

# 1991年江淮持续性特大暴雨的夏季风活动分析\*

陆 尔 丁一汇

(国家气候中心, 北京 100081)

## 提 要

文章分析了1991年江淮梅雨期间的东亚夏季风活动及其在梅雨期对流性暴雨形成中的作用。结果指出,第一场暴雨发生在夏季风暴发之前,它主要受副热带西风气流影响;后两场暴雨期间由于副高和东南季风稳定少动,西南季风的暴发和活动起了十分重要的作用,其进退演变导致了江淮梅雨的维持和中断。西南季风的一个重要作用是将热带地区(阿拉伯海及孟加拉湾)对流性很强的大气输送到江淮一带,由此使江淮流域在梅雨中后期形成了远强于一般年份的对流性降水,特别是第三场暴雨。文中通过定义低纬偏西风强度,讨论了强风带上强风速核的地域分布和传播特征。

关键词: 梅雨暴雨 夏季风活动 对流大气

## 引 言

1991年江淮梅雨的特点是入梅早、梅雨期长、降雨强度大。在长达57天的雨季中,分别于5月18~26日、6月2~20日、6月30日~7月13日发生了3场特大暴雨。近年来我们对这次梅雨过程中的冷空气活动、积云对流活动及低频振荡等方面已分别作了专门的分析<sup>[1~3]</sup>。大量研究<sup>[4~6]</sup>指出,江淮流域梅雨季的降水状况是与影响东亚地区的几支季风气流的暴发及演变密切相关的。从文献[7]的研究可初步看出,1991年东亚地区夏季风具有较为独特的活动过程。因此,为了弄清这次特大暴雨的成因,必须对夏季风活动及它在梅雨暴雨形成中的作用进行分析。本研究使用ECMWF未初始化的850 hPa风速资料(2.5×2.5经纬度)和日本GMS卫星的TBB资料(1×1经纬度),时段取1991年5~7月。梅雨期间的3次暴雨过程的划分及雨量的分布可见文献[7]。

## 1 梅雨暴雨的维持与江淮大气的经向强辐合

从江淮南侧各格点经向风 $v$ 的逐日演变图(略)上可看出,大气低层偏南风较大的时期与江淮地区的3场暴雨有很好的对应关系。图1表明3场暴雨期间江淮南侧偏南风均与北侧的偏北冷气流形成了较强的经向辐合。3场暴雨期间30°N以南(南海北部和华

\* 本文由国家自然科学基金项目(49335060)资助。  
1996-06-14收到,1996-10-30收到修改稿。

南)基本上都是偏南风,最大南风中心均位于 25°N; 30°N 以北基本上都是偏北风,且偏北风具有明显的向南传播特征. 因而,江淮流域大体上是偏南风、偏北风相交汇辐合的地带. 在梅雨的两个中断期和出梅后,江淮南北两侧基本上同时被偏南风或偏北风控制,不具备经向强辐合的特点.

