

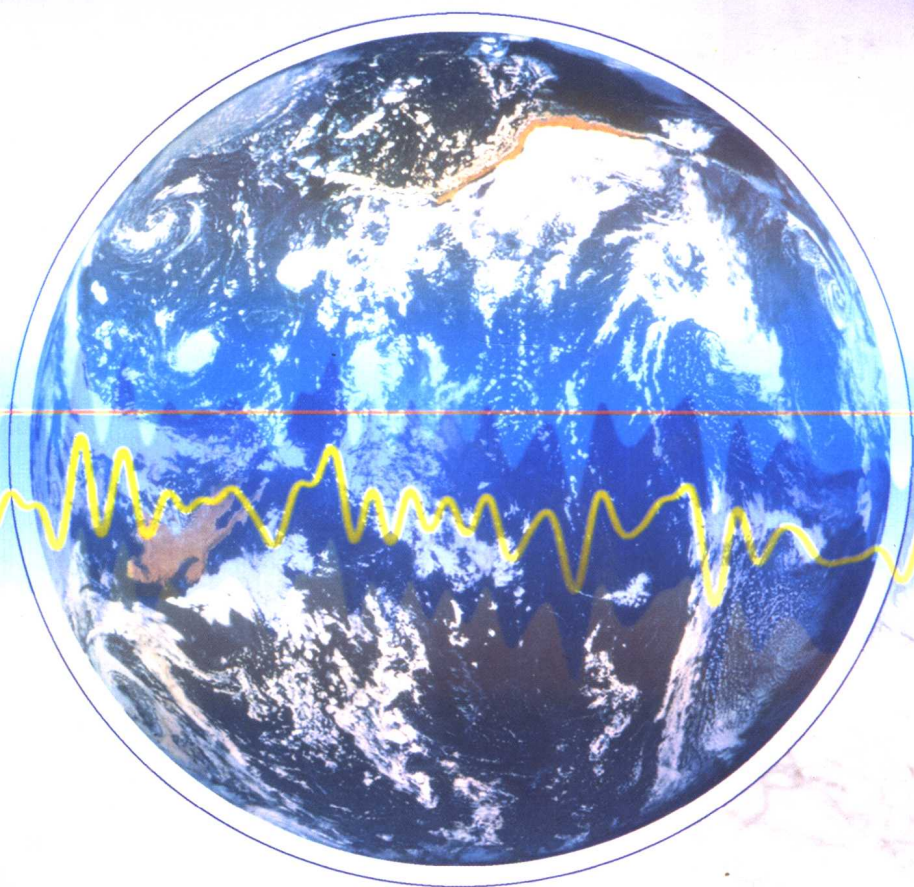
总主编 秦大河 陈宜瑜 李学勇

副总主编 丁一汇 丁永建

# 中国气候与环境演变

**上卷** 气候与环境的演变及预测

主编 秦大河 副主编 丁一汇 苏纪兰 王苏民



科学出版社  
www.sciencep.com

总 主 编 秦大河 陈宜瑜 李学勇

副总主编 丁一汇 丁永建

# 中国气候与环境演变

上卷：气候与环境的演变及预测

主 编 秦大河

副主编 丁一汇 苏纪兰 王苏民

科学技术部 中国气象局 中国科学院 联合资助

科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

本书为中国气候与环境演变科学报告成果,全书分为上、下两卷。

上卷主要以中国科学家的研究成果为依据,以东亚气候与环境变化为背景,对中国近百年到千年的气候、环境演变进行了评估,阐述了中国区域气候与环境变化的基本事实以及相关的重大变化事件,并对中国气候变化的原因(包括自然原因与人类活动的原因)进行了分析。在此基础上,应用气候模式对未来20年、50年、100年中国气候与环境变化趋势进行了预估。

下卷首先分析了气候变化对自然生态系统和社会经济系统的可能影响;其次评估了在可持续发展框架下中国各大区气候变化的情况与适应问题;探讨了气候变化对经济社会发展的利弊关系,以及对南水北调、三峡工程、青藏铁路建设等重大工程的影响;最后进行了气候变化适应与减缓对策下的社会经济分析,并据此提出发展观念、决策机制、健全法制、环境建设和气候变化等方面的咨询建议。

