

尚建设,李本亮,孙小丽,等. 济南市夏季城市热岛效应特征分析[J]. 干旱气象, 2018, 36(1): 70-74, [SHANG Jianshe, LI Benliang, SUN Xiaoli, et al. Characteristic Analysis of Urban Heat Island Effect in Summer in Ji'nan City[J]. Journal of Arid Meteorology, 2018, 36(1): 70-74], DOI: 10.11755/j.issn.1006-7639(2018)-01-0070

## 济南市夏季城市热岛效应特征分析

尚建设<sup>1,2</sup>, 李本亮<sup>3</sup>, 孙小丽<sup>3</sup>, 夏宝训<sup>4</sup>

(1. 南京大学大气科学学院, 江苏 南京 210000; 2. 山东省德州市气象局, 山东 德州 253500;  
3. 山东省济南市气象局, 山东 济南 250000; 4. 山东省商河县气象局, 山东 商河 251600)

**摘要:**利用2012—2014年济南市自动气象站气温数据,分析济南市夏季城市热岛效应时空分布特征。结果表明,济南市夏季城市热岛效应显著,热岛强度由市区向四周辐射,市中心沿经十路到泉城路东西向一带为热岛效应最强区域;济南市夏季城市热岛效应强度存在明显的日变化,热岛强度夜间大于白天,早晨和傍晚前后存在热岛强度陡然变化阶段。

**关键词:**城市热岛效应; 济南; 气象站

**文章编号:**1006-7639(2018)01-0070-05 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2018)-01-0070

**中图分类号:**P463.3

**文献标志码:**A

### 引言

城市热岛效应是指城市中的气温明显高于外围郊区的现象,近地面温度图上城区高温区的形状像是海面突出的岛屿,因此形象地称之为城市热岛。城市热岛效应一般用热岛强度表示,OKE<sup>[1]</sup>定义热岛强度为城区气温与郊区气温的差值。随着城市化进程的快速发展,城市热岛效应给环境造成的各种问题已引起科学家们的关注和政府的重视,特别是在我国东部夏季极端高温日数显著增多情况下<sup>[2-3]</sup>,城市热岛会加剧夏季高温对人们生产生活的影 响。济南市作为山东省的省会,城市化发展迅速。对济南市夏季城市热岛效应进行研究,有助于为济南市城市区域气候研究提供科学依据,对改善城市生态环境和居住环境有重要现实意义。

许多学者利用多种方法对不同城市热岛效应的时空分布特征及其形成机制等进行了研究。如利用站点法研究北京<sup>[4]</sup>、深圳<sup>[5]</sup>、鞍山<sup>[6]</sup>等城市热岛效应的时空分布特征;刘磊<sup>[7]</sup>、樊亚鹏等<sup>[8]</sup>用遥感数据反演的地表温度分别分析了长江三角洲地区都市群、广州热岛效应的时间和空间变化特征;刘倩等<sup>[9]</sup>利用WRF-ARW模式模拟下垫面变化对北京城市热岛的影响,研究城市化对北京城市热岛的影

响,指出模式模拟研究城市热岛的优势和不足。这些研究方法主要可归类为站点法、遥感监测法和边界层数值模式模拟法。

这3种方法各有利弊,传统站点法通过全天候连续观测气温数据,可以全面反映城市热岛效应状态,但受限于气象观测站数量;遥感监测法是通过遥感数据获得地面温度,可以直观地反映空间热环境分布情况,但由于天空状况、下垫面、高大建筑物等因素影响,通过地表温度反推气温时产生较大误差,存在反演精度的问题;数值模式模拟法可以有效地研究热岛的演变机制和形成原因,但受近地层非均一下垫面的复杂性和资料的不完整性限制也使得数值模拟并不完善<sup>[10-11]</sup>。

本文采用站点法对济南市夏季城市热岛效应时空分布特征进行研究。用2012—2014年自动气象站资料分析济南市夏季城市热岛效应时空分布特征,以期在城市环境保护与规划、能源利用以及居民保健等提供依据。

