

周云霞,农孟松,黄 荣,等.2023年广西高影响强对流天气特征及预报预警回顾[J].气象研究与应用,2024,45(2):95-101.  
ZHOU Yunxia, NONG Mengsong, HUANG Rong, et al. Review of the characteristics and forecasting warnings of high-impact severe convective weather in Guangxi in 2023[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2024, 45(2): 95-101.

## 2023年广西高影响强对流天气特征及预报预警回顾

周云霞,农孟松,黄 荣,祁丽燕,屈梅芳,朱泳桦

(广西壮族自治区气象台, 南宁 530022)

**摘要:**利用多源气象探测资料,对2023年广西高影响强对流天气特征及预报预警难点进行综合分析。结果表明:(1)全年出现5次区域性及以上强对流天气过程,总体偏少。冰雹集中出现在3月到5月。雷暴大风主要出现在3—9月,极大风速为 $34.9\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。(2)产生冰雹的超级单体主要触发在锋面及锋前暖区,强的对流不稳定、能量和垂直风切变条件下锋前暖区需关注迅速发展降雹的超级单体,提前发布预警信号。(3)西南涡背景下的飊线大风天气由地面静止锋和干线触发;短临预报应考虑线状对流自组织作用将落区向南调整。(4)对类高架、暖区冰雹天气数值模式预报能力差,需加强机理研究提升客观化预报预警技术。

**关键词:**强对流;预报预警;超级单体;飊线

**中图分类号:** P458

**文献标识码:** A

**doi:** 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2024.2.16

强对流是广西主要的灾害性天气之一。冰雹、雷暴大风、短时强降水等强对流天气及其产生的山洪、山体滑坡和城乡渍涝等次生灾害会导致人员伤亡及巨大财产损失。对于广西强对流天气形成机理及预报预警技术,国内已经开展相关研究,取得许多成果,农孟松等<sup>[1]</sup>在对广西冰雹气候特征分析的基础上,将造成冰雹的环流形势分为华北低槽型、高原东部低槽型和南支槽型。翟丽萍等<sup>[2]</sup>研究发现超级单体风暴产生的下击暴流击中临桂测站造成突破广西历史极值的极端大风。农孟松等<sup>[3]</sup>对2013年3月的一次飊线大风进行分析,总结对地面大风天气临近预警有较好指示意义的雷达特征。曾小团等<sup>[4]</sup>将交叉相关算法运用在广西强对流天气临近预报中取得较好效果。莫丽霞等<sup>[5]</sup>应用预报指标动态调整的配料法建立广西分类冰雹客观预报方法。近年来,广西预报预警能力得到显著提升<sup>[6]</sup>,但在全球气候变暖背景下致灾性强对流天气频发,如2019年4月24日夜间桂林市出现致灾冰雹,直接经济损失540万元,其中两江机场飞机遭受冰雹袭击损失严重<sup>[7]</sup>;2020年5月20日下击暴流产生的雷

暴大风导致贵港市黄练镇厂房倒塌、人员伤亡<sup>[8]</sup>。目前,具有突发性、局地性特征的强对流天气预报预警仍然是预报业务工作难点<sup>[9]</sup>。因此,本文利用常规观测、多普勒雷达等多源资料对2023年广西强对流天气特征、高影响性强对流天气过程中的预报预警难点作综合分析,通过复盘总结,加深对强对流天气特点和发生发展机理的认识,以期提高预报预警准确率及预警信号发布提前量。

### 1 资料与方法

(1)将每小时降雨量 $\geq 20\text{ mm}$ 的降水定义为短时强降水。

(2)高空和地面观测资料、地面自动气象站观测资料、广西新一代多普勒天气雷达和风廓线雷达探测资料、FY4卫星资料、各市(区)县信息员和志愿者上报的冰雹信息作为冰雹实况。

(3)根据业务实际和服务需求,广西壮族自治区气象台按以下标准定义强对流天气过程:在相同天气过程中,广西某县(市、区)所辖区域观测到冰雹或某县(市、区)有非高山站的气象站观测到8级

收稿日期: 2024-05-20

基金项目: 广西自然科学基金项目(2022GXNSFBA035565)、广西气象科研计划重点项目(桂气科2021Z03)

