

宜宾近60年气温变化特征分析

徐呈祥^{1,2*}, 肖国杰^{1#}, 肖天贵¹

¹成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都

²中国民用航空温州空中交通管理站, 浙江 温州

Email: 765140248@qq.com, #xiaogj@cuit.edu.cn

收稿日期: 2021年6月30日; 录用日期: 2021年9月2日; 发布日期: 2021年9月9日

摘要

为了研究全球变暖大背景下宜宾地区的气温变化特征, 本文利用宜宾站1960~2019年逐月的平均气温、平均最低气温、平均最高气温资料, 用线性趋势法和M-K检验, 研究了宜宾近60a气温的变化特征。得到了如下结论: 近60a宜宾平均气温为18.0℃, 平均最低气温为15.4℃, 平均最高气温为21.9℃, 气温变化均呈现显著增长的趋势, 年平均气温增长率约为0.15℃/10a, 年平均最低气温增长率约为0.20℃/10a, 年平均最高气温增长率约为0.15℃/10a。宜宾年平均气温的增暖突变是从1998年开始的, 突变前后气温增幅为0.7℃; 年平均最低气温的增暖突变是从1994年开始的, 突变前后气温增幅为0.6℃; 年平均最高气温的增暖突变是从2004年开始的, 突变前后气温增幅为0.8℃。

关键词

气温, 宜宾, 气温变化, M-K检验, 全球变暖

Analysis on Temperature Change Characteristics in Yibin in the Recent 60 Years

Chengxiang Xu^{1,2*}, Guojie Xiao^{1#}, Tianguai Xiao¹

¹Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan

²China Civil Aviation Wenzhou Air Traffic Management Station, Wenzhou Zhejiang

Email: 765140248@qq.com, #xiaogj@cuit.edu.cn

*第一作者。

#通讯作者。

Abstract

In order to study the characteristics of temperature change in Yibin region under the background of global warming, the monthly mean temperature, mean minimum temperature, mean maximum temperature data from Yibin station from 1960 to 2019 were used to analyze the various characteristics of temperature in Yibin in recent 60 years by linear trend analysis and M-K test. The results show that the average temperature of Yibin from 1960 to 2019 was 18.0°C, the average minimum temperature was 15.4°C, and the average maximum temperature was 21.9°C, and all the changes in the last 60 years showed a significant growth trend, the annual average temperature growth rate was about 0.15°C/10a, the annual average minimum temperature growth rate was about 0.20°C/10a, and the annual average maximum temperature growth rate was about 0.15°C/10a. The abrupt change of annual mean temperature in Yibin began in 1998, and the temperature increased by 0.7°C before and after the abrupt change. The abrupt change of annual average minimum temperature began in 1994, and the temperature increased by 0.6°C before and after the abrupt change. The abrupt change of annual average maximum temperature began in 2004, and the temperature increased by 0.8°C before and after the abrupt change.

Keywords

Air Temperature, Yibin, Temperature Change, M-K Test, Global Warming

Copyright © 2021 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

近年来,全球变暖导致的灾害事件层出不穷[1]。自1961年以来,欧洲国家极端高温事件明显增多[2]。中国南涝北旱的气候模式不断强化,其中长江流域夏季降水量的增加最为显著[3]。中国台站季平均气温的变化总体与全球变暖趋势一致,其中冬季具有更显著的一致性,仅在秦岭以南以及长江中游有局部的变冷[4]。中国的气温增幅要大于全球平均,1951~2012年全球气温升温速率为0.12°C/10a,中国气温升温速率为0.23°C/10a [5]。我国在80年代以来,对温室效应更为敏感的地区集中在北方[6],变暖主要体现在我国华北地区、东北地区以及西北地区西部[7]。虞海燕等人[8]研究发现中国平均气温在1951~1987年整体偏冷,1987年之后则整体偏暖,在1998年和2007年发生了暖的突变。刘凯等人[9]研究发现我国在1951~2018年期间气温持续上升,在20世纪90年代初气温年际距平变化由负距平转为正距平,气温迅速攀升。陈忠升等人[10]研究发现四川盆地在20世纪50~90年代气温呈现下降趋势,90年代至今则气温明显上升,特别是在1998年气温发生了暖突变。