本书可供气象、环境、水文、生态等相关领域的科研人员、政府管理部门有关人员以及高校师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

中国气候与环境演变/秦大河等总主编. —北京:科学出版社,2005  
ISBN 7-03-015777-X

I. 中… II. 秦… III. ①气候变化-研究-中国②生态与环境-演变-研究-中国 IV. ①P468.2 ②X321.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 067883 号

责任编辑:朱海燕 吴三保 李久进 罗 吉/责任校对:宋玲玲

责任印制:钱玉芬/封面设计:高海英

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2005年8月第一版 开本:787×1092 1/16

2005年8月第一次印刷 印张:64 插页:25

印数:1—7 000 字数:1 580 000

定价:220.00元(含上、下卷)

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

# 序 言

党的十六大确立了 21 世纪头 20 年全面建设小康社会的宏伟目标,指明我国现代化建设要走生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路。党的十六届三中全会进一步提出“坚持以人为本,树立全面、协调、可持续发展的科学发展观,促进经济社会和人的全面发展”,强调要按照“统筹城乡发展、统筹区域发展、统筹经济社会发展、统筹人与自然和谐发展、统筹国内发展和对外开放”的要求,推进全面建设小康社会和整个国家现代化事业。要顺利推进这一伟大进程,不仅要关注经济指标,而且要关注社会发展指标、人文指标、资源指标和环境指标,要求全党全国人民充分认识转变经济增长方式的极端重要性和紧迫性,改变传统的粗放型经济增长方式,加强生态保护和建设,采取有利于节约能源和保护生态与环境的生产和消费方式。

保护自然环境与经济可持续发展是当今世界各国政府面临的一个严峻而又亟待解决的难题。自工业化(1750 年)以来,地球气候正经历一次以全球变暖为主要特征的显著变化。近 50 年的气候变暖主要是人类使用化石燃料排放大量 CO<sub>2</sub> 等温室气体的增温效应造成的。预测表明,未来 50~100 年全球气候将继续向变暖方向发展。这一增温对全球自然生态系统和各国社会经济已经并将继续产生重大而深远的影响,使人类的生存环境和发展面临巨大挑战。在全球气候持续变暖背景下,我国也将面临众多的气候与环境问题,其中最突出的是水资源短缺、干旱和洪涝频发、土地沙漠化、水土流失面积扩大以及山地灾害加剧等。

目前我国经济正处在高速发展期,同时也是环境污染和生态破坏十分严重的时期。总体上看,我国环境问题的特点是发达国家工业化百年来分阶段解决的环境问题在我国短短 20 年发展中集中体现了出来,呈现复合型特征。能源、交通(特别是城市汽车尾气)、城市化过程、大型工业开发区的发展等造成的以颗粒物、SO<sub>2</sub>、氮氧化物等为主要污染物的大气环境污染问题日趋严重,环境污染物排放总量不断增加,污染范围继续扩大。老的环境问题尚未解决,新的环境问题接踵而至,环境形势十分严峻。这些都对资源、环境产生巨大冲击,并严重威胁着我国经济在 21 世纪的可持续发展。

坚持和落实科学发展观,首先要摸清我国过去和现在气候与环境变化的状况,掌握未来可能的发展趋势。根据我国的实际情况,认真分析和正确理解气候与环境演变对自然生态系统和社会经济系统可能产生影响的深度和广

度,提出相应的适应及减缓对策,是我国在可持续发展过程中必须认真对待并加以解决的重大课题之一。

编制气候变化国家评估报告的动议是在2000年提出的。当年9月,中国科学院、中国气象局、科学技术部共同召集有关专家研讨国家评估报告的编制问题。会上,叶笃正、施雅风、周秀骥、秦大河院士及丁一汇教授等建议,在《中国西部环境演变评估》报告完成后,立即着手开展气候变化国家评估报告的编制工作。2002年2月,由中国科学院知识创新工程重大项目“西部生态与环境演变规律与水土资源可持续利用研究”第8课题完成的《中国西部环境演变评估》,为我国实施西部大开发战略提供了决策参考,受到国内外一致好评。与此同时,中国气象局正式向科学技术部提出组织开展气候变化国家评估报告研究及编制工作的请示。2002年5月初,科学技术部批复中国气象局,同意组织开展气候变化国家评估报告研究及编制工作,并列为社会公益研究重点项目予以支持。

