

[美] 美国大气科学和气候专业委员会
美国地球科学、环境和资源委员会
美国国家研究委员会

The Atmospheric Sciences
Entering the Twenty-First Century

进入21世纪的大气科学

郑国光 陈洪滨 卞建春 夏祥鳌 罗云峰 译
陈洪滨 卞建春 郑国光 校



气象出版社

China Meteorological Press

The Atmospheric Sciences Entering the Twenty-First Century is available from the National Academy Press, 2101 Constitution Avenue, N. W. , Box 285, Washington, D C 20418(1-800-624-624; <http://www.nap.edu>).
Copyright 1998 by the National Academy of Sciences. All rights reserved.

Chinese translation copyright@ China Meteorological Press

All right reserved

进入 21 世纪的大气科学由国家学术出版社出版

原著版权@美国国家科学院

中译本(简体中文)版权@气象出版社 2008

保留所有权利

图书在版编目(CIP)数据

进入 21 世纪的大气科学/美国大气科学和气候专业委员会等著;郑国光等译. —北京:气象出版社,2008. 6

书名原文:The Atmospheric Sciences Entering the Twenty-First Century

ISBN 978-7-5029-4546-6

I. 进… II. ①美…②郑… III. 大气科学 IV. P4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 093379 号

北京市版权局著作权合同登记:图字 01-2008-3050 号

出版者:气象出版社

网 址: <http://cmp.cma.gov.cn>

E-mail: qxchs@263.net

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

邮 编:100081

电 话:总编室:010-68407112

发行部:010-68409198

责任编辑:俞卫平

终 审:纪乃晋

封面设计:王 伟

印 刷 者:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16 印 张:17.25 字 数:450 千字

版 次:2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:60.00 元

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。

译 者 的 话

我们已经进入了 21 世纪。在新的世纪里,我国的大气科学该如何发展? 优先发展领域及其效益是什么? 优先领域的主要科学问题是什么? 解决这些科学问题所需要的关键研究手段和方法是什么? 这些都是大气科学界研究人员和管理人员需要了解和不断思考的问题。

在 21 世纪到来之前,美国大气科学和气候专业委员会(BASC)、地球科学、环境和资源委员会(CGER)以及美国国家研究委员会(NRC),召集了十多位大气科学和气候学家以及十多位资深项目管理者编写《进入 21 世纪的大气科学》一书,于世纪之交正式出版。我们在读了该书之后,觉得它对我国从事大气科学的研究人员和管理人员都有一定的参考价值,他山之石可以攻玉,所以决定翻译此书,以便更多的科技工作者和刚步入大气科学领域的研究生们参阅。

本书翻译工作的分工是:

郑国光博士翻译“前言”和“概要”的大部分;

罗云峰博士翻译“概要”中的“对大气科学研究的领导”和“领导和管理规划”两节;

郑国光博士和陈洪滨博士翻译第一部分的第一章“引言”;

陈洪滨博士翻译第一部分的第二至第四章;

卞建春博士翻译第二部分的第一和第三章;

夏祥鳌博士翻译第二部分的第二章;

陈洪滨博士翻译第二部分的第四和第五章;

陈洪滨博士翻译附录 A 和 B。参考文献未译,列在书的后面。

陈洪滨、卞建春和郑国光对全稿进行了统校。译者还改正了原书中的一些明显文字错误。

由于译者的日常工作都比较繁忙,此书翻译工作多是在晚上或周末完成的,未及逐字逐句地仔细推敲,加之译者的知识面和中英文水平的局限性,书

中难免有差错之处,距离“信达雅”甚远。欢迎大家批评指正。如果本书的中译本对读者有些许参考价值,那么译者就深感欣慰,我们的劳动没有白费。

最后,译者感谢陈英女士,近三分之一的译稿由她打字输入;特别感谢俞卫平编审,她负责了本书出版前的校对和编辑工作。

2008 年春节完成翻译初稿。

2008 年五一节完成校稿。

郑国光、陈洪滨、卞建春、夏祥鳌、罗云峰

2008 年 5 月 4 日于北京

现任大气科学和气候专业委员会成员

ERIC J. BARRON, (联合主席), Pennsylvania State University, University Park

JAMES R. MAHONEY, (联合主席), International Technology Corporation, Washington, D. C.

