



不同气象条件下济宁城市热岛效应的变化特征

摘要

利用 1981—2013 年济宁、兖州、嘉祥、汶上站逐日 4 个时次的平均气温、平均风速、降水量、云量和能见度资料,对不同天气条件下济宁市的城市热岛效应进行研究.结果表明:济宁城市热岛效应具有明显的月季变化特征和日变化特征,具体为冬半年明显高于夏半年,白天的热岛强度明显低于夜间,中午前后最弱;济宁市四季热岛强度的变化规律是冬季最强,夏季最弱,春秋居中,除秋季外均呈现缓慢上升趋势.在不同气象条件下,济宁城市热岛强度也存在很大差异,其中在晴朗无风气象条件下表现最为突出,平均值达到 0.79 ℃,其昼夜变化幅度也最大;在降雨时城市热岛强度最小,平均仅有 0.09 ℃,其昼夜变化幅度也最小;大于等于 4.0 m/s 大风天气和雾均多发生在秋冬季,且雾对城市热岛的形成和昼夜变化影响明显大于风对城市热岛的影响;在晴朗无风和大雾条件下,02 时热岛强度最强,当有降水出现时,20 时热岛强度最强,出现大风天气时,08 时热岛强度最强,所有研究天气条件下,14 时热岛强度均表现为最弱.

关键词

城市热岛;晴朗无风;雾;降水;风速

中图分类号 P49

文献标志码 A

收稿日期 2015-02-04

资助项目 2015 年度山东省气象局青年科研基金(2015SDQN13)

作者简介

王晓默,男,硕士,工程师,主要研究方向为气候变化、城市气象、大气探测.

wxm716813902@163.com

1 山东济宁市气象局,济宁,272000

2 江苏省气象局,南京,210008

0 引言

热岛效应是指城市气温显著高于周边郊区气温的现象,是城市气候最显著的特点之一.城市热岛现象已经从一般的气象问题变成城市生态条件的重要指标,已经演变为城市生态环境的一大公害^[1-2].王清川等^[3]对廊坊城市热岛研究表明,晴朗无风时城市平均热岛强度最大,为 1.25 ℃,阴雨天气下平均热岛强度最小,仅为 0.1 ℃.郭军等^[4]指出,天津城市热岛强度随着降水量的增加逐步减弱,风速在 1 m/s 左右时最有利于天津城市热岛的维持与发展,城市热岛强度也最大;随着风速增大,城市热岛强度减弱,风速超过 7 m/s 时城市热岛很难再维持.因此,研究不同气象条件下的城市热岛效应在生态城市的建设、能源利用以及居民健康等方面具有实际应用价值^[1].

1 资料来源与方法

济宁市国家气象站(116°36'E,35°26'N)位于城市核心区域,气温资料能较好的代表城市气温.如图 1 所示,兖州站(116°51'E,35°34'N)、嘉祥站(116°29'E,35°25'N)和汶上站(116°20'E,35°42'N)分别比邻济宁东北部、西部和西北部,与济宁市主城区经纬度相近,探测环境符合《气象设施和气象探测环境保护条例》要求,经济发展情况和工业布局与济宁郊区相似,且具有延展性,能较好的代表济宁郊区气温.

本文以 3—5 月为春季、6—8 月为夏季、9—11 月为秋季、12 月至翌年 2 月为冬季.所用的资料为 1981—2013 年济宁市、兖州区、嘉祥县和汶上县气象站 02、08、14、20 时的气温、风速、降水量、能见度、云量等数据.热岛强度的计算公式如下:

$$T_{\text{郊区}} = \frac{1}{3}(T_{\text{兖州}} + T_{\text{嘉祥}} + T_{\text{汶上}}), I_{\text{UH}} = T_{\text{城市}} - T_{\text{郊区}}$$

2 济宁市热岛效应研究

2.1 济宁市城市热岛的年际变化特征

对济宁城、郊年平均气温的差值进行统计分析,得出(图 2,通过置信度 99%的显著性检验,下同):济宁城市热岛强度总体来看呈上升趋势,平均值为 0.5 ℃,线性方程为 $y = 0.006 2x + 0.416 9$ ($p < 0.01$),其最大值出现在 1997 年和 1999 年,为 1.0 ℃,最小值是 1985

