

主 编
叶笃正
曾庆存
郭裕福

当代气候研究

气象出版社

P214
YDZ

当代气候研究

叶笃正 曾庆存 郭裕福 主编

气象出版社

内 容 简 介

本书对当代气候学的主要研究成果作了较系统的概括,并对国内外的研究情况作了较详细的评述,重点是对不同时间尺度的气候变化规律及其原因进行了较深入的分析总结。本书主要内容包括:引论,大气环流动力学及其统计特征,短期气候变化问题,长期气候变化问题,全球大气化学及未来气候变化趋势,气候数值模拟的概念、方法和现状,气候资料的获取、解释和整编及信息系统等。

本书可供广大气象科技工作者,特别是从事气候变化和全球变化研究的科研人员阅读,也可供与气候有关的海洋、生态环境、地理、地球物理和地球化学等学科的研究、教学人员及研究生参考。

当代气候研究

叶笃正 曾庆存 郭裕福 主编
责任编辑 庞金波

*

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销
国防科工委印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 23.125 字数: 570千字

1991年2月第一版 1991年2月第一次印刷

印数: 1—500册 精装定价 20.00元

ISBN 7-5029-0504-9/P·0283

1991

序

本书反映了中国科学院“气候研究”重大课题第一阶段(1985—1988)的一部份成果。这一部份研究计划是以叶笃正、曾庆存、黄荣辉和符淙斌等同志于1984年所提出的建议为基础的,后经组织讨论、修改,于1985年由中国科学院批准为重大基础研究课题,由叶笃正主持,并于同年开始执行,其中现代气候学问题研究主要由大气物理研究所承担,叶笃正、曾庆存、黄荣辉和郭裕福等负责组织实施,全所大部分气候学、大气环流和大尺度大气动力学以及大气物理和大气化学方面的专家如叶笃正、陶诗言都参加了该项计划的研究。首先对国际当代气候学研究问题;国内气候学研究的现状;国民经济建设的需要和参加世界气候研究计划(WCRP)问题等作了调查研究,在此基础上定出了第一阶段我们要从事或开始筹备的具体研究题目,然后很快落实下来。这些题目中包括:(1)大气环流长时间行为的统计特征,尤其是描写气候形成及其演变过程的物理-动力学统计特征,(2)月份至季节时间尺度气候变化的动力学,特别是与我国有密切关系的季风和梅雨、旱涝过程及与此有关的遥相关型和低频振荡等问题;(3)我国月份和季节旱涝预测方法问题;(4)引起全球规模 and 我国气候异常的年际气候变化过程及预测因子,这里主要是南方涛动及与其相关的海气相互作用问题,也部份地包括了十年内尺度的气候变化问题;(5)未来百年内气候变化趋势问题,着重讨论大气成份、物理-化学过程及其对气候变化的影响,以便对人类活动引起的气候和环境变化给以观测事实的论据以及理论和计算的阐明;(6)气候形成和变化的理论分析和数值模拟,因为,有坚实的物理数学基础的气候模式是作旱涝等气候预测和确定人类活动对气候影响的最重要手段。回顾三年多以来的工作,我们满意地看到,我们选定的题目是合适的,进展是快的,成果是可喜的。于是按照科学院重点课题管理的要求,我们决定将这一阶段的成果总结成书,由叶笃正、曾庆存、郭裕福负责组织编写和审定,最后由郭裕福统一定稿。读者看了目录,就会一目了然,本书的内容和分章就是大体上按照上面的题目,而撰写者则是各题目主要研究者。考虑到陶诗言关于季风的研究工作已另有总结文章在国内外书刊上发表,而他临时来不及再作进一步的总结,本书暂缺这部份内容,请读者参阅他的有关文章。

为了照顾到广大读者的需要,本书各章不对所有牵涉到的问题作严谨的系统分析和论证,略去了大部份的理论推导和分析方法的叙述,而采取综述和评论的方式,籍以对所讨论的问题给读者一个综合的和清晰的图象,并掌握目前解决问题的水平。读者如欲了解详细内容或理论工具,请参阅各章后有关的文献。

本课题得到赵剑平同志(原科学院计划局基础研究管理负责人,现任资源环境局副局长)等的一贯支持。在工作中和本书的组编过程中还得到许多同志的鼎力相助,借此书出版之际,谨对他们以及参加本项课题研究工作而未参加本书撰写的同志们表示衷心的感谢。

