

“0185” 特大暴雨的诊断分析

曹晓岗

(上海中心气象台, 200030)

提 要

对 2001 年 8 月 5 日上海地区的特大暴雨进行了诊断分析。分析表明热力、水汽条件在降水开始前 24 小时有一定的反映, 水汽输送在上海已有大中心形成; 动力条件在降水开始前 12 小时有所反映, 中低层大的正涡度中心已移到上海及其附近地区, 使上海的不稳定能量得到释放, 产生了特大暴雨。另外, 中低层的大的正涡度和高空的负涡度集中在非常窄的同一地区, 是产生特强降水的原因之一。

关键词: 特大暴雨 水汽通量 不稳定能量 中尺度分析

引 言

2001 年 8 月 5 日傍晚到 6 日早晨, 受热带低压云团影响, 上海市普降大暴雨, 市区的部分地区下了特大暴雨, 徐家汇 24 小时雨量达 275.2mm, 是 50 年来日最大的降水, 且大部分雨量是在 12 小时内降的, 最大 1 小时雨量全市普遍在 60~80mm, 其中徐家汇 1 小时雨量 75.4mm。产生这种特强降水必然有其特定的物理条件, 为此, 我们从热力、水汽、动力等基本物理条件入手, 进行诊断分析, 寻找产生特强降水的物理背景。

诊断分析用了两种资料, 一是 T106 物理量资料, 为经纬度 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 的格距; 二是 MM5 中尺度模式的分析场计算的资料, 正方形网格, 格距 27km, 垂直 19 层。

1 “0185” 特大暴雨的环流背景

影响上海产生强降水的热带低压 8 月初生成于太平洋上, 随副热带高压南侧的偏东气流向西移动, 8 月 3 日夜里在浙江南部沿海登陆, 向西北方移动, 5 日进入安徽, 后

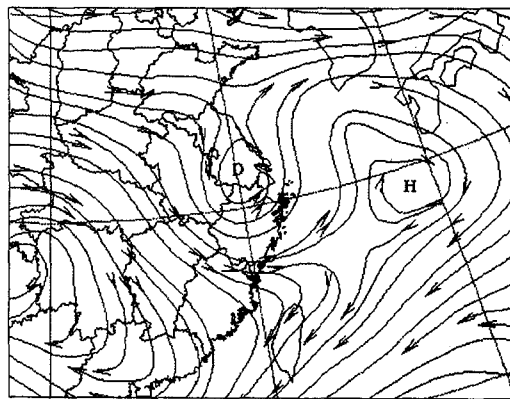


图 1 2001 年 8 月 5 日 20 时 500hPa 流线图

转向偏东方向移动。由于东面海洋上有较强的副热带高压阻挡, 低压东移非常缓慢, 长时间滞留在江苏南部和上海上空, 直到 6 日才东移到黄海。从 8 月 5 日 20 时 500hPa 流线图中可看到 (图 1), 上海处在低涡的东南方, 这里的能量、水汽辐合最强, 同时上升运动最大, 对大暴雨的产生十分有利。这个低涡系统深厚, 在 400hPa 天气图上还可以清楚看到。300hPa 上为一低槽区, 200hPa 为西北气流, 100hPa 为东北气流。经过中尺度滤波后^[1], 可以看到 300hPa 上

