

夏季 500 hPa 副热带高压区域一次暴雨 过程环流条件的诊断分析*

章国材 李晓莉 乔 林

(国家气象中心,北京 100081)

摘 要

利用 NCEP/NCAR 再分析资料和地面观测资料对 2003 年 7 月 26~27 日 500 hPa 副热带高压区域一次暴雨过程的形成原因进行了分析。结果表明:中低层来自东北方向的冷空气入侵是此次暴雨发生的重要原因,其作用体现在三个方面:一是致使对流层中低层降温,边界层增温,使得降水区积累了大量的不稳定能量;二是造成边界层风的辐合,进而激发了整层的上升运动;三是这股冷空气为暴雨发生提供了重要水汽源。暴雨发生前南亚高压主体突然东进,高空急流轴不断东伸加强,其出口端不断向南伸展,使得对流层中层副高主体西移,同时造成日本附近的冷涡南压,为冷空气从中低层侵入暴雨发生区提供了有利的环流条件。

关键词:副热带高压 冷空气 暴雨

引 言

传统气候观点认为副高控制区,特别是副高中心区域应该为一致的下沉气流,并用此观点来解释副高中心控制区常见的少云、晴热的天气现象。黄土松等^[1]最早指出副高的结构相当复杂,并非纯粹的动力性质的系统,热力因子对其维持及变化起着甚为重要的作用。近年来,吴国雄、刘屹岷、何金海等人^[2~4]通过对副高的系统性研究发现副高的垂直结构非常复杂,在高压中心或高压脊区,无论是大尺度特征还是天气尺度特征,并非完全的下沉气流,可有上升运动出现。但是,在副高中心区域,什么条件产生上升运动并出现大雨、暴雨天气的研究却很少。

在天气预报实践中,人们也认为副高中心区域一般不会出现大的降水天气过程,特别是 850、700 和 500 hPa 3 层副高中心区域上下重叠时。不少观测事实表明^[5],副高中心控制区并非绝对的好天气,仍会有大雨、暴雨等对流性天气的发生。因此,有必要针对这种可能造成预报失误的暴雨过程形成机制进行详细研究。本文就以 2003 年 7 月 26~27 日,500 hPa 副高控制区域的浙江中东部、福建东北部地区出现的一次暴雨过程作为研究对象,来探讨夏季副高中心区域暴雨天气的发生发展机制,以期提高对副高中心区域天气预报能力。

* 国家科技部“奥运气象保障技术研究”项目资助。

2004-04-14 收到,2004-09-30 收到再改稿。

1 天气实况及分析资料来源

2003 年 7 月 26 ~ 27 日,在 500 hPa 副高控制区域的浙江中东部、福建东北部地区发生了一次暴雨天气过程(见图 1 中的观测降水量)。这次暴雨过程主要出现在 26 日 06:00 ~ 12:00(世界时,下同),其中浙江平阳、福建福鼎两个站降水量分别达到了 73 mm 和 86 mm。这是浙江、福建两省自 7 月中旬以来持续高温少雨天气以来的第 1 次降水。

分析这次降水过程,我们所利用的资料为:2003 年 7 月 25 ~ 27 日每日 4 个时次(00:00、06:00、12:00、18:00) $1^\circ \times 1^\circ$ 的 NCEP/NCAR 高度场、温度场、湿度场和风场再分析资料;国家气象中心常规探空资料及每隔 6 h 的地面加密资料。

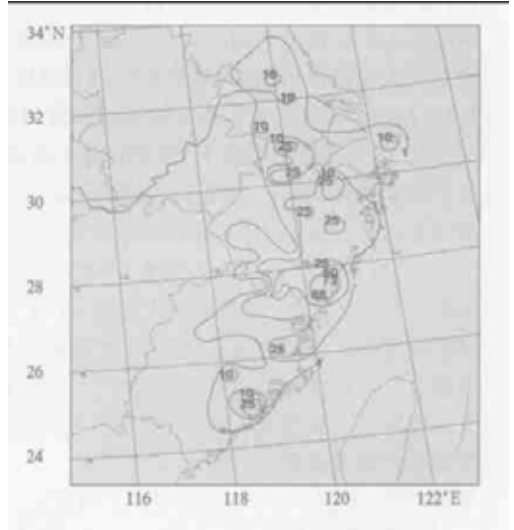


图 1 2003 年 7 月 26 日 00:00 ~ 27 日 00:00 降水量实况(单位:mm)

