

文章编号:1673-8411 (2016) 04-0041-05

广西一次连续性暴雨过程分析

屈梅芳¹, 古文保²

(1.广西区气象台, 广西 南宁 530022; 2.广西气象减灾研究所, 广西 南宁 530022)

摘要:利用常规资料、物理量场特征和卫星云图等资料,对2012年6月22日~24日连续性暴雨过程进行诊断分析,结果表明:这次降水过程是由于副高加强西伸,高空槽加深,冷空气南下和副高西侧暖湿的偏南气流辐合产生的;由于这些环流系统的相互作用:水汽条件充足、湿度大、饱和层厚;低层辐合,高层辐散,垂直上升运动强烈;高温、高湿气流,不稳定能量大;另外利用卫星云图以及多普勒雷达图进行中尺度分析发现:强对流回波是暴雨过程的重要特征;逆风区和中小尺度辐合的出现都有利于暴雨的产生。

关键词:连续暴雨;诊断分析;雷达回波;中尺度系统

中图分类号:P458.1*21.1

文献标识码:A

A continuous torrential rain process analysis in Guangxi

Qu Mei-fang, Gu Wen-bao

(1.Guangxi Meteorological Observatory, Nanning Guangxi 530022; 2. Guangxi Meteorological Disaster Mitigation Institute, Nanning Guangxi 530022)

Abstract: Based on the conventional data, physical quantity field and satellite cloud image, a continuous torrential rain process during June 22 ~ 24, 2012 was diagnosed analyzed, the results show that the precipitation process is due to the subtropical high strengthening westward, upper trough deepened, cold air southward and the warm-and-moist south flow convergence on the west side of subtropical high; Because of the interaction of these circulation systems: water vapor is sufficient, humidity is big, saturated level is thick; low-level convergence and high-level divergence, vertical upward movement is strong; High temperature and high wet jet show the unstable energy; In addition by using satellite imagery and Doppler radar to make the mesoscale analysis, it is found that: strong convective echo is important characteristic of the heavy rain; and the upwind and the emergence of small and medium scale convergence are advantages to the heavy rain.

Key Words: continuous torrential rain; diagnostic analysis; radar echo; mesoscale system

1 引言

暴雨是我国夏季多见的一种灾害性天气。4-6月暴雨区主要出现在华南,为华南前汛期暴雨,暴雨主要由高空槽、锋面、切变线、低涡等天气系统引起^[1]。薛纪善等^[2]对1994年华南特大持续性暴雨的研

究认为华南前汛期暴雨是西风带系统与低纬度气流共同作用的结果,前汛期暴雨是一次冷暖气流交汇的结果,低空急流在暴雨的发生过程中有着不可忽视的作用,而西南急流的增强和减弱往往与低纬度环流变化有关。暴雨多发生在低空急流轴线的左前方^[3]。许多学者^[4-21]对华南暴雨进行了深入研究,发

收稿日期:2016-05-16

作者简介:屈梅芳(1989-),女,助理工程师,学士,主要从事短时临近预报预警工作。

现此时的暴雨主要是中纬度天气系统和低纬度天气系统相互作用的结果。本文利用常规资料、物理量场特征和卫星云图等资料,对 2012 年 6 月 22 日~24 日连续性暴雨过程进行诊断分析,以期得出对暴雨预报有益的结论。

2012 年 6 月 22 日~24 日白天,受副热带高压、高空槽和地面冷空气的共同影响,广西出现了 2012 年最大一次西风带暴雨天气过程,主要降雨区域出现在广西中南部和东部。较强雨带 22 日之前随时间自南向北移动,23 日开始雨带从北向东南移动消失。这次过程具有降雨时段集中、暴雨范围广、局地强度大的特点,导致蒙山、金秀、荔浦等市的一些地区出现暴雨洪涝灾害。

2 气尺度环流背景

2012 年 6 月 22 日 20 时(北京时,下同)天气图上(图 1)为 500hPa 等高线、槽线以及 850hPa 风场的叠加(同下),分析可见广西受高原槽前上升运动,850hPa 切变线有利于气流辐合上升,副热带高压西伸,加强西南气流的影响;850hPa 广西东南侧出现一支西南急流,这为广西暴雨提供了充足的水汽和能量。这种高低空配置有利于暴雨的生成。

