

湖北省城市热岛强度变化对区域气温序列的影响

陈正洪^{1,2} 王海军³ 任国玉⁴ 向 华² 薛 铃⁵

1 中国气象局武汉暴雨研究所, 武汉 430074

2 武汉区域气候中心, 武汉 430074

3 武汉区域气象信息与技术保障中心, 武汉 430074

4 中国气象局气候研究开放实验室, 国家气候中心, 北京 100081

5 湖北省气象科学技术研究所, 武汉 430074

摘 要 计算湖北省 71 个气象站 1961~2000 年间四季、年平均、最低、最高气温倾向率, 绘制其等值线分布图, 设计并求取武汉站相对郊区代表站、全省的城市代表站、基本和基准站相对乡村代表站的热岛增温速率和贡献率。结果表明: 1) 40 年来气温倾向率多为正, 即呈增温趋势, 但时空分布不均, 冬季最低气温增速大, 夏季最高气温增速小甚至降温, 非对称性变化明显, 几乎所有情况后 20 年增温加剧; 2) 武汉站、全省城市代表站热岛效应影响存在着显著的随时间增大趋势, 武汉年平均、最低、最高气温的热岛增温速率分别为 0.2、0.37、0 °C/10 a, 贡献率分别为 64.5%、67.3%、0%, 而全省城市代表站年 3 项气温的热岛增温速率略小, 贡献率则可达 75% 以上, 有些情况可达 100%, 且时间差异、非对称性特征与武汉较一致; 3) 近 40 年来全省基本和基准站热岛增温贡献率可达 60% 以上, 近 20 年来还有 50% 左右。因此, 目前根据国家基本、基准站资料建立的温度序列严重地保留着城市化影响。

关键词 热岛效应 气温序列 气候变化 非对称变化

文章编号 1006-9585 (2005) 04-0771-09 **中图分类号** P468 **文献标识码** A

Change of Urban Heat Island Intensity and Its Effect on Regional Temperature Series: A Case Study in Hubei Province

CHEN Zheng-Hong^{1,2}, WANG Hai-Jun³, REN Guo-Yu⁴, XIANG Hua², and XUE Ling⁵

1 Wuhan Heavy Rain Institute, China Meteorological Administration, Wuhan 430074

2 Wuhan Regional Climate Center, Wuhan 430074

3 Wuhan Regional Meteorological Information and Technological Support Centre, Wuhan 430074

4 Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081

5 Hubei Institute of Meteorological Science and Technology, Wuhan 430074

Abstract Seasonal and annual bias rates of mean, minimum and maximum temperature of 71 meteorological stations in Hubei Province from 1961—2000 are calculated and the contour maps are plotted respectively. The warming rate and its contribution rate are evaluated for six series of stations (Wuhan to its suburbs; urban representative stations, basic/reference stations and 71 stations to rural representative stations). The main results are: 1) most of

收稿日期 2005-07-26 收到, 2005-12-08 收到修定稿

资助项目 国家“十五”科技攻关项目课题“全球与中国气候变化的检测和预测”(2001BA611B-01)及科技部社会公益类重点项目“气候变化对城市人居环境影响评价与适应对策分析”(2003DIA6N017)

作者简介 陈正洪, 男, 1964 年 1 月出生, 研究员, 主要从事应用气象、气候变化等研究。E-mail: chenzh64@126.com

the temperature bias rates are positive, but the spatial and temporal patterns are non-symmetrical. The warming rate is high in winter, low even negative in summer. Almost every temperature series has greater warming rate during the past 20 years; 2) the urban heat island effect has intensified in last 40 years, in Wuhan, the warming rate of mean, maximum and minimum temperature is 0.2, 0.37 and 0 °C/10 a, and the contribution rates by urban heat island effect get 64.5%, 7.3% and 0% respectively, in urban representative stations, the warming rate of them are a little lower, but the contribution rates can get 75%, even 100% in some seasons; 3) the contribution rate of urban heat island effect over national basic/reference stations can get over 60% during the past 40 years and still 50% during the past 20 years. Above all, these results indicate the essentiality to pay more attentions to the magnitude change of urban heat island effect on long-term mean temperature series at least on regional scale.

