

文章编号: 1673-8411(2019)03-0031-04

北部湾热带低压致南宁机场一次强降雨过程分析

李娟

(民航广西空管分局, 南宁 530048)

摘要: 利用南宁机场气象自动观测系统数据、风廓线雷达相关产品以及 NCEP $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 再分析资料等, 对 2018 年 7 月 24 日南宁机场强降雨过程的背景场、形成条件进行分析。结果表明: (1) 此北部湾热带低压是在第 9 号热带气旋“山神”的能量频散中生成的, 在西南季风作用下将洋面大量水汽输送进低压环流内, 其产生降雨集中在低压中心西部及西南部地区; (2) 本场附近强水汽辐合中心与强降雨中心的强度及移方密切相关; (3) 低层较强的气旋性辐合、正螺旋度, 高层的辐散、负螺旋度结构提供动力条件, 能较好预报强降雨落区; (4) 风廓线雷达水平风准确判断出热带低压所处位置及其经过本场前后风的变化情况, 且垂直风速能很好反映本场强降雨情况。

关键词: 北部湾热带低压; 水汽通量散度; 螺旋度; 风廓线雷达

中图分类号: P467

文献标识码: A

Analysis of a Heavy Rainfall Process of Nanning Airport Caused by Tropical Depression in Beibu Gulf

Li Juan

(Civil Aviation Guangxi Air Management Bureau, Nanning Guangxi 430302)

Abstract: Based on the data of Nanning Airport Meteorological Automatic Observation System, wind profiler radar products and NCEP $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ reanalysis data, the background field and formation conditions of a heavy precipitation process triggered by the tropical depression in the Beibu Gulf are analyzed. The conclusions are as follows: (1) The tropical depression in Beibu Gulf is generated by the energy dispersion of tropical cyclone No. 9, Shanshen. Under the action of southwest monsoon, a large amount of water vapor is transported into the low-pressure circulation, and the rainfall is concentrated in the west and southwest of the low-pressure center. (2) The strong vapor convergence center near the field is closely related to the intensity and migration of the heavy rainfall center. (3) Strong cyclonic convergence and positive helicity in the lower layer, divergence in the upper layer and negative helicity structure provide dynamic conditions for better prediction of heavy rainfall areas. (4) The horizontal wind of the wind profiler radar can accurately determine the location of the tropical depression and the changes of the wind before and after passing through the field, and the vertical wind speed can well reflect the strong rainfall in the field.

Keywords: Beibu Gulf Tropical Low; water vapor flux divergence; helix; wind profiler radar

1 引言

热带气旋是一种破坏性极强的天气系统, 它带来的强降水、大风、颠簸、冰雹等复杂天气威胁着航班安全飞行, 常造成航班返航、备降以及

航班大面积延误。历史上, 对热带气旋登陆引发的强降水过程已有不少研究, 包括台风主体降水、台风倒槽降水、台风螺旋云带降水或中低纬系统相互作用引发降水等^[1-8]。但对造成强降水天气热带低压结构特征的分析还是比较少的, 特别是

收稿日期: 2018-12-05

基金项目: 民航中南空管局科技项目 (ZNLX201808)

作者简介: 李娟 (1982-), 女, 湖南长沙人, 硕士, 工程师, 主要从事航空气象预报研究。E-mail: chacirine@163.com

在风廓线雷达产品的应用上。本文将利用南宁机场气象自动观测系统数据、风廓线雷达的相关产品以及NCEP $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 每6h一次的客观再分析资料等,对此次北部湾热带低压环流引发南宁机场一次强降水过程的背景场、形成条件进行分析,为今后此类强降雨预报提供参考或借鉴。

