

“碧利斯”和“格美”登陆后暴雨强度不同的 天气学对比分析

刘爱鸣¹ 林 毅¹ 刘 铭¹ 王怀俊²

(1. 福建省气象台,福州 350001; 2. 福建省气象科技服务中心)

提 要: 热带气旋碧利斯和格美,在起源地、路径和结构上有一定的相似,但登陆后降水强度却有明显差异。通过对两个热带气旋登陆后环境场和物理量场的对比分析,得出一些结论。热带气旋登陆后暴雨强度与高空盛行东北气流和南海西南季风加强有关。高低空不同的环流形势导致了这两个热带气旋登陆后华南沿海低层辐合、高层辐散、上升运动、水汽及不稳定性等物理量场的不同,从而造成暴雨强度的不同。

关键词: 热带气旋 登陆 暴雨 大气环流

Comparative Analysis of Landing Tropical Cyclones Bilis and Kaemi with Different Rainstorms

Liu Aiming Lin Yi Liu Ming Wang Huaijun

(Fujian Meteorological Observatory, Fuzhou 350001)

Abstract: Tropical cyclones Bilis and Kaemi have similar track and construction but their intensity of rainfall are very different. Their circulation and physical fields are compared and the conclusions show that the rainfall of landing tropical cyclones is associated with the prevailing northeast air flow at upper level and intensified southwest monsoon. The low level convergence, high level divergence, ascending motion, water vapor transport and instability energy for these two tropical cyclones over South China were significantly different under the different patterns, resulting in different rainstorms during the two tropical cyclones.

Key Words: tropical cyclones landing rainstorm general circulation

资助项目: 福建省科技攻关计划(2005Y010)

收稿日期: 2006 年 10 月 30 日; 修定稿日期: 2007 年 3 月 29 日

引言

台风登陆后,在陆上维持多久,能否引发特大暴雨,导致灾害,这是政府防灾减灾很关注的问题,其预报也是气象科研和业务工作者所面临的难题。尽管目前关于台风暴雨研究取得相当进展,然而对台风登陆后的暴雨强度和分布预报仍然十分困难^[1]。并且针对北方地区登陆台风远距离暴雨的研究比较多^[2-3]。南方地区台风登陆后暴雨主要是关注低空强西南急流的作用^[4-5],但这方面的讨

论较少。2006年热带气旋碧利斯和格美先后在台湾岛登陆后再在福建登陆,登陆后减弱的低压环流均深入到云南境内(图1),这两个热带气旋在起源地、路径和结构上有一定的相似,但登陆后降水强度却有明显的差异。在他们登陆后减弱的低压环流进入江西后,“碧利斯”给福建东南部沿海带来暴雨到大暴雨,造成巨大灾害;“格美”仅是局部暴雨。本文对他们登陆后的环境场和物理量场进行对比分析,试图找出其登陆后降水明显差异的原因,为今后登陆热带气旋后部强降水的预报寻找一些可借鉴的经验。

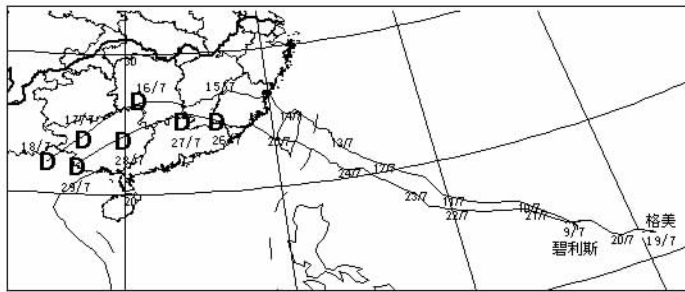


图1 0604碧利斯和0605格美热带气旋路径图

1 两个热带气旋相似点分析

这两个热带气旋的相似点是:其一,生成地点和时间相近,都是在菲律宾东部的西太平洋洋面上生成,起源地相距不到500km,生成时间仅相差10天。其二,路径相似,都以 $20\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 的平均速度稳定向西北方向移动,在台湾岛登陆后再在福建登陆,两个热带气旋减弱的低压环流均向西偏南方向移动,经江西、湖南、广西,进入云南。其三,强度和结构相似,“碧利斯”近中心风力维持在 $30\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;“格美”近中心风力维持在 $40\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,登陆台湾岛后强度均无明显减弱,再次登陆福建时近中心风力分别为 $30\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $35\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。结构上两个热带气旋均呈明显的非对称,主要云带维持在热带气旋中心的南部(图2,见彩页)。

