doi:10.3969/j.issn.1001-4616.2025.02.004

夏热冬冷地区老旧住区开放空间微气候效应研究
——以南京市为例

郭苏明[1],吴　祎[1],王元元[1],孙梅霞[2]

(1.南京林业大学风景园林学院,江苏 南京 210037)
(2.南京市市政设计研究院有限责任公司,江苏 南京 210008)

[**摘要**]　南京位于夏热冬冷地区,城市住区开放空间的微气候效应能够显著改善冬夏两季的人体舒适度,基于南京城市更新对居住质量的要求,提升住区开放空间微气候效应有现实意义. 本文利用气候模拟软件 ENVI-met 对南京锁金四村、丹桂居和春光里 3 种不同建筑布局的住区的开放空间微气候效应及人体舒适度展开研究,建立典型住区开放空间 ENVI-met 模型,针对开放空间的植物配置、建筑平面围合形态、户外热舒适度 3 个方面,进行空气温度、相对湿度、风速及太阳辐射等气候参数和预期平均热感觉评价的分析. 主要结论有:(1)住区开放空间绿化植被结构、排布的围合程度、树形对微气候存在影响;(2)建筑平面围合形式和空气温度、风速有较强关联性;(3)南京地区夏季开放空间热舒适性较差,需要结合建筑阴影区合理布置活动休憩空间、丰富植物层次,以改善老旧住区开放空间的气候舒适度,满足城市存量更新建设的要求.

[**关键词**]　微气候,老旧住区开放空间,ENVI-met
[**中图分类号**]TU119　[**文献标志码**]A　[**文章编号**]1001-4616(2025)02-0027-11

Research on Microclimate Effects of Open Space in Old Settlements in Hot Summer, Cold Winter Region: A Case Study of Nanjing

Guo Suming[1], Wu Yi[1], Wang Yuanyuan[1], Sun Meixia[2]

(1.College of Landscape Architecture, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)
(2.Nanjing Municipal Design and Research Institute Co., Ltd., Nanjing 210008, China)

Abstract: Nanjing is located in the region of hot summer and cold winter, and the microclimate effect of open space in urban settlements can significantly improve human comfort in winter and summer seasons. Based on the requirements of Nanjing's urban renewal on the quality of living, it is of practical significance to improve the microclimate effect of open space in settlements. In this paper, ENVI-met, a climate simulation software, is used to study the microclimate effect and human comfort of open space in three settlements of different building layouts, namely, Suojinsicun, Danguiju and Chunguangli, in Nanjing. The ENVI-met model of a typical open space in a settlement is set up, and air temperature, relative humidity, wind speed, and solar radiation and predicted mean vote (PMV) are measured in terms of plant configurations of open space, the enclosure morphology of building plan, and the degree of thermal comfort in the outdoor environment. The main conclusions are: (1) The structure of green vegetation of open space in the settlements, the degree of enclosure of the layout and tree shape have impacts on the microclimate. (2) The form of building plan enclosure has strong correlations with air temperature and wind speed. (3) The thermal comfort of open space in summer of Nanjing is poor, and it is necessary to reasonably arrange the activity and rest space in conjunction with the shaded area of the building and enrich the plant level, so as to improve the climatic comfort of open space in old settlements and meet the requirements of urban stock renewal construction.

Key words: microclimate, open space in old settlements, ENVI-met

收稿日期:2023-11-15.
基金项目:国家自然科学基金项目(32371940)、江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD).
通讯作者:郭苏明,博士,副教授,研究方向:建成环境更新、乡村人居环境、风景园林建筑设计及理论. E-mail:gsm1118@163.com

近年来南京极端天气频发,夏季持续高温,城市人居环境品质受到影响. 老旧住区是人口高度集中的生活居地,其空间更新规划是城市存量更新建设的重点,对其在微气候适宜性方面提出住区开放空间更新策略具有现实意义.

微气候是指小范围地方性区域的气候,徐祥德等[1]在《城市化环境气象学引论》中定义微气候为水平范围 0.1~1 km、垂直向上 0.1 km 以内的局部区域的气候. 住区开放空间是承载城市居民日常行为活动的重要场所,包含各级别的住区公共绿地、宅前绿地、广场等,其规模不等,小到 30 m×50 m 的宅前绿地,大到 10 hm^2 以上居住区级的中心绿地[2]. 已有研究证明了城市、居住区中的植物配置模式、建筑平面围合形态等对微气候存在影响,并验证了微气候对人体热舒适度的直接作用. (1)植物对城市微气候的影响. 许多研究表明居住小区绿地的温湿度调控能力主要来自乔木[3-4],乔木冠层的覆盖率、高度及植物的季节性变化会影响太阳辐射强度[5-6],对微气候产生影响. Abdi 等[7]指出植物的不同种植方式对提高室外热舒适有不同效果. 沈欣楠[8]发现乔木+草复合结构的种植降温效果最好. (2)住区建筑平面围合形态对微气候的影响. 研究者普遍认为建筑布局、建筑密度、建筑宽高比、建筑朝向是影响居住区开放空间微气候的重要因素[9-12]. 陈珂珂等[13]探讨了不同建筑布局对居住区内部气温与风速的影响. 王晶晶[14]认为平均风速对围合式住区微气候的影响最为显著. Jiang 等[15]和李超等[16]均发现封闭布局的社区居住的微气候环境表现更好. (3)微气候对人体热舒适度和活动产生直接作用. Eliasson 等[17]利用多元回归的方式分析微气候对人的行为影响. Nikolopoulou 等[18]对微气候要素和人的行为进行数据统计,总结微气候对人的行为活动的影响要素. 赵西平等[19]、王若晨[20]都发现太阳辐射显著影响居民的行为活动,遮阴是夏季居民选择住区室外公共空间活动的关键. 学者还普遍认为,绿地的微气候效应能够显著改善冬夏两季的微气候及人体舒适度,影响人的休闲活力强度[21-24].

