

文章编号: 1004-4965(2007)03-0307-06

## 0509 号台风麦莎影响山东分析

孙兴池, 王文毅, 王业宏, 高慧君, 陈金敏

(山东省气象台, 山东 济南 250031)

**摘 要:** 分析了 0509 号台风的移动路径、强降水分布及物理量场分布, 重点分析台风在安徽突然转向东北和强降水不在中心附近而是偏于中心东北侧的原因。结果表明: 副高突然南落及 200 hPa 辐散偏向台风中心右侧是台风在安徽转向进入江苏的原因; 台风进入西风带以后没有明显的冷空气侵入; 台风进入山东前, 半岛大暴雨是由台风右侧东南急流和切变线引起, 而台风进入山东境内时, 鲁北、鲁中强降水由台风倒槽引起。

**关 键 词:** 台风; 影响山东; 移动路径; 强降水分布

中图分类号: P458.1.24

文献标识码: A

### 1 引 言

我国是受台风影响最大的国家之一。陈联寿<sup>[1]</sup>等对西太平洋台风进行了详细研究, 指出: 登陆台风路径的改变受副高、极锋及其附近正涡度系统的影响。台风登陆以后, 副高南侧是否存在明显的赤道辐合带是向西北方向移动的台风继续西行或转向偏北、东北方向的关键。影响台风降水的因素有: 台风本身的结构及与环境场的相互作用, 台风环流中心的风速、风向辐合、台风低层不同部位的切变线、流入层气旋性弯曲的流线都将产生和加强辐合条件, 台风的雨量中心常与上述低层流场特征相对应, 还与台风、副高之间的东南或南风急流造成的正涡度增大有关。近年来, 台风活动、路径异常及与之相关的极端暴雨<sup>[2-7]</sup>得到广泛研究, 取得了许多新的研究成果。文献[8]对 9711 号台风影响山东前后的 500 hPa 涡度场进行诊断分析, 发现台风登陆后基本沿着正涡度高值轴线快速向北移动; 暴雨落区也与涡度场有着较好的对应关系, 最大降水中心基本与正涡度中心相一致; 热带气旋影响前一直是沿着 500 hPa 高能舌轴线方向移动; 未来 24~36 小时的暴雨区主要分布在热带气旋中心前方的高能舌区内, 强降水中心集中在高能舌顶附近; 暴雨区一般出现在 850 hPa  $\theta_e > 340$  K 的暖湿区内,  $\theta_e$  高能舌轴线与热带气旋的移动路径也有较好的对应关系。

2005 年 9 号台风“麦莎”以近年来罕见的登陆北上

类路径影响山东。其在浙江玉环附近登陆后向西北方向移动进入安徽, 后经江苏、山东进入渤海, 在安徽和山东境内两度转向, 形成复杂的蛇形路径(图 1)。

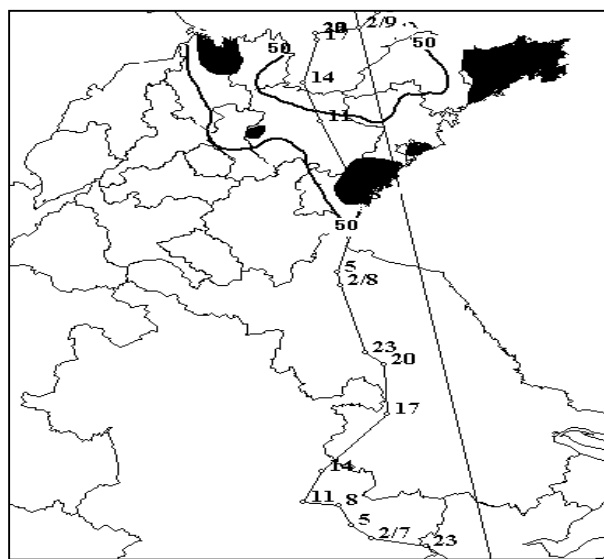


图 1 台风路径及 8 月 7~9 日 06 时雨量  
实线为 50 mm 线, 阴影区为雨量大于 100 mm。

0509 号台风是 9711 号台风以来对山东影响最大的一个台风, 它带来的狂风暴雨给山东沿海地区造成了严重灾害。大于 100 mm 雨区主要位于半岛和鲁北地区, 暴雨时刻并不与台风中心位置相吻合。其中, 最大雨量中心位于