2002年12月,气候变化国家评估报告的编制工作正式启动,并成立了项目领导小组、顾问小组及办公室。在项目领导小组统一领导下,组织编写:《中国气候与环境演变》(简称《科学报告》)、《中国气候变化国家评估报告》(简称《评估报告》)以及《中国气候变化科学技术政策》(简称《蓝皮书》)三个报告。经过全国百余位相关专业专家两年多的努力,《科学报告》先期完成,《评估报告》也接近完成,《蓝皮书》的编制正在启动。

本书分为上下两卷。上卷主要以中国科学家的研究成果为依据,以东亚气候与环境变化为背景,对中国近百年到千年的气候、环境演变进行了评估,并用气候模式对未来100年中国气候与环境的变化趋势进行了预估。下卷评估了气候变化对生态系统、农业、水资源、森林、重大工程和区域可持续发展的综合影响,进行了气候变化的利弊和经济影响分析,提出了适应与减缓气候变化的对策建议,为制定我国应对全球变化的策略、实现我国不同区域人与自然的和谐相处提供了科学依据。

《科学报告》的出版将有助于我国适应和减缓气候与环境演变政策的制定,有助于我国更好地参与保护全球气候环境的国际努力,也有助于在政府间气候变化专门委员会(IPCC)正在编写的第四次评估报告中引用我国科学家的成果,提高我国科学家在国际科学界的影响和地位。同时,《科学报告》的出版也能够提高公众对全球变化全面而科学的认识,更加关注全球变化,并在更高层次上、更广范围内认识我国在全球变化中的地位和作用,自觉参与人类社会共同决策,保护人类赖以生存的地球环境。

最近,中国气象局受国务院委托牵头组织的中国气象事业发展战略研究

已取得重要研究成果,明确了未来 20 年我国气象事业的发展核心是公共气象、安全气象和资源气象。我们要坚持公共气象的发展方向,强化气象公共服务职能,健全气象公共服务体系,丰富气象公共服务产品,提高气象公共服务质量,充分发挥气象事业对经济社会发展的现实性作用。要大力提升气象信息对国家安全的保障能力,包括公共安全、社会安全、军事安全、国土安全、环境安全、生态安全、能源安全、食物安全和水资源安全等,以便提供全方位气象保障服务,充分发挥气象事业对国家安全、社会进步的基础性作用。要大力提升气象资源对可持续发展的支撑能力,合理保护人类当代和后代赖以生存的大气环境资源,合理开发利用光、热、水、气等可持续发展不可或缺的气象资源,合理开发利用空中水资源、风能、太阳能等可再生资源,为建立资源节约型社会和环境友好型经济、为子孙后代能够享受充分的资源和良好的生态与环境做出实质贡献,充分发挥气象事业对可持续发展深远的前瞻性作用。

今后,我们要在科技进步的基础上不断提高气象服务的科技内涵,不懈地提高气象预报准确率,扩大气象防灾减灾的经济和社会效益;进一步加强气候预测预估,尤其要做好气候、气候变化及极端气候事件对经济社会影响的研究和评估。同时,以科技为主导,不断拓展创新,面向世界科技发展前沿,大力推进气象现代化建设,增强气象科技的创新能力、储备能力和转化能力。在气候系统模式、气候预测和全球变化等方面深入研究的基础上,实现气候和气候变化研究工作的新突破,为实现人与自然的和谐发展,增强人类趋利避灾,应对气候变化和开发利用气候资源的能力做出贡献。