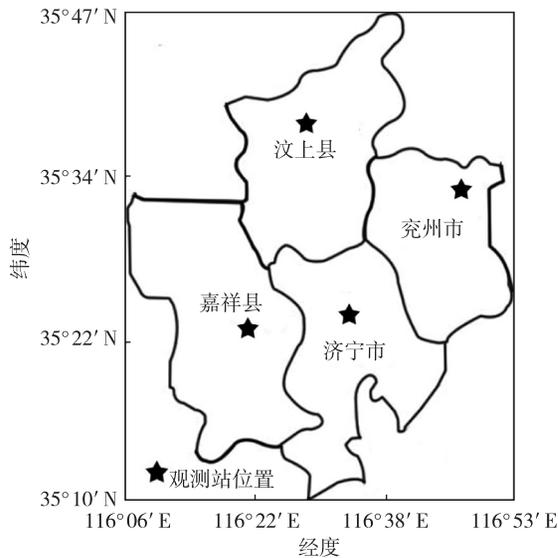


图1 各观测站位置分布

Fig. 1 Location map of meteorological observatories in Shandong

年的0.0℃,但是热岛强度在各个时间段又有所不同.在1990年以前呈上升趋势,但总体低于平均水平;1991—2000年间热岛维持在一个较高的水平,总体幅度达到0.8℃;2000年以后热岛强度下降到0.4℃.

由图2可见,近30多年来,济宁城市热岛强度呈现出越来越强的趋势.在这期间,济宁人口逐年增多,城市规模不断扩大,城市化进程不断加快,这些都可能加强城市热岛强度.2000年以后,热岛强度下降与济宁城市绿化面积明显增加有直接关系.研究表明:城市绿化能较好地削弱和改善“城市热岛效应”^[6].

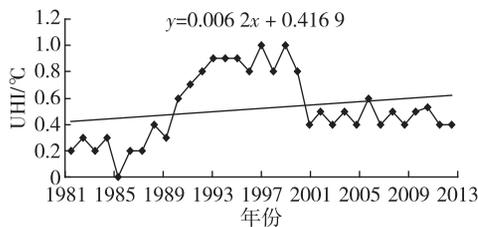


图2 济宁市1981—2013年热岛强度的年际变化

Fig. 2 Annual variation of heat island intensity in Jining during 1981-2013

2.2 济宁市城市热岛的季节变化特征

图3和图4分别给出了1981—2013年济宁市热岛强度月际变化曲线和不同季节的年代变化曲线.由图3可以看出:在1—12月中,济宁城市热岛效应具有明显的月季变化特征.以12月到次年4月较强,6到9月较弱,总体而言,冬半年明显高于夏

半年.

从图4可以看出,33年来,济宁市春季热岛强度的平均值为0.6℃,总体呈上升趋势,最高值为1.3℃,出现在2000年,最低值比平均值低0.5℃,出现在1985年.由变化曲线可以看出:总体呈直线上升趋势,1991—2000年热岛强度较强,2000年以后热岛效应有所减缓;夏季热岛强度总体较弱,其平均值为0.3℃,最高值0.8℃,出现在1999年,最低值为0.0℃.大多数年份的热岛强度都低于平均值,随着时间的推移,热岛强度总体上升较缓慢.由图4c可知:秋季济宁城市热岛强度平均值为0.4℃,1991、1992和1997年出现最高值为1.1℃;1985年出现最低值0.1℃.与其他季节不同,秋季的热岛强度呈缓慢下降趋势,递减率为0.07℃/(10a),特别是2000年以后,减幅较为明显,对全年热岛强度减缓做出了主要贡献.济宁冬季热岛强度平均值为0.7℃,呈缓慢的上升趋势,1999年出现最高值,达到了1.5℃;1985年出现最低值为0.2℃.济宁市四季热岛强度的变化规律是冬季最强,夏季最弱,春秋居中,与我国主要城市热岛研究得出的结论一致^[7].

