

Analysis of Temperature Change Characteristics of Shaoyang County in Hunan Province from 1960 to 2018

Jiangping Pan^{1,2}, Jialiang Zhu^{1,3}, Lijing Qiu³, Mengxing Chen³, Fang Li²

¹Hunan Provincial Key Laboratory of Meteorological Disaster Prevention and Reduction, Changsha Hunan

²Shaoyang County Meteorological Bureau of Hunan Province, Shaoyang Hunan

³Changsha Municipal Meteorological Bureau of Hunan Province, Changsha Hunan

Email: 283569214@qq.com

Received: Feb. 25th, 2019; accepted: Mar. 8th, 2019; published: Mar. 15th, 2019

Abstract

Using climate change analysis, M-K mutation test and wavelet analysis, the temperature variation characteristics of Shaoyang County in the past 59 years were analyzed. The results show that the temperature change in Shaoyang County near 59 a is mainly a cold-warm trend. In the 1960s and 1980s, this trend continued to decline. In the 1990s, temperatures fluctuated around the average climate and began to rise in the 21st century. The temperature in July-September showed a downward trend, while the upward trend was most significant in February and April, followed by March and May, an increase of 0.15°C/10a, which had the greatest impact on the annual temperature increase. The annual average maximum temperature and minimum temperature are also rising, and the highest temperature rise is more obvious than the lowest temperature. The results were obtained by M-K mutation test: the temperature change point in Shaoyang County appeared in 2003 and passed the 0.001 confidence test. The annual average temperature fluctuation in Shaoyang County is about 4 a. In addition, the periodic variation of quasi 15 a occurred between 1960 and 1990, and a periodic change of 9 a occurred between 1990 and 2018.

Keywords

Temperature, Climate Analysis, Mutation, Period

1960~2018年湖南邵阳县气温变化特征分析

潘江萍^{1,2}, 朱家亮^{1,3}, 邱丽静³, 陈梦醒³, 黎芳²

¹湖南省防灾减灾重点实验室, 湖南 长沙

²湖南省邵阳县气象局, 湖南 邵阳

³湖南省长沙市气象局, 湖南 长沙

Email: 283569214@qq.com

收稿日期：2019年2月25日；录用日期：2019年3月8日；发布日期：2019年3月15日

摘要

本文利用气候变化分析、M-K突变检验和小波分析等方法，分析了邵阳县近59年来的气温变化特征。结果表明：邵阳县近59 a的气温变化主要是冷-暖的大趋势。在20世纪60年代至80年代，这种趋势持续下降，90年代气温在平均气候附近波动，在21世纪开始升高。7月至9月的气温呈下降趋势，而上升趋势在2月和4月最为显著，其次是3月和5月，增幅 $0.15^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，它们对全年气温的上升影响最大。年平均最高气温和最低气温也在升高，最高气温的升高比最低气温更明显。通过M-K突变检验得出结果：邵阳县气温突变点出现在2003年，并通过0.001置信度检验。邵阳县年平均气温波动约为4 a。此外，准15 a的周期性变化发生在1960年至1990年之间，并且在1990年至2018年期间发生了9 a的周期变化。

关键词

气温，气候分析，突变，周期

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

如今，IPCC(联合国政府间气候变化专门委员会)于2018年10月8日在韩国仁川举行会议。会上，审议通过了《全球升温 1.5°C 特别报告》[1]。据报道，根据目前的温室气体状况，地球将在2030年达到这一水平。如今，与工业化前水平相比，全球气温上升了约 1°C 。近年来，全球气候变暖已经成为当今许多学者的热门话题[2]-[7]。许多科学家使用不同的研究方法来分析不同观测值的气温变化的特征和影响因素[8]-[14]。根据林学椿等研究，中国的年平均气温上升了 $0.04^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ [15]。中国科学家的研究结果表明，近百年来中国的气温变化与全球变暖相似，而地域差异较大[16]-[20]。南方变暖程度低于北方，而季节性差异主要体现在冬季明显的变暖。全球变暖可能会导致局地的极端天气和气候事件，如高温和干旱。因此，有必要研究局部区域气温变化的特性。为了解邵阳县气候变化规律，本文运用气候统计诊断方法，用于分析邵阳县气温变化特征。