### 1 资料与方法

#### 1.1 资料

近年来,济南市不断完善气象站网建设,提

收稿日期:2017-07-03;改回日期:2017-11-14

基金项目:中国气象局气候变化专项(CCSF201536)资助

作者简介:尚建设(1986—),男,工程师,主要从事气象应用等方面的研究。E-mail:sjians2006@163.com。

通信作者:李本亮(1969—),男,高级工程师,主要从事气候变化、气象服务等方面的研究。E-mail:shangtengshangmao@163.com。

高了气象资料监测的空间分辨率。济南市现有自动气象站 107 个,其中参与考核 87 个。根据数据可用率、建站时间等因素,从中选取 78 个站点 2012—2014 年的夏季(6—8 月)逐时气象资料,对济南市夏季气温分布和城市热岛强度进行分析。所用数据取自气象站月报表文件,均经过质量控制。

### 1.2 研究方法

站点法指利用气象站观测气温数据计算城市热岛强度,进而研究城市热岛效应。

基于 OKE 对热岛强度的定义<sup>[1]</sup>,本文将热岛强度用城区站气温资料和郊区站气温资料的差值表示,具体方法如下:

$$H_i = T_i - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n t_j$$

式中: $H_i$  为第  $i$  个站点的热岛强度; $T_i$  为第  $i$  个站点的气温值; $n$  为郊区站的数量; $t_j$  为第  $j$  个郊区站的气温值;热岛强度分为 5 个等级,如表 1 所示。

表 1 城市热岛强度分级标准

Tab. 1 Classification standard of urban heat island intensity

热岛强度/℃	等级
$0 < H \leq 0.5$	无
$0.5 < H \leq 1.5$	弱
$1.5 < H \leq 2.5$	中等
$2.5 < H \leq 3.5$	强
$H > 3.5$	极强

郊区站的合理选取对研究城市热岛强度非常重要。根据济南市城市建设情况和区域气象站周边探测环境特点,确定城区站和郊区站。城区站主要分布在济南市区,章丘、长清、济阳、商河、平阴城区内站点也为城区站,其他站点为郊区站(图 1)。

## 2 结果分析

### 2.1 济南市夏季热岛强度空间分布特征

图 2 为 2012—2014 年夏季济南市城市热岛强度分布,可以看出,济南市热岛效应比较明显,热岛强度的大值区与城市建成区格局基本一致,在市辖五区的交界处城市热岛强度在 1.5℃ 以上,为中等热岛强度区,热岛强度分布存在由市区中心向四周辐射的特点。从济南市区中心向外热岛强度逐渐减弱,在远郊及乡镇基本不存在城市热岛效应,在南部山区还出现冷岛效应。

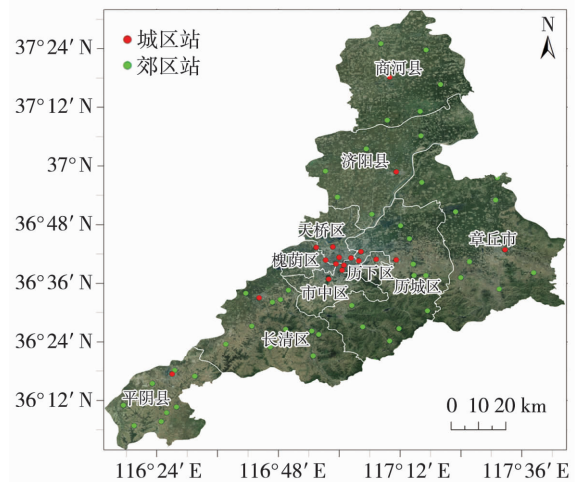


图 1 济南市站点分布示意图

Fig. 1 The distribution of observation stations in Ji'nan

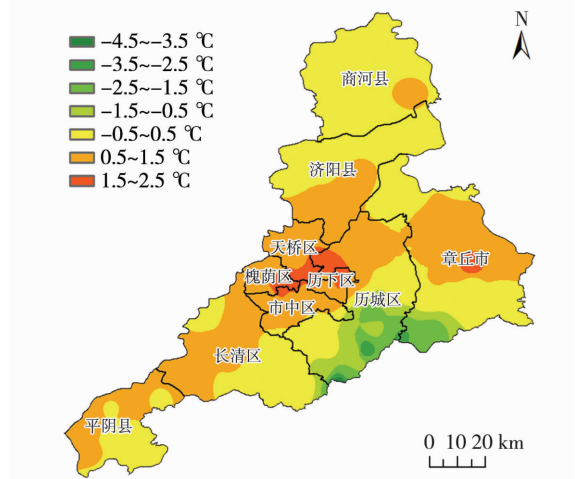


图 2 2012—2014 年夏季济南市城市热岛强度分布

Fig. 2 Urban heat island intensity distribution in summer during 2012 – 2014 in Ji'nan city

