

张惠景, 秦 川. 1971—2023年广西冰雹日数和范围的气候特征分析[J]. 气象研究与应用, 2024, 45(3): 63–68.
ZHANG Huijing, QIN Chuan. Climatic characteristics of hail days and ranges in Guangxi from 1971 to 2023 [J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2024, 45(3): 63–68.

1971—2023年广西冰雹日数和范围的气候特征分析

张惠景¹, 秦 川²

(1. 广西壮族自治区气象台, 南宁 530022; 2. 广西壮族自治区气候中心, 南宁 530022)

摘要: 利用广西88个国家气象观测站1971—2023年逐日冰雹观测资料, 采用线性趋势、低通滤波、小波分析等方法, 分析广西冰雹日数和范围的变化特征, 定义广西冰雹过程及综合指数, 综合评价冰雹过程的持续时间和影响范围。结果表明: (1) 1971—2023年, 广西年冰雹日数和冰雹站数均呈显著减少趋势, 春、冬季冰雹日数和冰雹站数呈减少趋势, 夏、秋季呈增加趋势。 (2) 广西年冰雹日数和冰雹站数阶段性变化特征明显, 在20世纪70年代先降后升, 20世纪80年代至21世纪00年代波动下降, 21世纪10年代后有所回升。年代际尺度上, 冰雹日数存在12~16 a的变化周期, 冰雹站数存在10~16 a和16~20 a的变化周期。 (3) 广西冰雹过程综合指数排在前十位的过程有6次发生在20世纪70年代至80年代, 20世纪90年代有1次, 其余3次发生在21世纪10年代后。

关键词: 冰雹日数; 冰雹范围; 气候特征; 冰雹过程综合指数

中图分类号: P463

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2024.3.09

冰雹是强烈发展的积雨云中降落到地面的固体降水^[1]。广西地处低纬度地区, 热量丰富、水汽充沛, 境内地形复杂, 山地多、平原少, 自然地理环境给冰雹等强对流天气的发生发展提供有利的热力和动力条件^[2]。冰雹天气是广西主要的灾害性天气之一, 具有突发性强、强度大、致灾性高等特点, 对工农业生产、交通运输和人民生命财产等造成较大危害^[3]。

以往对于广西冰雹的研究, 大多是针对某次冰雹个例进行天气学诊断和雷达特征分析, 指出冰雹过程的环流背景、物理量配置和雷达回波的形态结构等, 探究冰雹个例发生的天气学原因和识别中小尺度冰雹特征^[4-7]; 也有学者基于大样本冰雹过程对广西冰雹天气的环流形势^[8-9]、卫星云图^[10]特征进行分型研究, 取得较多的成果。然而, 对于广西冰雹气候变化规律的研究较少, 且鲜见有对冰雹过程的定量评价研究。因此, 本文通过对1971—2023年广西冰雹日数、冰雹站数以及冰雹过程的持续天数和范围进行研究, 揭示其分布和变化特征, 并根据冰

雹过程持续天数和影响范围构建冰雹过程综合指数, 为冰雹过程定量评价提供一种新的方法, 研究结果有助于加深对广西冰雹发生规律的科学认识, 为气候预测和评价、防灾减灾、适应气候变化等提供参考。

1 资料与方法

1.1 资料来源

本文选用广西1971—2023年国家气象观测站逐日冰雹天气现象观测资料, 日界为北京时前一日20时至当日20时, 资料来自广西壮族自治区气象信息中心。为了使研究数据具有连续性和可比性, 剔除1971年以后建站的站点, 最终筛选出88个站点1971—2023年共53 a的冰雹天气现象观测资料开展研究。

1.2 研究方法

文中, 当某站在某日出现冰雹天气现象时, 定为该站的一个冰雹日。广西某日有1个站及以上出现冰雹天气现象, 则该日为广西的1个冰雹日。以

收稿日期: 2024-03-26

基金项目: 广西自然科学基金(2020GXNSFAA297122)、广西气象科研计划项目(桂气科2023ZL04)

