

亚洲季风研究的新进展

——中日亚洲季风机制合作研究论文集

主 编:何金海

副主编:丁一汇 陈隆勋

气象出版社

亚洲季风研究的新进展

——中日亚洲季风机制合作研究论文集

The Recent Advances in Asian Monsoon Research
——The Proceedings of P. R. China—Japan Cooperation
Research Project on Asian Monsoon Mechanism

主 编:何金海 (Chief editor: He Jinhai)

副主编:丁一汇 陈隆勋 (Co-Chief editors: Ding Yihui, Chen Longxun)

气象出版社

内 容 简 介

本文集主要介绍了中日合作项目“中日亚洲季风机制研究”的部分研究成果,收集论文 25 篇。通过对中日合作项目中,在青藏高原设立的热量平衡自动观测站以及积雪和冻土自动观测站所获取的资料,计算了地气动量和热量交换系数、辐射和热量平衡各分量的变化和年内变化及其与天气系统的关系;利用卫星资料对我国的土壤湿度等要素进行了反演;利用 TBB 资料及我国降水资料对我国对流云系的变化、南海季风季节变化及中国暴雨进行了研究;利用日本气象研究所 MRI 模式进行了低频振荡研究;利用 CCM1 模式进行了南海及西太平洋暖池海温影响的数值试验研究。

本文集可供大气科学、海洋、航空、生态及环境等部门的科技人员和大专院校的师生阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

亚洲季风研究的新进展/何金海主编. -北京:气象出版社,1996. 11
ISBN 7-5029-2241-5

I. 亚… II. 何… III. 季风-研究-进展-亚洲 IV. P425
. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 22763 号

亚洲季风研究的新进展

——中日亚洲季风机制合作研究论文集

主 编:何金海

副主编:丁一汇 陈隆勋

责任编辑:王桂梅 终审:周诗健

封面设计:伊 编 责任技编:席大光 责任校对:王梅

气象出版社 出版

(北京海淀区白石桥路 46 号 邮政编码:100081)

北京富瓷快速印务有限公司印刷

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

开本:787×1092 1/16 印张:15.375 字数:394 千字

1996 年 11 月第一版 1996 年 11 月第一次印刷

印数:1—600 定价:24 元

ISBN 7-5029-2241-5/P·0822

前 言

中日亚洲季风机制研究是 1992 年开始的中日合作研究项目,预计到 1999 年结束。合作的总目标是根据西藏高原地气系统热平衡和其它陆面特征的有关观测资料,研究高原对亚洲季风的作用以及季风对东亚和西太平洋地区天气和气候的影响。这个研究计划的主要内容是:

1. 西藏高原的观测和陆气相互作用的分析。
2. 亚洲季风大尺度特征及其与降水系统特别是与梅雨关系的研究。
3. 影响亚洲季风循环的环境条件和冰雪覆盖变化的分析。
4. 季风数值模式的试验研究。
5. 亚洲代表性流域的水平衡分析。

根据这个合作计划的要求,已在西藏高原中部地区设置了四个地面自动热量平衡观测站(拉萨、日喀则、那曲和林芝)和三个积雪冻土自动观测站(拉萨、日喀则、那曲),进行热平衡各分量和积雪、冰土等项目的观测,并已取得两年多的连续资料(1993 年 8 月~1996 年 4 月),初步分析表明,这些高原地区第一手资料对于了解高原地气系统的热源特征及其对夏季风的作用是十分重要的。

西藏高原对季风的作用是在大尺度环流和水分平衡的背景下实现的。因此,同样有必要对高原以外地区的大尺度环流特征和热力状况及其和高原地区的相互作用进行深入系统的分析和数值模拟研究。基于上述原因,我们在对西藏高原的第一手资料进行观测研究的同时,还使用其它各种来源的大尺度资料特别是 TBB 资料、欧洲中期天气预报中心资料,海温资料、卫星反演资料以及我国降水资料对亚洲季风特别是东亚季风的变异规律及形成机制进行了较为广泛和深入的研究,利用数值模式对影响季风变化的各种因子的重要性及其作用进行了数值模拟,对卫星资料反演方法以及区域性水文循环模式也进行了研究,并取得了可喜的成果。本论文集是自 1994 年 10 月第一次中日季风合作学术研讨会以来近两年的部分代表性成果。由于本文集必须于今年 11 月底前出版,以便参加 1996 年 12 月在日本召开的季风亚洲气候系统学术研讨会时进行国际交流,因此,还有一些优秀成果未能收入本文集,编辑组谨请有关作者谅解。由于时间匆忙,编辑水平有限,本文集中错漏之处在所难免,还望读者批评指正。并借此机会向所有支持中日季风合作的有关单位和专家表示感谢,向克服各种艰难困苦奋战在高原观测站获取资料的同志们表示敬意。本文集编辑组由下列同志组成:何金海(主编),丁一汇(副主编),陈隆勋(副主编),谢安、孙淑清和李维亮。本文集在编辑工作中得到国家科委以及中国气象局国际合作部和科教司领导及有关同志的大力支持,刘品、赵卫和巢清尘同志为编辑工作付出了辛勤的劳动,在此一并表示衷心感谢。

编辑组

1996 年 11 月

目 录

前言

东亚季风的研究现状	丁一汇、马鹤年(1)
1994~1995 年青藏高原 AWS 资料分析	
..... 李月洪,李维亮,李晓文,萩野谷成德(15)	
1993 年 7~9 月拉萨近地层湍流输送特征的分析	
..... 李月洪、李维亮、丁晓蓉、任传森、萩野谷成德(25)	
青藏高原地面拖曳系数的变化特征.....	李国平、段延扬、史有瑜、萩野谷成德(37)
青藏高原地表净辐射状况分析.....	朱克云、乔勇军、段延扬、萩野谷成德(45)
夏季风爆发时期对流云团的变化特征	陈隆勋、宋毅、村上胜人(54)
1991 年江淮梅雨期大气环流的季节性演变特征	丁一汇、陆尔(66)
南海季风爆发和亚洲夏季风推进特征及其形成机制的探讨.....	何金海、罗京佳(74)
东亚季风区旱涝年季节转换的不同特征	何金海、温敏、罗京佳(82)
东亚季风区对流活动的年际变异及与江淮地区旱涝关系的研究.....	金祖辉、村上胜人(88)
冬季风异常与环流的隔季相关.....	孙淑清、陈隽(99)
东亚冬季风异常及其影响的统计研究	孙柏民、孙淑清(108)
南海与孟加拉湾夏季风演变的对比分析	王启伟、丁一汇(115)
1982 年东亚及太平洋地区的热源分布及其对 ENSO 的响应.....	王启伟、丁一汇(125)
南海夏季风爆发的气候特征.....	谢安、刘霞、叶谦(132)
青藏高原冬季 TBB 特征及其与夏季亚澳季风异常的联系	朱乾根、白虎志、郭品文(143)
1991~1995 年 El Nino 的基本特征和形成机制的初步探讨	张勤、丁一汇、周琴芳(150)
积雪遥感监测及应用	刘玉洁、王丽波、孟旭、张里阳(162)
用气象卫星遥感方法监测中国季风区气候敏感带蒸散量的年际变化	
..... 郭亮、杜鹏、肖乾广、陈维英(171)	
用气象卫星对东亚季风区的生态过渡带的遥感监测研究	
..... 肖乾广、陈维英、郭亮、杜鹏(177)	
南海和西太平洋暖池表面海温对东亚季风影响的数值模拟	陈隆勋、王予辉(184)
夏季低频振荡的数值模拟	宋玉宽、陈隆勋(200)
亚洲冬季风异常及其对后期环流与天气影响的数值试验研究	孙淑清、纪立人(211)
应用遥感和 GIS 监测 1991 年中国东部的洪涝灾害	董文敏 李杏朝(225)
大面积旱情的动态遥感监测方法研究	李杏朝、董文敏(231)

