

西南季风和热带气旋耦合的暴雨过程诊断分析

姚胜芳¹, 唐 文¹, 何 慧², 陆 丹¹

(1. 广西区气象台, 广西南宁 530022; 2. 广西区气候中心, 广西南宁 530022)

摘 要: 本文用 NCEP/NCAR 再分析资料、常规观测资料、FY-2C 卫星云图、风廓线资料及自动站资料分析了热带气旋“碧利斯”的路径、陆上维持、暴雨成因。结果表明: “碧利斯”登陆后折向西行与冷空气到达黄淮一带有关, 以后折向西偏南行, 是受大陆高压南侧东北气流引导; “碧利斯”在陆上维持长、登陆后具有明显的不对称结构, 与它处在鞍形场的有利流场、副热带高压从其东面加强西伸、正值西南季风爆发有关; 暴雨的发生, 与其“处在有利的气候背景, 低压环流以罕见的路径从较北的纬度跨越广西”有关; 更重要的是西南季风激发西南急流, 西南急流输送水汽和释放潜热, 利于热带气旋环流的维持, 也为暴雨提供充足的水汽条件; 急流轴左侧为正切变涡度区, 既有利于热带低压环流的维持, 又有利于强对流的发生; 急流加强风的垂直切变, 促使对流风暴不断生成。强降水的发生与西南急流的加强和向下扩展相关, 急流指数变化对暴雨短时临近预报有较好预示性。

关键词: 台风暴雨; 风廓线; 西南季风; 急流

中图分类号: P731 文献标识码: A 文章编号: 1003 - 0239 (2008) 1 - 0088 - 07

1 引言

热带气旋(简称 TC)是华南后汛期最主要的影响系统, 其登陆后路径偏折、维持机制、暴雨发生一直是气象工作者关注的热门问题。2006 年第 4 号热带气旋“碧利斯”深入内陆生命史之长, 影响范围之广, 导致的降雨强度之大, 洪涝、滑坡、泥石流以及局地大风、雷电等灾害之重, 实为历史少见。广西 7 月 15 日 14 时 ~ 18 日 08 时也发生了一次范围广、强度大、持续时间长的暴雨过程, 为 1960 年以来 7 月份之最强。其中浦北、金秀、阳朔等 3 个县日雨量刷新了当地历史记录。陆川、平乐、荔蒲、灵山 4 县也刷新了当地历年 7 月份日雨量记录。对于“碧利斯”登陆后为什么能长时间维持? 有没有冷空气侵入热带风暴? 暴雨为什么具有范围广、强度大、时间长的特点? 这些问题存在颇多争议, 本文试图提出自己的看法。

2 气候背景分析表明西南季风活动偏强

综合对流和纬向风条件, 7 月第 2 ~ 3 候南海地区西南风和对流都较强, 南海夏季风处于活跃期。第 4 候南海地区西南风显著减小, 对流也有所减弱, 热带夏季^[2] 风处于中断期。第 5 候南海夏季风又变得活跃起来(见图 1)。

收稿日期: 2007-01-02

基金资助: 本文由广西区气象台科技攻关项目资助

作者简介: 姚胜芳(1970-), 工程师, 主要从事天气预报工作。

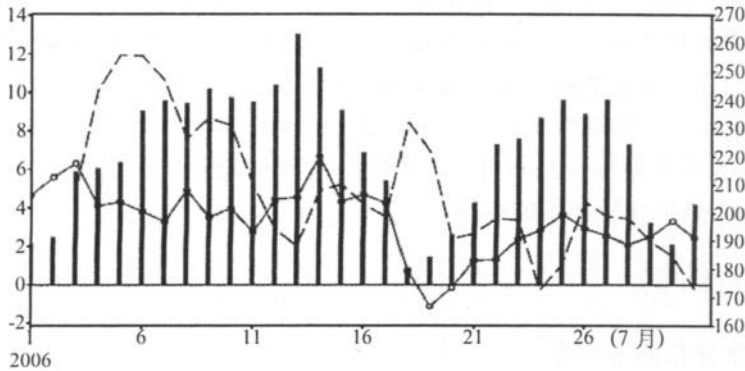


图1 实线 850 hPa 分量, 虚线 U 分量, 折线为 OLR 资料

对 2006 年 7 月夏季风环流的分析表明, 在夏季风盛行期间, 华南上空的强盛西南气流始终有东西向的风速切变, 尤其是西部(广西、湖南)是风速由大变小的辐合区, 有利降水的形成。

