

2003年和2006年江淮流域梅雨期暴雨 大尺度特征对比分析

尹东屏 曾明剑 吴海英 赵 凯 孙 燕

(江苏省气象台, 南京 210008)

提 要: 2003年和2006年梅雨期有许多相似之处: 出梅日和入梅日一致; 副热带高压脊线在 $15 \sim 27^{\circ}\text{N}$ 之间摆动; 梅雨期暴雨量集中在淮河流域、洪泽湖周边及里下河地区, 但2003年梅雨总量却大于2006年。利用T213分析场资料, 采用合成平均对比分析的方法, 对2003年和2006年江苏江淮流域梅雨期暴雨在天气形势、热力条件和动力条件等方面进行了较深入的分析。得到: (1) 2003年梅雨锋区强于2006年; (2) 2003年梅汛期暴雨具有较强盛的水汽输送、涡散度中心重叠、上升气流强盛等有利条件。(3) 2003年强对流天气产生的暴雨少于2006年。分析表明, 梅雨期梅雨量的增幅与物理量的增量成正比关系。

关键词: 副热带高压 暴雨 合成 物理量 对比分析

Comparative Analysis on the Large Scale Characteristics of Heavy Rainstorm During Meiyu Period of 2003 and 2006

Yin Dongping Zeng Mingjian Wu Haiying Zhao Kai Sun Yan

(Jiangsu Meteorological Observatory, Nanjing 210008)

Abstract: There are several similar characteristics in Meiyu period of 2003 and 2006. For example, the date of beginning and ending of Meiyu was consistent in above two years, the subtropical high ridge of Meiyu period of the two years also oscillated between 15°N and 27°N , and the heavy rainstorm during Meiyu period of the two year concentrated in Huaihe valley, Hongze lake and Lixiahe area of Jiangsu. But the total precipitation of Meiyu period in 2003 was more than that in 2006. The synoptic situation and conditions of thermodynamics and dynamics which accompanied with heavy rainstorm during Meiyu period of 2003 and 2006 in Jianghuai valley of Jiangsu are analyzed in details by using the T213 analysis data and composite average method. The results show that Meiyu front of 2003 is stronger. In addition, the stable moisture transportation, overlapping

center of convergence and vorticity and vigorous ascending stream in 2003 were also favorable conditions for the Meiyu. The number of heavy rainstorm day caused by strong convective system in 2006 was more than in 2003. The results also indicate that the rainfall amount in the period of Meiyu is proportional to the increment in the physical quantity.

Key Words: subtropical high rainstorm composition physical quantity comparative analysis

引 言

梅雨期暴雨是江苏的重要灾害天气之一,由于覆盖范围广、强度大、雨量集中,容易出现外洪内涝严重的防汛局面。2003 年和 2006 年都是 6 月 21 日入梅,7 月 12 日出梅,梅长 22 天,2003 年共有 12 个暴雨日,2006 年有 11 个暴雨日。从总雨量来看,2006 年小于 2003 年,2003 年和 2006 年梅雨期雨量集中在淮河流域、洪泽湖周边及里下河地区,有惊人的相似处。2003 年淮河流域、洪泽湖周边及里下河地区遭受 1949 年以来第二大洪涝灾害。江苏受涝面积 $194 \times 10^4 \text{hm}^2$,成灾面积 $131 \times 10^4 \text{hm}^2$,绝收面积 $49 \times 10^4 \text{hm}^2$,受灾人口 1798 万人,紧急转移安置受灾人口 79.8 万人,倒塌房屋 14.2 万间,毁坏桥梁 1.4 万座,直接经济损失达 199.7 亿元。2006 年江苏沿淮淮东北地区暴雨洪涝灾害较重,农田受淹、农作物倒伏、房屋倒塌、道路房屋积水、鱼塘漫溢,农作物受灾面积达

116 万多公顷,直接经济损失 46 亿余元。由于梅雨期暴雨易造成严重的外洪内涝,因此曾有过不少研究^[1-4]。丁一汇等对 1991 年江淮流域持续性大暴雨进行过深入的研究^[5],张小玲等、周功铤等和赵桂香等对梅雨锋和梅汛期暴雨的热力、动力结构做过分析^[6-7]。2003 年和 2006 年的梅雨期具有暴雨落区的相似性和雨量上的差异,因此有必要对其进行热力和动力结构的诊断分析,这有助于认识暴雨成因,提高梅雨期暴雨的预报水平。

