

## 梅雨天气形势的经验正交函数分析\*

范蓓芬\*\*

(南京大学大气科学系)

众所周知,梅雨天气形势与副热带高压位置和强度的季节性变动关系密切。本文应用经验正交函数展开形势场的方法分析1982年6—7月副热带高压的变动和晚梅天气形势的特点。结合卫星云图等分析,对江淮两次梅雨期的暴雨成因作了探讨。

### 1. 分析资料及其经验正交函数展开

为了分析副热带高压的变动和江淮流域梅雨天气,在 $20^{\circ}$ — $40^{\circ}$ N和 $105^{\circ}$ — $125^{\circ}$ E范围内选取有连续记录的48个测站的资料,从1982年6月1日至7月18日各站08时的500 hPa高度和温度作为原始样本资料,求出各资料数据的距平值构成观测矩阵,利用拟准可比法进行经验正交函数展开,计算结果示于图1—3。前10项特征值和相应的逼近误差方差比 $w^2$ 列于表1。

### 2. 副热带高压位置、强度周期变动的特点与人梅条件

梅雨是季节性天气现象,在分析入梅条件时,必须考虑副热带高压的季节性环流调整。1982年夏副热带高压的季节性环流调整,可以根据500 hPa高度场经验正交函数展开的时间权重系数图1来分析。首先看出,权重系数振幅是随特征值 $\lambda_k$ 的序数 $k(k=1,2,\dots,p)$ 增大而减小的。当 $k>4$ 时,振幅已经很小,对场变化的影响不大(表1)。其次,时间权重系数曲线具有一定的波动特征。7月5日以前曲线基本上在平均线附近作小振幅的波动,这反映了西风带小振幅的短波槽脊活动,它们对副高变动的影 响是不大的。例如6月6日至9日曲线虽有一次较大的跳动,但维持时间只3—4天,属于短周期波动,9—20日曲线仍稳定在平均线附近作小振幅的不规则周期波动。直至7月4日,除6月21日偶尔上升到平均线以上,基本上都维持在平均高度附近摆动。对照天气实况图4可见,6月1—20日除11日副高脊线偶尔上升到 $20^{\circ}$ N以北,基本上都在 $17^{\circ}$ — $20^{\circ}$ N摆动。6月21日至7月4日西风带低槽东移,加上4号台风沿 $140^{\circ}$ E北上,造成了持续较长的沿海低槽。因此,这两次高压脊的活动引起副高增强北抬并不明显,不能算作季节性跳跃。由图1显见,7月5—8日曲线突升到平均线以上,此后基本上维持在平均线以上作中等振幅并稍有增大的波动,直至18日资料截止期为止,这就构成了15天以上

表1 前10项的特征值和逼近误差方差比 $w^2$

$p$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lambda_k(10^3)$	28.45	1.673	1.063	0.6057	0.4320	0.3341	0.2808	0.2128	0.1757	0.1549
$w^2 = 1 - \frac{\sum_{k=1}^p \lambda_k}{\sum_{k=1}^{\infty} \lambda_k}$	0.123	0.092	0.074	0.062	0.053	0.045	0.038	0.033	0.029	0.025