宜宾位于四川盆地的南部,属亚热带季风气候,四季分明,是著名酒都,盛产美酒,茶业也十分发达,酿酒和茶叶种植都对气候要求十分严苛,即使是气候细微变化也会影响地区的各项生产活动[11]。因此本文将在全球变暖的大背景下,研究宜宾气温变化特征,对宜宾地区合理安排农业生产、旅游和生活提供一定的帮助。

2. 资料与方法

2.1. 资料概况

使用资料为宜宾站 1960~2019 年逐月的平均气温、平均最低气温、平均最高气温。气象数据来源于中国气象数据网。

2.2. 研究方法

利用宜宾地面观测站近 60a 逐月的平均气温、平均最低气温、平均最高气温资料,使用 Microsoft Excel 2019 和 MATLAB 等软件进行数据处理和绘图。对宜宾气温进行年际变化数据处理,对得出的数据使用一元线性回归统计方法进行分析[12],用线性倾向估计法来分析气温的主要线性变化趋势,趋势的大小以及趋势的显著性特征等,并将数据进行五年滑动平均和年代平均处理、绘图,可以直观地看到其变化趋势。使用 Mann-Kendall 法对气温进行突变检验[13]。

3. 研究结果

3.1. 气温年际变化特征

由图 1 可以看出,宜宾 1960~2019 年平均气温为 18.0℃,而近 60a 年平均气温呈现增长的趋势,气温增长率约为 0.15℃/10a,相比较全球气温升温速率 0.12℃/10a 要大,相比较中国气温升温速率 0.23℃/10a 要小[14],相比较成都平均气温增长率 0.21℃/10a 要小[15]。相关系数 $r = 0.488$,通过了 $\alpha = 0.001$ 的显著性检验,说明增长趋势是极显著的。近 60a 年平均气温最低值为 17.1℃,出现在 1976 年;最高值为 19.3℃,出现在 2013 年。

为了便于分析,对年平均气温进行五年滑动平均处理,可以发现,1960~1996 年宜宾年平均气温总体要低于近 60a 的平均气温,即这段时间年平均气温偏低;而在 1997 年之后年平均气温快速上升,且波动幅度较大,大多数年份高于近 60a 的平均气温。

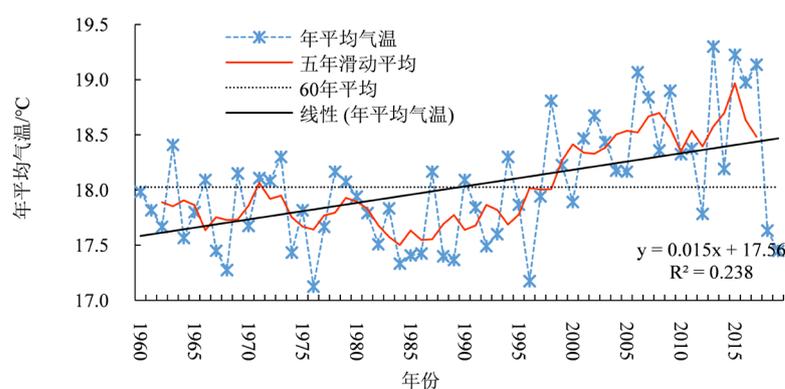


Figure 1. Interannual variation characteristics of annual mean temperature in Yibin from 1960 to 2019
图 1. 1960~2019 年宜宾年平均气温年际变化特征

