

卢小丹,岑妍妍,黄开刚,等. “8·24”百色特大暴雨过程成因和预报难点分析[J]. 气象研究与应用, 2023, 44(4): 52–58.

LU Xiaodan, CEN Yanyan, HHANG Kaigang, et al. Analysis on the causes and forecasting difficulties of the “8·24” extreme rainfall event in Baise[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2023, 44(4): 52–58.

“8·24”百色特大暴雨过程成因和预报难点分析

卢小丹¹, 岑妍妍¹, 黄开刚¹, 刘国忠²

(1.百色市气象局, 广西 百色 533000; 2.广西壮族自治区气象台, 南宁 530022)

摘要: 利用常规高空和地面气象观测数据、自动站气象观测数据及欧洲中期天气预报中心全球第五代大气再分析数据集(ERA5)等资料,对2023年8月22—25日百色市特大暴雨过程进行分析。结果表明:(1)此次过程具有一定的极端性。最大累计降雨量和日降雨量250 mm以上的特大暴雨出现在岑王老山东南侧。(2)强降雨发生在中、低层低涡受副热带高压阻挡在桂西停滞的形势下,湿层深厚、对流不稳定较强、抬升凝结高度和自由对流高度较低,适当的0℃层高度使暖云层较厚,在弱的垂直风切变下提高了降水效率。(3)在无低空急流的情况下,低层偏南风风速夜间加大,增强水汽输送和低层的辐合及垂直运动,导致强降水具有明显的夜雨特征。(4)低层东南风与岑王老山迎风坡耦合产生强烈上升运动,并在迎风坡以南形成垂直环流,利于产生对流;山脉的阻挡作用使雨带停滞,导致特大暴雨的发生。(5)数值模式降水产品的预报差异,无低空急流情况下水汽条件能否满足特大暴雨发生,地形的复杂机制等因素给此次过程的预报造成很大难度。

关键词: 特大暴雨;低涡;迎风坡;数值模式

中图分类号: P457.6

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2023.4.08

在全球变暖的气候背景下,极端降水事件呈现频发、广发趋势,特大暴雨在极端降水事件中致灾风险高、发生概率小、预报难度大^[1-3]。产生极端强降水的条件有稳定的环流形势、天气尺度系统的维持、多尺度系统的叠加以及地形的抬升等^[4-5]。许多气象工作者对华南和广西的极端强降水天气从不同方面进行研究^[6-10],取得许多成果,对提高广西极端降水天气预报水平有很好的借鉴作用。张凌云等^[11]分析指出,地面辐合线是暴雨触发的重要机制,迎风坡抬升和喇叭口地形对暴雨有重要增幅作用。陈绍河等^[12]研究表明,山区大暴雨的出现和低层西南急流、地面中尺度辐合线密切相关。肖志祥等^[13]对1415号台风“海鸥”暴雨开展地形降水订正研究,为复杂地形下的暴雨预报提供更有利的客观参考。黄滢等^[14]分析指出,低空急流脉动是暖区暴雨的重要触发机制。

百色市地处广西西部,地形复杂,南北为山区,中部为河谷。暴雨是百色市最主要的灾害性天气之一,在山区经常因暴雨引发山洪、滑坡、泥石流等灾

害。素有“桂西屋脊”之称的岑王老山位于百色市东北部,其东南侧有向河谷地区开口的喇叭口状分支,位于其东南侧的凌云县成为百色市暴雨中心之一。2023年8月22—25日,百色市出现持续性强降雨天气过程,单站过程累计降水量超过400 mm,单站日降雨量超过250 mm。受特大暴雨影响,凌云县、靖西市等出现严重洪涝,凌云县灾害突出,多个乡镇出现道路桥梁损毁、电力和通信中断、房屋受损、农作物受灾等灾情。此次强降雨过程持续时间长、地形的作用机制复杂、数值模式预报效果不理想,给防灾减灾带来巨大挑战。因此,本文针对此次持续性强降雨,特别是23日晚上至24日早上的特大暴雨成因进行分析,揭示降水发生发展的关键条件,以期为此类极端降水天气过程预报提供参考。

