

不同气象条件下廊坊城市热岛效应变化特征

王清川 郭立平 张绍恢

(廊坊市气象局,河北 廊坊 065000)

摘要:利用2005年9月至2008年8月廊坊市区域加密自动站逐时气温资料,采用城、郊气温对比法研究了不同气象条件对廊坊城市热岛效应的影响。结果表明:廊坊城市热岛强度夜间大于白天,但变化幅度白天大于夜间;在四季不同时段存在“城市冷岛”现象。不同气象条件下,廊坊城市热岛强度及变化存在明显差异,晴朗无风时城市平均热岛强度最大,平均强度为 $1.25\text{ }^{\circ}\text{C}$,阴雨气象条件下城市平均热岛强度最小,平均强度仅为 $0.10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

关键词:城市热岛效应;气象条件;昼夜变化;廊坊

中图分类号:P463.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-503X(2009)06-0044-05

1 引言

国内外大量的研究表明,世界上的所有城市无论规模大小、纬度高低,位于沿海还是内陆以及地形、环境如何都存在城市热岛效应^[1]。城市热岛效应(Urban Heat Island Effects, 简写 UHI)是城市气候最明显的特征之一,城市热岛效应改变了城市热量环境,影响区域气候、城市水文、空气质量、城市土壤理化性质和城市生物的分布与行为以及诸多城市生态过程,如物质代谢和能量循环等,引发一系列生态环境问题^[2]。我国对城市热岛强度的研究早已开始,也取得了很多成果^[3-16],但是大部分研究局限于上海、北京和兰州等大城市,对中小城市的热岛效应研究还很少。

廊坊市位于河北省中部偏东,京津之间,市区面积为 54 km^2 ,人口为40万。廊坊于1989年建市。近年来廊坊市经济发展迅速,人口急剧增长,高大建筑密度大增,路面硬化率和汽车数量剧增,城市热岛效应明显。采用2005年9月至2008年8月区域加密自动站逐时气温资料,对近几年不同季节以及晴朗无风、阴雨、大风、大雾等不同气象条件下中小城市热岛效应进行计算、归纳和统计分析,得到了廊坊市热岛效应的变化特征,对今后廊坊市合理减缓热岛效应,采取有效措施,规划城市发展具有重要的现实意义和深远的战略意义。

2 资料与方法

2.1 资料来源及处理

截止到2008年9月,廊坊市共安装了74台DSD-3型两要素区域加密自动站,站点多选在各县

(市)气象局(站)及乡镇政府单位院内。在考察分析所有区域加密自动站观测环境的基础上,选取廊坊城区广阳和开发区2个区域加密自动站(城区站)代表廊坊市城区,选万庄、韩村和落堡3个乡镇的区域加密自动站(郊区站)代表基本不受城市热岛影响的郊区,进行对比分析。城区、郊区站位置见图1。



图1 廊坊市城区站与郊区站位置

2005年4月廊坊市区域加密自动站开始观测并传输数据。基于区域加密自动站气温资料的质量和连续性,决定选取2005年9月至2008年8月的区域加密自动站逐时气温资料作为研究对象。将区域加密自动站逐时气温资料分为城区站和郊区站(对比站)两部分整理,并对区域加密自动站气温资料做如下处理:(1)删除明显错误的气温资料;(2)对一天内(00—24时)缺失三分之一(即8h)时次以上观测资料的,记该日记录缺失;(3)对一天内有少量时次(少于8h)记录缺失的情况,利用相邻自动站同时刻气温资料运用Newton线性插值求得。

