

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. 陕西气象,2023(5):26-31.

文章编号:1006-4354(2023)05-0026-06

宝鸡夏季高温气候特征及极端高温年环流分析

韩洁,李恩莉,杨婷婷

(宝鸡市气象局,陕西宝鸡 721006)

摘要:利用 1970—2019 年宝鸡 11 个国家级自动气象站夏季逐日最高气温和逐月 NCEP/NCAR 再分析资料,统计分析宝鸡夏季高温的气候特征,并对极端高温年的环流形势进行合成分析。结果表明:受地形和海拔高度影响,宝鸡夏季高温日数呈现中部平原多,南北山区少的特点。夏季宝鸡区域高温频次呈增多趋势,气候倾向率为 18.9 站次/10 a;区域高温频次具有明显的年代际变化,2010 年代最多,且 8 月明显偏多,6 月明显偏少;高温出现时段差异大,2000—2014 年多出现在 6—7 月,2015 年以后多出现在 7—8 月。极端高温年环流特征为西太平洋副热带高压面积大、强度大、脊线位置偏北、西伸脊点偏西,东亚大槽偏强,西藏高压偏强。在极端高温年,中纬度地区对流层为位势高度正距平,宝鸡在对流层高层受南亚高压控制,中层处于脊前西北气流中,低层为异常反气旋环流;物理量场具有高温低湿的特征,下沉运动较常年明显偏强,下沉增温明显,水汽通量输送较常年偏少。

关键词:日最高气温;时间变化;极端高温年;环流指数;水汽输送;宝鸡

中图分类号:P468

文献标识码:A

近年来我国极端高温事件逐渐增加,不同地区高温事件虽然存在地域差异,但高温事件均呈增加趋势^[1-3],主要表现在夏季高温热浪频次、日数和强度呈增多、增强趋势^[4-5]。造成这一现象的原因包括城市化进程加快^[6]、有利的环流背景^[7-10]及春、夏季海温异常偏高^[11]。王文等^[12]发现 2013 年夏季长江中下游地区高温干旱的直接原因是西太平洋副热带高压面积偏大、西伸脊点偏西、强度偏强,且长期控制长江流域。张子涵^[13]、马浩等^[14]分别对 2013 年和 2017 年盛夏浙江省持续高温的特征及成因进行分析,发现西太平洋副热带高压偏强、偏西是造成极端高温的直接原因。叶培龙等^[15]发现 2016 年 8 月甘肃持续性高温维持发展的原因是南亚高压中心较同期偏北,中心略向东偏移,使冷空气不易南下;副热带西风急流中心覆盖面积明显扩大,且急流中心向东明显移动,分布形态由纬向型转为经向型。程

肖侠等^[16]发现陕西省高温频次(强度)呈南多(强)北少(弱)、东多(强)西少(弱)的分布特征,且关中中东部平原地区和陕南东部安康盆地是高温事件关键区域。2017 年 7 月陕西的极端高温事件的主要原因是前期 5—6 月关键区海温偏高时,通过激发遥相关波列与西太平洋副热带高压、南亚高压及东亚上空纬向风发生联系,进而影响陕西中南部气温变化,造成该地区 7 月极端高温事件^[17-18]。宝鸡地处陕西关中西部,在全球变暖和城市化进程加快的背景下,高温天气显著增加,已有科技工作者^[19]对宝鸡地区最高、最低、平均气温的变化趋势及时空分布特征进行了研究,但是针对高温气候特征及极端高温年环流异常特征的研究还比较少。本文对近 50 a 宝鸡地区夏季高温气候特征进行统计分析,并研究极端高温年环流和物理量异常特征,提高预报业务人员对高温天气的系统性认识,为宝鸡极端高温的预报服务

收稿日期:2022-09-20

作者简介:韩洁(1986—),女,汉族,陕西宝鸡人,硕士,高级工程师,从事天气预报与服务。

基金项目:宝鸡市气象局创新基金项目计划“宝鸡汛期高温日数变化特征与影响因子分析”(202004)

