

Characteristics of Extreme High Temperature in Summer in Guizhou Province

Mengyuan Wang, Wenshu Mao, Youzhi Chang

College of Atmospheric Science, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan
Email: 1115815421@qq.com

Received: Jul. 3rd, 2020; accepted: Jul. 22nd, 2020; published: Jul. 29th, 2020

Abstract

With the increasing trend of global warming, extreme weather events occur frequently. It is a serious threat to the development of national economy and the protection of ecological environment. In this paper, the daily temperature data of 25 meteorological observation stations in Guizhou Province from June to August in the summer of 1970-2009 are used to analyze the characteristics of extreme high temperature events in the past 40 years in Guizhou Province through the linear trend method and M-K mutation detection method. The results show that: (1) The extreme high temperature days in Guizhou Province are fluctuating in the past 42 years. It increases year by year and amplitude changes increase. (2) The average temperature and the extreme maximum temperature change from more to less to more, and increase in vibration. (3) The extreme high temperature threshold is related to the altitude. The extreme high temperature threshold is large in the low altitude area, but it is opposite in the high altitude area. (4) The extreme high temperature has two extreme centers; one is located in Sinan in the north of East Guizhou and the other is located in Tongren in the East. Due to the influence of topography, the number of extremely high temperature days in Guizhou is more in Panxian, Xifeng, Tongren and Sansui.

Keywords

Guizhou, Extreme High Temperature, Summer, Linear Trend Method

贵州省夏季极端高温变化特征

王梦园, 毛文书, 常友治

成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都
Email: 1115815421@qq.com

收稿日期: 2020年7月3日; 录用日期: 2020年7月22日; 发布日期: 2020年7月29日

摘要

随着全球变暖趋势加剧,极端天气事件频发,对国民经济发展和生态环境保护构成了严重威胁,本文采用贵州省25个气象观测站1970~2009年夏季(6月至8月)逐日气温资料,通过线性趋势法、M-K突变检测法,对贵州省近40年夏季极端高温事件进行特征分析,结果表明:(1)近42年贵州省极端高温天数总体在波动中逐年上升,振幅变化较加大。(2)极端温度和极端最高温度呈多-少-多的年际变化,总体在振动中增大。(3)极端高温阈值与海拔高度有关,低海拔地区极端高温阈值大,高海拔地区则与之相反。(4)极端高温有两个极值中心,一个位于黔东北部的思南,一个位于东部的铜仁。受地形地貌的影响,贵州极端高温日数多年平均以盘县、息烽、铜仁、三穗分布较多。

关键词

贵州省, 极端高温, 夏季, 线性趋势法

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近一个世纪以来,随着城市化发展进程的不断加快,极端天气气候事件频繁发生且强度也加大,天气气候变化的问题越来越受到人们的关注。在全球气候变暖的大背景前提下,极端高温天气发生强度加剧,有关极端高温气候灾害事件的问题已成为国内外学术界研究的重点及热点,国内外已有很多的学者对极端高温开展了相关方面的研究,特别是对极端高温日数在时间和空间分布方面开展了相对应的研究。对全球变暖大背景下,国外的研究人员在极端天气气候方面开展了很多对应方面的研究。Gerald A. Meehl 等人[1]在研究分析中指出,当极端事件的极端程度比较大时(偏离平均值一倍标准差以上),方差对极值频数的敏感性要比均值对极值频数的敏感性大的多。Karl 等人[2]在研究指出,在过去几十年里,极端最低温度在美国和前苏联都存在明显的上升趋势,因此可以确定极端最高温度的变化存在较强的区域性这种特点。Manton 等人[3]利用1961年到1998年实地站点逐日资料,研究发现在东南亚和南太平洋地区,在过去半个世纪里,炎热的日天和暖夜在增加,而冷日和冷夜在减少。

在我国近百年来,大部分地区除了东北和新疆北部地区以外,气温长期变化趋势都与北半球平均气温的趋势的主要特征近似一致,也就是说从上世纪初到1945年前后和70年代以来,这两段时间都是两个显著的增温时间段[4]。研究冬夏季的平均最低气温、平均最高气温的空间形态,从中发现在20世纪70年代末到80年代初这段时间内,平均最低气温、平均最高气温都发生显著的变化,具体表现在江淮流域有非常显著的降温[5]。并且年平均气温在我国东部、西部和青藏高原地区都呈现出升温趋势的变化,其中年、季平均气温变化我国东、西部地区紧密相关,造成这一影响的主要原因是受到全球气候变化,但是对于年平均气温来说,东部的增暖总趋势明显大于西部,又说明了在气温的变化中地域差异这一重要因素发挥了很大的作用[6]。通过分析最近温度变化,发现我国最近一次增温从1978年开始,持续了23年,一直增温到了2000年,研究人员分析估计得出结论,这个增温阶段持续时间比较长,能够持续至少10年,但是未来10年主要的增温地区有可能南移,也就是说南移造成长江流域将比现在暖和,使得夏季气温在37℃以上的高温酷暑天数要比现在多得多[7]。中国长江中下游地区近50年来夏季的气温

