

登陆海南的热带气旋中尺度降水分布变化特征

冯 文 许向春 黄耀怀 王 凡

(海南省气象台,海口 570203)

提 要: 利用每小时地面观测资料和卫星资料,以 1996—2005 年在海南岛登陆的热带气旋为研究对象,按照气旋移动路径将其分为 4 大类,从 4 类不同路径的 7 个个例分析揭示了登陆海南热带气旋降水的中尺度特征及其分布变化。结果表明,不同路径的热带气旋登陆前 10 个小时之内,中尺度强降水基本上分布于热带气旋中心附近;而热带气旋登陆后,中尺度强降水开始出现明显的“离心”或“偏心”特征。不同路径的热带气旋在登陆前后,其最大降水中心的强度变化也有明显差异。登陆前后,中尺度强降水基本均出现在气旋中心西南到东南侧 100~200km 内,表现出明显的南北不对称。个例分析也证明,热带气旋强降水在空间和时间上都具有明显的中尺度特征。

关键词: 热带气旋 中尺度强降水 卫星资料

Distribution and Variation Characteristics of Mesoscale Precipitation of Tropical Cyclones Landed in Hainan

Feng Wen Xu Xiangchun Huang Yaohuai Wang Fan

(Hainan Meteorological Observatory, Haikou 570203)

Abstract: Distribution and variation characteristics of mesoscale precipitation of tropical cyclones landed in Hainan during 1996—2005 are studied with the data of hourly precipitation from satellite and surface observation. Based on the different moving pathways, the landing cyclones can be divided into four major categories. The analysis of four different types in seven cases indicates that there is a distinct variation of mesoscale precipitation distribution before and after tropical cyclones landfall. The results show that the mesoscale precipitation distributes quasi-symmetrically near the center of tropical cyclones in 10 hours before landfall, but after 10 hours mesoscale precipitation distributes asymmetrically near the center of tropical cyclones or far away center of tropical cyclones. The intensity variation of maximal precipitation center is obvious during the landfall course.

Key Words: tropical cyclone mesoscale precipitation distribution satellite sounding data

基金项目: 海南省重点科技计划项目“海南江河流域雨量预报系统建设”(080222); 上海台风研究基金课题“登陆热带气旋三维结构及其演变规律研究(2006STA01-7)”资助。

收稿日期: 2008年10月3日; 修定稿日期: 2008年12月16日

引 言

有研究表明^[1],我国在 25°N 以南登陆的热带气旋频数约占登陆全国热带气旋总数的 86%,其暴雨频数大大超过在 25°N 以北登陆的热带气旋所产生的暴雨频数。其中海南岛是中国受台风登陆和影响最多的省份之一,仅次于广东省,年平均登陆热带气旋 2.7 个。以往对 25°N 以南登陆的热带气旋暴雨的研究多偏重于某些个例的天气学和动力学方面,降水分布气候分析方面较少。毛夏等^[2]分析了影响华南热带气旋特大暴雨的时空分布规律,并利用时最大雨量资料分析了不同时段、不同地区、不同路径热带气旋时特大暴雨的相对落区。李永康等^[1]曾分析 1980—1990 年我国 25°N 以北和 25°N 以南登陆的热带气旋所产生的暴雨累积频数的地理分布,揭示了热带气旋造成我国陆地上降水的概况。然而,许多研究和分析表明^[3-8],即使同样在 25°N 以南(或以北)登陆,并且以相同路径移动,降水空间分布仍随具体登陆点的变化而不同。

文献[9]利用 1960 年代及 1970 年代初的台风雨量资料,分析了我国不同地区台风登陆后 24 小时平均降水分布特征,指出在登陆华南的西行台风中,主要暴雨中心经常出现在路径的左侧;登陆华南地区的北移台风,则经常出现在路径的右侧。该工作的研究结果主要基于多个台风的平均值,那么对每个个例而言,是否在登陆地区、路径相近的情况下,强降水分布与平均状态类似呢?各种登陆海南岛的不同路径台风,其逐小时降水变化又有什么特征?另外,登陆海南热带气旋整个过程降水分布有几种类型?为了回答这些问题,有必要对登陆海南的热带气旋降水分布规律作更详细的普查、分析。本文首先从个例普查出发,分析总结了 1996—2005 年在海南岛登陆的 7 个热带气旋过程降水分布与热带气旋活动特征之间的关系,试图为过