学者们的研究证明了植物、建筑围合对住区的微气候有影响,并对人体舒适度产生作用,但研究的对象缺少与现实需要的关联,因此本文立足于南京老旧住区改造的城市更新新要求进行相关研究. 本文以南京市为例进一步分析夏热冬冷地区住区的微气候适应性,旨在总结归纳南京市老旧住区开放空间的形态特征并构建理想模型,运用微气候模拟软件 ENVI-met 模拟各住区模式下的微气候环境和人体户外热舒适度,重点探究夏季植物、建筑平面围合对微气候和热舒适度的综合影响,最后对比模拟结果,具体探究城市形态与城市热环境的关联性,归纳出一般结论,为今后夏热冬冷地区老旧居住区开放空间的规划设计提供微气候效应方面的建议,以期为城市更新的新要求提供理论支持,降低建筑能耗,提升人居环境舒适度和城市规划设计中形态管控的合理性[25].

1 研究对象

南京位于 118.78°E、32.04°N,属于亚热带季风气候,在中国热工分区中划定为夏热冬冷地区. 平均最高温度出现在 6—8 月,12 月—次年 2 月冬季平均温度均在 5 ℃以下. 夏季极端酷热天气频发,极端最高温度出现在 7—8 月,最高可达 37 ℃以上. 南京气候总体呈现“高温、高湿、风速小、气压低”的特点,体感温度偏高.

本文调研的老旧小区均从 2018—2019 年南京市“老旧小区整治工程”名单中选取. 初步筛选的条件为:①住区整体边界规整;②住区内部建筑排列有序、整齐;③住区内部建筑不小于 4 栋. 筛选出符合研究条件的住区共 47 个,开放空间建筑布局模式主要分为行列式(占比 48.94%)、L 型围合式(占比 23.40%)、混合式(占比 21.28%)、不规则围合式(占比 3.20%)、全围合式(占比 2.13%).

研究区域从建筑布局模式占比前 3 的住区中进行筛选,综合考虑其开放空间宽高比、面积规模、空间形状,最终选取锁金四村、丹桂居和春光里 3 个住区,其于南京市的位置分布如图 1 所示. 3 个老旧住区面积均为 300 m×300 m 左右,研究区域由城市道路或自然边界围合的城市区域组成,包括围合住区的道路及其内部的建筑、绿地等,相关信息见表 1.

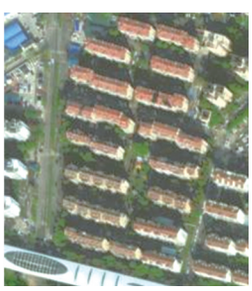


图 1　锁金四村、丹桂居、春光里区位

Fig. 1　Location of Suojinsicun, Danguiju and Chunguangli

表 1　调研住区概况

Table 1　Survey of settlements

住区名称	锁金四村	丹桂居	春光里
平面布局			
建筑类型	多层、小高层	多层	多层
宽高比	1.1	1.4	1.8
空间形状	矩形	矩形	梯形
空间面积	1 140 m^2	1 075 m^2	2 062 m^2
场地照片			

2　研究方法

2.1　软件仿真模拟

2.1.1　模型建立

本次模拟研究选用 ENVI-met4.0 版本,将住区建模范围的图纸以 BMP 格式导入 ENVI-met 软件中作为建模参照底图,按照建筑、植被、下垫面的顺序建模.

混合式住区中,模拟区域为建筑楼层为 1 层、2 层、6 层和 7 层混合的住宅楼组合,楼房高度为 3~21 m,模拟区域范围约为 100 m×120 m,模型三维空间的网格数设置为 60×80×30,分辨率为 d_x = 2 m、d_y = 2 m、d_z = 2 m;行列式住区的建筑为 6 层的多层住宅楼组合,楼房高度为 18 m,模拟区域范围约为 175 m×120 m,模型三维空间的网格数设置为 100×80×30,分辨率为 d_x = 2 m、d_y = 2 m、d_z = 2 m;L 型围合式住区的建筑为 6 层的

多层住宅楼组合,楼房高度为 18 m,模拟区域范围约为 294 m×204 m,模型三维空间的网格数设置为 100×100×30,分辨率为 d_x=3 m、d_y=3 m、d_z=2 m.

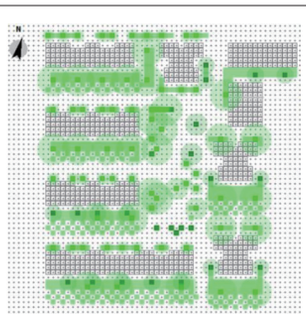
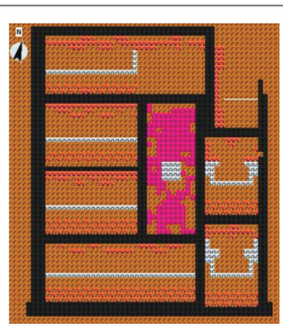
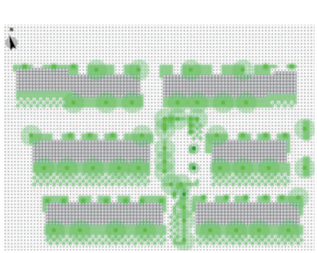
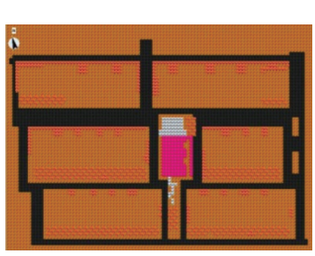
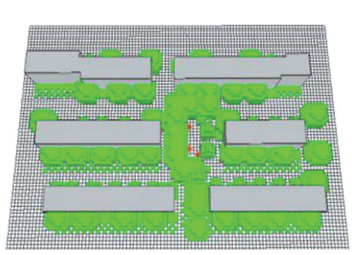
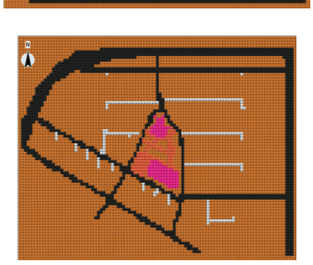
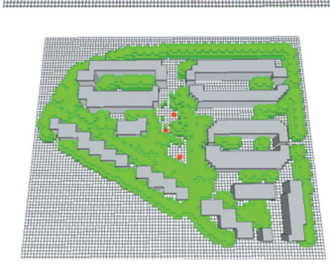
ENVI-met 植物数据库包含丰富的植物模型,这些模型由不同的叶面积密度(leaf area density,LAD)和根面积密度(root area density,RAD)进行定义. 本文基于南京老旧住区的实测调研发现,植被种类包含乔木、灌木和草地,常绿乔木以雪松、桧柏、香樟、桂花、棕榈、女贞、广玉兰为主,落叶乔木以银杏、三角枫、鸡爪槭、栾树、白玉兰居多. 从植物数据库中挑选需要使用的乔木植物模型,对于 ENVI-met 中没有找到的植物模块,选用近似模块来代替,低矮植物统一使用代码为 XX 的草坪代替. 下垫面包含人工和自然下垫面,人工下垫面包括地砖(KK)、沥青路面(ST)、红漆沥青路面(AR)、灰色水泥路面(PG)等,自然下垫面主要为土壤(00),均选用 ENVI-met 软件中的预设参数. 最终,3 个住区的建模平面、下垫面材质和建模 3d 图如表 2 所示.

