

# Analysis on Long-Time Maintenance Mechanism of Typhoon Ampil (1810) after Its Landing

Rui Guo, Xiaowei Jia, Dan Wu, Meiqi Li

Hebei Provincial Meteorological Service Centre, Shijiazhuang Hebei  
Email: gr\_jnyxb@163.com

Received: May 9<sup>th</sup>, 2019; accepted: May 22<sup>nd</sup>, 2019; published: May 29<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

Typhoon Ampil (1810) has maintained as a tropical storm for over 60 hours after its landing. The mechanism of its long-time maintenance has been analyzed. The results indicate that large-scale circulation background played an important role in intensity of Ampil's maintenance. A good background for Ampil's maintenance has been provided by upper jet stream, subtropical high over the western Pacific and weak wind shear, and the water vapor transport. The asymmetric structure of horizontal wind speed of Ampil helped the preservation and enhancement of cyclonic vorticity. The divergence at upper level and convergence at low level benefited the upward movement near the center of typhoon. When the cold air destroyed the warm barotropic structure, Ampil trended to transit. The flat ground and latent heat transportation were favorable for Ampil's long time maintenance.

## Keywords

Typhoon, Mechanism of Long-Time Maintenance, Circulation Background, Structure of Typhoon

---

# 1810号台风“安比”登陆后长时间维持机制分析

郭蕊, 贾小卫, 吴丹, 李美琪

河北省气象服务中心, 河北 石家庄  
Email: gr\_jnyxb@163.com

收稿日期: 2019年5月9日; 录用日期: 2019年5月22日; 发布日期: 2019年5月29日

## 摘要

1810号台风“安比”在登陆后,维持热带风暴强度北上,在陆上维持时间超过60小时。本文对台风“安比”登陆后长时间维持的机制进行了分析,得出大尺度环流背景是“安比”强度维持的重要条件,高空急流加强、副热带高压维持、弱的环境风切变都为台风强度维持提供了良好的环境条件,偏南急流和水汽输送的长时间存在也有利于台风的强度维持。“安比”本身的水平风速不对称结构有利于气旋性涡度的保持和增强,高空辐散、低空辐合有利于台风中心附近保持上升运动,暖心正压结构逐渐被冷空气侵入而破坏,促进了台风的变性。“安比”北上过程中平坦的下垫面和持续的潜热输送也对长时间维持有利。

## 关键词

台风, 长时间维持机制, 环流背景, 台风结构

Copyright © 2019 by author(s) 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

台风是影响我国的重要热带天气系统,其中台风灾害集中出现在登陆阶段,因此对登陆台风的风、雨、路径、维持机制等方面的研究不胜枚举。尤其是登陆后长久维持的台风[1][2],其带来的影响范围大、持续时间长,带来的灾害性天气也影响巨大。因此,对台风登陆后维持机制的研究,是分析其带来的灾害性天气的基础[3]。影响台风强度变化的因子大致可分为三类[4]。尤其是大尺度系统作为台风生成、发展的背景,有重要的作用[5]。副高西侧气流对登陆后台风能够造成的降水强度有非常重要的意义,充沛的水汽输送有利于台风环流中对流系统的发生发展[6][7],小的垂直切变有利于雨区集中,使降雨强度增大。台风本身结构对台风的维持、风雨的分布也有显著影响[8][9]。海表面输送的热量台风发展提供能量来源,对台风强度的变化起到重要的作用,台风登陆后,其强度受到地表摩擦的影响会减弱[10],但近地面气旋性环流在有利条件下仍会造成显著影响[11]。

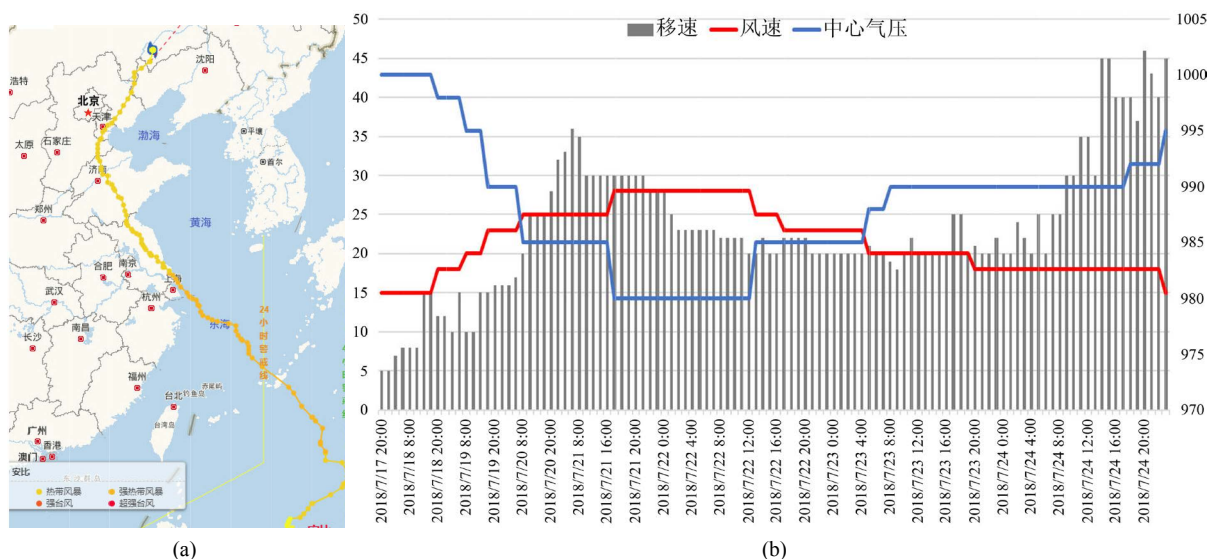
1810号台风“安比”登陆后维持热带风暴强度超过60小时,在登陆台风中属于长久维持的,也是几十年来首个以热带风暴强度影响河北、天津、北京的北上台风。因此,本文对台风“安比”登陆后长时间维持的机制进行分析和探讨,希望能够为之后华北区域的台风预报预警服务提供有益的结论。

## 2. 台风“安比”概况

1810号台风“安比”于2018年7月18日20时在菲律宾以东的西北太平洋洋面生成,之后先向东北方向移动,20日08时加强为强热带风暴级并转向西北方向移动,于2018年7月22日12时30分前后在上海市崇明岛沿海登陆,登陆强度为强热带风暴。22日17时减弱为热带风暴,其后维持热带风暴的强度,以每小时25公里左右的速度向北偏西方向移动,保持热带风暴强度途经江苏、山东、河北、天津、辽宁等地,中央气象台于7月25日02时对其停止编号(图1(a))。

“安比”在西北太平洋洋面生成后逐渐加强,中心附近最大风力一度达到10级(28米/秒),中心最低气压980百帕。7月22日中午登陆时,中心附近最大风力有10级(28米/秒),中心最低气压为982百帕。登陆之后“安比”强度下降至热带风暴级,并在北上过程中长时间维持强度,移动速度保持在20公里/

小时左右, 途经江苏、山东、河北、天津等地后, 中心附近最大风速仍有 18 米/秒。“安比”移出河北后减弱为热带低压, 随后变性为温带气旋(图 1(b))。



**Figure 1.** The track of Ampil (a), the time variation of the moving speed (left axis, grey bar, unit:  $\text{kmh}^{-1}$ ), maximum wind velocity near the center of tropical cyclone (left axis, red line, unit:  $\text{ms}^{-1}$ ) and central pressure (right axis, blue line, unit: hPa) (b)

