

叶尔克江·霍依哈孜,买买提艾力·买买提依明,吉春容,等.1971—2023年昌吉回族自治州区域性高温天气过程气候特征分析[J].沙漠与绿洲气象,2025,19(6):88-95. Erkejan Hoyhazi, Ali Mamtimin, Ji Chunrong, et al. Analysis of Climatic Characteristics of Regional High-Temperature Weather Process in Changji from 1971 to 2023[J]. Desert and Oasis Meteorology, 2025, 19(6): 88-95.

## 1971—2023年昌吉回族自治州区域性高温天气过程气候特征分析

叶尔克江·霍依哈孜<sup>1</sup>, 买买提艾力·买买提依明<sup>2,3,4,5</sup>, 吉春容<sup>2,6</sup>, 阿帕尔·肉孜<sup>1\*</sup>

(1. 昌吉回族自治州气象局, 新疆 昌吉 831100; 2. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002; 3. 新疆克拉玛依沙漠气象国家野外科学观测研究站, 新疆 乌鲁木齐 830002; 4. 新疆沙漠气象与沙尘暴重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830002; 5. 中国气象局克拉玛依沙漠气象野外科学试验基地, 新疆 乌鲁木齐 830002; 6. 新疆维吾尔自治区农业气象台, 新疆 乌鲁木齐 830002)

**摘要:**利用昌吉回族自治州(简称“昌吉”)1971—2023年5—9月日最高气温资料,通过气候倾向率、M-K趋势检验法和突变检测等方法分析昌吉夏季平均最高气温、极端最高气温和高温天气过程气候变化特征。结果表明:近53年夏季平均最高气温整体呈上升趋势,夏季日最高气温 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的日数呈线性增加趋势,均在2017年发生突变性上升,且在2018年后增多趋势显著;高温天气初日明显提前、终日略有推后;高温天气过程频次总体呈显著增加趋势,不同强度高温天气过程均呈增多趋势,仅特强高温天气过程的增多趋势通过显著性检验,中等以上高温天气过程集中出现在7月;高温天气过程累计日数呈显著增多趋势,特别是21世纪10年代增加趋势最明显。高温过程的强度越强,高温天气持续日数越长。

**关键词:**最高气温;极端最高气温;高温日数;昌吉

中图分类号:P423.3

doi: 10.12057/j.issn.2097-6801.2403.07002

IPCC第六次评估报告(2021年8月)揭示,工业革命以来全球增温趋势持续加速,近期温度异常尤为显著。新疆气温突变性升高,降水增速减小,气候态向暖干转型,干旱风险显著提升<sup>[1]</sup>。高温天气事件频发,导致干旱升级。干旱在发生频率、强度及持续时间上显著增加,造成农牧业减产、森林草原火险升高、能源消耗激增,对生态和经济活动产生严重影响,引发社会广泛关注<sup>[2-3]</sup>。2000—2020年新疆平均气温整体呈上升趋势,升温速率为

$0.024\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{ a})^{-1}$ ,较全国高出约 $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{ a})^{-1}$ <sup>[4]</sup>;新疆高温日数呈显著增多趋势,全疆高温初日呈提前、高温终日呈推后态势<sup>[5]</sup>;新疆夏季高温日数在20世纪90年代中期发生气候突变,21世纪空间变化加剧。南北反相型频率上升,东西反相型多表现为偏西地区高温日数偏少、偏东地区高温日数偏多的分布特征<sup>[6]</sup>。北疆与东疆夏季平均最高气温呈显著上升趋势,20世纪90年代中期升温趋势明显,高温日数年际增多<sup>[7-12]</sup>。对新疆不同地区高温变化规律的研究较多,但是关于昌吉地区的高温天气变化特征研究较少。

昌吉回族自治州(简称“昌吉”)是新疆主要粮食、经济作物及种子主产区。高温是昌吉的主要气象灾害之一。随着全球变暖,昌吉高温事件频发,呈现出高温出现早、持续时间长、范围广和强度大的特点。2015年7月昌吉高温日数为15~23 d,西部刷新了历史极值;2020年4月出现首个 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高温天气,为近50年昌吉高温天气出现最早的一次;2021年7月昌吉高温日数为16~22 d,其中昌吉

收稿日期:2024-03-07;修回日期:2025-01-22

资助项目:新疆维吾尔自治区重点研发计划项目(2023B02004-2);中国沙漠气象科学研究基金(Sqj20240016);新疆维吾尔自治区气象局引导性项目(2024YD2024010);福建省气象局昌吉援疆科技专题项目(2023YJXM02)

