

石家庄气象站记录的城市热岛效应及其趋势变化

卞韬^{1,2} 任国玉^{2,3} 张翠华¹ 阎访¹

摘要

利用石家庄市站和4个郊区站1962—2009年的气温资料,采用城乡气温对比和线性趋势分析方法,探讨了石家庄站地面城市热岛(UHI)强度特征及其随时间变化情况,以及城市化因素对城市站地面气温长期变化趋势影响。结果表明:石家庄站地面UHI效应明显,且UHI效应在最低气温上表现更突出;UHI强度冬季1月最大,夏季7月最小;UHI强度具有明显的日变化,最高值出现在早晨7—8时,最低值出现在午后14—16时;近48 a,石家庄站附近UHI强度呈显著增加趋势,且最低气温UHI强度比最高气温的增加趋势更明显;从UHI强度增加对地面气温观测记录的影响来看,石家庄站附近1962—2009年期间年平均UHI增温率达到 $0.19\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$,UHI增温贡献率为67.9%,即该站近48 a记录的年平均地面气温上升趋势,有 $2/3$ 以上可归因于城市化因素影响。

关键词

城市UHI强度;气温变化;线性趋势;城市热岛增温率

中图分类号 TH71;TG803

文献标志码 A

收稿日期 2011-08-02

资助项目 国家“十一五”科技支撑项目(2007-BAC29B02,2007BAC03A01)

作者简介

卞韬,女,硕士,高级工程师,主要研究气候变化。biantao4680@sina.com

0 引言

城市气候最显著的特点之一就是城市热岛效应^[1]。城市热岛(UHI)效应是指一个城市的城区气温高而郊区气温低的现象,在温度空间分布上,建成区犹如一个温暖的岛屿^[2]。城市热岛强度一般定义为城区气温与郊区气温之差。UHI强度取决于城市的规模,也和用于分析的城区和郊区观测站点位置有关系。

城市规模一般是不断扩大的,在发展中国家和地区城市建成区的扩展现象尤其明显,这个过程就是城市化或城镇化。城市化致使市区和近郊区下垫面性质显著改变,人口数量持续增加,能源消耗和热排放量不断增多,城市某一个固定位置上的城市热岛效应亦将愈来愈显著。增强的城市热岛效应不仅为城市生活和城市建设规划提出了新的问题,而且由于气象观测台站多数接近城市建成区,也给有关全球和区域尺度气候变化的研究带来不可忽视的不确定性^[3,4]。因此,研究城市热岛效应及其时间演化规律,对于城市规划和城市、区域气候变化研究均具有参考价值。

我国有关城市热岛效应基本气候学特征的研究及其对城市气象台站地面气温变化影响的案例研究,主要限于北京、上海、武汉、南京、天津等大城市^[5-12],针对其他城市的研究不多。刘学锋等^[13]分析评价了石家庄站的气温变化和UHI强度变化,发现石家庄地区地面气温明显上升,同时也指出城市站气温记录中存在着UHI效应的影响,但其并没有对石家庄站附近UHI强度气候学特征进行研究,对于郊区站或参考站的选取采用所有站序列平均的办法,因此对于UHI强度及其随时间演化趋势的估计可能是保守的。

本文利用更新到2009年的详细地面观测资料以及客观的参考站选择方法,分析评价了石家庄站附近记录到的UHI效应气候学特征,及其UHI强度随时间变化情况,并探讨其对城市站长期地面气温变化趋势的影响。

1 资料来源和与研究方法

本文所用资料为石家庄市站以及藁城、元氏、平山和新乐4个距离市区站较近的郊区站1962—2009年近48 a的逐日平均气温、最低气温和最高气温。石家庄站是国家基本气象站,而4个郊区站均为国家一般气象站。分析UHI强度日变化特征则采用这5个站2009年

1 河北省石家庄市气象局,石家庄,050081

2 中国气象局 气候研究开放实验室,北京,100081

3 中国气象局 国家气候中心,北京,100081

3月—2010年2月加密的逐时气温资料. 所用资料由石家庄市气象局业务科进行了质量控制, 订正了由于各种人为因素造成的错误值.