参加本书各章编写的同志有:曾庆存、郭裕福、叶笃正、陶诗言(第一章),吴国雄(第二章),黄荣辉(§3.1、§3.2)、李崇银(§3.3)、朱抱真(§3.4)、周家斌(§3.5),章名立(§4.1)、符淙斌(§4.2)、季劲钧(§4.3),王明星(第五章),张学洪、袁重光,曾庆存(第六章),梁幼林(第七章)。张佐君审校了书中的英文译文。

作者

1989年7月

目 录

黄 毅、叶 阳

序

第一章 引论	(1)
§1.1 当代气候问题	(1)
§1.2 当代气候学研究的特点和主要课题	(2)
1.2.1 当代气候学概念和特点	(2)
1.2.2 月和季节气候距平的监测和预报	(3)
1.2.3 半年以上至年际气候变化和气候异常的监视和预测	(4)
1.2.4 十年至百年时间尺度气候变化趋势问题	(6)
§1.3 我国的气候学研究	(7)
1.3.1 历史的回顾	(7)
1.3.2 我国当代气候学研究的课题	(8)
1.3.3 中国科学院大气物理研究所近年来的一些最主要的研究成果	(9)
参考文献	(10)
第二章 大气环流动力学及其统计特征	(11)
§2.1 大气的纬向平均状态	(13)
§2.2 大气的输送特征	(19)
2.2.1 大气中动量的输送	(20)
2.2.2 大气中感热的输送	(25)
2.2.3 大气中水汽的输送	(28)
§2.3 大气的收支特征	(33)
2.3.1 大气系统的能量学	(33)
2.3.2 大气角动量的收支	(34)
2.3.3 大气热量的收支	(36)
2.3.4 大气水汽的收支	(43)
§2.4 平均经圈环流动力学	(47)
2.4.1 平均经圈环流在大气运动中的作用	(47)
2.4.2 平均经圈环流的年变化	(49)
2.4.3 平均经圈环流动力学	(51)
2.4.4 Stokes漂移和拉格朗日平均经圈环流	(54)
§2.5 纬向平均场的维持——EP理论和无加速定理	(59)
2.5.1 干模型中的EP-剖面	(60)
2.5.2 湿模型中的EP-剖面	(65)
2.5.3 原始方程系中的波流相互作用	(66)
§2.6 三维瞬变波动力学	(73)
2.6.1 波包理论	(73)
2.6.2 风暴轴和西风急流	(76)

2.6.3 纬向动量和动能的局地收支	(79)
2.6.4 瞬变涡动的局地涡度输送	(80)
2.6.5 局地热量收支	(80)
参考文献	(84)
第三章 短期气候变化问题	(88)
§3.1 短期气候变化的物理基础	(88)
3.1.1 短期气候变化的全球性	(88)
3.1.2 大气的内动力过程	(92)
3.1.3 外源的强迫作用	(105)
§3.2 大气环流的遥相关	(113)
3.2.1 大气环流遥相关的事实	(114)
3.2.2 大气环流遥相关的物理机制	(120)
3.2.3 大气下垫面热状况异常及其大气环流遥相关的数值模拟	(133)
§3.3 大气低频振荡	(137)
3.3.1 热带大气中30—50天振荡的基本特征	(137)
3.3.2 中高纬度大气中的30—50天振荡	(140)
3.3.3 30—50天大气振荡和ENSO的关系	(142)
3.3.4 热带和中高纬度地区30—50天大气低频振荡的传播	(143)
3.3.5 大气中的准两周振荡	(146)
3.3.6 大气低频振荡产生的机制	(150)
§3.4 青藏高原的性质及其对气候的影响	(152)
3.4.1 青藏高原的性质	(152)
3.4.2 高原的机械性强迫作用	(155)
3.4.3 高原的热力作用	(157)
3.4.4 次网格地形参数化的作用	(161)
§3.5 短期气候变化的预测方法	(164)
3.5.1 各国业务预报或试验概况	(164)
3.5.2 经验方法	(165)
3.5.3 统计学方法	(166)
3.5.4 动力学方法和动力统计学方法	(172)
3.5.5 中国科学院大气物理研究所的季度和年际预报试验	(177)
参考文献	(180)
第四章 长期气候变化问题	(186)
§4.1 仪器观测时期以来的气候变化	(186)
4.1.1 近百年平均气候变化的趋势	(186)
4.1.2 气候变化的空间分布与遥相关	(192)
4.1.3 近百年的气候变率	(201)
4.1.4 大气环流、极冰的变化与气候变化的关系	(202)
4.1.5 我国的灾害性气候	(207)
4.1.6 用于分析气候变化的气候资料存在的问题	(209)
§4.2 海洋过程和气候变化	(211)
4.2.1 海洋在气候变化中的重要性	(212)

