

文章编号:1673-8411 (2018) 01-0033-05

2015年11月广西秋季连续性暴雨研究

黄翠银¹, 赖雨薇², 陈剑飞³

(1.广西区气候中心, 广西 南宁 530022; 2.南宁市气象局, 广西 南宁 530022;

3.广西区气象服务中心, 广西 南宁 530022)

摘要:利用 NCEP1×1, 2.5×2.5 资料以及常规观测资料,采用天气动力学诊断分析方法,对 2015 年 11 月 7 日-13 日广西秋季连续性强降雨过程进行分析。结果表明:①强降雨前期、后期是两次华北槽引导两次低层切变线和地面冷空气南下造成,强降雨中期则是高原槽东移和切变线北抬南风加大辐合引起;②8 日由于副高更强切变线只压到桂北,12 日副高南退到沿海后切变线南压到桂南,且强度更强,造成的强降雨范围更大;③通过位势倾向方程分析发现,槽前的正涡度平流和冷平流随高度减弱使得副高北界出现两次南退;④锋生函数和假相当位温能够判断未来锋面走向从而预报强降雨的落区。

关键词:秋季连续性暴雨;副高;锋生函数

中图分类号:P458.1+21 **文献标识码:**A

Study on continuous autumn heavy rain in Guangxi in November 2015

Huang Cuiyin¹, Lai Yuwei², Chen Jianfei³

(1.Guangxi Climate Center, Nanning Guangxi 530022; 2. Nanning Meteorological Bureau, Nanning

Guangxi 530022; 3. Guangxi Meteorological Service Center, Nanning Guangxi 530022)

Abstract: Using the information of NCEP1×1, 2.5×2.5 and conventional observation data, a process of continuous heavy rainfall occurred in autumn in Guangxi on 7-13 November 2015 was analyzed. The heavy rainfall in early and late periods was caused by two low-altitude shear lines and cold air; in the middle period, the reason was the east movement of the plateau trough and convergence which was induced by the increasing south wind after a north lift of the shear line. On November 8, the shear line only moved to northern Guangxi due to strong Subtropical High. On 12, the shear line southward to southern Guangxi after the subtropical high retreated to coastal areas, inducing a wider range of heavy rainfall. Through the analysis of potential tendency equation, we found that the two southern retreats occurred in the northern boundary of the subtropical high because of the positive vorticity advection in the front of the trough and a cold advection decreasing with height. The function of frontogenesis and pseudo-equivalent potential temperature can be used to predict the future frontal trend and forecast the falling area of heavy rainfall.

Keywords: heavy rain in autumn; the subtropical high; frontogenesis function

1 引言

2015 年 11 月 7-13 日,广西出现持续性强降雨。7 日 20 时-9 日 20 时,全区有 10 站次暴雨 3 站次大暴雨,暴雨区位于桂东北和桂东南。11 月 9 日 20 时-11 日 20 时,全区出现 6 站次暴雨,强降雨落

区在桂东北。11 月 11 日 20 时-13 日 20 时,全区出现 44 站次大雨、44 站次暴雨和 11 站次大暴雨,强降雨区在桂北和桂中。强降雨期间,共有 19 站次打破当地建站以来 11 月最大日降水量历史记录。

本次强降雨过程历时较长,范围较大,尤其 11 日至 13 日,强范围之广历史少见,产生的灾害较为

收稿日期:2017-10-18

基金项目:中国气象局预报员专项项目(CMAYBY2016-053)。

作者简介:黄翠银(1977-),女,广西百色市人,硕士研究生,主要从事短期气候预测工作。

严重。这次强降雨过程的环流形势如何,影响系统是怎么生消、更替的?为什么引起这么长时间的强降雨,桂东北为什么一直是强降雨中心?本文利用 NCEP1×1、2.5×2.5 资料以及常规观测资料来分析揭示引起本次秋季长时间强降雨的原因。