济南市区百花公园的城市热岛强度低于四周城区,这和城市下垫面性质有关<sup>[12]</sup>。城市建成区的下垫面多为水泥、混凝土等构成;郊区、乡镇以及城市公园的下垫面以土壤、绿地为主。与郊区及绿地的下垫面相比,城市下垫面的反射率小、热容量小,在相同的辐射条件下,吸收的太阳辐射多,温度变化幅度大。

城市中的公园热岛强度要小于周围非公园区,也说明了下垫面是形成城市热岛效应的主要因素之一。肖荣波等<sup>[13]</sup>指出当一个区域绿化覆盖率达到 30% 时,热岛强度开始出现较明显的减弱;绿化覆盖率大于 50% 时,热岛的缓解现象极其明显,规模大于 3 hm<sup>2</sup>,且绿化覆盖率达到 60% 以上的集中绿地,其内部的热辐射强度明显降低,与郊区自然下垫面的热辐射强度相当。

### 2.2 济南市夏季热岛强度年变化特征

图3为济南市城市热岛效应2012—2014年逐年变化特征,可以看出,济南市城市热岛效应影响范围在逐年扩大。出现弱热岛强度的区域明显增大,增大区域主要出现在历城区东部和济阳县;出现中等热岛强度的区域也有所增加,增加区域主要出现在历下区和章丘市。

### 2.3 济南市夏季热岛强度日变化特征

确定20:00—07:00(北京时,下同)为夜间,08:00—19:00为白天。由夏季白天和夜间城市热岛强度分布(图4)可以看出,热岛强度由强到弱呈现辐射状分布。白天在天桥区、槐荫区、市中区、历下区、历城区的北部、章丘市区和济阳县城热岛强度都在0.5~1.5℃之间,为弱城市热

岛强度区[图4(a)]。夜间城市热岛强度存在A、B两个中心,中心热岛强度为1.5~2.5℃,为中等强度城市热岛效应区,其中A区为天桥区、槐荫区、市中区、历下区、历城区这五个区交界沿经十路—泉城路东西向一带,B区为章丘市区[图4(b)]。与白天热岛效应相比,夜间热岛强度明显增强,而热岛效应影响范围在济南市区变大,在章丘市、济阳县变小。

为更好地研究城市热岛强度日变化,选取泉城广场、泉城公园、天桥收费站、商河龙桑寺站点分别代表济南市区中心、市区中心公园、城乡结合部、乡镇环境。由图5可以看到,济南市热岛效应存在明显的日变化规律,夜间热岛强度大于白天。日出时热岛强度迅速减小,12:00左右降到最小;日落时热

