

台风“麦莎”(0509)登陆北上变性加强过程的诊断分析

何凤翩¹, 陈飞飞², 张建海¹

1. 浙江省绍兴市气象局, 浙江绍兴 312000

2. 浙江省上虞市气象局, 浙江上虞 312300

[摘要] 以一个在陆上长久维持并最终演变成温带气旋的登陆台风“麦莎”为研究对象, 通过对其北上变性过程的分析发现, 台风与中高纬西风槽的相互作用使得冷空气侵入是其变性加强的原因。高层位涡的变化可清楚揭示台风变性加强的物理过程, 分析表明, “麦莎”变性过程中有高层正位涡下传的现象。在台风结构上, 从变性前的垂直对称分布演变为倾斜的非对称分布。

[关键词] 台风“麦莎”; 变性; 加强; 诊断分析

[中图分类号] P47

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2007)05-0066-06

Diagnostic Analysis of the Extratropical Transition Process of the Landfall Typhoon Matsa(0509)

HE Fengpian¹, CHEN Feifei², ZHANG Jianhai¹

1. Shaoxing City Meteorological Bureau, Shaoxing 312000, Zhejiang Province, China

2. Shangyu City Meteorological Bureau, Shangyu 312300, Zhejiang Province, China

Abstract: A study was carried out on the landfall typhoon 0509 Matsa, which sustained over land for a long period and was transformed into an extratropical cyclone in the end. Through the analysis, it is shown that the Matsa's extratropical transition and the re-intensification are due to the intrusion of cold air from the upper-level trough into the typhoon's circulation. From the variation of potential vortices at the upper-level, one can clearly see the mechanism that its anomaly is downward transported from the upper troposphere during the typhoon's transformation. The main course is the transformation of a symmetric perpendicular cyclone to a baroclinic asymmetric cyclone.

Key Words: typhoon Matsa; extratropical transition; re-intensification; diagnostic analysis

CLC Number: P47

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2007)05-0066-06

0 引言

台风变性过程, 即台风能量转换过程是当前登陆台风研究的重点之一^[1-3]。由于变性过程不仅涉及到中低纬度系统的相互作用等问题, 而且对中纬度地区的天气也有重大影响。因此, 台风变性虽属于小概率事件, 但相对于消亡减弱的登陆台风来说, 它们更值得人们的关注, 广大气象工作者对此相关问题进行了许多研究。

Matana 等^[4]集中考察了台风变性的地面气压分布特征, 并将台风变性分为两种典型形式: ① 台风在中纬度锋面或槽的作用下消失, 新的温带气旋在锋面上或槽区产生; ② 台风移入锋区或槽区并与之合并。陈联寿^[5]分析了 9416 台风变性后的结构, 认为冷空气侵入使得斜压位能释放转化为动能是台风变性加强的原因。徐祥德^[6]揭示了变性台风的半冷半暖

的热力非对称结构, 并通过数值试验表明环境场锋面特征可以显著影响台风变性。朱佩君^[7-9]对台风 Winnie 的研究结果表明, 变性阶段主要完成从热带气旋的基本对称的垂直分布结构到变性气旋的斜压非对称结构的转换, 指出低层维持的较明显暖平流以及与高空急流相对应的散度区和高空涡度平流是导致气旋重新发展的重要物理因子。李英则^[10]对比分

收稿日期: 2006-12-28

作者简介: 何凤翩, 男, 浙江绍兴市马臻路 175 号绍兴市气象局, 工程师, 主要从事天气气候研究工作; E-mail: kinbae@sina.com.cn

析了 Winnie 变性加强与 Bilis 变性减弱过程,发现前者与高空槽发生了耦合,后者则没有这一耦合过程,并利用 MM5 数值模式对不同强度高空槽影响下 Winnie 的变性加强过程进行了研究^[1],结果表明,Winnie 变性加强与西风槽的强度密切相关,高空槽越强,台风变性加强越明显,温带气旋的发展越快。

这些研究使得台风变性领域的工作有了长足的进展,但上述研究工作大多是针对台风个例而言,通过个例研究得到的观点还需要大量的工作去证实。本文利用日本气象厅(JMA)最佳台风路径资料和美国国家环境预报中心(NCEP)水平分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$ 再分析资料,以2005年9号台风“麦莎”为研究对象,以台风登陆后的北上变性加强过程为着眼点,对变性演变机制和台风相应结构变化进行了细致分析。