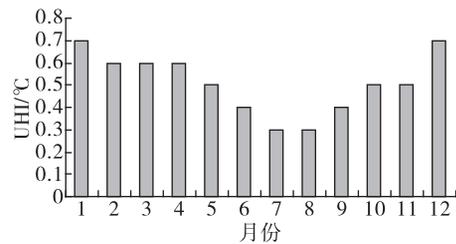


图3 1981—2013年济宁市热岛强度月际变化曲线

Fig. 3 Monthly variation of heat island intensity in Jining during 1981-2013

2.3 济宁市城市热岛的日变化特征

从图5可看出:济宁市城市热岛具有白天低于夜间,中午前后最弱的特点.在4个时次中,14时热岛强度最低,为0.38℃左右,02时热岛强度最高,为0.68℃,刚好与气温的变化规律相反.这种现象主要与近地面的湍流交换过程有关.白天日出之后,湍流交换作用加强,更有助于城市和郊区空气的混合,因此表现出的城市热岛强度较低;夜间,近地面湍流交换作用变弱,表现出的城市热岛强度较高^[8].

3 不同气象条件下济宁市城市热岛效应的变化特征

3.1 晴朗无风

采用济宁、兖州、嘉祥和汶上气象观测站2011

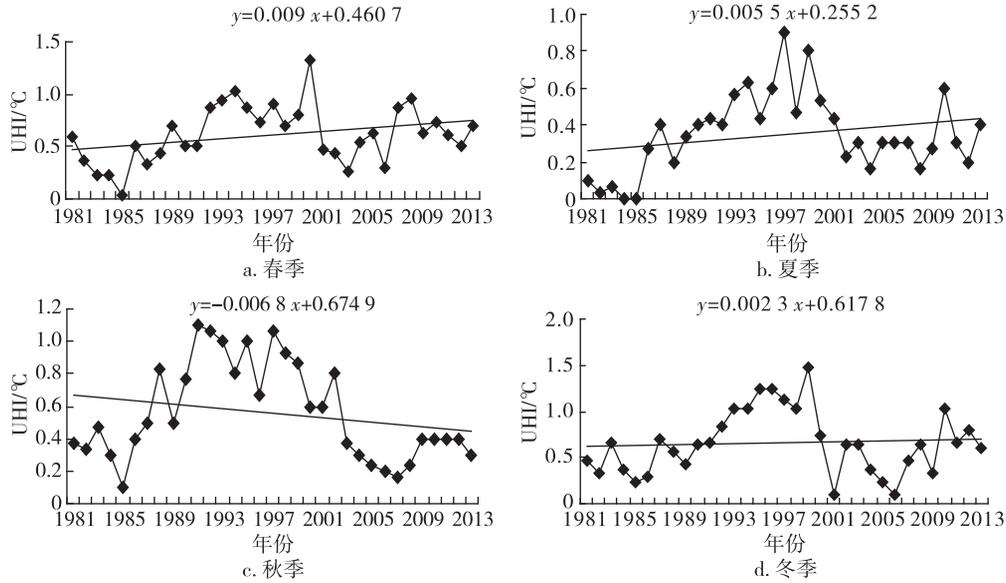


图4 1981—2013年济宁市四季热岛强度变化曲线

Fig. 4 Annual variation of heat island intensity in different seasons in Jining during 1981–2013

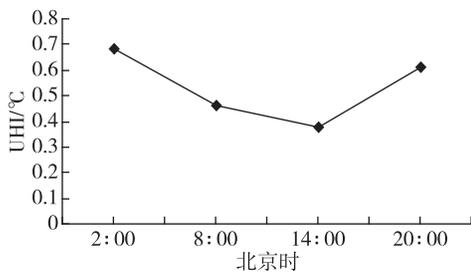


图5 济宁市城市热岛强度日变化

Fig. 5 Daily variation of heat island intensity in Jining

年1月至2013年12月每日02、08、14时和20时的云量、风速观测记录,从中选取天空总云量少于2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^[9].

晴朗无风天气条件的样本数为78个,其中冬季样本最多,达40.7%,夏季最少仅占6.8%.由图6a可见,城市热岛强度从02时到20时呈先降后升的趋势,14时最弱仅为0.35℃,02时最强,为1.28℃.在晴朗无风气象条件下的热岛强度远高于其他气象条件,表明晴朗无风的天气容易形成城市热岛,且昼夜城市热岛强度差较大,夜间02和20时热岛强度差为0.38℃,而白天08和14时热岛强度相差仅为0.06℃.原因是由于白天城、郊热量收支相差较小,城市热岛强度变化不大;夜间,市区除了有来自大气的逆辐射,还有来自建筑物之间的长波辐射^[10],从而造成夜间城郊温差加大,城市热岛强度增强.城市

热岛强度的变化幅度在晴朗无风时呈现昼弱夜强、14时最低的特点,与Oke^[11-12]认为的“理想状态”下城市热岛强度的昼夜变化特征是一致的.