1 资料与方法

(1)利用“天擎”系统提供的常规地面和高空气象观测资料、逐日和逐小时地面气象自动观测站(包

收稿日期: 2023-11-05

基金项目: 中国气象局气象能力提升联合研究专项(22NLTSY011)、广西气象科研计划项目(桂气科2023ZL01)

第一作者简介: 卢小丹(1984—),女,高级工程师,主要从事短期、短临天气预报。E-mail: 120897035@qq.com

括国家站和区域站)资料,通过统计方法,分析强降雨过程特征。

(2)利用欧洲中期数值预报中心(ECMWF)间隔1h、分辨率 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 的全球再分析资料(ERA5),通过天气诊断方法,分析特大暴雨成因。

2 结果与分析

2.1 强降雨过程特征分析

2023年8月22—25日,百色市出现大范围持续性强降雨天气过程,具有持续时间长、影响范围广、累计雨量大、夜雨明显等特征,降水极值分布与岑王老山地形有密切关系,累计降雨量、日降雨量、小时雨强等在历年8月同期具有一定的极端性。

2.1.1 降水影响范围广、累计雨量大、小时雨强大

通过气象观测数据统计分析,22日08时—25日08时,百色市大部出现累计100 mm以上的强降雨,凌云县和靖西市局地累计降雨量达250 mm以上。全市495个气象站中,过程累计降雨量250 mm以上有11站,100~250 mm有158站,累计400 mm以上2个站出现在岑王老山东南侧的凌云县,最大过程累计降雨量(442.8 mm)出现在凌云县朝里乡兰台村,为2008年以来凌云县8月下旬降雨量第二位。

位于岑王老山东南侧的凌云县出现2站日降雨量超过250 mm的特大暴雨,最大日降雨量(271.7 mm)出现在朝里乡兰台村(23日08时—24日08时),为百色市2008年以来8月同期最大的日降雨量。靖西市国家气象观测站23日08时—24日08时日降雨量为171.7 mm,打破该站历年8月同期日降雨量极值。可见,累计雨量和日雨量均具有一定的极端性。

分析小时雨强分布特征,大部地区出现 $20 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上的短时强降水,大部小时雨强为 $20 \sim 50 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$;最大小时雨强 $50 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上站点主要出现在凌云、田林、靖西、那坡等县(市),局地出现 $80 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上雨强,最大达 $83.2 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$,出现在田林县八渡乡(24日04时),为历年田林县8月小时雨强最大。可见小时雨强也有一定的极端性。

2.1.2 降水过程持续时间长、夜雨特征明显

22日08时—25日08时持续3d出现日降雨量50 mm以上的强降雨,统计各站降水持续时间(降水量 $\geq 0.1 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$)发现,有62%的站点降水时间在24 h以上,最长降水时间达到47 h。

强降雨分为三个阶段,第一阶段出现在23日00—08时,强降雨区分散,出现局地性大暴雨,小时雨强强,个别站点达到 $70 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上。第二阶段发生在23日23时—24日08时,为影响范围最广、日降雨量最大时段,出现大范围大暴雨,凌云县出现特大暴雨,最大日降雨量271.7 mm;凌云、田林县出现大范围 $50 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上的雨强,最大小时雨量 $83.2 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$,凌云县出现严重洪涝灾害。第三阶段发生在24日20时—25日08时,雨带呈西南—东北走向,大部地区雨强为 $20 \sim 40 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$,最强降雨出现在靖西市,个别站点雨强达到 $50 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上。

从凌云县朝里乡兰台村的小时雨量演变趋势(图1)看,强降雨具有明显的夜雨特征,白天雨势弱或者基本无降雨,夜间雨势明显加强。第一阶段和第二阶段雨强较强,但第一阶段降雨时间较短,第二阶段强降雨持续时间长,导致累计日雨量大,出现特大暴雨;第三阶段雨强比前两个阶段弱。