总体上呈现出明显的变化特征即非对称趋势变化特征，这也是夏季气温的上升趋势在很大程度上由于日最低气温上升带来的变化结果[8]。

许多学者对我国近几十年的气温变化特征做了详细分析，毛泳等[9]利用重庆地区 1986~2016 年夏季极端高温($\geq 40^{\circ}\text{C}$)天数数据，运用线性倾向率和累积距平法两种方法来分析重庆夏季极端气温特征及变化趋势，得出以下结论：(1) 重庆市极端高温天数近 30 年来总体在逐年波动上升，(2) 重庆在 20 世纪末的极端高温发生在 1994 年前后，并发生较小范围的波动，进入 21 世纪后，在 2006 年发生极端高温峰值，近 10 年来，重庆极端高温天数($\geq 40^{\circ}\text{C}$)呈现的逐渐增加趋势非常明显，(3) 2006 年以前重庆极端高温天数($\geq 40^{\circ}\text{C}$)在波动中呈现先上升后下降的趋势，且振幅范围较小，2006 年以后极端高温天数($\geq 40^{\circ}\text{C}$)逐渐在波动幅度上升。卢万合等[10]运用 M-K 检验、滑动 t 检验、小波分析法对 22 个气象站点逐日地面气温数据进行了研究分析，把日最高温度 35°C 以上和 38°C 以上的极端高温事件的发生频次作为研究指标，分析了甘肃省 1961 年到 2011 年夏季极端高温事件的变化特征和年际变化趋势。姜荣等[11]选取 1960~2013 年上海市徐汇站日最高气温、日最低气温和相对湿度及 2004 年到 2014 年上海市 10 个气象站夏季日最高气温与日最低气温等作为观测资料，将数据进行分析归类出夏季日最高气温、高温日数、暖夜日数、高温热浪指标、炎热日数和广义极值分布等指标，分析总结了上海市极端高温天气的变化特征，研究人员得出的结论表明，从 1960 年到 2013 年这段时间范围内，上海市夏季的日最高气温趋势变化存在显著升高的现象，其中数据指标暖夜日数和高温热浪都明显增加，并且这两个指标在 2013 年达到了最大值，数据指标炎热日数和广义极值分布只两个在 1976 年出现了转折，这种转折呈两种不同的变化趋势。李艳等[12]通过采用百分位阈值法对 1980 年到 2010 年之间共 31 年 NCEP 再分析资料和华北地区地面台站资料进行了分析，探讨了夏季极端高温天气事件华北地区的时空变化特征，并对造成时空变化和环流的原因进行了深入探讨，研究结果表明华北地区在 1980 年到 2010 年之间的极端高温发生频率和极端高温事件发生时的最高温度、日平均温度都存在显著的升高的变化趋势，其中增加趋势最为显著的事极端高温发生频率。

因此我们很有必要利用更新的、时间更长、更为详细的气象资料，讨论分析夏季极端最高气温的空间分布特征，探讨夏季极端高温的年代际变化特征以及气候变化分布异常原因，并且对极端高温事件的空间分布等方面也要进行探讨，为全国各地针对性对极端灾害性天气气候事件进行因地制宜的预防，提供一定的相对应参考依据，避免造成无法挽回的灾害。因此，要研究夏季极端高温的发生发展的变化规律和发生机理，并做出相关的有效性预测，对于探索和应对天气气候相关变化，以确保国民经济的健康平稳运行、确保人民群众生产生活的有效进行，在减少气象灾害损失等方面具有十分深远的科学价值和现实意义。

2. 资料与方法

2.1. 资料概况

选取的贵州省 25 个气象站分布比较均匀，能够较好的反应贵州省的天气气候变化，见图 1。本文使用百分位阈值法来确定是否发生极端高温天气，将贵州省 1970~2009 年来近 40 年具有代表性的各地站点的夏季逐日数据最高气温进行排列，按照从小到大的顺序，把第 90 百分位数值作为为极端高温天气的阈值，如果一个站点的日最高气温高于该站点的阈值，则可以确定此时发生了一个极端高温天气事件。

2.2. 研究方法

用一元线性关系来分析判断各个气象要素的主要线性变化的趋势规律、趋势的大小以及趋势的显著性特征等方面；用 M-K 检验法和滑动 t 检验法这两种突变法对其做相应的突变分析，得出发生突变的时

