

文章编号:1673-8411 (2014) 02-0007-08

台风“山神”和“海燕”对广西影响对比分析

黄翠银¹, 农孟松², 陈剑飞³(1.南宁市气象局, 广西 南宁 530028; 2.广西区气象台, 广西 南宁 530022;
广西区气象服务中心, 广西 南宁 530022)

摘 要:利用常规观测资料、NCEP 再分析资料对台风“山神”和“海燕”天气过程进行分析得出:两个台风后期东折路径不同,台风“山神”先后受孟湾槽东移以及西风槽加深东移及高原槽移出致副高减弱东退南落引起,“海燕”则是孟湾槽东移副高减弱东南斜造成;“山神”停编前在广西是单一的暖云降水,停编后其残余环流与南下的冷空气相互影响引起桂东强降雨,“海燕”影响广西时恰好冷空气南下,两者结合降雨增幅造成广西大范围暴雨天气;散度场涡度场表明“海燕”抽吸作用比“山神”强得多,水汽辐合量两者相当,但辐合高度“海燕”更高;水平风垂直切变“海燕”比“山神”小得多,小的垂直切变有利于雨区集中,使降雨强度增大。

关键词:台风暴雨;副热带高压;冷平流;水平风垂直切变

中图分类号:P458.1*24

文献标识码:A

Comparative analysis of typhoon " Son-Tinh" and " Haiyan" influence on Guangxi

Huang Cui-yin, Nong Meng-song, Chen Jian-fei

(1.Nanning Municipal Meteorological Service, Nanning Guangxi 530028;
2. Guangxi Meteorological observatory, Nanning Guangxi 530022;
3. Guangxi Meteorological Service Center, Nanning Guangxi 530022)

Abstract: Based on conventional observation data and NCEP reanalysis data of typhoon " Son-Tinh" and " haiyan" weather process analysis, it is concluded that: the late paths of two typhoon folding to east are different, the path of typhoon " Son-Tinh" which result in successive influence of east trough of Bengal bay, west wind trough deepened eastward and removing of high plateau trough, the path of " haiyan", which result in Bengal bay trough east southeast weakened and subtropical high inclining; Before stopping the knitting " Son-Tinh" in guangxi is single warm cloud precipitation, after that residual circulation and its southward cold air influence each other cause the heavy rainfall, When " haiyan" is in Guangxi, cold air is southward, widespread storm weather was caused by the combination of these two situation; Divergence field and vorticity field showed that suction effect of " haiyan" is much better than " Son-Tinh", both of the amount of water vapor convergence is fairly, but convergence height of " haiyan" is higher; Horizontal wind vertical shear of " haiyan" is less than the " Son-Tinh", this can increase the rainfall intensity.

Key Words: typhoon rainstorm; subtropical high; cold advection; the vertical shear of level wind

2012 年第 23 号台风“山神”和 2013 年第 30 号台风“海燕”有很多相似之处:影响季节晚,移动路径相似,对广西造成较严重的风雨天气等等。它们也有很多不同的地方,本文利用常规观测资料、NCEP 再

分析资料,从环流背景、与冷空气结合情况以及物理量场等方面进行细致分析,揭示它们路径差异及对广西造成风雨强烈程度不同的原因。

收稿日期:2014-01-25

基金资助:中国气象局预报员专项项目“冷空气影响下台风‘海燕’路径和强度特征分析”(CMAYBY2014-049)

作者简介:黄翠银(1977-),女,硕士,工程师,主要从事天气预报工作。

1 基本概括

1.1 强度路径对比分析

2012 年第 23 号热带风暴“山神”于 2012 年 10 月 24 日 02 时在菲律宾东南部的西北太平洋洋面上生成,移入南海后,快速向偏西北方向移动,27 日 20 时加强为风力 14 级的强台风,28 日 23 时 30 分前后在越南南定省沿海登陆,登陆时中心附近最大风力有 12 级($33\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)。29 日 12 时 20 分以热带风暴的强度从东兴市进入广西,以后继续沿沿海东移减弱(图 1a)。29 日 17 时中央气象台对其停止编号。

2013 年第 30 号台风“海燕”2013 年 11 月 4 日在西北太平洋生成,8 日 7 时在菲律宾中部莱特岛北部沿海登陆,登陆时中心附近最大风力达 17 级以

上($75\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,超强台风级)。“海燕”横穿菲律宾中部地区后,11 日早晨 5 时在越南北部广宁省沿海登陆,登陆时最大风力达 13 级($38\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$),11 日 9 时前后以台风强度(中心附近最大风力 12 级)从宁明县进入我区,之后强度逐渐减弱,先后途经宁明、上思、扶绥、南宁市等县(市),20 时在南宁市境内减弱为热带低压(图 1b),23 时中央气象台对其停止编号。

前期台风路径比较相似,登陆越南后路径差异比较大,台风“山神”登陆越南后即东折向东北方向移动,到达广西后又转向偏东方向移动。台风“海燕”登陆越南后按原来的路径向偏北方向移动,直到进入广西境内才转向东偏北行。也就是两个台风后期的东折点明显不同。

