

文章编号: 1674-7054(2019)04-0424-08

基于日照需求的热带城市行道树的配置 ——以海口市为例

汪丽, 康梓杭, 吴庆书

(海南大学 林学院, 海口 570228)

摘要: 为研究热带城市行道树的配置, 以海口市作为研究对象, 调查了海口市行道树的高度(h)、冠幅(p)、道路宽度(D)及道路两侧的建筑物高度(H)等项目, 结合采集到的数据, 通过 SketchUp 软件辅助模拟, 对道路行道树进行日照分析。结果显示: 南北走向道路行道树接受日照时间东侧与西侧基本没有差异; 建筑物的高度与行道树的高度对行道树受日照时间的影响较大, 而道路的宽度对行道树受日照时间基本没有影响; 东西走向道路行道树受日照时间, 北侧行道树比南侧行道树受日照时间长; 建筑的高度、行道树的高度、道路的宽度对行道树的受日照时间有明显的影响。依据分析结果提出如下策略, 同等情况下, 南北走向的道路, 在两侧建筑物不高的情况下, 应选择遮阴, 植株体量较大的树种(如小叶榕 *Ficus benjamina*、大叶榕 *Ficus altissima*、秋枫 *Bischofia javanica* 等), 反之, 适宜选择植株体量较小树种(如羊蹄甲 *Bauhinia purpurea*、假苹婆 *Sterculia lanceolate* 等)。东西走向道路, 北侧行道树应采用大体量遮阴树种(如大叶榕、垂叶榕 *Ficus benjamina* 等); 南侧行道树宜选择体量较小的树种(如假苹婆, 羊蹄甲等)。在道路宽度较窄, 两侧建筑物较高的道路, 适宜单侧种植行道树, 或种植耐荫花灌木(如光叶子花 *Bougainvillea glabra*、基及树 *Carmona microphylla*、非洲茉莉 *Fagraea ceilanica* 等)。

关键词: 风景园林; 日照分析; 行道树; 海口

中图分类号: TU 985.11; TU 985.18 **文献标志码:** A **DOI:** 10.15886/j.cnki.rdsxb.2019.04.017

道路绿化在城市绿色空间(UGS)中扮演着重要的角色, 种植科学的行道树不仅具有突出的生态保护功能, 而且还能抵御城市极端小气候与改善行人的身心健康等^[1]。热带地区纬度低, 地处赤道两侧, 常年气候炎热, 城市道路行道树的选择需要充分考虑气候因素, 日照是热带地区最重要的气候因素之一, 海口市地处热带北缘, 日照时数长, 日照辐射大, 行道树的生长受日照因素的影响到较大。目前, 对城市行道树的研究主要集中在群落结构、景观评价、生物多样性等方面^[2-4], 而对行道树的日照因素研究较少。因此, 笔者选择海口市建成区 10 条典型性道路进行实地调查, 结合 SketchUp 软件辅助模拟, 探讨热带城市行道树日照时间差异情况, 提出基于日照分析的道路行道树选择策略, 旨在为科学合理设计种植行道树提供指导。

1 调查地概况及研究方法

1.1 研究地概况 海口市位于我国海南岛的北部, 地处低纬度热带北缘, 属于季风性热带气候区, 日照时间较长, 年平均日照时数高达 2 210 h, 日辐射量较大, 可达到 11~12 万卡, 有效积温高。夏长冬短, 历年未见霜雪, 夏秋雷暴多; 年均受影响的台风 5.5 个(次), 其中, 12 级以上的台风 2~4 个(次), 每年 4~10 月是台风活跃季节^[5]。

1.2 实地调研法 通过前期考察, 从海口市建成区选取 10 条典型且具有代表性的道路进行实地调查

收稿日期: 2019-05-15

修回日期: 2019-06-03

作者简介: 汪丽(1991-), 女, 海南大学林学院 2015 级硕士研究生. E-mail: wl1531971374@foxmail.com

通信作者: 吴庆书(1962-), 男, 教授, 硕士生导师. 研究方向: 热带园林. E-mail: wqs22@126.com

(行道树种植3年以上、近期无重大修剪、分布相对均匀)。调查时间为2018年8-12月,测量的内容包括道路的方向,断面类型、道路两侧建筑高度,行道树的类型、胸径、冠幅以及行道树的高度,并且拍摄现状图片,手绘现状断面图。

