

北京市冬季不同景观下垫面温湿度变化特征

刘娇妹, 杨志峰*

(北京师范大学环境学院 环境模拟与污染控制国家重点实验室, 北京 100875)

摘要:城市热场空间分布和动态演变受城市下垫面特征影响较大, 基于实验观测数据, 对北京市冬季不同景观类型下垫面的温湿度变化规律、特征进行了分析与探讨。2007年12月至2008年2月,选取北京市5类景观区域的4种不同下垫面,进行温、湿度等气象因子进行10h同步观测,分析不同景观区域的下垫面温湿度变化特征。结果表明:(1)北京市不同景观区域的温度呈乡村<水域<绿地<居住区<商业区的变化趋势,湿度呈相反的趋势。(2)在白昼期间,以郊区作为对照,四种城市用地在14:00的温、湿度差异均达极显著水平。商业区与郊区的最大温、湿度差值分别为6.3℃和24.2%,居住区的最大温、湿度差值为5.9℃和25.9%。(3)5个观测点的4种下垫面的日间气温呈水体<绿地<建筑物空间<道路的变化趋势,湿度呈相反的趋势;与道路、建筑物空间比较,绿地和水体空间白昼期间有明显的降温增湿效应。研究为减缓人类活动对城市气候的影响、减缓冬季热岛效应,为城市生态规划、环境治理及绿化建设提供基础依据。

关键词:温湿度;下垫面;景观类型;动态变化;热岛效应

文章编号:1000-0933(2009)06-3241-12 中图分类号:Q149,X171 文献标识码:A

Dynamicss of temperature and humidity in underlaying surface of different landscape type in winter in Beijing City, China

LIU Jiao-Mei, YANG Zhi-Feng*

School of Environment, Beijing Normal University, State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, Beijing 100875, China
Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(6): 3241~3252.

Abstract: Based on the field observation, the dynamics of temperature and humidity at underlying surface in Beijing City and their causes were analyzed. In order to identify the spatial distribution of heat and humidity in different urban landscapes and to evaluate their influences on the urban environment quality, 5 sites including Xidan, the commercial center of Beijing district, Mudanyuan, the residential area, Kunming Lake in Summer Palace, the water body, Chaoyang park, the urban green space and Wenquan Village, the suburb of Beijing were investigated from December, 2007 to February, 2008. The temperature and humidity at underlying surfaces, such as road, green space, water body and building space in these 5 sites were monitored simultaneously in 10 h period. The results indicate: (1) the temperatures of underlying surfaces in different landscapes were in the order of the suburb < the water body < the green space < the residential area < the commercial center, while the humidities of underlying surfaces were in the opposite order. (2) Taken the suburb village as a control, the different intensities of temperature and relative humidity at 14:00 were different significantly at 0.01 level in four types urban land. Both the commercial center and the residential area had the urban heat island and urban dry island effect obviously. The biggest different intensities of temperature and humidity between commercial center and suburb were 6.3℃ and 24.2% respectively, and those in the residential area and suburb arrived at 5.9℃ and 25.9%. (3) The daytime temperature at each sampling site varied with different underlying surfaces in the order of the water body < the green space < the building < the cement road, while daytime humidities at each sampling sitefall in the opposite order. Compared with the cement road surface, the building, green space and water body can

基金项目:国家(973)重点基础发展计划资助项目(2005CB724204);国家自然科学基金资助项目(40871056)

收稿日期:2008-06-05; 修订日期:2009-03-05

*通讯作者 Corresponding author. E-mail: zfyang@bnu.edu.cn

decrease temperature and increase humidity. The results in this study may provide sound basis for urban ecological planning, environment improvement and afforestation management.

Key Words: temperature and humidity; underlying surface; landscape types; dynamics; heat island effect

在全球变暖和城市化双重背景影响下,在城市化过程中由于人类活动等人为或自然因素改变了原来的地表特征,引起地表辐射平衡和能量交换过程与其他地区有很大差异,这影响着城市气候,同时也在一定程度上作用于全球气候和大气环流的变化过程,局地气候变化已经成为影响城市经济社会可持续发展的重要因素。在研究人类活动对气候变化影响中,各国学者对不同纬度、不同类型的城市陆续做了城、郊气温对比观测,都发现城区气温高于郊区的热岛现象^[1~3],Steve 等^[4]研究了土地利用对城市热岛的影响;周淑贞^[5]研究过上海城市发展对气温的影响;孙凤华等^[6]人对东北区域气温的变化规律、区域性特点等进行较为系统的分析;江晓燕等研究了城区下垫面特征和属性对城市热岛等大气环境形成影响^[7]。很多学者进行了城市下垫面的形态对城市热状况的影响^[8,9],大气环境中的城市干岛效应^[10]及城市干岛、湿岛效应、城市热岛效应之间的关系等进行了研究^[5],结果表明城市干岛与热岛相伴而生,“干岛”的发生有助于城市“热岛”的加强和维持^[11]。我国对城市热岛的研究近年来取得了许多成果^[12~15],研究主要采用的近年的气象资料的温度数据、实地观测和遥感监测的方法。北京城市热岛存在明显的季节变化^[12],目前大量研究成果是针对城市热岛的特征、空间分布等的研究^[16,17],而关于北京城市热场的微环境分布状况研究较少^[18]。对于北京这样一个国际型大都市城市,冬季采暖期热环境状况及不同下垫面温湿度特征如何,在以前的研究中比较少,因此研究北京城市下垫面温湿度特征对了解人类活动对城市气候的影响具有重要意义。

由于城市环境的复杂性及近地层观测仪器的限制,目前进行北京市冬季不同下垫面温湿度状况及城郊对比分析的研究工作还不多,需要更多的观测资料进行深入研究城市环境。为此本文对北京冬季(2007年12月~2008年2月)晴朗天气条件下,对城、郊不同景观区域及其不同下垫面的温、湿度的观测资料进行分析,对北京冬季晴朗气象条件下城市局部地区环境的热场变化特征及强度进行了深入分析,以了解城、郊及不同下垫面等因素对城市热环境状况的影响差异,为进一步认识人类活动对城市气候的改变提供科学的依据,为城市生态建设提供理论参考。

