

文章编号:1004-9045(2007)02-0118-07

# 2003 年淮河暴雨期大气水汽输送特征及成因分析

江 虹

(吉林省通化市气象局, 通化 134001)

**摘 要:** 利用 NCEP/NCAR 再分析资料, 分析了 2003 年淮河流域发生持续性暴雨期间的水汽输送情况, 发现暴雨区的异常水汽并不是来自通常输送量最大的水汽输送通道 2 (来自印度洋孟加拉湾的西南气流经中南半岛到我国东部地区) 和水汽通道 3 (来自孟加拉湾的水汽经中南半岛到达南海与南海的偏南气流汇合再向北输送), 而主要来自位置异常西移的水汽输送通道 4 (来自副高南侧的偏东气流沿着副高边缘转向向东输送到我国东部雨区)。暴雨区内有大量的异常纬向水汽通量距平, 但并没有对异常降水辐合产生贡献, 而相对小量的经向水汽通量距平在暴雨区产生强烈的辐合, 为持续性暴雨提供绝大部分水源。输送至暴雨区的大量经向异常水汽通量距平主要来源于暴雨区南侧紧邻的中国南部沿海地区, 而不是主要的水汽源区——南海。造成大气中水汽输送及辐合异常状况的最主要原因是西北太平洋副热带高压的异常西伸, 强度偏强, 且长期稳定少动。此外, 欧亚两槽一脊的环流形势和副高北侧异常加强的低层西风急流及其稳定性也是形成此次淮河流域持续性暴雨必不可少的条件。

**关键词:** 淮河流域; 暴雨; 水汽输送

中图分类号: P458.1\*21.1 文献标识码: A

## 1 引言

任何强降水均由水汽、垂直速度、降水生命期三因素造成, 水汽输送是强降水不可缺少的前提条件。谢义炳等<sup>[1]</sup>(1959) 认为强降水过程与水汽输入密切相关。Zhai 等<sup>[2]</sup>则认为大气中可降水的含量与该地区的降水量密切相关。丁一汇<sup>[3,4]</sup>指出水汽通量的最大辐合区对应强降水区, 暴雨区的水汽辐合是由半球尺度水汽输送造成的, 同时还指出孟加拉湾和南海的西南水汽输送是中国夏季强降水的重要条件之一。Ninomiya<sup>[5,6]</sup>则认为东亚季风降雨区的水汽主要来源于沿太平洋副热带高压边缘输送的热带地区的水汽。徐祥德<sup>[7]</sup>将菲律宾以东洋面西至索马里, 从孟加拉湾经青藏高原东部转向长江流域和日本列岛的广大区域定义为影响我国东部洪涝的水汽关键区——大三角扇形区。由此看来, 大范围的水汽输送变化引起区域大气水汽收支变化, 进而影响中国东部降水已成为共识。源源不断的水汽供应是形成持续性大暴雨的必要条件。

淮河流域于 2003 年夏季发生了自 1954 年以来的第二次特大洪水<sup>[8,9]</sup>, 6 月 21 日至 7 月 22 日间, 淮河干流连续发生三次洪峰过程, 淮河干流水位持续居高不下, 使国家和人民生命财产受到了严重威胁, 同时也给中国短期气候预测带来重大挑战。2003 年淮河暴雨期间大气中大量的异常水汽供应究竟来源如何, 是

通过哪些通道输送的, 水汽输送与持续性大暴雨有何关系, 是研究 2003 年淮河流域特大洪水成因中的一个重要方向。本文首先简单介绍了 2003 年夏季淮河暴雨情况, 然后分析了与 2003 年淮河暴雨期(6 月 21 日至 7 月 22 日) 同时段气候平均状况下的水汽输送状况, 并对比分析了 2003 年暴雨期间水汽输送和收支特征, 最后从大尺度环流背景的几个侧面来分析此次暴雨期间产生异常水汽输送和各区域异常水汽通量收支的原因, 希望能对以后洪水的预报提供有用的依据。

## 2 资料与方法

### 2.1 资料

采用 NCEP/NCAR 逐日再分析资料集。时间为 1971~2003 年, 要素主要包括水平纬向风  $u$ , 经向风  $v$ , 比湿  $q$ , 位势高度  $H$  和表面气压  $P_s$  等, 资料范围  $0^{\circ}\sim 357.5^{\circ}E$ ,  $90^{\circ}S\sim 90^{\circ}N$ , 其中  $u, v, q$  的层次为 1000~300 hPa 8 个标准层 (1000, 925, 850, 700, 600, 500, 400, 300 hPa),  $H$  为 500 hPa 一个层次, 水平精度都为  $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 。

### 2.2 计算方法

整层大气垂直积分的水汽通量矢量通过如下公式计算:

$$Q = Q_i + Q_j \quad (1)$$

收稿日期: 2006-11-12; 定稿日期: 2007-02-05

作者简介: 江虹, 女, 1969 年生, 学士, 工程师, 长期从事短期预报及其相关研究工作。Email: jiangh8086@163.com

$$Q = \frac{1}{g} \int_{300}^{p_s} qu dp, Q = \frac{1}{g} \int_{300}^{p_s} qv dp \quad (2)$$

