

成都市城市森林格局与热岛效应的关系

陈 辉, 古 琳, 黎燕琼, 慕长龙*

(四川省林业科学研究院, 成都 610081)

摘要:城市森林对城市热岛效应有显著的缓解作用,其景观格局对热岛的分布有巨大的影响。以成都市为研究对象,采用该地区 2003 年的 spot、landsat-7 卫星影像资料,在对成都市进行城市森林景观格局的定量分析和热量反演算的基础上,结合土地利用分类图、气象观测资料、绿地统计资料,建立动态监测和空间分析模式,对城市热岛的热力分布特征和城市森林格局对热岛效应的缓解作用进行综合分析。研究表明:(1)成都市热量分布呈现东南多西北少的格局,这与成都市城市森林西北多东南少的格局成负相关;(2)城市绿化覆盖率越高,降温效应越明显;(3)在绿化覆盖率相当的情况下,大面积集中的绿地的降温效应明显高于面积小的绿地。基于研究结果,建议成都市在合理规划城市森林布局的同时,适当增加大面积城市森林公园的建设。

关键词:城市森林;景观格局;热岛效应;GIS 综合分析

文章编号:1000-0933(2009)09-4865-10 中图分类号:Q142, Q149, Q948, S718.5 文献标识码:A

Analysis on relations between the pattern of urban forests and heat island effect in Chengdu

CHEN Hui, GU Lin, LI Yan-Qiong, MU Chang-Long*

Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 61008, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(9): 4865 ~ 4874.

Abstract: To understand the role of urban forests in the heat island, the heat island effect and its relationships with the pattern of urban forests in Chendu, Sichuan Province, has been analysed in this paper. The pattern of urban forests in Chendu was derived from spot and landsat-7 images using GIS. The dynamic model was established based on land use/cover types, meteorological data and statistic data of green cover, which has been used for the comprehensive analysis on the relationships between heat island effect and urban forest pattern. The result shows that the heat distribute more in the northwest of Chengdu than in the southeast, which is on the contrary of the urban forest pattern. The higher the urban green coverage, the more apparent the cooling effect. Under a certain green coverage, a large area of greenbelt has a higher heat reduction than the smaller one. This suggests that at the same time of reasonable planning of the urban forest pattern, it is necessary to appropriately increase the size of urban forest park.

Key Words: urban forest; pattern; heat island effect; comprehensive analysis with GIS

在温室效应和全球变暖的背景下,成都的城市热岛现象从 20 世纪 80 年代开始迅速扩展和增强,这与成都城市建设有明显的对应关系。城市化过程加剧,使植被对减轻热岛效应的功效十分有限,因此进一步研究城市热岛的热力分布特征与城市森林景观格局的关系,对优化人居环境和实现城市的可持续发展有重要意义。

遥感和 GIS 技术的发展,为城市森林景观格局和热岛效应的研究提供了更加精确、高效的研究途径。对

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2006BAD03A06)

收稿日期:2008-11-10; 修订日期:2009-04-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: mucl2006@yahoo.com.cn

城市森林的分析与度量有了定量的认识,从原来的定性描述发展到定量分析的模型预测,通过运用各种定量指标,分析城市森林景观的空间分布格局,并对景观单元做出生态学评价,使人们能够对城市景观空间结构进行综合的、多层次的分析。而卫星红外遥感技术的发展和完善较好的解决了常规城市热岛监测方法中不能全面、同步地反映地面热辐射状况的问题。它能够有效、全面地探测到下垫面的温度特征,而且能周期性、动态的监测城市热环境的变化趋势,是研究城市热岛效应的有效手段。经过多年的发展众多学者分别在城市森林景观格局^[1~7]和城市热岛效应的研究领域^[8~12]开展了很多卓有成效的研究,取得重大的研究成果,并呈现出良好的发展势头,但对其景观总体格局的生态结果(即不同景观格局对城市热岛效应有何影响)方面的研究不是很多^[13~17]。其中马勇刚等以乌鲁木齐市为例分析了城市景观格局变化对城市热岛效应的影响。周红妹等以遥感、土地利用、气象以及绿地统计资料为主要信息源,利用 GIS 空间分析技术,对 2000 年以来上海中心城区热岛效应与绿地分布状况进行了动态监测和综合评估。

为了客观科学的评估成都中心城区的热岛效应和城市森林分布特征的关系,缓解热岛效应强度。本文采用不同平台遥感资料(陆地卫星 landsat-7 卫星资料、spot-5 卫星影像资料)、气象观测资料、绿化统计资料等多要素相结合方法,运用地理信息系统(GIS)空间分析技术,对 2003 年成都市城市森林分布状况以及与热岛效应的关系进行动态监测和综合评估。

1 研究区概况

研究区为四川省成都市绕城高速路之内的区域。位于四川省中部、四川盆地西部,介于 E102°54′~104°53′,N30°05′~31°26′之间,平均海拔约 500m,面积 283.86 km²。属亚热带湿润季风气候,四季分明,夏无酷暑,冬无严寒,年平均气温 16.7℃。年平均日照时数 1071h,年平均降雨量 945.6mm。季风气候显著,植被丰富,植物群落结构复杂。