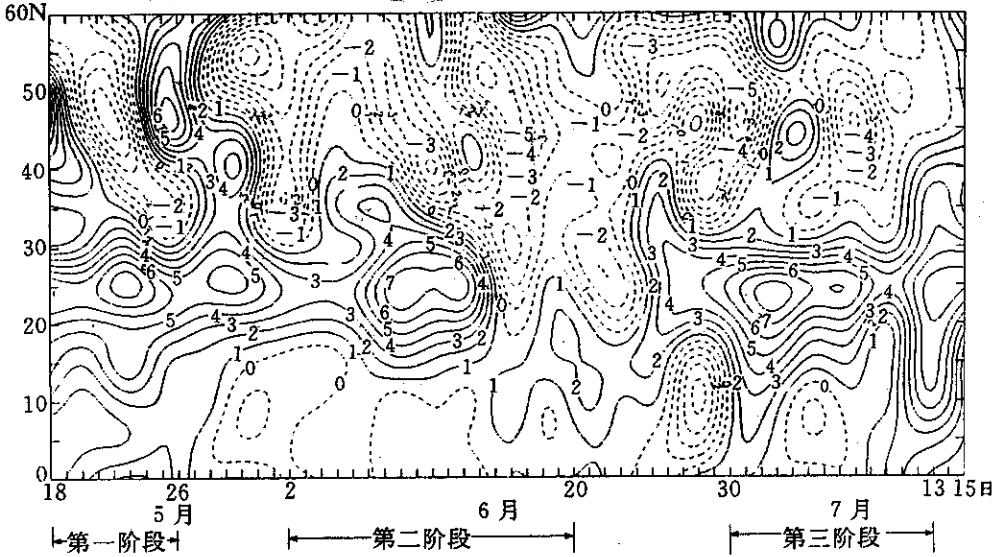


图 1 850 hPa 等压面 105°~115°E 平均经向风  $v$  (m/s) 的纬度-时间剖面  
 Fig. 1 Latitude-time section for mean meridional wind (105°~115°E) at 850 hPa

## 2 梅雨各阶段的低纬风场与夏季风活动形态

图 2~4 分别给出了 3 场暴雨期间逐候的低纬风场,它们反映了江淮流域不同降水情形下夏季风活动的形态.

第一场暴雨: 在主要降水期 5 月第 5 候(图 2), 低空急流(风速大值区)出现在江淮

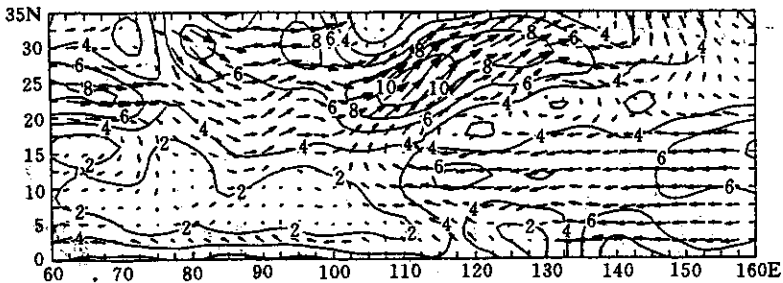


图 2 第一场暴雨期间 5 月第 5 候平均的 850 hPa 风矢场(等值线为等风速线,单位为 m/s,下同)  
 Fig. 2 The mean wind vector field for the 5th pentad of May during the 1st torrential rain phase(unit: m/s)

雨区略偏南的位置, 此时江淮以西地区( $60^{\circ}\sim 100^{\circ}\text{E}$ )风速很小. 形成急流的气流主要是来自高原南侧副热带地区的西风气流、以及热带西太平洋上的东风气流, 后者西进至 $110^{\circ}\text{E}$ 时转向北上后与西风带气流汇合. 因此, 第一场暴雨是发生在西南季风暴发之前, 降水系统主要来自副热带西风带. 我们在分析视热源、视水汽汇时指出这场暴雨具有锋面降水的性质<sup>[2]</sup>. 实际上它仍属于春季降水, 只是因其强度较大而达到了入梅的标准, 因此通常称其为“早梅雨”.

