

文章编号:1673-8411 (2016) 04-0034-07

# 2014年6月11日钦州地区暴雨过程成因分析

庞彩霞<sup>1</sup>, 谢非<sup>2</sup>, 马霞<sup>3</sup>

(1.靖西市气象局, 广西 百色 533899; 2.那坡县气象局, 广西 百色 533900; 3.涇源县气象局, 宁夏 固原 756400)

**摘要:**利用 MICAPS 资料和 NCEP 的  $1^\circ \times 1^\circ$  FNL 分析资料, 对 2014 年 6 月 11 日钦州市出现的特大暴雨过程的天气系统、物理量场进行诊断分析。结果表明:此次特大暴雨过程主要受低涡、低层切变线和高空槽的共同影响, 具有局地性强, 强降雨持续时间长的特点, 低层水汽通量的辐合提供了较为充足的水汽条件, 特大暴雨的出现与垂直速度、涡度散度、假相当位温  $\theta_{se}$  以及 K 指数这些物理量都有很好的对应, 钦州上空聚集着大量不稳定性能量, 剧烈的垂直上升运动和南压的切变线有利于暴雨天气的触发。

**关键字:**特大暴雨; 切变线; 低涡

**中图分类号:** P458.1\*21.1

**文献标识码:** A

## Cause Analysis of the rainstorm on June 11th, 2014 in Qinzhou

Pang Caixia<sup>1</sup>, Xei Fei<sup>2</sup>, Ma Xia<sup>3</sup>

(1.Jingxi Municipal Meteorology Service Baise Guangxi 533899 2.Napo Prefectural Meteorology Service Baise Guangxi 533900 3.Jingyuan Prefectural Meteorology Service Guyuan Ningxia 756400)

**Abstract:** Based on the MICAPS data and NCEP  $1^\circ \times 1^\circ$  FNL analysis data, the weather system and physical quantity field of rainstorm process on June 11, 2014 in Qinzhou were diagnosed and analyzed. The results show that the super rainstorm process is mainly affected by the combined effect of vortex and shear line in lower level and upper level trough with a strong local, long duration time, the low-level moisture flux convergence provides more favorable moisture conditions, torrential rain and vertical velocity, vortices, divergence,  $\theta_{se}$  and K index these physical quantities have good correspondence, a large instability energy, severe vertical ascending motion and southward shear line are conducive to the triggering of rainstorm weather.

**Key words:** rainstorm; shear line; vortex

## 0 引言

华南地处亚欧大陆南端, 位于全球气候变化趋势南北位相相反的交界带, 以及对气候变化敏感的南海季风区, 其下垫面类型丰富多样, 海陆气间能量交换强烈, 降水量的年、月际变化大, 暴雨频发, 衍生的灾害常给人民群众的生命财产安全带来严重的损

害。暴雨是急发性非常规型强天气现象, 相比于日常的天气现象来说是一种小概率事件, 因此, 一般的概率统计方法对暴雨的预报效果并不是很好, 特别是短期预报, 在不同因素的影响下可以形成不同的暴雨类型。近年来, 随着气候不稳定性变化的加剧以及社会经济的快速发展, 华南暴雨所带来的灾害也日趋严重。

收稿日期: 2016-05-13

基金项目: 广西靖西市气象局 邮编: 533899 电话: 0776-6212453 (15577676108) EMAIL: 1043790927@qq.com

作者简介: 庞彩霞 (1993-) 女, 广西钦州市人, 现从事气象预报服务工作。

华南暴雨所带来的灾害日益严重, 加强华南暴雨的研究已迫在眉睫。本文根据前人在华南暴雨研究工作进展的基础上, 采用 MICAPS 资料和 NCEP 的  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  FNL 分析资料, 对 2014 年 6 月 11 日钦州地区特大暴雨过程的天气系统演变、物理量场和卫星云图进行分析讨论, 有利于日后做好该类型暴雨天气过程的预报和服务工作。

## 1 资料及分析方法

本文所用资料为 MICAPS 观测资料和 NCEP 的  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  FNL 分析资料。FNL 资料的时间采用世界时, 分别是 00 时、06 时、12 时和 18 时。包括 26 个标准等压层、对流层顶和地表边界层的要素信息。