2 研究方法

2.1 数据来源

采用 spot-5 卫星资料(时相夏季,时间为 2003 年 6 月 27 日)、landsat-7 卫星资料(本次分析数据使用 TM6 和 ETM 数据,遥感数据时相为 2003 年 8 月 28 日,景幅号为 129/039)、土地利用资料、地面气象观测资料、绿地统计资料以及行政边界专题图件;地理信息系统采用 ARC/INFO 软件,并在 ARC/INFO 的 GRID 平台上采用 AML 语言建立综合分析和评估系统。

2.2 地面校正

使用国家基本比例尺 1:10000 地形图进行遥感图像校正。本次校正 GCP 点 84 个,单点校正误差小于 20m。

2.3 不同平台资料的匹配和同化处理

为了进行 GIS 综合分析,必须将具有不同水平分辨率的遥感图像以及专题图件统一匹配到同一尺度下。为了提高几何纠正精度,本文采用三次多项式进行图像与图像、图像与专题图件间的配准,并采用最近邻方法进行像素的重采样。经以上方法配准的图像,其平均误差在一个像元之内。同时利用统计资料与带有拓扑结构的行政区域专题图的属性建立关系,进而达到多平台资料的匹配和同化处理。

2.4 GIS 综合分析模式的设立

为了客观、有效地进行热力分布以及绿地分布特征综合分析,采用 GIS 逻辑判别和层次分析法来建立空间分析模型。其主导思想是以 spot-5 分类图像、landsat-7 卫星亮度温度为主,其它如土地利用分类图、气象观测资料、绿地统计资料等因子为辅,研究和建立动态监测和空间分析模式^[17],对城市热岛的热力分布特征和城市森林格局对热岛效应的缓解作用进行综合分析。空间分析模型为:

$$F=f(L,S,T,W,V)$$

式中, F 为是热力分布特征分析结果,为 L 、 S 、 T 、 W 、 V 因子的函数; L 为 landsat-7 卫星亮度温度图像。时相夏季,时间为 2003 年 8 月 28 日, TM6 与 ETM 数据进行分辨率融合后地面分辨率为 30m; S : spot-5 卫星图

像。时相夏季,时间为 2003 年 6 月 27 日,地面分辨率为 30m; T 为土地利用专题图件,采用 1:10000 成都市土地利用专题图; W 为气象观测资料。包括成都市气象局公布的 2000 年、2003 年 7、8 月逐日平均气温、平均最高气温、平均最低气温。以及 2003 年夏季 8 月 28 日 14 点左右在成都市内 20 个观测点的实测气温; V 为绿地统计资料。包括 2003 年成都市各区绿地覆盖率、各区人均公共绿地面积等,数据来源于成都市园林局《2003~2020 年绿地系统规划》。

对以上因子按各因子之间的隶属关系分成从高到低若干层次,然后建立不同层次元素之间的相互关系,将相关联的影响因素按其相对重要性排列,给出各因子所占的权重值,并对每一要素内部进行进一步分析,按其要素内各类别的分类进行排队以及按各类对结果的影响给分,从而得到该要素内各类别对结果的影响量。其数学模型为:

$$Z_p = \sum_{i=1}^m W_i Q_{ip}$$

式中, Z_p 表示第 p 点的最终复合结果等级; W_i 表示第 i 个要素的权重; Q_{ip} 表示第 i 个要素在 p 点的类别的专家打分值; m 表示影响因子的个数。根据对综合权值进行叠加分类、逻辑提取和综合分析,最后形成综合分析结果图像。

2.5 GIS 综合分析实现步骤和处理方法

2.5.1 城市森林景观格局分析

在 ERDAS 中进行 spot 数据的处理,包括:几何校正、分辨率融合、影像运算与信息增强等,并结合 1:10000 的地形图等资料在 ARC/INFO 平台上进行影像解译、矢量数据的编辑,判读复核、实地验证,从而获得成都市城市景观现状。

景观要素类型划分

对于景观的分类要遵循的原则有:考虑数据源特点和研究目的,反映出控制景观形成过程的主要因子,突出表现人类活动对于景观演化的决定作用等等。综合分析成都市景观特点,发现这里受人干扰的程度非常大,自然景观与人工景观并存。根据成都市的现状,并参考何春阳等人研究北京市海淀区所采用的 Anderson JR. 的分类体系^[18]以及吴泽民等关于合肥市区城市森林景观格局分析中采用的分类标准^[1]将成都市城市景观分为城市森林、一般绿地、农田、建筑物、硬质铺装和道路、水体等 6 类(表 1)。

表 1 成都市城市景观类型目视解译标志
Table 1 The visual interpretation signs of landscape types in Chengdu

景观元素 Landscape elements	影像特征 Image feature	形状 Shape	其他特征(备注) Other feature
城市森林 Urban Forest	绿色、暗绿色为主	规则、内部结构松散	以风景林地、公园形式为主
一般绿地 General Greenland	鲜绿色、黄绿色	较规则	零星分布于中心城区
水体 Water	亮白色、乳白色、浅紫灰色深蓝色	弯曲线形、直线或不规则圆形	池塘、水塘和带状河流
农业用地 Farmland	亮绿色、影像致密均匀	规则、面积大、长方形	规则几何形状分布于三环到绕城高速
建筑物 Building	灰紫色、深紫灰色、亮白色	规则、集中	在中心城区较集中,成片分布
硬质铺装和道路 Hard Surface&Roads	紫灰色、深紫灰色、亮白色	线形、带状	规则分布于建筑物