2.1.2　边界条件设置

在软件的 ENVI-guide 模块中输入场地的边界条件,包括场地所在的地理位置、模拟日的气象条件和土壤条件等. 模拟时间为 7:00—17:00,共模拟 10 h.

表 2　住区开放空间 ENVI-met 建模图

Table 2　ENVI-met modelling diagram for open spaces in settlements

住区类型	建模平面图	下垫面材质	建模 3d 图
混合式住区开放空间			
行列式住区开放空间			
L 型围合式住区开放空间			

2.2　户外热舒适度分析

户外热舒适度是人性化评价室外微气候环境的关键性指标. 户外热舒适度影响因素复杂,涉及温度、湿度、太阳辐射、风速等室外气象参数,并与人体活动、衣着、心理、地域等人为因素有关. 常用的户外热舒适度指标类别繁多,如有效温度、标准有效温度、预测平均评价等. 本文选取广泛使用的预测平均评价(predicted mean vote,PMV)指标,该指标综合考虑空气温度、空气流速、相对湿度、平均辐射温度等气象因素和人体代谢率、衣服热阻等人体生理热参数,具有较高的参考意义[26],本文使用 ENVI-met 中的 BIO-met 模块进行计算.

3　实验结果与分析

ENVI-met 软件可直接导出模拟时段内各个整点时刻的气象数据,本文选取 9:00、12:00、16:00 3 个时

间作为典型代表分析上午、正午和傍晚的空气温度、相对湿度、风速、太阳辐射等微气候状况. 人体户外热舒适度通过导出南京夏季一天中最热的 14:00 的 PMV 分布图分析得到.

3.1 混合式住区开放空间微气候

混合式住区开放空间微气候模拟如图 2 所示.

(1)空气温度. ①建筑平面布局对温度有较大影响. 最低温度出现在西北侧较为密集的板式建筑宅间区域,最高温度出现在点式建筑间距较大、空间开阔的东南侧区域,表明板式建筑阴影降温效果较好,点式建筑背风面降温效果较差;②乔木配置方式对空气温度有一定影响. 对比乔木覆盖率相似但乔木配置模式不同的位置的温度模拟可知,正午时影响更明显,因为太阳高度角在此时间段逐渐升高,中午大乔木形成大面积遮阴;③不同规格乔木的降温效果不同. 大小不同的乔木种植位置的同时刻最大温度差值达 0.43 ℃,乔木丛植的降温增湿效果优于乔木点植.

(2)相对湿度. 高湿区和低温区基本吻合,位于东西向长、南北向短的板式建筑阴影区及乔木密集区. 南北向建筑 D/H(建筑间距/建筑高度)相同,东西向较长的建筑组团间空间湿度有所降低,是由于较长板式建筑风影区面积较大,风速减少,形成高温低湿. 这表明相同 D/H 的板式建筑之间的宅间开放空间的相对湿度和板式建筑东西长度有关,通过减少过长板式建筑的东西长度,能减少风影区,有效增加高湿区.

(3)风速. 混合式住区开放空间风速值在行人高度 1.4 m 处最高为 0.36 m/s,最小处无风. 夏季盛行风对小区内部温度的扩散影响较大,风向流经区域温度明显降低. 空间围合形态对风速有较大影响:①矩形开放空间东南侧区域风速较大,该区域建筑围合程度较弱;②西北侧建筑迎风面局部形成拐角风,局部风速偏高.

(4)太阳辐射. 中午时刻,开放空间内部除了部分植物覆盖区域,其他区域太阳辐射照度均较大. 大小乔木丛植区域具有较大面积的照度低值区,表明小乔木与大乔木组合配置在太阳辐射强烈的时间段能提供较大面积的纳凉阴影区.

混合式住区开放空间热舒适度 PMV 模拟如图 3 所示. 研究区域行人高度 1.4 m 处 PMV 值主要集中于 2.94~5.54,中位值为 4.65. PMV 值小于 3.72 的区域占开放空间的 65%,受建筑和绿化遮阴的影响,舒适性相对较好. PMV 值在 3.72~3.98、4.24~4.50 的区域占 25%. PMV 值大于 4.50 的区域占 10%,主要分布于露天沥青铺装区域.