第一作者: 周云霞(1973-),高级工程师,主要从事天气预报研究。E-mail:13878131128@163.com

及以上雷暴大风( $\geq 17.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ),即认为该县(市、区)出现强对流天气。大范围强对流天气过程定义为:广西出现强对流天气的县(市、区)数 $\geq 20$ 个。区域性强对流天气过程定义为:广西出现强对流天气的县(市、区)数 10~19 个;局地性强对流天气过程定义为:广西出现强对流天气的县(市、区)数 1~9 个。

## 2 结果与分析

### 2.1 2023 年广西强对流天气特征

#### 2.1.1 强对流天气过程

据统计,广西区域性及以上强对流天气致灾面广、社会影响大,为体现强对流天气灾害特点,按照上述标准统计分析区域性及以上强对流天气过程。

2023 年广西出现区域性及以上强对流天气过程 5 次,明显偏少于历年平均的 15 次过程;过程出现在 4—5 月,其中 4 月偏多、出现 3 次(图 1(a))。从 2019 年以来,广西区域性及以上强对流过程呈现逐年下降的趋势,但在强对流总体偏少背景下 2023 年出现两次大范围强对流天气过程:3 月 22—26 日出现首场大范围强对流天气,冰雹站数居 1961 年以来第 6 多,单日冰雹范围为 1999 年来最广;4 月 19 日出现

2011 年以来广西雷暴大风站数最多、强度最强的强对流天气。

#### 2.1.2 冰雹

2023 年广西冰雹集中出现在 3 月下旬到 5 月上旬,主要分布在桂西北、桂东(图 1(b))。全年出现 11 次冰雹天气过程(图 1(c)),除 3 月 22—26 日出现大范围降雹外,其他均为局地性降雹。其中最强的 3 月 22—26 日冰雹天气过程持续 5 d 有 59 县降雹,主要分布在桂北、桂中,最大冰雹直径 40 mm;其余较明显的天气过程有:4 月 19 日有 5 县降雹,主要分布在桂西北,最大冰雹直径 30 mm;4 月 28—29 日持续 2 d 有 8 县降雹,分布在桂西北,最大冰雹直径 10 mm;5 月 6—8 日持续 2 d 有 9 县降雹,分布在桂西北,最大冰雹直径 20 mm。

#### 2.1.3 雷暴大风

2023 年广西雷暴大风分布分散(图 1(d)),与近十年平均相比,桂西北和桂东具有偏多的特征,主要出现在 3—9 月,4 月、6 月偏多、其中 4 月异常偏多,其余月偏少(图 1(e)),极大风速达  $34.9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (12 级)。从逐时分布图上看(图 1(f)),雷暴大风日变化有两个峰值,分别是 21:00 至次日 06:00、14:00 至 18:00。

