

0509 号台风麦莎的结构 与外围暴雨分布特征

何立富¹ 尹洁² 陈涛¹ 罗金秀³

(1. 国家气象中心, 北京 100081; 2. 江西省气象台; 3. 西藏自治区气象台)

提 要: 利用地面加密观测资料、FY-2C 卫星 TBB 资料和 NCEP 再分析资料, 对 2005 年 8 月 6~8 日 0509 号台风麦莎登陆后环流结构及暴雨分布特征进行了综合分析。结果表明: 台风麦莎具有明显不对称结构, 台风东侧和北侧的积云对流较为旺盛; 台风环流地面正涡度中心位于台风东侧, 并随着台风北上移向台风东北象限并加强。地面强辐合区随着倒槽发展向偏北方向伸展; 850hPa 台风环流场表现为东侧和北侧的环流强盛, 偏东风低空急流在台风北上过程中从东南风急流转为东北风急流; 台风东侧暖, 西侧冷, 其东北侧有强暖平流输送。200hPa 高空急流发展, 急流入口区右侧强辐散有利于台风登陆后长时间维持。500hPa 强上升运动区与台风外围暴雨区有较好对应关系。

关键词: 台风 不对称结构 高空急流 外围暴雨

Analysis of Structure and Heavy Rain of Landing Typhoon Maisha

He Lifu¹ Yin Jie² Chen Tao¹ Luo Jinxiu³

(1. National Meteorological Center, Beijing 100081; 2. Jiangxi Meteorological Bureau;
3. Xizang Meteorological Observatory)

Abstract: An analysis of the structure features and the heavy rainfall of landing typhoon Maisha during 6—9 Aug. 2005 are performed with the dense observational data, the satellite TBB data and NCEP re-analysis data. The results show that the typhoon maintained extinguish asymmetry structure and had stronger convective clouds in the east and north of the typhoon during its long distance travel in East China. The surface vorticity and divergence

fields were asymmetric. The center of surface positive vorticity located mainly in the east of typhoon and moved to northeast part of the typhoon as its northward walking. A strong convergent region extended northward accompanied the surface inverted trough. The 850 hPa winds in east and north of the typhoon were stronger than that in other direction, a strong easterly low-level jet sustained in north of the typhoon. The eastern part of the typhoon was warm and the western was cold, there was strong warm advection in the northeast of the typhoon due to the asymmetry of flow and thermal fields. The development of the 200 hPa upper level jet and the upper level divergence generated in right side of this jet exit region provided good dynamical conditions to the typhoon when it was traveling in East China for the long time and was helpful to maintain its intensity. The ascending motion in 500hPa is directly associated with the area of heavy rain caused by the typhoon.

Key Words: typhoon asymmetry structure upper level jet heavy rain

引 言

2005 年第 9 号台风麦莎登陆时风力大, 浙江省普陀风速达 $45.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 其破坏力强, 是近年来登陆北上影响我国东部沿海海域及华东、华北南部和东北地区南部极少数几个台风之一; 也是继 1997 年 8 月 18 日登陆浙江温岭、穿过华东, 在辽宁营口再次登陆的 9711 号台风(该台风造成 147 人死亡, 3249 人受伤)之后, 对我国东部及沿海影响最严重的台风。且登陆后影响时间长, 影响范围广。它先后影响福建北部、浙江、上海、江苏、安徽大部、山东、天津、河北东北部和辽宁中南部等地, 给这些地区带来强风和暴雨, 致使很多地区出现严重洪涝和山体滑坡、泥石流等次生地质灾害。仅浙、沪、苏、皖受灾人口竟达 1600 万, 死亡 17 人, 直接经济损失 95 亿元。因此, 进一步加强台风暴雨, 尤其是远距离台风的外围暴雨分析研究无疑具有重要现实意义。

台风灾害多由台风暴雨所引起, 远距离台风产生的暴雨是实时业务预报难点之一。多年来登陆台风暴雨一直受到广泛关注^[1~3]。大量观测事实和研究表明, 在浙、

闽登陆的台风往往会给华北、东北等地带来超过 100mm 大暴雨。这种远距离登陆台风暴雨通常是在有利高低空环流背景下, 受偏南气流引导北上且强度持续不衰, 台风倒槽向北伸展^[4]; 或在中纬度有冷空气南下, 使台风在北上的过程中逐步变为温带气旋^[5]造成强降雨。暴雨通常出现在台风北部, 距其中心甚远, 并具有一定的中尺度特征^[6]。有研究认为它与明显超地转性质的偏东南风低空急流有关^[7], 也有学者提出与台风登陆后的非对称结构关系密切^[8], 认为这类强降雨是台风与中纬度西风槽、低空急流以及副热带高压相互作用形成的, 地形阻挡及喇叭口地形的辐合效应对暴雨增幅有明显的作用^[9~11]。

