

# 比较分析路径相似两强台风的降雨特征

谢 韶, 苏小山, 吕卫华, 庞晓宇, 刘祖建

(茂名市气象局, 广东 茂名 525000)

**摘 要:**9615号强台风“莎莉”与0814号强台风“黑格比”的路径极为相似,但它们的降雨特征(强度、分布)则差异很大。利用常规的探空和地面资料以及NCEP全球再分析资料,对两强台风的大气环流形势特征、卫星云图以及物理量场诊断进行分析,结果表明:台风与环境场的相互配置是造成两强台风降水差异的直接原因;云图及物理量诊断分析中显示,台风云系的变化以及物理量各因子强度的空间和时间变化能清楚反映两台风降水的差异。

**关键词:**强台风;降水特征;环境场;卫星云图;物理量;比较分析

**中图分类号:**P444 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-0239(2009)04-0044-09

## 1 引言

9615号台风“莎莉”和0814号强台风“黑格比”是相隔12年登陆粤西的强台风,尽管它们路径和登陆时的强度极为相似(见图1),但对影响地区的降雨强度和降雨分布差异很大。前者“莎莉”登陆后由于快速西移,降雨尽管强度大但时间短,所影响地区过程总雨量以大到暴雨为主,局部大暴雨,强降水分布在台风中心的东北侧,后者“黑格比”登陆后西移速度减慢,强降水时间持续长,影响地区过程降水量普遍都有暴雨到大暴雨的量级,个别还出现了特大暴雨。

对热带气旋以及致洪暴雨的研究,一直是国内外气象专家以及业务人员研究的热点问题<sup>[1-5]</sup>,比照路径相似台风的降雨制作台风降雨预报更是台站业务预报的常规方法之一,也有不少专业人员对这方面作了一些研究<sup>[6-8]</sup>。本文分别对两台风的的大气环流形势、物理量场诊断结果进行综合分析,试图找出造成相似路径热带气旋出现降雨差异的原因,为今后的预报提供参考。

## 2 热带气旋概况

9615号强台风“莎莉”和0814号强台风“黑格比”的共同点都是形成于西太平洋洋面,而且时间上都是在9月份,形成后强度迅速加强。最强盛时中心最大风力“莎莉”达到45 m/s,“黑格比”达50 m/s。两者路径稳定,移动方向均以西北偏西为主,在穿过吕宋岛后移动速

---

收稿日期:2009-06-15

基金项目:2008年广东省科技厅社会发展科研项目(粤西近海海岸带海洋气象灾害监测及预报业务方法的研究)(2008B030303046)

作者简介:谢韶(1973-),女,工程师,主要从事天气预报,应用服务工作。

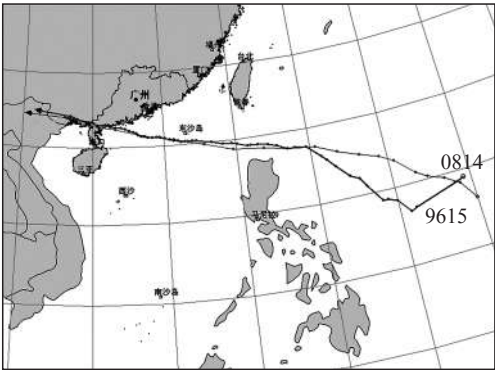


图1 9615号和0814号强台风路径图

度不断加快，分别在粤西吴川市和电白县沿海地区登陆，登陆时强度相当，都达到台风的级别，登陆后，穿过粤西，进入广西境内，以后减弱为低气压，直至消失。受两强台风影响，两广地区都遭受严重的风灾，但降雨强度、持续时间和区域分布则有较大的差异。

“莎莉”是1996年9月9日11时登陆，其降雨特点是台风逼近雨加大，台风远离，雨迅速减弱，降雨时间短暂，故所影响的区域，珠江口以西、广西南部、海南北部地区普降大雨到暴雨，局部大暴雨，强降水区域分布在台风的东北侧即珠江口以西一带，人工观测站录得24 h最大降雨量132 mm，出现在阳春。茂名地区从9日9时起雨势加大，当日13时后，雨势明显减弱，强降水时间持续仅3个多小时，24 h最大降雨量为39 mm，过程降雨量最大为39 mm。“黑格比”于2008年9月24日6时登陆，其降雨特点是台风逼近时雨加大，台风远离，其后部地区24 h内强降水仍持续，所以“黑格比”影响的区域，两广的中南部，普降大暴雨，局部特大暴雨，强降水分布在台风中心周围，茂名地区雨势从24日5时起开始加大，直至傍晚19时才明显减弱，历时14 h，24 h最大降雨量为101 mm，过程降雨量为113 mm。表一直接显示，两台风影响的粤西区域阳江、茂名、湛江三站点的过程和最大日降雨量就有很大的差异，无论从过程或最大24 h的降雨量来看，“黑格比”都比“莎莉”要大。