1 研究个例简介

台风“麦莎”是非常典型的在华东地区登陆后北上,并在陆地上经过长距离的行进,最后演变成温带气旋的个例。它于2005年8月6日3时40分(北京时间,下同)在浙江省玉环县登陆,登陆后向西北方向移动,7日8时后转向偏北路径移动,先后穿越浙江、安徽、江苏、山东和辽宁等地。“麦莎”是继1997年11号台风后近8年来对我国华东、华北和东北南部影响最严重的台风,具有登陆后维持时间长、影响地域广的特点。受台风环流影响,沿途出现了大风、暴雨和由其引发的洪涝、山地灾害。据民政部统计,台风“麦莎”共造成辽宁、上海、江苏、浙江、安徽、福建和山东等7省(市)的3064.2万人不同程度受灾,死亡20人,直接经济损失177.1亿元。

图1为“麦莎”登陆后移动路径及相应各时刻的台风中心气压变化。就台风强度变化而言,大致可以划分为以下3个阶段。①登陆后迅速减弱阶段。由图可知,台风在移经浙江

境内时强度减弱很快,至7日8时中心气压升高了27 hPa。②台风进入安徽、穿越江苏和山东的变性阶段。此阶段前期台风强度衰减十分缓慢,后期经过山东时由于台风变性而又有重新加强,从8日8时至8日14时6 h之内,中心气压陡降4 hPa,随后维持994 hPa强度至9日2时;③台风最终在辽宁的减弱消亡阶段。

2 台风变性过程的天气背景

2.1 高空槽、低层相当位温与台风变性

“麦莎”刚在浙江登陆时,在200 hPa高度场上,中纬度西风槽位于其北侧的华北一带,台风与西风槽之间

各自独立,还未曾有相互作用。随后台风北上,原先位于华北的槽逐渐向东北方向北缩,远离台风,但从河套一带则有另一西风槽不断东移且位置有所南调,逐渐靠近台风西北侧。从7日14时的形势场(图2(a))分布可见,台风中心西侧的西风槽已十分深厚,槽底位置已在 30°N 以南,较台风所在纬度偏南,槽前有西南风高空急流配合。此时台风西侧和北侧外围环流已开始进入中纬度锋区,台风西侧有冷平流,并与之有相互作用,台风已进入变性阶段。随着台风继续北上和西风槽东移,在8日2时整个台风环流已完全进入中纬度锋区,冷空气的侵入将促使斜压位能释放转化

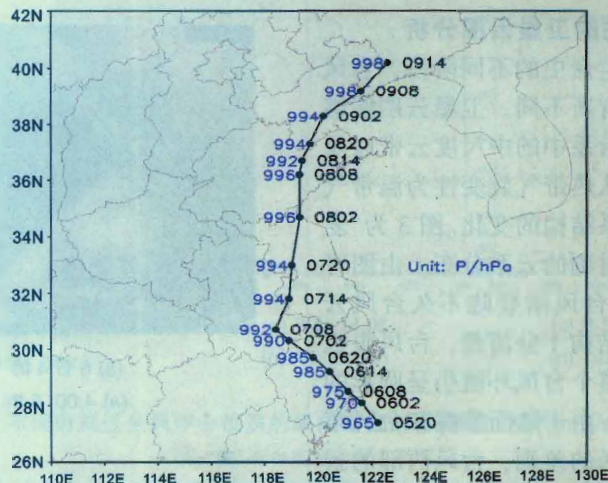


图1 5日20时至9日14时“麦莎”路径和相应时刻的气压(单位:hPa)

Fig. 1 Track of typhoon Matsa and its pressure from 20:00, 5th to 14:00, 9th(unit: hPa)

为动能,正是西风带斜压动量的输入抵消了陆面摩擦对台风的能量耗散。在其后的发展中,台风强度不再减弱且有所发展,并在8日14时达到最强,台风中心气压为992 hPa。由此可见,“麦莎”变性加强与之北上过程中不断接近并最终进入中纬度斜压锋区密切相关,槽前的正涡度平流是“麦莎”重新加强的重要因子。

