

贵州毕节一次强冰雹天气过程分析

陈 诚¹, 杨 青², 赵宏强³, 向怀菊^{1*}, 辛 娟¹

¹贵州省黄平县气象局, 贵州 黄平

²贵州省雷山县气象局, 贵州 雷山

³四川省机场集团甘孜康定机场分公司, 四川 康定

收稿日期: 2025年10月13日; 录用日期: 2025年11月14日; 发布日期: 2025年11月21日

摘 要

本文利用毕节市新一代天气雷达探测资料、三维闪电探测网资料、NCEP再分析资料等, 对2018年3月13日贵州毕节地区强冰雹的三次降雹过程进行研究分析。得到以下结论: 雷达回波的组合反射率能反映冰雹云团的发生发展, 合并后新形成的回波单体范围增大, 强度增强。三次降雹过程均较好的反映了冰雹云发展的五个阶段。

关键词

冰雹, 雷达回波特征, 贵州毕节

Analysis of the Weather Process of a Strong Hail in Bijie, Guizhou

Cheng Chen¹, Qing Yang², Hongqiang Zhao³, Huaiju Xiang^{1*}, Juan Xin²

¹Huangping Meteorological Bureau of Guizhou Province, Huangping Guizhou

²Leishan Meteorological Bureau of Guizhou Province, Leishan Guizhou

³Ganzi Kangding Airport Branch of Sichuan Airport Group, Kangding Sichuan

Received: October 13, 2025; accepted: November 14, 2025; published: November 21, 2025

Abstract

This paper uses a new generation of weather radar data, three-dimensional lightning detection network data, NCEP data, etc. to study and analyze a second-order jump hail cloud that occurred in the Bijie area of Guizhou on March 13th, 2018. The obtained conclusions are as follows: The combined reflectivity of the radar echo can reflect the occurrence and development of the hail cloud. After

*通讯作者。

文章引用: 陈诚, 杨青, 赵宏强, 向怀菊, 辛娟. 贵州毕节一次强冰雹天气过程分析[J]. 气候变化研究快报, 2025, 14(6): 1386-1393. DOI: 10.12677/ccrl.2025.146138

fusion, both the newly formed echo monomer range and the intensity increase.

Keywords

Hail, Radar Echo Characteristics, Guizhou Bijie

Copyright © 2025 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

1.1. 课题背景

冰雹是我国常见的，分布较为广泛的一种对流性灾害天气，也是一种拥有极强破坏力的天气现象，其降雹过程虽较短暂，影响范围小，但来势较为凶猛，强度大，对于人民生命财产安全损害较大。贵州省每年冰雹的发生频次较多，其危害程度随着社会经济的发展会逐渐加大，其不仅会影响农业的发展，对交通出行、房屋建筑、人民生命财产安全等也具有一定程度的危害。

本文研究分析 18 年 3 月 13 日贵州毕节地区发生的二阶跃增冰雹云团的雷达回波参数与闪电频次变化，旨在得到对此类冰雹云有参考意义的的雷达参数、闪电频次变化特征，为贵州西部的冰雹预警、防灾减灾、经济建设提供参考。

1.2. 研究现状

成秀萍等[1]通过研究海西州中东部冰雹天气的时空分布特征，得出冰雹天气多由高层辐散、低层辐合相匹配的结构形势产生的结论，并且降雹区域通常处于具有强上升气流的区域内和具有强能量的潜在对流不稳定区域中。俞小鼎，周小刚等[2]通过利用多普勒天气雷达、卫星云图、高分辨率数值预报模式等研究方法发现了强冰雹天气出现时的天气雷达回波特征以及冰雹产生的有利条件。周永水、汪超[3]利用贵州省 1971~2007 年观测站所具有的实测降雹记录数据资料，通过使用统计分析的方法，较为系统的分析了贵州省冰雹天气的时空分布特征。其研究表明降雹区域主要分布于贵州西部地区，春季降雹次数最多，且春季是强冰雹多发季，发生时间集中于下午 17~19 时。

1.3. 研究方法

使用 NCEP 资料中的高空资料分析冰雹云形成的高空环流背景。研究新一代天气雷达，观察冰雹云团单体的雷达回波，垂直剖面图等雷达特征参量变化，了解冰雹云的形成过程。分析地面气象要素，如降水量，相对湿度的变化与冰雹云发生发展之间的关系。