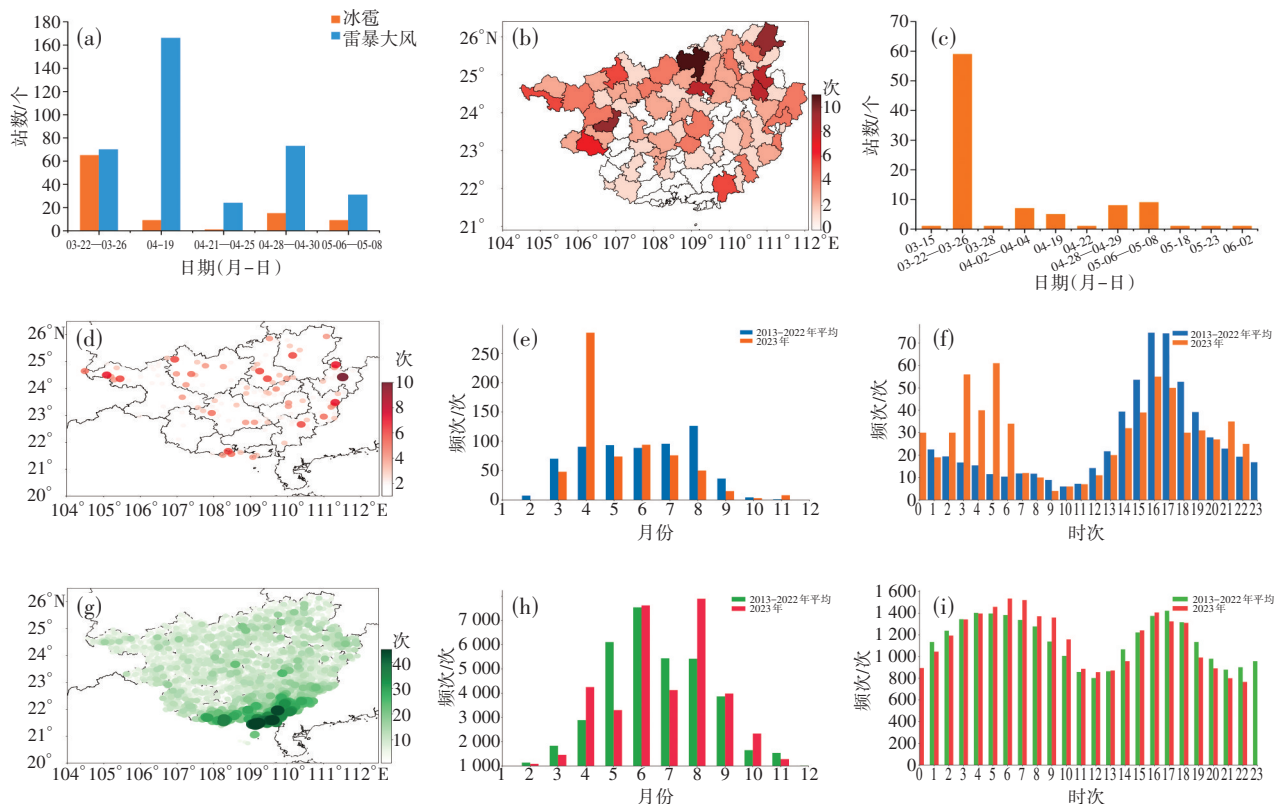
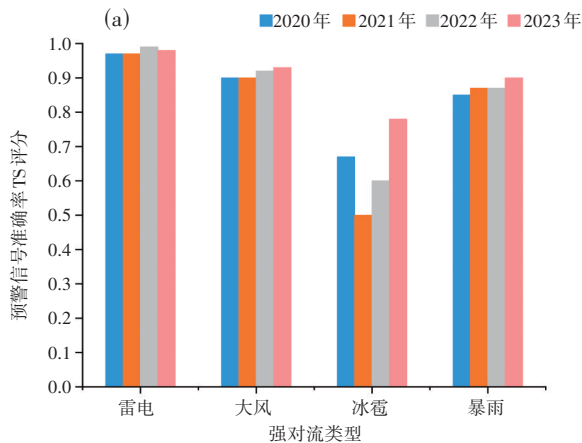


图1 2023年广西区域性及以上强对流天气过程站数统计(a)、冰雹频数分布(b)和天气过程站数统计(c)、雷暴大风频数分布(d)和逐月分布图(e)及逐时分布图(f)、短时强降水频数分布(g)和逐月分布(h)及逐时分布(i)

### 2.1.4 短时强降水

2023年广西短时强降水中心出现在桂东南及沿海(图1(g)),与近十年平均相比,桂东南偏多、桂北偏少,主要出现在4—10月,其中5月、7月偏少,其余月偏多(图1(h)),日变化有两个峰值(图1(i)),分别是03:00—10:00、15:00—18:00。两地短时强降水突破当地历史极值,其中,4月24日陆川县良田镇最大1 h雨量160.1 mm突破玉林市历史极值;5月22日桂林市秀峰区最大1 h雨量160.6 mm、3 h雨量300.1 mm均破桂林市区历史极值。



### 2.2 广西高影响强对流天气过程特征和预报预警分析

由2020—2023年广西雷电、冰雹、大风(含雷暴大风和冷空气大风)天气预警信号准确率及预警提前量检验统计可知(图2),2023年各类强对流天气预警信号准确率和天气预警提前量与前三年基本相当,冰雹天气预警信号准确率有所提高,大风预警提前量达到193.5 min,相对前三年提高近59 min。下面对3月22—26日、4月19日两次广西高影响强对流天气过程的预报预警难点进行分析。

