

文章编号:1673-8411 (2015) 04-0053-06

一次边界层急流触发的大范围暴雨过程诊断分析

苏兆达¹, 赖雨薇¹, 韦覃武², 李菁³

(1.南宁市气象局, 广西 南宁 530022; 2. 上林县气象局, 广西 上林 530500; 3.广西气象台 南宁 530022)

摘要:利用常规气象资料、雷达资料和数值预报产品资料,采用天气动力诊断分析方法,对2015年5月22-23日广西中部大范围暴雨过程的成因进行分析,结果表明:这次暴雨过程是在中高纬两槽一脊环流背景下,切变线快速移入,并与西南急流迎面相遇,发生强烈抬升凝结作用造成的;边界层西南急流为暴雨提供了充足的暖湿水汽、不稳定能量和抬升条件;低空850hPa和925hPa切变线的南北分离、间距适宜,两者之间区域是暴雨的主要落区;低层辐合、中高层辐散及整层强烈的上升运动有利于大量暖湿气流在桂中一带辐合抬升凝结;雷达资料的应用对暴雨预报和中尺度天气系统的识别和跟踪有重要参考价值。

关键词:边界层急流;暴雨;诊断分析;广西

中图分类号:P458.1+21.1

文献标识码:A

The Diagnostic Analysis of a Large-scale Rainstorm Process Caused by Boundary Layer Jet

Su Zhaoda¹, Lai Yuwei¹, Wei Qinwu², Li Jing³

(1 Nanning Municipal Meteorological Service, Nanning 530029; 2 Shanglin County Meteorological Service, Nanning 530500. 3. Guangxi Meteorological Observatory, Nanning 530022)

Abstract: Based on the conventional observation data and the radar data and numerical forecasting products, a heavy rain storm weather process appearing in central Guangxi from May 22 to 23, 2015 were analyzed by synoptic dynamic diagnostic analysis. The results show that: under the two-toughs-and-one-ridge circulation in middle-high latitude, this rain storm was caused by strong lifting condensation, which was formed by meeting of shear line and southwest jet. The southwest jet of boundary layer provided adequate warm vapor, unstable energy and lifting dynamic; the area of rainstorm appearing is the place between low-level 850hPa and shear line 925hPa separating. Lower convergence and upper divergence and the whole-level strong upward movement make for lifting condensation of warm moist air flows in central area of Guangxi; The application of radar data is significant reference value for rainstorm forecast and recognition of mesoscale weather system.

Key words: boundary layer jet, rainstorm, diagnostic analysis, Guangxi

引言

暴雨洪涝作为华南区域最主要的气象灾害之一,历来受到两广气象专家^[1-10]的重点关注,并认为

暴雨发生与西南急流、切变线等密切相关。国内其他专家如孙继松^[11]、郑祚芳^[12]等研究指出:强降水与边界层急流之间存在正反馈作用,降水过程通过改变局地大气温度场的分布,导致边界层气流加速和急

收稿日期:2015-05-17

基金项目:广西自然科学基金(2013GXNSFAA019280)、南宁市科技局科研项目(20153257)、广西气象局重点科研项目(桂气科 201302)和华南区域气象中心科技攻关项目(GRMC2014M12)共同资助

作者简介:苏兆达(1978-),男,广西桂林人,工程师,主要从事中短期、短时天气预报工作。Email:suada@126.com

流的形成。而边界层气流的加速又加强了急流前方的风速辐合,为降水提供更多的水汽和更有利的动力条件。朱乾根等^[13]、魏绍远^[14]、邵玲玲^[15]等研究发现,边界层急流不仅有利于低层水汽的输送和辐合,还可能会影响到垂直速度的强度和上升的高度。同时大量研究表明^[16-22],边界层急流对与暴雨天气过程密切相关的中小尺度系统活动有重要的指示意义。但每次由边界层急流引发的暴雨过程,其强度、落区范围都有所不同,需要通过新的个例分析,总结归纳出预报着眼点,形成可供业务应用与借鉴的预报经验,不断提高暴雨预报准确率。为此,本文利用常规气象资料,结合多普勒雷达产品、欧洲细网格格点资料,对2015年5月22-23日广西一次边界层急流触发的大范围暴雨天气过程进行诊断分析,为日常预报该类暴雨过程提供依据。

