

文章编号: 1004-4965 (2009) 03-0373-06

0707号强热带风暴登陆前后引发雷州地区 强降水的成因分析

罗秋红¹, 高晓容², 吴乃庚¹, 肖伟军¹,
纪忠萍¹, 李茵茵¹, 吴秀兰¹

(1. 广州中心气象台, 广东 广州 510080; 2. 兰州大学大气科学学院, 甘肃 兰州 710000)

摘 要: 通过应用卫星云图、OLR 日平均场、环境场、比湿场、散度场、K 指数等资料对 0707 号“帕布”引起的强降水进行诊断分析, 同时把登陆湛江 (9615 号)、珠江口附近 (7908 号、0313 号) 的台风与之进行对比分析, 结果表明: 越赤道气流和西南季风的增强促使赤道辐合带加强, 为“帕布”强降水的维持提供了水汽和热量条件; 双台风和环境场的作用使“帕布”在粤西沿海停留时间较长, 使强降水的累积雨量增大; 低层辐合、高层辐散的配置有利于雷州半岛附近水汽的辐合, 雷州半岛附近 K 指数在 35~38 之间和垂直纬向风弱切变表明空气不稳定性大有利于水汽上升, 使得“帕布”给雷州以南地区带来强降水, 另外, 对湛江地区 4—9 月逐日降水作小波分析后得出了暴雨期存在明显的 20 d 周期的低频振荡特征。

关 键 词: 强热带风暴; 强降水; 分析

中图分类号: P444

文献标识码: A

Doi: 10.3969/j.issn.1004-4965.2009.03.018

1 引 言

台风暴雨是登陆台风研究中的重点, 中国最大的暴雨是由台风造成的^[1], 陈联寿等^[2]研究表明, 台风登陆后的维持不消、停滞、源源不断的水汽输送、中低纬环流的相互作用、中尺度系统影响及地形作用等是造成台风特大暴雨的基本成因, 同时指出中尺度扰动强的铅直速度对质量、动能和能量的垂直输送都很重要。近年来, 国内对热带气旋降水的气候及暴雨增幅的物理机制作了较深入的研究^[3-5], 李江南等^[6]研究表明: 维持少动的 TC 倒槽和嵌入其上的这些中小尺度系统相互作用造成了暴雨的发生, 而高低空中尺度散度场的配置对这类暴雨有很好的指示意义, 弱的层结不稳定或中性层结是有利于暴雨系统发展的环境条件。杨引明等^[7]研究得到热带低压具有深厚的热带天气系统结构特征, 自形成后, 对流层中低层为正涡度区, 其上为负涡度区, 散度场高空存在强辐散层; 暴雨发生前, 流场上存在有利于对流发展的垂直环流结构。本文重点研究辐合带对 0707 号“帕布”暴雨的增幅作用和环境场、物理量场的有利配置引起的

铅直速度对水汽的输送作用, 从而诊断出“帕布”暴雨的发生机制, 另外, 为了了解暴雨期的低频振荡特征, 对湛江地区 4—9 月逐日降水作小波分析。

2 资料说明

9615、7908、0313 号台风的基本资料来源于台风年鉴, 云图资料由国家卫星气象中心提供, 环境场中的纬向风、OLR 日平均场、比湿场、散度场由美国气候诊断中心 (Climate Diagnostics Center) 提供, 覆盖区域为: 0~40°N, 90~135°E, 分辨率 2.5°×2.5°, 环境场、K 指数来源于欧洲中期天气预报中心和国家气象中心全球模式 (T₂₁₃) 分析预报系统的实况资料。

3 天气实况

0707 号热带风暴“帕布”于 2007 年 8 月 5 日 14 时在西北太平洋生成, 6 日 14 时加强为强热带风暴, 8 日 16 时减弱为热带风暴, 8 日 23 时减弱为热带低压, 9 日 08 时再次加强为热带风暴, 于 10 日 16 时前后在香港新界屯门沿海地区登陆, 登陆时中心最大风力 20 m/s (72

收稿日期: 2007-11-15; 修订日期: 2008-05-21

基金项目: 中国气象局预警工程项目: “基于集合预报的中期天气预报业务系统”; 公益性行业 (气象) 科研专项经费项目 (GYHY200706037); 广东省科技计划项目 (2006B37202004) 共同资助