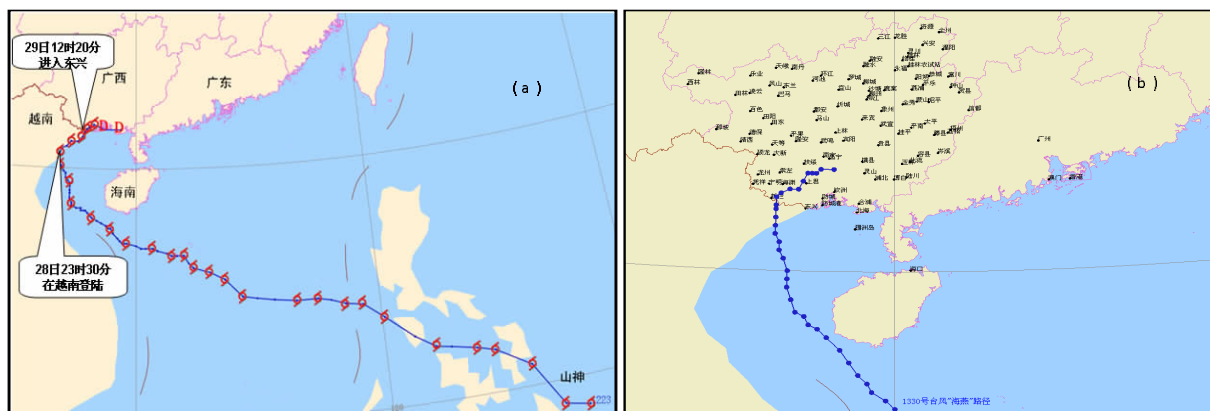


图 1 台风路径图 (a)台风“山神”路径;(b)台风“海燕”路径

1.2 对广西造成的风雨影响

1.2.1 “山神”对广西的风雨影响

受台风“山神”影响,广西出现明显风雨天气。降雨从 2012 年 10 月 27 日白天开始,28 日 08 时从南部沿海开始加强,强降雨主要出现在 28 日 08 时至 30 日 08 时。27 日 08 时–30 日 08 时雨量统计:超过 400mm 2 个乡镇,300–400mm 有 8 个乡镇,200–300mm 有 66 个乡镇,100–200mm 有 204 个乡镇,50–100mm 有 293 个乡镇(图 2)。我区沿海地区出现了 6–7 级,部分地区 8–10 级的大风,最大风速为防城港市防城区十万大山 11 级($31.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)。北部湾海面风力达 10–12 级。

1.2.2 “海燕”对广西的风雨影响

受“海燕”和冷空气共同影响,广西出现大范围强降雨和大风天气,降雨从 2013 年 11 月 10 日白天开始,强降雨时段主要出现在 10 日 20 时至 12 日 08 时的 36 小时中。2013 年 11 月 10 日 08 时至 12

日 08 时,超过 400mm 有 11 个乡镇,最大为玉林市博白县新田镇 516mm,300–400mm 有 68 个乡镇,200–300mm 有 214 个乡镇,100–200mm 有 468 个乡镇,50–100mm 有 365 个乡镇。北部湾海面出现 9–10 级、阵风 12–13 级的大风,桂南部分地区出现 6–7 级、阵风 10–12 级的大风。

从风雨影响对比看,台风“山神”造成的强降雨主要出现在桂南和桂东,大风出现在沿海;而台风“海燕”引起的强降雨遍及广西大部,除桂西北外普降暴雨,桂中普降大暴雨,桂南及沿海普降特大暴雨,大风也遍及到桂南部分地区,风雨强度明显比台风“山神”大得多。本文将就两个台风路径差异及引起广西风雨影响程度不同原因进行分析。

2 副热带高压演变情况

2.1 台风“山神”的副高演变

2012 年 10 月 26 日 08 时,副热带高压(以下简

称副高)588dagpm等值线西伸到福建东南部、广东大部 and 广西东部,西脊点位于 $110^{\circ}\text{E}22^{\circ}\text{N}$,副高形状近似方块状,在其北部两广、海南一带西伸形成一短狭长的高压坝,副高西侧东南气流较弱,从NCEP再分析资料流场可看出在 $100^{\circ}\text{E}18^{\circ}\text{N}$ 附近还有一小高压,该高压与副高联通,在“山神”北侧3~4个纬距处形成一带状高压,弱东南引导气流和北侧高压南侧较强东北气流使得“山神”北行分量减小,只能西偏北行。28日08时左右台风“山神”从气压较小处穿透高压后到了高压带的北侧,东北气流减弱,山神主要在方块状副高西侧偏南气流引导下向偏北方向移动。此时有一横槽盘踞在我国东北直到新疆东部,孟湾槽位于 85°E 。29日02时后孟湾槽倾斜东移,副高减弱,方块状副高逐渐向东北方向倾斜,副高西侧转成强西南风,在西南引导气流的作用下“山神”折向东北方向移动。29日08时(图2a),强西风槽快速加深东移到青海西部,高原槽有小槽移出,促使副高逐渐南落,因而“山神”登陆广西后转向偏东方向移动。