2.2 研究方法

城市热岛强度以城区站、郊区站气温差表示,即:

$$T_{u-s} = T_u - T_s \quad (1)$$

$$T_u = (T_{\text{广阳}} + T_{\text{开发区}}) / 2 \quad (2)$$

$$T_s = (T_{\text{万庄}} + T_{\text{韩村}} + T_{\text{落堡}}) / 3 \quad (3)$$

根据周明煜等^[3]对热岛等级的划分,本文定义:春季,当 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \text{热岛效应强度(即 } T_{u-s}) < 2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时为弱热岛效应, $T_{u-s} \geq 2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时为强热岛效应;夏季,当 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_{u-s} < 2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时为弱热岛效应, $T_{u-s} \geq 2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时为强热岛效应;秋、冬季,当 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_{u-s} < 4.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时弱热岛效应, $T_{u-s} \geq 4.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为强热岛效应。

本文规定:一天之中 $T_{u-s} \geq 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 并持续3h以上即认为该日有热岛效应出现^[4];春季一天之中连续有两时次以上 $T_{u-s} \geq 2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,夏季一天之中连续有两时次以上 $T_{u-s} \geq 2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,秋、冬季一天之中连续有两时次以上 $T_{u-s} \geq 4.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,均认为该日出现强热岛效应。

3 结果分析

3.1 廊坊市城市热岛效应基本气候概况

2005年9月1日至2008年8月31日,计1096个观测日,有效观测记录为1081d,其中909d出现城市热岛效应(包括强、弱热岛),城市热岛效应出现概率为84.14%;103d出现强热岛,概率为9.53%。通过计算得出,近3a廊坊市年平均热岛强度为 $0.63\text{ }^{\circ}\text{C}$,在各季中,平均热岛强度以冬季最强,平均为 $1.02\text{ }^{\circ}\text{C}$;秋季次之;夏季最弱,平均仅为 $0.21\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。逐月平均热岛强度大致以年为周期,其中冬季为波峰,夏季为波谷。

2005年9月—2008年8月(图2)期间,廊坊市

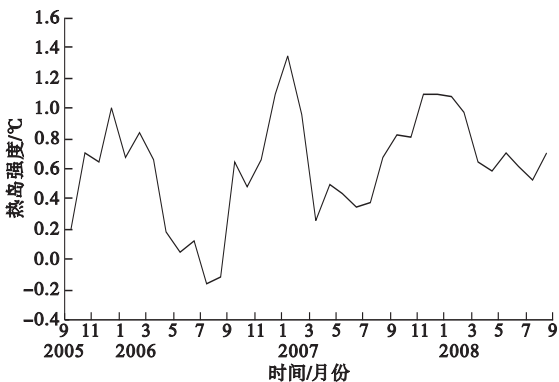


图2 2005年9月至2008年8月廊坊逐月平均热岛强度
月平均热岛强度在每年6月或7月为最弱,平均为 $0.17\text{ }^{\circ}\text{C}$,其中2006年7月最小,仅为 $-0.16\text{ }^{\circ}\text{C}$;月平均热岛强度的最大值常出现在每年11月至翌年1月,其中2007年1月平均热岛强度最大为 $1.35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。2005年9—12月平均热岛强度为 $0.64\text{ }^{\circ}\text{C}$,2006年和2007年同期分别为 $0.72\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $0.95\text{ }^{\circ}\text{C}$;2006年年平均热岛强度为 $0.43\text{ }^{\circ}\text{C}$,2007年上升为 $0.73\text{ }^{\circ}\text{C}$;2008

年1—8月平均热岛强度为 $0.73\text{ }^{\circ}\text{C}$,高于2006年和2007年同期(分别为 $0.28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $0.61\text{ }^{\circ}\text{C}$)。可见廊坊市年平均城市热岛强度呈逐年上升趋势,出现这种上升可能与城市发展、“人为热”^[1-2]的增加和区域加密自动站观测环境的变化以及观测仪器的稳定等有着密切关系。

