

据 1991 年特大洪涝过程的物理 分析试论江淮梅雨预测^{*}

丁一汇 陆 尔

(国家气候中心, 北京 100081)

摘 要 本文以 1991 年江淮梅雨为个例, 通过对特大洪涝形成过程的物理分析, 就梅雨预测问题提出了一些认识。分析表明, 1991 年江淮流域较长梅雨期内所发生的 3 场大暴雨是很有代表性的, 它们是大气环流季节转变不同进程中的产物, 因而具有不同的环流背景和降水性质, 且在洪涝的形成中起着不同的作用。据此, 我们提出了江淮梅雨的 3 个模型, 指出应在由春夏之交到盛夏这个较长时期内分阶段地考虑梅雨预测。另外还指出, 确定雨带的落区, 不但应强调副高和东南季风活动对雨带南北进退的作用, 而且也要注意西南季风的活动会导致雨带东西向的摆动。最后, 就旱涝形成物理过程的诊断研究在旱涝模式预测方法中的意义作了讨论。

关键词 1991 年特大洪涝 物理过程分析 梅雨模型 梅雨预测

1 引言

研究表明, 我国夏季大范围降水状况是与东亚大气环流过程密切相联的^[1~3]。随着东亚季风的爆发与进退演变, 我国东部地区雨带表现为由华南地区经江淮流域向华北地区推进、并呈南北摆动的特点。江淮流域位于雨带南北进退活动的中间地带, 因而雨带通常会有较长时期稳定停留在这一地区, 这是江淮流域相对来说较容易形成洪涝的一个原因。在历年全国汛期旱涝预测中, 江淮流域梅雨期是否会出现特大洪涝灾害总是一个特别受关注的问题^[4]。在最近半个世纪中, 江淮流域特大洪涝的重要个例, 远者如 1954 年, 后来如 1980 年, 近者如 1991 和 1995 年, 其洪涝之大达到、甚至超出了水利设施的分洪御灾能力的极限, 因而给经济建设和人民生命财产所造成的损失之大远远超过了一般梅雨年份。这说明特大洪涝灾害虽然在气候尺度上只是小概率发生的事件, 但它们所带来的巨大损失同样也为历史上所罕见。因此从防灾、特别是防大灾的战略角度看, 成功地预测出这类极端灾害性事件无疑是短期气候预测中最重要的工作。

国家气候中心的内部年刊《气候预测评论》汇集了国内各有关部门对当年夏季旱涝的预测结果。从它所反映的预测手段看, 目前我国旱涝预测除少数用动力数值模式外, 大部分仍采用统计—经验方法。这些方法由于各自的局限性, 预报的准确性和信度尚不很高, 只能预测出汛期主要降雨带变化的一般趋势和位置, 而难以对旱涝形成的具体过程和严重程度作出较准确的预测, 但后者对于防洪抗旱的决策和部署则更有应用价值。

1996-09-09 收到

^{*} 本文得到国家自然科学基金资助 (49335061)

改进现有方法或寻求更有效的预测方法是今后旱涝预测研究中的一个重要课题。作为基础, 则必须首先加强旱涝形成的长期天气过程和大气环流演变过程的研究, 然后逐步建立起能反映旱涝形成物理过程的预测方法。文献[5~6]在评述旱涝预测问题时也强调了这样的看法。

1991 年特大洪涝发生在较近年代, 现代探测手段获取的大量可靠资料使我们能对这一个例进行较深入的剖析。近年来, 我们从季风角度对这一个例所做的一系列研究较清晰地描绘出了这一特大暴雨洪涝形成过程的物理图像^[7~11]。本文以这些研究结果为基础, 对梅雨预测问题提出一些认识。

2 1991 年梅雨洪涝形成过程的物理分析概述

1991 年江淮流域于 5 月 18 日入梅, 7 月 14 日出梅, 在长达 57 天的梅雨过程中, 分别于 5 月 18~26 日、6 月 2~20 日、及 6 月 30 日~7 月 13 日发生了 3 场特大暴雨。在文献[7~9]中, 我们从季风的不同角度, 分别详细分析了梅雨期间的低空急流活动、