1 资料和方法

采用江苏省 70 个台站的雨量资料,将 2003 年梅雨期间 12 个暴雨日(日降水量 $\geq 50 \text{mm}$)和 2006 年梅雨期间 11 个暴雨日作为分析的两类天气样本(见表 1)。利用 T213 的逐日 20 时分析场格点资料,分别进行合成平均,制作出两年梅汛期的暴雨日合成平均天气形势场、物理量场。

表 1 2003 年和 2006 年江苏暴雨日日期、地点及最大雨量

| 暴雨日期(2003 年) | 暴雨出现区域/雨量中心(mm) | 暴雨日期(2006 年) | 暴雨出现区域/雨量中心(mm) |
|--------------|------------------------|--------------|-------------------|
| 6 月 22 日 | 淮北地区/徐州(130.8) | 6 月 22 日 | 淮北地区/徐州(62.6) |
| 6 月 26 日 | 江淮中部/六合(82.0) | 6 月 24 日 | 江淮之间地区/海安(84.4) |
| 6 月 29 日 | 淮北局部地区/宿迁(96.8) | 6 月 28 日 | 淮北地区/丰县(102.9) |
| 6 月 30 日 | 苏北地区/泗阳(114.7) | 6 月 29 日 | 淮北地区/新沂(67.0) |
| 7 月 1 日 | 江淮之间地区/泗洪(50.6) | 6 月 30 日 | 苏北地区/建湖(149.1) |
| 7 月 2 日 | 淮北地区/沭阳(111.7) | 7 月 1 日 | 江淮之间地区/大丰(166.4) |
| 7 月 3 日 | 江淮之间/盐城(101.5) | 7 月 2 日 | 沿淮和淮北/丰县(237.6) |
| 7 月 4 日 | 江淮西部地区/江浦(179.5) | 7 月 3 日 | 江淮北和淮北/连云港(117.8) |
| 7 月 5 日 | 江淮之间/靖江(238.2) | 7 月 4 日 | 沿江和苏南地区/丹阳(75.5) |
| 7 月 8 日 | 苏北和沿江西部部分地区/兴化(101.6) | 7 月 5 日 | 苏南南部地区/高淳(99.7) |
| 7 月 9 日 | 江淮之间部分和沿江西部地区/宝应(77.1) | 7 月 10 日 | 沿淮和淮北局部/丰县(117.8) |
| 7 月 10 日 | 江淮之间北部/射阳(103.1) | | |

2 2003年和2006年梅雨期降雨的分布特点

梅雨应为江苏省淮河(苏北灌溉总渠)以南的气候特征,然而,2003年和2006年的梅雨量都集中在江苏苏北地区。2003年梅雨期江苏沿江苏北17个市县的总降水量超过500mm,是历史平均值的3倍,个别市县达到历史平均值的4~5倍(宿迁),2003年总梅雨量的雨带呈经向型,大值区主要集中在西部地区。最大总降水量出现在江淮之间的江浦,为685.7mm(图1a),在梅雨日中,平均不到两天一场暴雨,使江河湖泊汛情严重。2006年梅雨期主要降水也在沿江苏北,共出现11个暴雨日,平均两天一场暴雨,有7个

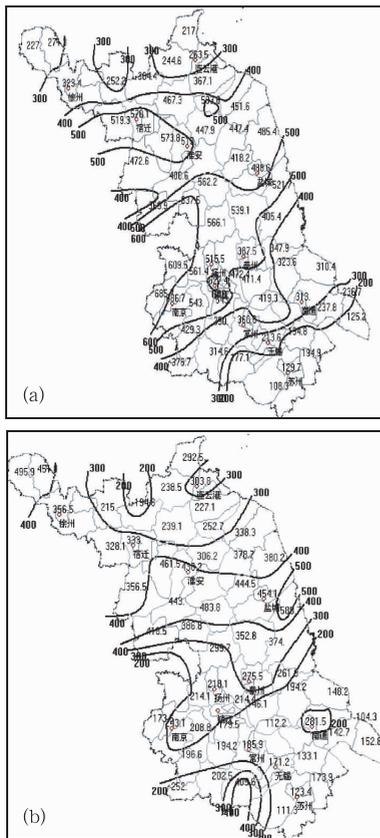


图1 江苏省2003年总梅雨量(a)和2006年总梅雨量(b)分布图(单位:mm)

