

文章编号: 1673-8411(2019)03-0052-04

2018年5月7日来宾强冰雹雷达特征分析

许云杰¹, 梁依玲², 张丁丁¹

(1. 来宾市气象局, 广西 来宾 546100; 2. 广西区气象台, 南宁 530000)

摘要: 利用多普勒雷达探测资料、地面常规资料和探空资料及自动站数据对2018年5月7日17时前后出现在来宾的强冰雹、雷雨大风、短时强降水等强对流天气进行详细分析。结果表明: 上干下湿的不稳定的层结, 配合切变线、东移的高空槽前等有利的大尺度环流背景, 地面弱冷空气触发对流导致此次来宾市强冰雹天气的出现。多普勒雷达资料上具有超过65dBz的强回波、三体散射(TBSS)、旁瓣回波和有界弱回波区(BWER)、垂直累积液态含水量(VIL)跃增等特征。

关键词: 冰雹; 雷达; 回波特征; 旁瓣回波

中图分类号: P467

文献标识码: A

Analysis of Radar Features of the Hail on May 7, 2018 in Laibin

Xu Yunjie¹, Liang Yiling², Zhang Dingding¹

(1. Laibin Meteorological Observatory, Laibin Guangxi 546100; 2. Guangxi Meteorological Observatory, Nanning Guangxi 530000)

Abstract: Using the data of the Doppler radar, surface data, sounding data and automatic station data, heavy hail, thunderstorm, gale, and short-term heavy precipitation that occurred in Laibin on May 7, 2018 were analyzed in detail. The results show that the unstable stratification of upper dry and lower wet, combined with the favorable large-scale circulation background such as shear line and eastward moving high-altitude trough, and triggered convection by weak cold air on the ground, led to the occurrence of severe hail weather in Laibin City. Doppler radar data have characteristics such as strong echo over 65dBz, three-body scattering (TBSS), side-lobe echo, bounded weak echo region (BWER), and vertical liquid water content (VIL) jump, etc.

Keywords: hail; radar; echo characteristics; side-lobe echoes

1 引言

冰雹一般具有局地性强、突发性强的特点, 在实际应用中主要根据雷达资料的回波强度、回波形态演变特征及相应的参量变化来判断冰雹是否发生, 并以此确认预警信号的发布与否。雷达资料中可以反映出雷达的主要特征有: 高悬的强回波, 超过55dBz的强回波延伸到-20℃高度层以上, 三体散射(TBSS)、垂直累积液态水含量(VIL)的跃增、弱回波区(WER)、有界弱回波区(WER)等^[1-4]。

2018年5月7日17时左右来宾市兴宾区南部部分乡镇出现大冰雹, 并伴有雷雨大风、短

历时强降雨等强对流天气, 整个过程持续30min左右。系统经过的区域附近有两个4要素或以上的自动站, 其余的自动站为2要素以下的站点, 则仅记录到石陵、小平阳2站的大风, 最大风速为 $18\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 最大小时降雨量为兴宾区全来村24.9mm。冰雹造成一户农户家的房顶被砸穿, 大风造成钢架棚厂房被吹翻。

2 天气形势及物理特征分析

从7日08时的中尺度分析图(图1)中可以看出500hPa南支槽东移, 700hPa小槽位于南支槽前, 有前倾形势, 来宾处于槽前, 受偏南气流

收稿日期: 2018-12-05

作者简介: 许云杰(1990-), 河南濮阳人, 本科, 工程师, 从事天气预报工作。E-mail: 1045430124@qq.com

影响; 850hPa切变线和地面弱冷锋的位置接近, 大气斜压性强; 来宾处在850hPa急流左侧, 为强对流的发生发展提供水汽和热力条件, 且急流左侧为强烈的上升区; 地面冷空气及低层切变线移动缓慢, 结合地面自动站及雷达风廓线(VWP)资料(图2)判断, 冷空气14时开始影响来宾城区, 地面由北向南逐渐转为偏北风, 16时地面冷空气移至兴宾区南部石陵附近, 此时925hPa切变线南压至来宾, 850hPa