4.2.2 热带海洋在年际气候变化中的突出贡献	(213)
4.2.3 厄尔尼诺/南方涛动现象——海气相互作用的强信号	(215)
4.2.4 热带海洋异常与全球气候变化的关系	(220)
4.2.5 海气相互作用的数值模拟	(225)
4.2.6 海洋大气相互作用的观测试验研究	(233)
§4.3 陆气相互作用与气候	(236)
4.3.1 观测研究	(237)
4.3.2 诊断分析	(238)
4.3.3 理论分析和数值试验	(247)
参考文献	(256)
第五章 大气化学组成的变化及其引起的气候和生态环境的变化	(262)
§5.1 大气化学与气候	(262)
§5.2 观测到的大气化学组成的变化及其原因	(262)
5.2.1 大气二氧化碳浓度的变化	(262)
5.2.2 大气甲烷浓度的变化	(263)
5.2.3 大气臭氧和其它微量气体浓度的变化	(266)
§5.3 大气化学组成的未来变化趋势	(271)
5.3.1 大气二氧化碳浓度变化趋势预测	(271)
5.3.2 甲烷等大气微量成分未来浓度变化趋势的预测	(279)
§5.4 大气成分在地球气候系统中的作用	(280)
§5.5 大气成分浓度变化引起的气候变化	(284)
5.5.1 简单气候模式预测的CO ₂ 加倍引起的气候变化	(284)
5.5.2 三维大气环流模式预测CO ₂ 加倍引起的气候变化	(285)
5.5.3 海-气耦合模式预测的CO ₂ 增加引起的气候变化	(286)
5.5.4 其它微量气体引起的气候变化	(288)
5.5.5 气溶胶对气候的影响	(288)
§5.6 大气成分浓度变化引起的其它环境问题	(291)
参考文献	(293)
第六章 气候数值模拟的概念、方法和现状	(295)
§6.1 气候数值模式	(295)
6.1.1 大气环流模式	(295)
6.1.2 数值方法	(296)
6.1.3 计算机	(297)
6.1.4 参数化	(298)
6.1.5 海洋和海冰	(298)
6.1.6 大洋环流模式	(299)
6.1.7 气候模式系列	(299)
§6.2 国外气候模式简介	(300)
6.2.1 模式框架	(300)
6.2.2 水平格网	(301)
6.2.3 谱模式	(301)
6.2.4 整体性质	(301)

6.2.5 截断误差	(301)
6.2.6 时间积分方法	(301)
6.2.7 太阳辐射和长波辐射	(301)
6.2.8 凝结和对流	(303)
6.2.9 下垫面和边界层	(303)
6.2.10 水平扩散	(304)
6.2.11 海洋模式和海-气耦合模式	(304)
§6.3 IAP大气环流模式和大洋环流模式	(305)
6.3.1 模式特点	(305)
6.3.2 两层大气模式	(305)
6.3.3 九层大气模式	(306)
6.3.4 四层大洋模式	(306)
6.3.5 计算精度	(306)
6.3.6 初值误差传播的增长	(307)
6.3.7 地形波	(307)
6.3.8 太阳辐射日变化	(308)
6.3.9 土壤温度和湿度异常	(308)
6.3.10 大气环流模拟的初步结果	(308)
6.3.11 大洋环流模拟的初步结果	(312)
§6.4 CO₂增加引起的气候变化的数值模拟	(313)
6.4.1 GFDL的系统性研究	(314)
6.4.2 不同模式模拟结果的比较	(316)
6.4.3 海洋的响应和反馈	(318)
§6.5 短期气候预测	(320)
6.5.1 中期数值天气预报	(320)
6.5.2 月预告试验	(321)
6.5.3 模式的参数化、分辨率与月预告	(322)
6.5.4 月预告与初始场处理	(322)
6.5.5 季度预测	(323)
6.5.6 初始场的滤波	(324)
6.5.7 IAP模式的月平均以及跨季度预报试验	(324)

