



World Meteorological Organization
世界气象组织

Climate: Into the 21st Century

21世纪的气候

[英] 威廉·伯勒斯 主编

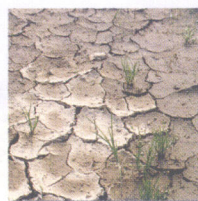
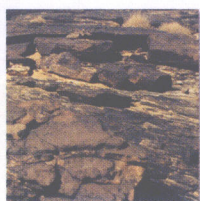
秦大河 丁一汇等 译校

气象出版社

Climate: Into the 21st Century

21世纪的气候

[英] 威廉·伯勒斯 主编



总译校：秦大河 丁一汇

译 校（按姓氏笔画为序）：

丁永建 任贾文 陈振林 罗 勇

赵宗慈 效存德 郭彩丽 谢爱红

翟盘茂 戴晓苏

秘 书：张 锦

气象出版社



Climate: Into the 21st Century

Copyright© World Meteorological Organization 2003.

Published by the Press Syndicate of the University of Cambridge

The Pitt Building, Trumpington Street, Cambridge, United Kingdom

First published 2003

Chinese translation copyright© China Meteorological Press 2007.

All rights reserved.

原著版权©世界气象组织2003

剑桥大学出版社出版, 2003年第一版

中译本(简体中文)版权©气象出版社2007

保留所有权利

图书在版编目(CIP)数据

21世纪的气候 / [英]伯勒斯(Burroughs, W.)主编; ①秦大河②丁一汇等译校. —北京: 气象出版社, 2007. 9
ISBN 978-7-5029-4133-8

I. 2... II. ①伯... ②秦... ③丁... III. ①气候—分析—21世纪②气候展望—21世纪 IV. P46

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第037605号

北京市版权局著作权合同登记: 图字01-2005-1770号

21世纪的气候

21 Shiji de Qihou

出版发行: 气象出版社

地 址: 北京海淀区中关村南大街46号

网 址: <http://cmp.cma.gov.cn>

电 话: 总编室010-68407112, 发行部010-68409198

责任编辑: 郭彩丽

封面设计: 王 伟

责任校对: 刘祥玉

印 刷 者: 北京恒智彩色印刷有限公司

开 本: 635 mm×965 mm 1/8

印 张: 32.5

版 次: 2007年9月第1版

印 数: 1—3000

定 价: 85.00元

邮 编: 100081

E-mail: qxcbs@263.net

终 审: 陈云峰

责任技编: 都 平

字 数: 490千字

印 次: 2007年9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

中文版序

原版序

原版前言

第一部分

我们 对气候的认识

第二部分

气候系统

第三部分

变化的气候产生的影响

第四部分

气候造福于社会

第五部分

世纪展望

附件

名词解释

缩略语

主要计量单位、化学符号和换算因子

气候图

致谢

索引

秦大河
中国科学院院士
IPCC第一工作组联合主席

我认为2007年是“气候变化”话题热门年，这个话题还将继续热门下去，几年、几十年，甚至更长的时间，而且国内、国外都如此！

在国际，今年2月、4月和5月，政府间气候变化专门委员会（IPCC）第一、二、三工作组分别就气候变化的科学、影响与适应以及减缓对策等，正式发布了第四次评估报告；无独有偶，今年新春伊始，著名的“达沃斯经济论坛”出人意料地把气候变化推选为第一议题；不久前的G8+5高峰会谈，再次高调讨论气候变化议题，欧盟提出了新的应对气候变化的建议，经过艰苦谈判，八国集团于6月7日就应对气候变化问题达成妥协，同意“认真考虑”德国等方面提出的关于“到2050年全球温室气体排放量比1990年降低50%”的建议，并一致认为有关谈判应在联合国框架内进行；而“对于广大发展中国家而言，发展经济和改善民生是第一要务”，“无论从历史责任还是从现实能力而言，发达国家均应率先减排，并在减缓和适应气候变化方面向发展中国家提供帮助”，当然，“发展中国家也要根据各自国情，尽己所能，采取措施，走可持续发展之路”；联合国新任秘书长潘基文一上任即派出三位特使，游说各国政府，在政治层面协调应对气候变化的全球策略；8月31日，为期五天的联合国气候变化大会在奥地利维也纳落下帷幕，包括中国在内的100多个国家和地区的900多名代表出席会议并达成共识，认为工业化国家应力争在2020年之前将温室气体排放量在1990年的水平上减少25%~40%；9月上旬，亚太经济合作组织（APEC）第15次领导人非正式会谈也将气候变化问题作为重要议题；11月，在IPCC提交综合报告后，《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）将继续《京都议定书》第二承诺期的谈判。

在国内，刚刚过去的暖冬之后接踵而来的沙尘、雷击、暴雨、台风、高温、干旱、洪涝等极端天气事件带来的灾难景象，使国人也开始关注气候变化，并注意把这些自然灾害与气候变化、全球