四季城市热岛强度以冬季最强,为0.85℃,夏季最弱,为0.43℃.这可能与济宁冬季取暖有关.日内4个时次城市热岛强度相比,四季均表现为02时最高,14时低值.其中02时秋季最高为1.43℃,14时秋季最低,仅为0.06℃.夜间20时和02时热岛差值以秋季最大,达到0.79℃,冬季最小,为0.13℃,而08和14时的差值在秋季最大为0.49℃,春季最小,仅为0.17℃.

3.2 降水

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^[13].由图6b可知,在有降水的气象条件下,济宁市城市热岛强度仅为0.09℃,最大值出现在20时,为0.18℃,最小出现在14时,仅为0.02℃.在有降水过程时,济宁城市热岛强度表现为冬季最强,但也仅有0.23℃,春季次之,夏季为-0.13℃,没有热岛效应出现.

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^[8];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^[14].但降雪时易发生弱城市热岛效应,原因在于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”增大的原因使得城郊温度差加大^[5].

3.3 风速

根据孙嘉等^[15]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. 本文选取风速大于等于 4.0 m/s 的样本作为研究对象. 统计结果表明(图 6c), 当 24 h 风速均大于等于 4.0 m/s 时,平均城市热岛强度为 0.25 °C, 08 时达到日最大值,平均为 0.96 °C, 14 时最小为 -0.22 °C, 14 时以后缓慢上升. 冬季平均热岛强度为 -0.21 ~ 1.45 °C, 昼夜变化幅度大于秋季. 其原因是强冷空气东移南下的过程中,空气层结不稳定,城郊之间空气的水平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^[16]. 在太阳出来之前,城郊温度差较小,且由于大环境下垫面性质的原因,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^[17].

3.4 大雾

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^[7].

分析结果表明,雾日平均城市热岛强度为 0.73 °C(图 6d). 大雾气象条件下济宁市日平均城市热岛强度最大出现在 02 时(1.27 °C), 最小值出现在 14 时(0.16 °C). 经过样本分析,持续性大雾天气多出现在秋冬季节的夜间 23 时至次日 03 时,日出后逐渐消散. 由于城市热岛对城市雾形成和发展不利^[18], 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. 在大雾气象条件下,城市热岛强度有所减缓,但在雾逐渐消散过程中,由于城区的消散速度要快于郊区,导致城区升温较快,热岛强度增加. 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

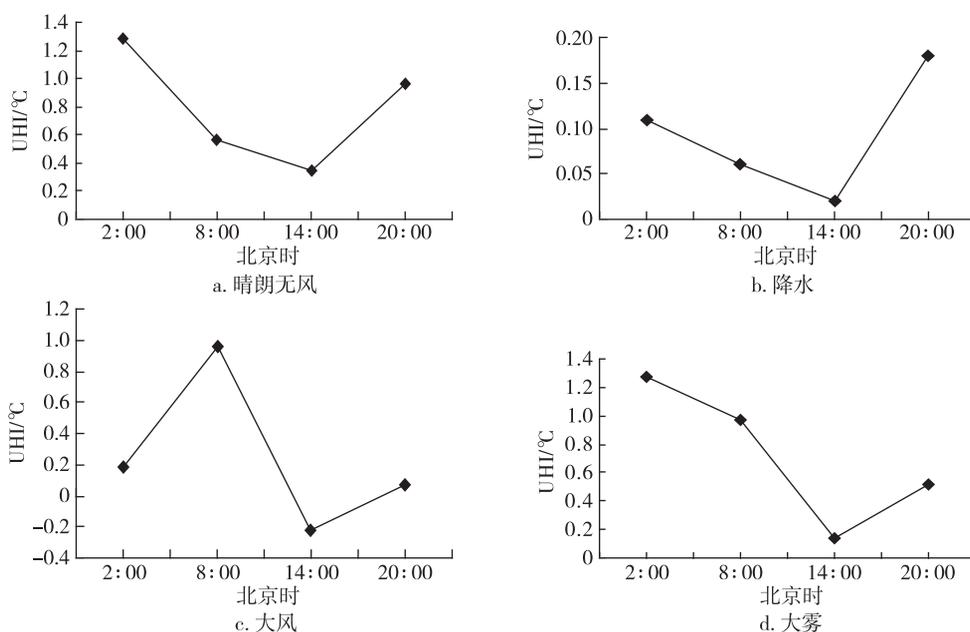


图 6 不同天气条件下济宁市城市热岛强度日变化特征

Fig. 6 Daily variation of heat island intensity under different weather conditions in Jining

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].

