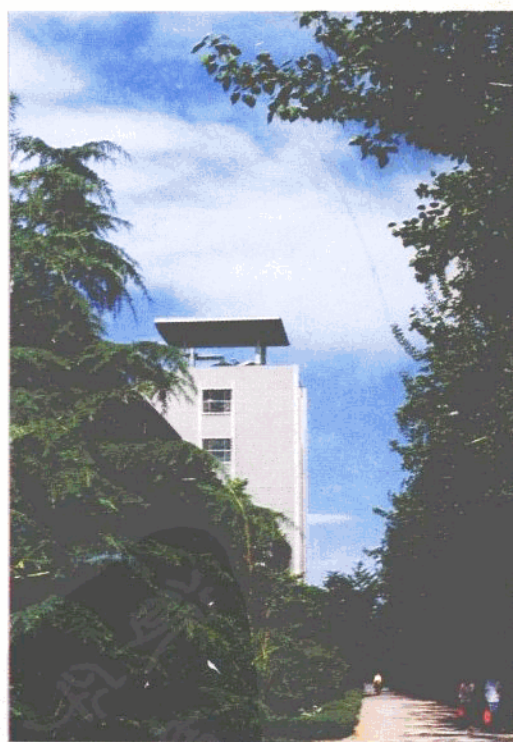


“七五”期间中国气象 科学研究院研究进展



气象出版社

目 录

气象科学研究院在1986—1990年中的新进展	周秀骥 (1)
历史气候与区域气候	张德二 李 骥 林之光 (3)
物理气候学研究进展	陈隆勋 姜达雍 董 敏 任振球 (10)
大气温室气体与气候变化模拟研究的进展	李维亮 赵宗慈 (17)
应用气候研究进展	朱瑞兆 (24)
数值天气预报和大气环流数值模拟研究进展	郑庆林 (30)
灾害性天气研究的进展	王作述 (36)
长期天气预报研究进展	张先恭 (40)
青藏高原气象科研进展	朱福康 马淑芬 (44)
农业气象研究进展	王馥棠 李世奎 太华杰 (47)
云物理和人工影响天气室内试验和数值研究的进展	胡志晋 鄧大雄 (54)
云物理和人工影响天气外场试验研究进展	游来光 (60)
地面气象观测自动化系统的研究与进展	曾书儿 (68)
地基大气遥感系统研究进展	马大安 宋玉东 (76)
气象计量检定研究所科研成果评介	郑德诚 (80)
京津冀中尺度气象试验基地——强风暴实验室	葛润生 王鹏云 (85)
大气化学研究进展	丁国安 (89)
南极气象研究进展	陆龙骅等 (98)
积极努力培养气象专门人才	张伯津 (103)
1986—1990年气象科学研究院主要外事活动	李 丽 (105)
中国气象科学研究院出版物	张婉佩 (108)

气象科学研究院在1986—1990年 中的新进展

周 秀 骥

(中国气象科学研究院)

1986—1990年是气象科学研究院在大气科学研究方面取得丰硕成果和新的突破的五年。在承担的213项科研项目中,已完成了87.3%,余下的将在1991年陆续完成。其中我院承担的国家的科技攻关项目和国家自然科学基金会项目有35项,已全部完成,尤其是在主持完成京津冀灾害性天气监测与超短期预报的国家重点任务中取得了优异的成绩。

五年来,我院共取得了84项科技成果奖励,其中国家的科技奖9项,部委的科技奖30项。除了历史气候、天文气候、季风、应用气候、天气数值预报、高原气象、农业气象、人工影响天气、气象观测与污染气象等原有学科领域不断获得明显进展外,根据我国气象事业现代化和当代大气科学技术发展的需要,我们又全面开拓了动力气候与气候模拟、长期数值预报、中尺度气象学、极地气象、大气化学、气象观测自动化、多普勒气象雷达与天气遥感等许多新的领域。在短短的五年内,我们在这些领域内都有了突破性的进展,为我院90年代的发展奠定了良好的基础。

在完成上述科研任务基础上,我院建立了国家气象局重点开放实验室,它们是“强风暴实验室”、“云雾环境实验室”与“大气化学实验室”。这些实验室都具有国内最高水平的实验设备与试验手段。由国家气象局、中国科学院、高等院校等著名科学家组成了实验室学术委员会,负责实验室的学术指导工作。近几年来,国家气象局内外有关单位几十名专家在实验室进行科研工作,取得很多成果。实验室也广泛开展了国际学术交流。同时,在远离北京70公里的固城,我们开始筹建了现代化的农业试验基地——“固城农业气象试验基地”,该基地将成为用现代化科学技术开展农业生态遥感、农田节水灌溉、农田水份循环、环境与气候变化对农作物产量和质量的影响,农作物生长动态模式试验等实验基地。为了发展我国南极气象事业,我们建成了长城和中山二个南极气象站,已成为我国南极气象研究的基地。

“七五”期间,我院积极将科研成果不断应用于业务,加强科研与业务的结合。初步建成了农业气象情报与全国农作物产量预报业务自动化系统,其定期的服务成果为国家领导部门和生产部门制定对策及时提供了有价值的科学依据。我院科技人员定期地参加国家长期天气预报及气候预测工作,提供了出色的为业务服务的研究成果。此外,在全国大气本底污染监测站及酸雨站网建设和业务指导、全国气象仪器计量检定、气象科技情报图书自动化检索系统等工作都发挥了研究中心的指导作用。科研成果的取得与人才队伍的建设成长密不可分。五年来,全院研究员由3名增长为21名,副研究员(高级工程师)已达118人。1986—

1990年全院共招收了132名硕士研究生,占1978年以来12年招生总数的67%。并且新增加了4名博士生导师,他们招收了6名博士生。目前,我院已是获得天气动力学、气候学、大气物理学、大气环境、大气探测与大气遥感、应用气象等6个专业的硕士学位授予权的单位,也是目前国内大气科学硕士专业最齐全的单位。

随着改革开放的深入,作为中国气象研究中心之一的气象科学研究院积极开展国际学术交流。五年来,我院参加了与美国、苏联、英国、日本、德国、法国、芬兰、加拿大、澳大利亚等数十个国家的学术机构的双边合作和学术交流,先后在大气辐射、季风、环境与生态、气候、农业气象、中尺度气象、大气化学、人工影响天气等领域主持了近十次国际学术会议,接待了20多个国家的300多名科学家和专家,我院派出90多个团体与国外科学家进行学术交流120多人次。通过交流,极大地促进了我院各项科研工作水平,也使世界气象界认识了气象科学研究院,明显揭示了我院在世界气象舞台上的学术声誉和地位。