SUSAN K. AVERY, Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences, University of Colorado, Boulder

LANCE F. BOSART, State University of New York, Albany

MARVIN A. GELLER, State University of New York, Stony Brook

DONALD M. HUNTEN, University of Arizona, Tucson

JOHN IMBRIE, Brown University, Providence, Rhode Island

CHARLES E. KOLB, Aerodyne Research, Inc. , Billerica, Massachusetts

THOMAS J. LENNON, Weather Services International Corp. , Billerica, Massachusetts

MARK R. SCHOEBERL, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland

JOANNE SIMPSON, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland

NIEN DAK SZE, Atmospheric and Environmental Research, Inc. , Cambridge, Massachusetts

工作人员

ELBERT W. (JOE) FRIDAY, JR. , 主任

H. FRANK EDEN, 高级项目官员 Senior Program Officer

LOWELL SMITH, 高级项目官员 Senior Program Officer

DAVID H. SLADE, 高级项目官员 Senior Program Officer

LAURIE GELLER, 官员 Staff Officer

PETER SCHULTZ, 官员 Staff Officer

TENECIA A. BROWN, 高级项目助理 Senior Program Assistant

DIANE GUSTAFSON, 行政助理 Administrative Assistant

起草本报告的大气科学和气候专业委员会成员

JOHN A. DUTTON (主席), Pennsylvania State University, University Park

ERIC J. BARRON, Pennsylvania State University, University Park

WILLIAM L. CHAMEIDES, Georgia Institute of Technology, Atlanta

CRAIG E. DORMAN, Office of Naval Research, Arlington, Virginia

FRANCO EINAUDI, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland

MARVIN A. GELLER, State University of New York, Stony Brook

PETER V. HOBBS, University of Washington, Seattle

WITOLD F. KRAJEWSKI, The University of Iowa, Iowa City

MARGARET A. LEMONE, National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado

DOUGLAS K. LILLY, University of Oklahoma, Norman

RICHARD S. LINDZEN, * Massachusetts Institute of Technology, Cambridge

GERALD R. NORTH, Texas A&M University, College Station

EUGENE M. RASMUSSEN, University of Maryland, College Park

ROBERT J. SERAFIN, National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado

工作人员

DAVID H. SLADE, 高级项目官员、研究主任 Senior Program Officer and Study Director

DORIS BOUADJEMI, † 行政助理 Administrative Assistant

GREGORY H. SYMMES, 代理主任 Acting Director

WILLIAM A. SPRIGG, † 主任 Director

H. FRANK EDEN, 高级项目官员 Senior Program Officer

KENT L. GRONINGER, † 高级项目官员 Senior Program Officer

PETER SCHULTZ, 官员 Staff Officer

LAURIE S. GELLER, 官员 Staff Officer

ELLEN F. RICE, 报告官员 Reports Officer

TENECIA A. BROWN, 高级项目助理 Senior Program Assistant

KELLY NORSINGLE, † 高级项目助理 Senior Program Assistant

ANDREW E. EVANS, † 项目夏季实习生 Program Summer Intern

* 没有参与起草本报告

† 表示起草本报告期间参与工作的过去的工作人员

地球科学、环境和资源委员会

GEORGE M. HORNBERGER (主席), University of Virginia, Charlottesville
PATRICK R. ATKINS, Aluminum Company of America, Pittsburgh, Pennsylvania
JERRY F. FRANKLIN, University of Washington, Seattle
B. JOHN GARRICK, PLG, Inc., Newport Beach, California
THOMAS E. GRAEDEL, Yale University, New Haven, Connecticut
DEBRA S. KNOPMAN, Progressive Foundation, Washington, D. C.
KAI N. LEE, Williams College, Williamstown, Massachusetts
JUDITH E. MCDOWELL, Woods Hole Oceanographic Institution, Massachusetts
RICHARD A. MESERVE, Covington & Burling, Washington, D. C.
HUGH C. MORRIS, Canadian Global Change Program, Delta, British Columbia
RAYMOND A. PRICE, Queen's University at Kingston, Ontario
H. RONALD PULLIAM, University of Georgia, Athens
THOMAS C. SCHELLING, University of Maryland, College Park
VICTORIA J. TSCHINKEL, Landers and Parsons, Tallahassee, Florida
E-AN ZEN, University of Maryland, College Park
MARY LOU ZOBACK, United States Geological Survey, Menlo Park, California

工作人员

ROBERT M. HAMILTON, 执行主任 Executive Director
GREGORY H. SYMMES, 助理执行主任 Assistant Executive Director
JEANETTE A. SPOON, 行政官员 Administrative Officer
SANDI S. FITZPATRICK, 行政副助理 Administrative Associate
MARQUITA S. SMITH, 行政助理/技术分析员 Administrative Assistant/Technology Analyst

美国国家科学院(NAS)是由从事科学技术研究的杰出学者组成的、非营利的自我更新的民间机构,旨在推动科学技术研究及其在公共事业中的应用。根据 1863 年国会对国家科学院的授权,科学院负有为联邦政府提供与科学技术有关的咨询的责任。Bruce M. Alberts 博士是美国国家科学院院长。

美国工程院成立于 1964 年,与美国科学院类似,该组织荟萃了杰出工程人员。工程院有自主行政权和成员遴选权,与美国科学院一道为联邦政府提供咨询服务。美国工程院还资助为满足国家需求的工程项目,鼓励教育和研究,评选工程人员的突出成果。Willian A. Wulf 博士是美国工程院院长。

1970 年,美国国家科学院组建医学科学院,为那些从事与公众健康相关的政策事务审查工作的杰出学者提供支持。在国会宪章规定的美国国家科学院授权范围内,医学科学院为联邦政府提供咨询,积极提出与医疗保健、医学研究和教育有关的问题。Kenneth I. Shine 是美国医学科学院院长。

国家研究委员会于 1916 年由美国科学院组建,旨在联系更广泛的科学和技术团体,更好地推动科学技术研究,为联邦政府服务。在美国国家科学院确立的方针之下,委员会已成为美国科学院和美国工程院的主要运行机构,为政府、公众和科学技术界提供服务。委员会由科学院和医学科学院联合管理。Bruce M. Alberts 和 Willian A. Wulf 分别是委员会的主席和副主席。

前 言

在 20 世纪,大气科学已从一个新兴的学科发展成为一个全球化事业,为个人、实业和政府提供大量有益信息。通过研究和应用,大气科学为保护生命财产、农业、经济活力和工业活力、空气质量管理、战场决策以及涉及能源和环境的国家政策提供信息。

这篇报告提出一些建议,旨在加强大气科学研究和服务并使其更有益于国家。主要针对那些负责制定大气科学发展计划的人,包括公共部门的领导人和决策人(如立法者和相关联邦机构的负责人),大气科学私营部门的决策者,依赖于大气信息的经济实体的负责人,当然也包括有大气科学专业的大学院系。

现在,大气科学已经从对基础知识的探索扩展到在天气、气候、空气质量和其他环境问题等很宽领域的具体应用。而且,美国大气科学和气候专业委员会(Board on Atmospheric Sciences and Climate:BASC)相信,政府、私营企业以及研究机构之间的联合正在迅速发展并将推动大气科学研究和服务。不管怎样,联邦政府仍然在科研支持方面起着关键而持久的作用,从而保证改进天气预报和警报的能力、减小对有关气候变化和空气质量认识的不确定性,以及为保证国家安全和人民生命能够及时确定未来大气变化所带来的危害和好处。

这项研究得到农业部、能源部、国防部、环保局、国家航空航天局、国家海洋大气局和国家科学基金会的支持。这项研究是由很多科学和工程方面的领导者发起的,旨在获得对于大气科学的问题和优先发展方面的认识。

接着,BASC 委员会要求其化学、日地和气候研究常务委员会以及两个特别专家组(大气物理和动力/天气预报)来为 BASC 评估各个学科所面临的科学挑战、每个学科对国家利益的贡献以及为面对这些挑战所需做的研究。这五个“学科评估”技术报告送交 BASC 审阅。这里出版这些报告,是因为它们包含很多有价值的观点和建议,可能会引起科研人员和联邦机构的兴趣。

然后,BASC 委员会以这些学科评估和源自不同领域的意见为基础,来评价整体大气科学所面临的主要变化。这五个学科评估之中出现了一些显著一

致的主题,BASC以这些主题为依据得以描绘大气科学的未来发展蓝图。

BASC委员会对大气科学研究的结论和建议既是对学科评估和建议的综合和总结,也是本报告的第一部分。在第一部分中,委员会也指出了通过自身对大气科学现状和将来的广泛调查所得出的一些机遇和挑战。尽管这篇报告主要集中于科学问题,第一部分仍然提出了大气科学研究的国家计划的其他一些关键因素。

