

总 主 编 秦大河
副总主编 丁永建 穆 穆

中国气候与环境演变:2012

第一卷 科学基础

主编 秦大河 董文杰 罗 勇

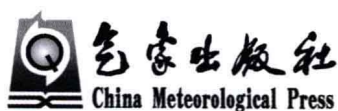
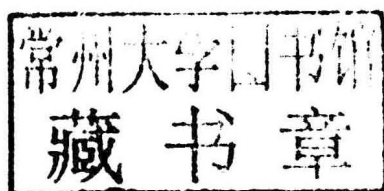
中国科学院、中国气象局、中国科学院寒区旱区
环境与工程研究所、冰冻圈科学国家重点实验室 联合资助

中国气候与环境演变:2012

总主编:秦大河

第一卷 科学基础

主 编:秦大河 董文杰 罗 勇



内容简介

本书共包括四卷,分别为《第一卷 科学基础》、《第二卷 影响与脆弱性》、《第三卷 减缓与适应》以及《综合卷》。

第一卷主要从过去气候变化、观测的气候变化、冰冻圈变化、海平面变化、极端天气气候变化、全球与中国气候变化的联系、大气成分、全球气候系统模式评估及中国区域气候预估等方面对中国气候变化的事实、特点、趋势等进行了评估,是认识气候变化的科学基础。第二卷主要涉及气候与环境变化对气象灾害、地表环境、冰冻圈、水资源、自然生态系统、近海与海岸带环境、农业生产、重大工程、区域发展及人居环境与人体健康的影响以及适应气候变化的方法和行动等内容,是对气候与环境变化对我国影响方面已有认识的系统总结。第三卷主要从减缓气候变化的视角,从发展的模式转型、温室气体排放情景、温室气体减排的技术选择、可持续发展政策的减缓效应、低碳经济的政策选择、国际协同减缓气候变化、社会参与及综合应对气候变化等八个方面讨论了减缓气候变化的途径与潜力。《综合卷》主要对上述三卷的关键科学认识和核心结论进行了总结。

本书可供气象、地理、地质、环境、水文、生态、农林、社会科学等相关领域的科研人员、政府管理部门有关人员及高校生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国气候与环境演变:2012/秦大河主编.

北京:气象出版社,2012.12

ISBN 978-7-5029-5647-9

I. ①中… II. ①秦… III. ①气候变化-关系-生态环境-中国

IV. ①P467 ②X16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 300750 号

出版发行:气象出版社

地址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总编室:010-68407112

网址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:张斌 崔晓军 林雨晨 张锐锐

封面设计:王伟

印刷:北京天成印务有限责任公司

开本:889 mm×1194 mm 1/16

字数:2668 千字

版次:2012 年 12 月第 1 版

定价:350.00 元

邮政编码:100081

发行部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终审:赵同进 汪勤模

责任技编:吴庭芳

印张:83.5

印次:2012 年 12 月第 1 次印刷



2011年11月24日,《中国气候与环境演变:2012》第六次章主笔会议在海南省海口市召开

中国气候与环境演变:2012

总 主 编 秦大河

副总主编 丁永建 穆 穆

顾 问 组(按姓氏笔画排列)

丁一汇	丁仲礼	王 颖	叶笃正	任振海	伍荣生
刘丛强	刘昌明	孙鸿烈	安芷生	吴国雄	张 经
张彭熹	张新时	李小文	李吉均	苏纪兰	陈宜瑜
周卫健	周秀骥	郑 度	姚檀栋	施雅风	胡敦欣
徐冠华	郭华东	陶诗言	巢纪平	傅伯杰	曾庆存
焦念志	程国栋	詹文龙			

评审专家(按姓氏笔画排列)

