



气候变化情景下中国林火 响应特征及趋势

王明玉 舒立福◎著



科学出版社

气候变化情景下中国林火 响应特征及趋势

王明玉 舒立福 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书涉及气候变化影响下中国典型省份和大兴安岭森林火灾发生特点和响应特征,以及不同气候变化情景下森林火灾发生趋势研究,同时对极端气候事件对森林火灾的影响进行了分析。内容包括气候变化对森林火灾影响的概述,FWI计算方法及初始值的影响,FWI在中国的适用性及中国林火发生的时空特点,SRES A2、B2气候变化情景下2010~2100年中国林火发生趋势及区域特征,大兴安岭林火发生时空特征,大兴安岭火发生概率模型构建,气候变化背景下大兴安岭林火响应特征,SRES A2、B2气候变化情景大兴安岭2010~2100年林火发生趋势,极端气候事件——雨雪冰冻灾害对林火发生的影响研究等。

本书可供从事森林防火、生态学、林学、气候变化相关学科研究的教學人員、科研人員、研究生,以及从事林火管理的工作人員參考閱讀。

图书在版编目(CIP)数据

气候变化情景下中国林火响应特征及趋势/王明玉,舒立福著. —北京:科学出版社,2015.2

ISBN 978-7-03-043128-8

I. ①气… II. ①王…②舒… III. ①气候变化-影响-森林火-研究-中国 IV. ①S762

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第017772号

责任编辑:夏 梁 张会格/责任校对:郑金红

责任印制:张 倩/封面设计:北京铭轩堂广告设计公司

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

*

2015年2月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2015年2月第一次印刷 印张:13 3/4 插页:24

字数:275 000

定价:108.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

2014 年，联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）在丹麦哥本哈根发布了 IPCC 第五次评估报告的综合报告，指出人类对气候系统的影响是明确的，而且这种影响在不断增强，确认世界各地都在发生气候变化，而气候系统变暖是毋庸置疑的。自 20 世纪 50 年代以来，许多观测到的变化在几十年乃至上千年时间里都是前所未有的。《中国应对气候变化国家方案》指出，在全球变暖的大背景下，中国近百年的气候也发生了明显变化。近百年来，中国年平均气温升高了 $0.5\sim 0.8^{\circ}\text{C}$ ，略高于同期全球增温平均值，近 50 年变暖尤其明显。《应对气候变化林业行动计划》指出，气候变化会导致中国区域气候特征和规律发生异常变化，加剧森林火灾发生频度和强度，如雷击火发生次数增加、防火期延长、极端火险条件和严重程度加剧等，将直接危害森林生长，并可能破坏森林生态系统结构和功能。

森林火灾是当今世界发生面广、突发性强、破坏性大、处置扑救较为困难的自然灾害。目前，全世界每年发生森林火灾数万次，被烧森林面积达数百万公顷，有的年份高达千万公顷。世界范围内不断发生的火灾事故给森林资源造成的经济损失，每年达几十亿美元。随着全球气候变暖，世界范围内森林火灾发生呈上升趋势，特别是近年来森林大火不断，引起世界各国政府的重视，世界各国日益认识到森林火灾是最严重的自然灾害之一，如果处置不当，会造成严重的经济损失和社会问题，甚至演变成国家灾难。受气候变化影响，包括中国在内，全球大部分地区将进入森林火灾多发期，并且随着时间的推移，气候变化对可燃物类型和可燃物积累的长期影响，与气候变化对火险和火行为的短期影响相互叠加，森林火灾发生的严重性将进一步加强。以气候变暖为主要特征的当前气候变化所引起的异常天气频率的增加及森林群落结构的变化，降水不均匀，气候变化剧烈，天气异常及其引起的森林植被变化，有利于森林大火的发生，而干旱又会周期地发生，森林火灾发生的危险性将进一步加大。近年来频繁发生的森林大火表明，森林火灾作为受气候变化影响反应最快的指标之一，已经或正在成为气候变化的后果，需要我们全面深入地对这种影响进行研究和评估。

气候变化对森林火灾的影响，以及森林火灾在气候变化影响下的变化特征是近年来科学家们关注的科学问题，种种研究表明，森林火灾对气候变化具有极高的敏感性，森林火灾作为对气候变化响应最快速的自然指标之一，甚至可以将森林火灾作为研究气候变化对生态系统影响强度和范围的重要指标。气候变化对森林火灾的影响在全球不同区域并不相同，有些区域相对敏感，有些区域相对迟钝

