

# 三个路径相似降雨特征不同的热带气旋分析

范爱芬

李秀莉 董加斌

(南京大学大气科学系, 210093)

(浙江省气象台)

## 提 要

比照路径相似台风的降雨制作台风降雨预报是台风业务预报的常规方法之一。但台风飞燕、桃芝及一次热带低压路径虽极为相似, 它们的降雨强度和降雨分布则差异很大。通过对台风飞燕、桃芝及一次热带低压的大气环流形势特征、物理量场诊断结果和卫星云图的对比分析, 发现热带气旋影响地的前期环境场、热带气旋影响期间西风带低槽和副热带高压的强弱及其相互配置以及它们与热带气旋的相互作用是造成路径相似的两个热带气旋出现降雨差异的主要原因。该分析结果对台风降雨的业务预报有实际意义。

**关键词:** 热带气旋 相似路径 降雨特征

## 引 言

2001年6~8月, 台风飞燕、桃芝及一次热带低压分别在闽北登陆后, 沿 $120^{\circ}\text{E}$ 附近北上, 穿越浙江, 路径极为相似。在热带气旋影响期间, 浙江均出现暴雨或大暴雨, 但它们的降雨强度和降雨分布则差异很大。飞燕影响期间, 浙江出现了两次大暴雨过程, 大暴雨位于浙北和浙东沿海。桃芝影响期间, 浙西北和浙南的部分地区出现暴雨。热带低压影响期间浙南出现大到暴雨, 东南沿海部分市县还出现了短时大暴雨。本文从预报角度出发, 对这三个热带气旋的大气环流形势特征、物理量场诊断结果和卫星云图进行深入的分析研究, 试图找出造成相似路径热带气旋出现降雨差异的原因。

### 1 热带气旋概况

0102号台风飞燕于6月23日傍晚在福建福清登陆, 24日5时进入浙江境内, 下午由杭州湾入海(图略)。受其影响, 浙江出现了两次大暴雨过程。一次是飞燕离开浙江前的23~24日, 大暴雨位于浙北和浙东沿海(图略)。第二次是飞燕离开浙江后的25~26日, 大暴雨位于浙北(图略), 其降雨强度比台风飞燕本身造成的降雨更强, 预报难度

较大。0108号台风桃芝于7月31日凌晨在福建连江登陆后, 移动缓慢, 在闽北停留近10小时, 下午移入浙江省境内, 然后沿 $120^{\circ}\text{E}$ 附近北上, 8月1日凌晨进入苏南(图略)。台风桃芝影响期间, 浙江降雨不大, 只有浙西北和浙南的部分地区出现暴雨(图略)。原位于菲律宾以东洋面上的热带云团于8月3日在移到台湾东部沿海时发展成为热带低压, 并向西北方向移动, 3日夜里登陆闽北, 然后穿过浙西, 进入苏南(图略)。受其影响, 3日傍晚到4日上午浙南出现大到暴雨, 东南沿海部分市县还出现了短时大暴雨(图略)。本次过程降雨量不是很大, 但由于时间短、强度高、给苍南等地造成严重灾害。

综上所述, 这三个热带气旋在闽北登陆后, 均沿 $120^{\circ}\text{E}$ 附近北上穿越浙江, 路径相似, 但它们对浙江的影响程度却有很大不同, 其降雨强度和降雨分布差异极大。下面从环流形势、物理量场诊断和卫星云图出发, 对三个热带气旋的降雨特征差异进行分析。