本文主要运用天气学诊断分析方法对此次暴雨成因进行诊断分析。

## 2 天气过程概述

受低压环流、低层切变线和高空槽的共同影响, 2014 年 6 月 9 日开始, 广西出现“插花式”暴雨天气, 零星分布于不同区域, 南宁、北海、钦州、防城、河池等地陆续开始出现暴雨天气, 其中, 钦州降水达最强。6 月 11 日, 钦州市遭遇强降雨, 最大雨量为 380.5mm, 为特大暴雨, 这次暴雨是钦州气象记录历史上, 6 月降雨最多的一次。这次强降水局地性强, 强度大, 时间长。钦州市区、灵山县和浦北县的大部分地区都出现暴雨, 部分地区为大暴雨, 局部甚至达特大暴雨量级。此次特大暴雨过程, 钦州有 26 个站出现暴雨, 20 个站为大暴雨, 2 个站达特大暴雨, 钦州市区降雨量最大, 达 380.5mm。特大暴雨使得钦州江的水位上涨, 城内内涝严重, 有些路段交通不能通行。据统计数据显示, 此次暴雨令 10 万左右群众受灾, 2407 人被紧急转移, 5 户 14 间农户在暴雨中倾塌, 直接经济损失达 4500 多万。

如图 1 为 2014 年 6 月 10 日 20 时到 11 日 20 时钦州逐小时降水量变化图, 从图中可以看出, 11 日 01 时以及 11 日 04 时到 11 日 10 时逐小时降水较多, 1h 降水量都大于 22mm, 11 日 10 时甚至达到了 60.7mm, 11 日 10 时后逐时降水量逐渐变小。

## 3 暴雨过程的环流形势特点及影响系统

暴雨过程属于中小尺度天气过程。研究表明, 影响广西暴雨的主要天气系统为: 切变线、高空槽、急流、锋面、西南低涡、热带气旋等。而大尺度环流则决

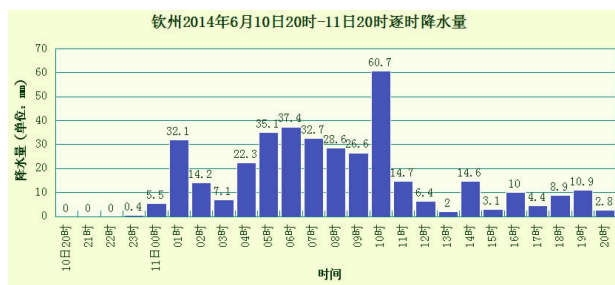


图 1 钦州 2014 年 6 月 10 日 20 时–11 日 20 时逐时降水量变化图 (单位: mm)

定了天气系统的配置, 在一定程度上预示了暴雨的强度、范围、性质以及持续的时间, 暴雨过程必然伴随着有利的大尺度环流形势。

### 3.1 200hPa 环流特征

200hPa 风场图上 (图略), 2014 年 6 月 10 日 20 时到 11 日 20 时, 主体位于青高南侧的南亚高压一直缓慢向东移动。广西大部分地区处于南亚高压东侧的西北气流中, 气流呈扇形散开, 即在整个暴雨过程中, 钦州高层一直稳定维持强的辐散状态, 该辐散形式起着很好的抽气作用, 有助于产生垂直上升运动, 为暴雨过程的发生提供良好的水汽垂直输送通道。

### 3.2 500hPa 环流形势分析

华南前汛期 500hPa 流场形势通常可分为三种类型: 两脊一槽型; 两槽一脊型; 多波型。

从 11 日 02 时到 11 日 20 时的 500hPa 高空形势图 (图 2a~d) 看出, 亚洲的中高纬主要受两槽一脊环流系统影响。分别为位于乌拉尔山以东的西西伯利亚的槽, 贝加尔湖南侧的脊, 东亚沿岸的低槽。青高的南侧有槽脊发展并向东移动。11 日 02 时到 11 日 20 时, 钦州 (图中三角形位置) 处于槽区, 11 日 08 时开始, 槽加深发展, 对钦州此次暴雨天气过程的影响进一步加大。

### 3.3 低层环流形式分析

从 700hPa 风场图上可以看出, 11 日 02 时 (图 3), 北部湾海域有一切变线, 11 日 08 时 (图略), 在北部湾海域东北部形成一个低涡中心, 钦州处于低涡的顶前位置。自北向南到了 11 日 20 时 (图略), 该低涡中心基本东移消退。