由图 2 宜宾年平均最低气温年际变化可以看到,宜宾 1960~2019 年平均最低气温为 15.4℃,近 60a 年平均最低气温呈现增长的趋势,增长率约为 0.20℃/10a,高于年平均气温的增长率。相关系数 $r = 0.614$,通过了 $\alpha = 0.001$ 的显著性检验,说明增长趋势是极显著的。近 60a 年平均最低气温最低值为 13.4℃,出现在 1961 年;最高值为 16.6℃,出现在 2015 年。

对年平均最低气温进行五年滑动平均,五年滑动平均的年平均最低气温对比其近 60a 平均值,同样

可以发现在 1996 年之前, 年平均最低气温要低于其近 60a 平均值, 而 1997 年之后年平均最低气温大幅上升, 波动也同样变大。

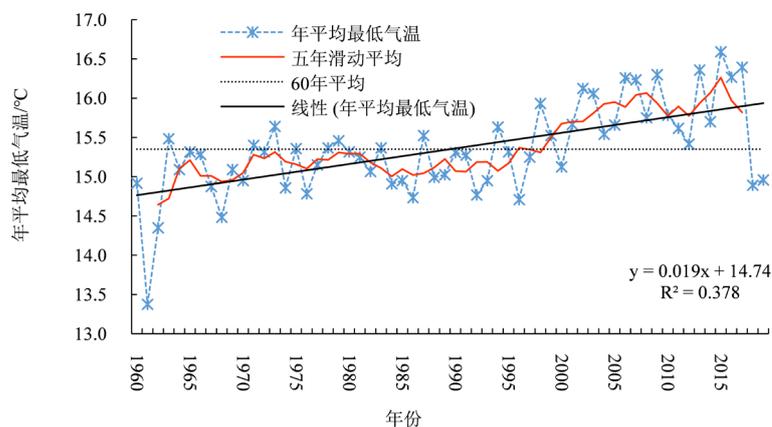


Figure 2. Interannual variation characteristics of annual mean minimum temperature in Yibin from 1960 to 2019
图 2. 1960~2019 年宜宾年平均最低气温年际变化特征

由图 3 年平均最高气温年际变化可以看到, 宜宾 1960~2019 年平均最高气温为 21.9°C, 近 60a 以来也呈现出增长的趋势, 增长率为 0.15°C/10a, 与年平均气温的增长率接近。相关系数 $r = 0.378$, 通过了 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验, 说明增长趋势是十分显著的。近 60a 年平均最高气温最低值为 20.7°C, 出现在 1996 年; 最高值为 23.7°C, 出现在 2013 年。

同样对年平均最高气温进行五年滑动平均处理, 可以看到, 1960~1996 年年平均最高气温普遍低于其近 60a 平均值, 并且呈现波动下降的趋势, 而在 1997 年之后年平均最高气温上升幅度较大。

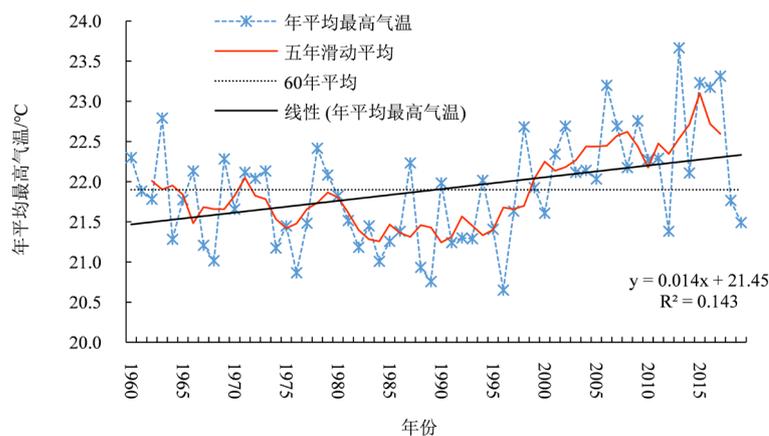


Figure 3. Interannual variation characteristics of annual mean maximum temperature in Yibin from 1960 to 2019
图 3. 1960~2019 年宜宾年平均最高气温年际变化特征