五年的进展更加坚定了我们前进的信心,我院全体科技人员将继续艰苦奋斗,努力把我院办成拥有世界第一流水平的科技人才队伍及第一流水平的现代实验室和试验基地,它将对国内外实行开放、能够承担并完成重大的科技攻关任务,并提供国际领先水平的科技成果的研究中心。它将为我国气象业务现代化和世界大气科学发展做出杰出的贡献。

历史气候与区域气候

张德二 李 骥 林之光

(气候研究中心)

一、历史气候与古气候的研究

研究过去时期的气候变化,获得过去气候的信息、复原气候要素的时间序列、绘制古气候复原图,从而研讨气候变化的规律,是当今气候研究领域的一个重要方面。我院在七·五期间主要致力于研制一套我国的系统的历史气候基础资料、探讨复原定量的历史气候序列和历史气候定量分析的方法、进行了我国北方历史干旱规律的系统讨论、尝试了采用多种古环境证据绘制古气候复原图、继续了年轮气候学的研究。取得的主要成果如下:

1. 历史气候基础资料的研制

为了弄清我国历史气候变化的基本事实,从祖国文化遗产中得出一份系统、详尽、可信的气候基础资料,在“七五”期间完成了中国千年气候编年史的工作¹⁾。这项工作由我院与湖北省气象局、浙江省气象局合作进行,采用了一套进行大规模历史气候资料研制的实施方法,具有一定的周密性和有效性,已辑得7665种气候史籍的副本逾20万页(复印件、胶卷、手抄件),它们搜集自全国37个城市的75座图书馆、档案馆,成为我国历史文献典籍的空前的集中收藏,其内容包括气候事件和灾害、农业丰歉、地方物产、地方气候记述、水利、赈济等,同时制备了近八千张历史气候文献编目索引卡片。在这基础上编写完成《中国千年气候编年史》(初稿)约600万字。它不仅覆盖面广,几乎达到全国范围,时间跨度达千年,占有较多的史料来源,而且对许多原始史料中普遍存在的由于编写、版本、刊印造成的年代、地点错误作了订正,从而具有较高的可靠性,与国内已有的若干地区性的气候史料整编相比,内容有较大增补。

这份千年气候编年史连同我们已完成的“廿四史气候史料辑集”、“古代逐日天气记录整理”等等专项资料,已初步构成我国三千年气候文献记录资料的基本体系,为我国历史气候研究奠下良好基础,为我国历史气候数据库的建立准备了基本资料。至今,历史气候数据库的方案设计已告完成²⁾,今后将正式开始建库工作。

2. 清宫逐日天气记录的研究^{[1]—[8]}

《晴雨录》是中国清代宫廷遗留的一种逐日天气记录,含降水、天空状况、风向和天气

1) 《中国气象报》(1990年2月19日),中国历史气候研究获新进展。

2) 国家气候基金项目“中国历史气候数据库方案设计”课题工作总结,1990年。

现象等项目,降水项目记有降水起迄时刻和降水类型。现存的较连续的资料主要是北京、南京、苏州、杭州四地的,其起止年代分别是:北京(1724—1903)、南京(1722—1798)、苏州(1725—1821)、杭州(1723—1773)〔1〕〔2〕。

(1) 北京1724—1903年夏季月温度序列的复原〔3〕

首先据北京气象资料(1951—1982)计算各月降水日数与月平均温度、月平均最高温度的相关系数,得出回归方程组。其次对晴雨录资料的各月雨日数序列作统计检验,认为它与现代气象观测记录相比,存在着系统误差,应作修正。将修正后的晴雨录雨日序列(1724—1903年)代入回归方程组,所得复原结果与并存时段的仪器观测值相比,二者变化趋势一致,7月平均温度的平均偏差为 $\pm 0.07^{\circ}\text{C}$,最大偏差 $\pm 0.39^{\circ}\text{C}$ 。

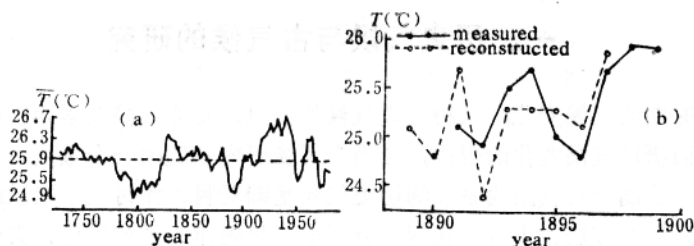


图1 北京近260年(1724—1982年)7月月平均温度的10年滑动平均曲线(a);北京7月月平均温度复原值与实测值的比较(b)

分析表明北京夏季月温度变化的主要周期是:80年左右、21年、7—8年、2—3年。自1724年以来炎夏时段是:1730—1780年、1820—1870年、1900—1950年;凉夏时段是—1730年、1780—1820年、1870—1900年。

(2) 18世纪南京、苏州、杭州夏季月降水量序列的复原研究〔4〕—〔6〕。

为适合于计算机分析处理,特按所设计的数值编码格式,将《晴雨录》这份文字记述性的资料转换为数值序列表示,得到6种基本资料序列。

通过对南京等三地现代降水资料分析,得到推算各地各月和夏季的降水量的多元回归方程,代入有关的资料序列,即得到18世纪南京、苏州、杭州三地5、6、7、8各月和夏季(6—8月)的降水量复原序列。这复原结果较为可信,与500年旱涝等级资料的同期部份相比,由晴雨录换算的雨量序列更为客观和量化。

(3) 18世纪长江下游梅雨活动的复原研究〔7〕〔8〕

现有的梅雨研究仅限于近百年时期。经比较现有的各种划分梅雨期的标准,然后确认了一种适用于晴雨录资料的长江下游地区梅雨划分标准,并用于对南京、苏州、杭州的晴雨录资料的分析处理,复原了18世纪长江下游地区的梅雨气候序列(1723—1800年),给出历年入梅、出梅日期、梅雨期长度、梅雨期雨量值(图2)和历年梅雨等级表,以及早梅雨、多梅、少梅及空梅年份的年表。分析历史梅雨的各项气候统计特征,指出梅雨变化具有9年,4—5年、2—3年的准周期性,现代梅雨的各项气候统计特征在18世纪也同样存在。此外还对18世纪若干典型年份的西太平洋副热带高压特征值作出了推断。

