

1954—2005年锦州气温变化及其受城市热环境的影响

杨桂娟 鄢志宇

(锦州市气象局,辽宁 锦州 121001)

摘要:根据1954—2005年锦州累年逐月平均气温资料,采用一元线性趋势估计和滑动平均方法分析了近半个世纪锦州季和年平均气温变化趋势;采用滑动 t 检验法分析了气温突变。结果表明:近半个世纪锦州气温变化呈明显上升趋势,20世纪80年代后期气温发生突变,其后气温持续偏高;同时根据锦州城郊农业试验站的资料,初步分析了城市热环境对气温的影响。分析表明,人为的城市热环境是自20世纪80年代以来锦州气温偏高的主要原因之一。

关键词:气温;线性趋势估计;滑动 t 检验法;城市热环境

中图分类号:P468.0 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-503X(2008)01-0040-04

气温突变。

1 引言

全球气温的升高,引起世界各国的普遍关注。在全球气候变暖的大背景下,我国近百年的气候变化也在变暖,以冬季西北、华北、东北地区最为显著^[1]。李辑等^[2]研究表明,中国东北地区夏季气候以普遍变暖为特征,东北部增暖强于西南部。夏季增温趋势达 $0.15\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,且远远超过全球、北半球以及东北亚地区的夏季增暖程度,在增暖进程中,20世纪90年代气候急剧增暖,90年代末期为中国东北近50 a最暖时期。文献^[3-6]研究了东北不同地区气温的年、季变化,其研究结果与前面的研究结果基本一致。对气候变暖的原因进行的研究^[7-9]表明,人类活动在很大程度上影响和改变着气候变化,特别是随着城市化进程的加快,人为热环境加剧了城市热岛效应,人为热对城市热环境的影响表现在夜间大、白天相对较小;就季节变化而言,冬季影响大,春秋季节次之,夏季最小。人为热环境对气候变暖具有不可忽视的作用,也是气候变暖的原因之一。本文根据1954—2005年锦州大气观测站气温资料和锦州城郊农业试验站资料,初步探讨了锦州气温的趋势变化和突变点及其受城市热环境的影响。

2 资料与方法

资料来源于1954—2005年锦州大气观测站和1980—2000年锦州农业试验站逐年累月平均气温资料。采用一元线性趋势估计和9 a和19 a滑动平均方法分析气温趋势变化^[10]。此方法具有简便易懂、计算方便等特点。同时采用滑动 t 检验法^[11]分析了

3 结果分析

3.1 气温趋势

3.1.1 一元线性趋势估计

在气象时间序列的演变中,主要包括趋势变化和周期变化;其中趋势变化采用的方法有很多种,但以一元线性趋势估计最为简单、直观,易于计算。此方法是根据一元回归方程的斜率正负、大小来判断时间序列趋势变化。

根据锦州1954—2005年春(3—5月)、夏(6—8月)、秋(9—11月)、冬(12月—翌年2月)季平均气温的平均序列建立 Y_t 与时间 $t(t=1,2,\dots,52)$ 之间的一元回归方程:

$$\text{年平均气温回归方程: } \hat{y} = 0.027t + 8.747 \quad (1)$$

$$\text{春季平均气温回归方程: } \hat{y}_1 = 0.04t + 8.826 \quad (2)$$

$$\text{夏季平均气温回归方程: } \hat{y}_2 = 0.013t + 22.976 \quad (3)$$

$$\text{秋季平均气温回归方程: } \hat{y}_3 = 0.016t + 10.301 \quad (4)$$

$$\text{冬季平均气温回归方程: } \hat{y}_4 = 0.03t + 7.011 \quad (5)$$

式(1)一式(5)通过0.05的 F 检验,可以看出,50多年来锦州的气温变化呈上升趋势,年平均气温上升速率为 $0.27\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,四季气温变化趋势以春季气温平均序列回归方程的斜率最大,说明春季平均气温上升趋势最明显,以 $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 速率上升;其次为冬季,上升速率为 $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$;秋季和夏季上升趋势相比较而言较小,上升速率分别为 $0.16\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 和 $0.13\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$;但总趋势均为上升。从四季平均气温与年平均气温的相关系数来看,春季平均气温与年平均气温最大相关系数为0.936,其次为秋季,也就

收稿日期:2007-03-21;修订日期:2007-11-19。

作者简介:杨桂娟,女,1968年生,工程师,主要从事短期天气预报和专业预报等服务工作,E-mail:yangguijuan@tom.com。

是说锦州气温变化以春秋季节贡献大。

3.1.2 滑动平均

滑动平均实际上就是一种滤波器,过滤后的曲线可使短于平滑平均时段内的周期得到削弱和消除。为了解锦州地区近半个世纪年和四季平均气温年代际变化趋势,本文采用 9 a 和 19 a 滑动平均,对锦州年和四季平均气温时间序列分别进行平滑。平滑后,分别滤掉了 9 a 和 19 a 以下的波动,基本满足上述要求。