**图 1.** “安比”路径(a)以及登陆后移动速度(左侧坐标轴, 灰色柱, 单位:  $\text{kmh}^{-1}$ )、中心附近最大风速(左侧坐标轴, 红色实线, 单位:  $\text{ms}^{-1}$ )、中心气压(右侧坐标轴, 蓝色实线, 单位: hPa)随时间变化(b)

### 3. 资料来源

本文台风资料来源于中央气象台台风网; 天气形势场、物理量等资料利用 2018 年 7 月 22 日到 25 日地面气象站观测资料, 以及 NCEP/NCAR 再分析资料(时间分辨率为 6 h, 空间分辨率为  $1^\circ \times 1^\circ$ )。

## 4. “安比”强度长时间维持的大尺度环流背景

### 4.1. 南亚高压与高空急流

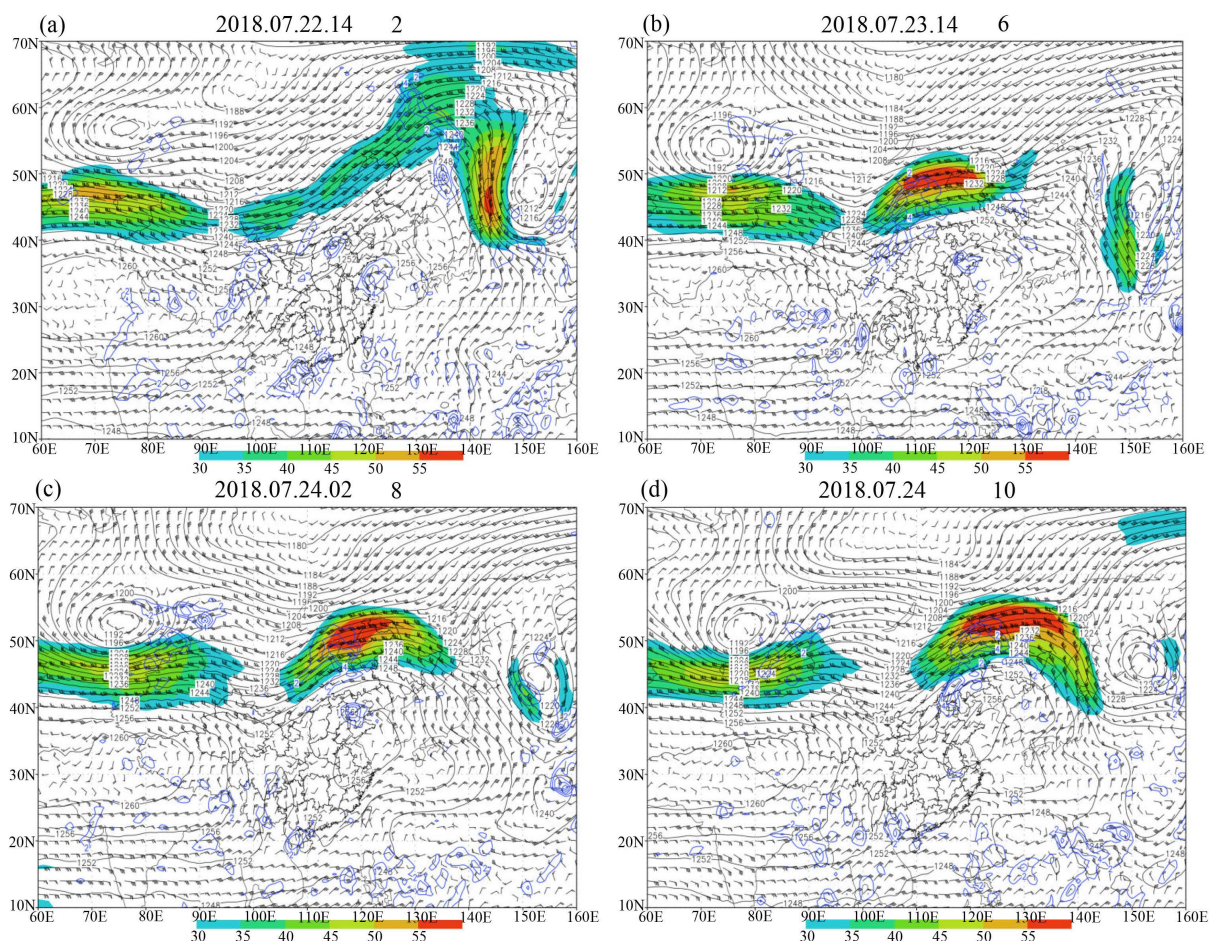
“安比”登陆后, 其中心一直位于南亚高压东环内(图 2(a)), 台风上层正散度得以维持。随着台风北上(图 2(b), (c)), 南支急流强度有所增强, 当台风北上至西风带时(图 2(d)), 位于急流入口右侧, 辐散增强, 强大的辐散抽吸作用使台风强度得以继续维持。西风带槽前急流的增强, 使其南侧的负涡度也迅速增加, 而通过位势倾向方程可以得知, 负涡度的迅速增加有利于其南侧中低层位势高度的增加, 并由此导致东环副热带高压得以维持, 而副热带高压的维持对台风的移动和维持都有重要作用。

### 4.2. 副热带高压与西风槽

“安比”登陆北上期间, 500 hPa 欧亚中高纬为宽大的低压区(图 3), 向南延伸出切断低压并随西风带东移, 中纬有短波槽在河套附近加深, 东移接近“安比”环流。太平洋中部槽深厚, 发展出切断低涡, 也有利于副高的维持和西进。

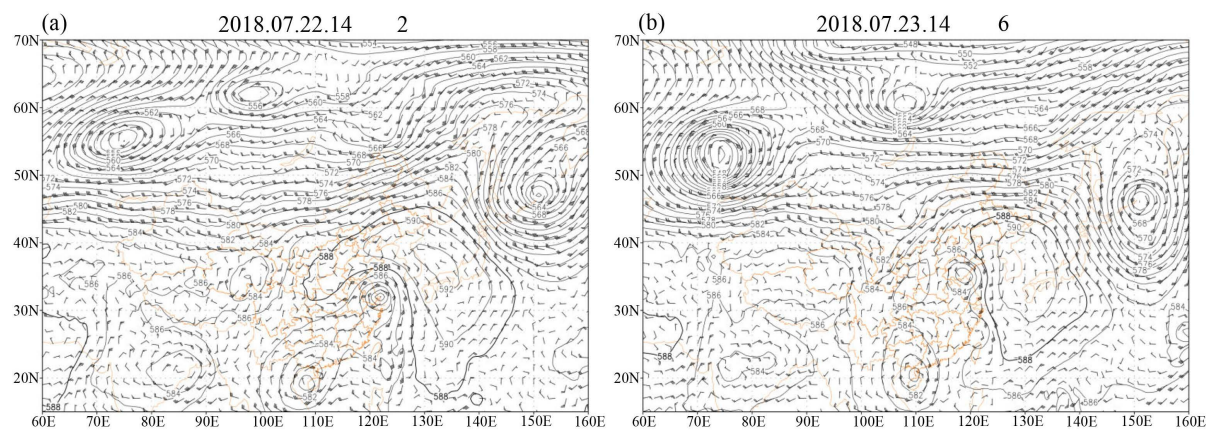
西太平洋副热带高压呈块状分布, 登陆时(图 3(a)), 副高受台风环流影响, 呈现面向台风凹陷之势, 高压中心位于台风东北象限; 随着台风北上, 副高从凹陷处逐渐断裂(图 3(b), (c), (d)), 台风西侧为平直偏南风。

