

# 上海市区与洋山港区气温日变化差异分析

朱智慧 王琴 李丽

(上海海洋中心气象台, 上海 201306)

**摘要:** 利用上海徐家汇站与洋山站2008—2016年的地面气象观测资料, 分析了上海市区和洋山港区的气温日变化差异。结果表明: 1) 市区和港区气温日变化有明显季节差异, 四季市区气温日变化幅度均大于港区, 港区气温变化受海洋调节, 较为温和。2) 港区的最大升(降)温幅度要低于市区, 变化更为平缓。市区和港区的升温和降温都存在非对称特征, 降温比升温缓慢。3) 市区一年四季的最大升温出现时间都比较集中, 港区较分散。市区和港区的最大降温出现率围绕峰值呈现明显的不对称性, 市区较大的出现率集中在18—20时, 港区在16—18时。4) 市区和港区最高、最低温度的出现率都存在双峰结构, 13时和20时有较高的最高温度出现率, 05时和20时有较高的最低温度出现率。各季节最低温度出现率有显著差异。

**关键词:** 市区, 港区, 气温日变化

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2020.03.005

## Difference of the Diurnal Temperature Variations Between Urban and Harbor Area in Shanghai

Zhu Zhihui, Wang Qin, Li Li

(Shanghai Marine Meteorological Center, Shanghai 201306)

**Abstract:** Using the ground meteorological observation data of Xujiahui and Yangshan stations in Shanghai from 2008 to 2016, the diurnal variations of temperature in Shanghai and Yangshan harbor area were analyzed. The results show that: 1) There are obvious seasonal differences in diurnal variation of temperature between urban area and harbor area. The diurnal variation range of temperature in urban area is larger than that in harbor area in all seasons. The change of temperature in harbor area, due to the infection of ocean, is gentler. 2) The maximum temperature rising (cooling) range of the harbor area is lower than that of the urban area, and the change is gentler. The temperature rising and cooling changes in urban and harbor areas are asymmetric, and the temperature cooling changes more slowly than the temperature rising. 3) The maximum temperature rising changes in the urban areas are relatively concentrated throughout the year, and scattered in the harbor area. The maximum temperature cooling appearance rate of urban and harbor area shows obvious asymmetry around the peak value, and the larger incidence in the urban area is concentrated on 16:00 to 18:00 BT, while the harbor area on 18:00 to 20:00 BT. 4) the appearance of the highest and lowest temperature have double-peak structure, there is higher occurrence rate of the highest temperature on 13 and 20 BT, while there is higher occurrence rate of the lowest temperature on 05 and 20 BT. There is significant difference in the lowest temperature occurrence rate in each season.

**Keywords:** urban, harbor, the diurnal variations of temperature

### 0 引言

最近几十年, 随着城市化进程的发展, 城市热岛效应<sup>[1-4]</sup>正成为气温变化的重要影响因素。Jones等<sup>[5]</sup>在研究城市化问题对大尺度气温变化的影响时发现, 在中国1951—2004年城市化相关的增暖为 $0.1^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。周雅清等<sup>[6]</sup>的研究表明, 对华北地区, 平均气温、最低气温变化趋势中城市热岛效应加强因素的影响明显。还有其他许多研究者<sup>[7-10]</sup>对城市化与某一地区气温变

化的关系进行了分析。近十几年, 自动气象站建设和野外观测技术的进步为城市局地的精细化气候研究带来了可能性。黄良美等<sup>[11]</sup>基于试验观测数据, 对南京市不同下垫面的温度日变化规律、热岛强度特征进行了全面分析。胡文志等<sup>[12]</sup>选取较能代表香港市区与郊区情况的气象站数据, 比较了香港市郊温度和相对湿度差异的日变化和季节变化, 及其与城市化影响的关系。李兴荣等<sup>[13]</sup>用自动观测站资料分析了深圳城市、海洋、丘陵、山地等4个小气候区夏季典型晴天气温、湿度及舒适度特征。杨萍等<sup>[14]</sup>利用北京地区4年67个自动气象站的逐小时气温观测资料, 研究了城郊气温的日变化差异及季节特征。上海作为国际化的大

