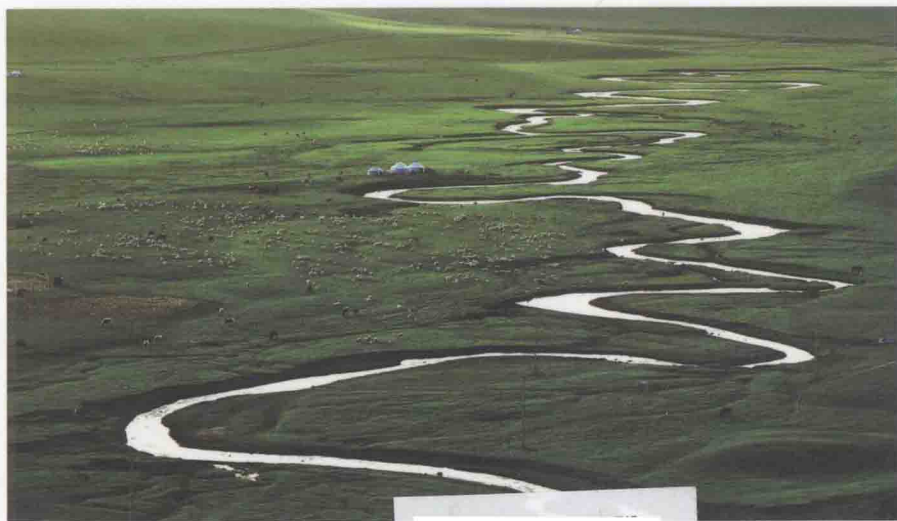


侯向阳 丁 勇 吴新宏 等◎著

北方草原区气候变化 影响与适应

Impact of Climate Change and Adaptation
in Northern Grassland of China



科学出版社

北方草原区气候变化影响与适应

侯向阳 丁 勇 吴新宏 等 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书系统总结了研究组近年来对中国北方草原区气候变化影响与适应研究方面取得的创新性理论成果,内容主要包括:气候变化对中国北方草原自然生态系统的影响,区域、县域、牧户3个尺度对气候变化的脆弱性评价,牧户对气候变化的感知与适应,牧户草畜平衡决策过程与草畜平衡模式转移的模式,以及牧区适应气候变化的政策研究,对近年来草原气候变化适应研究进行了理论集成,为国家制定针对草原区域的政策提供依据。

读者对象主要为草业科学、生态学、资源科学、气象学、环境科学、社会学等相关领域的研究人员、研究生、大学生,也可供从事草原政策制定和草原区域可持续发展的相关管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

北方草原区气候变化影响与适应 / 侯向阳等著. —北京:科学出版社, 2014

ISBN 978-7-03-042714-4

I. ①北… II. ①侯… III. ①草原-气候变化-研究-中国
IV. ①P468.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 282079 号

责任编辑:罗 静 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:赵德静 / 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

*

2014年9月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2014年9月第一次印刷 印张:16 1/4 插页:6

字数:365 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

著者名单

主著：侯向阳 丁 勇 吴新宏

著者：（以姓氏笔画为序）

丁 勇 丁文强 王 海 王婷婷 尹燕亭 任卫波
运向军 李 平 李西良 杨 理 杨丽萍 杨婷婷
吴新宏 陈晶晶 胡永宁 侯向阳 秦 艳 韩 颖

资助项目

国家自然科学基金项目：

我国北方草原区气候变化适应性评价及其管理对策研究(70933004)

气候变化对农牧民家庭的影响与适应对策(71103185)

气候变化和人类活动对东北亚草原的影响与适应(71311120089)

国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目：

天然草原生产力的调控机制与途径(2014CB138800)

国家国际科技合作专项项目：

欧亚温带草原东缘生态样带建立及合作研究(2013DFR30760)

序

草地是全球和我国最大的陆地生态系统,其占我国国土面积的 41.7%,超过了农田和林地面积之和。草地退化是全球性的问题,全世界约有 30%草地发生了退化,我国不同程度的退化草地已达草地总面积的 90%。因此,在全球变化的背景下,如何遏制草地退化,实现草地资源的可持续利用,是全世界面临的共同挑战。各国的学者们针对草地退化的问题开展了诸多的研究,取得了丰硕的成果,在此基础上,对草地退化的认知也在不断提高。1999 年在澳大利亚召开的国际天然草地大会(International Rangeland Congress, IRC),将经济与生态专门列为一个专题。2003 年在南非德班召开的新一届天然草地大会,进一步明确地提出草地退化的问题,仅靠草地自身已难以解决,需要草地以外的支持和帮助,这是一个很大的进步。以往国际上从事天然草地研究的人员,主要将其注意力和兴趣集中在天然草地自身。正是这种观点,导致了 20 世纪 70 年代国际草地大会(International Grassland Congress, IGC)的分裂和国际天然草地大会的诞生。在 2008 年召开的 IGC 或 IRC 的联合大会上,进一步将草地经济与社会发展列为会议主题之一,此后,无论 IGC 还是 IRC 均将经济与社会发展作为会议的主题之一。这反映了人们对草地认识的进一步深化,也为草业科学研究注入了新的内涵。解决草地的问题必须综合考虑草地、经济、管理、气候与人类活动等诸多因素,草地本身是一个复杂的生物-自然复合体,认识和解决草地的问题,也必须要有系统的观点。