马继瑞	马耀明	方长明	王乃昂	王式功	王 芬
王苏民	王金南	王 浩	王澄海	邓 伟	冯 起
刘子刚	刘 庆	刘昌明	刘春蓁	刘晓东	刘秦玉
朱立平	阳 坤	齐建国	吴艳宏	宋长春	宋金明
张龙军	张军扩	张廷军	张启龙	张志强	张 强
张 镭	张耀存	李 彦	李新荣	杨 保	苏 明
苏晓辉	陈亚宁	陈宗镛	陈泮勤	周华坤	周名江
易先良	林 海	郑 度	郑景云	南忠仁	姚檀栋
洪亚雄	贺庆棠	赵文智	赵学勇	赵新全	唐森铭
夏 军	徐新华	秦伯强	钱维宏	高会旺	高尚玉
巢清尘	康世昌	阎秀峰	黄仁伟	黄季焜	黄惠康
彭斯震	曾少华	程义斌	程显煜	程根伟	蒋有绪
谢祖彬	韩 发	管清友	翟惟东	蔡运龙	戴新刚
孙惠南	赵宗慈	郎玉环	刘潮海		
冯仁国	巢清尘	赵 涛	高 云	王文华	谢爱红
王亚伟	赵传成	熊健滨	傅 莎		

文字统稿

办 公 室

第一卷 科学基础

主 编 秦大河 董文杰 罗 勇

主 笔(按姓氏笔画排列)

于贵瑞	王绍武	王根绪	石广玉	任贾文	严中伟
吴立新	吴统文	张人禾	张小曳	张 华	张德二
陈 戈	陈振林	周天军	罗 勇	俞永强	唐国利
徐 影	效存德	秦大河	高学杰	董文杰	董治宝
翟盘茂	谭 明	戴晓苏			

贡献者(按姓氏笔画排列)

马丽娟	方小敏	王宁练	王亚伟	王在志	王国庆
王 林	车慧正	韦志刚	白晓永	石 英	任福民
刘光生	刘晓东	刘 煜	孙旭光	孙 颖	朱益民
江志红	许崇海	余克服	吴方华	吴 佳	张永战
张 华	张启文	张耀存	李 韧	杜金洲	杨 保
杨修群	辛晓歌	邵雪梅	邹旭恺	陆日宇	陈 戈
陈 兵	周天军	周凌晞	明 镜	武炳义	赵 平
徐晓斌	郭建平	郭 彦	钱维宏	黄建斌	戴永久
檀赛春	魏凤英				

序 一

在中国共产党第十八次全国代表大会胜利结束,强调科学发展观、倡导生态文明之际,《中国气候与环境演变:2012》即将出版,这对全面深刻认识中国气候与环境变化的科学原理和事实,这些变化对行业、部门和地区产生的影响,积极应对气候和环境变化,主动适应、减缓,建设生态文明,促进我国经济社会可持续发展,实现 2020 年全面建成小康社会的目标,有着重要意义。

早在 2000 年,中国科学院西部行动计划(一期)实施之初,中国科学院就启动了《中国西部环境演变评估》工作。该项工作立足国内、面向世界,主要依据半个多世纪以来中国科学家的研究和工作成果,参照国际同类研究,组织全国 70 多位专家,对我国西部气候、生态与环境变化进行了科学评估,其结论对认识我国西部生态与环境本底和近期变化,实施西部大开发战略,科学利用和配置西部资源,保护区域环境,起到了重要作用。

在上述工作开展的过程中,在中国科学院和中国气象局共同支持下,2002 年 12 月又开始了《中国气候与环境演变》(简称《科学报告》)和《中国气候变化国家评估报告》(简称《国家报告》)的编制工作。这两个报告相辅相成,《科学报告》为《国家报告》提供科学评估依据,是为基础;《国家报告》关注其核心结论及影响、适应和减缓对策。这两个报告分别于 2005 年和 2007 年正式出版,报告的出版,标志着我国对全球气候环境变化的系统化、科学化的综合评估工作走向了国际,成为国际重要的区域气候环境科学评估报告之一,既丰富了国际上气候变化科学的内容,也为我国制定应对气候变化政策,坚持可持续发展的自主道路,以及国际气候变化政府谈判等,提供了科学支持,发挥了重要作用。

为了继续发挥科学评估工作的影响和作用,在中国科学院西部行动计划(二期)和中国气象局行业专项支持下,2008 年《中国气候与环境演变:2012》(简称《第二次科学报告》)的评估工作开始启动。这次评估报告是在联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第四次评估报告(AR4)2007 年发布后引起广泛关注基础上开展的,之所以确定在 2012 年出版,目的是为将于 2013 年和 2014 年发布 IPCC 第五次评估报告(AR5)提供更多、更新的中国区域的科学研究成果,为国际气候变化评估提供支持。为此,我们尽可能吸收参加 IPCC AR5 工作的中国主笔、贡献者和评审人加入《第二次科学报告》撰写专家队伍,这有利于把中国的最新评估成果融入 AR5 报告,增强中国科学家在国际科学舞台上的声音。另外,还可使《第二次科学报告》接受国际最新成果和认识的影响,以国际视

