灾害性气候研究系列书刊

ADVANCES IN THE DISASTROUS CLIMATE RESEARCH SERIES

旱涝气候研究进展

THE CLIMATE RESEARCH OF DROUGHT AND FLOOD

叶笃正黄荣辉主编

（国家自然科学基金会
中国科学院 资助项目）

Edited by Ye Duzheng and Huang Ronghui

(Sponsored by National Natural Science Foundation of China and Academia Sinica)

气象出版社

CHINA METEOROLOGICAL PRESS

需要全本请访问 www.ertongbook.com

内 容 简 介

本书就旱涝气候发生的规律、成因、预测三个方面较全面、较系统地论述了国内外的研究现状与进展；指出了该领域存在的一些问题，并对今后研究方向提出了建议。文中不少论点是各位作者本人在该领域内多年的研究成果，这些成果在国内外气象界产生了一定的影响。

本书可供气象业务部门、大专院校气象专业师生、有关科研人员阅读参考，也可供有关产业部门在制定经济计划、工业部署等决策时参考。

ABSTRACT

In this book, the status and advance of research work, both at home and abroad, are summerized comprehensively in three aspects of climate of drought and flood, i. e. rules of occurrence, causes of formation and forecasting. Some problems in these aspects, furthermore, are presented and some suggestions for future research work are also put forward. Many arguments mentioned in the papers of this book are research achievements obtained from authors themselves in past years, which have produced certain influences at home and abroad.

It is of reference for meteorological operational personnel, teachers and students in meteorological colleges, and meteorological researchers. Furthermore, it can also be provided to some enterprices for setting their plan of economic development, deploying the industral production, and so on.

灾害性气候研究进展

旱涝气候研究进展

叶笃正　黄荣辉　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）

中国科技情报研究所印刷厂印刷

气象出版社发行　全国各地新华书店经售

1990年3月第一版　1990年3月第一次印刷

开本：787×1092 1/16　字数：265千字印张：10.5

印数：1—1200

ISBN 7-5029-0357-7/P·0200

定价：7.80元

序　言

气候是人类及一切生物赖以生存的一个重要条件。人们越来越认识到气候变化影响着世界上所有国家的工农业生产及人民生活，而人类活动（包括人类工农业生产及生活）对气候变化也有重要的影响。

气候在不断变化着，有时会产生较大的异常。近十多年来，世界上接连不断地发生了大范围、持续性的气候异常，如干旱洪涝、低温冷害等等，给许多国家带来严重的灾害和经济损失。现在人类面临自然环境恶化的严重威胁，如何预测它的未来演变趋势，并防御它进一步恶化已经成为世界性的重要科研对象。作为地球自然环境的一个成员，气候影响着其它成员（如生物圈）的演变。反之，其它成员对气候也有重要反馈作用。这里还有人类活动的影响（如CO_2以及其它温室效应的增加，森林破坏等等），使得这个问题更加复杂。因此，气候变化、异常及其对环境的影响不仅已成为一个非常重要的基础理论研究课题，而且也是国家作出社会及经济决策时必须认真考虑的一个重要问题。为此，国际上已制定并正在执行世界气候研究计划（WCRP）。

我国地处东亚，是世界上气候变异大的区域之一，世界上较大的气候异常在我国都有反映。造成我国大范围灾害的气候异常主要为干旱和洪涝，尤其是发生在我国经济中心的长江流域和黄河流域的干旱与洪涝等气候异常更对我国经济建设有重大影响。因此，长江流域和黄河流域的旱涝问题的研究具有十分重要的学术意义与经济意义。

研究旱涝的最终目的在于预测。从历史记录看，旱涝的发生不是周期性的，但在一个较长时段（如几十年或更长）里旱涝发生频率较高，而另一段时期里则较低。若能知道现阶段是属于旱或涝的高频期或低频期，也就是知道我们时代的大背景，对我们的预报是大有帮助的。要进一步做预报，则需要明了旱涝发生的物理成因。我们的对象是长江和黄河流域的旱涝，但一个地区的气候和其它地区气候是相互关联的，往往某一地区的异常和若干个遥远地区气候异常有比较密切的相关，通常称之为遥相关。长江、黄河流域和什么地区有气候的遥相关？它们之间的滞后或超前遥相关是怎样的形式？物理原因何在？这应是我们的研究内容。我们过去数年来对这两个流域的旱涝已有过相当的研究工作。从这些研究我们也发现过些重要线索。如菲律宾一带海域对流活动的强弱，青藏高原上热力状态，太平洋上海温变化，尤其是厄尼诺现象，北半球大范围的冰雪覆盖以及其它方面的陆面过程等等，都对长江和黄河流域旱涝有重要影响。由此进一步深入研究这些现象的发生发展以及它们如何影响长江和黄河两流域的旱涝是我们要做的事情，并望由此找出更多的影响因素。深入研究这些过程，用 GCM 模拟并做敏感性研究是不可少的。最后当然还得落实到预报方法。根据以上思路我们制定了六个大课题。

为了更好地研究我国长江流域及黄河流域旱涝发生的规律，成因及其预测，我们特地组织了本研究项目各课题组对国内外灾害性气候发生的规律、成因及其预测作一较全面而系统的调研，其中不少综述都系文中作者本人在该领域内多年的研究成果，这些研究成果在国内外气象界有一定影响。故本书是目前国内外较全面、较系统论述关于旱涝气候研究进展的一本综合著作。它的出版对于提高我国灾害性气候的研究及气候预测的能力将会起很好的作用。

本书是旱涝气候研究系列书中的第一部。今后随着我们研究的深入，将陆续出版一些关

于旱涝气候的研究论文集及专著。本书共收集18篇文章，分三部分内容，其中一部分是关于旱涝气候发生的规律，另一部分是旱涝气候的成因，最后为旱涝气候预测方面的文章。由于时间匆忙，书中肯定有不少不妥之处，敬请读者指正。

陈于湘同志负责本书统稿，同时还协助黄荣辉同志做了大量深入细致的修改、编辑工作。

叶笃正

PREFACE

Climate is one of the important living conditions for human beings and all kinds of living creatures. Climate can exert great influences on industrial and especially on agricultural productions, as well as on human's life all over the world. The human activities, in return, can strongly affect the climate.