我国学者对此有较为深刻的认识。20 世纪 60 年代初,任继周先生认为草地畜牧业生产的主要限制因素是季节不平衡、地区不平衡和畜种不平衡;80 年代中期,提出草地农业系统具有前植物、植物、动物、后生物生产等四个生产层;90 年代他进一步认为,系统耦合与系统相悖是草地农业系统的特征之一;进入 21 世纪,进而又提出了草业科学的界面论,其中之一就是草畜系统与经营管理界面。上述这些研究成果均蕴含了草业科学与社会经济学相结合的内容。在这种学术思想的指导下,兰州大学草地农业科技学院设立了农业经济管理(草业经济管理方向)的本科专业及农业经济管理硕士专业,并在草业科学之下招收草业经济管理方向的博士研究生。我国其他学者们,也开展了相应的研究。如,中国农业科学院草原研究所侯向阳团队、中国科学院地理科学与自然资源研究所黄季焜学术集体,以及内蒙古农业大学等从事农业经济学研究的学者们也开展了一些草业系统分析的研究。正是在大家的共同努力和推动下,2013 年 11 月,国务院学位委员会颁布修订后的研究生学科设置与招生目录中,在草学(草业科学的简称)一级学科之下设置了草业系统分析的研究领域作为二级学科培育。但整体看来,草业经济与管理的研究仍然处于发展阶段,有待大家的共同努力。

农牧户是农村与牧区社会的基本单元,也是最主要的和最基本的生产单位。2014 年联合国粮农组织(FAO)发表了一份 *Family farmers: feeding the world, caring for the earth* 的报告,并将 2014 年定为国际家庭农业年(The International Year of Family Farming)。其

认为家庭农业是“以家庭为基础,依赖于家庭劳动力经营和管理,从事种植、林业、畜牧或水产等生产活动”。据该组织统计,家庭农牧场仍是全球食物的主要生产者,无论是在发达国家还是发展中国家均是如此。全世界至少 56% 的土地由农牧户经营。如在美国,家庭农场利用全国 78% 的土地,生产了全国 84% 的农产品;在巴西,家庭农场利用不到全国 25% 的土地,生产了全国 40% 的产品;我国 76% 的土地均由农牧户经营。FAO 所指的家庭农场可能不同于我国现行的农牧户,但至少其均是以家庭为生产经营主体,因此,研究我国农牧户的生产经营状况及农牧户对土地管理利用的认识与实践,对将农牧户生产发展到更高层次,实现可持续发展具有举足轻重的地位。遗憾的是,以往我国对农牧户的关注并不是很多,在农牧户尺度上开展的研究也尚显不足。

正是在这样一种背景下,我们看到了由中国农业科学院草原研究所侯向阳研究员主编的《北方草原区气候变化影响与适应》一书。该书是作者主持的国家自然科学基金委管理学部的重点项目成果总结,据我所知,这可能是我国草业科技工作者主持的第一个管理学部的重点项目。该项目主要开展了气候变化对我国北方草原生态系统与牧户经济影响与适应的研究,其中既研究了传统的草原生态学问题,也在牧户尺度上探讨了牧户经济问题,我为向阳研究员取得的这一成果感到由衷的高兴。这反映了他的学术积累和团队所具备的实力。我与向阳研究员已相识十余年,最初是由我的一位朋友高洪文研究员引荐介绍的,当时洪文在中国农业科学院草业科学研究中心工作,我常利用到北京出差的机会与他小叙,一次他将时任中国农业科学院科技管理局副局长的向阳介绍于我,并介绍说这是他的山西老乡。向阳研究员的谦虚、平和但不失精明给我很深的印象,并从办公室拿来 2 本他的著作赠送给我,使我感到这位局长不仅是管理的专家,也是一位学者。后来,向阳研究员离京赴呼和浩特,担任中国农业科学院草原研究所所长,我当时是中国农业科学院草原生态研究所(即甘肃草原生态研究所、兰州大学草地农业科技学院)所长。两所互为兄弟单位,我们交往甚密,时常探讨我国草业科学发展的问題,有的观点颇为一致。从交往当中,我逐渐得知向阳研究员曾分别师从我国著名的生态学家李博院士和阳含熙院士,攻读硕士和博士学位。大师们的熏陶使他具备了扎实的学术功底;管理岗位上的历练,更是为他提供了吸收相关学科营养,充实提高自己的机遇。正是这种丰富的阅历和不断的学习与提高,才使向阳研究员在草业科学与社会经济学的界面上挥洒自如,取得了可喜的成果。