\* 本文于1983年12月19日收到,1984年10月29日收到修改稿。

\*\* 张雪平同学参加部分计算和资料整理工作。

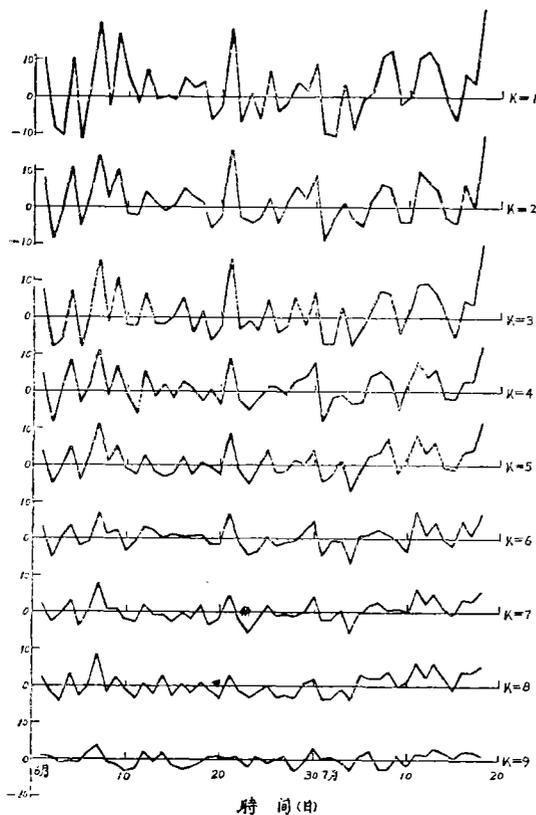


图 1 1982 年 6—7 月 500 hPa 高度场展开的权重系数

带形势不稳定, 移动性槽脊活动促使冷空气频繁南侵且势力较强, 从贝加尔湖沿东北低压西侧南下侵入江淮流域。而暖湿气流能否到达江淮流域, 就要看副热带高压的强度和位置。由于东亚沿海低槽, 东亚上空锋区偏南, 致使副高强度偏弱, 位置偏南。由图 4 可见事实上至少对  $120^{\circ}\text{E}$  的副高脊线位置而言, 副高强度比常年弱, 7 月上旬以前基本上在  $20^{\circ}\text{N}$  以南, 西南暖湿气流相当微弱, 不能北上到江淮流域。这种特殊的环流形势必然不利于江淮流域出现持续性阴雨天气, 而以过程性天气为主。这就导致了 1982 年江淮流域出现晚梅。

西风带槽脊活动对副高的影响, 首先由第二特征向量图 2 b 和 3 b 看, 西风带南侧基本上是负距平冷性低槽控制。图 4 的天气实况表明, 6 月 21 日—7 月 4 日西风带确有低槽频繁东移。槽前辐合有利于偏南风沿槽前向北—东北方向伸展至江淮流域。与此同时, 在  $30^{\circ}$ — $40^{\circ}\text{N}$  有正距平冷性高压脊控制, 冷空气逐渐变性, 小股冷空气南下伸至江淮流域。两者共同作用下在江淮流域形成了弱切变线。当冷性低槽加深东移与切变线相结合时, 出现一槽和一切变线的结构, 故此江淮流域可能成为中纬度天气系统比较活跃的地带。由于  $30^{\circ}$ — $40^{\circ}\text{N}$  为高压脊控制, 东亚沿海低槽消失, 上空锋区偏北, 可能为副高北抬提供有利的环流形势, 但在  $120^{\circ}\text{E}$  以西未见新的主槽建立, 仍属于梅雨前期环流形势<sup>[10]</sup>。

但是由第三特征向量图 2 c 和 3 c 来看, 西风带对应地区为正距平暖脊控制, 伸抵东海并与沿海副高合并。与实况图 4 对照, 7 月初低槽东移出海后, 确有高压脊自西向东移动。这种环流形势与前有所不同, 东亚沿海低槽消失, 而在  $35^{\circ}\text{N}$  附近  $120^{\circ}\text{E}$  以西建立了强度较弱的主槽(图 2 c), 这是有利于副高稳定增强北抬的形势。与图 1 对照, 7 月 5—8 日是副高第一次季节性调整时期, 7 月 15—18 日且有明显增强趋势。结合卫星云图(图 5)可见, 由于副高增强西伸, 16 日华南西部夏季风开始活跃, 由夏季风引

的中周期活动, 其上叠加了 4—5 天的短周期活动, 与天气实况图 4 对照, 7 月 5—8 日副高脊线从  $14^{\circ}\text{N}$  突跳至  $24^{\circ}\text{N}$  附近, 直到 21 日一直稳定在  $24^{\circ}$ — $25^{\circ}\text{N}$  附近。显然, 7 月 5—8 日这一次突跳, 明显地引起展开区域副高由弱转强的趋势, 表明副高是作“恢复性”增强突跳, 因而可视为副高的第一次季节性跳跃, 到 15—18 日且有明显的增强西伸。统计事实表明, 副高脊线在梅雨开始与结束时都有一次明显的跳跃。因此, 根据第一次环流调整日期划定 7 月 9 日入梅是比较合适的, 这与图 4 的降水实况配合也相当一致。

