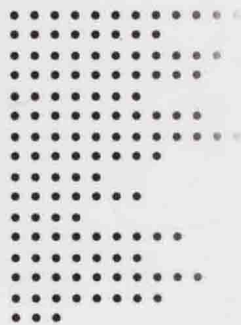
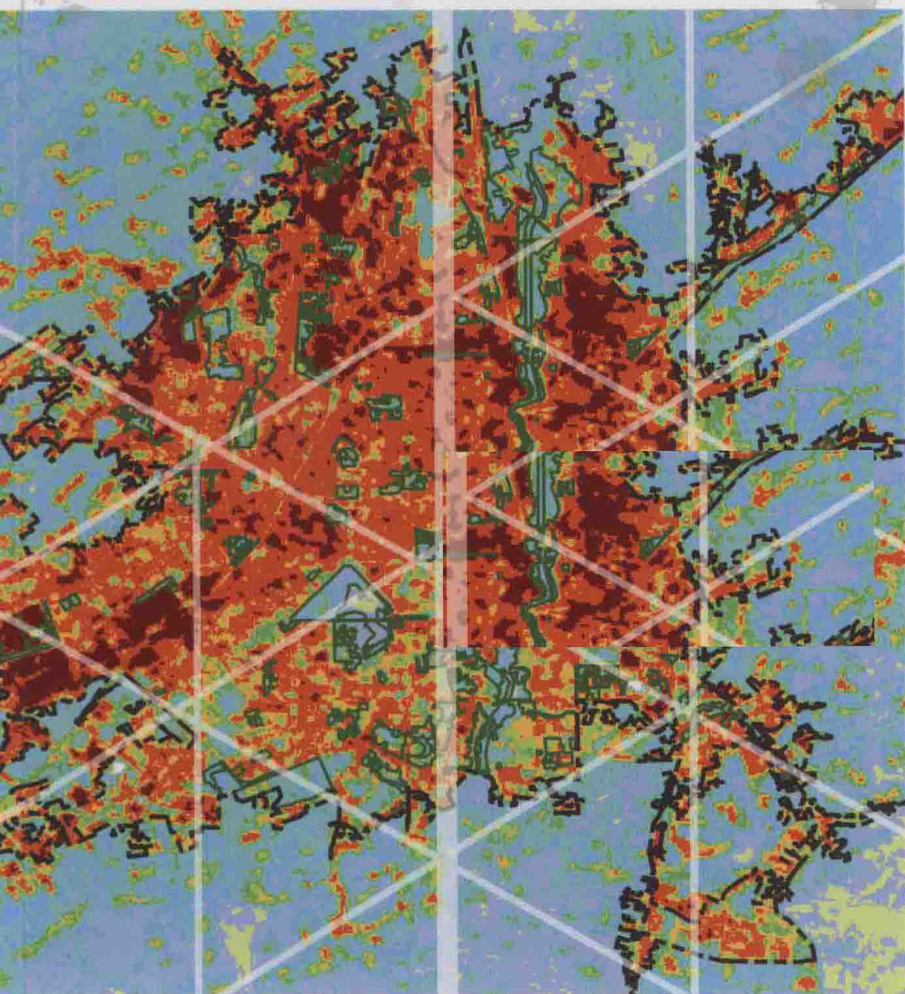


城市绿色空间格局 及热环境效应定量遥感

——以长春市为例

◎ 王 蕾 著



科学出版社

城市绿色空间格局 及热环境效应定量遥感

——以长春市为例

王 蕾 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以长春市为研究对象,着重论述开展城市化过程中的绿色空间及热环境遥感研究,主要包括以下内容:城市地表特征参量的遥感定量反演;城市热环境时空态势及影响因素分析;城市绿色空间概念框架及数据库构建;城市绿色空间格局特征分析;城市绿色空间与热环境的耦合关系,人地系统中绿色空间的最优发展模式构建。

本书有关内容对城市绿色空间形态、城市热环境及遥感应用有一定的参考价值。本书可供从事地理学、遥感科学、地理信息科学等学科的科研工作者参考,也可供高校遥感、GIS及城乡规划等专业的师生及研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市绿色空间格局及热环境效应定量遥感:以长春市为例/王蕾著. —北京:科学出版社,2014. 11

ISBN 978-7-03-042274-3

I. ①城… II. ①王… III. ①城市绿地-城市规划-绿化规划-研究-长春市 ②城市环境-热环境-环境遥感-研究-长春市 IV. ①TU985. 234. 1 ②X87

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 248221 号

责任编辑:朱海燕 苗李莉 / 责任校对:鲁 素

责任印制:徐晓晨 / 封面设计:陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京厚诚则铭印刷科技有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 11 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2014 年 11 月第一次印刷 印张:7 5/8 插页:2

字数:143 000

定价:89.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

城市热量过度积聚作为城市化产生的微观环境异常问题,严重阻碍着城市的发展和宜居。城市中唯一的生产者——绿色系统,具有热调节服务功能,开展城市绿色空间热环境遥感研究对城市生态系统服务功能评价、城市绿色空间规划与管理、城市的可持续发展具有重要的现实意义。