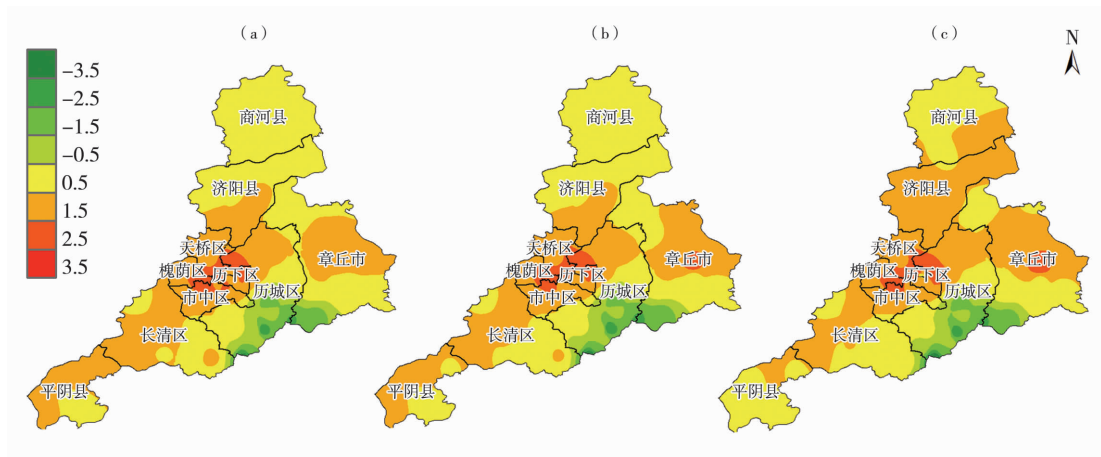


图3 2012(a)、2013(b)和2014(c)年济南市夏季城市热岛强度逐年分布(单位:℃)

Fig.3 Annual distribution of heat island intensity in summer in Ji'nan city in 2012 (a), 2013 (b) and 2014 (c) (Unit: ℃)

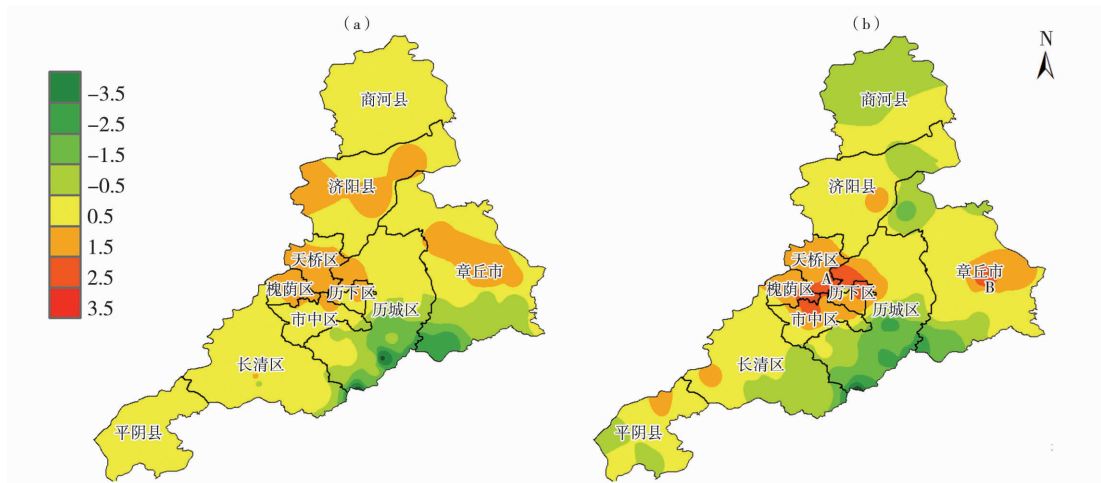


图4 2012—2014年济南市夏季白天(a)和夜间(b)城市热岛强度(单位:℃)

Fig.4 The intensity of urban heat island during the daytime (a) and nighttime (b) in summer in Ji'nan during 2012 -2014 (Unit: ℃)

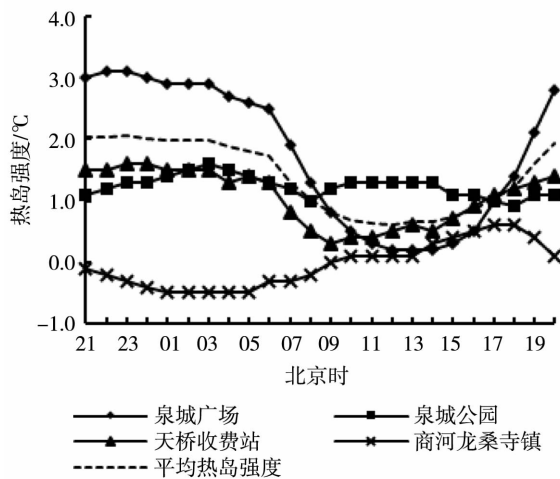


图5 2012—2014年济南市代表性  
站点夏季热岛强度日变化

Fig. 5 Diurnal variation of heat island intensity  
in the representative stations of Ji'nan city  
in summer during 2012 - 2014

