北京林业大学学报
JOURNAL OF BEIJING FORESTRY UNIVERSITY

宅旁绿化对北京市建筑冬季日照的影响

刘芳妮 尹豪 刘芝若

Impact of greening around residential buildings on winter sunlight in Beijing

Liu Fangni, Yin Hao, Liu Zhiruo

引用本文:
刘芳妮, 尹豪, 刘芝若. 宅旁绿化对北京市建筑冬季日照的影响[J]. 北京林业大学学报, 2024, 46(2):114-122. doi: 10.12171/j.1000-1522.20230056
Liu Fangni, Yin Hao, Liu Zhiruo. Impact of greening around residential buildings on winter sunlight in Beijing[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2024, 46(2):114-122. doi: 10.12171/j.1000-1522.20230056

在线阅读 View online: https://doi.org/10.12171/j.1000-1522.20230056

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

居住区绿地中生长残损植物研究——以北京为例
Study on the damaged plants in green space of residential area:case study in Beijing
北京林业大学学报, 2017, 39(10): 101-108. https://doi.org/10.13332/j.1000-1522.20170310

居住区楼间绿化对建筑采光条件影响的数字模拟研究
Numerical simulation study on the influence of greening between buildings on sunlight conditions of building in residential area
北京林业大学学报, 2020, 42(12): 101-114. https://doi.org/10.12171/j.1000-1522.20200039

2006—2016年间北京五环内居住区绿地树种组成变化
Change of tree species composition in green area of residential quarter within the Fifth Ring in Beijing from 2006 to 2016
北京林业大学学报, 2018, 40(7): 9-17. https://doi.org/10.13332/j.1000-1522.20170381

城市居住区绿地小微尺度下垫面构成对环境微气候的影响
Effects of micro scale underlying surface type and pattern of urban residential area on microclimate: taking Beijing as a case study
北京林业大学学报, 2021, 43(10): 100-109. https://doi.org/10.12171/j.1000-1522.20200256

机器学习技术在风景园林中的应用进展与展望
Application progress and prospect of machine learning technology in landscape architecture
北京林业大学学报, 2021, 43(11): 137-156. https://doi.org/10.12171/j.1000-1522.20200313

基于生态系统服务功能模拟演算的绿色空间规划框架
Construction of green space planning framework based on ecosystem service function simulation: a case study of shallow mountain area in Beijing
北京林业大学学报, 2019, 41(11): 125-136. https://doi.org/10.13332/j.1000-1522.20190149

DOI:10.12171/j.1000−1522.20230056

宅旁绿化对北京市建筑冬季日照的影响

刘芳妮　尹　豪　刘芝若
（北京林业大学园林学院，城乡生态环境北京实验室，北京 100083）

摘要:【目的】当前中国居住区存在植物遮挡建筑，造成建筑日照不足的问题。通过软件数字模拟分析探究植物对建筑日照的影响，能为居住区的植物景观营造提供科学依据，也可为进一步探讨人居环境改善的实施途径提供参考。**【方法】**以北京板式多层住宅为参照建立理想楼间模型，根据实地调研获取的植物形态结构参数构建冠层模块单元，使用 Ecotect Analysis 软件分析其对建筑日照的影响。**【结果】**(1)楼间及楼旁约 40°夹角范围内的植物冠层均会对建筑日照产生影响，楼间绿地植物对建筑日照的影响显著高于楼旁绿地，二者的影响在垂直方向上皆表现为高层位置显著高于低层位置，在水平方向上的影响规律则较为复杂。(2)对建筑宅旁空间进行日照影响敏感性分级，敏感性Ⅰ级(敏感)、Ⅱ级(一般敏感)、Ⅲ级(不敏感)区域分别占空间总体积的 10.2%、56.2%、33.6%。(3)敏感性Ⅰ级区域不适合植物冠层存在，直接影响建筑日照达标；Ⅱ级区域的冠层分布影响建筑立面的总日照时数，存在影响 2 层及以上楼层日照时数达标的可能性；Ⅲ级区域的植物冠层不会对建筑日照产生影响。**【结论】**(1)相比楼旁绿地，楼间绿地的植物冠层对建筑日照产生的影响更为广泛，且楼间绿地植物冠层的影响效果显著高于楼旁绿地。(2)楼间及楼旁绿地的植物冠层对建筑日照的影响存在着复杂的空间关系，不同位置的植物冠层对建筑日照影响的程度及范围呈现出较大差异性。(3)不同的日照敏感分区对于植物种植具有不同的要求。该区域内(Ⅰ级，Ⅱ级)植物冠层会影响到建筑日照时数，需谨慎进行植物景观的设计与管理。

关键词：风景园林；居住区绿地；种植设计；日照分析
中图分类号：TU986　**文献标志码：**A　**文章编号：**1000−1522(2024)02−0114−09
引文格式：刘芳妮，尹豪，刘芝若. 宅旁绿化对北京市建筑冬季日照的影响［J］. 北京林业大学学报，2024，46(2)：114−122.
Liu Fangni, Yin Hao, Liu Zhiruo. Impact of greening around residential buildings on winter sunlight in Beijing［J］. Journal of Beijing Forestry University, 2024, 46(2): 114−122.

Impact of greening around residential buildings on winter sunlight in Beijing

Liu Fangni　Yin Hao　Liu Zhiruo
(School of Landscape Architecture, Beijing Laboratory of Urban and Rural Ecological Environment, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract:［**Objective**］At present, plants in residential areas in China are shading buildings, causing the problem of insufficient sunlight in buildings. Exploring the influence of plants on building sunlight through software numerical simulation analysis can provide a scientific basis for the construction of plant landscapes in residential areas, and can also provide a reference for further discussion on the implementation of ways to improve the living environment.［**Method**］Taking the slab multi-storey residential buildings in Beijing as an example, an ideal building model was established. The basic unit of canopy spatial distribution was constructed according to the plant survey data obtained in the previous study. The impact on building sunshine was explored by Ecotect analysis software.［**Result**］(1) The plant canopy within the 40° included angle between the building and the side of the building will have an impact on the building sunshine. The impact of plants in the green space between the buildings on the building sunshine was significantly higher