本书以城市内部人类活动为核心,引入景观生态学的研究范式来研究城市生态环境问题。核心思想是从城市建成区热环境空间格局分析入手,揭示这种格局下潜在的下垫面、人类活动强度和生态环境等因子驱动下的热环境过程,通过与格局之间的关系探讨,重点揭示具有潜在的缓解热环境效应的景观要素,以此为切入点,构建城市绿色空间概念框架,从城市绿色空间的景观水平、类型水平和斑块水平综合分析其缓解热环境的机理,最后模拟绿色空间的最优持续性发展模式。

在本书主要内容研究过程中,得到了我的博士生导师中国科学院东北地理与农业生态研究所张树文研究员的悉心指导,也得到了张养贞先生、李颖研究员、刘兆礼研究员等的帮助和鼓励,在此表示衷心的感谢。还要感谢作者的学长和同仁的帮助和支持。本书写作过程中参考了国内外大量优秀教材、专著、研究论文和相关网站资料,作者试图在参考文献中全部列出并在文中标明出处,但难免有疏漏之处,在此一并致谢。由于作者水平有限,虽几易其稿,书中的不足和疏漏在所难免,我诚挚地欢迎各位专家和读者不吝赐教。

本书的出版得到了国家自然科学基金青年科学基金(41101177)、黑龙江省高校战略后备人才出国研修资助项目、黑龙江省教育厅科学技术研究项目(12511494)、黑龙江省高校重点实验室开放基金(HT2012-03)和黑龙江科技学院优秀青年才俊项目(Q20110203)的资助和支持。

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 城市绿色空间热环境遥感概述	1
1.1.1 城市绿色空间热环境	1
1.1.2 城市绿色空间热环境效应的研究意义	2
1.2 城市绿色空间热环境遥感发展方向与历程	2
1.2.1 城市空间热环境遥感及其影响因素	2
1.2.2 城市绿色空间格局及异质性特征	9
1.2.3 城市空间热环境与绿色空间关系	11
1.3 研究思路与技术框架	13
1.3.1 研究思路	13
1.3.2 技术框架	14
1.4 小结	14
第 2 章 城市建成区范围界定及其环境特征	16
2.1 城市建成区范围的界定	16
2.1.1 研究区选择	16
2.1.2 城市建成区内涵及界定	16
2.1.3 城市建成区提取方法与结果	17
2.2 自然生态环境特征	18
2.2.1 地理位置	19
2.2.2 气候与水文特征	20
2.2.3 地形地貌特征	20
2.2.4 土壤与土地资源特征	21
2.2.5 城市绿化发展状况	23
2.3 社会经济环境特征	23
2.3.1 社会环境特征	23
2.3.2 经济发展水平	23
2.4 城市化过程特征	24
2.4.1 城市建设发展特征	24

2.4.2 城市人口变化特征	25
2.4.3 城市产业发展特征	26
2.5 小结	27
第3章 城市热环境时空态势及影响因素	28
3.1 地表温度估算算法与结果	28
3.1.1 基于 Landsat 5 TM 的地表温度估算算法	28
3.1.2 基于 Landsat 5 TM 的地表温度估算结果	30
3.2 长春市地表温度时空态势	31
3.2.1 不同土地利用类型的地表温度状况	32
3.2.2 不同行政区的地表温度状况	33
3.2.3 城市热岛的空间格局演变	35
3.3 城市热环境的影响因素	37
3.3.1 道路密度	38
3.3.2 归一化建筑指数	38
3.3.3 NDVI	39
3.3.4 不透水面及植被盖度	39
3.4 小结	47
第4章 城市绿色空间格局及植被覆盖特征	49
4.1 城市绿色空间概念框架	49
4.1.1 城市绿色空间的内涵	49
4.1.2 城市绿色空间的构成要素	50
4.1.3 城市绿色空间的框架体系	51
4.2 城市绿色空间数据库构建	52
4.2.1 数据源分析及数据处理	52
4.2.2 城市绿色空间数据库的构建	55
4.3 城市绿色空间格局分析	58
4.3.1 景观密度和多样性指数计算	58
4.3.2 长春市绿色空间格局特征分析	59
4.3.3 长春市绿色空间多样性分析	63
4.4 城市绿地的植被覆盖空间特征	64
4.4.1 长春市绿地总体分布特征	64
4.4.2 长春市绿地的 NDVI 分布特征	68
4.4.3 长春市绿地的植被盖度分布特征	70
4.5 小结	71