图2(b)给出了麦莎北上过程中高空槽作用下850 hPa相当位温 θ_e 的分布,图中阴影为 $\theta_e \leq 336 \text{ K}$ 的区域,以其示踪冷空气。从相当位温演

变来看,台风北上过程中其中心附近始终为 θ_e 高值区,反映了台风暖湿结构特征。但相当位温在台风中心东西两侧的分布则有显著变化。“麦莎”刚登陆时,台风中心东西两侧相当位温呈基本对称分布,没有明显差异,而7日14时这种差异已十分明显。由图可见,台风西北部冷气团与东南部暖气团产生强烈对比,台风西北部已出现2片 $\theta_e \leq 336 \text{ K}$ 的区域,它与台风中心所在位置相当位温等值线异常密集,表明北方冷空气已侵入台风西北部;而台风东南部仍然维持着

θ_e 的高值带,表明低层有大量暖湿气流输送,这是“麦莎”获得潜热能并在陆上长期不消散的重要因素。台风两侧这种相当位温分布的强烈对比表明,“麦莎”已经呈现出西冷东暖或半冷半暖的热力结构,台风开始变性。随后台风北上过程中,相当位温锋区一直维持,但其走向逐渐由东北-西南向演变为南北向。随着冷空气的进一步南下,锋区出现被拉长的趋势,由于气块在铅直方向拉长,必然导致正涡度增长,这样,“麦莎”低压作为一个温带气旋在锋面上得到发展。9日2时以后, $\theta_e \leq 336$ K 的冷气团已侵入到台风南部,使得台风被冷空气包围,温带气旋逐渐锢囚,并最终在辽宁消亡。

2.2 台风变性的卫星云图分析

在台风生命史的不同阶段,台风云系的结构有所不同。卫星云图能够揭示出台风云系中的中尺度云带以及台风登陆后从热带气旋变性为温带气旋过程中云系结构的变化。图3为“麦莎”在不同时刻的云系分布。由图可见,6日4时台风刚登陆不久台风云系的螺旋状结构十分清楚,台风眼也比较清晰,整个台风环流仍呈圆形的气旋性环流。由于地面摩擦和台风东西侧水汽输送的差别,台风西部的云区较弱,云系较为稀疏,云图上调最白的深厚云区位于台风眼的东南侧,云系十分密实且与海上宽广的云团相联。随后,由于低层东南急流的作用,密实的亮白云团不断在台风中心东北侧发展,这与“麦莎”登陆后强降水主要发生在其登陆点北侧相一致。从图中还可看出,在中高度地区也有2支西风槽云系存在,一支位于东北,另一支在黄河中上游地区。但此时,台风云系与西风槽距离较远,没有相互作用。随着台风继续北上,台风眼也逐渐变得模糊,最终难以辨认,其自身原来圆形对称的云系则演变为非对称的倒槽云系。2支中高纬云系的变化在于:位于东北的西风槽云系逐渐消散,而黄河中上游的西风槽云系有所东移。7日14时,台风北侧云区边界呈较规则

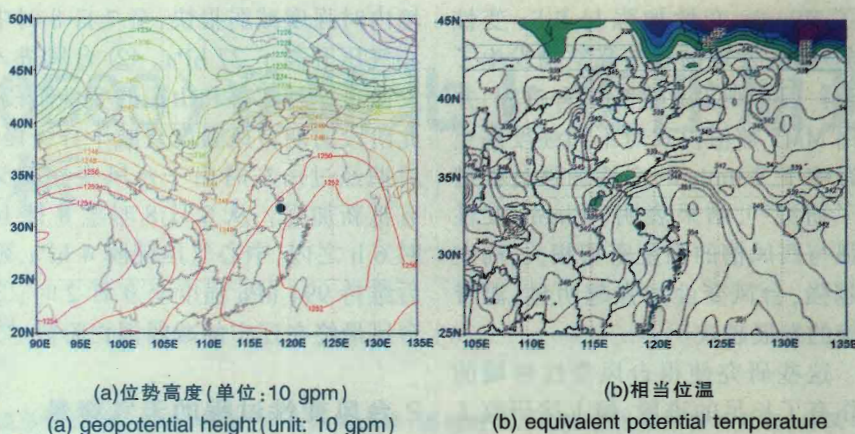


图2 7日14时200 hPa位势高度和850 hPa相当位温 θ_e 。

注:阴影为小于336K区域,“●”为台风中心所在位置。

Fig. 2 200 hPa geopotential height and 850 hPa equivalent potential temperature at 14:00, 7th

Note: The area $\theta_e \leq 336$ K is shaded, “●” denotes the position of typhoon.

