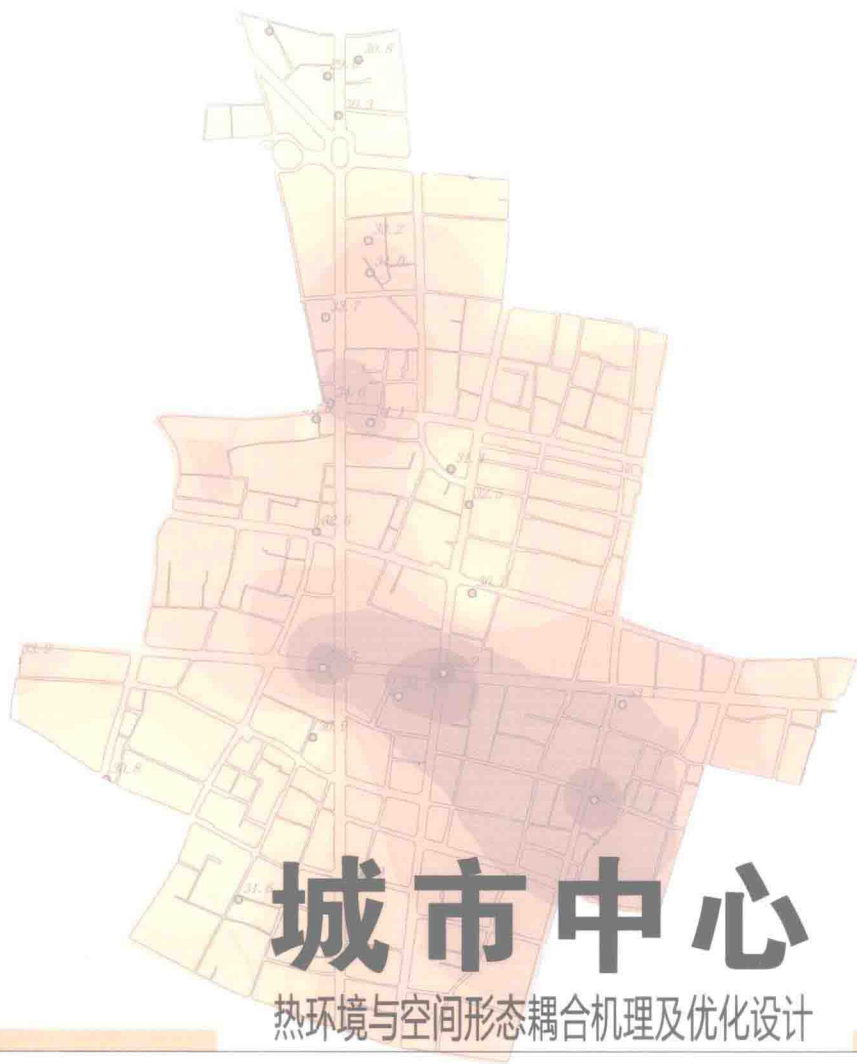


“十三五”江苏省重点图书出版规划项目

城市中心空间形态研究

杨俊宴/主编



城市中心

热环境与空间形态耦合机理及优化设计

COUPLING MECHANISM BETWEEN
THERMAL ENVIRONMENT AND
SPACE FORM AND OPTIMIZATION DESIGN IN CITY CENTER

杨俊宴 孙欣 石邢/著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

“十三五”江苏省重点图书出版规划项目

城市中心空间形态研究

杨俊宴/主编

城市中心热环境与空间形态 耦合机理及优化设计

杨俊宴 孙 欣 石 邢 著

本书受国家自然科学基金(51378100,51278114,51578128)资助

东南大学出版社

· 南京 ·

内容提要

随着城市化进程加剧,包括城市热岛效应在内的城市热环境问题日益突显,我国城市中心区具有更为复杂的城市形态肌理和更为多元的功能业态构成,进而导致热环境时空分布特征更为复杂。对于复杂城市肌理的城市中心区热环境问题究竟有哪些典型特征、影响机制和应对措施,应当引起国内城市规划学科的更多关注。本书试图从城市规划及城市设计视角对城市中心区热环境进行解读,以南京新街口中心区为实际案例,总结了城市空间形态指标同热环境的相关性,通过实测和软件模拟剖析了新街口中心区热环境时空分布特征,进而总结出一套成体系的城市中心区热环境优化策略,最后通过城市设计项目案例进一步说明热环境分析及设计方法在实际项目中的应用。

