

金丽娜,王建鹏,张弘. 近40 a来西安市区与郊县气温变化特征对比[J]. 干旱气象, 2013, 31(4): 720-725, doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-04-0720

近40 a来西安市区与郊县气温变化特征对比

金丽娜¹, 王建鹏², 张弘²

(1. 陕西省西安市气象局, 陕西 西安 710016; 2. 陕西省气象局, 陕西 西安 710015)

摘要:利用西安市区及郊县国家级一般气象站1971年12月至2011年11月的年、季、年代平均气温作为研究对象,采用一元回归线性拟合、距平分析、变异系数、冷(暖)冬期、突变检验等分析方法,分析总结近40 a来市区及郊县的气温变化特征:(1)市区及郊县的逐年平均气温均呈上升趋势,且市区增温速率高于郊县 $0.27\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$;(2)市区逐年极端最高气温基本持平,逐年极端最低气温明显升高;(3)市区及郊县1990年代前升温缓慢,1990年代后升温迅速;(4)市区和郊县的年平均气温升高主要来自春季和冬季升温的贡献;(5)市区及郊县冷冬基本都出现在1980年代中期之前,暖冬均出现在1990年代末以后,且市区冬季气温距平上升率高于郊县;(6)郊县的突变时间早于市区。

关键词:西安;市区和郊县;气温变化;对比分析

文章编号:1006-7639(2013)-04-0720-06 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-04-0720

中图分类号:P423.3⁺⁴

文献标识码:A

引言

近一个世纪以来,全球显著增温,各地对气候变暖的响应具有明显的季节性和区域性差异。IPCC第4次评估报告指出:近50 a(1956~2005年),全球气候变化趋势是增暖的,近100 a(1906~2005年)的年平均温度大约升高了 $0.78 \pm 0.27\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[1]。全球变暖已成为世界各国共同关注的重大问题。为此,我国学者从不同时空尺度广泛开展了气温增暖的研究。左洪超等发现,1976~2000年全国平均气温有明显的上升趋势,其中华北地区是增温最快、范围最大的地区之一^[2]。张楠等根据华北地区29个气象台站近57 a(1951~2007年)的月平均气温资料,对夏季气温的时空分布特征进行分析发现,该地区夏季气温变化最主要的特征是一致性^[3]。张友姝等利用中国160个站1951~2000年的月平均气温资料,分析冬季气温的年际、年代际变化特征发现,华北地区冬季气温的升高趋势与中国大部分地区是一致的,且为升高最明显的地区之一^[4]。孔凡超等研究1951~2003年华北地区冬季气温发现,其常表现为一致的偏高或偏低^[5]。宁向玲等对陕西1951~2009年的年平均气温进行分析表明,近60 a

来陕西省气温总体呈上升趋势,关中地区升温趋势较缓和,1990年代以来气温的上升趋势显著^[6]。其他省市也对气温的变化做了深入的研究^[7-12]。

西安位于亚洲内陆腹地,介于 $107^{\circ}40'\text{E} \sim 109^{\circ}49'\text{E}$ 、 $33^{\circ}39'\text{N} \sim 34^{\circ}45'\text{N}$ 之间,地处中国内陆黄河流域中部的关中盆地,北有黄土高原,南依中国南北气候分水岭——秦岭,属于暖温带半湿润大陆性季风气候,四季分明,气候温和,雨量适中。全市总面积 $9\,983\text{ km}^2$,其中市区面积 $1\,066\text{ km}^2$ (图1)。近20 a间,随着城市的扩大与发展、建筑物密度的增加、人口的增长、温室气体排放量的上升,西

