

钱燕珍,许映龙,徐迪峰. 2013. 东海转向和登陆热带气旋特征合成分析. 气象,39(12):1600-1608.

东海转向和登陆热带气旋特征合成分析^{*1}

钱燕珍¹ 许映龙^{2,3,4} 徐迪峰¹

- 1 宁波市气象台,宁波 315012
- 2 中国气象科学研究院,北京 100081
- 3 南京信息工程大学,南京 210044
- 4 国家气象中心,北京 100081

提 要: 进入东海的热带气旋(TC)每年有 3.2 个,转向或者登陆将造成不同的影响。通过对这两类 TC 登陆或转向前后,形势场和物理量场的合成分析得到:转向类 TC,副热带高压(以下简称副高)弱,东侧呈块状;西风带强,离 TC 近;中高层西风急流明显,急流在向东移动过程中有增强趋势;TC 东北方高层辐散增强,在中低层有正涡度平流,涡度平流中心清晰。而登陆类 TC,副高强,呈宽带状;西风带弱,离 TC 远;西风急流不明显,没有增强,高层急流中心位于 TC 的西北方和北方;TC 东北方高层没有明显的辐散流出,中低层正涡度平流位于 TC 的西北方和北侧,涡度平流中心不清晰。转向或登陆前 72 h 各特点已有显示,前 48 h 其特征更加明显。

关键词: 热带气旋, 转向, 登陆, 合成分析, 东海

中图分类号: P458 **文献标志码:** A **doi:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2013.12.008

Composite Analysis on Characteristic of Tropical Cyclone Recurvature and Landfall over East China Sea

QIAN Yanzhen¹ XU Yinglong^{2,3,4} XU Difeng¹

- 1 Ningbo Meteorological Observatory of Zhejiang, Ningbo 315012
- 2 Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081
- 3 Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044
- 4 National Meteorological Centre, Beijing 100081

Abstract: There are 3.2 tropical cyclones (TCs) entering into the East China Sea on average every year. Recurvature or landfall of these TCs will make different effects. The comparative analysis on the situations and physical fields of recurving TCs and landfalling TCs shows that in the case of recurving TCs, subtropical high is weak and the east part of it is in massive shape; westerly belt is strong and close to TC; the middle- and upper-level westerly jets are significant and get intensified as they move eastward; the upper-level divergence at the northeast of TC enhances while notable positive vorticity advection is found in the middle- and low-levels of TC with clear advection center. However, in the case of landfalling TCs, subtropical high is strong and in broad belt shape; westerly belt is weak and distant from TC; westerly jet is not notable and is not intensified; the upper-level jet center is located in the northwest and north of TC; no remarkable upper-level divergence occurs in the northeast of TC and the middle- and low-level positive vorticity advection is located in the northwest and north of TC with no notable advection center. The characteristics above can be seen 72 hours before the recurvature or landfall of TCs, and get much clearer in

^{*} 国家重点基础研究发展计划项目(2009CB421504)、国家自然科学基金项目(41275063)、中国气象局气象关键技术集成与应用项目(CMAGJ2013M21)、上海台风基金项目(2009ST08)和浙江省气象局项目(2012YB10)共同资助
2012 年 11 月 16 日收稿; 2013 年 4 月 25 日收修定稿
第一作者:钱燕珍,主要从事短期天气预报技术研究. Email:qian-y-z@163.com

48 hours before the events.

Key words: tropical cyclone, recurvature, landfall, composite analysis, East China Sea

引 言

对于热带气旋(TC)路径预报,一直是 TC 研究和业务预报技术的重要内容。随着数值预报模式和技术以及综合探测体系的不断进步和完善,自 20 世纪 90 年代以来我国 TC 业务预报取得了长足的进步,TC 路径业务预报水平进展显著,目前基本达到国际先进水平(许映龙等,2010)。尽管国内台风数值预报模式对于 TC 在海上时的路径预报有一定的稳定性(马雷鸣等,2008),但是对于进入近海之后,登陆或者转向过程的预报表现出较大误差,特别是进入东海之后,出现了许多疑难路径的台风个例(钱燕珍等,2004;刘爱鸣等,2008)。就气旋本身来说,北半球的 TC 有向西北方向移动的惯性。然而 TC 的移动方向主要是受环境的影响,包括引导气流、双台风互相作用、与中纬度天气系统的相互作用、地形的影响等(朱乾根等,2003)。通常来说,主要影响因素还是引导气流。但是 TC 进入东海后,碰到引导气流不强的情况下,再加上岛屿、陆地和海岸线等地形作用显现,与中纬度天气系统的距离也更加近了,所以 TC 路径预报变得困难起来(陈联寿等,1979)。通常 TC 路径能比较准确预报的时效在 3~5 d(高拴柱等,2009),进入东海、登陆前后情况复杂,准确预报的时效将变短。进入东海后 TC 是转向,还是登陆,对于我国特别是东部地区影响有很大差别,采取的防台措施也明显不同,因此,对东海 TC 转向或登陆的预报值得格外关注。

