



绿洲城市 热岛效应研究

贡璐 吕光辉 著

新疆人民出版社

100



绿洲城市 热岛效应研究

贡璐 吕光辉 著

新疆人民出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

绿洲城市热岛效应研究 / 贡璐, 吕光辉著. — 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 2010

ISBN 978-7-228-13847-0

I. ①绿… II. ①贡…②吕… III. ①绿洲—城市热岛效应—研究—乌鲁木齐市 IV. ①X16

中国版本图书馆CIP数据核字 (2010) 第 178948 号

绿洲城市热岛效应研究

贡璐 吕光辉 著

出版 新疆人民出版社

地址 新疆乌鲁木齐市解放南路 348 号

邮编 830001

印刷 新疆八百印务有限公司

开本 880×1230 1/32

印张 6.625

插页 2

字数 160 千字

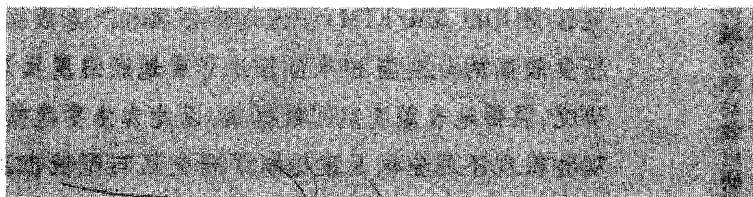
版次 2011 年 1 月第 1 版

印次 2011 年 1 月第 1 次印刷

印数 1-600 册

定价 26.00 元

前言



城市热岛是城市人类活动对气温影响的突出表征,它对全球变暖的贡献已经引起广泛关注,对城市热岛效应的研究也已成为当今气候、生态、环境问题研究中的新热点。世界上的大中城市都不同程度地存在热岛现象,干旱区也不例外。加速的城市化进程在推动干旱区社会经济发展的同时,伴随而来的城市热岛现象已逐渐显露。热岛、干岛、混浊岛的“三岛”现象严重制约着新疆首府乌鲁木齐的城市发展,影响城市居民的身心健康。选择位于干旱区腹地的大城市——乌鲁木齐,作为典型案例开展绿洲城市热岛效应的研究,对缓解热岛效应,合理规划管理绿洲城市,维持和促进绿洲稳定高效可持续发展具有重要的现实意义,同时也对进一步理解我国西部干旱区的区域热量分布差异、地表——大气系统相互作用及其能量交换状况有着重要的科学意义。

本研究以城市地理学、城市生态学、城市环境学、城市气候学的理论为指导,借助于现代 3S 技术和数学方法,进



行了干旱区绿洲城市热岛效应的系统、定量研究。结合研究区 MODIS、TM/ETM+ 多源遥感影像和气象数据,分别以精度较高的分裂窗和单窗算法开展地表温度反演模型的研究,获得地表温度空间数据集,以此为主要数据源,从宏观和微观不同空间尺度分析了研究区典型城市温场的空间格局特征,比较城市热岛效应在昼夜、季节、年等不同时间尺度上的分布特征,并基于景观的温场分区进行了研究区热岛效应多年变化研究,系统揭示以乌鲁木齐为代表的干旱区绿洲城市热岛效应时空分布与变化特征;在此基础上,从气候背景、城市下垫面、人为热等方面探究了城市热岛效应与其影响因子的互动关系,最后尝试利用数学模型对未来 5 年城市热岛效应发展趋势开展模拟和预测,并结合研究结论与城市特点提出缓解绿洲城市热岛效应的建议和思考。

本研究基于多源遥感、气象数据,综合应用地理学、生物学、环境学、数学、计算机等多学科理论、方法、手段,选择干旱区典型绿洲城市展开城市热岛效应的系统、定量研究,从热岛效应的时空分布、变化特点、影响因素、趋势预测、缓解途径等方面全面定量揭示绿洲城市热岛效应的特点,从而尝试为绿洲城市热岛效应的研究提供一种基本范式,促进干旱区城市生态学、城市环境学理论和方法的探索,在实践上为干旱区城市规划、城市建设、环境保护和区域可持续发展提供有效的决策支持。