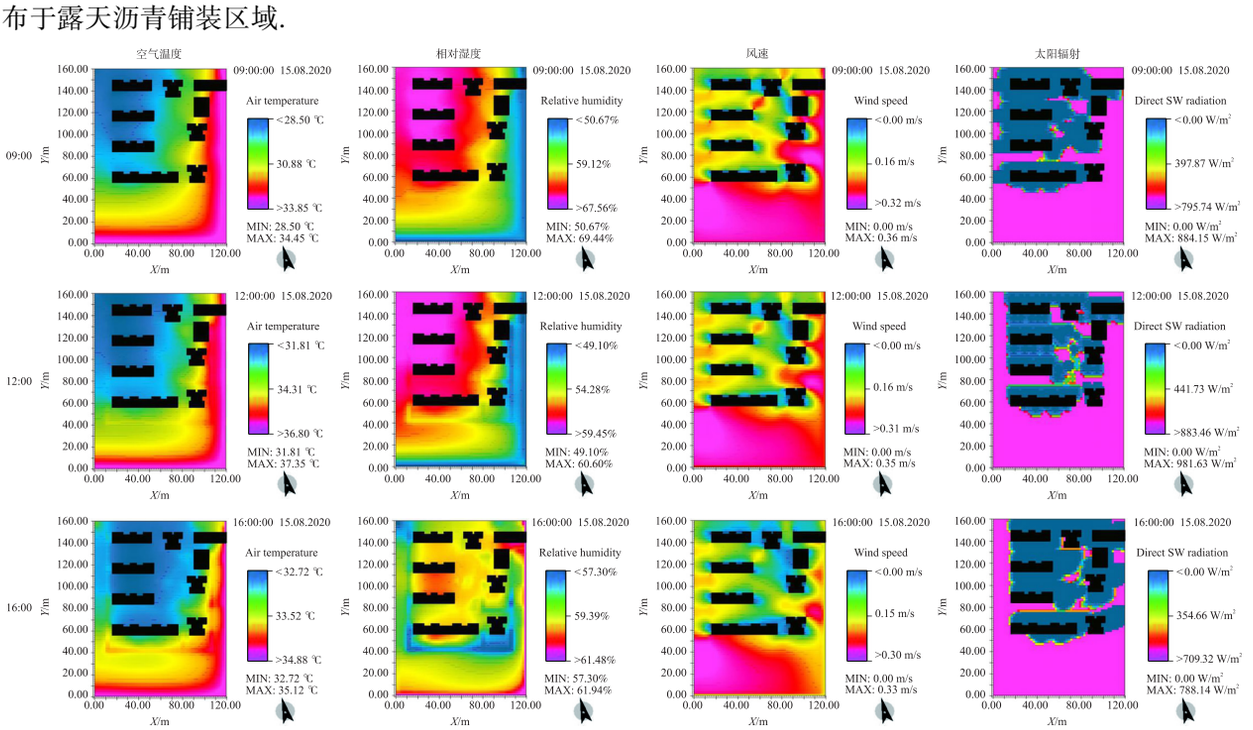


图 2 混合式住区开放空间各时刻微气候模拟

Fig. 2 Microclimate simulation of open space in mixed settlements at various times

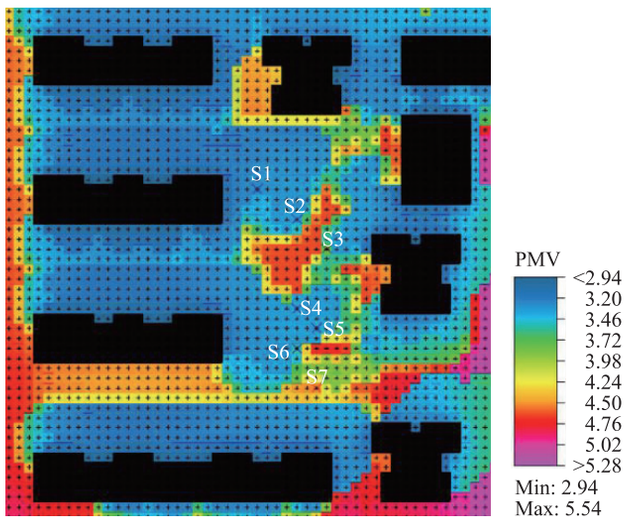


图 3　混合式住区开放空间 14:00 的 PMV 模拟

Fig. 3　PMV simulation of open space in mixed settlements at 14:00

3.2　行列式住区开放空间微气候

行列式住区开放空间微气候模拟如图 4 所示.

(1)空气温度. 12:00 时,最高温度为 33.69 ℃,最低温度为 29.77 ℃,空气温度变化相对平稳. 西北侧板楼间距较小,板楼阴影基本重叠,不足以让土地和建筑吸收大量热量,导致开放空间蓝色区域由西北角向东南角递进,出现相对低温区域.

(2)相对湿度. 相对湿度从上午至下午自西北侧向东南向扩大. 12:00 时相对湿度的最大值为 53.32%,最小值为 39.20%,最大湿度差值为 14.12%. 可以看出,高湿度(相对湿度>49.65%)区域与低温度区域相吻合,这与混合式住区开放空间中得出的结论一致.

(3)风速. ①行列式开放空间内部风速变化不大,在各时间段风速差异较小,但由于建筑狭窄地带的狭管效应,不同位置风速呈现“建筑街道出入口>宅间开放空间>组团内部开放空间”的特征;②中间建筑错排,迎风向形成开口,使气流进入建筑组团中心,在开放空间内部形成平衡的微风环境,有效减小建筑背风面漩涡和无风区域. 但板式建筑过宽,迎风面气流通过时在建筑两侧角隅产生强气流,建筑两侧角隅风速变化较快,形成角隅效应.

(4)太阳辐射. 9:00 时模拟区域内太阳辐射照度在 0~886.41 W/m^2,开放空间阳光直射的灰色水泥和红漆沥青硬质铺装的太阳辐射照度最高,北侧和东侧乔木遮阴下的太阳辐射照度最低. 不同绿化配置模

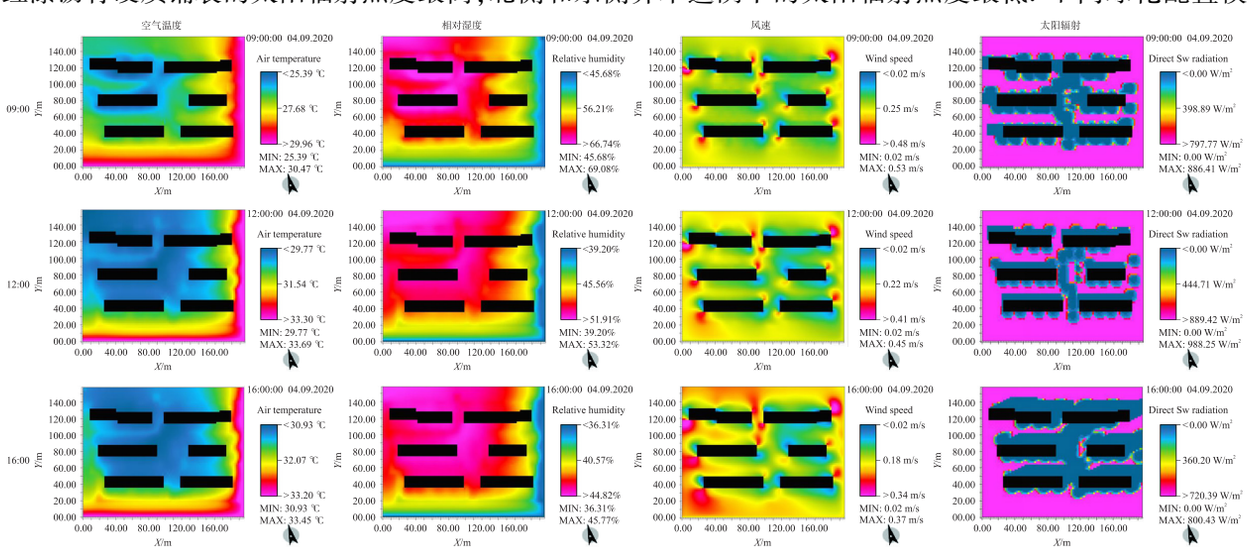


图 4　行列式住区开放空间各时刻微气候模拟

Fig. 4　Microclimate simulation of open space in row-type settlements at various times

