

# 2007 年梅雨锋降水的大尺度特征分析

陶诗言<sup>1</sup> 卫 捷<sup>1</sup> 张小玲<sup>2</sup>

(1. 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029; 2. 中国气象局国家气象中心)

**提 要:** 2007 年 6—7 月在华南、长江中下游以及淮河流域先后出现东西走向静止锋暴雨, 引起粤东和淮河流域洪涝灾害。分析了这 3 个地区静止锋暴雨的动力学、热力学结构的异同点。2007 年 7 月引起淮河洪涝的主要强降水是 7 月 8—9 日的暴雨, 分析了引起这场强暴雨的大气环流特征以及梅雨锋深厚的锋生过程和气旋生成过程。主要结论为: (1) 华南前汛期降水、长江梅雨期降水以及淮河强降水出现时东西向静止锋在动力学和热力学的结构相同, 可通称为“梅雨锋”。(2) 2007 年淮河静止锋暴雨的出现, 是由于中国东部上空有深厚高空槽发展, 诱导梅雨锋上气旋生成过程和深厚的锋生过程。气旋生成过程和锋生过程使梅雨锋上出现强烈的上升运动, 形成了致洪暴雨。

**关键词:** 致洪暴雨 梅雨锋 锋生过程 气旋生成的上-下层影响 下游小槽斜压发展过程

## Large-scale Features of the Mei-Yu Front Associated with Heavy Rainfall in 2007

Tao Shiyan<sup>1</sup> Wei Jie<sup>1</sup> Zhang Xiaoling<sup>2</sup>

(1. Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029;

2. National Meteorological Center)

**Abstract:** The large scale features of the Mei-Yu front associated with heavy rainfall along the Pearl River valley in South China, the Yangtze River valley and the Huai River valley in 2007 are discussed. During the period 1-16 June, the Mei-Yu front extended along Pearl River valley with intense rainfall. In the middle of June with the first westward extension of the subtropical anticyclone in the West Pacific, the Mei-Yu front jumped to the Yangtze River where it lasted for nine days. With the second westward extension of the subtropical anticyclone in the end of June, the Mei-Yu front jumped to the Huai River valley, where it lasted for two weeks and brought about severe floods with great damages. The dynamical and thermodynamic characteristics of the Mei-Yu

资助项目: 国家重点基础研究发展规划项目 2004CB418301 和自然科学基金 40505010

收稿日期: 2007 年 12 月 29 日; 修定稿日期: 2008 年 1 月 2 日

front in the three valleys are compared. It is found that the dynamical and thermodynamic structures are all the same and we suggest to use the same “Mei-Yu front” for the three valleys.

During middle of July there was a disastrous flood in the Huai river valley. The mechanism of the torrential rainfall that brings about the severe flood is discussed in the second part. It is found that with the intense development of ridge and trough system along the subtropical jet stream in North China, there was an intense development of a deep trough along  $110^{\circ}\text{E}$ , which induced the development cyclone-genesis and front-genesis in the Mei-Yu frontal zone from 1000-400hPa. With the development of the cyclone-genesis and front-genesis along the Mei-Yu front, there was rapid upward motion along the front zone causing intense rainfall along the Mei-Yu front.

**Key Words:** the torrential rainfall Mei-Yu front front-genesis top-down influence of the cyclone-genesis downstream baroclinic development

## 引 言

每年 6—7 月在华南、长江中下游或者淮河流域会出现沿着流域的东西向静止锋强降雨带,并引起洪涝灾害。静止锋持续的时间大约为两个星期,人们将在此期间华南静止锋暴雨称作前汛期暴雨,将长江中下游的暴雨称作梅雨锋暴雨,而将淮河流域的暴雨称作江淮梅雨。有关这 3 个静止锋暴雨的研究文献很多,这里只列举其中的一些重要文献:陶诗言等<sup>[1]</sup>对华南前汛期暴雨有过概括的论述,中国气象局广州热带气象研究所<sup>[2]</sup>,对前汛期暴雨的气候概况、环流形势特征、天气系统以及预报方法作了概述。薛纪善等<sup>[3]</sup>对 1994 年 6 月一次近 100 年来华南最大的致洪暴雨过程、机理和模拟作了详细研究。周秀骥等<sup>[4]</sup>对 1998 年的前汛期暴雨进行了分析研究。有关长江流域梅雨锋暴雨的研究文献最多。丁一汇等<sup>[5]</sup>对 1991 年长江、淮河持续性暴雨进行了系统分析,陶诗言等<sup>[6]</sup>通过对 1998 夏季中国暴雨的形成机理的深入研究,概括出江淮流域致洪暴雨的天气学模型。

2007 年 6—7 月,在华南、长江中下游以及淮河流域先后出现沿着流域的东西向静止锋暴雨,引起粤东和淮河流域洪涝灾害,这给

我们一次机会,同时分析这 3 个地区静止锋暴雨的动力学、热力学结构,分析它们的异同点。2007 年 7 月引起淮河洪涝的主要强降水是 7 月 8 日 08 时(北京时,下同)至 9 日 08 时的这场暴雨,7 月 8 日 08 时至 9 日 08 时淮河全流域平均的 24 小时降水量达到 65mm 以上,本文分析引起这场强暴雨的大气环流特征以及梅雨锋深厚的锋生过程和气旋生成过程。

## 1 华南、长江中下游、淮河东西向静止锋的动力学、热力学结构

夏季中国和日本的梅雨锋降水,出现在西太平洋副热带高压的北侧以及西风带南缘。梅雨锋暴雨活动的季节和年际变化,同时受到热带和中高纬度高空急流中扰动的影响。西太平洋副高以及来自洋面的季风涌是对梅雨锋影响的两个主要系统。来自北方的一次次冷空气南下以及来自高空副热带急流中的一次次扰动对梅雨锋降水是来自中高纬度的影响。2007 年南海夏季风在 5 月第 5 候开始,从 6 月初华南前汛期暴雨开始。2007 年夏季华南有两次强降水时段:第一,6 月初到 16 日的华南前汛期暴雨,其中包括两次暴雨过程。第二,8 月上中旬由帕布和圣

帕台风所引起的强降水时段。6月下旬到8月上旬华南处于少雨干旱时段。在华南前汛期暴雨时段,从印度次大陆和缅甸有两次高空槽移到华南静止锋上空(图略),并引起两次降水峰值。6月7—10日,广东东部地区出现洪涝,造成171.9万人受灾,死亡18人。在暴雨持续时段,来自南海有强的季风涌(图略);在华南前汛期暴雨期间,来自北方的冷空气到达 $25^{\circ}\text{N}$ ,与季风气流汇合,使得在华南维持一条东西向静止锋。6月15日以后,西太平洋副高有一次西伸北跳(图略),华南前汛期结束。而长江流域梅雨期开始。

