

文章编号: 1000-0690(2003)01-0042-07

中国不同地区城市化对室内外气温影响的比较研究

张一平¹, 何云玲¹, 马友鑫¹, 张德山², 李佑荣¹, 刘玉洪¹

(1. 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223; 2. 北京市专业气象台, 北京 100089)

摘要: 以温带城市北京、低纬高原城市昆明和热带城市景洪为研究对象, 利用由于城市扩大而受影响的气象站室内外气温资料和未受城市化影响的郊外气象站气温资料, 得出3个地区受全球气候变暖影响, 年平均气温均升高, 增温幅度在 $(15.6 \sim 20.7) \times 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C/a}$ 间, 以温带城市北京增温最显著; 受城市化影响, 年平均气温变率为 $(40.5 \sim 45.9) \times 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C/a}$ 间, 以昆明最大; 年平均室内气温变率在 $(20.6 \sim 133.1) \times 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C/a}$, 北京最大。各气温变率在11~4月以温带城市北京最大, 5~10月则以低纬高原城市昆明最大, 显示了气温较低时气温变率有增大的趋势; 由于城市面积扩大导致了受城市化影响气象站的室内外气温均升高, 11~4月增温幅度大于5~10月; 其中温带的北京朝阳气象站和低纬高原的昆明气象站的室内气温升高幅度大于室外气温, 呈现显著的城市效应, 而热带的景洪气象站室内平均气温增温幅度小于室外平均气温。

关键词: 城市化; 城市增温效应; 室内气温; 气温

中图分类号: P463.3 **文献标识码:** A

我国的城市气候的研究中, 利用长期观测资料对城市化导致的城市气候变化的研究多限于上海、北京及沿海等大中城市^[1~6], 而西部高原地区的研究较少, 仅在兰州和呼和浩特有研究^[7,8], 昆明地区仅用短期观测对城市内外的气候差异进行了探讨^[9~11], 景洪地区的研究也不多见^[12], 城市气候效应(城市热岛等)的不断增强, 已对生活在城市中的人们产生了影响。

室内的气温状况乃是衡量居住环境好坏的指标之一。在建筑领域已有较多的研究探讨了环境条件对居住环境的影响^[13~15], 但是探讨伴随城市发展, 房屋内气温长期变化的研究尚不多见。

本文分析温带城市北京、低纬高原亚热带城市昆明和热带城市景洪三地受城市化影响的气象站室内外气温及受城市化影响较小的城郊外气象站气温长期观测资料, 试探讨不同气候区域城市化对室内外气温的影响程度和变化特征。

1 研究方法

在各研究地均分别选择受城市化影响较大的

气象站和基本上未受城市化影响的郊外气象站作为对照, 然后用以下方法求算城市增温效应:

1) 消除大气候的影响: 即求算受城市发展影响较大的气象站的平均室内气温和平均气温与受城市发展影响相对较小的气象站气温差值;