本文利用地面加密观测资料、FY-2C 卫星 TBB 资料和 NCEP 再分析资料, 对 2005 年 8 月 6~8 日台风麦莎登陆后环流结构、强度维持的原因和暴雨分布特征进行了综合分析, 以进一步提高对这类台风暴雨形成条件和机理的认识。

1 台风麦莎天气概况

台风麦莎生成于菲律宾以东的西北太平

洋上, 8月6日凌晨在浙江省台州市玉环县登陆, 登陆时中心最大风速达 $45\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。登陆后, 强度有所减弱, 并继续向偏北方向移动, 先后穿过浙江中部、安徽东南部、江苏中北部、山东东部, 于8日中午进入渤海

莱州湾, 9日7时前后在大连沿海再次登陆并减弱为低气压, 而后变成温带气旋向东北方向移进辽宁中东部和吉林东部(图1)。是2005年深入内陆影响范围最广、公众最为关注的一个台风。

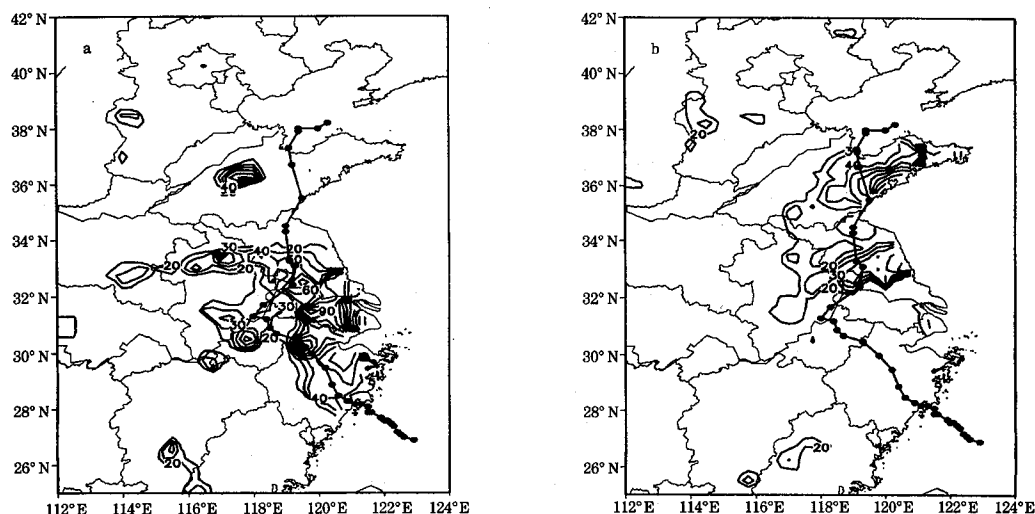


图1 24小时降雨量

a. 8月6日08时至7日08时; b. 8月7日08时至8日08时(单位: mm, 点线为台风路径)

台风麦莎有两个显著的特点: 其一登陆后移动路径复杂多变, 在皖南和苏北分别发生东折, 预报难度很大。其二在登陆北上近1000km的行程中, 强度减弱缓慢, 近60多个小时维持风暴强度。受其影响, 黄海、东海、台湾海峡以及台湾、福建北部、浙江、上海和江苏南部等地沿海出现了10~12级大风, 浙江、上海、安徽东部、江苏和山东东部的部分地区风力有6~9级, 福建北部、浙江、上海、江苏、安徽大部、山东中东部、天津、河北东北部和辽宁中南部等地的部分地区出现了大到暴雨, 其中浙江东部和北部、上海、江苏南部、安徽东南部、山东半岛、辽宁南部、河北东北部部分地区出现了大暴雨和特大暴雨。雨量大于300mm的地点: 浙江永嘉中堡565mm、乐

