

龙叶,杨春艳,王芬,等. 黔西南州高温天气时空变化特征分析[J]. 山地气象学报,2024,48(1):79–86.

黔西南州高温天气时空变化特征分析

龙 叶,杨春艳,王 芬,范 倩,王德丹

(贵州省黔西南布依族苗族自治州气象局,贵州 兴义 562400)

摘 要:【目的】当前气候背景下,黔西南州的高温热浪事件越来越频繁,为进一步揭示黔西南高温天气的时空分布特征,减少高温天气对农业、生态等各方面带来的损失和不利影响。【方法】该文利用 1961—2022 年黔西南州 8 个国家气象站以及 2009—2022 年 208 个区域气象站的逐日平均气温、最高气温数据,运用常规统计方法对黔西南州高温天气的时空分布特征进行了分析。【结果】(1)空间上,黔西南州高温天气主要分布在册亨和望谟一带,呈现明显的区域性特征,同时黔西南州的平均气温、高温日数及极端最高气温均呈现东南高西北低的分布特征;(2)黔西南州高温天气主要发生在春季和夏季(4—8 月),4 月和 5 月气温最高,而大范围高温主要出现在 5 月中下旬、7 月中旬和 8 月,其中 8 月最为集中,持续时间最长,基本维持一个月之久,日变化上最高气温主要集中在 15—17 时;(3)近 62 a 来黔西南州平均气温和每年高温日数呈显著增加趋势。【结论】总体来看,黔西南州高温天气具有持续时间长、区域分布不均、高温频发区域集中等特征,气温随海拔高度的升高逐渐降低,高温日数频发区与南亚热带气候区密切相关。

关键词:黔西南州;高温天气;时空分布;高温日数;特征分析

中图分类号:P423 **文献标识码:**A

Analysis of Spatio – temporal Variation Characteristics of High – temperature Weather in Qianxinan Prefecture

LONG Ye, YANG Chunyan, WANG Fen, FAN Qian, WANG Dedan

(Meteorological Office of Buyi and Miao Autonomous Prefecture
in Qianxinan of Guizhou Province, Xingyi 562400, China)

Abstract: Under the current climate background, high – temperature and heat wave events in the southwest of Guizhou Province have become more and more frequent. In order to reveal the spatial and temporal distribution of high – temperature weather in Qianxinan Prefecture and reduce the losses and adverse effects of high – temperature weather on agriculture, ecology and other aspects, this paper analyzes the spatio – temporal distribution characteristics of high – temperature weather in Qianxinan Prefecture by using daily mean temperature and maximum temperature data from 8 national meteorological observation stations and 208 regional meteorological observation stations from 1961 to 2022. The results show that: (1) The high temperature weather in Qianxinan Prefecture is mainly distributed in Ceheng and Wangmo, having obvious regional characteristics in spatial distribution. At the same time, the average temperature, high temperature days and extreme maximum temperature in Qianxinan Prefecture all show the distribution characteristics of high in the southeast and low in the northwest. (2) High temperature weather in Qianxinan Prefecture mainly occurs in spring and summer (April – August), with April and May being the hottest. The large – scope high temperatures in Qianxinan Prefecture mainly appear in middle to late May, mid – July and August, of which high temperature in August is most concentrated and longest, lasting for as

收稿日期:2023 – 06 – 27

第一作者简介:龙叶(1996—),女(侗族),硕士,助工,主要从事极端天气事件成因研究及气候预测,E – mail:1095312682@qq.com。

资助项目:贵州省黔西南州气象局科研项目(QXNZLKT(2023)028);黔西南高温气候特征及其影响因子研究。

long as one month at least with daily maximum temperature mainly concentrated in the period from 15:00 to 17:00. (3) In recent 62 years, the average temperature and the days of high temperature each year in Qianxinan Prefecture have been in a significant increase trend. Generally speaking, the high-temperature weather in Qianxinan Prefecture has the characteristics of long duration, uneven regional distribution, and concentrated areas of frequent occurrence of high temperature. Besides, temperature tends to gradually decline with the rising altitude, and the frequent high-temperature days are closely related to the tropical climate zone in South Asia.

Key words: Qianxinan Prefecture; high temperature weather; temporal and spatial distribution; high temperature days; feature analysis

0 引言

20 世纪 80 年代以来,全球气候变暖引起了国际社会的广泛关注,气候变化已成为全球面临的一项重大挑战。中国气象局发布的《中国气候变化蓝皮书(2022)》表明,2021 年中国地表平均气温打破观测记录,较常年值偏高 $0.97\text{ }^{\circ}\text{C}$,达到 1901 年以来的最高值,升温速度高于同期全球平均水平,是全球气候变化的敏感区^[1]。在气候变暖大背景下,中国高温热浪事件越来越频繁和强烈^[2-4],对社会经济和人民生活的影响也越来越严重^[5-9]。高温事件的增加会导致严重干旱、农作物减产、热死亡等一系列灾害,给人们的生产生活带来意想不到的损失,严重威胁经济的可持续发展^[9]。高温天气作为一种极端气候现象,具有广泛的影响和重要的研究价值。因此,了解高温天气的时空变化特征,成为当前防灾减灾的迫切需求。

黔西南州位于贵州省西南部,地势复杂,主要由山地、丘陵和高原组成,地形起伏大,海拔高度在 $275\sim 2\,207.2\text{ m}$ 之间,北部的晴隆县、普安县平均海拔均超过 $1\,100\text{ m}$,属于典型的高海拔山区,而南面的册亨县、望谟县大部分区域平均海拔不足 600 m ,地形整体西部和北部较高,东部和南部较低^[10,11]。不同海拔高度对应着不同的气候类型。海拔 $>1\,400\text{ m}$ 的地区属于北亚热带季风湿润气候,海拔 $<500\text{ m}$ 的地区属于南亚热带季风湿润气候,介于其间的大部分地区属于中亚热带季风湿润气候^[11,12],黔西南特殊的地理位置、复杂的地形和多样的气候类型使该地区的气候也十分复杂多变。

黔西南州夏季极端最高气温和冬季极端最低气温近 60 a 来呈持续上升趋势^[12]。气温升高导致高温干旱事件频发,对该地区的农业生产、生态环境及人民生活等造成的影响日益显著^[11,13-15]。研究黔西南高温天气的时空特征分布有利于更准确地评估高温天气对农业、生态等各方面带来的影响,对高温气候风险的评估有助于提高社会公众对

高温天气的认识并增强预防意识,进而减少高温气候所带来的损失和危害。

目前对黔西南州的高温频发区域、频发季节、月变化、主要出现时段、年代际变化等时空变化特征研究较少,因此,通过对黔西南高温天气的时空分布特征进行深入研究,可以更好地了解该地区高温天气的形成机制和发生规律,对准确预报黔西南高温事件具有重要意义,为黔西南州高温防灾减灾等气象服务工作提供科学依据。本文旨在通过分析黔西南州高温天气的时空分布特征,为该地区应对气候变化、防范自然灾害等提供科学依据,并对制定农业、能源等行业气象服务方案提供参考^[17]。

1 数据来源和方法

1.1 数据来源

利用 1961—2022 年黔西南州 8 个国家气象观测站以及 2009—2022 年 208 个区域气象观测站(区域气象站的气温数据从 2009 年开始记录)的日最高气温、极端最高气温和平均气温站点数据,对黔西南州高温天气的时空分布特征进行分析。黔西南州国家气象站和区域气象站分布图如图 1 所示。

根据中国气象局《气候指数高温》(QX/T 595—2021)的规定,日最高气温 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为 1 个高温日。

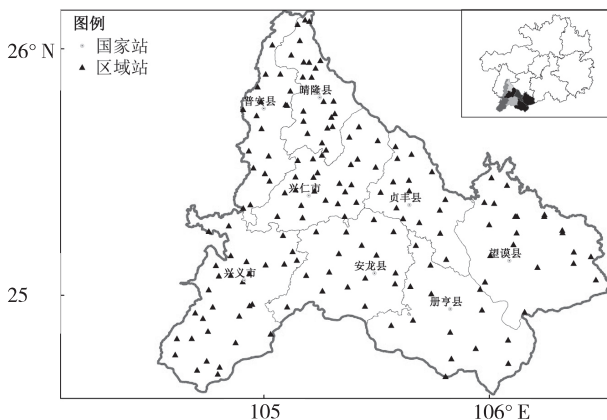


图 1 黔西南州国家气象站和区域气象站分布图
Fig. 1 Distribution of national and regional meteorological stations in Qianxinan Prefecture

1.2 研究方法

本文运用常规统计方法线性倾向估计^[18]和非参数统计检验(Mann – Kendall)方法,对年平均气温和高温日数进行趋势分析和检验,以把握高温事件的长期变化趋势及其未来发展方向。

线性倾向估计的回归系数反映了上升或下降的速率,即上升或下降的倾向度^[19]。Mann – Kendall 检验法(M – K)近年来被广泛应用于气温^[19–21]、降水^[20,21]和水质^[22]等要素时间序列的趋势变化分析。该方法通过计算Z值来判断序列的趋势及显著性,Z > 0表示序列存在上升趋势;反之则呈下降趋势。若|Z|分别大于等于1.28、1.64和2.32时,则表示该气温时间序列分别通过了信度为90%、95%和99%的显著性检验^[23]。

2 黔西南州高温天气时空分布特征

2.1 国家站高温频发区和高温日数空间分布

对黔西南州1961—2022年8个国家气象站每年极端最高气温进行统计分析。从国家站多年平均极端最高气温空间分布图(图2a)可知,黔西南州的东南部气温偏高,其中册亨37.4℃最高,北部和中部气温偏低,晴隆31.3℃最低,安龙31.4℃次之。黔西南极端最高气温整体呈现东南高、西北低分布特征,西南部兴义的极端最高气温处于全州平均水平。

对于高温日数,将气象观测站的日最高气温≥35℃时,定义为1次高温天气。从8个国家站的年

均高温日数等值线图(图2b)来看,东南部的册亨县年均高温日数达到13 d,与王泽雁等^[13]研究结果一致,望谟县年均高温日数达到9 d,全州年均高温日数呈现东南部比西北部多。

2.2 区域站高温频发区和高温日数空间分布

黔西南州国家站时间尺度长,但站点较少,分布较广,空间分辨率低,利用国家气象站数据进行统计分析,只能从较大空间尺度反映黔西南州高温分布情况,因此使用2009—2022年208个区域气象站的数据对国家站数据统计分析得出的结论进行补充和细化研究,以弥补国家站数据在空间分辨率方面的不足。

黔西南州区域站的极端最高气温空间分布呈现更加明显的区域性差异:在东南部整体偏高,有2个大值中心,一个位于册亨西部,另一个位于贞丰与望谟接壤处,最大值达到40℃;西南部部分区域气温偏高,但低值中心更加明显(图3a)。

区域站的年均高温日数分布有2个高温日数较大的中心,一个位于贞丰与望谟接壤处,另一个位于册亨西部边缘,册亨西部的纳桃站年均高温日数最高,达到85 d,贞丰和望谟接壤的鲁容等区域站的年均高温日数可以达到70 d(图3b)。2个极大值中心属于亚热带气候区,冬温夏热,太阳辐射强烈,全年气温高,同时由于2个地区分别位于南、北盘江低海拔河谷地区,气温随着海拔高度的降低而显著增加^[24]。

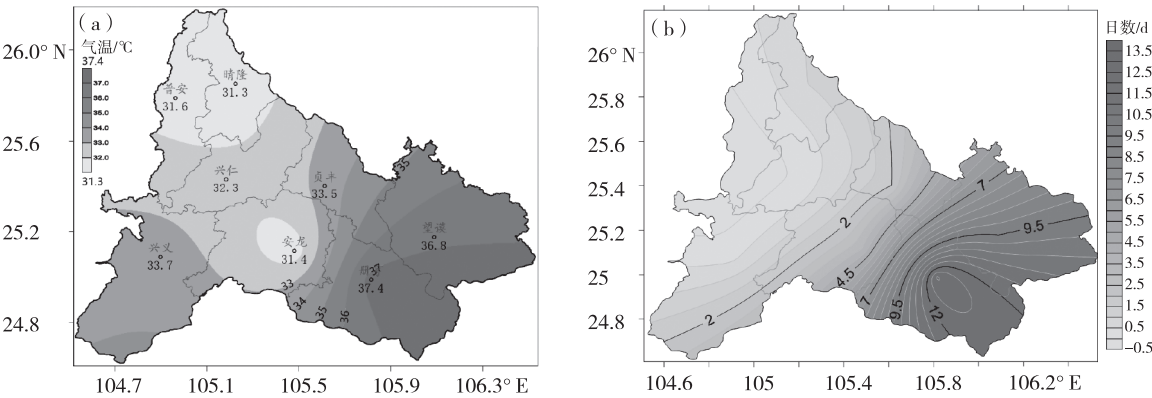


图2 黔西南州国家站多年平均极端最高气温(a)、年均高温日数分布图(b)
Fig. 2 Distribution of multi – year average extreme maximum temperature (a) and annual average high temperature days (b) at national stations in Qianxinan Prefecture

2.3 高温天气时空分布特征

以国家气象站数据统计分析为主。国家气象站数据记录时间较长,根据其统计分析获得的结论在时间维度上更具有说服力。由于8个国家气象站

统计分析结果的空间分辨率较低,因此使用区域气象站的数据与国家气象站的数据相互补充,利用国家站数据统计分析黔西南州8个县四季平均高温日数和逐月多年平均极端最高气温。

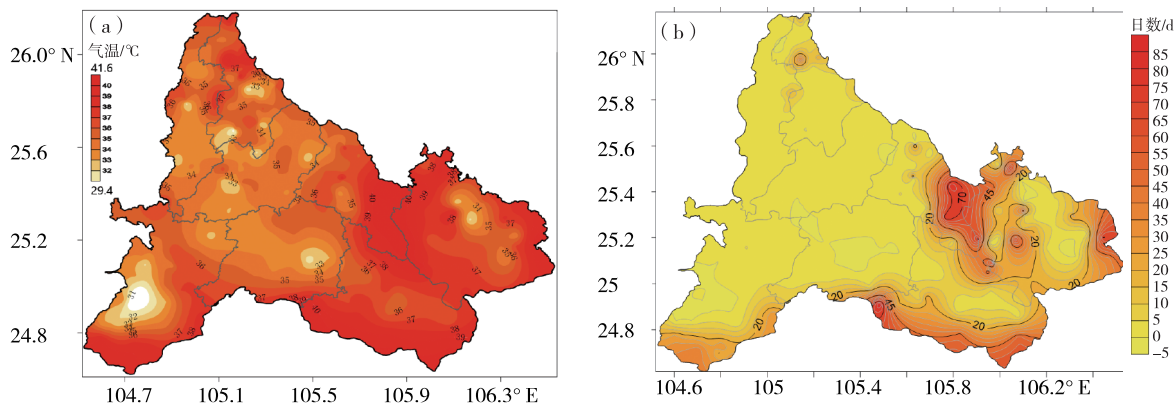


图 3 黔西南州区域站多年平均极端最高气温(a)、年均高温日数分布图(b)
Fig. 3 Distribution of multi – year average extreme maximum temperature (a)
and annual average high temperature days (b) at regional stations in Qianxinan Prefecture