景观格局分析指数的选取

(1) 斑块平均面积

某类型景观要素的平均斑块面积,采用公式: $P = A/N$

式中, A 为某类斑块的总面积; N 为该类斑块的总个数

(2) 斑块形状指数

反映斑块形状的复杂程度,计算公式为: $G = P/2 \sqrt{\pi A}$

式中, A 为斑块面积; P 为斑块周长

(3) 斑块分维数指数

测定斑块形状的复杂程度,计算公式为: $FD = 2 \log(4/P) / \log(A)$

式中, P 为斑块周长, A 为斑块面积

(4) 多样性指数

反映景观元素的多少和各景观元素所占的比例情况,公式计算:

$$I = \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i$$

(5) 优势度指数

反映景观格局中一种或几种景观支配景观的程度,其计算公式是:

$$D = H_{\max} + \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i; H_{\max} = \log_2 n$$

(6) 均匀度指数

景观中不同景观类型分配的均匀程度,与优势度呈负相关,其计算公式是:

$$E = (H/H_{\max}) \times 100\%; H = -\log_2 \sum_{i=1}^n P_i^2$$

2.5.2 热量计算

根据 Markham 提出的通过遥感影像灰度值(DN)估算有效的传感器温度(即亮度温度)的方法,进行辐射相对温度的演算^[28,29]。

(1) 辐射亮度

$$RTM6 = \frac{Q_{DN}}{Q_{\max}} (R_{\max} - R_{\min}) + R_{\min}$$

式中, $RTM6$ 为遥感器所接收到的辐射强度 ($mW \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$); Q_{DN} 为 TM 数据的象元灰度值; $R_{\max}$ 和 $R_{\min}$ 为 TM 遥感器所接收到的最大和最小辐射强度值。发射前已预设 Landsat-7 的 TM6 常量是:当 $R_{\min} = 0.1534 (mW \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1})$ 时, $Q_{DN} = 0$; 当 $R_{\max} = 1.896 (mW \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1})$ 时, $Q_{\max} = 255$ 。因此, (1) 的热辐射与灰度值之间的关系可进一步简化为: $RTM6 = 0.1534 + 0.006833725 Q_{DN}$ 。

(2) 绝对亮度

$$T = \frac{K2}{\ln(K2/Rb + 1)}$$

式中, $K1$ 和 $K2$ 都为发射前预设的常量,对于 Landsat-7 的 TM 来说, $K1, K2$ 分别取值 1260.56 和 60.776

(3) 亮温与地面温度的精度拟合

研究中选取 2003 年夏季 8 月 28 日 14 点左右在成都市内 20 个观测点的实时气温与亮温进行比对。根据周红妹等人提出的亮温与气温相关模式^[19](表 2),以 20 个样点的亮温资料作为自变量 X ,计算出同一时相该测点的气温 Y ,并与在该测点监测到的实际气温进行比较,结果与实测的气温的最大误差为 $1.9^{\circ}C$,精度达到 95%。

3 研究结果

3.1 城市森林景观格局现状

在研究区范围内,景观多样性指数为 2.2217;均匀度指数为 0.8595。建筑物及硬质铺装和道路占的比例较大,达到 49.43%,是整个城市景观的本底。城市森林斑块和一般绿地斑块的总体比例较小,分别占整个景观的 7.24% 和 6.47%,即总体绿化面积达到 13.71%,(表 3,图 1,图 2 和图 3),缺少有内部生境的大面积城市森林。从分布情况和形式来看,城市森林在三环到绕城高速之间分布多为风景林地形式,在三环内多以公园形式出现,其余地方城市森林多呈点状分布。

表 2 不同地面介质气温与亮温回归方程

Table 2 The regression equation of different ground medium between luminance temperature and air temperature			
地面类型 Type of ground	下垫面特征 Features of the ground surface	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient
市区城镇建筑区 Urban building area	以公益和居住建筑为主 Public and residential building-based	$Y = 11.6 + 0.708X$	0.98
市区工业区 Urban Industrial area	以工厂为主 Factory-based	$Y = 10.716 + 0.75X$	0.87
市区城郊结合部 Peri-urban fringe	居住区和农田相结合 Residential areas and farmland combination	$Y = 35.69 + 0.042X$	0.99

表 3 成都市中心城区各景观要素面积比率

Table 3 The ratio of the area of the landscape element in Chengdu							
地类 Land class	城市森林 Urban Forest	一般绿地 General Greenfield	水体 Water	建筑物 Building	硬质铺装和道路 Hard Surface & Roads	农业用地 Farmland	总计 Total
面积 Area(km ²)	39.06	34.89	22.35	100.06	166.54	176.44	539.34
占总面积 Occupied(%)	7.24	6.47	4.14	18.55	30.88	32.72	100