2) 求城市增温效应: 用消除大气候影响后的差值序列中起始的5年平均值作为初始值, 计算出与该初始值的差值, 得到的时间系列即可认为是城市发展所造成的增温效应。

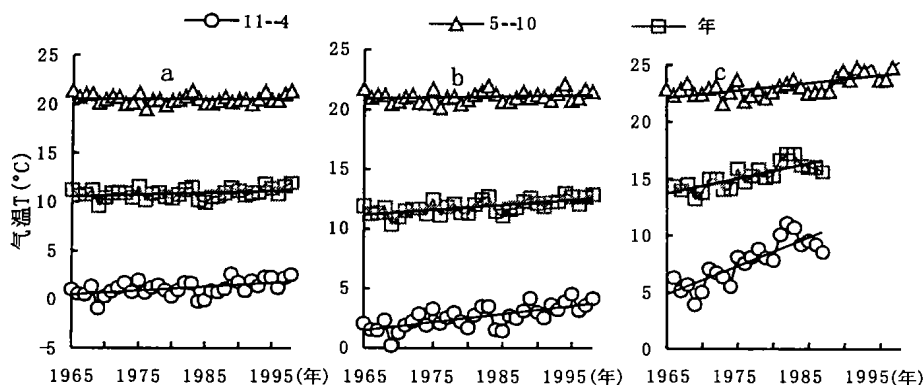
1.1 研究地概况

北京市作为中国的首都, 城市发展十分迅速, 城市建成区面积1951年为 $111.9 \text{ km}^{2[16]}$, 1980年为 $346 \text{ km}^{2[17]}$, 比1951年增加了3.1倍, 年均增长率为 $7.8 \text{ km}^2/\text{a}$; 1980~1988年(图1a)为北京市城市建设发展较快时期之一, 1998年达 $488.3 \text{ km}^{2[17]}$, 比1980年增加1.4倍, 年均增长率为 $7.49 \text{ km}^2/\text{a}$ 。北京市区城市人口(非农业人口)数量的增加也十分迅猛, 1951年为195.5万人^[17], 1980年增加到510.4万人, 到1998年, 城市人口达733.7万人^[17], 人口已是1951年的3.75倍。

收稿日期: 2001-05-08; 修订日期: 2002-08-10

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(59836250)资助。

作者简介: 张一平, 男, 汉族, 云南人, 1957年7月生, 博士, 研究员, 主要研究领域为生态气候(城市气候、森林气候、农业气象)。E-mail: yiping@public.km.yn.cn



a. 密云气象站; b. 朝阳气象站室外; c. 朝阳气象站室内

图 1 北京室内外平均气温逐年变化

Fig. 1 Annual variation of mean air temperature in every station in Beijing

昆明市属于低纬高海拔地区。城市建成区面积 1959 年为 48.6 km^2 ^[18], 1980 年为 70 km^2 ^[18]; 1980~1988 年(图 1b), 城市建成区面积有较大变化; 1995 年后城市建成区面积迅速增加, 1998 年达 132 km^2 ^[19], 比 1980 年增加了近 1 倍。昆明市区城市人口的数量 1957 年为 84.54 万人^[18], 1980 年增加到 126.3 万人^[18]; 到 1998 年城市人口达 173.06 万人^[19], 已是 1957 年的 2.1 倍。

景洪市位于我国热带地区, 1993 年城市建成区面积达 10 km^2 ^[20], 到 1998 年扩大到 15 km^2 ^①。

1.2 研究地点和使用资料

所研究的站点为北京朝阳气象站($39^\circ 59' \text{ N}$ 、 $116^\circ 17' \text{ E}$)、昆明气象站($25^\circ 01' \text{ N}$ 、 $102^\circ 41' \text{ E}$ 、海拔为 1892 m)和原景洪气象站($22^\circ 00' \text{ N}$ 、 $100^\circ 48' \text{ E}$ 、海拔 553 m), 原均处于城郊外, 四周为农地, 随着城市面积的扩大, 现已进入城郊接合部或城内, 被建筑物所包围, 周围环境和下垫面都有很大改变。作为对照的郊外气象站为密云气象站(北京郊外)、太华山气象站(昆明郊外)和原云南热带作物研究所气象站(景洪城郊外, 1997 年景洪气象站已搬迁至此)。

本研究使用的资料为北京 1965~1998 年朝阳气象站的气温和室内气温(气压表附温, 下同), 郊外(密云)气象站室外气温资料。昆明站为 1968~1998 年昆明气象站的气温、室内气温和郊外(太华山)气象站的气温。景洪考虑到城市规模较小, 仅在近期发展较快, 所以资料为 1976~1996 年景洪气象站的气温、室内气温和郊外(热作所)气象站的气温。

分析采用比较方法, 探讨不同气候区城市化对城市室内、外气温的影响作用。主要对 11~4 月(干季)、5~10 月(雨季)和年平均气温变化特征进行分析。由于北京朝阳气象站 1988 年后增加了采暖设施, 11~4 月的室内气温发生了突变, 所以北京冬半年和年平均室内气温使用资料为 1965~1987 年。