1.3 SU软件辅助模拟分析 应用SketchUp软件,采用建筑行业常用的方法—计算机辅助日照设计,对调研的路段建立简化模型,模拟大寒日照情况^[6],分析建筑阴影对行道树不同时刻产生的影响差异。

1.4 日照分析原理 日照分析需参考太阳的相对位置,其中,太阳高度角和太阳方位角是2个主要参数^[7-8]。根据日照原理,太阳高度角 h_s 公式为

$$\sin h_s = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \Omega,$$

式中: h_s 为太阳高度角; φ 为所在地区的地理纬度; δ 为太阳赤纬角; Ω 为太阳时角。

太阳方位角 A_s 的计算公式为

$$\cos A_s = (\sin h_s \sin \varphi - \sin \delta) / \cos h_s \cos \varphi,$$

太阳时角 Ω 与当地时间(即真太阳时)的关系为

$$\Omega = 15 \times (t - 12),$$

式中: t 为当地时间(真太阳时),以24 h计算; Ω 为太阳时角,太阳时角是时间的表达式,用角度测量来表示,通常是从太阳正午算起的度数。太阳正午时角为0度,太阳正午前的时间为负度,太阳正午后的当地时间为正度^[9]。

海口属东八区,采用北京时间,真太阳时 t =北京时间+时差,时差 $= (120^\circ - \text{当地经度}) / 15^\circ$ 。

在日照分析中,由于以日照时数便于直观了解,我国的日照标准便以日照时间来衡量。

日照的时间随季节的变化而不同,植物的长势与日照时长有直接关系,一般来说,光照时间增长,光合作用产物越多,植物生长越旺盛,反之则相反,具体视植物的树种决定^[10]。

2 结果与分析

2.1 海口市行道树基本情况 海口市主要道路约183条,行道树37种,隶属于17科30属。其中,骨干树种14种:椰子(*Cocos nucifera*)、紫檀(*Pterocarpus indicus*)、小叶榕(*Ficus benjamina*)、非洲楝(*Khaya senegalensis*)、高山榕(*Ficus altissima*)、羊蹄甲(*Bauhinia purpurea*)、秋枫(*Bischofia javanica*)、洋葡桃(*Syzygium samarangense*)、木棉(*Bombax malabaricum*)、王棕(*Roystonea regia*)、大叶桃花心木(*Swietenia macrophylla*)、海南红豆(*Ormosia pinnata*)、榄仁树(*Terminalia catappa*)。10条样本道路见图1。

2.2 道路行道树日照时间分析 通过对道路样段的调查,结合百度实景地图,将道路两侧建筑物简化处理成块,行道树简化成球体。在Sketchup软件中建立模型,利用日照大师插件对行道树进行日照计算。参数地理位置设置为海口($N110^\circ 19'$, $E20^\circ 1'$),选择大寒日作为日照标准日,日照扫描角12度,采样点间距2 m,时间间隔为8 min。最终将日照时数形成颜色不同的热图,颜色从红色渐变到蓝色(图2),从低到高分别为0~1,1~2,2~3,3~4,4~5,5~6,6~7,7~8 h。



图1 调查道路(海口)布点分布图

Fig.1 The arrangement of sites of roads for survey

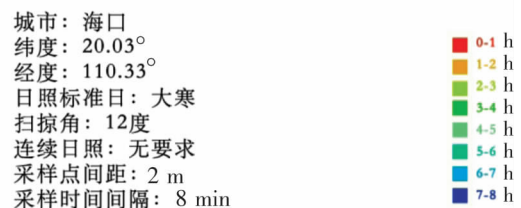


图2 日照时数值图例

Fig.2 Numerical legend of sunshine duration

2.2.1 南北向道路行道树日照时间分析 从表 1 可以看出,在所选的南北向 5 条道路中,道路东侧与西侧同种行道树的冠幅、树高差异不明显,东侧与西侧最多所受日照数、东侧与西侧最少所受日照数差异也不明显,且相同树种的行道树,其树高与日照时数呈正相关。

表 1 南北向道路行道树日照时间计算结果

Tab. 1 Calculation of sunshine duration of trees planted along the north-south roads