收稿日期: 2018年11月27日; 修回日期: 2019年5月22日  
第一作者: 朱智慧(1984—), Email: zhuzhihui83@qq.com  
资助信息: 上海市气象局面上项目(MS201806)

都市, 城市化对局地气候的影响显著, 近年来关于上海城市热岛效应的研究也比较多<sup>[15-17]</sup>, 但这些研究集中在城市和郊区气温差异的分析上。

上海洋山港是世界最大的海岛型深水人工港, 随着港口经济的发展, 人们对港区气温的精细化预报要求也越来越高, 但分析市区和港区气温日变化差异性及其季节特征方面的研究较少, 对这些问题进行分析, 有助于提高港区气温的精细化预报水平。

## 1 资料与方法

### 1.1 站点选取和数据

上海徐家汇气象观测站自1873年建站至今已有141年历史, 位于徐家汇商业圈内, 有关上海城市热岛效应的许多研究都将徐家汇站选为市区站的代表<sup>[15-17]</sup>。本文参照前人研究选取徐家汇站为市区站。

表1 站点分布及气温资料 (平均数值以2008—2016为参考)

Table 1 The distribution and temperature information of the stations (The average value is based on 2008—2016)

站点	海拔/m	平均温度/°C	平均最高温度/°C	平均最低温度/°C	平均气温日较差/°C	极端最高温度/°C	极端最低温度/°C
徐家汇	4.6	17.6	21.3	14.8	6.4	40.8 (2013年8月7日)	-7.2 (2016年1月24日)
洋山	54.4	16.9	19.5	15.0	4.5	37.6 (2013年8月7日)	-6.1 (2016年1月24日)

### 1.2 分析方法

计算了市区和港区2008—2016年逐年平均的平均温度、最高最低温度和9年平均的00—23时逐时平均温度、最高最低温度和气温日较差。此外, 还通过计算最高、最低温度出现时间的概率分布, 分析了市区和港区温度日变化的差异性, 计算方法<sup>[14]</sup>为: 利用出现率 (出现次数/总次数) 来表征日最高 (低) 温度在各时次出现的概率, 统计了市区和港区站点全年和季节日最高温度 (最低温度) 出现时间的概率分布特征。在分析季节变化特征时, 3、4、5月为春季, 6、7、8月为夏季, 9、10、11月为秋季, 12、1、2月为冬季。

## 2 结果与分析

### 2.1 气温日变化

图1给出了市区和港区一年四季平均气温日变

上海洋山深水港区位于杭州湾口、长江口外的浙江省嵊泗崎岖列岛, 由大、小洋山等数十个岛屿组成。为了给洋山港区提供现代化的气象服务, 上海市气象局在位于洋山港区的小洋山岛上建立了洋山气象站。2005年洋山站被正式列入国家观测站, 2007年开始正式参与全国性气象资料发报。2007年以后洋山站的气象观测资料完整, 本文选取洋山站为港区站。

本文所使用的资料为徐家汇站和洋山站2008—2016年的地面气象观测文件, 包含每日的极值记录, 资料的时间间隔为1 h。

两个测站的海拔高度、平均温度、平均最高和最低温度、平均气温日较差 (气温日较差是指一天中气温最高值与最低值之差)、极端最高和最低温度等信息见表1。

化。从中可见, 由于下垫面的不同, 市区和港区的气温日变化在一年四季都有明显的异同。四季市区气温日变化幅度均大于港区, 说明港区气温受海洋的调节变化较为温和。四季两站最高气温均出现在13—14时, 最低温度出现在05—07时。春季和夏季, 市区的气温在00—23时都高于港区, 14时前两者温差逐渐拉大, 之后逐渐减小。秋季和冬季, 00—10时和19—23时, 港区气温要高于市区; 10—19时, 港区气温低于市区。这说明, 在四季, 由于市区下垫面对太阳辐射的响应快, 日出之后, 市区增温更快, 10—18时左右市区气温要明显高于港区, 日落之后, 在春季和夏季, 天气处在一年中由冷转暖的阶段, 市区夜间城市热岛效应比较明显, 气温高于港区, 在秋季和冬季, 天气处在一年中由暖转冷的阶段, 夜间城市热岛效应

