

贵州省近70年区域凝冻事件特征分析

张超*, 董文韬, 秦畅畅

黔东南州气象局, 贵州 凯里

收稿日期: 2022年6月21日; 录用日期: 2022年7月20日; 发布日期: 2022年7月28日

摘要

通过对1951~2021年贵州省84个站点观测资料整理分析, 结合国内外对于凝冻灾害性天气的等级划分, 总结贵州省凝冻灾害性天气事件定义, 建立贵州近70年发生的区域性凝冻事件个例库。对个例库中凝冻事件时空特征进行分析, 发现每年12月至次年3月为凝冻事件发生期, 其中以1月11日至2月11日为凝冻事件高发期, 近70年中, 该时间段内有33%的几率出现凝冻事件。在凝冻事件库中, 大方成为事件中心的频次占比为32%, 威宁占比为26%, 说明虽然威宁单站凝冻事件为全省之最, 但在大范围事件中, 大方受灾更严重。

关键词

凝冻事件, 持续时间, 低温

The Characteristic Analysis of Regional Freezing Events in Recent 70 Years in Guizhou Province

Chao Zhang*, Wentao Dong, Changchang Qin

Qiandongnan Meteorological Bureau, Kaili Guizhou

Received: Jun. 21st, 2022; accepted: Jul. 20th, 2022; published: Jul. 28th, 2022

Abstract

By sorting out and analyzing the observation data of 84 stations in Guizhou province from 1951 to 2021 and combining it with the classification of severe freezing weather at home and abroad, the definition of severe freezing weather events in Guizhou province was summarized. A case data-

*第一作者。

base of regional freezing events that occurred in Guizhou in recent 70 years was established. By analyzing the spatiotemporal distribution characteristics of freezing events in the case database, it was found that the occurrence period of freezing events was from December to March of the next year, among which January 11 to February 11 was the high occurrence period of freezing events. In 70 years, there was a 33% chance of occurrence of freezing events in this period. In the freezing event database, the frequency of Dafang becoming the event center accounted for 32% and Wein-ing accounted for 26%, indicating that Dafang suffered more serious disasters in large-scale events.

Keywords

Freezing Event, Duration, Low Temperature

Copyright © 2022 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

凝冻灾害天气是贵州境内主要的气象灾害之一，其在贵州出现频次，影响范围居全国之首[1]，凝冻天气发生对人民群众生产生活有严重的不利影响。尤其是2008年中国南方大范围遭受低温雨雪灾害，贵州山区大部地区受到凝冻灾害影响，交通瘫痪、水电不通，给社会经济和人民生活造成严重影响，此次大范围的低温、雨雪、冰冻灾害属1949年以来所罕见，具有范围广、强度大、持续时间长、灾害重等特点[2]。此次低温雨雪冰冻天气过程，长江中下游及贵州平均最高气温异常偏低，达历史同期最小值。

为了更好的掌握凝冻灾害发生的原因和规律，气象科技工作者开展了很多研究，尤其是2008年1月全国性的凝冻事件后，凝冻灾害引起了广大学者的高度重视，很多学者[3][4][5][6]从气候、大气环流、天气动力学、水汽条件等方面分析了此次凝冻灾害。分析表明，2007年发生的拉尼娜事件造成的大气环流异常是导致大范围持续低温雨雪冰冻灾害的重要原因。乌拉尔山地区位势高度场异常偏高、中亚至蒙古国西部直到俄罗斯远东地区位势高度场偏低的环流异常持续时间很长，非常有利于冷空气不断分裂南下；西太平洋副热带高压(副高)强盛，位置偏西、偏北，南支槽比较活跃；华南准静止锋、滇黔准静止锋稳定维持；热带洋面上暖气团活跃，有利于大量暖湿空气向我国输送，并决定了低温暴雪冻雨灾害发生的区域。唐延婧等[7]也从500 hPa环流形势，中低层水汽输送，温度线，地面静止锋等方面对2008年初贵州低温雨雪凝冻灾害天气成因进行了分析。

