

文章编号: 2096-1618(2023)03-0365-07

甘肃白银冰雹气候特征的南北差异分析

邵清军^{1,2}, 冯娅茹², 李维国², 刘晓蒙², 景怀玺²

(1. 兰州中心气象台, 甘肃 兰州 730200; 2. 白银市气象局, 甘肃 白银 730900)

摘要:为分析甘肃白银冰雹气候特征的南北差异,利用白银市1978–2020年4个气象观测站和59个乡镇点调查资料,采用线性趋势、变差系数、小波分析、Mann-Kendall法以及相关分析等统计方法对白银市冰雹时空分布及影响因素进行分析。结果表明:冰雹日数空间分布从南向北呈递减趋势,形成“南多北少”的特点。同时,受地形影响,迎风坡和背风坡效应显著,在同一县区或不同县区出现多个相对少发区和多发区,极少区出现在北部地区呈“钳形状”低值区,高发区出现在南部地区最南端;日变化高发时段为14–18时,月变化集中于4–10月,其中7月最多,季变化夏季最多;就冰雹日数的稳定性而言,年变化较季节稳定,夏季较春、秋季稳定,南部较北部地区稳定;存在10~15 a年代际周期,北部另有准5 a短周期,南部存在突变特征,突变时间2006年;近43 a冰雹日数年际变化呈减少趋势且北部较南部显著,年代际变化21世纪10、20年代较20世纪80、90年代明显减少。

关键词:白银地区;冰雹气候;差异分析

中图分类号:P467

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcui.2023.03.017

0 引言

甘肃中部是典型的干旱与半干旱区^[1]。白银市处于甘肃中部,濒临腾格里沙漠边缘,地处东经103°33′~105°34′和北纬35°33′~37°38′,海拔高度在1275~3321 m,南北狭长相距380 km,东西狭窄相距140 km,区域面积21158 km²,既是河西走廊与黄土高原的过渡区,也是干旱与半干旱过渡区。全市地形地貌复杂,北部平坦多丘陵地带;南部沟壑纵横多山区地带。内有寿鹿山、长岭山、哈思山、屈吴山、瞭高山和铁木山等山脉,受其地形条件影响,有利于暴雨、冰雹等强对流天气的易发频发^[2]。冰雹是夏半年白银市主要的气象灾害之一,1996年6月25日会宁县中南部遭受强冰雹天气袭击,最大冰雹直径27 mm,持续时间40 min,受灾人口3.4万人,死亡3人,一次局地冰雹天气过程直接造成经济损失1.2×10⁴万元。

冰雹是中小尺度天气系统的产物^[3–8]。在以往对冰雹天气的研究中,张芳华等^[9]认为,近30 a中国冰雹日数有显著减少的趋势,发现冰雹多发区位于青藏高原,江南和华南地区主要集中在2–4月,其他地区集中在5–9月,冰雹发生时刻主要集中在午后至傍晚;康风琴等^[10–11]认为,西北地区冰雹日数总体呈现减少趋势,地域分布上有显著差异,高原触发作用有利于冰雹天气形成,高原地区明显高于平原地区;王若升等^[12]认为,受六盘山地形因素的影响,对平凉地区冰

雹的发生有比较大的正贡献。就白银市及甘肃中部冰雹天气的相关研究目前未见文献报道。虽然白银市区域面积不大,但由于其特殊的地理分布,分析白银市南北地区冰雹天气的气候特征就完全可反映甘肃中部干旱和半干旱区冰雹天气气候特征。所以通过对白银市冰雹天气气候特征分析研究,一方面为白银市冰雹天气的成因研究及预报预警提供技术支撑,也为人工影响天气防雹作业和政府部门指挥当地农业生产防灾减灾提供参考依据;另一方面为甘肃中部干旱和半干旱区冰雹天气气候差异性特征提供基础资料。

1 资料与方法

1.1 数据来源

冰雹天气具有空间尺度小的特点,仅使用现行气象观测网获取的资料,无法满足业务精细化的需求,其局限性较大。因此,在利用白银市气象局资料室1978–2020年白银市所辖的景泰、白银、靖远、会宁4个地面气象观测站(平川区建站时间过短,地处共和镇,资料划归该镇)的基础上,收集整理白银市国土、民政及应急等部门灾情调查所得的全市同期59个乡镇点冰雹日资料,共计63个站点,建立了站点年冰雹日数时间序列。为便于进一步分析研究,对冰雹出现日数作出重新规定:当某一县区一日之内包括城区观测站和乡镇点,出现1站点或1站点以上统计为该县区1个冰雹日,共计186个冰雹出现日数,建立景泰县、白银