3.2 廊坊市城市热岛效应昼夜变化气候特征

3.2.1 年和季平均昼夜变化

由城市热岛强度年平均昼夜变化曲线(图3)可

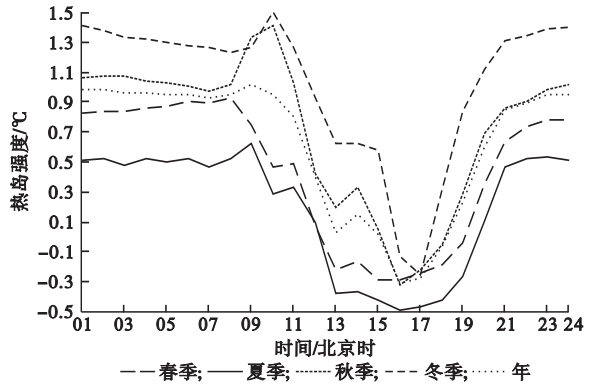


图3 廊坊城市热岛强度年平均及四季平均昼夜变化曲线
可以看出,00—04时城市热岛强度稳定在 $0.95\text{—}0.98\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内,08时达到昼夜变化的峰值 $1.02\text{ }^{\circ}\text{C}$,10时之后迅速下降,15时出现昼夜变化的最低值 $-0.31\text{ }^{\circ}\text{C}$,16—20时UHI由 $-0.28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 迅速增大到 $0.84\text{ }^{\circ}\text{C}$,20—21时缓慢上升,22—23时稳定在 $0.95\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

四季平均热岛强度夜间均大于白天,夜间热岛强度变化不大,白天变化明显(图3)。冬季昼夜变化幅度最大,秋季次之,夏季最小。四季平均热岛强度均在中午前后出现了负值,即出现了“城市冷岛”现象,但出现时段和持续时间不同。

3.2.2 月平均昼夜变化

图4为2005年9月至2008年8月月平均城市

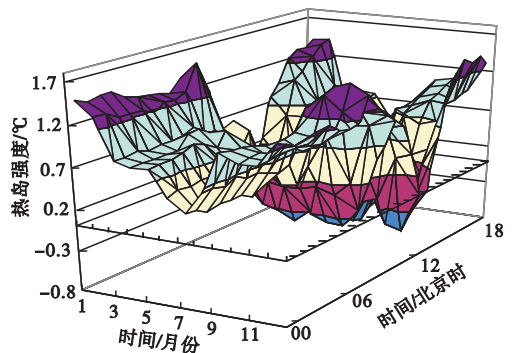


图4 廊坊热岛强度的月平均昼夜变化三维曲面
热岛强度昼夜变化的三维立体图。由图4可以看出,高值区与冬季对应,低值区与夏季对应;热岛强度高峰区与夜间对应,低值区与白天对应。冬季夜间UHI最大,夏季白天最小。月平均UHI的负值(即城市冷岛)多出现在12—16时。

3.3 不同气象条件下廊坊市城市热岛效应的变化特征

3.3.1 晴朗无风气象条件下城市热岛强度的昼夜变化

由于 DSD-3 型两要素区域加密自动站无云量观测项目,为此采用廊坊气象观测站(54515)2005年9月至2008年8月每日02、08、14时和20时的云量观测记录(2006年12月31日以后无02时云量观测记录)。从中选取天空总云量少于两成,无低云,且风速小于等于2.0 m/s的样本,将其定义为晴朗无风天气。

统计分析表明,晴朗无风气象条件下出现强热岛的概率达61%,平均热岛强度为1.26℃,远大于廊坊年平均热岛强度。春、夏、秋季和冬季平均热岛强度分别为0.79、0.98、1.22℃和2.06℃。见图5。