2 环流形势

强降水前期,500hPa 中高纬是两槽一脊的形势。我国中纬度有两次华北槽的东移过程,一次是 7–8 日,一次是 12–13 日;期间配合有两次南支槽的东移,第一次以东移北收为主,第二次加深东移,13 日晚与华北槽合并东移出海。另外,10–11 日,高原有低槽东移影响桂北。强降水前期,副热带高压(以下简称副高)588dagpm 等值线伸展到桂北,南海处于 592dagpm 的控制下,副高强盛控制范围大;9 日之后副高稍减弱南落,588dagpm 等值线在桂中和华南沿海之间摆动。由于副高减弱,高原槽和第二次南支槽伸展到桂中,强降雨落区向南扩到桂中。

11 月 6 日 850hPa 形成强劲的西南急流延伸到长江中下游,桂北处于西南急流入口区。8 日,随着华北槽的东移,切变线逐渐南压到桂林南部。9 日夜间切变线进一步南压过桂东,白天北抬减弱。10 日冷空气变性出海,广西转为偏南气流影响,风力加大形成急流。11 日南风稍减弱,切变线在黔桂之间摆动,12 日随着第二次华北槽东移,新一轮切变线南下影响广西。由于副高强盛 850hPa 南风较强,切变线南压到桂中后即减弱北抬,强降雨在桂中以北地区。

地面,7 日晚,第一次冷空气从桂东北侵入影响广西。10–11 日,冷高变性出海,广西由变性高压脊控制转为高压后部影响。11 日晚开始第二轮冷空气南下影响。

3 南北风演变特征

从强降雨落区和 850hPa 切变线的演变可以看出,强降雨落区和 850hPa 切变线位置息息相关,强降雨落区一般位于切变线的南侧。通过 850hPa 南北风变化情况分析切变线的演变。桂林位于 110.30°E、25.33°N,一直处于强降雨中心,因而沿 25°N 作经向风的经度-时间剖面图。从图中看出(图 1),8 日之前广西受偏南气流影响,风速很大,6 日形成急流,8 日 08 时后由南风转为北风,但仅影响到 108°E 以东地区,以西仍然是南风控制,说明第一次切变线南下

仅影响桂东北地区,水汽和不稳定能量在桂东北大量辐合,因而 8 日强降雨落在桂东北。此时北风风速很小,仅 $2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,切变线强度较弱。9 日晚到 11 日白天,广西受南风控制,风速大部在 $8\text{--}10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间,较强的南风有利于洋面水汽和能量的往北输送。11 日晚上,南风再次被北风替换,切变线第二次南压,从受影响的经度发现,切变线第二次南压影响的区域更广,影响到了 104°E 附近,宽度上影响了整个广西,且强度更强,北风最大有 $6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,比第一次强得多,使强降雨落区向南扩展。

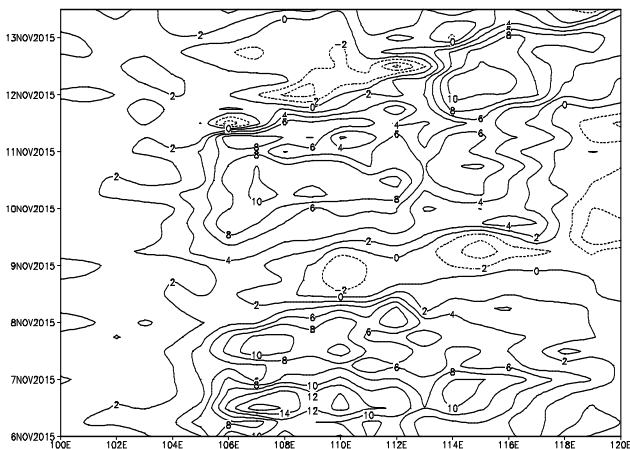


图 1 沿 25°N 作经向风的经度-时间剖面图(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

4 500hPa 高度场及其距平特征

分析 2015 年 11 月 7–13 日 500hPa 高度场及距平场(图 2)可见,副高 588dagpm 等值线北界控制到广西中部 23°N 附近,比历年同期偏强,有利于西南气流携带暖湿气流在副高边缘的广西上空辐合;在巴尔喀什湖北侧有一个宽广强大的负距平中心,高度场上该地是低涡低槽,说明强降水期间低涡深厚西风槽活跃,西风槽分裂小槽东移引导低层切变线

