

Climate Change and China's Water Resources

气候变化与中国水资源

任国玉 主编

气象出版社

气候变化与中国水资源

任国玉 主编

气象出版社

内容提要

本书总结了国内外近年关于气候变化及其对水资源影响的若干研究成果,系统分析了中国近现代的基本水文气候特征,以及主要水文气候要素的时间变化规律,包括地面气温、降水、蒸发以及极端天气气候事件的年代和长期趋势变化特点,评价了气候变化对全国和各主要流域水循环和水资源的影响,初步预估了未来可能的气候变化趋势及其对水资源的影响,提出了我国水资源管理领域应对气候变化影响的战略和对策建议。全书共分十二章,可供资源、环境和生态等领域的研究、教学和管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

气候变化与中国水资源/任国玉主编.

—北京:气象出版社,2007.9

ISBN 978-7-5029-4222-9

I. 气... II. 任... III. 气候变化—影响—水资源—研究—中国
IV. P468.2 TV211

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 149105 号

气象出版社出版

(北京海淀区中关村大街 46 号 邮编:100081)

总编室:010-68407112 发行部:010-6217925

网址: <http://cmp.cma.gov.cn> E-mail: qxcbs@263.net

责任编辑:苏振生 隋珂珂 终审:周诗健 陈云峰

封面设计:任永安 版式设计:赵秀红 责任校对:庞博

*

北京中新伟业印刷有限公司印刷

气象出版社出版

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:21 字数:538 千字

2007 年 11 月第 1 版 2007 年 11 月第 1 次印刷

印数:1~3000 册 定价:55.00 元

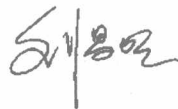
本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社
发行部联系调换

序 言

关于气候变化及其对水循环和水资源的影响,国内外进行了大量研究。当前国际上开展的全球变化研究活动,其关注的重要问题就包含气候变化的检测和原因识别、未来气候变化的趋势、气候变化对陆地循环和淡水资源的影响及其人类响应策略等。近年发起的“全球水系统计划”(GWSP),主要目的在于进一步认识全球和区域气候变化与水循环和水资源利用的相互作用。通过国际合作研究,人们希望了解气候变化和人类自身活动究竟对全球和区域水循环系统产生了什么影响,同时这种影响又是怎样反馈给气候系统和人类经济活动的。近10年来中国在气候及气候变化对水资源的影响研究方面也开展了许多工作,并获得了一系列创新性研究成果。

在研究水循环和水资源问题时,应特别强调水文循环速率与水资源可再生性调控,人类活动与自然因子二元驱动的水文循环过程,以及水文循环与生态水文等几个方面。在水循环研究的几个关键科学技术问题里,台站分布和网格化水平衡要素的时空变异规律分析是水循环理论研究的基础。在此基础上,才可以进一步研究水循环及水资源演变的原因,特别是识别自然因子与人类活动两种作用的性质和程度。目前国内的研究还存在着监测和信息支持系统落后、观测资料序列短、独立自主开发的气候和水文模式有待完善、各部门和领域间的合作不够、研究结果的综合集成分析薄弱、经费投入不足等问题,需要在将来逐步予以解决。关系中国气候变化与水循环和水资源的一系列关键的科学和技术问题,需要结合学科发展和国家水资源规划及大型水利工程项目建设的实践,逐渐予以攻克,建立具有中国特色的气候变化与水资源评估系统。

本书各位作者结合“全国水资源综合规划”专题研究任务,对中国各大江河流域的水循环要素特别是大气降水、气温和潜在蒸发等要素的变化进行了比较系统的分析,对未来各大流域基本水循环要素的可能趋势做出初步估计。这些研究成果揭示了许多水循环要素变化的有趣现象和客观规律,对于深入了解中国陆地水循环及其对全球变化的响应具有较高科学价值。部分研究成果已经对第二次全国水资源综合规划工作做出了贡献。相信本书的出版将对关注气候变化与水资源问题的科技工作者和管理者提供有用信息,对国家和流域水资源综合管理工作具有一定借鉴意义。也希望本书各位作者能在原有工作基础上,进一步开展相关科技问题研究,为国家在水资源管理领域应对气候变化的影响提供更有力的科技支撑,也为推动我国的全球变化研究贡献力量。



