

# 黔东南州近60年气温时空变化特征分析

陈晓丹<sup>1</sup>, 吴树炎<sup>1\*</sup>, 王敏敏<sup>1</sup>, 蒋汉开<sup>2</sup>, 李舒颖<sup>1</sup>

<sup>1</sup>贵州省黎平县气象局, 贵州 黎平

<sup>2</sup>贵州黔东南气象局, 贵州 凯里

Email: wushuyan\_ouc@163.com

收稿日期: 2020年8月31日; 录用日期: 2020年9月15日; 发布日期: 2020年9月22日

## 摘要

利用1960~2019年黔东南全州16个县市台站气温资料, 使用气候变化分析方法如M-K突变检验、小波分析等, 分析了黔东南州近60年来的气温时空变化特征。结果表明: 黔东南州各县市年平均气温在14.7℃~18.5℃之间, 全州年平均气温从1960年至今整体缓慢上升, M-K突变检验表明黔东南州气温突变点为2006年, 且2009年以后气温的上升趋势十分显著。黔东南州年平均气温存在着准4年周期, 在60年代有显著的3年左右的年际振荡周期, 在1986~2010年有显著的4年振荡周期。黔东南州最冷月(1月)各县市月平均气温均在0℃以上, 全州年平均最低气温 $\leq 0^\circ\text{C}$ 的日数在州西部为24~28 d, 州南部仅为4 d左右; 黔东南州最热月(7月)各县市月平均气温呈东部向西部递减的趋势, 州西部较东部凉爽, 北部较南部凉爽, 全州年平均最高气温 $\geq 35^\circ\text{C}$ 日数南部年平均出现20 d以上, 西部为0 d。

## 关键词

黔东南, 气温, 时空变化, 高温

# Analysis of Temporal and Spatial Variation Characteristics of Temperature in Qiandongnan Prefecture in the Past 60 Years

Xiaodan Chen<sup>1</sup>, Shuyan Wu<sup>1\*</sup>, Minmin Wang<sup>1</sup>, Hankai Jiang<sup>2</sup>, Shuying Li<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Liping Count Meteorological Bureau of Guizhou Province, Liping Guizhou

<sup>2</sup>Qiandongnan Prefecture Meteorological Bureau, Kaili Guizhou

Email: wushuyan\_ouc@163.com

Received: Aug. 31<sup>st</sup>, 2020; accepted: Sep. 15<sup>th</sup>, 2020; published: Sep. 22<sup>nd</sup>, 2020

\*通讯作者。

文章引用: 陈晓丹, 吴树炎, 王敏敏, 蒋汉开, 李舒颖. 黔东南州近 60 年气温时空变化特征分析[J]. 气候变化研究快报, 2020, 9(5): 508-514. DOI: 10.12677/ccrl.2020.95056

## Abstract

With the temperature data of 16 stations of Qiandongnan from 1960 to 2019, using climate change analysis methods such as M-K test and wavelet analysis, the characteristics of spatial and temporal changes in temperature in Qiandongnan Prefecture in the past 60 years were analyzed. Results show that: The annual average temperature of Qiandongnan Prefecture is between 14.7°C - 18.5°C. The average annual temperature of the whole prefecture has been increasing slowly from 1960 to the present. The MK mutation test shows that the temperature mutation point of Qiandongnan Prefecture is 2006 and after 2009, the rising trend of temperature is very significant. The annual average temperature in Qiandongnan Prefecture has a quasi 4-year cycle. In the 1960s, there was a significant interannual oscillation cycle of about 3 years, and a significant 4-year oscillation cycle from 1986 to 2010. The coldest month (January) in Qiandongnan Prefecture, the monthly average temperature of all counties and cities is above 0°C, and the number of days with the annual average minimum temperature  $\leq 0^\circ\text{C}$  in the whole prefecture is 24 - 28 days in the western part of the state, and only about 4 days in the southern part; the hottest month in the state (July), the monthly average temperature of the counties and cities is decreasing from east to west. The western part of the state is cooler than the east, and the north is cooler than the south. In the southern of state, the number of days that the average annual maximum temperature of the whole state exceeds 35°C is more than 20 days, while the west is 0 day.