呈现在读者面前的这部著作便是该项目的系统总结和丰硕成果。它具有两大特点,一是体现了草业科学与社会经济学的结合,二是以牧户作为研究主体。全书共分 8 章。在概述了气候变化适应性研究的理论、方法和科学问题,及分析了北方草原生态系统脆弱性之后,以 4 章的篇幅讨论了牧户经营在全球变化下的脆弱性、对气候变化的感知以及他们采取的适应策略。最后一章作为全书的总结,叙述了我国北方牧区应对气候变化的适应性对策。全书是向阳研究员率领其团队在草业科学和社会经济学的交叉领域辛勤耕耘的结晶,其中不乏大量的创新亮点,尤其值得推荐的是关于牧户心理载畜率的研究成果。所谓的心理载畜率是指牧户认为在一定时期内单位草地能够承载的牲畜头数,它实际上是牧民在世代传承的生产实践活动中,言传身教经验积累的基础上,根据当时的气候、草地、家畜、市场等诸多因素形成的对草地生产力所做的综合判断。这可能也是

牧民世代经营保持着人与自然和谐发展的结果。现在我们面临的草地退化正是破坏了人与自然的和谐所引致的恶果。当然,“心理载畜率”目前仅是向阳研究员的一家之言,大家尽可见仁见智。但是,毫无疑问,向阳研究员这种深入实践,总结牧民经验,将其上升为理论,在更高的发展水平上加以应用的做法,是值得大力提倡的。

两年前,我曾为向阳主编的《中国草原科学》作序,并提到在该书中专门设立草原区域可持续发展一篇,对草业经济与政策进行专门论述,是一种学术睿智。现在他又以专著的方式将草地生态、草业经济与政策的研究成果汇集出版,我为他的学术成就由衷的感到高兴,并相信该书对我国的草业工作者、农业经济工作者以及政府工作人员将有重要的参考价值,并期待着该书在推动实现牧区可持续发展中,发挥积极的作用。欣喜之余,书写上文,以示祝贺,并为序。

南志标

中国工程院院士

兰州大学草地农业科技学院教授

草地农业生态系统国家重点实验室主任

目 录

序

第一章 气候变化影响和适应研究热点与科学问题	1
第一节 全球气候变化趋势与应对策略	1
一、气候变化的趋势、证据与影响	1
二、应对气候变化的措施及策略	4
三、减缓和适应对应对气候变化的作用	7
第二节 气候变化对自然和社会系统影响与适应	8
一、气候变化对草原自然系统影响	8
二、气候变化对以畜牧业为主的牧区社会经济的影响	12
三、自然与社会系统对气候变化的适应	12
第三节 北方草原区气候变化适应性研究的主要方向与科学问题	15
一、北方草原区在应对气候变化中的重要性	15
二、气候变化下草原生态系统研究的趋势与热点问题	18
三、本研究拟解决关键科学问题与主要成果	24
参考文献	29
第二章 北方草原区气候变化时空格局与自然生态系统干旱脆弱性评估	34
第一节 数据来源与研究方法	34
一、气象数据	34
二、卫星遥感数据	34
三、研究方法	35
第二节 北方草原区气候变化的时空格局	37
一、北方草原区气候背景值特征	37
二、主要气象指标年值变化特征	38
三、主要气象指标月和季节尺度变化特征	41
四、主要气象指标日值变化特征	45
五、北方草原区干旱事件发生的时空格局	46
第三节 北方草原区植被时空动态及其对气候变化的响应	49
一、基于草原植物群落动态监测的分析	49
二、基于 MODIS-NDVI 的分析	54
第四节 北方草原区区域自然生态系统干旱脆弱性评估	56
第五节 基于草原区树木年轮分析的百年气候重建	57
一、研究预备结果	59
二、主要研究结果	63
三、主要结论	79
参考文献	81
第三章 北方草原县域尺度气候变化脆弱性	83
第一节 研究方法与数据来源	83

一、引言	83
二、研究方法	84
三、数据来源	85
第二节 北方草原县域尺度气候变化脆弱性评估的指标体系	86
一、指标体系描述	86
二、评价指标的选取及指标体系构建	86
三、指标原始数据采集及计算	90
四、评价指标权重的确定	91
五、脆弱性指数计算方法	94
第三节 北方草原县域尺度气候变化脆弱性评价	103
一、暴露度变化趋势	103
二、敏感性变化趋势	104
三、适应能力的变化趋势	105
四、脆弱度指数	106
五、讨论及建议	108
参考文献	109
第四章 北方牧户气候变化脆弱性分析	112
第一节 国内外脆弱性研究综述	112
一、脆弱性研究概况	112
二、脆弱性概念的分类	114
三、脆弱性评价	117
第二节 数据来源与研究方法	120
一、数据来源	120
二、北方草原牧户脆弱性评价指标体系建立及方法	121
第三节 北方草原区牧户脆弱性评价指标体系的建立	128
一、脆弱性评价指标体系建立的统计学指标	128
二、评价指标类型的确定	129
三、思考与启示	130
第四节 北方草原牧户脆弱性评价	132
一、北方草原牧户脆弱性分析	132
二、基于牧户尺度县域和区域脆弱性分异分析	138
三、高、低脆弱性牧户对极端气候事件影响的感知及响应	140
参考文献	141
第五章 北方草原牧户对气候变化的感知	146
第一节 研究背景与方法	146
一、研究背景	146
二、气象数据	147
三、牧户调查	147
四、分析方法	148
第二节 北方草原典型地区气候变化实值与牧户感知的分析	149
一、研究地温度与降水变化特征	149
二、温度变化感知	150