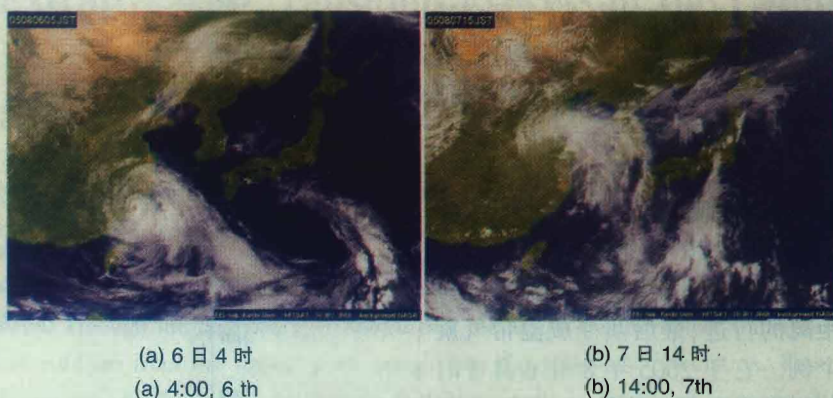


图3 红外云图

Fig. 3 Satellite cloud picture

的圆弧状,表明台风已接近高空的西风急流带,其西侧的倒槽云系已和中纬度的云系相联结,与西风带云系的相互作用标志着“麦莎”开始从正压结构的热带气旋向斜压结构的温带气旋转变,此刻其东侧云系仍位于低层水汽通道带上。随后,由于冷平流的进一步加强,台风西侧的云系有所消亡,而台风中心附近云系则变得亮白,表明斜压锋面气旋有所发展。8日14时,台风变性加强到最强时刻,此时卫星云图上温带气旋所特有的锋面结构已非常清楚,南部为宽广的暖锋云区,北部为狭长的冷锋云带。在以后的演变过程中,气旋西侧的云系继续气旋性弯曲,到9日02时已基本形成了环状

的云系特征,表明气旋已经锢囚。

3 台风变性加强过程的位涡分析

位涡是能同时表征大气动力、热力性质的综合物理量。应用位涡理论分析天气系统的演变和结构由来已久。Hoskins^[12]等指出,从平流层向下扩展到对流层中部具有高位势的大气,可使对流层中高层的位势涡度加强并诱发从对流层顶到地面的气旋式环流。Hu和Reiter进一步指出,平流层低层以及对流层高层具有高位势涡度的大气在对流层高层高空急流的输送下向下移动,可以导致中低层的抽吸贡献,这种抽吸现象对于气

旋的爆发性发展极其重要。对于一个热带气旋变性为温带气旋,情况更为复杂,它不仅是高层位涡扰动和地面斜压带的相互作用,还加入了热带气旋低压本身的作用。

在 p 坐标系中,忽略 ω 的水平变化,在绝热、无摩擦条件下,位涡守恒方程为

$$PV = -g(\zeta + f) \cdot \frac{\partial \theta}{\partial p} + \left(g \frac{\partial v}{\partial p} \frac{\partial \theta}{\partial x} - g \frac{\partial u}{\partial p} \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) = \text{const.}$$

式中, g 为重力加速度, ζ 为绝对涡度, f 为科氏参数, θ 为位温, p 为气压, u 为风的東西分量, v 为风的南北分量。 PV 的第一项为正压项,与大气稳定度有关;第二项为斜压项,含有风速的垂直切变和位温的水平梯度。