## Keywords

Qiandongnan, Temperature, Temporal and Spatial Variation Characteristics, Hot Weather

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

数十年来,全球变暖十分明显,气候变化趋势与影响成为当今众多学科共同关注的焦点问题。气温是气候变化研究中最主要的构成要素之一,对区域生态环境有着重要的影响。根据政府间气候变化专门委员会(IPCC)第五次评估报告中指出全球平均地表温度自1951年以来上升了0.72°C,至21世纪末全球平均温度将升高0.3°C~4.5°C [1] [2]。针对我国气温变化的研究已有了许多成果,近百年来我国不同地区升温存在明显的差异[3] [4] [5] [6],但总体变化趋势与北半球基本一致。近年来,许多学者也有分别从不同的空间区域和时间尺度对贵州地区气候变化开展了相关研究,如朱大运等[7]的研究表明,贵州近57年,年和季节温度均呈现明显的波动上升趋势,年升温速率为0.13°C/10a;刘晓冉等[8]对西南地区1961~2000年气温资料进行分析,得出涵盖贵州在内的整个西南地区年均温度呈现由暖变冷,再到单调上升的波动变化趋势;唐红忠等[9]的研究结果表明,贵州南部冬季气温、极端最低气温均呈上升趋势。

黔东南州位于贵州省东南部,地处云贵高原向湘桂丘陵盆地过渡地带,境内以喀斯特为主的地形地貌复杂,州境森林茂密,植被覆盖率高,水热条件垂直变化特征显著。前人对黔东南近几十年地表气温时空变化系统研究工作还相对缺乏,因此,十分必要对黔东南地区气温的长期变化趋势进行分析研究,为该区域应对气候变化与气象灾害防治工作提供科学依据。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 资料选取

本文所使用的数据来源于贵州省气候中心提供的 1960~2019 年黔东南全州 16 个县(市) 台站气温资料, 包括年平均气温、逐月气温、逐日气温等数据。研究区域包括岑巩、施秉、镇远、黄平、凯里、麻江、丹寨、三穗、台江、剑河、雷山、黎平、天柱、锦屏、榕江、从江等 16 个县(市) 行政区域范围。

### 2.2. 研究方法

本文通过计算年平均气温及其距平, 分析时间序列的变化, 并对年平均气温距平用线性函数, 按照最小二乘法估计了气候变化趋势。采用 Manne-Kendall 方法用于分析黔东南州近 60a 的年平均气温距平的突变; Molet 小波功率谱分析方法对年平均气温距平的周期变化进行分析。另外, 空间分布所使用的插值方法为克里金法。本文所使用的统计方法参考《现在气候统计诊断与预测技术》[10]。

## 3. 结果分析

### 3.1. 长期变化趋势

由 1960~2019 年黔东南年平均气温分布图(图 1) 可以看到, 黔东南州各县(市) 年平均气温在 14.7℃~18.5℃ 之间, 总体趋势是南部气温高于北部, 东部气温高于西部。年平均气温最低为麻江县 14.7℃, 最高为从江县 18.5℃。