三、降水变化感知	153
第三节 北方草原牧户对气候变化感知的偏差及其形成原因	155
一、牧民感知与气候变化事实之间的相悖现象	155
二、气候变化感知偏差的理论假设	155
三、传导感知理论验证	157
四、节律变化假设验证	159
第四节 北方草原牧户对极端气候事件的感知	161
一、牧民对极端干旱的感知	161
二、牧民对极端降雪的感知	164
参考文献	165
第六章 北方草原牧户对气候变化的适应	167
第一节 研究背景与方法	167
一、研究背景	167
二、研究方法	168
第二节 气候变化对牧户生产系统的影响方式	168
一、牧户生产系统对气候变化的敏感性分析	168
二、影响家庭牧场的关键气候因子及其区域分异	172
三、气候变化对家庭牧场经营影响的作用方式	173
四、气候变化对牧户生产系统的作用机理探讨	174
第三节 牧户生产系统对气象灾害的短期响应	175
一、对极端气候事件的自适应策略	175
二、对极端气候的外力适应方式	176
三、牧户间适应行为分异的影响因素	176
第四节 牧户经营关键节点对气候变化的长期响应	178
一、气候与草地资源的变化特征	178
二、牧民购买草料行为适应性变化	178
三、牧户牲畜结构适应性变化	179
四、牧户接羔与出栏时间适应性调整	181
五、应对旱灾行为优先序与多样性的年代际分异	183
第五节 牧户生产系统的气候响应机制	184
一、牧户生产系统的生态学基础	184
二、牧户生产系统的过程与功能	185
三、牧户经营过程分析	186
四、牧户尺度草畜系统的相悖性	187
五、牧户尺度草畜系统的耦合机制	190
参考文献	191
第七章 北方草原牧户心理载畜率及草畜平衡模式转移	193
第一节 研究背景及意义	193
一、草原退化与草畜平衡	193
二、农牧户决策理论研究进展	193
三、行为经济学基本理论	195
四、小结	197

第二节 研究方法与数据来源	197
第三节 不同经济水平牧户草场特征的趋同性	198
一、研究区概况与试验设计	198
二、不同经济水平牧户草场植被特征趋同性研究	199
三、不同经济水平牧户草场土壤特征趋同性研究	203
四、讨论与小结	207
第四节 牧户草畜平衡决策行为的有限理性	208
一、情景实验法	209
二、牧户及其草畜平衡决策行为的行为经济学分析	209
三、讨论与小结	213
第五节 心理载畜率对牧户草畜平衡决策的影响	215
一、研究区域概况	215
二、问卷调查	216
三、牧户心理载畜率的提出	217
四、牧户心理载畜率的具体认识	217
五、牧户超载认知的影响因素分析	218
六、讨论与小结	220
第六节 牧户草畜平衡决策行为的影响因素分析	222
参考文献	232
第八章 牧区应对气候变化的适应性管理对策	235
第一节 引言	235
第二节 基于草料均衡供给的气候变化适应性管理对策	236
第三节 基于区域草地资源调控的气候变化适应性管理对策	238
第四节 基于牧户行为调控的气候变化适应性管理对策	240
第五节 基于县域自然-社会系统治理的气候变化适应性管理对策	242
参考文献	243
后记	245
彩图	

第一章 气候变化影响和适应研究热点与科学问题

第一节 全球气候变化趋势与应对策略

气候变化是 21 世纪人类面临的最严峻挑战之一，加剧了很多国家和地区的脆弱性，人类如何适应气候变化已成为当前全社会普遍关注的话题。社会需求刺激科学研究，20 世纪 90 年代以来，全球环境变化的研究方向已从起初的预防、减缓调整为适应。全球变化的 4 大科学计划——世界气候研究计划(WCRP)、国际全球环境变化人文因素计划(IHDP)、国际地圈生物圈计划(IGBP)和国际生物多样性计划(DIVERSITAS)都将科学地适应未来气候变化作为人类社会保持可持续发展的重要准则(Eriksen, 2009; DIVERSITAS, 2009)。近年来，气候变化适应性研究主要关注假设行动如何减缓未来气候变化情景的影响、适应能力评估、适应策略的选择与评价以及局地层面的适应性实践方案等重要问题(Smit and Wandel, 2006)；研究尺度从全球、国家、区域到家庭或个人(Adger, 2006; Kabubo-Mariara, 2009)；研究视野已扩展到相当广泛的问题集，包括制度、社会与文化等方面。

