

文章编号:1673-8411 (2016) 04-0054-04

2016 年 1 月钟山县一次罕见冬季冰雹天气分析

吴悦¹, 李骄杨², 李忠党¹

(1. 钟山县气象局, 广西 钟山 542699; 2. 贺州市气象局, 广西 贺州 542899)

摘要:利用常规地面、高空观测资料和梧州 S 波段新一代天气雷达探测产品资料,从环流形势、影响系统、触发机制及物理量条件对钟山县一次冬季冰雹天气进行分析,结果表明:此次过程在极强厄尔尼诺背景下发生,2016 年 1 月钟山县东北季风偏弱,能量条件好,中层有干空气侵入,低层为暖湿不稳定大气层结,前倾槽和地面冷空气的配合触发不稳定能量释放,从而产生罕见冬季冰雹天气。

关键词:冰雹;冬季;前倾槽;上干下湿;厄尔尼诺

中图分类号: 文献标识码:A

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.Zhongsan Prefectural Meteorological Service, Zhongsan 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 Zhongsan 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

引言

对 1956 年至 2015 年气象资料统计分析发现,钟山县冰雹天气主要出现在 3-5 月(占全年总日数的 90%以上),此次 1 月降雹为当地有气象记录以来第二次冬季降雹过程(第一次为 1981 年 2 月 13 日)。此前,黄远盼等^[1]对桂东北冰雹天气进行了研究,认为春季贺州市冰雹天气出现前, $\partial\theta_{se}/\partial z$ 以及

K 指数、Si 指数、对流有效位能(CAPE)会有明显的变化,可以作为冰雹天气预报的参考;许新田(2012),王崇洲(1992)等一些学者对冬季强对流天气也做了广泛研究^[2-11],但钟山县冬季冰雹天气研究尚属空白。为提高异常气候背景下钟山县冰雹天气预报技术,本文对 2016 年 1 月 5 日冰雹天气过程进行分析,探究其形成机理,总结经验技术,为此类冰雹预报提供参考依据。

收稿日期:2016-05-16

作者简介:吴悦(1986-),广西贵港人,助理工程师,主要从事县级综合气象业务工作。

1 过程概况

通过向乡镇气象信息员及居民搜集信息,此次降雹过程大致出现在 1 月 5 日 18 时到 20 时,降雹范围在钟山县的花山、红花、清塘、同古、凤翔、石龙、回龙等乡镇,降雹时间大多为几分钟,冰雹直径估测在 5–20mm,同时还伴有雷电、大风及短历时强降雨,过程最大风速为 $14.2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、最大小时雨强为 $25.2\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。虽然过程波及乡镇较广,但降雹时间短、结束快,故灾情不明显。

2 环流形势分析

2016 年 1 月 5 日钟山县冰雹天气过程发生前期,500hPa 低纬地区南支槽活跃,高原多波动快速东传,槽前西南气流强盛,东北季风势力偏弱,长江以南地区为暖湿气团控制。亚洲中高纬地区“两槽一脊”形势逐渐建立。副热带高压较常年同期偏强,呈带状分布于西北太平洋、中国南海至印度洋一带,稳定少变。1 月 5 日 20 时,500hPa588 位势什米线位于 20°N 附近,位置偏北。南支槽与高原槽合并,加深东移,带动冷空气南下;槽线呈南北向,位于桂中,钟山处在槽前,正涡度平流有利于上升运动的发展。分析对流层中低层可以发现,1 月 5 日 20 时,700hPa 冷舌伸至桂东北,切变线位于桂西,呈南北向,落后于 500hPa 槽线,为前倾槽形势,有利于触发强对流。西南低空急流控制华南大部地区,急流轴线位于南海沿岸,强度比 08 时有所加强,中心风速 $>20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,有利水汽输送。钟山位于低空急流轴左侧,有利于辐合上升运动。20 时 850hPa 切变线南压至桂北,呈东北西南走向,两侧风场呈明显气旋性弯曲,850hPa 温度槽清晰,并且与 500hPa 温差达到 25°C 以上,钟山处在切变线、温度槽附近。

