

Analysis on Hail Weather Process of Primary Heat and Low Pressure Convergent Line in Guizhou

Qingxia Xie¹, Xueli Wan^{1*}, Qingbing Pang¹, Xiaojie Lin², Zhuoma Pu³

¹Guizhou Meteorological Station, Guiyang Guizhou

²Guizhouliupanshui Meteorological Bureau, Liupanshui Guizhou

³Meteorological Bureau of Jiangzi County, Xigaze City, Xizang Province, Xigaze Xizang
Email: *582617620@qq.com

Received: Mar. 2nd, 2020; accepted: Mar. 17th, 2020; published: Mar. 24th, 2020

Abstract

Using Doppler radar data and Micaps data, this paper analyzed the hail weather process in Guizhou on April 5, 2017, and revealed the circulation situation and influence system of severe convective weather, as well as various factors conducive to the generation of large hail and echo characteristics. It was found that the hail was a typical low-pressure convergence line (or high-slot type) of Guizhou heat, and the hail area was located in the south of the convergence line of the ground. The number of stations with a diameter of 10 mm or more accounted for 61% of the total stations, and the maximum diameter was 20 mm. Atmospheric convection parameters such as CAPE, SSI, K, Si index and vertical wind shear predicted the occurrence of severe convection weather. In this process, the height of 0°C and -20°C layers suitable for hail growth was obtained, and the thickness between the two layers was 3 km. This hailstorm has the echo characteristics of strong convective storm: bow echo, drapery structure, bounded weak echo region, Trisolarum scattering and intermediate radial convergence on the reflectivity factor diagram. The height of Guiyang echo was set at 31.5 kft, and the height of the strong echo zone expanded above the -20°C layer. The maximum value of vertical liquid water content was 8.03 kg/m². 5 EC model gives better prediction results, but for actual forecast is significantly lower than the ground wind field, especially in the north of Anshun to Guiyang south, model forecast 6~8 m/s, when live 13 continues to increase to 8 to 12 m/s, so the model forecast heavy rainfall area south, than the actual need according to the actual surface wind field analysis in actual applications convergence line position and intensity of convergence, the correction was carried out on the drop zone.

Keywords

Guizhou, Hail, Thermal Low Pressure Convergent Line

*通讯作者。

贵州一次热低压辐合线型冰雹天气过程分析

谢清霞¹, 万雪丽^{1*}, 庞庆兵¹, 林小杰², 普卓玛³

¹贵州省气象台, 贵州 贵阳

²贵州省六盘水市气象局, 贵州 六盘水

³西藏日喀则市江孜县气象局, 西藏 日喀则

Email: *582617620@qq.com

收稿日期: 2020年3月2日; 录用日期: 2020年3月17日; 发布日期: 2020年3月24日

摘要

利用多普勒雷达资料和Micaps资料, 对贵州2017年4月5日贵州冰雹天气过程进行分析, 揭示强对流天气的环流形势和影响系统, 以及各种有利于大冰雹生成的因素和回波特征。分析发现: 该次降雹属典型的贵州热低压辐合线型(或高空槽型), 降雹区位于地面辐合线南侧, 冰雹直径在10 mm以上的站数占总站数的61%, 最大直径为20 mm; CAPE、SSI、K、Si指数和垂直风切变等大气对流参数很好地预示此次强对流天气的发生。本次过程具备适宜冰雹生长的0°C和-20°C层高度的条件, 两层之间厚度3 km; 这次雹暴具有强烈对流风暴的回波特征: 反射率因子图上的弓形回波、悬垂结构、有界弱回波区、三体散射和中层径向辐合。贵阳回波定高为31.5 kft, 强回波区高度扩展到-20°C层以上, 垂直液态水含量最大值为8.03 kg/m²; 5日EC模式给出了较好的预报结果, 但是对于地面风场的预报明显低于实况, 特别是安顺至贵阳南部的南风, 模式预报6~8 m/s, 实况13时持续增强到8~12 m/s, 因此模式预报强降水落区比实际偏南, 实际应用时需要根据地面实际风场分析辐合线位置及辐合强度, 对落区进行订正。

