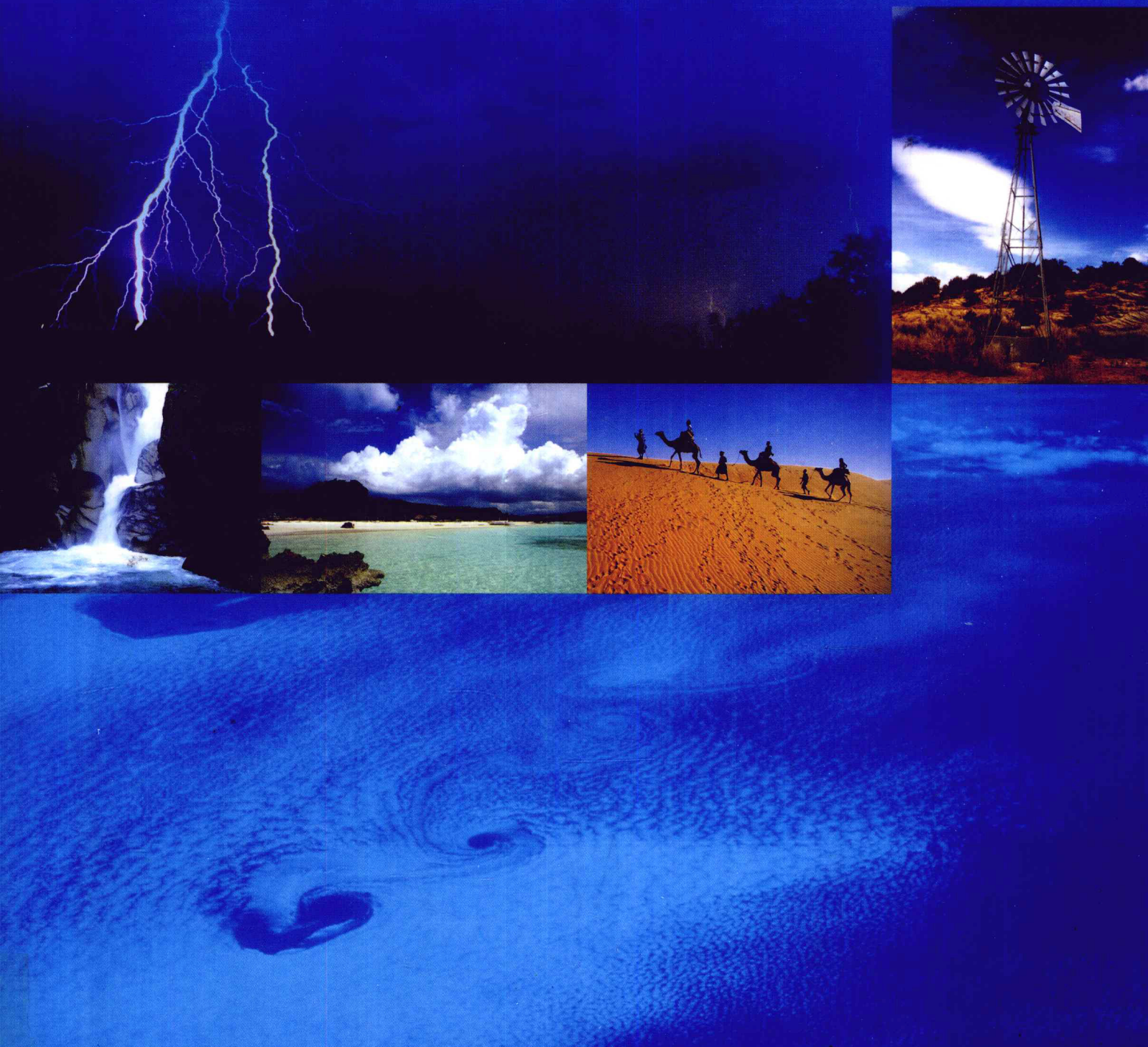


第二次 气候变化国家评估报告

《第二次气候变化国家评估报告》编写委员会 编著



科学出版社

第二次气候变化国家评估报告

《第二次气候变化国家评估报告》编写委员会 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

《第二次气候变化国家评估报告》由科学技术部、中国气象局、中国科学院等12个部委组成的编写领导小组组织实施,共有16个部门的158位专家参与了评估报告的编写。这是中国第二次组织编制气候变化国家评估报告。

本书内容包括中国的气候变化、气候变化的影响与适应、减缓气候变化的社会经济影响评价、全球气候变化有关评估方法的分析、中国应对气候变化的政策措施、采取的行动及成效5部分,共40章。《第二次气候变化国家评估报告》以满足国家应对气候变化内政外交需求为目标,对我国气候变化研究的关键问题进行了系统梳理,全面反映中国科学界在气候变化领域的最新研究进展,展示了中国在应对气候变化方面的成果。