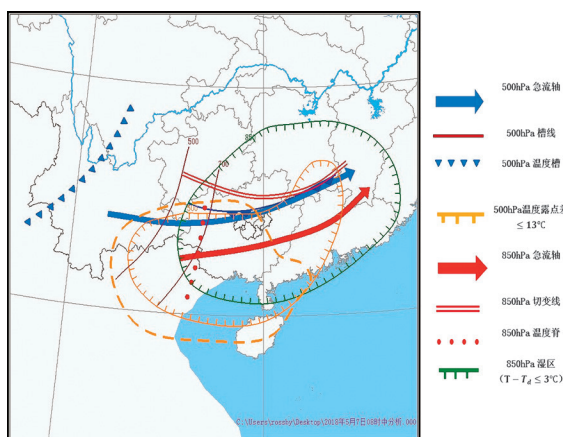
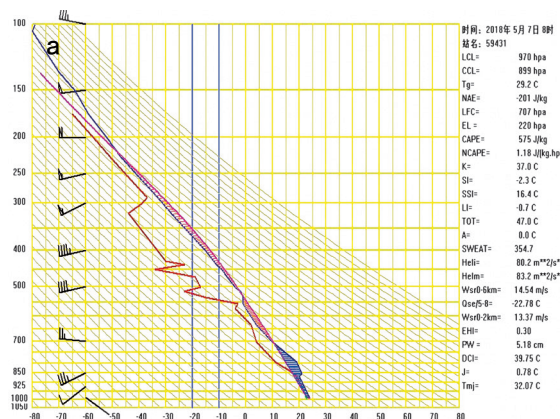


图 1 5 月 7 日 08 时中尺度分析

南宁探空资料(图3), 通过 08 时的 T-logP 图可以看出整层为上干下湿的层结, SI 指数为 -2.3°C , K 指数为 37°C 对强对流发生比较有利^[5]; 对流有效位能 Cape 值为 $575\text{J}\cdot\text{Kg}^{-1}$, 16 时气温升高到 33.4°C , 用 16 时的气温和露点温度订正 08 时的探空资料得到 Cape 值达到 $3000\text{J}\cdot\text{Kg}^{-1}$, 为强对流的发生提供充分的不稳定能量; 0°C 和 -20°C



切变线刚移过柳州, 来宾处在850hPa切变线南侧, 这种形势有利于能量和水汽的辐合及抬升, 亦有利于触发不稳定能量的释放; 08时850hPa及925hPa广西处于温度露点差 $\leq 3^{\circ}\text{C}$ 的湿区内, 到500hPa除桂北外其余地区温度露点差迅速增大 $\geq 13^{\circ}\text{C}$, 850hPa广西上空存在暖脊, 500hPa槽后有冷平流, 随着高空槽东移, 冷平流叠加在低层暖湿的空气上, 来宾处在上干下湿的不稳定层结内, 有利于对流的发生发展。

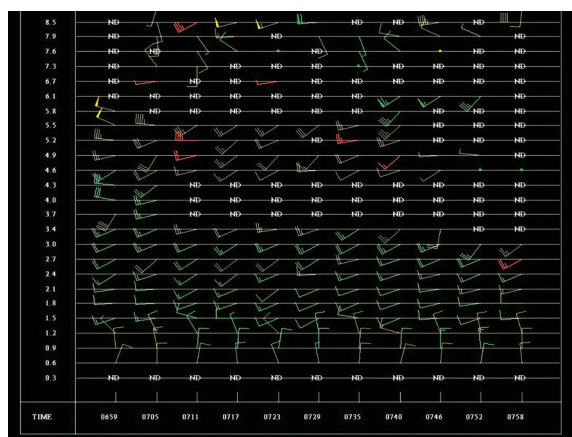


图 2 柳州雷达风廓线(VWP)资料

的高度分别为 5Km、8Km, 高度偏高, 不利于大范围强冰雹的形成和降落; $0-6\text{km}$ 的垂直风切变为 $15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 但 $0-2\text{km}$ 为 $14\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 风切变主要在低层, 低层的风切变加强上升运动有利于强对流的发生, 但此次垂直风切变较小 ($< 20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) 不利于强对流的维持和持续发展。

