

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

第二卷 影响与脆弱性

主编 丁永建 穆 穆 林而达



气象出版社

China Meteorological Press

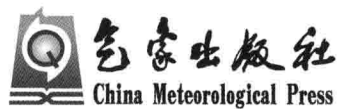
中国科学院、中国气象局、中国科学院寒区旱区
环境与工程研究所、冰冻圈科学国家重点实验室 联合资助

中国气候与环境演变:2012

总主编:秦大河

第二卷 影响与脆弱性

主 编:丁永建 穆 穆 林而达





2011年11月24日，《中国气候与环境演变：2012》第六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	陈宗鏞	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

第二卷 影响与脆弱性

主 编 丁永建 穆 穆 林而达

主 笔(按姓氏笔画排列)

丁永建	王春乙	王根绪	包满珠	叶柏生	左军成
刘时银	许吟隆	吴绍洪	吴青柏	张建云	李茂松
杨晓光	周广胜	周晓农	居 辉	林而达	姜 彤
赵 林	陶 澍	董治宝	董锁成	谢立勇	蔡榕硕
穆 穆					

贡献者(按姓氏笔画排列)

马世铭	马丽娟	尹云鹤	王玉辉	王国庆	王 欣
王 雁	卢 鹏	白晓永	刘九夫	刘 波	刘鸿雁
刘翠善	吕 娟	孙国栋	江村旺扎	许崇海	余克服
吴建国	吴 梦	张世强	张建明	张 勇	李 飞
李元寿	李双成	李石柱	李 宇	李志军	李 岩
李祎君	杜 凌	杨连新	杨 坤	杨建平	杨旺舟
苏布达	陈宁生	陈亚宁	陈满春	周正朝	周 莉
范代读	郑大玮	贺瑞敏	赵传成	赵成义	郝兴宇
高 超	高 霁	康尔泗	曹丽格	章四龙	韩 雪
鲁安新	蓝永超	熊 伟	霍治国		

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 and 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。

郑国光

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,对现阶段的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 影响与脆弱性:综合评述	(1)
1.1 气候变化影响的基本认识和研究动态	(1)
1.1.1 IPCC AR4 影响方面的核心结论	(1)
1.1.2 AR4 以来国际社会的新动态	(4)
1.1.3 AR5 研究展望	(7)
1.2 中国气候变化的区域敏感性及面临的主要气候灾害影响	(8)
1.2.1 气温、降水变化的区域差异	(8)
1.2.2 中国面临的主要气候灾害问题	(11)
1.3 气候变化对中国具有突出影响的重点领域	(15)
1.3.1 气候变化对中国水文水资源影响:主要表现与区域差异	(15)
1.3.2 气候变化对中国农业的影响:突出表现与潜在影响	(19)
1.3.3 气候变化对中国生态系统的影响:事实、脆弱性与情景预估	(23)
1.3.4 气候变化对中国生态环境影响的综合分析	(29)
1.4 气候变化对中国其他经济社会领域的影响	(30)
1.4.1 气候变化对工业与交通部门的可能影响	(31)
1.4.2 气候变化对重大工程的影响	(33)
1.4.3 气候变化对人居环境的影响	(34)
1.4.4 气候变化对服务业的影响	(34)
1.4.5 气候变化对人体健康的影响	(36)
1.5 认知未来气候变化影响、适应与脆弱性	(38)
1.5.1 关于气候变化影响、适应与脆弱性的认识	(38)
1.5.2 对未来气候变化影响的预估问题	(39)
1.5.3 不确定性和存在问题	(39)
1.5.4 科学认知气候变化的影响	(40)
1.6 适应气候变化的策略	(43)
1.6.1 中国适应气候变化的国际策略	(43)
1.6.2 中国适应气候变化的国内策略	(45)
1.6.3 本卷评估重点与主要内容总结	(49)
参考文献	(50)
第二章 气象灾害	(58)
2.1 干旱	(58)
2.1.1 气候变化对干旱的影响	(58)
2.1.2 干旱对各行业和各领域的影响	(60)