收稿日期: 2023−03−10　**修回日期:** 2023−10−19
基金项目: 北京市共建项目(编号 2019GJ-03)，北京林业大学热点追踪项目(2022BLRD05)。
第一作者: 刘芳妮。主要研究方向：风景园林规划与设计。Email：liufangni@bjfu.edu.cn　地址：100083 北京市海淀区清华东路 35 号。
责任作者: 尹豪，博士，教授。主要研究方向：风景园林规划与设计。Email：yinhao@bjfu.edu.cn　地址：同上。
本刊网址: http://j.bjfu.edu.cn；http://journal.bjfu.edu.cn

than that of the green space beside the building. Both of them showed that the high-rise location was significantly higher than the low-rise location in the vertical direction, and the impact law in the horizontal direction was more complex. (2) The sensitivity classification of sunlight impact was carried out for the space next to the building. The sensitivity level Ⅰ (sensitive), level Ⅱ (generally sensitive) and level Ⅲ (insensitive) areas accounted for 10.2%, 56.2% and 33.6% of the total space volume, respectively. (3) The sensitive level Ⅰ area was not suitable for the existence of plant canopy, which directly affected the building's sunshine compliance. The canopy distribution of level Ⅱ areas affected the total sunshine hours of building facades, and there was a possibility of affecting the sunshine hours of the second floor and above. The canopy distribution of level Ⅲ areas will not affect building sunshine. [**Conclusion**] (1) Compared with the green space next to the building, the plant canopy of the green space between the buildings has a wider impact on the building sunshine, and the impact effect is also significantly higher. (2) There is a complex spatial relationship in the influence of plant canopies on building sunshine, and the degree and scope of the influence of plant canopies on building sunlight in different positions show great differences. (3) Different sunshine-sensitive zones have varied requirements for planting. The plant canopy in this area (level Ⅰ, level Ⅱ) will affect the sunshine hours of the building, and the design and management of plant landscape should be carefully carried out.

Key words: landscape architecture; residential green space; planting design; sunshine analysis

建筑日照对于室内灭菌消毒、空气质量改善[1]等方面具有积极作用，且与人类生理[2−4]及心理健康[5]密切相关。城市化进程带来的用地紧张导致住宅建筑密度急剧增长，对建筑日照造成的负面影响日益凸显[6]，日照不达标现象普遍存在于我国各类型居住区中[7]，障碍物遮挡是造成建筑日照不足的主要原因，冬季尤其严重[8]。多位学者对世界各国的建筑日照标准进行了对比与总结[9−12]，在规划建设层面着眼于调整建筑单体形态及布局形式等对日照条件进行改良[13−15]。居住区绿地的植物显著影响建筑日照条件[16]，居民日照权因绿地植物遮挡而受到进一步侵害。由于影响日照，与建筑过近的树木遭到修剪或砍伐。

近年来，准确性与高效性兼备的专业日照分析软件在数量和质量上不断提升，并广泛应用于城市居住区建筑规划设计中[17]。而日照模拟分析技术在居住区绿地景观设计领域研究较少，一般局限于建筑对场地日照环境的影响[18−19]，缺少植物对建筑日照影响方面的研究。借助软件数字模拟技术，探讨宅旁绿地植物对建筑日照的影响规律，能为居住区的植物景观营造提供科学依据，也可为进一步探讨人居环境改善的实施途径提供参考，具有较高的重要性及必要性。

1　研究对象与方法

1.1　研究对象

1.1.1　北京城市住宅的基本情况

（1）中国城镇住宅建设发展。中国城镇住宅随不同社会经济发展阶段经历了一系列形式演变。1949 年建国后，我国在苏联经验基础上展开对城镇住宅建设的探索实践，单元式住宅大量兴起[20]。60—70 年代受社会运动影响，住宅标准有所降低，建设研究发展缓慢。1979 年改革开放后经济复苏，城镇住房制度改革使住宅功能和质量逐步完善和提高，相关规范标准及理论研究逐渐深入。20 世纪 90 年代至今，随着市场经济的发展，住宅类型更加多样，居住环境不断优化[21]。

（2）基本建筑类型及布局形式。以高度作为划分指标，住宅建筑类型一般可分为低层、多层及高层 3 类[22]，多层住宅（4 ~ 6 层）及高层住宅（7 层及以上）是北京市居住区中的主要建筑形态[23]。尽管当前高层住宅在新建住宅中的比重不断上升[24]，但多层住宅始终占据重要地位。以平面形态作为划分指标，住宅建筑类型一般可分为板式及塔式 2 类。

北京市居住区最常用的布局模式主要包括行列式（包括并列式、错列式、斜列式）、围合式及混合式 3 种类型。其中板式住宅小区普遍为行列式布局，塔式住宅小区则多为围合式布局，这是我国城市居住区建设在多年的规划设计实践中所形成的常规模式（图 1）。

1.1.2　日照分析对象确定

随着城市更新进程的加速，我国对居住区环境质量日益重视。出于关注并改善民生、构建和谐社区、提升城市形象等需要，科学化的老旧小区改造成为了我国当下重要的城市建设任务。行列式布局的板式多层住宅小区是北京市早期住房建设的重要建

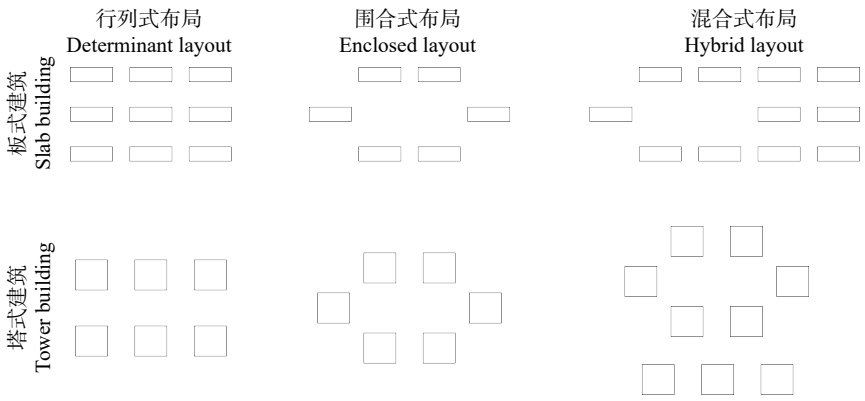


图 1 北京市居住区常见布局形式

Fig. 1 Common layout patterns of residential areas in Beijing

筑形式，也是当前老旧小区改造的主要对象，且对于研究植物和建筑日照之间的关系具有普遍性，因此本研究最终确定以板式多层住宅为日照分析对象，通过软件数字模拟分析探究植物对建筑日照的影响，具有较高的普适意义。

