

# 全球变化 研究评论

Review of Global  
Change Research

(第三辑)

地球系统科学前沿讲座

Lectures on Frontiers of  
Earth System Science

主 编 官 鹏

副主编 梁 璐



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

Review of Global Change Research

# 全球变化研究评论

QUANQIU BIANHUA YANJIU PINGLUN

(第三辑)

Lectures on Frontiers of Earth System Science

## 地球系统科学前沿讲座

DIQIU XITONG KEXUE QIANYAN JIANGZUO

主 编 宫 鹏

副主编 梁 璐



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

## 内容简介

地球系统科学是以地球系统为研究对象,致力于观测、理解和预测由陆地、大气、水、冰、生物圈、社会与经济之间的交互作用而引起的全球环境变化。本专辑以地球系统科学为主题,收录了清华大学地球系统科学研究中心开办的第一门讲座课程——“地球系统科学前沿讲座”13位校内外老师完成的讲座式授课的讲稿。讲稿内容包括地球系统组分耦合模型;地面气象、水文、地震、环境与生态监测网络,空基和星基观测网络;与全球环境问题有关的经济学和政策研究以及社会响应机制等。

本专辑对从事地球系统模式建设及高性能计算应用、地球系统观测和全球变化经济学研究的学者有一定参考价值。

关键词:地球系统模拟;高性能计算;地球系统观测;全球变化经济学

## 图书在版编目(CIP)数据

全球变化研究评论. 第三辑,地球系统科学前沿讲座/宫鹏主编. --北京:高等教育出版社,2012.7

ISBN 978-7-04-033452-4

I. ①全… II. ①宫… III. ①全球环境-文集②地球科学-文集 IV. ①X21-53②P-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第077247号

策划编辑 柳丽丽

责任编辑 柳丽丽

封面设计 张志奇

版式设计 马敬茹

插图绘制 郝林

责任校对 杨凤玲

责任印制 田甜

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100120

印刷 北京鑫海金澳胶印有限公司

开本 787mm × 1092mm 1/16

印张 15

字数 280千字

插页 8

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landrao.com>

<http://www.landrao.com.cn>

版次 2012年7月第1版

印次 2012年7月第1次印刷

定价 59.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 33452-00

审图号:GS(2012)26号

做科学研究,绝对真值很难测得,但是观测事物变化要容易些,而且变化值常常是大家更关注的。因此,建议大家多研究,从观测中探测变化。

王大珩

1996年9月19日

于“对地观测技术与地球系统科学”青年科学家论坛

谨以此书献给我国光学事业的开拓者之一,国家863高技术领域的倡导者,对地观测技术与地球系统科学的支持者,“两弹一星”元勋王大珩先生(1915—2011)

## 《全球变化研究评论》编辑委员会

顾 问：徐冠华

主 任：宫 鹏

编 委：（按姓氏拼音字母排序）

鲍曙明 密歇根大学

卞 玲 布法罗大学

陈德亮 国际科学理事会

陈吉泉 托莱多大学

陈镜明 多伦多大学

戴永久 北京师范大学

董文杰 北京师范大学

方精云 北京大学

高 琼 北京师范大学

宫 鹏 清华大学

江 洪 南京大学

居为民 南京大学

李旭辉 耶鲁大学

李占清 马里兰大学

梁顺林 马里兰大学

林光辉 清华大学

刘红星 辛辛那提大学

刘建国 密歇根州立大学

刘 勉 密苏里大学

刘民权 北京大学

刘雪梅	加利福尼亚州立大学长滩分校
骆亦其	俄克拉何马大学
罗 勇	清华大学
彭长辉	魁北克大学
齐家国	密歇根州立大学
盛永伟	加利福尼亚大学洛杉矶分校
施建成	加利福尼亚大学圣巴巴拉分校
史培军	北京师范大学
隋殿志	俄亥俄州立大学
唐剑武	美国海洋生物实验室
王 斌	清华大学
王 杨	佛罗里达州立大学
邬建国	亚利桑那州立大学
徐 冰	清华大学
徐 明	中国科学院地理科学与资源研究所
严晓海	特拉华大学
杨 军	北京林业大学
殷永元	不列颠哥伦比亚大学
周集中	俄克拉何马大学
朱阿兴	威斯康星大学

