

西藏日喀则市1979~2023年二十四节气气温变化特征分析

扎西宗吉¹, 索朗达瓦¹, 索朗拉姆², 伦珠卓玛³

¹日喀则市气象局, 西藏 日喀则

²吉隆县气象局, 西藏 吉隆

³拉孜县气象局, 西藏 拉孜

收稿日期: 2025年8月2日; 录用日期: 2025年9月1日; 发布日期: 2025年9月10日

摘要

基于日喀则市7个气象站逐日气温资料, 对1979~2023年近44a二十四节气的气温变化特征进行详细分析, 结果表明: 日喀则平均气温呈现出典型的单峰形态, 峰值位于小暑节气, 立春起至小寒, 气温呈持续上升趋势, 直至小暑达到顶点后, 开始逐步回落, 1979~2001年与2002~2023年间, 日喀则各节气平均气温的显著变化趋势明显, 春季型节气平均气温的增幅尤为明显, 夏季型节气的平均气温则相对稳定, 小寒节气降至全年最低。惊蛰、清明节气的平均气温距平变化呈现出明显的线性上升趋势, 并在2000年发生突变。小满节气的平均气温距平呈现出复杂的波动振荡模式, 芒种气温展现出显著的波动特性。

关键词

二十四节气, 气温变化特征, 突变检验, 日喀则

Analysis of the Characteristics of Temperature Variation in 24 Solar Terms from 1979 to 2023 in Xigaze City, Xizang

Zhaxizongji¹, Suolangdawa¹, Suolanglamu², Lunzhuzhuoma³

¹Xigaze Meteorological Bureau, Xigaze Xizang

²Meteorological Bureau of Jilong County, Jilong Xizang

³Lazi Meteorological Bureau, Lazi Xizang

Received: Aug. 2nd, 2025; accepted: Sep. 1st, 2025; published: Sep. 10th, 2025

文章引用: 扎西宗吉, 索朗达瓦, 索朗拉姆, 伦珠卓玛. 西藏日喀则市 1979~2023 年二十四节气气温变化特征分析[J]. 气候变化研究快报, 2025, 14(5): 1010-1019. DOI: 10.12677/ccr.2025.145100

Abstract

Based on the daily temperature data of 7 meteorological stations in Xigaze City, the temperature variation characteristics of 24 solar terms in the past 44 years from 1979 to 2023 are analyzed in detail. The results show that the average temperature in Xigaze presents a typical single-peak pattern, with the peak located in the Minor Heat solar term. From the beginning of spring to Minor Cold, the temperature shows a continuous rising trend until Minor Heat reaches its peak, and then gradually declines. From 1979 to 2001 and from 2002 to 2023, the average temperature of each solar term in Xigaze shows a significant trend of change. The average temperature of the spring solar term increases significantly, while the average temperature of the summer solar term is relatively stable, and the Minor Cold solar term drops to the lowest in the whole year. The average temperature anomaly of Awakening of Insects and Qingming Solar terms showed an obvious linear upward trend, and a sudden change occurred in 2000. The average temperature anomaly of the small Manchurian solar term presents a complex oscillating pattern, and the temperature in grain shows a significant fluctuating characteristic.

Keywords

Twenty-Four Solar Terms, Characteristics of Temperature Change, Mutation Test, Xigaze

Copyright © 2025 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

二十四节气是中国古代物候学、气象学、农学等多学科的结晶，其反应的时令顺序、物候变化等信息[1]，不仅是农业生产的指南针，也是国家行政的时间准绳和日常生活的风向标[2]，气候学二十四节气的提出赋予了二十四节气动态变化的内涵，有利于更好地发挥其现实指导作用[3]。

在全球变暖背景下，黄河中下游地区二十四节气随节气变换气候变化显著[4]，西南五省春季型节气平均温度，最高温度基本都有降低，最低温度略有上升，其余节气大部分(最高、最低、平均)温度上都有不同程度降温[5]，成都地区二十四节气的降水量大体呈现先增加后减少的趋势；二十四节气气温的最高值、最低值和平均值都呈准正态分布[6]，华北平原及辽宁省[7][8]二十四节气气温呈现出准正态单峰型特点，以上研究推动了对中国华北、西南、东北地区二十四节气的认识，但对称为“世界屋脊”的青藏高原，针对二十四节气的研究较少，有待开展。