2012 年 6 月 23 日 20 时天气图(图 2),高原槽线北抬东移,副热带高压虽然东撤,但环流强度仍然较强,850hPa 低压东移进入广西,切变线仍维持在广西中部,850hPa 西南急流仍然维持。随后由于冷空气的加强、副高继续东撤以及槽线东移的影响,24

日广西雨带由北向东南方向移动,最后移出广西。

综上所述,这次降雨过程期间,高空槽的不断加深东移经广西上空,850hPa 低涡切变在广西滞留,冷暖气团在较长的一段时间内相互对峙,并维持在广西上空,这是形成连续降水的主要原因。冷空气的影响以及 850hPa 强盛的西南急流都有利于降水的维持。

3 物理量分析

暴雨发生的三大条件为:(1)源源不断的水汽输送(2)持久而强盛的上升运动(3)大气层结处于不稳定状态。接下来将从这三方面来分析这次的暴雨过程。

3.1 水汽条件分析

从 850hPa 比湿场演变(图略)来看,整个暴雨期间,广西的比湿一直维持在 $12\text{gk}\cdot\text{g}^{-1}$ 以上,强降雨区域则维持在 $14\text{gk}\cdot\text{g}^{-1}$ 以上,最大时比湿超过了 $16\text{gk}\cdot\text{g}^{-1}$,这说明暴雨维持期间广西的水汽一直很充沛。

分析 22 日到 24 日逐日的 850hPa、700hPa 层的水汽通量场(图略),我们发现,在这次过程中有 2 条明显的水汽通道:一条是经中南半岛沿副热带高压边缘进入广西境内;第二条是经南海北部沿副热带高压边缘进入广西境内;第一条通道对应的最大水汽通量轴的水汽通量值为 $26\text{kg}\cdot(\text{hPams})^{-1}$,而第二条通道对应的最大水汽通量轴的水汽通量值为 $10\text{kg}\cdot(\text{hPams})^{-1}$,对比发现第二条通道在这次暴雨过

