

文章编号:1673-8411(2017)04-0022-05

## 2016年春季湖南一次连续冰雹天气过程个例分析

周长青<sup>1</sup>,徐冬英<sup>2</sup>,徐靖宇<sup>1</sup>,唐明晖<sup>1</sup>

(1.湖南省气象台,长沙410118;2.湖南省人工影响天气领导小组办公室,长沙410118)

**摘要:**利用高空、地面观测资料及郴州站多普勒雷达产品,对2016年3月19日至20日发生在湘南地区的一次连续冰雹个例进行分析,结果表明:500hPa高空有低槽东移,700hPa中低空有急流,中低层切变线,丰富的水汽,上干下湿的结构及地面辐合线等为本次冰雹天气的发生提供了有利的水汽、动力和热力条件,风雹天气均出现在大气层结不稳定区( $T_{850-500} \geq 25^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{700-500} \geq 15^{\circ}\text{C}$ 、上干下湿)与干线、地面辐合线重叠的区域;大于60dBZ强回波、明显而持久的三体散射及旁瓣回波特征、大于 $55\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 的VIL以及中气旋等多普勒雷达回波特征为本次冰雹的识别和预警提供了重要指示作用。

**关键词:**多普勒雷达;冰雹;三体散射;旁瓣回波

**中图分类号:**P458.1+21.2

**文献标识码:**A

## A case study of alasting hail weather process in Hunan in Spring 2016

ZHOUC Changqing<sup>1</sup>, XUDongying<sup>2</sup>, XUJingyu<sup>1</sup>, TANGMinghui<sup>1</sup>

(1. Hunan Meteorological Observatory, HunanChangsha410118; 2. Hunan Office of the leading group on weather modification, HunanChangsha410118)

**Abstract:**Based on the aerological sounding data, surface observation data, and Doppler radar data of Chenzhou, a hailstorm case occurred in southern Hunan from March 19, 2016 to March 20, 2016 was analyzed. The results showed that, 500hPa had a low trough moving eastward; besides, a jet stream was in the middle and lower levels of 700hPa. The middle-low level shear line, the abundant water vapor, the unstable stratifications which had a dry upper layer and a wet lower layer, and surface mesoscale convergence line provided good potential conditions for the occurrence and development of the hailstorm. Hail weather occurred in the overlap area of the unstable atmosphere ( $T_{850-500} \geq 25^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{700-500} \geq 15^{\circ}\text{C}$ ), the dry line, and the surface mesoscale convergence line; more than 60dBZ reflectivity factor, the obvious lasting TBSS (three-body scatter spike) and side lobe echo, more than  $55\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  vertical integrated liquid (VIL), and mesocyclone provided an important indicator for the identification and warning of the hail.