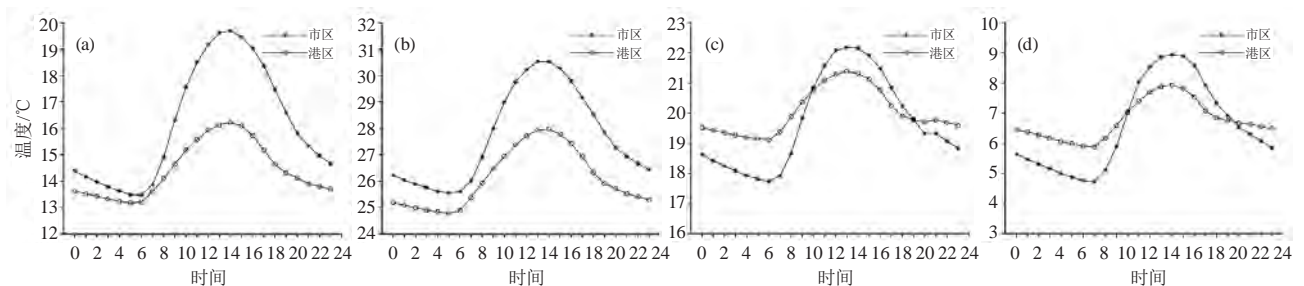


图1 市区 (星号线) 和港区 (空心圆点线) 气温日变化特征

(a) 春季, (b) 夏季, (c) 秋季, (d) 冬季

Fig. 1 Diurnal air temperature variations between urban (asterisk) and harbor (hollow point)

(a) spring, (b) summer, (c) autumn, (d) winter

对气温的调节作用小于海洋，市区的气温低于港区。

## 2.2 变温强度

图2给出了市区和港区9年平均的1 h、3 h、6 h间隔的气温变化的日变化特征曲线。从中可见，市区和港区的1 h变温都在09时达到最大值，市区的3 h和6 h最大正变温出现在11时、13时，而港区出现在10时、

12时，均比市区提前1 h；市区的最大负变温出现在18时、19时和21时，港区在17时、18时和20时，同样比市区提前1 h。此外，不管哪种时间间隔，港区的最大升（降）温幅度都要低于市区，说明由于海洋的调节作用，港区的温度变化更为平缓。

从图3中1 h变温的日变化的季节特征可以看到市

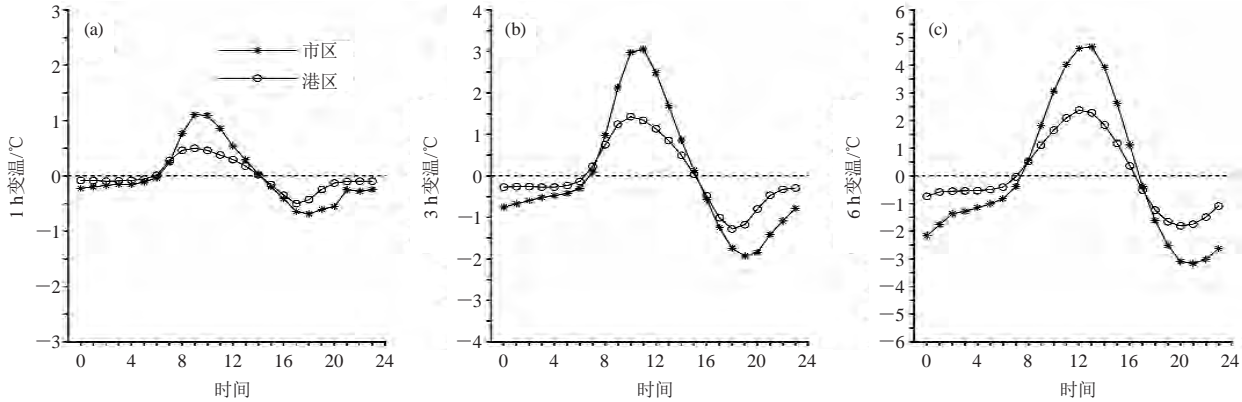


图2 市区（星号线）和港区（空心圆点线）变温日变化  
(a) 1 h, (b) 3 h, (c) 6 h

Fig. 2 Diurnal variation of temperature increment in urban (asterisk) and harbor (hollow point) areas  
(a) 1 hour, (b) 3 hours, (c) 6 hours