表1 “莎莉”与“黑格比”过程广东西南部各测站的降水比较

		阳江市		茂名市					湛江市					
		阳春	阳江	信宜	高州	化州	茂名	电白	遂溪	廉江	吴川	湛江	雷州	徐闻
过程雨量	莎莉	132	146	21	30	35	39	30	56	46	27	67	96	36
	黑格比	295	132	46	102	110	113	97	156	124	108	131	119	206
最大日雨量 20~20时	莎莉	132	146	20	29	33	39	30	38	25	27	67	84	32
	黑格比	168	111	42	89	82	101	75	148	88	94	129	110	204

3 环境场比较分析

热带气旋的移动主要靠环境场气流的引导。分析500 hPa环流形势场发现，台风“莎莉”生成发展和加强西移过程中，西太平洋副高呈东西带状稳定控制华南广大地区。期

间，副高北侧中高纬没有明显的西风槽东移，高原上反而不断有正变高涌进，促使副高不断增强，主体进一步向西南方扩展，登陆时，副高588位势什米线脊点由9月7日08时120°E西移到105°E(见图2A)，之后副高势力继续加强，南侧强盛的偏东气流不断加强，大部分站点风速从16 m/s逐渐加大到26 m/s，引导台风移动的速度也从前期的30 km/h增大到40 km/s，导致台风在影响地区停留仅仅几个小时，之后迅速为不断推进的副高外围反气旋环流控制(见图2B)，所以雨势也在台风中心经过后几个小时迅速减弱，并转为晴好天气。整个台风过程，尽管台风影响期间降雨强度大，但由于时间短，降雨量偏小，普遍为大雨到暴雨，局部大暴雨。较大的降雨区出现在珠江口以西一带，这由于台风登陆前后，该区域处在台风外围东南气流与副高南侧偏东气层相叠加范围，再加上广东阳春地区属山区地带，配合地形的抬升作用，导致该地区的降雨量比其他平原地区要大得多。