收稿日期: 2006-04-11; 修订日期: 2006-11-18

资助项目: 国家级海洋气象预报预警业务系统(一期)课题资助

作者简介: 孙兴池(1963-), 女, 山东省人, 高工, 从事暴雨、台风等灾害性天气预报。E-mail: sdqxts@163.com

半岛,烟台、威海、青岛主要雨量出现在 7 日夜间至 8 日上午,即位于台风中心东北方向一侧。烟台市降水量达 164.9 mm。次雨量中心位于鲁北北部,出现在 8 日下午,台风位于山东境内时,其北部出现的南北向倒槽的左侧。

## 2 资料及数值模拟方案

利用常规天气资料及 MM5v3.5 模式的模拟结果。“常规天气资料”是日常业务工作中的实时天气图,文中使用了 500、850 hPa 相应时次的天气图,图中要素是高度场和风场。

MM5v3.5 模式对本次过程模拟较好,雨量中心预报较为准确。物理量利用了 MM5v3.5 模式模拟的涡度、散度、垂直速度、水汽通量散度等,采用细网格资料,格距为 18 km。

MM5v3.5 模式的模拟方案为:以北京  $T_{213}$  数值预报资料为模式背景场,同时在模式运行前 12 h 同化最新高空、地面观测资料,形成模式的初值;采用时变侧边界、MRF 行星边界层参数化方案和云辐射处理方案;采用 NCAR 的 10', 5' 地形及 25 类植被资料形成模式所需的地形和下垫面数据;垂直方向  $\sigma$  坐标分 26 层,模式层顶取 100 hPa。采用二重双向嵌套细网格,大网格中心点定位于(115.90 °E, 36.00 °N),格点数为  $82 \times 61$ ,格距 54 km;子域左下角位于母域的(35, 23),格点数为  $67 \times 55$ ,格距 18 km。模式所选范围如图 2 所示。

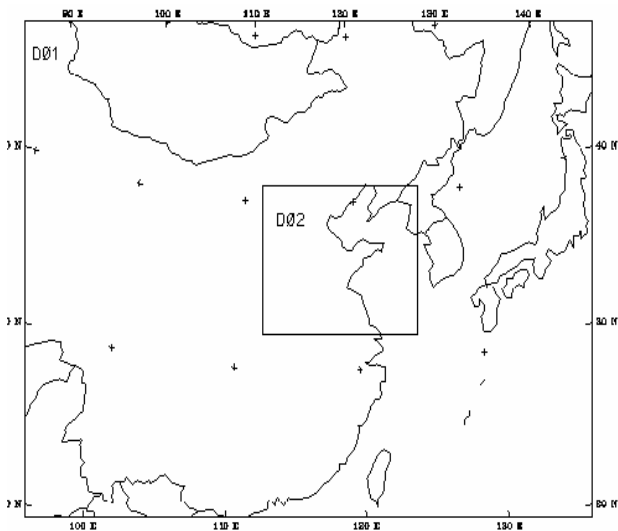


图 2 双重嵌套网格模拟区域

## 3 台风路径分析

台风登陆以后路径复杂,出现移向先西北后东折又转向北偏西的蛇行路径。特别 7 日上午台风在安徽时,多种数值预报路径都将继续西行,并且台风进入内陆以后,减

弱很快,中心环流扩大,中心较难确定,各级气象台站对台风动向争议较大,在这种情况下,台风突然转向东北,进入江苏。

### 3.1 较为典型的登陆北上类台风形势<sup>[9]</sup>

8 月 5 日 20 时,台风即将登陆,500 hPa 为经向环流,在华北有低槽,贝加尔湖为高压脊;副高偏北偏强,主体在日本北部,中心达 595 位势什米,120 °E 副高脊线在 36 °N 以北,与登陆北上类平均环流形势(图略)非常相似。

