

0308 号强热带风暴天鹅 路径和降水分析

许向春 郝丽清 翁小芳

(海南省气象台,海口 570203)

提 要

详细分析了 0308 号热带气旋天鹅在南海中部加强为强热带风暴后云系的演变以及对路径和降水产生的影响,结果表明:强对流云团的“吸附”作用是天鹅登陆后路径南折的主要原因;垂直速度场对热带气旋路径短期偏折方向有较好的预报指示意义,热带气旋有向强上升运动区偏折的趋势;中尺度暴雨出现在强对流云团中小涡旋的螺旋云带上或云顶亮温的梯度密集区与地面风向辐合区重叠处。

关键词: 强热带风暴 垂直速度场 吸附作用 暴雨

引 言

热带气旋的结构及其变化直接影响热带气旋的强度和路径,从而也影响热带气旋暴雨的强度和落区。近年来,国内外有关研究表明,热带气旋的结构具有明显非对称性^[1],包括动力非对称性和热力非对称性。通常认为,大气的动力作用对热带气旋运动影响大于大气的热力作用,主要表征大尺度环流场的相对涡度平流在热带气旋运动中占主导地位。但在弱的环流场下或在基本环流场不变的情况下,因热带气旋内部热力结构变化,也能引起热带气旋路径短期变化。热带气旋内部的中尺度强对流系统(MSS)是热力非对称结构的一种表现^[1],其云系的演变反映了热力结构变化。目前,由于热带气旋活动的海洋上,除有极少船舶和岛屿观测资料外缺乏大量的观测资料,对热带气旋的热力非对称结构分析研究尚少。

2003 年第 8 号强热带风暴天鹅于 7 月 18 日下午在南海东部海面上生成后向 NW 方向移动,20 日上午在南海中部加强为强热带风暴,然后以 $15\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 左右的速度向

WNW 方向移动,于 21 日 18 时 35 分在海南万宁市沿海登陆,然后折向南穿过海南南部进入北部湾。22 日上午在越南北部沿海再次登陆,历时 5 天,造成海南沿海出现 7~9 级大风和 6 市县大暴雨。该强风暴有着路径多摆动,但移速变化不大,降雨强度强,大风范围广之特点,使海南沿海粮食作物、经济作物、交通运输、水利设施等受损严重。

0308 号强热带风暴天鹅自生成到登陆减弱消失,云系结构具有明显的非对称性,在大尺度环流背景场基本不变的情况下,路径多南北摆动,尤其是登陆万宁市沿海 4 小时后,路径突然南折,导致其路径和暴雨区预报失效。

本文利用逐时数字化卫星云图、地面加密观测资料和雷达观测资料,着重分析强热带风暴天鹅热力非对称性,即强风暴内区中强对流云团的活动对天鹅路径和暴雨区的影响,探讨异常路径的成因,以利做好热带气旋路径和强风暴雨的预报服务。

1 大尺度环流形势和强风暴的路径

风暴的路径与大尺度环流形势演变密切

相关。从强风暴天鹅生成到消亡5天的平均环流形势(图略)可见,亚洲中高纬度为两脊一槽的经向环流形势,乌拉尔山以西欧洲地区及贝加尔湖以东到鄂霍茨克海分别是长波脊,两高之间为一宽阔的长波槽区。主槽槽线位于西西伯利亚平原到里海一带,另一槽线在我国华东北部到四川盆地东部地区。在中低纬度上,西太平洋副热带高压(以下简称副高)呈带状分布在华南东部到日本国南部洋面上,脊线在 25°N 附近,副高北部与鄂霍茨克海大陆高压连体并稳定少动。副高南侧在 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 之间是NW—SE走向的ITCZ。强热带风暴“天鹅”生成于副高西南侧ITCZ的辐合区中,受稳定副高西南侧的SE气流牵引应有规律地向NW方向移动。但并非如此,由于天鹅自身的非对称性结构,在19日白天、20日下午、21日和22日下午却4次出现南北摆动,呈现蛇形路径。