海上空有一个中尺度低涡,在200hPa以上转为反气旋(分别见图2a、b、c、d)。这种中低层强辐合,高层辐散流场的维持,使

上升运动加强,同时不断给暴雨区带来水汽、能量。6日系统东移到黄海后,上海的降水减弱。

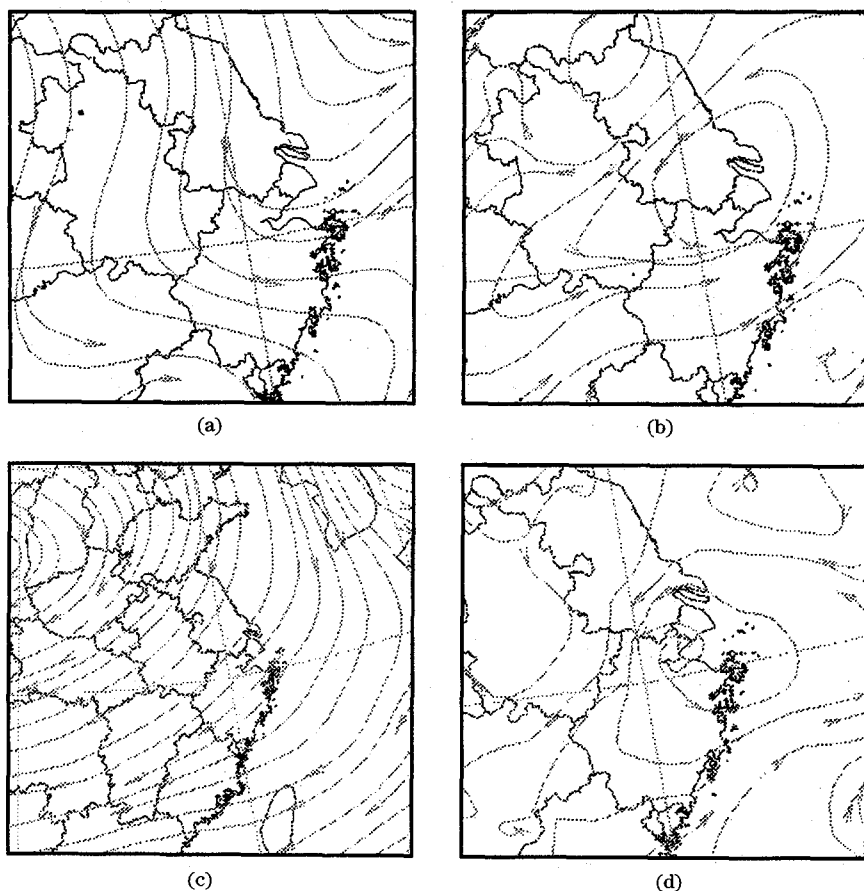


图2 2001年8月5日20时300hPa流线图(a)300hPa中分析图(b)
100hPa流线图(c)100hPa中分析图(d)

3 “0185”特大暴雨的热力条件分析

3.1 假相当位温

在大暴雨开始前24小时,700hPa θ_{se} 图上(图略),江南北部有 72°C 的高能中心,长江中下游为高能舌区,上海位于 $\geq 68^{\circ}\text{C}$ 的高能舌区内。这种能量分布特征持续到上海大暴雨开始,5日20时700hPa θ_{se} 图(图3)上,可以看到高能舌进一步扩大,上海处高能中心($\geq 72^{\circ}\text{C}$)的前部,高能平流为上海大暴雨的产生积累了充分的能量,中低层能量的积累,使上海处对流不稳定的大气中。

4日20时、5日08时、5日20时上海500hPa θ_{se} 减去850hPa θ_{se} 值分别为: -3.2°C 、 -7.4°C 、 -2.4°C ,可以看出5日08时对流不稳定最强,而5日20时不稳定能量开始释放,降水已经开始了。

3.2 K指数分析

上海大暴雨开始前K指数是逐渐增大的。4日20时、5日08时、5日20时K指数分别为 31°C 、 32°C 、 36°C ,上海西南方高中心分别为 42°C 、 39°C 、 42°C ,不稳定区向下游发展,使上海及其附近地区的K

指数逐渐增大。另外,由5日08时 K 指数图(图4)可看到, K 指数大值区由长江流域伸向东北,出现了一个不规则的 Ω 形势,上海处在 Ω 东侧的拐点附近,这里冷暖交汇,有利于不稳定的加大,对暴雨中尺度系统的产生是非常有利的。