2.3.1 季节分布特征 黔西南州出现高温天气的季节主要是春季(3—5 月)和夏季(6—8 月),秋季(9—11 月)和冬季(12 月—次年 2 月)出现高温天气的次数较少。其中,册亨和望谟的高温日数相对较多。对于册亨站,春季高温天数最多^[13],平均高温天数达到 5.8 d,夏季次之,冬季最少。而望谟站夏季平均高温天数最多,超过 4.8 d,春季次之,冬季最少。普安、晴隆、兴仁、贞丰、兴义、安龙这 6 个国家站 62 a 来单季节平均高温天数不超过 1 d。

统计发现黔西南高温天气主要出现在春季和夏季,因此利用空间分辨率更高的区域站数据进一步分析春季和夏季的季节平均高温日数在空间上的分布特征,得到的结论与 2.1 节一致。从春季和夏季黔西南州平均高温日数分布等值线图(图 5)可知,季节平均高温日数分布主要有 2 个中心,一个位于册亨西部,另一个位于贞丰与望谟接壤处,这 2 个

区域的夏季平均高温日数比春季多。

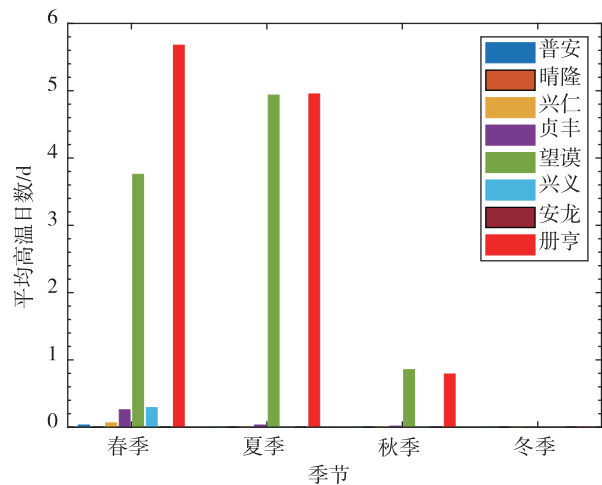


图 4 1961—2022 年黔西南州国家站季节多年平均高温日数
Fig. 4 Seasonal multi – year average high temperature days at national stations in Qianxinan Prefecture from 1961 to 2022

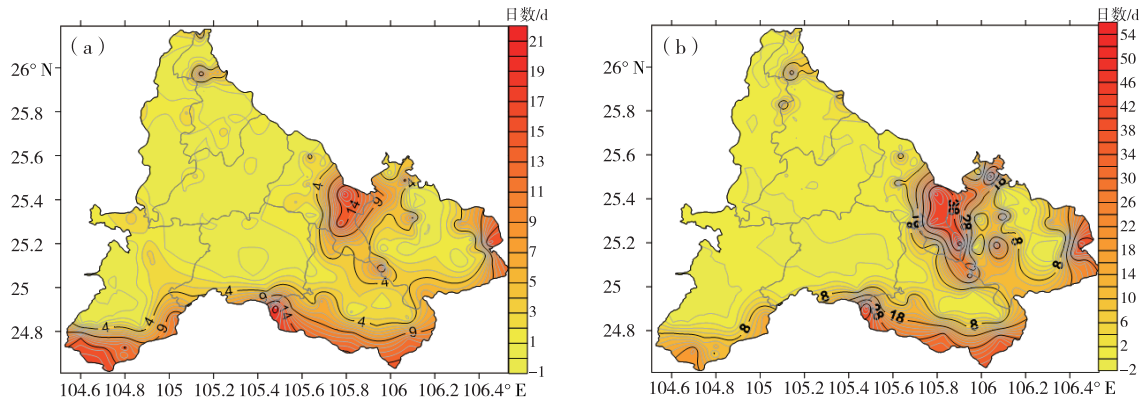


图 5 黔西南州春季(a)、夏季(b)季节平均高温日数
Fig. 5 Seasonal average high temperature days in spring (a) and summer (b) in Qianxinan Prefecture

2.3.2 月分布特征 黔西南州高温天气主要出现在每年的 4—8 月,其中 4 月和 5 月最热^[12]。这 2

个月的多年平均极端最高气温在 36 ℃ 左右,日最高气温可达 40 ℃ 以上(图 6)。

1961—2022 年黔西南州国家站 1—12 月多年平均极端最高气温图(图 6)显示,册亨和望谟的多年平均极端最高气温偏高,这 2 个站 4—8 月的多年平均极端最高气温均超过 35 ℃,其余国家站的多年平均极端最高气温在 35 ℃ 以下。册亨国家气象站的海拔高度为 585.7 m,望谟站的海拔高度为 567.6 m,是 8 个国家气象站中海拔最低的 2 个站,其他 6 个国家气象站的海拔高度都在 1 184.9 ~1 649.4 m 之间。晴隆站和普安站的海拔是 8 个国家站中最高的 2 个站,分别为 1 552.9 m 和 1 649.4 m。整体来看,一年四季,册亨和望谟气温最高;晴隆、普安和安龙气温偏低;12 月全州气温最低,5 月全州气温最