道路名称 Road name	路宽/m Road width	树种 Tree species	方向 Direction	冠幅/m Canopy width	树高/m Tree height	最多受日照时数/h Maximum sunshine exposure	最少受日照时数/h Minimum sunshine exposure
兴丹路	39	南洋楹 <i>Albizia falcataria</i>	东侧	6.0	9.5	5~6	2~3
			西侧	6.5	15.0	6~7	2~3
美苑路	59	糖胶树 <i>Alstonia scholaris</i>	东侧	6.0	10.5	7~8	3~4
			西侧	6.5	12.0	7~8	4~5
丽晶路	57	小叶榄仁 <i>Terminalia catappa</i>	东侧	3.5	4.0	6~7	3~4
			西侧	3.5	4.0	6~7	3~4
世纪大道	73	高山榕 <i>Ficu saltissima</i>	东侧	8.5	8.0	7~8	4~5
			西侧	8.0	7.5	7~8	4~5
		凤凰木 <i>Delonix regia</i>	东侧	6.0	9.0	5~6	4~5
			西侧	5.5	8.0	5~6	4~5
大园路	45	黄葛榕 <i>Ficus virens</i>	东侧	5.0	6.0	4~5	1~2
			西侧	6.0	8.0	4~5	2~3

2.2.2 东西向道路行道树日照时间分析 从表 2 可以看出,在东西向 5 条道路中,道路南侧与道路北侧行道树数据有明显不同。高登西街、金贸中路、金龙路、海贤路和五西路的行道树(不含五西路的大叶榄仁 *Terminalia catappa* 和小叶榄仁 *Terminalia mantaly*),北侧行道树冠幅与树高均大于南侧冠幅和树高,北侧最多受日照时数(7~8 h)也均大于南侧最多受日照时数(6~7 h)。五西路的蒲葵 *Livistonachinensis* 所有测量数值南北侧基本无差异。

表 2 东西向道路行道树日照时间计算结果

Tab. 2 Calculation of sunshine duration of the trees along the east-west roads

道路名称 Road name	路宽/m Road width	树种 Tree species	方向 Direction	冠幅/m Canopy width	树高/m Tree height	最多受日照时数/h Maximum sunshine exposure	最少受日照时数/h Minimum sunshine exposure
高登西街	22	紫檀	南侧	7.5	12.0	4~5	0~1
			北侧	8.0	14.0	7~8	6~7
金贸中路	59	糖胶树	南侧	6.0	10.5	2~3	0~1
			北侧	6.5	12.0	7~8	6~7
金龙路	70	榄仁树	南侧	3.5	4.0	4~5	2~3
			北侧	4.0	4.5	7~8	6~7
海贤路	34	小叶榄仁	南侧	5.5	11.5	3~4	1~2
			北侧	6.5	13.0	5~6	2~3
		小叶榄仁	南侧	10.0	11.0	1~2	0
		大叶榄仁	北侧	7.0	6.0	7~8	3~4
五西路	83	椰子	南侧	9.0	5.0	7~8	1~2
			北侧	8.0	6.0	7~8	3~4
		蒲葵	南侧	4.0	3.2	7~8	5~6
			北侧	4.0	3.2	7~8	5~6

2.3 海口市行道树日照分析简化模型 通过对海口市城市道路的调研分析,行道树日照分析涉及3个指标,分别是行道树高度 h ,道路宽度 D ,道路两侧的建筑物高度 H 。将行道树的高度 h 设置为3个等级(8,16,24 m)。道路宽度 D 设置为3个等级(20,30,50 m),道路两侧的建筑物高度 H 设置为3个等级(17.5 m,5层;52.5 m,15层;87.5 m,25层),每层按3.5 m计算。控制变量分别制作简化模型进行日照分析。