清北雁荡418mm、乐清礐头409mm、温岭坞根410mm、黄岩佛岭409mm, 上海普陀区309mm、静安306mm。

从8月6~7日两天24小时台风降雨量(图1)可见, 台风中心附近雨量并不大, 暴雨区主要分布在台风本体的东侧和北侧。从台风北上过程中6小时或1小时雨量可清晰看到, 在台风中心附近及西南部6小时雨量一般不足10mm, 而距台风中心东北部几百公里, 6小时雨量超过30mm, 表明该台风外围降雨很强。

2 台风麦莎的非对称结构特征

2.1 卫星图像的分析

卫星云图资料显示, 台风麦莎登陆后的

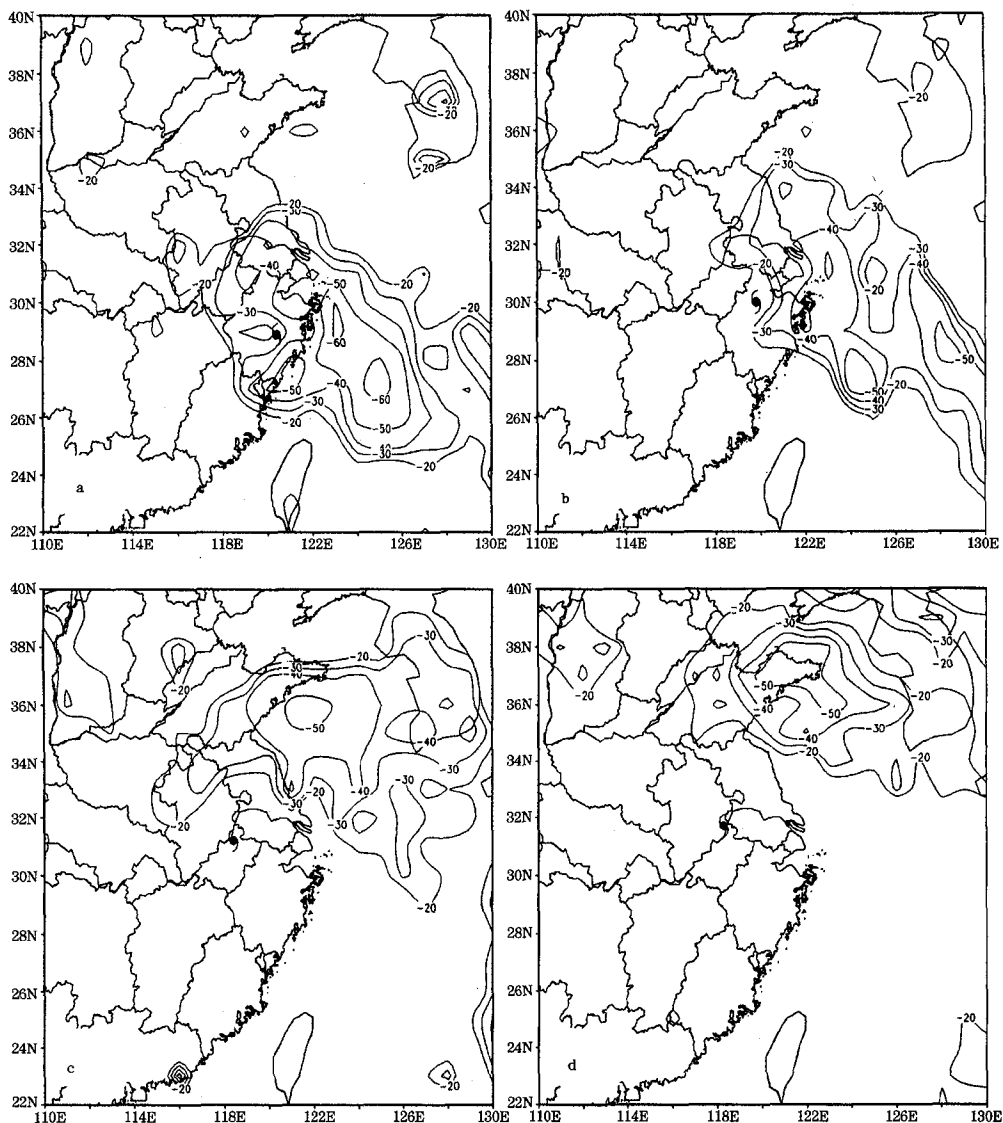


图 2 2005 年 8 月 6 日 14 时至 7 日 14 时 FY-2C 卫星 TBB 演变图

a. 6 日 14 时; b. 6 日 20 时; c. 7 日 08 时; d. 7 日 14 时

环流结构表现出明显非对称性。在登陆前期台风对流云带东侧浓密, 西侧松散; 此后, 台风外围云系沿台风环流反时针旋转并移动, 东侧密蔽云区向台风北部移动, 并逐渐偏离台风中心, 出现非对称性结构。图 2 是 8 月 6 日 14 时至 7 日 14 时 FY-2C 卫星红外通道反演的 TBB 图像, 它清楚揭示台风登