通讯作者: 罗秋红, 女, 广东省南海市人, 高级工程师, 主要从事天气气候的研究。E-mail: gzqx2000@21cn.com

km/h)，登陆后又折向偏西方向移动，并于 10 日 18:30 在广东中山市沿海地区再次登陆，登陆时中心附近风力不大，只有 4~5 级风。登陆后于 10 日夜间在江门市境内减弱消失，期间受热带风暴 0708 号“蝴蝶”影响，路径见图 1。

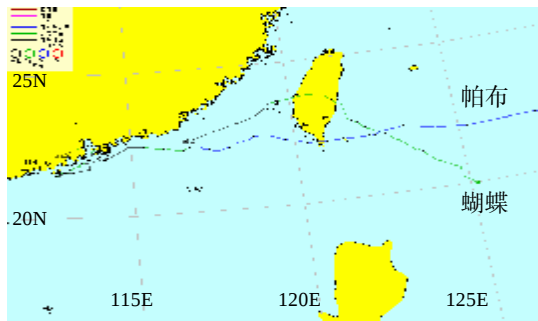


图 1 “0707 号(帕布)”和“0708 号(蝴蝶)”路径图

“0707 号(帕布)”具有形成后移速快、路径摆动多、强度多变、近海维持时间长的特点。受“帕布”和热带辐合带影响，9 日夜间，湛江、茂名普降暴雨到大暴雨，汕尾普降暴雨，广东省的其余地区出现了小到中雨、局部大雨的降水，其中降水最强的是湛江市雷州以南的地区，10 日 8 时—11 日 8 时，雷州市各镇普降暴雨到大暴雨甚至特大暴雨，降雨量较大的有龙门镇（607 mm，是该镇有记录以来的 24 h 雨量最大值）、唐家镇（305

mm）、北和镇（580 mm）、英利镇（528 mm）、覃斗（550 mm），其中龙门、北和、覃斗、英利等镇降雨量为百年一遇，而龙门 9—11 日总降水量为 790.4 mm，接近雷州市全年降水的一半。这次降水使原先干旱地雷州大地变成泽国，而曾经登陆湛江的 9615 号台风的最大总降水量仅 150 mm，曾经在珠江口附近登陆的 7908 号、0313 号台风的最大总降水量分别为 201 mm 和 183 mm。

4 双台风作用及辐合带对“帕布”降水增幅影响的分析

分析云图(图略)后可知，“帕布”和“蝴蝶”都是在东-西向的辐合带内发展起来的热带风暴，由于两者强度一直未能加强到足以摆脱辐合带的牵引，所以其生消一直在辐合带内，期间两者的强度出现此消彼长的现象。图 2 为 2007 年 8 月 8 日(a)、9 日(b)850 hPa 平均水汽通量和水汽通量散度和 8 日 22 时(c)、9 日 22 时(d)红外卫星云图。由图 2a、2b 可见：(1) 8—9 日热带地区水汽输送很明显，主要的水汽通道为来自孟加拉湾经中南半岛和越赤道的西南气流，孟加拉湾和赤道附近地区的暖湿水汽被西南风往东到东北方向输送，8 日平均水汽通量南海地区大值区在 7~17°N，暖湿水汽主要向“蝴蝶”输送，使“蝴蝶”加强，而“帕布”因暖湿水汽输送的减少而减弱，由图 2c 可见云系卷入到“蝴蝶”里，而云系卷入“帕布”的较少；9 日的平均水汽通量南海地区大值区北抬到 7~20°N，范