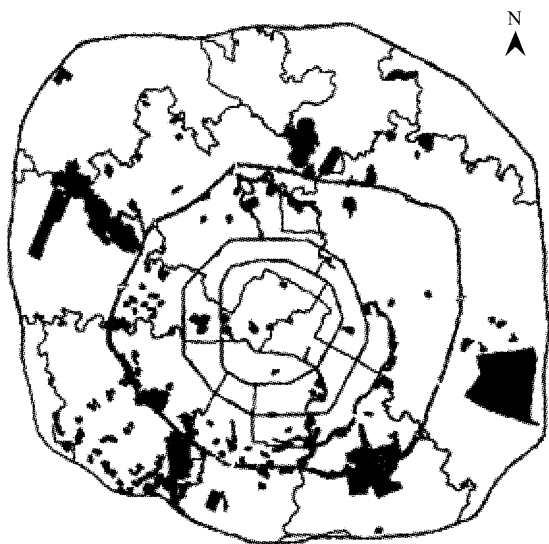


图 1 成都市城市森林斑块分布图
Fig. 1 The structure map of urban forest in Chengdu City

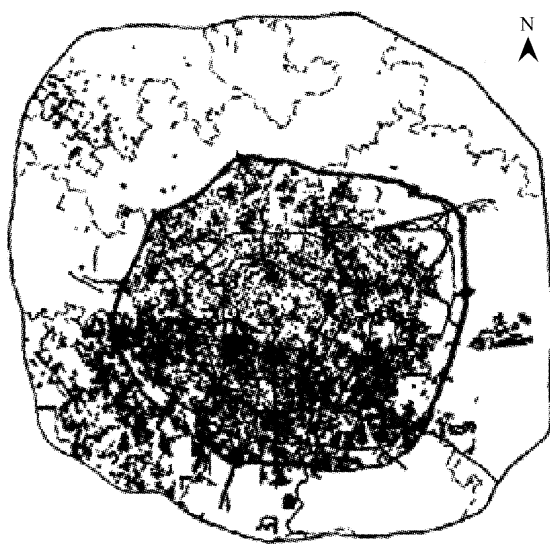


图 2 成都市一般绿地斑块分布图
Fig. 2 The structure map of general greenland in Chengdu City

3.2 成都市热力分布特征

成都市热岛分布方式主要以块、线为主,点、团较少(图 4)。以城市中心——天府广场东南为西界,向东向南至三环路,是热量块状分布的主要区域。线状分布依托于城市交通干线,主要分布线有北边的老川陕路、成彭公路;西边的老成灌公路和成温公路;西南成雅公路和东南老成渝公路。出现极端高温的区域,其分布方式多呈小团状分布。

以外环路之内为分析范围,60%左右的区域都处于均值分布区,极点分布数量少,范围小。全市范围内仅出现了攀钢集团成都无缝钢管厂、成都发动机公司、川棉一厂、成都卷烟厂和明达玻璃成都公司等 5 个极点,而且这 5 个极点都分布在东南面很小范围的一角,其面积也很小。

将分析范围内的绝对辐射亮度分成低、中、高 3 种级别进行总体、东南、西北 3 层定量分析可以得到(图 5),总体上,均值分布面积所占比例为 89.2%、低值为 1.9%、高值为 8.9%;对应东南片为 90.6%、2.1%和

7.3% ;西北片为 94.6%、0.4% 和 5.0%。因此,成都绝大多数区域都属均值分布区。

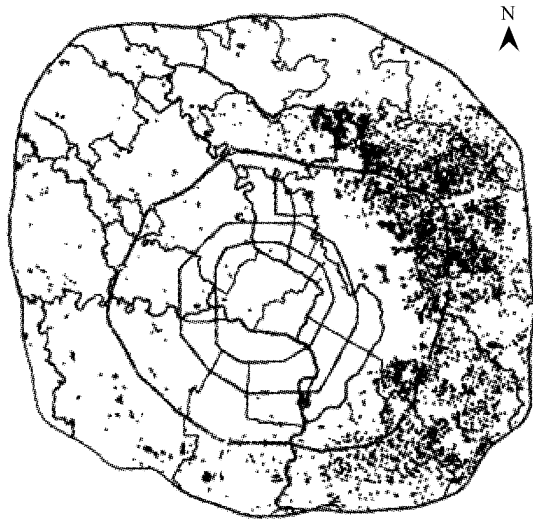


图3 成都市水体斑块分布图
Fig.3 The structure map of water body in Chengdu City

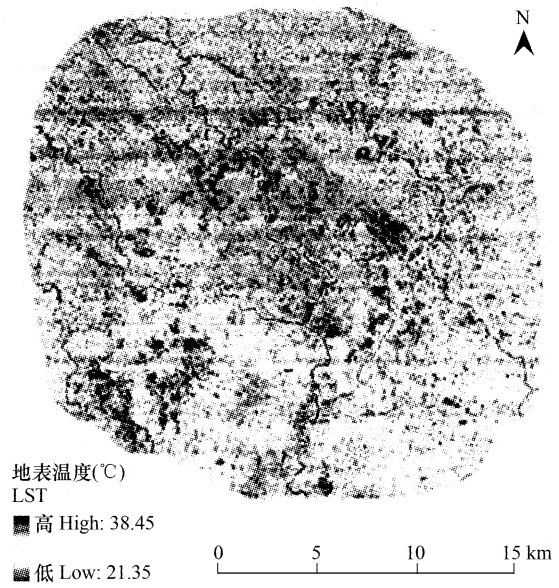


图4 成都市热岛分布特点图
Fig.4 The characteristic of the heat island distribution of Chengdu

3.3 城市森林分布格局与热岛分布的关系分析

3.3.1 城市森林的低温效应

从整体上看,城市绿地,尤其是森林和湖泊的低温效应是显著的。本次静态分析表明,动物园水禽区和成都军区两大低温区都是由大面积水体和成片森林绿地所致。同时,市区公园绿地虽不是城市最低温区,但较之边缘区域仍属低温区。

3.3.2 绿化覆盖率高对热岛效应影响分析

成都市热量总体分布格局为东、南多,西、北少。由北偏西方向向东偏南方向热量逐渐增多。从面积上看,东南片与西北片分别占外环内总面积的 47% 和 53% ;