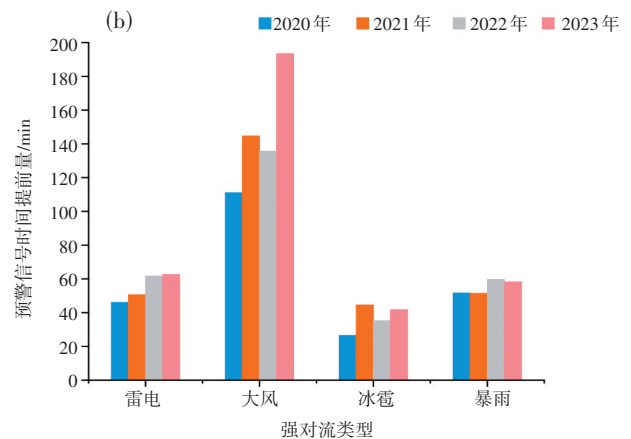


图2 2020—2023年各类强对流天气预警信号发布情况

(a)准确率;(b)提前量

### 2.2.1 3月22—26日广西大范围冰雹天气过程

#### 2.2.1.1 强对流天气概况

2023年3月22日午后开始到25日夜间出现的冰雹天气过程共有59个县(市、区)出现冰雹,43个县(市、区)出现8级以上大风,最大冰雹直径40 mm,最大风力 $28.4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (10级)。过程具有持续时间长、局地风雹强等特点。

根据降雹时段,将此次持续性冰雹天气过程分为3个阶段:第一阶段为22日18:00—23日10:00,强对流天气以直径10 mm左右的小冰雹为主,出现在桂北、桂东,9县(市、区)出现冰雹,雷暴大风只在桂北出现3站,但风力大,风速达 $28.4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;第二阶段为23日14:00—24日08:00,此时为风雹最强时段,桂北、桂中有40县(市、区)出现冰雹、37站雷暴大风,降雹以大冰雹居多,最大冰雹直径40 mm,最大雷暴大风 $27.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。第三阶段为24日08:00—26日00:00,以直径10~20 mm的小冰雹为主,桂西南、桂东26县(市、区)出现冰雹,没有雷暴大风出现。

#### 2.2.1.2 预报、预警情况

此次冰雹天气过程,广西气象台短期预报提前72 h准确报出第一、二阶段的冰雹、雷暴大风天气,但对于第三阶段桂东北的冰雹天气出现漏报。短时临近预报预警方面,广西壮族自治区气象台0~6 h冰雹预报准确率(TS)评分8.4%,命中率16%、0~6 h雷雨大风预报TS评分14.9%,命中率45%,全区气象部门共发布预警信号65份(图3a)。

#### 2.2.1.3 天气形势

对3月22日08:00至26日08:00各层平均高度、温度场及距平图进行分析(图略),500 hPa中高纬为两脊一槽形势,青藏高原东部至孟加拉湾为显著偏强偏冷的宽广槽区,同时200 hPa高空西风急流不仅位于广西上空且存在分流区,为强对流的产生提供较好的动力抬升条件。过程期间850 hPa和地面有明显锋区,冷暖空气长时间在广西对峙。高空宽广槽区中分裂的多个东移短波槽在缓慢南下的地面静止锋及暖低压倒槽上不断触发对流单体随西



南引导气流向东北方向移动发展加强,产生大范围强对流天气。

由地面主要影响天气系统,可将过程中的冰雹天气分为三种类型:地面暖低压倒槽触发生成的暖区冰雹类,出现在22日和23日午后,范围小且分散,发生在百色、河池、南宁三地;地面静止锋上触发生成的锋面冰雹类,此类冰雹天气从22日夜间冷空气进入广西开始到25日夜间静止锋入海结束,由北至南11个地市持续4 d出现降雹,范围广持续时间长;地面静止锋上触发的对流单体向东北方向移动,在锋后150 km远处产生降雹的类似高架冰雹的冰雹天气,主要出现在24日午后到25日夜间的桂东北,这是具有广西特点的冰雹天气类型,把它定义为锋后类高架冰雹天气(下面简称为类高架冰雹)。

#### 2.2.1.4 3月23日南宁市冰雹预报预警分析

对流新生的时间、地点及强度演变的预报偏差会对强对流天气预报预警造成较大影响,这也是预报业务难点。3月23日16:06—17:50南宁市吴圩镇及西乡塘区出现鸡蛋大小的冰雹,造成较大社会影响。23日12:00,通过预报分析考虑16:00前后有对流初生,广西壮族自治区气象台灾害性天气落区短时预报12:00—18:00桂西北有冰雹、雷暴大风等强对流天气,对对流新生的地点预报出现偏差,漏报南宁的冰雹。强对流天气发生期间,南宁市气象台于16:15发布雷电橙色预警信号,16:20发布冰雹橙色预警信号,预警信号发布没有提前量。