2. 资料概况

地面气象要素资料来源于中国地面气候资料日值数据集，数据来自于 1951 年 1 月以来中国 699 个基准、基本气象站所采集的气象数据，包括本站气压、气温、降水量、蒸发量、相对湿度、风向风速、日照时数和 0 cm 地温要素的日值数据，本文选取 18 年 13 日贵州省内的站点资料进行插值统计分析。高空资料来自中国气象数据网，使用 NCEP 资料中的 GFS 数据进行高空环流背景绘图分析。雷达资料来自于毕节新一代天气雷达观测数据，用于分析雷达特征参量变化。

3. 实况与环流背景

2018 年 3 月 13 日下午 15:43~16:50 时, 贵州省毕节地区自北向南出现多次降雹天气过程, 降雹区域包括大方县、织金县, 冰雹直径为 4~10 mm, 降雹过后大方地区出现短时强降水。14:47 时大方县区域出现三个初生单体的雷达回波, 其中大方县城西部的对流单体发展较为旺盛, 并不断向东南方向移动。位于大方县城上空的对流单体于 15:43~15:47 时在大方县城产生降雹, 冰雹直径为 5 mm, 降雹过后单体的雷达回波减弱, 单体继续向东南方向移动, 移速较为缓慢。15:52 时降雹减弱过后的单体的开始与其西南方向的强回波单体融合形成一个新的强回波单体。融合后产生的新强回波单体于 16:34 时在大方县理化乡地区产生降雹, 冰雹直径为 10 mm。降雹过后, 单体又快速与其西南面的强回波单体融合并增强, 于 16:50 时在织金县金龙乡产生降雹, 冰雹直径为 4 mm, 降雹后单体逐渐南移并减弱。周庶、黄秀文[4]等通过研究统计发现大方、织金地区为毕节地区冰雹的次高发区, 每年有 3.6 d 出现冰雹天气。图 1 为 2018 年 3 月 13 日 14:47、15:52 时毕节市新一代天气雷达观测回波图。