或滞后,而这种影响是气候变化对影响森林火灾发生的相关因子综合影响的结果。随着气候变暖的进一步加剧,森林火灾的发生将会发生明显的改变,将对我国森林防火工作提出新的挑战。气候变化要求我们将林火管理纳入森林管理的范畴,气候变化对森林火灾影响研究作为当前森林火灾研究领域的薄弱环节,在全球气候变化的背景下,对其数量化的研究日益重要,对气候变化对我国典型省份和大兴安岭林区森林火灾发生影响的研究,既有助于量化气候变化对森林火灾影响的强度在时空维度的变化,又有助于研究气候变化对森林火灾的长期趋势性影响。对气候变化对森林火灾影响的研究拓展了森林火灾理论研究对适应气候变化林火管理工作的科技支撑,使得防火理论与林火管理实践更加有机地结合,能够在适应气候变化林火管理工作中提供指导,以适应现代林火管理的需要。

本书共十章,包括:绪论、FWI 计算方法及初始值的影响、FWI 在中国的适用性及中国林火发生的时空特点、SRES A2、B2 气候变化情景下 2010~2100 年中国林火发生趋势及区域特征、大兴安岭林火发生时空特征、大兴安岭 Logistic 火发生概率模型构建、气候变化背景下大兴安岭林火响应特征、SRES A2、B2 气候变化情景大兴安岭 2010~2100 年林火发生趋势、极端气候事件——雨雪冰冻灾害对林火发生的影响研究、结论与讨论。以中国和典型林区为研究区域,从不同的空间尺度上研究气候变化背景下中国林火的响应特征,对中国 1999~2007 年的林火发生特征进行了分析,并对近年来森林火灾典型特征的变化进行了解释,在不同的气候变化情景下,对未来中国和典型林区的森林火灾发生趋势进行估测,对其时空分布特征进行了模拟。气候变化的一个难点是对极端气候事件的模拟,2008 年春季的雨雪冰冻灾害对森林火灾的发生产生深刻的影响,本书对这次典型的极端气候事件对森林火灾的影响进行了多方面的分析。本书的研究成果将对我国林火管理、规划、对策的制定等提供科学依据。

本书得到国家科技支撑计划课题“林业适应气候变化的濒危物种保护、火灾与病虫害风险预警技术研发与应用”(2013BAC09B02);国家自然科学基金项目“气候变化背景下大兴安岭林区火险期动态格局与趋势研究”(31470658);国家自然科学基金项目“基于 FWI 大兴安岭林区森林火灾燃烧效率研究”(30972381);林业公益性行业科研专项“中国森林对气候变化的响应与林业对策研究”(200804001);中国林科院森环森保所中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目“南方雨雪冰冻灾害对森林火灾发生影响研究(CAFRIFEEP200803)”等项目的资助。同时对在本书写作过程中提供帮助的单位和个人表示感谢。

气候变化对森林火灾的影响是一个发展快速的研究方向,由于时间仓促、作者水平水限,书中难免有诸多缺点、不足,甚至错误,恳请读者批评指正。

著 者

2015 年 1 月于北京

目 录

前言	
第一章 绪论	1
1.1 引言	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究目的和意义	3
1.2 国内外研究现状及评述	4
1.2.1 气候变化的主要事实及影响	4
1.2.2 气候变化对森林火灾影响的研究进展	9
1.2.3 研究评述	14
1.3 研究目标和主要研究内容	14
1.3.1 关键的科学问题与研究目标	14
1.3.2 主要研究内容	15
1.4 研究技术路线	15
第二章 FWI 计算方法及初始值的影响	17
2.1 FWI 系统简介和各组分因子计算	17
2.2 初始值对 FWI 系统各组分因子的影响与可行性分析	19
2.2.1 初始值对 FWI 系统各组分因子的影响	20
2.2.2 由平均值计算 FWI 系统各指数的可行性	22
2.3 本章小结	27
第三章 FWI 在中国的适用性及中国林火发生的时空特点	29
3.1 研究区域	30
3.2 研究材料与研究方法	30
3.2.1 数据来源	30
3.2.2 数据处理	31
3.3 FWI 在不同省份的适用性和敏感性分析	34
3.3.1 FWI 在中国的适用性研究	34
3.3.2 不同区域火灾发生次数对 FWI 敏感性	44
3.4 中国林火发生时空特征	46
3.4.1 中国林火发生的时间特征	46
3.4.2 中国林火的空间分布	48