作者简介:叶尔克江·霍依哈孜,主要从事农业气象与气候变化研究。E-mail:erke-ap@sohu.com

通信作者:阿帕尔·肉孜,主要从事应用气象与气候变化研究。E-mail:apar-ck@sohu.com

市至木垒县高温日数为近60年第一;2022年6月出现的高温日数突破6月历史极值,2023年夏季是近63年最热的夏季,平原地区 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 日数达25~44 d,突破历史极值。近些年引发的高温干旱复合灾害对昌吉农业和人民生活造成了不利影响,极端高温热害风险较大。2020年昌吉东部粮食作物受旱灾面积约12 hm<sup>2</sup>,造成经济损失17 583.94万元,天然牧草鲜草总产比2019年减产40%。因此,开展昌吉1971—2023年5—9月区域性高温过程气候特征分析,揭示全球变暖背景下昌吉州区域性高温局地气候特征及近20年呈现出的新特点,为掌握灾害变化规律、防灾减灾、水资源调配和保障农业生产提供科学依据。

## 1 数据与方法

### 1.1 研究区域

昌吉(43°20'~45°00'N, 85°17'~91°32'E)位于天山北麓与准噶尔盆地东南缘构造过渡带,地势自东南向西北呈阶梯式下降,南部天山褶皱带(海拔>2 000 m)、中部冲积扇平原(500~1 000 m)、北部古尔班通古特沙漠盆地(<500 m)。昌吉深居欧亚大陆腹地,受封闭盆地地形影响,属典型温带干旱气候,降水稀少、蒸散强烈、气温变化剧烈。行政区涵盖7县市,西部经济带(玛纳斯、呼图壁、昌吉市)与东部绿洲带(阜康、吉木萨尔、奇台、木垒)空间分异显著(图1)。

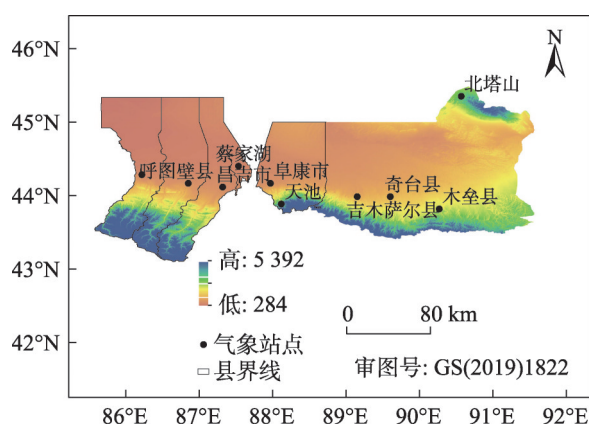


图1 昌吉地形和站点分布

Fig.1 Terrain and station distribution in the Changji Region

### 1.2 资料来源

基于昌吉8个国家气象观测站1971—2023年5—9月逐日最高气温观测资料作为研究指标,分析

昌吉区域性高温天气过程演变规律与气候特征。

### 1.3 区域性高温天气过程判定标准

基于《区域性高温天气过程等级划分》(QX/T 228—2014)标准<sup>[13]</sup>,对昌吉区域性高温天气过程进行识别:(1)日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的天气为高温天气;(2)当某日出现高温天气的范围达到或超过该区域总面积的20%,判定为一个高温日。(3)一个区域性高温天气过程从满足高温日标准开始,不再满足高温日标准的前一天结束,该过程必须持续至少2 d,期间至少有1 d高温范围覆盖研究区域50%以上。(4)区域性高温天气过程的月份判定,依据开始日期所在月份。若跨越两月,按持续天数比例判定,归入持续日数较长月份。(5)每个月高温天气过程频次是当月高温过程次数占研究时段出现高温过程总数的比例。(6)高温天气过程累计日数即当年高温天气过程持续日数的累加。(7)区域性高温天气过程等级根据区域性高温天气过程等级指标( $R_1$ )进行划分,分为特强、强、中等、弱4个等级(表1)。 $R_1$ 计算过程参考《区域性高温天气过程等级划分》标准<sup>[13]</sup>。

表1 区域性高温天气过程等级划分

Table 1 Classification of regional high-temperature weather processes

等级	阈值
特强	$1 \leq R_1 < 2$
强	$2 \leq R_1 < 3$
中等	$3 \leq R_1 < 4$
弱	$R_1 \geq 4$

### 1.4 分析方法

选用气候倾向率<sup>[14-16]</sup>、Mann-Kendall 检验法<sup>[17-19]</sup>(简称“M-K 检验法”)等分析昌吉夏季平均最高气温、极端最高气温和区域性高温天气过程气候特征。

## 2 夏季平均最高气温分析

### 2.1 平均最高气温变化特征

昌吉1971—2023年夏季平均最高气温呈上升趋势,气候倾向率为 $0.20^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ ,通过0.001的显著性检验(图2)。昌吉各县(市)夏季平均最高气温均呈上升趋势,玛纳斯县、呼图壁县、昌吉市、蔡家湖、阜康市、吉木萨尔县、奇台县和木垒县的气候倾向率分别为0.10、0.19、0.27、0.20、0.36、0.25、0.21、 $0.31^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ ,其中阜康市升温最显著,其次是木垒县、昌吉市和吉木萨尔县,玛纳斯县升温速率

