

文章编号:1673-8411 (2016) 03-0094-04

## 肇庆市近 54a 气温变化特征分析

陈国贞, 李文辉, 翁佳烽

(肇庆市气象局, 广东 肇庆 526040)

**摘要:**采用统计分析方法、Mann-Kendall 法和小波分析等方法,对 1961~2014 年肇庆市 6 个区域气象观测站的年平均气温、季平均气温、年最高气温和年最低气温等气候要素作了较全面的分析。结果表明:近 54a 来肇庆市 6 个区域年平均气温呈显著上升趋势,增温速率最高为广宁县,  $0.24^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ ,最低为怀集县,  $0.11^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ ;季平均气温变化幅度最大的是秋季,其次为冬季,变化幅度最小为夏季;年最高气温除怀集县呈下降趋势,其余 5 个区域均呈上升趋势,而年最低气温 6 个区域均呈显著上升趋势;肇庆市气候变暖主要是由秋季和冬季的升温增暖造成的;近 54a 来封开县发生两次气温突变,其余地区在 80 到 90 年代先后发生增温性突变;周期分析显示,肇庆市年平均气温均具有 30a、12a、8a 和 5a 的周期性特征。

**关键词:**年平均气温;Mann-Kendall 法;小波分析;气温变化;肇庆市

中图分类号:P46

文献标识码:A

## Characteristic analysis of temperature variation during recent 54 years in Zhaoqing

Chen Guo-zhen, Li Wen-hui, Weng Jia-feng

(Zhaoqing Municipal Meteorological Service, Zhaoqing Guangdong, 526040)

**Abstract:** Based on the statistical analysis method, Mann-Kendall method and wavelet analysis methods, annual average temperature, average temperature, annual highest temperature and minimum temperature climate factors in zhaoqing city from 1961 to 2014 in the six regional meteorological observations were comprehensively analyzed. The results show that annual average temperature in six regions show significant increasing tendency during the recent 54 a with the highest increasing rate in Guangning ( $0.24^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ ) and the lowest in Huaiji ( $0.11^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ ); the largest seasonal average temperature changes is in autumn, followed by the winter, the last one is in summer; The annually highest temperature present downward trend except in Huaiji, while the minimum temperature in six areas showed a trend of increase significantly; climate warming in Zhaoqing city is mainly caused by the warming of the heating in the fall and winter; Nearly 54 a there are two temperature mutations in Fengkai county, the rest of the region occurred inversion mutation in the 80 s to 90 s; Cycle analysis indicates that the annual average temperature of Zhaoqing city have 30 a, 12 a, 8 a and 5 a periodic features.

**Key Words:** annually average temperature; Mann-Kendall test; wavelet analysis; temperature change; Zhaoqing

IPCC 第五次气候评估报告中指出:近 130 多年 (1880-2012 年) 来全球地表平均温度上升约  $0.85^{\circ}\text{C}$ ;2003-2012 年平均气温比 1985-1900 年平均气温上升了  $0.78^{\circ}\text{C}$ <sup>[1]</sup>。丁一汇等研究表明在全球变

暖背景下,近 100 年来中国年均地表气温明显增加,升温幅度比同期全球平均值略高<sup>[2]</sup>。我国还有很多学者也做了相关研究,研究的方法比较成熟,其中,相关研究表明不同区域对全球变暖的反应不同,季

收稿日期:2016-05-13

基金项目:肇庆市气象局科学技术研究项目(201503)《肇庆市气候监测服务平台设计》

作者简介:陈国贞(1990-),女,助理工程师,学士,现主要从事天气预报工作。

节性增温变化也存在差异<sup>[3-7]</sup>。

肇庆市(111°21'~112°52'E, 22°47'~24°24'N)位于广东省中西部、西江中游, 由于北回归线横贯中部和地理环境影响, 境内以低山丘陵为主, 也有平原、盆地、谷地和台地等地貌。复杂、纵横交错的地形, 形成多样化的气候。关于肇庆市的气候变化特征也有过一些研究, 温坚培等<sup>[8]</sup>研究高要区年平均气温、年降水量和高(低)温日数的统计特征分析。但这些研究仍不够全面, 特别是对肇庆全市的季平均气温和年最高、年最低气温的变化特征未有涉及, 因此有必要进行这方面的研究。本文主要分析肇庆地区气温变化趋势, 不仅采用线性趋势分析方法, 还有对于非参数统计方法有进一步研究和探讨, 从而对近 54 a 来肇庆地区的气温变化特征有一个较全面的认识。

## 1 数据来源与分析方法

### 1.1 资料

本文数据来源于肇庆市 6 个区域气象观测站(高要区、四会市、德庆县、封开县、广宁县和怀集县) 1961~2014 年近 54 年地面常规观测月、年报表。对每个气象站的年平均气温、季平均气温年最高温度、年最低温度等进行了统计整理, 其中季节划分按照:

