

## 城市公园不同绿地植物群落结构对夏季小气候的影响

贾晨凯, 王小德

(浙江农林大学 风景园林与建筑学院、旅游与健康学院, 浙江 杭州 311300)

**摘要:**以义乌市的绣湖公园为研究对象, 实测 8 种群落结构绿地和 1 个硬质铺装对照组(CK)的温度、相对湿度、光照强度, 研究城市公园中不同绿地植物群落结构对夏季小气候的影响。结果表明, 光照强度与温度、相对湿度显著相关( $P < 0.05$ ); 以大乔木-小乔木-灌木-草、大乔木-草、单一大乔木 3 种结构的绿地对小气候调节能力最强, 与其他植物群落结构之间形成显著差异( $P < 0.05$ ); 小乔木-草结构的绿地增湿效果大于降温效果; 灌-草结构虽然有一定的调节效果, 但与 CK 的温、湿度之间均差异不显著。研究结果表明, 群落结构中大乔木在调节小气候方面起到主要作用, 在城市绿地建设中, 大乔木-小乔木-灌木-草结构的绿地应是首选绿化模式, 应尽量避免灌木与草简单构成的植物结构, 适当配植以草坪为代表的开放空间与密林景观形成视觉上的对比。

**关键词:** 植物群落结构; 夏季; 小气候; 城市公园;

**中图分类号:** S718.45      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1001-3776(2021)04-0039-06

## Influence of Plant Community Structures in Urban Park on Microclimate in Summer

JIA Chen-kai, WANG Xiao-de

(School of Landscape Architecture, Zhejiang A & F University, Hangzhou 311300, China)

**Abstract:** On August 10<sup>th</sup>, 18<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> 2020, determinations were carried out on air temperature, relative humidity and illumination intensity at 8 different communities and one control (paved road) in Xiuhu Park in Yiwu city, Zhejiang province. The results showed that the illumination intensity was significantly correlated with temperature and relative humidity ( $P < 0.05$ ). Structures like large arbor-small arbor-shrub-grass, large arbor-grass, and single large arbor had the strongest effect on microclimate with significant differences with the left structures. Small arbor-grass had better moistening effect than cooling one. While shrub-grass had no evident difference in temperature and humidity with CK. The research resulted that large arbor in the community structure plays a major role in regulating the microclimate. Structure of arbor-small arbor-shrubs-grass was recommended for urban green.

**Key words:** plant community structure; summer; microclimate; urban park

绿地作为城市中的重要组成部分, 具有调节气候、美化环境、休憩娱乐等功能。随着城市的扩张, 城市内的热岛效应也愈发严重<sup>[1]</sup>, 长期受影响的人会更大概率地出现失眠、抑郁、记忆力衰退等症状<sup>[2]</sup>。绿地作为城市中的自然净化装置, 研究者把目光逐渐放到绿地上, 越来越多的研究证明, 通过合理化的构建绿地、利用绿地植物的调节与净化能力, 可以有效改善城市气候, 缓解热岛效应<sup>[3]</sup>。研究表明, 科学的构建绿地布局、大小、形状等方式可以缓解城市生态问题, 提高城市的宜居性<sup>[4-7]</sup>。此外, 绿地内的植物可以通过吸收太阳辐射、增加空气湿度等方式改善局部小气候环境, 并且由于植物种类<sup>[8]</sup>、结构<sup>[9]</sup>、冠层<sup>[10]</sup>等因素不同, 对降温增湿效应的影响也各不相同。目前, 对绿地植物的群落结构主要划分为乔木、灌木和草本三类, 且主流观点都支持乔-灌-

收稿日期: 2021-02-21; 修回日期: 2021-06-02

作者简介: 贾晨凯, 硕士研究生, 从事植物景观设计与评价研究; E-mail:617622671@qq.com。通信作者: 王小德, 教授, 博士, 从事植物造景和生态园林研究; E-mail:1056417075@qq.com。

草>灌-草>草地的生态效益排序<sup>[11]</sup>。义乌市是浙江省新崛起的商贸城市，现正逐步向商业城市转型，大规模的城市绿地建设正成为该城市环境建设的重要内容。如何构建科学合理的植物群落结构，最大程度发挥绿地的生态效益，缓解城市发展带来的日益严重的热岛效应，也成为城市绿地建设中需要研究的一个重要问题。本文以义乌市绣湖公园为研究对象，实测 8 种群落结构绿地和 1 个硬质铺装对照组的温度、相对湿度、光照强度，通过对比数据和 SPSS 相关性分析，探究城市公园中不同绿地植物群落结构对夏季小气候的影响，以为城市绿地建设提供理论依据。