Climate is changing all the time in various time scales and sometimes with large amplitudes. In past ten years or more, sustained large-scale climate anomalies, such as drought, flood, extreme warm or cool weather, occurred successively in various parts of the world. They brought severe damages and economic losses to many countries. Mankind is now also confronted with the serious threats of deterioration natural environment, which will have profound influence on climate. To predict the trend of climate change and prevent climate from further worsening become an important task of worldwide scientific researcher. As an element of natural environment, climate affects the others (e. g., the biosphere). And the other elements, in return, have important feedback effect on climate. Moreover, the problem becomes more complex because of the influences of human activities, e. g., the greenhouse effect caused by increase of CO_2 and other trace gases in the atmosphere, deforestation and others. Hence, the problem of climate change and its effect on environment is not only very important in basic theory, but also very practical especially for social or economic planning. For these reasons, WMO has designed a World Climate Research Program (WCRP) and it now goes into implementation stage.

Our country is located in East Asia, which is one of the regions with significant climate variability and anomalies in the world. Almost all kinds of the larger climate anomalies which have occurred in other parts of the world can occur in our country. The ones which cause very large scale and severe damages are the droughts and floods in Yangtze River and Yellow River Valleys where our economic centres are located. Their occurrence can cause strong impact on our national economic constructions. Therefore, the research of droughts and floods in the two valleys is of very important significance, both academically and economically.

The final goal of this research project aims to increase our ability to forecast them. Based on historical records, the occurrence of droughts or floods is not periodic. In a long time interval, say several decades or longer, the occurrence frequency may sometimes be higher or sometimes lower. If we can identify whether we are in the period of higher frequency or lower, that means if we know our climate background, it would be helpful for the climate forecasting. After knowning the climate background, then the following thing is to make forecast. For this, we must make efforts to find the physical causes for the occurrence of drought or flood. Of course, our eyes are focused on the Yangtze River and Yellow River Valleys. However, the climate in one region is closely related to that of other regions. The climate anomalies in one area is often closely related to those in several remote areas. This

需要全本请访问 www.ertongbook.com

phenomenon is called teleconnection. Thus the contents of our teleconnection research are to find out what areas are teleconnected with the Yangtze River and Yellow River Valleys, how the teleconnected phenomena start and end, and what are the physical causes. During the recent years, a lot of research about those have been performed, and some important links are found. For instance, we found that the following factors may have significant effects on the drought and flood in the Yangtze River and Yellow River Valleys: the convective activities over the waters around Phillippins, the thermodynamic state over the Qinghai-Xizang Plateau, the variations of sea surface temperature in the Pacific (especially the El Niño), large-scale covers of ice and snow in the Northern Hemisphere, other processes on the ground surface, etc. From these, more penetrating research on the occurrence and development of these phenomena, and their effects on the drought and flood in the Yangtze River and Yellow River Valleys, will be done. Besides we expect to find more influence factors. Of course, to perform simulations and sensitive experiments with GCM is necessary in our project. Finally, we shall study more useful methods of prediction of droughts and floods in the two basins, especially the methods based on our findings.

Based on the train of thoughts mentioned above, we have set up six research topics in our research project of drought and flood.

In order to proceed from what we have already known about various aspects of the drought and flood in Yangtze River and Yellow River Valleys, we organized six panels connected with the six topics and made a comprehensive review of the past work. This book is the result of this review. The papers in this book contain also the authors' own research results during recent years. This book may be looked as a synthetical work which comprehensively and systematically demonstrates the advances in climate research on drought and flood. We hope that its publication will be of some help to promote the study on the disastrous climate and to raise some ability to forecast the climate of drought and flood in our country.

There are 18 papers in this book. They are categorized to three parts: the rules of occurrence of the drought and flood, the causes for their formation, and the forecasting. Because of being pressed for time, there must be some incorrect points. We will sincerely thank those who will point out and correct our mistakes.

This book is the first publication about our research project on the climate of drought and flood in the two big river basins. With our further research, we shall publish succesively more books about our collected works and treatises.

All these papers in this book have been collected and processed by Mr Chen Yuxiang. She also assisted Prof. Huang Ronghui in revising and editing them.

Ye Duzheng

目　　录

序　　言

第一部分：气候变化与旱涝规律研究

1．当前气候变化及其演变趋势 …… 王绍武 (1)

2．中国旱涝研究的进展 …… 陈烈庭 (10)

3．华北历史时期干旱问题研究的回顾 …… 张德二 (19)

4．近40年来华北干旱的特点及其成因 …… 毕慕莹 (23)

5．长江流域旱涝及其对经济的影响 …… 黄朝迎 (33)

第二部分：旱涝成因研究

1．引起我国夏季旱涝的东亚大气环流异常遥相关及其物理机制的研究 …… 黄荣辉 (37)

2．青藏高原对我国大尺度水旱气候形成的作用 …… 朱抱真 (51)

3．30—50天大气振荡和旱涝关系研究的现状和展望 …… 杨大升　周静亚　黄嘉佑 (60)

4．国外持续异常天气动力研究的进展 …… 吴国雄　邹晓蕾 (71)

5．大气环流低频振荡与天气气候异常 …… 李崇银 (78)

6．气候物理过程对旱涝形成的作用 …… 高国栋　陆渝蓉　朱超群　马开玉　陈　星 (88)

7．地气相互作用与旱涝长期预报 …… 季劲钧 (101)

8．低纬度环流变异及长江流域旱涝 …… 沈如金 (111)