2006年12月10日,北京

前言

地面气候条件是由温度和大气降水等要素构成的。大气降水是陆地水资源的初始来源。降水和蒸发等水循环要素在时间和空间上存在着明显的非均质性,其时间的非均质性即体现为不同尺度上的气候变化。因此,气候条件和气候变化是决定陆地水资源空间和时间分布不均一性的主要因素,是国家和流域水资源调查评价和水资源综合管理工作中所必须考虑的基本问题。

中国水资源区域分布极不平衡,水旱灾害频繁发生。由于受亚洲季风气候的影响,全国大部分地区的降水变率和变化非常明显,降水空间分布不均匀,产生了一系列突出的水资源问题。例如,长江以北水系流域面积占国土面积 60% 以上,水资源占有量却不到全国的 20%;东部季风区降水的年内、年际、年代际和多年代变化均十分显著,干旱缺水成为北方的主要自然灾害,而夏季洪涝灾害则给南方诸大河流域造成严重损失。

在过去的 50 年里,中国的地面气候经历了比较显著的变化,北方特别是华北地区大气降水呈现明显减少趋势,再加上人类活动的影响,致使北方广大地区面临着严重缺水的威胁。长江流域特别是长江中下游地区降水量和暴雨日数呈上升趋势,洪水发生频率也不断增加,防洪形势日趋严重。我国北旱南涝的局面自 20 世纪 90 年代初以后尤其明显,它既可能代表了东亚季风气候系统的年代到多年代的自然变率,也可能反映了全球或区域人类活动影响的结果。

未来的自然气候波动不可避免。这种波动可以发生在所有河川流域盆地和各种不同的时间尺度上。与此同时,多数科学家相信,在全球气候变暖的背景下,中国的气候将发生显著的变化,极端降水和干旱事件频率也可能改变。自然气候波动与人为气候变化相互叠加,使未来的气候情景错综复杂、扑朔迷离。不过,可以肯定的是,不论是自然的气候波动,还是人为因素引起的气候变化,都将继续对中国未来的陆地水循环和水资源造成明显影响。

因此,如何在了解过去气候变化的事实和原因的基础上,结合现代全球气候变化理论和模式模拟研究,科学地预见我国未来 30~50 年气候变化总体趋势及其区域气候情景,综合评估可能的气候变化对水资源时空分布及其极端强降水和干旱事件的影响,并提出适应未来可能变化的气候和水文情势的对策和措施,不仅是气候变化科学面临的重要任务,也是国家和流域水资源规划与管理以及水资源可持续利用需要解决的现实问题。

在国家发展改革委员会和水利部组织的第二次“全国水资源综合规划”工作中,特别设立了“气候变化对中国水资源情势影响的综合分析”研究专题。该专题的目的是:系统了解我国过去时期水文气候变化的基本事实和可能原因,科学地评估我国未来 30~50 年水文气候变化总体趋势和区域情景及其对水资源时空分布、强降水和极端干旱事件的可能影响,提出适应未来变化的对策和措施,为全国水资源综合规划提供最新科学依据。

国家气候中心的科技人员承担了该专题研究任务。在过去的3年内,专题组在以下方面开展了系统工作:

(1)总结和评估了国内外关于全球气候变化趋势及其对水资源的影响研究主要成果,主要对近10余年特别是近5年有关气候变化及其对水资源影响的研究成果进行了回顾和评述;

(2)系统分析了我国基本水文气候特征、气候变化及其与水资源的相互关系,包括分析了我国不同时期的主要水文气候特征,过去50年乃至更长历史时期气候变化特征,重点分析全国1956—2002年期间气温、降水、蒸发以及极端天气气候事件的年代和长期趋势变化特点及其对水资源的影响,了解我国各大流域气候变化与水资源的宏观关系及其主要特点;

(3)采用气候模式,模拟估计了人类导致的全球气候变化对我国未来水文气候(降水、气温、蒸发)的可能影响。同时根据我国过去气候变化的统计规律,分析了未来全国和各主要流域自然气候变化的可能趋势;

(4)根据过去和未来水文气候趋势的分析,以及过去和未来可能的气候变化对我国典型流域和区域水资源影响的评价,提出了我国水资源管理领域应对气候变化影响的战略、对策建议。

