

基于人体舒适度的南宁罗汉松园小气候研究

黄露璐¹, 叶劲枫², 蔡鑫², 蔡如^{1*}, 冯颖竹³ (1. 仲恺农业工程学院园艺园林学院, 广东广州 510225; 2. 广州普邦园林股份有限公司, 广东广州 510627; 3. 仲恺农业工程学院环境科学与工程学院, 广东广州 510225)

摘要 [目的]探究南宁罗汉松园的小气候,为植物主题园营造适宜的小气候环境提供理论依据。[方法]通过对南宁罗汉松园不同片区夏秋季温湿度的实地观测,分析罗汉松园的温湿度日变化特征,研究温湿度随高度的变化和不同片区的分布特点。[结果]秋季的人体舒适度整体较夏季高;不同片区中,罗汉松园整体的人体舒适度为最佳;距离地面不同高度的人体舒适度不同,但总体差别不大。罗汉松在夏秋季可有效降低空气温度,增加空气相对湿度。[结论]可据不同的季节和时间段得出最佳观赏时段及路线;可适当增加罗汉松植物与其他园林要素搭配的比例,通过营造罗汉松园小气候,增加人体舒适度,提升游客观赏园林的体验感;在植物景观规划设计中,依据小气候效益适当选择种植罗汉松植物。

关键词 人体舒适度;小气候;园博会;植物主题园;罗汉松园

中图分类号 TU 986 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)13-0127-07

doi: 10. 3969/j. issn. 0517-6611. 2021. 13. 031



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on Microclimate of Nanning Podocarpus Garden Based on Human Comfort

HUANG Lu-lu¹, YE Jin-feng², CAI Xin² et al (1. Horticulture and Landscape Architecture, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou, Guangdong 510225; 2. Pubang Landscape Architecture Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510627)

Abstract [Objective] To explore the microclimate of Nanning podocarpus garden, and provide a theoretical basis for creating a suitable microclimate environment for the plant theme garden. [Method] Through the field observation of temperature and humidity in summer and autumn in different areas of Nanning podocarpus garden, the diurnal variation characteristics of temperature and humidity in Nanning podocarpus garden were analyzed, and the variation of temperature and humidity with height and the distribution characteristics of different areas were studied. [Result] The overall human comfort in autumn was more comfortable than that in summer. The overall human comfort in Podocarpus district was the best in different areas. The human comfort at different heights from the ground was different, but the overall difference was not significant. In summer and autumn, Podocarpus can effectively reduce air temperature and increase air relative humidity. [Conclusion] The best viewing time and route can be provided according to different seasons and time periods. It can also appropriately increase the proportion of plants matching with other garden elements. By creating a microclimate of Nanning podocarpus garden, it can increase the comfort level of human body and enhance the tourists' experience of viewing the garden. In the planning and design of plant landscape, the planting of *Podocarpus macrophyllus* was suitable according to the microclimate benefit.

Key words Human comfort; Microclimate; Garden Expo; Botanical theme garden; Podocarpus garden

第十二届南宁园博会自开幕以来,开园期间人流量大,是南宁人民休闲娱乐的好去处。其中,罗汉松园位于南宁园博会主入口,是园区的重要节点之一。“人间四月芳菲尽,山寺桃花始盛开”白居易早在《大林寺桃花》中提到因所处的高度不同,气温具有垂直分布的特点。因此,该研究选取南宁罗汉松园进行人体舒适度探究,重点关注夏秋季节不同高度的小气候对人体舒适度的影响。近年来,有关学者对小气候及人体舒适度进行研究,吴仁武等^[1]对竹类植物群落的夏季微气候特征和热舒适度调节进行了研究,杜万光等^[2]探讨了公园绿地夏季典型天气下小气候及人体舒适度情况,彭海峰等^[3]选择校园环境中6类不同植物群落结构空间的小气候要素进行实测,并结合人体舒适度调查问卷,分析不同校园活动空间的人体舒适度,主要集中于某一特定季节的植物群落、不同空间的小气候特征以及影响人体舒适度因素研究,对于小气候及人体舒适度在不同季节的特征及不同高度分布规律研究较少。笔者通过对小气候要素进行实测,总结小气候随高度的变化规律,探讨罗汉松园的小气候特征及其

对人体舒适度的影响,以期为市民休闲出行活动的舒适体验和城市展园中植物主题园的植物规划设计提供理论参考。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况 罗汉松园(图1、2)占地面积约为1.6 hm²,位于园博园东大门即主入口,取青松迎客之意,为入园第一景。园内东部以罗汉松为主,北部四围合院,南部山水兼长,借助场地原有的矿坑谷地、平缓坡地及林地等,“经营”罗汉松、瀑布、溪涧、锦鲤池、栈道等与之结合^[4]。以寓意吉祥长寿、繁荣昌盛的罗汉松为主体,结合矿坑生态修复,融入写意山水诗意造园的理念,营造喜迎宾客的罗汉松专类园。