市县的总梅雨量在400~500mm之间,超过500mm的只有江淮之间东部的大丰,为588.7mm(图1b)。

3 形势特征对比分析

3.1 梅雨期副热带高压

江淮流域梅雨的形成,与西太平洋副热带高压季节性西伸、北进密切相关。2003年入梅日为6月21日,500hPa 120°E 副热带高压脊线由19日的 17°N 北上至 23°N ,在梅雨期内, 120°E 副热带高压脊线在 $15^{\circ}\sim 27^{\circ}\text{N}$ 之间摆动(见图2a),副高586dgpm线的北缘或西北边界从6月21日到7月10日有18天稳定在 $29^{\circ}\sim 32^{\circ}\text{N}$,其中有15天在 30°N 或以北。2006年入梅日同样为6月21日,500hPa 120°E 副高脊线从19日开始到21日,维持在 29°N ,22日南落到 24°N ,梅雨期内, 120°E 副热带高压脊线主要维持在 $15^{\circ}\sim 26^{\circ}\text{N}$ (见图2b),副高586dgpm线的北缘或西北边界从6月21日到7月10日有15天稳定在 $29^{\circ}\sim 32^{\circ}\text{N}$,其中有11天在 30°N 或以北。

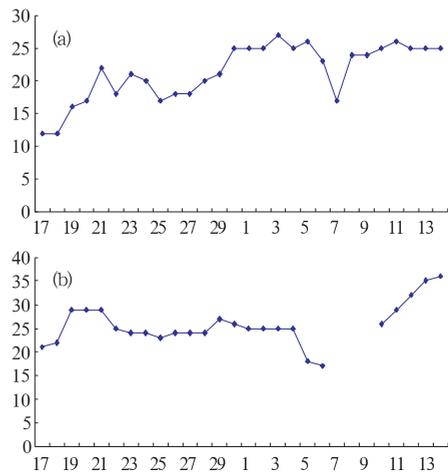


图2 2003年(a)和2006年(b)6月17日至7月14日500hPa 120°E 副热带高压脊线动态
6月21日入梅,7月12日出梅,副热带高压脊线断裂处为台风影响日

有 4 天受热带气旋影响降至 27°N 以南, 这两年 586dgpm 线都是在 7 月 11 日北跳到 34°N , 12 日出梅。2003 年 586dgpm 线的位置相对于 2006 年稳定, 有利于冷暖空气在江淮流域交汇。