## 秦大河

国家气候委员会主任  
中国气象局局长  
IPCC 第一工作组共同主席  
2005 年 5 月

# 前 言

当前全球气候与环境变化问题已受到广泛关注。政府间气候变化专门委员会(IPCC)的三次评估报告出版后,许多国家相继开展了类似的气候与环境演变评估。2002年在中国科学院知识创新工程项目支持下编写的《中国西部环境演变评估》,受到广泛关注和普遍欢迎,不少读者和专家希望在此基础上出版全国气候与环境变化的科学报告。这一要求得到科学技术部、中国科学院和中国气象局的高度重视,科学技术部将其列为社会公益研究重点项目予以支持。中国科学院寒区旱区环境与工程研究所和中国气象局国家气候中心为开展《中国气候与环境演变》评估报告编写工作进行了精心准备,并负责项目的具体组织和实施。自开题以来,共有一百余位专家参加编写,历时两年多,期间举行了十一次编写工作会议,经两次专家评审,八易其稿,终于完成了现在这个文本。

本书采用评估报告的形式进行编写,力求反映国内外最新科研成果。本书以近期正式发表的研究成果为依据,尽可能引用权威数据、权威结论,对中国气候与环境演变及预测,气候与环境变化的影响与适应、减缓对策等问题进行综合分析和评估,并以此为基础提出具有前瞻性和战略性的咨询建议,为国家应对全球变化的战略决策提供科学依据。

全书分上下两卷,共17章。上下卷各有一篇摘要,介绍本卷概要,卷后附有名词解释。每章各有一个提要,简要介绍本章主要内容,每章之后列有主要参考文献。目录、卷摘要和图表题目均有英文译文。

上卷《气候与环境的演变及预测》大体可以分为四个部分,第1章和第2章论述气候系统与中国气候变化,第3章至第5章论述中国环境变化,第6章至第9章阐释各种过程在气候与环境变化中的作用,第10章是未来气候变化的预估。

上卷从叙述气候与气候系统入手,对全球气候变化及中国的区域响应等展开了讨论,并简要介绍了IPCC的三次评估报告,既进行了理论阐述,介绍了国际动态,又为后续各章做了必要的铺垫。关于中国的气候变化,除简要介绍中国的气候特征,论述中国近两万年、近两千年和近百年的气候变化外,还讨论了气候极值、气候灾害与中国气候变化和全球气候变化的联系,揭示了中国与全球气候变化的一致性和差异性。

在气候变化引起的环境变化中,水环境是重要的一环。其所以重要不仅

因为水是人类生存和经济发展的主要资源,而且因为冰川、冻土、积雪、河流、湖泊与湿地对于气候变化非常敏感。在讨论中国陆地生态系统与山地灾害的变化时,选择较有代表性的森林覆盖率降低、草原退化、沙漠化、水土流失、土壤盐渍化、生物多样性、山地灾害等问题进行了深入分析。关于中国近海及海岸带气候与环境的演变、海洋灾害、海平面变化、海底地貌、海岸带环境演变及陆海相互作用等问题,上卷也进行了专门讨论。

在论述海洋和陆面过程在中国气候变化中的作用时,海洋过程主要涉及太平洋、印度洋海温与环流、海气耦合涛动和极地海冰变化在中国气候变化中的作用。陆面过程主要讨论陆地植被变化、北方干旱半干旱区陆气相互作用、土壤水分变化和欧亚积雪覆盖对中国气候变化的影响。在论述青藏高原对中国气候与环境演变的作用时,集中讨论了青藏高原隆升对高原本身的区域气候特征、对中国气候格局的形成和中国自然环境的影响。关于亚洲季风及其与中国气候与环境变化的关系,对亚洲季风的形成、变异及其在中国气候与环境变化中的作用、亚洲季风与全球气候变化的相互作用进行了全面讨论。对人类活动在气候变化中的作用,主要讨论了温室气体、温室效应、人为气溶胶、空气污染、土地利用与土地覆盖变化对中国气候的影响。