野、结合中国国情,探讨适应与减缓的科学途径,使我们的报告更加国际化。此外,在AR5正式发布之前出版此报告,可以形成从国际视野认识气候环境变化、从区域角度审视中国在全球气候变化中的地位和作用的全景式科学画卷。

本报告由三卷主报告和一卷综合报告组成,内容涉及中国与气候、环境变化的自然、社会、经济和人文因素的诸多方面,是一部认识中国气候与环境变化过程、影响领域、适应方式与减缓途径的最权威科学报告。对此,我为本报告的出版而感到欣慰。

参加本报告的100多位科学家来自中国科学院、中国气象局、教育部、水利部、国家海洋局、农业部、国家林业局、国家发展和改革委员会、中国社会科学院、卫生部等部门的一线,他们为本报告的完成付出了辛勤劳动和艰辛努力。我为中国科学院能够主持并推动这一工作而感到高兴,对科学家们的辛勤工作表示衷心感谢,对取得如此优秀的成果表示祝贺!我相信,本报告的出版,必将为深入认识气候与环境变化机理、积极应对气候与环境变化影响,在适应与减缓气候与环境变化、实现生态文明国家目标中起到重要作用。我还要指出,本报告的出版只代表一个阶段的结束,预示着下一期评估工作的开始,而要将这一工作持续推动,需要全国科学家的合作、努力与奉献。



中国科学院院长
发展中国家科学院院长
二〇一二年十二月

序 二

在政府间气候变化专门委员会(IPCC)第五次评估报告(AR5)即将发布之前,《中国气候与环境演变:2012》(简称《第二次科学报告》)出版在即,这是一件值得庆贺、令人欣慰的事。我向以秦大河院士为主编的科学评估团队四年来的认真、细致、辛勤工作表示衷心的感谢!

2005年,由中国气象局和中国科学院共同支持,国内众多相关领域专家历时三年合作完成的《中国气候与环境演变》正式出版。这是我国第一部全面阐述气候与环境变化的科学报告,不仅为系统认识中国气候与环境变化、影响及适应途径奠定了坚实的科学基础,还为之后组织完成的《第二次科学报告》提供了重要科学依据,在科学界和社会产生了广泛的影响。《中国气候与环境演变》评估工作借鉴 IPCC 工作模式,以严谨的工作模式梳理国内外已有研究成果,以求同存异的态度从争议中寻求科学答案,以综合集成的工作方式从众多文献中凝集和提升主要结论,从而使这一研究工作体现出涉猎文献的广泛性、遴选成果的代表性、争议问题的包容性、凝集成果的概括性,这也是这一评估成果受到广泛关注和好评的主要原因所在。

2008年,中国气象局与中国科学院再次联合资助立项,启动了《第二次科学报告》评估研究,其主要目的是为了继续发挥科学评估工作的影响和作用,与 IPCC 第五次评估报告(AR5)相衔接,进一步加强对我国气候与环境变化的认识,积极推动我国科学家的相关研究成果进入到 IPCC AR5 中,扩大中国科学家研究成果的国际影响力,为我国科学家参与 AR5 工作提供支持。这次评估工作,在关注国际全球和洋盆尺度评估的同时,更加强调在区域尺度开展评估工作。因此,《第二次科学报告》对国际上正在开展的区域尺度气候环境变化评估工作是一种推动,也是一个贡献。我对此特别赞赏,并衷心祝贺!