式提供不同的遮阴效果,其对应位置的太阳辐射照度呈现“间距小的乔灌木行列式种植<间距大的乔灌木行列式种植<乔木点植<灌木种植”的特征,草地植被对太阳辐射照度无削弱影响.

图 5 为行列式住区开放空间在南京夏季最热的 14:00 时 PMV 模拟图. 模拟区域行人高度 1.4 m 处的 PMV 值在 2.17~4.75,中位值为 3.98. 开放空间内西侧及北侧 PMV 值较低,在 2.17~3.19,这是由于建筑东西向较长,形成建筑阴影区空间,且场地西北面拥有绿化遮阴,因此舒适性相对较好,占开放空间 70%. PMV 值在 3.68~4.71 的舒适性较差的区域占开放空间 25%,主要分布于露天红色沥青铺装区域.

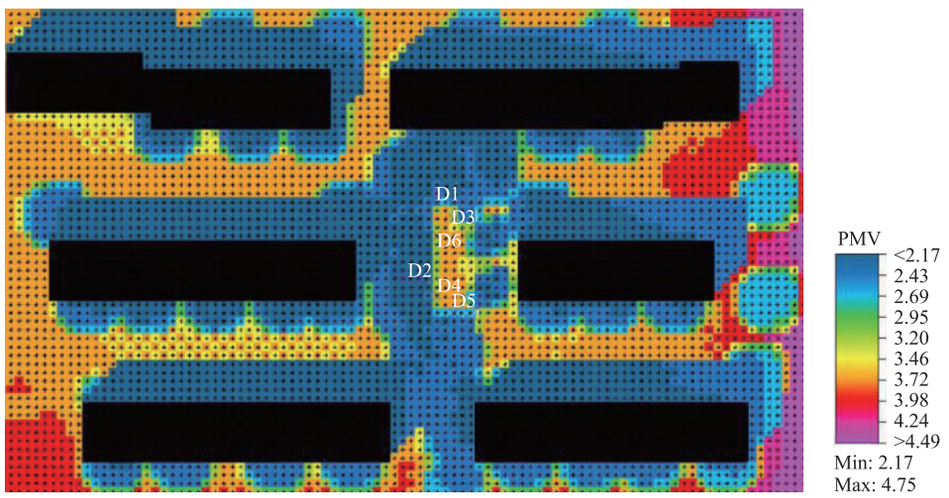


图 5　行列式住区开放空间 14:00 的 PMV 模拟

Fig. 5　PMV simulation of open space in row-type settlements at 14:00

3.3　L 型围合式住区开放空间微气候

L 型围合式住区开放空间微气候模拟如图 6 所示.

(1)空气温度. L 型围合式住区开放空间 12:00 时的最高温度为 26.10 ℃,最低温度为 22.70 ℃,气温差值为 3.40 ℃. 对比 3 种建筑围合模式的住区开放空间温度可以看出,L 型围合式住区开放空间整体温度较高,尤其是上午时段,温度模拟图中红色、黄色等高温区域较多.

(2)相对湿度. L 型围合式住区开放空间整体相对湿度呈现先减小后增大的趋势. 总体而言,其相对湿度较低,随着周边建筑的围合程度变化而变化,围合程度越高,围合面积越大,相对湿度则越高.

(3)风速. ①L 型围合式住区开放空间在 3 个时刻的风速差异不大. 建筑迎风面的建筑侧通道之间风

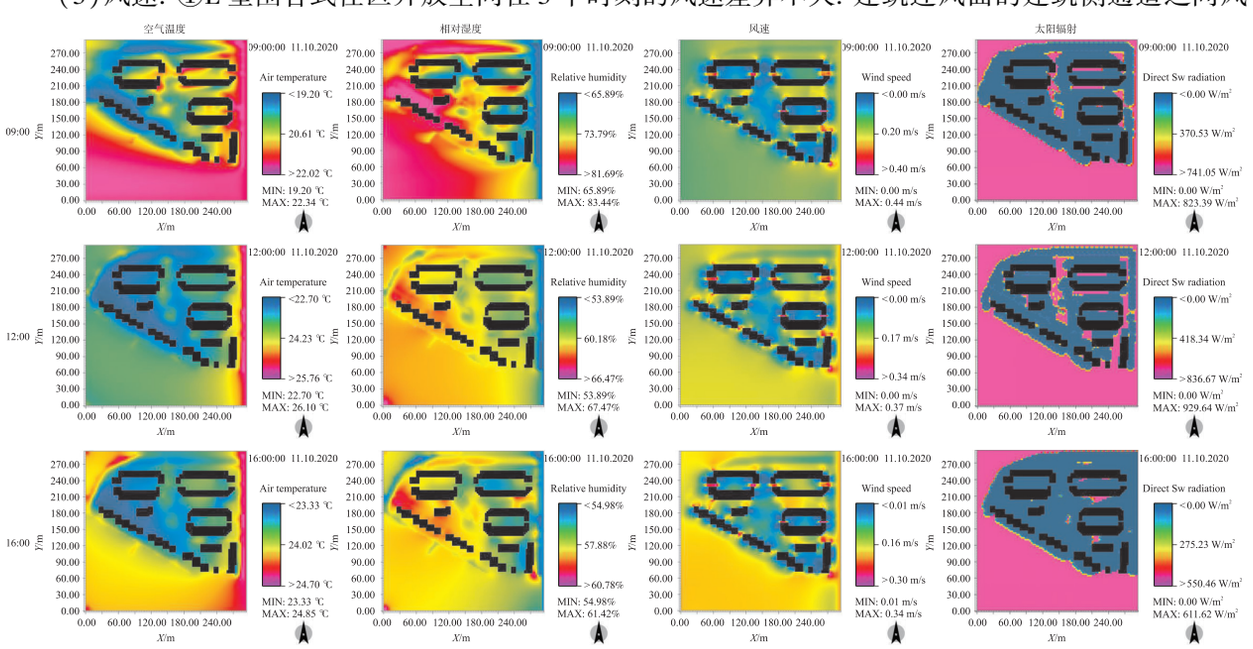


图 6　L 型围合式住区开放空间各时刻微气候模拟

Fig. 6　Microclimate simulation of open space in L-enclosing settlements at various times