一、气候变化的趋势、证据与影响

近百年来，特别是近三十年来，地球气候系统正经历着一次以变暖为主要特征的显著变化。受其影响，全球生态环境也发生了重大变化：如水资源短缺、生态系统退化、土壤侵蚀加剧，生物多样性锐减等。问题的严重性在于未来气候仍具有相当大的不确定性，而且不同学者采用不同模型对全球气候的预测均表明：未来全球平均温度将继续增加，高纬度地区的降水也将增加，部分亚热带和中低纬地区降水将减少。温度变化是全球变化研究中非常重要的基础性问题。IPCC 发布了四次气候变化评估报告。1990 年，IPCC 第一次评估报告指出，全球地表温度变暖 $0.45 \pm 0.15^{\circ}\text{C}$ ；1996 年，IPCC 第二次评估报告指出，全球地表温度从 19 世纪末以来的 100 年间上升了 $0.3 \sim 0.6^{\circ}\text{C}$ ；2001 年，IPCC 第三次评估报告指出，过去 100 年地球表面的平均温度已经升高了 $0.4 \sim 0.8^{\circ}\text{C}$ ；2007 年，IPCC 第四次评估报告指出，近百年来全球温度升高了 $0.6 \sim 0.8^{\circ}\text{C}$ ，这是近 1000 年来温度增加最大的一个世纪(Jones *et al.*, 2003)，也是近千年来最暖的一个世纪。与此同时，全球表面平均温度的变化在时期和地区间还存在明显差异，虽然总体上看，近 100 年来的地表年平均温度在全球绝大多数地区表现为增高趋势，但在海洋上的部分地区，特别是南半球海洋上的一些区域，温度呈现微弱下降趋势，而且 20 世纪北半球最主要的增暖发生在 1910~1945 年和 1976~2000 年间，在 1946~1975 年间，北半球大部分地区年平均温度呈下降趋势(殷永元, 2004)。

全球温度增高将改变各地的温度场，影响大气环流的运行规律，不同地区降水量和蒸发量的时空分布也会改变，造成各地气温、降水等气象因子的不同变化，从而给自然

生态系统和农业生产带来巨大冲击,造成许多目前仍无法估计的严重影响。过去几十年观测到全球变暖已经与大尺度水文循环的大规模变化联系在一起,降水有空间的和年代际的变率,20世纪降水在北半球高纬度大部分陆地区域增加,而在 $10^{\circ}\text{S}\sim 30^{\circ}\text{N}$ 自20世纪70年代以来降水减少。

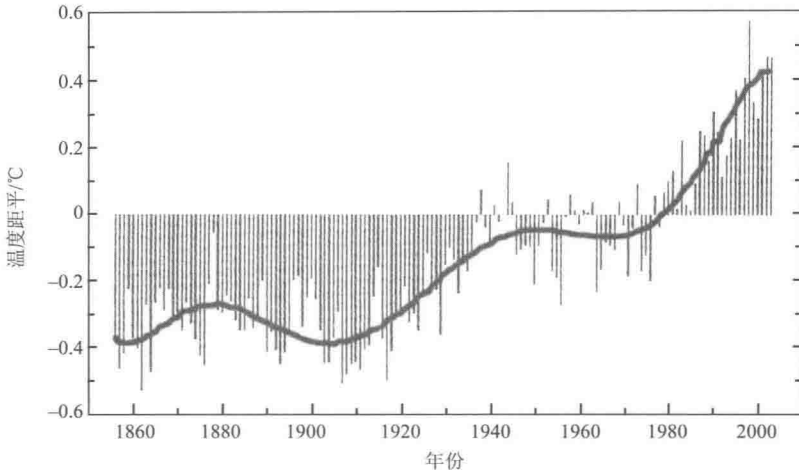


图 1-1 1861~2000 年全球平均地表温度距平(引自 Jones *et al.*, 2003)

全球气候变暖毋庸置疑,近几十年来中国气温亦呈现上升趋势,但并不完全与世界同步。关于中国近 100 年来的气候变化研究相对较多,且多集中于地表气温变化的研究(丁一汇等, 1994; 谢庄等, 2000)。林学椿等(1995)研究表明,我国近 100 年来温度变化与北半球变化十分相似,均显示出 20 世纪 40 年代和 20 世纪 80 年代两个增温期,气温变化具有明显的区域性特征(施能等, 1995),其中,西部地区年平均气温与东部地区大体一致,但西部变暖趋势更为明显(王绍武等, 1998)。在 1905~2001 年的 97 年中,我国年平均气温呈现明显的上升趋势,上升了 0.79°C ,平均增温速率($0.08^{\circ}\text{C}/10\text{a}$)略高于全球平均增温幅度(唐国利等, 2005)。1951~2001 年的近 50 年内,我国年平均气温上升了 1.1°C ,增温速率达 $0.22^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,整体上升趋势特别是 1980 年以来的增温趋势明显(任国玉等, 2005)。从气温变化分布看,我国除西南地区北部年平均气温呈下降趋势(翟盘茂等, 1997),其他地区均有所上升,且北方增温趋势相对明显,尤其是西北、华北和东北地区冬季气候变暖最为明显(图 1-2)。

