

罗雄,罗喜平,张小娟,等. 2006—2022 年黔南州冰雹特征分析[J]. 山地气象学报, 2024, 48(1): 102–107.

2006—2022 年黔南州冰雹特征分析

罗 雄^{1,2}, 罗喜平², 张小娟^{1,2}, 崔 蕾², 唐辟如²

(1. 贵州省气象台, 贵州 贵阳 550002; 2. 贵州省人工影响天气办公室, 贵州 贵阳 550081)

摘 要:【目的】为进一步提高对黔南冰雹特征的认识。【方法】利用 2006—2022 年多普勒天气雷达、常规气象观测资料以及人工影响天气作业站点冰雹观测等资料, 采用统计学方法分析了影响黔南州的冰雹直径、降雹持续时间、冰雹日变化、冰雹云移动速度等特征。【结果】黔南州的降雹主要出现在 3、4 月份, 降雹以中冰雹为主, 冰雹日变化明显; 一天中冰雹主要发生在 15 时—次日 00 时, 白天 17—20 时冰雹频发。降雹持续时间短, 65% 的降雹持续时间在 5 min 以内。冰雹云单体的移动速度范围为 $16 \sim 102 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, 平均速度 $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。冰雹云单体的维持时间最短仅为 17 min, 最长可达 290 min, 平均 122 min。【结论】冰雹云移动路径主要以西南路径为主, 其次是西北路径和偏西路径。西南路径降雹点主要分布在黔南州中部一线, 西北路径降雹点主要分布在黔南州中西部的惠水、长顺, 偏西路径的降雹点主要在黔南州中北部。影响黔南的冰雹云源地有境外移入和黔南州境内生成两类, 主要源地在安顺市、黔南州、黔西南州东部和北部、毕节市东部和南部以及贵阳市南部, 不同路径的冰雹云源地具有明显的分布差异。

关键词: 黔南州; 冰雹; 特征分析; 移动路径; 冰雹云源地

中图分类号: P426.64 **文献标识码:** B

Analysis of Hail Characteristics in Southern Qiannan Prefecture from 2006 to 2022

LUO Xiong^{1,2}, LUO Xiping², ZHANG Xiaojuan^{1,2}, CUI Lei², TANG Piru²

(1. Guizhou Meteorological Observatory, Guiyang 550002, China;

2. Weather Modification Office of Guizhou Province, Guiyang 550081, China)

Abstract: In order to enhance our awareness of the hail characteristics in Qiannan Prefecture, using Doppler weather radar data, conventional meteorological observations, and hail observations at weather modification operation spots from 2006 to 2022, we analyze the characteristics of hail diameter, hail duration, daily variation of hail, and hail cloud moving speed affecting individual hail cases in Qiannan Prefecture by statistical methods. The results show that hail weather in Qiannan Prefecture mainly appears in March and April, the hailstones are mostly in moderate sizes, and the diurnal variation of hail is obvious. Hail mainly occurs from 15:00 to 00:00 the next day, most frequently seen from 17:00 to 20:00. The life duration of hail is short, 65% of which lasts less than 5 min. The moving speed of hail cloud cells is $16 \sim 102 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, with an average speed of $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. The minimum maintenance time of hail cloud cells is only 17 min, but the longest can reach 290 min, with an average of 122 min. The main path of hail cloud movement is the southwest path, followed by the northwest and westward paths. The hail spots along the southwest path are mainly distributed in the central line of Qiannan Prefecture, while the hail spots along the northwest path are mainly in Huishui and Changshun in the central and western parts of Qiannan Prefecture. The hail spots along the western path are mainly in the central and northern parts of Qiannan

收稿日期: 2023-06-20

第一作者简介: 罗雄 (1991—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事天气动力学和中尺度数值模式研究, E-mail: 378294949@qq.com。

资助项目: 贵州省科技计划项目 (黔科合支撑 [2023] 一般 194、黔科合支撑 [2022] 一般 206、黔科合基础 - ZK [2022] 一般 246、黔科合支撑 [2021] 一般 508); 黔南冰雹监测预警技术研究攻关团队 (GGTD-202208), 国家自然科学基金 (41965010), 贵州省气象局科研业务登记项目 (黔气科登 [2022] 04-08 号)。

Prefecture. The hail cloud sources affecting Qiannan Prefecture are found mainly in Anshun City, Qiannan Prefecture, eastern and northern Qianxinan Prefecture, eastern and southern Bijie City and southern Guiyang City. The hail cloud sources along different paths have obvious differences in distribution.