区、靖远县(因平川区以前为该县管辖,所以乡镇资料全部划归该县)、会宁县 4 个县区月、季、年冰雹日数时间序列。同时,根据白银市地理位置、地形地貌和气候差异等特点,陈少勇等^[13]在白银市降水资源评估研究成果中,将北部地区的景泰县、白银区、靖远县划分为干旱区,南部地区的会宁县划分为半干旱区。

1.2 研究方法

利用线性趋势估计方法^[14],分析冰雹日数的年际变化趋势;通过计算变差系数^[15],分析不同地域上冰雹日数的稳定性变化;利用小波分析方法^[16],分析冰雹日数多时间尺度及周期性变化特征;利用 Mann-Kendll 法^[17],分析冰雹日数随时间演变的突变性特征。

(1)线性趋势估计方法:设 $f(x)$ 为某一变量, t 为时间,建立 $f(x)$ 与 t 的一元线性回归方程

$$f(x)=c_0+c_1t$$

式中, c_0 、 c_1 为回归系数, c_1 的符号反映上升或下降趋势, c_1 的大小反映 $f(x)$ 上升或下降的速率,一般称为倾向率。

(2)变差系数:表征随机变量对其平均值的相对离散程度,反映时间序列的稳定性。

$$C_v=\frac{S}{\bar{y}}$$
$$S=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n(y_i-\bar{y})^2}$$

式中: C_v 为变差系数; S 为标准差; \bar{y} 为平均值。

(3)小波分析方法:使用 MHAT 小波。其中,小波基(母波)采用了 MHAT 子波

$$\varphi(x)=(1-x^2)e^{-\frac{x^2}{2}}$$

(4)Mann-Kendll 法:是非参数检验方法,在给定置信区间上,统计量时间序列存在显著的上升或下降趋势,从而可以确定时间序列演变过程中的突变特征及时间点。

2 结果分析

2.1 空间分布特征

白银市冰雹天气的空间分布是不均匀的。利用 ArcGIS 系统绘制了白银市地形图 1(a)和 1978–2020 年 63 个站点年平均冰雹日数空间分布图 1(b)。由图 1 可以看出,白银市年平均冰雹日数从南向北递减,总的呈“南多北少”空间分布特点,北部景泰县、白银区、靖远县较少,南部会宁县较多。通过计算比较南北