第一作者: 张惠景(1996—), 硕士, 助理工程师, 主要从事天气预报和气候分析。E-mail: 527122672@qq.com

某时段内广西出现冰雹的站数,代表该时段广西冰雹的范围(注:该时段内若同一个站出现冰雹1次或超过1次,均记为1个站有冰雹)。统计1971—2023年历年各月、季、全年广西冰雹日数和站数,季节划分:3—5月为春季,6—8月为夏季,9—11月为秋季,12月至翌年2月为冬季。采用线性趋势分析、低通滤波、小波分析等方法^[11-13]分析广西冰雹日数和范围的变化特征。

定义广西冰雹过程为:广西冰雹日持续1d以上(含1d)的天气过程。统计分析不同持续天数、不同范围冰雹过程的发生频率。参考国家标准《区域性暴雨过程评估方法》(GB/T 42075—2022)的区域性暴雨过程综合强度计算方法^[14],以 I_z 为反映冰雹过程持续天数和影响范围的综合指数,对历次冰雹过程进行定量评价。冰雹过程综合指数 I_z 计算方法如下:

$$I_z = H_r \times \left(\frac{H_a + H_m}{2} \right)^{0.5} \times T^{0.5} \quad (1)$$

式中 H_r 、 H_a 、 H_m 分别为冰雹过程开始日至结束日出现冰雹的总站数、平均日站数、单日最多站数, T 为冰雹过程的持续天数。

2 结果与分析

2.1 广西冰雹日数的地域分布特征

广西各地年冰雹日数多年平均值(1971—2023年平均,下同)在0.0~1.1 d之间,具有西部多于东部、北部多于南部、山区多于平原的地域分布特征。百色市和河池市大部地区年冰雹日数多年平均值在0.4 d以上,其中隆林、西林、乐业、南丹等地在0.8 d以上,隆林最多,达1.1 d;其余大部地区在0.4 d以下,其中最少的武宣、贵港、东兴、宁明、钦州、涠洲岛等地不到0.1 d(图1)。广西各地年最多冰雹日数1~6 d。百色市和河池市大部、柳州市北部、桂林市部分地区及武鸣、马山、天等、鹿寨、金秀、容县等地年最多冰雹日数3~6 d,其中百色市北部山区、河池、武鸣等地4 d以上,隆林、河池、武鸣最多达6 d;其余大部地区1~2 d。

2.2 广西冰雹日数和范围的变化特征

2.2.1 年内变化

按照1.2中广西冰雹日的定义,统计结果显示,1971—2023年广西各月均有冰雹出现,最早出现时间在1月5日(2016年),最晚出现在12月30日(1992年)。广西年冰雹日数多年平均有12.8 d;2—

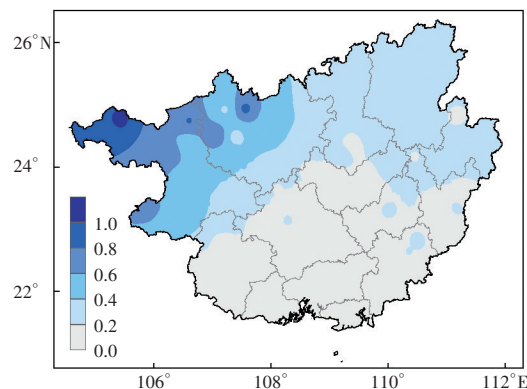


图1 广西各地年冰雹日数多年(1971—2023年)平均值分布(单位:d)

5月为广西冰雹多发期,多年平均冰雹日数共有10.8 d,占全年总数的84.4%,其中4月冰雹日数最多(4.3 d),其次是3月(3.2 d)。1月、6—12月广西冰雹日数相对较少,各月多年平均冰雹日数0.1~0.4 d。广西全年冰雹站数多年平均为18.5站,2—5月广西冰雹范围相对较大,各月多年平均冰雹站数2.5~6.8站,其中3月、4月最多,均为6.8站。1月、6—12月冰雹发生的范围相对较小,其中1月多年平均冰雹站数0.7站,其余各月0.1~0.4站。广西历年各月最多冰雹日数、冰雹站数的年内变化特征与多年平均值相似,但数值差异较大,2—5月、7月最多冰雹日数在6 d以上,其中4月(2019年)最长达12 d;1—5月最多冰雹站数在14站以上,3月最长达33站(1981年)(表1)。

