

Reason of No. 1330 Typhoon “Haiyan” Path North and the Influence of the Typhoon on South China

Yating Jiang

East China Normal University, Shanghai
Email: 345421315@qq.com

Received: Apr. 6th, 2017; accepted: Apr. 26th, 2017; published: Apr. 30th, 2017

Abstract

Based on the conventional meteorological observation data and the $1^\circ \times 1^\circ$ NCEP reanalysis data and satellite cloud images with a time interval of 6 hours, the reason for the eastward migration of typhoon trail of “Haiyan” No. 1330 was analyzed. And the impact of typhoon in southern China which led to strong precipitation was also analyzed. The results show that the typhoon path is closely related to the intensity and position evolution of the western Pacific subtropical high. When the subtropical high is strengthened, the typhoon is located on the south side of the subtropical high, guided by the east wind flow westward. From 10 onwards, the typhoon is located in the south of Hainan Province, the typhoon is affected by cold air, subtropical high weakened eastward, and the typhoon gradually adjusts to the west side of the subtropical high. At 20 o'clock on the 10th, the typhoon was led by the south wind and turned northbound. Before typhoon landing, by the typhoon inverted trough, China's southern region has abundant water vapor and a strong upward movement; precipitation and 850 hPa vorticity field, divergence field has a good correspondence. During the heavy rainfall, there is obvious water vapor conveyor belt, water vapor convergence and dynamic condition. When typhoon landed, the spiral rain gradually reduced and the southeastern Guangxi cloud regenerated, resulting in another wave of precipitation process.

Keywords

Tropical Cyclones, The Western Pacific Subtropical High, Path, Moisture Conditions, Dynamic Conditions

1330号台风“海燕”路径北翘的原因及其对华南的影响

蒋雅婷

华东师范大学, 上海
Email: 345421315@qq.com

收稿日期: 2017年4月6日; 录用日期: 2017年4月26日; 发布日期: 2017年4月30日

摘要

利用常规气象观测资料、间隔为6小时的 $1^\circ \times 1^\circ$ NCEP再分析资料和卫星云图, 对1330号“海燕”台风路径北翘东移的原因, 以及其对华南地区所带来的强降水过程进行分析。结果表明: 台风的路径和西太平洋副高的强度及位置演变密切相关, 副高西伸加强时, 台风位于副高南侧, 受东风气流引导向西行, 10日起, 台风位于海南省南部, 受冷空气影响, 副高减弱东退, 台风逐渐调整至副高西侧, 10日20时, 台风受南风气流引导而转向北行。台风登陆前, 受台风倒槽影响, 我国华南地区有充沛的水汽和强烈的上升运动, 降水与850 hPa涡度场、散度场有较好的对应关系, 强降水过程中有明显的水汽输送带和水汽辐合与动力条件相配合。台风登陆后, 螺旋雨带降水逐渐减弱, 广西东南部云系再生, 从而产生又一波降水过程。

关键词

热带气旋, 西太平洋副高, 路径, 水汽条件, 动力条件

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

台风移动路径、强度变化及造成的强降水, 一直是台风研究的重点, 在研究过程中, 国内外学者运用不同的研究资料和方法, 对不同台风的路径以及所引起的暴雨进行分析。

台风移动的最基本理论认为, 台风受周围大尺度环境气流的引导而移动, 然而这种大尺度环境气流并不能非常准确地描述台风的运动。台风环流与行星涡度梯度相互作用产生 β 效应, 使台风产生非对称气流, 即 β 涡对, 这种非对称涡旋将使台风以1~3 m/s的速度移向环境引导气流的向极和向西一侧[1]。地形的存在也会对台风路径产生影响[2] [3] [4]。此外, 多种尺度系统与台风相互作用也会对台风路径产生重要影响。台风与台风的相互作用是对台风路径改变较大的一种。De Maria [5]等研究显示, 两个相互靠近的涡旋是相互排斥还是吸引取决于它们之间的距离及二者的涡度廓线。许爱华[6]等分析冷空气南下致使台风“泰利”强度得以维持。姜丽萍[7]等从能量、水汽、动力等方面, 分析了“珍珠”强度维持的原因, 认为北翘的怪异路径与西南季风加强有关。尹洁[8]等研究了进入江西台风的移动路径和暴雨的形成机制, 得出副高的形态和演变影响台风的移动路径, “碧利斯”与西南季风的结合造成强暴雨的结论。沈新勇[9]等对“风神”台风外围中尺度对流系统对台风运动影响分析, 得出结论: 在中尺度对流系统发展到比较强的阶段, 中尺度对流系统对引导气流的影响有25%左右的贡献, 能够对台风的移动造成一些影响。许晓林[10]等研究发现, “风神”的移动路径与副热带高压的演变有关, 路径的多次摆动可能与热带辐合带对流活跃、南海季风和对流活动的波动有关, “风神”发展强度大, 南北对流不对称, 后期南侧低层有冷空气的侵入, 对“风神”强度的发展产生影响。夏冠聪[11]等揭示了“风神”的不对称结构,

同时发现西南风急流的强弱与“风神”的强弱密切相关。李彩玲[12]等发现,台风暴雨主要发生在台风登陆后 48 h 内,水汽通量散度、垂直速度、绝对涡度的空间分布与强降雨落区有很好的对应关系;冷空气入侵低压环流西部触发不稳定能量释放,对降水起到了增幅作用。

此次“海燕”台风的强度强,移速快,给我国华南地区带来较大的影响,台风“海燕”的路径之曲折也是历史罕见,明显呈现北翘东折趋势,因此很有研究必要,本文主要探讨台风“海燕”路径北翘的原因及其对华南的影响,为台风预报提供一些参考。

2. “海燕”台风的概况

2013年11月5日18时(北京时,下同),第30号台风“海燕”(强热带风暴级)于下午加强为台风级(图1),17时其中心位于关岛以南大约765 km的西北太平洋洋面上,中心附近最大风力有12级(33 m/s),中心最低气压为975 hPa;6日8时,台风“海燕”加强为超级台风;6日18时,台风“海燕”48 h内连续加强,成为17级超强台风;7日10时,台风“海燕”加强为超强台风,向菲律宾靠近;8日“海燕”以超强台风袭击菲律宾,而后直奔我国南海,虽强度有所减弱,但其威力不小;8日10时,台风“海燕”登陆菲律宾,造成菲律宾5235人遇难,1613人失踪;10日早上,台风“海燕”到达越南,给越南带来强风暴雨,并导致了人员伤亡;11日5时,“海燕”在越南广宁省下龙市沿海登陆,登陆时中心附近最大风力13级(40 m/s),为1949年以来11月份首个登陆越南北部的台风,登陆越南后,上午9时“海燕”仍以台风级强度移入我国广西境内,并东折向广西东部以东地区。受“海燕”和冷空气影响,10日8时至11日9时,广西南部出现暴雨,部分地区出现大暴雨或特大暴雨,其中超过300 mm的有8个乡镇,200~300 mm的有37个乡镇,100~200 mm有171个乡镇,南宁机场多个航班延误,公路客运站往北海等方向的部分班车停运,全区专业公路有11条中断交通,“海燕”致三亚2人死亡11人失踪,经济损失9.6亿元。

3. 卫星云图分析

卫星云图能够比较直观的检测到台风云系的发生发展,并对降水的强度与落区有明显的指示作用[13]。图2是台风“海燕”登陆过程的卫星云图,从图中可以很明显的看出台风“海燕”风眼的位置及其路径移动情况。卫星云图显示,台风“海燕”在发展过程中,环流呈现出螺旋结构。



Figure 1. Typhoon “Haiyan” movement path (from Wenzhou typhoon network)

图1. “海燕”移动路径图(来自温州台风网)