第三部分：旱涝数值模拟及预测研究

1．夏季风的数值模拟 …… 袁重光 (119)

2．长期数值天气预报研究的现状 …… 林本达 (126)

3．旱涝预测方法的现状 …… 周家斌　黄嘉佑 (134)

4．旱涝预报的物理因子 …… 周家斌　黄嘉佑 (143)

5．统计-动力预报的进展与问题 …… 曹鸿兴 (150)

CONTENTS

Preface

PART I. ON CLIMATE CHANGE AND RULES OF OCCURRENCE OF DROUGHT AND FLOOD

Current Climate Change and Its Evolution Tendency ……*Wang Shaowu* (1)

Advances in Research of Drought and Flood in China ……*Chen Lieting* (10)

A Review of Studies on the Drought During Historical Periods in North China……*Zhang De'er* (19)

Drought Characters and Its Cause for Formation in North China During Past 40 Years……*Bi Muying* (23)

Drought and Flood in the Yangtze River Valley and Their Effects on Economy……*Huang Zhaoying* (33)

PART II. ON THE CAUSES FOR FORMATION OF DROUGHT AND FLOOD

On the Teleconnection and Physical Mechanism Research of Anomalies of East Asian Circulation Causing Summer Drought and Flood in China……*Huang Ronghui* (37)

Effect of the Qinghai-Xizang Plateau on the Climate Formation of Large-Scale Drought and Flood in China……*Zhu Baozhen* (51)

Status and Prospection on the Research of Relations between 30—50 Day Atmospheric Oscillation and Drought and Flood ……*Yang Dasheng, Zhou jingya* and *Huang Jiayou* (60)

Advances in Dynamic Research of Sustained Abnormal Weather in Other Countries……*Wu Guoxiong* and *Zou Xiaolei* (71)

Relationship between the Low-Frequency Oscillation of Atmospheric Circulation and the Anomalies of Weather and Climate……*Li Chongyin* (78)

Effects of Physical Process of Climate on the Formation of Drought and Flood……*Gao Guodong, Lu Yurong, Zhu Chaoqun, Ma Kaiyu* and *Chen Xing* (88)

Air-Surface Interaction and Long-Term Forecasting of Drought and Flood……*Ji Jinjun* (101)

Variations and Anomalies of the Circulation in Low Latitudes and Drought and Flood in the Yangtze River Valley…… ……*Shen Rujin* (111)

PART III. ON THE NUMERICAL SIMULATION AND PREDICTION OF DROUGHT AND FLOOD

Numerical Simulation of Summer Monsoon…… ……*Yuan Chongguang* (119)

Research Status of Long-Term Numerical Weather Prediction ……*Lin Benda* (126)

Status of the Forecasting Methods of Drought and Flood…… ……*Zhou Jiabin and Huang Jiayou* (134)

Physical Factors for the Forecasting of Drought and Flood……
……*Zhou Jiabin* and *Huang Jiayou*(143)
Advances and Problems in Statistical-Dynamic Weather Forecasting……*Cao Hongxing* (150)

当前气候变化及其演变趋势

王 绍 武

（北京大学地球物理系）

一、引言

气候变化是目前国内外广泛关心的问题。气候变化的研究集中在三个方面：（1）气候诊断，（2）气候模拟与预测，（3）气候变化的经济及社会影响。气候诊断又可分为对当前气候变化的诊断及历史气候重建两个方向。弄清楚当前的气候变化对其它几个方面的研究有重要意义。

我们把讨论范围主要限制于近10年。只是为了说明问题的背景有时才引用过去30年或100年的资料。重点研究全球趋势及中国的情况，同时也照顾到对全球有重大影响的一些地方性气候变化，如北美的干旱、印度的旱涝变化等。

本文资料主要来源于美国气候分析中心（CAC）月报及世界气候资料计划（WCDP）的月报，中国资料取自中央气象台长期科。

二、变 暖 趋 势

目前大气中CO_2浓度已经达到350ppmv以上，如果承认上一个世纪中期为280ppmv，则刚好增加了四分之一。因此人们普遍担心由于温室效应，地面温度会逐渐升高，从而产生一系列的社会、经济问题。所以判断当前全球温度变化的总趋势已经成为研究气候变化的一个至关重要的问题。但是，由于掌握的资料及分析方法不同，各个作者所得的结论往往有较大出入。至今已有30余位作者发表了自己的研究结果。看来，代表性最好的还是East Anglia大学Jones等所整理的1850年以来的两个半球及全球平均气温[1]。这个序列是根据大约1亿个陆地测站记录及6千万个海洋观测记录得到的。对城市热岛效应及海温观测技术变更所带来的影响也做了适当的订正。图1给出南、北两个半球及全球平均地面气温序列。1985年之前为Wigley[1]的原图，1985—87年用[2]补充。从图1可以看出，自1850年至今，两个半球的温度均在缓慢地上升，全球平均约上升0.5℃。

Jones等[3]又对每个半球分海陆进行了分析，发现南半球海陆的温度变化趋势基本一致，但北半球海温在近20年上升不如陆地明显。

对流层，尤其平流层温度资料序列较短，目前看来只有Angell整理的1958年以来全球均匀分布的63个站的记录最完整[4]。虽然其测站数比Jones等所用要少得多，但年平均气温变化却非常一致，相关高达0.90。因此，可以认为Angell的序列是有较好代表性的。根据这个序列，对流层气温与地面气温相关也有0.71。但平流层则大有不同，自50年代末到80年代，9公里以上气温明显下降，北半球尤为激烈。近20年来9—16公里气温约下降0.5℃，到46—55公里则下降4℃以上。

80年代以来全球气温变化的特点是激烈变暖[3]。1987年为1850年以来全球最暖的一年，比1950—79年平均高0.35℃，比上一个最暖年（1983年）还高0.05℃。这两年与1980年成为

