

新疆

气候变化
及短期气候预测
研究

XINJIANG QIHOU BIANHUA
JI DUANQI QIHOU YUCE
YANJIU

● 张家宝 史玉光 等著

47

气象出版社

新疆 气候变化 及短期气候预测 研究

● 张家宝 史玉光 等著



内 容 简 介

本书对新疆气候变化及其对水资源、生态环境、农业等的影响以及短期气候预测的最新研究成果作了全面系统的总结与概括。主要包括:新疆气候变化;新疆气候变化对水资源、环境和农业的影响;新疆主要气候灾害及天气灾害的气候特征;新疆短期气候预测基本问题;新一代短期气候预测综合业务系统。主要特点是:资料丰富,基础扎实;与时俱进,开拓创新;着眼应用,重在效益;立足新疆,放眼全球。

本书可供广大气象科技工作者以及与气候有关的水文、水利、生态环境、地理、农业等研究、教学、管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

新疆气候变化及短期气候预测研究/张家宝等著. —北京:气象出版社,2002.7

ISBN 7-5029-3413-8

I. 新… II. 张… III. ①气候变化—研究—新疆 ②长期天气预报—研究—新疆
IV. P45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 044374 号

新疆气候变化及短期气候预测研究

张家宝 史玉光 等著

责任编辑:陈晓梅 王凤梅 张淑萍 终审:陆同文

封面设计:王向华 王洋 刘扬 责任技编:王丽梅 责任校对:王丽梅

*

气象出版社 出版

(北京市海淀区中关村南大街 46 号 邮政编码:100081)

北京奥隆印刷厂印刷

*

新华书店总店北京发行所发行 全国各地新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:17.75 插页:1 字数:454 千字

2002 年 7 月第一版 2002 年 7 月第一次印刷

印数:1—1000 定价:40.00 元

序

随着社会、经济和科技的发展以及人民物质、文化生活水平的提高,气候变化及其对人类生存环境和社会发展的影响,特别是 20 世纪由于“温室效应”导致的全球变暖以及极端天气、气候事件的频繁发生等现象,已越来越引起当今科学家、社会公众和各国政府的关注和重视。对于全球气候变暖及其成因,“政府间气候变化专门委员会”(IPCC)第三次评估报告(2001 年)认为,我们正面临着一个变暖的世界,全球气候系统正发生着变化。1860~2000 年期间,全球地表温度增加 $0.4 \sim 0.8^{\circ}\text{C}$,平均 0.6°C ,20 世纪是近 1000 年来温度增加最高的一个世纪,而 20 世纪 80 和 90 年代为仪器观测时期以来温度最高的 20 年。报告还认为,过去 50 年的增暖主要是人类活动造成的。对未来气候变化的预测还存在许多不确定性,特别是对全球变化的时间尺度和区域分布特征尚未有确切了解和定论,气候变化对社会经济和可持续发展的影响等问题还难以回答得很清楚。其中区域气候变化既是全球气候变化的具体表现,又包含着许多局地变化的特点,对区域气候变化的未来预测同样存在相当大的不确定性。要解决上述科学问题,还需要更多更深入的研究和广大科学家的努力。我国的科技工作者既要瞄准国际气候变化研究领域的前沿课题,也要在区域气候变化领域做出自己应有的贡献。

新疆维吾尔自治区位于我国西北部,面积 166 万 km^2 ,占我国国土面积的 $1/6$ 以上。由于深居欧亚大陆腹地,新疆的气候以大陆性干旱气候为主要特征,复杂的地理结构和下垫面条件,造成了许多独特的天气和气候现象,如暴风雪、干旱、洪水、沙尘暴天气等。新疆的地形由三山(昆仑山、天山和阿尔泰山)夹两盆(塔里木盆地和准噶尔盆地)组成,受西风带的影响,在高山区形成了丰富的冰雪水资源,水资源在转化过程中还产生了独特的绿洲与沙漠气候效应等,可以说,新疆具有极其丰富的气候资源,同时该区的地质矿产资源和生物资源也居我国前列,对区域发展起了关键作用。在当前实施西部大开发的时候,研究新疆的气候变化具有重要的现实意义。