Contents

The Present Status and Future of Research of the East Asian Monsoon	
.....	Ding Yihui, Ma Henian (14)
Analysis of AWS Data on Tibetan Plateau from 1994 to 1995	
.....	Li Yuehong, Li Weiliang, Li Xiaowen, Shigenori Haginoya (23)
Characteristics of the Surface Layer Turbulent fluxes in Lhasa from July to September, 1993	
.....	Li Yuehong, Li Weiliang, Ding Xiaorong, Ren Chuansen, Shigenori Haginoya (36)
Temporal Variation and Response to Weather Processes of the Drag Coefficient over the Tibetan Plateau	
.....	Li Guoping, Duan Tingyang, Shi Youyu, Shigenori Haginoya (44)
Research on the Surface Total Radiation of Tibetan Plateau	
.....	Zhu Keyun, Qiao Yongjun, Duan Tingyang, Shigenori Haginoya (53)
The Characteristics of Convective System Change during the Onset Periods of Summer Monsoon	Chen Longxun, Song Yi, Masato Murakami (65)
Seasonal Variation of Atmospheric Circulation during the Period of 1991 Excessively Heavy Rain over Changjiang-Huaihe River Basin	Ding Yihui, Lu Er (73)
Features of South China Sea Monsoon Onset and Asian Summer Monsoon Establish- ment Sequence along with Its Individual Mechanism	He Jinhai, Luo Jingjia (81)
The Different Features of Seasonal Transition in Dry—Year and Wet—Year over East Asian Monsoon Area	He Jinhai, Wen Min, Luo Jingjia (87)
The Interannual Variation of Convective Activities in the East Asian Monsoon Area and Its Relation to the Drought and Flooding over the Yangtze and Huaihe River Valley	Jin Zuhui, Masato Murakami (98)
The Anomalous Winter Monsoon and Its Relation to the Interseasonal Connection of Circulation	Sun Shuqing, Chen Jun (107)
A Statistical Study on the Influence of Asian Winter Monsoon	
.....	Sun Bomin, Sun Shuqing (114)
Comparative Analysis of Aspects of Evolution of Summer Monsoon Over the South China Sea and the Bay of Bengal	Wang Qiyi, Ding Yihui (124)
Distributions of Heat Sources over East Asia and the Pacific during 1982 and Response to ENSO	Wang Qiyi, Ding Yihui (131)
The Climatic Characteristics of Summer Monsoon Onset over South China Sea	
.....	Xie An, Liu Xia, Ye Qian (142)
Winter Qinghai-Tibetan Plateau TBB Features in Relation to Asian/Australian Mon- soon Anomaly in Northern Summer	Zhu Qiangen, Bai Huzhi, Guo Pinwen (149)

A Study of Basic Features and Genesis Mechanism of El Nino Events during 1991~1995	Zhang Qin, Ding Yihui, Zhou Qinfang(161)
Remote Sensing on Snow Cover Monitoring and Its Application	 Liu Yujie, Wang Libo, Meng Xu, Zhang Liyang(170)
To Monitor Inter-annual Variation of Evapotranspirations in China Monsoon Transect with Meteorological Satellite Remote Sensing Method	 Guo Liang, Du peng, Xiao Qianguang, Chen Weiyong(175)
A Study on Monitoring Ecological Transect in East Asia Monsoon Region by Meteorological Satellite Remote Sensing	 Xiao Qianguang, Chen Weiyong, Guo Liang, Du Peng(183)
Numerical Experiment of Impact of Sea Surface Temperature in South China Sea and West Pacific Warm Pool on East Asian Summer Monsoon	 Chen Longxun, Wang Yuhui(199)
Numerical Experiment of the Low Frequency Oscillation in Summer by Using of MRI AGCM- II	Song Yukuan, Chen Longxun(210)
Model Study on the Asian Winter Monsoon Anomaly and Its Influence on the Summer Circulation and Precipitation	Sun Shuqing, Ji Liren(224)
Application of Remote Sensing and GIS in Monitoring Flood Disaster in the East China in 1991	Dong Wenmin, Li Xingchao(230)
Methodological Research on Monitoring Large Area Drought by Remote Sensing	 Li Xingchao, Dong Wenmin(237)

东亚季风的研究现状

丁一汇

(国家气候中心,北京,100081)

马鹤年

(中国气象局,北京,100081)

摘 要

东亚季风对中国的天气与气候有明显的影响。长期以来中国气象工作者在东亚季风的研究和预报方面作了大量的工作,取得了许多有国内外影响的研究成果。在未来的5~10年中,东亚季风的研究将大大加强,其研究成果将能够逐步转化为业务能力,为改进东亚地区的天气和气候预报作出贡献。

本文首先回顾了东亚季风研究的现状,分四个阶段阐述了中国季风研究的发展过程和所取得的主要研究成果。以后从科学上指出了东亚季风研究的主要问题和简略介绍了由中国科学家主持或参与的与东亚季风有关的科学试验研究计划。可以预期,通过这些活动和积极的研究,在未来十年左右将会在东亚季风问题上有新的突破。