850hPa 上, 11 日 02 时 (图 4), 在北部湾形成一个弱的低涡环流, 11 日 08 时 (图略), 低涡环流加强北移, 影响广西北部湾沿海地区, 此后该低涡减弱东移, 11 日 20 时 (图略), 低涡环流基本消退。如图中

箭头所示,来自北方的冷空气与来自南海的暖湿空气在广西南部沿海地区相遇,冷暖空气相遇通常会带来强的降水天气。

925hPa上,11日02时(图5),类似于850hPa和700hPa,在北部湾北部,广西沿海也生成一个低涡中心,该低涡中心加强向东北方向移动,11日08时(图6),钦州位于低涡的顶部。低涡中心在11日20时(图略)左右也消亡了。类似于850hPa,冷暖空气也在广西南部沿海地区交汇。

综上所述,11日02时到11日20时,低层主要受低涡环流和切变线的影响,气旋性环流有利于低层气体的辐合,切变线的存在为动力抬升提供了有利的条件,从而触发暴雨的发生。

### 3.4 地面形势分析

在11日02时(图略)广西北部湾沿海受低压系统的控制,低压系统缓慢向东南移动,11日20时(图略),低压移至广西南侧。综上,从11日02时到11日20时,钦州地面主要影响系统为低压。

## 4 物理量场的诊断分析

### 4.1 水汽条件分析

暴雨的发生,必须具备充分的水汽条件,水汽输送作为水循环不可或缺的一个部分,可以影响水汽

收支平衡,好的水汽辐合和上升运动条件可以引起对流积云的发生和发展,进而对降雨起重要影响作用<sup>[17]</sup>。

相对湿度表征了空气的饱和程度,沿108.37°E做相对湿度垂直剖面图。如图6所示,11日02时(图7a),中低层的相对湿度基本达到80%以上,其中,21.7°N到23°N900hPa到800hPa出现相对湿度中心,中心值达95%,23.2°N到25°N600hPa也出现中心强度为95%的相对湿度大值中心,22.5°N到23.5°N350hPa高层有一个相对湿度低值中心,中心强度约为50%,这种上干下湿的不稳定大气结构常会引发强的对流运动。11日08时(图7b),相对湿度大值区域向高层扩张,相对湿度大于90%的范围能达到400hPa,说明广西湿层深厚,水汽条件很好,非常有利于强暴雨天气的发生。11日14时(图7c),相对湿度大于90%的区域向南扩张,说明水汽饱和程度较好的区域进一步扩大。11日20时(图7d),原来深厚的湿层变薄,相对湿度大于90%的区域在南北方向上的范围也缩小了,与此对应,广西强降水的强度和范围也随之变小了。

