

城市景观公园对城市热岛调控效应分析

——以哈尔滨市为例

周东颖，张丽娟，张利，范怀欣，刘栋

(黑龙江省普通高等学校 地理环境遥感监测重点实验室, 哈尔滨 150025)

摘要：采用哈尔滨市2007年9月30日Landsat TM数据,基于哈尔滨市地表温度反演结果,对城市公园对热岛效应的影响进行了分析。研究结果表明:哈尔滨市主城区热岛效应明显,高温区呈现集中分布,市区内的公园在高温区域内形成明显的热岛空洞;公园对周围区域降温作用明显,降温效应随距离增加呈递减趋势;在公园周围120 m范围内,不同面积的公园对周围环境温度影响存在明显差异,不同缓冲带的降温幅度存在极显著差异;公园面积和内部平均温度呈显著负相关,即公园面积越大,内部平均温度越低,反之亦然,二者存在显著的回归关系,因此可以通过设计不同面积公园,以实现城市高温区降温效应。研究表明一个大的景观公园的降温效应要强于总面积相等的多个小公园的降温效应。

关键词：热岛效应;城市公园;降温效应;哈尔滨市

中图分类号：F127.41

文献标志码：A

文章编号：1003-2363(2011)03-0073-06

城市热岛效应是指当城市发展到一定规模的时候,由于城市下垫面的改变、大气污染以及人工废热的排放等使城市温度明显高于郊区的温度,形成类似高温孤岛的现象,是城市气候最显著的特征之一^[1]。国内外学者基于遥感技术对城市热岛效应进行了广泛的研究,主要包括四个方面:一是城市热岛效应分布与土地利用类型的关系,如周红妹^[2]、丁金才^[3]等;二是城市热岛效应分布与植被覆被关系,如周红妹^[4]、李延明^[5]、张景哲^[6]、郭红^[7]等;三是城市热岛效应分布与人为热关系,如Mitchell^[8]、Streutker^[9]等;四是城市热岛效应演变机制的研究,如陈云浩^[10]、史培军^[11]、林志垒^[12]等。对热岛效应与土地利用类型和植被覆被关系的研究中,主要分析了不同土地利用类型对城市热岛贡献的大小以及植被指数与城市热岛效应强度。城市景观公园作为城市土地利用的一种类型,关于它本身的温度特征以及对周围热环境的影响,最近几年的研究成果较多。城市中的景观公园一般是指由政府修建并经营的作为自然观赏区和供公众休息游玩的公共区域,具有着改善城市生态、防火和避难等作用。我国学者陈方敏^[13]等通过定位观测、流动观测对比分析了公园内部与周围区域的热环境差异;陈方敏^[13]、苏泳娴^[14]、任学慧^[15]等根据遥感数据

反演及相关分析方法,对景观公园结构和周围热环境的关系进行了定量的研究;马琳^[16]、孟丹等^[17]运用景观格局分析方法探讨了城市内部景观公园的热环境效应。本研究在前人研究的基础上,以哈尔滨市2007年9月30日的Landsat TM影像的第六波段数据,反演出哈尔滨市地表温度场,并与哈尔滨市2007年地形图叠加,基于Arc GIS的空间分析功能,采用空间分析中的缓冲区分析方法,重点分析了城市景观公园对周围环境温度的调控效应,并建立了公园温度与面积的定量关系模型,提出了未来在不同面积公园规划情况下对哈尔滨市温度场所产生的调控效应。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

哈尔滨市2007年9月30日的Landsat TM+遥感影像资料,来源于中国科学院遥感地面观测站;温度反演所需要的当日地表温度、相对温度等气象资料来源于黑龙江省气象台;2007年哈尔滨市地形图来自黑龙江省测绘局。哈尔滨市市区主要有14个公园^①,其位置、面积及内部景观见表1。

1.2 研究方法

1.2.1 地表温度反演。目前,基于TM6波段反演地表温度大体有3种算法,即大气校正法、单窗算法和单通道算法。本研究选用覃志豪教授^[18]提出的适合于TM6数据反演地表温度的单窗算法。