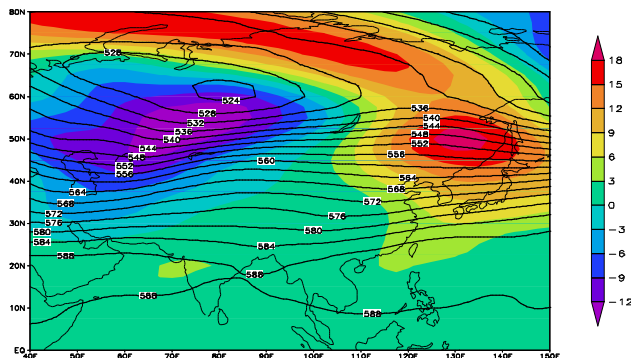


图 2 2015 年 11 月 7–13 日 500hPa 平均高度场(等值线)及其距平(阴影)(单位: dagpm)

和地面冷空气南下;距平场上在我国东北和日本北部之间有一个 18dagpm 的正距平中心,2015 年 11 月强降水期间对应正距平中心的是很弱的高压脊,高压脊与强盛的副高一起阻止低涡和西风槽快速东移和南压,使得切变线只能南压到桂北、桂中一带摆动,地面冷空气不能大举南下,在东移南压过程中强度被削弱从而只能缓慢扩散南下。海平面气压距平图上(图略)华南是-3dagpm 的距平,证实了 2015 年 11 月强降雨期间冷空气强度比往年弱。活跃的西风槽、副高的阻挡、较弱的冷空气使得冷暖干湿空气长时间在副高北界附近对峙,造成桂东北及桂中长时间强降雨。

5 副高减弱原因分析

副高强度和位置对强降雨落区有很大影响^[1]。强降雨期间副高北界 588dagpm 等值线有两次明显的减弱南落过程:9 日南落到桂中,10 日进一步退到沿海。从位势倾向方程来分析副高北界变化的原因。如不考虑非绝热加热,位势倾向方程如下:

$$\left(\nabla^2 + \frac{f^2}{\sigma} \frac{\partial^2}{\partial p^2} \right) \frac{\partial \Phi}{\partial t} = -f \vec{V}_g \cdot \nabla (f + \zeta_g) + \frac{f^2}{\sigma} \frac{\partial}{\partial p} \left(-\vec{V}_g \cdot \nabla \frac{\partial \Phi}{\partial p} \right)$$

简化后,位势高度的变化主要取决于相对涡度平流和厚度平流(或温度平流)随高度的变化。计算相对涡度平流和温度平流分析副高减弱的原因。

11 月 8 日 08 时,华北槽移到 110°E 以西,高原槽和南支槽合并到四川东部和云南西部;涡度平流场中(图 3),槽前有大范围的正涡度平流,在副高北侧的河南东部经湖北、湖南一直到贵州南部都是正的涡度平流区。沿 110°E 作温度平流剖面,8 日 08 时,26°N 以北 900hPa 下是冷平流;14 时(图 4),冷平流扩展到 25°N 以南,副高北侧 800hPa 以下是冷平流,其上暖平流随高度增强。槽前的正涡度平流向东南方向输送,冷平流向南向上扩展,迫使 500hPa 26°N 以南的等压面下降,因此 9 日副高减弱,北界南退到桂中。10 日,中低纬小波动东移,10 日 20 时低槽位于四川东部-广西西北部,槽前正涡度平流随低槽东移南压,桂东北到粤中有条正涡度带,正涡度中心位于桂东北。温度平流场上,10 日 14 时前,桂中以北的对流层低层仍是冷平流控制,20 时,广西上空 500hPa 附近是冷平流, $-4 \times 10^{-5} \text{K} \cdot \text{s}^{-1}$ 位于 25°N 的 500hPa 上空,650hPa 以下广西受暖平流影响,暖平流随高度增强。受 10 日涡度平流和温度平流配置影响,500hPa 等压面进一步降低,副高