第 5 章 绿色空间对城市热岛效应的缓解	73
5.1 绿色空间斑块特征对热环境的影响	73
5.1.1 绿地斑块特征对地表温度的影响	73
5.1.2 水域斑块特征对地表温度的影响	78
5.2 城市绿地的植被覆盖对热环境的影响	82
5.2.1 城市绿地的 NDVI 与地表温度的关系	82
5.2.2 城市绿地的植被盖度与地表温度的关系	87
5.2.3 城市绿地的多样性与地表温度的关系	90
5.3 绿地缓解城市热环境效应的能力	91
5.3.1 绿地局地低温特征	91
5.3.2 绿地局地低温形成的内部斑块特征	93
5.3.3 绿地局地低温形成的植被覆盖特征	94
5.4 城市绿色空间优化模式建立的原则和对策	95
5.4.1 绿色空间优化模式建立的原则	95
5.4.2 绿色空间优化模式建立的对策	96
5.5 小结	98
参考文献	100
彩图	

第 1 章 绪 论

1.1 城市绿色空间热环境遥感概述

1.1.1 城市绿色空间热环境

(1) 快速城市化进程中的城市空间的热量累积,直接影响居民的生理和心理健康,兼顾城市的发展和宜居,亟待加强对城市热聚集问题的人工调控技术的研究。

城市面积不足地球表面积的 2%,却居住着全球 50%的人口,消耗着全球 75%的能源(Madlener and Sunak, 2011)。随着快速城市化进程,城市生态系统受到越来越大的压力,主要由水泥、沥青等不透水层组成的城市建成区不断扩大,相对高的导热率,加上大量的人为热量进入空气和城市空气污染物多等原因,造成城市空间的热量累积,直接带来城市微观环境的异常,影响居民的生理和心理健康,也造成了高额的能源消耗和排放。尤其在绿色空间缺乏的位置,由于温室气体排放,这种热聚集效应更加突出(Satterthwaite, 2008)。

(2) 在局地尺度,建筑物、不透水地表和绿色景观是影响城市温度的主要因素(Wong et al., 2011),其中绿色景观具有热调节服务功能(Gago et al., 2013; Bowler et al., 2010),合理设计城市绿色空间形态,营造城市“冷岛效应”,促进城市热扩散,是可行且没有负面作用的有效方法。

绝对控制人为释放热,会一定程度制约城市化发展进程,因而实施受限。城市绿色景观是城市自然生态系统的重要组成部分,为城市生态提供能量和物质基础,对于城市生态系统的自我平衡调节起着不可替代的作用。更重要的是具有高生态服务功能(岳文泽等, 2006; 张浩和马蔚纯, 2007)。绿色景观的传热系数明显大于城市中其他的景观,可以使热量集中地快速传递出去,从而加快城市中的热量排出。绿色景观能有效地调节和改善城市生态系统,能促进系统的“吐故纳新”,提高新陈代谢的能力。人们越来越意识到城市绿色空间生态服务是城市居民福祉的源泉。

(3) 绿色景观生态特征对城市热调节功能影响机理的探讨是合理规划设计城市“冷岛效应”,缓解城市热岛的重要途径。

众多的研究表明,公园和绿色区域是城市中的“冷岛区域”(Shashua-Bar and Hoffman, 2000),公园的平均温度可比市中心的温度低 4℃(Eliasson, 1996),而且

可以降低周边建筑物的温度,降温幅度达到了 10%(Yu and Hien, 2006; Cao et al., 2010)。绿色景观有助于缓解城市热岛效应和稳定城市内的温度波动,但对于绿色景观如何对热岛形成过程产生影响仍然不清楚。由于绿色系统固有的组成、配置结构和生态特征直接决定了其热调节服务功能的发挥程度,对绿色景观生态结构进行分析是确定其布局是否合理、最优化发挥其整体功能的切入点。最终从绿色景观的空间布局、斑块形状到其植被配置、景观设计等不同尺度为城市绿色空间的规划和建设提出若干对策。

1.1.2 城市绿色空间热环境效应的研究意义

本书从人地系统互动的角度出发,依据格局-过程-机理的研究范式,综合集成定量遥感方法和 GIS 空间分析技术,开展城市化过程中的热环境时空态势研究,在此基础上,探讨城市热环境的影响因素,以此为切入点,深入分析绿色空间格局变化的生态学过程,即城市绿色空间分布特征及其与城市热环境效应的互动关系,寻求绿色空间与城市热环境的关系。

从理论意义上,本书作为城市生态环境和城市气候学研究的前沿内容,广泛涉及城市环境学、热力学、气象气候学、景观生态学、遥感与空间信息科学等学科领域,可以有助于完善和充实我国对城市热环境与绿色系统研究的理论及方法体系,为寻求城市内部人地系统的协调与均衡发展,从而最大限度地减少人类活动对城市生态环境的各种影响与破坏提供基本思路,为城市热环境预测、模拟、制定缓解措施等实际工作提供理论指导,为多尺度、多学科的城市环境研究提供研究思路。

从实践意义上,对于深入挖掘新技术、新手段在解决传统问题方面的潜力具有重要的推动意义。此外,通过本书的研究可以对绿色空间布局和规划提出若干对策建议,有利于优化城市空间格局,规划城市的空间形态及发展方向,为有关部门进行决策时提供科学依据,为城市空间的全方位、持续稳定的发展打下基础,从而有效控制复杂的城市生态系统,使之得以持续地成为人们适宜的栖息地。同时,对于发现城市人类-环境耦合系统规律、合理进行城市规划、提高人们生活质量等都具有十分重要的实践意义。