图 4 给出了不同时刻过台风中心位涡的经向垂直剖面。从其演变过程可见,6 日 8 时台风登陆后,由于地面摩擦,其边界层位涡值有较明显减弱,但对流层中层 400 hPa 附近仍维持着较大的位势涡度值,中心值达 $9 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot \text{kg}^{-1}$,且位涡沿台风中心南北两侧呈对称分布。从图 4(a)还可看出,在 35°N 以北的对流层高层和平流层低层为具有高位势涡度值的干冷空气,但此时它还未和“麦莎”高层位涡区相联结。随着台风向北移动,其自身对流层中下层位涡值有所减小,但高层位涡区位不断向干冷空气区靠近。至 7 日 14 时台风变性阶段初期,位涡的垂直分布已经发生了很大变化。图 4(b)显示,原先基本沿台风中心呈轴对称分布的位涡等值线已明显向台风北侧倾斜,表明台风已呈现一定的斜压性,特别是在高层已和高位势涡值的干冷空气相联,台风上方 200 hPa 等位涡线明显向下伸展。虽然中低层位涡中心值较 6 日 8 时显著减小,但高层反而有所增大,从 $5 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot \text{kg}^{-1}$ 增至 $7 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。在 8 日 14 时台风变性的全盛期,台风已完全移入至高层位涡大值区下方,高层位涡向下伸展

的强度和抵达的层次则较变性初期明显加强,其值已增至 $10 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot \text{kg}^{-1}$,向下伸展则达 300 hPa 以下,从形状看形成了对流层顶的“折叠”现象,成为非常明显的“漏斗”状。高层的高位势涡冷空气从这“漏斗”中向下移动,它对地面低压中心的气压下降是非常重要的。对比图 4(b)和图 4(c)可见,台风边界层正位势涡值已由变性初期的 $3 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot \text{kg}^{-1}$ 增强到 $5 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot \text{kg}^{-1}$,也不亚于登陆不久的 6 日 8 时。

经向剖面的等位势涡垂直分布图形象直观地揭示了位涡由高层向下降送这一过程,其实质是把高位势涡值的干冷空气叠加在低层台风低压

所对应的位涡中心之上,从而造成台风的变性加强。这一机理可用位涡守恒原理来解释,下传的正位势涡气块将引起低层冷空气加强,静力稳定度加大,斜压性增强。根据位涡守恒原理,气块必然在铅直方向拉长,水平方向收缩,使其斜压性减小。因此必有正位势涡的增长,故高层正位势涡的下传可在低层锋区诱生出气旋性环流。同样,台风低层的正位势涡也可在锋面上诱生气旋性环流。在高层和低层正位势涡强迫的气旋性环流共同作用下,台风低压环流加强,同时又加速了冷空气的卷入和台风暖气团的抬升过程,有利于锋面气旋的发展加强。

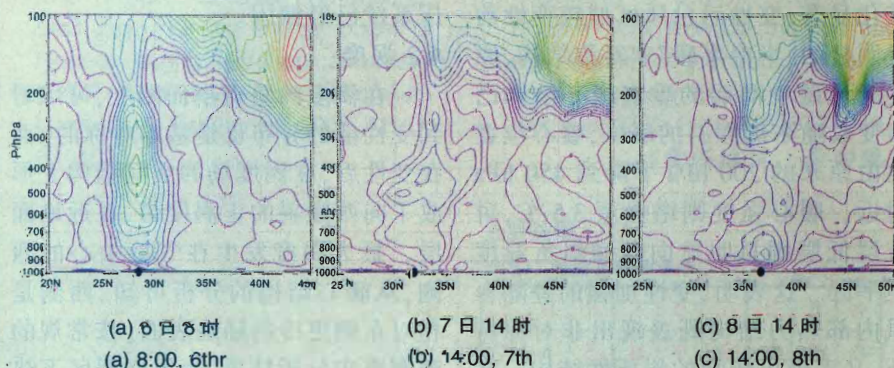


图 4 不同时刻过台风中心位涡的经向垂直剖面(单位: $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot \text{kg}^{-1}$)

注:“●”为台风中心所在位置

Fig. 4 Vertical section of potential vorticity along the center of typhoon (unit: $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Note: “●” denotes the position of typhoon

4 台风变性前后结构变化

台风最明显的特征是一种具有暖心结构的强烈涡旋,那么在它由热带性质的气旋向温带性质气旋转变的过程中,其热力和动力结构将发生哪些变化呢?本文以 6 日 8 时代表台风变性前,8 日 14 时代表台风变性后的情况,对“麦莎”变性前后的暖心和涡度特征进行探讨。

