

瓦力江·瓦黑提,任国玉,孙秀宝.乌鲁木齐城市热岛强度的日变化和季节特征[J].沙漠与绿洲气象,2018,12(1):21-28.  
doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2018.01.004

# 乌鲁木齐城市热岛强度的日变化和季节特征

瓦力江·瓦黑提<sup>1</sup>,任国玉<sup>2,3</sup>,孙秀宝<sup>1</sup>

(1.南京信息工程大学大气科学学院,江苏 南京 210044;2.中国地质大学(武汉)大气科学系,湖北 武汉 430070;  
3.国家气候中心,北京 100081)

**摘要:**运用2013—2014年28个自动气象站的逐小时气温观测资料,分析了乌鲁木齐地区气温的日变化特征及季节特征。结果表明:(1)城郊日最高气温出现频率最大的时次均为北京时间17时,出现频率在20%以上。日最低气温出现频率最大的时次为08时,频率在30%以上;(2)城郊年平均气温差异即城市热岛强度在夜晚较大,07时左右达到最大,在1.5℃以上,白天较小,16时左右最小,仅有0.3℃左右;(3)城郊日最高气温出现时间与城区基本一致,但日最低气温出现时间有差别,冬季郊区最低气温出现滞后城区1h,其他季节保持一致;(4)城区逐小时城市热岛强度日变化可分为3个阶段:08—17时为下降时期,17—22时为迅速上升时期,22—08时为稳定的强热岛时期;(5)候平均气温城市热岛强度年内变化,最大值发生在年终的第72候,为1.53℃,最小值发生在秋末第67候,为0.33℃;(6)综合来看,各季代表月平均城市热岛强度春季(4月)夜晚较强,夏季(7月)夜晚和白天都相对较弱,秋季(9月)夜晚最强,但白天最弱,甚至白天部分时刻(15—18时)出现了负值。冬季白天和晚上都比较强,是四季代表月份平均热岛强度最强的季节。日内变化即日变化,大家公认的。

**关键词:**城市热岛;乌鲁木齐;气温;日变化;季节变化

**中图分类号:**P467;P333 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-0799(2018)01-0021-08

城市热岛效应是城市气候的最重要特征之一,也是城市化影响气候的最主要表现形式。对于城市热岛效应的研究,一般将城乡间地面气温的差值定义为城市热岛强度(UHII)<sup>[1-2]</sup>。研究城市热岛强度的时空分布规律,对于认识城市气候基本特点,有针对性地开展天气预报和预警服务,以及对于城市发展规划,都具有重要的理论和实际意义。

在我国东部湿润地区,人们对若干特大城市的城市热岛效应进行了大量研究,取得了系列成果<sup>[3-9]</sup>。这些研究主要发现,东部季风区我国特大城市热岛效应时空分布具有相近的特点,尽管南北方仍存在一定差异,但多数表现为季节上秋冬季热岛强度较大,日内夜晚热岛强度比白天大。

对于我国内陆西北干燥区城市热岛效应的研究,总体上比较缺乏。陈榛妹<sup>[10]</sup>分析了兰州市城市热岛效应,识别出3个不同强度的热岛分布区;董妍等<sup>[11]</sup>研究了西安城市热岛时空特征,发现热岛强度的日变化呈现双峰分布,分别出现在北京时间05时和21时左右,最低值出现在11时;李珍等<sup>[12]</sup>分析了近40多年来乌鲁木齐城市地面气温相对郊区的变化情况,发现春季、夏季和秋季最高气温具有明显的下降趋势,城区比郊区反而变得更凉爽;张爱英等<sup>[13]</sup>在研究全国各个地区城市化对城镇站地面气温变化的影响时指出,城市化对北疆地区国家基准站和基本站平均气温和夏季气温变化具有明显的变凉效应,认为应该是“绿洲化”效应的反映。另外,李景林等<sup>[14]</sup>发现,近33 a来乌鲁木齐—昌吉地区城市化对城市地面平均气温具有显著影响,气温随年代递增率城市大于农村;姚玉龙<sup>[15]</sup>研究指出,1980—2013年,乌鲁木齐地表气温变化特征经历了弱-强-弱-强的变化过程,城市热岛效应明显,但并未削弱绿洲“冷岛效