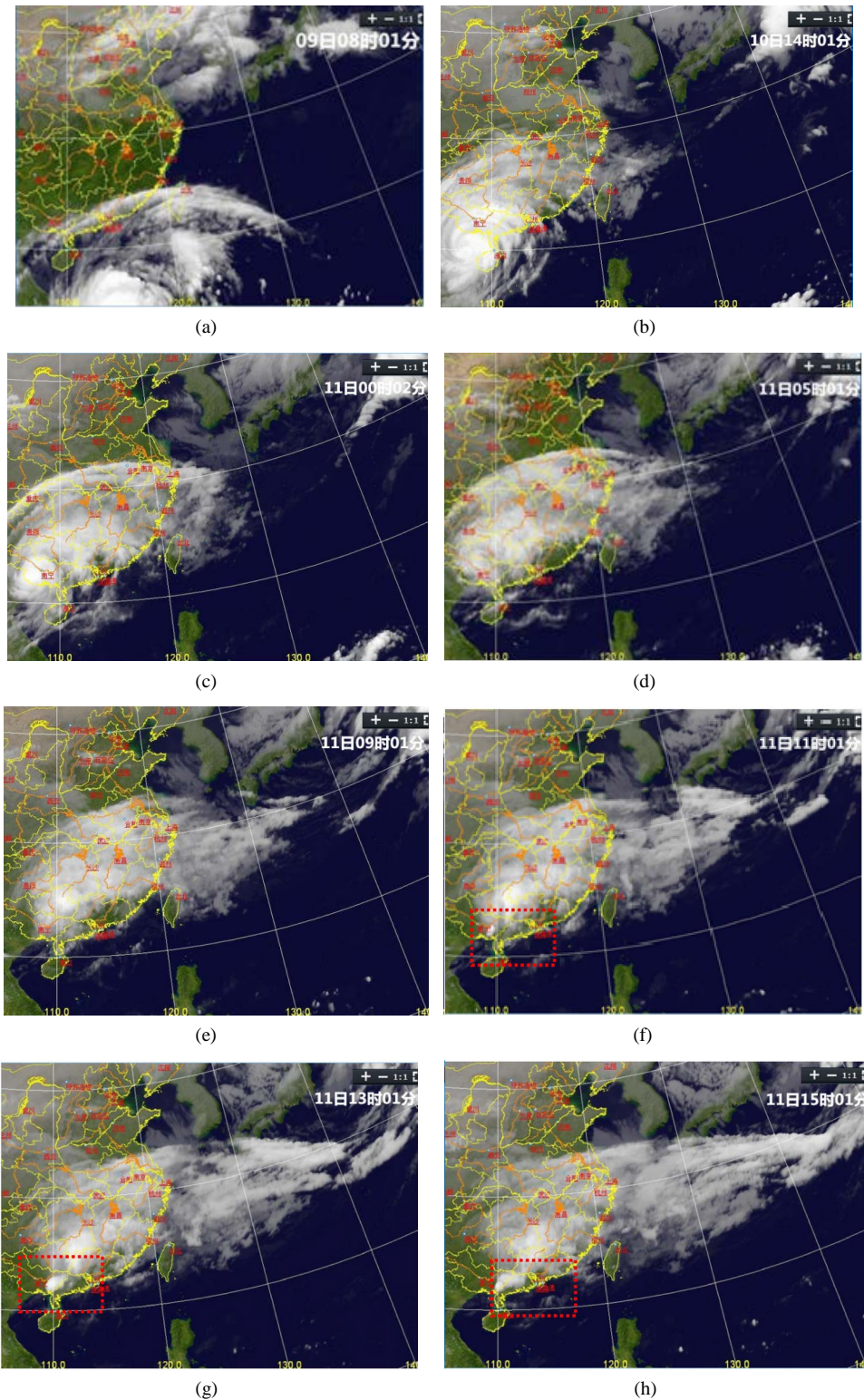


Figure 2. Typhoon “Haiyan” satellite maps from 08 Nov. 9, 2013 to 15 Nov.11, 2013. (a) At 08:00 on the 9th; (b) at 14:00 on the 10th; (c) at 00:00 on the 11th; (d) at 05:00 on the 11th; (e) at 09:00 on the 11th; (f) at 11:00 on the 11th; (g) at 13:00 on the 11th; (h) at 15:00 on the 11th (from Wenzhou typhoon network)

图 2. 2013 年 11 月 9 日 08 时~11 月 11 日 15 时台风“海燕”卫星实况图。(a) 9 日 08 时；(b) 10 日 14 时；(c) 11 日 00 时；(d) 11 日 05 时；(e) 11 日 09 时；(f) 11 日 11 时；(g) 11 日 13 时；(h)11 日 15 时(来自温州台风网)

登录之前, 台风云系和位于台风东北方向的云系逐渐结合起来, 其中, 9日08时至10日14时, 台风云系上呈现出“9”字型(图2(a)、图2(b)), 螺旋结构比较完美, 台风螺旋云系逐渐移至海南上空, 因此给海南带来强降水, 同时, 其东北部云团开始发展, 呈现出较旺盛的对流发展运动, 而台风南部的云系相对比较稀薄和松散, 此时台风“海燕”逐渐向越南靠近; 11日00时, 台风靠近越南(图2(c)), 与陆地的摩擦加大, 位于越南东部、广西西南部陆地上空的卷入气流抬升, 并形成螺旋雨带, 台风东北部云系发展旺盛, 螺旋雨带发展最强, 此时台风具有庞大的云系, 且表现为对称结构, 云系位于广西南部上空, 因此广西南部地区易产生强降水。

当台风登陆后, 台风的螺旋结构开始遭到破坏, 云系相对松散, 对流云团主要集中在台风中心的东北侧, 所对应区域为我国华南地区, 因此这一地区出现了大暴雨或特大暴雨, 其中, 11日05时, “海燕”登陆越南(图2(d)), 强度明显减弱, 螺旋结构遭到破坏, 但仍具有庞大的云系, 其北侧由于受到很强的西太平洋副高东北侧的东南气流的影响, 水汽不断补充到台风云系中, 给予其不竭的动力, 并且同时受到陆上冷空气的影响, 台风云系进一步向东北扩张, 因此可以认为这是华南地区产生暴雨的原因; 11日09时之后, 台风云系变得松散(图2(e)), 且厚度减弱, 趋于消散; 11日11时, 在广西东南部, 由于台风暖湿空气与陆上的干冷空气相遇, 导致云系再生(图2(f)), 可以明显看到有一团积雨云生成(图2(f), 矩形区域), 因此在该地区, 又开始产生一波降水过程; 11日13时, 该积雨云发展旺盛(图2(g), 矩形区域), 其范围扩大, 覆盖广西东部部分地区, 并向广东侵袭, 至15时, 此再生的积雨云已到达两广交界处(图2(h), 矩形区域), 因此降水范围也扩大到广东西部部分地区。

4. 台风路径北翘分析

4.1. 强度特点分析

2013年11月5日17时, 台风中心附近最大风力有12级(33 m/s), 中心最低气压为975 hPa, 18时, 台风“海燕”加强为台风级。6日凌晨加强为强台风级, 8时台风“海燕”成为超级台风, 18时, 台风“海燕”连续48 h内加强, 成为17级超强台风。7日10时, 台风“海燕”加强为超强台风(75 m/s), 18时其中心附近最大风力有17级以上(75 m/s), 中心最低气压为890 hPa。8日, “海燕”以超强台风登录菲律宾, 而后直奔我国南海, 虽强度有所减弱, 但其威力不小。由此可见, “海燕”在生成之后, 强度高, 移速快, 发展迅速。

图3为台风中心气压和最大风速图, 从图中可以看出, 9日5时~22时, 台风中心附近最大风力有14级(45 m/s), 中心最低气压为950 hPa, 9日23时~10日20时, 台风中心附近最大风力有13级(42 m/s), 中心最低气压为955 hPa, 10日23时~11日5时, 台风中心附近最大风力有12级(38 m/s), 中心最低气压为965 hPa, 由此看出, 台风在登录前虽然强度有所减弱, 但是48 h内仅减弱15 hPa, 台风仍保持较强威力, 伴随着台风的庞大的螺旋雨带也逐渐北移至华南地区, 这就是我国华南地区受台风影响时间较长, 降水强度大的原因。台风登陆后至11日10时, 台风中心附近最大风力有12级(33 m/s), 中心最低气压为97 hPa, 登录后仅5 h内, 台风强度减弱10 hPa, 10时之后, 台风强度减弱更迅速, 因此台风所带来的降水过程也结束了。

