

(1986—1990)

长期天气预报论文集

“长期天气预报理论方法和资料库建立”研究项目

章基嘉 主编 王世平 副主编

海 洋 出 版 社

1986—1990

长期天气预报论文集

“长期天气预报理论、方法和资料库建立”研究项目

章基嘉 主编 王世平 副主编

海 洋 出 版 社

1992年·北京

内 容 简 介

本文集是“长期天气预报理论、方法和资料库建立”研究项目的第二本论文集，汇集了该研究项目的研究论文共30篇，系统地反映了1987—1990年底以前完成的主要研究成果。结合第一本文集的1986—1987年的主要研究成果，集中体现了该研究项目“七五”计划的完成情况。文集的内容涉及长期天气预报研究的各领域，具有国内领先水平，对气象、水利、农林、地理等方面的科研、教学、业务、生产单位都有一定的参考价值。

本书适用于气象大专院校的师生、气象部门及有关单位的科研人员参阅。

(京)新登字087号

责任编辑 余毓庆

长期天气预报论文集

“长期天气预报理论、方法和资料库建立”研究项目

章基嘉 主编 王世平 副主编

海洋出版社出版(北京市复兴门外大街1号)

新华书店北京发行所发行 河北省香河县印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 15.375 字数: 393.6千字

1992年6月第一版

1992年6月第一次印刷

印数1—1000

ISBN 7-5027-2117-7/P.175 定价: 18.00元

前 言

国家气象局“七五”部门重点科研项目《长期天气预报理论、方法和资料库建立》总课题领导小组于1991年5月13—17日在京召开了本研究项目的第二次学术交流会。出席这次学术交流会的有参加本项目五个课题组科研工作的78位代表,提供交流的论文近70篇。五天会期各课题组的代表报告了自1988年5月在新安江召开的第一次学术交流会以后,三年来新取得的主要科研成果。这些成果表明,近三年我们在大气环流异常的三维结构和低频变化的诊断分析、理论研究和数值试验方面取得的重要进展。这方面的进展对于加强月和季时间尺度长期预报的物理基础和改进业务长期预报方法无疑都有重要价值。在大气环流异常变化及我国旱涝和温度预报方法的研究方面,重点抓住了影响我国汛期主要雨带位置的西太平洋副热带高压的南北位置变化规律和造成我国低温(冷害)的极涡活动规律进行深入研究,並在此基础上形成了我国东部地区夏季旱涝趋势长期预报的概念模型和预报方法,以及以极涡参量的季节变化规律为基础的我国大范围气温长期预报方法。这些成果对国家气象中心长期预报科现行的业务季节预报不仅有重要的指导价值,而且在实际长期预报业务工作中发挥了有益的作用。在影响长期天气过程的物理因子方面,首先抓住了3—5年大气本身的甚低频振荡以及通过大尺度海气相互作用与ENSO事件的联系,发现了许多很有意义的事实,例如在厄尔尼诺和反厄尔尼诺型峰期500hPa高度距平差呈现出明显的全球性波列结构,SST异常与大气环流隔季相关的关系等。此外还发现了海平面气压,500hPa环流和中国夏季温度对太阳活动11年周期的响应。与过去这类研究不同的特点是,都进行了比较严格的统计显著性检验和给出了比较明确的响应形式。在探讨引潮力,地球自转和日、月视运动与我国天气、气候异常的关系方面,也取得了进展。这里还应特别提到的是对ENSO事件的综合诊断方法的研究,其成果已为国家气象中心建立正常的ENSO业务诊断奠定了基础。长期数值天气预报方法研究的进展主要表现在两个方面:一是在过去多年研究的七层谱模式基础上改进了包括地形在内的模式框架,提高了数值计算精度,在物理过程参数化方面引进了先进的辐射计算方案,改进了云和辐射的相互作用过程,从而使该模式具有制作一个月内逐日预报的能力。这是一个令人鼓舞的进展。二是将非定常地气耦合距平模式发展成业务运行的模式,其产品已正常地提供国家气象中心长期科每月长期预报会商使用。这一实际工作中的进展标志着长期数值预报方法,进入了业务化阶段,也是令人高兴的。最后,在长期预报资料库建立和长期预报微机自动业务系统的开发研制方面,不仅取得了丰硕的科学技术成果,而且发挥了很好的社会效益。综上所述,五年来,尤其是后三年来,本项目的研究在长期天气预报的许多方面取得了很大进展,为提高我国的长期天气预报业务、科研和教学水平,发挥了积极的作用。正如本项目的验收委员会在验收意见中指出的,本项目的研究成果对改进和提高我国长期天气预报业务有重要的指导价值。

在本次交流会上还由章基嘉同志作了“夏季青藏高原大气低频变化的研究”,王绍武同志作了“月平均环流的长期数值预报研究”,丁一汇同志作了“长期数值预报研究试验情

况”，黄荣辉同志作了“关于ENSO动力学研究的最近动态”，符淙斌同志作了“科威特大火及其对人类环境的影响”的专题报告。这些专题报告从长期预报问题的一个方面作了深入细致的专门论述，受到与会者的欢迎。

由于篇幅的限制，本论文集只收集了由各课题组筛选推荐的有代表性的论文共30篇，其他论文摘要已在《长期天气预报研究通讯》第9104期中刊登。为了使广大读者对本项目研究成果和科研组织实施情况有一全面了解，这本论文集把本项目五年来取得的科技成果进展报告和项目组织工作总结报告也一并收了进去。