《新疆气候变化及短期气候预测研究》专著,在总结过去气候研究工作的基础上,分析了新疆气候变化及其对环境的影响,统计了新疆的气象和气候灾害并研究了气候预测的一些基本问题。该专著还归纳了新疆地区天气和气候变化、气象灾害的一些新现象和新事实,并对其形成原因、物理机制和预测方法等进行了探讨。这些工作对区域气候变化研究以及西部大开发,尤其是对新疆的资源开发和

生态环境建设起到了重要作用。张家宝教授等一批老专家在新疆具有多年丰富的工作经验和深厚的研究基础,本书作为研究课题总结,是一项很好的阶段性研究成果,对新疆的科学技术发展做出了重要贡献。此书出版,值得庆贺,也值得广大年轻的气象科技工作者学习。

气候变化是一个十分复杂的科学问题,引起气候变化的原因很多,中国西部气候变化的研究有许多科学问题需要进一步探讨。希望新疆的气象科技工作者继续跟踪国际大气科学研究的前沿,根据西部大开发和环境建设的需求,拓展领域,勇于创新,在基础理论和应用技术的研究和推广以及气候变化成因与预测方面不断创新,解放思想,与时俱进,不断提高科学研究水平和应用技术的能力,为大气科学事业发展和新疆的社会经济建设做出更大的贡献。

中国气象局 局长
国家气候委员会 主任

秦大河

2002年5月 于北京

前 言

气候问题日益成为人类社会可持续发展的一个重大问题,现代气候科学已走向世界科学的前沿。原国务委员兼国家科委主任宋健院士指出:“中华民族的发展和进步面临着人口膨胀、资源短缺和环境恶化这三大问题的严重挑战。……这三大问题的解决都与气候条件有关。……研究各种尺度的中长期气候的变化规律,深刻了解全球气候、东亚气候、中国气候、各地的局部气候变化规律,对中华民族的发展和建设具有重大的指导意义”。(中国科学技术蓝皮书,第5号,气候,第1页,国家科学技术委员会,1990年)。科技部部长徐冠华强调指出:“全球气候变化是当前世界面临的一个很重要的问题,不仅仅是科学技术问题,而且是一个经济问题、政治问题,涉及到人类的生存与发展”。(中国气象报,2002年3月11日,1版)。因此,研究和探索不同时间尺度的新疆气候变化规律势在必行,刻不容缓。

中央提出加强生态环境保护和建设是贯彻实施西部大开发战略的根本和切入点,并要求新疆在5~10年内基本实现计划目标。新疆的水资源正处于生态环境系统的核心地位,开展新疆气候及其变化对生态环境特别是水资源影响研究,是拓展气象活动领域、贯彻实施可持续发展战略和西部大开发战略的迫切需要。

新疆维吾尔自治区实施以棉花和石油为重点的优势资源转化发展战略,而气候变化特别是春季水旱、夏季洪涝、夏秋季低温冷害等“三大气候灾害”以及其它重大气象灾害对棉花生产过程、产量、品质以至价格都有严重影响,开展新疆气候变化对棉花生产等比较深入、系统的研究和“三大气候灾害”的预测研究以及研制新一代的短期气候预测综合业务系统,是非常适应新疆维吾尔自治区领导和有关部门的迫切需求,是一个真正面向社会、长入经济的重要研究项目。

依上所述,1998年8月,由项目承担单位新疆维吾尔自治区气象局气象业务中心、气象科学研究所(现名新疆维吾尔自治区环境气象中心、中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所)与项目委托单位自治区科委(现名科技厅)正式签订《新疆气候变化及短期气候预测综合系统研究》项目合同书,列为新疆维吾尔自治区“九五”科技攻关和重点科技项目(编号:980103002)。2001年12月,该项目通过新疆维吾尔自治区科技厅组织的课题验收组验收。

本书主要是在该项目研究成果(80余篇论文和技术报告)的基础上,参考和吸收了有关科研成果,经过外延、加工、提炼、升华而成,是对新疆气候、气候变化及其对水资源、生态环境、农业(主要是棉花、玉米)的影响以及短期气候预测研究最新成果全面系统的总结与概括,是新疆气象科技进步中又一个新的标志。该书的主要特点是:

1. 资料丰富,基础扎实

本书汇集的研究成果应用了新疆90个气象站、20多个水文站最新整编的完整系统的资料,其中还有2个国内外绝无仅有的塔克拉玛干大沙漠腹地的气象站实测资料,以及中国气象局整编的历年及多年平均天气图资料及其加工信息,1000多个树木年轮样本和有关冰川、海表温度、卫星遥感资料等。另外,还有先后两次去塔里木河中下游进行实地考察和棉花、玉米田间试验所获得的丰富的第一手资料。

2. 与时俱进,开拓创新

江泽民总书记在中国共产党建党 80 周年庆祝大会上,提出科学理论的品质是“与时俱进”的著名论断;1998 年 2 月 14 日在北京指出:“创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力”。显然,与时俱进,开拓创新是搞研究、写专著的灵魂和精髓。要敢于和善于应用新资料、新方法;揭示新现象、新事实;开拓新方向、新领域;提出新理论、新观点。本书内容就是在全面系统地总结和继承 40 余年相关科研成果的基础上,始终瞄准、分析、追踪国内外在该领域的发展趋势和动态,以勤奋、严谨、求实、创新的治学精神,集中力量攻克难点,在以下几个方面实现了技术创新:

(1)提出现代气候观新概念,并深刻地阐述了其科学内涵,这在国内外尚属首次。

(2)开拓出年轮气候学研究新的生长点。

(3)比较深入地揭示了干旱气候及其变化对区域生态环境、水资源以及棉花、玉米生产的影响和作用,展示了现代气候学研究向气候系统和生态环境系统拓展的新成果。

(4)揭示出新疆近百年、近 40 年气候变化和干旱、洪水、低温冷害、雪暴、沙尘暴及持续性浮尘天气、大风、冰雹及降雹云团、雷暴与闪电、雾等气象灾害以及高空气候学、遥感气候学的若干新现象、新事实,并对近 40 年气候变化和春季干旱、夏季洪涝、夏秋季低温冷害的形成原因、物理机制和短期气候预测进行了新的探索。

(5)全面介绍了自己研制的 2000 新一代《短期气候预测综合业务系统》。该系统功能强、整体技术水平先进,具有集成性、实用性、适应性、扩展性等特点。

3. 着眼应用,重在效益

写入本书的部分内容已经通过应用实践的检验,证明是成熟的或者比较成熟的,有的并已产生显著效益。

(1)边研究,边行动,边应用,紧贴西部大开发战略,积极主动地投入加强生态环境保护和建设工程项目的前期调研,以《塔里木河流域综合治理工程》项目为突破口,参与实地考察进行分析研究,撰写系列性技术报告,在人大联名提出相关议案,参加编制综合治理工程规划工作,从气象角度提出规划的科学依据和防治气候灾害与风沙灾害的对策建议,为新疆维吾尔自治区争取到国家“十五”投入塔河治理资金 107 亿元做出一定贡献。

(2)把关于“三大气候灾害”及其它气象灾害的研究成果和研制的 2000 新一代《短期气候预测综合业务系统》及时地准业务化和业务化,形成实际的新的业务能力,显著地提高了短期气候预测准确率,并投入决策气象服务的实践,为防御“三大气候灾害”和减少气象灾害造成的损失做出了重要贡献,为新疆维吾尔自治区连续夺得农牧业丰收年,特别是为棉花的高产、优质以及调整棉花种植区划“功不可没”,受到新疆维吾尔自治区领导、政府有关部门和气象局的好评。

(3)通过召开相关学科的研讨会、举办讲座等形式,进行科研成果交流和宣传,并提出有关的对策建议,及时向新疆维吾尔自治区领导和有关部门通报,受到广泛赞誉与欢迎。

我们相信通过本书的出版发行,书中的内容将会得到进一步的推广应用,从而促进和推动现代气候科学的发展和进步,提高气象部门气候服务的能力和水平,主动积极地面向社会、面向经济、面向环境,参与和介入相关项目,产生更为显著的社会、经济、环境效益。

