

气候变暖背景下清远气温变化特征

宋艳华¹ 张润仙² 罗律¹ 谢太初¹ 孙晓文¹

(1. 清远市气象局, 广东 清远 511518; 2. 英德市气象局, 广东 英德 513000)

摘要:根据 1957—2007 年清远站的年和月平均气温资料,采用线性倾向的最小二乘法估计分析季及年平均气温的变化趋势。结果表明:在气候变暖背景下,近 50 a 清远年平均气温存在与全球、中国及广东省同步的增暖趋势,增暖幅度(平均气温线性增暖速率为 0.17 /10 a)高于近 50 a 全球平均线性增暖速率,低于近 50 a 中国及广东省平均线性增暖速率。四季及年平均气温在变暖趋势上基本同步,只有冬季稍落后。且在气候变暖背景下,清远异常冷、暖冬事件出现频繁,暖冬明显。应用 Mann-Kendall 法检测气候的突变性,表明清远冬季平均气温于 1968 年前后存在由低向高的突变。

关键词:气候变暖;气温变化;增暖;突变

中图分类号:P468.0⁺21 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-503X(2008)03-0038-04

1 引言

许多研究表明,由于人类活动等因素,全球气候正经历一次以变暖为主要特征的显著变化。IPCC 2007 年 2 月发表的气候变化第 4 次评估报告中指出^[1]:过去的 100 a(1906—2005 年)全球地表平均温度升高了 0.74℃,最近 50 a 有加速之势。随着全球温度的升高,我国气象工作者对气候变化进行了一些研究。中国气候学家对近 50 a 中国地区平均气温变化的研究结果表明^[2],近 50 a 来中国地区温度变化趋势与北半球情况大致相似。有些学者还认为特别是冬季平均气温大幅上升^[3]。唐国利和丁一汇^[4]分析 1951—2000 年中国年平均温度变化趋势的全国分布,发现变暖区范围已经扩大。华丽娟等^[5]研究认为:随着 CO₂ 浓度的升高,未来中国的地面气温将会有明显的升高,且存在着明显的地区差异。任崇^[6]指出华南沿海地区近 42 a 气温上升趋势明显。气候变暖,使广东冬季平均气温呈明显的上升趋势,暖冬(冬季 12—翌年 2 月平均气温与同期多年平均值的差值大于等于 0.5℃)的出现频率明显加大,2000—2006 年已经出现了 5 个暖冬,使登陆广东的台风次数减少,初台登陆时间异常,降水变率增大,旱涝灾害频繁^[1]。气候变暖影响农业和自然生态系统、人类健康,并加剧洪涝、干旱及其他气象灾害。所以,当前全球和中国气候变暖,特别是在 20 世纪 80 年代和 90 年代持续变暖的气候背景下,研究清远的气温变化及变化趋势,掌握气候变暖背景下清远气温的变化特征,对防御气候变暖对当地农业、水资源、自然生态系统和公共健康等方面产生的负面影

响具有重大意义。

2 资料与方法

采用清远观测站(113°03'E, 23°40'N)1957 年 1 月 1 日—2007 年 2 月 28 日的年平均气温和月平均气温资料,年平均气温与季平均气温序列均为 50 a。将上述气温值进行标准化处理,得到气温的标准序列。并用线性倾向^[7]的最小二乘法来估计季及年平均气温的变化趋势。

采用 Mann-Kendall 法^[8]检验冬季清远年平均气温的突变。对一序列 $T_i, i = 1, 2, \dots, n$,构造一秩统计量:

$$S_k = \sum_{j=1}^k R_{ij} \quad (1)$$

$$R_{ij} = 1, T_i > T_j \quad (2)$$

$$R_{ij} = 0, T_i \leq T_j \quad (3)$$

在任一时刻 S_k 均遵从同一分布的假设下,定义统计量:

$$U_k = [S_k - E(S_k)] / \sqrt{\text{Var}(S_k)} \quad (4)$$

式(4)中, $E(S_k) = n(n+1)/4$, $\text{Var}(S_k) = n(n-1)(2n+5)/72$

对统计量 U_k 按 T_i 顺序时间计算一次记为 UF ,同时按逆顺序 $i = n, n-1, \dots, 1$ 计算一次,记为 UB 。 UB 与 UF 的交点处于置信线之间,而 UF 线随后超过置信线,交点被认为有突变发生。另外,可根据统计量 U_k 本身的意义来划分升降阶段,在 UF 的上升阶段, $T_i > T_j$, 当 $T_i > T_j$ 事件占优势并且 UF 超出置信线时,表示这种优势已超出随机因素所能达到的水平,因此可划为上升阶段;相反,则可划