第二部分“学科评估”包含五个部分,每一部分分别涉及大气科学的一个主要研究领域。这些领域和研究组的主席分别为:大气物理学,William A. Cooper;大气化学,William Chameides;动力学和天气预报,Kerry Emanuel;高层大气和近地空间,Marvin Geller;气候和气候变化,Eric J. Barron。委员会感谢所有为本研究做出贡献的人,他们的名字将在第二部分相关章节列出。本报告第二部分中学科评估的部分内容已经形成摘要,并用于即将推出的NRC报告“全球环境变化:未来十年的研究方向”。

根据NRC报告评审委员会批准的程序,21世纪报告已经由很多具有不同阅历和技术专长的个人审阅。这种独立审阅的目的在于提供公正的鉴定意见,从而有助于作者和NRC尽可能地完善所出版的报告,并且保证报告符合公共准则:客观、明白、易于响应。为了保护审议过程的完整和公正性,审阅意见和草稿的内容保密。我们感谢以下参与审阅本报告的個人:

Bruce Albrecht, University of Miami

Richard A. Anthes, University Corporation for Atmospheric Research

Eugene W. Bierly, American Geophysical Union

John S. Chipman, Department of Economics, University of Minnesota

Ralph J. Cicerone, University of California, Irvine

Paul J. Crutzen, Max-Planck-Institut für Chemie

Richard M. Goody, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology

Thomas E. Graedel, Yale University

John Hallet, Desert Research Institute

Dennis L. Hartmann, University of Washington

D. A. Henderson, School of Hygiene and Public Health, Johns Hopkins University

James R. Holton, University of Washington

Donald Hornig, Harvard School of Public Health (emeritus)

Donald R. Johnson, University of Wisconsin

Richard S. Lindzen, Massachusetts Institute of Technology

Syukuro Manabe, Institute for Global Change Research Program, Tokyo,
Japan

Marcia M. Neugebauer, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of
Technology

Edward S. Sarachik, University of Washington

Joanne Simpson, Goddard Space Flight Center, National Aeronautics and
Space Administration

George Siscoe, retired

Robert M. White, President, Washington Advisory Group

尽管以上所列专家提出了许多建设性意见和建议,但本报告的最终内容的责任仅由作者委员会和 NRC 承担。

BASC 委员会和我本人感谢 David H. Slade(资深项目官员和研究主任),他对本报告的组织与撰写贡献很多智慧和精力;感谢 Doris Bouadjemi 行政助理,她为本报告的出版贡献了很多经验和投入;感谢 William A. Sprigg (BASC 的前主任),他对委员会的工作及近年来的成就贡献了很多精力、奉献和创新。

专业委员会主席

John A. Dutton

目 录

译者的话

前 言

概 要	(1)
1 大气科学和其他学科	(1)
2 大气科学的机遇和使命	(1)
2.1 大气科学使命 1:提高观测能力	(1)
2.2 大气科学使命 2:研制新的观测手段	(2)
3 大气研究建议	(2)
3.1 大气科学研究建议 1:解决在大气边界层中和不同尺度气流之间的 相互作用	(2)
3.2 大气科学研究建议 2:拓展既定预报过程至新的领域	(2)
3.3 大气科学研究建议 3:启动新兴问题的研究	(3)
4 对大气科学领域领导和管理的建议	(3)
4.1 领导和管理建议 1:发展提供大气信息的战略	(3)
4.2 领导和管理建议 2:确保大气信息的通畅获取	(3)
4.3 领导和管理建议 3:评估效益和代价	(4)
5 领导和管理计划	(4)
6 学科评估	(4)
6.1 大气物理学研究	(4)
6.2 大气化学研究	(5)
6.3 大气动力学和天气预报研究	(5)
6.4 高层大气和近地空间研究	(6)
6.5 气候和气候变化研究	(6)

第一部分 进入 21 世纪的大气科学的概述和建议

I.1 引 言	(9)
I.1.1 四个世纪的历程	(9)
I.1.2 大气科学和其他学科	(10)
I.1.3 展望 21 世纪	(10)