### 3.2 台风突然东折

台风登陆时 120 °E 副高脊线在 36 °N 以北,预示其将在副高南侧,继续向西北方向移动,转向点将在 36 °N 以北。但实际上,7 日 08 时台风在安徽突然折向江苏,主要有两个原因。

#### 3.2.1 副高突然南落

台风登陆以后,其东部的副高南侧是否存在明显的赤道辐合带是向西北方向移动的台风继续西行或转向偏北、东北方向的关键<sup>[1]</sup>。因为台风登陆时,如果副高南侧有明显赤道辐合带,副高将稳定少动,否则,副高常会突然减弱南落。0509 号台风在浙江登陆以后,在副高南侧向西北方向移动进入安徽,由于其东侧无明显的赤道辐合带,从 7 日 08 时和 6 日 20 时的副高演变(图略)可看出,副高突然明显南落,导致 7 日 08 时台风位于副高北侧而突然从安徽折向江苏。与前期路径相似的 0513 号台风(泰利)相比,0513 号后部紧随着 14 号台风,说明赤道辐合带较强,副高呈带状分布,因而 0513 号台风登陆以后副高没有明显南落,而使台风继续西行最终填塞。

#### 3.2.2 200 hPa 高空辐散偏北偏东

台风维持的一个重要原因是高空辐散。对比 7 日 08 时和 6 日 20 时 200 hPa 高空辐散的变化(图略)可看出,台风有追随 200 hPa 高空辐散移动的倾向。7 日 08 时台风中心位于 118.4 °E、31.2 °N,中心上空为  $-1 \times 10^{-5} s^{-1}$  的弱辐合区,而其东北一侧江苏北部沿海为  $6 \times 10^{-5} s^{-1}$  的强辐散区,辐散中心位于 121.5 °E, 34.5 °N; 6 日 20 时台风中心位于 119.8 °E, 30.0 °N,中心上空为  $2 \times 10^{-5} s^{-1}$  的辐散区,在其偏北方向 120.0 °E, 31.3 °N 处为  $6 \times 10^{-5} s^{-1}$  的辐散中心,两个时次的 200 hPa 辐散相比,可看出后者高空辐散明显向台风中心的东北方向偏移,从而导致台风转向东北方向进入江苏。

### 3.3 台风进入山东后,西风带高压脊使其再次转向

7 日 08 时,原位于西伯利亚东部的高压脊向东移至我国东北,7 日 20 时形成西北-东南向的高压坝,台风进入山东以后,在高压坝南侧东南气流引导下,再次向西偏北移动,8 日下午经莱州湾进入渤海。

## 4 台风降水分析

0509 号台风登陆以后,强降水并不与台风中心路径重合,进入山东以前,暴雨区位于台风中心东北侧;进入山东以后,其北部出现南北向倒槽,在倒槽前部鲁北地区,出现次雨量中心。

### 4.1 台风东侧切变线及 850 hPa 散度

0509 号台风的显著特点是在 500 hPa 以下各层,台风中心东侧始终存在西南风和东南风之间的切变线和气旋性弯曲,根据文献[1],台风环流中心的风速、风向辐合、台风低层不同部位的切变线、流入层气旋性弯曲的流线都将产生和加强辐合条件,台风的雨量中心常与上述低层流场特征相对应。图 3 为 7 日 20 时 850 hPa 形势(a)及散度(b)分布,从中可看出,在台风东侧切变线北部,日照及以东的黄海中部为强辐合中心,强度为 $-10\times 10^{-5} s^{-1}$ ,随着台风继续北上,8 日 08 时,辐合中心移至半岛东北部。因此,雨量中心出现在台风中心东北侧,7 日上午台风在安徽时,暴雨主要出现在其东侧的江苏,7 日下午到夜间台风进入江苏时,鲁东南和半岛出现暴雨,8 日 08 时台风在鲁东南,半岛出现大暴雨,可见台风东侧切变线和气旋性弯曲使暴雨中心偏东。