近百年全球最暖的3年，年平均气温远高于40年代的暖年。但如上所述，在地面变暖的同时，平流层却在变冷。1985、1986、1987年是有观测以来平流层最冷的3年。看来，这似乎有利于表明，温度变化趋势与大气中温室气体的增加有关。因为，几乎所有气候模式都证明，由于温室效应，对流层变暖时，平流层变冷。

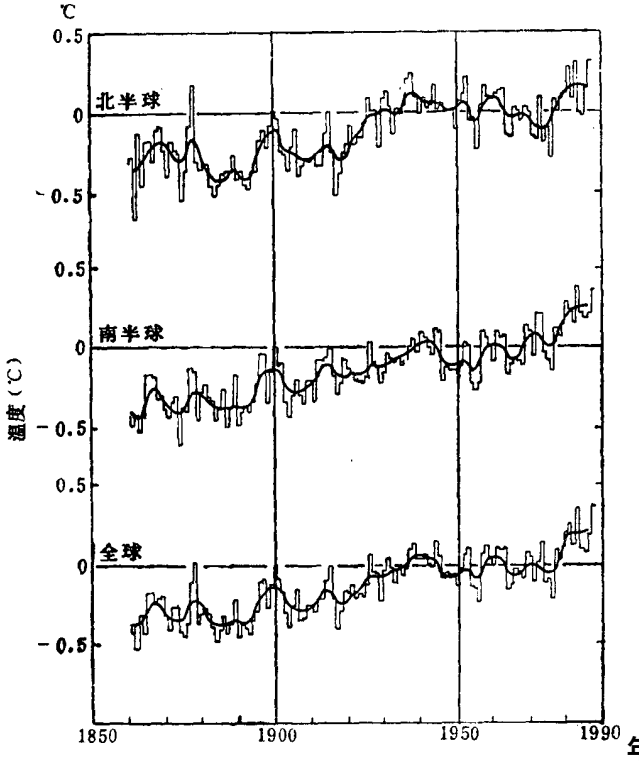


图1　南、北半球及全球地面温度距平
（对1950—79年平均的偏差，曲线为低通滤波值）

不过也有不利于温室效应的证据，在1987年这个历史上最暖的年，北极（65—85°N）及南极（65—90°S）的地面温度却分别低于平均值0.41℃及0.09℃。这是与气候模拟结果认为高纬应增暖最明显的结论不一致的。分析近40年（1947—86年）温度变化发现，变暖主要发生于低纬以及中纬度的大陆，北大西洋及北太平洋北部均呈下降趋势，极区温度升降趋势各占一半，这也是与温室效应理论相违背的。这表明，至少对于过去百余年期间，CO_2增加不可能是气温变化的唯一原因。根据Gilliland[5]（1982）的研究，火山活动、太阳活动及CO_2三个因子所能解释的温度变化的方差约为5:3:2之比。当然今后这种比例必然会改变。但是，至少过去一百多年来，温度的短期气候变化及地理分布的不均匀性是很难单独用CO_2增加一个因素来解释的。

至于我国气温变化，过去的工作[6]已经表明与北半球变化趋势基本一致。50年代以来仍然维持这个特点。50年代及60年代初稍暖，60年代末到70年代初最冷，最低温出现比北半球略偏早，然后温度上升，但80年代的增暖远不如北半球激烈，甚至其峰值还略低于60年代初期。1987年虽偏暖，但仍低于1953年及1961年，这是与全球温度变化趋势不一致的。

三、干　旱化

气候干旱化或沙漠化已经成为现代气候变化最吸引人的课题之一。然而，从作者的角度看，当前世界上受旱最严重的仍然是西非萨赫勒区。这个地区的干旱至今已持续了20年[7]。自1968年至今西非的降水始终未达到1941—70年的平均值以上。图2为次萨哈拉(10—15°N)西部（20°W—10°E）及东部（10—40°E）标准化的雨季（5—10月）降水量距平。可以看出，最后1年（1987年）降水仍显著低于平均值。负距平在西部达到1.5个方差，东部亦达到1个方差，大大超过了1985—86年的干旱程度。因此，1985年一度出现过的，认为这场旷日持久的干旱可能结束的推测又一次落空。最新资料[8]表明，1988年萨赫勒降水比1987年有所增加，但仍低于多年平均值。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

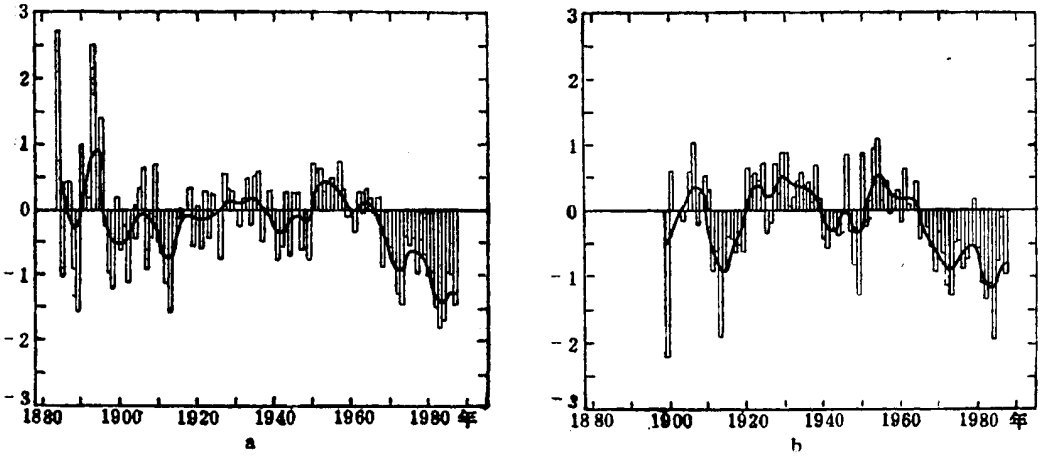


图2　西非次萨哈拉（ 10—15°N）雨季（ 5—10月）降水标准化距平

从图 2 近百年的记载来看，在本世纪10年代及40年代也曾发生过连续出现干旱的记录，但干旱从未持续20年。因此，对这场干旱形成的原因人们议论纷纷。过去曾经认为可能与厄尼诺事件有关。确实在最近的几次厄尼诺事件中如1972—73年、1976—77年及1982—83年，西非干旱强度都很大。但是，对更长的序列分析，却并未证实这种联系[9]，不过南大西洋的增暖则与西非的干旱有比较稳定的相关。从近期来看1987—88年大西洋以暖为主，南大西洋偏暖尤其明显，与近两年西非干旱的持续是一致的。