2.2 台风“海燕”的副高演变

2013年11月10日之前,中国中高纬受平直西风气流影响,无明显西风槽,副高比较强大,588dagpm等值线控制两广、福建及其以南洋面,台

风“海燕”在副高强盛的气流引导下移动。10日08时,新疆南部有一较弱西风槽,孟湾槽建立,副高范围缩小,西脊点位置稍东缩,南侧副高588dagpm等值线从南海经广西沿海到越南北部呈一抛物线形状,“海燕”在抛物线左侧强东南气流引导下向西北方向移动。10日20时,孟湾槽东移到 85°E 一带,副高强度减弱并快速东退,“海燕”在方块状副高西侧偏南气流的引导下,在海南西侧的洋面上转向北行,11日早晨在越南北部广宁省沿海登陆。11日08时(图2b),西风槽在原地稍加强,孟湾槽东移减弱,副高北侧继续减弱东退,南侧副高变化不大,呈向东北倾斜的方块状,11日10时,海燕在副高西侧东偏南气流的引导下明显转向东北方向移动,直至23时停编。

从以上两个台风路径的具体分析可以看出,海燕影响过程中,副高更为强大,其前期路径主要是副高本身演变引起,后期副高减弱,孟湾槽东移,副高向东北方向倾斜,因而台风“海燕”登陆广西后转向东北方向移动。台风“山神”前期路径是副高和小高压组成的高压带共同影响,后期东北折原因与“海燕”相似,主要受孟湾槽东移影响副高减弱向东北倾斜引起,进入广西后再东折的原因则主要因为西风槽加深东移和高原槽的移出。

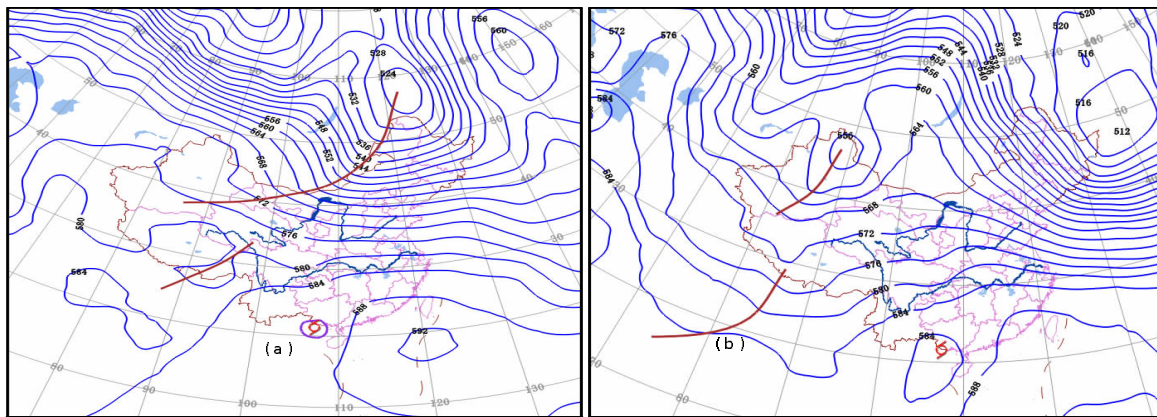


图2 500hPa环流形势 (a)2012年10月29日08时;(b)2013年11月11日08时(单位:dagpm)

3 与冷空气结合情况

3.1 台风“山神”与冷空气结合情况

2012年10月27日08时,冷空气从中路南下影响广西,1017.5hPa等压线呈东西向南压到柳州一带,1035hPa冷高中心位于蒙古国。27日14时,湖南北部有一1020hPa冷高中心生成,等压线由东西向

逐渐倾斜成西北东南向,但由于山神中心位置偏南,距离广西较远,山神外围云系较薄,广西上空基本为冷平流,因而27日08时~28日08时,广西大部仅为小雨,南部沿海局部大雨。之后高压脊逐渐东移减弱变性,28日14时开始,广西低空已无冷平流,转由山神暖平流占据(图3a),因而28日14时~29日20时广西降雨基本为山神云系造成,冷空气的作

用微乎其微。30日凌晨,冷空气再次南下影响广西(图3b),冷空气侵入暖湿气流底部,形成冷垫,使得台风低压中的暖湿气流在冷空气上滑行,这种低层冷平流高层暖平流的结构,使大气层结趋向于稳定,改变了台风单一暖云降水的性质,从而转向半冷半

暖混合云或以层状云持续长时间降水,导致暴雨增幅的发生^[1]。在29日17时山神已停止编号的情况下,其残余环流与冷空气共同作用,29日20时~30日08时,造成桂东1站大暴雨,8站暴雨的强降雨。