提供技术参考。

1 资料与方法

采用宝鸡 11 个县区国家级自动气象站 1970—2019 年逐日最高气温、国家气候中心提供的气候系统监测指数,以及 1970—2019 年 NCEP/NCAR 再分析资料(水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$,主要包括逐月的位势高度、风场、温度、湿度和垂直速度等数据),应用 Mann-Kendall 检验方法、Morlet 小波分析以及合成分析等方法研究宝鸡夏季高温的气候特征。高温日的定义为某站日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$,则该站计 1 个高温日(单位为 d),参照标准为《气候指数 高温》(QX/T 595—2021)。某一时段内宝鸡市 11 个国家级自动气象站高温日数的总和定义为区域高温频次(单位为站次)。文中夏季指每年的 6—8 月。

2 宝鸡高温的气候特征

2.1 高温日空间分布特征

统计 1970—2019 年宝鸡夏季各县区高温日数(图 1a)发现,渭滨站高温日最多,为 650 d,其次依次为扶风 606 d、眉县 576 d、陈仓 515 d、岐山 482 d、太白未出现高温日。各县区(图 1b)除麟

游、凤县、太白外,其余县区均超过 40°C ,其中扶风最高 42.6°C 。从极端高温出现时间来看,11 县区的极端高温主要出现在 2006 年 6 月 17 日和 2017 年 7 月 10—11 日以及 1966 年 6 月 19 日,极端高温的出现具有区域性。高温日数和极端最高气温的空间分布均呈中部平原多,向南北地区依次减少的特征。这与宝鸡地形密切相关,宝鸡为向东开口的喇叭口地形:中部地区位于关中平原,海拔高度低;南北两侧为山地,海拔高度高,特别是太白县,测站海拔高度为 1 576.0 m,因此近 50 a 极端日最高气温为 34.0°C 。

从各县区高温日数的气候倾向率(图 1b)可以看出,凤县、麟游、陇县高温日数的气候倾向率小于 $1.1\text{ d}/10\text{ a}$,表明山区高温日数增多不明显。陈仓、渭滨、千阳增多趋势明显,气候倾向率超过 $2.5\text{ d}/10\text{ a}$ 。渭滨、陈仓位于宝鸡主城区,近年来城市化进程加快,已有的研究表明城市化发展使高温事件显著增加^[20],因此渭滨、陈仓高温日数显著增加的原因与城市化进程加快有关;但是千阳高温日数明显增多的原因有待进一步研究。

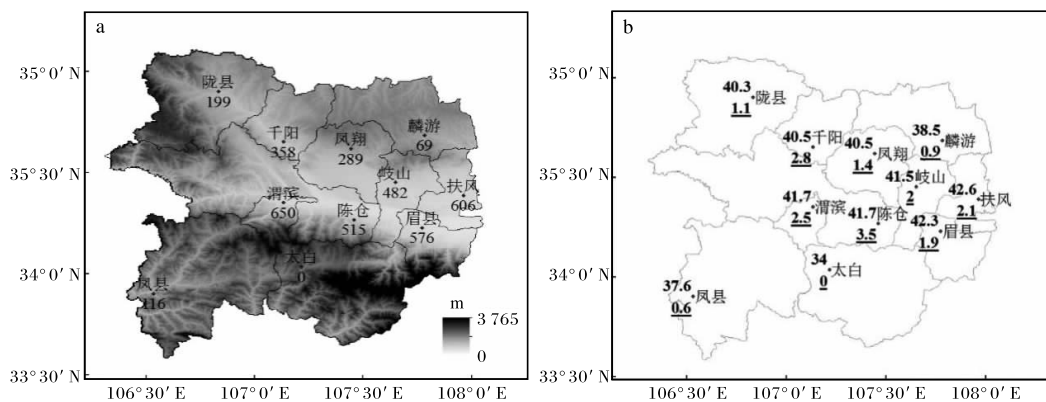


图 1 1970—2019 年夏季宝鸡各县区高温日数(数值;单位为 d)、海拔高度(阴影)(a)及极端最高气温(粗体数字;单位为 $^{\circ}\text{C}$)、高温日数的气候倾向率(带下划线数字;单位为 $\text{d}/10\text{ a}$) (b)(审图号为 GS(2019)1719 号)