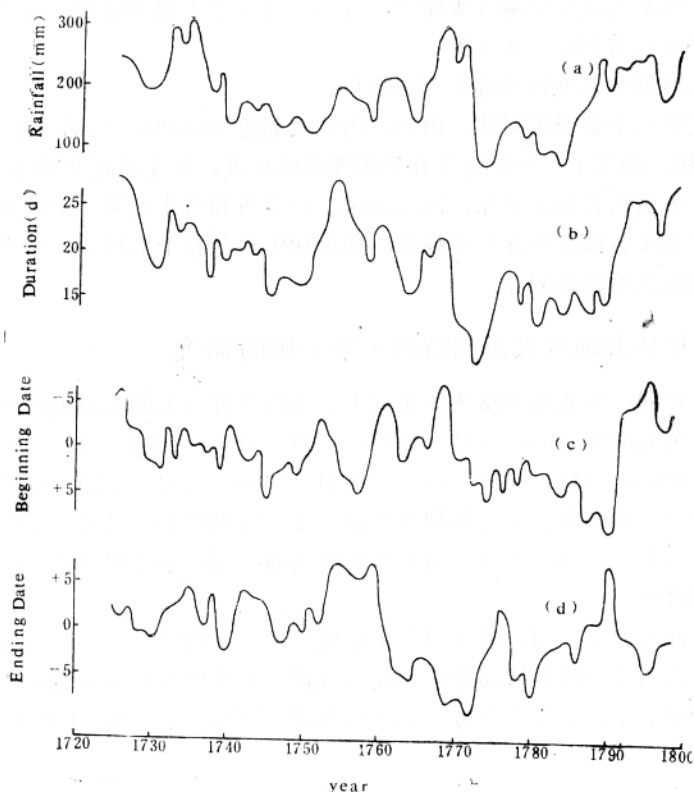


图2 18世纪梅雨特征量的演变曲线(1723—1800年), (a) 梅雨量, (b) 梅雨期长度, (c) 入梅日期, (d) 出梅日期

3. 中国北方历史干旱规律的研究^{[9]—[11]}

(1) 黄河流域历史旱涝特点及历史旱涝图^[10]

据近500年旱涝资料的研究可见,黄河流域旱涝气候变化有明显的区域性。聚类分析表明黄河流域兰州以下的上、中游地区与黄河下游地区分属于两种不同类型。二区域干旱指数的变化周期大致相同,为25—26年、9—10年、5年和2年左右,但其变化位相并不完全同步。分别统计各地旱涝年的出现频率,可以看出,陕、甘、宁是干旱发生的高频地区,黄河下游则为旱、涝均较频繁的地区。根据历史文献资料编绘了“黄河流域历史旱涝图”,含近500年旱涝频率图1幅;典型旱涝年实况图12幅,它们是:早年1628、1638、1690、1720、1870、1877、1929年,涝年1570、1632、1742、1843、1933年;另外还绘编了黄河上、中游区和下游区的逐年干旱指数列线图1幅(1470—1979)。

(2) 渭河谷地的历史干湿气候变化^[11]

渭河谷地是我国古代文化发祥地之一,因而对其历史气候变化背景至为关切。设计了两种湿润指数用于历史资料统计。对早期史料较丰富的7—9世纪(唐朝)进行指数换算,所得渭河谷地的两种湿润指数变化趋势一致。并可见降水最多的10年是公元720—729年,而干旱最甚的10年则有710—719、790—799年等。另外根据历史记载,还分别对渭河上、下游地

区复原了1450年以来的逐年旱涝等级序列,并划分出各个干期和湿期。这些序列的主要变化周期是27年、15年左右和2—3年等。

(3) 历史时期华北地区冬春干旱分析¹⁾

从历史气候资料中整理出河北、山西、内蒙及邻近地区225个县的冬春干旱、水涝、雨雪的近800年的记载,确定了一种评定冬春旱涝等级的标准,评定出逐年的冬春旱涝等级值,综合成4个序列,分别代表河北平原、河北山区、内蒙古和黄土高原4个区域的冬春干旱气候状况。并计算了各区各世纪冬春干旱频率,和每10年的冬春干旱指数,从而给出各区域冬春干旱阶段和雨涝阶段的详细划分。

4. 近千年华北地区大范围持续干旱个例的研究²⁾

普查近1千年间,华北地区持续3年以上、地跨3省以上的大范围长期严重干旱实例共14例,它们是:公元989—991, 1072—1075, 1211—1213, 1372—1374, 1484—1486, 1585—1587, 1599—1601, 1615—1617, 1637—1643, 1689—1692, 1720—1722, 1845—1847, 1875—1878, 1899—1900年。经与各种历史温度背景资料对比,可见其中13例皆出现于气候相对寒冷期,尤其集中在16—19世纪的小冰期的盛期,而在小冰期中相对温暖的1730—1800阶段,竟无一例出现。

择取近千年间宋、元、明、清各朝代华北地区最严重的连年干旱个例4个,绘制了它们的旱情实况图,表明各个例旱情的持续和发展过程。本世纪以来华北地区曾出现过的一些持续干旱事件,与近千年间已发生的历史个例相比,其严重程度、影响范围、持续时间都远逊不如。

5. 18000年来我国古气候的复原推断^[12,13]

近18000年间各特定时期的古环境、古气候状况的复原,是当今全球变化和气候动力学研究中十分关注的问题。根据我国有良好测年的黄土、花粉、山地冰川、海面 and 哺乳动物化石的证据,复原了最近18000年中国古环境变迁序列。同样用上述证据,对近18000年的两个特定时期,即最寒冷的末次冰期极盛期18000—15000aBP和最温暖的全新世佳期9000—5000aBP,分别绘制了中国及其邻近地区的生物气候带和海岸线的环境实况复原图。将这两个典型时期的复原图与现代环境实况图对比,可清楚看到生物气候带的推移变迁。鉴于现代植被和土壤所反映的生物气候带与年降水量的极好对应关系,可以对过去同样生物气候带界限上的年降水量作出推断,从而得到18000—15000aBP和9000—5000aBP两个时期的年降水量分布复原图。显然18000—15000aBP的降水量等值线向东南方向大幅度退却;9000—5000aBP的降水量等值线则明显向西北内陆推移,这一现象可用东南季风对中国大陆的影响来解释。

1) 顾曾良:历史时期华北地区冬春干旱的分析,1989年气象科学研究院学术年会报告。

2) 张德二:近千年华北地区大范围持续干旱个例研究。国家自然科学基金项目“长江黄河流域旱涝规律成因与预测研究”1990年学术年会报告。

二、年轮气候学研究

1. 样品采集

1986年与青海省气象部门合作在青海祁连、乌兰、门源三个县进行了树木年轮采样活动。采集近百个样本。1990年夏季又与美国亚利桑纳大学树木年轮实验室合作，在新疆东天山进行采样的野外工作，共采集了9个样点，139棵树的树轮样品。

