

贺春江, 蒙蒙, 黄肖寒, 等. 桂西北一次区域性冰雹天气过程分析 [J]. 陕西气象, 2014 (3): 4-7.

文章编号: 1006-4354 (2014) 03-0004-04

桂西北一次区域性冰雹天气过程分析

贺春江, 蒙蒙, 黄肖寒, 王秋文

(河池市气象局, 广西河池 547000)

摘 要: 利用高空、地面资料, 自动气象站资料和河池多普勒雷达资料, 对 2013 年 3 月 23 日桂西北河池市区域性冰雹天气过程进行分析。结果表明: 500 hPa 高原冷槽、850 hPa 切变线、地面弱冷锋是这次过程的影响系统; 边界层辐合线为触发对流云提供了动力条件; 冷云厚度是暖云厚度的 2 倍有利于冰雹天气的产生; 适宜降雹的云顶亮温在 -52°C 到 -62°C ; 当 VIL 值 $\geq 60 \text{ kg/m}^2$ 时, 强回波附近将有冰雹出现; 反射率因子图上的弓形回波, 钩状回波, 弱回波区, 旁瓣回波、三体散射, 是发布冰雹预警的重要指标。

关键词: 区域性冰雹; 边界层辐合线; 冷暖云厚度比; 云顶亮温; VIL 值; 河池市

中图分类号: P458.1

文献标识码: A

1 天气实况

2013 年 3 月 23 日下午到夜间, 桂西北河池市出现大范围强对流天气。天峨、南丹、金城江、环江、罗城、宜州、都安等七县市的 31 乡镇出现冰雹, 其中宜州市北山乡出现直径 60 mm 的大冰雹, 天峨、宜州、环江县还出现 8 级以上

大风, 河池市的金城江区、宜州市和都安县出现短时强降水。

2 强对流天气成因

2.1 环流背景分析

2013 年 3 月 23 日 08 时强对流天气系统配置图 (图 1, 图见第 7 页) 显示, 500 hPa 高空

收稿日期: 2014-03-05

作者简介: 贺春江 (1971—), 女, 广西河池人, 学士, 工程师, 从事气象服务和短期预报工作。

沙地、与云互相作用区识别优势明显, 实现日夜不间断连续监测, 对研究沙尘发生、发展、演变具有现实意义。

参考文献:

- [1] 石广玉, 赵思雄. 沙尘暴研究中的若干科学问题 [J]. 大气科学, 2003, 27 (4): 591-606.
- [2] 张鹏, 张兴赢, 胡秀清, 等. 2006 年一次沙尘活动的卫星定量遥感和分析研究 [J]. 气候与环境研究, 2007, 12 (3): 302-308.
- [3] Shenk W E, Curran R J. The detection of dust storms over land and water with satellite visible and visible and infrared measurements [J]. Mon Wea Rev, 1974, 102 (12): 830-837.

- [4] Ackerman S A. Using the radiative temperature difference at 3.7 and 11 to track dust outbreaks [J]. Remote Sens Environ, 1989, 27 (2): 129-133.
- [5] 郭锐, 蔡迪花, 韩兰英, 等. MODIS 沙尘暴辨识方法与业务系统 [J]. 气象, 2009, 35 (1): 102-108.
- [6] Zhang P, Lu N M, Hu X Q, et al. Identification and physical retrieval of dust storm using three MODIS thermal IR channels [J]. Global and Planetary Change, 2006, 52 (4): 197-206.
- [7] Ackerman S A, Smith W L, Spinhirne J D, et al. The 27-28 October 1986 FIRE IFO cirrus case study: Spectral properties of cirrus clouds in the 8-12 μm window [J]. Mon Wea Rev, 1990, 118 (11): 2377-2388.