### 4.2 500 hPa 形势及台风云图特征

与 0513 号台风 500 hPa 形势及卫星云图(图略)对比,可看出 0509 号台风呈不对称结构。

从 0509 号台风登陆后 6 日 08 时的可见光云图和 500 hPa 形势可见,台风东侧有宽广的尾随云系,这与台风东侧存在切变线有关。而一般的台风云系较对称,如 0513 台风,两者登陆时强度相当,近中心最大风力都在 12 级以上,但 0513 号台风眼区清楚,云系呈圆形,这是因为其高空形势与 0509 号台风不同,0513 号台风高空环流呈圆形。

### 4.3 500 hPa 涡度分布

台风是较为对称的天气系统,其大风区一般以眼区为中心均匀分布,但进入陆地以后,由于与副高和西风带系统相互作用,大风区会出现不对称分布,从而出现涡度的不对称分布。

7 日 08 时 500 hPa(图 4a)显示,台风中心附近大于 12 m/s 的大风区均匀分布在台风环流各个象限,此时 500 hPa 涡度(图 4b)以台风为中心均匀分布,台风中心也是正涡度中心,中心值为 $14\times 10^{-5} s^{-1}$ 。

7 日 20 时,随着台风进一步北上,台风东侧和副高之间出现了一支东南急流,青岛风速达 30 m/s,而台风西南侧风速减小(图 4c),使得台风北侧的正涡度增大(图 4d),位于鲁东南一带的正涡度中心值达 $16\times 10^{-5} s^{-1}$ ,7 日夜间至 8 日凌晨,鲁东南沿海出现大暴雨。

8 日 08 时,台风进入山东临沂附近,此时 500 hPa 正涡度区(图 4e)位于半岛北部,渤海海峡为 $15\times 10^{-5} s^{-1}$ 以上的正涡度中心,烟台市北部为 $12\times 10^{-5} \sim 15\times 10^{-5} s^{-1}$ 的正涡度,半岛东北部 8 日 02~08 时 6 小时雨量达 50 mm 以上,威海最大达 99 mm。

8 日 14 时,正涡度区(图 4f)进入鲁北,中心达 $30\times 10^{-5} s^{-1}$ ,8 日白天,鲁北出现暴雨,局部大暴雨,主要雨量出现在 8 时至 20 时。

### 4.4 850 hPa 低空急流与水汽通量散度

水汽含量充沛及源源不断供应到台风系统中,是台风降暴雨或特大暴雨的基本条件,

低空急流是水汽输送的关键因素。

分析 8 日 08 时 850 hPa 低空急流和水汽通量散度可见(图 5):有一支大于 16 m/s 的低空急流在台风东侧从苏北伸向半岛地区,在这支急流前方有明显南到东南风向切变。与此相对应,半岛东北部、鲁北地区为水汽通量辐合区,中心位于烟台至威海,强度为 $-16\times 10^{-7} kg/(s\cdot cm^2\cdot hPa)$ ,鲁西北北部水汽通量散度也比较大,达 $-8\times 10^{-7} kg/(s\cdot cm^2\cdot hPa)$ ,这是 8 日白天的另一个暴雨中心。鲁南、鲁东南为水汽通量辐散,因此 8 日白天这一带雨量较小。

### 4.5 上升运动

水汽和上升运动是台风降水的两个最基本条件。从 7 日 20 时和 8 日 08 时 500 hPa 垂直速度(图略)可看出,7 日 20 时位于鲁东南和 8 日 08 时位于半岛东部一带的最大上升速度分别为 30 cm/s 和 25 cm/s,这是中尺度上升速度量级<sup>[10]</sup>,远远大于山东区域性暴雨的指标<sup>[11]</sup>( $-2.0\times 10^{-3} hPa/s\approx 2.8 m/s$ )。

### 4.6 高空辐散及台风的流入、流出层

#### 4.6.1 高空辐散

高空辐散可使对流层中下层的上升运动维持,是产生较大暴雨的一个重要条件。7 日 20 时 200 hPa 散度(图 6a)分布为:鲁北、半岛为辐散区,半岛北部和南部分别有 $6\times 10^{-5} s^{-1}$ 和 $5\times 10^{-5} s^{-1}$ 的两个辐散中心,分别对应着 7 日夜间到 8 日上午烟台、威海两市和青岛的两个大暴雨中心。