此次北部湾热带低压是2018年第9号热带风暴“山神”减弱消失后其残留云系重新移入北部



图1 北部湾热带低压(NAMELESS)和热带气旋“山神”的路径

2 广西区域及南宁机场降水概况与环流背景

2.1 降水概况

受此北部湾热带低压影响,从7月23日20时-24日20时的24h降雨量图(图2)知,降雨主要出现在低压中心西部、西南部地区,大暴雨区主要在桂南,其中降雨量最高达到175.1毫米为防城站点,南宁站点有133.9mm。南宁机场也遭受长时间强降雨影响,从7月23日14:00-24日21:00,持续近28小时,降水量共约110.1mm,达到大暴雨量级。南宁机场降雨过程:第一阶段,受北部湾热带低压外围螺旋云系影响,23日14:15-14:40、17:10-17:25两段弱阵雨共2.1mm降水量;第二阶段,随着低压中心逐渐靠近南宁,降雨逐渐增强,23日23:51-24日16:20出现间歇性中到强阵雨,降雨量达107.2mm;第三阶段,受逐渐移出的低压环流残留云系影响,24日19:31-21:05为弱阵雨,降水量0.6mm。本场逐时降雨量见图2,主要在24日7时-15时,其中12时达26.7mm。此次过程造成本场航班大面积延误,24日广西空管分局启动MDRS黄色预警,延误1h以内航班45架次占总航班量39%,延误1-2h航班49架次占42%,延误2-3h、3h以上航班各占10%,9%,其中最长延误时间6h58分钟。空中、地面等待分别为12、8架次,航班取消2架次,正常放行率47.8%。

湾而生成,22日19:20、23日10:20前后分别在海南省西部沿海、湛江市徐闻县附近登陆,24日8时转向西北移并从玉林博白进入广西,后继续西北移直击南宁,20时中央气象台对热带低压停止编报,25日10时前后移出广西境内(图1)。该低压具有强度小、变化不大,而造成降雨持续时间长、强度大、影响范围广的特点。

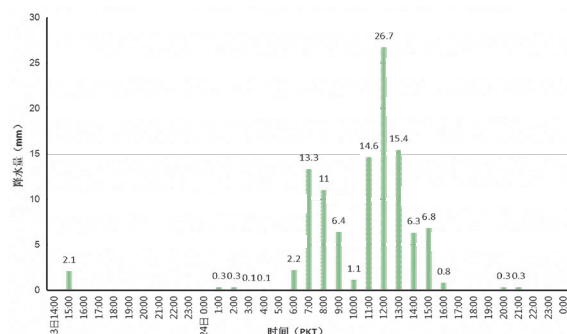


图2 2018年7月23日14时-24日24时南宁机场自动观测系统逐时降雨量

2.2 环流背景

该低压生成前,中高纬高空槽逐渐东移,西北太平洋副热带高压深厚,位于洋面上,呈南北块状,脊线位于 33°N 附近,西南季风强盛发展,大面积热带辐合带位于 20° 以南,两广附近洋面温度均在 28°C 及以上,其中北部湾洋面温度达到 30°C 。同时, No. 10热带气旋“安比”、台湾岛东南部热带低压、No. 9热带气旋“山神”成为典型的“三足鼎立”形势。受“山神”及有利环境场共同作用,北部湾热带低压环流在“山神”频散能量的波列中生成并逐渐发展起来^[9]。

3 北部湾热带低压引发强降雨形成的环境条件分析

3.1 水汽条件

分析水汽通量可知,在强盛西南季风输送下大量水汽卷入北部湾热带低压内,有利于其进入广西境内又重新活跃,且在边界层及对流层低层内明显聚集,使得南宁地区出现显著水汽输送和辐合。

从24日各时次沿 108°E 水汽通量散度纬向剖面图(图略)可知,南宁机场出现降雨期间,其上空950-850hPa为较强水汽辐合,辐合中心位于925hPa,强度从02时的 $-2.5 \times 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 逐渐增大,08时大于 $-9.5 \times 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,且水汽辐合区变集中,14时其强度稍有减弱且向北扩展明显,20时水汽通量辐合区向北移出南宁