1 实验地与研究方法

1.1 研究区域

北京市地势西北高、东南低。西部、北部和东北部三面环山,东南部是一片缓缓向渤海倾斜的平原。北京属暖温带半湿润气候区,四季分明,春秋短促,冬夏较长。年平均气温13℃,1月份最冷,平均气温-3.7℃,冬季为12月至2月,7月最热,平均气温25.2℃,年平均降雨量507.7mm。无霜期189d。北京市土地面积16807.8 km²,其中山地10417.5 km²,占总面积的62%;平原面积6390.3 km²,占总面积的38%。随着北京市城市化进程的加快,出现了较多的工商、贸、居住等混杂的区域,城市的环境因子非常复杂,城市区域各种建筑物和不同下垫面对城市气候的影响也日趋加重。

1.2 研究场地设计与样点选择

观测点设在西单、牡丹园、颐和园、朝阳公园、温泉村,这5个观测点的地理位置和景观基质各不相同(图1),其中西单和牡丹园分别位于城市中心二环以内和城市中心三环附近,西单商业区占地面积为16.07hm²。颐和园位于北京市五环以内,公园面积为290 hm²,其中园内的昆明湖水面约占3/4,约220 hm²,是北京市城区内水体面积最大的水域。朝阳公园位于四环以内,公园面积为288.7 hm²,其中水域面积达为68.2 hm²,水面占公园面积的1/4,绿化覆盖率70%,是北京市最大的城市公园。城市郊区温泉村位于北京市西北部,为郊区和农用地。由于城市用地与城市景观及其功能的差异,将5个观测点即商业区、居住区、城市水域、城市绿地、城市郊区分别作为城市景观用地的典型区域。

1.3 监测方法

为了观测不同城市用地类型和不同下垫面的温湿度特征,于2007年12月至2008年2月期间,进行了3次野外观测,观测日为晴朗且风小的天气条件。观测采用Testo温湿度计,在5个观测点进行10h的同步观测,测试时间从8:00至18:00,每2h观测1次;观测高度为1.5m。观测过程中,在每个景观区域内,观测点选择水体、绿地(草地和林地)、道路(柏油路面或水泥路面)、建筑物等不同下垫面进行温度、湿度的观测,其中由于北京冬季草坪枯萎,阔叶树休眠等自然现象,一般表现为只有常绿树种和草坪的景观类型,且大多数绿地类型为乔-草型绿地,景观类型比较简单一致,观测的绿地是具有草坪、树木、绿篱等的绿化区域。水泥地面主要是道路、停车场、建筑物旁等水泥铺装的地方。水体分别在昆明湖、朝阳公园中的水体旁边观测取样,绿地是在绿化区域、公园绿地观测取样。由于本试验是实地观测,各观测点下垫面面积无法一致,因此以取样观测位置中心点辐射的同质面积至少超过500m²设为小气候观测尺度,这一尺度也可以作为景观分辨尺度。

1.4 数据处理与分析

数据处理:(1)分析城市不同景观区域的温湿度变化特征时,水泥路面、水体、绿地、建筑物的温度和湿度进行平均作为该观测点的温度和湿度;分析4种下垫面温度日变化特征时,以各观测点水泥路面为参照进行对比;

(2)分析城区与郊区的温湿度差值时,以城市郊区温泉村为参照点进行对比;

(3)分析下垫面热环境状况时空变化特征时,进行温度与湿度的时间与空间的比较分析。数据处理的计算式如下:

$$X'_{ij} = X_{ij} - \bar{X}_i \quad (i=1,2,3,\dots,p=10) \quad (1)$$

$$X''_{ij} = X_{ij} - \bar{X}_j \quad (j=1,2,3,\dots,n=4) \quad (2)$$

$$X'''_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{(N-1)}}} \quad (i=1,2,3,\dots,p; j=1,2,3,\dots,n) \quad (3)$$

式(1), X_{ij} 是 j 类生境 i 时的观测温度, X_i 是水泥路面、绿地、水体和构筑物附近4种生境的 i 时平均温度和相对湿度,将 X_i 中心化后得到 X'_{ij} ;

式(2), X_j 是五类城市景观区域内下垫面内 j 类生境的平均温度和相对湿度,将 X_j 中心化后得到 X''_{ij} ;

式(3), X'_{ij} 、 X''_{ij} 、 X'''_{ij} 进行标准差计算,求出各观测点温度在时间系列、空间系列及时空综合系列的日变异特征。

2 结果与讨论

2.1 不同城市景观区域的温湿度对比

考虑到城市稠密的人口和繁忙的运输、混凝土建筑、摩天大楼、路面、绿地、水域等环境因素,基于北京城

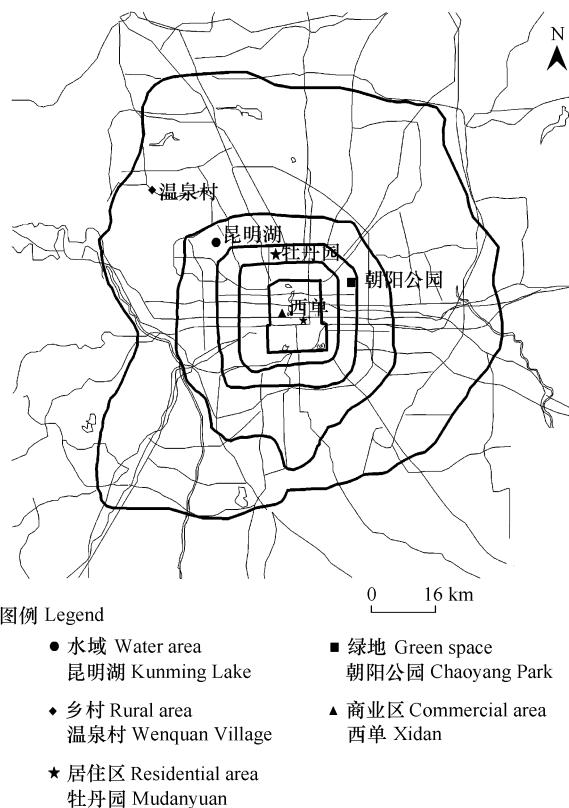


图1 观测点位置示意图

Fig. 1 The location of the observation sites

市景观区域类型,选取商业区、住宅区、城市绿地和城市水域、郊区作为观测站点。五种城市景观用地的白昼期间(从8:00到18:00)的气温和空气相对湿度的变化见图2。在北京冬季一天中热量峰值发生在14:00,但是通过不同时段的每个观测点地平均值的方差分析可知,不同的土地利用类型的温度差异在8:00时达到显著水平($\alpha=0.05$, F 值=4.7),其他时间的温度差异未达显著水平。湿度差异未达显著水平。