区域平均值的大小发现,南部地区冰雹天气日数是北部地区的 3 倍左右,这与夏半年大尺度环流场及其变化有关。

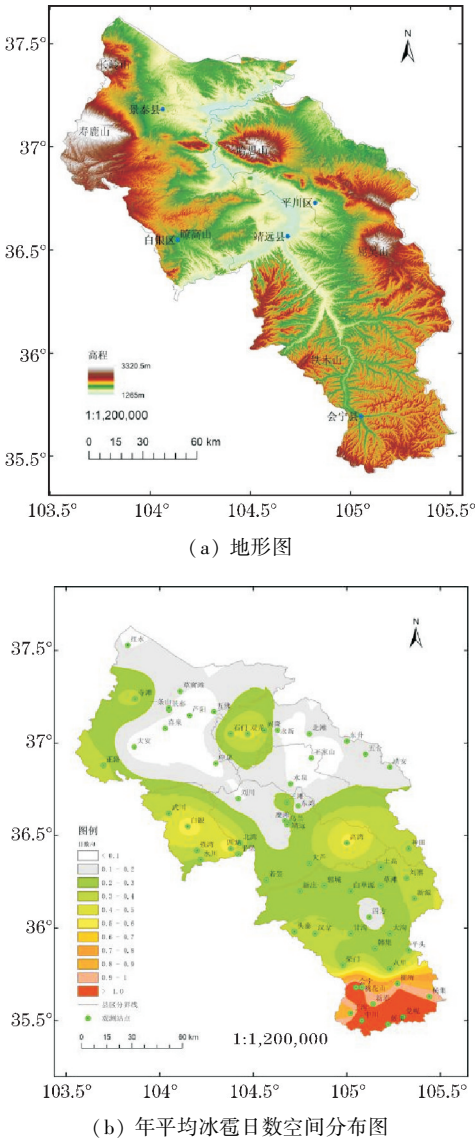


图 1 白银市地形图与 1978–2020 年平均冰雹日数空间分布图对照

冰雹的空间分布与山脉的走向及不同坡向有关^[18]。受区域地形(包括南部地区紧靠的华家岭山脉)迎风坡效应影响,冰雹发生于域内呈东西走向山脉的南坡端和呈南北走向西坡端,包括景泰县长岭山南坡端的寺滩乡和寿鹿山南坡端的正路乡,白银区瞭高山南坡端的强湾、四龙、水川等乡镇,靖远县哈思山南坡端的石门、双龙、兴隆等乡镇,平川区屈吴山南坡端的平川区种田乡和靖远县高湾乡以及会宁县刘寨、新源等乡镇,会宁县铁木山西坡端的头寨、汉岔等乡镇为同一县区或不同县区中出现的多发区;会宁县南部多山谷地带,因暖湿气流受下垫面增热不均匀和华家岭山脉西北坡端阻挡所产生的热力和动力抬升作用,在最南端的桃花山、丁沟、中川、翟所、新添、党岷、候川

等乡镇形成全市最显著的高发区;受青藏高原和区域地形(包括祁连山余脉的乌鞘岭山脉)背风坡效应的共同影响,自景泰县北部和靖远县北部分两路延伸到境内形成“钳形状”冰雹低值区,范围包括景泰县的红水、一条山、五佛、草窝滩、芦阳、喜泉、大安、中泉等乡镇,靖远县的永新、北滩、五合、靖安、东升、糜滩、东湾、乌兰等乡镇以及平川区水泉、王家山等乡镇,属全市最显著的极少发区。究其原因:白银市北部地区地处青藏高原东北侧地形弯曲曲率最大处,西风气流受侧边界动力作用的影响所产生的反气旋下沉气流最强,不利于成云致雨致雹,加之区域地形的背风坡效应,由祁连山余脉的乌鞘岭、景泰县长岭山和寿鹿山、白银区瞭高山、平川区屈吴山等北坡所包围区域中,位于靖远县东北边界的哈思山所起作用既是背风坡又是迎风坡效应,所以形成了白银市北部地区冰雹天气空间分布又呈“钳形状”低值区特征。可见白银市冰雹天气空间分布的不均匀性与周边大环境及区域的地形地貌特征等因素密切相关。

降水空间分布与冰雹日数空间分布具有一致性和关联性。基于近15 a白银市乡镇区域自动站汛期降水量资料(只能自动获取4-9月)绘制空间分布图(图略)进行对比,结果显示与冰雹日数的空间分布近乎完全一致;计算白银市各站点汛期平均降水量与年平均冰雹日数的复相关系数为0.71,显著性检验水平通过 $\alpha=0.001$,相关程度极高,即白银市降水与冰雹存在正相关性。

由于本文将冰雹资料精细化到乡镇一级,因而准确地反映了白银市冰雹天气的空间分布特征。为此,将白银市冰雹天气的空间分布按稀有区、少发区、易发区和高发区等4个级别进行气候划分,可作为冰雹天气在预报预警业务中落区或落点方面的预警指标。同时,对现行的人工影响天气防雹作业点布局可适当作出科学调整。

稀有区:主要包括景泰县的红水、一条山、五佛、草窝滩、芦阳、喜泉、大安、中泉等乡镇,靖远县的永新、北滩、五合、靖安、东升、糜滩、东湾、乌兰等乡镇以及平川区水泉、王家山等乡镇。

