

卢伟萍,孙靖雯,肖志祥,等. 2020年5月16日广西暴雨天气过程分析[J]. 气象研究与应用, 2022, 43(3): 62–66.

Lu Weiping, Sun Jingwen, Xiao Zhixiang, et al. Analysis of the rainstorm weather process in Guangxi on May 16, 2020 [J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2022, 43(3): 62–66.

2020年5月16日广西暴雨天气过程分析

卢伟萍¹, 孙靖雯^{2*}, 肖志祥¹, 赵华生¹, 莫建飞¹

(1.广西壮族自治区气象科学研究所 南宁 530022; 2.梧州市气象局, 广西 梧州 543002)

摘要: 利用常规气象观测资料 and ERA5 再分析资料, 对 2020 年 5 月 16 日广西一次暴雨过程进行研究, 分析有利于引发此次短时剧烈雨强的深厚湿对流发生加强的天气形势、环境场特征。结果表明: (1) 本次降水中心出现在多个天气尺度系统有利于上升运动区域的重合区。(2) 对流单体风暴沿着辐合线不断新生合并形成列车效应是桂林短时强降水持续的主要原因。(3) 此次降水是华南西部汛期比较常见的典型热带型降水, 造成小时雨强 $40\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 及以上的多单体风暴具有低质心(回波极值在 $50\sim 55\text{dBZ}$, 高度 5.5km)、液态含水量高 ($15\sim 21\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)、回波顶高 ($13\sim 15\text{km}$) 的特点。

关键词: 强降水; 辐合线; 天气特征信息

中图分类号: P458.121.1

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2022.3.11

引言

在全球变暖的大背景下, 广西暴雨灾害事件有明显加重的趋势^[1-3], 近年来, 各地气象预报员对于广西暴雨过程已开展许多研究。何莉阳等^[4]采用气候趋势分析、小波分析等数理统计方法研究得出东兴暴雨总日数及不同等级暴雨日数具有明显的年际和年代际变化特征; 覃卫坚等^[5]利用相关和合成分析等方法研究得出广西大范围暴雨日数存在显著增多的突变新特征, 对 PDO 有反位相变化的响应。林墨等^[6]基于热力学熵的 MCS 理论体系预测方法, 分析表明在暴雨落区预示性分析中, 时间分布预示性超前于暴雨实际发生 2—8h, 空间分布预示性与暴雨实际发生发展相吻合, 与基于热力学熵的 MCS 理论体系描述一致。

2020 年 5 月 16 日, 受高空槽、切变线和弱冷空气共同影响, 广西桂东地区自北向南出现了一次强降雨、冰雹和 8 级以上大风的强对流天气, 强降水中心分别位于桂林和梧州, 本次过程引发了桂东 3 市

13 县(区)出现严重洪涝灾害。本文从环流背景、特征量变化等方面对此次过程进行深入分析, 探讨其对强降水形成发展的指示意义, 为增强预报员对此类强降水天气的认识、积累预报经验提供参考。

1 资料与方法

本文基于气象信息综合分析处理系统(MICAPS)资料、国家和区域自动气象站、S 波段雷达、FY4A 卫星云图等常规气象观测资料以及欧洲中期天气预报中心全球气候第五代大气再分析数据(ERA5), 运用天气学原理方法分析 2020 年 5 月广西一次强降水天气过程。

2 过程概况

2020 年 5 月 16 日, 桂东地区强降水过程雨量最大的三桂村站的降水连续 4 个小时的小时雨强超 $40\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ (图 1a)。桂林和梧州两个降水中心出现时段相对独立, 先后发生在凌晨—上午和午后—入夜的不同时段, 短历时强降水的剧烈程度也有明显的区

收稿日期: 2022-06-30

基金项目: 广西重点研发计划项目(桂科 AB21196041)、广西人工智能预报技术创新团队项目

作者简介: 卢伟萍(1978—), 女, 高级工程师, 主要从事天气预报、应用气象与服务研究。E-mail: 530731901@163.com

* 通讯作者: 孙靖雯(1994—), 女, 主要从事天气预报服务工作。E-mail: 957788645@qq.com

别(图 1b): 桂林市雨强大于 $50\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 的站数相对较多, 集中在 03—09 时段; 而梧州市雨强在 $20\sim 50\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 范围内的站数则相对较多, $\geq 50\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 以上的站次明显减少, 强降水集中在 15—19 时段。可