4.1 暖心结构

图 5 显示的是变性前后沿台风中心东西向温度与平均环境温度之差的垂直剖面。在“麦莎”还未开始变性前,台风暖心结构的分布特征与热带洋面上台风的分布比较接近,可以

看到几乎在整个对流层都维持着一个沿台风中心、东西向对称分布的暖心结构。中心位于 250 hPa 附近,温度距平达 3°C ,表明由于热量和水汽的充分供应,台风内部对流活动非常强烈,十分有利于其在陆地上长时间维持。而在近地面层,温度距平的正中心位于台风的东侧,这可能与台风登陆后在西侧为相对干冷的陆地表面,而东侧由于东南气流作用有更多的来自于海面的暖湿空气输送有关。在其后北上过程中,暖心位置逐渐下沉东偏,且底层有负的温度距平加强趋势。至台风变性后的 8 日 14 时(图 5(b)),温度距平场台风对称性特征

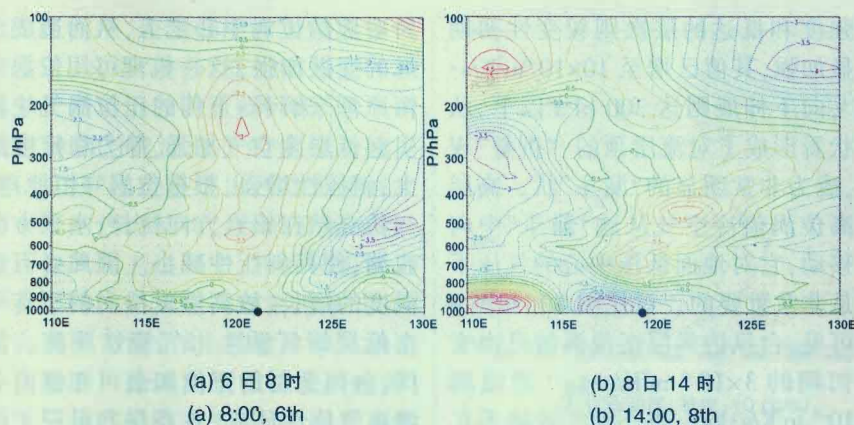


图5 过台风中心东西温度与平均环境温度的垂直剖面(单位: $^{\circ}\text{C}$)

注: “●”为台风中心所在位置

Fig. 5 Vertical section of temperature difference between typhoon center and environment average (unit: $^{\circ}\text{C}$)

Note: “●”denotes the position of typhoon

变化显著,变性后台风区域较变性前呈明显的“半冷半暖”非对称结构,原先对流层中高层的垂直暖心结构已演变成随东侧倾斜的暖区,暖心位置也由原来的 200 hPa 下降到 450 hPa 附近,暖心强度则增强至 3.5°C ,对流层低层则是明显向西倾斜负温度距平区。这表明,变性加强的登陆台风内部热力结构既表现出非对称特征,又表现出较强的斜压性结构。在随后进一步的演变中,台风中心对流层低层形成一个更冷的冷中心,而对流层中高层则发展为一个温度正距平中心,两上中心近于垂直,表明斜

压系统已经锢囚。

4.2 涡度

在涡度的垂直剖面图上,可以看到变性前的分布也是基本对称的。而在变性后,在涡度场的空间结构上形成了向西倾斜的正涡度带,在近地面层,最大涡度发生在气旋中心的西侧,从暖心结构的分析可知,西侧是相对东侧更冷的陆地表面。按常规的观测事实分析结果,台风向暖区下垫面移动是有利于其维持发展的,反之则衰退,而此个例中正是由于西侧有较强锋面冷平流的输入,造成了台风的变性发展,使台风西侧涡度大于东

侧。从图 6(b)还发现,台风西侧 200 hPa 附近有较强的正涡度中心,这和前面高层正位涡下传引起正涡度增长相一致。

5 结论

通过对登陆台风“麦莎”北上变性加强过程的机理和结构演变进行分析,得到以下一些结论。

1) 台风登陆后经历了迅速衰减、变性加强和最终消亡 3 个阶段。从天气形势的演变过程看,“麦莎”变性加强的原因是与中高纬西风槽的结合,冷空气的侵入使斜压位能释放转化为动能,台风变性发展。卫星云图清楚地揭示出变性过程台风云系结构的变化。