2 强风云系结构特征对路径的影响

2.1 “天鹅”云系演变特征

7月20日14时至22日14时,“天鹅”在南海中部加强为强热带风暴到穿过海南岛进入北部湾,云系有一个显著之特征是内区强、外区弱,内区的对流云系相对气旋中心具有明显非对称性。内区云系白亮,无眼区,云顶最低温度在 -93°C 以下,TBB小于 -80°C 的冷云面积大约在 $3\times 10^4\sim 8\times 10^4\text{km}^2$,最大达 $16.7\times 10^4\text{km}^2$ 。外区无明显螺旋云带,仅个别时候出现一些细小单体的积云线。从内区强对流云系TBB小于 -80°C 的冷云面积时间变化中可看出(见图1),强对流云系有三次强度突然增大过程。分别出现在20日20时至21日02时,强风暴“天鹅”突然西折;21日17~20时登陆和22日05~11时进入北部湾加强阶段。强对流云系的非对称性演变可概括为以下5个阶段:20日14~20时,天鹅位于南海中部,强对流云区位于气旋中心东侧,内区云系呈圆形(图2a),发

展完整。从TBB梯度来看,东北部大且云系边缘光滑,西南部小并多小对流单体活动,外区的南北象限各有一条纤细的积云线。20日21时至21日10时,天鹅西侧外围云系开始接触海南岛陆地,内区云系南北向逐渐变长,在西南象限分裂一个强而小的对流单体并逐渐加强,3小时后达最强,内区云系分裂成两个强对流云团(图2b)。21日11时至22日00时,西南象限的强对流云团减弱消失,内区两个强对流云团合并呈圆形,云区面积迅速扩大,TBB梯度仍是北部大边界光滑南部小,中心位于强对流云团北侧边缘(图2c),直到天鹅登陆之前基本上维持这种云系结构。22日00~04时,风暴中心南折,内区云系结构松散,东南象限新生一强带状外围云带(图2d)。22日05~14时,强热带风暴进入北部湾海面,内区云系再次变为圆形,一直维持到天鹅在越南北部沿海再次登陆后减弱消失。

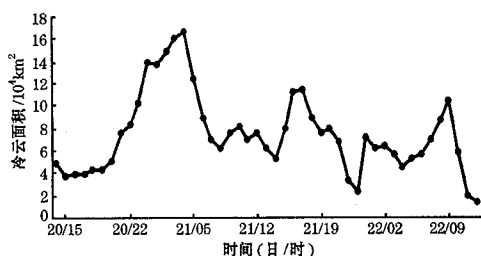


图1 天鹅云系中冷云面积时间变化图

2.2 强风暴路径与强对流云团路径的对比分析

把强风暴天鹅内区云顶温度 $< -80^{\circ}\text{C}$,冷云面积 $< 2\times 10^4\text{km}^2$ 的云系及冷云最低温度中心或TBB $< -93^{\circ}\text{C}$ 的几何中心定义为强对流云团和强对流云团中心。据此,将强对流云团移动路径与天鹅路径进行对比分析后发现,21日17时至22日05时,当天鹅登陆并穿越海南时,强对流云团中心与天鹅中心之间偏差明显加大(图3),登陆前,天鹅中心与强对流云团中心之间的距离 $< 100\text{km}$,