变暖联系起来。譬如，公众关注海平面上升、喜马拉雅山冰川的命运、沙尘暴、太湖蓝藻、川东大旱之后的洪涝、淮河分洪、水资源、西部大开发、三江源保护，等等。人们议论这些现象时，已经把自然灾害的频发与高强度和全球气候变暖联系起来，在揣摩为什么现在有这么多的灾难降临。政府方面也进一步采取行动，5月30日，温家宝总理主持国务院常务会议正式通过《中国应对气候变化国家方案》，并于6月4日起正式实施。该方案由17个部门、数十位专家历时两年完成，不仅是中国首次在国家层面上出台的气候变化应对方案，而且也是全世界发展中国家第一个颁布的综合性气候变化应对方案。该方案把应对气候变化和实施可持续发展战略，加快建立资源节约型、环境友好型社会和创新型国家紧密结合起来，一手抓减缓温室气体排放，控制增量，尽可能少排放，一手抓提高适应气候变化的能力，防灾减灾，将气候变化的负面影响控制到最小的程度。虽然《联合国气候变化框架公约》和《京都议定书》并未给发展中国家规定国际减排义务，但中国政府仍制定了雄心勃勃的节能目标，明确提出到2010年实现单位国内生产总值（GDP）能源消耗比2005年末降低20%，主要污染物排放总量减少10%，森林覆盖率由18.2%提高到20%等目标，树立了中国是负责任大国的形象，并把这些目标列为建设和谐社会的内容之一，这无疑是国人和全世界人民的一个福音。

科技工作者则更关注现象背后的真谛。除了对地球气候系统的监测、模拟和预测预估之类的“纯科学”研究工作外，自然科学家也逐渐认识到，社会经济和气候系统科学之间的相互作用非常重要，尤其是在认识到人类活动已经影响了地球气候变化之后。为此，在20世纪80年代，世界气象组织（WMO）和联合国环境署（UNEP）联合组织了IPCC科学评估报告工作，分别于1990、1995、2001和2007年四次发布评估报告，极大地扩展了气候变化科学的内涵，同时对人类活动影响气候

系统变化的科学认识一次比一次深刻、清晰。今年完成的IPCC第四次评估报告,集合了130多个国家2500多名科学家,在已完成的三次评估报告的基础上,吸纳了2001—2006年全世界科学家在气候变化科学领域取得的最新成果。第四次评估报告突出了气候系统的变化,从气候系统各圈层的观测事实出发,阐述了当前气候系统变化的原因、变化过程,并进行了归因分析,采用了先进的气候模式对一系列未来气候系统的变化进行了预估,对不确定性问题做了更加深入的研究,发聋振聩地向全世界宣布,“人类活动很可能是自20世纪下半叶以来气候变暖的主要原因(置信度为90%~99%)”,大大推进了科学技术界和全社会对气候变化科学认知的广度和深度,推动了气候变化科学和应对气候变化的科学技术的发展,促进了国际合作和交流。IPCC评估报告还科学分析了气候变化对社会和经济的影响和适应问题,提出了减缓气候变化的对策,等等。现在,气候变化科学已经成为一门集自然科学、技术、社会、经济、外交乃至政治之大成的系统科学,融会并贯穿了自然科学和社会人文政治,在科学研究方面属国际前沿,在应用方面又是社会亟需,所以,不仅科学家感兴趣,老百姓津津乐道,决策者也高度重视!

气候变化科学具备清晰的前瞻特色、广泛的科技内涵、极强的实用价值和鲜明的时代特点,可以说,气候变化这个热门话题必将继续热门下去!

《21世纪的气候》一书的英文版是在2001年IPCC第三次评估报告发布不久之后出版的(2003年),正如WMO前秘书长奥巴西教授在该书序言中指出的,WMO组织国际一流专家撰写出版这本书,是为了宣传气候变化科学,教育民众保护气候,主动采取应对措施,适应和减缓气候变化。该书的结构、内容和思路颇为先进,文字流畅,插图精美,可读性强,是一部难得的科普精品。所以,尽管英文版已出版了四年,IPCC第四次评估报告

也已经正式发表,但本书的主要内容仍不失其先进性和普适性,对读者仍有重要价值。另一方面,迄今为止,从企业到政府,从科技界到社会公众,仍有许多人不大理解,也不大清楚什么是气候变化,以及气候变化和我们的社会生活有什么关系,从这个意义上说,《21世纪的气候》中文版的出版对于普及气候及气候变化的科学知识,唤起社会公众采取行动,适应和减缓气候变化,具有非常重要的意义。这也是我们翻译出版这本书的本意。

非常感谢本书的众多译校者:第1章由丁永建翻译;第2章由郭彩丽、罗勇、任贾文、谢爱红翻译;第3章由陈振林翻译;第4章由翟盘茂翻译;第5章由赵宗慈翻译;原版序、前言、名词解释、缩略语,以及主要计量单位、化学符号和换算因子由效存德翻译;索引由郭彩丽翻译;戴晓苏、郭彩丽先后对全部译稿作了仔细的译校;最后,由秦大河校核全书,丁一汇阅读全文,并解决了翻译中的一些疑难问题。

特别感谢本书的责任编辑郭彩丽同志,在本书的编辑出版过程中,我和她有过多卓有成效的讨论,她丰富的翻译和编辑经验,以及认真负责细致的工作,是本书得以顺利出版的关键。

感谢世界气象组织秘书长雅罗(M.Jarraud)先生和剑桥大学出版社在中文版版权转让方面给予的支持和帮助。

我相信,本书的出版不仅对拓展气候工作者的知识领域大有裨益,而且对决策者、企业家和社会公众都将有非常重要的参考价值。

秦大河

中国科学院院士
IPCC第一工作组联合主席

2007年9月4日

奥巴西
(G.O.P. Obasi)
世界气象组织
秘书长



气候是人类最重要的自然资源之一。地球上的生命本身和人类的存在都依赖于一个适宜的气候环境。气候因子对人类的影响很大,包括影响人类对食物和水的获取以及对居所和衣物的选择。气候在我们的文化、健康、休闲和社会福利中起着重要的作用。

