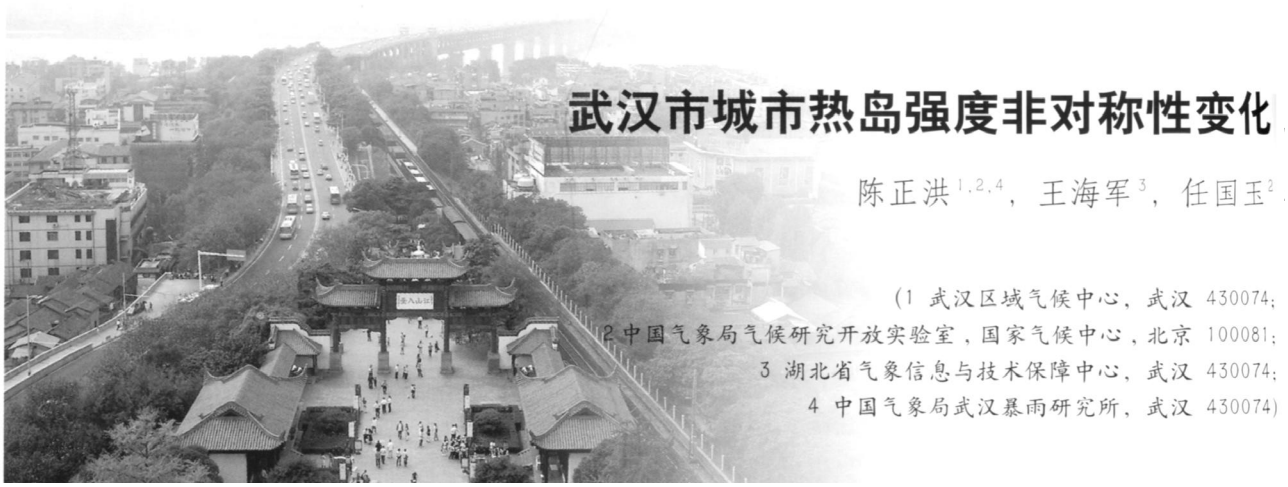
第3卷 第5期
2007年9月
气候变化研究进展
ADVANCES IN CLIMATE CHANGE RESEARCH
Vol.3, No.5
September, 2007

文章编号：1673-1719 (2007) 05-0282-05



武汉市城市热岛强度非对称性变化

陈正洪[1,2,4]，王海军[3]，任国玉[2]

(1 武汉区域气候中心，武汉 430074；
2 中国气象局气候研究开放实验室，国家气候中心，北京 100081；
3 湖北省气象信息与技术保障中心，武汉 430074；
4 中国气象局武汉暴雨研究所，武汉 430074)

摘 要：利用武汉市区气象站及其周边4个县气象站1960-2005年的气温资料，计算了46 a及分时段的季节和年平均气温、平均最高和最低气温倾向率，城市热岛强度倾向率及其贡献率。结果表明：46 a来，城区和郊区的平均气温均以上升趋势为主，最低气温增幅最大，最高气温增幅最小，甚至下降；冬季增幅最快，夏季增幅最慢，甚至下降，这是第一类非对称性。城市热岛效应也存在增强趋势，以年平均、最低和最高气温表示的城市热岛强度倾向率分别为0.235℃/10 a、0.425℃/10 a和0.034℃/10 a，热岛效应贡献率分别达到60.4%、67.7%和21.8%，这是第二类非对称性。46 a来的增温和城市热岛强度加强主要是最近23 a快速增温所致，进入本世纪增温进一步加剧。

关键词：城市热岛强度；最高气温；最低气温；非对称性变化

中图分类号：P463.3 **文献标识码**：A

引 言

湖北省会武汉是中国中部最大的城市，长江、汉江贯穿其中，属于亚热带季风气候，夏酷热冬寒冷。正如中国其他大城市一样，武汉市在过去50 a经历了快速发展过程，城市化程度不断加强，尤其是在过去20多年。截止到2005年，武汉城市人口超过800万，建成区的面积为202 km²。

气温的非对称性变化是温室气体引起全球气候变化的主要表现特征之一，Karl *et al.*[1] 最先指出，伴随着全球气候变暖，最低、最高气温的非对称性变化在世界各地普遍存在，在我国也存在类似现象[2-3]。张霞等[4] 及Chen *et al.*[5] 在对武汉市的研究中发现城市热岛强度也存在非对称性变化，即用最低气温表示的城市热岛强度的上升速度快于最高气温的。城市热岛效应普遍存在，其对现有温度序列影响如何，国外有两种截然不同的观点，一种认为影响很大[6]，另一种则认为很小[7]。IPCC第三次评估报告[8]采用了后者，而国内的研究普遍认为影响很大[9-10]。我们利用最新资料（1960-2005年）揭示了武汉城市热岛效应非对称性变化加剧的事实。