机场, 并随高度向北倾斜。可见, 水汽辐合中心与强降雨中心的强度及移动方向密切相关, 能较好地提前预报出降雨移动方向。

3.2 动力条件

从各时次沿 108°E 的相对涡度纬向剖面图可见, 随着涡柱逐渐靠近南宁机场, 其随高度南倾, 表明气旋性涡度轴线向南倾斜。正涡度中心由多中心变为单一中心并不断下沉, 24 日 02 时正涡度区抬升至 200hPa, 气旋性涡柱中心基本垂直, 系统结构较为深厚, 正涡度中心主要在 20°N – 22°N 之间, 有四个中心位于不同高度; 08 时正涡度中心逐渐移至 22°N , 中心变为 2 个且下沉, 强度增强; 14 时 (图 3) 22°N 上空的正涡度中心合并为 1 个位于 750hPa, 强度为 $15.7 \times 10^{-5}\text{s}^{-1}$, 20°N 上空 400hPa 出现了弱的正涡度中心, 气旋性涡柱开始随高度向南倾斜; 20 时涡柱随着高度明显南倾并不断北移, 正涡度中心又分裂为多个, 位于不同高度。可见, 南宁机场约 22°N 附近 24 日 02 时开始从地面至 200hPa 以下均为正涡度区, 最大正涡度中心迅速下沉且增大合一, 直至 20 时 950hPa 以下逐渐转为负涡度区, 正涡度中心抬升至 500hPa, 说明了南宁机场发生间歇性中到大阵雨过程时, 从低层开始就有强烈辐合一直延伸至高层 200hPa, 其上为辐散区, “抽吸”作用显著, 中低层 850–650hPa 辐合抬升最强烈, 随着最强辐合值的减弱并抬升至 500hPa 后, 近地面层转为弱辐散区, 降雨减弱至消散。

分析可知, 强辐合区主要集中在低层到近地面层, 中层为弱辐散或弱辐合区, 高层存在明显的辐散区。中低层暖湿空气以气旋式环流向强降

雨中心辐合后上升, 至高空后向周围辐散, 有利于对流云强烈发展和强降雨产生^[10]。

3.3 螺旋度垂直分布与强降雨落区关系

垂直螺旋度能反映出大气在垂直方向上旋转特点和上升运动特征。从 24 日 02 时、08 时、14 时和 20 时的沿 108°E 垂直速度与螺旋度叠加纬向剖面图上 (图略) 可见, 24 日 02 时 20°N – 22°N 上空为螺旋度正值区, 200hPa 以下其值均大于等于 $100\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$, 其中 20°N – 21°N 大值区在 900–800hPa、600–500hPa 两层约为 $400\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$, 21°N – 22°N 的在 900–700hPa 最大值约为 $600\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$ 位于 800–750hPa。这些地方 400hPa 以下垂直速度负大值区与正螺旋度有很好相关性, 最大值为 $0.8\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$, 而 400hPa 上空的上升运动大值区比正螺旋度大值区偏高且偏南。24 日 08 时, 正螺旋度柱向北移, 大值区未变, 强度增强, 最大值增大, 而上升运动在 500hPa 以下与正螺旋度比稍偏南, 而上空也是上升运动偏高偏南。24 日 14 时 (图 4) 是南宁机场降雨最强时刻, 正螺旋度与垂直速度负值大值区完全重合, 且正螺旋度大值区在 22°N 上空, 所处高度不变, 最大值达 $1100\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$ 位于 850–750hPa, 而上升运动最大值下沉至 850hPa 高度, 速度增大。可见, 强降雨区与螺旋度有一定的对应关系是由于螺旋度这一物理量特定的性质决定的, 其原因是当低层螺旋度正值区与上升运动区相一致时, 该区域有暖湿空气沿垂直轴的气旋式旋转上升, 有利于产生更强烈的上升运动, 为降雨发生提供有利的动力条件。因此, 螺旋度对强降雨的发生有一定的预报能力^[11]。

