

纳丽,许建秋,任少云,等. 城市化对固原气温变化趋势的影响[J]. 干旱气象, 2013, 31(4): 738-743, doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-04-0738

城市化对固原气温变化趋势的影响

纳丽^{1,2}, 许建秋^{1,2}, 任少云¹, 王迎春¹, 李伏军¹

(1. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏 银川 750002; 2. 宁夏回族自治区银川市气象局, 宁夏 银川 750002)

摘要:使用宁夏固原与六盘山气象站 1971~2010 年逐月平均气温、最高气温、最低气温资料以及固原 1981 年以来的 GDP 与人口数据,以六盘山为背景分析了城市化对固原气温变化趋势的影响。结果表明:40 a 来六盘山和固原年与四季平均气温、最低、最高气温均呈显著上升趋势,20 世纪 80 年代比 70 年代偏高幅度较小,21 世纪 00 年代比前 10 a 偏高幅度最大,最低气温比最高气温、冬季气温比夏季气温、固原比六盘山气温偏高更显著;固原与六盘山气温存在明显的非对称性,且固原的非对称性明显大于六盘山的,冬夏季更突出;城市化影响加速了固原年与四季平均气温、最低气温、年和冬春最高气温的升温,对于气温非对称性变化的形成起主导作用。

关键词:宁夏;气温;城市化;非对称性变化

文章编号:1006-7639(2013)-04-0738-06 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-04-0738

中图分类号:P423.3⁺4

文献标识码:A

引言

有关城市化对气温的影响国内研究已有很多。初子莹^[1]、季崇萍^[2]、朱家其^[3]、唐国利^[4]、田武文^[5]、陈正洪^[6]等研究发现北京、上海、南京、西安、武汉等城市存在显著的城市热岛效应。赵守慈^[7]研究表明城市站的增温效应明显高于乡村站。张爱英等^[8]研究得出全国城市化增温贡献占同期全部增温的 27.33%。周雅清^[9]、唐国利^[10]、陈正洪^[11]和白虎志^[12]等分析了华北、西南、湖北、甘肃城市化影响引起的地面气温上升对区域平均气温增加趋势的贡献非常明显,北京和湖北地区甚至超过 70%。中国其他地区在不同程度上也存在这个问题^[13-22]。李凤琴等^[22]也分析了近 50 a 城市化对银川市局地气候的影响,表明银川市出现了比较明显的“城市热岛”效应。

城市化对气温变化影响的研究中,使用较多的方法有:城郊比较法、城市乡村比较法、器测与 NCEP 资料比较法、城市站与临近海温比较法。最新的研究方法是段春锋等^[23]以高山站为背景研究城市化对气温变化趋势的影响,从而避免了郊区、乡村城市化影响。宁夏高山气象台站有贺兰山、

麻黄山和六盘山 3 个。贺兰山站在 1990 年取消了观测;麻黄山相比贺兰山与六盘山海拔较低,区域较小,代表性不强;六盘山位于宁夏南部,平均海拔在 2 600 m 以上,其建站于 1970 年,至今没有过迁址,保持有连续完整的气象观测资料。六盘山气象站位于旷野和自然生态群落内,避开了人口密集、发展迅速的城市,且海拔较高,避免了城市热岛影响,可认为其气象站几乎不受城市化影响,对于反映宁夏背景气候变化更具代表性。宁夏 5 个地市中北部 4 个市的城市气象台站距六盘山都较远,且气候差异较大。因此,本文选择与六盘山气象站同属一个气候带的固原站(其坐落于固原市城区,距六盘山 77 km)作为对比,研究宁夏城市化对气温变化趋势的影响,探讨城市化对固原市平均气温、最高气温、最低气温变化趋势影响的性质和程度,以及最高、最低气温非对称性变化的城市化贡献,以期获得宁夏城市化影响气温变化的新认识。