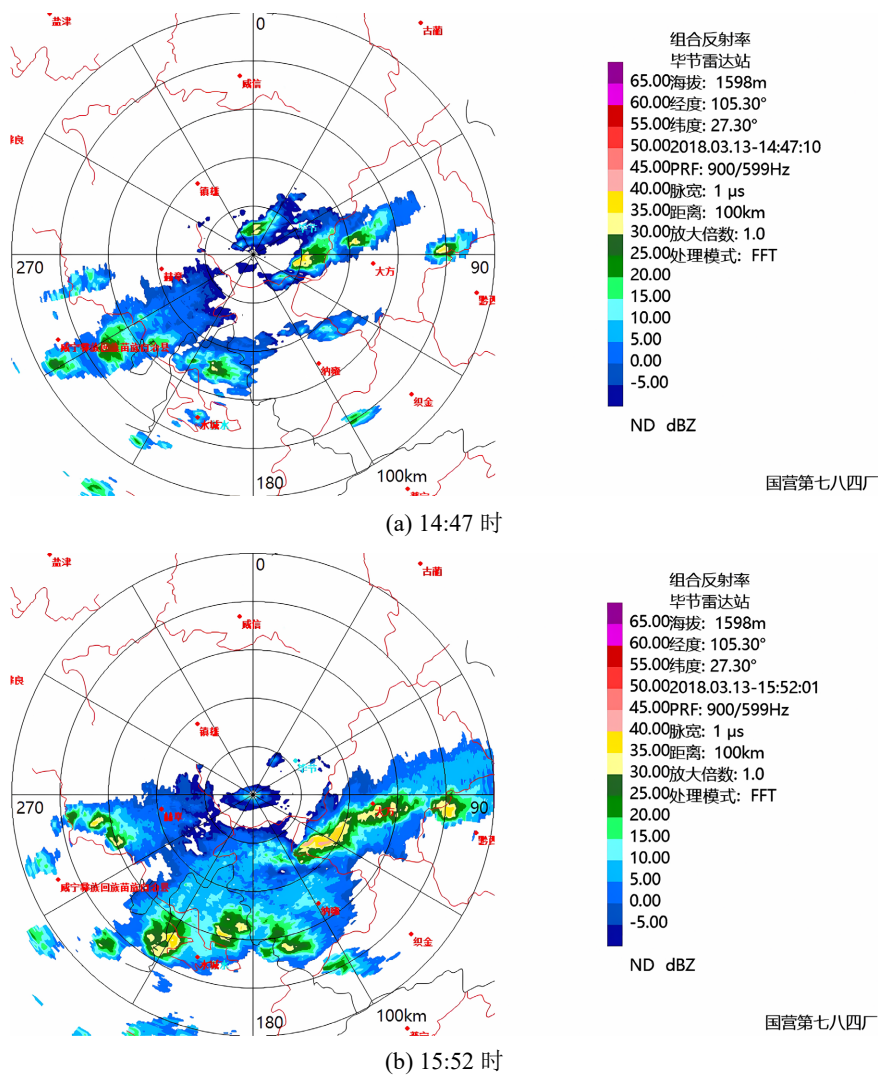


Figure 1. Echo maps of the new generation weather radar observation in Bijie City at 14:47 and 15:52 on March 13, 2018

图 1. 2018 年 3 月 13 日 14:47、15:52 毕节市新一代天气雷达观测回波图

毕节市新一代多普勒雷达体扫使用 VCP21 模式，立体扫描数据由 9 层仰角，分别为 0.5°、1.5°、2.4°、3.4°、4.3°、6.0°、9.9°、14.6°、19.9°的 PPI 组成。利用 2018 年 3 月 13 日贵州毕节市多普勒天气雷达基数数据资料，选用 15:03~17:16 时冰雹云单体的回波强度、强回波高度的观测时间序列资料，见表 1。

Table 1. Radar echo intensity, strong echo height, and vertical integration liquid water content observation data
表 1. 雷达回波强度、强回波高度、垂直积分液态水含量观测数据

时间	最强回波(dBZ)	强回波高度(km)	垂直积分液态水含量(kg/m ²)
15:03	37.5	3.5	5.5
15:08	43.5	4.5	6.0
15:14	40.5	4.5	6.5
15:19	43.5	5.5	6.5
15:24	43.5	6.0	7.5
15:30	43.5	6.0	15.5
15:35	49.5	6.0	24.5
15:40	49.5	6.5	27.5
15:46	51.5	6.5	20.5
15:52	46.5	6.0	12.5
15:57	45.5	6.0	12.5
16:03	46.5	5.5	7.5
16:08	47.0	5.5	7.5
16:14	46.5	5.5	17.5
16:19	43.5	5.5	17.5
16:25	43.5	6.0	18.5
16:31	46.5	5.0	24.5
16:36	43.5	5.5	32.5
16:42	46.5	5.5	25.5
16:47	43.5	6.0	40.5
16:53	47.5	6.0	45.5
16:59	47.5	6.0	35.5
17:04	43.5	6.0	42.5
17:10	44.5	5.5	31.5
17:16	43.0	5.0	17.5

4. 论文格式编排

4.1. 雷达回波分析

从 15:46 时的雷达回波图中的组合反射率和垂直剖面图来看(图 2)，大方地区的回波单体的强回波中心强度超过 49.5 dBZ 且呈长条状。强回波中心悬空高度在 6.5 km，回波顶高在 10 km 左右，在回波单体西部有一新的单体形成，处于发展阶段。15:43~15:47 时强回波单体在大方县降雹，冰雹粒径达到 5 mm，

降雹过后回波单体开始减弱并向南移。15:55~16:22 时,减弱的回波单体在南移过程中与其西南部发展的回波单体接触融合,形成一个新单体且回波加强。16:34~16:48 时在大方县理化乡产生降雹,冰雹粒径为 10 mm。从 16:42 时的雷达组合反射率图与垂直剖面图可以看出,两个单体融合后的新单体回波加强,强回波中心面积增大,回波强度达到 46.5 dBZ,强回波中心悬空,高度在 5.5 km,回波顶高在 10 km 左右。降雹后,融合后的回波单体减弱并快速与西南面的单体融合增强,16:50 时在织金县金龙乡产生降雹,冰雹粒径为 4 mm。从 16:59 时的雷达回波组合反射率、垂直剖面图可以看出二次融合后的单体更加强盛,回波顶高最高,接近 12 km,最大回波强度为 47.5 dBZ,强回波中心悬空,高度维持在 6 km,回波顶高接近 11 km,降雹过后回波单体南移逐渐减弱消散。在单体初次降雹后回波减弱,后其与周边单体两次融合,回波增强,随后产生降雹,表征在单体在与其周边单体融合时,能量得到了加强,促进了回波单体的发展。这与李皓、曾勇[5]等研究的二阶跃增冰雹云的回波特征一致,说明了回波单体可以通过融合其他单体来促进自己的发展。

