

doi: 10.11918/j.issn.0367-6234.2015.06.011

深圳市典型住区热环境特征及其影响因子分析

吴昌广, 夏丽丽, 林姚宇, 王耀武, 龚咏喜, 张文敏

(深圳市城市规划与决策仿真重点实验室(哈尔滨工业大学深圳研究生院), 518055 广东 深圳)

摘要:为进一步明确住区用地强度与城市热环境的关联性,选取深圳市城中村、多层住区、高层住区为研究对象,以Landsat5 TM影像和建筑普查数据为数据源,定量分析了3类住区地表温度特征及其与相关规划建设因子的关联度。结果表明:3类住区均存在不同程度的热岛效应,其中城中村平均热岛强度最大3.53℃,多层住区次之2.62℃,高层住区最小1.60℃;住区地表温度与建筑密度呈正相关,与地表湿度、植被覆盖、建筑平均高度、建筑平均最近邻距离、容积率呈负相关;多元逐步回归分析表明,地表湿度和建筑平均高度是引起城市住区地表温度分异的主导因子。该研究可为城市住区热环境的评估与优化提供理论依据。

关键词:城中村;多层住区;高层住区;热环境;地表温度;深圳市

中图分类号: TU984, X87

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2015)06-0059-04

Analysis on characteristics of thermal environments in typical residential districts and its influencing factors in Shenzhen

WU Changguang, XIA Lili, LIN Yaoyu, WANG Yaowu, GONG Yongxi, ZHANG Wenmin

(Shenzhen Key Laboratory of Urban Planning and Decision Making (Harbin Institute of Technology Shenzhen Graduate School), 518055 Shenzhen, Guangdong, China)

Abstract: In order to have a better understanding of the relationship between residential development and urban thermal environment, three typical residential districts in the downtown area of Shenzhen including high-density city village, multi-storey residential district and high-rise residential district were investigated in this study. The characteristics of land surface temperature (LST) in residential district and its relationship to the parameters of residential development were also quantitatively analyzed using Landsat5 TM and construction census data. The results showed that the heat island effects were observed in these residential districts. The average heat island intensities for high-density city village, multi-storey residential district and high-rise residential district were 3.53℃, 2.62℃ and 1.60℃, respectively. The LST in residential districts was positively correlated with building density, but negatively correlated with surface humidity, vegetation coverage, building average height, building mean nearest neighbor distance and plot ratio. Additionally, the multiple linear stepwise regression analysis indicated that surface humidity and building average height were the major factors for the variations of LST in the residential districts. Au these results will provide valuable information for the quantitative evaluation and optimization of thermal environment in urban residential districts.

Keywords: high-density city village; multi-storey residential district; high-rise residential district; thermal environment; land surface temperature; Shenzhen

收稿日期: 2014-06-06.

基金项目: 国家自然科学基金(51308143); 中国博士后科学基金(2012M520718); 深圳市科技研发基础项目(JCYJ20130325151523015; JCYJ20120615145601342).

作者简介: 吴昌广(1984—), 男, 博士后;
王耀武(1968—), 男, 教授, 博士生导师.

通信作者: 王耀武, wyw@hitsz.edu.cn.

城市住区作为居民日常生活的集中区,其热环境优劣将直接影响着市民生活质量。此外,居住建筑在中国城市建筑中占有很大比重,当前每年新增住宅约占城市房屋增量的70%以上^[1]。可见,揭示城市住区的热环境调控机理不仅可为住区的热舒适优化提供设计依据,而且还能给城市大范

围的热环境改善奠定基础.然而,目前城市热环境研究主要集中在城市尺度上热环境的定量监测^[2]、模拟评估^[3]、影响机制^[4]等方面,而以住区为对象的研究较少,尤其缺乏对住区下垫面介质及其空间结构的热环境效应研究.为了阐明城市住区用地强度与热环境的关系,本文选取深圳市中心区典型住区为研究对象,利用 Landsat5 TM 影像和建筑普查数据,定量分析了不同类型住区的热环境变化特征及其与相关规划建设因子的关联性,以期绿色、生态、节能住区的规划设计提供科学依据.

1 研究方法

1.1 城市住区的样本选取

经过 30 余年城市建设,深圳市既存在大量具有地方特色的城中村住宅,同时也存在形式各异的高端住宅,为城市住区热环境研究提供了丰富样本.本次研究基于 Google Earth 卫星影像在深圳市综合开发建设程度最高的福田、罗湖两个中心区,选取城中村、多层、高层 3 类典型住区作为研究样本,其中城中村 23 个、多层 38 个、高层 32 个.