Key words: Qiannan Prefecture; hail; feature analysis; moving path; source of hail

0 引言

特殊的地形特征和亚热带季风气候等因素,使得冰雹成为贵州省春夏季主要的灾害性天气之一,尤其是在3—5月,冰雹天气频发^[1-2]。黔南州春季冰雹灾害重,成灾率高的时段往往对烤烟、茶叶、油菜和果树等造成严重影响,甚至还会损毁民房、造成人畜伤亡,危害极大^[3]。黔南州是“中国天眼”“FAST”所在地,而“FAST”反射面板仅为1 mm的铝合金,极易受到冰雹的冲击而损伤^[4],因此开展人工防雹工作尤为重要。在冰雹上下游联防作业过程中,掌握降雹的发生时段、持续时间、冰雹直径和冰雹云单体的移动速度、维持时间、生成源地和移动路径等基本特征,不仅能够预测冰雹云的影响时间,还能预判冰雹云未来影响的区域,提前调度移动路径上的作业点,对防雹工作具有指导意义^[5]。针对贵州省的冰雹天气,近年来不少学者利用雷达、卫星、闪电、数值模式等多源资料开展成因分析和指标研究^[6-11];也有学者对贵州省各地降雹的气候特征开展研究,研究结果表明贵州省的冰雹地域性、季节变化明显,各地冰雹的季变化和日变化存在差异,季变化上大部分地区出现冰雹最多的是春季^[12-15],但是威宁县却是在夏季出现冰雹最为频繁^[16-17];日变化上,雹日中白天发生冰雹的概率大于夜间,尤其集中在午后到傍晚时段^[18-21],但也有个别地区冰雹主要发生在夜间,如“中国天眼”所在地的贵州省平塘县,夜间降雹频率为63.9%^[22]。可见地理环境和气候环境的差异会造成各地冰雹特征的不同。

目前针对黔南冰雹天气已有的研究多是个例分析,基于长时序的冰雹特征、冰雹云特征和冰雹云路径研究较少。本文结合多普勒天气雷达数据和冰雹观测资料,利用统计的分析方法,研究2006—2022年影响黔南州的冰雹云的降雹持续时段、发生时间、冰雹尺寸和冰雹云的移动速度、维持时间、移动路径和源地等基本特征,以期对黔南州的人工防雹工作提供参考依据,对于开展防雹减灾,尤其是“FAST”冰雹灾害联防工作意义重大。

1 资料和方法

本文所选用的资料时间为2006—2022年,包括

贵阳站多普勒天气雷达2006—2022年历史观测数据。降雹信息采用黔南州12个国家站逐日冰雹资料、黔南人工影响天气作业站点冰雹记录以及贵州省区域气象观测站得冰雹观测记录。

选取一天中(08时—次日08时,北京时,下同)有2个县域(包含国家站、人影作业点、区域气象观测站)及以上降雹,作为本文研究的冰雹天气个例,并选取降雹地点、降雹时间、冰雹直径记录及雷达数据完整的冰雹天气过程,共得到21个冰雹日、67个冰雹云单体、147条降雹记录,其中142条有冰雹直径记录。

冰雹路径图的绘制主要基于多普勒天气雷达观测资料,利用云精细分析系统(CPAS)提取冰雹云从初生至降雹时间段内逐6 min的雷达组合反射率强中心经纬度,然后将冰雹云各个时刻的中心依次连接绘制在地图上,表征其移动路径,并对不同路径进行分类。

2 冰雹特征

2.1 冰雹直径

图1a给出了黔南州142条冰雹直径记录的散点分布。由图可知,黔南州的冰雹直径最小为1 mm,最大为40 mm,大部分降雹点冰雹直径都在10 mm以内。为进一步区分黔南州不同冰雹类型的占比,按照冰雹等级的国家标准^[23],用D表示冰雹直径, $D < 5$ mm为小冰雹, $5 \text{ mm} \leq D < 20$ mm为中冰雹, $20 \text{ mm} \leq D < 50$ mm为大冰雹, $D \geq 50$ mm为特大冰雹,对黔南州冰雹直径进行分类,统计不同类型的冰雹频次(图1b)。由图可知,黔南州的冰雹出现最多的是中冰雹,频次为103次,约占73%;其次是小冰雹,频次为20次;大冰雹的出现频次和小冰雹相当,为19次。