日喀则市位于青藏高原西南部，邻近雅鲁藏布江和年楚河河谷，海拔较高，南部紧靠喜马拉雅山，西部为阿里高原，北接藏北高原，地形呈现出丘陵和山地交错的特点，系统分析日喀则市二十四节气的气温及关键物候节气变化特征的研究仍较为稀缺，因此本文基于日喀则市7个基本气象站逐日气温资料，对1979~2023年近44a二十四节气的气温变化特征进行详细分析，为全面了解日喀则市二十四节气的气温变化特征，科学合理地服务于当地农耕生产，提高气象预报水平和公众对灾害的防范意识等方面提供科学依据和参考。

2. 资料与方法

2.1. 资料来源

气温数据选取1979~2023年桑珠孜、江孜、帕里、拉孜、定日、聂拉木、南木林共计7个基本气象

站(图 1, 下文统称为日喀则市)的逐日气温观测资料。同时二十四节气在公历日期中相对固定, 为了研究方便选取节气的固定日期(表 1), 若节气的具体日期为 3 d, 把中间的日期取为代表日期; 如果日期为 2 d, 则把最后一天取为代表日期[2]。并将立春、立夏、立秋和立冬作为节气的主要分界线, 春季型节气有立春、雨水、惊蛰、春分、清明、谷雨, 立夏至立秋期间节气统称为夏季型节气, 包括立夏、小满、芒种、夏至、小暑、大暑, 以此类推。

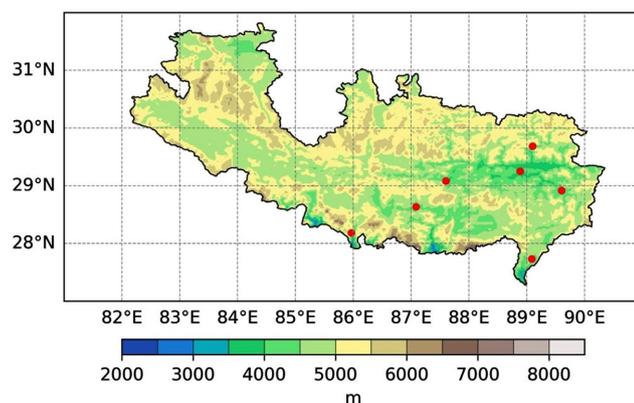


Figure 1. Research site and terrain distribution
图 1. 研究站点及地形分布

Table 1. Twenty-four solar terms date
表 1. 二十四节气日期

类型	节气	日期	类型	节气	日期
春季型	立春	2月4日	秋季型	立秋	8月8日
	雨水	2月19日		处暑	8月23日
	惊蛰	3月6日		白露	9月8日
	春分	3月21日		秋分	9月23日
	清明	4月5日		寒露	10月9日
	谷雨	4月20日		霜降	10月24日
夏季型	立夏	5月6日	冬季型	立冬	11月8日
	小满	5月21日		小雪	11月23日
	芒种	6月6日		大雪	12月7日
	夏至	6月22日		冬至	12月22日
	小暑	7月7日	小寒	1月6日	
	大暑	7月23日	大寒	1月21日	

2.2. 研究方法

采用气候变化趋势、滑动平均、距平分析、Mann-Kendall 突变检验、滑动 T 检验等[9]方法分析 1979~2023 年桑珠孜、江孜、帕里、拉孜、定日、聂拉木、南木林共计 7 个基本气象站二十四节气气温变化特征和物候性节气(惊蛰、清明、小满和芒种)气温突变。

3. 结果与分析

3.1. 气温的年际变化

分析日喀则市二十四节气的气温变化曲线和相邻节气的气温差曲线(图 2), 可明确观察到平均气温呈现出典型的单峰形态, 峰值位于小暑节气, 标志着该时节为该地区全年最热期。自立春起至小寒, 气温呈持续上升趋势, 直至小暑达到顶点后, 开始逐步回落, 直至小寒节气降至全年最低点, 随后在大寒期间略有回升, 体现了气温随季节转换的自然规律。进一步分析相邻节气间的平均气温差异, 发现立夏、雨水及小寒节气间的气温波动尤为显著, 温差均接近 2.5°C , 反映出这些时段内气温的快速变化特性。相反, 寒露节气的气温变化则较为平稳, 温差相对较小。