其中  $\lambda$  是经度,  $\phi$  是纬度,  $p_s$  是表面气压,  $v$  是经向风,  $u$  是纬向风,  $q$  是比湿。

整层大气垂直积分的水汽通量经向、纬向辐合分别为:

$$\frac{1}{a \cos \phi} \left( \frac{\partial Q}{\partial \lambda} \right) \text{ 和 } \frac{1}{a} \left( \frac{\partial Q \phi}{\partial \phi} \right), \text{ 其中 } a \text{ 为地球半径。}$$

边界积分的水汽输送:

$$F_u = \int Q a d\phi \quad (3)$$

$$F_v = \int Q_b a \cos \phi d \quad (4)$$

区域积分的水汽通量散度为:

$$D = \int \text{div} Q d_s = \sum (F_u, F_v) = F_{\text{输出}} - F_{\text{输入}} \quad (5)$$

### 3 2003 年淮河暴雨情况

2003 年 6 月 21 日至 7 月 22 日, 淮河流域发生特大洪水。图 1 为 2003 年 6 月 21 日至 7 月 22 日淮河流域总降水量和关键区划分示意图。

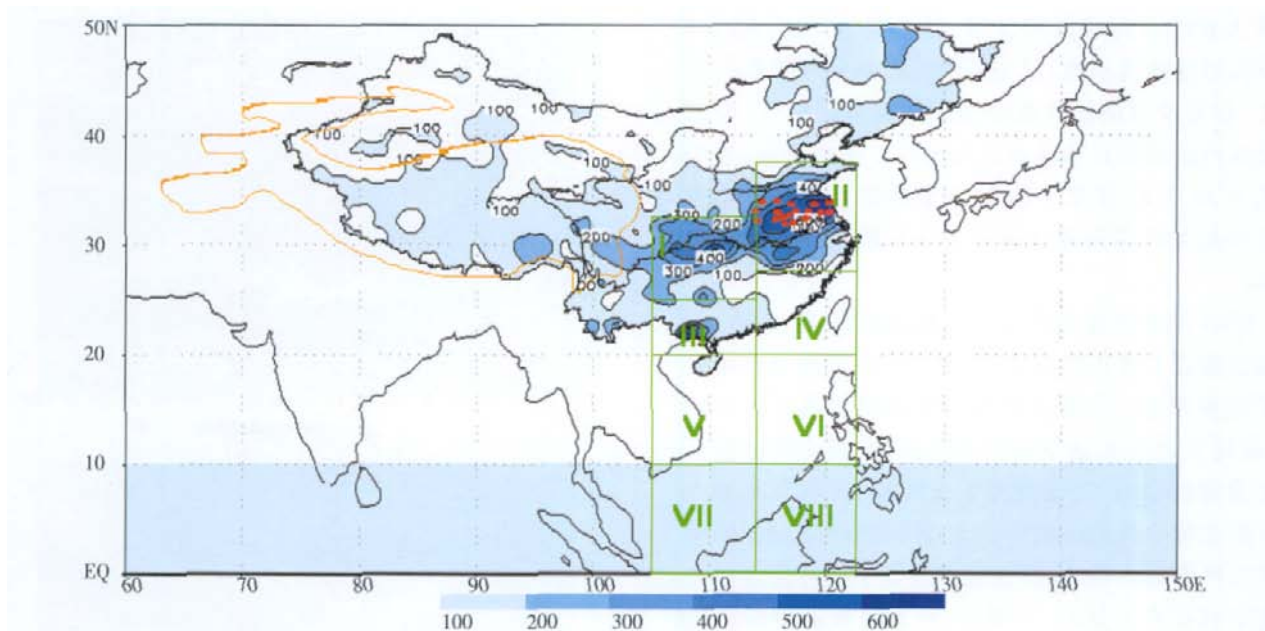


图 1 2003 年 6 月 21 日至 7 月 22 日总降水量和关键区划分示意图  
(单位:mm, 阴影区域大于 200 mm, 红色圆点为所选 18 个台站位置)

从图 1 可看出, 主要强降水中心位于长江下游与黄河下游之间的淮河流域, 其中江淮地区降水量超过 600 mm; 次中心位于长江中游附近, 累计降水量为 400 mm 左右。为了使讨论更有针对性, 以主要强降水中心——江淮地区为基准, 根据淮河流域台站的分布特点, 选取具有代表性的 18 个台站(如图 1)。从这 18 个台站日降水量随时间演变情况(图 2)可以确定, 2003 年夏季淮河流域的主要降雨时段为 6 月 21 日至 7 月 22 日。此外, 从图 2 中还可以看出, 在主要降雨时段内, 淮河流域出现 5 次明显的降水过程, 其时段分别为 6 月 21-23 日, 6 月 26-27 日, 6 月 29 日至 7 月 6 日, 7 月 8-13 日, 7 月 17-22 日。其中第三次降水过程持续时间最长、降水量最大, 第四次降水过程次之。这两次降水过程分别导致淮河干流发生第一次、第二次洪峰过程。淮河干流的第三次洪峰出现在 7 月下旬。源源不断的水汽供应是形成持续性大暴雨的必要条件。本文主要研究 2003 年淮河暴雨期间大气中水汽