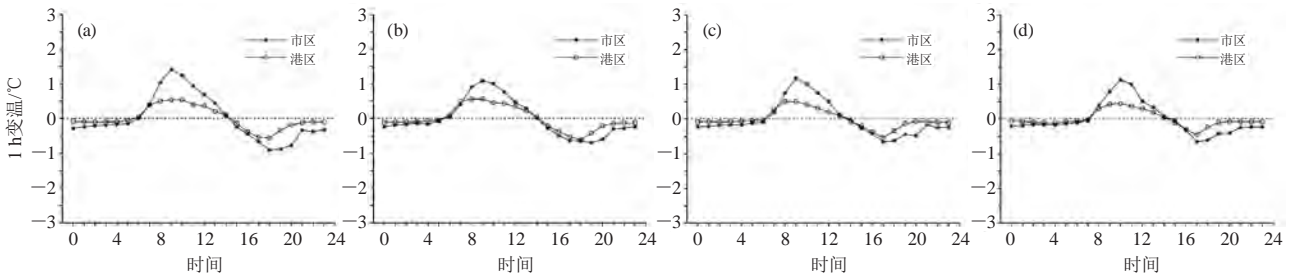


图3 市区（星号线）和港区（空心圆点线）1 h变温的日变化  
(a) 春季, (b) 夏季, (c) 秋季, (d) 冬季

Fig. 3 Diurnal temperature variation for 1 hour in urban (asterisk) and harbor (hollow point) areas  
(a) spring, (b) summer, (c) autumn, (d) winter

区和港区一年四季的最大升温都出现在09时，春季和夏季市区最大降温出现在18、19时，港区出现在17、18时，提前1 h，而在秋季和冬季，市区和港区的最大降温都出现在17时；一天中，市区的升（降）温幅度要大于港区。此外，市区和港区的1小时升温 and 降温都存在非对称特征。以夏季为例，升温从06时开始，到09时达到峰值，历时3 h，降温从14时开始，到19时达到最低值，历时5 h，说明对市区和港区，降温过程都要比升温过程缓慢。3 h和6 h变温日变化的季节特征（图略）与1 h变温类似。

图4给出了市区和港区1 h、3 h、6 h间隔的最大升温和最大降温出现率的9年平均日变化特征曲线。从中可以看到，不管哪种时间间隔，市区的最大升温出

现率的峰值要明显高于港区，而最低温度出现率两者接近，说明最大升（降）温除了与日照有关，还与下垫面的属性密切相关。对市区和港区，1 h和3 h最大升温出现率峰值都出现在10—11时，6 h最大升温出现率出现在13—14时。市区和港区的1 h最大降温出现率最大值都出现在18时；市区的3 h最大降温出现率最大值出现在20时，港区出现在19时；市区和港区的6 h最大降温出现率最大值都出现在21时。

从图5中可以看到，市区四季的1 h最大升温都比较集中，春、夏、秋季出现率的峰值在10时，冬季在11时，数值为30%~40%。港区的最大升温主要出现在09—14时，较为分散，四季出现率的峰值都低于20%。春季市区和港区最大降温出现率的峰值都出现