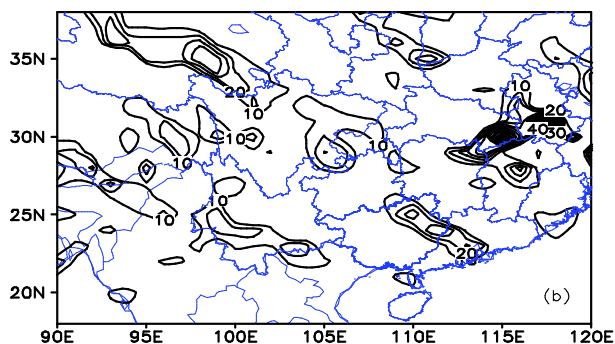
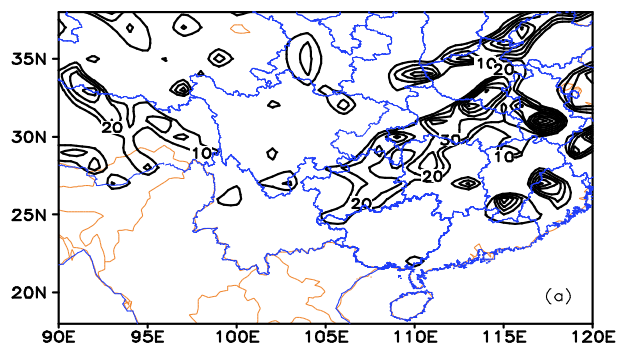


图 3 500hPa 涡度平流(单位: 10^{-10}s^{-2}), (a): 2015 年 11 月 8 日 08 时; (b): 10 日 20 时

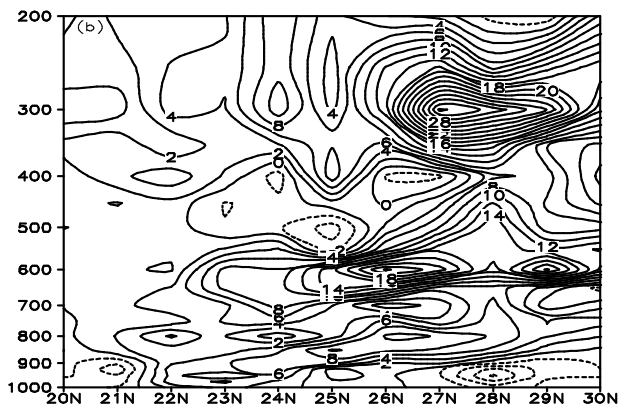
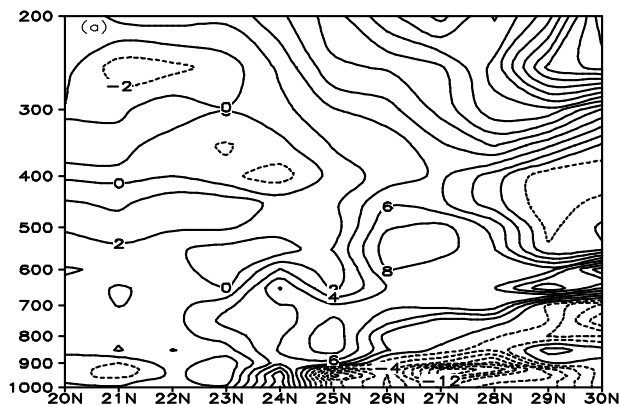


图 4 500hPa 温度平流(单位: $10^{-5} \text{K} \cdot \text{s}^{-1}$), (a): 2015 年 11 月 8 日 14 时; (b): 10 日 20 时