2 对福建造成的降雨差异

“碧利斯”虽然强度只是强热带风暴,但对华南地区,特别是福建的影响却很严重,13日08时至18日08时华南大部出现暴雨或大暴雨,局部特大暴雨。过程总雨量部分地区达200~500mm,福建、广东和湖南局部超过500mm。福建省过程总雨量大部分县市超过50mm,其中有29个县市超过200mm,以长泰县的597.7mm最大,也是华南地区最大值(表1)。特别是在“碧利斯”登陆后减弱的低压环流进入江西境内的15日20时到16日08时,福建中南部沿海地区在12小时内有20个县市雨量 $\geq 100\text{mm}$,其中有8个县市雨量 $\geq 200\text{mm}$,4个县市雨量 $\geq 300\text{mm}$ 。当夜雨量占了过程总雨量的50%,闽南地区

发生严重的地质灾害,造成重大的人员和经济损失。

表 1 碧利斯与格美对福建造成的降雨和灾害对比

	格美(0605)	碧利斯(0604)
24 小时雨量极值/mm	153.9	358.0
过程雨量极值/mm	253.4	597.7
$R \geq 100\text{mm}$ 的站数	22	43
$R \geq 200\text{mm}$ 的站数	5	29
$R \geq 300\text{mm}$ 的站数	0	17
$R \geq 400\text{mm}$ 的站数	0	8
经济损失/亿元	11.6	50.68
死亡与失踪人数	失踪 3 人	死亡 61 人失踪 23 人

受“格美”影响 25 日 08 时至 28 时 08 日华南地区出现暴雨,局部大暴雨,过程雨量 100~200mm,福建、广东和广西局部超过 200mm。福建省共有 37 个县市大于 50mm,其中 5 个县市大于 200mm,以长泰 253.4mm 最大(表 1)。其登陆后减弱的低压环流进入江西境内后,福建中南部沿海地区在 12 小时内仅有 1 个县市雨量 $\geq 100\text{mm}$,”格美”台风虽然主要云带也维持在热带气旋中心的南部且强度比“碧利斯”强热带风暴强,但其登陆后对华南地区造成的影响却明显弱于“碧利斯”。

3 登陆后降水差异成因分析

3.1 孟加拉湾低压和大陆高压对“碧利斯”环流维持起到重要作用

“碧利斯”登陆后的 15 日 08 时 500hPa 图上(图 3d),在巴尔克什湖和我国东北地区为槽区,两槽之间的贝加尔湖为一深厚的暖脊,副高处于加强西伸中,西脊点达 100°E ,主体在日本岛南部,中心达 592dgpm;河套地区正处在稳定暖脊南侧,在暖平流和正变高的叠加下,继续加强;沿海部分在北侧短波槽作用下有断裂趋势;575dgpm 的孟加拉湾低压位于 22°N 、 90°E 。“碧利斯”处在两环高压之间,西北侧是强大的大陆高压,为东北风,东侧为偏南风,西侧、南侧为来自孟加拉

湾的西南风,环境场有利于其移动缓慢和气旋性环流的维持。“格美”登陆后的 26 日 08 时 500hPa 图上(图 3c),副高呈两环,分别位于日本岛南部和青藏高原,579dgpm 的孟加拉湾低压位于 17°N 、 82°E 。“格美”登陆后虽也处在两环高压之间,利于其缓慢移动和填塞。与“碧利斯”不同的是,“格美”500hPa 欧亚中高纬度贝加尔湖以西为宽广的低压区,贝加尔湖以东为脊区,海上副高在高压脊叠加下更强,中心达 596dgpm,但中心相对偏东;孟加拉湾低压和陆上高压相对弱且偏西,其西北侧是鞍型场,造成其维持的低压环流强度不如“碧利斯”。“碧利斯”登陆后,热带气旋强度维持了 26 个小时;“格美”登陆后,热带气旋强度仅维持了 13 个小时。跟踪两个低压中心 850hPa 涡度的变化可见,两个热带气旋登陆后,其中心涡度都有所加强,“碧利斯”为 $72 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,”格美”为 $52 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,随后逐日减弱。更强的孟加拉湾低压和大陆高压对“碧利斯”登陆后移动缓慢和环流维持起到重要作用,从而延长了降水时间。并造成“碧利斯”气旋性涡度值更大,为降水所提供的辐合和动力抬升作用将更大,所以产生的降水更强。