2.2 区域高温频次的时间变化特征

1970—2019 年宝鸡区域高温频次共 3 860 站次,年平均 77.2 站次,高温频次最多为 2017 年的 224 站次,最少为 1983 年,仅 3 站次。区域高温频次年际变化呈波动增多趋势,气候倾向率为 $18.9\text{ 站次}/10\text{ a}$ (图 2a)。从区域高温频次的年代

际变化(图 2b)来看,1980 年代最少,为 291 站次,1990 年代开始明显增多,2010 年代最多,为 1 222 站次,是 1980 年代的 4.2 倍。7 月区域高温频次的变化特征与夏季变化特征一致;6 月高温频次在 2000 年代以前逐渐增多,但在 2010 年代明显减少;8 月在 1970—1990 年代呈增多趋势,2000

年代略有减少,2010年代明显增多。由此可知,区域高温频次夏季与7月的年代际变化具有明显的增多趋势,6月在2010年代明显减少,而8月在2010年代明显增多。

图2c为近50 a 宝鸡夏季各月逐年区域高温频次的分布图。总体上,7月高温频次最多,其次为6月,8月最少。从区域高温频次逐年变化来看,1995年以后,特别是2000年以后,高温频次明显增多。从夏季各月高温频次的年际变化来看,1975—1990年高温频次较少,主要集中在6

月,1995—2000年在7月增多明显,2000—2013年则在6—7月增多明显,2013年以后7—8月增多明显。由此可知,区域高温频次在不同的时期具有不同的变化特征,但在某一时期内变化特征较为一致。从夏季宝鸡区域高温频次的逐日变化(图2d)可以看出,高温频次呈现“两头少中间多”的态势,即6月上旬和8月较少,6月中旬到7月下旬较多。其中6月22日、27—28日、30日、7月24日最多,均超过80站次,表明高温多出现在6月下旬和7月下旬。

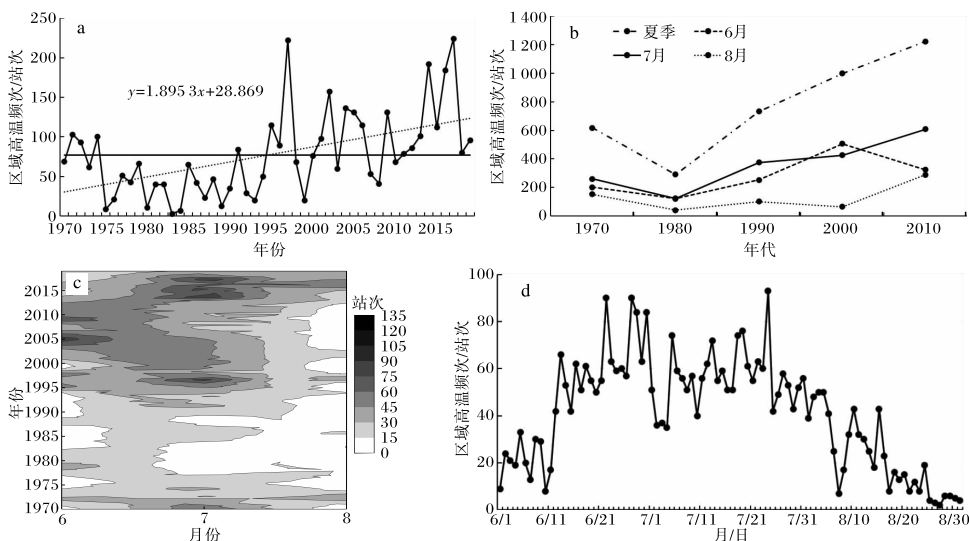


图2 1970—2019年夏季宝鸡区域高温频次的年际变化(a)、年代际变化(b)、6—8月逐年变化(c)及逐日变化特征(d)

