

Urban Thermal Environment Remote Sensing

城市热环境遥感

张佳华 等 著

Zhang Jiahua et al.



气象出版社
China Meteorological Press

城市热环境遥感

Urban Thermal-Environment Remote Sensing

张佳华 等著

Zhang Jiahua et al.



气象出版社

China Meteorological Press

内容提要

本书较为详细地介绍了利用遥感、地面观测和模型开展城市热环境监测和评估的方法;给出了城市群热环境遥感监测和评估技术方法;研究了典型大城市和京津唐城市群、“长三角”城市群热环境、景观热力特征等;介绍了典型城市土地利用遥感方法和实践。本书可供环境、生态、遥感、土地利用、园林绿化、城市规划部门和大专院校有关专业师生学习与参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市热环境遥感/张佳华等著. —北京:气象出版社, 2010.11
ISBN 978-7-5029-5108-5

I. ①城… II. ①张… III. ①城市环境:热环境-环境遥感
IV. ①X21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 234219 号

Chengshi Rehuanjing Yaogan

城市热环境遥感

张佳华 等 著

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.cma.gov.cn>

责任编辑:张萌 张斌

封面设计:博雅思企划

责任校对:赵媛

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

字 数:200 千字

版 次:2010 年 11 月第 1 版

定 价:40.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:汪勤模

责任技编:吴庭芳

印 张:9.5

彩 插:6

印 次:2010 年 11 月第 1 次印刷

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

前 言

城市 (Urban) 是社会生产力和科学文化发展到一定水平, 社会劳动地域分工达到一定程度的产物。城市化现象是一个内涵极为丰富的社会经济和空间变化过程, 它与城市气候、城市环境之间存在着时序和空间上的相互作用、相互依存关系。城市经济的发展以及城市化进程的加速, 给城市的气候与环境带来了一系列的问题。全球变暖、经济高速发展以及城市化进程加速, 给城市的气候与环境带来了一系列的问题。城市热环境是城市环境的主要特征之一, 对城市微气候、空气质量 (近地表臭氧含量)、能源消耗结构以及公共健康等方面产生深远影响。城市热环境及其效应已经成为当前城市气候与环境研究中最为重要的内容之一。

自从 1818 年, Lake Howard 就英国伦敦市中心的气温比郊区高的现象提出“城市热岛”(Urban Heat Island, UHI) 概念以来, “城市气候与环境”问题一直备受关注。各国专家普遍认为“热岛”是城市气候中最典型的特征之一。城市热岛效应 (Urban Heat Island Effects) 是城市中的气温明显高于外围郊区的现象。城市热岛是一种典型的城市气象问题, 尤其是在中低纬度地区的夏季, 它使原来就比较高的气温更高。城市热岛效应加剧了城市高温出现的频率和高温灾害, 并因此带来了巨大的经济损失。由于城市热岛现象的存在, 使得城市地区环境质量下降, 污染物不易扩散, 由此引起了一系列的城市病和多发性流行病。同时, 城市热岛环流使城郊对流增强, 使得城市更易于出现洪涝灾害。城市热环境是城市空间环境在热力场中的综合表现, 在全球增温过程中扮演着重要角色, 被认为是主导整个城市环境的要素之一。可以说城市热环境正在以其特有的方式影响和改变人们的生产和生活方式。国际社会也正在积极研究应对城市热环境问题的有效方法和措施: 1996 年以来美国相继开展了 UHIPP (Urban Heat Island Pilot Project) 计划、ATLANTA (ATlanta Land-use ANalysis; Temperature and Air-quality) 研究、UEM (Urban Environment Monitoring) 计划; 加拿大启动了旨在缓解多伦多城市热岛效应的“Cool Toronto Project”计划; 日本、欧盟也在积极开展类似研究。因此, 城市热环境及其热岛效应已经成为当前城市气候与环境研究中最为重要的内容之一。