石家庄市观测站原位于城市的西郊. 20世纪80年代以前, 观测站周围比较荒凉, 主要是一些城中村的居民和驻军部队, 观测场周围建筑很多, 观测环境很好, 但随着石家庄城市化进程加速, 观测站附近建筑物逐渐增多, 目前观测场周围已是高楼林立, 成为一个典型的城市观测站. 4个郊区站分布在石家庄站东、南、西、北4个方向, 平均海拔高度为80.4 m, 与市区站高度(81.0 m)十分接近(表1), 因此不必做高度订正, 减少了分析误差. 郊区站距离石家庄市均在20 km以上, 人口密度小, 经济发展相对缓慢, 城镇化进程低, 观测场周围的探测环境受城镇化影响较弱, 可看作石家庄地区最具有代表性的“乡村站”.

石家庄站自建站至今没有迁站, 但4个郊区站均迁过站(表1). 为了解迁站可能造成的资料序列非均一性, 利用石家庄地区全部17个站平均气温序

列作为参考, 因建站时间不同, 为了对比统一采用1972—2009年序列长度, 检验了4个郊区站迁站附近的气温跳跃情况. 方法是计算每个郊区序列与参考序列的差值, 得到差值序列, 再应用滑动 t 检验方法检验可能的断点(图1). 结果发现, 4个郊区站均在1993年出现断点, 而石家庄地区其他12个站也均在1993年出现断点, 排除了迁站和仪器更换的原因. 4个郊区站的平均气温在1993年的不连续性现象是一次正常的气候跃变.

本文季节划分方法为: 春季(3—5月)、夏季(6—8月)、秋季(9—11月)、冬季(12月—次年2月). 年平均气温是全年12个月的平均. UHI强度以石家庄站与4个郊区站平均气温的差值来表示:

$$\Delta T = T_{\text{城市}} - T_{\text{郊区}}, \quad (1)$$

$$T_{\text{郊区}} = (T_{\text{藁城}} + T_{\text{元氏}} + T_{\text{平山}} + T_{\text{新乐}}) / 4. \quad (2)$$

在分析 UHI 强度变化时使用线性趋势^[14]方法. 用线性回归方程 $y = a + bt (t = 1, 2, 3, \dots, n)$ 来拟合 UHI 强度序列, 其中 a 为回归常数, b 为回归系数.

表1 石家庄站和4个郊区站基本信息及迁站情况

Table 1 Basic information of 1 urban station and 4 suburban meteorological stations in Shijiazhuang

站点	经度/(°E)	纬度/(°N)	海拔高度/m	迁站情况(日期)
石家庄	114.42	38.03	81.0	无
新乐	114.68	38.35	70.8	1989年5月1日和2003年1月1日
平山	114.20	38.25	131.0	2000年1月1日
藁城	114.81	38.01	53.5	1999年1月1日
元氏	114.53	37.75	66.4	1982年1月1日和1997年1月1日

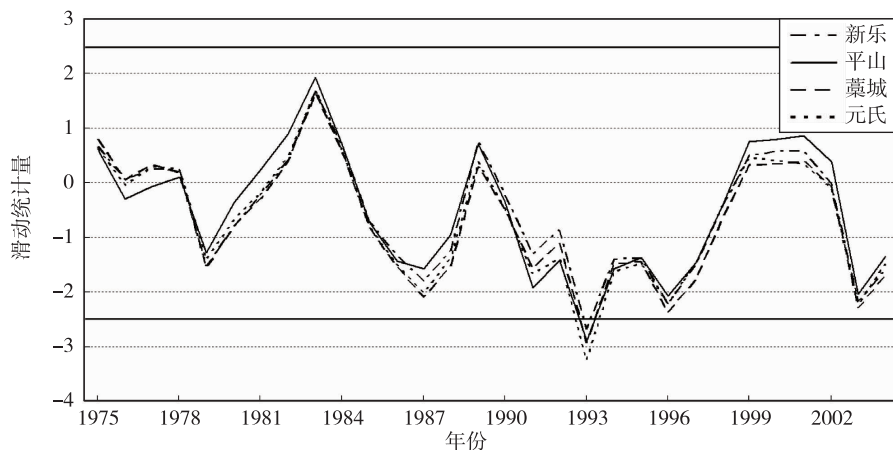


图1 石家庄地区4个郊区站年平均地面气温序列的均一性检验(黑实线为 $\alpha = 0.05$ 的显著性水平)

Fig. 1 Data homogeneity test for average ground temperature of the four suburban stations

(Solid straight lines is significance level at $\alpha = 0.05$)