见两地短时强降水都是由生命史 4~8 个小时的中尺度对流系统造成, 其中桂林区域的对流系统发展更为剧烈^[7-8]。

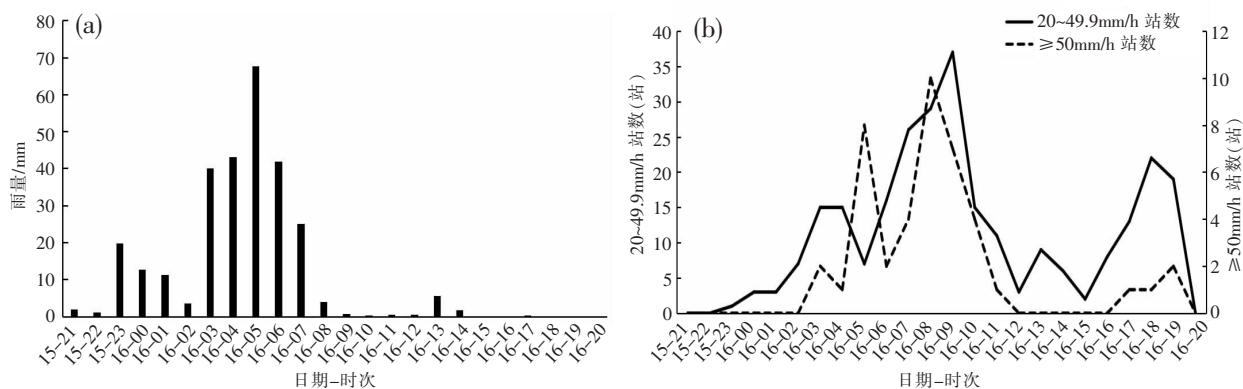


图 1 (a)2020 年 5 月 15 日 20 时—16 日 20 时兴安县三桂村站逐小时降水分布; (b)2020 年 5 月 15 日 20 时—16 日 20 时不同小时雨强站次逐小时分布

3 天气形势和环境场分析

3.1 天气形势分析

2020 年 5 月 15 日 20 时, 500hPa 环流场欧亚中高纬呈现二槽二脊形势, 588dagpm 等高线稳定在台湾岛以东以南海域, 广西湖南贵州交界可分析出明显的短波槽区, 700hPa 桂林站的风速达 $18\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 湖南中部到广西东北部存在西南风风速气旋性辐合区, 高层 200hPa 正处于高空急流轴出口左侧的辐散区, 桂东北处于有利于大尺度垂直运动上升区。16 日 08 时, 850hPa 桂林转偏北风, 与梧州的西南风之间形成气旋性切变(气流辐合), 700hPa 急流南移至桂中, 200hPa 急流南压, 桂中处于高空急流(大风核达 $34\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)轴出口左侧的辐散区, 此时桂东中部处于大尺度上升运动有利区; 地面上, 有弱冷空气以偏西路径经广西北部扩散南下, 冷暖空气对峙, 形成鞍型场结构, 这种形势有利于低层大气的锋生。16 日 06 时在 FY4A 红外卫星云图(略)上清晰可见桂东北区域有 2 个发展旺盛的对流云系, 说明此时桂东区域上空的对流已经十分剧烈。16 日 20 时, 由弱冷空气南下造成的强降水过程趋于减弱, 桂中桂北地面 24h 负变温达到 $-7\sim -8^{\circ}\text{C}$, 正变压中心正好对应本次过程的 2 个降水大值区, 可见桂东北和桂中的两个强降水中心降水前期正是处于多个有利天气尺度上升运动的叠加区。