收稿日期:2017-04-01;修回日期:2017-04-21

基金项目:国家自然科学基金面上项目“城市化对中国地面气温日差的影响”(41575003)。

作者简介:瓦力江·瓦黑提(1989—),男(乌兹别克族),在校研究生,现从事城市气候方面研究。E-mail:varyjiang@126.com

应”。

先前针对西北地区的研究，多集中在城市化对城市地面气温长期变化的影响方面，对于干燥区特大城市热岛效应气候学特征的分析还十分欠缺。乌鲁木齐作为我国内陆干燥区典型特大城市，人口超过300万，深处欧亚大陆腹地，坐落在天山脚下。由于特殊的气候条件和地理位置，研究乌鲁木齐城市热岛强度时空分布特征，有助于加深人们对于城市气候特别是干燥区特大城市气候形成和演化的认识，具有明显的理论意义，同时对城市发展规划和天气、气候预报预警服务，也有一定参考价值。

## 1 资料和方法

### 1.1 研究区域

乌鲁木齐地处我国西北天山山脉北麓，地形起伏较大，三面环山，山地面积占总面积的50%以上，辖区地势由东南向西北降低，市区平均海拔800 m左右。市区和郊区的气象观测站点的海拔高度存在一定差异(图1)。乌鲁木齐市属温带内陆干旱、半干

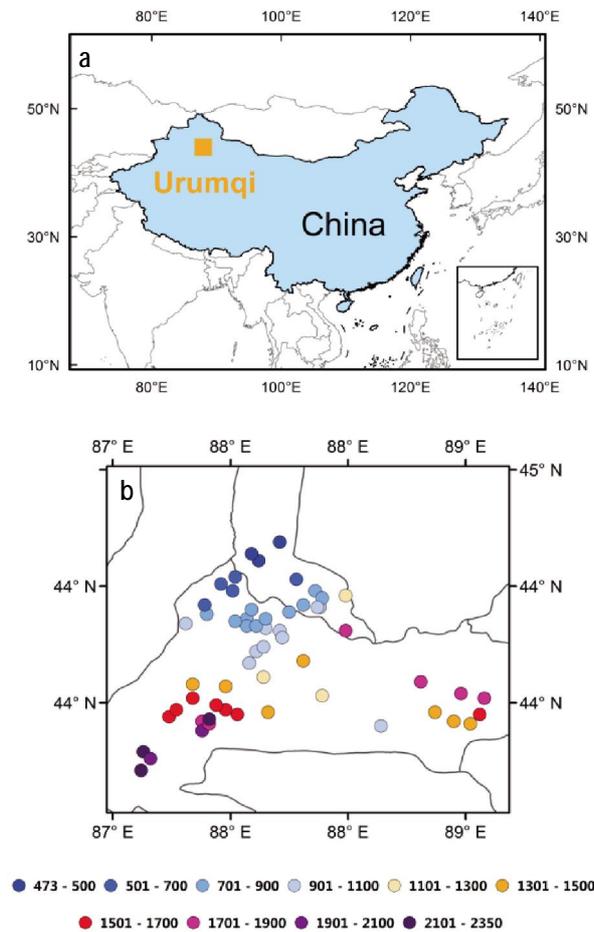


图1 乌鲁木齐地区所在位置(a)和气象观测站海拔高度(b)

旱气候，全年降水少，气温季节变化明显，夏季炎热干燥，冬季寒冷漫长且存在逆温层，昼夜温差大。

### 1.2 资料和方法

乌鲁木齐地区自2004年开始建立自动气象观测网，经过10多年的建站和发展，已经形成了空间上较为密集的自动气象观测网。截至2016年，已有自动气象观测站63个，其中区域站57个，国家站6个。本文所用资料来源于新疆气象局信息中心提供的2012—2015年乌鲁木齐地区63个自动气象站逐小时的气温资料。通过质量控制和筛选，选取缺测最少(缺测率小于1%)的年份和自动站，并参考杨萍等<sup>[9]</sup>的方法，对缺测很少的连续缺测值进行剔除，对单独缺测值进行同一时次相邻站点的插值，最终选取2013年和2014年28个自动气象站点气温资料作为研究的依据(图2)。

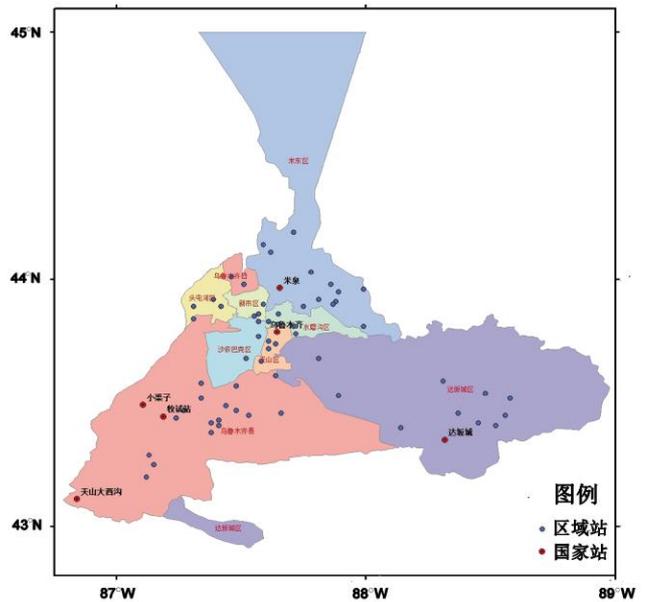


图2 研究区域和所有自动站位置的空间分布(不同颜色代表城市中不同的辖区)