近年来,中国的城市化进程正在朝着城市群方向发展,城市群的特点反映在经济紧密联系,以及各城市之间的产业分工与合作、交通与社会生活、城市规划和基础设施建设相互影响上。我国目前形成的三大城市群是京津唐、“长三角”、“珠三角”。对于城市群这样一个经济高速发展的地区,基于卫星遥感和地面观测研究热环境的时空动态变化及其主要影响因素,对城市热环境进行有效的评估,预测变化趋势,以便寻求设计优化的地表格局,能够促进社会经济与气候生态环境之间相互作用的良性循环,也是实现高度城市化地区社会经济可持续发展的有效途径。

本书共分6章,包括:第1章 城市热环境监测和评估方法;第2章 城市群热环境遥感监测和评估技术方法;第3章 典型大城市热环境监测与评估;第4章 京津唐城市群热环境监测与评估;第5章 长三角城市群热环境遥感监测与评估;第6章 典型城市土地利用遥感方法与实践。主要作者包括:张佳华、李欣、倪敏莉、姚凤梅、王培娟、孟倩文、李莉、郭文娟、张景、侯英雨、延昊、杨利民等;由张佳华、王培娟、邵小路统稿。本书完稿还承蒙徐祥德院士、曾昭美研究员、叶彩华女士、刘诚研究员、刘伟东博士、刘勇红高工、权维俊高工等的指导和帮助,在此一并感谢。

我们的研究工作得到中国气象局风云三号卫星应用项目“风云三号气象卫星城市热环境监测与评估与应用系统研究”(FIDAF-1-02)、中国气象局行业标准项目“城市群热环境遥感监测和评估技术方法”等项目的部分研究和出版资助。

在本书的出版过程中,得到气象出版社张斌主任、张萌编辑耐心的帮助和支持,特此感谢!

由于城市下垫面复杂,城市热环境的研究具有挑战性,许多新的现象需要通过遥感、城市边界层模式以及城市下垫面热环境的定点观测加以解决。又由于时间仓促,加之作者水平有限,本书一定有诸多的不足、缺点甚至错误,敬请专家和同行批判指正,以便将来的完善。

张佳华

2010年10月 于北京

目 录

第 1 章 城市热环境监测和评估方法	(1)
1.1 城市热环境监测方法	(1)
1.1.1 基于地面观测数据监测城市热环境	(1)
1.1.2 用卫星遥感数据进行城市热环境的研究	(5)
1.2 城市热环境地表温度遥感反演技术	(8)
1.2.1 利用热红外数据遥感地表温度	(9)
1.2.2 地表发射率特性分析	(17)
1.2.3 微波遥感地表温度 (LST)	(17)
1.2.4 小结	(19)
第 2 章 城市群热环境遥感监测和评估技术方法	(20)
2.1 城市群热环境遥感监测指标	(20)
2.1.1 气温	(20)
2.1.2 植被覆盖度	(20)
2.1.3 极端温度	(21)
2.1.4 辐射温度	(21)
2.1.5 地表温度	(21)
2.1.6 比辐射率	(21)
2.1.7 分裂窗算法	(21)
2.1.8 城市群	(21)
2.1.9 城市群热环境	(22)
2.1.10 城市热岛	(22)
2.1.11 城市热岛效应	(22)
2.1.12 城市群热力景观	(23)
2.1.13 城市不透水层	(23)
2.1.14 植被—不透水层—土壤模型	(23)
2.1.15 城市群热场强度	(23)