最近,我们也越来越关注社会和气候之间的相互作用,尤其是人类对正在变化着的气候的影响。这种相互作用是探寻人类可持续发展所必须考虑的重要因素之一。

在这一点上,人们对更好地认识什么是气候、气候系统是由哪些因子构成的、在这一领域已经取得了哪些进展以及前景如何等越来越感兴趣。有鉴于此,我们组织出版了这本《21世纪的气候》。这一项目由世界气象组织(WMO)承担。该组织长期以来一直关注和研究气候问题,这可以追溯到该组织的前身——国际气象组织(IMO)——早在1929年就已经成立了气候学技术委员会。WMO自从1950年成立以来,尤其是通过世界气候计划(WCP),一直致力于吸引人们关注那些与气候相关的问题。

本书重点放在我们在对气候系统的认识方面所取得的巨大进展,并尝试促使公众认识到气候在我们生活中的重要性。这也许会让人们想起在那些与气候极端异常有关的自然灾害中生命和财产的重大损失。认识到人类活动是气候系统发生变化的原因之一,也就会认识到气候系统对社会的影响可能会越来越大,并越来越富有挑战性。因此,为了一个更安全、更富饶的世界以及人类的福祉,必须加强对气候知识的应用。

本书对整个20世纪的全球气候系统进行了总结,确定了一些主要的气候事件及其对社会的影响。此外,本书追溯了人类观测和监测气候系统能力的发展历程,概括描述了我们对于月 and 更长时间尺度的气候可预报性的理解。本书最后深入阐述了21世纪的问题,重点介绍了WMO和联合国环境署(UNEP)联合发起的政府间气候变化专门委员会(IPCC)的工作以及IPCC最近发布的第三次评估报告。

本书通俗易懂,可读性强,有选择性地介绍了一些重要的气候过程、一些气候事件产生巨大影响的事例,以及气候在21世纪伊始所提出的挑战。本书适合于各类对气候和气候事件感兴趣的读者,因而其读者对象非常广泛。

本书还讲述了国际合作在气象学中的作用和发展,尤其是在研究及应用中资料的采集和交换等方面。各国的国家气象和水文机构(NMHS)已经在一个世纪或更长时间内做了非常重要的工作,即观测和记录了大气参数及相关的天气。这些观测数据最初立即被应用到天气预报和预警中;现在,它们已经形成了累积的气候记录,从而构成了我们认识气候系统及其变率的基础。随着我们对气候系统对人类活动干扰敏感性认识的不断增加,为了更好地迎接气候异常和气候变化所带来的挑战,保持乃至加强气候观测网以及加强国际合作就变得更加

重要。

在这方面，应该感谢数百万献身于气候观测和研究的专业人员和志愿者的贡献，他们在过去已经进行并将在21世纪继续进行日常的天气观测和记录，以帮助建立起我们这个星球迷人的气候全景图。

借此机会，我也对帮助完成这项工作的国家、组织和个人表示感谢。

本书有关全球气候系统的概述基于世界各国的国家气象和水文机构提供的资料。有几个国家还提供了资金和物质帮助。由澳大利亚沃思 (Mary Voice) 女士领导的WMO气候学委员会下的一个任务组对本书的结构和内容作了总体指导。此外，该任务组还协助各章主要作者完成了内容的评述和审读。还有几位著名的气候学家在初稿设计阶段就对本书进行了审阅，并为本书的进一步编写提供了有价值的指导。本书已成为WMO秘书处全体工作人员全力支持

的事业。

WMO 特别感谢伯勒斯 (William J. Burroughs) 博士的贡献，他编译、挑选和编辑了大量的科学资料，并且配合图表组织了这些资料。他的风格和取舍尽现于本书中。

衷心希望读者能在本书中获得大量的信息和知识，从而更好地认识气候及其在我们生活中所起的作用，以及人类为子孙后代保护气候的必要性。



奥巴西(G.O.P.Obasi)
世界气象组织秘书长^①

^①奥巴西是世界气象组织前任秘书长，现任秘书长是雅罗 (Michel Jarraud) 先生。

任务组成员

沃思
(Mary Voice)
(主席)

琼斯
(Phil Jones)

罗彭李斯奇
(Chet Ropelewski)

加伦甘加
(Brad Garanganga)

菲利普斯
(David Phillips)

人类日常生活的结构与当地气候相适应的程度之深令人惊讶。气候及其季节变化和极端事件的发生概率不仅影响着我们的衣食住行以及运动、娱乐和工作,而且天气和气候甚至能影响我们的情绪和心境。当我们看到早晨清澈的蓝天,感觉太阳冉冉升起时阳光的柔和和温暖,以及空气中混合着花香的一缕和风时,我们情不自禁地感觉到平和与宁静。相反,即将来临的狂风暴雨、卷扬的沙尘或吹雪,以及深灰色的天空,都会引起截然不同的情绪。更重要的是,在全球尺度上,天气和气候具有增强创造社会财富和可持续发展的潜力,或者相反地,会引起生命节律的严重破坏甚至毁灭。因此,我们有必要了解和学习应该怎样来应对地球气候带来的大范围影响。

