

1960~2019年西宁气候变化特征分析

李学军^{1,2*}, 肖国杰^{1#}, 张伟超¹

¹成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都

²海南省昌江黎族自治县气象局, 海南 昌江黎族自治县

收稿日期: 2022年6月22日; 录用日期: 2022年7月21日; 发布日期: 2022年7月28日

摘要

为了研究西宁气候变化特征, 本文利用1960~2019年西宁逐日气温、降水量、日照时数和相对湿度数据, 通过线性倾向趋势分析、滑动平均和Mann-Kendall检验, 对各气象要素的年际变化趋势和突变进行分析。结果表明: 西宁年气温呈现显著上升趋势, 变化速率为 $0.07^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 近60 a年平均气温为 6.0°C , 年平均气温在1970年前后发生了突变。年降水量的上升趋势极为显著, 变化率为 $17.55\text{ mm}/10\text{a}$, 年降水量的平均值为 392.9 mm , M-K检验发现年降水量在90年代末期发生突变。年日照时数呈极显著的下降趋势, 变化率为 $-63.9\text{ h}/10\text{a}$, 年日照时数的平均值为 2643.5 h , 年日照时数的突变发生在1987年。西宁年平均相对湿度虽呈上升的趋势, 但并不显著, 其变化率为 $0.33\%/10\text{a}$, 平均值为 56% , 平均相对湿度在1992年可能发生突变。

关键词

西宁, 气候变化, 气候倾向率, Mann-Kendall检验

Characteristics of Climate Change in Xining during 1960~2019

Xuejun Li^{1,2*}, Guojie Xiao^{2#}, Weichao Zhang¹

¹Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan

²Meteorological Bureau of Changjiang Li Autonomous County in Hainan Province, Changjiang Li Autonomous County Hainan

Received: Jun. 22nd, 2022; accepted: Jul. 21st, 2022; published: Jul. 28th, 2022

Abstract

In order to study the characteristics of climate change in Xining, daily temperature, precipitation,

*第一作者。

#通讯作者。

sunshine duration and relative humidity data from 1960 to 2019 in Xining were used to analyze the interannual variation trends and abrupt changes of various meteorological elements through linear trend analysis, moving average and Mann-Kendall test. The results show that the annual temperature in Xining presents a significant upward trend, with a rate of $0.07^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, and the average temperature in the recent 60 years is 6.0°C . The annual average temperature has a sudden change around 1970. The annual precipitation increased significantly with a change rate of $17.55\text{ mm}/10\text{a}$, and the average annual precipitation was 392.9 mm . The M-K test showed that the annual precipitation changed dramatically in the late 1990 s. The annual sunshine duration showed a very significant downward trend with a change rate of $-63.9\text{ h}/10\text{a}$, and the average annual sunshine duration was 2643.5 h . The mutation of annual sunshine duration occurred in 1987. Although the annual mean relative humidity in Xining showed an upward trend, it was not significant, with a change rate of $0.33\%/10\text{a}$ and an average of 56% . The average relative humidity may have a sudden change in 1992.