登陆后,两者间距离明显加大,最大达200km。当天鹅移入北部湾海面后,其间距逐渐缩小在100km以内。表明天鹅内区

强对流云系分布的非对称性造成其路径偏离环境引导气流。

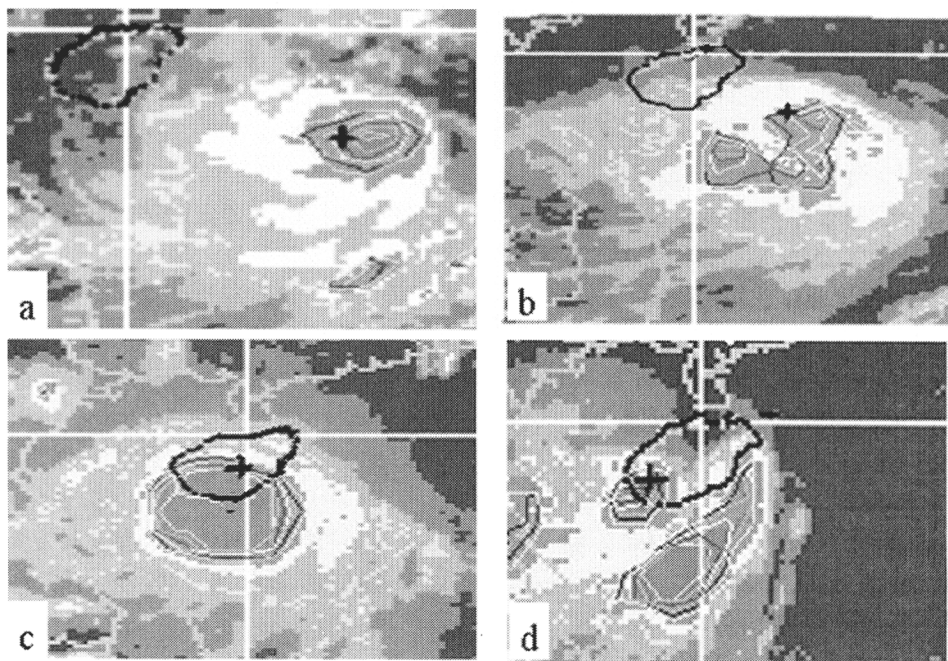


图2 强热带风暴天鹅7月20日17时(a)、21日08时(b)、21日20时(c)、22日02时(d)卫星云图上云系的演变

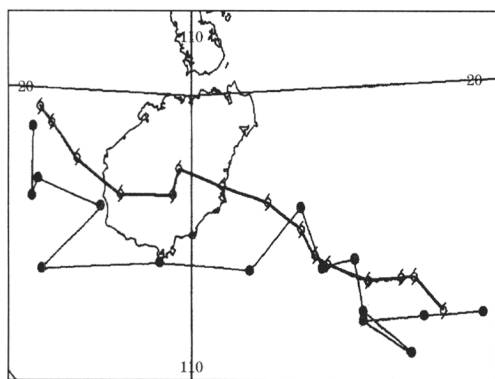


图3 2003年7月20日17时到22日11时
强对流云团路径与天鹅路径

粗折线为天鹅路径,细折线为强对流云团路径

经对强对流云团的冷云面积变化与强风暴天鹅路径对比分析发现:当强对流云团的冷云面积变化不大时,天鹅移速快且移向稳定,移速为 $15\sim 20\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$,当强对流云团冷

云面积明显扩大时,天鹅移速变慢,移速减小为 $5\sim 8\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$,同时发生小幅摆动。

2.3 垂直速度场与强风暴路径的关系

大气的对流运动与垂直速度有关,由穿过天鹅中心垂直速度纬向垂直剖面(图4)可见,天鹅登陆前后垂直速度发生显著变化,21日08时(图4a)登陆前,它上空有强上升运动区,中心位于600hPa附近,强度为 $-5.0\times 10^{-3}\text{hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ 。21日20时(图4b)登陆后,天鹅中心上空的上升运动区消失,在距天鹅中心西侧4个纬距的200hPa层上,上升运动强度为 $-2.0\times 10^{-3}\text{hPa}\cdot\text{s}^{-1}$,明显减弱。分析还发现,垂直速度最大负值区与“天鹅”路径有一定关系。当垂直速度的最大负值区出现在其东侧,天鹅路径将向右偏(图4a),反之将向左偏(图4b)。也就是说,热带风暴有朝