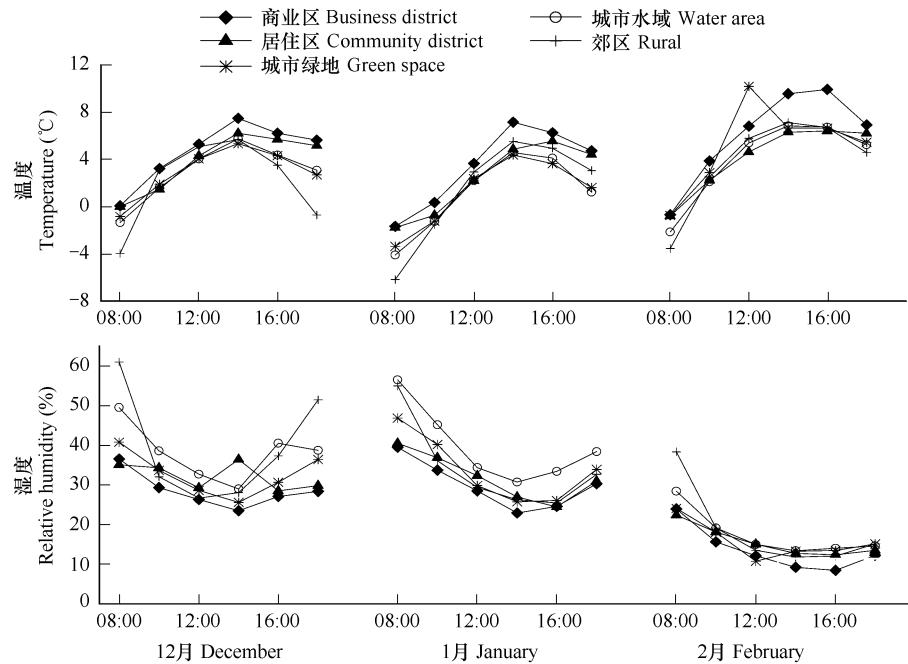


图2 5个观测点的温湿度日变化(2007年12月至2008年2月)

Fig.2 The diurnal changes of the temperature and relative humidity at the five observation sites (during winter from December 2007 to February 2008)

当白天平均温度在0℃之上时,商业区温度最高,12月份和2月份的平均温度分别是6.7、4.8℃,在郊区乡村的温度最低;当白天平均温度在零摄氏之下时,城市水域温度最高,其温度是-1.1℃,其次商业区的温度是-2.4℃,相比较而言城市绿地(朝阳公园)的温度最低。郊区乡村白天平均相对湿度在12月份和2月份高于其他区,分别达38.7%、18.4%,其次是城市水域(昆明湖)。商业和住宅区的相对湿度较低,这两个观测站点的共同特征是稠密的人口、混凝土建筑、路面和摩天大楼,下垫面为人工的下垫面,这两种类型城市用地的相对湿度均低于较其他地方,因此这两种城市用地类型为温湿状况比较差、比较干燥的区域,是整个城市气候中高温、干燥的聚集地区。

基于观测数据的温度、湿度的平均值来看,北京市不同城市景观区域的温度呈乡村<水域<绿地<居住区<商业区的变化趋势,湿度呈商业区<居住区<城市绿地<水域<乡村的变化趋势。由于下垫面性质不同,不同的城市土地利用类型对大气环境产生的影响不同,从温湿度变化特征及差异可知,城市绿地和城市水域是城市中的自然空间,在冬季受人活动的影响小,对局部环境具有降温增湿的效应,对城市的气候具有改善和调节作用;而商业和住宅区是城市中人类活动剧烈的空间,受人为影响较大,其相对湿度较低、温度较高,对局部环境具有增温降湿的效应,其形成的环境效应加强了城市气候变暖的趋势。

2.2 城市中心区与郊区的温湿度差异及强度分析

2.2.1 北京城市中心商业区与郊区温湿度比较

城市热岛是在城市化的人为因素和局地天气气候条件的共同作用下形成的。在冬季的晴朗天气条件下,北京市中心商业区与郊区的平均温度、湿度对比表明(图3,4),城市中心与郊区的温度、湿度差值强度在8:00和18:00较大,在8:00时温度、湿度差值强度的最大值分别达到4.5℃和24.4%,在18:00时温度、湿度差

值强度的最大值分别达到 6.3°C 和 23.1% ;在8:00至12:00这段时间,温度、湿度差值强度逐渐下降,达到最低值,温度、湿度差值强度的最小值分别为 0.1°C 和 0.4% 。商业区的温度、湿度差值强度表明北京市城市中心商业区在冬季白昼期间存在热岛和干岛现象,且在早晚时段温度、湿度差值强度均比较大,城市中心温度高于郊区的最大值为 6.3°C ,城市中心湿度低于郊区最大值为 24.2% 。城市中心商业区地带建筑物较为密集、人流繁忙,商业区下垫面性质的改变、人为热和过量温室气体排放以及大气污染等为因素影响和形成了商业区的这种高温、低湿的环境状况。

2.2.2 北京城市中心居住区与郊区温湿度比较

城市中心居住区与郊区的温湿度比较(图3,图4),温度、湿度差值强度在8:00和18:00比较大,湿度差值强度在12:00时出现最低值;在8:00时温度、湿度差值强度的最大值分别达到 4.4°C 和 25.9% ,在18:00时温度、湿度差值强度的最大值分别达到 5.9°C 和 21.7% ;温度、湿度差值强度在10:00至12:00达到最低值,温湿度差值的最小值分别为 -1.7°C 和 -2.9% ,此时居住区的温度低于郊区,湿度高于郊区。城市中心居住区在白昼测试期间,12月8日的温度、湿度差值强度出现最大值,居住区的温度比郊区高,湿度比郊区低,其差值分别为 5.9°C 和 25.9% ,但在10:00~16:00之间,居住区的温度比郊区最大低 1.7°C ,湿度比郊区高 2.9% 。造成居住区环境状况的原因有两个方面:其一是城市居住区不仅楼层较高,而且建筑物密度较大,正是这种下垫面性质的改变和建筑物的布局方式,因高楼遮挡了太阳照射,导致升温慢,而郊区地势较开阔,升温较快;其二,城市居住区人流也比较繁忙,人为热和过量温室气体排放等人为因素影响形成了居住区的这种特有的环境状况。