北界再次向南撤退,在华南沿海维持,为 11 日晚到 13 日大范围强降雨能够向南深入创造了条件。

6 锋面分析

锋生是指密度不连续性形成的一种过程,或是

指已有的一条锋面,其温度(或位温)水平梯度加大的过程。锋生函数由三部分组成:空气水平运动对锋生的作用,垂直运动对锋生的作用,非绝热加热对锋生的作用。

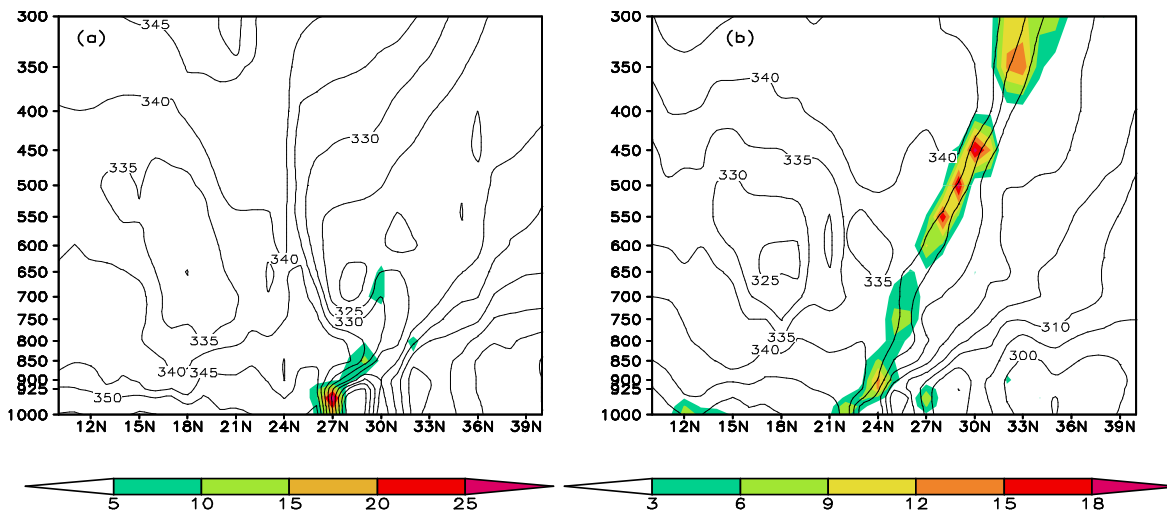


图5 沿 110°E 的锋生函数(单位: $10^{-10} \text{K} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)和假相当位温(单位: K)的纬度-高度剖面,

(a):2015 年 11 月 7 日 20 时;(b):2015 年 11 月 12 日 02 时

计算分析锋生函数和假相当位温的演变。沿 110°E 作锋生函数和假相当位温的纬度-高度剖面,广西处于 21–26°N 纬度范围内。6 日开始,27°N 附近开始有正的锋生函数,假相当位温线逐渐加密,7 日 20 时正的锋生函数区域开始南压进入广西,等假相当位温线更加密集,锋区在 900hPa 以下,600hPa 以下假相当位温随高度减小,有弱的位势不稳定(图 5)。8 日,正锋生函数移到 23°N,数值稍减小,等假相当位温线密集度减小。9 日,锋生函数和假相当位温线密集度减小,锋区减弱。11 日,锋区从 900hPa 附近重新加强,并向上向下延伸,12 日 02 时,锋区从 30°N 的 400hPa 伸展到地面的 22°N,锋生函数有两个正值中心,一个是 $18 \times 10^{-10} \text{K} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 在 500–400hPa 间,另一个 $12 \times 10^{-10} \text{K} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 在 900hPa,结合天气图可知,这是新一轮天气系统影响广西,此时广西上空是位势稳定层结,假相当位温等值线没有 8 日的密集。13 日白天,高低空锋生函数正值断开,广西上空 750–500hPa 无锋区,最大值位于近地层的 21°N,地面锋区已压到沿海,高空天气系统对广西的影响结束。