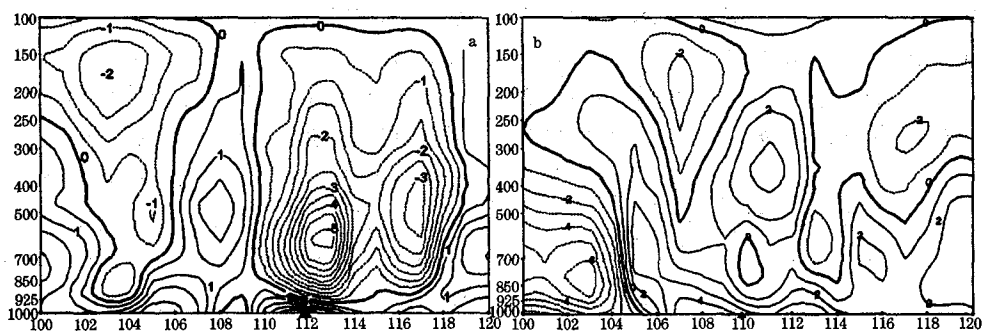


图4 7月21日08时(a)、7月21日20时(b)穿过天鹅中心的垂直速度纬向垂直剖面图

单位: $10^{-3} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$, 标黑三角处为天鹅中心

着最强上升运动区移动的趋势。但这种偏折维持时间很短,通常在6小时左右。

2.4 强风暴登陆后路径南折原因的分析

当位于副高西南方的天鹅在万宁登陆时,正值西环副高南落成NW—SE走向,我国西南地区东部为低槽控制,500hPa上最大的正涡度平流区和850hPa上散度场的辐合中心均位于北部湾北部(图略),有利于天鹅往NW方向移动,但其则南折。主要原因是:其一,风暴登陆后强度明显减弱,中心风力由登陆前 $30 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 迅速减弱为 $20 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,致使内力减弱,继续北上的动力减小。其二,在强风暴天鹅登陆前,从地面图到500hPa图上风暴环流中心基本上下垂直。登陆后21日20时地面图上环流中心位于海南中部,而500hPa的中心却移至海南南部海面上,高低层环流中心轴线产生倾斜并出现了偏差。这时风暴内区强对流云团快速移至风暴中心东南侧的海上,强度显著增强,冷云面积由 $2 \times 10^{-4} \text{km}^2$ 突增至 $7 \times 10^{-4} \text{km}^2$,积聚大量能量的强对流云团使得风暴附近能量场发生明显变化,强风暴天鹅避开了NW方向的低能区而向南侧能量高值区运动,即MSS的吸附作用导致风暴偏离环境引导气流,向南移动,与文献[1]中提出的热带气旋具有朝着积云对流加强侧运动的趋势相一致。

3 强对流云团对降水的影响

3.1 降水概况

根据文献[2],将相邻两个及以上的台站逐3小时雨量 $\geq 30 \text{mm}$ 或一站3小时雨量 $\geq 60 \text{mm}$ 定义为一次中尺度暴雨过程。经对地面逐时雨量和雷达观测资料分析得出,该强风暴暴雨过程由3次中尺度暴雨过程所组成,影响时间为21日17时至22日00时,陵水县2小时雨量达117mm、三亚市1小时56mm,是最强降水过程。第二次过程发生在22日00~06时,雨强 $23 \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 。第三次过程出现在22日08~14时,雨强为 $40 \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$,4市县出现区域性大暴雨,影响面积达最大。

3.2 中尺度暴雨落区与强对流云团的关系

经分析发现中尺度暴雨落区与风暴区中强对流云团关系密切。中尺度暴雨位于强对流云团中较小尺度涡旋外围的螺旋云带上,这些小涡旋在雷达回波图上可清楚看出螺旋结构(图5a,见封三)。小涡旋位于强对流云团西北象限,范围100km左右,距风暴中心约50km,强降水回波在小涡旋的南部,回波高度达16km,40dBz强中心高度在6km以下。小涡旋随着强对流云团中心向SW方向移动,1小时后小涡旋中心移至海南南部沿海,其北部几乎无降水回波。当雨带大部分移到海上时,螺旋曲率和强度继续加强(图5b,见封三),出现了第一次雨强大、持续时间短的中尺度暴雨过程。第二次中尺度暴雨出现在风暴内区强对流云团TBB梯度密集区

与地面小尺度的风向辐合线重叠区中(图5c),降水强度弱,维持时间长。值得一提的是雨团出现时间比云图上强对流区晚1~2小时。当强对流云团减弱时,雨团还维持2~4小时,对暴雨预报有指示意义。