研究表明，凝冻灾天气的大气环流形势具有一定的特征，凝冻天气是可以预报的。但是预报模型的建立，需要大量凝冻灾害案例天气环流形势的统计作为基础。凝冻事件的确定、选取的确定需要一个相对科学的标准，王凌(2008)在2008年1月的低温雨雪冰冻灾害分析中指出全国及各省(市)建立统一的冰冻标准，对极端凝冻天气气候事件的监测、评估、预警都具有重要的指导意义。

本文将在前人已有研究[8][9][10][11][12]的基础上，根据贵州各地历年各凝冻过程持续天数和具有一定的致灾性及其出现凝冻次数的多少，合理的分析得出贵州凝冻灾害事件的定义，同时兼顾空间连续性和时间持续性，识别判定区域性凝冻灾害事件，结合区域性凝冻灾害事件持续时间进行强弱程度的划分，建立贵州近70年发生的区域性凝冻事件个例库。

2. 凝冻事件定义

2.1. 凝冻事件定义及标准研究现状

汤苾[8]、徐炳南[9]对贵州凝冻天气过程给出了定义：每年 12 月 1 日至次年 2 月 28 日期间内，凡是日平均气温 $\leq 1.0^{\circ}\text{C}$ ，日最低气温 $\leq 0.0^{\circ}\text{C}$ 且日降雨量 $\geq 0.0\text{ mm}$ ，持续 3 天以上为一次凝冻天气过程。

杜正静[13]等给出定义为：全省 84 站中有 20 站以上出现冰冻为一个冰冻日，持续 6~9 天的冰冻过程称为中级冰冻，持续 10 天以上的称为特重级冰冻。

黄晨然[14]等定义：贵州省范围内同时段有 8 个以上(含 8 个)县(区)连续出现 3 个凝冻日则为一次区域性凝冻过程。

陈涛[15]等采用湖南省地方标准(DB43/T233-2004)规定：轻度冰冻连续冰冻日 1~3 d；中等冰冻连续冰冻日 4~5 d；重度冰冻连续冰冻日 7 d 以上。

国家标准冰冻天气等级[16] (GB/T34297-2017)中指出依据单站冰冻强度指数将冰冻天气划分为轻度、中度、重度和特重四级(见表 1)。

Table 1. Single station freezing weather rating

表 1. 单站冰冻天气等级

单站冰冻天气等级	单站冰冻强度指数
特重	8
重度	6, 7
中度	4, 5
轻度	2, 3

单站冰冻强度指数计算公式：

$$I_s = I_d + I_h \quad (1)$$

式中：

I_s ——单站冰冻轻度指数；

I_d ——冰冻持续天数指数，取值见式(2)；

d ——冰冻持续天数，单位为天(d)；

I_h ——冰冻持续天数内最大电线覆冰厚度指数，取值见式(3)；

h ——电线覆冰厚度。

$$I_d \begin{cases} 1, 1 \leq d \leq 3 \\ 2, 4 \leq d \leq 6 \\ 3, 7 \leq d \leq 11 \\ 4, d \geq 12 \end{cases} \quad (2)$$

$$I_h \begin{cases} 1, 0 \leq h < 10 \\ 2, 10 \leq h < 6 \\ 3, 20 \leq h < 30 \\ 4, h \geq 30 \end{cases} \quad (3)$$

2.2. 贵州省凝冻灾害事件定义

徐炳南、汤苾的研究以及国家冰冻标准均给出单站凝冻事件的定义标准，不同的时前者使用的气象

要素是日平均气温, 日最低气温和日降雨量, 并且规定达到标准 3 天以上为一次事件。而国家标准中强度指数计算公式涉及参数为冰冻持续天数, 最大电线覆冰厚度, 将电线覆冰分解来看, 同样是要求温度与降水, 在一定温度(通常低于 0℃)情况下发生降水是发生电线覆冰必要条件。可以看出在定义单站凝冻事件中, 主要气象要素为温度, 降水, 以及持续的时间。

