

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

流域/区域气候变化影响评估报告丛书

丛书主编：郑国光

China Climate Change Impact Report: Tarim River Basin

塔里木河流域 气候变化影响评估报告

陈亚宁 苏布达 陶辉 赵成义 毛炜峰 主编

资助项目:

中国气象局气候变化专项;

国家重点基础研究发展计划“气候变化对西北干旱区水循环影响机理与水资源安全研究”(No. 2010CB951003);

国家自然科学基金项目(41101023);

国家重点基础研究发展计划项目(973 计划)“气候变化对我国东部季风区陆地水循环与水资源安全的影响及适应对策”(No. 2010CB428401)。

China Climate Change Impact Report: Tarim River Basin

塔里木河流域气候变化影响 评估报告

陈亚宁 苏布达 陶辉 赵成义 毛炜峰 主编

内容简介

全书共分八章,在阐述塔里木河流域气候变化事实的基础上,分析了气候变化对流域水资源、农业、自然生态系统、人体健康、能源、交通、旅游、城市安全等方面的影响、脆弱性和适应性,并提出了适应与减缓对策,为全球气候变化背景下塔里木河流域社会经济的可持续发展提供理论依据和科技支撑。本书是我国关于流域气候变化研究系列评估报告中的一本。

本书可供中央各部委和流域有关机构以及地方政府决策参考,亦可作为气候、气象、水文水资源、生态与环境、社会经济等领域的科研人员及有关大专院校师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

塔里木河流域气候变化影响评估报告/陈亚宁等主编.
—北京:气象出版社,2014.5
(流域/区域气候变化影响评估报告)
ISBN 978-7-5029-5922-7

I. ①塔… II. ①陈… III. ①塔里木河-流域-气候变化-气候影响-研究报告 IV. ①P468.245

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 074093 号

Talimuhe Liuyu Qihou Bianhua Yingxiang Pinggu Baogao

塔里木河流域气候变化影响评估报告

陈亚宁 苏布达 陶辉 赵成义 毛炜峰 主编

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:张锐锐

封面设计:博雅思企划

责任校对:永 通

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:320 千字

版 次:2014 年 5 月第 1 版

定 价:48.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68406961

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:黄润恒

责任技编:吴庭芳

印 张:12

印 次:2014 年 5 月第 1 次印刷

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

科学研究表明,当前全球气候正经历一次以变暖为主要特征的显著变化。政府间气候变化专门委员会(IPCC)2013年公布的第五次评估报告(AR5)指出,1880—2012年间全球平均地表气温升高了 0.85°C ,这是由于人类活动所排放温室气体产生的增温效应造成的,预计到21世纪末全球平均气温将升高 $0.3\sim 4.8^{\circ}\text{C}$ 。由气候变暖引起的一系列气候和环境问题日益突出,将对农业(含林业)、水资源、自然生态系统(草原、湖泊湿地、冰川和冻土)、人类健康和社会经济等产生重大影响,甚至给人类社会带来灾难性后果,已经成为全球可持续发展面临的最严峻挑战之一。因此,人类社会应积极应对气候变化并采取措施减缓气候变化带来的负面效应。

我国幅员辽阔,生态环境脆弱,气候变化对不同地区的生态系统将产生不同的影响。我国不同的区域对气候变化的响应不同,敏感度和适应能力也不同,是遭受气候变化不利影响最为严重的国家之一。妥善应对气候变化,事关我国经济社会发展全局和人民群众切身利益,事关国家根本利益。2008年6月,中共中央政治局将第6次集体学习内容定为“全球气候变化和我国加强应对气候变化能力建设”,胡锦涛总书记强调,必须以对中华民族和全人类长远发展高度负责的精神,充分认识应对气候变化的重要性和紧迫性,坚定不移地走可持续发展道路,采取更加有力的政策措施,全面加强应对气候变化能力建设,为我国和全球可持续发展事业进行不懈努力。他还在讲话中指出,我国正处于全面建设小康社会的关键时期,同时也处于工业化、城镇化加快发展的重要阶段,发展经济和改善民生的任务十分繁重,应对气候变化的任务也十分艰巨,并要求加强气候变化综合影响评估,在经济建设和城乡建设中高度重视气候评价和灾害风险评估,夯实应对气候变化及其风险的工