3.5	1999~2007 年中国 FWI 变化	58
3.6	FWI 季节性变化	59
3.7	本章小结.....	63
第四章	SRES A2、B2 气候变化情景下 2010~2100 年中国林火发生趋势及区域特征	65
4.1	研究区域概况.....	65
4.1.1	云南省概况	65
4.1.2	黑龙江省	67
4.2	研究材料与研究方法.....	68
4.2.1	数据来源	68
4.2.2	数据处理	69
4.3	A2、B2 气候变化情景下云南省 2010~2100 年火灾趋势分析	70
4.3.1	云南省火灾次数模型构建	70
4.3.2	云南省实测数据对 A2、B2 情景数据的修正	70
4.3.3	云南省气象因子和 FWI 系统各组分因子年际变化	73
4.3.4	云南省气象因子和 FWI 系统各组分因子月变化率	75
4.4	A2、B2 气候变化情景下黑龙江省 2010~2100 年火灾趋势分析 ..	77
4.4.1	黑龙江省火灾次数模型构建	77
4.4.2	黑龙江省实测数据对 A2、B2 情景数据的修正	78
4.4.3	黑龙江省气象因子和 FWI 系统各组分因子年际变化	80
4.4.4	黑龙江省气象因子和 FWI 系统各组分因子月变化率	83
4.5	不同区域间比较.....	85
4.6	中国 2010~2100 年林火变化趋势及主要区域特征	87
4.6.1	A2 气候变化情景下中国 FWI 变化区域特征	87
4.6.2	B2 气候变化情景下中国 FWI 变化区域特征	89
4.7	本章小结.....	89
第五章	大兴安岭林火发生时空特征	90
5.1	研究区域概况.....	90
5.1.1	自然地理概况	90
5.1.2	气候	92
5.1.3	森林火灾概况	92
5.2	研究材料和研究方法.....	93
5.2.1	研究材料	93
5.2.2	研究方法	96
5.3	森林火灾时间分布.....	97

5.3.1 季节性变化	97
5.3.2 年际变化	98
5.3.3 1987 年前后日均火灾次数变化	99
5.3.4 大兴安岭森林火灾发生的周期性和轮回期	99
5.4 森林火灾空间分布	100
5.4.1 雷击火空间格局	101
5.4.2 人为火空间格局	104
5.4.3 可燃物类型对火发生的影响	106
5.5 本章小结	108
第六章 大兴安岭 Logistic 火发生概率模型构建	110
6.1 Logistic 火发生概率模型构建	110
6.2 大兴安岭整体火发生概率模型构建	111
6.2.1 基本数据的处理	111
6.2.2 影响因子的选择	111
6.2.3 共线性分析和关键因子选取	112
6.2.4 总火灾发生概率 Logistic 模型	113
6.2.5 人为火发生概率 Logistic 模型	114
6.2.6 雷击火发生概率 Logistic 模型	115
6.2.7 森林大火发生概率	116
6.2.8 模型的模拟分析	118
6.2.9 相关性分析	118
6.2.10 火灾发生次数与火发生概率关系	122
6.3 基于网格分区火发生概率 Logistic 模型	122
6.3.1 基本数据处理	122
6.3.2 关键因子选取	124
6.3.3 火灾数据的处理与着火的判别	125
6.3.4 气象数据与 FWI 系统各组分指数	126
6.3.5 共线性分析	130
6.3.6 人为火日发生概率模型	130
6.3.7 雷击火日发生概率模型	131
6.3.8 模型的模拟	132
6.4 模型的局限性和使用范围	134
6.4.1 模型中主要存在的问题	134
6.4.2 模型的使用范围	134
6.5 本章小结	134

第七章	气候变化背景下大兴安岭林火响应特征	136
7.1	基于火发生概率防火期的界定	136
7.1.1	火险等级划分	136
7.1.2	火险期和高火险期的定义	137
7.2	防火期和高火险期日期和长度的变化	139
7.3	实际火发生与防火期划定模型的对比分析	143
7.4	火发生的季节性变化	145
7.5	不同因子年际变化	148
7.5.1	气象因子年际变化	148
7.5.2	FWI 系统各组分因子年际变化	148
7.5.3	火发生概率	149
7.5.4	火灾发生次数	149
7.6	不同因子月变化速率	151
7.6.1	气象因子月变化速率	151
7.6.2	FWI 系统各组分因子	151
7.6.3	火灾发生概率	153
7.6.4	火灾发生次数	153
7.6.5	不同因子的相关性	154
7.7	不同区域的变化特征	157
7.8	本章小结	158
第八章	SRES A2、B2 气候变化情景下大兴安岭 2010~2100 年林火发生趋势	159
8.1	防火期的变化	159
8.1.1	防火期变化趋势	159
8.1.2	防火期和高火险期间隔变化	163
8.1.3	防火期不同指标增减速度变化	164
8.2	A2、B2 气候变化情景下各因子年际变化	165
8.2.1	气象指标	165
8.2.2	FWI 系统各组分因子变化	166
8.2.3	火发生概率变化	168
8.3	相关因子月变化速率	169
8.3.1	气象因子不同月份变化速率	169
8.3.2	FWI 系统各组分因子不同月份变化速率	170
8.3.3	火发生概率不同月份变化速率	170
8.4	主要因子季节性变化	170