1.2.2 统计分析方法。方差分析是检验两个及两个以

收稿日期: 2010-12-09; 修回日期: 2011-04-12
基金项目: 国家科技部“973”项目(2010CB950903); 黑龙江省自然基金项目(F201041); 哈尔滨市科技创新项目(2007RFXXS029)
作者简介: 周东颖(1986-),女,黑龙江安达人,硕士研究生,主要从事生态系统模拟研究,(E-mail) mfkzdy2002@yahoo.com.cn。
通讯作者: 张丽娟(1965-),女,河北唐山人,教授,博士,主要从事生态系统模拟研究,(E-mail) zlj19650205@163.com。

① 我国城市公园分为综合公园、专类公园(动物园、植物园、儿童公园)和花园3种类型。

表 1 主要公园简介

Tab.1 The situation of the main parks in Harbin City

公园名	位置	总面积/m ²	内部景观	公园名	位置	总面积/m ²	内部景观
国家森林公园	香坊区	1 224 817.95	专类	九站公园	道里区	50 507.19	专类
顾乡公园	道里区	533 276.29	综合	太平公园	道外区	46 597.41	专类
学府公园	南岗区	310 350.99	综合	斯大林公园	道里区	46 263.14	专类
儿童公园	南岗区	146 150.95	专类	古梨园	道外区	44 871.99	专类
哈尔滨游乐园	南岗区	136 803.83	综合	清滨公园	南岗区	31 019.69	专类
兆麟公园	道里区	73 654.90	综合	靖宇公园	道外区	29 766.24	专类
香坊公园	香坊区	67 842.00	综合	建国公园	道里区	27 561.37	综合

上样本均数显著性差异的分析方法,通过分析不同来源的变异对总变异贡献大小,从而确定可控因素对变异影响力的大小;相关分析是研究变量之间密切关系程度的统计方法。目前,各种相关系数中 Pearson 相关系数是最常用的,通常用 r 表示。其取值范围是 $-1 \leq r \leq 1$;回归分析是研究因变量和自变量之间是否具有某种数量关系 \ 确定因变量与自变量之间的数学模型的统计方法^[19]。

1.2.3 缓冲区分析。缓冲区分析是空间信息系统中的

空间分析基本功能之一,是为了识别某地理实体或空间物体对其周围的邻近性或影响度而在其周围建立的一定宽度的带状区。本研究的缓冲区分析是利用 ArcGIS 9.2 软件的空间分析模块来实现^[20]。

2 结果与分析

2.1 哈尔滨市地面温度反演

使用单窗算法,利用哈尔滨 2007 年 9 月 30 日的 Landsat TM 第六波段数据反演哈尔滨市地表温度(图 1)。



图 1 哈尔滨市 2007 年 9 月 30 日地表温度分布

Fig.1 The land surface temperature distribution of Harbin City on September 30,2007

从图 1 可以看出,哈尔滨市市区温度明显高于周围农村,形成了明显的城市热岛效应,但市区内部高温区呈零星分布。哈尔滨市高温区主要分布在市区的城市建筑聚集区域,低温区域主要分布在水体、林地及耕地等非城市用地区域。市区平均温度 24℃,郊区平均温度 18℃,市区的热岛效应明显;主城区中的高温区域呈现集中分布,主要包括道外区的大部分区域、道里区的东北部、南岗区东北部及南岗火车站、香坊火车站附近;而市区内的公园则在高温区域内形成明显的热岛空洞,可

在小范围内降低热岛效应。以位于道里区和道外区的公园为例(图 2),可明显看出公园所形成的热岛空洞。

2.2 公园对城市热岛效应影响分析

2.2.1 公园的降温效应分析。基于 Arc GIS 空间分析功能,统计哈尔滨市 14 个公园内部平均温度与周围 300 m 范围内环境温度,计算其温差见表 2。