Key words heat island effect, temperature series, climate change, asymmetrical change

1 引言

全球气候变暖的主要依据来自地表平均气温等实测资料 (IPCC, 2001)^[1]。而现有温度序列可能保留着城市热岛效应,并随时间增强,其影响程度如何,任国玉^[2]和初子莹等^[3]进行了很好的总结,国外有两种针锋相对的观点:1)影响很大,如Karl等^[4]对美国城市和乡村观测站进行了系统的对比分析发现,1901~1984年间城市甚至村镇对地表气温记录的影响是很明显的,Karl和Jones^[5]认为,美国1901~1984年期间年平均温度序列中的城市化偏差为+0.1 °C至+0.4 °C,与同期总的增暖趋势(+0.16 °C)相当,但后来他们又认为城市化影响为0.12 °C^[6],并推测在全球和区域平均气温数据中的偏差,最可能的来源是受城市热岛加强的影响;Hansen和Lebedeff^[7]发现,从数据中剔除人口超过10万的城市台站观测值后,全球的平均气温大约只上升了0.1 °C;Balling和Idso^[8]计算了美国东部1920~1984年的气温变化,发现64年间气温增加了0.39 °C,但当剔除城市化影响后气温仅增加了0.02 °C。2)影响很小,Jones等^[9]对前苏联、中国东部、澳大利亚东部以及美国的城市和农村站平均气温变化进行了比较分析,认为城市化对这些地区地表平均气温变化的影响很小,在中国东部,农村站的升温甚至比城市站还大。IPCC第三次评估报告(IPCC, 2001)^[1]采用了后者。

对我国的研究表明,气温序列中城市热岛效应影响显著,如Wang等人^[10]用1954~1983年的42对城乡地表温度资料将中国分为6个区域进行了研究,发现城市热岛影响比较明显。赵宗慈^[11]在对我国39年气温变化与城市化影响的研究中认

为,中国城市化的影响不容忽视。林学椿和于淑秋^[12]研究了北京地区气温的年代际变化和热岛效应,发现北京站记录中城市热岛效应的影响非常明显。陈正洪^[13]研究了1961~1995年武汉和荆州逐月城市热岛效应,表明月平均气温表示的城市热岛强度一致快速增加。张霞等^[14]提出并研究了武汉城市热岛强度的非对称性变化,最低气温表示的热岛强度上升明显快于最高气温所表示的热岛强度。哈斯^[15]分析发现呼和浩特市的城市热岛效应明显,并伴随着雷暴和雾日数的增加,日照时数减少。

初子莹和任国玉^[3]证实北京地区城市站热岛效应影响存在着显著的随时间增大趋势,近20年来尤为明显,基本、基准站平均温度距平序列与被认为不受城市热岛影响的郊区平均温度距平序列差异明显,近40年来城市热岛效应增强因素对基本、基准站的增温贡献率已达71.1%,近20年来也达到一半左右,因此认为目前根据国家基本、基准站资料建立的温度序列在很大程度上保留着城市化的影响。

在此基础上,拟对纬度分布自北向南的辽宁省、北京地区、山东省、湖北省、广东省等地平均气温序列的增温速率及城市热岛增温贡献率进行估算,以揭示我国广大地区由国家基本、基准站资料建立的气候序列中保留多大程度的城市热岛效应及其变化趋势。本文是湖北省的研究结果,特色之一是除了平均气温外还考虑了最低、最高气温,从而可以揭示增温速率及城市热岛增温贡献率的非对称性变化。

2 资料与方法

湖北省气象系统有78个气象站,其中国家基

准站 4 个、基本站 15 个，去掉 7 个 1961 年以后建的站（包括基本站三峡站），仍有 71 个气象站（图 1），其中基准站、基本站 18 个。由于湖北省大多数气象站是上世纪 50 年代末建立的，武汉站则是 1960 年迁到现址的，所以资料开始年选自 1961 年。根据 71 站 1961~2000 年间逐月地表平均、最高、最低气温资料，求出各站逐季、年三项气温序列。为保证原始温度序列的质量，参考 Easterling 等^[16]的方法，对各站资料进行了 t 检验，超出显著水平 0.01 的点被认为是不连续点，结果表明，这些台站中没有不连续现象；为了消除海拔高度等地理因子的影响，全部资料转化为距平值（以 1971~2000 年 30 年为气候参考期）。

建立了武汉站（WU）、武汉郊区代表站（WR）、全省城市代表站（HU）、全省乡村代表站（HR）、全省基本和基准站（HSR）等 5 种情景的四季、年 3 项气温距平平均序列，并用最小二乘法进行估计 5 类情景的四季、年 3 项气温距平平均序列 40 年和近 20 年（1981~2000 年）的线性变化趋势，包括气温倾向率（ $^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ）和相似系数，正为升温趋势，负为降温趋势。绘制了湖北省 71 站 1961~2000 和 1981~2000 年两段时期年的气温倾向率等值线图和 5 个情景的气温距平序列变化曲线图。

选取武汉周边的黄陂、新洲、江夏、蔡甸 4 个气象站（均在城外）为武汉郊区代表站，武汉、

鄂州、襄樊、荆州等 4 个大中城市气象站为全省城市代表站。全省乡村代表站的选取则考虑了三方面因素：采用对 1961~2000 年 71 站平均温度做经验正交函数分解，认为第二特征向量为负值的站可能为“乡村”站，共有 16 站，全部在西部山区；根据全省年平均、最低、最高气温 40 年序列的倾向率，其值明显比周边小；全省分布均匀，县城人口少，气象站在郊外。最后选定的 10 个乡村站为：竹溪、随州、兴山、宣恩、来凤、长阳、石首、通城、英山、黄陂。

