

云南 未来10~30年 气候变化预估及其影响 评估报告

《云南未来10~30年气候变化预估及其影响评估报告》编写委员会 编著

云南未来 10~30 年气候变化 预估及其影响评估报告

《云南未来 10~30 年气候变化预估及其影响评估报告》

编写委员会 编著

内容简介

本书在科学研究基础上,综合归纳了国内外有关云南气候变化科学研究成果,在现有科学认知水平上,概述了云南气候变化基本特征、气候变化对主要领域的影响,并对不同温室气体排放情景下云南未来 10~30 年降水、气温、极端天气气候事件以及气象灾害变化趋势进行预估,在此基础上进一步分析气候变化对云南主要领域可能产生的影响,并提出了适应对策建议。

本书内容共分两篇:第一篇为基本事实,共 7 章,主要描述云南气候变化的基本事实、主要变化特征和未来变化的可能趋势;第二篇为影响与适应,共 6 章,主要就气候变化对云南农业、水资源、生态系统和生物多样性、能源等领域的影响进行评估、预估,提出可供选择的适应对策建议。

本书可供各级决策部门以及气候、气象、经济、水文、生态、农业、林业、能源等领域的科研与教学人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

云南未来 10~30 年气候变化预估及其影响评估报告/
《云南未来 10~30 年气候变化预估及其影响评估报告》编
写委员会编著. —北京:气象出版社, 2014. 8

ISBN 978-7-5029-5976-0

I. ①云… II. ①云… III. ①气候变化-影响-评估-
研究报告-云南省 IV. ①P468.274

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 181388 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:陈 红

封面设计:易普锐创意

印 刷:北京地大天成印务有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:370 千字

版 次:2014 年 9 月第 1 版

定 价:65.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:黄润恒

责任技编:吴庭芳

印 张:14.75

印 次:2014 年 9 月第 1 次印刷

《云南未来 10~30 年气候变化预估及其影响评估报告》 编写委员会

编写领导小组

组 长:程建刚(云南省气象局局长)

宋连春(国家气候中心主任)

副组长:方 虹 刘洪滨

成 员:朱 勇 徐 影 朱天禄 黄 玮

黄 磊 周波涛 王学锋

编写专家组

组 长:程建刚 宋连春

副组长:黄 玮 徐 影

成 员:朱 勇 高学杰 王学锋 王建彬 李 蒙

董思言 张明达 姚 愚 李 蕊 李柔珂

许崇海 郑建萌 周建琴 戴丛蕊 顾本文

王美丽 刘 瑜 舒康宁 石 英

《云南未来 10~30 年气候变化预估及其影响评估报告》 评审专家

终审专家：丁一汇(中国工程院院士,曾任政府间气候变化专门委员会(IPCC)第一工作组联合主席)

预审、初审、复审专家(按姓氏拼音排序)：

毕宝贵(正研级高级工程师,国家气象中心主任)

曹 杰(教授,云南大学资源环境与地球科学学院副院长)

陈振林(中国气象局应急减灾与公共服务司司长)

刘洪滨(研究员,国家气候中心副总工程师)

罗 勇(教授,清华大学地球系统科学研究中心副主任)

罗云峰(研究员,中国气象局科技与气候变化司司长)

普建辉(云南省人民政府副秘书长)

任国玉(研究员,国家气候中心首席专家)

吴 润(教授,云南大学资源环境与地球科学学院院长)

晏红明(研究员,云南省气象局首席预报员)

杨光波(中共云南省委农办副主任)

杨凯民(中共云南省委政策研究室副主任)

杨士吉(云南省人民政府政策研究室党组书记)

赵宗慈(教授,清华大学地球系统科学研究中心)

郑维川(教授,云南省人大法制委员会主任委员)

序 言

以气候变暖为主要特征的全球气候变化已经是不争的事实,气候变化导致灾害性气候事件频发,冰川和积雪融化加速,水资源分布失衡,生物多样性受到威胁。应对全球气候变化是涵盖环境、科技、经济、政治和外交等诸多领域的重大战略问题,是世界各国和地区面临的重大共同挑战和拥有的重大共同利益。

我国是受气候变化影响最大的国家之一,应对全球气候变化是党中央、国务院的重大战略部署。科学应对气候变化,需要探索和把握气候规律,坚持适应和减缓并举,趋利和避害并重,减轻气候变化对自然生态系统和经济社会系统的影响。对气候变化预估及其影响的研究越深入,对气候变化及其影响规律的认识越深刻,应对气候变化的决策和行动越具有坚实的科学基础。