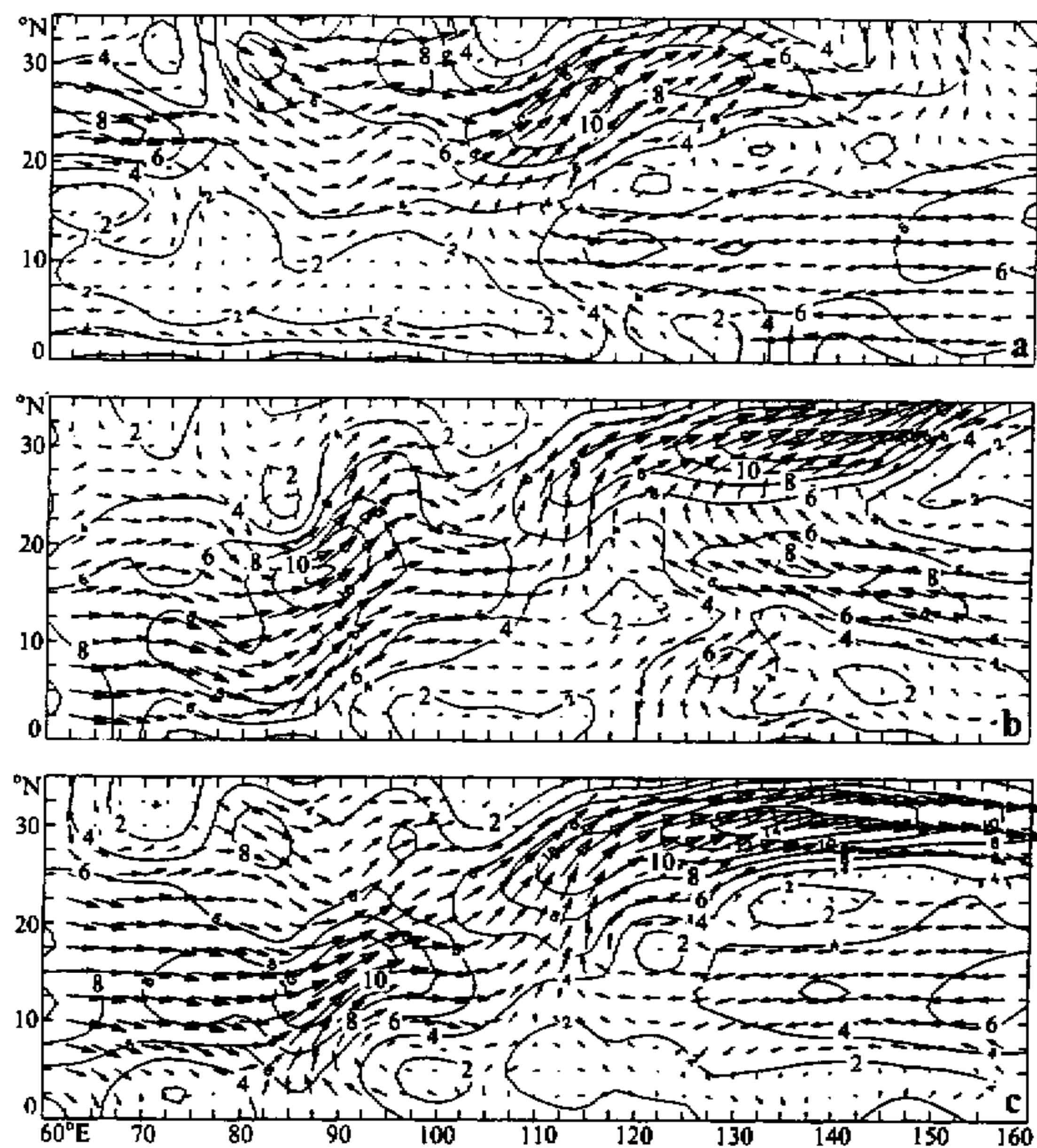


图 1 3 场暴雨最大降水候平均 850 hPa 风矢场

(a) 5 月第 5 候, (b) 6 月第 3 候, (c) 7 月第 1 候。等值线为等风速线。单位: m/s