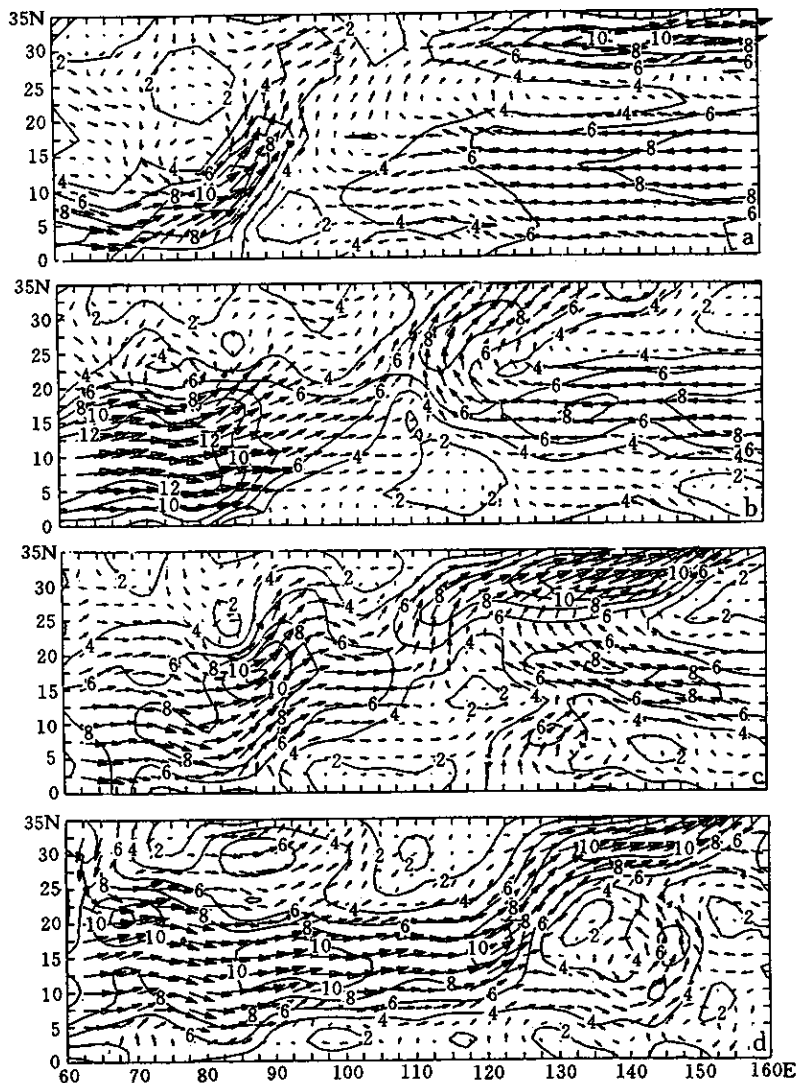


图3 第二场暴雨期间850 hPa 候平均风矢场(a~d分别为6月第1、2、3、5候)

Fig. 3 As in Fig. 2, but for the 2nd torrential rain phase (a~d; 1, 2, 3, 5 pentad of June, respectively)

第二场暴雨：6月第1候(图3a)，热带西南季风暴发，但在100°E以西已转向北上，东侧的东风气流虽然西进至江淮以南，但转向后偏南风较小，因此该候雨量不大。6月第2候(图3b)，西南季风强烈发展，同时东南季风也加强，两者汇合后于江淮雨区东南侧形成了强风速区，该候雨量渐大。至雨量最大的6月第3候(图3c)，西南季风强风区向东推进，相应地东南季风盛行区东撤。因此，对该候江淮强降水起作用的主要是西南季风，东南季风不起作用。但东南季风的转向北上可使江淮以东地区的急流得到加强而形成强风速区，所以该地区的急流与江淮南侧的急流在空气来源上存在明显差别。6月