参考地理位置(距离城市建成区较远)，周边环境(周边是农田或者戈壁和山区)和人口数量(附近人口密度较小，或者村镇人口不足一万人)，选出20个自动站作为郊区站。位于城市建成区中的8个自动站作为城市站。其中城市站平均海拔高度869.5 m，郊区站平均海拔高度899.8 m。城市站和郊区站平均海拔高度相差仅30 m，而且郊区站分别位于城市市区东南西北各个方位，基本可以消除海拔高度对平均气温的影响(图3)。

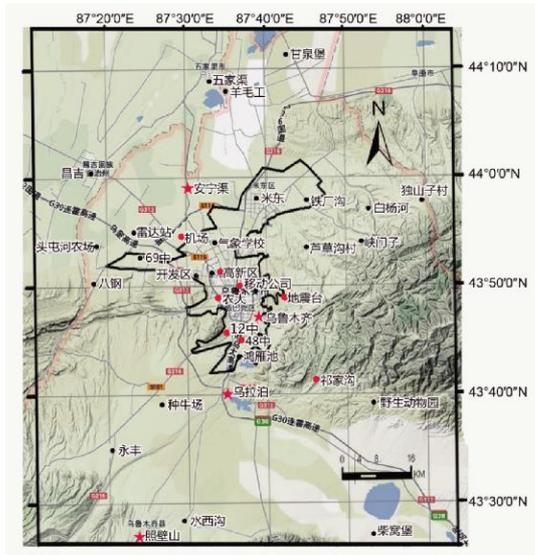


图3 乌鲁木齐市建成区范围(粗黑色线)和自动气象站(红色和黑色)分布

热岛强度UHII(Urban heat island intensity)被定义为城市站地面气温和郊区站地面气温的差值( $\Delta T_{u-r}$ )。本文中城市站地面气温为8个城市站地面气温的平均值 $T_u$ , 郊区站地面气温为20个郊区站地面气温的平均值 $T_r$ , 则

$$UHII = \Delta T_{u-r} = T_u - T_r \quad (1)$$

本文所有时次均为北京时间。因为乌鲁木齐位于我国西北地区,和东部沿海地区距离偏远,存在2 h左右的时差。对最高、最低气温等表征日变化特征出现时间的概率分布,利用出现频率(出现次数/总次数)来表征日最高(低)气温在各时次出现的概率,分析城市环境对气温日变化的影响。

分季节研究中,选取各季节典型月份4月、7月、10月、1月分别代表当年春、夏、秋、冬四季。逐年和2 a候平均是指从1月1日起算的5日平均值。部分月份最后一候日数不足或超过5 d,则采用4 d或6 d的数据平均值。