本书可供中央、地方和国家各级决策部门,以及气候、气象、经济、外交、水文、海洋、农林牧、地质和地理等领域的科研与教学人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

第二次气候变化国家评估报告/《第二次气候变化国家评估报告》编写委员会编著. —北京:科学出版社,2011

ISBN 978-7-03-032184-8

I. ①第… II. ①第… III. ①气候变化—评估—研究报告—中国 IV. ①P468.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第173535号

责任编辑:朱海燕 韩 鹏 杨帅英 吴三保 / 责任校对:李 影

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:黄华斌

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

*

2011年11月第 一 版 开本:889×1194 1/16

2011年11月第一次印刷 印张:46 3/4

字数:1 116 000

定价:280.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《第二次气候变化国家评估报告》编写委员会

编写领导小组

组 长	刘燕华	科学技术部/国务院参事室
副组长	郑国光	中国气象局
	丁仲礼	中国科学院
成 员	马燕合	科学技术部社会发展科技司
	苏 伟	国家发展和改革委员会应对气候变化司
	黄惠康	外交部条约法律司
	王衍亮	农业部科技教育司
	段红东	水利部规划计划司
	谢焕忠	教育部科学技术司
	高吉喜	环境保护部科技标准司
	李怒云	国家林业局造林绿化管理司
	雷 波	国家海洋局海洋科学技术司
	柴育成	国家自然科学基金委员会地球科学部
	郭日生	中国 21 世纪议程管理中心

编写领导小组办公室

主 任	马燕合	科学技术部社会发展科技司
副主任	孙成永	科学技术部社会发展科技司
	巢清尘	中国气象局科技与气候变化司
	常 旭	中国科学院资源环境科学与技术局
成 员	蒋兆理	国家发展和改革委员会应对气候变化司
	李 婷	外交部条约法律司
	方 放	农业部科技教育司
	高敏凤	水利部规划计划司
	明 炬	教育部科学技术司
	裴晓菲	环境保护部科技标准司
	蒋三乃	国家林业局造林绿化管理司
	辛红梅	国家海洋局海洋科学技术司
	张朝林	国家自然科学基金委员会地球科学部

袁佳双 中国气象局科技与气候变化司
 任小波 中国科学院资源环境科学与技术局
 沈建忠 科学技术部社会发展科技司
 康相武 科学技术部社会发展科技司

曾经是《第二次气候变化国家评估报告》编写委员会领导组及办公室成员，后因职务变动等原因不再作为成员的有：于庆泰、武贵龙、赵英民、邱志高、郭亚曦、孙翠华、刘舒生、王春峰、罗云峰、高云、吕学都

编写专家组

组 长	秦大河					
副 组 长	丁永建	林而达	何建坤	周大地	王会军	罗 勇
第一部分	秦大河	丁永建	王会军	丁一汇		
第二部分	林而达	吴绍洪	罗 勇			
第三部分	何建坤	潘家华	葛全胜			
第四部分	丁一汇	于贵瑞				
第五部分	周大地					

编写专家组办公室

主 任	罗 勇	国家气候中心
副 主 任	彭斯震	中国 21 世纪议程管理中心
成 员	闫宇平	国家气候中心
	张九天	中国 21 世纪议程管理中心
	王文华	中国科学院寒区旱区环境与工程研究所
	明 镜	国家气候中心
	刘颖杰	国家气候中心
	胡 婷	国家气候中心
	胡国权	国家气候中心
	周波涛	国家气候中心
	马 欣	中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所
	谢爱红	中国科学院寒区旱区环境与工程研究所

编 写 专 家

第 一 部 分

领衔专家	秦大河	丁永建	葛全胜	王会军			
执笔专家	秦大河	戴晓苏	石广玉	张 华	王绍武	唐国利	任国玉
	封国林	丁永建	任贾文	张人禾	王 凡	张德二	葛全胜
	张小曳	蔡祖聪	吴统文	周天军	高学杰	徐 影	
贡献专家	王志立	荆现文	黄建斌	陈 峪	邹旭恺	龚志强	马丽娟

刘时银	赵 林	叶柏生	王根绪	赵传成	王 雁	姜 彤
陈 文	高 超	左军成	周凌晞	徐晓斌	明 镜	廖 宏
王在志	辛晓歌	李 博	石 英	吴 佳		

第 二 部 分

领衔专家	林而达	吴绍洪	罗 勇				
执笔专家	林而达	罗 勇	许吟隆	居 辉	张建云	夏 军	叶柏生
	吴绍洪	吴建国	朱建华	左军成	李国胜	蔡榕硕	熊 伟
	李茂松	赵艳霞	郭 元	肖子牛	姜 彤	陶 澍	吴青柏
	高庆先	王长科	陈晓光	周广胜	李原园		
贡献专家	戎 兵	陈敏鹏	潘 婕	蒋金荷	王国庆	效存德	李 岩
	贺瑞敏	尹云鹤	杜 凌	杨晓光	霍治国	高 歌	陈 峪
	张称意	刘颖杰	陈满春	秦保芳	周晓农	师华定	杨 坤
	刘学峰	谢立勇	廉 毅				