程基础。为了贯彻落实胡锦涛总书记的重要讲话精神,相继出版了第二次《气候变化国家评估报告》《中国气候与环境演变:2012》等一系列重要的气候变化科学评估报告。而《气候变化国家评估报告》《中国应对气候变化国家方案》《适应气候变化国家战略》等方案的发布和实施,有力地推动了气候变化影响的研究和评估工作。中国气象局于2008年成立了气候变化中心,强化气候变化决策和公共服务职能,并重点加强在区域温室气体监测、气候系统基础数据分析处理、极端天气气候事件分析和气候系统模式研发,以及农业、水资源等关键领域气候变化影响综合评估、决策咨询服务等方面的工作。在地方层面,为了给地方政府应对气候变化方案提供科学支撑,同时为地方政府把气候变化纳入到区域发展规划提供科学支撑,中国气象局气候变化中心在全国范围组织了流域/区域气候变化影响评估系列报告的编写,在不同的气候变化响应的区域和流域上,探索研究中国的气候变化及其影响所具有的区域特征,以及气候变化对自然和社会经济系统的影响、脆弱性和适应性;发展区域尺度上气候变化影响评估的理论、方法和技术。

《流域/区域气候变化影响评估报告》系列丛书的出版,适逢IPCC第五次评估报告进入IPCC全会批准阶段,IPCC第五次评估第一工作组报告已于2013年9月正式出版,而第二和第三工作组报告于2014年3月和4月正式出版。丛书中富有区域特色的气候变化影响事实与适应对策论述,将为全球尺度的气候变化影响评估工作提供有益参考。这项研究成果的出版,得益于2009年中国气象局气候变化专项的特别资助,同时还要感谢参加编写的所有作者和参与此项工作的评审专家和相关工作人员。

中国气象局局长

郑国光

前言

全球气候变化过去对人类而言还比较陌生,而它现在却成了全社会的热门话题。这种变化深刻影响着人类生存和发展,是世界各国共同面临的重大挑战。科学研究表明,近百年来全球气候正经历显著的变化并带来巨大的影响,人类也切身体会到了气候变化的影响,开始了一场应对气候变化的全球大行动。在这种大背景下,自 2008 年起,中国气象局组织了对中国 8 个不同气候敏感区的气候变化综合影响评估,为国家和各敏感地区提供应对及减缓气候变化的依据。本评估报告是针对西北干旱区典型内陆河的塔里木河流域编写。

塔里木河流域是中国最大的内陆河流域,它是环塔里木盆地的阿克苏河、喀什噶尔河、叶尔羌河、和田河、开都河—孔雀河、迪那河、渭干河与库车河小河、克里雅河以及车尔臣河等九大水系 144 条河流的总称。流域地处欧亚大陆的中心,北依天山山脉,南靠昆仑山和阿尔金山,西邻帕米尔高原和喀拉昆仑山,东至库木塔格沙漠,地势西高东低。流域内分布有南疆阿克苏地区、喀什地区、和田地区、克孜勒苏柯尔克孜自治州和巴音郭楞蒙古自治州 5 地州的 42 个县市,新疆生产建设兵团 4 个师的 56 个团场,另外,还包括部分国外产流区面积,总面积 102 万 km^2 ,约占新疆国土面积的 61.27%,流域中部的塔克拉玛干大沙漠,面积达 33 万 km^2 ,是世界第二大沙漠,山前平原和绿洲约 20 万 km^2 。受全球及区域尺度气候变化影响,塔里木河流域经济社会已表现出高度的敏感性,对气候变化的脆弱性加剧。本项评估将为塔里木河流域应对气候变化工作提供科学基础,是区域自然环境及经济社会可持续发展的迫切要求,对协调区域经济发展、社会进步和环境保护三者之间的关系具有指导性作用。

