

兰州市近 50 年城市热岛强度变化特征

马玉霞¹ 王式功¹ 魏海茹²

(1 兰州大学大气科学学院, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 兰州 730000;

2 山西省运城市气象局, 运城 044000)

摘要 利用 1956~2005 年兰州市日平均气温、日最高气温和日最低气温, 分析了近 50 年兰州市城市热岛效应变化, 并利用城区和郊区 3 种气温的倾向率计算了城市热岛强度倾向率和热岛增温贡献率。结果表明: 1956~2005 年兰州市 3 种气温的城郊差均呈逐年上升趋势, 平均气温、最高气温和最低气温的倾向率分别为每 10 年 0.371 °C、0.169 °C 和 0.654 °C, 其中, 最低气温的城郊差上升最明显。近 50 年兰州市增温主要发生在后 25 年(1981~2005 年), 前 25 年除城区最低气温外基本上以降温为主。后 25 年中, 城区年平均气温、最高气温和最低气温倾向率分别为每 10 年 0.789 °C、0.997 °C 和 0.625 °C, 郊区则相应为每 10 年 0.493 °C、0.790 °C 和 0.077 °C, 其中最高气温增温最显著, 最低气温增温最少; 以年平均、最高和最低气温表示的城市热岛强度的倾向率分别为每 10 年 0.395 °C、0.188 °C 和 0.674 °C, 热岛效应对城区增温的贡献率分别达到 87.0%、49.6% 和 100%。冬季城市和郊区的平均气温和最低气温倾向率最大, 但热岛增温贡献率最大的是春、夏季气温, 而不是冬季气温; 这可能主要与兰州市冬季严重的空气污染有关, 因为其对城市热岛有一定的抑制作用。20 世纪 80 年代以后兰州市热岛效应有增强的趋势, 但平均气温和最高气温的热岛增温贡献率除个别季节外有所下降。

关键词 城市热岛 气温倾向率 热岛强度 热岛增温贡献率

引言

城市热岛效应是城市不同于其以外地域的气候最明显的特征之一^[1]。近年来, 城市与城郊温差扩展趋势已被证明, 在少于 10000 人口的小城镇中亦能在长时间温度记录中探测到城市热岛的影响^[2], Kukla 等^[3]指出北美有每 10 年增温 0.12 °C 城市化影响的倾向。在我国, 周淑贞、肖荣波、何萍、桑建国^[4~7]等亦对城市热岛效应及形成机制进行了多方面的研究。而热岛强度与城市规模、人口密度、建筑密度等密切相关^[8]。这些人类活动造成的城市热岛效应越来越显著, 不仅为城市建设规划提出了新的问题, 而且也给全球气候变化的研究带来一些不确定性^[9]。城市热岛效应对现有温度序列的影响, 国外有两种截然不同的观点, 一种认为影响很大^[10], 另一种认为很小^[11]。IPCC 第 3 次评估报告认为, 从全球平均看, 城市化对地表平均气温记录的影响

微乎其微(IPCC, 2001 年), 而国内针对几个地区的研究普遍认为影响很大^[12~14]。

兰州市区为河谷盆地, 周围环山, 空气湿度小, 只有盆地东、西面的黄河通道才是唯一的大气水平运动与外界交换的隘口; 盆地内风速小, 静风率达 62%^[15]。杨德保等 1994 年利用平均气温对兰州市城市热岛现象进行了研究^[16], 表明兰州市城市热岛主要发生在夜间或凌晨。白虎志等人也利用兰州市平均气温分析了热岛效应变化, 表明兰州市冬季的热岛最明显^[9]。但前人的研究工作有的时间序列太短, 有的只考虑了平均气温, 或分析了热岛的日变化和季节变化, 但对于兰州市城市热岛强度和各种温度的热岛增温贡献率的研究较少。本文利用 1956~2005 年日平均气温、日最高和日最低气温全面分析近 50 年 3 种气温的热岛效应以及对城市的热岛增温贡献率。兰州观测站位于城市东部的城关区, 90 年代以来, 城市化发展迅速, 观测站以外的地方

“973”项目(2006CB403701)、甘肃省科学技术攻关计划项目(2GS054-A44-017)、兰州大学 2007 年交叉学科青年创新研究基金项目(LZUJC2007014)资助