东海 TC 本文所指是进入 25°~35°N、115°~125°E 的 TC (不包括减弱成热带低压后进入的 TC),从 1949—2010 年,共有 196 个,差不多平均每年有 3.2 个。其中转向的有 76 个,占 38.8%;登陆的共有 120 个,登陆后转向东北重新入海和非转向的差不多各占一半。这些 TC 对我国福建、浙江等东部地区普遍造成了较大影响,特别是登陆的 TC 有时会带来毁灭性灾害。从浙江省分路径 TC 灾害评估系统分析看(钱燕珍等,2001),登陆闽北和浙江的 TC 是致灾最大的 TC,其次是紧擦沿海北上的 TC,不过这两类 TC 致灾的重度还是有一定的差距。如何在 TC 进入东海后预报其路径是转向,还

是登陆,这对于 TC 防御有着极为重要的意义,本文从这 196 个台风中找出较为典型的 3 个近海转向的 TC,和 3 个登陆的 TC 运用合成分析的方法(袁金南等,2006),对 TC 转向和登陆前 72 h,每 12 h 为间隔,做天气形势和相关物理量的合成分析,以找出东海 TC 转向或登陆的预报着眼点。

1 资料和方法

本文使用的形势场资料为 ECMWF ERA-40 (2.5°×2.5°)和 ECMWF Interim(1.5°×1.5°)再分析资料。台风路径、强度资料来自中国气象局上海台风研究所整编的台风年鉴最佳路径资料。

用 7910 号超强台风 Judy、8114 号强台风 Agnes 和 8310 号超强台风 Forrest 这 3 个台风作为转向台风的典型;用 0414 号强台风云娜、0608 号超强台风桑美和 1211 号强台风海葵这 3 个台风作为登陆台风的典型(图 1),把它们的形势场和相关物理量做合成分析。具体方法是:以转向点和登陆点为 0 时刻,对 TC 转向或登陆前 72 h 到转向或登陆后 12 h,每 12 h 为间隔,以台风中心为中心,80(78)个经纬距范围的正方形区域内,分别做 3 个转向和 3 个登陆台风的形势场和物理量场的合成分析以及 925~300 hPa 整层物理量场合成分析,其中转向类台风使用的形势场资料为 ECMWF ERA-40(2.5°×2.5°)再分析资料,合成分析范围为 80 个经纬距

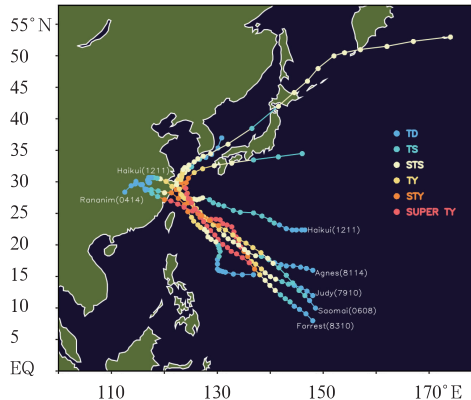


图 1 被选用的 3 个转向台风和 3 个登陆台风路径图

Fig. 1 The tracks of three recurring typhoons and three landfalling typhoons

的正方形区域(格点数为 32×32),登陆类台风使用的形势场资料为 ECMWF Interim($1.5^{\circ}\times 1.5^{\circ}$)再分析资料,合成分析范围为 78 个经纬距的正方形区域(格点数为 52×52)。

2 大尺度天气系统对 TC 路径的影响

TC 的移动通常受引导气流影响,其移动速度为各层大型地转流场速率的平均值。引起 TC 速度变化的有地转偏向力、大型流场的气压梯度力和台风本身的内力等因子,然而实践证明台风内力的作用是很小的,只有当台风较强,引导气流较弱的情况下才明显。因此 TC 主要是受大型流场的引导而移动,但与它有一定的偏差。TC 在西风带移动时,常

偏向低压一侧;在东风带,则偏向高压一侧。直接形成 TC 引导气流的大尺度天气系统主要有副高和西风带系统(陈联寿等,1979)。

2.1 副高的引导作用

通常情况下,副高势力强盛,长轴呈东西向,脊线稳定,位于副高南侧的台风受偏东气流的影响,将往偏西方向移动。当副高减弱东退,或在台风所在的位置断裂,这时台风易从副高的西南缘绕过副高脊线进入西风带,或从副高断裂处北上进入西风带,受西风带引导转向东北方向移动。

图 2 和图 3 分别是东海转向和西北行登陆类各有代表性的 3 个台风的 500 hPa 高度场演变的合成分析。

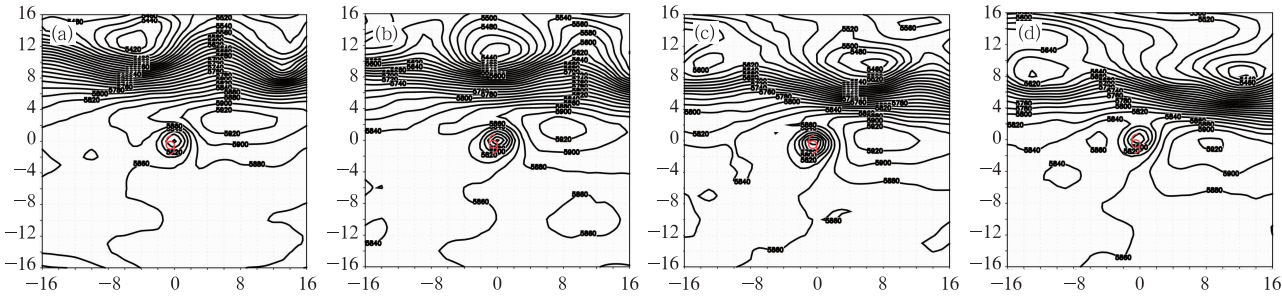


图 2 转向类台风 500 hPa 高度场演变(单位: gpm)

