

■ 四川省环保科技计划项目 (2008HBY002、2010HBY003)

联合资助

■ 四川省环境保护重大科技专项 (2013HBZX01)

兼容多分辨率 遥感影像的

城市热环境特征研究

李海峰 / 编著

郭 科 但尚铭 / 审定



西南交通大学出版社

■ 四川省环保科技计划项目 (2008HBY002、2010HBY003)

■ 四川省环境保护重大科技专项 (2013HBZX01)

联合资助

兼容多分辨率 遥感影像的 城市热环境特征研究



李海峰 / 编著

郭 科 但尚铭 / 审定

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

兼容多分辨率遥感影像的城市热环境特征研究 / 李海峰编著. —成都: 西南交通大学出版社, 2015.6
ISBN 978-7-5643-3930-2

I. ①兼… II. ①李… III. ①城市环境—热环境—环境遥感—研究 IV. ①X21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 111517 号

兼容多分辨率遥感影像的城市热环境特征研究

李海峰 编著

责任编辑 曾荣兵

封面设计 墨创文化

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市金牛区交大路 146 号)

发行部电话 028-87600564 028-87600533

邮政编码 610031

网 址 <http://www.xnjdcbs.com>

印 刷 四川煤田地质制图印刷厂

成 品 尺 寸 170 mm × 230 mm

印 张 9.25

插 页 8

字 数 202 千

版 次 2015 年 6 月第 1 版

印 次 2015 年 6 月第 1 次

书 号 ISBN 978-7-5643-3930-2

定 价 42.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

城市是现代社会政治、经济和文化的核心，也是人类社会迈向成熟和文明的重要标志。随着社会经济的发展，城市化已成为世界各国必经之路。城市化导致了城市覆被发生显著改变，河流、植被等自然地物迅速减少，取而代之的是高楼大厦和柏油马路等人工建筑。城市化已成为区域气候和生态环境发生改变的根源和背景，它导致了诸如大气污染、生态失衡、城市热环境异常等一系列环境与生态问题。其中以城市热环境问题尤为突出，它已成为城市可持续发展和人居环境质量改善的严重阻碍。

针对上述问题，本书以四川省绵阳市为典型案例，在 GIS 技术的支持下，以多种分辨率遥感影像为主要数据源，从宏观到微观揭示绵阳年际、季节和昼夜不同时间尺度上城市热环境的时空演变规律，定量分析不同城市景观的热环境效应。研究借助多源遥感数据，克服以往单一遥感数据源存在的不足，使得研究成果更加全面、客观、真实，以期为同类研究提供比对案例。

本书由四川建筑职业技术学院李海峰博士拟订提纲、撰写和定稿。参与相关研究工作的人员还有许辉熙博士（后）、刘雪婷硕士、仇文侠博士、蒲仁虎博士、郭豫宾硕士、龙文星硕士，在此，一并表示感谢。

本书得到四川省环境保护重大科技专项：川西平原城市群大气污染（灰霾）特征和成因研究（2013HBZX01）；四川省环保科技计划项目：基于定量遥感技术的四川省城市热岛效应动态特征与评价研究（2008HBY002）；四川省环保科技计划项目：四川城市化进程中的热环境响应研究（2010HBY003）联合资助。书中介绍的部分研究成果已经在国内外刊物和国际会议上发表。在本书撰写的过程中参考了国内外大量的参考文献，虽在书中都已经明确标注，但难免有疏漏之处，恳请各位专家谅解。

由于涉及的资料多，加之作者水平有限，书中不足之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

编著者

2015 年 1 月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 研究背景与研究意义	1
1.2 国内外研究现状	3
1.3 研究区概况	10
1.4 主要研究内容	14
第 2 章 数据源及数据处理	16
2.1 卫星与传感器	16
2.2 Quick Bird 影像数据处理	21
2.3 TM/ETM+ 的地表温度反演	25
2.4 AVHRR 遥感数据处理	37
第 3 章 TM/ETM+ 支持的城市热环境特征描述	41
3.1 热力景观指数选取	41
3.2 城市热环境年际演化特征分析	44
3.3 城市热环境季节演化特征分析	64
3.4 城市热场的剖面分析	75