1.2 研究方法

1.2.1 理想楼间模型

（1）建筑尺寸。以板式多层住宅为例建立理想建筑模型，基于 GB50096—2011《住宅设计规范》[25]和北京市多层住宅建筑基本数据调研统计，设定住宅建筑层数为 6 层、层高 2.80 m、建筑室内外地坪高差 0.45 m；楼体长度 60 m、宽度 12 m。本研究不考虑建筑屋顶、外墙及附属物等复杂形体，忽略开窗方式、护栏或纱窗等多种因素干扰，忽略建筑立面复杂凹凸形式造成的自遮挡现象，将其简化为立方体的形式进行建模分析。

（2）建筑朝向。北京市属于夏热冬冷地区，住宅建筑以正南朝向为主；其次为南偏东朝向建筑较少，偏斜角度一般为 50°以下，集中于 10°～20°；南偏西朝向建筑极少，偏斜角度一般为 20°以下。本研究不考虑朝向对建筑日照条件的影响，将建筑均设定为正南朝向。

（3）建筑间距。行列式布局的板式住宅小区通常根据国家规定的日照间距对建筑间距进行控制。GB50180—2018《城市居住区规划设计标准》[26]（以下简称《居住区设计标准》）规定，正南朝向建筑日照间距（D）计算公式为

$$D = (H - H_1) \cdot (\tan h)^{-1}$$

式中：h 为太阳高度角（北京大寒日太阳高度角 29.7°）；H 为前幢房屋女儿墙顶面至地面高度（m）；H_1 为后幢房屋窗台至地面高度（我国现行设计规范中一般将 H_1 取值固定为 0.90 m）。

根据计算结果，将高度 17.25 m 的理想建筑间距设置为 28.66 m，相较于日照间距系数法更为精确。

1.2.2 植物冠层单元

植物对于光照的影响主要来自于树冠，因而植物个体或群体的冠层体量、空间位置和通透性对阳光的遮挡直接影响建筑的受光情况。因此本研究将绿地植物冠层拆分为多个单元，并将其作为日照模拟分析的基本单位，分析其所处的空间位置对建筑日照的影响。

（1）植物冠层单元大小。作者在前期研究中对北京市海淀区、朝阳区和西城区的 15 个住宅小区进行实地调研并获得了各类植物形态结构参数[16]。北京市居住区绿地常用乔木平均冠幅为 4.8 m，据此将冠层单元平面尺寸设置为 5 000 mm × 5 000 mm。为便于对应不同楼层进行日照情况对比，将冠层空间单元高度设置为 2 800 mm，与建筑层高相同（图 2）。

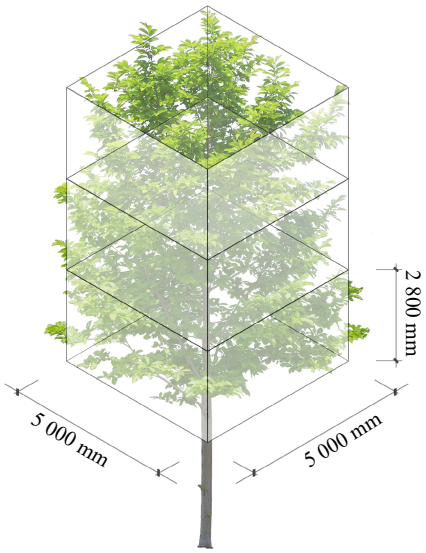


图 2 植物冠层单元

Fig. 2 Plant canopy unit

（2）冠层单元疏透度。前期研究中利用相机拍摄与计算机 Photoshop、Image-Pro Plus 软件处理相结合的方式，计算得到了单体植物树冠疏透度[16]，其数值分布在 0～1 之间（0 为不透光，1 为全透光）。调

研结果显示，北京市居住区绿地常用木本植物树冠疏透度主要介于 0.15 ~ 0.85，常绿树的树冠疏透度一般为 0.15（油松 *Pinus tabuliformis* 为 0.65）；其余落叶树的树冠疏透度均分布在 0.45 ~ 0.85 范围内，显著高于常绿树。据此将冠层单元疏透度设定为平均值 0.5 进行模拟分析，对应居住区绿地常用落叶树如白蜡（*Fraxinus chinensis*）、馒头柳（*Salix matsudana* ‘Umbraculifera’）等。

1.2.3　日照数字模拟分析

（1）日照分析软件选择。由于各日照分析软件自身特点不同，相应的适用范围也有所差别。多项对比分析结果表明[27–29]，相较于其他日照分析软件，Ecotect Analysis 软件仿真分析功能广泛全面、操作简明灵活，广泛应用于国内外居住区规划设计研究中[30–31]。该软件与本研究匹配性更高，且其精度可以满足研究要求。

（2）日照分析依据。《居住区设计标准》中对住宅建筑日照有明确规定[26]：作为第 II 气候区的大城市，北京市需满足大寒日（日照标准日）建筑底层窗台面（日照时间计算起点）08:00—16:00（有效日照时间带）日照时间不低于 2 h 的日照标准。据此将本研究的日照模拟计算时间段设置为 2022 年 1 月 20 日（大寒日）08:00—16:00。

（3）日照分析方法。结合北京地理区位条件，在 Ecotect Analysis 软件中设置气象数据参数模拟日照条件。推演植物冠层单元处于楼间不同空间位置时对建筑立面日照情况的影响，且与无绿化的空白样本模型进行对照（图 3），总结植物影响建筑日照的一般规律。为便于呈现不同楼层日照的受影响情况，将建筑受光面划分为 2 800 mm × 2 800 mm 的分析网格。

2　结果与分析

2.1　植物冠层单元的空间位置对建筑日照的总体影响

《居住区设计标准》中指出，居住区规划设计时应结合不同住宅建筑形态及布局方式设置绿地，主要包括集中绿地和宅旁绿地两种形式。出于用地限制等原因，行列式布局的板式住宅小区较少具备集中绿地，其绿地布局多以规则的宅旁绿地的形式出现，根据其与建筑的空间位置关系可分为楼间绿地与楼旁绿地。且集中绿地与住宅之间通常有一定距离，对建筑日照影响较小，因此本研究重点探讨居住区宅旁绿地植物对建筑日照的影响，包括楼间绿地和楼旁绿地。

2.1.1　楼间绿地植物对建筑日照的影响

按照设定的植物冠层单元大小对楼间区域进行划分（图 4），暂不考虑植物冠层超出建筑高度的部分（前期调研表明，除毛白杨（*Populus tomentosa*）外，北京市居住区常见树木平均高度皆低于 6 层住宅建筑高度），分析冠层单元处于楼间不同空间位置时对建筑南侧立面日照产生的影响。