上卷最后运用全球气候模式和中国区域气候模式预估了 21 世纪中国的气候变化和海平面变化,并对预估中存在的问题与不确定性进行了讨论。

下卷《气候与环境变化的影响与适应、减缓对策》首先论述了我国面临的气候与环境问题及其影响,并进行了应对气候与环境变化的社会经济分析。关于气候环境未来变化对生态系统的影响,除讨论气候环境变化影响生态系统的过程和机理外,还重点分析了森林、草原、农田三种陆地生态系统和海岸湿地、珊瑚礁、红树林三种海岸带生态系统。对于农业、主要自然生态系统和水资源对气候变化的脆弱性进行了专门讨论。在关于气候与环境变化对生态和社会经济影响的利弊分析中,除分析冰川、冻土、积雪、植被生态系统、土地退化的未来变化趋势外,还着重讨论了气候与环境变化对生物多样性、工业与交通部门、服务业和居民生活等的影响。在气候和环境变化对区域可持续发展影响的分析中,将中国分为华北、东北、华东、华中、华南、西南和西北七个区,重点分析各区的主要环境问题和气候变化影响,并提出具有针对性的对策与建议。就气候和环境变化与我国重大工程建设和经济发展的关系,首先分析了海平面上升对沿海地区重大工程建设和经济发展的影响,随后对三峡工程、南水北调工程、青藏高原寒区工程、西北沙漠化防治工程、水土保持工程、退耕还林(草)工程、退牧还草工程和内陆河流域综合治理工程等逐个进行了分析。关于减缓气候变化的社会经济分析,除对减缓气候变化与可持续发展、



温室气体的排放情景、中国温室气体减排对策进行分析外,还对减缓与适应气候变化问题进行了综合分析,最后就应对全球气候变化的政策提出了建议。

课题组成员兰州大学伍光和教授和中国科学院孙惠南研究员对全书文字进行了统稿。张锦、王文华、宋亚芳和张莉组成的技术组为本课题所做的卓有成效的工作,为完成本书提供了保障。我们表示衷心感谢。

中国科学院资源环境科学与技术局和中国气象局科技发展司的领导及有关同志对本项工作提供了帮助,谨此一并致谢。

# 目 录

序言

前言

上卷摘要	1
<b>第 1 章 气候系统和气候变化</b>	<b>24</b>
提要	24
1.1 气候和气候系统	24
1.1.1 “气候”概念的演绎	24
1.1.2 气候系统的构成及其演化	28
1.1.3 气候系统各圈层相互作用	31
1.2 全球气候变化的主要特征及其影响因素	32
1.2.1 自然界本身的气候变化	32
1.2.2 人类活动引起的气候变化	36
1.3 未来全球气候变化	41
1.3.1 全球气候变化预测	41
1.3.2 气候模式的发展和现状	43
1.3.3 气候变化预测的不确定性	45
1.3.4 未来 50~100 年气候演变及其对社会经济的影响	47
1.3.5 气候变化与环境外交	49
1.4 全球气候变化的中国区域响应	52
1.4.1 全球气候变化对中国的主要影响	52
1.4.2 应对全球气候变化的主要措施	54
1.5 IPCC 评估报告和中国西部环境演变评估	58
1.5.1 IPCC 背景	58
1.5.2 IPCC 三次评估报告的主要科学结论和进展	59
1.5.3 中国西部环境演变评估	60
主要参考文献	61
<b>第 2 章 中国的气候变化</b>	<b>63</b>
提要	63
2.1 中国气候的基本特征	63
2.1.1 中国的地理特征	63
2.1.2 中国的气候特征	64
2.1.3 东亚季风	65

