大气科学进展丛书

现代气候学研究进展

王绍武　主编

需要全本请访问 www.ertongbook.com

内容简介

本书全面分析和介绍了近20年来气候学研究的前沿进展,涵盖了气候诊断、气候模拟和气候预测等内容。全书分三编共二十章,第一编介绍气候系统与气候变率,第二编介绍ENSO系统与短期气候预测,第三编介绍十年到百年气候变率与长期气候预测。

该书深入浅出,可读性强。各章既是一个完整结构下的有机部分,又有很好的独立性;既可整体通读,又可局部查阅。该书是大气科学领域的专业参考书,也可供地球科学其它领域的科研人员参考,还可供政府官员和关心气候变化的读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

现代气候学研究进展/王绍武主编. -北京:气象出版社,2001.2
(大气科学进展丛书)
ISBN 7-5029-3086-8

Ⅰ.现… Ⅱ.王… Ⅲ.气候学-研究-进展-世界 Ⅳ.P46-11

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第05394号

现代气候学研究进展
王绍武 主编

责任编辑:陶国庆 终审:周诗健
封面设计:曾金星 责任技编:谷 青 责任校对:谷 青

出版
(北京海淀白石桥路46号 邮政编码:100081)
北京昌平环球印刷厂印刷
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:890mm×1240mm 1/32 印张:14.75 字数:453千字
2001年2月第1版 2001年2月第1次印刷
印数:0001～2000 定价:29.00元

“大气科学进展丛书”编委会

主 任 委 员：周秀骥

副主任委员：毛耀顺

委员(按汉语拼音顺序排列)：

巢纪平、丁一汇、李崇银

李泽椿、柳崇健、毛耀顺

倪允琪、秦　瑜、许健民

周诗健、周秀骥、陶国庆

编委会秘书：陶国庆(兼)

序

科学技术在20世纪百年间的发展速度是前所未有的,气象科学也不例外。一百年多年来,气象科学由半经验的定性的描述性科学全面发展成为以数理化理论与实验为基础的定量科学,由研究大气动力学与物理学过程扩展到化学过程以及与生物过程的相互作用,最终形成了大气科学。

今天,地球科学卫星系列遨游太空,与地基遥感和地面观测组成了全球大气探测网。她几乎连续地、无遗漏地监测着地球上每时每处天气系统和大气环境的变化。探测信息不间断地输入每秒万亿次的高速计算机,按时向社会公众发布出全球十天内客观、定量的天气预报以及局地逐时的大风和降雨量短时预报。人工增雨、人工消雹和人工消雾的成功以及温室效应和臭氧洞现象的出现标志着人类调控天气气候变化纪元的开端。这一切成就都是百年前难以想象和预测的。

“大气科学进展丛书”是一套系列科学论丛,她无疑将向读者介绍当代大气科学一些重大领域前沿科学知识和成果。在此基础上,希望能分析、揭示产生这些成果的缘由和规律,并展望一下其未来发展的前景。人类历史已经进入21世纪。大气科学未来百年的前景如何?大气探测系统会有何种重大变革?天

气预报与气候预测水平将有何新的突破？人类调控天气气候变化能否翻开新的一页？对此做出准确的科学预测，并非易事。但即使提出一些新的思维和线索，甚至大胆的猜想，对于激励大气科学的创新活力也是至为有益的。

撰写“大气科学进展丛书”的作者都是长期致力于各个领域的专家。衷心祝愿“大气科学进展丛书”取得成功，并对推动我国 21 世纪大气科学的蓬勃发展做出贡献。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

前　言

《现代气候学研究进展》,在2000年炎热的夏季编写完毕。作者有志于编写这样一本书已经有好几年了。但是,由于种种原因一直未能落笔。后来周诗健总编告诉我,气象出版社准备出版一套大气科学进展丛书,这个选题正好合适。所以就报上了大纲,得到编委会同意后,开始着手编写。

在酝酿这本书的过程中,我对编写大纲先后作了四次大的调整,并且在北京大学《气候论坛》学术报告之余与同仁们讨论过几次,使得编写目标与体例逐渐清晰起来。大家认识到在20世纪最后的四分之一时间内,气候学研究无论在全球还是在我国,确实发生了巨大的变革。因此,《现代气候学研究进展》也就是要集中反映这个变革。为此,大家一致同意本书以分析介绍这段时间气候学研究的进展为主,题目也选定为现代气候学研究进展,而不是泛泛地称为气候学研究进展。