8.5	大兴安岭不同区域 FWI 变化	173
8.5.1	A2 情景下 2050s 和 2090s 相对于 2010s 主要因子变化	174
8.5.2	B2 情景下 2050s 和 2090s 相对于 2010s 主要因子变化	174
8.6	大兴安岭人为火和雷击火发生危险区域评估	177
8.7	本章小结	179
第九章	极端气候事件——雨雪冰冻灾害对林火发生的影响研究	180
9.1	研究区域	180
9.2	研究材料和研究方法	181
9.2.1	研究材料	181
9.2.2	研究方法	182
9.3	雨雪冰冻灾害对可燃物影响研究	186
9.3.1	林木受害程度分级与不同植被类型受害情况	186
9.3.2	不同可燃物地表可燃物载量变化	188
9.4	雨雪冰冻灾害对火发生短期影响研究	189
9.4.1	热点的空间分布格局	189
9.4.2	火发生与人员伤亡变化	190
9.4.3	温度和降水对火发生和人员伤亡影响分析	191
9.5	本章小结	192
第十章	结论与讨论	195
10.1	结论	195
10.2	讨论	196
10.3	展望	200
参考文献		201
附录 A	A2 气候变化情景下中国 FWI 值变化率	209
附录 B	B2 气候变化情景下中国 FWI 值变化率	214
图版		

第一章 绪 论

1.1 引 言

1.1.1 研究背景

根据政府间气候变化专门委员会（IPCC）的定义，气候变化是指无论基于自然变化抑或是人类活动所引致的任何气候变动。而联合国气候变化框架公约（UNFCCC）将气候变化定义为经过一段相当时间的观察，在自然气候变化之外由人类活动直接或间接地改变全球大气组成所导致的气候改变。气候变化是指气候平均值和离差值两者中的一个或两者同时随时间出现了统计意义上的显著变化。平均值的升降，表明气候平均状态的变化；离差值增大表明气候状态不稳定性增加。

人类对气候变化影响的研究有一个逐步深入的过程，在 1990 年之前，IPCC 认为尚不能在自然变化的噪声之上确切看到由人类活动引起的气候变化的信号，1990 年后进行的科学研究发现更多的证据表明气候因温室气体的影响而表现出不同寻常的特征。因此，IPCC 在 1995 年的报告中认为：尽管研究气候变化的关键因子尚存在不确定性，定量化研究人类活动对气候变化影响的能力尚有限，但种种迹象表明，人类对气候变化的影响是可以识别的（王汉杰和刘健文，2008）。

用复杂的气候模式，IPCC 第三份评估报告估计全球的地面平均气温会在 21 世纪末上升 $1.4\sim 5.8^{\circ}\text{C}$ 。第四份评估将估计更改至可能范围 $1.1\sim 6.4^{\circ}\text{C}$ ，最佳估计为 $1.8\sim 4.0^{\circ}\text{C}$ 。IPCC 第四次评估报告中认为过去 50 年变暖趋势是每 10 年升高 0.13°C ($0.10\sim 0.16^{\circ}\text{C}$)，几乎是过去一百年来的 2 倍。2001~2005 年与 1850~1899 年相比，总的温度升高了 0.76°C ($0.57\sim 0.95^{\circ}\text{C}$)。在未来 20 年，一系列特别情景排放报告（SRES）预测，每 10 年温度升高 0.2°C 。即便所有温室气体和气溶胶的浓度保持在 2000 年水平，全球温度每 10 年仍将升高 0.1°C 。即使温室气体浓度保持不变，由于与气候过程和反馈相关的时间尺度的存在，人类活动引起的变暖和海平面上升将会持续数个世纪。

全球变化也将会对全球生态系统造成影响，动植物的地理分布朝两极和高海拔地区推移。温度显著增暖的区域与许多系统发生显著变化的区域在空间分布上非常一致，而这种空间上的一致性很可能是由气候或系统的自然变化单独造成的。气候变化和其他因素的综合作用可能会对生态系统造成不可恢复的影响。全球 29 000 多条观测资料显示，在所观测到自然和生态系统的显著变化中，有