4.2. 路径分析

台风“海燕”移动路径大致可分成两个阶段: 11月5日18时至11月10日02时的偏西行和11月10日02时之后的北翘东移。其中, 在11月5日18时至11月7日10时, 台风向西北西方向移动, 强度继续加强, 升级为超强台风, 在这一阶段中, 西太平洋副高稳定, 从500 hPa的环流形势图上可以看出, 副高西伸加强, 呈东西向的带状分布, 副高脊线大致稳定在20°N左右, 5880 gpm线最西端越过90°E,

台风中心气压和最大风速图

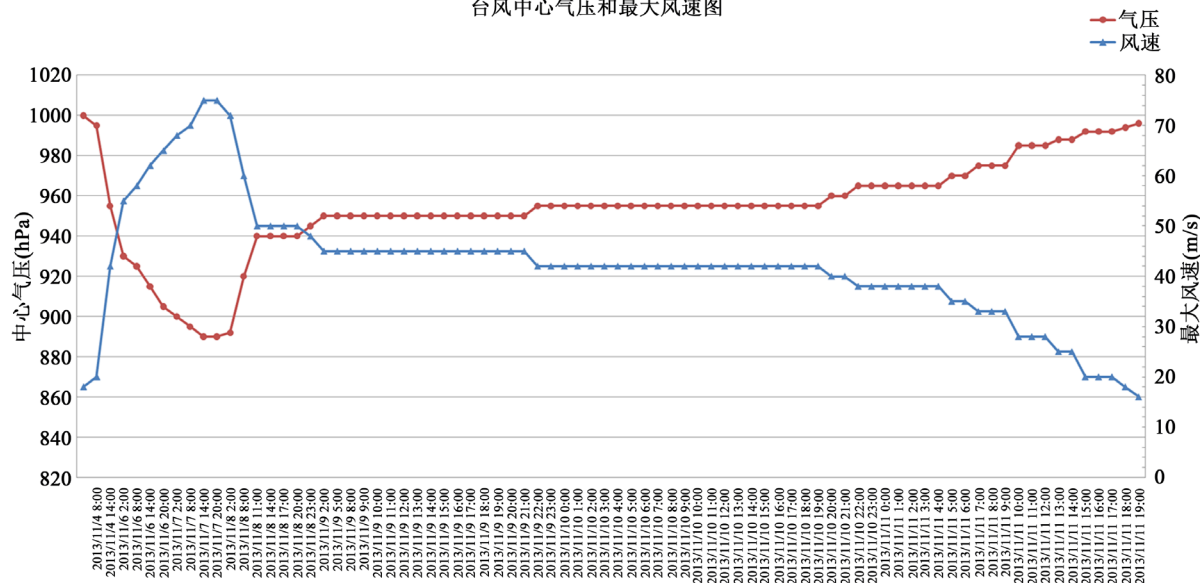


Figure 3. Typhoon center pressure and maximum wind

图 3. 台风中心气压和最大风速图

台风“海燕”位于副高主体的南侧，受到西风气流的引导向西移动，并逐渐由副高南侧调整到副高的偏西南侧，并受到西南气流的影响，从而转为偏西北方向移动，11月7日10时至11月10日02时，台风“海燕”向偏西北方向移动，从500 hPa的环流形势图上可以看出(图4(a)、图4(b))，“海燕”位于副高主体偏西南侧，主要受到西北气流的引导。

11月10日08时~14时，由于副高开始减弱，台风“海燕”位于副高主体西南侧(图4(c)、图4(d))，受到西北气流引导，移动的方向为西北向，随着副高的继续减弱，10日20时~11日02时，5880 gpm线从100°E逐渐东退至110°E，使得台风调整至副高的西侧(图4(e)、图4(f))，这时台风受南风气流引导，移向完全转为北向。

台风登陆后，副高仍减弱，台风调整至副高的东北侧(图4(g)、图4(h))，受偏东气流的引导转而向东移动，从越南境内移入广西，自西向东由广西向广东靠近，给两广地区带来大范围强降水，随后台风强度减弱、消散。

4.3. 路径拐点分析

8日~9日，副高强度稳定，受西太平洋副高的影响，台风“海燕”一直在强环境场移动中西行。在登陆菲律宾以前，“海燕”位于西太平洋副高的偏南侧，其外围大风区与副高南侧相交，“海燕”受副高偏南侧引导气流的影响，逐渐向西北偏西方向移动，8日傍晚台风移出菲律宾时，台风移向仍为西北偏西方向，台风东北侧大风圈与副高西南侧相接，台风仍处于强环境场，9日台风移至副高西南侧，副高5880 gpm线西伸稳定在100°E左右，副高西南侧强大的西北气流引导台风开始折向北移动。

10日，副高减弱东退，台风转向北行。图5为10日08时~11日02时500 hPa变温场图，从图中可以看出，10日08时(图5(a))，华南地区、中南半岛等地有大的负变温，大范围冷空的南侵使得副高减弱，10日14时~11日02时(图5(b)~(d))，冷空气依然南下，降温持续存在，特别是在中南半岛地区，因此，10日起副高开始减弱，到11日，副高5880 gpm线明显从100°E移至110°E左右，从而使得台风位于副高的西侧，受到南风气流引导，路径北翘。