收稿日期:2007-12-21;修订日期:2008-01-30。

基金项目:清远市气象局和英德市气象局联合立项资助。

作者简介:宋艳华,女,1977 年生,助理工程师,主要从事天气预报与天气气候研究工作。

为下降阶段。

3 年和季平均气温变化分析

3.1 年平均气温

3.1.1 年平均气温标准化序列

吉奇等^[9]研究得出,20 世纪 70 年代中期以后,我国年平均气温增温强烈。对清远年平均气温标准化序列进行线性分析得图 1。由图 1 可知,从总体上

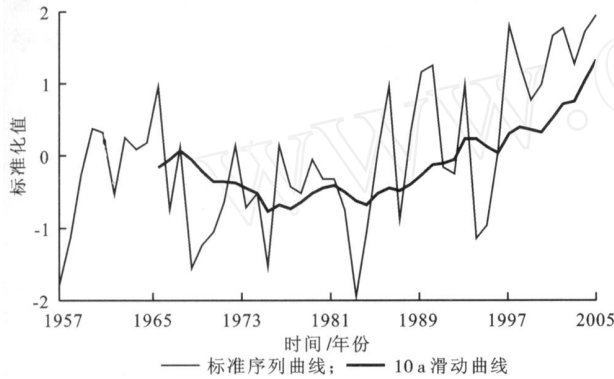


图 1 清远年平均气温标准化序列

看,清远年平均气温冷暖期^[10]明显,存在显著增暖期。20 世纪 50 年代后期至 80 年代中期是一个明显的偏冷期,90 年代中期开始是一个明显的偏暖期。年代际变化:20 世纪 60 年代后期至 70 年代后期为下降阶段,自 80 年代中期之后持续到 21 世纪初年平均气温持续上升,基本与我国年平均气温增温趋势同步。计算清远年平均气温年代际变化值(表 1)可

知,20 世纪 60 年代至 70 年代为下降期间,平均气温

表 1 清远各年代平均气温

项目	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	2001—2006 年
平均气温	21.7	21.5	21.6	21.9	22.4

下降 0.2。20 世纪 70 年代后平均气温逐渐上升,90 年代比 70 年代上升 0.4,而 2001 年来的近 6 a 平均气温则比 90 年代上升 0.5、比 80 年代上升 0.8。可见,进入 90 年代后清远年平均气温年代际变化以显著的上升趋势为主,且年代际变化逐渐增大。

3.1.2 年平均气温线性趋势

最小二乘法可估算年平均气温的线性趋势。用此法得出清远年平均气温的线性趋势为 0.017,即近 50 a 清远的年平均气温线性增暖速率为 0.17 / 10 a,高于全球近 50 a 平均线性增暖速率 0.13 / 10 a,说明清远近 50 a 的增暖趋势明显。低于近 50 a 中国增温速率(0.22 / 10 a)和近 50 a 广东省^[1]增温速率(0.21 / 10 a)。以上表明,清远虽与全国、广东省同步变暖,但落后于全国、广东省的平均水平。与近 50 a 广东省内各地区的增温速率相比,略高于粤北^[1]大部分县市 0.15 / 10 a 的增温速率,但明显低于珠江三角洲高达 0.30 / 10 a 的增温速率。