2.3 区域高温频次的突变检验与小波分析

采用 Mann-Kendall 检验方法分析区域高温频次的突变,发现高温频次在2001年发生突变,这与区域高温频次年际变化特征中2000年以后高温频次显著增加相一致。利用 Morlet 小波分

析方法,对近50 a 宝鸡夏季区域高温频次的周期变化进行分析,发现1994—2005年之间、2015年前后,高温频次有3 a左右的变化周期,其余时段周期特征不明显。这与图2c中高温频次的阶段性变化特征较为一致。

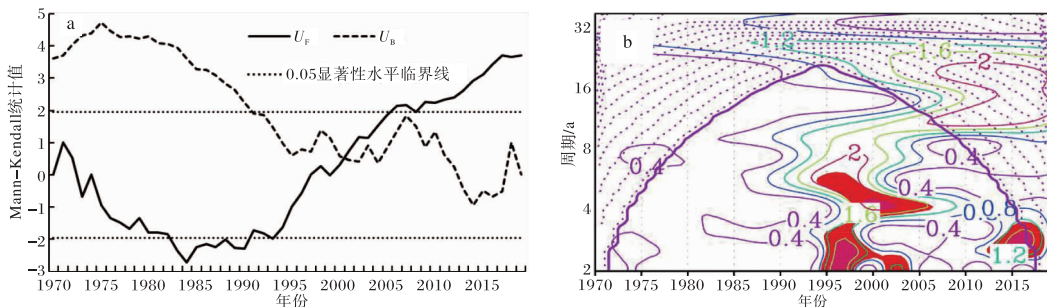


图3 1970—2019年夏季宝鸡区域高温频次的 Mann-Kendall 检验(a)和 Morlet 小波分析(b)

3 极端高温年异常环流特征

对 1970—2019 年夏季宝鸡区域高温频次的逐年数据进行统计,挑选出高温频次最多的 5 a (分别为 2017、1997、2014、2016、2002 年,简称极端高温年)进行合成分析,找出极端高温年的环流特征和物理量特征,为极端高温年的预报预测提供理论依据。

3.1 环流特征量比较

利用国家气候中心提供的气候系统监测指数,选取其中对宝鸡夏季高温有影响的 7 项,计算

1970—2019 年逐年夏季的区域高温频次与所选监测指数的相关系数(表 1;均通过 0.05 的显著性检验)。其中:西太平洋副热带高压(简称西太副高)面积指数、强度指数以及西藏高压 1、2 指数与区域高温频次的相关系数最大,超过 0.27;其次为东亚槽强度指数,相关系数为 0.18。再分别计算极端高温年 7 项监测指数,并与 1981—2010 年平均值进行比较(表 1),发现极端高温年的环流特征为西太副高面积大、强度大,脊线位置偏北、西伸脊点偏西,东亚大槽偏强,西藏高压偏强。

表 1 1970—2019 年夏季宝鸡区域高温频次与 7 项环流指数的相关系数
及极端高温年与 1981—2010 年环流监测指数平均值的对比

环流指数	相关系数	极端高温 年值	1981—2010 年 平均值	环流指数	相关系数	极端高温 年值	1981—2010 年 平均值
西太副高 面积指数	0.27	9.54	6.42	东亚槽强 度指数	0.18	28 339.28	28 280.36
西太副高 强度指数	0.29	220.88	139.31	西藏高原 —1 指数	0.27	2 571.32	2 542.88
西太副高脊 线位置指数	0.06	25.76	13.00	西藏高原 —2 指数	0.32	3 481.02	3 432.48
西太副高西 伸脊点指数	0.06	120.13	119.29				

