



国家重点基础研究发展规划项目

我国重大天气灾害形成机理与预测理论研究

研究专著系列丛书之二

丛书主编：倪允琪 周秀骥

顾问：陶诗言

长江流域梅雨锋暴雨 灾害研究

陶诗言
张小玲 著
张顺利

气象出版社

国家重点基础研究发展规划项目 研究专著系列丛书之二
我国重大天气灾害形成机理与预测理论研究

丛书主编：倪允琪 周秀骥

顾问：陶诗言

长江流域梅雨锋暴雨 灾害研究

陶诗言 张小玲 张顺利 著

气象出版社

内 容 简 介

本书对长江流域致洪暴雨的机理和成因进行了全面、深入分析,主要内容分四部分。首先利用 1960~1996 年逐日降水资料分析中国地区气候状态下的降水时空分布,指出我国东部地区降水随季节的变化性与西太平洋副热带高压的进退、梅雨锋、西风带和季风涌的活动有很大关系;其次分析了梅雨锋上的三类暴雨(β 中尺度的对流性暴雨、梅雨锋东部(115°E 以东)的初生气旋暴雨、梅雨锋西端深厚高空低压槽前的持续性暴雨);并进一步分析梅雨锋的动力、热力结构,指出下暴雨时的梅雨锋类似于 ITCZ;最后分析了长江流域致洪年、干旱年的主要环流配置。

本书适合于从事暴雨研究和预报的人员阅读、参考,也可作为气象院校教师、学生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

长江流域梅雨锋暴雨灾害研究/陶诗言,张小玲,张顺利著.

—北京:气象出版社,2003.12

(我国重大天气灾害形成机理与预测理论研究/倪允琪,周秀骥主编)