槽位于青藏高原东侧, 槽后有冷平流, 桂西北受槽前西南气流控制, 温度露点差 $\geq 25^{\circ}\text{C}$, 为干空气区。低空 850 hPa 为西南暖湿气流影响, 急流轴位于广西东南部, 贵州南部和广西北部存在一西南风和东北风的冷式切变线, 切变线南侧温度露点差 $\leq 2^{\circ}\text{C}$, 为高湿区, 水汽充沛, 温度脊位于湿区西侧, 桂西北地区低层高能高湿的条件已具备。地面弱冷锋位于南岭附近, 冷锋前部区域为东南气流影响。23 日下午到夜间随着高空冷槽的东移, 配合 850 hPa 切变线和地面弱冷空气的触发, 强对流天气发生在切变线两侧, 急流轴左侧, 地面东北气流和东南气流汇合处。

2.2 地面要素的中尺度特征分析

许多研究支持强风暴发生前已有低空辐合的存在, 地面辐合线是强风暴的触发机制之一^[1]。从河池地面气象自动观测网资料可看出, 2013 年 3 月 23 日 16—19 时在天峨、南丹、环江、罗城县境内有一条东西向的中尺度风场辐合线, 辐合线两侧有 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ 的温度梯度 (图 2a、2b)。从西部移出的对流云系沿辐合线东移并逐渐加强, 造成辐合线两侧 4 县的 14 乡镇出现冰雹天气。22—24 时, 又有一条长约 100 km 的西北—东南向中尺度风场辐合线在河池市金城江区至宜州市境内, 雹暴沿辐合线从西北向东南移动 (图 2c), 最强的冰雹出现在辐合线上。边界层辐合线是风暴发生发展的动力条件之一, 是强对流天气重要的触发系统。

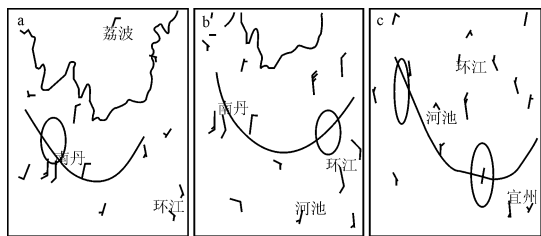


图 2 2013-03-23 地面辐合线 (a 17:00; b 18:00; c 23:00。黑线为地面辐合线, 圆圈为雹暴位置)

2.3 $T\text{-}\log p$ 图分析

冰雹等强对流天气产生于较强的对流风暴中, 它取决于环境的热力不稳定, 环境垂直风切

变和水汽的垂直分布等因子^[2]。从冰雹发生当日 08 和 20 时的河池探空资料看 (图 3, 图见第 7 页), 地面 (925 hPa) 到 500 hPa, 风速随高度增加明显, 风向顺转, 有较强的垂直风切变; 而衡量热力不稳定大小的最佳参量是对流有效位能 Cape ^[3]。冰雹天气发生前, 23 日 08 时 Cape 值为 $1\,288.3\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$, 20 时 Cape 上升至 $1\,746.2\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$, 沙氏指数维持在 $-3.09\sim -4.08^{\circ}\text{C}$, 风暴强度指数为 $295.4\sim 310.4^{\circ}\text{C}$, 具备了发生冰雹天气的潜势。08 时 $\Delta T_{850-500}$ 为 26°C , $\Delta T_{700-500}$ 为 19°C ; 20 时 $\Delta T_{850-500}$ 增大到 31°C , $\Delta T_{700-500}$ 维持不变, 这表明从低层到高层垂直温度递减率大, 增大了层结的不稳定性。从水汽的垂直分布来看, 冰雹天气过程中水汽条件均呈上干下湿的分布, 高层 500 hPa 比湿值在 $0.25\sim 0.70\text{ g/kg}$, 700 hPa 在 $3.5\sim 3.9\text{ g/kg}$, 而低层水汽较丰富, 地面到 850 hPa 的比湿值在 $12.0\sim 15.0\text{ g/kg}$ 。环境条件非常有利于对流风暴的产生。