第 三 部 分

领衔专家	何建坤	潘家华	陈文颖				
执笔专家	何建坤	滕 飞	徐华清	刘 滨	张希良	王仲颖	胡秀莲
	张阿玲	刘 强	肖学智	苏明山	胡建信	李玉娥	张小全
	潘根兴	陈文颖	姜克隽	陈 迎	段茂盛	高 云	潘家华
	王 毅	李 伟					
贡献专家	周凌晞	麻林巍	高 林	王 宇	周 胜	张慧勇	万 丹
	高清竹	万运帆	刘 硕	石生伟	周 剑	牛玉静	周玲玲
	吕学都	苏利阳					

第 四 部 分

领衔专家	丁一汇	于贵瑞					
执笔专家	刘洪滨	郑景云	唐国利	于贵瑞	黄 耀	王菊英	赵宗慈
	任国玉	王 辉	蔡 怡	丁一汇	林而达	王会军	胡国权
	陈 迎	徐泽鸿	何建坤	张坤民	周 剑		
贡献专家	徐 明						

第 五 部 分

领衔专家	周大地	吕学都	许光清				
执笔专家	徐华清	郁 聪	高 虎	田春秀	董红敏	姜春前	林而达
	高尚宾	王国胜	王国庆	仇天宇	许光清	朱定真	杨宏伟
	陈振林	冯升波	王 毅				

《第二次气候变化国家评估报告》评审专家

第 一 部 分

程国栋	安芷生	曾庆存	姚檀栋	方精云	翟盘茂	王宁练	刘时银
戴永久	魏文寿	赵 林	朱 江	陆日宇	李栋梁	吴德星	周名江
张耀存	刘秦玉	赵 平	武炳义	沈学顺			

第 二 部 分

张新时	刘昌明	郑 度	陈宗镛	刘春臻	陈正洪	马继瑞	张长宽
章四龙	张启龙	陈 文	贺庆棠	唐森铭	韩兴国	刘世荣	方长明
包满珠	程义斌	金银龙	蔡运龙				

第 三 部 分

杜祥琬	蒋有绪	王 浩	王金南	白荣春	孙向阳	谢祖彬	宋长春
刘子刚	韩国栋	周汝良	阎秀峰	张秀芝	冯 飞	沈彦俊	蔡昌达
朱 蓉							

第 四 部 分

吴国雄	符淙斌	张龙军	翟惟东	宋金明	龚道溢	俞永强	江志红
李俊峰	许洪华						

第 五 部 分

高广生	陈泮勤	巢清尘	董文杰	任 勇	毛恒青	张军扩	张志强
王苏民	彭斯震						

编辑统稿专家

孙惠南	韦志洪	杨勤业	赵宗慈	丁永建	熊 伟	陈文颖	刘洪滨
许光清							

《第二次气候变化国家评估报告》评审部门

第一次评审部门（2009 年 12 月）

国家发展和改革委员会、外交部、科学技术部、教育部、环境保护部、水利部、农业部、国家林业局、中国科学院、中国气象局、国家自然科学基金委员会、国家海洋局

第二次评审部门（2010 年 7 月）

国家发展和改革委员会、外交部、科学技术部、教育部、环境保护部、水利部、农业部、国家林业局、中国科学院、中国气象局、国家自然科学基金委员会、国家海洋局、国家能源局

第三次评审部门（2011 年 1 月）

国家发展和改革委员会、外交部、科学技术部、教育部、环境保护部、水利部、农业部、国家林业局、中国科学院、中国气象局、国家自然科学基金委员会、国家海洋局

序

全球气候变化事关人类可持续发展，已成为世界各国面临的共同挑战。新形势下，气候变化问题与国际经济、政治等重大问题相互交织、相互影响，进一步成为国际社会广泛关注的焦点。我国高度重视应对气候变化工作，积极履行与发展程度相适应的国际责任和义务，展现了负责任大国的良好形象；注重充分发挥科学技术的重要作用，出台了一系列重大政策、行为和措施，应对气候变化取得显著成效。

《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》明确提出，“十二五”期间要实现非化石能源占一次能源消费比重达到 11.4%，单位国内生产总值能源消耗降低 16%，单位国内生产总值二氧化碳排放降低 17%；要求坚持减缓和适应气候变化并重，充分发挥技术进步的作用，完善体制机制和政策体系，提高应对气候变化能力。规划纲要把应对气候变化摆在了更加突出的战略位置，进一步体现了党中央、国务院对应对气候变化工作的高度重视，体现了我国积极履行国际共同义务、促进全球共同发展的负责任态度。

科学应对气候变化，必须有效地把握我国气候变化的基本情况，掌握未来可能的变化趋势，提出行之有效的对策措施。2006 年，科技部、中国气象局和中国科学院联合发布第一次《气候变化国家评估报告》，为依靠科技创新应对气候变化提供了基本依据，产生了积极的国际影响。在此基础上，科技部等 14 部委联合启动实施“应对气候变化科技专项活动”，广泛动员科技界深入开展研究，形成了大量极具价值的结论和成果，为应对气候变化提供了积极支撑。

为更好地满足新形势下我国应对气候变化的需要，2008 年年底以来，科技部、中国气象局、中国科学院会同国家发展和改革委员会、外交部、农业部、教育部、水利部、环境保护部、林业局、海洋局、国家自然科学基金委员会共同组织专家启动了《第二次气候变化

国家评估报告》的编制工作，力求全面、系统汇集我国应对气候变化有关科学、技术、经济和社会研究成果，准确、客观反映我国气候变化领域研究的最新进展。经过两年多扎实、艰苦、细致的工作，形成了《第二次气候变化国家评估报告》。

报告对我国气候变化的基本情况、发展趋势和我国减排形势、气候变化对经济社会的影响、现有政策的效果等进行了认真评估，对气候变化评估方法进行了深入分析，并依据评估结果提出了新形势下推进应对气候变化工作的政策和行动建议。报告汇聚了各有关部门、各地应对气候变化的主要成果，凝聚了气候变化领域众多专家的智慧 and 心血，具有较强的参考价值和实践意义。希望报告在我国参与气候变化国际事务、促进经济社会可持续发展方面起到更为积极的作用。我们相信，在党中央、国务院的正确领导下，通过各部门、各地和社会各界的共同努力，我国应对气候变化的目标一定能有效实现，一定能为全球应对气候变化做出应有的贡献。



2011 年 5 月

前 言

自 18 世纪中叶工业革命以来，全球气候正经历一次以变暖为主要特征的显著变化，进入 21 世纪，全球变暖的趋势还在加剧。全球气候持续变暖深刻影响着人类赖以生存的自然环境和经济社会的可持续发展，是当今国际社会共同面临的重大挑战。自 1972 年国际社会开始关注气候变化以来，人类为保护全球环境、应对气候变化共同努力，不断加深认知、不断凝聚共识、不断应对挑战。

妥善应对气候变化，事关国内国际两个大局。我国正处于经济快速发展阶段，人口众多、经济发展水平低、气候条件复杂、生态环境脆弱，是受气候变化影响最严重的国家之一，同时我国的自身发展也面临着转变经济发展方式、优化产业和能源结构、保护生态环境、实现可持续发展的需求。

我国高度重视气候变化问题，是最早制定实施《应对气候变化国家方案》的发展中国家，是近年来节能减排力度最大的国家，是新能源和可再生能源增长速度最快的国家，也是世界上人工造林面积最大的国家。中国应对气候变化已取得巨大成就。未来中国还将继续把积极应对气候变化作为经济社会发展的一项重大战略。2009 年 11 月 25 日，国务院决定，到 2020 年，我国单位 GDP 二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45% 作为约束性指标纳入国民经济和社会发展中长期规划，并制定相应的国内统计、监测、考核办法；非化石能源占一次能源消费的比重达到 15% 左右；森林面积比 2005 年增加 4000 万 hm^2 ，森林蓄积量比 2005 年增加 13 亿 m^3 。这是我国对国际社会的庄严承诺，也是对全球应对气候变化的重大贡献。实现这一目标，难度相当大，需要付出更加艰苦卓绝的努力。