3.2 500hPa 天气系统的合成分析

图 3a 为 2003 年暴雨日的 500hPa 合成平均图, 从中可以看到, 120°E 副高脊线在

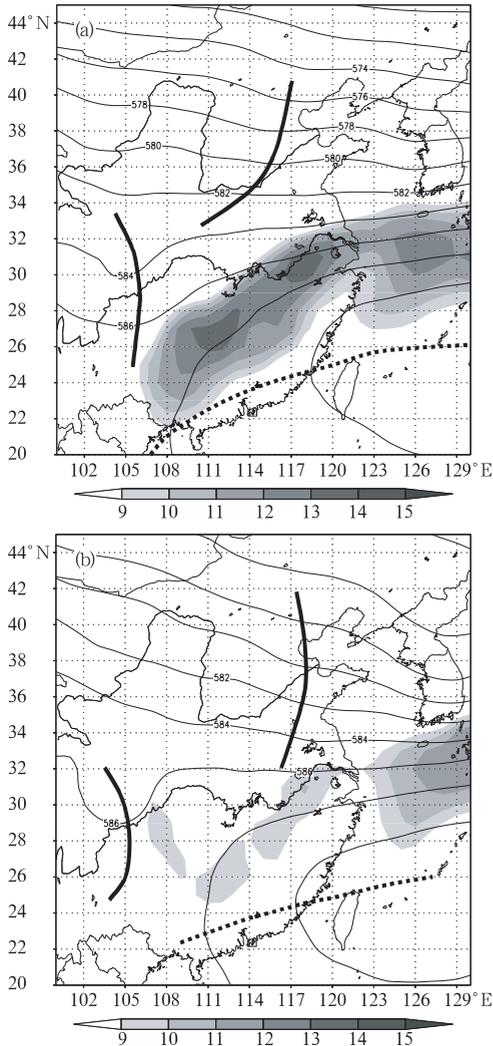


图 3 2003 年暴雨日(a)和 2006 年暴雨日(b)期间的 500hPa 环流合成图和 850hPa 偏南风大风速区
阴影部分: 偏南风速 $>9\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 其中加粗曲线是槽线, 虚线是副高脊线

26°N , 586dgpm 线在长江口, 四川西部为一浅槽区, 槽前西到西南气流向江淮地区输送着暖湿气流, 中纬度在华北有低槽东移, 使冷空气得以扩散南下, 同时华西低槽东移, 槽前暖空气与北方的冷空气交汇于淮河流域以南地区, 形成梅汛期暴雨天气的天气尺度环流系统。

图 3b 为 2006 年暴雨日的 500hPa 合成平均图, 120°E 副高脊线位置在 25°N , 586dgpm 线也在长江口, 低槽在朝鲜半岛, 槽后为一致的西北气流, 有冷空气向江淮地区输送, 同样四川西部也是一浅槽区, 槽前为西到西南气流, 但江淮地区的环流较之 2003 年偏西的分量大些。

3.3 低空急流合成对比分析

图 3a、b 阴影部分为 850hPa 上偏南风速 $>9\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的大风速合成平均, 可以看到, 这两年暴雨日的大风速区合成平均都为狭长的东北—西南走向, 出口区位于江苏淮河以南地区, 处于高空槽前和副热带高压西北侧的暖区之中。显然南方的暖湿气流通过西南(或偏南)向的狭长通道向江苏输送, 促使低层迅速增温增湿, 致使垂直方向的温湿层结构发生变化, 构成对流不稳定。研究表明^[8], 暴雨产生过程中急流的存在与中尺度系统有关, 急流轴北侧有气旋切变和正涡度发展, 促使暴雨区和其下风方之间出现强的水平辐合, 水汽、能量和动量向暴雨区集中。2003 年暴雨日有明显的急流, 急流中心值为 $14\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 而 2006 年最大中心值仅为 $11\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 达不到急流风速的标准; 2003 年暴雨日合成平均的低空急流的偏南分量明显小于 2006 年, 2003 年的急流由副热带高压边缘的西南气流和华西低槽前的西南气流共同构成; 而 2006 年主要是副热带高压边缘的水汽输送; 2003 年的急流带非常完整, 而 2006 年偏南大风速区却出现了断裂。

4 热力条件对比分析

利用 $E = \theta_{\text{sr}850} + \theta_{\text{sr}700} + \theta_{\text{sr}500} - 3 \times 273.16$ 来表征夏季风中具有高温高湿气团。图 4 的实线分别为 2003 年和 2006 年暴雨日 E 指数合成平均, 可以看到 2003 年暴雨日的 E 指数高值中心轴线在 $31 \sim 32^\circ\text{N}$, 位于淮河以南地区, 其数值为 $200 \sim 210^\circ\text{C}$ 。2006 年暴雨日 E 指数伸向华东的高值中心轴线在 31°N 附近。虽然这两年梅雨期暴雨日的 E