春季(3~5 月)、夏季(6~9 月)、秋季(10~11 月)和冬季(12~次年 2 月)。

### 1.2 方法

本文为了定量描述气候序列的趋势变化特征, 采用线性倾向法研究其趋势、变化特征及变化幅度, 并用相关系数、Mann-Kendall(M-K)法和 Morlet 小波分析对肇庆市 6 个区域气象站的年平均气温、季平均气温、年最高气温、年最低气温变化特征及进行其显著性检验、非参数检验和分析其周期性变化。具体公式参看文献<sup>[9]</sup>。

## 2 肇庆市气温变化特征分析

### 2.1 年平均气温趋势分析

据统计分析显示: 肇庆市 54 年年平均气温最高为高要区 22.3℃; 其次为德庆 21.7℃、四会 21.5℃; 而封开、广宁和怀集年平均气温最低均为 21.1℃。其中, 年平均气温极大值(23.3℃)出现在 1998 年高要区, 极小值(20.0℃)出现在 1984 年封开县。

利用线性倾向法对肇庆市 6 个区域气象站年平均气温进行分析得出: 肇庆全市年平均气温均处于上升趋势, 其中上升速率最高为广宁县,  $0.24^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 、其次高要区为  $0.19^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 、封开县为  $0.18^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 、德庆县和四会市为  $0.14^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ , 而

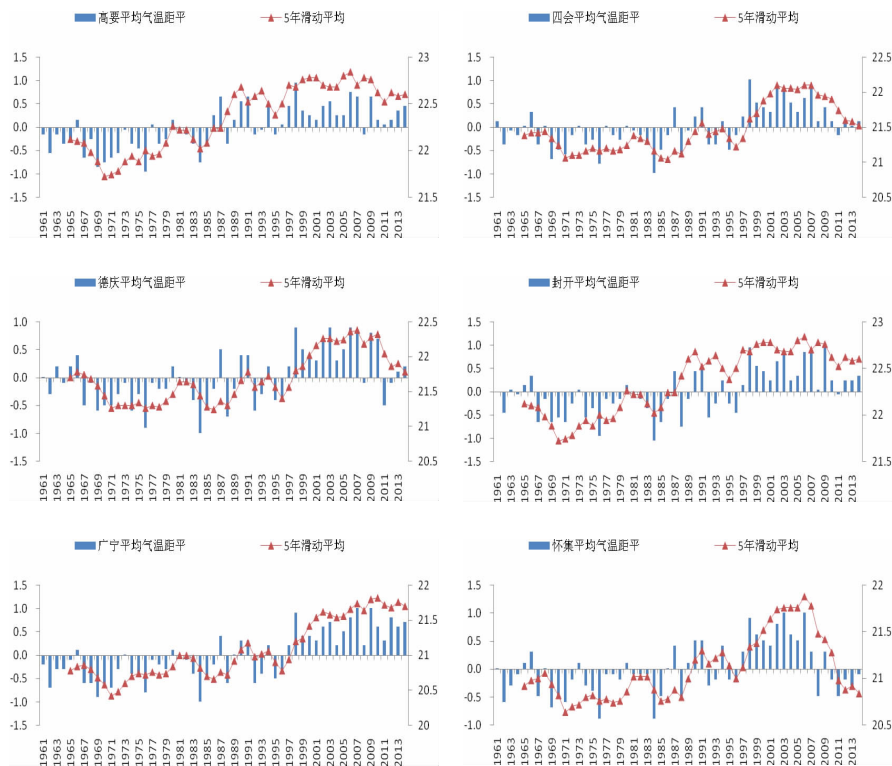


图 1 肇庆市 6 个区域气象观测站 54 年年平均气温距平变化图(单位:℃)

上升速率最低为怀集县,  $0.11^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 。肇庆全市年平均气温上升速率均低于广东省年平均气温上升速率  $[0.31^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}]^{[4]}$ , 也低于全国平均水平  $[0.22^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}]^{[10]}$  (除广宁县外)。根据 6 个区域气象站年平均气温回归方程的相关系数进行显著置信水平的检验, 除怀集通过了 0.01 置信水平的检验, 其余均通过了 0.001 置信水平的显著性检验。以上得出肇庆市气温整体呈显著上升趋势, 与全球气候变暖和各相关研究<sup>[11-18]</sup>的变化趋势较为一致。