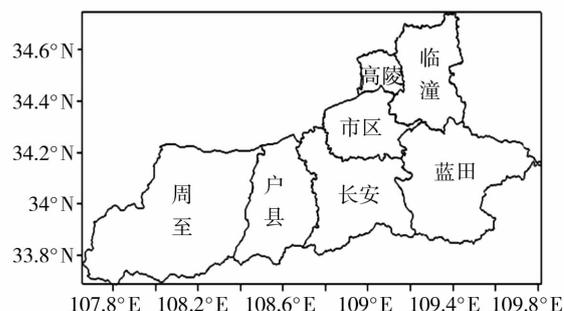


图1 西安市行政区划

Fig. 1 The administrative division of Xi'an

收稿日期:2013-03-25;改回日期:2013-05-14

基金项目:陕西省气象局2012年度重点项目(2012Z-15)的资助

作者简介:金丽娜(1981-),女,陕西西安人,硕士,应用气象工程师,主要从事气候变化研究. E-mail: jinpanpan@126.com

安城市小气候效应(热岛现象)日益严重^[13],城市化是导致城市升温的主要因素^[14]。在此情况下,西安气候变化是否与国内变化相一致?具有哪些区域变化特性?目前研究较少。因此,本文在全球明显增温的背景下对西安市区及郊县的年际、季节、年代际的气温变化趋势进行对比分析,从而比较全面地、客观地揭示西安城郊近40 a来的气温变化事实和特征。

1 资料与方法

本研究使用的气象数据为西安市区、郊县(长安区、临潼区、周至县、户县、蓝田县、高陵县)国家级一般气象站1971年12月至2011年11月的平均气温、极端最高气温、极端最低气温的月、季、年资料。其原始资料均来自各气象站上报的报表文件,可确保数据的准确性。

研究选用了一元回归线性拟合法^[15]、距平法、变异系数法、冷暖冬分析法和Mann-Kendall法^[16]等进行气温变化的对比分析。

2 市郊气温变化特征

2.1 年际变化特征

2.1.1 市郊年平均气温的年际对比

据统计,1971~2011年西安市区的年平均气温为14.1℃,最低值为12.7℃,出现在1984年,最高值为15.8℃,出现在2006年,两者相差3.1℃;郊县年平均气温为13.6℃,最低值为12.5℃,出现在1984年,最高值为15.0℃,出现在2006年,两者相差2.5℃。可见,郊区的气温均较市区的低,且年最高与最低气温的差异较市区的小。另外,对市区、郊县近40 a的年均气温分别进行一元回归线性拟合(图2)。可以看出,市区年均气温的气候倾向率为0.58℃/10 a,郊县的为0.31℃/10 a,表明近40 a年间西安市区和郊县的平均气温均呈显著的逐年上升趋势,尤其是1990年代中期以后增温异常明显,且市区增温速率明显高于郊县,导致此种现象的原因可能是:在全市城市化发展的背景下,西安市区的发展速度、人口密度、GDP增长^[17]、人类活动、温室气体排放量等远远高于其他郊县。

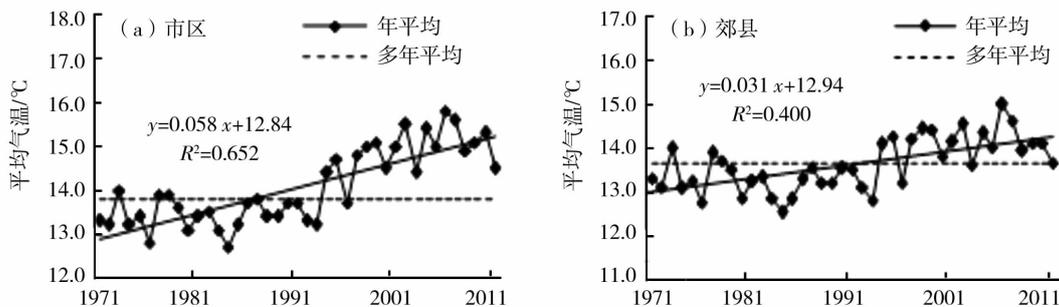


图2 西安市区和郊县年平均气温变化曲线

Fig.2 Annual changes of average temperature in urban(a) and suburb counties (b) of Xi'an City from 1971 to 2011

2.1.2 市区极端气温的年变化

图3是西安市区近40 a年极端气温的变化曲线。近40 a西安市区年极端最高气温平均为39.2℃,气候倾向率为0.38℃/10 a,呈现微弱的上升趋势,最高值为42.9℃(2006年6月17日),最低值为35.4℃(1983年6月16日);年极端最低气温平均为-9.4℃,气候倾向率为0.73℃/10 a,也呈现出上升趋势,较极端最高气温上升趋势更显著,最高值为-5.7℃(2001年12月21日),最低值为-16℃(1977年1月30日)。可见,近40 a来,市区年极端最高气温基本持平,而年极端最低气温升温明显,极端低温气候事件显著减少,此现象与城市化及全球气候增暖密切相关。

