

文章编号:1673-8411 (2016) 02-0025-05

# 桂东北一次典型暴雨过程分析

陈刘凤<sup>1</sup>, 叶骏菲<sup>2</sup>, 林开平<sup>3\*</sup>, 孙红梅<sup>3</sup>, 覃月凤<sup>3</sup>

(1.广西师范学院地理科学与规划学院, 南宁 530001; 2.宾阳县气象局, 南宁 530023; 3.广西气象台, 南宁 530022)

**摘要:**利用常规观测资料、广西自动站雨量资料以及雷达探测资料等,对 2015 年 5 月 18~20 日桂东北一次典型暴雨过程进行分析。结果表明:(1)高空槽东移、低层低涡切变和地面冷空气南下是此次强降水过程的主要影响系统。(2)桂东北较为深厚的湿层和弱风切的局地环境,适当的不稳定条件等,提供了重要的上干下湿的层结条件。(3)桂东北北高南低的迎风坡地形也是引发此次暴雨的另一个因素,气流的有效辐合更是有利于强降水的发生。

**关键词:**暴雨;环流形势;地形;桂东北

**中图分类号:**P458.1+21.1

**文献标识码:**A

## Analysis on a Typical Rainstorm Process in Northeast of Guangxi

CHEN Liu-feng<sup>1</sup>, YE Jun-fei<sup>2</sup>, LIN Kai-ping<sup>3\*</sup>, SUN Hong-mei<sup>3</sup>, QIN Yuefeng<sup>3</sup>

(1.School of Geography &amp; Planning, Guangxi Teachers Education University, Nanning, Guangxi 530001; 2.Binyang County Meteorological Service, Nanning, Guangxi, 530023; 3. Guangxi Meteorological Observatory, Nanning, Guangxi, 530022)

**Abstract:** Based on the conventional observation, rainfall data of regional automatic station and Radar data, a typical rainstorm process on 18 to 20 May 2015 in northeast of Guangxi was analyzed. The results show: (1) moving eastward of upper trough, the low-level vortex shear and invading southward of cold air made up the main effective system of this heavy rain process; (2) relatively deep wet layer, weak wind shear and appropriate unstable conditions in northeast of Guangxi provide an important stacking conditions that is upper-dry -and-low-wet. (3) The north-high-and-south-low terrain of windward slope is another reason that led to this rainstorm, effective convergence of airflow is conducive to the occurrence of heavy rain.

**Key words:** Rainstorm; Circulation pattern; Terrain; Northeast of Guangxi

## 1 引言

广西地处我国南疆,降水主要集中于 4~9 月,受西南暖湿气流、热带气旋甚至北方变性冷气团的影响,暴雨洪涝灾害常见,几乎每年都有大暴雨甚至特大暴雨的出现。因此,加强对暴雨灾害性天气的监测、预报与评估是气象工作的重要课题。陶诗言<sup>[1]</sup>对

华南前汛期暴雨的特征及成因进行了论述。黄明策<sup>[2]</sup>分析了广西暴雨的时空分布特征。覃卫坚<sup>[3-4]</sup>等采用蒙特卡罗检验法,计算和分析广西暴雨非均匀性分布及其变化,又使用相关分析方法研究广西暴雨的区域性和连续性。廖雪萍<sup>[5]</sup>使用 Morlet 小波分析方法分析了广西近 50 年暴雨和大暴雨日数的年际变化。李菁<sup>[6]</sup>等对 1971~2001 年发生在广西的特大

收稿日期:2016-02-15

基金项目:国家自然科学基金(41575051),广西自然科学基金北部湾重大专项项目(2011GXNSFE018006)

作者简介:陈刘凤(1990-),男,硕士研究生,研究方向:应用气象,E-mail:clf19900523@163.com

暴雨分析得出广西特大暴雨的月际分布具有明显的“单峰型”特征。基于数值模拟对广西前汛期暴雨形成机制的分析也有大量研究<sup>[7-9]</sup>。祁丽燕<sup>[10]</sup>等 2009 年 7 月 2~4 日广西暴雨过程的中尺度特征进行探讨,刘国忠<sup>[11]</sup>等 2010 年 6 月 28 日广西极端特大暴雨过程成因进行分析。林开平<sup>[12-13]</sup>等通过对广西致洪暴雨过程中暴雨区附近高空和地面要素场的演变特征分析,以及对与暴雨降水密切相关的物理量进行诊断分析,从而了解致洪暴雨的形成机制,并将广西大范围致洪暴雨天气模型分为三种类型。陈业国<sup>[14]</sup>等利用 WRF 模式对广西 2008 年 6 月一次持续性暴雨过程进行了诊断分析指出山区地形的非地转性导致天气系统强烈发展以及出现中尺度波动,为暴雨提供了很好的触发机制。刘蕾<sup>[15]</sup>等基于 WRF 模式设计敏感性试验,证实了柳州豁口地形对暴雨的增幅效应。席慕科<sup>[16]</sup>等通过对桂东北一次暖区暴雨分析指出高原南侧低值系统与地形摩擦有关,黄远盼<sup>[17-18]</sup>等诊断分析了暖区暴雨向锋面暴雨演变。本文利用常规观测资料、广西自动站雨量资料以及雷达探测资料等,对 2015 年 5 月 18~20 日桂东北一次典型暴雨过程进行分析。

## 2 天气过程及灾情概况

2015 年 5 月 18~20 日,受高空槽东移、低层低涡切变和地面冷空气的共同影响,广西北部出现了一次暴雨过程,其中桂林、柳州、河池出现了大暴雨到特大暴雨天气。据广西国家气象观测站资料统计,17 日 20 时至 20 日 20 时,广西共出现大雨 43 站次,暴雨 34 站次,大暴雨 10 站次,特大暴雨 1 站。全区有 27 站(次)出现雷雨大风,119 个站(次)有雷暴。据民政部门统计,暴雨灾害已造成 40.03 万人受灾,因灾死亡 3 人,紧急转移安置 3.28 万人,农作物

受灾面积 39.34 千公顷,倒塌房屋 804 户 1756 间,直接经济损失 8.24 亿元。

## 3 环流形势分析

在 19 日 08 时,东北冷涡向低纬地区伸出阶梯槽,我区处于阶梯槽底,副高控制华南沿海一带,向西扩展直至印度半岛,我区处于副高边缘;在未来的 12 小时内,副高东退,而高空槽东移北收(图 1)。到 19 日 20 时,高空槽减弱北收,东移入海,其对我区的影响趋于结束,但南支系统东移,我区处于南支槽前的上升区,同时副高东退,西脊点在(110°E)附近,西南通道打开,暖湿气流上来(图 2)。

随着高空阶梯槽东移,19 日 20 时,850 百帕有低涡切变南压,其暖切在桂北一带,低涡中心在桂东北和湖南交界。同时切变线北抬减弱,我区上空的西南气流达到了 12~14m/s 强度,为急流强度。

高层的高空槽东移,引导地面冷空气南下,在海平面气压场上,表现为冷锋从江南一带逐渐南压逼近华南。在 20 日 05 时,冷锋已经跨过长江,西南暖低压控制着云贵一带(图 3),低压倒槽呈东北西南走向,桂东北到湖南交界为冷暖空气交汇区,此形势有利于触发对流性天气。同时,此形势到 20 日 08 时也还在维持(图 4)。

高空槽底和南支槽前上升气流,低层的切变辐合,以及冷暖空气交汇的触发作用,为此次暴雨和短时强降水等强对流天气提供了天气尺度的环流背景。

## 4 物理量场诊断

### 4.1 水汽条件诊断

暴雨三要素里,最重要的是充分的水汽供应。分析 850hPa 比湿场演变得出,整个暴雨过程期间,广

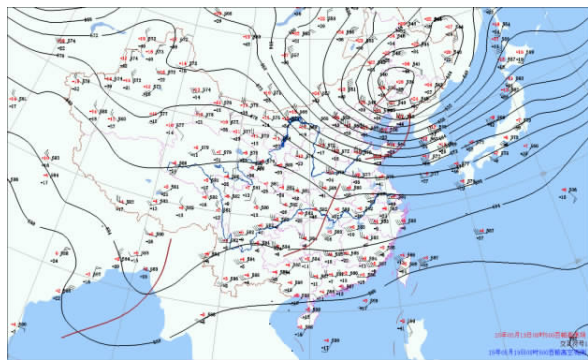


图 1 500 百帕形势场(19 日 08 时)

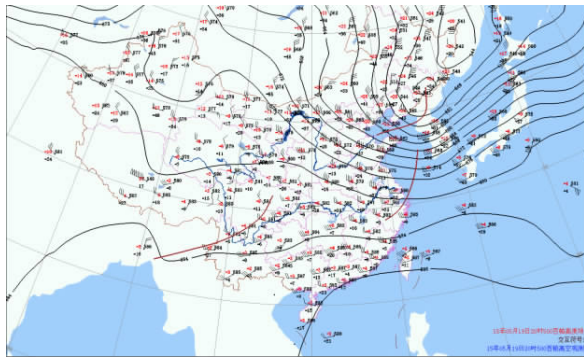


图 2 500 百帕形势场(19 日 20 时)

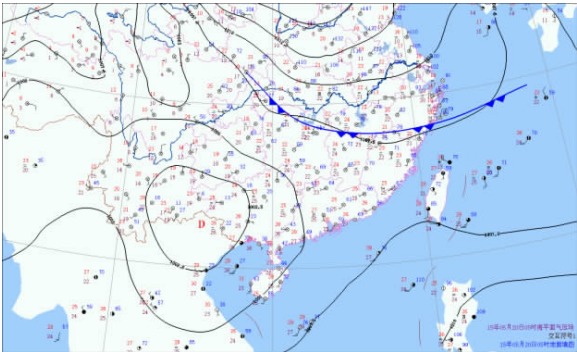


图 3 海平面气压场(20 日 05 时)

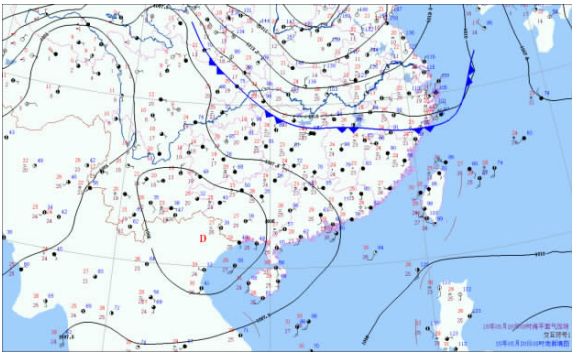


图 4 海平面气压场(20 日 08 时)

西的比湿一直维持在 12g/kg 以上,最大比湿超过了 14g/kg,水汽充沛,且比湿线密集区在桂北一带,有利于强降水的产生(图 5)。

4.2 散度场和垂直速度场特征

第二重要条件是强烈的上升运动。理论上讲,除了在低层要产生足够的辐合外,在高空也要具备很好的辐散环境,而且高空辐散大于低层的辐合,当两条件充分具备时,对流将会旺盛发展。

利用实况物理量资料,选取强降水发生时(20 日 08 时)500hPa 垂直上升速度场(图 6)和 850hPa 散度场(图 7)的特征,进一步分析暴雨过程发展演

变的过程。发现强降水发生时,广西低层为辐合区,强辐合中心位于桂东北一带,中心值超过了 $-50\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ ;从 500hPa 垂直上升速度分布可以看出上升运动主要集中在桂北桂东地区。中层的上升运动和低层的辐合,为暴雨的发生提供了良好的动力条件。

4.3 其他不稳定因素

此次暴雨过程主要表现为短时强降水和雷暴大风等强对流天气,所以再重点分析雷暴发生的不稳定条件。

4.3.1 条件性不稳定

K 指数和 SI 指数是最常用的大气稳定度的判

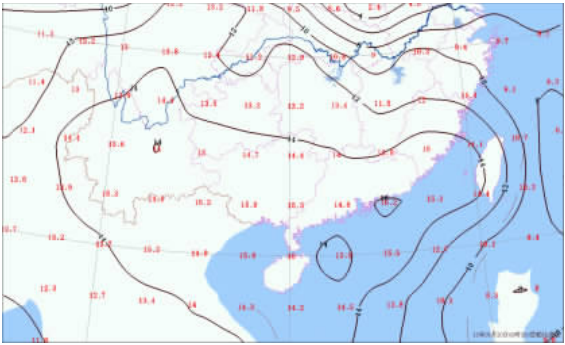
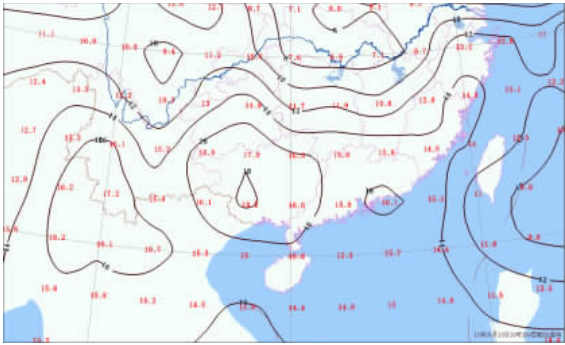


图 5 850 百帕比湿分布图(19 日 20 时;20 日 08 时)

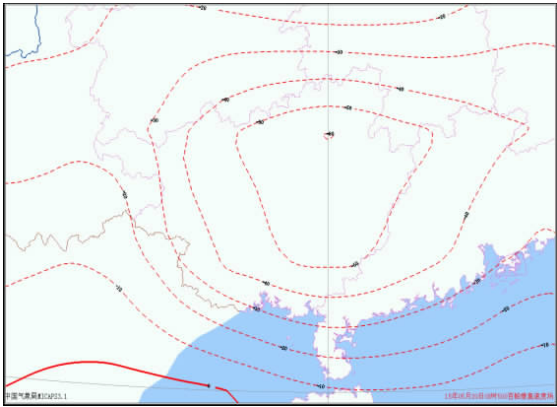


图 6 20 日 08 时 500 百帕垂直上升速度场

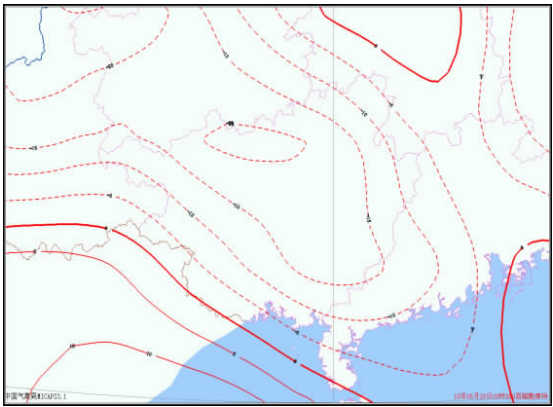


图 7 20 日 08 时 850 百帕散度场



断指数。是能较好地反应大气稳定度的物理量。K 值越大,大气层结越不稳定,一般当  $K \geq 35$  时易出现暴雨;SI 越小越不稳定,通常  $SI < 1.0$  时有暴雨出现。暴雨来临前这些指数的急剧变化反映了大气层结的稳定性和降水的变化趋势<sup>[19]</sup>。

19 日 20 时,桂北强降水发生,分析其探空,发现明显的上干下湿的层结,同时河池和桂林两市表现为弱的垂直风切和较为深厚的湿层(高度可达 500hPa),CAPE 值较小(比百色的小),其环境温度直减率曲线也较为接近干绝热线,说明其有一定的不稳定能量,是产生以短时强降水为主的有利环境条件。对于强对流天气,环境风垂直切变是一个非常重要的影响因素,桂林上空,从低层到高层为西南风到偏西风,0–6km 垂直风切为  $14\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,500hPa 风速为  $14\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,200hPa 风速为  $25\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,500–200hPa 的风切变为  $13\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,要大于百色的低层( $7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )和高层( $9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ),有利于湿对流的发展和强降水的发生。桂东北的河池、柳州、桂林的短时强降水就是弱风切下的强对流表现。

从广西 5 个探空站物理量数值(表 1)发现,在

19 日 20 时,广西 6 个探空站都探测到大于  $40^{\circ}\text{C}$  的 K 值,说明大气层结及其不稳定,且均在 35 以上,极易出现暴雨。阶梯槽东移,地面冷锋和西南暖低压在桂北一带对峙都极易激发出对流性天气。在 20 日 08 时,雷暴天气发生后,桂林的 K 值已降到  $30^{\circ}\text{C}$  以下,桂林、河池的 SI 指数表现为正值,CAPE 值释放后降低明显,两市的对流性降水趋于结束。

4.3.2 对流不稳定

从 5 月 19 日 08 时–20 日 08 时的 850hPa 假相当位温场上(图略)也可以看到,云南西部到南海北部为相对高能区, $\theta_{se}$  维持在 75 以上,而从长江流域有低能、干冷舌向湖南伸展,19 日 20 时,华南北部至云贵交界处等假相当位温线较密集,即锋区很强,冷暖空气对峙有利于强降水的触发。

5 卫星云图和雷达资料分析

5.1 卫星云图分析

从 19 日 20 时开始,滇黔桂对流云团生成发展移入我区,与在桂北局地生成发展的对流云团合并发展,是此次桂东北强降雨能发生的重要原因。此

表 1 5 月 19 日 20 时和 20 日 08 时广西 5 个探空站物理量数值对比

	5 月 19 日 20 时				5 月 20 日 08 时			
	K 指数	SI 指数	CAPE	CIN	K 指数	SI 指数	CAPE	CIN
桂林	40	−2.12	2196.1	28.7	17	1.63	232.9	26.7
河池	40	−3.06	1624.8	19.9	35	0.69	26.5	2
百色	42	−3.82	3203.1	23.1	40	−2.12	580.2	88.4
梧州	41	−3.41	45.3	34.1	39	−2.71	495.2	65.2
南宁	40	−4.82	2489.8	33.5	42	−2.89	2025.6	62.5



图 8 地面辐合线

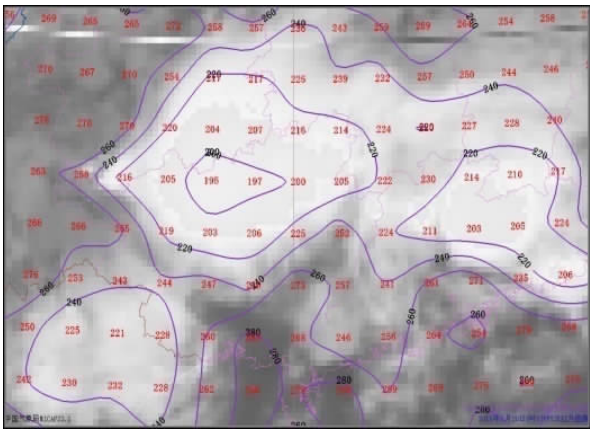


图 9 20 日 05 时云图(等值线为 TBB)

过程的对流云团呈密实的球状, 边缘整齐、清晰可辨, TBB 梯度非常大, 云顶中心亮温很低, 尺度在 100km 左右, 是较为典型的 MCC。在此期间, 广西处于低层切变线南侧的偏南气流中, 滇黔桂为暖切影响相继有对流云团 A 和 B 生成、东移发展, 桂西南在偏南急流里也在 19 日 23 时有云团 C 的发展, 此时降水不强。到 20 日 02 时, 云团 A 进一步发展, B 移出我区, 此时桂东北的强降水发生, 小时雨强达到了 25mm 以上(图略)。

地面辐合线有西北东南向的东移(图 8), 这也和对流云的生成和移动一致。同时, 在柳州短时强降水达到最强的时刻(20 日 05 时), MCC 也发展到最强盛, 其 TBB 达到了 195(图 9)。随着时间的推移, 在低层的偏南气流里, 新对流在原有中尺度对流云团的下风方生成, 且云罩中云顶温度梯度最陡的地方也是位于云罩的南部和西南部, 这都推动着对流云团的向前运动(东移)。

## 5.2 雷达资料分析

在 19 日 19:05 时, 新生雷暴单体在柳州、鹿寨生成, 此时雷达回波强度较弱, 单体分散。到 22:04 时, 雷达回波强度已明显加强, 回波呈片状, 范围扩大, 永福等地回波达最强 56dBz。随后雷达回波自西南至东北不断经过永福、桂林等地形成列车效应, 到 20 日 05:05 时, 雷达强回波几乎覆盖整个雷达回波探测范围, 列车效应更加明显, 使永福、桂林、临桂等地不断受强回波影响(桂林雷达组合反射率因子图图略)。由此可见, 雷达回波从柳州附近生成移向永福、桂林等地时由于西南暖湿气流与地形相互作用, 不断激发出新的对流单体使得雷达回波不断增强, 降水回波面积增大, 加之地形的阻挡作用使得回波移动缓慢, 列车效应明显, 有利于增强降水强度和延长强降水持续时间。

## 6 小结

(1) 高空槽东移、低层低涡切变和地面冷空气南下是此次强降水过程的主要影响系统, 中低层强上升运动提供重要的动力条件, 地面冷暖空气对峙为之提供重要的出发条件。

(2) 桂东北较为深厚的湿层和弱风切的局地环境, 适当的不稳定条件等, 为此次强降水提供了重要的层结条件。

(3) 广西的北高南低的迎风坡地形也是此次强降水的一个重要原因, 特别是柳州一带的喇叭口地

形, 气流辐合更是有利于降水的发生。

## 参考文献:

- [1] 陶诗言. 中国之暴雨 [M]. 北京: 科学出版社, 1980: 1-71.
- [2] 黄明策. 广西暴雨时空分布特征 [J]. 广西气象, 2006, 27 (3): 9-13.
- [3] 覃卫坚, 李栋梁, 雷雪梅, 等. 广西暴雨非均匀性分布特征研究 [J]. 热带气象学报, 2012, (2): 258-264.
- [4] 覃卫坚, 李耀先, 覃志年. 广西暴雨的区域性和连续性研究 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (4): 1-4.
- [5] 廖雪萍, 覃卫坚, 唐炳莉, 等. 广西近 50 年暴雨日数变化的小波分析 [J]. 气象, 2007, (12): 39-45.
- [6] 李菁, 卢伟萍, 姚才, 等. 广西特大暴雨的特征分析 [J]. 广西气象, 2002, 23 (4): 9-12.
- [7] 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, (7): 852-862.
- [8] 欧徽宁, 梁珊珊, 杨胜才. 2013 年广西一次前汛期暴雨过程分析 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (4): 14-17.
- [9] 严小静, 寿绍文, 钟青, 等. 一次广西暴雨过程的数值模拟及低涡系统分析 [J]. 气象与减灾研究, 2010, (3): 27-33.
- [10] 祁丽燕, 农孟松, 王冀. 2009 年 7 月 2—4 日广西暴雨过程的中尺度特征 [J]. 气象, 2012, (4): 438-447.
- [11] 刘国忠, 韦春霞, 班荣贵, 等. 广西区域极端特大暴雨成因个例分析 [J]. 气象科技, 2013, (5): 895-905.
- [12] 林开平, 张诚忠, 董良森, 等. 广西致洪暴雨过程的要素场演变特征及物理量诊断分析 [J]. 广西气象, 2001, 22 (1): 12-16.
- [13] 黄香杏, 林开平, 赵江洁. 广西大范围致洪暴雨天气模型 [J]. 广西气象, 2001, 22 (1): 21-24.
- [14] 陈业国, 农孟松. 2008 年 6 月广西持续性暴雨的诊断与数值模拟 [J]. 气象科学, 2010, (2): 250-255.
- [15] 刘蕾, 冯晓玲, 李亚琴, 何电江. 一次大暴雨过程的数值模拟及成因分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (S1): 161-162, 165.
- [16] 廖慕科, 唐桥义, 伍静, 等. 2010 年 4 月桂东北一次暖区暴雨天气分析 [J]. 气象研究与应用, 2010, 31 (4): 20-22, 124.
- [17] 黄远盼, 李驷杨, 刘桂华. 桂东北一次暖区暴雨向锋面暴雨演变特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2015, 36 (3): 30-33.
- [18] 黄远盼, 林振敏, 葛意活, 等. 2015 年 5 月广西一次连续性暴雨天气过程诊断分析 [J]. 气象研究与应用, 2015, 36 (4): 59-63.
- [19] 广西天气预报技术和方法编写组. 广西天气预报技术和方法 [M]. 北京: 气象出版社, 2012.