

岳治国,田显,王瑾,等. 1971—2020年陕西渭北地区冰雹气候特征及成因分析[J]. 陕西气象,2024(4):15—19.

文章编号:1006-4354(2024)04-0015-05

1971—2020年陕西渭北地区冰雹气候特征及成因分析

岳治国^{1,2},田 显^{1,2},王 瑾^{1,2},宋嘉尧^{1,2},李 燕¹

(1. 陕西省人工影响天气中心,西安 710016;

2. 陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室,西安 710016)

摘要:基于1971—2020年陕西渭北地区32个国家气象站的降雹数据和NCEP再分析资料的动力、温度、湿度、风速等月平均数据,分析了陕西渭北冰雹变化特征和关键影响因素。结果表明:渭北地区冰雹呈现北多南少,夏季多,冬春少,冰雹主要出现在5—8月,降雹频次6月最多;渭北地区年、月降雹频次呈减少趋势,6月降雹频次减少趋势最为明显;渭北地区对流有效位能和垂直速度减小,0℃层的高度升高,高空风速减小,是渭北地区降雹频次减小的主要原因;渭北地区广泛开展的地面对雹作业,也是降雹频次减小的因素之一。

关键词:渭北;冰雹;气候特征;对流有效位能

中图分类号:P426.64 : P48

文献标识码:A

陕西渭北地区一般是指渭河以北、延安以南的地区。苹果是当地主要经济作物,也是农民脱贫致富的主要产业。陕西渭北地处青藏高原东北边缘,地形沟壑纵横,夏季频发的冰雹天气,严重影响苹果的产量与品质,对陕西果业生产构成了极大的危害。研究渭北地区冰雹的特征,对制定防御措施、减少雹灾损失和提高果农收入具有重要意义^[1]。

冰雹的研究重点不仅有预报预警^[2-6]、形成机制^[7-9]、数值模拟^[10-13]等方面,冰雹气候特征研究^[14-19]也是重要的研究方向。国内外对冰雹气候特征开展了许多研究:张芳华等^[14]发现1971—2000年我国冰雹日数有显著减少的趋势;孔锋等^[18]分析了55 a的冰雹、大风、雷暴和闪电日数数据,发现中国4种灾害性对流天气日数呈减少趋势,且冰雹和雷暴日数具有“先增后减”的分段变化特征;仇莉等^[20]利用延安市10 a冰雹观测资

料分析发现,延安市年均冰雹日23.2 d,冰雹主要出现在6—8月,15—18时为一日中出现冰雹的高峰时段;王宇等^[21]使用雷达资料和降雹资料,研究了近年咸阳市的冰雹移动路径特征,对科学规划防雹作业站点布局有重要意义。这些围绕陕西典型冰雹个例的天气成因及陕西冰雹云的雷达、卫星特征的研究,为陕西冰雹的监测预警预报提供了技术支撑,但对渭北冰雹的长时间序列的气候特征研究较少。马荣君等^[19]利用陕西省2000—2019年观测站冰雹资料,研究了陕西省冰雹时空分布特征,表明陕西省年际冰雹次数整体呈下降趋势,其中陕北地区下降速度最快,关中地区其次,而陕南地区年际变化无明显变化;但此研究仅基于2000年之后的资料。在气候变化的背景下,研究陕西渭北冰雹的新特征,可为合理安排重点防雹时段等防雹工作提供依据,对于渭北地

收稿日期:2023-09-13

作者简介:岳治国(1977—),男,汉族,陕西凤翔人,硕士,正高级工程师,从事人工影响天气业务和研究。

通信作者:田显(1983—),男,汉族,陕西周至人,学士,工程师,从事人工影响天气业务和研究。

基金项目:中国气象局创新发展专项课题(CXFZ2024J036);陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室开放基金课题(2022G-9;2020G-12)

区开展防雹减灾工作意义重大。

1 数据及处理方法

由于一般降雹发生的范围较小、时间较短,许多降雹过程都发生在气象站之外,收集地面降雹资料较为困难。近年来,有些研究使用了气象站之外的冰雹资料^[20~21],但冰雹资料的时序均不长,且资料的收集标准各异。截至目前,气象站降雹数据仍是最为完整和连续的冰雹观测资料,适合进行冰雹气候特征分析,因此,本文利用陕西省国家气象站1971—2020年50 a地面观测的降雹频次资料进行统计分析。1 d内某个气象站出现1次以上的地面降雹时,则该站降雹频次记为1站次。1个测站每月的降雹频次合计为月降雹频次,1 a内的合计为年降雹频次,50 a的年平均值为该台站的年平均降雹频次。