2.2 降雹的月季特征

图2给出了21个冰雹日的各月出现的分布频次。由图可知,冰雹主要发生在春季,3—5月为18次,占全部冰雹日数86%,其中春季又主要集中在3月和4月;在冬季的1月和2月偶尔也有冰雹发生,夏季和秋季未统计到降雹样本。

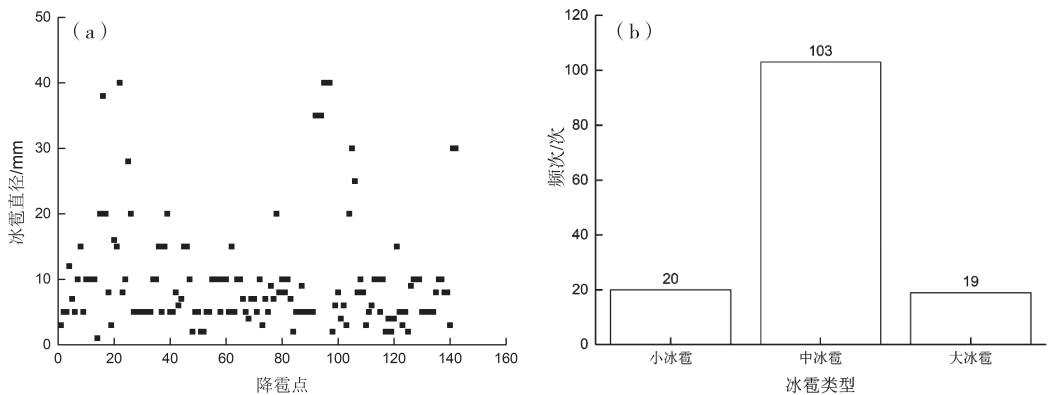


图 1 黔南降雹点冰雹直径分布(a)和不同冰雹类型频次(b)

Fig. 1 Hail diameter distribution at hail spots (a) and frequency of different hail types (b) in Qiannan Prefecture

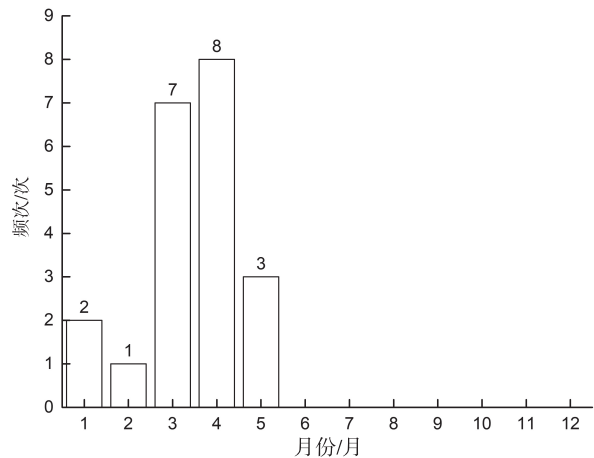


图 2 黔南各月发生降雹的频次

Fig. 2 The frequency of hail occurrence in Qiannan Prefecture in each month of the year

时,夜间防雷主要时段在 20 时—次日 00 时。

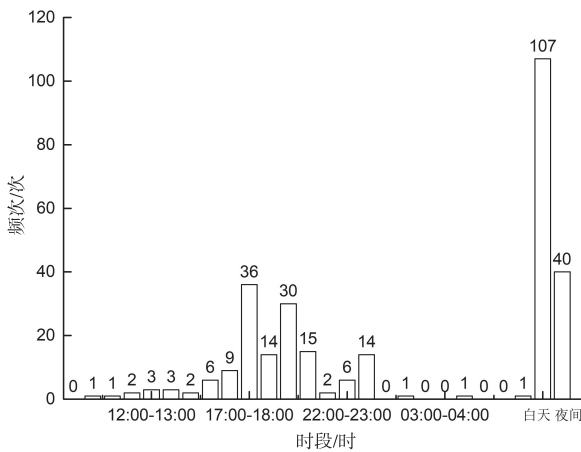


图 3 黔南各时段发生降雹的频次

Fig. 3 The frequency of hail occurrence at different time periods in a day in Qiannan Prefecture