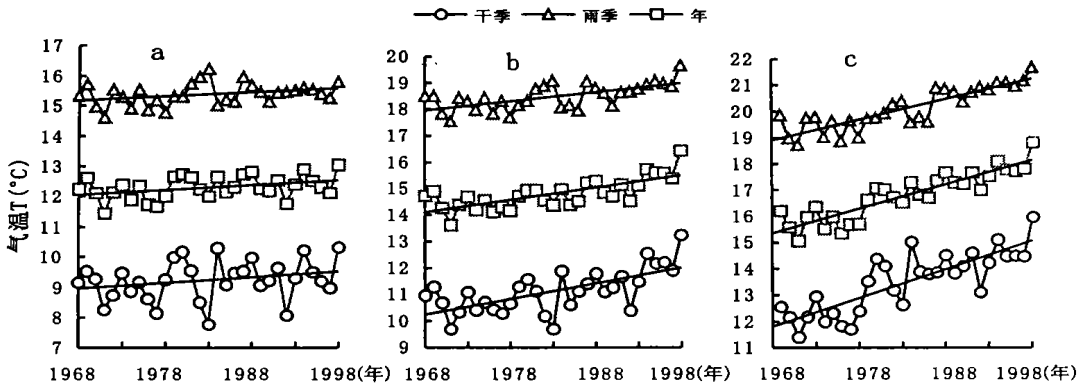
2 结果分析

2.1 气温的年间变化

图 1~3 给出北京、昆明、景洪各城市受城市影响站点室内外平均气温和城郊站室外平均气温的年际变化。可见各站的 11~4 月(干季)、5~10 月(雨季)和年平均气温的变化均呈现上升趋势, 这与全球气温升高的变化趋势相同。对于温带的北京和低纬高原的昆明, 郊外站(图 1a、图 2a)的平均气温变化较小, 而受城市化影响站点的室内气温(图 1c、图 2c)变率最大。但是处于热带郊外热作气象站(图 3a)的干季、雨季和年平均气温的变化较小, 而受城市化影响站点的室外气温(图 3b)变化最大, 这与低纬高原的昆明站和温带的北京朝阳站的室内气温增加显著的结果不同。

分析求算各站平均气温变率(趋势线斜率, 表 1)可见, 北京朝阳气象站气温变率($^\circ\text{C}/\text{a}$), 平均室内气温大于平均气温, 11~4 月、5~10 月、年平均室内气温变率分别为 251.5×10^{-3} , 66.4×10^{-3} 和 133.1×10^{-3} , 为平均气温变率(69.0×10^{-3} , 12.0×10^{-3} , 40.5×10^{-3})的 2.7 倍、5.5 倍、3.3 倍。

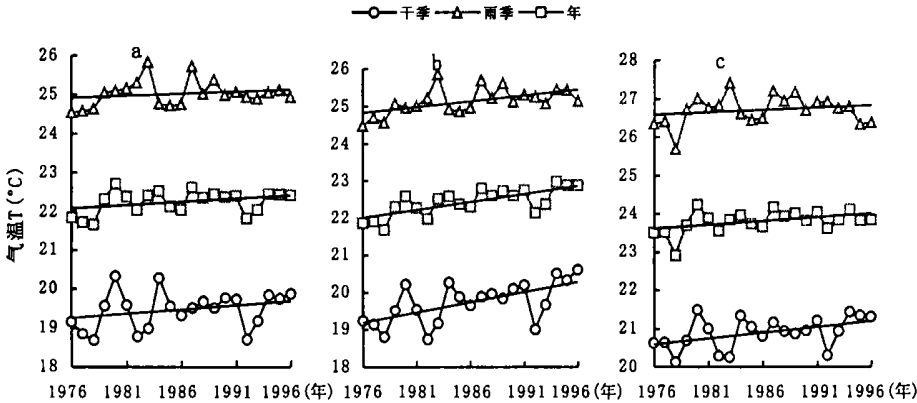
① 景洪统计局. 景洪统计年鉴(1998)。



a. 太华山气象站; b. 昆明气象站; c. 昆明气象站室内

图 2 昆明各站点的气温逐年变化

Fig. 2 Annual variation of mean air temperature in every station in Kunming



a. 热作气象站; b. 景洪气象站; c. 景洪气象站室内

图 3 景洪各站点的平均气温逐年变化

Fig. 3 Annual variation of mean air temperature in every station in Jinghong

表 1 各站点的平均气温变率 (°C/a)

