

台风杜鹃的特点及成因分析^①

林良勋¹ 黄忠¹ 刘燕² 李天然³ 梁键³ 蔡安安²

(1. 广州中心气象台, 510080; 2. 广州市气象台;
3. 广州国际专业气象台)

提 要

台风杜鹃是继 7908 号台风后正面袭击珠江三角洲最强的台风,对其观测事实进行分析发现,台风杜鹃的路径和强度及其造成的天气分布等具有明显特点,这些特点与大气环流演变、影响台风的天气系统、相关物理量分布、“杜鹃”的结构及结构变化等密切相关。

关键词: 台风 强度 路径

引 言

平均每年约有 3~4 个热带气旋登陆广东,台风杜鹃(0313, Dujuan)是 2003 年第三个登陆广东的台风,也是继 7908 号台风(Hope)后,正面袭击珠江三角洲和广州市最强的台风。它具有明显的风大雨小的特点,是一个较典型的“弊大利小”的台风,对广东特别是对经济发达的珠江三角洲地区造成严重影响。即使在提前做出准确预报和做足防御准备的情况下,“杜鹃”仍给广东带来较大经济和生命财产损失,是近年来登陆广东造成损失最严重的台风。据统计死亡 46 人,直接经济损失 24 亿元人民币。

“杜鹃”还具有强度强、范围大、维持强盛时间长、消亡快、路径短时摆动频、移动速度快的特点,并且在整个生命史中,其路径、强度和结构以及它们的变化等均有较明显特点。本文在对“杜鹃”观测事实进行分析的基础上,试图通过环流形势演变特点、台风与其相互影响的天气系统的关系和相关物理量、云图及回波特征等探讨了“杜鹃”的特点及成因,发现了一些有意义的事实。

1 “杜鹃”的观测事实及特点分析

1.1 “杜鹃”的强度变化及登陆特点

“杜鹃”初期为在西太平洋形成的一个热带低压,8月30日02时发展为热带风暴,20时加强为强热带风暴,31日08时升级为台风,9月1日11时至2日19时为“杜鹃”的最强盛期,最大风速 $45\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;8月31日08时至9月3日00时长时间维持台风强度。

由于广东沿海独特的海岸地形,“杜鹃”于9月2日19时20分登陆惠东港口镇后,穿过大亚湾,20时50分在深圳东部沿海再次登陆,横过珠江口,于2日夜间11时15分在珠江口西侧的中山市沿岸地区第三次登陆。3日14时在广西境内减弱为低气压。

“杜鹃”表现出发展迅速、维持强盛期长、登陆后快速减弱的特点。

1.2 “杜鹃”的路径特点

从“杜鹃”路径图(图略)发现,它经历了三个路径阶段:形成阶段为缓慢向西南转西北路径,发展阶段快速西北路径,成熟到消亡阶段维持稳定西北西路径。但在稳定路径下,出现了3次明显摆动:1日白天在进入巴士海峡前出现由西北西路径转为短时快速西行路径;2日早晨到中午在南海东北部海面从快速西北西移动突然减慢西行,雷达探测甚至发现短时的西南西路径;登陆后路径逆

^① 本文得到广州中心气象台科研资金资助

转,出现明显快速西行。

应该指出,这种路径摆动是较为常见的,事后分析它对台风整体路径影响不大。但在实时台风预报业务中,这种摆动对制作路径和登陆点预报干扰甚大。因为实时较难准确判断这种摆动是短时现象还是台风路径已开始发生变化和是否将继续维持摆动后的路径趋势。因此,重视这种路径摆动并对其成因作探讨是有价值的。

另外,分析发现“杜鹃”具有明显的移动速度快特点,在强烈发展和成熟期,仍保持约 $30\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 的移速。

1.3 “杜鹃”的风雨特点

“杜鹃”所产生的风雨具有明显的(阵)风大雨小的特点。惠来的神泉录得最大阵风

$54.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,珠江口两侧及其以东的广东沿海普遍出现 12 级的阵风;“雨小”表现为雨量小和降水时间短,过程的总雨量仅有 10 个站大于 100mm,日雨量在 100mm 上仅有 3 站。与较相似的 7908 号台风相比,后者的降水比“杜鹃”多出一倍以上;另外,“杜鹃”登陆后 12 小时,较大降水基本结束。

2 “杜鹃”特点的成因分析

2.1 大气环流形势特点

图 1a 是环流形势演变及不同垂直层次上影响“杜鹃”的天气系统配置示意图。“杜鹃”在形成到发展阶段,由于 500hPa 中纬度低槽东移,使副高脊明显减弱东退;地面冷空气从中偏东路南下影响华北到长江中下游地区,其后长时间在华东、东海到日本一带维持