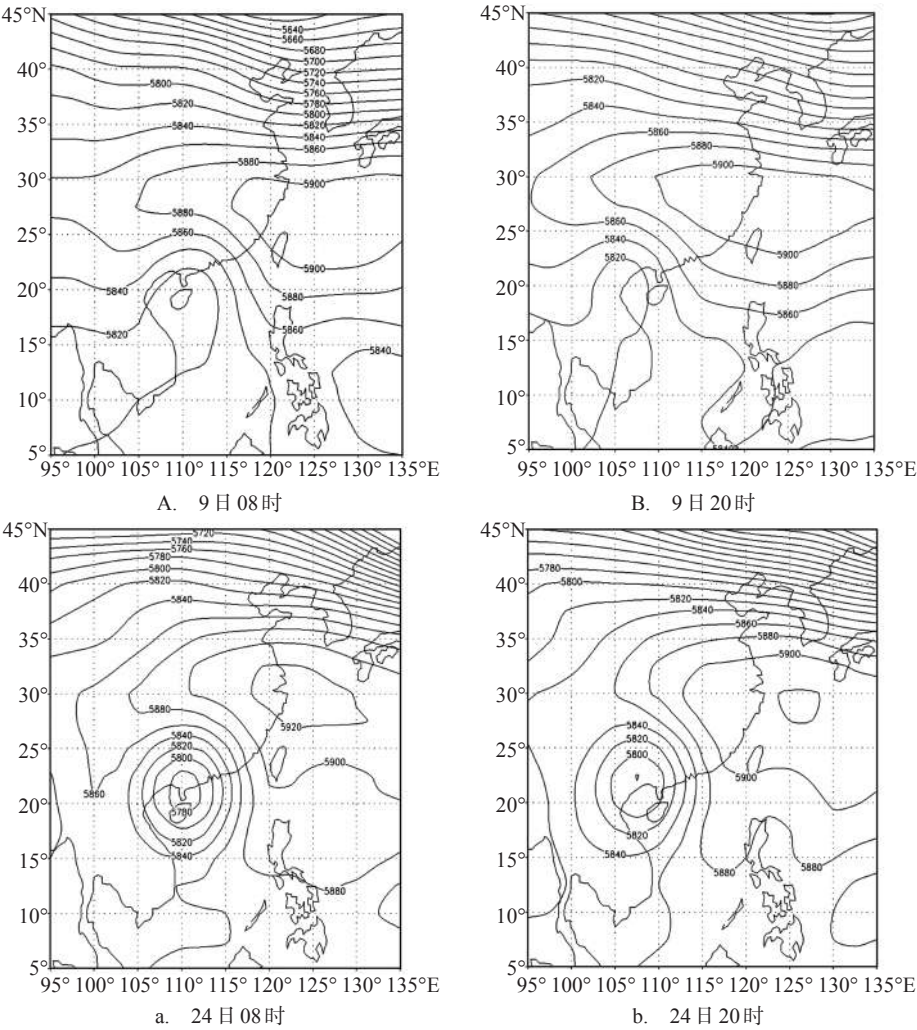


图2 9615号(A、B)和0814号(a、b)强台风500 hPa高度场

“黑格比”从形成到登陆前9月23日20时, 500 hPa中高纬无明显的西方槽脊东移, 间中有小波槽脊东移北收, 对强大的副高势力影响不大, 副高脊线由前期25°N逐渐北抬30°N附近后稳定下来, 其南侧的引导气流在16~22 m/s之间, 台风进入南海后到登陆前夕, 其西移速度介于25~30 km/h之间。之后, 巴湖附近的冷低槽加速东移, 导致副高主体减弱东退, 588位势什米线的脊点登陆时由原来的105°E退至110°E附近, 而此时台风进入了副高的西南侧(见图2a), 引导气流的转变导致台风后来的移速减慢, 登陆后的移速由原来25 km/h减为15 km/h左右, 从而导致两广中南部地区在台风登陆后12 h内都是处于台风槽及副高西南侧强劲的东南-西南气流影响(见图2b), 强降水长时间持续, 普遍达到大暴雨, 局部特大暴雨的量级。

可以认为, 台风登陆后一天之内“莎莉”移速加快, 对该地区影响持续时间短; “黑格比”移速减慢, 持续影响时间长; 这必是两个台风降水特征大有差异的直接原因。

## 4 卫星云图比较分析

从卫星云图显示, “莎莉”登陆时(见图3A)云团紧密、结构对称、范围小, 给影响地区带来短时的强降水。但其尾流云系弱, 长度短, 不能为台风提供充足的水汽和能量, 不太有利于台风的强度维持, 而且其东北侧正值副高加强西伸期, 抑制了台风东北侧云系的发展, 台风在副高作用下快速西移, 8小时后(见图3B)台风结构变得不对称, 密蔽云系已移出广东区域, 短暂的强降水也随之结束。

“黑格比”则相反, 登陆时(见图3a)云系发展并不对称, 外围云系在东北、西南两头, 尾流云系有较多的对流云团发展, 不断给台风输送水汽和能量, 有利于台风强度的维持。此时副高处在略微东退期, 台风西移缓慢, 北侧云系有扩展的趋势, 而且台风南面的流入云带十分明显, 水汽输送持续, 8小时后珠江口以西仍为密蔽云系覆盖。所以不难解释“黑格比”的降水为何要明显得多。