从锋生函数和假相当位温剖面演变可以看出,8 日广西上空存在位势不稳定区,高低空锋区不连在

一起;9–11 日白天,锋区减弱,影响广西强降雨的主要是 925–850hPa 之间的锋区;11 日晚到 13 日,高低空锋区相连,高低空天气系统耦合共同影响广西,造成广西大范围强降雨。锋区函数和假相当位温的剖面图很好地反映了高低空各层次锋面的生消和移动情况,由此可以判断强降雨未来走向和落区。

7 物理量分析

7.1 水汽条件

秋冬季强降雨水汽条件至关重要^[2-10]。从相对湿度的演变看到,强降水区水汽饱和,强降水区外水汽迅速降低,从高度上看,11 日 08 时之前,90% 以上的水汽饱和区在 600hPa 以下,11 日之后饱和区升高到 300hPa。与相对湿度相似,水汽通量散度剖面图上,11 日之前,水汽辐合在 700hPa 下,11 日晚开始,辐合量增多,辐合层增高,12 日 08 时辐合量最多。整个强降水期间,广西上空的 925hPa 大部都是水汽辐合区。

从 850hPa 水汽通量来看,水汽来源在降水的各个阶段不尽相同。强降水前期,水汽来源于西北太平洋和南海;中期水汽通道最多,除了西北太平洋、南海的水汽通道外,还有黄海、东海和孟加拉湾;后期,

水汽来源于西北太平洋、南海和孟加拉湾, 辐合量比前期中期多, 因而降雨更明显, 水汽辐合区和强降雨带明显对应。

7.2 动力条件

沿 25°N 做散度、垂直速度的经度-高度剖面。强降雨过程中, 桂林低层是负值, 气流辐合, 上升气流中心自北向南压, 8 日 20 时 (图 6), 桂林上空 500hPa 以下有一对散度场的正负中心, 800hPa 是分界线, 其下是 $-4 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$, 其上是 $5 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$, 200hPa 桂林处于西南气流和偏西到西北气流的分散区, 高层辐散低层辐合配置形成抽吸作用引起气流强烈上

升。垂直速度场上, 上升气流逐渐加强, 8 日 20 时, 对应正负散度中心有一个 $-1.5 \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的上升气流中心, 上升气流伸展到 600hPa。强降雨过程中, 随着天气系统的移动、更替, 桂林上空的散度场所变化, 但低层一直存在垂直上升运动。12 日 02 时, 第二次切变线南下, 400hPa 以下产生一对 $5 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ 的正负散度中心, 负中心就在桂林上空的 750hPa, 正中心倾斜到 104°E 的 550hPa 上, 倾斜的散度场使得上升气流也向西倾斜, $-3 \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的上升气流中心位于桂林上空的 700hPa 上, 强烈的大范围的上升气流引起广西强降雨。