参照 IPCC 第五次评估报告的编写程序和方法,《塔里木河流域气候变化影响评估报告》从塔里木河流域气候变化的基本事实与可能原因出发,预估塔里木河流域未来的气候变化,为气候变化影响、适应和减缓对策研究提供科学依据。该报告的编制以详实的数据,对气候变化对水资源、农业、能源、人体健康等方面影响做出区域分析并提出对策与评价,着眼于未来气候变化趋势及可能影响,进而在加强适应气候变化的基础能力、气候变化科技创新能力、法律法规体系建设和建立完善机构和组织管理体系、加强

人力资源开发和人才的培养、提高公众应对气候变化的意识、加强中外的交流与合作等几个方面提出应对气候变化对策建议。

报告是在中国气象局气候变化研究 2009 年专项经费和国家重点基础研究发展计划经费共同支持下,由国家气候中心姜彤研究员组织,经过中国科学院新疆生态与地理研究所、中国科学院南京地理与湖泊研究所、国家气候中心、新疆维吾尔自治区气候中心、阿克苏水文水资源勘测局、南京信息工程大学等单位 10 余位长期从事新疆塔里木河流域气候和水文研究的学者历时三年多的时间共同完成。

报告共分 8 章,主要内容包括塔里木河流域气候变化的观测事实,气候变化对塔里木河流域水资源、农业、自然生态系统、能源与社会经济、人体健康与人居环境的影响和适应性,气候变化影响适应性措施的综合评估以及应对气候变化的减缓对策。各章编写人员如下:

- 前 言 陈亚宁(中国科学院新疆生态与地理研究所) 苏布达(国家气候中心)
黄金龙(南京信息工程大学)
- 报告提要 苏布达(国家气候中心) 姜 彤(国家气候中心)
黄金龙(南京信息工程大学) 陶 辉(中国科学院南京地理与湖泊研究所)
- 第 一 章 陶 辉(中国科学院南京地理与湖泊研究所)
毛炜峰 赵逸舟 陈鹏翔(新疆维吾尔自治区气候中心)
黄金龙 朱娴韵(南京信息工程大学)
- 第 二 章 陶 辉(中国科学院南京地理与湖泊研究所) 苏布达(国家气候中心)
王顺德 王彦国(阿克苏水文水资源勘测局) 高 蓓(南京信息工程大学)
- 第 三 章 陈亚宁 黎 枫(中国科学院新疆生态与地理研究所)
- 第 四 章 陈亚宁 周洪华(中国科学院新疆生态与地理研究所)
- 第 五 章 赵成义 施枫芝(中国科学院新疆生态与地理研究所)
- 第 六 章 毛炜峰(新疆维吾尔自治区气候中心)
- 第 七 章 陈亚宁 黄 湘 杨玉海 陈忠升(中国科学院新疆生态与地理研究所)
- 第 八 章 毛炜峰(新疆维吾尔自治区气候中心) 苏布达 翟建青(国家气候中心)

报告在编写和出版期间,得到了中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所、中国科学院新疆生态与地理研究所、中国科学院南京地理与湖泊研究所、新疆维吾尔自治区气候中心、阿克苏水文水资源勘测局、南京信息工程大学、塔里木河流域管理局等诸多单位的帮助和支持,国家气候中心罗勇研究员在项目协调、规划和组织等方给予了大力支持;国家气候中心的许红梅、翟建青、李修仓以及德国专家 Marco Gemmer 给予了帮助,中国科学院水生生物研究所蔡庆华研究员为本报告提出了宝贵建议,在此一并表示感谢。

气候变化影响涉及面广,涉及塔里木河流域各个行业和部门。而目前中外有关塔里木河流域气候变化影响研究比较薄弱,积累较少。本书尚有许多不足之处,恳请广大读者批评指正,以便在后续研究和报告中加以改进。