Keywords

Xining, Climate Chang, Climatic Tendancy Rate, Mann-Kendall Test

Copyright © 2022 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

全球变暖是当今世界各国最为关心的环境问题，也是全球民众最为耳熟能详的环境问题。全球气温、降水和风速等气候要素在过去几十年中都有十分显著的变化。IPCC 第四次气候变化评估报告[1]指出：从 1906 年到 2005 年间，全世界平均气温上升了 0.74°C ，过去 50 a 的变暖幅度是过去 100 年的两倍。到 21 世纪末，全球平均气温预计将上升 $1.1^{\circ}\text{C}\sim 6.4^{\circ}\text{C}$ ，气候变化是不争的事实。IPCC 第五次评估报告[2]显示：在北半球，1983~2012 年可能是过去 1400 年中最热的 30 a。IPCC 第六次评估报告[3]显示，未来几十年若不大规模减少温室气体的排放，升温将超过 1.5°C 。王绍武[4]的研究认为，近一个世纪以来全世界气候变化的主要特征是变暖，趋势为 $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{a}$ 。在过去的 100 年里，中国的温度上升的趋势是 $1.3^{\circ}\text{C}\sim 1.7^{\circ}\text{C}/100\text{a}$ [5]。近 50 年来，青海省气温呈现回升的趋势，降水量逐渐增长[6]。冯川玉[7]通过对青藏高原 1961~2019 年降水量的变化分析发现，青藏高原 59 年来年降水量呈现增加趋势，降水量的变化率高达 $6.1\text{ mm}/10\text{a}$ ，年际降水量不断增加。张少婷等[8]通过对 1960~2013 年青海省 28 个站点的日照时数时空分布特征的分析发现，青海省日照空间分布呈现出由东南向西北梯度递增的趋势。裴玉芳等[9]基于 1961~2015 年青海省海东市 5 个气象站的气候资料，研究表明：在过去 55 a 里随着气候的变暖，海东市降水量减少，整体呈现出不明显的“暖干化”趋势。

西宁位于中国西北部和青海省东部，是青藏高原的东方门户，也是世界的高海拔城市之一。其气候变化的高原特征显著，是中国气候变化的敏感区。本文通过对西宁气候变化特征分析，研究西宁气候变化趋势，为气候变化的适应与缓解提供理论依据。

2. 资料与方法

2.1. 资料概况

本文主要分析了 1960~2019 年间西宁地区气候变化特征，选取的数据是中国气象数据网提供的西宁站 1960~2019 年逐日的日平均气温、日降水量、日平均相对湿度和日照时数。

2.2. 研究方法

用线性倾向估计分析西宁气候要素的变化趋势,从滑动平均序列曲线图来诊断其变化趋势[10]。用 Mann-Kendall (M-K)突变检验来分析气候的突变时间,然后使用 t 检验来进一步验证是否发生了突变[10]。

3. 研究结果

3.1. 气温的变化特征

图 1 为 1960~2019 年西宁气温的年际变化趋势图。从图中可以看出,1960~2019 年西宁的年平均气温呈现上升的趋势,气温的变化速率为 $0.07^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,相关系数 r 为 0.261,通过了 $\alpha = 0.05$ 置信度显著性检验,表明西宁年平均气温增加趋势显著。从 5 年滑动平均曲线来看,1984~1991 年和 2013~2019 年的两个时段气温偏高,而 1995~2000 年气温相对偏低。1960~2019 年西宁年平均气温为 6.0°C ,最高温出现在 1994 年,达到 7.1°C ,最低温出现在 1967 年,仅为 4.9°C ,气温最高年和气温最低年的气温相差 2.2°C 。

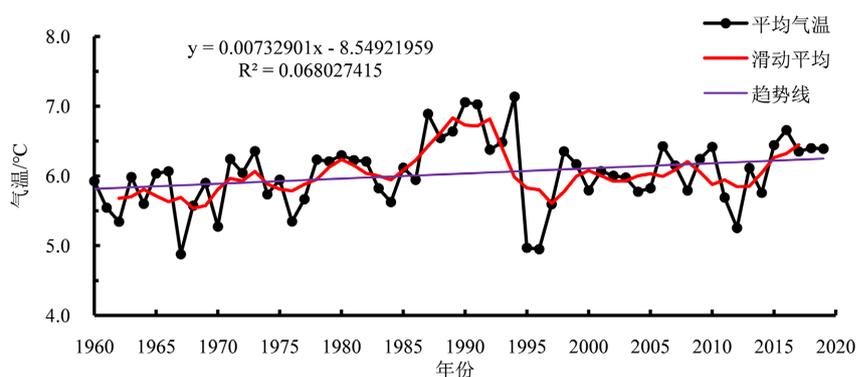


Figure 1. Interannual trends of temperature

图 1. 气温的年际变化趋势

如图 2 所见,年平均气温的 UF 曲线在 1965 年转为正值,即年平均气温从 1965 年开始呈现上升,UF 曲线在 1980 年超过 0.05 的信度线,说明从 1980 年开始年平均气温显著增加。在 0.05 的置信水平之间 UF 曲线与 UB 曲线交于 1965 年、1966~1967 年、1968~1969 年和 1970 年,经过 t 检验,发现 1970 年通过了 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验,说明年平均气温在 1970 年前后发生了突变。