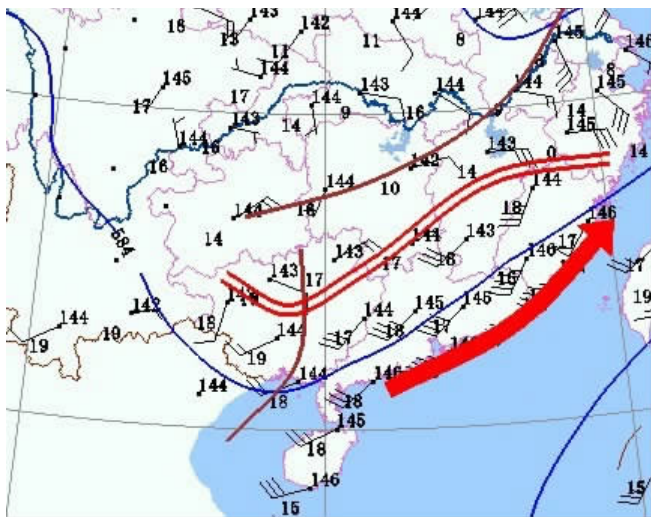


图 1 2012 年 6 月 22 日 20 时天气图

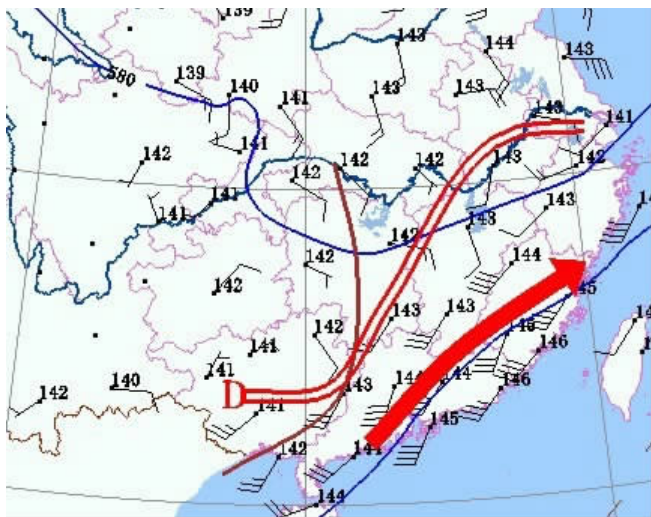


图 2 2012 年 6 月 23 日 20 时天气图

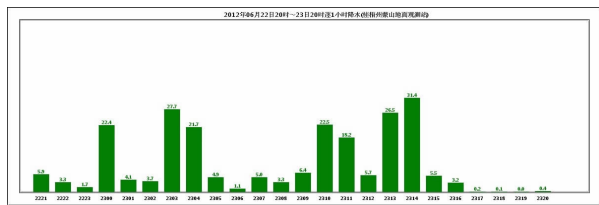


图3 蒙山站6月22日20时-23日20时逐小时雨量图

程的水汽输送中起了极为重要的作用,是这次暴雨过程最为主要的水汽输送通道。

水汽通量散度是表征水汽辐合强弱的物理量,负值表示辐合,正值表示辐散,日常预报业务中通常用低层925百帕的水汽通量散度来判断水汽辐合的大小。

经分析(图略),23日08时,广西中南部水汽通量散度值达到 $-80\text{kg}\cdot(\text{hPa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s})^{-1}$ 以上,整个广西地区水汽通量散度都处于负值区,对应的广西全区降水,且在广西的中南部地区降水强度最大;23日20时,广西境内整体水汽通量散度减弱,水汽通量散度负值中心位于广西的中东部,对应的雨带向东移;24日08时,水汽通量散度负值中心继续东移,强度继续减弱;24日20时后,转为正值,广西降水趋于减弱。由此看来,强降水中心与水汽通量散度中心分布一致,降水强度与水汽辐合强度呈正相关。

3.2 散度场和垂直速度场特征

利用实况物理量资料,分析了暴雨期间925hPa散度、200hPa散度和500hPa垂直上升速度的水平分布特征,进一步分析了散度和垂直上升速度的时间—高度的变化特征。

在6月23日08时925hPa散度、500hPa垂直上升速度的水平分布特征和200hPa散度分布(图略);经分析发现23日广西低层大部分为辐合区,辐合中心位于桂中偏南。中心值超过了 -20s^{-1} ;高层200hPa散度场上,广西大部分地区都有明显的辐散,辐散中心位于广西东部,但对应的广西中部和南部都有较强的辐合;从500hPa垂直上升速度分布可以看出广西全区都有一定的上升运动,强度中心位于广西的中部。综合三个高度的物理量配置和23日广西雨量落区范围广的实况相一致。



图4 地面流场辐合线 黑色线为23日00时、灰色线为23日03时

在6月24日08时925hPa散度、500hPa垂直上升速度的水平分布特征和200hPa散度分布(图略);分析可发现24日低层的辐合较23日的弱,且中心向东南方向转移。对应的200hPa散度的辐散区以及中心位于广西的东南部,500hPa垂直速度也相应地表现出广西东部有明显的上升运动,这和24日雨带向东偏南移动是对应的。

3.3 稳定度分析

高温、高湿对应着高能。这里我们用总温度来表示总能量。分析850hPa广西上空的总温度场发现,暴雨期间从中南半岛向广西伸出一条近东西向的高能舌,总温度在 72°C 以上,高能舌的前侧为中尺度对流系统活动和未来暴雨的落区。

假相当位温(θ_{se})是表征大气温度、压力、湿度的综合特征量,其垂直变化可用来表征大气稳定度,其高值区亦为高能区。在暴雨前期、暴雨期间、暴雨后期,广西上空的850–700hPa假相当位温 θ_{se} 基本都 $\geq 350\text{K}$ 以上,这表明,广西的大气低层一直存在大量的不稳定能量,一旦有触发机制,大气中的不稳定能量就会迅速释放,有利于强降水。这次暴雨过程中冷空气源源不断的补充是其触发机制之一。 k 指数是能较好地反映大气稳定度的物理量,分析本次过程的 K 指数变化我们也发现,和 θ_{se} 值一样,在暴雨发生前期、期间及后期,广西上空也一直维持着一条东西向的 k 指数高值舌,22日–23日, k 指数的峰值达 42°C ,说明大气层结及其不稳定,容易产生对流性天气。