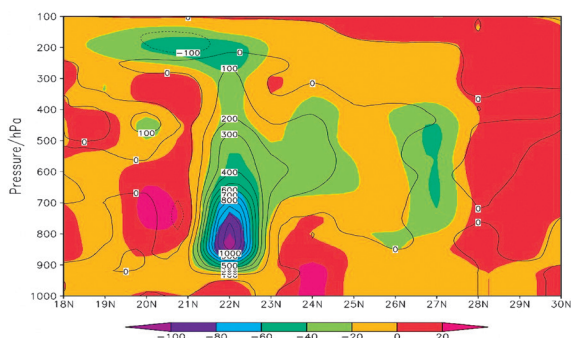


图 4 7 月 24 日 14 时 (PKT) 沿 108°E 的垂直速度 (阴影, 单位: $10^{-2}\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$) 与螺旋度 (等值线, 单位: $\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$) 叠加纬向剖面图

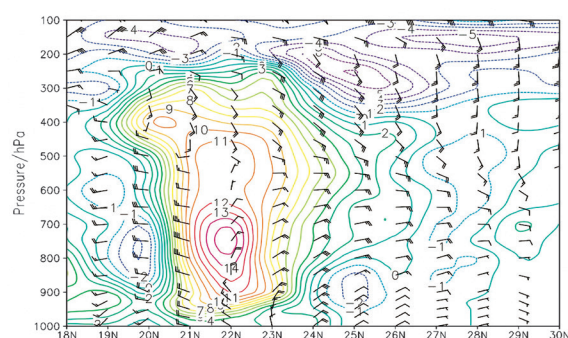


图 3 7 月 24 日 14 时 (PKT) 沿 108°E 水平风场 (单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) 与相对涡度 (单位: $\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$) 叠加剖面图

4 风廓线雷达产品特征分析

4.1 风廓线雷达水平风特征

垂直方向上水平风图显示, 在 23 日 22 点之前空中风向均为一致的东北风, 随着热带低压环流的靠近, 对流云团开始影响本场, 23 时近地面

风向开始转为偏北风, 风速逐渐加大, 4 日 02 时近地面风开始转为西北风, 10 时起风速增强, 19 时起风速开始减弱并逐渐转为西南风; 而空中风的变化从 06 时起 (图 5) 500–4000m 风向开始转为的变化从 06 时起 (图 5) 500–4000m 风向开始转为偏北风, 风速增强, 14 时以后逐渐转向西北风

且风速开始减弱,21时转为西南风;4000m以上风在14时开始减弱且由东北风先转为偏东风再转为东南风,18时转为西南风。由此可见,低压中心在24日中午在南宁机场附近,并于19时后移出本场,且低压环流先随高度向南向西倾斜,之后近地面层和高层中心移动快于中低层,中低层低压中心的缓慢移动造成了南宁机场强降雨长时间持续。

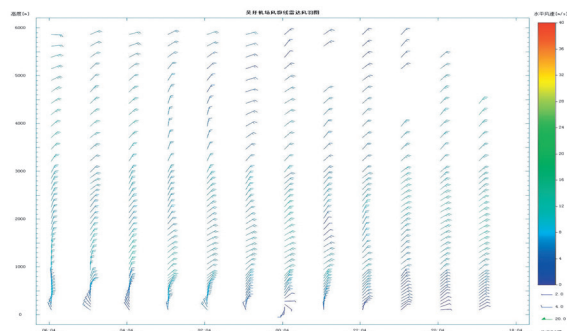


图5 7月23日18:04-24日06:04时风廓线雷达垂直方向水平风图

4.2 风廓线雷达垂直风速特征

从7月23日18:04-24日18:04垂直方向垂直风速图6可见,23日15时左右垂直风速正值区从地面一直抬升至高空,两个正值中心分别位于800m、2800m左右,约为 $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 及以上,垂直风速的正大值区在3000m以下,此时正对应于南宁机场23日14:15至14:40出现的弱阵雨。24日00时至03时、06时至16时出现了两段正值大值区,第一段 $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的大值区范围窄持续时间短,在24日01时虽抬升高度约至5000m左右,但其在垂直方向上不连续,而03时中心值也仅在1300m左右,此时间段以弱阵雨为主。24日06时至16时, $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的大值区从地面一直抬升至5500m的高度,且连续分布,宽度广持续时间长,以间歇性的中至大阵雨为主,除了在10时左右有一较弱的正值区,此时短降雨较弱为弱阵雨。可见垂直方向上的垂直风速图也很好的反映出本场的降水情况。

