

中国气候观测系统

张人禾、徐祥德 主编

气象出版社

内 容 简 介

本书阐述了中国气候观测系统的国家需求与气候观测系统建设的国内外现状,提出了气候观测系统科学目标与建设构架,从气候系统总体设计的角度描述了气候观测系统总体布局、关键技术与建设重点,并阐述了中国气候观测系统 16 个气候系统关键观测区建设的科学依据、技术途径及其站网布局。并构思了卫星气候观测系统以及系统数据处理与产品应用、共享平台,介绍了各部门相关发展规划,并从实施方案角度简述了阶段目标和应用机制。本书可供气象、水利、农业、环保、林业、海洋等领域的科研院所、各部委业务管理部门专家和技术人员参考和应用。

图书在版编目(CIP)数据

中国气候观测系统/张人禾,徐祥德主编. —北京:气象出版社,2008. 1
ISBN 978-7-5029-4431-5

I. 中… II. ①张…②徐… III. 气象观测-中国 IV. P41-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 195740 号

出 版 者: 气象出版社

网 址: <http://cmp.cma.gov.cn>

E-mail: qxcbs@263.net

责任编辑: 俞卫平 章澄昌

封面设计: 王 伟

责任校对: 王丽梅

印 刷 者: 北京佳信达恒智彩印有限公司

发 行 者: 气象出版社

开 本: 889×1194 1/16 印 张: 19 字 数: 580 千字

版 次: 2008 年 3 月第一版 2008 年 3 月第一次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 100.00 元

地 址: 北京市海淀区中关村南大街 46 号

邮 编: 100081

电 话: 总编室: 010-68407112 发行部: 010-68409198

终 审: 黄润恒

版式设计: 都 平

《中国气候观测系统》编委会名单

科学顾问(按姓氏笔画为序)

丁一汇	丑纪范	王浩	王文兴	冯宗玮	任阵海	刘更另
孙鸿烈	许健民	吴国雄	李廷栋	李泽椿	陈联寿	周秀骥
郑国光	秦大河	袁业立	巢纪平	符淙斌	蒋有绪	

主 编 张人禾 徐祥德

编写专家组成员(按姓氏笔画为序)

丁国安	马燕合	马耀明	马舒庆	卞林根	王兵	王长科
王守荣	王邦中	王庚辰	王春乙	王瑞斌	叶玉江	刘玉洁
刘晶淼	刘辉志	孙忠富	汤绪	闫俊岳	严登华	宋连春
何惠	余宙文	张强	张文建	张东启	张秀芝	张晓春
李跃清	李耀辉	邵立勤	陈怀亮	陈洪滨	周恒	周广胜
范锦龙	效存德	秘晓东	郭亚曦	巢清尘	董文杰	熊安元
魏文寿						

编写工作专家(按姓氏笔画为序)

于强	于淑秋	邓茂芝	王金星	王润元	王继志	王跃思
王强	王琇瑜	文洪涛	史军	车学俭	刘新	刘文泉
刘安麟	刘锦奎	吕波	孙效功	许林之	何青	余卫东
应宁	张正秋	张甲坤	张胜军	张佳华	李峰	李少宁
李世奎	李诗明	李健军	李维亮	陈永清	陈志华	杨大文
杨兴国	沙奕卓	肖贤俊	陆龙骅	周莉	周明煜	周凌晞
居辉	罗勇	林绍花	苗秋菊	郑循华	姚华栋	施晓晖
柯晓新	胡维平	赵志强	赵瑞	郭浩	高云	高志球
徐德应	顾俊强	廉毅	梁宏	彭骏	曾书儿	董敏
霍志国	戴晓苏					

技术编辑人员 邹春辉 滑桃 宋平

编写工作人员 施小英 程兴宏 陈斌

序 一

气候是人类生存环境中最活跃的组成部分,也是最重要的自然资源之一。气候变化将导致人类生存环境的变化,影响社会经济活动和人民生活的方方面面。人类活动已经影响了气候系统。IPCC 第四次评估报告指出,近一百年来,全球地表平均温度升高了 0.74°C ,海平面上升约 0.17 m ;20 世纪北半球平均温度的增幅,很可能是过去 1000 年中最高的。据估测未来 100 年全球地表温度将上升 $1.1\sim 6.4^{\circ}\text{C}$,海平面将上升 $0.18\sim 0.59\text{ m}$ 。

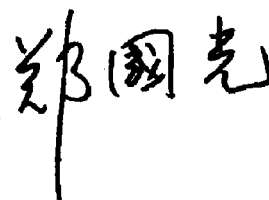
气候变化与环境恶化已是各国发展面临的重大问题。重新认识全球与区域气候变化,加强对气候变化及其影响的监测、预估工作迫在眉睫。在 1990 年第二次世界气候大会上,来自世界各国的科学家提出了《全球气候观测系统(GCOS)计划》的建议。1992 年,世界气象组织(WMO)、联合国教科文组织(UNESCO)的政府间海洋委员会(IOC)、国际科学联盟理事会(ICSU)、联合国环境规划署(UNEP)共同启动了全球气候观测系统(GCOS)计划。为响应国际 GCOS 计划,指导、协调我国各部门参与全球气候观测系统计划的工作,经国务院批准,1997 年 7 月 GCOS 中国委员会成立。2002 年中国气候大会通过并启动实施了《中国气候系统观测计划》。2005 年 GCOS-CHINA 组织专家完成了《中国气候观测系统》的编写,《中国气候观测系统》旨在联合我国与气候系统有关的各成员单位参照国际气候监测系统的有关规定,按统一的规划,既分工又合作,分期分批地实施气候系统分系统建设,开展气候系统观测,共享气候系统观测资料和信息。这有利于加强国内与气候系统观测相关的各部门业务观测系统的协调发展,避免力量分散和重复建设。在充分利用中国现有气候相关观测网的基础上,建设中国的气候观测系统,重点是发展我国多圈层综合观测,其总体设计目标既与 GCOS 计划接轨,又力求符合我国社会、经济发展与国家公共安全的重大需求。