本研究是在国家重点基础研究发展规划项目“中国西部干旱区生态环境演变与调控研究”(G19990435)对于干旱区生态系统结构与功能的研究成果的基础上,在新疆维吾

尔自治区生态学重点学科、绿洲生态教育部重点实验室开放课题项目“干旱区城市热岛定量研究”、新疆大学博士启动基金“干旱区绿洲温场时空变化研究”等项目的资助下,并综合国内外学者的研究成果完成的,是著者从事干旱区绿洲城市相关研究工作的阶段性成果。本书共分九章,第一章为异论;第二章为城市热岛效应研究概述;第三章为乌鲁木齐概况及其城市化进程;第四章为地表温度遥感定量反演;第五章为城市热岛效应时空分布特征研究;第六章为基于景观的城市热岛效应变化分析;第七章为城市热岛效应与其影响因子互动关系探究;第八章为基于 ANN-CA 模型的城市热岛效应空间模拟与预测;第九章为结论与探讨。在本书的完成过程中,得到了多位师长、同仁的关心、帮助。感谢美国伊利诺州立大学的梁信忠教授对本研究的悉心指导。新疆大学塔西甫拉提·特依拜教授、海米提·依米提教授、刘志辉教授、师庆东教授、丁建丽教授、美国农业部林业局王志明研究员、美国科罗拉多州立大学高伟教授、新疆中国科学院新疆生态与地理研究所宋郁东研究员、新疆维吾尔自治区发展和改革委员会刘春宇研究员对本研究提出了宝贵意见。在论著完成的过程中,还得到中国科学院新疆分院生态与地理研究所、中国气象局乌鲁木齐沙漠研究所、新疆师范大学、新疆农业大学、自治区气象局、乌鲁木齐市气象局、乌鲁木齐市建设委员会、自治区统计局等单位及多位同志的帮助,在此一并表示衷心感谢。

感谢新疆人民出版社为本书的出版所做的大量编辑工作,使得本书能够在较短时间内与读者见面。



本书涉及的理论和方法还在进一步的探索、发展中，书中存在的不足恳请诸位读者朋友批评指正和不吝赐教，同时也期望得到更多同仁对绿洲城市生态环境问题的关注！

著 者

2010年10月



前 言

第一章 导论	(001)
1.1 科学问题的提出	(001)
1.2 研究思路	(004)
1.3 研究内容	(004)
1.4 技术路线	(006)
1.5 本章小结	(006)
第二章 城市热岛效应研究概述	(008)
2.1 城市热岛的概念	(008)
2.2 城市热岛效应的研究内容	(009)
2.2.1 城市热岛效应的时空分布与变化特征研究	(009)
2.2.2 城市热岛效应的影响因素研究	(010)
2.2.3 城市热岛过程模拟与预测研究	(012)
2.2.4 城市热岛效应的生态效应研究	(012)
2.2.5 城市热岛效应的调控研究	(013)
2.3 城市热岛效应的研究方法概述	(014)
2.3.1 地面观测	(014)
2.3.2 遥感监测	(015)