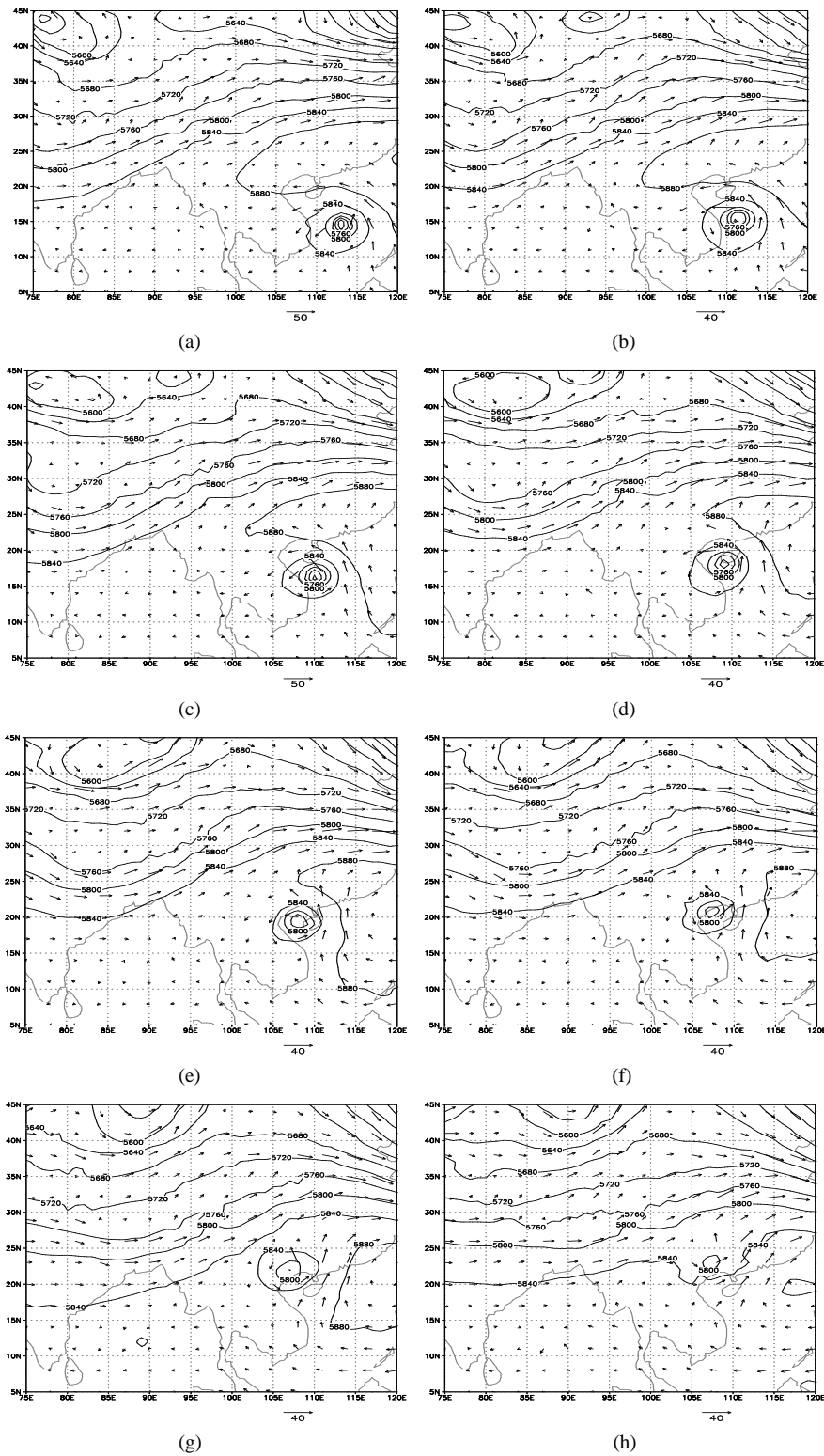


Figure 4. 500 hPa potential field (unit: gpm) and wind field (unit: m/s). (a) At 20:00 on the 9th; (b) at 02:00 on the 10th; (c) at 08:00 on the 10th; (d) at 14:00 on the 10th; (e) at 20:00 on the 10th; (f) at 02:00 on the 11th; (g) at 08:00 on the 11th; (h) at 14:00 on the 11th

图 4. 500 hPa 位势场(单位: gpm)和风场(单位: m/s)。(a) 9 日 20 时; (b) 10 日 02 时; (c) 10 日 08 时; (d) 10 日 14 时; (e) 10 日 20 时; (f) 11 日 02 时; (g) 11 日 08 时; (h) 11 日 14 时

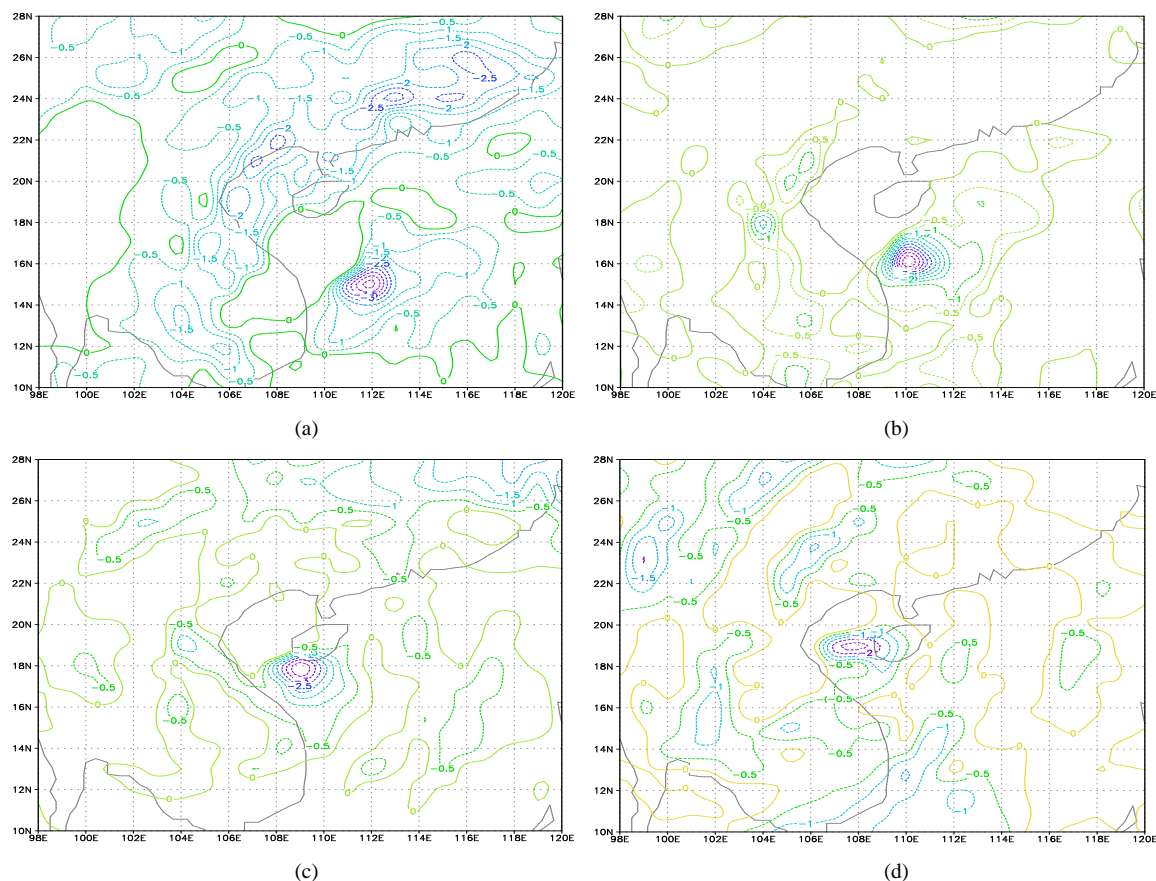


Figure 5. 500 hPa variable temperature field (unit: $^{\circ}\text{C}$). (a) At 08:00 on the 10th; (b) at 14:00 on the 10th; (c) at 20:00 on the 10th; (d) at 02:00 on the 11th

图 5. 500 hPa 变温场(单位: $^{\circ}\text{C}$)。 (a) 10 日 08 时; (b) 10 日 14 时; (c) 10 日 20 时; (d) 11 日 02 时

11 日 5 时, 台风登陆后, 副高减弱, 台风调整至副高偏北侧, 受偏东气流引导, 转向东移动, 11 日 23 时, 低压中心与低槽的正涡度区合并, 台风减弱消散, 12 日后, 500 hPa 环流场上无明显的低压环流。

由此可见, 副高的位置和形状决定了台风的走向, 台风“海燕”路径北翘东移是由于副高减弱东退引起的。

5. 流场分析

图 6 为 11 日 08 时 500 hPa 和 11 日 20 时 500 hPa、700 hPa 以及 850 hPa 的流场图, 从图中同样可以看出, 11 日 08 时(图 6(a)), 台风已登录, 副高有所减弱, 此时台风位于副高偏东北侧, 受东南气流引导, 从而转向东北方向移动; 11 日 20 时, 台风受冷空气影响, 结构遭到破坏, 高层先减弱, 从图中可以明显看出, 高层 500 hPa 环流已并入槽中(图 6(b)), 中低层仍有闭合环流存在(图 6(c)、图 6(d)), 台风登陆后自高层向低层逐渐减弱, 因此台风在登录以后维持时间不长, 减弱较快。

6. 强降水分析

6.1. 强降水的分布

图 7 为 2013 年 11 月 10 日 08 时~11 日 08 时和 11 日 08 时~12 日 08 时的 24 小时累计降水量分布图, 从图中可以看出, 10 日 08 时~11 日 08 时(图 7(a)), 海南省东部大范围地区为特大暴雨区, 部分地区降水