4. 立足新疆,放眼全球

现代气候学研究表明:气候变化具有全球性,区域气候变化与全球气候变化相互联系、相互作用;短期气候预测的实质是对短期气候过程演变(变化)规律的认识、掌握和应用。应该指出,本书虽然主要是阐述新疆(区域)气候变化规律,比较充分地揭示了新疆(区域)气候变化的

特殊性(个性)和应用这些特殊规律的方法、手段和途径。但它具有全球气候变化规律的普遍性(共性)一面,即它是在全球气候变化的理论和方法的指导下取得的研究成果,又对进一步认识、掌握和应用全球(特别是干旱气候区)气候变化规律起到促进和深化的作用,而且有些成果的本身(如前所述的若干创新点)就具有普遍性意义。正如毛泽东在《矛盾论》中所说:“共性,是绝对性。然而这种共性,即包含于一切个性之中,无个性即无共性”。(毛泽东选集,第一卷,第319~320页,人民出版社,1991年6月)。

本书是新疆维吾尔自治区980103002项目研究成果的结晶。该项目研究,始终得到新疆维吾尔自治区气象局、科技厅、中国气象局科教司的亲切关怀、大力支持、热情指导和有效帮助;参加该项目研究的有近50人,他们分属近20个单位,除项目承担单位外,还有中国科学院新疆生态与地理所、地理科学与资源研究所、环境与工程研究所、中国气象科学研究院、北京大学地球物理系、新疆维吾尔自治区水文资源局等单位,这些单位都给予了大力支持和协助;本书的出版又得到中国气象局局长秦大河博士和气象出版社的鼎力相助。在此我们一并致以衷心的感谢!

参加本书各章撰写的同志有:第一章,张家宝、季元中(§1.3);第二章,袁玉江、南庆红(§2.6);第三章,何清、袁玉江(§3.1)、张家宝(3.2.1)、季元中(3.2.3;§3.5)、李新建(§3.3);第四章,陈洪武、王旭和马禹(§4.4;§4.5;§4.6);第五章,史玉光、张家宝(§5.1)、杨舵和王淑民(5.2.1)、杨青(5.2.2;5.2.3;5.2.4)、陈洪武(§5.3;§5.7)、季元中(§5.5)、胡烈群(§5.6);第六章,杨青。张家宝、季元中负责全书的统稿、审订。

本书若有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

《新疆气候变化及短期气候预测研究》

项目负责人:张家宝 史玉光

2002年4月于乌鲁木齐

目 录

序

前言

第一章 引论	(1)
§ 1.1 论现代气候观	(1)
1.1.1 气候系统观	(1)
1.1.2 气候资源观	(2)
1.1.3 气候环境观	(2)
1.1.4 气候变化观	(3)
1.1.5 气候层次观	(3)
§ 1.2 新疆气候问题	(4)
1.2.1 新疆近百年、40 年气候变化及其对水资源、生态环境和棉花生产的影响 研究	(5)
1.2.2 新疆春季水旱、夏季洪涝、夏秋季低温冷害的气候趋势短期预测研究	(5)
1.2.3 现代短期气候预测业务系统的开发研制	(6)
§ 1.3 新疆气候变化研究的回顾	(6)
1.3.1 地质时期的气候变化	(7)
1.3.2 历史时期的气候变化	(7)
1.3.3 现代气候变化	(8)
§ 1.4 新疆短期气候预测研究的回顾	(9)
1.4.1 大气环流变化及其与新疆天气气候的关系	(9)
1.4.2 新疆冬、春季水旱以及北疆前冬冷暖长期天气过程的分析	(10)
1.4.3 北半球月平均加热场及其在长期天气预报中的应用	(12)
1.4.4 海气相互作用、地形影响、低频振荡过程以及在短期气候预测中的 应用	(13)
1.4.5 新疆短期气候预测方法的应用研究	(16)
参考文献	(17)
第二章 新疆气候变化	(21)
§ 2.1 树木年轮气候研究进展	(21)
2.1.1 历史的回顾	(21)
2.1.2 国内外树木年轮气候学研究的新进展	(22)
2.1.3 新疆树木年轮研究的新进展	(24)
§ 2.2 近百年来的气候变化	(25)
2.2.1 温度变化	(25)
2.2.2 降水变化	(28)
2.2.3 温度、降水变化的相关性	(33)