1 资料与方法

1.1 资料

本文使用了宁夏固原与六盘山气象站 1971~

收稿日期:2013-05-23;改回日期:2013-08-05

基金项目:宁夏科技攻关项目“银川市城市规划大气环境影响评估研究”资助

作者简介:纳丽(1974-),女,回族,宁夏银川人,硕士,高工,主要从事气候与气候变化研究工作. E-mail: nxych_nali@163.com

2010年逐月平均气温、最高气温、最低气温资料。由于固原与六盘山气象站在这40 a中未迁站,气象资料连续完整,所以本文未对气温资料进行均一性处理。GDP与人口数据来自宁夏统计年鉴,主要选取固原间隔周期为10 a的1980、1990、2000、2010年5个年份为代表。

1.2 城市化影响

城市化影响指因城市化因素引起的气温变化趋势^[1]。设 ΔT_c 为城市站的气温变化趋势, ΔT_g 为气候变化背景场的高山站的气温变化趋势,故城市化影响(ΔT_{cg})可表示为:

$$\Delta T_{cg} = \Delta T_c - \Delta T_g \quad (1)$$

城市化影响贡献率:指城市化影响对城市附近台站气温变化趋势的贡献率^[1],即城市化影响在城市台站气温变化趋势中所占的百分比。设 E 为城市化影响贡献率,其表达式为:

$$E = \Delta T_{cg} / |\Delta T_c| \\ = (\Delta T_c - \Delta T_g) / |\Delta T_c| \quad (2)$$

其中, E 有3种情况:①当 $\Delta T_c > \Delta T_g$ 时, $E > 0$,表明城市化影响为增温或使其增加;②当 $\Delta T_c = \Delta T_g$ 时, $E = 0$,表明城市化影响为0;③当 $\Delta T_c < \Delta T_g$ 时, $E < 0$,表明城市化影响为降温或使其减小。这里将 $|E| > 100\%$ 的情况,视同 $E = 100\%$ 。

1.3 气温非对称性变化和城市化影响的非对称性

气温非对称性变化^[14]:是指最低气温和最高气温变化趋势的差。

$$\Delta T_f = \Delta T_{\min} - \Delta T_{\max} \quad (3)$$

ΔT_f 越大,最低气温和最高气温变化趋势差异越大,表明气温非对称性变化就越明显。

城市化影响非对称性:是指最低气温与最高气温城市化影响的差。

$$\Delta T_{cgf} = \Delta T_{\min(cg)} - \Delta T_{\max(cg)} \quad (4)$$

$\Delta T_{\min(cg)}$, $\Delta T_{\max(cg)}$ 分别为最低气温和最高气温的城市化影响。 ΔT_{cgf} 越大,表示城市化对于最低气温和最高气温的影响差异越大。

为了反映城市化对气温非对称性变化的影响,定义气温非对称性变化的城市化贡献为城市化影响的非对称性与气温非对称性变化之比。

$$\Delta G_f = \Delta T_{cgf} / \Delta T_f \quad (5)$$

ΔG_f 介于 $-100\% \sim 100\%$,当 $\Delta G_f < 0$ 时,表示

城市化影响的非对称性对于气温非对称性变化为负贡献,当 $\Delta G_f > 0$ 时,表示城市化影响的非对称性对于气温非对称性变化为正贡献。

2 结果分析

2.1 变化趋势分析

由表1可以看出:对于平均气温来说,1971~2010年40 a来六盘山和固原年与四季均呈显著上升趋势,都通过了99%的信度检验。其中,六盘山年与四季上升幅度相差不大,在 $0.30\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a} \sim 0.41\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 之间,夏季相对最小;固原年与四季同期上升幅度均大于六盘山,在 $0.43\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a} \sim 0.76\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 之间,冬季升温最显著,夏季最小。