显然,过去20年关于温室效应对气候的可能影响程度以及全球变暖的可能结果的激烈争论表明,尽管拥有现代技术和技能,但我们的社会和自身在经受气候考验方面仍然有很长的路要走。甚至更重要的是,我们正在懂得,正是我们自己的行为把新的不确定性引入到全球气候变化的机制之中。同时,对温室效应或其他原因引起的未来气候变化的恐惧,加上对我们父辈和祖父辈所经历的气候异常缺乏认识 and 了解,使得我们没有一个很好的基础来进行良好的社会规划。

因此,我们任务组认为有一个很重要的故事要讲。在一起编写这个故事时,我们深信,为了更好地应对未来气候,需要更好地了解20世纪甚至更长时间以前的气候。有了这些了解和认识,我们这个已经懂得怎样处理季节和年际气候异常的社会将更容易地学会怎样应对气候变化。

从这一背景中我们萌发出编写本书的想法,而在世界气象组织(WMO)气候学委员会同行们的讨论中,这一想法得到了发展。正是所讨论

的这些国际背景以及对国际合作的需求,编写本书的提议引起了WMO第十二届大会的关注。大会热情地接受了这项计划,并建立了一个国际任务组来指导该项计划的完成。

这项计划的任务就是要在空间和时间上考虑一个世纪的气候,同时要意识到一个世纪的气候对于这个已经经历了数十亿年的星球来说只是短暂的一瞬。在20世纪,地球上的人口增长了大约4倍,大部分人口增长集中于世界上较大的城市。这些事实本身干扰了我们对过去100年来最重大天气和气候事件的看法。但也有助于解释为什么今天一个极端天气事件的影响比发生在几十年以前的相似事件要大。另一个干扰我们对过去气候认识的因素是,当我们按时间回溯时,关于气候事件的可获得信息日益减少。其他限制我们全面认识气候事件的因素,包括记录保存通常不同程度地依赖于当地的需求,以及历史上说不同语言的人们之间交流是有限的。因此,我们特别感激那些贡献者,他们把所需资料译成本计划的工作语言并提供给任务组。由于这些和许多其他原因,本书存在一种风险,即这种类型的书有可能在极端事件的发生频率和强度的倾向上给出一种错误印象。正因为认识到了这一挑战,所以,任务组力求透彻地研究那些相关文献,这些文献可追溯到气象学及其姊妹学科——水文学和海洋学——一起成为现代科学的早期阶段,以及对天气和气候现象的最初研究。我们希望,这样做可以使读者更为清晰地了解地球气候在过去是如何变化的,从而更好地认识那些极端事件,这些极端事件仍继续主导着我们对我们所居住的动荡的自然环境的认识。尽管我们付出了最大努力,但不可避免的是,本书对遥远的过去以及有些地理区域因篇幅关系而并未进行详尽的描述。

本书共分5部分,第1部分通俗易懂地概述了在一个世纪和更长时间里气候系统所发生的

变化；第2部分介绍气候系统，包括对过去许多主要天气和气候事件的评述，其中穿插着颇具挑战性的科学话题，它们是我们认识气候的基础；第3部分描述了正在变化的气候的诸多影响，接下来详细分析了气候变化是如何影响地球和人类的；最后两部分总结了科学和技术对认识20世纪气候的贡献，以及在21世纪利用气候知识和相关经验造福人类社会的前景。每部分都包含若干个连续两页的小节，论述与该章内容相关的专题，目的是让每个连续两页的小节或某些情况下是一组连续两页的小节本身是完整的，而无需参考本书的其他部分。虽然如此，由于地球几乎是一个封闭的系统，其能量来源于太阳，并通过向太空发射辐射来维持平衡，所以，一切最终又是紧密联系的。因此，我们可以在许多上下文中看到诸如厄尔尼诺、季风、洪水、干旱等话题出现。我们相信读者将会很好地利用索引，以对这些天气和气候现象的原因和

影响背后的复杂性获得更为全面的认识。

任务组非常感谢许多贡献者和评审专家，他们帮助任务组策划了本书。我们尤其要感谢各部分主笔的帮助和指导，他们规划了各部分的目的，而且由于每一小节的内容都来自许多专家的观点和意见，他们还仔细审查了每一连续两页小节的完整性。各部分的主笔是：第一部分尼科尔斯（Neville Nicholls）；第二部分亨德森-塞勒斯（Ann Henderson-Sellers）；第三部分格兰茨（Michael Glantz）；第四部分巴舍（Reid Basher）和绀户（Kondo Hiroki）；第五部分莫斯（Richard Moss）和施奈德（Stephen Schneider）。

作为这项计划的实施者，我们在给您呈现出本书的时候，一方面着重于纵览过去一个世纪的气候事实，另一方面着眼于未来的气候变化。我们相信，本书在许多重要的气候问题上都包含了世界气象组织成员国的集体观点。

- 1.1 一个发现的世纪
- 1.2 什么是气候
- 1.3 全球气候观测面临的挑战
- 1.4 气候类型
- 1.5 极端事件的变率和特征
- 1.6 气候变率的影响
- 1.7 人们生活的地方
- 1.8 人们对气候的认识
- 1.9 人类活动的可能影响
- 1.10 技术的进展
- 1.11 我们日益增加的脆弱性
- 1.12 变化中的气候敏感性
- 1.13 末次间冰期以来的气候
- 1.14 历史文献中记录的气候变化
- 1.15 20 世纪的气候变化

