严中伟等^[10]对 20 世纪 60 年代的北半球气候突变事件进行仔细分析，指出了突变的行星尺度带状结构。

符淙斌等^[11]在对 20 世纪 20 年代的气候突变的全球特征研究中，指出南亚季风和东亚季风气候突变与全球增暖的突变有一致性，研究还发现，几乎与此同时，全球，主要是北半球的大气环流也发生了突变，其中包括北大西洋和北太平洋的副热带高压的位置北移、北大西洋飓风和西北太平洋台风频数增加，相应赤道辐合带位置也偏北。此外，低层信风和西风减弱，南亚季风槽加深，印度季风活跃^[12]。在东亚地区，与 20 世纪 20 年代迅速增暖相联系的是中国东部从一个相对湿润期进入比较干旱期，表现出全球气候变暖下印度季风和东亚季风的反相振荡特征（图 1）^[13]。符淙斌等^[14]还进一步分析了发生在 1976 年前后的全球气候突变，这次突变表现在南方涛动指数、热带地区陆面温度、赤道暖池和北太平洋副热带高压强度等一系列重要的海洋和大气现象的变

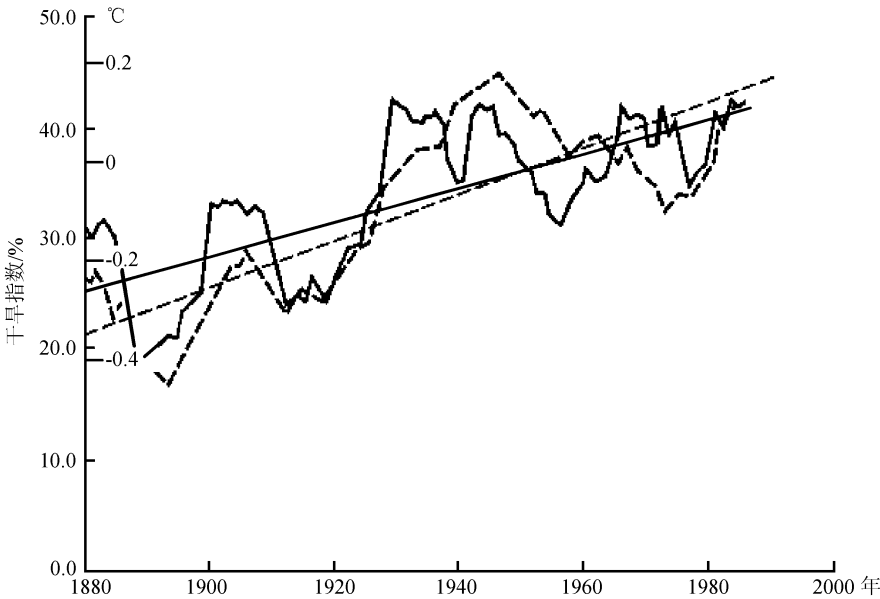


图 1 中国东部干旱指数及其与全球温度变化的关系 (引自文献 [13])

量上, 并指出了 ENSO 现象与全球增暖之间可能的相互关系。

6 东亚季风区植被—大气相互作用的研究

大气圈和生物圈的相互作用是连接地球系统中生命世界和无生命世界的重要过程之一, 也是地球环境变化中一个最基本的过程。符淙斌等通过卫星遥感植被和地表覆盖信息与气候要素关系的诊断分析以及生态和气候模式的数值模拟, 对东亚季风区气候和生态系统相互作用进行了比较系统的研究, 揭示了季风气候变化(季节、年际和长期)对生态系统的影响以及大范围植被覆盖状况变化对季风区域气候的作用。研究发现, 受季风气候季节跳跃特征的影响, 植被的生长状况也呈现出突变征状, 图 2 给出中国东部地区规一化的植被指数(NDVI)、温度和降水的 EOF 第一特征向量的时间系数, 可以看到植被对温度变化的响应几乎是同时的, 而对降水变化的响应来说要滞后 2~3 旬。这种波型与世界其他

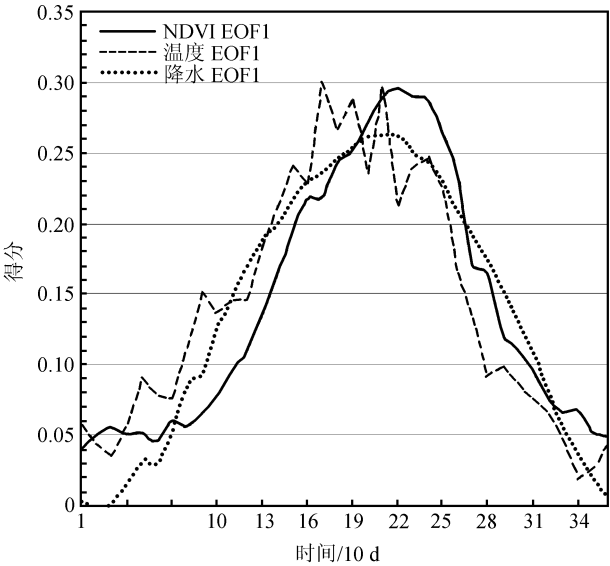


图 2 中国东部地区植被指数、温度和降水第一特征向量的时间系数 (引自文献 [15])

气候区植被季节变化的波型有明显不同。在年际或更长的时间尺度，季风气候的大的变率也强烈地影响着生态系统的变化。由温度和降水组成的湿润指数与植被指数和植被类型之间的定量关系建立起来的简单生态系统模式可以很好地描写东亚地区的植被分布特征。在此基础上提出了季风驱动生态系统的概念 (Monsoon-driven ecosystems)^[16, 17]。