1 过程概况

2015年5月22-23日,受高空槽、切变线、地面弱冷空气的共同影响,广西中部出现了一次暴雨到大暴雨,伴有短时雷电大风等强对流天气。此次过程强降雨落区主要位于百色、河池南部、南宁北部、柳州南部、桂林南部、梧州北部等地,最大降雨出现在百色平果耶圩乡306mm;在崇左、南宁、桂林、梧州、玉林等地多次出现短时大风天气,其中凭祥在

23日1时26分出现极大风速为 $23.1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的大风。该过程强降雨主要集中在22日20时至23日08时,并以22日23时至23日05时最为强烈,其中武鸣县陆斡镇忠党水库最大小时雨强达 $95.5\text{mm}/\text{h}$ 。此次暴雨过程具有强度强、范围广、持续时间长、小时雨强大、造成灾害严重的特点。

2 天气形势分析

2.1 天气尺度环流特征

在暴雨过程期间,500hPa在中高纬地区主要维持两槽一脊的环流形势(图略),两槽分别位于西西伯利亚和鄂霍次克海附近,脊区位于贝加尔湖附近,系统缓慢东移;低纬地区以偏西气流为主,华南沿海位于副热带高压边缘,高压脊线位于 16°N 附近。

2015年5月21日20时,在500hPa天气图上,广西位于副热带高压边缘,以偏西气流为主,850hPa切变线辐合较弱,主要辐合区在桂东地区;至22日08时,低层偏南气流加大,850hPa切变线北抬至 25°N 附近,在桂南沿海出现最大风速为 $18\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西南风急流;于5月22日20时,850hPa切变线西段变化不大,东段随着东面偏南气流的加大,切变线北抬至 27°N 附近,同时在河南附近有一个148hPa的大陆高压,湖北恩施(148hPa)-广西南宁(145hPa) $=3\text{hPa}$,在925hPa上恩施(76hPa)与南宁(71hPa)气