图1是2007年华南前汛期暴雨期间对

流层高低空环流场的配置:图1a给出了200hPa上等风速线、风矢量以及200hPa风矢量的辐散区。注意高空辐散中心位于高空强急流段的入口区右侧,并与静止锋位置重合。850hPa(图1b)上沿着静止锋对应于200hPa强辐散带是一条低空水汽通量辐合区,925hPa(图1c)上,静止锋的位置位于来自南海的季风气流与来自中高纬度气流的汇合带,也是最强的雨带所在。500hPa(图1d)上,长江以北东西向的等温线密集,500hPa的气流汇合, $30^{\circ}\text{N}$ 附近也有锋区存在。华南地区的强降水区的上空是整层可降水量(图1d上阴影区)的最大值轴线所在。

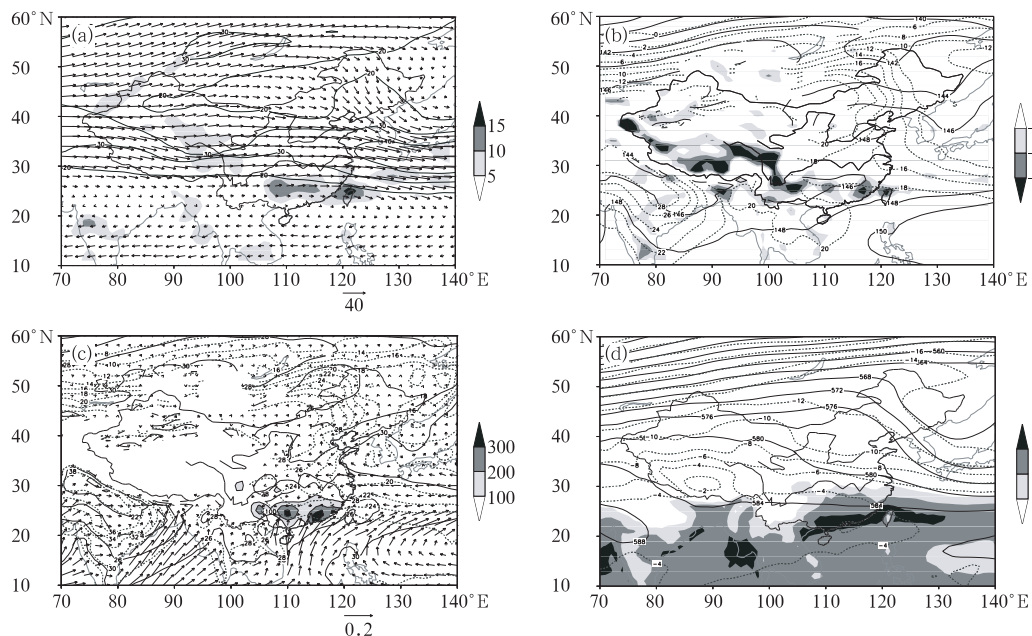


图1 2007年6月1—10日华南静止锋时期环流场

- (a)200hPa等风速线(实线,单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )、水平风场(矢线)及其散度(阴影区,单位: $\text{s}^{-1}$ );  
 (b)850hPa位势高度(实线)、温度(虚线)及其水汽通量散度(阴影区);(c)925hPa位势高度(实线)、  
 温度(虚线)、水汽通量(矢线,单位: $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )及总降水量(阴影区);  
 (d)500hPa位势高度(实线,单位: $\text{dagpm}$ )、温度(虚线,单位: $^{\circ}\text{C}$ )及整层可降水量(阴影区,单位: $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )。

图2给出了沿 $115^{\circ}\text{E}$ 穿过华南静止锋的垂直剖面,表示华南静止锋的动力学、热力学结构。在 $\theta_{\text{se}}$ 垂直剖面上,梅雨锋所在的 $25^{\circ}\text{N}$ 处,低空热力对比很小,为高 $\theta_{\text{se}}$ 舌区(图2a),随高度向北倾斜。在 $30^{\circ}\text{N}$   $\theta_{\text{se}}$ 有一个强烈的

锋区。从925hPa和500hPa环流场上的温度分布看(图1),长江到珠江之间东西向的等温线比较密集。表示另有一条锋区存在。在静止锋的南面, $\theta_{\text{se}}$ 随高度减小,属不稳定层结的气团。在比湿( $q$ )剖面图上(图2b),静

止锋上空是个伸展到 400hPa 的湿舌。在 30°N 锋区前后的比湿对比非常显著。在水汽通量辐合场上,静止锋上空水汽辐合区伸展到 700hPa,而 30°N 的锋区上空有一条倾斜的伸展到 400hPa 的水汽通量辐合带。在垂直速度场(图 2d)上,静止锋前部和锋区上

强上升运动区伸展到 300hPa,在 30°N 附近锋区上空也是一条上升运动带。在静止锋和 30°N 锋区上空是一条深厚的气旋性涡度带(图 2e),散度剖面(图 2f)与水汽通量散度(图 2c)相似。

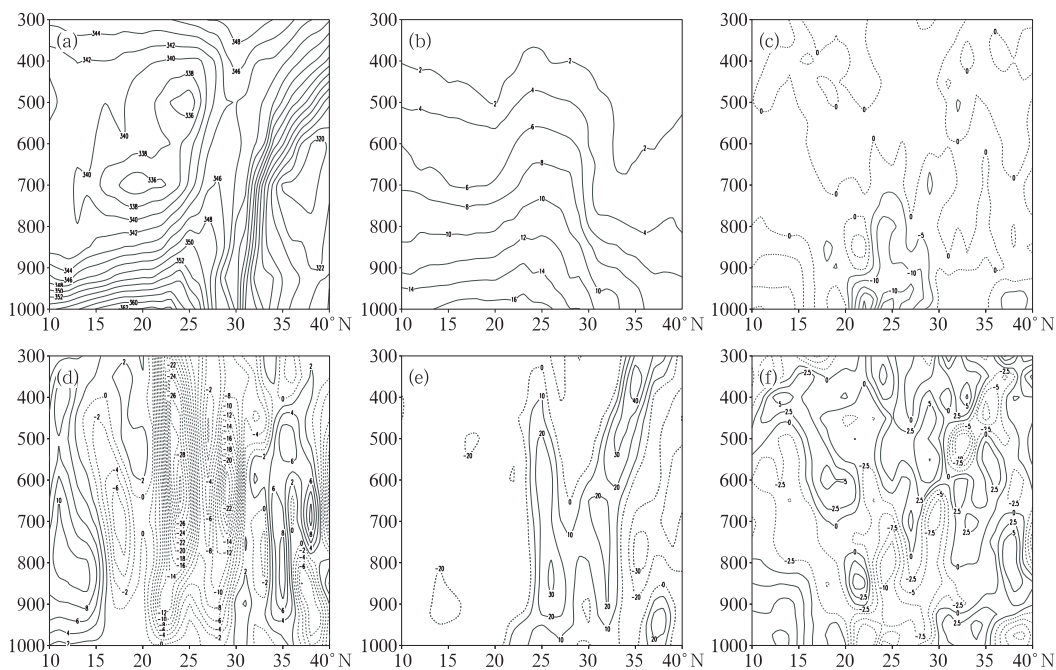


图2 2007年6月1—10日平均的华南前汛期静止锋的动力学、热力学结构

沿 115°E 相当位温(a,单位:K)、比湿(b,单位: $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )、水汽通量散度(c,单位: $\times 10^{-7} \text{s}^{-1}$ )、垂直速度(d,单位: $\text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ )、涡度(e,单位: $\times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ )、散度(f,单位: $\times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ )的高度(气压)-纬度剖面

