

# 贵州西北部冰雹的时空分布特征及其中尺度环境分析

余清<sup>1\*</sup>, 谢清霞<sup>1#</sup>, 石开银<sup>2</sup>, 张艳梅<sup>1</sup>, 何东坡<sup>1</sup>

<sup>1</sup>贵州省气象台, 贵州 贵阳

<sup>2</sup>贵州省科技服务中心, 贵州 贵阳

收稿日期: 2022年12月6日; 录用日期: 2023年1月2日; 发布日期: 2023年1月10日

## 摘要

首先运用贵州西北部(毕节市) 2016~2020年的CIMISS和站点统计数据, 分析其冰雹时空分布特征, 再挑选冰雹个例进行中尺度环境分析, 并根据其影响系统对其进行归类, 最后根据雷暴追踪, 统计出西北部冰雹初生对流的影响路径。研究表明: 时间上, 贵州西北部降雹主要发生在3~7月, 其中3~5月最为集中, 4月为高发期, 最早2月开始, 最晚9月结束, 2016年最多, 2019年最少; 空间上, 主要分布在赫章、毕节、织金、大方和金沙5县, 大方县最多; 类型最多为高空槽降雹型, 最少为高架雷暴型; 影响系统最多为高空槽, 最少为冷空气; 初生对流多在毕节中西部产生, 大部分东移或东南移到其中东部后发展成为冰雹云开始产生降雹, 其中毕节和大方形成的冰雹云多东移影响贵阳市中北部和遵义市南部, 在赫章形成的冰雹云多经过织金并东移影响贵阳市中南部和安顺市北部。

## 关键词

贵州西北部, 冰雹, 时空分布特征, 中尺度分析

## Temporal and Spatial Distribution Characteristics and Mesoscale Environmental Analysis of Hail in Northwest Guizhou

Qing Yu<sup>1\*</sup>, Qingxia Xie<sup>1#</sup>, Kaiyin Shi<sup>2</sup>, Yanmei Zhang<sup>1</sup>, Dongpo He<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The Meteorological Observatory in Guizhou Province, Guiyang Guizhou

<sup>2</sup>Science and Technology Service Center in Guizhou Province, Guiyang Guizhou

Received: Dec. 6<sup>th</sup>, 2022; accepted: Jan. 2<sup>nd</sup>, 2023; published: Jan. 10<sup>th</sup>, 2023

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 余清, 谢清霞, 石开银, 张艳梅, 何东坡. 贵州西北部冰雹的时空分布特征及其中尺度环境分析[J]. 气候变化研究快报, 2023, 12(1): 11-17. DOI: 10.12677/ccrl.2023.121002

## Abstract

Firstly, the spatial and temporal distribution of hail in northwest Guizhou was analyzed using CIMISS data and site statistics data from 2016 to 2020, some hail cases were selected for mesoscale environmental analysis, and according to its influence system to carry on the type classification. Finally, we use radar data, the influence path of primary convection of hail in northwest China was calculated. Studies show: In terms of time, hail mainly occurred in the northwest of Guizhou from March to July, with the most concentrated from March to May. Hail occurred in April, starting in February at the earliest and ending in September at the latest, with the most in 2016 and the least in 2019; Spatially, they are mainly distributed in Hezhang, Bijie, Zhijin, Dafang and Jinsha counties, with Dafang Country being the most; The most frequent types are altitudes trough hail type, and the least is elevated thunderstorm type; The system is affected by upper trough at most and cold air at least; The primary convection was mostly generated in the central and western parts of Bijie, and most of it moved eastward or southeast to the eastern part of Bijie and Dafang, and then developed into hail clouds and began to produce hail. Among them, the hail clouds formed in Bijie and Dafang mostly moved eastward to the northern part of Guiyang and the southern part of Zunyi, and the hail clouds formed in Hezhang mostly passed Zhijin and moved eastward to the southern part of Guiyang and the northern part of Anshun.