速明显增大,12:00 时,建筑侧通道风速达 0.34 m/s,进入建筑群内部宅间开放空间风速降至 0.06 m/s. ②与其他 2 种住区开放空间对比,L 型围合式住区开放空间整体风速较小,风影区面积较大.

(4)太阳辐射. 太阳辐射在 12:00 达到最高,此时在行人高度 1.4 m 处太阳辐射照度最高值为 929.64 W/m^2. 遮阴状况较好的区域的太阳辐射普遍较低.

L 型围合式住区开放空间热舒适度 PMV 模拟如图 7 所示. PMV 值为 0.59~2.62,中位值为 2.10. 热舒适评价较差的区域集中分布于开敞的硬质铺装区域,该区域温度、太阳辐射照度均较高,相对湿度较低,导致 PMV 值较高,热舒适度评价较好的区域为开放空间的东侧绿地地块.

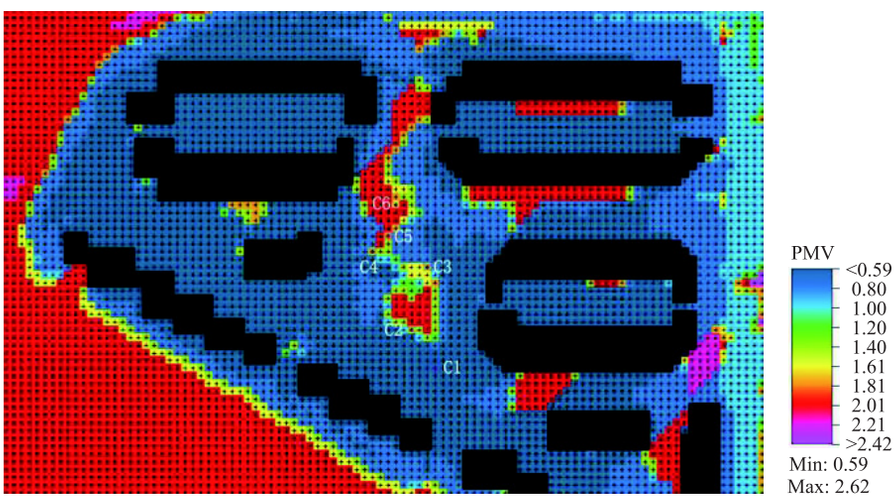


图 7　L 型围合式住区开放空间 14:00 的 PMV 模拟

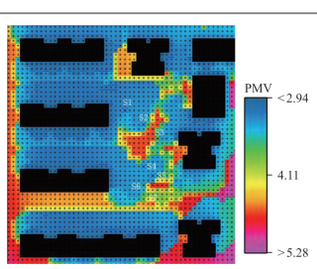
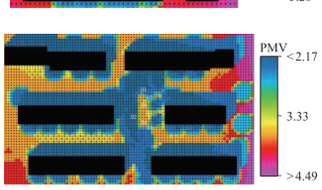
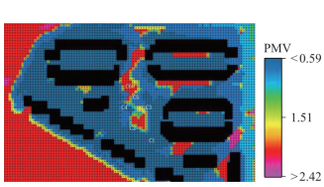
Fig. 7　PMV simulation of open space in L-enclosing settlements at 14:00

3.4　实验结果讨论

为比较 3 种形式住区开放空间的各项微气候指标和人体热舒适度,并考虑到开放空间场地范围内不同点位的 PMV 值相差较大,因此在其中分散均匀布置测点,分别导出其在下午最热 14:00 的 PMV 分布图以及相关微气候数值,如表 3 所示.

表 3　3 种住区开放空间 14:00 的微气候对比分析

Table 3　Comparative analysis of microclimate of three types of open spaces in settlements at 14:00

住区类型	测点位置及 PMV 分布图	测点	有无乔木遮阳	下垫面材质	风速/(m/s)	温度/℃	相对湿度/%	平均辐射温度/℃	PMV 值
混合式住区开放空间		S1	有	一般土壤	0.11	33.51	17.67	40.48	3.30
		S2	有	红漆沥青路面	0.10	33.72	17.73	41.15	3.38
		S3	无	红漆沥青路面	0.09	33.82	17.77	47.04	3.79
		S4	无	灰色混凝土路面	0.14	33.80	17.76	41.10	3.38
		S5	无	一般土壤	0.15	33.93	17.79	40.86	3.36
		S6	无	红漆沥青路面	0.13	33.85	17.76	40.73	3.35
		S7	无	红漆沥青路面	0.15	34.03	17.74	59.85	4.54
行列式住区开放空间		D1	有	灰色混凝土路面	0.15	31.12	12.21	40.39	2.76
		D2	有	红漆沥青路面	0.13	31.12	12.20	38.99	2.67
		D3	无	灰色混凝土路面	0.14	31.23	12.19	54.68	3.53
		D4	无	红漆沥青路面	0.17	31.30	12.17	53.82	3.51
		D5	有	红漆沥青路面	0.19	31.32	12.16	43.46	2.97
		D6	无	灰色混凝土路面	0.16	31.24	12.18	53.58	3.48
L 型围合式住区开放空间		C1	有	红漆沥青路面	0.08	23.87	10.42	28.79	2.53
		C2	有	红漆沥青路面	0.09	24.09	10.39	43.32	4.13
		C3	无	砖路	0.09	24.07	10.50	45.60	2.88
		C4	有	砖路	0.08	24.09	10.44	43.58	4.07
		C5	无	砖路	0.09	24.12	10.41	56.25	4.11
		C6	无	红漆沥青路面	0.09	24.28	10.39	49.94	4.18

混合式住区开放空间7个测点中,受到乔木遮挡的测点温度明显低于无乔木遮挡的测点,且受到乔木遮挡的测点风速在0.09~0.11 m/s,无乔木遮挡的测点风速在0.14~0.15 m/s,乔木遮阳率影响风速. 乔木高度、冠幅对风速也有一定影响,可导致风速相对降低0.02~0.06 m/s. PMV已经达到"十分热~极热"的级别,夏季开放空间热舒适水平较差. 可以发现,乔木遮阳测点S1区域风速值和PMV值相对较低,人体热舒适性相对较好. 测点S3、S5和S7区域的热舒适度较差,实际住区开放空间中S5和S7有景观构筑物遮阴,ENVI-met模拟中不能再现尺度过小的景观构筑物,因此测点S5和S7的实际热舒适度应比模拟结果好.