参考文献	(336)
-------------------	----------------

第七章 气候资料的获取、解释、整编及信息系统	(331)
-------------------------------------	----------------

§7.1 气候研究对资料的要求	(331)
7.1.1 气候研究的观测资料获取	(331)
7.1.2 资料的解释和过程分析	(333)
7.1.3 概念模式和数值模式研究对资料的要求	(334)
7.1.4 验证/预报和资料样本	(334)
7.1.5 研究气候变化的其它资料来源	(335)
§7.2 气候资料的若干问题和基本信息	(335)
7.2.1 气候资料的时空分辨率	(335)
7.2.2 客观分析和四维同化	(335)

7.2.3 气候系统的多时间尺度运动	(336)
§7.3 气候资料库的类别及其项目和入库标准	(337)
7.3.1 大气大尺度运动资料库	(338)
7.3.2 辐射和云的资料库	(338)
7.3.3 海洋物理资料库	(339)
7.3.4 陆地表面和生态系资料库	(339)
7.3.5 冰雪圈资料库	(340)
7.3.6 大气化学资料库	(341)
7.3.7 气溶胶与火山尘埃资料库	(342)
7.3.8 过去的气候资料库	(342)
§7.4 世界气候资料计划和有关的资料系统	(343)
7.4.1 综合观测系统和计算机的发展对气候资料的影响	(343)
7.4.2 世界气候资料计划	(345)
7.4.3 世界资料中心系统	(346)
§7.5 信息系统	(347)
7.5.1 信息系统的误差分析	(347)
7.5.2 信息分配体制	(348)
7.5.3 信息系统功能层次结构	(348)
§7.6 气候资料产品和信息技术的发展趋势	(350)
参考文献	(351)
本书部份缩写词	(352)

CURRENT RESEARCH IN CLIMATE

Edited by Ye Duzheng, Zeng Qingcun and Guo Yufu

CONTENTS

Preface

Chapter 1 INTRODUCTION (1)

Zeng Qingcun, Guo Yufu, Ye Duzheng and Tao Shiyan

§1.1 Contemporary problems in climate (1)

§1.2 The characteristics and major subjects of contemporary climatology research (2)

1.2.1 The conceptions and characteristics of contemporary climatology... (2)

1.2.2 Monitoring and forecasting of climatic anomalies on time scale of a month to a season (3)

1.2.3 Monitoring and forecasting of climatic anomalies over period of six months to years (4)

1.2.4 Trends of climatic variations on time scale of a decade to a hundred years (6)

§1.3 Climatological research in China (7)

1.3.1 Historical review (7)

1.3.2 Major research subjects of contemporary climatology in China... (8)

1.3.3 Major research achievements of IAP/CAS in recent years (9)

References (10)

Chapter 2 DYNAMICS AND THE STATISTICAL CHARACTERISTICS OF THE ATMOSPHERIC GENERAL CIRCULATION THE ATMOSPHERE.....(11)

Wu Guoxiong

§2.1 The zonal mean of the atmospheric circulation (13)

§2.2 Transfer properties (19)

2.2.1 Momentum transfer (20)

2.2.2 Sensible heat transfer (25)

2.2.3 Water vapour transfer (28)

§2.3 Atmospheric budgets (33)