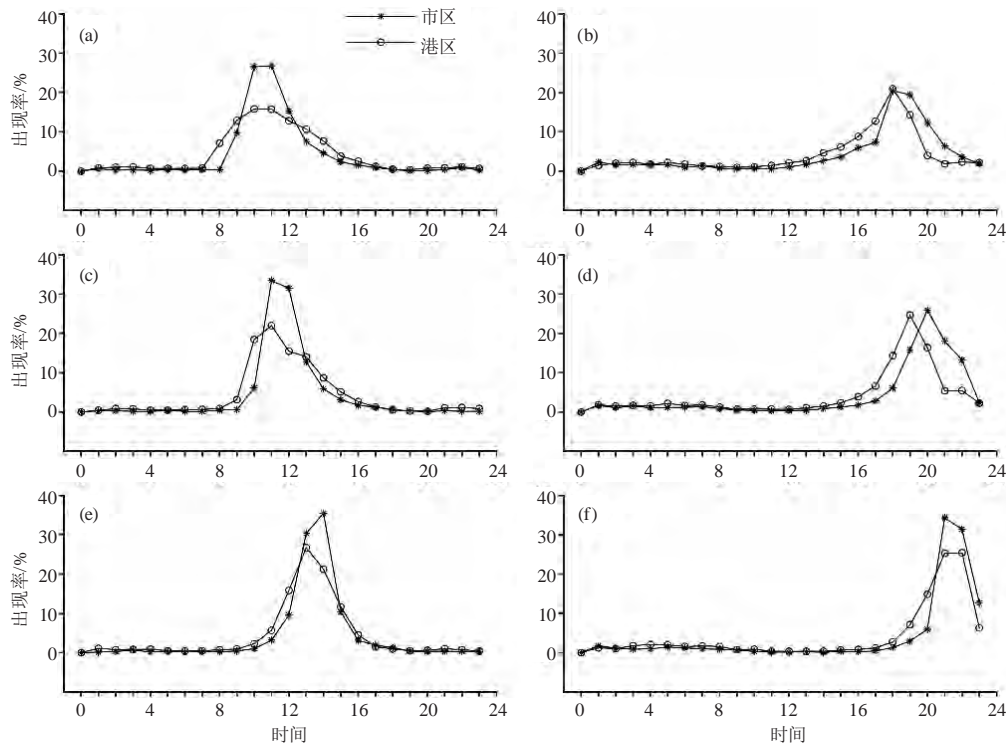


图4 市区（星号线）和港区（空心圆点线）最大升温（a：1 h，c：3 h，e：6 h）和最大降温（b：1 h，d：3 h，f：6 h）出现率的日变化

Fig. 4 Occurrence rate of maximum temperature rising (a: 1 hour, c: 3 hours, e: 6 hours) and maximum temperature cooling (d: 1 hour, d: 3 hours, f: 6 hours) increment in urban (asterisk) and harbor (hollow point) areas

在19时；夏季市区的峰值出现在18时，港区出现在19时，比市区落后1 h，而且港区的峰值要高于市区。秋季和冬季，市区和港区的峰值都出现在18时，且数值接近。此外，市区和港区的1 h最大降温出现率围绕峰值的分布呈现明显的不对称性，市区较大的出现率集中在18—20时，港区在16—18时。3 h和6 h最大升温出现率的日变化的季节变化特征与1 h类似（图略），只是峰值出现时间有差别。

### 2.3 日极端气温出现时间的概率分布

最高（低）气温出现的时间是气温日变化的重要特征，过去人们主要关注平均的最高（低）温度出现时间，对最高（低）气温出现时间的概率分布研究较少，对其进行分析，可以加深对气温日变化特征的认识。图6给出了市区和港区最高（低）温度出现率的年平均和四季日变化特征。

从图6a、6c、6e、6g、6i可见，市区和港区年平均的最高温度出现率都存在双峰结构，最大的时次都为13时，其次为20时。各季节最高温度出现率的平均状态与年平均状态情况基本一致，但略有差异。其中，市区和港区春季和夏季最高温度出现率最大的时次均为13时；秋季市区为12时，港区为13时，市区比

港区提前1 h；冬季市区为14时，港区为13时，市区比港区落后1 h。市区和港区在春、夏、秋三个季节最大的最高温度出现率都在12—13时，在冬季，20时也存在很高的出现率。

从图6b、6d、6f、6h、6j可见，市区和港区年平均的最低温度出现率有两个峰值，最大的时次都为05时，其次为20时。各季节最低温度出现率的平均状态与年平均状态有较显著差异。04—06时以及19—20时都是最低温度较容易出现的时段，其中市区一年四季的最低温度出现率的最大值都在04—06时，数量在25%以上，港区夏季04—06时的最低温度出现率较明显，春、秋、冬季20时的最低温度出现率与05时接近。