2 暴雨发生前后环流形势及天气系统的发展演变

2.1 500 hPa 环流特征及副高的活动

暴雨出现前,500 hPa 环流形势主要表现为副高主体西伸加强,日本海处的高空冷涡南压(图 2)。在暴雨发生前 6 h 的 26 日 00:00,5880 gpm 线继续西伸到 107°E ,高空冷涡继续南压,达到 27°N ,500 hPa 和 700 hPa 浙江和福建 24 h 变温皆为负值。在暴雨开始发

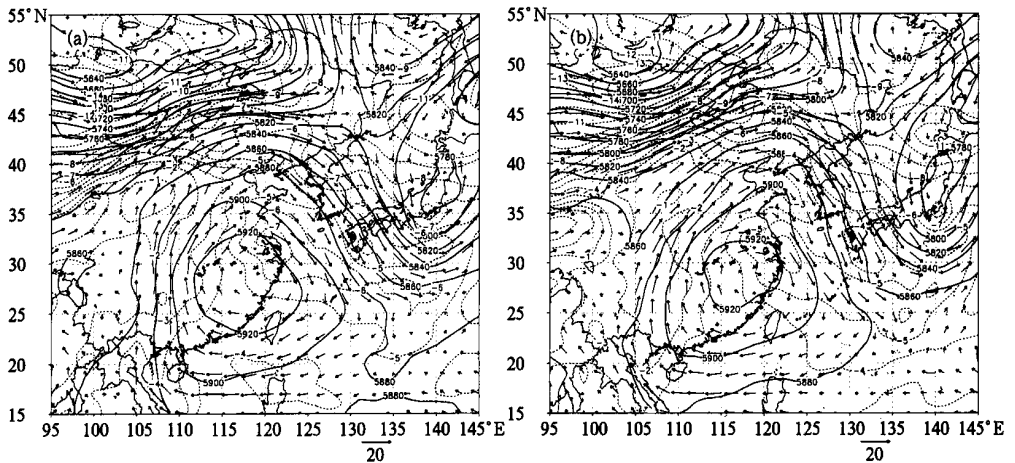


图 2 2003 年 7 月 26 日 00:00(a)和 06:00(b)500 hPa 的位势高度场、温度场及风场的分布 (粗实线为位势高度场,间隔为 20 gpm;虚线为温度场,间隔为 1°C)

生的 26 日 06:00, 5880 gpm 线西移至 105°E , 5920 gpm 线也基本上完全移到了大陆上, 暴雨发生区位于副高中心的东北侧区域内 500 hPa 冷舌的下方。暴雨过程结束后的 26 日 18:00(图略), 副高北侧 5880 gpm 线也从 26 日 00:00~06:00 的 40°N 南撤到 37°N 左右, 副高中心区又恢复为暖结构。因此, 可以看出, 副高主体西移伴随其东侧对流层中层出现冷空气入侵是造成浙、闽两省暴雨的重要原因。

2.2 100 hPa 环流特征及急流轴的演变特征

从 25 日 18:00~26 日 00:00, 南亚高压中心的位置稳定少动, 但西风急流的结构发生了明显变化(图 3), 表现为急流轴不断东伸加强, 急流轴的形状也由近乎东西向变为中部凸起的弓形结构, 且其出口端不断向南伸展。到了暴雨发生时的 26 日 06:00, 南亚高压主体(以 16800 gpm 线为代表)突然东伸大约 5 个经度, 到达了 120°E , 同时, 急流出口端也南压到 36°N 。在暴雨结束后的 26 日 18:00, 南亚高压中心出现了 2~3 个经度明显的西退过程。由此可见, 500 hPa 上副高主体的西移过程是与南亚高压主体的东移相伴随的。这与以前的研究结论一致^[6]。加上高层急流的加强及向南伸展, 引导了 500 hPa 上日本附近的冷槽加深南压, 使得冷空气有可能从中低层侵入暴雨发生区, 是形成此次暴雨发生的重要条件。