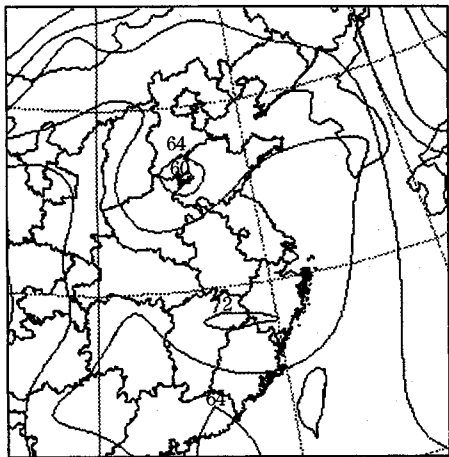


图3 2001年8月5日20时700hPa θ_e 图

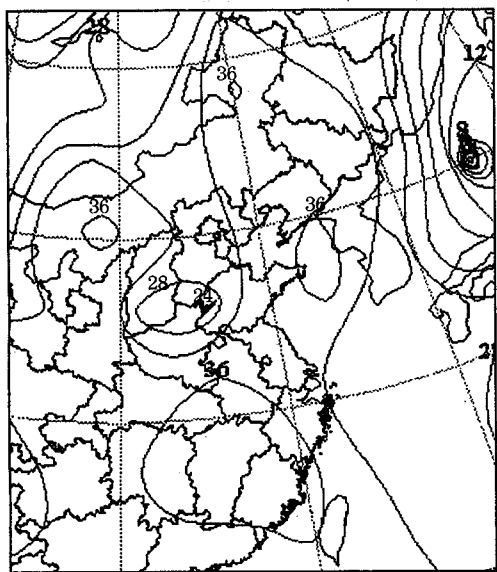


图4 2001年8月5日8时 K 指数图

4 “0185”特大暴雨的水汽条件分析

特大暴雨的产生需要本地上空有大量水汽和源源不断的水汽输送,本地上空要有大量水汽应该有一个水汽的累积过程。分析本次过程可清楚看到水汽输送从4日便开始

了。我们将水汽通量的南北分量过上海作南北方向的垂直剖面(图5),可以看到4日20时在上海的低空有个 $18\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 的水汽通量中心,最大值出现在900hPa附近,这时上海上空的相对湿度近地面层达到80%以上(图略),但湿层的厚度在850hPa以下。水汽辐合可以造成湿层的增加,一般当湿层的厚度达到700hPa时,就有利于暴雨的发生,造成暴雨区的水汽集中^[2]。到5日8时大的水汽通量中心仍在上海(图略),上海上空的相对湿度加大,湿层厚度达到500hPa(图略)。经过一天的水汽输送,上海地区集中了大量水汽(图6)。到5日20时,由过上海的南北方向水汽通量垂直剖面图(图略)可看到, $15\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 的大中心维持在上海上空,说明源源不断的水汽继续向上海输送,为大暴雨提供了丰富的水汽条件。

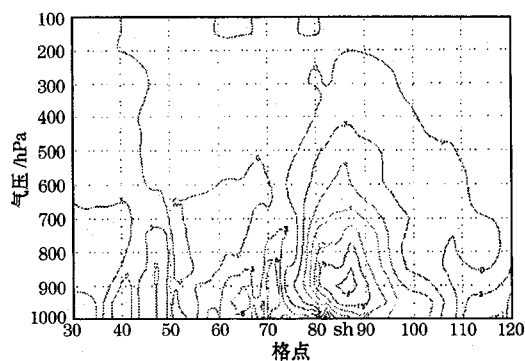


图5 2001年8月4日20时 qv 过上海经向剖面图

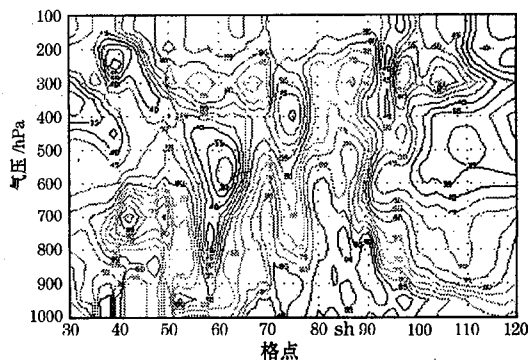


图6 2001年8月5日20时 Rh 过上海纬向剖面图

5 “0185”特大暴雨的动力条件分析

本次过程动力条件分析表明, 涡度、散度、垂直速度等的表现均滞后于水汽条件。4日20时除涡度场850~500hPa浙江西部有 $12 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1} \sim 18 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 的正涡度中心外, 其他物理量场没有明显的特征。到5日8时上海上空900~850hPa、500~400hPa分别有 $12 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 、 $9 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 的正涡度大值中心, 两侧为负涡度中心(图7), 从低层到高空上海均处在辐合区中(图略)。5日20时700hPa上海的西部到太湖有个 $0.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的强上升中心, 高空200hPa转为弱辐散下沉区(图略)。这种涡度、散度、垂直速度的分布, 对上海地区的暴雨中尺度系统的发生有着重要的触发作用。中低层辐合上升, 水汽凝结释放的潜热又成为驱动大尺度扰动所需要的能量, 中小尺度系统和大尺度流场的相互作用, 加强和维持了暴雨对流系统。从5日20时涡度过上海的纬向剖面图(图8)上, 可以看到, 上海上空低层900~850hPa有 $25 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 的正涡度中心, 中层500~400hPa有 $15 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 的正涡度中心, 高空200hPa以上为 $-5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 的负涡度中心, 在上海的西侧700hPa也有 $-5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 的负涡度中心。该图有一个明显的特征, 上海上空中低层的大正涡度和高空的负涡度中心均集中在非常窄的地区, 这从一个侧面说明了上海产生特强降水原因。

6 小结

(1) 特大暴雨的产生需要有水汽的累积过程, “0185”强降水的产生, 水汽通量场前24小时开始有反映, 在上海附近有中心形成, 最大的水汽通量出现在900hPa附近。这在分析常规天气图资料中反映不明显。