另外,分析钦州(21.57°N,108.37°E)的相对湿度垂直时间剖面图(图略)可知,从10日20时到12日02时,近地面到700hPa相对湿度基本都大于等

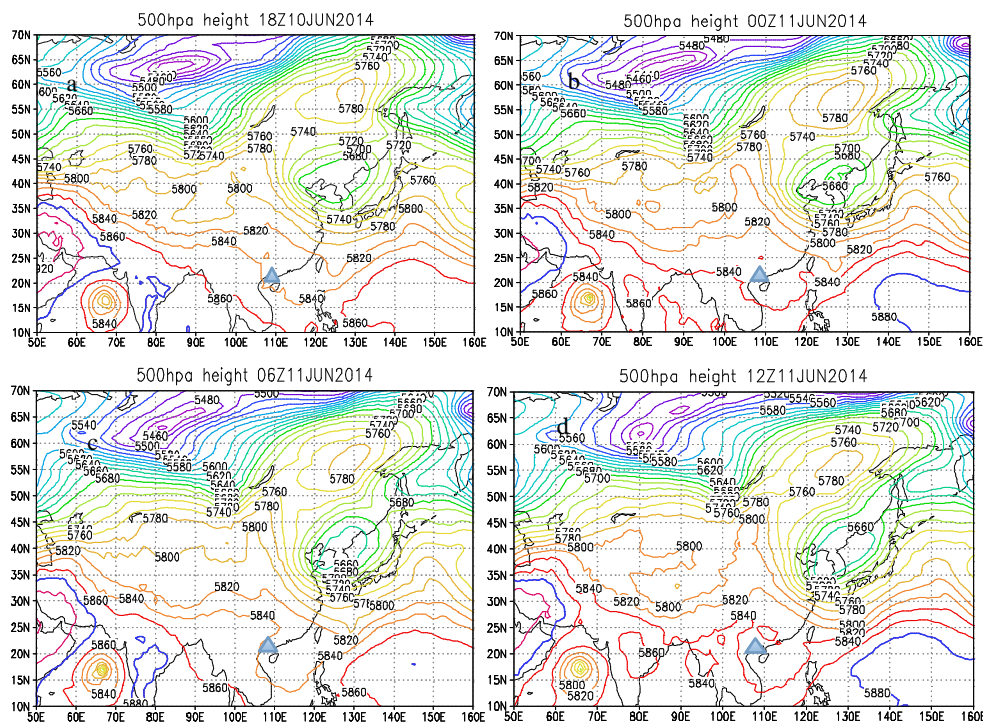
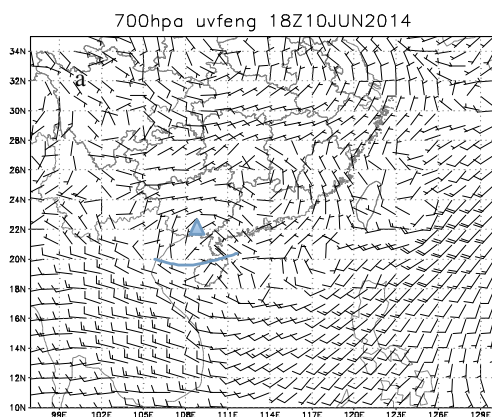


图2 500hPa高度场图(单位:gpm)

(a)11日02时;(b)11日08时;(c)11日14时;(d)11日20时



图 3 700hPa 风场 ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

11 日 02 时

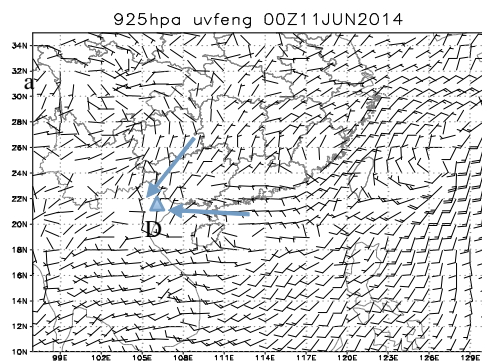
于 90%。11 日 02 时到 11 日 08 时, 350hPa 附近相对湿度低值中心为 60%, 800hPa 以下低层相对湿度中心为 95%, 这种上干下湿的不稳定层结结构非常有利于强对流的发生。

在从水汽通量的垂直时间剖面图(图略)可以看出, 10 日 20 时到 12 日 02 时近地面到 750hPa 为水汽通量大值区, 11 日 08 时到 12 时 850hPa 有一个水汽通量大值中心, 大值中心强度为  $12\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}\cdot\text{cm}^{-1}$ , 说明低层水汽输送条件良好, 该时段与钦州强暴雨发生的时段吻合。

水汽通量散度和暴雨天气的发生有着紧密的联系, 研究指出, 低层水汽通量辐合为暴雨发生的重要条件之一。在钦州市 6 月 10 日 20 时—12 日 02 时水汽通量散度垂直时间剖面图(图略), 10 日 20 时—12 日 02 时, 近地面到 850hPa 都为水汽通量散度负值区域, 说明低层水汽辐合条件良好, 为暴雨的发生提供充足的水汽辐合条件。11 日 00 时到 11 日

10 时 950hPa 附近出现水汽通量散度负值中心, 中心强度达  $-11\text{kg}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$ , 表明从 11 日 00 时起有大量的水汽在钦州低层辐合上升, 正好与钦州强降水集中时间段吻合。

综合以上水汽条件的分析发现, 此次过程拥有良好的水汽条件, 从 10 日 20 时到 12 日 02 时, 近地面到 700hPa 相对湿度基本都大于等于 90%, 水汽饱和程度非常好。10 日 20 时到 12 日 02 时 750hPa 以下低层为水汽通量相对较大, 11 日 08 时到 11 日 12 时低层出现了水汽通量大值中心。10 日 20 时到 12 日 02 时, 近地面到 850hPa 都为水汽通量散度负值区域, 表明低层水汽辐合条件良好, 为暴雨的发生提供充足的水汽辐合条件。