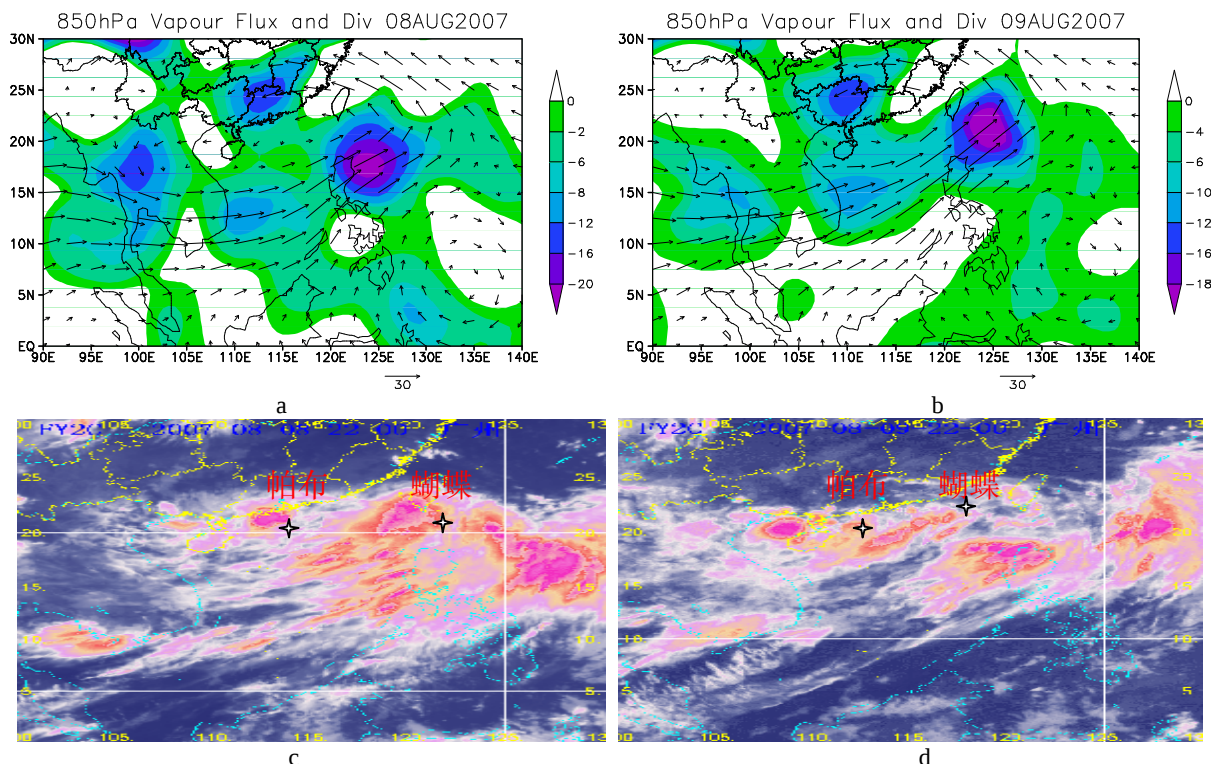


图 2 2007 年 8 月 8 日(a)、9 日(b)850 hPa 平均水汽通量(单位: $\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$)和水汽通量散度(单位: $10^{-7} \text{g}/(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$)和 8 日 22 时(c)、9 日 22 时(d)红外卫星云图

围和强度同时加大, 在华南沿海地区形成一个气旋性中心, 暖湿水汽转向“帕布”输送使其重新加强, 这时“蝴蝶”登陆台湾强度减弱消失, 由图 2d 可见, 云系主要卷入“帕布”, 而基本没有卷入“蝴蝶”里。(2) 8—9 日在华南地区有一个水汽通量散度负值中心向西移动。

另外, 已有研究表明^[8], 当两个台风相距 10 个经纬距以内时, 逆时针互旋占明显的优势, 由于“蝴蝶”和“帕布”距离维持在 7 个经纬距之内, 逆时针互旋作用使得“蝴蝶”首先向东北移, “帕布”在沿海向西南移, 9 日 14 时以后, “蝴蝶”在台湾海峡减弱消失, 使得其与“帕布”的互旋作用逐渐消失, “帕布”的向北分量逐渐加大, 加上西南风加大, 辐合带的北抬作用使其向东北方向移动, 并在香港屯门登陆, 由此可见双台风互旋作用是本来向西北移的“帕布”迟迟未能登陆的主要原因。同时“帕布”

的强度不强加上引导气流不明显等因素也对其较迟登陆有一定影响。而这期间由于越赤道气流和西南季风的共同加大, 西南气流给辐合带输送更多的暖湿水汽而使之加强, 且辐合带的强度维持到 8 月 10 日 (图 3a、3b、3c), 8—10 日 20°N 以南大风范围逐渐扩大, 10 日的风速大于 12 m/s 和 24 m/s 的阴影范围最大, 辐合带的强度到 11 日才稍有减弱 (图 3d), 11 日的 20°N 以南大风范围缩小, 风速大于 12 m/s 阴影范围稍有减小, 大于 24 m/s 的阴影范围减小明显, 而辐合中心 9—11 日基本在广东省西部沿海地区。因此, 虽然“帕布”登陆期间强度不强, 但暖湿水汽在粤西沿海地区的积聚时间较长, 其南边辐合带源源不断地输送暖湿水汽为湛江市雷州附近的强降水云团不断再生 (云图略) 提供了条件。