3.2 环境场物理量条件分析

3.2.1 水汽条件

过程前期, 广西低层水汽条件一直维持较高饱和度和。15 日 20 时, 广西上空 850hPa 和 700hPa 两层 $t-t_d \leq 4^{\circ}\text{C}$, 比湿 $\geq 14\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$; 为桂林、梧州两地出现强降水提供很好的水汽条件。850hPa 至 700hPa 低层维持较强的西南急流也为暴雨持续供应充沛的水汽。

3.2.2 不稳定条件

强降水过程开始前, 广西东北部 850hPa 和 500hPa 温差达到 26°C 以上, 为此次强对流天气发生发展提供了很好的热力条件。桂林站、梧州站 15 日 20 时的探空上显示对流有效位能(CAPE)均大于 $1900\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$, $0\sim 6\text{km}$ 风切变在 $12.3\sim 17.7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 范围, 属于中等偏弱强度。桂林地面温度露点相对较高, 表现出相对的高温高湿高不稳定层。桂林上空 500~700hPa 区间存在一个干区薄层。中层干区有利于降水粒子在下降过程中蒸发冷却, 使得对流系统内部冷池的加强, 下沉气流受到的负浮力增加, 有利伴随强降水的雷暴大风出现。

3.2.3 抬升机制

广西桂北桂中区域水汽充沛, 潜势不稳定能量聚集, 一旦有强烈的初始上升运动, 将触发深厚湿对流迅速发展, 从而造成强降水或雷暴大风等强对流天气。桂林一带强降水发生时, 该地区正处于 500hPa 高空槽前, 槽前西南气流使得桂林上空整层偏南风增强(图 2a)。另外, 桂林地区位于越城岭、海

洋山、天平山等山脉间的湘桂走廊,地形狭管效应使得低层偏南气流增强,西南风携带大量的暖湿水汽极易在此处堆积。综上,高空槽前的上升气流叠加地形抬升作用,使得桂林上空具有一定的上升运动条件。高空和低层系统的共同动力作用激发了桂林地区强降水的发生。此时,位于偏南位置的昭平县附近在 16 日 07 时(图 2b)前后也是受偏南气流的影响

形成了另一个降水中心,但由于离槽前较远,地形抬升作用也较弱,因此降水强度和范围都较小。随着高空槽的持续东移南下,桂林地区降水趋于减弱。16 日 10 时以后,高空槽移向梧州,高空槽过境虽有利于气流抬升,但是由于缺乏地形抬升的叠加效应,梧州附近的气流仅在低层有较弱的抬升。这是梧州一带的降水比桂林地区弱的一个重要原因。

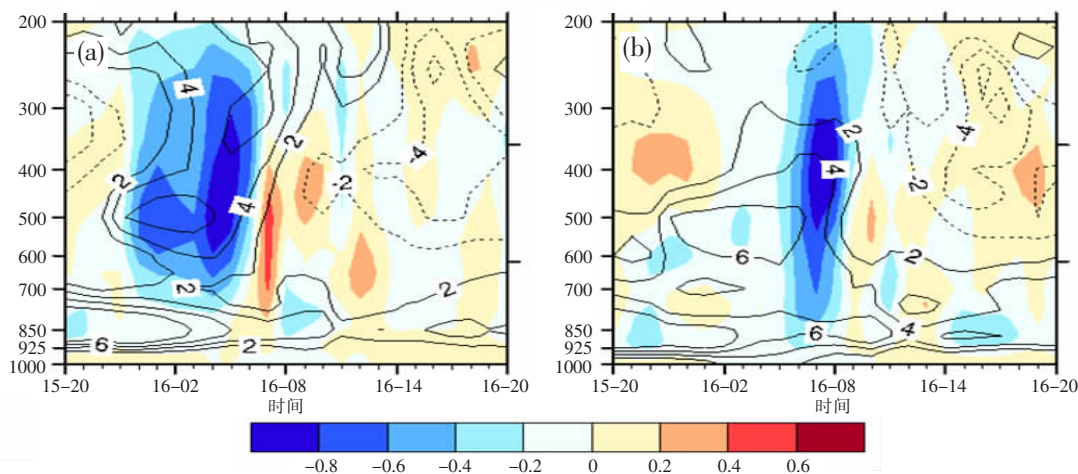


图 2 2020 年 5 月 15 日 20 时到 16 日 20 时南北两条雨带垂直速度(填色,单位: $\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$)和经向风(等值线,单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)随时间的变化