少发区:主要包括会宁县北部的新庄、郭城、土高、草滩、河畔、白源、四方、甘沟、大沟、柴门、八里、平头等乡镇,靖远县南部的三滩、乌兰、箬笠、大芦等乡镇。

易发区:主要包括景泰县的寺滩、正路等乡镇,白银区的强湾、水川、四龙等乡镇,靖远县的石门、兴隆、双龙、高湾等乡镇,平川区的种田乡以及会宁县的刘寨、新源等乡镇。

高发区:主要包括会宁县的桃花山、丁沟、中川、翟

所、老君、太平、新添、党岷、候川等乡镇。

2.2 年际及年代际变化特征

白银市冰雹天气具有显著的年际及年代际变化特征。选取白银区代表北部地区,会宁县代表南部地区,利用线性趋势估计方法,分析了1978-2020年白银市年冰雹日数年际变化特征,并与年气温距平的年际变化特征进行对比。由图2可以看出,1985年是白银市冰雹日数最多的年份,北部地区4 d、南部地区6 d,北部地区无冰雹发生的年份为18次、南部地区3次,北部地区、南部地区均呈现减少的趋势,与其对应的年气温距平变化趋势呈明显的反位相变化特征,表明白银气候变暖使冰雹日数减少;从年际倾向率的具体数值上来看,年冰雹日数南部地区倾向率-0.31 d/10 a,北部地区倾向率-0.42 d/10 a,显著水平分别通过 $\alpha=0.05$ 和 $\alpha=0.01$ 检验;年气温距平南部地区倾向率0.66 $^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,北部地区倾向率0.36 $^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,显著水平平均通过 $\alpha=0.001$ 检验。由此表明:在气候变暖且增温幅度南部地区大于北部地区和冰雹日数南部地区减少程度小于北部地区的情况下,必然形成冰雹天气对气温的敏感性响应北部地区快于南部地区。自2016年以后白银市气温增幅有减少趋势,冰雹日数有增多趋势。

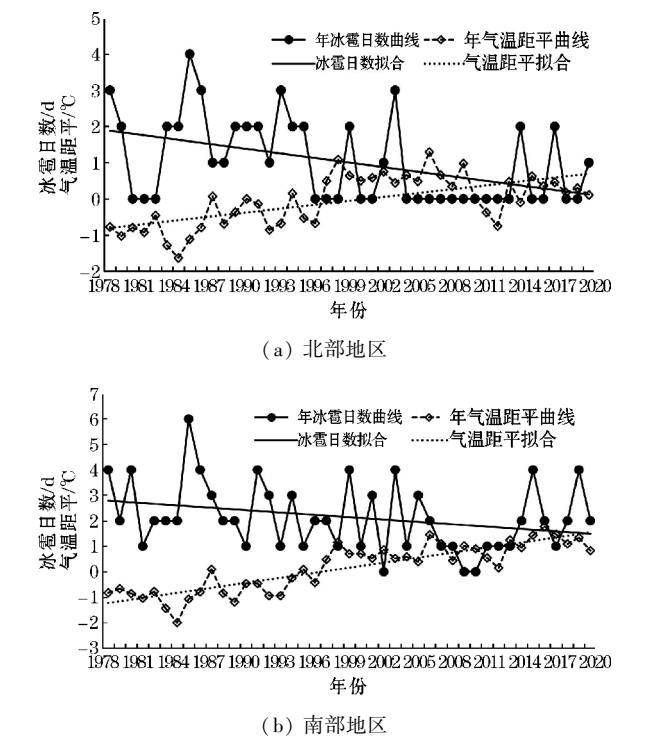


图2 1978-2020年白银市年冰雹日数与年气温距平年际变化曲线对比

为进一步分析白银市各县区冰雹日数的年代际变化特征,统计了各年代平均值见表1。由表1可以看出,白银市冰雹日数20世纪80、90年代分别为0.4~

2.5 d、1.0~2.2 d,21 世纪 10、20 年代分别为0.3~1.5 d、0.5~2.0 d,就全市平均状况而言,20 世纪 80、90 年代冰雹日数较多,21 世纪 10 年代较 20 世纪 80、90 年代减少明显,20 年代较 10 年代有所增加,且达不到 20 世纪 80、90 年代的水平,年代际变化特征明显。

表1 白银市各县区不同年代冰雹日数平均值统计

县区	单位:d			
	20 世纪 80 年代	20 世纪 90 年代	21 世纪 10 年代	21 世纪 20 年代
景泰	0.4	1.0	0.3	0.6
白银	1.7	1.2	0.4	0.5
靖远	0.8	1.1	0.8	0.9
会宁	2.5	2.2	1.5	2.0
区域	1.4	1.4	0.8	1.0

2.3 月、季变化特征

白银市冰雹天气月、季变化总体呈单峰型特征,基本接近正态分布。利用 1978-2020 年白银市各县区及区域平均逐月冰雹日数,其变化趋势见图 3,分析冰雹日数的月际变化特征。由图 3 可以看出,白银市冰雹天气主要集中在 4-10 月发生,7 月最多,6 月、8 月次之,5 月、9 月较少,4 月、10 月最少;从 4 月开始出现,5 月逐渐增多,6 月继续增多,7 月达到高峰,8 月开