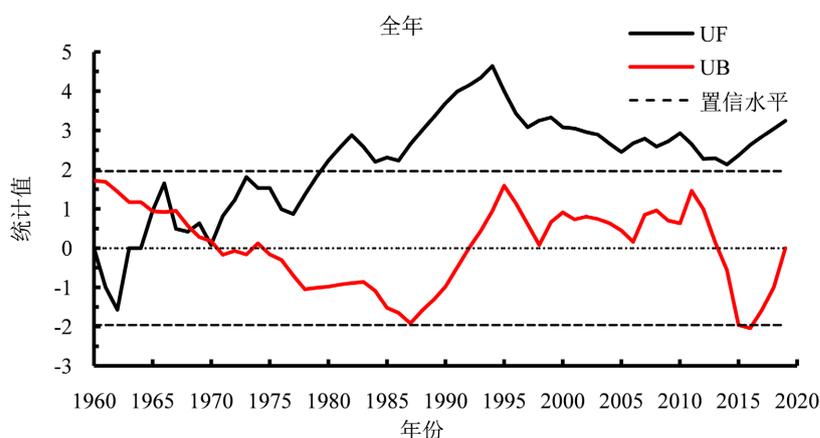


Figure 2. M-K mutation test of temperature

图 2. 气温的 M-K 突变检验

3.2. 降水量的变化特征

图 3 为 1960~2019 年西宁年降水量的年际变化图。可以看出, 1960~2019 年西宁年降水量表现为上升的趋势, 年降水量的变化速率为 $17.55 \text{ mm}/10\text{a}$, r 为 0.508 , 通过了 $\alpha = 0.001$ 的显著性水平检验, 表明西宁年降水量的上升趋势极显著。从 5 年滑动平均曲线来看, 总体呈现为波动的上升趋势。近 60 a 西宁的年降水量平均值为 392.9 mm , 最高年份出现在 1967 年, 为 541.2 mm , 最低年出现在 1966 年, 仅为 196.2 mm , 年降水量最高值和最低值相差 345.0 mm , 变幅较大。

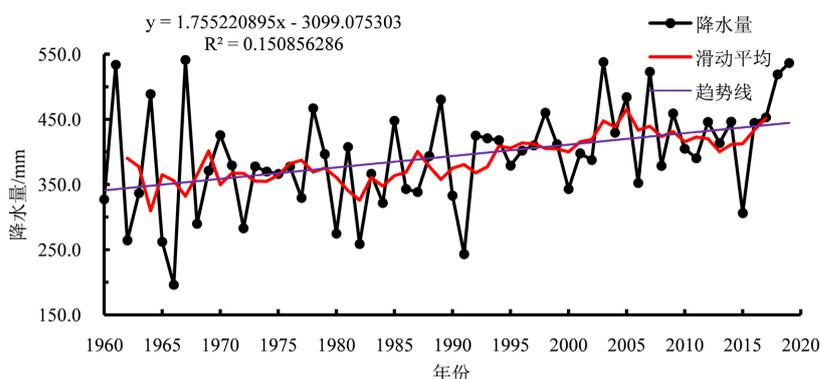


Figure 3. The interannual trend of precipitation

图 3. 降水量的年际变化趋势

如图 4 所示, 西宁年降水量的 UF 曲线在 1992 年转为正值, 从 1992 年开始呈现上升趋势, UF 曲线在 2005 年超过 0.05 的信度线, 可以看出在 2005 年后西宁年降水量的增加趋势是显著的。在 0.05 信度线之间 UF 曲线与 UB 曲线交于 1997 年、1998 年和 2000 年, 经过 t 检验, 显示年降水量在 90 年代末期开始发生突变。