就最高气温而言,六盘山和固原年与四季也表现为一致的上升趋势。其中,六盘山最高气温年与四季上升幅度与平均气温相似,幅度变化不大,仍在 $0.30\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a} \sim 0.41\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 范围,夏季仍最小;固原夏季升温趋势要弱于六盘山,秋季持平,年与冬春季升温幅度大于六盘山,冬季升温最显著,达到了 $0.56\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。

表1 高山站与城市站年和四季气温变化趋势(单位: $^{\circ}\text{C}/\text{a}$)

Tab.1 Variation trends of annual and seasonal air temperatures in Guyuan and Liupanshan mountain (Unit: $^{\circ}\text{C}/\text{a}$)

		六盘山	固原
平均气温	年	0.036	0.060
	春季	0.038	0.059
	夏季	0.030	0.043
	秋季	0.039	0.047
	冬季	0.041	0.076
最高气温	年	0.036	0.041
	春季	0.041	0.045
	夏季	0.030	0.025
	秋季	0.039	0.039
	冬季	0.037	0.056
最低气温	年	0.041	0.078
	春季	0.043	0.071
	夏季	0.032	0.078
	秋季	0.043	0.060
	冬季	0.049	0.107

就最低气温来说,两地均表现为显著的升温趋势。其中,六盘山年与四季升温幅度略高于平均气

温和最高气温,在 $0.032\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a} \sim 0.49\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$;但固原年与四季最低气温升温更明显,在 $0.60\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a} \sim 1.07\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 之间,冬季最大。

2.2 城市化影响分析

图 1 给出了固原的城市化影响与城市化影响贡献率。可以看出,城市化影响对气温升高而言都是正贡献,表明在全球变暖的背景下,城市化加速了平均气温的升温,其中冬季加速更明显,达到了 0.35

$^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,贡献率为 46% ,秋季贡献率最小,为 17% ;对最高气温而言,城市化影响对年与冬春季是正贡献,对夏季是负贡献,秋季贡献为 0 ;对最低气温而言,城市化影响对年与四季全是正贡献,城市化加速了最低气温的升温,这种加速明显高于平均与最高气温,而且对于夏季最低气温的加速更明显,达到了 $0.46\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,贡献率为 59% ,就是对秋季的加速最小,也达到了 $0.17\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。

