



# 园林绿化对建筑物遮阳隔热效果的影响

黄柏翰, 王志毅

(浙江理工大学建筑工程学院, 杭州 310018)

**摘要:** 为研究园林绿化对建筑物的遮阳隔热效果, 以夏热冬冷地区的夏季建筑为研究对象, 在晴天条件下, 对某绿化区内有绿化遮阳和无遮阳的实验房间进行测试; 通过对比屋顶外表面的绿化遮阳覆盖程度、围护结构内外表面温度、室内空气温度以及绿化区和非绿化区的环境空气温度变化规律, 分析园林绿化对建筑热环境的影响。结果表明: 园林绿化可以有效减小围护结构内外表面温度, 降低峰值温度并延迟其出现时间, 同时使温度波动更稳定; 园林绿化对围护结构外表面温度的影响大于对内表面温度的影响, 其中屋顶外表面温度的改善效果最明显。绿化遮阳覆盖率在正午达到最大值, 屋顶外表面各象限的温度与绿化遮阳覆盖率呈负相关。园林绿化可以降低环境空气温度和室内空气温度, 减缓室内外空气温度波动, 有效改善建筑室内外热环境。该研究通过实验分析了园林绿化对建筑物遮阳隔热的改善效果, 可为园林绿化在建筑节能设计和空调系统的节能应用提供参考。

**关键词:** 园林绿化; 围护结构; 遮阳隔热; 热环境; 建筑节能

**中图分类号:** TU111.26

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-3851(2025)05-0334-07

**引文格式:** 黄柏翰, 王志毅. 园林绿化对建筑物遮阳隔热效果的影响[J]. 浙江理工大学学报(自然科学), 2025, 53(3): 334-340.

**Reference Format:** HUANG Bohan, WANG Zhiyi. The impact of landscaping on the shading and insulation effects of buildings[J]. Journal of Zhejiang Sci-Tech University, 2025, 53(3): 334-340.

## The impact of landscaping on the shading and insulation effects of buildings

HUANG Bohan, WANG Zhiyi

(School of Civil Engineering and Architecture, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** To study the shading and insulation effects of landscaping on buildings, the study conducted experiments on rooms with and without landscaping shade in a green area during sunny conditions in a hot summer and cold winter region. The study examined the coverage of green shading on the exterior surface of the roof, the temperature of both the interior and exterior surfaces of the building envelope, the indoor air temperature, and the patterns of environmental air temperature changes in both the greened and non-greened areas. It also analyzed the impact of landscaping on the thermal environment of buildings. The results show that landscaping can effectively reduce the temperature of both the inner and outer surfaces of the building envelope, reduce the peak temperature and delay its occurrence, while also stabilizing temperature fluctuations. The impact of landscaping on the outer surface temperature of the building envelope is greater than that on the inner surface, with the roof's outer surface showing the most significant improvement. The shading coverage from landscaping reaches its maximum at noon, and the outer surface temperature of the roof in all quadrants shows a negative correlation with the shading coverage. Landscaping can reduce both ambient air temperature and indoor air temperature, mitigate fluctuations in indoor and outdoor air temperatures, and effectively improve the thermal environment

inside and outside buildings. This study analyzes the impact of landscaping on the improvement of shading and insulation for buildings through experiments, providing reference for the design of landscaping in building energy efficiency and the energy-saving application of air conditioning systems.

**Key words:** landscaping; enclosure structure; shading and insulation; thermal environment; building energy efficiency

## 0 引 言

随着中国城市化进程的加快,城市热岛效应日益加剧,对生态环境和人类健康产生的危害逐渐加强<sup>[1]</sup>。建筑能耗尤其是空调系统产生的废热是导致城市热岛发展的主要因素之一<sup>[2]</sup>。众多研究表明,园林绿化可以让自然做功,通过植物将太阳能转化为化学能,可以改善建筑室内热环境,从而减少建筑能耗,同时还可以改善周围的整体环境,缓解城市热岛效应,是实现建筑节能的有效途径<sup>[3-5]</sup>。