1 资料与方法

武汉市气象站位于城市的西北部，黄陂、新洲、江夏、蔡甸等4个郊区气象站分布在城市周围，离城

收稿日期：2007-03-05； 修订日期：2007-09-07
基金项目：武汉区域气象中心科技发展基金重点项目（QY-Z-200701）"；中国气象局气候研究开放实验室课题（LCS-2006-11）；科技部重点项目（2003DIA6N017）资助
作者简介：陈正洪（1964-），男，研究员，主要从事应用气象、气候变化研究．E-mail: chenzh64@126.com

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

www.climatechange.cn

区大约均为 50 km（图 1）。对武汉市气象站（简称城区）、郊区代表站平均（简称郊区）的 1960-2005 年的平均气温、最高和最低气温3种序列进行t检验，无超出显著水平 0.01 的不连续点；为了消除海拔的影响，全部资料转化为距平值（以 1971-2000 年为气候参考期）。

分析武汉市城区和郊区 1960-2005 年间及前、后 23 a [11-12] 不同季节、不同时段 3 种气温距平序列的变化趋势（倾向率，℃/10a）、城市热岛强度倾向率及热岛贡献率，并分析其非对称性变化。在此，我们定义：

热岛强度倾向率（℃/10a）= 城区气温倾向率 - 郊区气温倾向率；

热岛贡献率（%）= 热岛强度倾向率 / 城区气温倾向率。

图 1　武汉市气象站和 4 个郊区代表站分布

Fig. 1　Distribution of Wuhan station and four rural stations

2　最高、最低气温的非对称性变化

表 1 列出了武汉城区和郊区 1960-2005 年间的 46 a 与前、后 23 a 的四季和年的 3 种气温倾向率。同时，给出了武汉城区年平均最高气温、年均气温和年均最低气温的变化曲线（图 2）。分析可见：

(1) 46 a 来，武汉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、最低和最高气温倾向率分别为 0.389℃/10 a、0.628℃/10 a 和 0.156℃/10 a，郊区则相应为 0.154℃/10 a、0.203℃/10 a 和 0.122℃/10 a。最低气温的增温最显著，最高气温增温最少，气温日较差缩小，非对称性变化明显。

(2) 无论城区或郊区，增温主要发生在后 23 a，前 23 a 以降温为主（除城区年平均最低气温外）。年平均最低气温在 1970 年初开始一直保持增温趋势，年平均气温则在 20 世纪 80 年代中后期开始增温，年平均最高气温存在明显的阶段性变化，到 90 年代中后期才开始持续增温。

(3) 四季中，增温速率的顺序为冬季＞春季＞秋季＞夏季，其中冬季和春季的增温速率相当，夏季平均最高气温为弱的降趋势。冬半年增温明显，夏半年增温幅度最小或不明显，年较差缩小。

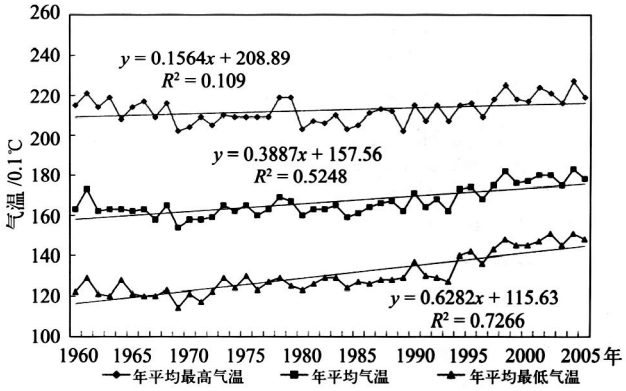


图 2　武汉市城区年平均最高气温（上）、年平均气温（中）、年平均最低气温（下）变化曲线

Fig. 2　Variation curves of maximum (top), average (middle), minimum (bottom) temperature in Wuhan urban district

3　城市热岛强度的非对称性变化

根据表 1 可计算出武汉市城区相对于郊区的热岛强度倾向率、热岛贡献率（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、最低和最高气温表示的城市热岛强度的倾向率分别为 0.235℃/10 a、0.425℃/10 a 和 0.034℃/10 a，热岛效应对城区增温的贡献率分别达到 60.4%、67.7% 和 21.8%。