本书汇集了专题的上述主要研究成果。这些内容包括在第1章到第8章以及第12章中。同时,还特别邀请国家气候中心以外的专家,为本书贡献了他们在气候变化对水资源影响方面的最新研究成果。这些内容分布在第9章到第11章中。全书各章内容既有内在联系,又在一定程度上相互独立。本书附录列出了各个章节涉及到的英文缩写词和主要作者联系方式,便于读者查阅。

当前对于气候变化等科学术语的理解还存在一定差异。本书采用气候学界对气候变化的定义,即指由于自然和/或人为因素影响引起的全球或区域气候平均状态统计学意义上的显著改变。因此,气候变化不单指由人类活动直接或间接地改变大气组成成分所导致的全球和区域性气候状态的改变,还包括各种自然的外强迫因子和气候系统内部低频振动所引起的气候平均态和其他统计量(如标准偏差、极端事件出现频数等)在各种时间尺度上的变化。气候系统内部自然振动所引起的气候变化有时也称气候变率。

本书各章所采用的中国十个主要江河流域界线源自“全国水资源综合规划”技术工作组(图1)。这十大江河流域包括松花江流域、辽河流域、海河流域、黄河流域、淮河流域、长江流域、东南诸河流域、珠江流域、西南诸河流域和西北诸河流域。个别章节分析了这些河流流域的某一段或者支流流域,其定义详见相关章节说明。1951年以来的地面气候资料主要来自中国气象局国家气象信息中心气象资料室收藏的国家基准气候站和基本气象站的连续观测记录。图1也给出了这些台站在各个江河流域的分布情况。对于1951年以前的资料,以及1951年以后资料的质量和均一性问题的处理及其数据的统计方法等,各相关章节将做简要介绍。

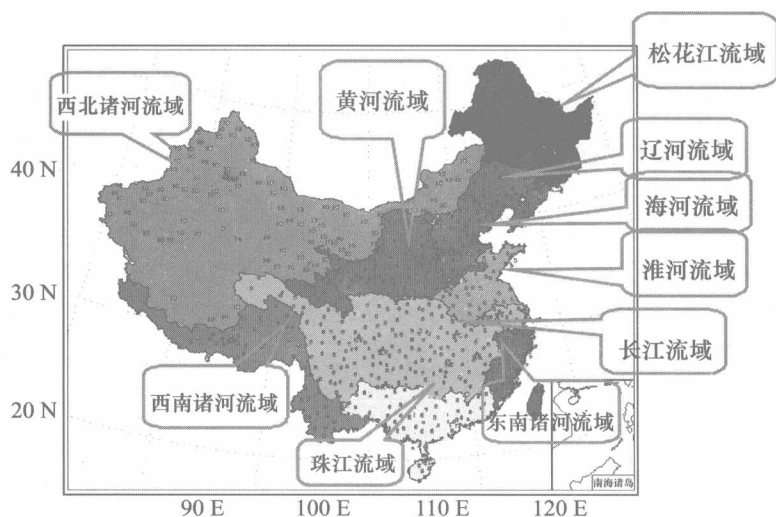


图1 中国十大江河流域界线及所用气象观测台站的分布

值得说明的是,近十几年关于气候变化对我国水资源影响方面的研究成果可谓汗牛充栋,远非本书所能容纳。本书仅围绕专题任务,侧重水文气候学或大气水资源时空特征及其演变规律分析,主要展示近几年在中国水循环某些要素方面的最新研究成果,特别强调全国和各主要江河流域大气水资源的可能供应量分析,希望对关注我国气候变化与水资源问题的各界人士提供些许有用信息。因此,本书对地表水资源量及其变化有所考虑,但没有作为重点内容;而对于地下水资源、湖泊和冰川储水、人类活动对流域水循环和水资源的影响、人类和生态系统耗水量以及水污染等问题更无涉及。

在对过去资料的分析中,本书侧重于揭示全国或各大流域区气候变化的观测事实及其对地表径流的影响,对于气候变化的原因或机理没有给出明确结论,这符合目前真实的科学理解水平;而对于未来可能气候趋势的预估,则给出了运用两种方法估算得到的结果,一个是在大气温室气体浓度继续增加情景下气候模式模拟的未来可能变化,再一个是根据观测资料和统计技术获得的未来气候趋势。两种预估方法得到的结果都存在较大的不确定性。随着对我国气候变化原因和机理的深入了解,以及气候模式和统计技术的完善,期望将来能够获得更准确的长期气候趋势预估。