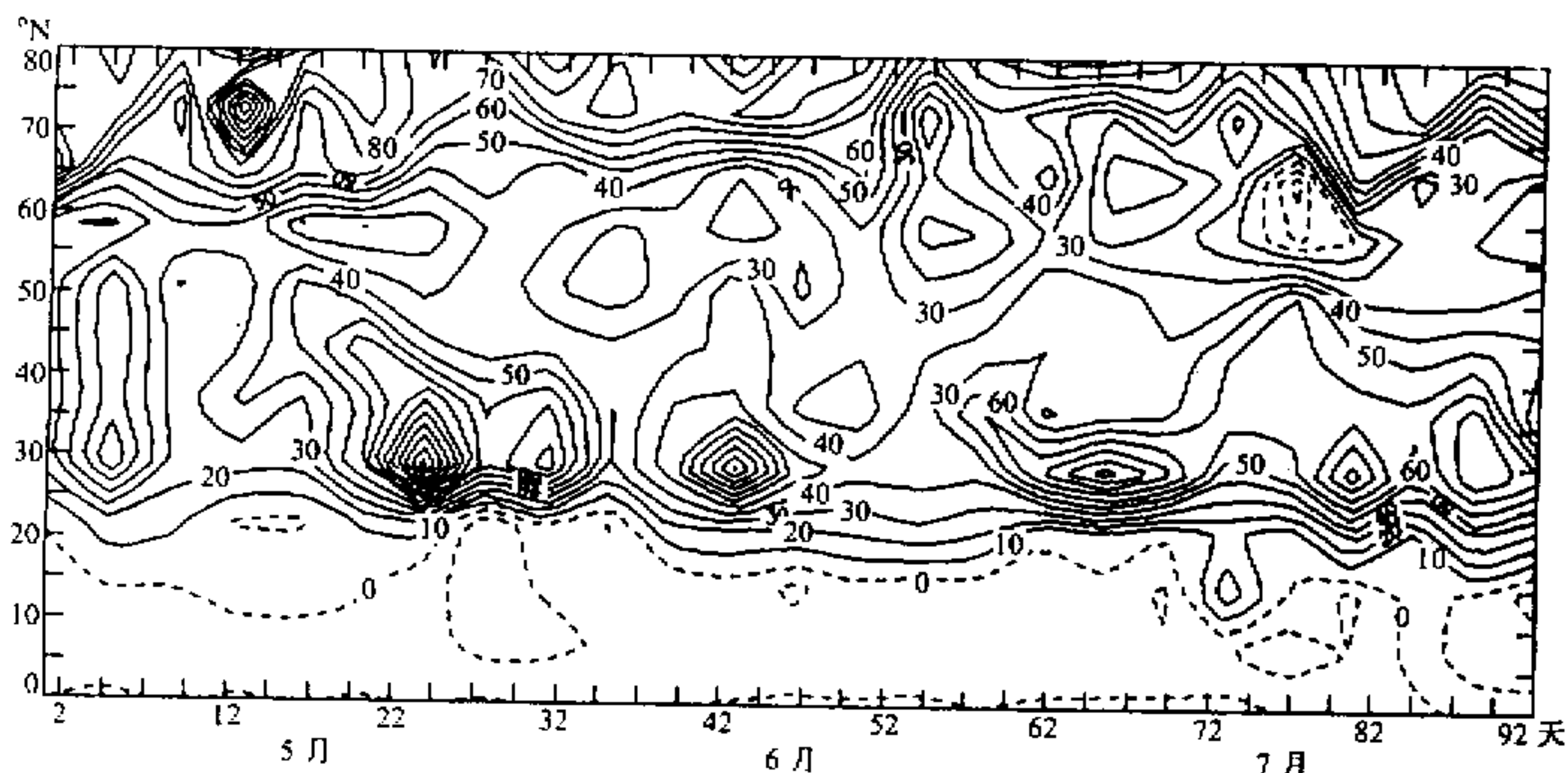


图2 5~7月850 hPa位涡沿110°E的纬度-时间剖面。单位: $10^{-8} \text{ K} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$