2.2.4 新疆气候变化与北半球及相邻地区的比较	(34)
§ 2.3 近 40 年温度变化	(37)
2.3.1 温度变化的时空分布特征	(37)
2.3.2 温度的年代际变化	(43)
2.3.3 气候变暖的反映	(46)
§ 2.4 近 40 年降水变化	(50)
2.4.1 降水变化的时空分布特征	(50)
2.4.2 降水的年代际变化	(56)
2.4.3 降水增多的反映	(58)
§ 2.5 近 40 年高山冰川变化	(62)
2.5.1 新疆高山冰川的分布	(62)
2.5.2 新疆高山冰川的变化	(63)
2.5.3 冰川变化的气候原因	(67)
2.5.4 冰川变化的可能影响	(69)
§ 2.6 高空气候变化	(71)
2.6.1 高空气候的一般特征	(71)
2.6.2 高空温度变化特征	(72)
2.6.3 高空湿度变化特征	(77)
§ 2.7 人类活动对新疆气候变化的影响	(81)
2.7.1 人为引水、湖泊水位下降等对气候变化的影响	(81)
2.7.2 水库建设、稻田扩大对气候变化的影响	(82)
2.7.3 人为垦荒使绿洲扩大对气候变化的影响	(84)
2.7.4 塔里木河下游植被衰退对气候的影响	(84)
参考文献	(85)
第三章 新疆气候变化对水资源、环境和农业的影响	(88)
§ 3.1 气候变化对地表水资源的影响	(88)
3.1.1 地表水资源的空间分布	(88)
3.1.2 径流量的年内分布	(90)
3.1.3 年径流量的年际变化	(90)
3.1.4 气候变化对河川径流的影响	(94)
§ 3.2 气候变化与环境的关系	(103)
3.2.1 新疆气候与生态环境基本特征的关系	(103)
3.2.2 新疆主要河流、湖泊的环境变化	(106)
3.2.3 新疆主要城市大气污染气象条件分析	(112)
3.2.4 新疆沙漠化演变特征	(118)
3.2.5 新疆绿洲的分布及变化	(122)
§ 3.3 气候变化对棉花生产的影响	(125)
3.3.1 界限温度持续日数和积温的极值	(125)
3.3.2 界限温度初终日、持续日数和积温的 10 年际变化	(126)
3.3.3 1980 年代以后与 1980 年代以前热量变化的对比	(129)

3.3.4 热量变化对新疆三大棉区棉花生产的影响及对策	(130)
§ 3.4 气候变化对玉米生产的影响及温凉农牧区种植对策	(131)
3.4.1 新疆玉米生产现状	(131)
3.4.2 温凉农牧区玉米发展现状及存在的差距	(132)
3.4.3 温凉农牧区玉米发展的可行性	(133)
3.4.4 新疆玉米发展对策	(134)
§ 3.5 气候变化对 21 世纪前期新疆经济大发展可能影响的评估	(135)
3.5.1 气温具有偏暖趋势,而水资源总体来说是稳定的	(135)
3.5.2 气候变化对农业发展可能影响的评估	(136)
3.5.3 对策建议	(137)
参考文献	(139)
第四章 新疆主要气候灾害及天气灾害的气候特征	(141)
§ 4.1 干旱	(141)
4.1.1 干旱的概念	(141)
4.1.2 新疆干旱气候的成因	(142)
4.1.3 干旱指标	(142)
4.1.4 北疆干旱的时空分布	(144)
§ 4.2 洪水灾害	(145)
4.2.1 洪水类型	(145)
4.2.2 暴雨型洪水指标	(146)
4.2.3 洪水灾害	(147)
§ 4.3 低温冷害	(148)
4.3.1 低温冷害指标	(148)
4.3.2 低温冷害对新疆棉花生产的影响	(148)
§ 4.4 雪暴的气候特征	(149)
4.4.1 雪暴灾害	(149)
4.4.2 雪暴的时空分布	(149)
4.4.3 雪暴的变化趋势	(150)
§ 4.5 沙尘暴及持续性浮尘天气的气候特征	(151)
4.5.1 沙尘暴指标	(151)
4.5.2 沙尘暴的时空分布	(152)
4.5.3 沙尘暴的变化趋势	(155)
4.5.4 持续性浮尘天气	(156)
§ 4.6 其它天气灾害的气候特征	(157)
4.6.1 大风	(157)
4.6.2 冰雹及降雹云团	(159)
4.6.3 雷暴与闪电	(162)
4.6.4 雾	(166)
参考文献	(171)
第五章 新疆短期气候预测基本问题	(173)