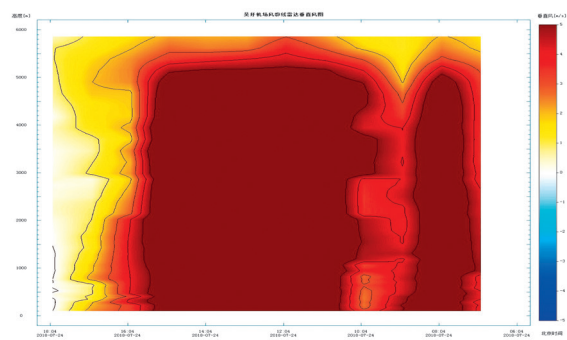


图6 7月24日06:04-18:04时风廓线雷达垂直方向垂直风速图

5 结论

(1) 此次北部湾热带低压形成与热带气旋“山神”的能量频散密切相关,且洋面温度高达 30°C ,强盛西南季风将洋面上水汽输入低压内,降雨集中在低压中心西部、西南部;

(2) 本场强降雨期间,水汽辐合区集中在空中950-850hPa,上层为辐散区,辐合中心在925hPa,且与强降雨中心强度及移动方向密切相关,能较好地提前预报降雨移向;

(3) 从相对涡度、螺旋度及风廓线雷达水平风等能表现出低压环流呈不对称偏心结构并向南向西倾斜,且与强降雨区相对应。低层较强的气旋性辐合、正螺旋度,高层辐散、负螺旋度为暖湿空气气旋式旋转上升提供有力的动力条件,能较好地预报强降雨落区。

(4) 风廓线雷达水平风准确判断出热带低压所处位置及其经过本场前后风的变化情况,且垂直风速能很好反映本场强降雨情况。

参考文献:

- [1] 覃卫坚,李耀先,廖雪萍.广西热带气旋的暴雨统计分析数值模拟[J].气象研究与应用,2013,34(1):1-6+109.
- [2] 何小娟,丁治英.广西北部湾地区台风暴雨的统计特征[J].气象研究与应用,2007,28(2):31-35+53.
- [3] 黄萍.一次热带低压引发的三亚市大暴雨的成因分析[J].气象研究与应用,2010,31(S2):99-101.
- [4] 齐琳琳,赵思雄.一次热带低压引发上海特大暴雨过程的中尺度系统分析[J].大气科学,2004,(2):25-268+325.
- [5] 孙建华,赵思雄.登陆台风引发的暴雨过程之诊断研究[J].大气科学,2000,(2):223-237.
- [6] 黄归兰,王庆国,陆曼曼,等.南宁市台风暴雨特征分析[J].气象研究与应用,2009,30(3):33-36.
- [7] 黄治逢,李菁.热带气旋影响广西造成大范围暴雨的天气类型及预报[J].气象研究与应用,2007,28(4):8-10.
- [8] 刘晓梅,陈见,高安宁,等.2013年7月广西一次罕见季风槽暴雨分析[J].气象研究与应用,2015,36(2):54-58+128.
- [9] 李娟,罗哲贤.0604号强热带风暴“碧利斯”生成机制的初步研究[J].中国科技信息,2009,(10):21-25.
- [10] 刘汉华,彭霞云,张子涵,等.浙江北部一次热带低压引发的大暴雨过程分析[J].暴雨灾害,2014,33(2):139-148.
- [11] 覃昌柳,黎惠金,张丁丁.1311号台风“尤特”水汽和螺旋度分析[J].应用海洋学学报,2016,35(4):459-468.