2.3.1 Energetics of the atmospheric system (33)

2.3.2	Angular momentum budget of the atmosphere	(34)
2.3.3	Sensible heat budget of the atmosphere	(36)
2.3.4	Water vapour budget of the atmosphere	(43)
§2.4	Dynamics of the mean meridional circulation	(47)
2.4.1	Roles of mean meridional circulation in atmospheric motions ...	(47)
2.4.2	Annual variation of the mean meridional circulation of the atmo- sphere	(49)
2.4.3	Dynamics of mean meridional circulation	(51)
2.4.4	Stokes drift and Lagrangian mean meridional circulation	(54)
§2.5	Maintenance of zonal mean field—EP theory and nonacceleration theorem ...	(59)
2.5.1	EP-cross-section in dry model	(60)
2.5.2	EP-cross-section in moist model	(65)
2.5.3	Wave-mean flow interaction in primitive equation system	(66)
§2.6	Dynamics of three-dimensional transient waves	(73)
2.6.1	Wave packet theory	(73)
2.6.2	Storm track and westerly jet	(76)
2.6.3	Local budget of zonal momentum and kinetic energy	(79)
2.6.4	Local vorticity transfer by transient eddies	(80)
2.6.5	Local heat budget	(80)
	References	(84)
Chapter 3	PROBLEMS IN SHORT-TERM CLIMATE VARIABILITIES	(88)
§3.1	Physical bases of short-term climate change variabilities	(88)
	<i>Huang Ronghui</i>	
3.1.1	Global feature of short-term climate variabilities	(88)
3.1.2	Internal dynamical processes in the atmosphere	(92)
3.1.3	Forcing effect of external sources	(105)
§3.2	Teleconnections of the atmospheric general circulation	(113)
	<i>Huang Ronghui</i>	
3.2.1	Observational facts of teleconnections of the atmospheric general circulation	(114)
3.2.2	Physical mechanism of teleconnection of the atmospheric general cir- culation	(120)
3.2.3	Numerical simulations of the effect of thermal anomalies in the lower boundary of the atmosphere on the teleconnections of the general circulation	(133)
§3.3	Low-frequency oscillations in the atmosphere	(137)
	<i>Li Chongyin</i>	
3.3.1	Fundamental characteristics of 30—50 day oscillation in the tropical atmosphere	(137)

3.3.2	The 30—50 day oscillation sin the middle-high latitudes.....	(140)
3.3.3	The relationship between 30—50 day atmospheric oscillations and ENSO	(142)
3.3.4	Propagation of 30—50 day oscillations between middle-high latitudes and tropic s.....	(143)
3.3.5	The quasi-biweek oscillation in the atmosphere	(146)
3.3.6	Forming mechanism of low-frequency oscillations in the atmosphere...(	(150)
§3.4	The characteristics of Tibetan Plateau and its effect on climate	(152)
<i>Zhu Baozhen</i>		
3.4.1	The characteristics of Tibetan Plateau	(152)
3.4.2	Mechanical forcing effect of the Plateau	(155)
3.4.3	Heating effect of the Plateau	(157)
3.4.4	The effect of different parameterizations of sub-grid orography ...	(161)
§3.5	Short-term climate forecasting methods	(164)
<i>Zhou Jiabin</i>		
3.5.1	A survey of the operational forecasts in some countries	(164)
3.5.2	Empirical forecast techniques	(165)
3.5.3	Statistical forecast techniques	(166)
3.5.4	Dynamical and stochastic dynamic forecast models	(172)
3.5.5	Experiments of seasonal and interannual forecasts in the Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica	(177)
References		(180)
Chapter 4 PROBLEMS IN LONG-TERM CLIMATIC CHANGE		(186)
§4.1	Climate change since instrumental period	(186)
<i>Zhang Mingli</i>		
4.1.1	Trend of climate change during recent hundred years	(186)
4.1.2	Spatial distribution of climate change and teleconnections	(192)
4.1.3	Climate variability in recent hundred years	(201)
4.1.4	Relationship of climate change with the general circulation and the polar ice	(202)
4.1.5	Catastrophic climate in China	(207)
4.1.6	On the climate data	(209)
§4.2	Oceanic process in association with climatic change	(211)
<i>Fu Conghin</i>		
4.2.1	Role of ocean in the climatic change	(212)
4.2.2	Contribution of tropical ocean to the interannual climate variability ...	(213)
4.2.3	El Nino Southern Oscillation phenomenon—a strong signal of air-seainteraction	(215)
4.2.4	Global climate variation related to the tropical oceanic anomalies...	(220)

4.2.5 Numerical simulation of air-sea interaction process	(225)
4.2.6 Field experiment and observation program on air-sea interaction...	(233)
§4.3 Air-land interaction in relation to climate	(236)
<i>Ji jinjun</i>	
4.3.1 Observations	(237)
4.3.2 Diagnostic analysis	(238)
4.3.3 Theoretical analysis and numerical experiments	(247)
References	(256)

Chapter 5 THE CHANGING ATMOSPHERIC COMPOSITION AND ITS EFFECT ON CLIMATE AND ENVIRONMENT (262)