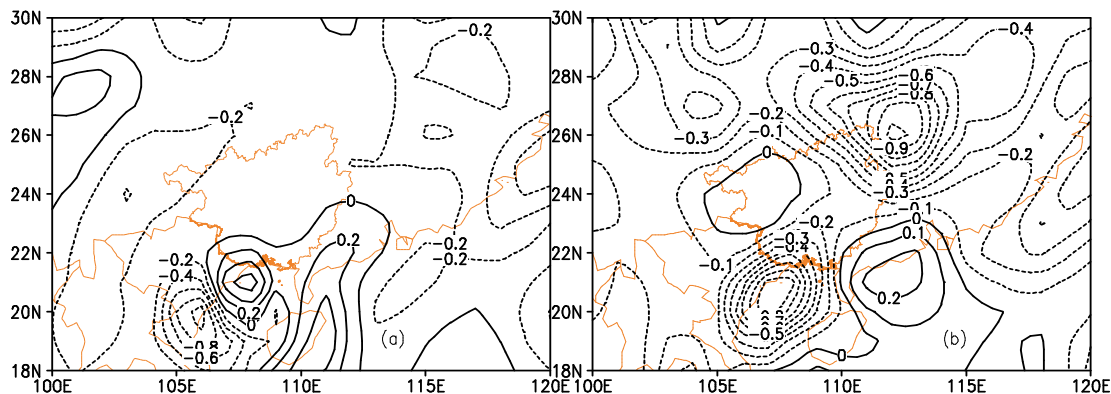


图3 1000hPa温度平流 (a)2012年10月28日20时;(b)2012年10月30日02时(单位: $10^{-4}^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$)

3.2 台风“海燕”与冷空气结合情况

2013年11月10日早上冷空气南下影响广西大部(图4a),1022.5hPa等值线压在湖南和桂东北交界处,1017.5hPa等值线位于桂中一带,1060hPa冷高中心位于新疆以东的 48°N 地区。在海燕影响广西整个过程中冷空气造成的冷平流和海燕造成的暖平流两者势力相当,冷空气带来的东北气流和台

风东部的东南气流在暴雨区附近汇合,使得动力辐合和上升运动加强和维持,对降水增幅作用较大,同时凝结潜热的大量释放加热了垂直气柱,对台风低压和暴雨的维持也有重要的正反馈作用^[2]。12日08时(图4b),海燕能量释放完毕,广西全部被冷平流占据,降雨结束。

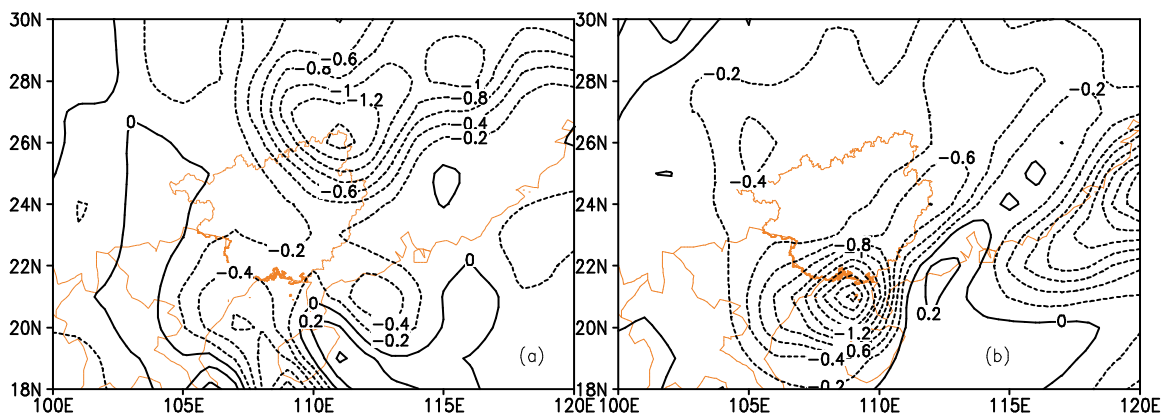


图4 1000hPa温度平流 (a)2013年11月10日08时;(b)2013年11月12日08时(单位: $10^{-4}^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$)

台风“山神”影响广西之前,冷空气已南下影响广西,“山神”主体影响广西时,冷空气已减弱变性,因而台风与冷空气的相互作用较弱,对降雨的增幅作用较小;“山神”停编后桂东仍降暴雨,是因为2012年10月30日凌晨冷空气再次南下影响广西,与“山神”残余环流相互作用造成降雨加强。台风“海

燕”影响广西期间,正好冷空气南下影响广西,冷暖平流相当,冷空气使台风暴雨增加造成广西大范围强降雨。

4 物理量对比分析

4.1 散度场特征

因为比较两个台风对广西的影响差异, 因而分析台风进入广西时的散度场特征异同。2012 年 10 月 29 日 05 时“山神”在越南东北部地区减弱为强热带风暴, 12 时 20 分以热带风暴的强度从东兴市进入广西。分析 2012 年 10 月 29 日 08 时散度场 (图 5), 925hPa 在 107°E 、 22°N 即“山神”台风中心有一 $-60 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ 的辐合中心, 辐合中心在 850hPa 和 500hPa 都减弱到 $-30 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$, 且中心不在一条直线

上, 850hPa 稍向西偏北方向倾斜, 而 500hPa 则向东北方向倾斜, 因而上升气流范围较大较发散, 很难维持强劲的上升气流柱。300hPa 气流由辐合转为辐散, 200hPa 辐散强度增加到 $40 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$, 数值比辐合数值小, 辐散中心位于低层辐合中心的东南方, 但 $40 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ 辐散中心范围很小, 大范围 $30 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ 的辐散中心位于 925hPa 辐合中心偏东方, 预示着“山神”未来将向偏东或东偏南方向移动。