在杜正静以及黄晨然凝冻区域定义中, 站点数要求为 20 站和 8 站, 可见在不同的研究背景以及研究范围下, 区域性事件所涉及的站点数是可变的, 研究者需要根据实际情况给出定义。

通过分析可以明确, 凝冻灾害性事件的定义, 必须要考虑的时其降水、温度、持续的时间, 影响的范围大小。在历史观测资料中, 当记录为雨淞日时, 代表凝冻天气真实发生, 温度和降水均达到要求, 此时参考影响范围的大小, 持续时间的长短, 即可很好的定义一次区域凝冻事件的强弱。

贵州预报员手册中将全省范围内, 以 10 站作为冻雨灾害性天气预报正确与否的标准。将单站凝冻事件定义与预报员手册中区域过程站点数量要求相结合, 得出区域性凝冻事件定义: 一次连续凝冻过程中, 影响站点超过 10 个, 每个站点均达到单点凝冻事件标准(出现凝冻天数连续超过 3 天以上)。一次凝冻灾害事件中, 单点允许中断, 但是整个过程中每天要有凝冻发生。满足条件第一天为事件开始日, 无凝冻站点发生时, 前一天作为事件结束时间; 凝冻天数最多的站点为事件中心站点, 若多站点凝冻持续天数相同, 则最低温更低的为事件中心站点; 以事件过程中出现最低气温时刻作为事件时间中心。

参照国家标准冰冻天气等级(GB/T34297-2017), 定义贵州凝冻灾害事件强度指数计算公式及强度等级(见表 2):

$$I = 0.4 \times d_h + 0.4 \times n_h + 0.2 \times T_{\min}$$

式中:

I ——区域凝冻事件强度指数;

d_h ——凝冻过程持续天数;

n_h ——凝冻过程影响站点数;

T_{\min} ——过程最低温。

根据实际观测发生凝冻过程持续天数、过程影响站点数、过程最低气温 3 个指标进行了相关性分析, 结果表明在 95% 置信度水平下具有统计显著性, 凝冻过程持续天数的相关系数接近 1, 相关性较好, 其余两个变量也通过了 $\alpha = 0.01$ 的显著性水平检验。

Table 2. Intensity level of freezing disaster event
表 2. 凝冻灾害事件强度等级

凝冻灾害事件强度等级	凝冻灾害事件强度指数
特重	$30 \leq I$
重度	$20 \leq I < 30$
中度	$10 \leq I < 20$
轻度	$I < 10$

3. 贵州省凝冻灾害事件特征

按照凝冻灾害事件定义, 对 1951~2021 年期间贵州省凝冻天气进行筛选, 得到近 70 年的时间中, 贵州省发生凝冻灾害事件 95 次, 几乎每年都有凝冻灾害性天气发生(其时间序列如图 1 所示)。在统计的 70 年中有 60 年出现凝冻灾害性事件。有的年份可出现 2 到 3 次凝冻事件, 更有的年份在全省范围内出现持续一

个月以上的凝冻事件，其造成的损失难以估算。按照区域凝冻事件强度计算公式，计算筛选出轻度凝冻灾害事件 10 次，占比 11%，中度凝冻灾害事件 56 次，占比 59%，重度凝冻灾害事件 20 次，占比 21%，特重度凝冻灾害事件 9 次，占比 9%。可见凝冻事件发生频繁，但以中等及以下强度为主，重度以上仅占 30%。

