

文章编号:1673-8411 (2015) 02-0043-05

2013.3.23 百色市致灾冰雹天气过程成因分析*

杨思施¹, 黄开刚¹, 刘国忠²

(1.百色市气象局, 广西 百色 533000; 2.广西气象台, 广西 南宁 530022)

摘要:利用常规气象资料、多普勒雷达资料和自动气象站资料,从影响系统配置、环境条件、可预警性等方面对 2013 年 3 月 23 日百色市致灾冰雹天气过程的特征和成因进行了分析。结果表明:南支槽加深东移、850hPa 切变线南压以及近乎相交的高低空急流配置是此次冰雹发生的有利天气背景,地面辐合线为强对流的触发、发展和持续提供了重要的边界层条件。地面增温、较高的对流有效位能、强的垂直风切变、合适的 0℃和-20℃层高度以及较好的水汽条件为强对流风暴发生发展提供了良好的环境潜势条件。持续偏高的反射率因子和垂直积分液态水含量为冰雹、大风预警的发布提供了有效依据。

关键词:冰雹;环境条件;垂直风切变;强对流风暴

中图分类号:P458.1*21.2

文献标识码:A

Analysis on the causes of Hail Process in Baise City on 23th March 2013

Yang Si-shi¹, Huang Kai-gang¹, Liu Guo-zhong²

(1. Baise Municipal Meteorological Service, Baise Guangxi, 533000; 2. Guangxi Meteorological Observatory, Nanning Guangxi, 530022)

Abstract: Based on conventional observation, Doppler radar and automatic weather station data, the characteristics and causes of hail process occurred in Baise city on 23th March 2013 were analyzed from the aspects of system configuration, environmental conditions and the possibility of early warning. The results showed that southern branch trough deepening; 850hPa shear line moving southward and the configuration of upper-level jet and low-level jet approximately intersecting were all advantageous weather background of this hail. It was the surface convergence line that played an important role in triggering and maintaining severe convective. Ground warming, high convection effective potential, strong vertical wind shear, suitable height of 0℃ and -20℃ layer and good vapor conditions provided good environment conditions for the strong convection developing. Consistent high reflectivity and VIL could provide some effective evidence for hail or gale warning.

Key words: hail; environmental condition; vertical wind shear; severe convective storm

引言

强对流是广西百色市春季最主要的灾害性天气,主要以冰雹、雷雨大风和短历时强降水为主,往往会造成严重的经济损失,尤其是冰雹、雷雨大风因具有持续时间短、强度强、破坏力大的特点,对工农业生产及人民生命财产造成的危害较大。目前已有气象工作者从气候统计^[1-2]、物理机制^[3-4]、中小尺度

系统特征等^[5-7]方面对广西境内冰雹天气进行了一些研究,但上述研究对象主要为桂东和桂中的冰雹,而对于桂西冰雹的分析研究较少。2013 年百色市冰雹天气明显偏多,具有出现时间早、发生频次多、影响范围广等特点,全市先后出现了 11 次较大范围的冰雹、雷雨大风等强对流天气过程,造成经济损失达 2.88 亿元。多普勒天气雷达探测资料不但时间连续性很强,并且提供了强度、高度、以及风场等信息,使

收稿日期:2014-12-25

基金项目:中国气象局华南区域气象中心科技攻关项目(GRMC2014M13)、广西自然科学基金项(2014GXNSFAA118299)和国家卫星气象中心项目(201401KY002/02-3)共同资助

作者简介:杨思施(1986-),男,助理工程师,主要从气象科技服务工作。

详尽分析和准确预报冰雹等强对流天气的发生、发展和演变的过程成为可能,是监测、预报强对流天气的有力工具^[8]。华南地区已有不少气象工作者充分利用雷达资料深入分析了对强对流天气个例^[9-14],有效地揭示了当地强对流天气的发生发展规律。因此,应用新一代多普勒雷达资料做好冰雹、雷雨大风的监测预警以及人工消雹增雨作业是百色市防灾减灾工作的重点。本文从影响系统配置、环境条件、可预警性等方面对 2013 年 3 月 23 日百色市致灾冰雹天气过程的特征和成因进行分析,旨在为冰雹、大风预报预警工作提供科学依据。