本书对气候变化影响的评价侧重于几个案例流域过去几十年径流量对气候变化的响应分析,对未来可能气候变化的影响研究没有进行系统介绍,仅在第9章和第11章给出主要江河流域未来可能气候与水文情景的案例研究结果。随着气候变化预估技术的完善和预估准确性的提高,这方面的研究也应得到重视和加强,以便为在水资源管理领域应对气候变化挑战提供更好的科学信息。

作为专题的负责人和本书的编辑者,我对专题组所有专家的辛勤工作表示由衷的感谢。在过去的几年里,各个子专题负责人付出了大量时间和精力,贡献了他们的智慧,出色地完成了预定的任务,受到“全国水资源综合规划”技术工作组专家的赞许和表扬,并组织协调完成了相关章节的编写;感谢刘春蓁、张建云、姜彤、马柱国、江滢和王颖,他们欣然

接受邀请,为本书贡献了最新的研究成果;秦大河院士和丁一汇院士对本专题研究和本书出版始终给予关心和支持,在此表示特别的感谢;“全国水资源综合规划”技术工作组专家李原园、焦得生、任光照、贺伟程、张德尧、卢琼、秦福兴、郦建强、张伟、曾燕,以及中国气象局、水利部和中国科学院等相关领域的专家刘昌明、李泽椿、王守荣、李黄、章国材、夏军、董文杰、陈德亮、王邦中、赵宗慈、葛全胜、巢清尘、邢如君等,在专题执行中给予诸多支持,并对本书各章的撰写提出很多建设性意见,在此表示诚挚的谢意;感谢刘昌明院士拨冗为本书作序;感谢张莉、遇蕾和任玉玉,她们在专题的日常管理和本书编辑出版过程中付出了辛勤的劳动;最后,气象出版社的李太宇、苏振生和周诗健编审对本书各章进行了认真校审,在此表示感谢。

编者

2006年12月16日

目 录

序言

前言

第 1 章 气候变化对水资源影响研究进展	1
1.1 引言	1
1.2 气候、气候变化与水资源	2
1.2.1 大气水与水循环	2
1.2.2 中国大气水资源的特点	2
1.2.3 中国大气水资源的变化	3
1.2.4 大气水资源变化的原因	5
1.3 国外研究、评估的主要发现	6
1.3.1 观测事实与气候预估	6
1.3.2 水文模型模拟与预估	7
1.3.3 气候变化与水资源供需	9
1.4 国内研究、评估的主要发现	11
1.4.1 背景情况	11
1.4.2 气候变化的事实	12
1.4.3 未来气候可能趋势	14
1.4.4 观测的水文、水资源变化	14
1.4.5 水资源对气候情景的响应	15
参考文献	18
第 2 章 中国及十大江河流域气候状况	21
2.1 引言	21
2.2 降水量	22
2.2.1 年和四季降水量时空分布特征	22
2.2.2 降水量年际变化特征	26
2.2.3 不同保证率下年降水量分布特征	27
2.3 气温	30
2.3.1 年和四季平均气温特征	30
2.3.2 两时段平均气温变化特征	31
2.4 蒸发量	32
2.4.1 水面蒸发量(小型蒸发皿观测值)分布特征	32
2.4.2 潜在蒸散量分布特征	33