云南省气候和生态的多样性和脆弱性并存,是对气候变化最为敏感的区域之一,提高云南应对气候变化能力更为必要和紧迫。云南省委、省政府高度重视应对气候变化问题,积极应对推动经济社会发展和保护生态环境的双重压力。云南省气象局联合国家气候中心开展了云南未来 10~30 年气候变化预估及其影响研究,形成了《云南未来 10~30 年气候变化预估及其影响评估报告》。这是云南省科学应对气候变化的一项十分重要的基础性工作。

云南省位于青藏高原东南侧,属于我国低纬度高原地区,以其南北向发育、东西向展布的巨大山系和深切河谷为特征,构成了全球独一无二的纵向山系河谷景观。显然,这种独特的下垫面条件,对气候系统的影响将同时起着东西向的阻隔作用和南北向的通道作用。相应低纬度高原地区的云南天气和气候呈现出这种阻隔和通道作用下的一些显著特征和规律。云南气候变化的观测事实及其影响,也必然存在局部性差异。评估报告首次全面、综合归纳了国内外有关云南气候变化科学研究成果,概述了云南气候变化基本特征和规律、气候变化对主要领域的影响,给出了云南未来 10~30 年不同温室气体排放情景下降水、气温、极端天气气候事件以及气象灾害变化趋势,分析了气候变化对云南主要领域可能产生的影响。评估报告对于未来 10~30 年气候变化预估及影响评估的阐述清晰,条理清楚,对结论中的不确定性进行了合理分析,有较高的决策参考价值和实践指导意

义。评估报告对云南省增强应对气候变化能力,提高防灾减灾水平,科学有效制订经济社会发展战略和城乡建设规划,都有很高的应用价值。

我希望,云南省气象局要进一步加强气候和气候变化领域的持续性、针对性研究,关注云南高原特色农业应对气候变化措施,关注生态文明建设中的气候承载力和气象灾害风险等科学问题,为云南省科学应对气候变化、防灾减灾和生态文明建设等提供更加精细化的气候服务。我也希望,气象科技工作者应当将这样的研究成果转化为公众便于理解的科普知识,使各级党委和政府各部门、社会经济组织、社会公众采取科学应对气候变化的正确行动。

中国气象局局长

郑国光

2014年4月于北京

前言

气候变化问题是人类 21 世纪面临的严峻挑战,全球共同应对气候变化已是大势所趋。政府间气候变化专门委员会(IPCC)第五次评估报告指出,全球气候变暖的事实是毋庸置疑的,自 1950 年以来,气候系统观测到的许多变化是过去几十年甚至近千年以来史无前例的。持续的气候变暖已经对全球的生态系统以及社会经济系统产生了广泛和深远的影响,极端天气气候事件的频繁发生以及气候突变发生的潜在可能性将造成地球及其生态系统对人类社会承载能力的降低,如食物、水和能源供应的匮乏等,进而对人类生存和发展产生重大影响。在全球变暖背景下,云南气候出现了以气温升高及极端天气气候事件增多、增强为主要特征的变化,各种气象及衍生灾害频发。气候变化已对云南的生物多样性、水资源和农业生产等领域产生了不利影响,成为经济社会可持续发展面临的重大挑战。

云南省地处中国西南边陲,全境东西最大横距 864.9 千米,南北最大纵距 990 千米,总面积 39.4 万平方千米。云南省地势由北向南呈阶梯状下降,与纬度降低的方向一致,高纬度与高海拔结合、低纬度和低海拔相一致的特点,加剧了云南南北之间的气候差异。从整个位置看,北依广袤的亚洲大陆,南临辽阔的印度洋及太平洋,正好处在东南季风和西南季风控制之下,又受西藏高原区的影响,从而形成了复杂多样的自然地理环境。云南气候、生态的多样性和脆弱性并存,是对气候变化最为敏感的区域之一。在全球变暖背景下,由于云南地理、地貌和气候的复杂性,必然产生在全球变暖大趋势下的差异,这种差异会在什么样的水平,对哪些行业产生了什么样的影响,未来的气候变化趋势如何,将会导致气象灾害什么样的变化,会对未来国民经济和社会发展产生什么样的影响,应该采取什么样的适应对策,这些问题都直接影响着云南的可持续发展,因此,开展云南气候变化影响评估及适应对策研究工作有其必要性、重要性和紧迫性。