**Keywords:** Doppler Radar; hail; TBSS (three-body scatter spike); side lobe echo

冰雹是一种重要的灾害性天气,具有空间尺度小、局地性强、持续时间短、致灾严重等特点,降雹时并常伴有短时强降水和雷雨大风等强对流天气,常

给农业、电力、交通等行业带来严重影响。湖南省是冰雹天气的高发区域,由冰雹等灾害造成的损失较为严重,因此,开展冰雹天气过程个例分析和预报预



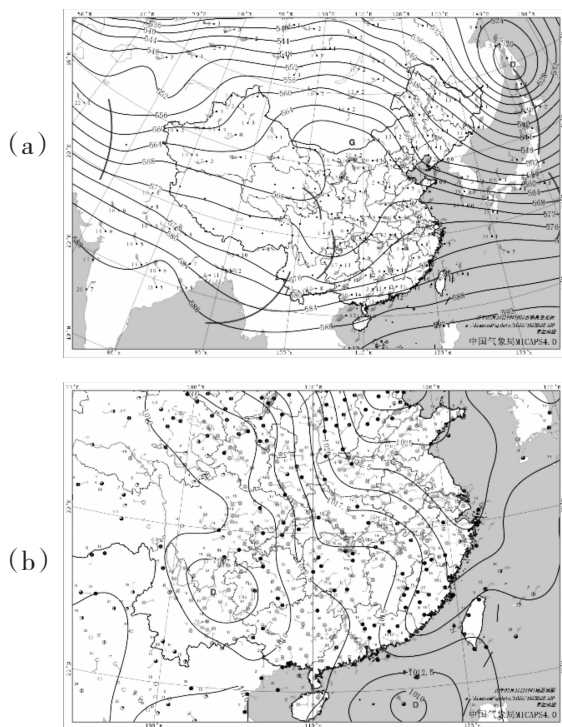


图2 3月20日08时高空图(a)和地面填图(b)

环境下;K指数  $38^{\circ}\text{C}$ , SI指数  $-2.21$ , 大气层结不稳定;但CAPE值接近于0, CIN更是达到  $402.8\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 说明对流受到强烈抑制, 而湘南地区925hPa和地面辐合线明显, 切变线及急流出口均在此处重叠, 动力抬升条件较好;0–6km垂直风切变达到  $29.6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 属于强垂直风切变, 有利于风暴的持续和发展, 可以增强中层干冷空气的吸入, 加强风暴中下沉气流和低层冷空气外流, 同时风随高度顺转有利于强风暴的产生;0℃层高度和  $-20^{\circ}\text{C}$ 层高度分别为4125m、7327.3m, 适宜冰雹过程的发生发展<sup>[7–10]</sup>。

## 2 多普勒雷达特征分析

本文利用郴州站SA波段多普勒天气雷达资料对发生在3月19日晚及20日下午的冰雹天气过程雷达回波特征进行分析, 探讨雷达资料在冰雹识别和短临预警中的应用。

### 2.1 3月19日22时–20日02时雷达特征分析

受高空槽东移及低层切变线影响, 3月19日晚开始有对流活动在湘南发展, 并逐渐向东移动, 道县、宁远、嘉禾、临武、宜章等地相继出现了55dBZ以上的强回波, 表现为分散性的对流单体或超级单体回波特征。

22:23分, 首先在郴州雷达基本反射率图上(图略)  $3.4^{\circ}$  仰角上观测到了三体散射, 该单体(C3)位于

宜章县境内。强回波逐渐向上下扩展, 22:41分别在  $2.4^{\circ}$ 、 $3.4^{\circ}$ 、 $4.3^{\circ}$ 、 $6.0^{\circ}$  四个仰角上观测到三体散射(图3a, 见彩页), 冰雹回波特征明显。从组合反射率CR产品(图3b, 见彩页)看, 该单体最大回波强度达到了60dBZ以上, 而从垂直积分液态含水量VIL(图3c, 见彩页)和回波顶高ET产品(图3d, 见彩页)看, 垂直积分液态含水量达到了  $55\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , 回波顶高达到了12km以上, 也达到了发生冰雹的判定条件<sup>[9–10]</sup>。

从该单体(C3)对应的风暴趋势图(图4, 见彩页)上可以看到, 在前几个体扫, 最大反射率高度(DBZMHT)和风暴核高度(CENTHT)基本维持在6km左右, 对流发展旺盛, 22:29(UTC14:29)以后最大反射率高度(DBZMHT)、风暴核高度(CENTHT)和回波底高(TOP-BASE 下限)均有一个快速下降的过程, 三个体扫时间内DBZMHT由约5.8km快速下降到2.9km, CENTHT由约6.3km下降到5km, 尤其是DBZMHT在22:41(UTC14:41)由约5.6km快速下降到3km, 下降幅度非常大, 说明该单体已经发展到消亡阶段, 而回波底高(TOP-BASE)在22:47(UTC14:47)已经快速下降到接近1km高度, 地面可能伴有雷暴大风天气<sup>[10]</sup>。