2.1.16	城市群热场聚集度	(23)
2.1.17	城市群热场优势度	(24)
2.1.18	城市群热场强度指数	(25)
2.1.19	城市群热场分维数	(25)
2.2	中国典型城市群热环境遥感监测和评估技术方法	(26)
2.2.1	中国典型城市群热环境卫星遥感监测	(26)
2.2.2	典型城市群热环境卫星遥感评估技术	(28)
2.3	城市群下垫面特征参数提取方法	(29)
	附录:卫星遥感城市群热环境监测与评估流程	(31)
第3章	典型大城市热环境监测与评估	(32)
3.1	北京城市热环境气候研究	(32)
3.1.1	北京城郊气温变化研究	(33)
3.1.2	北京市城市热岛强度变化研究	(34)
3.1.3	北京市风速变化的研究	(34)
3.2	南京城市热环境气候研究	(36)
3.2.1	资料与方法	(36)
3.2.2	南京市不同时间尺度的温度变化特征	(37)
3.2.3	讨论	(44)
3.3	北京城市热环境遥感监测与评估	(45)
3.3.1	引言	(45)
3.3.2	研究方法和数据	(46)
3.3.3	结果与分析	(47)
第4章	京津唐城市群热环境监测与评估	(52)
4.1	引言	(52)
4.2	研究区概况和数据	(53)
4.2.1	研究区概况	(53)
4.2.2	研究技术路线	(54)
4.2.3	MODIS 地表温度数据	(54)
4.2.4	归一化植被指数(NDVI)及其计算	(56)
4.2.5	土地分类	(56)
4.2.6	气象数据	(56)
4.3	京津唐城市群热环境监测研究	(57)
4.3.1	京津唐城市群气候分析	(57)
4.3.2	京津唐城市群平均气温分布	(61)

4.3.3	京津唐城市群热场分布	(63)
4.3.4	京津唐城市群热场强度	(66)
4.3.5	京津唐城市群热场强度指数	(69)
4.3.6	京津唐城市群热场优势度	(71)
4.4	京津唐城市群热环境评估研究	(73)
4.4.1	热场与 NDVI 的相关关系	(73)
4.4.2	遥感反演的 LST 与气象站资料的相关性	(75)
4.4.3	遥感反演的 LST 与土地覆盖类型的关系研究	(76)
4.5	结果讨论	(77)
4.6	京津唐城市群城市热环境多年动态分析	(79)
4.6.1	数据与数据处理	(79)
4.6.2	京津塘城市群热环境空间变化指标	(79)
4.6.3	京津唐年际间不同季节热环境特征	(80)
4.6.4	京津唐多年城市群热环境变化特征	(84)
4.6.5	结论	(85)
第 5 章	长三角城市群热环境遥感监测与评估	(87)
5.1	引言	(87)
5.2	数据来源和处理方法	(88)
5.2.1	数据来源	(88)
5.2.2	遥感数据处理	(89)
5.3	长江三角洲地区城市群热环境变化特征分析	(90)
5.3.1	长江三角洲地区典型城市温度变化趋势	(90)
5.3.2	长江三角洲地区 LST 分布	(90)
5.3.3	长江三角洲地区热场强度分布	(92)
5.3.4	长江三角洲地区热场的动态变化	(95)
5.3.5	长江三角洲地区热环境空间格局变化	(96)
5.3.6	讨论	(100)
5.4	长江三角洲地区城市群热环境影响因子分析	(101)
5.4.1	长江三角洲地区热场与植被指数的相关关系	(101)
5.4.2	长江三角洲地区 LST 与气温的关系	(102)
5.4.3	长江三角洲地区 LST 与社会经济发展的关系	(104)
5.4.4	讨论	(106)
5.5	小结	(107)

第 6 章 典型城市土地利用遥感方法与实践	(109)
6.1 基于 TM 数据的南宁土地利用变化	(109)
6.1.1 研究区域概况	(109)
6.1.2 研究数据及处理方法	(110)
6.1.3 结果与分析	(110)
6.1.4 南宁城市扩展的驱动力分析	(115)
6.1.5 讨论	(117)
6.2 基于 ASTER 遥感数据的南京市土地利用变化	(117)
6.2.1 引言	(117)
6.2.2 实验研究区和数据处理	(118)
6.2.3 图像判读分类	(122)
6.2.4 讨论	(123)
参考文献	(125)