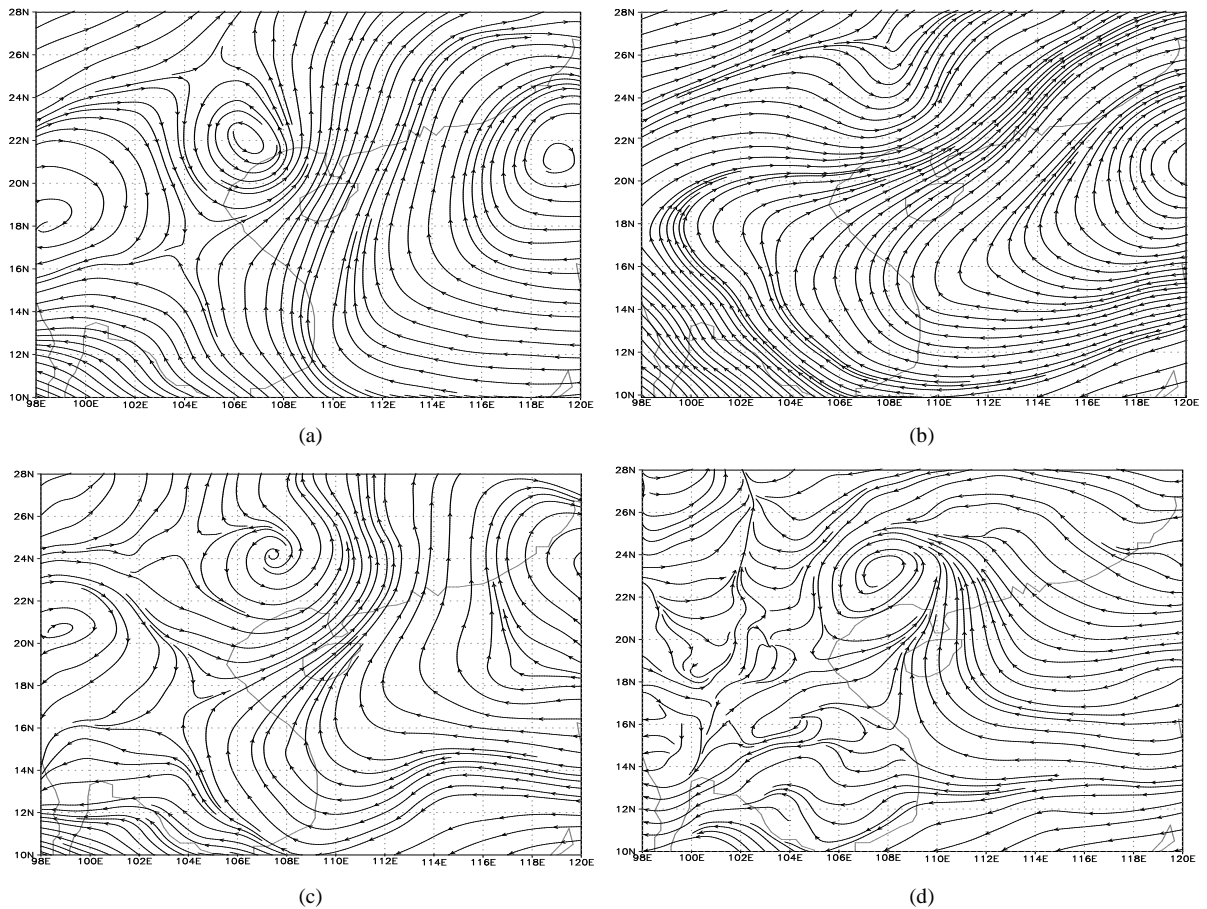


Figure 6. Flow field (unit: m/s). (a) 500 hPa, at 08:00 on the 11th; (b) 500 hPa, at 20:00 on the 11th; (c) 700 hPa, at 20:00 on the 11th; (d) 850 hPa, at 20:00 on the 11th

图 6. 流场(单位: m/s)。 (a) 500 hPa, 11 日 08 时; (b) 500 hPa, 11 日 20 时; (c) 700 hPa, 11 日 20 时; (d) 850 hPa, 11 日 20 时

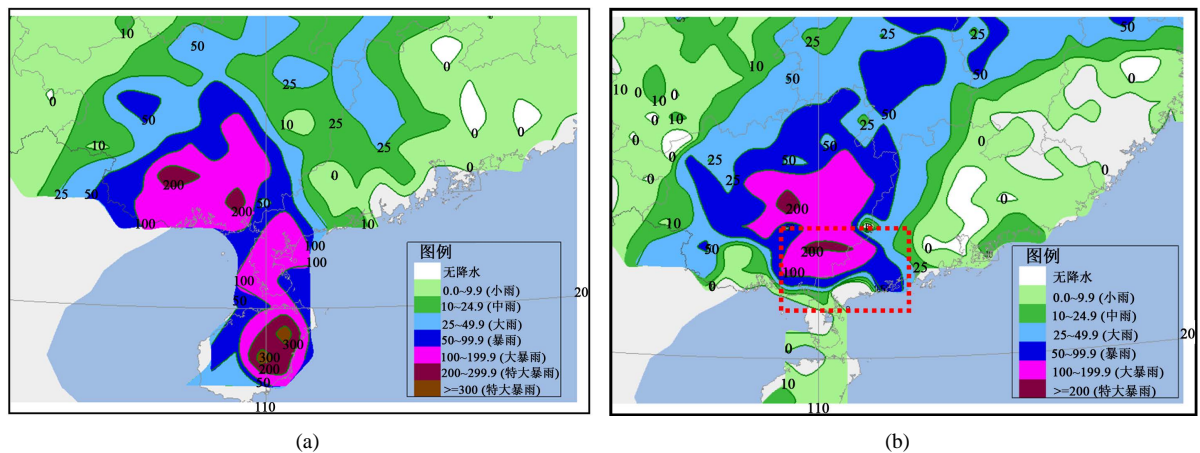


Figure 7. Precipitation distribution (unit: mm). 24 hours cumulative precipitation from November 10, 2013 at 08:00 to November 11, 2013 at 08:00; (b) 24 hours cumulative precipitation from November 11, 2013 at 08:00 to November 12, 2013 at 08:00

图 7. 降水量分布(单位: mm)。 (a) 2013 年 11 月 10 日 08 时~11 日 08 时 24 小时累计降水量; (b) 2013 年 11 月 11 日 08 时~12 日 08 时 24 小时累计降水量

量达 300 mm 以上, 广西南部大部分地区为大暴雨区, 部分地区为特大暴雨区, 广东南部为大暴雨区。11 日 08 时~12 日 08 时(图 7(b)), 海南大部分地区为小雨, 西部为中雨, 海南省的降水过程基本结束, 广西大部分地区为暴雨区, 中部为大暴雨区, 部分地区为特大暴雨区, 广东西部为暴雨区, 部分地区为特大暴雨区。

图 8 为 2013 年 11 月 11 日 08 时~14 时 6 小时降水量分布图, 对比 2013 年 11 月 11 日 08 时~12 日 08 时 24 小时累计降水量和 2013 年 11 月 11 日 08 时~14 时 6 小时累计降水量分布图可知, 11 日 08 时~12 日 08 时的降水大部分发生在前 6 个小时, 由于此时台风已登录, 其云系逐渐减弱消散, 导致随后降水减少, 同时, 通过对比卫星云图(图 2(f)~(h), 矩形区域)可知, 广西东南部的特大暴雨区(图 7(b), 图 8, 矩形区域)是由于再生的积雨云云系产生的降水所致。

6.2. 水汽条件

图 9 为 2013 年 10 日 20 时~11 日 14 时的水汽通量散度和风矢量场的分布, 从图中可以看出, 台风登陆前, 10 日 20 时~11 日 02 时, 台风中心仍在北部湾上空, 台风环流东北部的东南暖湿气流旺盛, 是水汽输送的主要来源, 其中, 10 日 20 时(图 9(a)), 水汽通量辐合区北抬至北部湾上空, 范围扩大, 且辐合中心值增大, 而广西省西南部的辐散中心也增强, 海南西南部海面上有水汽通量辐散区; 11 日 02 时(图 9(b)), 水汽通量辐合区继续北抬, 强度稳定, 辐合中心位于广西南部, 广东北部、海南北部均出现辐合区, 而辐散区北移至海南西部海面上。