定义：热岛升温速率 = 气温倾向率之差（WU 相对于 WR 或 HU、HSR 相对于 HR）（ $^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ），该值 <0 时实际为冷岛效应；热岛升温贡献率 = 热岛升温速率/WU（或 HU 或 HSR）气温倾向率（%），当对比站气温倾向率为负且热岛升温速率 >0 时直接记为 100%。

3 结果及其分析

3.1 全省气温倾向率的空间分布

1961~2000 年来全省年平均、最低、最高气温倾向率的中心值为 0.2、0.4、 -0.1 （ 0.1 ） $^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ，非对称性明显。从图 2 可见，年最低气温的增温幅度最大，范围几乎覆盖全省（图 2b），年平均、最低气温倾向率空间分布特征基本上是一致的（图 2a、2b），均为东正西负——江汉平原为增温

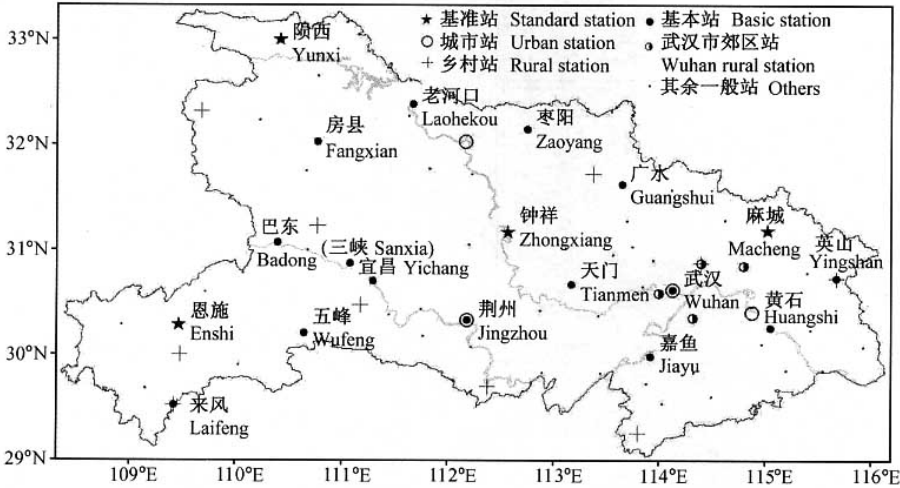


图 1 湖北省 71 个气象站的分布
Fig. 1 Distribution of 71 meteorological stations in Hubei Province

中心,鄂西山区(110°E以西)少数站降温。年最高气温40年来变化很小(图2c)。武汉、荆州等大中城市,为3项气温倾向率的高值中心,城市热岛效应明显,这也是城市站和乡村站选取的标准之一。同时这些大中城市也是基本站。

进一步分析40年来气温季节变化的空间分布表明:1)全省春、秋季平均、最低、最高气温的倾向率与对应的年3项气温倾向率的数值、空间分布几乎完全一致。2)夏季平均和最高气温在全省大部均有下降趋势,降幅从东南到西北明显增大;最低气温在鄂东南和中部地区微弱增温,西部和北部微弱降温。3)全省冬季平均和最低气温几乎均为增温趋势,增幅明显较春秋季节大,最低气温的增幅和增温范围最大;最高气

温倾向率与年倾向率分布基本一致,但增幅和增温范围略大。可见全省40年来3项气温变化的季节差异和非对称性变化明显,分季节对不同的气温对比分析十分必要(各季节3项气温倾向率分布图略)。