始减少,9 月继续减少,10 月迅速减少,直至消失,其变化趋势各地具有较好的一致性,可以得出白银市冰雹天气始于 4 月,结束于 10 月,7 月为全年最多的月份;在地域分布上,北部地区的景泰县、白银区、靖远县绝大多数月份低于区域平均值线以下,南部地区会宁县高于区域平均值线以上,南部地区大于北部地区。

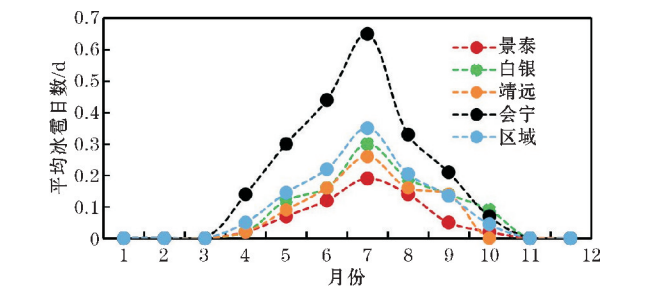


图3 1978-2020 年白银市各县区及区域平均逐月冰雹日数变化趋势曲线

为进一步分析白银市冰雹日数的季节性变化特征,统计了各县区平均各季节冰雹日数及所占百分比,需要说明:冬季(11-2 月)无冰雹发生不再列入表 2 中。由表 2 可以看出,就区域平均而言,多集中于夏季发生,春季和秋季相当且较少;就县区而言,表现为夏季最多,景泰县、靖远县春季和秋季相当且较少,白银区秋季较少、春季最少,会宁县春季较少,秋季最少,春秋变化不一。

表2 1978-2020 年白银市各县区平均各季节冰雹日数及所占百分比

县区	春季日数/d	夏季日数/d	秋季日数/d	春季占比/%	夏季占比/%	秋季占比/%
景泰	0.03	0.15	0.02	15	75	10
白银	0.05	0.22	0.08	14	63	23
靖远	0.04	0.19	0.05	14	68	18
会宁	0.15	0.47	0.09	21	66	13
区域	0.07	0.26	0.06	18	67	15

春季(3-5 月):各县区平均冰雹日数在0.03~0.15 d,占全年冰雹日数的 14%~21%,占比相对较小,这与白银市春季干旱少雨的气候特征有很大的关系。

夏季(6-8 月):各县区的平均冰雹日数在0.15~0.47 d,占全年冰雹日数的 63%~75%,占比相对较大。白银市夏季的气候特点是气温相对较高,水汽条件相对较好,受境内多山脉、多丘陵、多沟壑等地形影响,大气层结不稳定度增强,极易形成冰雹、暴雨等局地强对流天气发展。

秋季(9-11 月):各县区的平均冰雹日数在0.02~0.09 d,占全年冰雹日数的 10%~23%,占比较小。入秋以来白银市天气逐渐转凉,大气层结趋于稳定,从而

抑制对流天气发展。

2.4 日变化特征

白银市冰雹天气日变化与月、季变化极为相似,同样具有单峰型特征。1990 年以前,由于当地民政部门对乡镇点冰雹发生的历史记载中,只记录了冰雹发生的年份、月份、日期、地点和灾情,而未详细记录冰雹发生的具体时间段,所以本文采用 1990-2020 年近31 a 有准确时间段记录的冰雹资料分时间间隔(2 h)统计冰雹出现时段次数(与冰雹日数相同),并求其年平均。由表 3 可以看出,以 20 时为日界,从统计中未见 08-12 时和 20-08 时发生冰雹天气,12-20 时可能发生冰雹天气。12-14、18-20 时平均冰雹日数分别为

0.03~0.13 d、0.06~0.19 d,显然冰雹天气发生的概率较小;14~16 时、16~18 时平均冰雹日数分别为0.26~0.74 d、0.23~0.65 d,显然冰雹天气发生的概率较大。由此可见,一日中白银市各县区冰雹天气易发时段主要在 12~20 时,高发时段主要集中于 14~18 时,其余时段无冰雹天气发生。研究结果同样可以应用于冰雹天气预报预警业务,为白银市人工影响天气防雹作业提供科学的参考依据。

表 4 1978~2020 年白银市各县区季、年冰雹日数均方差及变差系数

县区	均方差/d				变差系数			
	春季	夏季	秋季	年	春季	夏季	秋季	年
景泰	0.29	0.58	0.26	0.69	2.20	1.35	2.57	1.09
白银	0.32	0.80	0.68	1.20	3.21	2.01	3.42	1.71
靖远	0.32	0.70	0.46	0.97	2.41	1.04	3.46	1.04
会宁	0.63	0.92	0.59	1.36	1.58	0.73	2.51	0.72

