

文章编号:1673-8411 (2016) 04-0058-04

# 2016年4月10日上思冰雹天气过程的成因分析

黄干淇<sup>1</sup>, 黄子航<sup>2</sup>, 龚沃超<sup>1</sup>, 陆小丹<sup>1</sup>

(1.上思县气象局, 广西 防城港 535599; 2.广西气象培训中心, 南宁 530022)

**摘要:**利用 Micaps、Ncep、多普勒雷达等资料分析 2016 年 4 月发生在上思县的冰雹天气过程,结果表明:冰雹过程发生在 200hPa 高空急流、500hPa 高空槽、中低层暖湿急流、切变线共同配合的环流背景下; 0℃层和-20℃层均有利于冰雹的发生发展,且强回波核心高度伸展到-20℃层以上;多普勒雷达上具有大于 65dBz 以上的强回波,并伴有旁瓣以及三体散射长钉,低层弱回波区等特征,并且强回波区与速度场上的中气旋、低层径向辐合相关。

**关键词:**冰雹;环流背景;探空曲线;多普勒雷达特征;地形抬升

**中图分类号:**P458.1\*21.1

**文献标识码:**A

## Analysis of rare hail weather in January 2016 of Zhoushan County

Wu Yue, Li Jiao-yang, Li Zhong-dang

(1. Zhongshan Prefectural Meteorological Service, Zhongshan Guangxi; 2. Hezhou Municipal Meteorological Service, Hezhou Guangxi 542899 )

**Abstract:** Based on the conventional ground, high altitude observation data and s-band a new generation of weather radar products of Wuzhou, a hail weather in winter of Zhongshan county was analyzed from the circulation situation, influence system, triggering mechanism and physical conditions, the results show that the process occurred under the background of strong El Nino, the northeast monsoon is weak in January 2016 with the good energy condition, in the middle layer there is the dry air intrusion, in the low layer, it show the unstable warm wet atmosphere knot, forward-tilting trough and the ground cold air triggered the instability energy releasing and resulted a rare winter hail weather.

**Key Words:** hail; winter; forward-tilting trough; upper dry and lower wet; El Nino

## 1 引言

冰雹是我国较常见的气象灾害,是从发展强盛的积雨云中降落到地面的坚硬的球状、锥状或不规则的固体降水,是一种季节性明显、局地性强,且来势凶猛、持续时间短,以机械性伤害为主,伴有狂风暴雨的灾害性天气。常常给农业带来严重危害,猛烈的冰雹打毁庄稼、损坏房屋、人被砸伤、牲畜被砸死

的情况常常发生,对社会经济发展和人民生命财产安全危害很大,雹灾是中国严重灾害之一,研究冰雹天气具有重要意义。因其具有时空尺度小、突发性强的特点,所以冰雹的预报和预警是短时临近预报中的难点。冰雹等强对流天气是在有利的大尺度天气形势背景下,由中小尺度系统直接产生的。随着雷达技术的发展,以及新一代天气雷达迅速在全国布网,雷达成为强对流天气预警预报的主要工具之一,

收稿日期:2016-05-28

作者简介:黄干淇(1992-),男,助理工程师,从事气象服务和应用气象工作。E-mail:871302275@qq.com

多普勒天气雷达实时监测的时间、空间分辨率高,可以直观准确地提供有关其位置、强度、大小、结构以及风场等信息及其发生、发展和演变的过程,说明在气象现代化手段下可对强对流冰雹等天气进行预警和预报。近年来通过雷达识别冰雹天气的研究较,曾数军通过对雷达反射率因子、回波顶高、三体散射、旁瓣回波、垂直液态水含量等雷达产品研究冰雹的产生机理;郝建平等通过分析冰雹生成前后垂直液态水含量的变化对冰雹天气进行研究;本文利用常规观测、插值格点资料、多普勒雷达资料等详细分析上思县降雹的环境场条件和探空条件以及雷达特征,揭示引发冰雹天气的原因,为今后中小尺度灾害天气预报提供参考。

## 2 冰雹过程概况

2016 年 4 月 10 日 20 时左右上思出现了强冰雹、雷雨、大风等强对流天气。冰雹自西向东横扫上思北部,主要出现在在秒、思阳、那琴一线,直径 10–40mm,并伴有 8 级( $18.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )大风以及小时雨量为