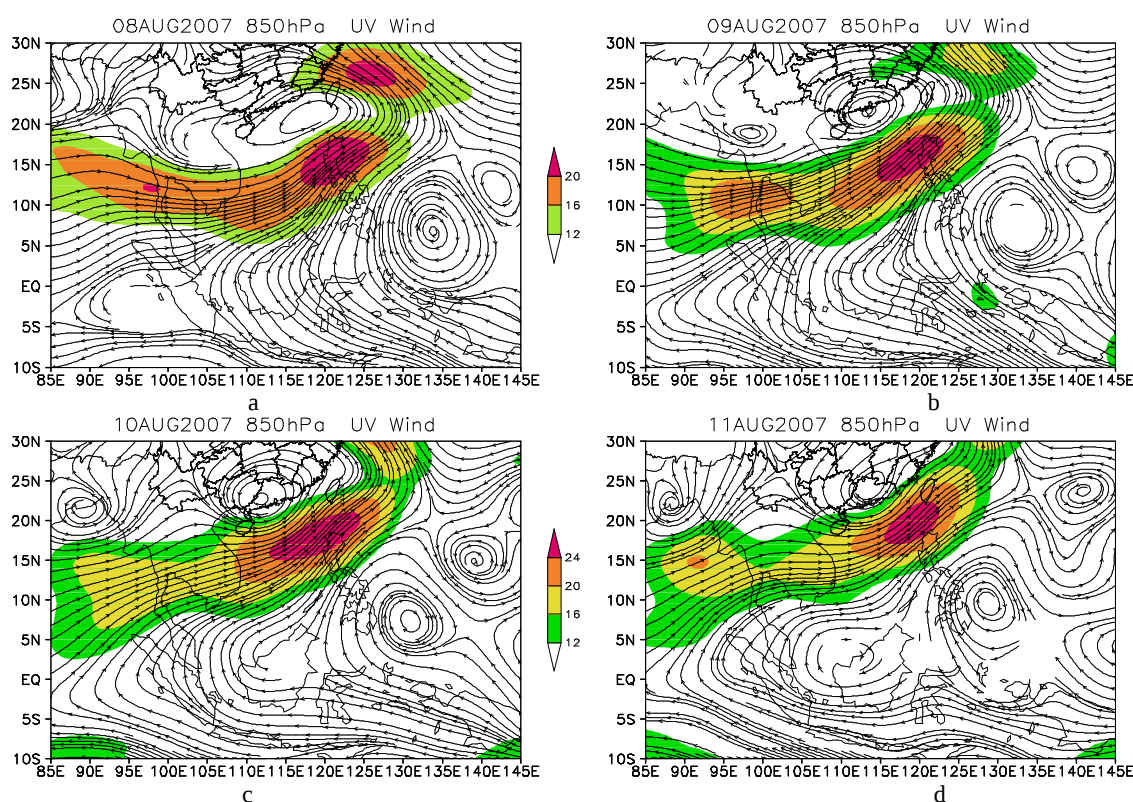


图 3 2007 年 8 月 8 日 (a)、9 日 (b)、10 日 (c)、11 日 (d) 850 hPa 水平流场
阴影区为风速大于 12 m/s 的区域。

5 各物理量的变化分析

5.1 500 hPa 高度场的变化

从图 4a 可看出, 副高偏东偏北, 引导气流较弱, 由于受东亚槽的东移作用, 副高继续减弱东退, 而“帕布”始终位于大致东西向宽广的辐合低压带内, 此低压带的北部为宽广的东西向弱高压带, 这样的形势使得“帕布”移向总体以偏西分量为主, 虽受“蝴蝶”影响发生了路

径异常, 但总方向向西, 特别是登陆后移向偏西, 加上近岸后移速从 35 km/h 减小到 25 km/h, 使其影响广东西部沿海地区的时间较长, 也为降水能量的累积提供了时间。

5.2 OLR 场的对比分析

分析 7908 号和 0313 号台风登陆前后的 OLR 场 (图略) 可见其相同之处: (1) 虽然台风中心登陆, 但在陆上未出现 OLR 低值中心, 表明台风影响的降水中心不在陆