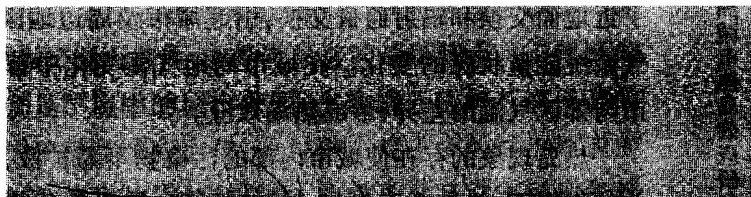
2.3.3	模型模拟	(018)
2.4	国内外城市热岛效应研究进展	(022)
2.4.1	国外城市热岛效应研究进展与现状	(022)
2.4.2	国内城市热岛效应研究现状与特点	(023)
2.4.3	绿洲城市热岛效应研究概述	(024)
2.5	问题与不足	(025)
2.6	本章小结	(026)
第三章	乌鲁木齐概况及其城市化进程	(027)
3.1	自然概况	(028)
3.1.1	地理位置	(028)
3.1.2	地形地貌	(029)
3.1.3	气候	(030)
3.1.4	水文	(031)
3.1.5	资源	(031)
3.2	社会经济概况	(033)
3.2.1	行政区划	(033)
3.2.2	人口状况	(033)
3.2.3	国民经济和社会发展	(034)
3.3	城市化演进过程	(035)
3.3.1	城市历史沿革	(035)
3.3.2	主城区空间格局	(036)
3.3.3	城市化演变进程	(036)
3.4	本章小结	(039)
第四章	地表温度遥感定量反演	(041)
4.1	地表温度遥感反演算法综述	(042)
4.1.1	地表温度遥感反演算法概述	(042)
4.1.2	MODIS 数据地表温度反演算法评述	(044)
4.1.3	TM/ETM+数据地表温度反演算法评述	(046)

4.2	MODIS 数据地表温度反演	(048)
4.2.1	MODIS 数据及其热红外波段的特点	(048)
4.2.2	图像预处理	(052)
4.2.3	基于分裂窗算法的地表温度反演	(059)
4.3	TM/ETM+数据地表温度反演	(065)
4.3.1	TM/ETM+数据及其热红外波段的特点	(065)
4.3.2	图像预处理	(067)
4.3.3	基于单窗算法的地表温度反演	(070)
4.4	本章小结	(078)
第五章	城市热岛效应时空分布特征研究	(080)
5.1	城市热岛效应空间分布特征	(081)
5.1.1	数据选择	(081)
5.1.2	研究方法	(081)
5.1.3	乌鲁木齐地区典型温场宏观特征	(083)
5.1.4	乌鲁木齐主城区温场微观特征	(084)
5.2	城市热岛效应时间分布特征	(089)
5.2.1	数据选择	(090)
5.2.2	研究方法	(090)
5.2.3	乌鲁木齐城市热岛效应的昼夜、季节分布特征	(092)
5.2.4	不同年份乌鲁木齐城市热岛效应分布特征	(094)
5.3	本章小结	(096)
第六章	基于景观的城市热岛效应变化分析	(098)
6.1	基于景观的温场分区	(098)
6.1.1	下垫面景观类型信息提取方法的优化	(099)
6.1.2	基于景观的城市温场分区	(107)
6.2	基于景观的城市热岛效应变化定量分析	(110)
6.2.1	研究方法	(110)
6.2.2	结果分析	(115)



6.3 本章小结	(129)
第七章 城市热岛效应与其影响因子互动关系探究	(131)
7.1 城市热岛效应的气候背景分析	(131)
7.1.1 数据选择与处理	(132)
7.1.2 研究方法	(132)
7.1.3 乌鲁木齐地区气温变化	(134)
7.1.4 乌鲁木齐地区其他气候因子变化	(137)
7.2 城市温场和下垫面类型的关系	(141)
7.2.1 城市温场与植被的关系	(141)
7.2.2 城市温场与建筑密度的关系	(144)
7.3 人为热与热岛效应	(146)
7.3.1 人口密度	(146)
7.3.2 其他人为热的排放	(147)
7.4 特高温城乡建设用地景观变化的影响因子分析	(148)
7.4.1 主成分分析	(148)
7.4.2 数据选择	(149)
7.4.3 结果分析	(150)
7.5 本章小结	(153)
第八章 基于 ANN-CA 模型的城市热岛效应空间模拟与预测	(155)
8.1 原理与方法	(156)
8.1.1 元胞自动机	(156)
8.1.2 人工神经网络	(158)
8.1.3 ANN-CA 模型的参数设置与模拟	(160)
8.2 乌鲁木齐城市热岛效应模拟与预测	(165)
8.3 缓解绿洲城市热岛效应的思考	(168)
8.3.1 提高城市绿地覆盖率,调整绿化系统结构	(168)
8.3.2 合理规划城市布局,逐步改善建筑材料	(170)