程降水分布的动力释用预报提供一定的指标。登陆海南的热带气旋常出现强烈的局地性暴雨,范围一般最大不超过 200~300km,最小的甚至只有几百米,是热带气旋内的中小尺度系统触发所致。近年来不少专家从观测资料或数值实验研究了热带气旋中尺度暴雨的发生、发展^[10-13],这些工作基本针对个例进行。另外,由于热带气旋源于热带海洋,而海洋上缺少观测资料,本文利用海南省 18 个地面站降水自记资料每小时降水量(不全)及静止卫星每小时云图反演降水资料,对多个热带气旋进行分析,将热带气旋作为一个整体来研究探讨它在登陆前后的降水分布变化特征,弥补了以往对热带气旋降水的研究只局限于陆地降水的不足。

1 资料及检验

本文所用资料为海南省 18 个地面站降水自记资料每小时降水量(不全)及静止卫星每小时云图反演降水资料(所用资料的卫星型号如下:2003 年 5 月前是 GMS-5,2003 年 6 月至 2005 年 6 月为 GOES-9,之后是 MT-SAT-1R,卫星分辨率 0.05 度。反演方法见文献[14-15])。仅有陆地观测降水资料不能全面客观地反映热带气旋本身的整体降水及登陆前后的变化,因此有必要利用高时空分辨率的卫星资料。地面站降水自记资料每小时降水量在本文的作用主要为检验每小时遥感资料及卫星云图反演降水资料在陆地地区降水强度随时间变化趋势的质量。经比较分析表明,卫星遥感资料反演的降水普遍比地面观测值量级偏小,但单站实况降雨量与对应经纬度网格点的反演降水值相关系数均置于 0.51~0.66 之间(单个个例用于检验的时次样本数 >40),能较好地反映降水的空间分布、时间变化特征。由于资料的限制,本文只选取了 1996—2005 年在海南岛登陆的 7 个热带气旋(9612, 0016, 0220, 0308, 0312, 0320, 0518)作为研究对象。

2 逐小时降水过程的分布特征

根据 18 个地面站降水自记(9612,0016,0220,0308,0312,0320,0518) 7 个登陆海南岛的热带气旋的暴雨特征发现,所有个例的最大降水时段基本出现在登陆前 3 个小时至登陆后 12 个小时内。

本文主要关注上述个例中,热带气旋最

大强降水区域的分布特征。分析发现,热带气旋登陆前后中尺度最大强降水区域分布位置随时间有所变化,且不同路径的变化情况不同。根据上述个例的台风运行路径,基本可分为偏中西行(0308 号热带气旋,0518 号热带气旋,见图 1a)、偏南西行(9612 号热带气旋,0016 号热带气旋,见图 1b)、自南向北行(0220 号热带气旋,0320 号热带气旋,见图 1c)、偏北西行(0312 号热带气旋,见图 1d)4 类。