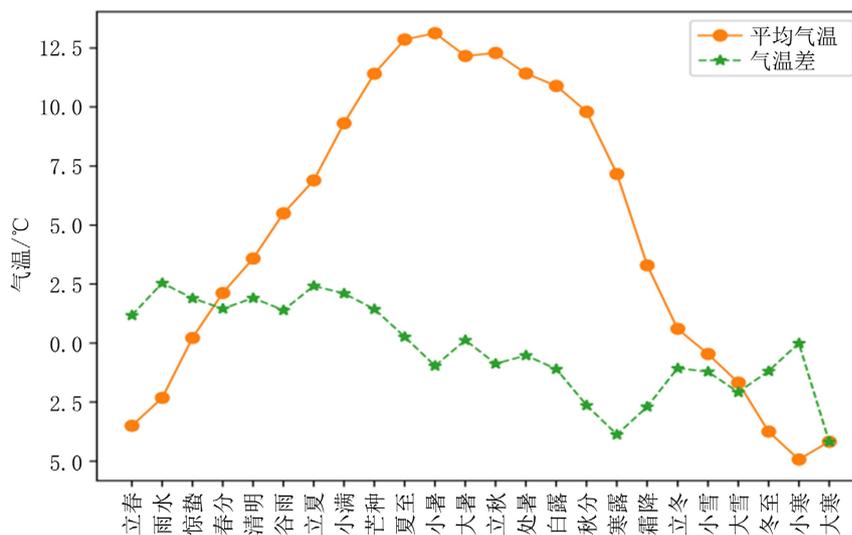


Figure 2. The average temperature of 24 solar terms and the temperature difference between adjacent solar terms in Xigaze City from 1979 to 2023

图 2. 1979~2023 年日喀则市 24 节气平均气温及相邻节气温差

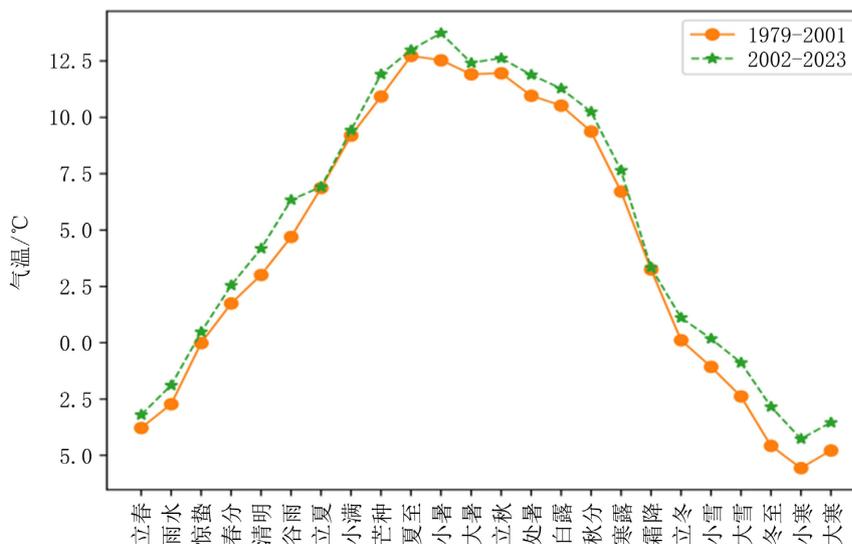


Figure 3. Average temperature of each solar term from 1979 to 2001 and from 2002 to 2023

图 3. 1979~2001 年和 2002~2023 年各节气平均气温

1979~2001 年与 2002~2023 年间, 日喀则市各节气平均气温的显著变化趋势较为明显(图 3)。尤其是进入 21 世纪以来, 各节气的平均气温普遍呈现出上升态势, 这与全球范围内普遍观测到的气候变暖趋势相吻合。值得注意的是, 尽管立夏、小满及立冬等节气的平均气温在两个不同时间段内相对保持稳定, 但整体而言, 2002~2023 年的平均气温均显著超越了前一个时段。进一步分析季节特征, 春季型节气如立春至立夏, 其平均气温的增幅尤为明显, 显示出春季气候变暖的显著趋势。夏季型节气的平均气温则相对稳定, 变化不大; 秋季节气的平均气温变化亦不突出。

3.2. 4 个物候性节气平均气温变化及突变特征

惊蛰、清明、小满及芒种等传统节气, 作为自然界时序变换的重要标志, 精准地捕捉了农作物及其他植物生长周期的多年波动, 这些物候变化直接关联到农业生产活动的规划与执行策略。本研究致力于通过科学方法解析这些节气对应的平均气温距平序列的演变规律, 采用线性趋势拟合技术揭示其长期变化趋势, 并辅以 Mann-Kendall 突变检验, 以识别气温序列中的突变点。具体而言, 当 UF(正向统计量)与 UB(反向统计量)曲线在 0.05 显著性水平($U_{0.05} = 1.96$)的置信区间内唯一相交时, 交点所指示的年份即被视为该物候节气气温的突变年份。若存在多个交点, 则引入滑动 T 检验法, 通过灵活调整分析子序列的长度, 对潜在突变点进行更为细致的验证, 直至确定唯一通过显著性检验的交点, 该交点对应的年份即为该节气气温序列的确切突变年份。这一系列科学严谨的分析步骤, 不仅深化了对物候变化与气候变化关系的理解, 也为农业生产的适应性管理提供了重要参考。