均方差可以反映冰雹日数平均年际变化特征。由表 4 可以看出,各县区冰雹日数平均年际变化春季、夏季、秋季、年分别在0.29~0.63 d、0.58~0.92 d、0.26~0.68 d、0.69~1.36 d,白银区、靖远县均方差大小的排序是年、夏季、秋季、春季,景泰县、会宁县均方差大小的排序是年、夏季、春季和秋季相当,总体上冰雹日数平均年际变化年的最大,夏季次之,春、秋季较小,南部地区大于北部地区。

变差系数可以反映冰雹日数的平均相对变化特征。由表 4 可以看出,各县区冰雹日数的变差系数春季、夏季、秋季、年分别为 1.58~3.21、0.73~2.01、2.51~3.46、0.72~1.71。除会宁夏季和年变差系数小于 1 之外,其余全部大于 1,并且半数呈倍数级增长,表现出冰雹天气的突发性强、随机性大、稳定性差的特点。相比之下秋季最大、春季次之、夏季较小、年的更小,南部地区小于北部地区,表明年变化较季节的稳定,夏季较春季稳定,春季较秋季稳定,南部地区较北部地区稳定。

2.6 周期性变化特征

小波分析能有效地从有限信号中提取信息,通过伸缩和平移等运算功能对函数或信号进行多尺度细化分析。从图 4(a)可以看到,白银市北部地区冰雹日数在伸缩尺度 10~15 a 层次完成了 4 个振荡期,1979~1983 年、1986~1993 年、1995~2002 年、2004~2015 年为偏少期。10 a 左右的年代际周期显示,目前仍处于偏多期,5 a 左右的短周期变化也比较明显;从图 4(b)可以看到,白银市南部地区冰雹日数在伸缩尺度10 a 左右也完成了 4 个振荡期,1980~1984 年、1986~1990 年、1993~1999 年、2006~2014 年为偏少期。10 a 的年

表 3 1990~2020 年白银市各县区 2 h 平均冰雹日数 单位:d

县区	12~14 时	14~16 时	16~18 时	18~20 时
景泰	0.03	0.26	0.23	0.10
白银	0.06	0.32	0.32	0.10
靖远	0.06	0.39	0.39	0.06
会宁	0.13	0.74	0.65	0.19

2.5 稳定性变化特征

代际周期显示,目前仍处于偏多期,5 a 的短周期变化不明显。因此,不难发现白银市冰雹日数 10~15 a 的年代际周期非常明显,目前均处于相对偏多期,南北地区变化比较一致;5 a 左右的短周期南北有一定的差异,北部地区相对明显,南部地区不明显,北部地区波动性大,南部地区相对稳定,这与白银市南北气候差异有关。

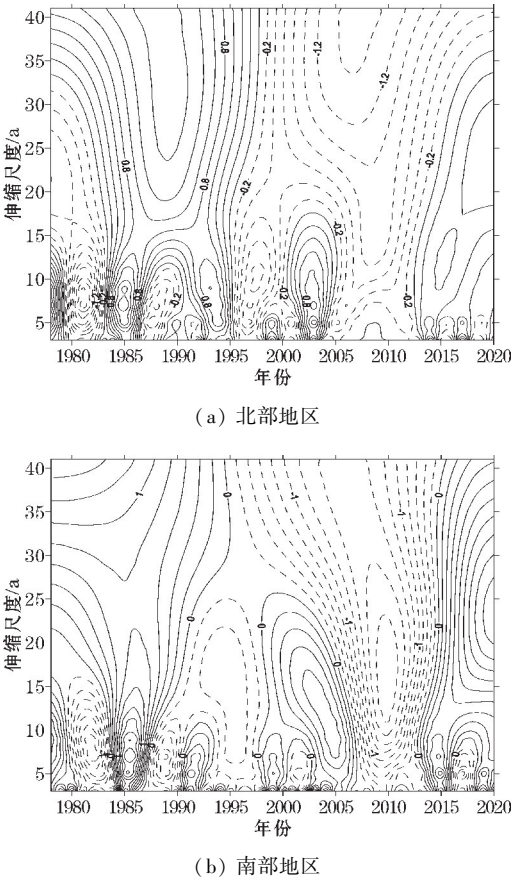
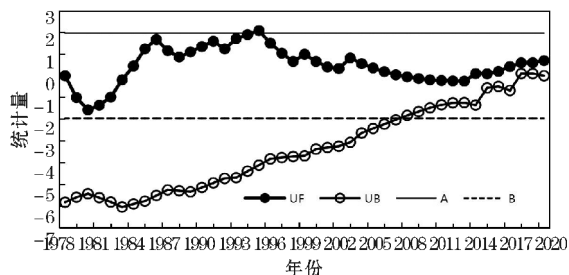