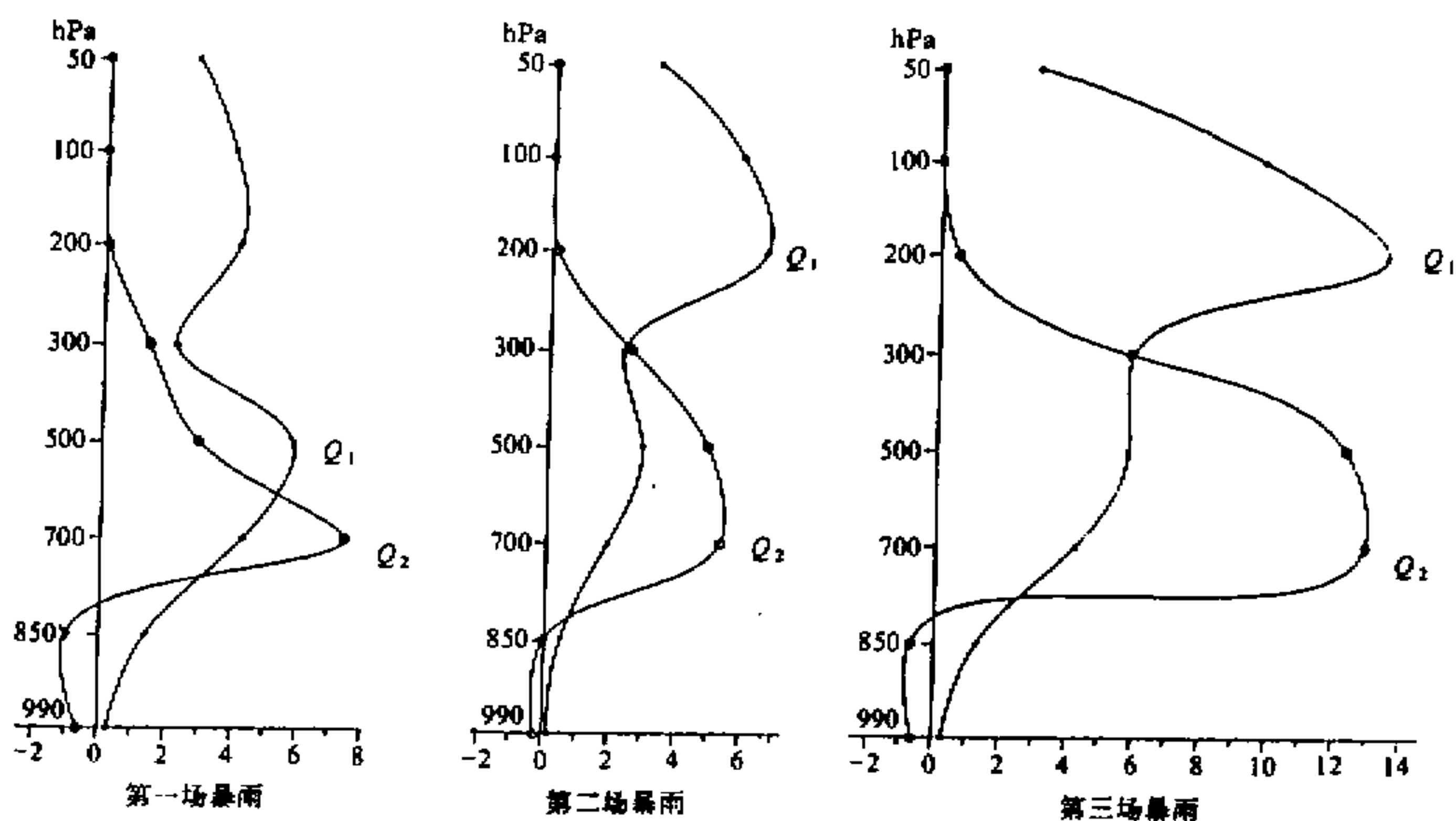


图3 3场暴雨平均视热源、视水汽汇在(115°E, 30°N)的铅直廓线。单位: K / d

冷空气活动、积云对流活动等。综合这些研究,可以清楚地看到这一时期大气环流的季节性演变过程。这里我们选用图1~4概要地阐述这一特征。

图1是3场暴雨最大降水候的风场。可见第1场暴雨是发生在西南季风爆发之前的,它主要受副热带地区的西风气流影响。西南季风对后两场暴雨的作用则特别重要,尤其是南海季风的的活动与这两场暴雨有很好的对应关系^[12]。

图2中位涡可反映冷暖空气的活动。对应于3场暴雨,江淮地区分别出现了3个高位涡时段,这表示江淮地区每场暴雨均有北方冷空气南下参与。其中第1场暴雨冷空气活动最强,后两场暴雨则依次减弱。这很好地表示了大气环流由冬季风特征向夏季风特征的转变过程。

图 3 中由 Q_1 、 Q_2 铅直廓线的对比可说明加热场和降水性质的变化。最强的加热出现在第 3 场暴雨时期, 这与这一时期有最强烈的降水有直接关系; 第 1 场暴雨引起的加热最弱。加热场的这种变化很好地反映了降水强度的变化。关于降水的性质, 第 1 场暴雨以锋面性降水为主; 第 3 场暴雨则属于强对流性降水; 第 2 场暴雨既有锋面性降水, 也有对流性降水, 这类似于一般年份的梅雨。

图 4 是 TBB 的距平分布。TBB 取低值说明对流活动强, 该图在距平意义上更好地印证了以下两点: (1) 第 3 场暴雨对流活动比常年强得多; (2) 江淮流域对流活动的季节性增强比常年显著得多。

因此, 总的来看, 这一梅雨过程中大气环流的季节性演变过程是非常清楚的, 即由冬季风环流特征向夏季风环流特征的演变, 其中第 1 场暴雨是发生在春夏之交大气环流向夏季风转型的初期、以北方强冷空气爆发南下为主要特征的锋面性降水; 第 3 场暴雨是在盛夏南方暖湿季风气流十分活跃、北方有冷空气南下参与的条件下, 由冷暖空气相互作用、以积云对流活动为主要特征的强对流性降水。