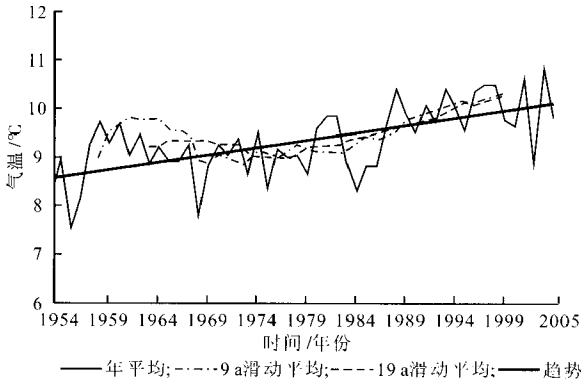


图 1 锦州年平均气温年际变化及 9 a 和 19 a 滑动平均变化曲线

由图 1 可知,锦州年平均气温为 9.4 °C,年平均气温最低值出现在 1956 年,为 7.6 °C;年平均气温最高值出现在 2004 年,为 10.8 °C,自 20 世纪 90 年代以后,年平均气温均大于总平均值。由图 1 可以看出,年平均气温变化曲线在波动中上升,9 a 和 19 a 滑动平均曲线的变化在整个时间序列上气温变化分 3 个阶段,20 世纪 50 年代末至 60 年代中期为相对暖期,60 年代后期至 80 年代初为气温相对平稳低温期,80 年代中后期气温为明显的上升期。锦州年代际变化呈弱波动,自 70 年代中期以后,9 a 和 19 a 滑动平均气温曲线几乎完全相同,呈明显上升趋势。春季平均气温变化曲线与年平均气温变化曲线非常相似。

李辑等^[2]研究东北地区夏季气温变化表明:东北地区夏季气候变暖的趋势不如春季明显。从图 2

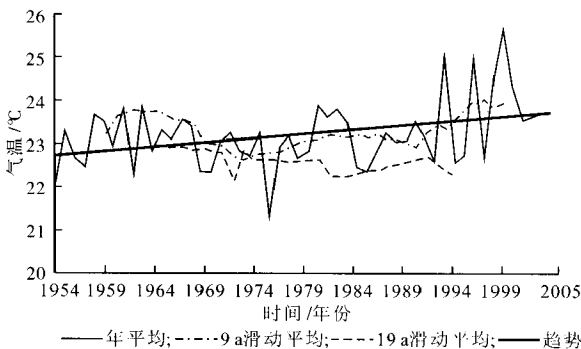


图 2 锦州夏季平均气温年际变化及 9 a 和 19 a 滑动平均变化曲线

可知,锦州地区夏季气温变化趋势与上述结论一致,上升趋势并不明显;但冷暖期明显,20 世纪 50 年代至 60 年代中期为暖期,70 年代至 90 年代初为相对平稳低温期,90 年代中后期年平均气温变化较大,气温上升明显。夏季平均气温最小值出现在 70 年代,峰值出现在 90 年代中后期。9 a 和 19 a 滑动平均曲线与年、春季变化明显不同,夏季气温滑动平均变化曲线呈明显波动状,9 a 滑动平均曲线波动较大,上升趋势不明显;19 a 曲线波动位相比较小,几乎无上升趋势,与 9 a 滑动平均曲线呈反位相。由此可见,锦州夏季平均气温在 9 a 至 19 a 之间存在显著的周期变化,19 a 以上周期变化较弱。

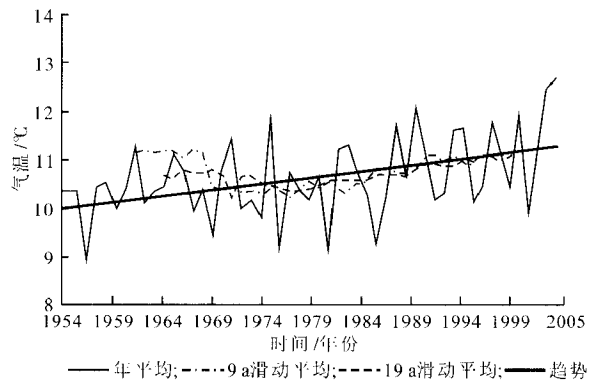


图 3 锦州秋季平均气温年际变化及 9 a 和 19 a 滑动平均变化曲线

图 3 为锦州秋季平均气温变化曲线,与图 1 和图 2 变化略有不同,秋季平均气温时间序列变化平稳,20 世纪 60 年代中期至 70 年代初,秋季气温相对偏暖,70 年代以后无明显冷暖期存在,气温上升趋势并不明显,9 a 滑动平均与 19 a 滑动平均气温变化基本一致,70 年代以后 2 条曲线几乎重合,年代际变化平稳,无明显的周期变化,80 年代以后缓慢上升。