表1 1971—2023年广西冰雹日数和冰雹站数统计值

统计时段	多年平均日数/d	最多日数/d	多年平均站数/站	最多站数/站
1月	0.3	4	0.7	14
2月	1.5	6	3.0	15
3月	3.2	11	6.8	33
4月	4.3	12	6.8	19
5月	1.8	8	2.5	15
6月	0.3	4	0.3	3
7月	0.3	6	0.3	6
8月	0.4	3	0.4	3
9月	0.1	4	0.1	4
10月	0.2	5	0.2	6
11月	0.2	2	0.3	3
12月	0.2	3	0.3	7
全年	12.8	29	18.5	51

注:统计冰雹站数时,若某时段内同一个站出现冰雹1次或超过1次,都记为1个站有冰雹。

2.2.2 年际和年代际变化

图 2 给出 1971—2023 年广西历年冰雹日数和冰雹站数的变化。由图可见, 1971—2023 年广西冰雹日数多年平均值为 12.8 d, 最多的年份为 2020 年 (29 d), 最少的年份为 1999 年和 2000 年 (3 d); 冰雹站数多年平均值为 18.5 站, 最多的年份为 1983 年 (51 站), 最少的年份为 1999、2010 和 2011 年 (5 站)。从总趋势来看, 1971—2023 年, 广西年冰雹日数和年冰雹站数均呈显著减少趋势, 变化速率分别为 $-1.1 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 和 $-2.2 \text{ 站} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$, 分别通过 $\alpha=0.10$ 和 $\alpha=0.05$ 的显著

性检验。广西年冰雹日数和年冰雹站数都具有明显的阶段性变化特征, 在 20 世纪 70 年代先降后升, 20 世纪 80 年代至 21 世纪 00 年代波动下降, 21 世纪 10 年代后有所回升。相对于多年平均值而言, 冰雹日数在 1971—1998 年、2016—2023 年属偏多期, 平均每年均为 15.5 d; 1999—2015 年属偏少期, 平均每年 7.2 d。冰雹站数在 1971—1977 年期间偏少, 平均每年 17 站; 1978—1998 年期间偏多, 平均每年 25.3 站; 1999—2015 年期间有较大幅度的偏少, 平均每年 10.5 站; 2016—2023 年期间略偏多, 平均每年 18.8 站。