气候以各种各样的方式影响着我们的生活。四季的循环更替令我们倍感舒适,然而灾害性气候事件的发生却让我们深感忧虑。这里,我们将回顾20世纪与气候相关的科学和技术所取得的巨大成就,以及人类在规划未来以及早期预警方面信息和能力的扩展。在21世纪的今天,我们将要面临新的气候挑战。

对流层是大气层中相对较薄、密度较大的一层,从地球表面向上延伸至10~14 km,地球上的各种天气也发生在这一层。天然形成的臭氧聚集在对流层之上的平流层里,保护地球上的生命免遭紫外辐射的伤害。在对流层和平流层中,空气密度随着高度的增加而急剧减小。

20世纪初期以来,科学家们已经认识到大气及其运动的复杂性,并对其进行了深入的研究。较为系统的气象观测可以追溯到100多年以前,当时世界上许多地方,尤其是欧洲和美洲,已经建立起一些气象站,并开始进行气象观测。这些气象记录不仅可以提供局部地区的气候信息,而且可以使人们对不同地区的气候进行对比。

人们知道了大气许多基本的物理和化学特性,认识到某些气体(如水汽、二氧化碳)是如何产生温室效应的,也认识到温室效应使地球不会变为

冰冷的荒原。同时,人们还证实了高空臭氧层的存在。而后平流层的发现(1902年)使人们了解了臭氧层的结构,并认识到正是臭氧层保护了我们免遭紫外辐射的伤害,因而,臭氧层对于地球上的生命来说至关重要。

气候与人类社会

农业革命和工业革命依次改变了我们的社会,与此同时也对气候产生了深远的影响。农业耕作改变了地表景观,机械化进一步扩大了全世界农田与牧场的土地面积,加剧了原始森林的消失。伴随着森林的消失,反射回太空的太

阳辐射量发生了可见的变化,降水径流增加,进入大气层的水汽减少,从而永远地改变了地表与大气之间脆弱的水热交换平衡。

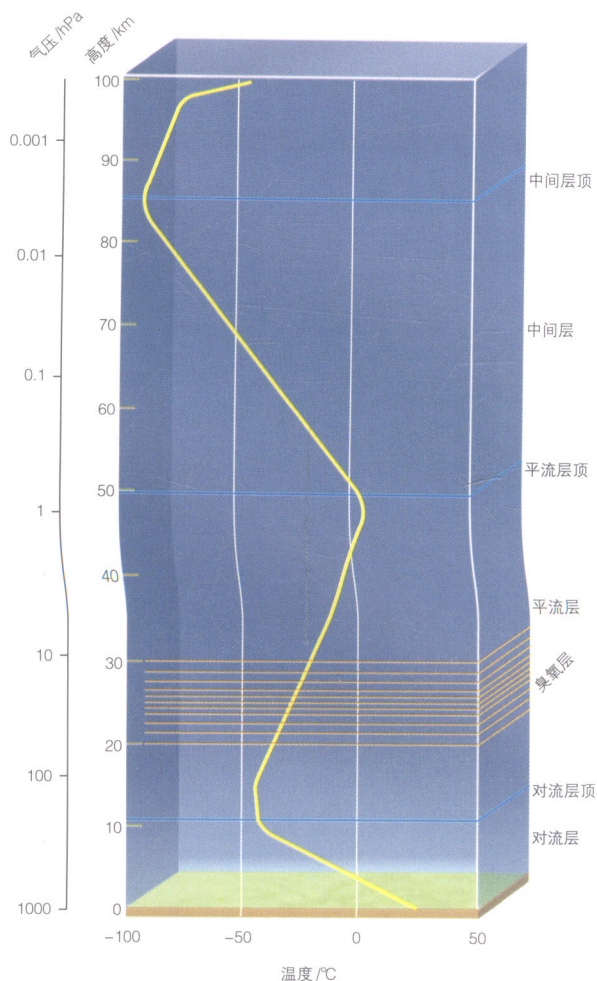
20世纪初期,煤炭和木材是主要的燃料。结果,其燃烧排放的烟尘阻碍了城市环境的良性发展,随着城市的扩张,空气质量进一步恶化。污染物的传输对远离污染源的生物的危害也越来越明显。尽管法规和技术进步大大降低了局部地区的烟尘污染,但机动车排放的尾气却带来了光化学烟雾这种新的威胁。另外,矿物燃料的大量应用也使得大气中二氧化碳的浓度不断增加,从而使全球变暖。

长期以来,持续的气候异常,如干旱和极端天气事件,一直是造成大量人员死亡和财产损失的直接原因。19世纪后期发生在印度、中国和非洲各地的旱灾所引起的饥荒和疾病,使得数百万人死于非命。这些灾难性事件促使气象学家开始研究整个热带地区气候的内部联系。现在,人类已经对气候系统、气候变率及其极值的本质,对危险天气和气候事件的早期预警等方面有了较为深入的认识,这为我们应对气候变化、提高规划和响应能力提供了工具。

研究获益

20世纪早期,科学家们在研究大气的大尺度运动方面取得了重大进展。这主要归功于挪威“卑尔根学院派”的皮叶克尼斯(Vilhelm Bjerknes)和他的同事们,他们建立了气团以及气旋与反气旋的结构和运动模型。该模型的理论基础——天气学,也成了在计算机和数值天气预报发展以前,延续了近75年的中高纬度天气预报的基础。