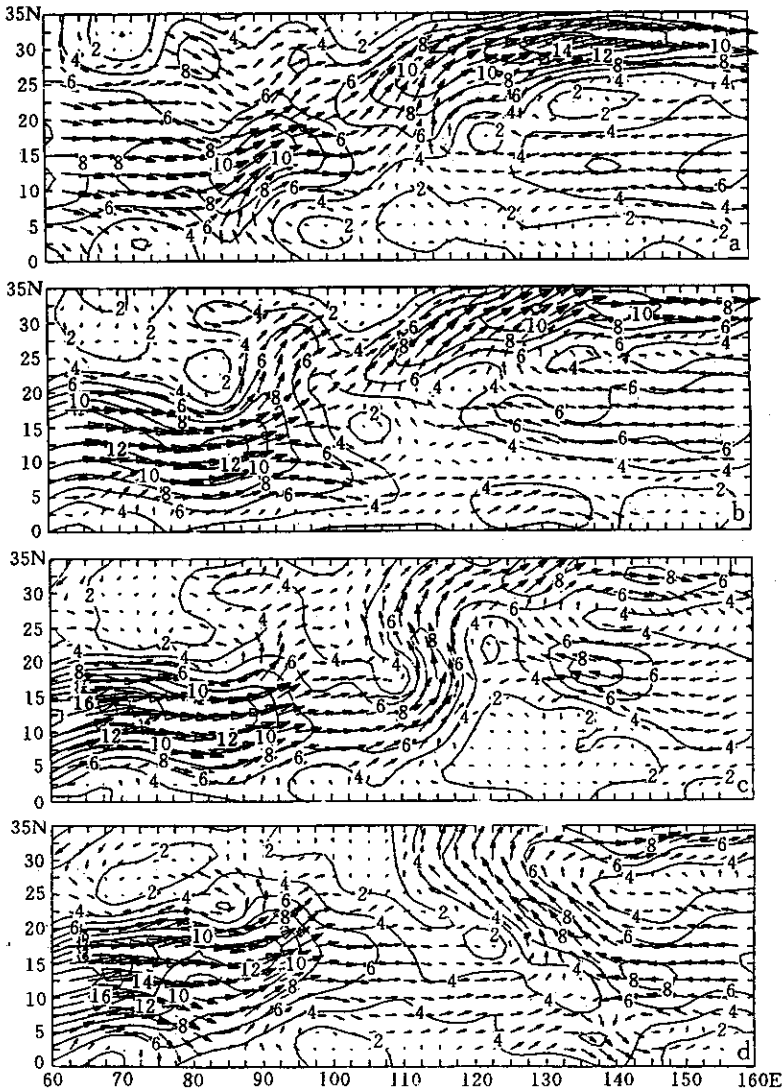


图4 第三场暴雨期间850 hPa候平均风矢场(a~d分别为7月第1、2、3、4候)

Fig. 4 As in Fig. 2, but for the 3rd torrential rain phase (a~d, 1, 2, 3, 4 pentad of July, respectively)

第5候梅雨中断(图3d),此时西南季风特别强盛,它在低纬地区东行至120°E以东后才转向北上,对江淮地区影响不大,而对日本以南地区所出现的梅雨起一定作用。

第三场暴雨:7月第1、2候出现了本雨季的最强降水,急流形态(图4a,b),与第二场暴雨的强降水期(图3c)相似,可以清楚地看到对江淮流域降水起作用的主要是西南季风。7月第4候出梅(图4d),西南季风中断,强风区局限在100°E以西,只有东南季风以发散形式吹抵江淮。

### 3 低纬地区强偏西气流的活动特征

本文重点考察了低纬偏西风带上强风速核的活动情况。考虑到在850 hPa等压面上,40°~150°E区间内强偏西风均分布在0°~40°N的纬带中,因此定义如下偏西风强度函数,它是这一纬带中同一经度上具有西风分量的最大全风速,即

$$J_i = \text{Max}_{j=0}^{j=40^{\circ}\text{N}} \left( \delta_{ij} \cdot \sqrt{u_{ij}^2 + v_{ij}^2} \right), \quad \text{其中 } \delta_{ij} = \begin{cases} 1 & u_{ij} \geq 0 \\ 0 & u_{ij} < 0 \end{cases}$$

图5是4个时段(3场暴雨及第二间断期)逐日的偏西风强度随经度的分布曲线。由图可见,在70°~150°E范围内,梅雨期间,特别是后两场暴雨期间,偏西风强度曲线明显地表现为“两峰一谷”的型式,如在6月11~15日和7月3~8日时段。其中偏西风“谷”均一致地出现在105°E附近,这是因为偏西风与东南风在此处辐合,因而风速一般很小,强风带在此断开。西边的偏西风“峰”位于90°E附近,它传播不明显,呈准定常状态,这说明高原南侧的低纬地区总维持着一强风速核。另一偏西风“峰”位于110°E以东(从长江中下游南侧到日本以南);该地区的强风速核则具有显著的向东传播特征,每次传播过程约维持3~4天,如5月18~22日,6月9~14日,7月2~5日,7月5~8日,横跨约30个经度。这个现象可能与副高引导的东南风的持续作用有关。

### 4 西南季风活动在梅雨暴雨形成中的作用

以往的研究表明,江淮地区梅雨的降水性质具有显著的年际差异。例如,1979年江淮梅雨主要是锋面性降水<sup>[8]</sup>;1983年梅雨期间江淮大气十分类似于热带大气,具有较强的对流特征<sup>[9]</sup>;1991年江淮梅雨则经历了由第一场暴雨的锋面性降水到第三场暴雨的强对流性降水这一显著的季节性演变过程<sup>[2]</sup>。于是有两个问题值得研究:是什么原因造成了江淮梅雨降水性质的不同?在对流性梅雨期间,江淮地区的对流大气主要是局地产生的,还是由其它地区平流而来?