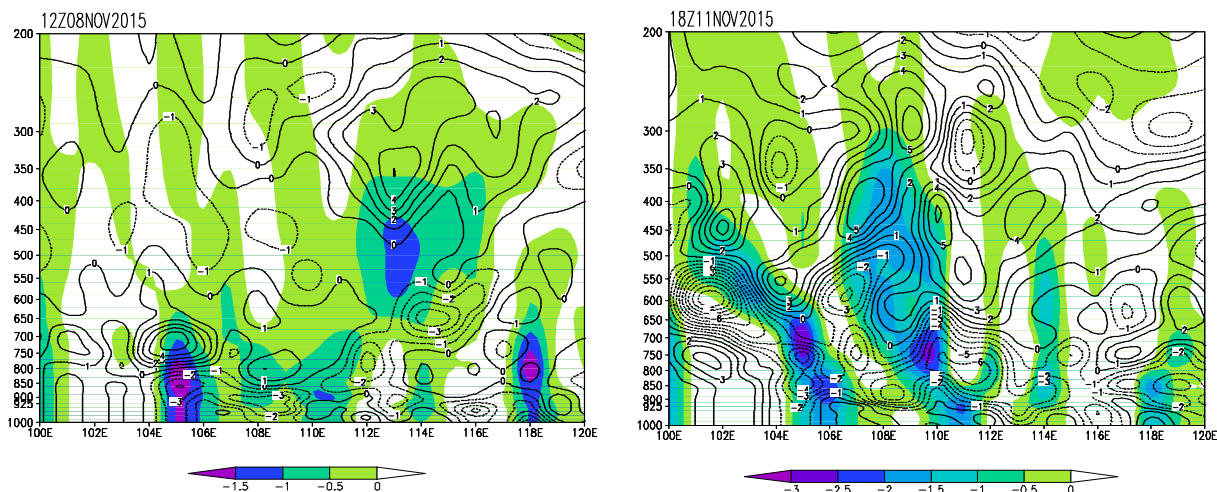


图 6 沿 25°N 的散度(等值线, 单位 10^{-5}s^{-1})、垂直速度(阴影, 单位 $\text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)的经度-高度剖面, 左: 2015 年 11 月 8 日 20 时; 右: 12 日 02 时

7.3 热力条件

7 日 08 时强降水前一天, 桂林 K 指数为 36°C , cape 值为 $545 \text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$, 20 时骤升到 $1081 \text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$; 8 日 08 时, K 值增加到 38°C , SI 指数为 -1.55°C , 这在秋季是相当不稳定的。8 日白天 850hPa 切变线南下造成桂东北 5 站暴雨 2 站大暴雨的强降雨天气, 桂林本站 12 小时降雨量为 97.5mm, 接近大暴雨。强降雨后, 8 日 20 时, 桂林 K 指数仍然有 37°C , SI 指数为 -0.61°C ; 梧州 K 指数为 38°C , SI 指数为 -2.31°C , cape 值为 $2139 \text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$, 各个数值均显示其上空为极不稳定的状态。9 日, 3 站暴雨出现在梧州附近的桂东南。11 月是深秋, 经过 2 天的强降雨, cape 基本为 0, 但 10–13 日桂林、梧州 k 指数仍大于 35°C , SI 大部分时候仍然是负值, 说明还存在不稳定的状况, 有触发机制仍会引发强降水。

8 结论

(1) 从环流形势的演变分析发现, 2015 年 11 月 7 日–13 日长时间的强降雨主要是由两次华北槽引导两次低层切变线和地面冷空气南下并配合有南支槽东移造成, 强降雨中期则是高原槽东移和切变线北抬南风加大辐合引起。

(2) 通过 850hPa 南北风演变和副高变化可见, 8 日和 12 日有两次切变线的南压过程, 8 日由于副高更强切变线只压到桂北, 12 日副高南退到沿海后切变线南压到桂南, 且强度更强, 因而造成的强降雨范围更大。

(3) 通过位势倾向方程分析发现, 槽前的正涡度平流和冷平流随高度减弱使得副高北界出现两次南退; 锋生函数和假相当位温能够判断未来锋面走向从而预报强降雨的落区。

(下转第 45 页)