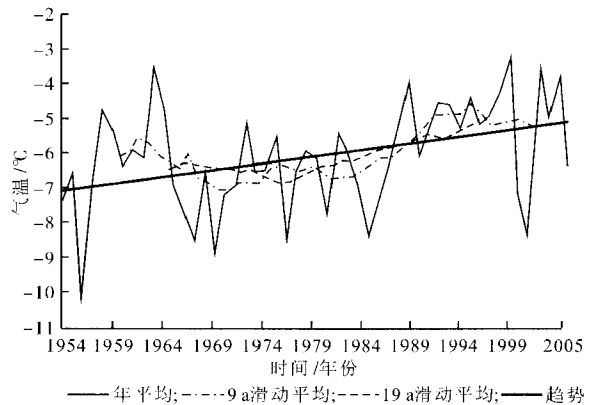


图 4 锦州冬季平均气温年际变化及 9 a 和 19 a 滑动平均变化曲线

由图 4 可以看出,锦州冬季平均气温变化存在明显的冷暖期,与夏、秋季及年变化存在差异,20 世纪 60 年代气候相对为偏暖期,70 年代至 80 年代中

期为偏冷期,80年代中后期至2000年为上升期。9 a和19 a滑动平均气温曲线存在弱波动,波动位相呈现相反趋势,9 a和19 a滑动平均气温变化平稳,基本呈明显上升趋势,而9 a滑动平均曲线有小幅震荡,60年代中后期冬季气温偏低,70年代中后期气温变化相对平稳,80年代中期上升趋势明显。

3.2 气温突变

突变通常用来描述相邻2个气候阶段平均值之间存在显著差异。滑动 t 检验^[11]是将原序列 Y_t 划分为2个相邻时段 N_1 和 N_2 ($N_1 + N_2 = N$ (总样本数))。由于年代际变化需要至少10 a以上时间尺度,所以本文 N_1 依次取10,11,⋯, $N-10$,对应 N_2 为 $N-N_1$,计算统计量 t 值。在对应 t 中取最大值,如果 t 通过显著检验,说明序列存在突变,该年份为突变年。

利用 t 检验法计算锦州四季及年平均气温序列并进行突变分析,计算春、夏、秋、冬及年平均气温序列中的统计量 t 值。图5为锦州年和季滑动 t 检验

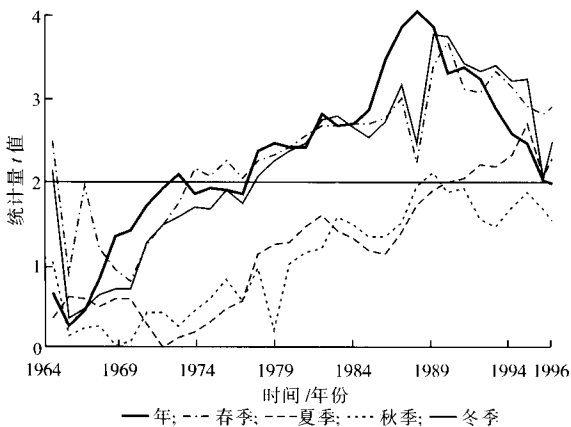


图5 锦州年和季滑动 t 检验统计量 t 值变化曲线

表1 1980—2000年锦州大气观测站与锦州农业试验站月平均气温差值

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\Delta \bar{t}$	0.7	1.1	0.7	0.2	0.1	0.2	0.1	0.3	0.8	0.9	0.9	1.5
$\Delta \bar{t}_{\max}$	-0.2	-0.1	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.3	0.0	-0.2	-0.6	-0.1
$\Delta \bar{t}_{\min}$	3.5	3.3	2.3	1.4	1.3	1.2	0.7	1.0	2.1	2.4	2.5	4.0

4 结论

(1)一元线性趋势估计分析和滑动平均趋势分析结果是一致的,锦州年平均气温变化趋势与全球气候变暖的趋势一致,除夏季气温变化相对平稳、上升趋势不明显外,其他季节均呈明显的上升趋势。

(2)近半个世纪以来锦州气温变化除秋季外,其他3个季节均有明显的冷暖期,20世纪50年代至60年代中期为偏暖期,70年代为相对平稳偏冷期,80年代中后期至2000年以来为显著上升期,四季变化与年变化大体相同,但各具特点。