(a)桂林($24.5^{\circ}\sim 25.5^{\circ}\text{N}$, $109^{\circ}\sim 111^{\circ}\text{E}$);(b)金秀-梧州一线($23.5^{\circ}\sim 24^{\circ}\text{N}$, $109.5^{\circ}\sim 111^{\circ}\text{E}$)

4 深厚湿对流系统发展演变分析

4.1 桂林兴安区域强降水系统的演变

对流单体激发阶段,桂林雷达 15 日 20 时的组合反射率图(略)显示,在灵川、兴安处开始有降水回波出现,回波在中低层西南风的作用下缓慢向东北方向移动并不断加强,移动过程中在后侧不断有新的对流单体回波生成,呈现后向传播特征。21 时 30 分,在灵川北部到兴安北部一带已呈现 6~7 个强回波单体,呈现明显的多单体风暴特征,单体质心较低,强回波反射率极值约为 45dBZ,高度均在 5km 以下,有利于强降水产生^[9]。

单体合并加强阶段,地面区域自动站观测资料在 16 日 03 时可明显分析出桂林北部-兴安一带存在一条地面辐合线(图略),此时多单体风暴逐渐沿着辐合带发展成东西向的带状回波,且后侧不断有新风暴单体生成并向偏东方向移动,后面的风暴单体移速明显较快,不断与前侧单体合并,产生列车效应^[10](图 3a—c),使得兴安上空的强回波维持稳定少动,导致桂林兴安、灵川、临桂等地出现持续性短

时强降水^[11-12]。16 日 04 时雷达探测显示兴安站的强回波反射率极值约为 50~55dBZ,高度均在 5km 以下,液态含水量处于极值区,最高达 $20.5\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 。回波顶高度较高,维持在 12~15km 左右,回波向上发展有利于系统中抽吸作用的加强,沿雷达中心向兴安站做速度剖面图(图 3e—f),低层有明显的速度辐合特征。高层抽吸低层辐合促使对流运动增益发展,使得风暴单体在经过兴安附近区域时都存在加强的趋势,0~6km 的垂直风切变在 05:25—06:24 时段达最大 $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (图 3d),风暴发展达到最强盛阶段,该时段回波影响区内的灵川小时雨强达到 $113\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

对流消亡阶段,06:24 时桂林雷达风廓线(VWP)产品指示低层偏南风开始转成偏北风(图 3d),桂林北部多单体风暴的带状回波由缓慢东移转为向南移动过桂林,07 时地面辐合线较 03 时明显南压,后侧风暴单体没能继续并入回波带,列车效应消失,至此,灵川-兴安上空的回波迅速减弱,降水趋于结束。

