

马耀绒,韩蓓蓓,尹贞铃,等.渭南高温时空变化特征及其定量化评估[J].陕西气象,2024(3):38-44.

文章编号:1006-4354(2024)03-0038-07

渭南高温时空变化特征及其定量化评估

马耀绒^{1,2},韩蓓蓓^{1,2},尹贞铃^{1,2},许伟峰^{1,2}

(1.渭南市气象局,陕西渭南 714000;

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:利用渭南市11个县(市、区)气象站1971—2020年的逐日最高气温资料,结合单站高温过程综合强度指标算法,得到渭南各县(市、区)高温天气综合强度等级划分阈值,并根据单站高温过程阈值,确定出区域性高温过程强度等级以及全市性高温过程强度等级定量化评估方法,分析了渭南市高温时空分布特征。结果表明:(1)渭南市高温频次、强度总体呈南多北少的分布特征,南部的华州、临渭、华阴是高温事件高发的关键区域;渭南高温天气出现时间跨度为4月中旬至10月上旬,6—8月高温最多,占全年的93.9%,其中7月下旬各个区域的高温日数达到最多,往后逐渐减少。(2)20世纪70年代以来,渭南高温过程呈现出增长趋势,80年代至今,高温过程逐渐增多,过程极值和高温等级增高,高温有出现时间趋早和结束时间趋晚的变化特征。(3)对提出的单站高温天气过程综合强度指标计算方法、区域性和全市性高温过程强度等级确定方法,进行检验和业务试用评估,其对高温过程综合强度进行合理排位,结果科学可信。

关键词:高温定量评估;时空变化特征;渭南市

中图分类号:P423

文献标识码:A

高温是一种典型的灾害性天气现象。随着全球气候变暖,高温酷热天气频繁出现,与其相伴而生的干旱、热浪等极端天气气候事件也频频出现,一些地区生态环境不断恶化,对农业、水资源、人民生活等方面都产生了深刻而广泛的影响^[1-3]。近年来,高温危害日益被社会所重视。李艳莉等^[4]研究高温对猕猴桃果园影响、果树高温热害指标,并构建果园最高气温预测模型;张丽等^[5]利用MODIS地表温度产品,分析宜昌地区的热岛区主要分布在主城区至东南部平原地带。

大量学者针对高温进行了深入研究。任国玉等^[6]研究指出,在我国年平均气温上升趋势的背景下,最高气温逐年上升,夏季炎热期延长;程肖侠等^[7]对陕西省高温变化研究指出,近几十年陕

西省高温日数明显增加,关中东部平原地区是高温发生频次多、强度强,且多持续性高温的区域,并提出了陕西省高温定量化评估方法,建立了评估指标;韩洁等^[8]对宝鸡夏季高温气候特征及其极端高温年环流进行了分析;狄慧^[9]研究发现,近62 a兰州高温日平均值为4.3 d,高温日以1.3 d/10 a的上升趋势显著增加;张旭阳等^[10]对西安市的高温过程进行了评估,将高温过程分为3个等级。不同区域的高温变化特征也不尽相同。渭南地处陕西关中平原东部,属渭北旱腰带地区,夏季炎热,高温频次多、强度大。2022年夏季,渭南出现历史超强高温过程,多站最高温度和最长连续高温日数超历史极值。目前关于渭南市高温过程评估方法的研究还是空白。为加强渭南高温早期

收稿日期:2023-05-15

作者简介:马耀绒(1974—),女,陕西蒲城人,汉族,本科,高级工程师,从事农业气象工作。

通信作者:韩蓓蓓(1982—),女,陕西佳县人,汉族,硕士,高级工程师,从事农业气象工作。

基金项目: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(2021G-25);渭南市气象局科研项目(2023wk-3)

预警,对高温过程实现快速精细化实时评估,利用近 50 a 历史气象资料,在程肖侠等前人研究的基础上,建立渭南单站高温定量化评估方法和渭南区域性以及全市性高温过程强度等级定量化评估方法,以便为渭南各级政府及有关部门实施高温灾害应急预案提供更加精细的技术支撑。