关键词:东亚季风 气候预报 南海季风试验

一、引言

目前,全球有60%以上的人生活在季风区。中国处于亚洲季风区,每年的天气气候,尤其是在5~9月的汛期,中国大范围地区的降水分布、降水带移动以及旱涝灾害在很大程度上受夏季风控制。例如1991年梅雨季节在江淮地区持续两个月的特大暴雨和洪涝与当年季风活动密切相关,造成了约1000亿元人民币的严重经济损失和人员伤亡。1994年6~7月华南百年不遇的大暴雨和洪涝灾害也与南海季风的异常来临及持续加强密切相关。因而季风的研究为制作和改进汛期的降水与旱涝预报提供了一条重要途径,对国民经济的发展尤其是农业具有重大的意义。

长期以来,中国气象工作者在东亚季风的研究和预报方面作了大量工作,取得了许多研究成果,在国内外产生了明显的影响^[1~4]。本文首先分四个阶段阐述了中国季风研究的发展过程和所取得的主要成果,第二部分重点介绍了今后5~10年由科学家主持或参与的与东亚季风有关的科学试验研究计划。

二、东亚季风研究的现状

在讨论中国季风研究的主要成果之前,对中国季风研究的发展过程作一简略的回顾是十分必要的。中国的季风研究从30年代始,至今已有65年的历史。整个时期可以分为四个阶段^[5]。第一阶段(50年代以前),主要是依据地面观测和稀少的高空探测研究了季风的雨量与地面气流的分布特征,其代表性工作是竺可桢先生的“东南季风与中国之雨量”等经典论文^[6]。

他在这篇论文中阐述了七个问题,涉及到中国古代关于季风的记载,季风的成因,印度季风及其与中国季风之异同以及季风与中国降水和旱涝的关系。这些问题的研究,在半个多世纪中虽然取得了很大的进展,但至今仍是大力研究的重要问题。第二阶段(50~70 年代中期)的研究是将季风区中的地面系统与高空环流联系起来,对东亚的大型过程进行了分析,提出了许多新事实和新概念,如青藏高原的分支和阻挡作用,热源热汇的分布特征,季节的突变,阻塞高压的作用,梅雨的形成和性质等。70 年代以后,气象科学在世界上进入“试验”阶段,诊断分析、数值模拟和近代探测技术相结合,能对全球大气过程或一定地区的特殊过程进行“试验”性研究。为了配合 FGGE 计划中的季风试验(MONEX),中国在 1979 年夏天进行了第一次青藏高原科学试验,所取得的宝贵的高原资料已提供给世界上的科学家进行青藏高原对亚洲季风影响的研究。通过这一阶段的研究,人们对季风和东亚大气环流的性质与问题有了更深入的了解,发现了许多新事实,如东亚季风环流系统的存在并有独立的冷热源中心;东亚夏季风爆发最早;低频振荡活动特征和形成机理的新见解;东亚季风与中国降水及旱涝的密切关系;以及冬季风活动和形成的机理等。与此同时,逐步建立了现代化的客观分析和数值预报以及大气环流数值模拟。上述成果为促进中国中短期数值预报业务的建立和中国暴雨预报的改进作出了重要贡献。第四阶段从 90 年代开始,由于中国科学家在东亚季风领域所取得的大量成果,对国内外学术界产生了重要影响,同时,科技研究力量有明显增强和科技手段有显著改善,中国科学家已有能力发起或主要承担专门的季风科学研究计划或科学试验,如中日亚洲季风机理研究合作计划,中美季风研究合作计划,“南海季风试验”,青藏高原第二次科学试验以及 WMO 的东亚季风研究计划等。通过这些研究计划,将会对东亚季风有更深入的认识,在此基础上,可望大大改进季风和季风雨的中长期预报,并对国际上气候模式的改进和气候预测作出重要贡献。

三、东亚季风研究的主要成果

由于篇幅所限,我们将主要讨论东亚夏季季风研究的主要成果,概括起来有五个方面。

1. 发现东亚季风环流系统的存在

中国大陆、南海和西太平洋地区的季风起源和变化,过去一直归结到印度季风。后来,随着我国季风和热带气象学研究的蓬勃开展,发现我国夏季季风及其降水与印度季风并不密切相关。我国的水汽来源也并不完全来源于孟加拉湾。1982 年提出了东亚季风环流系统存在的概念。1987 年更明确提出^[1],东亚存在一个东亚季风环流系统,并确定了该季风系统的成员(见图 1)。东亚季风系统与印度季风系统既相互独立又相互作用。这个结果突破了长期以来东亚季风研究中的一个误解,即中国大陆的降水

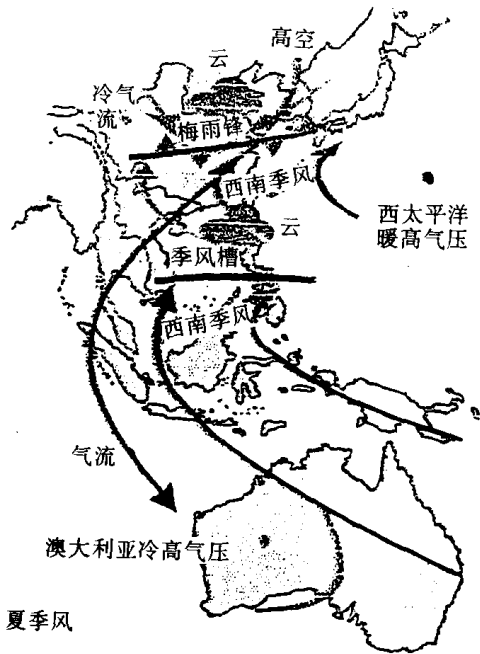


图 1 东亚季风环流系统模型图

Fig. 1 A schematic of the East Asian monsoon system

和旱涝或东亚季风是受印度季风控制或只是印度季风的一种延伸。实际上,东亚季风系统在整个亚洲季风区爆发最早,它有自己独立的冷热源驱动,并产生独特的降水型,如东亚著名的梅雨。

2. 东亚夏季风的最早爆发及其机制研究

中国科学家研究指出,在亚洲季风变化中,南海地区的夏季风爆发最早,平均在5月中旬(图2)。6月中旬季风向西传播到印度西岸,因而印度季风的爆发比南海季风爆发晚一个月左右。同时季风也向北推进,影响日本和朝鲜地区。这个结果后来也一再为大量的季风气候学研究所证实^[7~9]。南海季风的爆发标志着东亚夏季风的来临和中国雨季的开始,因而它具有重要的意义。另一方面南海季风爆发后在南海和西太平洋地区引起海表增温以及大量积雨云发展,以后再通过遥相关过程影响大范围地区的天气气候^[10,11]。