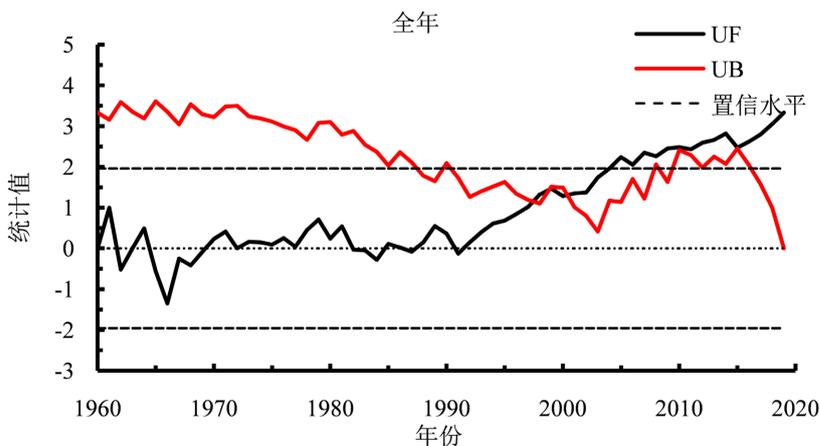


Figure 4. M-K mutation test of precipitation

图 4. 降水量的 M-K 的突变检验

3.3. 日照时数的变化特征

图 5 为 1960~2019 年西宁日照时数的年际变化图。可以看出, 1960~2019 年西宁的年日照时数表现为下降的趋势, 变化速率为 $-63.9 \text{ h}/10\text{a}$, 相关系数 r 为 0.684 , 通过了 $\alpha = 0.001$ 的显著性水平检验, 表明西宁年日照时数下降的趋势极显著。由 5 年滑动平均曲线可以看出, 1978~2005 年表现为波动的下降,

2005~2012 年为上升的时段。近 60 a 西宁的日照时数平均值为 2643.5 h, 日照时数最长年出现在 1963 年达到 3000 h, 该年西宁每天的日照时数大约 8.2 h 左右, 日照时数最短年出现在 2019 年, 为 2298.8 h, 该年西宁每天的日照时数大约 6.3 h 左右, 日照时数最长年和日照时数最短年的日照时间相差 701.2 h。

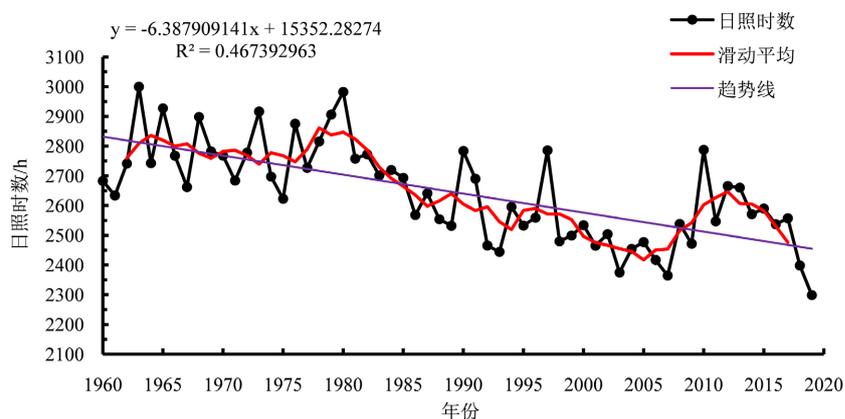


Figure 5. Interannual variation trend of sunshine duration

图 5. 日照时数的年际变化趋势

西宁年日照时数由 UF 曲线(图 6)可见, 1986 年 UF 线转变为负值, 从 1986 年开始呈现为下降的趋势, UF 曲线在 1993 年超过 0.05 的信度线, 说明年日照时数从 1993 年开始显著下降。在置信水平之间 UF 曲线与 UB 曲线交于 1987 年, 西宁年日照时数的突变时间为 1987 年。