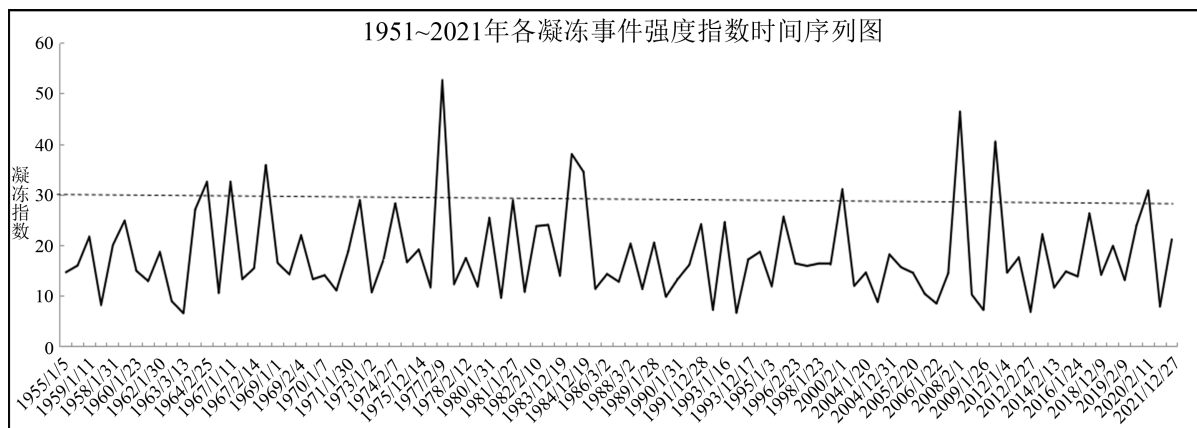


Figure 1. Time Series of intensity indices of freezing events from 1951 to 2021

图 1. 1951~2021 年各凝冻事件强度指数时间序列图

3.1. 时间分布特征

凝冻灾害事件主要发生在 12 月至翌年 2 月，最早开始时间为 1985 年的 12 月 8 日，最晚结束时间为 1963 年的 3 月 14 日。事件持续时间从 4 天到 59 天不等。如图 2 所示，从凝冻事件时间分布看，主要集中在每年 12 月至次年的 3 月，其中以每年 1 月 11 日至 2 月 11 日为凝冻事件高发期，期间的每一天，发生事件超过 20 次。

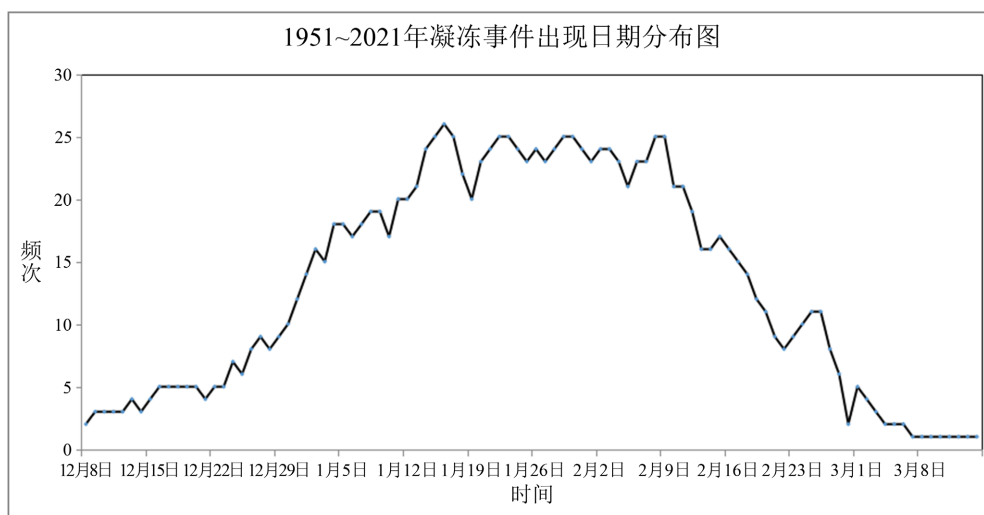


Figure 2. Distribution of freezing events from 1951 to 2021

图 2. 1951~2021 年凝冻事件出现日期分布图

3.2. 空间分布特征

利用 1951~2021 年贵州省 84 站点冻雨观测数据分析，得出(见图 3)贵州冻雨的地区分布特点是西部多、东部少，中部多、南北少。年平均冻雨日数在 10 天以上的站点均出现在 $25.5^{\circ}\text{N}\sim 27.5^{\circ}\text{N}$ 之间，有四