我们特别高兴地看到,参与《第二次科学报告》的绝大多数作者以 IPCC 联合主席、主笔、主要贡献者和评审专家等身份参与了 IPCC AR5 工作中,对全球气候变化及其影响的科学评估工作发挥了积极作用。我相信,这些专家在参与国内气候与环境变化评估研究的基础上,一定会将中国科学家的更多研究成果介绍到国际上去。

在经历了第一次科学评估工作并积累丰富经验之后,《第二次科学报告》已经完全与国际接轨,从科学基础、影响与脆弱性和减缓与适应三个方面对我国气候与环境变化进行了系统评估。从本次评估中可以看出,我国相关领域的研究成果较上次评估时已经取得

了显著进展,尤其是影响、脆弱性、适应和减缓方面的研究,进展更加显著,这主要体现在研究文献数量已有了很大增长,质量也大大提高,有力支持本次评估研究能够从三方面分卷开展。我相信,如果这一评估工作能够周期性地持续坚持下去,将推动我国相关领域研究向更加深入的程度、更加广泛的领域发展,也必将为我国科学家以国际视野、区域整体角度审视气候变化、影响与适应和减缓提供科学借鉴和支持,促进我国科学家在国际舞台上发挥更大作用。

A handwritten signature in black ink, reading '郑国光' (Zheng Guoqiang).

中国气象局局长

IPCC 中国国家代表

2012 年 12 月 10 日

前 言

全球气候与环境变化问题是当代世界性重大课题。从 1990 年起,联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)连续出版了四次评估报告,其中,以 2007 年发布的第四次评估报告(IPCCAR4)影响最大,之后又启动了第五次评估报告(IPCCAR5)工作。在我国,2005 年出版了第一次《中国气候与环境演变》科学评估报告,该报告为中国第一次《气候变化国家评估报告》的编写奠定了坚实的科学基础。为了与国际气候变化评估工作协调一致,总结中国科学家的研究成果并向世界推介,也为了宣传中国科学家对全球气候和环境变化科学做出的贡献,四年前我们申请就中国气候与环境变化科学进行再评估,即开展第二次科学评估工作。2008 年,这项工作在中国科学院和中国气象局的支持和资助下正式立项、启动,称之为《中国气候与环境变化:2012》,意思是在 2012 年完成并出版,以便与 2013—2014 年 IPCC 第五次评估报告的出版相衔接。

四年来,科学评估报告专家组 197 位专家(71 位主笔作者,126 位贡献者)同心协力,团结合作,兢兢业业,一丝不苟地工作,先后举行了四次全体作者会议、九次各章主笔会议和六次综合卷主要作者会议。报告全文写了四稿,在第三、第四稿完成后,先后两次分送专家评审,提出修改意见,几经修改,终于完成并定稿。现在,《中国气候与环境变化:2012》将与大家见面,我感到无比欣慰。

本书采用科学评估的程序和格式进行编写,在广泛了解国内外最新科研成果的基础上,面对大量文献,在科学认知水平和实质进展方面反复甄别,提取主流观点,形成了本报告的主要结论。在选取文献时,以近期正式刊物发表的研究成果为主要依据,引用权威数据和结论,对中国气候与环境变化的科学、气候与环境变化的影响与适应及减缓对策等诸多问题,进行了综合分析和评估。《中国气候与环境变化:2012》的出版目的是能够为国家应对全球变化的战略决策提供重要科学依据。在本评估报告的工作接近尾声时,我国还出版了《第二次气候变化国家评估报告》,本科学报告也为这次国家评估报告的编制奠定了基础。

《中国气候与环境演变:2012》共分四卷,分别为《第一卷 科学基础》、《第二卷 影响与脆弱性》、《第三卷 减缓与适应》及《综合卷》。报告在结构上与 IPCC 评估报告基本一致,这样做便于两者相互对比。第一卷主要从过去时期的气候变化、观测的中国气候和东亚大气环流变化、冰冻圈变化、海洋与海平面变化、极端天气气候变化、全球与中国气候变化的联系、大气成分及生物地球化学循环、全球气候系统模式评估与预估及中国区域气候

预估等方面对中国气候变化的事实、特点、趋势等进行了评估,是认识气候变化的科学基础。第二卷主要涉及气候与环境变化对气象灾害、陆地地表环境、冰冻圈、陆地水文与水资源、陆地自然生态系统和生物多样性、近海与海岸带环境、农业生产、重大工程、区域发展及人居环境与人体健康的影响等内容,最后还从适应气候变化的方法和行动上进行了评估。第三卷主要从减缓气候变化的视角,从化减缓为发展的模式转型、温室气体排放情景分析、温室气体减排的技术选择与经济潜力、可持续发展政策的减缓效应、低碳经济的政策选择、国际协同减缓气候变化、社会参与及综合应对气候变化等八个方面讨论了减缓气候变化的途径与潜力。为了方便决策者掌握本报告的核心结论,我们召集卷主笔和部分章主笔撰写了《综合卷》。《综合卷》是对第一、第二和第三卷报告的凝练与总结,对现阶段科学认识给出了阶段性结论。有些结论并非共识,但事关重大,我们在摆出自己倾向性观点的同时,也对其他观点给予说明与罗列。考虑到科学报告应秉持的开放性以及方便中外交流,《综合卷》还出版了英文版。