Wang Mingxing

§5.1 Future climate in relation to atmospheric chemistry	(262)
§5.2 The observed changes in atmospheric composition and their possible causes	(262)
5.2.1 increase of atmospheric CO ₂	(262)
5.2.2 increase of atmospheric CH ₄	(263)
5.2.3 changes in atmospheric O ₃	(266)
§5.3 Future trends of atmospheric CO ₂ , CH ₄ , and other trace gases	(271)
5.3.1 Prediction on the increase of atmospheric CO ₂	(271)
5.3.2 Future trend of atmospheric CH ₄ , O ₃ , and other trace gases	(279)
§5.4 The role of atmospheric trace gases in the Earth's climate system	(280)
§5.5 Climate change induced by the increase of atmospheric trace gases ...	(284)
5.5.1 Climate changes due to doubling atmospheric CO ₂ as predicted by simple models	(284)
5.5.2 Climate changes due to doubling atmospheric CO ₂ as predicted by GCM	(285)
5.5.3 Climate changes due to the increase of atmospheric CO ₂ as predicted by coupled atmosphere-ocean model	(286)
5.5.4 Climate changes due to the increase of trace gases	(288)
5.5.5 The effect of atmospheric aerosol on climate	(288)
§5.6 The impact of the variation of atmospheric trace gases on the Earth's environment	(291)
References	(293)

Chapter 6 NUMERICAL CLIMATE SIMULATION—ITS CONCEPTION, METHODOLOGY AND UP-DATE ACHIEVEMENT (295)

Zhang Xuehong, Yuan Chongguang and Zeng Qingcun

§6.1 Numerical climate model	(295)
6.1.1 Atmospheric general circulation models	(295)
6.1.2 Numerical computational methods	(296)

6.1.3	Computer.....	(297)
6.1.4	Parameterizations.....	(298)
6.1.5	Ocean and sea ice	(298)
6.1.6	World oceanic general circulation models	(299)
6.1.7	Climate model series	(299)
§6.2	A brief introduction to foreign climate models	(300)
6.2.1	Model's framework	(300)
6.2.2	Horizontal grid network	(301)
6.2.3	Spectral models	(301)
6.2.4	Integrated properties.....	(301)
6.2.5	Truncation errors	(301)
6.2.6	Time integration techniques	(301)
6.2.7	Solar radiation and long wave radiation	(301)
6.2.8	Condensation and convection	(303)
6.2.9	Surface condition and boundary layer	(303)
6.2.10	Horizontal diffusion	(304)
6.2.11	Oceanic models and coupled ocean-atmospheric models	(304)
§6.3	The IAP AGCM and OGCM	(305)
6.3.1	The major features of IAP GCM	(305)
6.3.2	Two layer AGCM	(305)
6.3.3	Nine layer AGCM	(306)
6.3.4	Four layer OGCM	(306)
6.3.5	Computational accuracy	(306)
6.3.6	The propagation and growth of initial error	(307)
6.3.7	Topography waves	(307)
6.3.8	Diurnal variation of solar radiation	(308)
6.3.9	Anomalies of soil moisture and temperature	(308)
6.3.10	Simulations of atmospheric general circulation	(308)
6.3.11	Simulations of oceanic general circulation	(312)
§6.4	Numerical simulations of climate change induced by increasing CO ₂ ... (313)	
6.4.1	Systematical studies in GFDL	(314)
6.4.2	Comparison of results simulated by various models	(316)
6.4.3	Response and feedback of ocean	(318)
§6.5	Short-range climate forecast	(320)
6.5.1	Medium-range numerical weather prediction	(320)
6.5.2	Monthly forecast experiments	(321)
6.5.3	Effects of parameterization and resolution on monthly forecasts ... (322)	
6.5.4	Effects of initial conditions on monthly forecast	(322)
6.5.5	Seasonal forecast	(323)