以《中国应对气候变化国家方案》为指导,中国气候观测系统紧紧围绕着国家需求和国际科技前沿,充分发挥多部门在气候变化及气候系统多圈层监测业务上的综合优势,该系统的建设将有利于各部门为国家安全、经济发展、决策服务能力的提升,尤其对气候变化和极端天气气候事件监测、预测、预警水平的提高,国家应对气候变化的多部门科技综合实力和决策服务功能的增强具有重要战略意义。

中国气候观测系统设计体现了优化选站标准、规范观测项目、统一技术标准的科学思路。实施过程遵循先试点再推广,分步实施的技术路线。通过对现有的多部门站网观测环境代表性、准确性和可比性的系统评估,将最大限度地提升多部门气候系统综合观测的集约化水平。该系统以地、空、天基一体化技术发展为出发点,充分发挥不同代表性类型区域地基观测系统的高精度与天基、空基遥感系统的高分辨率两方面优势,以逐步形成多部门多种立体探测手段相互补充的气候观测综合系统,实现气候系统多圈层信息的全方位、定量化、自动化新一代综合气候观测系统。

根据设定的综合观测系统重点目标,中国气象局业务站网将实现与多部门联合设计的十六个关键观测区相接轨的优化方案,实施十六个关键观测区多部门观测站总体"组装"、统一设计,多部门观测站网资源的逐步整合和优化,共建多圈层观测系统及其多部门信息共享平台。系统建设将以提升多部门气候和气候变化综合监测、预测与业务服务能力为目标。我们深信,《中国气候观测系统》的设计将促进我国气候观测系统的统一规划、资源共享、推动 GCOS 计划的实现,加快《中国应对气候变化国家方案》实施进程,将为我国气候监测、预测系统建设以及多部门气候变化业务服务系统的发展提供有力的技术支撑。为提升我国在气候变化领域的影响、适应和对策研究水平,为国家安全、社会进步与可持续发展做出重要贡献。

中国气象局局长
GCOS 中国委员会主席



2007 年 12 月

序 二

近年来,气候和气候变化问题因其对自然生态系统和人类社会产生的深远影响,已经成为全世界共同关注的重大问题。气候系统由大气圈、水圈、岩石圈、冰冻圈和生物圈等五大圈层构成。全面、系统地获取气候系统各组成部分及其之间相互作用和反馈过程的综合信息,是理解和认识气候系统及其变化的基础。因此,加强对气候系统的综合观测,是提高我国防灾减灾、气候预测和应对气候变化能力的当务之急。

我国目前与气候系统有关的数据资料观测采集工作主要由中国气象局、水利部、农业部、国家环保总局、国家林业局、国家海洋局、中国科学院等部门分头独立进行。由于各部门对观测数据资料的使用目的不同,致使部门间的观测项目和内容、数据格式和标准等都存在差异,同时,部门间的数据交流和共享尚不充分,这在很大程度上阻碍了气候和气候变化研究、业务和服务的发展,直接影响我国应对气候变化综合能力的提高。

应该看到,目前我国气候系统的观测,与 GCOS 的要求有较大差距。由于相关的大气、海洋、生态等方面的观测,由气象、海洋、水利、环保、农业、林业、中国科学院等部门各自完成,使得观测内容和方法、资料处理方式等不同,共享程度差。由于对研究和认识气候变化的一些主要变量没有进行观测,不少受气候变化影响严重的地区没有观测数据。

1997 年 7 月,为响应国际社会开展“全球气候观测系统(GCOS)计划”的建议,经国务院批准成立了由国内十二个部门组成的 GCOS 中国委员会,以协调我国相关部门在气候系统观测方面的行动。在 2002 年举行的中国气候大会上,通过了 GCOS 中国委员会提交的《中国气候观测系统》。之后,在 GCOS 中国委员会的领导下,在来自中国气象局、水利部、农业部、国家环保总局、国家林业局、国家海洋局、中国科学院等部门 50 多位专家为期 3 年的共同努力下,《中国气候观测系统》(以下简称《观测系统》)已经完成。2004 年底,GCOS 中国委员会第三次会议对该观测系统进行了讨论。2005 年上半年,中国气象局发函上述部门获取了对参与“观测系统”设计、数据共享站点的认可。2006 年 2 月通过了专家论证。2006 年 3 月 24 日召开的 GCOS 中国委员会第四次会议审议通过了《观测系统》。

《观测系统》以现有的大气、海洋、水文、陆地、环境观测系统为基础,着眼于气候系统观测的整体要求,初步规划了地基、空基、天基一体化的气候系统综合观测网,完善和建立了一个满足气候和气候变化预测、研究与服务需求的、具有统一标准和高效的、符合我国国情的、多部门参与的中国气候观测系统。该系统体现了集约化和开放式的设计思路,对气候系统观测提出了统一的观测规划,初步设计了气候系统观测的思路和方案,确定了观测的项目、标准和要求,体现了气候系统各分量资源的逐步整合和优化,从而有利于发挥原有各部门各类业务观测资源的优势,为实现全面和多层次的信息共享奠定了坚实的基础。

中国气候观测系统的建设至关重要。2006 年 1 月 12 日印发的《国务院关于加强气象

事业发展的若干意见》(国发[2006]3号)明确指出:“综合气象观测系统是国家重要的公共基础设施,是气象和地球相关学科业务与科研的重要基础。要大力加强气候观测系统等基础设施建设,将其纳入经济社会发展规划,保证其稳定可靠运行,不断提高综合气象观测能力和水平。国务院气象主管机构要会同有关部门加强统筹规划,做到统一布局、共同建设。”文件还指出,要充分发挥气象信息网络资源优势,实现观测数据共享。有关部门要充分利用气象信息平台,积极提供和共享大气、水文、海洋、环境、生态等方面的数据信息。在2006年3月16日公布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》中,也指出要加强气候变化监测工作。根据《国家中长期科学和技术发展规划纲要》中所设立的重大专项,科技部已在牵头制定《中国综合地球观测系统十年规划》,气候观测系统设计的成果已在该方案中得到一定体现。这些都充分说明,中国气候观测系统建设的重要性和必要性已在国家层面得到关注和认可。