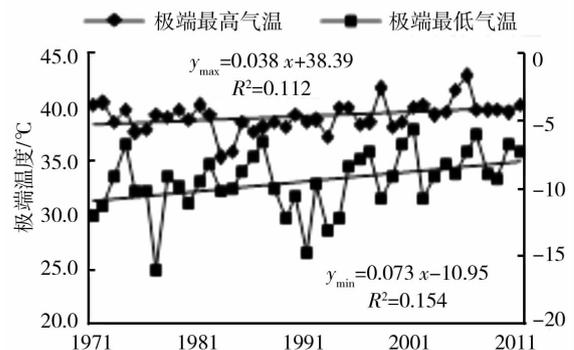


图3 1971~2011年西安市区极端气温变化曲线

Fig.3 Annual changes of extreme minimum and maximum temperature in urban of Xi'an City from 1971 to 2011

2.1.3 市郊四季平均气温年际对比

1971~2011年,市区四季平均气温均呈上升趋势(表1)。春季和冬季升温速率较明显,分别为0.87℃/10a和0.60℃/10a,而夏季和秋季升温较弱,分别为0.39℃/10a和0.47℃/10a。同期,郊县春季升温速率为0.52℃/10a,气温变暖较明显;冬季升温速率为0.35℃/10a,仅次于春季;秋季、夏季升温速率较小,分别为0.24℃/10a、0.15℃/10a。可见,市区和郊县的年平均气温的升高主要来自春季和冬季升温的贡献。另外,郊县各季节及年的气温升幅均小于市区,进一步证明了市区的城市化对气温的影响程度比较大。

表1 1971~2011年西安市区和郊县四季、年平均气温的气候倾向率(单位:℃/10a)

Tab.1 Climatic tendency rates of annual and seasonal average temperature in urban and suburb counties of Xi'an from 1971 to 2011 (Unit:℃/10a)

	春季	夏季	秋季	冬季	年
市区	0.87**	0.39**	0.47**	0.60**	0.58**
郊县	0.52**	0.15	0.24*	0.35**	0.31*

注: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

2.2 年代际变化特征

通过对市区和郊县各年代的年、四季的平均气温距平分析可知(表2):1970年代,郊县夏季为正距平,其余均为负距平,气温较低;1980年代,市区和郊县均为负距平,说明1980年代全市气温偏冷;1990年代,仅有郊县春季为负距平,市区和郊县秋季为零距平,其余均为正距平,说明自1990年代开始全市气温有变暖的趋势,市区变暖幅度大于郊县;2000年代,均为正距平,说明进入2000年后,气温变暖趋势明显。总体上,市区各年代气温除了夏季在1980年代有所下降,其余各季均逐年代上升;郊县年、春季和夏季气温在1980年代有所下降,1990年代至今迅速升温。可见,全市秋、冬季平均气温自1970年代至今一直呈升温趋势,市区及郊县1990年代后均升温迅速,说明1990年代市区及郊县各季气温均有突变发生,此现象可能与1990年代后城市化的大力发展、温室气体的大量排放有关。另外,各年代市区的年、季气温距平幅度均大于郊县的,表明市区气温的年代际波动较郊区的大,特别是2000年以后,距平差异显著。

表2 西安市区和郊县不同年代年、四季气温距平(单位:℃)

Tab.2 The annual and seasonal temperature anomalies of different decade in urban and suburb counties of Xi'an (Unit:℃)

	年	春季	夏季	秋季	冬季	
1970年代	市区	-0.4	-1.0	-0.3	-0.5	-0.8
	郊县	-0.2	-0.5	0.1	-0.2	-0.5
1980年代	市区	-0.4	-0.8	-1.0	-0.4	-0.6
	郊县	-0.4	-0.7	-0.8	-0.2	-0.3
1990年代	市区	0.4	0.1	0.3	0.0	0.3
	郊县	0.2	-0.1	0.3	0.0	0.3
2000年代	市区	1.3	1.8	0.7	0.8	1.0
	郊县	0.6	1.1	0.3	0.3	0.5