本论文集由章基嘉，王世平，王绍武，李小泉，陈兴芳负责编辑工作。我谨代表编辑组向为本文集做出贡献的作者和参加第二次学术交流会的全体同志表示谢意。

章 基 嘉

1991年9月5日于北京

目 录

前 言

“长期天气预报理论、方法和资料库建立” 研究项目工作报告(1986—1990年)···王世平 (1)	
“长期天气预报理论、方法和资料库建立” 研究项目技术报告·····章基嘉 (5)	
北半球月平均阻塞的时空特征及其与我国大范围月气温异常的关系·····	
·····章基嘉 陈菊英 罗 勇 宋连春 (14)	
热带外地区大气中40—60天振荡的统计特征·····孙照渤 (29)	
热带风场低频振荡的研究·····张瑞雪 林学椿 (36)	
北半球极涡从冬到夏演变的初步分析·····李小泉 章少卿 (44)	
北极地区海冰与极涡、中国气温之间统计关系的初步分析·····章少卿 朱其文 (53)	
两半球副高带长期变化特征的对比分析·····杨义文 陈国珍 陈兴芳 (59)	
南半球极涡与北半球大气环流的关系及其对我国夏季降水的影响·····	
·····陈国珍 肖 红 杨义文 陈兴芳 (69)	
北半球月平均高度场的纬向相关半径分析·····王盘兴 吴洪宝 王秉春 (78)	
东亚低空季风流场的时空特征分析·····许乃猷 齐 鹏 徐启春 (84)	
海气热力遥相关及其在长期预报中的应用·····	
·····章基嘉 雷兆崇 孙照渤 李跃清 (92)	
全球月平均海温异常特征与我国气候变化·····江剑民 林锦瑞 (109)	
北太平洋海温的气候突变与500hPa高度场的变化 ·····陈兴芳 刘长清 (115)	
西太平洋赤道温跃层海温与我国降水的关系·····王慕真 (122)	
季节预报因子不稳定现象的成因分析及其对策的我见·····徐 群 (130)	
1881—1989年东北地区夏季低温冷害·····魏松林 (137)	
长江中下游梅雨期持续高温与引潮力异常·····任振球 张素琴 李松勤 (143)	
平流层风准两年振荡与华北夏季降水·····梁平德 (151)	
利用环流特征量做吉林省4—10月气温、降水预报·····朱其文 (156)	
多信道最大熵谱方法的应用试验·····赵 江 (165)	
共轭方程用于月平均气温距平预报的可行性试验·····吴洪宝 (172)	
岭回归K值在汛期预报中的选择·····向元珍 吕玉芳 蒯志敏 (179)	
距平模式的夏季月预报试验·····林本达 肖玉华 王绍武 (185)	
七层谱模式对于初夏的多个例30天长期数值预报试验·····郑庆林 宋青丽 (198)	
长期预报资料库及二进制压缩方法·····周琴芳 (206)	
利用NOAA卫星TOVS资料反演地面温度的试验 ·····张凤英 (213)	
气候异常、准周期振荡及季节预报的数值模拟·····王绍武 (218)	
季风区的低频振荡及其可预报性·····丁一汇 (231)	

“长期天气预报理论、方法和资料库建立”研究项目工作报告

(1986—1990年)

报告人：项目领导小组副组长 王世平

本研究项目是国家气象局的“七五”科研计划的重点项目。项目负责人为章基嘉、王世平、郑庆林。1988年改组形成新的领导小组，组长：章基嘉；副组长：王世平、丁一汇、孙照渤，组员：李小泉。本研究项目设技术组，在领导小组的领导下，负责研究工作的具体组织工作，王世平任技术组长。主要参加单位有：国家气象中心、气象科学研究院、南京气象学院、北京气象学院、江苏省气象局、吉林省气象局等。

本研究项目挂靠在国家气象中心，接受国家气象中心的指导和监督。

本研究“七五”期间的总目标是：通过观测研究、诊断分析和数值试验，进一步了解月、季时间尺度的长期天气过程的物理机制。重点是东亚，特别是中国的重大长期天气过程的变异及其与全球尺度的天气气候异常的关系。並在此基础上，结合预报员长期积累的经验，建立具有一定物理基础的，新的预报指标和方法，建立简单的数值预报模式及微机预报系统。

为完成此项研究任务，建立了五个研究课题组：

- 一、大气环流异常的三维结构及低频振荡研究组；
- 二、旱涝、低温预报方法研究组；
- 三、影响大气长期过程的物理因子研究组；
- 四、长期数值预报、统计动力结合预报方法研究组；
- 五、长期天气预报资料库建立研究组。

为了加强对研究工作的技术指导，特聘丑纪范教授、王绍武教授、陈受钧教授、吴国雄教授任技术顾问。

第一，任务完成情况

在上级领导和挂靠单位的大力支持和具体指导、帮助下，经本研究项目各课题组全体同志的共同努力，已按期完成了预定任务。有些还是超计划的。如ENSO的监测和诊断分析研究、微机预报系统的研制，以及阻塞形势的诊断分析等。五个课题组的研究成果均分别通过了鉴定组的专家鉴定。

五年来共完成研究论文320篇，其中在一级刊物上发表的有27篇，在省级刊物上发表的有211篇，在国际会议上报告过的有31篇。出版发行了《长期天气预报研究通讯》77期，ENSO监测公报33期。主要研究成果在世界气象组织举办的培训班上进行了系统的讲授，并在国内举办了专门的推广班进行了推广。在各项成果中，长期天气预报微机系统和ENSO监

测、诊断分析系统受到业务部门及研究单位的普遍欢迎和好评。

兹将主要研究成果概括如下：

一、在大气环流异常的三维结构及低频振荡方面：

(一) 对不同时间尺度的振荡进行了研究，特别是系统地研究了青藏高原及其附近地区夏半年30—60天振荡、冬半年15—25天振荡，分析了其水平结构、垂直结构、能量频散及其对应的大气环流系统的变化，通过数值试验指出青藏高原的动力作用能激发出大气低频振荡。

(二) 诊断分析了乌拉尔阻塞维持期间大气内部的动力学机制，指出了涡动强迫和乌拉尔地形的重要作用。

(三) 给出了月平均的海平面气压和500hPa位势高度的遥相关结构。

(四) 对大气环流非平衡、非线性系统进行了研究。指出，平流非线性项对大气低频变化有明显作用。

二、在旱涝低温预报方法研究方面：着重对夏季西太平洋副高南北位置的变化特点及其规律进行了研究，提出了我国夏季旱涝趋势预报的概念模式和预报方法。特别分析了江淮流域旱涝的低温的物理成因，及其预报方法。为了预报我国气温的变异，比较系统深入地研究了极涡的季节性变化规律与我国气温变化的关系，提出了根据极涡参数制作气温预报的方法。

为了提高长期预报业务自动化、客观化的程度，研制出功能比较齐全、自动化程度比较高的五种类型的长期预报微机业务系统，并在国内、外推广。

ENSO是80年代的重大气候事件，对长期预报影响极大，受局领导委托，专门成立了ENSO监测分析研究组。该组及时准确地向各有关单位提供了全球海温场、各层风场、海平面气压场等格点资料，及南方涛动等各项指数，基本上正确地监测诊断了1986/1987年的强ENSO和1988/1989年的强反ENSO的发生、发展和衰亡过程。否定了1990年出现ENSO的可能，对汛期预报起到很重要的参考作用。

三、在影响大气长期过程的物理因子研究方面：

(一) 对ENSO现象的研究取得较大进展，揭示了ENSO发展过程的不同特征及其与中国气候异常的关系。重建了近500年来的ENSO事件历史序列。

(二) 对极冰、太阳活动、火山活动、天文因子等影响长期天气变化的物理因子进行了比较系统、深入的研究。指出了这些因子的时空变化特征、大气响应特征，及利用这些因子制作长期天气预报的指标。

四、在长期数值预报、统计动力结合预报方法研究方面：

利用七层谱模式对冬、夏11个月进行了预报试验，证明有一定的月预报能力。对非定常海气耦合距平模式进行改进后，进行了两年准业务预报试验，现已正式参加预报会商；对月平均环流的蒙特卡罗预报模式，和滞后平均预报分别进行了简化模式的试验，结果表明都有一定的月平均预报能力。这些试验结果，为今后进一步改进长期数值预报试验提供了经验。

五、在资料库的建立方面，设计了长期预报微机资料库和全球资料库。该库数据结构合理，软件功能齐全，信息量大，并建立有先进的三级索引方法和卫星资料反演方法。该资料库已提供国内170个单位使用，取得明显的效益。

鉴定组对各研究课题的鉴定意见是：

对第一课题（理论研究）的鉴定意见是：总体看来，本课题的研究成果处于国内领先地位，其中有些研究成果达到国际先进水平。（黄士松）

对第二课题（方法研究）的鉴定意见是：体现了理论与实践紧密结合，研究与业务相结合，重在应用。其研究成果已在实际业务预报、服务中发挥了积极作用，在国内属领先水平，在预报方法及其应用方面达到国际先进水平。（陶诗言）

微机系统，改变了长期预报的工作面貌，对促进我国长期预报业务自动化起到了积极作用。这项工作在国内处领先地位，受到国外同行的肯定。（王绍武）

对ENSO的监测和诊断分析，加深了对ENSO及其对中国天气气候影响的认识，加强了长期预报的物理基础，达到了国际上同类工作的水平。（陶诗言，丁一汇）

对第三组（因子分析）的鉴定意见是，从总体上看，该成果对提高长期天气过程物理本质的认识和我国长期业务预报的水平有重要意义，属国内领先水平，某些方面达到80年代国际先进水平。（陶诗言）

对第四组（数值预报）的鉴定意见是，从总体上达到国内领先水平，部分结果进入了国际先进行列。（巢纪平）

对第五组（资料库）的鉴定意见是，该成果属国内领先，达到80年代中期国际先进水平。（陶诗言）

第二，指导思想和技术路线检讨

本研究项目，开题时确定的指导思想是：吸取国际上先进的理论和观点，广泛利用全球大气系统及外部因子的各种探测资料，在国内、外最新研究成果的基础上，特别是课题组成员本身的过去研究工作基础上，加强观测研究、诊断分析，加强有关预报方法物理基础的理论研究，开展长期数值天气预报方法的研究和试验，以提高对月、季天气异常的机制的理解，提出比现有方法有明显改进的预报方法或模式。

由于本研究项目是国家气象局的重点研究项目，研究的落脚点应放在改进、提高现行业务分析预报的水平上，因此我们在技术路线上，特别强调研究、业务、教学的结合，理论研究与应用研究的结合，研究成果与应用的结合。

在组织路线上采取了相应的方针，我们的研究队伍是由业务部门、研究部门和教学部门的研究骨干组成，从而保证了技术路线的贯彻。

现在看来，我们之所以取得比较明显的效果，是同这些指导思想，和技术路线分不开的。说明我们所制定的方针、路线是正确的。

第三，学术活动和技术活动

“七五”期间共举办过两次大的、包括所有课题组的学术交流会。第一次是1987年11月在新安江召开的，会后编辑出版了论文集。第二次是1991年5月在北京召开的，论文集将于1992年出版发行。