3.2. 气温的 M-K 检验

使用 M-K 检验法对宜宾近 60a 年平均气温进行突变检验可得图 4, 由图中 UF 曲线可见, 1960~1998 年, UF 曲线大多数时间位于 0 值以下, 仅在 1966 年、1972~1975 年、1978~1983 年这三个区间略高于 0 值, 说明在 1998 年之前, 宜宾年平均气温总体呈现下降趋势, 但是没有低于 $\alpha = 0.05$ 显著性水平临界值 (-1.96 信度线), 说明下降的趋势不显著, 并且 UF 与 BF 曲线在 1998 年之前并无交点, 说明没有发生降

温的突变。而自 1998 年以来, UF 曲线超过 0 值并且持续上升, 说明 1998 年后宜宾地区年平均气温有明显的增加趋势, 2004 年之后增暖趋势超过 $\alpha = 0.05$ 显著性水平临界值(1.96 信度线), 2007 年又超过 $\alpha = 0.001$ 显著性水平临界值($u_{0.001} = 2.56$), 说明宜宾年平均气温自 20 世纪 90 年代末以来的增暖趋势是十分显著的。UF 和 BF 曲线的交点位置处在显著性水平检验($\alpha = 0.05$)的临界线之内, 因此确定宜宾自上世纪九十年代末以来年平均气温的增暖是一突变现象, 具体是从 1998 年开始的。

以突变年 1998 年为界, 发现 1960~1997 年平均气温为 17.8°C , 1998~2019 年平均气温为 18.5°C , 突变前后年平均气温增幅为 0.7°C 。

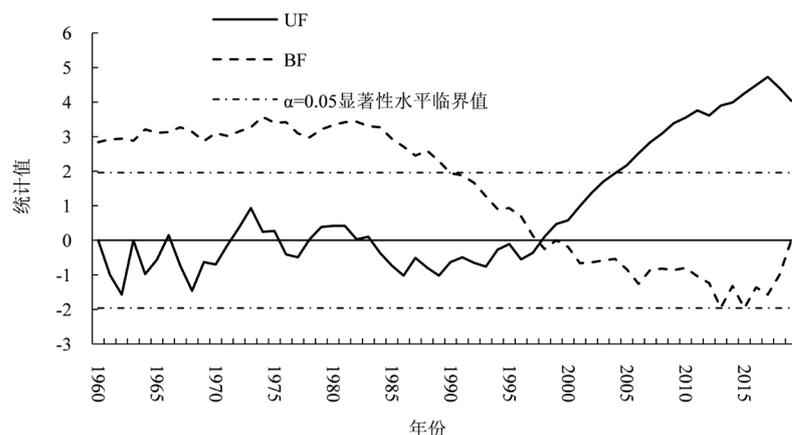


Figure 4. M-K statistic curve of annual mean temperature in Yibin

图 4. 宜宾年平均气温 M-K 统计量曲线

对宜宾近 60a 年平均最低气温进行 M-K 突变检验可得图 5, 由图中 UF 曲线可见, 从 20 世纪 60 年代至今, UF 曲线大多数时间位于 0 值以上并且有持续上升的趋势, 仅在 1960~1963 年要低于 0 值, 说明近 60a 宜宾年平均最低气温总体呈现上升趋势, 并且在 1973 年、1975 年、1979~1985 年和 1999 年之后都超过了 $\alpha = 0.05$ 显著性水平临界值(1.96 信度线), 2002 年之后又超过 $\alpha = 0.001$ 显著性水平临界值($u_{0.001} = 2.56$), 说明宜宾 21 世纪以来年平均最低气温的增暖趋势是十分显著的。UF 与 BF 曲线的交点位置处在显著性水平检验($\alpha = 0.05$)的临界线之内, 因此确定宜宾年平均最低气温自 20 世纪以来的增加是一突变现象, 具体是从 1994 年开始的。