## Keywords

Northwest of Guizhou, The Hail, Spatiotemporal Distribution Characteristics, Mesoscale Analysis

Copyright © 2023 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。

国内，陈立祥等[1]早在1989年就对广州强对流天气进行分析并分为4种类型，李献洲[2]分析了产生冰雹等强对流天气的局地强风暴云团的活动和演变特征，王静渊等[3]研究了冰雹的中期预报预警技术，伍志方等[4]对产生冰雹的中小尺度天气系统的多普勒雷达回波特征进行了统计，还有大量的学者[5] [6] [7] [8] [9]进行了冰雹的时空特征分析及其个例的成因分析。

对于贵州的降雹，也有大量学者进行研究分析，但也基本立足于从气候角度进行时空分布研究[10] [11] [12]、个例特征研究[13] [14]、对比分析[15] [16]及其从冰雹的多普勒雷达特征研究分析[17] [18] [19] [20]，贵州冰雹的初生对流主要源于西部高海拔地区，因此，在气候背景发生改变的情况下，对近年来贵州冰雹的分布特征、天气形势特征及其初生对流的影响进行分析总结是很有必要的。

## 2. 贵州西北部冰雹的时空变化特征

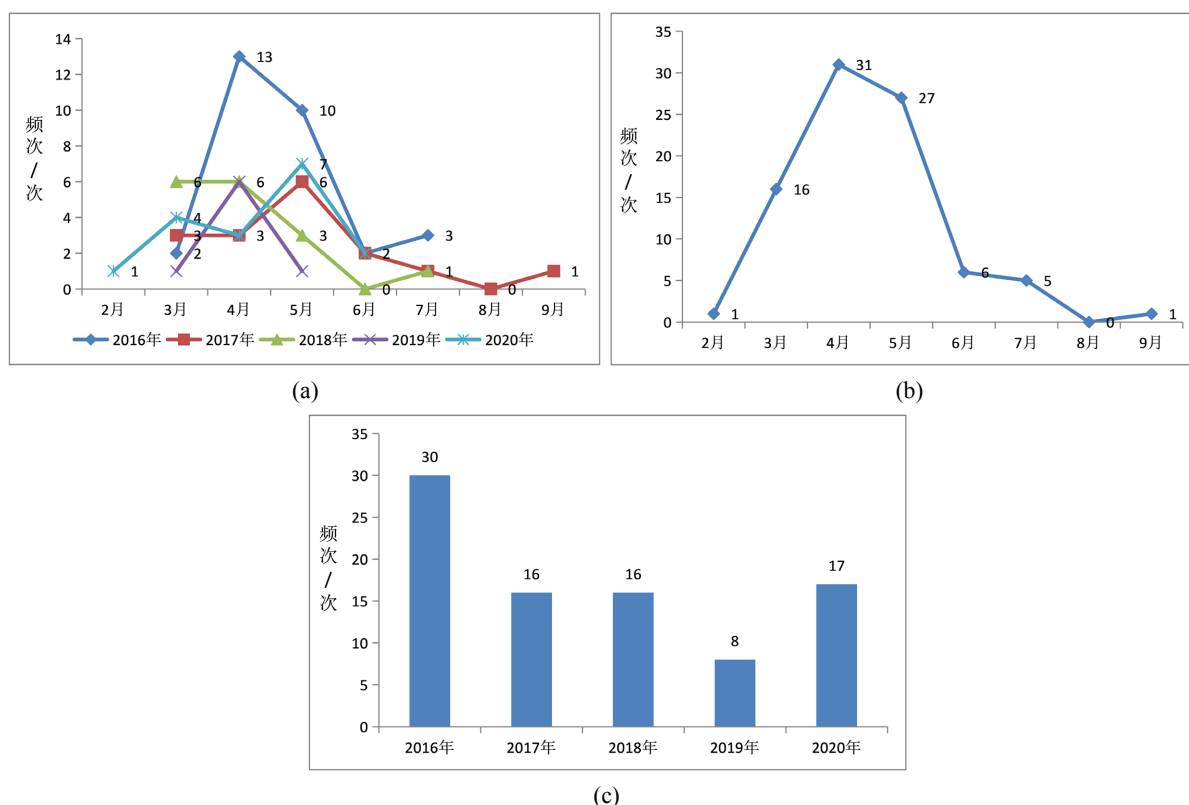
### 2.1. 时间变化特征

由于贵州西北部主要是毕节市和六盘水北部地区，文中主要以毕节市的数据进行讨论，所以均用毕节市代表贵州西北部。

近五年来,西北部降雹(图 1(a))最早开始是在 2020 年的 2 月,其余均在 3 月,最早结束是在 2019 年的 5 月,最迟结束是在 2017 年的 9 月,其余均在 7 月结束;2016 和 2019 年均于 4 月达到峰值,且 2016 年为所有年份中 4~5 月发生次数最多,2017 和 2020 年峰值均在 5 月,2018 年峰值为 3~4 月;2017 年为冰雹期最长年份(3~9 月),2019 年为冰雹期最短年份(3~5 月),2016 和 2018 年冰雹期为 3~7 月,2020 年为 2~6 月。