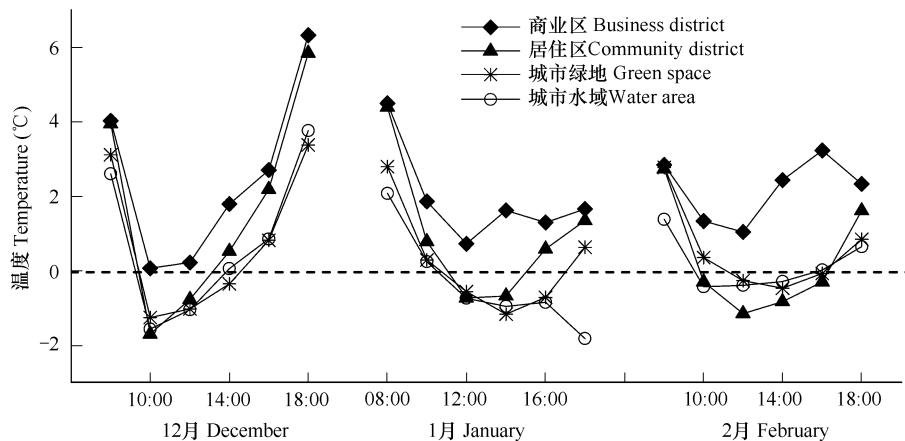


图3 市中心区与郊区温度差值日变化

Fig. 3 Temperature difference intensity daily change between urban center with rural sites

2.2.3 北京城市绿地与郊区温湿度比较

城市绿地朝阳公园与郊区的平均温度、湿度比较(图3,图4),有一定的降温效应,特别是在中午前后。在8:00时温度、湿度差值强度的最大值分别为 3.1°C 和 20.2% ,在18:00温度、湿度差值强度的最大值分别为 3.4°C 和 21.66% ;在10:00至16:00这段时间,温湿度差异较弱,其差异幅度起伏变化,且出现负值,说明绿地的温度、湿度比郊区的高,温湿度差异的最大值分别为 -1.2°C 和 -4.1% ,也就是说城市绿地高于郊区的温度、湿度的最大值分别为 1.2°C 和 4.1% ,即相对于郊区的乡村,绿地仍具有一定的降温增湿效应。除了在8:00和18:00这两个时段,其他大部分的时间是城市绿地的温度低于郊区,这是因为郊区地势空旷,接受太阳照射较好,因此温度升高较快,而大片的城市绿地由于植物覆盖及其遮荫作用,使得绿地的温度升高的较慢;而湿度高于郊区,是因为城市绿地中植物及水体提高了环境的湿度。城市绿地公共开放区域,在早晚的温湿度差值均为正值,其最大值出现在18:00,其强度值分别为 3.4°C 和 21.66% ,在10:00~16:00期间,温湿度

差异表现微弱。城市中心绿地与郊区的温湿度差值表明,绿地的温度比郊区最大可低1.2℃,湿度比郊区的湿度大4.1%,可以说明城市中心地区的绿地对城市气候具有调节作用,对减缓城市区域的气候变暖具有积极的调节作用。

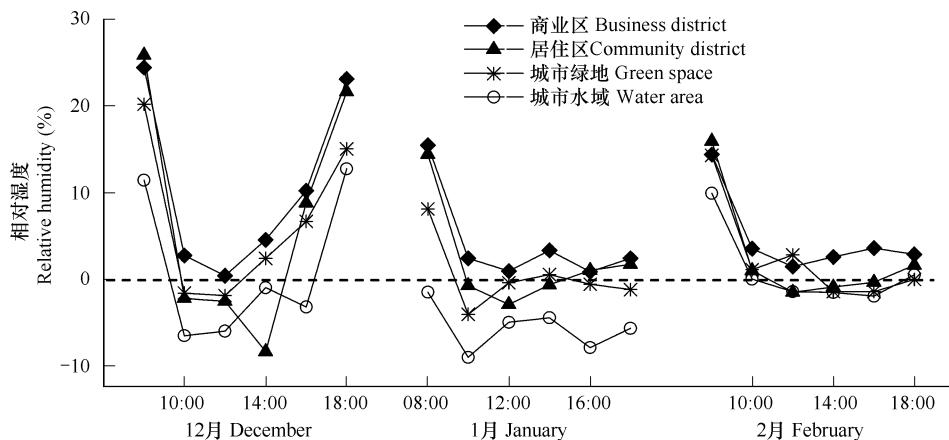


图4 市中心区与郊区湿度差值日变化

Fig. 4 Relative humidity difference intensity daily change between urban center with rural sites

2.2.4 北京城市水域与郊区温湿度比较

城市水体昆明湖与郊区温泉村的平均温度、湿度比较(图3,图4),在12月和2月的8:00和18:00时温湿度差异依然存在,在12月8日这天的8:00温度、湿度差值强度的最大值分别为2.6℃和11.4%,在18:00温度、湿度差值强度的最大值分别为3.7℃和12.8%;在1月份的观测结果显示城市水域与郊区的湿度差值为负值,即水体的湿度高于郊区的湿度,即观测日期城市水域没有干岛现象,热岛效应只在早上8:00出现,强度为2.1℃;2月份的观测数据显示城市水域在早上8:00的温湿度差异分别为1.4℃和9.9%。在12月份和2月份的8:00和18:00温湿度差值均为正值,即城市水域的温度比郊区高,湿度比郊区低;在10:00至16:00这段时间,差异及其强度起伏变化,温湿度差值均为负值;水域的温度低于郊区的温度在12月份的最大值达1.6℃,1月份达1.8℃,2月份达0.4℃;大多数时间水域的湿度都高于郊区的湿度,且其湿度高于郊区的最大值在1月份的10:00达9.1%;城市水域的最大温度差值为3.7℃,最大湿度差值为12.8%。在冬季,大面积的城市水域不仅具有一定的大气温度和水分的平衡作用,而且具有调节城市大气环境中的温湿度的作用,缓解冬季干燥状况,对城市整体气候的改善具有较好的协调能力。

城市因生活、取暖以及工业和交通运输等燃烧大量的石化燃料,向大气排放大量温室气体和气溶胶污染大气,这些温室气体和气溶胶排放到大气中之后,通过温室效应使城市温度增加。综合以上分析,热场分布在白昼的早晚时段,在城市的商业区、居住区、城市绿地、城市水域均有高于郊区的现象,强度呈现商业区>居住区>城市水域>城市绿地的趋势;湿度状况在白昼早晚期间,城市的商业区、居住区、城市绿地的湿度均有低于郊区乡村的现象,城市不同类型用地与乡村的湿度差异强度呈现商业区>居住区>城市绿地>城市水域的趋势。