1990年10月，世界气象组织在我国南京气象学院举办了“全球大气月、季变化的诊断、预报研讨会”（The WMO Training Workshop on Diagnosis and Prediction of Monthly and Seasonal Atmospheric Variations over the Globe）。这次会议组织工作由局外事司和南京气象学院负责，研讨会和学术会是在世界气象组织指导下，由我课题组具体承办。会议的主席，即本项目领导小组组长章基嘉教授。会议开得很成功，得到国内外的一致好评。课题组的研究成果广泛在会上进行了交流。在我们研究成果的基础上，编

写了“Basic Knowledge and Methods of Long-Rang Weather Forecasting”作为研讨班的教材，教授对象主要为第三世界的学员。

为了把研究成果推广到国内，特别是我们气象系统。于1991年5月下旬举办了“长期天气预报理论、方法及建立资料库的研究成果推广班”参加这个班的学员达78人，该班由北京气象学院负责组织教学和行政后勤工作，本项目由各课题组的主要成员讲授。为了这个班的教学又编印了中文讲义，内容比1990年的英文讲义更充实了许多。

我们准备在这两本讲义的基础上编写出版一本关于长期天气预报研究新进展的专著。

为了学习国外的先进理论和观点，及其分析预报方法。1986年举办了课题组内部的《大尺度天气动力学》学习班。1987年编辑出版了以介绍海气相互作用为中心的《长期天气预报译文集》，1988年又利用“研究通讯”组织翻译了以诊断分析为中心的十几篇关于诊断分析的译文。

为了及时交流各课题组的阶段研究成果，介绍各课题组的学术活动及国外有关长期天气预报的研究动态，本项目一开始便创刊了《长期天气预报研究通讯》，按月发行、自由订阅。从1986年8月起，每月发布一期ENSO监测公报并附有当月55个要素的全球网格点资料（1990年改为隔月）。《研究通讯》受到广泛的欢迎。订阅踊跃，经济上基本收支平衡，节省了这方面的预算。

为能正确诊断分析ENSO，探讨ENSO对中国天气异常可能产生的影响，每逢ENSO发展的关键时刻均邀请在京著名气象学家召开专家讨论会，听取他们的宝贵意见。经常与会的专家有陶诗言教授、章淹教授、黄荣辉研究员、符淙斌研究员等。本研究项目领导小组组长章基嘉教授、顾问王绍武教授参加了每次的讨论。

第四，成果档案和经费开支

各课题的研究成果，均已纳入本单位的技术档案。财务收支基本平衡，略有节余。详细情况另有专项报告。

“长期天气预报理论、方法和资料库建立” 研究项目技术报告

章 基 嘉

最近十年来,随着对长期天气预报客观需要的增长和研究工作的进展,在国际上引起了许多科学家和国家对长期天气预报问题的重视。在世界气象组织制定的世界气候研究计划中把月和季时间尺度的长期预报的物理基础列为三个主攻方向的首位,并制定了相应的长期天气预报研究计划。

面对着国际长期天气预报研究工作的迅速发展和国民经济建设对长期天气预报愈益迫切的需求,七五期间,国家气象局决定设立《长期天气预报理论,方法和资料库建立研究》的部门重点科研项目。该项目以国际上新的观点作借鉴,以国内外新的研究成果为基础,加强观测研究和诊断分析,加强关于预报方法物理基础的理论研究,开展长期数值天气预报方法的研究和试验,以期提高对月、季天气异常机制的理解,提出具有物理学,统计学基础的,比现有方法有明显改进的预报方法和预报模式。根据我国长期天气预报的基础和特点,本研究项目设立了5个课题:

1. 大气环流异常的三维结构及低频振荡的理论研究;
2. 大气环流异常及早涝,低温长期预报方法的研究;
3. 影响大气长期过程的物理因子的研究;
4. 长期数值天气预报的研究;
5. 长期预报资料库建立的研究。

五年来,我们在研究工作中特别注意研究、业务和教学三结合;在人员组成上注意研究机构,业务部门和大专院校三结合;在实施项目计划过程中,特别强调理论研究与应用研究相结合,研究成果与业务推广相结合。由于参加课题的人员团结合作,共同努力,已经取得了可喜的成绩,现将各课题组取得的主要成果及进展分述如下。

第一课题:大气环流异常的三维结构和低频振荡的理论研究。

本课题在以下12个方面进行了研究,并取得了明显进展。

1. 夏半年青藏高原及其附近地区上空30—60天振荡的研究。结果表明:30—60天振荡是最重要的谱峰值,其均方差占未经滤波逐日变化均方差的40%以上,占大气低频变化的60%以上,均方差高值中心位于高原中部和东部地区,强度和位置每年略有变化。这种低频振荡在对流层上层高原以南地区具有斜压结构,高原以北地区具有相当正压结构;在对流层下层正好相反。在水平结构上表现出两支波列结构,具有驻波特点,位相基本不变,能量向下游频散。研究还发现,30—60天振荡的峰值阶段和谷值阶段北半球500hPa和100hPa的大气环流型有明显的差异。数值试验结果表明,在夏季流型下高原大地形动力作用可以激发出大气低

频振荡, 具有定常Rossby波列特点。

2. 冬半年青藏高原及其附近地区15—25天振荡的研究。结果表明, 冬半年最主要的振荡周期为20天左右, 其均方差占未滤波每日资料的均方差和低频变化部分的均方差都在60%以上, 大值中心位于高原中部。它在对流层上部表现为相当正压结构, 在对流层下部高原以北为斜压结构, 以南为相当正压结构, 与夏半年的相反。其水平结构为只有一支经过高原的西南—东北向波列, 具有驻波特点, 能量向东北方频散。