## 讲稿作者简介

(按姓氏拼音字母排序)

**曹静** 清华大学经济管理学院经济系副教授,地球系统科学研究中心双聘教授,中国与世界经济研究中心(CCWE)研究员,清华大学财政税收研究所研究员,美国哈佛大学博士。主要研究领域为能源、环境与气候变化经济学,研究成果发表在 *Review of Environmental Economics and Policy*, *Review of Income and Wealth*, *Asian Economic Policy Review*, *Asian Economic Journal* 等 SSCI 国际期刊,以及《经济研究》、《金融研究》、《经济学动态》等国内期刊上。

**陈镜明** 加拿大多伦多大学地理系教授,加拿大首席科学家,加拿大皇家科学院院士,国家“千人计划”入选者,南京大学教授。现任 *Journal of Geophysical Research - Atmosphere*, *Journal of Applied Remote Sensing* 和 *Canadian Journal of Remote Sensing* 副主编、加拿大碳计划科学指导委员会委员、美国通量观测网络科学指导委员会委员、中国科技部全球变化重大科学研究计划专家组成员。主要从事植被遥感及陆地生态系统碳水循环研究,已发表专业杂志论文 180 余篇,被同行引用 4 000 余次。

**戴永久** 北京师范大学长江学者奖励计划特聘教授,国家杰出青年基金获得者。主要从事陆面模式研发、陆地-大气相互作用研究。主要学术成绩有:中国科学院大气物理研究所陆面模式(IAP94)、通用陆面模式研发(The Common Land Model, CoLM)、陆地模拟系统(The Terrestrial Modeling System, TMS)。

**宫鹏** 清华大学全球变化研究院及地球系统科学研究中心教授,美国加利福尼亚大学伯克利分校环境科学、政策与管理系教授。研究兴趣包括全球土地覆盖及利用变化、环境与健康和社会可持续发展等。发表各类论文 400 余篇(含 160 余篇 SCI 论文)。现担任 *International Journal of Remote Sensing* 编辑和 *Computers, Environment and Urban Systems* 及 *GIScience and Remote Sensing* 等刊物编委。

**李占清** 北京师范大学全球变化与地球系统科学首席研究员,千人计划获得者,美国马里兰大学大气与海洋系教授,中国科学院海外评审专家,中美重大合作项目(EAST-AIRE, AMF-China)首席科学家。南京信息工程大学和加拿大 McGill 大学毕业。主要研究领域集中在卫星遥感、大气物理和气候变化方面。研究方向为气溶胶、云、辐射、降水、地面与大气环境、遥感技术与应用等。在地球辐射平衡、云吸收、气溶胶直接与间接气候效应、森林火灾等方面进行过广泛

深入的研究。在 *Nature*, *Science*, *Journal of Geophysical Research* 等刊物发表论文 160 余篇,被引用约 3 000 次,h 指数(h-index)为 29。数十次在国际会议上做特邀报告。曾作为在美国以外出生的科学家代表刊登在 *Science* 封面,获得多项国家和部级科技成果奖。担任 *Journal of Geophysical Research* 和 *Advances in Meteorology* 等杂志编委、编辑。

**林光辉** 清华大学地球系统科学研究中心教授。美国迈阿密大学生态学博士,国家杰出青年基金(B类)获得者,中国科学院“百人计划”入选者。曾作为唯一的华人科学家参与美国“生物圈 2 号”1994—2003 年期间的运营与管理。2003 年年底回国工作,曾任中国科学院植物研究所研究员,厦门大学生命科学学院教授,美国华盛顿卡耐基学院全球生态学研究部访问研究员。研究兴趣包括湿地生态学、全球变化生态学、稳定同位素生态学等,已发表论文 110 多篇,主编或参编专著 6 部。