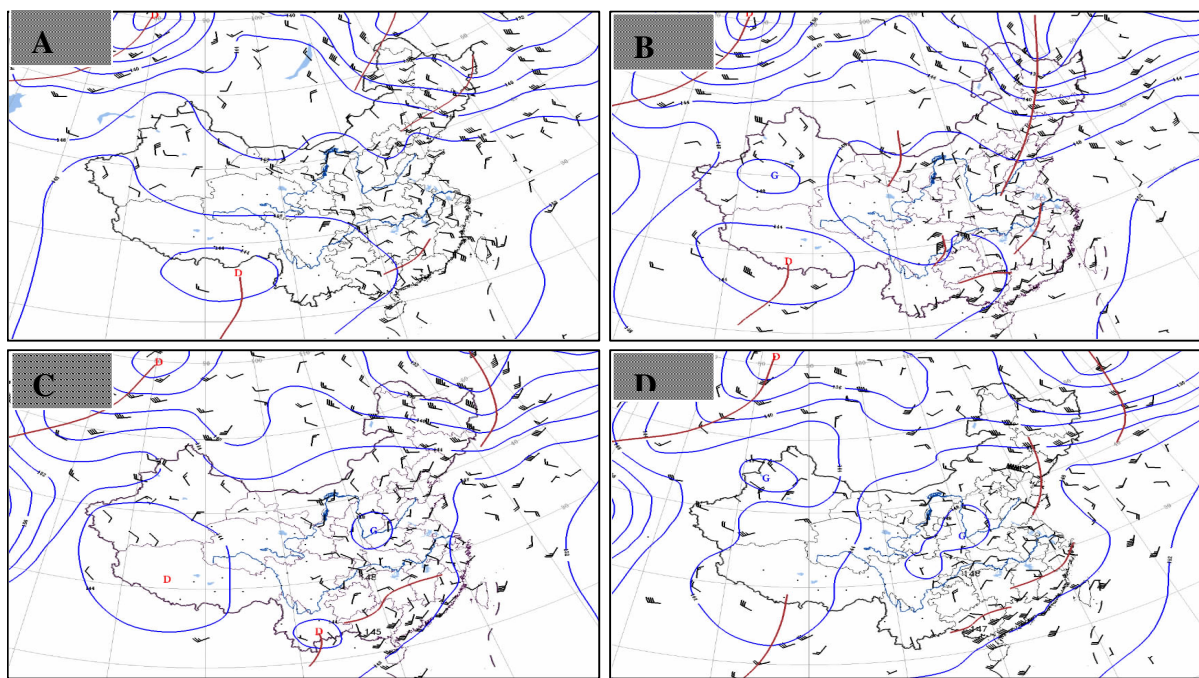


图1 2015年5月21日20时—23日08时850hPa高空形势图
(单位: dagpm)(A:21日20时;B:22日08时;C:22日20时;D:23日08时)

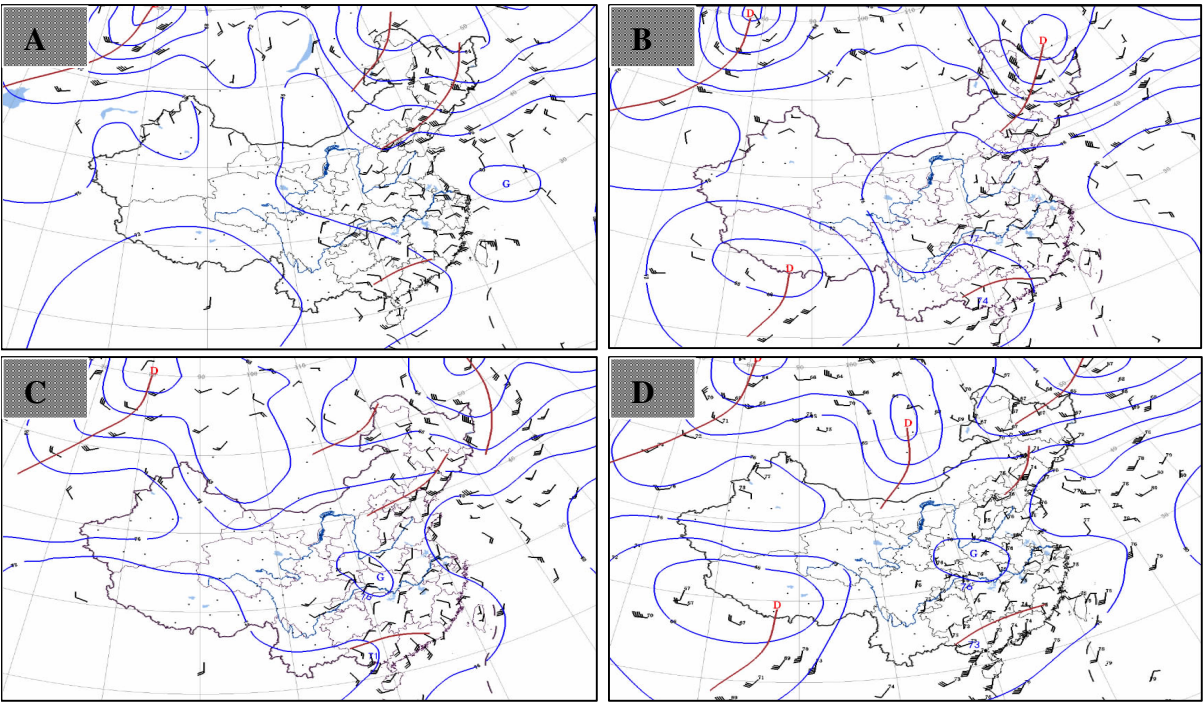


图2 2015年5月21日20时—23日08时925hPa高空形势图(单位: dagpm)
(A:21日20时;B:22日08时;C:22日20时;D:23日08时)