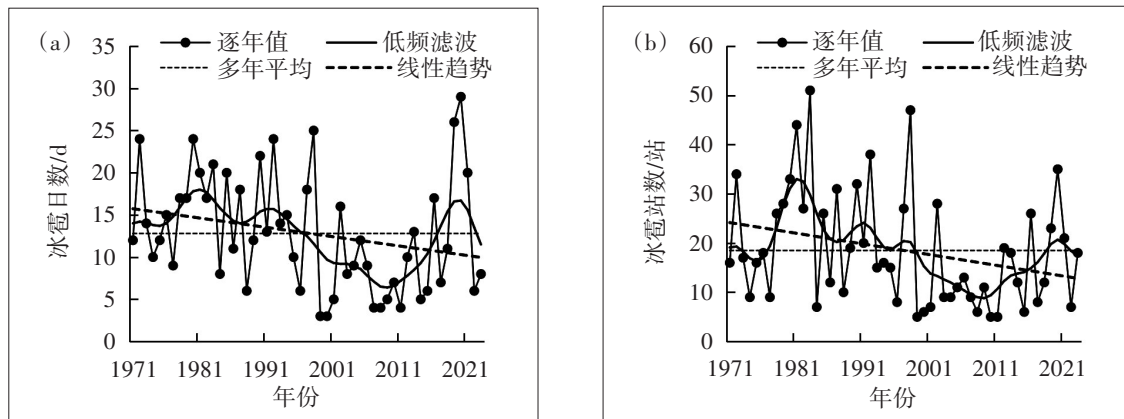


图 2 1971—2023 年广西历年冰雹日数(a)和冰雹站数(b)变化

图 3 为 1971—2023 年广西年冰雹日数和冰雹站数的 Morlet 小波变换实部图, 显示冰雹日数和冰雹站数在不同时间尺度下周期变化的情况。冰雹日数在 1971—2023 年全时段存在 12~16 a 的年代际周期, 振幅最大的时段为 1971—1990 年和 2011—2023 年; 年际尺度上, 冰雹日数主要在 1971—1977 年、1994—

2002 年、2016—2023 年期间存在 4~7 a 的短周期 (图 3a)。冰雹站数在 1971—1990 年存在 10~16 a 的年代际周期, 且振幅中心随时间增加而减小; 在 1996—2023 年期间则为 16~20 a 的年代际周期, 其振幅相对较小; 年际尺度上, 冰雹站数主要在 1992—2003 年期间存在 4~7 a 的短周期 (图 3b)。

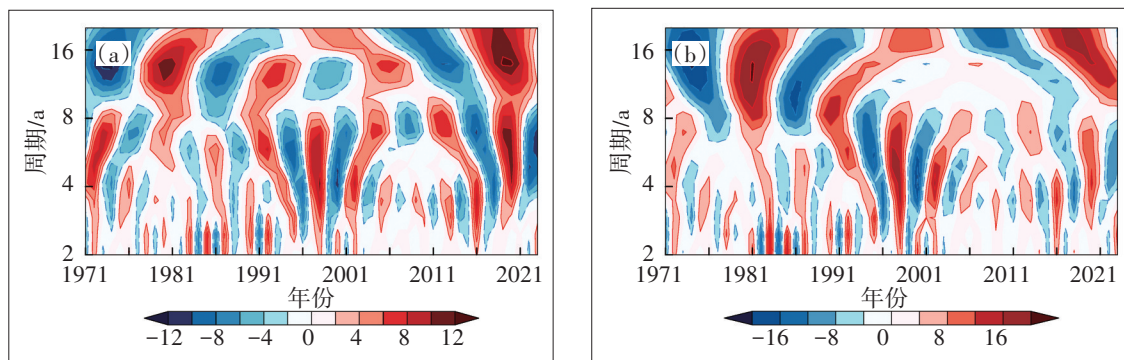


图 3 1971—2023 年广西年冰雹日数(a)和冰雹站数(b)的小波实部图

从广西各季冰雹日数和冰雹站数的变化来看, 1971—2023 年, 春季和冬季广西冰雹日数呈减少趋

势, 变化速率分别为 $-1.1 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 和 $-0.4 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$, 分别通过 $\alpha=0.02$ 和 $\alpha=0.05$ 的显著性检验; 夏、秋季

广西冰雹日数呈增加趋势,变化速率分别为 $0.3 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 和 $0.2 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,均通过 $\alpha=0.10$ 的显著性检验。各季广西冰雹站数的变化趋势与冰雹日数相似,春季和冬季广西冰雹站数呈减少趋势,变化速率分别为 $-2.1 \text{ 站} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 和 $-0.7 \text{ 站} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,其中春季通过 $\alpha=0.02$ 的显著性检验,但冬季未通过 $\alpha=0.10$ 的显著性检验;夏、秋季广西冰雹站数呈增加趋势,变化速率分别为 $0.3 \text{ 站} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 和 $0.2 \text{ 站} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,均通过 $\alpha=0.10$ 的显著性检验。表2为广西