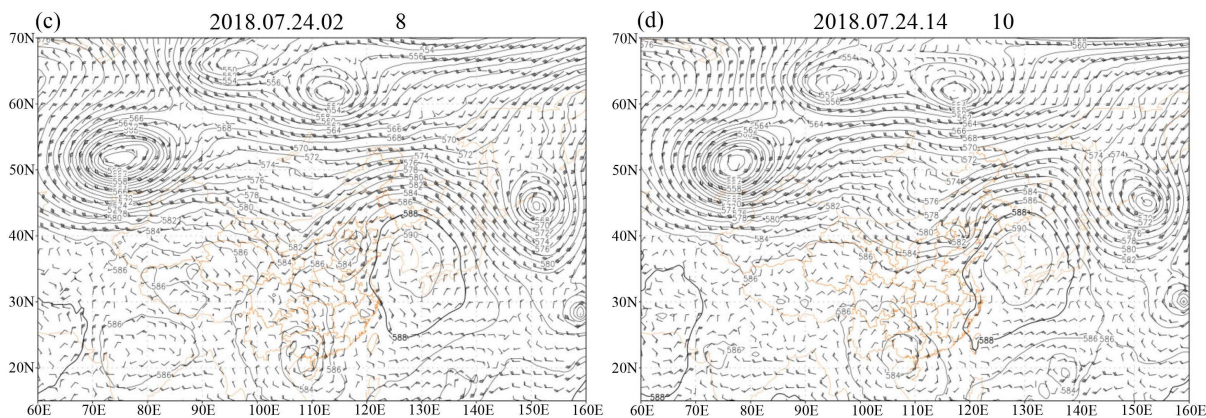
副高与台风之间的较大位势高度梯度使得台风环流东、北侧的风速较大，且北部湾附近有台风“山神”残余环流维持，加之台湾附近有热带低压活动，阻碍副高在华南上空西伸，使得“安比”维持偏北方向移动，不至于过早出现偏东分量的移动。



**Figure 2.** The geopotential height field (black contour, unit: dgpm), wind field (wind barb, unit:  $\text{ms}^{-1}$ ), jet stream region (shaded, unit:  $\text{ms}^{-1}$ ) and divergence area (blue contour, unit:  $10^{-5} \text{s}^{-1}$ ) of 200 hPa

**图 2.** 200 hPa 位势高度场(黑色等值线, 单位: dgpm)、风场(风羽, 单位:  $\text{ms}^{-1}$ )、急流区(色斑, 单位: 米/秒)以及辐散区(蓝色等值线, 单位:  $10^{-5} \text{s}^{-1}$ )





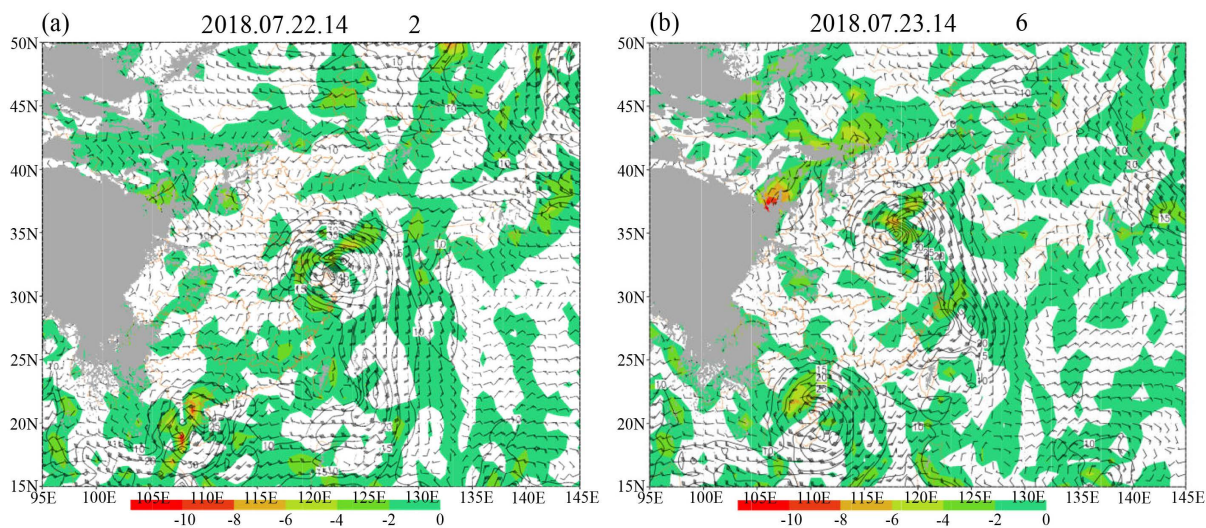
**Figure 3.** The geopotential height field (contour, unit: dgpm) and wind field (wind barb, unit:  $\text{ms}^{-1}$ ) of 500 hPa  
**图 3.** 500 hPa 位势高度(等值线, 单位: dgpm)以及风场(风羽, 单位:  $\text{ms}^{-1}$ )

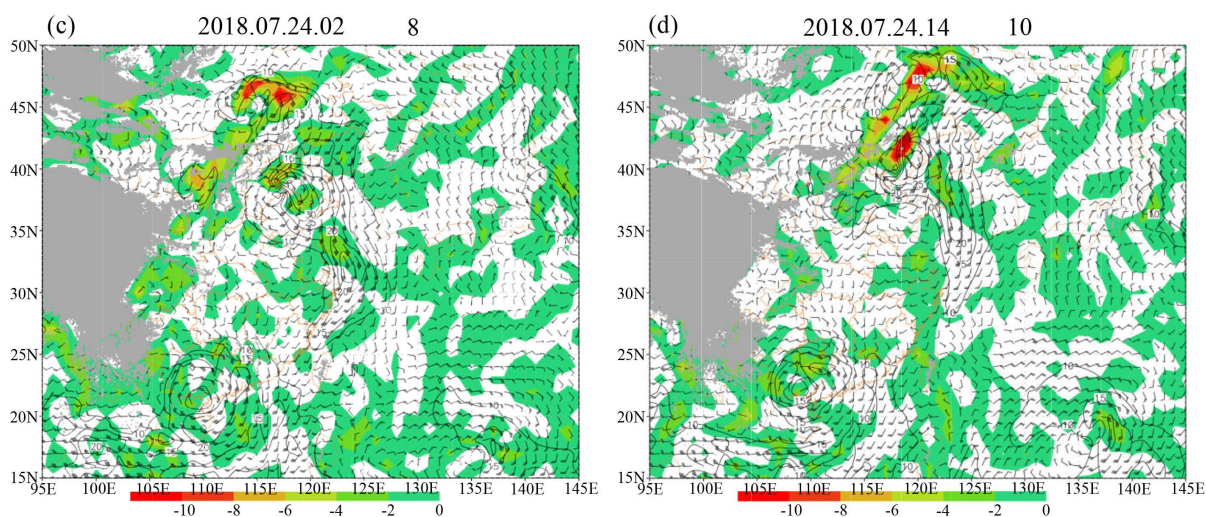
### 4.3. 水汽条件

一般来说, 陆面会切断来自洋面的水汽和能量对登陆台风的供应, 但“安比”北上过程中, 台风环流东侧部分一直位于洋面上(图 4), 凭借与其东侧位于海上的偏南急流区长时间连通, 不断获得水汽能量补充, 有利于台风完整环流的维持。活跃于台湾附近的热带低压东侧存在偏南大风速核, 起到水汽向北输送过程中“加油站”的作用, 有利于水汽通道的维持。水汽通量大值区一直位于台风中心东侧、北侧, 水汽辐合也多位于这两个区域, 偏南急流也造成了台风东侧、北侧风雨较为显著的不对称特征。来自洋面源源不断的水汽供应是“安比”登陆后长时间维持的重要原因。