报告提要

塔里木河流域是中国最大的内陆河流域,它是环塔里木盆地的阿克苏河、喀什噶尔河、叶尔羌河、和田河、开都河—孔雀河、迪那河、渭干河与库车河小河、克里雅河以及车尔臣河等九大水系 144 条河流的总称,流域总面积 102 万 km^2 (中国境内流域面积 99.6 万 km^2),其中山地占 47%,平原区占 20%,沙漠面积占 33%。流域涵盖南疆阿克苏地区、喀什地区、和田地区、克孜勒苏柯尔克孜自治州和巴音郭楞蒙古自治州等 5 地州行政区域共 42 个县市和兵团农一师、农二师、农三师、和田农垦管理局共 56 个农垦团场,是以维吾尔族为主体的多民族聚居区。据 2008 年统计,流域总人口为 926 万人,其中少数民族 781 万人,约占总人口的 85%,流域内现有灌溉面积近 169 万 hm^2 。塔里木河流域内土地资源、光热资源和石油天然气资源十分丰富,是中国重要的棉花生产、石油化工基地和 21 世纪能源战略储备区。20 世纪 90 年代以来,随着塔里木盆地石油和天然气勘探开发、国家商品棉基地建设、南疆铁路线开通,特别是国家西部大开发战略的实施,推动了流域生态环境的改善、流域经济的腾飞和社会的发展。塔里木河流域水资源开发利用和生态环境保护,不仅关系到流域自身的生存和发展、民族团结、社会安定、国防稳固的大局,也关系到西部大开发战略的顺利实施,战略地位十分重要。因此,在全球气候变化背景下,开展气候变化影响评估具有十分重要的现实意义。

一、1961—2010 年塔里木河流域的气温始终是波动上升的,到 21 世纪初气温达到了最高值,四季气温上升都很明显。近几十年来,流域降水量明显增大,其中夏季降水量增大最为明显。

自 1861 年有仪器观测记录以来,全球地表气温持续上升。20 世纪的上升幅度超过 0.6°C 。在这种气候变化格局下,全球各区域表现出不同的响应特征。塔里木河流域地

域辽阔、地形复杂,各地变暖程度不完全相同。流域内平均气温在 1961—2010 年总体上是上升的,且 20 世纪 90 年代后上升趋势更趋明显,这和全球变暖的趋势一致。而塔里木河流域平均气温 1961—2010 年上升了 $0.8\sim 1.5^{\circ}\text{C}$,几乎是全球近百年增幅的两倍。20 世纪 60 年代以来,流域的气温始终是波动上升的,到 21 世纪初气温达到了最高值,比 20 世纪 60 年代平均气温高出 1°C ,线性倾向率为 $0.28^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。从季节尺度来看,四季气温上升都很明显,且以冬季温度上升最为明显。

受全球气候变化以及中纬度西风环流带来的水汽影响,近几十年来,塔里木河流域降水量明显增大。21 世纪初(2001—2010 年)流域降水量平均值与 20 世纪 60 年代平均值相比,增加了近 33%,对于降水相对稀少的塔里木河流域,降水变化必然对流域水资源产生深刻影响。从季节尺度来看,夏季降水量增大明显。全球气候模式预估结果表明,2011—2050 年塔里木河流域气温在 A1B、B1 和 A2 三种排放情景下均呈上升趋势。区域气候模式极端气候变化表明,RCP4.5 情景下 2011—2040 年流域的极端气候事件(特别是暖事件)可能有增加趋势,流域极端气温事件的强度也在加强,未来流域中部的干旱可能更严重,而流域边缘区域将变得湿润。

二、气候变化对塔里木河流域水资源、农业生产、自然生态系统以及社会经济等方面产生了一定的影响。气候变化影响评估将为应对和减缓气候变化所带来的影响提供科学依据。

对水资源的影响。受全球气候变化影响,塔里木河流域出现了明显的由暖干向暖湿转型的趋势,水汽净输入量 1961—2008 年有逐年增大的趋势,由于地理位置分布和气候条件等因素的制约,流域内干旱的气候环境并不会因为短期的降水增多而发生质的变化。径流量变化趋势表明,源流区出山口径流量除和田河年径流量总体略微减少外,其他河流均呈增加趋势,其中阿克苏河年径流量增幅最为明显,而降水增多最显著的地方也在天山南坡,两者存在一致性,表明塔里木河流域降水量变化对径流量变化有显著影响。受气温的影响,塔里木河流域量算的冰川既有退缩的,也有处于前进状态的,其中退缩的冰川数量占量算冰川数量的比重较大。