1 资料与方法

1.1 资料来源和高温过程定义

选取资料为渭南市 11 个县(市、区)气象站 1971—2020 年的逐日最高气温以及 2022 年 8 月的逐日最高气温。日最高气温 ≥ 35 °C 且持续 3 d 以上记为一次高温过程。

1.2 高温过程综合强度指标计算方法

《区域性高温天气过程等级划分》QX/T 228—2014^[11](下简称《标准》)中有单站高温天气综合强度指标计算方法。该方法被程肖侠等^[7]在陕西省高温定量化评估中进行了改进、试错,并提出了适用于陕西的单站高温天气过程综合强度指标计算方法,因此,可用来对渭南高温进行定量化评估。具体如下:

$$I_s = \sum_{j=1}^7 I_j \times T_j. \quad (1)$$

式中: I_s 为单站高温天气综合强度指标; j 表示高温区间; T_j 表示与 I_j 对应的高温日数; I_j 表示单站高温强度,《标准》中单站高温强度取值为 1,2,3,其对应的 3 个温度区间分别为 $[35,37)$ °C, $[37,40)$ °C 和 ≥ 40 °C。这样划分温度区间跨度大,分级少,综合强度指标对高温过程的评估不够精细,难以给出更加精细的评估结果。程肖侠等^[7]根据陕西高温特点,在试错的基础上,对此方法进行了改进,高温强度取值为 1.0,1.2,1.5,2.0,2.5,3.0,3.5,分别对应 $[35,36)$ °C, $[36,37)$ °C, $[37,38)$ °C, $[38,39)$ °C, $[39,40)$ °C, $[40,41)$ °C, ≥ 41 °C 7 个温度区间。

1.3 单站高温过程强度等级划分方法和阈值

基于以上综合强度指标计算方法和高温过程定义,利用渭南各县(市、区)气象站 1971—2020 年的逐日最高气温,得出 11 个县(市、区)历史上所有高温过程的 I_s 值。程肖侠等^[7]根据不同高温过程出现的概率将高温过程分为 4 个等级,即一般高温过程(50%)、较强高温过程(30%)、强高温过程(15%)、特强高温过程(5%)。据此计算渭南各县(市、区)单站高温天气综合强度等级划分阈值,结果见表 1。

表 1 渭南市 11 个县(市、区)高温过程综合强度(I_s)等级划分阈值和出现次数

站名	一般高温过程		较强高温过程		强高温过程		特强高温过程	
	阈值	次数/次	阈值	次数/次	阈值	次数/次	阈值	次数/次
华州	≤ 5.9	86	(5.9,10.8]	51	(10.8,17.0]	26	> 17.0	8
华阴	≤ 5.7	92	(5.7,10.5]	56	(10.5,15.9]	28	> 15.9	9
临渭	≤ 6.0	89	(6.0,10.5]	53	(10.5,18.4]	27	> 18.4	9
潼关	≤ 5.4	43	(5.4,8.8]	26	(8.8,11.7]	13	> 11.7	4
蒲城	≤ 5.6	63	(5.7,10.0]	38	(10.0,17.2]	18	> 17.2	6
大荔	≤ 5.0	73	(5.0,9.4]	44	(9.4,17.1]	22	> 17.1	7
富平	≤ 5.5	64	(5.5,9.6]	38	(9.6,16.4]	19	> 16.4	6
韩城	≤ 5.2	56	(5.2,9.6]	33	(9.6,15.2]	16	> 15.2	6
白水	≤ 4.0	11	(4.0,6.0]	6	(6.0,9.2]	3	> 9.2	1
澄城	≤ 4.3	28	(4.3,6.3]	17	(6.3,10.4]	9	> 10.4	2
合阳	≤ 4.2	18	(4.2,5.7]	11	(5.7,10.1]	6	> 10.1	2

1.4 高温范围、起止日期、区域性高温过程和全市性高温过程强度等级确定方法

参考田中伟等^[12]对渭南全市秋淋范围的定

义,本文定义高温过程的范围:1~2 站出现高温过程为局地性高温过程,3~5 站为区域性高温过程,6 站及以上为全市性高温过程。单站两次高

温过程仅间隔 1 d 则合并记为一次高温过程, 间隔超过 1 d 视为该站此次高温过程结束。高温过程的起始日期为满足条件的单站中第一个高温日, 结束日期为满足条件的单站中最后一个高温日。在实际业务服务中, 局地性高温过程一般只使用单站综合强度及其等级划分结果, 区域性和全市性高温过程以区域性或全市性高温过程综合