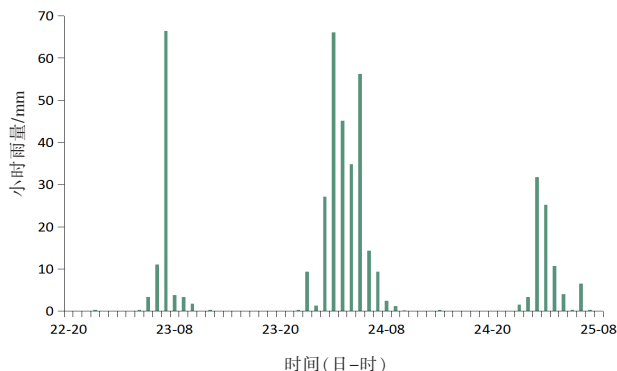


图1 2023年8月22日20时—25日08时
凌云县朝里乡兰台村逐小时降雨量

2.2 天气形势分析

22—25日,200 hPa南亚高压主体位于青藏高原,百色位于南亚高压东侧的辐散区,稳定的南亚高压为强降水提供稳定而强大的高空辐散条件。500 hPa亚欧大陆中高纬呈“一脊一槽”阻塞形势,低涡在我国东北地区维持,高压脊前偏北气流引导冷空气南下影响我国南方地区。西太平洋副热带高压(以下简称“副高”)呈东北—西南向带状分布,西界到达华南东部,百色市处于副高边缘。中低纬地区有高原槽东移,副高位置的稳定维持使高原槽受到阻挡,停滞在西南地区东部到华南西部,有利于百色市强降水的持续。22日20时,高原槽东移至桂西北一带;23日形成低涡,停滞在桂北;24日低涡西南移至

云南东部;25 日中高纬高空槽东移, 阻塞形势逐渐崩溃,副高减弱东退,低涡也逐渐减弱消失。

低空急流对极端强降水的发生起着重要的作用^[15-17],但是分析此次过程发现,对流层低层 925~700 hPa 偏南风风速较小,未达到急流标准,但有明显日变化,有白天风速小、夜间风速增大现象。22 日 850 hPa 切变线南移到桂北,广西上空为西南气流影响,风速仅为 2~4 m·s⁻¹,夜间增大至 4~6 m·s⁻¹。23 日切变线继续南移并形成低涡,20 时低涡中心位于云南东南部与百色交界一带,强降雨区出现在低涡东侧,百色北部有东北风和东南风辐合,24 日凌晨低涡东侧的东南风风速明显增大到 10 m·s⁻¹ 左右,本次过程最强降水时段出现在东南风增大时。第一和第二阶段强降水期间,850 hPa 百色市比湿维持在 16 g·kg⁻¹ 以上。24 日 20 时,低涡减弱,百色为东南气流影响,风速为 6~8 m·s⁻¹,比湿略有减小,但仍利于强降水发生。25 日后,随着低涡的减弱,产生强降水的动力条件转差,强降水过程趋于结束。

2.3 环境条件分析

2.3.1 不稳定层结分析

对三个阶段强降水最近时次的探空资料进行分析(表 1),22 日 20 时—24 日 20 时,探空曲线显示百色上空为深厚湿层,湿层厚度达到 400 hPa 附近,整层可降水量 60~65 mm,对流有效位能 CAPE 在 1 500~3 000 J·kg⁻¹ 之间,在 23 日 20 时达到 2 965 J·kg⁻¹,有利于产生强降水的能量和水汽条件。22 日 20 时和 23 日 20 时,抬升凝结高度在 0.6 km 以下,自由对流高度在 925 hPa 以下,0℃层高度在 5.0 km 以上,0~6 km 垂直风切变小于 2 m·s⁻¹,较低的抬升凝结高度和自由对流高度使得不需要很强的抬升即可触发对流,而弱的垂直风切变和厚的暖云层有利于提高降水效率。24 日 20 时 CAPE 仍有 1 502 J·kg⁻¹,抬升凝结高度和自由对流高度抬高到 900 hPa 附近,0~6 km 垂直风切变加大到 8 m·s⁻¹ 左右,仍属于弱垂直风切变。23 日 20 时参数条件比另两个时次更加有利于极端强降水的发生,这也是第二阶段强降水雨强更强、累计雨量更大的原因之一。

表 1 2023 年 8 月 22—24 日百色气象探空站环境参数

时间(日-时)	CAPE/J·kg ⁻¹	0~6km 风速差/m·s ⁻¹	抬升凝结高度/km	0℃层高度/km
22-20	1 863	1.1	0.5	5.4
23-20	2 965	1.3	0.6	5.3
24-20	1 502	7.8	0.8	5.3