第 4 章 AVHRR 支持的城市热场演变分析	79
4.1 城市热场的季节特点及演变规律	80
4.2 热岛强度的季节和昼夜变化	88
4.3 TM 与 AVHRR 的热场特征对比分析	90
第 5 章 典型城市景观的热环境效应研究	93
5.1 基于决策树的城市景观信息提取	94
5.2 河流廊道景观的热环境效应	99
5.3 城市绿地景观的热环境效应	103
5.4 城市公园景观的热环境效应	110
第 6 章 成果与认识	115
6.1 主要成果	115
6.2 进一步工作的建议	118
6.3 成因分析	118
参考文献	122

第1章 绪论

1.1 研究背景与研究意义

1.1.1 研究背景

城市是一个复杂、动态的巨系统，不仅包括生产、消费和流通等空间现象和过程，也包括造成空间现象的非空间过程（许学强等，1996）。城市化已成为21世纪最显著的特征之一。据统计，2007年世界约有33亿人口生活在城市里，到2030年这一数字可能达到50亿，城市人口比例将达到60%（法国国家人口研究所，2007）。从景观角度考虑，城市化实质是土地利用/覆被景观演变的过程，即由水域、植被和土地等要素构成的自然景观被由水泥、沥青和金属等要素构成的人为景观所取代（岳文泽，2008）。

城市化导致地表蒸腾明显减少、径流加速，显热表面比例升高而潜热表面比例降低，同时伴有二氧化碳、二氧化硫等温室气体和有毒气体的大量排放，水体的严重污染等生态环境问题产生。这将会给城市居民生活带来众多负面影响（VITOUSEK et al., 1997; OWEN et al., 1998）。因此，针对快速的城市化进程以及大量农村人口涌入城市而衍生的城市生态环境问题，有必要进行深入细致的分析与研究。

城市是人类活动最剧烈的区域，城市化也是人类盲目征服自然的最直接体现。由于土地覆被景观的改变使自然界热能产生和传递的过程发生变化，并以热能的形式反馈给城市本身，从而形成“城市热岛效应”（Urban Heat Island Effects, UHIEs 或 UHI）。气象学中“城市热岛效应”是指由于

人类活动造成的城市气温高于周围自然环境气温的现象(周淑贞等, 1994)。城市热岛效应的存在, 导致城市区域内的热气上升, 到达高空后向四周扩散, 而郊区的冷空气则流入城市, 从而形成了城市特有的热岛环流。热岛环流导致城郊工厂排出的污染物涌入城区, 造成城市污染物浓度急剧上升, 城市热岛效应进一步加剧。

自 19 世纪 Lake Howard 发现伦敦城市热岛现象以来, 有关城市热岛效应的研究层出不穷。随着研究工作的不断深入, 学者们提出了城市热环境的研究主题。在环境科学领域, 将城市热环境定义为城市内的空气、下垫面和各种外部因素组成的与热有关的热现象总和(但玻等, 2011), 其中空气温度和下垫面表面温度是城市热环境的核心。城市热岛效应是城市环境在热力场中的综合反映, 是城市热环境的集中体现。本书未对城市热岛效应与城市热环境进行严格区分。

城市热环境问题已被列为影响城市可持续发展的八大环境问题之一(李文亮等, 2010)。尤其是最近几年, 在全球气温明显升高和快速城市化双核驱动的背景下, 城市热环境已成为主导整个城市生态环境的要素之一(张新乐等, 2008), 它对城市微气候、空气质量、能源消费结构以及公共健康等方面都将产生深远的影响。通过研究城市热环境, 能够掌握城市空间结构、城市规模及其发展变化趋势。此外, 随着城市居民对生活舒适度、身心健康等方面要求的不断提高, 营造一个良好的城市热环境氛围势在必行。由此可见, 以城市生态环境的重要指标——城市热环境为研究对象, 探索城市热环境演变规律及不同城市景观的热环境效应具有重要的理论意义和现实价值。