ISBN 7-5029-3711-0

I. 长… II. ①陶…②张…③张… III. 长江流域-暴雨-灾害-研究 IV. P426.62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 116850 号

出版者:气象出版社

网 址: <http://cmp.cma.gov.cn>

E-mail: qxcbs@263.net

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

邮 编:100081

电 话:总编室:010-68407112

发行部:010-62175925

责任编辑:俞卫平

终 审:周诗健

封面设计:北京蓝色航线企业形象策划有限公司

版式设计:吴庭芳

责任校对:吴庭芳

印刷者:石油工业出版社印刷厂

装订者:北京彩虹装订厂

发行者:气象出版社

开 本:787×1092 1/16 印 张:13.125 字 数:332 千字 彩插:4

版 次:2004 年 11 月第一版 2004 年 11 月第一次印刷

书 号:ISBN 7-5029-3711-0/P·1314

印 数:1~1000

定 价:38.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

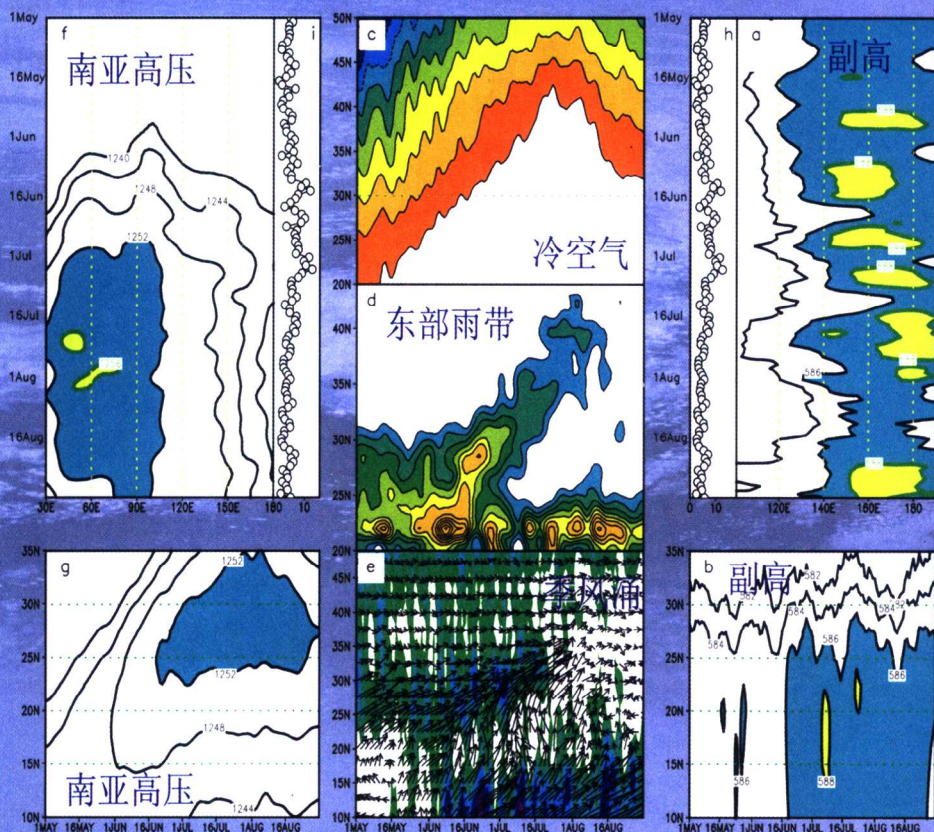


图 2.11 长江流域 1960~1997 年平均的夏季降水的天气学模型

a、b 分别为 500 hPa 位势高度 (单位: dagpm) 的经度-时间剖面及 $110^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$ 平均的时间-纬度剖面, 图 a 的经度-时间剖面中, 5 月 20 日之前为 $15^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 平均, 5 月 20 日~6 月 19 日为 $20^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$ 平均, 6 月 20 日~8 月 31 日为 $27.5^{\circ}\sim 32.5^{\circ}\text{N}$ 平均; c 为 $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 平均的 700 hPa 温度的时间-纬度剖面, 阴影区温度 $\leq 10^{\circ}\text{C}$, 等值线间隔为 2°C , 实线表示温度 $\geq 0^{\circ}\text{C}$, 虚线表示温度 $< 0^{\circ}\text{C}$; d 为根据我国 315 站逐日降水资料计算的 110°E 以东的气候平均 (1960~1996 年) 日降水 (单位: mm) 时间-纬度剖面, 阴影表示降水 $\geq 5\text{ mm}$; h、i 为长江流域 16 站 5~8 月逐日降水量 (单位: mm); e 表示 $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 平均的季风涌随时间的演变, 箭头表示整层 (地面~300 hPa) 的水汽通量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$), 阴影区表示 1980~1999 年平均的 $\text{TBB} \leq 0^{\circ}\text{C}$; f、g 分别为 100 hPa 位势高度 (单位: dagpm) $27.5^{\circ}\sim 32.5^{\circ}\text{N}$ 平均的经度-时间剖面及 $60^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{E}$ 平均的时间-纬度剖面



图 3.14 1998 年 6 月 17 日 08 时的天气形势分布

蓝色阴影区为 17 日 08 时 850 hPa $\theta_e \geq 338\text{ K}$; 红色阴影区为 16 日 20 时至 17 日 20 时的平均 $\text{TBB} \leq -50^{\circ}\text{C}$, 表示 MCS 活动区; 风速 $\geq 40\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 表示 200 hPa 面上的高空急流 (箭头); 风速 $\geq 14\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 表示 900 hPa 面上的低空急流 (风标); 实线代表 17 日 08 时 500 hPa 等高线; 紫色长虚线为对应时间的 1000~500 hPa 的等厚度线; 浅黄色短虚线为 500 hPa 上的等厚度线; 表示梅雨锋

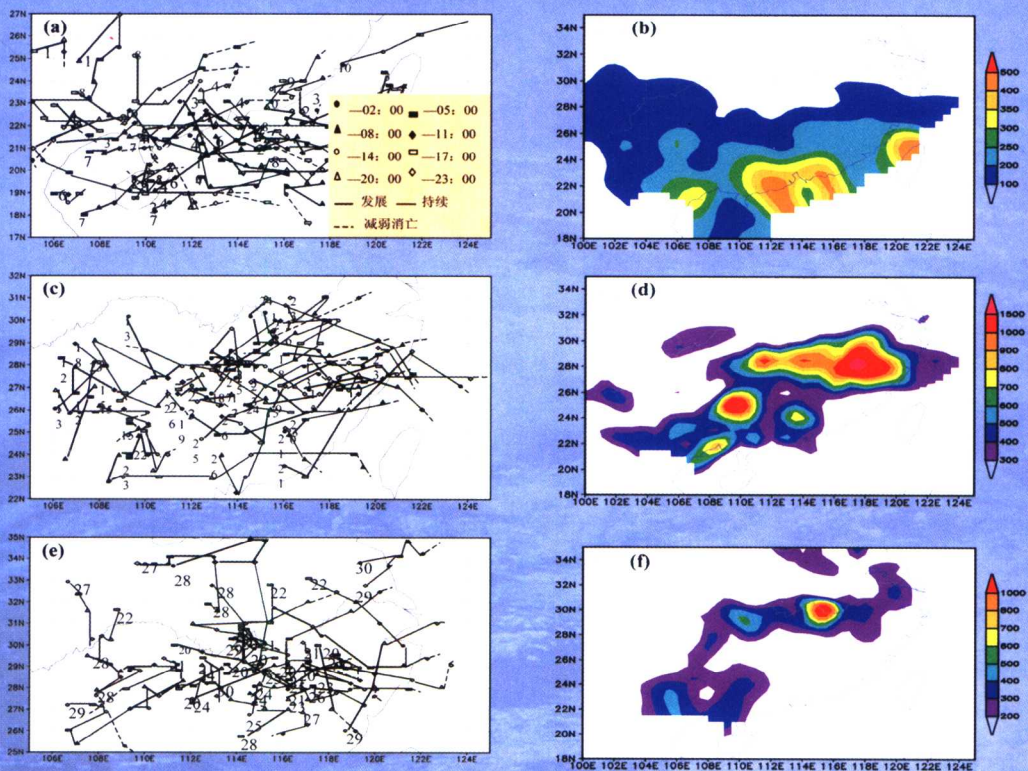


图 3.1 1998 年 6、7 月梅雨锋活跃期间我国东部地区中尺度深对流系统的活动 (a、c、e) 以及它们引起的降水 (b、d、f, 单位: mm)

a、b 为 6 月 1~10 日华南前汛期; c、d 为 6 月 12~28 日第一次梅雨; e、f 为 7 月 20~30 日“二度梅”(所选的中尺度深对流是根据 $TBB \leq -50^\circ\text{C}$ 确定); 图中的标值表示日期