8 日 08 时(图 6b),200 hPa 主要辐散区进入黄、渤海,渤海和黄海中部为 $8\times 10^{-5} s^{-1}$ 的两个辐散中心,半岛东北部和鲁北北部地区辐散较明显,半岛东北部在 $2\times 10^{-5} \sim 8\times 10^{-5} s^{-1}$ 之间,鲁北北部在 $2\times 10^{-5} \sim 4\times 10^{-5} s^{-1}$ 之间。鲁北北部地区 8 日上午降水增强,下午出现暴雨。

可见,高空辐散始终位于台风中心北侧,这是暴雨区位于中心北侧的原因之一。

#### 4.6.2 台风的流入、流出层

分析台风中心附近散度的垂直分布(图 7)可看出台风流入、流出情况。从 7 日 20 时台风中心附近散度的纬向垂直分布可看出:600 hPa 以下气流辐合,900~650 hPa

之间辐合较强,在 $-8 \times 10^{-5} \sim -10 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 之间,说明这里是低空暖湿气流的最大流入层;600 hPa 以上气流辐散,辐散最大值在 500 ~ 400 hPa 之间,达 $10 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ,200 hPa 辐散较强,为 $6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ,低空质量流入和高空质量流出相平衡。根据以往统计<sup>[11]</sup>,山东大范围暴雨的 200 hPa 辐散量级为 $1.4 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ,可见台风的高空流出很强。

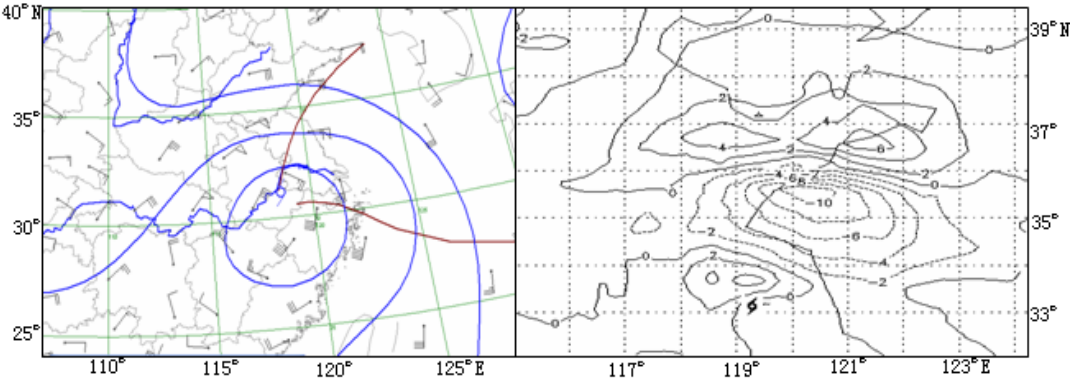


图3 7日20时850 hPa形势(a)及散度(b)