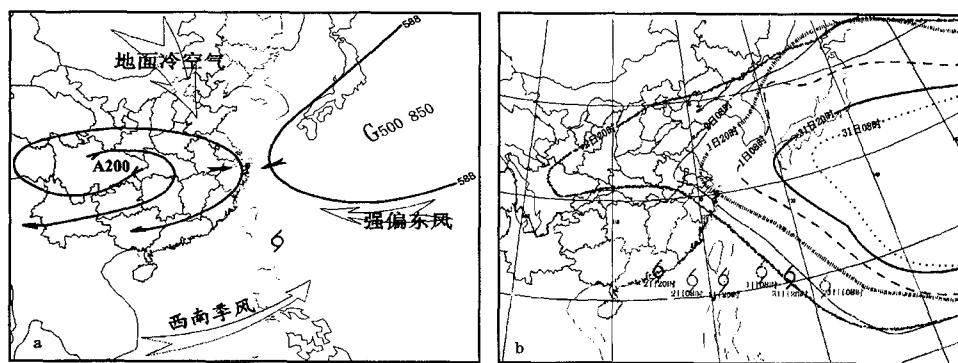


图 1 影响“杜鹃”的环流系统(a)及副高与“杜鹃”位置演变图(b)

稳定的东西向地面冷高压脊。“杜鹃”发展成io到强盛阶段,200hPa 的南亚高压脊向华东到东海一带东伸,与此同时,500hPa 西风槽减弱东移,副高脊加强西伸,“杜鹃”向西北西方向移动。

图 1b 给出的是 500hPa588 线从 8 月 31 日 08 时至 9 月 2 日 20 时变化情况和对应的台风位置。图中最明显特点是副高的加强及西脊点的西伸与“杜鹃”向偏西方向移动完全同步,这种稳定的同步西移现象持续到“杜鹃”消失。副高脊线一直稳定在 $28\sim 32^{\circ}\text{N}$ 附近,副高中心强度及位置基本维持不变。850hPa 副高也表现出与 500hPa 相同的变化特征。

另外,在整个生命史中“杜鹃”一直活动

在 ITCZ 中,从发展到登陆阶段,在副高西南侧到台风的东到东北方的边缘区域,始终存在一支深厚和强盛偏东风气流,随着“杜鹃”西移,这支气流也同步西伸并加强,气流的南北宽度近 800km,这支气流不但为“杜鹃”的形成和发展提供有利的流场条件,也是其稳定快速西移的主要外力。另在 850hPa 有一支强盛的西风气流,在“杜鹃”形成阶段,表现为过赤道气流向“杜鹃”中心的输送,在发展到强盛阶段,表现为从孟加拉湾经南海中南部的强盛西南季风向“杜鹃”的源地及其移经海域的输送,在接近登陆到消亡阶段,西南季风的输送方向发生明显改变,直指菲律宾以东洋面。

2.2 路径特点的成因分析

上述环流演变和系统配置为“杜鹃”向偏西北方向移动提供了有利的大尺度背景。冷空气南下形成的地面冷高压脊,副高脊加强西伸,高层的动力加压和冷空气的共同作用,在台风的北侧边缘区域出现同步西移的正变压区,“杜鹃”向北移动受阻。副高脊加强西伸另一重要作用是加强了副高与“杜鹃”之间位势梯度,偏东引导气流明显加大。

图2给出了850、700和500hPa综合三层实时引导气流^[1,2]矢量分布,可见引导气流具有明显的指向西北偏西方向的特点,除“杜鹃”初期个别时次外,引导气流方向均比台风移动方向略偏右;引导气流最强盛时期出现在“杜鹃”的强盛期,与这阶段台风移动速度最快相一致。值得指出的是,在“杜鹃”处于移速缓慢、移向不定的形成阶段,引导气流也是“杜鹃”生命史中最弱的,且引导气流的方向出现在“杜鹃”移动方向的左侧。这阶