Content

Chapter 1 Urban thermal environment monitoring and assessment

methods	(1)
1.1 Urban thermal environment monitoring method	(1)
1.1.1 Monitoring of urban thermal environment based on ground-based observation data	(1)
1.1.2 Studies on urban thermal environment using satellite remote sensing data	(5)
1.2 LST of urban thermal environment using remote sensing retrieval technology	(8)
1.2.1 Using thermal infrared remote sensing surface temperature data	(9)
1.2.2 Analysis of surface emissivity properties	(17)
1.2.3 Microwave remote sensing surface temperature	(17)
1.2.4 Summary	(19)

Chapter 2 Urban group thermal environmental remote sensing monitoring and assessment methods

2.1 Urban group thermal environmental remote sensing monitoring indicators	(20)
2.1.1 Air temperature	(20)
2.1.2 Vegetation coverage	(20)
2.1.3 Extreme temperature	(21)
2.1.4 Radiant temperature	(21)
2.1.5 Land surface temperature(LST)	(21)
2.1.6 Specific radiance(ϵ)	(21)
2.1.7 Split-windows algorithm	(21)
2.1.8 Urban agglomeration(Urban group)	(21)

2.1.9	Thermal environment of urban group	(22)
2.1.10	Urban heat island(UHI)	(22)
2.1.11	Urban heat island effect	(22)
2.1.12	Thermal landscape of urban group	(23)
2.1.13	Urban Impervious layer	(23)
2.1.14	Vegetation-Impervious-Soil model(V-I-S)	(23)
2.1.15	Density of urban group thermal field	(23)
2.1.16	Clusters degree of urban group thermal field	(23)
2.1.17	Dominance degree of urban group thermal field	(24)
2.1.18	Index degree of urban group thermal field	(25)
2.1.19	Fractal dimension urban group thermal field	(25)
2.2	China typical group urban thermal environmental remote sensing monitoring and assessment methods	(26)
2.2.1	China typical urban group thermal environmental remote sensing monitoring	(26)
2.2.2	China typical urban group thermal environmental remote sensing assessment methods	(28)
2.3	Urban group land surface feature extraction method	(29)
	Appendix: Technical process	(31)
Chapter 3	Typical large urban thermal environment monitoring and evaluation	(32)
3.1	Beijing urban thermal environment and climate research	(32)
3.1.1	A study on temperature change in the Beijing suburbs	(33)
3.1.2	Beijing urban heat island strength changes	(34)
3.1.3	Beijing wind speed changes	(34)
3.2	Nanjing urban thermal environment climate research	(36)
3.2.1	Material and method	(36)
3.2.2	Nanjing different time scales of temperature variations	(37)
3.2.3	Discussion	(44)
3.3	Beijing urban thermal environment remote sensing monitoring and evaluation	(45)
3.3.1	Introduction	(45)
3.3.2	Research methods and data	(46)
3.3.3	Result and analysis	(47)

Chapter 4	Jing-Jin-Tang urban group monitoring and evaluation of thermal environment	(52)
4.1	Introduction	(52)
4.2	The study area and data	(53)
4.2.1	Study area	(53)
4.2.2	Study technology	(54)
4.2.3	MODIS LST data	(54)
4.2.4	NDVI and calculation	(56)
4.2.5	Landuse classification	(56)
4.2.6	Methodological data	(56)
4.3	Jing-Jin-Tang urban group thermal environment monitoring	(57)
4.3.1	Jing-Jin-Tang urban group climate analysis	(57)
4.3.2	Jing-Jin-Tang urban group mean temperature distribution	(61)
4.3.3	Jing-Jin-Tang urban group thermal field distribution	(63)
4.3.4	Jing-Jin-Tang urban group thermal field density	(66)
4.3.5	Jing-Jin-Tang urban group thermal field index	(69)
4.3.6	Jing-Jin-Tang dominance degree of urban group thermal field	(71)
4.4	Study on Jing-Jin-Tang urban group thermal environment evaluation	(73)
4.4.1	Thermal field and NDVI relationship	(73)
4.4.2	Correlation between LST remote sensing retrieval and weather station data	(75)
4.4.3	Correlation between LST remote sensing retrieval and land cover	(76)
4.5	Result and discussion	(77)
4.6	Jing-Jin-Tang urban group thermal environment multi-year dynamic	(79)
4.6.1	Data and processing	(79)
4.6.2	Jing-Jin-Tang urban group thermal environment spatial change index	(79)
4.6.3	Jing-Jin-Tang urban group thermal environment characteristic at interannual scale	(80)
4.6.4	Jing-Jin-Tang urban group thermal environment multi-year	