按照地表特征,结合测站气候特征,选择渭北高原观测数据完整的榆林、延安、铜川、宝鸡、咸阳、渭南等6市的32个气象站作为数据统计测站。32站每年的降雹频次之和为渭北地区的年降雹频次。1971—2020年渭北地区大气特征参数数据来自NCEP/NCAR(DS090.2)再分析资料,此是美国国家环境预报中心(NCEP)和美国国家大气研究中心(NCAR)利用观测资料、预报模式和同化系统进行再分析形成的全球格点月平均资料,包括1 000、925、850、700、600、500、400、300 hPa等8个气压高度层的温、压、湿、风向和风速等数据,空间分辨率为 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 。使用这些数据可以计算和分析对流有效位能(CAPE)、垂直速度、温度、风速的月平均值。本文利用107.5°E、35.0°N格点位置NCEP/NCAR月平均数据研究渭北冰雹气候特征的成因。

2 结果分析

2.1 空间分布特征

从渭北32站50 a年平均降雹频次空间(图1)分布可见,延安地区年均降雹频次总体多于渭北其他地区,渭北南部的宝鸡、咸阳和渭南北部地区最少,总体呈现北多南少的分布。其中,年平均降雹频次最多为宜君站的2.04站次,最少为千阳站的0.46站次。宜君、黄龙、延安等15个测站年平均降雹频次大于1站次,清涧、延长、米脂等15

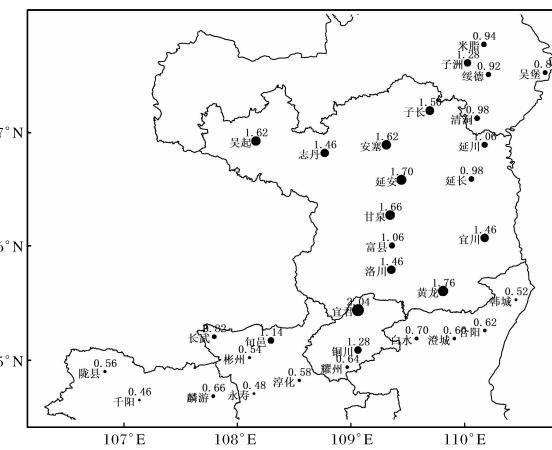


图1 1971—2020年陕西渭北地区各气象站年平均降雹频次(黑色圆圈的大小代表降雹频次多少,数值单位为站次;审图号为GS(2019)3333号)

个测站年平均降雹频次大于0.5站次。

2.2 时间变化特征

由渭北32站年降雹频次(图2)变化可见,年降雹频次最多为1973年的75站次,最少为2018年的5站次。其中,渭北年降雹频次出现在5~20、21~30、31~40、41~50、51~75站次区间的年份分别有13、11、7、11、8 a。2007—2014年是渭北地区降雹频次(6~15站次)的低谷,2020年增加到46站次,出现略微增加的趋势。图2中年降雹频次的线性拟合结果表明,渭北地区年降雹频次的减少趋势十分明显,线性变化率平均值为 -8.3289 站次/10 a。图3为50 a渭北地区5、6、7、8月各月的降雹频次散点图和线性拟合结果。可见,这4个月的降雹频次均为减少趋势,其中6月减少趋势最为明显。