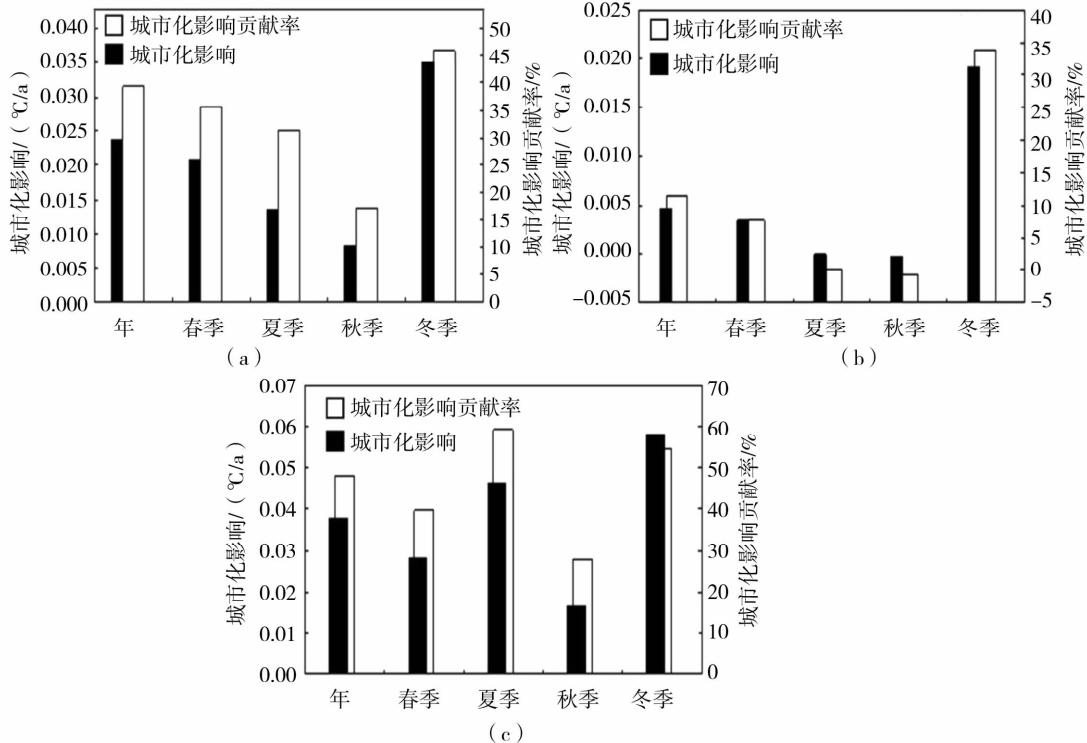


图 1 城市站平均气温(a)、最高气温(b)、最低气温(c)的城市化影响及城市化影响贡献率

Fig. 1 The effect and the contribution rate of urbanization on the mean(a), maximum(b) and minimum(c) air temperatures

GDP 和人口是反映一个地区城市化进程的重要指标。宁夏固原 1980、1990、2000、2010 年的 GDP 和人口数据(图 2)显示:固原人口从 1980 年到 2000 年显著增多,尤其前 10 a 增速很快,1990 年较 1980 年上涨了 9.2 万人,但 2010 年较 2000 年减少了 9.5 万人,主要是因为 2000 年以后宁夏实施了大规模的生态移民工程,将不适宜生存区域的居民迁出,从而造成生态脆弱的固原人口急剧减少,因此人口数据不能很好地反映固原城市化发展的整个进程。GDP 数据表明,固原经济呈显著增加趋势,1990 年地区生产总值仅有 2.1 亿元,2000 年上升到 7.0 亿元,2010 年达到 44.3 亿元,较 2000 年上升了 6 倍。

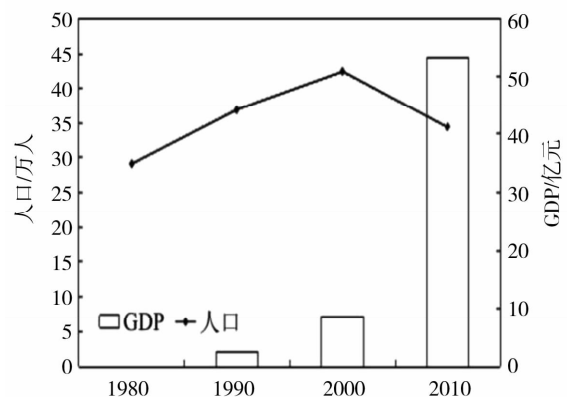


图 2 固原不同年份的人口与 GDP 变化

Fig. 2 The changes of population and GDP in Guyuan

同样,分析了1970~2010年间六盘山站与固原站各年代气温的变化特征(表2)。可以看出:六盘山站与固原站年平均、最低、最高气温从1970年代到2000年代均呈逐年代升高趋势,1980年代比1970年代偏高0.2℃以内,1990年代比1980年代偏高0.4~0.8℃,2000年代比1990年代偏高0.3~1.3℃,这种升温的特征固

原站表现得更显著,且最低气温较最高气温显著。另外,四季的平均、最低、最高气温与年气温年代变化基本一致,基本呈逐年代升高,1980年代比1970年代气温略微偏高,2000年代比1990年代偏高最明显,且升温的特征固原站表现得更显著,最低气温比最高气温显著,同时冬季升温幅度高于夏季。

表2 高山站和城市站不同年代气温变化(单位:℃)

Tab.2 Decadal variations of the mean, maximum and minimum air temperatures in Guyuan and Liupanshan mountain(Unit:℃)