月分布中(图 1(b)),降雹期为 2~9 月,高发期主要集中在 3~5 月,出现次数最多月份为 4 月,共计 31 次,其后分别为 5 月的 27 次和 3 月的 16 次,7~8 月大幅减少,而 2 月和 9 月均为比较少见,均各出现 1 次,8 月均无冰雹发生。这与贵州预报员手册第二版中“贵州冰雹多出现在春季”一致。

年变化(图 1(c)),2016 年降雹次数最多,共计 30 次,其次为 2020 年,为 17 次,其中 2019 年最少,仅有 8 次。

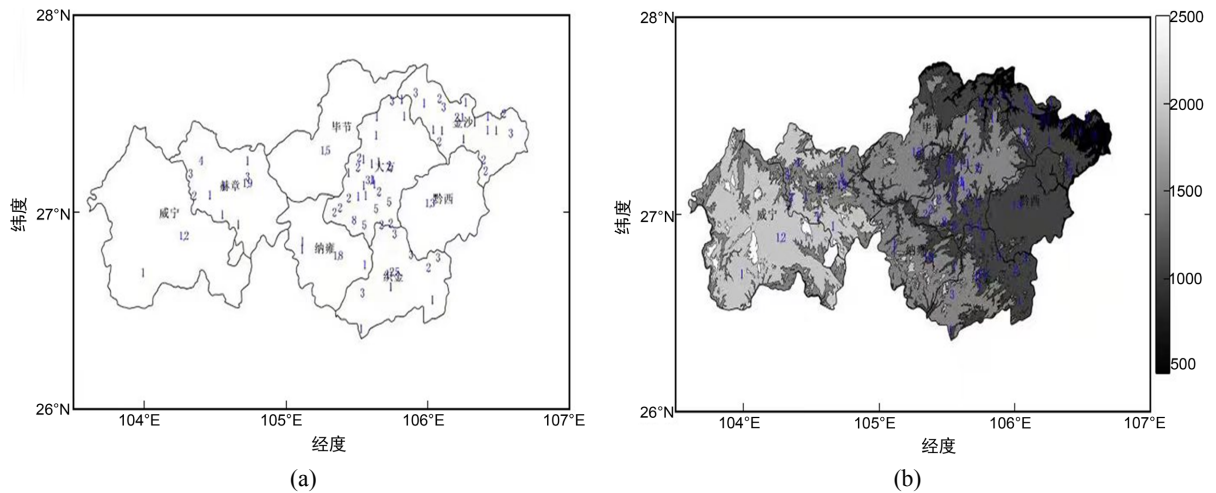


**Figure 1.** Monthly (a), multi-year (b) and yearly (c) hail time distributions in northwest Guizhou from 2016 to 2020  
**图 1.** 贵州西北部 2016~2020 年逐月 (a)、多年逐月 (b)和逐年 (c)冰雹时间分布

## 2.2. 空间变化特征

在空间分布(图 2(a))上,贵州西北部(毕节)冰雹主要分布在其赫章、纳雍、织金、大方和金沙 5 县,其中大方最多,其次为织金,威宁最少,可见冰雹主要分布在毕节市中东部地区。

从地形分布(图 2(b))看,威宁海拔最高,然后自西向东海拔逐渐降低,降雹亦逐渐增多,特别是在大方,从地形可见大方西部和南部边缘为河谷低洼地带,而降雹在这些位置明显较其它地区偏多,这个特征在织金也明显体现,织金北部低海拔河谷地带,降雹明显较多,黔西虽然位置在最东边,海拔也更低,但是其位于大方东面,对流云在大方降雹后能量已经大量释放减弱,东移后需要触发新生对流才能产生降雹,且海拔越低其距离 0℃层高度越高,冰雹降下越容易融化,所以黔西降雹反而较少。可见初生对流在其西部地势高处产生,东移发展中形成冰雹云降雹。



**Figure 2.** Spatial distribution (a) and topographic map (b) of hail in northwest Guizhou from 2016 to 2020  
**图 2.** 贵州西北部 2016~2020 年冰雹空间分布 (a)及地形图 (b)