3 1991 年梅雨洪涝研究结果对梅雨预测的启示

3.1 江淮梅雨预测应着眼于较长的时间尺度

上节对梅雨期间大气环流过程的研究, 使我们获得了如下一些认识: (1) 特大暴雨洪涝可维持相当长的时期。它提示我们在作梅雨预测时必须着眼于较长的时间尺度, 这个时间尺度至少应是月和季节的。(2) 在这较长的梅雨过程中, 大气环流历经了一个显著的季节性转变过程。因而要重点考虑什么时候发生这种季节性转变, 南海季风的爆发和活动是一个重要的指标。(3) 在大气环流转型的不同进程中, 梅雨具有不同的降水性质。这需要分析冷暖空气的活动及强弱, 位涡分析是一个很有实用价值的方法。(4) 不同梅雨阶段或不同特征的降水对洪涝的形成具有不同的作用。要特别注意具有强对流爆发性质的梅雨降水, 可以利用强对流的预报指标来分析这个问题。

由此来看, 1991 年江淮流域梅雨季的 3 场大暴雨并不仅仅是以低频振荡形式出现的 3 次降水过程, 它们实际上代表了季节过渡期间 3 种不同特征的梅雨类型。我们将其特征概括为如下 3 个梅雨模型:

第 1 梅雨 (早梅雨) 模型: 主要出现于春夏之交 (5 月中、后期)。此时处于大气环流向夏季风环流转型的初期, 冷空气活动仍很强盛, 对流活动尚未完全发展起来, 降水系统主要来自副热带的西风带。这一时段仍属于春季降水, 它具有锋面降水的特征; 但若强度较大, 按标准可划归梅雨期, 一般称其为“早黄梅”或“迎梅雨”。这一时段的梅雨一般不会形成洪涝, 但它可使地表蓄水充足、河流水位升高, 当后期降水较大时, 容易形成洪涝。这一时期应引起重视。1995 年在 5 月和 6 月初也出现了相当长一段时间的早梅雨。

第 2 梅雨 (典型梅雨) 模型: 主要发生在初夏 (6 月份), 这是典型的梅雨期。此时一般夏季风已建立起来, 西南低空急流较强, 水汽供应充沛, 且具备较好的热力对流条件。降水性质既有锋面降水又有对流降水。气候意义上的梅雨就出现在这一时期, 而在近 40 年里, 仅出现了两个空梅年份。这一时段的梅雨, 无论是气象部门还是普通群