降雹时段,南宁处于地面静止锋前暖低压槽中,是一次暖区降雹天气。23日08:00 500 hPa广西处于冷温槽前的上升运动区,850 hPa为西南急流控制,暖脊明显。南宁探空显示最有利抬升指数(BLI)达到 $-6.9^{\circ}\text{C}$ 、850 hPa与500 hPa温差 $34^{\circ}\text{C}$ 、0~6 km垂直风切变 $28.6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,用午后地面温度、露点订正后对流有效位能(CAPE)值可达 $3\,200\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,在这种

高能、高湿、极不稳定以及强垂直风切变的环境条件下,午后短波槽东移影响时地面暖低压倒槽触发的对流可迅速发展降雹。检验各家中尺度数值模式雷达组合反射率预报,发现数值模式对此次锋前暖区强对流基本无预报能力。为寻找有利的冰雹预警时机,对地面风场与组合反射率分析发现(图略),23日14:25开始,南宁与扶绥间出现气旋性旋转的风场,在风场辐合区及山谷地形处对流触发;同时15:00—16:00南宁风廓线图显示1 200~2 750 m高度西南风由 $12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 突增到 $20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,急流脉动也是对流得以触发的机制。

此次南宁冰雹由一个快速生成发展的超级单体导致。因南宁雷达有挡角,选用崇左雷达产品分析雹暴单体触发、发展到首次降雹的过程:15:24对流单体在3 km高度生成;15:30速度图上3 km高度出现中气旋,强旋转辐合的出现使得单体快速加强;15:41在强垂直风切变的环境下对流单体开始倾斜并向上下方向发展,此时最强反射率因子45 dBZ(图3(a)、图3(b));15:47反射率因子强度增加到50 dBZ,强回波质心上升到5.14 km,回波顶高(ET)10.9 km,垂直累积液态水含量(VIL)  $10\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ,对流单体强烈发展具有高的垂直伸展高度,并且速度图上中气旋旋转速度达 $12.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,此时形成可降雹的超级单体;15:59反射率因子中心达到61.5 dBZ, VIL跃升至 $43.7\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ,出现旁瓣、55 dBZ强回波伸展到 $-20^{\circ}\text{C}$ 层高度(7 153 m)等大冰雹特征(图3(c)、图3(d));16:10反射率因子60 dBZ强回波中心快速下降及地,地面已经降雹。整个过程从单体生成到出现冰雹回波特征为35 min、再到显示降雹仅有11 min,预警信号提前发布非常困难。但在15:47超级单体形成时,利用崇左、南宁等多部雷达资料综合考虑有利的天气形势和环境条件,加强敏感性和警惕性,快速分析研判,可提前发布冰雹预警信号。

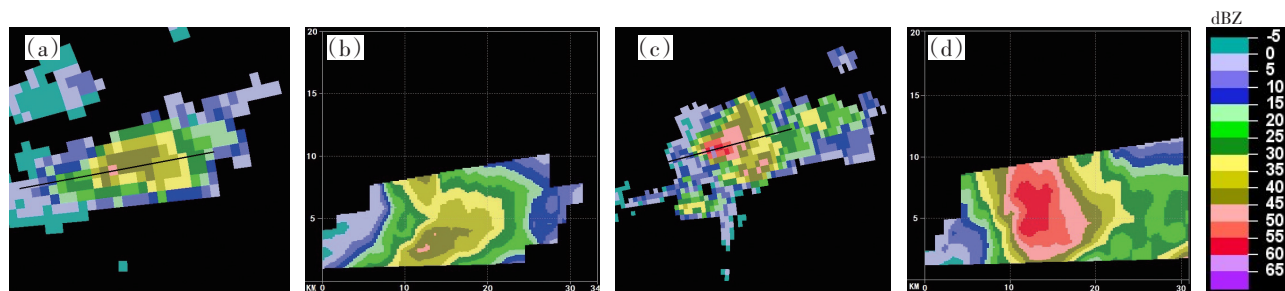


图3 23日 崇左雷达2.4°仰角反射率因子及垂直剖面(单位:dBZ)

(a、b)15:41;(c、d)15:59

### 2.2.1.5 类高架冰雹成因分析

类高架冰雹预报是预报难点之一,故对其成因进行分析。24 日 08:00,500 hPa 四川盆地中部的高原冷温槽及南支短波槽东移影响广西,槽前抬升有利强对流发展;700 hPa 西南急流控制广西,850 hPa 切变线由桂中北退黔桂交界,地面静止锋位于南宁北部白天缓慢南下,西南暖湿气流在地面冷垫上爬升,桂东北呈现有利强对流发生的上冷下暖不稳定层结。