6.5.6	Filtering of initial field	(324)
6.5.7	Monthly and extraseasonal numerical forecast experiment by the use of IAP GCM.....	(324)
	References	(326)
Chapter 7	DATA ACQUISITION, INTERPRETATION, COMPILATION AND INFORMATION SYSTEM FOR CLIMATE RESEARCH.....	(331)
	<i>Liang Youlin</i>	
§7.1	Data requirement of climate research	(331)
7.1.1	Acquisition of observations for climate research	(331)
7.1.2	Data interpretation and analysis of process	(333)
7.1.3	Data required by conceptual/numerical models	(334)
7.1.4	Verification/prediction and data sample	(334)
7.1.5	Other data source for climate research	(335)
§7.2	Several problems and basic information in climate data	(335)
7.2.1	Resolution of climate data	(335)
7.2.2	Objective analysis and assimilation	(335)
7.2.3	Multiple time scale of climate system	(336)
§7.3	Items and standards of climate data	(337)
7.3.1	Data bank of large-scale motion in atmosphere	(338)
7.3.2	Data bank of cloud and radiation	(338)
7.3.3	Data bank of oceanic physics	(339)
7.3.4	Data bank of land surface and eco-climate	(339)
7.3.5	Data bank of cryosphere	(340)
7.3.6	Data bank of atmospheric chemistry	(341)
7.3.7	Data bank of aerosol and volcanic dust	(342)
7.3.8	Past climate data set	(342)
§7.4	World Climate Data Program and relative data system	(343)
7.4.1	Impact of synthetic observation system and computer development ...	(343)
7.4.2	World Climate Data Program	(345)
7.4.3	The World Data Centers system	(346)
§7.5	Information system	(347)
7.5.1	Error analysis on information system	(347)
7.5.2	Referral system on information	(348)
7.5.3	Functional multiple-level structure in information system.....	(348)
§7.6	Trend of information technology and data production	(350)
	References	(351)

第一章 引 论

§1.1 当代气候问题

气候变化及其对经济和社会发展影响的问题已成为当前世界各国政府和科学家们所关注的重大问题。近十多年来世界范围内的气候异常给许多国家的粮食生产、水资源和能源带来了严重的影响。例如,1972年美国由于严寒带来的能源危机造成经济损失达200亿美元;1988年,美国中西部严重干旱造成粮食减产37%,而孟加拉国却遭受空前未有的水灾;非洲持续多年的干旱,使许多国家遭受本世纪最严重的粮食危机。因此,能否预报气候的这些异常变化已成为一个迫切需要解决的重大科学问题。另一方面,除气候的自然变化外,由于人类活动所引起的全球气候和生态环境变化的问题也日益引起人们的重视。特别是由于工农业生产、城市扩展和人口增长使大气中 CO_2 、 CH_4 等温室气体含量的增加,引起全球气温增高。初步估计,到20世纪中叶由此原因可造成全球年平均气温增加 $1.5-4.5^\circ\text{C}$,平均海平面增高20—140cm。这将使人类有可能面临最严重的气候剧烈变化。因此,怎样正确估计人类活动对未来气候及人类生存环境的影响,已成为当代另一个迫切需要解决的重大科学问题。

面临这些问题的严重挑战,70年代以来国际上召开了一系列会议,讨论与气候变化有关的问题。1974年由世界气象组织(WMO)和国际科学联盟理事会(ICSU)召开了“气候的物理基础及其模拟”的国际讨论会,系统总结了现代气候科学的研究结果,提出了需要进一步研究的科学问题^[1]。1979年,WMO又组织召开了“世界气候大会”。在这次会上,“气候与人类的关系”已成为重要议题。会议的结果之一是提出了制定“世界气候计划”(WCP)的建议。经过各国科学家几年的努力,先后于1984年和1985年公布了“世界气候研究计划”

(WCRP)的科学计划和执行计划^[2,3],WMO和ICSU正积极组织有效的国际合作,以期实施这个计划。WCRP是世界气候计划的一个组成部份,也是其中心环节,它的总目标是要确定:(1)气候的可预报程度;(2)人类活动对气候影响的程度。具体目标是:(1)建立月至季度的长期天气预报方法;(2)预报年际尺度的全球气候变化;(3)估计几十年期间内气候变化的趋势,特别是估计人类活动对气候的影响。以上目标是在目前可能得到的综合观测资料和气候数值模式的实际能力的基础上确定的。应该注意到这三个具体目标是互相紧密联系的,第一个目标是实现第二个目标的基础,第一、二个目标又是实现第三个目标的基础。