2.3 气温稳定度对比

变异系数是反映数据离散程度的变量,它受平均数和标准差2个统计量的影响。一般来说,变量值平均水平越高,其离散程度的测度值越大,反之越小^[18]。利用市区1971~2011年四季平均气温进行10a滑动平均变异系数分析。由图4可知,夏季气温变异系数最小,演变趋势比较平稳,离散度小;冬季气温离散度明显高于其他3季,表明冬季气温的不确定性较大,偏离平均值的年份较多;春季气温变率稍小于秋季。从变异系数趋势分析可见,冬季气温变异系数基本随时间变化而减小;春季气温变异系数共有2次大的波动,在1970年代前期和1990年代初有2个高值区;夏季气温变异系数随时间的变化基本与春季一致,但波动幅度较小;秋季气温变异系数随时间波动较快。

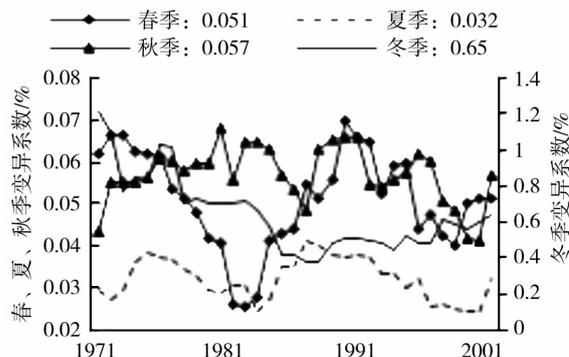


图4 1971~2002年市区四季平均气温10a滑动平均变异系数

Fig.4 The variance coefficient of the 10-year moving average of seasonal average temperature in the urban of Xi'an from 1971 to 2002

利用西安郊区 1971 ~ 2011 年各季气温资料分析气温距平 5 a 滑动平均。由图 5 可知,1970 年代前、中期,四季的平均气温升降趋于平稳;1970 年代后期至 1980 年代初,夏、秋、冬 3 季气温大幅度下降,至 1980 年代中期气温开始回升,且增温迅速,1996 年均有一个小的回落。而春季自 1980 年代初缓慢下降,至 1980 年代后期开始回升,较其他 3 季偏晚 5 a;1990 年代后期至 2000 年代初,春季气温上升幅度较大,而其余季节均缓慢上升;2005 年后,春季降温幅度较大,其余各季气温缓慢下降。总体上,自 1980 年代以来,各季平均气温基本呈上升趋势,春、冬季气温变幅较大,夏、秋季气温变幅较小。秋季气温相对稳定,可能与秋季经过夏季长时间的热量积累,即使有冷空气活动,气温下降幅度也有限有关。

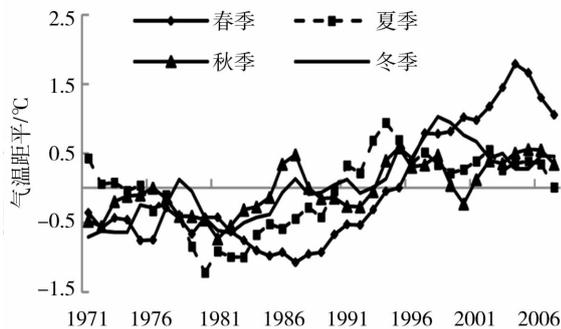


图 5 西安郊区 1971 ~ 2007 年平均气温距平 5 a 滑动平均曲线

Fig. 5 The 5-year moving average curve of average temperature anomalies in suburban counties of Xi'an during 1971 - 2007

3 冷、暖冬气温对比

目前,对暖冬和冷冬的划分还没有一个统一标

准,本研究定义当年冬季平均气温比历年(1981 ~ 2010 年)同期平均气温高出 1 °C 以上的冬季称为气象上的暖冬,将平均气温低出 1 °C 以上的冬季称为气象上的冷冬。