间范围。由以上方法，可以了解各时间尺度上各个气象要素的周期性，和对各个气候要素的主要周期上未来变化趋势等方面进行预测分析。

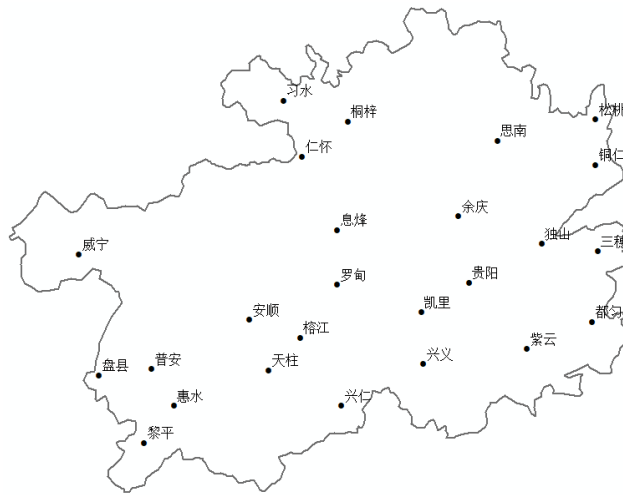


Figure 1. Distribution of 25 selected sites in this paper
图 1. 本文选取的 25 个站点分布

3. 贵州省夏季极端高温时空变化特征

3.1. 贵州省夏季极端高温的时间演变特征

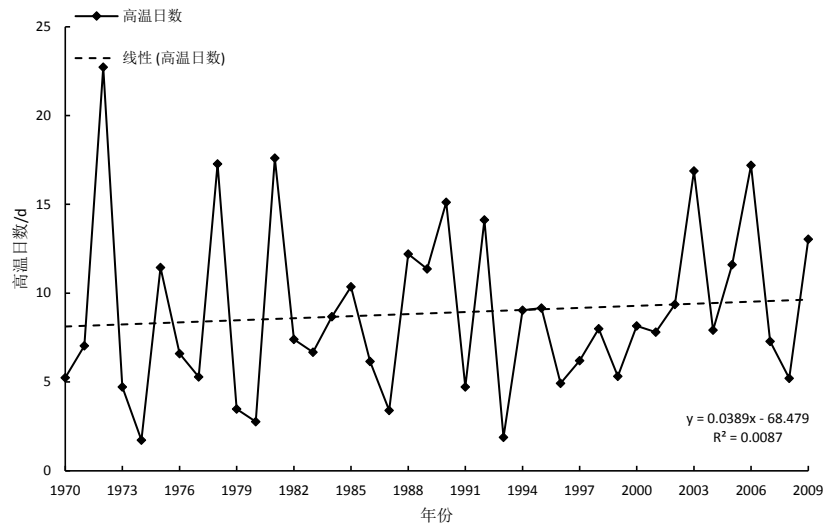
3.1.1. 年际变化趋势

本文利用了百分位阈值法和一元线性方法对贵州省 1970 年到 2009 年近 40 年的夏季极端高温天数进行了分析。

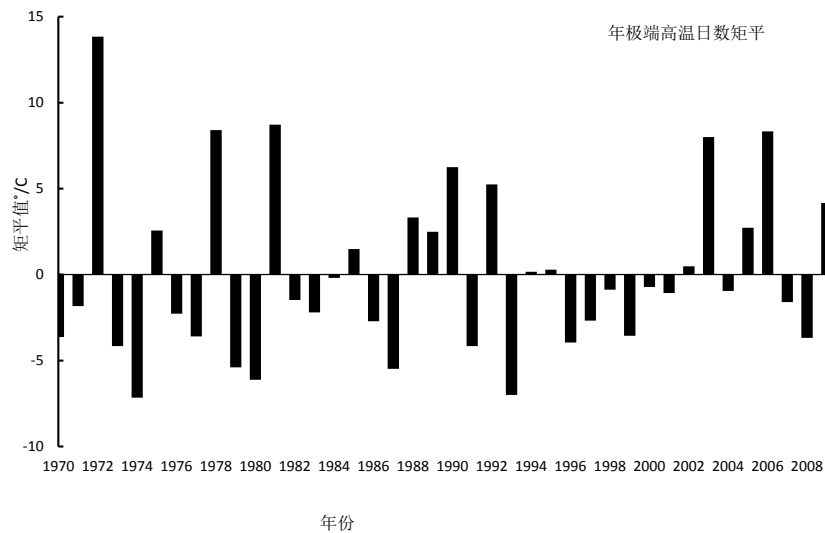
见图 2(a)显示, 1970 年~2009 年近 40 年来贵州省的极端高温天数的变化趋势, 从图中看出多年总趋势变化不是很明显, 但是 1970~1982 年波动振幅大, 1994 年和 1995 年高温天数变化不明显, 振幅波动较小, 在 1972 年, 贵州省的夏季极端高温天气日数最多, 为 23 d, 而在 1974 年和 1993 年极端高温天气日数最少, 从图中可看出为 2 d。贵州省的夏季极端高温日数呈现逐年在波动中增加趋势特征, 线性趋势系数达到了 0.0389, 但没有通过显著性检验。见图 2(b)总体上看, 根据高温日数的时间序列来看, 极端高温日数年际变化呈现出多 - 少 - 多的特征。