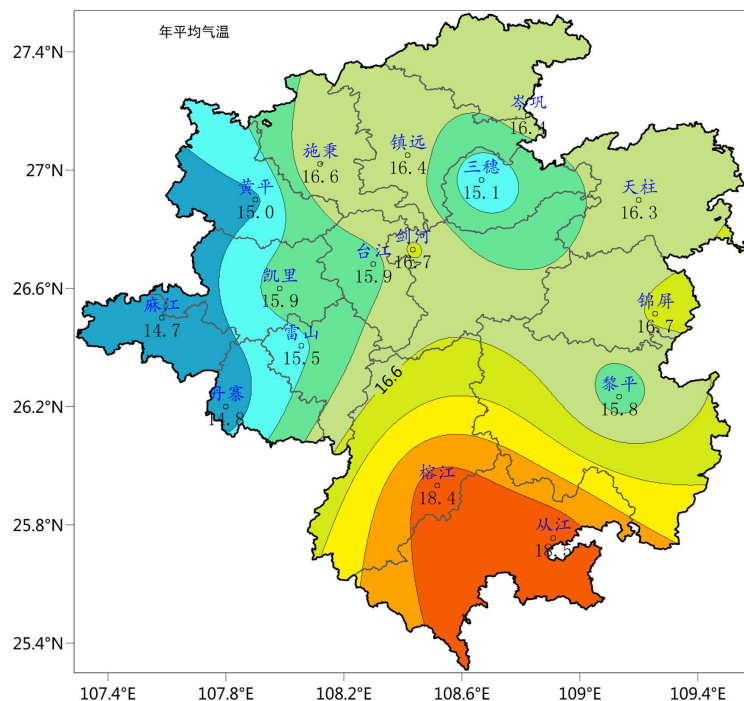


Figure 1. Distribution of Qianzhongnan annual average temperature from 1960 to 2019 (units: °C)

图 1. 1960~2019 年黔东南州年平均气温分布图(单位: °C)

对黔东南州 16 个台站的 1960~2019 年的平均气温进行加权平均并减去该时段的气候态, 加权系数为各县的面积, 得到了 1960~2019 年黔东南年平均气温距平时间序列演变图(图 2), 可以明显看到黔东南州年平均气温从 1960 年至今整体呈缓慢上升, 存在着由冷转暖的气候趋势, 并主要呈 3 个演变阶段:

1960~1986 年多负距平, 为较长时期的偏冷期, 期间 1984 年的负距平达到了 $-0.98^{\circ}\text{C}$ , 为历年来最大的负距平; 1987~2002 年正、负距平存在小幅波动; 从 2002 年以后多为正距平且变化幅度较为剧烈, 表明气温偏高较为显著, 年平均气温异常偏高的频率显著增加, 期间 2016 年达到历年最大正距平, 为 $0.9^{\circ}\text{C}$ 。从年平均气温距平的线性趋势来看, 黔东南地区的年平均气温以 $0.11^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的速度上升, 略小于贵州省平均升温速度 $0.13^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  [7], 这可能与黔东南地区植被覆盖率高、城市化进程较缓等原因有关。

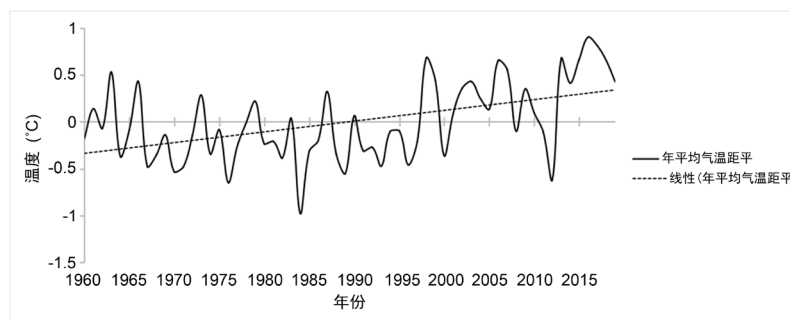


Figure 2. Time series evolution of Qiandongnan annual mean temperature from 1960 to 2019