图6是1991年第二梅雨间歇期和第三场暴雨期的平均TBB分布,图中配上了850 hPa的风矢场。TBB值越低,表示积云对流活动越强。从这两张图,特别是图6a上可清楚地看到,TBB低值区的范围和走向是与西南季风活动区相当吻合的。这说明东亚地区呈带状域的对流大气(可大致代表雨带)实际上是通过西南季风从其热带源地(阿拉伯海和孟加拉湾)输送而来的,且随着西南季风活动路径的变动,对流带位置也相应地发

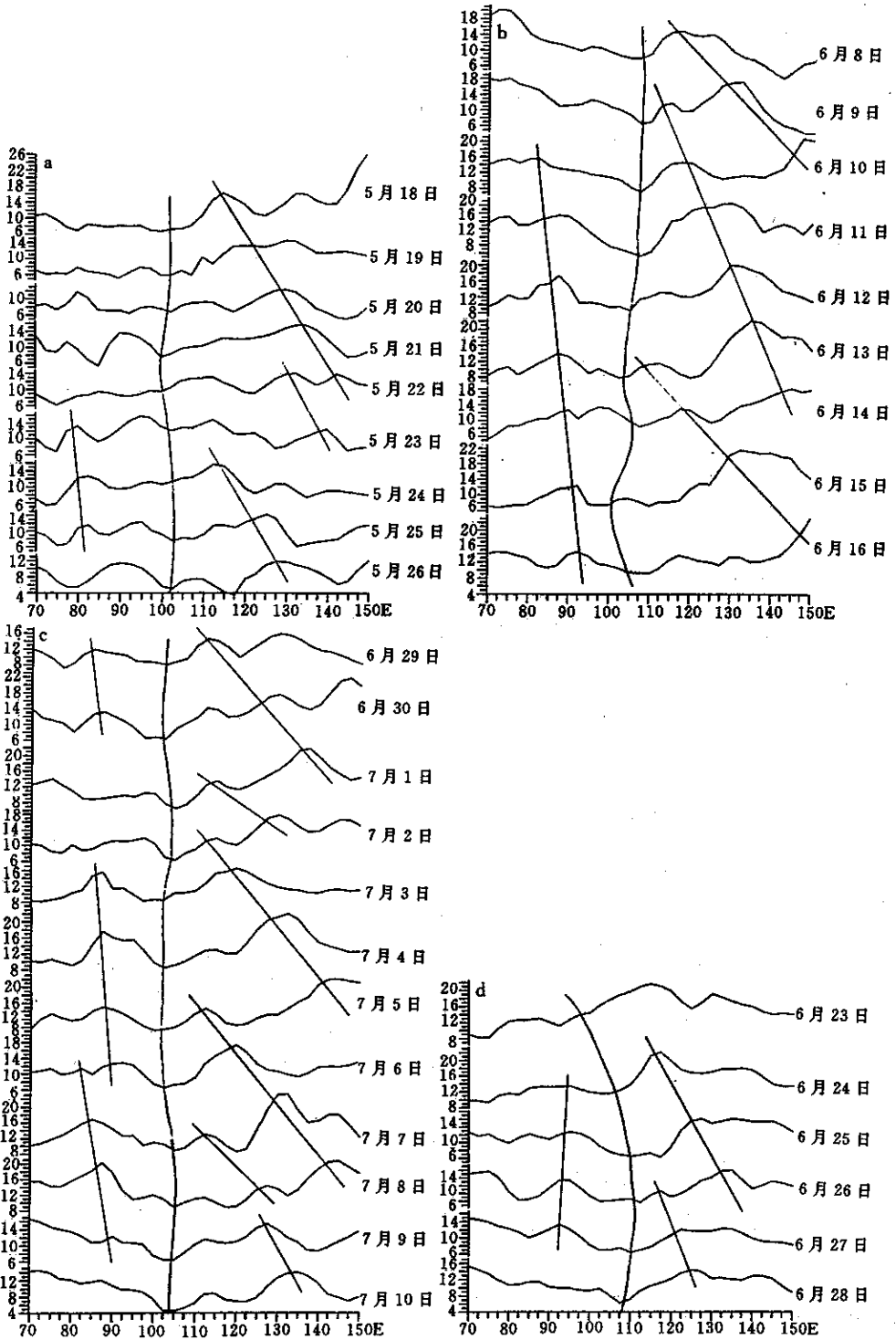


图5 梅雨期间850 hPa西南季风强度随经度分布(a~d分别为5月18~26日、6月8~16日、6月29日~7月10日和6月23~28日(单位为m/s))