### 2 形势场分析

(1) 台风飞燕影响期间, 浙江处于副高西侧的偏南气流中, 大尺度环境场有利于台风降雨的加强, 且西风带低槽两度东移, 影响浙

北,是其降雨强,落区偏北的主要原因(见图1)。

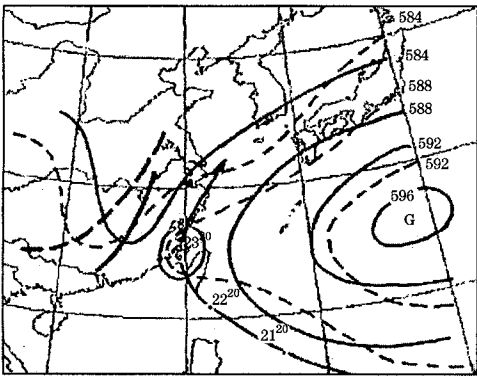


图1 台风飞燕路径及500hPa形势  
虚线为6月22日20时等高线和低槽,  
实线为6月23日20时等高线和低槽

6月22日20时,500hPa副高位于西太平洋上,脊线位于 $26^{\circ}\text{N}$ ,588线的西脊点伸至 $120^{\circ}\text{E}$ ,中纬度西风带低槽位于 $115^{\circ}\text{E}$ ,槽后有温度槽相配置。浙江处于副高前缘的西南气流中。22日后半夜,飞燕移到台湾西南部海域,并逐渐北上,其外围云系随之向北扩展,在较高纬度与西风槽云系结合,从而在有利的大尺度环境下得到发展。此时,副高开始东退,23日,588线西脊点东撤到了 $125^{\circ}\text{E}$ ,西风槽缓慢东移并发展,槽前有来自孟加拉湾的西南急流与来自西太平洋的东南气流,浙江处于副高西侧的这两支强盛的偏南气流中,飞燕外围云系在浙江上空得到进一步发展,特别是在浙北与西风槽结合后,发展更为旺盛。受其影响,浙北在飞燕登陆闽北前即普降暴雨,最大降雨出现在靠近副高一侧西南暖湿气流与西风槽带来的北方干冷气流交汇的最大辐合处舟山和宁波地区,其中宁海站23日下午2小时雨量达 $110\text{mm}$ <sup>[1]</sup>。23日傍晚飞燕登陆闽北后停滞少动,次日早晨进入温州后,快速北上,穿过台州、宁波等地,由杭州湾进入东海北部,此间浙江暴雨继续。24日下午飞燕离开浙江后,副热带高压随之南落,并加强西伸。通常情况下,台风的影响到此就已结束,但这一次则不然。随着台风的远离和副高的加强,西风带环流开

始调整,25日河套高压脊向南崩溃,河套东部低槽东移,槽底达 $25^{\circ}\text{N}$ ,与正在加强的副热带高压(此时,588线已西伸北抬到浙东南)之间形成了强盛的冷暖气流辐合带,致使浙北在飞燕离开浙江后,再次出现大暴雨过程。浙江省有15个站25日08时到27日08时的累计雨量超过 $100\text{mm}$ (图略)。其强度超过台风飞燕本身造成的降雨(23日08时到25日08时累计雨量超过 $100\text{mm}$ 为9站),是浙江历史上少见的梅汛期末次大暴雨过程。这与浙北地区刚刚受过台风影响,湿度、能量等条件较为有利有关。

(2)台风桃芝登陆前,浙江上空长时间受干暖反气旋气团控制,大尺度环境场不利于降雨的加强。桃芝登陆时强行穿越500hPa副热带高压,强度迅速减弱。登陆后,减弱的低气压在北上穿越浙江的过程中,始终处于强大的副热带高压控制之下,浙江降雨不大。直至7月31日夜间低气压在浙西北与西风带低槽结合,浙西北才出现较大降雨(见图2)。

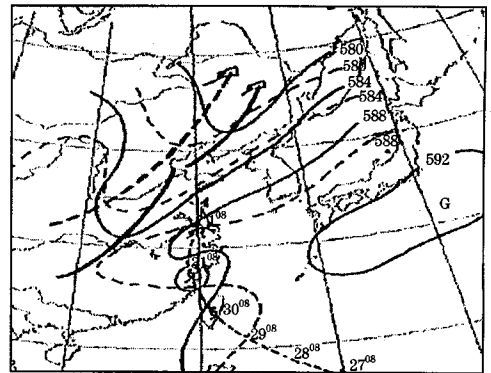


图2 台风桃芝路径及500hPa形势  
虚线为7月30日08时等高线和低槽,  
实线为7月31日08时等高线和低槽

一般情况下,进入台湾海峡的热带气旋在登陆浙闽前12~24小时,其外围云系就会给浙东南沿海带来较大降雨,而台风桃芝在北上登陆前,其外围云系一伸入大陆就很快减弱,东南沿海地区只有部分台站出现降雨,且雨量不大。这与桃芝登陆前浙江所处的环境场紧密相关。桃芝影响前的7月中下旬,