上述四卷的内容涉及气候与环境变化的自然、社会、经济和人文因素的诸多方面,是目前国内认识中国气候与环境变化过程、影响及适应方式与减缓途径领域里最权威的科学报告。为此,我为本报告的出版而感到欣慰和兴奋!

参加本报告编写的专家共有 197 人,他们来自全国许多部门,包括中国科学院、中国气象局、教育部、卫生部、水利部、国家海洋局、农业部、国家林业局、国家发展和改革委员会、外交部、财政部、中国社会科学院以及一些社会团体。另外,还有 78 位一线专家审阅了报告,提出了宝贵的意见。我衷心感谢全体作者和贡献者、审稿专家、项目办和秘书组,以及中国科学院和中国气象局,感谢他们的辛勤劳动和认真负责的态度,感谢部门领导的大力支持。本书是多部门、多学科专家学者共同劳动的结晶,素材又源于科学家的研究成果,所以本书也是中国科学家的成果。

孙惠南、赵宗慈、郎玉环、刘潮海研究员对全书进行了文字统稿。中国科学院冰冻圈科学国家重点实验室负责项目办和秘书组工作,王文华、王亚伟、谢爱红、赵传成、熊健滨、傅莎组成秘书组为本项目做了大量且卓有成效的工作。气象出版社张斌等同志任本书责任编辑,他们认真细致的工作使本书质量得到保证。在此我们一并表示衷心感谢!

由于气候与环境变化科学的复杂性以及仍然存在学科上的不确定性,加之项目组专家的水平问题等,本报告必然有不足和疏漏之处,我们期待着广大读者的批评与指正。你们的批评意见也是开展下一次科学评估工作的动力。

秦大河

2012 年 12 月 11 日于北京

目 录

第一章 气候变化科学的关键问题与研究进展	(1)
1.1 气候系统和地球系统科学	(1)
1.1.1 气候系统	(1)
1.1.2 地球系统科学	(6)
1.1.3 气候系统自然变率和人类活动影响的气候变化	(7)
1.2 气候变化驱动力	(11)
1.2.1 辐射强迫概念	(11)
1.2.2 大气温室气体与气溶胶的辐射强迫	(15)
1.2.3 自然强迫	(19)
1.2.4 气候变化的检测与归因	(24)
1.3 IPCC 科学评估	(28)
1.3.1 IPCC 背景与中国参与	(28)
1.3.2 IPCC 第一、第二和第三次评估报告的主要科学结论	(29)
1.3.3 IPCC 第四次评估报告的主要科学结论	(30)
1.3.4 IPCC 第五次评估报告关注的科学重点	(33)
1.4 中国自第一次评估报告以来的主要研究进展	(34)
1.4.1 《中国气候与环境演变》评估报告简介	(34)
1.4.2 中国气候与环境评估主要进展	(35)
1.5 未来的研究方向	(38)
参考文献	(40)
第二章 过去时期的气候变化	(43)
2.1 过去时期气候变化的研究方法	(43)
2.1.1 过去时期的气候代用记录	(43)
2.1.2 过去时期代用气候记录的校准研究	(45)
2.1.3 过去时期气候的数值模拟研究	(47)
2.2 过去时期的气候变化	(48)
2.2.1 最近 13 万年的气候变化	(48)
2.2.2 最近 2 万年的气候变化	(49)
2.2.3 最近 1 万年的气候变化	(50)
2.2.4 最近 2000 年的气候变化	(53)
2.2.5 近 500 年的气候变化	(58)
2.3 古气候模拟与代用气候记录的对比	(63)
2.3.1 不同时间尺度东亚古气候变迁的强迫因子	(63)