压差仅 5hPa,有利于切变线的南压,并由于 500 百帕华北槽和南支槽东移,进一步引导 850 百帕切变线和地面弱冷空气南下影响广西中北部;到 5 月 23 日 08 时,850hPa 恩施(148hPa)与南宁(147hPa)气压差仅 1hPa,不利于 850hPa 切变线进一步南压,而 925hPa 恩施(76hPa)与南宁(72hPa)气压差仍有 4hPa,925hPa 切变线将进一步南压。此后,随 850hPa

和 925hPa 切变线的明显分离,广西强降水结束。由图 1、图 2 分析得出:此次强降水过程,强降水主要出现在 925hPa 与 850hPa 两层切变线之间,低层偏南急流左侧和急流轴前端的风速辐合区。

2.2 边界层急流(BLJ)分析

由于此次过程强降水落区主要出现在 925hPa 与 850hPa 两层切变线之间、低层偏南急流左侧和急

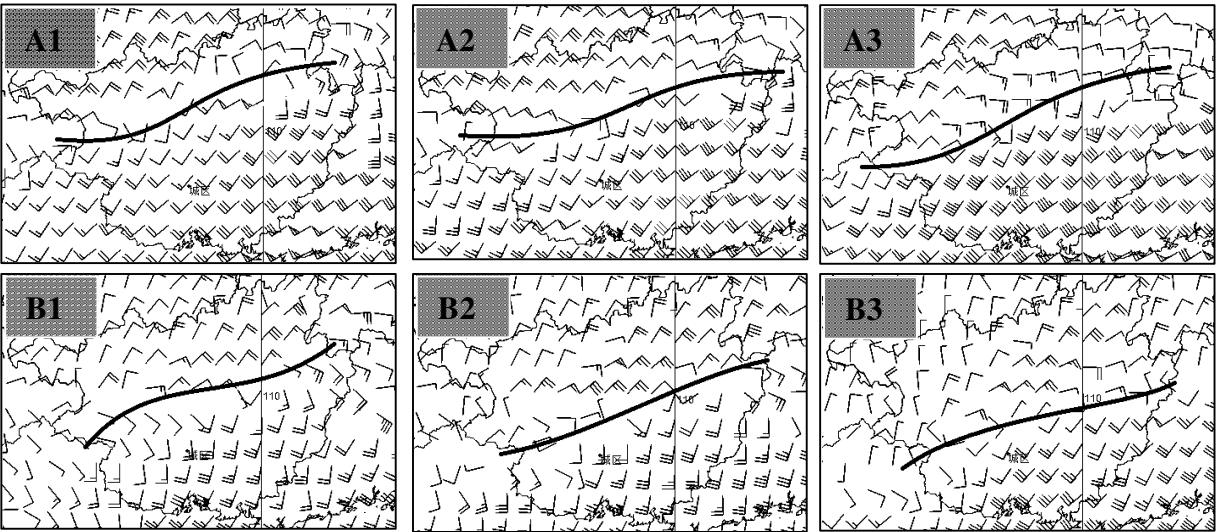


图3 2015年5月22日EC细格点风场20时实况、22日23时和23日05时预报图(单位: m.s⁻¹)
(A1:850hPa 22日20时;A2:850hPa 22日23时;A3:850hPa 23日05时; B1:925hPa 22日20时;B2: 925hPa 22日23时;B3:850hPa 23日05时)