由于影响城市热环境的因素复杂多变, 对于它的研究也将涉及气候学、城市规划学、地理学、计算机科学、地统计学等多门学科的相关知识。所以传统的研究手段无法将众多相对独立的知识有效整合并充分利用。然而随着“3S”技术(地理信息系统——Geography Information Systems, GIS; 全球定位系统——Global Positioning Systems, GPS; 遥感——Remote Sensing, RS)的不断成熟, 卫星遥感已能够获得有效地表辐射信息。另外, 热红外遥感已被成功地应用于城市地区进行城市热岛效应分析和土地利用/覆被类型划分等方面的研究, 并作为城市地表大气交换模式的输入参数(孙天纵等, 1995)。因此, 在 GIS 技术的支持下, 以遥感影像为基础数据源, 能够成功地对城市热环境进行定量分析与评价。

1.1.2 研究意义

当前,中国正步入高速城市化的发展阶段。快速城市化导致的众多生态问题已经引起社会各界的广泛关注,以充分保证城市的可持续发展。但这些关注相对集中于北京、上海等大城市或特大城市(陈命男等,2011;徐永明等,2013;孟丹等,2013;QIAO et al.,2014),对于我国西部欠发达地区的中小城市的同类研究相对匮乏。然而,拥有广袤地域和丰富自然资源与矿产资源的西部发展潜力是巨大的,它是中国经济高速增长的中流砥柱。

四川省绵阳市作为中国重要的科技城,是四川省第二大城市,素有“西部硅谷”之美誉,中国工程物理研究院和四川长虹电子集团公司坐落于此。近年来绵阳市经济和社会发展均取得了令人瞩目的成就。它在国家的战略地位是无法被取代的。快速的城市化进程使绵阳城市土地利用/覆被景观发生了显著变化,交通、居住和工业等建筑用地比例迅速增大,而对城市生态环境起调节作用的水域、林地、耕地和绿地等比例迅速下降,城区景观格局发生了较大改变;同时城市工业聚集、人口与机动车大幅增加,致使二氧化碳、二氧化硫等温室气体和有害气体排放量陡增。从而对城市热环境造成巨大影响。此外,绵阳市水系发达,有涪江、安昌河和芙蓉溪三条主要河流贯穿于建成区,三条水系最终汇合于涪江,是我国少有的“三江汇流城市”。由于地理条件特殊,其城市热环境及演变规律值得进行深入分析和研究。

本书重点研究绵阳城市热环境的特点及其年际、季节和昼夜演变规律,并借助景观生态学理论与方法,对河流廊道景观、绿地景观和公园景观的热环境效应进行分析。研究具有重要的理论意义和现实价值,成果有望对同类城市的健康发展提供理论依据与技术支持。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 城市热环境研究现状

城市热环境是气象和环境工作者在研究城市热岛的基础上发展出来的

概念。城市热岛效应反映的是城市气温明显高于周围气温的现象,就像一个热的“岛屿”矗立在周围乡村凉爽的“海洋”。从涵盖的范围上而言,城市热环境更大、更广泛;从概念上看,城市热岛效应是城市热环境的一部分,是城市热环境状况的集中体现。到目前为止,其研究方法主要可归纳为三种:地面观测法、遥感监测法和数值模拟法(胡嘉骢等,2010;寿亦萱等,2012;白杨等,2013)。

1. 地面观测法

地面观测法是指利用分布于城区和周围乡村的气象台(站)获取研究对象历年的气象观测数据,或利用布点观测、汽车流动观测某条研究路线上的气象资料,并对所得气象资料进行对比、统计和分析,从而总结研究对象的热环境现状或动态变化等特征(宫阿都等,2008)。