2.4.3	水面蒸发量与潜在蒸散量差异对比	35
2.5	年干燥度指数	36
2.5.1	年干燥度指数分布特征	36
2.5.2	两时段年干燥度指数变化特征	37
2.6	其它要素气候特征	37
2.6.1	日照时数	37
2.6.2	相对湿度	40
2.6.3	平均风速	41
2.7	总结	43
	参考文献	45
第3章	中国及十大江河流域气候变化	47
3.1	引言	47
3.2	地面气温变化	47
3.2.1	中国年、各季平均气温时空演变	48
3.2.2	十大江河流域年、季节平均气温变化	50
3.2.3	1980—2000 年相对 1956—1979 年的气温变化	60
3.3	降水量变化	62
3.3.1	中国年、各季降水量时空演变	62
3.3.2	十大江河流域年、季节降水量变化	65
3.3.3	1980—2000 年相对 1956—1979 年的降水变化	74
3.4	可能蒸发量的变化	77
3.4.1	中国水面蒸发量变化特征	77
3.4.2	各大流域水面蒸发量变化	79
3.4.3	潜在蒸散量的变化	81
3.4.4	影响可能蒸发量变化的气候因子	85
3.5	总结	88
	参考文献	89
第4章	全国及主要流域极端气候事件变化	91
4.1	东部地区近 100 年来的降水变化	91
4.1.1	长江流域	92
4.1.2	华北地区	93
4.1.3	华南地区	94
4.2	东部近百年来极端雨涝与干旱范围的变化	94
4.3	近 50 年来全国旱涝变化	96
4.3.1	降水量距平	96
4.3.2	Z 指数	97

4.3.3	阶段平均降水量等值线	98
4.3.4	Palmer 指数	99
4.4	近 50 年全国十大江河流域干旱变化	100
4.4.1	长江流域	100
4.4.2	松花江流域	101
4.4.3	辽河流域	101
4.4.4	海河流域	101
4.4.5	淮河流域	101
4.4.6	黄河流域	102
4.4.7	西北诸河流域	102
4.4.8	西南诸河流域	102
4.4.9	东南诸河流域	102
4.4.10	珠江流域	102
4.5	中国北方和南方近 50 年旱涝变化	104
4.5.1	北方近 50 年干旱变化	104
4.5.2	南方近 50 年雨涝变化	105
4.5.3	华南近 50 年雨涝变化	107
4.6	强降水和暴雨频率	108
4.7	热带和温带气旋变化	108
4.8	总结	110
	参考文献	111
第 5 章	中国土壤湿度的变化特征	113
5.1	引言	113
5.2	土壤湿度的垂直变化特征	114
5.2.1	土壤湿度的垂直分布类型	114
5.2.2	垂直方向土壤湿度变化的一致性比较	119
5.3	土壤湿度的时空分布特征	120
5.3.1	年平均土壤湿度的空间分布	120
5.3.2	季平均土壤湿度的空间分布	121
5.4	土壤湿度的变化特征	122
5.4.1	年平均土壤湿度变化趋势	122
5.4.2	季平均土壤湿度变化趋势	122
5.4.3	典型区域年土壤湿度的年际变化特征	123
5.4.4	典型区域季土壤湿度的年际变化特征	125
5.5	土壤湿度与气候的关系	126
5.5.1	黄淮地区土壤湿度与降水的关系	126
5.5.2	河套中南部土壤湿度与气候的关系	131

5.5.3 土壤湿度与季风的关系·····	133
5.6 总结·····	135
参考文献·····	135
第6章 中国大气水汽通量和云量变化·····	137
6.1 引言·····	137
6.2 大气总水汽通量与中国东部夏季降水·····	138
6.2.1 经向总水汽通量与降水·····	138
6.2.2 纬向总水汽通量与降水·····	140
6.3 夏季大气水汽通量与降水的变化·····	142
6.3.1 降水的长期变化·····	142
6.3.2 总水汽通量的长期变化·····	144
6.3.3 大气瞬变水汽通量的长期变化·····	146
6.4 大气水汽通量变化的影响与原因·····	147
6.4.1 大气水汽通量变化对夏季降水的影响·····	147
6.4.2 大气水汽通量变化的原因·····	151
6.5 中国云量变化的若干观测事实·····	154
6.5.1 总云量变化·····	154
6.5.2 低云量变化·····	156
6.5.3 主要类型云出现频率变化·····	157
6.6 总结与讨论·····	159
参考文献·····	160
第7章 中国十大江河流域气候年代际变化及未来可能趋势·····	162
7.1 引言·····	162
7.2 资料和方法·····	163
7.2.1 降水资料·····	163
7.2.2 温度资料·····	163
7.2.3 分析方法·····	164
7.3 降水的基本特征·····	165
7.4 降水年代际变化及未来趋势·····	166
7.4.1 松花江流域·····	166
7.4.2 辽河流域·····	169
7.4.3 海河流域·····	170
7.4.4 黄河流域·····	172
7.4.5 淮河流域·····	174
7.4.6 长江流域·····	176
7.4.7 东南诸河流域·····	179