§ 5.1 气候的可预报性及其在新疆的初步研究成果	(173)
5.1.1 气候变化可预报性理论简介	(173)
5.1.2 新疆气温长期变化可预报性初步研究成果简介	(176)
§ 5.2 外界强迫因子对气候的影响	(178)
5.2.1 海温异常的影响	(178)
5.2.2 太阳活动对气候的强迫作用	(183)
5.2.3 火山爆发对气候的强迫作用	(187)
5.2.4 冰雪对气候的影响作用	(189)
§ 5.3 干旱、洪涝、低温冷害的大气环流特征及其演变	(191)
5.3.1 干旱的大气环流特征及其演变	(191)
5.3.2 夏季洪涝的大气环流特征及其演变	(202)
5.3.3 夏秋季低温冷害的大气环流特征及其演变	(207)
§ 5.4 大气低频振荡与短期气候变化	(209)
5.4.1 什么是大气低频振荡	(209)
5.4.2 国内外有关大气低频振荡研究成果	(210)
5.4.3 北半球副热带西风急流及相关环流系统低频振荡与短期气候变化	(214)
§ 5.5 青藏高原对新疆天气、气候的影响	(230)
5.5.1 青藏高原对新疆干旱气候形成的作用	(231)
5.5.2 青藏高原的冷、热状况对新疆气候的影响	(233)
5.5.3 超绝热过程对南疆沙尘天气气候形成的作用	(233)
5.5.4 特殊地形造成的天气	(233)
5.5.5 南疆降水增加,可能与人类活动有关	(234)
§ 5.6 卫星遥感资料在新疆短期气候变化研究中的某些应用	(234)
5.6.1 新疆雪覆盖类型划分	(235)
5.6.2 北疆地区积雪的时空分布特征	(237)
5.6.3 北疆雪覆盖的遥感气候学分析	(239)
§ 5.7 新疆三大气候灾害概念模型与预测模型	(242)
5.7.1 新疆春季干旱的概念模型及预测模型	(242)
5.7.2 天山山区夏季洪涝的概念模型及预测模型	(244)
5.7.3 新疆低温冷害的概念模型及预测模型	(244)
5.7.4 小结	(247)
参考文献	(247)
第六章 新一代短期气候预测综合业务系统	(251)
§ 6.1 《预测系统》的设计	(251)
6.1.1 设计思路	(251)
6.1.2 技术路线	(252)
§ 6.2 《预测系统》的结构	(252)
6.2.1 数据库及文件集	(252)
6.2.2 系统运行环境	(253)
§ 6.3 《预测系统》的主要功能	(254)

6.3.1 数据库访问及查询	(254)
6.3.2 气候诊断	(254)
6.3.3 图形图像生成	(255)
6.3.4 相关分析	(258)
6.3.5 统计计算	(260)
6.3.6 气候模式预测	(262)
6.3.7 预报质量监控	(264)
6.3.8 预报会商环境	(265)
6.3.9 其他功能	(265)
参考文献	(266)