西非的干旱仍在持续，1987—88 年北美的干旱又引起了广泛的关注[10]。在美国受旱严重的三个粮食产区是东南部、大平原及西部。实际上东南部的干旱开始于1984年下半年。西部则在1987年秋遭受严重干旱，后来在冬季的雨季也未得到恢复。大平原北部的干旱开始于1987—88年冬。此外，1988年春美国东北部也有一些分散的受旱地区。在中西部及大平原南部，从1988年春到初夏干旱发展很快。

干旱对农业产生了巨大影响。到1988年 7 月中旬，62%玉米及大豆产区受旱。虽然受旱面积尚未超过30年代的“尘暴”（Dust Bowl） 的影响。但正好是农作物需水时干旱，因此1988年成为1895年以来玉米及大豆产区春季 （4—6月）第 3 个干旱年。对整个美国平均，1988年1—4 月降水是近93年第 5 个最干的年。

自1987年9月到1988年5月苏必利尔湖以西的加拿大领土遭受到破记录或接近记录的干旱，许多沼泽及浅湖完全干涸了。在加拿大西部80年代类似于历史上干旱的30年代，甚至受旱面积比30年代还要大，只是干旱强度不如30年代。加拿大西部最旱的是1937年 ，其次为1984年，第 3 个干旱年为1936年。

造成北美干旱的大气环流形势是对流层中层（500hPa）有一个非常强的脊控制了北美洲北部。从1987年 9 月开始，强大的正距平就始终徘徊于北美的北部，并在 1988年4月及6月达到了发展的顶峰，一直到 8 月仍维持正距平，北美亦依然受干热气候控制。

1988年是我国华北地区经受了长期干旱之后，降水趋向正常的一年。东北西部、内蒙、山西及河北南部降水较多。白洋淀在经过几年干涸之后又重新蓄水，但华北东部降水仍不多。图 3为1979—1988年逐年夏季旱涝分布。图中的涝区（实线）表示 1 级或 2 级，旱区为 4 级或 5级。回顾这10年，旱涝特征还是很清楚的，江淮多雨、而华北及江南干旱。如北京