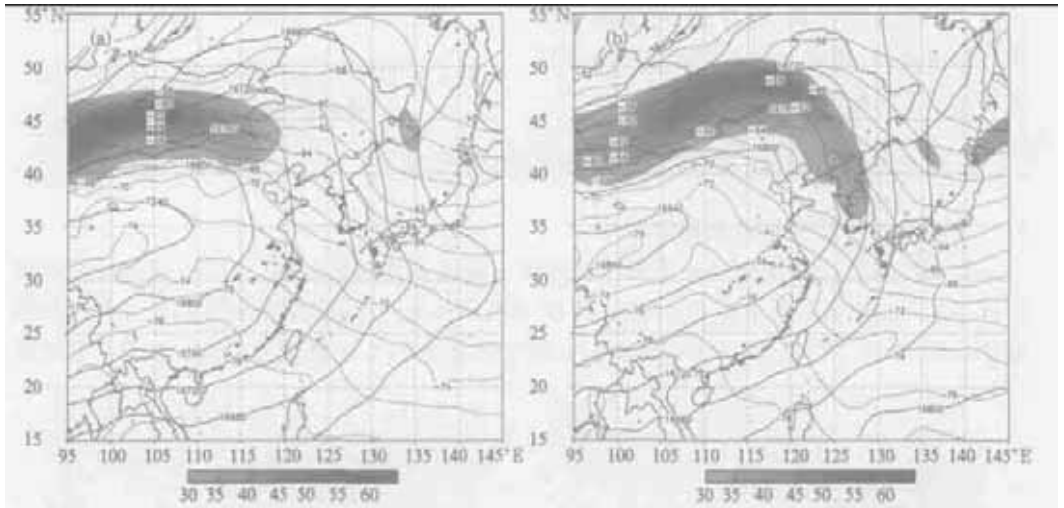


图 3 25 日 12:00(a) 和 26 日 06:00(b) 100 hPa 的位势高度场及 250 hPa 风速的分布图

(粗实线为 100 hPa 位势高度, 间隔为 40 gpm; 虚线为温度场, 间隔为 2°C ;

阴影区为 250 hPa 上风速大于 30 m/s 的区域)

2.3 对流层中下层的环流演变特征

在 25 日 12:00~26 日 18:00 暴雨发生前后这段时间, 700 hPa 和 850 hPa 环流形势的变化基本上与 500 hPa 相同(图略)。但是, 在这段时间内, 在暴雨发生地的边界层气流发生了明显的变化, 在此以 950 hPa 为例进行分析。

从图 4 可以看出, 在 25 日 12:00, 长江口附近有一东西向的切变, 26 日 00:00 该切变演变为浙江至福建北部沿海的东北—西南向的切变。到 26 日 06:00(下暴雨时), 在福建北部出现了一气旋性环流, 在高度场上表现为一小低槽, 正是这个低槽和伴随的风的辐合