Table 1 Slope of mean air temperature in every station

	11~ 4 月	5~ 10 月	年
	($\times 10^{-3}$)	($\times 10^{-3}$)	($\times 10^{-3}$)
北京朝阳站平均室内气温	251.5	66.4	133.1
北京朝阳站平均气温	69.0	12.0	40.5
北京郊外站平均气温	42.1	0.7	20.7
昆明站室内平均气温	109.0	78.4	93.7
昆明站平均气温	58.1	37.8	45.9
昆明郊外站平均气温	18.2	13.1	15.6
景洪站室内平均气温	29.6	11.7	20.6
景洪站平均气温	54.6	31.1	42.8
景洪郊外站平均气温	22.2	10.9	16.6

另外, 平均室内外气温变率呈现出 11~ 4 月大于 5~ 10 月, 平均室内气温 11~ 4 月为 5~ 10 月的 4.21 倍, 平均气温为 5.76 倍。

昆明气象站室内 11~ 4 月、5~ 10 月、年的平均室内气温变率分别为 109.0×10^{-3} , 78.4×10^{-3} 和 93.7×10^{-3} , 约为郊外气象站平均气温变率的 6

倍。昆明气象站的平均气温变率分别为 58.1×10^{-3} , 37.8×10^{-3} , 45.9×10^{-3} , 分别为郊外气象站平均气温变率的 3.19 倍、1.21 倍、2.94 倍。

景洪气象站室内 11~ 4 月、5~ 10 月、年平均室内气温变率分别为 0.029 6, 0.011 7 和 0.020 6, 比热作气象站平均气温变率稍大; 而景洪气象站平均气温变率分别为 54.6×10^{-3} , 31.1×10^{-3} , 42.8×10^{-3} , 分别为景洪郊外气象站平均气温变率的 2.45 倍、2.85 倍、2.58 倍。

其中各站的年平均气温的增温变率 [$40.5 \sim 45.9 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C/a}$] 比较接近, 其值比 Cayan 对美国西南部几个城市研究的结果 ($24 \sim 38 \times 10^{-3}$) $^\circ\text{C/a}$ 略高^[21]; 而与荒川秀俊对日本各大城市 1949 年后的年均气温增温率^[22] ($25 \sim 69 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C/a}$) 的研究结果相近。

比较温带城市、低纬高原城市、热带城市各站的平均气温变率可见, 在 11~ 4 月, 平均室内气温

变率、平均气温变率、郊外站平均气温变率均以北京最大, 而平均室温变率和平均气温变率均以景洪最小; 而郊外站平均气温变率以昆明最小。5~ 10 月, 各站的气温变率均小于 11~ 4 月, 平均室内气温变率、平均气温变率和郊外气象站气温变率均以昆明站最大, 室内平均气温变率以景洪最小, 平均气温变率和郊外气象站气温变率以北京朝阳站最小。年平均气温变率的变化情况为平均室内气温变率、郊外站平均气温变率均以北京最大, 平均气温变率以昆明最大; 而平均室内气温变率最小值为景洪, 平均气温变率最小值为北京, 郊外站平均气温变率最小值为昆明。

由以上比较可知, 在 11~ 4 月, 气温较低的北京, 各气温变率均较大, 而 5~ 10 月则是气温较低的昆明各气温变率较大。另外, 热带的景洪, 室内气温变率不论是 11~ 4 月, 还是 5~ 10 月均是呈现最小值。显示了气温变率在温度高时较小、温度低时较大的趋势。

2.2 城市增温效应

2.2.1 城市平均增温效应

根据表 1 的气温变率计算出气温增温值(表 2, 为比较方便, 统一计算 30 年的增温值)。值得注意的是各地区郊外气象站年平均气温 30 年的增温值在(0.47~ 0.62℃)/30 a 之间, 以温带的北京受影响程度最大(0.62℃/30 a), 这与已有研究所显示的全球温暖化影响程度基本吻合。比较各站 30 年的增温幅度, 可见, 北京朝阳和昆明气象站室内气温的增温幅度之大令人惊讶。

表 2 各站点的计算增温值(℃/30a)
Table 2 The increment of air temperature in every station

	11~ 4 月	5~ 10 月	年
北京朝阳平均室内气温	7.55	1.99	3.99
北京朝阳平均气温	2.07	0.36	1.22
北京郊外站平均气温	1.26	- 0.02	0.62
昆明站室内平均气温	3.27	2.35	2.81
昆明站平均气温	1.74	1.13	1.38
昆明郊外站平均气温	0.55	0.39	0.47
景洪站室内平均气温	0.89	0.35	0.62
景洪站平均气温	1.64	0.93	1.28
景洪郊外站平均气温	0.67	0.33	0.50