台风登陆后, 11 日 08 时(图 9(c)), 水汽通量辐合区北抬大幅增强, 广西大部分地区位于辐合区, 其中心强度数值为 $-24 \times 10^{-8} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 台风东部的东南气流北抬, 为广西输送充足的水汽, 在水汽通量散度值很小, 水汽强烈辐合的区域, 就是本次台风过程中降水最多的地方, 11 日 14 时(图 9(d)), 台风东移, 强度减弱, 水汽通量散度的强度同样减弱, 其中心数值为 $-12 \times 10^{-8} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 但是辐合区范围仍然较大, 对比卫星云图(图 2(f)、图 2(g)、图 2(h), 矩形区域)和累计降水量图(图 7(b), 图 8, 矩形区域)可知, 辐合中心(图 9(c)、图 9(d), 矩形区域)与上述区域一一对应, 这为台风登陆后的云系再生提供了充分的水汽供应。

通过对台风“海燕”水汽通量散度场分析可知, 本次台风“海燕”暴雨过程中, 水汽通量散度辐合主要集中在 850 hPa 以下, 其辐合场对暴雨落区的预报有很好的指示作用, 台风刚登陆时水汽通量散度有明显增幅, 强的水汽辐合区和强降水区相对应, 并且强降水落区的趋向与水汽辐合走向一致。

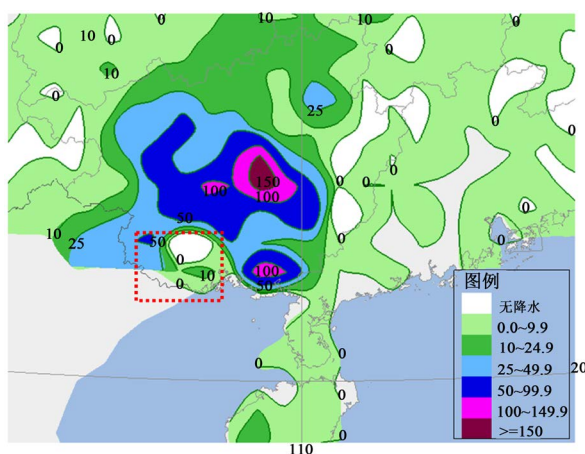


Figure 8. 6 h Precipitation distribution from 08 Nov. 11, 2013 to 14 Nov. 11, 2013 (unit: mm)

图 8. 2013 年 11 月 11 日 08 时~14 时 6 小时降水量分布(单位: mm)

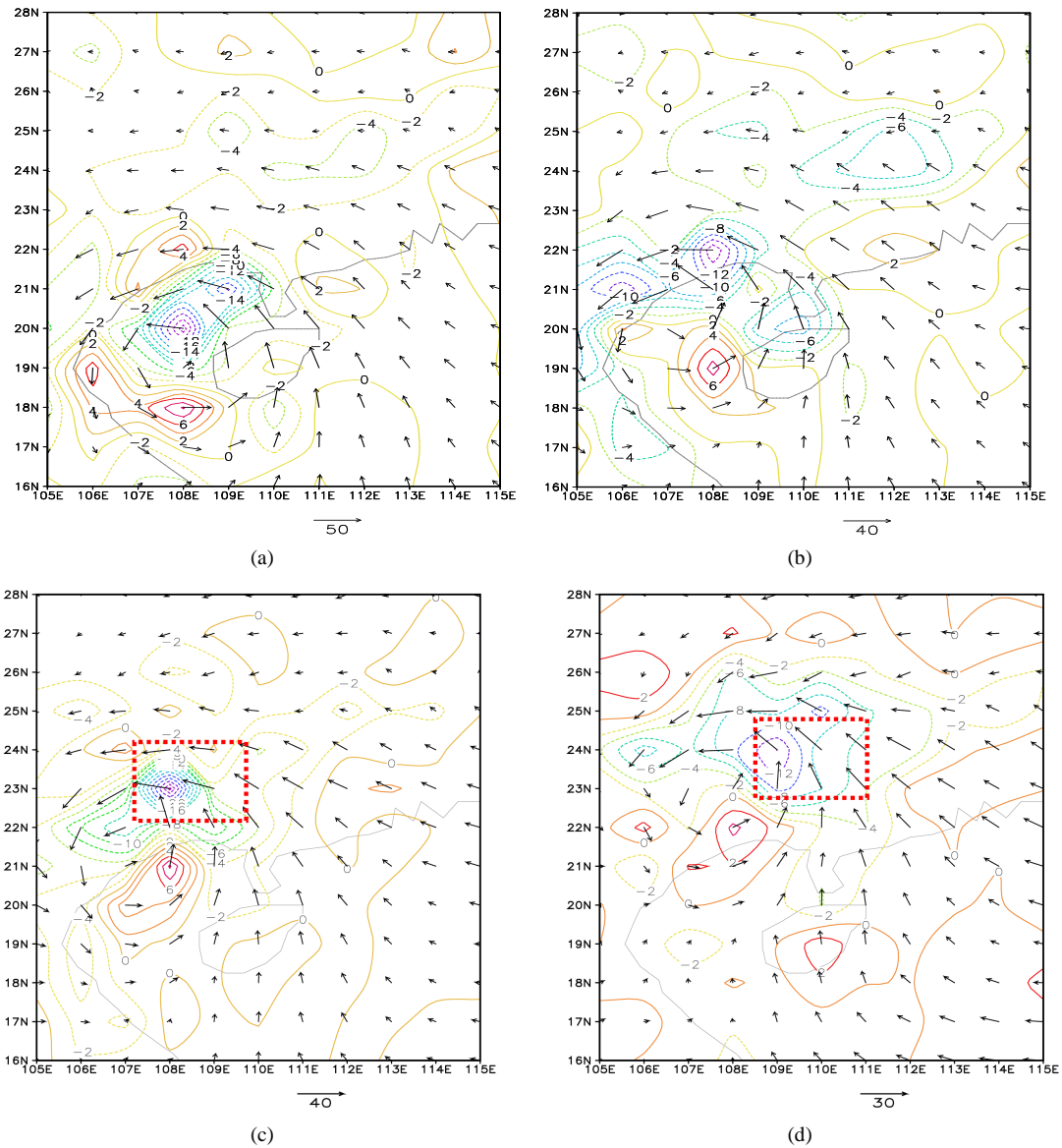


Figure 9. 500 hPa water vapor flux divergence (unit: $10^{-8} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$) and wind field (unit: m/s). (a) At 20:00 on the 10th; (b) at 02:00 on the 11th; (c) at 08:00 on the 11th; (d) at 14:00 on the 11th

图 9. 500 hPa 水汽通量散度(单位: $10^{-8} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)和风场(单位: m/s)。 (a) 10 日 20 时; (b) 11 日 02 时; (c) 11 日 08 时; (d) 11 日 14 时

6.3. 高低层辐合辐散

持续的上升运动时维持暴雨的一个主要条件，在准地转条件下，上升运动的维持需要有利的风场支持[14]。对各层不同时间散度场的分析发现，低层的辐合中心和高层的辐散中心基本一致，辐散辐合中心位于台风偏北部，这与台风的移动路径有着较好的指示作用。

图 10 为 2013 年 11 月 11 日 02 时和 08 时 850 hPa 和 200 hPa 的散度场，从图中可以看出，850 hPa 的辐合中心和 200 hPa 的辐散中心基本一致，在台风登陆前，广西南部地区对应辐合运动，极值中心数值达到 $-8 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ (图 10(a))，台风登录后，摩擦增大，不稳定能量增大，并且在华南沿海出现大风天气，从而使得辐合明显增大，辐合区域扩大，广西大部分地区位于辐合区，辐合中心强度加强为 $-12 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$