2.2.5 城、郊温湿度差值强度分析

在晴朗天气条件下,每个月观测1d,设每1d为1个重复,共3次重复,以郊区作为对照,对不同观测点的8:00、14:00、18:00的城郊不同区域的温度、湿度差值分别进行方差分析,结果显示,8:00、14:00的商业区、居住区、城市绿地、城市水域与郊区的温度差异均达显著水平(表1),14:00时其相对湿度差异达极显著水平。说明在14:00不同类型的城市景观区域之间的气温、相对湿度由于城市用地类型不同在冬季存在明显的差异,也说明了人类活动在城市中的干扰所造成的影响。

表1 温、湿度差值强度方差分析

Table1 The ANOVA analysis of temperature and humidity different intensity

时间 Time	温度差值强度 Temperature different intensity		湿度差值强度 Humidity different intensity	
	平均值 Mean	F 值 F value	平均值 Mean	F 值 F value
8:00	3.80	4.34 *	18.10	2.17
14:00	1.96	14.89 **	3.47	7.96 **
18:00	3.45	0.73	9.46	0.28

2.3 不同城市景观内下垫面类型对温湿度影响

2.3.1 城市商业区

城市中心西单商业区观测结果表明,水泥或柏油路面、绿地、距离建筑物1~2m等不同下垫面的气温与湿度日变化差异明显,白昼期间(8:00~18:00),气温呈现绿地<道路<建筑物的变化趋势,湿度呈现道路<建筑物<绿地的变化趋势。各下垫面与裸地的温度、湿度差异比较(图5),绿地的温差为-1.6~2.0℃,建筑物的温差为-1.1~4.6℃,温差在中午前后比较大,在早晚比较小。绿地的湿度差为-0.2%~3.2%,建筑物空间的湿度差-2.7%~3.7%,湿度差早晚较大,中午较小。由此可知,在冬季绿地上的湿度高于路面和建筑物,绿地上的温度低于路面和建筑物。以道路作为对照,将商业区不同局部微环境空间的温湿度进行方差分析(见表2),在8:00和18:00时温度差异显著,在8:00湿度差异显著,在14:00时,温、湿度差异均不显著。

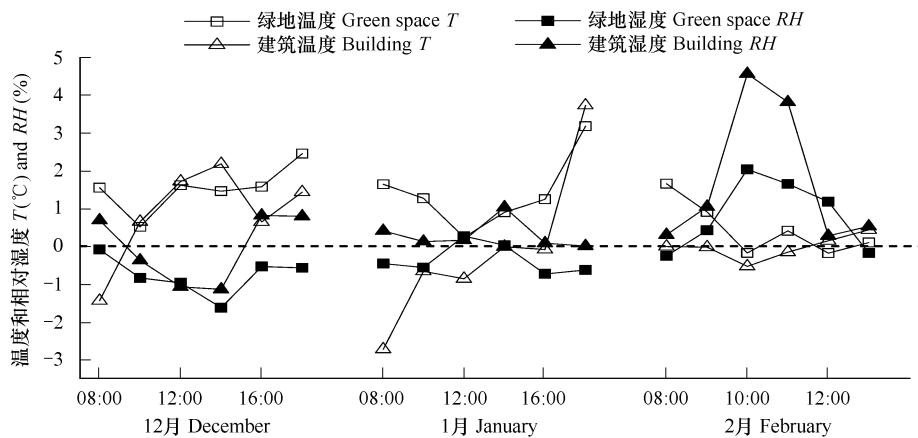


图5 商业区不同下垫面的日间温湿度差异变化

Fig. 5 Business district daytime temperature and relative humidity difference change among different land surface

2.3.2 城市居住区

城市中心居住区观测结果表明,水泥或柏油路面、绿地和建筑物等不同的下垫面的气温与湿度日变化差异明显,白昼期间(8:00~18:00),气温呈现绿地<道路<建筑物的变化趋势,湿度呈现道路<建筑物<绿地的变化趋势,各下垫面与道路的温度、湿度差异比较(图6)。绿地的温差为-0.2~0.4℃,建筑物的温差为-0.5~1.2℃,温差在中午前后比较大,在早晚比较小。绿地的是湿度差为-2.3%~1.4%,建筑物的湿度差-2.1%~0.9%,湿度差早晚较大,中午较小。由分析可知,绿地的湿度高于路面和建筑物,绿地上的温度低于路面和建筑物。由于居住区高楼林立,建筑密集,使得不同局部环境空间的热量流动变化小,经方差分析可知,温湿度差异均未达显著水平。

2.3.3 城市绿地

城市绿地白昼期间(8:00~18:00),水泥或柏油路面、绿地和建筑物、水体等不同的下垫面气温与湿度日变化差异明显,气温呈现水体<道路<建筑物<绿地的变化趋势,湿度呈现道路<建筑物<绿地<水体的变化趋势,各下垫面与道路的温度、湿度存在差异(图7)。绿地与道路的温差为-0.6~0.6℃,建筑物的温差为-1.2~2.2℃,水体的温差为-1.6~0.8℃,温差在中午前后比较大,在早晚比较小。绿地与道路的湿度差为

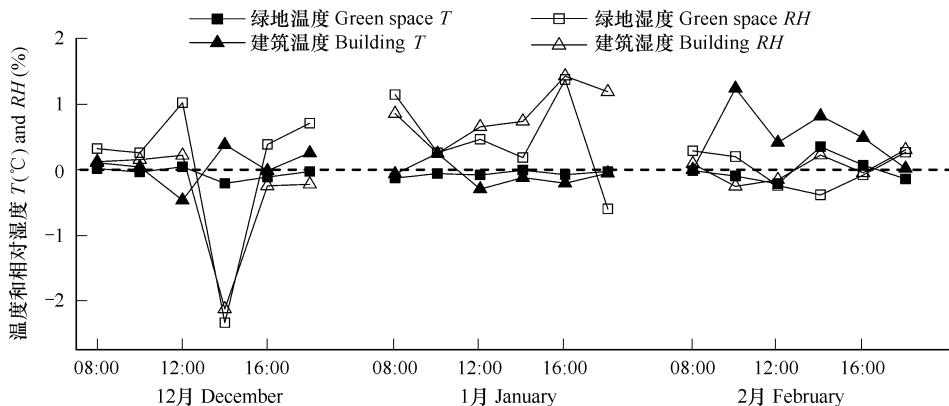


图6 居住区不同下垫面的日间温湿度差异变化

Fig. 6 Community district daytime temperature and relative humidity difference among different land surface