## 3 结论

1) 由于下垫面的不同，市区和港区的气温日变化在一年四季都有明显的异同。四季市区气温日变化幅度均大于港区，说明港区气温受海洋的调节变化较为温和。由于市区下垫面对太阳辐射的响应快，日出之后，市区增温更快，10—18时左右市区气温要明显高于港区，日落之后，在春季和夏季，夜间城市热岛效应比较明显，市区气温高于港区，而在秋季和冬

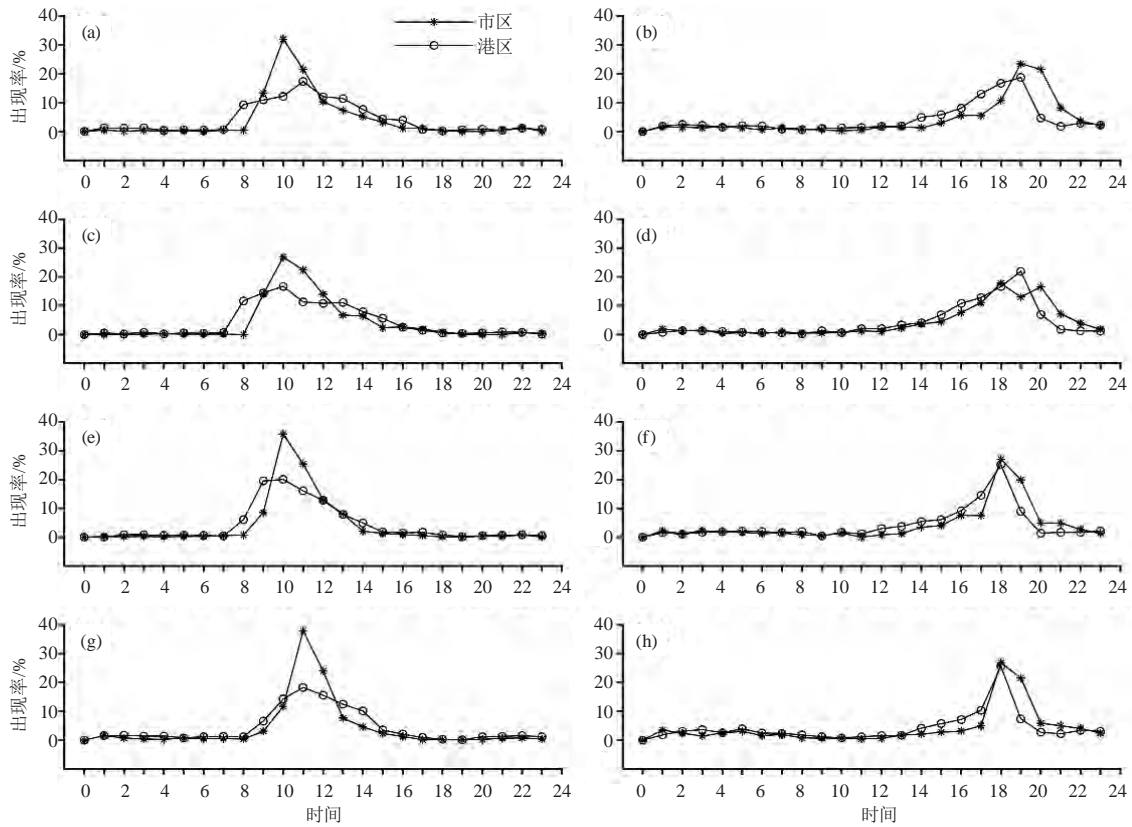


图5 市区(星号线)和港区(空心圆点线)1小时最大升温(a:春季,c:夏季,e:秋季,g:冬季)和最大降温(b:春季,d:夏季,f:秋季,h:冬季)出现率的日变化

Fig. 5 Diurnal variations of occurrence rate of maximum temperature rising (a: spring, c: summer, e: autumn, g: winter) and maximum temperature cooling (b: spring, d: summer, f: autumn, h: winter) increment for 1 hour in urban (asterisk) and harbor (hollow point) areas.