1905~2001 年的 97 年中,我国年降水量变化趋势不明显,其中,春季降水量略有增加,秋季降水量有所减少。从年代看,20 世纪 10 年代、30~40 年代和 80~90 年代降水偏多,其他时段降水偏少。近 50 年(1956~2002 年)的全国平均降水量变化趋势同样不明显,降水分布空间异质性进一步加大,其中,东北北部、内蒙古大部分地区、华南与西南地区降水量有一定程度的增加,华北、西北东部、东北南部等地降水量明显下降,平均每 10 年减少 20~40mm,详见图 1-3。

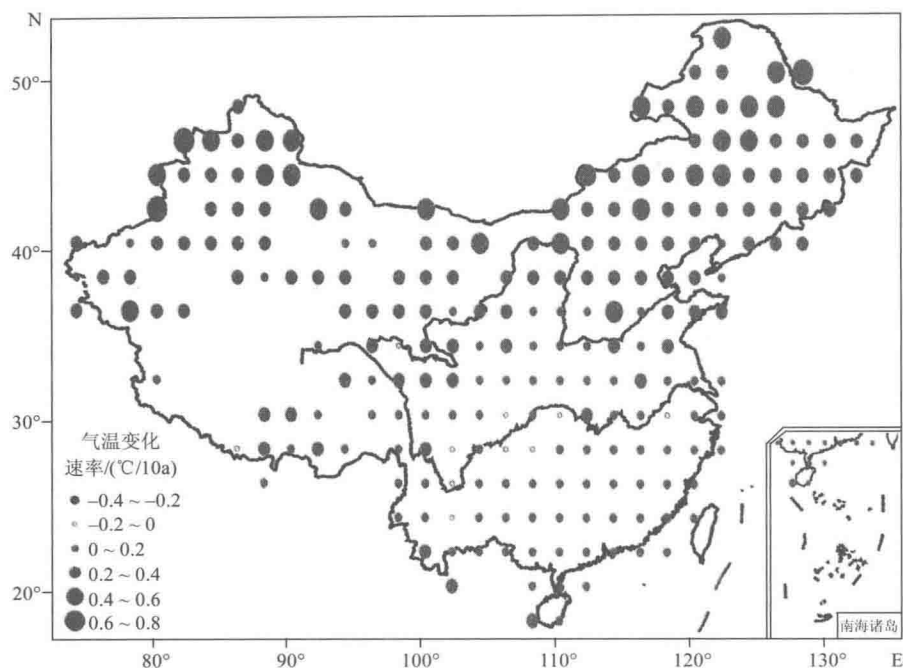


图 1-2 1951~2002 年中国年平均气温变化速率(引自《气候变化国家评估报告》，2007)

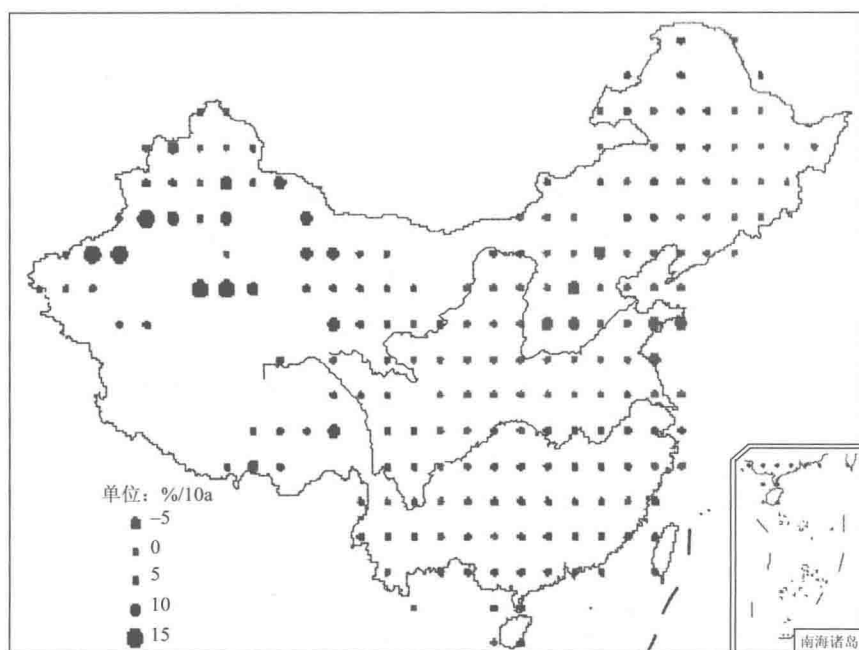


图 1-3 1951~2002 年中国年降水量变化速率(引自《气候变化国家评估报告》，2007)