对农业生产的影响。受气候变化、政策及社会经济等因素影响,近年来谷类作物种植面积较 1990 年有所减小,其中水稻种植面积减少幅度较大,5 地州中巴州和阿克苏地区减少幅度较大,和田地区略有增加。由于塔里木河流域小麦种植区之一的阿克苏地区小麦种植面积的大幅减少,整个流域小麦种植面积有所减少。塔里木河流域玉米种植面积变化不大,各地州种植面积有增有减。统计结果显示,流域经济作物中棉花种植面积增加幅度较大。从粮食产量看,塔里木河流域主要作物产量基本呈现增加趋势。尽管谷类种植面积有所减少,但是 2008 年 5 地州和整个流域谷类总产量较 1990 年还是

有所增加。水稻、小麦和玉米三种主要粮食作物产量也不同程度增加。以棉花为主要代表的经济作物产量在 2008 年则较 1990 年明显增加,从 1990 年的 219706 t 增加到 2008 年的 1149009 t。受油料作物种植面积减少的影响,油料作物产量有所减少。此外,气候变化对农业生产的影响还表现在对作物生育进程、生理生态以及农业病虫害等方面的影响。

对自然生态系统的影响。由于受全球气候变化而导致的温度胁迫、水分胁迫以及物候变化影响,塔里木河流域森林生态系统受影响主要表现在山地森林生态系统的耐寒性树种如云杉、圆柏等将逐渐退化,或被一些中山带或低山带建群树种取代,同时随着气候变暖导致的干旱加剧,胡杨等流域森林生态系统建群种将逐渐衰退,被更为耐旱的怪柳等灌丛所取代,进而逐渐向荒漠生态系统转变。草地生态系统表现为天然草地退化严重,部分地区天然草地正在向裸地和沙地演变,塔里木河下游英苏以下地区,草地严重退化,已失去放牧的利用价值。对水域生态系统的影响表现为湖泊、湿地等水位、面积的变化以及动植物种类和数量的急剧减少。对荒漠生态系统的影响则可以概括为“两扩大”和“四缩小”,即绿洲与沙漠同时扩大,而处于两者之间的天然林地、草地、野生动物栖息地和水域缩小,即沙漠与绿洲之间的过渡带在缩小。

对能源、社会经济的影响。随着平均气温的上升,尤其是冬季,塔里木河流域冬半年“供暖度日”呈现减小的趋势,所需能耗(煤热)减少;夏半年“制冷度日”出现上升趋势,能耗(电能)增多。未来 60 年塔里木河流域最高和最低气温总体变化依然表现出升高趋势,其中夏季升温幅度最大,势必会继续增加流域机械制冷的电力消耗,对保障电力供应带来更大压力。在塔里木河流域,沙尘暴、极端降水等是影响交通的重要因素。未来全球气候变化所导致的气温升高、降水时空分布变化、暴雨强度和频率加大、地质灾害频发、洪涝干旱极端事件增多等都将对塔里木河流域基础设施建设、功能及运行带来严重影响。

三、塔里木河流域对气候变化影响的适应性措施主要集中在水资源、农业、自然生态系统、能源、社会经济和人体健康等领域。

水资源对气候变化的适应性对策。基于人水和谐原则,防治水旱灾害,加强节水高效利用,强化需水管理、控制水资源消费,积极开发流域空中水资源,实施流域综合管理;同时完善政策、法规,加强水资源综合管理,增强公众意识与管理水平。

农业对气候变化的适应性对策。根据气候变化,调整农业结构和布局,避开或减轻不利作用影响;同时,还要重视对有利作用的利用。加强建设、改造农业排灌工程设施,合理灌溉、排水,防止土壤盐碱化,同时推广灌溉、施肥、病虫害防治、先进耕作制度等新技术。