为了给我国科学决策和妥善部署应对气候变化各项工作提供科学依据，2002 年 12 月由科学技术部、中国气象局和中国科学院联合牵

头组织编写第一次《气候变化国家评估报告》，并于2006年12月26日正式发布。为满足新形势下我国应对气候变化内政外交的需求，再次由科学技术部、中国气象局、中国科学院联合牵头组织，国内其他相关部门共同参与的《第二次气候变化国家评估报告》编制组织工作于2008年12月启动。编写专家组系统总结我国学者取得的气候变化科学研究成果并为未来的科学研究指出方向，旨在为制定国民经济和社会的长期发展战略提供科学决策依据；为我国参与气候变化领域的国际行动提供科技支撑。此次国家评估报告在第一次评估报告的基础上进行拓展和延伸，主要涉及中国的气候变化，气候变化的影响与适应，减缓气候变化的社会经济影响评价，全球气候变化有关评估方法的分析，以及中国应对气候变化的政策措施、采取的行动及成效等五部分内容。《第二次气候变化国家评估报告》的编写以满足国家应对气候变化内政外交需求为目标，突出了中国特色；编写工作对我国气候变化研究的关键问题进行了系统梳理，全面、准确、客观、平衡地反映我国科学界在气候变化领域最新、最重要的研究进展和成果，展示了我国在应对气候变化方面的成效。编写中还客观描述了气候变化问题的科学性和不确定性，注意将评估结论建立在坚实的科学研究基础之上，充分考虑目前对气候变化问题认识的局限性和科学不确定性。本次评估报告的组织工作参考了第一次评估报告的组织经验，充分利用了多部门联合协作机制，还进行了多次专家评审和部门评审，体现了国家评估报告的全面性、综合性和权威性。

总 摘 要

自 2006 年 12 月 26 日中国发布第一次《气候变化国家评估报告》以来,国内外对全球气候变化的认识进一步深化。在此基础上,中国完成了《第二次气候变化国家评估报告》。报告对气候变化的事实、原因和不确定性,气候变化对中国自然和经济社会可持续发展的主要影响,适应与减缓气候变化的政策和措施选择,以及中国应对气候变化的政策、行动与成效等进行了系统的评估。

一、气候变化:事实、影响及其原因

(一) 气候变化事实

百年尺度上,中国的升温趋势与全球基本一致。1951~2009 年,中国陆地表面平均温度上升 1.38°C ,变暖速率为 $0.23^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。1950 年代以来,对流层上层及平流层下层温度略有下降。1880 年以来,中国降水无明显的趋势性变化,但是存在 20~30 年尺度的年代际振荡。1960 年代以来,东亚夏季阻塞高压有增强的趋势,副热带高压与南亚高压亦有增强,冬、夏季风则均减弱。1950 年代以来中国地面总辐射量减少。

1951 年以来,中国的高温、低温、强降水、干旱、台风、大雾、沙尘暴等极端天气气候事件的频率和强度存在变化趋势,并有区域差异。强降水事件在长江中下游、东南和西部地区有所增多、增强,全国范围小雨频率明显减少。全国气象干旱面积呈增加趋势,其中华北和东北地区较为明显。冷夜、冷昼和寒潮、霜冻日数减少,暖夜、暖昼日数增加。登陆台风频数下降,带来的降水量明显减少。全国大雾日数略减,东部霾日明显增加。北方地区沙尘暴频率总体显著减少。

自 1950 年代以来,中国大部分地区冰川面积缩小了 10% 以上,90 年代以来退缩加速,已导致干旱区内陆河流的径流显著增加,但也存在冰湖溃决等灾害的潜在风险。多年冻土的面积减小、温度升高,活动层厚度增加。青藏高原由于多年冻土退化每年释放的水量估计达 50 亿~110 亿 m^3 。20 世纪后半叶以来,青藏高原积雪深度稳定增加,但本世纪以来大幅减少,新疆北部最大积雪深度显著增加,东北—内蒙古地区积雪深度虽无明显变化,但 20 世纪 90 年代以来波动加大。1950 年代以来,渤海和黄海北部海冰、北方河流和湖泊结冰日数和冰的厚度均呈减小趋势。

蒸发皿观测到中国大部分地区年蒸发量呈减少趋势,西北地区最为显著。1968 年后,华南沿海和北方夏季径流减少,长江流域夏季径流增加。松花江、辽河、海河和黄河流域的年径流量明显减少,长江、海河、黄河流域湖泊湿地萎缩。近 30 年来中国近海海水温度呈上升趋势,冬季升温比夏季明显。1977~2009 年,中国海平面平均上升速率为 2.6mm/a 。

气候代用指标表明,过去 1 万年的气候存在千年尺度的周期变化,过去 2000 年存在百年尺度的冷暖、干湿波动,各地“中世纪暖期”、“小冰期”和“20 世纪暖期”的出现和持

续时间各不相同。中世纪暖期气候温暖、小冰期气候寒冷,但是中世纪暖期的温暖程度与20世纪暖期相比尚待进一步确定。过去1000年间中国大范围持续干旱事件大多出现在寒冷气候背景下。过去500年,中国北方多雨的降水分布型在相对温暖背景下的出现频率高于相对寒冷背景。

(二) 气候变化的影响

1. 气候变化对各领域的影响

气候变化对中国农业的影响利弊共存,以弊为主。东北水稻种植面积由于气候变暖扩展明显;冬小麦的种植北界少量北移西扩,由于增温小麦需水量加大、冬春抗寒力下降;气候变化导致病虫害种类和世代增加、危害范围扩大、经济损失加重;气候变化造成化肥、农药等投入增加,农业生产成本增大。极端天气气候事件增多,如华北持续干旱、南方干旱、极端高温和极端低温等对农业危害均呈加重态势。