20.3mm 的短历时强降雨天气。本次过程具有局地加强、移动速度快、强度强等特点。

## 3 天气形势分析

### 3.1 大尺度环流形势特征

10 日 08 时 500hPa 温度槽落后于高度槽(图略),槽发展,10 日 20 时高空槽加深东移(图略),上思正好处在槽区内;700hPa 形势跟 500hPa 类似,有高空槽东移;850hPa 图上(图 1a,b),西南急流不断的向广西南部输送水汽和不稳定能量,切变线呈东北西南向不断向南压,10 日 20 时西南急流减弱,切变南压至上思,此时 925hPa 暖式切变与 850hPa 切变基本重合(图 1c,d),此切变线对本次强对流天气起到触发作用。地面 10 日白天上思处于西南暖低压前部,北面有弱冷空气渗透南下,14 时最高气温达到  $32^{\circ}\text{C}$  左右,为冰雹的产生提供能量,随后锋面不断南压,20 时锋面正好压至上思。

同时 200hPa 副高呈带状分布,副高北侧为西北向的急流控制,急流范围覆盖整个广西上空,10 日

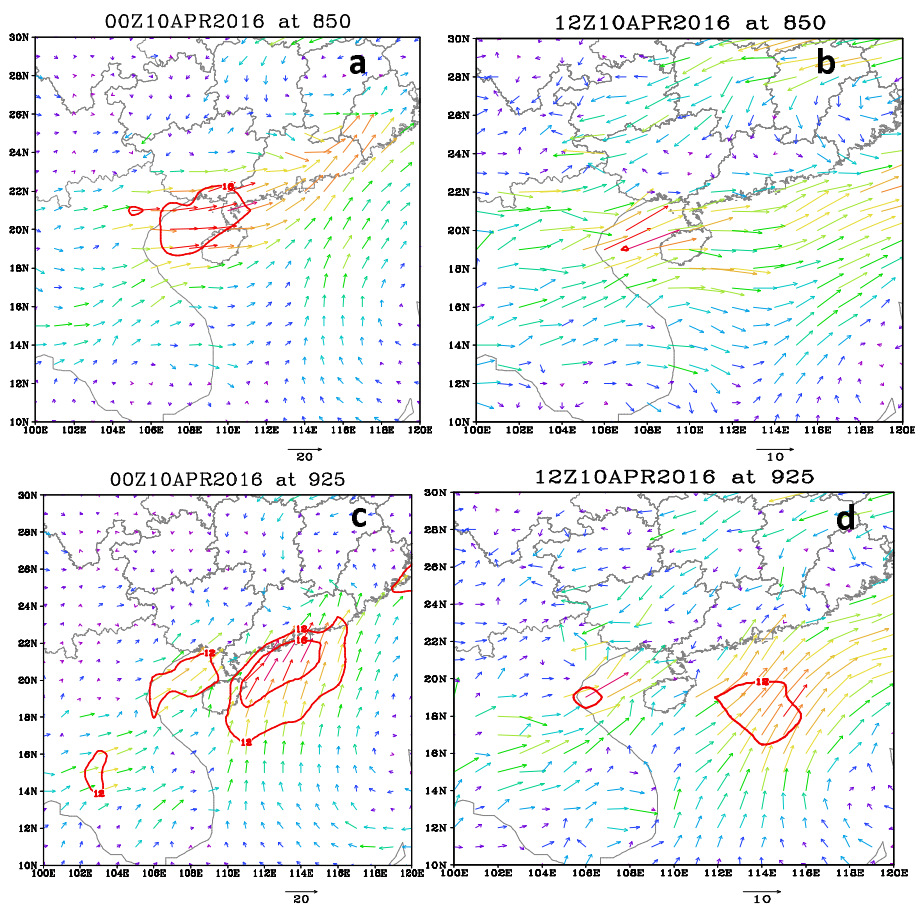


图 1 850hPa 风场(a、10 日 08 时;b、10 日 20 时)、925hPa 风场(c、10 日 08 时;d、10 日 20 时)

08 时至 20 时急流北侧有小波动东移,根据《广东省天气预报研究手册》指出,在这种情况下,若 200hPa 以下有槽和冷空气南侵,就会产生强对流天气。上思位于 200hPa 槽前急流核右后侧的辐散区内,这种高层强辐散抽吸作用有利于强风暴的发生和发展。

### 3.2 急流

200hPa 高空急流(图略)的存在使得风暴云顶辐散加强,以及低层强烈上升气流的维持;中低空(850–500hPa)广西南部受急流控制,急流引起水汽输送会使低层水汽增加,相应的低层  $\theta_{se}$  也会增加,从而有利位势不稳定层结的建立和维持,一旦有适当的触发机制,就能产生对流;超低空急流(925hPa)位于广西沿海(图 1e、f),上思处于急流轴左侧,具有强烈的对流不稳定。这种配置使上思高空形成强烈的水平辐散和对流层中层的正涡度平流输送,造成明显的上升运动,从而具备形成雹暴的动力。