强度及其等级划分结果为主。

根据单站 1971—2020 年高温过程计算结果, 统计区域性高温过程或全市性高温过程中各站强度 (I_s) 的累加值为此次高温过程的强度, 计算历年历次区域性或全市性高温过程的强度指数, 并按照百分位阈值法得到渭南区域性高温过程和全市性高温过程强度等级划分阈值(表 2)。

表 2 渭南区域性和全市性高温过程强度 (I_s) 等级划分阈值和出现次数

高温范围	一般高温过程		较强高温过程		强高温过程		特强高温过程	
	阈值	次数/次	阈值	次数/次	阈值	次数/次	阈值	次数/次
区域性	≤ 15.3	30	(15.3, 21.6]	18	(21.6, 27.0]	8	> 27.0	3
全市性	≤ 53.1	55	(53.1, 93.0]	33	(93.0, 148.6]	16	> 148.6	6

2 结果与分析

2.1 高温空间分布特征

从 1971—2020 年渭南市高温过程次数空间分布图(图 1a)看, 渭南市高温具有明显的区域分布特征, 呈南多北少的特点, 东西空间上差异不大。南部的华州、临渭、华阴是大值中心, 近 50 a

出现 158~170 次高温过程, 平均每年 3.2~3.4 次。中部相对南部较少, 出现 117~133 次, 年平均 2.3~2.7 次。北部澄城、合阳、白水高温过程出现最少, 共出现 17~52 次, 年平均 0.3~1 次; 最北部的韩城由于海拔低, 高温过程具有比中部少, 比北部其余三县多的特点。

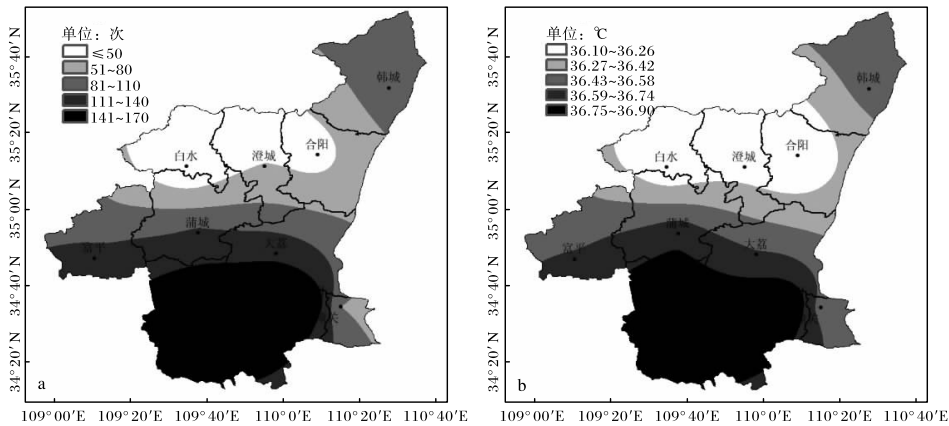


图 1 1971—2020 年渭南高温过程次数(a)和平均强度(b)空间分布

高温强度亦呈南强北弱的空间分布特征, 高温次数多的地区高温强度高(图 1b), 南部低海拔区平均高温强度 36.5~36.9 °C, 中部地区 36.6~36.7 °C, 北部高海拔区 36.1~36.5 °C。40 °C 以上危害性高温事件高发区为中南部 7 县(市、区), 渭南市南部历史最强高温极值 40.4~43.3 °C, 全市最高值出现在华州(2006 年 6 月 17 日); 中部 41.4~41.8 °C, 北部 38.9~40.9 °C(图 2a), 历史高温极值除白水和合阳均在 40 °C 以上。各站历

史最长连续高温日亦呈现从南到北逐步减少, 南部 33~38 d, 中部 19~29 d, 北部 8~14 d, 全市最高值出现在临渭 38 d(2018 年 7 月 15 日—8 月 21 日), 历史最长连续高温日 30 d 以上的有华阴、华州、临渭三市(区)(图 2b)。