$b \times 10$ 为 UHI 强度的每 10 年变化趋势,单位为 $^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$,可定量反映 UHI 强度随时间的线性变化趋势,其符号表示 UHI 强度的升降,数值大小则反映了上升或下降的速率或幅度。

在分析城市热岛效应因素对石家庄站地面气温变化的影响时,定义城市站平均温度变化速率与郊区站平均温度变化速率之差为城市热岛增温率^[9,15].城市热岛增温率($^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$)等同于城市热岛强度增加速率或趋势,城市热岛增温率在其总增温率中所占的百分比为城市热岛增温贡献率^[9,15]。

2 结果分析

2.1 UHI 强度气候特征

分析表明,石家庄站 1962—2009 年平均气温的 UHI 强度为 $0.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$,年平均最低气温 UHI 强度为 $1.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$,年平均最高气温 UHI 强度为 $0.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$.可见,石家庄市区站附近的城市热岛效应很明显,而且 UHI 效应在最低气温上表现更明显.一般百万人口以上的大城市平均气温约高于郊区 $0.5 \sim 1.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[5],可见石家庄站附近记录到的平均气温 UHI 强度是具有代表性的。

从平均气温和最低气温各季节平均 UHI 强度来看(表 2),石家庄市 UHI 强度冬季最强,春季、秋季次之,夏季最弱,这与以往的研究结果也大体一致^[6-7];但从最高气温来看,秋季 UHI 强度最弱。

表 2 1962—2009 年石家庄站附近各季节平均 UHI 强度
Table 2 Mean UHI intensity for four seasons of Shijiazhuang during 1962—2009 $^{\circ}\text{C}$

季节	平均气温 UHI 强度	最低气温 UHI 强度	最高气温 UHI 强度
春季	0.8	1.3	0.4
夏季	0.4	0.7	0.3
秋季	0.5	0.9	0.2
冬季	1.1	1.7	0.5

从图 2 可以看到,石家庄站附近 1 月平均气温的 UHI 强度最强,2—7 月逐渐减弱,其中 3—5 月变化很微弱,7 月最弱,8—12 月又开始逐渐增强.各月平均最低气温 UHI 强度变化与平均气温类似.平均最高气温 UHI 强度则有所不同:12 月最强,10 月最弱,各月之间差异不很大,其中 1—5 月之间没有变化,均为 $0.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

UHI 强度日变化分析采用了石家庄市站、藁

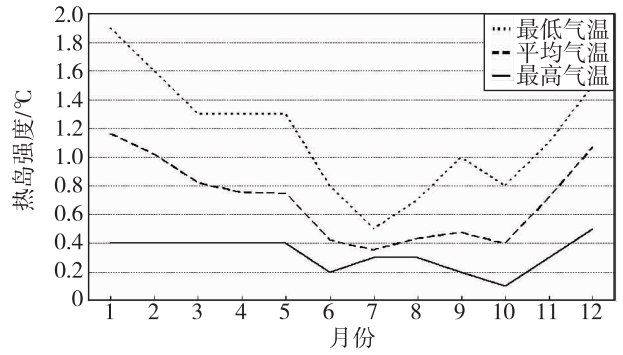


图 2 1962—2009 年各月平均气温、平均最低气温和平均最高气温 UHI 强度变化曲线

Fig. 2 Monthly UHI intensity curves of mean, minimum and maximum temperature of Shijiazhuang during 1962—2009

城、元氏、平山和新乐这 5 个站 2009 年 3 月—2010 年 2 月加密的逐时气温观测资料.由于只使用 1 a 的观测记录,这里给出的 UHI 强度平均值与上述年代和季节 UHI 强度没有可比性,但对于说明石家庄站附近 UHI 强度日内变化特征仍有帮助.白天定义为北京时间 8:00—19:00,夜间定义为北京时间 20:00—次日 7:00。

从图 3 可以看到,石家庄市 UHI 强度具有明显的日变化:北京时间 20:00 到凌晨 1:00 UHI 强度在 $0.65 \sim 0.68 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,变化不明显;从 2:00—8:00 UHI 强度呈明显增强趋势,UHI 强度均在 $0.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 之上,早晨 8:00 达到峰值,为 $0.86 \text{ }^{\circ}\text{C}$;白天 9:00—16:00 UHI 强度呈迅速减弱趋势,下午 16:00 到达最低,为 $0.268 \text{ }^{\circ}\text{C}$;下午 17:00 又开始逐渐增强.整体上夜间 UHI 强度($0.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$)明显强于白天($0.47 \text{ }^{\circ}\text{C}$)。