2007年夏季长江流域降水过程多,梅雨期为6月21日至7月6日,典型的梅雨锋时段为6月21—28日,此时段出现持续性降水,并有一条静止锋出现在长江中下游(图略),梅雨期以后出现多次过程性的强降水。6月13—16日随着一次来自高原的高空槽东移(图略),长江流域出现一场短时间的强降水。在典型梅雨期(6月21—28日)从高原有气旋性扰动移到梅雨锋上空。梅雨期结束后到7月底,很少有来自高原的气旋性扰动影响长江中下游,相反在长江上游持续一条气旋性涡度带(图略)。6月底到7月初西太平洋副高有一次西伸北跳(图略),这时梅雨锋从长江移到

淮河流域,长江中下游的梅雨期结束。在长江流域梅雨期,季风涌从华南伸到长江流域。8月中下旬台风圣帕移入大陆时,也曾引起长江中下游出现一次强降水。

图3给出了2007年6月21—28日长江中下游梅雨期高低空环流场。在200hPa(图3a)上,沿35°N、115°E以东是急流轴段的入口区,在其东南的梅雨锋上空,850hPa(图3b)是一条水汽通量辐合区,而在925hPa(图3c)来自南海的季风涌很显著。沿着静止锋有一条宽广的雨带,500hPa(图3d)上,梅雨锋位于西太平洋副热带高压北侧,西风带南缘,此地区也是整层可降水量最大轴线所在。

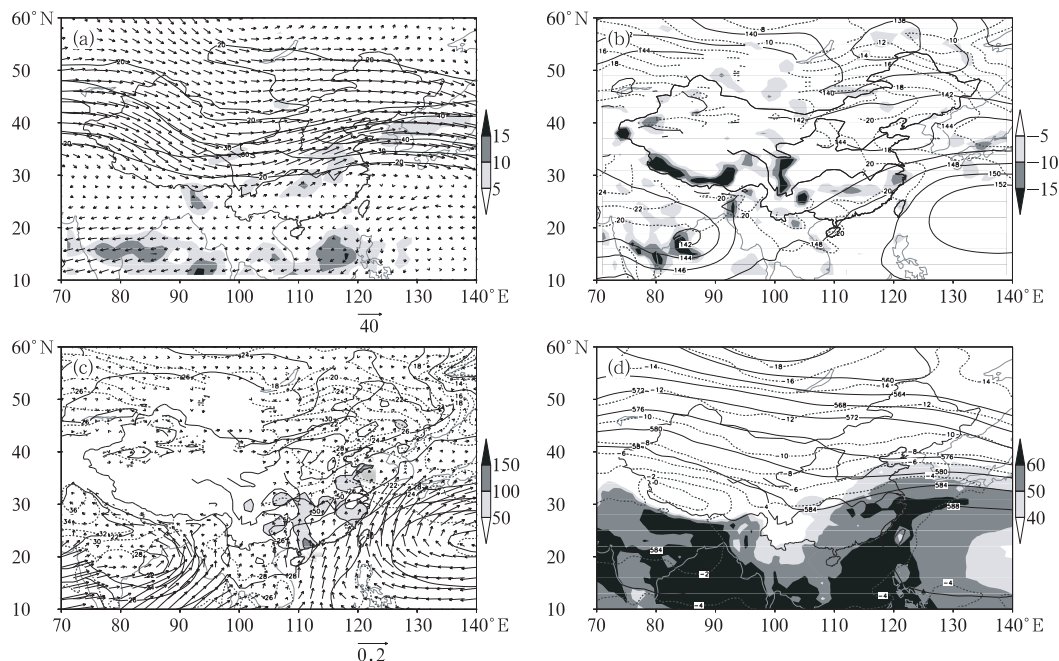


图3 2007年6月21—28日长江流域梅雨期的对流层环流场  
说明同图1

图4给出了穿越梅雨锋的 $115^{\circ}\text{E}$ 垂直剖面图。在位温场(图4a)上,梅雨锋以南 $\theta_{se}$ 随高度减小,表示大气层结是不稳定的,梅雨锋区的结构很典型,锋区附近等 $\theta_{se}$ 线密集,在锋区南面有一个高 $\theta_{se}$ 舌倾斜地伸到对流层中部,这也是比湿的舌区(图4b),而在锋区北侧比湿急骤减小。在水汽通量辐合图(图4c)上,锋前和倾斜的锋区中,从低空到600hPa是辐合区。在垂直速度的剖面(图4d)上,沿着锋面以及锋后是深厚的上升运动区,也是一条气旋性涡度舌(图4e),穿过梅雨锋的风场辐散剖面(图4f)与图4c相似。

2007年7月淮河流域出现仅次于1954年的大洪水。淮河流域的持续强降水主要出现在6月29日至7月10日。在7月中旬以前,有两次强气旋性扰动沿高原北侧移到淮河流域上空,对应两次淮河持续静止锋强降水。静止锋位于 $33^{\circ}\text{N}$ ,由于降水来势凶猛,淮河王家坝水文站7月3日出现第一次洪峰,7月6—8日出现更强的暴雨,使得王家

坝水位达到保证水位(29.3m)。7月中旬以后,西太平洋副高有一次西伸北跳,淮河流域持续性降水结束。

图5是淮河静止锋持续期间高低空环流场。静止锋位于 $33^{\circ}\text{N}$ ,环流场特征跟华南以及长江静止锋持续时期的环流场相同;在淮河静止锋持续期间,静止锋以南的长江北岸,处于高温、高湿的不稳定层结的气团中,出现了多次深对流天气。6月27日至7月4日湖北省北部出现强暴雨,孝感地区出现洪灾。7月3日江苏高邮和安徽天长出现强龙卷风,7月7—9日南京出现特大暴雨。

在淮河静止锋持续期间的静止锋动力学和热力学结构见图6,它与长江梅雨锋的结构很相似。仅仅在水汽通量辐合场上有差异,锋区水汽通量辐合区(图6c)只出现在850 hPa以下,但在风场的辐合图(图6f)上,锋区上空有一条向北倾斜的气流辐合带。这可能由于淮河位于较高纬度,水汽不像华南和长江那么丰沛的缘故。