行列式住区开放空间内各监测点模拟风速在0.13~0.19 m/s. 建筑错排产生的开放空间风向为东南向,宅间开放空间风向均为东西向,和建筑走向一致,表明建筑排列形式影响风向. 平均辐射温度T_{mrt}最高达54.68 ℃,最低达38.99 ℃. 14:00时,建筑阴影区未涉及开放空间,此时行人高度1.4 m的树阴下T_{mrt}比太阳直射下的红漆沥青硬质铺地低25.56 ℃,太阳直射下的草坪区域T_{mrt}比硬质铺地低1.62 ℃,相对于硬质铺地和草坪,树阴使人行高度下的T_{mrt}降低23.94~25.56 ℃. T_{mrt}与PMV值呈现较强相关性. 在14:00时,树阴下PMV值比太阳直射下的红色沥青硬质铺装区域低1.31,并且针叶形松树树阴下PMV值比阔叶形栾树树阴下PMV值高0.09,阔叶形树阴下人体热舒适性更好.

L型围合式住区开放空间中,比较不同覆盖度区域的微气候指标发现,覆盖度低的区域的局部风速和平均辐射温度较高,差值分别约为0.015 m/s和27.46 ℃,表明不同覆盖度的空间环境局部微气候有差异,覆盖度对平均辐射温度的影响较明显. PMV指标中,6个监测点中只有C1的PMV值最接近"舒适"区间,但也达到了2.53. 监测点C2、C5、C6的PMV值较高,均大于4,达到了"极热"的指标,测点C3较好一些.

同一时间范围内,混合式住区开放空间的PMV值在3.30~4.54,行列式住区开放空间的PMV值在2.67~3.53,L型围合式住区开放空间的PMV值在2.53~4.18,均属于夏季微气候热舒适度较差的区间.

综上分析,从植物配置对微气候的影响来看,住区开放空间绿化植被结构、排布的围合程度、树形对微气候均存在影响:(1)混合式、行列式住区开放空间植被栽植结构以大小乔木丛植、乔木列植和乔木点植3种形式为主,大小乔木组合配置能在太阳辐射强烈的时间段提供较大面积的纳凉阴影区,降温增湿效应由大到小依次为大小乔木丛植、乔木列植、乔木点植;(2)植被排布的围合程度对太阳辐射照度有显著影响,间距小、布局紧凑的乔灌木行列式种植有效遮阴面积较大,其次为乔木点植遮阴、灌木遮阴,草地植被对太阳辐射照度无削弱影响;(3)植物群落越复杂且围合程度越高,遮阴挡风效果越好. 不同树形有效遮阴面积由大到小依次为伞形树冠、球形树冠、塔形树冠.

建筑平面围合模式也对其开放空间的微气候产生较大影响. 空气温度变化幅度由大到小依次为混合式、L型围合式、行列式,其中,行列式住区开放空间内温度相对平稳. 混合式住区开放空间温度模拟结果由大到小依次为点式建筑背风区域、点式建筑宅间区域、板式建筑宅间区域,且建筑间距越大,空气温度相对越高,湿度反之,并且在白天建筑西北侧区域降温增湿效果比东南侧区域更好. 不同建筑方位的风速有差异,风速由大到小依次为建筑街道出入口、宅间开放空间、组团内部开放空间.

从户外人体热舒适度的角度看,3个典型住区开放空间夏季热舒适度优劣顺序为:L型围合式住区开放空间、混合式住区开放空间、行列式住区开放空间. L型围合式住区开放空间高宽比略大,和其他2个住区开放空间相比更开敞,且局部区域有较大的绿化片区,所以夏季微气候热舒适度更好.

3.5 问题与建议

本文基于ENVI-met软件模拟分析得出南京市老旧住区开放空间的共性问题和改造提升建议. 3个老旧住区开放空间的绿化以点植的植物配置方式为主,遮阴范围小,热环境较差;下垫面反照率低,温度较高. 建议将原有点植乔木的下垫面扩大形成草地片区,在冬季主频风向上设计起伏地形,加种小灌木和挡风效果较好的柏树,形成"乔-灌-草"植物配置结构,在夏季东南风上风口以"乔木-草地"结构为主,减少中层植物,留出通风廊道,增加开放空间整体风速. 下垫面材质采用反照率高的铺装材质,降低局部地表温度,相同热辐射下,反照率越高的下垫面吸收太阳辐射的热量越小. 在太阳直射无遮阴的活动空间避免使用大面积反照率低、储热能力好的下垫面材质.

针对3种不同布局模式住区的特征,其开放空间环境更新提升需要注意:

(1)混合式住区开放空间. 混合式住区布局具有板式建筑和点式建筑混合排布的特征,因此其内部不

同位置的气候效应区别较大. 目前的设计存在开放空间长时间阳光区和长时间阴影区空间功能划分不合理的问题. 基于板式建筑阴影降温效果较好、点式建筑背风面降温效果较差的结论,应对场地空间阴面和阳面进行合理的规划,长时间阳光区布置主要活动空间,长时间夏季阴影区布置休憩设施,长时间阴影区设置小范围休憩空间或种植耐阴性植被,便于后期管理养护.