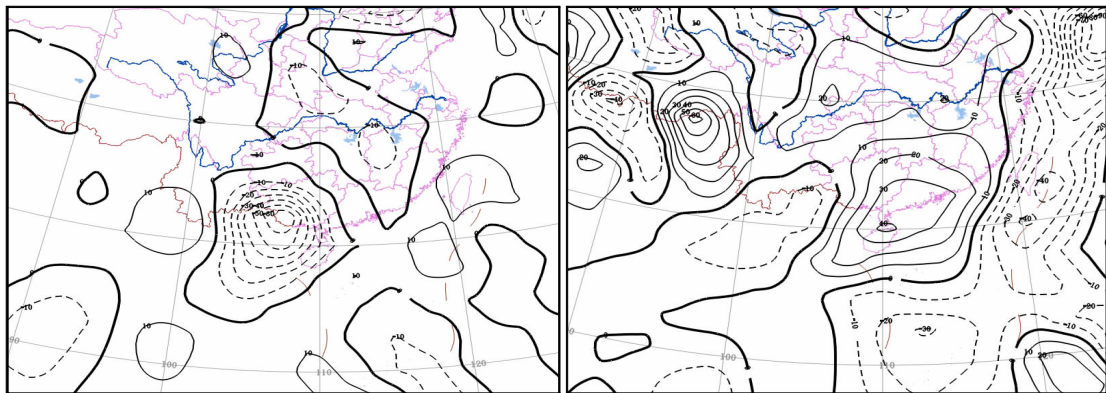


图 5 2012 年 10 月 29 日 08 时散度场 (a)925hPa; (b)200(单位: 10^{-5}s^{-1})

2013 年 11 月 11 日 9 时前后“海燕”以台风强度从宁明县进入我区, 11 日 08 时的散度场上 (图 6), 925hPa 在 107°E 、 20°N 即台风中心偏南一点位置有一 $-70 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ 的辐合中心, 负散度中心往上数值逐渐增大, 到 400hPa 后逐渐转成正值, 在 300hPa 变成 $25 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ 的辐散中心, 辐散中心在 200hPa 达到最大的 $60 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$, 与 925hPa 的数值相当, 上下层辐合辐散强度相当有利于台风中心的抽吸上升运动^[3], 辐散中心位于低层辐合中心的东北方向, 预示着台

风中心将向东北方向移动。散度场上另一显著特征是 925hPa 台风辐合中心的西偏北方向距离 8~9 个经度的地方有一 $40 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ 的辐散中心, 形成同一高度上的辐合辐散中心, 这种特征维持到 200hPa 高度上, 200hPa 辐散中心偏西方向距离约 8 个经度的地方也有一 $-30 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ 的辐合中心。旁边对应的辐合辐散中心一方面加速“海燕”的旋转速度和动力, 另一方面又快速为“海燕”注入足够的动力和能量, 因而“海燕”得以长时间高强度维持。

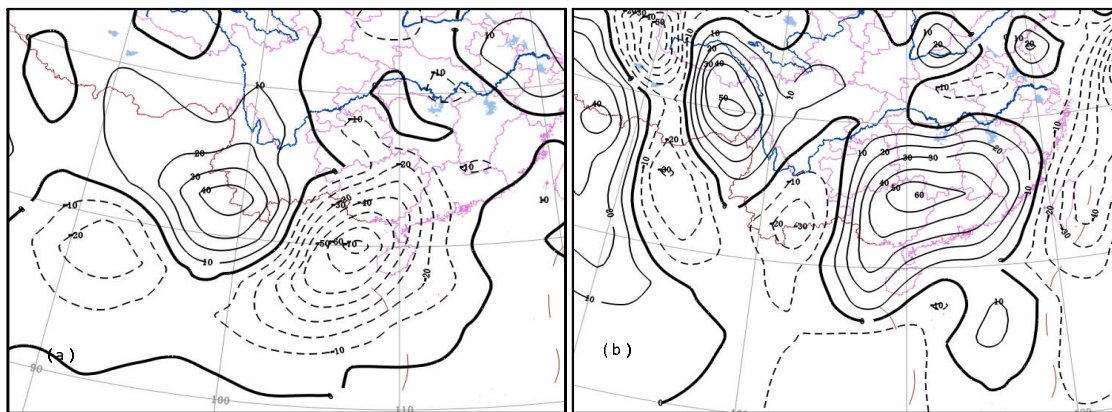


图 6 2013 年 11 月 11 日 08 时散度场 (a)925hPa; (b)200hPa(单位: 10^{-5}s^{-1})

从以上两个台风即将进入广西境内的散度场分析看出,“海燕”辐合辐散的强度比“山神”强得多,抽吸作用更强,且因为同一高度存在一对辐合辐散中心,使得低层辐合气流注入更快更多,台风更能持久维持。

4.2 涡度场特征

高空辐散的抽吸作用有利于热带气旋上升运动的维持和低层辐合发展,从而导致相对涡度的增强。分析两个台风即将进入广西境内和在广西境内涡度场情况。2012年10月29日08时(图7),在台风“山

神”中心附近从925hPa一直到200hPa存在一个正涡度中心,中心涡度在850hPa到500hPa都是 $45 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$,然后随高度逐渐递减,200hPa为 $10 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$,到150hPa即转成负涡度,涡度中心在500hPa往上向偏北方向倾斜。29日20时“山神”停编后,受其残余气旋环流影响,400hPa以下高度仍有正涡度中心,最大涡度中心下降到925hPa,涡度中心随高度倾斜度大,大部与残余环流中心位置对应,300hPa至250hPa有零涡度中心,200hPa以上高度是负涡度。

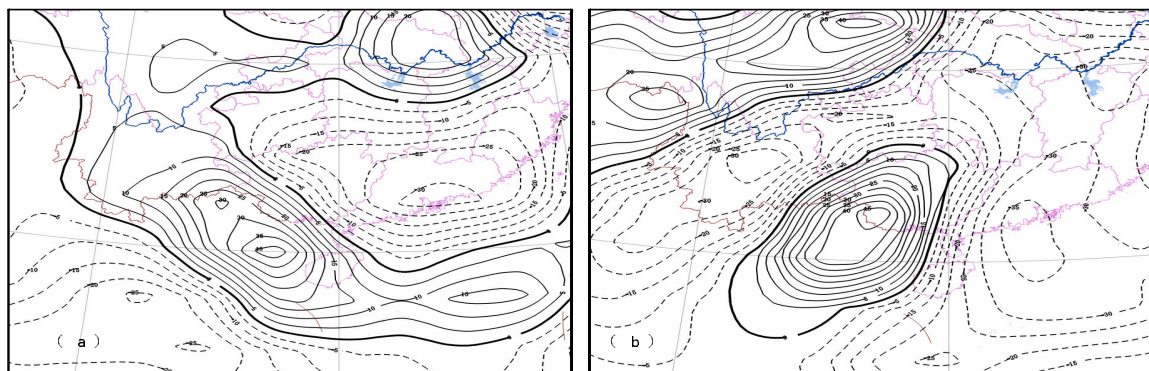


图7 2012年10月29日08时涡度场 (a)925hPa (b)500hPa(单位: 10^{-5}s^{-1})

2013年11月11日08时(图8),台风“海燕”进入广西境内之前,在台风中心附近从1000hPa至200hPa都有正涡度中心,最大涡度中心位于700hPa达到 $85 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$,数值几乎是“山神”涡度中心的两倍,400hPa以下高度涡度中心基本维持 $70 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ 左右的数值,200hPa涡度中心迅速减小到 $25 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$,100hPa往上转为负涡度。进入广西境内后11日20时,广西境内250hPa以下有正涡度中心,各高度上的涡度中心数值比11日08时相应高度涡度中心少了 $10 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$

左右,最大涡度中心仍在700hPa达到 $70 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$,涡度中心随高度向东北方向倾斜,即700hPa涡度中心位于南宁南部一带,对流层中层涡度中心位于来宾上空,对流层高层涡度中心转到桂林西部。虽然11日20时广西境内正涡度中心数值仍很大,但涡度中心随高度严重倾斜的状况说明了台风“海燕”处于迅速减弱的状态。12日08时,广西境内仅925hPa至700hPa有正涡度中心,其余高度被负涡度取代,这一实况说明台风“海燕”基本消亡。

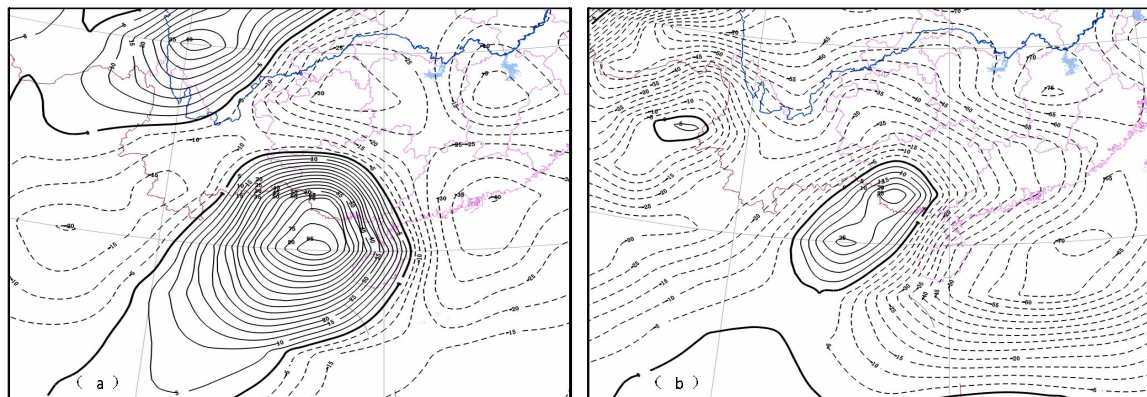


图8 2013年11月11日08时涡度场 (a)700hPa (b)200hPa(单位: 10^{-5}s^{-1})

从涡度场分析看出,即将进入广西之前和进入广西境内之后,台风“海燕”不管是正涡度中心数值,还是正涡度中心高度,都比台风“山神”要高,正涡度中心数值甚至达到“山神”的两倍;中低层正涡度、中高层负涡度结构的稳定维持,为台风“海燕”的长时