统计量 t 值的变化曲线。从图5可知,春季 t 最大值出现在1989年,夏季出现在1988年,秋季出现在1991年,冬季出现在1989年。年平均气温序列 t 最大值出现在1988年,并且统计量 t 值均通过0.01信度检验。由此可见,锦州四季、年平均气温序列均存在突变,20世纪80年代后期90年代初气温发生突变且显著变暖。

3.3 城市热环境变化对气温的影响

引起气候变暖除了自然的气候波动外^[1,7,9],主要还与人类活动的影响有关,其中城市热环境的影响不容忽视。城市热环境主要包括人为燃煤引起的增温和城市下垫面结构变化而引起的增温。锦州是一个中等城市,自20世纪80年代以来,由于城市规模不断扩大,原来位于郊区的锦州观测站现在已经处在市区,距锦州观测站5 km的锦州农试站现位于郊区。根据锦州大气观测站和锦州农业试验站1980—2000年观测资料,从平均气温、最高和最低气温入手,初步分析气温受城市热环境的影响。

从表1可知,2站月平均气温差值最大月份为12月,其次为2月,4—8月较小,温差为0.1—0.3℃,月平均最高气温城区与郊区差别较小,个别月份城区气温低于郊区。从2站平均最低气温差值可知,城区气温明显比郊区高,12月差值最大为4℃,1、2、3、9、10月和11月偏高2—3℃,其他月份偏高1℃。

以上分析表明:锦州城市热环境对最高气温影响较小,对最低气温影响最大,受其影响年平均气温偏高约0.5℃,尤其在冬季燃煤供暖期间,最低气温偏高2.0—4.0℃,平均气温增高1.0℃。由此可见,锦州城市热环境对气温的影响主要以冬季(12月至翌年2月)燃煤供暖排放热量增温为主,城市下垫面和城市建筑物对城市增温次之。

(3)锦州年和季平均气温序列均存在突变。突变发生在20世纪80年代后期至90年代初期,这与80年代后期气候明显变暖相一致。

(4)从锦州城区与城郊气温对比分析结果可以看出,城市热环境也是自20世纪80年代以来锦州气候变暖的另一个主要原因,表现在城市人口不断密集,建筑物增多,绿地不断减少,特别是冬季燃煤供暖均不同程度地增加了城市热岛效应。

参考文献

- [1] 吴兑. 温室气体与温室效应[M]. 北京:气象出版社,

- 2003:18-50.
- [2] 李辑,李强.东北地区夏季气温变化特征[J].气象与环境学报,2006,22(1):6-10.
- [3] 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.
- [4] 王作东,杨青,宫焕盛,等.1999 年与 2003 年我国北方夏季气温异常原因初探[J].气象与环境学报,2006,22(5):6-9.
- [5] 金魏,曲岩.近 50 年营口气温变化分析[J].辽宁气象,2004(3):4-5.
- [6] 张凯,娄得君,潘静,等.1957—2000 年沈阳地区气温和降水变化特征分析[J].气象与环境学报,2006,22(6):38-42.
- [7] 张书余.城市环境气象预报技术[M].北京:气象出版社,2004:16-38.
- [8] 佟华,刘辉志,桑建国,等.城市人为热对北京热环境的影响[J].气候与环境研究,2004,9(3):409-421.
- [9] 蒋维眉,陈燕.人为热对城市边界层结果影响[J].大气科学,2007,31(1):37-47.
- [10] 丁裕国,江志红.气象数据时间序列信号处理[M].北京:气象出版社,1998:18-50.
- [11] 黄嘉佑.气象统计分析与预报方法(3 版)[M].北京:气象出版社,2004:28-83.

Characteristics of air temperature and the impact of urban heat environment in Jinzhou from 1954 to 2005

YANG Gui-juan YAN Zhi-yu

(Jinzhou Meteorological Bureau, Jinzhou 121001, China)

Abstract: Based on monthly average air temperature data in Jinzhou from 1954 to 2005, the seasonal and annual average air temperature changes were analyzed by linear trend method and moving average method. At the same time, the abrupt change of air temperature was determined by sliding t -test method. The results indicate that air temperature change takes on an obvious ascending trend during the recent 50 years in Jinzhou. The abrupt change of air temperature appears in the late 1980s. Since then, air temperature always keeps the higher value. According to agricultural station data in the suburb, the effect of urban heat environment on air temperature was analyzed. It states that the effect of urban heat environment on air temperature is one of main reasons causing higher temperature in Jinzhou since the 1980s.

Key words: Air temperature; Liner trend estimation; Sliding t -test method; Urban heat environment