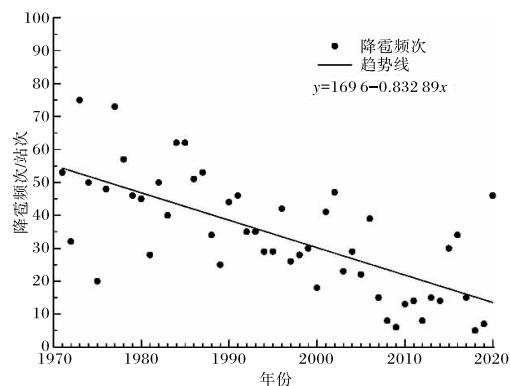


图2 1971—2020年陕西渭北地区32个气象站年降雹频次和变化趋势

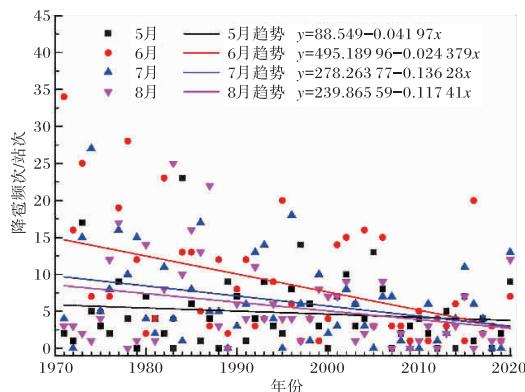


图3 1971—2020年5—8月陕西渭北地区月降雹频次和变化趋势

从渭北32站50 a各月累计降雹频次图(图4)可见,

渭北地区降雹主要发生在夏季,5—8月的月降雹频次均超过了200站次,最高为6月的435站次。4月、9月、10月的降雹频次分别为152、192、66站次,2月和12月降雹频次各出现1站次,1月未出现降雹。因此,下文将针对降雹频次较多的5—8月,分析渭北地区与对流发生密切相关的动力、温度、湿度、风速等要素的气候变化特征。

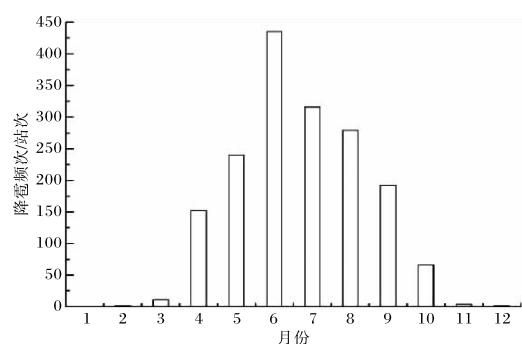


图4 1971—2020年陕西渭北地区32个气象站月累计降雹频次

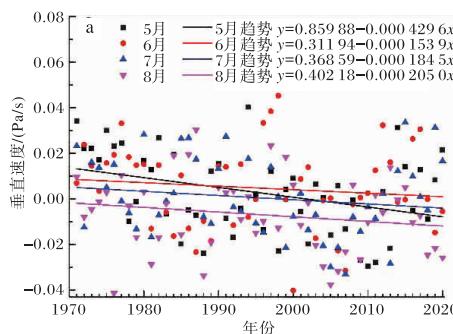


图6 1971—2020年5—8月陕西渭北700 hPa(a)和500 hPa(b)月平均垂直速度和变化趋势

2.3 气象要素变化特征

2.3.1 对流有效位能和垂直速度 对流有效位能(CAPE)被广泛用于量化大气层结不稳定性或抬升气块所能拥有的正浮力。CAPE直接影响着大气对流的发生频率与强度。从CAPE近50 a分布(图5)可见,渭北地区7月和8月CAPE值接近,约为1 200 J/kg,明显大于5月的26 J/kg和6月的300 J/kg。5月、7月和8月的CAPE值变化不大,有略微减小的趋势,6月的CAPE值减小趋势最为明显,线性变化率为-32.52(J/kg)/10 a,这也说明渭北6月产生对流的能量减小趋势最为明显。

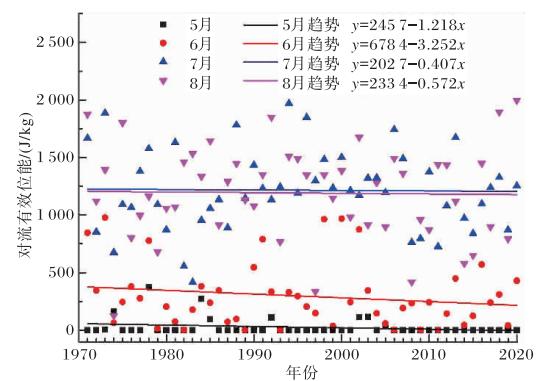
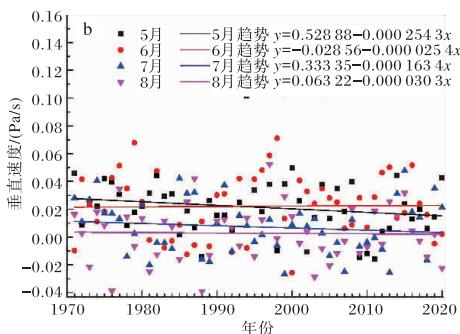


图5 1971—2020年5—8月陕西渭北地区对流有效位能和变化趋势

图6为渭北700 hPa和500 hPa等压面的各月的垂直速度散点图,图中正速度为上升气流,负速度为下沉气流。分析可见,渭北高空垂直速度整体为减小趋势,且8月700 hPa等压面主要以下沉气流为主。

渭北CAPE值和垂直速度的减小趋势,与渭北降雹频次总体减少的趋势相一致,说明渭北地



区大气对流特性在减小,从而导致对流天气过程和冰雹减少。

2.3.2 温度 1961—2020年5—8月渭北700 hPa和500 hPa等压面的温度均呈增加趋势(图7),700 hPa和500 hPa的升温趋势一致,线性变化率