**罗勇** 清华大学全球变化研究院及地球系统科学研究中心教授,兼任中国气象学会气候变化与低碳发展委员会主任委员,北京气象学会常务理事,世界气候研究计划/气候与冰冻圈中国国家委员会副主席,国际大地测量与地球物理学联合会/国际冰冻圈科学协会中国国家委员会副主席。主要从事全球气候变化的科学与政策研究、可再生能源开发利用、气候系统模式研制与气候数值模拟与预测研究等。在气候变化领域,主要承担过去气候变化的事实分析、数值模拟与归因研究,是政府间气候变化专门委员会(IPCC)第一工作组第四次评估报告第九章主要作者,参与了 IPCC 第四、五次评估报告、技术报告和特别报告的专家评审和政府评审。在气候系统模式研制方面,主要从事陆面过程模式的研发,特别是植被冠层辐射参数化方案的研制。在可再生能源开发领域,主要承担风能、太阳能资源评估以及风电量预报技术和系统开发等。2005 年来在学术刊物上共发表论文 105 篇,合作出版学术专著 10 本。2008 年获国务院政府特殊津贴。

**施建成** 中国科学院遥感应用研究所国家特聘专家(千人计划),美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校计算地球系统科学学院研究员,北京师范大学客座教授。长期从事发展微波遥感的基础理论与定量反演方法研究,开创了一套理论性很强的定量反演思路和方法,并广泛地应用于地表关键的定量反演中。在遥感理论研究及应用方面,发展了积雪、植被和粗糙表面的微波散射与辐射理论模型,以及卫星影像数据同化、分析和参数反演的参数化微波模型。

**王斌** 中国科学院大气物理研究所研究员,清华大学地球系统科学研究中心教授,中国气象局数值预报中心科学主任,国家杰出青年科学基金获得者,国家“百千万人才工程”第一、二层入选者。曾任大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室主任,世界气象组织(WMO)大气科学委员会(CAS)委员,现任世界气候研究计划(WCRP)耦合模拟工作组(WGCM)委员,世界天气研究计划(WWRP)资料同化与观测策略工作组(DAOS WG)委员,全球变化研究国家



重大科学研究计划专家组委员,国家 863 计划重点项目“地球系统模式中的高效并行算法研究与并行耦合器研制”召集人。主要从事气候模式发展、资料差分同化、目标观测和相关数值方法的研究。发表 SCI 论文近 90 篇, EI 论文 20 余篇, CSCD 论文 120 余篇。曾获国际 IT 大奖:计算机世界最高荣誉奖——21 世纪成就奖,中国气象局科技奖成果应用一等奖,中国科学院青年科学家二等奖等奖项。

**王聿绚** 清华大学全球变化研究院及地球系统科学研究中心副教授。2005 年获美国哈佛大学地球和行星科学博士。主要从事大气化学、全球与区域大气污染传输模拟、气候变化、能源与环境等研究。发表 SCI 收录论文 20 余篇。曾获哈佛大学“杰出教学奖”和国家科技进步二等奖。

**杨广文** 清华大学计算机科学与技术系及地球系统科学研究中心双聘教授,高性能计算技术研究所所长,曾任“十一·五”863“高效能计算机及网格服务环境”重大项目总体组专家、“国家应对气候变化科技发展规划”编写专家组专家,申请专利 7 项,获得两项国家科技进步二等奖。主要研究方向为并行/分布处理、网格计算、算法设计与分析等。共发表论文 90 余篇,在国际重要刊物 *Journal of Grid Computing, Concurrency and Computation—Practice and Experience, Nucleic Acids Research, Nano Letters* 和国际著名会议 CCGrid08、Grid07、ICNP07、ICDCS08、IPTPS04、ICPP03 等发表了相关研究成果。