另一方面，研究发现大范围地表植被覆盖状况的变化可以对季风区域气候产生显著的反馈影响。它们是叠加在季风系统自然变率之上的一种重要变化。图 3 给出了东亚地区历史上从自然植被向现今植被分布的主要变化情况。可以看到大约 80% 以上的地区发生了显著的变化，其中包括西北地区原来的草原变为如今的沙漠和半沙漠、半沙漠变为如今沙漠，东部地区森林变为农田，西南地区常绿阔叶林变为混合林和灌木等，由此产生了地表动力参数的明显变化，如反照率增大、地表粗糙度和叶面积指数的减小等，这些地表动力参数的变化将显著影响地表和大气之间的能量和水分交换，从而影响区域气候和环流，使夏季风减弱和冬季风加强，有利于干旱气候的发展。图 4 给出了由于自然植被破坏引起的大气湿度、降水量、地表径流和根部土壤含水量的变化。由于东部地区异常的北来气流和增强的下沉运动显著地抑制了水汽的向北输送和对流活动的发展，导致了干旱的大气状况。同时，地面水分循环的主要分量，如降水、地表径流和土壤含水量都明显减少。这一模拟结果与东亚地区古气候研究的结

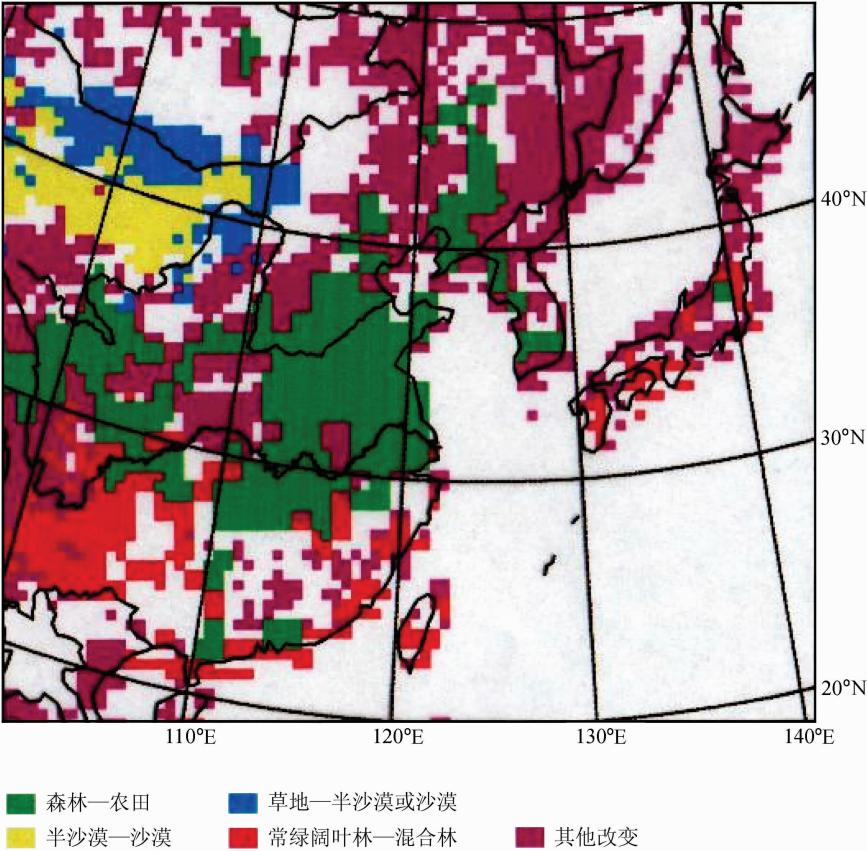


图 3 东亚地区自然植被向现今植被的主要变化 (引自文献 [19])