进一步计算由于城市发展导致的城市增温效应(表 3, 受城市化影响气象站与郊外站的增温值之差)发现, 由于城市化造成的增温幅度, 平均室内气温大于平均气温, 11~ 4 月大于 5~ 10 月; 平均

室内气温增温值在 11~ 4 月北京可达 6.29℃, 昆明也达 2.72℃, 景洪最小仅为 0.97℃; 分别为各站平均气温增温值的 7.8 倍、2.3 倍和 0.2 倍; 5~ 10 月室内气温的增温值略小, 分别为 2.01℃、1.96℃和 0.02℃, 为平均气温增幅的 5.3 倍、2.6 倍和 0.03 倍。年均室内气温增温分别为 3.37℃、2.34℃和 0.12℃, 为年平均气温增温的 5.6 倍、2.6 倍和 0.2 倍。

表 3 各站点的城市温效(各站与郊外站的气温差,℃/30a)
Table 3 The urban effect of air temperature in every station

	11~ 4 月	5~ 10 月	年
北京朝阳室内平均气温	6.29	2.01	3.37
北京朝阳平均气温	0.81	0.38	0.60
昆明站室内平均气温	2.72	1.96	2.34
昆明站平均气温	1.20	0.74	0.91
景洪站室内平均气温	0.22	0.02	0.12
景洪站平均气温	0.97	0.60	0.78

另外, 11~ 4 月的温度变率和城市增温效应均较大的原因可以认为是由于 11~ 4 月各地的晴天较多, 而气温较低, 使得城市的增温效应较大; 而 5~ 10 月由于阴雨天较多, 加之气温较高, 而减缓了城市的增温效应。

2.2.2 城市增温效应的逐年变化

为进一步探讨城市增温效应的逐年变化、消除全球增暖趋势的影响, 将各站的平均气温、平均室内气温减去郊外气象站的平均气温, 然后用初期 5 年的平均值为前期基准值, 求算各年与基准值的差, 得出各地区城市扩大对平均气温、平均室内气温影响(城市增温效应)的逐年变化(图 4~ 6)。

北京城市扩大对北京朝阳站平均气温、平均室内气温影响(城市增温效应)的逐年变化见图 4。随城市发展, 朝阳气象站受城市的影响越来越大, 增温效应越来越强(图 4); 从图中可见, 平均室内气温的增温幅度均大于平均气温; 特别是 11~ 4 月(图 4a), 由于气温低, 晴好天气较多, 加之城市面积的扩大, 使得平均室内气温与平均气温的城市效应差异增大。夏半年由于北京气温高、雨水较多, 城市增温效应受到减缓, 平均室内气温的城市温效直到 20 世纪 80 年代后期, 才明显出现(图 4b), 平均气温的城市增温效应均不明显。年平均室内气温的城市增温效应(图 4c)大于平均气温, 呈现不断上升趋势。