陆后非对称结构的演变过程。在图中, 6 日 14 时, 台风云系中心已偏离台风中心, 其东侧螺旋云带较其它部位明显偏强, 积云对流比较旺盛, 对流云团最低亮温小于 -60°C ; 6 日 20 时, 台风东南部积云对流开始减弱, 密蔽云区向东北方向推移。7 日 08 时, 台风云系主要位于北部, 其东北部对流

活动最强, 最低亮温达 -50°C 并且距离台风中心约 400km; 7 日 14 时, 台风云系偏离台风中心更远, 小于 -50°C 亮云核的区域明显扩大。

2.2 地面流场分析

在地面流场上台风的不对称性也能明显体现。从 8 月 6 日 20 时和 7 日 20 时的地面风场和气压场 (图 3) 可看出, 台风中心附近的风速较小, 大风区主要分布在台风东侧沿海地区, 在台风北部为一近南北向台风倒

槽。倒槽在台风北上过程中发展加强, 水平尺度达 500km。涡度分布显示出该台风正涡度中心不在台风环流中心, 而偏在中心的东北部, 即位于台风北部倒槽中的沿海地区。涡度场的不对称分布与环境气压场密切相关, 从图 3 中地面等压线分布可见, 在台风北侧和东侧气压梯度比其它部位明显大, 致使地面地转风涡度场表现出明显的不对称性, 这也是东部沿海海区出现强风之主要原因。

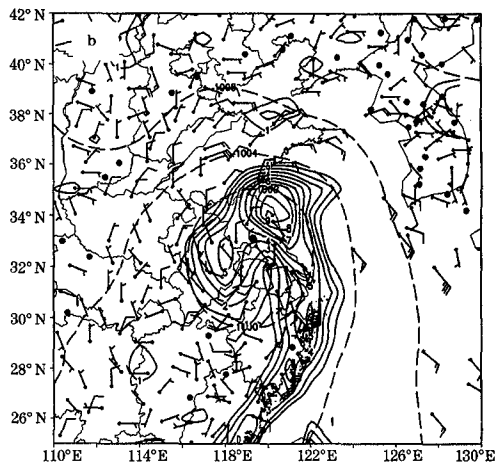
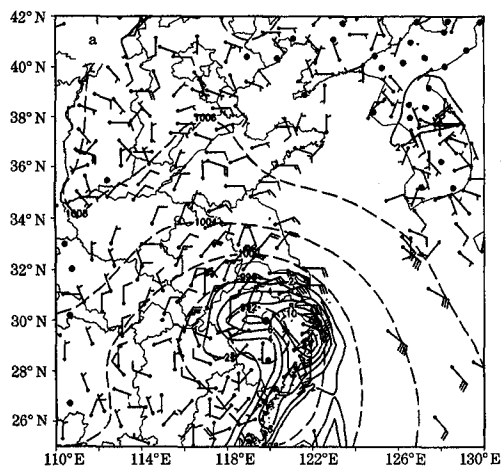


图 3 地面实测风、气压 (虚线) 和正涡度分布 (实线) 图

a. 8 月 6 日 20 时; b. 8 月 7 日 20 时, 图中等涡度线大于 $1 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$

由台风地面实测风资料计算的地面散度场和风场可看出 (图略), 6 日 20 时辐合区主要位于台风环流本体及其南北侧风向切变和风速辐合地区, 强辐合区在台风倒槽附近, 并随台风北移向偏北方向扩展。对比图 1 可看出, 强辐合区对应着强降水区, 说明 0509 号台风外围远距离暴雨与地面流场的不对称性结构有密切关系。