2.3.1 海口市南北向道路行道树日照时间的简化模型 经过现场调查和分析,将样地道路分为南北方向,并建立模型(图3-6)。

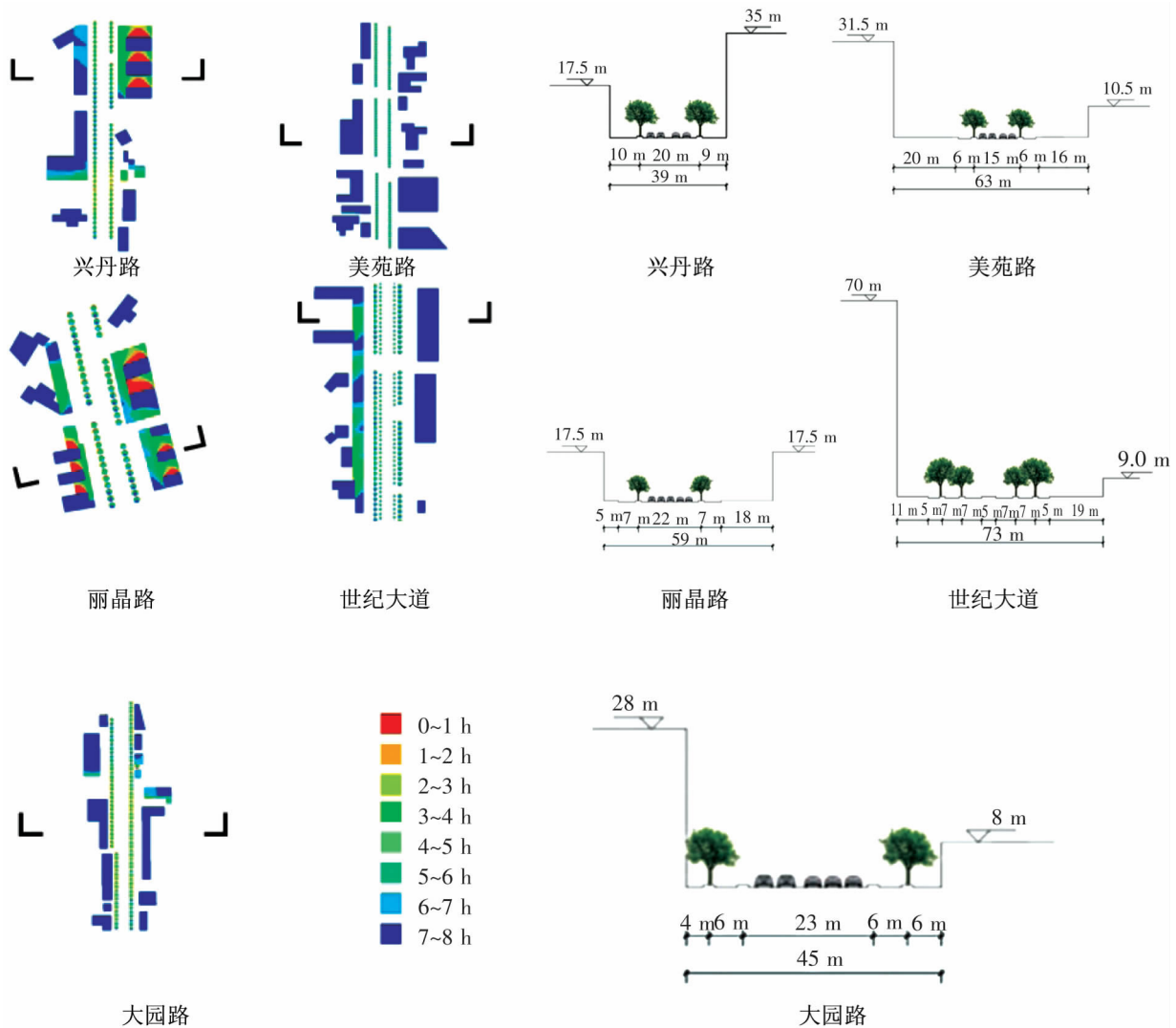


图3 南北向道路行道树的日照时间

Fig. 3 Sunshine duration diagram for the street trees along the north-south road

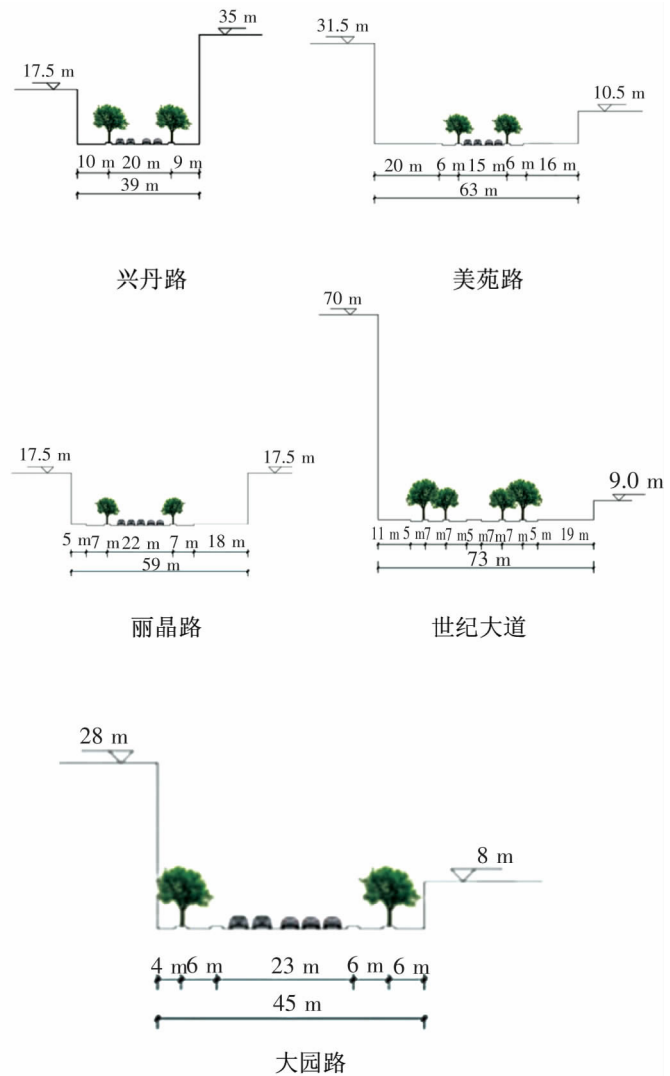


图4 南北向道路的断面图

Fig. 4 Section of north-south roads

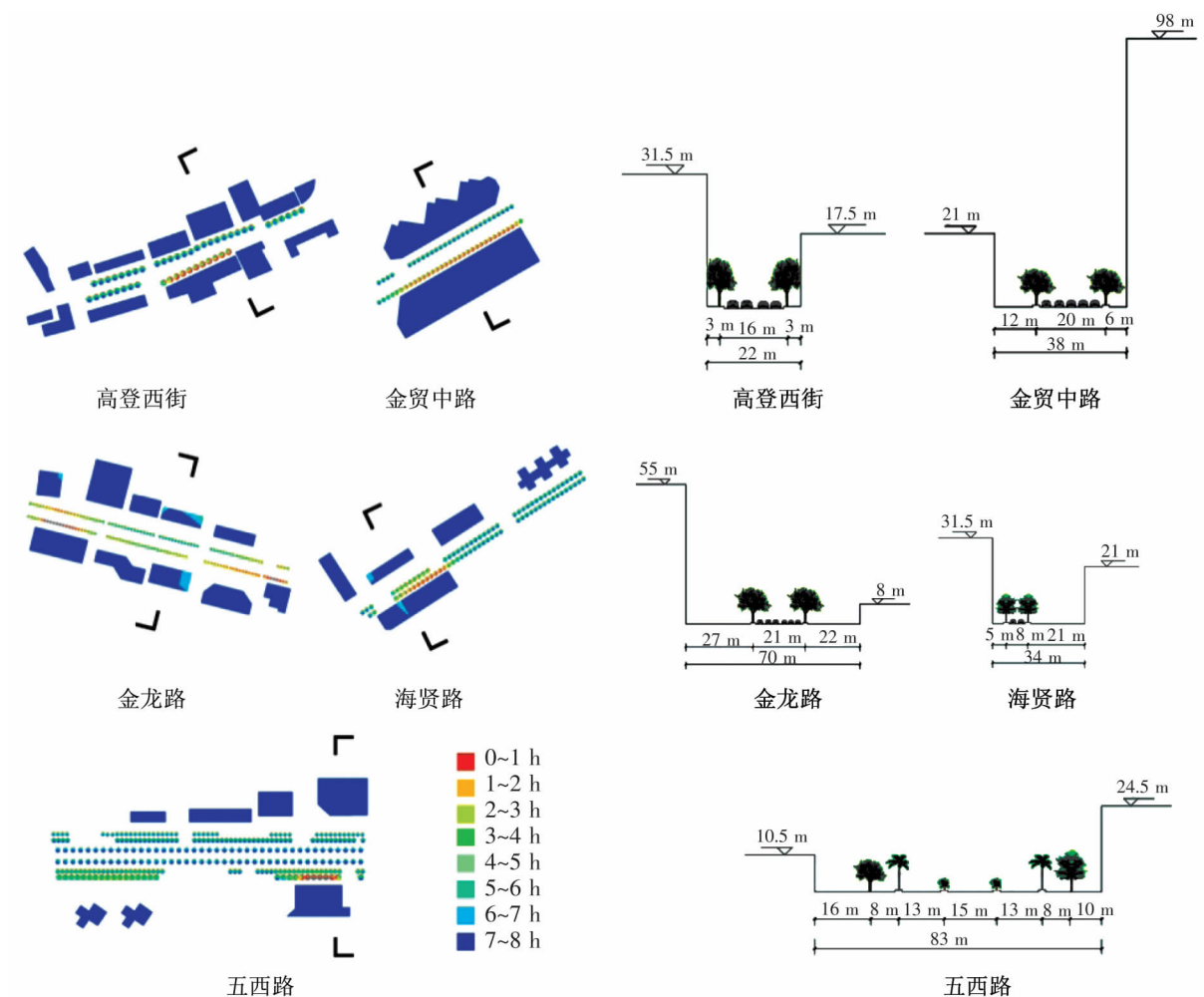


图5 东西向道路行道树的日照时间

Fig. 5 Sunshine duration of the street trees along the east-west roads

图6 南北向道路的断面图

Fig. 6 Sections of the east-west roads

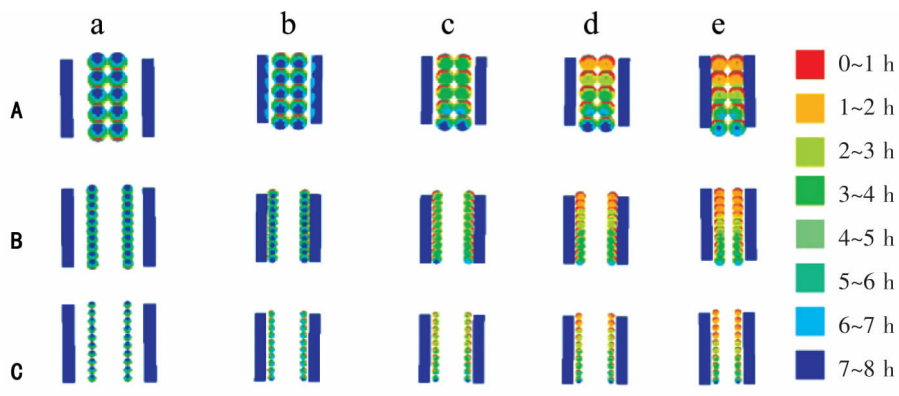


图7 南北向道路行道树的日照分析模型