2) 位涡分析表明,台风变性过程中有高层正位涡下传的现象,强位涡区不断向下延伸,在低层锋区诱生出气旋性环流,使台风获得重新发展。

3) 在热力和动力结构上,从变性前的垂直对称分布演变为倾斜的非对称分布。

参考文献(References)

- [1] 董美莹,俞燎宽. “麦莎”台风影响期间浙江的大风分布特征和成因分析[J]. 科技导报, 2006, 24(4): 29-32.
DONG Meiyang, YU Liaoni. Study on Matsa's gale characteristics occurred in Zhejiang province and their formation [J]. Science & Technology Review, 2006, 24(4): 29-32.
- [2] 薛根元,周丽峰,诸晓明. 2005 年热带气灾害特点初步分析 [J]. 科技导报, 2006, 24(4): 22-28.
XUE Genyuan, ZHOU Lifeng, ZHU Xiaoming. Elementary research on the characteristics of tropical cyclone disasters in 2005 [J]. Science & Technology Review, 2006, 24(4): 22-28.
- [3] 王凌,罗勇,徐良炎,等. 近 35 年登陆我国台风的年际变化特征及灾害特点 [J]. 科技导报, 2006, 24(11): 23-25.
WANG Ling, LUO Yong, XU Liangyan, et al. Review of typhoon and its related natural disasters over the past 35 years in China [J]. Science & Technology Review, 2006, 24

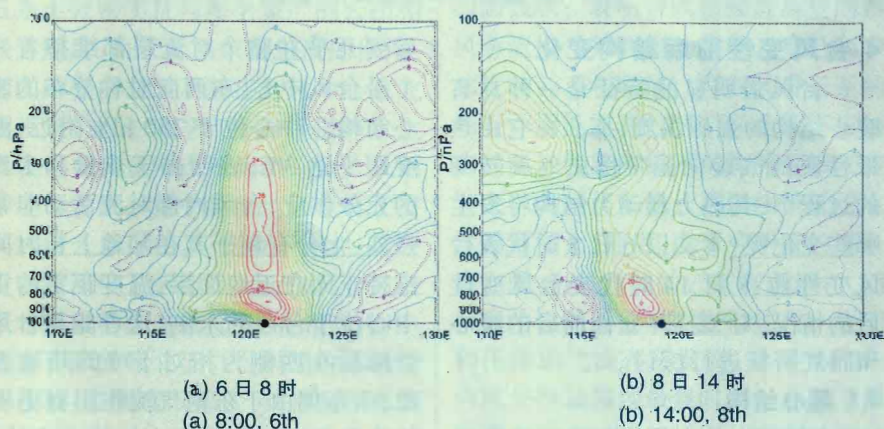


图6 过台风中心涡度的垂直剖面(单位: 10^{-5}S^{-1})

注: “●”为台风中心所在位置

Fig. 6 Vertical section of vortices along the center of typhoon (unit: 10^{-5}S^{-1})