4 结论与讨论

1)近 30 多年来,济宁城市热岛强度呈现出增强的趋势,速率为 $0.06\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$,且具有明显的月季变化特征和日变化特征,济宁热岛强度 14 时最低,为 $0.38\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,02 时最高,为 $0.68\text{ }^{\circ}\text{C}$,白天整体较弱,夜间较强,冬半年高于夏半年.四季热岛强度的变化规律是夏季最弱,冬季最强,春季增加最快为 $0.09\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$,四季中除秋季呈缓慢下降趋势外,其余均为上升趋势.

2)在不同气象条件下,济宁市热岛强度也不尽相同,其中在晴朗无风的条件下,济宁热岛强度最为突出,平均值达到 $0.79\text{ }^{\circ}\text{C}$,其昼夜变化幅度在所有研究的气象条件中也最大;出现降雨天气过程时济宁热岛强度最弱,平均仅有 $0.09\text{ }^{\circ}\text{C}$,其昼夜变化幅度在所有研究的气象条件中也最小;大于等于 4.0 m/s 风和大雾天气多发生在秋冬季节,且雾对城市热岛的形成和昼夜变化影响也有明显大于风对城市热岛的影响.

3)不同气象条件下,济宁城市热岛强度呈现明显不同的变化,在晴朗无风和大雾条件下,02 时热岛强度最强,当有降水出现时,20 时热岛强度最强,出现大风天气时,08 时热岛强度最强,所有研究天气条件下,14 时热岛强度均表现为最弱.

4)济宁在城市化发展过程中,大量升温快而热容量小的建筑物的修建和其他人类活动,改变了城区下垫面的性质,对环境产生不利影响,特别是济宁市城市人口的快速增加和城市建成面积的快速扩张对济宁市城市热岛效应有着显著的影响.此外,城市的发展还受热岛效应对城市环境的负面影响,对居民生活产生极大危害.并且,热岛效应和温室气体排放是相互联系且相互促进的,城市热岛效应导致气温升高,进一步加剧了气候变暖,而温室气体的排放则促进了热岛效应的形成.二者互相影响,将会进一步加快环境恶化的步伐.

5)鉴于目前区域气象站点分布不均以及资料较少,无法对不同天气条件下城市热岛效应进行精细化研究,因此,本文采用较有代表性的大站数据进行研究,下一步如何利用加密自动站以城市中心站为城区代表,分别对不同方向、不同位置的城市热岛效应进行精细化研究是未来需要探讨的问题^[19].

王晓默,等.不同气象条件下济宁城市热岛效应的变化特征.

参考文献

References

- [1] 王喜全,王自发,郭虎.北京“城市热岛”效应现状及特征[J].气候与环境研究,2006,11(5):628-636
WANG Xiquan, WANG Zifa, GUO Hu. The study of the urban heat island in Beijing city [J]. Climatic and Environmental Research, 2006, 11(5): 627-636
- [2] 任春艳,吴殿廷,董锁成.西北地区城市化对城市气候环境的影响[J].地理研究,2006,25(2):233-240
REN Chunyan, WU Dianting, DONG Suocheng. The influence of urbanization on the urban climate environment in Northwest China [J]. Geographical Research, 2006, 25(2): 233-240
- [3] 王清川,郭立平,张绍恢.不同气象条件下廊坊城市热岛效应变化特征[J].气象与环境学报,2009,25(6):44-48
WANG Qingchuan, GUO Liping, ZHANG Shaohui. Urban heat island effect under different meteorological conditions over Langfang, Hebei province [J]. Journal of Meteorology and Environment, 2009, 25(6): 44-48
- [4] 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
- [5] 江志红,叶丽梅.近十年南京城市热岛演变的遥感研究[J].南京信息工程大学学报(自然科学版),2010,2(2):148-154
JIANG Zhihong, YE Limei. A study of the urban heat island changes of Nanjing in the past decade based on remote sensing [J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology (Natural Science Edition), 2010, 2(2): 148-154
- [6] 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
LI 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
- [7] 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
- [8] 邱新法,顾丽华,曾燕,等.南京城市热岛效应研究[J].气候与环境研究,2008,13(6):807-814
QIU Xinfu, GU Lihua, ZENG Yan, et al. Study on urban heat island effect of Nanjing [J]. Climatic and Environmental Research, 2008, 13(6): 807-814
- [9] 中国气象局.地面气象观测规范[M].北京:气象出版社,2003:3-43
China Meteorological Administration. Meteorological observation specification [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2003: 3-43
- [10] 周淑贞,束炯.城市气候学[M].北京:气象出版社,1994:22-38