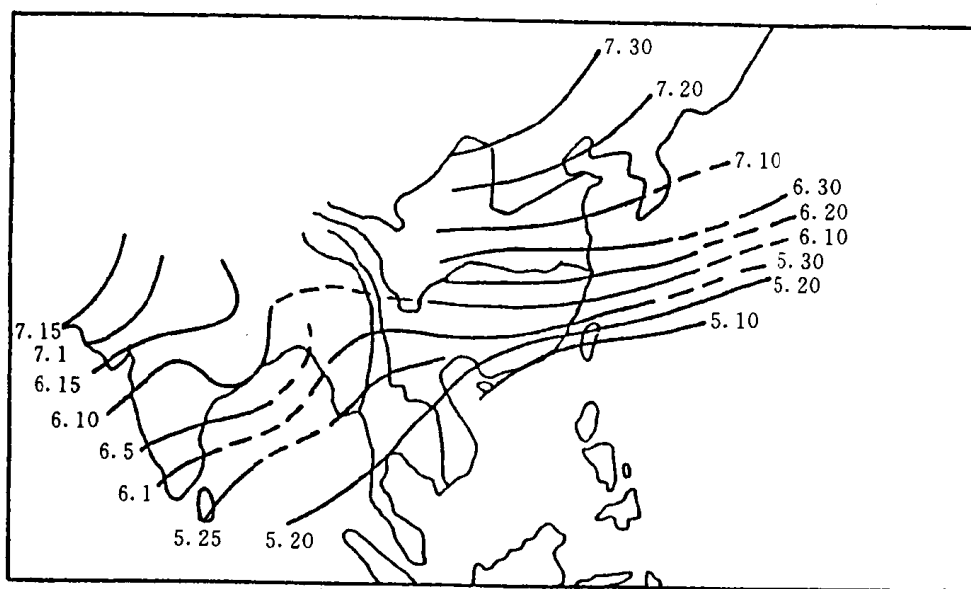


图2 亚洲季风建立的平均日期

Fig. 2 Average dates of the onset of the East Asian monsoon

对南海季风最早爆发的原因目前还没有统一的看法,一是可能与该地区热源的早期发展直接有关,低频振荡是其内部诱发因子;也可能与中纬度影响以及南半球的相互作用有关。

3. 发现维持东亚季风的南海大气热源中心和澳大利亚冷源中心

国内外一直对亚洲地区大气热源的分布及强度有争议。通过许多热源热汇的计算,基本上阐明了亚洲季风区存在两对冷热源,一对是分别位于青藏高原和孟加拉地区的热源和非洲马达加斯加地区的冷源^[8](图3),它是印度季风系统的主要驱动因子;另一对的热源位于南海(主要地区)和西太平洋地区,冷源位于澳大利亚地区,它驱动了东亚季风环流系统。这个发现对于确定东亚季风环流系统的存在是很关键的。图4进一步说明了南海地区热源的情况^[12],它虽然是个别年的例子,但具有代表性。1981年南海季风爆发在5月中旬前后,可以看到,南海季风爆发前的晚春时期(4月)(图4A),加热场(Q_1)位于青藏高原东南部和波罗洲等地区,在5月上旬(南海季风爆发前期)在中印半岛开始观测到大范围热源。这种加热场的分布代表了由冬到夏季节过渡的开始。在季风爆发时期(5月中下旬),加热场迅速在整个南海地区建立,并且加热的量值显著增加。形成了南海地区的一个独立热源中心。南海季风盛期(6月),热源强度继续迅速增加。根据 Q_1 与 Q_2 量值和垂直分布特征的比较,对流云系的强烈发展和潜热释放在产生强加热场上起着主要作用。

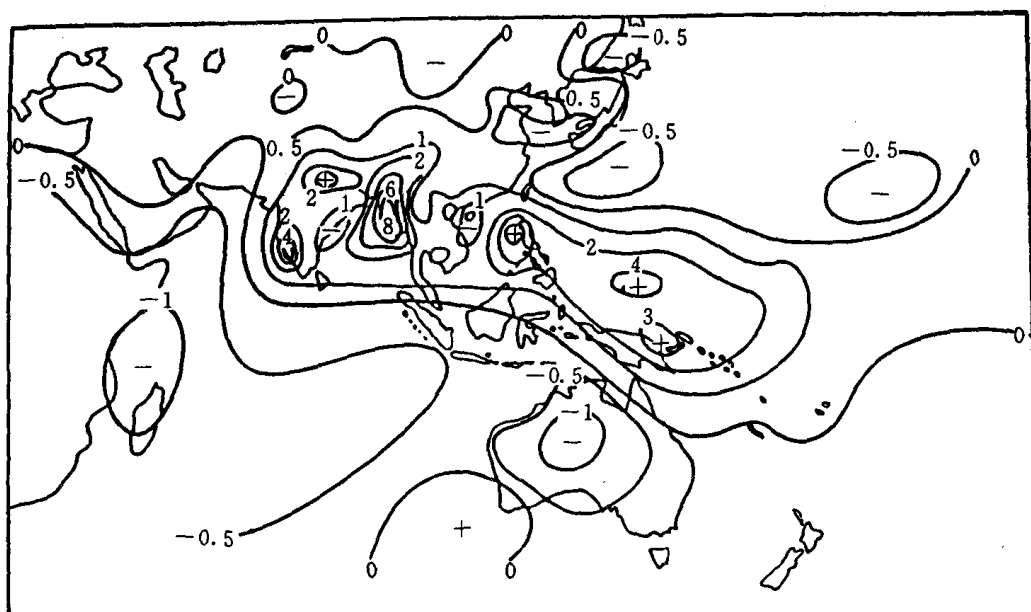


图3 7月平均大气热源的分布(单位:°C/d) 正值为热源,负值为冷源

Fig. 3 The mean July atmospheric heat source. Positive(negative) values represent heat sources(sinks). Unit:°C/d

4. 低频振荡及其形成机理的研究

低频振荡一般指时间尺度大于7~10天的大气环流的周期性或准周期变化,也称季节内振荡。目前研究最多的是10~20天振荡(双周振荡)和30~60天振荡。这两种振荡互相联系,在季风区最明显。它们的活动与季风环流和降水的中期变化(季风的建立、中断、活跃和撤退)有密切关联。图5表示了华南降水的30天振荡情况。关于低频振荡的研究一般现状,王斌和丁一汇^[13]曾进行了总结和评述。这里不再作更多的讨论。在低层20°~30°N之间存在一个经向风低频振荡经向传播的汇合带^[14](见图6)。在此区以北,中高纬的低频振荡是从西北向东南传播的,而此区以南的近赤道和热带地区,低频振荡是自西南向东北传播的。南半球10°S附近的低频纬向风可向北传播到我国南部地区。在高空,恰存在一个低频经向风传播的分离带。因而在东亚地区,北半球热带以南地区低频振荡的经向传播方向在高低空是相反的。低频振荡的经向传播对于中国的旱涝,尤其是江淮流域的旱涝的发生有重要作用。最近揭示,1991年江淮地区特大持续性暴雨就是在中低纬10~25天振荡同时作用下产生的。