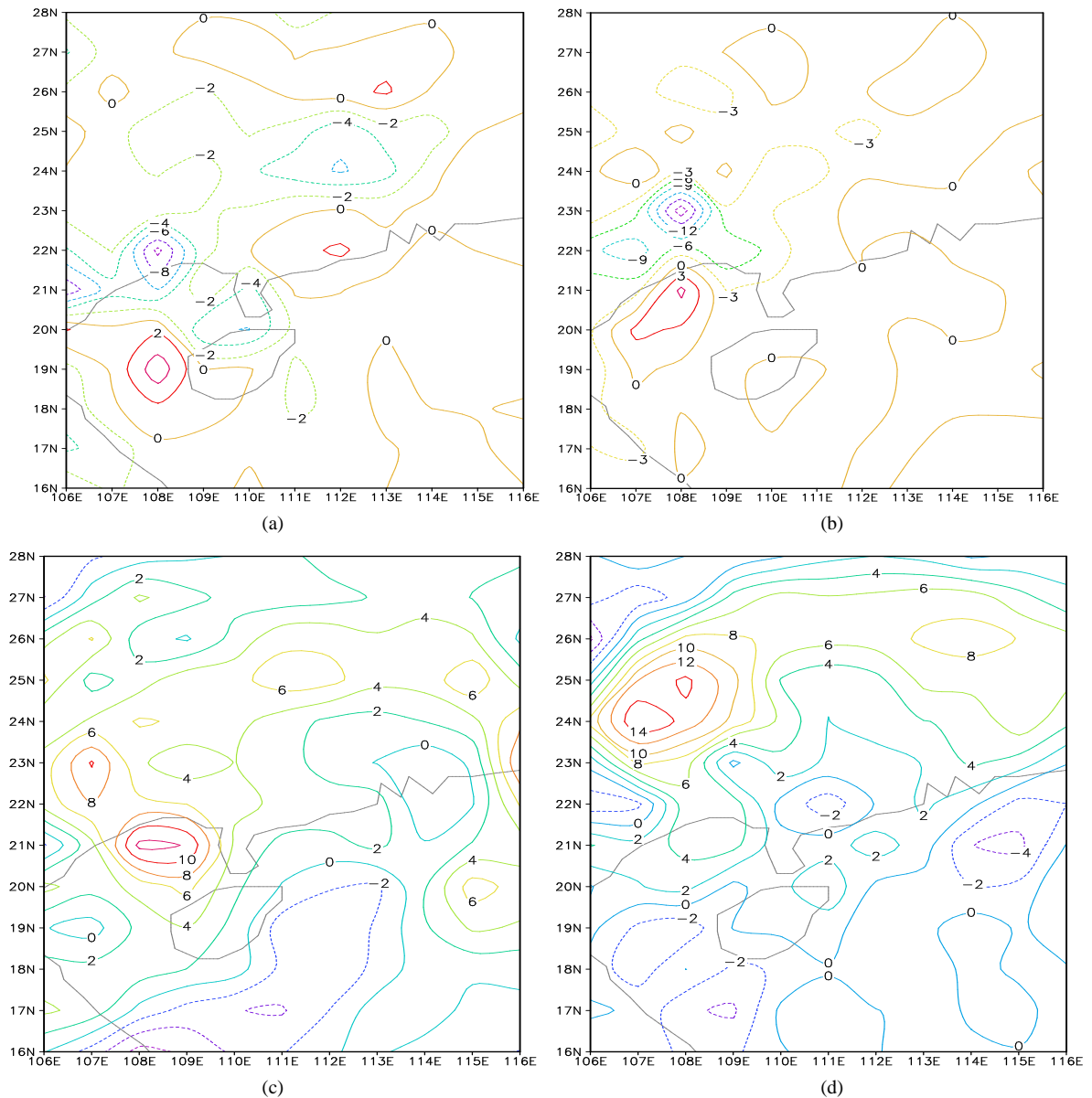


Figure 10. Divergence field (unit: 10^{-5} s^{-1}). (a) At 02:00 on the 11th, 850 hPa; (b) at 08:00 on the 11th, 850 hPa; (c) at 02:00 on the 11th, 200 hPa; (d) at 08:00 on the 11th, 200 hPa

图 10. 散度场(单位: 10^{-5} s^{-1})。 (a) 11 日 02 时 850 hPa; (b) 11 日 08 时 850 hPa; (c) 11 日 02 时 200 hPa; (d) 11 日 08 时 200 hPa

(图 10(b))。结合 200 hPa 散度场(图 10(c)、图 10(d))和 850 hPa 散度场, 易得出在周围流场和台风之间的垂直方向上形成了闭合环流, 这种环流使得不稳定能量从周围流场中释放出来, 转变成台风的动能, 从而促进台风的发生发展。

6.4. 动力条件

通过对不同层次涡度场的分析发现, 强的正涡度中心对应着强降水区域, 并且正涡度中心的移动对降水区域的移动有指示作用。这里主要分析 850 hPa 的涡度场。图 11 为 2013 年 11 月 10 日 20 时~11 日 14 时 850 hPa 的垂直速度和绝对涡度分布, 其与强降水的落区变化有较好的对应关系。

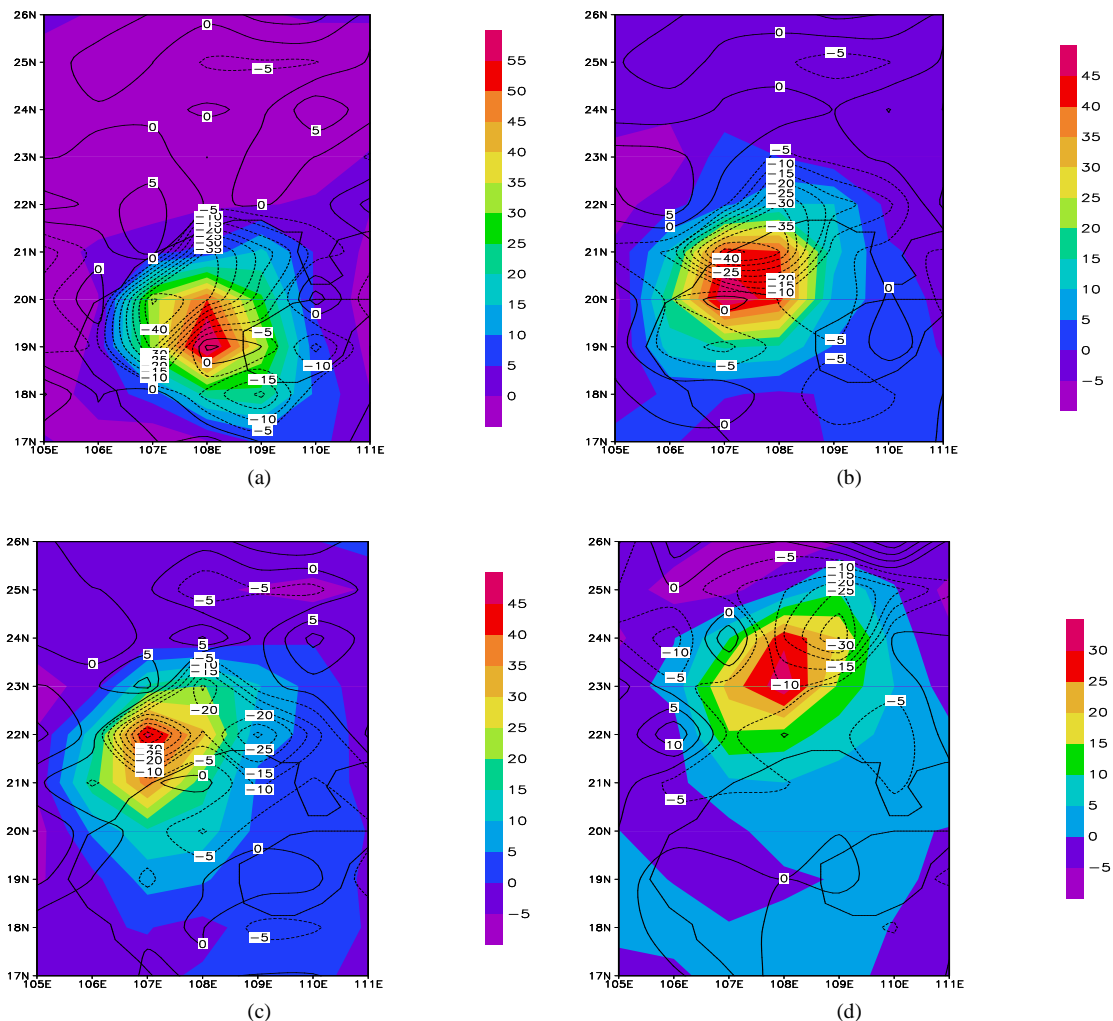


Figure 11. 850 hPa vertical speed (unit: 10^{-3} hPa/s) and absolute vorticity (unit: 10^{-5} s^{-1}). (a) At 20:00 on the 10th; (b) at 02:00 on the 11th; (c) at 08:00 on the 11th; (d) at 14:00 on the 11th
图 11. 850 hPa 垂直速度(等值线, 单位: 10^{-3} hPa/s)和绝对涡度(阴影, 单位: 10^{-5} s^{-1})。 (a) 10 日 20 时; (b) 11 日 02 时; (c) 11 日 08 时; (d) 11 日 14 时