2.1.3	干旱引起的脆弱性	(62)
2.1.4	干旱的适应性对策	(62)
2.2	暴雨洪涝	(63)
2.2.1	气候变化对暴雨洪涝的影响	(63)
2.2.2	暴雨洪涝对各行业和各领域的影响	(64)
2.2.3	暴雨洪涝引起的脆弱性	(64)
2.2.4	暴雨洪涝的适应性对策	(65)
2.3	低温灾害	(65)
2.3.1	气候变化对低温灾害的影响	(65)
2.3.2	低温灾害对各行业和各领域的影响	(66)
2.3.3	低温灾害引起的脆弱性	(68)
2.3.4	低温灾害的适应性对策	(68)
2.4	高温热浪	(69)
2.4.1	气候变化对高温热浪的影响	(69)
2.4.2	高温热浪对各行业和各领域的影响	(70)
2.4.3	高温热浪引起的脆弱性	(71)
2.4.4	高温热浪的适应性对策	(71)
2.5	台风	(72)
2.5.1	气候变化对台风的影响	(73)
2.5.2	台风对各行业和各领域的影响	(73)
2.5.3	台风引起的脆弱性	(74)
2.5.4	台风的适应性对策	(74)
2.6	农林生物灾害	(75)
2.6.1	气候变化对生物灾害的影响	(76)
2.6.2	农林生物灾害引起的脆弱性	(77)
2.6.3	农林生物灾害的适应性对策	(77)
2.7	森林火灾	(78)
2.7.1	气候变化对森林火灾的影响	(78)
2.7.2	森林火灾防治的适应性对策	(78)
2.8	巨灾与气候变化	(79)
2.8.1	1998 年长江、松花江、嫩江特大洪涝	(79)
2.8.2	2001—2003 年持续干旱	(80)
2.8.3	2006 年川渝大旱	(81)
2.8.4	2007 年淮河特大洪涝	(81)
2.8.5	2007 年东北大旱	(83)
2.8.6	2008 年南方雨雪冰冻灾害	(83)
2.8.7	2009 年北方冬春季干旱	(85)
	参考文献	(85)

第三章 陆地地表环境 (90)

3.1	气候变化对土地利用与覆盖变化的影响	(90)
3.1.1	土地利用与覆盖变化的宏观驱动机制分析	(90)
3.1.2	典型地区气候变化对 LUCC 的影响分析	(91)

3.1.3	土地利用与覆盖变化的气候反馈效应	(94)
3.1.4	适应气候变化的土地利用对策	(95)
3.2	水土流失	(97)
3.2.1	水土流失的类型、分布	(97)
3.2.2	水土流失的动态变化	(98)
3.2.3	典型区域水土流失现状	(100)
3.2.4	气候变化对水土流失的影响	(104)
3.2.5	适应水土流失的策略与效果	(107)
3.3	沙漠化与沙尘暴	(109)
3.3.1	现代沙漠化土地的分布及其变化	(109)
3.3.2	气候变化对土地沙漠化的影响	(111)
3.3.3	沙尘暴	(116)
3.3.4	沙漠化与沙尘暴防治与适应措施	(119)
3.4	土地石漠化、变化过程与影响	(120)
3.4.1	石漠化类型及其分布	(120)
3.4.2	近50年来石漠化过程	(121)
3.4.3	石漠化形成及其与气候的关系	(122)
3.4.4	土地石漠化的影响与治理	(126)
3.5	滑坡与泥石流	(128)
3.5.1	泥石流形成分布与危险分区	(128)
3.5.2	滑坡形成分布与危险分区	(132)
3.5.3	气候变化条件下灾害性泥石流滑坡的发育规律	(134)
3.5.4	应对气候变化的灾害性泥石流滑坡减灾措施	(139)
	参考文献	(140)