另一方面,也发现低频振荡与El Nino的发生和演变有密切的关系。在El Nino发生前,印度洋和西太平洋地区低频振荡异常活跃并向东传,有利于赤道的热源中心东传到中太平洋。El Nino事件发生后,东半球的低频振荡减弱或消失,而在西半球,特别在中、东太平洋,低频振荡活跃起来,并常可自东向西传播。低频振荡的形成机制目前也是正在大力研究的一个问题,人们认为,南北半球的冷空气爆发并到达赤道,激发出Kelvin波,可能是低频振荡发生的一个外界强迫因子。

5. 东亚季风活动与中国降水和旱涝有密切的关系

从气候上看,南海季风爆发后,中国的降水形势发生了根本的改变。首先是华南前汛期雨季来临。到6月中旬前后,随着东亚季风的进一步增强和北推,中国的主要雨带也从华南跳至江淮地区,开始了中国和日本的梅雨季。以后在7月上中旬,东亚季风的前锋推进到黄淮地区,这时北方的雨季开始,在7月下旬和8月上旬,东亚季风可到达40°~45°N地区。因而中国主

要雨带的二次北跳均与夏季风的北推和加强密切有关(见图 7)^[15]。

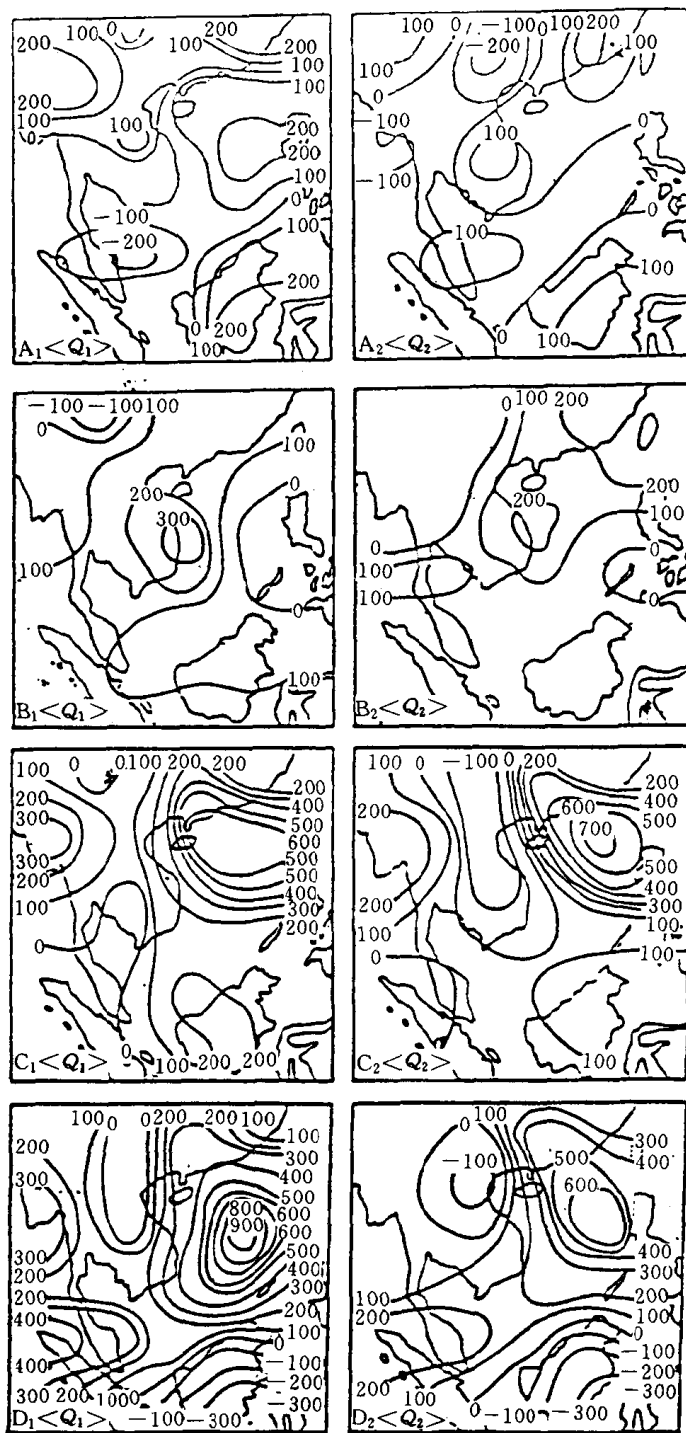


图 4 1981 年夏季风发展的不同阶段 Q_1 和 Q_2 的水平分布(单位: $W \cdot m^{-2}$)

图 4A~图 4D 分别代表 4 月(晚春), 季风爆发前(5 月上旬),

季风爆发后(5 月中下旬)和季风盛期(6 月)的情况

Fig. 4 The horizontal distributions of Q_1 (apparent heat source) and Q_2 (apparent moisture sink) at different stages for 1981 summer. (A): April; (B) prior to the onset of the summer monsoon (early May); (C) post to the onset of the summer monsoon (middle and late May); and (D) June. Unit: $W \cdot m^{-2}$

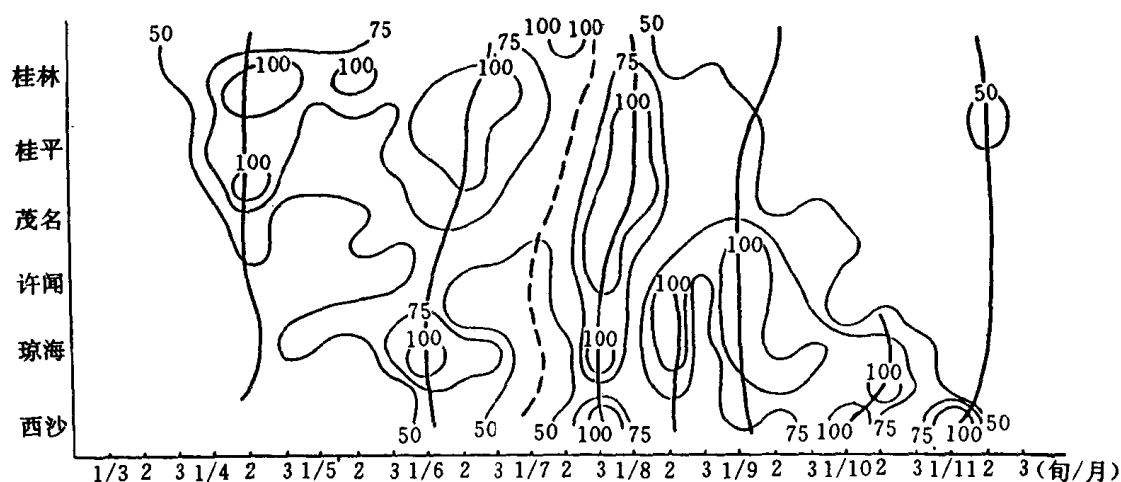


图 5 沿 110°E 华南地区 10 天总降水的时间-纬度剖面图(单位:mm)