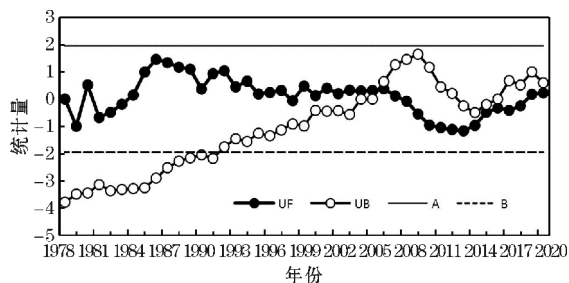
图 4 1978~2020 年白银市冰雹日数小波分析结果

2.7 突变性检验特征

利用 Mann-Kendall 检验方法对白银市北部地区和南部地区年冰雹日数进行突变性特征检验。其中,显著水平 $U_{0.05} = \pm 1.96$,用 A,B 分别表示。由图 5 可以看出,总体上(UF 曲线)白银市北部地区和南部地区冰雹日数存在比较显著的年代际变化特征。对于北部地区而言,1981–1987 年有比较明显的上升趋势,1989–1996 年有缓慢上升趋势,1997–2014 年在波动中有缓慢下降趋势,2015 年以后又呈缓慢上升趋势,UB 曲线虽然穿过 0.05 水平线,但 UF 曲线和 UB 曲线未交叉,无明显突变现象;对于南部地区而言,1981–1986 年有明显上升趋势,1987–2005 年在波动中呈缓慢下降趋势,2006–2013 年有比较明显的下降趋势,2014 以后又呈缓慢的上升趋势。其中,UF 曲线与 UB 曲线出现交叉点且 UB 曲线穿过 0.05 水平线,出现突变现象,突变时间是 2006 年。黄玉霞等^[19]对甘肃冰雹天气气候特征研究显示,河西地区与河东其他地区冰雹天气的年际及年代际变化受其不同区域气候差异而不尽相同,河西地区突变不明显,河东地区突变显著,说明白银市冰雹天气北部地区具有甘肃河西地区的变化特征,南部地区具有甘肃河东地区的变化特征。



(a) 北部地区



(b) 南部地区

图5 白银市年冰雹日数 Mann-Kendall 的突变检验曲线图

3 结论

通过对 1978–2020 年白银市冰雹天气气候及其影响因素分析,可得出以下结论:

(1)白银市冰雹日数从南向北递减,形成“南多北少”空间分布特征。迎风坡和背风坡效应显著,形成白银市冰雹天气空间分布极不均匀,极少区出现在北部地区呈“钳形状”冰雹低值区,高发区出现在南部地区最南端;在空间分布上,按稀有区、少发区、易发区和高发区等 4 个级别进行气候划分,可作为冰雹天气在落区或落点方面的指标在预报预警业务中得以应用。

(2)白银市不同区域冰雹日数变化呈减少趋势程度不一,南部地区倾向率 $-0.31 \text{ d}/10 \text{ a}$,北部地区倾向率 $-0.42 \text{ d}/10 \text{ a}$;20 世纪 80、90 年代冰雹日数较 21 世纪 10、20 年代多。

(3)白银市冰雹日数的季、月和日变化呈显著的“单峰型”特征。季节变化中夏季较其他季节多;月变化中主要集中于 4–10 月发生,其中 7 月最多;日变化中 12–20 时为降雹易发时段,14–18 时为降雹高发时段。

(4)白银市冰雹日数稳定性变化呈年变化较夏季的稳定,夏季较春季和秋季稳定,南部地区较北部地区稳定,存在明显的 10 ~ 15 a 的年代际周期,北部另有明显的准 5 a 短周期,南部存在明显的突变特征,突变时间是 2006 年,2016 年以后冰雹日数有增多趋势。

参考文献:

- [1] 鲍文中. 甘肃气候[M]. 北京:气象出版社, 2018:129–138.
- [2] 陈少勇,何世博,贺红梅,等. 白银市气候资源特征及开发应用[J]. 成都信息工程学院学报, 2002,17(2):272–276.
- [3] Changnon S A, Changnon D. Long-term fluctuations in hail incidences in the United States[J]. Journal of Climate, 2000,13(3):658–664.
- [4] Zhang Chunxi, Zhang Qinghong, Wang Yuqing. Climatology of hail in China:1961–2005[J]. Journal Of Applied Meteorology and Climatology, 2008,47(3):795–805.
- [5] 张琳娜,郭锐,何娜,等. 北京地区冰雹天气特征[J]. 气象科技, 2013,41(1):114–120.
- [6] 刘德祥,白虎志,董安祥,等. 中国西北地区冰雹的气候特征及异常分析[J]. 高原气象, 2004,23(6):796–799.
- [7] 李照荣,丁瑞津,董安祥,等. 西北地区冰雹分布特征[J]. 气象科技, 2005,33(2):160–162.
- [8] 张鸿发,左洪超,郝秀书,等. 平凉冰雹回波特征分析[J]. 气象学报, 2002,60(1):60–65.
- [9] 张芳华,高辉. 中国冰雹日的时空分布特征[J].

- 南京气象学院学报,2008,31(6):687-693.
- [10] 康凤琴,张强,马胜萍,等. 青藏高原东北边缘冰雹形成机理[J]. 高原气象,2004,23(6):749-757.
- [11] 康凤琴,张强,郭江勇,等. 中国西北地区冰雹的气候特征[J]. 干旱区研究,2007,24(1):83-85.
- [12] 王若升,张彤,樊晓春,等. 甘肃平凉地区冰雹天气的气候特征和雷达回波分析[J]. 干旱气象,2013,31(2):373-377.
- [13] 陈少勇,韩通,乔立,等. 白银市气候资源评估. 干旱区资源与环境[J],2011,25(11):79-85.
- [14] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,2007:99-104.
- [15] 陈少勇,韩通. 白银市作物生长期降水变化的稳定性分析[J]. 甘肃科学学报,2008,20(1):69-72.
- [16] 符淙斌,王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学,1992,16(4):482-493.
- [17] 林振山,邓自旺. 子波气候诊断技术的研究[M]. 北京:北京气象出版社,1999:21-25.
- [18] 周崑,张强,康凤琴. 我国西北地区降雹气候特征及若干研究进展[J]. 地球科学进展,2005,20(9):1029-1036.
- [19] 黄玉霞,王宝鉴,王研峰. 1974-2013 甘肃冰雹日数的变化特征[J]. 气象,2017,43(4):450-459.

Analysis of North-South Differences in the Climatic Characteristics of Hail in Baiyin, Gansu

SHAO Qingjun^{1,2}, FENG Yaru², LI Weiguo², LIU Xiaomeng², JING Huaixi²

(1. Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou 730020, China; 2. Baiyin Meteorological Bureau, Baiyin 730900, China)

Abstract: To analyze the north-south differences in the climatic characteristics of hail in Baiyin area of Gansu province, based on the data of 4 meteorological observation stations and 59 township points census data in Baiyin from 1978 to 2020, the spatiotemporal characteristics of hail weather and their influence factors were analyzed by using the methods of linear trend analysis, variation coefficients, wavelet analysis, Mann-Kendall method and correlation coefficients. The results show that the spatial distribution of hail days tends to decrease from south to north, which is characterized as "more in the south and less in the north". At the same time, due to the influence of topography, the effects of windward slope and leeward slope are relatively significant, with several high incidence areas and low incidence areas in the same or different counties, with the rare areas occurring in the north in a "pincer-shaped" low value areas and the high incidence areas occurring in the southernmost part of the southern region. The high incidence period of diurnal variation is between 14-18 h, monthly variation is concentrated between April and October, with the most frequent in July, and seasonal variation is most frequent in summer. In terms of the stability of hail days, the annual variation is more stable than that of season, summer is more stable than that of spring and autumn, and the southern part is more stable than the northern part; there is a 10-15 a inter-decadal cycle, with an additional quasi-5 a short cycle in the north and a mutation feature in the south, which occurred in 2006. Inter-annual variation of hail days in recent 43 a is decreasing and is more significant in the north than in the south, and the inter-decadal variation is significantly less in the 2010s and 2020s than in the 1980s and 1990s.

Keywords: Baiyin area; hail climate; difference analysis