《观测系统》站在国家高度,对气候观测系统统一规划、统一设计、统一规范,部门实施,以达到资源共享、减少重复建设的目的。观测系统的落实,就是要推动各相关部门根据气候系统观测的整体要素,在统一规划的标准和规范下对各自隶属的台站进行改进、集成和完善,并努力实现资料的全面共享和综合应用。相信通过落实观测系统,将会提高我国气候灾害预警预测能力,提升气候变化领域的科研水平,为国家政府部门根据气候和气候变化趋势确定经济社会发展规划、调整生产布局、开展生态建设和环境保护提供决策依据,为在可持续发展框架下应对气候变化、有效利用气候资源、建设和谐社会提供科学支持,我国国防建设和在国际环境、外交领域维护国家利益提供有力支撑。

中国科学院院士

秦大河

2006年4月

前 言

1990年在日内瓦召开的第二次世界气候大会上,各国科学家提出了制定“全球气候观测系统(GCOS)计划”的建议。1992年,世界气象组织(WMO)、联合国教科文组织(UNESCO)的政府间海洋委员会(IOC)、国际科学联盟理事会(ICSU)、联合国环境规划署(UNEP)共同发起了“全球气候观测系统(GCOS)计划”,其基本思路是:在统一的发展计划和技术规范的指导下,对世界上现有的地球环境方面的观测系统进行必要的改进、补充和整合,以便为正确认识气候变化及其影响,以提供评估气候变化中自然因子与人类活动的作用等高质量、连续、均一的各类观测事实。这意味着:气候系统的各组成部分都要进行观测,反映气候系统某组成部分特征的各种变量都要进行观测,每一种观测资料都应有足够长的时间序列、覆盖足够大的地理区域、有足够高的精度。现有任何一个观测系统都难以实现。因此,必须建立一个综合的气候观测系统,对某些关键变量进行系统性观测。

1994年3月21日正式生效的《联合国气候变化框架公约》第五条“研究与系统观测”中规定“各缔约方应:支持旨在加强尤其是发展中国家的系统观测及国家科学和技术研究能力的国际和政府间努力,并获取和交换从国家管辖范围以外地区取得的数据及其分析”。

《中国21世纪议程》是中国国民经济和社会发展中长期规划指导性文件。其中第18章“保护大气层”方案中,包括了气候变化的监测、预报及服务系统的建设内容。在行动计划中提出:加强对气候变化、生态环境有重要影响的温室气体的监测;建立和完善中国气候系统监测资料数据库系统,实现数据共享,且优先领域包括评估气候变化对中国经济和环境影响,发展预测气候变化趋势模式,研究人类活动和其他自然因素对气候的影响,对气候变化影响脆弱性的评价及适应对策确定等内容。

2002年4月召开的中国气候大会审议并通过的《中国国家气候计划纲要(2001~2010年)》和《中国气候观测系统实施方案》,确定了“有计划地加强气候系统观测”,“加快国家气候系统资料中心(群)的建设”,“完善我国气候系统监测预测业务”,“加大我国气候变化影响评估和对策研究的力度”以及“深化、细化我国气候资源调查工作”等未来气候系统相关业务和科研发展的重点方向。

国务院2006年3号文件《关于加快气象事业发展的若干意见》指出:加快气象事业发展是应对全球气候变化、保障国家安全的迫切需要。20世纪90年代以来,全球气候变化导致的水资源短缺、大面积干旱、海平面上升、冰川退缩、土地荒漠化、粮食产量波动、流行病传播等,对粮食、能源、水资源、生态环境和公共卫生安全等构成严重威胁,是人类社会面临的共同问题。加强气候变化监测、预估、影响和对策研究,为国家制定应对气候变化对策提供科学和技术支撑,适应和减缓气候变化对人类社会的影响,对国家安全具有重要的基础性作用。要大力加强气候观测系统、加强统筹规划,做到统一布局、共同建设。建设全国统

一的气象通信和信息存储、分发系统,充分发挥气象信息网络资源优势,实现观测数据共享。国务院气象主管机构负责气象观测数据的共享工作,有关部门要充分利用气象信息平台,积极提供和共享大气、水文、海洋、环境、生态等方面的数据信息。最近,国务院正式发布了《中国应对气候变化国家方案》,并成立了由温家宝总理担任组长的国家应对气候变化领导小组,加强应对气候变化内政外交的组织领导。科技部也牵头联合有关部门于近日发布了《中国应对气候变化科技专项行动》,以统筹协调和指导我国 2007—2020 年的应对气候变化科技工作。这些重大举措充分体现了国家对气候变化问题的高度重视和应对气候变化的务实行动。

中国气候观测系统总体设计体现了紧密与世界气候大会制定的全球气候观测系统(GCOS)计划接轨,并力求符合我国社会、经济发展与国家公共安全的重大需求。本书从气候系统总体设计的角度描述了气候观测系统总体布局、关键技术与建设重点,提出了 16 个气候系统关键观测区的设计构想,本书阐述了中国气候观测系统工程建设实施的技术途径及其跨部门多圈层站网布局。构建了卫星气候观测系统以及系统数据处理与产品应用、共享平台。

我们深受鼓励的是 2006 年在世界气象组织(WMO)国际科教文组织政府间海洋委员会(IOC)、联合国环境规划署(UNEP)、国际科协(ICSU)第十四届联合执行委员会工作报告中“中国气候观测系统”被评价为全球出色的范例。另外,2007 年 9 月 11 日《中国气候观测系统实施方案》联合新闻发布会暨 GCOS 中国委员会大会在京召开。正如 GCOS 中国委员会主席郑国光局长讲话指出的气候观测系统是七个部委联合设计共同成果,将在加强跨部门合作,促进中国气候观测系统建设,并对气候应对的国家需求具有重要战略意义。2007 年 1 月 30 日,第四届地球观测分会在南非开普敦顺利召开,地球观测再次成为世人关注的焦点。会后发布了《开普敦宣言》、地球观测组织(GEO)进展报告及 GEO 近期成果。科技部长万钢率中国代表团出席此次分会,中国气象局局长郑国光再次当选为 GEO 的联合主席。由于中国作为 GEO 的创始国之一,两年来积极推进 GEOSS 十年执行计划,在 GEO 国际事务中发挥了越来越重要的作用。以中国气候观测系统联合设计组为主体的编写组完成了《中国综合地球观测系统十年规划》(中、英文版),该规划亦于 11 月 30 日南非开普敦部长峰会向百余参与国正式发布。