3.2 季平均气温

3.2.1 季平均气温标准化序列

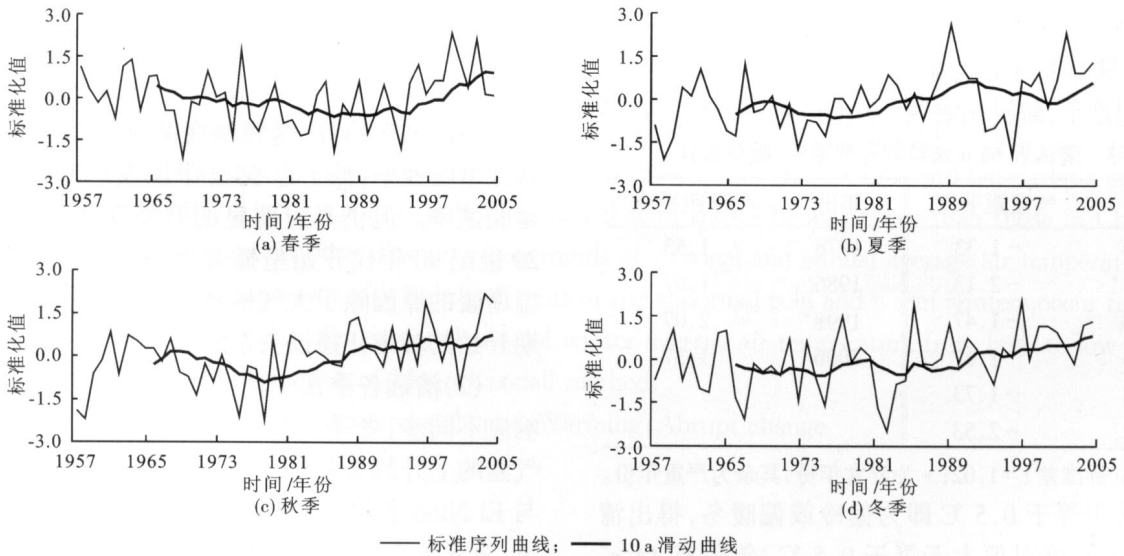


图 2 清远四季平均气温标准化序列

为得出各季在变化趋势上的差别,对清远四季的平均气温标准化序列进行分析得出图 2。图 2 表明,冬春季平均气温 10 a 滑动曲线振幅相对平缓,说明其年代际变化较小,且偏冷期占优势,但总体为上升趋势。冬季平均气温在 20 世纪 90 年代初以前年

代际变化小,上升趋势缓慢,处于相对偏冷期。20 世纪 90 年代后,上升趋势加速,直至 21 世纪初均处于明显的偏暖期。春季的平均气温在 20 世纪 50 年代后期至 90 年代初开始振荡下降,90 年代中后期开始持续上升。20 世纪 70 年代中期至 90 年代后期为明

显的偏冷期,其余则为偏暖期。

夏秋季平均气温 10 a 滑动曲线振幅相对较大,其中以夏季最为明显,说明其年代际变化相对明显,两季冷/暖期势力大致相当。对比各季和年平均气温升/降时期,得出 80 年代后普遍为上升趋势,只有冬季稍落后是从 80 年代中期开始上升的,且在 90 年代增温明显。说明清远各季在变暖趋势上一致,但增暖的时间响应不同步。

3.2.2 季平均气温线性趋势

用最小二乘法估计清远季平均气温的线性趋势,得出清远季平均气温的线性趋势(表 2)。由表 2

表 2 四季及年平均气温线性趋势 / 10 a

季节	春	夏	秋	冬	年
线性趋势值/(/ 10 a)	0.07	0.11	0.22	0.26	0.17

可知,冬季平均气温的上升趋势最为明显(0.26 / 10 a),说明清远气候变暖在冬季表现最为明显。秋季次之(0.22 / 10 a),春夏季最小(0.07 / 10 a 和 0.11 / 10 a)。与广东省^[1]冬季 0.36 / 10 a、秋季 0.23 / 10 a、春夏季 0.14 / 10 a 的增温速率相比,清远冬季增温速率落后于广东省冬季的平均水平,而其他季节则与广东省相当。