我国地处世界上气候变率大的地区之中,气候灾害出现的频数很高,气候异常造成的损失甚为严重。中国历史悠久,在记录着几千年历史的浩瀚文献中,可以找到数不胜数的重大气候灾害事件。这一方面造就并锻炼了中华民族“人定胜天”的辩证思维方法和英雄气质,凝炼了“后羿射日”、“大禹治水”等许多可歌可泣的神话般的人间抗旱抗涝故事。另一方面,持续性的气候灾害在一定时期也造成了全国规模的大灾难,甚至影响到历史皇朝的更迭和民族关系的兴衰。中华人民共和国成立后,气象事业得到飞速发展,对气候的重视更是空前的。根据近40年的记录和研究结果,可以看到我国气候灾害的频发性和严重程度,以及它和

世界气候异常的紧密相关。在最近40年中,每年都有数省或大江大河流域面积大小的地区遭受旱灾或水灾,而且往往是同一年份同一地区这季干旱另季洪涝。发生更大范围的持续性的干旱大涝的年份也为数不少。我国大洪涝年份有1954、1963、1975、1980、1983年等,大旱年份有1959、1960、1961、1972、1978年等。平均而言,每年因受旱涝灾害少收粮食约二千万吨,更不必说重灾年的损失是如何巨大了。因此,提高对气候灾害的预报和防治能力已是我国各级政府和国民经济各部门的迫切要求。同时,未来全球规模的气候变化趋势,以及由于我国国民经济的发展和各地区对各类资源的开发所带来的对气候和环境的影响,也是我们要十分注意的研究课题。

为了适应我国气候研究发展的需要并参加到世界气候研究计划中去,我国已于1986年成立了“中国气候研究委员会”,拟订出我国最紧迫的研究课题的建议,并与WCRP及许多国家的气候研究组织建立了广泛的联系与合作。1987年我国又成立了“国家气候委员会”,全国的气候研究计划正在制订中。还应指出,在此之前,中国科学院从1985年起就把气候研究作为一个重点支持的基础研究课题;国家自然科学基金委员会从1988年起也把两个有关气候研究的课题作为重点项目给以支持。可以预料,近期我国的气候研究必将发展到一个新的阶段。

§1.2 当代气候学研究的特点和主要课题

1.2.1 当代气候学概念和特点

当代气候学研究的主要任务是预测气候变化。与本世纪的前50年相比较,气候学的概念已经发生了深刻的变化。按照传统的气候学定义,一个地区的气候是指某种统计的平衡状态,它用一些参数(气候因子,如风、温、湿、压力等)的统计平均值来描述(或定义)。在这里“统计平均”是指根据较长时段的样品所得出的平均值。在50年代初,世界气象组织曾规定取40年的平均就可以称为“准平均”。但气候的平均值表示不出气候的变异性,因此,在经典气候学中,用“极差”(最大值减最小值)和“标准离差”来描述气候的变异性。50年代以后,人们发现一个地区的气候并不处在统计的平衡状态,而是经历着各种不同尺度(如年际尺度、十年际尺度、百年际尺度以及千年际尺度等)的变化。可以这么说,在50年代以前,人们是把气候当作静态来研究,而当代则是把气候看作是不不断变化的。经典气候学的任务是描述某个地区的气候特点,而当代气候学则要求预测某个地区或全球范围的各种时间尺度的气候变化。WCRP中提到的三个目标就是从气候是在不断变化着的观点出发的。在这里,围绕着平衡状态的扰动,或即对平衡状态的偏差或距平,正好是我们需要进行预测的对象。

与此相关,传统的气候学在阐明气候和生态(主要是植被)的关系时采用气候带(climatological zone)概念,如温湿型气候带、亚热带气候带等等。无疑,当代气候学中气候带仍旧是有用的概念(也许需要更客观的定义,以消去一些人为的规定),但为了描述气候异常或气候距平的全球分布,揭露不同地区距平之间的相互关系及其中的动力学问题,我们需要引入另一个概念,即气候或气候距平型(pattern)以及与此相关的所谓“遥相关型”(teleconnection pattern)等。显然,统计平衡状态下的气候带和偏离平衡状态的气候距平型并不是一回事,它们也不重合。

当代气候学不同于经典气候学的另一个特点,在于引进了“气候系统”(climate system)的概念。经典气候学着重描述各个气候因子的特征,即只考虑大气本身的一些参数。当代气