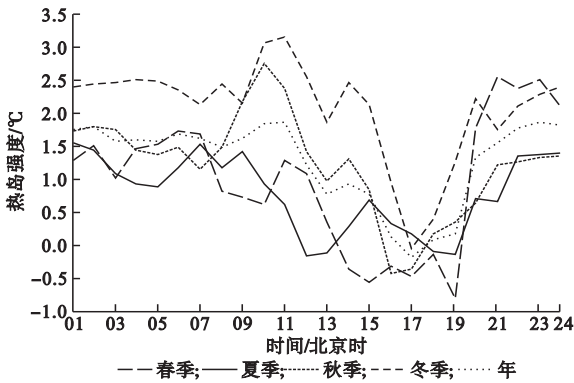


图5 晴朗无风气象条件下廊坊热岛强度昼夜变化

晴朗无风时,城市热岛强度的变化波动较大,夜间热岛强度高,白天弱,中午前后达到最低。其变化趋势基本符合 Oke^[18]的“理想状态”(城郊地形平坦,天气晴朗,风小)下热岛强度昼夜变化的模式曲线。日出前,郊区辐射冷却大于城区,热岛在日出前达到一个顶峰;日出后,在太阳直射辐射的作用下,再加之城、郊下垫面的差异,城区反射率小、吸热面积大、吸收热量多、热量传导快,使得城区增温速度比郊区快,热岛强度达到又一个峰值,也是日最大值。中午前后,由于湍流增强,垂直方向及城郊间的水平混合增强,城、郊温差迅速下降,热岛强度甚至出现负值。午后,太阳辐射减弱,城郊热量收入迅速下降,辐射冷却加剧,而城区由于下垫面在日照下储存了大量热量,辐射散失热量比郊区慢,即此时温度下降较郊区缓慢,这样造成城、郊温度差迅速上升,热岛强度增强,20时达到一个相对稳定阶段,直至翌日日出前。在晴朗气象条件下,热岛强度变化趋势(图4)与自动站下垫面及周边环境有直接的关系。

3.3.2 降水对城市热岛效应昼夜变化的影响

考虑到廊坊气象观测站观测发报时间为每日08、14时和20时,选取日降水时间大于6h且观测时

总云量大于8成,低云量大于5成的降水日作为研究样本。虽然低云、中云和高云对城市热岛强度都有影响,但与低云相比,中、高云的影响可以忽略^[17]。统计分析发现,降水时廊坊市平均城市热岛强度仅为0.04℃,昼夜变化幅度为-0.34~0.28℃(图6),最大城市热岛强度出现在01时,最

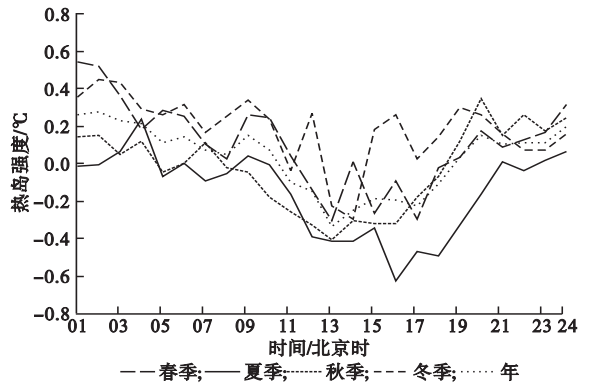


图6 降水时廊坊城市热岛强度昼夜变化

小出现在12时。降水时,廊坊城市热岛强度在冬季最强,但平均热岛强度也仅有0.21℃,春季次之,夏季最小,仅为-0.15℃。

对样本降水性质、降水时间分析后发现,热岛强度在降雨和降雪时的昼夜变化是不同的。降雨时,不容易出现城市热岛效应,而且热岛强度常常为负值,这是因为大量的云阻挡太阳直接辐射到达地面,在仅有散射辐射时,城市与郊区下垫面气温差别不大,难以形成城市热岛^[2];还可能是由于降水可以净化空气,有利于污染物的扩散,并且降水系统产生的上升运动将城市热量和污染物输送到高空扩散,使得城市下垫面辐射降温的幅度明显低于郊区,这样就造成城区和郊区热量收入相差不大,甚至郊区大于城区,城市热岛强度较小,或为负值。例如2007年5月22日09:38降雨开始,09时和10时城市热岛强度分别为0.57℃和0.52℃,降雨持续到11时,城市热岛强度迅速下降到了0.13℃,12时则下降到了-0.37℃,降雨开始并持续2h后,城市热岛强度下降了0.89℃。直到5月23日04:36降水结束,期间热岛强度均为负值,且变化幅度为-0.43~0.02℃,而05时热岛强度略有升高,为0.00℃,07时达到0.17℃。降雪时易于发生城市热岛效应,但均为弱热岛效应,热岛强度较为稳定,平均热岛强度昼夜变化幅度为-0.30~0.31℃,且仅有两个时次出现负值。降水量、降水分布、降水起止时间和局地强度流降水等因素对城市热岛效应有较大的影响,其影响还需进一步研究。