间维持提供了动力条件^[4-10]。如果正涡度中心不随高度倾斜,则台风还可维持较长时间,如果正涡度中心随高度严重倾斜,则台风将迅速减弱消亡。

4.3 水平风垂直切变分析

表 1 南宁探空站水平风垂直切变(u850-u200)(单位:m·s⁻¹)

2012 年 10 月 27 日 08 时	27 日 20 时	28 日 08 时	28 日 20 时	29 日 08 时	29 日 20 时	30 日 08 时	30 日 20 时
17.1	19.1	26	22.8	22.9	36.6	29.7	35
2013 年 11 月 9 日 08 时	9 日 20 时	10 日 08 时	10 日 20 时	11 日 20 时	12 日 08 时	12 日 20 时	13 日 08 时
12.5	8.9	9	15.8	7.8	11.2	12.9	14.2

很多研究表明,弱的水平风垂直切变有利于热带气旋的发生发展,Zehr 指出^[11],12m·s⁻¹(850-200hPa)水平风垂直切变是热带气旋发展或不发展的分水岭。从表 1 看到,台风“海燕”影响广西期间(2013 年 11 月 11 日 08 时无观测值),水平风垂直切变大部小于 12m·s⁻¹,环境场的热力和动力条件有利于“海燕”的发展加强,从而有利于热量、水汽的积聚,利于水汽的辐合和上升运动,促进对流云团的发生发展,引起强降雨持续和暴雨增幅。而台风“山神”影响广西期间,水平风垂直切变大于 12m·s⁻¹,不利于热带气旋的发展,因而“山神”减弱消散比较快,大的垂直风切变也促使雨区比较分散,不利于降雨增强。从南宁(59432)每 3 小时降雨量的变化对比也印证以上观点。

台风“海燕”影响期间,南宁明显降雨从 2013 年 11 月 10 日 17 时开始,台风中心进入广西境内之前,11 月 10 日 17 时至 11 日 07 时受台风外围云系影响,南宁雨强由 3.3mm/3 小时增大到 16.2mm;“海燕”台风中心进入广西境内开始,南宁雨强跃升到 31.8mm,最大达到 49.8mm,随着台风东移雨强中心跟着转移,南宁雨强迅速减小。因而“海燕”影响广西期间,南宁水平风垂直切变小,利于气柱内热量和水汽的集聚以加强暖核,使近地层低压减压及发展,使雨区集中,降雨强度增大。对比台风“山神”对广西的影响,2012 年 10 月 29 日 08 时之前,受其外围云系影响南宁每 3 小时降雨量最大仅为 5.4mm,台风中心进入广西之后,雨强也开始增大,但 3 小时最大降雨量也仅为 26.7mm,与“海燕”相比雨强小得多。因为台风“山神”影响广西期间,南宁水平风垂直切变比较大,基本高于 20m·s⁻¹,不利于对流云团的发生发

展,而以层状云降水为主,雨区分散,降雨强度较弱。

4.4 水汽通量散度

台风“海燕”影响广西期间,从 2013 年 11 月 10 日 08 时开始,广西上空的对流层中低层为水汽辐合区,并且随着台风的移近,广西的水汽辐合程度逐渐增大,在 11 日达到最强的-100g·s⁻¹·hPa⁻¹·cm⁻²,水汽辐合中心一直在低空的 925hPa,辐合中心随着台风中心移动并一直处在台风中心附近,但随着台风中心进入广西境内,水汽辐合高度逐渐降低,11 日 08 时水汽辐合区位于 400hPa 以下的对流层中低层中。台风“山神”影响广西期间,从 2012 年 10 月 27 日 08 时开始,广西上空大部转为水汽辐合区,但在 29 日之前水汽辐合量比较小,29 日 08 时,随着台风中心即将进入广西,925hPa 水汽辐合量骤增到-90g·s⁻¹·hPa⁻¹·cm⁻²,辐合中心在台风中心附近位于广西西南部,水汽辐合中心数值与台风“海燕”相差不大,但水汽辐合高度明显比“海燕”偏低,只达到 850hPa,700hPa 高度以上水汽转为辐散(图略)。

5 结论

台风“山神”和“海燕”都具有影响季节晚、强度强、对广西风雨影响大等特点,移动路径比较相似,但台风“海燕”对广西的风雨影响明显比“山神”大得多,而且后期路径和东折点差别较大。本文通过分析得出:

- (1) 两个台风的移动路径前期主要与副热带高压的演变有关。后期东折原因不同,台风“山神”先后受孟湾槽东移以及西风槽加深东移及高原槽移出致副高减弱东退南落引起,“海燕”则是孟湾槽东移副高减弱东南斜造成。
- (2)“山神”影响广西前,冷空气(下转第 39 页)