同时,对热带地区天气系统大尺度型的最初认识始于对印度季风年际脉动原因的研究。但是直到20世纪晚期,这些重要性才被真正意识到。1972—1973年以及1982—1983年发生的所谓厄尔尼诺事件证实了海洋环流的脉动,特别是在热带地区上的脉动现象,是造成季节到年际时间尺度全球气候变化的主要原因,这促使气候研究产



生了新的方向。

随着航空运输业的发展,为保证安全和效率,对高层大气的了解变得十分重要。科学家们,如罗斯贝(Carl-Gustaf Rossby)等,利用对大气进行的定时探空气球观测资料对高层大气的大尺度水平波动及其对地面天气系统的形成和消亡的重要性提出了物理解释。

技术进步

计算机的发展使我们处理日常生成的和存档的海量气候信息的能力发生了彻底的转变,计算机在研究和应用中进行大量高速计算,这使得原来为天气预报而建立起来的有关大气计算机模式得到了进一步的发展和完善,并与海洋模式、陆地生物圈模式和极冰模式耦合起来,用以预测未来的气候情景。

与此同时,用于监测气候系统和地球环境的高新技术不断涌现。以各种极轨卫星和静止卫星的运行作为标志的空间时代的到来,为气候学家提供了从太空中俯瞰地球的眼睛。这些卫星能够连续地监测地球上的天气状况、植被构成、洋流异常和一系列与气候变率相关的其他物理和化学因素。



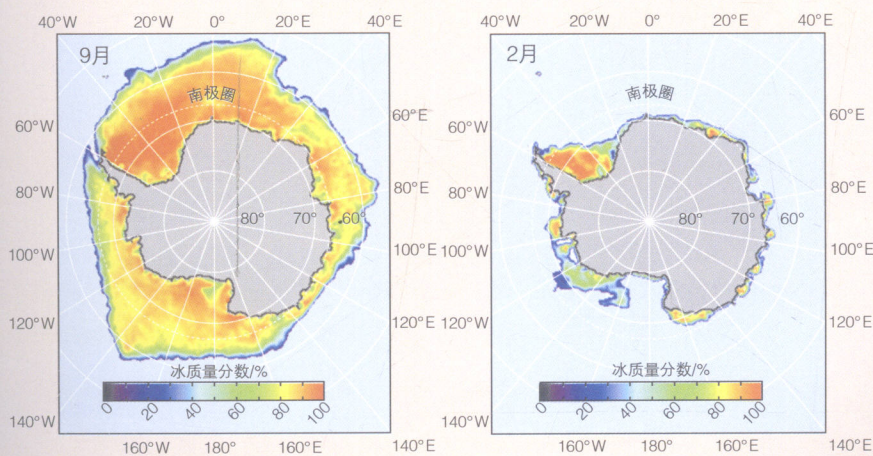
可持续发展

20世纪期间,对于人类居住环境的脆弱性的持续关注,包括气候系统对人类活动的敏感性,使得与气候相关的一系列议题成为政治热点。在21世纪中,温室效应和全球变暖、臭氧层破坏、自然灾害的侵袭、土地和水资源的保护、可再生能源将是气候影响变得越来越重要的几个领域。

本书中的所有主题都将强调科学、技术与气候应用。它们对地球资源的可持续利用和气候系统的保护是非常重要的。

长时间的农田开垦和人类居住造成的地球森林的消失已经影响到了水文循环和地球辐射平衡。

南极洲——世界上最冷的地方



一个世纪以来,对南极洲在世界天气运行

机制中所发挥的作用的认识历程成为世界各国

气象研究许多方面的一个缩影。20世纪初,勇敢

的南极探险家在南极洲发现了地球上最恶劣的气候。到20世纪末,南极上空的臭氧洞赫然成为人类活动影响全球气候的最明显的例证。早期研究发现,南极洲曾经经历过地球表面最低的温度(-89.24°C ,这是1983年前苏联东方站观测到的创纪录的低温数据,也是观测仪器所能测量的极限低温)。南极大陆边缘的风速超过

$150\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 的时候,凛冽的寒风(下降风)使得南极冰盖边缘地区的冰雪物质大量丢失。从早期工作开始,科学家发现了许多有关这些极端状况形成的原因,也逐渐认识到为什么浮冰群的面积在9月份达到最大而在2月份最小,以及如何从冰川和冰穹的研究中了解地球气候演化的历史。

气候在我们的生活中是如此重要却又如此平凡，以至于我们很少去想那究竟是什么。为了弄清楚为什么气候会影响到我们生活的方方面面，我们需要以我们的理解为它下一个定义。

气候 (climate) 一词源自希腊语中的 klima，意思是倾斜，指的是地平线上太阳光线倾斜的角度。古希腊人已经知道如果太阳倾角较小，则气候较冷，因此接近赤道的地方较热，而高纬度较冷。不过现在，我们知道决定区域气候的因素远比这复杂。例如，离海洋的远近、海拔的高低和大气环流状况等也是重要的决定性因素。

是天气还是气候

马克·吐温 (Mark Twain) 曾描述到：“气候是一直持续不断的，而天气仅能延续几天的时间。”而海因莱因 (Robert Heinlein) 认为：“气候是你所能够期待的，天气是你所感受的。”这两种观点都概要说明了气候与天气之间的本质区别。最简单地讲，天气是指在特定时间大气的活动情况；气候则是对月、季或年时间尺度上大气状况的一种估计，是对多年观测的统计结果。