2. 资料及方法

2.1. 资料来源

选取1960~2018年邵阳县国家基准气候站的逐月平均气温进行年际、年代际、季际的统计分析。根据月平均气温，形成春、夏、秋、冬数据序列，进行距平处理，得到年度和季节距平序列。四季分为冬季(上年12月至2月)、春季(3至5月)、夏季(6至8月)、秋季(9至11月)。距平基于1960~2018年59年的标准值为基础。

2.2. 分析方法

计算年平均气温和月平均气温以及平均最高、最低气温距平，分析时间曲线；另外，分析了月平均

气温距平的累积曲线。并对气温资料序列用线性函数 $T = at + b$ 拟合 ($t = 1, 2, n$)，按最小二乘法估计气候变化趋势，用相关系数做置信检验。Mann-Kendall 方法用于分析近 59 a 的年平均气温的突变。Molet 小波分析方法对年平均气温的周期变化进行分析。

3. 分析与结论

3.1. 平均气温的年际变化特征

从年平均气温距平时间变化曲线(见图 1)可以初步得出结果：近 59 a，邵阳县的平均气温处于缓慢上升中，并以 $0.1^\circ\text{C}/10\text{a}$ 的速度上升。相关系数通过 0.05 的置信区间检验，揭示出气温的显著上升趋势。它可以大致地反应低、波动、高的三阶段演变。1960~1989 年大部分处于负距平下，是较长持续时间的偏冷期，期间 1984 年的负距平达到了 -1.0°C ，为历年最大的负距平；1990~2005 年在正负距平间以每一到两年的变化来回摆动，期间 1998 年的正距平达到 0.9°C ，为历年最大的正距平；而进入 2006 年以后气温偏高开始显著，虽然 2011~2012 年处于负距平下，但很快又回到正距平上，且历年次高的正距平 0.8°C 仅接着出现在 2013 年，是持续时间较长的暖期。

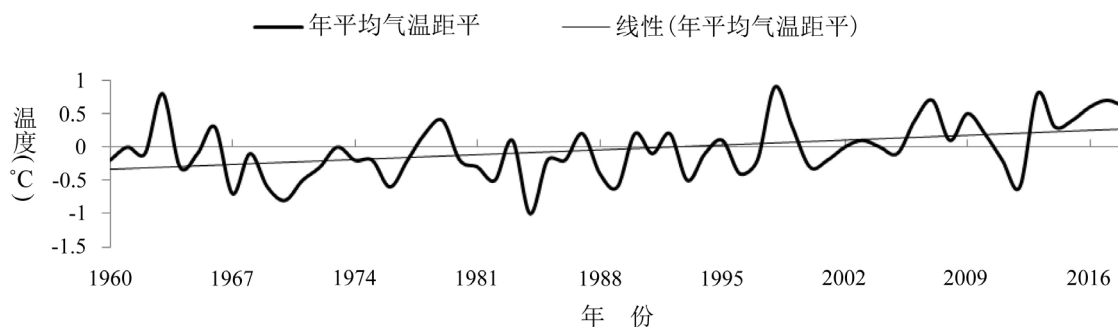


Figure 1. Annual average temperature anomaly time curve

图 1. 年平均气温距平时间变化曲线

近 59 年来，邵阳县存在着由冷到暖的气候波动，距平 $< 0^\circ\text{C}$ 的年份有 32 年，最大负距平的绝对值大于最大正距平。自 2006 年以来，近年的温度升高非常显著，年平均气温异常偏高的频率显著增加。廖春花等[21]认为，长沙在 20 世纪 90 年代末已进入快速城市化阶段，长沙变暖可能追溯到城市的影响。相较省会长沙而言，邵阳县的城镇化建设在进入 21 世纪才开始起步，邵阳国家基准气候站所处的测站周边的城镇建设也才逐步开始，城市效应也较长沙慢将近 10 年。