## 4 探空图分析

从 10 日 14 时探空图上(图略)分析:上干下湿层结明显;低层暖湿,中低层 800hPa 左右有逆温层,高层干冷,有利于不稳定能量的积累;垂直风切变较大,风随高度顺转,低层为暖平流影响,有利于水汽和不稳定能量的积累;以上条件均有利于不稳定能量在白天得到积累。CAPE 高达  $2001\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,抬升指数 LI 负值很大,为  $-8^{\circ}\text{C}$ ,符合超大冰雹形成的环境条件。10 日 20 时(图 2b)依旧维持上干下湿的不稳定层结;CAPE 继续升高到  $2010\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,抬升指数 LI 为  $-9^{\circ}\text{C}$ ,不稳定程度很大。850–500hPa 温差为  $28^{\circ}\text{C}$ ,在强的温度垂直递减率很大的情况下,高空槽和地面弱冷空气的共同影响下造成强烈的位势不稳定触发产生强对流。垂直风切变较大,低层暖湿,900–800hPa 为逆温层,中上层干冷,加强了层结不稳定,具备形成冰雹的热力条件。同时  $0^{\circ}\text{C}$  层高度为 4338.9gpm,  $-20^{\circ}\text{C}$  层高度为 7881.8gpm,都是适宜雹云发生发展的高度。

## 5 雷达分析

从南宁多普勒雷达 6 分钟一次,扫描半径 230km 的回波图像(图略)分析发现:从  $1.5^{\circ}$  仰角的反射率可以看出,19:56 上思西面有南北两块冰雹云开始进入上思,中心强度均大于  $65\text{dBz}$ ,并伴有明显的三体散射长钉,西面冰雹云的东部有旁瓣回波,迭加冰雹指数与中尺度气旋有明显的提示。从

$0.5^{\circ}$  仰角速度图看出上思县城北面有中气旋发展,入流速度为  $27\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,出流速度为  $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,对应地面大风区  $27\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  的入流;20:02 低层回波稍有减弱,但高层回波强中心仍在  $65\text{dBz}$  左右,速度图上强风区范围减小;20:08 强回波发展,中心强度均大于  $65\text{dBz}$ ,并伴有三体散射长钉,从反射率剖面可以看出,南北面两块冰雹云大于  $45\text{dBz}$  的回波均在  $0^{\circ}\text{C}$  层以上,  $-20^{\circ}\text{C}$  层以上有大于  $65\text{dBz}$  的强回波,且回波垂直结构向前倾斜,6km 以上仍能看到三体散射长钉回波,对应速度剖面图可以看出,3 到 6km 高度有负速度的大值区,表明有强迫抬升或者入流存在,并且存在低层辐合,有利于冰雹云的发展;20:14 北面冰雹云从块状变成细长带状,从反射率因子剖面图有也可以看出强回波质心高度有所下降,从 7km 下降到 4km,速度图上地面大风区减弱。西面冰雹云强度继续发展,三体散射长钉明显,反射率因子剖面图上可以分析出:大于  $65\text{dBz}$  的强回波中心高度在 7km 以上,6km 以下存在明显的有界弱回波,形成明显的悬垂回波,并且向前倾斜,有利于冰雹云继续发展。速度图对应地面大风区向东扩展。20:20 北面冰雹云强度跟范围都减弱,反射率因子剖面图上大于  $65\text{dBz}$  的质心高度下降到 3km 以下,速度图上大风区消失。南面的冰雹云反射率因子图上强度维持,从剖面图可以看出强回波质心已经开始下降,从 7km 开始降到 4km,但这个高度仍然有利冰雹的发展。20:25 回波强度开始减弱,南北面冰雹云的质心高度均下降到 4km 以下,冰雹过程区域结束。

从冰雹云追踪信息(图略)可以分析出:北面冰雹云:回波底维持 2km 左右,回波顶达到 8km 以上,最大反射率中心在 20 时 01 分(北京时)前基本维持在 6–7km,20 时 01 分突然上升到 9km 左右,在 20 时 07 分突然下降,降幅 7km 左右,故判断 20 时 07 分前后应该为降雹时段,而该时段的冰雹、强冰雹指数都达到了 100。垂直积分液态含水量在 19 时 44 分–20 时 07 分有大幅升高,升幅在 10 个单位左右,而最强反射率在 19 时 44 分达到  $70\text{dBz}$ 。推断 20 时 07 分前属于冰雹的形成期,而 20 时 13 分左右已经是降雹期。降雹时间维持到 20 时 25 分,此时反射率中心下降到 4km 以下,最大反射率中心降到 2KM 左右,冰雹、强冰雹指数开始下降,最大反射率强度也降到了  $5\text{dBz}$  以下,北面冰雹云降雹结束。