3 冰雹生长条件分析

3.1 0°C 层和 -20°C 层高度

冰雹的主要生成区是在 0°C 到 -20°C 层区域。据统计, 河池市春季降雹日 08 时 0°C 层高度在 $4\,100\sim 4\,900\text{ gpm}$; -20°C 层高度在 $7\,000\sim 8\,000\text{ gpm}$ ^[4]。23 日 08 时 0°C 层和 -20°C 层的高度分别为 $4\,234\text{ gpm}$ 、 $7\,022\text{ gpm}$, 满足出现冰雹的条件。

3.2 冷云与暖云厚度比

当对流云中冷云部分是暖云部分的 2~3 倍时, 利于冰雹天气的出现^[5]。当冷云和暖云部分的厚度比达到上述比例时, 既保证云中有较厚的过冷水滴区, 又保证云中有不太厚的液态水含量较高的暖区, 不会导致雹块在下降过程中完全融化。此次冰雹天气出现前, 冷云与暖云部分的厚度比逐渐增加。22 日 08 时, 暖云层厚度 (抬升凝结高度到 0°C 层高度) 为 $3\,330\text{ gpm}$, 冷云层厚度 (0°C 层高度到平衡高度) 为 $5\,753\text{ gpm}$, 两者比为 1: 1.73, 23 日 08 时, 暖云厚度为 $3\,284\text{ gpm}$, 而冷云厚度增加为 $6\,641\text{ gpm}$, 其比变为 1: 2.02, 有利于冰雹产生。

4 中尺度对流系统演变和雷达回波特征

4.1 中尺度对流云系的演变

在具备了强对流天气发生的环流背景条件下, 23 日 13 时 (图略), 在广西西林县境内开始有对流云块生成, 云顶亮温 (TBB) 为 -30°C , 它是第一个中尺度对流云系的初生阶段; 15: 00 (图略) 云团不断加强在乐业县北发展成第一个中尺度对流云系 MCS1, 其 TBB 为 -52°C , 具有密实的结构, MCS1 逐渐发展加强, 在高空槽前偏西南气流引导下由西向东移动, 16: 00 进入天峨县境内; 16: 00—19: 00 (图略) 云系加强并以东移为主, TBB 维持在 $-58\sim-62^{\circ}\text{C}$, 受该云系影响 4 县市降雹; 20: 00 云系减弱移出河池市境内。21: 00, 在南丹县西南部附近又有新的对流云块出现, 22: 30 (图略) 第二个中尺度对流云系 MCS2 在河池市金城江区境内生成, TBB 为 -58°C , 缓慢东南移并逐渐加强, 22: 40 前后金城江区开始降雹, 该云系从 23 日 22: 40 开始到 24 日凌晨造成 5 县市的 1 个乡镇出现强冰雹天气。

4.2 雷达回波特征

23 日 15: 00 河池多普勒雷达图 (图略), 广西乐业县北面有分散回波, 1.5° 仰角基本反射率因子中心强度 25 dbz。15: 22 天峨县境内有新的回波生成, 中心强度 45 dbz。15: 46 两处回波合并加强东移, 16: 00 回波中心强度达 60 dbz, 回波顶高 14 km, VIL 液态水含量由 25 kg/m^2 跃升到 60 kg/m^2 , 随后维持在 $60\sim70\text{ kg/m}^2$ 。16: 20 天峨县坡结乡开始降雹, 三堡乡、向阳镇也出现降雹, 最大冰雹直径 10 mm。研究表明, VIL 先猛增, 后相对稳定, 当达到峰值时即出现冰雹^[6], 本次降雹过程也出现了同样的情况。17: 16 是这次风暴的最强时段, $0.5^{\circ}\sim3.4^{\circ}$ 仰角上的反射率因子中心强度 65 dbz, 并出现了钩状回波和穹窿 (图 4, 图见第 7 页), 南丹县有四乡镇降雹, 冰雹最大直径 20 mm; 18: 00—19: 00 回波以东移为主, 强回波扫过地区都出现了冰雹。19: 30 左右回波减弱, VIL 液态水含量降至 30 kg/m^2 , 降雹停止。