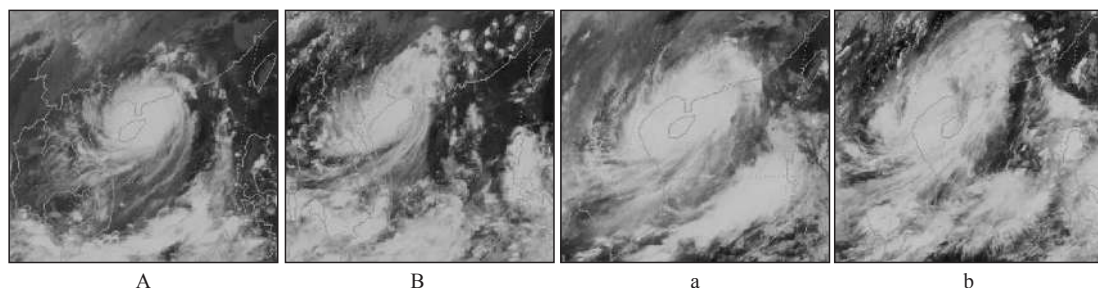


图3 9615号(A、B)和0814号(a、b)强台风登陆时及登陆8小时后的云图

## 5 物理量诊断分析

### 5.1 垂直散度场比较分析

沿22°N作散度场垂直剖面图分析, “莎莉”即将登陆时, 低层出现了两个强辐合中



心，一个出现  $110^{\circ}\text{E}$  附近，由低层  $950\sim 900\text{ hPa}$ ，另一个在  $112^{\circ}\text{E}$  附近，从地面至  $930\text{ hPa}$ ，辐合中心强度都为  $-15\times 10^{-6}\text{ s}^{-1}$ ，辐合密集区域向东倾斜。辐合层伸至  $750\text{ hPa}$ ，以上转为辐散区，在高层  $150\text{ hPa}$  附近出现了  $15\times 10^{-6}\text{ s}^{-1}$  的强辐散区，低层辐合和高层辐散差值为  $-30\times 10^{-6}\text{ s}^{-1}$  (见图 4A)，12 小时后，辐合中心强度和位置变化不明显，但辐合区域明显收缩，其东侧即台风后部  $115^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$  由原来辐合转为辐散，而且高层的辐散明显减弱，中心强度降至  $9\times 10^{-6}\text{ s}^{-1}$ ，低层辐合和高层辐散差值减少为  $-27\times 10^{-6}\text{ s}^{-1}$  (见图 4B)。

“黑格比”登陆的时候，在  $110^{\circ}\text{E}$  附近，从地面到  $900\text{ hPa}$  出现了强辐合区，辐合中心强度为  $-35\times 10^{-6}\text{ s}^{-1}$  (见图 4a)，高层辐散中心出现在  $200\text{ hPa}$  附近，达  $-15\times 10^{-6}$ ，高低辐