本书可供城市规划设计人员及城市规划、建筑学专业师生阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市中心热环境与空间形态耦合机理及优化设计 /
杨俊宴, 孙欣, 石邢著. — 南京: 东南大学出版社,
2016.10

(城市中心空间形态研究 / 杨俊宴主编)

ISBN 978-7-5641-6768-4

I. ①城… II. ①杨… ②孙… ③石… III. ①热环境
—影响—城市空间—城市规划—研究 IV. ①TU984.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 231932 号

城市中心热环境与空间形态耦合机理及优化设计

出版发行: 东南大学出版社

社 址: 南京市四牌楼 2 号 邮编: 210096

出 版 人: 江建中

责任编辑: 丁 丁

网 址: <http://www.seupress.com>

电子邮箱: press@seupress.com

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 江苏凤凰数码印务有限公司

开 本: 700mm×1000mm 1/16

印 张: 14.5

字 数: 222 千字

版 次: 2016 年 10 月第 1 版

印 次: 2016 年 10 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5641-6768-4

定 价: 48.00 元

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话:025-83791830

丛书序

进入 21 世纪以来,中国的城市化进程不断深化,到了发展转型的中后期。新型城镇化的发展理念引领城市建设向提升城市文化及公共服务等内涵式增长转变,使得城市文化、公共服务及经济活动最为集中的城市中心区成为新型城镇化建设的核心要素之一,而城市中心区科学有序地发展,也成为带动新型城镇化全面深化的关键。在此基础上,近年来国家重大基础设施的建设,特别是高速铁路网络的建设发展及城市内部轨道交通网络的不断发展及完善,促进了新的城市中心类型的出现,进而推动了城市中心公共服务体系的不断演进及完善,大量现代服务业开始在城市中心区形成新的集聚。中心区这些前所未有的发展与变化,吸引了国际社会的广泛关注,也对广大学者从更高、更广的国际视野研究城市中心区的新问题,提出了更多的要求与挑战。

东南大学建筑学院是较早关注城市中心区规划研究的院校,在学界有一定影响。本丛书主编杨俊宴为东南大学城市中心区研究所所长,通过国际 200 多个城市空间大模型数据库的横向建构和南京中心近 40 年的纵向持续跟踪研究,先后主持了 4 项国家自然科学基金,取得了系列创新的成果。本丛书着眼于未来 10~30 年城市中心研究的前沿动态,包括国际城市中心区的极化现象、空间结构、空间集约利用、中心体系等研究,包含了多项国家级课题内涵,并结合作者重大规划项目的实践,提出中国本土城市化过程中对城市中心的理论与方法体系建构,具有以下几个特点:

1. 对城市中心研究的理论体系具有前沿性。在中国城市化走向中后期深化阶段的特殊时期,大量特大城市、超大城市的紧凑集聚是其主要特征。城市中心的发展承载了这种主要特征,出现大量多核化、极核化的发展态势;同时,中国特有的高密度中心城市也出现了空间品质低下、特色湮灭等问题,而相关的研究在我国规划界的应用尚未全面展开,许多规划工作者都是根据自己实践

的感性探索来提出解决规划。本丛书依托作者主持的多项国家自然科学基金,住建部、教育部等课题,在多年规划实践积累的基础上,深入城市中心的前沿研究领域,系统地从空间形态角度就如何应对城市中心的这种发展态势,提出中国特色的城市化理论体系。

2. 理论联系实际,具有较强的实用性。城市规划上升为一级学科后,对于其学科核心理论的争论一直是热点问题。本丛书以城市空间形态的视角,紧扣城市规划学科的最核心理论方法,从空间集聚到空间分析方法,更具有全面性,所有技术方法均有切身参加的大量城市中心案例分析为依托,凝练在规划设计实践应用,阐述更深入。

3. 多学科协作的团队力量。本丛书依托多个科研协作团队力量,作者群跨越城市服务产业、空间物理环境、城市交通等交叉学科,具有全面覆盖的特点。主编具有建筑设计、城市规划、人文地理等多重学科背景,也主持了不同类别中心区的规划项目,能够全面把握城市中心未来的发展态势并将其系统解析。

4. 第一手的研究资料和分析方法。本丛书的基础资料完全为杨俊宴工作室近十年来在国内外城市中心区的定量建模数据库,均为第一手空间资料;研究所采用的技术方法很多也为原创性的国家技术发明专利。无论是对于规划设计师、科研工作者、规划管理者还是对于院校学生,都具有极强的吸引力。

城市中心区的研究是一项系统而复杂的工作,涉及城市规划、经济社会、道路交通、景观环境等诸多学科和方面,且各个方面相互影响,相互融合,形成了一个复杂的整体系统,因此具有相当大的研究难度。然而城市中心区又是一个与城市发展及市民生活息息相关的场所,具有非常重要的研究意义及价值。这套丛书沿承了东南大学城市中心区及空间形态的研究特色,在城市中心区理论体系、结构模式、定量研究等方面做出探索与突破,我也希望这套丛书可以为我国城市中心区的深化研究提供一个基础与平台,也期待更多学界人士共同参与其中,为城市中心区的发展,也为中国城市化的道路提供更多科学的指导。



2016.7

前言

城市是人口和建筑物高度集聚条件下形成的特殊形态,伴随经济社会发展和城市化进程,不仅为人类带来了物质财富,同时能源和资源的高强度消耗也在城市空间内形成了有别于自然气候环境和建筑室内物理环境的特殊的城市室外物理环境,或称为“城市微气候”。城市热环境作为城市微气候的重要内容,对城市外部空间的舒适性、建筑节能可持续发展等方面都有着重要作用。

伴随城市化进程加剧,城市热岛等城市病日益突显,尤其是在肌理复杂、人口密集的城市中心区,城市热环境对城市市民室外公共生活品质更有着重要影响。本书从城市规划及城市设计视角对城市中心区热环境进行解读。基于 ENVI-met、ECOTECT、Ray-man 等软件模拟,以南京新街口中心区为实际案例,探讨城市空间形态指标与热环境的相关性,为城市中心区热环境的优化提供可参考的技术方法及改善策略。

本书包括四个部分。第一部分,即第 1 章,首先阐述城市中心区热环境研究的价值与意义,介绍热环境相关基础理论,并基于城市规划学科视角系统梳理归纳国内外城市热环境研究的技术方法,明确研究内容、方法和框架。第二部分,即第 2 章、第 3 章、第 4 章,是本书的核心研究内容,通过模拟分析对影响城市热环境的指标机理进行探究;以南京新街口中心区为研究对象,通过现场实测和软件模拟,从全城尺度探究热岛效应的时空差异;进一步通过对城市中心区典型的空間形态单元,比对不同类型空間形态单元热环境的差异,并分析其特征、问题及成因。第三部分,即第 5 章,基于上述研究内容,归纳整理城市空間形态对热环境的影响因素,从规划、建筑、景观三个层次系统总结城市中心

区热环境的优化策略。第四部分,即第6章,结合实际规划项目,进一步阐述不同尺度、类型的规划设计案例中热环境优化策略的应用。

本书对城市中心区热环境的研究,旨在为城市规划设计中基于热环境的城市空间优化及研究提供可参考的依据。限于作者的学识和科学水平,书中的叙述、引述和介绍难免存在不当或纰漏之处,敬请读者批评指正。

目 录

1 导论	1
1.1 研究背景与意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	2
1.2 热环境相关概念及基础理论	2
1.2.1 城市热环境研究对象与尺度特征	2
1.2.2 城市热环境评价与室外人体舒适度	5
1.2.3 城市表面层的能量平衡	7
1.2.4 城市热岛效应	10
1.3 规划学科视角下城市热环境研究综述	12
1.3.1 城市热环境相关理论研究	13
1.3.2 城市空间形态的热环境研究	18
1.3.3 城市热环境研究的模拟技术与方法	24
1.3.4 研究评述与小结	27
1.4 研究方法与技术框架	29
1.4.1 研究方法	29
1.4.2 技术框架	29
2 影响城市热环境的指标机理研究	31
2.1 空间形态指标	32
2.1.1 总体布局指标	32
2.1.2 特殊形态指标	40

2.1.3 下垫面因子指标	56
2.2 城市土地利用与人为热	62
2.2.1 升温用地	62
2.2.2 降温用地	63
2.3 小结	66
3 南京新街口中心区热环境实测与模拟	67
3.1 数据来源与模拟方法	68
3.1.1 气象资料	68
3.1.2 实测方法	71
3.1.3 模拟方法	74
3.2 新街口中心区整体热环境特征解析	77
3.2.1 全城尺度热环境特征解析	77
3.2.2 新街口中心区热环境特征解析	80
3.3 新街口中心区热环境与整体空间形态指标耦合分析	89
3.3.1 多元线性回归分析法	89
3.3.2 热环境参数及形态指标因子的统计	91
3.3.3 多元线性回归耦合分析	91
3.4 新街口中心区热环境总体评价结论	94
4 新街口中心区热环境与空间形态单元耦合分析	95
4.1 新街口中心区空间形态分类原则	95
4.1.1 强度高中低的界定	95
4.1.2 形态的分类说明	96
4.2 高强度空间形态热环境	98
4.2.1 高层大体量建筑群的热环境	98
4.2.2 高层围合式建筑群的热环境	101
4.2.3 高层散点式建筑群的热环境	103
4.3 中强度空间形态热环境	104
4.3.1 中高层行列式建筑群的热环境	106
4.3.2 中高层院落式建筑群的热环境	108

4.3.3 高层广场式建筑群的热环境	109
4.3.4 多层大体量建筑群的热环境	111
4.3.5 多层围合式建筑群的热环境	112
4.4 低强度空间形态热环境	114
4.4.1 多层行列式建筑群的热环境	115
4.4.2 多层散点式建筑群的热环境	116
4.4.3 低层行列式建筑群的热环境	117
4.4.4 多层院落式建筑群的热环境	118
4.5 小结与延展探讨	119
4.5.1 小结	119
4.5.2 延展探讨	120
5 城市中心区热环境优化策略	125
5.1 城市规划层面热环境优化策略	127
5.1.1 总体规划	127
5.1.2 城市设计	129
5.1.3 城市交通	132
5.2 建筑层面热环境优化策略	134
5.2.1 建筑形态	135
5.2.2 建筑表皮	137
5.3 景观层面热环境优化策略	137
6 城市规划设计中的热环境分析案例	139
6.1 基于热环境优化的城市空间分析与设计方法	139
6.1.1 城市规划设计前期调研中的应用	139
6.1.2 城市规划设计分析评价中的应用	141
6.2 杭州大运河沿岸城市设计	144
6.2.1 杭州大运河沿岸城市设计概括	144
6.2.2 杭州大运河沿岸城市设计热环境模拟及分析	146
6.3 蚌埠老虎山主中心城市设计	148
6.3.1 蚌埠老虎山主中心城市设计概况	148

6.3.2 蚌埠老虎山主中心城市设计热环境模拟及分析	150
6.4 潍坊中心城区城市设计	154
6.4.1 潍坊中心城区城市设计概况	154
6.4.2 潍坊中心城区城市设计热环境模拟及分析	155
6.5 南京浦口中心区城市设计	162
6.5.1 南京浦口中心区城市设计概况	162
6.5.2 南京浦口中心区城市设计热环境模拟及分析	162
7 总结与展望	166
7.1 总结	166
7.2 本书创新点及后续工作展望	168
7.2.1 文本创新点	168
7.2.2 后续工作展望	169
参考文献	171
外文文献	171
中文书籍	176
中文期刊	177
中文硕博学位论文	178
索引	179
图片索引	179
表格索引	185
附图与附表	187

1 导 论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 研究背景

世界城市化程度加剧,城市人口聚集,导致城市高密度空间的出现,引发了城市中心热环境的人为因素变化。城市热环境对城市规划、城市生态、大气污染、市政建设有密切影响,尤其是对城市中市民生活质量有重要影响,城市夏季高温问题已经成为近年来社会热点话题。

1) 全球气候变化,城市气候问题彰显

城市是人口、建筑、交通、工业、物流的集中地,也是高碳排放、高能耗的热源集中地。随着城市化的发展,全球产生了温室效应、热岛、干岛、雾霾等城市气候问题。我国绝大多数地区处于冬冷夏热特殊气候区,夏季炎热潮湿,冬季寒冷干燥。设计结合自然、城市中心区大的物理环境格局更应该受到重视,生态文明、可持续发展等价值观已经深入人心。

2) 城市户外公共活动增多的发展趋势

城市室外空间是城市活动的主要场所,人们在城市中的交通、游憩、购物等活动行为大都发生在室外环境中。人们的室外公共活动同城市热环境关系密切。城市中心区是城市中人口最为密集、交通最为繁忙、功能最为混合、建筑形态最为多变的区域,室外人体热舒适研究意义更为重大,研究内容更

为复杂。

3) 城市气候问题的跨学科研究特征

随着科学技术的发展,多学科及跨学科研究越来越普遍。城市气候是气候学科、环境资源学科及城市规划与建筑学科的共同研究对象,但城市规划学科对此的研究明显较少,尤其是中宏观尺度的研究,而城市室外空间设计及城市空间形态研究是城市规划学科的核心研究内容,通过学科交流,回归城市规划本体,探究城市形态指标同热环境的关系显得意义重大。

1.1.2 研究意义

城市公共活动主要发生在室外空间中,城市中心区是城市活动最为集中、人口众多、建筑类型多变的区域,也是包括热岛效应在内的热环境问题最为严峻的区域。南京作为江苏省省会,冬冷夏热城市代表,其新街口中心区也是典型的单中心模式中心区,是我国城市中心区的典型样本,因此选择以南京新街口中心区为例研究城市中心区热环境具有典型性意义。本书立足城市空间形态这一规划学科研究的本体问题,试图探析其与城市气候中热环境的耦合关系。基于实测和模拟,总结南京市新街口中心区热环境特征;基于单因子变量法理想条件模拟,定量分析城市空间形态指标同热环境的关系及影响机制;基于新街口城市空间形态类型的归纳筛选,比较分析城市街区尺度下不同形态类型的热环境差异。

1.2 热环境相关概念及基础理论

1.2.1 城市热环境研究对象与尺度特征

1) 城市热环境研究对象

芦原义信、扬·盖尔很早就关注城市外部空间,认为城市中的街道、广场、公园等外部空间是人们生活、交往的重要场所,也是城市设计的主要研究对

象^{①②},城市中心区的热环境自然也发生在城市的外部空间内。所谓外部,是指城市中建筑以外的部分“虚体”空间,包括了城市街道、公路、广场、公园、绿地、水体等城市空间类型。外部空间可以分为两类:①街区内部建筑与建筑之间的场地;②街区外部街道和广场公园。这是人为地划分,但对于热环境物理属性,二者并没有领域之分,都属于建筑与建筑之间的虚空间。

城市所处地球大气之中,大气层绵延几十公里,最底层被称为城市边界层(Urban Boundary Layer,UBL),如图1-1所示,城市边界层从下至上包括城市

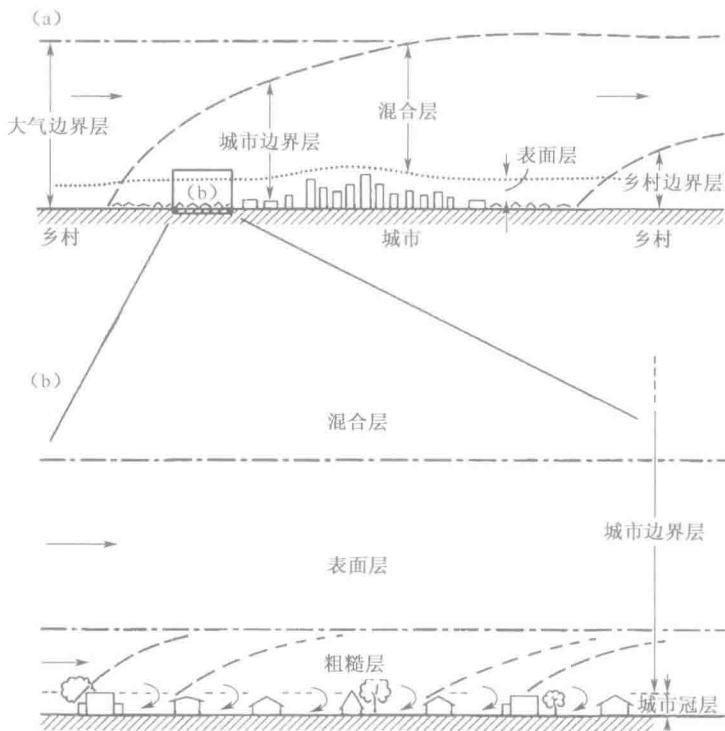


图 1-1 城市边界层示意图

* 资料来源:改绘自 Oke

① [日]芦原义信. 街道的美学[M]. 尹培桐,译. 天津:百花文艺出版社,2006.

② [丹]扬·盖尔. 交往与空间[M]. 何人可,译. 北京:中国建筑工业出版社,2002.

表面的粗糙亚层、城市表面层和最外部的混合层,是受城市土地利用、建筑形态及人类活动影响最为密切的大气部分。城市冠层(Urban Canopy Layer,UCL)是城市边界层最下部,包括了从城市中地面至植被顶层或建筑顶层之间的范围,由于城市植被、建筑高度的变化,城市冠层上边界也有高低之分。同时因为城市中建筑、植被的复杂性,城市冠层内每一个点都存在差异,这是城市冠层不同于其他大气层的一个典型特征。因此,在城市冠层内会出现不同的微气候现象,这同城市设计及人类城市外部空间活动密切相关。

2) 城市热环境尺度特征

一个城市的气候受纬度、海拔、气候条件影响。城市热环境研究是一个多尺度现象,对于不同尺度的热环境及空间形态有着不同的研究内容和研究方法。大量研究共识分为:宏观尺度、中观尺度和微观尺度(表 1-1)。

表 1-1 城市热环境的尺度现象

	宏观尺度	中观尺度	微观尺度
规模范围	>100 km	0.5 km~100 km	0.5 cm~1 km
特征	区域尺度 区域气象	城市片区尺度 城市内部热现象	街区尺度 建筑间小气候
研究方法	遥感反演	GIS、实测、模拟	实测、模拟
研究内容	热岛效应/土地利用/不透水面 城市风廊	城市空间形态、城市肌理对热环境的影响 土地利用/不透水面对热环境的影响 热舒适度 大气污染物与通风	街峡模型,下垫面材质、植被对照舒适度的影响 辐射和通风对热舒适度的影响
本书研究内容	南京全城 城乡热岛效应 时空变化特征	新街口中心区 热环境实测 GIS 差值分析, ENVI-met 热环境模拟 天正日照分析-日照辐射图	中心区空间形态单元 ENVI-met 热环境模拟 Ecotect 日照辐射分析 RayMan 热舒适分析
规划尺度	城市总体规划 总体城市设计	城市片区城市设计 控制性详细规划 修建性详细规划	建筑设计 街区尺度城市设计 开放空间设计

* 资料来源:作者整理

——宏观尺度:研究全城及区域规模,具体范围大于 100 km,研究急流、季风、气团等与气象相关的气象系统。在该尺度内,主要采用实地测量或遥感反演技术手段,研究城乡温差、土地利用或下垫面对热环境的影响。

——中观尺度:城市内部片区规模,也称为城市尺度,具体范围在 0.5 km~100 km 之间,在这个尺度内,可以观测到城市的具体空间形态、城市肌理和城市内部气候效应,运用 GIS、热环境模拟、实测技术方法,研究城市几何空间形态、植被分布、整体建筑材质变化同热环境的相关性。

——微观尺度:在这一尺度上,街区周边一般拥有相同的城市用地类型,因而城市形态对微气候的影响最为显著。城市街区街峡规模(Street canyon scale),0.5 m~1 km,运用湍流模拟、热环境模拟、实测等方法,研究街峡模型内热环境变化,建筑间小气候,甚至可以考虑单体建筑组合或排列方向对日照阴影和通风的影响。

城市作为一个复杂的系统,建筑、交通、土地利用存在差异;同时城市热环境作为一个复杂的物理现象,由气候、辐射、城市环境等多方面因素共同作用。城市热环境尺度研究学科主要有:气候学、环境遥感、建筑物理等学科背景,可见整合不同学科研究的重要性。但由于对应描述各个尺度的理论上的不足和提供城市全面数据的复杂性,不同尺度下的城市热环境研究并没有得出一个最可行的共识性研究方法。宏观尺度遥感和街峡模型尺度研究都对城市形态或热力学物理现象进行了抽象简化。这也是不同尺度研究所得到的结论存在差异的原因。一般通过指标因子在相应尺度下影响城市能量平衡中的重要程度来判断其是否可行。例如:生物新陈代谢释放热能在微观尺度是一个重要影响因素,但在中宏观尺度下,则可以看做是微不足道的参数。

下文城市热岛效应研究部分涉及全城气象站数据统计,剖析城乡温度差异和分布特征,属于全城宏观研究尺度,而空间形态对热环境影响的研究集中在城市中心区内部和空间原型,属于中观和微观研究尺度。

1.2.2 城市热环境评价与室外人体舒适度

1) 城市热环境相关概念界定

城市热环境涉及地表温度、空气温度和太阳辐射等相关知识,可以通过测

量不同时间的温度及计算热岛强度等指标进行表征说明。而温度又分为空气温度、地表温度和平均辐射温度等。

空气温度(T_a),或称为气温,表示空气冷热程度的物理量,下文中的空气温度指行人高度(1~1.5 m)处空气温度。空气温度可以通过小型气象站或热传感器测量,实测方法分为流动观测法或离散点观测法。

地表温度(T_g),表示下垫面地面表面冷热程度的物理量,城市中地表温度一般指土壤、铺地、草地、沥青马路等不同城市下垫面的表面温度,同空气温度不同,地表温度存在明显的空间差异性。

平均辐射温度(T_{mrt}),是夏季影响人体同室外环境能力平衡的重要气象参数指标,是指环境四周表面对人体辐射作用的平均温度。平均辐射温度是热舒适指标如预测平均热贡献(PMV)、生理等效温度(PET)的核心因素。

2) 室外人体热舒适度

室外空间是城市重要的活动交往场所,室外热舒适度与人们室外活动时间、强度及不舒适感有密切联系。当人们在室外活动时,意识到所处环境条件的波动,从而放宽了对热舒适的期望。

预测平均热贡献(PMV)是 Fanger 以实验室为基础进行热舒适研究的著名成果,他对 1 396 名美国和丹麦志愿者在人工气候室内进行冷热感觉实验,得出人的热感觉与人体热负荷之间关系的实验回归公式。1984 年,这一指标被选作国际标准 ISO 7730《中度热环境—PMV 和 PPD 指数的测定及热舒适条件的规范》指标,并在 1994 年和 2005 年被修订完善。以-3 至+3 的数值范围表示稳定的人体热量预算差异(表 1-2)。预测平均热贡献发生在理想状态下,而现实是一种动态的热平衡环境,因人体不断变化的热状态,会导致误差,误差可能以半随机方式表现出来。其作为评估室外环境的指标可能具有局限性。

表 1-2 预测平均热贡献(PMV)热感觉标尺

热感觉	热	暖	微暖	适中	微凉	凉	冷
PMV 值	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3

* 资料来源: Fanger P O. Thermal comfort, Analysis and applications in environmental engineering [J]. Thermal comfort, Analysis and applications in environmental engineering, 1970.

生理等效温度(PET)是由 Höppe 提出的,其定义是在风速为 0.1 m/s、水