云南省委、省政府高度重视应对气候变化工作,把积极应对气候变化作为经济社会发展的重大战略。为了给云南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,云南省气象局根据中共云南省委、省政府的指示,组织科技人员与国家气候中心联合开展了云南未来 10~30 年气候变化及其影响的研究。在以丁一汇院士为首的多名知名气候变化专家的指导下,经过云南省气象局与国家气

候中心科技人员的共同努力,完成了《云南未来 10~30 年气候变化预估及其影响评估报告》(以下简称《报告》)。《报告》采用专题研究与文献评估相结合的方法,利用 IPCC 第五次评估报告的最新资料和数据,深入分析了云南近 50 年来气候变化的情况和对经济社会的影响,并对云南未来 10~30 年气候变化趋势及可能的影响进行了预估,有针对性地提出了云南适应气候变化的对策和建议。整个报告建立在完备的科学理论和坚实的观测数据基础上,首次全面、综合归纳了国内外有关云南气候变化科学研究成果。《报告》内容共分两篇:第一篇为基本事实,共 7 章,主要描述云南气候变化的基本事实、主要变化特征和未来变化的可能趋势;第二篇为影响与适应,共 6 章,主要就气候变化对云南农业、水资源、生态系统和生物多样性、能源等领域的影响进行评估、预估,提出可供选择的适应对策建议。

本《报告》在编写过程中,自始至终得到丁一汇(中国工程院院士)、郑维川(教授,云南省人大法制委员会主任委员)、罗云峰(研究员,中国气象局科技与气候变化司司长)、陈振林(中国气象局应急减灾与公共服务司司长)、毕宝贵(正研级高级工程师,国家气象中心主任)、普建辉(云南省人民政府副秘书长)、刘洪滨(研究员,国家气候中心副总工程师)、任国玉(研究员,国家气候中心首席专家)、罗勇(教授,清华大学地球系统科学研究中心副主任)、赵宗慈(教授,清华大学地球系统科学研究中心)、杨士吉(云南省人民政府政策研究室党组书记)、杨光波(中共云南省委农办副主任)、杨凯民(中共云南省委政策研究室副主任)、吴润(教授,云南大学资源环境与地球科学学院院长)、曹杰(教授,云南大学资源环境与地球科学学院副院长)等专家的指导和帮助,在此一并表示感谢。

特别感谢中国气象局郑国光局长,他对云南气候变化工作给予了全面的关心和帮助,在百忙中审阅全书,并作序。

气候变化是一项长期的、全球性的问题,更是一个跨学科的极其复杂的科学问题。本《报告》虽力求组织国内相关领域的专家参与编写,但由于涉及面广,尤其云南不同地区气候变化影响及其脆弱性和适应性存在明显的时空差异、不确定性和复杂性,相关的研究还需进一步深入,不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正,以便我们在后续报告中加以改进。

编者

2014 年 3 月

目 录

序言
前言

第一篇 基本事实

第 1 章 绪论	(1)
1.1 国际气候变化评估报告介绍	(1)
1.2 中国气候变化评估报告介绍	(5)
1.3 云南地理及气候概况	(8)
1.4 报告编制的必要性	(9)
1.5 报告编制的意义和目的	(10)
1.6 报告使用的资料和评估方法	(11)
第 2 章 云南基本气候要素变化事实	(12)
2.1 平均气温的变化趋势	(12)
2.2 降水量的变化趋势	(16)
2.3 降水日数的变化趋势	(22)
2.4 相对湿度的变化趋势	(26)
2.5 风速的变化趋势	(31)
2.6 日照时数的变化趋势	(33)
第 3 章 云南极端天气气候事件变化事实	(38)
3.1 干旱的变化趋势	(38)
3.2 强降水的变化趋势	(47)
3.3 高温天气的变化趋势	(53)
3.4 低温日数的变化趋势	(57)
3.5 雾日数的变化趋势	(61)
3.6 霾日数的变化趋势	(64)
3.7 霜日数的变化趋势	(68)
3.8 降雪日数的变化趋势	(72)
3.9 冰冻日数的变化趋势	(76)
3.10 雷暴日数的变化趋势	(77)
3.11 近 10 年典型极端天气气候事件	(81)
第 4 章 未来 10~30 年云南气温和降水变化预估	(85)
4.1 引言	(85)
4.2 数据与方法	(86)