23 日 21: 00 至 24 日 00: 00 仰角为 1.5° 的

河池多普勒雷达基本反射率演变 (图 5, 图见第 7 页)。21: 00 河池西北部开始出现分散的回波, 最强回波 30 dbz。随后, 对流单体不断合并加强形成多单体对流风暴由西北向东南方向移动, 22: 14—22: 32 形成一条长约 100 km, 中心强度 55 dbz 的强回波带。VIL 值由 10 kg/m^2 跃增到 40 kg/m^2 , 并在风暴入流处出现弱回波区, 表明多单体强风暴已形成并继续发展。22: 44 VIL 值达 65 kg/m^2 , 河池市金城江区有四乡镇降雹。22: 50—23: 02 出现旁瓣回波, 旁瓣回波的出现可作为强冰雹预警的辅助指标^[7]。23: 20 宜州市北山乡出现直径 60 mm 的大冰雹, 并伴有 8 级大风和短时强降水。23: 13—23: 31 出现三体散射。23: 31—00: 01, 1.5° 仰角反射率因子强度 65 dbz, VIL 值达 70 kg/m^2 , 风暴发展到最强盛阶段, 强回波扫过区域都出现大冰雹天气。00: 31 后 VIL 值突降至 35 kg/m^2 , 降雹停止。在风暴演变过程中, 弱回波区、旁瓣回波超前大冰雹发生近 20 min, 对大冰雹的预警有较强的指示意义。

5 结论

(1) 高原冷槽、低层切变线和地面弱冷锋是这次天气过程的影响系统, 上干冷下暖湿、不稳定度的增大为冰雹的产生提供了充足的不稳定能量。

(2) 边界层辐合线是强对流天气重要的触发系统。

(3) 冷云部分的厚度是暖云的 2 倍左右时有利于冰雹天气的产生。

(4) 适宜降雹的云顶亮温在 $-52\sim-62^{\circ}\text{C}$ 之间。

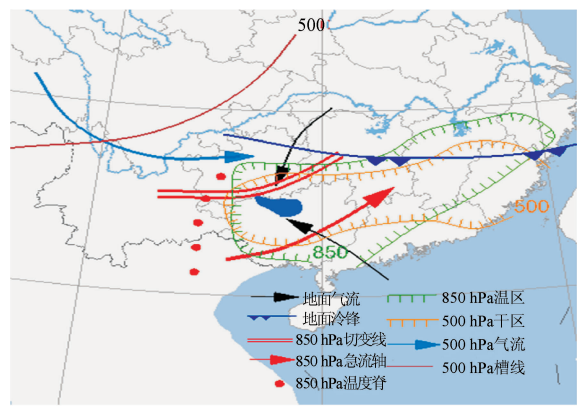
(5) 当 VIL 值 $\geq 60\text{ kg/m}^2$ 时, 强回波附近将有冰雹出现。

(6) 弓形回波, 钩状回波, 弱回波区, 旁瓣回波、三体散射是发布冰雹预警的重要指标。弱回波区、旁瓣回波超前大冰雹发生近 20 min, 对大冰雹的预警有较强的指示意义。

参考文献:

- [1] 葛润生, 姜海燕. 北京地区雹暴气流结构的研究 [J]. 应用气象学报, 1998, 9 (1): 1-7.

[2] 孟妙志, 韩洁, 王仲文, 等. 陕西 2011 年 7 月连续强对流天气成因及特征分析 [J]. 陕西气象, 2013 (4): 1-6.