为暴雨的发生提供了有利的动力条件。

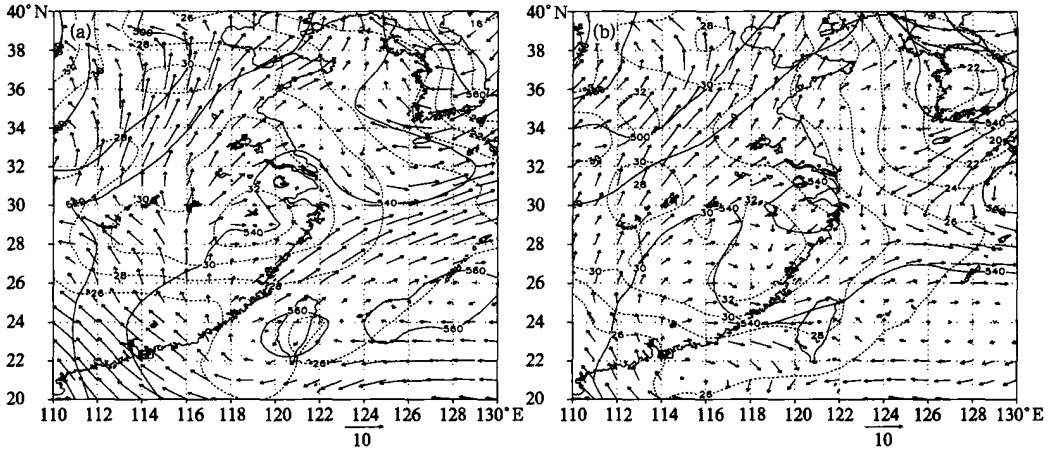


图 4 25 日 12:00(a) 和 26 日 06:00(b) 950 hPa 的位势高度场、温度场及风场的演变特征 (粗实线为位势高度场, 间隔为 20 gpm; 虚线为温度场, 间隔为 2 °C)

3 暴雨发生前后大气动力和热力结构及演变

3.1 动力条件

本文主要分析的是平均经度在 120.5°E, 南北范围在 25°~32°N 之间副高中心区(也是暴雨发生区)的垂直速度演变(图 5)。在 25 日 12:00, 副高中心区在对流层低层 800 hPa 以下和对流层上层都是上升运动, 对流层中层为强的下沉气流。从 25 日 18:00 至 26 日 00:00, 随着副高中心区的西伸, 在暴雨发生区的对流层中层, 转为较强的上升气流, 但是在下层有弱的下沉气流。在暴雨发生的 26 日 06:00, 由于浙江、福建等副高中心控制区对流层低层风的辐合, 激发了整层的强上升运动, 从而具备了暴雨发生的强上升运动条件。降水结束后又形成了不利于对流发展的低层为下沉气流的特征。

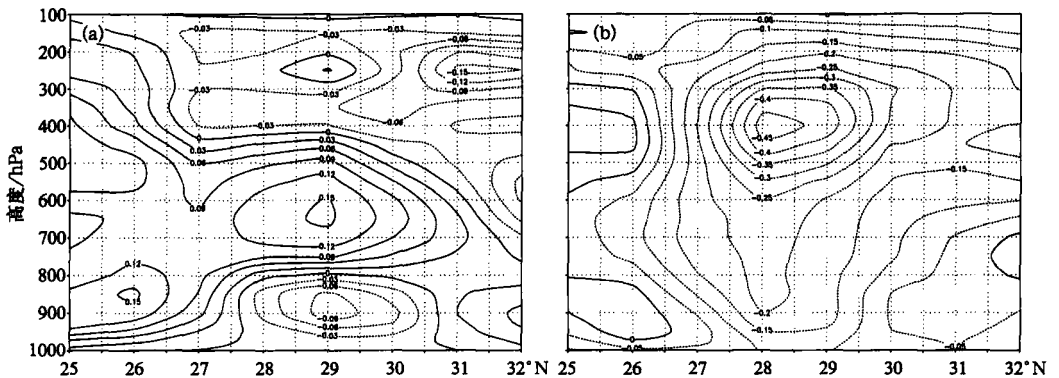


图 5 25 日 12:00(a) 和 26 日 06:00(b) 副高中心区域沿 120.5°E 南北垂直剖面垂直速度的演变特征(单位: Pa/s)

3.2 稳定度和热力条件

我们分析了 2003 年 7 月 26 日 00:00 浙江洪家(58665 站)和福建福州(58047 站)的层结曲线(图略),计算了一些稳定度指数,发现洪家的 K 指数和沙氏指数分别为 43 K 和 -7.0 , $\theta_{se850} - \theta_{se500} = 21.9$ K,非常有利于午后强对流的发生。大暴雨结束后,26 日 20:00 洪家站上空大气恢复稳定结构。福州的 K 指数和沙氏指数分别为 35 K 和 -2.4 , $\theta_{se850} - \theta_{se500} = 14.1$ K,仍然满足条件不稳定和对流不稳定条件^[7],有利于午后出现对流天气。

分析这两站 500、700、850、925 hPa 24 h 变温发现,浙江洪家为 -2 、 -2 、 -1 、 $+1$ °C;福州为 -1 、 -2 、 $+5$ 、 $+5$ °C,这说明冷空气是从对流层中低层侵入的。对流层中低层降温和边界层增温是造成对流层不稳定的主要原因。