用建筑立面总日照时数的减少比例（%）来表示楼间每个冠层单元对建筑日照的影响。日照分析数据结果分布在 0 ~ 1.50% 范围内，将其分为 0、0 ~ 0.25%、0.25% ~ 0.50%、0.50% ~ 0.75%、0.75% ~ 1.00%、1.00% ~ 1.25%、1.25% ~ 1.50% 共 7 个区间，用不同颜色表示其影响程度高低（图 5、6）。

分析结果表明：①植物冠层位置越高，对建筑日照影响越大；6 层高度的冠层对建筑日照产生最大范围的影响；而且，植物冠层的空间位置越是靠近北

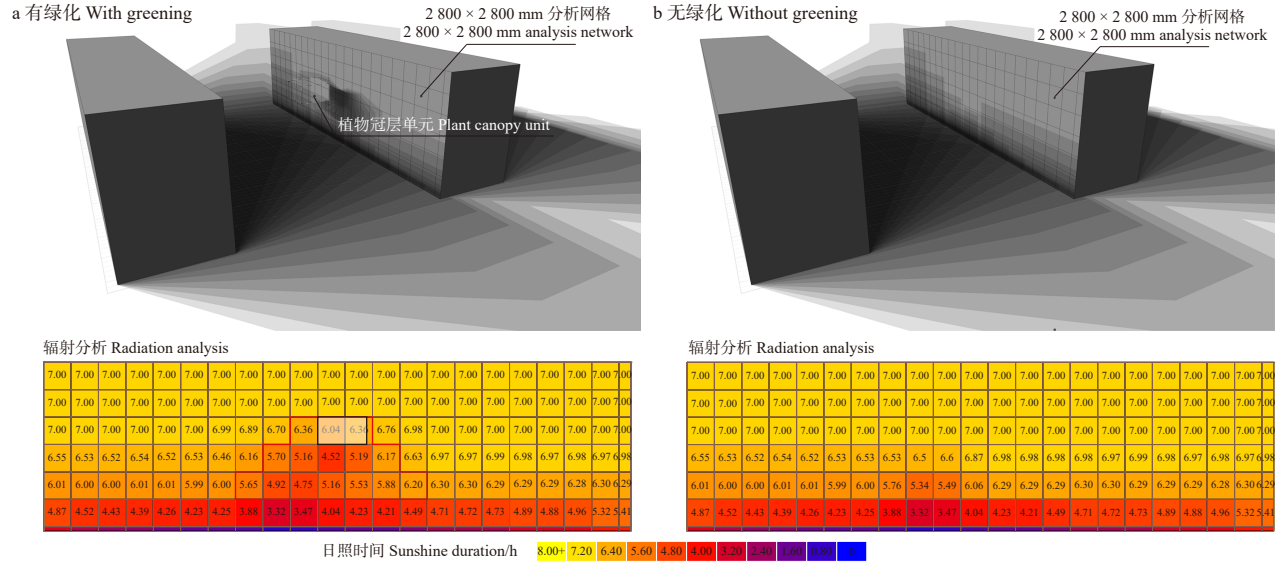


图 3　Ecotect Analysis 软件日照分析比对方法

Fig. 3　Sunshine analysis and comparison method of Ecotect Analysis software

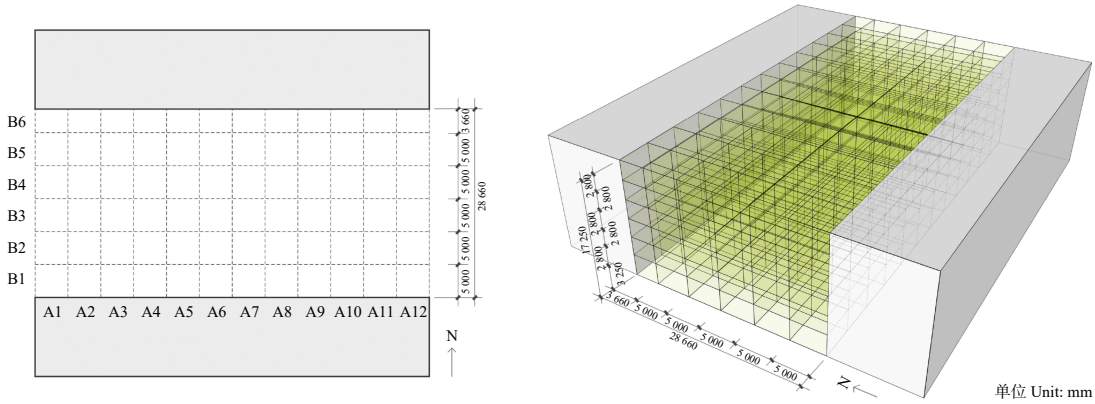


图 4 根据植物冠层单元划分楼间区域

Fig. 4 Dividing the inter building area according to the plant canopy unit

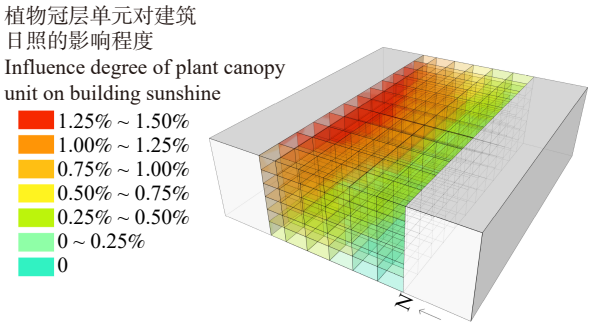


图 5 楼间植物冠层单元空间位置对建筑日照的影响程度

Fig. 5 Influence degree of spatial location of plant canopy unit in the inter building area on building sunshine

部，对建筑日照的影响越大。②植物冠层位置较低时，楼间绿地东西两端的植物对建筑日照的影响大于中部区域的植物(图 6，1 ~ 2 层)；当植物冠层位置逐渐升高时，中间靠北区域的植物产生的影响逐渐增大(图 6，3 ~ 6 层)。③南部区域低层位置的树冠处于建筑阴影区，其对建筑日照的影响不具有独立性；随着位置的升高，植物冠层的影响逐渐增大，到 6 层位置影响最大。

2.1.2 楼旁绿地植物对建筑日照的影响

居住区规划中板式住宅东西两侧的窄长绿地称为楼旁绿地。调研表明北京市居住区板式住宅建筑侧面间距一般为 15 ~ 20 m，本研究按照设定的冠层单元大小对楼旁 20 m 宽度范围内的区域进行划分(图 7)，不考虑植物冠层超出建筑高度的部分，分析植物冠层单元处于楼旁不同空间位置时对建筑南侧立面日照产生的影响。