1.2 观测方法

1.2.1 试验对象。为了研究不同下垫面空气温湿度随着高度的分布特点以及不同下垫面的人体舒适度,将罗汉松园分为4个片区,选择各片区的相对中心位置设为固定试验点并做好标记(图3)。其中,硬质广场区和草坪区设置为对照(CK)。为了使研究结果能对风景园林规划设计中的人体舒适度设计提供参考,选择0.5、1.5 m为测定高度。通过实地调查,观测点概况见表1。

1.2.2 测定时间及内容。按照相关测定规范,采用定点定位观测方法,利用建大仁科温湿度记录仪(型号Cos-03-*)测定温度、相对湿度等各项气象因子。温度测定范围为

基金项目 校企合作项目“小气候对南宁园博园罗汉松园植物景观影响及景观空间后评价研究(D11920259)”。

作者简介 黄露璐(1995—),女,广东河源人,硕士研究生,研究方向:风景园林规划设计。*通信作者,教授,硕士,从事风景园林规划设计研究。

收稿日期 2020-11-06

-10~45℃,精度为 ± 0.1 ℃;相对湿度测定范围为0~100%,精度为 $\pm 1.5\%$ 。为减小误差,选取2019年8月23—25日(夏季3d)、11月1—3日(秋季3d)(表2)进行连续观测,于南

宁园博园的营业时间(09:00—18:00)1h对4个片区进行同步测定,1d测定10次,每次测定均在正点前后10min内完成,每测定点在距离地面0.5、1.5m处进行观测。



图1 罗汉松园平面

Fig. 1 Plan of Podocarpus Garden



图2 罗汉松园全园鸟瞰

Fig. 2 Aerial view of Podocarpus Garden

在4个实测点分别用4台USB温湿度记录仪(编号为1~4)进行测量记录,将USB温湿度记录仪的自动记录间隔设置为30s,每隔30s分别在实测点的0.5、1.5m高度处放置仪器。每个实测点1人手持测量仪器及塔尺,每接近整点时刻,试验人员提前到实测点准备,待数据平稳及整点时刻进行仪器记录数据。

1.2.3 人体舒适度评价指标。南宁属湿润亚热带季风气候,根据《中国建筑热环境分析专用气象数据集》^[5]可得到南宁市典型气象。据有关学者分析可知,南宁1年持续高温时间较长,月均气温最高值出现在6—9月,全年基本都处于湿

度较高的状态^[6]。因此,罗汉松园夏季潮湿闷热,人体舒适度受到影响。南宁秋季气候温和^[7],在秋季的罗汉松园内人体感受适宜。

人类的身体健康受气候等因素的影响大,当气象因子如温度、湿度、太阳辐射、风、气压、空气负离子浓度等发生显著变化时,会影响人体健康^[8]。其中,外界环境中的温度和相对湿度在一定程度上影响人体内外的热平衡状态,即小气候人体舒适度^[9]。关于人体舒适度的预报公式有很多,该研究采用人居环境气候舒适度作为评价指标(GB/T 27963—2011),其等级划分是按照中国气象局规定的统一标准(表3)。



图3 试验测点示意

Fig. 3 Schematic diagram of experimental measuring points

表1 南宁园博会罗汉松园观测点概况

Table 1 Overview of podocarpus garden observation point of Nanning Garden Expo

实测点 Measured points	片区 Area	概况 General situation	组别 Group
1	硬质广场区	道路、硬质铺装的片区	CK
2	搭配罗汉松的草坪区	罗汉松与草坪搭配的片区	试验组
3	罗汉松区	罗汉松植物配置的片区	试验组
4	草坪区	无其他植物配置的空旷草坪片区	CK

表2 观测的天气情况

Table 2 Weather conditions observed

季节 Season	日期 Date	温度 Temperature// $^{\circ}\text{C}$	天气 Weather
夏季 Summer	2019-08-23	26~35	晴
	2019-08-24	26~36	晴转多云
	2019-08-25	27~37	阴
秋季 Autumn	2019-11-01	21~30	阴
	2019-11-02	21~29	阴
	2019-11-03	19~26	晴转多云

$$I = T - 0.55 \times (1 - RH) \times (T - 14.4)$$

式中, I 表示温湿指数, 保留 1 位小数; T 表示某一评价时段平均温度, $^{\circ}\text{C}$; RH 表示某一评价时段平均空气相对湿度, %^[10]。