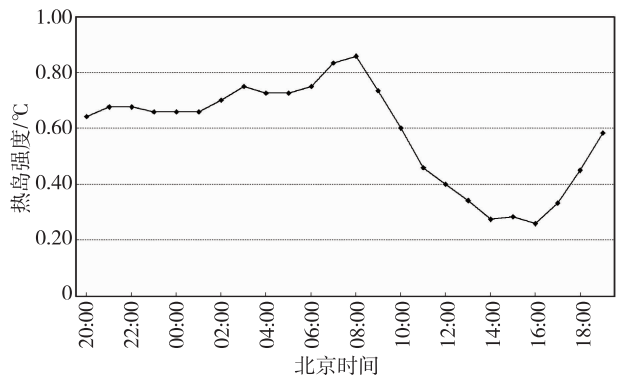


图 3 2009 年 3 月—2010 年 2 月石家庄站 UHI 强度年平均日变化

Fig. 3 Annual mean diurnal variation of UHI intensity of Shijiazhuang during March 1, 2009 to February 28, 2010

UHI 强度的这种日变化特点主要与城、郊热量收支状况不同有关. 一般郊区在日落后净辐射值转为负值, 而城区下垫面白天积蓄的热量多, 晚间的风速又比郊区小, 不利于热量向外扩散, 使得城区夜间的气温比郊区高, 城、郊温差大. 随着辐射冷却过程不断进行, 城区和郊区的温差逐渐缩小. 日出后, 随着太阳高度角的逐渐增大, 郊区因土壤热容量小而迅速增温, 使得温差明显减小, 到了中午前后, 城区和郊区的气温基本接近, 有时反比郊区略低些^[16].

图4 给出 2009 年 3—2010 年 2 月间各个季节石家庄站附近平均 UHI 强度的日变化情况. 可以看到: 四季 UHI 强度夜间均大于白天; 夜间 UHI 强度随时间变化不大, 白天则变化明显; 冬季和春季昼夜变化幅度最大, 秋季次之, 夏季最小, 这与华北地区北京、廊坊等城市的研究结果基本一致^[6,17]. 春季 UHI 强度在早晨 7:00 最强, 比其他三季提早 1 h; 夏季 UHI 强度在下午 14:00 最弱, 比其他三季要提早 2 h.

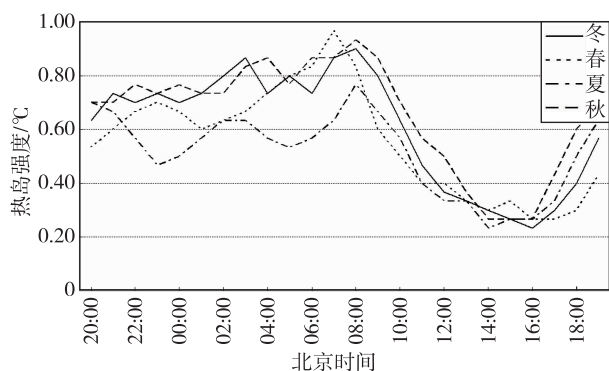


图4 2009年3月—2010年2月四季石家庄站平均UHI强度日变化

Fig. 4 Seasonal mean diurnal variation of UHI intensity of Shijiazhuang from March 1, 2009 to February 28, 2010

2.2 UHI 强度的年代和趋势变化

从不同年代年平均 UHI 强度(表3)可以看到, 年平均气温 UHI 强度在 20 世纪 60 年代、70 年代和 80 年代比较稳定, 均为 0.5 °C, 90 年代则大幅增加到 0.8 °C, 近 10 a 继续增加到 1.2 °C. 年平均最低气温 UHI 强度与年平均气温 UHI 强度在不同年代际的变化特征基本一致, 仅 80 年代略有下降, 年平均最高气温 UHI 强度则在近 10 a 有大幅增加.