从地面形势分析可见,过程前期,暖低压稳定控制华南地区,无明显冷空气活动,钟山气温偏高,1 月 2 日–5 日连续四天日最高气温在 20°C 以上,且无降水,积聚大量不稳定能量。1 月 3 日 14 时,中心位于云贵交界的西南暖低压明显加强,中心气压值为 1015hPa,向江南地区延伸出东北西南向低压倒槽;贝湖西侧的冷高压同时加强,分裂出冷空气沿东路入侵我国,4 日 05 时冷锋到达华北,西南暖低压逐渐开始减弱。随后冷空气快速南下,5 日 20 时,冷锋到达桂北,触发系统性上升运动,不稳定能量释放。

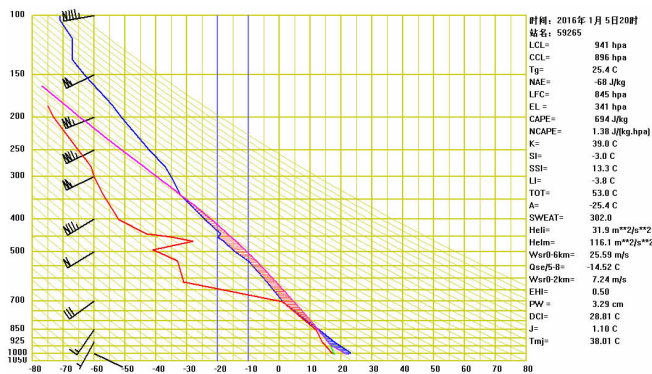


图 1 1 月 5 日 20 时钟山探空图

3 t_logp 图分析

用 1 月 5 日 20 时钟山站气温(14°C)和露点温度(13°C)订正梧州站探空资料,分析订正后探空图(图 1),CAPE 值为 $694\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$,较 08 时有显著增加,达到 1 月份对流天气发生发展的必备能量条件,同时具备适宜的对流抑制能量 CIN,有利于激发强对流。K 指数= 39°C ,SI= -3°C ,表征 20 时钟山上空大气层结处于极度不稳定状态。抬升凝结高度(LCL)为 941hPa、自由对流高度(CCL)为 896hPa,都较低,有利于对流云的生成和发展。

分析温度层结曲线可以看出温度随高度迅速递减,大的垂直温度递减率有利于冰雹发生发展。同时, 0°C 层 $<600\text{hPa}$, -20°C 层高度 $<400\text{hPa}$,均为有利冬季降雹,使冰雹以固体形式降落至地面以及大冰雹的形成。分析露点层结曲线,可以看到 700hPa 以下露点层结曲线和温度层结曲线平行,且温度露点差 $<2^{\circ}\text{C}$,湿层厚度为 3km 左右,低层已具备良好的水汽条件。700hPa 以上露点温度迅速减小,温度露点差迅速增大,与温度层结曲线形成“喇叭口状”,表明中层有明显干空气侵入,这种“上干下湿”的形势使气层不稳定度增加,非常有利于冰雹天气的发生。

对风速风向进行分析可见,风速从近地面到高空有明显增大的趋势,925hPa 以下风速为 $2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,700hPa 为西南风,风速 $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,达到低空急流标准,500hPa 以上风速均 $>20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。上下层垂直风速切变大,促进倾斜对流产生,为冰雹提供上升动力条件,有利于大冰雹形成。

4 卫星、雷达产品分析

4.1 卫星图像分析

5 日 19 时桂东至广东沿海一带位于高空槽前,

分析红外云图可见发现,斜压叶状云带位置偏东,广西上空仅有一个中尺度块状对流云团,位于钟山上空,其余大部为无云或低云,能量高度集中在这块云团中。该对流云团云顶亮温较低,结构密实,沿槽前

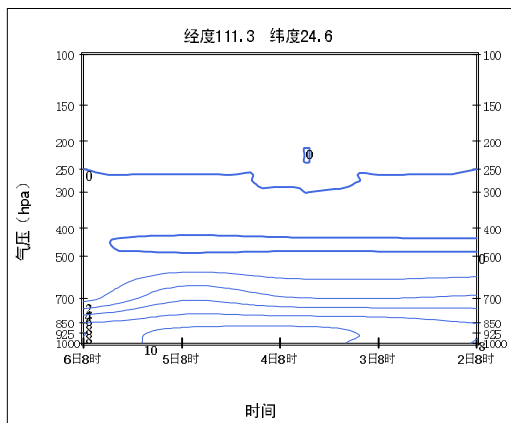


图2 1月2日08时至6日08时钟山比湿时间剖面图

高。

4.2 多普勒雷达回波分析

4.2.1 反射率因子(R)