用建筑立面总日照时数的减少量(‰)来表示楼旁每个冠层单元对建筑日照的影响，日照分析数据结果分布在 0 ~ 4.0‰范围内，将其分为 0、0 ~ 0.5‰、0.5‰ ~ 1.0‰、1.0‰ ~ 2.0‰、2.0‰ ~ 3.0‰、3.0‰ ~ 4.0‰共 6 个区间，用不同颜色表示其影响程度高低(图 8、9)。

分析结果表明：①楼旁绿地的植物冠层对建筑日照的影响程度显著低于楼间绿地，楼旁绿地最高影响 4.0‰，楼间绿地最高影响 1.5%；对建筑日照的

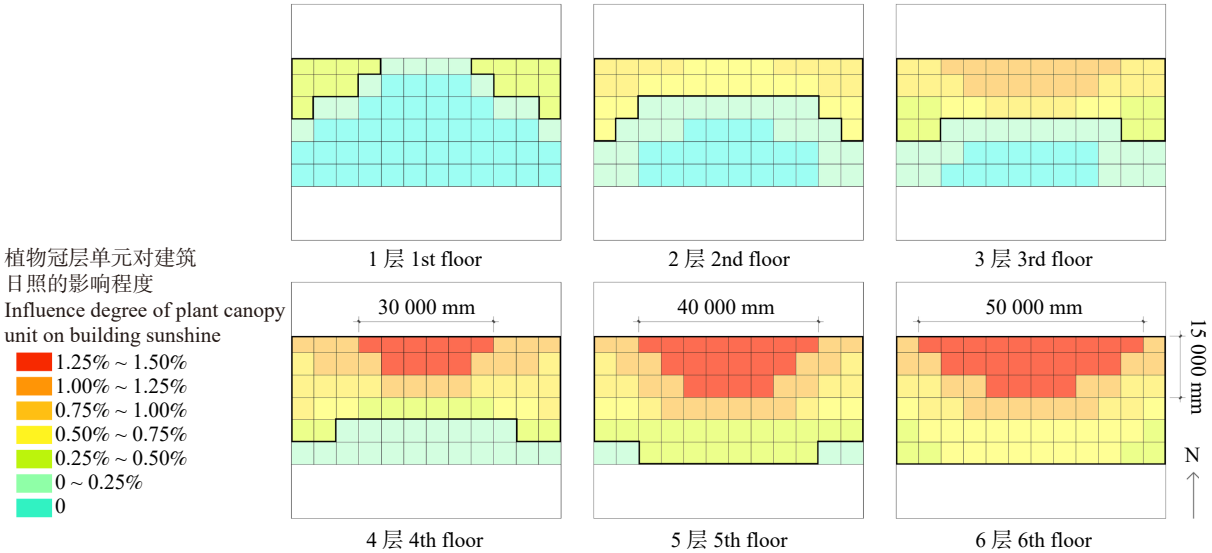


图 6 楼间各楼层高度的植物冠层单元对整体建筑日照的影响

Fig. 6 Influence of plant canopy unit at each floor height in the inter building area on building sunshine

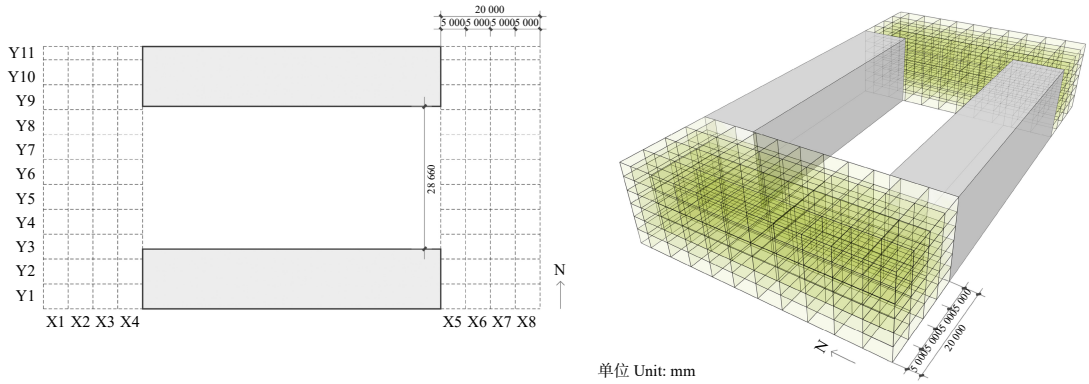


图 7　根据植物冠层单元划分楼旁区域

Fig. 7　Dividing the area next to the building according to the plant canopy unit

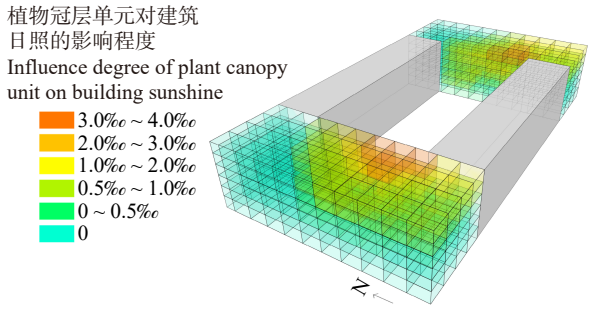


图 8　楼旁植物冠层单元空间位置对建筑日照的影响程度

Fig. 8　Influence degree of spatial location of plant canopy unit in the area next to the building on building sunshine

影响范围显著低于楼间绿地，主要影响到距楼体东西两端 22.4 m 范围以内区域的日照，主要分布在 3 层及以下位置(图 10)。②楼旁绿地大部分区域的植物冠层不会影响建筑南立面日照，产生影响的植物冠层主要分布在绿地内侧与建筑水平夹角约 40° 的垂直投影范围内，该区域栽植的树木对建筑日照会有潜在影响。③与楼间绿地的研究结果相同，植物冠层位置越高，对建筑日照的整体影响越大；3 层高度以上冠层的影响逐渐增大，6 层高度的冠层对建筑日照的影响最大(图 9)；主要集中在南部的内侧区域，距离建筑南侧受光面 20 ~ 30 m 之间。