当然,现代气候学是在古典气候学或经典气候学的基础上发展起来的。因此在谈到现代气候学的进展时,也会谈到一些20世纪初期或中期的研究成果,但是,对这些工作一般不再详细介绍,而只是指出其核心内容,特别是对现代气候学发展的意义。在引用文献时一般也着重20世纪80年代以来的论著。

本书的作者以参加北京大学《气候论坛》讨论的师生为主,其中包括不少年轻的博士。但是,如果仅仅由这些人来编写覆盖面如此广泛的气候学进展,也觉得力不从心。所以大家讨论决定请一些这方面的专家执笔部分章节,写他们最擅长的一些内容。这些专家是袁重光、丁一汇、李崇银、赵振国、翟盘茂。另外还引用了《20世纪科学大典》中丁一汇、黄朝迎、林之光、丘宝剑所写的条目。十分感谢这些专家,都慷慨地答应帮助我们,并及时送来稿件,或者同意我们引用《20世纪科学大典》中的条目。

气候学研究的内容太广泛了,我们可能遗漏了很重要的题目,或者某个题目中的重要内容,请读者指正。书中的错误或者排印中的错误

亦请不吝赐教。

本书的出版得到自然科学基金重点项目《20 世纪中国与全球气候变率研究》(49635190)、《国家重点基础研究发展规划》(我国重大气候和天气灾害形成机理和预测理论的研究,第一部分)(G1998040900)、和国家重中之重项目《我国短期气候预测系统》的研究(96-908-01-01)的支持。

本书各章作者如下:

第一章	王绍武	第十一章	赵振国
第二章	翟盘茂	第十二章	袁重光
第三章	丁一汇	第十三章	罗　勇
第四章	龚道溢	第十四章	朱锦红,慕巧珍
第五章	王绍武	第十五章	龚道溢
第六章	王绍武	第十六章	朱锦红,王绍武
第七章	王绍武	第十七章	周天军
第八章	李崇银	第十八章	周天军
第九章	钱维宏	第十九章	谢志辉
第十章	赵宗慈	第二十章	赵宗慈

在编写过程中,朱锦红博士作了许多组织、交流及编纂工作,谢志辉博士作了详细的校对工作,陈振华作了不少文字录入工作,在此表示深切的谢意,并再一次对各位作者的支持表示感谢。

王绍武

2000 年 8 月于北京大学

目　录

序
前言

第一编　气候系统与气候变率

第一章　现代气候学的发展 …… (3)
§1.1　20 世纪气候学的革命 …… (3)
§1.2　气候诊断研究 …… (7)
§1.3　短期气候预测研究 …… (10)
§1.4　气候模拟研究 …… (13)
§1.5　人类活动影响研究 …… (17)
参考文献 …… (20)
第二章　全球气候观测系统 …… (24)
§2.1　大气观测系统 …… (25)
§2.2　海洋观测系统 …… (27)
§2.3　陆地观测系统 …… (31)
§2.4　气候异常的监测 …… (34)
§2.5　全球气候变化的监测 …… (37)
参考文献 …… (41)
第三章　国内外气候研究计划 …… (45)
§3.1　世界气候研究计划 …… (45)
§3.2　热带海洋—全球大气观测系统 …… (49)
§3.3　气候变率与可预报性研究计划 …… (56)
§3.4　中国气候试验与研究计划 …… (63)
§3.5　短期气候预测的研究计划 …… (72)
参考文献 …… (79)
第四章　近百年全球气候变率 …… (82)
§4.1　全球平均气温 …… (82)

§4.2 近百年气温变率…… (84)
§4.3 全球陆地降水…… (88)
§4.4 近百年降水变率…… (90)
§4.5 近百年气候变率机制分析…… (92)
参考文献 …… (95)
第五章 中国的气候学研究 …… (99)
§5.1 20 世纪气候学研究的发展 …… (99)
§5.2 中国气候志与气候区划研究 …… (102)
§5.3 东亚季风与气候灾害研究 …… (106)
§5.4 中国的短期气候预测 …… (111)
§5.5 中国的气候变化研究 …… (114)
参考文献…… (117)
第六章 中国气候的变迁…… (120)
§6.1 第四纪气候变迁 …… (120)
§6.2 中国的大温暖期 …… (126)
§6.3 中世纪暖期 …… (130)
§6.4 小冰期 …… (134)
§6.5 现代气候变暖 …… (138)
参考文献…… (141)
第七章 中国旱涝演变的研究…… (144)
§7.1 旱涝史料 …… (144)
§7.2 旱涝型的研究 …… (148)
§7.3 近千年的旱涝变化 …… (151)
§7.4 旱涝型的变率及预测 …… (153)
§7.5 中国四季降水量变化的研究 …… (155)
参考文献…… (162)