最小。

20世纪70年代—90年代初夏季平均最高气温呈下降趋势,持续低于累年均值(31.6℃),之后波动回升,由负距平转为正距平。21世纪升温趋势显著增强,持续高于累年均值。2011—2023年加速升温,显著超出历史同期水平。2023年夏季平均最高气温达32.9℃,突破历史观测极值,较累年均值偏高1.3℃。

昌吉夏季平均最高气温在2014年发生突变后,昌吉夏季平均最高气温较前期(以1971—2013年均值为基准)升高0.8℃,升温幅度达2.6%(图2b)。

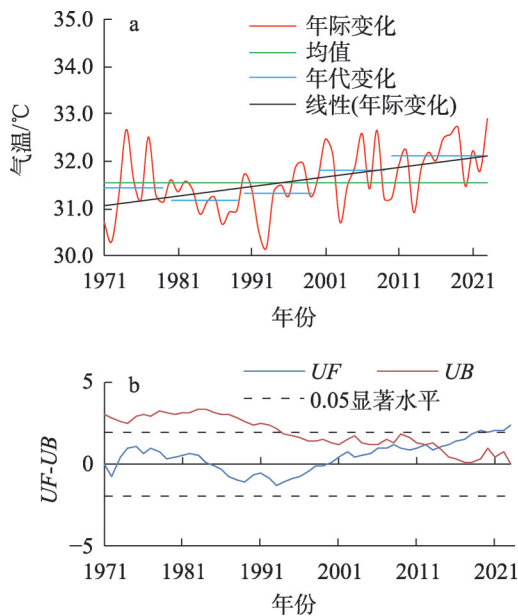


图2 昌吉1971—2023年夏季平均最高气温时间变化:(a)年变化;(b)M-K检验

Fig. 2 Temporal variation of the summer average maximum temperature in Changji from 1971 to 2023: (a) annual variation; (b) M-K test

## 2.2 极端最高气温变化特征

昌吉近53年极端最高气温为37.9~44.4℃,最大值出现在北部的蔡家湖,最小值出现在东部的木垒县(图3)。玛纳斯县、呼图壁县、昌吉市、蔡家湖、阜康市、吉木萨尔县、奇台县和木垒县的年极端最高气温气候倾向率分别为-0.23、0.07、0.09、0.15、0.26、0.17、0.19、0.42℃·(10a)<sup>-1</sup>,除玛纳斯县呈下降趋势外,其余地区呈现弱的上升趋势,昌吉东部上升速率比西部快(图3,表2)。

## 3 高温日数的时间变化特征

1971—2023年5—9月高温日数呈线性增多趋

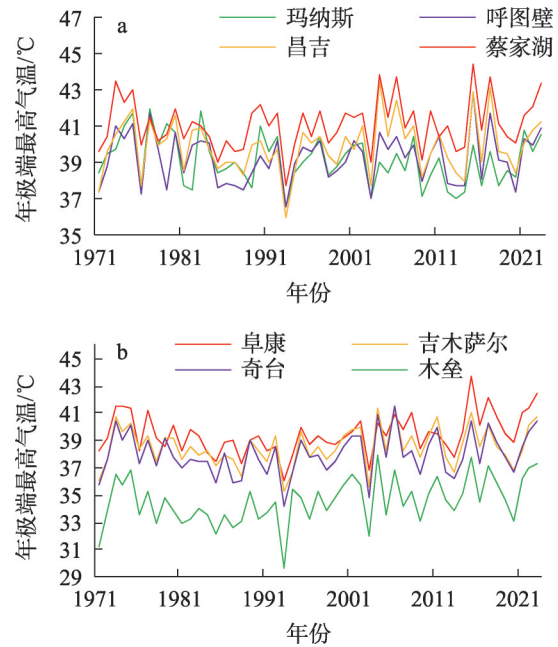


图3 昌吉各年极端最高气温变化趋势:(a)西部;(b)东部

Fig. 3 Trend of annual extreme maximum temperature in Changji: (a) western part; (b) eastern part

表2 昌吉极端最高气温逐年变化趋势系数及速率

Table 2 Trend coefficient and rate of interannual variation in extreme maximum temperature in Changji

	玛纳斯	呼图壁	昌吉	蔡家湖	阜康	吉木萨尔	奇台	木垒
趋势系数	0.26	0.08	0.10	0.17	0.28	0.19	0.19	0.38
速率/(℃·(10a) <sup>-1</sup> )	-0.23	0.07	0.09	0.15	0.26	0.17	0.19	0.42

势,气候倾向率为1.59℃·(10a)<sup>-1</sup>,通过0.01的显著性检验(图4)。高温日数多年均值为18d,极大值出现在2023年,为37d。20世纪70、80、90年代高温日数均值低于多年平均值,20世纪均值为16d;2000年后逐年明显增多,年平均高温日数上升至20d。

1971—2023年5—9月昌吉高温日数在2017年出现突变,突变后高温日数均值比突变前增多7d,其中2021—2023年UF曲线突破0.05显著性临界线,表明2021年以来,昌吉高温日数呈显著增多趋势(图4b),与夏季平均最高气温的上升趋势一致。