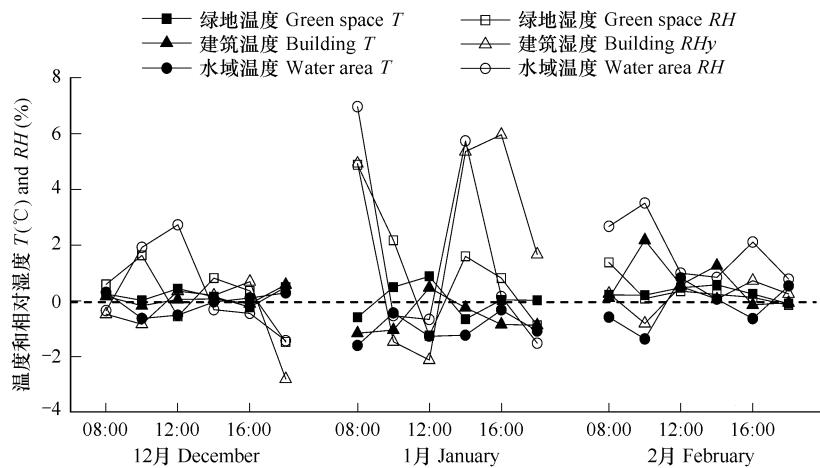


图7 城市绿地不同下垫面的日间温湿度差值变化

Fig. 7 Urban green space daytime temperature and relative humidity difference among different land surface

-1.5% ~ 4.9%, 建筑物的湿度差 -2.8% ~ 6.0%, 水体的湿度差为 -1.4% ~ 7.0%, 湿度差早晚较大, 中午较小。由分析可知, 水体和绿地的湿度高于道路和建筑物, 温度低于后者。

2.3.4 城市水域

城市绿地白昼期间, 水泥或柏油路面、绿地和建筑物、水体等不同的下垫面的气温与湿度日变化差异明显, 气温呈现建筑物 < 水体 < 道路 < 绿地的变化趋势, 湿度呈现绿地 < 道路 < 建筑物 < 水体的变化趋势。各下垫面与道路的温度、湿度差异见图8。绿地与道路的温差为 -0.7 ~ 0.7°C, 建筑物与道路的温差为 -1.2 ~ 2.2°C, 水体与道路的温差为 -1.3 ~ 1.5°C, 各个地方的温差在早晚比较大, 在中午前后比较小。绿地与道路的湿度差为 -4.7% ~ 1.8%, 建筑物与道路的湿度差 -2.9% ~ 11.5%, 水体与道路的湿度差为 -1.0% ~ 9.7%, 湿度差早晚较大, 中午较小。以道路为对照, 将城市绿地和城市水域的不同局部微环境空间的温湿度进行方差分析, 经方差分析可知, 温湿度差异均未达显著水平。这是由于城市绿地中冬季空间开敞, 微环境空间由于通风较好, 带动了热量流动, 使得环境中的热量趋向均衡, 因此温湿度差异不明显。

2.3.5 城市郊区

城市绿地白昼期间, 水泥或柏油路面、绿地和建筑物、水体等不同的下垫面上的气温与湿度日变化差异明显, 气温呈现绿地 < 道路 < 建筑物的变化趋势, 湿度呈现建筑物 < 道路 < 绿地的变化趋势。各下垫面与道路的温度、湿度差异比较见图9。绿地与道路的温差为 -2.0 ~ 0.9°C, 建筑物与道路上的温差为 -6.6 ~ 7.3°C,

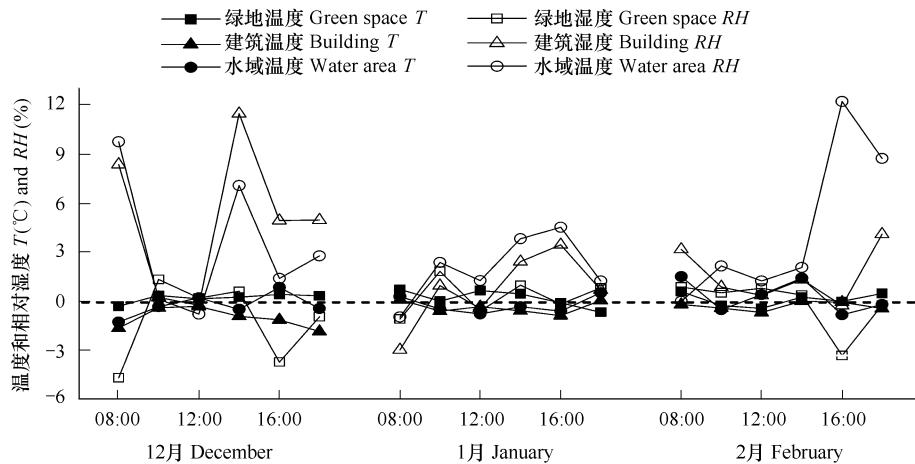


图8 城市水域不同下垫面的日间温湿度差

Fig. 8 Urban water area daytime temperature and relative humidity difference among different land surface

温差在早晚比较大,在中午前后比较小。绿地与道路的湿度差为 $-3.0\% \sim 10.4\%$,建筑物空间与道路的湿度差 $-12.3\% \sim 6.2\%$,湿度差早晚较大,中午前后较小。由分析可知,绿地的湿度高于道路和建筑物,绿地的温度低于路面和建筑物。

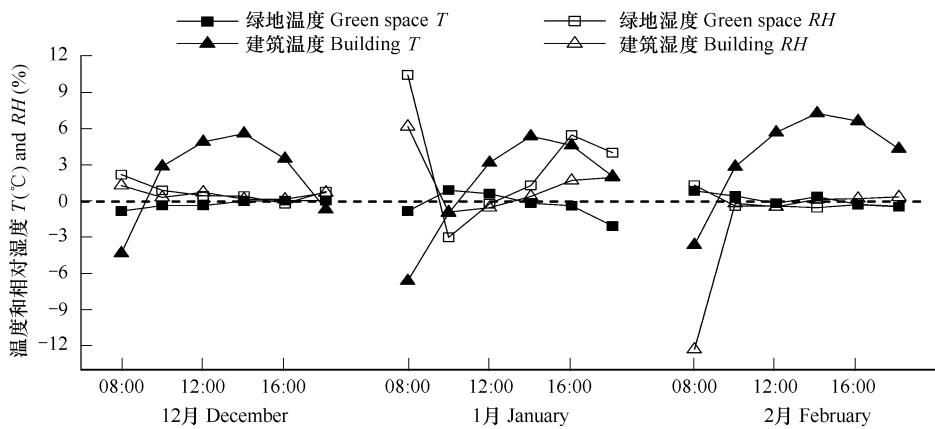


图9 城市郊区不同下垫面的日间温湿度差值变化

Fig. 9 Suburb daytime temperature and relative humidity difference change among different land surface