约为 $0.1^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。可见,由于夏季渭北高空温度升高,即 0°C 层的高度也随之升高,冰雹落到地面前的在正温区融化的路径增加,也就增加了雹粒在降落到地面前融化成雨滴的概率,从而导致地面冰雹减少。

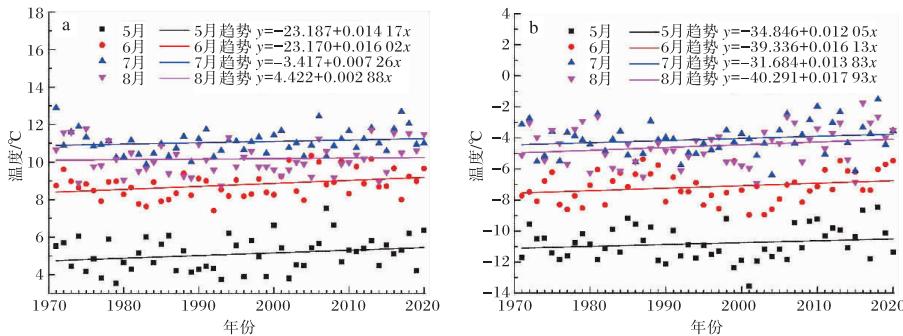


图7 1971—2020年5—8月陕西渭北地区700 hPa(a)和500 hPa(b)月平均温度和变化趋势

2.3.3 风速 渭北地区沟壑纵横的地形地貌,不同区域温差大,在夏季较大的风速下易加剧冷暖空气交汇,产生不稳定层结,促使对流天气发生;但渭北700 hPa、500 hPa等压面的水平风速都为

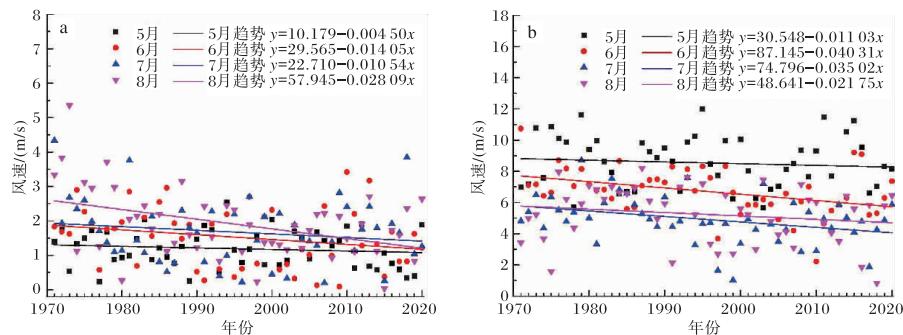


图8 1971—2020年5—8月陕西渭北700 hPa(a)和500 hPa(b)月平均水平风速分布和变化趋势

1990—2020年渭北地区防雹年平均消耗炮弹量为4万发左右,其中2016年消耗炮弹量为近年之最,超过10万发。1997年起,渭北地区开始使用火箭弹进行防雹作业,近年来渭北地区年消耗火箭弹约2000余枚,防雹作业炮弹和火箭弹年消耗量增加趋势明显(图9)。在渭北地区降雹频次逐年减少的背景下,不断增加的防雹作业地区和作业用弹量可能进一步增强了降雹频次的减少趋势。