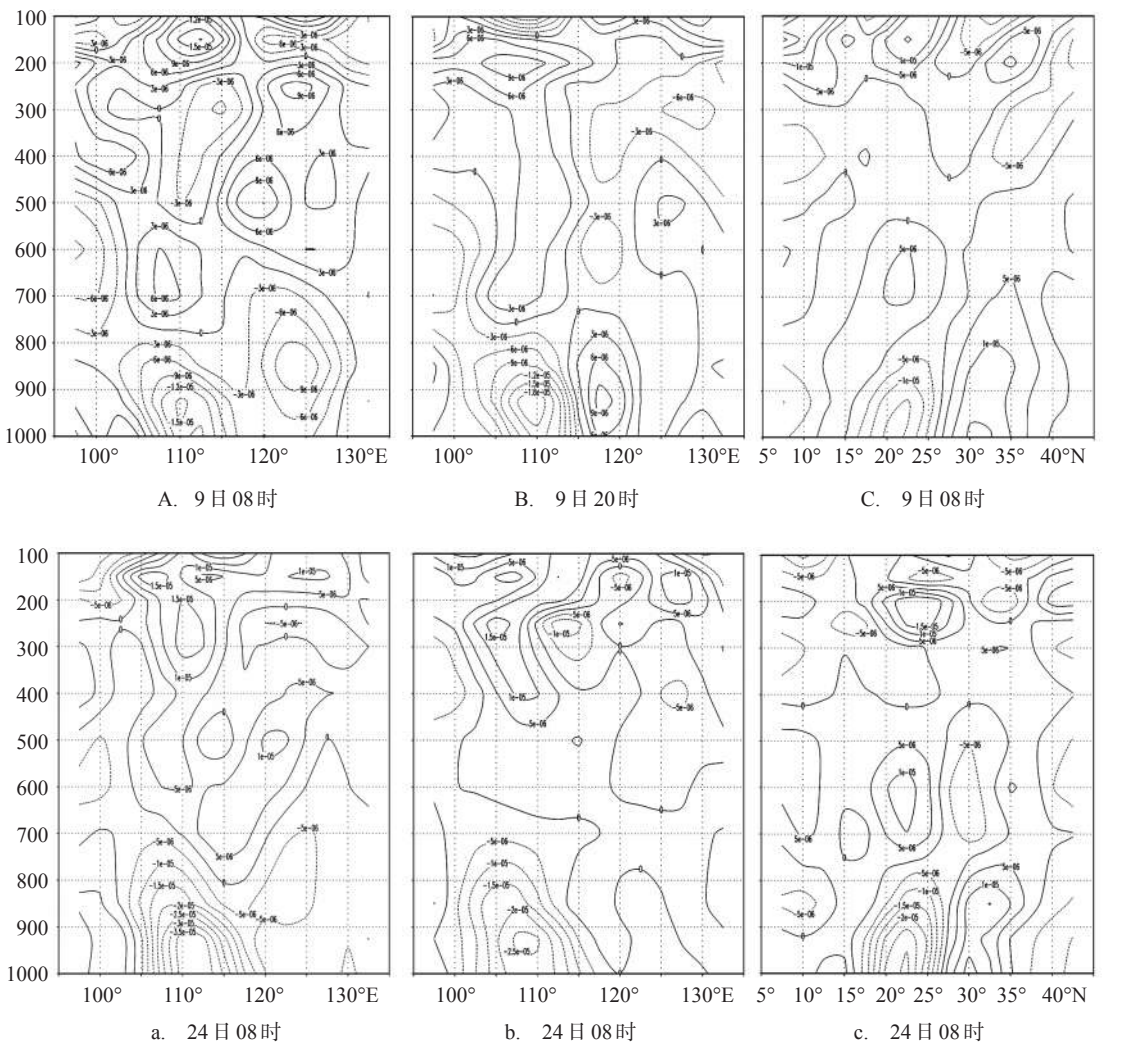


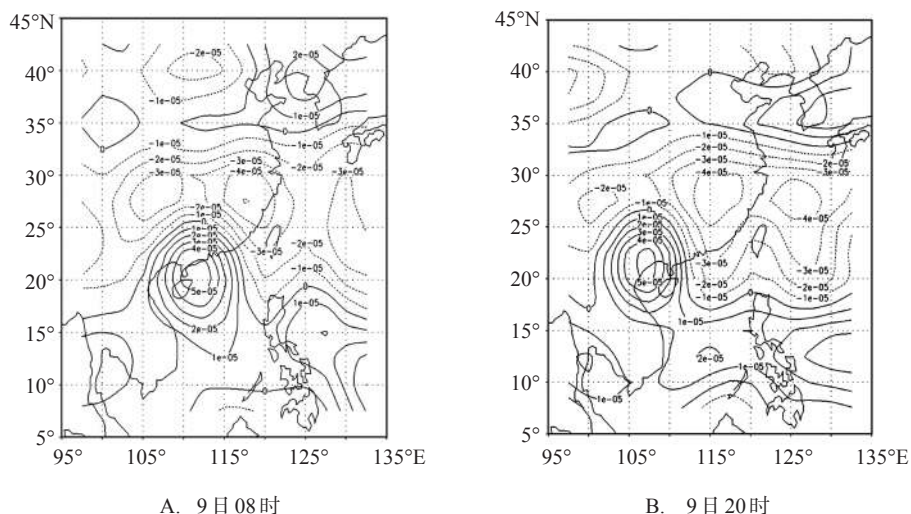
图 4 9615 号(A、B)和 0814 号(a、b)强台风散度场沿  $22^{\circ}\text{N}$  垂直剖面图(单位:  $\text{s}^{-1}$ )  
9615 号(C)和 0814 号(c)强台风散度场沿  $111^{\circ}\text{E}$  垂直剖面图(单位:  $\text{s}^{-1}$ )

散差值为  $-50 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ , 12 小时后, 辐合中心强度有所减弱, 为  $-25 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$  (见图 4b), 辐合区域略向西移动, 但高层的辐散中心强度仍维持  $15 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ , 高低层辐散差值为  $-40 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ 。