1981~2000年间,季、年3项气温倾向率空间分布的(图略)主要特点是一些降温区转为增温区、增温区增幅加大,说明气候变暖的趋势加剧。

3.2 武汉站(WU)和郊区代表站(WR)气温变化的比较研究

图3是1961~2000年WU和WR的年平均、

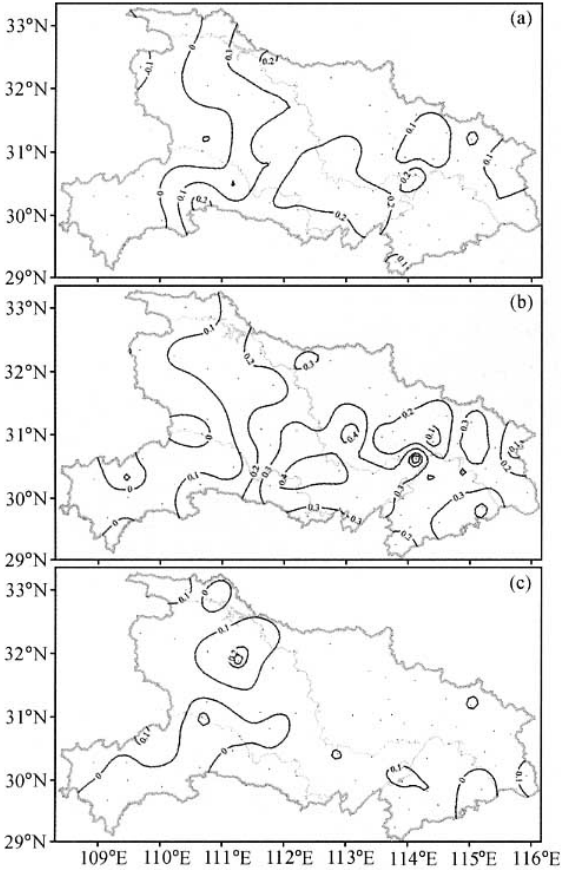


图2 湖北省1961~2000年间年平均(a)、最低(b)、最高(c)气温倾向率的空间分布(单位:℃/10a)
Fig.2 Spatial distribution of bias of average (a), minimum (b), maximum (c) temperature in Hubei Province from 1961 to 2000 (units: °C/10 a)

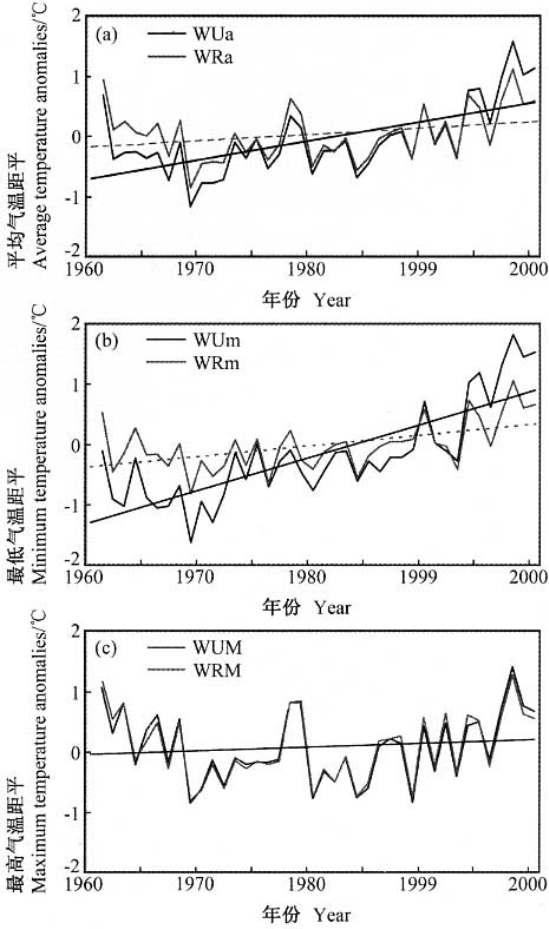


图3 武汉站(WU)和郊区代表站(WR)的年平均(a)、最低(b)、最高(c)气温距平变化曲线
Fig.3 Variation curve of average (a), minimum (b), maximum (c) temperature difference between Wuhan station and the rural representative stations

最低、最高气温距平变化曲线。表 1 是 1961~2000 和 1981~2000 年 WU 和 WR 的季、年 3 项气温倾向率, 根据表 1 计算出的 WU 相对 WR 的热岛增温速率和贡献率见表 2。

可以看出: 1) 在 1961 到 2000 年间, 武汉城区和郊区的年平均气温和最低气温总体上均呈显著增加趋势, 且 WU 的增温速率明显大于 WR 的增温速率, 最低气温的增温速率明显大于平均气

温的增温速率, 如 WU 和 WR 年平均气温的增温速率分别为 0.31、0.11 °C/10 a, 最低气温的增温速率分别为 0.55、0.18 °C/10 a, 4 个序列均有两个阶段性变化, 即 1961~1970 的降温期和 1970~2000 年的增温期; 2) WU 和 WR 的最高气温则几乎没有线性增加的趋势 (均为 0.06 °C/10 a), 周期性变化则更明显, 其中 1961~1970 年为降温期, 1970~1979 年为增温期, 1980~1990 为降温

表 1 武汉站 (WU) 和郊区站 (WR) 的气温倾向率
Table 1 The temperature bias of Wuhan station (WU) and the rural stations (WR) °C/10 a