4 结论与讨论

(1)近50 a来,渭北地区冰雹呈现北多南少,夏季多、冬春少的特征,降雹主要出现在5—8月,降雹频次6月最多。渭北地区年、月降雹频次均

减小趋势(图8),这不利于触发对流发生发展。

3 降雹频次与防雹作业分析

为了减少冰雹灾害造成的损失,渭北各县区均利用地面高炮、火箭开展人工防雹作业。

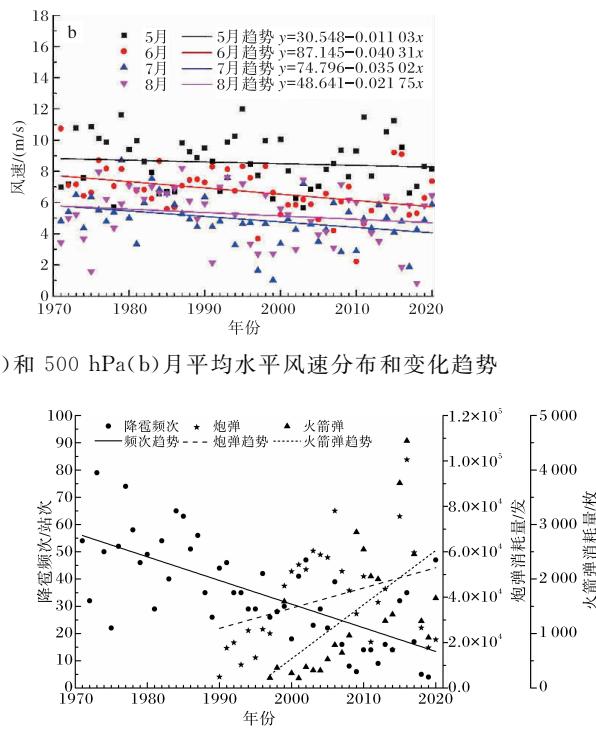


图9 1971—2020年陕西渭北地区气象站年降雹频次、年防雹作业消耗炮弹和火箭弹量

呈减少趋势,6月降雹频次的减少趋势最为明显。

(2)渭北地区CAPE和垂直速度减小、 0°C 层

的高度升高、高空风速减小等因素，导致渭北地区降雹频次减少明显。渭北广泛开展地面防雹作业且用弹量不断增加，也是降雹频次减少的因素之一。

参考文献：

- [1] 岳治国,陈宝君,王瑾,等.陕西渭北果业区冰雹研究进展[J].气象科技进展,2021,11(5):135-140.
- [2] 王旭仙,武麦凤,谢在发,等.一次冰雹过程的卫星云图和雷达回波特征分析[J].陕西气象,2010(2):18-22.
- [3] 刘帆,高萌,王瑾婷.不同波段雷达在咸阳冰雹过程中的应用分析[J].陕西气象,2021(2):9-16.
- [4] 孟妙志,任欢,李静睿,等.关中西部致灾大冰雹天气分析[J].陕西气象,2021(1):1-7.
- [5] 彭力,赵强,陈小婷,等.陕西4月冰雹天气学特征及对流潜势指标分析[J].陕西气象,2021(3):1-6.
- [6] 徐小红,余兴,刘贵华,等.冰雹云卫星早期识别与自动预警[J].大气科学,2022,46(1):98-110.
- [7] 希热娜依·铁里瓦尔地,努尔比亚·吐尼牙孜,王建友.天山南麓一次弱垂直风切变条件下的致灾冰雹成因分析[J].陕西气象,2021(4):9-15.
- [8] 施文全,王昂生.冰雹微结构的分析研究[J].气象学报,1983,41(1):89-96.
- [9] 岳治国,梁谷.陕西渭北一次降雹过程的粒子谱特征分析[J].高原气象,2018,37(6):1725-1736.
- [10] 郭欣,郭学良,陈宝君,等.一次大冰雹形成机制的数值模拟[J].应用气象学报,2019,30(6):651-664.
- [11] 胡国玲.三维冰雹云数值模式及业务应用[J].陕西气象,2012(1):19-23.
- [12] 肖辉,吴玉霞,胡朝霞,等.旬邑地区冰雹云的早期识别及数值模拟[J].高原气象,2002,21(2):159-166.
- [13] 胡朝霞,李宏宇,肖辉,等.旬邑冰雹云的数值模拟及累积带特征[J].气候与环境研究,2003,8(2):196-208.
- [14] 张芳华,高辉.中国冰雹日数的时空分布特征[J].南京气象学院学报,2008,31(5):687-693.
- [15] 符琳,李维京,张培群,等.近50年我国冰雹年代际变化及北方冰雹趋势的成因分析[J].气象,2011,37(6):669-676.
- [16] 张丹,邢海虹.1950—2000年陕南冰雹灾害的时空分布规律[J].陕西气象,2014(2):20-23.
- [17] 万红莲,宋海龙,朱婵婵,等.陕西地区1368—2013年冰雹灾害时空分布特征研究[J].干旱区资源与环境,2017,31(2):123-127.
- [18] 孔锋,杨萍,王品,等.中国灾害性对流天气日数的时空变化特征[J].长江流域资源与环境,2018,27(11):2518-2528.
- [19] 马荣君,李潇斐,毛彦霖,等.陕西省冰雹气候变化特征及其关键影响因素分析[J].干旱区研究,2022,39(3):767-773.
- [20] 仇莉,王凌军,郑小阳,等.延安市冰雹时空分布及灾害特征[J].陕西气象,2022(4):37-41.
- [21] 王宇,谢越,马文,等.咸阳市冰雹路径研究[J].陕西气象,2021(1):28-32.