3. 气象要素场遥相关结构。应用改进了EOF方法分析遥相关的正交模态和斜交模态, 发现经典遥相关型中有一些处于同一模态, 并给出两种新的遥相关型, 即一月500hPa的西太平洋—亚洲—北美型和七月海平面气压场中的西太平洋副高—印度低压间的遥相关型。用单点相关分析发现, 30hPa上夏半年为单一的正相关型, 冬半年为SPG遥相关型。

4. 不同时间尺度大气低频振荡的诊断分析。用动力学和统计学诊断方法, 分析了准2周, 准40天和准9个月振荡, 特别提出中纬度也存在准40天振荡, 海表水温也存在准9个月振荡。

5. 北半球冬季月平均环流异常的垂直结构分析。结果表明, 对流层各层的第一特征向量表现出相当正压性特点, 其余向量场不具备这个特点。环流异常的正压性和斜压性是与固定的地理区域相联系的。相当正压性产生的机制可能与对流层地转风和热成风有较好的适应关系有关。

6. 大气低频变化的数值试验。首先用线性和非线性模式对比研究了模式大气对大地形的动力强迫和非绝热加热的响应。结果表明, 对地形强迫的响应, 两者定性相似, 但在较低纬度和对流层上层非线性响应振幅增大, 波型也从线性响应的2波型转变到非线性响应的3波型。对非绝热加热强迫的主要差别是非线性响应的振幅强得多。

7. 平流层环流异常研究。用单点相关法研究了30hPa遥相关结构, 发现冬半年为以极冠地区与中纬度的南北向seasaw为背景, 其上迭加着SPG型波列, 而夏半年为单一的正相关型。再用EEOF方法研究30hPa逐日高度距平场前三个特征向量及其随时间的变化, 结果表明遥相关型无位相移动, 表现为一种准静止涛动, 上游中心减弱引起下游中心加强, 与罗斯贝波能量频散相似。其时间系数分别有26.7个月, 6个月和9个月的振荡周期。发现冬、春70°—80°N和30°—40°N这两个发生seasaw的纬带正好与平流层经圈环流的上升、下沉支相对应。极涡加强(气压下降)时, 极冠内上升运动加强, 同时中纬度高压加强(气压上升), 其中下沉运动亦加强, 反之亦然。说明这种涛动可能与SPG型波列有关。还研究了平流层—对流层异常的垂直结构, 发现EOF1的时间系数正值类与负值类的垂直结构有显著不同, 负值类比正值类具有更强的西风垂直切变, 温度层结更不稳定, 对流层2波振幅在上传过程中增强。

8. 瞬变涡动对大气低频变化的作用。对乌拉尔山冬季阻塞形势维持期间作动力诊断的结果表明, 瞬变涡动通量散度的强迫对于平衡平均气流对涡度的平流作用是重要的, 因此, 对阻塞的维持有显著的贡献。但两者的余差也是不可忽视的。这表明地形作用是重要的, 三阶矩项 $\overline{v'q' \cdot \nabla q'}$ 也不能当成小项略去, 在偶极型阻塞的低涡外围还发现 $\overline{v'q' \cdot \nabla q'}$ 和 $\overline{v' \cdot \nabla' q'^2/2}$ 项呈环形分布, 有利于切断低压的维持。这些都是与大西洋和太平洋阻塞不同的特点。

9. 海温异常与大气环流的关系。研究了El Nino和反El Nino期间北半球非绝热加热场

的差异,发现两种情况下大气非绝热加热场均表现出正负相间的有规律分布,但影响符号相反,并表现出准两个月的振荡。数值试验表明,南海附近SST异常暖时对南亚夏季风有“吸引”作用,异常冷时有“排斥”作用。

10. 大气环流非平衡,非线性系统的研究。研究了不同维数动力系统的平衡态情况,引进波一波相互作用可以使在波一流相互作用下建立的周期振荡遭到破坏,而演变为不规则振荡或退化为定态波。但在另一些条件下,引进波一波相互作用也能使定态失稳而产生周期振荡。在地形和非绝热强迫共同作用下的数值试验表明,一定的地形参数的引入是大气系统能够出现多重平衡态的必要条件;在过渡季节,只有当热力强迫参数的改变适当时模式大气才可能发生明显的季节性突变或频繁调整。研究还指出,平流项对大气低频变化有明显作用。

11. 诊断和预报方法的研究和讨论。在研究工作中发展或改进了“奇异值分解”、“遥相关结构分解”、“局地相似系数图”、“对称数字滤波器设计方法及效果的显著性检验”,以及“逐步、迭代性插补海表水温”等分析诊断方法,还用共轭方程理论和门限自回归方法进行月温度异常预报试验,讨论了用EOF1为组合因子对ENSO预报作了尝试,得到的拟合率 $r=0.838$,但独立预报的 $r=-0.236$,说明对ENSO现象的认识还是肤浅的。

12. 研究成果在教学工作中推广应用,充实教课内容,收到好的效果。

第二课题组:大气环流异常、我国旱涝和温度长期预报方法及微机业务系统的研究。

本课题主要进行了以下五个方面的研究,并取得了明显的进展。

1. 西太平洋副热带高压位置变化规律的研究,结果表明,近40年来夏半年西太平洋副高脊线位置呈现出两种明显的长期变化趋势:一种是11年左右的准周期振荡,另一种是位置偏南的气候增长趋势,并发现SOI低值期和太阳黑子数高值期,西太平洋副高易偏南,反之,易偏北。夏季各月,当黑潮区在月平均副高脊线北侧海温偏高,南侧偏低,则副高易偏北,反之易偏南,说明副高脊线位置有避冷趋暖的趋势。研究表明,初夏副高脊线位置变化与黑潮区海温变异有较好的关系,而盛夏则与东亚遥相关型有较好的联系。其原因是,当上年夏秋赤道东太平洋SST开始异常增暖(厄尼诺),当年夏季西北太平洋SST异常偏低,低纬对流活动减弱,且东亚中纬度有持久的阻塞形势维持时,则易出现东亚遥相关型。当这种遥相关型在中纬度为负距平,低纬和高纬为正距平时,副高将异常偏南,反之将异常偏北。黑潮区SST异常变化时也能激发出东亚遥相关型。此外,还发现,南北半球一些主要大气活动中心(如印度洋高压和澳大利亚高压)在特定季节(如夏季)的异常变化与夏季东亚遥相关型和西太平洋副高南北位置的变化有一定内在联系,值得进一步探讨。