2.3 850hPa 流场和温度场结构特征

就 850hPa 高度场来看, 从日本东部到

华北为一高压脊, 0509 号台风东部和北部偏东气流很强, 高度场梯度较其西部和南部大得多。6 日 20 时在台风北侧和东侧出现一支强劲偏东风低空急流, 急流核强度超过 $30 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。7 日 20 时 (图 4a), 当台风移进江苏中部时, 偏东风急流主要位于台风西北侧, 并逐步转为东北风。经对台风热力结构分析 (图 4b) 表明, 暖中心在偏离台风中心约 300km 的东部沿海。同时在长江中游到黄淮有弱冷空气活动, 使台风东侧暖、西侧冷, 出现热力结构不对称, 并且台风东

侧和北侧温度梯度较大。在这种温度场和流场配置下,台风北侧的偏东风低空急流将东部海洋上暖湿空气输向陆地,从而在台风北

部盛行强暖平流,中心极值达 $12\times 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$ 。正是这支暖平流为台风外围暴雨的产生提供了大尺度热力和动力条件。

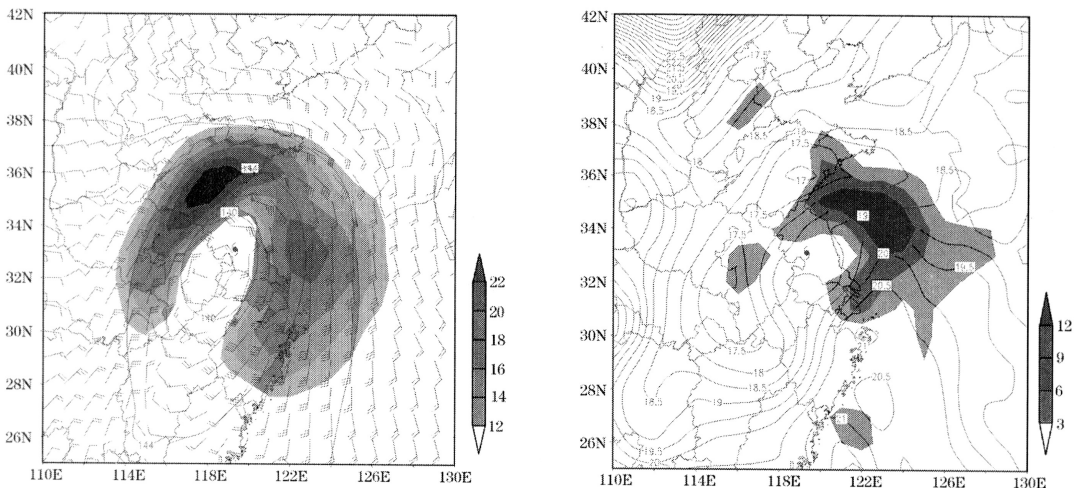


图 4 2005 年 8 月 7 日 20 时 850hPa 的风场、高度场 (a) 和温度场、温度平流分布 (b) 图
a. 阴影区为风速大于 $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的大风区; b. 阴影区为温度平流大于 $3\times 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$ 的区域