图 2. 1960~2019 年黔东南州年平均气温时间序列演变图

### 3.2. 气候突变特征

为探究黔东南年平均气温的突变特征, 参考由魏凤英编著的《现代气候统计诊断与预测技术》[10], 使用 Mann-Kendall (曼·肯德尔)方法(简称 M-K 法)对 1960 年至 2019 年黔东南州年平均气温进行了计算。M-K 法是一种非参数的突变检验法, 具有干扰少、校验范围宽的有点, 可以对时间序列变化的趋势的显著性和突变性进行检验。当 UF 或 UB 的值大于 0, 则表明序列呈上升趋势, 小于 0 则表明呈下降趋势, 当它们超过临界直线时, 表明上升或下降趋势显著。当 UF 和 UB 两天曲线出现交点, 且交点在临界值之间, 那么交点对应的时刻便是突变开始的时间。从图 3 中 UF 曲线可见, 黔东南的年平均气温在 20 世纪 60 年代至 70 年代呈下降趋势, 从 70 年代开始波动上升, UF 曲线在 2009 年突破了 $+1.96$  (95%显著性水平临界值)信度线, 表明 2009 年以后黔东南州气温的上升趋势是十分显著的; 同时 UF 和 UB 曲线在置信区间相交, 交点对应的时刻分别为 2006 年和 2008 年。结合滑动 T 检验, 2008 年为虚假的突变点, 确定黔东南州的平均气温突变点为 2006 年。

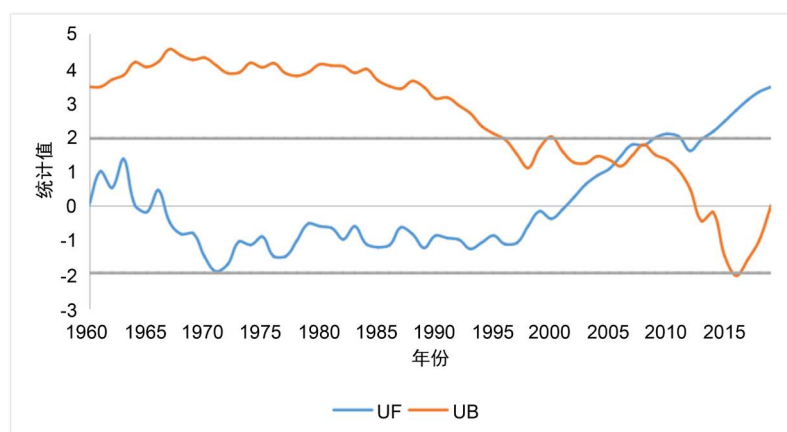
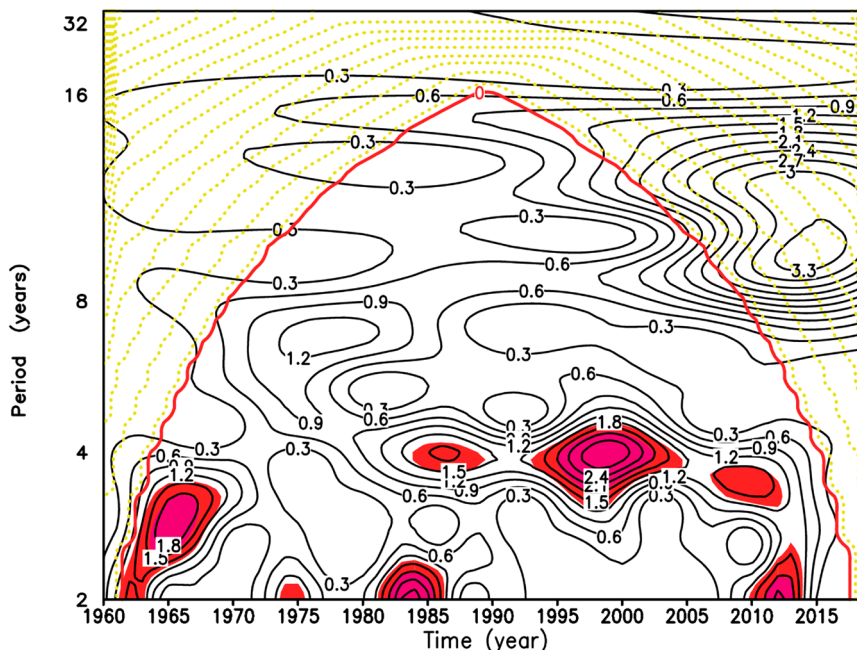