蓝色区域为冰雹区域

图 1 2013-03-23T08 时广西强对流天气系统配置
(文见第 4 页 2.1)

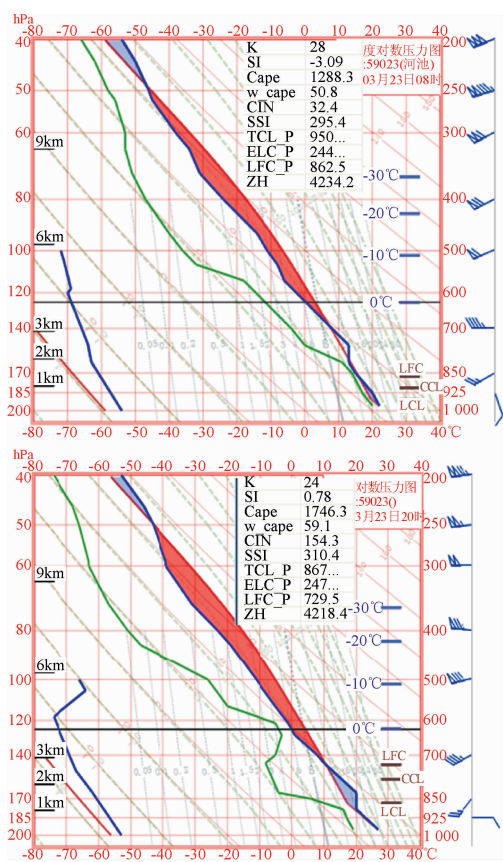


图 3 2013-03-23 河池温度压力对数图
(a 08 时; b 20 时。文见第 5 页 2.3)

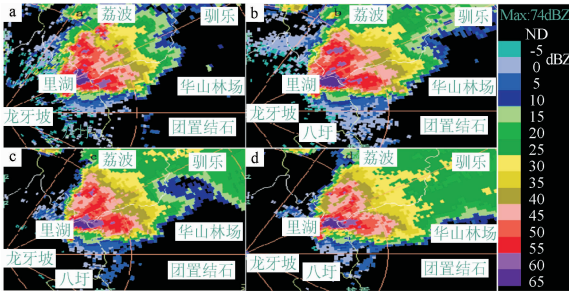


图 4 2013-3-23T17: 16 (北京时间) 河池雷达不同仰角
(a 0.5°; b 1.5°; c 2.4°; d 3.4) 基本反射率因子
(文见第 6 页 4.2)

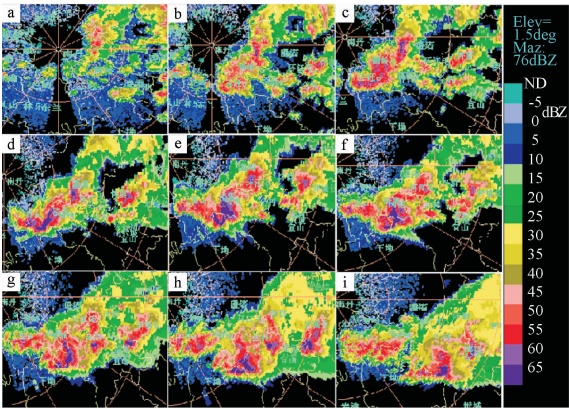


图 5 2013-03-23T22: 00—24: 00 不同时刻 1.5°仰角
反射率因子 (a 22: 14; b 22: 32; c 22: 44;
d 23: 02; e 23: 13; f 23: 19; g 23: 31;
h 23: 43; i 00: 01。文见第 6 页 4.2)

[3] 俞小鼎, 姚秀萍, 熊延南, 等. 多普勒天气雷达原理与业务应用 [M]. 北京: 气象出版社, 2005: 80-100.

[4] 贺春江, 党国花. 桂西北冰雹分布特征及春季降雹环境场分析 [J]. 气象研究与应用, 2012 (33): 66-67.

[5] 雷雨顺, 吴宝俊, 吴正华. 冰雹概论 [M]. 北京: 科学出版社, 1978: 40-50.

[6] 王旭仙, 武麦凤, 谢在发, 等. 一次冰雹过程的卫星云图和雷达回波特征分析 [J]. 陕西气象, 2010 (2): 18-22.

[7] 廖玉芳, 俞小鼎, 吴林, 等. 旁瓣回波的特征分析 [J]. 热带气象学报, 2008, 24 (2): 183-188.