24 日 08:00 地面冷空气前锋开始影响南宁,南宁探空显示地面静止锋附近具有较好的不稳定能量,CAPE 有  $1318 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,BLI 为  $-7.6^\circ\text{C}$ ,具有强的对流不稳定,抬升凝结高度仅 258 m,当高空短波槽东移影响时地面静止锋抬升的暖湿空气易于突破对流抑制,从而在实际大气中获得更大上升能量,对流得以触发。24 日 08:00—25 日 08:00,随着低层西南风加大,桂林探空 BLI 从 24 日 08:00 的  $-1^\circ\text{C}$  逐渐减小到  $-4^\circ\text{C}$  以下,700 hPa 与 500 hPa 温差逐渐加大到  $18^\circ\text{C}$  以上,从逆温顶抬升订正桂林探空 CAPE 值  $700 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$  以上,不稳定条件及能量进一步加强,同时从逆温层顶到 6 km 垂直风切变达  $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,湿球

$0^\circ\text{C}$  层高度 4 km 左右,  $-20^\circ\text{C}$  层高度 7 km 左右,符合广西高架冰雹环境条件<sup>[10]</sup>,因此锋面触发的对流东北移到桂东北上空发展加强为雹暴单体最终降雹。

此类天气出现在桂东北以小冰雹为主并伴雷电,最大冰雹直径 16 mm。24 日 16:30 平乐县出现直径 10 mm 冰雹,县气象台 16:35 发布冰雹橙色预警信号,以此为例分析此类冰雹的雷达演变特征。跟踪降雹的超级单体发现,15:21 地面静止锋北侧柳州南部对流触发向东北方向移动;18 min 后,15:39 (图 4(a)、图 4(b))对流单体呈倾斜结构,反射率因子中心增强至 55 dBZ,质心高度发展到 5 km;16:03 (图 4(c)、图 4(d))最强反射率因子 65 dBZ,出现回波悬垂、旁瓣、三体散射等冰雹特征,VIL 跃升至  $80 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  以上;16:17 反射率因子强度维持 65 dBZ,速度图上出现中气旋,形成超级单体;16:21 则 60 dBZ 的强反射率因子中心快速下降,16:30 平乐降雹。分析可知当强回波单体出现倾斜结构且强度  $\geq 55 \text{ dBZ}$ 、质心高度在  $0^\circ\text{C}$  层以上时,判断对流继续发展将出现冰雹,可发布冰雹预警信号;当出现冰雹回波特征时,应立即发布预警信号。

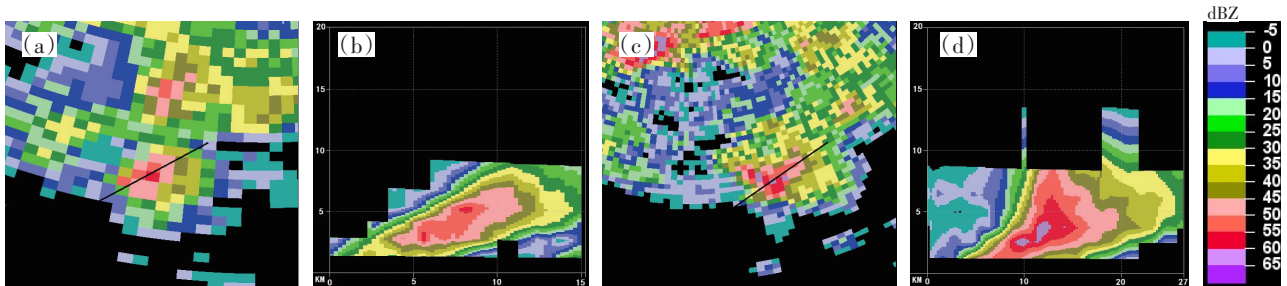


图 4 3 月 24 日桂林雷达  $2.4^\circ$  仰角反射率因子及垂直剖面(单位: dBZ)