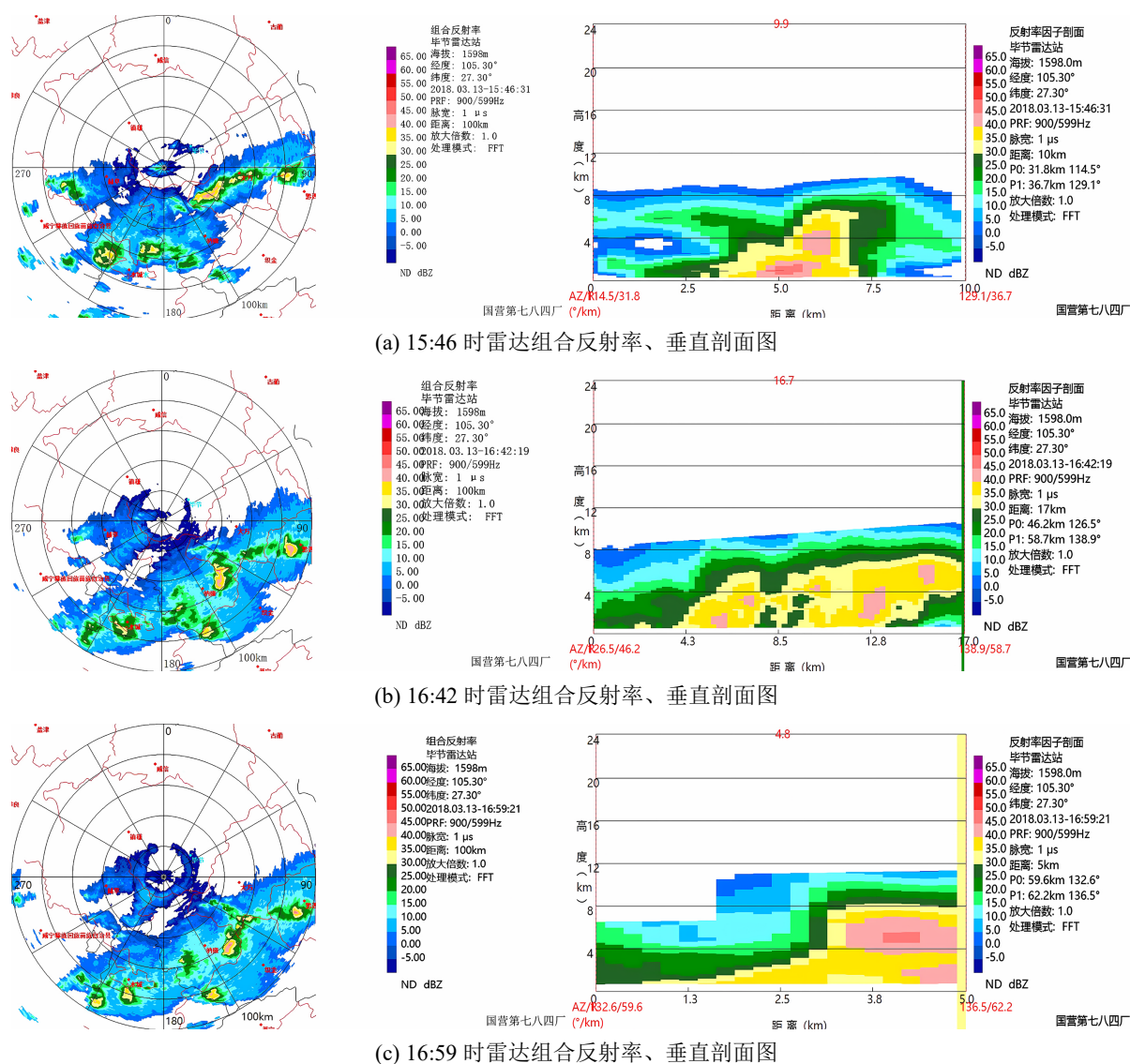


Figure 2. Radar combined reflectance and vertical profile of hail cloud in Bijie on March 13, 2018