高。8 个国家站中,1 月晴隆气温最低,该月多年平均极端最高气温在 20 ℃ 左右,册亨 26 ℃ 为全州最高;5 月晴隆气温最低,其极端最高气温在 30.2 ℃ 左右,册亨 36.4 ℃ 为全州最高。结合各观测站在黔西南州的分布可知,在空间上,高温天气呈现明显的东南高西北低的趋势,季节平均高温日数和每月多年平均极端最高气温随海拔高度的升高而逐渐降低。

黔西南州区域站的逐日累计高温站数统计图(图 7)显示,黔西南大范围高温主要出现在 5 月中下旬、7 月中旬和 8 月,其中 8 月最为集中,持续时间最长,基本维持 1 个月之久。

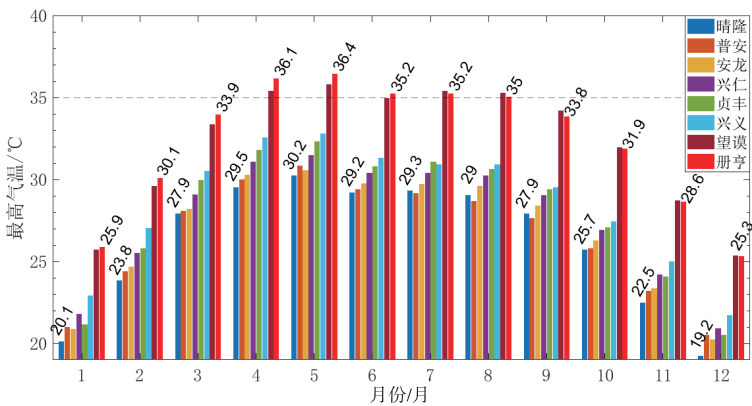


图 6 1961—2022 年黔西南州国家站 1—12 月多年平均极端最高气温
Fig. 6 Monthly multi-year average extreme maximum temperature at national stations in Qianxinan Prefecture from January to December, 1961—2022

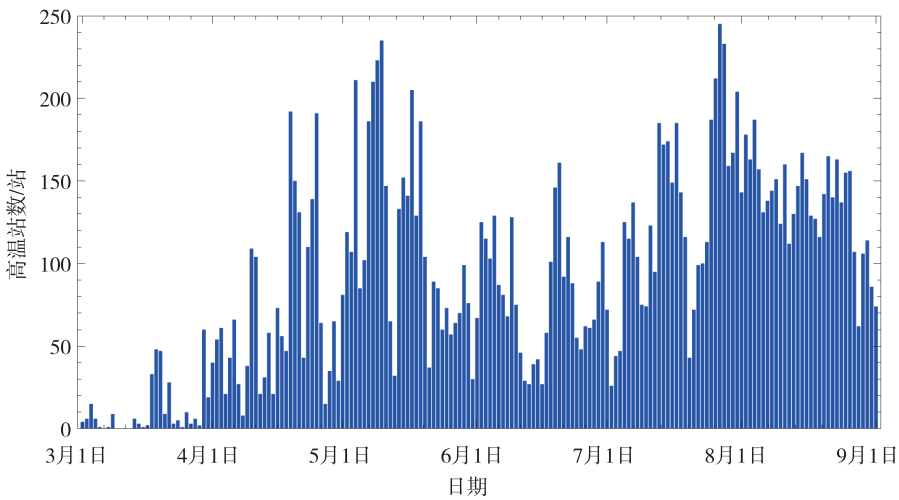


图 7 2009—2022 年黔西南州区域站 3—8 月逐日累计高温 (>35 ℃) 站数
Fig. 7 Daily accumulated number of high temperature (>35 ℃) stations of regional stations in Qianxinan Prefecture from March to August, 2009—2022

2.3.3 日最高气温时刻分布特征 由于没有国家气象站每日最高气温出现时刻的数据,因此利用 2009—2022 年黔西南州 208 个区域气象站的日最

高气温和每日最高气温出现时刻的数据进行统计分析,分别绘制 8 个县境内的不同时刻累计高温站数,得到图 8 所示的柱状图。可以看到,8 个县

最高气温主要出现在 15—17 时。

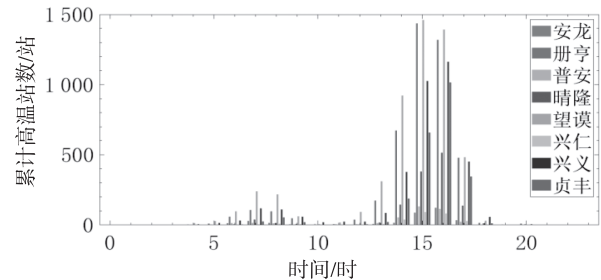


图 8 2009—2022 年黔西南州
区域站的逐小时高温 (>35 °C) 累计站数
Fig. 8 Hourly accumulated number of high
temperature (>35 °C) stations of regional
stations in Qianxinan Prefecture from 2009 to 2022