**张强** 清华大学地球系统科学研究中心副研究员。2000 年毕业于清华大学环境科学与工程系,2006 年于清华大学获得博士学位。2006—2009 年在美国阿岗国家实验室从事博士后研究。主要研究兴趣为区域及全球尺度大气污染物排放的定量分析、区域大气污染的数值模拟以及大气污染物的卫星遥感监测。在 SCI 收录杂志发表文章 40 多篇,总引用次数 900 多次。有多篇文章被 ISI 数据库列为“高影响力论文”。

# 前 言

“不违农时，谷不可胜食也；数罟不入洿池，鱼鳖不可胜食也；斧斤以时入山林，材木不可胜用也。”——《孟子·梁惠王》

“天下莫大于秋毫之末，而泰山小；莫寿乎殇子，而彭祖为天；天地与我并生，而万物与我为一。”——《庄子·齐物论》

“曰：何谓天？何谓人？北海若曰：牛马四足，是谓天；落马首，穿牛鼻，是谓人。”——《庄子·秋水》

## 一、地球系统科学的定义

地球系统科学是近 30 年来随着日益凸显的全球变化问题而发展起来的一门新兴的交叉科学(Reid et al.,2010)。它以地球系统为研究对象,致力于观测、理解和预测由陆地、大气、水、冰、生物圈、社会与经济之间的交互作用而引起的全球环境变化。全球环境变化包括由自然引起,以及由森林砍伐、化石燃料使用、土地垦殖、农业强化、城市化、淡水获取、过度渔业、废物生产等人类活动引起的物理和生物地球化学环境变化(Leemans et al.,2009)。因此,地球系统科学以地球大气圈、水圈、生物圈、岩石圈以及人类活动之间的相互作用机制为对象,采用物理学、化学和生物学的手段研究关键物质元素和能量在各圈层之间的循环与转化,并对它们进行监测和定量模拟,以期达到对全球环境的关键变化过程的理解和预测的目的。

## 二、地球系统科学的产生及其与其他学科的关联

“地球系统科学”是由美国国家宇航局 1982—1987 年组建的以 Francis Bretherton 为首的科学顾问组,为利用地球观测手段应对全球气候变化引起的一系列重大问题而提出来的(Earth System Science Committee,1986)。地球是目前人类所知的唯一有生命活动的星球,而地球系统与其他星体的最大不同是生命活动也参与地球系统的演化(Dietrich and Perron,2006)。其中人类活动对地球系统所产生的改变已经达到了与太阳和地球自然力量两大自然过程相当的程度。显然,以认识生命演化的机理、防治疾病、解决人类生命本身问题为目的的生命科学对认识地球系统演变有很大帮助。而地球系统科学所关心的是人类赖以生存的地球环境如何演变和发展,探索环境变化如何影响包括人类和生态健

康在内的人类和地球其他生命的福祉,找寻哪种人类活动才会使地球环境朝着对人类可持续发展更加有利的方向发展。

地球系统科学既继承了行星科学、地质学、气象学、海洋学等以研究自然力为传统的传统地学学科,又发扬了地理学和生态学等集成自然和生命系统过程的地学学科优势。而它与这些传统地学学科的最大区别在于其把全球作为一个系统,采用综合的系统观测、多学科交叉和定量化的手段来研究。它特别关注不同组成部分间的物质和能量交换过程。因此,地球系统科学的研究对象涵盖了大至宇宙天体,小至大气中的分子成分或能够改变局部过程的土壤微生物等多时空尺度的现象(Burns, 2010; Young and Crawford, 2004)。多学科交叉的直接结果就是推动了生物地球化学和生物地球物理学的诞生和发展。