根据资料分析,近 40 a 来西安市区共出现冷冬 8 次、暖冬 6 次,郊区共出现冷冬 7 次、暖冬 5 次。表 3 列出了市区及郊区前 5 名显著冷、暖冬事件及距平。可以看出,市区冷冬均出现在 1980 年代中期之前,气温距平最低值出现在 1976 ~ 1977 年冬天,而郊区除 2007 ~ 2008 年冬天外,冷冬也均出现在 1980 年代中期之前,气温距平最低值出现在 1976 ~ 1977 年和 1971 ~ 1972 年的冬天,前 5 名显著冷冬的次数较市区的多了 2 次;市区和郊区显著暖冬均出现在 1990 年代末以后。另外,市区和郊区前 5 名显著暖冬事件出现的时间相同,其中,市区气温距平最高值出现在 2006 ~ 2007 年的冬天,而郊区气温距平最高值出现在 1998 ~ 1999 年的冬天。

4 气温突变分析

气候突变是指在较短的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。采用 Mann - Kendall 突变检验分析发现(图 6):就年平均气温而言,市区在 1995 年发生突变,郊区在 1994 年发生突变,较市区晚了 1 a;春季,市区和郊区均在 1998 年发生突变;夏季,市区在 1999 年发生突变,而郊区在 1997 年发生突变,较市区晚了 2 a;秋季,市区在 1994 年发生突变,郊区在 1991 年发生突变,较市区晚了 3 a;冬季,市区在 1992 年发生突变,郊区在 1990 年发生突变,较市区晚了 2 a。整体而言,郊区的突变早于市区。

表 3 西安市区和郊区 1971 ~ 2011 年前 5 名显著冷(暖)冬事件(单位: °C)

Tab. 3 The top 5 of significant cold (warm) winter events in urban and suburban counties of Xi'an during 1971 - 2011 (Unit: °C)

冷冬				暖冬			
市区	郊区	市区	郊区	市区	郊区	市区	郊区
年份	距平	年份	距平	年份	距平	年份	距平
1976 ~ 1977	-2.3	1971 ~ 1972	-1.9	2006 ~ 2007	2.5	1998 ~ 1999	1.9
1971 ~ 1972	-2.0	1976 ~ 1977	-1.9	1998 ~ 1999	2.3	2006 ~ 2007	1.7
1984 ~ 1985	-1.7	1984 ~ 1985	-1.4	2001 ~ 2000	1.9	2001 ~ 2000	1.4
1973 ~ 1974	-1.4	2007 ~ 2008	-1.3	2003 ~ 2004	1.7	2003 ~ 2004	1.0
1983 ~ 1984	-1.3	1970 ~ 1971	-1.1	2008 ~ 2009	1.5	2008 ~ 2009	1.0
		1973 ~ 1974	-1.1				
		1983 ~ 1984	-1.1				