(这是对 1976~1980 年的平均值)

Fig. 5 Latitude-time cross-section along 110°E of 10-day accumulated precipitation amount in South China, averaged for 1976-1980. Unit:mm

东亚季风有明显的年际变化,这导致中国东部的降水也有明显的年际变化(见图 8)。

研究发现,中国历史上持续性大暴雨形成的环流背景都与东亚季风气流的加强和异常活动有密切关系。这里给出一个明显的例子。1991 年夏季梅雨季江淮流域出现了持续两个月之久的特大暴雨,而在 1994 年 6~7 月这个地区为持续性干旱,华南则出现近于百年一遇的暴雨洪涝,这一异常灾害性气候引起中国气象学者的高度重视。通过研究表明,这两年的旱涝事件与这两年东亚季风的异常活动有密切关系。1991 年南海季风爆发异常偏晚,建立之后在江淮地区持续偏强,在华北和华南偏弱;而 1994 年季风的建立则异常偏早,其强度在江淮流域偏弱,而在北方和华南则偏强,图 9 给出了这两年南海地区 4~7 月纬向风的高度-时间剖面图。可以看到,这两年季风的结构和活动十分不同。1994 年的季风爆发比 1991 年几乎要早一个月,但 1994 年季风爆发后曾一度中断,在 6 月上旬又迅速活跃,这引起华南 6 月中旬和 7 月中下旬的两次特大暴雨过程。另一方面这两年季风气流中的低频振荡活动也不相同,1991 年曾有三三次明显的 10~20 天振荡活动,它在华南和江南地区伴随着三次季风涌,因而造成了三次暴雨过程;而 1994 年 6 月和 7 月出现的两次暴雨主要与 30 天振荡的活动密切有关。

目前,东亚季风的研究主要有下面九个问题:

- (1) 东亚的热源热汇及其对东亚季风爆发和持续的热力作用。
- (2) 青藏高原对亚洲季风发展的热力和动力影响。
- (3) 东亚季风区的季节内低频振荡。
- (4) 季风的年际变率及其对中国旱涝的影响。
- (5) 季风区的海气相互作用及其与 ENSO 事件的关系。
- (6) 季风雨(如梅雨等)的形成和活动特征。
- (7) 冬季风和冷涌。
- (8) 季风在东亚大气环流季节变化中的作用。
- (9) 季风的中长期预报及其社会-经济意义。

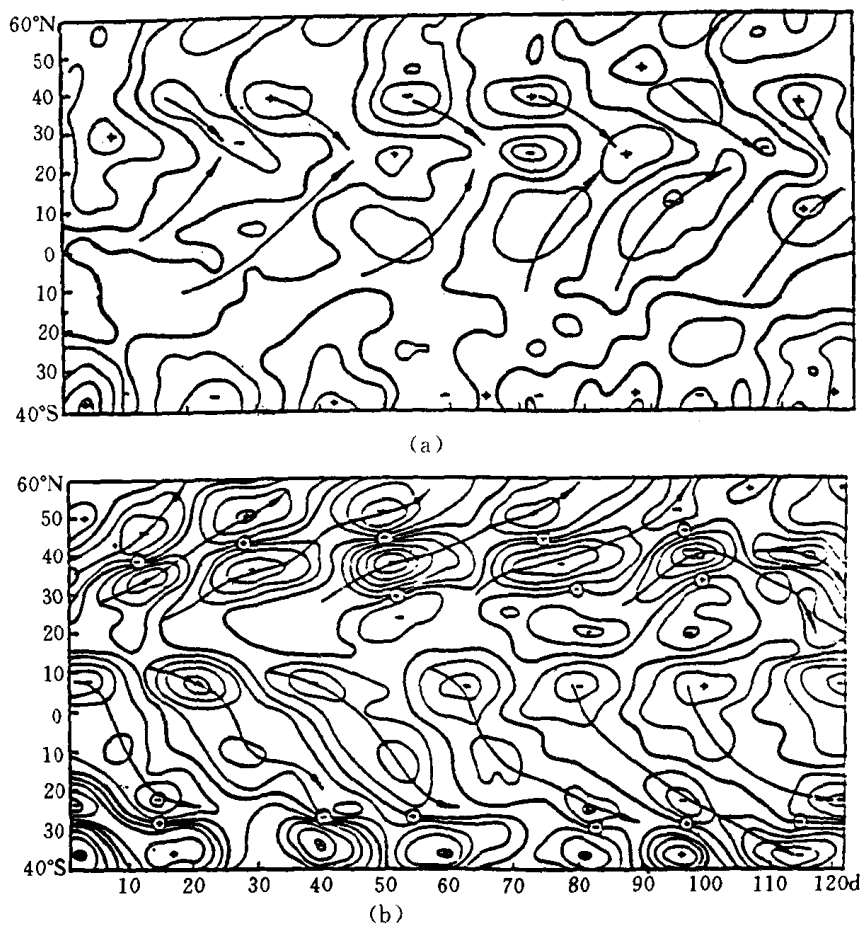


图 6 1981 年 6~9 月沿 120°E 的低频风的时间剖面图 (a) 850hPa 低频经向风等值线, 间隔为 $1\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; (b) 200hPa 低频纬向风等值线, 间隔为 $1\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 正负号分别表示高度场的正负中心, 箭头表示传播方向, 粗实线是零线

Fig. 6 Latitude-time cross-sections along 120°E of low-frequency (30–60 day) wind for June–September, 1981 (a) 850hPa meridional wind, with interval of isolines of $1\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; (b) 200hPa zonal wind, with interval of isolines of $2\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. "+" and "-" denote positive and negative centers of geopotential height fields. Arrows are the propagation direction. Bold full lines are zero lines