4.3	全球气候模式对未来 10~30 年云南平均气温和降水变化预估	(88)
4.4	区域气候模式对未来 10~30 年云南气温和降水变化预估	(92)
4.5	小结	(97)
第 5 章	未来 10~30 年云南极端天气气候事件变化预估	(99)
5.1	引言	(99)
5.2	极端天气气候事件指数定义	(99)
5.3	未来 10~30 年与气温相关极端天气气候事件指数变化预估	(100)
5.4	未来 10~30 年与降水相关极端天气气候事件指数变化预估	(101)
5.5	小结	(105)
第 6 章	未来 10~30 年云南气象灾害风险变化预估	(108)
6.1	引言	(108)
6.2	数据和相关定义	(108)
6.3	方法	(109)
6.4	未来 10~30 年云南气象灾害风险变化	(111)
6.5	区域气候模式对未来 10~30 年云南干旱趋势的预估	(116)
6.6	小结	(118)
第 7 章	云南气候变化可能原因分析	(120)
7.1	全球气候变化可能原因分析	(120)
7.2	云南气候变化可能原因分析	(121)
7.3	云南气候变化可能原因小结	(128)

第二篇 影响与适应

第 8 章	气候变化对云南农业的影响与适应	(129)
8.1	云南农业生产概况	(129)
8.2	气候变化对云南农业影响的观测事实	(131)
8.3	未来气候变化对云南农业的可能影响	(139)
8.4	云南农业对气候变化的适应对策建议	(140)
第 9 章	气候变化对云南水资源的影响与适应	(143)
9.1	云南水资源概况和水资源安全形势	(143)
9.2	气候变化对云南水资源影响的观测事实	(145)
9.3	未来气候变化对云南水资源的可能影响	(153)
9.4	云南水资源对气候变化的适应对策建议	(153)
第 10 章	气候变化对云南生态系统和生物多样性的影响与适应	(157)
10.1	云南生态系统和生物多样性概况	(157)
10.2	气候变化对云南生态系统影响的观测事实	(160)
10.3	气候变化对云南生物多样性影响的观测事实	(167)
10.4	未来气候变化对云南生态系统和生物多样性的可能影响	(171)

10.5	云南生态系统对气候变化的适应对策建议	(173)
10.6	云南生物多样性对气候变化的适应对策建议	(175)
第 11 章	气候变化对云南能源的影响与适应	(180)
11.1	云南能源安全形势	(180)
11.2	气候变化对云南能源影响的观测事实	(182)
11.3	未来气候变化对云南能源的可能影响	(187)
11.4	云南能源对气候变化的适应对策建议	(189)
第 12 章	气候变化对云南其他领域的影响与适应	(191)
12.1	气候变化对云南旅游的影响	(191)
12.2	气候变化对人体健康的影响	(196)
第 13 章	云南气候变化不确定性分析	(200)
13.1	引言	(200)
13.2	云南气候变化事实的不确定性来源	(201)
13.3	云南气候变化预估的不确定性	(202)
13.4	云南气候变化影响评估的不确定性的综合信度	(203)
参考文献		(205)
附录:基本概念		(220)

第一篇 基本事实

第1章 绪论

1.1 国际气候变化评估报告介绍

气候变化已成为当今国际社会普遍关注的全球性问题。科学家们认为气候变化会造成严重的甚至不可逆转的破坏风险,并认为缺乏充分的科学确定性不应成为推迟采取行动的借口。决策者们需要了解有关气候变化成因、潜在环境和社会经济影响,以及可能的对策。因此,1988年11月,WMO(世界气象组织)和UNEP(联合国环境规划署)成立了政府间气候变化专门委员会(IPCC),在全面、客观、公开和透明的基础上,对世界上有关全球气候变化最好的现有科学、技术和社会经济信息进行评估。截至目前,IPCC已相继推出了五次关于气候变化的科学规律、社会经济影响以及适应与减缓对策的科学报告。这些报告已成为国际社会认识和了解气候变化问题的主要科学依据,并为政府决策者提供重要的科学咨询意见。