3.3 水汽条件

由于暴雨发生区位于副高中心区风速比较小的地区,从 25 日 12:00 ~ 26 日 00:00,降水区上空 500 hPa 以下的水汽通量都是低值区。到 26 日 06:00,500 ~ 700 hPa 上降水区仍位于低水汽通量区的边缘。但是 850 hPa 以下(图略)降水区上空为水汽通量大值区。此时,控制降雨区的气流主要是来自日本附近冷涡后部的东北气流(图 4),因此,低层水汽主要来自这股东北气流所携带的海上的水汽。这也说明,日本附近冷涡后部的东北气流,不仅造成降水区边界层风的辐合,而且还带来了水汽。

4 结论与讨论

本文通过对夏季 500 hPa 副高区域出现的一次暴雨过程的发生、发展的分析研究,得出了以下几点结论:

(1) 在暴雨发生前,南亚高压主体突然东进,高空急流轴不断向东伸加强,急流轴的形状由近乎东西向变为中部凸起的弓形结构,且其出口端不断向南伸展。这种高层环流结构变化使得对流层中层副高主体西移,同时也造成日本附近的冷涡南压,这就为冷空气从中低层侵入暴雨发生区提供了有利的环流条件。

(2) 暴雨发生前对流层中低层冷空气的南下入侵及边界层为暖气流控制,使得降水区积累了大量的不稳定能量,有利于产生强的对流不稳定。同时,该股冷空气也在对流层低层为这次暴雨过程提供了重要的水汽来源。

(3) 副高中心区中高层存在着上升运动,加上此次暴雨过程发生时边界层风的辐合所造成的上升运动,激发了整层的上升运动,为暴雨的发生提供了关键的动力条件。

本文从天气尺度分析这次 500 hPa 副高区域暴雨过程的发生机制,但从降水的持续时间和降水量分布来看,该暴雨过程还有明显的中尺度系统特点,我们将另文对此进行模拟研究。

参考文献

- 2 吴国雄,丑纪范,刘屹岷,等. 副热带高压研究进展及展望. 大气科学,2003,27(4):503~517.
- 3 刘屹岷,吴国雄. 副热带高压研究回顾及对几个基本问题的再认识. 气象学报,2000,58(4):500~511.
- 4 何金海,周兵,温敏,等. 关于西太平洋高压的垂直环流结构和年际变动特征及其机制研究. 暴雨·灾害,2004,4(1):24~35.
- 5 黄新华. 副高脊控制下大雨暴雨的探讨. 广西气象,1989,10(2):1~6.
- 6 朱乾根,林锦瑞,寿绍文. 天气学原理和方法. 北京:气象出版社,1992. 670~683.
- 7 杨大升,刘余斌,刘式适. 动力气象学(修订本). 北京:气象出版社,1983. 39~47.

DIAGNOSIS OF THE CIRCULATION FOR A HEAVY RAIN EVENT IN A 500 hPa SUMMER SUBTROPICAL HIGH REGION

Zhang Guocai Li Xiaoli Qiao Lin

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

In the context of NCEP/NCAR reanalysis and observations, study is undertaken of the causes of a heavy rain formation over the subtropical high center from July 26 to 27, 2003. Results show that cold air from the northeast at the mid-lower levels invading the high's central region acts as an important factor, which functions in the following ways. First, the cold air leads to temperature drop in the middle to lower troposphere, with temperature rise in the boundary layer, thus causing unstable energy to be accumulated in large amounts over the fallout area. Second, it makes the boundary-layer wind converge, which thus excites ascending motion throughout the extent. Finally, this cold air provides rich supplies of water vapor for the rainstorm. Besides, the main body of the South Asia high moves east suddenly before the rainstorm begins and the axis of upper westerly jet keeps moving eastward and strengthening, with its exit region expanding towards the south, thereby shifting westward the main part of the central region of the high in the middle troposphere. In the meanwhile, the invading cold air is responsible for southward displacement of a cold vortex around Japan, creating a favorable condition for cold air to enter the rain zone in mid and lower levels.

Key words: Subtropical high Cold air Rainstorm