2.3 降雹的日变化

为详细分析黔南州降雹的日变化特征,对 2006—2022 年的 147 条降雹时间进行统计,绘制逐小时冰雹发生的频次分布(图 3)。由图 3 可知,虽然黔南州在一天中大部分时段均有可能发生降雹,但是冰雹的日变化特征显著,冰雹主要发生在 15 时—次日 00 时,总频次达 132 次,占冰雹总数的 90%,最大频次出现在 17—18 时,达 36 次,其次是 19—20 时,为 30 次。08—15 时期间偶有冰雹发生;00—08 时只有 3 个时段发生过降雹,其余时段无降雹。统计白天(08—20 时)和夜间(20 时—次日 08 时)的降雹出现频次可知:白天降雹频次达 107 次,占冰雹总数的 73%,降雹主要集中在 17—20 时,降雹频次达 80 次,占白天降雹总数的 75%;夜间降雹频次为 40 次,占冰雹总数的 27%,降雹主要集中在 20 时—次日 00 时,占夜间降雹总数的 92.5%。由此可见,黔南州一天中白天防雷主要时段在 17—20

2.4 降雹持续时间

降雹的持续时间和承灾体的损伤程度成正比^[22],因此了解降雹持续时间十分重要。图 4 给出了黔南州降雹持续时间的分布。由图可知,黔南州大部分降雹持续时间维持在 0~5 min,出现频次为 95 次,占全部降雹点的 64.6%;其次是 5~10 min,出现频次为 29 次,占全部降雹点的 19.7%;持续时间在 10 min 以上的降雹点较少,出现频次为 23 次,占全部降雹点的 15.6%。值得注意的是,虽然黔南州降雹持续时间最短仅为 1 min,但是最长也可达 32 min,致灾风险仍然较大。

3 冰雹云特征

3.1 冰雹云移动速度和维持时间

厘清冰雹云移动速度和维持时间的基本规律,可为人工防雷的提前部署抢得先机,因此本节利用贵阳站多普勒天气雷达资料对 67 个冰雹云单体从

初生到最后一次降雹的持续时间和移动速度进行统计,其分布见图 5 和图 6。由图 5 可知,黔南冰雹云单体的移动速度最慢的为 $16\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$,最快可达 $102\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$,平均速度为 $50\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 。进一步分析黔南州冰雹云单体不同速度出现的频次可知,有 40 个单体的移动速度在 $20\sim50\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$,约占冰雹

云单体总数的 60%;有 28 个单体的移速 $>50\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$,占冰雹云单体总数的 39%。上述分析表明影响黔南州的冰雹云既有稳定少动型,也有移动迅速型,大部分单体的移动速度在 $20\sim50\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$,以 $40\sim50\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 占比最大。