### 4.4. 垂直风切变

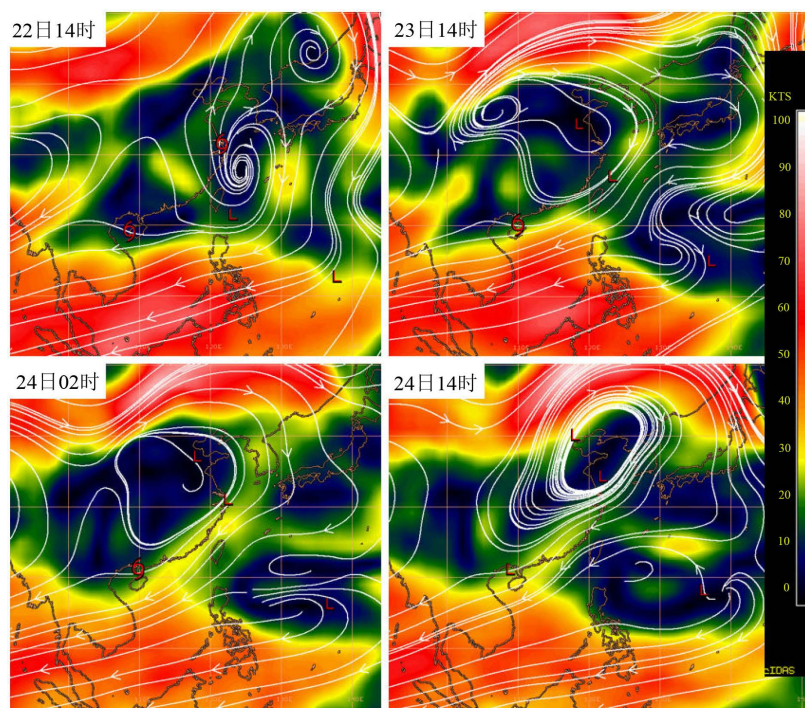
强的环境垂直风切变对台风强度具有抑制作用。如果垂直风切变小, 由凝结潜热释放的热量始终加热同一气柱, 有利于初始热带扰动暖心的快速形成和成熟台风暖心的维持, 反之, 强的垂直风切变则会干扰这一过程, 破坏台风的暖心结构进而使台风强度减弱。因此, 弱的垂直风切变是热带气旋发生发展的基本条件之一。“安比”中心附近风垂直切变一直保持较小(图 5), 不易在切变矢量左侧或前方激发对流, 但有利于台风环流的长久维持。





**Figure 4.** Wind field (wind barb, unit:  $\text{ms}^{-1}$ ), maximum of water vapor flux (contour, unit:  $\text{g s}^{-1}\text{hPa}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ) and water vapor flux convergence area (shaded, unit:  $10^{-5}\text{g s}^{-1}\text{hPa}^{-1}\text{cm}^{-2}$ ) of 850 hPa

**图 4.** 850 hPa 风场(风羽, 单位:  $\text{ms}^{-1}$ )、水汽通量大值区(等值线, 单位:  $\text{g s}^{-1}\text{hPa}^{-1}\text{cm}^{-1}$ )以及水汽通量散度辐合区(色斑, 单位:  $10^{-5}\text{g s}^{-1}\text{hPa}^{-1}\text{cm}^{-2}$ )



**Figure 5.** The value (shaded) and direction (stream) of vertical wind shear

**图 5.** 垂直风切变的大小(色斑)以及方向(流线)

深入内陆的台风往往进入中纬度西风斜压带, 通过获取斜压能量维持其环流, 其环境通常具有较强的风垂直切变, 台风在一定程度上发生了变性。“安比”深入内陆之后, 中心与北侧高空急流之间存在风切变等值线密集区, 具有十分明显的经向梯度。

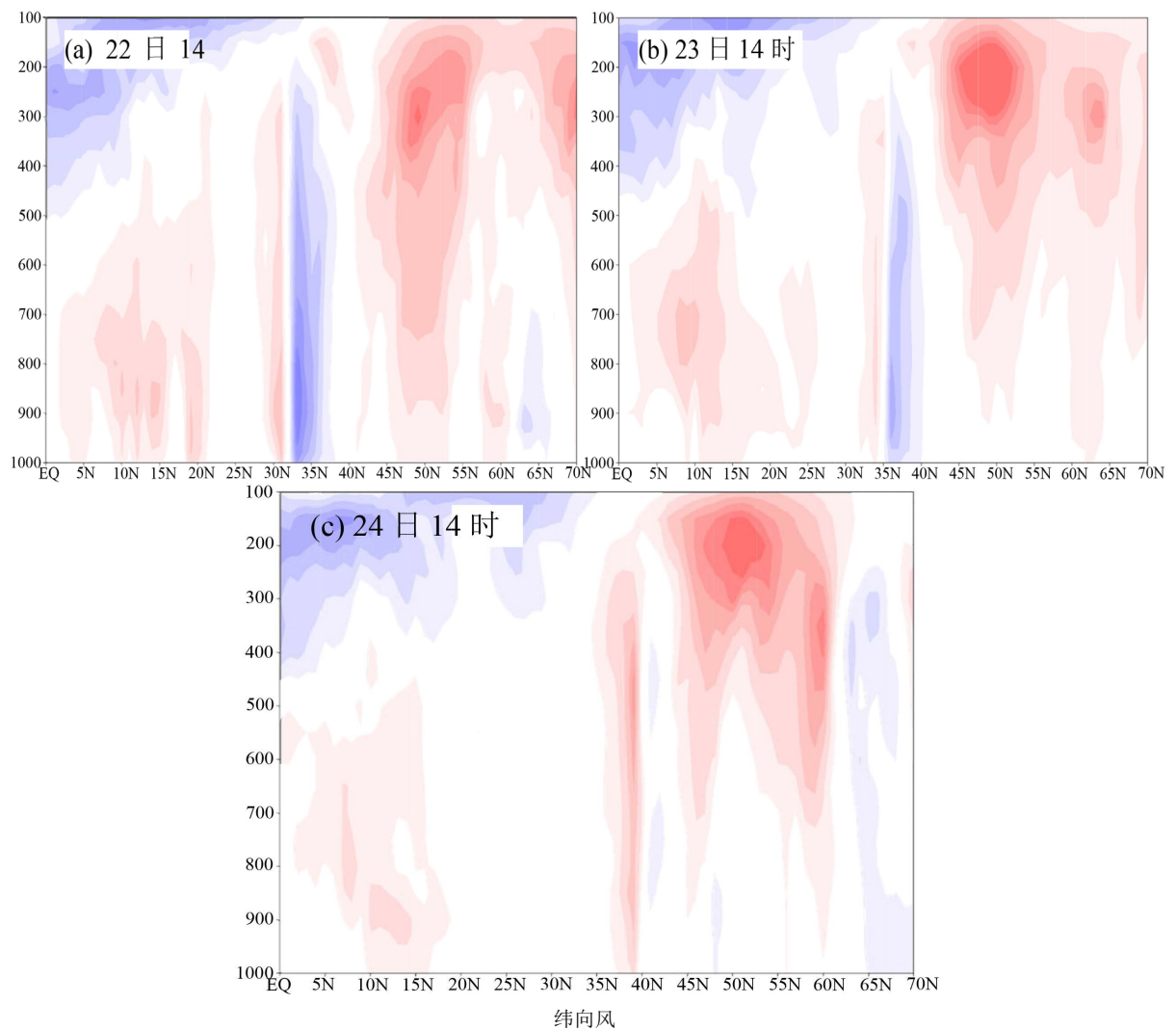
因此, “安比”活动期间, 环境风垂直切变对其结构、风雨分布没有显著贡献, 对其环流的长久维持作用显著。