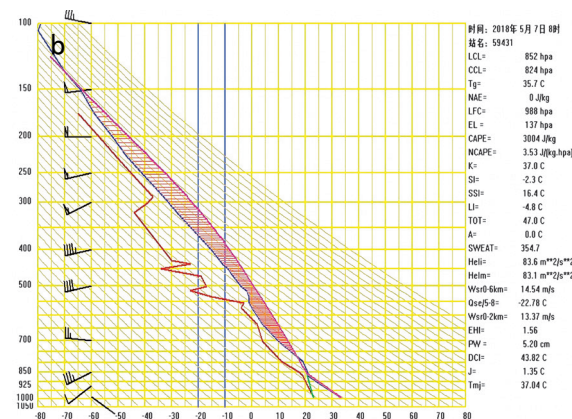


图 3 7 日 08 时南宁探空图 (a), 7 日 16 时的气温对 08 时探空的订正图 (b)

即此次冰雹过程为上干下湿的不稳定的层结, 配合低层切变线、东移的高空槽前有利的大尺度环流背景, 尤其是太阳辐射使气温迅速升高从而使对流有效位能迅速增加, 地面冷空气触发对流

产生, 但 0°C 层、 -20°C 层高度偏高, 垂直风切变不利于大范围强冰雹天气的发生发展, 则此次过程影响范围较小, 持续时间比较短。

3 雷达资料分析

使用分析的雷达资料为柳州的新一代多普勒天气雷达资料, 波长为 S 波段 10 cm, 采用体扫模式 VCP21, 能够在 6 分钟完成 9 个不同仰角的扫描, 但是实际应用中一般采用 0.5° 、 1.5° 、 2.4° 、 3.4° 、 4.3° 、 6.0° 等 6 个仰角的资料, 最大不模糊速度为 $27\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 对雹云、龙卷气旋等中小尺度强天气现象的有效监测和识别距离可达 230Km。此次冰雹出现在距离雷达站 100Km 左右的地方, 并且无明显的高山地形遮挡, 资料可利用性比较高。

3.1 反射率因子特征分析

3.1.1 超过 65dBz 的高强回波

回波在东移的过程中合并发展, 反射率因子中心强度前期达到 58dBz, 16 时 27 分回波中心移入来宾境内, 之后迅速发展, 39 分出现 65dBz 以上的高强回波, 17 时 26 分以后反射率因子强度降低到 50dBz 以下且范围也明显缩小, 此次过程结束 (图略)。

在过程中同一时次回波由低仰角向高仰角强回波中心向右偏移, 不在同一垂直面上, 表明出现明显的弱回波区。

3.1.2 超过 55dBz 的强回波延伸高度在 -20°C 层以上

从右侧反射率因子剖面图上可以看出有明显的有界弱回波区 (BWER) 结构, 以及 BWER 右侧的高强回波墙, 表明有大冰雹的潜势。高强反射率 (超过 60dBz) 是有界弱回波区左侧有一个竖直的狭长区域, 往上延伸到 12Km, 远超过 -20°C 层所在的 8Km 高度, 往下扩展到低层 4Km, 低于 0°C 的 5Km, 高强回波发展的比较深厚, 说明风暴内上升气流比较强, 有利于冰雹在对流过程中的迅速增长; 反射率核心值 (66dBz) 位于 9Km, 在 -20°C 层高度以上, 且在低层反射率因子的高梯度区之上, 表明有很大的潜势出现大冰雹。

3.2 经向速度特征分析

在此次过程中, 雷达中气旋图形产品 (图略) 分析出有中气旋特征的存在, 但满足转动速度及垂直延伸厚度大于等于风暴垂直尺度三分之一的仅 16 时 45 分, 从仰角 1.5° 到 3.4° 三层均出现速度对, 但并未持续两个扫体, 其余时间像 16 时 39 分出现一层或者厚度小于 2Km, 通过分析并不满足中气旋的条件, 即此次过程中并未有中气旋出现。超级单体风暴与其他强风暴的本质区别在于超级单体风暴含有一个持久深厚的中气旋^[5-6], 即此次冰雹的出现为局地强单体风暴引起。