在本书的出版过程中,中国气象局、水利部、农业部、国家环保总局、国家林业局、中国科学院、国家海洋局等部委紧密合作、协同努力。同时,国家科技部、外交部、发改委等政府部门亦给予了宝贵的指导,以上各部委下属 50 多个业务与科研院所的百余名教授、专家与技术人员参与了此书的编写工作,他们为此付出了辛勤劳动与重要的贡献,在此一并致以衷心感谢。

目 录

序一

序二

前言

一、背景、依据及国内外现状	(1)
(一)国际背景	(1)
(二)国家需求	(3)
(三)政策依据	(6)
(四)国内外现状	(7)
二、系统建设目标	(9)
(一)科学目标	(9)
(二)建设目标	(10)
(三)政策目标	(11)
三、系统总体设计	(12)
(一)总体布局	(13)
(二)关键技术	(13)
(三)建设重点	(14)
(四)气候系统关键观测区	(15)
(五)卫星遥感—地面综合观测系统	(25)
(六)气候系统观测综合数据共享平台	(27)
四、气候系统关键观测区	(30)
(一)青藏高原大气与陆面过程综合观测区	(30)
(二)天山冰川与水文、生态综合观测区	(41)
(三)锡林郭勒草原观测区	(52)
(四)敦煌沙漠陆面过程观测区	(59)
(五)东北森林与松嫩平原生态综合观测区	(68)
(六)川滇区域水分循环过程及其高原边缘带生态综合观测区	(84)
(七)黄淮农田生态综合观测区	(98)
(八)洞庭、鄱阳两湖平原河湖综合观测区	(108)
(九)青海瓦里关大气本底与三江源生态观测区	(119)
(十)首都经济圈环境综合观测区	(131)
(十一)长江三角洲经济圈环境综合观测区	(150)
(十二)珠江三角洲经济圈环境综合观测区	(166)
(十三)四川盆地环境综合观测区	(178)
(十四)环渤海陆—海—气综合观测区	(187)

(十五)南海海气观测区	(195)
(十六)海洋综合观测区	(213)
五、卫星气候观测系统	(222)
(一)需求分析	(222)
(二)建设目标	(224)
(三)建设内容	(224)
(四)技术途径	(228)
(五)实施计划	(229)
六、系统数据处理与产品应用	(239)
(一)观测系统综合数据产品	(239)
(二)观测系统综合数据共享平台	(241)
七、有关部门相关发展规划与观测计划	(246)
(一)中国综合地球观测系统(科学技术部组织规划)	(246)
(二)中国气象局国家气候观象台建设	(251)
(三)国家林业局相关发展规划	(253)
(四)水利部相关发展规划	(256)
(五)国家环保总局相关发展规划	(257)
(六)中国科学院相关发展规划	(258)
(七)农业部重点野外科学观测站发展规划	(259)
八、系统实施步骤	(262)
(一)阶段目标与进度	(262)
(二)运行机制	(264)
参考文献	(265)
附录 多圈层相互作用陆面过程观测系统项目简介	(272)
(一)气候基本观测	(272)
(二)近地层通量观测	(272)
(三)生态观测	(277)
(四)冰川冻土积雪观测项目	(279)
(五)大气成分观测	(280)
(六)相关观测系统功能设计	(284)

一、背景、依据及国内外现状

(一) 国际背景

最近几十年,随着地球气候的实际变化和气候变化研究的迅速发展,尤其是联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)通过四次评估报告,不断地加深了对人类活动引起的近百年气候变化的认识。

大气中温室气体和气溶胶含量的变化及其导致的地气辐射平衡和地表特性的变化,都会改变气候系统的能量平衡,引起全球气候变化。IPCC 第四次评估报告指出,1750 年以来,由于人类活动的影响,全球大气 CO_2 、 CH_4 和 N_2O 浓度显著增加,目前总浓度已远远超出了根据冰芯记录得到的工业化前几千年内的浓度的最高值。 CO_2 是最重要的温室气体,全球大气 CO_2 浓度已从工业化前约 $280 \mu\text{L/L}$ (ppm,下同),增加到了 2005 年的 $379 \mu\text{L/L}$,是距今 65 万年以来的最高值。自工业化以来,矿物燃料的使用是大气 CO_2 浓度增加的主要原因。全球大气中 CH_4 浓度值已从工业化前的 715 nL/L (ppb,下同)增加到 2005 年的 1774 nL/L ,是距今 65 万年以来的最高值,观测到的 CH_4 浓度的增加很可能源于人类活动,农业和矿物燃料的使用是其重要来源。对其他来源的定量认识仍然不足。全球大气中 N_2O 浓度值已从工业化前约 270 nL/L 增加到 2005 年的 319 nL/L ,超过 1/3 的 N_2O 源于人类活动,农业活动是主要的来源之一。

驱动因子变化引起的能量变化用辐射强迫来计算,正值表示地球表面增暖,负值表示变冷。1750 年以来,人类活动的全球平均净影响是增暖,其辐射强迫为 1.6 W/m^2 , CO_2 、 CH_4 和 N_2O 浓度增加所产生的辐射强迫总和为 2.30 W/m^2 , CO_2 的辐射强迫在 1995—2005 年间增长了 20%,人为气溶胶(主要包括硫酸盐、有机碳、黑碳、硝酸盐等)的冷却效应,共产生总直接辐射强迫 -0.5 W/m^2 和间接辐射强迫 -0.7 W/m^2 (图 1.1)。