### 3. 梅雨前期与梅雨期间环流形势特点

为了进一步讨论梅雨期环流特征和天气现象, 对 500 hPa 高度和温度的头四个特征向量形势(图 2, 3)进行分析。可以看出随着特征值  $\lambda_k$  ( $k=1, 2, 3, 4$ ) 的序数  $k$  增加, 相应的波动空间尺度也逐渐减小。由第一特征向量图 2 a 和 3 a 看出, 在整个展开区域大都是负距平, 中纬度西风带上短波槽位于济南、郑州和西安一线, 低纬度负距平的低槽位于东南沿海。结合天气形势看出, 相应的环流形势特征是: 东北维持一很深的低槽, 其尾部南伸到江淮流域, 阻塞系统不明显, 贝加尔湖基本上是一个低压, 西风

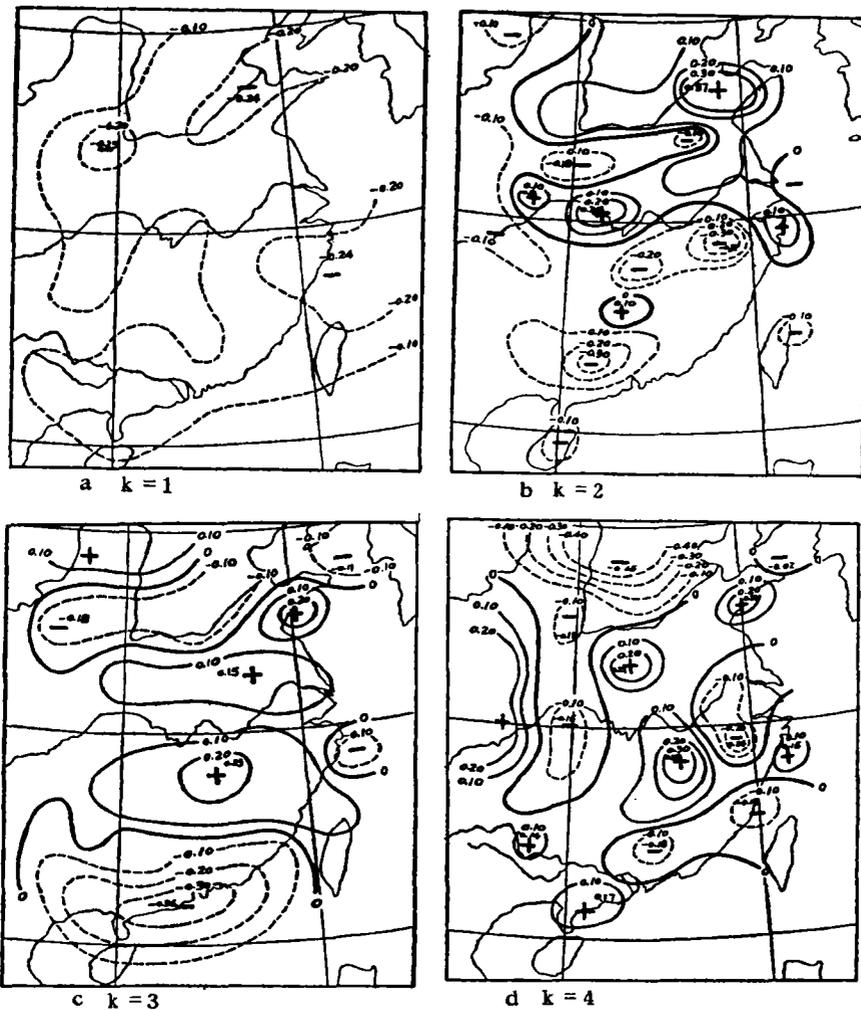


图 2 1982年6月1日—7月18日500 hPa高度场展开的经验正交函数

起的低空急流将大量热带洋面上的暖湿不稳定空气源源不断地输送到 $30^{\circ}\text{N}$ 附近,同时西风带变弱北移,冷空气活动逐渐减弱但仍频繁侵袭江淮流域。在这两种系统共同作用下,长江流域北侧的冷高脊和南侧的副高脊构成了辐合带的纬向低槽。随着500 hPa弱冷空气从西路南下,辐合不断增强,达到一定程度时就可能触发暴雨的产生,这就导致7月9—25日大范围的连续阴雨和连续性暴雨的季节性雨带。

#### 4. 梅雨期暴雨的形成

7月14日的卫星云图(略)表明,低纬度副高南侧 $140^{\circ}\text{E}$ 以西,洋面上有两次热带系统活动,它们相继在副高南侧偏东气流引导下稳定西行。17日02时8号台风中心移至白龙尾岛,18日20时台风北上消失(图5a,b)。结合图1和图2d可见,16—18日副高明显增强西伸,促使夏季风增强,对照这一时期的天气形势(图略)可知,由夏季风引起的低空急流确有明显增强。18日20时夏季风诱发的长条块状积云云团沿 $100^{\circ}$ — $110^{\circ}\text{E}$ 向北涌进到 $30^{\circ}\text{N}$ 附近。同时青藏高原涡旋云系沿静止锋东移(图5b),19日02时这两种不同类型的云系在江淮流域交汇(图5c)。由前述讨论知,该地区是中纬度天气系统较活跃的地带,致使云系加密变厚,卫星云图亮度明显超过减弱的锋面云系。积雨云强烈发展并东移,影响