在极端高温发生时, 贵州省的极端温度和极端最高温度也存在明显的年际变化的特征。图 2 中得出 1970 年到 2009 年夏季极端高温事件发生时, 极端温度在 2005 年最高, 达到了 26.64℃, 极端温度在 1994 年这段时间最低, 数值为 22.51℃。近 40 年来的这段时间, 极端温度波动振幅范围较小, 但是在波动中上升, 线性增加趋势系数为 0.0119, 并且通过了 0.01 的显著性水平检验。对于在发生极端高温事件时出现的最高温度而言, 结论如图 3(a)所展示的, 最高的温度发生在 1988 年, 为 35.1℃, 最低温度出现在 1993 年和 1974 年, 为 32.4℃, 见图 3(b)同样的极端高温的最高温度较极端温度震动幅度大、变化明显, 但是也有显著地线性增加, 线性增加趋势系数为 0.0093, 且通过了 0.01 的显著性检验。从累计距平可以看出, 1971~1972 年为年最高气温增加期, 1973~1986 年总体为减少期, 随后又逐渐增加。

综上所述, 从 1970 到 2009 年时间范围内, 近 40 年随着时间序列无论是夏季极端高温日数, 还是极端高温事件发生时的温度, 都有显著的增加趋势。其中高温日数和极端最高温度的波动幅度较大、变化较为显著, 相反的是极端温度振幅较极端最高温度变化小, 并且极端温度是在较平稳中逐步增大。



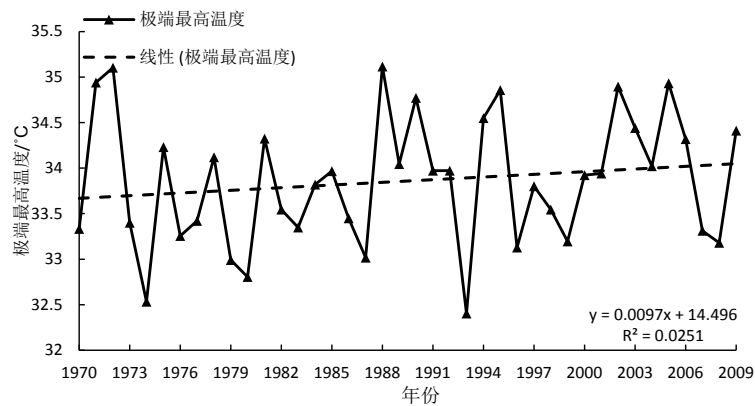
(a) 年际变化图



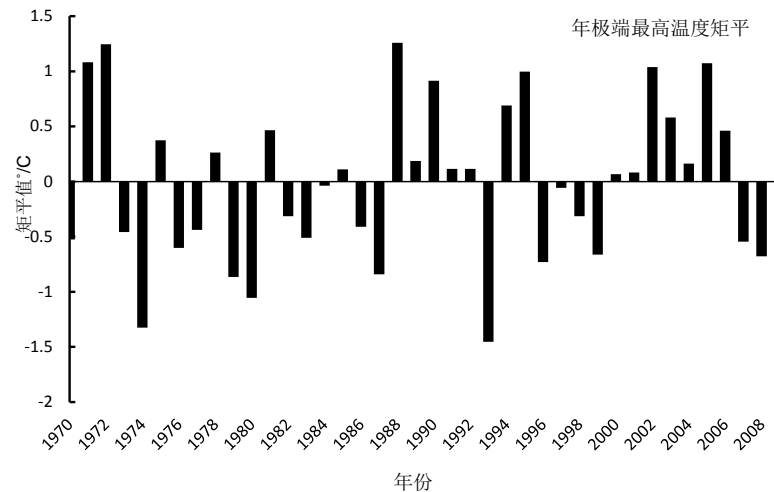
(b) 距平图

Figure 2. Interannual variation of extreme high temperature days (a) and anomaly (b) in Guizhou Province from 1970 to 2009