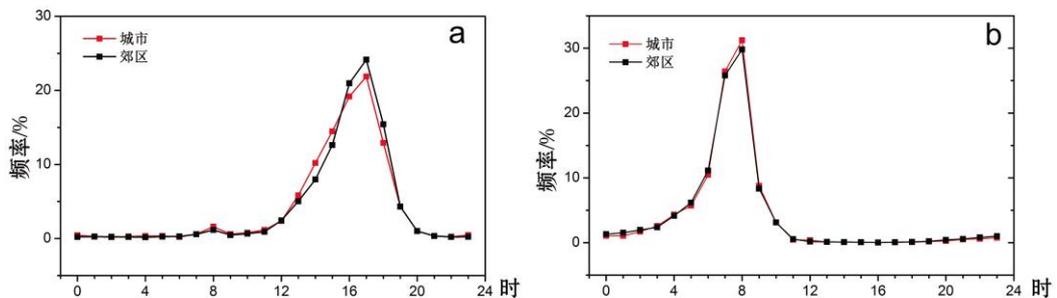


图4 城市和郊区年最高气温(a)和最低气温(b)出现频率的逐小时变化

## 2 结果分析

### 2.1 日最高最低气温出现时间

最高(最低)气温出现时间的概率可以更清晰的表征气温日变化形态的分布特征。图4给出了城区和郊区所有站点平均最高(最低)气温出现频率的逐小时变化情况。可以看出,城区日最高气温最大出现频率的时次为17时,达20%以上;城区日最低气温最大出现频率时次为08时,达到30%以上。郊区日最高气温最大出现频率的时次也为17时,为25%左右;郊区日最低气温最大出现频率的时次也是08时,与城区相类似,频率也在30%左右。在乌鲁木齐地区,17时是城市和郊区最高气温出现最频繁的时次,最高气温出现时间上城郊没有差别,但郊区频率略大。08时是城市和郊区最低气温出现最多的时次,城郊在最低气温出现时间上也保持一致,但城市区域频率略高于郊区。此外,乌鲁木齐城区年最高气温出现的频率,在13—15时比郊区站要高,但16—19时又比郊区站要低;最低气温出现频率城、郊更趋于一致。这可能和乌鲁木齐城市区域夏秋季绿地面积影响有关,值得进一步研究。

图5和图6分别给出了城(郊)区最高、最低气温逐小时出现频率的各季节代表月平均状况。各季节代表月最高气温出现频率的分布特征尽管有差异,但基本形态和年平均分布情况类似。最高气温频率开始快速上升的时间,夏季、秋季、冬季城区偏早于郊区,但除冬季外最高值都在同一时次,冬季城区在14时最高气温出现频率最高,而郊区则滞后2 h,在16时达到最大。此外,除了冬季,其他三季城(郊)区最高气温出现的时间都较为集中,冬季则比较分散,最大出现频率城区不到20%,郊区也不到25%。

最低气温出现时间,除了冬季,其它三季特征也比较一致(图6a-6d),城区和郊区最低气温出现的时

间都较为集中,冬季则依然比较分散,最大出现频率城区不到20%,郊区更低,分布更为分散。但最低气温出现时间城区滞后于郊区。在季节上,最低气温最

大出现频率对应的时次夏季最早,城区和郊区都在07时,其他三季在08时达到最大。冬季城(郊)区最高、最低气温出现时间之所以分散,并且城市的特征

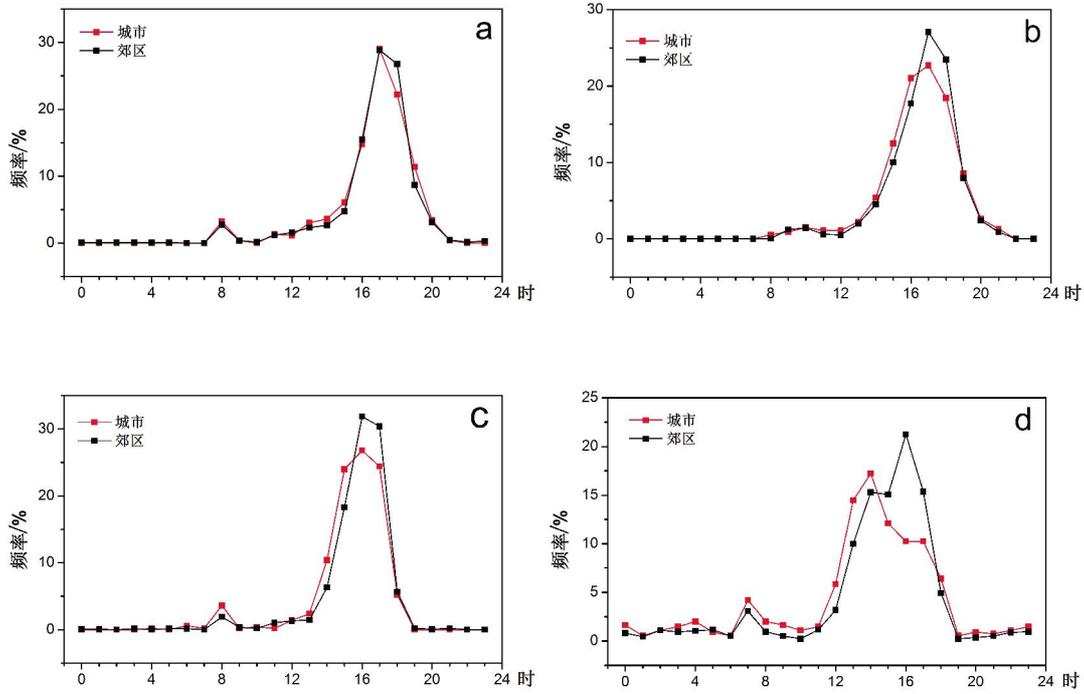


图5 各季节城区和郊区四季最高气温出现频率逐小时变化  
(a为春季,b为夏季,c为秋季,d为冬季)