地,而根据林爱兰等^[9]研究表明:一般造成广东省降水强度大、持续时间长的热带气旋(如 9908、9910 号等)不仅是热带气旋中心登陆,且其对应的 OLR 低值中心也位于陆上,这可解释这两个台风虽然强度强但陆上降水少。9615 号台风从生成、登陆到消亡的生命史很短,对应的 OLR 低值中心位于陆地上并维持了 1 天(图略),所以降

水量也不大,而伴随“帕布”的登陆,对应的 OLR 低值中心位于北部湾,并维持了 2 天(图 5a、5b),湛江市雷州以南地区正位于 OLR 低值区,所以降水最强。OLR 低中心所处的低值带(辐合带)结构完整,范围广,从 10—11 日梯度稍有减小,这是辐合带减弱的反映。

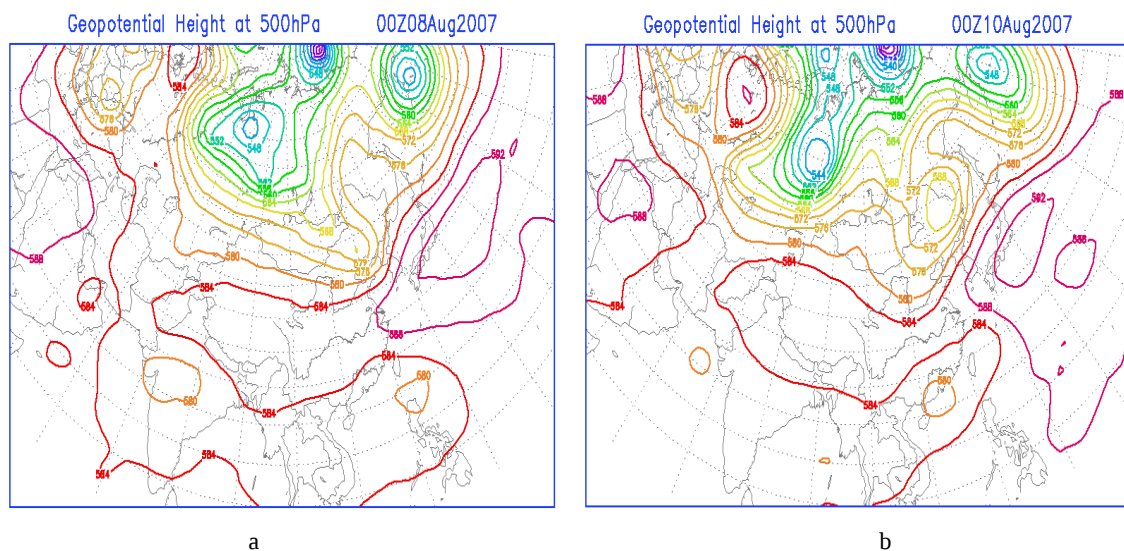


图 4 2007 年 8 月 8 日 08 时(a)和 10 日 08 时(b)500 hPa 位势高度场

单位: dagpm。

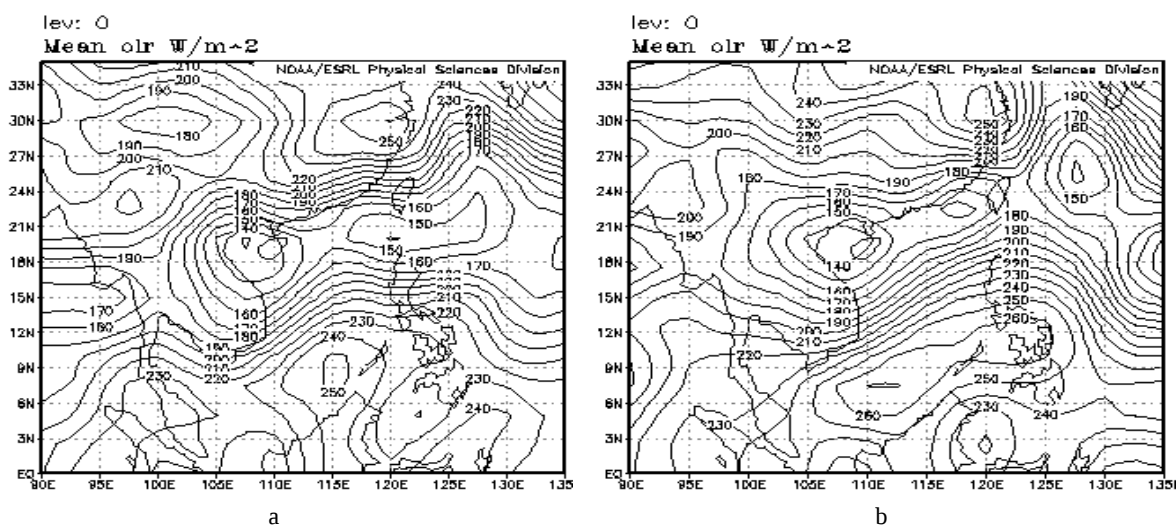


图 5 8 月 10 日 (a)、11 日 (b) OLR 场

5.3 比湿场的分析

由于“帕布”系统不够深厚,经过比较发现 700 hPa 的比湿场(略)较好地反映问题,8—11 日“帕布”中心值分别为 0.008、0.009 5、0.009 5、0.009 kg/kg,8—9 日“帕布”中心的西南方有范围比之大 1 倍多的比湿高值区,中心值分别为 0.009 和 0.01 kg/kg,10 日两中心就合并为一范围较大的中心,表明一个水汽向“帕布”输送的过程。

5.4 雷州半岛附近散度场的分析

8 月 10 日是湛江雷州强降水最激烈的一天,从云图(图略)上可以看到对流云团此起彼伏,而维持强对流除了水汽的输送,还需要水汽的辐合,图 6 是 2007 年 8 月 7—12 日雷州半岛(20~22°N, 109~112°E)散度场的时间-高度分布。从图 6 可见,9—11 日在雷州半岛附近 700 hPa 以下为负散度区,最大绝对值中心出现在 10 日,而同期 200~100 hPa 为正散度区,10 日的部分正散度区下探到 500 hPa,9、11 日部分正散度区下到 350 hPa 附近,这种低层辐合,中高层辐散的散度场配置,使得水汽在雷州