		六盘山					固原				
		年	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬
平均气温	1970年代	0.9	0.9	10.9	1.3	-9.3	5.9	7.3	17.8	6.2	-6.9
	1980年代	0.9	0.5	10.9	1.3	-9.2	6.0	7.2	17.6	6.2	-6.4
	1990年代	1.5	1.4	11.4	2.0	-8.7	6.6	8.0	18.3	6.7	-5.7
	2000年代	1.9	2.0	11.8	2.2	-8.5	7.7	9.1	19.1	7.4	-4.8
最高气温	1970年代	5.6	6.2	15.4	5.5	-4.6	12.9	14.2	24.1	12.6	0.6
	1980年代	5.4	5.5	15.3	5.4	-4.7	12.7	13.8	23.7	12.6	0.9
	1990年代	6.2	6.6	15.9	6.5	-3.9	13.5	14.5	24.1	13.5	1.8
	2000年代	6.5	7.4	16.3	6.3	-3.9	14.0	15.5	24.9	13.4	2.2
最低气温	1970年代	-2.3	-2.8	7.9	-1.6	-12.8	0.3	1.2	11.6	1.2	-12.6
	1980年代	-2.1	-2.7	8.0	-1.4	-12.2	0.4	1.1	11.4	1.2	-12.2
	1990年代	-1.7	-2.1	8.3	-1.0	-11.9	1.2	2.1	12.6	1.5	-11.4
	2000年代	-1.1	-1.5	8.9	-0.5	-11.6	2.6	3.3	13.8	3.0	-9.9

2.3 气温变化的非对称性分析

表3给出了六盘山站和固原站年和四季气温非对称性变化。可见,城市站与高山站年和四季最低气温升温趋势均明显大于最高气温,且存在明显的非对称性。其中,六盘山年与春、夏、秋季气温非对称性变化幅度相差不大,而冬季的非对称性明显增

大;固原站年与四季的气温非对称性明显大于高山站,冬夏季更为突出。另外,固原站气温的非对称性变化明显高于六盘山站的。年与四季气温非对称性变化的城市化贡献均为正值,且都在78%以上,春夏季超过了94%,说明固原城市化影响对于气温非对称性变化的形成起着主导作用。

表3 高山站和城市站的气温非对称性变化(单位:℃/10 a)

Tab.3 Asymmetrical variations of air temperatures in mountain station and urban station (Unit:℃/10 a)

	年	春	夏	秋	冬
六盘山气温非对称性变化	0.005	0.002	0.002	0.004	0.011
固原气温非对称性变化	0.038	0.026	0.052	0.021	0.050
城市化影响非对称性	0.033	0.025	0.050	0.017	0.039
气温非对称性变化的城市化贡献/%	88	94	96	80	78

上述分析在一定程度上表明了固原城市化进程的显著加快,带来了固原周围探测环境的变化,从而

造成了固原升温趋势高于同属一个气候带的六盘山站,城市化影响对于气温非对称性变化的形成起着

主导作用。

3 结 论

(1) 1971 ~ 2010 年 40 a 来宁夏六盘山和固原年与四季平均气温、最低、最高气温均呈显著上升趋势,固原除夏季最高气温升温趋势弱于六盘山,秋季持平外,其他季节平均、最低、最高气温升温趋势均比六盘山显著。

(2) 城市站与高山站年平均、最低、最高气温从 1970 年代到 2000 年代均呈逐年代升高趋势。其中,1980 年代比 1970 年代偏高幅度较小,2000 年代比前 10 a 偏高幅度最大,且城市站表现得更显著,最低气温比最高气温升温更显著,冬季比夏季升温更显著。

(3) 城市化影响加速了平均气温的升温,冬季加速得更明显,秋季最小;城市化影响对年与冬春季最高气温是正贡献,对夏季是负贡献,秋季贡献为 0,城市化减弱了对夏季最高气温的升温;城市化影响加速了最低气温的升温,而且这种加速明显高于平均与最高气温。