2.3.2 水汽条件分析

此次过程的水汽主要来源于西南季风的输送。分析 22—25 日水汽通量、水汽通量散度和风场发现,低层虽未形成急流,但是西南季风使得水汽从孟加拉湾到强降雨区形成水汽输送通道,向雨区输送强降雨维持所需要的水汽。850 hPa 上,22 日白天水汽输送较弱,夜间增强;23 日 02 时,桂西出现水汽通量大值中心,中心值在 12 g·cm⁻¹·hPa⁻¹·s⁻¹ 以上,云南东部至桂西形成水汽通量辐合区,有超过-6×10⁻⁷ g·cm⁻²·hPa⁻¹·s⁻¹ 的水汽辐合中心。24 日 02 时,随着西南季风增强水汽输送也增强,桂西强水汽通量中心达到 18 g·cm⁻¹·hPa⁻¹·s⁻¹ 以上,在低涡和偏南风加强的作用下,在桂西北有超过-18×10⁻⁷ g·cm⁻²·hPa⁻¹·s⁻¹ 的水汽辐合中心。24 日晚,随着低层偏南风和低涡的减弱,水汽输送和水汽辐合也有所减弱,25 日 02 时,桂西水汽通量中心和水汽辐合中心分别为 12 g·cm⁻¹·hPa⁻¹·s⁻¹ 和-9×10⁻⁷ g·cm⁻²·hPa⁻¹·s⁻¹。水汽

通量中心和水汽辐合中心位置和强度变化与三个阶段强降水的发生和雨强变化有很好的对应关系。

选取百色区域(104°~108°E,22.5°~25.5°N)水汽通量、水汽通量散度、风场进行平均并分析发现(图 2),三者均有明显日变化,夜间加强,白天减弱。水汽输送集中在 600 hPa 以下,水汽辐合集中在 700 hPa 以下,最强水汽输送在 850 hPa 附近,最强水汽辐合中心则位于 900 hPa 附近。第一阶段的水汽输送和水汽辐合为最弱;第二阶段为最强,平均水汽通量达到 8~9 g·cm⁻¹·hPa⁻¹·s⁻¹,平均水汽辐合达到-40×10⁻⁸ g·cm⁻²·hPa⁻¹·s⁻¹,利于极端暴雨的发生。夜间低层偏南风的加强有利于增强水汽的输送和辐合,与此次强降水过程的阶段性特征和夜雨特征有密切关系。

2.3.3 动力条件分析

持续性强降水的发生需要多尺度过程相互作用下的持久动力抬升,在有利的环流背景下,高原槽停滞和低涡的维持为持续强降水提供持久的动力条

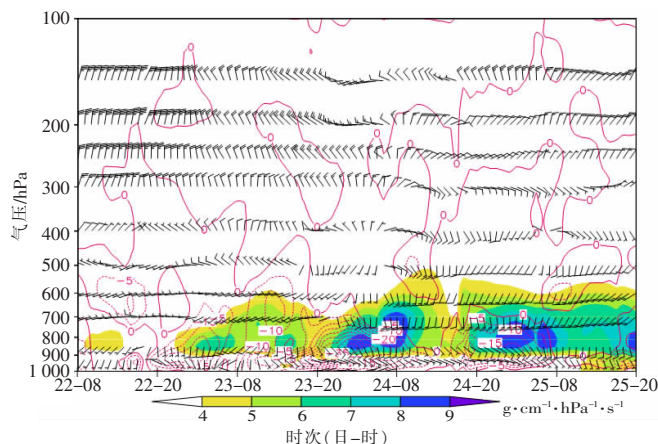


图2 2023年8月22日08时—25日20时区域($104^{\circ}\sim 108^{\circ}\text{E}$, $22.5^{\circ}\sim 25.5^{\circ}\text{N}$)平均水汽通量(阴影,单位: $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)、水汽通量散度(虚线,单位: $10^{-8}\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)及平均风场(风向杆)的高度-时间剖面