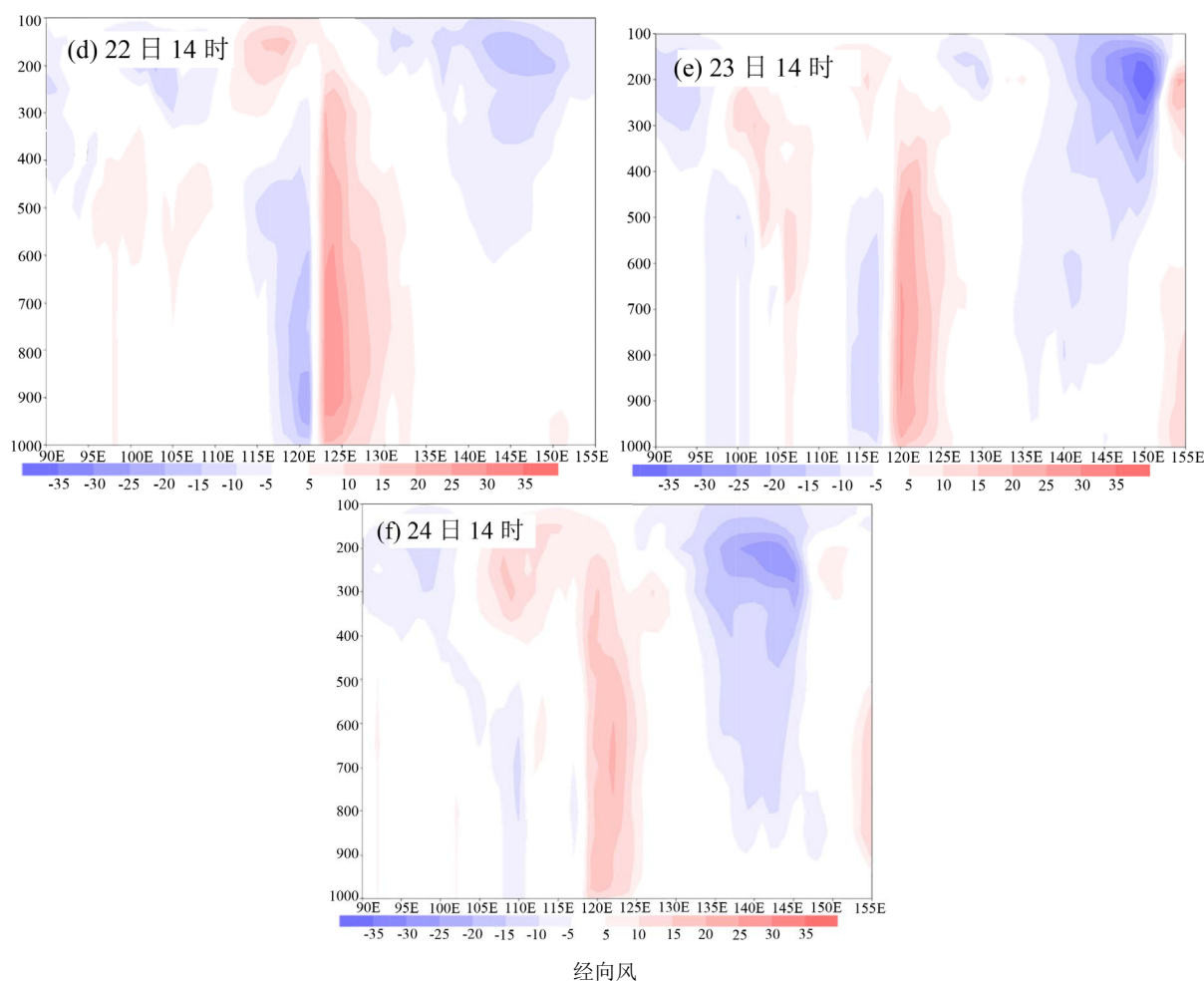
## 5. “安比” 结构特征

### 5.1. 水平风速的不对称结构

几乎每个台风的结构都存在非对称结构，陈联寿等认为冷空气入侵、台风内部中小尺度强对流运动的发展、地形作用等均有可能导致台风的增强和维持，这些因素造成强对流发展一般都是不对称的。

在“安比”登陆初期(图 6(a), (d)), 其北侧的东风无论是在风速还是风圈半径上都明显大于南侧的西风, 东侧的南风也明显大于西侧的北风; 随着“安比”向北移动(图 6(b), (e)), 各个方向上的风力都有所减弱, 但北侧、东侧风速较大的特征继续保持, 这种水平风速的不对称结构与大风、降雨的分布有着直接的关系。这种不对称分布, 可能与台风东侧一直位于洋面上、西侧位于陆地上所造成的海陆差异有关, 也在一定程度上促使台风维持其强度。“安比”北移至中纬度地区时(图 6(c), (f)), 受移近的西风槽影响, 北侧的东风迅速减弱, 其南侧的西风明显强于北侧的东风, 大风速核也由低层抬升至 500 hPa 附近; 而台风东侧的南风与槽前偏南分量的风叠加, 得以维持, 大风速核的高度也有所上升; 台风环流依然为不对称结构, 但表现为南侧、东侧较强, 西侧、北侧减弱, 这也表征着台风环流受到西风槽的影响, 逐渐开始向温带气旋的变性。





**Figure 6.** Latitude-height section of U and longitude-height section of V across “Ampil” center (unit:  $\text{ms}^{-1}$ )  
**图 6.** 纬向风和经向风沿台风中心的经向和纬向垂直剖面(单位:  $\text{ms}^{-1}$ )

## 5.2. 涡度垂直结构及演变

涡度可以近似看成经向风和纬向风造成的涡度的和, 由于台风“安比”经向风和纬向风的曲率很小, 曲率涡度可忽略, 在此主要考虑切变涡度的影响, “安比”东风强于西风、南风强于北风的水平风不对称分布恰恰都符合典型的气旋性切变, 会产生正相对涡度的增加, 正相对涡度的增加是台风强度增强、维持的动力机制之一。