1月5日钟山冰雹天气过程是由多单体风暴形成的强对流天气。分析梧州雷达反射率因子产品,1月5日17时06分 1.5° 、 3.4° 仰角可见在平乐县中部,距离雷达130km处有对流回波A形成,并迅速加强,17时23分在 1.5° 仰角上其中心强度达55dBz,该单体轮廓分明,结构密实,反射率因子梯度大,随后以“平流+传播”的形式向偏东方向移动。17时45分其右后部新生单体B,组成雷暴群向钟山县移动。18时19分雷暴群前沿进入钟山县,19时22分强回波中心位于钟山县西南部,回波质心高,反射率因子最大值在60dBz以上,出现在 1.5° 仰角及 2.4° 仰角,且回波中心具有由低仰角到高仰角倾斜的结构,上部呈现宽大而伸展的云砧,有利于斜生气流的维持并产生大冰雹。此时雷暴单体处在最旺盛阶段,降雹开始,并持续向东移动。19时27分–19时33分,雷暴云团可见一个清晰的后部入流槽口结构,经过的地区同时伴有大风天气。20时29分强回波移出钟山。

4.2.2 平均径向速度(V)

1月5日19时27分在 0.5° 仰角径向速度图上(图略),最大流入区和最大流出区沿雷达径向对称,出现正负速度对,具有气旋性辐合的特点,底层存在强烈上升运动。 1.5° 及以上仰角可见明显“逆风区”,

西南气流向偏东方向移动,其上风一侧边界较光滑整齐,下风方向边界模糊。19时水汽图像反映该对流云团中上层上升运动显著。20时,该云团主体移出钟山境内,随后逐渐解体,结构松散,云顶亮温升

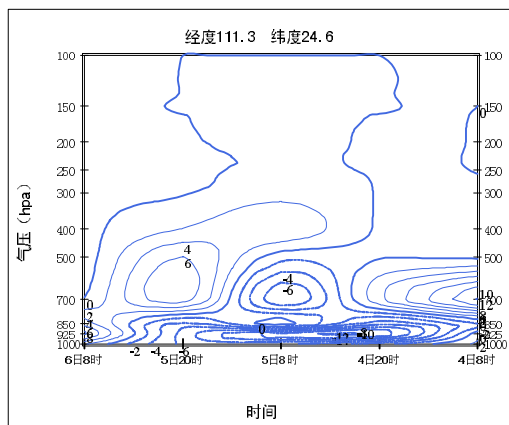


图3 1月4日08时至6日08时钟山水汽通量散度时间剖面图

其强度在 $-5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 至 $-10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右,逆风区范围由低到高递减。同时,在 1.5° 及 2.4° 仰角均可见最大正速度 $>27\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,并且出现速度模糊。20时29分逆风区减弱,随后逐渐消失。

4.2.3 垂直液态水含量(VIL)及回波顶(ET)

分析19时38分垂直液态水含量(VIL),雷暴云团中心数值由前一体扫的30dBz跃升至60dBz,反映云体内的冰雹迅速碰并增长。垂直液态水含量大值区的范围也加大,覆盖清塘、同古等几个乡镇,与冰雹落点对应。随后的几个体扫中VIL有所减弱,至20时01分,再次跃升至40dBz,持续两个体扫,之后再次减弱并移出钟山县。回波顶(ET)产品表征风暴强弱,同时标志上升运动的强弱,强回波进入钟山之后回波顶高维持在9km以上,有两次跃升至12km,分别是19时38分和20时07分,与垂直液态水含量大值出现的时间和地点均吻合,回波顶高中心与降雹地点对应。冬季VIL达到 $60\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 及 $\text{ET}=12\text{km}$ 非常罕见,是造成此次降雹的一个重要因素。