从冰雹概率(POH)和大冰雹概率(POSH)产品来看, 从22:11(UTC14:11)起已达到100%, 与此同时, 该风暴的垂直积分液态含水量(CELL-BASEDVIL)和最大反射率因子强度(MAXIMUM-REFLECTIVITY)均较高并逐步增大, VIL在22:41(UTC14:41)达到最大  $55\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , 最大反射率因子强度达到60dBZ以上, 均达到了发生冰雹的条件<sup>[9–10]</sup>。

从郴州雷达反射率R和回波顶高ET产品(图略)看, 22:23宁远县东北部有一风暴单体(W0)逐渐发展向东移动, 22:41进入嘉禾境内, 23:05继续东移进入桂阳。该单体在22:41进入嘉禾境内后明显增强, 最强回波达到65dBZ左右, ET达到12km以上, 且倾斜结构明显, 从风暴趋势图(W0)看(图略), 此时该单体CELLBASEDVIL达到  $60\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$  以上, 冰雹概率(POH)和大冰雹概率(POSH)从22:35起均已达到了100%, 且在22:35、22:41、22:47、22:53连续四个体扫伴有中气旋, 该对流单体已发展成超级单体, 产生大冰雹的可能性非常高。

此外, 江永、江华等地不断有新的对流单体移入、生成和发展, 并有多对流单体最终发展成超级单体(中气旋的存在), 其中维持时间最长的中气旋



从 23:11 开始共持续了 13 个体扫的时间。此时段的多单体或超级单体风暴整体向东偏北方向移动,依次经过道县、宁远、蓝山、临武、宜章等地。至 20 日 02:00 以后,对流单体整体减弱并逐渐演变成带状回波结构,降水性质也由冰雹、雷暴大风天气演变为层状-积云混合型强降水天气。

## 2.2 3月20日下午雷达特征分析

20 日午后对流活动在湘南再次发展,相继经过双牌、宁远、蓝山、嘉禾、临武、桂阳、宜章、常宁等地,给湘南带来一次区域性冰雹天气。该时段过程相较于 19 日晚过程更为强烈,共有三个风暴单体观察到了三体散射特征,且多地出现重复降雹天气。

从郴州雷达基本反射率产品(图略)上看,20 日 13:00 以后,在江永、江华、道县、双牌等地逐渐有对流单体移入和生成,而后不断向东移动和发展。14:04 在  $2.4^{\circ}$  仰角上首次观测到了三体散射,该单体(B6)位于双牌县境内,随后向东北方向移动,经过祁阳、常宁进入衡南县以后逐渐减弱,三体散射从 14:04 至 15:16 共持续了 13 个体扫时间,在 14:40 发展的最为强烈,分别在  $1.5^{\circ}$ 、 $2.4^{\circ}$ 、 $3.4^{\circ}$ 、 $4.3^{\circ}$  共四个仰角上观察到三体散射(图 5a,见彩页)。从三维剖面图上看(图略),该单体具有明显的回波悬垂结构和有界弱回波区(BWER),同时从径向速度图上看(图略),从 14:16 到 14:40 共 5 个体扫时间内存在中气旋,已发展成超级单体。从 14:40 组合反射率 CR 产品(图 5b,见彩页)看,该单体最大回波强度达到了 65dBZ 以上,而垂直积分液态含水量 VIL(图 5c,见彩页)达到了  $65\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ,回波顶高 ET(图 5d,见彩页)也达到了 12km 以上,均达到了产生冰雹的条件<sup>[9-10]</sup>。