7.4.8 珠江流域·····	180
7.4.9 西南诸河流域·····	181
7.4.10 西北诸河流域·····	182
7.5 温度变化的基本特征·····	183
7.5.1 “冷—暖”型·····	185
7.5.2 “暖—冷—暖”型·····	185
7.5.3 “暖—冷”型·····	187
7.6 温度与 SOI 的相关分析·····	188
7.7 我国十大江河流域未来水资源变化趋势的初步分析·····	188
7.7.1 我国十大江河流域降水未来变化趋势分析·····	189
7.7.2 我国十大江河流域温度未来变化趋势分析·····	190
7.7.3 我国十大江河流域水资源未来变化趋势分析·····	190
参考文献·····	191
第 8 章 全球变暖背景下中国主要江河流域气候情景预估·····	193
8.1 气候变化预估·····	193
8.1.1 气候变化预估方法简介·····	193
8.1.2 排放情景·····	194
8.1.3 模式设计和分析方法·····	195
8.2 全球气候模式模拟的中国主要江河流域未来气候变化趋势·····	198
8.2.1 主要江河流域温度、降水预估·····	198
8.2.2 长江中下游温度、降水预估·····	200
8.2.3 黄河流域温度、降水预估·····	201
8.2.4 丹江口及其上游地区温度、降水预估·····	203
8.2.5 三江源地区未来气候变化趋势·····	206
8.3 区域气候模式模拟的中国主要江河流域未来气候变化趋势·····	206
8.3.1 主要江河流域未来温度和降水·····	207
8.3.2 长江中下游地区未来温度和降水·····	209
8.3.3 黄河流域未来温度和降水·····	210
8.4 极端天气事件的变化·····	211
8.4.1 日最高和最低气温的变化·····	211
8.4.2 降水日数和大雨日数的变化·····	212
8.4.3 台风活动的变化·····	213
8.5 结论和不确定性·····	214
8.5.1 结论·····	214
8.5.2 气候变化预估的不确定性·····	215
参考文献·····	216

第 9 章 我国四大江河径流量变化趋势	219
9.1 引言	219
9.2 观测的河流径流量变化	220
9.2.1 年径流量变化趋势	220
9.2.2 年径流量时间序列	221
9.2.3 年径流差积曲线	223
9.2.4 季节径流变化	225
9.2.5 降雨—径流关系的变化	226
9.3 未来径流趋势预估	228
9.3.1 思路和方法	228
9.3.2 未来径流变化趋势	229
9.3.3 黄河上游未来径流量变化	230
9.4 总结与讨论	232
参考文献	233
第 10 章 气候变化与中国北方的干旱	234
10.1 引言	234
10.2 资料和方法	235
10.2.1 资料	235
10.2.2 干旱指标	235
10.2.3 趋势检验方法	236
10.3 1951—2005 年中国区域气候变化特征	236
10.4 1951—2004 年干旱化趋势分析	239
10.4.1 干旱化趋势的空间分布格局	239
10.4.2 典型地区干旱化的年代际特征	241
10.4.3 1990—2004 年中国北方的干旱化特征	245
10.4.4 1951—2004 年极端干旱的变化趋势	247
10.5 华北干旱化趋势及可能成因	249
10.6 总结	251
参考文献	252
第 11 章 气候变化与长江流域的洪水	255
11.1 引言	255
11.2 长江流域气候变化	256
11.2.1 气温变化	256
11.2.2 降水变化	259
11.2.3 水汽含量变化	263
11.2.4 太阳辐射变化	266