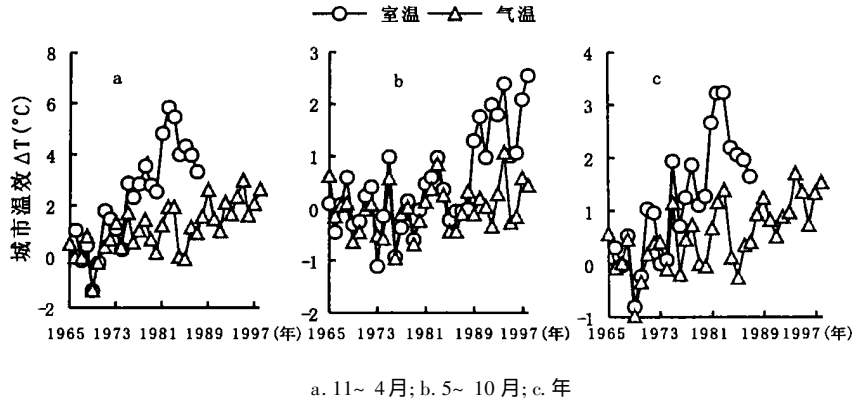


图 4 北京城市温效的逐年变化

Fig. 4 Annual variation of urban effect of air temperature in Beijing

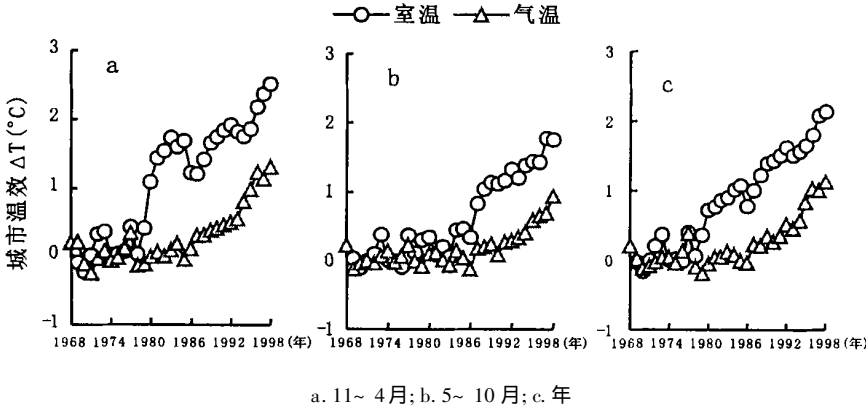


图 5 昆明城市增温效应的逐年变化

Fig. 5 Annual variation of urban effect of air temperature in Kunming City

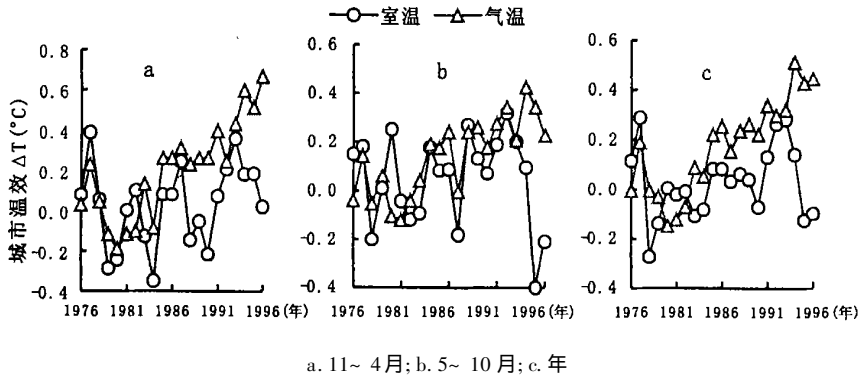


图 6 景洪城市增温效应的逐年变化

Fig. 6 Annual variation of urban effect of air temperature in Jinghong City

对于低纬高原的昆明市(图 5)在 20 世纪 60~70 年代,由于城市发展较缓,城市增温效应对当时处于郊外的昆明气象站几乎没有影响(差值趋于零),到了 20 世纪 80 年代初期,伴随城市化的进程加快,伴随城区面积扩大,城市增温效应开始对昆明气象站产生影响。

在干季的 11~4 月,由于昆明地区晴好天气较多,使得平均室内气温的城市效应在 20 世纪 80 年代初即开始显现(图 5a)并迅速增大,到 1983 年后变化减缓,增温幅度在 1.2°C~1.9°C 之间;到 1995 年,随着城市面积又一次快速扩大,室内气温的城市温效也再次增大,1998 年达 2.5°C。对于 11~4

月平均气温的城市增温效应, 在 20 世纪 80 年代中期才开始呈现, 且增幅也较缓, 到 1994 年后增幅加大, 1998 年达 1.3°C 。这是因为 90 年代中期, 随着昆明市城市规模的第 2 次迅速扩展, 城市区域已接近昆明气象站, 使其进入城市近郊、处于城市热岛的陡崖(cliff)区域^[23], 导致气温迅速增高。

雨季的 5~10 月, 由于阴雨天较多, 城市增温效应受到减缓, 直到 20 世纪 80 年代后期, 雨季平均室内气温的城市增温效应才明显出现(图 5b), 但与 11~4 月不同, 平均室内气温的城市增温效应出现后就呈现不断增大趋势, 1998 年已达 1.8°C 。而 11~4 月月均温的城市增温效应到 20 世纪 90 年代初才出现, 其效应小于室内气温, 1998 年达到 0.9°C 。