荒漠河岸林生态系统对气候变化的适应性对策。在加强生物多样性监测的基础

上,对重要农业野生物种采取非原生境保护、种子库保护等措施;加强对外来入侵生物的监控、研究,防止其对生态环境产生大的影响。加强引进、驯化、选择、培育适合于不同气候、土壤和生态环境的植物品种,利用人工辅助手段或措施恢复荒漠河岸林生态系统,以提高抗御不良环境影响的能力。

能源、社会经济对气候变化的适应性对策。对于气候变化带来的能源需求和碳排放等引起的能源安全以及气候变暖背景下的极端气候事件发生的增加,需调整能源结构与供需方案,发展绿色能源、加强极端气候事件预警,构建安全节能的交通系统;同时要全面考虑全球气候变化可能产生的影响,完善旅游规划与景区管理,保护自然旅游资源、加强城市防灾、减灾能力,健全城市法律、法规,提高基础设施设计标准,制定、储备气候灾害应急方案。

人体健康对气候变化的适应性对策。在气候变化的背景下,积极开展气候变化与人体健康的相关研究,推进卫生、气象等多部门跨领域的合作。建立和完善气候变化对人体健康影响的监测、预警,降低因气候变化导致的对人体健康的危害。强化敏感区域的综合应对措施,加强对疾病流行区与非流行区交界处的监测,预防疾病流行范围的扩大;加强对脆弱区域及脆弱人群的监测,对特殊人群采取有效的保护措施。

四、塔里木河流域应对气候变化的减缓对策

在气候变化的背景下,应对气候变化的工作对既定的发展模式、能源结构、能源技术创新、森林资源保护和发展、农业、水资源开发和保护、防灾减灾能力提出了挑战。根据塔里木河流域自身的特点,减缓气候变化对策主要有以下几点。

贯彻科学发展观,转变经济增长方式。加快发展方式转变,注重高起点、高水平、高效益,把区域经济发展与资源节约、环境保护、控制温室气体排放有机结合起来。加快推进新型工业化,大力发展节能环保、新能源等战略性新兴产业。

加强减缓气候变化的法律、法规建设,依法推进应对气候变化工作。依法加强对重点用能单位能源利用状况的监督检查,加强对高耗能行业及政府办公建筑和大型公共建筑等公共设施用能情况的监督;加强对产品能效标准、建筑节能设计标准和行业设计规范执行情况的检查。

推动减缓温室气体排放等技术开发和推广。加大能源生产和转换先进适用技术开发和推广力度,强化重点行业的节能技术开发和推广,加大低碳农业技术开发和推广力度;研究与开发森林病虫害防治和森林防火技术,开发和利用生物多样性保护及恢复技术,特别是森林和野生动物类型自然保护区、湿地保护与修复、濒危野生动植物物种保护等相关技术;加大水资源配置、综合节水技术的研发与推广;推进气候变化重点领域的科学研究与技术开发。

推动清洁发展机制(CDM)项目开发。鼓励符合条件的企业参与 CDM 项目合作(如风电、光伏发电等),改善流域环境和能源结构,促进技术进步,实现经济社会的可持续发展。

加强宣传教育,提高公众意识,鼓励和倡导低碳生活方式,倡导节约用电、用水,增强垃圾循环利用和垃圾分类的自觉意识等;建立公众和企业界参与的激励机制,发挥企业参与和公众监督的作用。

目 录

序言

前言

报告提要

第一章 塔里木河流域气候变化与情景预估	1
引言	1
第一节 气候基本特征	2
第二节 观测到的气候变化	3
第三节 极端气候变化	8
第四节 气候变化情景预估	17
小结	25
参考文献	26
第二章 气候变化对塔里木河流域水资源的影响和适应对策	28
引言	28
第一节 水资源概况	29
第二节 气候变化对水资源的影响	33
第三节 未来水资源变化趋势	51
第四节 应对气候变化的适应性对策	53
小结	54
参考文献	55
第三章 气候变化对塔里木河流域农业生产的影响和适应对策	57
引言	57
第一节 农业生产现状	57
第二节 气候变化对流域农业生产的影响	66
第三节 气候变化背景下农业生产脆弱性分析	77
第四节 应对气候变化的适应性对策	82