各年代平均每年冰雹日数和冰雹站数,由表2可见,各季节冰雹日数和冰雹站数具有明显的年代际变化特征,相对于各季多年平均值而言,春季和冬季广西冰雹日数、冰雹站数在20世纪70年代至90年代均偏多,进入21世纪后偏少,其中21世纪00年代平均值最少,2011—2023年平均值次少;夏、秋季广西冰雹日数和冰雹站数在20世纪70年代至21世纪00年代均偏少,2011—2023年平均值跃增为各年代最多。

表2 广西各年代平均每年冰雹日数和冰雹站数

年代	冰雹日数/d					冰雹站数/站				
	春	夏	秋	冬	全年	春	夏	秋	冬	全年
1971—1980年	11.4	1.0	0.4	2.5	15.4	16.1	1.0	0.5	5.0	20.6
1981—1990年	11.4	0.8	0.3	2.8	15.5	21.1	0.8	0.4	5.2	25.9
1991—2000年	9.7	0.4	0.4	2.8	13.1	16.6	0.4	0.3	5.1	19.7
2001—2010年	6.0	0.4	0.4	0.9	7.9	8.6	0.4	0.6	1.4	10.8
2011—2023年	9.0	1.8	0.9	1.1	12.8	11.7	2.2	1.2	3.2	16.2

2.3 广西冰雹过程持续天数和范围

1971—2023年广西共出现冰雹过程490次,从持续时间来看(图4a),广西冰雹过程的持续天数一般为1~2 d,达450次,占总次数的91.8%;持续3 d、4 d的过程各占4.1%、2.9%;持续5 d以上的过程有6次,占1.2%,持续天数最长达6 d,仅有2次,分别发生在1972年5月6—11日和2020年3月22—27日。从广西冰雹过程的影响范围来看(图4b),冰雹过程总站数多为1~9站,共476次,占总次数的97.1%,其中冰雹总站数在1~2站的过程次数最多,占总次数的72.2%,即大多数为局地性的冰雹过程;

冰雹总站数在3~4站和5~9站的过程次数各占14.3%、10.6%;冰雹总站数在10站以上的过程较少,占2.9%,其中20站以上的冰雹过程只有2次,分别出现在1983年3月24—27日(27站)、1998年3月8—11日(20站)。冰雹过程中单日最多冰雹站数一般为1~4站,共451次过程,占总次数的92.1%,其中单日最多冰雹站数在1~2站的过程次数最多,占79.0%;单日最多冰雹站数在5站以上的过程次数占7.9%,其中10站以上有5次,占1.0%(图4c),单日冰雹站数最多为17站,出现在1983年3月25日。