第二编 ENSO 系统与短期气候预测

第八章 ENSO 与东亚季风…… (161)
§8.1 ENSO 对东亚夏季风的影响 …… (161)

§8.2　ENSO与东亚冬季风的关系 …… (165)
§8.3　东亚冬季风异常对ENSO的激发作用 …… (168)
§8.4　东亚冬季风与ENSO相互作用的物理过程 …… (171)
§8.5　东亚季风、暖池热状况与ENSO …… (175)
参考文献 …… (180)
第九章　ENSO理论研究 …… (184)
§9.1　早期观测与研究 …… (184)
§9.2　三个振子理论 …… (190)
§9.3　最新观测事实 …… (193)
§9.4　多时空尺度海气相互作用 …… (199)
§9.5　小结 …… (201)
参考文献 …… (202)
第十章　ENSO的模拟与预测 …… (206)
§10.1　ENSO的预测方法 …… (206)
§10.2　ENSO预测简单动力学模式 …… (208)
§10.3　ENSO事件的模拟与回报 …… (210)
§10.4　ENSO循环的模拟与回报 …… (210)
§10.5　1997～2000年模式预报效果检验 …… (212)
参考文献 …… (217)
第十一章　中国夏季降水的成因分析 …… (220)
§11.1　中国夏季降水的三类雨型 …… (220)
§11.2　影响中国夏季降水的物理因子 …… (223)
§11.3　影响中国夏季降水主要物理因素的相互关系 …… (229)
§11.4　长江流域夏季多雨洪涝成因 …… (231)
§11.5　中国夏季降水预测 …… (233)
参考文献 …… (236)
第十二章　中国夏季降水的跨季度数值预测 …… (240)
§12.1　跨季度预测的物理基础 …… (240)
§12.2　跨季度预测的可能性研究 …… (242)
§12.3　预测及结果的评估 …… (245)

§12.4 集合方法的发展…… (247)
§12.5 问题及展望…… (252)
参考文献…… (255)
第十三章 气候模式的发展与季度预测试验 …… (257)
§13.1 大气环流模式的发展…… (257)
§13.2 海洋环流模式和海气耦合方案的发展…… (262)
§13.3 陆面过程模式的发展…… (265)
§13.4 耦合模式季度预测的可预报性与预报试验…… (274)
§13.5 区域气候模式的发展…… (276)
参考文献…… (279)
第十四章 中国夏季降水的可预报性 …… (284)
§14.1 统计预报的局限性…… (284)
§14.2 从月延伸预报到季度预测…… (286)
§14.3 季度预测研究进展…… (290)
§14.4 大气环流预测的可预报性…… (293)
§14.5 夏季降水的可预报性…… (296)
参考文献…… (302)
第三编 十年到百年气候变率与长期气候预测
第十五章 大气环流的长期变化 …… (329)
§15.1 全球大气涛动…… (329)
§15.2 近百年大气涛动的变率…… (331)
§15.3 大气涛动的模拟…… (335)
§15.4 东亚大气环流…… (337)
§15.5 大气遥相关…… (338)
参考文献…… (339)
第十六章 年代际气候变率 …… (344)
§16.1 全球气温的年代际变率…… (346)
§16.2 大西洋地区气候年代际变率…… (347)
§16.3 北太平洋的年代际变率…… (351)