件。从区域($104^{\circ}\sim 108^{\circ}\text{E}$, $22.5^{\circ}\sim 25.5^{\circ}\text{N}$)平均水平散度、垂直速度的高度-时间剖面可以看出,22日20时—25日08时,强降雨区维持低层辐合、高层辐散的配置,特别在23日20时—24日08时,低层辐合和高层辐散程度都明显增强,低层平均辐合中心达到 $-2\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ 以下,高层平均辐散中心达到 $5\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ 以上;垂直上升运动延伸至200 hPa高度,平均垂直上升速度达到 $-0.5\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下。第一阶段和第三阶段强降水的动力条件比第二阶段弱,第一阶段的垂直上升运动也延伸到200 hPa,但平均上升速度强度最大仅达到 $-0.3\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右;第三阶段上升运动最高只达到400 hPa,中心最大值仅为 $-0.2\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

分析第二阶段强降水期间的动力条件,24日02时925 hPa辐合区主要分布在低涡的东南风风速辐合的东南象限和东南风与东北风辐合的东北象限,辐合中心强度在 $-0.9\times 10^{-4}\text{s}^{-1}$ 以下。沿 106.5°E 的垂直剖面(图3)上,600 hPa以下为辐合区,辐合中心强度在 $-1.2\times 10^{-4}\text{s}^{-1}$ 以下,600 hPa以上为辐散区,中心值达到 $1.2\times 10^{-4}\text{s}^{-1}$ 以上;上升运动延伸到200 hPa,最强上升运动在500~600 hPa之间,达到 $-1.2\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下。低层辐合、高层辐散的配置有利于上升运动发展,低涡的存在以及夜间东南气流的加强增强辐合上升运动,是第二阶段特大暴雨发生的重要原因之一。

2.4 地形对暴雨的增幅作用

许多研究表明,极端强降水的发生常与地形的增幅作用有关。此次特大暴雨站点出现在岑王老山东南侧的凌云县。岑王老山东南分支在凌云县呈喇叭

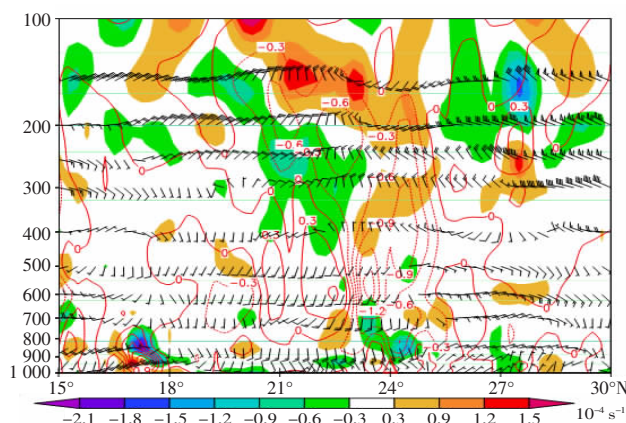


图3 沿 106.5°E 水平散度(阴影,单位: 10^{-4}s^{-1})、垂直速度(虚线,单位: $\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$)及风场的经向垂直剖面

叭口状向河谷地区开口,在有利的环境条件下,低层东南风与“喇叭口”地形和迎风坡耦合,极易触发对流。

23日20时,925 hPa(图4)桂西处于高能高湿区,假相当位温 θ_{se} 在360 K以上,岑王老山一带有364 K的高值区,其东侧则为 θ_{se} 低值区,两者之间形成能量锋区,东南气流向北推过程中岑王老山以南地区出现风速辐合,而东侧偏东风与能量锋区几乎正交,有利于产生强烈上升运动。从高度-纬度剖面图(图5)看,在岑王老山以南,出现在迎风坡(24°N 附近)上升、南侧下沉的垂直环流,迎风坡强烈的上升运动向上发展至150 hPa,中心达到 $-1.2\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下。分析雷达回波特征发现,特大暴雨发生前期在迎风坡不断有新生对流生成并北移停滞在凌云县,后期南部雨带在东南风引导下北移至岑王老山一带停