浙江处于副热带高压控制之下,至7月30日,500hPa高空 $35^{\circ}\text{N}$ 以南的整个大陆地区仍处于副热带高压之中,副高脊线达 $28^{\circ}\text{N}$ ,浙江处于强大的副热带高压脊中,大尺度环境场不利于降雨,桃芝外围云系一上来,即减弱消失。

由于桃芝影响前,副热带高压非常强大,西脊点伸至 $110^{\circ}\text{E}$ ,7月30日夜虽受西风带低槽东移影响,一度有所减弱,700和850hPa低层的副热带高压分为东西两环,但500hPa仍是强大带状高压。桃芝沿低空两环高压之间的低值区北上,强行穿越500hPa上强大的副热带高压,强度迅速减弱。因此,桃芝登陆时,位于其东北侧的浙江东南沿海雨量不大。31日下午,减弱后的低气压已移到丽水地区南部,并继续北上,此时浙江上空仍处于500hPa高空强大的副高控制之下,低气压得不到发展。它虽与0102号台风飞燕一样沿 $120^{\circ}\text{E}$ 附近穿越浙江北上,但并未给浙江带来多少降雨。

(3)台风桃芝于7月31日至8月1日穿越浙江北上,削弱了长期盘踞在浙江上空的强大暖气团势力,使中低纬度环流形势发生调整。虽然桃芝过后,副热带高压随之西伸,但此时西北太平洋副热带高压主体脊线已达 $35^{\circ}\text{N}$ (见图3)(而在台风桃芝影响前只达 $28^{\circ}\text{N}$ ),赤道辐合带位置偏北,其上热带云团十分活跃,有一云团位于菲律宾以东洋面上,8月3日在移到台湾东部沿海时发展成为热带低压,并向西北方向移动,于8月3日夜登陆闽北后,穿越浙江。该热带低压处于副高南侧的偏东气流中,具有东风波的特性。850至500hPa高低空一致的深厚偏东气流不仅为热带低压输送了大量的水汽,而且东风气流中的不稳定扰动和热带属性有利于低压降雨的加强。因此,该热带低压影响浙江时,虽与台风桃芝减弱后的低气压一样未能与西风槽结合,但其所处的深厚偏东气流使该热带低压登陆后未很快减弱,与桃芝减弱后的低压相比,该热带低压倒槽发展明显,一直伸展到850和700hPa(图略),从而给浙东南沿海

带来短时强降雨。

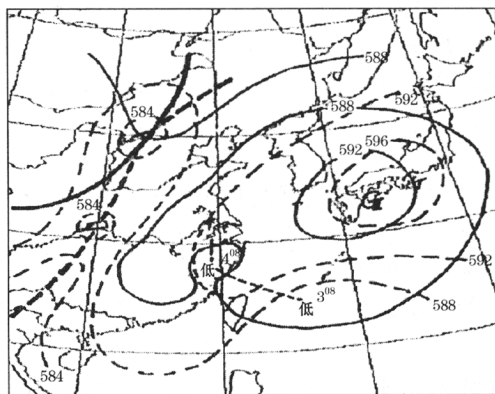


图3 热带低压路径及500hPa形势  
虚线为8月3日08时等高线和低槽,  
实线为8月4日08时等高线和低槽

### 3 卫星云图分析

台风飞燕在登陆前,其外围云系即向北扩展到较高纬度,与西风带低槽云系结合,登陆后穿越浙江时,其云团继续与西风带低槽云系结合,加强发展,特别是浙北和沿海处于副高与低槽交结处西南暖湿气流与西北干冷气流交汇的最大辐合区中,云团发展最为强烈,降雨亦最大。飞燕整个降雨云带沿其路径呈南北分布,所经之处及其附近地区普降暴雨(见图4)。