2 结果与分析

2.1 园内空气温度的时空分布特征

2.1.1 不同高度空气温度的日变化特征。从图 4、5 可见,

夏季高度为 0.5、1.5 m 的空气温度均随时间呈先上升后下降的单峰形变化; 秋季则呈先上升后下降的近“M”形双峰变化。夏秋季距离地面 0.5 m 处的空气温度均低于 1.5 m 处。在同一时间内, 夏季罗汉松园内高度为 0.5 和 1.5 m 的温差整体呈逐渐减小趋势, 其中 09:00 温差最大, 为 1.4 $^{\circ}\text{C}$, 18:00 温差最小且趋于相同; 秋季罗汉松园内二者高度的温差整体呈减小—增大—减小趋势。夏季的日温度均比秋季的日温度高。夏季日温度变化的峰数较多; 秋季日温度变化的峰数较少。

表3 人居环境舒适度等级划分

Table 3 Classification of comfort level of human living environment

等级 Grade	感觉 Feel	温湿指数 Temperature humidity index	健康人群感觉的描述 Description of feeling of healthy people
1	寒冷	<14.0	感觉很冷, 不舒服
2	冷	14.0~16.9	偏冷, 较不舒服
3	舒适	17.0~25.4	感觉舒适
4	热	25.5~27.5	有热感, 较不舒服
5	闷热	>27.5	闷热难受, 不舒服

2.1.2 空气温度的空间分布特征。由图 6、7 可以看出, 罗汉松园内不同片区在夏季距离地面高度为 0.5 和 1.5 m 的温度日间动态均呈多峰形变化。距离地面高度为 0.5 m, 在 12:00—14:00 1 号点的温度变化最大, 升温 2.9 $^{\circ}\text{C}$, 4 号点的温度变化 1.3 $^{\circ}\text{C}$, 4 号点的温度为全园最高, 且在 14:00 达全园全天最高温度, 达 39.5 $^{\circ}\text{C}$ 。在 14:00—18:00 1 号点与 4 号点的温度均高于 2、3 号点。

由图 8、9 可知, 距离地面高度为 1.5 m, 12:00—14:00

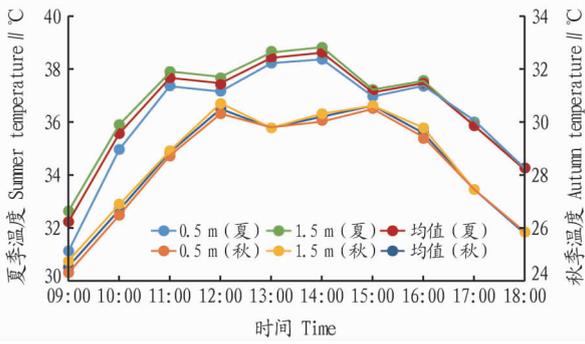


图4 夏秋季不同高度温度的日变化特征

Fig. 4 Diurnal variation characteristics of temperature at different heights in summer and autumn

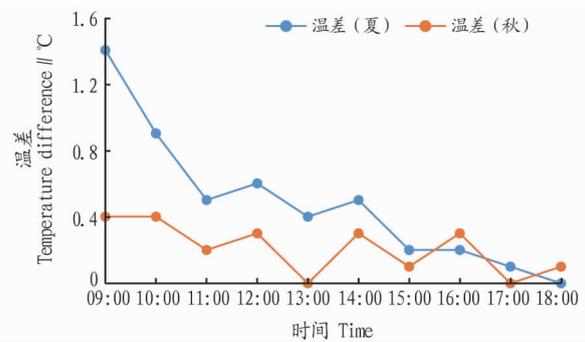


图5 夏秋季温差的日变化特征

Fig. 5 Diurnal variation characteristics of temperature difference in summer and autumn

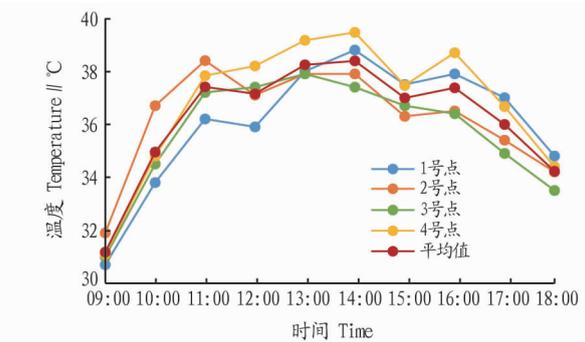


图6 夏季距离地面0.5m不同测点的温度日变化

Fig. 6 Diurnal variation of temperature at different measuring points at 0.5 m above ground in summer

1号点的温度变化最大,升温2.7℃;4号点的温度升高1.3℃,4号点的温度为全园最高,且在14:00为全园全天的最高空气温度,达40.3℃。15:00—18:00 2、3号点的温度均低于1、4号点。夏季温差整体呈上升—下降—上升—下降的趋势。