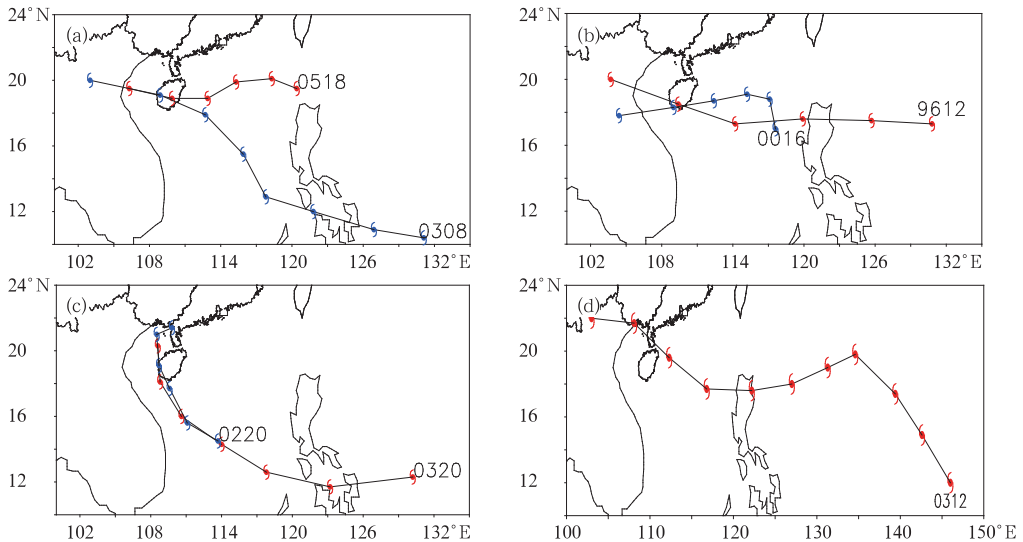


图 1 热带气旋个例路径图

a. 0518 号和 0308 号路径 b. 0016 号和 9612 号路径 c. 0320 号和 0220 号路径 d. 0312 号路径

2.1 偏中西行路径

由上列 0518 及 0308 号热带气旋登陆前后 10 小时内逐小时最大区域降水图的变化情况(其余次时图略)可发现,登陆海南岛偏中西行路径的热带气旋,在登陆前其最大降水区域基本处在气旋的东南象限。登陆后,最大降水区域逐渐移至西南象限。降水强度的变化也具有相似的特征,在登陆前至登陆初期,两个个例均有逐渐加强的趋势(图 2 中 a_1 、 a_2 、 b_1 、 b_2),这可能与地形的作用有关。有研究表明^[16-17],地形的抬升辐合在台风暴雨的增幅中起到很大的作用。海南中部山脉地形起伏增强了地面对大气的拖曳效应,一方面使垂直运动加强,另一方面也改善了积

云对流和大尺度降水条件,使得山脉的迎风坡方向即偏中西行路径的热带气旋东南象限或偏南象限出现了台风暴雨增幅。值得注意的是,气旋登陆中后期,降水强度并非单调递减。由图 2 中 a_3 、 a_4 、 b_3 、 b_4 可见,登陆后第 4~6 个小时,五指山脉以南的山前区域降水强度再次增强。这是由于地表的摩擦作用,台风强度通常会减弱从而降水也随之减弱,但是,由于局地地形的抬升作用以及地表的拖曳效应,在一定时间内也能够增加气旋的局部降水。上述两个热带气旋,在登陆 8 小时后,降水强度下降较快(图略)。最强降水中心在登陆前到登陆中期基本环绕在中心附近,登陆后期逐渐出现离心特征,幅度在 100km 左右。

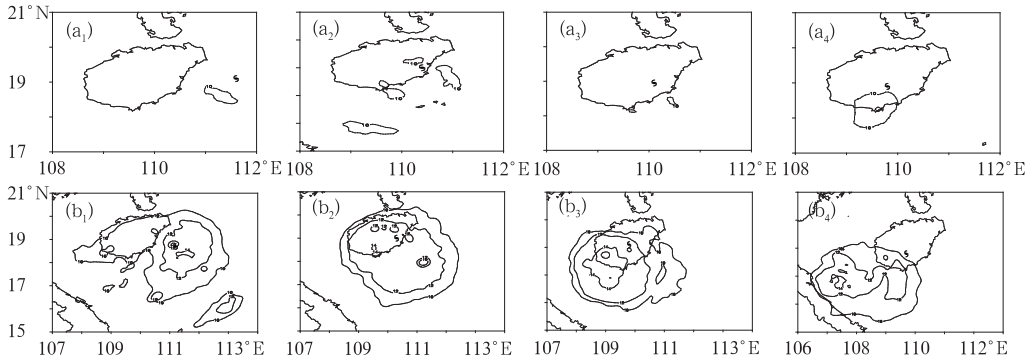


图 2 偏中西行的热带气旋登陆前后逐小时降水分布图(单位:mm)
a为0518号热带气旋, b为0308号热带气旋。下标: 1. 登陆前第6个时次 2. 登陆时
3. 登陆后第2个时次 4. 登陆后第6个时次(图中“s”标志为台风中心位置, 以下同)