需要全本请访问 www.ertongbook.com

§16.4　ENSO 的年代际变率 …… (352)
§16.5　年代际变率的预测…… (356)
参考文献…… (359)
第十七章　热盐环流与气候变率 …… (363)
§17.1　热盐环流的基本特征…… (363)
§17.2　热盐环流在气候系统中的重要性…… (365)
§17.3　热盐环流与气候系统水热平衡…… (367)
§17.4　热盐环流的数值模拟…… (369)
§17 .5　热盐环流与气候变率…… (377)
参考文献…… (381)
第十八章　自然气候变率的模拟研究 …… (387)
§18.1　自然气候变率研究的意义…… (387)
§18.2　自然气候变率的数值模拟研究…… (389)
§18.3　自然气候变率的机制研究…… (394)
§18.4　20 世纪气候变率的数值模拟研究 …… (395)
§18.5　耦合模式的气候变率模拟…… (399)
参考文献…… (401)
第十九章　长期气候变化成因分析 …… (405)
§19.1　太阳活动的影响…… (405)
§19.2　火山活动的影响…… (409)
§19.3　中世纪暖期及小冰期成因分析…… (410)
§19.4　古气候强迫因子资料的重建…… (411)
§19.5　近百年和近千年全球气温变化的模拟…… (412)
参考文献…… (417)
第二十章　温室效应的检测及预测 …… (420)
§20.1　温室效应检测的重要性…… (420)
§20.2　温室效应的检测方法…… (423)
§20.3　温室气体排放构想与贡献检测…… (426)
§20.4　温室效应的预测…… (429)
§20.5　21 世纪人类活动影响的展望 …… (433)

参考文献…… (436)
主题词索引 …… (439)

第一编

气候系统与气候变率

第一章　现代气候学的发展

§1.1　20 世纪气候学的革命

19 世纪末到 20 世纪初的气候学可以认为是经典气候学或古典气候学。那时的气候学有三个经典的概念:①气候包括 3 个基本要素,即温(气温)、湿(降水)、压(地面气压);②如果有了 30 年 3 个基本要素的平均值,即可代表一个地区的气候;③气候形成有 3 个要素;即太阳辐射(地理经纬度)、海陆分布及大气环流。随着科学的发展,这 3 个基本概念先后受到了严重挑战。

最先受到挑战的是气候平均值的概念。当时人们认为气候状况虽年年不同,但是用 30 年求得的气候平均值则是不变的。气候平均值的英文是 normal,有标准的意思。但是地球科学的发展,很快就突破这个概念。先是在地质学中发现了冰期、间冰期,后来孢粉、树木年轮、历史记载种种证据都说明气候有时间尺度比 30 年长得多的变化,30 年平均值也就不再是一成不变的了。不过,取 30 年作平均还是一个很适当的时间尺度,因为这一方面足以平滑掉年际气候变率,也能够在相当大程度上削弱 20～30 年尺度的年代际变率,从而得到一个较为稳定的值。另一方面,时间尺度又没长到不便于运作。后来人们已经认识到气候有变化了,但仍然取 30 年平均作“标准”。例如计算气温或降水量距平,就采用对 30 年平均的偏差。不过为了适应气候的变化,在不同时期采用不同的 30 年平均求距平。最早用 1901～1930 年,后来用 1931～1960 年、1951～1980 年,现在则通用 1961～1990 年,也许将来还要改用 1971～2000 年或其它 30 年平均。

其他两个经典的气候概念是相辅相成的,中心问题就是气候是局部性的,还是全球性的?一个地区的气候是仅受当地的 3 个要素的影响,还是受全球海洋、陆地、乃至整个气候系统的影响?所谓形成气候的 3 个要素固然是直接影响气候形成的原因,但是,要了解气候异常与气候变化的成因以及进行气候预测,却不能仅限于研究 3 个要素。例

如,气候预测与天气预报的差别就在于逐日天气预报可以用大气环流模式(AGCM)来预报,而气候预测则必须用耦合模式,考虑全球海洋以及冰雪、陆面对大气的影响。又如全球气候变暖是当前气候学研究的中心问题,这个变暖主要是大气中温室气体增加造成的,而温室气体的增加是全球性的。再如,远在赤道东太平洋的海温(El Nino(厄尔尼诺)及 La Nina(拉尼娜))能对印度尼西亚、澳大利亚,也在一定程度上对中国降水产生影响,而赤道东太平洋与中国远隔万里。这又一次说明研究气候不能局限于一个地区,也不能局限于只研究温、湿、压 3 个要素。因此,从现代气候学的观点看,气候是全球性的,而不是局地性的,研究对象不再是局地气候而是气候系统[1]。