2. 树木年轮年表及过去气候重建

1986年建立了我国新疆昌吉地区6个云杉树木年表^[14]，讨论了它们的统计特征。一般说来轮宽序列的平均敏感度和指数序列的平均敏感度相近，而一阶自相关系数是前者大于后者。1989年讨论了典型相关的计算方法和昌吉地区树木年表与生长季（5—9月）的气温，降水的简单相关和多元相关^[15]。研究指出，树木轮宽指数与生长季气温为负相关，与降水是正相关，而且降水相关比气温相关更显著，后延一年相关比同期相关更显著。

1989年用计算相关矩阵的主分量及回归方法计算了阿尔泰山树轮年表的响应函数并做了聚类分析和讨论^[16]。1990年还讨论了青海省乌兰、班玛两地经过精确定年的树轮年表^[17]，计算了轮宽指数对气候要素的响应函数，重建了茶卡地区1163—1955年和阿巴地区1721—1955年的降水，分析表明降水的变化存在着明显的周期现象。上述研究为我国年轮气候序列增加新的内容。

三、区域气候研究

本部份主要包括气候空间分布的研究，属“气候学原理”一类范畴。为区别于气候的时间变化规律研究（例如历史气候，年轮气候，气候变化研究），因此这里称为区域气候。

“七五”期间区域气候研究主要成果有以下二方面：

1. 中国气候研究方面

（1）《中国气候》（张家诚、林之光著），由上海科技出版社出版^[18]。1986年见书后，于1987年2月由台湾明文书局出版了繁体字本。1988年上海科技出版社与美国著名的John Wiley 出版公司签订合同，在美国出版英文版。现在已由南京气象学院谭丁教授译成英文，即将在美国出版。

《中国气候》是我国继1962年南京大学朱炳海教授《中国气候》出版以来第一部大型系统的中国气候专著。该书分中国的环流和天气系统，气温，降水，湿度和蒸发，云量、日照和太阳辐射，风速，地温与冻土，各种天气现象，中国气候区划，我国气候变化，气候形成和变化的原因，我国气候资源和气候灾害等十三章。陶诗言教授在“评张家诚、林之光著《中国气候》”（载《地理学报》1987年第3期）一文中指出，“本书可以说是一本中国气候大全”，“实用性很强”。

（2）为了进一步总结国内三十多年来区域气候的丰富科研成果，由我院主持，张家诚

任主编,朱瑞兆、林之光任副主编,在全国气象部门中组织编写了一套《中国气候丛书》^[2]。全书共10卷,即总论、东北、内蒙、新疆、青藏高原、黄土高原、华北平原、长江中下游、华南和西南卷,由气象出版社出版。现在已出版青藏高原、内蒙和华南三卷,预计全书将在1992年内出齐。

(3) 为了适应国际交流的需要,地图出版社1986年决定出版8开大型的《中华人民共和国地图集》^[20]的英文版,其中“中国气候”已重新增补改写,扩充为1万余字,已于1991年交稿。

(4) 我国夏季风雨区进退气候规律的研究

我国大陆年雨量主要来自夏季风降水,夏季风雨水多寡、夏季风雨带、雨区移动正常与否,很大程度上决定了我国大范围旱涝灾害。

早在五十年代,高由禧先生等就进行过我国东部地区夏季风雨带进退规律的研究。但迄今为止尚未对西部地区的季风雨带移动进行过较系统的研究。林之光利用1951—1980年30年整编资料先后对我国东、西部地区,然后对全国夏季风雨区进退进行了研究^{[21][22]}。得出的新结论主要有:①东部地区夏季风雨带撤退时于9月份在淮河纬度停留一个月之久,虽然该秋雨带的雨量不多,出现频率大约只有初夏梅雨带的一半。这个结论从500hPa副热带高压脊线南撤过程中有相应停滞,以及9月份月平均雨量图上淮河流域存在相对多雨带均可以得到证实。②西部地区夏季风雨区进退方式与东部地区完全不同,东部夏季风雨区呈带状,北进时有时有跳跃现象;但西部地区雨区不呈带状而呈片状,以云南南部为基地向北扩展,因此不发生东部地区雨带(初夏)北上后会出现相对少雨(华南)或伏旱(长江中下游)的现象。西部地区中夏季风“爆发”现象仅限于其东部。(87—88°E以东地区),3个旬内即可从云南南部到达青海北部。夏季风雨区的向西(西藏中、西部地区)扩展是较慢的。③西部地区由于局地性(但范围很大)华西秋雨存在而破坏了夏季风雨区的正常撤退过程。

2. 地形气候研究

在“七·五”期间,地形对气候影响研究主要集中体现在《地形降水气候学》^[23]的完成(林之光著,科学出版社出版),全书约40万字,共分十章六个部份。即第一部份海拔高度、坡向和特定地形对降水分布的影响,地形降水的成因分类;第二部分,山脉地形对锋面和气压系统(降雨天气系统)发生、发展、移动、消亡的影响,即地形通过影响降雨天气系统而影响降水分布;第三部份,计算地形影响降水量的几类方法,降水率问题;第四部份,研究现有降水量资料中由于风速造成的观测误差及其对研究山区降水分布规律造成的严重影响,小尺度异常降水分布的成因。第五部分,地形、高度对云、雾、降雪、积雪、雹、雾凇、雨凇、导线积冰等的影响。第六部份,山脉地形对山脉两侧及垂直方向上降水年变化和植被景观的影响,地形对降水日变化影响等,即研究地形对降水时间变化的影响。

本书由中国科学院学部委员陶诗言教授作序,序中指出本书是国内外第一本地形降水气候专著,国内外有关山区气候专著中地形对降水影响方面的内容均很少。该书的出版必将受到气象、气候、水利、地理等学界的欢迎。

参 考 文 献

- [1] Pao K. Wang, and De'er Zhang, 1988, An introduction to some historical governmental Weather