降雪时出现城市热岛效应或热岛强度为正值的原因是由于持续性大范围降雪时多为较强冷空气入

侵过程,在降雪前大幅降温,城区“人为热”作用增大,使得城区温度高于郊区温度,出现城市热岛效应或热岛强度为正值。在降雪过程中或降雪结束后,由于郊区地面雪未被大面积破坏,雪面辐射逆温强,降温明显,而城区降雪过程中或降雪结束后由于人为清扫或人为破坏使得雪面被破坏,雪面辐射逆温较郊区弱,加之在降雪或冷空气入侵时“人为热”增大,这样就使得城郊温度差加大,即出现城市热岛效应或热岛强度为正。例如2007年12月10日,降雪时间为06:32—14:25,期间热岛强度为0.25—0.55℃,而00—23时热岛强度也均为正值。06时热岛强度为0.18℃,降雪开始后,07时和08时热岛强度分别为0.20℃和0.28℃;降雪结束后,热岛强度变化明显,14时热岛强度为0.25℃,15时和16时分别为0.32和0.28℃。通过样本分析,发现降雪量对城市热岛的影响不明显。

3.3.3 风速对廊坊城市热岛效应的影响

根据周明煜等^[3]研究,城市热岛消失的极限风速各个季节有明显差异,其最小极限风速为4.0 m/s。本文选取廊坊气象观测站自记风记录中24 h(20时—20时)风速均大于等于4.0 m/s的样本作为研究对象。经过样本分析发现,这样的样本均发生在秋冬季,且均是大范围强冷空气东移南下的过程。

统计结果表明,当24 h风速均大于等于4.0 m/s时,平均城市热岛强度(UHI)为0.07℃,昼夜变化在-0.30—0.69℃,09时达到日最大值,平均为0.98℃;10时以后迅速下降,12时达到日最低点为-0.25℃;14时以后缓慢上升。冬季平均热岛强度为-0.23~1.42℃,昼夜变化幅度大于秋季。图7

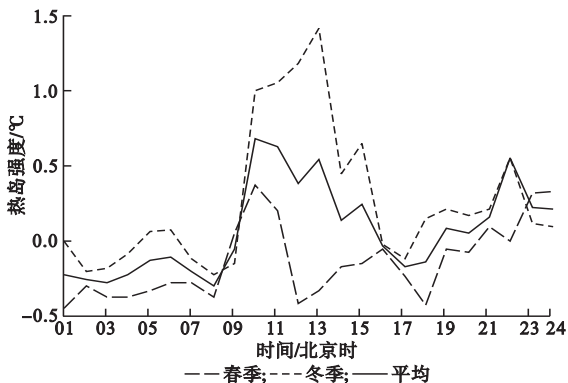


图7 大风气象条件下廊坊城市热岛强度昼夜变化

中的变化趋势,其原因是在大范围强冷空气东移南下的过程中,当风速达到一定大时,空气层结不稳定,城郊之间空气的水平和垂直方向的混合作用较强,地面风可以带走城市热量和城市气体,起到减小城市热岛效应的作用^[1]。在太阳出来之前,城郊温