气候统计通常注重其平均值，但是人们最感兴趣的还是那种延续时间较长的极端天气事件，

如干旱、洪涝、热浪和严冬。这些不常发生但非常危险，乃至致命的灾难事件，也是许多地区正常气候的一个组成部分。因此在本书里，我们专门阐述了我们对气候的认识是如何被这些极端事件所左右的。

另一个需要探究的模糊界限是气候变率与气候变化之间的区别。根据天气与气候的定义，气候变化的含义是指气象状况持续多年的变动。气候变化可能只包括单一的观测项目或参数，如温度或降水，但通常也伴随着天气型的改变，比如持续的气候变暖、干旱和日照状况的变化，这可能是由于全球天气型的补偿调整所造成的。总之，气候变化与地球总体地变暖或变冷紧密联系。

气候变率与气候变化的区别不可避免地有一定程度的主观成分，其划分依赖于所考虑的时间框架。如下一页的专栏所示，将它们区别开来可能比较费事。然而，气候变率的监测仍然是一个挑战，特别是在考虑那些近代发生的较小的气候变化时。此外，重要的一点是，当我们讨论气候变率与气候变化时，必须清楚地知道我们是在讲两个不同的概念。这在考察极端事件的发生频率是否在改变及其对未来的影响这类问题时尤其明显。

关于气候变化与气候变率的另一个难题是不



气候系统是对地球上大气、海洋、陆地表面、冰冻圈和生物圈等组成部分及其相互间一系列复杂过程的综合称谓。气候系统受入射太阳辐射的能量驱动而运行，并通过向太空发射热辐射而达到能量平衡。



天气现象的表现方式多种多样。闪电在大气中的剧烈放电现象，常常与大气强对流有关（摄于1902年）。

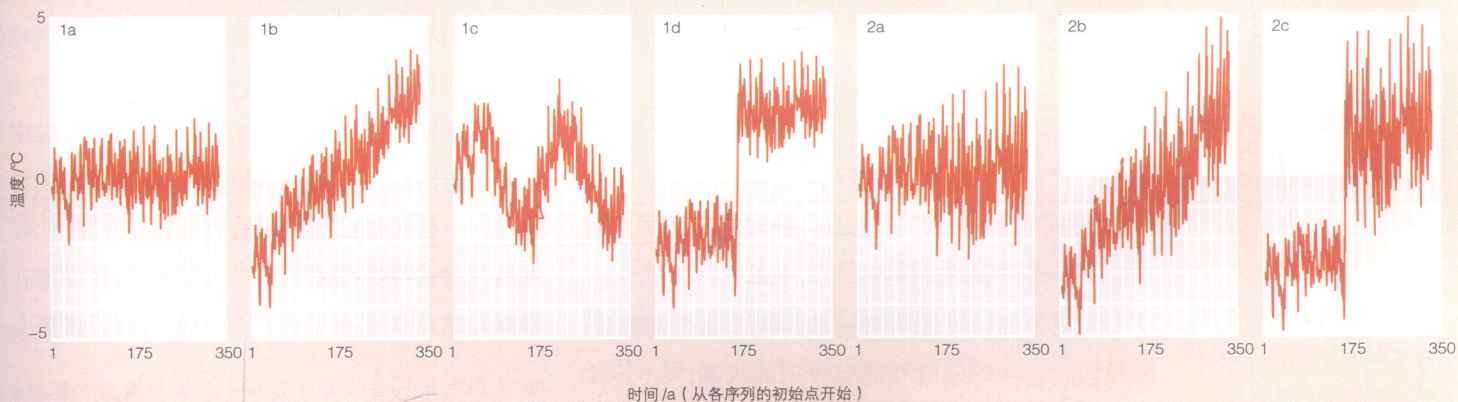
同资料的匹配。从冰芯、深层泥炭中的孢粉、树木年轮宽度和大洋底部软泥中的微生物中获得的很多资料都可以告诉我们大量历史时期的气候信息，然而，对这些信息的解译并非易事。尽管人们可以清楚地从这些记录中看出末次冰期

的大致特征，但对于影响因素，如太阳黑子的影响，虽然在统计学上相关性较强，却仍存在很多争论。正是这种确定信息和未知信息混合在一起，才使得气候变化让人很难完全了解，这也是它多年来一直吸引着气候学家们的重要原因。



天气过程的年际循环决定了局地的气候和自然生态系统。而某些气候条件则限制了土地管理潜能的发挥。

气候变率和气候变化



任何一组气象观测资料都可以用一个时间序列图(如图1a)来表示。如果在整个观测期内观测值的短期平均值基本相同,则认为资料序列是稳定的。但是,观测参数在时间上与空间上会有很大的变化,比如阿根廷每个冬季都不会也不可

能完全一样,而印度每年雨季开始的时间也不尽相同。这种气候相对于平均值的波动就可以作为气候变率的度量。如图,在时间序列1b, 1c和1d中,气候变率基本相同的观测序列里叠加了不同的气候变化特征。在图1b中温度表现为持续地上