注:相关系数均通过 0.05 的显著性检验。

3.2 环流异常比较

夏季极端高温年的出现一定与大气环流异常有关,因此利用逐月 NCEP/NCAR 再分析资料对极端高温年夏季环流形势进行合成分析。在 200 hPa(图 4a)上,40°N 以南地区为南亚高压控制,覆盖范围大,与常年的 12 520 gpm 相比,面积更大。在 500 hPa(图 4b)上,极端高温年的 5 880 gpm 主要分布在中低纬度地区且分裂为两部分。一部分位于伊朗地区,范围较常年偏大,向东伸展更明显;一部分位于西太平洋上,较常年范围更广,西伸脊点更偏西。同时在对流层中高层位势高度距平场上,60°N 以南为正距平区,特别是在贝加尔湖以南至内蒙古有一正距平的大值区,而极端高温年该地区为脊区,表明脊较常年同期偏强。此时宝鸡位于脊前的西北气流中,晴朗

少云,辐射升温明显。另外脊前为下沉气流,下沉运动增加非绝热加热使低层气温持续升高。在 850 hPa 位势高度距平及风场距平图(图 4c)上,我国大部地方受异常反气旋环流控制,宝鸡位于异常反气旋环流的东北侧,受异常西北气流控制。

由上可知,在极端高温年,中纬度对流层为位势高度正距平区。对流层高层南亚高压影响范围广,宝鸡受南亚高压控制;对流层中层,西太平洋副热带高压面积较常年偏大,西太副高西伸明显,宝鸡位于脊前西北气流中;对流层低层宝鸡位于异常反气旋环流中。在这种环流形势下,天空晴朗少云,白天辐射增温,同时具有下沉增温的特征,使宝鸡地区夏季高温频发,出现极端高温年。

3.3 水汽和垂直运动异常

夏季水汽输送特征与当地的天气情况密切相

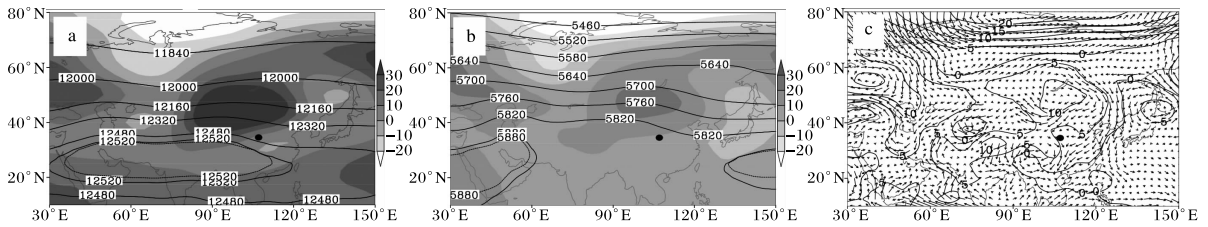


图4 宝鸡极端高温年合成的200 hPa(a)、500 hPa(b)位势高度(等值线)与位势高度距平(阴影)及850 hPa(c)位势高度距平(等值线)及风场距平(箭头)(位势高度及距平单位为gpm;风速单位为m/s;a、b中虚线为气候平均的12 520 gpm线、5 880 gpm线;黑点代表宝鸡,下同)

关。从极端高温年合成的700 hPa水汽通量场(图5a)可以看出,宝鸡地区水汽输送主要以低纬度偏西气流在南海附近向北折向输送为主,至宝鸡地区水汽输送通量明显减弱,并向西再次折向。从水汽通量距平场上可以看出,中纬度地区水汽通量以负距平为主,表明水汽通量输送较常年偏少;从异常水汽通量输送可以看出,异常水汽输送主要在陕西南部地区较大,在宝鸡地区较弱。结

合极端高温年水汽通量散度(图5c)分布可以看出,宝鸡地区处于水汽辐散区,不利于降水天气产生。850 hPa水汽通量与水汽通量散度特征(图略)与700 hPa较为一致。以上分析表明,在极端高温年,宝鸡地区对流层低层水汽通量输送较常年偏少,为水汽辐散区,不利于降水天气的出现,易出现高温天气且低层湿度小,高温天气具有高温低湿的特点。