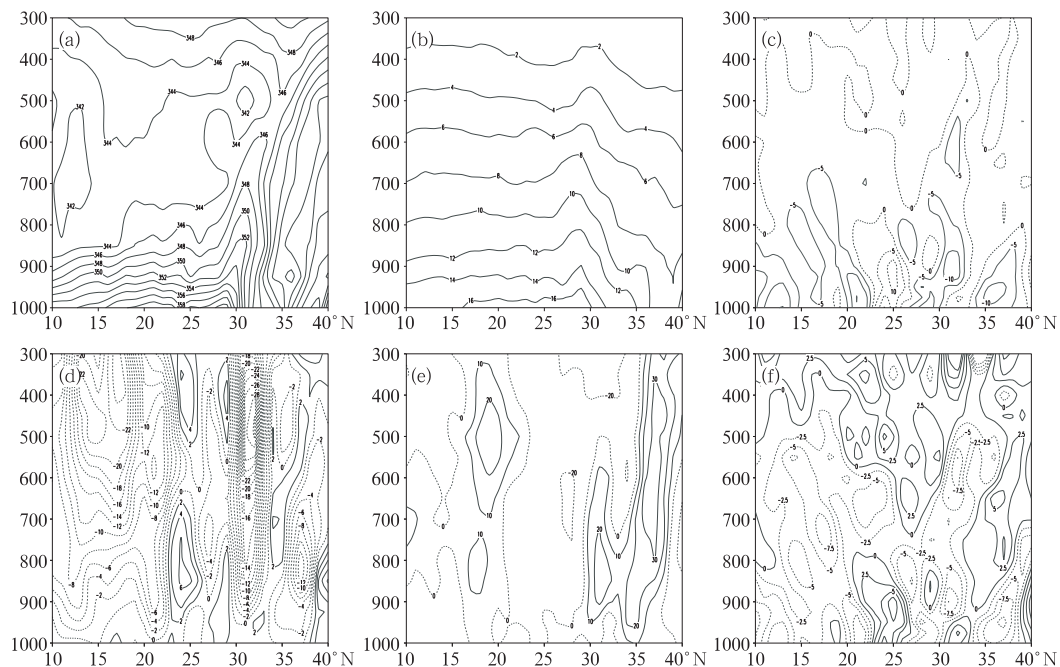


图 4 2007 年 6 月 21—28 日长江流域梅雨锋结构  
说明同图 2

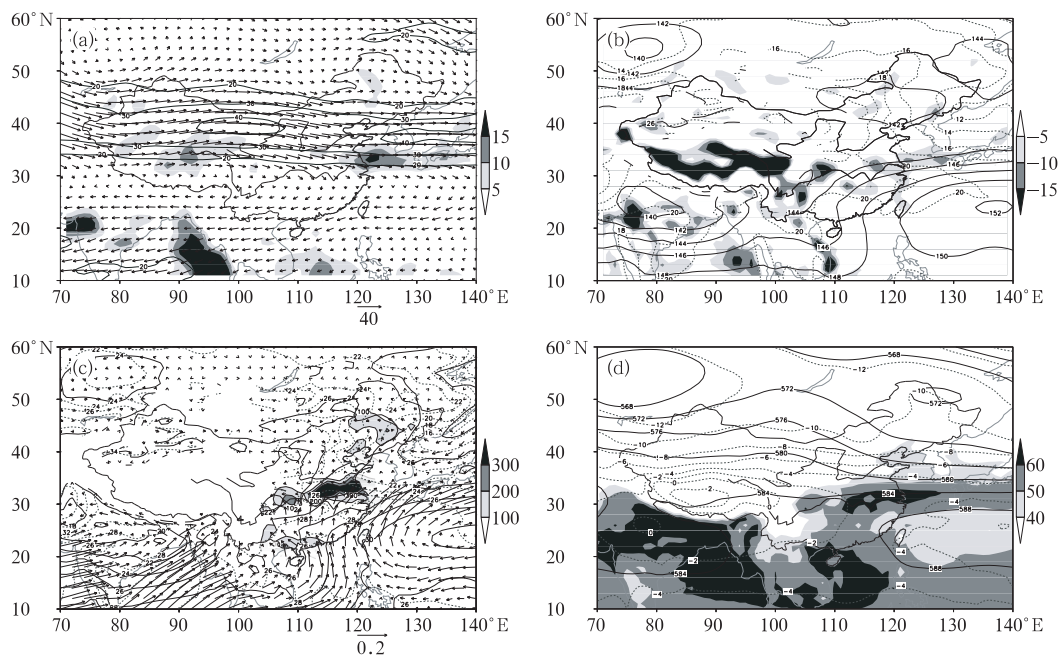


图 5 2007 年 6 月 29 日至 7 月 10 日淮河流域暴雨期环流场  
说明同图 1

华南、长江以及淮河的静止锋都是位于西太平洋副高脊的北侧、西风带的南缘地区。

从华南、长江以及淮河静止锋时期的环流场和热力学场的对比分析,可以得出这样

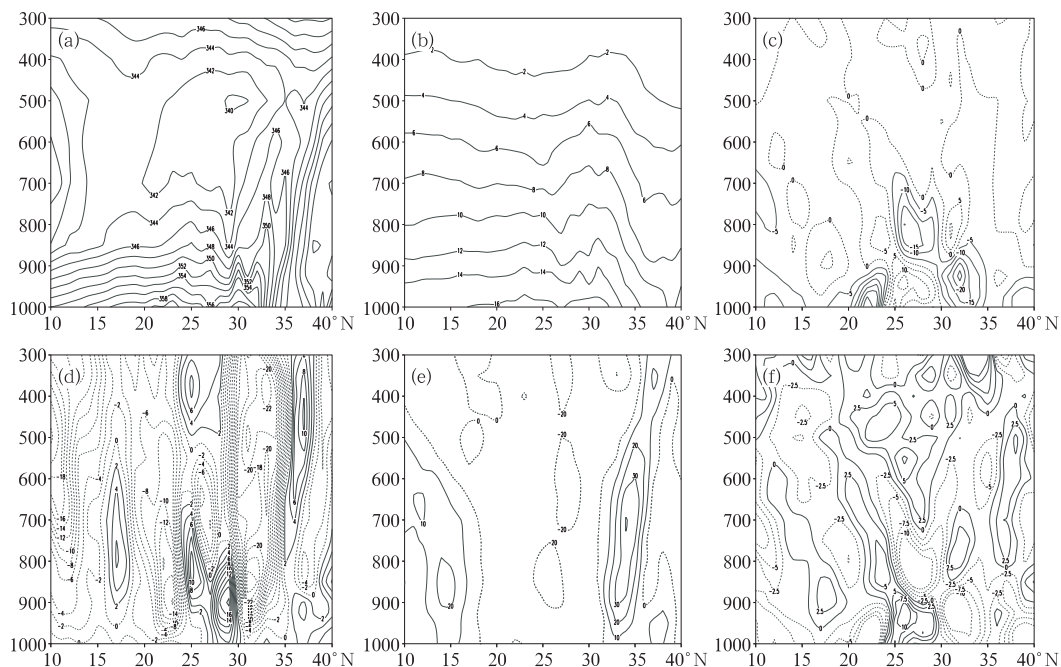


图6 2007年6月29日至7月10日淮河流域静止锋结构  
说明同图2

的看法:不论是华南前汛期的静止锋,或者长江流域的梅雨锋,以及淮河流域的静止锋都具有相同的动力学、热力学特征,我们可以统称为梅雨锋。

## 2 2007年梅雨锋淮河致洪暴雨的天气尺度机理

2007年6月29日淮河流域入梅后,梅雨锋上出现持续性强降水(图7a)。7月1—

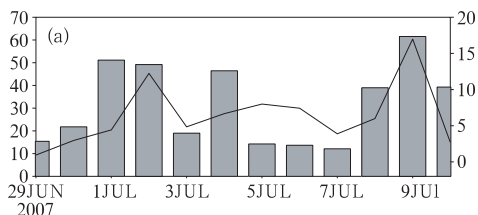


图7a 2007年6月29日至7月10日淮河流域区域平均600hPa水平锋生函数与降水量的逐日变化

(实线:降水量,单位:mm;  
方:600hPa水平锋生函数,单位: $\times 10^{-9} \text{K} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )

2日的强降水造成淮河干流王家坝水文站出现第一次洪峰,4—7日淮河仍持续较强降水。8日08时至9日08时淮河又出现强降水,流域平均日降水量达到60mm以上,同时在长江流域的下游也出现强暴雨(图7a、b)。7月9日午后,淮河流域的暴雨结束。由于这场强暴雨使淮河水位猛增,王家坝7月9日出现第二次洪峰,10日王家坝的水位已超

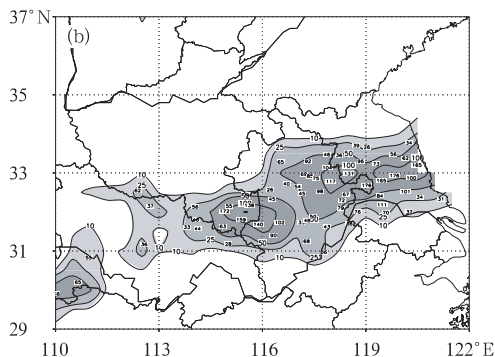


图7b 2007年7月8日08时至9日08时24小时淮河流域降水量(单位:mm)\*

\* 图7引自张立生(博士生,指导老师:赵思雄与孙建华)

出保证水位,水利部门决定开闸泄洪,先后启用 10 个蓄洪区分洪。受洪水影响,豫、皖、苏三省共有 2922.2 万人受灾,死亡 35 人,失踪 9 人<sup>[7]</sup>,其中安徽省受灾最为严重。这是淮河仅次于 1954 年的大洪水。图 7b 是 2007 年 7 月 8 日 08 时至 9 日 08 时淮河流域 24 小时降水量图,从淮河上游到下游以及梅雨锋以南的暖区内,出现大片暴雨区,尤其在低气压中心附近以及冷锋上降水最强。

致洪暴雨的出现与梅雨锋有强烈的锋生过程以及梅雨锋上有初生气旋生成有联系。

图 8 是 7 月 9 日 08 时强暴雨出现时的对流层高、低空的环流场。在 975 和 850hPa(图 8a、b)上,梅雨锋上,119°E 附近出现闭合低气压中心,500hPa(图 8c)上,沿 115°E 有高空槽发展,淮河上空东西向等温线密集,200hPa(图 8d)上,115°E 的高空槽前后各有一个急流段。此时静止锋低空辐合区与高空辐散区相对应,而在静止锋南面(图 8c)有一条东西走向的湿舌区。这种高低空环流场是典型梅雨锋强降水出现时的环流形势。

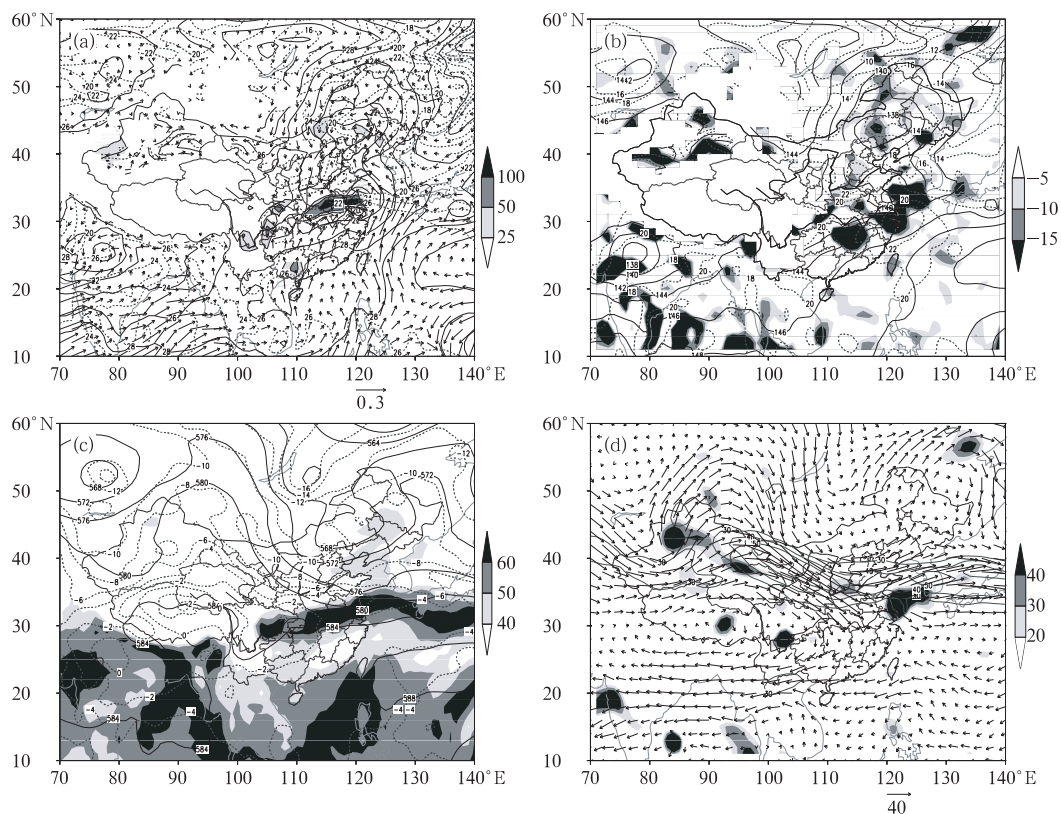


图 8 2007 年 7 月 9 日 08 时对流层高、低空的环流场

- (a) 975hPa 位势高度(实线)、温度(虚线)、水汽通量(矢量线,单位:  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )及总降水量(阴影区);  
 (b) 850hPa 位势高度(实线)、温度(虚线)及水汽通量散度(阴影区);(c) 500hPa 位势高度(实线,单位:  $\text{dgpm}$ )、  
 温度(虚线,单位:  $^{\circ}\text{C}$ )及整层可降水量(阴影区,单位:  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ );(d) 200hPa 等风速线(实线,单位:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )、  
 水平风场(矢量线)及散度(阴影区,单位:  $\text{s}^{-1}$ )。