图 5 925hPa 风场 ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

11 日 02 时

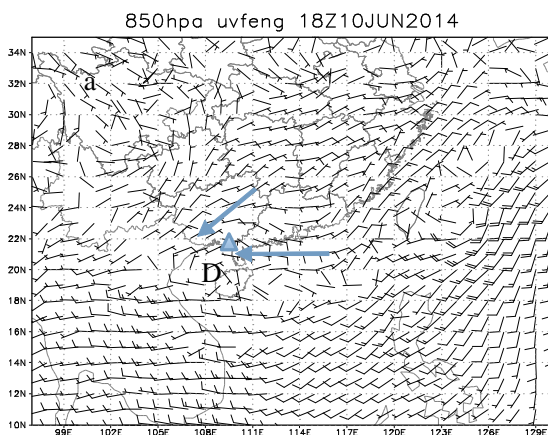
## 4.2 动力条件

### 4.2.1 垂直速度

分析钦州市垂直速度随时间的垂直变化图(图 8)发现。11 日 06 时到 11 日 18 时, 钦州上空为负的垂直速度, 其中, 11 日 10 时到 14 时 850hPa 和 450hPa 分别出现了垂直速度负值中心, 中心强度为  $-35\times 10^{-3}\text{hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ , 表明钦州低层和高层大气为垂直上升运动, 为强降水的发生提供了有利的动力条件。

### 4.2.2 涡度和散度

分析钦州市涡度随时间的垂直变化图(图 9a)可知, 10 日 20 时到 12 日 02 时, 钦州 950hPa 到 450hPa 为正涡度, 11 日 08 时到 11 日 13 时在 850hPa 附近出现正涡度中心, 中心强度达 80。11 日晚上到次日 02 时, 近地面到 900hPa 转为负涡度, 对应钦州地区降水强度降低。10 日 20 时到 11 日 20 时, 钦州上空整体上呈现中低层为正涡度, 高层负涡度, 即对应中低层有气旋式切变, 高层有反气旋式切

图 4 850hPa 风场 ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

11 日 02 时

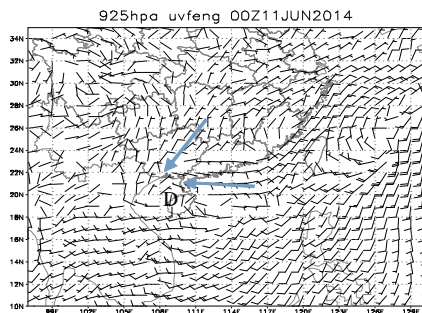


图 6 925hPa 风场 ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )  
11 日 08 时

变。

图 9b 为钦州市 6 月 10 日 20 时—12 日 02 时散度垂直时间剖面图,从图中我们可以分析得出:整个降雨过程 850hPa 以下低层散度都为负值,即低层辐合程度很好,11 日 00 时到 11 日 10 时 950hPa 附近有负值中心,11 日 08 时,500hPa 和 200hPa 都出现散度正值中心,中心强度分别为  $30^\circ\text{C}$  和  $40^\circ\text{C}$ ,该低层辐合,高层辐散的大气层结构非常有利于暴雨的发生发展。

### 4.3 稳定度条件分析

#### 4.3.1 假相当位温 $\theta_{se}$

假相当位温作为重要的温湿特征量,可以用它来表征大气对流的温湿条件和不稳定性条件。通常,假相当位温值大的地方能量高,能量锋区存在于等值线密集的区域。

11 日 08 时,925hPa(图略)、850hPa 广西东南地区假相当位温约为  $80^\circ\text{C}$ ,为高能区,对应暴雨的落区。11 日 14 时,925hPa(图略)广西东南地区的假相当位温值依旧高达  $80^\circ\text{C}$ ,钦州处于高能区。11 日 20 时,850hPa、700hPa(图略)、500hPa 假相当位温等值线稀疏,能量降低,暴雨过程趋于结束。

#### 4.3.2 K 指数分析

K 指数是一个表征大气稳定度的综合指标,K 指数越大表明大气层结越不稳定,研究指出,当 K 指数大于 35 摄氏度的时候有利于强对流和暴雨天气的发生。

在 K 指数场上,11 日 08 时(图略),钦州的 K 指数很大,约 38 到 40 摄氏度,11 日 14 时(图略)钦州的 K 指数为 36 到 39 摄氏度,说明 11 日 08 时到 14 时钦州上空汇聚了大量不稳定能量。到 11 日 20