表2 不同景观区域下垫面的湿度方差分析

Table 2 The Temperature ANOVA Analyze in different underlying surface

时间 Time	商业区 Business district		居住区 Community district		绿地 Green space		水域 Water area		郊区 Suburb	
	平均值 Mean	F	平均值	F	平均值 Mean	F	平均值 Mean	F	平均值 Mean	F
8:00	-0.26	21.31 **	-0.04	0.71	-0.04	0.46	0.33	0.69	-0.28	18.68 *
14:00	0.02	0.51	0.05	0.99	0.02	0.86	0.32	1.31	0.06	93.28 **
18:00	-0.45	11.13 *	-0.06	1.97	0.13	0.13	0.05	1.07	-0.83	2.95

* : $\alpha = 0.0.5$; ** $\alpha = 0.0.1$

以道路为对照,将郊区的不同局部微环境空间的温湿度进行方差分析(见表3),温度在8:00和14:00时差异达显著水平(分别为 $\alpha = 0.0.5$ 和 $\alpha = 0.0.1$),湿度差异不显著。在乡村的高层建筑物较少,接受辐射热较好,空气流动通畅,整体温度较低,但是由于房屋也比较密集,相对于裸露的路面其他地方的温度差异比较大。

表3 不同景观区域内不同下垫面的湿度方差分析

Table 3 The relative humidity ANOVA Analyze in different underlying surface

	商业区 Business district		居住区 Community district		绿地 Green space		水域 Water area		郊区 Suburb	
	平均值 Mean	F	平均值 Mean	F	平均值 Mean	F	平均值 Mean	F	平均值 Mean	F
8:00	4.89	14.66 *	0.59	0.38	2.28	0.19	-1.63	0.81	4.65	1.00
14:00	0.93	0.10	-0.84	0.16	0.88	0.19	0.65	1.34	0.37	0.07
18:00	1.92	0.01	0.13	0.28	-0.84	0.10	-0.12	2.19	1.44	0.10

* : $\alpha = 0.0.5$; ** $\alpha = 0.0.1$

在5个城市用地不同下垫面的温度呈现水体<绿地<建筑物<道路的趋势,湿度呈现道路<建筑物<绿地<水体的趋势,在不同的区域,绿地与路面的温度、湿度差值差异较大。由于城市的下垫面除了少量的绿地外,大部分为混凝土建筑和柏油路所覆盖,形成了以混凝土建筑物和柏油路为主的立体下垫面,这种立体下垫面是影响城市温湿环境效应的主要原因,因此城市不同土地利用方式对局地小气候具有不同的响应。

在城市建筑物屋顶以下至地面这一层成为城市覆盖层(Urban canopy layer, UCL),这一层受人类活动影响最大^[12]。研究表明,居住区在城市用地面积中占有较大的比例,参差不齐的建筑物形成粗糙的下垫面,对城市气候产生较大的影响;商业区也是城市中人为活动非常剧烈的地带,其影响对城市环境也具有一定影响,且在城市中商业区与居住区经常组合在一起。建筑物布局对局地小气候具有较大影响,商业区绿地、建筑物与裸露路面的温度差、湿度差值比较大,而同期观测结果,居住区的相对温差、湿差的差值比较小,这说明人类活动的影响在商业区表现得比较强烈,对当地的环境中的热量影响比较大,从而使温度、湿度的变化表现得比较大。商业区、居住区不仅对城市的气候具有较大影响,而且商、住区的规划布局及其环境效应与居民健康、人居环境密切联系。因此,有必要进一步开展商业、居住区规划与其环境响应关系的研究,为城市规划提供科学依据。

全球气候变暖是人类面临的共同问题,对地表自然环境和人文社会环境正在产生深刻的影响,温室气体、气溶胶、城市化等是造成气候变化的主要人为原因,全球气候变化的区域性和季节性差异显著^[10~13]。中国各区域变暖的速率和时空分布有很大差异,具有北方变暖比南方明显,冬季变暖比其它季节明显的特点^[17]。本研究区域为北方城市北京市,从冬季的观测数据来看,在城市绿地和城市水域两种景观类型用地上,绿地、建筑物、水体与裸露路面的温差值比较小,绿地、建筑物、水体与裸露路面的湿度差值比较大,而大面积水域区的建筑物、水体与裸露路面的湿度差值要大于城市绿地中相应的湿度差;城市的郊区温泉村绿地与裸露路面的温度差值比较小,建筑物与道路的温度差值比较大,绿地、建筑物空间与裸露路面的湿度差值比较大。城市绿地和城市水域空间的温度较低、湿度较大,对冬季城市气候和环境起到一定的调节作用。本研究对只对冬季城市不同下垫面的温湿环境进行了研究,因此关于北京市下垫面的温湿特征有待于进行的年变化研究。此外,还有必要开展水体、绿地面积等与其温湿度调节力间相关分析的研究。

3 结论

通过冬季城市不同中心与郊区实地观测,分别对不同下垫面进行实测,得到如下几点结论:

(1) 城市中不同类型的城市用地的局地气候具有明显差异,本研究得出,由于其下垫面性质差异,北京市不同景观区域的温度呈乡村<水域<绿地<居住区<商业区的变化趋势,湿度呈商业区<居住区<城市绿地<水域<乡村的变化趋势。不同的城市土地利用类型对大气环境产生的影响不同,城市下垫面性质的差异导致了环境温湿效应的差异。城市水域与城市绿地对城市的气候具有积极的调节作用,这两种类型的用地在冬季仍具有降温增湿的效应;城市商业区和居住区受人为影响较大,其相对湿度较低、温度较高,其形成的环境效应加强了城市气候变暖的趋势。

(2) 不同类型城市用地的城、郊温湿度的差异在午后均达显著水平。城乡下垫面的差异是形成城市热岛效应主要因素,也是城市人类活动影响气温的主要因素。商业区和居住区是城市人类活动频繁的地带,在午