89%的变化与气候增暖有关。如全球平均温度增幅超过 $1.5\sim 2.5^{\circ}\text{C}$ ，约 20%~30%的物种可能会灭绝；加上 CO_2 浓度增加的作用，生态系统将发生重大变化，对生物多样性、水和粮食供应等多方面产生不利影响（Parry 和丁一汇，2008）。

2007 年 6 月中国国家发展和改革委员会组织编写了《中国应对气候变化国家方案》（以下简称《方案》），《方案》指出在全球变暖的大背景下，中国近百年的气候也发生了明显变化。近百年来，中国年平均气温升高了 $0.5\sim 0.8^{\circ}\text{C}$ ，略高于同期全球增温平均值，近 50 年变暖尤其明显。同时《方案》进一步指出中国未来的气候变暖趋势将进一步加剧。与森林火灾直接相关的预测结果包括：一是与 2000 年相比，2020 年中国年平均气温将升高 $1.3\sim 2.1^{\circ}\text{C}$ ，2050 年将升高 $2.3\sim 3.3^{\circ}\text{C}$ 。全国温度升高的幅度由南向北递增，西北和东北地区温度上升明显。预测到 2030 年，西北地区气温可能上升 $1.9\sim 2.3^{\circ}\text{C}$ ，西南可能上升 $1.6\sim 2.0^{\circ}\text{C}$ ，青藏高原可能上升 $2.2\sim 2.6^{\circ}\text{C}$ 。二是未来 50 年中国年平均降水量将呈增加趋势，预计到 2020 年，全国年平均降水量将增加 2%~3%，到 2050 年可能增加 5%~7%。其中东南沿海增幅最大。三是未来 100 年中国境内的极端天气与气候事件发生的频率可能性增大，将对经济社会发展和人们的生活产生很大影响。四是中国干旱区范围可能扩大，荒漠化可能性加重。

森林火灾作为一种自然灾害，气候变化直接或间接影响森林燃烧的火环境，进而对火发生和火行为产生影响。气候变化在两个时间尺度上对森林火灾的发生产生影响，一是在较长时间尺度内，气候变化对气候带产生影响，使植被带发生移动，进而对可燃物积累和分布产生影响，二是在较短时间尺度内，气象因子的急剧变化对火险、火行为等产生直接影响。由于森林火灾对气候变化响应比较快速，可以将森林火灾作为评价气候变化对森林影响的一个替代因子（Flannigan et al., 2000）。

森林火灾是当今世界发生面广，突发性强，破坏性大，处置扑救较为困难的自然灾害，目前，全世界每年发生森林火灾约数万次，被烧森林面积达数百万公顷，有的年份高达千万公顷。世界范围内不断发生的火灾事故给森林资源造成的经济损失，每年达几十亿美元。

近年来，世界和中国不断经历了创纪录的森林火灾。2007 年 8 月 23 日、24 日希腊两天连发 170 场山林大火，火灾面积占希腊国土一半以上。2006 年澳大利亚森林大火是 70 年来最严重的。2009 年 2 月，澳大利亚又发生了严重的森林火灾，创下了 1908 年以来的历史纪录，死亡总人数超过 230 人，受灾面积超过 33万 hm^2 。

我国近年来森林火灾呈上升趋势，大火频繁发生，进入 21 世纪后，我国森林防火形势一直处于严峻的状态。“十五”期间，全国年均发生森林火灾 9586 起，森林受害面积 15.2万 hm^2 ，分别比“九五”期间上升了 94%和 120%，是

1987年以来火灾最为严重的5年。近年来,极端气候事件不断,也对森林火灾产生重大的影响。2008年我国南方遭受冰雪灾害后,3月份火灾次数明显增多,湖南省仅3月份就发生森林火灾3097起,过火面积火灾次数超过1999~2007年3月份火灾次数的总和,伤亡人数40人,是1999~2007年平均伤亡人数的6.56倍(王明玉等,2008)。森林火灾造成重大经济损失和环境破坏,严重威胁居民生命财产安全。

我国森林资源相对不足、生态十分脆弱,以人工林、次生林为主,对森林火灾的抵抗能力比较弱,森林覆盖率低,森林资源极为宝贵。我国地域辽阔,气候多样,地形复杂,森林主要分布在边远山区,交通不便,扑救困难,引发森林火灾的因素多,是森林火灾最严重的国家之一。随着全球气候变暖,世界范围内森林火灾呈上升趋势,特别是近年来森林大火不断,引起世界各国政府的重视,世界各国日益认识到森林火灾是最严重的自然灾害之一,如果处置不当,会引发严重的经济损失和社会问题,甚至演变成国家灾难。近年来频繁发生的森林大火似乎正在表明,森林火灾作为受气候变化影响反应最快的指标之一,已经或正在经历着气候变化造成的后果,需要我们全面深入地対这种影响进行研究和评估。