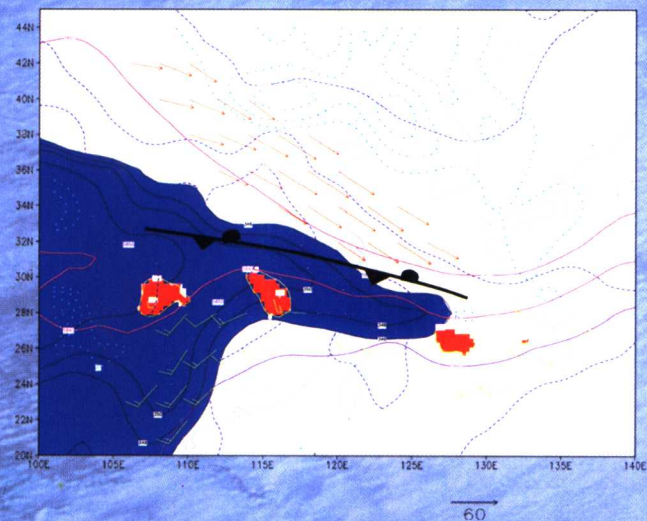


图 3.42 1998 年 7 月 21 日 08 时的天气形势分布

蓝色阴影区为 21 日 08 时 850 hPa $\theta_e \geq 338 \text{ K}$; 红色阴影区为 20 日 20 时至 21 日 20 时的平均 $TBB \leq -50^\circ\text{C}$, 表示 MCS 活动区; 风速 $\geq 40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 表示 200 hPa 面上的高空急流 (箭头线), 风速 $\geq 14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 表示 900 hPa 上的低空急流 (风标); 实线代表 21 日 08 时 500 hPa 等高线; 紫色长虚线为对应时间的 1000~500 hPa 的等厚度线; 浅蓝色短虚线为 500 hPa 上的等涡度线; $\blacktriangleright$ 表示梅雨锋

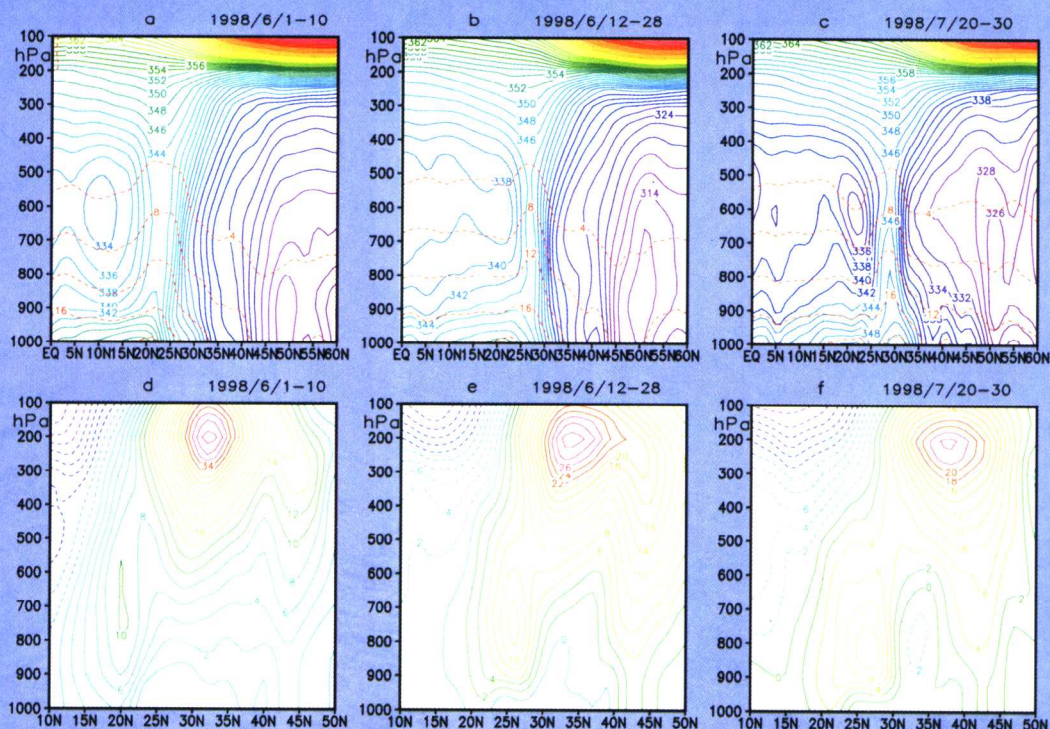


图 4.2 时间平均的 θ_e (实线, 单位: K) 和比湿 q (红色虚线, 单位: $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) 沿 115°E 的垂直剖面 (a、b、c) 以及时间平均的纬向风 (U , 单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) 沿 115°E 的垂直剖面 (d、e、f); a、d: 6 月 1~10 日华南前汛期; b、e: 6 月 12~28 日第一次梅雨期; c、f: 7 月 20~30 日“二度梅”时期