IPCC下设三个工作组和一个专题组:第一工作组主要负责评估气候系统和气候变化的科学问题;第二工作组主要负责评估社会经济体系和自然系统对气候变化的脆弱性、气候变化正负两方面的后果和适应气候变化的选择方案;第三工作组主要负责评估限制温室气体排放并减缓气候变化的选择方案;国家温室气体清单专题组主要负责IPCC《国家温室气体清单》计划。至今,IPCC共发布了五次评估报告:《第一次评估报告》于1990年发表,报告确认了有关气候变化问题的科学基础。它促使联合国大会做出制定《联合国气候变化框架公约(UNFCCC)》的决定,公约于1994年3月生效;《第二次评估报告》于1995年发表,并提交给了UNFCCC第二次缔约方大会,并为公约的《京都议定书》会议谈判做出了贡献;《第三次评估报告》(2001年)为各国政府制定应对气候变化的政策,为实现《联合国气候变化框架公约》目标提供了客观的科学信息,也是2002年第二次地球首脑峰会宣言的重要基础;《第四次评估报告》于2007年初发布,这一报告综合、系统、全面地评估了气候变化的最新研究结果。尽管气候变化在科学上还存在许多不确定性,但IPCC第四次评估报告作为国际科学界和各国政府在气候变化科学认识方面形成的共识性文件,将成为国际社会应对气候变化的重要决策依据。2013



年 9 月 27 日最新发布的联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第一工作组(WGI)第五次评估报告(AR5)的决策者摘要(SPM),拉开了 IPCC 第五次评估系列报告陆续发布的序幕。下面对 IPCC 历次报告的内容及成果进行简要概述。

1.1.1 IPCC 第一次评估报告

IPCC 第一次评估报告(FAR)于 1990 年完成。报告指出过去 100 年全球平均地面温度已经上升 $0.3\sim 0.6^{\circ}\text{C}$,海平面上升 $10\sim 20\text{ cm}$,温室气体尤其是二氧化碳由工业革命(1750—1800 年)时候的 230 ml/m^3 上升到 353 ml/m^3 。如果不对温室气体的排放加以控制,到 2025—2050 年,大气温室气体浓度将增加一倍左右,全球平均温度到 2025 年将比 1990 年之前升高 1°C 左右,到 21 世纪末将升高 3°C 左右(比工业革命前高 4°C 左右)。海平面高度到 2030 年将升高 20 cm ,到 21 世纪末升高 65 cm 。根据上述气候变化情景,报告评估了未来气候变化对农业、林业、自然生态系统、水文和水资源、海洋与海岸带、人类居住环境、能源、运输和工业各部门、人类健康和大气质量以及季节性雪盖、冰和多年冻土层的影响,并初步提出了针对上述气候变化的响应对策。报告同时指出,预测中有很多不确定性,特别是气温变幅、时间以及区域分布等。

IPCC 第一次评估报告(IPCC,1990)主要采用不同复杂程度的大气—海洋—陆面耦合模式(CGCM)对未来气候变化进行预测,研究大气 CO_2 加倍情况下平衡态(即突然把 CO_2 含量增加到工业革命之前的 2 倍,然后积分到平衡态)的模拟结果,包括气候变化的全球和区域特征。模拟结果表明,未来 50~100 年全球平均增温 $1.5\sim 3.5^{\circ}\text{C}$ 。1992 年又编写了第一次评估报告的补充报告,进一步给出了 4 个海气耦合模式(AOGCM)在 CO_2 以每年增加 1%,在第 70 年左右加倍的瞬变态模拟结果,所预测的全球平均增温值比平衡态模拟略有减少。

1.1.2 IPCC 第二次评估报告

第二次评估报告(SAR,1996)的一个重要的目的是为解释《联合国气候变化框架公约》第二条提供科学技术信息。报告的主要新成果表现在四个方面:①模式预测除考虑了 CO_2 浓度增加外,还考虑了今后气溶胶浓度增长的作用(冷却作用)。结果表明,相对于 1990 年,2100 年的全球平均温度将上升 2°C ,其范围在 $1\sim 3.5^{\circ}\text{C}$;海平面从 1990 年到 2100 年,预测将上升 50 cm ,其可能变化范围在 $15\sim 95\text{ cm}$,并且温度升高会加速水循环,使一些地区出现更加严重的洪涝干旱灾害,而另一些地区的灾害可能会有所减轻;②人类健康、陆地和水生生态系统以及社会经济系统对气候变化的程度和速度是敏感的,其不利影响有一些是不可逆的,而又有一些影响是有利的,因此,社会的各个不同部分会遇到不同的变化,其适应气候变化的需求也不一样;③提出了使大气温室气体浓度稳定的方法和可能措施;④提出了公平问题是制定气候变化政策、公约及实现可持续性发展的一个重要方面。报告还汇总了全球范围内气候变化对水文和水资源管理的影响,指出:①降水总量、频率、强度的变化能够直接影响径流量的大小、时间和洪涝与干旱的强度,但具体区域的影响程度尚不确定;②由于气候条件对蒸散和土壤湿度的非线性影响,尽管温度和降水出现较小的变化,但可能导致径流量较大的变化幅度,特别是一些干旱和半干旱地区;③在高纬度地区,由于降水增加会出现径流量增多,低纬度地区由于蒸散增加、降水减少的综合效应,径流量会出现减少。较强降水不仅增加径流量,而且会增大