3.2.1. 惊蛰

分析 1979~2023 年日喀则市惊蛰节气平均气温距平随时间的演变趋势可知(图 4), 惊蛰节气的平均气温距平变化呈现出明显的线性上升趋势, 这一结论基于对数据的线性回归分析得出, 表明该区域在该节气期间正经历着持续的气温变暖过程。同时, 平均气温距平还展现出一种振荡型变化模式, 其振荡周期约为 3a, 这反映了气候系统的内在波动性和周期性特征。进一步观察 5a 滑动平均曲线与线性回归系数曲线, 可以发现尽管存在周期性振荡, 但平均气温总体上仍呈现上升趋势。特别值得注意的是, 在 1990~2000 年以及 2010~2020 年这两个时间段内, 平均气温距平出现了显著的谷值, 暗示了相对凉爽的时期; 而与之相对, 2000~2010 年代则表现为显著的峰值, 反映了该时期气温的显著升高。

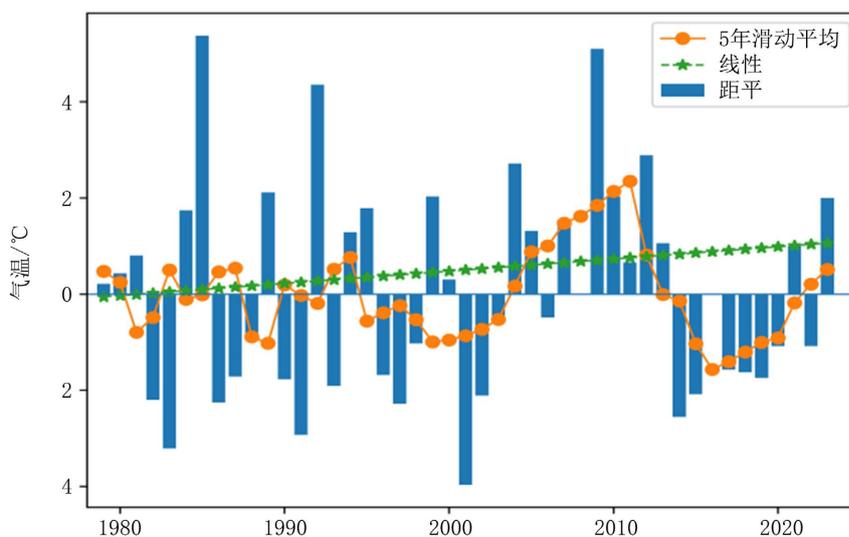


Figure 4. The change of average temperature anomaly of Jingzhe in Xigaze City from 1979 to 2023
图 4. 1979~2023 年日喀则市惊蛰平均气温距平变化

在 1980~2000 年, 日喀则惊蛰气温呈现为下降趋势($UFK < 0$), 而 2000~2010 年代中叶, 日喀则惊蛰气温呈现上升趋势($UFK > 0$), 而后惊蛰气温又表现为下降趋势($UFK < 0$), 平均气温变化上升趋势在 2000~2010 年最为显著, 并且在 2010 年前后超过了 0.05 水平的临界线, 同时 2000 年之前, UFK 和 UBk 在显著性水平线下的交点较多, 基于各交点的滑动 T 检验结果, 可认为惊蛰气温在 2000 年前后发生气温突变(图 5)。