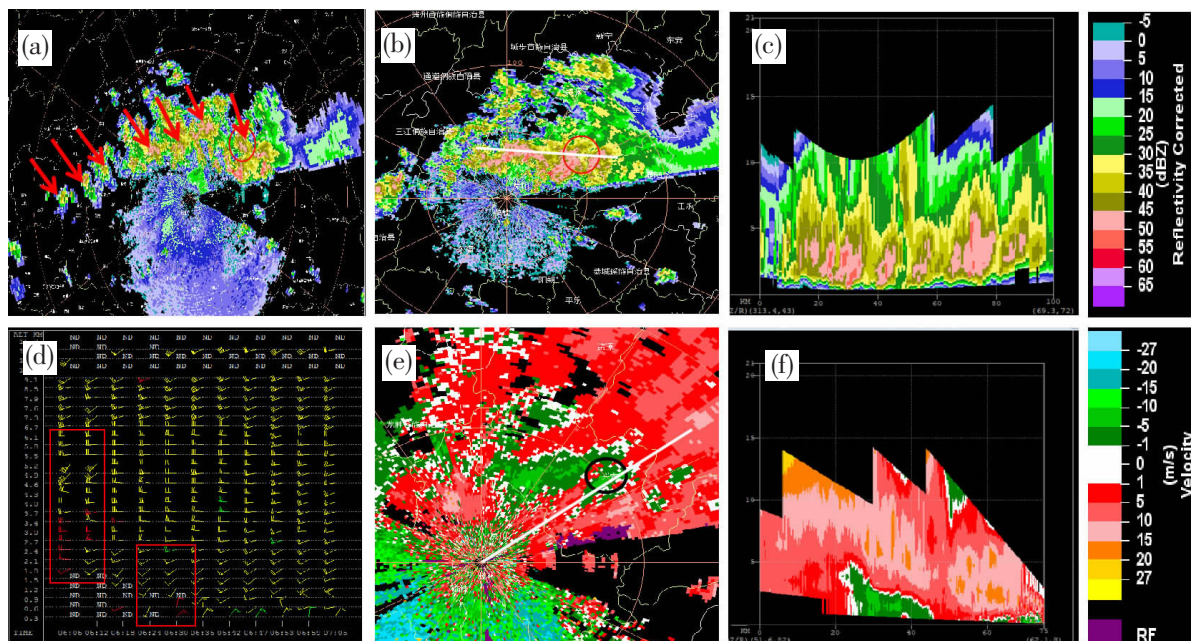


图3 桂林雷达回波产品

(a)2020年5月16日02时2.4°仰角反射率因子图;(b)2020年5月16日04时2.4°仰角反射率因子图;
(c)沿图b白色实线反射率因子垂直剖面图;(d)2020年5月16日07时风廓线(VWP)图;(e)红色实线的
反射率因子剖面图;(f)沿图e白色实线速度剖面图。(图中圆圈所示为兴安站)

4.2 桂中桂东(梧州)区域强降水对流系统演变

16日12点前后,大瑶山-架桥岭两侧的鹿寨县、金秀县、蒙山、昭平县局地出现降水回波并逐渐加强向东南移动,14时地面自动站资料显示,在金秀到昭平一带地面出现辐合线并维持至16时,这期间北边的对流单体随着冷空气逐渐南下,在辐合线附近融合形成组织性的团状多单体风暴,16时16分的雷达回波显示强回波带的东南侧不续有新的降水回波生成,同时刻雷达径向速度图(略)也反映了与新的降水回波位置相对应的多个小尺度气旋式辐合正负速度对,说明地面辐合区内有利于局地对流风暴单体的生成^[13-15]。16—17时,团状回波范围最广,强度最强(63dBZ),此期间,回波影响区内最大小时雨强达 $59.7\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。17时22分,团状回波向东南方向移动,梧州低层(1km以下)风场由西南风逐步转变为偏东风直到东北风,地面风场无明显辐合带,多单体风暴内部不稳定能量随着降水逐渐释放,后续没有新生单体融入,对流加速减弱,梧州的强降水过程逐渐结束。地面辐合带持续时间较短,多单体风暴没有明显的列车效应,是梧州降水强度相对桂林较小的原因。

5 结论

本文分析了2020年5月16日发生在广西东北-中部的一次大暴雨降水过程的环流背景、环境条件、发展机制及风暴持续的原因,得到以下主要结论:

(1)高空短波槽引导弱冷空气南下的过程中,桂林和梧州两个降水中心先后处于高层(200hPa)高空急流出口左侧辐散区,中低层(850~700hPa)风场气旋性辐合区等多个天气尺度系统有利于上升运动区域的重合区,同时环境具有较大CAPE,低层高层湿度条件较好,中层有相对干区,为深厚湿对流系统的形成和发展提供了有利的环境条件。

(2)地面辐合带是触发小尺度对流系统的主要因素,辐合线持续时间越长越有利于多单体风暴加强。对流单体风暴沿着辐合线不断新生合并形成列车效应是桂林短时强降水持续的主要原因。

(3)此次降水是华南西部汛期比较常见的典型热带型降水,造成小时雨强 $40\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 及以上的多单体风暴具有低质心(回波极值在50~55dBZ,高度在5.5km)、液态含水量高($15\sim 21\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)、回波顶高(13~15km)特点。