3.3 三体散射长钉回波 (TBSS) 和旁瓣回波

三体散射 (TBSS) 和旁瓣回波均为虚假回波, 二

者对强冰雹的出现都有一定的提前预警提示作用。

S 波段的雷达出现三体散射是出现大冰雹出现的充分但不必要条件, 沿强回波中心径向方向延伸出去的长钉状结构弱回波即为三体散射。此次过程中出现了明显的三体散射长钉, 对冰雹的出现有很好的指示。16 时 33 分 3.4° 仰角首先出现了三体散射, 下个时次长度迅速增强, 2.4° 和 4.3° 仰角也开始出现三体散射, 4.3° 仰角的三体散射在 16 时 51 分发展为最长 (图略), 57 分稍有减短, 到 17 时 02 分三体散射迅速减弱至近乎不可见, 可见此时大冰雹已向地面降落^[7,8]。17 时左右全来村记录到出现冰雹, 发生在三体散射首次出现后的 27min 后。

回波的反射率因子核心强度越大, 高反射率因子的区域越大, 三体散射的长度就越长, 且超过 60dBz 以上的高反射率因子区域面积对三体散射的贡献最大, 16 时 51 分三体散射最长时正好是反射率因子超过 60dBz 高强回波面积和强度最大的时刻。

除了三体散射长钉外, 16 时 39 分 (图略) 在 3.4° 、 4.3° 仰角的强回波的左侧还有一条近乎垂直于雷达径向、与雷达等距离圈平行的狭长弱回波带, 强度在 25dBz 以下, 即旁瓣回波。探测到旁瓣回波时出现冰雹的几率达 90%^[9]。此次旁瓣回波出现时最强回波大于 65dBz, 符合过往大部分旁瓣回波产生在反射率因子超过 63dBz 的研究^[10], 但与以前旁瓣回波都位于强回波的反时针的方向的研究不同, 此次旁瓣回波位于强回波的顺时针方向。旁瓣回波和强回波中心距雷达等距离, 而且与强回波中心的宽度相当, 在 4.3° 仰角上旁瓣回波的形状、长短与超过 60dBz 的高强回波的形状相同。此次旁瓣回波出现的时间比冰雹降落的时间提前约 11min。

三体散射 (TBSS) 和旁瓣回波不仅显示在反射率图上, 在速度图上也有所体现。同样表现为两条向外延伸的速度带, 位置与反射率图上的三体散射和旁瓣回波相同, 形状也基本一致。

3.4 垂直累积液态含水量 (VIL)

对本次冰雹过程中垂直累积液态水含量 (VIL) 的最大值进行详细分析可知, 16 时 21 分最大 VIL 值为 44, 27 分跃增到 51, 一个体扫时间增加量为 $7\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$; 33 分最大值范围增大但强度不变, 39 分最大 VIL 值激增到 67, 45 分增加到 71, 增长最大值在一个体扫时间内达 $16\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$; 51 分到 57 分维持在 70 以上, 最大达到 76, 17 时 02 分下降到 55 以下, 和记录到冰雹降落的时间基本吻合; 08 分 VIL 最大值又增大到 70 以上, 之后持续下降, 到 17 时 26 分下降到 $40\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 以下 (图略)

(图略), 过程结束。

此次过程中, 在系统东移的过程中最大 VIL 值呈三次明显的跃增。第一次为 $7 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 表明系统发展雷达回波增强; 第二次跃增达到 $16 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 呈爆发式的增长, 表明冰雹在迅速的发展使得回波强度迅速增大; 第三次是在已经记录到有冰雹降落之后, 跃增达 $15 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 表明仍有冰雹在东移的过程中重新发展。前两次跃增发生在 4 个体扫时间内, 由此可以看出此次强风暴发展的非常迅速。

此次冰雹有记录的时间在 17 时左右, 第二次跃增为 16 时 45 分到 51 分, 比跃增时间滞后约 15 分钟左右, 冰雹降落后 VIL 有所下降。

4 结论

(1) 此次过程是在上干下湿的不稳定的层结, 配合地面冷空气、低层切变线、东移的高空槽前有利的大尺度环流背景下产生的。

(2) 三体散射、旁瓣回波都可以作为辅助判断冰雹出现的潜势, 当反射率因子强度超过 60 dBZ , 尤其当有三体散射配合出现时就应及时发布冰雹预警信号。

(3) 垂直液态水含量 (VIL) 的强度和跃增

对冰雹有很好的指示作用, 当 $\text{VIL} > 40 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 且有明显跃增时, 出现冰雹的概率比较大。