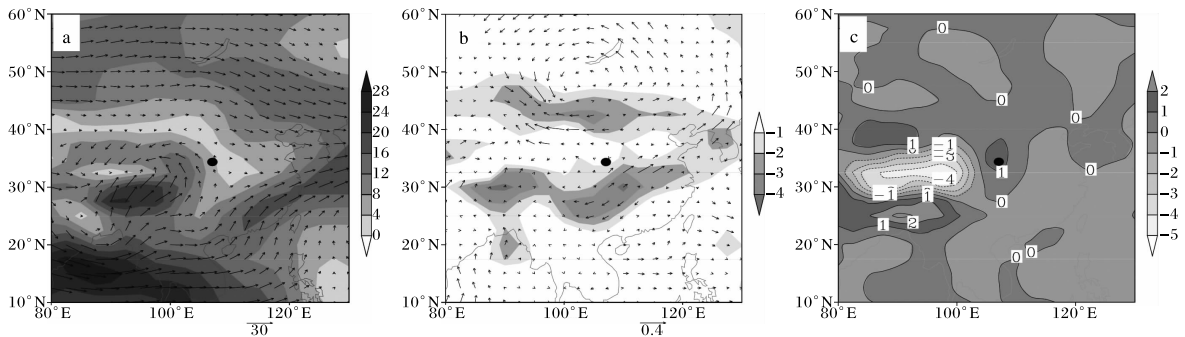


图5 宝鸡极端高温年合成的700 hPa水汽通量(a)、水汽通量距平场(b)(单位为 $\text{g}/(\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$;a、b中箭头为水汽通量方向,阴影为水汽通量值)及水汽通量散度场(c;单位为 $10^{-7} \text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$)

在极端高温年500 hPa垂直速度图(图6)上,河套至陕西西北部为下沉运动区,与垂直运动距平图相对应,宝鸡地区有 $1.5 \times 10^{-2} \text{Pa/s}$ 的正

距平区,表明该地区下沉运动较常年同期明显偏强,有利于下沉增温,造成高温天气。

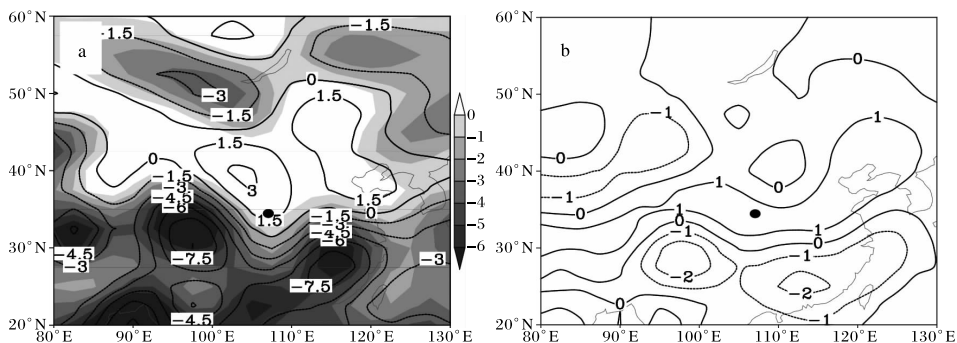


图6 宝鸡极端高温年合成的500 hPa垂直速度(等值线)和气候平均垂直速度(阴影)(a)及垂直速度距平(b)(单位为 10^{-2}Pa/s)

4 结论与讨论

(1)受地形和海拔高度影响,宝鸡地区夏季高温日数在空间上呈中部平原多,南北山区少的特征;渭滨、陈仓高温日数显著增加,与城市化进程加快有关。

(2)宝鸡夏季区域高温频次呈增多趋势,气候倾向率为 18.9 站次/10 a,其年代际变化也具有显著增多趋势。其中 7 月与夏季区域高温频次变化趋势一致,6 月、8 月略有不同,特别是在 2010 年代,6 月明显减少,8 月则明显增多。高温多出现在 6 月中旬到 7 月下旬,2000 年以后高温出现时段有明显差异,2000—2014 年高温多出现在 6—7 月,2015 年以后多出现在 7—8 月。区域高温频次在 2001 年发生突变,且在 1994—2005 年和 2015 年前后,具有 3 a 左右的变化周期。