Fig. 7 Sunshine analysis model diagram for street trees along the north-south roads

A-a:	D = 50 m	H = 87.5 m	h = 24 m	B-a:	D = 50 m	H = 87.5 m	h = 16 m	C-a:	D = 50 m	H = 87.5 m	h = 8 m
A-b:	D = 30 m	H = 87.5 m	h = 24 m	B-b:	D = 30 m	H = 87.5 m	h = 16 m	C-b:	D = 30 m	H = 87.5 m	h = 8 m
A-c:	D = 30 m	H = 87.5 m	h = 24 m	B-c:	D = 30 m	H = 87.5 m	h = 16 m	C-c:	D = 30 m	H = 87.5 m	h = 8 m
A-d:	D = 30 m	H = 87.5 m	h = 24 m	B-d:	D = 30 m	H = 87.5 m	h = 16 m	C-d:	D = 30 m	H = 87.5 m	h = 8 m
A-e:	D = 20 m	H = 87.5 m	h = 24 m	B-e:	D = 30 m	H = 87.5 m	h = 16 m	C-e:	D = 30 m	H = 87.5 m	h = 8 m

(h: 行道树高度 H: 建筑高度 D: 道路宽度)

(h: Street tree height; H: Building height; D: Road width)

从图7中可以看到,对于南北向的道路,两侧的建筑物高度 H 相同时,其道路行道树光照时间相同。在道路宽度 D 保持恒定时,道路行道树光照时间随行道树的高度 h 的增加而增加,道路行道树光照时间随道路两侧的建筑物高度 H 的增加而减少。当行道树的高度 h 保持恒定时,道路行道树光照时间随道路宽度 D 的增加而增加,道路行道树光照时间随道路两侧的建筑物高度 H 的增加而减少。当道路两侧的建筑物高度 H 保持恒定时,道路行道树光照时间随道路宽度 D 的增加而增加,道路行道树光照时间随行道树的高度 h 的增加而增加。

2.3.2 海口市东西向道路行道树日照时间的简化模型 从图8中可以看到,对于东西向的道路,两侧的建筑物高度 H 相同时,其南北侧行道树日照时间有明显不同,基本上呈现北多南少的情况,南侧行道树光照时间不佳,甚至出现无有效光照时间的情况。南北侧差异的具体情况仍与道树的高度 h 和道路宽度 D 有关。行道树光照时间与南北向道路规律基本一致。