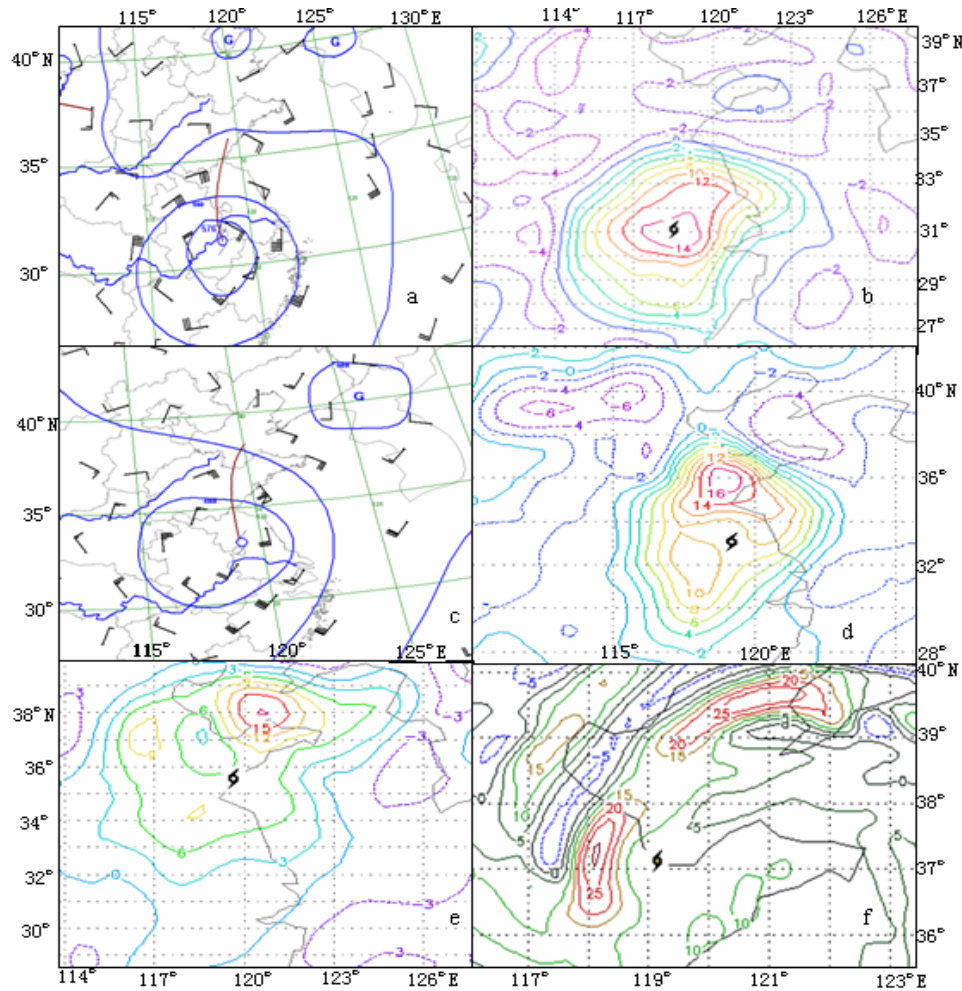


图4 500 hPa 形势及涡度 a、b 分别为 7 日 08 时形势和涡度；c、d 分别为 7 日 20 时形势和涡度；e、f 分别为 8 日 08 时和 14 时涡度。

4.7 台风倒槽导致鲁北暴雨

台风进入山东后,台风北侧的偏东气流翻越胶东丘陵

和鲁中南山地,在鲁西北平原下沉膨胀,正涡度增加,(如图 4c、4f)导致台风北侧倒槽加强。8 日 08 时 850 hPa(图

5a), 鲁北地区出现较强东北风, 台风北侧倒槽加强, 此时 500 hPa 台风倒槽较 850 hPa 偏西, 即高低层槽线随高度向西倾斜, 有深厚的暖湿气流从倒槽后的东南气流输送到槽前, 从 8 日 08 时 850 hPa 水汽通量散度(图 5b)可见倒槽前后均有较强的水汽通量辐合, 因此倒槽前部的鲁北也出现暴雨。