从表中可以看出,尽管面积、位置和周围环境不同,内部温度存在一定差异,但公园内部温度均低于周围环境温度,最大温差为 4.33℃,最小温差为 0.49℃,所以公

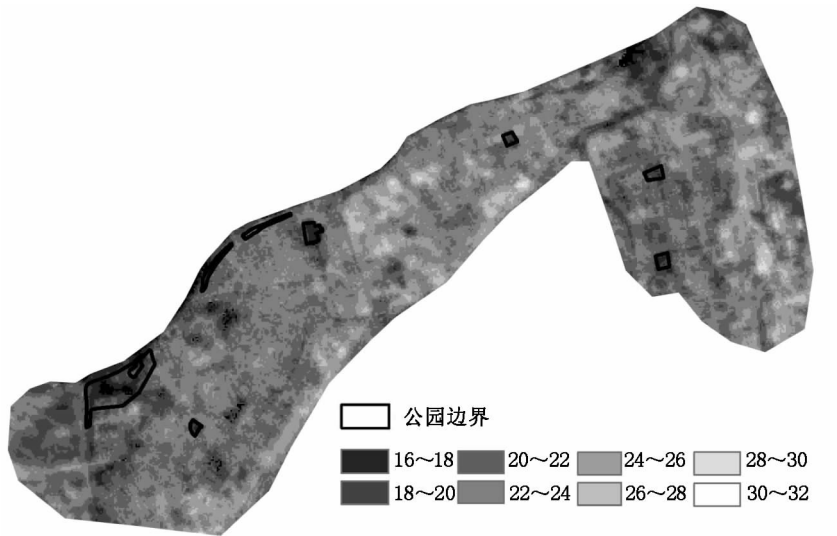


图2 哈尔滨市道里区和道外区温度分布
Fig.2 The temperature distribution of Daoli and Daowai in Harbin City

表2 公园内部平均温度与周围300 m内环境温度对比
Tab.2 The contrast of the average temperature inside the park and its surrounding environment

公园名称	内部温度	周围温度	温差	公园名称	内部温度	周围温度	温差
九站公园	19.02	18.49	-0.53	建国公园	19.27	22.58	3.31
斯大林公园	18.59	19.08	0.49	清滨公园	19.00	22.35	3.35
顾乡公园	18.43	18.96	0.53	靖宇公园	19.77	23.15	3.38
太平公园	19.58	21.94	2.36	学府公园	18.98	22.65	3.67
古梨园	18.71	21.47	2.76	哈尔滨游乐园	18.47	22.16	3.69
国家森林公园	17.88	20.72	2.84	香坊公园	18.79	23.11	4.32
兆麟公园	18.86	21.96	3.09	儿童公园	17.84	22.17	4.33

园在城市高温区中形成热岛空洞,对城市整体起到了一定的降温效应(其中九站公园周围为水域,所以公园内部温度高于环境温度);且各个公园周围300 m范围内的平均温度在18.96℃~23.15℃之间,都低于市区最高温度31℃,可见公园本身及其周围一定距离的范围共同构成一个相对低温环境,更大范围调节了城市温度环境。

2.2.2 公园降温效应定量分析。为了分析公园对周围环境温度的影响程度,分别为13个起到降温作用的公园建立缓冲区,具体做法是自公园外缘起,每隔60 m建一个缓冲带,共建5个缓冲带,覆盖周围300m范围环境。基于Arc GIS空间分析功能,统计各缓冲区降低的温度(表略),将13个公园按缓冲区进行平均,得到图3。

从图3可以看出,公园对于周围区域具有明显的降温作用,但降温速率并不是均匀的。0~60 m范围内最明显,温度降低值接近1.6℃,到60~120 m,已经是1.06℃了。距离公园300 m以内,公园的降温效应依然存在,但距离越远,公园对周围区域的降温作用效果越弱,在240~300 m这个缓冲带的降温幅度很小,与周围环境温度已经很接近了,即公园降温效应覆盖范围为公园外缘向外延伸300 m。

从13个公园的缓冲区降温效应分析可知,公园的面积不同,对周围环境温度影响的速率和尺度也不相

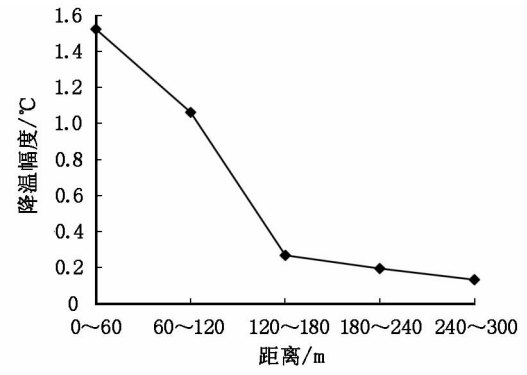


图3 公园对周围温度影响程度统计
Fig.3 The statistics of temperature effect from park to environment