天气分析的经验告诉我们,在西风带的

中高纬度地区,有时当高空有一个高压脊强

烈发展后,其下游的小低压槽会转向东南方向移动,并强烈发展。这种现象称作“高脊发展后,下游小槽强烈斜压性发展的现象(过程)”。这种现象在美洲西北部海岸比较多见<sup>[8]</sup>。在东亚地区这种现象有时也会见到。2007年7月8—10日东亚上空出现了这样的过程。图9是7月7—10日08时350K等熵位涡图。7月7日08时(图9a)350K等熵位涡图上河套上空有一个浅的高位涡舌区,7月上旬随着巴尔喀什湖上空阻塞高压的建立,8日08时(图9b),90°E附近有一个低位

涡脊形成并强烈发展,河套上空的浅高位涡舌向东南方向移动并强烈发展。9日08时(图9c),随着低位涡脊强烈发展,河套以东的高位涡舌向东南方向强烈伸展,其南端移到梅雨锋上空。来自高纬度平流层的高位涡空气平流到梅雨锋上空,诱发梅雨锋上的气旋生成过程和深厚的锋生过程。这种高空系统对低空系统的影响,天气学上称为“气旋生成的高空对低空的影响”。10日08时(图9d)高位涡舌在120°E附近强烈发展,此时,低压已移到朝鲜半岛。

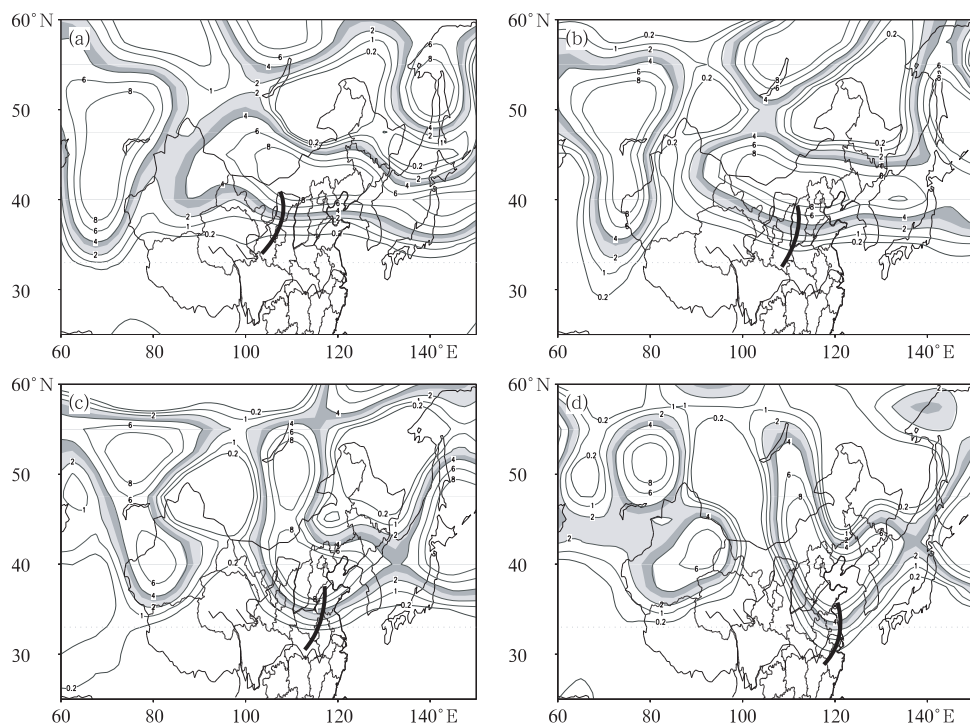


图9 2007年7月7—10日350K等熵位涡图

(a) 7日08时,(b)8日08时,(c)9日08时,(d)10日08时 单位:  $1\text{PVU}=10^{-6}\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{K}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,

阴影区:2~3PVU区域,粗实线:高位涡舌轴线

在315K等熵位涡图(图10)上,梅雨锋位于30~32°N,在315K等熵面相当于700hPa的高度,在图上梅雨锋对应一条东西向的高位涡带,注意在7月9日08时梅雨锋上的气旋生成过程很清楚,梅雨锋的高位涡

带出现冷锋和暖锋的形状,而且,在120°E附近风场的闭合环流很清楚,说明梅雨锋上的闭合低气压环流伸展到700hPa。7月10日08时低气压已移到朝鲜半岛,并有强烈发展。

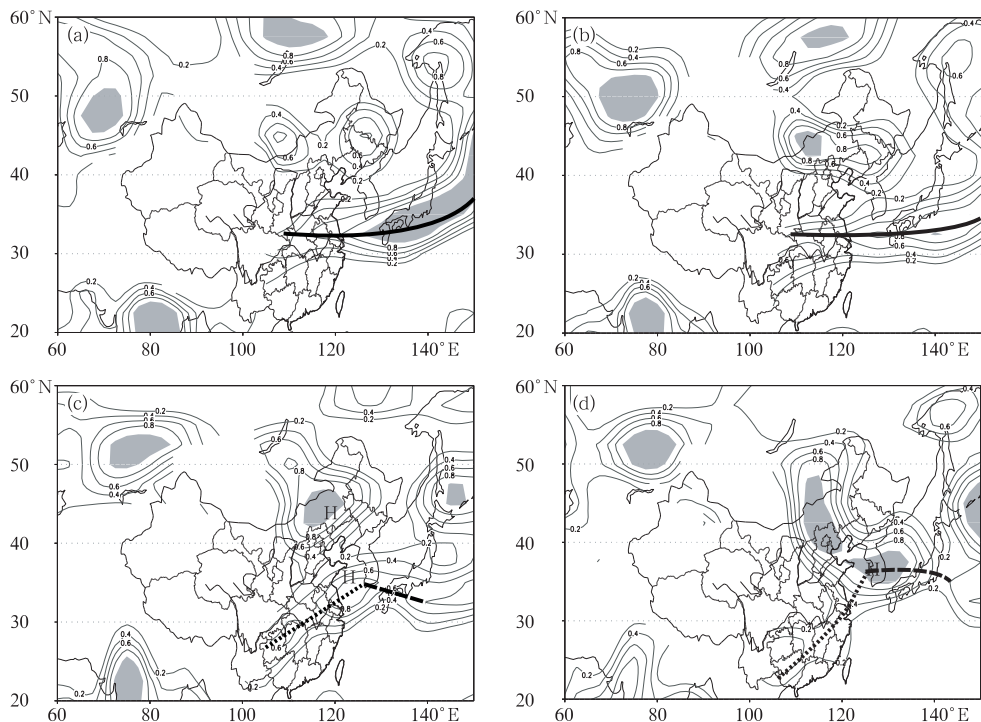


图 10 2007 年 7 月 7—10 日 315K 等熵位涡图

(a)7 日 08 时, (b)8 日 08 时, (c)9 日 08 时, (d)10 日 08 时 单位:  $1\text{PVU}=10^{-6}\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{K}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,