I.2 大气科学对国家公益的贡献	(12)
I.2.1 生命和财产的保护	(12)
I.2.1.1 预报和预警的需求	(13)
I.2.1.2 气象服务的进步	(15)
I.2.2 环境质量保护	(16)
I.2.2.1 氯氟碳化物(CFCs)和臭氧	(16)
I.2.2.2 温室气体和全球变化	(16)
I.2.2.3 气溶胶	(17)
I.2.2.4 大气科学在环境问题中的作用	(17)
I.2.3 增强国家经济活力	(17)
附件 天气和气候服务信息的效益	(18)
I.2.4 增强基础认识	(19)
I.3 未来几十年的科学迫切需求和建议	(20)
I.3.1 大气科学的迫切需求 1:优化和集成观测能力	(21)
I.3.1.1 新的观测机遇	(21)
I.3.1.2 观测系统优化和集成的需求	(22)
I.3.1.3 观测系统的模拟实验	(23)
I.3.2 大气科学的迫切需求 2:发展新的观测能力	(23)
I.3.2.1 大气中的水	(23)
I.3.2.2 风的观测	(24)
I.3.2.3 平流层观测	(25)
I.3.2.4 近地空间观测	(25)
I.3.3 大气研究建议 1:解决大气边界层及不同尺度气流之间的相互作用	(26)
I.3.3.1 地表过程	(26)
I.3.3.2 与海洋的长期相互作用	(26)
I.3.3.3 云及其效应	(27)
I.3.3.4 气溶胶和大气化学	(27)
I.3.3.5 非线性的基本问题	(28)
I.3.4 大气研究建议 2:将既有预报过程拓展到新的领域	(28)
I.3.5 大气研究建议 3:启动新出现问题的研究	(30)
I.3.5.1 气候、天气和健康	(30)
I.3.5.2 水资源	(30)
I.3.5.3 快速增加的大气排放	(31)
I.4 未来几十年对领导和管理的挑战	(32)
I.4.1 领导和管理的建议 1:制定提供大气信息的战略	(32)
I.4.1.1 一个提供天气服务的动态系统	(33)

I.4.1.2 大气信息的前景	(33)
I.4.1.3 分发大气信息服务的意义	(34)
I.4.2 领导和管理的建议 2:确保大气信息通畅	(35)
I.4.3 领导和管理的建议 3:评估收益与成本	(35)
附件 大气研究和服务的联邦资助	(36)
I.4.4 领导和管理规划	(40)

第二部分 学科评估

II.1 进入 21 世纪的大气物理学研究	(45)
II.1.1 概 要	(45)
II.1.1.1 主要的科学目标和挑战	(45)
II.1.1.2 科学战略的关键组成部分	(45)
II.1.1.3 支持战略的启动计划	(46)
II.1.1.4 对国家利益的预期效益和贡献	(46)
II.1.1.5 推荐的大气物理学研究项目	(46)
II.1.2 引 言	(48)
II.1.2.1 任务	(48)
II.1.2.2 主要研究课题及历史成就	(48)
II.1.2.3 未来前景	(49)
II.1.3 科学挑战和问题	(50)
II.1.3.1 大气辐射	(50)
II.1.3.2 云物理学	(51)
II.1.3.3 大气电学	(53)
II.1.3.4 边界层气象学	(54)
II.1.3.5 小尺度大气动力学	(56)
II.1.3.6 学科研究的挑战	(57)
II.1.4 对国家目标的贡献	(70)
II.2 进入 21 世纪的大气化学研究	(71)
II.2.1 概 要	(71)
II.2.1.1 主要科学问题和挑战	(72)
II.2.1.2 重要研究挑战	(72)
II.2.1.3 学科研究挑战	(73)
II.2.1.4 基础设施启动项目	(73)
II.2.1.5 对国家利益的预期效益和贡献	(73)
II.2.2 前言和综述	(74)
II.2.2.1 使命	(74)
II.2.2.2 20 世纪回顾	(76)