2006 年 7 月中旬夏季风经历了活跃-中断-活跃的交替变化, 但多数时段处在活跃期。也正是由于是夏季风的活跃, 使得热带气旋“碧丽斯”在影响期间, 西南急流控制了从福建、江西、湖南到广西的大部分地区。

3 罕见的移动路径与大气环流特点

3.1 登陆后罕见的移动路径

2006 年第 4 号热带气旋“碧丽斯”(7 月 9 日在菲律宾以东洋面生成, 生成后一直稳定地沿着偏西北方向移动)14 日凌晨在花莲第一次登陆, 14 日 13 时再次在福建霞浦登陆, 登陆时中心气压 975 hPa, 中心附近最大风速 25m/s。登陆后开始西折穿过福建中部, 14 日 16 时减弱为热带风暴, 15 日 15 时减弱为热带低压, 15 日 17 时停编。16 日 02 时“碧丽斯”减弱成的低压环流向西偏南折进入湖南, 16 日晚上 20 时左右从桂东北进入广西, 中心斜穿广西, 17 日 14 时移出广西进入云南。在历史上, 是属于从较北的纬度进入广西, 我区大部地区处在其后部偏南气流控制, 有利于暴雨的发生。普查历史表明, 大多数西移影响广西的台风, 都是登陆广东或海南。登陆福建或以北, 经长途跋涉, 能进入广西并影响广西的个例极少, 又从桂北斜穿广西仅有 9607 号等极少数个例。

3.2 环流特点分析

7 月 14 日 500 hPa 图上, 欧亚中高纬度地区多短波槽脊, 华北地区有一低压, 在对应的槽后偏北气流带下的冷空气到达黄淮地区, 冷空气在“碧丽斯”北侧形成高压坝, 阻挡其北上, 促使“碧丽斯”台风西折进入福建。副热带高压分成两环, 西太平洋副热带高压呈典型的方头状, 西脊点西伸到 130°E, 大陆高压位于江淮地区, 高压面积较小, 其南

侧偏东气流引导“碧丽斯”西移。华北槽后正变高并入大陆副高，促使大陆副高发展。15日，大陆副热带高压和西太平洋副热带高压合并打通，西段 588dgpm 特征线向西南扩，轴线呈东北西南向，其东侧的东北气流引导“碧丽斯”往西南移。16 ~ 17 日，西太平洋副高、河套大陆高压、南海南部赤道高压组成三面高中间低的形势（图略），大陆高压南侧东北气流、西太平洋副高西侧偏南气流和南海南部赤道高压北侧的西南气流互相衔接，有利于“碧丽斯”热带气旋环流的维持。

4 不对称的结构

4.1 云系和降水分布的不对称

“碧丽斯”登陆前，没有眼和密蔽云区，螺旋结构则较为清楚，云系相对对称，但南部云系比北部稍强。登陆后，北部、西部的云系明显减弱，东部和南部云系则变化不大，南部的云系甚至不消反增，发展旺盛的对流云从热带气旋南侧随西南季风卷进气旋中，不对称结构明显增强。

12 小时雨量图显示，登陆前降水主要集中在强热带风暴的东部，尤其是东北部。登陆后降水集中在南部。其中 16 日降水集中在热带气旋的南部，尤其是东南部，长雨带横跨 20 个纬距，而在热带气旋的北面，降水量级明显偏小。

4.2 风场分布的不对称

据 13 ~ 14 日 08 时 925 hPa 流场和全风速图分析，“碧丽斯”螺旋状风带的分布特征比较显著，风场分布相对对称（见图 2a）。随着西南急流的建立和冷平流从低层进入气旋，15 ~ 16 日（见图 2b）气旋的南部和东部 13m/s 强风速带维持，南部强风速带甚至还伸长。17 ~ 18 日西南急流开始减弱，南部风速带减小，同时气旋填塞。虽然冷平流从低层进入气旋，但南侧维持强风速带是因为西南急流与气旋风场的叠加，东侧强风带速的持续则是由副热带高压从气旋东侧西伸，气压梯度明显增大而引起。