以上分析显示, “莎莉”和“黑格比”两过程, 它们高层辐散、低层辐合的垂直配置分别给影响地区带来了强降水, 但后者降水强度比前者大得多, 主要由于后者的低层辐合层比前者深厚, 辐合强度也强得多, 而且“黑格比”登陆 12 h 后高层的辐散强度持续不变, 低层辐合减弱缓慢, 强大抽吸作用的持续, 造成了强降水长时间持续, 降水过程总量级自然比“莎莉”要大得多。另外, “莎莉”登陆前夕在  $112^\circ\text{E}$  附近出现  $-15 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$  的强辐合中心 (见图 4a), 结合  $111^\circ\text{E}$  的散度场垂直剖面图 (见图 4c) 发现, 低层高辐合值区域向高纬度  $23^\circ\text{N}$  附近倾斜, 这说明了在  $112^\circ\text{E}$ 、 $23^\circ\text{N}$  附近存在强辐合, 而“黑格比”的辐合场分布较均匀, 这也解释了“莎莉”强降水区域出现在  $111^\circ\text{E}$ 、 $23^\circ\text{N}$  附近, 也就是珠江口西侧, 而“黑格比”强降水则均匀分布在台风影响区域。

## 5.2 500 hPa 涡度场的比较分析

对 9615 号台风和 0818 号台风“黑格比”的 500 hPa 的涡度场诊断分析发现, 两台风正涡度场与台风环流场对应一致。正涡度的加强趋势和移动方向分别与它们自身强度的发展趋势和中心移动方向吻合, 即两过程的正涡度场都源于吕宋岛, 之后沿着负涡度场的南侧西移进入南海海面, 正涡度中心在移动过程中不断增强, 接近粤西海面达到最强状态, 登陆粤西后逐渐减弱, 且继续沿着负涡度场南侧往西移动。不同的是“莎莉”登陆时也即是 1996 年 9 月 9 日 08 时, 其正涡度中心强度达  $50 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$  (见图 5A), 之后由于东北侧的负涡度场迅速西南扩展, 推动正涡度区域加速西移和削弱正涡度场强度, 12 h 后正涡度区域移入广西, 广东地区基本处于负涡度区域 (见图 5B)。“黑格比”登陆时, 正涡度中心强度高达  $90 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$  (见图 5a), 比“莎莉”强接近一倍, 其东侧的负涡度场缓慢向西推进, 不利“黑格比”的正涡度区域的快速填塞和加速西移, 12 h 后正涡度中心进入广西



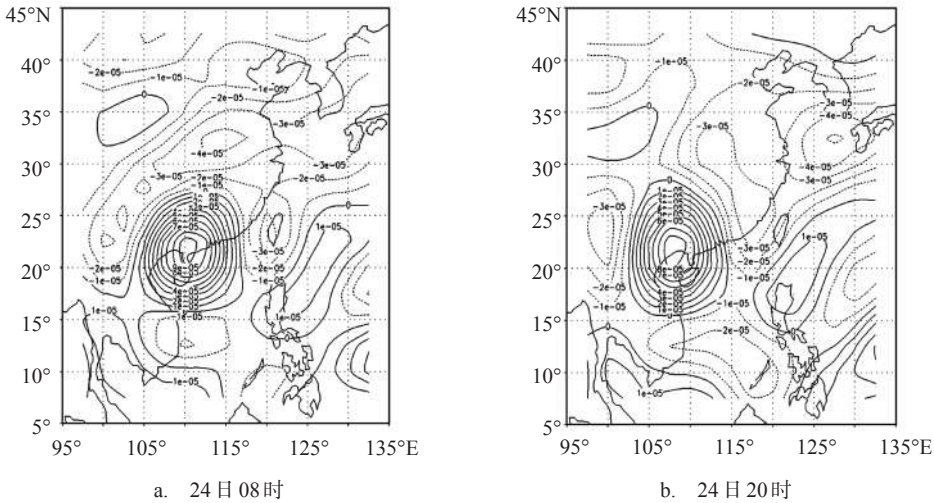


图5 9615号和0814号强台风500hPa涡度场图(单位: $s^{-1}$ )

南部,强度仍高达 $80 \times 10^{-6} s^{-1}$ (见图5b),而珠江口以西区域,还处在 $30 \sim 70 \times 10^{-6} s^{-1}$ 的正涡度区域内,直至24 h后,才转为负涡度区域。

以上分析可以看出,“黑格比”正涡度场中心强度强,西移缓慢,有利影响区域长时间强降水的持续,“莎莉”正涡度场中心强度较弱,而且西移快速,台风中心影响之处,只出现短暂的强降水,其降雨量级自然比“黑格比”的要小得多。