洪涝灾害的风险。气候变化情景下,由于未来淡水供需不确定性的增加,将对社会经济等诸多方面产生一定的影响。在 IPCC 第二次评估报告中使用了更为广泛的全球耦合气候模式,CO₂ 以每年 1% 的量值增加,直到达到工业革命之前的 2 倍值,其中 2 个全球耦合模式还包括了硫化物气溶胶的直接影响。这是气候模式第一次在比较真实强迫情况下运行 CO₂ 增温效应和气溶胶冷却效应的直接影响,模拟了过去并预估了未来的气候情势。其结果发现,由 CO₂ 的增温作用和硫化物气溶胶的冷却作用情况下的历史模拟结果与 20 世纪气候变化特征的观测结果更为吻合。相对于 20 世纪 90 年代,21 世纪中期增温约 1.5 °C 左右。为了更全面地分析强迫情景的范围和气候敏感性的不确定性,使用了一个简单气候模式,分析了低排放、高排放等多种情景下的气候变化情景,结果表明,到 21 世纪末,全球变暖的极值范围为 1.0~4.5 °C。当加入 IS92 排放情景中给定的人为气溶胶的可能影响后,增温范围为 1.0~3.5 °C。

1.1.3 IPCC 第三次评估报告

第三次评估报告(TAR)于 2001 年完成,该报告的主要结果包括以下方面:①近百年温度上升的范围是 0.4~0.8 °C,比第二次评估报告中的值提高 0.1 °C,卫星和探空资料也证实了这种变暖的一致性。这种变暖值是近千年甚至近万年最显著的。20 世纪海平面上升了 10~20 cm,极端天气气候事件(暴雨、干旱等)有一定增加的趋势,可能与全球变暖有关。21 世纪全球平均气温将继续上升,预测达到 2.5 °C,可能范围为 1.4~5.8 °C。这个结果与第一次和第二次评估报告的结果没有太大差别。海平面上升预测为 0.1~0.9 m。②综合了气候变化对自然和人类系统的影响及其脆弱性。气候变化对河川径流量的影响主要取决于未来的气候情景,特别是降水的预测结果。对多数气候情景,较为一致的结论是:高纬度地区和东南亚地区,年平均径流量将增加,而在中亚、地中海近邻区、非洲南部和澳洲将减少,然而,不同模型所预测的变化程度不同。在其他地区,由于对降水和蒸发预测结果存在差异,而且蒸发可以抵消降水的增加,因此,预测的河川径流量的变化尚无一致的结论。另外,在流域范围内,气候变化的影响随流域的自然特性和植被的不同而变化。③提出了减缓措施和对策建议,特别是限制或减少温室气体排放和增加“汇”的对策;减缓行动的内容、规模和时间依赖于社会、经济与技术发展水平,温室气体排放水平和大气温室气体浓度稳定的可能水平等。IPCC 的第三次评估报告中采用了新的排放情景(SRES A1, A2, B1, B2),利用改进的更复杂的海气耦合模式和简化的海气耦合模式重新对未来 100 年气候变化进行预测。结果表明:21 世纪温度变化范围为 1.4~5.8 °C。在这次评估中使用了约 20 个 AOGCM 模式,由于减少了模式预测的不确定性,使对 21 世纪可能的气候变化预测置信水平得到提高。