园林绿化对建筑热环境的影响可以分为直接作用和间接作用<sup>[6]</sup>。直接作用是树木通过遮阳作用,减少围护结构太阳辐射得热;间接作用是绿化区内植物通过蒸腾作用降低环境空气温度,减少围护结构与室外空气对流换热量。此外,树木会降低风速,减少受太阳辐射表面的热量散失,但这种阻碍围护结构散热的现象在夏季对建筑热环境的影响较小。Shashua-Bar 等<sup>[7]</sup>对 11 个城市小型绿化区的降温效果进行实验研究,结果发现:绿化区的平均降温效果约为 2.8℃;绿化区的冷却效果取决于场地外背景的空气温度,温度越高,冷却效果越强,冷却效果的范围可达 100 m。张琪振等<sup>[8]</sup>使用 ENVI-met 软件对徐州市某商业广场绿化前后的微气候和热舒适度变化进行了模拟研究,结果发现:园林绿化可使环境空气温度降低 0.6℃,等效生理温度降低 0.22℃,从而提高室外环境的热舒适性。Palme 等<sup>[9]</sup>与 Zhang 等<sup>[10]</sup>研究了不同空间配置的绿化对建筑制冷能耗的影响,结果表明:绿化的遮阳作用可以有效减少从外窗进入室内的太阳辐射得热量,绿化后的建筑物平均制冷能耗可减少 17.3%,峰值冷负荷可降低 4.4%;节能率与壁面的遮阳率成正比,当仅有一个立面遮阳时,将树木种植于建筑物的南向或西向节能效果最好。张海滨等<sup>[11]</sup>与陈翔等<sup>[12]</sup>对外墙采用绿化的建筑进行了实验测试,结果发现:绿化墙体可降低壁面附近空气温度 0.7~5.0℃,绿化外墙降低建筑平均表面温度 2~3℃,室内空气温度平均下降了 2.1℃;当外墙进行绿化后,其内外表面温度显著降低,绿化墙体在夏季对室内热环境改善效果

显著,可降低空调使用率和建筑能耗。任婧等<sup>[13]</sup>以济南、上海和广州作为不同气候区的代表城市,使用 EnergyPlus 软件模拟了绿化屋顶对建筑能耗的影响,结果表明:与裸屋顶相比,绿化屋顶可分别降低建筑全年能耗 5.0%、6.6%和 9.3%;建筑层数越高,绿化屋顶对降低能耗作用越小,建筑面积越大,绿化屋顶降低能耗的性能越显著。Abuseif 等<sup>[14]</sup>研究了绿化屋顶种植树木对空调能耗的影响,结果发现:与草坪式绿化屋顶相比,种植树木的绿化屋顶节能性更好,室内温度可降低 7.2℃,空调能耗可降低 60%。

综上可知,园林绿化在调节室外微气候和减少建筑制冷能耗方面具有较好的潜力。但是目前的研究主要关注园林绿化对室外热环境的改善以及建筑本体进行绿化改造后对围护结构热性能的影响,没有考虑园林绿化对建筑物遮阳隔热效果的影响。为分析园林绿化对建筑物的遮阳隔热效果,本文以夏热冬冷地区的夏季建筑为研究对象,在晴天条件下,对绿化区内有、无绿化遮阳的两间实验房间进行测试;通过对比屋顶外表面的绿化遮阳覆盖程度、围护结构内外表面温度、室内空气温度以及绿化区和非绿化区的环境空气温度变化规律,分析其对建筑热环境的实际改善效果,以期对园林绿化在建筑节能中的应用研究提供参考。

## 1 实验设计

### 1.1 实验装置

实验房间位于杭州某大学实验楼南侧,其方位如图 1(a)所示。房间 A 的西南侧 3 m 处有一颗高约 10 m、树冠直径约 8 m、冠层厚度约 6 m 的落叶乔木;房间 A 的南外墙、西外墙及屋面会受到树冠遮阳的作用,从而减少外表面太阳辐射得热量。房间 B 位于房间 A 东侧,未受到遮阳影响。实验房间均为正南朝向,尺寸均为 1500 mm(长)×1500 mm(宽)×1500 mm(高)。实验房间在前期针对围护结构热性能研究<sup>[15]</sup>的基础上,将相变石膏板更换为普通石膏板。屋顶和外墙的结构如图 2 所示。两间房间的南外墙与北外墙均开设铝合金玻璃门,尺寸为 800 mm×1000 mm。围护结构材料的物性参数如表 1 所示。