3 台风麦莎长时间维持及暴雨落区的分析

台风登陆后,由于摩擦耗散和水汽供应

不足强度会迅速减弱。但台风麦莎登陆后一直北上却维持 60 多个小时,强度和范围变化很小。究其原因,对流层高层的动力作用和散热机制起了极为重要的作用。图 5 是台

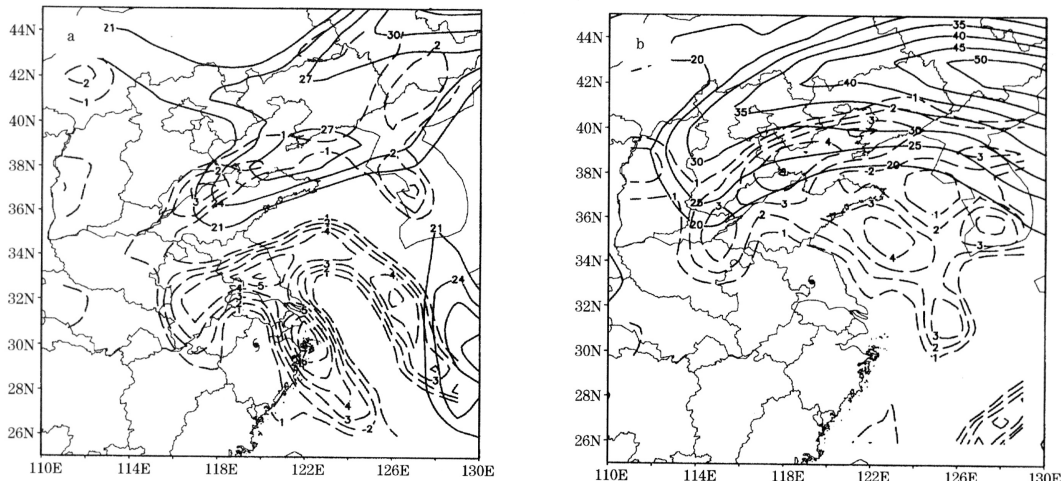


图 5 200hPa 等风速线 (实线) 和散度场 (虚线)
a. 8 月 6 日 20 时; b. 8 月 7 日 20 时; 图中给出风速大于 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的高空急流区,辐散大于 $1\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$

风北上过程中 200hPa 高空急流和散度场的水平分布, 在图中, 6 日 20 时台风北侧和东侧为强辐散区, 中心最大值达 $8 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$; 该辐散区与华北至东北一带的高空急流密切相关, 辐散区始终在这支急流入口区右侧。7 日 20 时, 随着台风北移, 200hPa 高空急流向西推进, 强度明显加强。正是由于高空急流的发展加强, 急流入口区右侧出现强辐

散气流, 使得低层辐合上升运动得到加强和持续, 有利于台风正涡度环流的驱动及登陆后长时间维持。对比 8 月 6~8 日台风路径和 200hPa 辐散场还发现, 麦莎的移向基本趋向 200hPa 辐散中心, 对台风路径预报有一定指示意义。