阴影区: 大于 1 PVU 区域, 粗实线: 静止锋位置, 粗点线: 冷锋位置, 粗断线: 暖锋位置

图 11 表示 7 月 8 日 08 时到 7 月 9 日 20 时梅雨锋上出现气旋生成过程时 500hPa 的形势演变。8 日 08 时(图 11a)  $90^\circ\text{E}$  上空有一个高空高压脊在强烈发展, 河套以西上空有一个弱低压槽, 这个小低压槽是从西面移过来的, 强度在减弱。8 日 08 时以后这个低压槽转向东南方向移动并发展, 在槽线上和槽前正涡度平流和冷平流明显。8 日 20 时(图 11b)高空槽继续发展, 槽前的冷平流更加明显, 9 日 08 时(图 11c)随着高空槽的继续加深, 槽前  $35^\circ\text{N}$  及以北地区东南向的等温线密集, 表示 500hPa 上有强烈的水平锋生过程, 此时正是静止锋气旋初生的时刻, 在 500hPa 上从等温线分布可分析出 500hPa 上梅雨锋冷、暖锋的位置。9 日 20 时(图 11d)梅雨锋的低气压已移到东海上, 从 500hPa 等温线的分布看, 低压中心与冷、暖锋结构很清楚。

这次梅雨锋的锋生过程, 不限于 500hPa, 图 12 是 2007 年 7 月 9 日 08 时东亚地区 975、850、700、600、500、300hPa 水平锋生函数的分布图。可以看出, 300hPa 以下的对流层大气中, 梅雨锋的位置上都出现强锋生过程, 在 700~600hPa 锋生过程最强。

图 13 是 7 月 9 日 08 时过梅雨锋沿  $115^\circ\text{E}$  的各种物理量的高度(气压)-经度剖面。由图 13 见, 典型的梅雨锋的结构以及各层的锋生过程表现非常清楚, 在近地面锋区位于  $32\sim 33^\circ\text{N}$ , 沿着锋区密集的等位温线随高度向冷空气一侧倾斜(图 13a), 表明沿着锋区从地面到 300hPa 是倾斜的、深厚的锋生区。贴近锋区南侧是一条倾斜的随高度不变的均匀位温区, 这是由于强降水产生时的深对流使上下层位温趋于均匀。在  $30^\circ\text{N}$  以南的副高控制区, 位温随高度减小。在梅雨锋

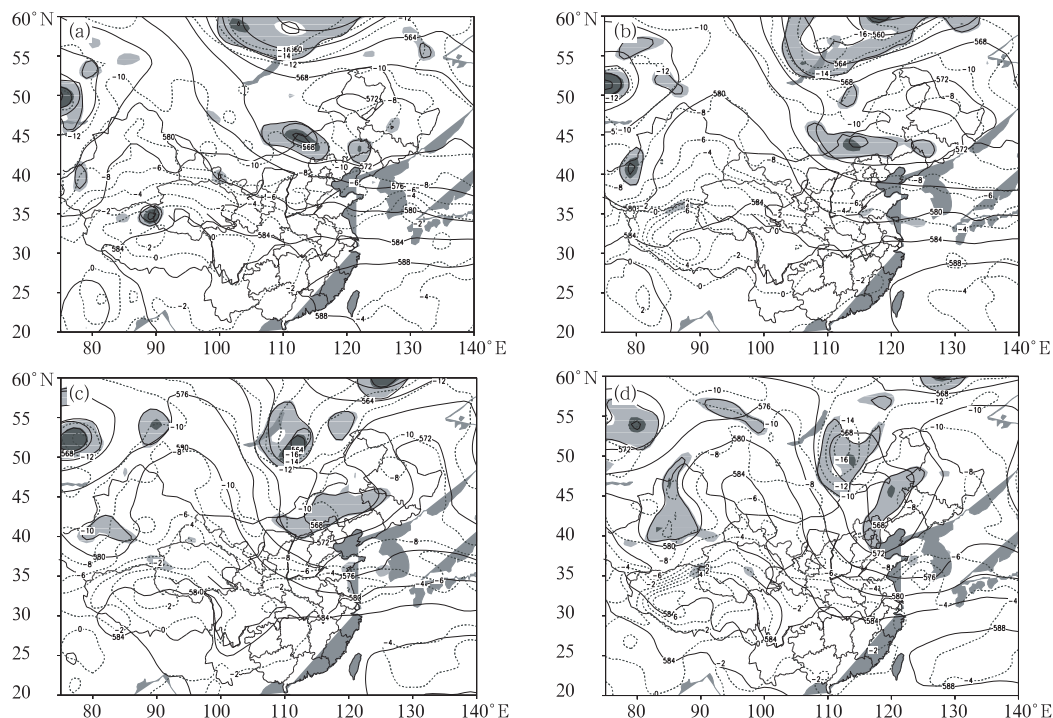


图 11 2007 年 7 月 8 日 08 时至 9 日 20 时东亚 500hPa 环流形势图

实线,等高线,单位:dgpm;虚线:等温线,单位:℃;阴影区:绝对涡度 $>15 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$

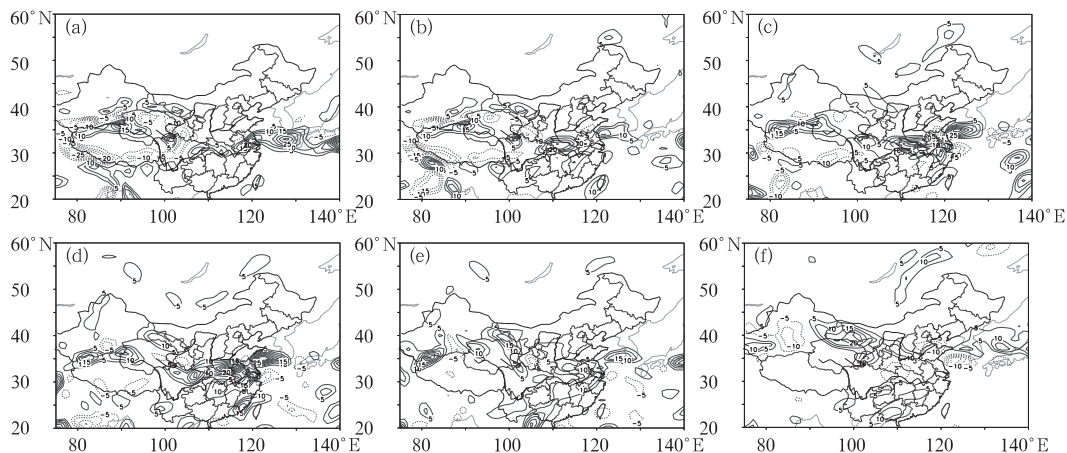


图 12 2007 年 7 月 9 日 08 时 975、850、700、600、500、300hPa 水平锋生函数(单位: $\times 10^{-9} \text{ K} \cdot \text{m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ )

上空,从近地面到 300hPa(图 13e、f)出现气旋性涡度以及水平辐合区,表示深厚的锋生过程使得锋区表现为一条深厚的、倾斜的正涡度和风场的辐合区。在垂直速度的剖面图(图 13d)上,在锋区  $30^\circ\text{N}$  以北一直到锋区是

深厚的强上升运动带,而在锋区后面的对流层中层出现最强的下沉运动区。锋前的潮湿不稳定空气沿着锋面强烈上升到对流层上层,而在锋后的冷空气中有下沉运动,是“直接的环流圈”。在锋区到  $30^\circ\text{N}$  的地区,整层

空气非常潮湿,静力稳定度甚小,而且是天气尺度的上升运动区。这个区域最有利强深对

流中尺度系统发生发展,本文没有对中尺度系统的活动作分析。

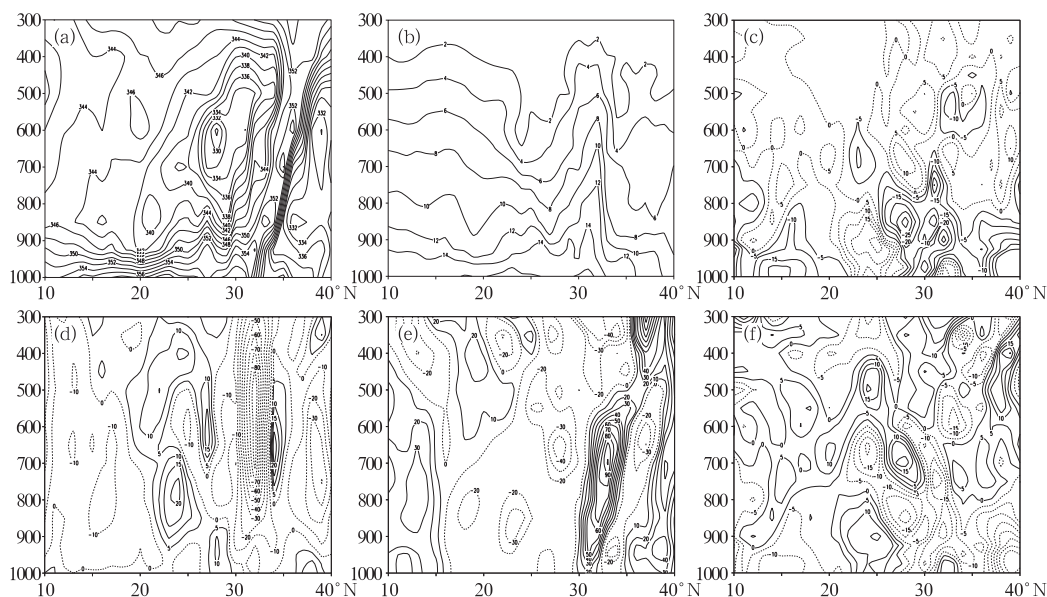


图 13 2007 年 7 月 9 日 08 时梅雨锋结构

说明同图 3

1991 年 7 月 3—4 日淮河流域出现致洪暴雨,7 月 3 日在梅雨锋上也有一个低气压发生,并迅速向东移到东海上<sup>[5,9]</sup>,但梅雨锋上的锋生过程和气旋生成过程不如本例强烈。在 1991 年淮河出现强暴雨时,梅雨锋南面的暖区中(太湖地区)同时也出现强暴雨。

孙建华等<sup>[10]</sup>曾分析 2003 年 6 月 27 日至 7 月 11 日淮河强暴雨时 850hPa 水平锋生函数与流域平均日降水量的关系,得出强降水出现时,850hPa 水平锋生函数也强。在本文图 7a 中实线是 2007 年淮河致洪暴雨期间每天 600 hPa 的水平锋生函数的数值,当 7 月 9 日 08 时流域平均日降水量最大时,600 hPa 锋生函数的数值也是最大。

从淮河 7 月 8—9 日强降水天气尺度系统分析得知:

(1) 在淮河流域的中上游,干流和支流的坡度很陡,一次强降水以后,上游和支流的

来水迅速使淮河的水位升高。如果在连续几天强降水后,紧接着出现一次很强的降水,容易出现致洪暴雨。

(2) 2007 年 7 月 8—10 日,东亚上空出现了“高脊发展后,下游小槽强烈斜压性发展的现象(过程)”,使得在 7 月 9 日有深厚的高空槽移到梅雨锋上空,诱发梅雨锋上气旋生成过程和深厚的锋生过程。

(3) 梅雨锋上空各层强烈的、深厚的锋生过程和梅雨锋上气旋波生成过程对这次致洪暴雨起着天气尺度强迫作用,亦即使得各层锋区的水汽垂直通量( $qw$ ,其中  $q$  为比湿,  $w$  是垂直速度)加强。

(4) 在梅雨锋以南,西太平洋副高以北的地区,是天气尺度的上升运动区,也是静力不稳定、水汽充沛的地区。在这个地区最有利于中尺度对流系统的发生发展。

### 3 主要结论

通过上述分析,得到这样的主要结论:

(1) 华南前汛期降水、长江梅雨期降水以及淮河强降水出现时东西向的静止锋在动力学和热力学的结构相同,可通称为“梅雨锋”。

(2) 2007年淮河静止锋暴雨的出现,是由于中国东部上空有深厚高空槽发展,诱导梅雨锋上气旋生成过程和深厚的锋生过程。气旋生成过程和锋生过程使梅雨锋上出现强烈的上升运动,形成了致洪暴雨。

### 参考文献

- [1] 陶诗言. 中国之暴雨[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 1-71.
- [2] 中国气象局广州热带气象研究所. 广东前汛期暴雨[M]. 北京: 科学出版社, 1984: 1-153.
- [3] 薛纪善. 1994年华南夏季特大暴雨研究[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 1-185.
- [4] 周秀骥. 海峡两岸及邻近地区暴雨试验研究[M]. 北京: 气象出版社, 2000: 1-370.
- [5] 丁一汇. 1991年长江淮河流域持续性特大暴雨研究[M]. 北京: 气象出版社, 1993: 1-255.
- [6] 陶诗言, 倪允琪, 赵思雄, 等. 1998夏季中国暴雨的形成机理与预报研究[M]. 北京: 气象出版社, 2001: 1-184.
- [7] 水利部. 2007年夏季主要暴雨过程和受灾情况[R].
- [8] Orlanski. I and Sheldon. J. A Case of Downstream Baroclinic Development over Western North America [J]. Monthly Weather Review, 1993, 121: 2929-2950.
- [9] Ninomiya. Large and meso- $\alpha$  scale characteristics of Meiyu/Baiu Front associated with intense rainfall in 1-10 July 1991[J]. J Meteor Soc Japan, 2000, 78: 141-157.
- [10] 张庆云, 王会军, 林朝晖, 等. 中国天气气候异常成因研究—2003年[M]. 北京: 气象出版社, 2004: 21-88.