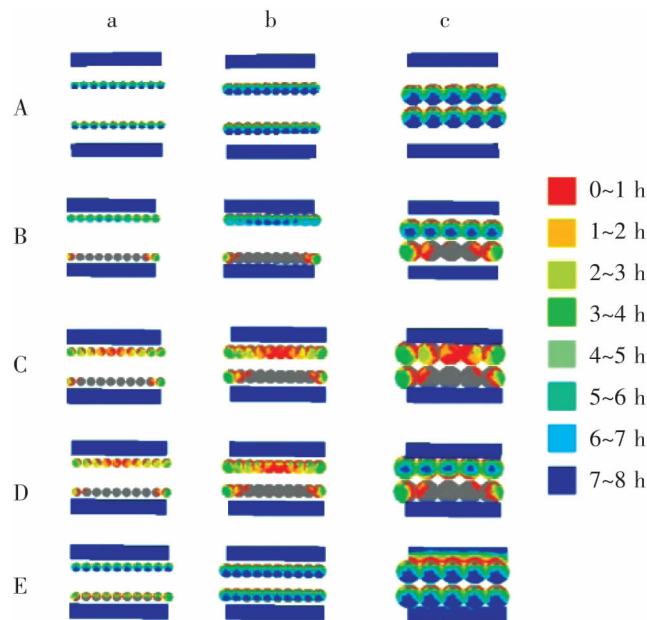


图8 东西向道路行道树日照分析模型图

Fig. 8 Sunshine analysis model diagram for the street trees along the east-west roads

A-a: $D = 50$ m	$H = 17.5$ m	$h = 8$ m	A-b: $D = 50$ m	$H = 17.5$ m	$h = 16$ m	A-c: $D = 50$ m	$H = 17.5$ m	$h = 24$ m
B-a: $D = 30$ m	$H = 17.5$ m	$h = 8$ m	B-b: $D = 30$ m	$H = 17.5$ m	$h = 16$ m	B-c: $D = 30$ m	$H = 17.5$ m	$h = 24$ m
C-a: $D = 20$ m	$H = 17.5$ m	$h = 8$ m	C-b: $D = 20$ m	$H = 17.5$ m	$h = 16$ m	C-c: $D = 20$ m	$H = 17.5$ m	$h = 24$ m
D-a: $D = 20$ m	$H = 52.5$ m	$h = 8$ m	D-b: $D = 20$ m	$H = 52.5$ m	$h = 16$ m	D-c: $D = 20$ m	$H = 52.5$ m	$h = 24$ m
E-a: $D = 20$ m	$H = 87.5$ m	$h = 8$ m	E-b: $D = 20$ m	$H = 87.5$ m	$h = 16$ m	E-c: $D = 20$ m	$H = 87.5$ m	$h = 24$ m

(h : 行道树高度 H : 建筑高度 D : 道路宽度)

(h : Street tree height; H : Building height; D : Road width)

2.4 日照分析主要特点 对海口市的道路进行调研分析,通过建模日照分析,可以得知如下结论:

- 1) 南北走向道路行道树接受日照时间东侧与西侧基本没有差异。建筑物的高度与行道树的高度对行道树受日照时间影响较大,而道路的宽度对行道树受日照时间基本没有影响。
- 2) 东西走向道路的行道树受日照时间,北侧行道树比南侧行道树受日照时间长。建筑物的高度、行道树高度道路的宽度对行道树的受日照时间有明显的影。

3 热带地区城市道路行道树配置建议

经过对海口市道路行道树的实地调查,发现由于道路两侧行道树受日照时间不同,产生了两侧行道树生长有差异的情况。因此,对热带地区的行道树配置,不能仅仅从城市大气候,道路土壤基础条件等方面考虑,还应该考虑行道树的日照时间。

3.1 南北走向道路 在同等情况下,南北向道路两侧行道树光照时间基本相同,道路宽度对其影响不大。在两侧建筑物高度不高的情况下,行道树受光照时间较长,行道树应选择遮阴,植株体量较大的树种(如小叶榕、大叶榕、垂叶榕、秋枫等)。在两侧建筑物高度较高的情况下,行道树光照时间较短,行道树宜选择体量较小的树种(如羊蹄甲、假苹婆、菠萝蜜、小叶榄仁等),避免对低楼层住户的采光造成影响。

3.2 东西走向道路 在同等情况下,东西向道路两侧行道光照时间相差较大。总体来说南侧行道树光照时间一般少于北侧行道树,因此,北侧行道树应采用大体量遮阴树种(如小叶榕、高山榕、秋枫、盆架木、木棉等);南侧行道树宜选择体量较小的树种(如羊蹄甲、假苹婆、菠萝蜜等)。