3.2 南亚高压为“碧利斯”和华南暴雨区上空提供了强辐散

“碧利斯”登陆时,高空 200hPa 南亚高压在加强东移(图 3b),从青藏高原到华南东部沿海为庞大的华南高压所控制,1264dgpm 的高压中心位于河套西侧,“碧利斯”处在南亚高压中心附近的底部,福建南部到广东东部沿海处在南亚高压东南侧东北流出气流下,“碧利斯”和华南暴雨区上空均为强辐散区。“格美”登陆时,南亚高压偏西(图 3a),1264dgpm 的高压中心在 60°E ,”格美”上空离南亚高压和西太平洋高压的中心均较远,福建南部到广东东部沿海处在西太平洋西伸

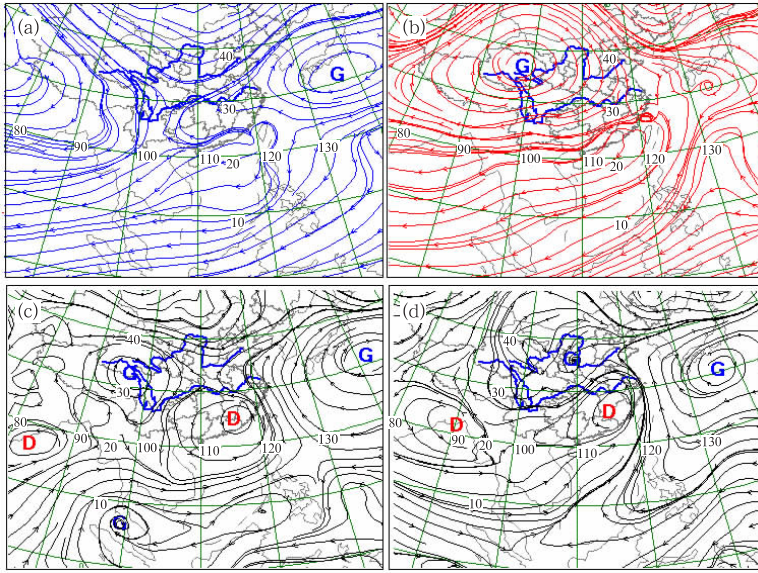


图 3 “格美”(a,c)和“碧利斯”(b,d)登陆后 200hPa(a,b)和 500hPa(c,d)流场

高压南侧偏东气流下,高空辐散强度不如“碧利斯”。两个热带气旋登陆后,200hPa 华南地区“碧利斯”的辐散值达 $24 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,中心在广东东部沿海,达 $32 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$;“格美”华南地区的辐散值为 $16 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,中心在台湾西南部海上,仅达 $20 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。南亚高压为“碧利斯”和华南暴雨区上空提供了强辐散,导致低层辐合和上升运动增强,既有利于“碧利斯”低压环流的维持,又有利于华南沿海中尺度对流云团的发生发展,是造成“碧利斯”登陆后强降水的重要原因。

3.3 南海西南季风加强为“碧利斯”和华南暴雨区上空输送充足水汽和能量

“碧利斯”和“格美”影响期间的水汽均来自两支气流。一支是越赤道气流与孟加拉湾气流合并后进入南海的西南气流;一支是西太平洋副高南侧的东南气流。但“碧利斯”西南急流的强度明显强于“格美”。分析南海季风指数表明,6月下旬南海季风指数开始加大,在“碧利斯”登陆时达到最大,随后逐渐减弱。由 850hPa 流场可见,登陆后,“碧利斯”

从南海到东海为大片大于 $16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的西南急流,急流中心位于福建南部,达 $36 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;“格美”急流中心仅为 $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。“碧利斯”影响期间,南海西南季风吹到 25° N ;“格美”影响期间,南海西南季风仅吹到 20° N ,华南沿海主要是受东南气流影响。图4是南海 850hPa