## 4 高温天气过程的时间变化特征

### 4.1 高温天气过程开始和结束时间

昌吉高温天气初日年际差异显著(图5a),1971—2023年昌吉高温天气初日为4月28日(2020年),最晚初日为7月14日(1983年),高温天气初日呈显著提前趋势,并通过0.01的显著性检验。昌吉

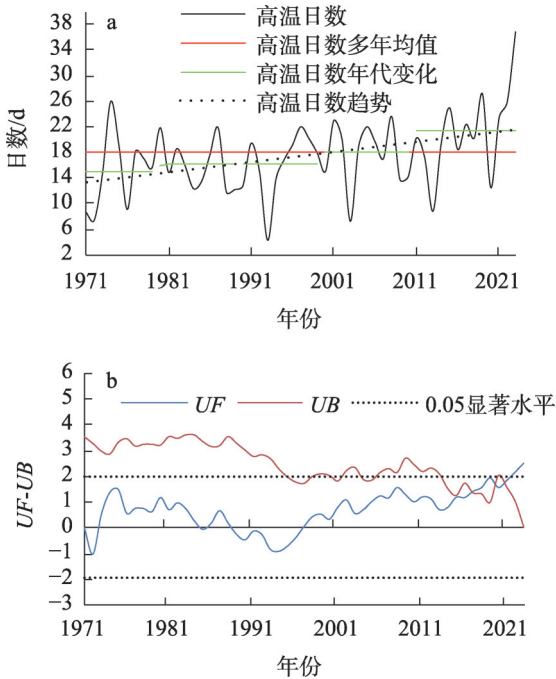


图4 昌吉夏季高温日数时间变化:(a)逐年变化;(b)M-K检验  
Fig.4 Trend of summer high-temperature days in Changji: (a) annual variation; (b) M-K test

高温初日集中出现在6月(图5b)。6月下旬出现频次最高(11次),上旬次之(9次);5月中旬与6月中旬并列(8次);5月上旬和7月上旬频次最低(2次)。1971—2023年昌吉高温天气最早终日为8月4日(1972年),最晚终日为9月20日(1973年)(图5c),高温天气终日常呈弱推迟趋势,未通过显著性检验。昌吉高温终日常集中于8月中下旬(图4d)。8月下旬频次最高(25次),中旬次之(11次);9月中旬频次最低(3次)。

#### 4.2 高温天气过程的气候特征

按照区域性高温过程的标准对1971—2023年5—9月昌吉区域性高温过程进行分析(图6),1971—2023年夏季昌吉区域性高温天气过程年变化较大,但总体呈显著上升趋势,气候倾向率为 $0.32 \text{次} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ ,通过0.1的显著性检验,2000年以来上升趋势进一步加强。1971—2023年昌吉区域共发生区域性高温过程239次,年均4.6次,其中,弱高温过程117次、中等高温过程85次、强高温过程23次、特强高温过程14次。高温过程高频年份为1974、2001、2006、2011、2019年,频次为7~8次。低频年份为1972、1976、1993年,均1次。