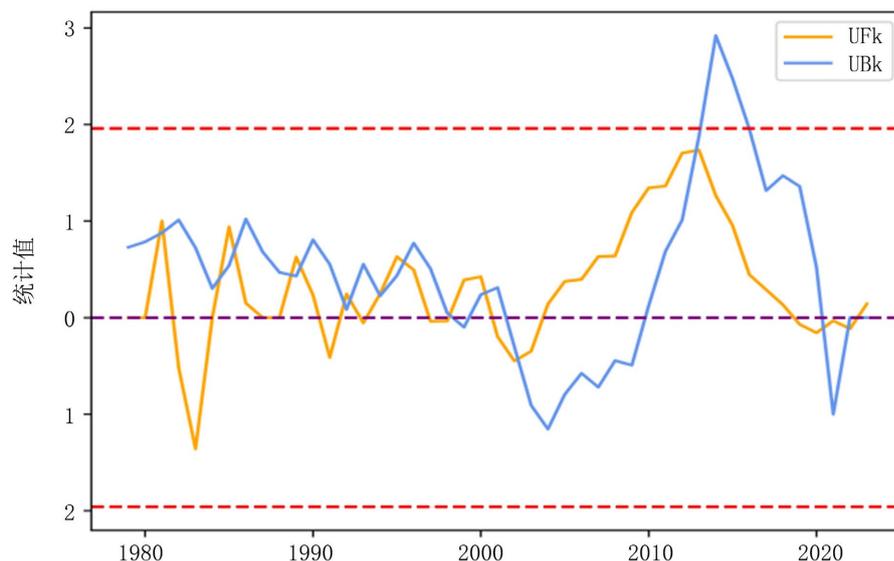


Figure 5. Mann-Kendall mutation detection of average temperature of Jingzhe in Xigaze from 1979 to 2023
图 5. 1979~2023 年日喀则市惊蛰平均气温 Mann-Kendall 突变检测

3.2.2. 清明

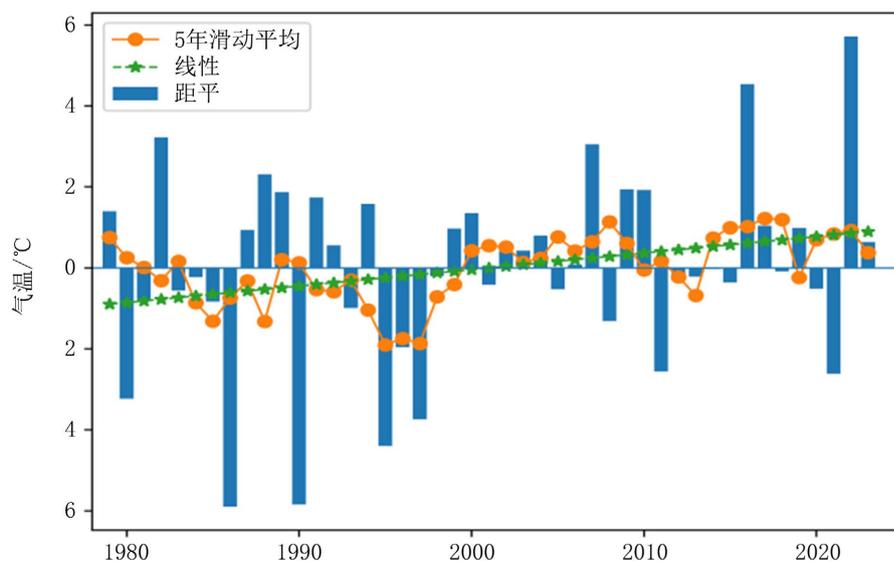


Figure 6. Change of average temperature anomaly in Qingming, Xigaze from 1979 to 2023
图 6. 1979~2023 年日喀则市清明平均气温距平变化

分析 1979~2023 年间清明节气平均气温距平随时间演变的趋势(图 6), 清明节气的平均气温距平呈现出一种线性且稳健的上升趋势, 这一趋势直接反映了清明节气期间气温的逐步攀升。具体而言, 在 2000

年代以前, 气温距平值多数情况下为负, 意味着该时段内清明节气的气温相对于基准值偏低; 而自 2000 年代起, 气温距平则转变为以正距平为主, 显著标志着清明节气的气温在世纪之交后发生了显著增暖。进一步分析, 通过引入 5a 滑动平均曲线, 我们发现平均气温距平不仅展现了总体上升的趋势, 还伴随着周期性的波动。这些周期性振荡可能受到多种气候因素的影响, 如海洋-大气相互作用、太阳辐射变化等。

清明节气的平均气温变化在 2000 年前表现为显著的下降趋势, 这一趋势由 UFK 小于 0 明确指示。进入 2000 年之后, 情况发生了逆转, UFK 值转为大于 0, 标志着清明气温开始呈现上升趋势。然而, 值得注意的是, 尽管存在这种趋势转换, 整体平均气温的变化趋势并未达到统计学上的显著性水平, 因为 UFK 和 UBK (逆序 UFK) 均未能突破 0.05 显著性水平的临界线。进一步观察 UFK 与 UBK 的交点情况, 它们在显著性水平线下方的交点数量较少, 这表明气温突变的发生点相对明确且有限。结合这些交点, 通过滑动 T 检验(如 Mann-Kendall 突变检验中的滑动窗口 T 检验)进行分析, 结果支持了清明气温在 2000 年前后发生了显著的气温突变(图 7)。