(4) 城市站与高山站年和四季气温存在明显的非对称性变化。其中,六盘山年与春夏秋冬四季气温非对称性变化幅度相差不大,而冬季的非对称性变化明显增大;固原年与四季的气温非对称性变化明显大于六盘山,冬夏季更为突出。年与四季气温非对称性变化的城市化贡献均为正值,且都在 78% 以上,城市化影响对于气温非对称性变化的形成起着主导作用。

参考文献:

- [1] 初子莹,任国玉. 北京地区城市热岛强度变化对区域温度序列的影响[J]. 气象学报,2005,63(4):534-540.
- [2] 季崇萍,刘伟东,轩春怡. 北京城市化进程对城市热岛的影响研究[J]. 地球物理学报,2006,49(1):69-77.
- [3] 朱家其,汤绪,江灏. 上海市城区气温变化及城市热岛[J]. 高原气象,2006,25(6):1154-1160.
- [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] 田武文,黄祖英,胡春娟. 西安市气候变暖与城市热岛效应问题研究[J]. 应用气象学报,2006,17(4):438-443.
- [6] 陈正洪,王海军,任国玉. 武汉市城市热岛强度非对称性变化[J]. 气候变化研究进展,2007,3(5):282-286.
- [7] 赵守慈. 近 39 年中国的气温变化与城市化影响[J]. 气象,1991,17(4):14-17.
- [8] 张爱英,任国玉,周江兴,等. 中国地面气温变化趋势中的城市化影响偏差[J]. 气象学报,2010,68(6):957-966.
- [9] 周雅清,任国玉. 华北地区地表气温观测中城镇化影响的检测和订正[J]. 气候与环境研究,2005,10(4):743-753.
- [10] 唐国利,任国玉,周江兴. 西南地区城市热岛强度变化对地面气温序列影响[J]. 应用气象学报,2008,19(6):722-730.
- [11] 陈正洪,王海军,任国玉,等. 湖北省城市热岛强度变化对区域气温序列的影响[J]. 气候与环境研究,2005,10(4):771-779.
- [12] 白虎志,任国玉,张爱英,等. 城市热岛效应对甘肃省温度序列的影响[J]. 高原气象,2006,25(1):90-94.
- [13] 江志红,丁裕国. 近百年上海气候变暖过程的再认识——平均温度与最低、最高温度的对比[J]. 应用气象学报,1999,10(2):151-159.
- [14] 唐红玉,翟盘茂,王振宇. 1951-2002 年中国平均最高、最低气温及日较差变化[J]. 气候与环境研究,2005,10(4):728-735.
- [15] 谢志清,杜银,曾燕,等. 长江三角洲城市带扩展对区域温度变化[J]. 地理学报,2007,62(7):717-727.
- [16] 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.
- [17] 王有恒,谭丹,赵红岩. 近 50a 来甘肃省极端高温事件变化特征[J]. 干旱气象,2012,30(3):410-414.
- [18] 宁向玲,董婕,延军平. 陕西省近 60a 气温时空变化特征[J]. 干旱气象,2011,29(4):455-460.
- [19] 郑广芬,冯建民,马宏永,等. 宁夏 7 月严重干旱事件的成因分析[J]. 干旱气象,2012,30(3):332-338.
- [20] 王聰,李梦洁,单新兰. 宁夏起伏地形下太阳总辐射分布式模拟[J]. 干旱气象,2012,30(1):8-14.
- [21] 王建鹏,孙继松,王式功,等. 盆地地形下西安城市热岛效应对周边降水的影响[J]. 干旱气象,2011,29(2):168-173.
- [22] 李凤琴,谭华. 近 50 年来城市化对银川市市区局地气候的影响[J]. 宁夏工程技术,2009,8(4):303-305.
- [23] 段春锋,繆启龙,曹雯,等. 以高山站为背景研究城市化对气温变化趋势的影响[J]. 大气科学,2012,36(4):811-822.