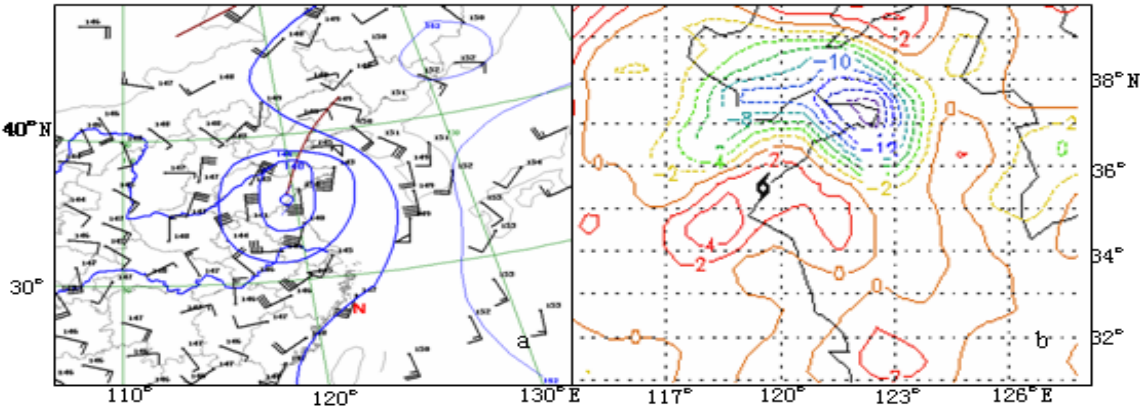


图 5 8 日 08 时 850 hPa 低空急流(a)和水汽通量散度(b)