半岛附近强烈辐合并得以维持, 10 日降水强度最强、雨量最大, 这与 10 日低层辐合, 高层辐散最为剧烈有关。

5.5 垂直切变分析

热带气旋上空的上下对流层之间, 小的纬向风分量差值 ($\leq 10 \text{ m/s}$ ^[8]) 对其发生和维持有利, 由于“帕布”9 日起强度为热带风暴, 因此取 500~850 hPa 之间的纬向风分量计算差值, 结果发现: 8—11 日“帕布”中心附近切变值相对偏小 ($3 \sim 9 \text{ m/s}$), 这样有利于上升运动的维持, 而从 9 日 20 时纬向风切变等值线图 (图略) 看出, “帕布”中心附近切变值在 $3 \sim 6 \text{ m/s}$ 之间, 这种垂直弱切变对“帕布”水汽的辐合及上升有利, 而“蝴蝶”中心附近纬向风切变值 $> 10 \text{ m/s}$, 这时正是“帕布”加强而“蝴蝶”消亡的时候。

5.6 K 指数分析

从 K 指数场 (图略) 看到, 从 9 日 08 时—10 日 20 时, 雷州半岛附近的 K 指数值在 $35 \sim 38$ 之间, 到 10 日 20 时, 雷州半岛在 38 值范围之内, 表明雷州半岛上空不稳定性大, 有利于强对流的发生。

5.7 暴雨期的低频振荡特征

为了解暴雨期间的低频振荡特征, 将湛江地区 6 站的逐日降水距平作平均, 得到其 6 站平均的逐日降水距平分布, 并用墨西哥帽小波分析对其进行小波变换 (图 7)。可见, 逐日降水在 4—6 月主要以准 20 天、准单周振荡为主, 暴雨期间的 8 月也主要以准 20 天的周期振荡为主, 9 月又以准单周振荡为主。故暴雨期存在明显的准 20 天的周期振荡。