学者们运用地面观测法主要研究热岛效应的相关问题,进而反映城市热环境状况。此方面的研究,国外学者起步较早,相关成果也相对丰富,如 Mitchell 等(1953)对城市人口密度、人口数量与城市热岛效应强度的关系进行深入分析和研究;Kazimierz 等(1999)利用汽车装载 Vaisala HMP-35 传感器对研究区的城市热岛空间格局进行分析。

相比国外研究,国内开始对城市热环境的研究起步较晚,但发展势头迅猛,同时也产生了众多研究成果。例如:

周淑贞(1982)应用观测站和流动观测相结合的方法,对上海市 1957—1979 年城市热岛效应的表现和特点,以及上海市最低气温、最高气温和平均气温与城市热岛的相关关系进行了研究。结果表明,上海市热岛效应及特点与气温之间的关系十分显著。

张景哲(1988)对北京市的城市热岛特征进行了研究。

刘文杰等(1998)利用景洪市 1964—1994 年的气象观测资料,对热岛效应与高温之间的关系进行分析。

郭家林等(2005)利用哈尔滨市及周边县市的地面观测资料,分析了 1996—2000 年哈尔滨的平均气温和最高、最低气温的变化规律及其差异。结果显示:在研究时段内哈尔滨市平均气温呈上升趋势,而且不同地区、不同季节的增温幅度有所差异。

季崇萍等(2006)利用 1971—2000 年北京 20 个气象观测站的温度观

测资料,对北京城市热岛与人口、建成区范围的相关关系进行研究,并给出相应的回归方程。

刘立群等(2011)应用多年气象资料对安徽省安庆市的气温变化与热岛效应进行相关性分析。

龚志强等(2011)应用1988—2008年的观测数据对长沙城市热岛的季节变化和日变化特征进行研究,结果表明:长沙城市热岛效应秋冬较强,春、夏较弱,日变化的特点是夜间强于白天。

但是,地面观测法存在一定的缺陷,如气象站点的数量是极其有限的。因此,研究人员仅能获取样点信息,而数据不能反映城市热岛的整体空间信息。分析国内外众多学者的研究发现,早期的研究基本属于点尺度或纯概念的研究,很难对城市热岛的空间格局、内部结构以及演变规律等进行分析,对城市热环境进行深入研究就更无从谈起了。此方法亦存在诸多优点,如其定位精确高,能够准确了解观测点的气温,同时由于气象观测点在时间上的连续性较好,因此,对于城市热岛在时间上的演变规律分析有着明显优势。

2. 遥感监测法

进入20世纪六七十年代,随着城市规模的不断扩大和城市人口数量的急剧攀升,城市热环境也不断的发生变化,所以传统的地面观测法对于城市热环境的研究已经无法满足需求。随着“3S”技术的不断发展与成熟,尤其是航空/航天传感器的不断改进与完善(李海峰等,2010;刘玉安,等2014)。1972年Rao等提出利用卫星遥感手段研究城市热环境。遥感技术能够很好地弥补地面观测法的不足。它可以在较短时间内获得覆盖研究区的资料,同时又能够实现快速更新。因此,遥感监测法应运而生。该方法是利用传感器对城市下垫面及其地表温度进行实时观测。利用遥感技术研究城市热环境可以揭示城市空间结构和城市规模的发展与变化,有助于引导城市朝着健康的方向发展,提高人居环境质量。卫星遥感热红外信息综合地反映了热环境状况,且具有分辨率高、宏观、快速、动态、经济等特点,是城市热环境研究的有效技术手段(陈云浩等,2004)。

到目前为止,学者主要利用低分辨率的美国气象卫星AVHRR的第四、第五波段和空间分辨率相对较高的美国陆地卫星TM/ETM+的第六波段研究城市热环境。AVHRR数据空间分辨率为1.1 km,较适宜做宏观分析;

而较高分辨率的 TM/ETM+ 数据热红外波段的空间分辨率为 120 m/60 m, 其余波段的空间分辨率为 30 m/15 m, 故目前适宜分析城市热场的内部结构。由于应用遥感技术研究城市热环境有其独特的优势, 研究方法的重心已经转移到遥感监测法。