Fig. 5 The longitudinal distribution for the intensity of southwest monsoon at 850 hPa during the periods of (a) May 18~26, (b) June 8~16, (c) June 29~July 10, (d) June 23~28, respectively (unit, m/s)

生了漂移. 例如图 6a 中, 东亚地区的对流带由原先的江淮流域位置(第二场暴雨)移到了日本以南地区, 此时江淮流域梅雨中断, 而日本以南地区进入了梅雨期. 图 6 b 中, 西南季风活动使对流带又摆动回到了江淮流域, 因而江淮流域形成了对流性远强于一般梅雨的第三场暴雨. 由此可以推断, 在西南季风(东南季风)不活跃的梅雨季或梅雨时段, 江淮梅雨的降水性质则表现为锋面性降水. 我们用位涡方法追踪冷、暖空气活动<sup>[1]</sup>时也指出, 该梅雨过程中西南暖湿气流(西南季风)是来自热带地区的最重要的一支气流, 其强烈的活动持续地影响着江淮流域.

另外还需要指出, 图 6a、b 中 TBB 所表示的对流区是一个较大的范围, 在广大的热带地区大气是经常性地处于对流状态的, 但未必就会有降雨形成. 真正形成对流降水的, 是西南季风活动的北界地区, 本例中即为江淮流域; 这一地区同时也是北方冷空气

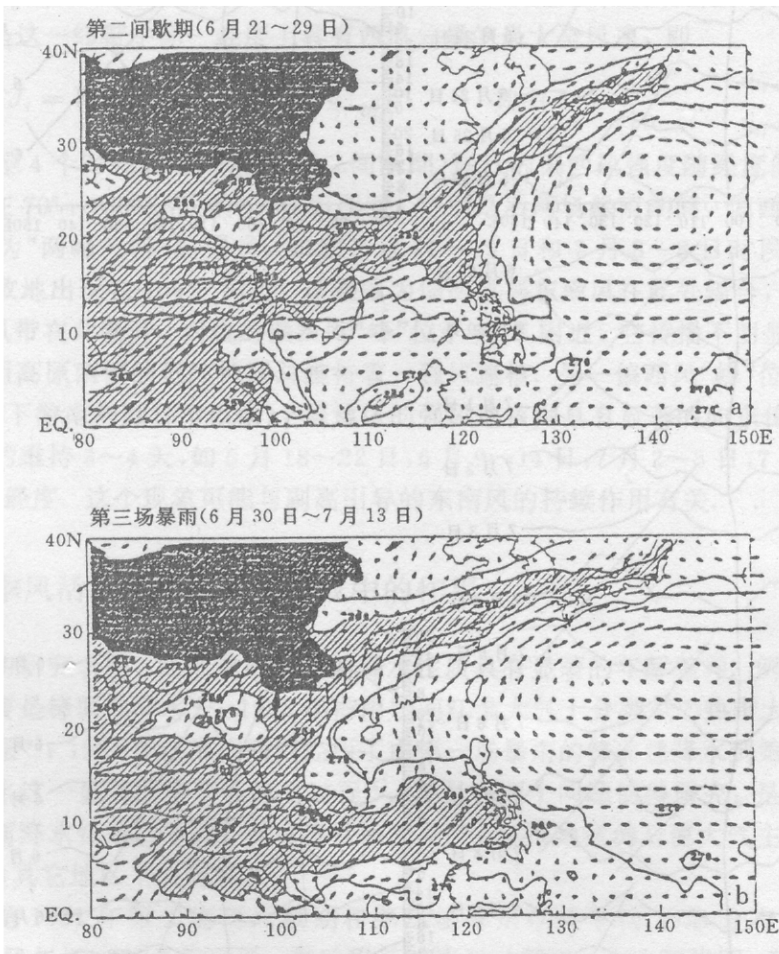


图 6 第二梅雨间歇期和第三场暴雨的平均 TBB 分布(单位为 K, 箭头代表 850 hPa 风矢)