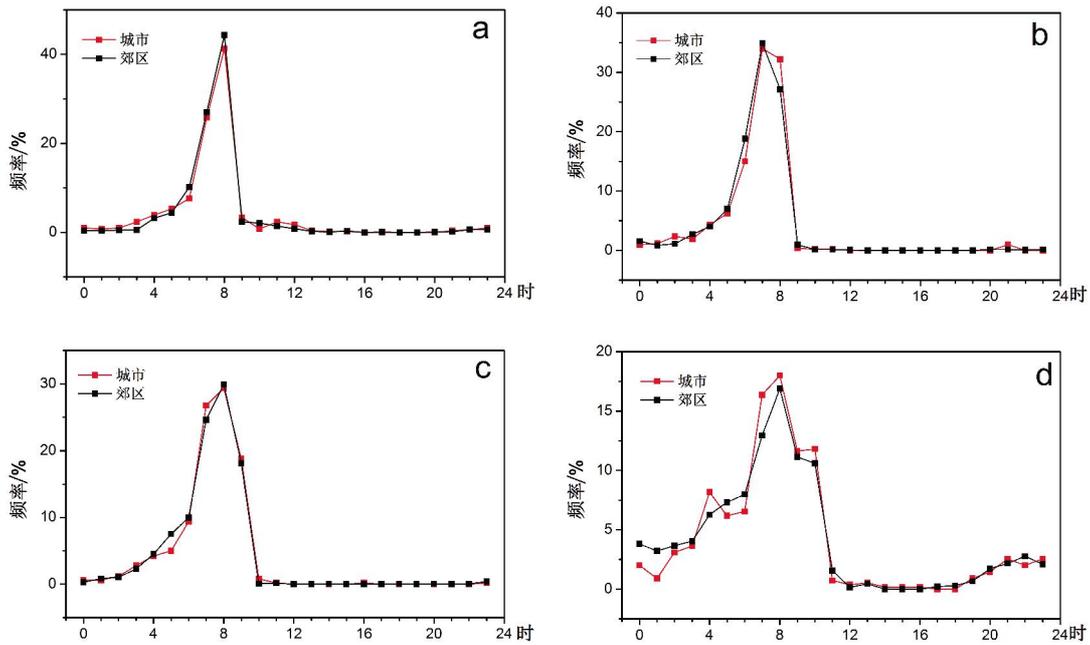


图6 各季节城市和郊区四季最低气温出现频率逐小时变化  
(a为春季,b为夏季,c为秋季,d为冬季)

曲线比郊区更加分散,可能和冬季取暖排放和逆温作用增加了气溶胶效应有关。

## 2.2 平均气温日变化特征

图7是城、郊年平均小时气温日内变化曲线。可以看出,城市逐时平均气温值恒在郊区站平均之上,表明城市地面气温在一天所有时间都高于郊区,表现出明显的城市热岛效应。城、郊气温差异在夜晚较大,07时左右达到最大,相差1.5℃以上;城、郊温差白天差距较小,16时左右达到最小,仅相差0.3℃左右。城市和郊区最高气温都在16时,最低气温都出现在07时。城市和郊区在最高、最低气温出现时间上差

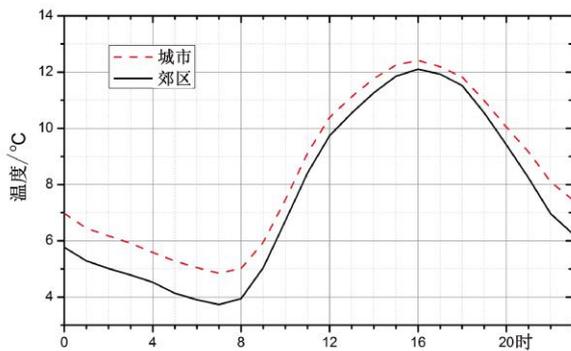


图7 城区和郊区年平均小时气温日变化(单位:℃)

异不大。

图8给出了不同季节乌鲁木齐城、郊区的逐时气温日变化特征。除了夏季和秋季代表月的个别时间段,其他季节一天内所有时间城市平均气温均高于郊区,表明具有较明显的城市热岛效应。夏季从16—20时,以及秋季从15—19时,城郊气温差异很小,甚至秋季出现郊区略高于城区的情况。由于城、郊环境的不同,不仅在气温值上存在明显差异,而且日最高(最低)气温的出现时间也有所不同。除了冬季,其他季节城、郊日最高气温出现时间较为一致,但是春季是在17时,夏季和秋季在16时。冬季日最高气温的出现时间郊区较城区滞后1 h。日最低气温出现时间各季差异也较明显;春季和夏季城、郊最低气温都出现在07时,秋季则都出现在08时,而冬季郊区滞后城区1 h,日最低气温出现时间郊区为09时,城区为08时。因此,日极值气温的出现时间存在着城、郊差异和季节差异。