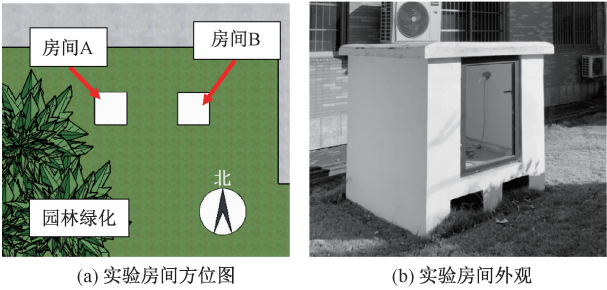
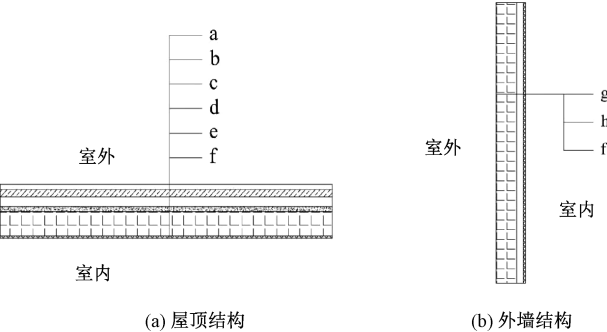


图 1 实验房间卫星图像及外观照片



a. 20 mm 水泥砂浆找平层;b. 30 mm 保温层;c. 40 mm 混凝土找平层;  
d. 20 mm 水泥砂浆找平层;e. 100 mm 钢筋混凝土屋面板;  
f. 10 mm 石膏板;g. 100 mm 基层墙体;h. 20 mm 1:3 水泥砂浆找平层

图 2 屋顶结构和外墙结构示意图

1.2 数据采集与设备布置

实验测量了 2 个实验房间的壁面和屋顶的内外表面温度、室内空气温度、环境空气温度以及太阳辐射强度,并拍摄了屋顶外表面图像。测试时间为 6 月 14 日—6 月 16 日,其中外表面温度测试时间为 6 月 15 日 9:00—19:00(晴天)。将围护结构外表面

分为 4 个象限<sup>[16]</sup>,如图 3(c)所示;使用手持红外热成像仪测量各象限平均温度。室内空气温度及围护结构内表面温度由 JHL 蓝牙温湿度计进行测量,温湿度计分别布置于房间中心位置以及各壁面中心位置;温度探头防水防腐蚀,具有较强的稳定性。非绿化区环境空气温度和太阳辐射强度采用 PC-4 光伏电站环境监测仪进行测量;环境监测仪距地 1.5 m,放置于实验房东侧非绿化区空旷无遮蔽位置。绿化区环境空气温湿度数据采用 JHL 蓝牙温湿度计进行测量,温湿度计置于绿化区内遮阳通风位置。测量设备的性能参数如表 2 所示。为了量化围护结构外表面上的绿化遮阳覆盖程度,在遮阳作用时间 11:00—16:00 逐时拍摄屋顶外表面的彩色数码照片,如图 3(a)所示;使用图像处理程序 Photoshop CC 2019 手动调整阈值来渲染单色图像,如图 3(b)所示;将单色图像导入 MATLAB,通过索引图像矩阵分割成 4 个象限,计算每个象限中黑色像素占比,得到各象限的绿化遮阳覆盖率。

表 1 围护结构材料的物性参数

材料	导热系数/ (W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> )	密度/ (kg·m <sup>-3</sup> )	比热容/ (J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> )
水泥砂浆	0.930	1800	840
保温层	0.042	35	1080
混凝土	0.230	800	900
钢筋混凝土	1.740	2500	920
基层墙体	1.100	1700	1050
石膏板	0.330	1050	1050

表 2 测量设备的性能参数

设备名称	测量范围/℃	精度/℃	分辨率/℃	采样间隔/min
红外热成像仪	−20~550	±2.0	0.01	60
JHL 蓝牙温湿度计	−40~125	±0.3	0.01	5
PC-4 光伏电站环境监测仪	−50~80	±0.2	0.01	5