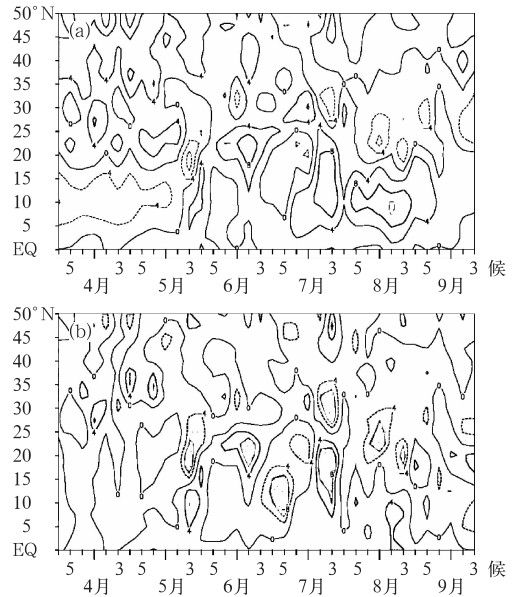


图 4 南海 850hPa 纬向风(a)和距平(b)时间剖面图

纬向风时间剖面图,我们可以看到,“碧利斯”登陆前后,南海地区 $8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 西风达 20°N , $4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 西风达 25°N ,并配有 $4\sim 8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的正距平;“格美”登陆前后, $8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 西风不到 15°N , $4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 西风不到 20°N ,且 15°N 以北的华南沿海为负距平。强南海西南季风即为“碧利斯”登陆后强度的维持提供了充足的潜热源,又为华南暴雨区上空输送充足水汽和能量,造成“碧利斯”后部暴雨明显强于“格美”。

3.4 动力条件差异分析

由于“碧利斯”上空为强大的南亚高压,登陆后,华南东部沿海存在强的高空辐散、中低层辐合和上升运动中心。图 5 是台风登陆第 2 天福建南部散度和垂直速度垂直剖面

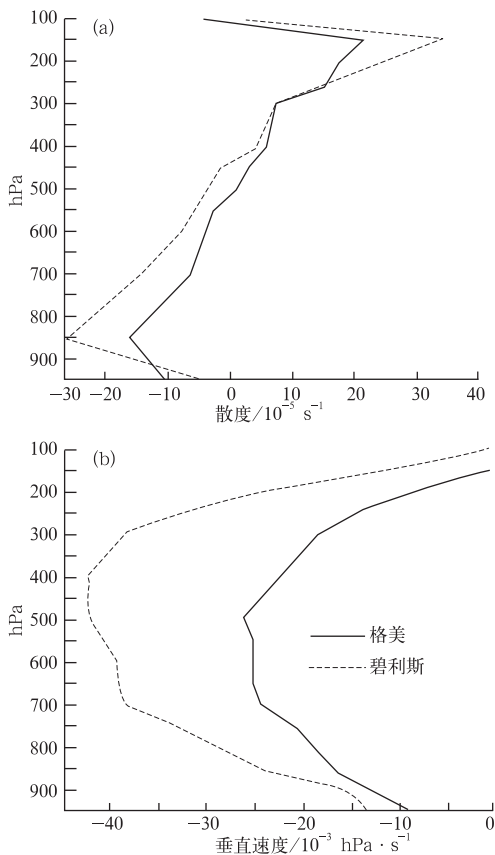


图 5 “碧利斯”和“格美”登陆后福建南部散度(a)、垂直速度(b)垂直剖面图

图。由图可见,辐散场上两者都是最强辐合在 850hPa ,最强辐散在 150hPa ,但“碧利斯”强度明显强于“格美”,且“碧利斯”的中低层辐合高度达 400hPa ,高于“格美”。垂直速度场分析表明,各层次“碧利斯”和“格美”的上升运动中心均处于台风环流中心东南侧的福建南部沿海,但“碧利斯”强度明显强于“格美”。“碧利斯”最强上升中心在 $500\sim 400\text{hPa}$,福建南部达 $-40\times 10^{-3}\text{hPa}\cdot\text{s}^{-1}$;“格美”最强上升中心在 500hPa ,福建南部达 $-20\times 10^{-3}\sim -24\times 10^{-3}\text{hPa}\cdot\text{s}^{-1}$,“碧利斯”的上升运动强度要比“格美”强近一倍。

3.5 水汽和不稳定能量条件分析

“碧利斯”登陆后与西南季风的相互作用,加强了华南地区水汽和能量的输送。由图 6 可见,它的低层水汽通量大约是“格美”的两倍。从而加剧了华南地区的暴雨量。 K 和 K_y 指数分析表明,“碧利斯”登陆后在两广沿海有大于 40°C 的 K 指数高值区; K_y 指数高值中心位于广东东部,达到 6。 K_y 指数是由稳定度、温度平流和大气中水汽含量“对流三条件”组合成的用来判断有无强降水的综合物理量,其值越大越有利于对流发展和强降水发生,大于 3 时,基本可发生大暴雨^[6]。广东东部的 K_y 指数高值区非常有利于对流云团的强烈发展,并在西南急流的作用下影响福建。由图 7(见彩页)可见,15 日夜闽粤交界处对流云团的强烈发展过程,18 时在汕头和厦门之间有一对流云团, -60°C 冷云区域仅仅 4500km^2 ,19 时, -60°C 冷云区已达 14300km^2 ,并出现 -70°C 冷云区,有 2000km^2 ;随后该云团继续发展,到 22 时, -60°C 冷云区域扩大到 56700km^2 , -70°C 冷云区达 22000km^2 。从 21 时开始,福建南部出现强降水,不少站点持续 $5\sim 6$ 个小时逐时雨量大于 30mm 。