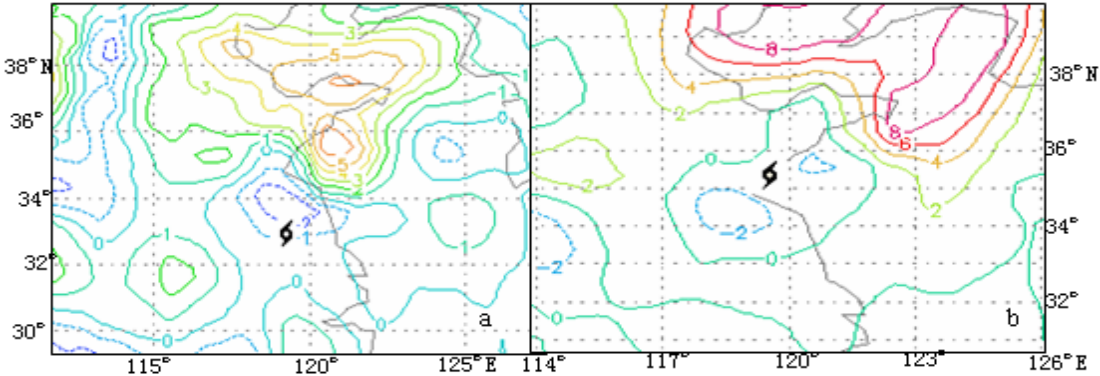


图 6 200 hPa 散度 a. 7 日 20 时; b. 8 日 08 时。

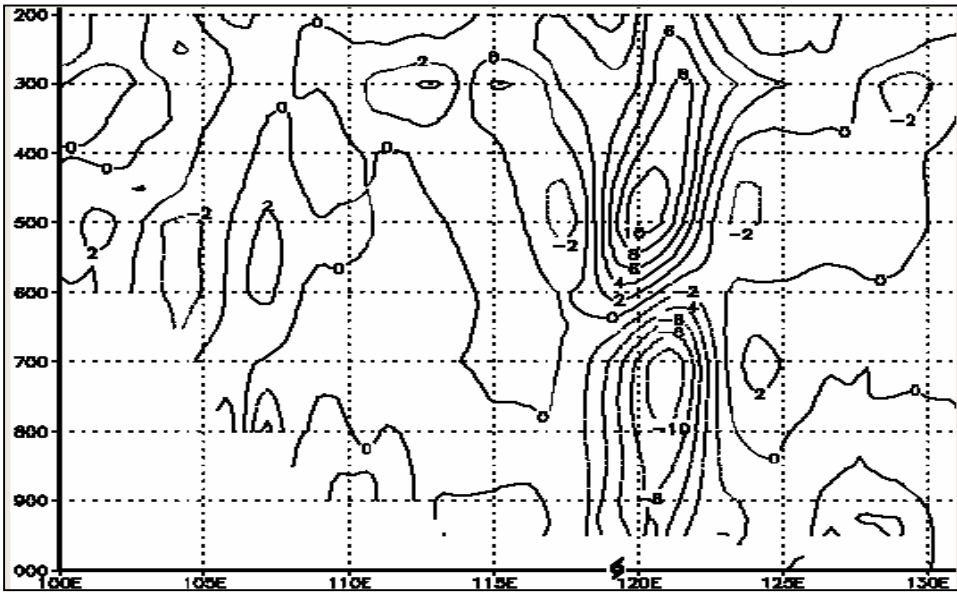


图 7 7 日 20 时台风中心附近散度垂直分布 纵坐标为气压, 单位为 hPa。

## 5 小 结

(1) 副高及西风带高压的变化对台风路径至关重要, 尤其要注意台风登陆以后副高的突然东退南落。

(2) 200 hPa 辐散场对台风移向及大暴雨落区具有指示性。

(3) 台风本身的不对称结构, 其低层环流的切变线、辐合线, 对雨量中心的位置有较大影响, 使降水中心偏离

台风中心。

(4) 台风进入内陆以后, 由于大风区的不对称分布导致涡度分布的不对称, 暴雨区与 500 hPa 正涡度区较为一致。

(5) 台风倒槽随高度倾斜, 即轴线随高度西倾时, 有深厚的暖湿气流从倒槽后的东南气流输送到槽前, 使得倒槽前后均有较强的水汽通量辐合, 因此倒槽前部出现暴雨。

## 参 考 文 献:

- [1] 陈联寿, 丁一汇. 西太平洋台风[M]. 北京: 气象出版社, 1979: 225.
- [2] 张中锋, 刘启汉, 拓瑞芳. 台风 Maggie 路径异常的数值研究[J]. 热带气象学报, 2006, 22(1): 55-59.
- [3] 侯建忠, 王川, 鲁渊平, 等. 台风活动与陕西极端暴雨的相关特征分析[J]. 热带气象学报, 2006, 22(2): 203-208.
- [4] 许爱华, 叶成志, 欧阳里程, 等. “云娜”台风登陆后的路径和降水的诊断分析[J]. 热带气象学报, 2006, 22(3): 229-236.
- [5] 赵宇, 吴增茂, 刘诗军, 等. 由变性台风环流引发的山东特大暴雨天气的位涡场分析[J]. 热带气象学报, 2005, 21(1): 33-43.
- [6] 吴迪生, 赵雪, 冯伟忠, 等. 南海灾害性台风统计分析[J]. 热带气象学报, 2005, 21(3): 309-314.
- [7] 梁军, 陈联寿. 影响辽东半岛热带气旋运动、强度和影响的特征[J]. 热带气象学报, 2005, 21(4): 410-419.
- [8] 陈秀杰, 顾润源, 耿勃, 等. 9711 号台风的移动路径和影响山东的特大暴雨分析[J]. 气象, 24(4): 46-49.
- [9] 曹钢锋, 张善君, 朱官忠, 等. 山东天气分析与预报[M]. 北京: 气象出版社, 1988: 74.
- [10] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理和方法[M]. 北京: 气象出版社, 2000: 322.
- [11] 李昌义, 顾润源, 张少林, 等. 山东区域性暴雨和局地性暴雨物理量场特征分析[C]//暴雨落区预报实用方法. 北京: 气象出版社, 2000: 93.

## ANALYSIS OF TYPHOON MATSA (NO.0509) AFFECTING SHANDONG PROVINCE

SUN Xing-chi, WANG Wen-yi, WANG Ye-hong, GAO Hui-jun, Chen Jin-min

(Shandong Meteorological Observatory, Ji'nan 250031, China)

**Abstract:** The characteristics of the moving course of Typhoon Matsa (No.0509), associated heavy rain and physical quantities fields have been analyzed, with focus on the reason of the typhoon's abrupt northeastward turn in Anhui Province and heavy rain concentrating in the northeast of typhoon center instead of near it. Meaningful conclusions are as follows. The reasons of typhoon abrupt turning are that the subtropical high pressure was moving southward and divergence fields of 200 hPa were to the right of the typhoon center; there was no obvious cold air invading Shandong after the typhoon entered the westerly belt; the southeasterly jet of typhoon and shear brought heavy rainfall to the Shandong peninsula before the typhoon entered Shandong. But after the typhoon's movement into Shandong, the typhoon's inverted trough brought the rainfall to the northern and central Shandong.

**Key words:** Typhoons; affecting Shangdong; track of movement; distribution of severe rainfall