(a、b) 15:39; (c、d) 16:03

## 2.2.2 4 月 19 日广西大范围飊线大风天气过程

### 2.2.2.1 强对流天气概况

4 月 18 日夜间广西自西北向东南出现一条飊线,造成多地雷暴大风,伴随短时强降雨和局地冰雹。此次过程雷暴大风站数多、强度强,4 月 18 日 20:00 至 9 日 08:00 有 46 个县(市、区)164 站出现 8 级及以上阵风,其中 10 级及以上阵风 24 站,最大风速  $34.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;9 县(市、区)出现冰雹,最大冰雹直径 20 ~ 30 mm。

### 2.2.2.2 天气形势及预报预警回顾

在高空槽、切变线和地面静止锋影响下 18 日夜间出现此次飊线大风天气。18 日 20:00 贵州北部的

西南低涡东移,500 hPa 西伸的横槽转竖,引导黔桂交界的 850 hPa 切变线南压进入桂北,中低层 500 hPa ~ 8500 hPa 西南急流强盛,为强对流发生提供动力不稳定条件的同时增加水汽和不稳定能量条件。地面静止锋在黔桂交界,有利对流触发。

河池探空显示(图略),温湿廓线为上冷下暖呈“X”状有利雷暴大风的不稳定层结,同时河池、南宁、梧州均具备较好的热力不稳定条件:BLI 为  $-5^\circ\text{C}$  左右、CAPE 为  $2000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$  左右、下沉对流有效位能达  $700 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$  以上,0 ~ 3 km、0 ~ 6 km 强的垂直风切变分别达到  $16 \sim 18 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  和  $25 \sim 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,极有利对流生成后组织化发展,此外 FY4 水汽云图(图略)上



可看出中高层有干舌从云南向东切入广西南部,最终形成飑线导致大范围雷暴大风出现。

系统性风雹类天气预报准确率较高<sup>[11]</sup>,广西壮族自治区气象台提前48 h做出较为准确风雹预报,在对流系统南下过程中,各地也及时发布大风、冰雹等相关预警信号,预警提前量达30~60 min。

#### 2.2.2.3 短临预报预警难点分析

黔西南与桂西北触发的分散对流组织成线状对流系统后南下加强为飑线,其间镶嵌的超级单体、弓形回波导致雷暴大风天气。各家中尺度模式均预报对流带在桂东,桂西漏报,并且短临预报强对流落区偏北。下面从对流触发和移动两个方面对预报偏差原因即预报预警难点进行分析。

4月18日午后地面暖低压发展,桂西桂南高温达30~40℃,地面露点温度23~25℃,呈现暖湿状态。16:00地面风场与露点温度显示,静止锋位于黔桂交界,滇黔桂交界有干线存在,贵州的冷干、云南的暖干和广西的暖湿气团在此交汇,非常有利对流触发。21:00—23:00,随着高空槽移出,地面静止锋线南侧和干线湿侧对流触发形成多单体风暴。

冷池反映飑线系统内部热动力特征,其前沿产生更强的垂直上升运动,有利对流单体的新生,从而促进飑线系统的发展<sup>[12]</sup>。19日02:00对流单体由地面辐合线组织形成线状对流,随着850 hPa切变线东南方向移动,同时降水蒸发冷却作用下线状对流后侧出现明显冷池,冷池中心与线状对流前侧温差达6℃。03:00冷池前沿密集的中尺度温度锋区中线状对流发展成为飑线系统,冷池出流与其前沿上升气流相互作用不断触发新生对流,04:00飑线系统与其前侧单体合并组织形成弓状加速南下,08:00快速移动的飑线从桂东南移出广西。

从以上分析得出,对流触发的位置影响着强对流发生的区域,在数值模式对对流新生预报能力不足的现状下,短临预报需要关注上游天气系统变化和地面要素的情况。对对流系统移速考虑不足导致预报偏差,当出现线状对流时,需考虑线性对流产生后内部自组织机制作用,及时调整预报预警。

### 3 结论

利用多源资料,对2023年广西强对流天气特征、大范围高影响强对流天气过程的预报预警难点进行综合分析,得出以下主要结论:

(1)2023年广西出现区域性及以上强对流天气

过程5次,总体偏少。冰雹天气主要集中在3月下旬到5月上旬的桂西北、桂东,最大冰雹40 mm。雷暴大风主要出现在3—9月,4月异常偏多,桂西北和桂东偏多、沿海偏少,极大风速达34.9 m·s<sup>-1</sup>。短时强降水主要出现在4—10月,桂东南偏多、桂北偏少。