从该单体(编号 B6)对应的风暴趋势图(图 6,见彩页)上可以看到,近 10 个体扫最大反射率高度(DBZMHT)和风暴核高度(CENTHT)基本稳定维持 5-6km 左右,强回波扩展的高度比较高,且回波顶高和底高(TOP-BASE)分别达到 11-12km 和 2km 左右。从大冰雹概率(POSH)产品来看,从 14:04(UTC04:04)开始达到了 100%,这正是首次观测到三体散射的时刻。与此同时,该风暴的垂直积分液态含水量(CELLBASEDVIL)也呈现不断上升的趋势,14:22(UCT06:22)已超过  $60\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ,到 14:40(UCT06:40)已超过  $70\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ,最大反射率强度(MAXIMUMREFLECTIVITY)也增大到 70dBZ,均达到发生冰雹的条件<sup>[10]</sup>。

另外,从郴州雷达基本反射率图上看(图略),15:58 在桂阳有一个对流单体(V8)在  $6.0^{\circ}$  仰角上首次观测到三体散射,在 16:04 时三体散射扩展到  $2.4^{\circ}$ 、 $3.4^{\circ}$ 、 $4.3^{\circ}$ 、 $6.0^{\circ}$  共四个仰角。从 16:10 起,在随后的几个体扫除了三体散射外还观测到较明显的旁瓣回波特征。该单体(V8)从桂阳向东北移动到永兴后,在 16:40 时三体散射消失,并在随后的几个体扫迅速减弱消失。

16:52 在宁远有一个对流单体(Q9)发展起来,17:04 首先在  $3.4^{\circ}$  和  $4.3^{\circ}$  仰角上同时观测到三体散射(图略),该单体向东北方向移动,17:16 移动到新田,17:28 经新田再次移动到桂阳,给桂阳带来又一次降雹天气。从 17:40 郴州雷达  $6.0^{\circ}$  仰角基本反射率图上看,除了三体散射外同样具有旁瓣回波特征。该单体 18:04 移动到耒阳,直到 18:28 时三体散射才消失,共持续了 14 个体扫,为沿途各县市带来了强烈的降雹天气。20:00 以后,湘南对流单体整体减弱并逐渐演变成带状降水回波结构,本次强对流过程趋于结束。

## 3 结论和讨论

综上所述,2016 年 3 月 19-20 日冰雹天气,500hPa 高空有低槽东移,湖南处于高空槽前;700hPa 中层有干舌,低层有湿区,上干下湿结构;中低空有急流、切变线;且对流产生前中低层已经存在干线,风雹天气均出现在大气层结不稳定区( $T_{850-500} \geq 25^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{700-500} \geq 15^{\circ}\text{C}$ 、上干下湿)与干线、地面辐合线重叠的区域,水汽条件、动力条件和热力条件均较好,为本次冰雹天气的发生提供了有利的环境条件。本次过程中,925hPa 在湘南没有超低空急流发展;但是 700hPa 有大于  $26\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  的中低空急流伸至湘南偏东位置。根据以往的预报经验,中空急流的出现是区域性雷暴大风天气能否产生的一个关键预报依据,而超低空急流的发展可能对区域性冰雹的发展有一定的减弱作用,在本次过程,中空急流和超低空急流对风雹过程的影响和湖南以往的预报经验基本符合。

在强对流天气发生的潜势已具备的条件下,在进行短临预警时,对雷暴大风天气,应重点关注低仰角速度大值区、中层径向辐合;对冰雹天气,应重点关注大于 60dBZ 强回波垂直扩展的高度、三体散射(旁瓣回波)、VIL 高值区的持续维持等;对于暴雨天气则重点关注低质心的中等偏强的降水回波维持的

体扫数。在本次冰雹过程中,雷达图像上在多个仰角多次出现三体散射(旁瓣回波)回波特征,且维持时间久,冰雹特征已十分明显,且最大回波强度、强回波垂直扩展的高度和 VIL 等都比较高,并伴有中气旋,同样对于冰雹的识别和预警具有较明显的指示意义。因此综合利用多种雷达产品资料能够较好地了解对流单体的发生发展、强度、移动路径以及三维空间结构特征等,对提高强对流天气的识别和短临预警水平具有十分重要的作用。