3 黔西南州高温天气变化趋势分析

3.1 平均气温变化趋势

图 9 是黔西南州 1961—2022 年国家气象站的多年平均气温分布图。由图可知全州平均气温表现出东南高西北低的分布特征,其中普安最低,为 13.9 °C;晴隆、兴仁和安龙次之,在 14.2 ~ 15.3 °C 之间;贞丰和兴义平均气温分别为 16.5 °C 和 16.6 °C;册亨和望谟平均气温偏高,均在 19 °C 以上。

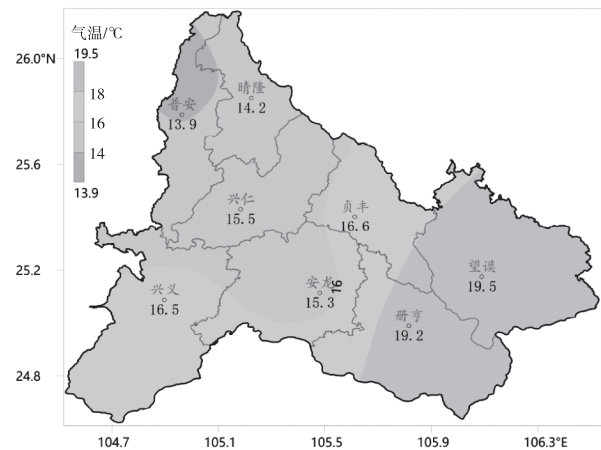


图 9 1961—2022 年黔西南州国家站的多年平均气温分布图
Fig. 9 Distribution of multi-year average
temperature at national stations in Qianxinan
Prefecture from 1961 to 2022

从平均气温的线性趋势来看,1961—2022 年全州平均气温呈现持续增加的趋势。其中在 20 世纪 90 年代略有下滑,进入 21 世纪后平均气温持续增加(图 10),与段荣等^[12]得出的结论一致。

通过线性倾向估计方法和非参数统计检验(Mann-Kendall)法计算黔西南州年均气温的长期变化趋势发现,2 种计算方法结果基本一致,线性倾

向估计方程的趋势系数为 0.0171, M-K 趋势检验方法计算的趋势系数为 0.0178, Z 值为 4.6831 > 2.32, 表明平均气温总体呈现上升趋势,且通过 99% 的显著性检验。从 M-K 突变检验图中也可以看到(图 11), 1961—2022 年年均气温表现为上升趋势,尤其在 20 世纪 90 年代之后上升趋势更加明显,这可能与全球气候变暖相关。

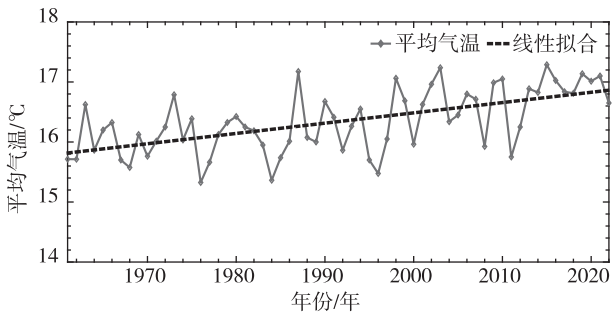


图 10 1961—2022 年黔西南州年平均气温时间变化
Fig. 10 Temporal variation of annual average temperature
in Qianxinan Prefecture from 1961 to 2022

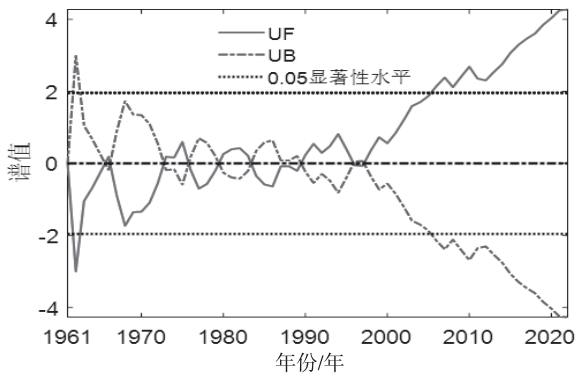


图 11 1961—2022 年黔西南州国家站年均气温 M-K
突变检验图(黑色虚线为 95% 置信度水平检验临界值)
Fig. 11 M-K mutation test chart of the annual average
temperature at national stations in Qianxinan Prefecture
from 1961 to 2022 (The black dotted line is the
critical value of the 95% confidence level test)

3.2 高温天气变化趋势

图 12 是黔西南州 1961—2022 年 8 个国家气象站年最高气温平均值线性趋势图。从全州最高气温平均值的线性趋势来看,1961—2022 年最高气温整体也呈现不断上升的趋势。其中 20 世纪 70 年代后期—80 年代后期和 21 世纪 20 年代的最高气温升高较缓慢,甚至出现降低的趋势,但其余时段整体呈现增加的趋势,尤其在 20 世纪 90 年代和 21 世纪初期的上升幅度最为明显。