从区域热值总量上看,东南与西北分别占外环路内总量的 49% 和 51%。从面积与热值总量可以看出,东南片较小区域内多分布了 2% 的热量值,体现在分布格局上就是东南片热量分布以块状为主,而西北则以条带或零星点状分布为主。成都市城市森林的分布在东南面和西北面也呈现不同格局(表 4)。

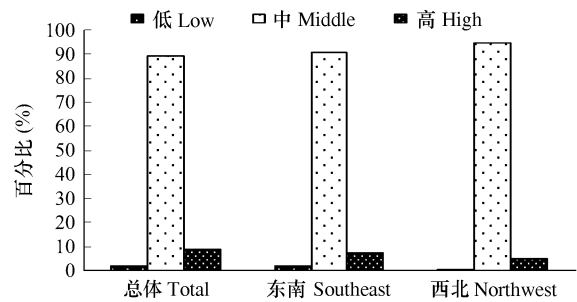


图5 成都市分级热量分布图
Fig.5 The distribution of the heat in different degree of Chengdu

表 4 成都市城市绿地面积分布情况

Table 4 The distribution of the green space of Chengdu

项目 Item	公园绿地 Public park	生产绿地 Productive green area	防护绿地 Green buffer	附属绿地 Attached green space	风景绿地 Scenic forest land	其它绿地 Other green space
东南片 Southeast(%)	42.2	70.7	73.5	40.8	99.2	43.4
西北片 Northwest(%)	57.8	29.3	26.5	59.2	0.8	56.6

研究表明,大块成片的公园绿地对热岛效应的缓解作用显著,而成都市西北片较东南片公园绿地面积比

例高 15.5%,这是形成城市西北片向东南片热量逐渐增多的分布格局的原因之一。

根据卫星图像和热力比例统计分析结果,得出绿地密集和较集中地带为低温和较低温区。气温和热力强度高的地区除无缝钢管厂、成都发电机公司等 5 个极点和汽车尾气排放密集等特有热源外,绝大多数为绿色植被稀少的地带。例如:成都市成华区、金牛区、青羊区 3 区的绿化覆盖率(表 5)居全市各区的前 3 位,而 2003 年夏季成华、金牛、青羊 3 区的二级(32.5~36.5℃)以上高温面积比分别只有 13%、11%、10%,其中成华区虽然绿化率居全市各区第一,但是绿地较为分散,加之成都发动机公司、川棉一厂和明达玻璃成都公司 3 处特殊热源极点位于该区,故其二级以上高温区面积比例较大;反之,锦江区、武侯区 2003 年夏季二级以上高温面积比分别为 86%、79%,为全市最高,该两区 2003 年的绿化率和人均公共绿地面积(表 6)均低于全市平均水平,为绿色植被覆盖稀少区。

表 5 成都市中心城区各区绿地面积及绿化率统计表
Table 5 the area of Greenfield and green area ratio of Chengdu

项目 Item	成都市 Chengdu	锦江区 Jinjiang district	青羊区 Qingyang district	金牛区 Jinniu district	武侯区 Wuhou district	成华区 Chenghua district	高新区 Gaoxin district
建成区面积 Area of the built-up district(hm ²)	28386.0	3546.0	3903.0	5982.0	6268.0	5288.0	3399.0
绿地面积 Area of green space(hm ²)	8424.5	832.9	980.4	1819.3	1338.5	2853.4	600.0
绿化覆盖率 Ratio of greenery coverage(%)	29.7	23.5	25.1	30.4	21.4	54.0	17.7

表 6 成都市人均公共绿地面积统计表
Table 6 Average area of public Greenfield of Chengdu

项目 Item	成都市 Chengdu	锦江区 Jinjiang district	青羊区 Qingyang district	金牛区 Jinniu district	武侯区 Wuhou district	成华区 Chenghua district	高新区 Gaoxin district
建成区面积 Area of the built-up district(hm ²)	28386.0	3546.0	3903.0	5982.0	6268.0	5288.0	3399.0
公共绿地面积 Area of public green space(hm ²)	1909.6	128.9	227.6	461.0	172.2	763.3	156.7
城区人口(万人) Population	305.21	46.32	55.73	71.93	54.37	63.29	13.57
人均公共绿地面积(m ² /人) Average area of green space	6.3	2.8	4.1	6.4	3.2	12.1	11.5

3.3.3 城市绿地面积大小对热岛效应的影响分析

成华区与金牛区绿地和热岛效应状况分析结果表明,该两区绿化覆盖率为全市最高的两个区域。尤其是成华区,绿化率和人均绿地率分别达到 54% 和 12.1%,均高于金牛区,但其热中心面积分布和整体温度均高于金牛区。分析其原因是成华区绿化面积最大,绿化率最高(表 5),但绿地斑块个数最多,整体破碎度较大,较分散;而金牛区绿地较为集中,该区西北部大部分地区绿地分布面积较大且集中,形成了相对低温中心区。青羊区和锦江区也是同样的情况,此二区同属人口密集及交通繁忙地区,且青羊区绿化率 25.1% 与锦江区的 23.5% 接近,但由于青羊区公园绿地面积较大而集中,如浣花溪公园(占地 32.32hm²),故其绿岛效应显著。而锦江区虽然有望江公园和塔子山公园,但面积都相对较小,其他绿地不仅规模很小而且分布凌乱,故其绿岛效应不明显,致使锦江区市区温度高于青羊区。