- records of China, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, Vol. 69, No.7, 753—758.
- [2] Zhang De'er, 1990, Climate variation revealed by "clear & rain records" of Qing Dynasty, Climatic changes and their impacts, Preprints of Beijing International Symposium on Climatic Change, A-10.
 - [3] 张德二, 刘传志, 1986, 北京1724—1903年夏季月温度序列的重建, 科学通报, 31卷8期, 597—599.
 - [4] De'er Zhang and Pao K. Wang, 1987, Reconstruction of the 18th century summer precipitation pattern in the lower reach of Yangtze region of China and the contemporary west Pacific high features; Part I, Proceedings of Historical Climate Data Workshop, Washington, DC.
 - [5] Zhang De'er and Pao K. Wang, 1989, Reconstruction of the eighteenth century summer monthly precipitation series of Nanjing, Suzhou and Hangzhou using the clear and rain records of Qing Dynasty, *Acta Meteorologica Sinica*, Vol 3, No. 3, 261—278.
 - [6] 张德二、王宝贵, 1990, 用清代《晴雨录》资料复原18世纪南京、苏州、杭州三地夏季月降水量序列的研究, 应用气象学报, 1卷3期, 259—270.
 - [7] Zhang De'er and Pao K. Wang, 1990, A study on Meiyu activity of eighteenth century in china, Proceedings of USA/PRC Third Workshop on Climate Studies, pp. 13—16, Shanghai.
 - [8] 张德二, 王宝贵, 1990, 18世纪长江下游梅雨活动的复原研究, 中国科学B辑, 12期, 1333—1339.
 - [9] 张德二, 1990, 华北历史时期干旱问题研究的回顾, 旱涝气候研究进展, 19—22页, 气象出版社。
 - [10] 张德二, 1990, 黄河流域历史旱涝图, 黄河流域地图集, 46—49页, 地图出版社。
 - [11] 张德二, 1990, 渭河谷地的气候变化, 《黄土·第四纪地质·全球变化》第一集, 1—6页, 科学出版社。
 - [12] 安芷生、吴锡浩、卢演涛、张德二、孙湘君、董光荣, 1990, 最近2万年中国古环境变迁的初步研究, 《黄土·第四纪地质·全球变化》第二集, 1—26页, 科学出版社。
 - [13] 安芷生、吴锡浩、卢演涛、张德二、孙湘君、董光荣、王苏民, 1990, 最近18000年中国古环境变迁, 自然科学进展, (2) 167—173页。
 - [14] 徐瑞珍、李江凤, 1986, 昌吉地区的云杉年表, 气象, 增刊2。
 - [15] 徐瑞珍, 1989, 天山中部昌吉地区树木年轮与气候要素的关系, 气象科学研究院院刊, Vol 4, No.1 75—81.
 - [16] 李江凤、袁玉江、张治家、徐瑞珍, 1989, 阿尔泰山树木年轮年表的响应函数, 新疆大学学报, Vol 6, No.1.
 - [17] 张志华、吴祥定, 采用青海树木年轮年表重建局地过去降水的初步分析, 应用气象学报(待发表)。
 - [18] 张家诚、林之光, 1986, 中国气候, 上海科学技术出版社, 台湾明文书局(繁体字本), 1987.
 - [19] 张家诚(主编)、朱瑞兆、林之光(副主编), 1990, 中国气候丛书(共10卷), 已出华南气候、青藏高原气候和内蒙古气候3卷, 气象出版社。
 - [20] 中华人民共和国地图集, 地图出版社, 1979年初版, (多次再版)。
 - [21] 林之光, 1987, 我国东部地区夏季风雨带进退规律的进一步研究, 气象科学技术集刊(10), 气象出版社, 24—31。
 - [22] Lin Ehiguang, 1988, The advance and withdraw of the summer monsoon rainy area in Western China, *Acta Oceanologica Sinica*, Vol. 7 Supp.1, 4th Quarter 44—55.
 - [23] 林之光, 地形降水气候学, 科学出版社(待出版)。

物理气候学研究进展

陈隆勋 姜达雍 董 敏 任振球

(气候研究中心)

在1986—1990年间,气象科学研究院在物理气候方面做了大量工作,大致可分季风、海气相互作用、全球和区域海气耦合模式和近代气候诊断等几个方面,现分述如下。

一、东亚季风研究

近5年来,我院的季风研究有很大进展。在国内,我们一直受局季风科研基金和国家自然科学基金会资助,主持全国季风科研协作组工作,协调国内主要的季风科研工作。在5年内,我们主持召开了二次全国季风学术讨论会(1986年在青岛和1988年在西安),并出版了二本会议论文集^{[1][2]}。在国际上,在中美大气科学和技术协作协定中“季风”项目下和美国科学家合作研究东亚季风,先后于1987年在昆明主持第三次中美季风学术讨论会并在1989年参加在美国宾州州立大学召开的第四次美中季风学术讨论会。此外,还参加了1986—1987年的澳大利亚季风试验及其分析工作,即将进行中日亚洲季风机制研究合作。

有关近5年内全国季风科研合作的主要科学成果,已由陈隆勋等(1990)写成专著“东亚季风”^[3],即将在气象出版社出版。此外,有关成果还总结于Tao和Chen(1987)^[4]论文中。总结起来有以下几个方面:

(1) 平均环流和东亚季风形成和维持机制:利用美国国家气象中心(NMC)的1968—1985年月平均高空风资料和NASA的OLR资料,对亚洲季风区的冬夏季风平均结构重新作了研究(董敏、邵永宁和杨崧,1990)^[5],指出冬夏均在阿拉伯海、孟加拉湾和南海存在低空季风强风中心。对冬季,除了南海强冬季风中心部份受西伯利亚冷涌影响外,其形成均是与当地海陆热力差异有关。在夏季,上述三个地区也存在强西南季风中心。对其形成机制,陈晶华和陈隆勋(1990)^[6]作了数值试验研究。他们在一个5层模式中,在加上实际的非洲、印度次大陆和中南半岛地形和实际海温分布后,模拟出与实况相近的三个强季风中心,在去掉上述三个次级陆地并加上均匀的纬向平均海温后,上述三个强风中心即从模拟结果中消失,相应的三支强越赤道气流亦消失。因而表明,阿拉伯海、孟加拉湾和南海三支强西南季风中心及与此相连的越赤道气流的形成是与亚洲南部海陆分布有关。亚洲大陆和海洋的热力差异形成了行星级西南季风,而其次级海陆的热力差异是形成了西南季风中各个强风中心的主要原因。

大气热源分布是季风维持机制中的重要一环。在1985年前我们进行了许多研究,指出夏季主要热源不在青藏高原上空而在孟加拉湾和南海-西太平洋地区。丁一汇著^[7]作了夏季平均速度位势场,也指出7月速度位势中心正位于南海-西太平洋大气热源中心的上空。Li^[8]继Chen et al.^[9]后进一步研究了1979年青藏高原上空大气热源分布,也指出并不是十分

强的。Feng et al.^[10]进一步研究了1979年夏季青藏高原西部的大气热源结构,指出该区大气热源在夏季风建立后相对是弱的,并且降水不足抵消蒸发,这与该区的干旱状态是一致的。中日季风合作研究将计划在青藏高原地区设立4个热量平衡和积雪量及地温自动观测站并计划进行多年观测,将有助于高原热源的进一步研究。