此外,全州每年出现高温天气的天数也呈现增加的趋势,20 世纪中期至末期的 39 a 间,除了 1963

年高温日数达到 39 d 以外,其他年份高温日数在 10 d 上下波动,趋势变化不明显,这 39 a 的逐年平均高温日数为 11 d。进入 21 世纪以来的这 23 a 间,每年高温日数总体呈现出增加的趋势,且这 23 a 的逐年平均高温日数为 21 d,明显高于 1962—1999 年平均值,表明近年来高温日数较 20 世纪快速增多。如图 13 所示。

同样运用 M-K 趋势检验方法对 8 个国家站最高气温平均值和逐年高温日数序列进行趋势变化分析,结果表明,最高气温平均值的趋势系数为 0.029 3 (M-K 趋势检验法计算的 Z 值为 3.790 2 > 2.32,通过 99% 的显著性检验),高温日数的趋势系数为 0.272 3 (M-K 趋势检验法计算的 Z 值为 4.172 9 > 2.32,通过 99% 的显著性检验),进一步表明全州 8 个国家站年最高气温平均值和逐年高温日数随时间分别以每年 0.029 3 °C 和 0.272 3 °C 的速率上升。

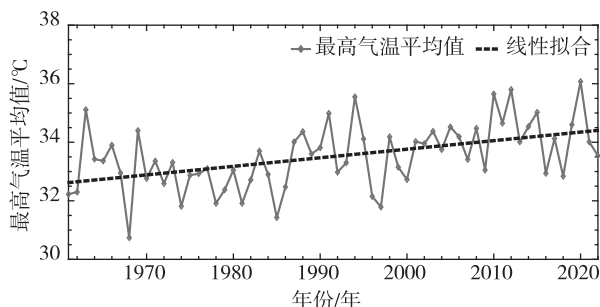


图 12 1961—2022 年黔西南州国家站年最高气温时间变化
Fig. 12 Temporal variation of average annual maximum temperature at national stations in Qianxinan Prefecture from 1961 to 2022

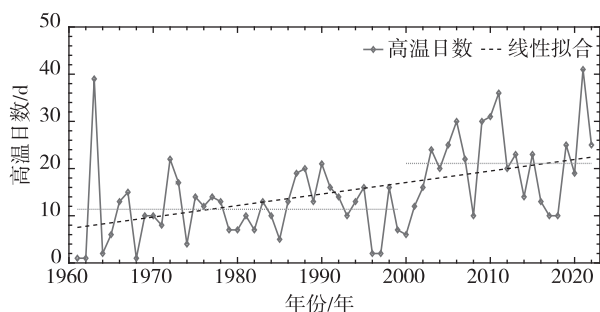


图 13 1961—2022 年黔西南州高温日数时间变化
Fig. 13 Temporal variation of high temperature days in Qianxinan Prefecture from 1961 to 2022

4 总结与讨论

利用 1961—2022 年黔西南州 8 个国家气象观测站以及 2009—2022 年 208 个区域气象观测站的日最高气温、极端最高气温和平均气温站点数据,对黔西南州高温天气的时空分布特征、高温频发区

域和季节进行分析,统计了高温天气中单日最高气温出现的主要时段,并分析了 62 a 来该地区逐年极端最高气温、高温日数的变化趋势。主要结论如下:

(1) 黔西南极端最高气温和平均气温区域性特征明显,呈东南高、西北低的空间分布特征,高温频发区位于册亨西部、贞丰与望谟接壤处,多年平均极端最高温达 40 °C,年均高温日数超过 70 d。

(2) 黔西南州高温天气主要出现在每年的 4—8 月,其中 4 月和 5 月气温最高,其多年平均极端最高气温都在 36 °C 左右。黔西南州大范围高温主要出现在 5 月中下旬、7 月中旬和 8 月,其中 8 月最为集中,持续时间最长。区域站逐小时累计高温站数统计结果表明,日最高气温主要出现在 15—17 时。

(3) 国家站最高气温平均值和高温日数呈现显著的增加趋势,其中 2000—2022 年的高温日数平均值明显高于 1962—1999 年平均值。

本文从不同时间尺度和空间尺度揭示了黔西南州高温天气的规律特征,但仍存在一些问题需要进一步探索和思考。文中册亨和望谟同处于黔西南州东南部,且均为亚热带季风湿润气候区,但多年平均统计结果表明,册亨站在春季的高温日数最多,而望谟在夏季的高温日数最多,导致这一差异的原因是什么? 研究表明,春季西南热低压是造成贵州春季高温天气的重要影响系统^[25-27];而夏季的副热带高压^[28]和大陆高压中心位置则主要影响西南地区夏季的高温天气^[29]。由此推测,册亨和望谟高温日数季节差异的原因可能是不同季节影响系统的不同。春季西南热低压常位于云南和贵州西部一带,位置偏西且稳定少动,对册亨的高温天气带来直接且持久的影响;夏季的副热带高压强盛,其脊线的位置摆动首先对望谟产生影响,但具体的影响机制和机理需要进一步去验证。