## 1 研究方法

### 1.1 样地选择

以浙江省义乌市的绣湖公园（以下简称公园）为研究对象，地理坐标为 120°07' E，29°31' N。公园历史悠久，古今文人在此留下诸多笔墨。现今的绣湖公园是在绣湖原址基础上而建，以绣湖八景为蓝本，叠石理水，建筑多仿明清风格，文化景点密集，属于江南园林风格的开放式绿地，在义乌人民心中有着重要的地位。

公园地属亚热带季风气候，四季分明，冬冷夏热，年平均气温约为 17℃，其中夏季日均气温约为 28℃。公园占地面积有 7.16 hm<sup>2</sup>，其中绿化面积有 4.5 hm<sup>2</sup>，水域面积有 2 hm<sup>2</sup>，自 2003 年建成开放至今，植物群落结构稳定，生态环境优良。

### 1.2 实验方法

实验选择温度最高的夏季作为实验时间，具体时间分别为 2020 年 8 月 10 日、8 月 18 日、8 月 19 日，实测日的天气情况见表 1。

表 1 实测日义乌市天气情况  
Table 1 Weather conditions on determination date in Yiwu

日期/(年.月.日)	天气情况	温度/℃	相对湿度/%	风速/(m·s <sup>-1</sup> )	气压/kPa
2020.08.10	晴转多云	23~36	31~81	0~2	101.0
2020.08.18	晴天	25~38	25~77	0~1	101.2
2020.08.19	晴天	24~38	23~78	0~1	101.0

在公园内选取长势良好、群落结构稳定的 8 个植物群落作为实验测试点，并设定硬质铺装为对照测试点(CK)，各测试点距离水体都有一定距离，如图 1。各测试点的植物构成如表 2。为获得场地测试点准确的小气候因子数据，在晴朗无风的日子，利用 Testo 610 温湿度仪、华谊照度计分别测定每个测试点距地面 1.5 m 高处的空气温度、相对湿度以及光照强度数据。测定时间段为每日的 8:00–16:00，每 2 h 测定一次，每日测定 5 次，取这 3 日同时段数据的算术平均值作为结果，以减少偶然性误差。具体操作为：将操作人员分为 2 人一组的 4 个测定小组，每个小组测定指定的若干个测试点的小气候因子数据。测定期间保持安静，避免造成不必要的误差，每个测试点测定 5~7 min，数据收集都在太阳未被云层遮蔽期间且直射一段时间后进行，所有测试点的测试时间差约在 30 min 以内。

将得到的数据输入 Excel 软件整理、绘制表格，数据分析使用 SPSS 软件，采用 SPSS 方差分析探究数据之间差异的显著性，并用 Pearson 相关性分析检验因子之间的相关性。最后利用 Origin 2018 绘制



图 1 绣湖公园观测点分布平面

Figure 1 Distribution of determination points in Xiuhu Park

图表。

表 2 绣湖公园各测试点植物群落空间结构情况  
Table 2 The spatial structure of communities in each determination point

样地	群落结构	主要植物	类别	平均高度/m	平均冠幅/m	盖度/%
P1	大乔木-小乔木-灌木-草	鹅掌楸 <i>Liriodendron chinense</i>	大乔木	9.5	4.5	8
		枫香树 <i>Liquidambar formosana</i>	大乔木	11.7	4.3	12
		黄山栾树 <i>Koelreuteria bipinnata</i> 'integrifoliola'	大乔木	11.5	8.6	10
		樟 <i>Cinnamomum camphora</i>	大乔木	12.4	9.1	17
		鸡爪槭 <i>Acer palmatum</i>	小乔木	3.2	2.5	4
		木犀 <i>Osmanthus fragrans</i>	小乔木	4.0	2.2	5
		十大功劳 <i>Mahonia fortunei</i>	灌木	1.2	-	-
		黄杨 <i>Buxus sinica</i>	灌木	1.2	-	-
P2	大乔木-小乔木-灌木-草	吉祥草 <i>Reineckia carnea</i>	草本	0.3	-	-
		樟	大乔木	8.6	7.6	13
		罗汉松 <i>Podocarpus macrophyllus</i>	小乔木	4.2	2.4	8
		枸骨 <i>Ilex cornuta</i>	小乔木	2.7	1.4	8
		木犀	小乔木	3.5	2.1	11
		垂丝海棠 <i>Malus halliana</i>	小乔木	2.8	1.6	8
		红叶石楠 <i>Photinia × fraseri</i>	灌木	1.0	-	-
		花叶青木 <i>Aucuba japonica</i> var. <i>variegata</i>	灌木	0.8	-	-
P3	大乔木-草	沿阶草 <i>Ophiopogon bodinieri</i>	草本	0.3	-	-
		樟	大乔木	7.9	5.9	51
P4	大乔木-草	狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>	草本	0.2	-	-
		枫香树	大乔木	12.4	4.3	18
P5	单一大乔木	银杏 <i>Ginkgo biloba</i>	大乔木	11.5	3.8	14
		杜英 <i>Elaeocarpus decipiens</i>	大乔木	8.5	4.7	23
		沿阶草	草本	0.3	-	-
P6	小乔木-草	雪松 <i>Cedrus deodara</i>	大乔木	8.2	6.4	58
		木犀	小乔木	2.7	1.8	14
P7	小乔木-草	玉兰 <i>Yulania denudata</i>	小乔木	3.4	2.4	13
		紫薇 <i>Lagerstroemia indica</i>	小乔木	1.8	1.2	5
		紫叶李 <i>Prunus cerasifera</i> f. <i>atropurpurea</i>	小乔木	2.8	2.1	9
		鸡爪槭	小乔木	2.2	1.7	6
		结缕草 <i>Zoysia japonica</i>	草本	0.2	-	-
		木犀	小乔木	2.9	1.6	21
		二乔玉兰 <i>Magnolia × soulangeana</i>	小乔木	3.7	2.2	8
P8	灌木-草	紫叶李	小乔木	3.2	2.1	6
		日本晚樱 <i>Cerasus serrulata</i> var. <i>lannesiana</i>	小乔木	3.5	2.3	14
		石竹 <i>Dianthus chinensis</i>	草本	0.4	-	-
		沿阶草	草本	0.3	-	-
		海桐 <i>Pittosporum tobira</i>	灌木	1.2	-	-
CK	硬质铺装	山茶 <i>Camellia japonica</i>	灌木	0.6	-	-
		红花檵木 <i>Loropetalum chinense</i> var. <i>rubrum</i>	灌木	1.0	-	-
		杜鹃 <i>Rhododendron simsii</i>	灌木	0.8	-	-
		结缕草	草本	0.2	-	-
—	—	—	—	—	—	—

## 2 结果与分析

### 2.1 不同植物群落结构对空气温度变化的影响

公园内各测试点 3 日同时段平均温度变化如图 2。由图可知, 各测试点不同时间平均温度曲线变化趋势大体相同, 随着测试时间的推移, 太阳辐射增强, 各测试点的空气温度都出现不同幅度的增长, 在 14:00 左右到达高峰, 继而下降。由于植物群落结构等因素的不同, 各测试点之间的温度出现明显的差异性。

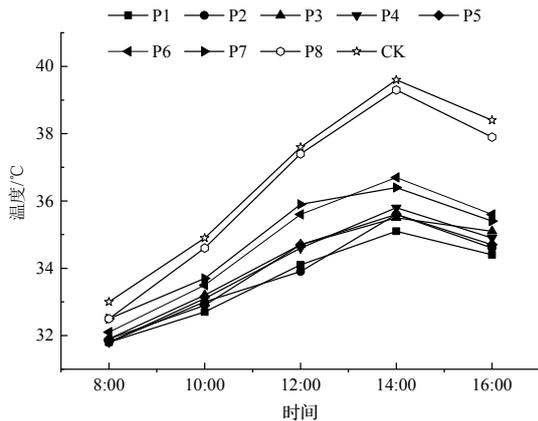


图 2 各测试点不同时间平均温度的变化

Figure 2 Change of mean temperature of each point

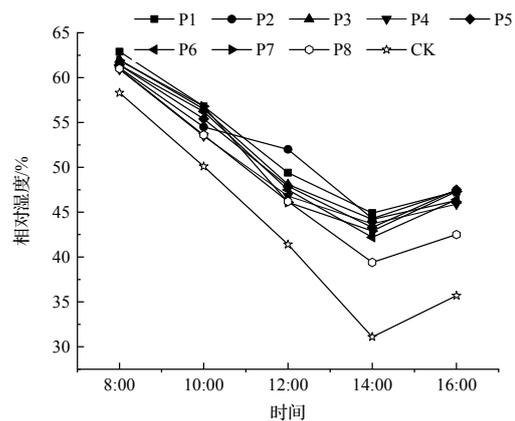


图 3 各测试点不同时间平均相对湿度的变化

Figure 3 Change of mean relative humidity of each point

对各测试点的平均温度、平均湿度以及平均光照强度数据进行方差分析, 结果见表 3。

表 3 绣湖公园各测试点小气候因子方差分析  
Table 3 ANOVA on microclimate factors of each determination point