11.2.5	风速变化	268
11.2.6	蒸发变化	269
11.2.7	径流变化	271
11.3	长江流域的洪水灾害和风险分析	275
11.4	未来长江流域的气候变化	277
11.4.1	未来气温变化	277
11.4.2	未来降水变化	280
11.4.3	未来径流的变化	282
11.5	总结与讨论	286
	参考文献	289
第 12 章	总结与展望	290
12.1	中国水资源管理面临的挑战	290
12.2	本书主要结论和发现	291
12.2.1	大气降水时空分布极不均匀,水量丰、缺和洪、旱现象严重	291
12.2.2	长期气候变化趋势明显,气温普遍上升、降水有增有减	292
12.2.3	区域性极端降水事件增多,但全国总体趋势不明显	293
12.2.4	土壤湿度与降水量变化基本一致,华北、东北土壤一般变干	293
12.2.5	高空水汽通量有升有降,多数地区云量明显降低	294
12.2.6	降水年代际振动明显,未来多数地区可能继续增暖	295
12.2.7	河川径流对降水变化敏感,主要江河径流量将趋向于增加	295
12.2.8	华北地区暖干化趋势明显,降水与海表水温密切相关	296
12.2.9	长江流域降水呈增加趋势,防洪防涝形势日趋严峻	297
12.3	应对气候变化影响的对策措施	297
12.3.1	强化水资源规划管理,促进全社会节水防污	297
12.3.2	坚持可持续发展观,充分考虑资源承载力	298
12.3.3	实施科学调蓄调配,提高适应气候变化能力	299
12.3.4	减缓人类活动干预,优化调控气候与环境	300
12.3.5	合理利用大气水资源,增强应对水危机能力	301
12.3.6	考虑气候变化因素,强化对策分析和风险管理	301
12.3.7	加强对气候变化及其影响的基础科学研究	302
	参考文献	303
附录 1	图表目录	305
附录 2	缩略词	312
附录 3	作者信息	314

Climate Change and China's Water Resources

REN Guoyu(editor)

Contents

Preface

Foreword

Chapter 1	Highlights of recent studies on climate change and water resources	1
1.1	Introduction	1
1.2	Climate change and water resources	2
1.3	Major findings from studies abroad	6
1.4	Major findings from domestic studies	11
	References	18
Chapter 2	Climatology of China and the ten large-river basins	21
2.1	Introduction	21
2.2	Precipitation	22
2.3	Air temperature	30
2.4	Evaporation	32
2.5	Dryness index	35
2.6	Other climatic variables	37
2.7	Summary	43
	References	45
Chapter 3	Changes in climate of China and the ten large-river basins	47
3.1	Introduction	47
3.2	Surface air temperature	47
3.3	Precipitation	62
3.4	Evaporation	77
3.5	Summary	88
	References	89
Chapter 4	Changes in climate extremes of China and the ten large-river basins	91
4.1	Precipitation of the past 100 years in eastern China	91
4.2	Floods and droughts of the past 100 years in eastern China	94
4.3	Floods and droughts of the past 50 years in China	96

4.4	Drought events of the past 50 years in the ten large-river basins	100
4.5	Drought events of the past 50 years in southern and northern China	104
4.6	Strong precipitation and heavy rainfall in the past 50 years	108
4.7	Tropical cyclones	108
4.8	Summary	110
	References	111
Chapter 5	Change in soil moisture in China	113
5.1	Introduction	113
5.2	Vertical feature of soil moisture	114
5.3	Temporal and spatial characteristics of soil moisture	120
5.4	Interannual and decadal change of soil moisture	122
5.5	Correlations between soil moisture and regional climate	126
5.6	Summary	135
	References	135
Chapter 6	Changes in upper air moisture and cloud cover in China	137
6.1	Introduction	137
6.2	Total moisture flux and the summer precipitation of eastern China	138
6.3	Change in summer upper air moisture and precipitation	142
6.4	Effects and causes of upper air moisture change	147
6.5	Observed change of cloud cover over China	154
6.6	Summary and discussion	159
	References	160
Chapter 7	Decadal climate variation and its projection for major river basins	162
7.1	Introduction	162
7.2	Data and methods	163
7.3	Major features of precipitation	165
7.4	Analyses and projections of decadal precipitation variation	166
7.5	Major features of air temperature	183
7.6	Correlations between air temperature and SOI	188
7.7	A preliminary estimate of the future precipitation for the ten large-river basins	188
	References	191
Chapter 8	Projection of anthropogenic climate change for major river basins	193
8.1	Introduction	193
8.2	Projection applying AOGCMs	198
8.3	Projection applying RCMs	206
8.4	Projection for climatic extremes	211
8.5	Summary and uncertainty assessment	214
	References	216