本文分析了月平均气温的累积距平(图 2)，可以看出，近 57 a 邵阳县气温有所下降，然后增加，冷暖波动的特征表现得更明显。20 世纪 60 年代初期气温的上升时间很短；从 20 世纪 60 年代中期至 90 年代中期，有一段持续降温的时期，从 20 世纪 90 年代中期至 2018 年，经历了一段持续变暖的时期。降温期明显长于升温期，因而升温比降温更快，这进一步表明近 10 年来气温升温显著。

3.2. 年代变化特征

为了解各年代的气温变化，本文将每 10 a 划为一个年代，具体为：1960~1969 a、1970~1979 a、1980~1989 a、1990~1999 a、2000~2009 a、2010~2018 a。表 2 列出了邵阳县年平均气温的各年代距平值和对应频次的出现次数。

从表 1 可以看出，气温在 20 世纪 60~80 年代持续下降。特别是 80 年代平均气温偏低 0.31°C ，偏高频次仅为 2 年。90 年代的气温在气候平均值附近波动。气温在 21 世纪开始上升，气温的偏高频次上升

而偏低频次下降。

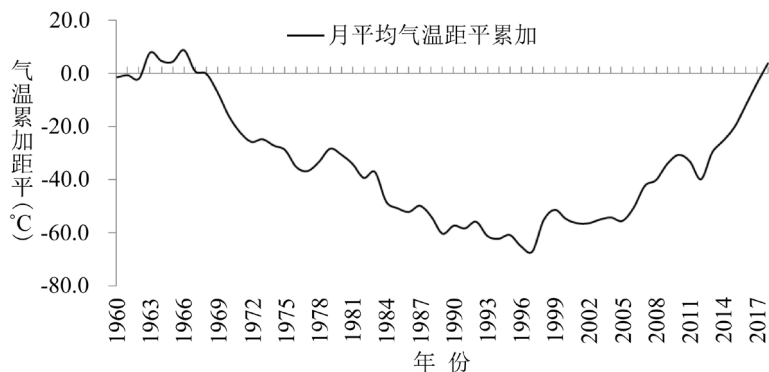


Figure 2. Monthly average temperature anomaly accumulation chart
图 2. 月平均气温距平累加图

Table 1. Anomalies and high (positive anomalies) and low (negative anomalies) frequency of annual average temperatures in various years

表 1. 各年代年平均气温的距平及偏高(正距平)、偏低(负距平)频次

起止年	1960~1969	1970~1979	1980~1989	1990~1999	2000~2009	2010~2018
平均距平/°C	-0.10	-0.22	-0.31	0.04	0.12	0.31
偏高频次	3	3	2	5	7	7
偏低频次	7	7	8	5	3	2

3.3. 平均最高、最低气温的变化特征

在过去的 59 a 中, 邵阳县的年平均最高气温和最低气温呈缓慢上升趋势(见图 3), 并且都通过了 0.001 置信度的极显著性检验。平均最高气温上升率为 $0.17^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 上升趋势更明显; 平均最低气温的上升速度稍慢, $0.11^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。这表明白天和夜间的气温变化是不对称性的, 并且显示出日较差变大的趋势。