温度-对数压力图表示大气压、温、湿的垂直分布及气块在绝热过程中的状态变化。可以用来分析大气层结稳定度,计算不稳定能量。

在23日08时广西偏南地区的南宁探空站的温度对数图上(图略),经分析可知,23日08时,该地区积聚的不稳定能量(圆中红色阴影部分)大且深厚;图中绿色线为露点温度曲线,蓝色线为温度曲线,从图中可以看出在650hPa左右以下, $T-T_d \leq 4-5^\circ\text{C}$,湿度大,湿层厚;对流有效位能CAPE值达到 $1341.5\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$,不稳定能量大;另外6km以下风切变小有利于暖心结构的形成,抬升凝结高度低有利于水汽的凝结,综合这些因素有利于暴雨的产生;广西地区其他探空站,测出的温度对数图都呈现出稳定能量大,湿度大,湿层厚的特点,这与23日广西大部分地区出现暴雨的实况是相一致的。

4 中尺度系统分析

这里选取暴雨过程中出现大暴雨的站点蒙山进行中尺度分析。蒙山大暴雨出现在暴雨过程开始阶段,24小时内(22日20时-23日20时)雨量为224mm,逐时雨量 $\geq 10\text{mm}$ 的出现7个时次(22日23时-23日00时、23日02时-04时、23日09时-11时以及23日12时-14时),最大的出现在23日13~14时,达31.4mm;因此从蒙山站的逐小时雨量分布图(图3)可见暴雨雨团有中尺度特征。

4.1 地面流场

红色线为23日04时、棕色线为23日10时、紫色线为23日13时、蓝色线为23日14时

低层气流辐合,根据大气质量连续方程,空气受地面的限制,必然造成上升运动,当有充分的水汽条件时,这种上升运动常常导致很强的降水,因此地面辐合线为降水的触发机制之一。

利用地面自动站观测资料,分析上述降雨时段中逐时雨量 $\geq 10\text{mm}$ 时的地面流线变化情况(如图4):小时强降水都出现在23日,分析图4可知,23日地面辐合线位置变动很小,长时间压在蒙山南边附近,持续的时间长,有利于降水的维持;辐合线由偏北气流和偏南气流辐合形成,其降雨性质为典型的锋面降水。

4.2 卫星云图分析

暴雨和强对流天气是在多种尺度系统相互作用的条件下发生发展的,即在一定大尺度环流形势下由嵌入天气尺度系统的中小尺度系统直接造成;具有高时空分辨率的气象卫星能观测到中小尺度系统的移动、排列和发展演变等重要特征。

利用FY-2C红外云图(图5,见彩页)分析上述蒙山站降雨时段中逐时雨量 $\geq 10\text{mm}$ 时对流情况;分析这次暴雨过程逐时的FY-2C红外云图演变可看到,广西的西北地区对流云团不断生成、合并和发展。在蒙山地区出现小时强降水时,对流云团最为旺盛;多个中尺度对流云团移入广西或在广西生成、合并、发展,是暴雨能在广西境内连续发生的重要原因。

4.3 雷达降水回波分析

多普勒天气雷达能探测到反映降水强度的反射率因子,利用这一雷达探测资料分析和识别天气系统的发生发展过程对暴雨等强对流天气监测和短时预报具有重要意义;多普勒天气雷达不仅能探测到反映降水强度的反射率因子,而且能探测到反映大气风场特征的径向速度、谱宽等。利用多普勒天气雷达资料特别是径向速度资料分析和识别冷锋、辐合线、低空急流等天气系统的存在及发生发展过程无疑对暴雨等强对流天气的监测和短时预报有重要意义。