同。为了分析公园面积差异对周围环境温度的影响,以公园面积为影响因素、以不同公园同一缓冲区降温幅度值为因变量作方差分析,结果见表3。

由表3可知,在距离公园边缘60 m之内, Sig = 0.602 > 0.10,公园降温效应没有明显差异,即不论公园面积多大,在60 m之间降温效应最大,且与公园面积无关;在120 m内, Sig = 0.085 < 0.10,即公园面积不同对周围环境温度影响通过0.10 概率水平检验,有显著差异,即公园对周围环境的降温效应在120 m之内与公园

表 3 不同面积公园对
周围环境温度影响方差分析结果

Tab.3 The analysis of variance of the
temperature effect with parks of different sizes

缓冲区/m	F 值	显著性概率值 (Sig)
0 ~ 60	0.719	0.602
0 ~ 120	2.211	0.085
0 ~ 180	0.937	0.528
0 ~ 240	0.550	0.868
0 ~ 300	0.544	0.876

面积有关;超过 120 m,显著性概率值均大于 0.10,说明公园面积不同,对周围环境降温效应没有显著差异,即超过 120 m,虽然公园仍然有降温效应,但大小公园的降温效应没有显著差异。

为了更清楚地说明公园面积不同对周围环境的降温效应的差别,选择哈尔滨市面积差异较大的 2 个公园——学府公园和靖宇公园,面积分别为 310 350.99 m²和 29 766.24 m²,2 个公园面积相差近 10 倍。其缓冲区的温度分布见图 4。

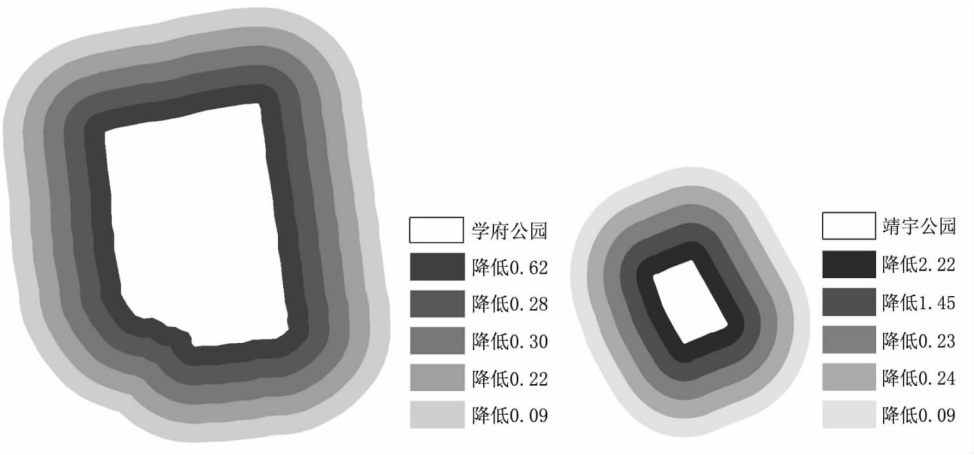


图 4 学府公园和靖宇公园对周围区域降温效应对比

Fig.4 The contrast of the cooling effect to environment between Xuefu Park and Jingyu Park

由图 4 可见,在 2 个公园周围建立的这 5 个 60 m 的缓冲区的温度降低值都是正值,说明学府公园和靖宇公园对周围环境确实起到了降温作用,且温度降低值大体上呈现递减趋势,即公园对周围环境的降温效应随距离的增加而减弱,在 300 m 左右降温效应不再明显。而 2 个公园之间,同一距离的缓冲区的温度降低值存在差异,在 0 ~ 60 m 和 60 ~ 120 m 这两个缓冲带差异最明显,分别差了 1.60℃ 和 1.17℃,即面积不同的 2 个公园在 120 m 内的降温效应存在明显差异;而在 120 ~ 300 m 这 3 个缓冲带,2 个公园同一缓冲区的温度降低值则相差非常小,说明超过 120 m,不同面积的 2 个公园对周围环境的降温效应区别不大。