成都市浣花溪公园(2003 年春天建成)对热岛效应缓解作用的分析表明,利用 2000 年和 2003 年在该区域检测的气象资料,可客观地反映出绿地建设前后该地区热岛强度的变化,本研究利用市区各观测点的 7 月平均最高气温减去在浣花溪公园附近(以浣花溪公园为中心,半径 $r = 500\text{m}$ 的区域)测点检测到的 7 月平均

最高气温表示该观测点的热岛强度。根据检测和分析,浣花溪公园绿地夏季高温季节对周边地区热岛强度的缓解作用至少应为 0.8°C 以上。

为了进行浣花溪公园绿地降温效益的估算,设定一个理想化的圆柱模式^[17],把绿地合并成半径 $r_1 = 320$ 的圆形区,面积约为 323200m^2 。绿地内平均气温为 -0.8°C (绿地内和绿地外的相对温差),向外温度递增,到半径 $r_2 = 420\text{m}$ 的圆形处,气温升到 -0.4°C ,到半径 $r_3 = 720\text{m}$ 的圆形处,气温升到 0°C 。根据计算,城市热岛的垂直高度为 $70 \sim 100\text{m}$,即到达这一高度城市气温与郊区气温相等^[20]。因此在该估算模式中,可以认为绿地内气温与城市热岛上空 $70 \sim 100\text{m}$ 处的气温温差为零。鉴于浣花溪公园绿地面积较大,取垂直高度 $h = 100\text{m}$ 。温度从地面向上线性递减,到达 100m 高度处,又假定只有水平方向的热扩散,则气温差为零。维持这样同心圆柱体的温差所需热量为:

$$Q = C_p \cdot \rho \int_0^7 \int_0^3 2\pi r \nabla dr dh = C_p \cdot \rho \cdot \pi \cdot h/2 \cdot [0.4r_1^2 + 0.3(r_2^2 - r_1^2) + 0.1(r_3^2 - r_2^2)]$$

式中,空气定压比热 $C_p = 1004.68 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{T}^{-1}$,空气密度 $\rho = 1.2923 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, $C_p \cdot \rho = 1260.65 \text{ J} \cdot \text{T}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$, ΔT 为温度梯度, $\Delta T = \Delta T / \Delta r$,代入上式得: $Q = 192.70 \times 10^5 \text{ kJ}$ 。

根据空调机技术参数^[21],一台 2 匹机的制冷量为 5kW ,可见浣花溪公园绿地相当于 4281 台空调机的制冷功率。

4 结论与讨论

4.1 成都市热岛与城市森林格局现状

随着 3S 技术的广泛应用,为城市森林景观格局和热岛效应的研究提供了更多有效的途径。在森林格局研究方面,目前国内研究主要采用 spot、TM 等航卫片进行解译分析^[1-6]。在对其景观格局的进行定量分析过程中,都选取了斑块面积、斑块数量、多样性指数、均匀度指数等景观生态学的指标经行评定。本研究数据来源于成都市 2003 年 spot 卫星影像进行解译分析结果,并且根据相关文献资料^[22,23],针对成都市城市森林景观的特点和研究目的,考虑到本次数据的局限性,选择易于量化、便于获取又最能说明城市森林景观结构与布局情况的指标进行分析。如:斑块面积、斑块数量、景观

多样性指数、均匀度指数等。在热岛效应研究方面,目前国内研究主要采用来源于 Landsat TM^[24,25]、NOAA^[26,27]、MODIS^[28] 等卫星资料的数据,进行地面热量演算。本研究采用 Landsat-7 卫星资料,在进行热量反演算的过程中,根据本次研究目的——分析热岛强度分布和城市森林格局的关系,因此不需要反演出地面的真实温度,只需要和地面真实温度的强弱趋势一致的亮度温度就可以定量显示温度的强弱对比。研究中发现:成都市热岛效应的分布特点以块、线为主,点、团较少,全市范围内除了成都无缝钢管厂、川棉一厂等 5 个热源地区出现极值外,大部分区域的热量都呈现均值分布的状态。从整体上看,成都市热量分布呈现东南多西北少的格局,而成都市城市森林的分布格局也呈现出西北片区的大面积城市森林公园较多,东南片区的城市公园绿地则相对较小,且分散的特点。二者在此成负相关。成都市中心城区的 6 个行政区中,青羊区的热量分布最少,原因除了该区域没有典型的极值热源分布外,还在于该区的城市森林分布较为密集,而且集中了一些面积较大的城市森林公园,锦江区位于成都市东南面,由于有特殊极值热源的分布,加上该区域绿化总面积相对较少,且绿地破碎度较高,缺少大面积的城市公园绿地,故其热量的分布在六区之中最多。

4.2 城市绿化覆盖率越高,降温效应越明显

通过对成都市城市森林景观格局和热岛效应分布特点的分析可以看出,城市森林对成都市热岛效应的缓解作用明显,绿化覆盖率高的地区,气温明显低于绿化覆盖率低的地区。在“城市热岛效应研究国际研讨会”