4 冬季严重冷、暖冬事件及突变检测

4.1 严重冷、暖冬事件

根据 WMO 的有关规定,距平绝对值大于或等于 2 个标准差则为气候异常^[10],而根据王绍武等^[11]提出的考虑到异常气候出现机遇较少,将距平大于 1.3 个标准差的气候灾害定为严重气候灾害。在上述 2 个标准下,统计出表 3。根据广东省^[4]标准距平

表 3 清远近 50 a 来异常和严重冷、暖冬事件

年份	气温距平/	年份	气温距平/
1966	- 1.33	1978	1.53
1967*	- 2.13	1986	1.97
1973	- 1.47	1998*	2.07
1976	- 1.67	2006	1.37
1982	- 1.73		
1983*	- 2.53		

注: s (标准差) = 1.02; * 为异常年份,其余为严重年份。绝对值大于等于 0.5 即为偏冷或偏暖冬,得出清远冷冬(距平绝对值大于等于 0.5)年份有 14 a,暖冬(距平大于等于 0.5)年份有 15 a。异常、严重冷、暖冬概率分别为 42.9% (6/14) 和 26.7% (4/15)。偏冷年集中出现在 1986 年以前,而偏暖年虽每个年代均有出现,但 1986 年开始的近 20 a 已连续出现 9 个暖冬,且 4 a 的异常、严重暖冬中有 2 a 出现在 20 世纪 90 年代后。以上分析可知,近 50 a 来清

远的异常冷、暖冬事件出现频繁,且 90 年代后暖冬加剧。

4.2 冬季气温突变

气候突变^[8]是指在较短时期内由一种相对较为稳定的气候状态过渡到另一种气候状态的变化,它是气候系统非线性性质的一种表现,对于认识气候变化的性质有重要意义^[12]。检测突变的方法有多种,本文采用目前多数人认为^[13-14]理论基础和应用效果较好的 Mann-Kendall 法,对清远冬季平均气温进行突变检测。图 3 为 Mann-Kendall 法清远冬季平

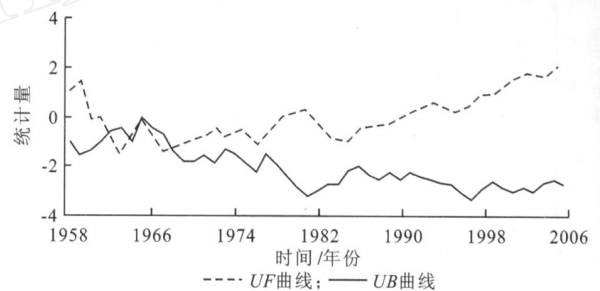


图 3 冬季平均气温 Mann-Kendall 检测

均气温突变检测,图 3 中 UF 与 UB 在置信区间内相交于 1962—1968 年,且 1968 年后 UF 超过置信线,交点 1968 年即被认为有突变发生,且在 UF 的上升阶段, $T_i > T_j$ 事件占优势。因此,可判断清远冬季平均气温发生突变后开始呈上升趋势,即可认为清远冬季平均气温从 1968 年开始发生由低向高的突变。

5 结论与讨论

(1) 在气候变暖背景下,清远的年平均气温线性增暖速率为 0.17 / 10 a,与全球、中国及广东省具有同向的增暖趋势,增暖幅度高于全球近 50 a 平均线性增暖速率,低于近 50 a 中国及广东省平均线性增暖速率。但仍具有明显的升降期和冷暖期,并于 20 世纪 90 年代开始呈显著增暖趋势。导致清远气温增暖的原因除了大气候背景因素外,与 80 年代后期开始的城市化建设关系密切。

(2) 清远各季在变暖趋势上一致,但增暖的时间响应不同步,冬季稍落后于其他季节。但冬季平均气温的上升趋势最为明显(0.26 / 10 a)。这可能与 El Nino 事件有关,El Nino 事件使冷空气不易南下,东亚冬季风偏弱,导致影响华南的冷空气偏弱。

(3) 清远春冬季平均气温年代际变化波动较小,夏秋季平均气温年代际变化波动相对较大,尤以夏季最为明显。近年夏季影响广东的台风频率增加,其外围的增温作用可能是一个重要原因。