- ZHOU Shuzhen, SHU Jiong. Urban climatology [M]. Beijing: China Meteorological Press, 1994: 22-38
- [11] Oke T R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island; Comparison of scale model and field observations [J]. International Journal of Climatology, 1981, 1(3): 237-254
- [12] Oke T R. The energetic basis of the urban heat island [J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 1982, 108(455): 1-24
- [13] 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
- [14] 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
- [15] 孙嘉, 陆映丽. 南京市热岛效应及效应响应分析 [J]. 遥感技术与应用, 2008, 23(3): 336-340
SUN Jia, LU Yili. Study on urban heat island in summer of Nanjing based on TM data [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2008, 23(3): 336-340
- [16] 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
XU Xiangde, TANG Xu, XU Dahai, et al. Introduction to environmental meteorology under urbanization [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2002: 62-82
- [17] 卞韬, 任国玉, 张翠华, 等. 石家庄气象站记录的城市热岛效应及其趋势变化 [J]. 南京信息工程大学学报(自然科学版), 2012, 4(5): 402-408
BIAN Tao, REN Guoyu, ZHANG Cuihua, et al. Characteristics and change of urban heat island intensity in Shijiazhuang [J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology (Natural Science Edition), 2012, 4(5): 402-408
- [18] 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
ZHENG Zuofang, LIU Weidong, WANG Yingchun. Distributive character of urban heat island effect in the Beijing region [J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology, 2006, 29(5): 694-699
- [19] 李丽光, 梁志兵, 王宏博, 等. 不同天气条件下沈阳城市热岛特征 [J]. 大气科学学报, 2011, 34(1): 66-73
LI Liguang, LIANG Zhibing, WANG Hongbo, et al. Urban heat island characteristics in Shenyang under different weather conditions [J]. Transactions of Atmospheric Science, 2011, 34(1): 66-73

Urban heat island effect under different meteorological conditions in Jining of Shandong province

WANG Xiaomo¹ ZHANG Caicui¹ DONG Ning¹ YAO Wei²

1 Jining Meteorological Bureau of Shandong Province, Jining 272000

2 Meteorological Bureau of Jiangsu Province, Nanjing 210008

Abstract The variation of urban heat island (UHI) effect in Jining of Shandong province was analyzed using meteorological measurements such as mean air temperature, mean wind speed, precipitation, cloud cover and visibility data from Jining, Yanzhou, Jiexiang and Wenshang station at 02:00, 08:00, 14:00, and 20:00 BST from 1981 to 2013. Results show that the UHI effect in Jining has obvious monthly and diurnal variation characteristics. The UHI effect was stronger in the winter half year than in the summer half year; significantly weaker in daytime than in nighttime, and the weakest at noon. As for seasonal variation, the UHI effect in Jining is strongest in winter and weakest in summer, and in a slowly growing trend in seasons of spring, summer and winter. The UHI effect varies greatly under different weather conditions, which is most obvious at sunny windless weather with average value of 0.79 °C, and least obvious at rainy weather with average value of 0.09 °C. Fog and wind with speed equal to or greater than 4.0 m/s mostly occur in autumn or winter, but fog effects greater than wind on the formation and diurnal variation of UHI. As for the diurnal variation, the UHI effect is strongest at different time of a day under different weather conditions, which occurs at 02:00, 20:00, and 08:00 at sunny windless foggy weather, precipitation weather, and strong windy weather conditions, respectively; while the UHI effect is weakest at 14:00 under all weather conditions.

Key words urban heat island (UHI); sunny windless; fog; precipitation; wind speed