- [7] 陆秋霖, 黄荣, 农孟松, 等. 2017 年 4 月广西北部一次强对流天气中尺度分析[J]. 气象研究与应用, 2017, 38(2): 18-21.
- [8] 李洪海. 一次强对流天气过程分析[J]. 气象研究与应用, 2010, 31(s): 20-31.
- [9] 乔琪, 汤俊. 春季两次强对流天气过程多普勒雷达回波中尺度特征分析[J]. 气象研究与应用, 2011, 32(3): 42-45.
- [10] 陈业国, 唐文. 2007 年 4 月广西一次强飑线过程的雷达回波分析及数值模拟[J]. 气象研究与应用, 2007, 28(s2): 132-134.
- [11] 叶朗明, 徐碧裕. 两次不同类型暖区暴雨的对比分析[J]. 气象研究与应用, 2014, 35(4): 5-10.
- [12] 陈芳丽, 窦新英, 李明华等. 一次强对流天气过程中尺度对流系统特征分析[J]. 广东气象, 2012, 34(2): 10-15.
- [13] 李影虹, 苏文, 陈芳丽. 2016 年 6 月 4 日华南一次罕见强对流天气过程分析 [J]. 广东气象, 2017, 39(4): 10-14.
- [14] 詹棠, 宗森, 郑浩阳. 2013 年 5 月 21 日广东沿海一次飑线过程的综合分析 [J]. 广东气象, 2015, 37(6): 19-22.
- [15] 林确略, 寿绍文, 杨华. 基于数值模拟对一次广西前汛期回流暴雨形成机制的分析[J]. 气象, 2015, 41(7): 852-862.
- [16] 张精华, 张万诚, 郑建萌, 等. 1970-2009 年冬季昆明准静止锋的变化特征及其影响分析 [J]. 高原气象, 2016, 35(5): 1298-1306.
- [17] 赵尔旭, 赵刚, 琚建华, 等. 热带季风气团的活动对云南雨季的影响[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2011, 33(1): 428-433.
- [18] 翟国庆, 俞樟孝. 强对流天气发生前期地面风场特征[J]. 大气科学, 1992, 16(5): 522-529.
- [19] 吴剑坤, 俞小鼎. 强冰雹天气的多普勒天气雷达探测与预警技术综述[J]. 干旱气象, 2009, 27(3): 197-206.
- [20] 俞小鼎, 姚秀萍, 熊延南, 等. 多普勒天气雷达原理与业务应用[M]. 北京: 气象出版社, 2006.

.....

(上接第 37 页)

(4) 物理量场的分析说明强降雨过程的水汽有三个来源通道, 源源不断地为广西上空输送水汽并辐合; 低层辐合高层辐散的散度场造成强降雨区上空强劲的上升气流; 强降雨期间广西上空存在不稳定能量。

参考文献:

- [1] 王黎娟, 陈璇, 管兆勇, 等. 我国南方洪涝暴雨期西太平洋副高短期位置变异的特点及成因[J]. 大气科学, 2009, 33(5): 1047-1057.
- [2] 陈刘凤, 叶骏菲, 林开平, 等. 桂东北一次典型暴雨过程分析[J]. 气象研究与应用, 2016, 37(2): 25-29.
- [3] 黄翠银, 陈剑飞. 2011 年 10 月一次广西区域性暴雨特征分析[J]. 气象研究与应用, 2012, 33(4): 22-26.
- [4] 黄翠银. 2010 年 1 月广西冬季暴雨水汽特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32(4): 20-22, 48.
- [5] 廖胜石, 罗建英, 张洁婷, 等. T639 数值预报产品对一次广西秋季暴雨的诊断分析[J]. 气象研究与应用, 2010, 31(4): 27-31.
- [6] 李彩玲, 夏冠聪, 陈艺芳, 等. 广东省 11 月 2 次秋季暴雨过程的对比分析[J]. 广东气象, 2014, 36(4): 1-5.
- [7] 李厚伟, 周静, 周义昌, 等. 一次罕见的冬季暴雨过程分析[J]. 广东气象, 2016, 38(2): 25-28.
- [8] 吴振鹏, 梁巧倩, 徐穗珊, 等. 2011 年秋季广东暴雨过程及其水汽特征分析[J]. 广东气象, 2014, 36(2): 13-18.
- [9] 蔡蕊, 江梦天, 赵旻旻, 等. 2011 年 10 月 13~14 日广州罕见暴雨特征和成因分析[J]. 广东气象, 2012, 34(1): 10-14.
- [10] 罗聪, 高亭, 李怀宇. 一次非典型秋季冷空气暴雨过程分析[J]. 广东气象, 2011, 33(5): 4-7.