关键词

贵州, 冰雹, 热低压辐合线型

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

冰雹是由生命期较长的强风暴系统产生的强对流天气现象之一, 具有发展速度快、持续时间短、影响范围较小等特征, 降雹的同时往往伴随短时雷雨大风、强降水等灾害性天气, 给人民带来经济损失甚至威胁生命[1]。

国内外对冰雹研究比较多[2]-[11], 很多学者对贵州的冰雹研究发现[12]: 春季是冷暖气流在贵州互相交汇形成锋面最频繁的季节, 为冰雹发生提供最强劲的动力抬升条件。另一方面, 春季低层南风显著增强, 气温回升比高层快, 大气层结激烈趋向不稳定发展, 同时中低层垂直风切变明显加强, 有利于对流强风暴的生成。再者, 低层南风增强输送暖平流, 使得低层能量增加, 在有逆温层的覆盖下, 低层能量积聚, 一旦有抬升条件, 则爆发冰雹等强对流天气。贵州的降雹主要分为静止锋型、冷锋型和热低压

辐合线型。其中热低压辐合线型占春季降雹的 33.8%，也是最易出现大冰雹的天气类型。在 4 月，乌蒙山脉对西风气流产生的背风波则在贵州中部东、西带中出现多个小区域多雹区。本文就以此次典型的热低压辐合带型冰雹进行具体分析，以期能对以后的本类型冰雹预报提供一定的参考。

2. 过程概述

4 月 5 日 17 时至 4 月 6 日 08 时，贵州中西部地区出现雷雨、冰雹、大风等强对流天气(图 1)，清镇市区及辛店(18:09)、暗流(18:37)、修文县城区(19:05)、王庄(19:16)、卫城(19:22)、白云的牛场(19:30)、犁倭(20:08)和站街(20:15)、乌当的百花和水田(19:51)、花溪区三江(21:20)、贵阳市城区(21:21)、余庆县花山和构皮滩共 18 乡镇出现冰雹，其中 11 站冰雹直径为 10 mm 及其以上，最大冰雹直径为花溪区三江社区周家寨村 20 mm，清镇城区出现 27 m/s 的大风；全省共出现暴雨 2 县城(清镇 60.8 mm、白云 57.7 mm) 30 乡镇，大雨 5 县城(贵阳 42.5 mm、乌当 39.6 mm、平坝 37 mm、修文 35.4 mm、花溪 30.1 mm) 92 乡镇，最大小时雨强为农牧场的 58.9 mm。

据民政系统初步统计上报汇总，此次灾害性天气过程导致贵阳市南明、乌当、白云、清镇共 4 个区(市)不同程度遭受风雹灾害。40,204 人受灾，南明区因灾死亡 1 人，紧急转移安置 3 人；农作物受灾 1884 公顷，其中成灾 1681 公顷、绝收 18 公顷；因灾严重损坏民房 1 户 3 间，一般损坏民房 19 户 59 间。因灾直接经济损失 4000 余万元，其中清镇市 3700 余万元。