(2) 动力条件在前12小时也有一定反映, 中低层大的正涡度中心已移到上海及其附近地区, 从低层到高空上海均处在辐合区中。另外, 中低层的大正涡度和高空的负涡度集中在非常窄的同一地区, 是产生特强降水原因之一。

— 24 —

(3) 中尺度滤波分析有助于找出对天气有重要影响的中尺度系统。能量场在夏季比较容易形成高温高湿的不稳定层结, 分析中要着重看是否有低能区的侵入, 这对中尺度系统的产生有触发作用。

细网格物理量诊断分析对暴雨等灾害性天气预报有积极意义, 建议早日应用到业务中。

致谢: 上海台风研究所梁旭东提供了MM5模式计算的物理量资料, 特此致谢!

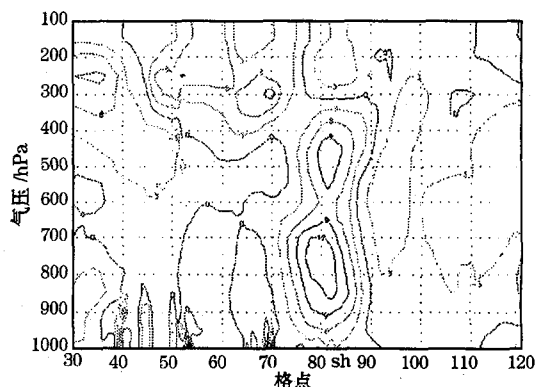


图7 2001年8月5日08时涡度过上海的经向剖面图

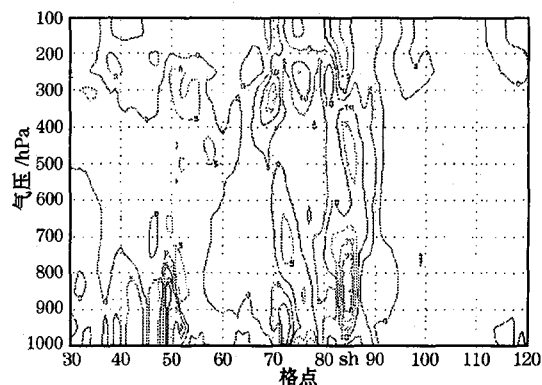


图8 2001年8月5日20时涡度过上海的纬向剖面图

参考文献

- 1 寿绍文. 中尺度天气动力学, 北京: 气象出版社, 1993: 263~238.
- 2 丁一汇. 高等天气学, 北京: 气象出版社, 1991: 560.

Diagnosis of Torrential Rain on August 5th 2001

Cao Xiaogang

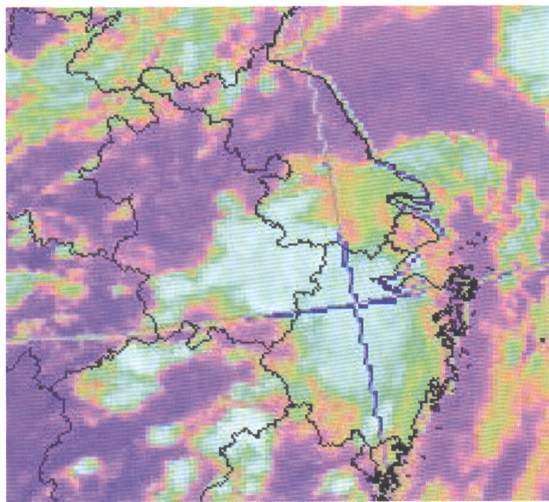
(Shanghai Meteorological Center, 200030)

Abstract

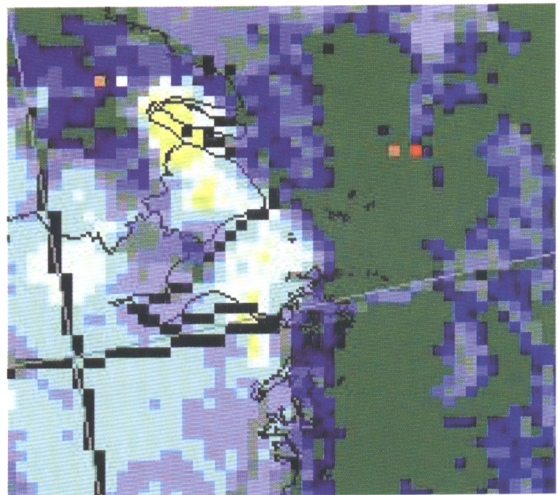
Torrential rain on August the fifth 2001 in Shanghai is diagnosed. Results show that thermal and water vapor background in Shanghai have changed 24 hours before, a water vapor transportation center has also formed. The dynamic condition imposed 12 hour ago, a large positive vorticity center at the middle and low levels also moved above Shanghai and its nearby region, this made instability energy release and formed the torrential rain. Furthermore, large positive vorticity at the middle and low levels and large negative vorticity at the high level overlapped in such a narrow region is also a inducement of the torrential rain.