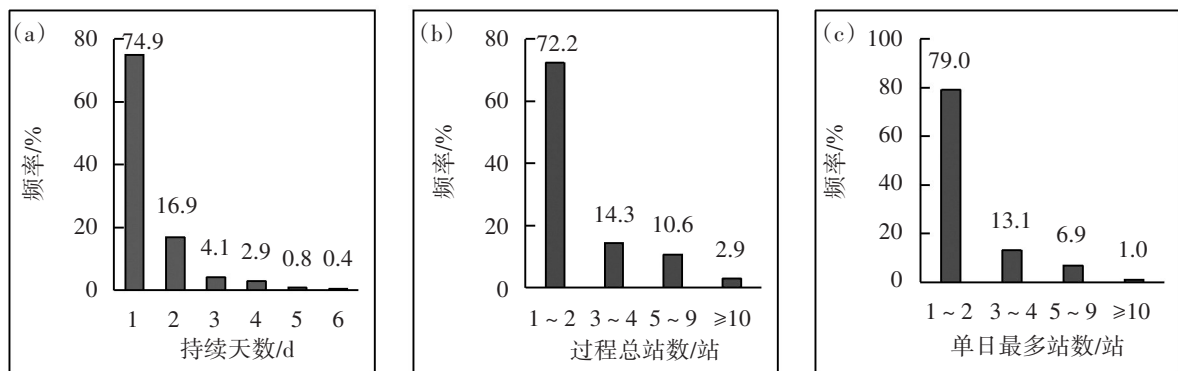


图4 1971—2023年广西冰雹过程的持续天数(a)、总站数(b)和单日最多站数(c)的频率分布

按照公式(1)计算1971—2023年广西历次冰雹过程持续天数和范围的综合指数,表3为综合指数

排在前十位的个例,10次过程有6次发生在20世纪70年代至80年代,20世纪90年代有1次,其余3次

过程发生在21世纪10年代后。10次过程均发生在1—5月,其中有7次出现在2月末至3月期间,其余在1月、4月、5月各有1次。综合指数排名第一的冰雹过程发生在1983年3月24—27日,冰雹过程总站数、单日最多站数分别为27站、17站,是广西冰雹范

围最大的过程;持续天数为4 d,平均日站数有7.8站,综合指数为190.0。综合指数排名第二的冰雹过程发生在1980年3月3—6日,持续天数为4 d,冰雹过程总站数18站,平均日站数5.0站,单日最多站数12站,综合指数为105.0。

表3 1971—2023年广西冰雹过程综合指数排在前十位的过程

排位	发生时间	持续天数/d	过程总站数/站	平均日站数/(站·d ⁻¹)	单日最多站数/站	综合指数
1	1983年3月24—27日	4	27	7.8	17	190.0
2	1980年3月3—6日	4	18	5.0	12	105.0
3	1998年3月8—11日	4	20	5.0	8	102.0
4	1983年2月26日—3月1日	4	18	4.5	9	93.5
5	2023年3月23—26日	4	16	4.5	7	76.7
6	1987年3月15—19日	5	15	3.4	5	68.7
7	1972年5月6—11日	6	14	2.5	5	66.4
8	1979年4月1—3日	3	14	4.7	10	65.7
9	2012年2月27—28日	2	14	8.0	13	64.2
10	2020年1月24—25日	2	13	7.0	12	56.7

3 结论与讨论

通过对1971—2023年广西冰雹日数和范围进行分析,得出以下结论:

(1)广西各地年冰雹日数多年平均值在0.0~1.1 d之间,具有西部多于东部、北部多于南部、山区多于平原的地域分布特征。广西各月均可有冰雹出现,2—5月为广西冰雹的多发期,冰雹日数占全年总数的84.4%,各月多年平均冰雹日数以4月最多,3月次之。2—5月广西冰雹范围相对较大,其中3月、4月冰雹站数最多;个别年份1月也有较大范围的冰雹天气出现。

(2)1971—2023年,广西年冰雹日数和冰雹站数均呈显著减少趋势,变化速率分别为-1.1 d/10 a和-2.2站/10 a。广西年冰雹日数和冰雹站数具有明显的阶段性变化特征,在20世纪70年代先降后升,20世纪80年代至21世纪00年代波动下降,21世纪10年代后有所回升。冰雹日数和冰雹站数的变化具有周期性,年代际尺度上,冰雹日数存在12~16 a的周期,冰雹站数存在10~16 a和16~20 a的周期;年际尺度上,冰雹日数和冰雹站数在不同时期主要存在4~7 a的短周期震荡。

(3)广西各季冰雹日数和冰雹站数的变化有差异,1971—2023年,春季、冬季广西冰雹日数和冰雹站数呈减少趋势,夏、秋季呈增加趋势;春季和冬季

广西冰雹日数、冰雹站数在20世纪70年代至90年代均偏多,进入21世纪后偏少;夏、秋季广西冰雹日数和冰雹站数在20世纪70年代至21世纪00年代均偏少,2011—2023年平均值跃增为各年代最多。

(4)1971—2023年,广西冰雹过程的持续天数以1~2 d为主,占总次数的91.8%,最长持续天数为6 d。冰雹过程总站数多为1~9站,占总次数的97.1%;冰雹站数10站以上的过程较少,冰雹过程总站数最多达27站,单日冰雹站数最多为17站。广西冰雹过程综合指数排在前十位的过程有6次发生在20世纪70年代至80年代,20世纪90年代有1次,其余3次发生在21世纪10年代后;10次过程均发生在1—5月,其中有7次出现在2月末至3月期间。