1.2 城市绿色空间热环境遥感发展方向与历程

1.2.1 城市空间热环境遥感及其影响因素

城市热环境是自然环境和人工环境在城市中形成的一种特有环境,是城市生态环境的重要组成部分(延昊和邓莲堂,2004)。自 1833 年, Lake Howard 就伦敦市中心的气温比郊区高的现象提出“城市热岛”概念以来,城市热环境问题一直备

受关注。随着城市化进程不断加速,对由农村土地利用方式转变为城市土地利用方式所形成的生态环境效应的研究显得愈加重要(Owen et al., 1998; Vitousek et al., 1997)。在所有城市化的环境效应中,热环境效应得到了较为广泛的关注(Wilson et al., 2003; Lo et al., 1997; Carlson et al., 1994)。城市热环境是城市环境中重要的代表指标之一,它受到地表的物理性质和人类社会经济活动的共同影响,是城市生态环境状况的综合概括与体现(岳文泽等, 2006; Nichol, 1996)。

1. 城市热岛效应与热环境的内涵

城市热岛效应(urban heat island effect, UHI)是一种由于城市建筑及人类活动导致热量在城区空间范围内聚集的现象(肖荣波等, 2005),在温度空间分布上,城市犹如一个温暖的岛屿(陈云浩等, 2004),是城市气候最显著的特征之一。早在19世纪初, Lake Howard 在研究伦敦城市气候时,首次发现并论述了城市中心的温度比郊区高的现象(Howard, 1833),并在《伦敦的气候》一书中把这种气候特征称为“热岛效应”。此后,越来越多的学者相继开展了这方面的研究(Buechley et al., 1972; Manley, 1958)。

城市热环境问题是一个较为复杂的问题,它包括城市气候问题、生态资源问题、下垫面分布问题等多个要素。这些要素相互之间存在着互相影响、互相支撑的关系。因此,城市热环境是指与热有关的,影响人类生存和发展的各种外部因素组成的一个物理条件的总体。借鉴气候系统的概念,城市热环境应该是以空气温度和下垫面表面温度为核心表征,包括太阳辐射、人为产热、大气状况和下垫面状况等共同作用下的一个影响人及人类活动的物理系统。

城市热环境与城市热岛效应既有区别,又有联系。其共同点都是以空气温度和下垫面表面温度为表征,区别在于热环境直接以温度高低为衡量指标,而城市热岛效应更强调城区与郊区之间的温度差(孟丹, 2009)。正是因为城市热环境较差,城市热场的运行情况不理想,城市通风排热的调节功能差,才出现热量积聚而产生热岛效应现象。目前,由城市热岛效应导致的城市热环境问题已成为城市环境研究中具有理论和实践双重意义的课题之一。

2. 城市热环境遥感监测

20世纪60年代,遥感技术的出现及不断成熟,给城市热环境的大面积、实时、动态监测提供了新的思路,在一定程度上弥补了传统测量方法的不足。随着遥感技术的不断发展,多种航空和卫星手段都能获得动态的城市遥感图像,利用这些遥感图像,在GIS软件和遥感图像处理软件的帮助下,能够很好地分析出城市的热力环境状况信息,进而调查一个城市的热岛效应程度(Lagouarde et al., 1995)。Rao(1972)首先证实了城市区域可以通过分析卫星热红外数据而区分出来,并使

用 ITOS-1 卫星数据制作了美国大西洋中部沿海城市的地面热场分布图。此后,国内外许多学者利用热红外遥感数据进行城市热岛的研究,取得了一系列成果。地表温度作为研究城市热环境的有效手段之一,其定量反演的成果将对城市生态环境过程、城市生态环境评价和城市规划等方面的研究具有重要意义(陈云浩等,2004)。

地表温度是地球资源环境动态分析的重要指标。早在 20 世纪 60 年代发射 TIROS-II 以来,学者们就利用卫星遥感数据反演地表温度。从那以后,很多学者广泛使用各种平台的热红外传感器数据,包括航天、航空和地面的数据,开展有关城市热环境的研究工作(Gallo et al.,1993b;Balling and Brazel,1988;陈云浩等,2004;Streutker,2002)。目前,常用的卫星热红外遥感信息源如表 1.1 所示。如 NOAA/AVHRR、AATSR、TERRA/AQUA MODIS、TERRA/ASTER 和 CBERS-02 IRMSS 热红外通道数据,Landsat 5 TM/ETM+的第 6 波段热红外波段,也常用作地面温度的反演(Weng,2001;Sobrino et al.,2004;Lu and Weng,2006)。然而,尽管 Landsat 数据相对于其他遥感数据而言具有空间分辨率较高(相对于 NOAA、MODIS 而言)、连续记录存档时间长(相对于 ASTER 而言)的综合优势,但在较长一段时间以来,由于 Landsat 5 TM 数据只拥有一个热红外波段,使得人们无法使用劈窗算法(Sobrino et al.,1996)、温度/比辐射率分离法(Gillespie et al.,1998)等发展相对成熟的算法来反演地表温度,从而也使得在应用 Landsat 数据获取地表温度上受到了较大的限制。