Effect of Urbanization on Variation Trends of Air Temperatures in Guyuan

NA Li^{1,2}, XU Jianqiu^{1,2}, REN Shaoyun¹, WANG Yingchun¹, LI Fujun¹

(1. *Key Laboratory of Meteorological Disaster Prevention and Mitigation in Ningxia*,
Yinchuan 750002, China; 2. *Yinchuan Bureau of Meteorology of Ningxia*, Yinchuan 750002, China)

Abstract: Based on the monthly mean, maximum and minimum air temperatures from 1971 to 2010 in Guyuan and Liupanshan mountain weather stations and GDP and population data in Guyuan, the effect of urbanization on the variation trend of the air temperatures was analyzed with the Liupanshan mountain stations as the background field. The results show that the mean, maximum and minimum air temperatures of Liupanshan mountain and Guyuan had a significant upward trend in the past 40 years. The temperature in the 1980s was higher slightly than that in the 1970s, and the magnitude of the warming in the 2000s was the highest in the past 40 years. Increase in the minimum air temperature was more dominant than that in the maximum air temperatures, the air temperature in winter was more outstanding than that in summer, and the temperature in Guyuan was more significant than that in Liupanshan mountain. With the temperature variation characteristics of Guyuan, the maximum and minimum temperature in Liupanshan mountain existed an obvious asymmetrical variation, but the asymmetry of Guyuan was bigger than that of Liupanshan mountain, especially during the winter and summer, the asymmetry was more prominent. In addition, the influence of urbanization had accelerated the increase of the annual and seasonal mean temperature, the minimum temperatures and the maximum temperature in summer and winter in Guyuan, and it may play a leading role in the formation of asymmetrical temperature variation and depressing the maximum temperature in summer going up.

Key words: Ningxia; air temperature; urbanization; asymmetrical variation

(上接第 737 页)

Effects of the Urbanization Process on Temperature in Ji'ning of Shandong Province

WANG Xiaomo¹, DONG Ning²

(1. *Sishui Meteorological Station of Shandong Province*, Sishui 273200, China;
2. *Ji'ning Meteorological Bureau of Shandong Province*, Ji'ning 272000, China)

Abstract: By using the temperature data at the weather station of Ji'ning and the other 3 stations in its surrounding counties including Yanzhou, Wenshang and Jiaxiang during 1981–2010, this paper analyzed the trends and characteristics of temperature in the urban and suburbs of Ji'ning. On this basis, the influence of the urbanization development of Ji'ning on temperature was explored further. Results show that the temperature of the urban and the suburbs of Ji'ning in recent 30 years increased by more than 1 °C with climatic tendency rate of about 0.35 °C/10 a and 0.38 °C/10 a, respectively, and the difference of temperature between the urban and the suburbs reduced gradually. The temperature increments were obvious in winter and spring in both the urban and suburbs, while the smallest in summer. The increments of maximum temperature in the suburbs of Ji'ning were very close to the urban, but for minimum temperature in suburbs, it was far above that in the urban, which resulted in temperature daily range minished in suburbs. Therefore, the influence of urbanization on minimum temperature was significant but on maximum temperature it was weak. Overall, the intensity of the urban heat island in Ji'ning during 1981–2010 was increasing with the average value of 0.5 °C. The heat island kept increase from 1981 to 1990, then maintained at a high level during 1991–2000, and after that decreased sharply to the average level. The urban heat island of Ji'ning had obvious monthly and diurnal variations. The heat island in winter half year was significantly higher than that in summer one. The intensity of heat island in winter was strongest but weakest in summer. In addition, the annual changes show that the heat island rose slowly for all seasons except fall, especially after 2000, the decline of heat island in fall contributed a lot to slow down the annual heat island. The heat island at daytime was significantly lower than that at night and was weakest around noon. The urban heat island was also found great relevance to the population and built-up area in Ji'ning, with the correlation coefficient of 0.81 and 0.75, respectively.

Key words: urbanization; temperature; heat island effect; Ji'ning