图9表示乌鲁木齐城市热岛强度日变化情况。城区逐小时热岛强度可以分为3个阶段:08—17时为下降时期,小时平均热岛强度从高于1.00℃到不足0.30℃;17—22时为迅速上升时期,小时平均热岛强度从一天最低点上升到大于1.20℃;22—次日

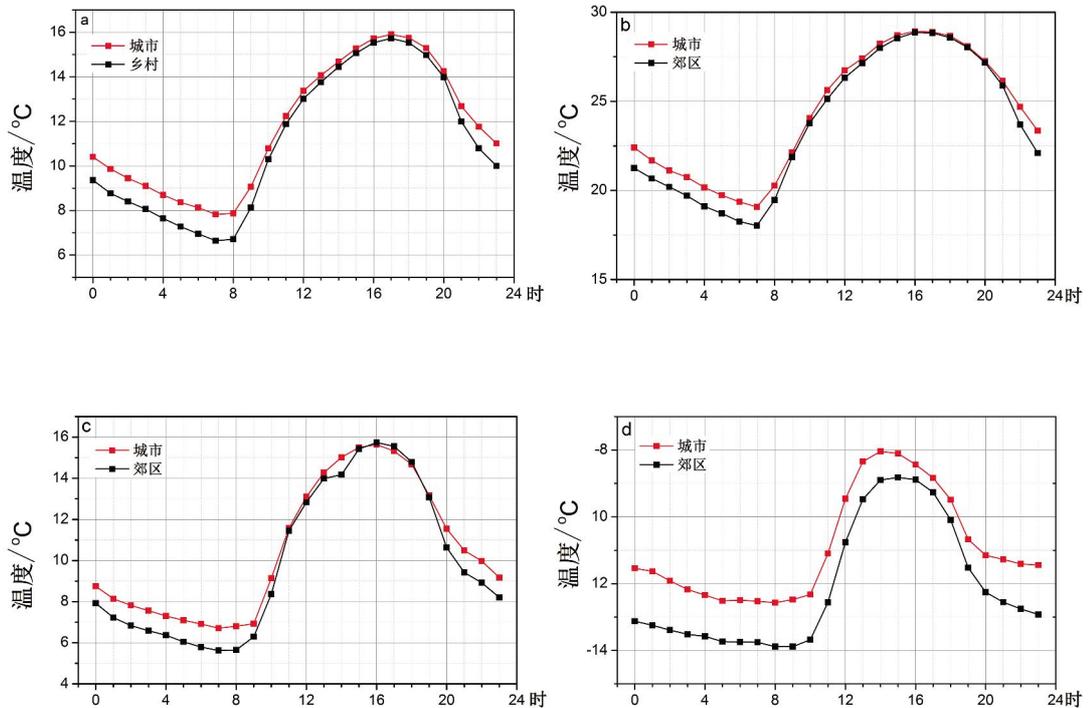


图8 城区和郊区季节平均气温日变化  
(a为春季,b为夏季,c为秋季,d为冬季)

日08时为稳定强热岛时期,小时平均热岛强度稳定维持在1.10~1.25℃。与北京城市逐小时热岛强度<sup>[9]</sup>对比发现(图10),北京可分为明确的4个阶段,多出一个稳定维持的低热岛强度阶段。乌鲁木齐与北京时差相差近2h,所以2个城市强热岛时期开始时间(22时,21时)和迅速下降时间(08时,06时)基本一致,而且稳定强热岛时期都在晚上,大概21时一次日06时,两个城市主要区别在于乌鲁木齐缺乏一个稳定的弱热岛时期,08时以后热岛强度一直处于减弱过程。对于出现这一不同日内变化特点的原因,还需要进一步研究。

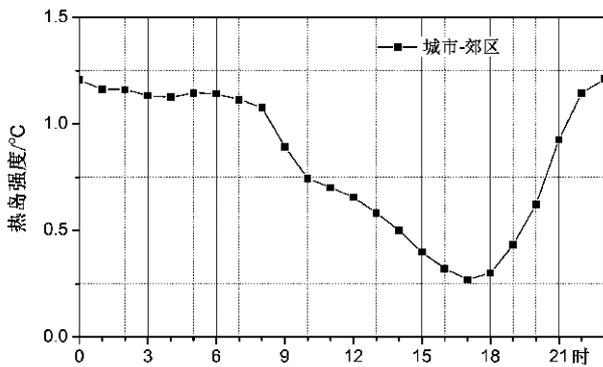


图9 乌鲁木齐年平均城市热岛强度日内逐小时变化

图10和表1给出了乌鲁木齐市平均热岛强度的年变化情况。乌鲁木齐市热岛强度在冬季比较高,夏季和春季、秋季比较低,但由于只有2a资料,热岛强度受冷空气入侵等天气过程影响比较明显,候际之间波动比较大,初冬季节尤为突出。最大热岛强度发生在年终的第72候即12月末,为1.53℃,年初第1候为次高值;最小热岛强度发生在第67候,也就是12月6—10日,为0.33℃,说明从晚秋开始进入隆冬是热岛强度最大的时期。夏季,乌鲁木齐城市热岛效应不很明显,最大热岛强度为0.84℃,发生在第48候,正