关于夏季100hPa南亚高压的位置变化,发现当春季西风漂流区海温偏高,赤道冷水区海温偏低时,7—8月南亚高压东伸脊点易偏西,其脊线位置为偏北,反之,则易偏东、偏南。因此,利用前期这两个海区SST变化可预测夏季南亚高压的位置。

2. 夏季我国大范围旱涝趋势预报方法的研究,本方法有两个基本考虑:一是着眼于我国东部地区大范围降水和主要异常旱涝地区的总体分布趋势,二是既考虑大气环流异常,又考虑海洋热力状况的异常。

2.1 在研究我国夏季降水的气候特点的基础上,总结出反映我国东部地区夏季降水和主要旱涝变化特点的三种基本雨带分布类型及相应的环流背景。其中:

1类雨型为主要多雨带位于黄河流域及其以北,江淮流域大范围少雨,梅雨偏弱,常有较明显的伏旱,江南南部至华南一般为相对多雨区。其对应的环流背景是,北半球中高纬度

主要距平槽脊为三波型,以乌拉尔山脊最强,极涡偏在西半球,东亚盛行纬向环流,副热带锋区偏北偏强,西太平洋副高偏强,位置偏北偏西。

2类雨型为主要多雨带位于黄河至长江之间,黄河以北及长江以南大部地区以少雨为主,其对应的环流背景是北半球西风带主要距平槽脊分布也是三波型,但槽脊位相比1类雨型的偏东约20—40个经度,东亚为一低槽,副热带锋区比1类雨型的向南扩展,西太平洋副高一般偏弱,位置明显偏东或稍偏南。

3类雨型的主要多雨带在长江流域及其以南,淮河以北大部地区及东南沿海地区降水偏少。其对应的环流背景是主要距平槽脊的位相分布与1类雨型的几乎相反,尤以东亚地区更为明显。其最主要特点是,东亚中纬度阻塞形势,东亚锋区有明显分支现象,其南支副热带锋区显著偏强,西太平洋副高一般偏强,位置异常偏南。

2.2 影响我国东部夏季降水的主要因子

2.2.1 东亚阻塞形势(指500hPa夏季出现阻塞高压〔在西伯利亚东部14个格点的高度距平和达到20位势什米以上〕频率最大且与我国天气关系密切的 100°E 以东, 50° — 60°N 纬带的强高压脊)的建立和发展对我国夏季降水有非常重大的影响,是造成夏季持久性旱涝的主要环流条件。在东亚阻塞形势下,东亚西风带出现明显的分支现象,副热带锋区显著偏南偏强,迫使副高位置异常偏南,造成我国雨带位置也显著偏南,特别是7月份出现这种形势常使梅雨期向后延长,北方雨季推迟,甚至不明显。

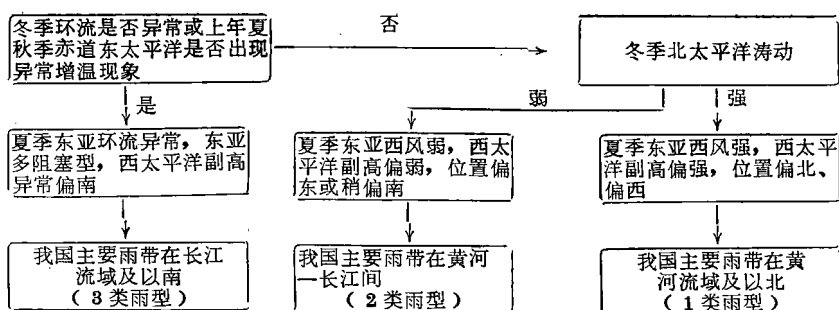
2.2.2 东亚阻塞形势的前期环流特征。7月份东亚有阻高建立时,前期冬季极涡主体向东半球异常向南扩展,冷空气活动频繁且势力强,东亚副热带锋区异常偏南。另一个前期环流特征是,从上年秋到当年春,北太平洋西风漂流区低槽活动频繁,阿留申低压出现秋强、冬弱,春再强的变化;无阻高建立时,则基本相反。据此,取1月欧亚,3月亚洲地区的极涡面积指数和2—4月北太平洋西风漂流区的500hPa高度距平作预报因子,建立7月东亚阻高是否出现的预报规则。

2.2.3 厄尼诺事件对我国夏季降水的影响。研究表明,春季开始的厄尼诺,当年夏季我国主要多雨带发生在淮河流域(2类雨型);而夏秋开始的厄尼诺,次年夏季我国主要多雨带发生在长江流域及其以南地区(3类雨型)。这是因为春季开始的厄尼诺,同年夏季西太平洋副高仍处于偏弱状态,其位置偏东或稍偏南,故我国易出现2类雨型分布;而夏秋开始的厄尼诺,到次年春夏赤道东太平洋SST一般仍维持偏高,而西太平洋地区SST显著偏低,这时西太平洋副高已转为偏强,东亚低纬对流活动转为偏弱,因此7—8月西太平洋副高脊线位置易出现异常偏南,造成我国主要雨带位置亦显著偏南。