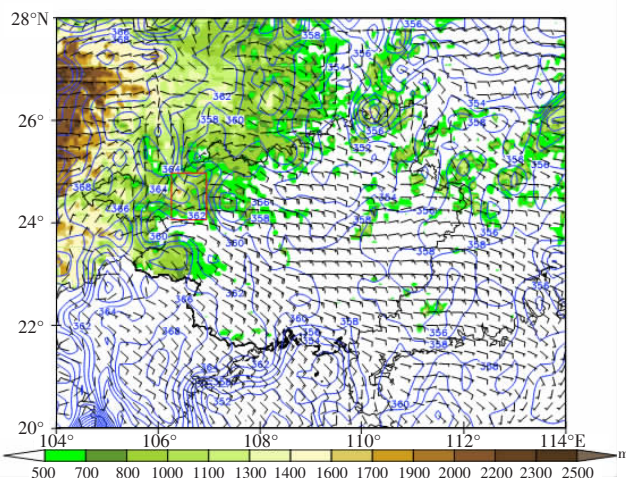


图4 23日20时925 hPa假相当位温 θ_{se} (等值线,单位:K)、风场(风向杆)和地形(填色,单位:m)

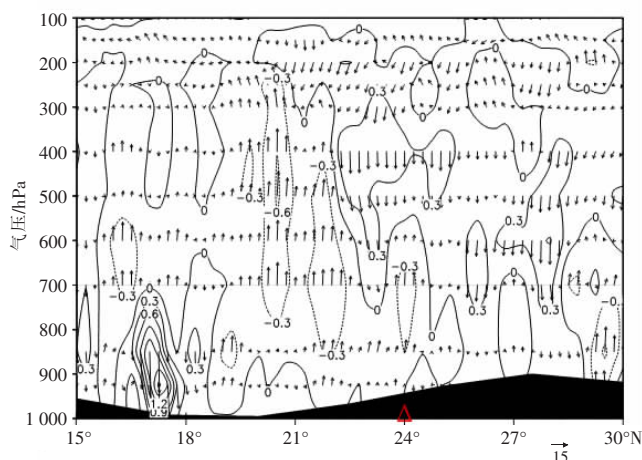


图5 24日02时沿106.5°E经向垂直环流($v, -100 \times \omega$) (箭头)和垂直速度(等值线,单位: $\text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)剖面

滞,使降雨维持较长时间。东南风风速辐合、与迎风坡相互作用,以及能量锋区的存在,更利于产生强烈上升运动和对流的发展,同时地形的阻挡使雨带停滞,有利于强降水的维持。由此可见,岑王老山地形对暴雨的增幅作用导致特大暴雨的发生。

2.5 数值模式预报偏差及预报难点分析

对此次过程,各级主观指导预报的效果欠佳,特别是对23日晚上至24日早上的特大暴雨过程,强降雨落区和量级预报都有很大的偏差。中央气象台50 mm以上暴雨中心偏北,百色南部暴雨中心未有体现,广西壮族自治区气象台和百色市气象台仅报全市性的大雨。

欧洲中心数值模式(EC)和中国气象局全球同化预报系统(CMA-GFS)等全球模式对环流形势及影响系统的演变预报比较准确,对低层偏南风夜间加强的趋势也有一定体现,EC相对于CMA-GFS预报的偏南风风速更强。

对23日08时—24日08时降水预报产品进行分析,各模式对百色市的降雨落区、量级预报都有较大差异。全球模式降雨量级均明显偏小,EC强降雨落区偏北,CMA-GFS落区与实况较为接近,且在岑王老山附近和百色市南部分别预报出强降雨中心,整体优于EC。中尺度模式中,广东数值预报模式(CMA-GD)的落区偏差大、量级明显偏小;中国气象局中尺度数值预报模式(CMA-MESO)、中国气象局区域台风数值预报模式(CMA-TYM)降雨量级与实况接近,但是强降雨落区偏差大,对100 mm以上的强降雨区指导意义不大;上海数值预报模式(CMA-SH9)预报效果最好,不仅预报出大范围的暴雨区,

且100 mm以上降雨落区与实况比较接近,在岑王老山附近以及百色市南部均报出100 mm以上的中心。因此,对于此次过程,若能够结合CMA-GFS和CMA-SH9的落区和降雨量级进行综合考虑,对特大暴雨的预报将具有比较大的指导意义。