国外在此方面的成果主要有: Roth 等 (1989) 研究了 UHI 与植被指数关系及 UHI 对最低气温的影响; Gallo 等 (1993) 给出城市热场评价的 NDVI 描述方式, 并运用由 AVHRR 数据获得的植被指数估测城市热岛效应在引起城乡气温差异方面的作用; LO 等 (1997) 利用 RS、GIS 技术分析和评价热场空间结构及其对周围环境的影响, 并取得良好的效果; Owen 等 (1998) 利用植被覆盖率与土壤有效水分研究了美国宾夕法尼亚州立学院及附近地区城市化影响; Streutker (2003) 通过比较 12 年前后城市热岛测量资料研究了美国休斯敦 UHI 增长。Kolokotroni 等 (2008) 以英国伦敦为研究对象, 分析得出城市发展是导致自然地表面积减少的主要原因, 认为地表反射率的变化是影响城市热环境昼夜差异的关键因素。Quah (2012) 等人采用能量平衡的相关理论研究了商业区和居民区等的热传递和热量排放。

国内最早开展城市热岛研究工作的是上海市和北京市, 相关研究成果也最丰富。例如: 范心圻 (1991) 利用 NOAA 数据和 TM 数据, 研究了北京市热岛结构信息和季节变化特征以及城市热岛与下垫面的关系; 宫阿都等 (2005) 根据 TM 影像利用单通道算法反演北京市地表温度, 从而获得北京市热环境空间分布图; 杜明义 (2007) 对北京市热环境的空间格局及时空演变规律进行了分析, 同时研究了城市道路系统、绿化带、水系与空间热环境的关系; 刘闻雨等 (2011) 应用统计学的方法定量分析了几种主要建筑材料、自然地类与地表温度的相关关系; 陈云浩等 (2002, 2006)、徐丽华等 (2007)、王桂新等 (2010)、陈命男等 (2011) 以 TM/ETM+ 等遥感影像为数据源从不同角度、应用不同方法对上海城市热场结构、空间格局以及时空演变规律进行了详细的分析和研究。杨何群等 (2013) 利用 FY-3A/MERSI 数据对上海市热环境进行监测和预报; 刘帅等 (2014) 利用 HJ-1B 卫星反演的地标温度数据为基础对北京市的城市热岛季节变化进行了研究。

随着研究工作的不断深入, 学者们开始陆续对全国各大、中城市进行城市热环境方面的研究工作。例如: 王伟武等 (2004) 应用遥感和非遥感空间数据, 定量研究了杭州市地表演变对城市热环境变化的影响; 李乐等 (2014) 以 Landsat 卫星影像为数据源分析了杭州市 1989—2010 年城市空

间扩展及其热环境变化的相关关系；黄荣峰等（2005）揭示了福州土地利用/覆被与城市热环境的相关关系；李鸥等（2008）研究了武汉城市布局与热环境的关系；潘竞虎等（2008）利用 TM/ETM+ 遥感影像，应用不同的研究方法对河谷型城市（兰州市）的土地利用类型及其热环境效应进行了研究；谢苗苗等（2009）对深圳西部地区不同城市化阶段景观演变与热环境效应的动态关系进行了分析；孙芹芹等（2010）运用热力重心法对广州市热环境进行了研究；但尚铭等（2010）应用 AVHRR 数据对四川省绵阳市的热岛效应及其变化规律进行了初步研究；梁敏妍等（2011）以 TM/ETM+ 卫星资料为数据源，对广东省江门市建成区秋季地表热环境时空演变特征进行了分析；贾宝全等（2013）以 TM 卫星遥感影像为数据源分析了西安市城市热岛效应变化特征；屈创等（2014）以 MODIS 数据为基础数据分析了石羊河流域地表温度空间分布特征；肖捷颖等（2014）运用遥感影像数据，通过地表能量平衡的相关理论与方法对石家庄市的城市热环境特征进行了研究。