时段 Period	项目 Item	冬 Winter	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	年 Year
1961~2000	WUa	0.57 (0.57)	0.35 (0.49)	0.04 (0.07)	0.30 (0.42)	0.31 (0.57)
	WRa	0.37 (0.42)	0.15 (0.26)	-0.17 (-0.25)	0.07 (0.12)	0.11 (0.28)
	WUm	0.88 (0.77)	0.52 (0.64)	0.29 (0.48)	0.49 (0.53)	0.55 (0.79)
	WRm	0.49 (0.61)	0.19 (0.34)	-0.05 (-0.11)	0.10 (0.16)	0.18 (0.52)
	WUM	0.17 (0.15)	0.17 (0.21)	-0.21 (-0.25)	0.12 (0.16)	0.06 (0.13)
	WRM	0.22 (0.18)	0.14 (0.19)	-0.21 (-0.25)	0.09 (0.11)	0.06 (0.12)
1981~2000	WUa	1.25 (0.69)	0.82 (0.52)	0.48 (0.35)	0.87 (0.55)	0.86 (0.81)
	WRa	0.98 (0.60)	0.53 (0.39)	0.09 (0.07)	0.47 (0.36)	0.52 (0.69)
	WUm	1.59 (0.84)	1.08 (0.67)	0.75 (0.58)	1.06 (0.57)	1.13 (0.86)
	WRm	0.89 (0.64)	0.50 (0.45)	0.18 (0.19)	0.29 (0.23)	0.47 (0.67)
	WUM	1.04 (0.47)	0.63 (0.36)	0.27 (0.18)	0.83 (0.46)	0.69 (0.70)
	WRM	1.05 (0.47)	0.55 (0.33)	0.05 (0.03)	0.79 (0.44)	0.61 (0.65)

注: WU 和 WR 后的字母 a、m、M 分别对应平均、最低、最高气温, 括号外 (内) 为气温倾向率 (相似系数)。相似系数大于 0.257、0.304、0.393、0.490 分别通过 0.10、0.05、0.01、0.001 信度检验。

Notes: letter a/m/M after WU and WR means average/minimum/maximum respectively; number outside (inside) parentheses is temperature bias (similar coefficient); similar coefficient 0.257, 0.304, 0.393, and 0.490 means passing of T-test with trust level 0.10, 0.05, 0.01, and 0.001 respectively (1961—2000) .

表 2 武汉站 (WU) 相对郊区站 (WR) 的增温速率 (单位: °C/10 a) 和热岛贡献率 (单位: %)
Table 2 Heat island increasing rate of Wuhan station to (WU) the rural stations (WR) (units: °C/10 a) and its contribution rate (units: %)

时段 Period	项目 Item	冬 Winter	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	年 Year
1961~2000	WUa, A	0.20	0.20	0.21	0.23	0.20
	WUa, B	35.1	57.1	100	76.7	64.5
	WUm, A	0.39	0.33	0.34	0.39	0.37
	WUm, B	44.3	63.5	100	79.6	67.3
	WUM, A	-0.05	0.03	0	0.03	0
	WUM, B	-29.4	17.6	0	25.0	0
1981~2000	WUa, A	0.27	0.29	0.39	0.40	0.26
	WUa, B	21.6	35.4	81.3	46.0	30.2
	WUm, A	0.70	0.58	0.57	0.44	0.66
	WUm, B	44.0	53.7	76.0	41.5	58.4
	WUM, A	-0.01	0.08	0.22	0.04	0.08
	WUM, B	-1.0	12.7	81.5	4.8	11.6

注: A: 热岛增温速率, B: 热岛增温贡献率
Note: A: heat island increasing rate, B: heat island contribution rate

期, 1990~2000 年又为增温期。3) 相对于郊区, 武汉的热岛增温速率分别为 0.2 °C/10 a (年平均气温)、0.37 °C/10 a (最低气温)、0 °C/10 a (最高气温), 热岛增温贡献率则分别为 64.5%、67.3%、0%。可见武汉的气温及城市热岛效应应具有明显的非对称性, 对 3 种气温对比研究尤显必要。

从表 1、2 可知: 1) 对同一项气温, 增温速率的季节差异明显, 冬季增温速率非常显著, 春秋次之, 夏季最弱, 且多为降温; 近 20 年来, 各季增温速率都得到增强, 仍然是冬季最高, 夏季最小, 但全部是增温; 2) 对同一季节, 最低气温的增温速率最大, 最高气温的增温速率最小, 平均气温居中, 非对称性明显; 3) 近 20 年无论是城区还是郊区, 3 项气温的增温速率在不同的季

节都得以加强, 这反映的是武汉区域大的气候变暖趋势; 4) 近 20 年热岛增温速率明显增加, 尤其是夏季的最高气温和冬季的最低气温。

3.3 全省城市站 (HU) 和全省乡村站 (HR) 气温变化的比较研究

表 3 是 1961~2000 和 1981~2000 年 HU 和 HR 的季、年 3 项气温倾向率, 根据表 3 计算出的 HU 相对 HR 的热岛增温速率和贡献率见表 4。

对照表 3 与表 1、表 4 与表 2, HU 与 HR 的季、年 3 项气温倾向率与 WU 和 WR 相比, 具有完全一致的变化规律, 如多数情况的增温趋势、热岛增温速率及季节性差异、最高最低气温变化的非对称性、后 20 年增温明显加剧等。40 年来, 年 3 项气温的热岛增温贡献率达到 75% 以上, 夏季为 100%; 近 20 年在全球气候变暖加剧、背景