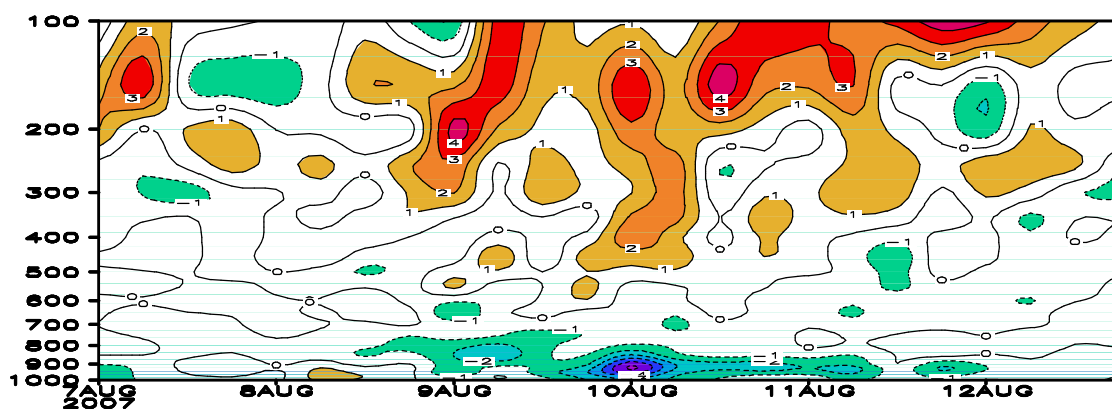


图 6 2007 年 8 月 7—12 日雷州半岛 ($20 \sim 22^\circ \text{N}$, $109 \sim 112^\circ \text{E}$) 散度场的时间-高度分布 单位: hPa。

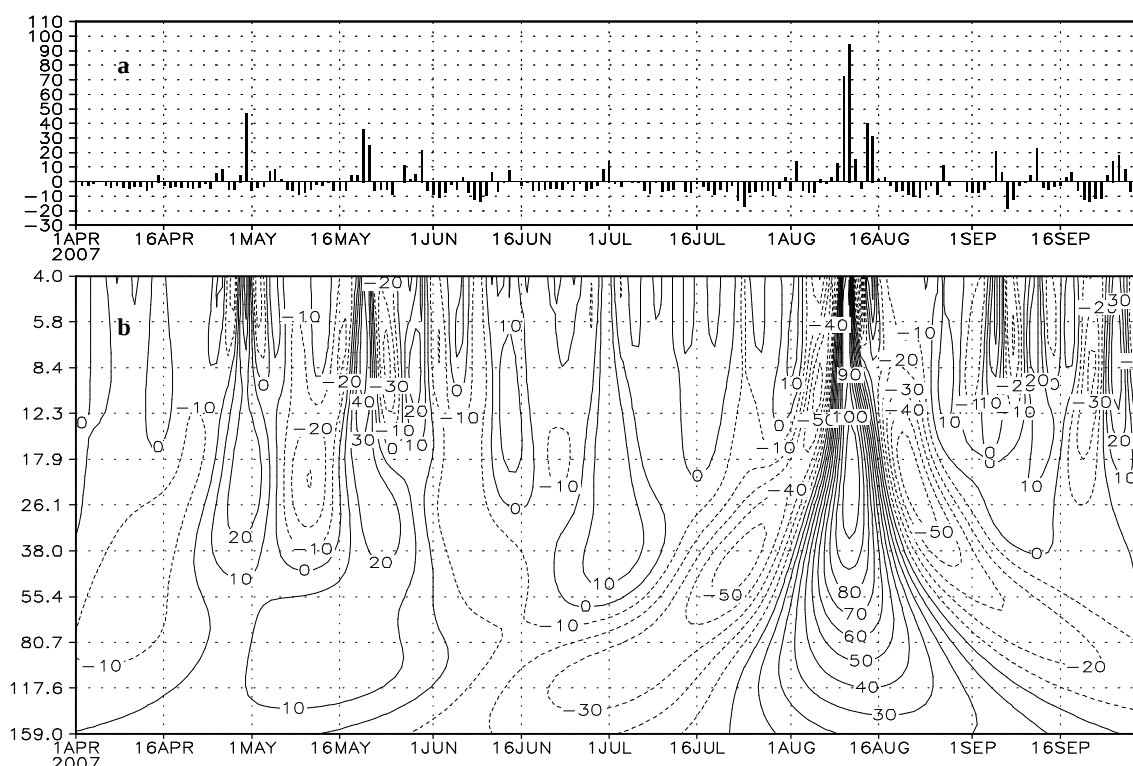


图 7 2007 年 4—9 月以湛江地区 6 站逐日降水的距平分布 (a, 单位: mm) 及其小波系数 (b, 单位: 天)