度差较小,且由于大环境下垫面(城区建筑多为钢筋混凝土结构,道路多为沥青路面,少植被无裸土,而郊区多为裸土或被绿色植被覆盖)性质的原因,城区更易于冷却降温,城区站温度反而低于郊区站温度,出现负值。当太阳出来后,由于城区反射率小、吸热面积大、吸收热量多、热量传导快,使得城市升温速度远大于郊区升温速度,造成城市热岛强度迅速增大,达到峰值。由于符合要求的样本较少,且影响因素较为复杂,风速对城市热岛效应的影响到底有多大有待进一步研究。

3.3.4 雾对廊坊城市热岛效应昼夜变化的影响

根据《地面气象观测规范》^[19]的定义,雾是大量微小水滴浮游空中,常呈乳白色,使水平能见度小于1.0 km。根据能见度雾分为3个等级:雾(能见度0.5 km—小于1.0 km)、浓雾(能见度0.05 km—小于0.5 km)、强浓雾(能见度小于0.05 km)。本文所指的雾包括雾、浓雾和强浓雾。为能更好地考察雾对城市热岛效应的影响,特选取持续6 h以上,水平能见度小于1.0 km的雾日作为研究样本。

分析结果表明,雾日平均城市热岛强度为0.53℃,见图8。大雾气象条件下廊坊市日平均城市

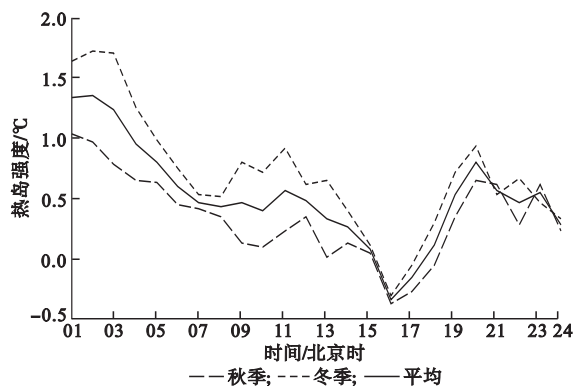


图8 大雾气象条件下廊坊城市热岛强度昼夜变化

热岛强度最大出现在01时,最小值出现在15时。对样本个个例分析后发现,持续6 h以上的雾多出现在秋冬季节,且出现时间集中在夜间23时—翌日03时,消散时间为09—13时。由于城市热岛对城市雾形成和发展不利^[8],郊区比城区更早形成雾,并且其水平能见度比城市更小,持续时间更长,因此在雾出现前或雾出现初期的城市热岛强度会持续前一日强度,甚至还会略有增强。当出现雾后,城、郊气温差明显下降,城市热岛强度减小。在雾逐渐消散过程中,由于城区下垫面和“人为热”的作用,雾的消散速度要快于郊区,因此城郊气温差增大,城市热岛强度增大。雾消散之后,风速增大,湍流增强,垂直方向及城郊间的水平混合增强,城、郊温差迅速下降,热岛强度迅速减小,甚至出现负值。中午过后,太阳辐射减

弱,辐射冷却加剧,而郊区辐射冷却速度明显快于城区,容易造成城、郊温度差迅速上升,热岛强度增大,20时左右达到一个相对稳定阶段直至次日日出前。

4 结论

(1)廊坊市年平均城市热岛强度为 $0.63\text{ }^{\circ}\text{C}$,廊坊市城市热岛效应出现频率为 84.14% ,绝大多数为弱热岛效应。冬季城市热岛强度最强,秋季次之,夏季最弱。

(2)廊坊市平均城市热岛强度在 08—09 时达到日最大值,最弱出现在 15—16 时,在 14—16 时城市热岛强度常出现负值,即“城市冷岛”。夜间城市热岛强度大于白天,白天城市热岛强度变化幅度大于夜间。冬季城市热岛强度的昼夜变化幅度最大,夏季最小。