changes	(84)
4.6.5 Conclusion	(85)
Chapter 5 Yangtze River delta urban group thermal environment monitoring and evaluation	(87)
5.1 Introduction	(87)
5.2 Data and method	(88)
5.2.1 Data	(88)
5.2.2 Remote sensing data processing	(89)
5.3 Yangtze River delta urban group thermal environment analyses	(90)
5.3.1 Yangtze River delta typical city temperature dynamic	(90)
5.3.2 Yangtze River delta LST distribution	(90)
5.3.3 Yangtze River delta thermal field density	(92)
5.3.4 Yangtze River delta thermal field dynamic	(95)
5.3.5 Yangtze River delta thermal environment pattern	(96)
5.3.6 Discussion	(100)
5.4 Yangtze River delta urban group thermal environment effecting factors	(101)
5.4.1 Yangtze River delta thermal field and NDVI relationship	(101)
5.4.2 Yangtze River delta LST and air temperature relationship	(102)
5.4.3 Yangtze River delta LST social and economical development relationship	(104)
5.4.4 Discussion	(106)
5.5 Summary	(107)
Chapter 6 Typical urban land use of remote sensing methods and practice	(109)
6.1 Land use change in Nanning based on the TM data	(109)
6.1.1 Study area	(109)
6.1.2 Data and method	(110)
6.1.3 Result and analysis	(110)
6.1.4 Driving forces of urban area expanding of Nanning	(115)
6.1.5 Discussion	(117)
6.2 ASTER-based remote sensing data for land use change	

in Nanjing	(117)
6.2.1 Introduction	(117)
6.2.2 Study area and data processing	(118)
6.2.3 Image interpretation classification	(122)
6.2.4 Discussion	(123)
References	(125)

第1章 城市热环境监测和评估方法

城市热环境是反映城市环境质量的重要指标。19 世纪初, Lake Howard 在伦敦城区和郊区进行同一时间的对比观测, 发现城区气温比郊区气温高, 从而提出“城市热岛”的概念, 并引起了各国学者对这一现象的广泛关注。城市热岛现象指城区温度高于郊区温度的现象。控制城市中耗能大的企业可有效地减少城市热岛效应的影响, 但缺少绿地、水面的城市布局仍可加重热岛效应。城市绿地、水体比例以及城市建设的规划, 将影响热岛现象的变化程度。合理的城市规划设计和实施, 将有效地减少热岛效应的不利影响。城区地表温度(包括建筑物、公路、广场、绿地等)与周围郊区地表温度的差异是表示城市热岛程度的重要因子。