(a) 转向前 72 h, (b) 转向前 48 h, (c) 转向前 24 h, (d) 转向时

(图中横/纵坐标分别表示距离台风中心的东/西、南/北方向的格点数,每个格点表示 2.5 个经纬距, 0 表示台风中心;横坐标正/负值表示台风东/西侧;纵坐标正/负值表示台风北/南侧)

Fig. 2 The evolution of the 500 hPa height for the recurving typhoons (unit: gpm)

(a) 72 h before recurving, (b) 48 h before recurving, (c) 24 h before recurving, (d) the recurving time

(x -coordinate and y -coordinate present the east-west and north-south grid numbers from typhoon center, each grid indicates 2.5 latitudes, 0 is typhoon center; the x -coordinate positive/negative value indicates the eastern/western side of the typhoon; the y -coordinate positive/negative value indicates the northern/southern side of the typhoon)

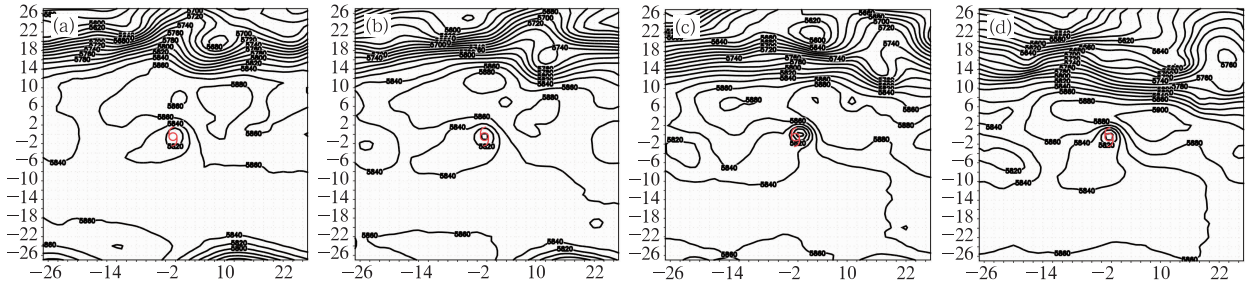


图 3 登陆类台风 500 hPa 高度场演变(单位: gpm)

(a) 登陆前 72 h, (b) 登陆前 48 h, (c) 登陆前 24 h, (d) 登陆时

(图中横/纵坐标表示的意义与图 2 相同,但每个格点表示 1.5 个经纬距)

Fig. 3 The evolution of the 500 hPa height for the landing typhoons (unit: gpm)

(a) 72 h before landing, (b) 48 h before landing, (c) 24 h before landing, (d) the landing time

(x -coordinate and y -coordinate present the same as Fig. 2, but each grid indicates 1.5 latitudes)

由图 2 和图 3 可见,转向类台风的副高脊线位置偏南,转向前 72 h 只比台风偏北约 5 个纬距左右,至转向前 36 h(图略),基本与台风位置在一个纬度上;副高形状由东西向带状,宽度在 10~15 个纬距,逐渐向块状转变,在台风东侧副高有呈块状分布的特点,这样的形势有利于台风受副高西侧偏南气流的影响,向北越过副高,进入西风带,转向东北方向。

西北行登陆类,副高宽度大,南北达 15~18 个纬距;副高整体形状基本呈宽带状,局部有减弱。台风北侧的副高呈宽带状分布,致使台风受副高南侧偏东气流影响,往偏西方向移动,以致登陆。这些不仅印证了副高对台风移动普遍规律,而且更加细致地给出了台风转向点或登陆点预报的着眼点。

2.2 西风带对 TC 路径的影响

通常情况下,西风槽在东移过程中,位置偏南,有利于台风中心在槽前转向北上;位置偏北,不利于台风中心北上(刘爱鸣等,2010)。

由图 2 和图 3 可见,转向类台风北侧的西风带高度场梯度密集区宽度大,最宽可达 20 个纬距左右,且位置偏南;西风带多小槽小脊,比较活跃;西风带距离台风越来越近,由转向前 72 h 的 15 个纬距左右,到转向后,它们逐渐结合。而登陆类台风北侧的西风带高度场梯度密集区位置偏北,离台风约有 18 个纬距,登陆前后也有 12 个纬距左右;另外,西风带强度相对较弱,槽脊活动不是很活跃。说明西风带强,且离台风近时,容易引导台风,转向东北;而