昌吉不同强度的高温天气过程的年际变化差异较大,变化趋势不一致。弱高温天气过程数占总

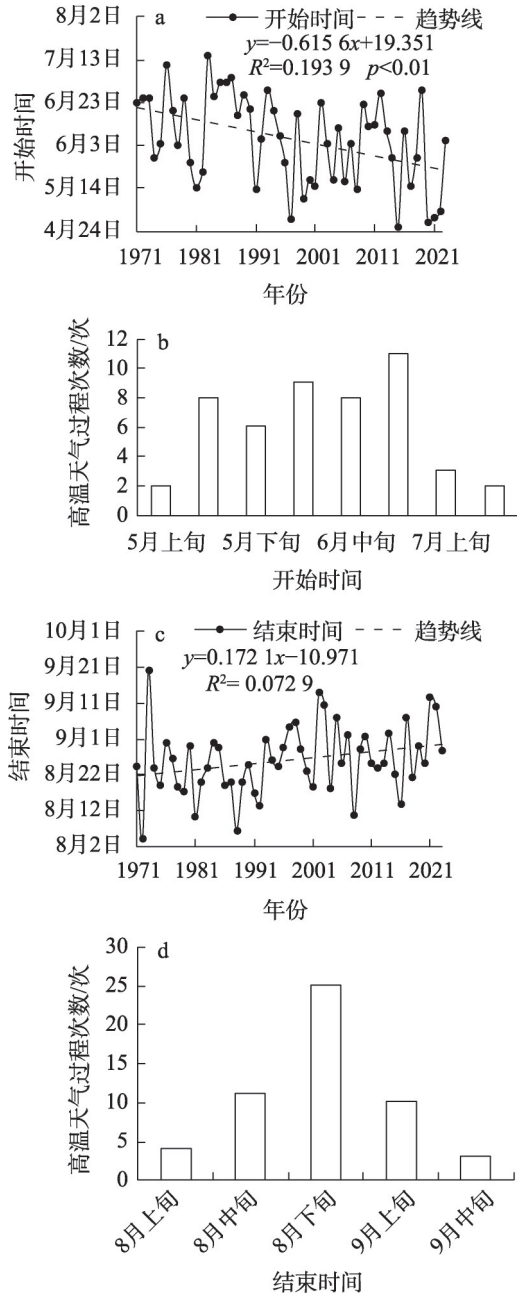


图5 高温天气过程开始和结束时间变化:(a)开始时间年变化;(b)开始时间旬分布;(c)结束时间年变化;(d)结束时间旬分布  
Fig.5 Changes in the onset and end dates of high-temperature weather process: (a) annual changes in onset date; (b) pentad distribution of onset date; (c) annual change in end date; (d) pentad distribution of end date

高温天气过程数的49%,中等强度高温天气过程占36%,强高温天气过程占10%,特强高温天气过程占6%。高温天气弱过程次数最多,1971—2023年出现117次,平均每年2.2次。1974、1979、1981、1984、1988、1995、2006—2009、2011、2013、2019年是出现

弱高温天气过程较多的年份,为4~6次。弱高温天气过程呈增多趋势,但未通过显著性检验(图6a);中等强度高温天气过程的增多趋势与弱天气过程一致,未通过显著性检验(图6b)。1971—2023年出现中等强度高温天气过程85次,平均每年1.6次;中等强度高温过程的年平均次数最多为4次(1977、1997年)。强高温天气过程呈增加趋势(图6c),未

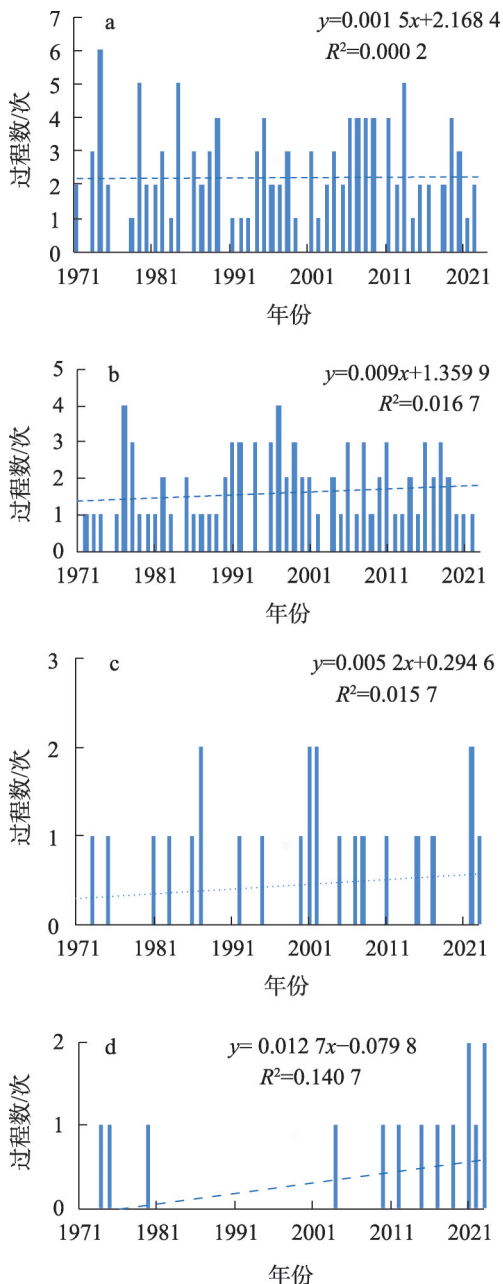


图6 高温过程次数的年际变化:(a)弱高温;(b)中等高温;(c)强高温;(d)特强高温

Fig. 6 Interannual variation in the number of high-temperature weather processes: (a) weak processes; (b) moderate process; (c) severe process; (d) extremely process

通过显著性检验,近53年出现23次。特强高温过程出现14次,平均每年出现0.3次。特强高温天气过程出现在1974、1975、1980、2004、2010、2012、2015、2017、2019、2021、2022、2023年,其中2021、2023年均出现2次,其余年份均出现1次(图6d)。综上,昌吉不同强度高温天气过程均呈增多趋势,仅特强高温天气过程的增多趋势通过显著性检验。

由昌吉高温天气过程月变化特征(图7a)可知,高温天气过程主要发生在6—8月,7月占比最大,占比44.5%;5、9月占比最小,均为1%。从高温天气过程强度逐月分布(图7b)可知,弱高温过程主要出现在6—8月。7月频次最高,其次为8、6月;5、9月偶有发生,均为弱高温过程。中等强度和强高温过程仅出现在6—8月,两者均以7月频次最高,其次为8、6月。特强高温过程,集中在7月(9次),其次为6月(3次)、8月(2次)。