2.2 偏南西行路径

由 9612 及 0016 号热带气旋登陆前后 10 小时内最大区域降水变化的情况可发现(其余时次图略): 登陆海南岛偏南西行路径的热带气旋, 降水强度在气旋登陆前 10 小时内逐渐加强, 在登陆前 2 小时至登陆时达到最大, 登陆前的整个过程最大降水区域均环绕在台风中心附近(图 3a₁、a₂、b₁、b₂), 最大

降水中心基本处在台风的东南象限。随着登陆西行, 降水强度逐渐减弱(图 3a₃、a₄、b₃、b₄), 但减弱速度较上述偏中西行路径的 0308、0518 两个例慢, 强降水中心在登陆西行过程中逐渐由东南象限移向西南象限, 这一特征与偏中西行的 0308 及 0518 号热带气旋个例十分相似, 且有明显的离心趋势, 幅度在 100km 左右。

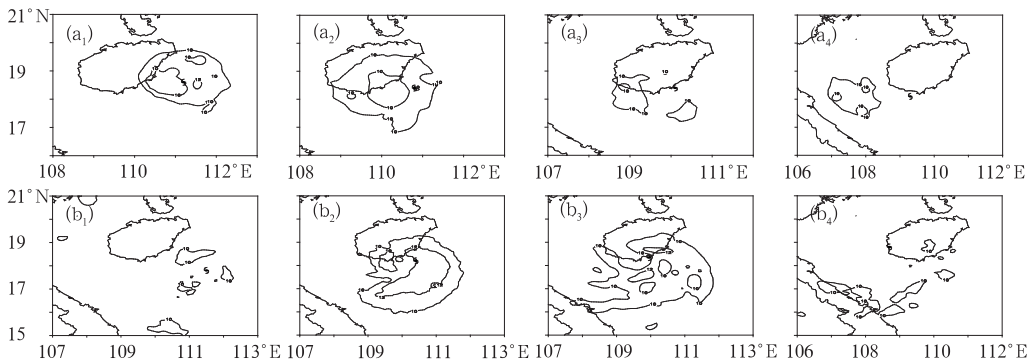


图 3 偏南西行的热带气旋登陆前后逐小时内降水分布图(单位:mm)

a 为 0016 号热带气旋, b 为 9612 号热带气旋

下标: 1. 登陆前第 6 个时次 2. 登陆前第 2 个时次 3. 登陆时 4. 登陆后第 6 个时次

2.3 自南向北行路径

由 0320 及 0220 号热带气旋登陆前后 10 小时内最大区域降水的变化可发现,(其余时次图略)登陆海南岛自南向北行路径的

热带气旋, 在登陆前 10 个小时内其最大降水中心同样处在台风中心附近, 最大值大部分时间内处在气旋的南到西南象限(图 4a₁、a₂、b₁、b₂)。登陆后降水变化最明显的特征表现为降水强度迅速下降, 0320 号台风在登陆

后, 强降水中心基本消散(图 4a₃、a₄)。这类台风的最大降水中心在登陆后离心幅度最大, 0220 号台风在登陆后(图 4b₃、b₄), 最大降水中心距离台风中心在 180~200km 左