#### 参考文献:

- [1] 郑媛媛,姚晨,郝莹,等.不同类型大尺度环流背景下强对流天气的短时临近预报预警研究[J].气象,2011,37(7):795-801.
- [2] 孙继松,陶祖钰.强对流天气分析与预报中的若干基本问题[J].气象,2012,38(2):164-173.
- [3] 俞小鼎.强对流天气的多普勒天气雷达探测和预警[J].气象科技进展,2011,1(3):31-41
- [4] 廖玉芳,俞小鼎,吴林林,等.强雹暴的雷达三体散射统计与个例分析[J].高原气象,2007,26(4):812-820.
- [5] 刘兵,戴泽军,胡振菊,等.张家界多个例降雹过程对比分析[J].气象,2009,35(7):23-32.
- [6] 李德俊,唐仁茂,熊守权,等.强冰雹和短时强降水天气雷达特征及临近预警[J].气象,2011,37(4):474-480
- [7] 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.
- [8] 王晓玲,龙利民,王珊珊.一次春季冰雹过程的成因分析[J].暴雨灾害,2010,29(2):160-165.
- [9] 许爱华,应冬梅,黄祖辉.江西两种典型强对流天气的雷达回波特征分析[J].气象与减灾研究,2007,30(2):23-27.
- [10] 俞小鼎,姚秀萍,熊廷南.多普勒天气雷达原理与业务应用[M].北京:气象出版社,2006.
- [11] 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.
- [12] 唐佳,姚蓉,王晓雷,等.2015 年春季湖南两次混合对流天气过程对比分析[J].干旱气象,2017,35(2):250-259.
- [13] 莫益江.2016 年春季河池市冰雹天气特征及人影消雹实例分析[J].气象研究与应用,2017,38(1):43-46.
- [14] 苏耀辉,黄晓东.江门地区一次冰雹过程的分析[J].广东气象,2017,39(1):35-39.
- [15] 赖雨薇,梁岱云.南宁春季冰雹特征分析[J].气象研究与应用,2017,38(01):64-67+78.
- [16] 李影虹,苏文,陈芳丽.2016 年 6 月 4 日华南一次罕见强对流天气过程分析[J].广东气象,2017,39(4):10-14.
- [17] 李宜爽,刘蕾,王艺.广西柳州 2016 年 4 月一次致灾冰雹天气过程分析[J].气象研究与应用,2016,37(3):52-56+138.
- [18] 黄冬梅,黄彩东,韦美闹.2011 年河池市冰雹天气过程雷达产品分析[J].气象研究与应用,2012,33(S1):53-54.
- [19] 吴悦,李骄杨,李忠党.2016 年 1 月钟山县一次罕见冬季冰雹天气分析[J].气象研究与应用,2016,37(2):42-46.
- [20] 陈关清,方标.贵州铜仁暴雨和冰雹雷达回波特征对比分析[J].气象研究与应用,2015,36(1):72-75+85+130.
- [21] 陈关清,杨群,李伟栋,等.贵州铜仁连续两次冰雹天气过程的对比分析[J].干旱气象,2016,34(1):163-172
- [22] 覃艳秋,赖雨薇,刘蕾.柳州夏季一次雨夹冰雹的天气过程分析[J].气象研究与应用,2015,36(1):63-67+129.
- [23] 邝美清,蒋宗孝,张家斌,沈永生.2013 年 3 月 20 日三明市大范围冰雹过程分析[J].广东气象,2014,36(5):36-40.
- [24] 张正国,邹光源,刘丽君,程鹏.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.
- [25] 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+43.
- [26] 郝建平,曹刚,李斌,魏璐.粤北一次降雹过程的成因分析[J].广东气象,2014,36(6):20-23.
- [27] 曾数军,荣利香,杨亚钦,江满桃.4.12 花都冰雹天气过程分析[J].广东气象,2013,35(6):23-27.