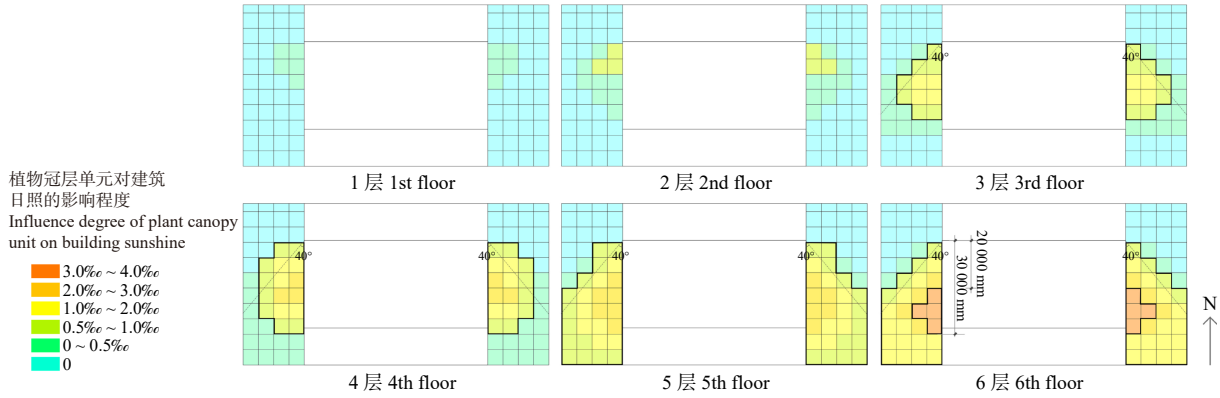


图 9　楼旁各楼层高度的植物冠层单元对整体建筑日照的影响

Fig. 9　Influence degree of plant canopy unit at each floor height in the area next to the building on building sunshine

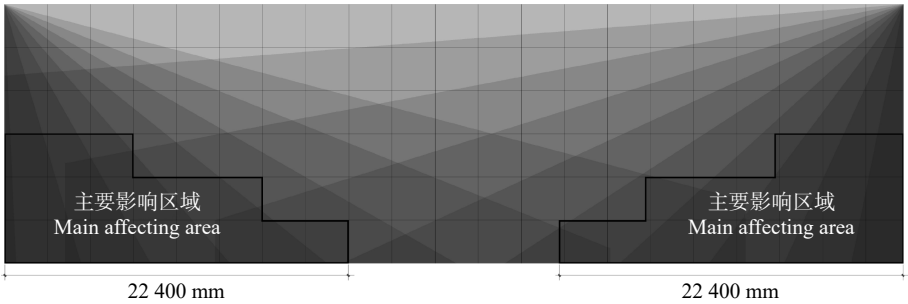


图 10　楼旁植物冠层对建筑立面日照的影响

Fig. 10　Influence of plant canopy in the area next to the building on the sunshine of building facade

2.2 植物影响建筑日照的敏感性分区

参照《住区设计标准》中的规定，北京地区大寒日在建筑底层窗台面日照时数达到 2 h 时，则底层以上全部楼层住户均能满足日照标准。在居住区规划建设中，出于土地节约利用的目的，板式住宅小区的建筑布局一般按照最小日照间距系数设置建筑距离。因此，其底层窗台面日照时数通常刚好达到日照时数标准，楼层越高日照条件则越好。在此情况下，如果绿地内的植物对底层建筑日照产生影响，极易造成无法满足建筑日照标准。因此，本研究将可能对建筑底层日照产生影响的空间范围称为日照影响敏感区。

以植物冠层单元为基本空间单位，依照北京大寒日太阳高度角与方位角，对建筑南侧楼间、东西两侧 20 m 范围内的区域进行日照分析（空域总体积为 71 746 m³，其中包括楼间 29 663 m³及楼旁 42 083 m³）。逐一运算求取植物冠层单元影响建筑日照的区域（图 3），综合运算结果将影响底层窗台面日照的植物冠层单元划分为敏感区（Ⅰ级），对楼体其他部分日照产生影响的植物冠层单元划为一般敏感（Ⅱ级），其余区域划为不敏感（Ⅲ级）。结果如图 11 所示。

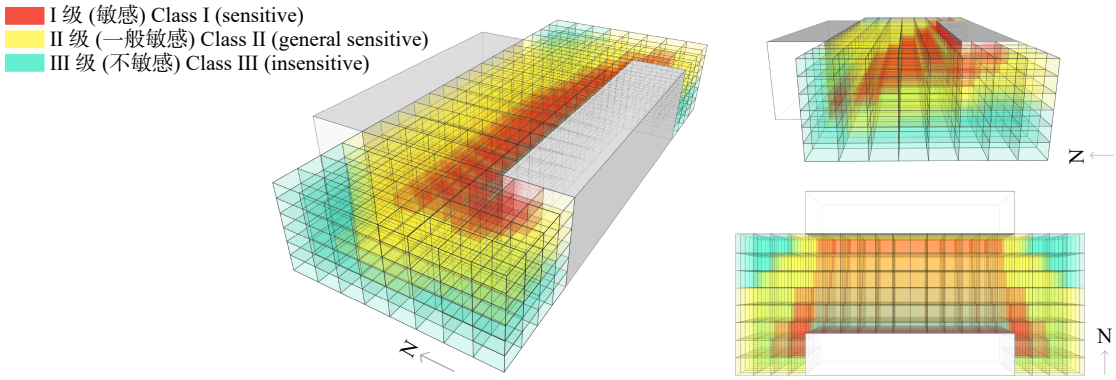


图 11 楼间及楼旁空间区域日照影响敏感性分级

Fig. 11 Sensitivity classification of sunlight impact in the space area between buildings and adjacent buildings

2.2.1 日照影响敏感性Ⅰ级（敏感）区域

日照影响敏感区占空域总体积的 10.2%，主要分布在建筑底层窗台面沿大寒日正午太阳高度角方向形成斜面的上部区域，约有 1 层楼高度（2.8 m）范围内的影响最为直接。处于此空间区域的植物冠层在大寒日 08:00—16:00 产生的阴影主要投射在建筑底层窗台面位置，极易造成建筑日照无法达到日照标准。

2.2.2 日照影响敏感性Ⅱ级（一般敏感）区域

日照影响一般敏感区的空域范围最大，占空域总体积的 56.2%。处在此区域的植物冠层在大寒日 08:00—16:00 产生的阴影会对 2 层以上的建筑日照产生影响。虽然不会直接导致建筑日照达不到《居住区设计标准》，但此区域内的植物冠层分布影响到建筑立面的总日照时数，而且如果冠层体量过大、疏透度过低，也存在影响 2 层及以上楼层的日照时数达标的可能性。