由于干、雨季的综合作用, 年平均室内气温的城市增温效应在 20 世纪 80 年代初期出现, 并呈现不断上升趋势, 到 1998 年达 2.1°C ; 年平均气温的城市增温效应在 80 年代末期出现, 同样呈现不断上升趋势, 1998 年达 1.1°C 。

处于热带的景洪城市扩大对景洪站平均气温、平均室内气温影响(城市增温效应)的逐年变化见图 6。

在 20 世纪 80 年代中期前, 由于城市发展较缓, 城市增温效应对当时处于郊外的景洪气象站几乎没有影响(差值趋于零), 从 80 年代中期开始, 伴随城市化的进程加快, 城区面积扩大, 城市增温效应开始对景洪气象站产生影响, 平均气温效应显著, 而平均室内气温影响较小。

在 11~4 月由于景洪地区晴好天气较多, 使得平均气温的城市效应较为显著(图 6a), 增温幅度在 $0.4^{\circ}\text{C}\sim 0.7^{\circ}\text{C}$ 之间; 5~10 月(图 6b)由于景洪阴雨天较多, 城市增温效应受到减缓, 增温效应较弱, 年平均气温的城市增温效应(图 6c)则介于其间。

由以上分析可知, 城市化对室内平均温度的影响程度要大于平均气温; 11~4 月的城市增温效应大于 5~10 月; 温带大城市的增温效应大于热带小城市。

3 讨 论

全球气候温暖化已是公认的事实, 本文通过对多年资料的分析, 得出受城市较小的郊外气象站(表 1), 其年均气温变率在 $(15.6\sim 20.7)\times 10^{-3}^{\circ}\text{C/}$

a 间, 以北京为最大, 显示了中国不同地区均受到全球温暖化的影响, 而温带地区所受影响较大。

受城市化影响的各站点的年平均气温变率为 $(40.5\sim 45.9)\times 10^{-3}^{\circ}\text{C/a}$, 以昆明最大; 年平均室内气温变率在 $(20.6\sim 133.1)\times 10^{-3}^{\circ}\text{C/a}$, 以北京最大, 其结果与日本的研究相近, 显示了在中国的温带、低纬高原和热带均存在城市化对城市气温的影响效应。

由于中国属于季风气候, 温带的北京冬半年(11~4 月)和夏半年(5~10 月)存在明显差异; 而低纬高原的昆明和热带的景洪存在干季(11~4 月)和雨季(5~10 月)之分。本文通过分析, 得出 11~4 月的各气温变率最大值均出现在气温较低的温带城市北京, 而 5~10 月各气温变率的最大值则出现在气温较低的低纬高原城市昆明。分析结果显示, 低温时期气温变率大于温度较高时期, 反映了气温较低时城市效应较显著, 这与城市热岛效应在夜间或冬季较明显的结果相似。

不同区域的城市化对气温和室温的影响程度存在差异, 温带城市北京和低纬高原城市昆明由城市化导致的城市增温效应对室内平均温度的影响程度要大于平均气温, 而热带城市景洪则反之, 室内平均气温的城市效应小于室外平均气温。

城市增温效应存在明显的季节变化, 在晴好天气较多的 11~4 月, 城市增温效应强度大于阴雨天气较多的 5~10 月。

参考文献:

- [1] 周淑贞, 束 炯. 城市气候学[M]. 北京: 气象出版社, 1994. 244~ 334.
- [2] 周淑贞. 上海近数十年城市发展对气候的影响[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 1990, 4(4): 64~ 73.
- [3] 周淑贞. 上海城市发展对气温的影响[J]. 地理学报, 1983, 38(4): 397~ 405.
- [4] 陈沈斌, 潘莉卿. 城市化对平均气温的影响[J]. 地理学报, 1997, 52(1): 27~ 36.
- [5] 北京市气象局气候资料室(编著). 北京城市气候[M]. 北京: 气象出版社, 1992. 110~ 120.
- [6] 葛向东, 赵咏梅. 城市化对上海的增温效应[J]. 云南地理环境研究, 1999, 11(1): 44~ 50.
- [7] 白虎志, 张焕儒, 张存洁. 兰州城市发展对局地气候的影响[J]. 高原气象, 1997, 16(4): 410~ 416.
- [8] 邱瑞琦, 薛起刚. 呼和浩特城市气候特征[J]. 气象, 1997, 23(1): 32~ 35.
- [9] 张一平, 彭贵芬, 张庆平. 城市区域屋顶与地上的风速和温度特征分析[J]. 地理科学, 1998, 18(1): 45~ 52.