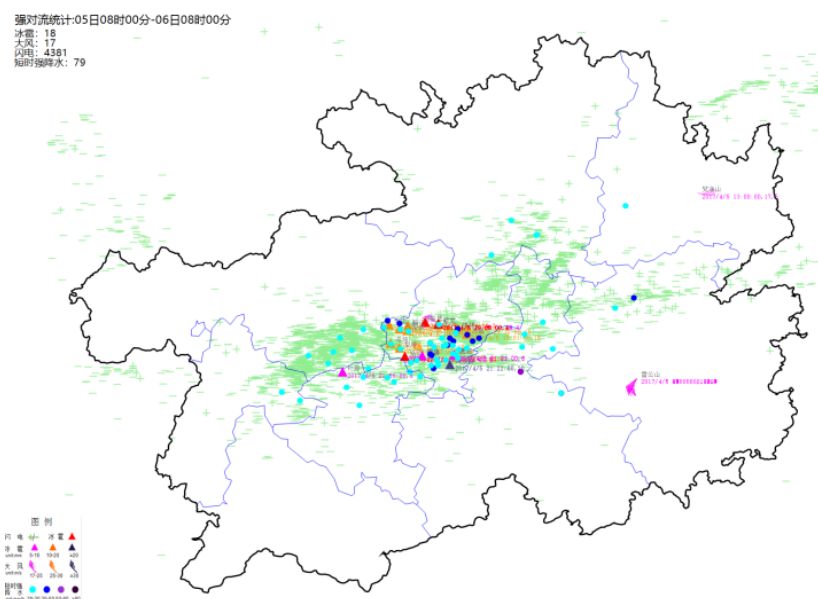


Figure 1. Strong convection at 08:00~08:06 on April 5, 2017

图 1. 2017 年 4 月 5 日 08 时~6 日 08 时强对流实况

3. 天气形势和环境条件分析

3.1. 天气形势

这次强冰雹天气过程的影响系统有 200 hPa 高空急流、500 hPa 高空槽、700 hPa 西南急流和切变线、850 hPa 切变线和地面低压及其辐合线。由综合天气图(图 2)可见，强对流天气发生在 200 hPa 高空急流南侧。

对比 5 日 08 时，在 20 时：500 hPa 高空槽东北移至山西南部 - 重庆东部 - 贵州西北部边缘，青藏高原南侧有短波槽东移影响贵州， -2°C 显著变温区随之东移至省的中东部， -2 hPa 变高区由贵州西部扩大

至全省，干区由全省缩小至省的南部和东部；700 hPa 川中切变东移并形成低涡，低涡切变位于重庆北部 - 川东南，西南急流在云南东部建立，迅速增强东南移至华东沿海，其西段南移出贵州，风速为 12~20 m/s，温度脊基本维持于重庆 - 贵阳 - 广西，全省 $T_{75} \geq 15 \text{ } ^\circ\text{C}$ 其中西部 $T_{75} \geq 18 \text{ } ^\circ\text{C}$ 全省大部湿度较高；850 hPa 人字形切变略有东移加深，温度脊维持，急流由广西西部 - 华东沿海减弱北抬至广西北部 - 湖南东部，风速为 12~14 m/s， $T_{85} \geq 23 \text{ } ^\circ\text{C}$ 区域扩大至全省，中西部和南部地区升高至 $T_{85} \geq 25 \text{ } ^\circ\text{C}$ 湿区也随着强对流天气的发生而由全省缩小至省的北部和东部。

5 日 08 时地面辐合线位于省的中北部，贵州受热低压影响；14 时辐合线略有南移，低压发展，17~20 时辐合线基本维持，湖北 - 重庆有弱冷平流入侵，低压略有减弱，4 月 6 日 02 时辐合线明显南移至贵州南部 - 西部。

环流形势分析可见此次降雹属于典型热低压辐合线型，也叫高空槽型，与“贵州大多数冰雹都发生在边界层辐合线附近及其南侧 1~2 个纬度，几乎所有降雹过程都有直径大于 10 mm 的冰雹出现，有 52% 的降雹过程出现了直径大于 20 mm 的大冰雹”吻合。