1 冰雹天气过程概况

2013 年 3 月 23 日 14–21 时百色市田林县、右江区、田阳县、田东县、平果县的部分地区先后出现雷暴、冰雹、雷雨大风等灾害性天气。其中,田林县定安镇、高龙乡、田东县那龙水库、平果县海城乡以及旧城镇等地最大冰雹直径 30mm,百色城区最大冰雹直径达 40mm,右江区汪甸乡、四塘镇和田阳那坡镇最大瞬时风速分别达 23.8m/s、23.9 和 23.2m/s (风力 9 级)。此次强对流天气过程导致 39 人受伤,造成经济损失高达 1.1 亿元。

2 主要影响系统配置

3 月 23 日 08 时,500hPa 欧亚大陆中高纬地区呈两槽一脊型,巴尔喀什湖附近以及贝加尔湖以东地区分别为低槽区。中低纬地区南支槽发展旺盛,在东移的过程中与青藏高原东部的短波槽合并加深,振幅达 10 个纬距以上,槽线呈东北–西南向贯穿重庆–贵州–云南等地区。副热带高压西伸至 110°E 附近,脊线位于 15°N 附近,广西上空受南支槽前和副热带高压西北侧西南气流控制。850hPa 切变线从贵州北部南移至黔桂交界。广西西部 850hPa 和 500hPa 温差达 26℃以上,上冷下暖,温度直减率很大。同时,850hPa 湿舌从广西南部延伸至湖南、江西一带,而广西全境处于 500hPa 温度露点差大于 20℃干区中,上干冷、下暖湿的不稳定层结明显(图 1)。此外,分析百色市上空各层风发现,从低层到高层均为偏西南气流,高低空急流近乎相交,风速随高度明显增加,500hPa 和 925hPa 风速差达 19m·s⁻¹ 以上,风垂直切变强,有利深厚强对流的发展。

注:紫色箭头为 200hPa 大于等于 40m·s⁻¹ 急流轴;褐色实线为 500hPa 低槽;浅蓝色三角线为

500hPa 温度槽;橙色虚线为 500hPa 温度露点差大于等于 20℃区域;红色箭头为 850hPa 急流;红色双实线为 850hPa 切变线;红色长虚线为 850hPa 与 500hPa 温差大于等于 26℃区域;红色圆点线为

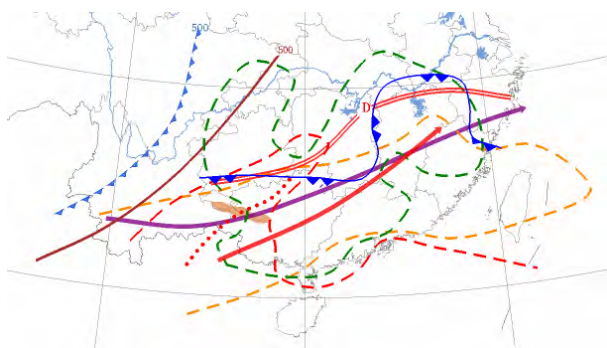


图 1 2013 年 3 月 23 日 08 时主要影响系统配置中分析

850hPa 温度脊;绿色虚线为 850hPa 温度露点差小于等于 3℃区域;带深蓝色三角实线为地面冷锋;浅褐色阴影为冰雹(大风)区域

边界层辐合线是风暴发生、发展临近预报的关键,它包括冷锋、露点锋、海陆风辐合带、雷暴的出流边界和热力不均匀引起的辐合带^[15]。强对流发生前一天,即 22 日广西西部受西南暖地压控制,右江河谷最高气温达到 34℃。23 日 08 时地面冷锋移到黔桂交界,桂西处于向西开口的地面倒槽之中,14 时百色站气温仍达到 31℃,对该区域大气不稳定能量积累有重要作用。从区域自动气象站风场可以看出,13 时在百色西北部开始产生一条地面辐合线(图 2),并不断往东南方向移动;其中 16–17 时地面辐合线明显加强,呈现“八”字形分布,18 时开始减弱,19 时移出百色境内。可见,地面辐合线的产生、加强和维持,为强对流的触发、发展和持续提供了重要的边界层条件。