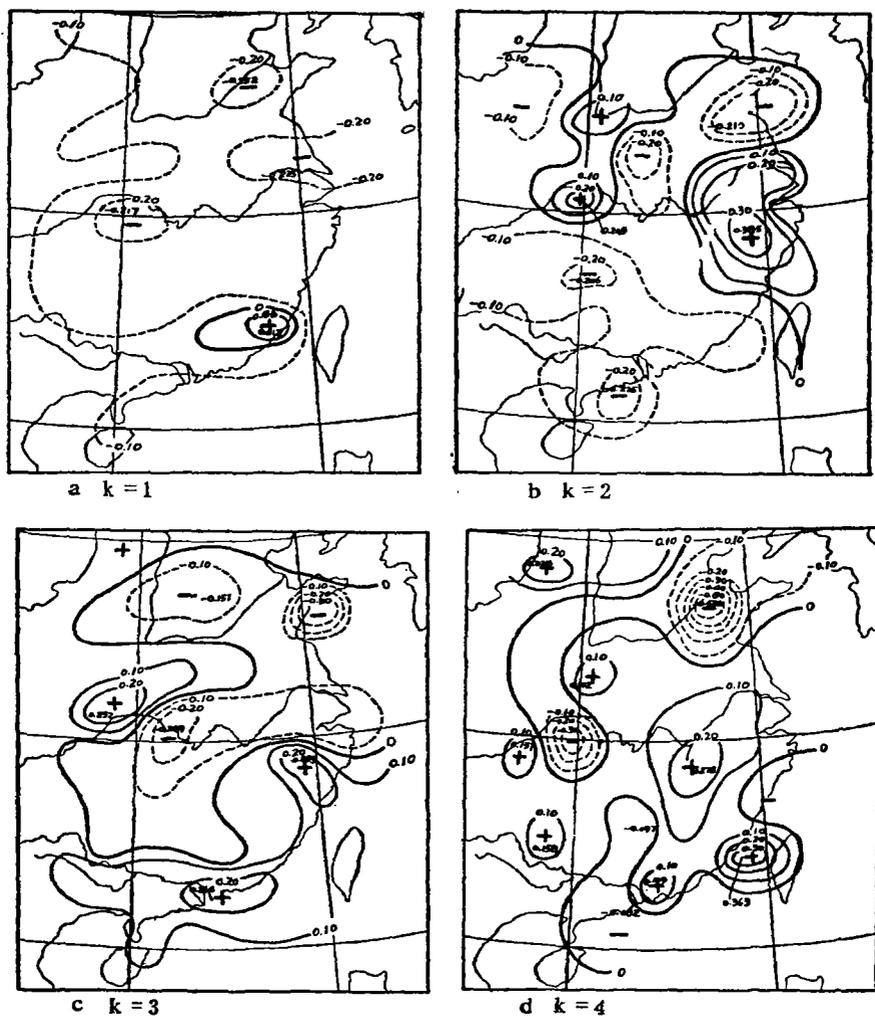


图 3 1982 年 6 月 1 日—7 月 18 日 500 hPa 温度场展开的经验正交函数

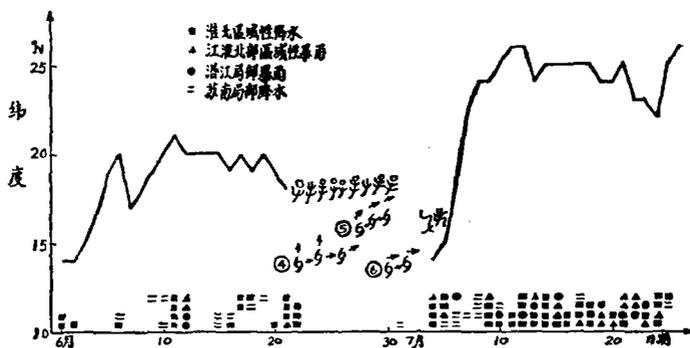


图 4 1982 年 120° E 副高脊线纬度演变和主要天气现象<sup>[8]</sup>

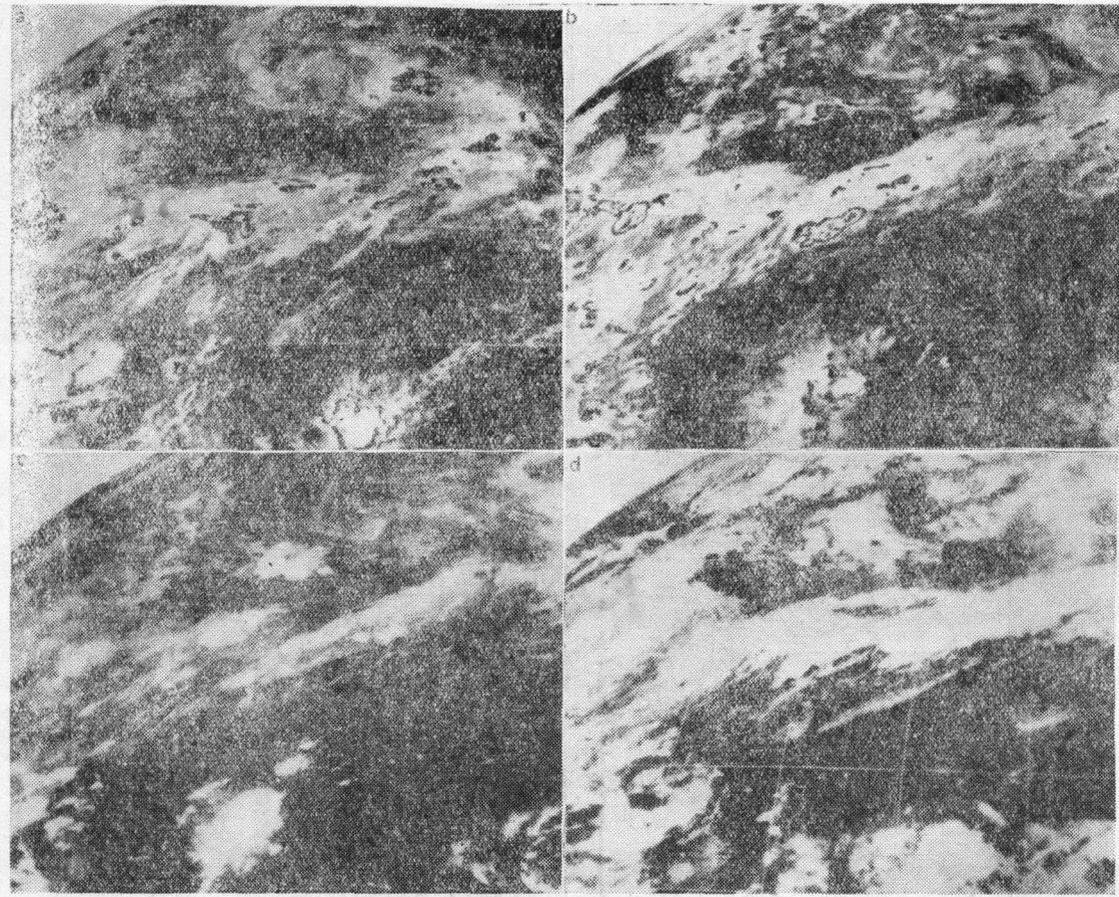


图5 梅雨期暴雨前卫星云图

(a. 1982年7月17日02时 b. 1982年7月18日20时 c. 1982年7月19日02时  
d. 1982年7月20日17时)

沿江地区,降水由局地变为大范围暴雨,21小时总雨量在100 mm以上的台站有15个,雨量中心在江浦达188.6 mm,南京为179.0 mm,是该地区50年代以来的最大暴雨。