3. 数值模拟法

数值模拟法是指利用实测数据以及相关空间数据，采用数值模式或数学空间模拟，研究城市热环境及其成因的方法（江学顶，2007）；但是一般情况下，因为气象观测条件往往是有限的，所以学者们研究热岛的数据不可能全部获取。因此，随着计算机硬件、软件的飞速发展，数值模拟也成为研究热岛内部结构、空间特征以及热岛环流等理论的有效手段。

国外应用数值模拟法研究城市热环境的代表性成果主要有：Estoque（1969）根据简单的二维模式，针对局地热源对气温和气流的扰动影响进行了分析。James（1973）在考虑人为热影响的前提下，根据一个稳定状态的剖面数值模式，对美国哥伦比亚城市夜间大气边界层的热力结构进行了模拟分析。Kazuya 等（2004）运用计算流体动力学模型（Computational Fluid Dynamics, CFD）对东京市商业区、大学校园和混凝土广场三种典型区域进行了热能流动的观测，然后模拟出气温、湿度、风速等参数，研究结果表明，该模型能够成功地反映城市热环境状况；Parra 等（2010）对研究区冬季热环境状况进行了模拟和分析。

国内方面：杨玉华等（2003）用非静力平衡的中尺度模式 MM5，在考虑人为热源日变化的前提下，对北京冬季热环境进行了数值模拟；赵福云

(2003)、唐盈(2006)应用CFD技术分别对长沙市某住宅小区热环境和重庆大剧院室内外热环境进行模拟与分析;江学顶等(2006)应用数值模拟与遥感反演相结合的方法对广州城市热环境空间格局进行了研究;赵敬源等(2007)利用街谷动态模型,针对典型街谷进行了温度场数值模拟;王翠云(2008)运用CFD技术对兰州市热环境进行了模拟,分析了不同土地利用类型与亮温的关系,并对典型小区热环境进行了数值分析;刘艳红等(2011)以太原市为例,应用CFD数据模拟技术,对五种常见的绿地形状进行了数值模拟。

学者们运用不同手段研究不同区城市热环境的同时,也提出了一些具有较强应用性的数据处理方法。例如:根据普朗克(Planck)定律反推亮温和分裂窗(即劈窗)算法;覃志豪等(2001, 2004)提出的用陆地卫星TM 6数据反演地表温度的单窗算法和地表比辐射率的估计方法;Artis等提出的基于影像算法反演地表温度。徐涵秋(2003, 2005, 2007)提出遥感影像的正规化技术以解决因时相差异给研究带来的影响,另外他还提出了改进的归一化差异水体指数法和新型遥感建筑用地指数法用来提取水体信息和建筑用地信息;陈松林等(2009)对间距法和均值-标准差法界定城市热岛等级进行了完善。郑祚芳等(2012)利用一个耦合了城市冠层模式(UCM)的区域数值模拟系统(WRF/NCAR)对北京夏季极端高温的热岛状况进行了研究;杨峰等(2013)对城市高层居住区规划设计策略对小区室外热环境的影响进行了实地观测和参数化的数值模拟,以验证和量化不同设计策略对室外热岛和热舒适度的影响机制和程度;叶丽梅等(2014)采用数值模拟的方法对南京地区下垫面变化对城市热岛效应的影响进行了分析。上述反演算法与遥感数据处理技术均得到了较为广泛的应用。

1.2.2 城市景观热环境效应研究现状

景观是具有高度空间异质性的区域,是由相互作用的景观元素或生态系统以一定的规律组成的(傅伯杰等,2001)。将景观生态学的理论与方法应用于城市热环境的研究中,进而形成了“城市景观热环境”。“城市景观热环境”主要研究城市景观格局变化对城市热环境的影响及典型城市景观的热环境效应。