右, 且两个个例的逐小时降水强度变化过程表明, 登陆海南岛自南向北行路径的热带气旋, 登陆后, 其最大的降水区域有明显的自偏南象限向偏西象限顺转的过程。

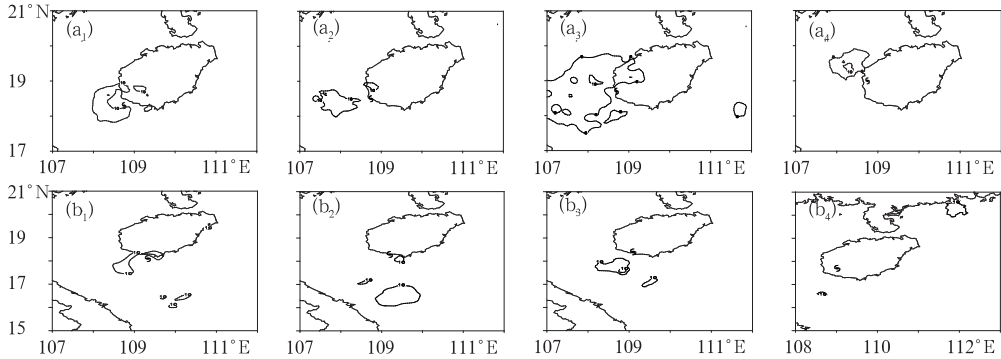


图 4 自南向北行的热带气旋登陆前后逐小时内降水分布图(单位:mm)

a 为 0320 号热带气旋, b 为 0220 号热带气旋

1. 登陆前第 2 个时次 2. 登陆时 3. 登陆后第 2 个时次 4. 登陆后第 6 个时次

2.4 偏北西行路径

偏北西行路径的热带气旋其移动区域基本在海南岛北部至琼州海峡之间。由于所处的位置, 该类型热带气旋对海南、广东, 甚至广西地区均有较大的风雨影响。0312 号热带气旋登陆前后 10 小时内最大区域降水的变化的情况可发现, 登陆海南岛偏北西行路径的热带气旋, 在移近陆地时, 在海南及广东沿海海岸线附近的热带气旋外围地区均出现了多个中尺度强降水中心(图 5a、b), 这与海岸地形的存在有着非常密切的关系。郑庆林的研究^[18]表明, 大陆海岸线的分布可以使登陆台风结构发生突变, 从而影响到暴雨强度

及落区的变化, 暴雨中心随海岸线的扩展而移动, 地形坡度的增加会引起地形性降水增强, 从而使移近陆地时海岸线附近的强降水增幅。该类型热带气旋降水存在一个异常明显的特征是, 登陆后 10 个小时内降水强度非但没有减弱, 反而有所加强, 且最大强降水中心一直稳定出现在气旋的西南象限, 即本岛西南或以南地区(图 5c、d), 这可能与该象限正是水汽输送通量极大值区域(图略)以及该区域处于气旋西南风场的五指山脉迎风面有关。登陆前最大降水中心出现在台风中心 60km 以内。登陆后离心态势很明显, 最大降水中心距离台风中心 150~230km 附近。

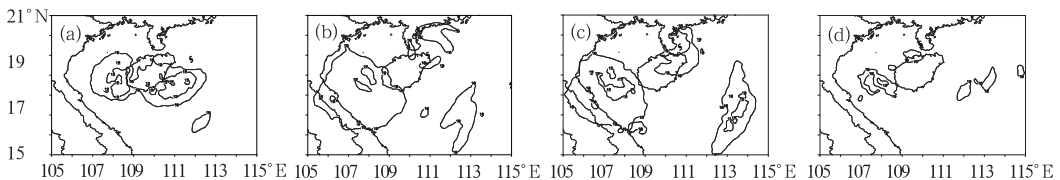


图 5 偏北西行的热带气旋登陆前后逐小时内降水分布图(单位:mm)

a. 登陆前 6 小时 b. 登陆时 c. 登陆后 2 小时 d. 登陆后 6 小时

3 结论

由上述 4 类不同路径、8 个热带气旋的登陆海南岛前后 10 小时内逐小时强降水分布情况的分析发现,不同路径的热带气旋前后 10 小时内逐小时强降水分布特征虽然存在一定的共性,但也有不小的差别。