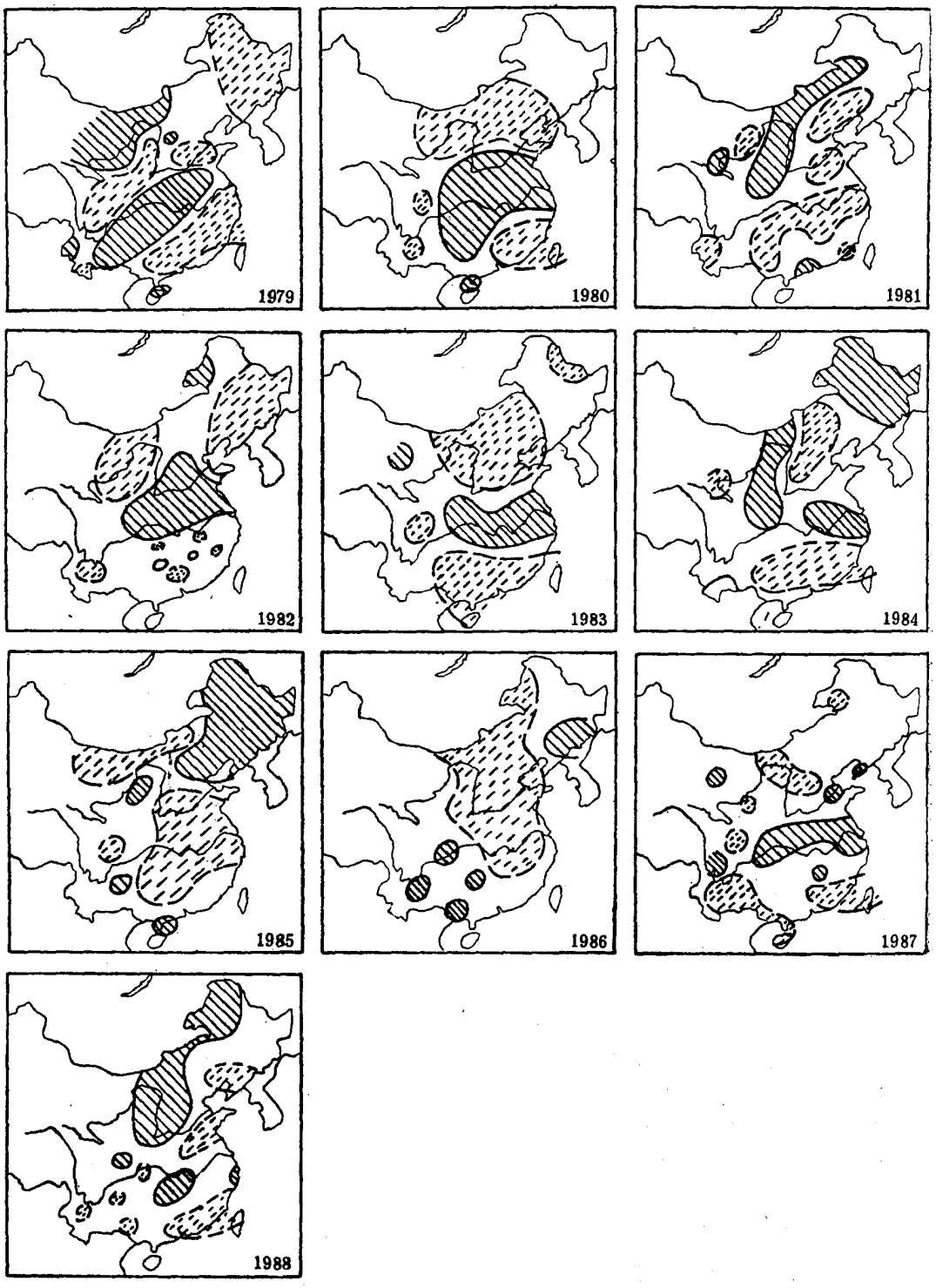


图 3　1979—1988 年逐年夏季旱涝分布

（降水量距平：1级～≥50%，2级～50—25%，3级～25—－25%，
4级～－25—－50%，5级～≤－50%，
实线区为涝、虚线区为旱）

在过去10年中仅出现1次2级，其余9年均为4级或3级。但安康则仅出现1次4级，却有3年为1级，3年为2级。福州也在干旱区内，10年中无1次1级或2级，却有2次5级，5次4级。图4为10年平均旱涝分布，其中实线区表示10年平均级别≤2.8，虚线区平均级别≥3.2。可见过去的10年我国夏季旱涝分布特点十分突出。再看图3，10年之中长江中下游多雨的就是1980，82，83，84及87年，1979年及1988年长江中游多雨。显然长江流域经历了一个非常明显的多雨期。类似的情况在近百年中只有1900及1910两个10年出现过。是否1988年华北西部的多雨就意味着未来华北可能转向多雨，而长江流域干旱将增加，这是一个非常值得研究的问题。

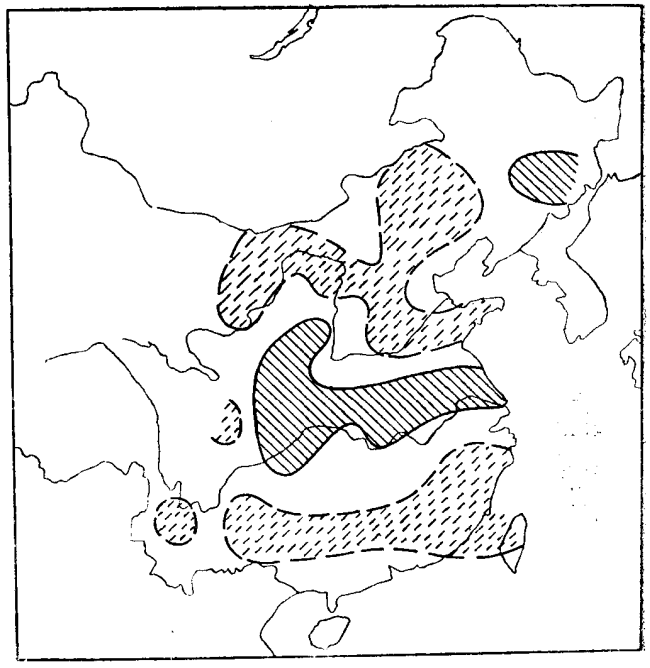


图4　1979—1988年10年平均旱涝分布
（实线区为涝，虚线区为旱）

四、ENSO事件

ENSO是当前举世瞩目的气候异常现象。首先，它对社会、经济有巨大影响。1982—83年发生了本世纪以来最强的厄尼诺事件，据估计在全球可能造成了约200亿美元的经济损失。其次，ENSO现象不仅关系到大气，也是一个海洋现象。ENSO事件的发展与海气相互作用有密切关系。所以ENSO的研究也有很大的理论意义。

继1982—83年的强厄尼诺事件之后，1986—87年又发生了一次厄尼诺。这次事件强度虽不如上一次，但发展过程十分相似。强的海温正距平在1986年秋才出现，同时中太平洋增暖早于南美沿岸地区。这从美国气候分析中心（CAC）的海温资料看的很清楚（图5）。Nino 1 + 2的海温峰值显然落后于Nino3及Nino4。[11]

最近两次厄尼诺事件的发展过程与在此以前的几次事件不同，这对过去所提出来的一些解释是一个挑战。现在更多的作者在探讨利用海气耦合模式来研究这种频率不很集中（大约在2—7年之间）的振荡。有些模式已得到了不错的结果。

1986—87年的厄尼诺事件已经于1988年初结束。到1988年3月赤道东太平洋就只有很小范围的正距平达到1℃以上。1988年5月已出现大范围－1.0℃的距平。以后负距平不断增长，夏季达到－2.0℃。图5也表明，Nino 3的负距平已达到2个方差，Nino 1 + 2也超过了1个方差。这是1975年发生反厄尼诺事件之后，首次出现这样大的负距平。显然已形成一次新的反厄尼诺事件。这个变化趋势与南方涛动指数（SOI）的演变相同。80年代可能是近百年SOI最低的一段时期，1975年之后的任何一年一般只有1个月SOI正距平达到1个方差，

而1988年 5 — 9月之中已经有 4个月达到 1 个方差以上，这也表明反厄尼诺事件已经形成。至于这次反厄尼诺事件何时结束，目前还不好预测。不过已往的反厄尼诺事件一般较厄尼诺事件持续期要长，而这次反厄尼诺事件是发生在13年未出现强低温过程之后，因此是否将维持较长时间值得注意。