(2) 季风的30—60天低频振荡研究:在此5年中,我们对低频振荡作了许多研究。研究表明,低频振荡是亚洲夏季风爆发的一个重要触发机制,并且低频振荡是双周振荡以及其他短期振荡的激发源,上述的后者二种振荡常盛行于OLR的30—60天振荡的强对流位相^[11]。还提出一种低频振荡的形成机制,这就是低频振荡主要是由纬向一波和二波组成,赤道上一波是东传的,而二波是与强热源分布有关的驻波。在正常情况下,当一波东传经过二波的强对流区时常得到激发,其激发区常在孟加拉湾和西太平洋西部。这是印度季风系统和东亚季风系统中二个独立的低频振荡活跃中心。在正常情况下,夏季西半球的二波常抵消东传的一波,造成低频波的弱区^[12]。对副热带低频振荡的特性也作了研究,发现亚洲副热带地区夏季低频振荡大部份是自东向西传播的,这与赤道上传播方向相反^[13]。在30°N上,发现大部份低频振荡起源于欧洲向东越过青藏高原到西太平洋,也有约1/3的低频振荡是起源于太平洋向西越过青藏高原到欧洲地区,因而青藏高原似乎不是一个低频振荡的源区^[14]。对于低频振荡的经向传播也作了研究^[14],指出东亚地区和青藏高原地区存在来自高纬的低频振荡,它们与来自热带的低频振荡大致相汇于30°N附近。此外,在亚洲夏季高空东风急流中也发现存在明显的低频振荡^[15],它们的强弱与El Nino有关。

低频振荡与El Nino之间存在相互作用。陈隆勋和谢安等^[15]指出,在1982 El Nino前,西太平洋赤道上空存在一个强烈的OLR低频振荡活跃期,当El Nino生成后,该区低频振荡变弱而中和东太平洋赤道地区变成十分活跃。与此同时,在东亚及90°E上,El Nino发生后,来自高纬的低频振荡可以越过副热带及高原上空而传播到热带。对1982El Nino前后的高空风低频振荡变化也作了研究^[16],也发现与OLR振荡相同的结果。他们还发现,在El Nino发生前,赤道上低频振荡是向东传播的,但El Nino发生后,变为起源于东太平洋赤道而向西传播。El Nino发生前的低频振荡的纬向一波和二波特性和正常的一致,但El Nino发生后,主要是二波变得十分活跃,在东太平洋赤道出现一系列低频气旋和反气旋西传。这些结果表明,低频振荡对El Nino发生可能有激发作用,但El Nino发生后,东太平洋赤道上空的异常热源又控制和改变了低频振荡的特性。

对低频波的动力学也进行了许多研究。对扰动能的气候特征及其与平均风场的关系作了研究^[17]。对热带低频波的动力结构作了理论研究,并从动力学理论研究了它们与中纬环流之间的相互作用^[18]。此外还研究了低频波传播的动力学特性^[19]。以及它们与基本气流的关系。董敏和Webster^[20]指出某种基本气流可以拦截低频波的越赤道向北传播。

(3) 季风的年际变化研究:近5年来,对季风的年际变化特征及其机制也作了许多研究。陶诗言、朱文妹和赵卫^[21]研究了一个江淮流域典型早年(1978)和一个典型涝年(1980)的季风环流状况,发现旱涝形成主要是东亚季风环流系统异常配置造成的。造成这种异常配置则与海气和地气间相互作用异常有关^[22]。此外,欧亚地区500hPa上纬向风特征也影响了中国地区季风降水的异常^[23]。

季风异常与海气相互作用异常密切相关。在这方面,董敏和杨崧^[24]研究了El Nino对热带大气环流的影响,指出不论是纬圈环流还是经圈环流均受明显影响。这种影响也影响到

中国天气。季风异常存在明显的准2年、3.5年和5年等年际振荡特征。Chen et al; [25] 研究了近40年来中国160站降水, 发现存在明显的准2年(QBO)、准3.5年(QTO)和准5.5年(FYO)振荡。这种振荡有二个源地, 一个是来自北方, 向南向西传播到华北, 另一个起源于热带南海和西太平洋, 自华南沿海向北和向西传播到长江中下游和西南地区。这说明, 影响中国季风异常既可来自极地又可来自热带海洋。气温也有相同的年际振荡和几乎一致的源地和传播路径[26]。在全球海表温度序列中也发现QBO、QTO和FYO振荡[27][28][29]。这种海洋年际振荡有明显的传播特征。对QBO和TO它们有二个源地, 第一个位于副热带南太平洋西部, 起源后向东传播到南美沿海, 然后向北, 到赤道后向东, 形成东太平洋赤道的冷暖海温年际振荡中心。另一个起源于副热带北太平洋东部, 起源后向东传播, 在西太平洋向南到赤道, 之后沿赤道到中太平洋, 形成中太平洋赤道海温振荡中心。实际上, 中、东太平洋赤道各有一个振荡中心, 它们来源是不同的。海平面气压和风场也有同样的振荡, 它们和海洋是十分协调的。大气中高空风场的传播和海洋的海温振荡传播十分一致[30]。研究表明[27]—[30], El Nino均发生在海洋中 QBO和QTO 二种振荡同位相传播到东太平洋赤道时, 此时赤道高空(低空)也为QBO和QTO 的东风振荡中心(西风振荡中心) 同位相传播到东太平洋赤道上空, 二种振荡的共振激发了El Nino的发生。

东太平洋赤道海温从总体上和中国降水及气温并无很好相关。但从QBO或QTO 而言, 海温的QBO (QTO) 和中国降水的QBO(QTO) 有十分好的相关。这可能表明, 由于海温不同振荡对中国降水同类振荡影响的传播及位相不同, 造成二种振荡叠加后, 有时使中国涝, 有时使中国旱。这表明从年际振荡入手来研究El Nino对中国气候影响是十分有必要的。

二、海气相互作用观测研究

我们参加了国家“七·五”攻关第76项07—01课题, 和中美西太平洋海气相互合作(1985—1990) 海上8个航次的辐射考察, 以及国家气象局资助的“西太平洋海气相互作用诊断研究和模拟研究”。在总的方面, 我们提出了中国对TOGA研究工作的建议[31], 和适合海气系统有关物理量的观测要求[32]。基于中美西太平洋8个航次所获得资料的诊断分析上, 我们发现以下的主要事实:

(1) 西太平洋西部比东部吸收更多的太阳辐射(总辐射)(低云量影响大)。平均讲, 获得热量多。揭示该区存在一暖水池。这表明该海区在全球热量收支中, 特别在El Nino期间起着重要的作用; 海洋热量输送主要通过太阳辐射和潜热来实现[33][34]。

(2) 在1986/1987年El Nino事件中, 西太平洋有明显的信风张弛现象; 第二航次(1986年) 西太平洋海域出现偶发性西风, 最强风力达13.6米/秒。揭示海表水温异常, 西风偶然出现, 信风张弛等海气现象综合体是构成El Nino形成的充分必要条件[33]。