### 三、国际地球系统科学研究机构发展简况及学科发展的主要趋势

地球系统科学从 20 世纪 80 年代提出,引起多国学者的重视,从而得到不断深化。美国、加拿大和欧洲许多大学相继独立设立地球系统科学研究中心或研究所,或与政府联合设立研究机构。例如,美国宾夕法尼亚州立大学于 1986 年成立了地球系统科学中心,加利福尼亚大学圣巴巴拉分校成立了计算地球系统科学研究所,加拿大麦吉尔大学成立地球系统科学研究中心,德国不莱梅大学、荷兰瓦赫宁恩大学等也成立了地球系统科学研究中心。加利福尼亚大学洛杉矶分校与美国国家宇航局喷气动力实验室联合成立了区域地球系统科学研究中心,美国马里兰大学与美国国家宇航局和大气海洋管理局联合成立了地球系统科学交叉研究中心。1991 年加利福尼亚大学欧文(Irvine)分校成立了地球系统科学系。1995 年美国北达科他大学成立了地球系统科学与政策系。2007 年美国斯坦福大学成立环境地球系统科学系。在原有地学学科设立地球系统科学课程的学校更多。国际科学委员会于 2009 年集合 DIVERSITAS(国际生物多样性计划), WCRP(World Climate Research Programme), IGBP(International Geosphere - Biosphere Programme), IHDP(International Human Dimension Programme)等多个国际科学计划,设立地球系统科学伙伴计划(Earth System Science Partnership),旨在发展地球系统科学,为解决全球的碳循环、食物系统、水资源和公众健康问题提供支撑。与此同时, *Global Biogeochemical Cycles*, *Global Change Biology*, *Global Environmental Change—Human and Policy Dimensions*, *Hydrology and Earth System Science*, *Natural Hazards and Earth System Science*, *Earth System Science Data*, *Nature Geoscience* 和 *Nature Climate Change* 等多份地球系统科学国际杂志相继创刊。其中, *Earth System Science Data* 就是以共享科学数据为目的创办的同行评议地学数据论文的刊物。到本文完稿,被 *ISI Knowledge of Science* 收录的各种刊物发表了 4 600 余篇以“Earth System Science”为主题的科学论文。

不论从科学界对地球系统科学研究机构或科学计划的设立,还是从发表的

大量论文,都不难看出,地球系统科学正朝着更加综合集成、更多学科交叉、更大时空跨度、更大量数据积累、更高分辨率模式和更直接的社会服务的方向发展。地球系统科学文献中一个使用最频的词汇就是“综合的方法(integrated)”。解决全球变化的问题需要综合考虑多种时空尺度的联系和多部门、多种科学手段的作用。例如,研究厄尔尼诺和南方涛动(ENSO)现象,不能仅仅局限于海洋和大气学科,而要综合考虑自然以及社会经济和公共政策制定等因素(McPhaden et al., 2006)。而对 ENSO 认识的改进,又有助于经济发展,提高人类福祉,改进资源保护。对于地球科学数据的使用需要多种来源、长时间序列的综合集成,还要与模式集成同化。不仅各种台站数据和遥感观测数据,而且各种古环境数据以及人类历史上的环境与灾害数据都需要整理集成。而仅历史文献中环境数据的收集、整理和空间化,由于其语言的多样性和复杂性,就需要投入大量的人力和研究才能使历史描述在今天的全球变化研究中发挥应有的作用。地球系统科学研究的对象正从地表环境向与地球系统命运息息相关的深海、深层地球、深空、太阳系的其他星球延伸(Stevenson, 2008; Burns, 2010)。而地球系统模型正在从 1 度经纬网格尺度向 0.1 度或更高分辨率发展。这大大增加了对高性能计算的需求。最后,地球系统科学应解决全球气候和环境变化以及环境可持续发展等重大社会问题而诞生,对社会环境政策制定与实践有重要参考作用。政策制定者和公众对地球系统科学的研究成果有越来越高的需求。因此,需要加强普及地球系统科学研究成果,对政策意义做出快速而科学的解释。