升,曲线1c反映了温度有明显的周期性变化,在曲线1d中温度发生了突然性的升高,这一上升说明观测期内气候系统发生了根本性的变化。

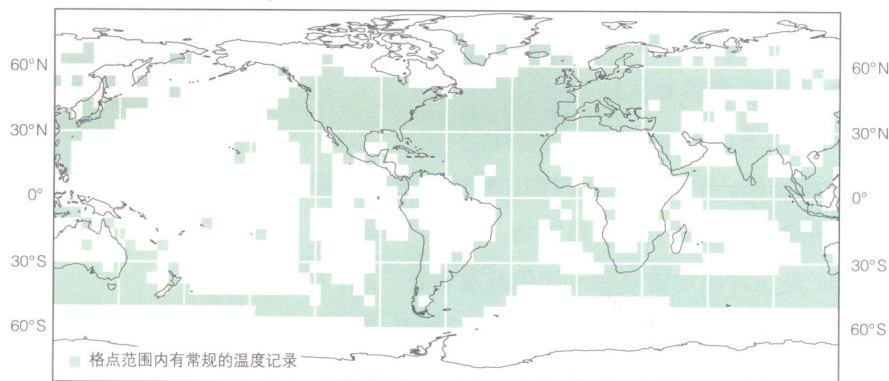
上述时间序列所表征的各种变化表现了当气候变率保持不变而同时气候发生变化时的情况,但事实常常不是这样

的。如时间序列2a~2c表明,观测期内气候变率发生了明显的变化。序列2a给出了观测期内温度变率逐渐增大了1倍的情况,而平均气候状况却近乎保持不变。尽管这种情况发生的可能性不大,但是随着气候变暖,气候变

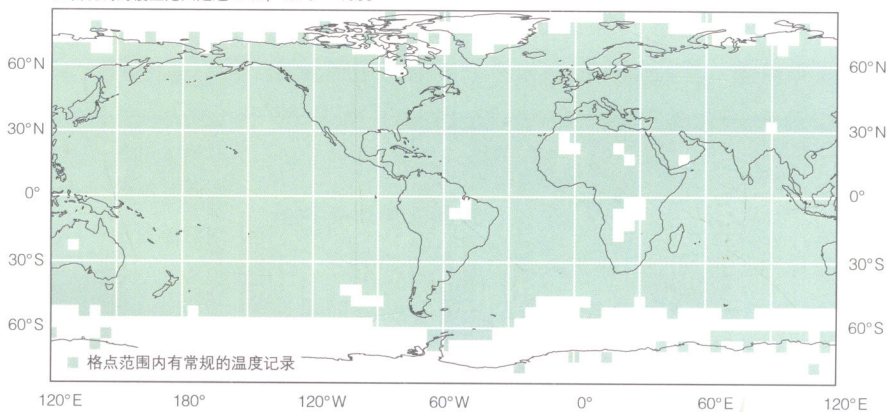
率就很可能增大(见序列2b)。同样,温度突然上升后气候变率明显增大(见序列2c)则可能是气候变化的结果。这些关于气候变率和气候变化的概念将在本书中作进一步探讨。

气候资料和信息正在越来越多地用于制定决策使人类受益。其应用包括如农业、水资源管理、病虫害的消灭和安全社区建设等方面技术和方法的改善和提高。全球变暖的证据使我们对气候的兴趣与日俱增。在过去,气候资料主要来自大气,但现在我们都需要来自于整个地球系统——包括陆地、大气、海洋和冰雪圈等——的资料。

温度观测的覆盖范围低于50%, 1891—1910



温度观测的覆盖范围超过50%, 1970—1999



20世纪初期在全球范围内可以进行常规地面温度观测和记录的气象观测网还有很多空白区域,而到20世纪末,除了条件恶劣的极地地区以外,这个观测网络已经几乎遍布全世界。

气候是如何支配人类活动的呢?这个问题促使我们想更多地了解气候起作用的机制。这个问题最早是始于每天的天气状况是如何影响农业的,到现在发展到全球气候的哪些特征可以影响全世界商业和贸易。很多关于这方面的历史信息都包含在民间传说和各地的知识体系之中。“红色之夜”等各种各样的谚语,以及动物行为与季候变化之间的联系等,都有助于我们的祖先应付多变的天气。

一个世纪以前,气象站站长和气象官员需要通过书信联系来报告干旱、洪涝和饥荒的出现。由于信件的传递要靠火车或轮船,需要较长的时间,

所以不能很快建立起正在发生的灾害的分布情景,也就无法发现全球气候中极端天气型发生的早期迹象,而是在其发生后才有所了解。100年来,全球性的气候异常,包括持续几个月或更长时间的厄尔尼诺和拉尼娜现象,都是随着它们的发生而被日复一日地记录下来。20世纪也是一个将地面观测网、轮船、飞行器和卫星等手段用于全球气候观测的时代。

早期的天气和气候观测站网

现代天气和气候观测站网是构建在19世纪后半叶建立的观测网之上的,当时政府意识到绘制天气图能够提供十分有价值的公共信息,特别是对制定农业政策和保证航海安全等至关重要。许多国家的政府官员和志愿者承担起了观测的责任。在许多情况下,气象观测与报务员的职责紧密联系,观测数据信息编码被快速地送达总部并用于国际交流。观测站把每天定时的系统观测数据都记录在观测场的笔记本上,然后定期送交总部进行整编和统计分析。到了20世纪初期,尽管还存在大量的观测空白地区,但在南、北半球已经建起了相当规模的气象观测网。

而在海洋上更需要建立一个完整的气候观测体系。虽然从19世纪中期开始,在世界上的许多地方,一些船舶已经开始进行系统的气象观测了,但是,对这些数据进行收集和严格的分析比在陆地固定站点要复杂得多,这为水手们了解海上多

一个世纪以来,对基本气象要素如气温、降水量等的观测并无多大变化。志愿气象观测者为许多气象服务做出了重要贡献。