在道路宽度较窄,两侧建筑物较高的道路,适宜单侧种植行道树,或种植耐荫花灌木(如光叶子花 *Bougainvillea glabra*、基及树 *Carmona microphylla*、非洲茉莉 *Fagraea ceilanica* 等)。

4 结束语

海口市地处我国“台风走廊”,因此,在城市道路行道树的配置过程中,还应考虑行道树的抗风性与冠幅与林荫空间三者之间的关系^[11]。城市道路绿化作为城市道路景观、城市绿化系统的重要组成部分,在保护和改善生态环境、美化城市、塑造城市形象等方面有着极其重要的作用。道路绿化想要在城市绿色空间(UGS)中扮演好其重要角色,城市道路绿化设计就显得很重要,它应满足各方面的需求。然而城市环境复杂、多元,对设计造成了不同程度的困难。海口市作为我国重要热带滨海的城市,道路绿化设计需要采用更多的设计“支点”。根据热带地区的特点从日照分析来切入道路绿化设计新视角,只是一个初步的尝试,今后还有待更深入、细致的探索。

参考文献:

- [1] LOVASI G S, QUINN J W, NECKERMAN K M, et al. Children living in areas with more street trees have lower prevalence of asthma [J]. J. Epidemiol Community Health, 2008, 62(7): 647–649.
- [2] 刘智能,张红锋,徐瑾. 西藏行道树资源调查与结构特征分析 [J]. 四川大学学报(自然科学版), 2019, 56(1): 173–181.
- [3] 熊金鑫,祁慧君,王倩茹,等. 基于 i-Tree 模型的城市小区行道树生态效益评价 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2019, 43(2): 128–136.
- [4] 顾建中,史小玲,王云,等. 常德市城区行道树植物多样性研究 [J]. 湖北农业科学, 2013, 52(18): 4427–4429.
- [5] 海口市气象局. 海口市气候概况 [EB/OL]. [2017–07–01]. <http://www.hkqx.net/Home/HaikouQX>.
- [6] 中华人民共和国建设部. 城市居住区规划设计规范 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [7] 魏合义. 基于日照需求的景观植物选择及智能决策方法 [D]. 武汉: 武汉大学, 2016.
- [8] 吴迪. 基于日照分析的郑州市行道树配置模式研究 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2018.
- [9] 罗劲梅,冯仁军,罗冠勇,等. 浅谈海口市道路绿化和植物配置 [J]. 中国园艺文摘, 2015, 31(8): 106–107.
- [10] 陈有民. 园林树木学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2011.
- [11] 杨东梅,王佳玫,陈华姑,等. 台风“威马逊”对海口树木的危害及防治对策 [J]. 福建林业科技, 2015, 42(4): 159–163.

Layout of Tropical Urban Street Trees Based on Sunshine Requirements with Haikou City as an Example

WANG Li, KANG Zihang , WU Qingshu

(Institute of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China)

Abstract: In order to study the layout of street trees in tropical cities, the height and crown width of street trees as well as road width and the building height on both sides of the roads were measured in Haikou city with Haikou city as an example. The data collected was used to analyze the sun exposure to the street trees by using the SketchUp software. The results showed that there was no difference in daylight exposure duration of the street trees between the east and west sides of the north-south roads. The height of buildings and the height of street trees had a great influence on the sunshine duration of the street trees, while the width of roads generally had no effect on the sunshine duration of the street trees. The street trees along the east - west roads had longer sunlight exposure duration in the north than in the south. The height of building, the height of the street trees and the width of the roads had obvious influence on the sunshine duration of the street trees. In this context a strategy for layout of street trees was put forward. Under the same circumstances in the north-south roads where buildings are not high on both sides of the roads big shade trees, such as *Ficus benjamina*, *Ficus altissima*, *Bischofia javanica*, etc, are recommended for planting along both sides of the roads, or on the contrary if the buildings are high small trees such as *Bauhinia purpurea*, *Sterculia lanceolate*, etc are selected. If the road runs from east to west, big shade trees, such as *Ficus altissima*, *Ficus benjamina*, etc, are selected for planting on the north side, and small trees, such as *Sterculia lanceolate*, *Bauhinia purpurea*, etc, are planted on the south side of the road. In the narrow roads where buildings are high on both sides it is better to plant street trees in one side or plant shade shrubs, such as *Bougainvillea glabra*, *Carmona microphylla*, *Fagraea ceilanica*, etc.

Keywords: Landscape architecture; sunshine analysis; street trees; Haikou

(责任编辑: 潘学峰)