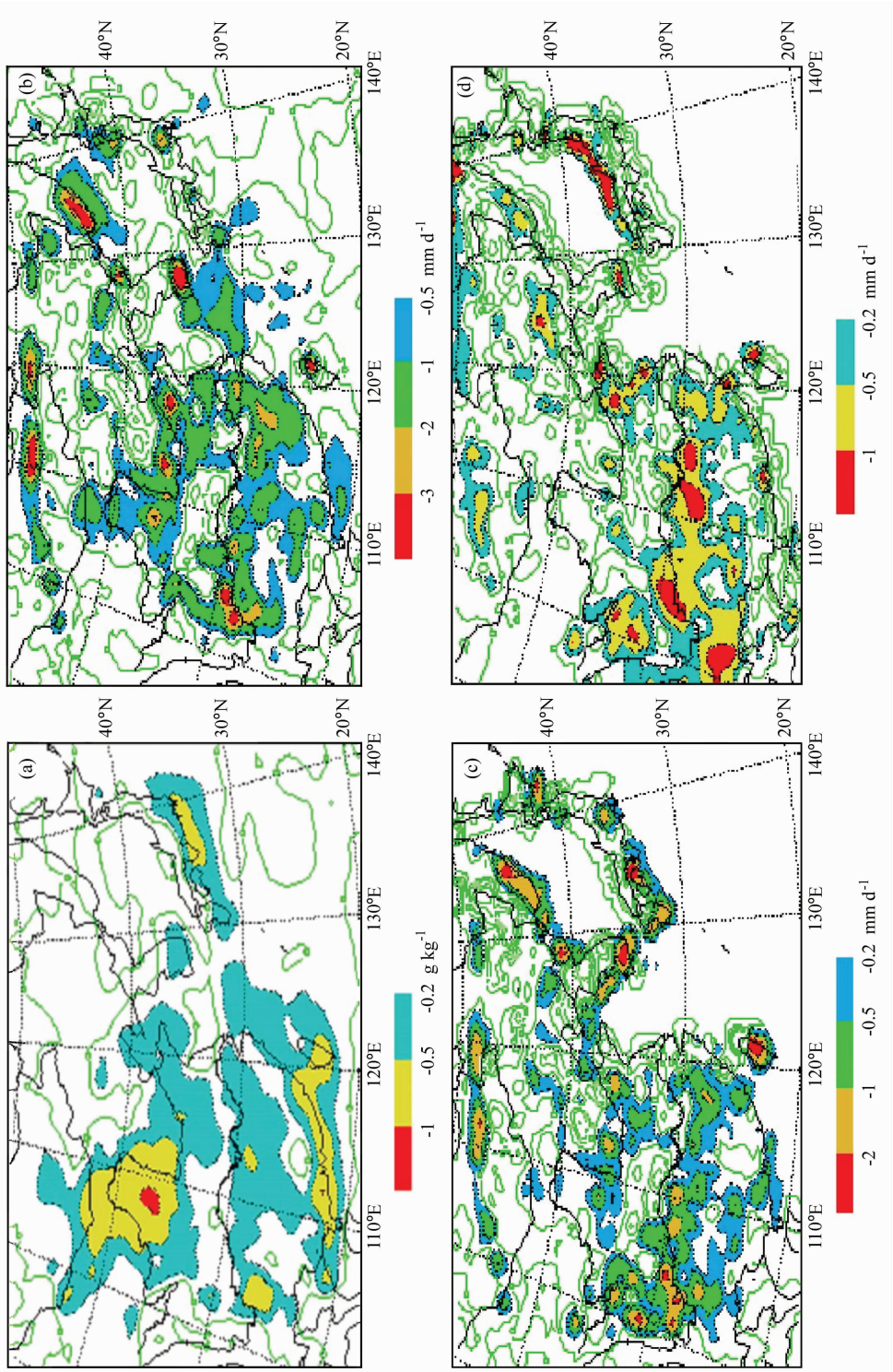


图4 东亚地区自然植被破坏引起的变化(引自文献[19])
(a)大气湿度;(b)降水;(c)地表径流;(d)根部土壤含水量

果是一致的。这一重要研究结果，在 2001 年 Amsterdam 召开的全球变化开放大会上作为特邀报告，并被收在 IGBP 的集成研究专著和发表在《Global and Planetay Change 上》^[18, 19]。

同时，我们还利用 1981~2000 年 NOAA/AVHRR NDVI 和中国 160 个站的气温和降水资料作相关分析，并随同卫星观测上的证据指出，在中国的多数地区前期 NDVI 与夏季降水存在正的相关，同时也证实东部干旱/半干旱区（过渡带）可能是植被覆盖变化对夏季降水的敏感地区（图 5）^[20, 21]。利用东亚区域环境系统集成模式(RIEMS)对过渡带〔(36~44°N, 106~112°E) 和 (40~44°N, 112~122°E)〕土地覆盖变化对夏季气候的影响作了进一步研究，表明如过渡带半沙漠和农田被混合林替代以后，局地 和区域夏季降水量都会有明显的增加，但部分地区降水也发生了明显的减少。这一模拟降水变化的分布与上面的事实分析的结果较为一致。模拟还显示其他分量和东亚季风环流也有显著影响（图 6）。进一步将研究全球变暖背景下的东亚区域土地覆盖和利用变化对气候和河川径流的影响。

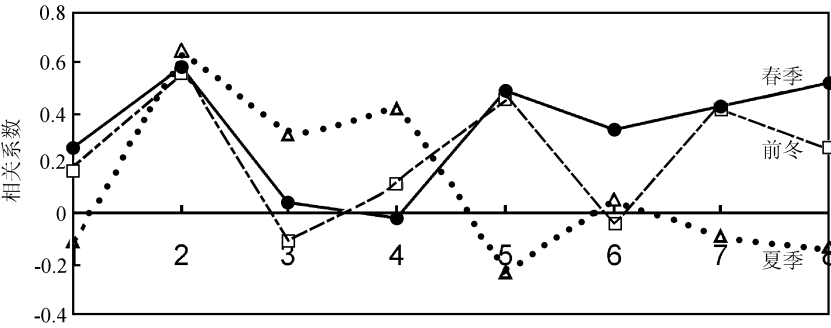


图 5 不同季节 NDVI 与夏季降水的相关系数 (NDVI 和降水都对每个地区做了平均)

(a) 春季; (b) 前冬; (c) 夏季

$r=0.3887$ 、 $r=0.4555$ 和 $r=0.5751$ 分别为达到 90%、95% 和 99% 的信度检验

1 东北, 2 东部干旱—半干旱区, 3 西部干旱—半干旱区, 4 华北, 5 华中, 6 华南, 7 西南, 8 青藏高原

7 区域环境系统模式的发展和亚洲区域模式比较计划

区域气候变化的模拟是气候研究的优先领域之一，它为气候变化影响的评估提供区域气候的信息^[22]。迄今为止，关于东亚区域气候未来变化的信息主要来自全球模式的输出结果，但全球模式对东亚季风的模拟能力，特别是地面气候的模拟能力尚需大大提高。其原因除了模式的分辨率比较粗，不能很好地描写地形和地表的中尺度特征的影响之外，它们对区域气候有重要影响的区域尺度的人类活动的贡献，如工业气溶胶的排放和土地利用引起的地表覆盖变化等因子没有能够考虑进去。东亚地区正是这类区域强迫最为明显的地区。因此，大气物理所东亚中心提出了“人类影响下亚洲季风系统变化的区域模拟”的研究计划，在国家攀登计划和 973 计划的支持下，与南京大学大气科学系合作开展了适合东亚季风区的区域气候模式的研究。这个模式系统的框架如图 7 所示。它的主体部分是一个中尺度的大气动力模式，它通过两个子模式：

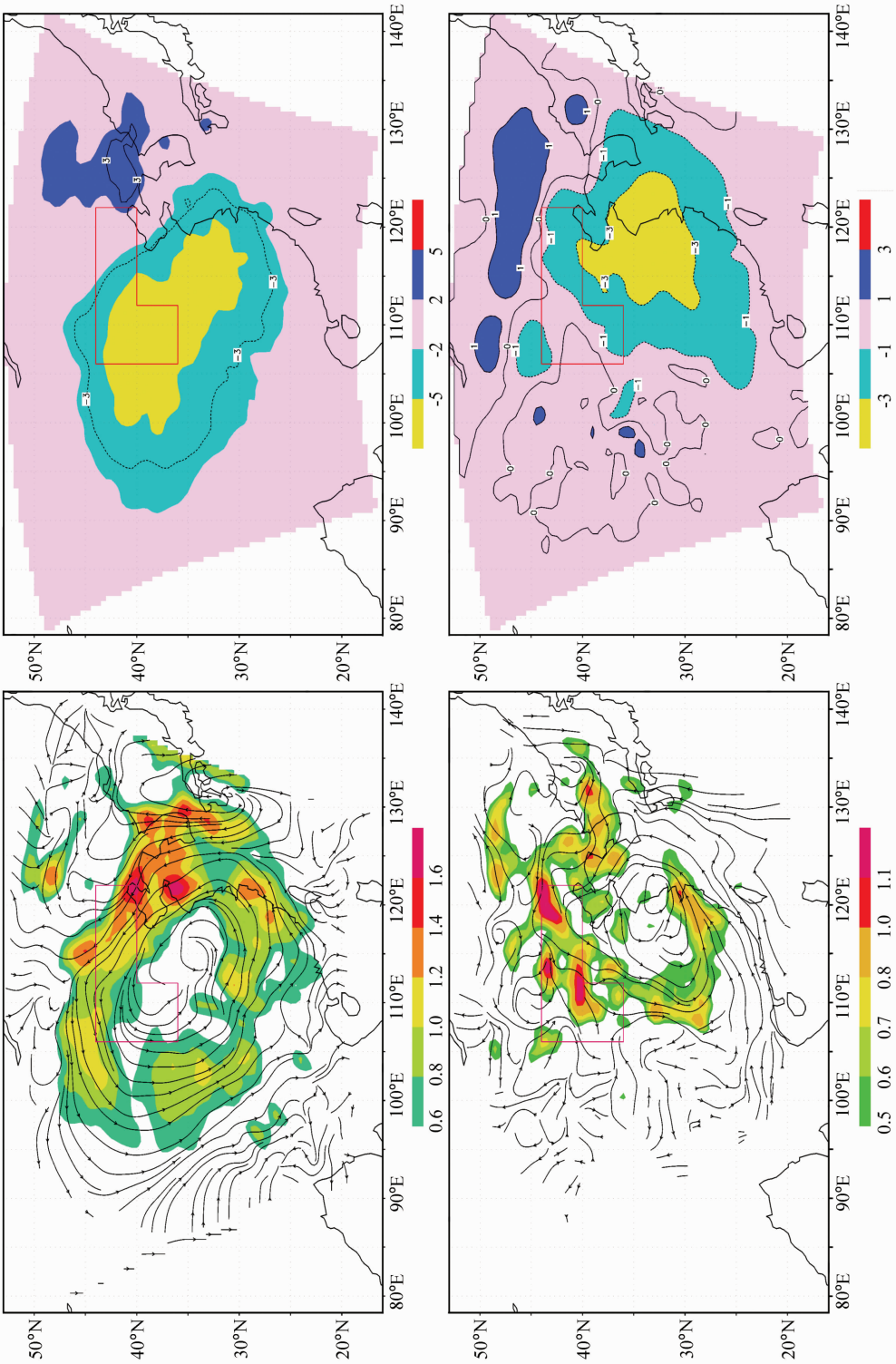


图6 过渡带半沙漠和农田被混合林替代以后环流的变化
(a) 200 hPa 风场; (b) 200 hPa 位势高度; (c) 850 hPa 风场; (d) 850 hPa 位势高度; (a)、(c)的单位: $m\ s^{-1}$; (b)、(d)的单位:m

季劲钧等^[24]将陆表物理过程和植被生物学过程相耦合，使大气对植被的影响和植被对大气的作用处于一个动态的相互作用过程中（AVIM，图 8），通过同气候模式的耦合不仅能较好地模拟东亚季风的气候特征，而且可以模拟植被与大气之间碳的交换，其中对初级生产力的模拟有良好的结果。这个模式参与国际生态系统模式与数据比较计划（EMDI），在 10 个模式中处于上游。钱云等^[25]将一个描写气溶胶的输送和沉降过程的模式与气候模式和辐射模式相耦合，一方面气候要素决定了区域范围内气溶胶的输送和沉降过程，得到气溶胶的分布。同时，这个分布又通过大气辐射模式来影响区域气候的进一步变化（图 9）。

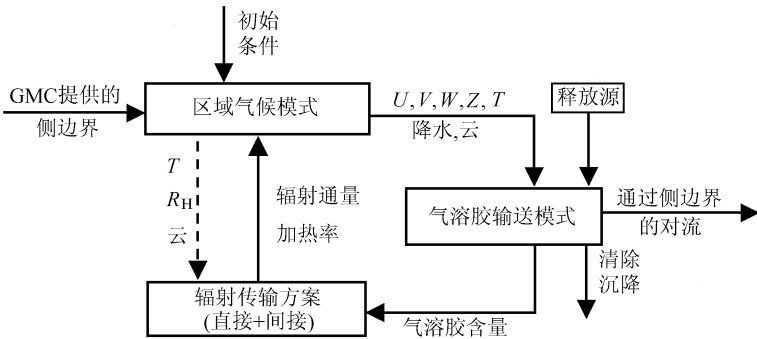


图 9 区域气候—气溶胶相互作用模块（引自文献 [25]）

目前，东亚中心还与南京大学大气科学系合作，将改进的水文过程模式和简化化学模式放进区域模式，完成了新版本的区域环境系统模式（RIEMSV₂）。

为了进一步改进区域环境系统模式，东亚中心提出并主持了由中、美、韩、日、澳大利亚等五个国家的 10 个研究组参加的亚洲区域模式比较计划（简称 RMIP），在亚太全球变化研究网络（APN）、START 和中国科技部、韩国环境部、日本气象厅等的联合支持下从 1999 年开始实施（表 1）^[26]。

表 1 参加亚洲区域模式比较计划的模式

模式	负责科学家	所在国家	模式	负责科学家	所在国家
RIEMS	符淙斌	中国	MRI/JMA	Y. Sato	日本
Regcm3	H. Kato	日本	MM5/LSM	W. Gutovski	美国
DARLAM	J. McGregor	澳大利亚	MM5/LSM	D. Lee	韩国
NIES/CCSR	S. Emori	日本	Regcm	J. Kim	韩国
NJU RCM	苏炳凯	中国	Regcm2	M. Suh	韩国

这个比较计划的目的是通过考察不同模式在亚洲地区的模拟能力，进一步改进区域模式，并应用这些区域模式进行的集合模拟研究亚洲地区未来气候变化情景。该计划已经完成了第一阶段 18 个月积分结果的比较研究，正在进行第二阶段的十年连续积分的统计行为的比较研究。这项研究计划已被列入 WCRP 和 IGBP 模式比较计划序列之一。

东亚中心的这些研究得到了国际的高度评价。WMO 秘书长 Obasi 教授^[27]在意大利举行的全球变化国际会议的报告中称“人类影响下亚洲广义季风系统变化的区域模

拟是全球变化区域研究的一个特别好的例子。这项研究不仅具有全球意义，而且在区域尺度上把三大国际计划的问题结合起来……”。国际 START 全球变化系统还出版特刊介绍过这一方面的研究成果^[28]。

8 人类有序活动：概念、方法和观测试验

人们在不断深化对地球系统自然规律的认识的同时，也越来越多地认识到人类活动已成为推动地球系统变化的另一个强迫力，这种强迫力在十到百年尺度上产生的影响已和自然力的作用相当或过之。通过农业、工业、社会和经济等彼此关联的活动，人类活动的影响散布到地球各子系统中，地球各个子系统及其相互作用产生的反馈又进一步影响人类的生存。近年来，科学界就人类活动对地球系统的作用和两者关系提出了一系列新概念，如“人类圈”^[29]、“人类纪”^[30]和“可持续性科学”^[31]等。

针对中国生存环境和社会经济发展的区域特征，东亚中心科学家提出了“有序人类活动”的概念^[32]，对适应未来变化的影响有了“有序人类适应”的概念，提出了“人类有序活动”的研究框架，推动合理地组织“有序人类活动”，改善环境条件，适应全球变化的区域影响。“有序人类活动”和“有序人类适应”发展了上述概念，并进一步强调人类活动对其生存环境的能动作用（图 10）。

有序人类适应研究的一个主要方法，是发展人类活动—生存环境模式和应用模式

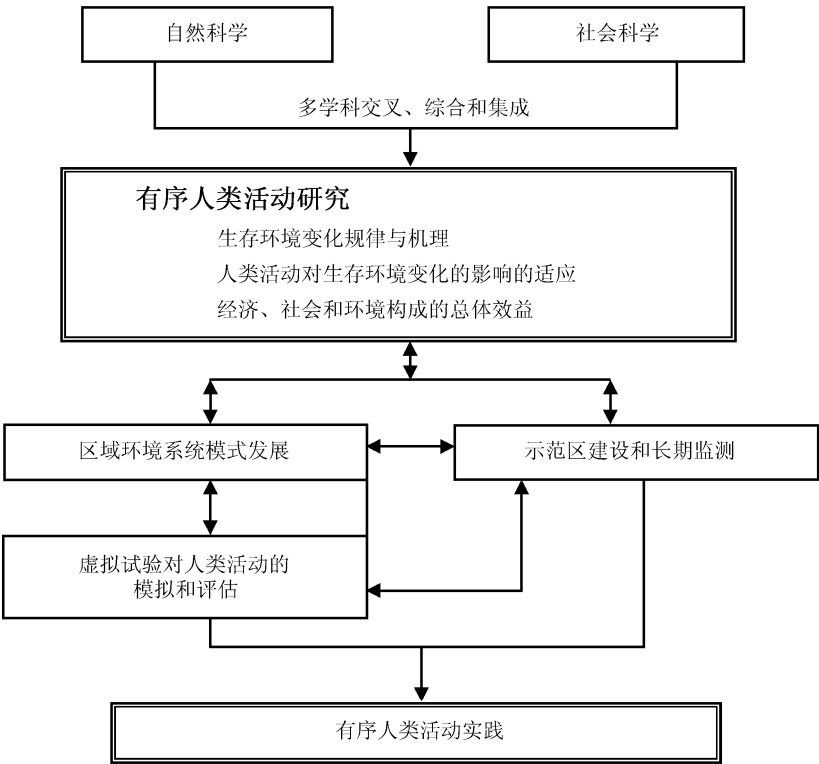


图 10 有序人类活动研究框架

进行虚拟试验。例如,东亚中心的科学家在—项关于退耕还林还草的虚拟试验中,即利用了包含气候、水文、生态等过程的区域环境系统集成模式,考虑人类活动对其中过程的改变,研究和评价植被恢复可能达到的状态^[33]。虽然研究结果是初步的,但表明了开展虚拟试验进行有序人类活动研究的潜力。有序人类适应研究的另一个主要方法,是有序人类活动示范区建设和长期监测研究。示范区可以把虚拟试验的过程和结果物质化,担当丰富和完善人类活动—生存环境模式的试验基地,成为科学成果向实践活动转移的桥梁。

在中国科技部的支持下,东亚中心主持的“我国生存环境演变和北方干旱化趋势预测研究”项目,启动开展了以中国北方干旱化为对象的有序人类活动研究,并在半干旱的吉林省通榆县,建立了实施长期生态观测和大气边界层观测的野外试验站,进行有序人类活动和自然恢复监测,并为吉林省的“生态省”建设¹⁾提供服务。

在选定的试验站上,针对不同生态系统类型的不同生态阶段(退化—恢复—稳定),正在进行土壤—植被—大气之间水分、热量和物质交换过程和生态过程的长期监测和加强期强化观测,并结合卫星遥感监测和数值模拟研究。

上述观测具有三个主要特点:第一,试验站位于气候、生态和土地利用过渡带上,而不是在典型类型的气候、生态或土地利用区之中;第二,试验观测注重动态生态恢复中的、而不是稳定生态状态下的物理、化学和生物过程;第三,试验观测设计直接针对人类活动影响下的自然过程。

这一试验站已加入世界气候研究计划(WCRP)全球能量与水分循环试验(GEWEX)的国际协同加强观测期计划(CEOP)全球观测网^[34],是30个基准观测站之一,并且是唯一由我国完全主持、投资和运行的试验站(图11)。

试验站的建立和在站上进行的观测试验活动,把项目的国家目标和地方生态的具体实践结合起来,并充分利用CEOP的国际合作,在全球、国家和省的不同层次上为生态环境的研究和建设做出贡献。

9 北方干旱化研究——面向国家需求的全球变化科学问题

占国土面积40%的北方地区的干旱化,是最为严峻的生存环境问题之一,它已成为北方粮食生产、能源基地建设和西部开发的一个主要障碍,科学地预测干旱化发展的趋势,评估其社会经济影响,提出合理的适应对策,是国家战略决策的需要。

我国北方的干旱化不是孤立的现象,它与世界上许多地区的干旱和沙漠化有密切的联系,是全球变化的区域表现。同时,我国北方干旱化又是在特定的环境条件下发生的,既遵循东亚环境演变的自然规律,又受日益加剧的人类活动的深刻影响。

大气物理所与中国科学院地球环境研究所、中国科学院地质与地球物理研究所、南京大学、北京大学、农业部、水利部等地位合作,从1999年开始承担国家重点基础研究发展规划项目“我国未来生存环境演变和北方干旱化趋势的预测研究”^[35],首先开

1) “吉林小生态环境现状调查、评价与生态省建设总体规划纲要方案的研究”课题组,吉林省生态环境现状调查、评价与生态省建设总体规划纲要方案的研究(总报告),2000。

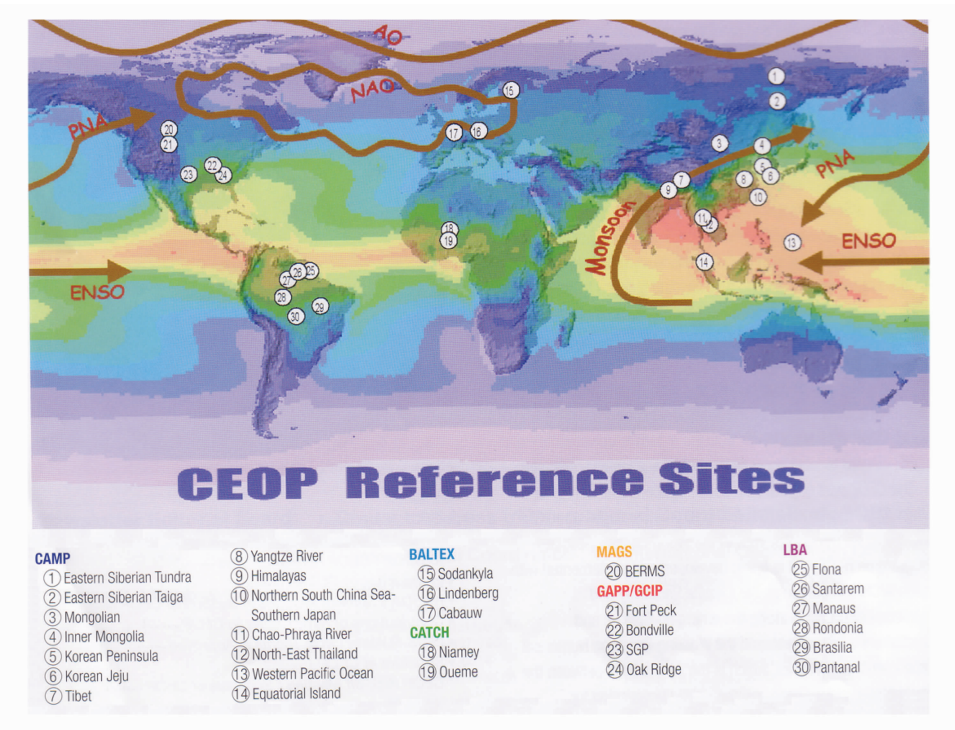


图 11 CEOP 全球基准站分布图和东亚中心主持的半干旱区基站

展了三个关键科学问题研究，一为环境系统干湿变化的自然规律；二是全球变化（主要是全球增暖）影响下，季风环境系统整体的异常响应；三为人类活动（主要是土地和水的利用）对生存环境的影响。经过三年多的工作，取得了一系列实质性进展，其中包括：（1）对北方干旱化的演变规律有了更深入的认识，取得了多种时间尺度干旱化新的更确凿的证据；（2）取得了人类活动加剧北方干旱化的一些定量、半定量的证据；（3）发展了可以用于干旱化趋势预测和有序人类活动虚拟试验的一个工具——区域环境系统集成模式（EIEMS）；（4）水分胁迫对典型生态系统影响的系统观测，初步揭示了干旱化的生理和生态效应；（5）建立了有序人类活动的理论框架，提出了采用虚拟试验研究半干旱区有序人类活动的气候和生态效应的科学方法，同时还建立了半干旱区人类有序活动观测实验站，成为国际强化观测试验 30 个标定站之一（见上一节）。国际科联（ICSU）在给 2002 年南非召开的世界高峰会议的报告中，把北方干旱化研究项目列为科学可持续发展的一个典范^[36]。

10 陆地生态系统碳循环的研究

陆地生态系统碳循环研究是预测未来大气 CO₂ 和其他温室气体含量、认识大气圈与生物圈的相互作用等科学问题的关键，也是认识地球生态系统的水循环、养分循环和生物多样性变化的基础。

为了认识中国陆地生态系统在全球碳循环中的作用，中国科学院于 2001 年启动了“中国陆地和近海生态系统碳收支研究”重大项目，重点开展不同类型生态系统的碳循

环生物地球化学过程实验和模型研究,建立了中国陆地生态系统碳通量观测网络(China Flux)。2002年,中国国家科技部又批准了另一项目,题为“中国陆地生态系统碳循环及其驱动机制研究”的国家重点基础研究发展规划项目。在上述两个项目中,我们都承担了中国森林生态系统碳循环的模拟模型研究工作,目的是研究森林生态系统碳收支和碳储量变化过程并建立其动态模型,从而用于评估气候变化对中国森林生态系统的影响。

通过研究,我们建立了气候驱动的中国森林生态系统生长演替模型,这个模型通过对森林生态系统的生产过程、更新过程、死亡过程和土壤分解过程的模拟,可以得到森林生态系统的结构和组成动态及碳储量变化动态。应用这个模型对中国东北森林对全球气候变化的情景响应进行了研究,得到了一些有益的结论^[37, 38],如:

(1) 在没有气候变化条件下,这些中国东北森林林分将维持目前优势顶级森林地位,森林的碳储量保持动态平衡,或有小幅上升,这与目前观察到的现象和现有理论是相符合的^[39]。

(2) 在 GFDL (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) 气候变化情景下,东北森林的种类组成将发生很大变化,落叶阔叶树将取代目前针叶树成为东北森林主要树种,而针叶树将在地带性森林中占很小的比重,阔叶树中蒙古栎将是最重要的树种,它将成为小兴安岭和大兴安岭最主要树种;以森林碳储量来看,主要变化发生在气候变化过渡期的 50~100 a,在此期间,长白山和小兴安岭的碳储量损失最大,损失量可达 50 t hm^{-2} 以上。研究还表明在 GISS (Goddard Institute of Space Studies) 模式给出的气候变化情景下,东北森林的可能变化,对比二项模拟研究,可知,不同气候变化情景对东北森林的影响各不相同。GFDL 情景可导致阔叶树占据东北森林的主导地位,而 GISS 只可导致阔叶树在东北森林树种组成中比重增加。因此,可以肯定无论未来气候如何变暖,东北森林中阔叶树成分将增加。其中大兴安岭和小兴安岭的地带性森林可能变成蒙古栎林。这样,虽然 GFDL 气候变化情景不是真实的未来气候变化的真值,但从现有林典型林分对它的响应的特点,我们可以合理地推测,东北森林中落叶阔叶树的组成比例将会有大的提高。(3) 进一步模拟研究表明,在中国一般从裸地上开始的森林生态系统,可以维持高的碳吸收 ($>1 \text{ t hm}^{-2} \text{ a}^{-1}$) 的时间可长达 100~150 年,由于中国森林的次生林和人工幼龄林占了很大比重,所以中国森林生态系统将维持高于目前碳吸收水平 (0.045 Gt a^{-1}) 超过 100 年。这些结论对中国的生态建设都具有一定的启发意义。

11 结语

大气物理所和东亚中心,从 20 世纪 80 年代初开始,就在全球变化科学这一前沿领域开展工作,在研究方向和内容上始终与国际同步,并坚持自己的特色和创新,在区域集成研究方面走上世界的前列。目前,正同 IGBP 和 START 等国际计划合作,组织季风亚洲区域集成研究的新的核心研究计划,继续保持和发展在这一前沿领域的优势,为全球变化科学的发展作出新贡献。

参 考 文 献

- 1 Yeh, T. C. , and Fu Congbin, Climatic Change—A global and multidisciplinary theme, In: *Global Change* , edited by T. F. Malone, and J. G. Roederer, Cambridge University Press, 1985, 127~146.
- 2 Fu Congbin, Studies on changes of tropical rainforest climate—a suggested candidate for understanding the geosphere-biosphere interaction, in *Global Change* , edited by T. F. Malone and J. G. Roederer, Cambridge University Press, 1985, 496~497.
- 3 Fu Congbin, Transitional zones and biome boundaries— a case study from China, in *Landscape Boundaries/Ecological Studies* , edited by F. D. Castri, and A. J. Hansen, Springer, 1992, 394~402.
- 4 Yeh, T. C. , and Fu Congbin, A discussion on the predictability of global change, *Climatic Change* , 1989, **15**, 483~486.
- 5 叶笃正主编, 中国的全球变化预研究, 第一部分: 总论, 北京: 气象出版社, 1992, 101pp.
- 6 叶笃正、符淙斌, 全球变化和我国未来的生存环境, 中国十大基础研究, 上海: 上海科技出版社, 1995, 233~275.
- 7 TEACOM, An implementation plan for the establishment of a START regional network in Temperate East Asia, 1994, 28pp.
- 8 Tyson, P. , and Fu Congbin, Research collaboration and capacity building: START and related initiatives, Proceedings of the conference on the World Climate Research Programme, Geneva, August, 1997, WMO/TD. No. 904, 1998, 161~165.
- 9 Fu Congbin, and Flecher, Large signal of climatic variation over the ocean in the Asian monsoon region, Proceedings of the annual climate diagnostic workshop, NCAR, Boulder, USA, 1982.
- 10 Yan Zhongwei et al. , Northern hemispheric summer climate jump during the 1960's, part I, rainfall and temperature, *Science in China (B)* , 1990, **33**, 1092~1101.
- 11 符淙斌、王强, 南亚夏季风气候的突变现象及其与全球迅速增暖的同步性, 中国科学 (B辑), 1991, 666~672.
- 12 Fu Congbin et al. , The changes of atmospheric circulation over Northern Hemispheric oceans associated with the global rapid warming of the 1970's, *International J. Climatology* , 1999, **19**, 581~606.
- 13 Fu Congbin, An aridity trend in China in association with global warming, *Climate—Biosphere Indexation* , Edited by Zepp 1—17, John Wiley and Sons. Inc. , 2000.
- 14 Fu Congbin, and Xie Li, Global oceanic climate anomalies in 1980's, *Adv. Atmos. Sci.* , 1998, **15**, 167~178.
- 15 Fu Congbin, and Wen Gang, Variation of ecosystems in East Asia in association with the seasonal, interannual and decadal monsoon climate variability, *Climatic Change* , 1999, **43**, 477~494.
- 16 Fu Congbin, Monsoon driven ecosystem: Concept and some preliminary evidences, Proceedings of the second International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME, Pattaya, Thailand, March, 1995, 68~70.
- 17 符淙斌等, 东亚季风区气候和生态系统相互作用的诊断和模拟研究, 南京大学学报, 2002, **38**, 281~294.
- 18 Fu Congbin, Can human-induced land cover change modify the East Asia monsoon system? *Challenges of Changing Earth* , Springer, 2002, 133~136.
- 19 Fu Congbin, Potential impacts of human induced land cover change on East Asia monsoon, *Global and Planetary Change* , 2003 (in press) .
- 20 Zhang Jingyong, Dong Wenjie, Ye Duzheng et al. , New Evidence for effects of land cover in China on summer climate, *Chinese Science Bulletin* , 2003, **48** (4), 401~405.
- 21 Zhang Jingyong, Dong Wenjie, Fu Congbin et al. , Evidence for influence of vegetation cover change in China on summer precipitation, *Adv. Atmos. Sci.* , 2003, **20** (3), 415~424.
- 22 IPCC, Climate Change 2001, The Science Basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Edited by J. H. Houghton et al, Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press, 2001, 769pp.
- 23 TEACOM, Documentation on Regional Integrated Environmental system (RIEMS) TEACOM Science Report NO.1, 2000, 1~24.
- 24 Ji Jingjun. , A climate Vegetation interaction model: Simulating physical and biological processes at the surface,

- Journal of Biogeography*, 1995, **22**, 445~451.
- 25 Qian Yun, Interactive coupling of regional climate and sulfate aerosol models over eastern Asia, *J. Geophys. Res.*, 1999, **104** (D6), 6477~6500.
- 26 Fu Congbin et al, Regional climate model inter-comparison project for Asia: summary of APN project 2001—05, P. Kobe, Japan. 2001, 1~12.
- 27 Obasi, Global change research strategies and capacity building the role of WMO, Keynote address at the Conference on Global Change, Trieste, Italy, 1999, WMO, 1~12.
- 28 START, Special Science Buttition, International START Secretariat. Washington, D. C. , 2000, 8pp.
- 29 Schellnbuber, H. J. , Earth system analysis and the second Copernican revolution, *Nature*, 1999, **402**, 19~23.
- 30 Crutzen, P. J. , and E. F. Stoermer, The “Anthropocene” . Global Change Newsletter, No. 41, IGBP Secretariat, The Royal Swedish Academy of Sciences, Box 50005, S-104 05 Stockholm, Sweden, 2000, 17~18.
- 31 Kates, R. , W. Clark, R. Corell et al. , Sustainability Science, *Science*, 2001, **292**, 641~642.
- 32 叶笃正、符淙斌、季劲钧等, 有序人类活动与生存环境, 地球科学进展, 2001, **16** (4), 453~460.
- 33 Fu Congbin, and Yuan Huiling, A virtual numerical experiment to understand the impacts of recovering natural vegetation on the summer climate and environmental conditions in East Asia, *Chinese Science Bulletin*, 2001, **46** (14), 1199~1203.
- 34 CEOP, contivution to improving the predictability of the global aater cycle andresultant aater resurces, 2002, 6pp.
- 35 符淙斌、安芷生, 我国北方干旱化研究——面向国家需求的全球变化科学问题, 地学前缘, 2002, **9**, 271~275.
- 36 ICSU, Report of the scientific and Technological community to the World Summit on Sustainable Development (WSSD), 2002, 18 pp.
- 37 延晓冬等, 气候变化背景下小兴安岭天然林的模拟研究, 自然资源学报, 1999, **14** (4), 372~376.
- 38 延晓冬等, 中国东北森林生长演替模拟模型及其在全球变化研究中的应用, 植物生态学报, 2000, **24** (1), 1~8.
- 39 Shugart, H. H. , T. M. Smith, and W. M. Post, The potential for application of individual based simulation models for assessing the effects of global change, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1992, **23**, 15~38.

Some Advance in Global Change Science Study

Ye Duzheng, Fu Congbin, Dong Wenjie, Wen Gang, and Yan Xiaodong
(*International START Regional Center for Temperate East Asia , Key Laboratory of
Regional Climate-Environment for East Asia , Institute of Atmospheric Physics ,
Chinese Academy of Sciences , Beijing 100029*)

Abstract Some advance by International START Regional Center for Temperate East Asia in global change science study is reported in this paper, which includes: (1) Participating initiating of international and national global change science study; (2) Initiating new direction of global change study on regional scale; (3) Regional response study of climate jump and global warming; (4) Study of vegetation-climate interaction in East Asia Monsoon region; (5) Development of regional environment system and international comparison activity of Asia regional models; (6) Initiating the orderly human activity adaptation to global change, its concept, observation, experiment, theory and methodology; (7) Study on nation required global change question—Northern China aridification study; (8) Study on terrestrial ecosystem carbon cycle, etc.

Key words: Global change science; regional climate model; East Asia monsoon