一般认为,产生短时强降水需要有两个因素:相对强的回波和持续相对长的时间。连续跟踪桂林雷达基本反射率因子演变以及对应的径向速度图分析蒙山23日4个时段的小时强降水。蒙山23日09时-10时的降水量为22.5mm,分析09:16的雷达图可知,此时雷达回波强度为45dBz,对应的径向速度图为向着雷达站的偏南风有利于水汽的输送;10时-11时的降水量为18.2mm,分析10:03的雷达图可知,虽然此时的雷达回波强度有所增强,但由于对应的径向速度明显减小,所以小时降水量相对减小。12时-13时的降水量为26.5mm,随着时间的推移强对流云团不断生成,移动和发展,分析12:38的雷达图可知,此时在蒙山地区有零星的对流云团生成,回波强度达到45dBz以上,对应的径向速度图上,蒙山北部附近出现逆风区并向蒙山靠近,为蒙山带来较

强的降水;13时-14时的降水量为31.4mm为蒙山站最大的小时降水量,由13:20的雷达图可知,回波强度继续维持45dBz以上,对应的径向速度图上,蒙山地区有明显的辐合,并出现了逆风区,此逆风区为正速度区中包含负速度区,逆风区在蒙山的北面,持续时间长,有利于降水的维持。逆风区的出现表明此处的风向发生了剧烈的变化,产生了强烈的风切变和辐合。也表明该强回波带上中小尺度扰动明显。当云团进入“逆风区”时,发展更加强盛,回波强度往往增强。逆风区是中尺度的辐合辐散,是短时暴雨预报的一个判据。

5 小结

综合利用常规资料、多普勒雷达探测数据、气象探空和地面加密观测数据、卫星云图等资料,对此次连续性暴雨过程进行诊断分析,得到以下结论:

(1)高空槽加深,低层低涡切变滞留,冷空气南下和副高西侧暖湿偏南气流辐合,为暴雨产生提供天气尺度的抬升条件,是形成这次暴雨过程的主要原因。

(2)这次暴雨过程的条件充足:水汽条件充足、湿度大、饱和层厚;低层辐合,高层辐散,垂直上升运动强烈;高温、高湿气流,不稳定能量大。

(3)在卫星云图上强对流云团不断在广西地区生成、合并和发展,有利于降水的维持。

(4)雷达回波图上的逆风区和中小尺度辐合的出现有利于暴雨的产生。地面中尺度辐合线长时间在蒙山一带滞留,强降雨云团沿辐合线移动形成“列车效应”,直接导致大暴雨产生。

(5)利用云图追踪雨团移动,结合地面自动站观测资料,再和雷达观测配合,可大大提高突发性暴雨的预警能力,降低灾害程度。

参考文献:

- [1] 陶诗言.中国之暴雨[M].北京:科学出版社,1998.
- [2] 薛纪善.1994年华南夏季特大暴雨研究[M].北京:气象出版社,1999.
- [3] 朱乾根林锦瑞,寿绍文,等.天气学原理和方法[M].北京:气象出版社,1981.
- [4] 陈伟斌,高安宁,陈见,等.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.

- [5] 欧坚莲,蓝英.2002年5月桂东地区两场区域性暴雨过程对比分析[J].广西气象,2002,13(4): 16—18.
- [6] 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.
- [7] 唐新,林宗桂,黎家宜,等.一条南北向暴雨带的降雨特征及成因分析[J].气象研究与应用,2009,30(3): 2—4.
- [8] 熊文斌,沈桐立,钟利华.2005年6月华南持续性暴雨爆发和维持机制分析[J].广西气象,2006,27(4): 11—15.
- [9] 李永平,詹宗明.一次大暴雨过程的分析[J].气象研究与应用,2011,32(4): 4—5.
- [10] 陈伟斌,陈见,赵金彪,等.一次飑线大风天气过程成因分析[J].气象研究与应用,2015,36(1): 14—19.
- [11] 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(S): 132—134.
- [12] 卢建壮.梧州副高边缘午后局地性短时雷暴大风潜势预报初步[J].气象研究与应用,2008,29(1): 13—15.
- [13] 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.
- [14] 石,磊.一次宏下击暴流的雷达回波特征分析[J].气象研究与应用,2009,30(3): 16—19.
- [15] 蓝春灵,韦春霞.春季一次强对流天气过程分析[J].气象研究与应用,2009,28(S): 85—86.
- [16] 陈恒明.一次强飑线雷达回波和云图特征[J].气象研究与应用,2007,28(2): 23—26.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.