城市景观生态学的理论研究主要集中在快速城市化进程中的景观格局

及其动态变化(刘艳红, 2007)。学者们在这方面进行了大量的研究。曾辉等(2000)以深圳市龙华地区为例研究了快速城市化过程中的景观格局变化的空间自相关特征;高峻(2001, 2003)、徐建华(2002)、张利权(2004)分别从不同角度对上海城市景观格局进行了研究;田光进(2002)应用“3S”技术分析了海口市景观格局动态演化规律。

国外针对城市景观热环境效应的研究早于国内,具有代表性的成果主要包括:Makoto等(2001)对日本东京街道的景观格局进行研究,结果表明:若街道的走向朝向稻田,使得稻田上空的相对较冷空气可以进入到附近的小区内,对居住区150 m范围内起到显著的降温效果;YUAN等(2007)研究了不透水面与城市热场分布的关系,结果表明:不透水面对应温度相对较高;Giridhazran等(2007)、Akinbode等(2008)通过对研究区城市温度和湿度的分析发现,植被覆盖好的区域温度相对较低而湿度相对较高,由此说明植被具有明显的降温增湿效果。

国内借鉴景观生态学理论研究城市热环境的尝试始于北京师范大学陈云浩等(2002, 2004, 2006)。他定义了“热力景观”的概念,即城市与周围环境相互作用形成,也是人类在改造、适应自然环境的基础上建立起来的人工生态系统的热力学表现。在针对城市热环境的研究中,形成了一整套研究理论与方法并构建了评价热环境的指标体系。评价指标主要包括:优势度、分维数、分离度、形状指数、破碎度和多样性等。并以上海市为典型研究区,将该方法成功应用于其城市热环境的研究中。

岳文泽(2008)在陈云浩等研究的基础上,借鉴景观生态学观点,从不同角度对上海城市热环境进行了分析。重点研究了上海市不透水面、城市公园景观以及城市绿地景观等的热环境效应,并选择大量样本进行回归分析,建立了具有较强研究价值的回归模型,得出了一些重要的结论。同时他还针对上海市热环境的空间格局、变化规律及原因进行探讨,并成功构建出一整套城市热环境成因与评价指标体系。岳文泽(2013)结合SPOT5和TM遥感影像探讨了上海市典型水域景观的热环境效应,揭示了水域景观的降温作用。

近年,随着人们对城市热环境关注度的不断提高。众多学者也开始针对不同城市景观类型的热环境效应进行了广泛而深入的研究。例如:葛伟强等(2006)、贾刘强等(2009)、刘红艳等(2009)、雷江丽等(2011)通过对绿地斑块的面积、周长和形状指数与地表温度关系的研究,分析了绿地的降温范围及降温效果;张新乐等(2008)对哈尔滨市土地利用类型及

其格局变化的热环境效应进行了研究,结果表明:哈尔滨市建成区存在显著的热岛效应并呈增强态势,市区总体地表温度升高。各用地类型随着面积比例的升高,平均地表温度相互间差异变小,建设用地对热岛效应的作用增强,水体缓解热岛效应的作用减弱,热环境的空间差异性进一步减小;吕志强等(2010)通过对珠江口沿岸土地利用变化及其地表热环境分析发现,以建设用地扩展为突出特征的土地利用变化,深刻影响着区域热环境。徐丽华等(2008)、刘娇妹等(2008)、周东颖等(2011)分别提取了上海、北京和哈尔滨的城市公园景观空间分布格局,并对典型城市公园的热环境效应进行了分析。结果表明:公园景观斑块的面积、周长和形状指数与温度存在显著的负相关,即公园景观对周围环境具有明显的降温作用。冯焱等(2012)以济南市为例研究植被与城市热环境变化的相关关系;王帅等(2012)以中牟县为例研究典型地区农业景观格局的热环境效应;张飞等(2013)研究了塔里木河上游典型绿洲地表热环境效应。李翔泽等(2014)研究了不同地被类型对城市热环境的影响。栾庆祖等(2014)研究了北京市城市绿地对周边热环境的影响。邹春城等(2014)以福州市为典型样区分析了城市不透水面景观指数与城市热环境相关关系。肖捷颖等(2015)研究了石家庄市城市公园景观的降温效果。