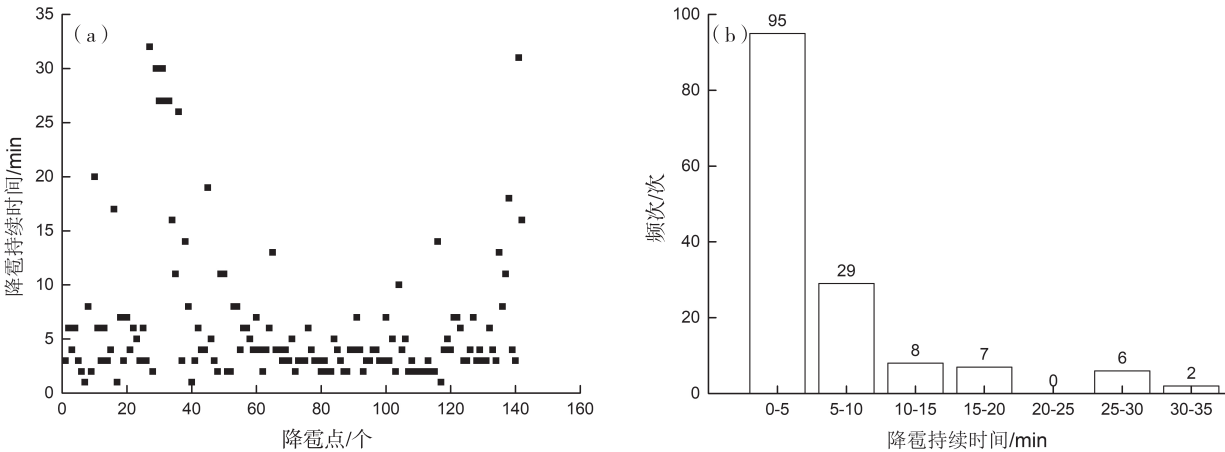


图 4 黔南州降雹持续时间散点分布(a)和频次(b)
Fig. 4 Scatter plot of hail duration (a) and frequency (b) in Qiannan Prefecture

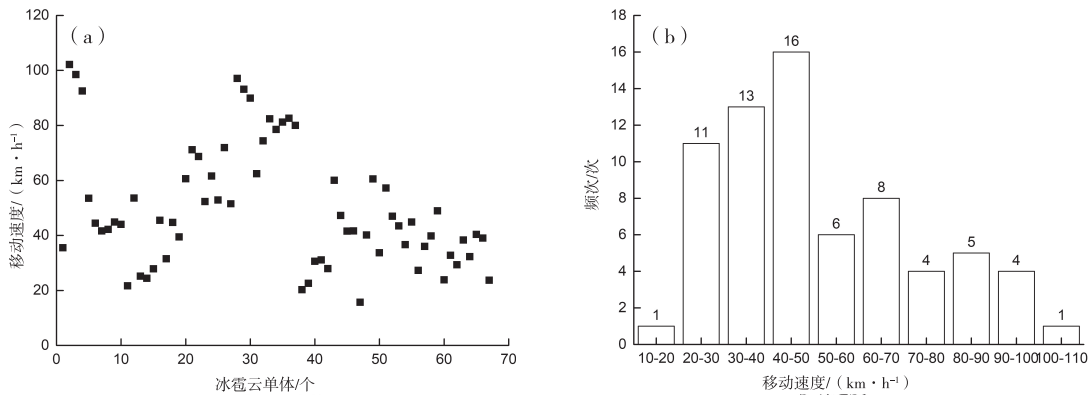


图 5 黔南冰雹云单体移动速度散点分布(a)和频次(b)
Fig. 5 Scatter plot of cell moving speed of hail clouds (a) and frequency (b) in Qiannan Prefecture

由图 6 可知,冰雹云单体的维持时间在 30 min 内出现 4 次,最短仅为 17 min,即从初生到降雹仅 3 个雷达体扫的时间左右,防雷作业做出快速应对有很大难度。冰雹云单体平均维持时间为 122 min,大部分集中在 $30\sim150\text{ min}$,占冰雹云单体总数的 67%,其次是在 $150\sim240\text{ min}$,占冰雹云单体总数的 21%,最长维持时间可达 290 min,近 5 h。

3.2 冰雹云路径、降雹点、源地

利用雷达资料对影响黔南州的 67 个冰雹云单体从初生到降雹时段内每个体扫时刻的位置进行追踪,绘制其移动路径,根据走向分类汇总,总结黔南冰雹云移动规律,再结合降雹观测资料绘制不同路径的降雹点分布,得到 3 类冰雹云移动路径及其

对应的降雹点分布(图 7)。第 1 类是西南路径(图 7a),主要为:(1)晴隆、关岭—镇宁—西秀—紫云—黔南长顺、惠水、龙里和贵定;(2)贞丰、望谟—镇宁—紫云—黔南长顺、惠水、平塘、都匀;(3)罗甸—平塘、独山和三都。出现频次为 29 条,占有冰雹云路径的 43%。结合降雹点分布(图 7d)可知,西南路径的降雹点主要分布在黔南州中部一线,其次是南部,北部有零星分布。第 2 类是西北路径(图 7b),主要为:(1)纳雍—织金—普定—西秀—黔南长顺、惠水、平塘和独山;(2)平坝—黔南长顺、惠水、平塘和独山;(3)黔西、清镇—贵阳—黔南龙里、贵定和和都匀。出现频次为 22 条,占有冰雹云路径的 33%。西北路径降雹点主要集中在黔南中部