全球气候变化对中国水资源的时空分布产生了一定的影响。在全球变暖背景下,区域性洪涝干旱灾害有增多增强趋势;中国主要江河流域降水、水面蒸发及实测径流量发生了不同程度的变化,总体上,海河、黄河、辽河等北方河流的实测径流量减少较为明显。

气候变化对中国的生态系统与生物多样性产生了可以辨识的影响。冻土变化对生态影响显著,导致长江、黄河源区以及内陆河山区生态系统退化。树种分布变化、林线上升、物候期变化、生产力和碳吸收增加、林火和病虫害加剧等;草地退化加剧、草地物候期变化、草地生产力随降水变化而有地域差异;内陆湿地面积萎缩,功能下降;气候变化加重荒漠生态系统的脆弱形势。气候变化还影响到动物、植物和微生物多样性、栖息地以及生态系统及景观多样性,某些物种的退化、灭绝也与气候变化有关。

气候变化影响大洋环流和季风的变化,通过黑潮和东亚季风的变化影响中国近海和海岸带环境。1989~2009年,中国近海海水温度明显升高,平均升高 0.6°C ,海平面持续上升,平均上升5cm,近岸海域赤潮灾害加剧、珊瑚礁和红树林生态系统退化、生物多样性减少等;风暴潮的发生频率、强度和灾害增加,海岸侵蚀和咸潮入侵等海岸带灾害加重,并显著影响沿岸湿地生态系统。

中国风暴潮发生的次数无明显增多,但强度有加强的趋势;中国海极值波高在北部区域有减小趋势,南部区域有增大趋势。近几十年来,近海各种生态灾害频频出现。

气候变化在中国所引起的高温热浪等极端天气事件频发不仅直接影响人体健康,同时也会使传染性疾病的患病风险增加。

2. 气候变化对区域的影响

中国地域辽阔,气候多样,不同区域的地理环境、气候特征、经济发展水平等差异显著,气候变化对各区域的影响也有所不同,生态环境越脆弱的地区,受气候变化的影响越显著。

华北地区 近50年年均气温呈明显上升趋势,增温率为 $0.22^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,降水逐年代减少,气候暖干化明显,加剧了水资源紧张态势,引起浅层地下水位不断下降。气候变暖导致热量增加从而影响该地区的农业产量及布局。

东北地区 近50年年平均气温上升速率为 $0.3^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,年降水量呈略减少趋势,减少

速率为 $15\text{mm}/10\text{a}$, 降水减少, 蒸发增加引起东北西部特别是吉林省中西部地区干旱趋势加重, 土地向荒漠化和盐渍化发展, 而农作物由于积温增加, 种植面积扩大, 粮食生产由于受降水影响而波动增大。

华东地区 1961~2005 年平均气温上升速率为 $0.21^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 降水量没有明显的变化趋势。气候变暖常伴随热浪发生频率及强度的增加, 导致人体心血管、脑血管及呼吸系统等疾病的发病率和病死率增加。夏季持续高温导致用电量不断增长, 高温期间 (日最高温度大于 35°C) 上海地区夏季日最高温度每增加 1°C , 日用电量增加 $367\text{万 kW}\cdot\text{h}$, 严重影响区域能源安全。20 世纪 80 年代以来, 洪涝灾害日趋加重, 发生频率逐渐增加。

华中地区 1961~2005 年平均气温上升速率为 $0.12^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 年降水量变化趋势不明显, 但降水量的空间分布变化明显。气候变化引起该地区洪涝灾害加剧, 湿地面积不断减小, 气候变化还使得该地区适宜于钉螺和血吸虫生长的时期在过去几十年中有不同程度的延长, 血吸虫病暴发几率增大。

华南地区 近 50 年平均气温的增温速率为 $0.16^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 而年平均降水没有明显变化。气候变化使得登陆华南热带气旋个数减少, 强度增大, 登陆时间偏早, 移动路径复杂。南海海平面加速上升, 1993 年至 2006 年, 南海海平面平均上升速率为 $3.9\text{mm}/\text{a}$ 。气候变化特别是长期的人类活动还引起华南地区红树林和珊瑚礁生态系统严重退化。气候变化伴随大规模城市化叠加作用, 使得珠三角城市群灾害加剧, 用水安全风险加大。

西南地区 20 世纪后 40 年川西高原、云贵高原的增温趋势明显, 而四川盆地气温存在明显的下降趋势, 降水表现为降雨日数的逐步减少。气候变化引起干旱、洪涝灾害频次增多, 程度加重, 山地灾害呈现出点多、面广、规模大、成灾快、暴发频率高、延续时间长等特点, 该地区山地灾害占全国同类灾害的 $30\%\sim 40\%$ 以上。气候变化加剧了西南地区生物多样性减少、生态系统退化、岩溶地区石漠化。