表 1.1 城市热环境研究的主要遥感数据源及其特征

平台/传感器	通道	光谱范围/ μm	时相分辨率/天	空间分辨率/m	地温反演常用算法	优点	缺点
NOAA/AVHRR	4	10.5~11.3	0.5	1100	劈窗算法	观测时相多,范围广,观测周期及观测时间短,能长期观测,资料同步性好,价格低廉	分辨率低
	5	11.5~12.5					
TERRA/MODIS	31	10.78~11.28	1	1000	改进的劈窗算法	相当于 NOAA 的后继传感器,但其空间分辨率等有了进一步提高	分辨率较低
	32	11.77~12.17					
TERRA/ASTER	10	8.125~8.475	16	90	温度比辐射率分离算法	可见光及热红外通道同源,数据分辨率高,有多个热红外通道	发射时间较晚,没有存档数据,数据昂贵,获取不易,周期较长
	11	8.475~8.825					
	12	8.935~9.275					
	13	10.25~10.95					
	14	10.95~11.65					

续表

平台/传感器	通道	光谱范围/ μm	时相分辨率/天	空间分辨率/m	地温反演常用算法	优点	缺点
CBERS-02 IRMSS	9	10.4~12.5	26	156	改进的普适性单通道	分辨率较 NOAA 等高,且该传感器正常运行积累大量数据	应用技术不太成熟
Landsat/TM ETM+	6	10.4~12.5	16	120/60	单窗算法	可见光及热红外通道数据同源,数据分辨率高,存档数据多	单通道难于消除大气影响,周期较长

目前国内外学者利用 Landsat 5 TM 热波段数据反演地表温度有四种算法:辐射传导方程法、基于影像的反演算法(image-based method, IB 算法)、单窗算法(mono-window algorithm, MW 算法)和单通道算法(single-channel method, SC 算法)(Sobrino et al., 2004; Jiménez-Munoz and Sobrino, 2003; Qin et al., 2001; Artis and Carnahan, 1982)。辐射传导方程法由于计算过程复杂且需要实时大气剖面数据进行大气模拟,因而实际应用较为困难。在缺乏实时大气剖面数据的条件下,可以考虑使用另外三种算法。IB 算法是直接使用其影像灰度值(DN 值)或者是仅转化为像元亮度温度(陈云浩等, 2002; 李加洪, 1998),或者是仅做了部分校正,即只考虑地表辐射率的影响,而未考虑大气的影响(Weng et al., 2004),并没有计算真正的地表温度,从而使直接使用 TM6 的 DN 值或亮度温度来进行分析所得到的结论有可能存在比较大的偏差(覃志豪等, 2001; 张仁华, 1999)。但也存在一些优点,如反演过程较为简便,易操作,对影像数据之外的外来参数依赖性较小。MW 算法和 SC 算法对 Landsat 热波段反演地表温度能获得较高精度,它们既考虑了地表比辐射率的影响,也考虑了大气辐射的影响, MW 算法所需的大气参数包括近地表气温和大气水分含量, SC 算法所需的大气参数仅为大气水分含量。地表辐射率为这两种算法共有的关键参数。虽然这两种算法具有以上优点,但反演过程较复杂,当使用的遥感影像属于历史存档数据时,由于影像成像时的大气参数无法实测获得,因此需要采用大气标准剖面数据进行替代,从而会对反演结果精度造成一定的影响。

此外,由于 ASTER 是一个拥有 14 个波段的星载传感器,具有较高的空间分辨率和较多的热红外波段(Abrams et al., 2004),非常适合于城市热环境遥感分析,近年来国内外的应用也较多。Kato 和 Yamaguchi(2005)运用 ASTER 数据对日本名古屋市进行城市热岛效应的分析, Rajasekar 和 Weng(2009)运用 ASTER 数据对印第安纳中部城市热岛进行监测和分析, Sabol 等基于 ASTER 数据采用地表反射率分离算法进行地面温度验证(Sabol et al., 2009), 卢远等(2008)基于