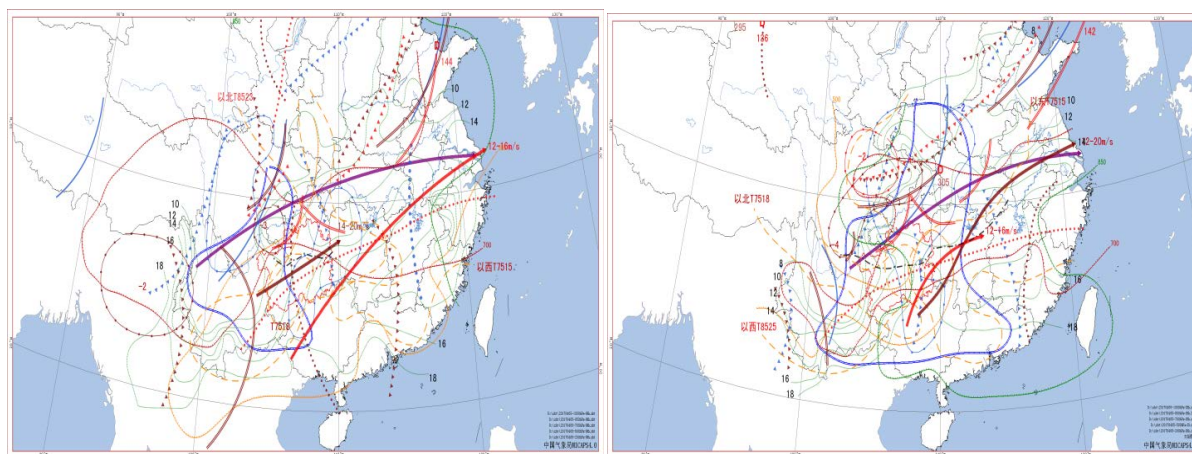


Figure 2. Comprehensive mesoscale analysis of severe convection at 08:00 (a) and 20:00 (b) on April 5, 2017

图 2. 2017 年 4 月 5 日 08 时(a)和 20 时(b)强对流中尺度综合分析

3.2. 环境条件

4 月 5 日 20 时，贵阳 Si 指数由 08 时的 0.3 $^\circ\text{C}$ 降至 -1.6 $^\circ\text{C}$ 、K 指数由 08 时的 18 $^\circ\text{C}$ 升至 39 $^\circ\text{C}$ 、CAPE 由 08 时的 10.9 J/kg 飙升至 526 J/kg (图 3、图 4)，表明贵阳附近处于层结不稳定状态。(T-Td)₇ 为 3 $^\circ\text{C}$ ，(T-Td)₈ 为 7 $^\circ\text{C}$ ，符合热低压辐合线型降雹的其一小于等于 4 $^\circ\text{C}$ 的要求。风暴强度指数 (SSI) 可用于区分强雷暴与非强雷暴。在我国大陆一般取 $SSI > 60$ 作为出现对流天气的指标，贵阳在 08 时 SSI 就达到 258，20 时上升至 267.9，可见本次强天气的强度之大。分析 5 日 20 时探空可见 (图 5)，贵阳地面为东南风，850 hPa 为西南风，500 hPa 为西南偏西风，风速随高度增加，风向顺转，特别是地面至 850 hPa 之间的风向顺转幅度最大。贵阳深层垂直风切变为 $2.3 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ ，属于中等偏强垂直风切变，有利于对流不稳定能量的释放，从而形成对流天气。

当天 0 $^\circ\text{C}$ 层高度位于 4400 米左右，即 600 hPa 以下，这样的高度使得对流云可向更高处发展，使底层的水汽通过强烈的上升运动能够达到该高度，为冰雹生成提供了丰沛的水汽条件，且当雹粒增长到足够大而下落时，不至于因暖层过厚而被融化。-20 $^\circ\text{C}$ 层高度位于 7400 米左右 (400 hPa)，-30 $^\circ\text{C}$ 层高度位于 9000 米左右，0 $^\circ\text{C}$ ~ -20 $^\circ\text{C}$ 层间的厚度为 3 km，利于产生大冰雹。

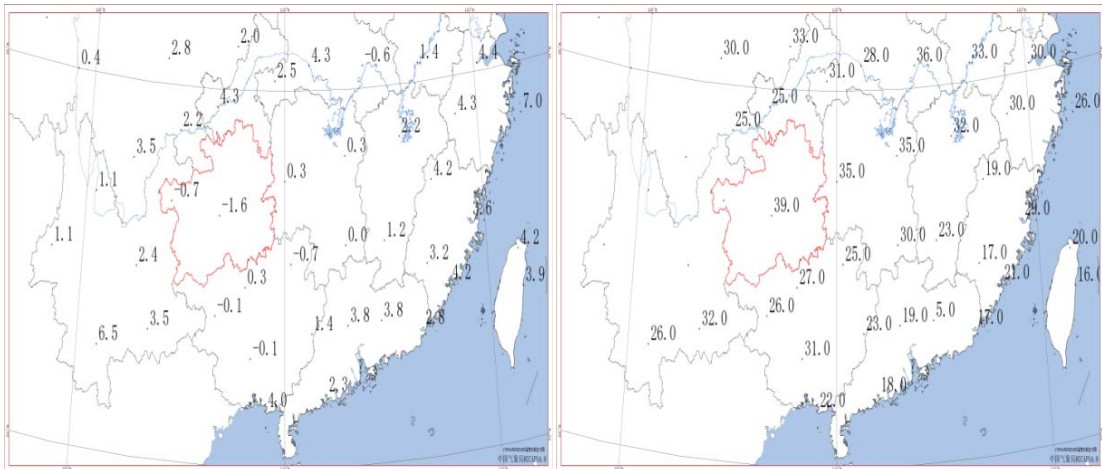


Figure 3. Distribution of SI index (left) and Ki index (right) at 20 o'clock on April 5, 2017

图 3. 2017 年 4 月 5 日 20 时 SI 指数(左)和 Ki 指数(右)分布

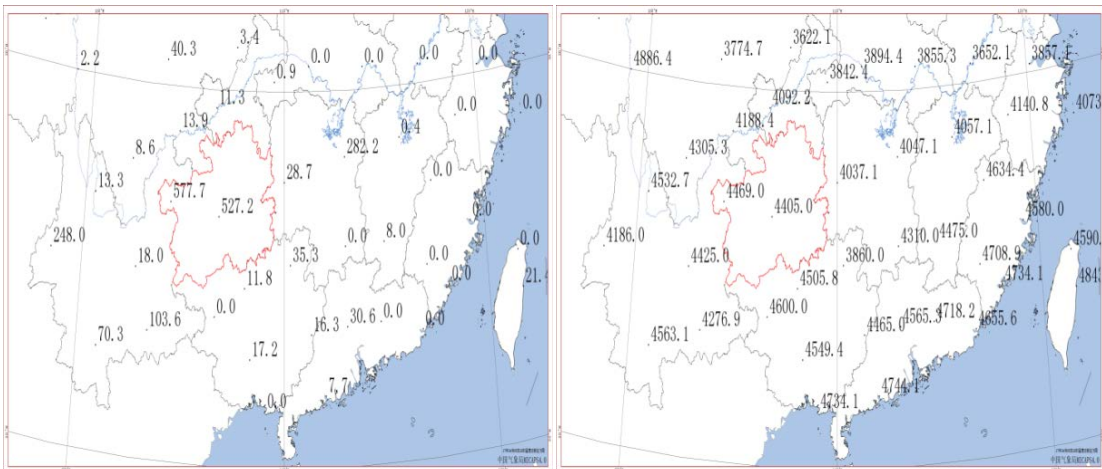


Figure 4. Distribution of CAPE index (left) and 0°C layer height (right) at 20 o'clock on April 5, 2017

图 4. 2017 年 4 月 5 日 20 时 CAPE 指数(左)和 0°C 层高度(右)分布

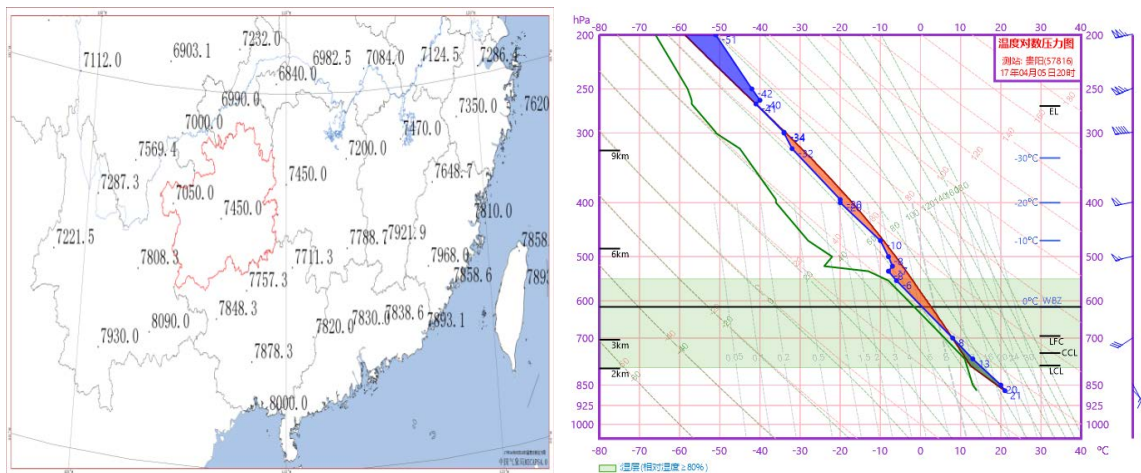


Figure 5. -20°C layer height (left) and sounding map of Guiyang station (right) at 20 o'clock on April 5, 2017

图 5. 2017 年 4 月 5 日 20 时 -20°C 层高度(左)和贵阳站探空图(右)

4. 雷达回波特征

05日17:00, 在我省中部地面辐合线附近生成零星的对流回波, 强回波中心为30 dBz; 在18:10回波逐渐发展成一条线, 辛店镇上空风暴中心达50 dBZ以上, 有冰雹降落, 直径为10 mm; 20:40回波进一步增强, 形成“弓”形回波, 出现一系列降雹过程, 其中, 清镇市区上空风暴中心达75 dBz, 有20 mm的大冰雹降落, 并伴随着雷雨大风, 短时强降水等强对流天气; 21:20回波继续东移南压, 贵阳市区上空风暴中心达55 dBz, 有冰雹降落, 直径为6 mm, 伴有闪电和短时强降水天气; 22:00以后, 回波开始减弱, “弓”形回波开始断裂, 此次降雹过程基本结束, 后续主要为短时强降水和雷电天气; 06日03时以后, 回波减弱到35 dBz以下, 短时强降水结束, 仅有零星闪电; 08时, 回波移出我省(图6)。

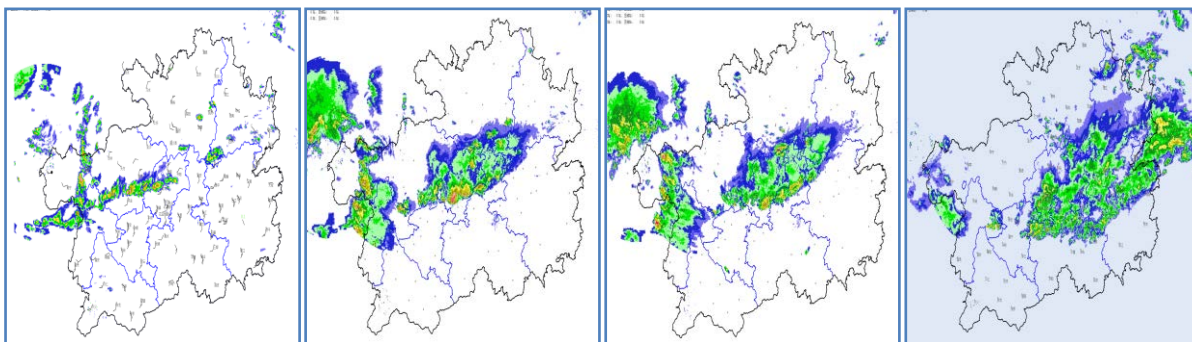


Figure 6. Combined reflectivity at 18:10, 20:40, 21:20 on the 5th and 03:00 on the 6th
图 6. 5日18:10、20:40、21:20、06日03:00组合反射率

20时27分回波移到贵阳市区北部一线, 清镇南部 gr2analys 系统识别到大冰雹, 直径为1.42英寸, 中心回波强度达70 dBz。强回波伸展高度很高, 垂直方向出现悬垂形态和有界弱回波区, 表明风暴云的倾斜和强烈的旋转, 暖湿气团被倾斜气流抬升到高层(图7)。21时19分 gr2analys 系统在贵阳市区上空识别出0.59英寸小冰雹, 回波中心强度为50 dBz以上, 中心回波位于约12千英尺位置, 有明显的三体散射和悬垂回波结构(图8)。

5日21:22, 贵阳回波定高为31.5 kft, 与降强冰雹的时间有较好的相关性; 垂直液态水含量最大值为8.03 kg/m²。

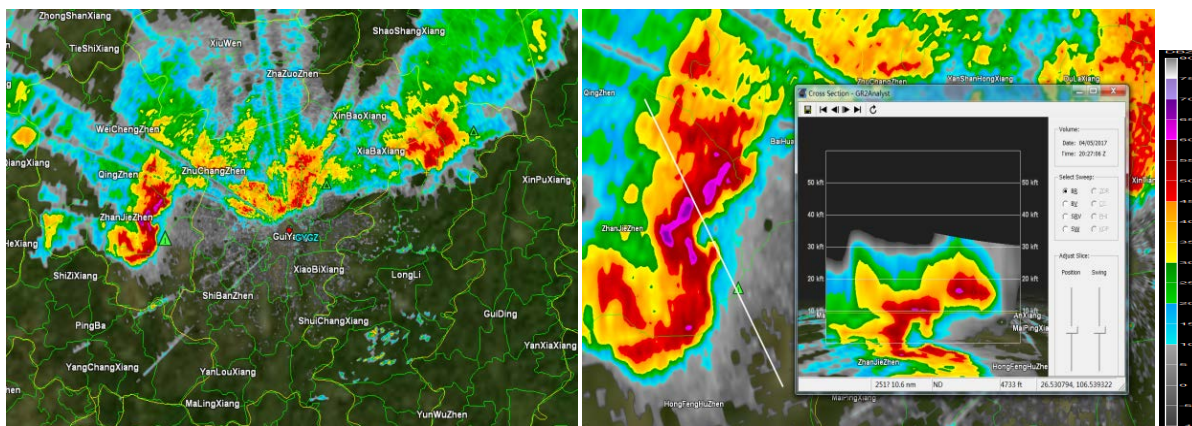


Figure 7. Basic reflectance (left) of the radar’s 1.6 degree elevation angle and its vertical profile of the echo over Qingzhen (right) at 20:27 on April 5th
图 7. 5日20:27 贵阳雷达1.6度仰角基本反射率(左)及其清镇上空回波垂直剖面(右)

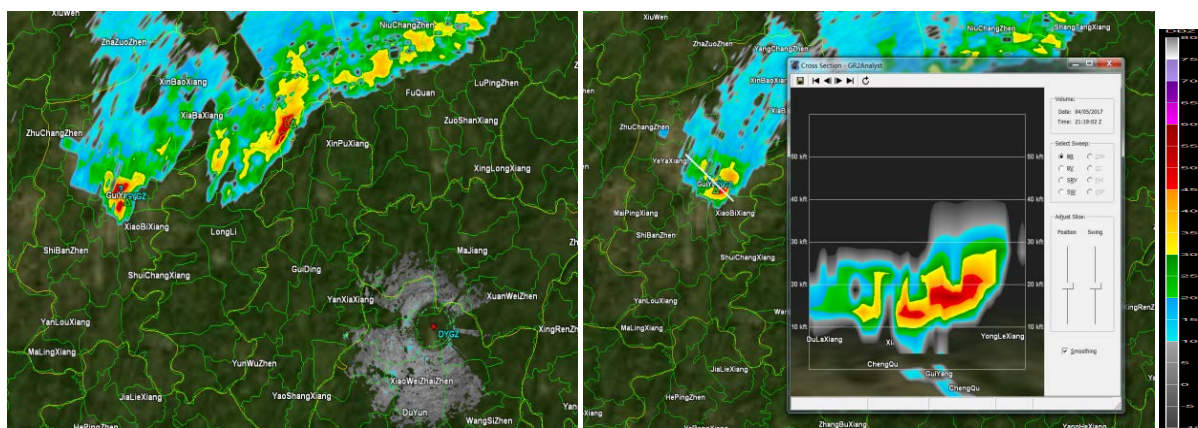


Figure 8. Duyun radar basic reflectance of 2.4 degree elevation (left) and its vertical profile of Guiyang echo (right) at 21:19 on April 5th

图 8. 5 日 21:19 都匀雷达 2.4 度仰角基本反射率(左)及其贵阳上空回波垂直剖面(右)

最后将实况与 EC 模式预报进行对比,发现 5 日环流形势和环境条件有利于降水天气发生,模式给出了较好地预报结果,但是对于地面风场的预报明显低于实况,特别是安顺至贵阳南部的南风,模式预报 6~8 m/s,实况 5 日 11 时南风增强到 6~10 m/s,13 时持续增强到 8~12 m/s,因此模式预报强降水落区比实际偏南,实际应用时需要根据地面实际风场分析辐合线位置及辐合强度,对落区进行订正。

潜势预报时需要考虑对流发生的起始位置,再结合模式预报产品分析对流移动影响区域,以及移动过程中环境条件对对流发展的作用,并根据环境物理参数状况及演变判断强对流天气类型。

5. 结论

1) 此次强冰雹过程发生在高层有急流、高空槽、切变线和西南急流、地面有热低压和辐合线的环流形势下,属典型的贵州热低压辐合线型(或高空槽型),降雹区位于地面辐合线南侧,冰雹直径在 10 mm 以上的站数占总站数的 61%,其中最大直径 20 mm。

2) CAPE、SSI、K、Si 指数和垂直风切变等大气对流参数能够很好地预示强对流天气的发生。本次过程具备适宜冰雹生长的 0℃和-20℃层高度的条件,两层之间厚度 3 km。

3) 这次雹暴几乎具有强烈对流风暴的回波特征:反射率因子图上的弓形回波、悬垂结构、有界弱回波区、三体散射和层径向辐合。贵阳回波定高为 31.5 kft,强回波区高度扩展到-20℃层以上;垂直液态水含量最大值为 8.03 kg/m²。

4) 5 日 EC 模式给出了较好的预报结果,但是对于地面风场的预报明显低于实况,特别是安顺至贵阳南部的南风,模式预报 6~8 m/s,实况 13 时持续增强到 8~12 m/s,因此模式预报强降水落区比实际偏南,实际应用时需要根据地面实际风场分析辐合线位置及辐合强度,对落区进行订正。

基金项目

中国气象局公益性(气象)行业专项:中国不同气候区域夏季短时强降水的中尺度结构特征对比分析及关键预报因子研究, GYHY201506006; 中国气象局预报员专项:多源格点温度预报订正技术方法研究, CMAYBY2018-067。

参考文献

- [1] 徐桂玉, 杨修群. 中国南方冰雹气候特征的三维 EOF 分析[J]. 热带气象学报, 2002, 18(4): 83-392.
- [2] 伍志方, 叶爱芬, 胡胜, 等. 中小尺度天气系统的多普勒统计特征[J]. 热带气象学报, 2004, 20(4): 391-400.

- [3] 施望芝, 金琪, 郭施, 等. 湖北一次冰雹天气过程的落区诊断分析和预报[J]. 热带气象学报, 2004, 20(2): 212-217.
- [4] 胡胜, 汪瑛, 陈荣, 等. “雨燕”中风暴算法在北京奥运天气预报示范项目中的应用及改进[J]. 高原气象, 2009, 28(6): 1434-1442.
- [5] 王华, 孙继松. 下垫面物理过程在北京地区强冰雹天气中的作用[J]. 气象, 2008, 34(3): 16-21.
- [6] 李照荣, 付双喜, 李宝梓, 等. 冰雹云中闪电特征观测研究[J]. 热带气象学报, 2005, 21(6): 589-596.
- [7] 姚叶青, 俞小鼎, 郝莹, 等. 两次强龙卷过程的环境背景场和多普勒雷达资料的对比分析[J]. 热带气象学报, 2007, 23(5): 483-490.
- [8] 周后福, 郭品文, 翟箐. 两类强对流天气过程的模式模拟及其比较[J]. 热带气象学报, 2010, 26(3): 379-384.
- [9] 周海光. 强热带风暴“风神”(0806)螺旋雨带中尺度结构双多普勒雷达的研究[J]. 热带气象学报, 2010, 26(3): 301-308.
- [10] 俞小鼎, 姚秀萍, 熊挺南, 等. 多普勒天气雷达原理与业务应用[M]. 北京: 气象出版社, 2006: 92.
- [11] 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): 813-819.
- [12] 贵州省预报员手册第二稿[Z].