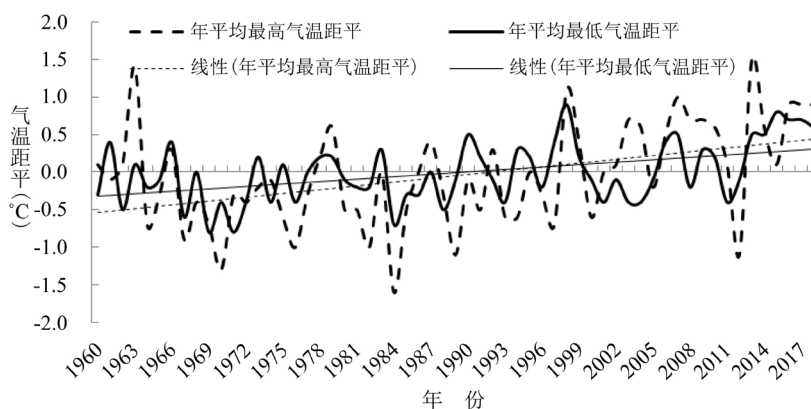


Figure 3. Annual average maximum and minimum temperature anomaly time curve
图 3. 年平均最高、最低气温距平时间变化曲线

3.4. 月变化特征

本文拟合气温数据序列的线性函数 $T = at + b, (t = 1, 2, n)$, 通过最小二乘法估计气候变化趋势, a 是趋势项, 并使用相关系数进一步作置信检验。从表 2 中给出的趋势率 a 和平均温度的相关系数 r 分析来看,

2 月份的气温上升最快, 为 $0.34^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 其次是 4 月份以 $0.033^{\circ}\text{C}/10\text{a}$; 而后依次是 3、5、11、10、1、6、12 月; 7 月、8 月和 9 月的气温趋势为负, 表明 7 月至 9 月气温是呈下降的趋势, 且 8 月气温以 $0.10^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的速率下降的。廖春花等人的研究[21]表明, 长沙的气温上升、下降速度最显著的月份与邵阳县是一致的。

Table 2. Estimation of linear trend of average temperature
表 2. 各月平均气温的线性倾向估计

月份/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>a</i>	0.07	0.34	0.20	0.33	0.17	0.05	-0.04	-0.10	-0.05	0.11	0.12	0.04
<i>r</i>	0.077	0.266*	0.219	0.431**	0.252*	0.109	-0.072	-0.167	-0.074	0.185	0.164	0.056

注: *表示通过信度为 0.05 的显著性检验, **表示通过信度为 0.01 的显著性检验, *a* 为倾向率($^{\circ}\text{C}/10\text{a}$), *r* 为相关系数。

3.5. 气候突变特征

通过参考由魏凤英编著的《现代气候统计诊断与预测技术》[22], 使用 Mann-Kendall (曼·肯德尔)方法对检验了 1960 年至 2018 年邵阳县的气温。从图 4 中 UF 曲线可见, 年平均气温在 20 世纪 90 年代中期之前呈下降趋势, 并在 20 世纪 90 年代中后期开始上升(这与前面的结论一致)。UF 曲线在 2004 年突破了 +1.96 信度线, 表明 2004 年起增暖显著, 同时 UF 和 UB 曲线在 ± 1.96 置信区间相交, 证实邵阳县的年平均气温突变点出现在 2003 年, 均通过了 0.001 的极显著置信检验, 与湖南省气候变化突变点基本一致[19]。