(2) 对同一项气温，热岛强度倾向率的季节差异

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表1 武汉市城区和郊区气温倾向率（单位：℃/10 a）

Table 1 The temperature trends of Wuhan station and the rural stations (unit: ℃/10a)

要素	季节	城区			郊区		
		1960-2005年	1960-1982年	1983-2005年	1960-2005年	1960-1982年	1983-2005年
平均气温	春季	0.477****	0.172	1.227****	0.257***	-0.023	0.811****
	夏季	0.146*	-0.340	0.678***	-0.094*	-0.428*	0.208
	秋季	0.408****	-0.079	0.924****	0.150*	-0.227	0.440**
	冬季	0.482****	0.139	0.981****	0.326****	0.195	0.612***
	年	0.389****	-0.011	0.943****	0.154***	-0.169	0.514****
平均最高气温	春季	0.339***	-0.027**	1.150****	0.284***	-0.119	0.984***
	夏季	-0.089	-0.693**	0.515**	-0.127	-0.601*	0.198
	秋季	0.225**	-0.235	0.701**	0.172*	-0.338	0.589**
	冬季	0.145	-0.325	0.689***	0.201*	-0.146	0.577****
	年	0.156**	-0.331**	0.766****	0.122*	-0.342**	0.650****
平均最低气温	春季	0.638****	0.305	1.441****	0.240****	0.026	0.650****
	夏季	0.375****	0.029	0.908****	0.002	-0.210	0.257
	秋季	0.616****	0.030	1.243****	0.159**	-0.149	0.294
	冬季	0.787****	0.402	1.391****	0.424****	0.393*	0.528***
	年	0.628****	0.234*	1.253****	0.203****	-0.016	0.406****

注：右上角有“*”、“**”、“***”、“****”的数据表示分别通过了0.1、0.05、0.01和0.001的信度检验

表2 武汉城市热岛强度倾向率（*A*）和热岛贡献率（*B*）

Table 2 Heat island intensity trends (*A*) and its contribution rate (*B*) in Wuhan

要素	季节	1960-2005年		1960-1982年		1983-2005年	
		A/(℃/10 a)	*B*/%	*A*/(℃/10 a)	*B*/%	*A*/(℃/10 a)	*B*/%
平均气温	春季	0.220	46.1	0.195	*	0.416	33.9
	夏季	0.240	*	0.088	*	0.470	69.3
	秋季	0.258	63.3	0.148	*	0.484	52.4
	冬季	0.156	32.4	-0.056	-40.3	0.369	37.6
	年	0.235	60.4	0.158	*	0.429	45.5
平均最高气温	春季	0.055	16.2	0.092	*	0.166	14.4
	夏季	0.038	*	-0.092	-13.3	0.317	61.6
	秋季	0.053	23.6	0.103	*	0.112	16.0
	冬季	-0.056	-38.6	-0.179	-55.1	0.058	8.4
	年	0.034	21.8	0.011	*	0.189	24.7

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

www.climatechange.cn

续表 2

要素	季节	1960-2005 年		1960-1982 年		1983-2005 年	
		A/(℃/10 a)	*B*/%	*A*/(℃/10 a)	*B*/%	*A*/(℃/10 a)	*B*/%
平均最低气温	春季	0.398	62.4	0.279	91.5	0.791	54.9
	夏季	0.373	99.5	0.239	*	0.651	71.7
	秋季	0.457	74.2	0.179	*	0.949	76.3
	冬季	0.363	46.1	0.009	2.2	0.863	62.0
	年	0.425	67.7	0.250	*	0.847	67.6

注“*”表示此时郊区气温倾向率＜0，且热岛增温速率>0，理论上城市热岛贡献率为 100%

表 3　1961-2000 年与 1960-2005 年气温倾向率和城市热岛趋势指标的对比

Table 3 Comparison of indexes of the temperature tendency, the heat island intensity tendency and its contribution rate during 1961-2000 and 1960-2005

气象要素	城区气温倾向率/(℃/10 a)		郊区气温倾向率(℃/10 a)		城市热岛增温速率/(℃/10 a)		城市热岛贡献率 /%	
	1961-2000 年	1960-2005 年	1961-2000 年	1960-2005 年	1961-2000 年	1960-2005 年	1961-2000 年	1960-2005 年
平均气温	0.31	0.389	0.11	0.154	0.20	0.235	64.5	60.4
最低气温	0.55	0.628	0.18	0.203	0.37	0.425	67.3	67.7
最高气温	0.06	0.156	0.06	0.122	0	0.034	0	21.8