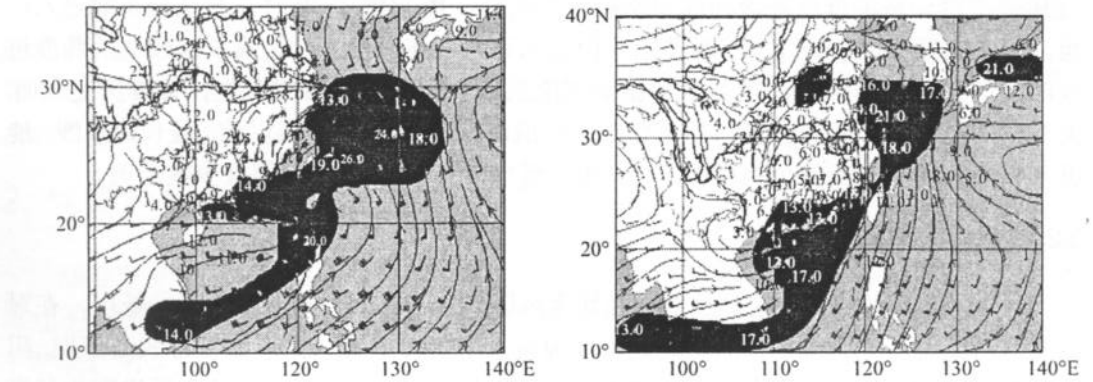


图 2a 13 日 08 时 925hPa 流场和全风速图 图 2b 16 日 08 时 925hPa 流场和全风速图

5 西南季风激发西南急流,对暴雨过程有重要作用

由上文分析可知,西南季风的活跃激发了西南急流,对暴雨过程起到重要作用。

5.1 西南急流输送水汽和释放潜热有利于气旋环流的维持,也直接有利于强降水的发生

西南急流的北抬和加强,使低层大气明显增温增湿,增加了位势不稳定,并给热带气旋提供大量的能量,使大气获得足够的浮力达到凝结,释放大量潜热,并使对流层中层相对湿度较大,从 700 ~ 500 hPa 都大于 70%。直到 14 日,925 hPa 以上各层次广西大部地区在露点差。15 ~ 17 日华南大部地区湿层增厚,华南地区从 925 ~ 300 hPa 露点差维持在 5 以下。这对于在陆上的维持起到很重要的作用^[1],也为暴雨提供充足的水汽条件,因此强度减弱较缓。在 15 日 18 时后 11 个小时内,中心风速维持 20m/s,中心气压在 985 ~ 978 hPa 之间变化。之后 9 个小时,中心风速维持 18m/s,中心气压在 988 ~ 989 hPa 之间变化。

5.2 西南急流轴左侧为正切变涡度区,利于强对流的发生

由于西南急流轴左侧存在明显的水平风切变,在 15 ~ 17 日从江西、湖南到广西的正涡度区伸展到 500 hPa 以上(图略),这个时段正是西南急流加强北抬的时段。正切变涡度区的维持,使得上升运动发展,有利于强对流的发生^[2]。正因为如此,“碧利斯”暴雨既有台前辐合区的强降水、热带低压环流与西南急流相互作用的强降水并处在热带低压环流后部,由于西南急流的存在和副热带高压的加强西伸而导致的强降水。

5.3 急流加强风的垂直切变,促使对流风暴不断生成

从观测和数值模拟研究表明,风暴动力结构及风暴潜在的影响力很大程度上取决于环境的热力不稳定、风的垂直切变和水汽的垂直分布三个因子。在给定湿度、不稳定性及抬升的深厚湿对流中,垂直风切变对对流性风暴组织和特征的影响最大。一般来说,垂直风切变的增强将导致风暴进一步加强和发展。其主要原因是:(1)在切变环境下能够使上升气流倾斜,这就使得上升气流中形成的降水质点能够脱离上升气流,而不会因拖曳作用减弱上升气流的浮力;(2)可以增强中层干冷空气的吸入,加强风暴中的下沉气流和低层冷空气外流。再通过强迫抬升使得流入的暖湿气流更强烈地上升,从而加强对流。风廓线(图略)分析表明^[3],15 日 16 时,风廓线中地面处开始转南风,南风慢慢加强,到 17 时,加大到 12m/s,达到急流,南风的厚度也逐渐增加到 3km。低层南风与高层的北风形成非常强的垂直风切变。垂直风切变的增强有利于上升气流和下沉气流在相当长的时间内共存,新单体将在前期单体的有利一侧有规则的形成,因而此次降水过程对流风暴发展很强盛,结合回波顶高度显示产品,在 7 月 15 日 19 时,对流风暴顶延伸到了近 15km,而且风暴持续时间相当长。