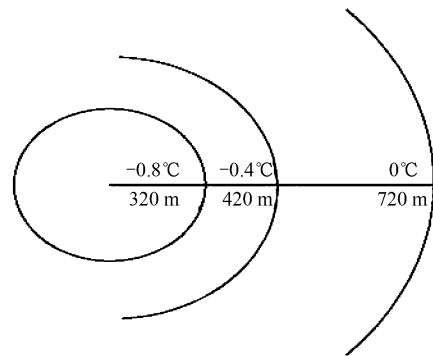


图6 估算浣花溪公园绿地降温效应的圆柱模式

Fig. 6 Calculating model of the heat island effect reduced by the Huanhuaxi green land

上提出的科学绿化指标:绿化覆盖率达到 30% 以上,绿地才有缓解城市热岛效应的作用;绿化覆盖率达到 40% 以上,热岛效应可减少 3/4;绿化覆盖率达到 60% 以上,热岛效应基本被控制^[22]。成都市的六个中心城区仅有成华区和金牛区的绿化覆盖率达到 30% 以上(分别为 54% 和 30.4%),其余 4 个区绿化覆盖率水平都相对较低。研究中还发现,在绿化覆盖率相当的情况下,大面积集中的绿地的降温效应明显高于面积小的绿地。如浣花溪公园,在进行的降温效应估算中,得出浣花溪公园绿地相当于 4281 台空调机的制冷功率。由此可见,公园绿地面积越大,所起到的降温效应越明显。因此,成都市在未来的城市规划建设中,应注重城市森林的合理规划布局,适当增加大面积的城市森林公园的建设将有助于缓解城市热岛效应,改善生态环境。

References:

- [1] Wu Z M, Wu W Y. Analysis of urban forest landscape pattern in Hefei. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003,14(12):2117—2122.
- [2] Zhao Q, Zhen G Q. Characteristics of Urban Forest Landscape Pattern and Optimization of Urban Forest Spatial Structure; A Case Study of Nanjing City. *Acta Geographica Sinica*, 2007,62(8):870—878.
- [3] Che S Q, Song Y C. Analysis of landscape pattern of park system in city of Shanghai. *Journal of Shanghai Jiao Tong University (Agriculture Science)*, 2002,20(4):322—327.
- [4] Xie J F, Li W M. Evaluation of Landscape Pattern Indices with Patch Analyst on Park Beijing. *Urban Environment&Urban Ecology*, 2007,20(6):14—19.
- [5] Wang T M, Wang X C. Continuity and Integrity of Urban Greenbelt Landscape Pattern and Progress. *Chinese Journal of Applied Environment Biology*, 2004,10(4):402—407.
- [6] Xiao R B, Zhou Z X. Landscape pattern analysis and comprehensive assessment of greenbelt in Wuhan steel & iron industrial district. *Acta Ecologica Sinica*, 2004,24(9):1924—1930.
- [7] He X Y, Chen W. Structure and heterogeneity of urban vegetation landscape in Shenyang. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003,14(12):2085—2089.
- [8] Xu H X, Dan S M. Remote Sensing Analysis of Urban Heat Island Effect in Chengdu Plain. *Environmental Science and Technology*, 2007,30(8):21—24.
- [9] Zhang W, Dan S M. Evolution Tendency Analysis of Urban Heat Island Effect on Chengdu Plain Based on AVHRR. *Sichuan Environment*, 2007,26(2):26—30.
- [10] Zhao L L, Zhao Y S. Study on Hot Land in Guangzhou Based on ETM+. *Environmental Monitoring in China*, 2006,22(3):59—62.
- [11] Liu Z N, Yin X J. Urban Heat Island Effect and Meteorologic Factors in Xi'an. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2008,22(2):87—90.
- [12] Jin S Y, Jiang H. Study on City Heat Island Effect Based on Remote Sensing. *Journal of Anhui Agriculture Science*, 2008,36(5):2141—2146.
- [13] Ma Y G. Effects of Landscape Pattern Change on Urban Heat-island Effect in Arid Areas — A Case Study in Urumqi. *Arid Zone Research*, 2006,3:172—176.
- [14] Tian P, Tian G M. Urban Heat Island Effect and Vegetation Cover Index Relation Using Landsat TM Image. *Bulletin of Science and Technology*, 2006,22(5):708—713.
- [15] Tang X, Shu J. Relationship between vegetation and urban heat — island effect in Shanghai. *Journal of East China Normal University (Natural Science)*, 2008,1:119—128.
- [16] Ge W Q, Zhou H M. The Study of City Green Reducing Thermal Island Effect Based on RS and GIS. *Remote Science Technology and Application*, 2006,21(5):432—435.
- [17] Zhou H M, Ding J C. The monitoring and evaluation of relation between heat island effect and greenbelt distribution in Shanghai urban area. *Journal of Shanghai Agricultural*, 2002,18(2):83—88.
- [18] He C Y, Shi P J, Chen J. A study on land use/cover change in Beijing area. *Geographical Research*, 2001,12(6):679—687.
- [19] Zhou H M, Zhou H C. The Surveying on Thermal Distribution in Urban Based on GIS and Remote Sensing. *Acta Geographica Sinica*, 2001,56(2):189—197.
- [20] Zhou S Z, Shu J. *Urban climatology*. Beijing: Weather Press, 1994. 295.
- [21] He X j. *The manual of the use of room air conditioner*. Beijing: China Light Industry Press, 1993. 10—12.
- [22] Fu B J. *The Theory and Application of landscape ecology*. Beijing: Science Press, 2001.
- [23] Xiao D N. *Landscape ecology*. Beijing: Science Press, 2003.