[10] 张一平, 彭贵芬, 李玉麟. 低纬高原城市昆明的气候特征[J]. 高原气象, 1997, 16(3): 319~ 324.

[11] 黄逸生, 王霞斐, 陈明森, 等. 昆明城市热岛及大气质量探测报告[A]. 滇池地区生态环境与经济综合考察课题组. 滇池地区生态环境与经济综合考察报告[C]. 昆明: 云南科技出版社, 1988. 131~ 149.

[12] 刘文杰, 李红梅. 景洪市城市发展对城市气候的影响[J]. 气象, 1997, 23(3): 38~ 41.

[13] L 巴赫基(傅忠诚, 等译). 房间的热微气候[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1985. 218~ 280.

[14] B 吉沃尼(陈士麟译). 人·气候·建筑[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1982. 189~ 220.

[15] 陈启高. 建筑热物理基础[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1991. 1~ 40.

[16] 薛凤旋. 北京- 由传统国都到社会主义首都[M]. 香港: 香港大学出版社, 1996. 99~ 130.

[17] 北京统计局. 北京统计年鉴(1980~ 1999)[M]. 北京: 统计出版社, 1980~ 1999.

[18] 昆明市规划设计研究院. 昆明市城市规划[M]. 昆明: 云南人民出版社, 1995. 7~ 22.

[19] 云南省统计局. 云南统计年鉴(1998)[M]. 北京: 中国统计出版社, 1999. 395~ 397.

[20] 中国统计局. 中国城市统计年鉴(1993~ 1994)[M]. 北京: 中国统计出版社, 1995. 78.

[21] 景洪统计局. 景洪统计年鉴(1998)[M]. 景洪统计局印, 1998. 360.

[22] Cayan D R, Douglas A V. Urban influences on surface temperature in the Southwestern United States during recent decades[J]. Journal of Climate and Applied Meteorology, 1984, 23: 1520~ 1530.

[23] 荒川秀俊, 相马清二, 堤敬一郎など. 日本の大都市における気温と湿度の経年変化[J]. 天气, 1970, 17: 239~ 241.

[24] Oke T R. Inadvertent modification of the city atmosphere and the prospects for planned urban climate, Proc. Symp. Meteorology Related to urban and regional land planning[M]. Asheville, N. C., world Meteorology, Organiz., Ceneva, 1976. 151~ 175.

A Comparative Study About Effect of Urbanization on the Indoor and Outdoor Air Temperature on Different Cities of China

ZHANG Yi-Ping¹, HE Yun-Ling¹, MA You-Xin¹,
ZHANG De-Shan², LI You-Rong¹, LIU Yu-Hong¹

(1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Kunming, Yunnan 650223; 2. Beijing Specialty Meteorological Station, Beijing 100089)

Abstract: Based on different cities such as Beijing (located in temperate zone), Kunming (a city of high plateau and low latitude) and Jinghong (lies in tropical zone), the data root in the urban weather station, which have been affected by urban expansion in and in suburb weather station, which have not been influenced by urbanization. The results indicate that the global climatic warming bring about the average air temperature increased $(15.6-20.7) \times 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C/a}$ or so in three cities, Beijing is the most marked. Because of urbanization, the average air temperature rise $(40.5-45.9) \times 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C/a}$ (Kunming exceed other two cities), and indoor air temperature go up $(20.6-133.1) \times 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C/a}$ (Beijing goes beyond other two cities). The variation of air temperature is the greatest in Beijing during November- April and in Kunming during May- October, which indicates the variation has a tendency to increase when air temperature is lower. With city area expanding, the outdoor and indoor air temperature rise, furthermore, the range-ability of temperature rising in November- April go beyond that in May- October, and indoor exceed outdoor in Beijing's Chaoyang Weather Station and Kunming Weather Station. These results may provide a reference for studying fundamentals about urbanization effect on urban climate, city planning and architecture design.

Key words: urbanization; effect of city temperature increasing; indoor air temperature; air temperature