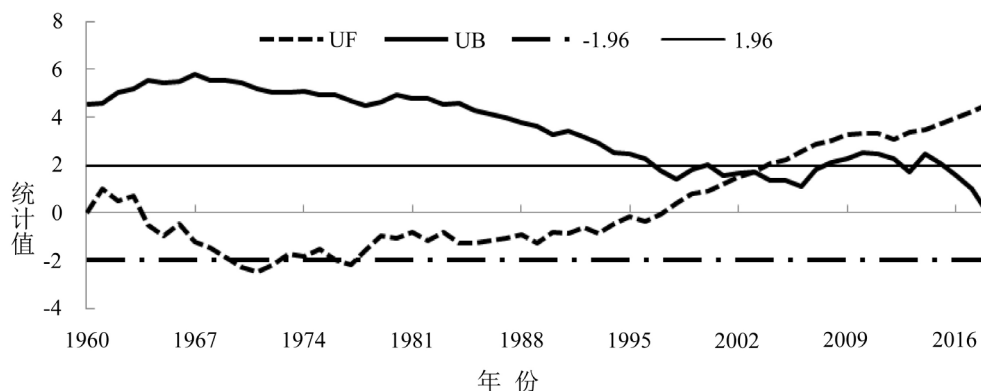


Figure 4. Climate mutation test of the M-K method with annual average temperature
图 4. 年平均气温的 M-K 方法的气候突变检验

3.6. 周期分析

为了更好地研究时间序列问题, 清楚地揭示时间序列中隐藏的各种变化周期, 充分反映系统在不同时间尺度上的变化趋势。在 20 世纪 80 年代早期, Morlet 提出了一种具有时-频和多分辨率的小波分析。本文对 1960~2018 年邵阳县年平均气温的距平值进一步做 Morlet 连续小波变换, 能更清晰的反映邵阳县气温的周期变化特征。在平均气温距平值的小波变换中, 正值越大表示气温越高, 负值越大表示气温越低。

通过小波分析(见图 5)可以看出, 1960~2018 年邵阳县年平均气温波动约为 4 a。此外, 准 15a 的周期性变化发生在 1960 年至 1990 年之间, 并且在 1990 年至 2018 年期间发生了 9 a 的周期变化。

4. 结论

通过分析邵阳县 1960~2018 年的年平均气温、平均最高气温、平均最低气温和月平均气温, 分析气

温突变和变化周期, 得出以下结论:

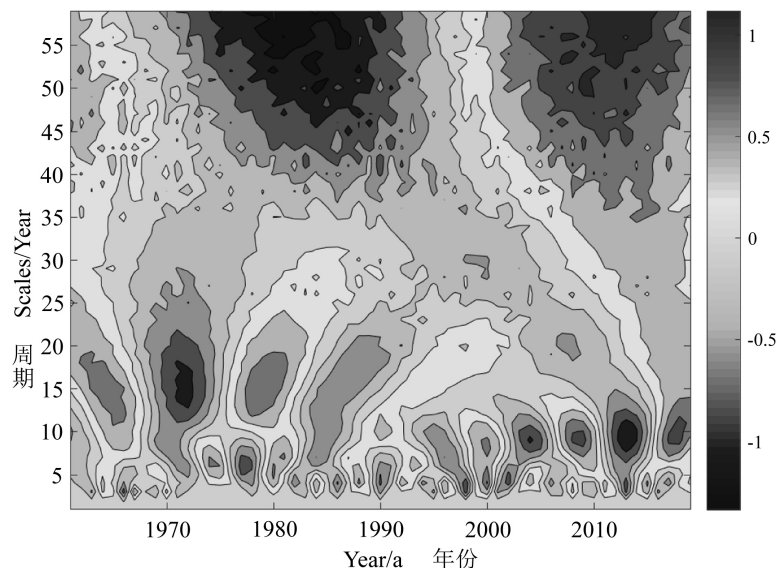


Figure 5. Annual average temperature wavelet normalized power spectrum
图 5. 年平均气温小波标准化功率谱

① 近 59 a 年来邵阳县气温的气温变化趋势主要是冷 - 暖的整体趋势。20 世纪 60~80 年代气温持续下降, 90 年代持平, 21 世纪维持增幅。

② 7 至 9 月期间气温维持下降趋势, 而其他月份都是升温。其中, 上升趋势在 2 月和 4 月最为显著, 其次是 3 月和 5 月, 增幅 $0.15^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 它们对全年气温的上升影响最大。