个相对冻雨中心(威宁、大方、开阳和万山),基本上沿 27°N,呈东西带状分布,其中威宁的 47.4 天为最多。在北部的赤水河谷,南部边缘地区的望谟、罗甸和荔波等地,68 年来无冻雨出现。其结果与贵州预报员手册[11]中使用 1971 年 12 月至 2009 年 2 月的逐日冻雨资料和严小冬[17]等人使用的 1961~2007 冬季(12 月至翌年 1、2 月)分析结论一致,威宁无疑是贵州凝冻天气的中心所在地。

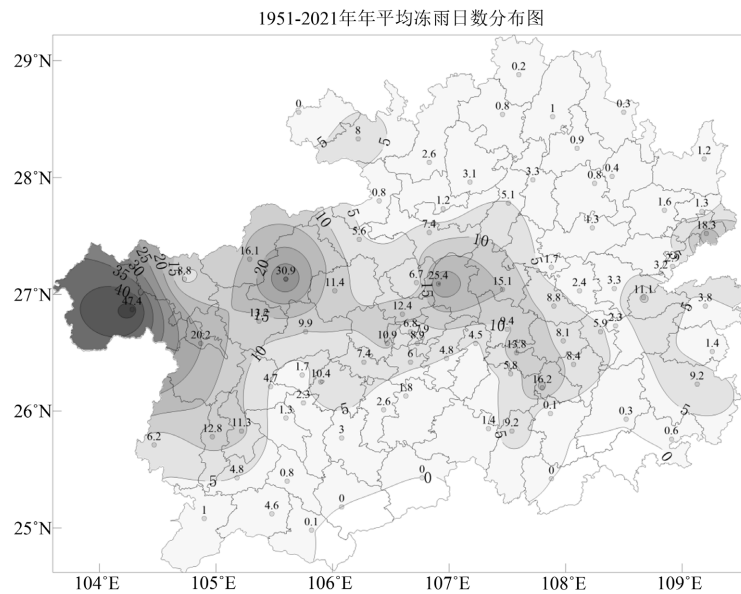


Figure 3. Distribution map of average annual freezing rain days in Guizhou Province from 1951 to 2021

图 3. 1951~2021 年贵州省年平均冻雨日数分布图

对近 70 多年的凝冻事件统计分析,发现在总的事件以及特重度事件中,中心站点均为大方县,不是传统认知中的凝冻最严重的威宁(见表 3)。通过分析认为,在重度和特重度凝冻事件中,大方和开阳成为事件中心的次数明显多于威宁,而在中等及以下级别中,威宁占比高。区域凝冻事件的中心点,与常规单站凝冻的中心点一致,均以威宁、大方、开阳和万山四站点为中心,不同的是区域事件中,大方出现频次高于威宁。

Table 3. Freezing event center sites and intensity Distribution during 1951~2021

表 3. 1951~2021 凝冻事件中心站点及其强度分布(次)

中心站点	特重	重度	中度	轻度	汇总
大方	4	11	13	2	30
威宁	1	4	16	4	25
开阳	3	3	8	2	16
万山		2	8	2	12
水城			4		4
毕节	1		1		2
安顺			2		2
习水			1		1
丹寨			1		1
三穗			1		1
乌当			1		1

这是由于每次事件中大方县凝冻灾害出现的时间长,凝冻时间越长,造成的影响越大。以2008年贵州凝冻事件为例,大方县在整个区域事件中经历了两次单站凝冻事件,分别是2008年1月13日至2月14日和2月17日至19日,前一阶段持续时间长达33天,总凝冻影响天数为36天,过程中大方县,最低气温为 -6.5°C ;而威宁在事件中经历5次单站凝冻事件,时间分别为5天、3天、5天、15天、3天,总凝冻影响天数31天,过程最低温为 -10.2°C 。这与我们在实际生活中的经历是相符的,持续长时间的凝冻灾害,给人们生活生产所带来的影响也最大。