从 8 月 6 日 20 时至 8 日 08 时 500hPa 垂直速度场 (图 6) 可知, 6 日 20 时, 强上

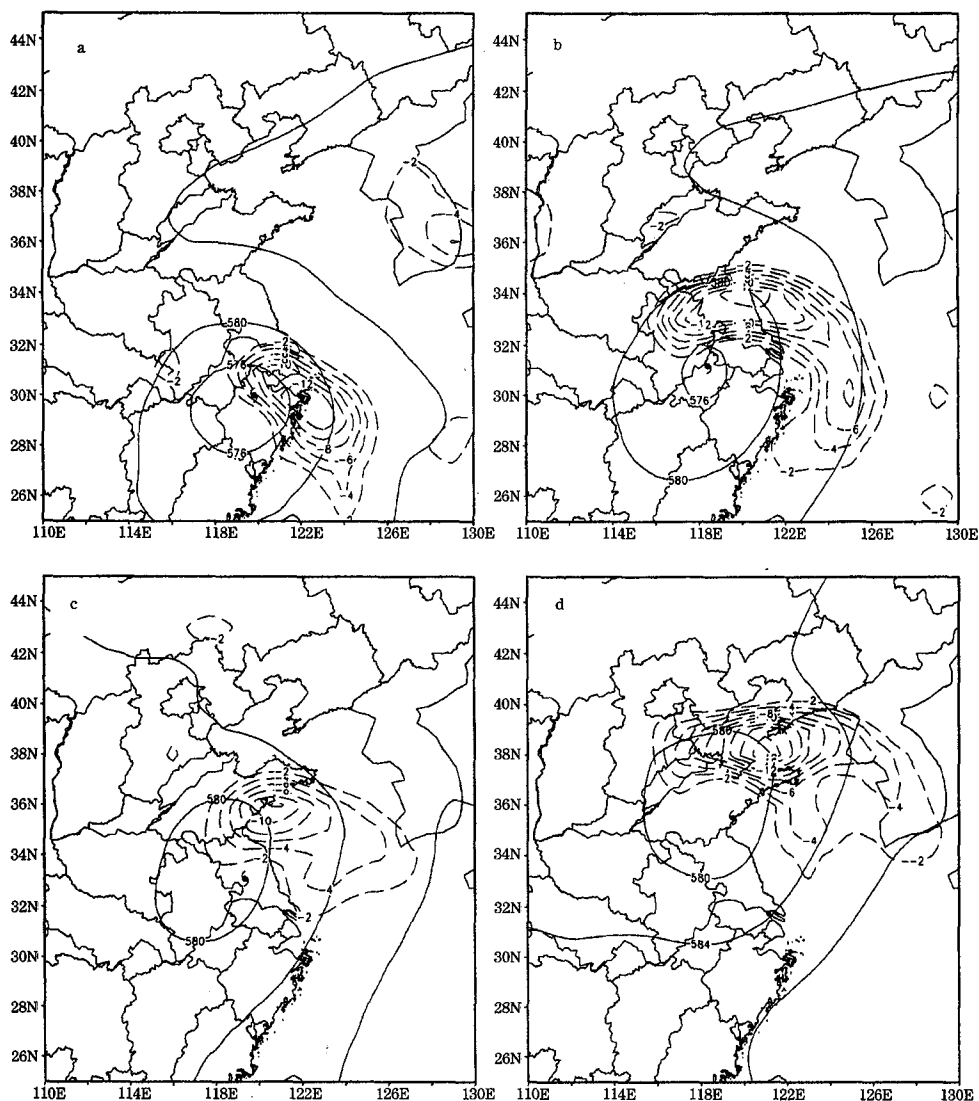


图 6 500hPa 位势高度 (实线) 和垂直速度场 (虚线; 单位: $10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$)

(a) 8 月 6 日 20 时; (b) 8 月 7 日 08 时; (c) 8 月 7 日 20 时; (d) 8 月 8 日 08 时

图中给出小于 $20 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的垂直上升运动区

升运动区位于浙江北部、上海和江苏南部,最大垂直速度达 $-14 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$; 7日08时,该区北移到苏皖中北部,最大值为 $-12 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$,台风强度有所减弱;此后上升运动区进入山东东部,范围明显减小;到了8日08时,当其位于华北东南部到辽东半岛一带时,强度再次加强。值得一提的是,500hPa强上升运动区与台风外围的暴雨区分布基本上吻合,具有较好对应关系。

4 结 论

经对2005年8月6~8日0509号台风麦莎登陆后北上的环流结构、强度维持的原因及暴雨分布特征进行了综合分析,得到如下主要结果。

(1) 台风麦莎具有明显的不对称结构,台风东侧和北侧的积云对流较为旺盛;台风环流地面正涡度中心主要位于台风东侧,并随着台风北上正涡度中心向东北象限移动并加强。地面强辐合区随着倒槽的发展向偏北方向伸展。

(2) 850hPa台风环流场表现为东侧和北侧环流强,偏东风低空急流在台风北上过程中从东南风急流转为东北风急流。台风东侧暖,西侧冷,台风外围东北侧存在强暖平流输送。

(3) 200hPa高空急流发展和急流入口

区右侧强辐散区有利于台风登陆后长时间维持;台风麦莎外围暴雨与台风环流场、热力场的不对称结构有关,500hPa强上升运动区与台风外围暴雨区有较好的对应关系。

参考文献

- 1 刘环珠. 台风暴雨天气预报的现状和展望. 气象, 1998, 24 (7): 5~9.
- 2 郑峰. 一次热带风暴外围特大暴雨分析. 气象, 2004, 31 (4): 77~80.
- 3 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. 热带气象学报, 2005, 21 (1): 33~43.
- 4 陈秀杰, 顾润原, 耿勃. 9711号台风的移动路径和影响山东的特大暴雨分析. 气象, 1998, 24 (4): 46~49.
- 5 解以扬, 徐祥德. 台风暴雨次天气系统影响因素及扰动传播路径. 气象, 1993, 19 (2): 9~12.
- 6 游景炎, 胡欣, 杜青文. 9608台风低压外围暴雨中尺度分析. 气象, 1998, 24 (10): 14~19.
- 7 黄文根, 邓北胜, 熊廷南. 一次台风暴雨的初步分析. 应用气象学报, 1997, 8 (2): 247~251.
- 8 陶祖钰, 田伯军, 黄伟. 9216号台风登陆后的不对称结构和暴雨. 热带气象学报, 1994, 10 (1): 69~77.
- 9 丁治英, 陈久康. 有效能量和冷空气活动与台风暴雨增幅的研究. 热带气象学报, 1995, 11 (1): 80~85.
- 10 张兴强, 孙兴池, 丁治英. 远距离台风暴雨的正/斜压不稳定. 南京气象学院学报, 2005, 28 (1): 78~85.
- 11 郑庆林, 吴军. 地形对9216号台风暴雨增幅影响的数值研究. 南京气象学院学报, 1996, 19 (1): 8~17.