2.2.4 冬季北太平洋涛动与我国夏季降水关系的研究。结果表明,冬季北太平洋涛动偏强时,当年夏季我国主要雨带位置偏北(1类雨型);反之,则易出现2类雨型。进一步研究还表明,1月份极涡向太平洋地区伸展越偏南(阿留申低压加深),则北太平洋涛动指数越强,反之减弱,因此,用冬季北太平洋涛动指数和1月太平洋地区极涡面积指数相结合,得到的预报规则是:冬季北太平洋涛动指数和1月太平洋区极涡面积指数都偏强时,夏季将出现1类雨型,否则将出现2类雨型。总拟合率为96%,1989和1990两年试报效果也令人满意。

我国夏季旱涝趋势预报的概念模型可用下列框图表示。

3. 江淮流域夏季旱涝和低温趋势季度预报的研究。过去得到的一些遥相关关系,在80年



代一再出现破坏。例如，根据1951—1967年的资料，曾得到4月南方涛动指数与入梅期迟早和P值〔表示6月西太平洋副高偏北（ $>20^{\circ}\text{N}$ ）、西伸（ $<115^{\circ}\text{E}$ ）的候数〕的相关系数分别为 -0.54 和 $+0.63$ ，即SOI强（弱），入梅期早（迟），6月西太平洋副高偏北西伸候数多（少），但到了1968—1984年期间两类相关系数分别降至 0.03 和 -0.45 ，连符号都改变了。经过物理成因分析，发现前期南方涛动这个因子不可能始终操纵6月副高活动特征和入梅期迟早，而且有三个前期因子，即12—1月黑潮区海温异常，南方涛动强弱和1月南海区海温异常，在起作用。利用这三个前期因子作成的预报点聚图，可用于入梅期趋势的预报。

此外，还研究了大气气溶胶浓度变化等对梅雨量和盛夏雨带位置的关系。指出在大火山爆发的当年和后一年，我国晴空太阳辐射显著下降，盛夏西太平洋副高偏北候数明显减少，我国东部季风雨带随之南移，江淮流域因此多雨。

4. 极涡的季节变化规律及其在我国气温长期预报中的应用研究。经过对几种确定极涡边界方法的分析论证，确定了合理描述极涡面积、位置和强度的计算方法，并计算了1951年以来逐年逐月四个分区的极涡面积，强度和位置的指数。据此指数序列，进行了多方面的研究，主要有以下结果。

4.1 极涡指数与我国天气气候变化的关系密切。冬季极涡面积指数与我国大部地区的气温呈明显的负相关，夏季呈负相关的区域仅限于东北和西北地区。

4.2 北半球极涡有明显的多年变化。50年代初为收缩期，60年代进入扩展期，70年代末又进入收缩期，两次收缩期约相距20年。

4.3 极涡指数的谱分析表明，6个月左右的周期变化最明显。交叉谱分析则得出各区极涡指数之间变化关系，以2—4个月和6个月左右最清楚。

4.4 分析表明，当冬季极涡偏弱，面积偏小，且副高也弱时，则夏季极涡要转强，面积要扩大，东北地区夏季易出现低温冷害，反之，则东北夏季不易出现低温。上述结果得到非定常地气耦合距平模式模拟试验和1976年实例计算的支持。

4.5 极涡环流与下垫面冷热源异常分布的关系。当冬春亚欧大陆雪盖面积偏大时，未来春夏极涡面积也偏大，反之亦然。极冰与极涡之间相互影响的地区主要集中在北美—大西洋—欧洲地区，且冬季比夏季强，并存在9—10个月的韵律。

4.6 考虑和分析了极涡参量与我国气温的线性和非线性关系，建立了两套月、季气温等级预报方程。1988—1990三年实际预报准确率平均为61%和64%。

5. 研制成适用于中央台、省台和省地气象台相结合的五种长期预报微机业务系统。这些系统结构合理，功能较齐全，自动化程度较高，便于扩充移植。已在全国气象、水文、部队

等部门的40个单位推广应用,发挥了重要作用。专家鉴定给予高度评价,并受到不少外国专家的好评。

第三课题组:影响长期天气过程的物理因子研究

五年来本课题在以下方面取得主要进展。

1. ENSO的观测研究

1.1 继美、日、澳等国之后,本课题于1986年6月在国内第一次组建了ENSO监测小组,开展了对ENSO事件的监测和诊断分析研究,在取得初步结果后,立即投入准业务试验,为我国ENSO及气候监测分析业务系统的正式建立奠定了基础。5年期间共发布《ENSO现象监测公报》或《气候诊断分析报告》33期,基本正确地诊断了1986—1987年的厄尼诺和1988—1989年的反厄尼诺的发生,发展和衰亡过程,获得了众多用户的好评。

1.2 首次制定了一套较全面的划分厄尼诺和反厄尼诺事件的客观标准和指数。给出了赤道东太平洋SST增温开始期、发展盛期、衰退期和结束期4个位相太平洋水位变化的诊断模型。发现西太平洋暖水池斜温层海温变化与赤道逆流流量变化的反位相关关系。根据Rasmusson模型和Wyrtki模型,提出了ENSO诊断的综合分析方法。

1.3 研究还发现,80年代出现的两次ENSO事件,无论在增温开始的季节,增温首先出现的海区,以及增温传播的方向与Rasmusson所总结的模型不同,而且西太平洋副高由弱变强与赤道东太平洋海温由负距平转为正距平的过程在时间上几乎是同步的,提出了东部型和中部型两类厄尼诺过程。