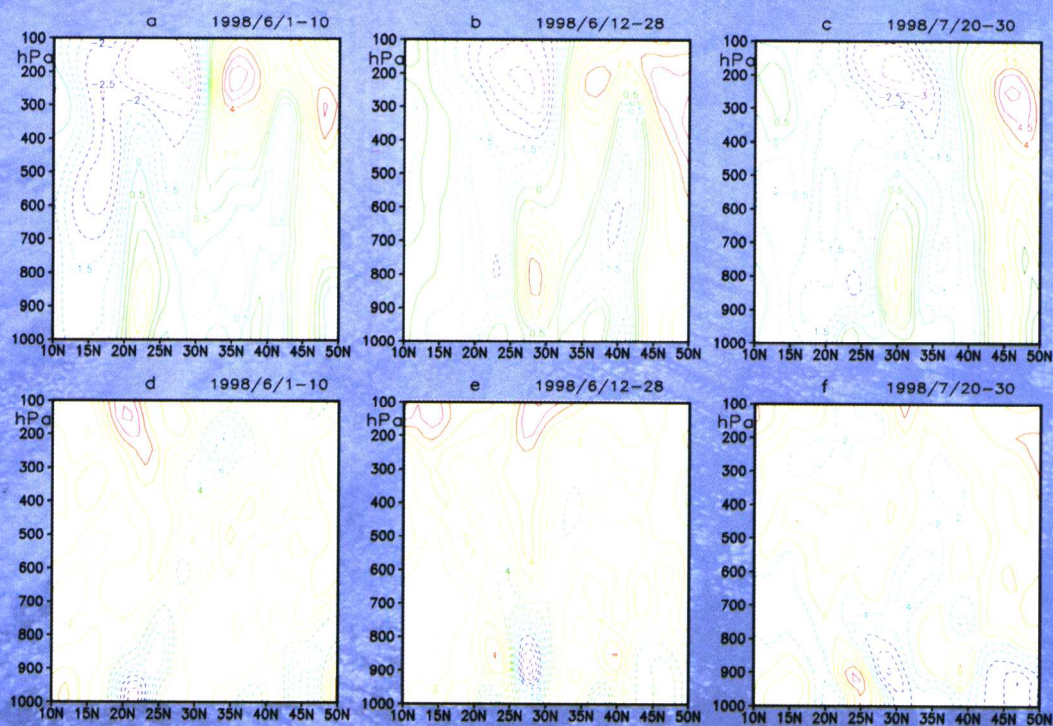


图 4.4 时间平均的相对涡度 (ζ , 单位: 10^{-5}s^{-1}) (a、b、c) 和散度 (D , 单位: 10^{-5}s^{-1}) (d、e、f) 沿 115°E 的垂直剖面; a、d: 6 月 1~10 日华南前汛期; b、e: 6 月 12~28 日第一次梅雨期; c、f: 7 月 20~30 日“二度梅”时期

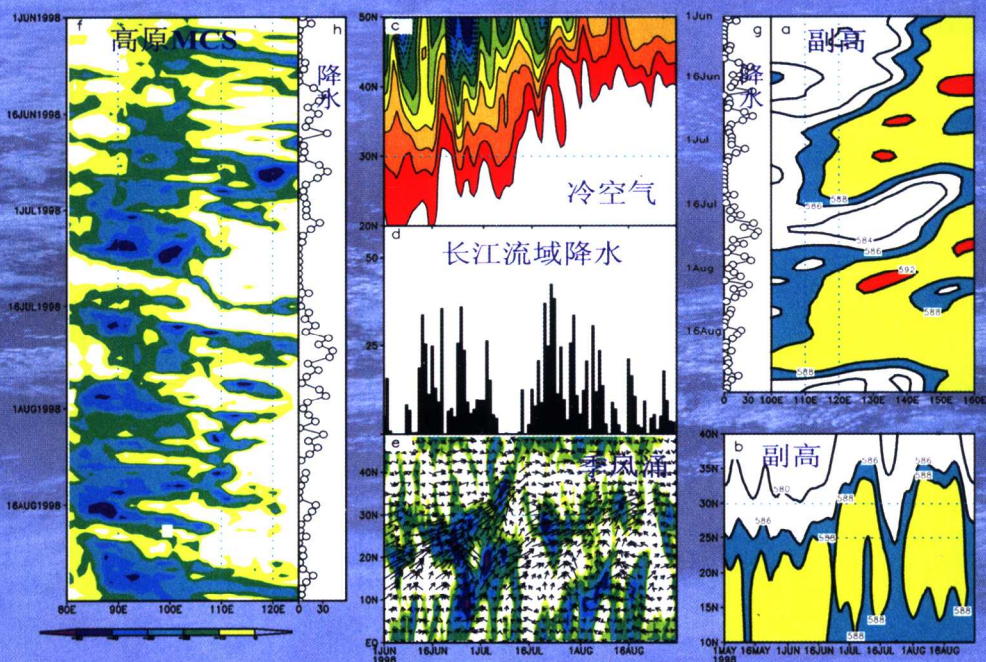


图 5.12 长江流域 1998 年持续性暴雨的天气学模型

a、b 分别为 500 hPa 位势高度 (单位: dagpm) $27.5^{\circ}\sim 32.5^{\circ}\text{N}$ 平均的经度-时间剖面 and $110^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$ 平均的时间-纬度剖面; c 为 $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 平均的 700 hPa 温度的时间-纬度剖面, 阴影区温度 $\leq 10^{\circ}\text{C}$, 等值线间隔为 2°C , 实线表示温度 $\geq 0^{\circ}\text{C}$, 虚线表示温度 $< 0^{\circ}\text{C}$; d、g、h 为长江中下游 17 站 6~8 月逐日降水量 (单位: mm); e 表示 $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 平均的季风槽随时间的演变, 箭头表示整层 (地面~300 hPa) 积分的水汽通量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$), 阴影区表示 TBB $\leq 0^{\circ}\text{C}$; f 为沿 30°N 的 TBB ($\leq 0^{\circ}\text{C}$) 经度-时间剖面; e 中 TBB 的取值与 f 相同