图 2 2013 年 3 月 23 日 13 时区域自动气象站风场及 13–18 时地面辐合线位置

3 冰雹发生的环境条件分析

冰雹的产生主要受到 4 个环境参量影响: 对流有效位能(CAPE)、垂直风切变、0℃和-20℃层高度、水汽条件。

3.1 对流有效位能

强对流天气的发生离不开深厚对流的发展, 位势和层结不稳定是强对流活动最重要的基本条件, 而对流能量的大小又决定了对流发展的程度^[16]。根据 23 日 08 时百色(59211)探空资料(图 3a), 对流温度(T_g)为 36.1℃, 对流有效位能 CAPE 为 $454.2 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。用午后 14 时百色地面温度 (31℃) 和露点温度

(18℃)订正后 CAPE 变为 $1840 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ (图 3b), 说明午后百色已经具备较高的对流不稳定条件。20 时降雹过后百色上空的 CAPE 仍达 $1302 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$, 也进一步印证了午后对流有效位能是明显增加的。因此, 对地面起始气块的温度和露点进行订正后得到的对流有效位能在对流潜势预报中具有较高的参考价值。

3.2 垂直风切变

风的垂直切变影响着对流云的发展、移动和分裂等过程, 强的风垂直切变有助于普通风暴组织成持续性的强风暴, 是维持和增强对流风暴的因子^[7]。强的垂直风切变风场对超级单体的产生至关重要^[17]。有研究表明^[18], 比较强烈的冰雹云多出现在中等

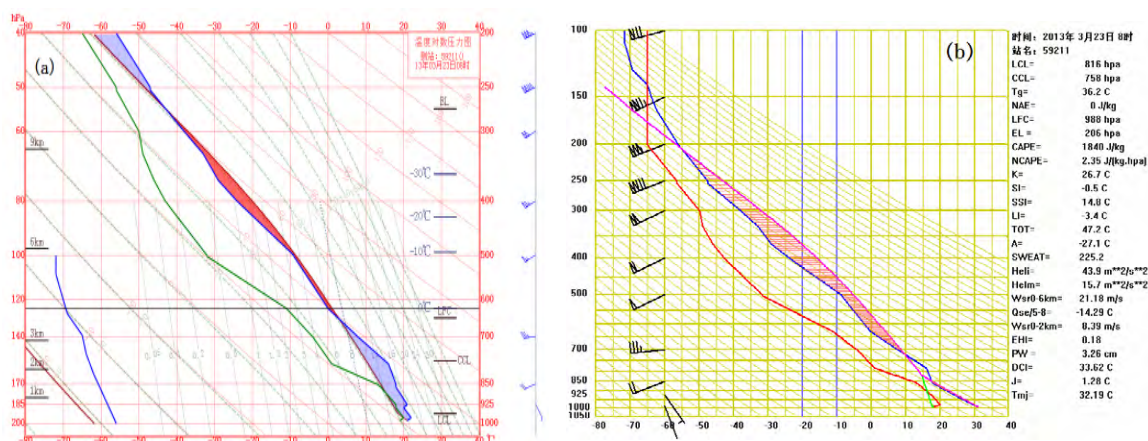


图3 3月23日08时(a)百色 T-lnp 图和 14 时经订正后的 T-lnp 图(b)