CONTENTS

Preface

Foreword

Chapter 1 Introduction	(1)
§ 1.1 Discussion of modern climate view	(1)
1.1.1 Climate system view	(1)
1.1.2 Climate resources view	(2)
1.1.3 Climate environment view	(2)
1.1.4 Climate change view	(3)
1.1.5 Climate stratification view	(3)
§ 1.2 Climate questions in Xinjiang	(4)
1.2.1 Researches of climate change for recent hundred years and 40 years and their influences on water resources, ecological environment and cotton production in Xinjiang	(5)
1.2.2 Researches of short - term climate trend forecast for dry - wet in spring, flood in summer and low temperature in summer and autumn	(5)
1.2.3 Development of operation system of modern short - term climate forecasting	(6)
§ 1.3 Retrospection of researches of climate change in Xinjiang	(6)
1.3.1 Climate variation in geological epoch	(7)
1.3.2 Climate change in historical period	(7)
1.3.3 Modern climate change	(8)
§ 1.4 Retrospection of researches of short - term climate forecasting in Xinjiang	(9)
1.4.1 The relationship between the change of general circulation and the climate in Xinjiang	(9)
1.4.2 Analysis of long - term weather process of dry - wet in winter or spring and warm - cold in last winter	(10)
1.4.3 Monthly mean heating field of the Northern Hemisphere and its application in long - term weather forecast	(12)
1.4.4 Interaction between ocean and atmosphere, terrain influence, low frequency oscillation process and their applications in short - term climate forecasting	(13)
1.4.5 Applied researches of short - term climate forecasting method in Xinjiang	(16)
References	(17)
Chapter 2 Climate change in Xinjiang	(21)
§ 2.1 Development of dendroclimatological research	(21)
2.1.1 Historical retrospection	(21)
2.1.2 Development of dendroclimatological research at home and abroad	(22)

2.1.3 New Developments of dendroclimatological research in Xinjiang	(24)
§ 2.2 Climate changes during past hundred years	(25)
2.2.1 Temperature change	(25)
2.2.2 Precipitation change	(28)
2.2.3 Correlation between temperature and precipitation change	(33)
2.2.4 Comparison of climate change among Xinjiang and its adjacent areas, the Northern Hemisphere	(34)
§ 2.3 Temperature changes for recent 40 years	(37)
2.3.1 Features of spatial and temporal distribution for temperature change	(37)
2.3.2 Decadal changes of temperature	(43)
2.3.3 Reflections of climate warming	(46)
§ 2.4 Precipitation changes for recent 40 years	(50)
2.4.1 Features of spatial and temporal distribution for precipitation change	(50)
2.4.2 Decadal changes of precipitation	(56)
2.4.3 Reflections of precipitation increasing	(58)
§ 2.5 Glacial changes on high mountain areas for recent 40 years	(62)
2.5.1 Glacial distribution on high mountain areas in Xinjiang	(62)
2.5.2 Glacial changes on high mountain areas in Xinjiang	(63)
2.5.3 Climate causes for glacial change	(67)
2.5.4 Possible influence of glacial change	(68)
§ 2.6 Upper air climate change	(71)
2.6.1 General features of upper-air climate	(71)
2.6.2 Features of upper-air temperature change	(72)
2.6.3 Features of upper-air humidity change	(76)
§ 2.7 Influences of human activities to climate change in Xinjiang	(81)
2.7.1 Influences of anthropogenic drawing water, water level declining of lake and so on to climate change	(81)
2.7.2 Influences of constructing reservoir and enlarging paddy field to climate change	(82)
2.7.3 Influences of oasis enlarging resulting from artificial cultivating wasteland to climate change	(83)
2.7.4 Influences of vegetation declining in lower reaches of Tarim River	(84)
References	(85)
Chapter 3 Influences of climate change to water resources, environment and agriculture in Xinjiang	(88)
§ 3.1 Influences of climate change to surface water resources	(88)
3.1.1 Spatial distribution of surface water resources	(88)
3.1.2 Intera-annual distribution of annual runoff	(90)
3.1.3 Interannual variation of runoff	(90)
3.1.4 Influences of climate change to river runoff	(94)
§ 3.2 Relationships between climate change and environment	(103)