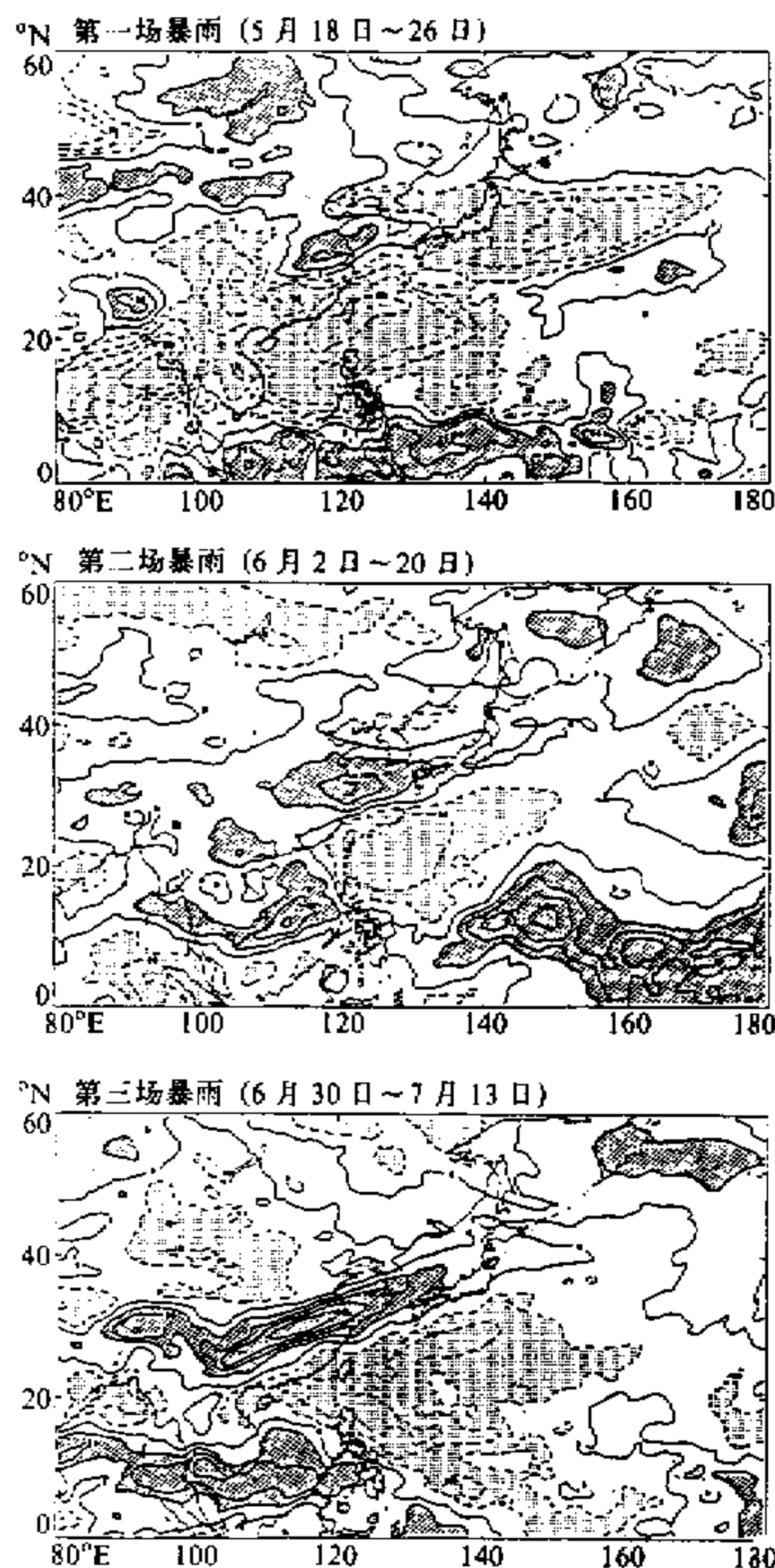


图4 3场暴雨平均TBB距平场
(与1980~1994年同期平均值的偏差)。单位: K

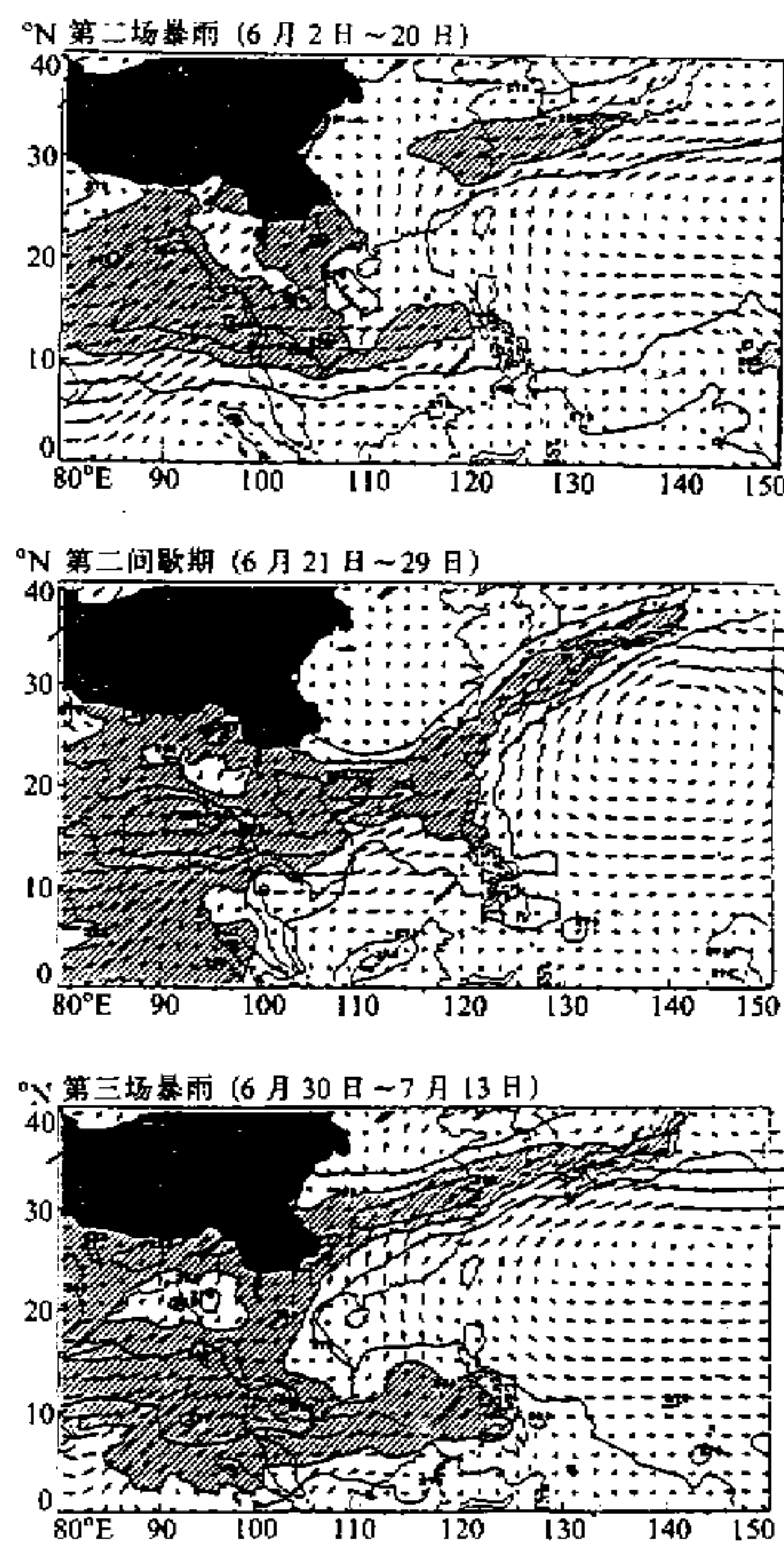


图5 第2场暴雨、第2梅雨中断期
及第3场暴雨的平均TBB分布。单位: K

众都非常熟知,因而防灾、抗灾的意识很强。如果仅在这一时段出现梅雨,那么受灾的损失将会小得多。

第3梅雨(强对流梅雨)模型:主要形成于盛夏(7月份)。此时环流形势与第2阶段的梅雨基本相似,但热力、对流作用更大;如果梅雨环流条件持续性维持,暴雨期也转长。局地性的强对流活动会造成强度很大的暴雨,它来势猛,降水集中,并且暴雨过程可重复出现。若这之前已有较大降水,则这一时段的强暴雨无疑是“雪上加霜”,其结果不但可冲淹农作物,冲断公路、铁路,而且还会造成人员伤亡。特大洪涝灾害的形成是与这一时段的暴雨分不开的。这个时段是梅雨预测中的关键。

当然,梅雨是一种年际变率较大的天气气候现象,每年入梅早晚、梅期长短及降雨强弱均会有较大差别,但大体上都可纳入上述3种梅雨模型或其组合。在今后的梅雨预测中,可根据对大气环流演变过程的预测,参考这3个梅雨模型,分别作出春夏雨季初

期、中期和后期的降水预测, 这样的预测结果对防灾工作将更有指导意义。

3.2 江淮梅雨预测应着眼于较广的地域范围

以往关于雨带位置变动的研究大多十分强调副高的作用, 即随着副高的北进与南撤, 由它所引导的东南季风的活动决定了雨带位置在南北向的徘徊过程。实际上, 根据 1991 年个例的分析, 雨带位置在东西向的摆动也是十分显著的。