流轴前端的风速辐合区,局地并伴有短时大风等强对流天气,因此要着重分析强降水时段广西境内这两层 EC 细格点风场形势。

由风场的实况和预报图可见(图 3):从 2015 年 5 月 22 日 20 时开始,850hPa 切变线位于 24.5°N 附近,925hPa 切变线位于 23.5°N 附近;随着 850hPa、925hPa 切变线南压,至 22 日 23 时,850hPa 切变线位于 23.5°N 附近,925hPa 切变线位于 23°N 附近;到 23 日 05 时两层切变线都持续维持,位置少变。同时整个强降水时段,850hPa 广西都维持着南北风都大于 $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的急流辐合,但切变线南侧的西南急流轴逐渐由桂东南向西扩展,最后包括整个桂南区域,同时急流轴风速也逐渐加大至 $1812\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;从 22 日 23 时始,925hPa 广西也开始出现南北风都大于 $1212\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的急流辐合。23 日 08 时后,850hPa 切变线开始北抬,而 925hPa 切变线则东移南压,两者间距加大,强降水结束。边界层的偏南风急流(SBLJ)为此次强降水提供了充足的暖湿水汽和抬升条件,同时也是对流不稳定层结的建立和维持者及不稳定

能量的触发者。

3 物理量场分析

3.1 散度场

逐日分析此次过程的散度场,可发现过程期间暴雨区上空,低层辐合、中高层辐散。5 月 22 日 20 时,200hPa 的正辐散中心($28.2\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$)位于桂东,与低层 925hPa 的负辐散中心($-24.7\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$)配合较好;由图 4A 可看出:在 25°N 以北,700hPa 以下为辐合区,强中心位于 925~850hPa 之间,强中心为 $-12.2\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$,在 22.5°N 附近 200hPa 有一强度为 $11.9\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ 的辐散中心,随着切变线的南压,低层辐合中心南压,形成低层辐合、中高层辐散的降水形势;在 23 日 08 时,由图 4B 可看出:虽在 25°N 以北,450hPa 以下仍为辐合区,强中心位于 500hPa 附近,强中心约为 $-18\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$,但切变 850hPa 切变线已位于桂中地区 24°N 附近,此处仅在 925hPa 以下有弱的辐合,并且在 700hPa