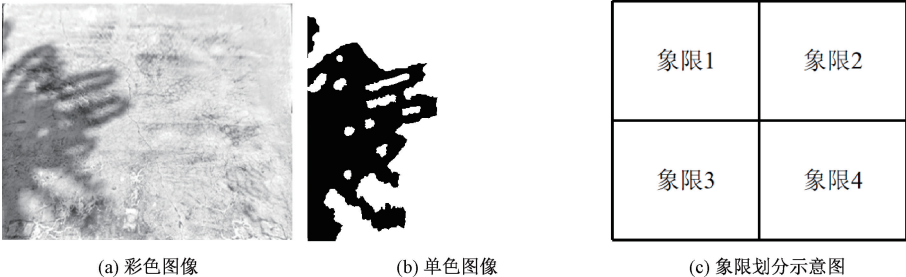


图 3 图像获取和处理后的示例图像以及象限划分示意图

2 结果分析

2.1 屋顶绿化遮阳覆盖率

房间 A 屋顶外表面在不同时间的绿化遮阳覆

盖变化如图 4 所示。遮阳的作用时间为 11:00—16:00,由于树木位于房间的西南侧,随着太阳高度角和方位角的变化,绿化遮阳首先出现在象限 1 和象限 3;在正午时遮阳覆盖面积最大,此后逐渐减小



并向象限 2 和象限 4 移动。房间 A 屋顶各象限绿化遮阳覆盖率变化曲线如图 5 所示。总覆盖率在 12:00 达到峰值 79.38%，然后随着时间的推移逐渐下降；各象限的覆盖率虽有不同的峰值时间和变化

趋势，但整体趋势相似，即在中午前后达到峰值，随后逐步下降。各象限的日平均覆盖率分别为 49.13%、47.67%、43.12%和 46.24%，日平均总覆盖率为 46.54%。