的县域,又以长顺和惠水县最为密集(图 7e)。第 3 类是偏西路径(图 7c),主要为:(1)黔西、织金—贵阳—黔南瓮安、福泉;(2)六枝、镇宁—西秀—平坝—黔南长顺、惠水、都匀;(3)兴仁—关岭—镇

宁—紫云—黔南罗甸、平塘。出现频次为 16 条,仅占有冰雹云路径的 24%,其降雹主要出现在黔南州中北部,南部有零星分布(图 7f)。

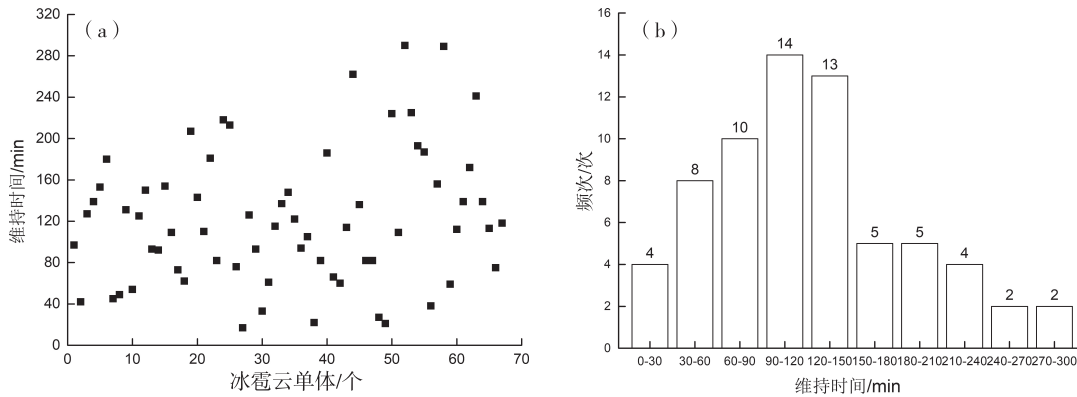


图 6 黔南冰雹云单体维持时间散点分布(a)和频次(b)
Fig. 6 Scatter plot of hail – cloud cell maintenance time (a) and frequency (b) in Qiannan Prefecture