③ 年平均最高气温和最低气温也在升高, 最高气温的升高趋势较最低气温更明显。

④ 通过 M-K 突变检验得出结果: 邵阳县气温突变点出现在 2003 年, 并通过了 0.001 置信度检验。

⑤ 1960~2018 年邵阳县年平均气温波动约为 4 a。此外, 准 15 a 的周期性变化发生在 1960 年至 1990 年之间, 并且在 1990 年至 2018 年期间发生了 9 a 的周期变化。

基金项目

湖南省气象局面上项目 XQKJ19B020 “邵阳县油茶气候品质认证技术研究”。

参考文献

- [1] 人民网. IPCC 新报告: 全球气温或提前升高 1.5°C [EB/OL]. <http://m.people.cn/n4/2018/1010/c3627-11715482.html>, 2018-10-10.
- [2] 周天军, 赵宗慈. 20 世纪中国气候变暖的原因分析[J]. 气候变化研究进展, 2006, 2(1): 28-31.
- [3] 唐红玉, 肖风劲, 张强, 等. 三江源区植被变化及其对气候变化的响应[J]. 气候变化研究进展, 2006, 2(4): 177-180.
- [4] 马柱国, 任小波. 1951-2006 年中国区域干旱特征[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(4): 195-201.
- [5] 刘颖杰, 林而达. 气候变暖对中国不同地区农业的影响[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(4): 229-233.
- [6] 刘艳, 舒红, 季杨, 等. 天山巴音布鲁克草原植被变化及其与气候因子的关系[J]. 气候变化研究进展, 2006, 2(4): 173-176.
- [7] 王绍武. 全球气候变暖与未来发展趋势[J]. 第四纪研究, 1991(3): 269-276.
- [8] 唐红玉, 翟盘茂, 王振宇. 1951-2002 年中国平均最高、最低气温及日较差变化[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4):

728-735.

- [9] 韩璐, 王海珍, 曹新传. 青岛百年气温变化及其影响因素分析[J]. 南京气象学院学报, 2007, 30(4): 524-529.
- [10] 赤曲, 周顺武, 孙阳, 等. 1961-2017 年西藏主要农区夏季气温变化特征[J]. 高原山地气象研究, 2018, 38(3): 23-28.
- [11] 毛以伟, 陈正洪, 陈茜, 等. 1951-2016 年武汉市极端气温指数特征[J]. 沙漠与绿洲气象, 2018, 12(5): 75-82.
- [12] 侯依玲, 刘鸣彦, 张海娜, 等. 1961-2015 年东北区域最高与最低气温演变的气候特征[J]. 气象与环境学报, 2018, 34(5): 93-99.
- [13] 冯俊妮, 彭杰彪, 刘钟中. 1961-2016 年益阳市农业气候资源的变化特征[J]. 广东气象, 2018, 40(4): 39-42.
- [14] 吴成启, 唐登勇. 近 50 年来全球变暖背景下青藏高原气温变化特征[J]. 水土保持研究, 2017, 24(6): 262-266+272.
- [15] 林学椿, 于淑秋. 近 40 年我国气候趋势[J]. 气象, 1990, 16(10): 16-21.
- [16] 陈隆勋, 邵永宁, 张清芬, 等. 近四十年我国气候变化的初步分析[J]. 应用气象学报, 1991, 2(2): 164-174.
- [17] 林学椿, 于淑秋. 中国近百年温度序列[J]. 大气科学, 1995, 19(5): 525-534.
- [18] 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.
- [19] 廖玉芳, 彭嘉栋, 郭庆. 湖南气候对全球气候变化的响应[J]. 大气科学学报, 2014, 37(1): 75-81.
- [20] 任国玉, 初子莹, 周雅清, 等. 中国气温变化研究最新进展[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 701-716.
- [21] 廖春花, 刘甜甜, 林海, 等. 长沙近 57 年气温变化特征分析[J]. 气象与环境科学, 2008, 31(4): 21-24.
- [22] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 第二版. 气象出版社, 2016.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5711, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ccrl@hanspub.org