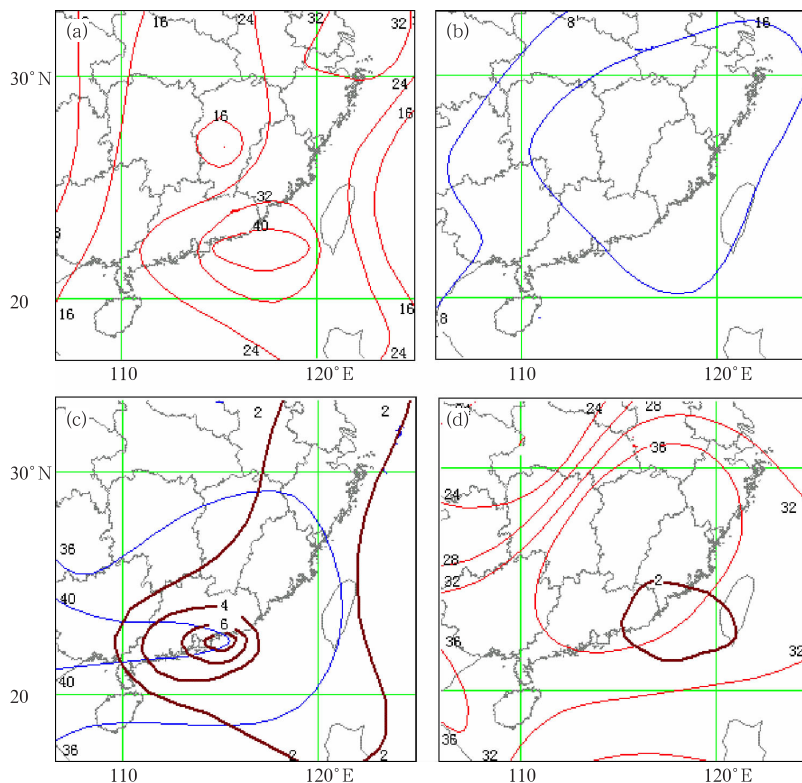


图6 “碧利斯”(a,c)和“格美”(b,d)登陆后第二天850hPa水汽通量(a,b,单位: $g \cdot (cm \cdot hPa \cdot s)^{-1}$)K(细线)和 K_y (粗线)指数(c,d)

4 结 语

(1) 孟加拉湾低压和大陆高压对“碧利斯”登陆后移动缓慢和环流维持起到重要作用,从而延长了降水时间,并为其后部暴雨的产生提供了更强的辐合和动力抬升作用。

(2) 南亚高压为“碧利斯”和华南暴雨区上空提供了强辐散,是造成“碧利斯”登陆后强降水的重要原因。

(3) 南海季风加强为“碧利斯”和华南暴雨区上空输送充足水汽和能量,激发了中尺度对流云团的发生发展,是造成“碧利斯”登陆后强降水的最直接原因。

(4) 物理量分析表明,高低空不同的环流形势导致了“碧利斯”登陆后华南沿海的高层辐散、低层辐合、上升运动、水汽及不稳定

能量等物理量场更强,从而造成降水强度更强。

参考文献

- [1] 程正泉,陈联寿,徐祥德,等.近10年中国台风暴雨研究进展[J].气象,2005,31(12):3-7.
- [2] 张兴强,丁治英,王焱.高空急流与中纬度系统影响下台风暴雨的研究现状[J].气象,2001,27(08):3-8.
- [3] 丁治英,张兴强,何金海,等.非纬向高空急流与远距离台风中尺度暴雨的研究[J].热带气象学报,2001,17(02):144-152.
- [4] 刘爱鸣,刘铭,林毅.低空急流对0212号台风“北冕”后部暴雨影响的分析和数值试验[J].台湾海峡,2004,23(01):1-7.
- [5] 林毅,刘铭,刘爱鸣,等.台风龙王中尺度暴雨成因分析[J].气象,2007,33(2):22-28.
- [6] 林开平,张诚忠,董良森,等.广西致洪暴雨过程的要素场演变特征及物理量诊断分析.广西气象,2001,22(3):12-15.