图5 给出了 1962—2009 年年平均气温、年平均最低气温和年平均最高气温 UHI 强度变化曲线及其线性趋势. 年平均气温 UHI 强度增加趋势等同于年平均 UHI 增温率, 达到 0.19 °C/(10 a), 通过了 $a =$

表3 1962—2009 年不同年代年平均 UHI 强度

年代	平均气温 UHI 强度	最低气温 UHI 强度	最高气温 UHI 强度
20 世纪 60 年代	0.5	0.6	0.2
20 世纪 70 年代	0.5	1.0	0.3
20 世纪 80 年代	0.5	0.8	0.3
20 世纪 90 年代	0.8	1.5	0.4
2000 年后	1.2	1.9	0.6

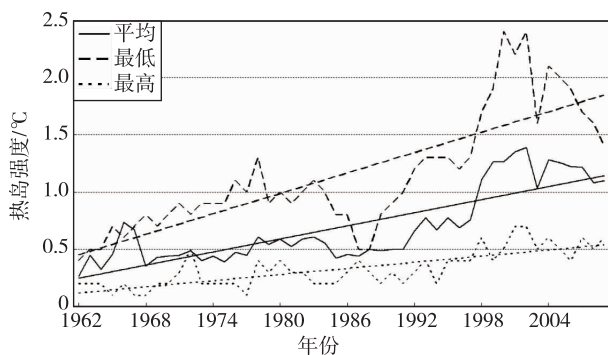


图5 1962—2009 年年平均地面气温、年平均最低气温和年平均最高气温 UHI 强度逐年变化(折线)及其线性趋势(直线)

Fig. 5 Annual mean UHI intensity (curve lines) and the linear trends (straight lines) in terms of mean temperature, minimum temperature and maximum temperature of Shijiazhuang during 1962-2009

0.01 的显著性检验. 年平均气温 UHI 增温率对全部增温趋势的贡献率为 67.9%.

年平均最低气温和最高气温 UHI 强度与年平均气温 UHI 强度的变化一致, 近 48 a 均呈显著增加趋势. 年平均最低气温 UHI 强度的增加趋势为 0.30 °C/(10 a), 通过了 $a = 0.01$ 的显著性检验, 其对全部增温趋势的贡献率为 52.6%; 年平均最高气温 UHI 强度的增加趋势为 0.09 °C/(10 a), 也通过了 $a = 0.01$ 的显著性检验, 对全部增温趋势的贡献率为 75.0%. 可见, 年平均最低气温 UHI 强度比年平均最高气温 UHI 强度的增加趋势高出 2 倍多, 但年平均最高气温 UHI 增温率对全部增温趋势的贡献比年平均最低气温 UHI 增温率对全部增温趋势的贡献要高些.

近 48 a 平均气温、最低和最高气温 UHI 强度在各季节均呈显著增强趋势(均通过 $a = 0.01$ 的显著性检验), 其中最低气温 UHI 强度的线性趋势最强,

最高气温 UHI 强度的线性趋势最弱(表 4).

表 4 1962—2009 年各季节平均 UHI 强度的线性变化趋势

Table 4 Linear trends of seasonal mean UHI intensity of Shijiazhuang during 1962—2009 $^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$

季节	平均气温 UHI 强度	最低气温 UHI 强度	最高气温 UHI 强度
春季	0.185 **	0.321 **	0.104 **
夏季	0.174 **	0.225 **	0.118 **
秋季	0.216 **	0.302 **	0.063 **
冬季	0.184 **	0.319 **	0.072 **

注:**为通过 $\alpha=0.01$ 的显著性检验;*为通过 $\alpha=0.05$ 的显著性检验.

平均气温 UHI 强度增加趋势即平均气温 UHI 增温率在秋季最大,为 $0.216^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$,夏季最小,为 $0.174^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$,但平均气温 UHI 增温贡献率在夏季最大,达到 100%,其次为秋季 90%,春季为 61.7%,冬季最小,为 47.2%.最低气温 UHI 强度增加趋势即最低气温 UHI 增温率在春季最大,为 $0.321^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$,夏季最小,为 $0.225^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$,最低气温 UHI 增温贡献率在夏季最大,为 80.4%,其次为秋季 77.4%,春季为 66.9%,冬季最小,为 54.1%.最高气温 UHI 强度增加趋势即最高气温 UHI 增温率在夏季和春季较大,冬季和秋季较小,最高气温 UHI 增温贡献率在夏季最大,达到 100%,秋季次之为 90%,春季为 61.2%,冬季最小,为 40%.

可见,近 48 a 平均气温、最低和最高气温 UHI 增温率在各季节的排序不同,但 UHI 增温贡献率在各季节的排序则相同,均为夏、秋季较大,春、冬季较小.