1.1.2 研究目的和意义

气候变化是国际社会普遍关心的重大全球性问题,气候变化既是环境问题,也是发展问题。近几十年来的气候异常已经对水文(袁飞等,2005)、粮食生产(杨修等,2004;姚凤梅,2006)、植被(赵茂盛和 Neilson, 2002;郑景云等,2003;徐雨晴,2004)等产生深刻的影响,同样,对森林火灾也直接或间接造成不同程度的影响,而能够在自然变化的背景下,识别和分析出气候变化对森林火灾影响的趋势和异常范围正是气候变化对森林火灾影响的核心问题。它包括,气候变化背景下,受气候变化影响的森林火灾典型特征的识别和数量化分析,森林火灾发生的趋势分析及时空演化过程,以及森林火灾对气候变化的反馈作用。中国作为森林面积最大、森林火灾最为严重的国家之一,研究气候变化背景下中国及中国典型区域的森林火灾响应特征和发生趋势正是当前亟需解决的问题。

本文以中国和典型林区为研究区域,从不同的空间尺度上研究气候变化背景下中国林火的响应特征,对中国1999~2007年的林火发生特征进行了分析,并对近年来森林火灾典型特征的变化进行了解释,在不同的气候变化情景下,对未来中国和典型林区的森林火灾发生趋势进行估测,对其时空分布特征进行了模拟。气候变化的一个难点是对极端气候事件的模拟,2008年春季的雨雪冰冻灾害对森林火灾的发生产生深刻的影响,本文对这次典型的极端气候事件对森林火灾的影响进行了多方面的分析。通过本文的研究成果将对我国林火管理、规划、对策的制定等提供科学依据。

1.2 国内外研究现状及评述

近代关于气候变化的研究,从1840年瑞士J. L. R. 阿加西(Jean Louis Rodolphe Agassiz, 1807~1873)关于阿尔卑斯山脉冰川的研究开始。1896年,瑞典的化学家阿伦尼乌斯(Svante Arrhenius, 1859~1927)第一个发出警告,CO₂的增加的水平可能提高全球性温度,大气层中的温室气体CO₂增加一倍,地球温度可能会增加2~4℃左右。每年因燃烧煤炭而产生的CO₂,将会造成气温的轻微上升,长期积累下去就会产生显著的影响(Rodhe et al., 1997)。然而在当时,阿伦尼乌斯的研究结果并没有得到科学界和社会的承认。直到20世纪50年代,有关气候变迁的科学研究才逐渐展开,进而受到学术界、政府、社会以及联合国的重视,人们通过系统的观测和研究,逐渐认识到人类生产活动产生的温室气体将会对气候产生影响。

1979年第一届世界气候会议(First World Climate Conference)的召开,促进了气候变化研究的进展,促使人们开始呼吁要减少燃烧化石燃料以降低CO₂的排放量,并且构建一个全面性的框架公约。1990年,联合国大会核准成立“政府间谈判委员会”(Intergovernmental Negotiating Committee for a Framework Convention on Climate Change, INC/FCCC),正式开启气候变迁谈判。1992年,联合国接着召开“里约高峰会议”(United Nations Conference on Environment and Development, Rio, UNCED),就全球气候变迁及全球暖化问题提出应对策略,尤其是有关如何管制温室气体排放及如何规范各国排放量等关键议题进行讨论,并通过《联合国气候变迁框架公约》。1997年签订的《京都议定书》中,不但有关减量气体之种类、幅度及时间表等专案订定具体规范,而且更为全球性环境保护议题的跨国性合作树立了重要的里程碑。

1.2.1 气候变化的主要事实及影响

从小冰期结束(约公元1850年)开始,全球温度上升,20世纪气候变暖已经成为公认的事实(于革等,2007)。20世纪的全球地表年平均温度上升了 $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ (《气候变化国家评估报告》编写委员会,2007),其中1998年为最暖的一年,20世纪70年代中期以来,全球增温进一步加剧(图1-1)。且现在已有新的和比较强的证据表明,20世纪全球变暖主要是由人类活动和自然变化的共同作用造成的(Houghton, 2001; 姜大膀等,2004)。

近50年的全球气候变暖主要是由人类活动大量排放的二氧化碳、甲烷、氧化亚氮等温室气体的增温效应造成的。气候变暖影响了不同地区的降水分配和气温升降,进而对植被的分布产生重要的影响。