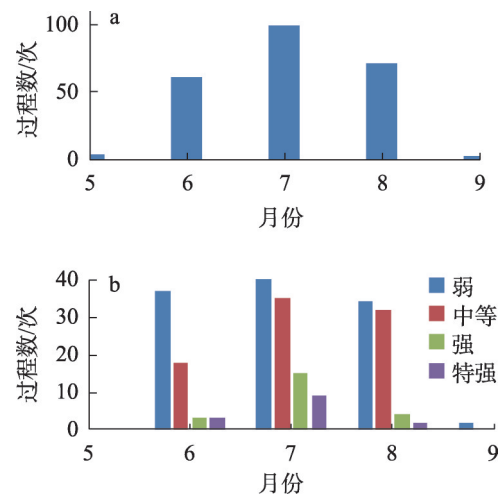


图7 高温天气过程次数的月变化:(a)数量;(b)强度

Fig. 7 Monthly variation in the frequency of high-temperature weather processes: (a) frequency; (b) intensity

### 4.3 高温天气过程日数

#### 4.3.1 累计日数的年际变化

昌吉高温过程累计日数年际变化显著,总体呈显著增多趋势,增加速率为 $1.7 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ ,通过0.01的显著性检验;1971—2023年夏季昌吉高温过程累计日数多年平均值为14 d,最长达36 d(2023年),最少为3 d(图8)。高温天气过程累计日数在2000年以来呈增加趋势,增加速率为 $4.4 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ ,特别是21世纪10年代增加趋势较明显;2000年以来10 d及以上的高温天气过程显著增多。

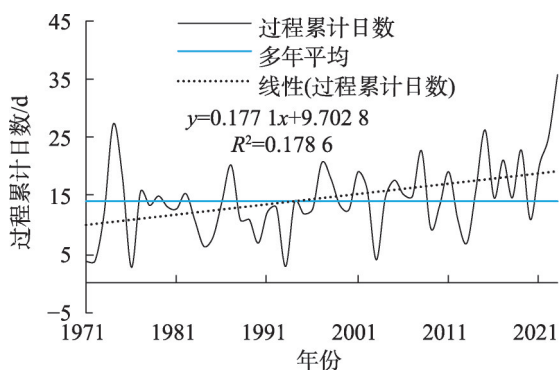


图8 1971—2023年昌吉高温过程累计日数变化

Fig. 8 Variations in the cumulative number of high-temperature days in Changji from 1971 to 2023

#### 4.3.2 持续日数的月变化

1971—2023年昌吉高温天气过程持续日数存在显著的月份和强度差异(表3),7月高温持续日数最多,为5.2 d,6、8月次之,为3.5 d,5月(2 d)和9月(2.5 d)较短。近53年特强高温过程共出现14次,出现在6、7和8月,其中7月单次过程平均持续日数最长,为9.1 d。强过程平均持续4.3 d,8月单次过程平均持续时间最长,为7.8 d,7月次之,为5~7 d,平均为5.3 d。中等过程平均持续2.1 d,6月单次过程平均持续最长,为3~6 d,平均4.5 d;其次是8、7月,分别为3~6 d和2~6 d,平均为3.1 d。弱过程出现在5—9月,平均持续2.4 d,5、9月仅出现1次,持续2 d。昌吉高温过程强度等级越高,平均持续时间越长。

表3 1971—2023年5—9月昌吉不同等级区域性高温过程持续时间的月变化

Table 3 Monthly variations in the duration of regional high-temperature processes of different grades in Changji from May to September, 1971-2023

过程等级	过程发生次数/次	过程月平均持续日数/d					平均持续日数/d
		5月	6月	7月	8月	9月	
弱	117	2	2.6	2.6	2.7	2	2.4
中等	85	0	4.5	3.1	3.1	0	2.1
强	23	0	5.2	5.3	7.8	3	4.3
特强	14	0	7	9.1	7.9	0	4.8

## 6 结论

基于昌吉1971—2023年5—9月日最高气温资料,通过气候倾向率、M-K趋势检验法和突变检测等方法分析昌吉夏季高温天气过程变化特征。得出以下结论:

(1)昌吉夏季平均最高气温整体呈显著上升趋

势,20世纪70年代—90年代初呈下降趋势,之后转为稳步上升,21世纪升温加速,2011—2023年升温较明显,夏季平均最高气温在2014年发生突变,昌吉大部分区域极端最高气温呈现出弱上升趋势,其中昌吉东部升温速率比西部快。

(2)高温日数变化呈线性增多趋势,在2017年发生突变。20世纪70—90年代高温日数相对稳定,21世纪初明显增多,2011—2023年增幅较显著。

(3)昌吉高温天气初日呈显著提前,终日呈微弱推后趋势。区域性高温天气过程发生次数整体呈增加趋势,21世纪增加趋势加剧,高温过程强度也增强。高温天气过程集中于6—8月,其中7月占比最高(44.5%),8月次之(32.4%),6月最少(27.5%)。强和特强高温过程出现在6—8月,7月发生频次最高;弱和中等强度高温天气过程在7月发生频次最高。