以缓冲区为影响因素,经不同公园同一缓冲区降温幅度值为因变量,进行方差分析,Sig = 0.00 < 0.01,即公园不同缓冲带降温幅度通过 0.01 概率水平检验,差异极显著。其多重比较结果见表 4。

由表 4 可知,缓冲区 1 与 2、3、4、5 和缓冲区 2 与 1、3、4、5 之间有极显著差异,即 0 ~ 60m 和 60 ~ 120m 缓冲带的降温效应明显不同于其它缓冲带;而缓冲区 3 与 4、3 与 5、4 与 5 之间均无显著差异,说明在 120 ~ 300m 之间,公园的降温作用效应没有明显差异。

2.3 哈尔滨市公园温度与面积的关系分析

公园除了对周围环境的温度效应影响外,公园的内部温度也存在差异,为研究公园面积与内部温度之间的关系,以 13 个公园为样本,计算了二者的相关系数为

表 4 缓冲带降温幅度方差分析结果

Tab.4 The analysis of variance of the
temperature effect with parks of different buffer zones

缓冲区/m	编号	平均降温幅度值/℃	差异显著性	
			0.05	0.01
0 ~ 60	1	1.62	a	A
60 ~ 120	2	1.07	b	B
120 ~ 180	3	0.15	c	C
180 ~ 240	4	0.05	cd	C
240 ~ 300	5	0.04	d	C

-0.576,Sig = 0.039 < 0.05,即公园面积和内部平均温度的相关关系通过了 0.05 概率水平检验,二者呈显著负相关,即公园面积越大,内部平均温度越低;公园面积越小,内部平均温度则相对越高。在相关分析基础上,建立公园面积和公园内部平均温度的回归关系

$$T = 18.986 - 9.74 \times 10^{-7}S。$$
 (1)

式中: T 是公园内部平均温度(℃); S 是公园面积(m²)。根据此方程可以依据公园面积对公园的内部平均温度进行预测。

2.4 哈尔滨市高温区降温效应设计

哈尔滨市市区的热岛效应明显,且高温区呈现集中分布,道里区和道外区是两个比较明显的高温区域,可以在这两个高温区内设计一定面积以绿色植被为主的公园,利用公园本身的降温作用来调节局部温度环境。按照 3.3 的研究成果,根据公园面积可预测公园内部平

均温度,因此,可以根据所设计公园的面积得出内部温度,从而分析公园对高温区域的降温效应。

按照公园占公共绿地面积的比例来设计市区内公园的面积。由于公园和公共绿地面积的变化是平稳变化,故以哈尔滨市2004年统计资料为例,其公共绿地面积约为9 054万m²,公园总面积为4 426万m²,即公园总面积约占公共绿地总面积的50%。如果这个比例不变,按哈尔滨市规划目标,2010年预计达到的人均绿地面积10m²计算,根据道里区和道外区人口数据,可以计算出2010年公共绿地面积和公园面积(表5)。

表5 区划及绿地情况

Tab.5 The situation of zoning and green land

区域	面积/万m ²	人口/万	人均绿地面积/m ²	需建绿地面积/万m ²	可建公园面积/万m ²
道里区	47 900.00	68.60	4.27	393.08	196.54
道外区	4 062.00	56.56	2.64	416.28	208.14

设计建设公园的两种方案:一是在高温区中心只建1个大面积的公园;二是按照公园类型,建设若干个中型公园。所以,在高温区中设计4个面积相等且总面积与预建面积相当的公园。公园外围有300m左右的显著降温效应区,每隔60m缓冲带的降温幅度值约为1.52℃、1.06℃、0.27℃、0.20℃和0.13℃,道里区和道外区预建公园及周围缓冲区的面积和温度情况见表6和表7。