季,夜间城市热岛效应对气温的调节作用小于海洋,市区的气温低于港区。

2) 不管哪种时间间隔,市区的最大升(降)温幅度都要高于港区,港区的温度变化更为平缓。市区和港区的1 h升温 and 降温都存在非对称特征,降温过程比升温过程缓慢。

3) 市区和港区的最大升温集中在10—14时,而最大降温集中在19—21时,说明变温受日照变化的影响显著。同时,市区最大升温出现率的数值要明显高于港区,说明变温还受下垫面性质的影响。市区四季的最大升温都比较集中,港区较为分散。市区和港区的最大降温出现率围绕峰值的分布呈现明显的不对称性,市区较大的出现率集中在18—20时,港区在16—18时。

4) 市区和港区最高、最低温度的出现率都存在双峰结构,在13时和20时存在较高的最高温度出现率,在05时和20时存在较高的最低温度出现率。各季节最高温度出现率的平均状态与年平均状态情况基本一致,但略有差异,港区最高温度出现率峰值出现时

间春季和夏季与市区一致,秋季比市区落后1 h,而冬季提前1 h。各季节最低温度出现率的平均状态与年平均状态有较显著差异,04—06时以及19—20时都是最低温度较容易出现的时段,其中市区一年四季的最低温度出现率的最大值都在04—06时,港区夏季04—06时的最低温度出现率较明显,春、秋、冬季20时的最低温度出现率与05时接近。

本文仅对市区和港区的平均状况进行了分析,实际上,由于地形条件、天气状况等方面的影响,市区和港区的气温差异性还有很多值得研究的地方。此外,由于观测资料样本时间较短,所得到的结论也需要在样本积累较长时间后进一步验证。

#### 参考文献

- [1] Mnaley G. On the frequency of snowfall in metropolitan England. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 1958, 84: 70-72.
- [2] Thomas R K, Henry F D, George K. Urbanization: its detection and effect in the United States climate record. Journal of Climate, 1988, 1 (11): 1099-1123.
- [3] Jones P D, Groisman P Y, Coughlan M, et al. Assessment of urbanization effect on time series of surface air temperature. Nature, 1990, 347: 169-172.