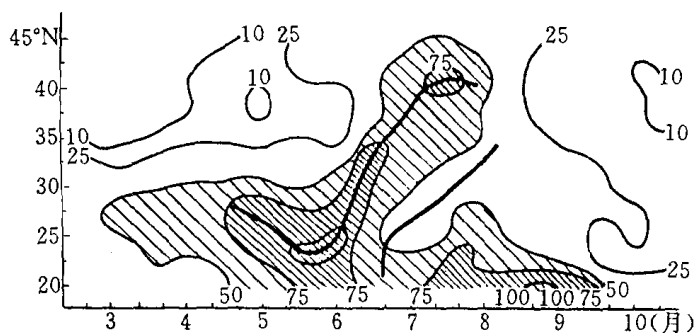


图 7 1950~1979 年平均的中国东部 10 天平均降水量的时空变化 (单位: mm)

Fig. 7 Latitude-time cross-section of the 10 day accumulated rainfall amount in East China averaged for 1950–1979. Unit: mm

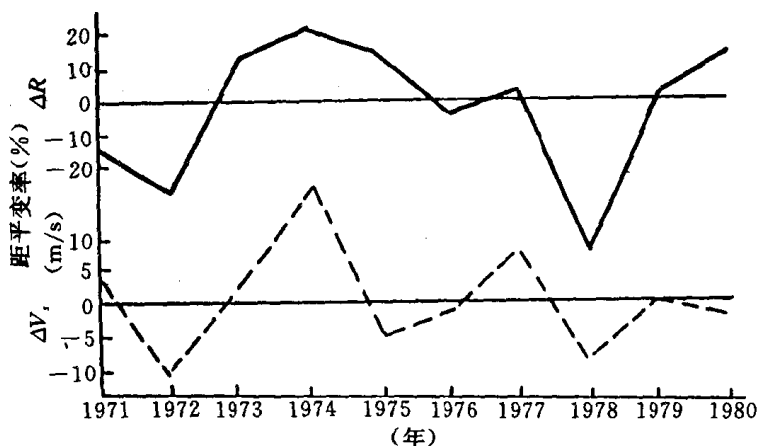


图8 长江中下游6月和7月降水距平(ΔR)的年际变率
与4月和5月南风距平(ΔV_s)的相关关系

Fig. 8 The relationship between the interannual variability of the precipitation anomalies (ΔR) for June and July over middle and lower basins of the Yangtze River, and anomalies of the south wind for April and May (ΔV_s) in the South China Sea and Southeast Asia

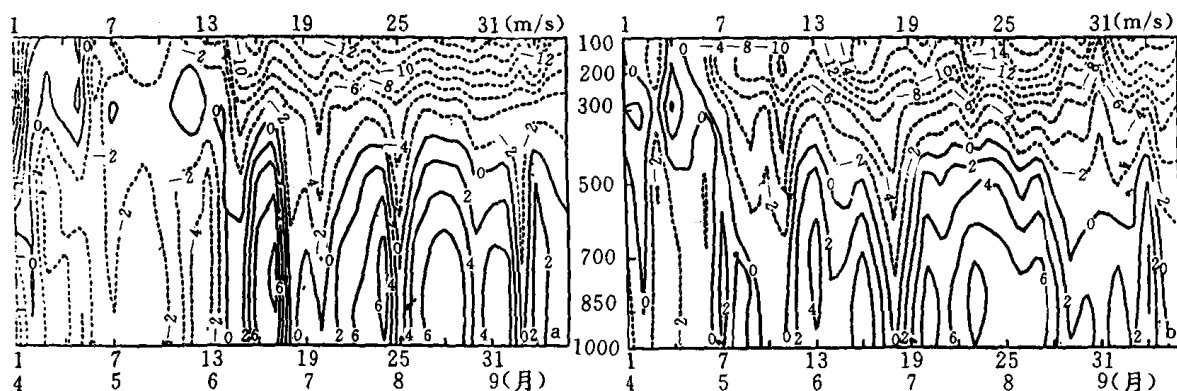


图9 1991年(a)和1994年(b)夏半年(4~9月)南海地区纬向风速的高度-时间剖面图。

(横坐标为4~9月的36候, 纬向风速是对 105°E ~ 120°E , 10° ~ 20°N 区域的平均, 单位为 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; 等值线间隔: $1\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) (取自王启伟和周琴芳, 1996年)

Fig. 9 Height-time cross-sections of the zonal wind averaged over the South China Sea region (105°E – 120°E , 10° – 20°N) for April–September for 1991 (left panel) and 1994 (right panel). Abscissa is the pentad. The interval is $1\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

四、与东亚季风有关的科学试验和研究计划

为了在东亚季风研究问题上有新的突破, 必须大大加强东亚季风的观测试验和深入的系统性研究。从科学上看, 特别是东亚地区季风的科学试验对获得这种新突破是至关重要的。过去的季风科学试验主要在印度季风区和澳大利亚地区。在东亚地区还没有进行过一次与夏季风有关的科学试验。由于缺乏必要的资料, 使得许多问题无法得到深入的研究和解决, 中国科学家认识到这个问题的重要性, 通过最近几年的努力和开展广泛的国际合作, 已经实施和制定了四个与东亚季风有关的科学试验与研究计划, 这就是南海季风与华南暴雨试验计划(SC-

SMEX), GAME 的淮河流域能量和水循环试验计划(GAME/HUBEX), 中日亚洲季风机理研究合作计划(JEXAM)和第二次青藏高原气象科学试验(TIPEX)。以下对上述四个计划作一些简略的介绍。

1. SCSMEX

SCSMEX 是中美科学家发起和组织的季风科学试验计划, 并得到了周边国家和地区的积极支持和参与。SCSMEX 的总目标是进一步了解东南亚和中国南方季风爆发与维持的主要过程, 以提高季风预报的准确性和时效。具体目标是:

(1) 观测和研究与南海季风有关的大气和海洋大尺度环流和热力学场的四维演变。

(2) 认识季风在季节突变和加热场演变中的作用以及早期季风(4~5月)对流与海-气相互作用。

(3) 给出南海及邻近地区中尺度、天气尺度系统和低频变化发生、维持和相互作用的机制。

(4) 增进东亚季风对热带海洋-大气-陆地系统能量和水循环影响的理解。

(5) 研究东亚季风气流与华南暴雨的相互作用。

(6) 改进东亚季风地区的数值预报和数值模拟能力。

为了达到 SCSMEX 的这些目标, 需要完成以下三部分任务:

(1) 预研究: 包括诊断和模拟研究以及观测设计方案的论证。

(2) 外场试验: 包括空间加密观测和加强(IOP)观测。

(3) 分析和模拟研究: 内容从四维资料同化到过程模拟试验。

这三部分将形成 SCSMEX 的支柱。预研究阶段集中在诊断和模拟研究, 包括观测平台的论证, 它将对外场试验的设计提供科学指导。外场试验将包括空间加密观测期, 这一期间是从东亚夏季风的早期爆发到成熟期。在空间加密观测期里, 将组织几次加强观测期(IOP), 其中包括高空加强观测, 同时在试验区安置特定观测平台。分析和模拟部分将为观测结果提供理论解释和认识, 尤其是四维同化使观测与模拟物理过程相结合, 将为整个耦合系统提供动力学协调一致的资料集和物理图像。

外场试验将在 1998 年进行, 安排在 4 月 15 日~8 月 31 日。两个加强观测阶段(IOP)将分别是 5 月上旬到 5 月下旬(5 月 5~20 日), 6 月上旬到 6 月中旬(6 月 1~15 日)。将包括加密的高空探测网和地面观测网, 海洋观测船, 浮标系统, 无人气象飞机, 气象雷达观测网, 边界层观测系统, 辐射观测网和卫星观测等部分(见图 10)。通过上述系统的协同观测, 将获得大量的大气与海洋资料。

根据这些资料以及历史资料所进行的综合研究, 将使我们对东亚季风的爆发、维持和变化的主要物理过程有一个全新的认识, 通过使用区域和全球模式以及所获得的资料进行的大尺度季风模拟, 将可为实现提高季风及季风雨的预报水平这一科学目标奠定基础。

2. GAME/HUBEX

GAME/HUBEX 是 GEWEX 之下在亚洲季风区进行的中日合作科学试验计划。韩国也将积极参与该试验计划。试验的总目标是了解东亚季风中(主要是梅雨区)多尺度降水系统的能量与水文过程, 建立气象-水文耦合模式及其同化系统, 提高气候模式和短期气候的预测能力。

具体目标为:

(1) 通过收集各种不同来源的常规和特殊平台的观测资料, 建立基本资料数据库。

(2) 根据由试验获得的各种数据进行四维同化研究, 研制区域四维资料同化方案, 为气候

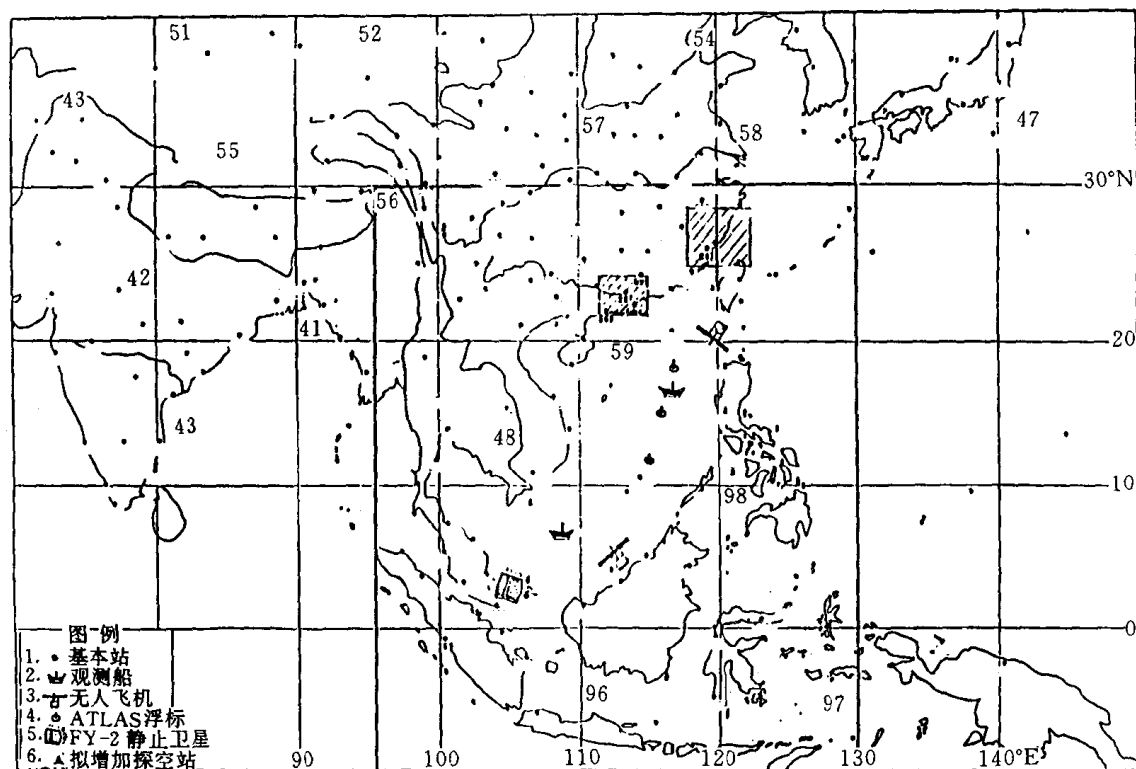


图 10 SCSMEX 的观测网

Fig. 10 Observational network for SCSMEX

模式和耦合的区域气象-水文模式提供较准确的初始场,为气候诊断提供较可靠的资料。

(3)了解降水过程中多尺度、多系统的演变和相互作用过程,尤其是梅雨期不同时空尺度云系的相互作用。重点了解多尺度云系的水循环过程、辐射过程及陆面过程,改进物理参数化方案。

(4)发展与 GCM 相嵌套的水文模式以及区域气象-水文耦合模式,提高气候模拟和短期气候预报能力。

(5)评估季风变化对区域水分和能量循环的影响。尤其是研究东亚旱涝事件对能量与水分循环变异的敏感性。

HUBEX 计划于 1998 和 1999 年进行外场试验,时段为 5 月 15 日~8 月 15 日,其中包括两个时段各为三周的加强观测期,图 11 是 HUBEX 的初步观测站网分布图。

3. TIPEX

TIPEX 的全称是青藏高原地-气系统物理过程及其对全球和中国灾害性天气影响的观测与理论研究的简称。这个计划是中国组织的科学试验计划,已于 1994 年开始实施,它的目标和内容有六个部分。

- (1)高原地气系统物理过程及其参数化方案的研究。
- (2)高原地气系统物理过程对全球大气环流影响的研究。
- (3)高原地气系统热力过程 and 水分循环过程及其与亚洲季风环流相互作用的研究。
- (4)高原地气系统物理过程对全球气候变化影响的研究。
- (5)高原地气系统物理过程对东亚灾害性天气和气候影响的研究。