表 3 全省城市站 (HU) 和全省乡村站 (HR) 的气温倾向率

Table 3 The temperature bias of urban stations and the rural representative stations in Hubei Province °C/10 a

时段 Period	项目 Item	冬 Winter	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	年 Year
1961~2000	HUa	0.46 (0.51)	0.27 (0.41)	-0.07 (-0.11)	0.25 (0.38)	0.23 (0.53)
	HRa	0.24 (0.31)	0.06 (0.11)	-0.21 (-0.35)	0.03 (0.05)	0.03 (0.08)
	HUm	0.70 (0.75)	0.41 (0.61)	0.12 (0.26)	0.38 (0.53)	0.40 (0.81)
	HRm	0.34 (0.50)	0.09 (0.17)	-0.04 (-0.11)	0.02 (0.03)	0.10 (0.35)
	HUM	0.17 (0.15)	0.17 (0.21)	-0.23 (-0.29)	0.14 (0.18)	0.17 (0.15)
	HRM	0.15 (0.14)	0.09 (0.13)	-0.29 (-0.35)	0.12 (0.15)	0.02 (0.04)
1981~2000	HUa	1.04 (0.63)	0.63 (0.43)	0.37 (0.30)	0.67 (0.46)	0.68 (0.76)
	HRa	0.87 (0.61)	0.40 (0.34)	0.12 (0.12)	0.40 (0.32)	0.45 (0.63)
	HUm	1.07 (0.75)	0.71 (0.56)	0.45 (0.43)	0.56 (0.42)	0.70 (0.83)
	HRm	0.79 (0.64)	0.41 (0.42)	0.16 (0.20)	0.15 (0.12)	0.38 (0.59)
	HUM	0.99 (0.45)	0.52 (0.30)	0.30 (0.20)	0.84 (0.45)	0.66 (0.65)
	HRM	0.99 (0.48)	0.46 (0.30)	0.18 (0.12)	0.83 (0.45)	0.62 (0.64)

表 4 全省城市站 (HU) 相对全省乡村站 (HR) 的热岛增温速率 (单位: °C/10 a) 和贡献率 (单位: %)

Table 4 Heat island increasing rate of the urban stations to the rural stations (units: °C/10 a) and heat island contribution rate (units: %) in Hubei Province

时段 Period	项目 Item	冬 Winter	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	年 Year
1961~2000	HUa, A	0.22	0.21	0.14	0.22	0.20
	HUa, B	47.8	77.8	100	88.0	87.0
	HUm, A	0.36	0.32	0.16	0.36	0.30
	HUm, B	51.4	78.0	100	94.7	75.0
	HUM, A	0.02	0.08	0.06	0.02	0.15
	HUM, B	11.8	47.1	100	14.3	88.2
1981~2000	HUa, A	0.17	0.23	0.25	0.27	0.23
	HUa, B	16.3	36.5	67.6	40.3	33.8
	HUm, A	0.28	0.30	0.29	0.41	0.32
	HUm, B	26.2	42.3	64.4	73.2	45.7
	HUM, A	0	0.06	0.12	0.01	0.04
	HUM, B	0	11.5	40.0	1.2	6.1

值增大的情况下，仍然有一定的热岛增温贡献率。但 HU 与 HR 春、夏、冬季、年增温幅度略小，夏季降温幅度略大，热岛增温速率略小。说明作为区域中心，武汉比其他城市的热岛效应更明显。

3.4 全省基本、基准站（HSR）与全省乡村代表站（HR）气温变化的比较研究

表 5 是 1961~2000 和 1981~2000 年 HSR 和 H71 的季、年 3 项气温倾向率，根据表 5、表 3 计算出的 HSR 相对 HR 的热岛增温速率和贡献率见表 6。

可见全省基本、基准站（HSR）冬季增温最明显，于是给出其与全省乡村代表站（HR）的冬季平均、最低、最高气温距平变化曲线（图 4，1961~2000 年）。

图 4 与图 3 很相似，结合表 1~6，说明 40 年

来 3 项气温多数情况有增温趋势且后 20 年增温加剧、热岛也在加剧、最高最低气温变化有非对称性等。HSR、HR 与 WU、WR 或 HU、HR 具有基本一致的变化规律。另外 HSR 3 项气温变化的阶段性也很明显，1984 年前变化很剧烈但趋势性不明显，此后变化平缓但呈持续增温趋势，HR 的 3 项气温变化平缓、增温慢。近 40 年来，HSR 年热岛增温贡献率为 0%~100%，近 20 年也有 10%~60%，说明湖北省基本、基准站中含有相当多的城市热岛信息。

将表 5 与表 1、3 对比分析表明，HSR 相对 HR 的年、季 3 项气温倾向率，与 HU 相对 HR 或 WU 相对 WR 相比，具有完全一致的变化规律，只是春、夏、冬季、年增温幅度略小，夏季降温幅度略大，热岛增温速率略小。

表 5 全省基本、基准站（HSR）和全省 71 站（H71）的气温倾向率
Table 5 The temperature bias of basic/standard stations and 71 stations in Hubei Province

时段 Period	项目 Item	冬 Winter	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	年 Year
1961~2000	HSRa	0.32 (0.40)	-0.17 (-0.29)	-0.12 (-0.21)	0.13 (0.23)	0.12 (0.33)
	H71a	0.11 (0.29)	-0.15 (-0.26)	0.11 (0.19)	0.32 (0.40)	0.14 (0.25)
	HSRm	0.44 (0.60)	0.18 (0.35)	0.02 (0.05)	0.19 (0.21)	0.19 (0.55)
	H71m	0.21 (0.61)	0.03 (0.07)	0.14 (0.23)	0.47 (0.62)	0.20 (0.38)
	HSRM	0.20 (0.18)	0.18 (0.24)	-0.22 (-0.27)	0.19 (0.24)	0.09 (0.17)
	H71M	0.05 (0.11)	-0.24 (-0.31)	0.14 (0.18)	0.17 (0.15)	0.14 (0.20)
1981~2000	HSRa	0.97 (0.64)	0.54 (0.41)	0.30 (0.25)	0.55 (0.41)	0.59 (0.70)
	H71a	0.54 (0.69)	0.22 (0.19)	0.50 (0.38)	0.94 (0.62)	0.50 (0.39)
	HSRm	0.90 (0.70)	0.58 (0.53)	0.32 (0.34)	0.31 (0.25)	0.53 (0.72)
	H71m	0.50 (0.71)	0.27 (0.30)	0.28 (0.23)	0.89 (0.69)	0.55 (0.51)
	HSRM	1.10 (0.51)	0.59 (0.35)	0.38 (0.25)	0.95 (0.48)	0.76 (0.69)
	H71M	0.65 (0.65)	0.23 (0.16)	0.85 (0.45)	1.03 (0.48)	0.50 (0.31)

表 6 全省基本、基准站（HSR）的热岛增温速率（单位：℃/10 a）和贡献率（单位：%）
Table 6 Temperature increasing rate of basic/standard stations (units: °C/10 a) and heat island contribution rate (units: %) in Hubei Province

时段 Period	项目 Item	冬 Winter	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	年 Year
1961~2000	HSRa, A	0.08	-0.23	0.09	0.1	0.09
	HSRa, B	25	0	100	77	75
	HSRm, A	0.1	0.09	0.06	0.17	0.09
	HSRm, B	22.7	50	100	89.5	47.5
	HSRM, A	0.05	0.09	0.07	0.07	0.07
	HSRM, B	25	50	100	36.8	77.8
1981~2000	HSRa, A	0.1	0.14	0.18	0.15	0.14
	HSRa, B	10.3	25.9	60.0	27.3	23.7
	HSRm, A	0.11	0.17	0.16	0.16	0.15
	HSRm, B	12.2	29.3	50	51.6	28.3
	HSRM, A	0.11	0.13	0.20	0.12	0.14
	HSRM, B	10	22	52.6	12.6	18.4

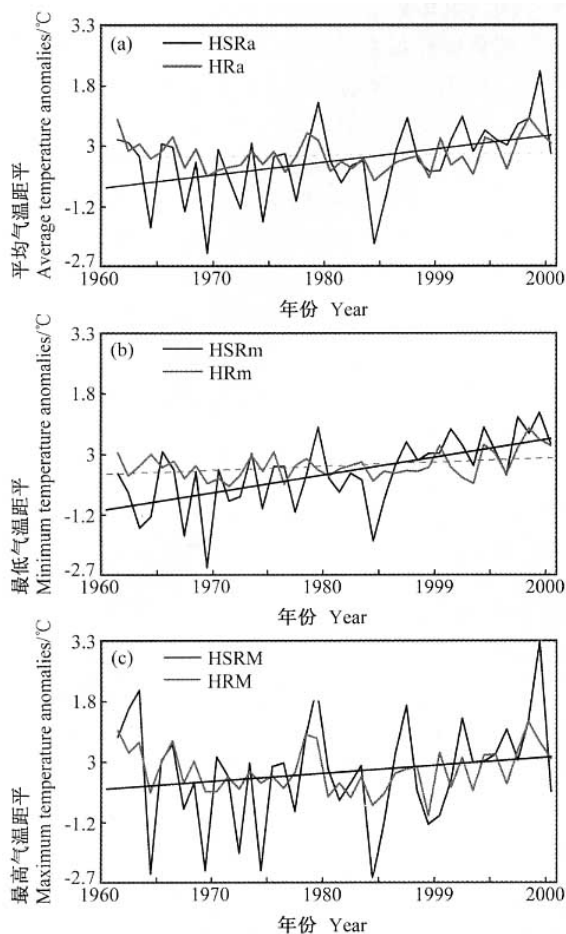


图4 全省基本、基准站 (HSR) 与全省乡村代表站 (HR) 的冬季平均 (a)、最低 (b)、最高 (c) 气温距平变化曲线

Fig. 4 Variation curve of average (a), minimum (b), maximum (c) temperature difference in winter between basic/standard stations and the rural stations in Hubei Province

HSR 在 40 年来夏、秋季平均、最高气温有降温发生, 近 20 年来则全为增温。

4 问题与讨论

通过分析发现, 湖北省大部地区气温变化规律较为一致: 最低气温增幅最大, 平均气温次之, 最高气温增幅最小; 冬季气温增幅最大, 春秋季次之, 夏季增幅最小, 甚至部分地区出现降温现象。武汉市年增温现象较湖北省其他城市及武汉市郊明显, 增温速率最大, 省内其他城市次之, 再次是武汉市郊, 乡村地区增温最弱, 视为大气

气候背景的增温现象。

湖北省基本、基准站年平均和最高气温增温明显, 近 40 年来全省基本和基准站热岛增温贡献率可达 60% 以上, 近 20 年来还有 50% 左右。因此, 目前根据国家基本、基准站资料建立的温度序列保留着城市化影响。但增温速率和热岛贡献率呈现出明显的时空 (季节、各地区) 非对称性。

参考文献

- [1] IPCC. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Houghton J T, Ding Yihui, Griggs D J, et al., Eds. Cambridge: Cambridge University Press, 2001
- [2] 任国玉. 地表气温变化研究的现状和问题. *气象*, 2003, **29** (8): 3~6
Ren Guoyu. An overview on studies of surface air temperature change. *Meteorological Monthly* (in Chinese), 2003, **29** (8): 3~6
- [3] 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. *气象学报*, 2005, **63** (4): 534~540
Chu Ziyang, Ren Guoyu. Effect of enhanced urban heat island magnitude on average surface air temperature series in Beijing region. *Acta Meteorologica Sinica* (in Chinese), 2005, **63** (4): 534~540
- [4] Karl T R, Diaz H F, Kukla G. Urbanization: its detection and effect in the United States climate record. *J. Climate*, 1988, **1**: 1099~1123
- [5] Karl T R, Jones P D. Urban bias in area-averaged surface air temperature trends. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1989, **70**: 265~270
- [6] Karl T R, Jones P D. Comments on "Urban bias in area-averaged surface air temperature trends" Reply to GM Cohen. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1990, **71**: 571~574
- [7] Hansen J R, Lebedeff S. Global trends of measured surface temperature. *J. Geophys. Res.*, 1987, **92** (13): 13345~13372
- [8] Balling R C, Idso S B. Historical temperature trends in the United States and the effect of urban population growth. *J. Geophys. Res.*, 1989, **94**: 3359~3363
- [9] Jones P D, Groisman P Ya, Coughlan M, et al. Assessment of urbanization effects in time series of surface air temperature over land. *Nature*, 1990, **347**: 169~172
- [10] Wang W C, Zeng Z, Karl T R. Urban heat islands in China. *Geophys. Res. Lett.*, 1990, **17**: 2377~2380
- [11] 赵宗慈. 近 39 年中国的气温变化与城市化影响. *气象*, 1991, **17** (4): 14~16
Zhao Zongci. Temperature change and urbanization effect in last 39 years in China. *Meteorological Monthly* (in

- Chines), 1991, 17 (4): 14~16
- [12] 林学椿, 于淑秋. 北京地区气温的年代际变化和热岛效应. 地球物理学报, 2005, 48 (1): 39~45
Lin Xuechun, Yu Shuqiu. Interdecadal changes of temperature in the Beijing region and its heat island effect. *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 2005, 48 (1): 39~45
- [13] 陈正洪. 湖北省 60 年代以来平均气温变化趋势初探. 长江流域资源与环境, 1998, 7 (4): 341~346
Chen Zhenghong. On Variation Tendency of average temperature in Hubei Province since the 1960s. *Resources and Environment in the Yangtze Basin* (in Chinese), 1998, 7 (4): 341~346
- [14] 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. 暴雨·灾害, 2000, (1): 75~81
Zhang Xia, Yang Hongqing, Chen Zhenghong. Asymmetrical features of intensity change of urban heat island effect in Wuhan. *Torrential Rain, Disaster* (in Chinese), 2000, (1): 75~81
- [15] 哈斯. 城市效应对呼和浩特市气候的影响. 气候与环境研究, 2000, 5 (2): 228~232
Ha Si. The urbanization effect on climate in Huhhot. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2000, 5 (2): 228~232
- [16] Easterling D R, Peterson T C, Karl T R. On the development and use of homogenized climate data sets. *J. Climate*, 1996, 9: 1429~1434