(3) 暖水池海域以东 180° — 150° W的赤道洋面是潜热通量低值带中的一个相对高值区。冬半球副热带地区有效长波辐射, 感热和潜热通量季节性变化大, 西北热带太平洋地区热量通量的季节变化最大。揭示在海气系统数值模拟中, 表面通量和云—辐射反馈是两个最本质需要改进的物理量。这些量的年、季变化与亚洲季风密切相关[35][36]。

三、气候模式的研究

近5年来,我们花了大量投资于气候模式的研究,这方面也得到国家自然科学基金会的资助。总的说来有以下几个方面:

(1) NCAR的共同气候模式CCMob和CCMI的移植。

目前,我们已成功的移植了9层CCMob模式和11层CCMI模式,在气科院的计算机上可以进行运转和作试验。利用CCMob气候模式,研究了太平洋暖池地区海温的变化对东亚环流的影响^[37]。我们发现,在暖池地区海温加暖后,在东亚产生一个自南向北北东的波列,这种波列影响了中国的月季天气。利用CCMI作人类活动影响的敏感性试验正在进行中。

(2) OSU模式引进和改造。我们引进了OSU模式,并对此作了重大改进,用实时资料替代气候平均资料,用实时月平均海表水温替代气候平均值。对1985年1月实时资料作为初始场,积分了9个月,数值模拟结果表明:月、季、半年、9个月时间尺度,全球平均环流型的季节转换动力学预报的实现是可能的^{[38]-[40]}。这正是国际TOGA1990年执行计划所要求的。

热带海表水温异常模拟和大气表面风场响应的数值试验表明:El Nino这一大尺度、低频、加强循环,是一个确定性过程,不是随机的;是一偶发性事件,是可以GCM模拟的。相应的大气表面风场响应有:①日期变更线以西出现偶发性西风是重要的,从而使大规模暖水自西向东输送;②东太平洋信风持续起到了抑制作用;③El Nino型SSTA提供后,赤道中太平洋突然变为北风,即越赤道气流加强;④信风张弛是上部海洋热量重新分布的原因之一^{[41][42]}。

(3) 建立了一个全球浅水波耦合海气模式,积分了一个月,来进行海气相互作用的模拟研究。数值试验表明:用耦合海气模式和单纯大气模式积分一个月的500hPa大气风场对比,冬季虽各呈二槽二脊流型,但强度和位置有明显差异。这有力说明包括在耦合模式中的海气相互作用机理能影响大气超长波和长波的位置和强度。即能影响大气的变率和分布^[43]。

(4) 区域动力气候模式的建立。在国家自然科学基金会的资助下,气科院、南京大学、中山大学和南京气象学院联合研制出了一个包括三层全球大气、六层全球海洋和中国区域细网格的区域气候模式。大气模式是在OSU二层模式中加入一个边界层,并引进了Deardorf的边界层模式,改进了OSU模式中云形、云量的计算,并把辐射计算扩展到三层大气,改进了时间积分方案和等压面位势高度的计算方案。气候状态的数值模拟结果表明,低空的气温和海平面气压场更接近于实际,500hPa的高度值也更近于实际。六层海洋模式包含了海温、海流和盐份的计算,已成功地积分45年,取得十分接近实际海洋气候状态的模拟结果。中国区域细网格模式已与三层全球模式单向嵌套,成功地运转二个月,十分稳定。目前,正在进行海、气耦合以及上述三个模式的耦合嵌套试验,预计这个模式可用于作气候形成机制、人类活动对气候影响和数值试验。

四、历史上的全球变化及其天文成因

全球变化研究是国际地圈-生物圈计划(IGBP)的主要目标,在90年代初刚刚开始实

施。任振球经过多年研究,完成和出版了《全球变化——地球四大圈异常变化及其天文成因》^[44]一书,书中部分内容为国家自然科学基金资助项目。与IGBP侧重研究由地圈与生物圈相互相作用尤其人类活动引起的全球变化有所不同,该书对整个历史时期和地质时期由自然因素引起的全球变化,进行了较为系统的研究。该书的特色在于,将天文、地球、生物三者视为在一定条件下相互联系的整体,对历史上全球变化进行天地生综合研究,从而得到了若干重要结论。

(1) 发现历史上的全球变化,以灾害群发为主要特征。即在某一时期内,地球由大圈的严重自然灾害和异常变化,大都呈现着同步发生的现象。例如,在间隔1000—1400年发生一次的自然灾害群发期,严重低温、干旱沙漠化、罕见洪水、特大地震、海平面下降以及古代文明发展受抑制等,均大体同时出现。此种历史上的全球变化,在不同时间尺度上都有表现。除存在随机事件外(如小行星、彗星撞击地球),大多表现为准周期形式。书中对7种不同时间尺度包括3—4年、数十年、百年、千年、10万年、3200万年和3亿年尺度的全球变化,利用大量资料数据进行了详细讨论。认为抓住此种以灾害群发为特征的全球变化,深入探索其间相互作用及其初始原因,有可能是研究历史全球变化的主要之点。

(2) 全球系统在上述多种时间尺度上的整体异常,其最终原因或初始原因,都直接或间接地与相应的天文参数变化有关。它们分别与地球自转的年际变化和长期变化、九大行星地心会聚的力矩效应、地球公转轨道参数变化以及地球跟随太阳穿越银道面和绕银河系中心运动的周期等有密切联系。其间大都通过地球不同部位或全球接受太阳辐射量的改变以及某些动力过程而发生作用。

(3) 在天文参数的初始调制下,地球系统内部反馈放大有重要作用。如10万年一遇的冰河期,是在地球轨道参数变化使得高纬度夏季辐射量减少的情况下,通过冰面反射,大气CO₂减少和世界火山猛烈喷发等反馈导致气候进一步变冷而形成。指出温室效应减弱仅是导致冰河期的反馈因子之一,并不是发生冰河期的首要原因。

(4) 历史上多种时间尺度的全球变化表明,除美国中西部和苏联中亚的干旱区外,全球性的干旱沙漠化都是出现在全球气候变冷而不是变暖时期。与目前一些变暖说不同,书中论证了多种时间尺度的自然灾害群发期,都是发生在全球气候变冷时期而并非变暖时期。