6 小 结

(1) 双台风作用使“帕布”强度多变、路径摆动,在近海停留时间较长,有利其降水能量的积累。

(2) 越赤道气流和西南季风的共同加大使辐合带加强,为“帕布”强降水的维持提供了水汽和热量条件。

(3) 在副高位置偏北偏东和东西向弱高压带的天气形势下,加上“帕布”近海移速的减小,使其总体以偏西移动为主,且影响粤西沿海的时间较长。

(4) 在“帕布”的 OLR 低中心移至雷州以南地区

并维持 2 天期间,此地区的降水最为剧烈。

(5) “帕布”的比湿高值中心与其西南方的比湿高值中心合并,是水汽向“帕布”输送的过程。

(6) 低层辐合、中高层辐散的散度场配置和 K 指数等物理量场的不稳定和垂直弱切变对水汽的辐合及上升有利,使得“帕布”给雷州以南地区带来强降水。

(7) 对湛江地区 4—9 月逐日降水作小波分析得出了暴雨期存在明显的 20 天周期的低频振荡特征,说明 20 天周期振荡与台风暴雨存在密切关系。今后在分析、预测台风暴雨时对降水低频振荡周期研究也应引起重视。

参 考 文 献:

- [1] 陈联寿. 热带气旋研究和业务预报技术的发展[J]. 应用气象学报, 2006, 17(6): 672-680.
- [2] 陈联寿, 丁一汇. 西太平洋台风概论[M]. 北京: 科学出版社, 1981.
- [3] 5-906-07 课题组. 台风科学/业务试验和天气动力学理论的研究(第四分册)[M]. 北京: 气象出版社, 1996: 1-190.
- [4] 85-906-05 课题组. 台风及灾害性天气业务预报方法的研究[M]. 北京: 气象出版社, 1996.
- [5] 毛夏, 贺忠, 毛绍荣. 华南热带气旋特大暴雨的统计特征[J]. 热带气象学报, 1996, 12(1): 78-84.
- [6] 李江南, 蒙伟光, 闫敬华, 等. 热带风暴 Fitow(0114)暴雨的中尺度特征及成因分析[J]. 热带气象学报, 2005, 21(1): 24-32.
- [7] 杨引明, 郑永光, 陶祖钰. 上海热带低压特大暴雨分析[J]. 热带气象学报, 2003, 19(3): 413-421.
- [8] 费亮等. 台风预报手册[M]. 北京: 气象出版社, 1987: 242-251; 281.
- [9] 林爱兰, 万齐林, 梁建茵. 登陆华南热带气旋过程降水分析[J]. 热带气象学报, 2003, 19(1): 65-73.

ANALYSIS OF TORRENTIAL RAIN BY SEVERE TROPICAL STORM PABUK(No.0707)

LUO Qiu-hong¹, GAO Xiao-rong², WU Nai-geng¹, XIAO Wei-jun¹,
JI Zong-ping¹, LI Yin-yin¹, WU Xiu-lan¹

(1. Guangzhou Central Meteorological Observatory, Guangzhou 510080, China;
2. Institute of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 710000, China)

Abstract: Satellite cloud imagery, daily mean OLR data, environmental field, specific humidity, vorticity and divergence fields and the K index are used to analyze diagnostically a torrential rain caused by STS Pabuk, which is compared with typhoons that either made landfall on Zhejiang(No.9615) and or moved near the estuary of Pearl River(No.7908 & No.0313). The results are shown as follows. (1) The enhancement of cross-equatorial flows and Southwest Monsoon has increased the ITCZ, which provides constant supply of water vapor and heat to maintain the intense precipitation of Pabuk. (2) The joint effect of twin typhoons and the environmental field enable Pabuk to stay relatively long over waters off the coast of western Guangdong, which increases the accumulated rainfall. (3) The allocation of low-level convergence and high-level divergence contributes favorably to the convergence and ascent of water vapor over the Leizhou Peninsula, which has a K index ranging from 35 to 38 and a weak shear of vertical zonal wind, an indication of unstable air, and brings about intense precipitation in areas south of Leizhou. In addition to that, significant 20-day periodic low-frequency oscillations are found during the torrential rain, as shown in a wavelet analysis of day-to-day precipitation for the time April through September in Zhanjiang prefecture.

Key words: severe tropical storms; torrential rain; analysis