5 物理量分析

5.1 水汽条件

过程前期,钟山位于湿区,并且近地面层经历了一个增湿的过程,水汽条件良好(图2)。5日08时925hPa比湿为 $10\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,850hPa比湿也大于 $8\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,700hPa湿度为 $5\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,20时700hPa及以上比湿迅

速降至 $0\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 上干下湿明显, 极易触发强对流。从相对湿度场分析, 700hPa 以下, 钟山均处在 $\text{RH}>80\%$ 的湿区内。分析水汽通量散度的辐合情况 (图 3), 5 日 08 时开始水汽通量散度出现负的最大值, 20 时 700hPa 以下水汽辐合上升明显, 为强对流提供了有利条件。

5.2 动力条件

从 5 日 20 时钟山垂直速度剖面图可看出, 冰雹天气发生时, 钟山上空上升运动显著。最大上升速度区为钟山东北方向, 负速度最大值出现在 400hPa, 中心数值达到 $-40\times 10^{-3}\text{hPa}\cdot\text{s}^{-1}$, 与雷暴云团移动方向一致, 正速度区在钟山西南向, 这种正负速度的配置构成的次级环流, 有利于强天气的发生和维持。过程前期, 钟山站上空低层和高层均为负涡度, 4 日 08 时, 由高层开始逐渐转为正涡度, 且数值不断加大, 5 日 08 时钟山上空整层均为正涡度。19 时–20 时 500hPa 附近出现正涡度极大值 $82\times 10^{-4}\text{s}^{-1}$, 气旋性辐合上升明显, 对应了降雹的时间段。随后由低层开始转为负涡度, 并逐渐伸展至中高层, 强对流天气结束。

6 小结

(1) 受 2014 年 9 月开始的超强厄尔尼诺事件影响, 副热带高压异常偏北、偏强, 2015 年至 2016 年钟山县东北季风偏弱, 1 月 5 日中高层前倾槽配合地面弱冷空气触发强对流, 产生了罕见的冬季冰雹天气。

(2) 过程前期冷空气势力较弱, 西南暖低压发展强盛, 钟山连续四天日最高气温大于 20°C , 这种情况在该地历史同期较为少见, 不稳定能量的大量积聚为冬季强对流提供了必须的能量条件。

(3) 与钟山县最近的梧州、桂林高空站, 直线距离均 $>100\text{km}$, 为了反映钟山上空的大气状况, 采取用钟山站温度及露点温度订正临近高空站探空资料的方法, 可以有效显示强对流发生前钟山县上空大气状态, 在一定程度上弥补了资料上的不足, 尤其对

灾害性天气的分析和预报起到了良好效果, 有利于预警提前发布, 减轻灾害损失。

(4) 雷达资料在此次强对流天气预报中发挥了重要作用。雷暴云团进入钟山县前密切关注其发展演变, 发现反射率因子最大值超过 60dBz 、平均径向速度图上出现的清晰的正负速度对, 并出现冬季冰雹天气有较强指示意义的指标: VIL 达到 $60\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 和 $\text{ET}=12\text{km}$, 立即判定将有冰雹天气发生, 及时发布冰雹预警, 最大程度减小灾害性天气造成的损失, 得到良好的服务效果。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 莫丽霞, 高宪权. 贺州市 2014 年后汛期两次强降雨过程的对比分析 [J]. 广东气象, 2015, 37 (4): 41–45.
- [3] 郑艳, 刘丽君, 吴春娃. 近 10a 海南岛冰雹天气统计特征与概念模型 [J]. 气象研究与应用, 2015, 36 (4): 15–20.
- [4] 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: 145–155.
- [5] 韦增岸, 何飞, 邹光源, 等. 广西冰雹云闪电变化特征分析及其防雹应用 [J]. 气象研究与应用, 2015, 36 (4): 38–44.
- [6] 张果军, 朱三平, 李文明, 等. 湖南冰雹灾害天气的闪电特征 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (3): 128–129.
- [7] 唐熠, 蒋丽娟. 两次典型冰雹过程多普勒雷达回波分析 [J]. 广西气象, 2006, 27 (A1): 42–45.
- [8] 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 (A2): 100–101.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.