3.2.1 Relationships between climate and basic features of ecological environment in Xinjiang	(103)
3.2.2 Environment changes of main rivers and lakes in Xinjiang	(106)
3.2.3 Analysis of meteorological condition of atmosphere pollution for main cities in Xinjiang	(112)
3.2.4 Features of desertification evolvement in Xinjiang	(118)
3.2.5 Distribution and change of oasis in Xinjiang	(122)
§ 3.3 Influence of climate change to cotton production	(125)
3.3.1 Lasting day – number of limit temperature and extremum of accumulated temperature	(125)
3.3.2 Initial date, last date and lasting day-number of limit temperature and decade change of accumulated temperature	(126)
3.3.3 Contrast of heating after and before 1980s	(129)
3.3.4 Influences of change of heating to cotton production for three large cotton areas of Xinjiang and countermeasures	(130)
§ 3.4 Analysis and countermeasure of planting corn for agricultural and pasturing areas having cold, cool or temperate climate in Xinjiang	(131)
3.4.1 Present situation of corn production in Xinjiang	(131)
3.4.2 Present situation of development and existent difference for agricultural and pasturing areas having cold, cool or temperate climate	(132)
3.4.3 Feasibility of corn developing in agricultural and pasturing areas having cold, cool or temperate climate	(133)
3.4.4 Developing countermeasures	(134)
§ 3.5 Evaluation of potential influence of climate change to economy largely developing in Xinjiang during 21st century	(135)
3.5.1 Temperature having partial – warm trend, and water resources stable generally	(135)
3.5.2 Evaluation of potential influence of climate change to agricultural development	(136)
3.5.3 Countermeasure and suggestion	(137)
References	(139)
Chapter 4 The climate features of main climate and weather disasters in Xinjiang	(141)
§ 4.1 Drought	(141)
4.1.1 Concept of drought	(141)
4.1.2 Causes of formation for arid climate in Xinjiang	(142)
4.1.3 Index of drought	(142)
4.1.4 Spatial and temporal distribution of drought in the Northern Xinjiang	(144)
§ 4.2 Flood disasters	(145)
4.2.1 Flood type	(145)
4.2.2 Index of flood for rainstorm pattern	(146)
4.2.3 Flood disasters	(147)
§ 4.3 Cool injury from low – temperature	(148)

4.3.1 Index of cool injury from low – temperature	(148)
4.3.2 Influence of cool injury from low – temperature to cotton production in Xinjiang ...	(148)
§ 4.4 Climate features of snow storm	(149)
4.4.1 Snow storm disaster	(149)
4.4.2 Spatial and temporal distribution of snow storm	(149)
4.4.3 Change trend of snowstorm	(150)
§ 4.5 Climate features of sandstorm and durative floating dust weather	(151)
4.5.1 Index of sandstorm	(151)
4.5.2 Spatial and temporal distribution of sandstorm	(152)
4.5.3 Change trend of sandstorm	(155)
4.5.4 Durative floating dust weather	(156)
§ 4.6 Climate features of other weather disaster	(157)
4.6.1 Gale	(157)
4.6.2 Hail and hail shooting cloud	(159)
4.6.3 Thunderstorm and lightning	(162)
4.6.4 Fog	(166)
References	(172)
Chapter 5 The basic questions of short – term climate forecasting in Xinjiang	(173)
§ 5.1 Climate predictability and its application pilot study results in Xinjiang	(173)
5.1.1 Brief introduction of theory of climate change predictability	(173)
5.1.2 Synopsis of pilot study results for temperature long – term change predictability in Xinjiang	(176)
§ 5.2 Influence of external forced factors to climate	(178)
5.2.1 Influence of sea – surface temperature anomaly	(178)
5.2.2 Forcing of solar activity to climate	(183)
5.2.3 Forcing of volcano eruption to climate	(187)
5.2.4 Influence of ice – snow to climate	(189)
§ 5.3 Features and evolvement of general circulation of drought, flooding, cool injury from low – temperature	(191)
5.3.1 Features and evolvement of general circulation of drought	(191)
5.3.2 Features and evolvement of general circulation of summer flooding	(202)
5.3.3 Features and evolvement of general circulation of cool injury from low – temperature in summer or autumn	(207)
§ 5.4 Atmospheric low – frequency oscillation and short – term climate forecasting	(209)
5.4.1 What is atmospheric low – frequency oscillation	(209)
5.4.2 Research results about atmospheric low – frequency oscillation at home and abroad	(210)
5.4.3 Low – frequency oscillation of subtropical westerly jet in the Northern Hemisphere as well as relative circulation system and short – term climate change	(214)
§ 5.5 Influence of Tibetan Plateau to weather and climate in Xinjiang	(231)