Key Words: torrential rain diagnosis instability energy vorticity water vapor

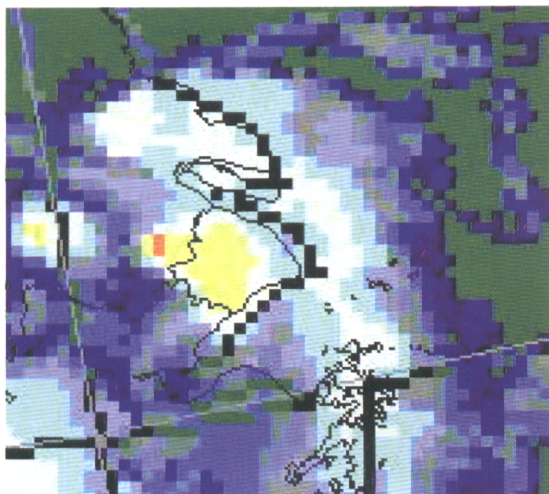
《上海 0185 特大暴雨过程天气形势分析》附图



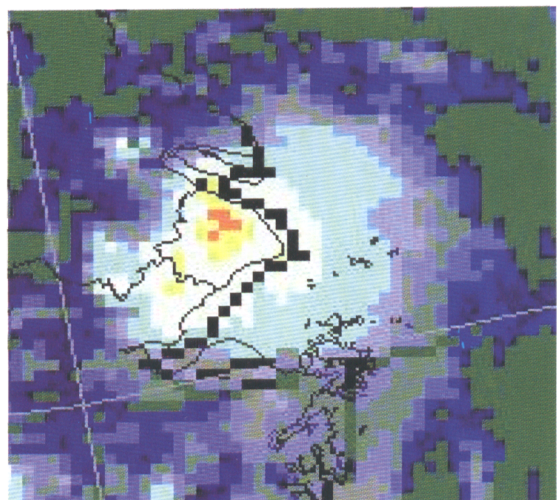
8月5日14时



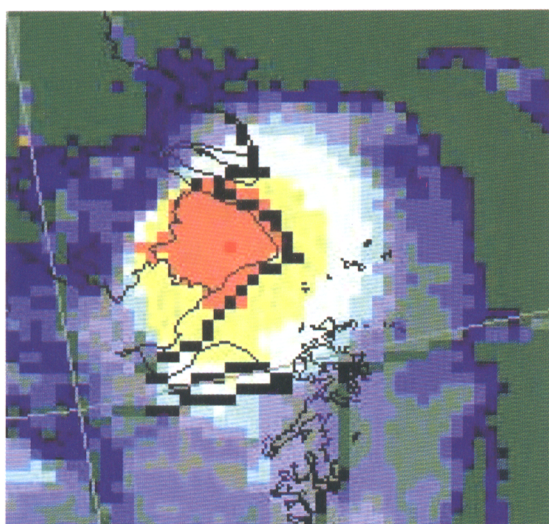
8月5日16时



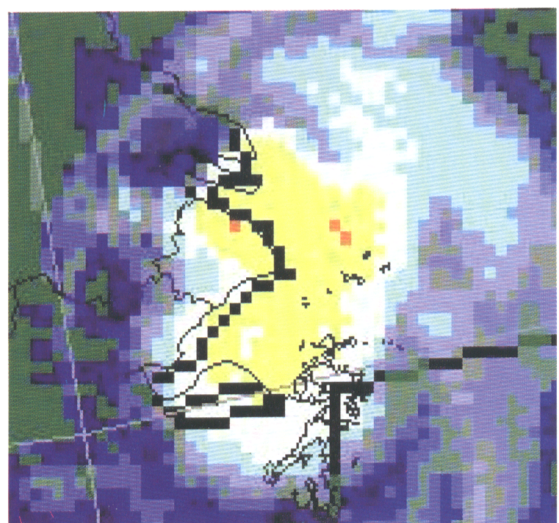
8月5日19时



8月5日22时



8月6日00时



8月6日06时

图3 2001年8月5~6日卫星云图