有一强度为 $15.1\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ 的辐散中心,降水过程

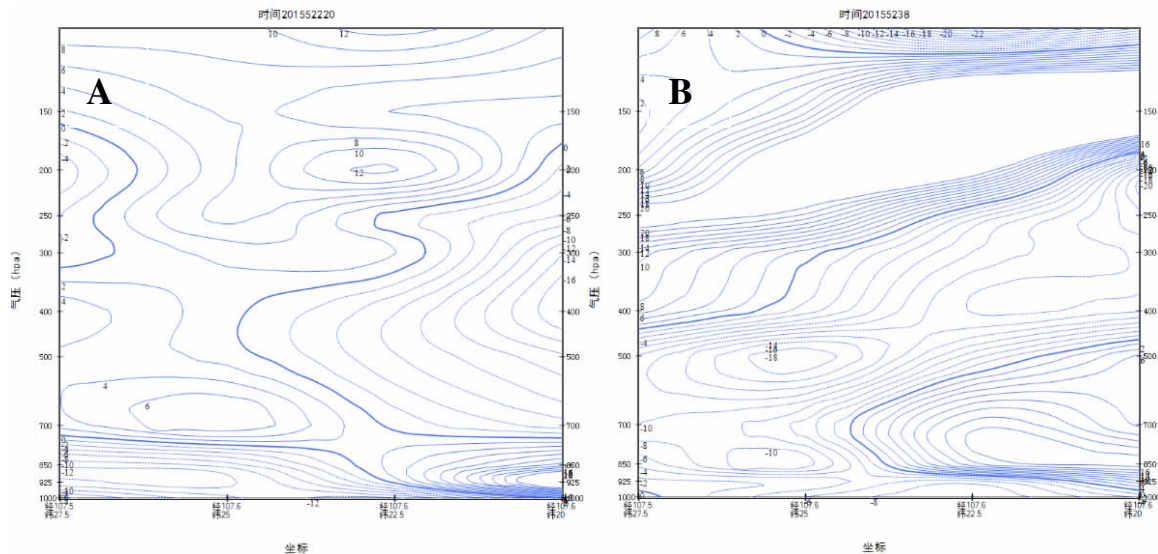


图 4 2015 年 5 月 22 日 20 时和 23 日 08 时沿 107.5°E 、 $20^{\circ}\sim 27.5^{\circ}\text{N}$ 散度垂直空间剖面图(单位: 10^{-5}s^{-1})(A: 22 日 20 时;B:23 日 08 时)

趋于结束。综合分析,强辐合辐散中心出现的时间、范围、位置与强降雨时段、范围和位置都有很好的对应关系。

3.2 水汽通量散度场

水汽通量散度是诊断降水的重要条件之一,强烈的水汽辐合对强降水最为有利。通过对本次大强降水期间的水汽通量散度的垂直空间分布进行分析

(图 5),结果表明,22 日 20 时在 107.5°E 、 25°N 附近,925hPa 有一中心为 $-22.2\times 10^{-7}\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 的强水汽辐合中心,与散度场一样,随着切变线的南压,低层水汽通量辐合中心南压,形成低层水汽通量辐合、中高层水汽通量辐散的降水形势;在桂中一带长时间维持的强水汽通量辐合带为此次暴雨过程聚集了大量的水汽;在 23 日 08 时,虽在 24°N 以北,

450hPa 以下仍有水汽通量辐合,但随着切变线位于 24°N 附近,同时 24°N 以南,在 925~500hPa 有大片的水汽通量辐散区,不利强降水的出现。

3.3 垂直运动

广西区域内,在强降水前(5月22日20时),沿 107.5°E、22.5°N 以北整层都为上升运动,在 27°N 附近 700hPa 强中心达到 $-210 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$;在强降水时段,整层有强烈的上升运动;23日08时在

23.5°N 以南地区上空 800~400hPa 出现下沉运动,随着切变线在桂中的维持,不利切变线南面的降水,强降水趋于结束。

4 新一代天气雷达资料分析

强雷达回波中心的变化与强降雨中心所对应的时段、范围和位置都有较好的对应关系。同时,雷达回波信息也为强对流天气的识别、跟踪、预报提供了

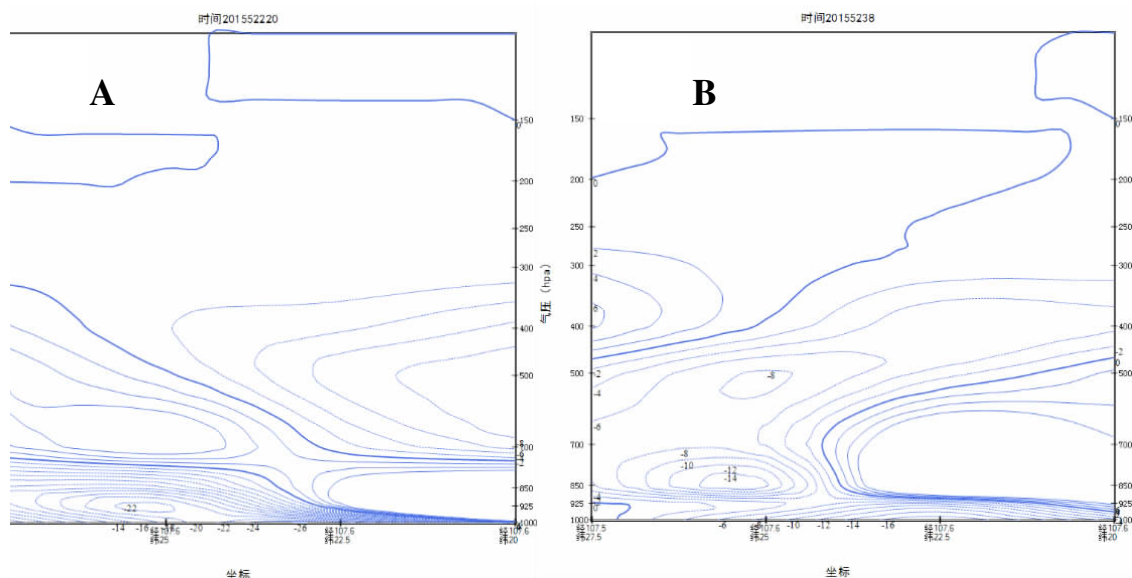


图5 5月22日20时和23日08时沿 107.5°E、20°~27.5°N 水汽通量散度垂直速度空间剖面图
(单位: $10^{-7} \cdot \text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) (A:22日20时;B:23日08时)

依据。从雷达回波强度变化趋势可以得知,降水主体回波自西北向东南压进,但是造成上林暴雨的回波是受到西南气流的影响,自西南向东北移动。如图 6A(见彩页)所示,南部回波经过武鸣北部的忠党水库、那打水库后增强,北部回波经过马山东部的六朝水库后加强。经过大明山山脉的地形抬升作用后,影响上林县城。2时44分北部降水回波经过上林北部的大龙洞水库后再次增强。由图 7(见彩页)可看出:23日2时03分径向速度图(图 7B,见彩页),圆圈区域为中气旋降水云团,在其爬山前,出现较长时间的逆风区,中气旋的强烈辐合上升运动为降水云团的发展和维持提供有利条件。VIL(图 7A,见彩页)在爬坡前达到最强 ($55 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$),降水回波自身所具有的强水汽条件,在边界层西南急流的水汽输送配合下,形成大范围强降水。

由南宁 CINRAD/SA 雷达 2015 年 5 月 23 日风廓线图(图 8,见彩页)可看出:在 23 日 08 时(图 8A,见彩页),在南宁上空 0.3km 处为东北风且风速

较小、0.6km 处为偏西风,说明南宁已受冷空气影响,但影响时间还不长,冷空气强度不强;在 0.9km 以上为西南气流,风速都在 $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上,表明 925hPa 和 850hPa 切变线位于南宁北面且有急流存在;至 23 日 14 时(图 8B,见彩页),南宁上空 0.9km 处为转西北风、1.2km 处为偏西风,但 1.5km 以上仍为西南气流,但在 2.1km 以下风速都低于 $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,表明 925hPa 和 850hPa 切变线分别位于南宁南北两侧,出现明显的分离,边界层急流减弱消失,暴雨过程趋于结束。

5 小结

(1)在中高纬稳定维持两槽一脊的环流背景下,华北槽东移引导 850hPa 切变线和地面弱冷空气南下影响广西中北部,暖湿空气在地面冷垫面上爬行,由于切变线和水汽通量辐合带在桂中附近长时间维持,大量水汽辐合抬升凝结形成强降雨。

(2)边界层西南急流的建立和维持为本次暴雨

提供了前期充足的动力和水汽条件,同时 BLJ 也是此次过程对流不稳定层结的建立和维持者、不稳定能量的触发者。

(3)底层辐合,中高层辐散及整层强烈的上升运动加强了水汽的抬升凝结。

(4)边界层急流、切变线和中小尺度涡旋是此次暴雨的直接原因,地面冷空气对暴雨起增幅作用。边界层急流、切变线的长时间维持,其上不断有中小尺度涡旋生成,使得降水云团在东移过程中不断增强、发展,造成较长时间暴雨。

(5) 雷达资料的应用有利于中尺度天气系统的识别、跟踪,为暴雨天气的预报预警提供了依据。利用雷达风廓线资料能及时准确的判断出各层切变线的南北分离、间距加大的时间,能有效的判断暴雨过程结束时间。

(6)大明山的地形抬升作用,为暴雨云团提供一定的动力抬升作用,云团在经过大明山后有明显的加强,且南北两块回波合并,造成上林全县大范围持续性强降水。

参考文献:

- [1] 高安宁, 陈见. 流场中的奇异线(点)特征与汛期广西暴雨分析 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (3): 1-7.
- [2] 王红军, 白爱娟. 2008 年 6 月广东阳江特大暴雨过程触发机制分析 [J]. 广东气象, 2009, (4): 16-19.
- [3] 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.
- [4] 李阳斌, 李翠华, 邓朝阳. 2013 年 5·16 广东清远特大暴雨分析 [J]. 广东气象, 2015, (1): 27-30+39.
- [5] 苏洵, 罗建英, 苏荣在. 2008 年中国—东盟博览会期间广西暴雨过程分析 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (4): 45-48+110.
- [6] 党国花, 陆广驰. T639 数值预报产品在 2011.5.10—13 广西暴雨过程的释用分析 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32 (S2): 42-43.
- [7] 陈超, 卢山, 任志杰, 纪忠萍. 强西南季风背景下 1311 号台风“尤特”的暴雨特征分析 [J]. 广东气象, 2015, (2): 13-17.
- [8] 刘晓梅, 陈见, 高安宁, 赵金彪, 周云霞. 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] 周能, 李生艳. 08.6 广西连续暴雨的大尺度环流和物理条件分析 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32 (4): 23-26.
- [10] 农孟松, 董良森, 曾小团, 等. “070613” 广西柳州极端暴雨中尺度环境场特征和预报技术分析 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (S2): 5-7, 15.
- [11] 孙继松. 北京地区夏季边界层急流的基本特征及形成机理研究 [J]. 大气科学, 2005, 29 (3): 445-451.
- [12] 郑芳芳, 张秀丽. 边界层急流与北京局地强降水关系的数值研究 [J]. 南京气象学院学报, 2007, (4): 457-462.
- [13] 朱乾根, 周伟灿, 张海霞. 高低空急流耦合对长江中游强暴雨形成的机理研究 [J]. 南京气象学院学报, 2001, (3): 308-314.
- [14] 魏绍远, 林锡怀. 一次梅雨锋气旋波雷暴天气生成的剖析 [J]. 气象科学, 1995, 15 (3): 209-218.
- [15] 邵玲玲, 黄宁立, 郭锐, 等. 一次强飑线天气过程分析和龙卷强度级别判定 [J]. 气象科学, 2006, 26 (6): 627-632.
- [16] 吴海英, 曾明剑, 尹东屏, 等. 一次苏皖特大暴雨过程中边界层急流结构演变特征和作用分析 [J]. 高原气象, 2010, 29 (6): 1431-1440.
- [17] 马旭林, 刘还珠, 薛纪善, 等. 一次江淮强暴雨中尺度系统发生发展的数值试验及机制分析 [J]. 南京气象学院学报, 2004, 27 (3): 263-271.
- [18] 任文斌, 柯文华, 杨新, 林伟旺. 粤东一次前汛期大暴雨过程分析 [J]. 广东气象, 2013, (3): 25-28.
- [19] 杨帅, 丁治英, 徐海明. 梅雨暴雨中高低空急流与西南涡的活动 [J]. 南京气象学院学报, 2006, 29 (1): 24-130.
- [20] 熊英, 陈琼, 吴瑕. 广东前汛期两次暴雨过程的对比分析 [J]. 广东气象, 2015, (4): 10-14.
- [21] 陈伟斌, 高安宁, 陈见, 赖珍权. 不同环境风场条件下两次暴雨过程对比分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (3): 14-20.
- [22] 陈伟, 唐明晖, 张劲强, 胡燕, 陈静静. 湘东北一次大暴雨“列车效应”特征分析和预警服务 [J]. 广东气象, 2014, (4): 38-43+48.