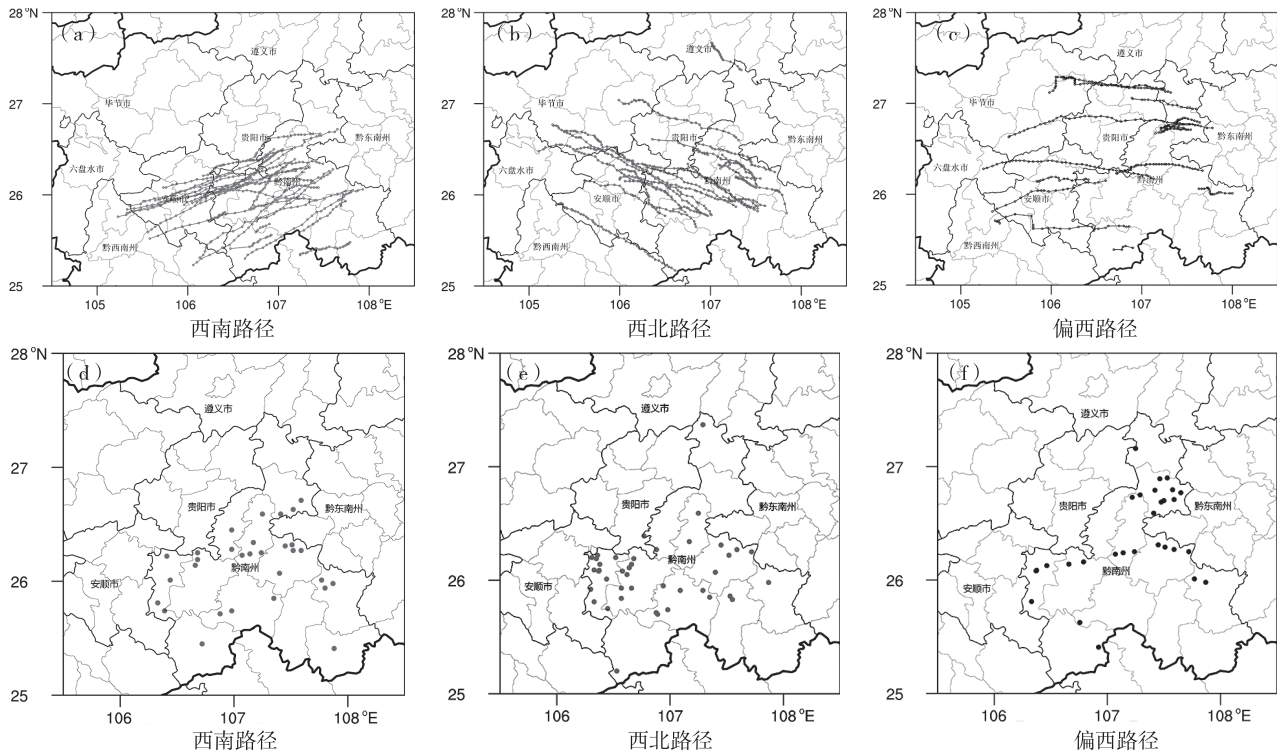


图 7 黔南冰雹云路径(a、b、c)及不同冰雹路径降雹点(d、e、f)分布图
Fig. 7 Distribution of the hail cloud paths (a、b、c)and the hail spots with different hail paths (d、e、f) in Qiannan Prefecture

由影响黔南的冰雹云源地分布图可知(图 8),影响黔南的冰雹云源地有境外移入和黔南州境内生成的 2 类:第 1 类是境外移入的冰雹云有 42 次,占全部冰雹云的 63%,主要源地分布在安顺市、黔西南州东部和北部、毕节市东部和南部、贵阳市南部;第 2 类是黔南州境内生成的冰雹云有 25 次,占全部冰雹云的 37%,主要分布在黔南州的中北部和

西南部。不同路径的冰雹云源地的地域分布差异特征明显,西南路径的冰雹云源地主要在黔西北部和东部、安顺市中南部和黔南州西部;西北路径的冰雹云源地主要在毕节市南部、安顺市北部、六盘水市东部、贵阳市南部和黔南中部;偏西路径的冰雹云源地主要在毕节市东部、贵阳市北部和黔南州北部。

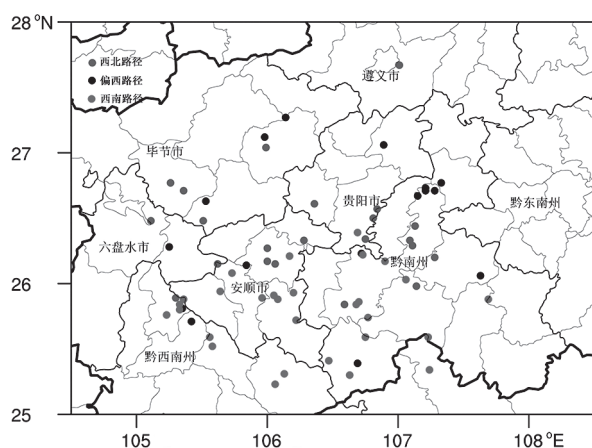


图8 黔南冰雹云源地分布图

Fig. 8 Distribution of hail cloud sources in Qiannan Prefecture

4 结论

本文对2006—2022年影响黔南的冰雹特征及冰雹云源地、路径和降雹点进行分析,得到以下主要结论。

(1)黔南州降雹主要出现在春季的3、4月份,冰雹以中冰雹为主,小冰雹和大冰雹出现频次相当;冰雹日变化特征显著,主要发生在15时—次日00时,小时最大频次出现在17—18时,白天降雹概率大于夜间,并且降雹主要集中在白天的17—20时;降雹持续时间大多在5 min以内,但是最长也可达32 min。

(2)影响黔南州的冰雹云既有移动迅速的,也有稳定少动的,大部分单体的移动速度在 $20 \sim 50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 范围内,最慢的为 $16 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,最快可达 $102 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,平均速度为 $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。大多数冰雹云单体维持时间在60~150 min,其次是在150~240 min,最短仅为17 min,最长可达290 min。