相反西风带弱,且离台风远,则不容易对台风的移动产生影响。

从 500 hPa 流场的合成分析(图 4 和图 5)可见,转向类台风具有以下 4 个特点:西风带出现较大范围 $20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上的大值区,最大值可以达到 $32\sim 36\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,而且这个大值区始终维持;大值区逐渐自西向东移动,在转向前 48 h,基本在台风的北侧,与台风相距 15~20 个纬距;大值区从转向前 48 h 之后,不仅东移还南掉,有与台风引起的大值区合并的趋势;台风本身流场比较强,较大范围出现 $20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上的大值区,最强时段在转向前 48 h 到转向前 36 h(图略),之后减弱。登陆类台风具有的特点:西风带比较弱,较小的范围有大于 $20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的高值区,而且很少有超过 $24\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的高值区;台风和西风带大值区距离比较远,大多时段在 20 个纬距以上,登陆前后有点接近;台风附近流场比较弱,只有小范围登陆前 24 h 到登陆的时候出现大于 $20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的大值区。从流场的合成分析结果再次印证了西风带强且离台风近有利于引导台风转向;而西风带较弱,且离台风远时,台风更多的是受副高或者其他副热带系统的影响,有利于偏西方向移动,以致登陆。

从 200 hPa 流场和等风速线的合成分析(图 6 和图 7)可见,转向类台风具有以下特点:台风北侧相距 15~20 个纬距的地方,有东西向宽度在 10 个纬距左右的最大值在 $50\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上的大值区;大值区首先出现在台风的西北侧,在转向前 36 h 开始(图略),大值区逐渐移到了台风的东北侧;台风东北

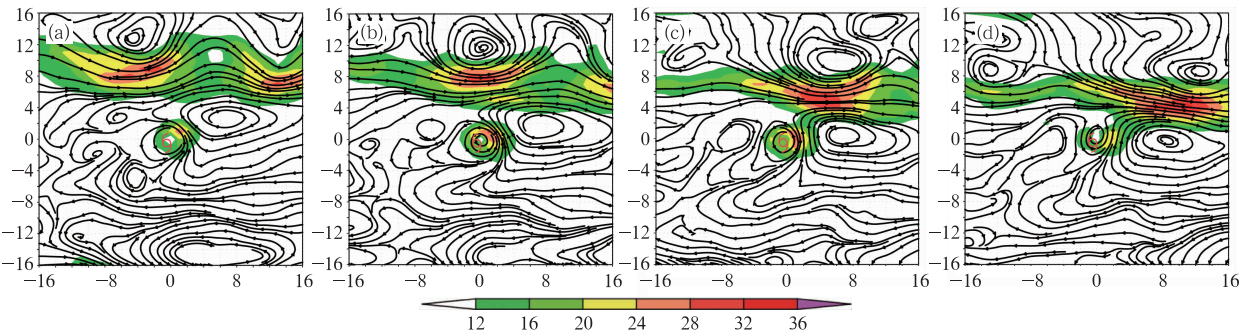


图 4 转向类台风 500 hPa 流线和等风速线(填色)演变(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
(a) 转向前 72 h, (b) 转向前 48 h, (c) 转向前 24 h, (d) 转向时
(图中横/纵坐标表示的意义与图 2 相同)

Fig. 4 The evolution of the 500 hPa stream and isotach (color) for the recurving typhoons (unit: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
(a) 72 h before recurving, (b) 48 h before recurving, (c) 24 h before recurving, (d) the recurving time
(x-coordinate and y-coordinate present the same as Fig. 2)

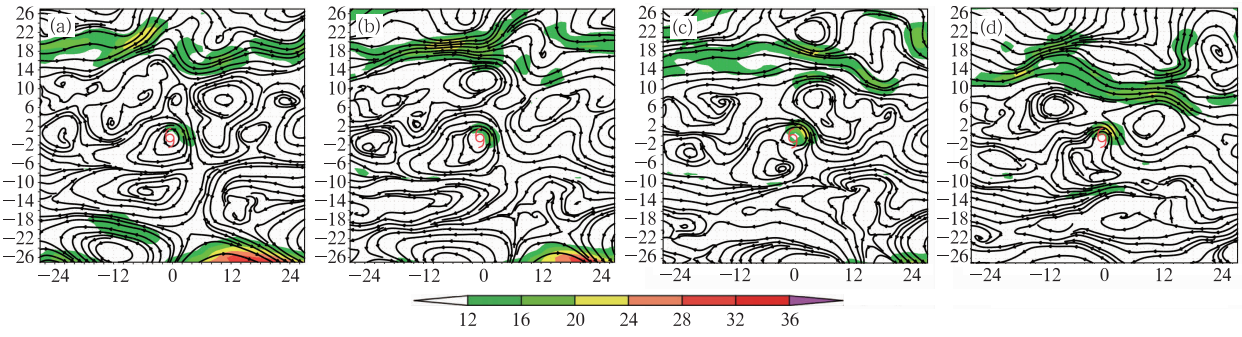


图 5 登陆类台风 500 hPa 流线和等风速线(填色)演变 (单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

(a) 登陆前 72 h, (b) 登陆前 48 h, (c) 登陆前 24 h, (d) 登陆时

(图中横/纵坐标表示的意义与图 2 相同,但每个格点表示 1.5 个纬距)

Fig. 5 The evolution of the 500 hPa stream and isotach (color) for the landing typhoons (unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

(a) 72 h before landing, (b) 48 h before landing, (c) 24 h before landing, (d) the landing time

(x -coordinate and y -coordinate present the same as Fig. 2, but each grid indicates 1.5 latitudes)