20日17时南海又一次热带扰动云团进入北部湾地区,夏季风云系继续向北涌进(图5 d),从天气图(略)可见,西南低空急流又一次明显增强,20日20时的卫星云图(略)表明,第二次夏季风云系与中纬度西风槽云系相互作用,在 $30^{\circ}\text{N}$ 以北地区发展成为具有锋面云系结构的气旋波云系,21日随着波动加强东移,形成徐淮地区的连续性大暴雨,中心地区铜山县24小时雨量达320.8 mm。

## 5. 结 论

(1) 入梅前副高位置和强度有一次突发的季节性摆动和增强。(2) 1982年6月副高活动总的讲强度偏弱,位置偏南,这是该年晚梅的主要原因。(3) 尽管1982年出现晚梅,但当梅雨期开始时,由于南海热带扰动和台风活动,促使副高增强西伸,诱发较强的夏季风北上。季风云团分别与高原涡旋云系及西风槽云系相互作用,导致7月下旬沿江和徐淮地区两次梅雨期特大暴雨的形成。

## 参 考 文 献

- [1] 黄士松,有关副热带高压活动及其预报问题的研究,大气科学,2卷2期,1978。
- [2] 章基嘉、孙照勃、陈松军,对自然正交函数稳定性条件的讨论,气象学报,39卷1期,1981。
- [3] 章基嘉、孙照勃、兰国明,亚洲500mb候平均环流的天气统计学,南京气象学院学报,1期,1979。
- [4] 村上多喜雄,用经验正交函数分析远东冬季风环流的结构(原载气象集志1979年57卷5期),气象译文选(1),广东省气象台,南京大学气象系编译,1980。
- [5] 陈于湘,自然正交函数在梅雨天气分析中的应用,气象学报,39卷2期,1981。
- [6] 陈于湘、王宗皓,应用经验正交函数作梅雨天气形势预告试验,大气科学,6卷2期,1982。
- [7] Eberlein, P.J., and J. Boothroyd, Solution to the eigenproblem by a norm reducing Jacobi type method, *Numer. Math.*, 11, 11-12, 1968.
- [8] 范蓓芬,应用线性代数,气象出版社,1985。
- [9] 周曾奎,1982年两段梅雨期天气过程的若干特点,气象科学,1983年2期。
- [10] 邹浩、钱自强、朱翠英、强盘清,长江流域中下游梅雨时间500毫巴环流形势的分析,气象学报,34卷,2期,1964。