目前对于城市热环境的研究方法很多, 归纳起来主要有两大类: 通过地面观测数据进行城市热环境的研究; 利用卫星遥感数据进行城市热环境的研究。地表白天接受太阳短波辐射增温后, 将通过红外波段发射辐射能。利用远红外窗区通道($10.3\sim12.5\ \mu\text{m}$)探测地表发射的辐射能, 可估算地表温度, 获取反映城市热岛现象的城区与郊区地表温度差异。气象卫星(包括极轨气象卫星和静止气象卫星)具有对大范围区域连续观测的能力, 装载有包括远红外通道的多光谱红外通道, 空间分辨率为 $1.1\ \text{km}$, 轨道扫描宽度达 $2600\ \text{km}$, 每日可对全国观测多次, 可有效地获得各地的晴空资料, 计算地表温度分布, 用于监测我国所有城镇的城市热岛现象, 包括北京、上海等超大规模的城市, 以及内地、沿海各城市。利用气象卫星长时间序列资料和地理信息数据, 可评估大城市热岛现象程度的变化, 为城市环境治理提供依据。

1.1 城市热环境监测方法

1.1.1 基于地面观测数据监测城市热环境

基于地面观测数据进行城市热环境研究的方法又可以分为以下三类: 1) 通过建立边界层数学模型, 进行数值模拟。2) 通过城—郊历年气象资料的差异分析来研究城市热环境。3) 通过布点观测来研究城市热环境。

1.1.1.1 利用边界层模型进行数值模拟

目前,各国专家对城市边界层热岛问题以及人类对城市热岛的影响进行了大量的观测和理论研究。Myrup(1969)是最早利用边界层模式研究城市热岛效应的学者,他认为利用数值模拟的方法研究城市热岛有利于给出城市热岛效应的理论解释,寻找城市热岛的演变机制和形成原因,预测未来城市的热岛效应,从而为城市规划提供理论依据。Outcalt(1972)假设城市和乡村是两种截然不同但均匀的地表,通过边界层模型模拟这两种不同的地表对太阳辐射的不同响应。McElroy(1973)用一个稳定状态的剖面数值模式来模拟美国俄亥俄州哥伦布的城市夜间大气边界层的热力结构,将人为热考虑为净辐射通量的 15%~40%(3月)。Spronken-Smith 等(1998)用 SHIM 模型揭示了地表几何结构和热属性在城市地表温度热岛形成过程中的重要性,以及对城乡环境的这些参数进行评估的必要性。

杨玉华等(2003)将具有日变化的周期性人为热加入到 MM5 中模拟出的热岛强弱随时间的变化与观测结果大体一致,尤其峰值强度和出现时间与实况更为接近,与将人为热源考虑为常数相比,模拟效果得到了改善。还有人利用区域边界层模式对城市热岛现象进行模拟,如陈燕等(2004)对杭州地区进行数值模拟结果表明,杭州地区存在明显的城市热岛现象。夏季城市热岛现象较强,春秋季节次之,冬季较弱。一般情况下,风速较小、层结较稳定时,城市热岛会产生局地的热岛环流,低层气流向城市中心辐合,高层辐散,所以城市为上升气流,其周围为下沉气流。多数对于城市热岛的数值模拟都局限于平原城市,对于热岛效应在城市地面附近的特征已有大量研究,而城市气候立体特征研究多是使用探空气球、飞机等进行观测,观测高度在 100~7000 m 范围,以 Duckworth 等(1954)对城市上空出现郊外气温高于城区的“交叉效应”(Cross-over effect)为代表开展了大量研究,Duckworth 和 Sandberg 曾观测到 San Francisco 热岛强度达 10℃。Landsberg(1956)认为热岛效应是每天变化的,同城市大小成正比。Rudolf 和 Marie 观测到 Klementinum 的城市热岛增加量在 20 世纪初到大约 1940 年为 0.07~0.08℃/(10 a),到后来提升到 0.1℃/(10 a)。Oke(1976)定义了从地表面到建筑物屋顶面附近为城市覆盖层(Urban canopy layer),屋顶面附近到上空自由层为城市边界层(Urban boundary layer)之后,屋顶面附近高度对城市边界层和城市覆盖层影响的研究及其相互能量交换研究,以及城市气温、风速的立体分布等城市气候的立体构造等研究成为城市气候领域研究的重点。