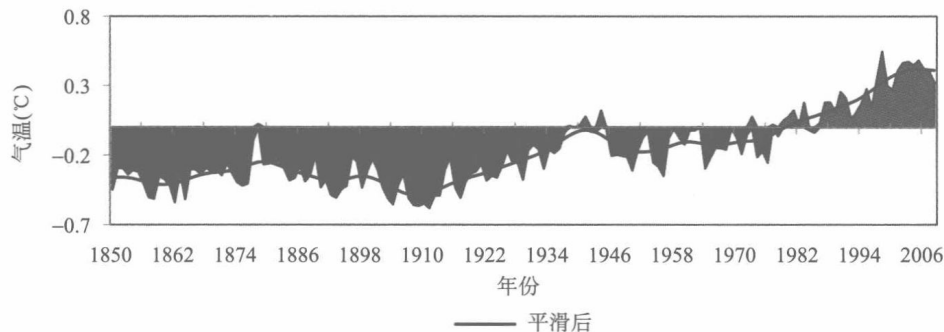


图 1-1 全球气温年际变化 (1850~2008 年)

根据 Climatic Research Unit 全球气温数据绘制 (Unit, 2009)

古气候重建和器测观测到的气候系统变化的事实是气候变化研究的基础。树木年轮法是重要的古气候重建方法，树木年轮表目前可以追溯到全新世。主要是通过气候周期性的变化形成的年轮，以及年轮的相关生长指标重建古气候的有关气象因子 (图 1-2)。

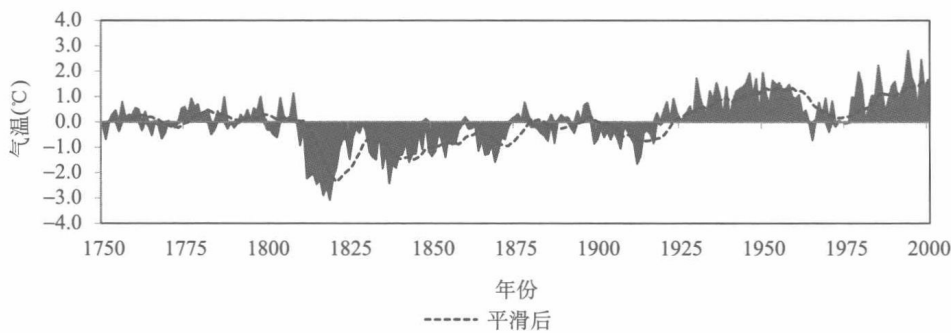


图 1-2 北半球热带以外地区通过树木年轮重建温度曲线 (1750~2000 年)

根据树木年轮重建温度数据绘制而成 (World Data Center for Paleoclimatology)

人类活动主要通过改变大气中各种微量气体和气溶胶浓度及地表状况来影响地气系统的辐射平衡，从而引起气候系统变化。其中，前者主要来自于化石、生物燃料燃烧和非能源生产过程，而后者主要体现在森林砍伐、土地开垦、过度放牧及城市化进程。当前，尽管气候模式在物理及参数化过程等诸多方面还有待完善，但其已成为开展气候变化研究的最重要手段之一，模式预测结果已具有很强的指示意义，多模式的集合结果也已经被证明更加可信 (Lambert and Boer, 2001; 姜大膀等, 2004)。

全球变化影响了不同地区的降水分配和气温升降，进而对植被的分布产生重要的影响。全球变暖可能引起的凋落物量和凋落物分解的变化。气温上升可能引

发植被分布、物候特征和制约凋落物分解因素的改变,影响森林凋落物动态,最终影响森林生态系统物质循环的功能。近年来,人们对全球变化的研究不仅侧重于对全球变化过程的理解,同时更加注重于整个全球生态系统中的生态要素对这种变化的响应,像生物多样性的改变、海平面的升降、植被带的推移、冰川的变化等。卫林和贺庆棠(1995)推出一个能反映红松年生长量与水热因子间关系的W-T模式,进而分析了各种可能的气候变化对红松生长量与分布的影响。无论降水增减,都将使红松适生范围与生长量大幅度减少。张清华和阎洪(2000)预测到2030年珙桐的适宜分布区将发生改变,其中,适宜分布区的东界约向西移动 $0^{\circ}18' \sim 1^{\circ}18'$,西界东南段约向东移动 $0^{\circ}18' \sim 1^{\circ}54'$,北界和南界变化不大;2030年适宜珙桐分布的面积比当前气候条件下适宜珙桐分布的面积约减少20%。王思远等(2002)研究表明从1996年开始5a间林地重心向西南方向迁移4km。Bacastow等(1985)研究表明由于20世纪以来的气温升高已导致俄罗斯北部森林植被的向北迁移,原来的冻原带上开始有森林发育。树线北迁有时以惊人的速度发展,在某些地区速度可达到每年数百米。纵观现有对大气中 CO_2 浓度倍增后有关未来气候变化的预测结果,可归结为以下几点:①全球平均气温将升高,全球气候带将向极地方向发生一定程度的位移;②最低温度的增幅比最高温度的增幅大,夜晚温度的增幅比白天温度的增幅大,冬季增温比夏季增温明显;③全球降雨量总体上有所增加,但全球降雨的格局将发生改变,降雨量可能因不同的地区和不同的季节而有很大的区别;④由于蒸散作用所损失的水分远大于降雨增加的量,因此中纬度内陆地区的夏季干旱将明显增加。全球变化日益被人们认识到是一个复杂现象,涉及地球大气功能多维的移动。全球变化对陆地生态系统影响的研究也从单一植物或动物个体的反应转移到整个生态系统的反应,尤其是生态系统内各成分的相互作用对全球变化的响应。

目前,全球气候模式(GCM)已广泛应用于气候变化的研究,然而由于其较低的空间分辨率,很难用它来描述与复杂地形和陆面等密切相关的区域气候特征。许多研究已经表明,由于区域气候模式(RCM)具有较高的分辨率和更完善的物理过程,较GCM能够更加细致地描述地形和海陆分布以及地表植被分布等下垫面特征,因而能够更好地刻画气候的区域性特征,能够模拟出更详尽更准确的气候场分布(冯锦明和符淙斌,2007)。气候模式表明,温室效应可能会导致中国地区出现局地尺度上强降水事件增加的现象。大陆冬季和夏季表面温度、表面最高温度和最低温度分别升高 $0.3 \sim 2.3^{\circ}\text{C}$ 、 $0.1 \sim 2.0^{\circ}\text{C}$ 、 $0.5 \sim 2.7^{\circ}\text{C}$,增幅大体上呈现东西向带状分布,由南至北升温逐渐加强,且增幅随时间加大。此外,上述三气候要素冬季升温幅度要大于同期夏季、表面最低温度升幅要强于同期表面最高温度,冬季和夏季表面温度的季节内变化范围减小(姜大膀等,2004)。

由于目前不能精确地预测气候变化,作为对未来气候的估计各种模式预测计

算所使用的是以 IPCC 所设定的 4 种情景为基础。气候变化情景是建立在一系列科学假设基础之上的，对未来气候状态时间、空间分布形式的合理描述。这 4 种情景是对未来世界可能性的描述，预测时分别将有关发展指标进行数值化后再进行模拟（表 1-1、图 1-3、图 1-4）。

表 1-1 不同情景描述
(山本良一和 Project, 2008)

	主题	人口	经济增长	技术	能源系统
A1	地域间协调、能力强化、文化、社会的相互作用扩大，地域间差别减少造成的人均国民收入增加	2050 年达到 87 亿后开始减少，2100 年为 71 亿	经济持续调整增长，到 2100 年的年均增长为 2.9%，2100 年 GDP 总额为 550 兆美元	早期导入新技术及高效技术	技术飞速进步，能源资源丰富，最终需求能源的 GDP 弹性值平均每年减少 1.3%
A2	保持地域主义及地区的独立性，（地域经济强化，资源只依靠于本地区，尚无国际性的相互依存关系）	世界人口持续增加，2100 年时达到 150 亿	区域性经济发展模式，人均国民收入增加不太稳定且缓慢，2100 年 GDP 总额为 250 兆美元	与其他模式相比，人均国民收入增加不太稳定且比较缓慢	能源多样化，根据各个地区可能利用的能源而定
B1	对于经济、社会环境的持续发展，以全球性的考虑为重点，包括公平性的改善，但不含追加气候暖化的新对策	与 A1 模式相同，2050 年达到 87 亿，之后人口减少，2100 年为 71 亿	经济结构向服务性和信息化经济飞速转换（非物 质 经 济 ） 2100 年 GDP 总额为 350 兆美元	导入清洁能源和节约资源技术	
B2	与 B1 模式相同，以实现环境保护和社会公平性为目标，但重点只限于本地区范围	与 A2 模式相比，相对增加比较缓慢，2100 年达 104 亿	经济发展处于中等水平，2100 年 GDP 总额为 250 兆美元	技术进步比 A1 和 B1 模式缓慢，但涉及范围广	

大的方面可分为：经济优先 A 或环境优先 B，地球主义 1 或地域主义 2（图 1-5）。A2（社会多元化模式）是气候变暖最为严重的发展模式，而 B1（持续发展型社会模式）则是抑制气候变暖最好的发展模式。无论哪种发展模式，到此为试读, 需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com