(1) 不同路径的热带气旋登陆前 10 个小时之内,中尺度强降水基本上分布于热带气旋中心附近;而热带气旋登陆后,中尺度强降水开始出现明显的“离心”或“偏心”特征,离心的幅度跟台风运行的路径有很大关联,离心幅度最大的路线为自南向北行,强降水中心距离气旋中心 180~240km,离心幅度最小的路线为偏中西行路径,强降水中心距离气旋中心 100km 左右。

(2) 不同路径的热带气旋在登陆前后,其最大降水中心的强度变化也有明显差异。偏南西行及自南向北行路径的热带气旋登陆后 10 个小时内,其最大降水中心的强度会逐渐减弱;偏中西行路径的热带气旋,登陆后其最大降水中心的强度并非单调递减,而是在某些时次有突然回增的迹象;而偏北西行路径的热带气旋登陆后 10 个小时内降水强度非但没有减弱,反而有所加强。

(3) 上述个例分析也证明热带气旋强降水在空间和时间上都具有明显的中尺度特征,热带气旋登陆前后中尺度强降水分布发生明显变化。除了偏北西行路径的热带气旋在登陆前后其最大强降水中心一直稳定出现在气旋的西南象限外,其余三类路径的热带气旋,在登陆前 10 小时至登陆后 10 小时内,最大强降水区域均存在由偏南象限逐渐顺转至偏西象限的现象。登陆前后,中尺度强降水基本均出现在气旋中心西南到东南侧 100~200km 内,表现出明显的南北不对称。

参考文献

- [1] 85-906-07 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.
- [2] 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, 12:78-84.
- [3] 王东生,屈雅. 西北太平洋和南海热带气旋的气候特征分析[J]. 气象, 2007, 33(7): 67-74.
- [4] 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(增): 65-73.
- [5] 张少林,龚佃利,陈晓红,等. 热带气旋远距离暴雨过程的诊断分析[J]. 气象, 2006, 32(4): 29-33.
- [6] 陈联寿,徐祥德,罗哲贤,等. 热带气旋动力学引论[M]. 北京:气象出版社. 2002: 11.
- [7] 王秀萍,梁军. 近 52 年北上热带气旋的若干气候特征[J]. 气象, 2006, 32(10): 76-80.
- [8] 徐祥德,陈联寿,解以扬,等. 环境场大尺度锋面系统与变性台风结构特征及其暴雨的形成[J]. 大气科学, 1998, 22(5): 744-752.
- [9] 陈联寿,丁一汇. 西太平洋台风概论[M]. 北京:科学出版社, 1979. 26-30.
- [10] 林爱兰,梁建茵. 向外长波辐射(OLR)与广东降水[J]. 热带气象学报, 1993, 9: 248-255.
- [11] 钮学新,杜惠良,刘建勇. 0216 号台风降水及其影响降水机制的数值模拟试验[J]. 气象学报, 2005, 63(1): 57-68.
- [12] 卢山,吴乃庚. 南海季风槽影响下热带气旋暴雨增幅的研究[J]. 气象, 2008, 34(6): 53-59.
- [13] 朱洪岩,陈联寿,徐祥德. 中低纬度环流系统的相互作用及其暴雨特征的模拟研究[J]. 大气科学, 2000, 24(5): 669-67.
- [14] 岳彩军,端义宏,雷小途,等. 卫星资料在登陆热带气旋降水研究中的应用[J]. 气象科学, 2005, 25(4): 433-439.
- [15] 岳彩军,陈佩燕,雷小途. 一种可用于登陆台风定量降水估计(QPE)方法的初步建立[J]. 气象科学. 2006, 26(1): 17-23.
- [16] 郑庆林,吴军,蒋平. 地形对 9216 号台风暴雨增幅影响的数值研究. 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: 197-205.
- [17] 米官忠,赵从兰. 登陆北卜热带气旋的特大暴雨落区探讨[J]. 气象, 1998, 24(11): 16-21.
- [18] 郑庆林,吴军,蒋平. 我国东南海岸线分布对 9216 号台风暴雨增幅影响的数值研究. 热带气象学报, 1996, 12(4): 304-313.