表6 道里区预建公园及缓冲区面积和温度情况

Tab.6 The situation of buffer zones and temperature of pre-built park in Daoli

1个面积较大的公园			4个面积相同的小公园		
名称	面积/万m ²	温度/℃	名称	面积/万m ²	温度/℃
预建公园	196.54	17.07	预建公园	49.13	18.51
缓冲区1	30.94	18.59	缓冲区1	16.04	20.03
缓冲区2	33.20	19.65	缓冲区2	18.30	21.09
缓冲区3	35.46	19.92	缓冲区3	20.56	21.36
缓冲区4	37.72	20.12	缓冲区4	22.82	21.56
缓冲区5	39.98	20.25	缓冲区5	25.08	21.69
剩余区域	47 526.15	25.44	剩余区域	47 292.32	25.44

表7 道外区预建公园及缓冲区面积和温度情况

Tab.7 The situation of buffer zones and temperature of pre-built park in Daowai

1个面积较大的公园			4个面积相同的小公园		
名称	面积/万m ²	温度/℃	名称	面积/万m ²	温度/℃
预建公园	208.14	16.96	预建公园	52.04	18.48
缓冲区1	31.81	18.48	缓冲区1	16.47	19.99
缓冲区2	34.07	19.54	缓冲区2	18.73	21.06
缓冲区3	36.33	19.81	缓冲区3	20.99	21.33
缓冲区4	38.59	20.01	缓冲区4	23.25	21.53
缓冲区5	40.85	20.14	缓冲区5	25.51	21.66
剩余区域	3 672.21	25.50	剩余区域	3 434.04	25.50

在得到2个高温区预建公园及缓冲区面积和温度

情况后,可以计算建成公园后整个区域的平均温度,公式为

$$\bar{T} = (m_1 + m_2 + \cdots + m_n) / (\frac{m_1}{T_1} + \frac{m_2}{T_2} + \cdots + \frac{m_n}{T_n}) = \sum_{i=1}^n m_i / \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{T_i}。$$

(2)

式中: \bar{T} 是调和平均数即代表建成公园后的区域平均温度(℃); $T_1 \sim T_n$ 代表不同小区域内的平均温度(℃); m 是权数即每个小区域的面积与整个区域的面积比。将表6和表7中的数据分别代入此式后,可以得到建成公园后2个高温区的平均温度,建成公园前后的温度对比情况见表8。

表8 建成公园前后温度对比情况

℃

Tab.8 The contrast of temperature before and after completion of park

区域	原平均温度	1个面积较大的公园		4个小面积的公园	
		建公园后平均温度	温差	建公园后平均温度	温差
道里区	25.44	25.34	0.10	25.40	0.04
道外区	25.50	24.17	1.33	24.95	0.55

从表8看出,在1个高温区内设计一定面积的公园会使整个区域的平均温度下降,从而在一定程度上削弱了热岛效应,由于公园对周围环境的温度影响有一定的距离限制,所以对于大面积的整个区域来说,温度降低值比较小。从表5可知,道外区预建公园与所选区域的面积比例要大于道里区,由此可知,在一个区域内公园所占的面积比例越大,它的降温效应越明显,即建成公园前后的温差越大。而无论是道里区和道外区,设计1个面积较大的公园后的区域平均温度都要低于设计4个小面积公园的区域平均温度,也就是说在一定区域内,1个大的景观公园的降温效应要强于几个小型公园。

3 结论与讨论

(1)哈尔滨市市区的热岛效应明显,公园在高温区域内形成明显的热岛空洞。公园内部温度要明显低于周围环境温度,最大温差为4.22℃,最小温差为1.06℃。这一结论与已有的研究得出的结论相似。

(2)不论公园面积多大,对其周围60m降温效应最大,且与公园面积无关;120m之内,温度影响有显著差异;超过120m,大小公园的降温效应没有太大的区别。此结论说明公园对周边小气候的调节作用更强。

(3)公园面积和内部平均温度呈显著负相关,即公园面积越大,内部平均温度越低,二者存在显著的回归关系。通过扩建一定面积的公园,对高温区可起到明显的降温效应。且1个面积较大公园的降温效应要强于几个面积总和与之相等的小面积公园的效应。提示未来城市规划中,设计数量少而面积大的绿地公园比数量多而面积小的绿地公园对调节城市气候具有更有效地

作用。

本研究主要从公园对周边环境的温度调节及公园面积与温度关系上进行分析,对公园对其他气象要素的影响还未涉及,同时公园内部的结构及周边环境的差异性对降温效应的影响还有待于进一步研究讨论。

参考文献:

[1] 赵红旭. 昆明市热岛效应卫星监测研究[J]. 国土资源遥感,1999(4): 29-32.