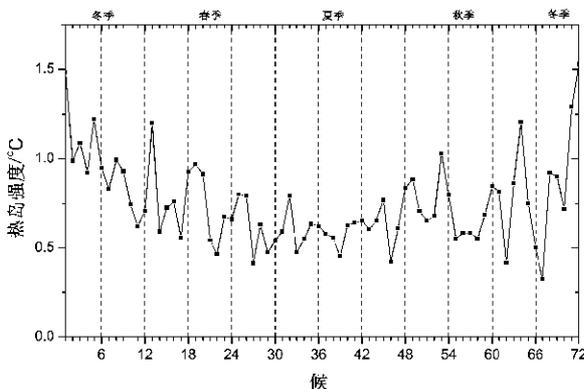


图10 乌鲁木齐市逐候城市热岛强度变化

是夏末秋初时刻,热岛强度波动也比较小。春季和秋季热岛强度相近,最大热岛强度都为1.20℃,最小为0.42℃。

表1 乌鲁木齐市年和四季代表月份平均

	城市热岛强度/℃			
	平均	最高	最低	U <sub>最高</sub> -U <sub>最低</sub>
年	0.75	1.53	0.33	1.20
春季(4月)	0.70	1.20	0.41	0.79
夏季(7月)	0.62	0.84	0.42	0.42
秋季(9月)	0.73	1.20	0.42	0.78
冬季(1月)	0.95	1.53	0.33	1.20

图11表示乌鲁木齐市平均热岛强度的小时-候平均剖面。冬、春季晚上热岛强度较强且维持时间较长,而白天热岛强度较弱;夏季晚上和白天热岛强度都较弱,白天弱热岛持续时间较长,整体上夏季最弱;秋季晚上热岛强度最强且强热岛持续时间较长,但白天热岛强度最弱,甚至在白天的部分时刻(15—18时)出现了负值,说明在一天的气温最高阶段,城市气温反而低于郊区气温。秋季和晚夏季节出现这种负热岛强度,可能与乌鲁木齐市位于干燥区、是荒漠中的绿洲有关,白天城市内树木和草地的蒸腾和蒸发作用消耗了热量,致使地面气温相对变凉,出现所谓“绿洲效应”;冬季白天和晚上热岛强度都比较高,是四季里热岛强度最强的季节。乌鲁木齐市冬季绿色植物枯萎,潜热通量减少,感热通量增加,加之

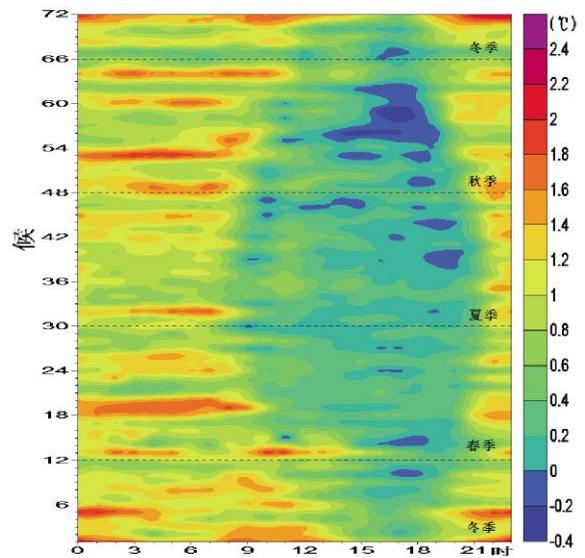


图11 乌鲁木齐市城市热岛强度的年内和日内变化剖面(单位:℃)

人为取暖释放热量等因素,致使城区热岛强度增大。这种相对强的冬季城市热岛效应,与北方其他城市十分相似。

### 3 结论

本文采用2013—2014年28个自动气象站的逐小时气温观测资料,分析了乌鲁木齐地区气温的日变化特征及季节特征。得到以下主要结论:

(1)乌鲁木齐城、郊区年以及春、夏、秋三季最高和最低气温出现时间基本一致,冬季最高、最低气温频率分布比较分散,且城区最高、最低气温出现时间一般早于郊区。

(2)年平均城市热岛强度在夜晚较大,07时左右达到最大,白天较小,16时左右最小;城市热岛强度日内变化可以分为3个阶段:08—17时为下降时期,17—22时为迅速上升时期,22时次日8时为稳定的强热岛时期;一年内候平均城市热岛强度冬季较大,夏季和秋季、春季较小,最大值一般发生在年末前后。