- [24] Wang Q, Zhang G L. Urban Heat Island Effect Analysis Based on RS and GIS-A Case Study in Shijiazhuang. *World Sci-Tech R & D*, 2008,30(3):320-323.
- [25] Xie X P, Zhou J. Study on City Heat Island in Xi'an Based on Landsat TM. *Journal of Hebei Normal University(Natural Science)*, 2007,31(3):397-417.
- [26] Fan H. The Robust Linear Regression Model between Satellite-Derived Urban Heat Island and Underlying Surface Parameters. *Remote Sensing for Land & Resources*, 2008,77(3):45-51.
- [27] Xia J, Dan S M. Analysis of relation between trend of heat island effect and urban development in Chengdu. *Journal of Chengdu University of Information Technology*, 2007,22(Suppl):6-11.
- [28] Wang G L, Jiang W M. An Assessment of Urban Heat Island Effect Using Remote Sensing Data. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology*, 2007,30(3):298-304.
- [29] Markham B L, Barker J K. Spectral Characteristics of the LAND-SAT Thematic Mapper Sensors. *International Journal of Remote Sensing*, 1985,6:697-716.
- [30] Chander G, Markham B L. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Post calibration Dynamic Ranges. *IEEE Transactions on Geo science and Remote Sensing*, 2003,41(11):2674-2677.

参考文献:

- [1] 吴泽民,吴文友.合肥市市区城市森林景观格局分析. *应用生态学报*,2003,14(12):2117-2122.
- [2] 赵清,郑国强.南京城市森林景观格局特征与空间结构优化. *地理学报*,2007,62(8):870-878.
- [3] 车生泉,宋永昌.上海城市公园绿地景观格局分析. *上海交通大学学报(农业科学版)*,2002,20(4):322-327.
- [4] 谢军飞,李伟民.基于 Patch Analyst 的北京城市公园景观格局指数评价. *城市环境与城市生态*,2007,20(6):14-19.
- [5] 王天明,王晓春.哈尔滨市绿地景观格局与过程的连通性和完整性. *应用与环境生物学报*,2004,10(4):402-407.
- [6] 肖荣波,周志翔.武钢工业区绿地景观格局分析及综合评价. *生态学报*,2004,24(9):1924-1930.
- [7] 何兴元,陈玮.沈阳城区绿地生态系统景观结构与异质性分析. *应用生态学报*,2003,14(12):2085-2089.
- [8] 许辉熙,但尚铭.成都平原城市热岛效应的遥感分析. *环境科学与技术*,2007,30(8):21-24.
- [9] 张伟,但尚铭.基于 AVHRR 的成都平原城市热岛效应演变趋势分析. *四川环境*,2007,26(2):26-30.
- [10] 赵丽丽,赵云升.基于 ETM+ 遥感影像的城市热岛效应监测技术研究. *中国环境监测*,2006,22(3):59-62.
- [11] 刘转年,阴秀菊.西安城市热岛效应及气象因素分析. *干旱区资源与环境*,2008,22(2):87-90.
- [12] 金苏毅,江洪.基于遥感手段的城市热岛效应研究. *安徽农业科学*,2008,36(5):2141-2146.
- [13] 马勇刚.城市景观格局变化对城市热岛效应的影响——以乌鲁木齐市为例. *干旱区研究*,2006(3):172-176.
- [14] 田平,田光明.基于 TM 影像的城市热岛效应和植被覆盖指数关系研究. *科技通报*,2006,22(5):708-713.
- [15] 唐曦,束炯.基于遥感的上海城市热岛效应与植被的关系研究. *华东师范大学学报(自然科学版)*,2008,1:119-128.
- [16] 葛伟强,周红妹.基于遥感和 GIS 的城市绿地缓解热岛效应作用研究. *遥感技术与应用*,2006,21(5):432-435.
- [17] 周红妹,丁金才等.城市热岛效应与绿地分布的关系监测和评估. *上海农业学报*,2002,18(2):83-88.
- [18] 何春阳,史培军,陈晋等.北京地区土地利用/覆盖变化研究. *地理研究*,2001,12(6):679-687.
- [19] 周红妹,周成虎.基于遥感和 GIS 的城市热场分布规律研究. *地理学报*,2001,56(2):189-197.
- [20] 周淑贞,束炯.城市气候学.北京:气象出版社,1994. 295.
- [21] 何享健.房间空调器使用手册.北京:中国轻工业出版社,1993. 10-12.
- [22] 傅伯杰.景观生态学原理及应用.北京:科学出版社,2001.
- [23] 肖笃宁.景观生态学.北京:科学出版社,2003.
- [24] 王情,张广录.基于 RS 和 GIS 的城市热岛效应分析——以石家庄市为例. *世界科技研究与发展*,2008,30(3):320-323.
- [25] 解修平,周杰.基于 Landsat TM 的西安市城市热岛效应研究. *河北师范大学学报(自然科学版)*,2007,31(3):397-417.
- [26] 樊辉.基于 Landsat TM 的城市热岛效应与地表特征参数稳健关系模型. *国土资源遥感*,2008,77(3):45-51.
- [27] 夏佳,但尚铭.成都市热岛效应演变趋势与城市变化关系研究. *成都信息工程学院学报*,2007,22(Suppl):6-11.
- [28] 王桂玲,蒋维楣.城市热岛效应的卫星遥感分析. *南京气象学院学报*,2007,30(3):298-304.