图 2. 2018 年 3 月 13 日毕节境内冰雹云的雷达组合反射率、垂直剖面图

雷达西部多普勒径向速度值为负，朝向雷达，东部多普勒径向速度为正值，远离雷达，所以为一个西风。

4.2. 雷达回波资料时间序列分析

根据冰雹云的雷达回波强度、高度的时间变化曲线图(图 3、图 4)，结合地面的降雹时间进行综合分析，将 15:03 时至 17:16 时分两个时段，第一时段为 15:03~16:03 时，第二时段为 16:03~17:16 时。每一个时段内包含冰雹云的跃增、孕育 - 降雹、降雹 - 消亡阶段。

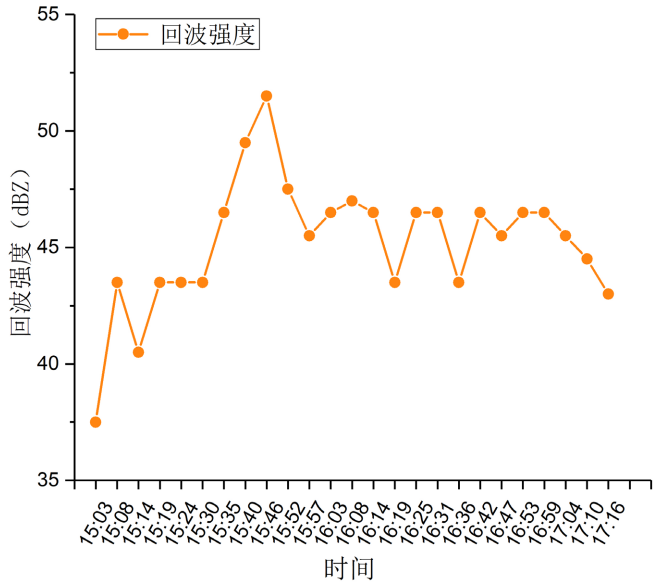


Figure 3. Variation characteristics of the strongest echo of hail cloud from 15:03 to 17:16
图 3. 15:03~17:16 时冰雹云最强回波变化特征

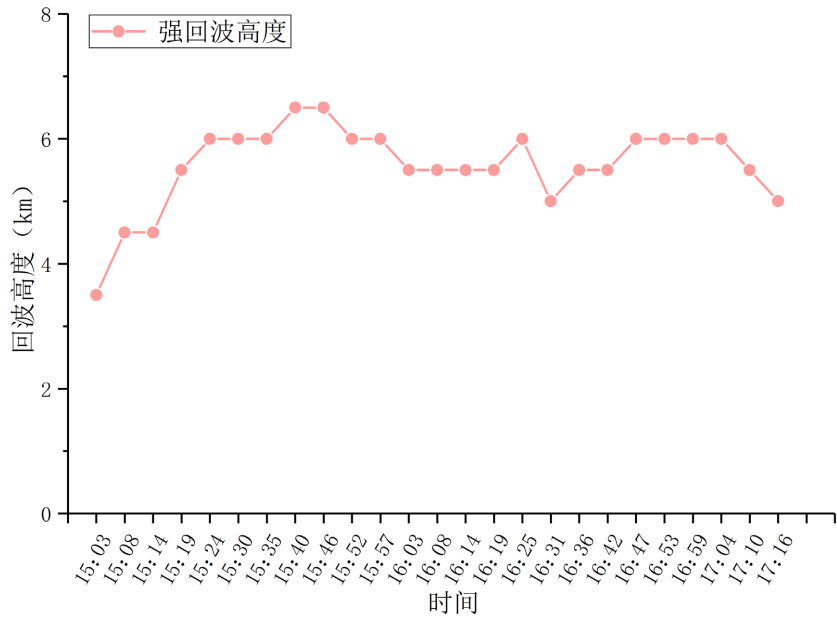


Figure 4. Variation characteristics of the strongest echo height of hail cloud from 15:03 to 17:16
图 4. 15:03~17:16 时冰雹云最强回波高度变化特征