8.3.3	严格控制人口密度,减少人为热的排放量	(172)
8.4	本章小结	(175)
第九章	结论与展望	(176)
9.1	主要结论	(177)
9.1.1	多源遥感数据定量反演获取地表温度	(177)
9.1.2	系统研究城市热岛效应的时空分布特征	(177)
9.1.3	系统分析基于景观的城市热岛效应变化特点	(178)
9.1.4	定量揭示城市热岛效应与其影响因子互动 关系	(178)
9.1.5	实现基于 ANN-CA 模型的热岛效应空间 模拟与预测	(179)
9.2	不足与展望	(180)
9.2.1	地表温度反演精度的提高和方法的简化	(180)
9.2.2	获取更高时空分辨率的数据源	(180)
9.2.3	影响因子的进一步量化同热岛效应空间 模拟与预测的融合	(181)
9.2.4	城市与大气边界层的数值模拟	(181)
参考文献		(183)



1.1 科学问题的提出

近百年来全球气候正经历一次以增暖为主要特征的显著变化,它是历史上未曾出现过的一种大尺度的环境胁迫,对全球生态系统的结构、功能和过程甚至世界各国的社会经济、政治外交等领域产生了并将继续产生重大影响。因此,全球变暖问题已成为各国政府、社会公众以及科学界共同关心的重大问题。引起全球气候变化的原因包括自然因素与人为因素两大类。城市热岛(Urban Heat Island, UHI)是城市人类活动对气温影响的最突出的特征,它对全球变暖的贡献已经引起广泛关注,对城市热岛效应的研究也已成为当今气候、生态、环境问题研究中的新热点。

城市热岛是城市生态系统所特有的一种现象。伴随着城市化进程,植被被水泥和沥青地面所代替,用于地表潜热蒸发的地表水分降低,加之街道、高楼结构的复杂性,使得控制地表热通量的主要因子如反照率、热容、热传导率等发生改变;同时,居民生



活和生产活动大量消耗能源,人为热能、温室气体日趋增多,改变了近地面交换和辐射通量交换,引起城市及周边地区地表——大气系统能量状况的变化。在城市局地气候变化中首先表现为城市与郊区气温的差异,形成热岛效应。

热岛现象的存在使城市内部的污染物不易扩散,在城乡气压差的作用下,热岛会引发城乡空气环流,其热岛环流效应把城市周边的大气污染物带入城区,城市空气污染更加严重,由此可能引起一系列的“城市病”和多发性流行病;热岛效应会加剧发生热浪的危险及其影响,使一些地区夏季高温天气持续时间增长,高温日出现频繁,增加火灾发生频率,甚至可能引发城市居民“热死亡”。城市热岛改变了城市局地气候,造成局部地区气候异常、冬季干燥、夏季高温、春季风沙的现象。热岛已经从一般的局地气候现象演变为城市生态环境的一大“公害”,热岛强度也成了评价城市生态环境的重要指标。

世界上的大中城市都不同程度地存在热岛效应。温哥华的最大城市热岛强度(城乡温差)达 11°C ,柏林为 13.3°C ,纽约可达到 8°C ,位于北极圈附近的美国阿拉斯加首府费尔班克斯市曾达 14°C ,波兰的罗兹也达到 12°C 。我国北京的热岛强度可达 $8^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ 。强度较大的热岛效应主要出现在中高纬度地区,这与人为热量和太阳辐射热量余额(太阳短波热量收入减去地面长波辐射支出热量)的比值是从赤道向高纬度迅速增加有关。

我国西部干旱区地处亚欧大陆腹地中高纬度地区,气候条件恶劣。作为干旱区内部的地域分异产物,绿洲是一个复杂的耗散结构体系,也是干旱区的精华所在,更是人们赖以生产生活的独特景观。自然环境是绿洲形成的主要因素,但是在绿洲开发过程中也受到人类活动越来越深刻的影响。在绿洲内部,绿洲城市成为人类活动最为集中、人地关系最为复杂的敏感区域。西部开发