测试点	温度/°C	湿度/%	光照强度/lx	测试点	温度/°C	湿度/%	光照强度/lx
P1	33.62±1.340 50 c	52.26±7.429 20 c	1 211.6±289.184 00 c	P6	34.70±1.858 80 b	50.74±7.837 60 c	3 655.8±1 045.988 00 b
P2	33.78±1.460 14 c	51.86±6.507 92 c	1 379.4±436.928 25 c	P7	34.78±1.630 03 b	50.02±7.195 62 c	4 212.0±1013.657 49 b
P3	33.88±1.390 00 c	51.42±7.535 10 c	2 045.2±516.687 00 c	P8	36.34±2.742 80 a	48.54±8.751 50 b	52 860.0±21912.736 00 a
P4	33.84±1.585 24 c	51.00±7.996 25 c	2 277.0±869.517 97 c	CK	36.70±2.694 40 a	43.32±10.971 00 a	56 260.0±22628.146 00 a
P5	33.96±1.512 60 c	51.10±7.221 80 c	1 672.0±557.854 00 c				

注: 同列中相同小写字母差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

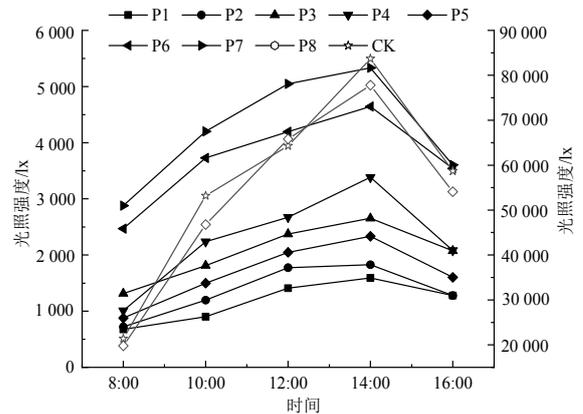
据表 3 可得, 各类植物群落结构都具有一定的降温效应, 表现为大乔木-小乔木-灌木-草 $\approx$ 单一大乔木 $\approx$ 大乔木-草 $>$ 小乔木-草 $>$ 灌-草 $\approx$ CK。将测试点的温度与 CK 的温度进行多重比较分析, 仅 P8 与 CK 间未出现显著性差异, 两者间的平均温仅相差 0.36°C, 可见灌-草组合在空间降温方面效果不明显。而在所有测试点中, P1 的 33.62°C 为 8 个测试点中的最低平均温度, 其与 P2、P4、P3 与 P5 之间未出现显著差异, 这 5 个测试点虽然植物群落结构不同, 但群落内都以大乔木为主, 平均温差在 0.5°C 以内; 对比 P1、P2、P4、P3、P5 与 P6、P7, 前五者与两者间的温度均出现明显的差异 ( $P < 0.05$ ), 其原因可能大乔木相较于小乔木、灌木以及草地等, 在降温方面有明显的优势, 一方面, 以其高大的树形、浓郁的树冠有效阻挡太阳辐射, 另一方面, 其茂密的林叶发挥蒸腾作用, 是所属空间降温的关键。对比 P6、P7 与 P8 的数据, 相较于灌木与草地, 小乔木具有明显的降温效应, 但其绿量难以与大乔木相媲美, 调节能力有限。对比相同结构下 P1 与 P2 的温度差, 在 14:00 时, P2 的温度要高于 P1, 其可能原因是 P1 中樟、黄山栎等乔木枝叶较为开展, 植株更为高大, 因而冠幅更大, 遮光性更强, 绿地内的温度上升也更为缓慢。同理, 雪松的遮光效果强于枫香树、银杏等植物, 因而, P5 的温度低于 P4。

2.2 不同植物群落结构对相对湿度变化的影响

由图 3 可知, 公园内各测试点 3 日同时段的平均相对湿度在 31.1% ~ 62.9%。在各测试点中, 总体上相对湿度的排序为 CK<P8<P7<P6<P4<P5<P3<P2<P1, 其中, 以 CK 的平均相对湿度最低, 为 43.32%, 谷值维持在 31.1%, 可见各测试点植物对周边的相对湿度调节都有一定的调节作用, 整体表现为大乔木-小乔木-灌木-草>单一大乔木≈大乔木-草>小乔木-草>灌-草; P1 的平均相对湿度最高, 复杂的复合式空间结构使其具有强大的温湿度调节能力; 通过将 P8 数据进行多重比较分析(表 4), 发现其与 CK 的相对湿度之间出现显著差异 ( $P < 0.05$ ), 这证明了灌草结构在增湿方面起到了一定效果。P6、P7 (小乔木-草结构) 的温度明显高于 P3、P4 ( $P < 0.05$ ), 而其湿度与后二者之间的差异较小, 可能的原因是公园内的高大乔木大多为樟、鹅掌楸、黄山栎等分枝点比较高的树种, 枝叶都散布在 3 ~ 10 m 的高度空间, 而人类活动最频繁的 1.5 m 高度空间由于缺少枝叶, 通透性强, 水分散发快, 而小乔木和灌木的活动普遍集中在这个高度, 有效地为人类活动的高度空间增湿。几组相同植物群落结构绿地的平均湿度差异性并不明显, 仅在午后 P1 的相对湿度大于 P2, 其原因与造成温度差异的原因相同, 即在相同植物群落结构下, 绿地的增湿效果与绿地内的乔木高度、冠幅呈正相关。

2.3 不同植物群落结构对光照强度变化的影响

光照是影响场地小气候的重要因子, 公园内各测试点 3 日同时段的平均光强度变化如图 4。由图 4 可知, 各个测试点基本呈现为在 8:00 开始光照强度逐步攀升, 在 14:00 左右达到顶峰, 光照强度开始出现明显的差距, 后逐渐转为下降趋势。遮光效益表现为大乔木-小乔木-灌木-草>单一大乔木≈大乔木-草>小乔木-草>灌-草; 其中, CK 的平均光照强度可达到 56 260 lx, 峰值可达 83 700 lx, 而 P1 的光照强度维持在 800 ~ 1 500 lx 之间, 光照强度在 8:00 - 16:00 的日变化不大, 平均值仅为 CK 的 1/46。通过 SPSS 软件对各测试点进行多重比较分析, 结果表明, 大、小乔木对光照的削弱虽有一定的差距, 但都起着极大的作用。对光照强度与温度、相对湿度进行 Pearson 相关性分析(表 4), 结果表明, 空气相对湿度与光照强度之间呈负相关的关系, 且相关性显著 ( $P < 0.05$ ), 温度与光照强度之间呈显著正相关 ( $P < 0.05$ ), 两者都会因为光照强度的变化而产生变化, P6 的相对湿度与光照强度未呈显著相关的原因可能是杜英集中在绿地外侧, 空气流通难以带去水分。



注: 实心折线对应左刻度线, 空心折线对应右刻度线。

图 4 各测试点不同时间光照强度的变化

Figure 4 Change of illumination intensity of each point

表 4 各测试点光照强度与温度、相对湿度的相关性分析  
Table 4 Correlation analysis between illumination intensity and temperature/relative humidity

测试点	光照强度与温度		光照强度与相对湿度		测试点	光照强度与温度		光照强度与相对湿度	
	Pearson 相关系数	P 值	Pearson 相关系数	P 值		Pearson 相关系数	P 值	Pearson 相关系数	P 值
P1	0.979**	0.004	0.969**	0.007	P6	0.881*	0.048	0.893	0.076
P2	0.931*	0.021	0.909*	0.032	P7	0.942*	0.017	0.924*	0.025
P3	0.936*	0.016	0.935*	0.020	P8	0.944*	0.016	0.923*	0.025
P4	0.884*	0.047	0.885*	0.046	CK	0.924*	0.025	0.919*	0.027
P5	0.927*	0.023	0.933*	0.021					