ASTER数据进行城市热环境效应定量分析,取得了较为理想的结果。

综上所述,遥感监测城市热环境时相多、范围广、能长期连续观测,不受气候影响,可以进行大面积地表温度测定,且通过遥感手段获取的观测资料时间同步性好,基本弥补了传统方法的缺陷。高分辨率卫星遥感影像的出现使得在较小的空间尺度上观察地表的细节特征、进行大比例尺制图以及监测人为活动对环境的影响成为可能,具有广阔的应用前景。但对于空间分辨率较高的 IKONOS、QuickBird、SPOT 等遥感影像,光谱分辨率低,没有热红外波段;而对于高光谱的遥感数据,如 MODIS,其空间分辨率低,无法详细获得城市地物的热特征。新一代卫星 ASTER 空间分辨率较高,有多个热红外波段且能从多个角度观测,可以反映城市下垫面的温度分布细节特征,将在城市热岛效应监测中得到广泛应用。此外,由于卫星过境时间的限制,卫星遥感观测到的往往处于城市热岛效应较弱的时候,同时,研究者常直接使用亮温或经过简单处理的温度数据等非真实地表温度,卫星遥感所获取的城市地表热岛强度变化则往往有所不同。所以,在研究年际变化或季节变化时,如单纯利用遥感数据,应尽可能多选取几幅影像来代表同一年份或季节,以防止由于所选遥感数据本身的差异而导致迥异的结论,增加研究结果的说服力。另外,由于城市地物复杂的几何特征以及热特征各向异性的存在,要得到地物真实的温度,还需要多角度的遥感,以了解城市地物真实的三维温度。因此要结合多尺度、多平台遥感综合研究城市热岛效应。此外,在热红外对地遥感中,像元的分辨率通常为几十米到几千米,除了大面积的水体、冰雪、沙漠和草原外,混合像元是难以回避的问题。因此,基于不同的地表混合像元热辐射方向性模型,有不同的地表组分温度反演方法(宋小宁和赵英时,2004;李召良等,2000)。

3. 城市热环境空间结构及其影响因素

1) 城市热环境空间结构研究

城市热环境是城市空间环境在热力场中的综合表现,通过对城市热环境的研究可以积极应对城市空间结构及城市规模的发展变化。应用数学语言描述热环境结构信息和变化过程是定量热环境遥感研究的核心问题,对城市热环境结构及其影响因素的研究是热环境遥感研究的重要内容之一。

国内外学者关于城市热岛的形态和结构已有一些研究。城市热岛研究起初只是比较城郊气温的差异,后来发展为利用移动样带的方法测定热岛水平空间分布,垂直布点测定热岛立体空间分布。Balling 和 Brazel(1988)研究了凤凰城地区的辐射温度场,Roth 等(1989)研究了美国西海岸地区的城市热岛强度及结构。国内也有不少学者利用 NOAA/AVHRR 数据研究了北京、上海、苏州(李旭文,1993)、沈阳(纪瑞鹏等,2000)等多个城市的热岛现象。然而,NOAA/AVHRR 气象卫星

数据 1.1km 的地面分辨率只能用于宏观分析城市热岛的形态和结构。为了能详细地分析城市内部热场结构,国内外学者纷纷将目光投向使用更高分辨率的 Landsat 5 TM(陈云浩等,2004;Weng,2001;周红妹等,2001;Spronken-Smith and Oke,1998)、ASTER 等热红外图像。研究结果表明,分辨率的提高对于研究热场的内部结构特征更为有效,也进一步验证了城市热场的分布存在共同特征。总的来说,卫星遥感在监测城市热岛的平面结构,解释城市下垫面热场的分布和结构特征还是十分有效的。但是目前的卫星遥感对于城市热岛的垂直结构研究则显得十分薄弱。

国内外对城市热岛的过程与变化方面的研究主要集中在对城市热岛强度的变化规律和过程的研究(Xu and Chen,2004),包括对年际间城市热岛的变化格局特征(陈云浩等,2004;Streutker,2003;Gallo and Owen,1999)和城市热岛季节与昼夜变化规律的研究(范心圻,1991;范天锡和潘钟跃,1987)。Streutker(2002,2003)根据休斯敦地区 1985~1987 年和 1999~2001 年获取的数百景夜间 NOAA 影像地表温度图,系统地分析了这两个时期的城市热岛特征。陈云浩等(2004)对比了上海市 1990 年、1995 年和 1998 年的夏季城市地表温度热岛。杨英宝等(2007)利用遥感数据和气象统计数据分析了自 1985 年以来南京市热岛效应变化的时空特征。许军强等(2007)以长春市为例,借助 1988 年 9 月 25 日、1995 年 9 月 29 日和 2000 年 9 月 18 日三个时相的 TM/ETM+ 遥感影像,研究了长春市近 12 年热岛效应的时空演化规律。同时,在研究城市空间热环境结构及过程变化时也引入了基于“热力景观”的监测方法,系陈云浩等(2004,2014)借鉴景观生态学的研究方法,引入的“热力景观”概念。在 GIS 和遥感技术的支持下,用景观的观点来研究城市热环境,建立了一套热环境空间格局与过程研究方法和评价指标体系。该方法的评价指标由分维数、形状指数、优势度、破碎度、分离度及多样性等组成,使用该方法对热环境的空间格局和动态演变特征进行分析,找出热力景观随城市发展的变化和人类活动对热力缀块的影响。