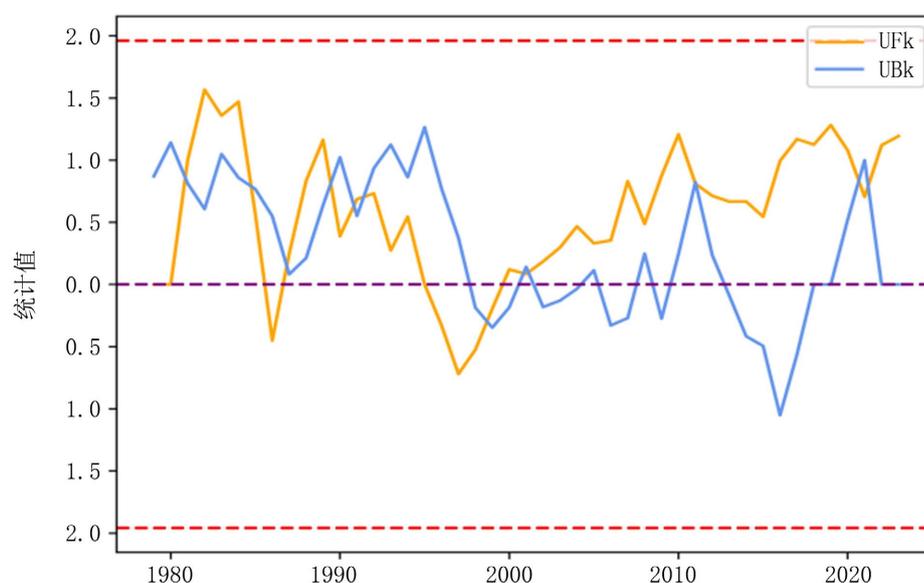


Figure 7. Mann-Kendall mutation detection of average temperature in Qingming, Xigaze from 1979 to 2023
图 7. 1979~2023 年日喀则市清明平均气温 Mann-Kendall 突变检测

3.2.3. 小满

1979~2023 年小满节气平均气温距平的年际变率特征反映出(图 8), 与清明节气的气温变化趋势有所不同, 小满节气的平均气温距平并未展现出强烈的线性上升趋势, 而是呈现出一种更为复杂的波动振荡模式。这种波动不仅反映了气温在年际间的自然变异性, 还可能暗示了该地区气候系统内部多种相互作用的结果。进一步分析 5a 滑动平均曲线, 我们发现小满节气的平均气温距平在总体上仍然保持了一种微弱的上升趋势, 这表明尽管存在显著的年际波动, 但长期来看, 气温仍倾向于上升。同时, 这种上升趋势中叠加了周期性的波动, 通过计算得出, 其振荡周期大致为 10a。

在 2000 年以前, 小满节气的气温呈现出波动振荡的特点, 其 Mann-Kendall 趋势检验统计量 UFK 值持续大于 0, 表明这段时间内气温虽有波动但总体趋势偏暖。然而, 自 2000 年起, 小满气温的变化趋势发生逆转, UFK 值转为小于 0, 标志着气温开始呈现下降趋势。特别值得注意的是, 2000~2010 年期间, 气温下降趋势尤为显著。此外, 通过对比 UFK 与逆序 UFK (UBK) 在显著性水平线下的交点情况, 发现 2010 年前后交点密集, 这表明气温变化在该时期可能出现了显著转折, 基于这些交点进行的滑动 T 检验