1.1.4 IPCC 第四次评估报告

2007 年 IPCC 正式发布第四次评估报告(AR4)。本次评估报告是在过去完成的三次评估报告基础上,同时吸纳了近期的最新研究成果而完成的。它主要对气候变化预估和不确定性问题进行深入研究。第四次评估报告与以往评估报告相比,更突出了气候系统的变化,阐述了当前对气候变化主要原因、气候系统多圈层观测事实和这些变化的多种过程及归因。在发布的《气候变化 2007:自然科学基础》的决策者摘要中指出:①1750 年以来,由于人类活动的影响,全球大气中 CO₂、CH₄ 和 N₂O 浓度显著增加,其中,CO₂ 浓度已从工业革命前约 280 ml/m³



增加到了 2005 年的 379 ml/m^3 ; ②最近 100 年(1906—2005 年)全球平均地表温度上升了 $0.56 \sim 0.92 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 比 2001 年第三次评估报告给出的 100 年(1901—2000 年)上升 $0.4 \sim 0.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 有所提高; ③1961 年以来的观测结果表明, 全球海洋温度的增加已延伸到至少 3000 m 深度, 20 世纪全球海平面上升约 0.17 m。基于观测事实, 通过综合分析, 得到了一些新的重要结论: ①太阳辐射变化对当代气候变暖的影响不是最重要的因素; ②观测到的全球变暖与城市热岛效应关系不大; ③人类活动是全球变暖的主要原因。在《气候变化 2007: 影响、适应性、脆弱性》的决策者摘要中指出: ①21 世纪中叶, 在高纬度地区和湿热地区年径流量将增加 $10\% \sim 40\%$; 在中纬度地区的干旱区年径流量将减少 $10\% \sim 30\%$, 这些干热区将面临严重的用水压力。②干旱影响区的范围将进一步扩大, 同时暴雨发生频率增加, 洪涝风险增大。③冰川和雪盖储量减少。第四次评估报告中的模拟结果表明: 即使所有辐射强迫因子都保持在 2000 年水平, 由于海洋的缓慢响应, 未来 20 年仍有每 10 年约 $0.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的进一步增暖。如果排放处于 SRES 各情景范围之内, 则增暖幅度预计将是之前的两倍, 即每 10 年升高 $0.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 上述均不考虑气候政策的干预。由于在 1990 年 IPCC 第一次评估报告中对 1990—2005 年全球平均温度变化的预估结果为每 10 年升高 $0.15 \sim 0.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 与实际观测结果每 10 年约增加 $0.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 比较接近, 因此, 有理由相信这次对近期预估结果的可靠度。以等于或高于当前的速率持续排放温室气体, 会导致全球进一步增暖, 并引发 21 世纪全球气候系统的许多变化, 这些变化将很可能大于 20 世纪的观测结果。预测结果表明: ①21 世纪末全球平均地表气温可能升高 $1.1 \sim 6.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (6 种 SRES 情景, 与 1980—1999 年相比); ②相对于 1980—1999 年的平均水平, 6 个 SRES 排放情景下 21 世纪末全球平均海平面上升幅度预估范围是 $0.18 \sim 0.59 \text{ m}$ 。

1.1.5 IPCC 第五次评估报告

2013 年 9 月 27 日, 联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第一工作组(WGI)第五次评估报告(AR5)的决策者摘要(SPM)发布, 拉开了 IPCC 第五次评估系列报告陆续发布的序幕。IPCC 第五次气候变化评估报告第一工作组第十二次会议于 2013 年 9 月 23—26 日在斯德哥尔摩召开, 各国政府代表 27 日在斯德哥尔摩签署了 IPCC 第一工作组有关气候变化的自然科学基础报告的决策者摘要, 随后报告全文于 30 日公布。新报告结合了 39 个国家 259 名作者的努力, 引用了 9 200 多篇科学论文和大量的科学数据, 并进行了专家和政府部门的评审。AR5 报告对 2007 年 IPCC AR4 以来的气候变化研究新进展进行了全新的评估, 为新一轮国际气候变化政策和行动提供新的科学支持。