2.1.4	东亚大气环流	65
2.2	近两万年的气候变化	69
2.2.1	末次冰期冰盛期	69
2.2.2	新仙女木事件	70
2.2.3	全新世大暖期	71
2.2.4	全新世千年尺度的气候波动与气候事件	73
2.3	近两千年的气候变化	74
2.3.1	两千年来中国东部的气温变化	74
2.3.2	两千年来中国东部降水量变化	76
2.3.3	两千年来中国东部与西部气候变化比较	77
2.3.4	中世纪暖期	77
2.3.5	小冰期	78
2.4	近百年的气候变化	79
2.4.1	1880年以来的气温变化	79
2.4.2	1880年以来中国东部降水量变化	81
2.4.3	1880年以来中国降水量的年代际变化	83
2.4.4	气候变暖	84
2.5	气候极端值与极端事件	85
2.5.1	极端最高气温	85
2.5.2	极端最低气温	86
2.5.3	极端强降水(雨日)	87
2.6	气候灾害	88
2.6.1	干旱	88
2.6.2	洪涝	89
2.6.3	高温热浪	90
2.6.4	霜冻	90
2.6.5	东北低温	91
2.6.6	寒潮	92
2.6.7	雪灾	93
2.6.8	热带气旋	93
2.6.9	沙尘暴	95
2.7	中国气候变化与全球气候变化的联系	96
2.7.1	区域和行星尺度气候的定义	96
2.7.2	近百年来中国与全球气候变化的一致性	97
2.7.3	近百年来中国与全球气候变化的差异性	98
2.7.4	全球气候变化背景下中国气候变化的机理	99
	主要参考文献	99
<b>第3章</b>	<b>冰冻圈与陆地水环境的变化</b>	<b>104</b>

提要	104
3.1 西部冰川分布及其变化	104
3.1.1 现代冰川分布特征与类型	104
3.1.2 $2.1 \times 10^4$ a BP(末次冰期冰盛期)的冰川规模与环境	107
3.1.3 $1 \times 10^4$ a BP 以来的冰川进退波动	108
3.1.4 小冰期以来的冰川变化	108
3.1.5 近数十年来的冰川变化	110
3.2 中国冻土及其变化	113
3.2.1 中国现代冻土分布	113
3.2.2 中国现代多年冻土类型及特征	114
3.2.3 青藏高原多年冻土的变化	115
3.2.4 西部高山多年冻土的变化	118
3.2.5 我国高纬度多年冻土的变化	119
3.2.6 近 50 年来我国季节冻土的变化	120
3.3 季节积雪	121
3.3.1 积雪空间分布现状	121
3.3.2 积雪季节变化特征	124
3.3.3 近 50 年来积雪年际变化	126
3.4 中国河流	130
3.4.1 中国河流概况	130
3.4.2 外流河的特点及其变化	130
3.4.3 内流河的特点及其变化	151
3.5 湖泊与湿地	157
3.5.1 中国湖泊	157
3.5.2 中国沼泽湿地	174
主要参考文献	181
<b>第 4 章 中国陆地生态与环境 and 山地灾害的变化</b>	<b>187</b>
提要	187
4.1 森林	188
4.1.1 现代森林类型、分布与特点	190
4.1.2 天然森林的影响因子和变化	193
4.2 草原	199
4.2.1 草原的类型、分布与特征	199
4.2.2 草原的变化及其成因	202
4.3 沙漠和沙漠化	208
4.3.1 沙漠和沙漠化概念及其类型划分指标	209
4.3.2 现代沙漠(含沙地)和沙漠化土地分布现状	213
4.3.3 末次冰期冰盛期以来沙漠和沙地演变过程	219

4.3.4	沙漠、沙地及沙漠化演变的成因.....	223
4.4	水土流失 .....	225
4.4.1	水土流失现状、类型和分布特征.....	225
4.4.2	水土流失演化过程 .....	232
4.4.3	水土流失中自然侵蚀与人为加速侵蚀贡献率分析 .....	234
4.5	盐渍土与盐渍化 .....	235
4.5.1	盐渍土的类型、特点和分布.....	236
4.5.2	盐渍化演变过程 .....	243
4.5.3	土壤积盐成因分析 .....	248
4.6	生物多样性 .....	252
4.6.1	物种多样性 .....	253
4.6.2	生态系统多样性 .....	254
4.6.3	生物多样性的演变过程与成因 .....	256
4.7	山地灾害 .....	261
4.7.1	山地灾害的主要类型及其分布 .....	261
4.7.2	山地灾害的若干特点 .....	266
4.7.3	山地灾害的演变和成因 .....	268
	主要参考文献.....	270
<b>第5章</b>	<b>中国近海及海岸带气候、生态与环境的变化 .....</b>	<b>275</b>
	提要.....	275
5.1	近海气候特征与变化 .....	275
5.1.1	近海气候的基本特征 .....	275
5.1.2	近百年近海温度的变化 .....	280
5.1.3	近百年近海热带气旋的变化 .....	281
5.2	近海海洋灾害 .....	283
5.2.1	风暴潮灾害 .....	283
5.2.2	风暴浪灾害 .....	285
5.2.3	海冰灾害 .....	286
5.2.4	赤潮灾害 .....	287
5.2.5	海洋灾害的损失 .....	288
5.3	海平面变化 .....	290
5.3.1	历史海平面变化的基本特征 .....	290
5.3.2	近50年海平面变化趋势.....	292
5.4	海底地貌与沉积 .....	294
5.4.1	海底地貌类型 .....	294
5.4.2	海底沉积相带 .....	297
5.5	海岸带环境演变 .....	297
5.5.1	海岸线的变迁 .....	297