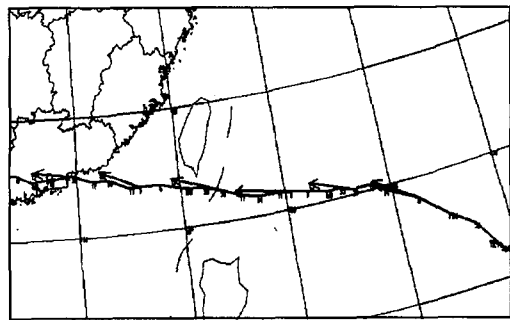


图2 850、700、500hPa综合3层实时引导气流矢量图
实线:“杜鹃”路径,射线:引导气流矢量

段“杜鹃”所处的纬度较低,操纵系统不明显,东西风气流强度相当。

从上述分析看到,在“杜鹃”出现3次明显西行的短时摆动期间,大尺度环流形势和影响“杜鹃”的天气系统是基本稳定的,并无发生突变现象。但在“杜鹃”移入巴士海峡前和登陆时引导气流的偏西分量略大,根据“引导气流突然加强是台风突然加速或跳跃的重要原因”^[3]的观点,9月1日白天引导气流加强有利于“杜鹃”的第一次短时快速西行摆动;从图1b反映出在“杜鹃”登陆阶段,588线的西伸程度最为明显,与第3次短时摆动相对应。另外,雷达探测分析发现,“杜鹃”3次明显西行摆动与回波的结构分布密切相关。图3分别给出了代表3个摆动期的雷达回波显示,可见大范围强回波区均位于台风中心的西偏南象限,在图3b上,台风中心的北侧几乎探测不到强回波,而这时段的“杜鹃”的西移分量最为明显。一旦强回波区沿着逆时针方向移到其它象限时,明显的西移摆动现象消失。显然,这种结构分布的不对称和结构的变化对“杜鹃”的路径摆动有明显的作用。对云图上云系结构与“杜鹃”路径变化关系进行分析,也同样发现上述特征。应该指出,“杜鹃”3次摆动中西折分量加大和第1、3次移速加快均可从上述分析中得到解释;第2次摆动出现移速减慢、移向左偏的原因,除了“杜鹃”结构不对称因素外,有可能与陀螺运动产生的左偏^[4]有关。

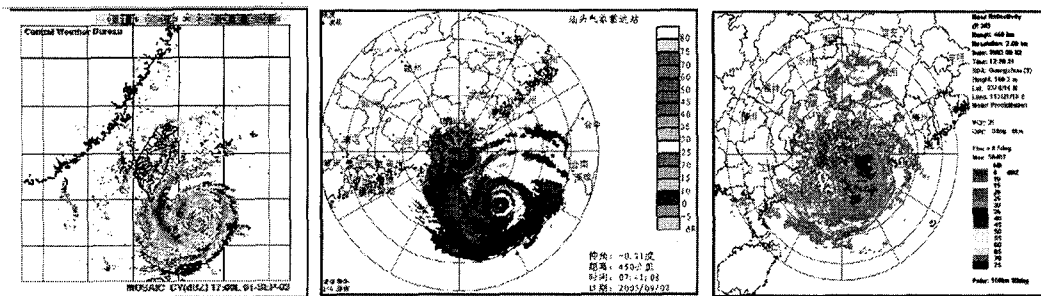


图3 “杜鹃”出现3次明显西行的短时摆动期间雷达回波图
a.9月1日17:00台湾雷达回波 b.2日08:28汕头雷达回波 c.2日20:20广州雷达回波

2.3 强度特点的成因分析

“杜鹃”具有强度高和登陆后强度迅速减弱消亡的特点。强度高表现为中心最大风速大和维持强风速时间长;另外,还出现一个不多见的观测事实,就是出现“双眼壁”,这一现象从沿台风移动方向和垂直于移动方向过台风中心的回波剖面图(图略)清晰可见,从图3a、b也可发现这一现象。

强度高的主要原因有两方面:200hPa强辐散提供了有利的高空“抽气”作用;850hPa西南季风及热带云团的卷入提供了水汽和能量。分析200hPa流场和散度发现,在“杜鹃”的高层存在明显辐散气流,和大范围正散度区,最大值达 $85 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 。在850hPa外围有两支明显气流影响“杜鹃”,其一是台风东北象限边缘区域的东到东南气流,其二是西南季风,后者引导大量的对流云团卷入“杜鹃”环流,并提供水汽和能量。

“杜鹃”登陆后,环流形势发生了明显的变化,200hPa华南地区高空为强盛的偏东风和东南偏南风强气流辐合区和明显的负散度区(图略),200hPa风速的明显加大,使得风的垂直切变加大,高空出现了不利于台风强度维持的条件;另外,由于大陆性气团从“杜鹃”西侧经南海中北部卷入,而西南季风向吕宋岛以东洋面输送,导致“杜鹃”迅速减弱和消亡。应该指出,陆地表面的摩擦作用也是“杜鹃”登陆后减弱消亡的重要原因^[3],但在上述环流配合下,加快了“杜鹃”的减弱和消亡。