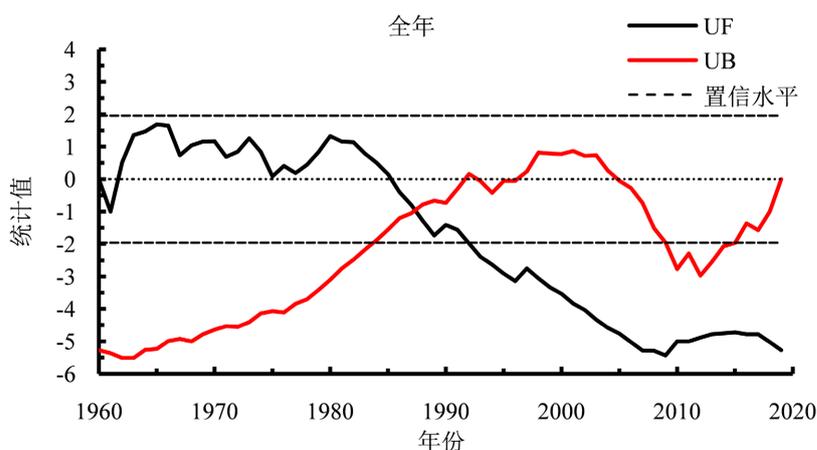


Figure 6. M-K mutation test of sunshine duration

图 6. 日照时数的 M-K 突变检验

3.4. 相对湿度的变化特征

图 7 为 1960~2019 年西宁相对湿度的年际变化图。可以看出, 1960~2019 年西宁的相对湿度表现为缓慢的上升趋势, 相对湿度的变化速率为 0.33%/10a, 相关系数 r 为 0.196, 未通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性水平检验, 即相对湿度的上升趋势不显著。从 5 年滑动平均曲线来看, 1992~1997 年为相对湿度的上升时间段, 1997~2006 年为下降时段。1960~2019 年西宁年相对湿度的平均值为 56%, 西宁相对湿度的最大年出现在 1967 年, 为 62%, 西宁相对湿度的最小年出现在 1980 年和 1991 年, 为 50%, 西宁相对湿度的最大年和最小年的相对湿度相差 12%。

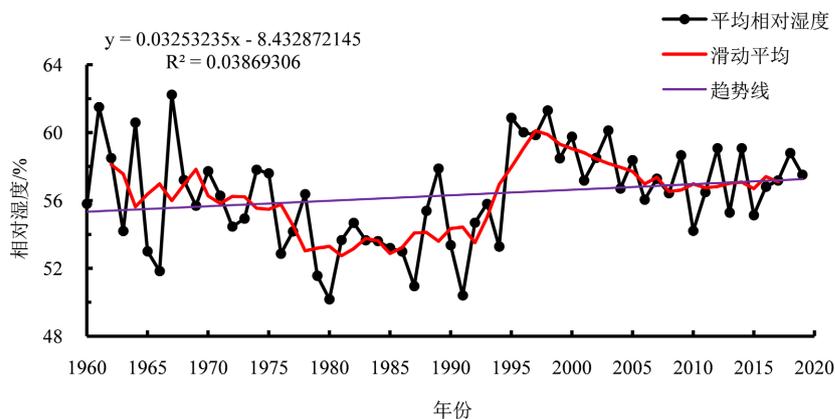


Figure 7. The interannual trend of relative humidity

图 7. 相对湿度的年际变化趋势

由 UF 曲线(图 8)可见,自 1960 年以来,西宁年平均相对湿度发展趋势为波动状态,呈现减小后又增大的趋势,1999 年 UF 线转为正值,即从 1999 年开始上升,直到 2018 年超过了 $\alpha=0.05$ 的检验线。UF 和 UB 两条曲线有 3 个明显的交点,分别是 1960 年、1961 年和 1992 年,经过 t 检验,发现突变年可能发生在 1992 年。