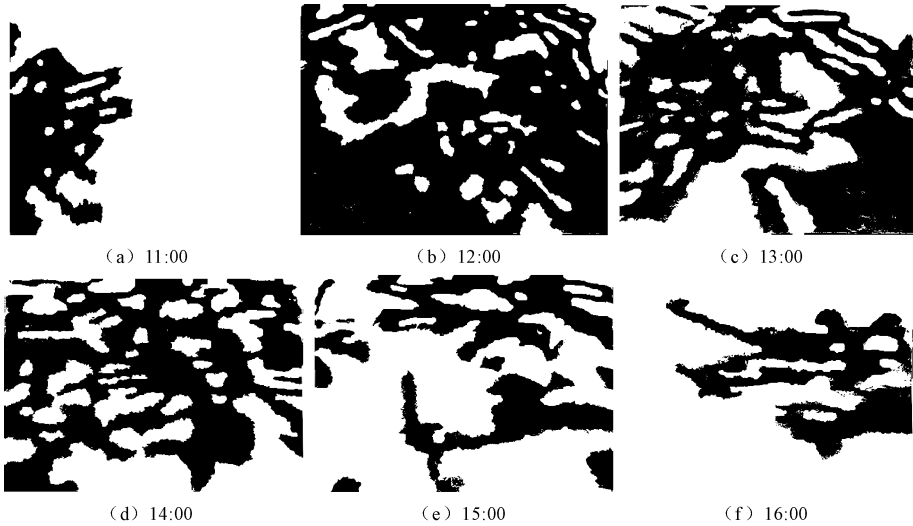


图 4 房间 A 屋顶外表面在不同时间的绿化遮阳覆盖单色图

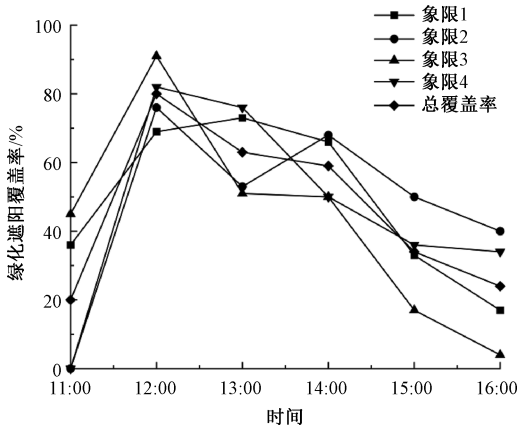


图 5 房间 A 屋顶各象限绿化遮阳覆盖率变化曲线

2.2 外表面温度

实验房间屋顶外表面各象限温度变化曲线如图 6 所示。上午 10:00 之后，由于屋顶受到太阳辐射的作用，屋顶外表面平均温度迅速上升。在 11:00 至 16:00 之间，房间 B 的屋顶外表面温度在 41.00~46.75℃之间波动，峰值温度出现在 14:00；房间 A 受到绿化遮阳的影响，其温度在 35.88~37.43℃之间波动，峰值温度出现在 16:00。与无遮阳房间相比，绿化遮阳房间的温度波动减少了 4.20℃，平均温度降低了 7.79℃，峰值温度减少了 9.32℃，延迟时间为 2 h。由此可见，树木的遮阳作用可以在较大程度上降低屋顶外表面温度，且外表面温度较稳定。对比各象限温度的变化曲线可以发现，房间 B 各象限的温度变化趋势基本一致。房间 A 由于不

同象限上绿化遮阳覆盖率的不同，在绿化遮阳作用时间内，不同象限之间的温度变化较为明显。对比图 5 与图 6(a)可发现：各象限外表面温度与绿化遮阳覆盖率呈负相关。在 11:00 产生遮阳时，由于象限 2 和象限 4 未受到遮阳作用，其外表面温度明显高于象限 1 和象限 3；而在 16:00 屋面的遮阳作用即将结束时，由于象限 3 上的遮阳作用已经消失，其外表面温度明显高于其他象限的温度。

与无遮阳房间 B 相比，绿化遮阳房间 A 外表面平均温度降低值变化曲线如图 7 所示，温度降低值越高则表明绿化遮阳对外表面温度的改善效果越明显。在上午 10:00 时房间 A 屋顶外表面温度高于房间 B 外表面温度。这是因为房间 A 位于房间 B 的西侧，实验房间东侧受到教学楼的遮挡，导致房间 A 屋顶外表面首先被太阳辐射加热，致使温度降低值为负值。整体而言，绿化遮阳房间外表面温度低于无遮阳房间。在绿化遮阳作用时间内，屋顶外表面的温度降低值显著高于壁面，温降最大值 10.78℃出现在 15:00，外表面日平均温度降低了 4.62℃。南外墙和西外虽然也会受到树冠的遮阳作用，但其温度降低效果没有屋面显著，其温降最大值分别为 1.80℃和 2.20℃，出现时间分别为 13:00 和 14:00，外表面日平均温度分别降低了 1.24℃和 1.07℃。即使是未受绿化遮阳影响的东外墙和北外墙，其外表面温度也有所降低，只是改善效果更不明显，外表面日平均温度分别降低了 0.67℃和 0.80℃。