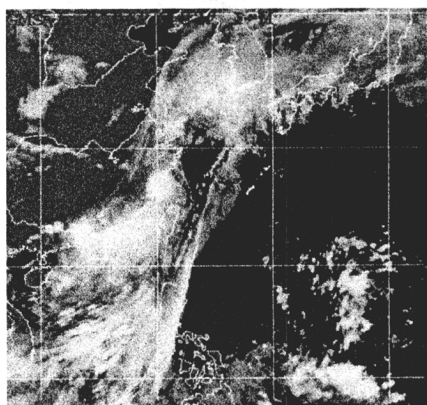


图4 2001年6月24日02时30分(北京时间)  
GMS-5卫星云图

台风桃芝登陆前,整个华东地区处于强大的西北太平洋副热带高压控制下,台风外围云系无法进入大陆,这与0008号台风杰拉

华的情形极为相似<sup>[2]</sup>。桃芝北上登陆闽北时,云团强度迅速减弱。特别是桃芝减弱后的低压沿 120°E 附近北上穿越浙江时,低压所经之处几乎是少云区,此时,云团发展在处于副高前缘的湘、赣、皖三省交界处(见图 5)。直到 7 月 31 日夜间副高东退,河套东部低槽东移,与桃芝减弱后的低压云团在浙西北结合,低压云团才得以发展,浙西北地区降雨加大。8 月 1 日凌晨,低压进入苏南后,其残留云系在副高边缘得到发展,浙北持续降雨。而在台湾东部沿海发展起来的热带低压登陆闽北并穿越浙江北上时,虽与桃芝减弱后的低压一样,处于副热带高压控制之下,但其云团强度减弱不明显(图略),受其影响,浙东南沿海部分地区出现短时大暴雨。这是因为该热带低压是在桃芝移走后两天在副高南侧深厚的偏东气流中发展起来的,且桃芝移走后,浙江上空一直处于其残留云系之中,环境流场有利于低压降雨的加强。

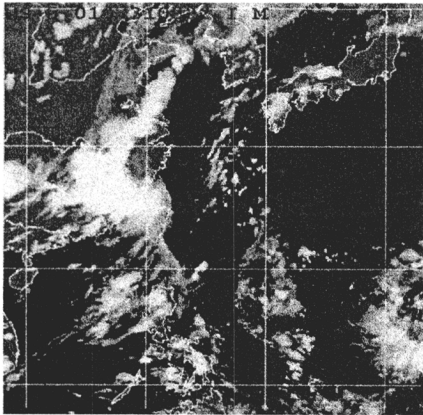


图 5 2001 年 7 月 31 日 16 时 30 分(北京时间) GMS-5 卫星云图

#### 4 物理量诊断分析

通过物理量分析,我们发现三个热带气旋的降雨分布和降雨强度均与 500hPa 的垂直速度和 925hPa 的水汽通量散度( $\nabla \cdot qv$ )有较好的对应关系。

由垂直速度分析可知,在台风飞燕登陆闽北之前,浙江上空即处于有利于降雨的上升气流中,6 月 23 日 08 时 500hPa 的最大垂

直速度达  $-6 \times 10^{-3} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ ;飞燕登陆闽北后穿越浙江北上的过程中,浙江上空的上升气流加强,23 日 20 时和 24 日 08 时 500hPa 的最大垂直速度分别为  $-7 \times 10^{-3} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$  和  $-10 \times 10^{-3} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ ,且最大上升速度中心位于浙江省的东北沿海地区,与最大降雨的落区完全一致(见图 6)。而在桃芝影响前,浙江上空为下沉气流;即使在桃芝影响浙江期间,浙江上空的上升气流亦不强,500hPa 已为下沉气流控制(图略),只有低空有较弱的上升气流(图略),相应的浙江降雨量不大。只是到了 31 日夜,桃芝减弱后的低压与西风带低槽结合,浙西北地区上升气流加大,才出现大到暴雨。在登陆闽北的热带低压影响浙江期间,与减弱后的桃芝低压相似,浙江大部地区上升气流不强,500hPa 亦为下沉气流(图略),故低压降雨量亦不是很大。由 925hPa 的水汽通量分析可以清楚地看到(见图 7),浙江省在台风飞燕影响期间,水汽辐合明显,23 日 20 时及 24 日 08 时最大水汽通量辐合达  $-30 \times 10^{-8} \text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,降雨强;在登陆闽北的热带低压影响期间,水汽辐合出现在东南沿海,与其短时大暴雨落区一致;而在桃芝影响期间,则几乎没有什么水汽辐合,相应地桃芝造成的降雨弱。