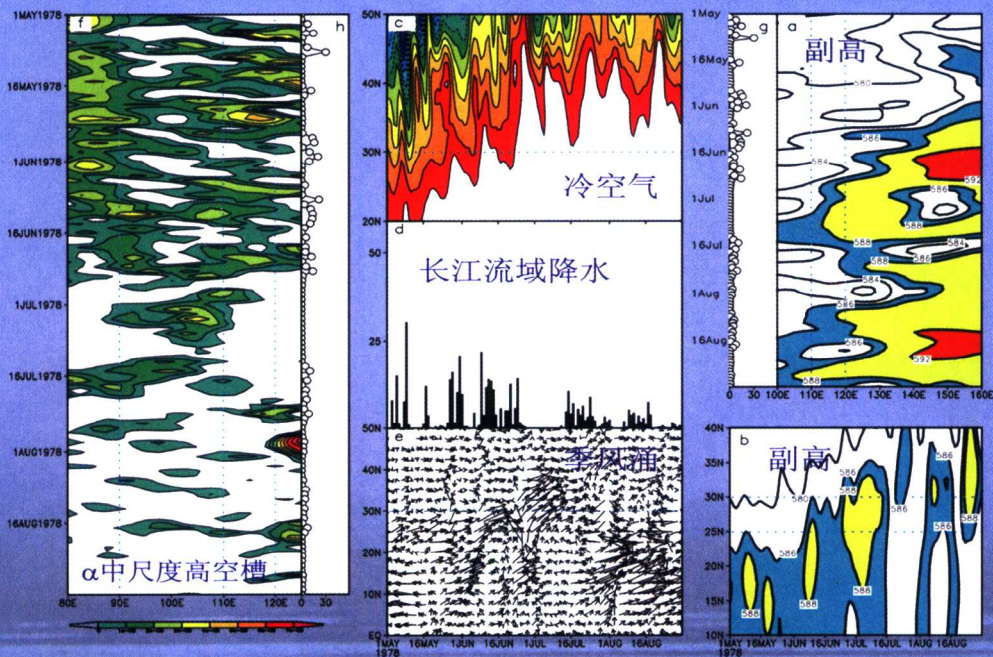


图 5.38 长江流域 1978 年夏季降水的天气学模型

a、b 分别为 500 hPa 位势高度 (单位: dagpm) $27.5^{\circ}\sim 32.5^{\circ}\text{N}$ 平均的经度-时间剖面 and $110^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$ 平均的时间-纬度剖面; c 为 $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 平均的 700 hPa 温度的时间-纬度剖面, 阴影区温度 $\leq 10^{\circ}\text{C}$, 等值线间隔为 2°C , 实线表示温度 $\geq 0^{\circ}\text{C}$, 虚线表示温度 $< 0^{\circ}\text{C}$; d、g、h 为长江中下游 17 站 5~8 月逐日降水量 (单位: mm); e 表示 $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 平均的季风槽随时间的演变, 箭头表示整层 (地面~300 hPa) 积分的水汽通量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$), f 为沿 30°N 的 600 hPa 涡度 $\geq 0\text{ s}^{-1}$ 的经度-时间剖面

研究专著系列丛书编写委员会

丛书主编：倪允琪 周秀骥

顾问：陶诗言

编委：伍荣生 陈联寿 许健民 赵思雄 陈受钧
张文建 薛纪善 刘黎平 程明虎 宇如聪

编写委员会助理：王德英 刘品 王迎 贾朋群

本书作者

陶诗言 张小玲 张顺利

丛书主编助理：张小玲

序

中国气象局承担的第一项“国家重点基础研究发展规划”项目(973 项目)“我国重大天气灾害形成机理和预测理论研究”,在 1998 年立项后项目成员经过 5 年的努力,取得了丰硕的成果。为了将这些成果集中展现和为以后的研究及业务现代化提供重要素材,项目将主要成果集结成册,作为研究专著的系列出版物发表。应该说这是我国气象现代化建设中的一件重要的和具有历史意义的工作。在这套系列出版物中,结合项目的要求给出的许多成果,是由来自中国气象局各研究和业务机构,包括省级业务和研究机构的专家,与来自中国科学院、教育部所属单位的同行联合攻关获得的针对中国主要暴雨灾害区域长江流域梅雨锋暴雨的突破性研究和应用成果。这些成果与当前中国大气科学最新理论观点和中国气象观测、预报业务体系紧密结合,有相当一部分具有在未来气象现代化建设中“拿来就能用”的鲜明特征。这样的一批完整的基础研究类成果在以往是不多见的。这一使中国气象现代化获得巨大效益的项目,充分体现了国家科技部对此类研究项目的正确引导,体现了项目首席科学家和专家组对中国大气科学基础和应用研究方向的敏锐洞察力。我在这里对科学家们表示由衷的钦佩,对他们获得的成果表示衷心的祝贺。

在人类有意识地运用科学技术手段认识自然的不长的科学文明史中,基础科学研究有长远的根本性意义,它是一切科学技术创新的源泉。怎样将基础研究中的创新成果尽快转化为具有应用意义的技术创新,例如从大气科学乃至各种交叉学科的基础研究创新研究成果,到对各种尺度大气行为,乃至地球各圈层的作用及影响做出准确的预测,又是有强烈责任意识的中国科学家必须时时面对和思考的问题。大气科学以及再更为广泛意义上的地球环境科学,是在科学实践中推动基础研究的重要领地,我很高兴,通过这套专著,通过这个项目看到了一批大气科学领域里的科学家,在他们的前辈们努力的基础之上,正在扎扎实实地向着具有重要战略意义的领域奋勇前进。

本世纪头 20 年是我国社会、经济持续快速发展的重要历史时期,也是中国气象事业发展的重要战略机遇期,同时也面临着各种挑战。中国气象局提出的建设“四个一流”、完善“四个体系”、“实现从气象大国向气象强国的跨越,总体水平达到国际先进水平”的战略目标是鼓舞人心的,又是实事求是的。这一宏大目标催人奋进,需要调动各方面的积极性,通过艰苦努力才能得以实现。实现这些目标的重要途径之一,就是突出重大项目的带动作用。本项 973 项目的研究,其带动作用巨大,很有借鉴作用。因为项目充分体现了面向国家发展需求,进一步贴近社会经济发展和人民生活,进一步服务于解决国家可持续发展有关的大问题的时代特征,对我们事业的发展有不可替代的推进作用。

新的历史阶段我们肩负着中国气象事业发展的历史重任,面临着难得的发展机遇和不容回避的严峻挑战。我相信参与项目的同志们会心怀更远大的目标,在已有工作的基础上,更加勤奋工作,不辱我们的使命。