作者简介: 马玉霞, 女, 1974 年生, 博士, 讲师, 主要从事气候变化及其影响方面的研究, Email: mayuxia07@lzu.edu.cn

收稿日期: 2008 年 5 月 23 日; 定稿日期: 2008 年 10 月 20 日

都是高楼林立,使其成为一个比较典型的城市观测站。因此,全面分析兰州市城市热岛效应,对于研究城市化发展和观测环境变化对城市气温的影响具有重要的意义。

1 资料与方法

地面气温资料来源于甘肃省气象局信息资料中心,为兰州(36°03′N、103°53′E,海拔 1518 m,代表城区)和榆中(35°52′N、104°09′E,海拔 1875 m,代表郊区)1956 年 1 月 1 日至 2005 年 12 月 31 日逐日平均气温、最高气温和最低气温。

兰州站虽在 1950 年代前、中期曾经两次搬迁,但相距很近,高度差别小,对比观测认为资料连续性尚好,现已完全城市化;榆中站位于兰州市东南约 30 km,周围以农田为主,测点附近地势比较平坦,周围数公里内至今没有工业和城镇影响,是一个比较标准的乡村站。且自 1954 年建站以来未曾搬迁过,资料连续性很好。对两站 3 种气温序列进行了 *t* 检验,无超出显著性水平 0.01 的不连续点。

采用常规气象统计方法分析兰州市城区和郊区 1956~2005 年间不同季节、不同时段 3 种气温距平

序列的变化趋势(倾向率)、城市热岛强度倾向率及热岛增温贡献率,在此定义:

热岛强度倾向率=城区气温倾向率-郊区气温倾向率;

热岛增温贡献率=热岛强度倾向率/城区气温倾向率^[13]。

2 结果分析

2.1 兰州市城市和郊区气温倾向率

表 1 给出了兰州市城区和郊区 1956~2005 年间 50 年与前后 25 年的四季和年的 3 种气温倾向率。分析得出:

(1)50 年来,兰州市城区和郊区的年平均、最高和最低气温等 6 个序列总体上均呈上升趋势,但增温速率:“城区>郊区”,“最低气温>平均气温>最高气温”。城区年平均、最高和最低气温倾向率分别为每 10 年 0.454℃、0.379℃和 0.659℃,郊区则相应为每 10 年 0.059℃、0.191℃和-0.015℃。最低气温的增温最显著,最高气温增温最少。郊区大部分都未通过显著性检验,而城区均很显著。

表 1 兰州市城区和郊区气温倾向率							℃/10a
要素	季节	城区			郊区		
		1956~2005 年	1956~1980 年	1981~2005 年	1956~2005 年	1956~1980 年	1981~2005 年
平均气温	春季	0.293 * * * *	-0.150	0.746 * * * *	0.013	-0.270	0.550 * * *
	夏季	0.313 * * * *	-0.220	0.711 * * * *	0.020	-0.270	0.464 * *
	秋季	0.223	0.245	0.688 * * * *	0.134 *	0.024	0.373 * *
	冬季	0.844 * * * *	0.548 * * *	0.976 * * * *	0.160 *	-0.030	0.598 * * *
	年	0.454 * * *	0.103	0.789 * * * *	0.059	-0.130	0.493 * * * *
最高气温	春季	0.228	-0.710 *	1.310 * * * *	-0.02	-0.510	1.040 * * *
	夏季	0.324 * * *	-0.036	0.501 *	0.128	0.033	0.381
	秋季	0.540 * * * *	0.544	1.00 * * *	0.403 * *	0.227	0.989 * * *
	冬季	0.406 * * *	1.020 *	1.27 * * * *	0.339 *	0.915 * *	0.774 *
	年	0.379 * * * *	0.220	0.997 * * * *	0.191 *	0.155	0.790 * * *
最低气温	春季	0.880 * *	0.712	0.331	-0.15	-0.560	-0.190
	夏季	0.490 * * * *	0.011	0.846 * * * *	-0.098	-0.460	0.415
	秋季	0.679 * * * *	0.849 * *	0.948 * *	0.199	0.693	0.234
	冬季	1.12 * * * *	0.962 * * *	0.382	0.066	-0.650	-0.160
	年	0.659 * * * *	0.488 * * *	0.625 * * * *	-0.015	-0.250	0.077

注:“* * *”和“* * * *”分别表示通过 0.05 和 0.01 显著性水平检验;“*”和“* * * * *”表示通过 0.1 和 0.001 的显著性水平检验。

(2)无论城区或郊区,近 50 年增温主要发生在后 25 年(1981~2005 年),前 25 年除城区最低气温外基本上以降温为主。且后 25 年中,城区年平均、最高和最低气温倾向率分别为每 10 年 0.789℃、0.997℃和 0.625℃,郊区则相应为每 10 年 0.493℃、0.790℃和 0.077℃,其中最高气温增温最显著,最低气温增温最少;这与湖北省的变化趋势不一致^[17]。