台风登陆前, 台风逐渐转向北方移动, 相应的绝对涡度正值中心和垂直速度负值中心北抬, 其中, 10 日 20 时(图 11(a)), 绝对涡度正值中心北抬至海南西面, 北部湾洋面上空, 垂直速度负值中心在绝对涡度正值中心西面的北部湾洋面上空; 11 日 02 时(图 11(b)), 绝对涡度正值中心向东北方向移动, 而垂直速度负值中心向北方移动, 一部分负值中心区域在陆上, 两个中心接近重合。

台风登陆后, 11 日 08 时(图 11(c)), 垂直速度负中心 -30×10^{-3} hPa/s 北抬至 22°N , 107°E 附近, 与涡度正值中心在我国广西西南部重合, 两个值的中心强度均达到最大值, 随后两个中心继续向东北方向移动; 11 日 14 时之后(图 11(d)), 涡度正值中心明显减弱, 说明台风强度减弱迅速, 而垂直速度负值中心维持 -30×10^{-3} hPa/s 的强度, 向东北移动, 随后向东南移至广东中部, 从而有利于云系再生(卫星云图, 图 2(f)、图 2(g)、图 2(h), 矩形区域); 11 日 20 时, 虽然垂直速度仍有 -30×10^{-3} hPa/s, 但涡度明显减弱, 因此台风逐渐消散(图略)。

为了进一步分析 10 日至 11 日台风暴雨落区的分布情况, 对台风的垂直速度和绝对涡度沿台风中心的纬度作垂直剖面(图略), 分析发现, 绝对涡度和垂直速度的分布呈现出较完美的对称结构, 正涡度区和

上升运动区相近, 上升运动强度维持稳定, 因此台风中心有强烈的辐合上升运动, 且辐合层深厚。

综上所述, 在台风移动发展过程中, 垂直速度和绝对涡度相互配合, 使得台风中心维持强烈的辐合上升运动, 而这一区域与强降水区对应, 台风登陆后, 虽然辐合减弱, 但是上升运动仍维持原有强度, 为强降水提供了有效的能量垂直输送, 是强降水的动力机制来源, 这一最大上升运动区与华南地区的强降水中心相对应。同时, 上升运动为中尺度对流云团的发展和维持提供了条件, 从而增大了降水的强度。再者, 上升运动也使得水汽强烈辐合上升, 这正是造成暴雨的直接原因。

7. 结论

通过以上对台风“海燕”路径北翘的原因分析, 以及其对华南的影响分析, 得出以下结论:

(1) 台风“海燕”移动路径和副高的位置、形状密切相关, 台风一直沿着副高外围移动, 从副高的南侧逐渐调整至副高西南侧, 受冷空气的影响, 副高减弱东退, 导致台风移至副高西侧, 从而台风转向北方移动, 随着副高进一步东退, 台风移至副高偏北侧, 从而路径再次转向东移动。

(2) 台风“海燕”在移动过程中给我国华南地区带来强降水, 降水区域位于台风东北部, 台风倒槽附近, 主要集中在海南, 广西, 以及广东西部, 降水区域与台风螺旋云系, 水汽通量散度, 绝对涡度以及垂直速度有很好的对应关系。

(3) 台风“海燕”登录后, 强度减弱, 云系消散时, 由于有充足的水汽供应, 以及强烈的、持续的上升运动, 并且在华南沿海有大风天气存在, 导致在广西东南部的云系再生, 并东移范围扩大, 从而给两广交界处带来又一波降水过程。

参考文献 (References)

- [1] Carr, L.E. and Elsberry, R.L. (1990) Observational Evidence for Predictions of tropical Cyclone Propagation Relative to Steering. *Journal of the Atmospheric Sciences*, **47**, 542-546. [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1990\)047<0542:OEFPOT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1990)047<0542:OEFPOT>2.0.CO;2)
- [2] Huang, Y.H., Wu, C.C. and Wang, Y.Q. (2011) The Influence of Island Topography on Typhoon Track Deflection. *Monthly Weather Review*, **139**, 1708-1727. <https://doi.org/10.1175/2011MWR3560.1>
- [3] Jian, G.J. and Wu, C.C. (2008) A Numerical Study of the Track Deflection of Super-Typhoon Haitang (2005) Prior to Its Landfall in Taiwan. *Monthly Weather Review*, **136**, 598-615. <https://doi.org/10.1175/2007MWR2134.1>
- [4] Lin, Y.L., Chen, S.Y., Hill, C.M., et al. (2005) Control Parameters for the Influence of a Mesoscale Mountain Range on Cyclone Track Continuity and Deflection. *Journal of the Atmospheric Sciences*, **62**, 1849-1866. <https://doi.org/10.1175/JAS3439.1>
- [5] De Maria, M. and Chan, J.C. (1984) Comments on “A Numerical Study of the Interactions between Two Tropical Cyclones”. *Monthly Weather Review*, **112**, 1643-1645. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1984\)112<1643:CONSOT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1984)112<1643:CONSOT>2.0.CO;2)
- [6] 许爱华, 陈涛, 朱光宇, 等. “泰利”台风低压大暴雨过程分析和数值模拟试验[J]. 气象与减灾研究, 2006, 29(2): 25-31.
- [7] 姜丽萍, 夏冠聪, 尤红, 等. “珍珠”台风强度及路径异常的分析[J]. 台湾海峡, 2008, 27(1): 124-128.
- [8] 尹洁, 金米娜, 冯开明, 等. 三个进入江西的台风路径和暴雨形成机制对比分析[J]. 气象与减灾研究, 2007, 30(2): 18-22.
- [9] 沈新勇, 毕明玉, 张玲, 刘佳. 中尺度对流系统对台风“风神”移动路径影响的研究[J]. 气象学报, 2012, 70(6): 1173-1187.
- [10] 许晓林, 谭燕, 余晖, 王晓峰. 0806号台风“风神”过程分析及预报精度评估[J]. 大气科学研究与应用, 2010(1): 68-80.
- [11] 夏冠聪, 曹文博, 姜丽萍. 0806号台风“风神”引起的特大暴雨过程分析[C]//中国气象学会台风委员会. 第26届中国气象学会年会热带气旋科学研讨会分会场论文集. 上海: 中国气象局上海台风研究所, 2009: 8.
- [12] 李彩玲, 寿绍文, 陈艺芳. 台风“风神”暴雨落区的诊断分析[J]. 热带气象学报, 2010, 26(2): 250-256.

- [13] 徐金霞, 刘奇俊, 宋振鑫, 等. 台风“莫拉克”降水观测与云物理特征的模拟研究[J]. 成都信息工程学院学报, 2012, 27(3): 292-301.
- [14] 黄文根, 邓北胜, 熊延南. 一次台风暴雨的初步分析[J]. 应用气象学报, 1997, 8(2): 247-251.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ag@hanspub.org