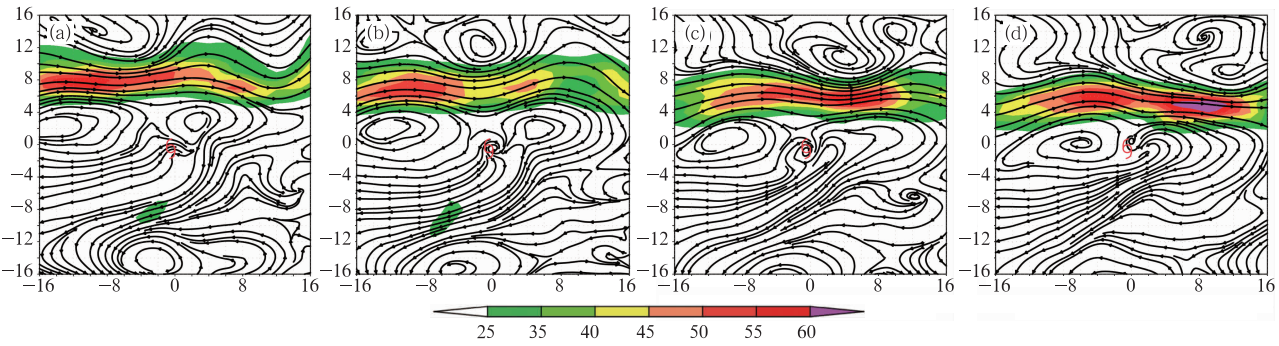


图 6 转向类台风 200 hPa 流线和等风速线(填色)演变 (单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

(a) 转向前 72 h, (b) 转向前 48 h, (c) 转向前 24 h, (d) 转向时

(图中横/纵坐标表示的意义与图 2 相同)

Fig. 6 The evolution of the 200 hPa stream and isotach (color) for the recurving typhoons (unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

(a) 72 h before recurving, (b) 48 h before recurving, (c) 24 h before recurving, (d) the recurving time

(x -coordinate and y -coordinate present the same as Fig. 2)

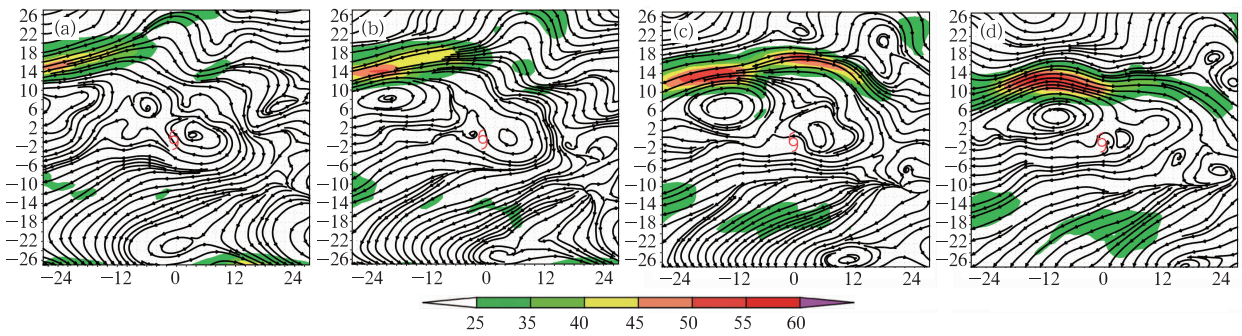


图 7 登陆类台风 200 hPa 流线和等风速线(填色)演变 (单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

(a) 登陆前 72 h, (b) 登陆前 48 h, (c) 登陆前 24 h, (d) 登陆时

(图中横/纵坐标表示的意义与图 2 相同,但每个格点表示 1.5 个纬距)

Fig. 7 The evolution of the 200 hPa stream and isotach (color) for the landing typhoons (unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

(a) 72 h before landing, (b) 48 h before landing, (c) 24 h before landing, (d) the landing time

(x -coordinate and y -coordinate present the same as Fig. 2, but each grid indicates 1.5 latitudes)

侧的大值区在影响前 12 h(图略)有明显发展加强,较大范围出现了大于 $60\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的大值区;大值区在逐渐靠近台风,先是离台风 15~20 个纬距,接着 10 个纬距,转向前,离台风只有 3~5 个纬距。登陆类台风的特点是:登陆前 48 h 之前,大值区在台风西北侧,呈块状,大值区范围小,强度不强,之后逐渐发展成带状,大于 $50\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的范围不大;大值区离台风比较远,南北相差 15 个纬距以上,登陆前 24 h 之后,大值区南压,登陆前后南北相差 8~9 个纬距;大值区自西向东缓慢移动,直到台风登陆,大值区还是在台风的西北侧。这些再次印证了西风带系统对台风路径的影响,同时这些指标,以后都可以作为台风转向或者登陆判断的根据,为转向或登陆的判断

3 物理量场的演变对 TC 路径预报的指示作用

TC 本身的结构,在垂直方向上可以分为三层,流入层,是指从地面大约到 3 km 以下的对流层下层,特别是在 1 km 以下的行星边界层内,有显著向中心辐合的气流。中层是指从 3 km 到 7~8 km 的层,这里气流主要是切向的,而径向分量很小。流出层,是指从中层以上到台风顶部的对流层高层,这层内气流主要是向外辐散的(陈联寿等,1979)。成熟台风的最大流出层常在 12 km 附近(陈联寿,2006)。