中国位于地球环境变化速率最大的季风区，其环境具有空间上的复杂性、时间上的易变性；对外界变化的响应和承受力具有敏感和脆弱的特点。在全球变暖的背景下，降

水减少仍然是中国东部干旱形成的主要因素。相对于南方地区,中国华北、东北及西北部等,干旱与半干旱区的干旱化进程对温度变化比降水变化更为敏感。中国地形复杂,多高山、高原,特别是受青藏高原的影响,气候变化情况显得更为复杂;另外,中国地域广大,横跨多个不同的气候带,受多种气流影响,加之该区又是全球最为典型的季风气候地区之一,各地降水对全球变化的响应速度与程度存在一定的区域差别。受气候变化影响,目前我国种植制度、作物生产潜力已在一定程度上发生了改变(蔡运龙等,1996)。相关研究表明,当前我国种植界限敏感区域种植北界明显北移西扩(李克南等,2010),北方地区种植制度将发生进一步变化(王馥棠,1999);黄土高原 80 年代玉米光温生产潜力较 60、70 年代有所下降,同时受降水变化影响,除陕西省的其它省区 80 年代气候生产潜力均高于 60、70 年代(张强等,1995),而且据估测,未来我国北方冬麦区小麦和玉米的生产潜力将不同程度提高(李玉娥,1992),北方冬小麦产量将显著增加,而南方麦区的减产幅度趋向缓和(金之庆等,1996);北方沙区沙漠化土地面积增大,预计 21 世纪我国北方土地沙漠化过程将进一步加剧(尚可政等,2001)。

二、应对气候变化的措施及策略

根据政府间气候变化专业委员会的报告(IPCC, 1996),气候变化已经并将继续显著地影响人类赖以生存和发展的资源、生态和环境,对敏感经济部门、水资源、海岸带以及生态系统造成重大影响。随着全球气候的进一步增暖,各种不利影响的严重程度可能会加剧。国际社会一直致力于寻找缓解全球气候变化的方案,在积极开展国际气候治理合作,探索寻求应对良策方面做出了巨大努力。从 1979 年,气候变化问题首次引起国际社会关注以来,国际社会先后召开了第一届世界气候大会、1982 年内罗毕会议、1988 年多伦多气候大会、1988 年 IPCC 第一次会议、1989 年新德里气候大会、1990 年第二届世界气候大会、1995 年柏林会议、1997 年京都会议、2000 年海牙会议、2001 年波恩会议、2005 年蒙特利尔会议、2006 年内罗毕会议,特别是《京都议定书》的通过,为加强国际气候变化合作、推动温室气体减排起到了积极的推动作用。由于气候变化不能完全避免,气候变化可能比现在预计的更迅速和显著;计划的和预防的适应比被迫的、应急的适应或事后补救更有效和成本低;气候变化在带来威胁的同时,也带来机遇,未来的利益能够从气候变化中产生。

为了减缓气候变化,1992 年联合国气候变化框架公约明确提出了两类对策,一是通过改变能源结构的技术方法与政策,采取以温室气体减排为主的气候变化程度减缓措施;二是在研究和认识气候变化对生态系统的影响基础上,基于已有的和不断创新的科学知识,通过采取技术、政策、法规等举措,积极调整人类社会行为,使社会经济适应气候变化以减少其过分受气候变化影响的脆弱性,减缓全球气候变化影响和损失。在全球环境变化研究中,适应是人类对全球变化响应的一个最新机制,适应并不能完全避免气候变化引起的经济和其它损失,但能减轻并延缓这些损失。减缓全球变化的国际谈判在过去 10 年里收效甚微,因此,如何根据现有的科学知识,积极主动地调整人类的行为,以适应包括全球变暖在内的全球变化是留给我们的主要的有效途径。适应的最终目的是减

轻气候变化的危害,开发因气候变化带来的有利机会。为了避免气候变化给中国区域经济和生态环境造成不良影响,保障社会经济可持续发展,除了要采取能源、工业、交通、农业、森林、水资源、海岸等方面的适应对策外,还需要重视有利于适应和减缓气候变化影响的综合对策,包括以下内容:

将适应气候变化影响的对策纳入经济建设和社会发展规划,优先选择既有利于减缓气候变化的不利影响同时又有利于促进经济发展与社会进步的“无悔”对策和措施;加强气候变化及其对生态环境影响的监测预警工作,建立温室气体和农业、水、生态系统等重要生态环境影响观测网,客观及时地掌握气候变化的动态;发展与气候变化及其影响相关的科学研究基础数据库(集)共享;加强气候变化影响的科学和政策研究,特别是加强对国民经济和社会发展特别重要的经济敏感部门、基础设施、敏感和脆弱区域的综合影响与适应对策等方面的科学和政策研究;开展各领域的适应技术研究、推广与应用;加强气候变化影响的教育培训与宣传活动,要在中小学和大学增加全球气候变化教学内容,要利用各种媒介广泛宣传和普及全球变化知识,提高公民保护全球环境和气候、实行可持续发展的意识,促进我国公众参与应对气候变化的能力达到更高水平;积极参与气候变化领域的国际合作,鼓励和支持我国科学家积极参与针对气候变化框架公约的各种计划,为维护国家利益,促进科学发展发挥更大作用,贡献更大力量;要采取有力措施,进一步组织和支持我国科学家广泛参与政府间气候变化专业委员会科学评估活动,提高支持我国参与气候变化的能力和水平;在参与气候变化领域的国际活动中,继续强调要求发达国家根据气候变化公约和京都议定书的规定,向发展中国家提供资金、技术方面的援助,帮助发展中国家加强应对气候变化的能力建设,以便发展中国家能更好地应对气候变化的影响。