进一步证实了小满气温在 2010 年前后发生了气温突变(图 9)。

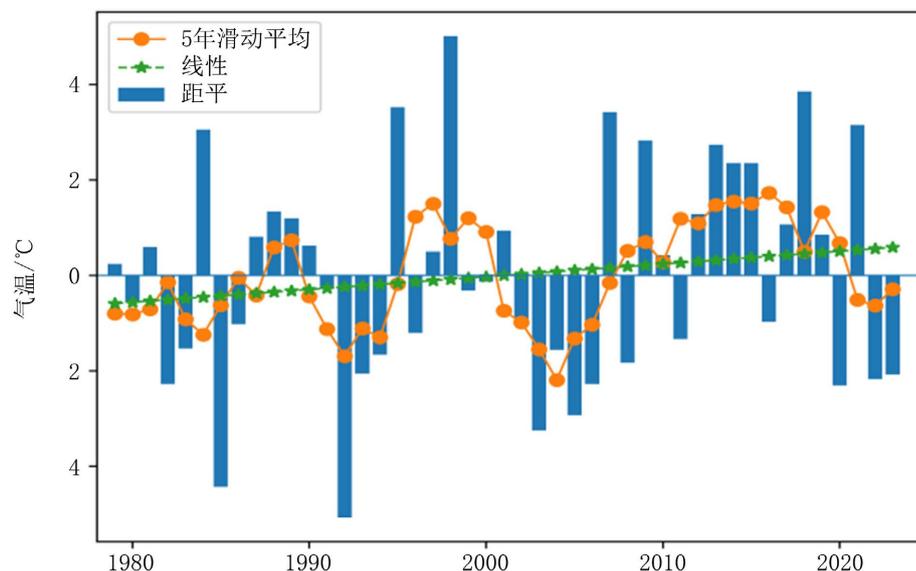


Figure 8. Variation of average temperature anomaly in Xiaoman, Xigaze from 1979 to 2023
图 8. 1979~2023 年日喀则市小满平均气温距平变化



Figure 9. Mann-Kendall mutation detection of Xiaoman average temperature in Xigaze City from 1979 to 2023
图 9. 1979~2023 年日喀则市小满平均气温 Mann-Kendall 突变检测

3.2.4. 芒种

分析 1979~2023 年芒种节气平均气温距平随时间的演变规律可知(图 10), 气温距平呈现出与年份显著正相关的上升趋势。具体而言, 在 2010 年代之前的较长时间段内, 气温距平值多处于负值区域, 表明该时期芒种节气的平均气温相对于基准值偏低, 气候较为凉爽。

然而, 自 2010 年代起, 气温距平逐渐转变为以正值为主, 这一转变标志着芒种节气气温在世纪之交后发生了显著的增暖现象, 与全球变暖的背景相吻合。

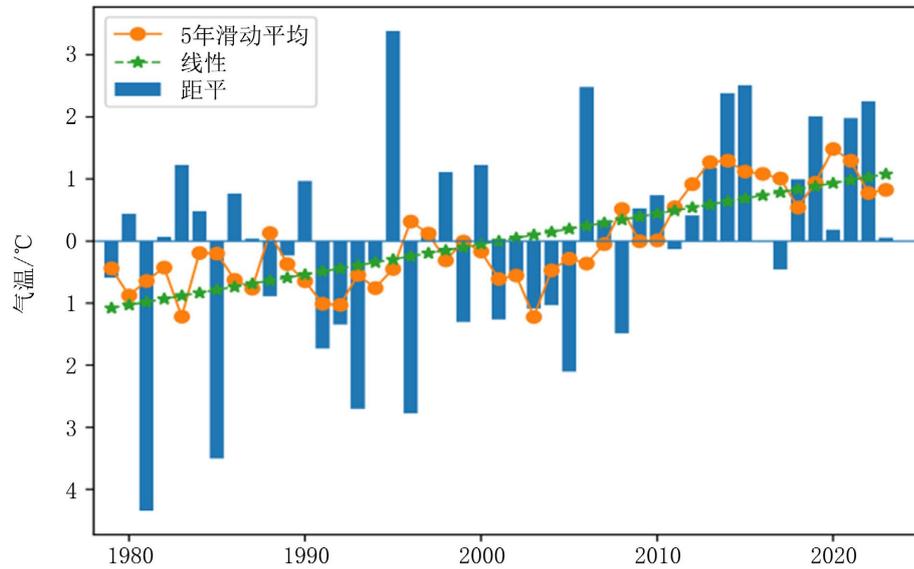


Figure 10. Variation of average temperature anomaly of mango in Xigaze City from 1979 to 2023
图 10. 1979~2023 年日喀则市芒种平均气温距平变化

2000 年以前，芒种气温展现出显著的波动特性，其变化幅度之大，以至于突破了 0.05 的显著性水平线，表明这一时期的气温变化具有统计学上的重要意义。随后，进入 2000~2010 年间，芒种气温经历了显著的下降趋势，UFK 值持续小于 0，为这一时期的气温变化定下了基调。自 2010 年起，气温趋势再次发生转折，UFK 值转为大于 0，预示着气温的回升。但值得注意的是，这一上升趋势并未持续，随后气温再次表现为下降趋势(UFK < 0)，显示出气温变化的复杂性和不确定性(图 11)。