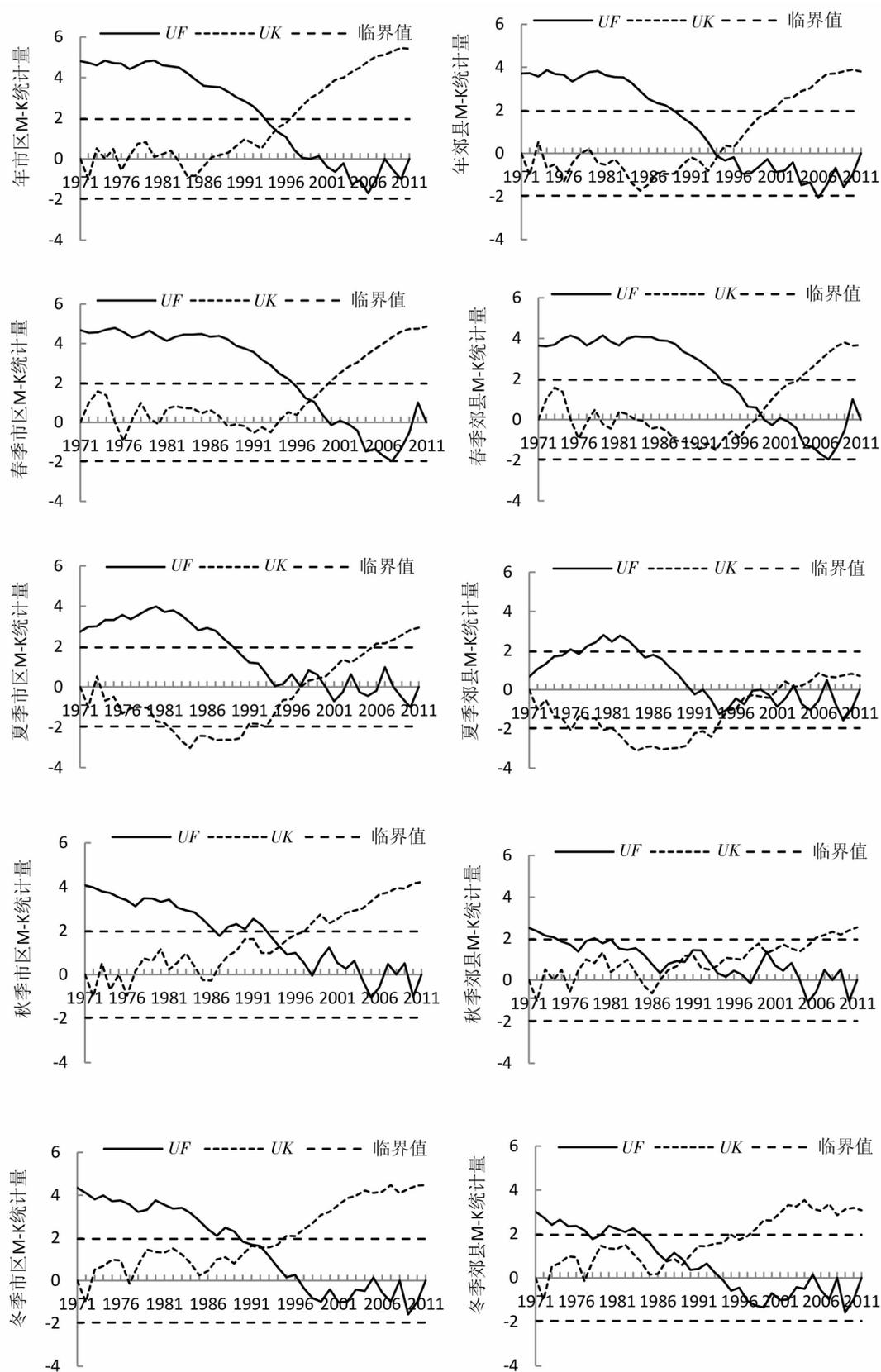


图6 1971~2011年西安市区和郊县年、四季气温突变判别

Fig.6 The mutation analysis of annual and seasonal temperature in urban and suburban counties of Xi'an during 1971-2011

5 结 论

(1)近40 a来,西安市区及郊县的平均气温均呈逐年显著上升趋势,且市区增温速率明显高于郊县;市区年极端最高、最低气温均呈上升趋势,但极端最高气温升温效果远未有极端最低气温明显。

(2)市区和郊县的年平均气温升高主要来自春季和冬季升温的贡献,郊县各季节及年的气温升幅均小于市区。

(3)自1980年代以来,市区及郊县各季平均气温基本呈上升趋势,春、冬季气温变幅比夏、秋季大;春季、夏季平均气温1970、1980年代气温有所下降,1980年代至今迅速升温,秋季、冬季平均气温自1970年代至今一直呈升温趋势。

(4)市区春、冬季升温趋势明显,冬季气温离散度明显高于其他三季,变异系数随时间而减小;郊县自1980年代以来,各季平均气温基本呈上升趋势,春、冬季气温变幅较大,夏、秋季气温变幅较小。

(5)西安市区及郊县冷冬基本均出现在1980年代中期之前,暖冬均出现在1990年代末以后;冬季气温距平呈上升趋势,市区上升率高于郊县,预示着暖冬期的出现会越来越频繁,市区的热岛效应会愈来愈强。

(6)春季市区和郊县突变时间同时发生在1998年,年和其余3季郊县的突变时间均早于市区。

参考文献:

- [1] IPCC. Climate change 2007: synthesis report; an assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change[R]. UK: Cambridge University Press, 2007.
- [2] 左洪超,吕世华,胡隐樵. 中国近50年气温及降水量的变化趋势