### 5.3 低空急流和水汽通量分析

外界水汽输送有助于热带气旋雨带中的强对流活动,使雨量加强<sup>[9]</sup>,水汽通量则反映了水汽输送的强度<sup>[10]</sup>。分析“莎莉”和“黑格比”850 hPa低空急流和水汽通量输送发现,两者登陆后其后部有强劲的水汽输入,都位于台风前进方向的右侧,即台风涡旋区外围偏东南流场至与副高边缘联接区。“莎莉”登陆时强的水汽输送区域位于珠江口附近(见图6A),即是东东南急流与东南急流辐合区,该区域风速普遍在20 m/s左右,中心最大值达 $22 g/(s \cdot hPa \cdot cm)$ 。对应该处的下风方,即台风中心的东北侧也是实况出现的强降水区域。之后台风西移,偏东南急流辐合区和水汽通量最大区在12 h后移至广西的中南部区域(见图6B),强度减弱至 $18 g/(s \cdot hPa \cdot cm)$ ,24 h后急流区和水汽通量最大区进一步西移和明显减弱,此时,两广已完全转为副高外围南侧的东风流场(见图6C),短暂的强降水也随之先后结束。

“黑格比”登陆时强的水汽输送区域偏东南急流比“莎莉”明显要强(见图6a),风速在20~30 m/s之间,对应的水汽通量最大值区域中心强度也明显要大,高达 $27 g/(s \cdot hPa \cdot cm)$ 。12 h后随台风的缓慢西移(见图6b),偏东南急流区和水汽通量最大值区略向西移动,水汽通量最大值区域覆盖两广的中南部。东南到东东南急流和水汽通量中心强度有所减弱,但中心强度仍高达 $24 g/(s \cdot hPa \cdot cm)$ 。24 h后,水汽通量最大值区域西移过程明显收缩(见图6c),开始进入广西境内,中心强度减弱为 $21 g/(s \cdot hPa \cdot cm)$ ,而此时,广东已转