Figure 3. M-K test of annual mean temperature anomaly, the line shows the significant level at 0.05, respectively

图 3. 年平均气温距平的 M-K 检验(直线为  $\alpha = 0.05$  显著性水平临界值)

### 3.3. 周期分析

小波分析法是由法国地质学家 J. Morlet 提出的一种具有良好的自适应的时-频窗口变换功能的信号处理方法。小波分析基于平移和伸缩的不变性,从而把一个信号分解为对时间和频率(空间和尺度)的贡献。小波分析可以用来确定变量时间序列中各种尺度扰动的相对强度,对应峰值处的尺度称为该序列主要周期变化的时间尺度,在某一尺度上波动特征及其随时间变化的图谱,即小波功率谱。由图 4 黔东南州年平均气温的小波功率谱可以看到,黔东南州年平均气温存在着准 4 年周期,在 60 年代有显著的 3 年左右的年际振荡周期,在 1986~2010 年有显著的 4 年振荡周期,均通过了 90% 置信度检验。



**Figure 4.** Wavelet power spectrum of annual mean temperature anomaly in Qiandongnan Prefecture (The shaded areas have passed the significant level at 0.1, respectively)

**图 4.** 黔东南州年平均气温距平的小波功率谱(阴影为过 90% 置信度检验)

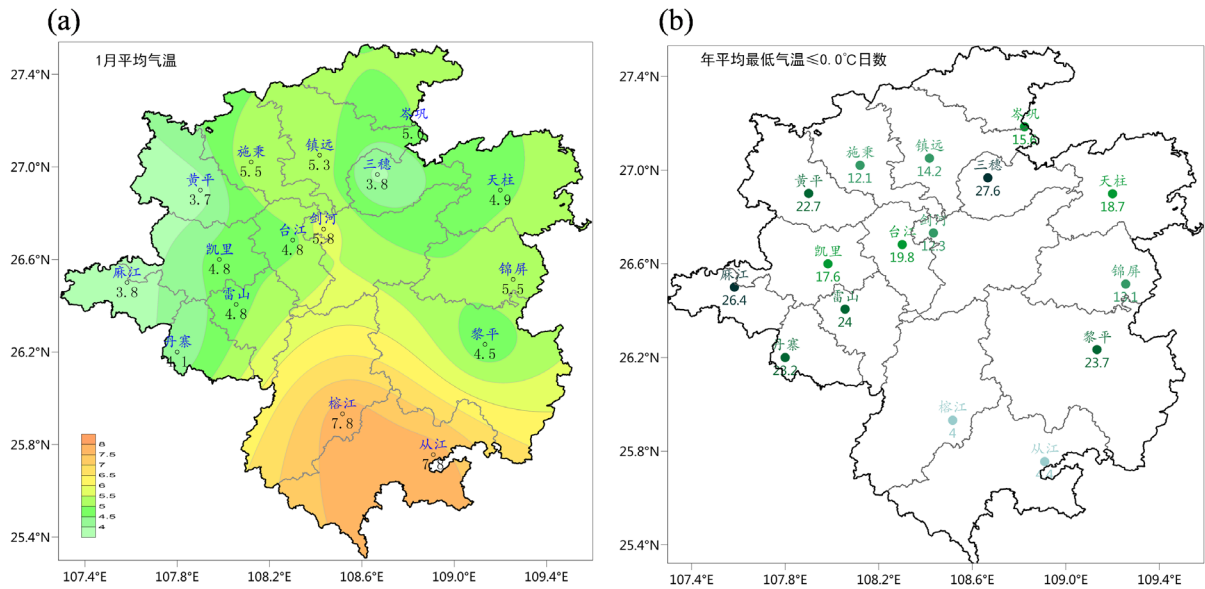
### 3.4. 年内变化特征

从黔东南州 1 月平均气温分布(图 5(a))来看,最冷月黔东南州各县市月平均气温均在  $0^{\circ}\text{C}$  以上,最冷为黄平  $3.7^{\circ}\text{C}$ ,麻江、三穗  $3.8^{\circ}\text{C}$  次之,最高为从江、榕江  $7.8^{\circ}\text{C}$ ,温差达  $4.1^{\circ}\text{C}$ 。