5.4 急流的下传和雨强的变化

在 16 ~ 17 日 3km 以下桂林基本维持一个 12m/s 的急流风速。17 日 03 时之前，15m/s 都存在于 1.8km 以上，到了 04 ~ 05 时，下传至 1.5km，同时西南风厚度加大，最大风速 16m/s 的厚度也加大(见图 3)。06 时，15m/s 风速带回缩到 1.8 km，桂林附近的龙胜雨强从 03 时 11.5mm/h 上升到 04 时、05 时的 32.5 mm/h 和 33.3 mm/h，06 时雨强又减小到 8.4mm/h (见图 4)。这与刘淑媛“西南风向下扩展的同时可能存在动量下传，引起低空扰动加强，引发强降水”的看法相符^[4]。

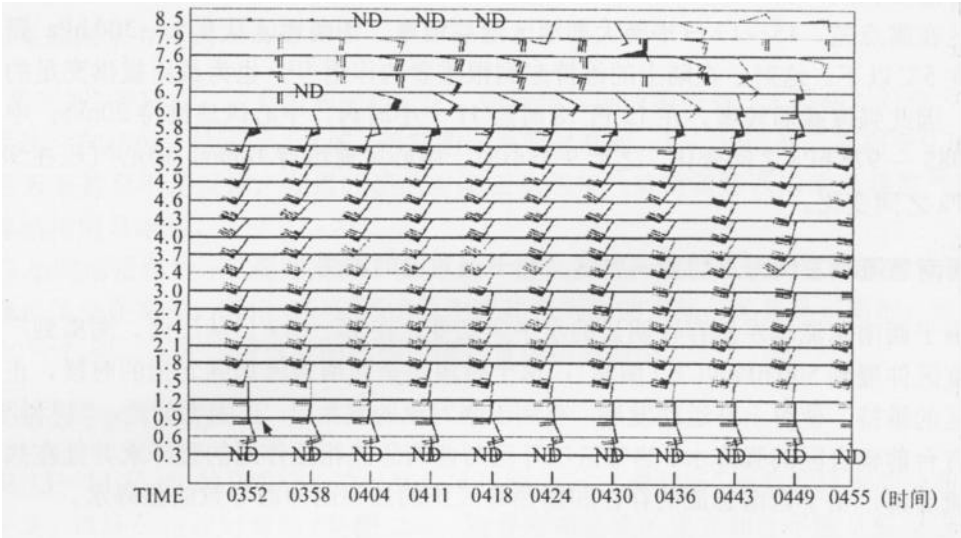


图 3 17 日 04 时桂林风廓线的时间-高度剖面图

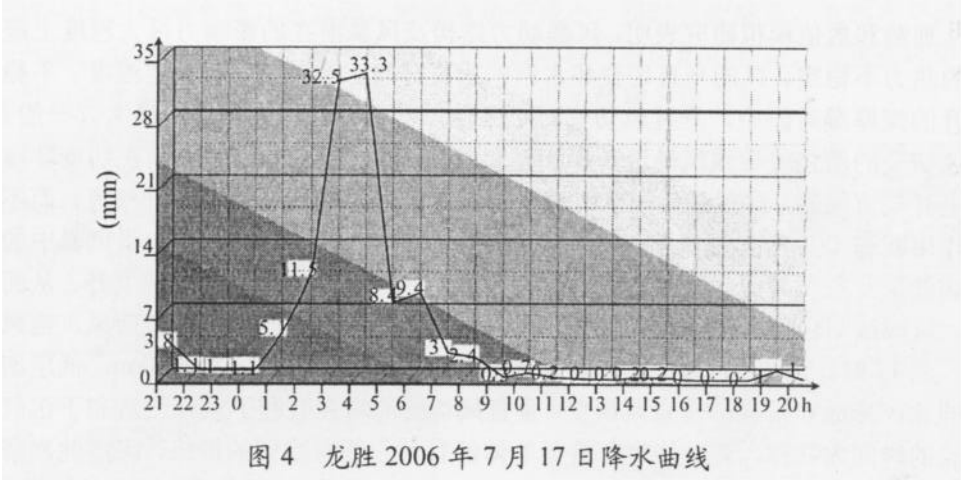


图 4 龙胜 2006 年 7 月 17 日降水曲线

5.5 低空急流指数与雨强关系

参照刘淑媛等以 2km 以下边界层急流中心的最大风速 V (m/s) 和 12m/s 风速在该小

时的最低位置 $D(\text{km})$ 的比值定义了一个低空急流指数 $I=V/D$, 用它定量来表示低空急流向下扩展的程度和风速脉动的强度。

每小时雨量较大的降雨时段对应的低空急流指数 I 也比较大, 特别是 17 日 03 ~ 04 时, I 达到峰值 15, 04 ~ 05 时雨强也达到最大 32.5 ~ 33.3mm, 17 日 04 ~ 05 时, 急流指数从 13 减小到 11.7, 06 ~ 07 时雨强从 9.4mm 下降到 3mm (见图 4)。分析表明低空急流指数 I 的增减和雨强增减相对应, I 增大(减小), 雨强越强(弱), 说明低空急流的脉动向地面扩展的程度与中小尺度降水存在密切关系, 对强降水的出现及雨强的大小有较好预示性^[5]。

6 小结

(1) 气候背景分析表明西南季风活动偏强。

(2) “碧利斯”登陆后折向西行与华北槽西行带下的冷空气到达黄淮一带有关, 以后折向西偏南行, 是受河套附近的大陆高压南侧东北气流引导。

(3) “碧利斯”登陆后具有明显的不对称结构, 是因为西南急流与气旋风场的叠加。

(4) 在陆上维持长与它处在鞍形场的有利流场、副热带高压从其东面加强西伸、正值西南季风爆发有关。

(5) 暴雨范围广、强度大、时间长, 与低压从较北的纬度进入广西, 滞留我区时间长, 广西大部处在其后部偏南气流, 副热带高压从其东侧加强西伸有关, 更重要的是西南季风激发西南急流。西南急流输送水汽和释放潜热有利于热带气旋环流的维持, 也为暴雨提供充足的水汽条件, 也直接有利于强降水的发生; 急流轴左侧为正切变涡度区, 有利于强对流的发生; 急流加强风的垂直切变, 促使对流风暴不断生成。

(6) 强降水的发生与西南急流的加强和向下扩展相关, 急流指数变化对暴雨短时临近预报有较好预示性。

参考文献:

- [1] 梁必骥, 王安宇, 梁经萍, 吴池胜, 冯志强. 热带气象学[M]. 广州: 中山大学出版社, 1990, 242 ~ 242.
- [2] 丁一汇. 高等天气学[M]. 北京: 气象出版社, 2005: 327 ~ 327.
- [3] 俞小鼎, 等. 多普勒天气雷达原理与业务[M]. 北京: 气象出版社: 90 ~ 90.
- [4] 刘淑媛, 郑永光, 陶祖钰. 利用风廓线雷达资料分析低空急流脉动与暴雨的关系 [J]. 热带气象学报, 2003, 19(3): 285 ~ 290.
- [5] 曹春燕, 江 峯, 孙向明. 一次大暴雨过程低空急流脉动与强降水关系分析 [J]. 气象, 2006, 32(6): 102 ~ 107.

Southwest Monsoon and the Coupled Tropics Cyclone Downpour Process Diagnose Analyse

YAO Sheng-fang¹, TANG Wen¹, HE Hui², LU Dan¹