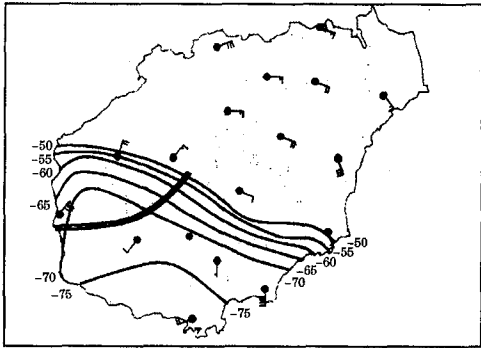


图5c 7月22日02时地面风场和
TBB等值线(单位:℃)
双实线为风场辐合线

4 小 结

(1)0308号强热带风暴天鹅的云系具有明显非对称性,登陆后位于其东南象限的强对流云团的热力非对称性结构使之路径南

折,是高能强对流云团吸附作用引起强风暴偏离环境引导气流,路径偏西。

(2)强热带风暴中心天鹅有朝着最强上升运动区移动的趋势,当垂直速度负值区位于强风暴东侧,路径右折,位于西侧路径左折;强对流云团的冷云面积变化与热带气旋移动速度呈负相关,强对流云团的冷云面积明显扩大时,热带气旋移速减慢且小幅摆动,对热带气旋运动有预报指示意义。

(3)中尺度暴雨出现在强对流云团中小涡旋螺旋云系上,或云顶亮温梯度密集区与地面风向辐合区的重叠区域。受特定地形影响,在海南岛南部登陆的热带气旋大部分有左折倾向,进入北部湾之后也能造成南部地区的强降雨。

参考文献

- 1 陈联寿,孟智勇.我国热带气旋研究十年进展.大气科学,2001,25(3):420~432.
- 2 林毅,刘爱鸣,林新彬.台风中尺度对流云团与中尺度暴雨相互关系的综合分析.热带气象学报,2002,18(4):393~398.

Analysis of Path and Precipitation of Severe Tropical Storm Koni

Xu Xiangchun Hao Liqing Wong Xiaofang

(Hainan Meteorological Observatory, Haikou 570203)

Abstract

The evolution of cloud systems of severe tropical cyclone Koni and the effects on its path and precipitation in central part of South China Sea are studied in detail. The results show that the attraction of convective cloud cluster was responsible for turning southward after Koni's landing. The distribution of vertical motion has close relationship with the path changing of the tropical cyclone in a short period. The tropical cyclone tends to move towards ascending motion. The meso-scale heavy rain occurs in spiral cloud band of a small vortex in the severe convective cloud cluster or in the overlapping area of dense gradient of TBB and surface wind direction convergence.

Key Words: severe tropical storm vertical motion attraction heavy rain

《0308 号强热带风暴天鹅路径和降水分析》附图

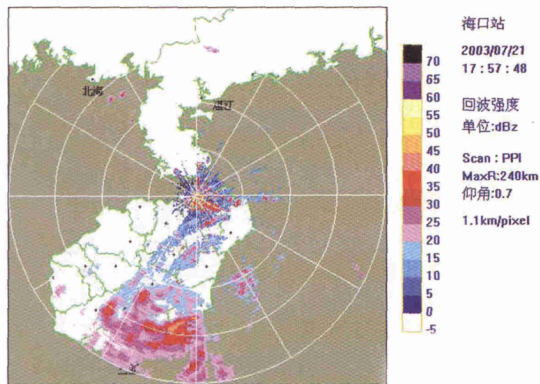


图 5a 7 月 21 日 17 时 57 分海口雷达回波

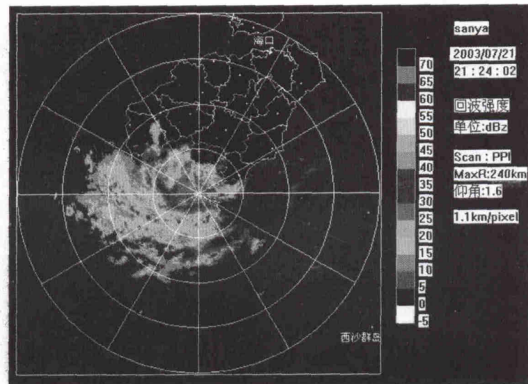


图 5b 7 月 21 日 21 时 24 分三亚雷达回波