5 年滑动平均曲线和年距平能够更好的反应出平均气温的年际变化特征, 从图 1 肇庆市 6 个区域气象站 54a 年平均气温距平与 5 年滑动平均变化图可以发现: 高要区、封开县在 80 年代后期起年平均气温处于平均值之上且有明显的上升趋势, 在 2010 年后年平均气温趋于平稳; 四会市、德庆县、广宁县和怀集县年平均气温则在 90 年代后期处于平均值之上且气温有明显上升趋势, 其中四会市、德庆县和怀集县在 2010 年后年平均气温有下降趋势, 而怀集县下降趋势更为明显且低于平均值。

## 2.2 季节性气温变化特征

肇庆市 6 个区域气象站各季节平均气温气候倾向率均为正值, 各季节平均气温随时间的增加均呈上升趋势。其中, 季平均气温变化幅度最大的均是秋季, 其次为冬季, 而变化幅度最小为夏季。除怀集季平均气温上升率最高为春季  $[0.29^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}]$  外, 其余区域季平均气温上升率最高均为秋季。夏季平均气温上升率最高为广宁县  $[0.19^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}]$ , 最低为封开和怀集县  $[0.06^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}]$ ; 秋季平均气温上升率最高为广宁县  $[0.32^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}]$ , 最低为怀集县  $[0.18^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}]$ ; 冬季平均气温上升率最高为封开县  $[0.24^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}]$ , 最低为德庆和怀集县  $[0.13^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}]$ 。从显著性检验来看, 春季 6 个区域均没有通过显著性检验; 夏季的封开和怀集县没有通过显著性检验; 秋季高要区、封开县和广宁县均通过 0.001 显著性检验, 四会市和德庆县通过 0.01 显著性检验, 怀集通过 0.05 显著性检验; 冬季四会市、德庆和怀集县没有通过显著性检验, 其余均通过 0.05 显著性检验。

## 2.3 年最高气温和年最低气温变化特征

从肇庆市气温统计特征量可知, 肇庆市年最高气温倾向率除怀集县呈下降  $[-0.01^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}]$  趋势外, 其余 5 个区域均呈上升趋势。其中, 年最高气温上升速率最高为高要区  $[0.18^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}]$ , 最低为封

开县  $[0.05^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}]$ 。从显著性检验来看, 四会通过 0.001 显著性检验、高要区通过 0.01 显著性检验、广宁通过 0.05 显著性检验, 其余没有通过显著性检验。

肇庆市年最低气温 6 个区域均呈上升趋势。其中上升速率最高为高要区、广宁和怀集县  $[0.51^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}]$ , 最低为德庆县  $[0.23^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}]$ 。从显著性检验来看, 年最低气温德庆县没有通过显著性检验、四会市通过 0.05 显著性检验、其余地区均通过 0.001 显著性检验。

从季节性气温变化特征和年最高(低)气温变化特征分析得出, 肇庆市气候变暖主要是由秋季和冬季的升温增暖造成的。

## 3 肇庆市气温突变性检验

采用 Mann-Kendall 检验法, 对肇庆市 6 个区域气象站 54 年年平均气温进行突变检验得出: 封开县发生两次突变, 第一次突变点在 1965 年, 发生突变后气温显著下降, 第二次突变则出现在 1978 年, 发生突变后气温显著增高; 其余 5 个区域均发生一次突变。其中高要区在 1983 年发生增温性突变, 当年发生突变后气温显著增高; 四会市、德庆、广宁和怀集县均在 90 年代先后发生增温性突变, 随后气温显著增高。

肇庆市气温突变检验的结果与 5 年滑动平均曲线和年距平反映出来的年平均气温年际变化较为一致: 从 80 年代后至今, 肇庆市 6 个区域逐渐进入明显的暖期。

## 4 周期性变化特征

肇庆市气温具有明显的周期性特征。Morlet 小波分析表明, 近 54a 中, 年平均气温均具有 30a、12a、8a 和 5a 的震荡周期; 1990~1995 年存在 30a 的周期, 信号比较强; 12a 的周期在 1973 年前信号比较强, 后期周期强度有减弱的趋势; 1961~2010 年有 5a 的震荡周期, 但在 1985 年后周期强度减弱; 1961~2014 年间一直存在 8a 的震荡周期, 在 1990 年前周期强度较弱, 但 1990 年后周期强度逐渐增强。

## 5 结论

(1) 近 54a 来肇庆市 6 个区域年平均气温呈显著上升趋势, 增温速率最高为广宁县  $[0.24^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}]$

],最低为怀集县 $[0.11^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}]$ ,其增温速率大致高于全国平均水平,而低于广东省平均水平。

(2) 近 54a 来肇庆市 6 个区域各季气温变化幅度最大的是秋季,其次为冬季,变化幅度最小为夏季;最高气温倾向率除怀集县呈下降趋势,其余 5 个区域均呈上升趋势、而最低气温倾向率 6 个区域均呈显著上升趋势。