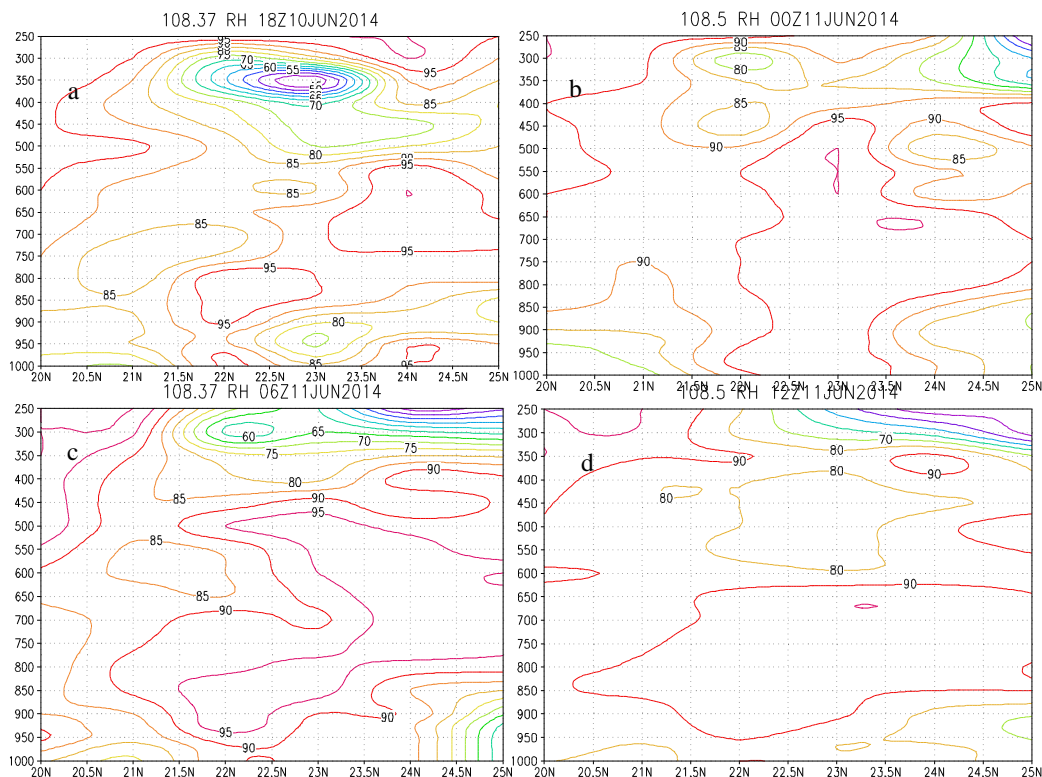


图 7 沿  $108.37^\circ\text{E}$  做相对湿度(单位:%)空间纬度垂直剖面图  
(a)11 日 02 时;(b)11 日 08 时;(c)11 日 14 时;(d)11 日 20 时

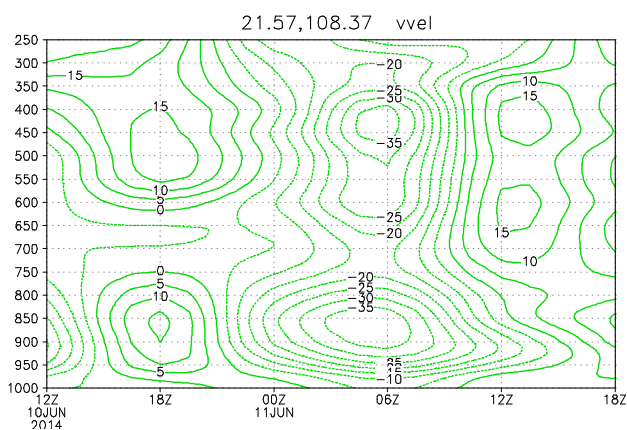


图 8 钦州市垂直速度随时间的垂直变化

时(图略),钦州的 K 指数有所下降,但是也不小,能达到 35 到 37 摄氏度,说明后续仍有少量降水。

通过对相关物理量的分析可以看出,暴雨的出现与垂直速度、涡度、散度、假相当位温  $\theta_{se}$  以及 K 指数这些物理量都有很好的对应。暴雨过程钦州的