背景下,加速的城市化进程在推动干旱区社会经济发展的同时,伴随而来的城市热岛现象已逐渐显露。干旱地区城市热岛问题与全球各地的城市既有共性,亦具有显著的地区特点。干旱区的城市外围,特别是扩展中的城市外围,多数缺乏防御荒漠侵袭的屏障,城郊的农田被荒漠所取代,使包裹在荒漠中的城市地表变得愈加干旱裸露,热岛效应愈加严重,造成干旱区城市局地气候的恶性循环,这将进一步恶化绿洲城市的生态环境,进而威胁到干旱区绿洲生态系统的安全。

新疆维吾尔自治区是我国西部干旱区的重要组成部分,其首府乌鲁木齐市是新疆唯一一个百万人口的特大城市,也是世界上距海洋最远的城市。近年来,乌鲁木齐夏季高温警报不断,2004年夏,乌鲁木齐的气温持续高温,7月15日最高温度达到 40.6°C ,地表温度达到 60°C ,突破了30年来最高气温的历史极值;同时,乌鲁木齐还是全国重度污染城市,在冬季污染情况尤为严重,2005年12月曾出现连续12天重度污染天气。热岛、干岛、混浊岛的“三岛”现象严重制约着乌鲁木齐的城市发展,影响城市居民的身心健康。因此,以乌鲁木齐为典型研究区,研究干旱区绿洲城市热岛,对缓解城市热岛效应,合理规划、管理绿洲城市,改善城市生态环境,提高人们生活质量,维持和促进绿洲稳定、高效、可持续发展具有重要的现实意义,同时也对进一步理解我国西部干旱区的区域热量分布差异、地表—大气系统相互作用及其能量交换状况有着重要的科学意义,这将为研究全球气候变暖、温室效应提供有价值的数据和理论支持。

本研究在国家重点基础研究发展规划项目“中国西部干旱区生态环境演变与调控研究”(G19990435)对干旱区生态系统结构与功能的研究成果的基础上,在新疆维吾尔自治区生态学重点学科、绿洲生态教育部重点实验室开放课题项目“干旱区城市热岛



定量研究”、新疆大学博士启动基金“干旱区绿洲温场时空变化研究”等项目的支持下,选取乌鲁木齐为典型研究区,系统研究干旱区绿洲城市热岛效应(为与遥感数据同步,本研究时段为 1987 ~ 2005 年);通过对多源遥感数据进行地表温度的定量反演,获得不同时空尺度的地表温度数据库,从宏观和微观跨尺度分析城市热岛效应的时空分布特征,基于城市下垫面景观对温场分区,开展研究区多年的热岛效应变化研究,在此基础上,探究热岛效应与其影响因子的互动关系,初步预测未来城市热岛发展趋势,进而结合研究区特点,提出可行性的建议和思考。

1.2 研究思路

本研究以城市地理学、城市生态学、城市环境学、城市气候学的理论为指导,借助于现代 3S 技术和数学方法,通过对 EOS/MODIS 和 Landsat TM/ETM+ 遥感影像开展地表温度反演模型的研究,获得地表温度空间数据库,从宏观和微观不同空间尺度分析研究区典型城市温场的空间格局特征,比较城市热岛效应在昼夜、季节、年等不同时间尺度上的分布特征,并基于景观的温场分区变化进行研究区热岛效应的多年变化研究,系统揭示以乌鲁木齐为代表的干旱区绿洲城市热岛效应时空分布与变化特征,在此基础上从气候背景、城市下垫面、人为热等方面对城市热岛效应与其影响因子进行互动研究,最后尝试利用数学模型对未来 5 年城市热岛效应发展趋势开展模拟和预测,并结合研究结果与城市特点提出缓解城市热岛效应的措施。

1.3 研究内容

根据上述研究思路,确定本研究的主要内容,具体安排如下: