

何珊珊,梁依玲,农孟松.一次东风波背景下的局地强降雨过程分析[J].气象研究与应用,2020,41(2):63-67.

He Shanshan, Liang Yiling, Nong Mengsong. Analysis on a heavy rainfall process under the background of an easterly wave [J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2020, 41(2): 63-67.

一次东风波背景下的局地强降雨过程分析

何珊珊, 梁依玲, 农孟松*

(广西壮族自治区气象台, 南宁 530022)

摘要: 2018 年 8 月 5-9 日, 活动在我国南方的东风波系统强度强、西行可深入至四川盆地, 造成了 7-8 日贵州西南部到广西西北部的暴雨到大暴雨天气。利用常规观测资料、NCEP 的 $1^\circ \times 1^\circ$ 再分析资料、区域自动站资料、FY2G 相当黑体亮温和雷达资料, 对东风波的活动及局地强降雨成因进行分析。结果表明: ①本次过程的影响系统为单纯性的东风扰动, 该扰动强度强、垂直发展深厚、水平呈低涡型式; ②中低层波轴附近及其西侧的低层辐合及上升运动、深厚的暖湿层、低的自由对流高度, 为强降雨的发生和持续发展提供有利动力和水汽条件; ③出现在中层低涡底部及其南侧的东、西暴雨团具有不同的降雨特点, 中尺度辐合加强、中 γ 尺度急流脉动分别起着更重要的作用。

关键词: 东风波; 暴雨; 低涡; 黔桂地区

中图分类号: P458.3

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2020.2.13

OSID:



引言

东风波是副热带高压南侧偏东气流中的一个槽或气旋性曲率最大的波动, 是每年 7-9 月影响我国江南、华南地区的重要天气系统之一。2018 年 8 月 5-9 日, 在对流层高层的东风气流中, 有一闭合低涡出现在东海上空并缓慢西移进入内陆, 西行可深入至四川盆地。这一低涡系统垂直发展深厚、强度强、西行距离长, 实属罕见。受其影响, 8 月 7-8 日贵州西南部到广西西北部出现了暴雨到大暴雨天气, 局地性强、累积雨量大。

对于东风波及其天气, 众多学者通过大量研究, 指出东风波型式多样、对应的天气也各有特点。在结构上, 东风波有不同的伸展高度, 最大振幅可以出现在对流层的不同高度上, 梁必骐等^[1]、吴阳^[2]根据东风波的垂直伸展高度, 将东风波分为中低层东风波、高层东风波和深厚东风波三类。在东风波的坏天气落区上, 在经典的东风波模型^[3]中, 东风波动的槽前

(西部)吹东北风、槽后(东部)吹东南风, 暖湿空气、辐合、上升气流及坏天气均出现在槽后; 梁必骐^[1]等指出, 影响华南的东风波, 降水大部分出现在槽前及槽线附近。在坏天气的天气类型上, 东风波常常带来阵雨和局地的雷电、大风等天气, 它引起的降水强度差异较大, 与其生成时的天气背景^[4]、系统的辐合强弱、水汽条件及其与其它系统的配置都密切相关^[5]。就单纯的东风波而言, 与之相伴的多为对流性天气, 降水量不大, 只有当它与西南季风或其他系统(如热带扰动、冷空气等)相互作用时, 才会造成较大降水^[6]或者较明显的强对流天气^[7]。当西南涡、低涡切变线以及台风残涡活动时, 黔桂地区常有暴雨天气, 目前对低涡相关的暴雨落区及成因分析也有许多成果^[8-10]。

在上述东风波及低涡暴雨的研究成果基础上, 分析发现造成 8 月 7-8 日黔桂地区局地强降雨的天气系统与现有的东风波天气概念模型、低涡暴雨的概念模型并不一致。那么, 此次强降雨过程的成因

收稿日期: 2020-05-20

基金项目: 广西壮族自治区气象局气象科研计划项目(桂气科 2019M06、2017Z02)

作者简介: 何珊珊, (1989-), 女, 广西大新人, 主要从事灾害性天气预报服务及相关研究。E-mail: heshans12@126.com

通讯作者: 农孟松, 主要从事灾害性天气预报和研究工作。E-mail: nmsong1997@163.com

如何?为解决这一问题,本文利用常规观测资料、NCEP 的 $1^\circ \times 1^\circ$ 再分析资料、区域自动站资料、FY2G 相当黑体亮温(TBB)和多普勒雷达资料进行分析,探讨强降雨出现在东风波槽区的局部地区的可能原因,以期加深对东风波暴雨的认识,为改进预报提供参考。

1 降雨特点

2018 年 8 月 7–8 日,贵州西南部到广西西北部出现了大雨到暴雨,局部大暴雨,并伴有密集的雷电活动。区域自动站统计显示,8 月 7 日 20 时–8 日 20 时,贵州、广西两省(区)有 273 站雨量 $\geq 50\text{mm}$, 84 站雨量 $\geq 100\text{mm}$, 最大出现在百色凌云下甲乡双达村 238.1mm, 最大小时雨量出现在百色凌云伶乡(8 日 1–2 时)81.3mm。从空间分布(图 1a)可见,24h 累积超过 50mm 强降雨团有东、西两个,分别位于广西西北部的凌云附近以及贵州南部的黔西到广西

西北部的隆林西林一带。为了方便,下文将暴雨团及其出现的位置分别称为东、西暴雨团(区),如图 1a 所示。

结合暴雨区内逐小时的雨量的统计结果(图 1b、c)及短时强降雨点(小时降雨量超过 $20\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$)的移动特征,可知暴雨区的降雨特征。降雨过程前期(7 日午后)不断有弱的阵性降雨出现,但强降雨集中在夜间,东、西暴雨区的降雨具有不同特点:东暴雨团的短时强降雨点在局地生成并与其南侧快速移来的强降雨点合并,出现的时间短(21:00–04:00),但雨强较强、最强降雨时段(00:00–02:00)有约 2% 的站点雨强达到 $50\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 以上,中尺度特征明显;相比而言,西暴雨区的短时强降雨点较为分散,以局地生成为主,移速缓慢,雨强较弱,整个降水过程中出现 $50\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 雨强的站点数不足 1%,但短时强降雨点出现的时间长,从 7 日 17:00 到 8 日 08:00。

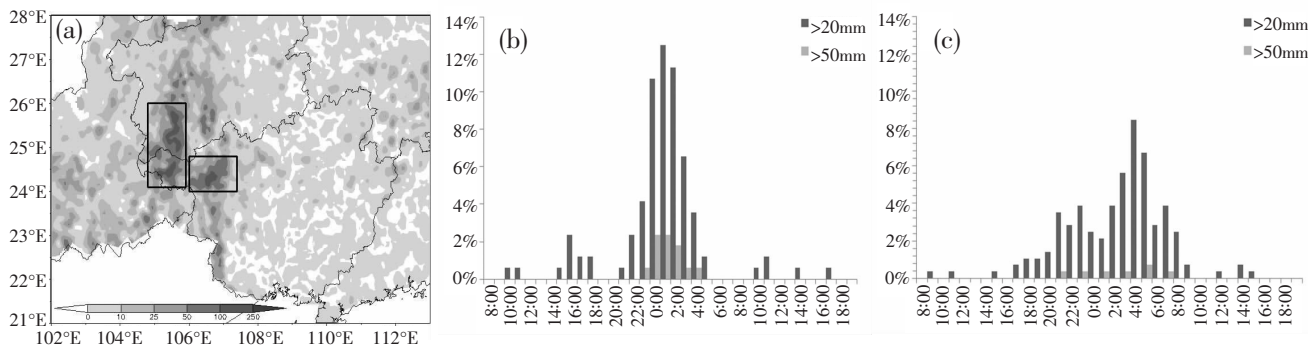


图 1 (a)7 日 20 时–8 日 20 时 24 小时累积降雨分布(方框分别为东、西暴雨区)和东(b)、西(c)暴雨区内小时雨强超过 $20\text{mm}/\text{h}$ 和 $50\text{mm}/\text{h}$ 的站数的比例

2 东风波结构特征

此次降水过程发生在东风气流中的扰动西传的背景下,该扰动较强,配合有尺度较大的闭合低涡环流。8 月 5–9 日,200hPa 南亚高压的中心位于青藏高原上空、脊线位于 35°N 附近,在其东南象限的东风气流控制区,也就是台湾岛以东、日本岛以南的西北太平洋地区,有一低涡环流逐渐向西偏北方向移动。随着高层低涡西传,在其偏西的位置对流层中层有一低涡缓慢西移,低层则为倒槽的型式。在此期间,副热带高压中心稳定在渤海上空,588 线控制江淮和江南北部,地面上江南华南一带为大范围均压场,低涡南侧 500km 范围内没有热带扰动活动。根

据东风波的基本定义^[1],此次影响系统应属于一次单纯的东风波系统。

7 日 20 时,200hPa 低涡中心西移至两湖盆地,中心最大涡度值在 $140 \times 10^{-6}\text{s}^{-1}$ 左右。500hPa 低涡中心移至贵州南部上空,中心涡度值在 $40 \times 10^{-6}\text{s}^{-1}$ 左右。在中低层,贵州省内同样可见高的正涡度值区,位置与 500hPa 低涡基本一致。随着东风波的西传,8 日 20 时 200hPa、500hPa 低涡进一步西移,700hPa 和 850hPa 的正涡度中心受地形的阻挡位置少变,垂直结构出现一定变化(图 2)。结合图 1 可见,强降雨区落在 500–850hPa 低涡底部、云贵高原的东缘,水平风速较弱,仅为 $2\sim 4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

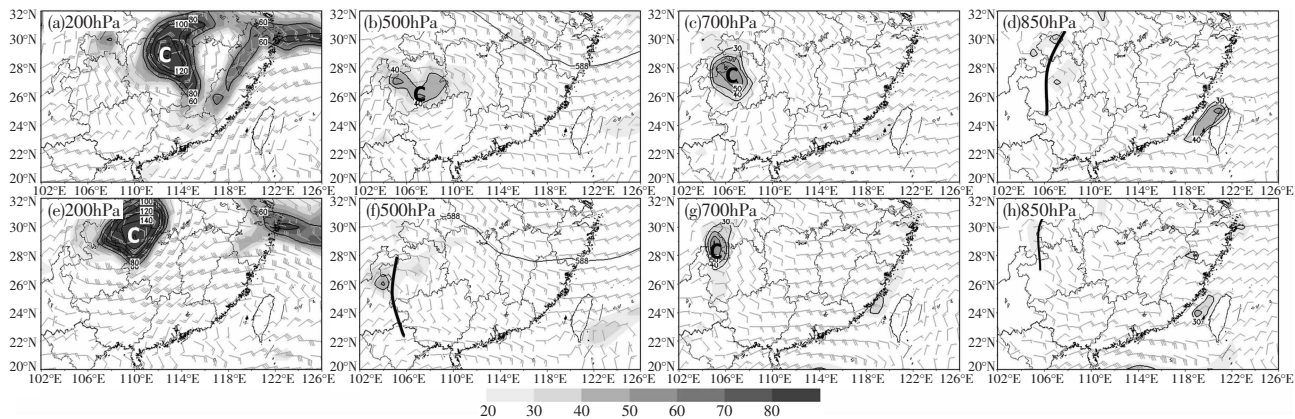


图2 (a-d)7日20时,(e-h)8日20时水平风场(风向杆)和涡度场(黑色实线和填色,单位: 10^{-6}s^{-1})分布,其中C为低压环流中心、黑色粗实线为倒槽所在位置、灰色实线为588线

3 环境条件

7日20时,贵州西南部到广西西部一带为假相当位温超过 348K 、比湿超过 $16\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的高能高湿区,500~700hPa平均风速较弱,风垂直切变小,且该地区700~400hPa为上升区,上升中心位于低涡南侧的滇黔桂交界处,水平尺度约200km,为强降雨的发生和持续发展提供充足的热力条件、不稳定条件和动力条件。受东南到偏南气流影响,大量水汽由南海上空输送到黔桂地区,在云贵高原东部边缘形成水汽辐合。

8日02时,云贵高原东缘出现中尺度的水汽通量及其辐合强度的增强,黔桂交界降水区上空700hPa出现上升运动中心,对局地降雨维持有重要作用。当东风波系统进一步西移,8日08时降雨区上空的水汽条件、热力条件明显减弱,不利于强降雨维持。

分析百色、威宁两站的探空及对流参数发现,7日20时百色站、威宁站上空自由对流高度均在1km以下,湿层深厚,条件不稳定出现在700hPa以下。威宁站对流有效位能为 $676.2\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$,百色站对流有效位能为 $1951.1\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$,明显高于威宁,百色地区更有利于垂直发展旺盛的短时强降雨发生。

4 对流系统活动和组织维持

由于造成暴雨及其以上量级的强降雨与对流系统的活动直接相关,下面利用雷达、TBB、区域自动站等资料,分析中小尺度对流系统的活动特点,探讨不同暴雨区对流系统的组织化特征及维持机制。

4.1 东暴雨区

从雷达组合反射率图(图3)看,7日午后东暴雨区的西部和北部山区有弱的雷暴系统活动(雷暴群i),回波强度35dBz左右、移动缓慢,短时强降雨点少、雨强弱。在降雨造成的局地冷池和中低层引导气流的作用下,雷暴群缓慢移动、传播,合并发展为大片的层状云降雨回波,21时后明显减弱,对流云顶高度逐步降低。但在东暴雨区西南部的迎风坡,21~23时有大量对流单体不断出现(雷暴群ii),发展非常旺盛。当其与雷暴群i合并,强降雨团的范围和强度得到迅速加强。在此过程中,初生对流云团迅速发展,22时对流云顶TBB下降,云盖范围扩大。

北移至东暴雨区的对流系统分别来自于百色市西部山区和崇左市西部。其中,崇左市西部的对流系统由广西崇左和越南交界处初生的雷暴发展而来,17时发展形成南北向的线状对流(雷暴群vi)。伴随着冷池和南北向中尺度辐合线出现在崇左市西南部,雷暴群vi发展旺盛,并向东传播至崇左市境内,组织性大大加强,缓慢沿着中尺度辐合线向北移动;初生在百色市西部山区的对流单体在触发后随着700hPa平均风移动(下山),移至河谷高温高能区时发展旺盛(雷暴群iii)。

雷暴群合并相接之后,桂西出现较大范围的南北向积云层状云混合性降水回波带。在强降雨时段(00:00~02:00),强度超过45dBz,回波顶可发展到12km以上的积云性降水回波中心在东暴雨区西南部的迎风坡不断生成和发展,直接造成了东暴雨区的强降雨。在百色雷达速度图及VWP产品(图4)可见百色附近在0.6~1.8km的低空有超过直径20km左右 $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 强风区,2km高度处 $\geq 15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 强风区逐

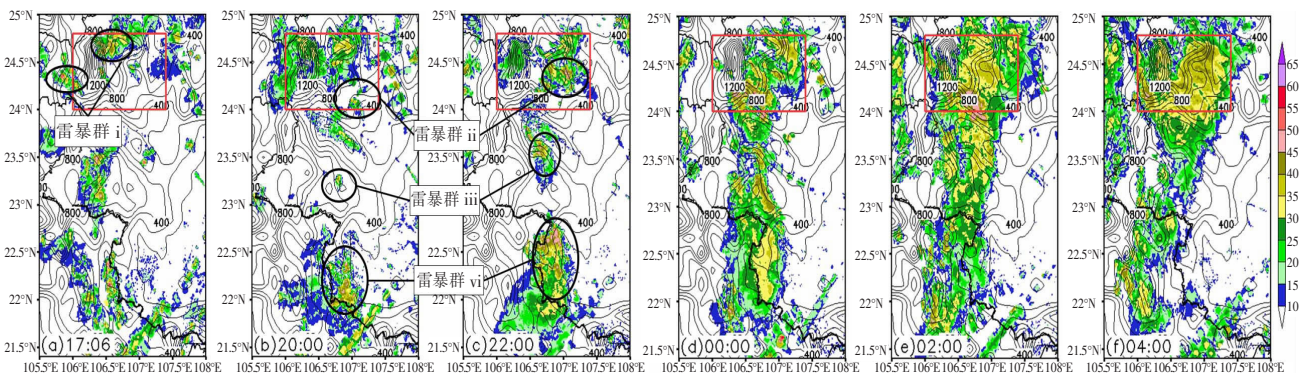


图3 SWAN 雷达组合反射率拼图(填色)及地形等高线(等值线),红色框为东暴雨区

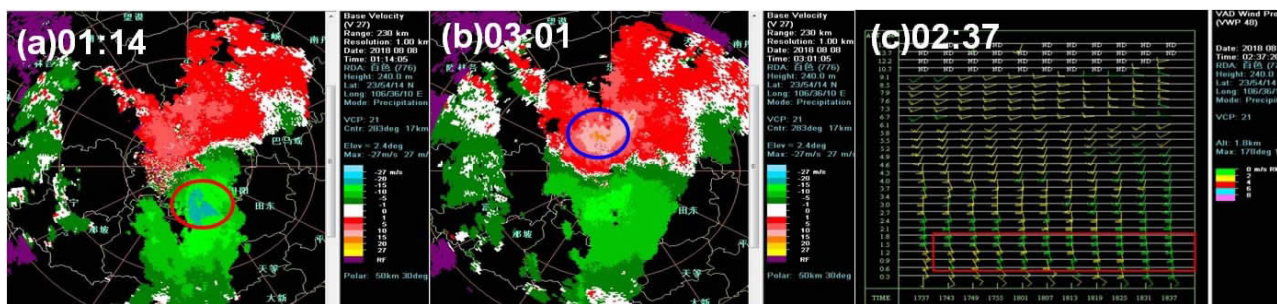


图4 百色雷达 2.4°仰角多普勒速度图(a-b)、垂直风廓线(VWP)产品(c)

渐向北推进,中 γ 尺度急流脉动的出现对降雨增强有重要作用。

4.2 西暴雨区

从兴义单站雷达和降雨分布上看,西暴雨区的北侧在7日18时前有旺盛的对流系统活动,回波强度在35dBz左右,西暴雨区北界出现密集的短时强降雨点。7日傍晚前后,西暴雨区北部和中部先后出现弱的雷暴群(雷暴群a,b),并随着500~700hPa平均气流缓慢南移,逐渐合并、相接,23时在东暴雨区中北部发展为大片的层状云降水回波。在西暴雨区南部,23时前有分散的对流活动,组织性差(雷暴群c)。这些雷暴群以局地生消为主、移动性差,伴有初

生对流云迅速发展,23时后逐渐发展为大片的层状云降水回波。此层状云降水回波强度在35dBz左右,稳定少动,可以持续到8日10时左右,是造成当地强降雨的最直接、最主要的系统。

综合上述分析可见,在500~850hPa低涡底部及其以南的大范围地区(东风波槽区),暴雨发生前已经预备了充沛的水汽、热力、不稳定条件。其中,西暴雨区与中尺度的系统性上升中心、低层中尺度辐合区对应较好,东暴雨区对流条件更佳,加上中低层引导气流较弱,再与中尺度的触发和组织条件、地形条件配合,对流系统在较小范围内组织发展和维持,最终导致强降雨出现在东风波槽的局部地区。

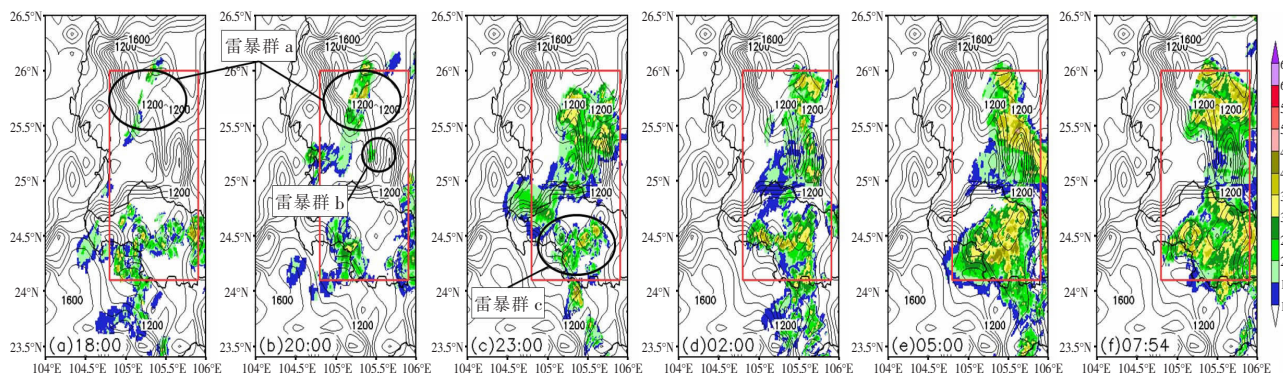


图5 SWAN 雷达组合反射率(填色)及地形等高线(等值线),红色框为西暴雨区

5 结论与讨论

受东风波西行影响,2018年8月7–8日黔桂地区局部出现了暴雨到大暴雨天气,降雨出现在复杂山地、局地性强、累积量大。通过对东风波结构、环境条件、对流系统活动和组织维持机制进行分析,得到如下结论:

(1)本次过程的影响系统为单纯性的东风扰动,与西南季风或其他系统没有相互作用;该扰动强度高,垂直发展深厚,在水平方向上呈低涡的型式,垂直结构在西行中有一定变化。

(2)东风波中低层波轴附近及其西侧的低层辐合以及上升运动,为强降雨提供了有利的动力条件;深厚的暖湿层、低的自由对流高度、充足的水汽输送,为强降雨的发生和持续发展提供有利热力和水汽条件。

(3)强降雨区有东、西两个暴雨团,降雨特点和成因不同:东暴雨团由局地生成、与南来雨团合并而成,雨强强、中尺度特征明显,由发展旺盛的积状云降水回波不断出现直接造成,与中 γ 尺度急流脉动、地面中尺度辐合线及地形有关;西暴雨团以局地生成为主,雨强弱、持续时间长,由层状云降水回波长时间维持造成,与中尺度辐合加强有更密切的关

系。弱的引导气流是导致强降雨局地性重要因素。

参考文献:

- [1] 梁必骥,王安宇,梁经萍.热带气象学[M].广州:中山大学出版社,1990:158–176.
- [2] 吴阳,周毅.影响我国的东风波特征分析[J].海洋通报,2005(3):88–91.
- [3] 包澄澜.影响长江中下游的东风波个例分析[J].南京大学学报(自然科学版),1974(2):75–88.
- [4] 赵江洁.影响广西的东风波特点[J].广西气象,2004,25(2):8–9+16.
- [5] 林确略,彭武坚,刘金裕.影响桂东南东风波特征及其概念模型[J].气象研究与应用,2010,31(1):5–10.
- [6] 王忠东,曹楚,符生辉.影响浙闽沿海的两次东风波过程对比分析[J].广东气象,2011,33(2):20–25.
- [7] 许爱华,马中元,叶小峰.江西8种强对流天气形势与云型特征分析[J].气象,2011,37(10):1185–1195.
- [8] 高安宁,李生艳,陈见,等.弱环境风场条件下华南西部大范围暴雨特征分析[J].热带气象学报,2009,25(S1):9–17.
- [9] 陈见,赖珍权,罗小莉,等.“尤特”超强台风残留低涡引发的广西特大暴雨成因分析[J].暴雨灾害,2014,33(1):19–25.
- [10] 韩林君,白爱娟.2004–2017年夏半年西南涡在四川盆地形成降水的特征分析[J].高原气象,2019,38(3):552–562.

Analysis on a heavy rainfall process under the background of an easterly wave

He Shanshan, Liang Yiling, Nong Mengsong

(Guangxi Meteorological Observatory, Nanning 530022)

Abstract: Using conventional observation data, NCEP $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ reanalysis data, regional automatic station data, FY2G equivalent blackbody brightness and temperature radar data, the causes of the South China easterly wave activity and local heavy rainfall on August 5–9, 2018 were analyzed. The results showed that (1) the influence system of rainstorm weather process from Southwest Guizhou to Northwest Guangxi on August 7–8 was a simple east wind disturbance, which had a strong intensity, deep vertical development and low horizontal vortex pattern. (2) The convergence and ascending motion of the lower layer near the wave axis of the middle and lower layer and its west side, the deep warm and humid layer and the low free convection height provided favorable dynamic, thermal and water vapor conditions for the occurrence and sustainable development of heavy rainfall. (3) The rainfall area was located at the middle-level vortex bottom and its south side. The characteristics and causes of rainfall were different. Mesoscale convergence and meso- γ scale jet fluctuation played more important roles respectively

Keywords: easterly wave; heavy rainfall; low vortex; Guangxi and Guizhou region