(3)不同气象条件下,廊坊城市热岛强度呈现明显不同的波动变化,且城市热岛强度差异也很大,其中晴朗无风气象条件下城市热岛强度最大,平均为 $1.26\text{ }^{\circ}\text{C}$,平均城市热岛强度昼夜变化幅度最大。降雨时城市热岛强度最小,平均仅有 $0.04\text{ }^{\circ}\text{C}$,平均城市热岛强度的昼夜变化幅度最小。风(风速大于等于 4.0 m/s)和雾对城市热岛的形成和昼夜变化也有明显影响,以上气象条件下均有“城市冷岛”现象出现,但强度不强,出现时段和时间各不相同。

参考文献

- [1] 徐祥德,汤绪,徐大海,等. 城市化环境气象学引论[M]. 北京:气象出版社,2002:62-82.
- [2] 周淑贞,束炯. 城市气候学[M]. 北京:气象出版社,1994:244-345.
- [3] 周明煜,曲绍厚,李玉英,等. 北京城市热岛与热岛环流特征[J]. 环境科学,1980,1(5):12-18.
- [4] 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.
- [5] 纪瑞鹏,张喜民,李刚. 沈阳等6城市热岛效应[J]. 辽宁气象,2001(4):22-23.
- [6] 刘艳红,郭晋平. 城市景观格局与热岛效应研究发展[J]. 气象与环境学报,2007,23(4):46-50.
- [7] 谢庄,崔继良,陈大刚,等. 北京城市热岛效应的昼夜变化特征[J]. 气候与环境研究,2006,11(1):69-75.
- [8] 郑祚芳,刘伟东,王迎春. 北京地区城市热岛的时空分布特征[J]. 南京气象学院学报,2006,29(5):694-699.
- [9] 李兴荣,胡非,舒文军. 北京冬季城市热岛特征及强弱热岛影响因子研究[J]. 中国科学院研究生院学报,2007,24(4):431-437.
- [10] 李兴荣,胡非,舒文军. 北京夏季强热岛分析及数值模拟研究[J]. 气象,2007,33(6):25-31.
- [11] 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.
- [12] 孙娟,束炯,乐群,等. 上海城市热岛效应的多尺度特征[J]. 华东师范大学学报,2007(2):36-43.
- [13] 孙石阳,陈新光,李春梅,等. 深圳市热岛强度特征分析及情景预估[J]. 气象研究与应用,2007,28(增1):89-91.
- [14] 江田汉,束炯,邓莲堂. 上海城市热岛的小波特征[J]. 热带气象学报,2004,20(5):515-521.
- [15] 陈正洪,王海军,任国玉,等. 湖北省城市热岛强度变化对区域气温序列的影响[J]. 气候与环境研究,2005,10(4):771-779.
- [16] 杨琳,钟保麟. 热岛效应对四季变化的影响[J]. 气象研究与应用,2007,28(3):18-19.
- [17] 王喜全,王自发,郭虎. 北京“热岛效应”现状及特征[J]. 气候与环境研究,2006,11(5):627-636.
- [18] Oke T R. The energetic basis of the urban heat island[J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society,1982,108(455):1-24.
- [19] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,2003:23.

Urban heat island effect under different meteorological conditions over Langfang, Hebei province

WANG Qing-chuan GUO Li-ping ZHANG Shao-hui
(Langfang Meteorological Bureau, Langfang 065000, China)

Abstract: Based on hourly air temperature data from intensive automatic weather station from September 2005 to August 2008 in Langfang, the effects of different meteorological conditions on urban heat island(UHI) were analyzed by the method of air temperature difference between urban and rural areas. The results show that UHI at nighttime is higher than that in the daytime, while the variation range of UHI in the daytime is larger than that at nighttime. There is “urban cold island” in difference periods of difference seasons. UHI is of obvious difference under different meteorological conditions in Langfang. The average UHI is the strongest under clear and calm conditions and could reach $1.25\text{ }^{\circ}\text{C}$, while it is the weakest under rain conditions and is only $0.10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Key words: Urban heat island effect; Meteorological conditions; Daily and nocturnal variations; Landfang