[2] 周红妹,周成虎,葛伟强,等. 基于 RS 与 GIS 的城市热场分布规律研究[J]. 地理学报,2001,56(2): 189-197.

[3] 丁金才,张志凯,奚红,等. 上海地区盛夏高温分布和热岛效应的初步研究[J]. 大气科学,2002,26(3): 412-420.

[4] 周红妹,丁金才,徐一鸣,等. 城市热岛效应与绿地分布的关系检测和评估[J]. 上海农业学报,2002,18(2): 83-88.

[5] 李延明,张济和,古润泽. 北京城市绿化与热岛效应的关系研究[J]. 中国园林,2004(1): 72-75.

[6] 张景哲,刘启明. 北京城市气温与下垫面结构关系的时相变化[J]. 地理学报,1988,43(2): 159-168.

[7] 郭红,龚文峰. 哈尔滨市热岛效应与植被的关系——基于 RS 和 GIS 的定量研究[J]. 自然灾害学报,2007,16(2): 22-26.

[8] Mitchell J M J. The Temperature of Cities[J]. Weather-wise,1961,14: 224-229.

[9] Streutker D R. A Study of the Urban Heat Island of Houston[D]. Houston :Rice University ,2003.

[10] 陈云浩,李京,李晓兵. 城市空间热环境遥感分析[M]. 北京:科学出版社,2004.

[11] 史培军,宫鹏. 土地利用/覆被变化研究的方法与实践[M]. 北京:科学技术出版社,2002.

[12] 林志垒. 福州市热岛效应动态分析研究[J]. 东北测绘,2001,24(1): 3-5.

[13] 陈方敏. 上海市公园绿地对热岛效应影响的多尺度研究[D]. 上海:华东师范大学,2010.

[14] 苏泳娴,黄光庆,陈修治,等. 广州市城区公园对周边环境的降温效应[J]. 生态学报,2010,30(18): 4905-4918.

[15] 任学慧,田红霞,付万. 城市绿地的小气候效应空间差异性——以大连市为例[J]. 地域研究与开发,2007,26(1): 91-94.

[16] 马琳,陆玉麒. 南京市主城区公园绿地景观格局分析[J]. 地域研究与开发,2010,29(3): 73-76.

[17] 孟丹,李小娟,宫辉力,等. 北京地区热力景观格局及典型城市景观的热环境效应[J]. 生态学报,2010,30(13): 3491-3500.

[18] 覃志豪,Zhang-Minghua, Arnon-Karnieli,等. 用陆地卫星 TM6 数据演算地表温度的单窗算法[J]. 地理学报,2001,56(4): 456-466.

[19] 朱洪文. 应用统计[M]. 北京:高等教育出版社,2004.

[20] 汤国安,杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京:科学出版社,2006.

The Effect of Landscape
Park on Urban Heat Island: A Case Study of Harbin City

Zhou Dongying , Zhang Lijuan , Zhang Li , Fan Huaixin , Liu Dong

(Key Laboratory of Remote Sensing Monitoring of
Geographic Environment, College of Heilongjiang Province, Harbin 150025, China)

Abstract: This paper analyzes the relationship between urban heat island and landscape park by using the land surface temperature simulation results from Landsat TM data in Harbin. Some research results are as follows: the heat island effect is severe in Harbin urban district, the areas of high temperature zone is distributed centralized, the parks in urban form heat island inanition obviously in the areas of high temperature; parks drop the temperature of the surrounding environment obviously, but the effect is limited in the distance, which is weaker with the distance farther away, and around 120 meters, the effect is different with parks of different sizes and different buffer zones; there is a negative correlation between the area of park and the average temperature inside, the lower temperature with the greater area, and there is significant regression relationship between them, so we can design parks of different sizes in the area of high temperature to decline urban heat island. The result shows that the cooling effect of a large park is stronger than several small parks which have the same total area.

Key words: urban heat island; city park; cooling effect; Harbin City