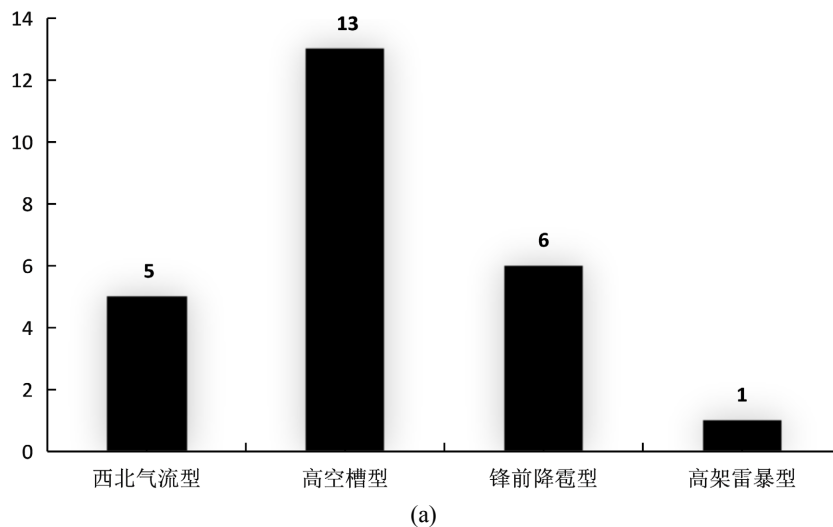
### 3. 中尺度环境分析和初生对流的影响

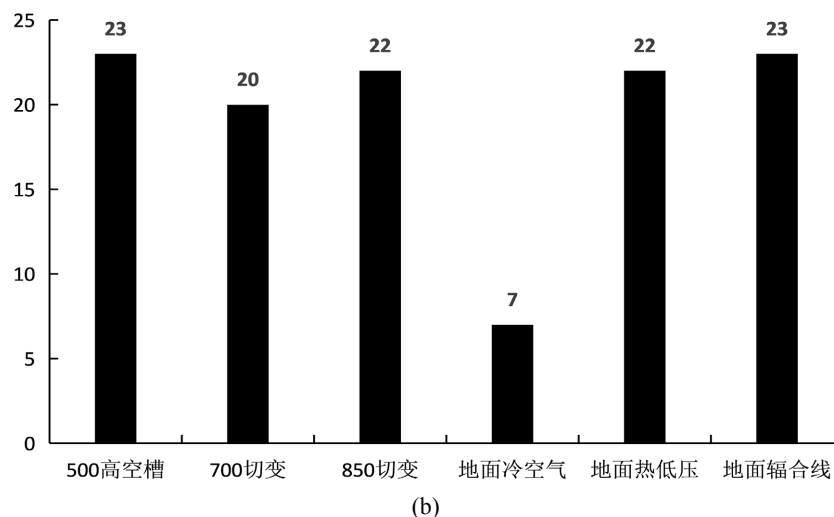
#### 3.1. 中尺度环境分析及其对流参数

从 2016~2020 年的西北部降雹中挑选出站数大于等于 4 站的 25 个个例进行中尺度分析, 然后根据影响系统进行冰雹类型分类[21], 总结出各类型冰雹在贵州西北部的的主要影响系统及其出现频次。

此次 25 个个例分别分为 4 个降雹类型(图 3(a)), 其中有 13 个是高空槽降雹型, 5 个西北气流降雹型, 6 个锋前降雹型和 1 个高架雷暴型, 可见贵州西北部在最近 5 年出现最多的冰雹类型是高空槽型, 其次是西北气流型, 再次是锋前降雹型, 最少为高架雷暴型, 这与贵州西高东低地形有一定关系。

对个例进行综合分析, 统计出主要影响系统(图 3(b)), 其中有 23 次受青藏高原东移的高空槽影响, 其后配有温度槽; 中低层的低涡切变(20 次 700 hPa 和 22 次 850 hPa)在川西南或川东形成, 其南侧云南至贵州西北部有暖平流伸展, 对流云生成于切变南侧偏西南气流风速大值区或水平切变区, 省的西北部有暖脊发展; 地面有热低压存在(22 次), 对流云生成于其东侧露点锋区加强区域, 且当日最高气温在对流温度以上及低于 2℃ 以内; 西北部地面常有辐合线存在(23 次), 对流云生成于辐合线附近; 受冷空气影响次数最少, 为 7 次。