1.2 住区热环境表征方法

地表温度是环境温度的主体,与大气温度相比具有更高的时空分异性,且受下垫面覆被特征影响更为强烈^[5].因此,本次研究利用地表温度表征城市住区的热环境.本文使用美国地质调查局数据共享网站提供的 Landsat5 TM 影像来提取地表温度,成像时间为 2009 年 10 月 17 日,轨道号为 122/44.查阅深圳市气象站点历史资料,成像前后 5 天全市无降水事件,表明该时刻地表温度稳定满足研究需求.住区地表温度的提取方法及详细步骤见文献[6].

1.3 住区规划建设因子获取

下垫面介质中植被覆盖、地表湿度、人工建筑是影响住区热环境的主要因素.本文从住区规划设计可控视角出发,将上述 3 个影响因素转化为相应的量化参数^[7].利用归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)作为住区下垫面植被覆盖特征,归一化湿度指数(normalized difference moisture index, NDMI)作为住区地表湿度特征;采用建筑密度(building density, D)、容积率(plot ratio, P)、建筑平均高度(building mean height, H),平均最近邻距离(mean nearest neighbor distance, MNN)用于反映住区内部建筑开发强度.其中, MNN 反映住区内部建筑间距,值越大表示建筑分布较离散,反之表示建筑呈团聚分布. NDVI 和 NDMI 由 Landsat5 TM 影像定量反演,详细步骤见文献[6];建筑特

征因子统计来自深圳市规划与国土资源委员会提供的 2009 年深圳市建筑普查数据.

2 结果分析

2.1 住区地表温度特征与用地强度分析

提取 93 个住区的地表温度进行相应统计,如表 1 所示.可以看出,城中村地表平均温度最高,多层住区次之,高层住区最低;各类型住区地表温度标准差均低于 0.8 °C,表明同类型住区的地表温度具有较高一致性.为对比城市住区与自然景观间的热环境差异,将深圳市生态控制线作为自然景观,计算住区热岛强度.由表 1 可见,深圳市 3 类典型住区均呈现出不同程度的热岛效应,城中村平均热岛强度最大 3.53 °C,中层住区次之 2.62 °C,高层住区最小 1.60 °C.上述表明,住区数量增加会促进城市热环境恶化,但不同类型住区具有差异性,如果从减缓城市地表温度上升来讲,建设高层住区将有利于改善城市热环境.

表 1 不同类型住区的地表温度特征统计 °C

住区类型	最低温度	最高温度	平均温度	标准差	平均热岛强度
城中村	28.23	30.94	29.57	0.69	3.53
多层	27.17	29.82	28.66	0.74	2.62
高层	26.62	28.82	27.64	0.58	1.60

注:生态控制线内部地表平均温度为 26.04 °C,平均热岛强度为城市住区与生态控制线的地表温差.

同时,对深圳市 3 类典型住区的植被指数 NDVI、湿度指数 NDMI、建筑密度 D 、容积率 P 、建筑平均高度 H 、建筑平均最近邻距离 MNN 等 6 个规划建设因子进行统计,见表 2.从生态环境来讲,多层、高层住区较好,其 NDVI、NDMI 均明显大于城中村;从建筑特征来看,城中村建筑密度要显著高于多层、高层住区,且呈团聚分布.可见,住区热环境差异很可能受住区用地强度的影响.

表 2 不同类型住区的用地强度特征统计

住区类型	NDVI	NDMI	$D/\%$	P	H/m	MNN/ m
城中村	0.10	0.04	53.12	3.69	20.05	2.21
多层	0.21	0.15	27.34	1.85	18.11	6.79
高层	0.18	0.19	25.62	5.08	50.58	11.42

注:上述特征值为同类型住区的平均值

2.2 住区地表温度与规划建设因子的相关性分析

为直观反映用地强度对住区热环境的影响,将地表温度 LST 与 6 个规划建设因子做散点图分析,同时采用皮尔逊相关系数确定地表温度与各

规划建设因子的相关性. 由图1可见,除建筑密度 D 与住区地表温度呈正相关外,植被指数 $NDVI$ 、湿度指数 $NDMI$ 、容积率 P 、建筑平均高度 H 、建筑平均最近邻距离 MNN 与住区地表温度均呈不同程度负相关.由表3可见,规划建设因子与住区地表温度的密切程度由大到小依次为: $NDMI$ 、 MNN 、 D 、 H 、 $NDVI$ 、 P ,除 P 呈显著相关外,

其余5个因子均达到极显著水平,表明通过调控上述规划建设因子可有效改善住区热环境.但从表3看出,各规划建设因子也并不是孤立存在,如 D 与 $NDMI$ 存在极显著负相关,相关系数达到 -0.843 , MNN 与 $NDMI$ 存在极显著正相关,相关系数为 0.730 ,说明如果仅利用单一因子来解释住区地表温度变化会存在一定不确定性.