参考文献

- [1] 《中国气候变化蓝皮书(2022)》发布[J]. 中国环境监察,2022,76(8):4.
- [2] ALEXANDER L V, ZHANG X, PETERSON T C, et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2006;111, D05109.
- [3] MOORE T R, MATTHEWS H D, SIMMONS C, et al. Quantifying changes in extreme weather events in response to warmer global temperature[J]. Atmosphere - Ocean, 2015, 53(4):412—425.
- [4] QIAN W H, LIN X. Regional trends in recent temperature indices in China[J]. Climate Research, 2004, 27(5):119—134.
- [5] BONSAL B R, ZHANG X, VINCENT L A, et al. Characteristics of daily and extreme temperatures over Canada[J]. Journal of Climate,

- 2001, 14 (9): 1959 – 1976.
- [6] DING T, QIAN W, YANB Z. Changes in hot days and heat waves in China during 1961—2007 [J]. International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society, 2010, 30 (10): 1452 – 1462.
- [7] 梁梅, 吴立广. 中国东部地区夏季极端高温的特征分析[J]. 气象科学, 2015, 35 (6): 701 – 709.
- [8] 胡菊芳, 李芬, 赵冠男, 等. 江西高温天气时空变化特征分析[J]. 南昌大学学报(理科版), 2022, 46 (4): 416 – 422.
- [9] WANG W, ZHOU W, WANG X, et al. Summer high temperature extremes in Southeast China associated with the East Asian jet stream and circumglobal teleconnection [J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2013, 118 (15): 8306 – 8319.
- [10] 朱曦嵘, 杨依山, 丁旻, 等. 贵州西南地区雷电活动与地形地貌相关性分析[J]. 科技创新与应用, 2021, 11 (17): 70 – 73.
- [11] 李腹广, 王芬, 赵玉金. 黔西南气候资源与农业生产[J]. 广西气象, 2006 (增刊 3): 42 – 44.
- [12] 段荣, 杨春艳, 李婧, 等. 黔西南州极端气温时空演变规律研究[J]. 中低纬山地气象, 2021, 45 (6): 44 – 49.
- [13] 王泽雁, 李克勤. 近 39 a 册亨县高温干旱气候特征分析[J]. 贵州气象, 2009, 33 (4): 30 – 31.
- [14] 魏麟骁, 李永华, 何卷雄, 等. 重庆地区极端高温事件的模拟研究[J]. 中低纬山地气象, 2018, 42 (3): 18 – 26.
- [15] 严小冬, 李扬, 夏阳, 等. 1961—2016 年贵州省持续性干旱特征及成因分析[J]. 中低纬山地气象, 2019, 43 (3): 1 – 7.
- [16] 张李娟, 严小冬, 夏阳, 等. 近 40 a 铜仁夏季旱涝时空分布及典型旱涝年环流特征分析[J]. 中低纬山地气象, 2022, 46 (5): 1 – 9.
- [17] 赖昌兰, 邵吴霜. 黔西南州 2015—2019 年农业防灾减灾措施[J]. 农技服务, 2020, 37 (8): 82 – 84.
- [18] 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.
- [19] 徐宗学, 隋彩虹. 黄河流域平均气温变化趋势分析[J]. 气象, 2005, 31 (11): 7 – 10.
- [20] 李玲萍, 杨永龙, 钱莉. 石羊河流域近 45 年气温和降水特征分析[J]. 干旱区研究, 2008, 25 (5): 705 – 710.
- [21] 丁贞玉, 马金珠, 张宝军, 等. 近 50 年来石羊河流域气候变化趋势分析[J]. 干旱区研究, 2007, 24 (6): 779 – 784.
- [22] 秦年秀, 姜彤, 许崇育. 长江流域径流趋势变化及突变分析[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14 (5): 589 – 594.
- [23] 温伟光, 路清, 刘晓磊, 等. Mann—Kendall 趋势分析在抗浮设防水位确定中的应用[J]. 勘察科学技术, 2021 (2): 37 – 41.
- [24] 张声舜. 我国热带、亚热带山区气候特征与开发利用的探讨[J]. 热带地理, 1984, 4 (1): 9 – 13.
- [25] 杨静, 汪超, 雷云, 等. 春季西南热低压的发生发展与结构特征[J]. 气象, 2013, 39 (2): 146 – 155.
- [26] 李国文. 西南热低压及其预报的研究[J]. 气象学报, 1965, 35 (2): 126 – 131.
- [27] 熊方, 王元. 典型高影响天气系统之西南热低压研究 I: 统计分析[J]. 热带气象学报, 2008, 24 (4): 391 – 398.
- [28] 黄小梅, 仕仁睿, 刘思佳, 等. 西南地区夏季高温热浪时空分布特征及其成因[J]. 高原山地气象研究, 2020, 40 (3): 59 – 65.
- [29] 苏永玲, 张旭煜, 袁媛, 等. 2006 年西南地区异常高温及其成因分析[J]. 成都信息工程学院学报, 2007 (增刊 1): 16 – 22.