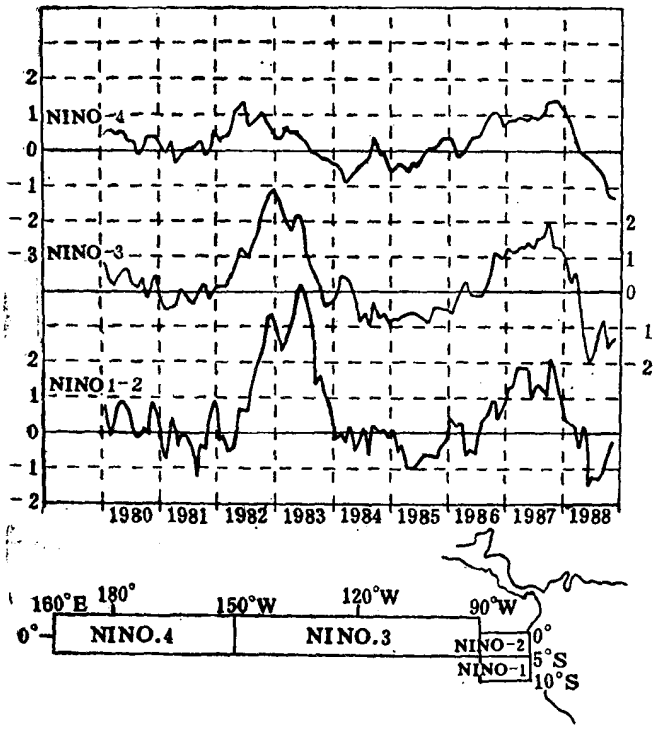


图 5　1979—1988年赤道东太平洋海温标准化距平

不少作者认为中国及东亚夏季低温与厄尼诺事件有密切关系。[12][13] 图6给出东亚地区（包括苏联远东、日本北部，朝鲜及我国东北）平均夏季（6—8月）气温距平（对1951—80年平均偏差）。以平均 -0.5℃为低温年，-0.8℃为严重低温。自 1899年到1988年共90年期间有低温年22次，其中严重低温 9次。低温频率约每 4年 1次。本世纪初频率最高，在1902—1915年间，14年内发生 7 次，平均每 2 年 1 次。但从 1916年到1930 年共15年才发生 1 次低温，从1954年到1972年又是低温的高频时期，19年内发生 7次，约 3.7年 1 次。有趣的是22次低温中有13次出现于厄尼诺的当年（0年），6次在 + 1 年，3 次在 - 1年，只有1908年 1 次低温与厄尼诺无明显关系。1983

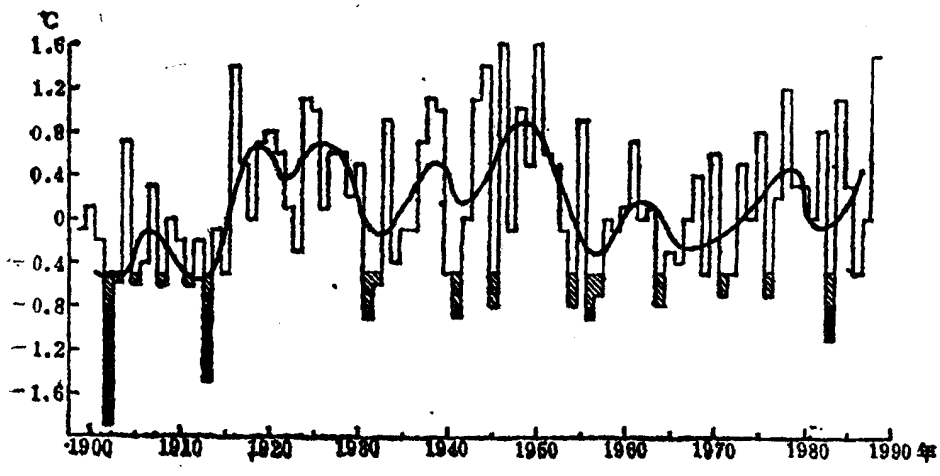


图6　东亚地区夏季（6—8月）气温距平
（斜线区及阴影区为低温及严重低温）

年及1986年都出现了低温，同时，据作者重建500年来的厄尼诺历史[14],高频期与低频期大约有70年左右的周期性。如果这个规律属实，则未来20—30年可能出现厄尼诺低频期，东亚夏季低温出现次数也会减少。这也是一个值得研究的问题。

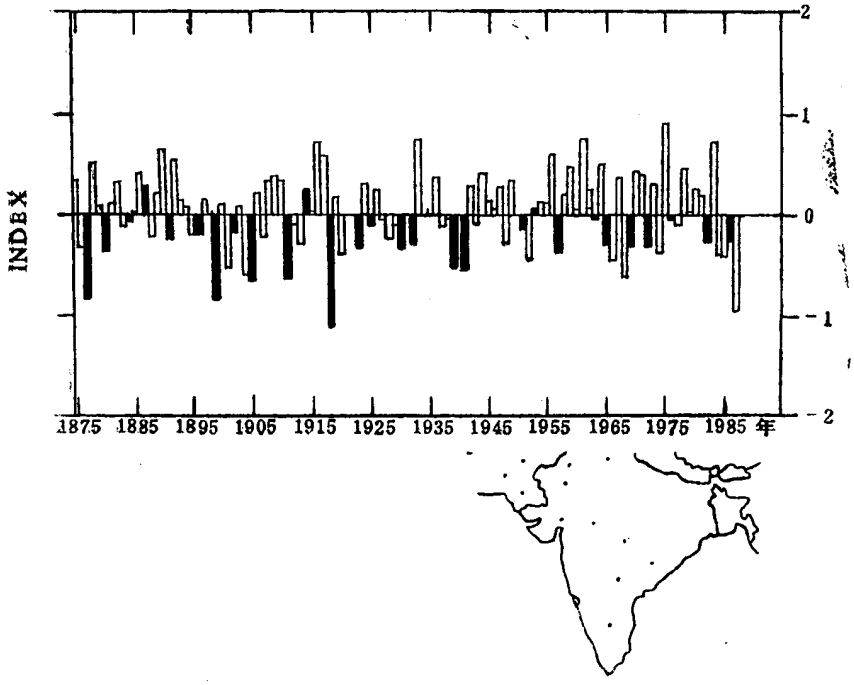


图 7　印度西部 6 — 9 月降水标准化距平
（阴影部份为厄尼诺年）

此外，不少作者认为印度季风降水与厄尼诺事件有关。图 7 给出 Arkin等[15]（1987）整理的印度西部12个站平均降水标准化距平。图中的阴影是我们加上的，用以表示厄尼诺事件。28个厄尼诺年仅有 3 个降水为正距平，1982年，1986年降水均为负距平。1987年甚至出现了近70年来未有的干旱。据最新资料，1988年印度夏季降水丰沛[8],这也是与反厄尼诺的发展一致的。