1.4 发现近40年来ENSO现象对中国东部夏季雨带类型的影响与厄尼诺类型及其爆发季节有关。在大多数情况下,发生厄尼诺当年夏季多出现Ⅱ类雨型,次年夏季多出现I类或Ⅲ类雨型,反厄尼诺情况正好相反。通常东部型厄尼诺峰期后次年多出现I类雨型,而中部型厄尼诺后次年多出现Ⅲ类雨型。秋冬爆发的厄尼诺,次年长江中下游梅雨量偏多,而春夏爆发的厄尼诺梅雨量偏少。ENSO事件对华北夏季雨量的影响较其它地区明显,它们之间的关系相似于印度夏季风雨量与南方涛动的关系。

1.5 首次利用中国近500年旱涝等级资料,重建了15世纪以来的ENSO事件,与Quinn给出的16世纪以来44次强厄尼诺事件比较,有71%符合。通过重建资料的分析,发现历史上的ENSO事件有阶段性,20世纪后半期是ENSO事件的多发期。

2. 环流异常的研究

2.1 发现西太平洋副高短期变化的20—30天和10—15天周期,并有自东向西传播的特征。副高长期变化的3—4年周期与热带海温振荡周期一致,而11.3年和22.5年周期则可能与太阳活动周期有关。还发现环流变化的阶段性和跳跃现象,给出了简明的定量指标。指出大气中隔季相关最明显的季节是冬季和夏季,最明显的地区在亚洲和太平洋地区。

2.2 发现我国干旱指数有准两年和3—4年周期,其长期变化是50年代多雨湿润,70—80年代少雨干旱,和撒哈拉干旱变化基本一致,并与北大西洋海温变化有关。指出北大西洋中高纬度海温变化可能是撒哈拉—中国北方气候变旱的一种信号。

2.3 首次指出赤道地区有向西传播的40天左右的低频波,并探讨了其成因。指出风暴轴上高频扰动的强迫作用有利于维持北太平洋涛动的低频变化,而海温异常梯度则是改变大气斜压性产生高频扰动的重要原因。发现经向环流在Rossby波的传播过程中可以偏离赤道的外源强迫而越过赤道东风带向另一半球传播。

3. 各种物理因子的研究。

3.1 观测资料研究表明,地面气压、气温、降水对太阳活动的响应是明显的。中国夏季温度在太阳活动11年周期中是双振动现象,中国干旱的22年周期与太阳活动的磁周期位相有对应关系。厄尼诺的发生大多与太阳活动11年周期的某些特定位相相联系。

3.2 发现大的火山暴发通过减少太阳直接辐射影响东亚长期天气过程的事实,指出火山活动导致晴空太阳直接辐射量的变化是季节预报的重要因子。

3.3 发现极冰与副高之间有半年左右的滞后相关,冬季极冰与东亚夏季风呈反相关。夏季北极海冰在500hPa上可激发出类似Nitta指出的二维Rossby波列。

3.4 数值试验表明,引潮力的垂直分量可以影响环流系统强度的日变化,这种影响主要是通过非经典引潮力效应引起的,引潮力的共振迭加对环流异常可能起一定的调制作用。

第四课题组:长期数值天气预报研究

本课题的主要研究成果可概括为四个方面:

1. 七层GCM谱模式的研究

1.1 改进和发展了七层谱模式。模式框架包含地形作用,有利于克服在大地形附近计算气压梯度力的误差问题。模式中设计的非线性项的谱计算方法,能较精确地表示纬向运动。在模式中较好地考虑云和辐射作用,改进了模式诊断云的计算方法,有利于改进30天长期预报结果。

1.2 利用改进后的七层谱模式进行了11个例子的30天500hPa高度场数值预报试验,结果表明,模式预报的均方根误差明显地小于持续性预报均方根误差。30天逐日预报的变高场和实际变高场之间的相关系数平均达0.60,试验结果是令人鼓舞的,表明本模式已具有30天的长期数值预报能力。

1.3 改进后的七层谱模式用于云和辐射作用的研究,结果表明,云和辐射作用对经向和纬向环流的维持有重要作用,如不考虑云的作用,模拟出的高空西风环流偏弱,特别是急流强度偏弱更多。改进后的模式诊断云的技术已成功地移植到T42L5谱模式。

1.4 利用改进的七层谱模式研究了初值对30天数值预报的影响,结果表明,在初值处理中,通过求解非线性平衡方程而得到的风场比用实测风及地转风的结果要好,说明提高初值精度对于改进长期预报有重要作用。

2. 统计-动力长期预报研究

2.1 月平均环流的MCF试验,选用正压涡度方程谱模式作为动力框架,在观测值上叠加不同的随机扰动,得到随机初值、随机强迫、随机初值与随机强迫相结合的三种随机动力模式。做了1983年1月北半球500hPa月平均高度距平场的预报试验,并与上述纯动力模式的预报进行比较,结果表明上述三个MCF模式的试报均优于纯动力模式的预报和持续性预报,基本上能报出500hPa的正负距平中心的位置。

2.2 月平均环流的LAF试验。

2.2.1 用美国NMC的全球多层谱模式的动力框架,进行LAF试验。取1978年12月30—31日四个时次作初始场做1979年1月平均500hPa高度场集合预报。所得预报场与实况的相关系数均高于单个纯动力模式预报。

2.2.2 用正压涡度方程谱模式作动力框架的LAF试验。对1989年1—3月和1990年5—7共6个月的北半球500hPa月平均高度场进行了预报试验,结果如下:冬季三个月LAF方法