(3)就季节而言,近 50 年平均气温增温速率:“冬季>夏季>春季>秋季”;最高气温:“秋季>冬季>夏季>春季”;最低气温:“冬季>春季>秋季>夏季”。

2.2 城郊气温变化趋势

从图 1 可以看出,1956~2005 年兰州市 3 种气温的城郊差呈逐年上升趋势,平均气温、最高和最低气温的倾向率分别为每 10 年 0.371℃、0.169℃和 0.654℃,其中,最低气温的城郊差上升最明显。说明近 50 年来兰州市夜晚的城市热岛效应更强烈。这一方面反映了人类活动和城市化发展的影响,尤其是 80 年代以后兰州城市化发展迅速、人口急剧增加等对城市气温产生了一定影响;另一方面也说明

了兰州市大气污染、颗粒物污染对夜间气温降低的抑制作用。

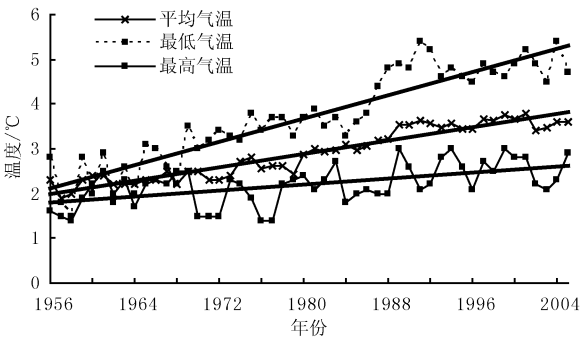


图 1 1956~2005 年兰州市城郊气温差变化趋势

2.3 兰州市热岛强度变化和热岛增温贡献率

根据表 1 计算出的兰州市城区相对于郊区的热岛强度倾向率和热岛贡献率见表 2,据此可判断城市热岛效应对增温的贡献。通过分析可以看出:

(1)以年平均、最高和最低气温表示的城市热岛强度的倾向率分别为每 10 年 0.395℃、0.188℃和 0.674℃,热岛效应对城区增温的贡献率分别达到 87.0%、49.6%和 100%。

表 2 兰州市热岛强度倾向率和热岛增温贡献率

要素	季节	1956~2005 年		1956~1980 年		1981~2005 年	
		倾向率/(℃/10a)	贡献率/%	倾向率/(℃/10a)	贡献率/%	倾向率/(℃/10a)	贡献率/%
平均气温	春季	0.280	95.6	0.120	-80.0	0.196	26.3
	夏季	0.293	93.6	0.050	-22.7	0.274	34.7
	秋季	0.089	39.9	0.221	90.2	0.315	45.8
	冬季	0.684	81.0	0.578	*	0.378	38.7
	年	0.395	87.0	0.233	*	0.296	37.5
平均最高气温	春季	0.248	*	-0.200	28.2	0.270	20.6
	夏季	0.196	60.5	-0.069	*	0.120	24.0
	秋季	0.137	25.4	0.317	58.3	0.011	1.10
	冬季	0.067	16.5	0.105	10.3	0.496	39.1
	年	0.188	49.6	0.065	29.5	0.207	20.8
平均最低气温	春季	1.030	*	1.272	*	0.251	*
	夏季	0.588	*	0.471	42.8	0.431	50.9
	秋季	0.48	70.7	0.156	18.4	0.714	75.3
	冬季	1.054	94.1	1.612	*	0.542	*
	年	0.674	*	0.738	*	0.584	87.7

注:“*”表示此时郊区气温倾向率小于 0,且热岛增温率大于 0,理论上热岛贡献率为 100%。

(2)对同一气温,热岛强度的倾向率的季节差异明显,平均气温和最低气温的冬季城市热岛增温效应最显著,平均气温夏季增温效应最弱,与周雅清等^[14]对华北地区的研究结果一致;对最高气温而言,春季城市热岛增温效应最显著,冬季最弱。

(3)对同一季节,最低气温城市热岛增温效应最大,最高气温城市热岛倾向率最小,平均气温居中,表现出明显的非对称性。

(4)平均气温和最低气温的热岛增温贡献率春夏季最大,秋季最弱;最高气温的热岛增温贡献率最大的是春季,冬季最弱。与前25年(1956~1980年)相比,1981~2005年平均气温的热岛增温贡献率在春夏季增大,而秋冬季明显减小;平均最高气温的热岛增温贡献率除冬季有所上升外,其它各季有所减弱;而平均最低气温的热岛增温贡献率在增大,说明80年代以后人为活动和城市化发展对增温的影响在增大。

(5)1981~2005年,城市热岛增温强度除个别季节外都有所增大,表明兰州市热岛效应在80年代以后进一步增强。

3 结论与讨论

(1)近50年,兰州市最低气温的增温最显著,最高气温增温最少;无论城区或郊区,增温主要发生在后25年(1981~2005年),前25年(1956~1980年)除城区最低气温外基本上以降温为主。平均气温和最低气温冬季的增温速率最大,最高气温秋季增温率最大。