5.5.2	现代三角洲的发展 .....	300
5.5.3	珊瑚礁 .....	302
5.5.4	滩涂湿地 .....	303
5.5.5	红树林 .....	305
5.5.6	海岸侵蚀 .....	306
5.6	海岸带陆海相互作用 .....	307
5.6.1	长江河口 .....	307
5.6.2	黄河口 .....	312
	主要参考文献 .....	315
<b>第6章</b>	<b>海洋和陆面过程在中国气候变化中的作用</b> .....	<b>319</b>
	提要 .....	319
6.1	太平洋和印度洋海温与环流变化及其在中国气候变化中的作用 .....	319
6.1.1	厄尔尼诺/南方涛动对中国气候的影响 .....	320
6.1.2	西太平洋暖池对中国气候的影响 .....	321
6.1.3	热带印度洋海温和南海海温变化对中国气候的影响 .....	322
6.1.4	黑潮区域海温变化对中国气候的影响 .....	323
6.2	海气耦合涛动与中国气候变化 .....	324
6.2.1	北大西洋涛动 .....	324
6.2.2	北极涛动 .....	326
6.2.3	南极涛动 .....	329
6.2.4	太平洋年代际振荡 .....	333
6.3	陆面过程在中国气候变化中的作用 .....	333
6.3.1	陆面过程在气候形成中的作用 .....	333
6.3.2	植被变化对气候的影响 .....	338
6.3.3	北方干旱和半干旱区陆气相互作用与气候变化 .....	340
6.3.4	土壤水分变化及其对气候的影响 .....	342
6.4	极地海冰和欧亚积雪覆盖对中国气候变化的影响 .....	345
6.4.1	北极海冰变异及其对东亚季风和降水的影响 .....	345
6.4.2	南极海冰变异的影响 .....	348
6.4.3	欧亚与青藏高原积雪的影响 .....	349
	主要参考文献 .....	350
<b>第7章</b>	<b>青藏高原对中国气候和环境演变的作用</b> .....	<b>358</b>
	提要 .....	358
7.1	青藏高原隆升 .....	359
7.1.1	青藏高原隆升研究 .....	359
7.1.2	目前关于青藏高原隆升的基本观念 .....	361
7.2	青藏高原区域气候特征及其变化 .....	363
7.2.1	青藏高原热力特征 .....	363

7.2.2	青藏高原动力特征 .....	370
7.2.3	青藏高原气候变化 .....	372
7.3	青藏高原作用与中国气候格局形成 .....	373
7.3.1	青藏高原热力、动力效应对大气环流的影响 .....	373
7.3.2	青藏高原与亚洲季风 .....	377
7.3.3	青藏高原与周边区域大气水分循环及其影响 .....	381
7.3.4	青藏高原影响与中国区域气候分异格局 .....	383
7.4	青藏高原隆升对中国自然环境的影响 .....	386
7.4.1	青藏高原隆升对中国环境演变的意义 .....	386
7.4.2	青藏高原隆升对湖泊江河水系演化的影响 .....	389
7.4.3	青藏高原冰川的发育及其对气候的反馈 .....	390
7.4.4	黄土高原的形成与沙漠的扩展 .....	391
	主要参考文献 .....	392
<b>第8章</b>	<b>亚洲季风及其与中国气候和环境变化的关系</b> .....	<b>398</b>
	提要 .....	398
8.1	亚洲季风的形成及不同时间尺度的变率 .....	399
8.1.1	亚洲季风系统及其成员 .....	400
8.1.2	亚洲季风形成的主要原因 .....	405
8.1.3	亚洲季风的长时间尺度变率 .....	407
8.2	亚洲季风的异常及其与中国气候的关系 .....	412
8.2.1	夏季风的变率与中国旱涝的关系 .....	412
8.2.2	东亚冬季风活动对中国气候的影响 .....	422
8.3	东亚季风在中国区域气候与环境变化中的作用 .....	428
8.3.1	东亚季风对中国区域气候变化的影响 .....	428
8.3.2	东亚季风对中国区域生态系统的影响 .....	430
8.3.3	东亚季风对中国区域水循环的影响 .....	433
8.4	亚洲季风与全球气候变化的相互作用 .....	436
8.4.1	亚洲季风的遥相关型 .....	436
8.4.2	全球气候变化对亚洲季风的影响 .....	438
	主要参考文献 .....	447
<b>第9章</b>	<b>人类活动在气候变化中的作用</b> .....	<b>455</b>
	提要 .....	455
9.1	温室气体与气候变化 .....	457
9.1.1	大气中温室气体浓度及其辐射强迫变化 .....	457
9.1.2	增强的温室效应与全球气候变化 .....	460
9.1.3	增强的温室效应与中国气候变化 .....	461
9.2	人为气溶胶对中国气候的影响 .....	464
9.2.1	大气中气溶胶的光学特征和浓度分布 .....	464

9.2.2	气溶胶对中国气候的影响 .....	472
9.3	空气污染与大气环境 .....	478
9.3.1	中国空气污染物的若干特征 .....	478
9.3.2	中国大气环境的现状和趋势 .....	479
9.3.3	中国的酸雨 .....	481
9.3.4	空气污染物的其他影响 .....	485
9.4	土地利用/覆盖变化及其对中国气候的影响 .....	485
9.4.1	过去的土地利用/覆盖变化 .....	485
9.4.2	土地利用/覆盖变化对碳循环的影响 .....	490
9.4.3	土地利用/覆盖变化对中国气候的影响 .....	493
	主要参考文献 .....	498
<b>第 10 章</b>	<b>未来人为气候变化的预估 .....</b>	<b>507</b>
	提要 .....	507
10.1	气候模式在未来气候变化预估中的应用 .....	507
10.1.1	当今气候模式的主要特征 .....	507
10.1.2	气候模式在未来气候变化预估中的应用 .....	512
10.2	全球气候模式预估 21 世纪中国气候变化情景 .....	514
10.2.1	全球气候模式与试验设计简介 .....	514
10.2.2	预估 21 世纪中国温度的变化 .....	515
10.2.3	预估 21 世纪中国降水的变化 .....	520
10.2.4	预估 21 世纪中国极端温度的变化 .....	526
10.3	中国区域气候模式预估 21 世纪气候变化 .....	526
10.3.1	中国区域气候模式和人类排放试验设计简介 .....	526
10.3.2	预估未来中国气温的变化 .....	526
10.3.3	预估未来中国降水的变化 .....	528
10.3.4	中国各地区气温和降水的变化 .....	529
10.3.5	极端天气事件的变化 .....	531
10.3.6	台风活动的变化 .....	533
10.3.7	综合预估结论 .....	534
10.4	中国海平面变化的预估 .....	536
10.4.1	全球海平面变化预估的主要进展 .....	536
10.4.2	我国海平面变化预估的主要进展 .....	538
10.4.3	预估结论 .....	541
10.5	未来气候变化预估中存在的问题与不确定性分析 .....	543
10.5.1	未来中国气候变化预估的可靠性 .....	543
10.5.2	对气候系统过程与反馈认识的不确定性 .....	544
10.5.3	气候模式的代表性和可靠性 .....	545
10.5.4	未来温室气体排放情景的不确定性 .....	548



主要参考文献.....	551
上卷名词解释.....	556
上卷彩图	