(1. Guangxi area meteorological observatory, Nanning 530022; 2. Guangxi area climate centre, Nanning 530022)

Abstract : This paper analyses the move path , maintain of the typhoon “BILIS” , reasons of rainstorm. We have used the NCEP/NCAR data , general observational data , FY-2C nephanalysis , wind outline data and automation station data. We obtain some conclusions : “BILIS” turned to the west after landing. This was connected with cold air between HuangHe River and HuaiHe River area. Then, BILIS turned to the southwest, this was connected with the northeast steering current which located at the south of the high pressure. BILIS lasted a very long time on land and had asymmetric structure after landing. This was connected with saddle current , oceanic high pressure developed from east to west , southwest monsoon breaking out ; The rainstorm was connected with the advantaged climate position , low-pressure circumfluence and the infrequency path that BILIS spaned GuangXi from high latitude. Most of all , southwest monsoon aroused the southwest jet stream which transported water vapour and released latent heat , it was good for the continuance of tropics cyclone circumfluence , also it offered enough vapour for the rainstorm. The left of jet stream was the positive vorticity area , it was good for the continuance of the low-pressure circumfluence and the appearance of the strong convection. The jet stream reinforced vertical shear and urged convection storm to develop unceasingly. Strong rainstorm was connected with the strengthen and a down spread of the southwest jet stream. The change of the jet stream index is important for the forecast of short-term rainstorm.

Keywords : Typhoon rainstorm ; Wind outline ; Southwest monsoon ; Torrent