从经典气候学到现代气候学发生了一场深刻的革命。之所以称为革命,不仅表现在基本观念及研究对象的变化,研究方法也有了根本性的不同。在经典气候学中,主要应用统计方法进行分析,直到 20 世纪中期气候学研究几乎就是统计学研究的代名词。而现代气候学研究中则广泛应用各种气候模式进行气候模拟与气候预测。在气候模式中考虑了大气与海洋的动力学过程和热力学过程,以及陆面物理过程,也考虑了大气成分、太阳辐射的变化。运用各种各样的气候模式,人们通过模拟研究气候形成,探索气候变化的原因,上至 10000 年尺度地球轨道要素造成气候变迁,下至 El Nino 对季到年的气候影响,均在研究之列。同时,人们还可以通过模式进行气候预测,月、季尺度的气候预测也逐渐业务化。对未来 50 年到 100 年可能发生的气候变化也作了大量的预测研究。这些都是经典气候学研究中不可能设想的,也就是有了这样的基础,气候学才能以崭新的面貌屹立于现代世界科学之林。

气候学的革命是如何酝酿,又如何蓬蓬勃勃发展的?革命的基础是什么?谈到这个问题离不开社会的发展及科学技术的进步。对 20 世纪来讲两次世界大战无疑对社会与科学均有巨大影响。50 年代是第二次世界大战后的恢复时期,人们忙于重建被战争毁坏的家园。所以,大量的科学发现,以及技术革新大都出现在 20 世纪最后的四分之一。

气候学革命发展的基础是科学技术的进步,推动革命发展的则是社会的需求。20 世纪 30 年代美国中西部发生了持续性干旱。由于植被受到破坏形成“黑风暴”(dust ball),至今人们对此仍谈虎色变。40

年代初在苏德战场出现了寒冷的冬季。60 年代又陆续出现了影响广泛的寒冷冬季如 1962～1963 年冬。因此,一些日本科学家曾惊呼小冰期又到来了。从 60 年代末到 70 年代非洲萨赫勒持续干旱,造成西非广泛的饥荒。人们不知道自然界突然发生了什么变化,也不知道气候的异常还要怎样发展。正当一些科学家开始认识 El Nino 对气候的影响时,1982～1983 年发生了当时认为是 20 世纪最强的 El Nino 事件。据统计受这个事件影响,全球可能损失约 200 亿美元。因此,要求对气候异常的发生发展作出预测的呼声愈来愈高。与此同时,人类活动的影响问题也逐渐提上了议事日程。人们发现由于从 19 世纪中叶开始就大量砍伐森林,后来到 19 世纪末,20 世纪初又加速了燃烧矿物燃料如煤、石油、天然气,从而使大气中的 CO_2 浓度迅速增加。这样大气的温室效应加剧,使全球气候变暖。实际上,无论北半球还是全球在 20 世纪 20 年代就已经出现了增暖。一些前苏联科学家在 50 年代已经注意到这个现象,但未引起广泛的注意。后来从 60 年代到 70 年代中又出现了一些冷冬,气温有所下降。所以一度曾经认为小冰期又来临了。不过,从 70 年代后期气温又逐步回升,气候变暖的问题又成为研究的焦点,1979 年的世界气候大会就是在这种形势下召开的。

不过,从科学技术角度来看,气候学的革命也是在具备了一定基础的情况下才开展起来的。第二次世界大战前已经有了探空仪,但是由于战争,资料的传播受到极大的限制,所以世界大战之后全球的资料网就逐步发展起来了。至今,不仅有传统的探空仪观测、地面观测,还大力开展了卫星遥测,再加上船舶、雷达、火箭观测,有了一个全球气候系统的观测网,这是气候革命的基础。其实,问题也很清楚。假如没有全球的海温观测,又如何能了解 El Nino 的发生发展过程呢?当然也谈不上对 ENSO 的模拟与预测了。气候学革命的另一个技术条件就是计算机的发展。到 50 年代末,计算机已经投入天气预报业务,使得数值天气预报迅速发展,随之 60 年代统计分析也发生了革命。因此,技术的发展推动了科学的发展。例如,现在通用的统计分析方法经验正交函数(EOF)分解,在 50 年代已经有人提出了这样的思想,但是,没有大型电子计算机就不能求解 3 阶以上矩阵的特征根,所以无法实现 EOF 分解。一旦有了电子计算机,EOF 分析就很快发展起来。现在

需要全本请访问 www.ertongbook.com