**Figure 3.** Hail fall types and influence system in northwest Guizhou from 2016 to 2020  
**图 3.** 2016~2020 年贵州西北部降雹类型和影响系统

贵州西北部探空站为威宁站,对所选降雹个例的探空资料进行分析(表 1),得出高空槽型降雹物理量平均指数在当日 08 时: SI 指数为 1.67℃,大气稳定,CAPE 为 110.23 J/kg,不稳定能量较低,0℃高度为 4653 m, -20℃高度为 7759 m,两者分别所处高度和间距(3 km)均利于雹,自由对流高度为 604 m,利于抬升触发,垂直风切变为  $5.68 \times 10^{-3}$  m/s,为弱垂直抬升,风暴强度指数为 222.07,对流温度 Tg 为 17.42℃; 20 时, SI 指数降至 -1.63℃,表现为明显的不稳定,CAPE 升到 528.59 J/kg,不稳定能量明显升高,0℃高度略有升高为 4728 m, -20℃高度基本不变,为 7743 m,自由对流高度略有上升为 604 m,垂直风切变为  $13.54 \times 10^{-3}$  m/s,较 08 时明显增强至中等强度,利于垂直上升运动,风暴强度指数上升为 246.23,对流温度 Tg 上升到 21.46℃,这与万雪丽等所做的贵州强天气模型较为一致。

**Table 1.** Average index of physical quantity at Weining station of hail type in upper slot from 2016 to 2020  
**表 1.** 2016~2020 年高空槽降雹型威宁站物理量平均指数

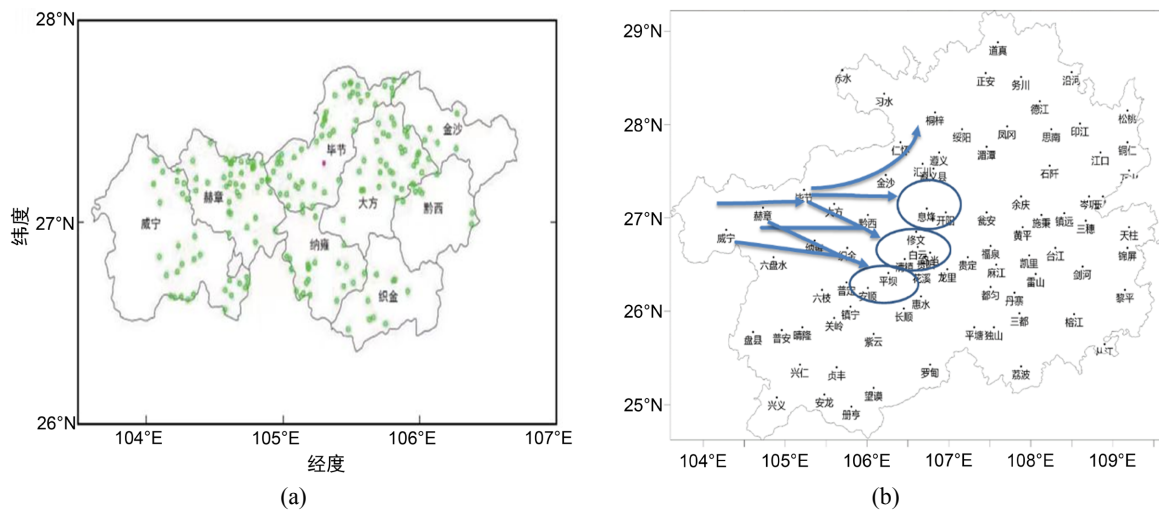
威宁站物理量指数	08 时	20 时
SI	1.67	-1.63
CAPE	110.23	528.59
0℃层高度	4653.51	4728.94
-20℃层高度	7759.39	7743.94
自由对流高度	604.4	628.81
垂直风切变(m/s)	5.68	13.54
风暴强度指数 SSI	222.07	246.23
Tg	17.42	21.46

### 3.2. 初生对流对下游地区的影响

利用风暴追踪对贵州西北部雷达数据进行跟踪,发现初生对流云(图 4(a))主要出现在毕节市中西部地区,主要分为南北两支,北支即威宁东北部 - 赫章北部 - 毕节大部 - 大方北部地区,南支为威宁东