(2)用最低气温、最高气温、平均气温表示的城市热岛强度倾向率中,最低气温的最大,其对城市的热岛增温贡献率也最大。兰州市冬季城市和郊区平均气温和最低气温的气温倾向率虽然最大,但城市热岛效应对城市增温的贡献率最大的在春、夏季,这可能主要与兰州市冬季严重的空气污染有关,使其成为一个典型的“混浊岛”,而混浊岛对城市热岛有一定的抑制作用。

(3)20世纪80年代后兰州市热岛效应进一步

增强,但平均气温和最高气温的热岛增温贡献率除个别季节外均有所下降,这与前人的研究结果^[13]一致。

参考文献

- [1] 邓莲堂,束炯,李朝颐.上海城市热岛的变化特征分析[J]. 热带气象学报,2001,17(3):273-280.
- [2] Landsberg H E. The Urban Climate [M]. New York: Academic Press, A Subsidiary of Harcourt Brace Jovanovich, Publishers, 1987:275.
- [3] Kukla G, Gavin J. Urban Warming [J]. Journal of Climate and Applied Meteorology, 1986,25:1265-1270.
- [4] 周淑贞.上海市气候中的“五岛”效应[J]. 中国科学(B),1988,11:1226-1234.
- [5] 肖荣波,欧阳志云,李伟峰,等.城市热岛时空特征及其影响因素[J]. 气象科学,2007,27(2):230-236.
- [6] 何萍,李宏波.云贵高原中小城市热岛效应分析[J]. 气象科技,2002,30(5):288-291.
- [7] 桑建国.热岛环流的动力学分析[J]. 气象学报,2000,58:321-327.
- [8] 张保安,钱公望.城市热岛效应研究进展[J]. 四川环境,2007,26(2):88-91.
- [9] 白虎志,任国玉,方锋.兰州城市热岛效应特征及其影响因子研究[J]. 气象科技,2005,33(6):492-495.
- [10] Karl T R, Diaz H F, Kukla G. Urbanization: its detection and effect in the United States climate record [J]. J. Climate, 1988, 1: 1099-1123.
- [11] Jones P D, Groisman P Y, Coughlan M, et al. Assessment of urbanization effects in time series of air temperature over land [J]. Nature, 1990, 347: 169-172.
- [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] 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.
- [14] 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.
- [15] 白虎志,张焕儒,张存杰.兰州城市化发展对局地气候的影响[J]. 高原气象,1997,16(4):410-416.
- [16] 杨德保,王式功,王玉玺.兰州城市气候变化及热岛效应分析[J]. 兰州大学学报(自然科学版),1994,30(4):161-167.
- [17] 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):282-285.

Characteristics of Urban Heat Island over Lanzhou in Recent 50 Years

Ma Yuxia¹ Wang Shigong¹ Wei Hairu²

(1 Gansu Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster, College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000; 2 Yuncheng Meteorological Bureau, Shanxi Province, Yuncheng 044000)

Abstract: The urban heat island effect in Lanzhou is analyzed using the average temperature and daily maximum/minimum temperature data from 1956 to 2005. The tendencies and contribution rates of heat island intensity are calculated using the temperature tendencies of the three temperatures of Lanzhou and the suburbs. Results show that the differences of the three temperatures between Lanzhou and the suburbs all exhibit increasing trends. The tendencies of average temperature, maximum temperature and minimum temperature are 0.371 °C/10a, 0.169 °C/10a and 0.654 °C/10a, respectively, with minimum temperature increasing most obviously. In recent 50 years, the temperatures increased mainly in the later 25 years (1981 to 2005), and the tendencies of average temperature, maximum temperature and minimum temperature of Lanzhou are 0.789 °C/10a, 0.997 °C/10a, and 0.625 °C/10a, while those of the suburbs are 0.395 °C/10a, 0.188 °C/10a, and 0.674 °C/10a, respectively. The heat island contribution rates of three temperatures are 87.0%, 49.6%, and 100%, respectively. In winter, the tendencies of average temperature and minimum temperature are the greatest in both urban and suburb areas, but the heat island contribution rates of the temperatures are not the largest, which may be mainly related with the severe air pollution in winter in Lanzhou, because it can hold back the urban heat island effect in some extent. In the later 25 years, the urban heat island effect of Lanzhou is becoming stronger, but the contribution rates of average temperature and maximum temperature are declining.

Key words: urban heat island, temperature tendency, heat island intensity, heat island contribution rate