西北地区 近 50 年区域年平均增温率达 $0.37^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 降水量变化的时空分布不均。气候变化对西北地区的水资源造成严重影响, 约 82% 的冰川处于退缩状态。地下水资源总体呈减少趋势, 一些地区土地沙漠化问题突出。气候变暖还影响西北地区农牧业发展, 近 50 年的气候变暖虽然使绿洲灌溉区农作物的气候产量提高了大约 $10\%\sim 20\%$, 但使雨养农业区作物气候产量减少了 $10\%\sim 20\%$ 左右。

青藏地区 20 世纪 80 年代, 青藏高原冬春积雪日数增加, 而 90 年代呈减少趋势。念青唐古拉峰地区的冰川近期也出现了较大变化, 喜马拉雅山脉西段的纳木那尼冰川正在强烈萎缩, 冰川末端在 1976~2006 年平均退缩速度为 $5\text{m}/\text{a}$ 左右, 2004~2006 年退缩速度达到 $7.8\text{m}/\text{a}$, 表现出近期加速后退态势。随着气温的升高, 多年冻土退化显著。高原牧区气候变暖, 加剧草地水分的散失, 牧草生长发育受阻, 产草量下降, 优良牧草比例下降, 杂类草的比例上升。

(三) 气候变化的原因

气候变化的原因可以分为自然因子和人为因子两大类。自然因子主要包括火山活动、太阳变化以及气候系统内部因子的变化等。人为因子主要包括人类为了改变生存条件所进行的各类活动。中国气候变化是全球与区域尺度、自然因子和人为因子共同作用的结果。

自 1750 年工业革命以来, 化石燃料消费及其他人类活动导致地球大气中 CO_2 、 CH_4 、

N_2O 以及含氯氟烃等温室气体和大气气溶胶浓度迅速增加。2008 年中国大气本底站观测到的大气 CO_2 年均浓度已达 $386.1 \sim 393.8 \text{ ppm}^{\text{①}}$ ；1997~2007 年瓦里关全球本底站大气 CO_2 浓度年均增长率约 2.0 ppm/a ，大气甲烷、氧化亚氮、六氟化硫浓度也呈不断上升趋势。2007 年上甸子观测到的 CFC-11、CFC-12 和 HCFC-22 等温室气体年均浓度与国外本底站相当。与北美和欧洲一些地区一样，中国对流层 O_3 属于北半球高值区。中国大气气溶胶散射效应较强，区域混合气溶胶的浓度相对不高，多种气溶胶综合的气候“冷却”效应明显，对大尺度环流的影响与国际上的前期研究结果明显不同。

人类活动也可以通过改变地表特征而影响气候。1980 年以来，中国陆地生物圈显示出碳汇的作用。

辐射强迫是气候变化的驱动力。对 1750 年工业革命以来上述因子所产生的全球气候变化辐射强迫的最新估计是：长寿命温室气体（包括 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 和卤代烃）为 $+2.63 [\pm 0.26] \text{ W/m}^2$ ；平流层 O_3 和对流层 O_3 分别为 $-0.05 [\pm 0.1] \text{ W/m}^2$ 、 $+0.35 [-0.1, +0.3] \text{ W/m}^2$ ；大气气溶胶（包括硫酸盐、有机碳、黑碳、沙尘和海盐）的总直接辐射强迫为 -2.03 W/m^2 ，人为气溶胶（硫酸盐、有机碳和黑碳）的直接效应为 -0.23 W/m^2 。间接辐射强迫（包括云反照率效应和云生命期效应）为 -1.93 W/m^2 。由土地利用及沉积在雪面上的黑碳气溶胶引起地表反照率变化而产生的辐射强迫分别为 $-0.20 [\pm 0.20] \text{ W/m}^2$ 和 $+0.10 [\pm 0.10] \text{ W/m}^2$ 。

火山喷发具有复杂的气候效应。据估计，其全球辐射强迫大约为 -0.2 W/m^2 ，北半球平均为 -0.3 W/m^2 ，略小于人为气溶胶产生的辐射强迫。但是，即使是一次很强的火山活动对地面温度的影响也不超过几年，故难于估计其长期气候效应；自工业革命以来，太阳变化所产生的气候变化辐射强迫为 $+0.12 [-0.06, +0.18] \text{ W/m}^2$ ；地热可以归类于自然强迫因子。现有的资料显示，海洋和陆地的地热流分别是 0.101 W/m^2 和 0.065 W/m^2 ，海陆面积加权的全球平均值为 0.087 W/m^2 ，相当于人为强迫因子的二十分之一左右。