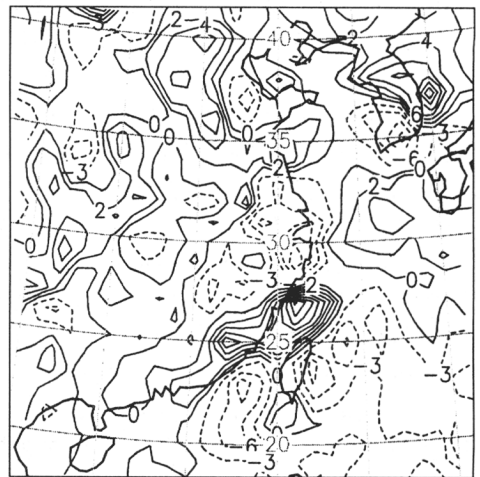


图 6 2001 年 6 月 23 日 20 时 500hPa 垂直速度  
单位:  $10^{-3} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$



图7 2001年6月23日20时925hPa水汽通量散度  
单位: $10^{-8} \text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

## 5 小结

(1)热带气旋与西风带低槽结合或处于副高前缘的西南气流或副高南部的偏东气流中时,降雨加强。热带气旋影响地前期长期盘踞的暖高压不利于降雨的加强;相反,前期热带气旋影响地处于暖湿环境下,则有利于降雨的加强。因此,只有在形势相似的情况下,路径相似的热带气旋其降雨强度和分布才有可能相似。

(2)根据卫星云图上热带气旋的云团变化及其外围系统的配置可直观地对热带气旋的降雨作出较准确的预测。三个路径相似的热带气旋,由于它们与外围系统的配置不同,行进过程中云团的发展变化亦不同,从而其降雨强度和降雨分布出现差异。热带气旋最大降雨量主要出现在副高前缘或副高西南侧以及与西风带低槽结合处云团发展最强时。特别值得注意的是台风移出后的降雨。三个热带气旋从浙江移走后,它们的残留云系均在副高前缘得到发展,尤其是台风飞燕移走后,又有西风带低槽东移影响,浙北出现比台风飞燕影响时还大的强降雨。对这种台风后降雨,业务预报中往往容易漏报。

(3)物理量场计算表明,三个热带气旋的降雨强度和落区与500hPa垂直速度和925hPa的水汽通量散度有较好的对应关系,这对今后的台风降雨预报具有一定指导意义。

## 参考文献

- 1 范爱芬,雷媛. 台风杰拉华的路径和降水分析. 科技通报, 2002, 18(1):24~30.
- 2 徐杏英. 2001年6月23日大暴雨过程的分析. 浙江气象, 2002, 23(1):1~5.

## Analysis of Three Tropical Cyclones with Similar Tracks but Different Precipitation Feature

Fan Aifen Li Xiuli Dong Jiabin

(Zhejiang Meteorological Observatory, Hangzhou 310007)

### Abstract

TC precipitation prediction based on corresponding track-similar TC precipitation is one of operational TC precipitation forecasting methods. Typhoon Chebi(0102), Toraji(0108) and a Tropical Depression have similar tracks and both brought about heavy rains in Zhejiang Province, but their precipitation intensity and distribution have different features. Based on the operational prediction, the detailed analyses were conducted on the atmospheric circulation features, physical quantity diagnoses and satellite images. It is found that the precipitation differences of the three tropical cyclones are mainly resulted from different atmospheric circulation backgrounds, environmental conditions of Zhejiang Province, the different intensity of TC, westerly trough, subtropical high over the Northwest Pacific Ocean and interactions between TC and westerly systems/subtropical systems. The conclusion is useful to operational TC precipitation prediction.

**Key Words:** tropical cyclone similar track precipitation