假相当位温  $\theta_{se}$  都在 80 以上, K 指数达 35 到 40, 说明不稳定条件好, 钦州上空聚集着大量的不稳定性能量, 剧烈的垂直上升运动触发不稳定性能量的释放, 继而引起此次过程的特大暴雨的发生。

## 5 卫星云图分析

分析这次暴雨发生过程的云图发现,11日1时30分(图略)到12时,中南半岛的强对流云团向东北方向移动,并逐渐占据北部湾海域和桂南沿海上空,给钦州地区带来了大量的暖湿气流,高温高湿的暖湿气流蕴藏着大量不稳定能量,一旦有触发机制,就会带来强降水天气,这个时间段正好对应钦州市暴雨发生的时段。11日13时(图略)后,强对流云团渐渐消散南退,对应钦州市降雨量减少。11日20时(图略)钦州上空的云团基本消退,强降水过程趋于结束。

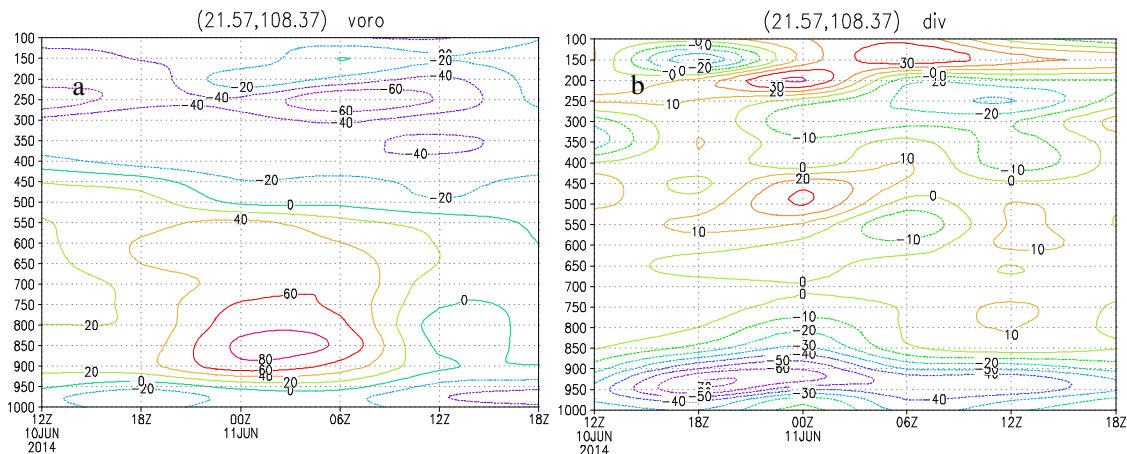


图 9 钦州市涡度(a)、散度(b)随时间的垂直变化

## 6 小结

(1) 此次钦州市特大暴雨过程在稳定的大尺度环流下发生,500hPa 亚洲中高纬地区主要为两槽一脊环流形势。随着东北低涡向东南方向移动,亚洲东岸的低槽加深东移,引导北方冷空气入侵华南地区。切变线的存在,为暴雨的发生提供充足的动力抬升条件。广西北部湾沿海的弱低涡环流也是影响系统之一。

(2)此次过程拥有良好的水汽条件,从10日20时到12日02时,近地面到700hPa相对湿度基本都

大于等于 90%,水汽饱和程度非常好。10 日 20 时到 12 日 02 时 750hPa 以下低层为水汽通量相对较大, 11 日 08 时到 11 日 12 时低层出现了水汽通量大值中心。10 日 20 时到 12 日 02 时, 近地面到 850hPa 都为水汽通量散度负值区域, 表明低层水汽辐合条件良好, 为暴雨的发生提供充足的水汽辐合条件。

(3)暴雨的出现与垂直速度,涡度,散度、假相当位温  $\theta_{se}$  以及 K 指数这些物理量都有很好的对应。暴雨过程钦州的假相当位温  $\theta_{se}$  都在 80 以上, K 指数达 35℃到 40℃,说明不稳定条件好,钦州上空聚集大量不稳定能量,剧烈的垂直上升运动触发不稳