Note: “●”denotes the position of typhoon

- (11): 23-25.
- [4] MATANO J, SEKIOK M. On the synoptic structure of typhoon Cora (1969) as the compound system of tropical and extratropical cyclones [J]. J Meteor Soc Japan, 1971 (49): 282-295.
- [5] 陈联寿, 罗哲贤, 李英. 登陆热带气旋研究的进展[J]. 气象学报, 2004, 62(5): 541-549.
CHEN Lianshou, LUO Zhexiong, LI Ying. Research advances on tropical cyclone landfall process [J]. Acta Meteorologica Sinica, 2004, 62 (5): 541-549.
- [6] 徐祥德, 陈联寿, 解以扬, 等. 环境场大尺度锋面系统与变性台风结构特征及其暴雨的形成[J]. 大气科学, 1998, 22 (5): 744-752.
XU Xiangde, CHEN Lianshou, XIE Yiyang, et al. Typhoon transition and its impact on heavy rain [J]. Scientia Atmospherica Sinica, 1998, 22 (5): 744-752.
- [7] 朱佩君, 陈敏, 陶祖钰, 等. 登陆台风 Winnie(1997)的数值模拟研究 II: 结构演变特征分析 [J]. 气象学报, 2002, 60 (5): 560-567.
ZHU Peijun, CHEN Min, TAO Zuyu, et al. Numerical simulation of typhoon Winnie (1997) after landfall part II: structure evolution analysis [J]. Acta Meteorologica Sinica, 2002, 60 (5): 560-567.
- [8] 朱佩君, 郑永光, 陶祖钰. 发生在中国大陆的台风变性加强过程分析[J]. 热带气象学报, 2003, 19(2): 157-162.
ZHU Peijun, ZHENG Yongguang, TAO Zuyu. Analysis of the extratropical transition of tropical cyclone over mainland of China [J]. Journal of Tropical Meteorology, 2003, 19 (2): 157-162.
- [9] 朱佩君, 郑永光, 陶祖钰. 台风变性再度发展的动能收支分析[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2005, 41(1): 93-102.
ZHU Peijun, ZHENG Yongguang, TAO Zuyu. Kinetic energy budget of typhoon during extratropical transition [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2005, 41(1): 93-102.
- [10] 李英, 陈联寿, 雷小途, Winnie(1997)和 Bilis(2000)变性过程的湿位涡分析[J]. 热带气象学报, 2005, 21 (2): 142-152.
LI Ying, CHEN Lianshou, LEI Xiaotu. Moisture potential vorticity analysis on the extratropical transition process of Winnie (1997) and Bilis (2000) [J]. Journal of Tropical Meteorology, 2005, 21(2): 142-152.
- [11] 李英, 陈联寿, 雷小途. 高空槽对 9711 号台风变性加强影响的数值研究[J]. 气象学报, 2006, 64(5): 552-563.
LI Ying, CHEN Lianshou, LEI Xiaotu. Numerical study on impacts of upper-level westerly trough on the extratropical transition process of typhoon Winnie (1997) [J]. Acta Meteorologica Sinica, 2006, 64 (5): 552-563.
- [12] HOSKINS B J, MCINTYRE M E, ROBERTSON A W. On the use and significance of isentropic potential vorticity maps [J]. Quart J. Roy Meteor Soc, 1985, 111(470): 877-946.

(责任编辑 李向荣)

· 科技智力游戏 ·

轻松一刻——九宫填数

该游戏的填数规则为: ① 在 9×9 的大九宫格内, 出题者已给出若干数字, 其它宫位的数字空留, 需要读者根据逻辑推理填写剩下空格里的数字; ② 填满数字的大九宫里, 数字之间的关系必须满足: 每一行与每一列都有 1 到 9 的数字, 每个实线所标 3×3 的小九宫格里也有 1 到 9 的数字, 且每个数字在每行、每列及每个小九宫格里只能出现一次, 即既不能重复也不能缺少。答案请见下期。

九宫1 难度系数 ◆◆◆◆◆

8			5			9		
		6		4				2
		4	2		1			7
1				8	5			
	3			2			1	
		7				8		9
6		9				2		
2		5		3		4		
3				7	2			5

九宫2 难度系数 ◆◆◆◆◆

6	4				7			
		8		1				7
			6			4	9	
		5	1	4				
3					6		5	4
	2					9		8
8			9					2
						7		
	6			5			3	

上期答案

九宫1 难度系数 ◆◆◆◆◆

1	9	3	2	5	7	6	8	4
7	4	5	6	9	8	1	2	3
6	2	8	3	1	4	5	7	9
8	6	9	1	4	2	7	3	5
3	7	2	8	6	5	4	9	1
5	1	4	7	3	9	8	6	2
2	8	1	5	7	3	9	4	6
4	3	6	9	8	1	2	5	7
9	5	7	4	2	6	3	1	8

九宫2 难度系数 ◆◆◆◆◆

5	2	3	8	1	7	4	6	9
6	8	1	2	9	4	7	5	3
4	9	7	5	3	6	1	8	2
8	1	4	9	7	3	5	2	6
2	3	5	4	6	8	9	7	1
9	7	6	1	2	5	3	4	8
1	6	9	7	4	2	8	3	5
3	4	8	6	5	9	2	1	7
7	5	2	3	8	1	6	9	4

(供稿 李成才 责任编辑 赵佳)