后14:00具有明显的“干岛”、“热岛”现象。城市绿地对城市气候具有一定的调节作用,城市水域具有较强的调节城市大气环境中的温湿度的作用,对城市整体气候的改善具有较好的调节能力。

(3) 观测结果表明,不同下垫面及其局部环境空间的温湿度特征存在差异,空气温度呈现水体<绿地<建筑物<道路的趋势,湿度呈现道路<建筑物<绿地<水体的趋势。在不同类型的城市用地中,绿地与路面的温度、湿度差值差异较大,绿地和水体白昼期间对局部环境仍具有明显的温湿度调节功能。

References:

- [1] Stone B, Norman J M. Land use planning and surface heat island formation: A parcel-based radiation flux approach. *Atmospheric Environment*, 2006(40): 3561–3573.
- [2] Yu S Q, Bian L Q, Lin XC. Beijing city thermal island scale change and urban development. *Science in China, Ser. D*, 2005, 35 (supplement): 97–106.
- [3] Taha H. Meso-urban meteorological and photochemical modeling of heat island mitigation. *Atmospheric Environment*, 2008 (42): 8795–8809.
- [4] Jusuf S K, Wong N H, Hagen, et al. The influence of land use on the urban heat island in Singapore. *Habitat International*, 2007(31): 232–242.
- [5] Zhou S Z. The influence of urban development on temperature in Shanghai. *Acta Geographica Sinica*, 1983, 38(4): 397–405.
- [6] Sun F H, Ren G Y, Zhao C Y, et al. An analysis of temperature abnormal change in northeast China and type underlying surface. *Scientia Geographica Sinica*, 2005, 25(2): 167–171.
- [7] Jiang X Y, Zhang C L, Gao H, et al. Impact of urban albedo on urban heat island — A case study. *Acta Meteorologica Sinica*, 2007, 65(2): 301–307.
- [8] Fu H. Cause and effect of global climate warming. *Journal of Capital Normal University (Natural Science Edition)*, 2007, 28(6): 11–15, 21.
- [9] Li G C. Cause analysis global climate warming. *Journal of Natural Disasters*, 2005, 14(5): 38–42.
- [10] Johansson E. Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dryclimate: a study in Fez, Morocco. *Building and Environment*, 2006(41): 1326–1338.
- [11] Pan Y Y, Chen W Y, Zheng J F. Discussion on urban dry island and urban moisture island effects of Lishui atmospheric environment. *Arid Environmental Monitoring*, 2007, 21 (4): 210–215.
- [12] Jiang X D, Xia B C, Guo L. Research on urban heat island and its environmental effects of rapidly urbanized regions. *Ecologic Science*, 2006, 25 (2): 171–179.
- [13] Zhou S Z, Wang X H. The Urban dry island and urban misture island effects of Shanghai atmospheric environment. *Journal of East China Normal University(natural science)*, 1996, (4): 68–80.
- [14] Hu H L, Chen Y H, Gong A D. Advances in the application of remotely sensed data to the study of urban heat island. *Remote Sensing For Land & Resources*, 2005(3): 5–13.
- [15] Zhang J H, Hou Y Y, Li G C. Beijing City and peripheral thermal island diurnalvariation and season characteristic satellite remote sensing research and influence factorial analysis. *Science in China, Ser. D*, 2005, 35 (supplement): 187–194.
- [16] Li X R, Hu F, Shu W J, et al. Characteristics of Urban Heat Island Effect and Its Meteorological Influencing Factors Over Beijing in Autumn. *Climatic and Environmental Research*, 2008, 13(5): 291–299.
- [17] Peng J, Liu W D, Long B J, et al. A study of the urban heat island of Beijing based on remote sensing images. *Progress in Geophysics*, 2007, 22 (6): 1942–1947.
- [18] Xiao R B, Ouyang Z Y, Hua Z, et al. Spatial pattern of impervious surfaces and their impacts on land surface temperature in Beijing, China. *Journal of Environmental Sciences*, 2007, 19(2): 250–256.
- [19] Liu Y F, Liu J P. Effect on Urban Therma l Env ironment. *Journal of Hua-zhong University of Science and Technology (Urban Science Edition)*, 2007, 24(1): 40–42,54.

参考文献:

- [2] 于淑秋,卞林根,林学椿.北京城市热岛“尺度”变化与城市发展. *中国科学(D辑)*, 2005,35 (增刊): 97~106.
- [5] 周淑贞.上海城市发展对气温的影响. *地理学报*, 1983, 38(4): 397~405.

- [6] 孙凤华,任国玉,赵春雨,等.中国东北地区及不同典型下垫面的气温异常变化分析.地理科学,2005,25(2):167~171.
- [7] 江晓燕,张朝林,高华等.城市下垫面反照率变化对北京市热岛过程的影响——个例分析.气象学报,2007,65(2):301~307.
- [8] 傅桦.全球气候变暖的成因与影响.首都师范大学学报(自然科学版),2007,28(6):11~15,21.
- [9] 彭江良,吴息,江志红,等.南京冬季城、郊下垫面能量平衡特征分析.气象科学,2008,28(1):21~29.
- [10] 潘娅英,陈文英,郑建飞.丽水市大气环境中的城市干、湿岛效应初探.干旱环境监测,2007,21(4):210~215.
- [11] 江学顶,夏北成,郭沫.快速城市化区域城市热岛及其环境效应研究.生态科学,2006,25(2):171~179.
- [12] 周淑贞,王行恒.上海大气环境中的城市干岛和湿岛效应.华东师范大学学报(自然科学版),1996,(4):68~80.
- [13] 胡华浪,陈云浩,宫阿都.城市热岛的遥感研究进展.国土资源遥感,2005(3):5~13.
- [14] 张佳华,候英雨,李贵才,等.北京城市及周边热岛日变化及季节特征的卫星遥感研究与影响因子分析.中国科学,D辑,地球科学,2005,35(增刊1):187~194.
- [15] 李兴荣,胡非,舒文军,等.北京秋季城市热岛效应及其气象影响因子.气候与环境研究,2008,13(5):291~299.
- [16] 彭静,刘伟东,龙步菊,等.北京城市热岛的时空变化分析地.地球物理学进展,2007,22(6):1942~1947.
- [18] 刘艳峰,刘加平.采暖对城市热环境影响调查研究.华中科技大学学报(城市科学版),2007,24(1):40~42,54.