

中国城市规划
建筑学
园林景观

博士文库

主编：赵和生

著者：王 振

导师：李保峰

东南大学出版社

绿色城市街区

——基于城市微气候的街区层峡设计研究

T11984



中国城市规划·建筑学·园林景观博士文库

绿色城市街区

——基于城市微气候的街区层峡设计研究

东南大学出版社

·南京·

图书在版编目(CIP)数据

绿色城市街区:基于城市微气候的街区层峡设计研究/王振著. —南京:东南大学出版社, 2010. 6

(中国城市规划·建筑学·园林景观博士文库/赵和生主编)

ISBN 978-7-5641-2077-1

I. ①绿… II. ①王… III. ①城市规划—设计—研究 IV. ①TU984

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 025703 号

东南大学出版社出版发行
(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人: 江 汉

网 址: <http://press.seu.edu.cn>

电子邮件: press@seu.edu.cn

全国各地新华书店经销 江苏兴化印刷有限责任公司印刷

开本: 700 mm×1000 mm 1/16 印张: 18 彩插: 2 页 字数: 294 千

2010 年 6 月第 1 版 2010 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5641-2077-1

印数: 1~2200 册 定价: 49.00 元

本社图书若有印装质量问题,请直接与读者服务部联系。电话(传真): 025-83792328

主 编 的 话

回顾我国 20 多年来的发展历程,随着改革开放基本国策的全面实施,我国的经济、社会发展取得了令世人瞩目的巨大成就,就现代化进程的城市化而言,20 世纪末我国的城市化水平达到了 31%。可以预见:随着我国现代化进程的推进,在 21 世纪我国城市化进程将进入一个快速发展的阶段。由于我国城市化的背景大大不同于发达国家工业化初期的发展状况,所以,我国的城市化历程将具有典型的“中国特色”,即:在经历了漫长的农业化过程而尚未开始真正意义上的工业化之前,我们便面对信息化时代的强劲冲击。因此,我国城市化将面临劳动力的大规模转移和第一、二、三产业同步发展,全面现代化的艰巨任务。所有这一切又都基于如下的背景:我国社会主义市场经济体制有待于进一步完善与健全;全球经济文化一体化带来了巨大冲击;脆弱的生态环境体系与社会经济发展的需要存在着巨大矛盾;等等。无疑,我们面临着严峻的挑战。

在这一宏大的背景下,我国的城镇体系、城市结构、空间形态、建筑风格等我们赖以生存的生态及物质环境正悄然地发生着重大改变,这一切将随着城市化进程的加快而得到进一步强化并持续下去。当今城市发展的现状与趋势呼唤新思维、新理论、新方法,我们必须在更高的层面上,以更为广阔的视角去认真而理性地研究与城市发展相关的理论及其技术,并以此来指导我国的城市化进程。

在今天,我们所要做的就是为城市化进程和现代化事业集聚起一支高质量的学术理论队伍,并把他们最新、最好的研究成果展示给社会。由东南大学出版社策划的《中国城市规划·建筑学·园林景观》博士文库,就是在这一思考的基础上编辑出版的,该博士文库收录了城市规划、建筑学、园林景观及其相关专业的博士学位论文。鼓励在读博士立足当今中国城市发展的前沿,借鉴发达国家的理论与经验,以理性的思维研究中国当今城市发展问题,为中国城市规划及其相关领域的研究和实践工作提供理论基础。该博士文库的收录标准是:观念创新和理论创新,鼓励理论研究贴近现实热点问题。

作为博士文库的最先阅读者,我怀着钦佩的心情阅读每一本论文,从字里行间我能够读出著者写作的艰辛和锲而不舍的毅力,导师深厚的学术修养和高屋建瓴的战略眼光,不同专业、不同学校严谨治学的风格和精神。当把这一本本充满智慧的论文奉献给读者时,我真挚地希望每一位读者在阅读时迸发出新的思想火花,热切关注当代中国城市的发展问题。

可以预期,经过一段时间的“引爆”与“集聚”,这套丛书将以愈加开阔多元的理论视角、更为丰富扎实的理论积淀、更为深厚真切的人文关怀而越来越清晰地存留于世人的视野之中。

南京工业大学 赵和生

目 录

1 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 中国城市化进程中的环境和资源问题	1
1.1.2 地域与气候	3
1.1.3 城市建成环境与微气候	5
1.2 课题的来源、目的和意义	6
1.2.1 课题的来源和依据	6
1.2.2 研究目的	8
1.2.3 研究意义	8
1.3 相关研究界定	9
1.4 国内外研究概况	10
1.4.1 国外研究概况	10
1.4.2 国内研究概况	14
1.5 研究特色、方法和内容	15
1.5.1 研究特色	15
1.5.2 研究方法	15
1.5.3 研究内容	16
2 城市建成环境及其微气候影响下的城市街区层峡	18
2.1 基于城市建成环境和微气候的城市街区层峡	18
2.1.1 城市建成环境和微气候	18
2.1.2 城市街区层峡的基本概念	20
2.1.3 城市街区层峡对城市热岛的影响	21
2.2 城市街区层峡内微气候的环境特征	22
2.2.1 城市街区层峡内的热平衡	22
2.2.2 城市层峡的热环境特征	23
2.2.3 城市层峡的风环境特征	24

2.2.4	城市层峡的日射环境特征	26
2.2.5	街区层峡内绿植的作用	28
2.2.6	街道层峡内下垫面的影响	29
2.3	街区层峡内的热舒适性	30
2.3.1	热舒适性指标	30
2.3.2	室外热舒适模型及平均辐射温度	32
2.4	小结	34
3	夏热冬冷地区城市街区层峡微气候的实验研究	36
3.1	夏热冬冷地区城市街区层峡微气候概述	36
3.2	实测说明	36
3.2.1	实测目标	36
3.2.2	实测对象和实测方法	37
3.2.3	实验设备和实验测试点布置	40
3.3	实验综述	42
3.3.1	夏季的实验成果	42
3.3.2	冬季的实验成果	70
3.4	小结	78
3.4.1	夏季相关的实验结论	78
3.4.2	冬季相关的实验结论	81
4	夏热冬冷地区城市街区层峡内微气候数值模拟的比较和检验	82
4.1	城市微气候环境的数值模拟概况	82
4.2	CFD & NHT 数值模拟的应用分析	83
4.3	室外风热环境的数值模拟与现场实测的比较分析 ——CFX 数值计算	86
4.3.1	CFX 数值计算解析	86
4.3.2	CFX 数值计算相关要点	90
4.3.3	夏季数值计算结论和检验	93
4.4	室外风热环境的数值模拟与实验测试的比较分析 ——ENVI-met 数值计算	97
4.4.1	ENVI-met 数值计算解析	98
4.4.2	ENVI-met 数值计算相关要点	108

4.4.3 夏季数值计算结论和检验	111
4.4.4 冬季数值计算结论和检验	125
4.5 本章小结	136
5 夏热冬冷地区城市街区层峡的 ENVI-met 数值模拟及其研究	
结论	137
5.1 街区层峡微气候环境的 ENVI-met 数值模拟	137
5.1.1 不同剖面特征的街区层峡	137
5.1.2 不同平面特征的街区层峡	176
5.1.3 不同走向的对称街区层峡	195
5.1.4 不同布局特征的街区层峡	204
5.1.5 不同来风风速的影响	225
5.1.6 不同下垫面、绿植和水体的影响	234
5.1.7 不同季节的影响	250
5.2 小结	254
6 结论和展望	260
6.1 结论	260
6.1.1 街区层峡的阴影生长及相关遮阳策略	260
6.1.2 街区层峡的狭管效应及相关通风策略	261
6.1.3 街区层峡的绿植和水体技术策略	263
6.1.4 街区层峡的下垫面及环境热稳定性技术策略	263
6.2 本书的创新点	265
6.3 未来研究的展望	265
致 谢	266
参考文献	268

1 绪论

“社会的生存总是依赖于人口、资源和环境三个变量之间的平衡,对这一原则的忽视在过去的文明进程中已经造成了灾难性和致命性的后果”^[1](图 1.1)。高速的城市化和人口集聚

以及随之而来的大规模建设与城市扩张,造成城市建成环境和气候之间关系的恶化以及城市资源的无节制浪费。尤其是近年来中国城市发展迅猛,人类的居住行为、经济行为等带给城市原本已经次生化的环境越来越多的冲击,使得中国城市成为环境研究的典型案例^[2]。另外,中国夏热冬冷地区作为中国建筑热工设计分区中唯一对采暖与空调均有较长时间要求的地区,其独特的气候特点使得城市建成环境与气候的关系更为复杂也更具挑战性。因此,在不同气候条件下深入研究城市建成环境与城市生态系统之间、城市结构形态与城市微气候之间相互影响的关系,探讨如何在城市设计与规划层面进行优化,从而改善城市及周边区域的人居环境,合理开发和利用城市资源是实现社会可持续发展的重要前提之一。



图 1.1 社会可持续发展下的环境、资源和人口三者的关系

1.1 研究背景

1.1.1 中国城市化进程中的环境和资源问题

城市化主要是指伴随着现代工业发展和分工细化而产生的人口向城市集中的过程。城市化是经济发展和社会进步的结果与标志,是人类社会发展的必然趋势。从国际经验看,当城市化水平超过 30%之后就会进入快速增长期。根据中国国家统计局历年数据,2000 年我国城市人口已经占到全国总人口的 36.2%,而 2007 年则达到了 44.9%(中华人民共和国国家统计局,2008 年)(图 1.2)。联合国人口基金在《2007 年世界人口状况

报告》中指出,目前中国的城市人口正在以每年 1 800 万的速度增长,从 2005 年至 2030 年中国的城市居民预计将从 5 亿 6 千万增加到 9 亿 1 千万,从总人口的 42% 增加到 64%。由此可以看出我国城市化正处于高速发展阶段,并且这种城市化的趋势不断加剧。目前中国正经历着历史上最大规模的从乡村到城市的人口迁移。在 2005 年中国国家统计局的

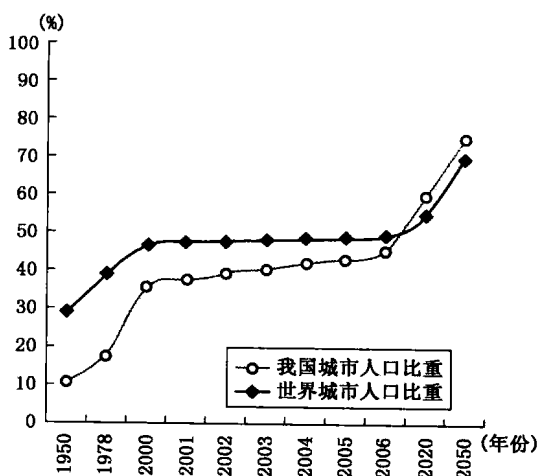


图 1.2 我国与世界城市人口比重的发展趋势

(根据国家统计局数据及相关资料绘制)

全国人口抽样调查中城市流动人口已达到 1.47 亿。伴随城市化水平的提高,一方面城市的规模效应使得生产活动与生活活动在空间聚集,资源利用率提高、综合经济成本下降,另一方面城市人口与经济增长引起的城市规模的膨胀,势必对土地及环境产生巨大压力,引发住房紧张、交通阻塞、环境污染、生态破坏等一系列问题,给城市及周边区域带来重大影响。

在城市化的高速发展进程中,我国城市地区的生态系统受到了损害,环境和资源已出现前所未有的严重威胁。除了耕地“三化”和污染以及水土流失之外,城市郊区化对周围乡村土地的吞噬以及房地产业的圈地行为加剧了对城市土地资源的浪费,我国人均耕地面积在 1995 年为 2.82 亩,而现在已下降到 1.38 亩^[3];在全球空气污染最严重的 10 个城市排名中,竟然有 7 个在中国^[4],而且全国城市人口中仅有 26% 生活在空气质量达标条件下^[5];全国七大江河水系中劣五类水质占到了 41%,水体已经失去使用功能^[6],全国 669 座城市中有 400 座供水不足,110 座严重缺水^[7];我国人均生活垃圾年产量为 440 公斤,全国城市垃圾的年产量达 1.5 亿吨,且每年以 8% 到 10% 的速度增长^[8],我国近 2/3 的城市处在垃圾的包围之中;中国私人小汽车已从 1985 年的 28 万辆发展到 2008 年的 3 885 万辆,私人汽车拥有量年均递增 22% 左右,我国交通运输消耗的能源占社会总能耗超过 20%,我国某些大城市和特大城市交通污染带来的

社会成本约占全年 GDP 的 3%^[9];目前我国城市绿化覆盖率尽管已达到 35.11%,人均公共绿地面积也有 8.3 m²/人^[10],但仍和联合国生物圈生态与环境保护组织关于城市人均绿地达 60 m² 以上方为最佳居住环境的标准相去甚远。总而言之,不合理的人为开发活动使得全国耕地面积锐减、城市地区的水资源短缺、城市大气和水环境污染、城市微气候质量下降,很大程度上破坏了城市生态系统的正常运作、加剧了城市人居环境的恶化和城市资源的耗费,最终将阻碍城市的可持续发展。

对于人口众多、耕地资源有限的中国,城市化道路势在必行。中国独特的地域特征、人口结构以及经济基础等因素,都使得我们不可盲从某些西方发达国家郊区化(反城市化)的道路,不可滥用他国的城市发展理论。同时基于空间美学的、以功能为导向的、传统的城市和建筑设计方法,因为缺乏对已有的地域空间特征和社会经济发展之间紧密联系的考虑,已无法应对当代可持续发展的现实主题。那么如何在城市高密度紧凑发展和适宜扩展的前提下,研究城市建成环境(如街道、广场、公园等)和城市生态系统^[11]之间、城市形态参数(如街区密度、街区布局、街道高宽比、层峡走向等)和城市微气候之间的关系,从而改善城市人居环境和合理利用城市资源,是当代中国建筑师和城市规划师值得思考和实践的问题。城市化背景下密集城市产生的环境冲击和资源耗费,对于建筑师和城市规划师来说既是一次严峻的挑战,更是一种机遇和责任。

因此,在快速发展的城市化进程中,以可持续发展观为指导,研究和实践具有地域气候适应性的城市和建筑设计方法,实现节地、节能、节水和环境保护的健康城市之路^[12],已成为当前建筑和城市设计研究的重要新课题。夏热冬冷地区城市街区的层峡微气候作为城市化过程中密集城市环境问题的一个重要组成部分,显得尤为突出。这是由夏热冬冷地区季节性变化明显的特征和中尺度模式下街区层峡微气候本身的特点所决定的。

1.1.2 地域与气候

气候是大气及其要素在时空上的分布与变化。影响气候变化的主要因素在于地球表面所接收太阳辐射的不均匀分布、地球公转和自转引起的大气环流以及陆地和水域热特性差异导致的海陆风。因而不同地域呈现出不同的气候特征。

世界各地的气候条件错综复杂,划分因素和标准也很多。英国学者斯欧克莱在《建筑环境科学手册》中根据空气温度、湿度和太阳辐射等因

素,将地球上的地域大致分为四种不同的气候类型区:湿热气候区、干热气候区、温和气候区和寒冷气候区。而《民用建筑热工设计规范》则根据中国不同地域的室外温度特点和热工设计要求,将我国划分为严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、夏热冬暖地区和温和地区等 5 个建筑热工设计气候区^[13]。其中中国夏热冬冷地区(如图 1.3^[14])具有独特的气候特点,既要满足夏季防热要求,同时要适当兼顾冬季保温,因而是中国建筑热工设计分区中唯一对采暖与空调均有较长时间要求的地区。

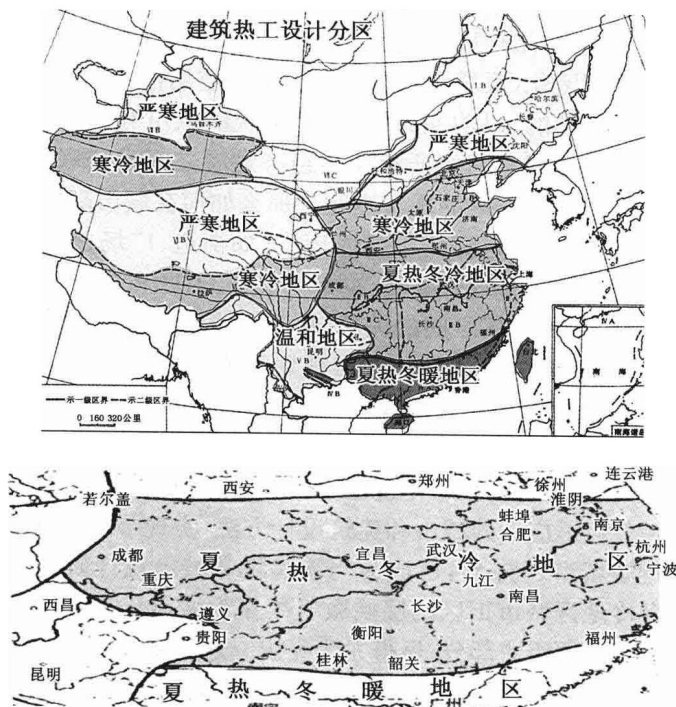
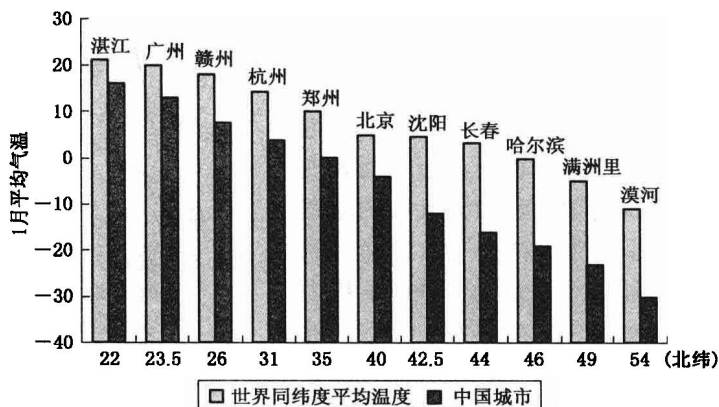


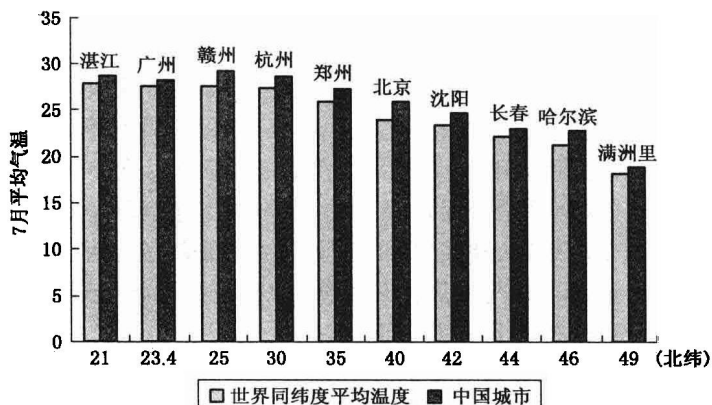
图 1.3 中国夏热冬冷地区范围

具体说来,以重庆、武汉为代表的夏热冬冷地区地处亚热带,冬季受西伯利亚冬季风的影响,寒冷潮湿;夏季有来自热带海洋的季风,日光辐射强烈、持续高温多雨;春秋两季则为冬夏季风交替时期,雨量充沛且季节性降雨相对集中。因而夏热冬冷地区总体表现出夏季湿热、冬季阴冷的气候特征。同世界其他同纬度地区相比,中国夏热冬冷地区是气候季节性变化最为明显的地区之一,极端最高气温高达 40℃ 以上;同时该地

区冬季寒冷,1月份气温比同纬度其他地区一般要低 $8\sim 10^{\circ}\text{C}$ (见图1.4^[15])。正是由于夏热冬冷地区这种区别于其他地区的复杂气候变化特点,使得此地区的建筑和城市更能体现出对气候的敏感性和应变性,也就更具有进行气候适应性设计的典型性和现实意义。



(a) 中国冷天气温与世界同纬度平均气温的比较(冬季)



(b) 中国热天气温与世界同纬度平均气温的比较(夏季)

图 1.4 中国主要城市与世界其他同纬度地区城市在夏季和冬季的空气温度比较

1.1.3 城市建成环境与微气候

由于地形、方位、土壤特性以及地面被覆盖状况等条件的差异,在近地面大气层中同一个地区的个别地方可以表现出与本地区一般气候有所不同的气候特点。因此气象学家提出微气候的概念以区别一个地区的大

气候状况。微气候定义为由下垫面构造特性决定的发生在限于高度为100 m 以下的1 km 水平范围内近地面处气候^[16],其受人类活动的影响最为明显。

人类活动对气候的影响有两种:一种是无意识的影响,即在人类活动中对气候产生的副作用;一种是为了某种目的,采取一定的措施,有意识地改变气候条件。在目前城市发展当中以第一种影响占绝对优势,而这种影响在以下三个方面表现得最为显著,即排放至城市大气中的温室气体和各种污染物质对大气边界层组成成分的改变;城市经济活动中城市下垫面性质的改变;城市中人为热和人为水汽的排放。城市气候是在区域气候背景上,在城市人类活动影响下而形成的一种特殊局地气候^①,而城市微气候更是与城市建成环境联系最为紧密的特殊城市气候,也最能敏感地反映城市空间形态对气候的影响。

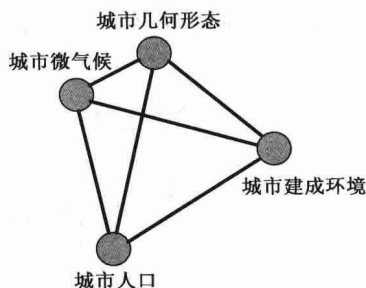


图 1.5 城市几何形态和城市建成环境、城市微气候、城市人口的关系

伴随中国快速城市化进程,人类赖以生存的城市建成环境和微气候发生了巨大的变化。这些变化在交通、农业、工程和机械等许多领域得到了很好的研究。然而,相对于政治、经济、文化等可以立竿见影显示成就的强势目标,气候似乎是个无足轻重的因子,城市建成环境和微气候的变化也并未在城市规划师、建筑师和工程师中得到应有的认识和重视。许多建筑和城市设计项目与发展循环经济、建设节约型社会以及保护环境、建立可持续发展的生态目标背道而驰。

1.2 课题的来源、目的和意义

1.2.1 课题的来源和依据

本课题来源于国家自然科学基金项目“夏热冬冷地区基于节能及气

^① 局地气候,Local Climate,又称为“地方气候”,包括森林气候、草原气候、城市气候和农田气候。

候适应性的城市设计策略研究”(项目批准号为 50578067)^[17],为此研究项目的子课题。

本研究课题的选题依据主要来自三个方面:其一,本课题是本人硕士阶段“夏热冬冷地区绿色建筑设计策略研究”课题在方法论和研究思路上的新拓展。其二,国际上研究的新趋势表明,近些年来国内外基于气候环境和节能方面的研究已经开始从房间和建筑尺度向城市街区尺度和城市地域尺度扩展。其三,在香港等高密度城市的学习和生活体验使笔者真正开始从城市建成环境的视野及城市的尺度思考生态、节能以及技术的问题^[18]。2005 年 6~9 月,笔者每天徒步往返于香港九龙塘(香港城市大学)和石硤尾(住所),方格网内的街区(见图 1.6 香港九龙石硤尾栅格状城市街区),狭窄的街道(见图 1.7 香港九龙街区层峡),密实的唐楼、淋漓的暴雨、飘浮的烟霞是在香港的生活印象。香港的气温并不高,然而一旦离开人工调节的室内环境,在街道和楼梯间里行走,有汗不出来,总是难受。7、8 月的香港电台总是在报道:香港气温 29℃,相对湿度 90%……而在某一关于香港历史的书中,发现香港于 1953 年曾经发生大火,无数房屋毁于一旦,上万人无家可归。这一重大火灾的事故地点就是我在香港的住所——石硤尾。火灾后政府立即着手在石硤尾区片建设“徙置区”^[19]。至此,成片的方格规划和林立的简易公屋伴随了石硤尾五十多年……



图 1.6 香港九龙石硤尾
栅格状城市街区



图 1.7 香港九龙街区层峡
(自拍并绘制)

每天徒步往返中,我在不断思考:当年石硤尾的规划和建筑是否是因为灾后重建而放弃了考虑气候环境和人的关系的因素,建筑技术给室内

环境带来的舒适是否能在更大尺度的城市建成环境领域得以成立?对于城市建成环境,城市规划师和建筑师可以关注什么,或者说什么值得关注?技术(如空调、电梯和汽车)的应用(且不说个人消耗的能源),保留了人在室内环境里的体面,但谁为排向室外的热量和废气买单?街道和开放空间的环境质量交给了“谁”?合理的规划是钞票的(经济的)规划?是小车的(交通的)规划?还是政治口号的(管理的)规划?规划不是某一方面的消费品,植于气候和环境的规划是达到和谐规划的基石,是其他单方面规划的首要约束。那么,在基于环境和气候的城市规划和设计当中,在无人买单的城市街道和开放空间环境当中我们可以做些什么?因此,我萌发了对城市街道层峡——这一城市建成环境中被忽视的城市外部环境研究的兴趣。

1.2.2 研究目的

本研究通过现场实测和数值模拟相结合的方法对城市街区层峡不同界面、空间形态及布局在夏热冬冷地区季节性气候变化明显的条件下进行比较研究,分析城市室外环境的微气候影响因子,总结以改善和优化夏热冬冷地区城市微气候为目标的城市街区层峡微气候调节机理及其设计策略。本课题为预测和评估城市街道微气候奠定基础,并通过现场实测与数值模拟使得评价和指导城市设计以改善和优化城市微气候变得可行。

1.2.3 研究意义

理论意义:根据清华大学建筑节能研究中心最新统计,全国城镇建筑取暖用煤 1.3 亿吨标煤/年,占全国取暖耗煤量的 81.3%,城镇建筑非采暖用能折算电耗为 4 600 亿度/年,占全国建筑非采暖用能总量的 83.6%^[20],也就是说,绝大部分的能耗发生在城市之中。而国内外尚无针对夏热冬冷地区气候适应性和城市整体节能目标的城市设计理论。因而研究城市建成环境和城市生态系统之间、城市空间形态和城市微气候之间的关系,建立基于夏热冬冷地区街区层峡设计策略,对于改善城市环境、合理利用资源和节约城市能耗具有理论先导意义。

现实意义:中国夏热冬冷地区气候变化极端,与世界同纬度其他地区相比,冬季更冷、夏季更热。该地区城市微气候问题突出,城市及建筑之能耗的潜在需求巨大。同时建筑和城市环境相互关联,如城市外部环境

温度升高将导致室内空调使用量增加,也必然导致城市热岛加剧、城市外部环境温度再提高的恶劣循环。从气候适应性角度审视,夏热冬冷地区城市设计具有特殊性,对于改善夏热冬冷地区城市街区层峡内微气候以及实现城市整体节能目标具有实际的应用价值。

1.3 相关研究界定

1) 大尺度模式、中尺度模式和小尺度模式

本书研究之中对城市环境不同层次和尺度界定为大、中、小三种尺度(3M模式),包括地域尺度和地球尺度的大尺度模式(Macroscale mode)、包括街区尺度和建筑尺度的中尺度模式(Mesoscale mode)和包括房间尺度和人体尺度的小尺度模式(Microscale mode)。此分类方法是基于建筑和城市设计研究的目的,区别于气象研究模型中的大、中、小尺度模式分类标准^[21]。本书主要是针对中尺度模式下的城市街区进行城市空间形态和城市微气候之间关系的探讨。本书所界定的多尺度模式同样适用于不同层面的建筑和城市环境数值计算。

2) “集中型”城市发展和“分散型”城市发展

关于城市是否应该紧凑(紧缩或者集中)发展,已有研究做出相当精辟的理论分析^[22]。本书是对密集城市中街区层峡在中国高速城市化背景下的一种解读。城市化是社会发展必由之路,趋向于集中的城市布局策略在一定条件下有利于降低交通能耗、控制污染物质和温室气体排放,有助于城市环境的整体效益得到改善。但这并不是反对分散型的城市发展,在人口和环境容量达到城市发展瓶颈的条件下,适宜的城市低密度扩展(如边缘城市、带状城市的发展策略)也是对可持续发展的一种坚持。

3) 城市整体节能和气候适应性

“节能”按照世界能源委员会1979年提出的定义即采取技术上可行、经济上合理、环境和社会可接受的一切措施,来提高能源资源的利用效率。城市整体节能在本书中是指在城市及其周边地区通过可更新能源的应用以及能源的高效使用达到可持续发展和保护气候的目标。

“适应”是生命科学中的一个带有普遍性的概念,英文“Adaptation”一词来源于拉丁文“Adaptatus”,原意是调整、改变,特指对气候的适应。气候适应性在本书界定为对气候适应的特性和能力。适应性设计强调的是当外部条件变化时系统自我反馈和恢复,这恰与补偿性设计相互补充。