图 2. 贵州省 1970~2009 年极端高温日数年际变化图(a)和距平图(b)



(a) 年际变化图



(b) 距平图

Figure 3. Interannual variation map (a) and anomaly map (b) of extreme maximum temperature in Guizhou Province from 1970 to 2009

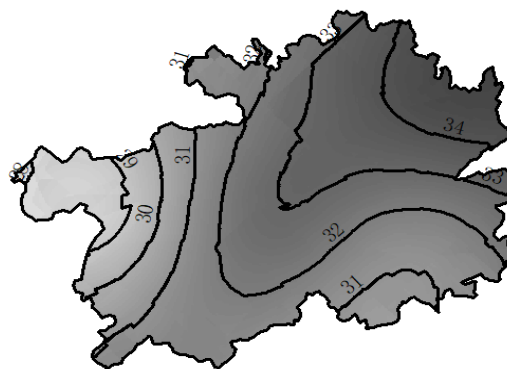
图 3. 贵州省 1970~2009 年极端最高温度年际变化图(a)和距平图(b)

3.1.2. 极端高温阈值的空间分布

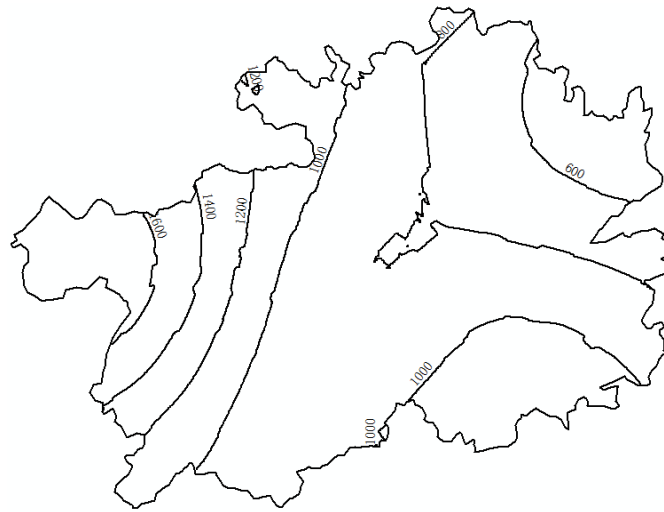
图 4(a)显示了贵州省的极端高温阈值的分布,结果表明,极端高温阈值的分布存在较大的空间差异。研究得出贵州省极端高温阈值呈现东北向西南递减的变化现象,东部阈值均在 33℃以上,而西部阈值均在 30℃以下,中部的阈值则在 32℃左右。见图 4(b)通过结合贵州省的海拔高度的分布,从中发现极端高温阈值的分布有多种因素的影响,可能主要由贵州省的海拔高度和纬度的分布决定,其次取决于贵州省的局地地形及下垫面的性质,具体表现为低海拔地区的站点极端高温阈值高于高海拔站点的极端高温阈值,并且极端高温阈值随海拔升高呈现逐渐下降的变化特征。

3.1.3. 极端高温日数的空间分布

受地形和地貌特征的影响,贵州的极端高温日数多年平均分布在盘县、息烽、铜仁、三穗,最高值达 9.1 d。多年平均高温日数的高值中心位于天柱、榕江、罗甸、铜仁和思南站点地区,而铜仁、赤水和罗甸的多年平均高温日数均在 33℃以上。从图 5(a)可以看出,高温日数增加的站主要分布在贵州西南部,贵州南部,贵州东南部和贵州东北部的大部分地区。在此地区的站点极端最高气温高达 33.8℃~36℃;其余站点的极端最高气温均高于 36℃。



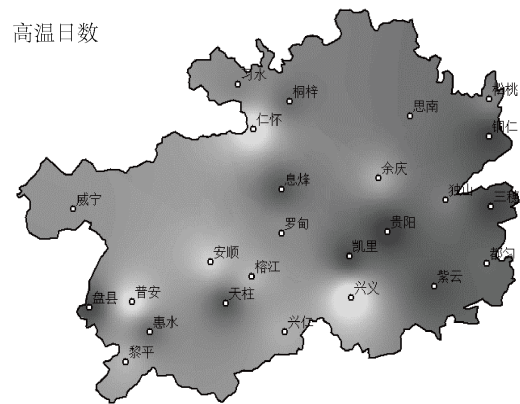
(a)