五、未来气候变化预测

预测未来几十年的气候变化，一个主要课题是估计大气中 CO_2浓度增长的速度。图 8 为 CO_2浓度变化曲线，其中公元200年至今是根据树木年轮中 C^{13} 的含量估算的，仅1958年以后为实测值。80年代以后到2050年为预测值[16]，即预计到2050年CO_2浓度达到 600ppmv，比1900年前后的 300ppmv增长一倍。如果确实发生类似的变化，则未来气温可能上升 2—4℃[1]（图 9）。不过近来许多研究表明，大气中的微量气体增长的速度比 CO_2 要快得多[17]。例如甲烷、一氧化二氮及氟氯烃等的综合影响估计到2030年可能达到相当140ppmvCO_2的水平。这样也许到2030年前后CO_2与微量气体的综合作用即可达到相当 CO_2浓度加倍的程度。因此温度变化比图 9 所示还要提前。

然而，如上所述，至少到目前为止，影响气候变化的绝不止温室气体这一个因子，对未来半个多世纪，太阳活动与火山活动两个因子相对于温室效应，大约也不会小到可以忽略不计的地步。因此，当人们根据温室气体增加，而推测未来的气候变化时。应该指出，这仅仅是

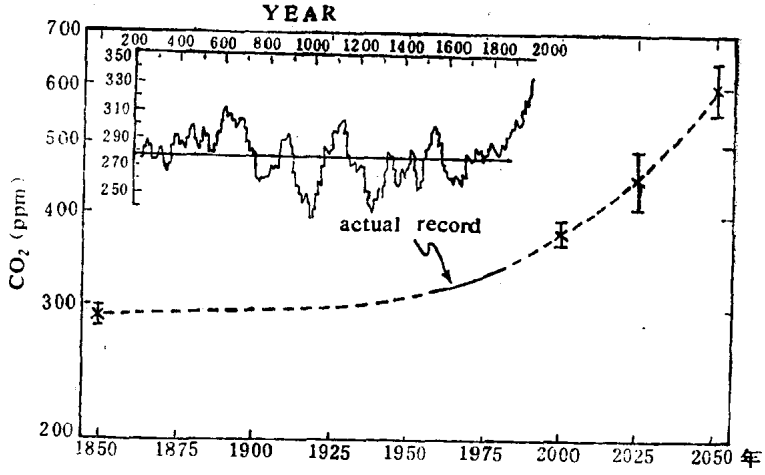


图 8　大气中 CO_2 浓度变化趋势

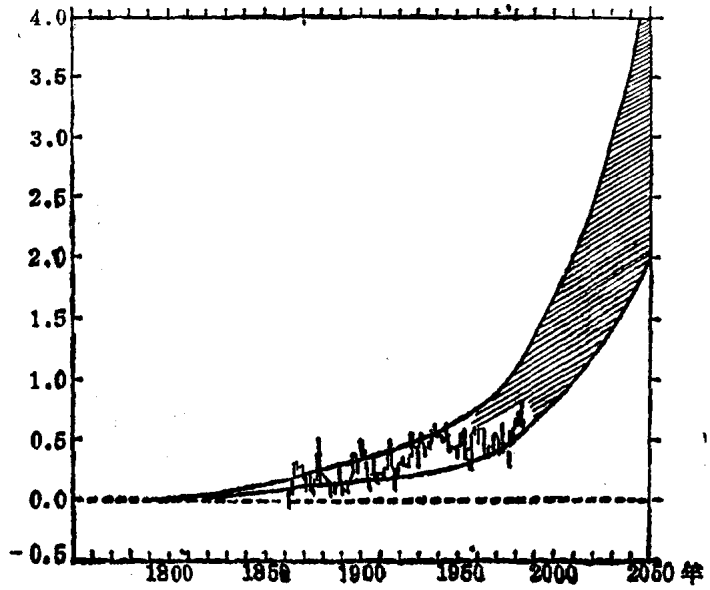


图 9　近百年温度变化及未来发展趋势

估计变化趋势，几年、十几年的短期气候变化则仍然可能主要受太阳活动、火山活动影响，也许还应该包括海气相互作用及大气与冰雪圈的相互作用的影响。这一点是不应忽视的。

以上分析表明，全球气候确实正在变暖，但地理分布是不均匀的。从全球角度看并无普遍干旱化的趋势，不过西非的干旱仍在持续。经过 1982—83年及 1986—87 年两次厄尼诺事件之后，目前正发生一次反厄尼诺事件。从温室效应的影响来看未来气候将继续变暖，但是太阳活动造成的太阳辐射变化及火山活动对地面吸收太阳辐射的影响也是不容忽视的。

参　考　文　献

〔1〕Wigley, T. M. L., Testimony to the U. S. senate on the greenhouse effect, Climate Monitor, 15, 69—77, 1986.
〔2〕Climate Monitor, 14, 1985, 15, 1986, 16, 1987.
〔3〕Jones, P. D. et al., Spatial patterns in recent worldwide temperature trends,

需要全本请访问 www.ertongbook.com