2.3.2	特征时期的东亚古气候模拟	(63)
2.3.3	古气候模拟与代用气候记录的对比	(66)
2.3.4	数值模拟结果及古气候记录的可靠性	(68)
	参考文献	(68)
第三章	观测的中国气候和东亚大气环流变化	(75)
3.1	近百年中国的温度变化	(75)
3.1.1	中国平均温度变化	(75)
3.1.2	温度变化的时空结构	(77)
3.1.3	温度变化的季节性和变暖趋势	(78)
3.1.4	中国温度的年代际变化	(79)
3.1.5	20 世纪 40 和 90 年代温度变化的比较	(80)
3.2	近百年中国降水量的变化	(81)
3.2.1	中国平均降水量变化	(81)
3.2.2	降水量变化的时空结构	(83)
3.2.3	降水量变化的季节性	(84)
3.2.4	中国降水量的年代际变化	(84)
3.2.5	近百年中国旱涝型的变化	(88)
3.3	东亚大气环流变化	(89)
3.3.1	对流层西风	(89)
3.3.2	阻塞高压	(89)
3.3.3	副热带高压	(92)
3.3.4	南亚高压	(93)
3.3.5	夏季东亚大气环流的基本模态	(94)
3.3.6	20 世纪全球大气涛动	(95)
3.3.7	东亚季风	(98)
3.4	云、辐射与对流层温度变化	(102)
3.4.1	1961 年以来云的变化	(102)
3.4.2	1961 年以来太阳辐射的变化	(103)
3.4.3	对流层温度变化	(104)
3.5	全球变暖背景下中国的气候变化	(104)
3.5.1	与全球变暖的比较	(104)
3.5.2	近 10 年全球变暖的停滞	(106)
3.5.3	与全球陆地降水的比较	(107)
3.5.4	近 50 年全球季风衰退	(109)
	参考文献	(110)
第四章	冰冻圈变化	(114)
4.1	全球和中国冰冻圈概况	(114)
4.1.1	全球冰冻圈组成和分布	(114)
4.1.2	中国冰冻圈组成和分布	(115)
4.2	冰川变化	(116)
4.2.1	中国冰川的主要类型和分布	(116)

4.2.2	小冰期以来的冰川变化	(119)
4.2.3	近数十年来的冰川变化	(119)
4.2.4	未来冰川变化预估	(123)
4.2.5	冰川融水量流及其未来变化	(124)
4.3	冻土变化	(124)
4.3.1	中国冻土类型及其分布	(124)
4.3.2	季节冻土变化	(125)
4.3.3	多年冻土区活动层变化	(127)
4.3.4	多年冻土变化	(129)
4.3.5	青藏高原多年冻土区地下冰储量	(132)
4.3.6	冻土变化预估	(133)
4.4	积雪变化	(134)
4.4.1	积雪数据	(134)
4.4.2	积雪分布概况	(134)
4.4.3	积雪面积变化	(136)
4.4.4	积雪日数变化	(137)
4.4.5	积雪深度变化	(138)
4.4.6	积雪变化的可能原因及预估	(139)
4.5	海、河、湖冰变化	(141)
4.5.1	概述	(141)
4.5.2	海冰变化	(142)
4.5.3	河冰变化	(144)
4.5.4	湖冰变化	(148)
4.6	固态降水变化	(150)
4.6.1	概述	(150)
4.6.2	降雪变化	(151)
4.6.3	霜冻的变化	(152)
4.6.4	雨凇和雾凇变化	(153)
4.7	中国冰冻圈变化的总体特征及其对海平面上升的贡献	(155)
	参考文献	(156)

第五章 海洋与海平面变化

(162)

5.1	中国近海温盐和环流变化	(162)
5.1.1	中国近海的温盐、环流分布特征及物理机制	(162)
5.1.2	中国近海温度与盐度变化	(163)
5.1.3	中国近海海-气通量的变化	(165)
5.1.4	中国近海环流变化	(167)
5.2	西太平洋及中国近海物理环境变化的气候效应	(167)
5.2.1	黑潮变化的气候影响	(167)
5.2.2	南海的气候影响	(170)
5.3	中国海海平面变化	(173)
5.3.1	中国海海平面变化状况概述	(173)
5.3.2	海平面变化主要研究方法简介	(174)