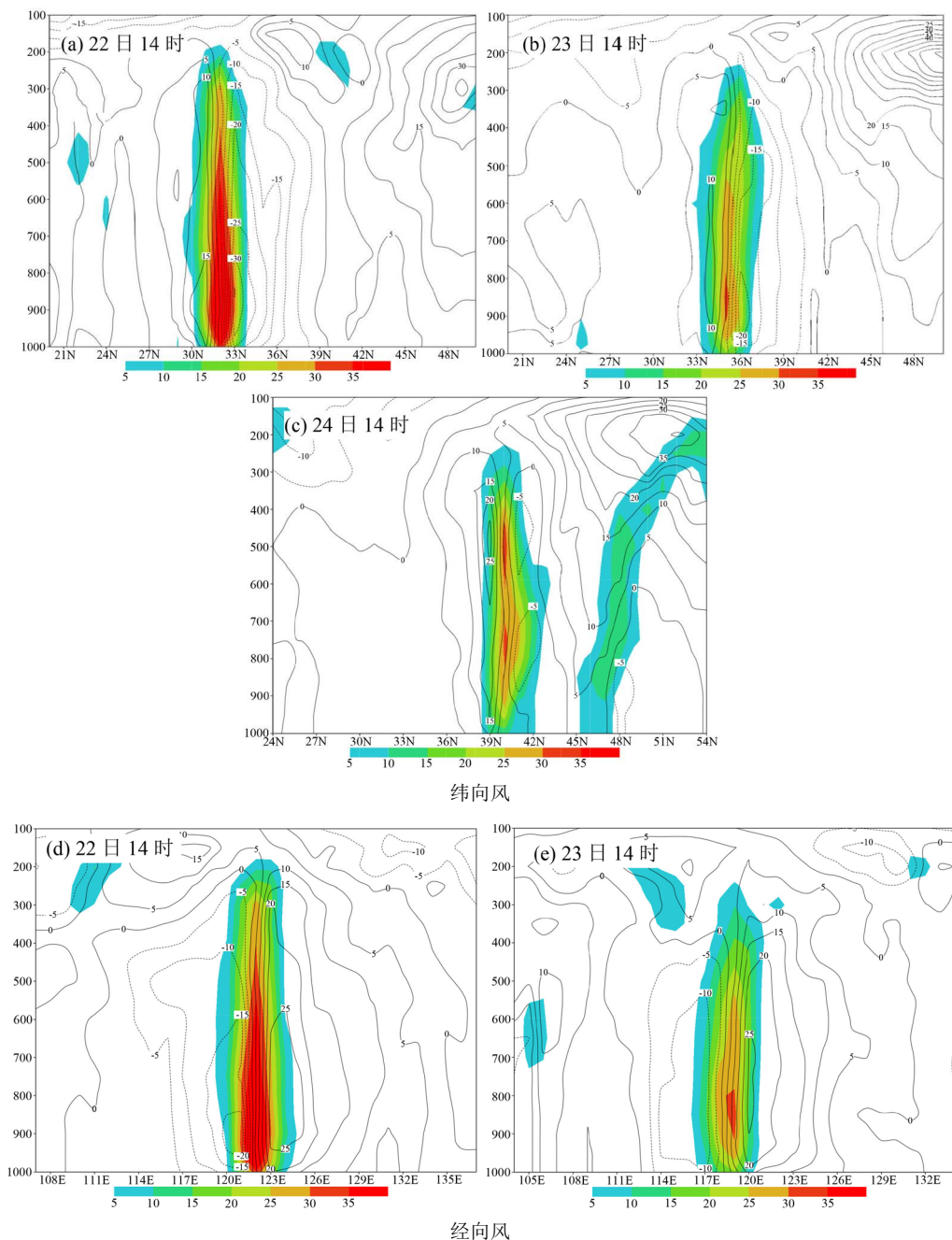
在“安比”登陆(图 7(a), (d))、北上(图 7(b), (e))的过程中, 这种水平风速的不对称分布维持了超过 36 小时, 也在动力上为台风强度的维持提供了良好的条件, 台风中心区域从底层到高层一直保持显著的正涡度柱, 柱内正涡度大值中心位于中低层。当“安比”逐渐接近西风槽时(图 7(c)), 伴随中层大风速核也有一个正涡度大值中心, 说明西风槽前正涡度平流已经开始对台风环流产生影响, 短时间的影响体现在台风环流以及伴随风雨的增强, 但也表征着台风逐渐开始变性。

## 5.3. 散度垂直结构及演变

22 日 14 时(图 8(a))台风中心所在纬度正常以偏东风控制为主, 水平辐合主要出现在 700 hPa 及以下, 在 500 hPa 以上为水平辐散; 23 日 14 时(图 8(b)), 随着台风北移, 高空以偏西风为主, 中低层台东风侧

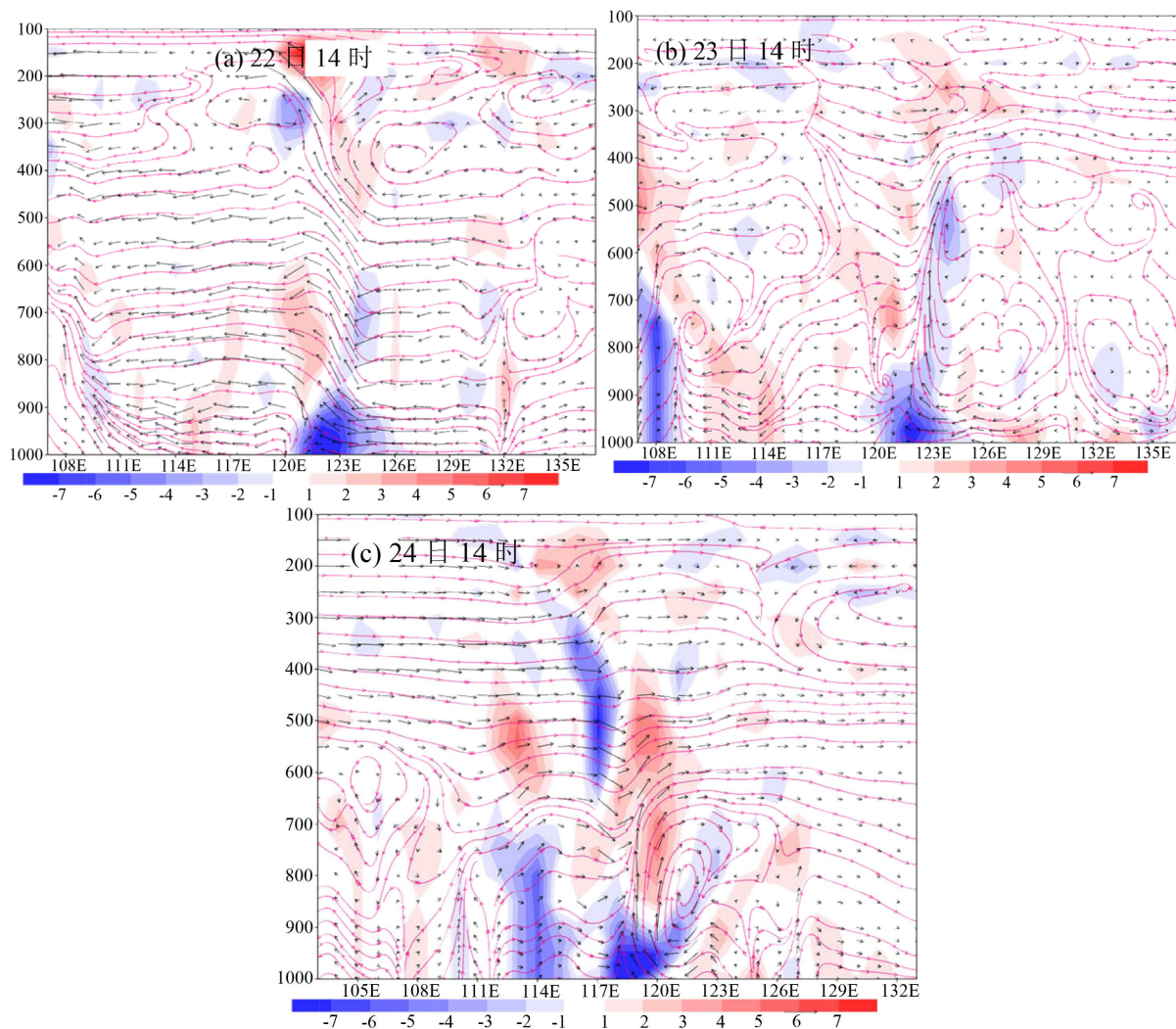


的偏东风强于西侧，在台风东侧形成了顺时针方向的垂直环流，水平辐合的层次向上延伸至接近 400 hPa，上升运动和对流层上层水平辐散的增强将导致对流层低层减压，对流层低层台风中心附近水平辐合维持；24 日 14 时(图 8(c))，台风中心位于北纬 40°附近，中层西风槽前辐合区接近台风环流，台风中层转为水平辐散，其东侧垂直环流在 700 hPa 以下维持，地面辐合得以维持并有所增强，表征着西风槽系统开始影响台风结构，造成短时风雨增强，也意味着台风逐渐开始变性。



**Figure 7.** Latitude-height section of U (contour, unit:  $\text{ms}^{-1}$ ) and velocity (shaded, unit:  $10^{-5} \text{s}^{-1}$ ) across “Ampil” center, longitude-height section of V (contour, unit:  $\text{ms}^{-1}$ ) and vorticity (shaded, unit:  $10^{-5} \text{s}^{-1}$ ) across “Ampil” center

**图 7.** 纬向风(等值线, 单位:  $\text{ms}^{-1}$ )和涡度(色斑, 单位:  $10^{-5} \text{s}^{-1}$ )沿台风中心的经向垂直剖面, 以及经向风(等值线, 单位:  $\text{ms}^{-1}$ )和涡度(色斑, 单位:  $10^{-5} \text{s}^{-1}$ )沿台风中心的纬向垂直剖面



**Figure 8.** Longitude-height section of divergence (shaded, unit:  $10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ), flow field of U and  $-\omega$  ( $\omega$  enlarge 10 times, vector and stream) across “Ampil” center

**图 8.** 沿台风中心散度(色斑, 单位:  $10^{-5} \text{ s}^{-1}$ )、纬向风和 $-\omega$ 的流场( $\omega$ 扩大10倍, 箭头、流线)的纬向垂直剖面

#### 5.4. 冷空气对台风的影响

“安比”登录初期, 尤其是影响天津之前(图 9(a)), 与西风带冷空气距离较远, 台风中心整层为高能区和正涡度中心, 南侧、北侧都为相对冷区。

24日(图 9(b)), 随着“安比”逐渐北上、西风槽逐渐东移, 台风中心北侧有来自于西风槽前能量锋区的冷舌发展, 伴随着西风槽前正涡度区移近台风环流; 24日20时(图 9(c)), 台风与能量锋区进一步接近, 台风正涡度区强度减弱, 近地面有冷舌发展; 25日凌晨(图 9(d)), 冷空气侵入台风环流, 台风高、低层正涡度区分离, 准正压结构转变为斜压非对称结构, 由热力基本对称的热带气旋变性为非对称的温带气旋。

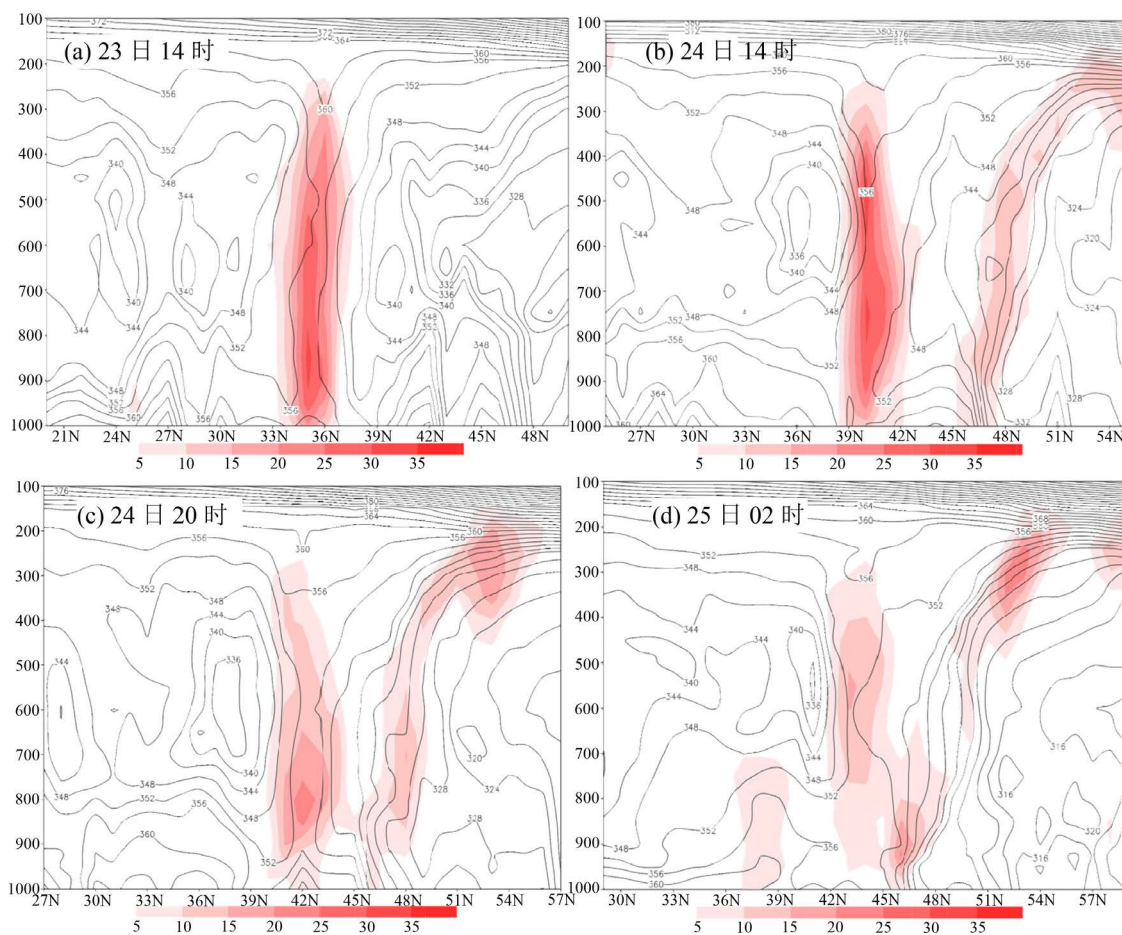
### 6. 下垫面与台风环流相互作用

“安比”登陆北上过程中, 所经之处地形以平原为主, 地形平坦, 摩擦比山地偏小, 有利于台风低层环流中心结构的长时间维持, 不易产生地形抬升、局地热力效应等加速对流发展的情形, 同样也不易

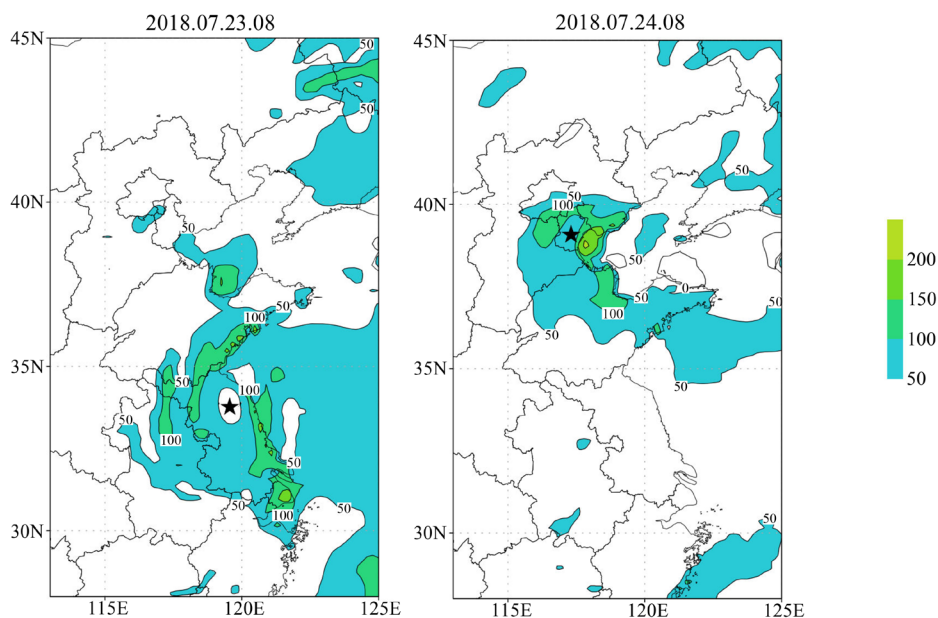
导致因对流旺盛发展，以至于能量快速释放、强度随之减弱的情形。“安比”登陆后，其环流中心一直未深入内陆，而其东侧环流一直位于洋面上，海表温度大多维持在  $28^{\circ}\text{C}$  以上，热量、水汽充足。温暖的洋面不仅助力台风强度的维持，也作为水汽源为台风东侧、北侧的降水做出贡献。此外，在“安比”生命周期内，周围潜热通量一直为正(图 10)，意味着下垫面一直有能量输入台风，有利于台风气旋性风场和正压结构的维持。

## 7. 小结与讨论

台风“安比”登陆北上过程中强度长时间维持的原因是多方面的：从大尺度环流背景来看，不断移近高空急流南侧、入口区右侧，使得高空辐散能够长时间维持；台湾以东热带低压和“安比”组成的低压带与稳定维持的块状副高之间的强位势高度梯度造成偏南急流和水汽通道的长时间维持；在台风接近变性时，西风槽移近，使得“安比”对流短时增强；弱环境垂直风切变也有利于环流结构的维持。“安比”本身具有水平风速不对称结构，有利于正切变涡度保持；低层辐合，高层辐散，有垂直环流维持；暖心正压结构在陆上保持时间较长，直到冷空气的侵入才逐渐变性。“安比”登陆后所经之地下垫面平坦，摩擦耗散较小；台风东侧环流一直位于海上，容易获得水汽和热量的持续支持；周围潜热通量一直为正值，下垫面不断将能量输入台风，助力台风强度保持。



**Figure 9.** Latitude-height section of vorticity (shaded, unit:  $10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ) and  $\theta_{se}$  (contour, unit: K) across “Ampil” center  
**图 9.** 沿台风中心涡度(色斑, 单位:  $10^{-5} \text{ s}^{-1}$ )和假相当位温(等值线, 单位: K)的经向垂直剖面



**Figure 10.** Latent heat flux near Ampil (star shows the center of typhoon, unit:  $\text{Wm}^{-2}$ )  
**图 10.** “安比”周围潜热通量分布(星标为台风中心位置, 单位:  $\text{Wm}^{-2}$ )

纵观台风“安比”整个登陆北上的历程,大尺度环流背景、台风本身的结构、下垫面条件都有利于台风强度的维持,而很多台风登陆之后,不能同时拥有这三方面的有利条件。例如在大尺度环流形势的影响下,很多登陆台风的路径是深入内陆的(如 1814 号摩羯等),没有沿海而行,来自于洋面的直接水汽供应就会受到影响;也有台风本身环流在登陆后遇复杂地形(如 1311 号尤特等),这些原因都会影响台风登陆后维持的时间。而台风“安比”能够同时具备这些有利条件,因此,能在登陆后维持其强度和环流长达六十小时以上。

## 基金项目

河北省气象局创新团队“交通气象服务技术研发及应用”、河北省气象局科研项目 18ky13。

## 参考文献

- [1] 李英, 陈联寿, 王继志. 登陆热带气旋长久维持与迅速消亡的大尺度环流特征[J]. 气象学报, 2004, 62(2): 167-179.
- [2] 李英, 陈联寿, 王继志. 热带气旋登陆维持和迅速消亡的诊断研究[J]. 大气科学, 2005, 29(3): 482-490.
- [3] 陈联寿. 热带气旋研究和业务预报技术的发展[J]. 应用气象学报, 2006, 17(6): 672-681.
- [4] 端义宏, 余晖, 伍荣生. 热带气旋强度变化研究进展[J]. 气象学报, 2005, 63(5): 636-645.
- [5] 禹梁玉, 方娟. 影响台风“鲇鱼”(2010)强度的环境系统的诊断分析[J]. 南京大学学报(自然科学), 2014, 50(2): 113-128.
- [6] 郑浩阳, 涂建文, 詹棠, 等. “韦森特”台风的路径和强度分析[J]. 广东气象, 2014, 36(1): 12-19.
- [7] 赵娴婷, 赵玉春, 崔春光, 等. 强台风“尤特”登陆前后移动路径和强度变化特征分析[J]. 暴雨灾害, 2015, 34(3): 197-205.
- [8] 黄莉, 黄增俊, 白龙, 等. 台风“海燕”(2013)暴雨非对称结构及中尺度特征分析[J]. 热带气象学报, 2017, 33(3): 334-344.
- [9] 张玲, 许映龙, 黄奕武. 1330 号台风海燕强烈发展和快速移动原因分析[J]. 气象, 2014, 40(12): 1464-1480.
- [10] 谭锐志, 梁必骐. 登陆台风衰减与变性过程的对比研究[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1989, 28(4): 15-21.
- [11] 程正泉, 陈联寿, 李英. 登陆台风降水的大尺度环流诊断分析[J]. 气象学报, 2009, 67(5): 840-850.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2163-3967，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

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

期刊邮箱：[ag@hanspub.org](mailto:ag@hanspub.org)