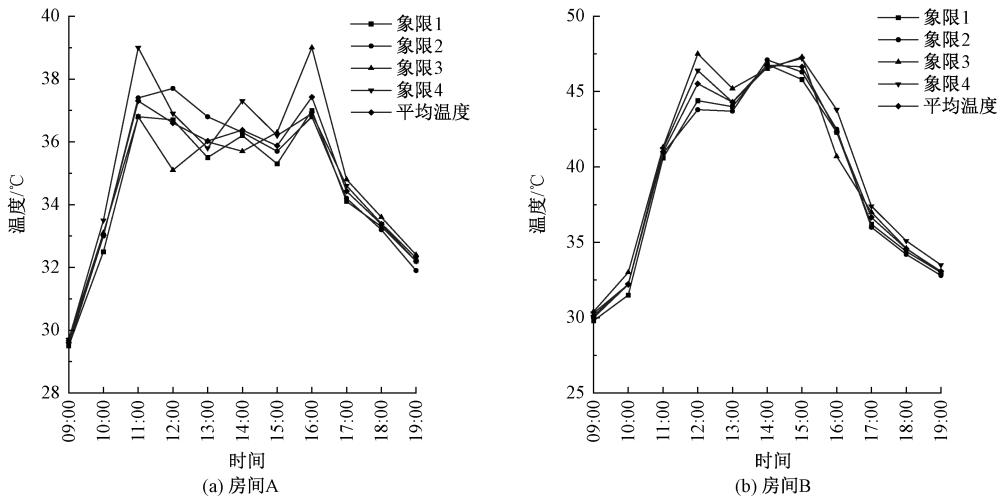


图 6 屋顶外表面各象限温度变化曲线

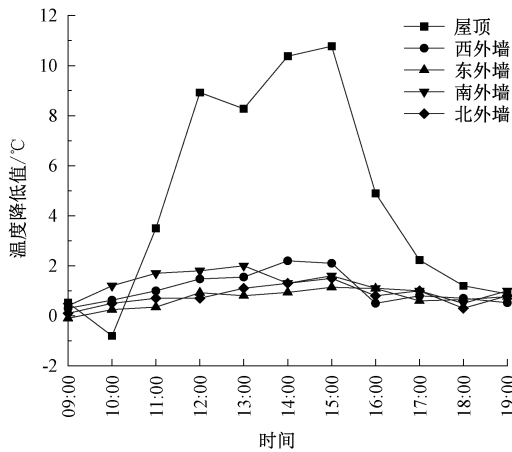


图 7 绿化遮阳房间 A 外表面平均温度降低值变化曲线

2.3 内表面温度

实验房间屋顶内表面的温度对比如图 8 所示。绿化遮阳效果也会影响屋顶内表面温度,但其降低程度没有外表面明显。由图 8 中可以看出,两间房间屋顶内表面温度变化趋势较一致;在上午 8:00 左右温度降到最低,随后不断上升,在下午 17:00 左右达到峰值后逐渐下降。值得注意的是,在凌晨 2:00 至清晨 8:00 左右,房间 A 的屋顶内表面温度高于房间 B(在 0.21 °C 之内)。这是因为建筑外表面在夜间通过长波辐射将热量散发至温度较低的天空中;而房间 A 受到了树木的遮蔽,由于树木冠层具有一定的蓄热作用,其冠层夜间温度高于天空温度,影响了房间 A 屋顶外表面向天空长波辐射散热<sup>[17]</sup>,进而导致其屋顶内表面温度高于房间 B。昼间,绿化遮阳的房间 A 屋顶内表面温度显著低于房间 B,最大温度差值可达 2.09 °C,日平均温度降低了 0.44 °C。绿化遮阳减少了屋顶吸收的太阳辐射,降低了围护结构的得热量,两间房间的屋顶内表面温

度直至凌晨 2:00 左右才趋于一致。实验期间,房间 A 的峰值温度分别减少了 1.10、2.01 °C 和 1.14 °C,峰值温度时间有明显的延迟,延迟时间分别为 40、65 min 和 45 min。绿化遮阳还降低了内表面温度波动,房间 A 屋顶内表面温度波动较房间 B 分别降低了 1.15、2.09 °C 和 1.32 °C。

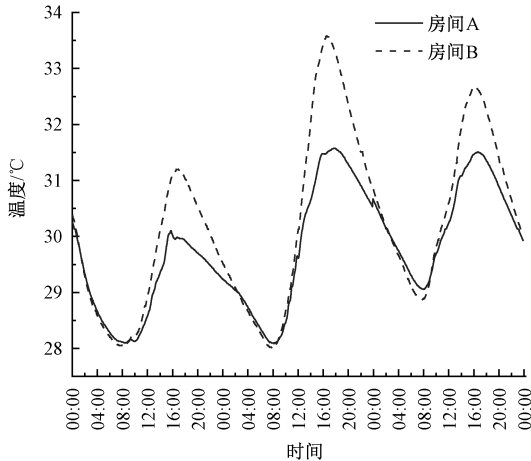


图 8 屋顶内表面温度变化曲线

与无遮阳房间 B 相比,绿化遮阳房间 A 各外墙内表面日平均温度波动降低值、峰值温度降低值、平均温度降低值和峰值温度延迟时间等如图 9 所示。从图 9 中可以看出:绿化遮阳降低了房间 A 各外墙内表面温度,受遮阳直接影响的西外墙和南外墙降温幅度更大,房间 A 较房间 B 各外墙内表面日平均温度分别降低了 0.45、0.48、0.59 °C 和 0.36 °C;绿化遮阳降低了外墙内表面温度波动并削减了峰值温度,内表面温度波动分别降低了 0.70、0.80、0.87 °C 和 0.84 °C,峰值温度降低了 0.96、0.93、1.10 °C 和 0.89 °C,峰值温度延迟时间为 27、43、40 min 和 13 min。