从近 48 a 各月平均 UHI 强度的线性变化趋势(表 5)来看:平均气温和最低气温的 UHI 强度均呈现非常显著的增强趋势;最高气温 UHI 强度除 10 月外,其他各月也呈显著的增加趋势,但除 4—9 月的夏季月份外,增强趋势不如最低气温明显.

平均气温 UHI 强度的增加趋势在 9 月最大,为 $0.25^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$,其次为 10 月、5 月,7 月最小,为 $0.151^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$.平均气温 UHI 增温率对全部增温的贡献率在 5 月、6 月、8 月和 11 月最大,均达到 100%,2 月最小,为 31.4%.最低气温 UHI 强度的增加趋势在 5 月最大,为 $0.347^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$,其次为 10 月、1 月和 3 月,7 月最小,为 $0.191^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$.最低气温 UHI 增温率对全部增温的贡献率在 8 月和 11

表 5 1962—2009 年各月平均 UHI 强度的线性变化趋势

Table 5 Linear trends of monthly mean UHI intensity of Shijiazhuang during 1962—2009 $^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$

月份	平均气温 UHI 强度	最低气温 UHI 强度	最高气温 UHI 强度
1	0.18 **	0.341 **	0.065 **
2	0.199 **	0.331 **	0.072 *
3	0.159 **	0.341 **	0.063 *
4	0.189 **	0.275 **	0.116 **
5	0.208 **	0.347 **	0.123 **
6	0.197 **	0.281 **	0.122 **
7	0.151 **	0.191 **	0.107 **
8	0.173 **	0.203 **	0.106 **
9	0.25 **	0.323 **	0.087 **
10	0.217 **	0.343 **	0.037
11	0.179 **	0.241 **	0.066 *
12	0.18 **	0.288 **	0.073 **

注:**为通过 $\alpha=0.01$ 的显著性检验;*为通过 $\alpha=0.05$ 的显著性检验.

月最大,均达到 100%,2 月最小,为 43.8%.最高气温 UHI 强度的增加趋势在 5 月最大,为 $0.123^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$,其次为 6 月、7 月,10 月最小,为 $0.037^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$.最高气温 UHI 增温率对全部增温的贡献率在 1 月、5 月、6 月、8 月、11 月和 12 月均达到 100%,2 月最小,为 13.6%.

3 结论与讨论

本文利用 1962—2009 年长序列地面气温观测资料,分析了石家庄站附近城市热岛强度气候学特征及其随时间变化情况,结论如下.

1) 石家庄站附近城市热岛效应明显,而且热岛效应在最低气温上表现更突出.UHI 强度冬季 1 月最强,春、秋季各月次之,夏季 7 月最弱.

2) 石家庄站附近 UHI 强度具有明显的日变化特征,夜间的 UHI 强度明显偏强而且稳定,白天则偏弱且多变;2009 年 3 月—2010 年 2 月期间,石家庄站附近 UHI 强度日变化最高值出现在北京时间早晨 7—8 时,最低值出现在午后 14—16 时.

3) 在过去的 48 a 里,石家庄站附近无论年、四季还是各月平均,UHI 强度均呈显著增加趋势,平均最低气温 UHI 强度增加趋势更明显.

4) 1962—2009 年石家庄站附近地面气温 UHI 强度的显著增加对总体气温变化趋势影响显著.年平均气温 UHI 强度的增加趋势或 UHI 增温率达到

0.19 °C/(10 a),对总体增温趋势的贡献达到67.9%;年平均最低和最高气温 UHI 增温速率为0.30 °C/(10 a)和0.09 °C/(10 a),对总体增温的贡献分别为52.6%和75.0%。

5) 1962—2009年石家庄站平均气温 UHI 增温率在秋季最大,达到0.216 °C/(10 a),夏季最小,为0.174 °C/(10 a)。从 UHI 强度变化对总体气温变化的贡献率来看,夏季和秋季较大,冬季和春季较小。

上述分析结果与前人针对京^[9]、津^[18]、冀^[15]的研究结论基本一致。石家庄站1962—2009年 UHI 增温率为0.19 °C/(10 a),比北京站附近1960—2000年期间(0.26 °C/(10 a))低,这主要与城市规模和发展快慢不同有关。石家庄城市站附近 UHI 增温率比河北省平均要高,后者1961—2003年之间平均 UHI 增温率为0.173 °C/(10 a)^[15],除了所选研究时段不同以外,这显然是因为省会城市规模更大、发展更快,因而 UHI 强度及其随时间变化也更明显。