(3)高温与西太副高面积指数、强度指数以及西藏高压 1、2 指数呈正相关,相关系数超过 0.27。极端高温年环流特征为西太副高面积大、强度大、脊线位置偏北、西伸脊点偏西,东亚大槽偏强,西藏高压偏强。

(4)在极端高温年,中纬度对流层为位势高度正距平区。对流层高层南亚高压影响范围广;对流层中层,西太副高面积较常年偏大、西伸明显,宝鸡位于脊前西北气流中;对流层低层为异常反气旋环流。在物理量场上,下沉运动较常年明显偏强,水汽通量输送较常年偏少,具有高温低湿的特征。

参考文献:

- [1] 李琪,苏欢,史雨涵,等. 1961—2010 年江浙沪地区夏季高温热浪时空变化特征[J]. 长江流域资源与环境,2016,25(3):506-513.
- [2] 郑有飞,丁雪松,吴荣军,等. 近 50 年江苏省夏季高温热浪的时空分布特征分析[J]. 自然灾害学报,2012,21(2):43-50.
- [3] 戴泽军,李易芝,刘志雄,等. 1961—2013 年湖南夏季高温气候特征[J]. 干旱气象,2014,32(5):706-711.
- [4] 周晓,黄菲. 中国极端高温事件的年代际突变及其与海温的关系[J]. 中国海洋大学学报,2015,45(5):19-27.
- [5] 叶殿秀,尹继福,陈正洪,等. 1961—2010 年我国夏季高温热浪的时空变化特征[J]. 气候变化研究进展,2013,9(1):15-20.
- [6] 张雷,任国玉,苗世光,等. 城市化对北京单次极端高温过程影响的数值模拟研究[J]. 大气科学,2020,44(5):1093-1108.
- [7] 郑泽华,张伟,上官志聰. 我国东部高温事件环流特征及海温背景分析[J]. 海峡科学,2021(10):3-8.
- [8] 李纵横,李崇银,宋洁,等. 1960—2011 年江淮地区夏季极端高温日数的特征及成因分析[J]. 气候与环境研究,2015,20(5):511-522.
- [9] 冯晓晶,刘新,包福祥,等. 内蒙古地区夏季高温事件的大气环流异常特征分析[J]. 内蒙古气象,2021(5):18-22.
- [10] 许婷婷,杨霞,周鸿奎. 1981—2019 年新疆区域性高温天气过程时空特征及其环流分型[J]. 干旱气象,2022,40(2):212-221.
- [11] 伍红雨,郭尧,吴遥. 1961—2018 年广东高温的气候变率及其与大气环流和海温异常的关系[J]. 热带气象学报,2020,36(4):455-463.
- [12] 王文,许金萍,蔡晓军,等. 2013 年夏季长江中下游地区高温干旱的大气环流特征及成因分析[J]. 高原气象,2017,36(6):1595-1607.
- [13] 张子涵,楼茂园,刘汉华,等. 2013 年 7—8 月浙江省异常高温特点及成因分析[J]. 科技通报,2018,34(4):55-61.
- [14] 马浩,刘昌杰,钱奇峰,等. 2017 年盛夏 7—8 月浙江省高温热浪特征及环流背景分析[J]. 自然灾害学报,2021,30(5):85-99.
- [15] 叶培龙,刘新伟,赵文婧,等. 2016 年 8 月甘肃省持续性高温过程及其异常大气环流特征[J]. 高原气象,2019,38(6):1283-1292.
- [16] 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.
- [17] 刘嘉慧敏,郑然,娄盼星,等. 2017 年 7 月陕西高温热浪天气成因及前期信号初探[J]. 干旱气象,2019,37(2):233-242.
- [18] 屈丽玮,徐娟娟,朱庆亮,等. 2017 年陕西高温事件的大气环流异常及成因[J]. 陕西气象,2018(5):13-16.
- [19] 庞翻,李建芳,韩洁. 近 50 年宝鸡气温变化趋势及规律[J]. 陕西气象,2012(6):28-32.
- [20] 曹霄霄. 城市化对城市气温影响的定量化研究[D]. 太原:山西大学,2018.