IPCC 第四次评估报告的特征是进一步强调气候系统变化影响,尤其为了增加对全球和区域气候变化的趋势、变率及过程的综合认识,报告不但考虑了大气圈还考虑了水圈和冰冻圈的变化,并深入讨论了大气环流变化等相关的现象。自第三次 IPCC 评估报告以来,由于数据集和资料分析的改进与延伸、地理覆盖范围的扩大以及更为广泛多样的观测途径等,加深了对气候系统变化的认识,认为气候系统的变暖是毋庸置疑的。

IPCC 第四次评估报告指出:最近 100 年(1906—2005 年)全球平均地表温度上升了 $0.74(0.56 \sim 0.92)^\circ\text{C}$,比 2001 年第三次评估报告给出的 100 年(1901—2000 年)上升 $0.6(0.4 \sim 0.8)^\circ\text{C}$ 有所提高。自 1850 年以来最暖的 12 个年份中有 11 个出现在近期的 1995—2006 年(除 1996 年外),过去 50 年升温率几乎是过去 100 年的 2 倍。1961 年以来的观测表明,全球海洋温度的增加已延伸到至少 3000 m 深度,海洋已经并且正在吸收 80% 以上增加到气候系统的热量,这一增暖引起海水膨胀,并造成海平面上升,20 世纪全球海平面上升约 0.17 m。

在大陆、区域和海盆尺度上已观测到气候的长期变化,包括北极温度与冰的变化,降水量、海水盐度、风场的变化以及干旱、强降水、热浪和热带气旋等极端天气方面的变化。近 100 年来北极平均温度几乎以 2 倍于全球平均值的速率在升高,1978 年以来北极海冰面积以 $2.7\%/10\text{a}$ 的速率退缩;20 世纪 80 年代以来,北极多年冻土层顶部温度上升了 3°C ,北半球 1900 年以来季节冻土覆盖的最大面积已减少了约 7%。许多地区观测到降水量在 1901—2005 年间存在变化趋势,北美和南美东部、欧洲北部、亚洲北部和中部降水量显著增加,而萨赫勒、地中海、非洲南部、亚洲南部部分地区降水量减少。20 世纪 60 年代以

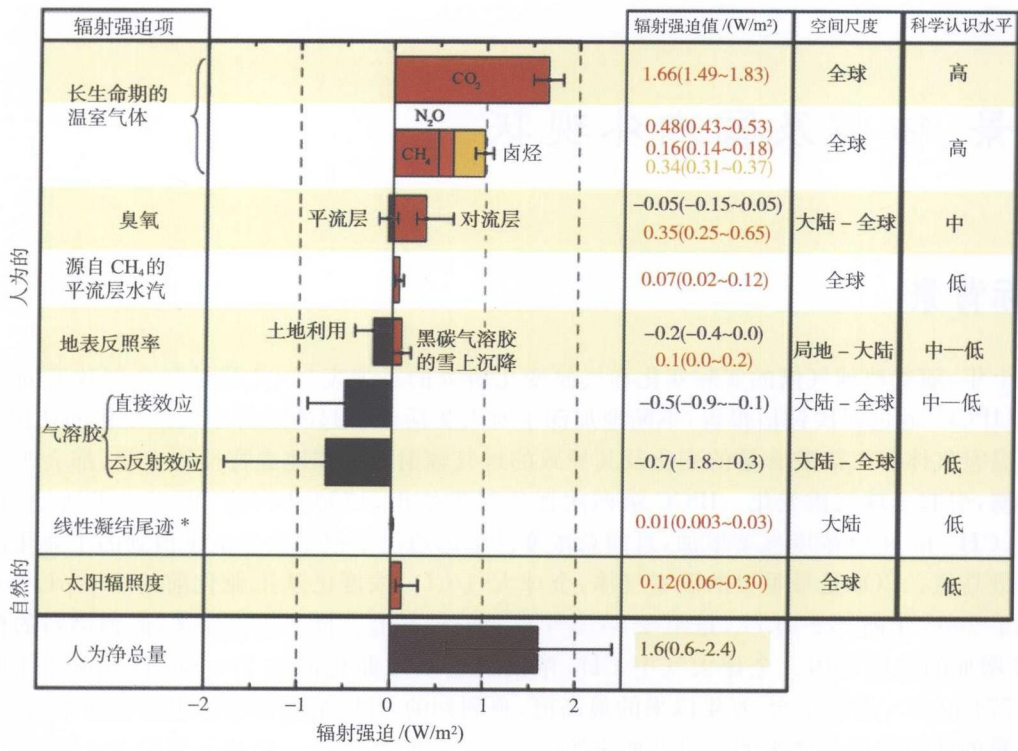


图 1.1 2005 年全球平均辐射强迫估算值及其范围(引自 IPCC Summary for Policymakers of Climate Change 2007)
(* 表示线性凝结尾迹的范围,不包含其他的航空器对云的可能影响)

来,南、北半球中纬度西风在加强;70 年代以来在更大范围内,尤其是在热带和亚热带,观测到了强度更强、持续时间更长的干旱;近 50 年来强降水事件的发生频率有所上升,陆地大部分地区强降水发生频率有所上升,中国强降水事件也在增加。近 50 年来已观测到了极端温度的大范围变化,冷昼、冷夜和霜冻已变得较为少见,而热昼、热夜和热浪变得更为频繁。热带气旋(台风和飓风)个数没有明显的年际变化趋势,但从 70 年代以来全球呈现出热带气旋强度增大的趋势,强台风发生的数量增加,其中在北太平洋、印度洋与西南太平洋增加最为显著。强台风出现的频率,由 70 年代初的不到 20%,增加到 21 世纪初的 35% 以上。

通过以上观测事实,IPCC 第四次评估报告得到了一些新的重要结果:

(1) 太阳变化对目前气候变暖的影响不是最重要的因素。对过去 28 年太阳总辐射的连续监测,发现 11 年太阳变化周期的极大和极小活动之间的辐射仅变化 0.08%,1750 年以来由于太阳活动变化引起的直接辐射强迫仅为 0.12 W/m²,与温室气体变化引起的 2.30 W/m² 辐射强迫值相比很小,并且古气候资料显示,过去几千年以来北半球夏季太阳辐射呈减少趋势。

(2) 过去对全球气候变暖是否引起了大气中水汽含量增加的推测没有确证。现在的结果显示,至少从 20 世纪 80 年代以来,无论在陆地和海洋上空,还是在对流层上层,平均大气水汽含量都有所增加;近 50 年来强降水事件的发生频率有所上升,并与增暖事实和观测到的大气水汽含量增加相一致。

(3) 进一步明确指出观测到的全球变暖与城市热岛效应关系不大。新的评估显示,城市热岛效应的影响是局地的,对全球平均气温的影响可被忽略(陆地上的升温率小于 0.006℃/10a,在海洋上约为零)。

(4) 全球变暖引起的海洋膨胀、冰盖和冰川融化会使海平面上升。新的观测结果发现,1961—2003 年期间全球平均海平面上升速率为 1.8 mm/a,1993—2003 年期间卫星观测的速率约为 3.1 mm/a。报告还给出了海平面上升的各个贡献因子,并且给出了不确定性,指出近 10 年的卫星观测资料与验潮站资料的精确度有差别。

(5)过去认为夜间温度的升高速率是白天的2倍,温度日较差趋于减小。最新结果表明,1979—2004年温度日较差未发生变化,因为白天和夜间温度均以大致相同的速率升高。

(6)过去对极端事件变化的认识十分有限,这次报告基于比较完整的全球陆地资料,指出冷昼、冷夜和霜冻的发生频率减小,而热昼、热夜和热浪的发生频率增加。

全球气候变暖问题是当前全球环境问题中的热点和焦点。《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)亦要求各缔约方加强对气候系统的系统观测和资料库建设,深化对气候系统的认识,减少或消除有关气候变化尚存的不确定性。我国是UNFCCC缔约国,实施中国气候观测系统(CCOS)计划,既是我国履行UNFCCC的需要,也符合我国社会、经济可持续发展的要求。实施中国气候观测系统方案,可以增强我国对全球气候变化、区域响应以及极端气候事件的监测能力,为各级政府部门提供决策依据,进一步提高我国减灾防灾能力。同时,有利于提高定量描述、模拟和预测气候及气候变化的水平,加强对气候变化影响以及适应气候变化的对策措施,推动环境质量及其演变机制研究,加强生物多样性保护,促进人与自然的和谐发展。

(二)国家需求

我国是世界上自然灾害最严重的国家之一,每年因气象灾害造成的经济损失平均占国内生产总值(GDP)的3%~6%。我国农业在很大程度上仍属于“气候依赖型”,林、牧、渔业等都对气候变化十分敏感。未来的气候变化不仅可能加剧我国一些地区水资源短缺、土地荒漠化,还可能导致极端气候事件频繁发生,从而影响粮食生产,危及人类健康,直接影响我国社会经济和生态环境的可持续发展。

中国地处东亚季风区,亦是世界上受气候变化影响的脆弱地区之一,未来气候变化将可能对中国自然灾害、水资源、生物多样性、农林牧渔业和人居环境等带来持久的严重影响,中国的社会经济发展将主要面临如下8个方面的严峻挑战:

灾害问题。在全球气候持续变暖的情况下,我国面临的主要天气气候灾害有区域干旱、洪涝、台风、沙尘暴、寒潮与冻害等,这些灾害会给社会、经济带来一系列挑战性难题。其中区域性大范围干旱和洪涝是我国面临的影响最为严重的气候灾害。干旱导致粮食减产、土地荒漠化加剧、大量湖泊水库干涸、生态与环境恶化、农田锐减,经济损失严重,近10年洪涝灾害造成农田受害面积每年超过100万 km^2 。由于我国属季风气候影响区,降水年际变化大,且空间分布不均匀,全球变暖背景下气候异常造成的区域干旱、洪涝频发,加之生态与环境恶化,水土流失严重等不利因素,将导致区域干旱、洪涝、地质灾害及其危害加剧。全国水土流失面积367万 km^2 ,约占国土面积的38%,其中水蚀面积179万 km^2 ,以黄河上中游、长江上游地区水土流失最为严重。水土流失使我国耕地每年平均流失6.67万 km^2 ,导致江河湖库淤积严重,工程效益衰减,加剧了洪涝干旱和风沙灾害。泥沙淤积造成湖面萎缩,河床抬高,洪水调蓄作用减弱,洪水涨率变快,水位抬高,这也是近十几年来长江几次大洪水灾害的主要成因之一。进入20世纪90年代以来,泥石流灾害往往同滑坡、崩塌、山洪灾害、局地暴雨同时发生,成为群发性灾种,局地暴雨统



图 1.2 雪灾、洪水、干旱图片(选自《2006 年中国气象灾害年鉴》)

计数据表明,气象地质灾害每年给城镇建设和人民生命、财产造成严重威胁,已成为对社会、经济具有严重影响的自然灾害之一(图 1.2~图 1.4)。

水资源问题。气候变暖会加速水分循环,改变降水时空分布及强度,破坏区域水资源供需平衡,加剧水资源供需矛盾。在全球变暖背景下导致干旱频数及强度增大,湖泊和湿地面积缩小,也显著减小了水资源调蓄能力及其利用率,降低了抗旱能力,在一定程度上恶化了生态环境,破坏了区域水分循环的平衡状态,加剧了区域旱涝等气候灾害。水资源缺乏也是困扰我国的另一大环境问题,进入 21 世纪,我国水资源供需矛盾仍在进一步加剧。目前,全国每年缺水量达 400 亿 m^3 ,其中,农业缺水 300 亿 m^3 。全国有 2400 多万农村人口饮水困难,400 多座城市缺水,其中 100 多座严重缺水,尤其是京津等大城市,连遇枯水年就会出现严重的水危机。高山冰雪和区域湖泊作为内陆淡水资源最主要的储库之一,起到了对水资源的蓄丰补枯,弥补水资源年内和年际分布不均缺陷的作用,是保障我国水资源安全的重要“调节器”。区域湿地是地球上重要的生态系统类型,兼有水、陆两者的生态功能,它又是天然的蓄水库,在调节区域气候、维持河川径流平衡、补充区域地下水及蓄洪防灾等方面均起重要作用。分析未来的区域环境变化,应将水和土作为相互作用的资源系统,充分关注全球变化背景下中国区域水循环整体性的变化格局。

生态问题。中国面临的生态与环境问题主要表现在区域水土流失、草地退化、天然林面积减少、土地荒漠化严重、沙尘暴频繁、水资源问题突出、水环境污染加剧、酸雨面积扩大、海岸带生态与环境退化显著、生物多样性受损严重、湖泊湿地减少、冰川退缩、冻土退化、地质灾害频发等方面。从总体上看,气候变暖背景下中国区域性生态与环境形势十分严峻,区域生态破坏范围扩大、程度加剧、危害加重。全球变暖速率加快,群落的生态将发生改变,造成群落类型的更替,同时原始群落树种的生物量水平也大为降低。气候变化将使森林分布格局发生变化,但森林群落优势树种不大可能在几十年内就改变其特性。因此,在气候变暖背景下,中国森林生产力可能有所变化,各类树种分布区都将向北推移,森林面积减小,森林总产量减少,林业可能受到较大影响;草原、草甸面积亦呈减小趋势,草地退化,质量和产量均下降,生物多样性减少。

农业问题。我国是一个农业大国,农田生态系统的变化将直接影响我国国民经济的可持续发展及人民生活水平。研究和评估气候变化对农田生态系统的影响,采取相应对策,对发展农业生产、保障国家粮食安全等方面均具有重要意义。我国农业生产的一大特点是多熟种植制,复种指数达到 150% 以上。气候变暖将增加各地的热量资源,使作物潜在生长季延长,多熟种植北界北移。在品种和生产力水平不变的前提下,仅考虑热量条件,气候变暖后我国的一熟制面积将由当前的 63% 下降为 34%,两熟制面积变化不大,三熟制面积由 13.5% 提高到 35.9%。气候变暖在加速农作物生长的同时也使农作物的呼吸作用增强,生育期缩短,从而影响农作物的产量。此外,气候变暖导致土壤有机质的微生物分解加快,造成土壤肥力下降,农田生产潜力降低。气候变暖将使病虫害危害面积扩大,害虫的地理分布界限北移;害虫种群的世代增加,农田多次受害的概率增高;害虫迁移入侵的风险增高。例如黏虫的越冬北界北移 1 个纬度,稻飞虱的安全越冬北界由当前 22°N 推向 $23^{\circ}\sim 24^{\circ}\text{N}$;分布在 33°N 以南地区的黏虫、 $23^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$ 以南地区的稻飞虱及江淮区以南的稻纵卷叶螟均可比当前多繁殖一个世代。此外,气候变暖,尤其暖湿气候将有利于一些病菌的生长、繁殖和蔓延,从而使我国农田生态系统的稳定性降低。

冰川问题。区域冰川是冰冻圈的重要组成部分,是自然界中最宝贵的淡水资源之一。地球上陆地面积的 1/10 被冰雪覆盖,4/5 的淡水储存于冰川。尽管冰川储量的 96% 位于南极大陆和格陵兰岛,但是其他地区的冰川由于临近人类居住区而更有利用的现实意义,特别是亚洲中部干旱区,历史悠久的灌溉农业一直依赖高山冰雪融水。随着气候变暖,冰川消融增强,冰川亦随之加剧退缩。冰川消融增强一方面使融水径流增加,冰川单位面积产流量增大;另一方面又使冰川面积和冰储量缩小,其长期效应起到减小冰川径流的作用。在气候变暖背景下,未来 50 年内中国西部冰川无疑将发生巨大变化,冰川显著退缩是可以肯定的,但退缩幅度、范围、退缩导致的冰川融水的增减过程,以及对区域生态环境和水资源的影响目前还知之甚少。在未来气候变暖背景下,中国冻土将全面、持续退化,并对冻土区生态与环境、工程环境和河湖水文等产生重大影响;冻土变化也将对青藏高原、大兴安岭森林气候产生重要反馈作用。

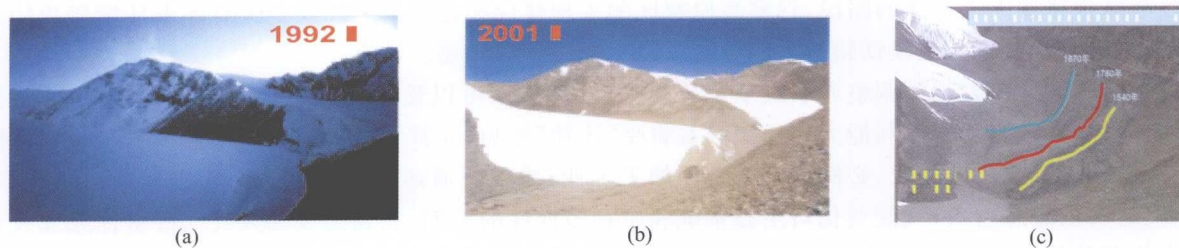


图 1.3 乌鲁木齐河源冰川末端变化
(a)1992 年;(b)2001 年;(c)冰川退缩示意图

海洋问题。由于海水巨大的热容,使海洋成为能量储存库,其在气候系统中具有最大的热惯性。海洋和大气强烈地耦合在一起,并通过感热输送、动量输送和蒸发等过程影响着地球气候变化。中国东部和南部沿海海域为黄海、东海和南海,该区域海气相互作用是影响我国气候变异的关键影响因素之一,黄海、东海及南海亦是区域气候变化及东亚季风强度特征的关键强信号海域,与全球气候变化密切相关的季风爆发的早晚和强弱亦直接影响中国东部地区的旱涝。另外,气候变暖亦影响区域海流、海温,而渔场和鱼汛的时空分布直接受海流、海温的影响。在气候变暖背景下,海洋系统会相应发生许多变化,如海平面上升、海冰数量的减少、环流系统变化等。这些变化会对海洋中发生的许多其他过程产生影响,例如全球气候变暖导致的海平面上升将加剧沿海地区风暴潮、洪涝、海水入侵等灾害,对这些地区的生态与环境、城镇建设、工业生产和港口功能带来不同程度的影响,对全国经济发展亦直接或间接地造成影响,必须引起重视,预先采取应对措施。

大气环境问题。在经济发展的同时,人们赖以生存和发展的环境遭到越来越严重的破坏,人类已不同程度尝受了破坏环境的苦果,城市大气污染和跨越省、市乃至国界的环境危害已引起人们广泛的关注。2002 年,在我国有统计数据的 343 个城市中,只有约 1/3 的城市达到二级空气质量标准,符合适于居住的条件,107 个城市空气质量劣于三级;经济快速发展的大中城市大气中二次污染物浓度上升,氮氧化物和臭氧浓度显著提高,能见度明显下降,“看不见蓝天”已成为许多城市的共同忧患;酸沉降、光化学烟雾、细颗粒物污染已经在城市密集地区构成严重的区域性污染。尤其是首都北京及周边、长江三角洲、珠江三角洲等经济发达地区大气污染区域性特征更为显著。大气中温室气体浓度上升的气候效应具有全球性。在过去的 100 年,特别是近 50 年来,近地面气温的明显增暖可能在一定程度上是温室效应增强的结果,大气中硫酸盐、硝酸盐和黑碳等气溶胶含量的增加不仅直接引起我国东部城市或区域空气质量下降,导致大气环境严重恶化,而且可能也对我国近几十年来的局地 and 区域性气候造成了影响。降水量及某些极端天气气候事件频率的变化也可能与此有关,但目前从观测信息提取与科学上检测这种影响仍然面临许多困难。

国家重大工程评估问题。气候变暖亦将直接影响我国重大工程建设的实施及其社会、经济效益。我国是世界上洪涝灾害最严重以及防洪工程体系最为庞大、复杂的国家之一,全国 70% 的固定资产、44% 的人口、1/3 的耕地、数百座城市,以及大量的重要基础设施和工矿企业都位于大江大河的中下游地区,受洪水威胁严重。全球气候变暖,异常气候灾害事件频发,洪水灾害突发性将对防洪工程设施薄弱的经济发达区域造成严重威胁。据统计,20 世纪 90 年代以来,洪水灾害造成的直接经济损失超过 1 万亿元,其中 1998 年损失达 2500 多亿元。气候变化可能引起长江上游水量增加,中下游汛期洪涝频次和强度增加,给三峡水库运行和沿江防洪工程带来严峻的考验。区域气候变化可能导致强降水增加,库区及周边地区地质灾害可能增多,突发的滑坡、泥石流对三峡水库形成巨大的冲击,对其周边城镇居民安全亦造成极大威胁。南水北调工程是缓解我国北方地区缺水矛盾和提高城乡抗御干旱能力、实现水资源合理配置的重大战略性工程。但全球气候变化及其区域响应是否会影响南水北调工程效益? 此问题仍然是工程实施的不确定因素之一。未来 30~50 年冻土环境对气候变化的响应明显,由于青藏铁路穿越连续多年

冻土区与高含冰量冻土重叠的路段,青藏高原寒区的工程建设亦必须预测气候变暖对冻土环境变化的影响,分析气候变化对冻土地段铁路建设的影响及应对措施十分必要。

未来能源结构的大规模调整亦取决于全球变暖影响效应,可以预测未来矿物能源价格趋高,水资源短缺,海运风险增加,工业盈利能力和经济效益将受“连锁”影响;异常气候出现频率增加亦将导致农、林、牧、渔业生产力与布局的变化,必然影响下游深加工工业;导致交通运输业基础设施成本增加,运营效率降低,交通安全隐患增大;气候变化对生态系统和生物多样性的影响,尤其是极端天气气候事件频发及与气候变化有关的疾病传播,可能使生态旅游业和地区旅游业受到较大威胁。因此,未来气候变化可能给中国社会经济可持续发展和国家水安全、粮食安全等方面带来一系列的挑战。



图 1.4 台风、风灾及暴雨地质灾害(选自《2006 年中国气象灾害年鉴》)

(三)政策依据

1994 年 3 月 21 日正式生效的《联合国气候变化框架公约》第五条“研究与系统观测”中规定“各缔约方应:支持旨在加强尤其是发展中国家的系统观测及国家科学和技术研究能力的国际和政府间努力,并获取和交换从国家管辖范围以外地区取得的数据及其分析”。

《中国 21 世纪议程》是中国国民经济和社会发展中长期规划指导性文件。其中第 18 章“保护大气层”方案中,包括了气候变化的监测、预报及服务系统的建设内容。在行动计划中提出:加强对气候变化、生态环境有重要影响的温室气体的监测;发展以卫星通信为主的通信系统,形成分布式信息库和分发网,改进气候系统监测资料的收集和传输;建立气候系统监测资料自动化加工处理系统,解决各种形式(数字、文字、图表等)气候系统监测资料的信息化问题;建立和完善中国气候系统监测资料数据库系统,实现数据共享。

相应地,《中国 21 世纪议程优先项目计划》中确定了 9 个优先领域。其中,优先领域 9“全球变化与生物多样性保护”的内容包括:评估气候变化对中国经济和环境影响,发展预测气候变化趋势模式,研究人类活动和其他自然因素对气候的影响,对气候变化影响脆弱性的评价及适应对策确定等内容。

2002 年 4 月召开的中国气候大会审议并通过的《中国国家气候计划纲要(2001—2010 年)》和《中国气候观测系统实施方案》,确定了“有计划地加强气候系统观测”,“加快国家气候系统资料中心(群)的建设”,“完善我国气候系统监测预测业务”,“加大我国气候变化影响评估和对策研究的力度”以及“深化、细化我国气候资源调查工作”等未来气候系统相关业务和科研发展的重点方向。

2004 年 11 月,在国务院领导下开展的《中国气象事业发展战略研究》,根据全面建设小康社会的需要,结合对当今世界气象科技发展前沿的分析和今后发展趋势的预测,提出了提高中国气象事业发展能力、使气象更好地服务于全面建设小康社会和环境外交需要重点建设的 8 个重大建设工程。中国气候观测系统工程是其中之一。

在 2006 年 3 月 16 日公布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划》提出了“十一