具体方法:

1. 改善能源结构

人类对能源的需求和使用是造成对气候影响的直接原因。在保证经济增长的同时,通过改进工艺过程和技术,如热、电回收;材料回收利用和替代;控制 GHG 排放;改进炊事炉灶,改进隔热;被动式和主动式太阳能供热和供冷设计;更节约燃料的机动车;混合动力车;清洁柴油;生物燃料;氟利昂气体的回收和回收利用,进而达到减少能耗的目的。中国把提高能源效率和节能作为可持续发展战略的关键措施。中国正在实行从粗放型经济向集约型经济转变,必将大大推进能源效率的提高和节约。改善能源结构,增加可再生能源和洁净能源的使用,如开发技术提高太阳能、风能、水能、地热能的使用和能量的循环利用技术。例如风是地球上潜力巨大的能源,如能将地球上 1% 的风能利用起来,即可满足整个人类对能源的需求。

2. 生态措施

将 CO_2 从大气转移到植物体中,是去除大气中 CO_2 的重要途径之一。据计算,要抵消目前化石燃料燃烧排放到大气中的 CO_2 ,世界必须拥有大约 $700 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的永久森林。因此,世界各国应加大力度,在可利用的土地上植树造林,采取措施恢复已被破坏或正在遭受破坏的原始森林。作为生态措施的重要部分,农业和畜牧业的可持续发展也应得到足够的重视。如发展生态农业,它根据生态学生物共生和物质循环再生的原理,运用

生态工程和现代科学技术,因地制宜,合理安排农业生产的优化模式,主要手段是提高太阳能的固定率和利用率,使物质在系统内得到多次重复利用和循环利用,以高效和无废物等来组织和发展农业。如改进作物用地和放牧用地管理,增加土壤碳储存;改进水稻种植技术和牲畜及粪便管理,减少 CH_4 排放;改进氮肥施用技术,减少 N_2O 排放;专用生物能作物,用以替代化石燃料使用,提高能效。恢复有机土壤耕地,改进耕地管理(包括农学、肥料管理、耕地/秸茬管理)、水管理(包括灌溉和排涝)和休耕/农林间作,改进牧场管理(包括放牧强度、提高生产率、肥料管理、消防管理和引进品种),恢复退化的土地(利用水土流失防治、有机肥料和肥料改良)。农业原料(如,作物秸秆、粪肥、能源作物)的能源生产取代化石燃料也可减少 GHG 排放。退耕还林还草;森林管理;减少毁林;木材产品收获管理;使用林产品获取生物能,以便替代化石燃料的使用。

3. 改变传统工业生产方式

生态工业追求的是系统内各生产过程从原料、中间产物、废物到产品的物质循环,达到资源、能源、投资的最优利用。管理工具主要包括人员培训、回报制度、定期反馈、现有规范文件的编制,这些工具能够有助于克服工业组织面临的障碍,减少能源的使用和 GHG 排放。减少工业 GHG 排放的技术:提高能效、燃料转换、能量回收、可再生能源、原料变化、产品变化和材料效能。

4. 调整交通方式

公路运输改为轨道和公交系统;非机动化交通运输(自行车、步行)。土地利用和交通综合战略有可能在不增加汽车交通需要的情况下,使得人们更加方便地到达工作地点、商店和其他设施。如在居住密度比较高以及工作和住所比较平衡的城市,人们外出的次数少、行程短,可以更多地步行或骑车。按照“公交优先”的策略,提供以公共汽车维护的公共交通系统,不仅可降低尾气排放,还将使未来油料的消耗大幅度降低。

5. 国家政策和措施

国家政策和行政干预手段可供政府建立鼓励减缓行动的激励机制。政府以财政捐款、减免税收、设定标准和创建市场等方式提供支持,这对有效的技术开发、创新和部署很重要。其中包括:法规和标准、税费、可交易许可、自愿协议、逐步取消补贴、财政激励措施、研发活动以及信息手段等。其它政策:影响贸易、外国直接投资和社会发展目标的政策,也能够影响 GHG 排放,信息手段可以对环境质量产生积极的影响,因为它使消费者能做出有充分信息依据的选择。它能提高其它政策的成效。法规措施和标准一般在环境方面的成效是确定的。在由于信息匮乏或其它障碍阻碍公司和消费者对价格信息作出反应时,最好采用这些法规措施和标准。交易许可在行业、国家、国际层面上成为控制常见污染物和 GHG 的日益普遍的经济手段。

6. 广泛开展自愿行动

企业团体、地方和区域政府部门、非政府组织和民间团体正在采用广泛的自愿行动。这些自愿行动也许会限制 GHG 的排放,激发创新政策,并鼓励新技术的部署。但仅靠自愿行动,对国家或区域层面的影响一般是有限的。

7. 改变传统生活方式

生活方式的改变可减少 GHG 的排放。强调资源节约的生活方式和消费方式的转变,