参考文献:

- [1] 俞小鼎, 姚秀萍, 熊廷南, 等. 多普勒天气雷达原理与业务应用 [M]. 北京: 气象出版社, 2006: 116-155.
- [2] 汤兴芝, 黄兴友, 等. 冰雹云的多普勒天气雷达识别参量及其预警作用 [J]. 暴雨灾害, 2009, 28(3): 261-265.
- [3] 何草青, 蒲廷超, 郭洪权, 等. 广西冰雹云的识别特征及预报分析 [J]. 气象研究与应用, 2015, 36(S1): 141-142.
- [4] 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.
- [5] 梁维亮, 屈梅芳, 赖珍权, 等. 广西雷暴天气预报指标研究 [J]. 气象研究与应用, 2015, 36(3): 15-19.
- [6] 冯晋勤, 汤达章, 俞小鼎, 等. 新一代天气雷达中气旋识别产品的统计分析 [J]. 气象, 2010, 36(8): 47-52.
- [7] 廖玉芳, 俞小鼎, 吴林林, 等. 强暴雹的雷达三体散射统计与个例分析 [J]. 高原气象, 2007, 26(4): 812-819.
- [8] 何炳伟, 胡振菊, 高伟, 等. 常德多普勒天气雷达强雹暴三体散射统计分析 [J]. 气象, 2018, 44(3): 455-462.
- [9] 廖玉芳, 俞小鼎, 吴林林, 等. S 波段多普勒天气雷达旁瓣回波的特征分析 [J]. 热带气象学报, 2008, 24(2): 183-188.
- [10] 王晓明, 谢静芳, 王侠飞, 等. 强对流天气的分析及短时预报 [M]. 北京: 气象出版社, 1992: 162-167.

(上接第 37 页)

(4) 初冬冷空气可能预报偏强, 则预报值需调高; MOS 白天降水没报, 而实况出现弱降水时, 则预报值需调低; 天气晴好无云时高温调高, 低温调低, 反之相反; 春末初夏的冷空气有可能预报偏弱, 入海高压后部冷空气变性会滞后, 温度要调低。

(5) 3-6 月份地面温度回暖不均, 易产生暖区辐合辐散, 触发对流, 雨量值往往预报偏小, 需调大; 春季低层变性冷空气之上的西南风推进较快, 雨量值需要偏高调; 夏季台风影响下的雨量值预报偏大, 需要适当调小。

参考文献:

- [1] 吴启树, 韩美, 郭弘, 等. MOS 温度预报中最优训练期方案 [J]. 应用气象学报, 2016, (4): 426-434.
- [2] 陈豫英, 陈晓光, 马金仁. 精细化 MOS 相对湿度预

- 报方法研究 [J]. 气象科技, 2006, (2): 143-146.
- [3] 陈豫英, 陈晓光, 马金仁. 风的精细化 MOS 预报方法研究 [J]. 气象科学, 2006, (2): 210-216.
- [4] 李文娟, 酆敏杰. MOS 方法在短时要素预报中的应用与检验 [J]. 气象与环境学报, 2013, (2): 12-18.
- [5] 罗菊英, 周建山, 闫永财. 基于数值预报及上级指导产品的本地气温 MOS 预报方法 [J]. 气象科技, 2014(3): 443-450.
- [6] 吴振玲, 潘璇, 董昊. 天津市多模式气温集成预报方法 [J]. 应用气象学报, 2014, (3): 293-301.
- [7] 邱学兴, 王东勇, 朱红芳. 乡镇精细化最高最低气温预报方法研究 [J]. 气象与环境学报, 2013, (3): 92-96.
- [8] 陈豫英, 陈楠, 马金仁. 宁夏汛期分级降水客观预报方法应用检验 [J]. 暴雨灾害, 2016, (6): 546-553.
- [9] 张继赢, 费杰, 邢宇航. 基于数值产品的乡镇天气预报方法研究与应用 [J]. 气象与环境学报, 2007, (1): 22-26.
- [10] 陈豫英, 陈晓光, 马金仁, 等. 基于 MM5 模式的精细化 MOS 温度预报 [J]. 干旱气象, 2005, (4): 52-56.