(4)昌吉年高温天气过程累计日数呈显著增多趋势,增加速率为 $1.7 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ ,通过0.01的显著性检验,其中21世纪10年代增温尤为突出;高温天气过程的强度越强,持续日数越长。

## 参考文献(References):

- [1] 姚俊强,陈静,迪丽努尔·托列吾别克,等.新疆气候水文变化趋势及面临的问题思考[J].冰川冻土,2021,43(5):1498-1511. YAO Junqiang, CHEN Jing, Dilinuer Tuoliwubieke, et al. Trend of climate and hydrology change in Xinjiang and its problems thinking[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2021, 43(5): 1498-1511. (in Chinese)
- [2] 丁之勇,葛拥晓,吉力力·阿不都外力.北疆地区近53年极端气温事件及其影响因素分析[J].地球环境学报,2018,9(2):159-171. DING Zhiyong, GE Yongxiao, Jilili Abuduwaili. Spatiotemporal variation characteristics of extreme temperature and its influencing factors in recent 53 years in northern Xinjiang, China[J]. Journal of Earth Environment, 2018, 9(2): 159-171. (in Chinese)
- [3] 贾宏涛,赵成义,巴特尔·巴克,等.新疆气候变化影响的观测事实及其对农牧业生产的影响[J].干旱区资源与环境,2009,23(11):72-76. JIA Hongtao, ZHAO Chenyi, Bateer Bake, et al. Observation of Xinjiang climate change and its impact on agricultural production[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2009, 23(11): 72-76. (in Chinese)
- [4] 康紫薇,张正勇,刘琳,等.基于MODIS的新疆地表温度时空变化特征分析[J].地理研究,2022,41(4):997-1017. KANG Ziwei, ZHANG Zhengyong, LIU Lin, et al. Spatio-temporal variation characteristics of land surface

- temperature in Xinjiang based on MODIS[J]. Geographical Research, 2022, 41(4): 997-1017. (in Chinese)
- [5] 张太西, 樊静, 李元鹏, 等. 1961—2018年新疆区域高温变化与环流和海温关系[J]. 干旱区研究, 2021, 38(5): 1274-1284. ZHANG Taixi, FAN Jing, LI Yuanpeng, et al. Heatwave changes and the potential causes in Xinjiang from 1961 to 2018[J]. Arid Zone Research, 2021, 38(5): 1274-1284. (in Chinese)
- [6] 陈颖, 邵伟玲, 曹萌, 等. 新疆夏季高温日数的变化特征及其影响因子[J]. 干旱区研究, 2020, 37(1): 58-66. CHEN Ying, SHAO Weiling, CAO Meng, et al. Variation of summer high temperature days and its affecting factors in Xinjiang[J]. Arid Zone Research, 2020, 37(1): 58-66. (in Chinese)
- [7] 苗运玲, 卓世新, 李如琦, 等. 新疆哈密高温气候特征及其环流形势分型[J]. 沙漠与绿洲气象, 2015, 9(2): 38-43. MIAO Yunling, ZHUO Shixin, LI Ruqi, et al. The high temperature climatic characteristics and its circulation situation analysis in Hami[J]. Desert and Oasis Meteorology, 2015, 9(2): 38-43. (in Chinese)
- [8] 李焕, 白松竹, 王干成. 阿勒泰地区 1961—2007年夏季平均最高气温及高温日数变化特征[J]. 沙漠与绿洲气象, 2014, 8(3): 56-60. LI Huan, BAI Songzhu, WANG Gancheng. Characteristics of maximum temperature and high temperature days in summer in Altay during 1961-2007[J]. Desert and Oasis Meteorology, 2014, 8(3): 56-60. (in Chinese)
- [9] 赵明玉, 武胜利, 任耀军, 等. 近 58 a 新疆巴州极端气温事件变化特征[J]. 干旱区地理, 2020, 43(3): 612-622. ZHAO Mingyu, WU Shengli, REN Yaojun, et al. Variation characteristics of extreme temperature events in Bayingolin Mongol Autonomous Prefecture, Xinjiang in recent 58 years[J]. Arid Land Geography, 2020, 43(3): 612-622. (in Chinese)
- [10] 纪策, 彭敏, 局马, 等. 30年昌吉州高温日数时空变化特征[J]. 青海气象, 2017(2): 30-37. JI Ce, PENG Min, JU Ma, et al. The spatiotemporal variation characteristics of high temperature days in Changji Prefecture over the past 30 years[J]. Qinghai Meteorology, 2017(2): 30-37. (in Chinese)
- [11] 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. XU Tingting, YANG Xia, ZHOU Hongkui. Spatio-temporal characteristics and circulation types of regional high temperature weather processes in Xinjiang during 1981-2019[J]. Journal of Arid Meteorology, 2022, 40(2): 212-221. (in Chinese)
- [12] 阿帕尔·肉孜, 叶尔克江·霍依哈孜, 周广胜. 昌吉地区 1971—2021年夏季高温时空变化特征[J]. 中南农业科技, 2024, 45(7): 123-127. Apar Ruzi, Erkejan Hoyhazi, ZHOU Guangsheng. Temporal and spatial variation characteristics of summer high temperature in Changji region from 1971 to 2021[J]. South-Central Agricultural Science and Technology, 2024, 45(7): 123-127. (in Chinese)
- [13] 全国气象防灾减灾标准化技术委员会. 区域性高温天气过程等级划分: QX/T 228-2014[S]. 北京: 中国气象出版社, 2014. Meteorologic Disaster Prevention and Mitigation. Classification of regional high temperature weather process: QX/T 228-2014[S]. Beijing: China Meteorological Press, 2014. (in Chinese)
- [14] 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. FU Congbin, WANG Qiang. The definition and detection of the abrupt climatic change[J]. Scientia Atmospherica Sinica, 1992, 16(4): 482-493. (in Chinese)
- [15] 韩雪云, 赵丽, 张倩, 等. 西北干旱区极端高温时空变化特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2019, 13(4): 17-23. HAN Xueyun, ZHAO Li, ZHANG Qian, et al. Temporal and spatial variations of the extreme high temperatures in the arid region of northwest China[J]. Desert and Oasis Meteorology, 2019, 13(4): 17-23. (in Chinese)
- [16] 王胜杰, 赵国强, 王旻燕, 等. 1961—2020年黄河流域气候变化特征研究[J]. 气象与环境科学, 2021, 44(6): 1-8. WANG Shengjie, ZHAO Guoqiang, WANG Minyan, et al. Characteristics of Climate Change in the Yellow River Basin from 1961 to 2020[J]. Meteorological and Environmental Sciences, 2021, 44(6): 1-8. (in Chinese)
- [17] 黄秋霞, 赵勇, 何清. 阿拉木图与乌鲁木齐夏季降水变化趋势对比分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(2): 34-38. HUANG Qiuxia, ZHAO Yong, HE Qing. Comparative analysis of precipitation variation trend in summertime between Almaty and Urumqi[J]. Desert and Oasis Meteorology, 2013, 7(2): 34-38. (in Chinese)
- [18] 张波, 曹华, 吴战平等. 贵州气候干湿状况及影响因素分析[J]. 气象与环境科学, 2021, 44(3): 39-46. ZHANG Bo, CAO Hua, WU Zhanping, et al. Analysis on the Status of Dry-wet Climate and the Influence Factors in Guizhou [J]. Meteorological and Environmental Sciences, 2021, 44(3): 39-46. (in Chinese)
- [19] 李景林, 张山清, 普宗朝, 等. 近 50 a 新疆气温精细化时空变化分析[J]. 干旱区地理, 2013, 36(2): 228-237. LI Jinglin, ZHANG Shanqing, PU Zongchao, et al. Spatial-temporal variation of seasonal and annual air temperature in Xinjiang during 1961-2010[J]. Arid Land Geography, 2013, 36(2): 228-237. (in Chinese)