状况及其与持续性大暴雨之间的联系。

### 4 淮河暴雨期间大气中整层积分的水汽输送特征分析

#### 4.1 大气中水汽输送的特征分析

许多学者<sup>[10-12]</sup>都曾指出我国东部地区的水汽来源, 归纳起来主要来自四个方向: 来自大西洋和北冰洋的西北气流(定义为水汽输送通道 1, 简称通道 1); 来自印度洋孟加拉湾的西南气流经中南半岛到我国东部地区(通道 2); 来自孟加拉湾的水汽经中南半岛到达南海与南海的偏南气流汇合再向北输送(通道 3); 来自副高南侧的偏东气流沿着副高边缘转向向东输送到我国东部雨区(通道 4)。从 2003 年淮河暴雨期(6 月 21 日至 7 月 22 日)水汽输送的气候平均(1971~2000 年)图中(图 3a), 也可以清楚地看出这四条水汽输送通道。同时也可以看出: 通道 1 主要影响我国东北地区, 与 Simmonds 等的观点<sup>[13]</sup>相一致。通道 2、3 主

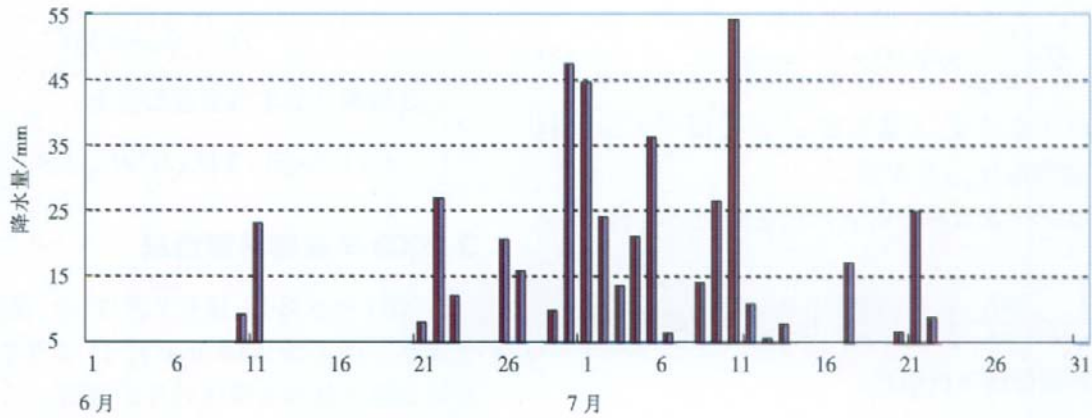


图 2 淮河流域 18 个台站日降水量随时间的演变图(单位:mm)

要将大量的水汽输送到江淮、黄淮地区<sup>[11]</sup>,而通道 4 沿副高边缘输送水汽,其主体位于副高外缘的西太平洋上,仅有少量的水汽能输送到中国东部沿海,绝大部分水汽输送到日本岛和北太平洋。也就是说,平均情况下,6月21日至7月22日我国江淮、黄淮地区大气中的水汽主要通过通道 2、3 来源于孟加拉湾和南海。

2003 年淮河暴雨期间水汽输送如图 3b,可见,水汽输送通道 1~4 仍然存在,通道 2、3 的位置与多年平均的位置相当,但输送水汽的强度明显弱于多年平均;而对于通道 4,由于副高显著西伸,其主体位置也随之异常西移,将通常情况下与江淮、黄淮流域擦肩而过的大量水汽输送到该地区;由通道 1 输送到暴雨区的水汽量虽然很小,但该通道是与中高纬度冷空气的南下结合在一起的,其强弱、位置直接影响到水汽辐合中心的强弱和位置。2003 年淮河暴雨期间通道 1 呈现出明显的异常向南的输送分量(该向南的水汽输送分量主要位于贝加尔湖东侧至淮河中下游地区,图 3c),有效地阻止了淮河流域大气中水汽的向北输送,是造成大量水汽辐合于江淮流域的必要条件。从淮河暴雨期大气中水汽输送的距平图(图 3c)上同样可以看出,通道 4 为江淮暴雨区带来大量异常水汽,而通道 2、3 在输送水汽的途中(如孟加拉湾和南海地区)出现较为明显的与水汽输送方向相反向的水汽输送距平,即表明,水汽输送通道 2、3 在 2003 年暴雨期间输送的水汽非但没有增加,反而减少了。因此可以认定,淮河暴雨期间暴雨区大气中大量异常的水汽并不来自通常输送量最大的 2、3 通道,而是来自位置异常西移的通道 4。但是值得注意的是,水汽通道 2、3 的位置与多年平均相当,输送水汽的量级与多年平均值也相同,是我国梅雨期降水的主要水汽来源,也是 2003 年淮河流域暴雨的不可缺少的大尺度背景,异常降水的水汽来源是正常的水汽供给和异常增加的水汽供给共同作用的结果。