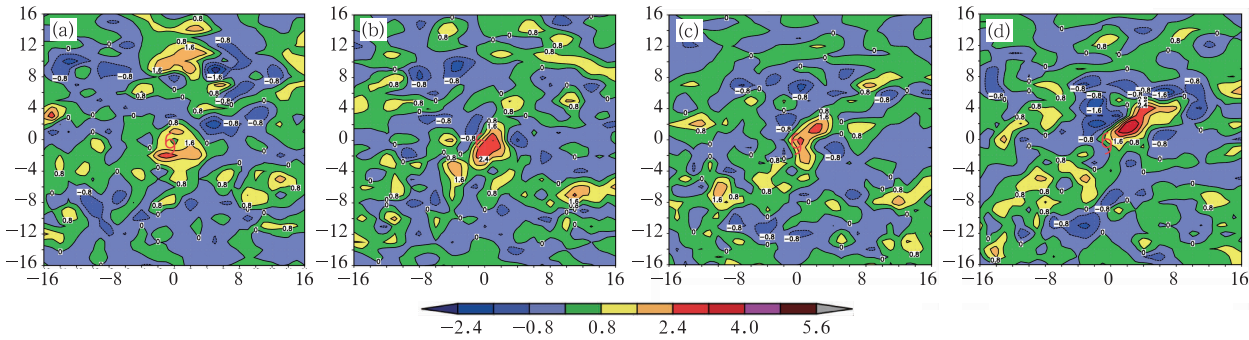


图 8 转向类台风 200 hPa 散度演变 (单位: s^{-1})
(a) 转向前 72 h, (b) 转向前 48 h, (c) 转向前 24 h, (d) 转向时
(图中横/纵坐标表示的意义与图 2 相同)

Fig. 8 The evolution of the 200 hPa divergence for the recurving typhoons (unit: s^{-1})
(a) 72 h before recurving, (b) 48 h before recurving, (c) 24 h before recurving, (d) the recurving time
(x-coordinate and y-coordinate present the same as Fig. 2)

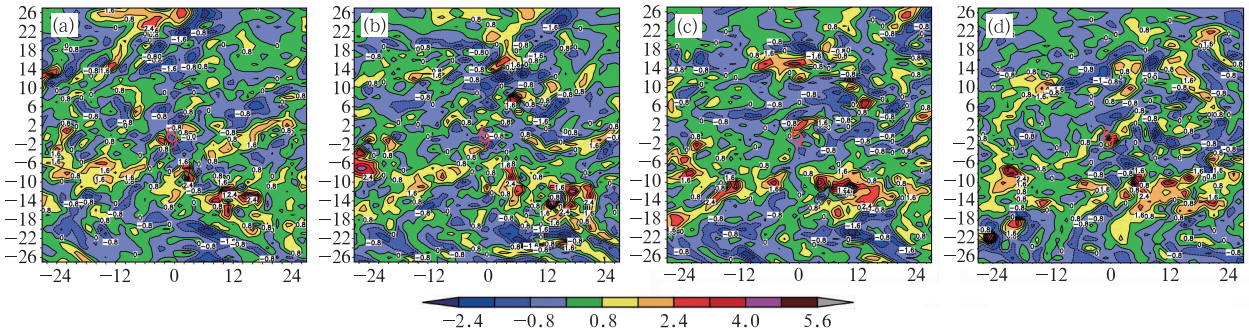


图 9 登陆类台风 200 hPa 散度演变 (单位: s^{-1})
(a) 登陆前 72 h, (b) 登陆前 48 h, (c) 登陆前 24 h, (d) 登陆时
(图中横/纵坐标表示的意义与图 2 相同,但每个格点表示 1.5 个纬距)

Fig. 9 The evolution of the 200 hPa divergence for the landing typhoons (unit: s^{-1})
(a) 72 h before landing, (b) 48 h before landing, (c) 24 h before landing, (d) the landing time
(x-coordinate and y-coordinate present the same as Fig. 2, but each grid indicates 1.5 latitudes)

下面对 TC 所处环境场 200 hPa 散度场和整层散度及整层涡度做合成分析,试图找到引起 TC 转向或者登陆物理量场的预报着眼点。

3.1 转向类 TC 的散度场配置比登陆类有利于 TC 的发展

把转向类 3 个台风和登陆类 3 个台风,200 hPa 散度分别做合成分析(图 8 和图 9),转向类台风特点是:散度大值区先是位于台风的南侧,然后逐渐位于台风的东南侧,转向前 36 h 位于台风的东侧,转

向前 24 h 开始移到了台风的东北侧;台风上空是一个比较明显的大值区,有一定范围的大于 2.4 s^{-1} 的大值区,最大值普遍在 3.2 s^{-1} 以上,转向前 48 h 开始,高值区范围有明显扩大;台风附近散度有正值中心,没有负值中心,转向前 36 h(图略),TC 西侧是负值区。而登陆类台风的散度比较凌乱,规律不是很明显:台风中心西侧有一个小范围的相对大值区,大于 0.8 s^{-1} ,登陆前 24 h,大于 2.4 s^{-1} 的大值区在台风的东北侧,登陆前 12 h,尽管东北侧还有大值区,但西侧也有大值区;在距离台风所在纬度,南北