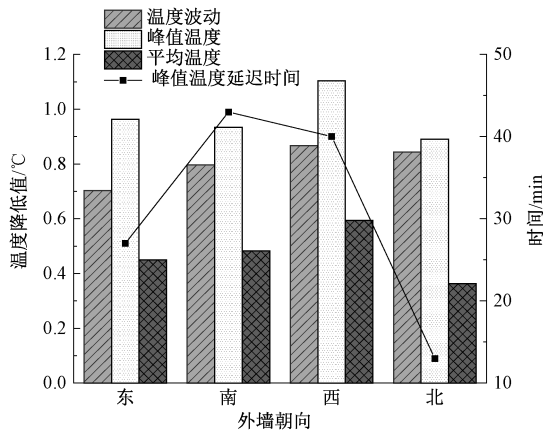


图 9 绿化遮阳房间 A 内表面日平均温度波动降低值、峰值温度降低值、平均温度降低值和峰值温度延迟时间柱状图

## 2.4 室内外空气温度

室内外空气温度变化如图 10 所示。昼间,植物的蒸腾作用减小了绿化区的环境空气温度,绿化区日平均空气温度减少了 0.65℃,最高可减少 3.87℃,峰值温度延迟了 2 h 左右,绿化区环境空气温度波动更低,温度波动减少了 5.43℃。夜间,绿化区环境空气温度略高。这是由于植被夜间蒸腾作用的减少以及需要释放白天地面积累的热量,这些热量以长波辐射的形式散发到大气中,树木的存在阻碍了辐射从地面散发,且树木降低了绿化区的风速,使热量积聚不易被带走<sup>[18]</sup>。

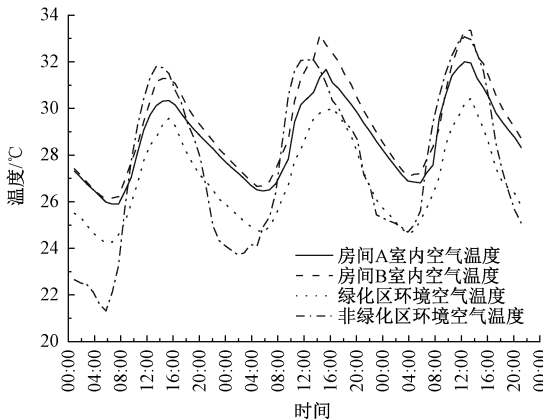


图 10 室内外空气温度变化曲线

两间房间的室内空气温度变化趋势较为明显。房间 A 受到绿化遮阳的作用,其室内空气温度明显低于房间 B,日平均空气温度分别降低了 0.45、0.73℃和 0.55℃,温度波动分别降低了 1.34、1.30℃和 1.03℃。在上午 11:00 之后,由于绿化遮阳作用,两间房间的室内空气温度变化出现了明显差异。房间 A 的升温速率低于房间 B,且温度峰值更低,温度峰值出现在 15:00 左右,温度峰值分别降低了 1.53、1.47℃和 1.25℃,延迟时间不明显。遮阳减

少了围护结构的得热量,由于围护结构的蓄热作用,实验房间的室内空气温度直至次日 5:30 左右才趋于一致。此时两间房间的室内空气温度降至最低,但房间 A 的室内空气温度仍低于房间 B。由此可见,绿化遮阳不仅可以改善室内外热环境,延迟空调运行时间,还可以降低空调负荷。