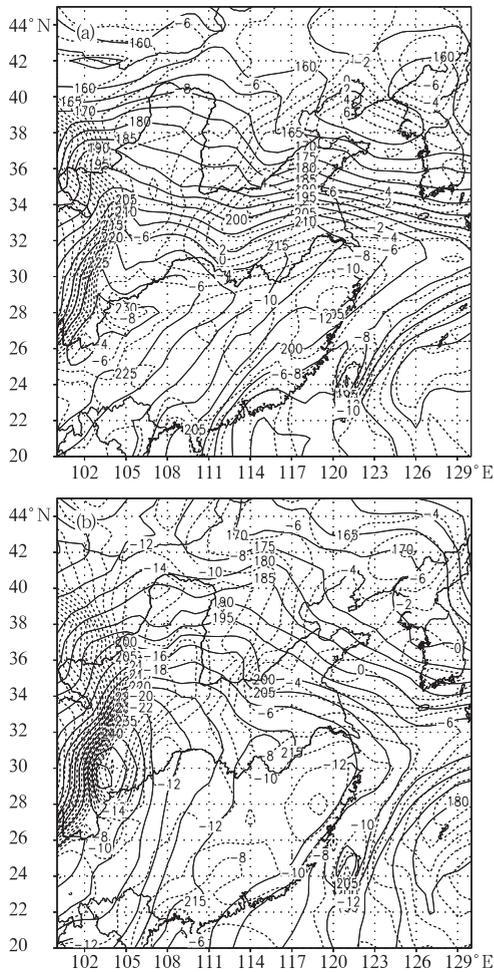


图 4 2003 年暴雨日 (a) 和 2006 年暴雨日 (b) E 指数 (实线) 和 $\theta_{\text{sr}500} - \theta_{\text{sr}850}$ (虚线) 合成平均图 (单位: $^\circ\text{C}$)

指数在江苏的分布比较一致, 但从等值线的分布看, 在江淮流域范围内, 2003 年较 2006 年密集, 说明锋区较强; 而且 2003 年的中心值为东西分布, 2006 年中心值虽然大于 2003 年, 但呈南北分布状态。

一般来说, 深厚的暖湿气流是暴雨产生的必然条件。用 $\theta_{\text{sr}500} - \theta_{\text{sr}850}$ 表示位势不稳定, 如果 $\theta_{\text{sr}500} - \theta_{\text{sr}850}$ 的负值区与 E 指数的高值区重合, 可以用其代表高温高湿的不稳定区域^[8], 这一区域有利于暴雨的产生, 而且 $\theta_{\text{sr}500} - \theta_{\text{sr}850}$ 的负值绝对值越大, 不稳定性就越大。从图 4 虚线中可见, 江淮流域自南向北 2003 年 (图 4a) 的 $\theta_{\text{sr}500} - \theta_{\text{sr}850}$ 的值在 $-4 \sim 4^\circ\text{C}$ 之间, 而 2006 年 (图 4b) $\theta_{\text{sr}500} - \theta_{\text{sr}850}$ 的值在 $-9 \sim -4^\circ\text{C}$ 。根据统计 (24 小时内相邻三个市县出现雷雨为一个雷雨日), 2003 年暴雨日中一共有 8 个雷雨日, 而 2006 年有 11 个雷雨日, 说明 2006 年的位势不稳定远大于 2003 年, 这与计算结果相符。然而 2003 年的梅雨总量却大于 2006 年, 这也说明位势不稳定对强对流天气的产生具有指示意义, 强对流天气会出现短时的强降水, 也会产生暴雨, 然而连续性暴雨的出现与暴雨产生的三要素相联系。

5 动力条件的对比分析

5.1 涡度、散度垂直剖面图对比分析

为了说明两年暴雨日涡、散度垂直方向动力特征的不同, 沿 119°E 制作了合成平均涡度、散度的垂直剖面图。2003 年暴雨日合成平均涡度剖面图中 (图 5a), 33°N 附近为正涡度区, 最大值位于 $800 \sim 900\text{hPa}$, 为 $50 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$, 正涡度区一直伸展到 400hPa 高空。其上为负涡度区, 最小值在 200hPa 左右, 为 $-60 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 。散度合成平均垂直剖面图 (图略) 中, 33°N 附近即淮河流域散度值为负

值,辐合区一直伸到 400hPa,中心值为 $-6 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$,在 700hPa 附近,另外在 500hPa 还有 $-6 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 中心值。正值区在 100~400Pa,中心值为 $21 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 。涡度、散度合成垂直剖面图较好地反映出 2003 年淮河流域暴雨形成的垂直方向的动力特征:低层辐合,高层辐散,无辐散层在 400hPa 附近。