第一时段: (1) 递增阶段: 15:03~15:35 时单体逐渐增强, 回波强度由 37.5 dBZ 增强到 46.5 dBZ, 增幅达到 9 dBZ, 强回波高度由 3.5 km 升高至 6 km, 表征递增阶段强回波的高度上升距离较大。(2) 孕育 - 降雹阶段: 15:35~15:43 时, 单体持续增强至 51.5 dBZ, 增幅达到 3 dBZ, 较递增阶段增幅较小。强回波高度有较小幅度的上升。(3) 降雹 - 消散阶段: 15:43~16:03 时, 回波减弱, 回波强度由 49.5 dBZ 下降至 46.5 dBZ, 高度由 6.5 km 下降至 5.5 km, 下降的幅度均小于递增时段的幅度。

第二时段: (1) 递增阶段: 16:03~16:25 时, 回波强度在 43.5~47.5 dBZ 之间波动, 幅度较小, 最终增强至 46.5 dBZ, 回波高度也在 5.5~6.0 km 之间波动, 最终上升至 6.0 km。(2) 孕育 - 降雹阶段: 16:25~16:47 时, 回波强度有小的波动, 但最终维持在 45.5 dBZ, 回波高度在 6.0 km。16:47~16:59 时, 回波强度增加至 46.5 dBZ, 回波高度维持在 6.0 km。(3) 降雹 - 消散阶段: 16:59~17:16 时, 回波强度开始减弱, 由 46.5 dBZ 减弱至 43 dBZ 降幅为 3.5 dBZ, 回波高度由 6 km 降低至 5 km, 降幅为 1 km。以上两个时段, 冰雹云的回波强度均在 45 dBZ 左右, 强回波高度达到 -20℃ 层高度, 这与张海、聂祥[6]等研究的毕节地区的冰雹云回波强度达到 45 dBZ, 降雹概率为 70% 的结论一致。

垂直积分液态水含量(VIL)的变化对冰雹云活动具有重要指示作用。其在降雹之前开始跃增, 对于冰雹的预报有重要意义。根据 15:03~17:16 时的垂直积分液态水含量变化特征(图 5), 可以看出 VIL 的变化与冰雹云的活动一致。第一时段(15:03~16:03 时): (1) 递增阶段 15:03~15:35 时, 垂直积分液态水含量(VIL)呈现跃增, 由 5.5 kg/m² 增加到 24.5 kg/m², 增长速度为每分钟 0.6 kg/m²。(2) 孕育 - 降雹阶段 15:35~15:43 时, VIL 由 24.5 kg/m² 增加到 27.5 kg/m²。(3) 降雹 - 消散阶段 15:43~16:03 时, 由于降雹, VIL 的峰值迅速减小, 由 27.5 kg/m² 减小到 7.5 kg/m², 减小速度为 1 kg/m²。

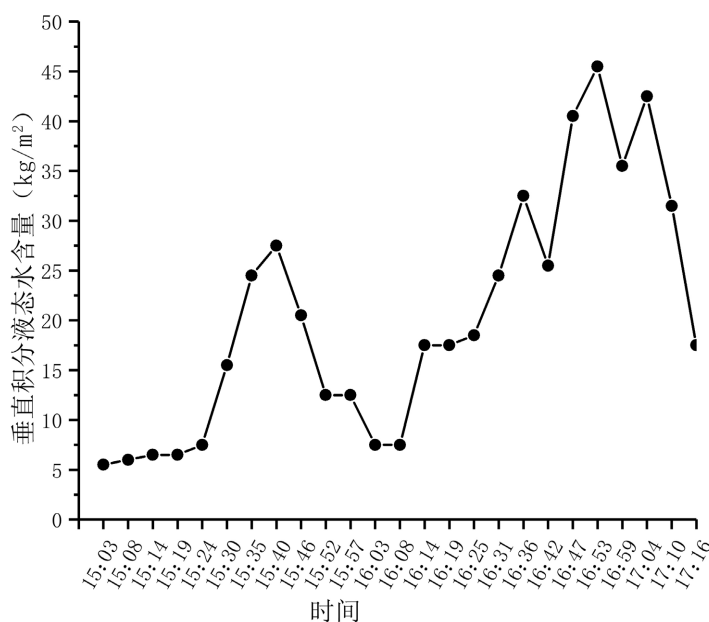


Figure 5. Variation characteristics of liquid water content in hail cloud vertical integral from 15:03 to 17:16