南部 - 赫章南部 - 纳雍南部 - 织金。这与前面冰雹分布在西部较少吻合, 因初生对流大多需要继续移动发展才开始降雹, 从而冰雹主要分布在毕节市中东部地区, 可见初生对流云东移到中东部就已经发展成冰雹云, 并开始出现降雹。

从冰雹路径(图 4(b))看: 在威宁北部发展的对流云一般东移到赫章, 然后分 3 路继续东移发展, 其中东北路到毕节, 东移至大方 - 黔西影响贵阳市中部, 经纳雍 - 织金东南移影响贵阳市南部和安顺市北部地区; 毕节发展的对流云再分 3 条线路继续影响, 东移经金沙影响贵阳市北部和遵义市南部, 东南移经大方 - 黔西影响贵阳市中南部, 少部分经金沙 - 仁怀一线东北移动影响遵义市; 在威宁南部发展的冰雹云多东移至纳雍 - 织金影响贵阳市南部和安顺市北部地区, 也有少部分东南移动影响六盘水和安顺市。冰雹云的移动路径主要受系统、引导风和地形的影响, 当引导风和地面辐合线方向一致时, 多沿辐合线发展移动, 若引导风和辐合线呈夹角时, 则一般按其矢量合成方向移动, 然后贵州地形为西高东低, 且境内两条主要河流(六冲河和三岔河)的东南流向, 所以冰雹云多为东移和东南移。



**Figure 4.** Distribution of primary convective clouds (a) and their movement path (b) in Northwest Guizhou during 2016~2020  
**图 4.** 贵州西北部 2016~2020 年初生对流云分布图 (a)及其移动路径图 (b)

## 4. 结论

1) 近 5 年来, 降雹主要发生在 3~7 月, 3~5 月最为集中, 4 月为高发期, 最早在 2 月开始, 最迟在 9 月结束; 2016 年降雹最多, 2019 年最少; 主要分布在其赫章、毕节、织金、大方和金沙 5 县, 其余的威宁、纳雍和黔西三县较少, 最多的是大方、织金和金沙三县。

2) 最多为高空槽降雹型, 其次为西北气流型和锋前降雹型, 最少为高架雷暴型; 主要系统是青藏高原东移的高空槽, 在川南或川东地区有中尺度切变线, 地面有热低压存在, 西北部地面常有辐合线存在, 受冷空气影响次数最少。

3) 初生对流多在毕节中西部产生, 大部分东移或东南移到其中东部后发展成为冰雹云开始产生降雹。其中毕节形成的冰雹云多东移影响贵阳市中北部和遵义市南部, 在赫章形成的冰雹云多影响贵阳市中南部和安顺市北部, 在威宁形成的冰雹云多东移影响贵阳市南部和安顺市北部。

## 基金项目

黔气科登[2021] 07-05 号。

## 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): 383-392.
- [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, 陈创买. 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, 何如意. “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, 蒋林. 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): 812-820.
- [12] 杜小玲, 罗西平, 万雪丽, 等. 贵州省预报员手册(第二稿) [Z]. 2010.
- [13] 陈晓燕, 罗松, 杨玲. 黔西南州冰雹时空分布及春夏冰雹环境条件分析[J]. 暴雨灾害, 2010, 29(1): 49-53.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 王瑾, 刘黎平. 基于 GIS 的贵州省冰雹分布与地形因子关系分析[J]. 应用气象学报, 2008, 19(5): 627-634.
- [17] 谢清霞, 万雪丽, 庞庆兵, 等. 贵州一次热低压辐合线型冰雹天气过程分析[J]. 气候变化研究快报, 2020, 9(2): 77-84.
- [18] 王瑾, 刘黎平. WSR-88D 冰雹探测算法在贵州地区的评估检验[J]. 应用气象学报, 2011, 22(1): 96-106.
- [19] 许炳南, 周颖. 贵州春季冰雹短期预报的高空温压场相似法[J]. 高原气象, 2003, 22(4): 426-430.
- [20] 池再香, 黄艳, 杨海鹏. 贵州西部一次冰雹灾害天气强对流(雹)云演变分析[J]. 贵州气象, 2010, 34(2): 10-12.
- [21] 万雪丽, 周明飞, 曾莉萍, 杨秀庄. 贵州春季强冰雹天气量化概念模型研究及试应用分析[J]. 贵州气象, 2017, 41(2): 1-7.