这次 IPCC AR5 报告指出, 全球气候系统变暖的事实是毋庸置疑的, 自 1950 年以来, 气候系统观测到的许多变化是过去几十年甚至近千年以来史无前例的。全球几乎所有地区都经历了升温过程, 变暖体现在地球表面气温和海洋温度的上升、海平面的上升、格陵兰和南极冰盖消融和冰川退缩、极端天气气候事件频率的增加等方面。全球地表持续升温, 1880—2012 年全球平均温度已升高 $0.85 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0.65 \sim 1.06 \text{ }^{\circ}\text{C}$); 过去 30 年, 每 10 年地表温度的增暖幅度高于 1850 年以来的任何时期。在北半球, 1983—2012 年可能是最近 1400 年来气温最高的 30 年。特别是 1971—2010 年间海洋变暖所吸收热量占地球气候系统热能储量的 90% 以上, 海洋上层(0~700 m)已经变暖。与此同时, 1979—2012 年北极海冰面积每 10 年以 $3.5\% \sim 4.1\%$ 的速度减少; 自 20 世纪 80 年代初以来, 大多数地区多年冻土层的温度已升高。全球气候变化是

由自然影响因素和人为影响因素共同作用形成的,但对于1950年以来观测到的变化,人为因素极有可能是显著和主要的影响因素。目前,大气中温室气体浓度持续显著上升, CO_2 、 CH_4 和 N_2O 等温室气体的浓度已上升到过去800 ka来的最高水平,人类使用化石燃料和土地利用变化是温室气体浓度上升的主要原因。在人为影响因素中,向大气排放 CO_2 的长期积累是主要因素,但非 CO_2 温室气体的贡献也十分显著。控制全球升温的目标与控制温室气体排放的目标有关,但由此推断的长期排放目标和排放空间数值在科学上存在着很大的不确定性。

对于未来预估,IPCC AR5 报告表明,除了RCP2.6情景之外的所有RCP情景下,全球地表温度变化到21世纪末相对于1850—1900年可能超过 1.5°C ;在RCP6.0和RCP8.5情景下,相对于1850—1900年可能超过 2°C ;而在RCP4.5情景下,则有可能不超过 2°C 。在除了RCP2.6情景之外的所有RCP情景下,变暖都将持续,但持续表现出年代际变率,并且区域变化是不均衡的。全球平均气温到2016—2035年相较于1986—2005年,可能增温在 $0.3\sim 0.7^\circ\text{C}$ 的范围。根据CMIP5模式进行的模拟结果,在RCP2.6情景下,到21世纪末的2081—2100年,全球地表平均温度相比1986—2005年,可能升温在 $0.3\sim 1.7^\circ\text{C}$ 范围;在RCP4.5情景下,升温可能在 $1.1\sim 2.6^\circ\text{C}$ 范围;在RCP6.0情景下,升温可能在 $1.4\sim 3.1^\circ\text{C}$ 范围;在RCP8.5情景下,升温可能高达 $2.6\sim 4.8^\circ\text{C}$ 范围。同时,北极区域暖化的速率会比全球平均的速率快,陆地增温的速度也会比海洋变暖的速度快。

对于极端天气气候事件的未来变化,IPCC AR5 报告指出,当地表均温上升,几乎可以确定大多数地方在不同的时间尺度下,都将出现更多高温日数和更少的酷寒日数。热浪发生的频率将可能增加且持续时间延长,但是偶发性的冷冬仍会发生。

对水循环未来的预估结果表明:在21世纪,全球水循环响应气候变暖的变化将不是均匀的。尽管有可能出现区域异常情况,但潮湿和干旱地区之间、雨季与旱季之间的降水对比度会更强烈。到21世纪末,在RCP8.5情景下,高纬度地区和热带太平洋区域的年降水量将会增加;许多中纬度的潮湿地区,平均降水也将增加。但在中纬度干燥地区与副热带的干燥地区,平均降水将减少。在全球持续变暖的趋势下,到21世纪末,中纬度大部分陆地区域与热带区域的湿区,极端降水事件将很可能更剧烈并更频繁。

以全球尺度而言,到21世纪末受到季风系统影响的区域可能会增加,季风强度可能会减弱,但是季风降水可能更加剧烈。季风开始时间可能会提早或不变,但因为季风结束的时间可能延迟,故造成季风季节的延长。

1.2 中国气候变化评估报告介绍

1.2.1 第一次《气候变化国家评估报告》

中国政府高度重视全球气候变化问题,先后签署和批准了《联合国气候变化框架公约》和《京都议定书》,并采取了一系列行动应对全球气候变化的挑战。为了充分考虑和应对全球气候变化及其可能带来的对我国的重大不利影响、支撑我国参与全球气候变化国际事务、有效地履行气候公约和京都议定书的义务,2002年12月,科技部、中国气象局和中国科学院经研究决定组织中国科学家编制《气候变化国家评估报告》。该报告于2007年2月正式出版,这是我