II.2.2.3	学科研究挑战	(80)
II.2.2.4	突出的研究难题	(89)
II.2.2.5	基础设施建设项目	(90)
II.2.2.6	结论	(93)
II.2.3	环境重要的大气物种:科学问题和研究战略	(94)
II.2.3.1	平流层臭氧	(94)
II.2.3.2	大气温室气体	(98)
II.2.3.3	光化学氧化剂	(104)
II.2.3.4	大气气溶胶	(107)
II.2.3.5	有毒物质和营养成分	(109)
II.3	21 世纪大气动力学和天气预报研究	(112)
II.3.1	概 要	(112)
II.3.1.1	新的研究机遇	(113)
II.3.1.2	推荐的关键	(114)
II.3.2	引 言	(116)
II.3.2.1	基础研究焦点	(116)
II.3.2.2	技术发展	(123)
II.3.3	结 论	(129)
II.4	21 世纪的高层大气和近地空间研究	(131)
II.4.1	概 要	(131)
II.4.1.1	主要的科学目标和挑战	(131)
II.4.1.2	科学战略的关键部分	(132)
II.4.1.3	未来十年及数十年的科学需求	(132)
II.4.1.4	对国家福祉的预期效益和贡献	(133)
II.4.1.5	高层大气和近地空间研究任务	(133)
II.4.2	引 言	(134)
II.4.2.1	太阳	(134)
II.4.2.2	行星际空间	(134)
II.4.2.3	磁层	(135)
II.4.2.4	电离层和高层大气	(135)
II.4.2.5	中层大气	(136)
II.4.2.6	宇宙射线	(136)
II.4.2.7	优先研究	(136)
II.4.3	对气候和生物圈重要的平流层过程	(139)
II.4.3.1	平流层臭氧	(141)
II.4.3.2	火山效应	(144)
II.4.3.3	太阳效应	(145)

II.4.3.4	准两年振荡效应	(145)
II.4.3.5	飞机的大气效应	(146)
II.4.3.6	平流层在气候和天气预报中的作用	(147)
II.4.3.7	关键创新点	(148)
II.4.3.8	成功的度量	(149)
II.4.4	空间天气	(149)
II.4.4.1	科学基础	(151)
II.4.4.2	关键的科学问题	(158)
II.4.4.3	过去和现在的研究活动	(160)
II.4.4.4	关键的创新	(161)
II.4.5	中高层大气全球变化	(162)
II.4.5.1	科学背景	(163)
II.4.5.2	关键的科学问题	(165)
II.4.5.3	关键创新点	(165)
II.4.5.4	对解决社会问题的贡献	(168)
II.4.5.5	成功的测度	(169)
II.4.6	太阳的影响	(169)
II.4.6.1	在一个太阳周期的太阳能量输出	(170)
II.4.6.2	区分太阳和人为效应	(171)
II.4.6.3	太阳对地球高中层大气的影响	(174)
II.4.6.4	太阳活动周期的物理基础	(176)
II.4.6.5	太阳行为的长期变化:太阳型恒星(solar-type star)	(177)
II.4.6.6	关键创新点	(180)
II.4.6.7	对解决社会问题的贡献	(180)
II.5	进入 21 世纪气候和气候变化研究	(181)
II.5.1	概 要	(181)
II.5.2	引 言	(184)
II.5.3	使 命	(185)
II.5.4	21 世纪展望	(185)
II.5.4.1	20 世纪回顾	(186)
II.5.4.2	科学问题	(200)
II.5.4.3	21 世纪气候研究的关键驱动力	(200)
II.5.5	气候研究的目标和需求	(204)
II.5.5.1	目标 1	(204)
II.5.5.2	目标 2	(207)
II.5.5.3	目标 3	(209)
II.5.5.4	目标 4	(210)

II. 5. 5. 5	目标 5	(211)
II. 5. 5. 6	目标 6	(212)
II. 5. 5. 7	目标 7	(214)
II. 5. 6	气候研究优先领域	(215)
II. 5. 6. 1	建立一个永久气候观测系统	(215)
II. 5. 6. 2	通过集成历史和替代资料的发展扩展器测气候记录	(216)
II. 5. 6. 3	继续和加强诊断分析和过程研究以揭示关键气候变率和 变化过程	(216)
II. 5. 6. 4	建立和评估气候模式,使模式更加综合,包括气候系统的 所有主要子系统	(217)
II. 5. 6. 5	交叉需求	(218)
II. 5. 7	对国家目标和需求的贡献	(218)
参考文献		(220)
附录 A	缩写词索引	(233)
附录 B	大气科学委员会和大气科学与气候委员会自 1958 年以来的 报告一览表	(238)
中文索引		(241)