(2)3月22—26日广西大范围冰雹天气过程中,产生冰雹的超级单体主要在锋面及锋前暖区触发,在强的对流不稳定、能量和垂直风切变条件下,锋前暖区可产生迅速发展降雹的超级单体,抓住对流发展特征结合有利天气形势和环境条件,快速分析研判能及时发布预警信号。锋面触发锋后降雹的类似高架冰雹天气是由地面触发的对流随西南暖湿气流在地面冷垫上斜升发展产生,预报中需关注高空槽、700 hPa西南急流和地面锋面的配置以及适宜的环境条件。

(3)4月18日夜间西南涡背景下高空槽东移切变线南下产生的飑线大风天气,是由地面静止锋和干线触发,飑线南压的预报中应充分考虑线状对流的自组织作用将预报落区向南调整。

(4)类高架、暖区对流天气数值模式基本没有预报能力,目前仍是预报预警难题,需加强此类天气机理研究,提升客观化预报预警技术,从而提高强对流天气预报预警水平。

#### 参考文献:

- [1] 农孟松,祁丽燕,黄明策,等.基于环流分型的广西冰雹潜势预报研究[J].气象,2008(6):46-52.
- [2] 翟丽萍,农孟松,梁维亮,等.造成临桂极端大风的超级风暴单体观测分析[J].暴雨灾害,2019,38(4):346-353.
- [3] 农孟松,翟丽萍,屈梅芳,等.广西一次飑线大风天气的成因和预警分析[J].气象,2014,40(12):1491-1499.
- [4] 曾小团,梁巧倩,农孟松,等.交叉相关算法在强对流天气临近预报中的应用[J].气象,2010,36(1):31-40.
- [5] 莫丽霞,高宪权,欧徽宁,等.基于数值模式产品的广西冰雹客观预报方法研究[J].干旱气象,2020,38(3):480-489.
- [6] 农孟松,黄荣,黄明策,等.广西强对流天气业务与研究进展[J].气象研究与应用,2020,41(4):28-33.
- [7] 王艳兰,王娟,伍静,等.桂林市2019年“3·21”极端大风与“4.24”致灾冰雹过程特征对比分析[J].热带气象学报,2021,37(2):175-185.
- [8] 梁虹,王盛繁,梁毅进,等.2022.贵港市“5·20”下击暴流过程超级单体结构演变与环境特征分析[J].暴雨灾害,41(6):631-639.
- [9] 杨波,郑永光,蓝渝,等.国家级强对流天气综合业务支

- 撑体系建设[J]. 气象, 2017, 43(7):845–855.
- [10] 农孟松, 赖珍权, 梁俊聪, 等. 2012 年早春广西高架雷暴冰雹天气过程分析[J]. 气象, 2013, 39(7):874–882.
- [11] 唐文苑, 周庆亮, 刘鑫华, 等. 国家级强对流天气分类预报检验分析[J]. 气象, 2017, 43(1):67–76.
- [12] 高彦青, 孙璐, 马旭林, 等. 飚线结构和强度对低层湿度和环境垂直风切变的敏感性研究[J]. 大气科学学报, 2022, 45(6):938–947.

## Review of the characteristics and forecasting warnings of high-impact severe convective weather in Guangxi in 2023

ZHOU Yunxia, NONG Mengsong, HUANG Rong, QI Liyan, QU Meifang, ZHU Yonghua  
(Guangxi Meteorological Observatory, Nanning 530022, China)

**Abstract:** A comprehensive analysis of the characteristics of high-impact severe convective weather and the forecasting and warning challenges in Guangxi in 2023 was conducted using multiple data sources. The results show that: (1) There was a total of 5 regional and above severe convective weather events throughout the year, which were generally fewer compared with the climate state. Hailstorms were concentrated from March to May. Thunderstorm gust mainly occurred from March to September, with a maximum wind speed of  $34.9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . (2) Hail-producing supercells were mainly triggered at fronts and frontal warm zone under conditions of strong convective instability, energy, and vertical wind shear in frontal warm zones. Therefore, forecasters should be concerned about the rapid development of hail super monomers and issue early warning signals in advance. (3) Squall-line wind events under a southwest vortex background were triggered by ground stationary fronts and dry lines; short-term forecasters should consider the self-organising effect of linear convective to adjust the falling area to the south. (4) Numerical model forecasting capabilities were poor for elevated and warm-sector hail weather, and it is necessary to strengthen the mechanistic research to improve the objective forecasting and warning technology.

**Key words:** convective storms; forecasting and warning; supercell; squall line