1991 年从 5 月下半月到 7 月上半月的近两个月中, 西太平洋副高持久地稳定在 $20\sim 25^{\circ}\text{N}$, 因而东南季风进退变动不大。相反, 西南季风的爆发与进退活动则表现得非常显著。图 5 是第 2、3 场暴雨及它们之间梅雨中断期的平均 TBB 分布, 此图清楚地反映出了对流活动带(大体上代表了雨带)的东西摆动过程。第 2 场暴雨期间, 对流带位于江淮流域, 但随后对流带向东南方向移到了日本以南地区, 此时江淮流域梅雨中断, 而日本以南进入梅雨期。在这之后, 对流带又向西摆动、回到了江淮流域, 由此江淮流域出现了第 3 场暴雨。另外可注意到, 这个强对流带一直向低纬延伸, 与 ITCZ 云团相连。

上述演变过程说明, 江淮流域的梅雨不是孤立出现和维持的, 它是季风系统在东亚范围内南北进退、东西摆动过程中于江淮流域形成降水的一个、或若干个时段。雨带位置的变动不但受副高和东南季风活动的控制, 而且也与西南季风的爆发、加强和撤退等过程有关。因此, 我们在作梅雨预测时应着眼于较广的地域范围, 不但将江淮梅雨作为我国东部地区整个雨季中的一环来考虑, 而且应注意将它与东侧地区(如日本和海洋上)的梅雨情况联系起来、综合分析。

4 总结与讨论

1991 年江淮流域梅雨期内所形成的特大洪涝是一个很有代表性的个例, 本文关于大气环流演变过程的物理分析, 对梅雨预测的研究是有启发意义的。

(1) 梅雨的预测应注意从春夏之交到盛夏这样一个较长的时期。各个阶段均可能形成梅雨降水, 但它们可能有着不同的特征。我们所提出的 3 种梅雨模型, 即早梅雨模型、典型梅雨模型及强对流梅雨模型, 突出了它们在环流背景和降水性质上的差别, 指出了各模型降水在洪涝形成中起着不同作用。