Fig. 6 The mean TBB distribution for (a) the 2nd break phase of Meiyu and (b) the 3rd torrential rain phase (arrows; wind vector of 850 hPa, unit: K)

南下侵入的南界<sup>[1]</sup>。因此 1991 年梅雨中、后期的强对流暴雨是北方冷空气和南方暖空气在江淮流域强烈对峙和相互作用的结果。

## 5 结 论

(1) 1991 年梅雨期间的 3 场暴雨, 江淮大气均表现出由南北两侧的偏南、偏北气流而形成经向强辐合的特征。其中江淮南侧(南海北部和华南)的偏南风主要是由低纬西来气流与偏东风在江淮南侧汇合而成的, 至少它们的汇合使偏南风得到了加强。

(2) 第一场暴雨是发生在夏季风暴发之前的, 它主要受副热带西风气流影响, 这是一场“早梅雨”。

(3) 夏季风暴发后, 由于副高和东南季风稳定少动, 第二、三场暴雨主要由西南季风活动造成, 西南季风的进退演变导致了江淮地区梅雨的维持和中断。

(4) 西南季风活动的一个重要作用是将热带地区(阿拉伯海及孟加拉湾)对流性很强的大气输送到江淮一带, 由此使江淮流域形成了远强于一般年份的对流性降水, 特别是第三场暴雨。

(5) 在低纬偏西风的强风带上, 高原南侧定常地维持着强风速核, 而从长江中下游南侧到日本以南的这一地段, 强风速核具有显著的向东传播特征。

## 参 考 文 献

- 1 陆 尔, 丁一汇, 李月洪. 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, 1994, 5(3): 266~274.
- 2 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(正在刊印).
- 3 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, 1996, 54(6): 730~736.
- 4 陶诗言, 等. 中国之暴雨. 北京: 科学出版社, 1980.
- 5 陈隆勋, 朱乾根, 罗会邦, 等. 东亚季风. 北京: 气象出版社, 1991.
- 6 丁一汇. 高等天气学. 北京: 气象出版社, 1991.
- 7 丁一汇主编. 1991 年江淮流域持续性特大暴雨研究. 北京: 气象出版社, 1993.
- 8 Luo H and Yanai M. The large-scale circulation and heat sources over the Tibetan Plateau and surrounding areas during the early summer of 1979. Part I: Heat and Moisture Budgets. *Mon. Wea. Rev.*, 1994, 112: 966~989.
- 9 丁一汇, 王笑芳. 1983 年长江中游梅雨期的热源和热汇分析. 热带气象, 1988, 4(2): 134~145.



**ANALYSIS OF SUMMER MONSOON ACTIVITY DURING THE  
1991 EXCESSIVELY TORRENTIAL RAIN OVER  
CHANGJIANG-HUAIHE RIVER VALLEY**

Lu Er     Ding Yihui

*(National Climate Center, Beijing 100081)*

**Abstract**

The features of monsoon activity and its role (Jianghuai) during the 1991 excessively torrential rain over Changjiang-Huaihe River valley are analyzed. The results show that the first episodes of torrential rain occurs before the onset of summer monsoon and is mainly induced by synoptic systems in subtropical westerlies; while the activity of southwest monsoon becomes most important during the second and third episodes of torrential rain when subtropical high in West Pacific and southeast monsoon stay stably. The maintenance and break of Meiyu are as a result of the activity of southwest monsoon. A significant effect of southwest monsoon is to transport convective air from tropical area (Arabian Sea and the Bay of Bangal) to Jianghuai valley, thus the convective rain formed in the middle and late stages of the Meiyu is much stronger than that in the normal year, especially in the third episode. The distribution and propagation of strong wind core along southwest airflow are also studied.

**Key words:** Meiyu torrential rain   Summer monsoon activity   Convective   atmosphere