从年平均最低气温小于  $0^{\circ}\text{C}$  日数分布图(图 5(b))可以看出,全州年平均最低气温  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  的日数分布型与 1 月平均气温(图 5(a))分布型相对应,最低气温  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  的日数大值区主要分布在州西部如麻江、丹寨、雷山等县达 24~28 天,另外三穗、黎平等县最低气温  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  的日数也较多达 20 天以上,这可能与两台站所处的地形有关。全州最低气温  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  的日数最小的是从江、榕江两县,只有 4 d 左右。

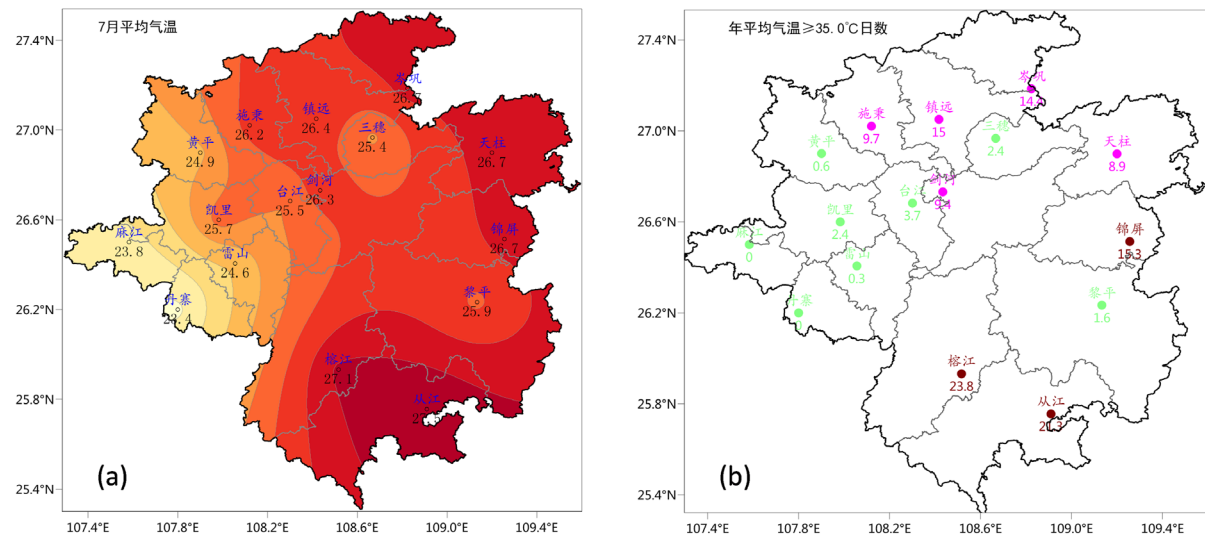
为探究黔东南州最热月的温度分布情况,这里给出了全州 7 月平均气温及年平均最高气温  $\geq 35^{\circ}\text{C}$  日数的分布图(图 6(a)),可以看到,7 月平均气温呈东部向西部递减的趋势,南部的从江、榕江等县的气温最高达  $27^{\circ}\text{C}$  以上,西部的丹寨、麻江等县仅有  $23.4^{\circ}\text{C}$ ,温差达  $3.6^{\circ}\text{C}$ 。

从图 6(b)可以看出,7 月,南部出现高温天气的次数大大超过了其他地区,从江、榕江等县天气炎热,年平均出现 20 天以上的高温天气,而麻江、丹寨等县相较凉爽,出现高温天气的天数为 0。总体来说,州西部较东部凉爽,北部较南部凉爽。



**Figure 5.** Distribution of Qiongdongnan. ((a) January average temperature (shaded, units: °C); (b) The annual average minimum temperature less than 0°C (units: day))