最后我希望这套研究专著系列丛书能对所有关注本专题的读者有重要的参考价值,对我国暴雨领域的研究水平的进一步提高、对我国暴雨的监测、预测水平的提高能起积极的推动作用。我衷心祝贺这套系列丛书的正式出版。

秦大河

中国气象局局长
中国科学院院士

国家 973“我国重大天气灾害形成机理与预测理论研究”

项目研究专著系列丛书

全卷前言

梅雨锋暴雨是我国长江中下游地区夏季汛期的主要气象灾害,由于它的持续性和突发性,往往会造成国民经济和人民生命财产的巨大损失。1998 年夏季长江流域持续强降雨引发长江流域八次洪峰,造成了国家 3000 多亿元人民币的经济损失和 1000 多的人员死亡。2003 年汛期淮河流域再次遭受 1991 年以来最大的洪水,其原因仍然是多次梅雨锋暴雨过程引发的淮河洪水泛滥。造成这两次长江流域和淮河流域持续洪峰的主要原因是由于多发性、突发性的梅雨锋中尺度暴雨系统在 1998 年和 2003 年分别持续活跃在长江流域和淮河流域,因此,梅雨锋中尺度暴雨是我国汛期重要的天气灾害。但是,暴雨预报是十分困难的,它的难点是特大暴雨的“突发”、“多发”及其“转折”的关键时机难于捕捉,特大暴雨的落区、突发时间、强度突变及其成灾分布的估测都有很大的难度,其根本原因是:对大气环流的短时突变和强对流天气系统发生、发展的机理还不甚了解,其中包括大气内部的动力机制及其与外部环流相互作用的物理过程和热带、中纬度各种天气系统异常变化的机理,尤其是多尺度相互作用的研究还相当薄弱。以上分析清楚地表明提高对梅雨锋暴雨的监测与预测能力是目前国家迫切需要解决的重大科学技术问题,它直接影响到我国减灾防灾和国民经济与社会持续发展的综合能力的提高。为此,1999 年在国家科技部支持下,由中国气象局主持,中国气象科学研究院牵头,与中国科学院、高等学校所属十多个单位联合,组织了国内近 80 名暴雨研究领域中的精英,实施了我国有史以来最大的暴雨研究计划——国家重点基础研究发展规划项目“我国重大天气灾害形成机理与预测理论研究”。该项目总体来讲要实现三个科学目标:第一,初步了解梅雨锋中尺度暴雨系统及其大尺度环流异常背景的物理模型;第二,提出一套能探测中尺度系统的大气遥感理论和方法以及形成有应用前景的科研成果和遥感产品,从而提高中尺度暴雨的监测能力;第三,完成配有变分同化系统、有自主知识产权的中尺度暴雨数值预报模式系统,提高梅雨锋中尺度暴雨的预测能力。

在国家科技部的领导下,在中国气象局的大力支持下,项目全体研究人员紧紧围绕上述科学问题开展了近 5 年的研究工作,取得了一系列具有创新水平和应用前景的研究成果,其中包括本项目提出的梅雨锋暴雨的多尺度物理模型和取得重要进展的梅雨锋动力学研究,这些都进一步加深了对梅雨锋暴雨的多尺度结构和形成机理的认识。利用卫星遥感和多普勒雷达探测中尺度暴雨系统的理论和方法,其研究成果水平有的达到了国际先进水平,有的成果填补了国内的空白,从而为提高我国中尺度暴雨系统的探测能力提供了理论和方法基础。在提高梅雨锋暴雨预测能力上,本项目做了很大的努力,在三个方面取得了实质性的进展:第一,我们发展了具有自主知识产权的中尺度暴雨数值预报模式,并由项目支持发展的三维变分同化系统集成成为中尺度暴雨预报模式系统,并已于 2002 年和 2003 年汛期投入试验性应用,在 2003 年淮河防汛中发挥了作用;第二,我们自己发展了两种目前国际上最为

先进的非静力、高分辨的新一代暴雨数值预报模式,其中一种完全建立在统一模式基础上,另一种建立在由项目科学家发展的守恒、保真计算格式所设计的动力学框架基础上,这两种新一代数值模式完全代表了中国新一代数值模式的水平;第三,我们发展了具有自己特点的云物理模式,用湍流穿越理论发展的边界层模式和二阶边界层模式以及陆面过程模式,这些物理过程数值模式都具有很强的描写云内或中尺度系统发展的物理过程的能力。同时,为了获取中尺度暴雨系统的观测资料,项目还成功地组织了 2001/2002 年的七省一市以及 2003 年的三省的暴雨野外试验,取得了宝贵的中尺度暴雨资料,规范化地建立了暴雨野外试验数据库。本项目上述近 5 年的重大研究成果都将全面地、完整地反映在本研究专著系列丛书之中。我们希望通过由本项目主要研究骨干编写的,由气象出版社出版的这套国家 973 项目研究专著系列丛书能正确、全面地反映出本项目研究成果的科学性、先进性和它的应用前景,能真正成为本项目重大成果反映的一个真实、科学而又重要的侧面。