(3)乌鲁木齐城市在各季节的代表月的城市热岛为,冬(1月)、春(4月)季晚上较强,夏季(7月)晚上和白天都较弱,白天最弱,秋季(10月)晚上最强,但白天最弱,甚至白天的部分时刻(15—18时)出现了负值。

由于高质量自动站资料还比较缺乏,资料质量有待提高,所以本文仅依据2013年、2014年2 a质量较好的观测记录进行了初步分析,其结果还存在一定不确定性,需要今后进一步研究验证。但本文的初步结果对于开展精细化城市天气预报、气候服务和城市建设规划,均具有一定参考意义。

#### 参考文献:

- [1] 唐国利,任国玉,周江兴.西南地区城市热岛强度变化对地面气温序列影响[J].应用气象学报,2008,19(6):722-730.
- [2] Sun Y,Zhang X, Ren G, Zwiers FW, Hu T .Contribution of urbanization to warming in China [J].Nat Clim Change, 2016.
- [3] 邓蓬堂,束炯,李朝颀.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.
- [4] 白虎志,任国玉,方锋.兰州城市热岛效应特征及其影响因素研究[J].气象科技,2005,33(6):492-495.
- [5] 郑祚芳,刘伟东,王迎春,等.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(5):694-699.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] Liu W, You H, Dou J. Erratum to: Urban-rural humidity and temperature differences in the Beijing area [J]. Theoretical & Applied Climatology, 2009, 101(1-2):237-238.
- [9] Yang P, Ren G, Liu W, Spatial and Temporal Characteristics of Beijing Urban Heat Island Intensity [J]. Journal of Applied Meteorology & Climatology, 2013, 52(8):1803-1816.
- [10] 陈榛妹. 兰州的城市热岛效应 [J]. 高原气象, 1991, 10(1):83-87.
- [11] 董妍,李星敏,杨艳超,等.西安城市热岛的时空分布特征[J].干旱区资源与环境,2011,25(8):107-112.
- [12] 李珍,姜逢清,胡汝骥,等.1961-2004年乌鲁木齐城市化过程中的冷化效应[J].干旱区地理(汉文版),2007,30(2):231-239.
- [13] 张爱英,任国玉,周江兴,等.中国地面气温变化趋势中的城市化影响偏差[J].气象学报,2010,68(6):957-966.
- [14] 李景林,郑玉萍,李悦,等.乌鲁木齐-昌吉地区城市化对气温的影响及热岛效应分析[J].高原气象,2010,29(6):1609-1618.
- [15] 姚玉龙.西北绿洲典型城市地表气温的时空变化特征与成因分析[D].西北师范大学,2014.
- [16] 杨萍,刘伟东,仲跻芹,等.北京地区自动气象站气温观测资料的质量评估[J].应用气象学报,2011,22(6):706-715.

## The Daily Temperature Characteristics of the Intensity of Urban Heat Island in Urumqi and Seasonal Changes

Walijiang Waheiti<sup>1</sup>, REN Guoyu<sup>2,3</sup>, SUN Xiubao<sup>1</sup>

(1.Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China;2.China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;3.National Climate Center, Beijing 100081, China)

**Abstract** Based on hourly temperature data set of 28 automatic observation stations in Urumqi from 2013 to 2014, the diurnal and seasonal variations of temperature in Urumqi are analyzed. The results show that: (1) The highest frequency of maximum (minimum) daily temperatures appeared in 17:00 (8:00) Beijing time, with the frequency over 20% (30%). (2) The maximum (minimum) value of intensity of the urban heat island usually occurred at night (day), with the maximum (minimum) value is about 1.5 (0.3) °C at 7:00 am (16:00 pm). (3) The appearance time of the maximum temperature in the rural was the same as that in the urban. The appearance time of the minimum temperature in the rural was the same as that in the urban except in winter. (4) For the three stages of intensity of the urban heat island, the UHII shows increase between 8 O'clock and 17 O'clock, and shows rapid increase from 17 O'clock to 22 O'clock, then stable in strong phases after 22 O'clock. (5) The largest (lowest) value of pentad average for the UHII occurred in the 72th (67th) pentad, with the value was 1.53(0.33) °C. (6) Generally speaking, the strength of urban heat island was stronger in night of spring (April), and relatively weaker in summer (July). The UHII was weakest in the day time of autumn (September). The UHII was the strongest in winter (January) than that in other seasons.

**Key words** urban heat island; Urumqi; temperature; intraday changes; seasonal changes