- 研究[J]. 高原气象, 2004, 23(2): 238 - 244.
- [3] 张楠,苗春生,邵海燕. 1951~2007年华北地区夏季气温变化特征[J]. 气象与环境学报, 2009, 25(6): 23 - 28.
- [4] 张友妹,王谦谦,钱永甫,等. 近50a华北地区冬季气温的时空变化特征[J]. 南京气象学院学报, 2002, 25(5): 633 - 639.
- [5] 孔凡超,史印山,尤凤春. 华北冬季气温变化及背景场分析[J]. 气象科技, 2007, 35(2): 198 - 203.
- [6] 宁向玲,董婕,延军平. 陕西省近60 a气温时空变化特征[J]. 干旱气象, 2011, 29(4): 455 - 460.
- [7] 王振华,钱锦霞,韩普. 太原市气温变化规律研究[J]. 干旱气象, 2005, 23(3): 42 - 45.
- [8] 孙永亮,李小雁,许何也. 近40a青海湖流域逐日降水和气温变化特征[J]. 干旱气象, 2007, 25(1): 7 - 13.
- [9] 许何也,李小雁,孙永亮. 近47a来青海湖流域气候变化分析[J]. 干旱气象, 2007, 25(2): 50 - 54.
- [10] 包国妍,秦宁生,汪青春,等. 青海高原地区近250a来年平均气温变化及突变分析[J]. 干旱气象, 2007, 25(2): 55 - 60.
- [11] 卞韬,连志鸾. 石家庄地区近46a温度变化特征[J]. 干旱气象, 2008, 26(2): 57 - 62.
- [12] 王楠,李栋梁,张杰. 青藏高原气温的研究进展[J]. 干旱气象, 2010, 28(3): 265 - 269.
- [13] 车慧正,张小曳,李杨,等. 过去50年西安气候演变趋势的研究[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(7): 96 - 100.
- [14] 王建鹏,孙继松,杜继稳,等. 西安地区气温的年代际变化及其受城市化进程的影响[J]. 气候与环境研究, 2009, 14(4): 434 - 444.
- [15] 王德丽,殷淑燕,王海燕,等. 近50年来铜川市气候变化特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(3): 88 - 91.
- [16] 贾小琴,尹宪志,任余龙,等. 甘肃临夏地区近43a来的气候特征[J]. 干旱气象, 2012, 30(2): 249 - 254.
- [17] 郭丽香,章新平,吴华武,等. 城市化对湖南长沙气温的影响[J]. 干旱气象, 2012, 30(3): 380 - 386.
- [18] 徐兴波,韩庆红,任晓峰,等. 1951 - 2008年吉林市气候变化特征[J]. 气象科技, 2011, 39(5): 575 - 581.

Comparative Analysis on Temperature Changes in City and Suburbs of Xi'an over the Past 40 Years

JIN Lina¹, WANG Jianpeng², ZHANG Hong²

(1. Meteorological Bureau of Xi'an, Xi'an 710016, China;
2. Meteorological Bureau of Shanxi Province, Xi'an 710015, China)

Abstract: Based on the annual, seasonal and decadal mean temperature data at 7 meteorological stations located in city and suburban counties of Xi'an from December 1971 to November 2011, the variation characteristics of temperature of city and suburb over the past 40 years were analyzed by using linear regression, anomaly analysis, variable coefficients and the Mann-Kendall test. The results are as follows: 1) The annual average temperature of city and suburbs in Xi'an showed increase trends over the past 40 years, and the rate of temperature increase in city was 0.27 °C/10 a, which was higher than that of the entire suburban counties. 2) The annual extreme minimum temperature of city increased significantly over the past years. The annual extreme maximum temperature of city increased a little too, but with no obvious trend. 3) The temperature of city and suburban counties increased slowly before the 1990s, then rose up rapidly after that. 4) The temperature rising in spring and winter brought out the annual mean temperature increase in city and suburban counties of Xi'an, and the urbanization influenced temperature of spring most in four seasons. 5) Colder winters appeared mostly before the mid-1980s while the warm winters occurred after the late 1990s in city and suburban counties of Xi'an, and the rising rate of temperature anomaly in city was higher than that in suburban counties in winter. 6) The mutation of temperature in suburbs was earlier than that in city.

Key words: Xi'an; city and suburbs; temperature changes; comparison and analysis