参考文献:

- [1] 刘国忠,周云霞,覃月凤,等.2020年广西暴雨灾害天气综述与分析[J].气象研究与应用,2021,42(1):101-106.
- [2] 蔡悦幸,何慧,陆虹,等.2020年6月广西持续性暴雨的天气气候特征[J].气象研究与应用,2021,42(1):113-117.
- [3] 林开平,陈伟斌,刘国忠,等.广西暴雨业务预报技术回顾与展望[J].气象研究与应用,2020,41(4):13-19.
- [4] 何莉阳,韦玉勇,廖胜石,等.1961-2021年广西东兴市暴雨日数气候特征分析[J].气象研究与应用,2022,43(2):29-34.
- [5] 覃卫坚,李栋梁,蔡悦幸.广西大范围暴雨气候异常对太平洋年代际涛动的响应[J].热带气象学报,2022,38(2):161-170.
- [6] 林墨,黄小燕,黎彦佐,等.基于热力学熵的广西暴雨落区预示性效果检验初报——以突发性暴雨为例[J].气象研究与应用,2021,42(3):69-75.
- [7] 孙继松,戴建华,何立富,等.强对流天气预报的基本原理与技术方法[M].北京:气象出版社,2019.
- [8] 姚秀萍,孙建元,马嘉理.江淮切变线研究的回顾与展望[J].高原气象,2017,36(4):1138-1151.
- [9] 廖春花,刘红武,徐靖宇.湖南一次暴雨灾害的中尺度特征及可预报性研究[J].湖北农业科学,2021,60(21):43-48.
- [10] 尉英华,陈宏,刘一玮,等.盛夏一次地面冷锋过境引发局地大暴雨的成因分析[J].暴雨灾害,2021,40(4):393-400.
- [11] 梁维亮,翟丽萍,农孟松,等.广西一次深秋暴雨过程降水时空差异成因分析[J].暴雨灾害,2019,38(1):7-16.
- [12] 屈梅芳,俞小鼎,农孟松,等.一次弱垂直风切变环境下飑线发展维持的成因分析[J].暴雨灾害,2021,40(5):466-47.
- [13] 孙密娜,王秀明,胡玲,等.华北一次暖区暴雨雷暴触发及传播机制研究[J].气象,2018,44(10):1255-1266.
- [14] 韦惠红,黄小彦,刘文婷,等.复杂山地下引发特大暴雨的准静止 MCS 观测分析[J].暴雨灾害,2022,41(3):241-253.
- [15] 陈明轩,王迎春.低层垂直风切变和冷池相互作用影响华北地区一次飑线过程发展维持的数值模拟[J].气象学报,2012,70(3):371-386.

Analysis of the rainstorm weather process in Guangxi on May 16, 2020

Lu Weiping¹, Sun Jingwen^{2*}, Xiao Zhixiang¹, Zhao Huasheng¹, Mo Jianfei¹

(1. Guangxi Institute of Meteorological Sciences, Nanning 530022, China;

2. Wuzhou Meteorological Bureau, Guangxi Wuzhou 543002, China)

Abstract: Based on conventional meteorological observation data and ERA5 reanalysis data, this paper studies a heavy rain process in Guangxi on May 16, 2020, and analyzes the weather situation and environmental field characteristics which are conducive to the intensification of the deep wet convection that caused this short-term severe rainfall. The results show that: (1) The precipitation center appeared in the overlapping area of multiple synoptic-scale systems that are favorable for the upward movement. (2) Convective cell storms continue to regenerate and merge along the convergence line to form a train effect, which is the main reason for the continuation of short-term heavy rainfall in Guilin. (3) This precipitation is a typical tropical precipitation that is relatively common in the flood season in western South China, resulting in a multi-cell storm which has the characteristics of a low center of mass (the echo extremum is 50-55dBZ, and the height is 5.5km), high liquid water content ($15\sim 21\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) and high echo top (13-15km), and causes precipitation with an hourly rainfall intensity of more than $40\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$.

Key words: heavy precipitation; convergence line; weather characteristic information