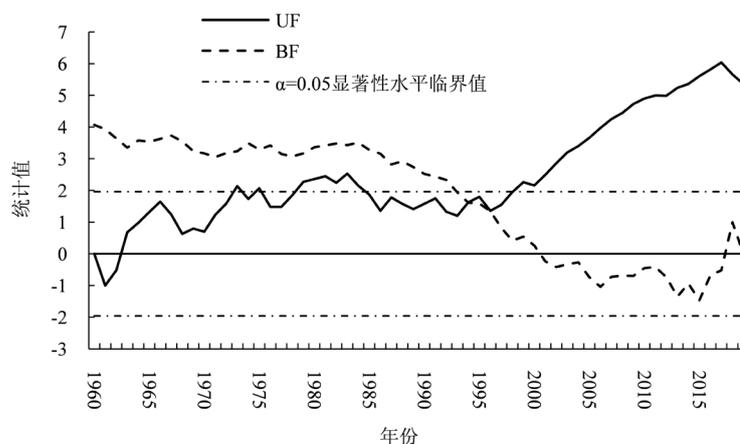


Figure 5. M-k statistic curve of annual mean minimum air temperature in Yibin

图 5. 宜宾年平均最低气温 M-K 统计量曲线

以突变年 1994 年为界, 1960~1993 年平均最低气温为 15.1℃, 1994~2019 年平均最低气温为 15.7℃, 突变前后年平均最低气温增幅为 0.6℃。

对宜宾近 60a 年平均最高气温进行 M-K 突变检验可得图 6, 1960~2003 年, UF 曲线位于 0 值以下, 并且在 1989 年、1992~1993 年、1996~1997 年超过了 $\alpha = 0.05$ 显著性水平临界值(-1.96 信度线), 说明 20 世纪 60~90 年代宜宾年平均最高气温有降低的趋势, 并且在 20 世纪 90 年代下降的趋势较显著。而 2004 年之后, UF 曲线超过 0 值, 并且持续上升, 在 2011 年超过了 $\alpha = 0.05$ 显著性水平临界值(1.96 信度线)。2015 年之后又超过 $\alpha = 0.001$ 显著性水平临界值($u_{0.001} = 2.56$), 说明宜宾本世纪以来年平均最高气温的增暖趋势是十分显著的。UF 与 BF 曲线的交点位置处在显著性水平检验($\alpha = 0.05$)的临界线之内, 因此确定 21 世纪以来宜宾年平均最高气温的增加是一突变现象, 具体是从 2004 年开始的。

以突变年 2004 年为界, 1960~2003 年平均最高气温为 21.7℃, 2004~2019 年平均最高气温为 22.5℃, 突变前后年平均最高气温增幅为 0.8℃。

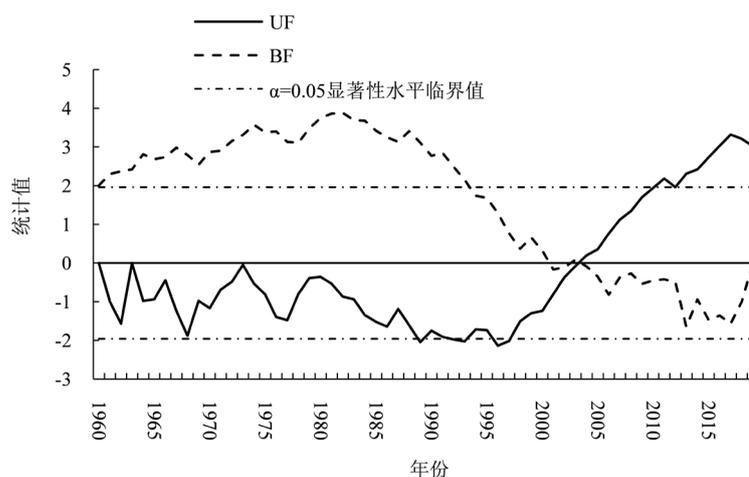


Figure 6. M-k statistic curve of annual mean minimum air temperature in Yibin
图 6. 宜宾年平均最低气温 M-K 统计量曲线