5.3.3	中国海平面变化主模态	(176)
5.3.4	模态活跃区	(179)
5.3.5	ENSO 对西北太平洋海平面变化的影响	(180)
5.4	中国近海生物地球化学特征及变化	(181)
5.4.1	中国近海的碳、氮、磷、硅	(181)
5.4.2	中国近海生物地球化学环境的变化	(187)
5.5	中国海岸带变化	(189)
5.5.1	流域-海岸相互作用与岸线变化	(190)
5.5.2	全球和区域性气候变化背景下的海岸带沉积环境演化	(191)
5.5.3	海岸带生态系统演化	(194)
	参考文献	(196)
第六章	土地利用与覆盖变化	(204)
6.1	中国土地利用与土地覆盖变化的总体特征	(204)
6.1.1	中国的耕地分布变化	(205)
6.1.2	中国林地分布变化	(206)
6.1.3	中国草地分布变化	(207)
6.1.4	基于 NDVI 的中国植被覆盖变化	(208)
6.2	典型区域土地利用与覆盖变化	(208)
6.2.1	北方农牧交错带	(208)
6.2.2	西北干旱区	(210)
6.2.3	黄河、长江三角洲	(212)
6.2.4	长江上游地区	(213)
6.2.5	青藏高原	(214)
6.2.6	东北地区	(216)
6.2.7	黄土高原地区	(218)
6.2.8	京津冀地区	(220)
6.3	土地利用与覆盖变化模拟与预测	(221)
6.3.1	土地利用与覆盖变化模拟模型研究进展	(221)
6.3.2	基于模拟模型的土地利用与覆盖变化预测	(222)
	参考文献	(224)
第七章	极端天气气候变化	(225)
7.1	极端天气气候变化研究的主要进展	(225)
7.2	极端高温和极端低温	(227)
7.2.1	日最高和最低温度	(228)
7.2.2	极端高温和热浪	(229)
7.2.3	极端低温和低温天气	(230)
7.3	极端降水	(232)
7.3.1	强降水	(232)
7.3.2	连阴雨	(235)
7.4	干旱	(236)
7.4.1	干旱指数	(237)

7.4.2 持续干日	(238)
7.5 气旋	(241)
7.5.1 热带气旋	(241)
7.5.2 温带气旋	(245)
7.6 沙尘暴	(246)
7.7 其他极端事件	(248)
7.7.1 冰雹	(248)
7.7.2 大风	(248)
7.7.3 雾和霾	(250)
7.7.4 雷电	(251)
7.7.5 季节循环中的极端气候变化	(252)
7.8 全球气候变化与极端天气气候事件的联系	(253)
参考文献	(255)
第八章 大气成分与碳收支	(260)
8.1 大气温室气体	(260)
8.1.1 二氧化碳(CO ₂)	(261)
8.1.2 甲烷(CH ₄)	(262)
8.1.3 氧化亚氮(N ₂ O)	(263)
8.1.4 六氟化硫(SF ₆)	(263)
8.1.5 其他卤代温室气体(Halogenated Greenhouse Gases)	(264)
8.2 大气气溶胶	(265)
8.2.1 中国大气气溶胶的化学组成和光学特性及排放情况	(265)
8.2.2 气溶胶对云和降水的影响	(275)
8.2.3 气溶胶对亚洲季风环流和降水的影响	(278)
8.3 酸雨	(280)
8.4 大气臭氧	(281)
8.4.1 平流层臭氧	(281)
8.4.2 对流层臭氧	(282)
8.4.3 地面臭氧	(284)
8.5 生态系统碳收支	(285)
8.5.1 中国陆地生态系统的碳储量及其空间格局	(286)
8.5.2 中国陆地生态系统的碳汇/源功能及其时空变化	(291)
8.5.3 中国海洋生态系统的碳储量及其碳汇贡献	(293)
参考文献	(293)
第九章 全球与中国气候变化的联系	(303)
9.1 亚洲—北太平洋大气环流变化与中国气候变化	(303)
9.1.1 亚洲—太平洋大气环流的耦合关系	(303)
9.1.2 亚洲—太平洋耦合关系对中国气候的影响	(306)
9.2 北极、高纬大气环流和欧亚大陆积雪与中国气候变化	(309)
9.2.1 北极偶极子异常特征及其对中国夏季降水的影响	(309)
9.2.2 欧亚大陆春季积雪变化对中国夏季降水的影响	(313)