图 5. 15:03~17:16 时冰雹云垂直积分液态水含量变化特征

第二时段(16:03~17:16 时): (1) 递增阶段 16:03~16:25 时, 垂直积分液态水含量(VIL)呈现跃增, 由 7.5 kg/m² 增加到 18.5 kg/m², 增长速度为每分钟 0.5 kg/m²。(2) 孕育 - 降雹阶段 16:25~16:47 时, VIL 值由 18.5 kg/m² 增加到 40.5 kg/m², 增长速度为 1 kg/m²。16:47~16:59 时 VIL 峰值开始减弱。(3) 降雹 - 消散

阶段 16:59~17:16 时, VIL 的峰值迅速减小, 由 27.5 kg/m^2 减小到 17.5 kg/m^2 , 减小速度为 0.58 kg/m^2 。观察垂直积分液态水含量可以发现, 其在降雹前会出现跃增, 在降雹期间, 其会减小, 在降雹结束后会减小到一个极值。

本次个例分析认为, 雷达的组合反射率强度与回波高度变化特征能较好的反映此次冰雹云的发生阶段、跃增阶段、孕育阶段、降雹和消亡这五个阶段的强度变化特征。但由于此次为个例分析, 只对一次冰雹过程进行了研究分析且选用的雷达参数较少, 并不能完全的反映冰雹云每个阶段的变化情况, 还需使用更多个例进行讨论验证。

5. 结论

本文使用了 2018 年 3 月 13 日毕节地区的地面气象要素资料以及 NCEP 资料研究分析了此次冰雹产生的环流背景。使用雷达基数据分析了贵州西部毕节地区的雷达参数变化特征, 得出以下结论。

(1) 此次冰雹天气过程中, 回波单体产生降雹时, 强回波中心强度均较强, 达到 45 dBZ 以上, 且强回波中心悬空, 高度约为 6 km 左右, 回波顶高接近 12 km 。降雹之后融合形成的新回波单体较降雹之前范围增大, 强度也有所增加, 回波顶高高度增高。

(2) 三次冰雹发生过程都包含了冰雹云发展的五个阶段, 但由于降雹之后单体的融合, 消散阶段在前两次降雹过程中并不明显。雷达回波的组合反射率的变化与冰雹云演变特征基本一致。强回波中心高度变化特征不明显, 不能很好的反映冰雹云的各个阶段。

本文仅选取了毕节地区的一次冰雹个例的地面气候资料日值数据和雷达参量进行研究分析, 并不能完全反映冰雹云的发生发展的变化特征, 需要使用更多的个例来进一步讨论分析。

参考文献

- [1] 成秀萍, 山成焘, 裴尔桑, 等. 海西州中东部冰雹天气时空分布特征及短临预报指标[J]. 青海气象, 2013(3): 12-16.
- [2] 俞小鼎, 周小刚, 王秀明. 雷暴与强对流临近天气预报技术进展[J]. 气象学报, 2012, 70(3): 311-337.
- [3] 周永水, 汪超. 贵州省冰雹的时空分布特征[J]. 贵州气象, 2009, 33(6): 9-1.
- [4] 周庶, 黄秀文, 郑园, 等. 毕节市冰雹气候及特征参数分析[J]. 农业与技术, 2019, 39(5): 144-146.
- [5] 李皓. 2018 年 3 月 13 日贵州西部一次二阶跃增冰雹云回波特征分析[C]//贵州省气象学会. 贵州省气象学会 2018 年学术年会论文集. 贵州省气象学会, 贵州省科学技术协会, 2018: 7.
- [6] 张海, 聂祥, 罗腾, 陈余明, 等. 利用毕节新一代天气雷达组合反射率回波产品构建冰雹报警系统[J]. 科技经济导刊, 2019, 27(3): 129-130.