#### 四、我国地球系统科学机构建设的简要回顾

我国地球系统科学在 20 世纪 80 至 90 年代,钱学森、叶笃正、黄秉维、陈述彭、徐冠华等先生的推动下,逐步受到科学界的重视。钱先生于 20 世纪 80 年代末期提出地理系统是复杂巨系统的概念,叶先生于 1992 年编著《中国全球变化预研究》,陈先生于 1998 年主编了《地球系统科学》工具书。这些为介绍地球系统概念、开拓地球系统科学视野起到了重要作用。1996 年,我和史培军、郭华东等编著了《对地观测技术与地球系统科学》一书,并于同年在中国科学与技术协会支持下,通过第 13 次青年科学家论坛邀请一批年轻学者就这一题目进行了研讨。王大珩和徐冠华先生也亲临会场参与研讨。时任美国国家宇航局地球观测系统首席科学家 Ghassem Asrar 等海外学者也应邀参加了这次论坛。这是青年科学家论坛开坛以来首次邀请国际学者参加的论坛。受到国内外地球系统科学学术思想以及本次论坛的影响,2000 年南京大学成立了国际地球系统科学研究所,倡导利用地球观测手段推动地表生态系统模拟的多学科交叉研究。但是,2008 年以前我国地球系统科学研究主要限于科学家个人兴趣和小科研队伍合作的范围。

我国地球系统科学研究的大发展始于 2008 年,徐冠华先生大力倡导全球变化研究(徐冠华等,2010a,2010b)。2008 年,徐先生亲自召集国内各界科研人员

开了 50 余次会议,推动了国家 863 高技术信息领域和地球观测领域设立面向全球变化研究的重点项目,在基础科学研究领域设立了国家全球变化研究重大科学研究计划。这些计划的实施,使我国在全球变化与地球系统科学研究方面的经费达到每年数亿元之多。徐先生还亲自领导创办了北京师范大学全球变化与地球系统科学研究院(2008 年)和清华大学全球变化研究院(2010 年)。2010 年,他又在教育部系统推动成立了高校全球变化研究联盟。他的这些努力为我国地球系统科学的长期发展奠定了基础。

徐冠华先生倡议清华大学以全球变化研究为契机,不断发挥清华大学计算机、经济学、物理学、数学、环境科学与工程、能源研究等学科优势,以 2009 年成立的地球系统科学研究中心为平台,承担国家全球变化科学研究任务,合理规划发展地学。清华大学地球系统科学研究中心初步定位在以高性能计算和地球观测为支撑,优先发展地球系统模式,迅速建立与地球系统模式发展密切相关而清华尚不具备的大气科学、生态学和海洋科学学科。

### 五、清华大学地球系统科学前沿讲座开办及本书主要内容

2010 年秋季学期,清华大学地球系统科学研究中心开办了第一门讲座课程——“地球系统科学前沿讲座”。中心 7 位老师和其他 6 位校内外老师一道完成了每周两个小时的讲座式授课。讲座内容围绕地球系统模式建设及高性能计算应用、地球系统观测和全球变化经济学问题展开:

- 地球系统模式研究耦合地球系统组分模型。建立集成框架,将传统学科孤立发展起来的大气、海洋、土壤、生物、雪和淡水、社会经济模型进行综合集成。精确的区域及全球气候模型对人类建立全球气候变化的适应对策十分重要。地球系统模式是关于正确理解最终能够引起整个地球系统变化的各个组成系统间反馈作用的科学,它直接建立在地球系统科学的基础之上。而地球系统科学又根植于自然科学和社会科学、计算科学和环境科学等多学科的交叉领域。地球系统模式的直接产出是由高性能计算和地球观测技术支撑的地球系统模拟工具(Shapiro et al., 2010)。本辑中,戴永久教授的“陆面过程及其参数化研究”,王斌教授的“地球系统模式简介”,杨广文教授的“地球系统数值模拟”主要侧重讲授这方面内容。王聿绚副教授“全球能源系统与大气化学成分——从空气污染到气候变化”,以及本人的“全球环境变化与公众健康——数据库建设与建模举例”也不同程度地介绍了大气输送和疾病传播等过程模型的建设与应用。这类模型的发展与完善最终能够集成到地球系统模式的总体框架下。

- 地球观测技术是集地球科学、计算工程、传感器技术、通讯技术、海洋 - 大气 - 空间科学以及野外观测于一体,实现从不同尺度对地球系统的物理、化学、生物学性质,乃至社会经济特征进行监测的多学科交叉技术。它包括地面气象、水文、地震、环境与生态监测网络,海洋检测站网、空基和星基观测网络。其趋势是基于近来发展起来的无线传感器网络技术、网络数据库技术和地球空间

信息技术,建设全球集成观测体系,支持近实时数据获取、共享、可视化数据挖掘与分析。本辑中探讨地球观测技术的讲座主要包括李占清教授的“辐射、云与地球气候——观测与模拟概述”,陈镜明教授的“陆地生态系统碳循环及其观测和模拟方法”,施建成教授的“被动微波在土壤水分和植被监测中的应用”,王聿绚副教授的“全球能源系统与大气化学成分——从空气污染到气候变化”,张强副教授的“大气污染物和温室气体的来源及定量方法”,以及本人的“全球环境变化与公众健康——数据库建设与建模举例”。

• 全球变化经济学是在经济学、能源科学、环境科学、政策与政治学多学科交叉基础上,研究全球变化和经济发展的交互作用。包括全球气候变化、平流层臭氧缺失、生物多样性减少、森林减少与退化、土地利用变化、湿地减少及危险性废弃物管理等问题。特别关注与全球环境问题有关的经济学和政策研究以及社会响应机制,包括全球环境变化的经济与社会影响综合评价,减缓气候变化和采取适应措施的技术与经济评价,气候变化对农业、林业、生物燃料和生态系统的影响,空气污染对公众健康的影响,以及与环境政策和国际气候协议相关的经济、环境和实时政策的综合分析。本辑收录的有关全球变化经济学研究方面的讲座有:罗勇教授两讲“与气候变化国际谈判相关的若干科学问题”及“全球与我国气候变化的事实及其影响”,本人的“全球环境变化与公众健康——数据库建设与建模举例”,林光辉教授的“全球变化与生态系统服务功能——从生物圈2号到我们的地球”,以及曹静副教授的“气候变化政策手段选择的经济学理论分析”。

通过系列学术讲座,开启一个新的学科领域的教育,是研究生教学普遍采用的方法。通过指导性阅读促进研究生了解地球系统科学的基本原理,通过学术讲座展示地球系统科学的研究方法和前沿科学问题,是世界一流大学采用的通用方法。本书收集了“地球系统科学前沿讲座”的13个讲座内容。由专人整理,教师修改审定。编辑这本书,我们希望能够使读者对地球观测的相关技术、地球系统科学的基本原理和相关科学问题以及地球系统模拟的主要内容有初步的了解。为有兴趣进入地球系统科学领域的学者提供一定的方法论支持和科学参考。

## 六、致谢

在本辑交稿之际,首先要感谢高等教育出版社李冰祥编审。她和我们长期的合作是本书得以实现的基础。她和高教社其他编辑们的耐心给予了作者们更多的准备时间。本辑成书首先仰赖各位主讲老师的辛勤劳动。他们都是各自领域的翘楚,在百忙中准备讲稿,并审定讲稿,实在令人感动。还要特别感谢这门课程的教学助理梁璐。她不仅为“地球系统科学前沿讲座”的顺利举办付出大量准备时间和劳动,还组织学生根据老师们的讲座录音整理了讲稿。在送交主讲老师审定之前,她逐一进行了初步校阅。还要感谢参加整理讲稿的同学:李丛

丛、朱鹏、梁璐、徐玥、程渠、赵圆圆、王晓轶、尹大拙、胡雯运、李飞飞、李雪艳、姚文博、俞乐、毕馨方,他们在繁重的课业之余,为老师们讲稿的付梓付出时间和劳动。在梁璐赴美留学之后,科研助理丛娜为本书出版做了大量事务性工作。最后感谢清华大学地球系统科学研究中心,为本书的出版提供了资助。由于时间仓促,书中一定存在这样或那样的不足,谨代表各位作者向读者致歉。