本文分析结果与刘学锋等^[13]针对石家庄站 UHI 强度变化的研究结论有一定差异。刘学锋等^[13]研究表明,1961—2000年期间石家庄站年平均 UHI 强度平均为0.59 °C,年平均 UHI 增温率为0.067 °C/(10 a)。本文得到的1962—2009年间年平均气温 UHI 强度略高,为0.7 °C,年平均 UHI 增温率则高得多,为0.19 °C/(10 a)。这可能与参考站的选取方法不同,以及本文又增加了最近10 a资料序列等有关。但是,本文与刘学锋等^[13]研究结果都表明,20世纪晚期以来石家庄站附近 UHI 强度增加更趋明显。

由于4个“乡村站”不是位于真正的乡村区域,都位在小县城附近,因此可能仍然在一定程度上受到城镇化的影响,地面气温记录中仍包含少量 UHI 的影响。考虑到这个因素,本文得到的石家庄气象站附近 UHI 强度及其随时间变化趋势应该是最低估计值。石家庄气象站附近实际的 UHI 强度与 UHI 增温率、UHI 增温贡献率当比本文估计结果略高。将来使用更密集的自动站观测资料,可望获得更准确的石家庄市 UHI 强度及其年内变化特征认识。

尽管仍存在一定不确定性,石家庄站观测记录的地面气温已受到非常显著的城市化影响,这个认识是可信的。显然,作为一个地面气象站,其历史资料序列用于区域或更大尺度气候变化分析已不合适,将来如果用于这种分析研究,必须要对城市化影响的系统偏差进行合理订正,获得没有局地人为获

得影响偏差的地面气温观测资料,但是,作为一个典型的城市气象站,它仍具有十分重要的科学和应用价值。

参考文献

References

- [1] Howard L. The climate of London; Deduced from meteorological observations made in the metropolis and at various places around it [M]. London: Harvey and Darton, 1833: 1-24
- [2] 陈云浩,王洁,李晓兵. 夏季城市热场的卫星遥感分析 [J]. 国土资源遥感, 2002, 54(4): 55-59
CHEN Yunhao, WANG Jie, LI Xiaobing. A study on urban thermal field in summer based on satellite remote sensing [J]. Remote Sensing For Land & Resources, 2002, 54(4): 55-59
- [3] 龚道溢,王绍武. 全球气候变暖研究中的不确定性 [J]. 地学前缘, 2002, 92(2): 371-376
GONG Daoyi, WANG Shaowu. Uncertainties in the global warming studies [J]. Earth Science Frontiers, 2002, 92(2): 371-376
- [4] 任国玉. 地表气温变化研究的现状和问题 [J]. 气象, 2003, 29(8): 3-6
REN Guoyu. An overview on studies of surface air temperature change [J]. Meteorological Monthly, 2003, 29(8): 3-6
- [5] 徐兆生,沈建柱,王德辉. 北京城市热状况及热岛形成原因的探讨 [J]. 地理研究, 1987, 6(3): 17-25
XU Zhaosheng, SHEN Jianzhu, WANG Dehui. An analysis of the temperature situation and the causes of urban heat island in Beijing [J]. Geographical Research, 1987, 6(3): 17-25
- [6] 谢庄,崔继良,陈大刚,等. 北京城市热岛效应的昼夜变化特征分析 [J]. 气候与环境研究, 2006, 11(1): 69-75
XIE Zhuang, CUI Jiliang, CHEN Dagang, et al. The annual, seasonal and monthly characteristics of diurnal variation of urban heat island intensity in Beijing [J]. Climatic and Environmental Research, 2006, 11(1): 69-75
- [7] 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
DENG Liantang, SHU Jiong, LI Chaoyi. Character analysis of Shanghai urban heat island [J]. Journal of Tropical Meteorology, 2001, 17(3): 273-280
- [8] 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
ZHU Jiaqi, TANG Xu, JIANG Hao. The air temperature variation and heat island effect in urban area of Shanghai city [J]. Plateau Meteorology, 2006, 25(6): 1154-1160
- [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
CHU Ziyi, REN Guoyu. Change in urban heat island magnitude and its effect on mean air temperature record in Beijing region [J]. Acta Meteorologica Sinica, 2005, 63(4): 534-540
- [10] 侯玲珍,陈葆德,陈伯民,等. 上海城市化进程导致的