小结	84
参考文献	84
第四章 气候变化对塔里木河流域自然生态系统的影响与适应对策	87
引言	87
第一节 自然生态系统概况	87
第二节 气候变化对自然生态系统的影响	96
第三节 气候变化背景下自然生态系统脆弱性分析	109
第四节 应对气候变化的适应性对策	112
小结	115
参考文献	116
第五章 气候变化对塔里木河流域能源、社会经济的影响和适应对策	120
引言	120
第一节 概况	120
第二节 气候变化对能源的影响	123
第三节 气候变化对社会经济的影响	125
第四节 应对气候变化的适应对策	128
小结	131
参考文献	132
第六章 气候变化对塔里木河流域人体健康与人居环境的影响和适应性	134
引言	134
第一节 人体健康	135
第二节 人居环境	140
小结	141
参考文献	142
第七章 塔里木河流域气候变化适应性措施的综合评估	143
引言	143
第一节 气候变化的适应性及评估方法	144
第二节 气候变化的主要适应性措施及效果评估	149
第三节 气候变化影响适应性措施案例分析	151
小结	156
参考文献	157
第八章 塔里木河流域减缓气候变化的措施	159
引言	159
第一节 与气候变化相关的基本情况	159
第二节 应对气候变化的努力与挑战	163
第三节 应对气候变化的减缓对策	167
小结	172
参考文献	173

CONTENTS

Foreword

Preface

Executive Summary

Chapter 1 Observed and Projected Trends of Climate Change in

the Tarim River Basin 1

Introduction 1

1 Basic Climate Characteristics 2

2 Observed Trends of Climate Change 3

3 Changes of Extreme Climate 8

4 Projected Trends of Climate Change 17

Concluding Remarks 25

References 26

Chapter 2 Impacts of Climate Change on Water Resources in the Tarim River Basin

and Adaptation Measures 28

Introduction 28

1 Overview of Water Resources 29

2 Impacts of Climate Change on Water Resources 33

3 Impacts of Future Climate Change on Water Resources 51

4 Adaptation Measures to Climate Change 53

Concluding Remarks 54

References 55

Chapter 3 Impacts of Climate Change on Agriculture in the Tarim River Basin and

Adaptation Measures 57

Introduction 57

1 Overview of Agricultural Production	57
2 Impacts of Climate Change on Agricultural Production	66
3 Vulnerability Analysis of Agricultural Production	77
4 Adaptation Measures to Climate Change	82
Concluding Remarks	84
References	84
Chapter 4 Impacts of Climate Change on Natural Ecosystems in the Tarim River	
Basin and Adaptation Measures	87
Introduction	87
1 Overview of Natural Ecosystems	87
2 Impacts of Climate Change on Natural Ecosystems	96
3 Vulnerability Analysis of Natural Ecosystems	109
4 Adaptation Measures to Climate Change	112
Concluding Remarks	115
References	116
Chapter 5 Impacts of Climate Change on Energy and Social Economy in the Tarim	
River Basin and Adaptation Measures	120
Introduction	120
1 Overview of Energy and Social Economy	120
2 Impacts of Climate Change on Energy	123
3 Impacts of Climate Change on Social Economy	125
4 Adaptation Measures to Climate Change	128
Concluding Remarks	131
References	132
Chapter 6 Impacts of Climate Change on Human Health and Human Settlement	
in the Tarim River Basin and Adaptation Measures	134
Introduction	134
1 Human Health	135
2 Human Settlement	140
Concluding Remarks	141
References	142
Chapter 7 Comprehensive Assessment of Adaptation Measures to Climate Change	
Impacts in the Tarim River Basin	143
Introduction	143
1 Adaptation to Climate Change and Assessment Methods	144
2 Major Adaptation Measures to Climate Change and Effect Evaluation	149
3 Cases of Adaptation Measures to Climate Change	151

Concluding Remarks 156

References 157

Chapter 8 Mitigation Measures to Climate Change in the Tarim River Basin 159

Introduction 159

1 Basic Situation Related to Climate Change 159

2 Efforts and Challenges to Climate Change 163

3 Mitigation Measures to Climate Change 167

Concluding Remarks 172

References 173