(2) 考虑江淮流域梅雨的维持与中断应注意东亚地区各季风系统的活动过程。副高和东南季风活动主要使雨带作南北徘徊, 而西南季风的加强和撤退过程除使雨带有南北摆动外, 还会使雨带作东西摆动。要注意它与东侧日本等地区梅雨的联系。

(3) 数值模式预报是短期气候预测的发展方向, 它具有物理基础强、客观定量的优点。在数值模式中降水量一般是由要素场用诊断方法计算得出的, 因此相对而言环流形势的预报总比降水量的预报可靠。正如文献[5]所指出, 先预报大气环流特征再推断降水是旱涝预测的一个有效途径。但模式输出的直接结果是气象要素场, 它们本身难以直观和充分地表达对旱涝有指示意义的大气环流的特征。目前需要加强的一个环节是, 选择多个旱涝个例进行多方面诊断, 形成一套确能体现旱涝状况的大气环流特征诊断方案, 如本文用位涡表现冷暖空气活动、用视热源和视水汽汇反映降水性质等。采用这些诊断方案作为模式输出的后处理, 可望能在旱涝这个特定问题上较好地描绘出大气环流的特征, 从而对降水量作出比较可靠的推断。本文对 1991 年特大洪涝个例大气环流演

变过程的物理分析,也是这一方面的初步尝试。

参 考 文 献

- 1 陶诗言等, 1980, 中国之暴雨, 北京: 科学出版社, p225.
- 2 陈隆勋等, 1991, 东亚季风, 北京: 气象出版社, p362.
- 3 丁一汇, 1991, 高等天气学, 北京: 气象出版社, p792.
- 4 陈国珍, 1996, 1995 年汛期旱涝预测评述, 气候预测评论 (国家气候中心内部刊物) .
- 5 周家斌、黄嘉佑, 1990, 旱涝预报的物理因子, 旱涝气候研究进展 (叶笃正, 黄荣辉主编), 北京: 气象出版社.
- 6 陈烈庭, 1990, 中国旱涝气候研究的进展, 旱涝气候研究进展 (叶笃正, 黄荣辉主编), 北京: 气象出版社.
- 7 陆尔、丁一汇, 1991 年江淮特大暴雨期间低空急流的大尺度分析 (待发表) .
- 8 陆尔、丁一汇等, 1994, 1991 年江淮特大暴雨的位涡分析与冷空气活动, 应用气象学报, 5(3), 266~274.
- 9 陆尔、丁一汇, 1991 年江淮特大暴雨的降水性质与对流活动, 气象学报 (将发表) .
- 10 陆尔、丁一汇, 1991 年江淮特大暴雨与东亚大气低频振荡, 气象学报 (将发表) .
- 11 丁一汇、陆尔, 1991 年江淮梅雨期大气环流的季节性演变特征, 亚洲季风研究的新进展 (将出版) .
- 12 王启一、周琴芳, 1996, 1991 和 1994 年夏季东亚季风活动的对比诊断分析, 八五长期天气预报理论和方法研究, 北京: 气象出版社.
- 13 丁一汇主编, 1993, 1991 年江淮流域持续性特大暴雨研究, 北京: 气象出版社, p255.

An Essay of Meiyu Prediction in the Light of the Syno-Dynamical Study of Summer Monsoon Behavior during 1991 Flood in China

Ding Yihui and Lu Er

(National Climate Center, Beijing 100081)

Abstract Based on the case study of Meiyu over Changjiang-Huaihe River basin (Jianghuai) in 1991, a better understanding of Meiyu prediction has been obtained. Physical analysis of the process of excessively flood reveals that the three episodes of heavy rain of this Meiyu event are of most representative. They result from unique atmospheric circulation patterns at different stages of its transition season. Thus, with different synoptic backgrounds and precipitation natures, they play quite different roles in the formation of the flood. With such understanding, three general conceptual models of Meiyu are put forward, which suggests that Meiyu prediction should be considered in time frame of a long period from spring to summer, and then it may be divided into several subperiods, thus Meiyu prediction being made stage by stage. It is also pointed out that in order to determine the location of major seasonal rain belt, we should emphasize not only the activity of subtropical high in west Pacific Ocean and southeast monsoon which generally control the northward and southward movement of rain belt, but also the activity of southwest monsoon which may lead to the zonal movement of rain belt. Finally, the significance of such diagnostic study for the physical process of flood and drought in the method of numerical prediction is discussed.

Key words excessively severe flood in 1991 analysis of physical process Meiyu conceptual models Meiyu prediction