(2)行列式住区开放空间. 行列式布局是板式建筑普遍的布局模式,平面布局规整有序,有较好的景观规整性. 这种布局模式,容易在板式建筑之间形成狭管效应,巷道出入口风速较大. 建筑错排,迎风向形成开口,使气流进入建筑组团中心,在开放空间内部形成平稳的微风环境,有效减小建筑背风面漩涡和无风区域,应合理控制开放空间和巷道的距离,减少角隅效应的影响.

(3)L 型围合式住区开放空间. L 型围合式住区也以板式建筑为主,但排布方式不完全平行,导致封闭性较强,因此该住区的热环境、风环境都较差,更易产生热岛效应. 在居住区开放空间的改造中应特别注意植物种植的密度,采用高大且分枝点较高的乔木以改善通风效果,并且大乔木形成大面积遮阴,避免使用灌木丛植.

4　结论

在城市气候问题日益加剧和城市更新重在“提品质”的新时代要求下,探究城市老旧住区开放空间的微气候效应具有现实意义. 通过归纳总结和 ENVI-met 模拟分析,主要得到如下结论:(1)南京市老旧住区的建筑布局形态的模式中,行列式、混合式、L 型围合式住区开放空间是最普遍的形式;(2)南京市老旧住区开放空间的绿化植被结构、排布的围合程度、树形对微气候存在影响;(3)建筑物平面特征和空气温度、风速有较强关联性;(4)夏季的户外人体热舒适度与开放空间开敞性、绿化片区紧密相关;(5)南京地区夏季开放空间热舒适性较差. 在今后的老旧住区开放空间更新中,应充分利用夏季建筑一般阴影区,结合休憩设施、高反照率下垫面、耐阴性植被,打造适合老年人乘凉静坐、休憩聊天的适宜微气候空间. 建筑日照区拥有良好的日照条件,适合开展户外活动,应结合运动设施、可调节式遮阳设施、不同的乔木配置形式,营造微气候适宜的主要活动空间. 针对不同形态的住区进行更有针对性和差异性的改造,以此提升人居环境舒适度,减少建筑能耗,并改善城市局部热环境,满足城市存量更新建设的要求.

[参考文献]

[1] 徐祥德,汤绪. 城市化环境气象学引论[M]. 北京:气象出版社,2002.

[2] 陈涛. 寒地周边式布局住区开放空间舒适度优化策略[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2013.

[3] 李英汉,王俊坚,陈雪,等. 深圳市居住区绿地植物冠层格局对微气候的影响[J]. 应用生态学报,2011,22(2):343-349.

[4] 岳小智,尹海伟,孔繁花,等. 基于 ENVI-met 的绿地布局模式对微气候的影响研究:以南京市居住小区为例[J]. 江苏城市规划,2018(3):34-40.

[5] 张德顺,王振. 高密度地区广场冠层小气候效应及人体热舒适度研究:以上海创智天地广场为例[J]. 中国园林,2017,33(4):18-22.

[6] 李坤明,张华静,赵立华. 基于经验热舒适指标的湿热地区居住区室外空间景观要素优化配置研究[J]. 建筑科学,2020,36(10):158-166.

[7] ABDI B,HAMI A,ZAREHAGHI D. Impact of small-scale tree planting patterns on outdoor cooling and thermal comfort[J]. Sustainable cities and society,2020,56:102085.

[8] 沈欣楠. 不同景观要素对老城区室外微空间微气候及热舒适的影响研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2020.

[9] 林满,王宝民,刘辉志. 广州典型小区微气候特征观测与数值模拟研究[J]. 中山大学学报(自然科学版),2015,54(1):124-129.

[10] 王燕飞,王一波,吕良. 夏热冬冷地区城市住宅区气候适应性规划设计比较研究[J]. 工业建筑,2018,48(7):49-53.

[11] 李晗,吴家正,赵云峰,等. 建筑布局对住宅住区室外微环境的影响研究[J]. 建筑节能,2016,44(3):57-63.

[12] 吴云霄,李华军,董仕萍,等. 重庆市公园 7 种植物群落结构对夏季微气候的改善效果[J]. 西部林业科学,2007(2):75-79.

[13] 陈珂珂,梁涛,甘义猛,等. 建筑和绿化布局对郑州市居住区小气候的影响[J]. 河南农业大学学报,2016,50(5):674-682.

[14] 王晶晶. 基于 ENVI-met 的上海老小区景观微气候分析与绿地空间韧性改造策略研究[D]. 上海:上海应用技术大学,2020.
[15] JIANG Y,WU C,TENG M. Impact of residential building layouts on microclimate in a high temperature and high humidity region[J]. Sustainability,2020,12(3):1046.
[16] 李超,杨鑫. 基于数值模拟的社区建筑排布对小气候环境影响研究[J]. 城市建筑,2021,18(11):56-59.
[17] ELIASSON I,KNEZ I,WESTERBERG U,et al. Climate and behaviour in a Nordic city[J]. Landscape and urban planning,2007,82(1):72-84.
[18] NIKOLOPOULOU M,STEEMERS K. Thermal comfort and psychological adaptations as a guide for designing urban spaces[J]. Energy and buildings,2003,35(1):95-101.
[19] 赵西平,许亘昱,吴扬,等. 南宁市夏季住区室外公共空间小气候对居民活动的影响研究[J]. 建筑科学,2018,34(8):18-24.
[20] 王若晨. 几何形态对街道夏季热环境影响的模拟分析[D]. 北京:北京建筑大学,2020.
[21] 晏海,王雪,董丽. 华北树木群落夏季微气候特征及其对人体舒适度的影响[J]. 北京林业大学学报,2012,34(5):57-63.
[22] 张明娟,卫笑,苏晓蕾,等. 南京市不同结构植物群落在冬夏两季的微气候调节作用[J]. 生态学杂志,2019,38(1):27-34.
[23] 赵晓龙,卞晴,赵冬琪,等. 寒地城市公园春季休闲体力活动强度与植被群落微气候调节效应适应性研究[J]. 中国园林,2018,34(2):42-48.
[24] 卫笑,郝日明,张明娟,等. 树冠空间结构对微气候影响的模拟[J]. 浙江农林大学学报,2019,36(4):783-792.
[25] 吴子豪,童滋雨. 城市形态空间格局与城市热环境关联性研究:以南京市为例[J]. 南京师大学报(自然科学版),2022,45(2):16-25.
[26] 茅艳. 人体热舒适气候适应性研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2007.

[责任编辑:丁　蓉]