2.4 结构特点分析

“杜鹃”在云图、回波和风场的结构上均具有较明显的特点。对云图和回波(图略)的形态结构分析发现:形成阶段以高层强的辐散外流和对流云系结构不对称为特点;发展阶段云系结构呈西北东南分布;成熟阶段云系以准对称特征;登陆阶段密蔽云区范围明显减小,并主要集中在中心附近和西南象限。分析地面和850hPa风场发现:“杜鹃”水平风分布有明显不对称性,具有“东风大、西风小”,“北风大、南风小”的特点。造成这种

不对称性的原因目前仍是难以得出有说服力的解释,但地面冷空气的南移,副热带高压的同步西伸加强,使得台风的北侧边缘区域的正变压(高)加大,“杜鹃”北半圈梯度风较南半圈大是显而易见的。另外,“杜鹃”强度虽强,但垂直发展高度不高。在200hPa仅以一个弱的东风波反映出来,无闭合环流中心。分析涡度发现:在发展和成熟阶段,在移动方向的边缘区域,始终存在一个较明显的正涡度次中心,并随“杜鹃”同步西移;这种涡度的分布特征仅是一个计算事实的发现,有待进一步的发现和研究。

2.5 风雨分布特点的成因分析

基于上述分析不难找出“杜鹃”“雨小”的原因:“杜鹃”登陆后强度迅速减弱消失,并以超过 $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的速度快速西移,使得“杜鹃”带来的明显降水时间不足12小时;副高同步西伸并较快控制“杜鹃”经过的附近区域,中低层出现不利于降水的天气系统,200hPa强辐合流场从高层提供了不利于明显降水的条件;另外,西南季风输送方向的改变,使得“杜鹃”减弱的同时,也切断了降水的水汽来源。

出现“风大”主要原因,其一是结构分析中提到的北(冷)高南低,东(副)高西低形成明显的梯度风,其二是“杜鹃”的移速快。

3 结论

“杜鹃”发展迅速、强盛期长、登陆后消失快;在成熟到消亡阶段属西北西正常路径,但移速快,路径短时摆动频是它的路径特征。路径、强度、结构和造成的天气特点与大气环流演变和影响“杜鹃”的天气系统配置密切相关,副高加强西伸与“杜鹃”西移同步,强盛的偏东气流引导是“杜鹃”快速西移的主要原因;而三次路径短时摆动与台风云系和水平风场结构及结构变化所产生的内力作用密切相关。越赤道气流和西南季风是“杜鹃”快速发展和维持长强盛期的主要水汽和能量来源;200hPa强辐散提供了重要的“抽气”作用;台风登陆后快速消亡的原因除了地面摩擦作用外,200hPa转为辐合、风的垂直切变

(下转第70页)

(上接第 65 页)

加大和西南季风输送方向发生变化也起到重要作用。登陆后“杜鹃”迅速消亡,西移速度快,200hPa 转强辐合流场和西南季风输送方向的改变,是“杜鹃”造成“雨小”的主要原因;“风大”且分布不均与梯度风密切相关。

参考文献

1 何夏江,钟铨,董克勤. 台风引导气流场斑马图. 广东气

象,1988,3:2~6.

2 Dong Kegin, Charles J. N. The Relationship between Tropical Cyclone Motion and Environmental Geostrophic Flows. *Mon Wea Rev*, 1986, 14: 115—122.

3 陈联寿,丁一汇. 西太平洋台风概论. 北京:科学出版社,1979:305、420、404.

4 Yeh, T. C. . The Motion of Tropical Storm under the Influence of a Superimposed Southerly Current. *J. Met.*, 1950, 7: 108—113.

Analysis of Characteristics of Typhoon Dujuan

Lin Liangxun¹ Huang Zhong¹ Liu Yan² Li Tianran³ · Liang Jian³ Cai An'an²

(1. Guangzhou Central Meteorological Observatory, Guangzhou 510080;

2. Guangzhou Meteorological Observatory;

3. Guangzhou International Specialized Meteorological Observatory)

Abstract

Typhoon Dujuan (0313) is the most intense tropical cyclone that has struck Zhujiang River Delta since Typhoon Hope (7908). Based on the detailed observational data, it is found that there are obvious characteristics in Typhoon Dujuan and these characteristics are closely related with the atmospheric circulation, corresponding synoptic systems and Dujuan's structure and its changes.

Key Words: typhoon Dujuan general circulation synoptic system