虽然近50 a广西冰雹日数和站数总体呈减少趋势,但21世纪10年代后有所回升,且极端情况时有发生,需注意加强防范。另外,为了使冰雹日数和范围具有时空可比性,本文采用广西88个国家气象观测站的冰雹观测资料进行统计分析,具有客观性和科学性,但因站点数有限,也存在一定的局限性,今后还需结合近年来气象信息员上报的乡镇冰雹信息进一步开展研究。

参考文献:

[1] 孙继松,戴建华,何立富,等.强对流天气预报的基本原理与技术方法——中国强对流天气预报手册[M].北

- 京:气象出版社,2014:1-7.
- [2] 农孟松,黄荣,黄明策,等.广西强对流天气业务与研究进展[J].气象研究与应用,2020,41(4):28-33.
- [3] 《中国气象灾害大典》编委会.中国气象灾害大典·广西卷[M].北京:气象出版社,2007:250-252.
- [4] 覃皓,农孟松,赖珍权,等.2020年“1·24”广西大范围冰雹天气过程分析[J].气象研究与应用,2021,42(1):107-112.
- [5] 陆秋霖,李秀昌,林确略,等.玉林市2023年3月25日冰雹过程双偏振雷达特征分析[J].气象研究与应用,2023,44(3):84-89.
- [6] 梁虹,何林宴,王盛繁.2019年春夏广西两次冰雹过程特征分析[J].气象研究与应用,2020,41(3):79-84.
- [7] 李宜爽,刘蕾,王艺.广西柳州2016年4月一次致灾冰雹天气过程分析[J].气象研究与应用,2016,37(3):52-56,138.
- [8] 农孟松,祁丽燕,黄明策,等.基于环流分型的广西冰雹潜势预报研究[J].气象,2008(6):46-52.
- [9] 姚胜芳,黄治逢,农孟松,等.广西冰雹的活动特点[J].热带地理,2008,28(2):119-123,171.
- [10] 翟丽萍,黄明策,赖珍权,等.广西区域性冰雹天气的云图特征分型研究[J].气象与环境学报,2019,35(6):117-125.
- [11] 黄嘉佑.气象统计分析与预报方法[M].北京:气象出版社,2000.
- [12] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,2007:43-49.
- [13] 吴洪宝,吴蕾.气候变率诊断和预测方法[M].北京:气象出版社,2005:208-244.
- [14] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.区域性暴雨过程评估方法:GB/T 42075—2022[S].北京:中国标准出版社,2022.

Climatic characteristics of hail days and ranges in Guangxi from 1971 to 2023

ZHANG Huijing¹, QIN Chuan²

(1. Guangxi Meteorological Observatory, Nanning 530022, China;

2. Guangxi Climate Center, Nanning 530022, China)

Abstract: Based on the daily hail observation data from 88 national meteorological stations in Guangxi from 1971 to 2023, linear trend, low-pass filtering and wavelet analysis are used to analyze the variation characteristics of hail days and ranges in Guangxi. The hail process and hail comprehensive index are defined in Guangxi, and the duration and influence range of hail process are comprehensively evaluated. The results show that: (1) from 1971 to 2023, the annual number of hail days and the number of hail stations in Guangxi show a significant decreasing trend. The number of hail days and hail stations decrease in spring and winter, but increase in summer and autumn. (2) The annual number of hailstorm days and the number of hailstorm stations in Guangxi have obvious characteristics of periodic change, which first decrease and then increase in the 1970s, fluctuate from the 1980s to the 2000s, and then rebound after the 2010s. On the interdecadal scale, the number of hail days has a variation cycle of 12 to 16 years, and the number of hail stations has a variation cycle of 10 to 16 years and 16 to 20 years, respectively. (3) Six of the top ten hail processes in the hail comprehensive index in Guangxi occur in the 1970s to the 1980s, one in the 1990s, and the other three after the 2010s.

Key words: hail days; hail range; climatic characteristics; hail comprehensive index