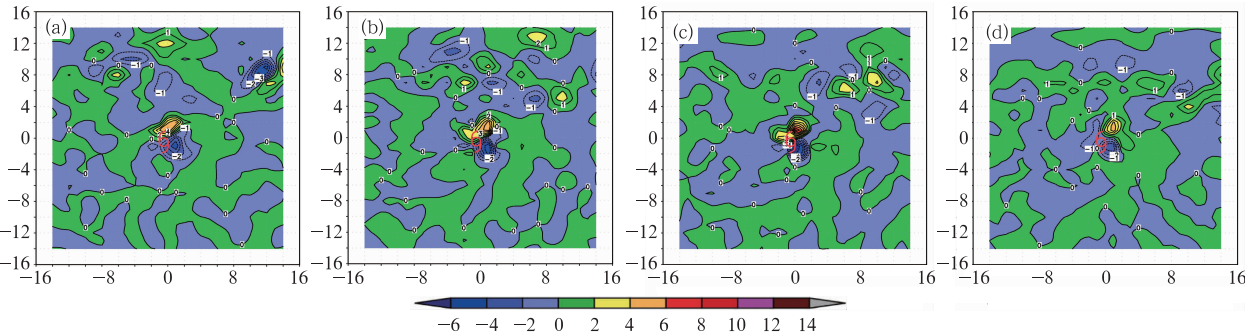


图 10 转向类台风整层(925~300 hPa)涡度平流演变(单位: s^{-2})
(a) 转向前 72 h, (b) 转向前 48 h, (c) 转向前 24 h, (d) 转向时
(图中横/纵坐标表示的意义与图 2 相同)

Fig. 10 The evolution of the whole layer (925—300 hPa) vorticity advection for the recurring typhoons (unit: s^{-2})
(a) 72 h before recurving, (b) 48 h before recurving, (c) 24 h before recurving, (d) the recurving time
(x-coordinate and y-coordinate present the same as the Fig. 2)

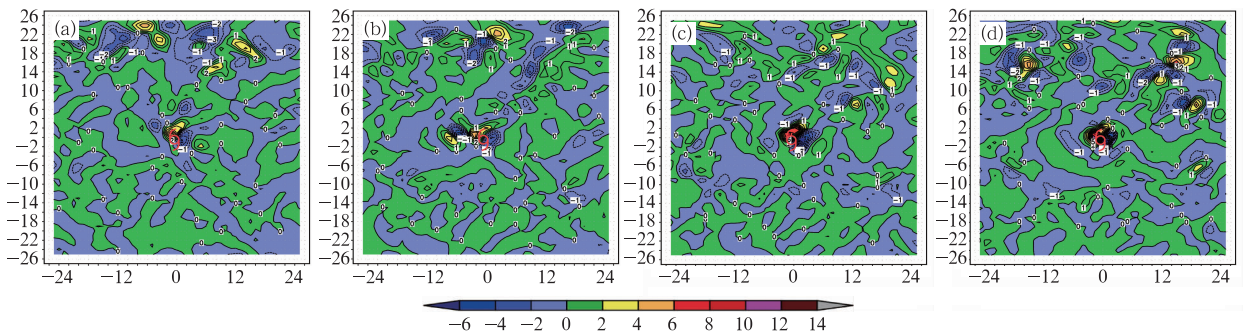


图 11 登陆类台风整层(925~300 hPa)涡度平流演变(单位: s^{-2})
(a) 登陆前 72 h, (b) 登陆前 48 h, (c) 登陆前 24 h, (d) 登陆时
(图中横/纵坐标表示的意义与图 2 相同,但每个格点表示 1.5 个经纬度)

Fig. 11 The evolution of the whole layer (925—300 hPa) vorticity advection for the landing typhoons (unit: s^{-2})
(a) 72 h before landing, (b) 48 h before landing, (c) 24 h before landing, (d) the landing time
(x-coordinate and y-coordinate present the same as Fig. 2, but each grid indicates 1.5 latitudes)

相差 12 纬距以上的地方,分别有两个强辐散带,表明那里天气系统活跃,特别是台风的东南面。这说明登陆类所处的环境场对流系统不活跃,台风在接近陆地时,受到摩擦作用,环流受到破坏。由于 TC 有向环境场配置有利于其强度维持或发展的方向移动的趋势(许映龙,2011),所以东北方向明显出现强辐散区的台风将转向东北。

3.2 涡度平流中心的分布预示着 TC 转向或登陆

p 坐标下的涡度方程中如式(1)所示(朱乾根等,2003),涡度随时间的变化分别由涡度平流项、 β 项、散度项和扭曲项所构成,而一般认为台风运动主要由大尺度环境引导气流所驱动,因此我们仅考虑涡度方程中的一级近似部分,即涡度平流项的作用,台风有向正涡度平流大值区移动的趋势。为此我们针对转向和登陆两类台风的整层(925~300 hPa)涡度平流的变化,计算结果如图 10 和图 11 所示。

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = -V \cdot \nabla \zeta - w \frac{\partial \zeta}{\partial p} - \beta v - (\zeta + f)\delta - k \cdot \nabla w \times \frac{\partial V}{\partial p} \quad (1)$$