2.2 高温时间变化特征

2.2.1 旬变化 渭南近 50 a 高温一般出现在 5 月下旬至 9 月上旬(图 3), 该时段高温日占全年的 98.5%; 6—8 月高温日最多, 占全年的 93.9%,

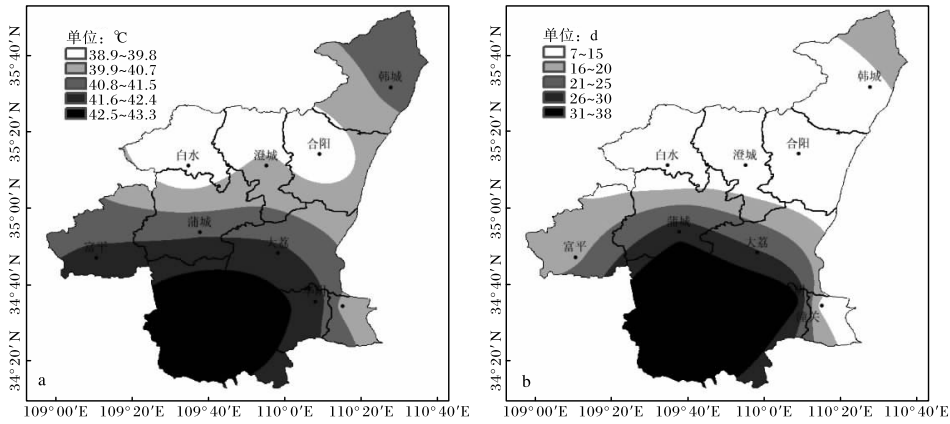


图2 1971—2020年渭南高温历史极值(a)和最长连续高温日(b)空间分布

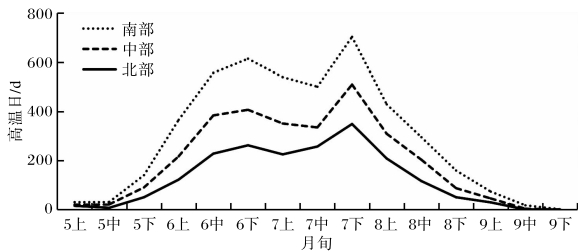


图3 1971—2020年渭南累计高温日旬分布

6—7月各旬高温日均多于8月各旬。每旬高温日均为南部最多,北部最少。中部和南部从5月上旬开始高温日逐渐增多,到7月中旬出现拐点;北部从5月下旬开始高温日逐渐增多,7月上旬出现拐点。7月下旬全市各个区域的高温日达到最多,之后逐渐减少。渭南高温最早出现时间,北

部在4月下旬(2006年4月29日),南部在4月中旬(2004年4月19日),中部在4月下旬(2005年4月28日)。最晚出现时间,北部在9月上旬(1997年9月5日),中部在9月中旬(1987年9月19日),南部在10月上旬(2016年10月3日)。南部高温出现时间跨度最长,北部最短。

2.2.2 年代和年际变化 从表3和图4可以看出,35~38℃高温日在20世纪90年代最多,80年代最少;38~40℃高温日在21世纪初最多,80年代最少;40℃以上高温日、高温过程以及高温极值从80年代至今逐渐增多和升高,即高温过程越来越多,高温极值越来越高。图5也表明,70年代以来,高温过程呈现出增多趋势。

表3 渭南市1971—2020年各等级高温日和高温过程年代变化

年代	高温日/d			高温过程/次	高温极值/℃
	[35℃, 38℃)	[38℃, 40℃)	≥40℃		
1971—1980	1 722	225	14	223	41.8
1981—1990	1 136	79	1	142	40.0
1991—2000	1 740	257	14	251	41.8
2001—2010	1 667	271	31	260	43.3
2011—2020	1 543	231	44	269	42.5