(3)影响黔南州的冰雹云移动路径主要以西南路径为主,其次是西北路径和偏西路径。不同冰雹路径的降雹分布存在一定差异,西南路径降雹点主要分布在中部一线,西北路径降雹点主要分布在中西部的惠水、长顺,偏西路径的降雹点主要在中北部。影响黔南的冰雹云源地有境外移入和黔南州境内生成2类,主要源地在安顺市、黔西南州东部和北部、毕节市东部和南部、贵阳市南部以及黔南州,并且不同路径的冰雹云源地具有明显的地域差异。

参考文献

- [1] 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(5):627-634.
- [2] 邹书平,常履福,武孔亮,等. 贵州省冰雹云雷达回波图集(2006-2015年)[M]. 北京:气象出版社,2017.
- [3] 苏锡康. 黔南的冰雹及其对农业生产的影响[J]. 贵州气象,1997(6):25-27.
- [4] 罗喜平,罗雄,李国平,等. 中国天眼“FAST”所在地两次大冰雹天气过程的对比分析[J]. 云南大学学报(自然科学版),2021,43(1):78-89.
- [5] 罗雄,罗喜平,李枚曼,等. 基于卫星和雷达资料的“FAST”冰雹云特征分析及识别指标初探[J]. 中低纬山地气象,2021,45(5):56-62.
- [6] 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.
- [7] 蒋瑛,朱克云,张杰. 贵州地区冰雹云微物理过程及发展机制数值模拟研究[J]. 气象,2016,42(8):920-933.
- [8] 李丽丽,邹书平,杨哲,等. 贵州中部一次多单体冰雹天气的雷达回波特征[J]. 中低纬山地气象,2018,42(2):21-27.
- [9] 李丽丽,邹书平,曾勇,等. 连续2次冰雹天气过程的多源资料分析[J]. 中低纬山地气象,2020,44(3):27-32.
- [10] 黄钰,李皓,曹水. 一次致灾雹暴大气垂直结构、闪电活动及雷达回波特征分析[J]. 中低纬山地气象,2020,44(2):77-82.
- [11] 刘小艳,刘国强,王兴菊,等. 基于卫星云参数监测产品的贵州冰雹云指标分析[J]. 中低纬山地气象,2020,44(1):10-14.
- [12] 李国厅. 福泉地区冰雹气候特点及预报方法初探[J]. 贵州气象,2006,30(增刊1):17-18.
- [13] 何肖国,袁仕锋. 息烽县冰雹规律及防治对策分析[J]. 贵州气象,2007,31(5):19-20.
- [14] 郑西. 浅析关岭县冰雹活动规律及防御对策[J]. 贵州气象,2008,32(3):31.
- [15] 杨杰,陈习伦,段太敏,等. 1967—2017年望谟县冰雹危害特征分析及预防对策[J]. 现代农业科技,2020(8):204-205.
- [16] 柯莉萍,刘佳,谢明,等. 威宁县冰雹天气预报指标研究[J]. 贵州气象,2016,40(5):14-19.
- [17] 曾勇,邹书平,曹水,等. 贵州威宁1997—2017年冰雹时空变化特征分析[J]. 高原山地气象研究,2018,38(2):23-27.
- [18] 袭祝香,吕忠,兰飞飞,等. 吉林省冰雹时空特点及冰雹过程评估[J]. 中国农学通报,2016,32(6):139-144.
- [19] 隋玉秀,杨景泰,李昱茜,等. 1971—2018年大连地区冰雹气候特征[J]. 干旱气象,2020,38(2):249-255.
- [20] 虎雅琼,边宇轩,黄梦宇,等. 基于灾情信息的1981—2017年北京地区冰雹特征[J]. 应用气象学报,2019,30(6):710-721.
- [21] 吴占华,窦利军,李瑞芳,等. 山西省冰雹天气变化的气候特征分析[J]. 中国农学通报,2015,31(29):212-220.
- [22] 罗喜平,许丹,李枚曼,等. 贵州平塘“FAST”冰雹气候特征及防雹对策[C]//贵州省冰雹防控技术外场试验论文汇编(2017-2019年). 北京:气象出版社,2021:2-9.
- [23] GB/T27957—2011. 冰雹等级[S]. 北京:中国标准出版社,2011.