参 考 文 献

- [1] 季风论文专集, 1987, 气象科学技术集刊第10号, 气象出版社。
- [2] 东亚夏季风, 1987, 气象科学技术集刊第11号, 气象出版社。
- [3] 陈隆勋、朱乾根、罗会邦、何金海、董敏、冯志强, 东亚季风, 气象出版社, (待出版)。
- [4] Tao Shiyan and Chen Longxun, 1987, A Review of recent research on the East Asian summer monsoon in China, Monsoon Meteorology, edited by C.-P. Chang, Oxford university Press.
- [5] 董敏、邵永宁、杨松, 1990, 热带大气环流平均状况的研究, 热带气象, 6。
- [6] 陈晶华、陈隆勋, 1991, 亚洲南部次级海陆热力差异对夏季季风环流的影响, 应用气象学报, 2卷, 4期。
- [7] 丁一汇、赵深铭、何诗秀, 1987, 北半球夏季全球热带和副热带200hPa平均辐散环流的研究, 气象学报, 45, 120—127。
- [8] Li WeiLiang, 1987, The features of the atmospheric heat source over the Qinghai Xizang Plateau and the effect of clouds on radiation oscillations in summer 1979, Atmospheric Radiation: Progress and Prospects, Science press, pp.99—106.
- [9] Chen Longxun, Elmar, R.Reiter and Feng Zhiqiang, 1985, The Atmospheric Heat Source over the Tibetan plateau: May—August, 1979, Mon.Wea.Rev.113, 1771—1790.
- [10] Feng Zhiqiang, Elmar, R.Reiter, and Chen Longxun, 1986, The atmospheric heat budget over the western Part of Tibetan plateau during Monex 1979, Advances in Atmos.Science 2, 469—487。

- [11] Murakami, T., L.-X. Chen and A. Xie, 1986, Relationship among seasonal cycles, low-frequency oscillations, and transient disturbances, *Mon. Wea. Rev.*, **114**, 1456—1465.
- [12] Murakami, T., L.-X. Chen and A. Xie, 1986, Eastward propagation of 30—60 day perturbations as revealed from OLR data, *J. Atmos. Sci.*, **43**, 961—971.
- [13] Chen Longxun and Xie An, 1989, Westward propagation of low-frequency oscillations over the Subtropics of Eastern Hemisphere and its Teleconnection, *Acta Meteorologica Sinica*, **3**, 300—312.
- [14] 谢安、叶谦和陈隆勋, 1989, 青藏高原及其附近地区大气周期振荡在 OLR 资料上的反映, *气象学报*, **47**, 272—278.
- [15] 陈隆勋、谢安、T. Murakami, 1987, OLR 资料所揭示的 El Niño 和 30—60 天振荡之间关系, *气象科技集刊*, (11), 季风专刊, 气象出版社.
- [16] Chen Longxun and Shao Yongning, 1991, Variations of 30—60 day oscillation during 1982 El Niño, *Acta Meteorologica Sinica*, **5**, 397—410.
- [17] 董敏和杨崧, 1991, 扰动动能的气候特征及其与平均风场的关系, *热带气象*, **7**, 63—71.
- [18] Webster, P. J. and Dong Min, 1990, The structure of Low frequency Phenomena in the tropics and its interaction with the Extratropics, *Advances in Atmos. Sciences* (to be Published).
- [19] Webster, P. J., H. R. Chang, Dong Min and A. Samel, 1987, Wave accumulation and emanation zones at low latitudes.
- [20] 董敏和 P. J. Webster, 1989, 基本气流对热带波动传播影响的数值试验, *气科院院刊*, **4**, 113—122.
- [21] 陶诗言、朱文妹和赵卫, 1987, 1978 和 1980 年夏季江淮流域典型旱涝异常年份东亚季风的特征, *气象科学技术集刊* 第 11 期, 气象出版社.
- [22] 同上, 1988, 论梅雨的年际变化, *大气科学* (特刊, 1988), 13—21, 气象出版社.
- [23] 董敏、朱文妹和魏凤英, 1987, 欧亚地区 500 百帕上纬向风特征及其与中国天气的关系, *气象科学研究院院刊*, **2**, 166—173.
- [24] 董敏和杨崧, 1989, 厄尼诺现象对热带大气环流影响的研究, *气象科学研究院院刊*, **4**, 35—42.
- [25] Chen Longxun, Chen Du and Shen Ruigui, 1990, The interannual oscillations of Rainfall over China and its relationship to the interannual oscillation of the air-sea system, *Acta Meteorologica Sinica*, **4**, 598—612.
- [26] 陈隆勋、陈多和沈如桂, 1991, 中国气温的年际振荡特性及其与海气系统年际振荡的关系, 将于 *热带气象* 发表.
- [27] Yan Jinghua, Chen Longxun and Wang Gu, 1988, The propagation characteristics of interannual low-frequency oscillations in the tropical air-sea system, *Advances in Atmos. Sciences*, **5**, 405—420.
- [28] Chen Longxun, Yan Jinghua and Wang Gu, 1989, Evolutional features of interannual low-frequency oscillations and their relation to the occurrence of El Niño, *Acta Meteorologica Sinica*, **3**, 351—365.
- [29] Shao Yongning and Chen Longxun, 1991, On the biannual oscillation in the air-sea System, *Advances of Atmos. Sciences* (to be published).
- [30] 陈多、陈隆勋和沈如桂, 1990, 高空纬向风准 3.5 年振荡特征, *应用气象学报*, **2**, 40—51.
- [31] Jiang, Dayong 1986, Proposal for future TOGA research in China, *Proceedings of the Workshop for Meteorological Component of PRC-USA Air-Sea Interaction Program*, Qingdao, China, July, 1986, p. 12—14.
- [32] Jiang Dayong, 1987, Observational data requirements for Sino-America research cooperation plan of air-sea interaction, *Summary Report of the Fourth USA-PRC Scientific Planning and Program Coordination Meeting on Western Pacific Air-sea Interaction*, Appendix 5, 15—17, April 1987, Miami, Florida, USA.
- [33] Min Wei, Jiang Dayong, 1988, The characteristics of solar radiation and energy fluxes over the western pacific ocean: Observations of US-PRC Cruises 2 and 4, *Air-sea Interaction in tropical western pacific*, *Proceedings of US-PRC International TOGA Symposium*, China Ocean Press (1990) p. 237—250.
- [34] Li Yuehong and Li Weiliang, 1988, Energy balance on the tropical western Pacific, *ibid*, p. 329—342.
- [35] 马开玉、姚华栋、姜达雍、高国栋, 1991, 热带太平洋和印度洋对大气热源效应季节变化的分析, *热带气象*, 2 期.
- [36] 马开玉、姚华栋等, 1990, 热带海洋对大气热效应和特征分析, 海洋对气候变化的调节和控制作用学术会议论文集, 海洋出版社.
- [37] 董敏、陈隆勋和廖宏, 1990, 西太平洋热池海温异常对冬季风影响的数值试验, 将于 *海洋学报* 发表.