## Analysis of Climatic Characteristics of Regional High-Temperature Weather Process in Changji from 1971 to 2023

Erkejan Hoyhazi<sup>1</sup>, Ali Mamtimin<sup>2,3,4,5</sup>, Ji Chunrong<sup>2,6</sup>, Apar Ruzi<sup>1</sup>

(1. Changji Meteorological Bureau, Changji 831100, China;

2. Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China;

3. National Observation and Research Station of Desert Meteorology, Taklimakan Desert of Xinjiang, Urumqi 830002, China;

4. Xinjiang Key Laboratory of Desert Meteorology and Sandstorm, Urumqi 830002, China;

5. Taklimakan Desert Meteorology Field Experiment Station of China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China;

6. Xinjiang Agro-meteorological Observatory, Urumqi 830002, China)

**Abstract** Using daily maximum temperature data from May to September during 1971-2023 in Changji, this study analyzes the variation characteristics of summer maximum temperature, extreme maximum temperature, and high-temperature weather processes by applying climate trend analysis, Mann-Kendall trend test, and mutation detection. The results show that the average maximum temperature in summer over the past 53 years has shown an overall upward trend. The number of days with daily maximum temperatures of  $\geq 35$  °C in summer has increased linearly, with an abrupt increase in 2017 and a significant increasing trend after 2018. The onset of high-temperature weather has significantly advanced, while the end time has been slightly delayed. The frequency of high-temperature weather processes has increased significantly. Although the number of high-temperature weather processes of different intensities has also increased, only the increase in extremely high-temperature weather processes passed the significance test. Medium- to high-intensity high-temperature weather processes mainly occur in July. The cumulative number of high-temperature weather processes shows a significant increasing trend, most notably in the 2010s. The duration of high-temperature weather processes is closely related to their intensity, with stronger intensity process tending to last longer.

**Keywords** maximum temperature; extreme maximum temperature; high-temperature days; Changji