西面冰雹云:回波底维持 3km 左右,回波顶达到 12km 以上,反射率中心基本维持在 6km,最大反

射率高度在 19 时 49 分突然下降,降幅接近 6km,故判断 19 时 47 分前后在冰雹云进入上思县之前已经出现过一次降雹,而该时段的冰雹指数达 100。随后在 19 时 55 分到 20 时 08 分,最大反射率高度突然从 2km 上升到 9km,20 时 13 分突然下降到 3km,降幅接近 6km,第二次降雹时刻开始,该时段的冰雹、强冰雹指数都达 100,垂直积分液态含水量在  $20\cdot\text{m}^{-1}$  时 07 分至 13 分升高 10 个单位左右,最强反射率一直维持在 65dBz 左右。由于普通降水粒子开始变成冰雹时,反射率肯定会突然增大,导致 VIL 值也产生增大,推断 20 时 13 分前属于第二次冰雹的形成期,而 20 时 20 分左右已经是降雹期,降雹维持时间为 20 时 13–25 分。

## 6 地形抬升作用

姚胜芳<sup>[7]</sup>等指出地形对气流的强迫作用主要是抬升和狭管作用,迎风坡地形会引起气流的抬升,加剧强对流天气的产生。上思县为南北高,中间低的喇叭口地形,那琴乡、在妙乡、思阳镇处于喇叭口迎风坡地形处,本次冰雹过程是在东风与南风的切变中产生的,南风受山脉迎风坡的抬升作用产生强烈的向上垂直运动产生辐合。因此山脉的抬升作用引起的气流上升运动是此次冰雹天气发生的重要条件之一。

## 7 小结

(1) 本次冰雹过程发生在 200hPa 高空急流、500hPa 高空槽、中低层暖湿急流、切变线共同作用的环流形势下。

(2) 探空图上:上干下湿层结、逆温层、CAPE、LI、垂直风切变线等大气对流指数均很好地预示强对流天气的发生。

(3) 本次过程 0℃层和-20℃层均有利于冰雹的发生发展。

(4) 雷达图上最大反射率因子在 65dBz,并伴有旁瓣及三体散射长钉,对应的反射率因子垂直剖面上低层有弱回波区,回波定高在 8KM 以上,65dBz 以上的强回波核心在-20℃层以上。

(5) 速度图上出现中气旋,低层存在强迫抬升以及辐合。

(6) 追踪信息反映出,冰雹/强冰雹指数均达到

100,VIL 在冰雹形成初期有大幅增加;降雹开始时最大反射率强度高度突降,与实况降雹时间吻合。

(7) 山脉的抬升作用是本次冰雹天气发生的重要条件之一。

### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 廖胜石.一次大范围冰雹天气的多普勒雷达产品分析 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (S2): 100–101.
- [3] 张正国, 邹光源, 刘丽君, 程鹏.雷达回波顶高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.
- [4] 卢建壮, 黄帆.梧州连续两天冰雹天气过程分析 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (S2): 87–88+90.
- [5] 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.
- [6] 郝建平, 曹刚, 刘子文, 梁罗德.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.
- [7] 姚胜芳, 黄治逢, 农孟松, 唐文.广西冰雹气候统计分析及减灾对策.气象研究与应用, 2007, 28 (4): 21–25.
- [8] 陈伟斌, 陈见, 赵金彪, 等.一次飑线大风天气过程成因分析 [J]. 气象研究与应用, 2015, 36 (1): 14–19.
- [9] 乔琪, 汤俊.春季两次强对流天气过程多普勒雷达回波中尺度特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32 (3): 42–45.
- [10] 覃卫坚, 李耀先, 覃志年.广西暴雨的区域性和连续性研究 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (4): 1–4.
- [11] 廖雪萍, 覃卫坚, 唐炳莉, 等.广西近 50 年暴雨日数变化的小波分析 [J]. 气象, 2007, (12): 39–45.
- [12] 黄远盼, 林振敏, 葛意活, 等.2015 年 5 月广西一次连续性暴雨天气过程诊断分析 [J]. 气象研究与应用, 2015, 36 (4): 59–63.
- [13] 欧徽宁, 梁珊珊, 杨胜才.2013 年广西一次前汛期暴雨过程分析 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (4): 14–17.
- [14] 廖慕科, 唐桥义, 伍静, 等.2010 年 4 月桂东北一次暖区暴雨天气分析 [J]. 气象研究与应用, 2010, 31 (4): 20–22, 124.
- [15] 黄远盼, 李骏杨, 刘桂华.桂东北一次暖区暴雨向锋面暴雨演变特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2015, 36 (3): 30–33.