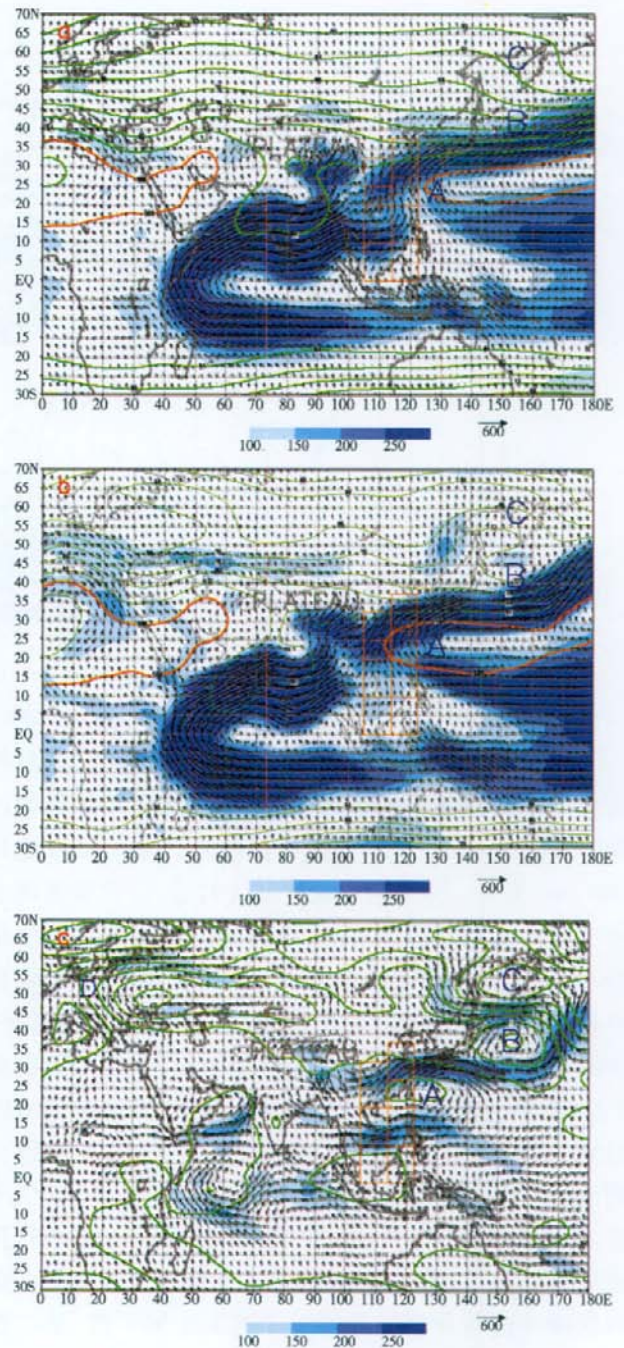


图 3 2003 年淮河流域暴雨期间水汽输送图

(单位:  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ , A、B、C 是异常气旋或反气旋位置)

(a.同时段 1971~2003 年气候平均;b.2003 年;c.距平)

### 4.2 大气中水汽通量特征及收支状况分析

为了进一步揭示水汽输送通道 4 为暴雨区带来了大量异常的水汽, 同时量化分析 2003 年淮河暴雨期间大气中水汽输送及收支状况, 将淮河流域和长江中游地区两个主要暴雨中心, 及其以南的东南沿海、南海大部共划分为 8 个区域(图 1), 并计算了通过这 8 个区域各边界面的水汽通量 (单位:  $\times 10^5 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ , 为  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$  区域面积, 约为  $1.5 \times 10^{11} \text{ m}^2$ , 下同)。

从这 8 个区域各边界的水汽通量整体分布形势来看(图 4), 2003 年淮河流域暴雨期与同时段多年平均的各边界的水汽通量分布形势基本一致, 即主要暴雨区 (I 区和 II 区) 的水汽主要来源于西边界和南边界。南海区(V, VI, VII 和 VIII 区)是一个较为明显的水汽源区, 大气中水汽穿过南海区的南边界和东、西边界汇集而来, 向北输送至暴雨区。暴雨区为显著的水汽辐合区。

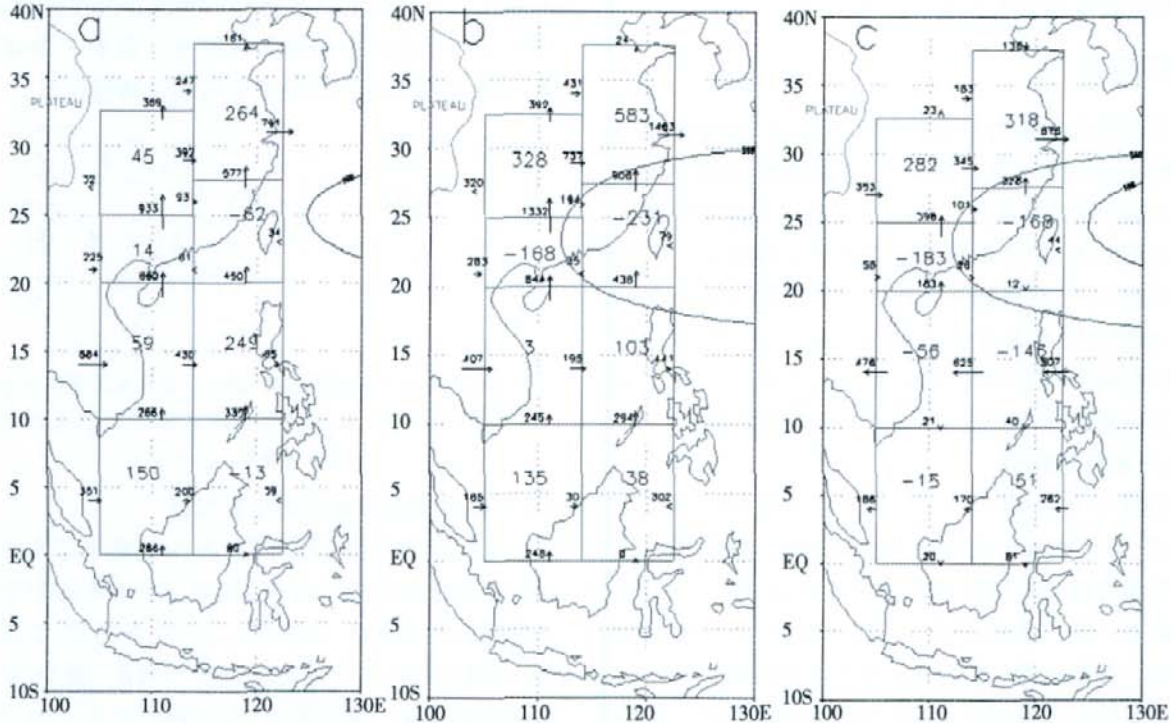


图 4 2003 年淮河暴雨期间垂直积分的通过各边界的水汽通量

(图中箭头是水汽输送方向, 箭头上黑色小字体是这个边界水汽的总流量; 每个区域中间蓝色大字体是该区域的净流入(出)值, +为流入, -为流出, 单位:  $\sigma \times 10^5 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $\sigma$  为  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$  区域面积, 约为  $1.5 \times 10^{11} \text{ m}^2$ ; a: 气候平均值; b: 2003 年; c: 距平)

对比分析图 4a 和 4b 可知: 南海区和 III 区西边界 2003 年暴雨期间输入的总水汽通量比同时段气候平均态下输入的水汽少 40%, 而此边界刚好是水汽输送通道 2, 3 为暴雨区输送水汽的一个重要截面。水汽输送通道 4 穿过南海区东边界和 I 区西边界间接或直接为暴雨区输送水汽, 气候平均态下这两个边界为较弱的水汽输出项, 2003 年暴雨期间这两个边界呈现出与气候平均状态(水汽输出)反向的水汽输送方向(水汽输入), 并且气候平均态下通过这两个边界水汽的量不到 2003 年暴雨期间的 10%。即, 从通过各水汽通道的关键截面水汽通量的角度证明了 2.1 节的结论: 2003 年淮河暴雨期间为暴雨区输送大量异常水汽并起主导作用的是水汽通道 4, 而不再是通常输送水汽量最大的通道 2, 3。

分析图 4c, 暴雨区有大量的水汽通量距平从西边界输入, 东边界输出, 但没有产生大量的水汽通量距

平的纬向辐合, 反而产生少量的辐散, 说明暴雨区的纬向水汽通量距平的大量输入和输出并没有对异常降水提供大量的水汽, 但这是非常重要的, 因为这种作用使得南、北方向水汽辐合十分明显。分析暴雨区经向水汽通量距平的收支, 可以看出, 南边界有大量的水汽通量距平输入, I 区北边界有极少的水汽通量输出, II 区北边界则有一定的水汽通量距平的输入(与多年平均的水汽通量输送方向相反), 产生强烈的经向水汽通量距平的辐合, 为暴雨区异常增加的降水提供水源。也就是说, 暴雨区异常增加的降水主要来源于南北向水汽通量距平的盈余, 而这种盈余主要来源于南边界水汽通量输入的增加和北边界水汽通量输出的减少(I 区)或一定量的转向输入(II 区)。暴雨区北边界水汽通量距平的异常变化主要是由于水汽通道 1 异常南伸, 并产生较为明显的向南输送的分量, 对暴雨区北边界向外输送水汽产生明显的抑制作用,

并在 II 区北边界处产生向南的水汽通量距平。暴雨区南边界异常输入的水汽通量距平直接来源于位于南海和暴雨区之间的 III 区和 IV 区。

上述分析表明: 2003 年 6 月 21 日至 7 月 22 日淮河流域的大量异常降水主要产生于该区域大量的水汽通量距平的经向辐合, 而不是水汽输入、输出量最大的纬向的水汽通量距平辐合。用于暴雨区大量经向辐合的水汽主要来源于南边界输入的水汽通量的增加和北边界输出的水汽通量的减少。

## 5 成因分析

充沛的水汽输送和强烈的水汽辐合, 为持续性大暴雨的形成提供了充足的水汽, 是形成持续性大暴雨的不可缺少的必要条件。而大气中的水汽输送特征不是孤立存在的, 它与环流异常有着紧密的联系。下面首先对 2003 年淮河流域暴雨期间的环流特征作简要分析, 然后再从大尺度环流背景的几个侧面来分析此次暴雨期间产生异常水汽输送和各区域异常水汽通量收支的原因, 进而寻找形成本次暴雨的原因。

### 5.1 大尺度环流特征

2003 年 6 月 21 日至 7 月 22 日, 500 hPa 高度场上(见图 3b), 欧亚中高纬呈典型的两脊一槽的分布形势。即在乌拉尔山和鄂霍茨克海地区各存在一脊, 两脊之间为一宽广的低压槽。在低压槽内, 贝加尔湖西侧存在一很小的脊, 其东侧表现为更深的槽。冷空气沿着乌拉尔山高压脊南下, 直接影响其前东南方的淮河流域。并且, 这种环流形势具有稳定少变的特性<sup>[14]</sup>, 为发生持续性大暴雨提供了极为有利的背景条件。

2003 年 6 月 21 日副高北跳到 22°N 附近后, 稳定在 22°~25°N 之间长达 31 d, 超出多年平均 11 d(气候平均态下副高于 6 月 18 日至 7 月 8 日停留在 22°~25°N 附近)。在此期间, 副高显著偏西 13 个经度, 强度偏强。从 500 hPa 高度距平图(见图 3c)上看, 中国东部地区及与其接壤的西太平洋西部为一异常反气旋(A), 与显著西伸且强度偏强的副高相对应。位于这个反气旋东北方的西北太平洋地区存在一异常气旋(B), 其北侧又有一异常反气旋(C)存在。异常气旋 B 与异常反气旋 A 和 C 分别相互配合, 且强度都比较强, 就像一串相互配合的泵, 使得气旋和反气旋周围的风场发生重要变化, 尤其是位于气旋 B 和反气旋 A 之间的纬向风水汽输送加强(低层副高北侧的西风急流)。这支西风急流在这对配合的气旋 B 和反气旋 A 共同的作用下, 异常加强。淮河流域刚好位于急流左侧, 有大量水汽的辐合, 给淮河流域带来大量的降水。异常加强的西风急流又对副高的北跳有抑制作用, 有

利于这串配合的气旋和反气旋的维持。异常气旋 B 和反气旋 C 与鄂霍茨克海高压相对应, 它们的稳定少变, 又使得上游环流形势也稳定无大变化<sup>[19]</sup>。上游乌拉尔山附近存在异常气旋环流 D。在相对强度较强、范围较大的异常气旋和反气旋 A、B、C、D 相互作用下, 在它们之间, 产生强度较弱、范围较小的距平气旋 a、b 和距平反气旋 c(如图 3c 和图 5), 反气旋 c 与气旋 a、b 之间产生明显的向南的风距平, 与反气旋 A 交汇在淮河地区, 为大量水汽通量的异常辐合提供必要条件。同时, a、b、c 之间的向南的风距平, 抑制了副高的北跳, 对异常降水在江淮地区的持续发展起作用。

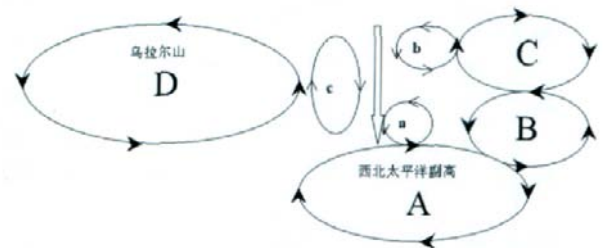


图 5 2003 年淮河暴雨期 500 hPa 主要环流异常形势示意图 (A、B、C、D 是异常(反)气旋, a、b、c 是 A、B、C、D 之间形成的较弱小的异常(反)气旋)

### 5.2 产生异常水汽输送的主要原因

从气候平均的角度来看(图 3a), 热带印度洋的水汽在进入孟加拉湾后分支, 其中一支水汽流经中南半岛到我国东部地区(通道 2), 另一支在向北, 沿喜马拉雅山边缘输送, 并与北方的冷空气交汇、辐合, 并不输送到我国江淮、黄淮地区。而 2003 年 6 月 21 日至 7 月 22 日期间, 在异常加强的副高(距平场上表现为异常反气旋 A) 及其东北方异常气旋 B 的共同作用下, 异常加强了副高北侧低层的西风急流的强度, 对喜马拉雅山东侧大气中的水汽产生极大的向东的吸引力, 使得本应在喜马拉雅山东侧转向西北输送的水汽, 顺着强西风的方向向东输送至淮河暴雨区, 加大了副高北侧的水汽输送力度。同样的道理, 由于副高强度的加强, 副高南侧的向东的水汽输送也加强了。但是, 异常加强的副高南北两侧不易产生较为明显的水汽通量距平的纬向辐合, 就形成了南海区和暴雨区有十分显著的纬向水汽通量距平通过, 却没有产生明显的水汽通量距平辐合的现象。

此外, 由于副高异常西伸, 使得沿着副高边缘输送的水汽通道 4 异常偏西, 将通常情况下并不与中国接壤的水汽通道 4 的主体嵌入中国东南部, 为该地区带来大量异常的水汽。而异常西伸、强度加强的副高, 在中南半岛和南海地区产生很强的东风距平, 与通道 2、3 在该地区的输送方向相反, 削弱了 2、3 通道输送水汽的能力(图 3b、c)。

副高显著加强、西伸,使得通常位于副高西南方的南海,大部分海域位于副高的正南方,通常位于副高西北方的暴雨区(I, II区),位于副高的正北方和偏北方。副高抑制了南海向北输送水汽的能力,导致作为通常意义下的主要源区(南海),没有直接为暴雨区提供大量的水汽通量距平。而位于暴雨区与南海区之间的III区和IV区,为异常偏强的副高控制,长期的晴天少雨,使地表蒸发了大量的水汽。又由于III区和IV区位于副高的西伸极点附近,存在异常强的经向输送,将III区和IV区周边输入的水汽连同地表蒸发的大量水汽都向北输送到暴雨区,为持续性大暴雨提供大量的异常水汽。

中高纬异常的环流形势则主要影响位于中高纬的水汽输送通道1。2003年6月21日至7月22日,在相对较大的异常(反)气旋A、B、C、D相互作用下,产生较弱小的距平(反)气旋a、b、c(如图3c和图5),a、b和c之间形成明显的向南的水汽输送,即,水汽输送通道1向南分量加强。通道1向南分量与反气旋A西侧向北输送的大量异常水汽交汇在暴雨区附近,产生强烈的辐合,形成强降水。又因为这种有利于淮河流域产生降水的异常环流十分稳定,为该地区强降水的持续性提供条件。

## 6 小结

通过分析可以得出,2003年淮河流域暴雨具有如下特征:

(1)暴雨区内的大量水汽并不来自通常输送量最大的水汽输送通道2、3,而是主要来自于位置异常西移的水汽输送通道4。

(2)暴雨区有大量的异常纬向水汽通量距平通过,但并没有产生异常辐合贡献于异常降水。而相对小量的经向水汽通量距平在暴雨区产生强烈的辐合,为强降水提供了水源。

(3)输送至暴雨区的大量经向异常水汽通量距平主要来源于暴雨区南侧紧邻的III区和IV区,而不是主要的水汽源区——南海。

(4)西北太平洋副热带高压的显著西伸、强度偏强,是造成水汽输送通道4异常西移的最主要的直接原因。而异常(反)气旋A、B、C、D相互作用,产生强度较弱、范围较小的距平(反)气旋a、b、c。距平(反)气旋

a、b、c之间形成向南的水汽通量距平输送,加强水汽输送通道1的向南分量与副高西侧向北的异常水汽通量距平在暴雨区内产生大量异常的经向水汽通量距平的辐合,导致异常降水的发生。

(5)此外,2003年淮河流域暴雨期间,欧亚两槽一脊的环流形式具有稳定少变的特性;低层西风急流的加强、水汽通道1南向输送能力的加强均有效地阻碍了副高的阶段性北跳,为发生持续性大暴雨提供了极为有利的背景条件。

## 参考文献:

- [1] 谢义炳,戴武杰. 中国东部地区夏季水汽输送个例计算[J]. 气象学报, 1959, 30(2): 173-185.
- [2] Zhai P M, Eskridge R E. Atmospheric water vapor over China[J]. Journal of Climate, 1997, 10: 2643-2652.
- [3] 丁一汇, 胡国全. 1998年中国大洪水时期的水汽收支研究[J]. 气象学报, 2003, 61(2): 129-145.
- [4] 丁一汇. 亚洲季风[M]. 北京: 气象出版社, 1994: 105-113.
- [5] Ninomiya K, Kobayashi C. Precipitation and moisture balance of the Asian summer monsoon in 1991. Part I: Precipitation and major circulation systems[J]. J Meteor Soc Japan, 1998, 76: 855-877.
- [6] Ninomiya K, Kobayashi C. Precipitation and moisture balance of the Asian summer monsoon in 1991. Part II: Moisture transport and moisture balance[J]. J Meteor Soc Japan, 1999, 77: 77-99.
- [7] 徐祥德, 陶诗言, 王继志, 等. 青藏高原——季风水汽输送“大三角扇型”影响域特征与中国区域旱涝异常的关系[J]. 气象学报, 2002, 60(3): 257-266.
- [8] 张建云, 刘金平, 杨扬. 淮河“03.7”暴雨洪水的初步分析[G]//中国气象学会水文气象学委员会编. 新世纪气象科技创新与大气科学发展——03.07淮河大水的水文气象学问题, 北京: 气象出版社, 2003: 7-12.
- [9] 章国材, 毕宝贵, 鲍媛媛, 等. 2003年淮河流域强降水大尺度环流特征及成因分析[G]//中国气象学会水文气象学委员会编. 新世纪气象科技创新与大气科学发展——03.07淮河大水的水文气象学问题, 北京: 气象出版社, 2003: 51-54.
- [10] 叶笃正, 黄荣辉. 长江黄河流域旱涝规律和成因研究[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1996: 127.
- [11] 高国栋, 陆渝蓉. 气候学[M]. 北京: 气象出版社, 1988: 112-133.
- [12] Chen T C. global water vapor flux and maintenance during FGGE[J]. Mon Wea Rev, 1985, 113: 1801-1819.
- [13] Simmonds I, Bi D H, Hope P. Atmospheric water vapor flux and its association with rainfall over China in summer[J]. J Climate, 1999, 12: 1353-1367.
- [14] 陶诗言. 中国之暴雨[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 225.
- [15] 陶诗言. 中国夏季副热带天气系统若干问题研究[M]. 北京: 科学出版社, 1963: 146.

## The Characteristics and the Cause Analyses of Vapor Transportation in the 2003 Huaihe River Heavy Rainfall Period

JIANG Hong

(Tonghua Meteorological Bureau of Jilin Province, Tonghua 134001)

Abstract: The vapor transportation instance is analyzed when the persisting heavy rainfall happened in Huaihe River basin in 2003, using NCEP/NCAR reanalysis data. The results show that the abnormal vapor over the rainfall area does not come from the generally maximal vapor transporting passage 2(the southwest current comes from Bengal Bay via India-China peninsula to the East of China) and the vapor transporting passage 3(the vapor flux from the Bay of Bengal arrives South China Sea and converges with the south current of South China Sea then flows to the north), but mainly comes from the extraordinarily westward moved transporting passage 4 (the SW stream on the south side of the sub-tropical high is transported to the east rainfall area and turned east along the sub-tropical high's border). The rainstorm area has large amount of anomaly zonal vapor flux passing through, however this does not contribute to the abnormal precipitation convergence. But the relatively small amount of the anomaly radial direction vapor flux produces intense convergence in the downpour area, supplying the most water sources to the long-time-lasting heavy rain. The great deal of the anomaly vapor flux mainly comes from the southern part of the rainfall area which is close to the China southern coastal areas, but not the usually main vapor source area, South China Sea. The main reason for the vapor abnormal convergence and transportation over the studied areas is the sub-tropical high over the Northwest Pacific Ocean extends extremely west, becomes strong and stable. In addition, the Eurasian two ridges two troughs circulation pattern and the East Asian Subtropical westerly jet's extraordinary strength and stability are the indispensable qualification for this Huaihe River basin long-enduring heavy rain.

Key words: Huaihe River basin; Rainstorm; Vapor transportation

\*\*\*\*\*

## 《暴雨灾害》征稿启事

《暴雨灾害》是中国气象局武汉暴雨所主办的国内首份有关暴雨、灾害研究的综合性学术刊物,国内外公开发行(季刊)。其国内刊号为 CN 42-1771/P,国际刊号为 ISSN 1004-9045。

《暴雨灾害》主要刊载有关暴雨及其次生灾害的形成机理、数值模拟、监测预报、气候特征等方面的研究论文;新的探测技术和探测资料在暴雨及其他气象灾害研究中的应用;国内外暴雨及气象灾害科学研究进程中新理论、新技术、新方法的综合评述及译文。其栏目设置包括论文、短论、技术报告、综合评述、译文、暴雨与灾情(图片)等。

自 1997 年创办以来,《暴雨灾害》得到了国内外知名专家、学者和广大科技工作者的大力支持和厚爱,在此表示衷心的感谢!同时诚盼各位专家、学者、气象科研人员、气象业务工作者及大专院校相关专业的师生能一如既往地关心和支持《暴雨灾害》,在百忙之中抽出时间为我们赐稿或荐稿!

《暴雨灾害》以反映暴雨灾害研究领域最新成果和学术动态、促进广泛学术交流与合作、为气象科技进步、气象防灾减灾和社会公共安全服务为己任,严格遵循“百花齐放,百家争鸣”的指导方针,充分尊重作者的创造性劳动及其成果,坚持以质论稿,惟文是取。

我们坚信,承蒙各位同仁的热情关心和大力支持,将《暴雨灾害》办成高水平、高质量、影响较大的专业性学术刊物的目标一定能实现。同时,恳请各位对我们的办刊工作提出宝贵意见和合理化建议,我们一定欣然采纳。

恭请惠稿,欢迎荐稿。

联系方式:

430074 武汉市武昌东湖东路 3 号 武汉暴雨研究所 《暴雨灾害》编辑部

电话:(027)67847939

E-mail: byzh7939@yahoo.com.cn