到强的环境风切变条件下, 垂直风矢量差在 $20 \sim 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。23 日 08 时, 百色地面风速为 $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、风向为 360° , 500hPa 风速为 $21 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 风向为 245° , 经计算得到百色 0~6km 垂直风矢量差为 $21.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 属于强垂直风切变。当日 08 时百色探空资料显示, 从地面到高空的风向、风速变化上看, 百色边界层到 850hPa 风向随高度顺转显著, 有利于气旋式右移超级单体风暴的产生^[4], 风速由 $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 增大至 $8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 700~250hPa 风向变化虽小, 但风速由 $14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 增加到 $52 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 风速切变明显。

从百色多普勒雷达风廓线(VWP)产品反演出的风场(图略)上看, 强对流风暴影响前, 1.2 千米以下风速较小, 约为 $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 但在 6.1 千米高空风速最大达到了 $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 进一步印证了强垂直风切变线的存在。16 时 33 分, 在 2.4~2.7 千米高空出现“ND”, 表明中层有干冷空气入侵, 并通过动量下传至边界层^[19], 300 米上空出现 $18 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 西北大风, 对

应地面上百色境内出现了 7~9 级雷雨大风和最大直径达 40mm 的冰雹。

3.3 0℃和-20℃层高度

根据观测与分析, 最有利于降雹的 0℃层海拔高度大约在 3~4.5km(700~600 hPa), -20℃层高度约在 5~9km(500~400hPa)。23 日 08 时百色的 0℃层海拔高度为 4376.5m, 位于 622hPa, -20℃层海拔高度为 7022m, 位于 426.7hPa。可见, 这两层高度都满足了降雹的条件。

3.4 水汽条件

雹暴内部含有大量水分, 要求低层有足够水汽供应, 常形成于低层有湿舌或强水汽辐合的地区^[20]。23 日 08 时水汽通量中心位于广西东部为 $16 \text{ g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 桂西为 $6 \sim 10 \text{ g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$; 水汽通量散度辐合中心位于云南东北部 $-16 \times 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 广西大部为水汽辐散; 23 日 20 时水汽通量散度辐合中心移到贵州西南部, 桂西转为水汽辐合区

域,最大水汽通量散度为 $-8\text{ g}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。从各层比湿场上看(图略),23日08–20时,桂西850h以下的比湿均在 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上,表明该区域内对流层低层大气的水汽含量较为丰富,为强对流的发生提供了充足的水汽来源。

3.5 冰雹天气的可预警性分析

从23日13:38–15:31风暴属性演变(图略)可以看出,13:38强回波高度为8km,垂直液态水含量为 $43\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$,反射率因子为58dBZ,随之时间的增加,强回波高度都在9km以上,这个高度已经超过了 -20°C 等温线所在的高度;并且在风暴单体成熟前1~2个体扫内垂直液态水含量出现大幅度跃升,例如14:09垂直液态水含量迅速增大至 $65\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 以上,相应的最大反射率因子也增加到65dBZ以上,表明风暴已发展到成熟阶段,云体内部的水形态也随之从液态向固态转变^[21]。而风暴在开始衰弱的2个体扫内,垂直液态水含量出现大幅度下降,云体内部的水形态则有固态向液态转变。因此,可以根据风暴属性的变化趋势来推测风暴未来一段时间内的强度变化,从而为冰雹、大风的短时临近预报预警提供参考依据。百色出现大冰雹的主要指标是65dBZ以上强回波扩展到 -20°C 等温线以上,VIL在 $60\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 以上。

4 结论

本文利用常规气象资料、多普勒雷达资料和自动气象站资料,从影响系统配置、环境条件、可预警性等方面对2013年3月23日百色市致灾冰雹天气过程的特征和成因进行了分析,得出以下结论:

(1)3月23日南支槽加深东移、850hPa切变线南压以及近乎相交的高低空急流配置是强对流发生的有利天气背景,地面辐合线为强对流的触发、发展和持续提供了重要的边界层条件。