4. 结论

本文利用宜宾地面观测站 1960~2019 年逐月的平均气温、平均最低气温、平均最高气温资料, 分析了宜宾地区的气温年际变化特征, 并使用 M-K 检验和小波分析对年平均气温、年平均最低气温、年平均最高气温作分析处理, 得出如下结论: 宜宾 1960~2019 年平均气温为 18.0℃, 平均最低气温为 15.4℃, 平均最高气温为 21.9℃, 近 60a 变化均呈现显著增长的趋势, 年平均气温增长率约为 0.15℃/10a, 年平均最低气温增长率约为 0.20℃/10a, 年平均最高气温增长率约为 0.15℃/10a。宜宾自 20 世纪 90 年代以来的增暖是一突变现象, 年平均气温的突变是从 1998 年开始的, 突变前后气温增幅为 0.7℃; 年平均最低气温的突变是从 1994 年开始的, 突变前后气温增幅为 0.6℃; 年平均最高气温的突变是从 2004 年开始的, 突变前后气温增幅为 0.8℃。

参考文献

- [1] PCC AR5 (2013) Intergovernmental Panel on Climate Change Fifth Assessment Report (AR5). Cambridge University Press, London.
- [2] Yan, Z., Jones, P., Davies, T.D., et al. (2002) Extreme Temperature Trends in Europe and China Based on Daily Observations. *Climatic Change*, **53**, 355-392. <https://doi.org/10.1023/A:1014939413284>

-
- [3] Gong, D.Y., Pan, Y.Z. and Wang, J.A. (2004) Changes in Extreme Daily Mean Temperatures in Summer in Eastern China during 1955-2000. *Theoretical & Applied Climatology*, 77, 25-37. <https://doi.org/10.1007/s00704-003-0019-2>
- [4] 段明铿, 李欣, 王盘兴. 中国台站冬夏季气温, 降水的气候变化特征及其显著性检验[J]. 大气科学学报, 2020, 43(5): 888-896.
- [5] 秦大河. 气候变化科学与人类可持续发展[J]. 地理科学进展, 2014, 33(7): 874-883.
- [6] 江志红, 丁裕国. 中国近百年气温场变化成因的统计诊断分析[J]. 应用气象学报, 1997(2): 169-178.
- [7] 丁一汇, 戴晓苏. 中国近百年来的温度变化[J]. 气象, 1994, 20(12): 19-26.
- [8] 虞海燕, 刘树华, 赵娜, 等. 1951-2009 年中国不同区域气温和降水量变化特征[J]. 气象与环境学报, 2011, 27(4): 1-11.
- [9] 刘凯, 聂格格, 张森. 中国 1951-2018 年气温和降水的时空演变特征研究[J]. 地球科学进展, 2020, 35(11): 1113-1126.
- [10] 陈忠升, 高翊富, 赵仕梅. 1960-2017 年成渝经济区气候变化时空特征分析[J]. 西华师范大学学报(自然科学版), 2019, 40(3): 296-303.
- [11] 张广松, 胡海洋, 冯浩. 酿酒生产过程气温与工艺参数及两率的关系[J]. 酿酒科技, 2017(7): 77-79.
- [12] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 1990, 31-48.
- [13] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999, 69-72.
- [14] 秦大河. 气候变化科学与人类可持续发展[J]. 地理科学进展, 2014, 33(7): 874-883.
- [15] 赵福燕, 王凌, 陈中钰. 1960-2018 年成都市区气温变化特征分析[J]. 成都信息工程大学学报, 2020, 35(5): 579-583.