大尺度全球模式对环流形势和天气系统的预报能力比较稳定,基本上能够准确提前预报其演变过程,但是各家模式的降水量级、落区等经常存在很大差异,如何在把握天气系统演变的情况下结合高分辨率数值模式的降水预报做出更准确的强降水落区和量级预报,具有很大的难度。在今后的工作中需要对各家数值模式预报产品进行分区域、分时段、分季节甚至分天气类型等进行评估检验,以便在强降水预报中提供更有利的参考。

此次特大暴雨过程发生在未出现低空急流的情况下,这种情形是否能够有支撑特大暴雨发生的水汽条件,是预报的一个难点。岑王老山复杂地形的影响机制也需要更进一步的研究,以期为此类强降水过程提供参考依据。

3 结论与讨论

对2023年8月22—25日百色市持续性强降雨过程的特征及成因进行分析,探讨其预报难点,得到结论如下:

(1)此次强降雨过程具有持续时间长、影响范围广、累计雨量大、夜雨明显等特征,具有一定的极端性。区域站最大过程累计降雨量、最大日雨量、最大小时雨强在有区域站数据记录以来8月降水中排名前三位,个别国家站日降雨量突破历年8月日降雨极值。

(2)强降雨发生在中、低层低涡受副高阻挡在桂西停滞的形势下,大气层结维持深厚湿层,对流有效位能CAPE达到 $1500 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上,较低的抬升凝结高度和自由对流高度使得不需要很强的抬升即可触发对流;适当的 0°C 层高度使得暖云层较厚,在弱的垂直风切变下有利于提高降水效率。

(3)水汽主要来自西南季风的输送,强降水在无低空急流的环境下发生,但低层偏南风风速具有白天减小、夜间增大的特点,夜间加强水汽输送和水汽辐合。低涡的停滞提供持久强大的低层辐合,南亚高压稳定维持高层辐散条件,使强的动力抬升条件维持,夜间偏南风的加强也增强低层的辐合和垂直运动,导致强降水具有明显的夜雨特征。

(4)第二阶段强降雨期间,低层风速为本次过程最大,水汽输送和水汽辐合、垂直上升运动也达到最强,因此小时雨强、日降雨量等为本次持续性强降雨过程中最强、强降雨范围最大,出现了特大暴雨。

(5)岑王老山东侧和东南侧低层有能量锋区存在,有利于产生强烈上升运动和对流发展;东南风在迎风坡以南出现风速辐合,并形成迎风坡抬升、南侧下沉的垂直环流,加剧上升运动,同时岑王老山的阻挡使得雨带北移时停滞,强降水得以持续并出现特大暴雨。

(6)数值模式降水预报产品对强降雨的落区和量级预报差异大、在没有低空急流的情况下特大暴雨发生的水汽条件,以及岑王老山地形的复杂机制,都给本次特大暴雨过程的预报造成很大难度。

特大暴雨等极端强降水是致灾极强的事件,也是预报员面临的极大预报挑战。本文虽然对特大暴雨发生过程的动力和水汽条件,以及复杂地形对暴雨的增幅进行分析,但是,在没有低空急流存在的情况下水汽输送条件何以能够维持如此强的降水,岑王老山地形与中小尺度对流系统的发生发展的关系,以及地形对降雨的敏感性如何,如何利用高分辨率数值模式对此类强降水的可预报性进行分析?这些问题都有待进一步深入研究,为此类强降雨过程提供更有利的参考。

参考文献:

- [1] 丁一汇.中国暴雨理论的发展历程与重要进展[J].暴雨灾害,2019,38(5):395-406.
- [2] 孙军,张福青.中国日极端降水和趋势[J].中国科学:地球科学,2017,47(12):1469-1482.
- [3] 梁旭东,夏茹娣,宝兴华,等.2021年7月河南极端暴雨过程概况及多尺度特征初探[J].科学通报,2022,67(10):997-1011.
- [4] 丁一汇,李吉顺,孙淑清,等.影响华北夏季暴雨的几类天气尺度系统分析[C]//暴雨及强对流天气的研究-中

国科学院大气物理研究所集刊.北京:科学出版社,1980:1-13.