- 涝灾害风险评估 [J]. 灾害学, 2012, 27 (1): 38-43.
- [8] 莫建飞, 陆甲, 李艳兰, 等. 基于 GIS 的广西洪涝灾害孕灾环境敏感性评估 [J]. 灾害学, 2010, 25 (4): 33-37.
- [9] Favre A C, Adlouni S E, Perrault L, et al. Multivariate hydrological frequency analysis using copulas [J]. Water Resource Research, 2004, 40 (1): 1-12.
- [10] 方彬, 郭生练, 肖义, 等. 年最大洪水两变量联合分布研究 [J]. 水科学进展, 2008, 19 (4): 505-511.
- [11] 候芸芸, 宋松柏. 基于 Copula 函数的洪峰洪量联合分布研究 [J]. 人民黄河, 2010, 32 (11): 39-41.
- [12] 候芸芸, 宋松柏, 赵丽娜, 等. 基于 Copula 函数的 3 变量洪水频率研究 [J]. 西北农林科技大学学报, 2010, 38 (2): 220-228.
- [13] 杨志勇, 袁喆, 方宏阳, 等. 基于 Copula 函数的滦河流域旱涝组合事件概率特征分析 [J]. 水利学报, 2013, 44 (5): 556-569.
- [14] 陆桂华, 闫桂霞, 吴志勇, 等. 基于 Copula 函数的区域干旱分析方法 [J]. 水科学进展, 2010, 21 (2): 188-193.
- [15] 王沁, 黄雁勇, 汤家法, 等. 基于 Copula 模型的降雨量与土壤饱和度的模拟研究 [J]. 灾害学, 2010, 25 (3): 20-23.
- [16] 李剑锋, 张强, 陈晓宏, 等. 新疆极端降水概率分布特征的时空演变规律 [J]. 灾害学, 2011, 26 (2): 11-17.
- [17] 李剑锋, 张强, 陈晓宏. Archimedean Copulas 在降水变异概率分布特征研究中的应用 [J]. 灾害学, 2011, 26 (3): 1-7.
- [18] 张娜, 熟生练, 肖义, 等. 基于联合分布的设计暴雨方法 [J]. 水力发电, 2008, 34 (1): 19-21.
- [19] 陈子桑, 刘曾美. 不同历时设计暴雨组合的风险率分析 [J]. 水文, 2011, 31 (4): 12-17.
- [20] Zhang L, Singh V P. Bivariate rainfall frequency distributions using Archimedean copulas [J]. Journal of Hydrology, 2007, 332: 93-109.
- [21] Zhang L, Singh VP. Gumbel-Hougaard copula for trivariate rainfall frequency analysis [J]. Journal of Hydrologic Engineering, 2007, 12 (4): 409-419.
- [22] Nelsen R B. An Introduction to Copulas [M]. New York: Springer, 2006.
- [23] Sklar A. Fonctions de répartition à n dimensions et leurs marges [J]. Pub. Inst. Statist. Univ. Paris. 1959, 8: 229-231.
- [24] 杜江, 陈希镇, 于波. Archimedean Copula 函数的参数估计 [J]. 科学技术与工程, 2009, 9 (3): 637-640.

.....

(上接第 13 页)

已南下影响广西,“山神”主体影响广西时冷空气已减弱变性,广西降水是单一的暖云降水,“山神”停编后冷空气补充南下,与其残余环流相互影响造成桂东暴雨天气;“海燕”影响广西时刚好冷空气南下,两者相互作用,对降雨明显起到增幅作用,造成全广西暴雨天气。

(3) 台风进入广西时的散度场、涡度场显示,“海燕”抽吸作用比“山神”强劲得多;水汽辐合程度两个台风相当,但辐合高度“海燕”比“山神”高。

(4) 水平风垂直切变“海燕”大部小于 $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 利于气柱内热量和水汽的集聚以加强暖核,使雨区集中,降雨强度增大;“山神”垂直切变远大于 $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 雨区比较分散,不利于降雨增强。

参考文献:

- [1] 高安宁, 张瑞波. 2011 年秋季强台风“纳沙”导致广西灾害成因分析 [J]. 灾害学, 2013, 28 (1): 54-58.
- [2] 何立富, 许爱华, 陈涛. “泰利”台风低压大暴雨过程冷空气与地形的作用 [J]. 气象科技, 2009, 37 (4): 385-391.
- [3] 卢山, 邓文剑. 源自东风波台风“灿都”发展过程的结构特征分析 [J]. 热带气象学报, 2013, 29 (1): 93-98.
- [4] 翁小芳, 冯文, 李凡. 0801 号台风“浣熊”的路径和强度特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (4): 4-6.
- [5] 甘静, 邢维东, 郭兴业, 等. 0814 号强台风“黑格比”路径及降水分析 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (4): 25-28.
- [6] 陈丽英, 赵蕾, 李春奎, 等. 台风“麦莎”移动路径及其内部热力结构的诊断分析 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32 (3): 8-11.
- [7] 何小娟, 甘静, 潘静, 等. 201002 号台风“康森”移动路径特点的分析 [J]. 气象研究与应用, 2010, 31 (4): 12-15, 22.
- [8] 李永平, 詹宗明. 用涡度场捕捉台风“鲇鱼”的动态 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (2): 9-10.
- [9] 赵付竹, 郑艳, 李勋. 强台风“纳沙”的路径和降水诊断分析 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (1): 17-20.
- [10] 蒋静, 黄滢, 凌宗良, 等. 1223 号台风“山神”转向成因分析 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (4): 9-13, 30.
- [11] ZEHR R M. Tropical Cyclogenesis in the Western North Pacific [r]. Washington: NOAA Technical Report NESDIS 61, 1992: 181.