(2)地面增温、较高的对流有效位能、强的垂直风切变、合适的 0°C 和 -20°C 层高度以及较好的水汽条件为强对流风暴发生发展提供了良好的环境潜势条件。

(3)持续偏高的反射率因子和垂直积分液态水含量为冰雹、大风预警的发布提供了有效依据。

(4)百色出现大冰雹的主要指标是65dBZ以上强回波扩展到 -20°C 等温线以上,VIL在 $60\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 以上。

参考文献

[1] 姚胜芳,黄治逢,农孟松,等.广西冰雹气候统计分析及

- 减灾对策[J].气象研究与应用,2007,28(4):22–25.
- [2] 韦丹宜,覃峥嵘.桂西北冰雹灾害的特征分析及防御对策[J].气象研究与应用,2007,29(S2):51–54.
- [3] 黄远盼,梁珊珊.贺州市一次致灾冰雹天气过程诊断分析[J].气象研究与应用,2012,33(2):19–22.
- [4] 唐熠,冯晓玲,王娟.2012年广西一次高架对流冰雹过程分析[J].气象研究与应用,2013,34(S1):26–28.
- [5] 赖雨薇,黄磊,周惠文.多普勒雷达产品对南宁冰雹天气的应用分析[J].气象研究与应用,2014,35(4):36–39.
- [6] 张正国,邹光源,刘丽君,等.雷达回波顶高(ET)产品在广西冰雹云识别中的应用研究[J].气象研究与应用,2014,35(4):89–92.
- [7] 农孟松,祁丽燕,黄海洪,等.桂西北一次超级单体风暴过程的分析[J].气象,2011,37(12):1519–1525.
- [8] 俞小鼎,姚秀萍,熊廷南,等.多普勒天气雷达原理与应用[M].北京:气象出版社,2006:3–4.
- [9] 张凌云,刘蕾,李亚琴,等.柳州“2012.4.12”强对流天气过程分析[J].气象研究与应用,2013,34(3):22–25.
- [10] 柯文华,管习权,黄天宋,等.近几年揭阳市发生的强对流风暴天气分析[J].广东气象,2012,34(2):24–28.
- [11] 吴小芳,伍志方,叶爱芬.广东一次强对流天气过程分析[J].广东气象,2011,33(1):5–7.
- [12] 张羽,吴小芳,胡胜,等.2009年广州第一场强对流天气的强对流单体雷达特征[J].广东气象,2009,31(4):8–10.
- [13] 汪海恒,朱永兵,叶永恒,等.韶关市区一次罕见大冰雹灾害性天气过程分析[J].广东气象,2013,35(3):12–19.
- [14] 郝建平,曹刚,刘子文,等.广东冰雹天气个例的雷达产品特征分析[J].广东气象,2015,37(1):75–80.
- [15] 郭媚媚,赖天文,罗焯坤,等.2011年4月17日广东强冰雹天气过程的成因及特征分析[J].热带气象学报,2012,28(3):425–432.
- [16] 陈晓红,郝莹,周后福,等.一次罕见冰雹天气过程的对流参数分析[J].气象科学,2007,27(3):335–344.
- [17] 张涛,方狮,朱文剑,等.2011年4月17日广东强对流天气过程分析[J].气象,2012,38(7):814–818.
- [18] 潘晓滨,陈家华,魏绍远.垂直风切变对风暴云影响的数值模拟[J].气象科学,1996,16(2):135–144.
- [19] 赵瑞金,杨德保,董保华,等.石家庄地区冰雹天气环境条件的多普勒天气雷达资料分析.气象科学,2008,28(6):689–696.
- [20] 叶成志,唐明晖,陈红专,等.2013年湖南首场致灾性强对流天气过程成因分析[J].暴雨灾害,2013,32(1):1–10.
- [21] 黎霖,谢富友,郑芬,等.多普勒雷达特征参数与短时冰雹临近预警[J].气象研究与应用,2012,33(S1):236–237.