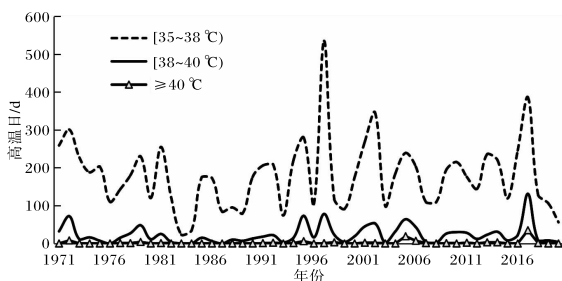


图4 1971—2020年渭南高温日年际变化

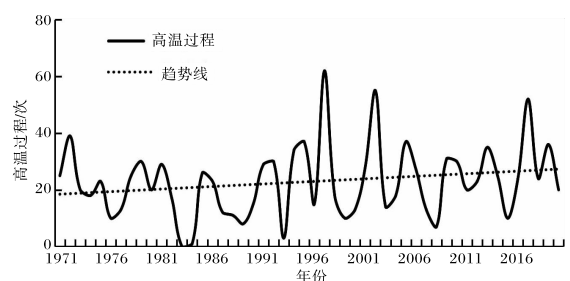


图5 1971—2020年渭南高温过程分布图

2.3 高温天气综合强度评估检验

为进一步验证单站、区域性、全市性高温天气综合强度指标在气象服务业务评估中的科学性和合理性,利用1971—2020年渭南历史高温过程资料对以上计算方法和划分阈值进行评估检验。

计算结果显示:1971—2020年渭南共出现区域性高温过程56次,全市性高温过程104次, I_s 计算值最大为2018年7月15日—8月21日,此

次高温过程持续38 d,期间最高温度 $39.9\text{ }^{\circ}\text{C}$,8个国家气象站出现高温;其次为2017年7月18—27日,11站出现高温,高温过程持续10 d,最高温度 $42.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。表4为1971—2020年渭南历史最强的10次高温过程特征,其 I_s 值大小和历史影响程度一致,结果符合以上建立的高温过程综合强度量化指标。

表4 1971—2020年渭南排名前10最强高温过程特征统计

时间	强度(I_s)	持续日数/d	高温极值/ $^{\circ}\text{C}$	高温范围/站
2018-07-15—08-21	240.1	38	39.9	8
2017-07-18—27	212.5	10	42.5	11
2004-06-19—07-08	180.6	20	39.8	11
2005-06-18—24	158.2	7	41.5	11
1971-07-14—31	157.7	18	39.7	9
1997-07-20—07-31	148.6	12	40.4	10
2017-07-07—15	145.5	8	41.3	11
1997-08-18—31	132.7	14	39.1	9
1972-08-06—15	130.3	10	40.0	11
1972-06-09—17	124.1	9	41.8	11

2022年6—8月华阴和大荔均出现4次高温过程(表5),其中华阴6月14日—7月1日的高温过程持续18 d,日最高气温极值 $41.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,平均最高气温 $36.9\text{ }^{\circ}\text{C}$,依据单站综合强度指标评判,该过程属于特强高温过程。历史资料显示华阴站特强高温过程共有8次,持续日数均在10 d左

右,过程最高气温在 $39\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,平均最高气温在 $36\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上。经分析可见,该次过程的持续日数和最高气温为该站1971年以来第二大值,符合单站高温过程评估量化标准。此外,对比分析华阴站6—8月其他高温过程和大荔站4次高温过程中各个要素的历史排位,均符合该站量化评估指标

表5 华阴、大荔气象站2022年6—8月高温过程特征统计

站名	时间	强度(I_s)	评估结果	持续日数/d	高温极值/ $^{\circ}\text{C}$	平均最高气温/ $^{\circ}\text{C}$
华阴	6月14日—7月1日	21.6	特强高温过程	18	41.2	36.9
	7月6—10日	7.5	较强高温过程	5	38.7	36.6
	8月2—8日	10.5	强高温过程	7	39.7	37.4
	8月12—14日	6.0	较强高温过程	3	40.1	38.8
大荔	6月14—25日	18.0	特强高温过程	12	40.7	37.5
	6月28日—7月1日	4.8	一般高温过程	4	37.1	36.2
	7月6—10日	10.0	强高温过程	5	39.7	38.6
	8月2—14日	15.6	特强高温过程	13	39.4	36.9