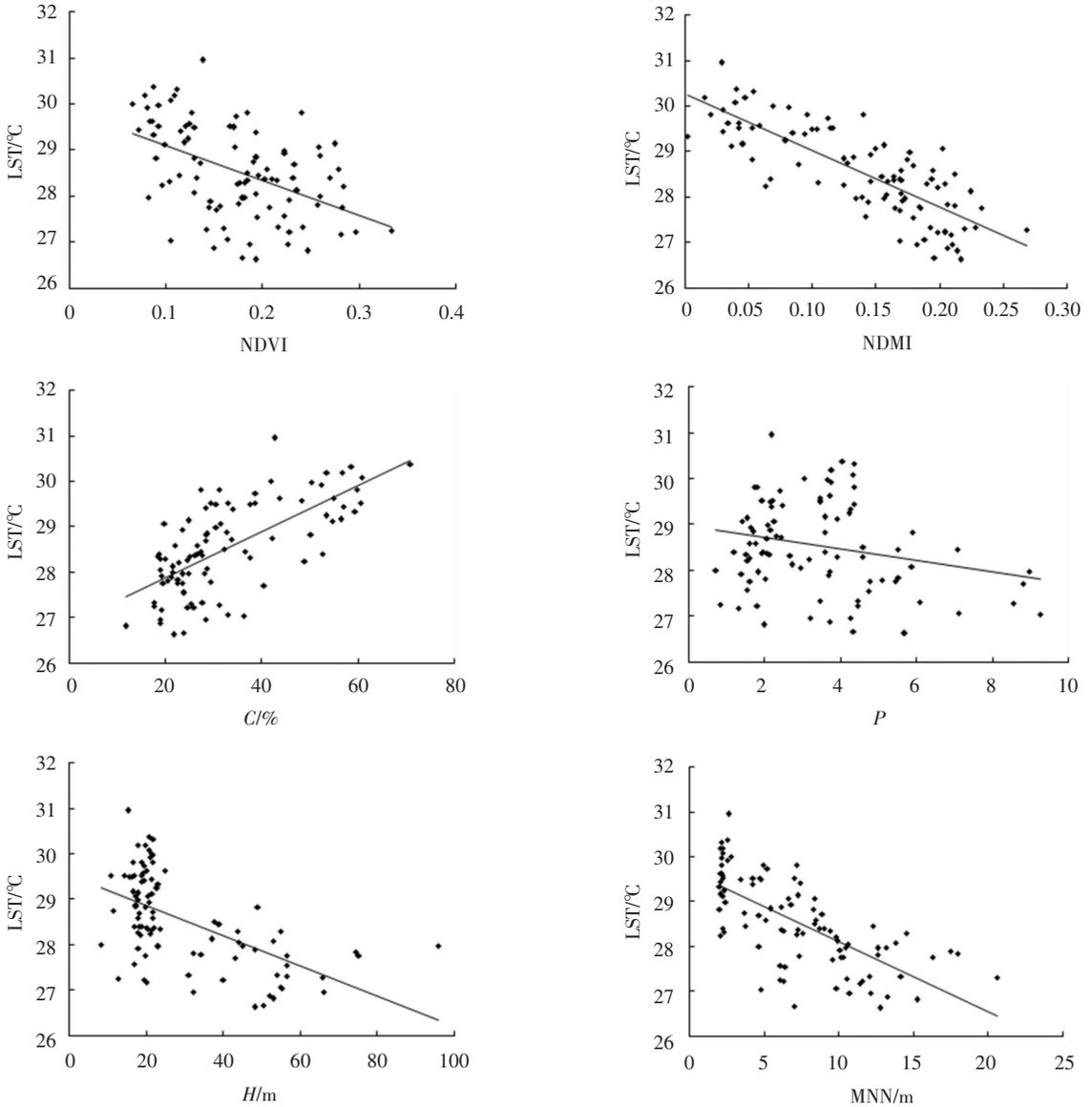


图1 住区地表温度与规划建设因子的散点图

表3 住区地表温度与规划建设因子的相关性分析

影响因子	NDVI	NDMI	D	P	H	MNN	LST
NDVI	1						
NDMI	0.680**	1					
D	-0.737**	-0.843**	1				
P	-0.511**	0.080	0.217*	1			
H	-0.098	0.501**	-0.363**	0.724**	1		
MNN	0.417**	0.730**	-0.726**	0.201	0.659**	1	
LST	-0.475**	-0.803**	0.679**	-0.231*	-0.576**	-0.688**	1

注: * 相关性达到显著水平 $p < 0.05$, ** 相关性达到极显著水平 $p < 0.01$.