第四章 陆地水文与水资源

4.1	观测事实	(144)
4.1.1	中国气候与水资源分区	(145)
4.1.2	1865年有记录以来江河径流的变化	(145)
4.1.3	20世纪50年代以来江河径流变化	(147)
4.1.4	蒸发皿蒸发量的变化	(153)
4.1.5	洪水的变化	(154)
4.1.6	湖泊变化	(155)
4.1.7	水质水环境变化	(159)
4.1.8	人类经济社会活动的影响	(163)
4.2	水资源系统对气候变化的敏感性	(165)
4.2.1	水资源系统对气候变化的敏感性定义	(165)
4.2.2	西北内陆河高寒山区径流对气候变化的敏感性	(166)
4.2.3	华北半干旱区径流对气候变化的敏感性	(167)
4.2.4	气候过渡区水资源系统对气候变化的敏感性	(168)
4.2.5	南方气候湿润区径流对气候变化的敏感性	(168)
4.2.6	水文变量对气候变化响应的基本规律	(169)
4.3	未来气候变化对区域水资源的可能影响	(170)

4.3.1	中国未来气候变化情景	(170)
4.3.2	未来气候变化对中国水资源的可能影响	(171)
4.3.3	未来气候变化对中国水资源脆弱性的可能影响	(172)
4.4	适应性对策	(173)
4.4.1	水利应对气候变化的总体思路 and 原则	(173)
4.4.2	水利应对气候变化的适应对策 and 措施	(173)
	参考文献	(177)
第五章	冰冻圈变化的影响	(181)
5.1	冰川变化的影响	(181)
5.1.1	冰川变化对水资源的影响	(181)
5.1.1.1	冰川变化对水资源影响的观测事实	(181)
5.1.1.2	水资源影响的可能情景	(184)
5.1.2	冰川变化的灾害影响	(186)
5.1.2.1	冰川阻塞湖突发洪水	(186)
5.1.2.2	冰碛阻塞湖	(187)
5.2	冻土变化的影响	(188)
5.2.1	冻土变化的气候效应	(188)
5.2.1.1	多年冻土变化导致地表反照率的变化	(188)
5.2.1.2	多年冻土变化导致土壤热物理参数的变化	(189)
5.2.1.3	多年冻土变化导致大气粉尘的变化	(190)
5.2.1.4	多年冻土变化可能导致冻土区碳的源汇效应发生变化	(190)
5.2.1.5	多年冻土变化导致地表热量平衡的重新分配	(190)
5.2.2	冻土变化对水文和水循环的影响	(191)
5.2.2.1	冻土变化对土壤入渗的影响	(192)
5.2.2.2	冻土变化对土壤蒸散发的影响	(192)
5.2.2.3	冻土区变化对土壤水源涵养能力的影响	(193)
5.2.2.4	冻土变化对产汇流的影响	(193)
5.2.2.5	冻土变化对地下冰的影响	(194)
5.2.3	冻土变化对生态和环境的影响	(194)
5.2.3.1	青藏高原冻土变化对生态和环境的影响	(194)
5.2.3.2	中国新疆高海拔多年冻土生态和环境的影响	(195)
5.2.3.3	中国东北多年冻土的变化对生态和环境的影响	(196)
5.3	积雪变化的影响	(197)
5.3.1	积雪变化对水文水资源的影响	(197)
5.3.2	积雪变化对生态环境的影响	(198)
5.3.3	积雪灾害	(199)
5.3.3.1	牧区雪灾	(199)
5.3.3.2	雪崩	(200)
5.3.3.3	风吹雪灾害	(201)
5.4	海河湖冰对生态和环境的影响	(202)
5.4.1	渤海、黄海北部海冰变化及其影响	(203)
5.4.2	海冰变化的工程与环境效应	(203)