明显，冬季城市热岛增温效应最显著，春秋次之，夏季最弱，且多为降温，即冷岛效应；后 23 a，各季城市热岛增温效应都得到增强，仍然是冬季最大，夏季最小，但全部是增温；

(3) 对同一季节，最低气温表示的城市热岛增温效应最大，最高气温表示的城市热岛倾向率最小，平均气温居中，非对称性明显；

(4) 后 23 a，3 种气温表示的城市热岛增温强度在不同季节均有所增加，表明武汉市城市热岛效应进一步增强。

4　讨 论

Chen *et al.*[5] 用 1961-2000 年资料作过类似的分析，本研究增加了 6 a 资料，尤其是 2001-2005 年的资料。和以前的分析结果相比（表 3），不难看出，各项指标都有所增加（仅平均气温表示的城市热岛贡献率变化略减），说明气候变暖和城市热岛强度近几年有加速的特征，尤其是最高气温，无论城区还是郊区均呈快速增温之势。1961-2000 年间没有热岛效应，城市热岛增温速率为 0，1960-2005 年间其增量 0.034℃/10 a 已接近平均温度增量水平 0.035℃/10 a，最低、最高气温变化的非对称性有所减弱，但到 2005 年为止仍然存在。从表 3 还可以看出，平均气温和最高气温表示的城市热岛贡献率一降（降低 4.1%）一升（升高 21.8%）的变化。■

参考文献

[1] Karl T R, Jones P D, Knight R W, *et a1*. A new perspective on recent global warming: asymmetric trends of daily maximum and minimum temperature [J]. Bul1. Amer. Meteor. Soc., 1993,74 (6): 1007-1023

[2] 谢庄，曹鸿兴．北京最高和最低气温的非对称变化[J]. 气象学报，1996, 56 (4): 501-507

[3] 翟盘茂，任福民．中国近四十年最高最低温度变化[J].气象学报，1997, 55 (4): 418-529

[4] 张霞，杨宏青，陈正洪．武汉市城市热岛强度变化的非对称性特征分析[J]. 暴雨·灾害, 2000, (1): 75-81

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[5] Chen Zhenghong, Wang Haijun, Ren Guoyu. Urban heat island intensity in Wuhan, China [J]. Newsletter of IAUC (Internatiaonal Association for Urban Climate), 2006, 17 : 7-8

[6] 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

[7] Jones, P D, Groisman P Ya, Coughlan M, *et al*. 1990: Assessment of urbanization effects in time series of surface air temperature over land [J]. Nature, 1990, 347: 169-172

[8] 赵宗慈.近39年中国的气温变化与城市化影响[J].气象, 1991, 17 (4): 14-16

[9] 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

[10] Houghton J T, Ding Y, Griggs D J, *et a1*. Climate Change 2001: The Scientific Basic [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001

[11] 陈正洪．武汉、宜昌20世纪最高气温、最低气温、气温日较差突变的诊断分析[M]// 暴雨·灾害.北京：气象出版社，1999, (2): 14-19

[12] 陈正洪． 武汉、宜昌20世纪平均气温突变的诊断分析[J].长江流域资源与环境，2000, 9 (1): 56-62

Asymmetrical Change of Urban Heat Island Intensity in Wuhan, China

Chen Zhenghong[1, 2, 4] , Wang Haijun[3], Ren Guoyu[2]

(1 *Wuhan Regional Climate Center, Wuhan* 430074, *China;* 2 *Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing* 100081,*China;* 3 *Hubei Meteorological Information and Technology Support Centre, Wuhan* 430074, *China;* 4 *Wuhan Institute of Heavy Rain, China Meteorological Administration, Wuhan* 430074, *China*)

Abstract: Seasonal and annual trends of mean, minimum and maximum temperature series in Wuhan meteorological station and four rural stations averaged from 1960 to 2005, from 1960 to 1982 and from 1983 to 2005, respectively, together with the trends of urban heat island intensity and its contribution rate were calculated. The main results are: 1) most of the temperature trends are positive, the warming rate of minimum temperature is higher than that of maximum temperature, the warming rate is high in winter than in summer, there is an apparent asymmetrical change; 2) the urban heat island effect has intensified during the last 46 years in Wuhan, the warming rates of mean, minimum and maximum temperatures are 0.235, 0.425 and 0.034℃/10a, and the contribution rates to the series are 60.4%, 67.7% and 21.8%, respectively; 3) the increases of the temperature and heat island intensity are mainly contributed by the rapid warming in the latest two decades.

Key words: urban heat island intensity; maximum temperature; minimum temperature; asymmetrical change

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net