2) 城市热环境影响因素

国内外诸多学者先后用热红外遥感数据对城市热环境问题展开了一系列城市热聚集的形态和结果、过程与变化机制的研究(历华等,2008;张路等,2010;唐曦等,2008;Weng,2009;Zhan et al.,2013)。研究结果发现一些共同的特征:在气象条件一定的情况下,从可控因子出发,城市热岛的形成、发展及空间分布主要取决于城市土地利用类型和城市格局变化。绿地和水域是缓解城市热聚集因素中的重要组成部分。国内外学者在利用热红外遥感资料建立城市热环境与相关影响因子关系模型方面,也取得了一定进展。最初是利用以 NOAA, Landsat 5 TM 卫星资料结合社会统计信息,定性分析城市热环境与大气污染、建筑分布、工矿分布、人口

密度等的关系(江樟焰等,2006;孙奕敏和边海,1988;张景哲和刘启明,1988)。另外,关于土地利用类型与温度的关系,城市景观对热场的影响及城、乡大气性状的水平差异的热环境影响等方面也有一定的研究(Carlson,1986;Goward,1981)。近年来,已发展到建立城市热环境与相关因子的定量模型阶段。周淑贞和郑景春(1991)应用气象卫星研究了热场与下垫面结构的关系,并建立了相应的回归方程。Tran等(2006)对2001~2003年亚洲18个大城市的热岛效应的时空变化模式及其与城市地表覆盖特征之间的关系进行了定量评价和对比分析;Xiao等(2007)通过邻域统计分析揭示60~960m像元尺度上北京市在南北、东西、西北-东南和西南-东北不同方向上不渗透面盖度与地表温度间的定量关系。Yuan和Bauer(2007)则定量分析了城市热岛温度与不透水表面的关系。张小飞等(2006)、武佳卫等(2007)分别采用线性回归方法,分析了城市热岛温度与植被覆盖的定量关系。季崇萍等(2006)则通过定量分析人口密度、城市建成区范围与地表温度的关系,揭示了北京城市化进程对城市热岛的影响。戴晓燕等(2009)应用地统计学方法揭示了不同尺度下上海城市地表温度场空间变异特征及其不同的驱动因子,进而,采用决策树方法构造城市热环境系统的分类和预测模型,建立中心城区地表温度场空间分布及其驱动因素之间的定量关系,挖掘上海城市热岛效应的形成机制。在物理和气象因素上,如城市建设用地面积、建筑高度(Yang and Lo,2000)、风和云量、城市和街道几何形状(Seto et al.,2002)、土地利用/覆盖(Unger et al.,2001)、植被等对热环境的影响也有一定研究。

通过总结国内外的研究可以看出,影响城市热岛的原因可简单地归结为内部因素和外部因素。伴随城市化的人为作用是影响城市热岛的内部因素,局地天气形势和气象条件是其外部因素。具体是天气条件、地理位置、城市下垫面性质、城市规模与空间布局、人为热源释放等因素相互交织作用的结果。Sundborg对瑞典乌普萨拉的研究表明,云层厚度、风速与热岛强度成反比(孟丹,2009)。我国大部分地区夏季受副热带高压控制,以下沉气流为主,多为静风天气,近地面热量不易散发,进一步加剧了城市热岛效应。不同地区、不同性质的城市或同一城市不同时间,热岛的影响因素都在发生变化。城市下垫面性质改变导致下垫面物理和生物学特性改变,对城市、区域甚至是全球范围内的气候有十分显著的影响(徐祥德和汤绪,2002)。城市建筑物的屏蔽阻挡作用对温度空间变化和城郊温度差异都产生了较大影响,随着建筑物阻挡增多,温度愈高,热岛效应强度愈大(徐兆生等,1987)。城市人为热也就是人类活动产生的废热,主要来自机动车辆、工厂车间、空调运转、居民烹饪及建筑物向外散发的热量等(田喆等,2005),对城市热岛的形成起着十分重要的作用。目前,国内外对城市热环境的影响机理已进行了许多具有重要意义的研究和探索,如决策树、蒙特卡罗模型、灰色系统、人工神经网络等研究方法、研究模型均用于城市热环境系统的分类和预测中。

1.2.2 城市绿色空间格局及异质性特征

陆大道(2002)认为,空间结构是社会经济客体在空间相互作用中所形成的空间集聚程度和集聚形态。城市空间结构是城市社会、经济、自然条件在空间上的投影,是城市经济、社会存在和发展的空间形式,表现了城市各种要素在空间范围内的分布特征和组合关系(刘盛和,2002)。但传统的城市空间研究是以工业化社会为背景,研究主要集中在经济方面,只注重城市经济效益的获得,却忽视了环境效益的保证。在今天经济快速发展和大规模城市化的推动下,环境与发展已经成为当今社会发展的主题,急需从环境保护的角度来引导城市空间持续发展,其中城市绿色空间研究是城市空间持续发展战略的理论组成之一。

1. 城市绿色空间的概念

具有现代意义的“城市绿色空间”(urban green space)概念源于西方国家的城市开敞空间(urban open space)(余琪,1998;Turner,1992)。城市开敞空间概念最早于1877年提出,并在1906年英国修编的《开敞空间法》中被正式定义为“任何围合或是不围合的用地,其中没有建筑物,或者少于1/20的用地有建筑物,其余用地用作公园或娱乐、或是堆放废弃物、或是不被利用”(Turner,1992)。随后,美国、日本和波兰等学者也提出了不同的城市开敞空间概念(Bengston et al.,2004;唐勇,2002;余琪,1998),但都强调其开放性和自然性,特别是后者在城市化中往往最易受到损害。国外学者也有提及绿色空间,是指具有大量植被的户外空间,它在城市中的存在主要以半自然生态系统存在(Jim and Chen,2003),或者被认为是城市剩下的最后一块自然空间(Beatley,2000)。

在我国,“城市绿色空间”(urban green space)多被译为“城市绿地”(车生泉和宋永昌,2001),实际上是狭义的绿色空间。根据2002年建设部的《城市绿地分类标准》,城市绿地被划分为公园绿地、生产绿地、防护绿地、附属绿地与其他绿地五大类。李锋和王如松(2004)认为,城市绿色空间是由园林绿地、城市森林、立体空间绿化、都市农田和水域湿地等构成的绿色网络系统,孟伟庆等(2005)认为,城市绿色空间是城市地区覆盖着生活植物的空间,是城市地区森林、灌丛、绿篱、花坛、草地等植物的总和,其范围包括中心城区及其周围区域。其他有关城市绿色空间的概念还有绿地系统、大环境绿地以及宽适空间等(王保忠等,2004;Wang,2001;车生泉和宋永昌,2001),与建设部的城市绿地概念均有交叉,但分别强调了城市绿色空间的不同侧面。不同领域的学者虽然在城市绿色空间概念理解上存在差异,但是其基本内涵及功能已得到肯定(常青等,2007)。

综上所述,本书认为城市绿色空间是城市中最能体现生态性的生态空间,是城市中保持着自然景观,或自然景观得到恢复的地域,是城市自然景观和人文景观的

综合体现。它在结构上为人工设计的植物景观、自然景观或半自然景观;包括城市区域内的各类公园、居住区绿地、单位绿地、道路绿化、草地、农地、生产防护绿地、植物覆盖较好的城市待用地和城市水域。它在功能上具有改善城市生态环境、维持城市生态平衡或提供游憩活动的场所、营造城市景观风貌和城市景观文化的作用。

2. 城市绿色空间格局及异质性特征

城市绿色空间格局直接反映城市形态,能有效组织城市空间,创建城市特色。这项功能主要通过城市中的绿色廊道和绿色斑块的空间布局来实现。Walmsley (1995)认为,绿色廊道(行道树、绿带)的整体结构对塑造城市整体形态至关重要;宗跃光(1999)认为,自然廊道(河流、植被带、农田等)可限制城市无节制的摊大饼发展。

国外对城市绿色空间的研究侧重于自然景观、绿色廊道、景观结构与功能的关系。例如,Apan 等(2002)运用了遥感和 GIS 技术分析了澳大利亚昆士兰州 Lockyer 流域的河边景观结构的变化;Asakawa 等(2004)通过问卷调查的方法研究了日本札幌市内的河流廊道,认为河流廊道为城市绿色廊道的一部分,并论述了其内涵和功能;Lucy 研究了城市绿地树种分布与城市绿地斑块结构及性质的相关性(Bastin and Thomas,1999);Forman(1990)、Forman 和 Godron(1986)按景观要素的构型和结构特征划分了四种基本景观类型,并同时研究了决定这些空间结构特征的因素与参数,以及不同结构对其生态过程的影响。Miller(1988)和 Abdollahi 等(2000)分别提出的 City Trees 模型和 City Green 模型,是城市绿地数学模型研究的代表性成果。最近,Van Herzele 和 Wiedemann(2003)利用 GIS 技术建立模型,对通达型和景观欣赏型城市绿地进行了监测和对比研究。国外还有人探讨利用 TM 和 SPOT 数据进行城市绿地景观分类,这项技术将日益成熟,并将会成为未来城市绿地定量分析中的主要数据源(何兴元等,2002)。

对城市绿色空间格局及异质性的研究,国内学术界主要集中于经济发达的城市及城市群,包括珠江三角洲城市群(许学强等,1997)、京—津—唐(何书金等,2002)、辽中南城市群(李飞,2004)等,有关长春城市系统的研究较少。徐新良等(2001)以长春市绿地评价模型为例对城市 GIS 中空间信息模型进行应用研究。城市水域作为城市生态系统的重要组成部分,是影响城市形态形成和演变的主要地理环境要素之一(邹卓君和杨建军,2003)。此外,目前国内外也将遥感和 GIS 技术应用到水域的研究(姚允龙等,2009;陈华等,2005;Xu et al.,2001;Jain et al.,2000;Sui and Maggio,1999;魏文秋和于建营,1997)。

景观生态学方法与遥感、GIS 技术应用于城市绿色空间研究。20 世纪 80 年代末,景观生态学开始在全世界蓬勃发展(Forman and Godron,1986),它的发展