4. 小结

本文通过对1951~2021年贵州省84个站点冻雨观测资料的整理,结合前人的凝冻事件定义标准以及国家标准冰冻天气等级(GB/T34297-2017)中指出依据单站冰冻强度指数将冰冻天气划分标准,定义贵州省凝冻事件标准,建立贵州省区域凝冻事件个例库,并对个例库进行分析。通过分析来看,贵州省凝冻事件标准是客观的,可使用的。

凝冻事件时间主要集中在每年12月至次年的3月,其中以每年1月11日至2月11日为凝冻事件高发期。肯定了无论是单点上,还是区域上, $25.5^{\circ}\text{N}\sim 27.5^{\circ}\text{N}$ 之间是贵州冻雨高发区域,有四个相对冻雨中心(威宁、大方、开阳和万山)的观点与前人一致。不同的是在区域事件中,出现灾害频次最高的是大方,与以往单点事件中的威宁有所区别。下一步将从系统环流的角度对区域凝冻事件开展分析。

基金项目

国家自然科学基金项目41865005,黔东南科合J字[2018]089号,黔东南州科技计划项目黔东南科合基础[2022]09号共同资助。

参考文献

- [1] 王东海,柳崇键,刘英,等.2008年1月中国南方低温雨雪冰冻天气特征及其天气动力学成因的初步分析[J].气象学报,2008,66(3):405-422.
- [2] 王凌,高歌,张强,等.2008年1月我国大范围低温雨雪冰冻灾害分析I.气候特征与影响评估[J].气象,2008,34(4):95-100.
- [3] 丁一汇,王遵娅,宋亚芳,等.中国南方2008年1月罕见低温雨雪冰冻灾害发生的原因及其气候变暖的关系[J].气象学报,2008,66(5):808-825.
- [4] 李崇银,杨辉,顾薇.中国南方雨雪冰冻异常天气原因分析[J].气候与环境研究,2008,13(2):113-122.
- [5] 高辉,陈丽娟,贾小龙,等.2008年1月我国大范围低温雨雪冰冻灾害分析[J].气象,2008,34(4):101-106.
- [6] 杨贵名,孔期,毛冬艳,等.2008年初“低温雨雪冰冻”灾害天气的持续性原因分析[J].气象学报,2008,66(5):836-449.
- [7] 唐延婧,宋丹.2008年初贵州低温雨雪凝冻灾害天气成因分析[J].气象科学,2008,28(增刊):78-83.
- [8] 汤苾.贵州省冬季凝冻的变化规律及趋势预测[J].贵州气象,1999,23(3):23-25.
- [9] 徐炳南.贵州气候灾害的划分标准[J].贵州气象,1999,23(3):42-47.
- [10] 徐炳南.贵州冬季凝冻预测信号和预测模型研究[J].贵州气象,2001,25(4):3-6.
- [11] 《贵州省短期天气预报指导手册》编委会.贵州省短期天气预报指导手册[Z].贵阳:贵州省气象局,1987.
- [12] 杜小玲,彭芳,武文辉.贵州冻雨频发地带分布特征及成因分析[J].气象,2010,36(5):92-97.
- [13] 杜正静,熊方,何玉龙,等.贵州气候灾害的划分标准[J].贵州气象,2009,33(1):7-10.
- [14] 黄晨然,白慧,杨娟.贵州冬季凝冻特征及环流分型研究[J].贵州气象,2017,41(3):10-16.
- [15] 陈涛,陈玉梅,罗立新,等.1954-2008年衡阳冰冻特征及变化趋势分析[J].防灾科技学院学报,2009,11(3):30-33.

- [16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 34297-2017. 冰冻天气等级[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [17] 严小冬, 吴战平, 古书鸿. 贵州冻雨时空分布变化特征及其影响因素浅析[J]. 高原气象. 2009, 28(3): 694-701.