2.3 住区地表温度与规划建设因子的多元线性回归

为进一步探讨 NDVI、NDMI、 D 、 P 、 H 、 MNN 等 6 个规划建设因子对住区地表温度的综合效应,先将以上因子和地表温度的原始数据进行标准化处理,以解决各因子间量纲和单位不同造成的影响,然后采用逐步回归法将各因子的标准化数据与地表温度进行多元线性回归,剔除偏回归系数不显著的因子,最终建立“最优”拟合回归方程:

$$LST = -0.687NDMI - 0.232H. \quad (1)$$

式(1)决定系数 $R^2 = 0.685$,并通过了 $p = 0.001$ 水平的显著性检验.由式(1)可看出,与住区地表温度显著相关的 6 个规划建设因子中,仅有 NDMI 和 H 保留下来,说明地表湿度、建筑平均高度是引发深圳市住区地表温度差异的主导因子,地表湿度和建筑平均高度越大,住区地表温度就越低.而从方程回归系数来看,NDMI 对地表温度的影响程度要大于 H .

2.4 不同类型住区的地表温度评估模型构建

为构建不同类型住区的地表温度评估模型,分别对城中村、多层、高层 3 类住区的地表温度与各规划建设因子标准化处理,然后进行逐步多元线性回归分析.由表 4 可以看出,影响城中村地表温度变化的主导因子是 NDMI、 MNN ;影响多层住区地表温度变化的主导因子是 NDMI、 D ;而高层住区地表温度变化的主导因子仅为 NDMI.可见,NDMI 对住区地表温度的解释程度高且最稳健,可作为衡量住区热环境的有效指标.此外,从决定系数 R^2 、 F 值及显著性 Sig 值来看,深圳市 3 类住区的地表温度评估模型均具有显著的线性相关关系,其不仅有利于掌握典型住区地表温度的变化规律,同时对既有住区改造也具有指导意义.

表 4 不同类型住区的地表温度评估模型

住区类型	线性拟合方程	R^2	F	Sig	n
城中村	$LST = -0.51NDMI + 0.38MNN$	0.41	7.01	0.005	23
多层	$LST = -0.45NDMI + 0.34D$	0.52	19.22	0.000	38
高层	$LST = -0.41NDMI$	0.37	5.91	0.021	32

3 结 语

利用卫星影像数据和建筑普查数据定量分析了深圳市 3 类典型住区的热环境特征,并阐明了地表温度与规划建设因子间的关联性.主要结论

如下:不同类型住区均存在一定程度的热岛效应,城中村最高、中层住区次之、高层住区最低;建筑密度与住区地表温度呈显著正相关,地表湿度、植被覆盖、建筑平均最近邻距离、建筑平均高度、容积率均与地表温度呈显著负相关,其中地表湿度与建筑平均高度是影响深圳市住区地表温度的主导因子;对于新住区开发来讲,应尽量增加水体景观以及路面透水性铺装比例提高地表湿度,同时适当增加建筑高度;对于深圳 3 类既有住区的热环境优化,除增加地表湿度外,城中村、多层住区还应该分别对建筑间距、建筑密度进行调控.

本次研究仅将住区划为城中村、多层、高层 3 类,今后可进一步探索不同建筑布局形态下(如行列式、点状式、围合式、混合式)住区地表温度变化,以充实住区热环境的机理分析;此外,受卫星遥感影像存档数据的限制,本次仅选用 2009 年一景 Landsat5 TM 影像进行分析,虽得到了几点有意义的结论,但在未来研究中可能还需通过更多遥感资料对上述结论做进一步验证.同时,区域气候条件对城市热环境有显著影响,本文仅是中国南方城市住区热环境的研究案例,今后应当扩展到不同气候区,从而总结并制定中国城市住区的热环境建设规划指标体系.

参考文献

- [1] 曾艺君,钟军立.基于景观生态学的城市居住区景观设计[J].四川建筑科学研究,2010(4):238-241.
- [2] 陈云浩,李晓兵,史培军,等.上海城市热空间格局分析[J].地理科学,2002,22(3):317-323.
- [3] 江学顶,夏北成.珠江三角洲城市群热环境空间格局动态[J].生态学报,2007,27(4):1461-1470.
- [4] CHEN Xiaoling, ZHAO Hongmei, LI Pingxiang, et al. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes [J]. Remote Sensing of Environment, 2006, 104(2): 133-146.
- [5] 谢苗苗,王仰麟,付梅臣.城市地表温度热岛影响因素研究进展[J].地理科学进展,2011,30(1):35-41.
- [6] 吴昌广,林姚宇,王耀武,等.城市地表热环境季节变化及与下垫面特征关系[J].哈尔滨工业大学学报,2015,47(4):26-30.
- [7] 黎兴强.住房建设规划—编制理论与技术体系研究[M]2版.北京:光明日报出版社,2012.

(编辑 赵丽莹)