

曾佩芳,薛宇峰,梁梅,等. 台风“韦帕”的非对称结构特征及其登陆异常的成因分析[J]. 气象研究与应用, 2021, 42(1): 118-121.  
Zeng Peifang, Xue Yufeng, Liang Mei, et al. Asymmetric structural characteristics of Typhoon Wipha and analysis of its landing anomaly[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2021, 42(1): 118-121.

# 台风“韦帕”的非对称结构特征及其登陆异常的成因分析

曾佩芳<sup>1,2</sup>, 薛宇峰<sup>1,2\*</sup>, 梁梅<sup>1,2</sup>, 徐建军<sup>1,2</sup>, 徐峰<sup>1,2</sup>

(1. 广东海洋大学海洋与气象学院, 广东 湛江 524088; 2. 广东海洋大学南海海洋气象研究院, 广东 湛江 524088)

**摘要:** 利用  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  分辨率的 ERA5 再分析资料, 对 201907 号台风“韦帕”的环流形势、物理量场进行了诊断分析。结果表明, “韦帕”具有非对称结构, 强度稳定, 移速缓慢, 路径复杂, 降水量大, 维持时间长, 影响范围广的特点; 副高减弱东撤, “双台风效应”与“韦帕”自身的不对称结构导致台风路径多次转折; 西南季风带来的丰沛水汽使台风持续维持热带风暴级别, 并给海南、广东、广西带来了强降水; 水汽通量散度辐合和上升运动与降水落区有较好的对应关系, 中心强度与同时段降水量级呈正相关。

**关键词:** 韦帕; 非对称结构; 路径; 降水; 诊断分析

**中图分类号:** P444

**文献标识码:** A

**doi:** 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2021.1.21

**OSID:**



台风路径与台风暴雨历来是人们关注的焦点, 大量研究分析了台风暴雨与垂直运动、水汽输送、边界层辐合和层结稳定度的关系<sup>[1-4]</sup>; 也有研究表明, 副热带高压、西风槽和越赤道气流等外部环境场的变化对台风路径转向有影响<sup>[5]</sup>; 当台风非对称性加强时, 移向转为大风速轴方向, 也易造成打转的异常路径<sup>[6]</sup>。这些成果加深了人们对台风活动规律的认识, 提高了台风路径和风雨的预报能力, 但异常路径及其成因始终是台风预报中的难点之一。

利用  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  分辨率的 ERA5 再分析资料, 分析了热带气旋“韦帕”的环流背景和物理量场特征, 探讨了“韦帕”路径演变及强降水发展变化的可能原因。

## 1 “韦帕”概况

### 1.1 登陆后的降水特征

1907 号台风“韦帕”(Wipha)于 7 月 31 日 08 时(北京时, 下同)在南海中部海面生成, 8 月 3 日 20 时在越南境内消亡, 给海南、广东、广西带来了 100~300mm 的降雨量, 海南昌江、东方、广东江门、阳江、

茂名、湛江及广西钦州局地 380~468mm, 最大小时雨强 60~113mm。8 月 1 日凌晨“韦帕”登陆海南停滞、打转 6h 后又入海北上, 傍晚前后在湛江再次登陆, 期间, 海南中北部、广东西南部普降暴雨到大暴雨; 1 日晚至 2 日, “韦帕”西行进入北部湾, 强降水主要出现在海南和雷州半岛西部、广西南部, 阳江至珠江口一带也有分布不均的暴雨到大暴雨; 2 日夜“韦帕”登陆防城港至 3 日进入越南境内减弱, 强降水区主要出现在广西西南沿海地区, 粤西沿海局地也出现大暴雨。

### 1.2 移动路径

7 月 31 日 08 时在南海中部海面初生的“韦帕”最大风速  $18\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 中心最低气压 992hPa, 其中心位于海南文昌东偏南约 330km 的海面上, 以大约  $20\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  的速度沿着西北路径向海南靠近(图 1)。8 月 1 日凌晨 01:50 前后在海南文昌沿海登陆, 登陆时中心附近最大风力 9 级 ( $23\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), 最低气压 985hPa。登陆后在海南东北角停滞、打转近 6h 后, 再次入海并向偏北方向移动。8 月 1 日 17:40, 在湛江市坡头区沿海再次登陆, 中心最大风力 9 级, 最低气压

收稿日期: 2020-10-04

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC1506902)、广东海洋大学大气科学教学团队项目(570219040)

作者简介: 曾佩芳, 女, 大气科学专业。E-mail: 13414883859@163.com

\* 通讯作者: 薛宇峰, 男, 硕士, 副教授, 主要从事大气科学专业教学和科研。E-mail: zjxyuf@126.com

985hPa。随后“韦帕”折向偏西方向穿越雷州半岛并于1日夜间来到北部湾海面,次日21:20前后在广西防城港沿海第三次登陆,中心附近最大风力依然达到9级,之后西南向进入越南,3日05时,其中心位于越南北江境内,最大风力8级( $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ),中心最低气压988hPa。“韦帕”在越南境内向西南方向移动,强度逐渐减弱,3日20时减弱消失。“韦帕”生命期达99h,对华南中西部沿海地区的影响超过30h;三次登陆,强度并没有明显地变化,一直维持热带风暴级别(9级大风),并且移动速度减慢到 $10\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 以下。

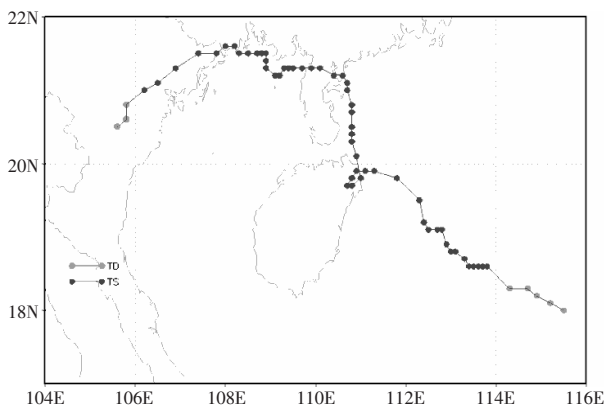


图1 1907号台风“韦帕”移动路径

## 2 路径成因分析

### 2.1 500hPa 环流形势

7月31日西太平洋副热带高压强度强、位置偏北,呈带状分布,588dagpm西脊点伸到 $113^{\circ}\text{E}$ 、 $30^{\circ}\text{N}$ 附近,592dagpm线也伸向朝鲜半岛南部。“韦帕”位于副高西南侧、受偏东气流引导,沿西北路径移动。7月31日夜间之后,副高开始缓慢减弱东撤,转呈方头形态;8月1日清晨,台风中心基本稳定在 $110^{\circ}\text{E}$ 附近,但副高西脊点逐渐东退到 $120^{\circ}\text{E}$ 附近,副高与台风渐行渐远,致使其引导气流变弱,“韦帕”移速变缓,以 $12\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 左右的速度缓慢移行。受副高东移和方头状的影响,“韦帕”先在海口—文昌之间打转,6h后转向偏北方向移动,1日傍晚到达湛江市区沿岸。2日以后,副高强度、位置维持少变,08时在副高西南侧台湾岛北部形成一个气旋性环流并缓慢加强,20时在菲律宾西北部南海海面也出现一个气旋性环流。虽然这两个热带低压气旋环流强度不强,但都维持到3日凌晨,与“韦帕”共同形成“双台风效应”,从而导致“韦帕”登陆湛江后又转向偏西方向进入北部湾,最后在广西防城港沿海第三次登陆。

500hPa风场显示,“韦帕”登陆海南文昌后,由于副高东撤,对“韦帕”引导减弱,台风内部结构的作用就显得更重要了。而此时恰好中心附近的风速表现出明显的非对称结构,第一、第二象限风速大于第三、第四象限风速。第二象限的东北风风力要大于第四象限中的西南风,在内力作用下,有利于台风发生逆时针打转,所以在文昌登陆后,台风转向西南方向移动。类似地,在后期登陆广西后,呈现出第二象限流线密而第四象限流线疏的非对称结构,第二象限中的东北风要大于第四象限的西南风,台风再次发生逆时针转向,使得“韦帕”第三次登陆广西后转向西南方向移动。之后,“韦帕”远离广西,进入越南境内逐渐减弱消失。

### 2.2 850hPa 风场

850hPa风场图上,8月1日02时“韦帕”登陆海南前后,强风区主要在第一、第二象限,超过 $24\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的最大风速集中在第二象限,东北风强盛,促使“韦帕”向西南偏转。此后副高减弱东撤出现方头形态,两广交界、两湖一带出现负变高,有利于台风掉头北上,最终在海南东北部海口—文昌一带形成先南下后北上的转圈路径;同时台风环流整体风速稍有减弱,强风区主要出现在第二象限和第三象限,最大风速在 $22\sim 24\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间。至2日02时风速继续减小,大风范围也缩小,强风区主要集中在第一象限,以东南偏东气流为主,引导台风向偏西方向移动。由于南海北部和北部湾海温极高,7月31日20时至8月2日02时持续维持的西南风水汽输送带为台风提供了源源不断的水汽,所以“韦帕”基本保持原有强度并于2日21:20前后在广西第三次登陆,风力开始逐渐减弱,中心附近风速趋于对称分布。

综合500hPa和850hPa分析可知,8月1日前“韦帕”西行登陆海南主要是受副高引导,随后副高东退,“韦帕”受内力和不对称结构作用而转折向北登陆湛江。1日晚再次西折,主要是受到台湾岛北部和菲律宾西北部南海热带低压气旋性环流与“韦帕”构成的“双台风效应”以及“韦帕”自身的不对称结构两者叠加作用的结果。

## 3 降水成因分析

### 3.1 水汽条件

计算500hPa与850hPa之间的水汽通量散度之差,称为水汽通量相对散度<sup>[7]</sup>( $D_{500-850}$ ),水汽通量相对散度越大,表明在对流层低层水汽堆积越强,越

有利于水汽抬升凝结,形成的暴雨越强<sup>[8]</sup>。

31 日 20 时,  $(0\sim10)\times10^{-6}\text{g}\cdot(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$  的水汽通量相对散度正值区几乎覆盖海南全岛(图略), 珠三角地区  $D_{500-850}$  也较大, 降水加强, 与 ERA5 给出的 3 小时累积降水量的变动对应一致(图 4a)。1 日 02 时, 广西南部、广东中部为弱正值区, 强中心在粤西南的湛江以及海南南部,  $8\times10^{-6}\text{g}\cdot(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$  的大值区域与湛江附近的暴雨落区吻合。2 日 02 时, 广西西南至东北、海南西北部均为  $D_{500-850}$  正值区,  $20\sim25\times10^{-6}\text{g}\cdot(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$  的大值中心位于广西与广东云浮交界处, 强降水落区逐渐移入广西; 此时, 广东茂名以西至雷州半岛也被正值区覆盖, 2 日雷州半岛局部也出现大暴雨。3 日 02 时, 阳江沿海一带  $D_{500-850}$  中心值超过  $8\times10^{-6}\text{g}\cdot(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$ , 对应 3 日阳江至茂名一带的暴雨。此后广东处在弱的  $D_{500-850}$  正值区或负值区内, 降水强度逐渐减弱。

925hPa 和 850hPa 水汽通量和流场(图略)表明, 西南季风为“韦帕”提供了丰沛的水汽输送。31 日粤西的水汽通量逐渐增大, 20 时粤西沿海出现  $40\times10^{-4}\text{g}\cdot(\text{cm}\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$  的水汽通量中心值, 广东沿海强降水开始。造成沿海地区强降水的水汽主要来自台风北侧的偏东气流, 随着台风西北移, 水汽通量持续加强。1 日 08 时, 台风在文昌登陆并在海南东北部打转, 水汽通量大值中心位于台风中心南侧和北侧, 925hPa 粤西地区上空有  $35\sim40\times10^{-4}\text{g}\cdot(\text{cm}\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$  的水汽通量高值分布, 海南南部海面也有强的水汽通量。傍晚台风登陆湛江, 水汽通量中心也北移到西北侧, 在粤西北部至广西东南部有一个  $40\times10^{-4}\text{g}\cdot(\text{cm}\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$  水汽通量中心, 降水落区也移向西北部, 水汽主要来自台风北侧的偏东气流和东侧的东南气流。随着台风西移, 珠江口以东地区水汽通量逐渐减弱。2 日 08 时, 水汽通量中心进一步西移, 20 时水汽通量强度和范围整体减弱, 广东降水趋于结束。

### 3.2 垂直运动

7 月 31 日 20 时到 8 月 1 日 02 时的 500hPa 和 850hPa 垂直速度(图略)显示, 广东沿海一带以及海南东北角的垂直速度明显增大, 降水增强。1 日 02 时 500hPa 珠江口以西至湛江沿海一带出现  $-(2.5\sim3.0)\text{hPa}\cdot\text{s}^{-1}$  的上升气流中心区, 对应广东沿海出现暴雨强降水过程。08 时 500hPa 海南中部出现  $-(0.9\sim2.0)\text{hPa}\cdot\text{s}^{-1}$  的上升气流, 也形成强降水中心。随着台风北上, 粤西和珠三角沿海一带的上升运动

强中心也北抬, 20 时 500hPa 两个中心分别位于粤西北部和珠三角区域, 在低层 850hPa 也有两个上升运动强中心, 维持了近 6h, 该上升运动区与粤西以及珠三角地区的大暴雨中心相对应。

### 3.3 涡度场和散度场

7 月 31 日 20 时 850hPa 涡度场, 广东沿海以及海南逐渐受到台风正涡度中心外围影响, 随着台风逐渐西移, 海南东北部逐渐进入正涡度中心区, 强降水主要出现在粤西南沿海到海口一带。1 日 02 时台风正涡度区完全覆盖海南岛东北部及湛江,  $30\times10^{-5}\text{s}^{-1}$  的正涡度中心位于海南东北角, 强降水就出现在该地区, 08 时中心涡度值继续增大到  $41\times10^{-5}\text{s}^{-1}$ 。“韦帕”二次登陆湛江后转向偏西移动, 台风正涡度中心从粤西沿海一带逐渐移到北部湾, 2 日 02 时, 北部湾和珠江口附近分别出现两个正涡度中心, 导致广西南部和珠三角一带出现分布不均的大暴雨。08 时以后北部湾的正涡度中心移入广西南部, 广东和海南的正涡度场迅速减弱, 降水开始减弱。

1 日 08 时 200hPa 散度场(图略)上, 强辐散区出现在台风中心偏西位置, 中心值达到  $10\times10^{-5}\text{s}^{-1}$ , 珠江口一带也呈现强烈的高空辐散; 同时, 925hPa(图略)在海南中部和珠江口附近产生辐合, 高层辐散值大于低层辐合值, 配合水汽通量显示的丰沛的水汽输送, 导致这个时段在海南和珠江口同时出现暴雨以上量级的强降水。2 日 08 时, 925hPa 辐合中心移入广西, 广东、海南降水开始明显减弱。

## 4 结论

(1)“韦帕”具有非对称结构, 移动慢, 路径复杂, 三次登陆且强度少变, 云体范围大, 影响范围广, 持续时间长等特点。

(2)导致“韦帕”移动路径异常的因素除了副高以外, 还受到“韦帕”的非对称结构以及与其弱的热带低压气旋性环流产生的“双台风效应”叠加作用。

(3)降水强度与落区可以从 500hPa 与 850hPa 之间的水汽通量相对散度上反映出来, 水汽通量相对散度越大则降水越强, 大值中心对应落区。

(4)高低空动力、水汽条件配合, 为此次台风强降水提供了有利的条件。“韦帕”的强降水区主要出现在台风中心的北侧和南侧, 强降水期间有丰沛的水汽输送和水汽通量相对散度高值, 以及高层辐散低层辐合、强烈的上升运动。

## 参考文献:

- [1] 许映龙, 黄奕武. 2015 年西北太平洋和南海台风活动特征及主要预报技术难点[J]. 海洋气象学报, 2017, 37(1): 31–41.
- [2] 陈见, 赖珍权, 罗小莉, 等. “尤特”超强台风残留低涡引发的广西特大暴雨成因分析[J]. 暴雨灾害, 2014, 33(1): 19–25.
- [3] 黄小丹, 黄先伦, 麦宗天, 等. 3 个登陆台风引发阳江特大暴雨的水汽输送对比分析[J]. 气象与环境科学, 2015, 38(3): 61–69.
- [4] 陈有利, 段晶晶, 钱燕珍, 等. 南海台风对浙江梅雨暴雨水汽输送作用的研究[J]. 科技通报, 2018, 34(7): 57–63.
- [5] 袁敏, 平凡, 李国平. 台风“梅花”路径转折期间的结构特征分析与模拟[J]. 大气科学, 2018, 42(5): 1000–1012.
- [6] 谷秀杰, 张霞, 苏艳华, 等. 台风“温比亚”停滞少动及转向机理探究[J]. 热带气象学报, 2019, 35(6): 780–788.
- [7] 张恒德, 孔期. 0604 号强热带风暴碧利斯异常强降水过程的诊断分析[J]. 气象, 2007, 33(5): 42–48.
- [8] 赵付竹, 郑艳, 李勋. 强台风“纳沙”的路径和降水诊断分析[J]. 气象研究与应用, 2013(1): 19–22.

## Asymmetric structural characteristics of Typhoon Wipha and analysis of its landing anomaly

Zeng Peifang, Xue Yufeng, Liang Mei, Xu Jianjun, Xu Feng

(1.School of Oceanography and Meteorology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang Guangdong 524088;

2.South China Sea Institute of Marine Meteorology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang Guangdong 524088)

**Abstract:** Using the ERA5 reanalysis data with a resolution of  $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ , the circulation situation and physical quantity field of Typhoon Weipa were diagnosed and analyzed. The results showed that Weipa had characteristics of asymmetric structure, stable strength, slow moving speed, complicated path, large precipitation, long maintenance time, and wide influence. The weakening of the subtropical high, the double typhoon effect and the asymmetric structure of the Weipa itself caused the multiple turns of typhoon path. The abundant water vapor brought by the southwest monsoon made the typhoon maintain the level of tropical storm and brought heavy rainfall to Hainan, Guangdong and Guangxi. The convergence and upward movement of water vapor flux divergence had a good corresponding relationship with the precipitation area, and the central intensity had a positive correlation with the precipitation magnitude in the same period.

**Key words:** Wipha; asymmetric structure; path; precipitation; diagnostic analysis