注: \*表示相关性显著,  $P < 0.05$ ; \*\*表示相关性极显著,  $P < 0.01$ 。

3 结论与讨论

通过对绣湖公园 8 个不同植物群落结构测试点的调查与分析发现: (1) 各类结构的植物群落对夏季小气候

都有着积极的影响,大乔木-小乔木-灌木-草、大乔木-草或单一大乔木结构的群落对小气候的调节最为明显,其中,以大乔木-小乔木-灌木-草的复层结构最为突出,在其他条件相似的情况下,大乔木的降温、遮光效应显著强于小乔木以及灌木( $P < 0.05$ )。这种差距主要是由郁闭度不同而造成,阳光带来的热辐射是地表温、湿度变化的主要原因,大乔木的树冠更为庞大,枝叶开展,叶面积指数也越高,透过的光照与辐射也越小,遮阴效果也越强,降温增湿效果越明显。可见,大乔木在调节空间小气候中占主导地位,在乔灌草配置模式中的“乔”,应当以大乔木为主。而灌木-草的绿地由于结构简单,对空间的降温增湿难以形成影响,其对小气候调节不具有明显意义;(2)对于小型乔木与灌木作为中层结构贴近市民活动的空间高度,通过蒸腾作用和减缓空气流动,有效减缓该空间的水分散失,因此,小型乔木的增湿效果要大于降温效果;(3)在自然条件下,太阳光照强度是决定小气候条件的主要因素,空气相对湿度与光照强度之间呈显著负相关( $P < 0.05$ ),温度与光照强度呈显著正相关( $P < 0.05$ )。

绿地小气候受到多方面因素的影响,如下垫面、水体、建筑、绿地类型等,想要在用地日益紧张的城市中充分发挥植物群落对小气候的调节效应,需要以更为科学、生态的植物群落配植方式来构建绿地。在绿地规划中,应尽量增加大乔木的占比,多构建乔-灌-草结构的植物空间,增加绿量,同时,大乔木可以在冬季有效遮挡寒风,提高冬季的舒适度。遮阴乔木是夏季绿地的首要选择,尽量选择如黄山栾树、樟等树冠开展、树形高大的乔木,可以有效提高绿地夏季的舒适度。但考虑到冬季场地内需要一定光照,因此,即使樟、雪松等这些常绿乔木夏季降温明显,但不适宜在人群集中活动区占太大比例。而灌木与草地的生态效益较低,应尽量避免大范围的构建。但公园中不免需要出现以草坪为代表的开放空间与密林景观形成视觉上的对比,或作为春、秋、冬季的活动场所,此类空间的大小关系需要平衡。

本文从植物群落结构入手,将植物分为大乔木、小乔木、灌木、草地四层结构,探究其对夏季小气候因子的影响,希望为义乌和此类发展城市提供绿地建设的理论依据。

#### 参考文献:

- [1] 晏海. 城市公园绿地小气候环境效应及其影响因子研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2014.
- [2] 许睿, 董家华, 王凤兰. 城市热岛效应的影响因素、研究方法及缓解对策研究进展[J]. 仲恺农业工程学院学报, 2020, 33(04): 65-70.
- [3] 刘滨谊, 彭旭路. 城市街道小气候舒适性研究进展与启示[J]. 中国园林, 2019, 35(10): 57-62.
- [4] CHANG C R, LI M H, CHANG S D. A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks[J]. Landscape Urban Plan, 2006, 80(4): 386-395.
- [5] 花利忠, 孙凤琴, 陈娇娜, 等. 基于 Landsat-8 影像的沿海城市公园冷岛效应——以厦门为例[J]. 生态学报, 2020, 40(22): 8147-8157.
- [6] 成实, 牛宇琛, 王鲁帅. 城市公园缓解热岛效应研究——以深圳为例[J]. 中国园林, 2019, 35(10): 40-45.
- [7] 林婧. 北京市中小型绿地斑块的形状特征与降温增湿效益的相关性研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2016.
- [8] TESHNEHDEL S, AKBARI H, GIUSEPPE E D, et al. Effect of tree cover and tree species on microclimate and pedestrian comfort in a residential district in Iran[J]. Build Environ, 2020, 178: 1312-1323.
- [9] 陆金凤. 城市滨水绿地植物类型及布局模式对住区微气候及热舒适影响研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2020.
- [10] 刘海轩, 卢泽洋, 金桂香, 等. 北京城市森林冠层结构对夏季舒适度及林内小气候的影响[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2018, 47(06): 736-742.
- [11] 纪鹏, 朱春阳, 李树华. 河流廊道绿带结构的温湿效应[J]. 林业科学, 2012, 48(03): 58-65.