岛强度开始快速增大, 23:00 左右增到最大, 其他时间热岛强度变化缓慢。通过分析发现济南市处于不同环境区域的城市热岛效应强度日变化规律存在不同: 乡镇环境的商河龙桑寺不存在城市热岛效应; 位于城乡结合部区域的天桥收费站受城市热岛效应影响, 夜间热岛强度处于中等水平, 白天热岛强度为弱的等级; 位于市区中心的泉城广场城市热岛效应最明显, 热岛强度存在夜间强白天弱的特点, 夜间热岛强度最强达  $3.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  以上为强热岛强度; 而同处于市区中心的泉城公园城市热岛强度日变化不太明显, 夜间和白天热岛强度在  $1.0\sim 1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  之间, 为中等强度热岛效应。

### 3 结 论

(1) 济南市密集的自动站观测网对于连续跟踪监测城市气候变化特征有重要作用。基于自动气象站气温数据既能反映济南市热岛强度空间分布情况, 也能反映热岛强度的时间变化特点。

(2) 2012—2014年济南市夏季城市热岛效应显

著。在空间分布上, 市区中心沿经十路—泉城路东西向一带为热岛效应最强区域, 热岛强度分布存在由市区强中心向四周辐射的特点。从济南市区中心向外, 热岛强度逐渐减弱, 在郊区及乡镇基本不存在城市热岛效应。在时间分布上, 济南市城市热岛效应影响范围呈逐年增大趋势。

(3) 2012—2014年济南市夏季城市热岛效应强度日变化夜间大于白天, 在早晨和傍晚左右存在热岛强度陡然变化阶段。热岛强度的最大值出现在夜间 23:00 前后, 最小值出现在上午 12:00 前后。

(4) 通过对比市区泉城公园区域站点和其他代表性站点的城市热岛效应日变化特点发现, 城市公园对城市热岛效应有一定的缓解作用。

### 参考文献:

- [1] OKE T R. Boundary layer climate[M]. Cambridge: Great Britain at the University Press, 1987: 1 - 3.
- [2] 张英华, 李艳, 李德帅, 等. 中国东部夏季极端高温的空间分布特征及其环流型[J]. 高原气象, 2016, 35(2): 469 - 483.
- [3] 武丽梅, 陈璐, 王凯, 等. 中国大陆 1983—2012 年年极端气温时空变化特征[J]. 干旱气象, 2016, 34(6): 945 - 951.
- [4] 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.
- [5] 张立杰, 李磊, 江崑, 等. 基于自动站观测资料的深圳城市热岛研究[J]. 气候与环境研究, 2011, 16(4): 479 - 486.
- [6] 董国平, 姜鹏, 赵梓淇, 等. 鞍山城市热岛效应及影响因素分析[J]. 气象与环境学报, 2015, 31(4): 51 - 57.
- [7] 刘磊. MODIS 数据地表温度反演及其在长江三角洲城市群热岛效应研究中的应用[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2007.
- [8] 樊亚鹏, 徐涵秋, 李乐, 等. 广州市城市扩展及其城市热岛效应分析[J]. 遥感信息, 2014, 29(1): 23 - 29.
- [9] 刘倩, 刘斌, 王晓云, 等. WRF - ARW 模式在北京城市热岛模拟研究中的应用[J]. 科学技术与工程, 2014, 14(36): 146 - 151.
- [10] 寿亦萱, 张大林. 城市热岛效应的研究进展与展望[J]. 气象学报, 2012, 70(3): 338 - 353.
- [11] 白杨, 王晓云, 姜海梅, 等. 城市热岛效应研究进展[J]. 气象与环境学报, 2013, 29(2): 101 - 106.
- [12] 卞子浩, 马超群, 王迪, 等. 西安地区热岛效应与景观生态格局相关性研究[J]. 干旱气象, 2016, 34(2): 342 - 348.
- [13] 肖荣波, 欧阳志云, 李伟峰, 等. 城市热岛时空特征及其影响因素[J]. 气象科学, 2007, 27(2): 231 - 236.