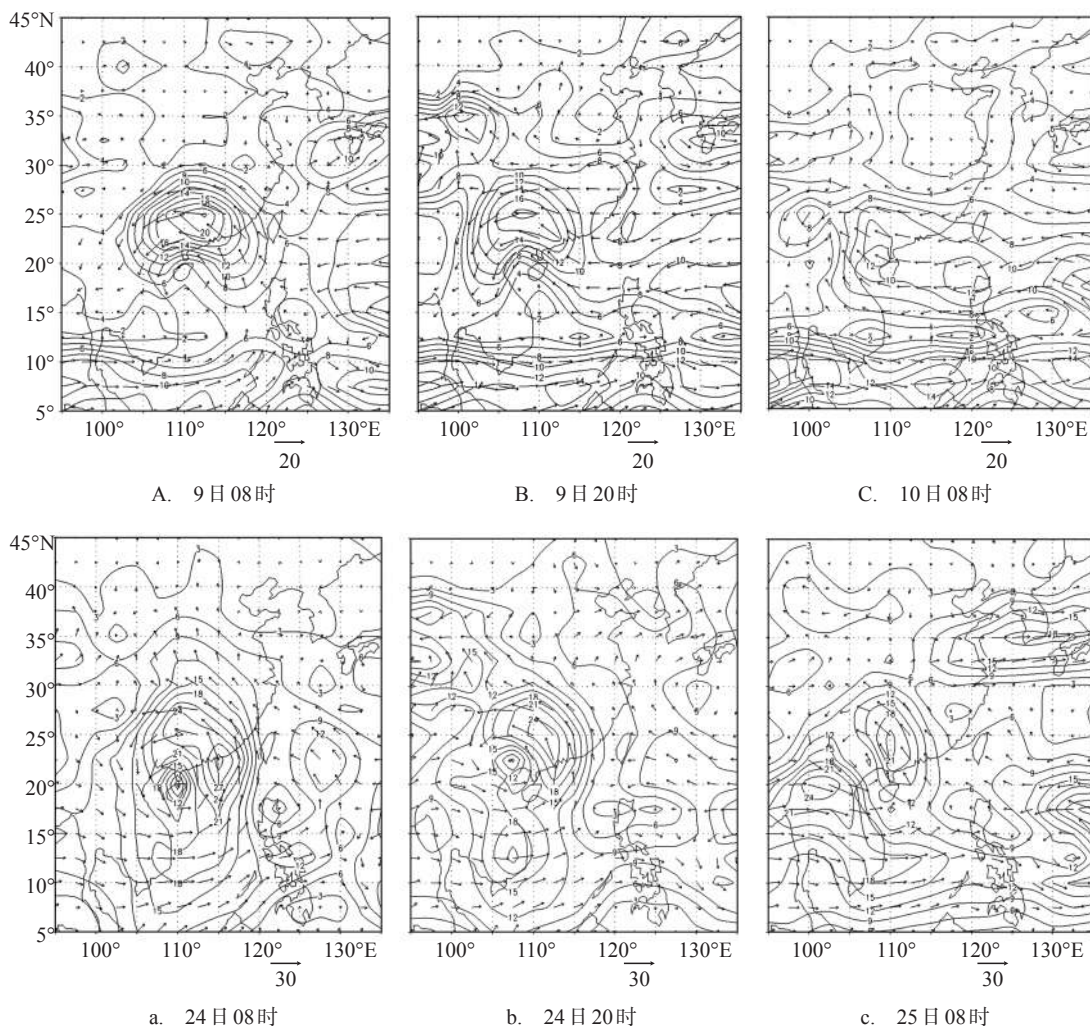


图6 9615号(A、B、C)和0814号(a、b、c)强台风850 hPa上水汽通量  
(单位: $\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ )和风矢量分布图(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

为副高外围东南流场,长时间的强降水过程结束,而广西的强降水过程也趋于减弱。

从以上分析可知,“黑格比”过程低空急流和水汽通量都比“莎莉”明显要强,而且在影响区域上空停留时间长,从而造成的强降水维持时间长,强度大的结果。

## 6 小结

(1) 登陆后的台风对内陆影响的时间长短,由其引导气流决定。引导气流明显,台风移速快,影响内陆时间短,产生降水也相对小,反之影响内陆时间长,降水就大。



(2) 台风外围云系的变化能显示台风未来强度的变化从而反应强降水持续时间的长短。

(3) 高层辐散、低层辐合的垂直配置为两台风的强降水创造了有利条件；高、低层辐合差值大小直接反应了两台风降水强度的大小；高层的辐散强度持续不变，低层辐合减弱缓慢，强大抽吸作用的维持，有利于强降水长时间持续。

(4) 正涡度场发展趋势和移动方向与台风自身强度的发展趋势和中心移动方向相吻合。另外，正涡度场的强弱及移动的快慢与两台风强降水的持续时间有着较好的对应关系。

(5) 低空急流和水汽通量较好地反映出强降水发生的水汽来源及汇聚地区，其强度的大小和影响某区域时间的长短，对强降水大小和持续时间长短的预报有一定的预示作用。

#### 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): 3-9.
- [2] 闫淑莲, 单宝臣. 台风麦莎影响期间山东半岛大暴雨成因的分析[J]. 海洋通报, 2008, 27(4): 37-43.
- [3] 尹洁, 王欢, 陈建萍. 强热带风暴碧利斯造成华南持续大暴雨成因分析[J]. 气象科技, 2008, 36(1): 65-70.
- [4] 李英, 陈联寿, 徐祥德. 水汽输送影响登陆热带气旋维持和降水的数值试验[J]. 大气科学, 2005, 29(1): 91-98.
- [5] 林云萍. “莫拉克”强热带风暴暴雨分析[J]. 海洋预报, 2005, 22(2): 53-58.
- [6] 朱健, 何海滨. 0604 和 0605 号台风的数值模拟与暴雨成因对比分析[J]. 南京气象学院学报, 2008, 31(4): 80-88.
- [7] 贺春江, 韦春霞. “碧利斯”与“派比安”影响广西的对比分析[J]. 气象研究与应用, 2007, 28(S1): 2-5.
- [8] 潘志祥, 叶成志, 刘志雄等. “圣帕”、“碧利斯”影响湖南的对比分析[J]. 气象, 2008, 34(7): 43-52.
- [9] 李英, 陈联寿, 徐祥德. 水汽输送影响登陆热带气旋维持和降水的数值试验[J]. 大气科学, 2005, 29(1): 91-98.
- [10] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文等. 天气学原理[M]. 北京: 气象出版社, 1990, 896.