5.4.3 河、湖冰变化及其工程、环境和生态效应	(204)
5.5 冰冻圈变化的适应性对策	(205)
参考文献	(207)
第六章 陆地自然生态系统和生物多样性	(212)
6.1 陆地生态系统及其与气候的关系	(212)
6.1.1 陆地生态系统类型与特征	(212)
6.1.2 气候—植被关系	(215)
6.2 影响事实	(216)
6.2.1 气候变化对森林生态系统的影响	(216)
6.2.2 气候变化对草原生态系统的影响	(218)
6.2.3 气候变化对内陆湿地生态系统的影响	(221)
6.2.4 气候变化对荒漠生态系统的影响	(223)
6.3 影响预估	(224)
6.3.1 未来气候变化对森林生态系统的影响	(224)
6.3.2 未来气候变化对草原生态系统的影响	(226)
6.3.3 未来气候变化对内陆湿地生态系统的影响	(228)
6.3.4 未来气候变化对荒漠生态系统的影响	(229)
6.3.5 综合生态地理地带的时空变动	(229)
6.4 陆地生态系统的脆弱性	(230)
6.5 气候变化对生物多样性的影响	(232)
6.5.1 气候变化对生物多样性的影响	(232)
6.5.2 生物多样性适应气候变化的对策	(234)
6.6 适应措施与选择	(235)
6.6.1 有利于适应的技术措施	(236)
6.6.2 主动适应的技术措施	(238)
6.6.3 适应的选择	(239)
6.7 存在的问题与解决途径	(239)
6.7.1 不确定性	(239)
6.7.2 成本—效益分析	(241)
6.7.3 解决途径	(241)
参考文献	(242)
第七章 近海与海岸带环境	(248)
7.1 近海与海岸带环境的范畴和概况	(248)
7.1.1 近海和海岸带环境及其与气候变化的关系	(249)
7.1.2 近海生态及其与气候变化的关系	(252)
7.2 观测的气候变化对近海和海岸带环境与生态的影响	(255)
7.2.1 20 世纪中国海平面变化	(255)
7.2.2 对近海海洋灾害变化的影响	(256)
7.2.3 海平面上升对海洋和海岸工程设计标准的影响	(259)
7.2.4 气候与海平面变化对近海和海岸带生态的影响	(259)
7.3 未来气候变化对近海和海岸带的影响预估	(263)

7.3.1	21 世纪中国海平面变化趋势预测与气候影响	(263)
7.3.2	近海海洋灾害变化趋势	(264)
7.3.3	对近海环境与生态的影响预估	(267)
7.4	中国近海和海岸带脆弱性	(270)
7.4.1	近海脆弱的生态	(270)
7.4.2	海岸带的脆弱性	(271)
7.5	海平面变化适应技术与方法	(271)
7.5.1	沿海工程适应技术	(271)
7.5.2	海洋保护区建设和海洋生态系统适应技术	(277)
7.6	存在的问题和解决措施	(278)
7.6.1	不确定性	(278)
7.6.2	社会经济投入与效益	(279)
7.6.3	解决的措施	(280)
	参考文献	(282)
第八章	气候变化与农业生产	(288)
8.1	气候变化对农业的影响	(288)
8.1.1	气候变化对农作物种植的影响	(288)
8.1.2	气候变化对农业气象灾害的影响	(291)
8.1.3	气候变化对农业病虫害的影响	(294)
8.1.4	气候变化对主要粮食作物产量和品质的影响	(296)
8.1.5	气候变化对农业生产成本的影响	(297)
8.1.6	气候变化对畜牧业的影响	(298)
8.1.7	气候变化对渔业的影响	(299)
8.2	未来气候变化的影响及脆弱性	(300)
8.2.1	气候变化的潜在影响	(300)
8.2.2	农业对气候变化的脆弱性	(302)
8.3	农业对气候变化的适应措施	(304)
8.3.1	适应措施和效果	(304)
8.3.2	未来适应能力建设	(306)
8.3.3	典型案例分析——东北农业区	(307)
8.3.4	适应的优先事项与不确定性	(309)
	参考文献	(312)
第九章	气候变化与重大工程	(315)
9.1	三峡工程	(315)
9.1.1	工程概况	(315)
9.1.2	气候变化对工程安全运行的可能影响	(316)
9.1.3	三峡工程的气候效应	(319)
9.1.4	适应性对策	(320)
9.2	南水北调工程	(323)
9.2.1	工程概况	(323)
9.2.2	气候变化对工程安全运行的可能影响	(323)