(3) 从季节性气温变化特征、年最高气温和年最低气温变化特征分析得出,肇庆市气候变暖主要是由秋季和冬季的升温增暖造成的。

(4) 近 54a 来肇庆市 6 个区域均出现气温突变年,其中封开县发生两次发生突变,第一次突变发生(1965 年)后气温显著下降,第二次突变后(1979 年)气温显著增高;高要区在 80 年代后发生增温性突变;四会市、德庆、广宁和怀集县均在 90 年代先后发生增温性突变。

(5) 小波分析表明,肇庆市年平均气温具有 30a、12a、8a 和 5a 的周期性特征。

#### 参考文献:

- [1] IPCC.Climatechange2014: thephysicalsciencebasis [M]. Cambridge: CambridgeUniversityPress, 2014
- [2] 丁一汇, 任国玉, 石广玉, 等.气候变化国家评估报告 (1): 中国气候变化的历史和未来趋势.气候变化研究进展, 2006, 2 (1): 3-8
- [3] 宋艳华, 杨伟民, 顾晓, 等.1961-2008 年广东省极端气温的时空变化特征 [J].广东气象, 2012, 34 (6): 20-25
- [4] 刘爱君.广东省近半个世纪的气温变化趋势 [J].广东气象, 2003, 25 (4): 11-13.
- [5] 林良勋, 冯业荣, 黄忠, 等.广东省天气预报技术手册

[M].北京: 气象出版社, 2005: 24-25.

- [6] 任广成, 沈爱华, 令聪婧.华南盛夏气温异常成因及预测研究 [J].气象研究与应用, 2011, 32 (1): 1-5
- [7] 雷雪梅, 况雪源.广西气温、降水异常的统计特征 [J].气象研究与应用, 1999, 20 (4): 35-37
- [8] 温坚培, 陈达炎, 罗锐轩, 等.高要市 1961-2010 年气候变化特征 [J].广东气象, 2012, 34 (1): 27-34
- [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, 2007.
- [10] 秦大河, 陈振林, 罗勇, 等.气候变化科学的最新认知.气候变化研究进展, 2007, 30 (2): 63-73.
- [11] 黄菊梅, 邹用昌, 蔡海朝, 等.近 60a 来洞庭湖区气温的变化特征 [J].气象科学, 2013, 33 (4): 457-463
- [12] 龚沃超, 陆小丹, 潘汉海, 等.近 50 年上思县气温和降水变化分析 [J].气象研究与应用, 2012, 33 (4): 38-42
- [13] 卢雪勤, 汪强, 黄荟, 等.广西百色市近 60 年气温变化特征研究 [J].气象研究与应用, 2012, 33 (2): 34-39
- [14] 黄雪松, 周惠文, 黄梅丽, 等.广西近 50 年来气温、降水气候变化 [J].气象研究与应用, 2005, 26 (4): 9-11
- [15] 利赛明, 陈静林, 等.近 49 年珠海气温变化及城市化影响初探 [J].气象研究与应用, 2014, 35 (2): 40-45
- [16] 黄嘉宏, 张勇, 罗忠红.广西 45 年降水和气温的长期变化特征 [J].气象研究与应用, 2003, 24 (4): 35-39
- [17] 庄毅斌, 肖国杰, 张婕, 等.近 30 年南靖县气候变化特征分析 [J].气象研究与应用, 2013, 34 (4): 22-26
- [18] 陈映强, 林巧美, 陈桂标.揭阳市近 50 年气温的变化特征和未来的变化趋势 [J].广东气象, 2007, 29 (3): 35-37

(上接第 86 页)

此, 建议每隔 10 年对柳州市暴雨强度公式进行修编。

#### 参考文献:

- [1] 覃卫坚, 李耀先, 覃志年.广西暴雨的区域性和连续性研究 [J].气象研究与应用, 2012, 33 (4).
- [2] 覃卫坚, 李耀先, 廖雪萍, 陈思蓉.大气低频振荡对广西持续性区域性暴雨的可能影响 [J].气象研究与应用, 2015, 36 (3).
- [3] 黄丽康, 韦彩色, 赵玉红.合浦县暴雨气候特征及成因分析 [J].气象研究与应用, 2012, 33 (4).

- [4] 黄翠银, 陈剑飞.2011 年 10 月一次广西区域性暴雨特征分析 [J].气象研究与应用, 2012, 33 (4).
- [5] 邓培德.暴雨选择与频率分布模型及其应用 [J].给水排水, 1996, (2).
- [6] 《给水排水设计手册 (第 5 册) 城镇排水》[J].北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
- [7] 国家住建部、中国气象局.城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则 [S].2014
- [8] 上海市建设和交通委员会.室外排水设计规范 (GB50014-2006, 2014 年版) [S].北京: 中国计划出版社, 2014.