- [5] 廖晓农,倪允琪,何娜,等.导致“7·21”特大暴雨过程中水汽异常充沛的天气尺度动力过程分析研究[J].气象学报,2013,71(6):997-1011.
- [6] 周云霞,翟丽萍,何珊珊.2019年“5·27”广西靖西市极端暴雨成因及可预报性分析[J].气象研究与应用,2020,41(2):68-74.
- [7] 蒋亚平,农明哲,马智,等.2022年广西“6·11”极端暴雨成因及预报偏差分析[J].气象研究与应用,2023,44(1):57-63.
- [8] 陆小晓,农孟松,唐昌秀,等.弱引导气流背景下广西西部特大暴雨天气过程分析[J].气象研究与应用,2021,42(2):90-94.
- [9] 黄远盼,廖铭燕,陈华忠.2017年广西一次特大暴雨天气过程环境条件演变特征分析[J].气象研究与应用,2018,39(2):14-19.
- [10] 徐珺,毕宝贵,湛芸,等.“5·7”广州局地突发特大暴雨中尺度特征及成因分析[J].气象学报,2018,76(4):511-523.
- [11] 张凌云,刘蕾.柳州2020年一次“龙舟水”成因及预报偏差分析[J].气象研究与应用,2022,43(3):67-71.
- [12] 陈绍河,蒋承志,林文桦,等.广西防城港山区“6·16”大暴雨成因机制及数值模式误差分析[J].气象研究与应用,2022,43(3):93-97.
- [13] 肖志祥,黎金玲,罗小莉.1415号台风“海鸥”广西极端暴雨预报偏差分析及地形订正[J].气象研究与应用,2021,42(4):14-19.
- [14] 黄滢,黄春华,刘金裕.广西一次持续性暖区暴雨特征及成因分析[J].气象研究与应用,2022,43(3):50-55.
- [15] 赵玉春,王叶红.近30年华南前汛期暴雨研究概述[J].暴雨灾害,2009,28(3):193-202,228.
- [16] 黄芳,刘国忠,黄增俊,等.“22·06”广西极端暴雨过程低空急流作用[J].气象研究与应用,2023,44(3):1-8.
- [17] 杨舒楠,张芳华,胡艺,等.“23·7”华北特大暴雨过程的基本特征与成因初探[J].暴雨灾害,2023,42(5):508-520.

Analysis on the causes and forecasting difficulties of the "8·24" extreme rainfall event in Baise

LU Xiaodan¹, CEN Yanyan¹, HUANG Kaigang¹, LIU Guozhong²

(1.Baise Meteorological Bureau, Guangxi Baise 533000, China;

2.Guangxi Meteorological Observatory, Nanning 530022, China)

Abstract: The extreme rainstorm process in Baise City on August 22—25, 2023 was investigated using conventional upper air and ground observation data, automatic station observation data, and the ERA5 reanalysis data. The results showed that: (1) This process had a certain degree of extremity. The maximum accumulative rainfall and daily rainfall of more than 250 mm occurred on the southeast side of the Cenwanglaoshan mountain. (2) Heavy rainfall occurred in the situation where the low vortices in the middle and low layers of the troposphere were blocked by the subtropical high and stagnated in western Guangxi. Deep wet layer, stronger convective instability, lower lifting condensation level and free convection level, and the appropriate height of 0 °C layer resulted in thicker warm clouds, which enhanced precipitation efficiency under weak vertical wind shear. (3) In the absence of low-level jet, the nocturnal enhancement of the low-level southerly winds strengthened the water vapor transport and the convergence at low levels and vertical movement, resulting in strong precipitation with obvious nocturnal rain characteristics. (4) The coupling of low-level southeasterly wind with the windward slope of Cenwanglaoshan produced a strong upward movement, and formed a vertical circulation in the south area of the windward slope, which was conducive to the generation of convection; the blocking effect of the mountain ranges made the rainbands stagnate, so extreme heavy rainstorm occurred. (5) The difference in the forecast of precipitation products in numerical models, whether the water vapor conditions can satisfy the occurrence of extreme rain in the absence of low-level jet, and the complex terrain mechanism caused great difficulties in forecasting this event.

Key words: extreme rainfall; low vortex; windward slope; numerical model