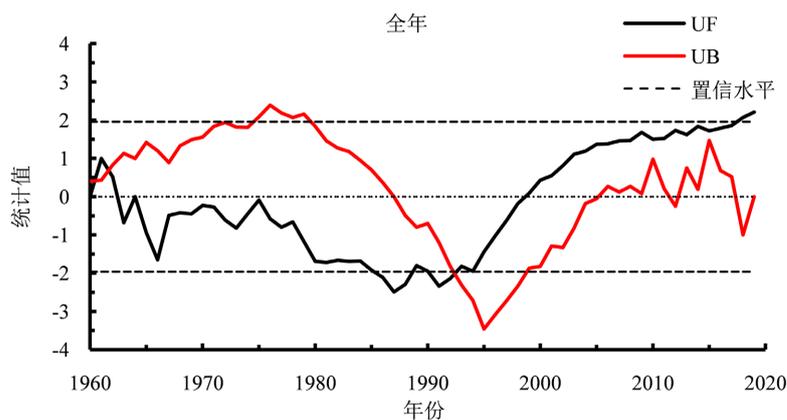


Figure 8. M-K mutation test of relative humidity

图 8. 相对湿度的 M-K 突变检验

4. 结论

本文利用西宁站的观测资料,分析了西宁地区 1960~2019 年气候变化特征,得到以下主要结论:西宁年气温呈现显著上升趋势,变化速率为 $0.07^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,近 60 a 年平均气温为 6.0°C 。M-K 检验表明,年平均气温在 1970 年前后发生了突变。年降水量的上升趋势极为显著,变化率为 $17.55\text{ mm}/10\text{a}$,年降水量的平均值为 392.9 mm 。M-K 检验发现年降水量在 90 年代末期发生突变。年日照时数呈极显著的下降趋势,变化率为 $-63.9\text{ h}/10\text{a}$,年日照时数的平均值为 2643.5 h ,年日照时数的突变发生在 1987 年。西宁年平均相对湿度虽呈上升的趋势,但并不显著,其变化率为 $0.33\%/10\text{a}$,平均值为 56% ,M-K 检验结果表明,平均相对湿度在 1992 年可能发生突变。

基金项目

成都信息工程大学 2022 年大学生创新创业训练计划项目(202210621036)资助。

参考文献

- [1] Jansen, *et al.* (2007) IPCC Climate Change 2007: The Science Basis Contribution of Working Group to the Fourth Assessment Report of the International Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- [2] IPCC 第五次评估报告第一工作组报告摘要[N]. 中国气象报, 2013-10-28(003).
- [3] IPCC 第六次评估报告第一工作组报告发布[N]. 中国气象报, 2021-08-10(001).
- [4] 王绍武. 近百年气候变化与变率的诊断研究[J]. 气象学报, 1994(3): 261-273.
- [5] 严中伟, 丁一汇, 翟盘茂, 等. 近百年中国气候变暖趋势之再评估[J]. 气象学报, 2020, 78(3): 370-378.
- [6] 郭素荣. 1960~2010年青海省气候变化的时空特征分析[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 西北师范大学, 2012.
- [7] 冯川玉, 李陈彧, 周志浩, 等. 青藏高原降水变化特征及趋势分析[J]. 水文, 2022, 42(1): 75-79.
- [8] 张少婷, 肖国杰, 范广洲, 等. 青海省日照时数的时空变化特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2017, 31(1): 121-126.
- [9] 裴玉芳, 祁栋林, 张启发, 等. 近 55 年来青海省海东市气候变化特征及影响因子分析[J]. 干旱地区农业研究, 2019, 37(3): 275-282.
- [10] 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: 62-128.