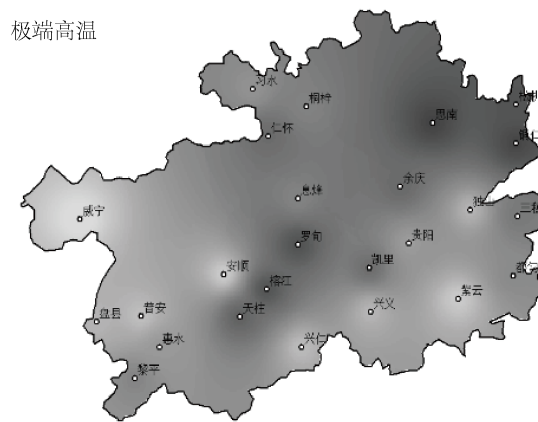
(b)

Figure 4. Distribution of extreme high temperature threshold (a) and altitude (b) in Guizhou Province

图 4. 贵州省极端高温阈值(a)、海拔高度(b)分布图



(a)



(b)

Figure 5. Distribution of high temperature days (a) and extreme high temperature (b) in Guizhou Province

图 5. 贵州省高温日数(a)和极端高温分布图(b)

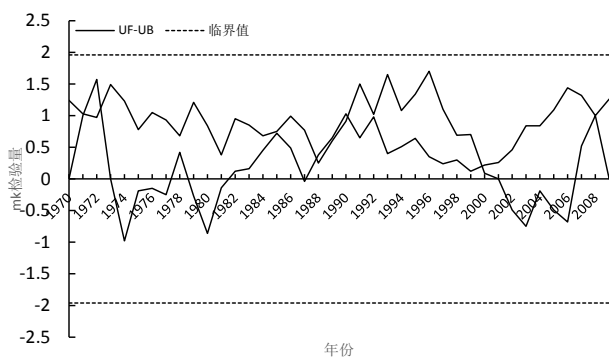
3.1.4. 极端最高温度的空间分布

为了分析贵州省的极端高温线性变化趋势的空间格局情况,本文基于 ArcGIS10.2 软件,采用其中的克里金插值法进行插值分析,结果如图 5 所示。由图 5(b)可知,1970~2009 年贵州省极端高温有两个极值中心,一个位于黔东北部的思南,极端气温高达 40.7℃,一个位于东部的铜仁,极端气温高达 40.5℃。

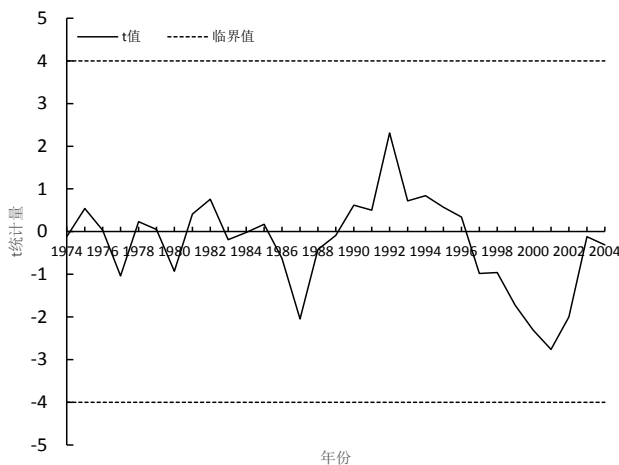
3.2. 突变分析

气候突变表现为气候在时空上统计特征的急剧变化,经由过程突变点来体现。通过运用 Mann-Kendall 非参数秩次相关检验法,由图可知,过去 40 年期间,贵州省的年极端高温、极端高温日数和极端最高温度都出现了明显突变现象。

图 6(a)展现了从 1970 到 2009 年之间贵州省得到极端高温频次即极端高温日数的突变曲线。极端高温日数曲线自 1971 年相交后,在 1973 年、1988 年、1989 年、1992 年、2008 年这几年间存在有多个交点,表明此时的突变点收到了干扰点的影响作用,因此,我们进一步采用滑动 t 检验(子序列长度 5)对突变点进行验证,消除假突变点的影响,见图 6(b)最终确定极端高温日数突变点可能发生在 1992 年。由 UF 统计量曲线可知,极端高温日数呈曲折上升趋势,1970~2009 年的 UF 曲线都没超过显著性水平临界点,表明贵州的极端高温日数在此时间区域内的上升趋势是较为不明显的。



(a) 极端高温日数的 M-K 检验结果



(b) 极端高温日数滑动 t 检验结果(子序列长度 5)

Figure 6. M-K test (a) and sliding t-test (b) of extreme high temperature days in Guizhou Province from 1970 to 2009

图 6. 贵州省 1970~2009 年极端高温日数 M-K 检验(a)和滑动 t 检验(b)