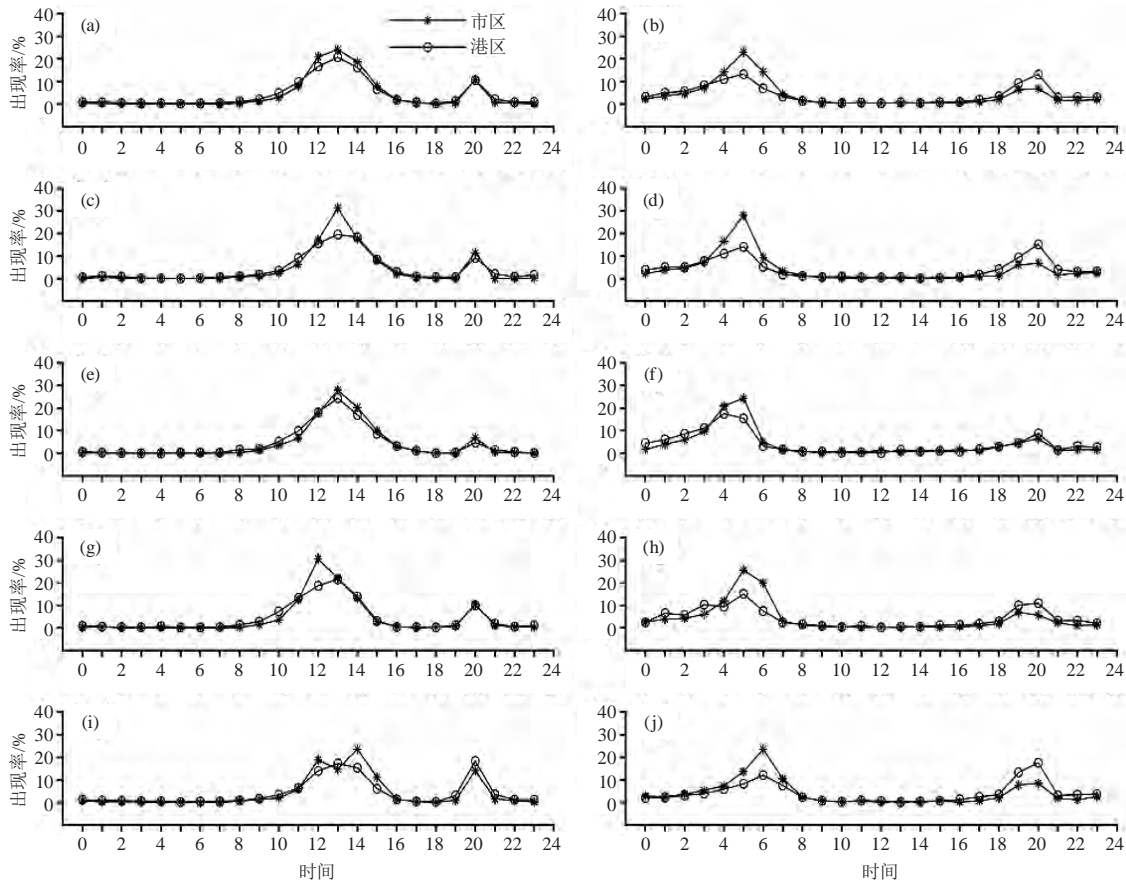


图6 市区 (星号线) 和港区 (空心圆点线) 最高温度 (a: 年平均, c: 春季, e: 夏季, g: 秋季, i: 冬季) 和最低温度 (b: 年平均, d: 春季, f: 夏季, h: 秋季, j: 冬季) 出现率的日变化

Fig. 6 Diurnal variations of maximum (a: annual mean, c: spring, e: summer, g: autumn, i: winter) and minimum (b: annual mean, d: spring, f: summer, h: autumn, j: winter) temperature occurrence rate in urban (asterisk) and harbor (hollow point) areas

[4] Saaroni H, Ben-Dor E, Bitan A, et al. Spatial distribution and microscale characteristics of the urban heat island in Tel-Aviv, Israel. *Landscape and Urban Planning*, 2000, 48 (1): 1-18.

[5] Jones P D, Lister D H, Li Q. Urbanization effects in large-scale temperature records, with an emphasis on China. *Journal of Geophysical Research*. 2008, 113(D16): 280-288.

[6] 周雅清, 任国玉. 城市化对华北地区最高、最低气温和日较差变化趋势的影响. *高原气象*, 2009, 28(5): 1158-1166.

[7] 刘霞, 景元书, 王春林, 等. 城市化进程对南京市气温变化影响的主成分分析. *热带气象学报*, 2010, 26(4): 509-512.

[8] 林学椿, 于淑秋. 北京地区气温的年代际变化和热岛效应. *地球物理学报*, 2005, 48(1): 39-45.

[9] 赵娜, 刘树华, 虞海燕. 近48年城市化发展对北京区域气候的影响分析. *大气科学*, 2011, 35(2): 373-385.

[10] 谢庄, 崔继良, 陈大刚. 北京城市热岛效应的昼夜变化特征分析. *气候与环境研究*, 2006, 11(1): 69-75.

[11] 黄良美, 黄海霞, 项东云, 等. 南京市四种下垫面气温日变化规律及城市热岛效应. *生态环境*, 2007, 16(5): 1411-1420.

[12] 胡文志, 梁延刚, 雷惠雯. 香港城市与郊区气候差异分析. *气象*, 2009, 35 (2): 71-79.

[13] 李兴荣, 张小丽, 隋高林, 等. 深圳夏季典型晴天不同小气候区温湿及舒适度特征. *气象*, 2010, 36(10): 62-66.

[14] 杨萍, 肖子牛, 刘伟东. 北京气温日变化特征的城郊差异及其季节变化分析. *大气科学*, 2013, 37(1): 101-112.

[15] 邓莲堂, 束炯, 李朝颀. 上海城市热岛的变化特征分析. *热带气象学报*, 2001, 17(3): 273-280.

[16] 侯依玲, 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. *高原气象*, 2008, 27: 131-137.

[17] 穆海振, 孔春燕, 汤绪, 等. 上海气温变化及城市化影响初步分析. *热带气象学报*, 2008, 24(6): 672-678.