**图 5.** 黔东南州(a) 1月平均气温(单位: °C)及(b) 年平均最低气温小于0°C日数(单位: 天)分布图



**Figure 6.** Distribution of Qiongdongnan. ((a) July average temperature (shaded, units: °C); (b) The annual average Maximum temperature more than 35°C (units: day))

**图 6.** 黔东南州(a) 7月平均气温(单位: °C)及(b) 年平均最高气温大于35°C日数(单位: 天)分布图

#### 4. 结论

本文利用黔东南州 16 个地面台站气温资料, 使用 M-K 检验、小波分析等统计方法分析了黔东南州气温时空变化特征及趋势, 得出以下结论:

(1) 黔东南州各县市年平均气温在 14.7°C~18.5°C 之间, 总体趋势是南部气温高于北部, 东部气温高于西部。黔东南州年平均气温从 1960 年至今整体缓慢上升, 从 2002 年以后多为正距平且变化幅度较为剧烈, 表明近年的温度升高趋势非常显著, 年平均气温异常偏高的频率显著增加。

(2) 黔东南的年平均气温的 M-K 检验表明黔东南平均气温突变点为 2006 年, 且 2009 年以后黔东南

州气温的上升趋势十分显著。

(3) 对黔东南平均气温的小波分析显示,黔东南州年平均气温存在着准 4 年周期,其中在 60 年代有显著的 3 年左右的年际振荡周期,在 1986~2010 年有显著的 4 年振荡周期。

(4) 黔东南州最冷月(1 月)各县市月平均气温均在 0℃以上,全州年平均最低气温  $\leq 0^\circ\text{C}$  的日数大值主要分布在州西部为 24~28 d,州南部仅为 4 d 左右。

(5) 黔东南州最热月(7 月)各县市月平均气温呈东部向西部递减的趋势,南部县的平均气温较西部县温差达 3.6℃。全州年平均最高气温  $\geq 35^\circ\text{C}$  日数从江、榕江等县年平均出现 20 d 以上,而麻江、丹寨等县相较凉爽,出现高温天气的天数为 0 d。总体来说,州西部较东部凉爽,北部较南部凉爽。

本文采用常规的统计方法,分析了黔东南州近 60 年的时空分布特征,能够帮助了解近几十年黔东南地表气温的变化情况,但对其变化的机理与影响因素还需进一步开展研究。

## 参考文献

- [1] 秦大河, Thomasstocker. IPCC 第五次评估报告第一工作组报告的亮点结论[J]. 气候变化研究进展, 2014, 10(1): 1-6.
- [2] Oliver, J.E. (2013) Intergovernmental Panel in Climate Change (IPCC). *Encyclopedia of Energy Natural Resource & Environmental Economics*, 26, 48-56. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375067-9.00128-5>
- [3] 任国玉, 徐铭志, 初子莹, 等. 近 54 年中国地面气温变化[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 717-727.
- [4] 孙文, 范昊明. 全球变暖背景下松花江流域气温最新变化特征[J]. 水土保持研究, 2018, 25(3): 97-104.
- [5] 丁丽佳, 王春林, 凌良新. 广东地区平均气温的时空变化特征[J]. 中国农业气象, 2011.
- [6] 史佳良, 王秀茹, 李淑芳, 等. 近 50 年来河南省气温和降水时空变化特征分析[J]. 水土保持研究, 2017, 24(3): 151-156.
- [7] 朱大运, 熊康宁, 董晓超. 贵州 1960~2016 年气温时空变化特征[J]. 水土保持研究, 2018, 25(4): 168-173.
- [8] 刘晓冉, 李国平, 范广洲, 等. 西南地区近 40a 气温变化的时空特征分析[J]. 气象科学, 2008, 28(1): 30-36.
- [9] 唐红忠, 白慧, 舒兴武, 等. 近 51 年贵州南部冬季气温气候特征及其变化规律[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2012, 34(S2): 374-380.
- [10] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 第 2 版. 北京: 气象出版社, 2016: 1-296.