图 7(a)和图 7(b)看出研究时段内,年极端最高气温在 1971 年开始突变,在 1988 年之后有多个较短,总体来说,年极端最高气温在 1972~1988 年处于偏高期,在 1982~2008 年有多个交点时,采用滑动 t 检验,进一步判断突变时间,突变可能在 2001 年出现。

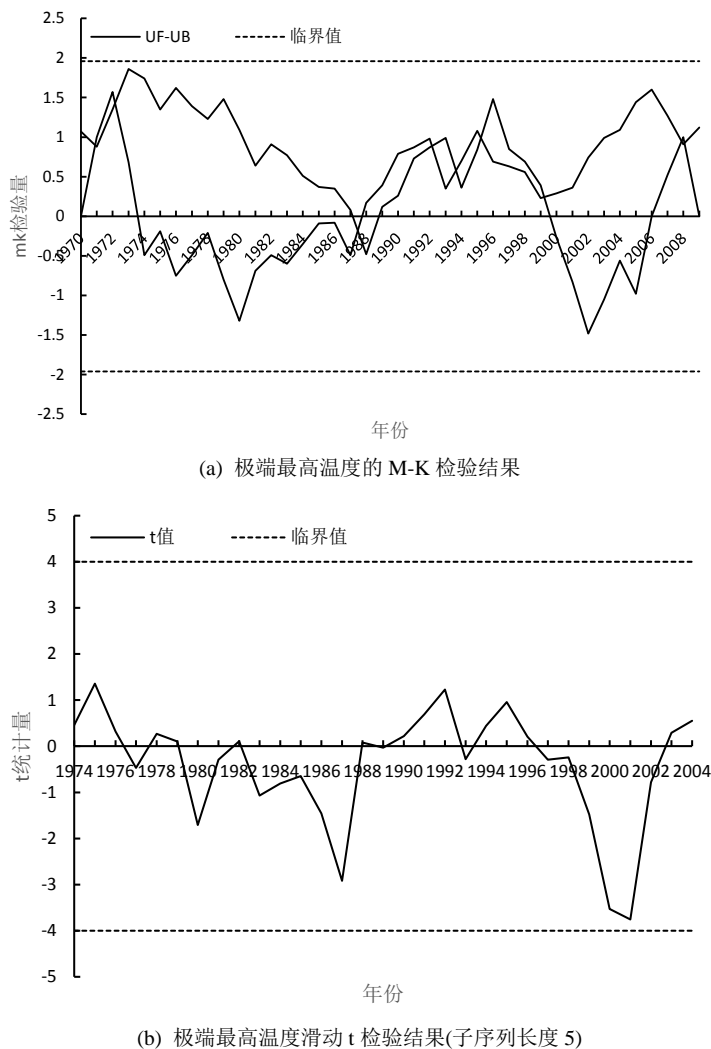


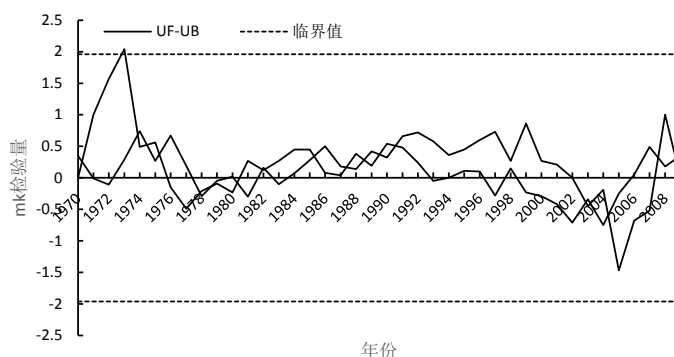
Figure 7. M-K test (a) and sliding t-test (b) of extreme maximum temperature in Guizhou Province from 1970 to 2009

图 7. 贵州省 1970~2009 年极端最高温度 M-K 检验(a)和滑动 t 检验(b)

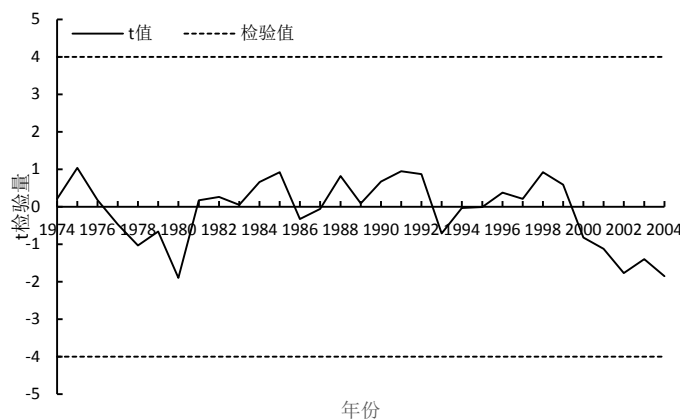
从图 8(a)得出过去 40 年来,总体上极端温度在贵州省的 1973 年发生了非常明显的突变,并且这种突变在 1973 年达到显著水平(0.05 显著性水平);再进一步从图 8(b)中看出 UF 值曲线变化,极端温度在 1999 年到 2008 年这段时间处于偏低期,而极端温度在其他时间段都处于偏高期,年最高气温尤其是在 2006 年前后极其偏高。