(4) 近 50 a 来清远的异常冷、暖冬事件出现频繁,且暖冬事件加剧。虽然研究结果和气候事实都

表明增暖的趋势,但并不排除某一时段或年份会出现严重低温灾害,如1999年的寒潮就是一个例证。这说明气候变暖对气温的变化仍具有复杂性,往往加剧了气候的波动性^[15]。

(5)近50 a在气候变暖的大背景下,清远冬季气温存在由低向高的变化。印证了气候变暖对清远冬季平均气温的上升趋势影响,加剧暖冬出现。

参考文献

- [1] 广东省气候变化评估报告编制课题组. 广东气候变化评估报告(节选)[J]. 广东气象, 2007, 9(3): 1-6, 14.
- [2] 郭家林,王永波. 近40年哈尔滨的气温变化与城市化影响[J]. 气象, 2005, 31(8): 746-76.
- [3] 吴燕辉,周勇. 1958-2004年江汉平原气温变化特征分析[J]. 气象与环境学报, 2007, 23(3): 5-9.
- [4] 唐国利,丁一汇. 近44年南京温度变化的特征及其可能原因的分析[J]. 大气科学, 2006, 30(1): 56-68.
- [5] 华丽娟,马柱国,曾昭美. 中国东部地区大城市和小城镇极端温度及日较差变化对比分析[J]. 大气科学, 2006, 30(1): 80-91.
- [6] 任崇. 华南沿海近42年来的气候变化[J]. 气象, 2002, 28(6): 52-55.
- [7] 唐国利,丁一汇. 近44年南京温度变化的特征及其可能原因的分析[J]. 大气科学, 2006, 30(1): 56-68.
- [8] 符淙斌,王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, 16(6): 482-493.
- [9] 吉奇,宋冀凤,刘辉. 近50年东北地区温度降水变化特征分析[J]. 气象与环境学报, 2006, 22(5): 1-5.
- [10] 张小丽,张儒林. 二十世纪深圳气温变化特征及严重冷暖冬事件[J]. 热带气象学报, 2001, 17(3): 293-300.
- [11] 王绍武,龚道溢,陈振华. 近百年来中国的严重气候灾害[J]. 应用气象学报, 1999, 10(增刊): 43-53.
- [12] 符淙斌. 气候突变现象的研究[J]. 大气科学, 1994, 18(3): 373-384.
- [13] 袁玉江,魏文寿,何清. 天山山区近40年冬季温度变化特征[J]. 气象, 2005, 31(5): 12-16.
- [14] 李秀存,易燕明,苏志. 广西冬季冻害气候变化的多尺度特征[J]. 热带地理, 2003, 23(2): 123-125, 133.
- [15] 张文兴,隋东. 气候变化对沈阳地区的影响及对策研究[J]. 辽宁气象, 2005(4): 18-19.

Characteristics of air temperature in Qingyuan, Guangdong province

SONG Yan-hua¹ ZHANG Run-xian² LUO Lv¹ XIE Tai-chu¹ SUN Xiao-wen¹

(1. Qingyuan Meteorological Bureau, Qingyuan 511518, China; 2. Yingde Meteorological Bureau, Yingde 513000, China)

Abstract :Based on the annual and monthly average air temperatures data from 1957 to 2007 in Qingyuan weather station, the change trends and characteristics of annual and seasonal average air temperatures were analyzed by linear tendency of least squares method. The results show that annual average air temperature takes on an increase trend in Qingyuan during recent 50 a, which is synchronous to those in the globe, China and Guangdong province. The ratio of warming is 0.17 / 10 a, and it is higher than that in the globe and lower than those in China and Guangdong province during recent 50 a. The warming trends of seasonal and annual average air temperatures are synchronous, while the trends in winter lag lightly. Events of the abnormal cold and warm winters occur frequently, and the warm winter is obvious. An abrupt change of winter average air temperature from high to low appears in 1968 according to the determination of Mann-Kendall method.

Key words :Climate warming; Air temperature change; Warming; Abrupt change