反映本项目研究成果的研究专著系列丛书全套分为八个分卷和一个综合卷,八个分卷分别反映本项目在梅雨锋中尺度暴雨的结构和机理、致洪暴雨及成灾研究、梅雨锋动力学研究、卫星遥感反演中尺度暴雨的理论和方法、多普勒雷达反演中尺度暴雨的理论和方法、配有变分同化系统的中尺度暴雨数值模式系统的详细介绍、新一代中尺度暴雨数值模式和物理过程数值模式的研究、2001/2002 年长江中下游梅雨锋暴雨的野外试验等八个方面的内容,最后是综合卷,综述本项目的研究成果,它的创新性和应用前景。虽然全卷研究专著系列丛书反映了国家 973 有关暴雨研究项目的全部研究成果,内容丰富,基本上代表中国科学家在这个领域目前的总体研究水平和研究成果,但它并不是我国在这一领域的研究综述和评述,还有不少在这一领域中的研究成果并没有在本专著系列丛书中反映,因此,本书在全面反映我国在这个领域的研究和成果方面还存在一定的局限性。尽管如此,由于本项目集中了我国在暴雨研究领域中的主要精英,通过国家 973 项目展开了近 5 年的研究,其研究成果通过本研究专著系列丛书凝炼,因此,它仍不失为我国反映近年来暴雨研究成果的重要著作,它的出版既反映了中国气象学家近年来暴雨研究的重要成果,也为中国和其他国家研究暴雨的同行提供一套暴雨成因、监测和预测方面极有价值的参考专著。

虽然我们这套研究专著系列丛书仅用了 1 年多时间完成的,但它的确凝炼了本项目近 80 位研究人员近 5 年的辛勤劳动,我们作为该国家 973 项目的主要负责人、本系列丛书的总主编,向为本研究专著系列丛书的完成做出贡献的全体科学家和编辑人员致以万分的谢意,也向为本系列丛书做出重要贡献的陶诗言院士表示我们的敬意。最后,我们借此机会向始终全力支持我们研究工作的国家科技部和中国气象局的各级领导表示衷心感谢!

国家重点基础研究发展规划项目
《我国重大天气灾害形成机理和预测理论研究》

首席科学家 倪允琪 教授
专家组负责人 周秀骥 院士

本书前言

我国是夏季暴雨灾害的高发国家。梅雨期暴雨的频繁发生往往容易在长江、淮河流域引起洪涝灾害,如:1954、1998年长江全流域性的大洪水,1991、2003年淮河流域、1981年长江上游严重洪涝,1996、2002年长江中游的湖南出现了中等程度的洪涝。

梅雨锋暴雨每年都会发生,但并不是每一次暴雨都会引起洪涝。本书只研究引起严重洪涝灾害的暴雨。本书是科技部“973”国家重点基础研究发展规划项目《我国重大天气灾害形成机理与预测理论研究》第三课题——长江流域梅雨锋暴雨灾害研究专题的一个研究报告,对20世纪90年代以来的四次梅雨锋上严重暴雨灾害的物理过程进行了诊断分析对比研究,并参照20世纪50年代以来长江流域多次暴雨洪涝和干旱灾害,对长江流域夏季梅雨期洪涝干旱的形成机理做了概括性探索。由于资料有限,对1870、1931年的长江大洪水利用尽可能收集到的资料进行了讨论。

本专著不涉及暴雨预报问题,这是因为作者们并不从事暴雨预报的研究。我国的天气预报员们曾总结过不少经验性的暴雨预报方法,并在实际预报中应用。近20年来,随着数值天气预报的进展,国外有结合数值预报产品的暴雨释用预报研究和业务(Junker 1991, Doswell 1996)。有关暴雨的释用预报的研究国内尚未开展,我们计划试用这种方法。因此在本书中不将暴雨预报的内容列入。

全书共分为六章:

第一章回顾梅雨锋及梅雨锋暴雨的研究进展及现状,提出目前有待解决的科学问题。

第二章论述亚洲季风区夏季降水的时空分布与夏季风活动的关系。分析南亚和东亚地区夏季降水(尤其是我国东部降水)的时空分布特征以及与夏季风进退的关系,指出引起我国夏季洪涝灾害的持续性暴雨发生的关键因子。

第三章提出梅雨锋上的三类暴雨。分析发生在梅雨锋西端(长江上游)、梅雨锋中部和梅雨锋东段(我国境内)暴雨的不同特征、性质,归纳出梅雨锋上的三类致洪暴雨。

第四章分析梅雨锋的动力热力结构。以1998年为例分析梅雨锋的动力、热力垂直结构,揭示出梅雨锋与典型中纬度锋不同,是介于热带ITCZ与经典中纬度锋的一种副热带锋。

第五章论述长江流域梅雨锋降水的年际差异。分析1950年以来长江流域梅雨锋降水异常所引起的洪涝灾害产生的环流因子,提出长江流域梅雨锋降水是在副热带高压、中高纬度冷空气、南海季风涌以及青藏高原东移的 α 中尺度系统这四个多尺度系统协同作用下产生的;当这些系统发生异常时,长江流域会出现洪涝或干旱灾害。

第六章结论与讨论。全文总结并对某些问题进行讨论。

本书的撰写由陶诗言负责。

各章撰写人如下:

本书前言 陶诗言

第一章 负责人:张小玲 参加人:陶诗言、张顺利

第二章 负责人:陶诗言 参加人:张小玲、张顺利

第三章 负责人:张小玲 参加人:陶诗言、张顺利

第四章 负责人:张小玲 参加人:陶诗言、张顺利

第五章 负责人:张顺利 参加人:陶诗言、张小玲

第六章 负责人:陶诗言 参加人:张小玲、张顺利

由于致洪暴雨出现的次数不多,本书的结论仅是有限的个例研究结果,尚有待于今后更多的个例研究验证、修改。

摘 要

本研究根据观测资料,首先对我国夏季暴雨的时空分布及其与夏季风向北推进的关系进行分析;并进一步分析受夏季风强烈影响的长江流域梅雨锋上活跃三类暴雨的发生、发展过程以及梅雨锋的动力、热力结构;最后对长江流域梅雨期降水的年际差异及影响因子进行了分析,得出以下结论:

我国夏季降水具有明显的年际变化,夏季 6~8 月降水的年际标准差约为夏季(6~8 月)总降水量的 30%。东部降水季节变化比西部(尤其是北方地区)明显。夏季汛期降水主要受东亚夏季风的影响,非台风暴雨出现的时候与夏季风的进退一致。夏季在东亚西风带南缘和西太平洋副热带高压(以下简称副高)之间的地区,最有利于深对流和暴雨发展。当有一条西—东走向的静止锋位于这个区域中时,这里成为暴雨发生最多的危险地带。随着季风的向北推进,这个暴雨发生的危险地带也是向北移动的。

5~7 月,东亚季风区的大气环流发生三次突变:5 月中旬,副高第一次北跳,脊线位于 20°N 以北,南海季风爆发;6 月中旬,对流层上部的南亚高压移至青藏高原上空,这时副高第二次北跳,脊线位于 25°N 附近,长江流域梅雨期开始;7 月中旬,副高再一次北跳至 30°N 以北,长江流域和日本的梅雨结束。

根据近 30 年海上降水资料,对印度夏季风和东亚夏季风区的季风爆发日期作了新的分析。

长江流域的梅雨锋上活跃着三类暴雨: β 中尺度的对流性暴雨(第一类暴雨);梅雨锋东部(115°E 以东)的初生气旋暴雨(第二类暴雨);以及梅雨锋西端深厚高空低压槽前的持续性暴雨(第三类暴雨)。

第一类暴雨最常见,由对流有效位能(CAPE)释放所引起的浮力作为暴雨生成的强上升运动。这类暴雨的空间尺度小,并且具有突发性,不容易为现有的数值预报模式预报出来,是目前梅雨锋暴雨预报的难点之一。第二类暴雨和第三类暴雨的天气尺度强迫过程明显,比起第一类暴雨容易掌握。暴雨发生的上升运动主要由大尺度强迫的动力抬升引起。第一类暴雨和第三类暴雨得以持续维持,是由于梅雨锋上中尺度对流系统(MCS)形成后停滞少动,并不断有新的对流单体在 MCS 的后部生成。这三类暴雨都是发生在副高脊线西北侧和西风带南缘之间的过渡地区。

梅雨锋的动力、热力结构具有准热带系统的特征,已不存在典型温带锋面的结构,具有介于温带锋面和热带辐合带(ITCZ,如印度季风槽)之间的过渡结构。

梅雨锋上暴雨的频发性和持续性是引起夏季长江流域洪涝灾害的主要原因。长江流域引起洪涝灾害的暴雨可分为两类:一种是长江上游、中游或下游某个地段的支流和干流河段发生强度大、面积广、频繁的持续性暴雨;另一种是全流域性频繁发生强降水,梅雨持续时间长,出梅晚,上、下游雨季重叠,造成上下游干支流洪水泛滥。

影响长江流域梅雨期降水的四个主要环流因子为副高、季风涌、来自北方的冷空气、以

及来自高原东北侧的 α 中尺度高原系统。按其重要性依次为:西太平洋副热带高压、南海季风涌、冷空气活动和青藏高原东移的 α 中尺度高空槽。当这四个多尺度系统协同作用(锁相)时,梅雨锋上便出现强暴雨。当长江流域梅雨期东-西走向的梅雨锋出现的天数远大(小)于副热带脊线西伸的天数时,长江中下游便出现洪涝(干旱)。有时候梅雨锋某地段出现短时(3~5天)持续性暴雨也可引起严重水灾。副高的南北跳跃和东西振荡、以及季风涌的年际变化,是决定长江流域梅雨期降水年际变化的关键因子。季风涌的年际变化决定于各年热带低频振荡的不同。

关键词:长江流域,梅雨锋,暴雨,中尺度对流系统,季风涌,副高

A Study on the Disasters of Heavy Rainfalls over the Yangtze River Basin in the Meiyu Period

TAO Shiyan ZHANG Xiaoling ZAHNG Shunli

Abstract

In this monograph, the spatial and temporal distribution of summer rainfall over China and the relationship between the rainfall distribution and the summer monsoon in East Asia are investigated. It is found that heavy rainfalls move northward as the summer monsoon advances northward. Then three types of heavy rainfalls in the Meiyu front and the thermodynamic structure of the Meiyu front are analyzed. Finally, the interannual variability of rainfalls over the Yangtze River Basin in the Meiyu season is studied. The following conclusions can be drawn.

The interannual standard deviation of the summer (June — August) precipitation in China is about 30 percent of the long-term mean value, which means that there is a strong interannual variability of the summer-season rainfall over China. It is found that in summer, the region between the southern edge of the westerlies and the northern margin in the subtropical anticyclone of the West Pacific is a favorable location for strong deep summer convection and MCS development. When there is a west-east oriented stationary Meiyu front in the region, it is a dangerous zone for the occurrence of heavy rainfalls. This zone moves northward as the summer monsoon advances to northern.

There are three abrupt change periods of the monsoon circulation over East Asia during the period of May to July. The monsoon breaks out over the South China Sea in the middle of May as the subtropical high in the West Pacific abruptly advances to the north of 20°N. The second change occurs in the middle of June when the South Asian high in the upper troposphere establishes over the Tibetan Plateau with a ridge extending eastward over East Asia and the Indian monsoon advances to the Indian Subcontinent. At that time, the subtropical high of the West Pacific jumps to 25°N, and the Meiyu season over the Yangtze River Basin starts. Then in the middle of July when the subtropical high shifts to the north of 30°N, the Meiyu (Baiu) season in China and Japan ends.

Based on new observational precipitation data over the seas, the onset days over the Indian monsoon and the East Asian monsoon regions are reanalyzed.