2.2.3 日照影响敏感性Ⅲ级（不敏感）区域

研究范围内的其他空域为日照影响不敏感区，占空域总体积的 33.6%，主要分布在建筑底层窗台面沿大寒日正午太阳高度角方向形成斜面的下部及外侧。处于此空域的植物冠层在大寒日 08:00—16:00 产生的阴影不会投射到建筑上或投射位置在底层窗台面高度以下，因此不会对建筑日照产生影响。

3 讨 论

楼间及楼旁绿化对首层建筑日照的影响规律复杂，但是未能得到应有的重视。住宅间距和日照时长的研究表明，建筑低层的日照容易受到住宅间距变化的影响，尤其是首层建筑日照的反映最为敏感[9]。本研究的结果则提示，如果植物栽植方式不当也极易影响建筑低层的日照时数，甚至不能达到日照标准。这不仅反映在直接影响首层日照的敏感性Ⅰ级区域，占比更大的Ⅱ级区域也需要引起注意。高冠层影响到整个楼体的日照时数，而靠近楼体两端的低冠层则会直接关系到建筑低层日照的达标问题。

居住区户外环境空间的光照受建筑影响的研究得到更多关注，通过建筑形体设计改善户外空间的光照水平[14]，居住区环境光照条件受影响的情况下寻求户外活动空间设计上的优化[32−33]，与植物相关的研究将居住区环境中光照时数和光照强度的差异作为植物选择和配置的依据[18,34]。一方面，建筑形体和布局设计不仅影响建筑日照时数也影响环境日照条件，使得户外活动场地设计和植物栽植受到局限；另一方面，从本研究来看植物栽植不当会严重影响

建筑采光，如果顾及到住宅日照标准的要求，居住区绿化中的植物配置则应进一步受到限制。

4 结　　论

（1）楼间绿地空域的植物冠层对建筑日照有着普遍性的影响，楼旁绿地内侧与建筑夹角约 40°范围内的植物冠层对建筑日照影响明显。但是，楼间绿地的植物冠层对建筑日照的影响显著高于楼旁绿地，楼间绿地植物冠层单元对建筑立面总日照时数影响最大的分布范围是 1.25%～1.50%，而楼旁绿地只是 3.0‰～4.0‰。

（2）楼间及楼旁绿地的植物冠层对建筑日照的影响存在着复杂的空间关系，不同位置的植物冠层对建筑日照影响的程度及范围呈现出较大差异性。总体上，垂直维度上高层位置植物冠层的影响显著高于低层位置，水平维度上两端靠北位置的低层植物冠层产生的影响明显。具体而言，楼间绿地空域在中间靠北位置的高冠层产生的影响最为突出，楼旁绿地空域在内侧靠南的高冠层产生的影响明显。

（3）依据植物冠层单元影响建筑日照达标的可能性，将楼旁绿地和楼间绿地的空域划分为 3 级敏感分区。直接影响建筑底层窗台面采光的Ⅰ级敏感区占比 10.2%，该区域内的植物冠层会直接导致建筑日照不能达到《居住区设计标准》，须严格限制该区域植物冠层的出现，应该在植物种类选择、栽植点的落位和后期树木修剪管理等多个方面入手保障该区域的通光条件。Ⅱ级敏感区占比 56.2%，存在可能影响 2 层以上楼层日照时数达标的问题，影响程度和方式有待进一步研究。Ⅲ级区域 33.6%，该分区不会影响建筑日照时数，树木种植不受限制。总体而言，研究范围内 2/3 区域的植物冠层会影响到建筑日照时数，该区域内（Ⅰ级，Ⅱ级）需谨慎进行植物景观的设计与管理。

参　考　文　献

［1］ 李韵谱, 丁国际, 潘力军, 等. 日照强度对室内空气质量的影响 [J]. 环境与健康杂志, 2012, 29(8): 726−727.
Li Y P, Ding G J, Pan L J, et al. Effect of illumination intensity on indoor air quality[J]. Journal of Environment and Health, 2012, 29(8): 726−727.

［2］ 袁博成, 余小鸣. 基于健康的住宅建筑日照研究 [J]. 国外医学(卫生学分册), 2009, 36(1): 23−28.
Yuan B C, Yu X M. Study on sunshine of residential buildings based on health[J]. Foreign Medical Sciences (Section of Hygiene), 2009, 36(1): 23−28.

［3］ John E M, Dreon D M, Koo J, et al. Residential sunlight exposure is associated with a decreased risk of prostate cancer[J]. Journal of Urology, 2005, 89: 549−552.

［4］ Prévost J, Francoise C C, Antoine R, et al. High residential sun exposure is associated with a low risk of incident Crohn's disease in the prospective E3N cohort[J]. Inflammatory Bowel Diseases, 2014(1): 75−81.

［5］ Kent S T, Mcclure L A, Crosson W L, et al. Effect of sunlight exposure on cognitive function among depressed and non-depressed participants: a REGARDS cross-sectional study[J]. Environmental Health, 2009, 8(1): 34.

［6］ Šprah N, Košir M. Daylight provision requirements according to EN 17037 as a restriction for sustainable urban planning of residential developments[J]. Sustainability, 2019, 12(1): 315.

［7］ 姚霞, 吝涛, 叶红, 等. 贵阳市不同形态住区的日照环境 [J]. 应用生态学报, 2020, 31(12): 4251−4257.
Yao X, Lin T, Ye H, et al. Sunshine environment in different forms of communities in Guiyang, China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2020, 31(12): 4251−4257.

［8］ Littlefair P. Daylight, sunlight and solar gain in the urban environment[J]. Solar Energy, 2001, 70(3): 177−185.

［9］ 韩林飞, 柳振勇. 基于日照分析的住宅间距与日照时长关系研究: 以北京市某小区为例 [J]. 华中建筑, 2019, 37(7): 65−68.
Han L F, Liu Z Y. The relationship between residential space and sunshine duration based on sunshine analysis: a case study of a residential area in Beijing[J]. Huazhong Architecture, 2019, 37(7): 65−68.

［10］ 张洪恩, 高涛, 刘伟, 等. 国内外住区日照管控进展 [J]. 住区, 2019(1): 97−102.
Zhang H E, Gao T, Liu W, et al. Domestic and foreign study progress on sunlight control of residential plots[J]. Design Community, 2019(1): 97−102.

［11］ 张播, 赵文凯. 国外住宅日照标准的对比研究 [J]. 城市规划, 2010, 34(11): 70−74.
Zhang B, Zhao W K. Comparative study of overseas sunlight standard of residential building[J]. City Planning Review, 2010, 34(11): 70−74.