## 3 结 论

本文通过对比有、无绿化遮阳房间的绿化遮阳覆盖程度、围护结构内外表面温度和室内外空气温度变化规律,分析了园林绿化对建筑物遮阳隔热效果的影响,主要结论如下:

a) 园林绿化可减少围护结构外表面的太阳辐射得热量,显著降低外表面温度,减缓外表面温度波动;其对屋顶外表面温度影响最大,外表面各象限温度与绿化遮阳覆盖率呈负相关。

b) 夜间,绿化区内树木的遮蔽作用影响了围护结构辐射散热,导致遮阳房间的内表面温度高于无遮阳房间;昼间,绿化遮阳减少了围护结构的太阳辐射得热,可明显降低内表面温度,减小并延迟峰值温度,温度变化更稳定。

c) 园林绿化可有效改善建筑室内外热环境,降低环境空气温度,减缓环境空气温度波动;与无遮阳房间相比,绿化遮阳减少了室内的太阳辐射得热,室内空气温度及温度峰值显著降低,峰值温度延迟时间不明显。

本文通过实验仅研究了实验场地内园林绿化对建筑物的遮阳隔热应用效果,对于园林绿化在不同地点对建筑热环境及制冷能耗的影响有待后续研究。

## 参考文献:

- [1] 李宇, 李亚琴, 赵居双. 中国主要城市大气与地表热岛效应的对比研究[J]. 气候变化研究进展, 2023, 19(5): 605-615.
- [2] 赵宗慈, 罗勇, 黄建斌. 全球变暖与城市[J]. 气候变化研究进展, 2024, 20(4): 1-5.
- [3] Shi D C, Song J Y, Huang J X, et al. Synergistic cooling effects (SCEs) of urban green-blue spaces on local thermal environment: A case study in Chongqing, China[J]. Sustainable Cities and Society, 2020, 55: 102065.
- [4] Ko Y. Trees and vegetation for residential energy conservation: A critical review for evidence-based urban greening in North America[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2018, 34: 318-335.
- [5] 肖敏, 李翰宇, 张晓峰. 树冠透射率对微气候和建筑能耗的综

合影响[J]. 中国园林, 2023, 39(1): 118-123.

[6] Fei F, Wang Y, Wang L Y, et al. Influence of greenery configuration on summer thermal environment of outdoor recreational space in elderly care centers [J]. Building and Environment, 2023, 245: 110857.

[7] Shashua-Bar L, Hoffman M E. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street[J]. Energy and Buildings, 2000, 31(3): 221-235.

[8] 张琪振, 徐欢, 李红. 基于 ENVI-met 的景观绿化对城市商业广场微气候的影响研究[J]. 徐州工程学院学报(自然科学版), 2024, 39(1): 79-84.

[9] Palme M, Privitera R, La Rosa D. The shading effects of Green Infrastructure in private residential areas: Building Performance Simulation to support urban planning[J]. Energy and Buildings, 2020, 229: 110531.

[10] Zhang K Q, Qi F, Zhang T L, et al. The impact of trees on the peak cooling load of detached rural residences[J]. Energy and Buildings, 2024, 317: 114311.

[11] 张海滨, 孙佳奇, 敖茂易, 等. 建筑立体绿化对微气候改善作用实测研究[J]. 建筑节能, 2024, 52(1): 130-139.

[12] 陈翔, 付颖坤, 车芸, 等. 垂直攀爬绿化在夏季对石家庄教学建筑室内外热环境影响实测分析[J]. 建筑节能, 2021, 49(3): 34-38.

[13] 任婧, 闫春辉, 赵莹莹, 等. 屋顶绿化对建筑围护结构节能的模拟研究[J]. 建筑节能, 2020, 48(4): 33-38.

[14] Abuseif M, Dupre K, Michael R N. The effect of green roof configurations including trees in a subtropical climate: A co-simulation parametric study[J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 317: 128458.

[15] 张鑫璐, 王志毅, 徐迟, 等. 相变石膏板围护结构隔热应用实验研究[J]. 浙江理工大学学报(自然科学), 2024, 51(2): 238-244.

[16] Berry R, Livesley S J, Lu A Y. Tree canopy shade impacts on solar irradiance received by building walls and their surface temperature[J]. Building and Environment, 2013, 69: 91-100.

[17] Rafiee A, Dias E, Koomen E. Local impact of tree volume on nocturnal urban heat island: A case study in Amsterdam[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2016, 16: 50-61.

[18] Dong Q, Xu X Y, Zhen M. Assessing the cooling and buildings' energy-saving potential of urban trees in severe cold region of China during summer[J]. Building and Environment, 2023, 244: 110818.

(责任编辑:康 锋)