中心值在 200hPa 附近,中心值为 $-45 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 。在散度合成平均垂直剖面图(图略)中,33°N 附近的 400hPa 以下出现了 $-2 \times 10^{-6} \sim -8 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 负散度值,低层气流产生明显的辐合。在 400hPa 以上出现辐散,中心值在 250hPa 附近,为 $20 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 。分析表明:2006 年正涡度和辐合区的伸展高度与 2003 年相同,但中心值远小于 2003 年。2003 年的涡度和散度的配合比较好,正涡度区和辐合区基本重合,2006 年却略有偏差,散度中心较涡度中心偏南约 0.5 个纬度。

5.2 垂直速度剖面图对比分析

许多研究表明:暴雨发生在较深厚层次的上升运动中,图 6a、b 分别是 2003 年和 2006 年暴雨日沿 119°E 垂直速度经向剖面图。2003 年在江苏江淮地区,即 32~34°N,在暴雨过程中 ω 为负值,从地面一直伸展到 100hPa 附近,中心值在 400hPa,为 $-45 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{ s}^{-1}$,上升运动区的两侧有明显的下沉运动区;2006 年暴雨过程中,上升运动区同样从地面到 100hPa,中心值的高度在 550~700hPa,为 $-20 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{ s}^{-1}$,其两侧也有下沉运动区,北部的下沉运动区不完整,因此,2003 年上升运动的高度和强度都大于 2006 年。

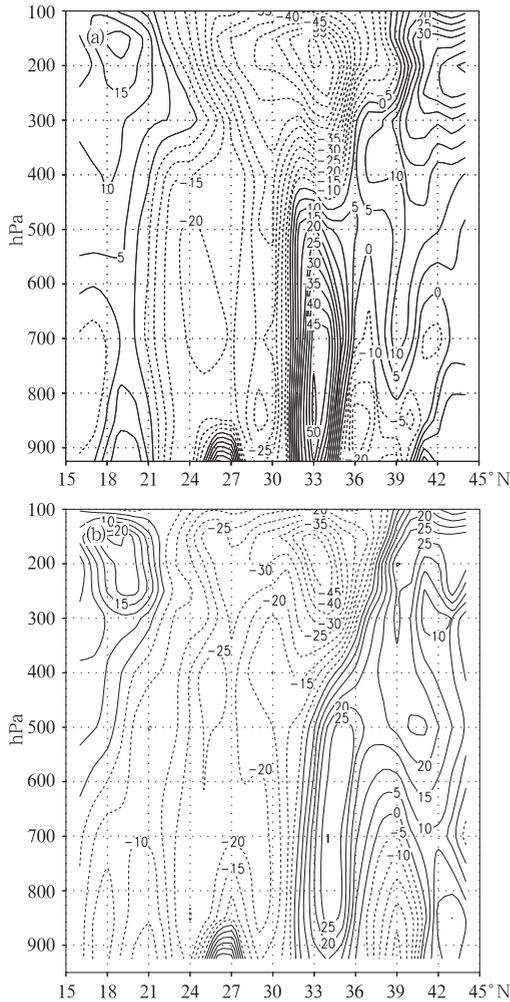


图 5 2003 年暴雨日(a)和 2006 年暴雨日(b)的涡度垂直剖面图(沿 119°E)(单位: 10^{-6} s^{-1})

2006 年暴雨涡度合成平均垂直剖面图(图 5b)中,在 33~36°N、450hPa 以下的对流层低层为正涡度区,正涡度中心值在 700hPa,为 $30 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$,其上为负涡度区,

6 结论

在上述对 2003 年和 2006 年梅汛期淮河暴雨合成对比分析的基础上,得到:

- (1) 这两年梅雨期暴雨日的合成平均天气形势场有相似之处,在华西都有低槽活动,120°E 副热带高压脊线位置在 15~27°N 之间摆动,5860gpm 等值线都在 30°N 附近,符合梅雨期的天气形势。江苏的暴雨带一般位于副热带高压脊线之北 7~9 纬距。当副热带高压增强时,暴雨带可处在副高脊线之北 9~11 纬距。

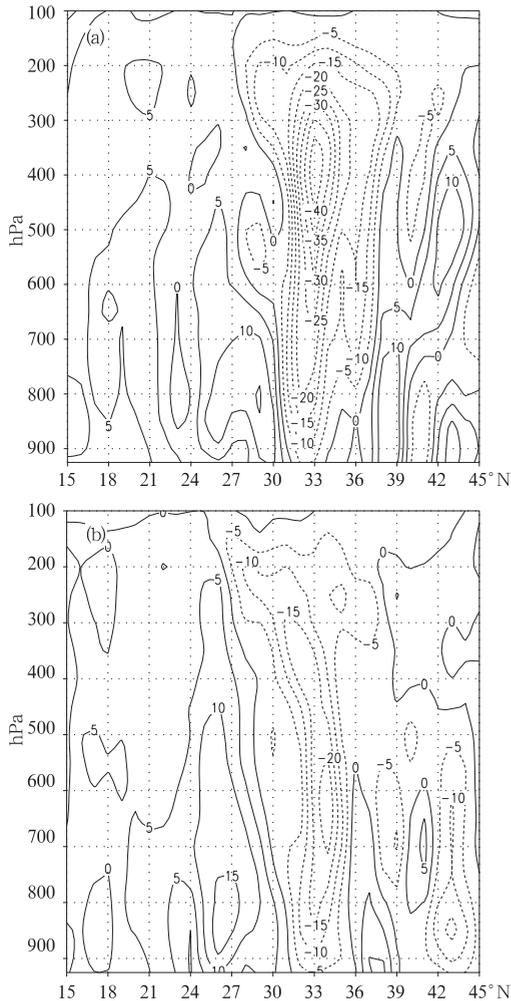


图 6 2003 年暴雨日(a)和 2006 年暴雨日(b)的垂直速度(ω)合成平均剖面图(沿 119°E)
(单位: $\times 10^{-3} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$)

(2) 2003 年有明显的低空急流,最大风速比 2006 年大 $3 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$;2003 年暴雨日合成平均的低空急流的偏南分量明显小于 2006 年,配合 500hPa 形势,说明 2003 年梅雨期暴雨对流层低层的水汽输送不仅仅来自于副热带高压西侧的西南气流,还来自于孟加拉湾暖湿空气;而 2006 年暴雨的水汽条件主要来

自于副热带高压西侧的西南气流。另外,2003 年的低空急流带完整,2006 年的大风速区有断裂处。

(3) E 指数和位势不稳定的分析结果显示,2003 年梅雨锋区强于 2006 年,但是 2003 年的位势不稳定度却小于 2006 年,即 2006 年的不稳定性降水多于 2003 年。2003 年梅雨量大于 2006 年的事实说明短时强降水的增多并不是梅雨量大小的主要因素。动力条件分析表明,2003 年暴雨日合成平均场的正涡度区和辐合区重叠,加剧了暖湿气流的上升运动,有利于暴雨的产生;2006 年物理量场中心值的强度弱于 2003 年,也是导致 2006 年梅雨量小于 2003 年的原因之一。因此,梅雨期梅雨量的增幅与物理量的增量成正比关系。

参考文献

- [1] 王东升,康志明,杨克明. 2003 年淮河流域梅汛期首场大暴雨成因分析[J]. 气象,2004,30(1):16-21.
- [2] 姚学祥,王秀文,李月安. 非典型梅雨与典型梅雨对比分析[J]. 气象,2004,30(11):38-42.
- [3] 倪允琪,周秀骥. 我国长江下游梅雨锋暴雨研究进展[J]. 气象,2005,31(1):9-12.
- [4] 熊庆芬,胡江林,张耀存. 梅雨锋降水带中不同地域大暴雨成因的对比分析[J]. 气象,2006,32(7):72-78.
- [5] 丁一汇. 1991 年江淮流域持续性特大暴雨研究[M]. 北京:气象出版社,1993:5-240.
- [6] 张小玲,陶诗言,张庆云. 1998 年梅雨锋的动力热力结构分析[J]. 气象学报,2002,60(3):257-268.
- [7] 周功铤,叶子祥,余贞寿. 浙南梅汛期大暴雨天气分型及诊断分析[J]. 气象,2006,32(5):67-73.
- [8] 赵桂香,陈麟生,李新生. Q 矢量和湿 Q 矢量在暴雨诊断中的应用对比[J]. 气象,2006,32(6):25-30.
- [9] 陶诗言等. 中国之暴雨[M]. 北京:科学出版社,1980:51-120,207.