气候系统内部各圈层的相互作用造成气候变化，其中海洋与大气相互作用的年际及年代际时间尺度上，如厄尔尼诺（El Nino）、南方涛动、太平洋年代际振动、以及温盐环流和经向翻转环流等对全球和中国气候变化都有明显影响、特别是可能与全球温度变化存在一定的联系。例如厄尔尼诺（El Nino）与拉尼娜（La Nina）事件对全球温度在年代际尺度上可能造成 $0.1^\circ\text{C} \sim 0.3^\circ\text{C}$ 的影响。

但是，20 世纪后 50 年的气候变化几乎不可能用自然原因和气候系统内部因子的变率来解释，人类活动产生的外强迫很可能是造成气候变暖的主要原因。特别值得注意的一个问题是，在研究气候变化的归因时必须分清时间尺度。地球气候可以在年际、年代际、百年、千年、万年、几十万年、百万年甚至千万年到亿年的时间尺度上发生变化，而造成有关变化的驱动力（强迫）在不同的时间尺度上可能是很不相同的。

（四）气候变化的不确定性

观测的 20 世纪以来全球和中国的变暖具有明显的科学基础，其不确定性来自 20 世纪前 50 年中国观测资料的缺失和后 50 余年中国城市化影响尚未完全剔除。

^① $1 \text{ ppm} = 10^{-6}$ ，下同

对于 20 世纪中国的变暖在近千年中是否为最暖的百年,近 50 年全球和中国的变暖速率以及极端天气气候事件发生频率和强度是否超过古气候和历史气候时期的自然气候变率,近百年和近 50 年中国变暖中人类活动效应和气温的自然的准周期性和年代际变率如何区分,中国降水强度和频率以及各种极端气候事件变化是否有人类活动的信号,以及自然外强迫和气候系统内部相互作用以及人类活动的区分、检测和归因分析等国内所做的研究较少,目前尚难得出明确的结论,存在较大的不确定性,今后尚需做更深入的研究和分析。

二、未来可能状况:变化与潜在影响

(一) 未来可能的变化

利用多个气候系统模式集合平均,预估到本世纪末,中国年平均温度在 B1 (低排放)、A1B (中排放) 和 A2 (高排放) 情景下将比 1980~1999 年平均分别增加约 2.5℃、3.8℃和 4.6℃,比全球平均的温度增幅大。A1B 情景下,全国年平均降水有所增加,中心位于青藏高原南部及云贵高原,以及长江中下游地区。但上述降水变化趋势并非全年一致。夏季降水在除塔里木盆地西部等个别地区外,都表现为一致的增加趋势,而冬季青藏高原南部和华南部分地区降水减少,其他地区降水则增多。

中国海平面将继续上升,到 2030 年,全海域海平面上升将达到 80~130mm。

21 世纪末,中国大部分地区的降雪日数将减少,青藏高原东部、南部是减少最大的地区,达 50 天以上。稳定积雪区(积雪日数大于 60 天的区域)面积将减少 10%左右。年平均积雪量的变化与积雪日数的变化总体上表现一致,但存在区域差异。

(二) 未来可能的潜在影响

1. 农业

未来气候变化将改变现存的种植制度。到 2050 年,中高纬度地区的作物可能向更高纬度扩展,喜温高产种植面积可能扩大。气候变暖可使作物带向极地移动,年平均温度每增加 1℃,北半球中纬度的作物带可在水平方向北移 150~200km,垂直方向上移 150~200m。温度升高 1℃,水稻单产下降 10%。在品种和生产水平不变的前提下,温度上升 1.4℃,降水增加 4.2%,中国一熟制种植面积可由当前的 62.3%下降为 39.2%,二熟制面积变化不大,三熟制可由 13.5%提高到 35.9%。21 世纪末,全球平均气温上升 4℃左右时,中国单季稻面积还可以向北扩展 50 万 hm^2 ,双季稻面积还可以扩展 620 万 hm^2 。

如果不考虑任何适应措施,全球温度升高 2.5℃左右将会导致中国粮食作物产量降低,单产最高下降幅度约 20%;如果考虑可能的气候变化适应措施(如 CO_2 肥效,适应技术等),则可以部分抵消升温的危害,一些作物产量还可能略有增加。按照可持续的社会发展模式 and 人口增长速率,如果高浓度 CO_2 的肥效作用充分得到利用,中国就可以保证 2030 年人均 400kg/a 的粮食需求,再结合其他技术进步等适应措施,气候变化不会造成中国粮食安全问题。需要明确,粮食供给还取决于水资源、土地利用等因素的变化,未来农业用水的供给将成为粮食总产增加的一个主要限制因子,到 21 世纪下半叶,如果缺乏有效的应对措施,