由图 10 和图 11 可见,两类台风整层涡度平流值大多在 $-2 \sim 2 \text{ s}^{-2}$ 之间,转向类台风:该类台风的东侧始终有一个南北向的正涡度平流输入带,台风中心附近有小范围的涡度平流正负中心,呈南北排列,正涡度平流中心在北面,负涡度平流中心在南面,转向后呈东北—西南走向;正涡度平流值最大在 $4 \sim 6 \text{ s}^{-2}$ 之间,负涡度平流值在 $-6 \sim -4 \text{ s}^{-2}$,在转向前 36~24 h,平流值加强超过了 6 s^{-2} ,转向前 12 h 又开始减弱(图略);台风中心始终在强涡度平流区的西侧。登陆类台风:登陆前 60 h 开始(图略),正负涡度平流中心基本呈东西排列,正值在西面,负值在东面,登陆前 36 h 开始(图略),正负中心距离更近,甚至叠加在一起;正涡度平流大值在 $2 \sim 4 \text{ s}^{-2}$ 之间,在登陆前 24~12 h,很小范围出现大于 6 s^{-2} 的大值区,之后强度减弱;由于正负涡度平流大值位置非常接近,台风中心始终在涡度平流梯度最大区域的上空。从涡度平流的分布可以看到,TC 有向正涡度平流中心移动的趋势,由于陆地的作用,会使涡度的分布出现偏差,主要是正负涡度平流中心更加接近,因此,从涡度平流中心的分布也能对 TC 是否登陆有很好的指示作用。

4 小结与讨论

本文选用比较典型的东海 3 个登陆台风和 3 个转向台风,做天气形势和物理量场的合成分析,以及做物理量场从 925~300 hPa 的整层合成分析。得到以下结论:

(1) 东海转向类 TC 转向前后,副高脊线位置偏南,转向前 72 h 只比 TC 偏北约 5 个纬距左右,副高形状由东西向带状,逐渐向块状转变,在 TC 东侧副高有呈块状分布的趋势。西北行登陆类 TC 登陆前后,副高南北宽度大,达 15—18 个纬距;副高整体形状基本呈宽带状,局部有减弱。

(2) 东海转向类 TC 转向前后,西风带高度场梯度密集区宽度大,且位置偏南;西风带多小槽小脊,比较活跃;西风带距离 TC 越来越近,由转向前 72 h 的 15 个纬距左右,到转向后,它们逐渐结合。而西北行登陆类 TC 登陆前后,它们的西风带高度场梯度密集区位置偏北,离台风约有 18 个纬距,登陆前后也有 12 个纬距左右;另外西风带梯度相对较弱,槽脊活动不是很活跃。流场的分布也体现了以上特点,转向类台风转向前后,中高层西风急流明显,急流在向东传播过程中有增强趋势,而登陆类台风登陆前后,西风急流不明显,没有增强的趋势,高层急流中心一般位于 TC 的西北方和北方。

(3) 东海转向类 TC 转向前后,200 hPa 散度大值区从 TC 的南侧,逐渐逆时针移到了台风的东北侧;TC 上空是一个比较明显的大值区。而登陆类 TC 登陆前后的散度比较凌乱,规律不明显;200 hPa TC 中心西侧有一个小范围的相对大值区,TC 的东南面有其他热带系统活动。

(4) 东海转向类 TC 转向前后,整层涡度平流值在 TC 中心附近有小范围的涡度平流正负中心,呈南北向排列;台风中心始终在强涡度平流区的西侧。而登陆类台风登陆前 60 h 开始,正负涡度平流中心基本呈东西排列,登陆前 36 h 开始,正负中心距离接近,甚至叠加在一起;TC 中心始终在涡度平流梯度最大区域的上空。

另外,由于是合成分析,登陆台风和转向台风的特点凸现,区别更加明显,但是在具体到特定的 TC 路径预报中,有些特点可能不是那么明显,所以要做

更加细致的分析。

参考文献

陈联寿. 2006. 热带气旋研究和业务预报技术的发展. 应用气象学报, 17(6):672-681.

陈联寿,丁一汇. 1979. 西太平洋台风概论. 北京:科学出版社,56-58.

高拴柱,孟智勇,杨贵名. 2009. 台风麦莎渤海转向的可预报性研究. 气象,35(2):8-14.

刘爱鸣,林毅,黄美金,等. 2008. 0713 号台风韦帕路径预报难点分析. 气象,34(10):27-33.

刘爱鸣,林毅,吴幸毓. 2010. 台湾岛及邻近区域热带气旋异常路径特征分析. 气象,36(9):29-35.

马雷鸣,李佳,黄伟,等. 2008. 2007 年国内台风模式路径预报效果评估. 气象,34(10):74-80.

钱燕珍,何彩芬,杨元琴,等. 2001. 热带气旋灾害指数的估算与应用方法. 气象,27(1):14-18.

钱燕珍,张寒. 2004. 台风森拉克路径与预报难点分析. 气象,30(9):19-23.

许映龙. 2011. 超强台风鲇鱼路径北翘预报分析. 气象,37(7):821-826.

许映龙,韩桂荣,麻素红,等. 2011. 1109 号超强台风“梅花”预报误差分析及思考. 气象,37(10):1196-1205.

许映龙,张玲,高拴柱. 2010. 我国台风预报业务的现状及思考. 气象,36(7):43-49.

袁金南,万齐林,黄燕燕,等. 2006. 南海热带气旋路径集合预报试验. 热带气象学报,22(2):105-112.

朱乾根,林锦瑞,寿绍文. 2003. 天气学原理和方法(第三版). 北京:气象出版社,507-554.