综合以上论述可知:目前,学者们主要分析北京、上海、广州、哈尔滨等大城市或特大城市的热环境状况,针对中小城市尤其是西部欠发达地区中小城市的研究相对较匮乏;四川省也仅有但尚铭等对绵阳市进行了初步分析。并且在以往热环境研究中多选择单一的遥感数据源,没有实现多源遥感数据的相互协作;同时大部分的研究工作也并不系统,属零星分析。针对热环境的研究未形成一个相对完整的体系。本书将以西部中等城市——四川省绵阳市为研究对象,多源遥感影像为主要数据源,运用不同的分析方法与评价手段对绵阳城市热环境特征进行系统研究,初步构建城市热环境演变及特征分析体系。

1.3 研究区概况

研究区四川省绵阳市位于四川盆地西北部,涪江中上游。东邻广元市

的青川县、剑阁县和南充市的南部县、西充县；南接遂宁市的射洪县；西接德阳市的罗江县、中江县、绵竹县；西北与阿坝藏族羌族自治州和甘肃省的文县接壤。地理坐标为：北纬 $30^{\circ}42' \sim 33^{\circ}03'$ ，东经 $103^{\circ}45' \sim 105^{\circ}43'$ 。全市呈西北东南向条带状，东西宽约 144 km，南北长约 296 km，面积约 $20\,249\text{ km}^2$ （绵阳市年鉴 2010）。图 1-1 为研究区位置图。

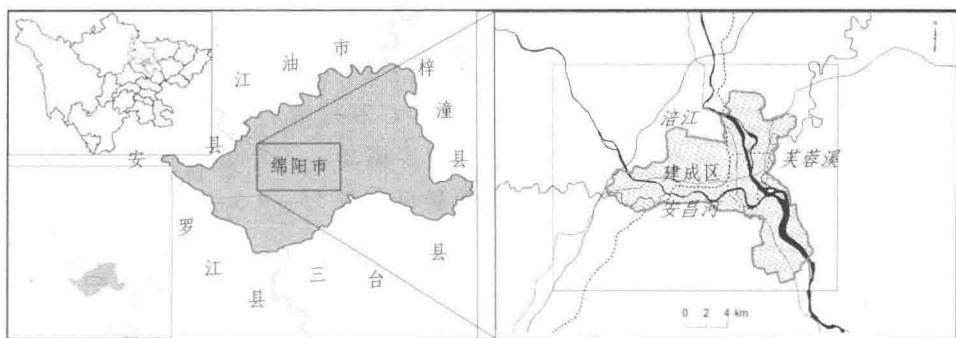


图 1-1 研究区位置示意图

注：为突出建成区范围内的相关信息，后续研究区出图范围统一选择红色范围线以内。

1.3.1 自然地理情况

1. 地形地貌

绵阳市总的地势为西北高东南低，高差变化很大。西北部面临龙门山脉，海拔为 $1\,000 \sim 3\,000\text{ m}$ 。最高点是雪宝顶，位于平武县与松潘县的接壤处，海拔约 $5\,440.1\text{ m}$ 。东南部属盆中丘陵，海拔一般为 $400 \sim 600\text{ m}$ ，最低点位于三台县境内，海拔约 307.2 m 。最高点与最低点的高差约为 $5\,132.9\text{ m}$ 。西北部受龙门山北东向褶皱断裂与岷山南北向构造、摩天岭东西向构造的联合影响，山脉主要走向呈北东南西向、南北向和东西向；东南部处在扬子准地台川北台陷、川西台陷和川中台拱的接合部位，地台基底坚硬，所以地壳以升降运动为主，地层受各时期水平运动的影响较轻，有一些舒缓宽阔的褶皱，地层一般倾角不大，形成岗岭起伏的丘陵、台地、方山地貌。主要地貌类型所占比例分别为：山区约占 61.0% ，丘陵区约占 20.4% ，平坝区约占 18.6% 。