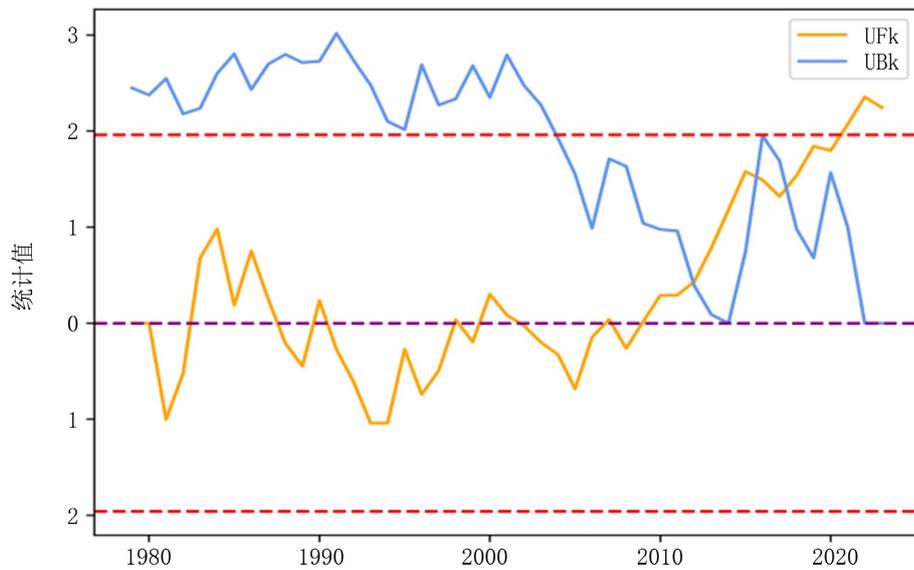


Figure 11. Mann-Kendall mutation detection of the average temperature of mango seeds in Xigaze City from 1979 to 2023
图 11. 1979~2023 年日喀则市芒种平均气温 Mann-Kendall 突变检测

4. 结论

1. 日喀则平均气温呈现出典型的单峰形态，峰值位于小暑节气，立春起至小寒，气温呈持续上升趋

势,直至小暑达到顶点后,开始逐步回落,直至小寒节气降至全年最低,立夏、雨水及小寒节气间的气温波动显著。1979~2001 年与 2002~2023 年间,日喀则各节气平均气温的显著变化趋势明显,春季型节气平均气温的增幅尤为明显,夏季型节气的平均气温则相对稳定。

2. 惊蛰节气的平均气温距平变化呈现出明显的线性上升趋势,平均气温距平振荡周期约为 3a,2000~2010 年代则表现为显著的峰值,在 2000 年前后发生气温突变;清明节气的平均气温距平呈现出上升趋势,自 2000 年代起,气温距平则转变为以正距平为主,显著标志着清明节气的气温在世纪之交后发生了显著增暖,同时清明气温在 2000 年前后发生了显著的突变。

3. 小满节气的平均气温距平呈现出复杂的波动振荡模式,振荡周期大致为 10,在 2010 年前后发生了气温突变;芒种节气平均气温距平呈显著正相关的上升趋势,2010 年代起,气温距平逐渐转变为以正值为主,这一转变标志着芒种节气气温在世纪之交后发生了显著的增暖现象,芒种气温展现出显著的波动特性,其变化幅度之大,在 2010 年发生突变。

参考文献

- [1] 赵芮芮. 1960-2016 年我国冬小麦主产区二十四节气气候变化研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 陕西师范大学, 2018.
- [2] 陈琳. 1961-2022 年呼和浩特市二十四节气气温变化特征[J]. 湖北农业科学, 2023, 62(S1): 83-89.
- [3] 钱诚, 严中伟, 曹丽娟, 等. 基于 1873 年以来器测气温的二十四节气气候变化[J]. 气候与环境研究, 2018, 23(6): 670-682.
- [4] 冀翠华, 王式功, 尚可政. 1961~2010 年黄河中下游地区 24 节气气候变化特征分析[J]. 气候与环境研究, 2015, 20(2): 220-228.
- [5] 封希宁. 西南五省 24 节气气候变化特征[J]. 地球科学前沿, 2019, 9(12): 1244-1251.
- [6] 雷书. 成都地区“二十四节气”气候特征分析[J]. 南方农业, 2019, 13(19): 79-82.
- [7] 赵芮芮, 殷淑燕, 王水霞. 1961-2014 年华北平原二十四节气气温变化特征[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2017, 56(6): 38-47.
- [8] 侯亚红, 路爽, 张蕊. 辽宁省“24 节气”气温的气候特征分析[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(16): 9916-9917+9992.
- [9] 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.