4. 主要结论

本文利用逐日温度资料,利用线性倾向估计,通过分析 1970 年~2009 年近 40 年贵州地区的夏季极端高温天数变化特征,主要分析高温日数的年际变化趋势及其时空变化特征,得出了以下的主要结论:



(a) 极端温度的 M-K 检验结果



(b) 极端温度滑动 t 检验结果(子序列长度 5)

Figure 8. Extreme temperature M-K test (a) and sliding t-test (b) in Guizhou Province from 1970 to 2009

图 8. 贵州省 1970~2009 年极端温度 M-K 检验(a)和滑动 t 检验(b)

(1) 根据线性倾向率，贵州省高温天数倾向率为 0.389/10a，并且根据研究得出，1970 年到 2009 年之间极端高温天数总体呈现逐年上升的趋势。贵州省极端高温日数平均值为 8.876 d，以 1993 年为界，1970~1993 年波动幅度大，1993~2009 年波动范围较小，但总体上得出，贵州省极端高温日数变化呈现多 - 少 - 多的年际变化特征。

(2) 研究表明贵州省的极端温度和极端最高温度均呈上升趋势，极端温度变化较小，波动幅度也比较小，但是极端最高温度和高温日数一样波动幅度大，都表现为多 - 少 - 多的年际变化。

(3) 经过分析表明，贵州省极端高温阈值的分布、年极端高温发生频次的分布，这两方面都与贵州省的海拔高度的分布存在非常密切的相对应关系。研究表明低海拔地区的站点其极端高温阈值高于高海拔站点，并且极端高温发生频次，低海拔地区较高海拔地区站点偏多，随海拔高度的升高，极端高温阈值呈现逐渐下降的现象，高海拔地区对应的高温阈值低值区，极端高温频次显著偏少。

参考文献

- [1] Meehl, G.A., *et al.* (2000) An Introduction to Trends in Extreme Weather and Climate Events: Observation, Socioeconomic Impact, and Model Projections. *Bulletin of American Meteorological Society*, **81**, 413-416. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(2000\)081<0413:AITTIE>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(2000)081<0413:AITTIE>2.3.CO;2)
- [2] Karl, T.R., Kukla, G., Razuvayev, V.N., *et al.* (1991) Global Warming: Evidence for Asymmetric Diurnal Temperature Change. *Geophysical Research Letters*, **18**, 2253-2256. <https://doi.org/10.1029/91GL02900>

-
- [3] Mantou, M.J., Della-Marta, P.M., Haylock, M.R., *et al.* (2001) Trend in Extreme Daily Rainfall and Temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961-1998. *International Journal of Climatology*, **21**, 269-284.
<https://doi.org/10.1002/joc.610>
- [4] 屠其璞. 近百年来我国气温变化的趋势和周期[J]. 南京气象学院院报, 1984(2): 151-162.
- [5] 江志红, 丁裕国, 屠其璞. 中国近 50 年冬夏季极端气温场的年代际空间型态及其演变特征研究[J]. 应用气象学报, 1999, 10(S1): 97-103.
- [6] 唐红玉, 翟盘茂. 1951~2002 年中国东西部地区地面气温变化对比[J]. 地球物理学报, 2005, 48(3): 526-534.
- [7] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 北京出版社, 1999, 126-128.
- [8] 蔡佳熙, 管兆勇, 高庆九, 等. 近 50 年长江中下游地区夏季气温变化与东半球环流异常[J]. 地理学报, 2009, 64(3): 289-302.
- [9] 毛泳, 王勇. 近 30 年来重庆极端高温变化特征及其趋势分析[J]. 科技通报, 2019, 35(4): 60-68.
- [10] 卢万合, 蔡文香. 1960-2011 年甘肃省夏季极端高温事件的变化特征分析[J]. 吉林师范大学学报, 2016, 37(3): 150-156.
- [11] 姜荣, 陈亮, 象伟宁. 上海市极端高温天气变化特征[J]. 气象与环境学报, 2016, 32(1): 66-74.
- [12] 李艳, 粟晗, 叶培龙, 等. 1980-2010 年华北地区极端高温天气气候事件特征分析[J]. 兰州大学学报, 2014, 50(6): 832-837.