宫鹏

2011年7月31日

记于加利福尼亚大学伯克利分校

## 参 考 文 献

- 徐冠华,宫鹏,邵立勤,林海,戴永久,王斌,潘耀忠,程晓. 中国全球变化研究急需加强的几个问题. 全球变化研究评论(第一辑),北京:高等教育出版社,2010.
- 徐冠华,鞠洪波,何斌,程晓,徐冰. 21世纪中国地球科学发展:立足中国,走向世界. 原载《科技日报》,2010年8月1日. 后收入宫鹏主编,《全球变化研究评论(第二辑)》,北京:高等教育出版社,2011.
- Burns JA. The four hundred years of planetary science since Galileo and Kepler. *Nature*,2010,466:575-584.
- Dietrich WE,Perron JT. The search for a topographic signature of life. *Nature*,2006,439:411-418.
- Earth System Science Committee. *Earth System Science: A Program for Global Change*. Washington DC,NASA,1986.
- Leemans R,Asrar G,Busalacchi A,et al. Developing a common strategy for integrative global environmental change research and outreach; The Earth System Science Partnership (ESSP) Strategy Paper, *Current Opinion in Environmental Sustainability*,2009,1:1-10.
- McPhaden MJ,Zebiak SE,Glantz MH. ENSO as an integrating concept in Earth science. *Science*,2006,314:1740-1745.
- Reid WV,Chen DL,Goldfarb L,et al. Earth system science for global sustainability: Grand challenges. *Science*,2010,330:916-917.
- Shapiro M,Shukla J,Brunet G,et al. An earth-system prediction initiative for the twenty-first century. *Bulletin of American Meteorological Society*,2010,91(10):1377-1388.
- Stevenson DJ. A planetary perspective on the deep Earth. *Nature*,2008,451:261-265.
- Young IM,Crawford JW. Interactions and self-organization in the soil-microbe complex. *Science*,2004,304:1634-1637.

# 目 录

第 1 章	陆面过程及其参数化研究	戴永久	1
第 2 章	全球与我国气候变化的事实及其影响	罗勇	10
第 3 章	全球环境变化与公众健康——数据库建设与建模举例	宫鹏	32
第 4 章	地球系统模式简介	王斌	48
第 5 章	辐射、云与地球气候——观测与模拟概述	李占清	71
第 6 章	陆地生态系统碳循环及其观测和模拟方法	陈镜明	90
第 7 章	被动微波在土壤水分和植被监测中的应用	施建成	113
第 8 章	地球系统数值模拟	杨广文	135
第 9 章	全球变化与生态系统服务功能——从生物圈 2 号到我们的地球	林光辉	146
第 10 章	全球能源系统与大气化学成分——从空气污染到气候变化	王聿绚	163
第 11 章	大气污染物和温室气体的来源及定量方法	张强	177
第 12 章	气候变化政策手段选择的经济学理论分析	曹静	194
第 13 章	与气候变化国际谈判相关的若干科学问题	罗勇	199



# Contents

Chapter 1	Parameterization of land surface processes .....	1
Chapter 2	The features and impacts of climate change over the globe and in China .....	10
Chapter 3	Global environmental change and public health; Examples of database development and modeling .....	32
Chapter 4	Brief introduction to earth system model .....	48
Chapter 5	Radiation, cloud and earth's climate; An overview of observation and modeling .....	71
Chapter 6	Carbon cycle in terrestrial ecosystems and its measuring and modeling methods .....	90
Chapter 7	Passive microwave remote sensing of soil moisture and vegetation .....	113
Chapter 8	Earth system numerical modeling .....	135
Chapter 9	Global change and ecosystem services; From biosphere 2 to our planetary earth .....	146
Chapter 10	Impact of the global energy system on atmospheric composition; From air quality to climate change .....	163
Chapter 11	Greenhouse gas and air pollutant emissions; Sources and quantification .....	177
Chapter 12	Economic analysis of climate change policies .....	194
Chapter 13	Some key scientific issues relevant to international climate change negotiations .....	199