范围,说明本文建立的单站高温过程综合强度量化指标科学可信。

2022年8月上旬,渭南出现1次全市性高温过程,基于高温过程综合强度指标对此高温过程等级进行了评定。该次过程开始日期为8月1日,结束日期为8月15日,过程持续日期为15d。分析发现,全市共有9县(市、区)出现高温过程,临渭区属特强高温过程,持续高温日15d,过程极大值 40.9°C 。华阴、华州、蒲城、大荔4县(市、区)属强高温过程,持续高温日最长13d,最短7d,过程极大值均在 38.5°C 以上。韩城、富平和潼关属较强高温过程,持续高温日均为5d,过程极大值均在 37.5°C 以上。澄城属一般高温过程。根据区域性和全市性高温过程强度等级定量化评估方法,确定该次为全市性强高温过程。

上述分析表明,本文得出的单站、区域性、全市性高温过程综合强度指标能够合理反映出渭南高温天气过程强度的等级,评估结果符合高温过程强度等级特征和渭南高温南强北弱的分布特点,结果合理可信。

3 结论与讨论

(1)渭南高温发生频次多、强度大,从北到南逐渐增强。中南部是高温发生频次最多、强度最大,且是多持续性高温的区域。渭南高温最早出现在4月中旬,最晚出现在10月上旬,6—8月高温日最多,占全年的93.9%。7月下旬高温日达到最多值,之后高温日逐渐减少。各旬高温日均为南部最多,北部最少,南部高温出现时间跨度最长,北部最短。

(2)渭南单站高温过程评估方法充分考虑了高温持续时间、高温强度、过程最高温度等因素的影响,反应出一次过程在不同地区的差异和共性,通过检验和评估,证明该方法实用性强,可信度高。根据单站高温过程强度累加值,利用百分位阈值法得到渭南区域性高温过程和全市性高温过程强度等级确定方法,其结果合理,可在服务中为高温监测和等级确定提供科学依据,对指导业务工作有参考性。

(3)因缺乏渭南高温危害程度的连续数据,故建立的综合强度量化指标检验未全面考虑其危害程度。在以后工作应用中,结合高温过程影响范围和危害程度继续检验,对该评估方法和量化指标不断修订和完善。

参考文献:

- [1] 姜凤岐,于占源,曾德慧,等. 气候变化对三北防护林的影响与应对策略[J]. 生态学杂志,2009,28(9):1702-1705.
- [2] 李祎君,梁宏,王培娟. 气候变暖对华北冬小麦种植北界及生育期的影响[J]. 麦类作物学报,2013,33(2):382-388.
- [3] 杨建平,丁永健,陈仁升,等. 近40a中国北方降水量与蒸发量变化[J]. 干旱区资源与环境,2003,17(2):6-11.
- [4] 李艳莉,郭新,符昱,等. 陕西关中地区猕猴桃园小气候特征分析及高温热害指标研究[J]. 陕西气象,2021(1):40-43.
- [5] 张丽,刘俊,叶丹. 基于MODIS数据的近10年宜昌城市热岛效应时空变化特征[J]. 陕西气象,2022(2):63-68.
- [6] 任国玉,郭军,徐铭志,等. 近50年中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报,2005,63(6):942-955.
- [7] 程肖侠,蔡新玲,李明,等. 陕西省高温时空变化特征及其定量化评估方法[J]. 干旱区研究,2020,37(4):956-965.
- [8] 韩洁,李恩莉,杨婷婷. 宝鸡夏季高温气候特征及极端高温年环流分析[J]. 陕西气象,2023(5):26-31.
- [9] 狄慧. 1961—2022年兰州夏季高温特征及其环流形势[J]. 陕西气象,2023(5):32-36.
- [10] 张旭阳,宁海文,杜继稳,等. 西安城市热岛效应对夏季高温的影响[J]. 干旱区资源与环境,2010,24(1):95-101.
- [11] 区域性高温天气过程等级划分:QX/T 228—2014[S]. 北京:气象出版社,2014.
- [12] 田中伟,尹贞铃,许伟峰. 渭南市近50年秋淋气候特征分析[J]. 陕西气象,2012(6):25-27.