定性能量的释放,继而引起此次强降水过程的发生。

(4) 钦州市上空被强对流云团控制的时段对应暴雨发生的时段,因此,有必要利用卫星云图对中小尺度系统进行监测,从而提高短时临近暴雨预报的准确率。

#### 参考文献:

- [1] 吴春娃,冯文.“浣熊”、“海高斯”对海南岛降水的对比分析[J].气象研究与应用,2009,30(1):26-29
- [2] 林丽珊.有关气候模式研究的三种目标[J].广东气象,2005,(2):34-35.
- [3] 程正泉.数值天气预报模式产品在预报业务中的应用[J].广东气象,2012,34(4):1-5.
- [4] 杨昌贤,郑艳.数值预报产品检验和评估[J].气象研究与应用,2008,29(2):32-37.
- [5] 何如,周绍毅,苏志,等.广西钦州湾台风“启德”风场特征实测研究[J].气象研究与应用,2015,36(4):34-37.
- [6] 刘远方.台风“海鸥”影响南宁机场强降水过程分析[J].气象研究与应用,2016,37(1):56-60.
- [7] 李华实,廖胜石,李露芳,等.1409 超强台风“威马逊”近海急剧加强特征及成因分析[J].气象研究与应用,2016,37(1):47-51.
- [8] 黄翠银,农孟松,陈剑飞.台风“山神”和“海燕”对广西影响对比分析[J].气象研究与应用,2014,35(2):7-13.
- [9] 黄增俊,黄归兰,丘良,等.冷空气侵入超强台风“海燕”造成广西强降雨增幅成因分析[J].气象研究与应用,2015,36(1):31-37.
- [10] 闫敬华.华南区域短期气候预测模式的初步试验[J].广东气象,1998,(1):2-5.
- [11] 闫敬华.华南区域短期气候模式月尺度降水预测性能分析[J].广东气象,1998,(4):11-14.
- [12] 黄雪松,周惠文,等.广西近 50 年来气温、降水气候变化[J].广西气象,2005,26(4):9-11.
- [13] 陈明璐.广西夏季近 50 年极端降水事件的变化特征[J].气象研究与应用,2015,36(S2):10-11.
- [14] 陆丹.1996 年 7 月长江中下游及其以南地区特大洪涝气候成因初探[J].气象研究与应用,1997,18(S1):70.
- [15] 吴恒强,高安宁,梁隽玫.“98·6”广西特大致洪暴雨过程的中尺度系统概述[J].广西气象,2001,22(3):4-8.
- [16] 李晓明,杨玉静,何林宴.华南地区前汛期降水异常特征与大气环流的关系[J].气象研究与应用,2011,32(S2):109-110.
- [17] 龚沃超,陆小丹,潘汉海等.近 50 年上思县气温和降水变化分析[J].气象研究与应用,2012,33(4):38-42
- [18] 卢雪勤,汪强,黄荟等.广西百色市近 60 年气温变化特征研究[J].气象研究与应用,2012,33(2):34-39
- [19] 黄雪松,周惠文,黄梅丽等.广西近 50 年来气温、降水气候变化[J].气象研究与应用,2005,26(4):9-11
- [20] 利赛明,陈静林等.近 49 年珠海气温变化及城市化影响初探[J].气象研究与应用,2014,35(2):40-45
- [21] [2] 郝全成,胡娅敏,罗晓玲.2014 年广东省汛期气候特征及降水异常成因分析[J].气象研究与应用,2015,36(2):40-42.
- [22] 黄雪松,廖雪萍,覃卫坚.广西热带气旋特征变化与灾损变化态势[J].气象研究与应用,2014,35(1):1-3.
- [23] 郑志阳,杨苏勤,刘德和,等.影响福建省惠安县台风气候特征及其不同路径的风雨影响[J].气象研究与应用,2016,37(1):34-37.
- [24] 秦鹏,黄浩辉.影响广东沿海的热带气旋最大强度估算[J].气象研究与应用,2015,36(1):1-5.
- [25] 练江帆,梁必骥.9615 号台风特点及其原因初探[J].广东气象,1997,19(S3):19-22.
- [26] 李君海.热带气旋影响陵水县降水的不同强度特征[J].广东气象,2011,33(4):37-40.
- [27] 刘燕,林良勋.登陆福建的热带气旋对广东降水的影响[J].广东气象,2007,29(2):14-17.
- [28] 罗佰良,张超.登陆热带气旋影响湖南并造成强降水的气候特征[J].广东气象,2008,30(4):12-14.