目前对城市近地层(100 m)复杂地形情况下的研究较少,但是也出现一些对于不同的地形条件下城市热岛的数值模拟,如张一平等(2002)利用低纬高原城市昆明城内外垂直观测资料,探讨了低纬高原城市的城市气候立体分布特征,得出如下初步结果:昆明城市热岛效应不仅在地面附近存在,而且在城市上空也存

在;其城市热岛效应为夜间强,影响高度高($>50\text{ m}$),昼间弱,影响高度低($<50\text{ m}$);近地面强,上空弱;昆明城市区域的气温垂直分布昼间为随高度增高温度递减,夜间为逆温分布。而用复杂地形上的三维边界层模式模拟兰州市城关区的城市热岛,兰州市夜间热岛环流明显,地形山谷风对热岛环流有影响,热岛强度有明显的时间变化。当地转风不变时,对热岛的形成起主要作用的因素是人工热源(杨梅学等,1998)。史培军等(2002)利用 Yamada-Mellor 三维紊流闭合模型模拟深圳市 1980,1988,1994 年城市化导致的土地利用/覆被变化对城市热岛效应的影响,发现 1994 年的高温区比 1980 年高 $2\sim3^{\circ}\text{C}$,同时高温区随着城市扩展而增加。

边界层模型在城市热岛研究中的优点是可以得到热岛在时间上的变化规律,描述城市热岛形成的物理过程。但要客观地模拟现实,还取决于模型本身的精度和输入参数的精度,特别是如何获得异质性很强的城市地表参数仍是一个难点。Hafner 等(1999)利用 AVHRR 数据反演了反照率、土壤热通量和水汽通量等地表参数,并将其带一中尺度流体静力学三维模型中进行城市热岛的模拟研究。Yang 等(2000)通过结合 NOAA 和 Landsat 卫星获取的地表参数和 Carlson 一维模型来模拟地表面空间的能量交换,并得到了同真实情况相近的地表温度空间分布、净辐射分布以及湍流热通量。边界层模型和遥感相结合不仅可以获得城市热岛的空间分布模式,还可以模拟任意时间上热岛的空间分布模式,能够获得城市热岛在时间上和空间上的演变过程。

1.1.1.2 通过城—郊历年气象资料的差异分析来研究城市热环境

根据城市热岛的定义,人们认为利用城郊气温差异可以代表城市热岛的发生,因此,很多人选择使用自动气象站资料或大规模空气测量网络方法来研究城市热岛,Gedzelman 等(2003)利用 1997—1998 年纽约市 25 个国家气象站及 50 个志愿站点的气象数据对纽约市的城市热岛进行了中尺度的分析。Zhou 等(2004)利用 NCEP/NCAR 1979—1998 年月最高温度、月最低温度以及月较差数据对中国西南区域由于土地利用的改变而造成的城市热岛现象来进行研究,发现由于城市化的发展,地表平均温度以 $0.05^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 的速率增加。日本的大后美保等(1972)在其《都市气候学》中指出大城市年平均气温比郊区高 $0.5\sim1^{\circ}\text{C}$ 。孙亦敏(1988)利用历年气温资料对天津市城市热岛进行研究,发现城—郊气温差异平均为 $3\sim5^{\circ}\text{C}$,经过多次实验观测,结果也是在 $3\sim5^{\circ}\text{C}$,最高可达 6.9°C 。热岛效应在秋、冬季节最强,夏季较弱;夜晚强,中午弱;低空各层高度上热岛平均值为 0.5°C ,最强达 $2\sim3^{\circ}\text{C}$;热岛顶高一般在 500 m 以下,夏季最高可达 900 m ;白天城市上空的强度有时比地面还强;热岛存在的临界风速为 5 m/s 。韩素芹等(2007)利用天津市 1964—2003 年城郊气温分析热岛强度变化趋势表明:热岛强度在秋季最强,春季最弱,分别为 $0.16^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 和 $0.06^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 。平均最高气温差在四季中均有微