［12］ 侯丽, 谭逸儒. 城市规划与法学交叉视角下阳光权保障的国际比较: 从公权和私权间的边界说起 [J/OL]. 国际城市规划: 1−14[2023−08−02]. https://doi.org/10.19830/j.upi.2022.578.
Hou L, Tan Y R. An international comparison on sunlight right protection from the perspective of urban planning and laws: defining the boundary between public intervention and private property right[J/OL]. Urban Planning International: 1−14[2023−08−02]. https://doi.org/10.19830/j.upi.2022.578.

［13］ 谷一弘, 林波, 王陈栋. 日照限定下的建筑形体设计方法 [J]. 南方建筑, 2021(4): 145−149.
Gu Y H, Lin B, Wang C D. Building shape design for solar access requirements[J]. South Architecture, 2021(4): 145−149.

［14］ 周元. 基于户外空间日照的多层板式住宅形体优化 [J]. 华中建筑, 2021, 39(11): 34−40.
Zhou Y. Formal optimization of multi-story slab-formed residential building to improve outdoor sunlight[J]. Huazhong Architecture, 2021, 39(11): 34−40.

［15］ 牛盛楠, 张欣宜, 黄成, 等. 天津地区居住区采光与室外风环境模拟研究 [J]. 山东建筑大学学报, 2013, 28(1): 12−17.

Niu S N, Zhang X Y, Huang C, et al. Simulation and study of daylighting and outdoor wind environment of residential area of Tianjin area[J]. Journal of Shandong Jianzhu University, 2013, 28(1): 12−17.

[16] 刘芳妮, 尹豪, 周旭. 居住区楼间绿化对建筑采光条件影响的数字模拟研究 [J]. 北京林业大学学报, 2020, 42(12): 101−114.
Liu F N, Yin H, Zhou X. Numerical simulation study on the influence of greening between buildings on sunlight conditions of building in residential area[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2020, 42(12): 101−114.

[17] 梅晓丹, 马俊海, 刘佳尧, 等. 基于 ArcGIS 的城市建筑物日照分析及应用 [J]. 测绘工程, 2018, 27(7): 36−40.
Mei X D, Ma J H, Liu J Y, et al. Sunshine analysis and application of urban buildings based on ArcGIS[J]. Engineering of Surveying and Mapping, 2018, 27(7): 36−40.

[18] 魏合义, 黄正东, 杨和平. 基于 GIS 光照因子分析的园林植物选择和配置: 以浙江省桐乡市某小区为例 [J]. 风景园林, 2015(6): 60−66.
Wei H Y, Huang Z D, Yang H P. Landscape plant selection and configuration based on light factor analysis using GIS: a case study of a residential district in Tongxiang City, Zhejiang Province, China[J]. Landscape Architecture, 2015(6): 60−66.

[19] 杨艺红, 郭思远, 徐子涵. 日照分析在现代庭院景观设计中的研究与实践 [J]. 南京林业大学学报 (人文社会科学版), 2020, 20(3): 53−62.
Yang Y H, Guo S Y, Xu Z H. Research and practice of sunshine analysis in modern courtyard landscape design[J]. Journal of Nanjing Forestry University (Humanities and Social Sciences Edition), 2020, 20(3): 53−62.

[20] 王俊杰. 中国城市单元式住宅的兴起: 苏联影响下的住宅标准设计, 1949—1957[J]. 建筑学报, 2018(1): 97−101.
Wang J J. The rise of urban multiunit housing in China: standard design under the influence of the soviet union, 1949−1957[J]. Architectural Journal, 2018(1): 97−101.

[21] 叶耀先. 中国住房发展 60 年 [J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(1): 1−6.
Ye Y X. China housing development in recent 60 years (1949−2009)[J]. China Population, Resources and Environment, 2011, 21(1): 1−6.

[22] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 民用建筑设计统一标准: GB50352—2019[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Uniform standard for design of civil buildings: GB50352−2019 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2019.

[23] 胡世德. 北京住宅建筑的发展与探讨 [J]. 建筑技术, 2001(11): 732−735.
Hu S D. Development of and discussion on dwelling architecture in Beijing[J]. Architecture Technology, 2001(11): 732−735.

[24] 金海燕, 任宏. 中外城市住宅高度形态比较研究 [J]. 城市问题, 2012(1): 2−8.
Jin H Y, Ren H. Comparative study on the height form of urban housing between China and foreign countries[J]. Urban Problems, 2012(1): 2−8.

[25] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 住宅设计规范: GB 50096—2011[S]. 北京: 中国计划出版社, 2012.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Design code for residential buildings: GB 50096−2011[S]. Beijing: China Planning Press, 2012.

[26] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市居住区规划设计标准: GB 50180—2018[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Standard for urban residential area planning and design: GB 50180−2018[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2018.

[27] Ayoub M. A review on light transport algorithms and simulation tools to model daylighting inside buildings[J]. Solar Energy, 2020, 198: 623−642.

[28] Petersen S, Svendsen S. Method and simulation program informed decisions in the early stages of building design[J]. Energy & Buildings, 2010, 42(7): 1113−1119.

[29] 罗涛, 燕达, 赵建平, 等. 天然光光环境模拟软件的对比研究 [J]. 建筑科学, 2011, 27(10): 1−6, 12.
Luo T, Yan D, Zhao J P, et al. Comparative study on simulation softwares of natural light environment[J]. Building Science, 2011, 27(10): 1−6, 12.

[30] Li Y, He B J, Miao Y. Application research of ECOTECT in residential estate planning[J]. Energy & Buildings, 2014, 72: 195−202.

[31] Wu J. A study on ecotect application of local climate at a residential area in Chuncheon, Korea[J]. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 2015, 23(2): 94−101.

[32] 王蓬媛. 光环境舒适度视角下寒地住区公共空间优化策略研究: 以天津市既有住区为例 [D]. 天津: 天津大学, 2016.
Wang P Y. Research on the optimal design of residential public space in cold zone from the perspective of light environment comfort: case study on Tianjin's residential areas [D]. Tianjin: Tianjin University, 2016.

[33] 熊光艳. 基于气候适应性的西安高层住区户外活动空间布局研究: 以华清学府城为例 [D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2019.
Xiong G Y. Spatial distribution of outdoor activities in Xi'an high-rise residential areas based on climate adaptability: a case study of Huaqing Xuefu City[D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2019.

[34] 张晶. 哈尔滨高层住区绿地光环境分析及规划设计策略研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2016.
Zhang J. Light environment analysis and planning strategy of green space in harbin high-rise residential area[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2016.

(责任编辑 范 娟
责任编委 李 雄)