- 局地气温变化特征[J]. 高原气象, 2008, 27 (B12): 131-137
HOU Yiling, CHEN Baode, CHEN Bomin, et al. Characteristics of local air temperature variation influenced by Shanghai-urbanization[J]. Plateau Meteorology, 2008, 27 (B12): 131-137
- [11] 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
TANG Guoli, DING Yihui. The changes in temperature and its possible causes in Nanjing in recent 44 years[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2006, 30(1): 56-68
- [12] 郭军, 李明财, 刘德义. 近 40 年来城市化对天津地区气温的影响[J]. 生态环境学报, 2009, 18(1): 29-34
GUO Jun, LI Mingcai, LIU Deyi. Effects of urbanization on air temperature of Tianjin in recent 40 years[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2009, 18(1): 29-34
- [13] 刘学锋, 阮新, 谷永利. 石家庄地区气温变化和热岛效应分析[J]. 环境科学研究, 2005, 18(5): 11-14
LIU Xuefeng, RUAN Xin, GU Yongli. Study of temperature change and heat island effect in Shijiazhuang area [J]. Research of Environmental Sciences, 2005, 18(5): 11-14
- [14] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 2 版. 北京: 气象出版社, 2007: 36-41
WEI Fengying. Diagnosis and forecasting methods of modern climatic statistics [M]. 2rd Ed. Beijing: China Meteorological Press, 2007: 36-41
- [15] 刘学锋, 于长文, 任国玉. 河北省城市热岛强度变化对区域地表平均气温序列的影响[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 763-770
LIU Xuefeng, YU Changwen, REN Guoyu. Change in urban heat island magnitude and its effect on surface mean air temperature record in Hebei province, China[J]. Climatic and Environmental Research, 2005, 10 (4): 763-770
- [16] 刘和平, 朱玉周, 代佩玲, 等. 郑州市城市气候特征分析[J]. 气象与环境科学, 2009, 32(1): 72-74
LIU Heping, ZHU Yuzhou, Dai Peiling, et al. Analysis of urban climatic characteristics of Zhengzhou[J]. Meteorological and Environmental Sciences, 2009, 32(1): 72-74
- [17] 王清川, 郭立平, 张绍恢. 廊坊市城市热岛效应的昼夜变化特征分析[J]. 气象研究与应用, 2009, 30(2): 26-30
WANG Qingchuan, GUO Liping, ZHANG Shaohui. Characteristics of the diurnal variation of urban heat island in Langfang city[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2009, 30(2): 26-30
- [18] 韩素芹, 郭军, 黄岁樑, 等. 天津城市热岛效应演变特征研究[J]. 生态环境, 2007, 16(2): 280-284
HAN Suqin, GUO Jun, HUANG Suiliang, et al. Study on the evolution of urban heat island in Tianjin city[J]. Ecology and Environment, 2007, 16(2): 280-284

Characteristics and change of urban heat island intensity in Shijiazhuang

BIAN Tao^{1,2} REN Guoyu^{2,3} ZHANG Cuihua¹ YAN Fang¹

1 Shijiazhuang Meteorological Bureau, Shijiazhuang 050081

2 Laboratory for Climate Studies, China Meteorological Administration, Beijing 100081

3 National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081

Abstract Based on temperature data from 1 urban station and 4 suburban meteorological stations of Shijiazhuang city during 1962—2009, and using temperature comparative analysis and linear trend methods, the paper analyzes the characteristics and the increasing rate of urban heat island (UHI) intensity of Shijiazhuang, and its impact on the long-term trend of recorded surface air temperature change. Results show that UHI effect is obvious near Shijiazhuang urban station, especially for minimum temperature or night mean temperature. The strongest UHI intensity occurs in winter and the weakest in summer. Large diurnal variation is observed, with UHI intensity being the strongest in early morning, and the weakest in afternoon between 14:00 and 16:00 Beijing Time. For the past 48 years, UHI intensity undergoes a significant increase near Shijiazhuang urban station, and the increasing trend in minimum temperature is much more significant than that in the maximum temperature. The average increasing of UHI intensity around Shijiazhuang urban station reaches 0.19 °C/(10 a) during 1962—2009, and the contribution of UHI increasing to surface air temperature increase is 67.9%, or in other word, about two thirds of the urban warming observed at the city station can be attributed to the rapid urbanization in the past half century.

Key words urban heat island (UHI) intensity; climate change; linear trend; urban warming