从图10~13可以看出,罗汉松园内不同片区在秋季距离地面0.5、1.5m的温度日变化呈近“M”形变化。秋季距离地面0.5m处,15:00不同片区的温差最大,为2.1℃;其次在12:00的温差为1.7℃;10:00、17:00片区之间的温差为1.5℃;09:00、14:00,片区之间的温差为1.4℃。秋季高度为1.5m处,3号点在09:00的空气温度最低,为24.1℃;1号点在15:00的空气温度最高,达32.0℃。15:00不同片区

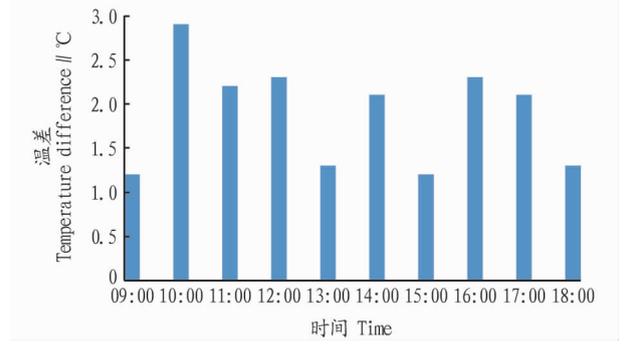


图7 夏季距离地面0.5m的温差日变化

Fig. 7 Diurnal variation of temperature difference at 0.5 m above ground in summer

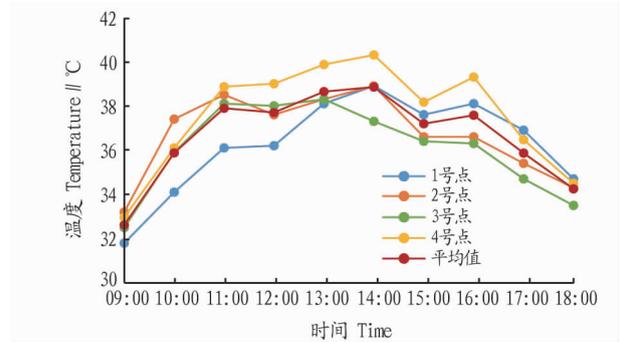


图8 夏季不同测点距离地面1.5m的温度日变化

Fig. 8 Diurnal variation of temperature at different measuring points at 1.5 m above the ground in summer

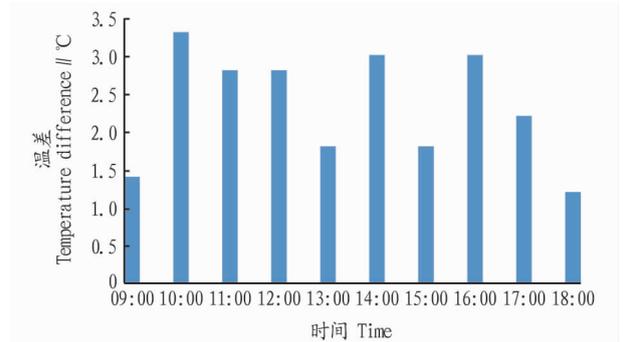


图9 夏季距离地面1.5m的温差日变化

Fig. 9 Diurnal variation of temperature difference at 1.5 m above the ground in summer

的温差最大,为2.7℃;其次在14:00的温差为1.8℃;12:00片区之间的温差为1.7℃;10:00片区之间的温差为1.6℃。

距离地面0.5m的温度变化中,由图6、10对比可知,1号点在夏季14:00达到38.8℃,秋季15:00达到31.5℃;2号点的夏季温度在11:00—12:00处于降低状态,而秋季该时段温度升高;在12:00—13:00 2号点夏季温度处于升高状态,而秋季在该时段的温度降低;2号点在夏季11:00达到最高温38.4℃,秋季则在12:00达到最高温31.1℃。无论夏季还是秋季,3号点的温度变化趋势相近;09:00—11:00温度处于升高状态;12:00—16:00的温度变化趋于平缓,温差不大;16:00—18:00温度逐渐降低。12:00—16:00 4号点的温度变化速率不大,夏季呈现升温趋势,秋季则呈降温趋势。

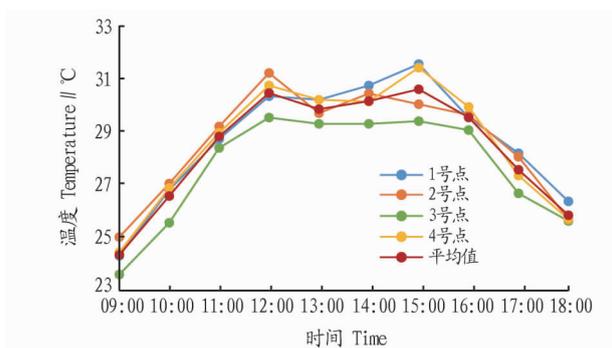


图 10 秋季不同测点距离地面 0.5 m 的温度日变化

Fig. 10 Diurnal variation of temperature at different measuring points at 0.5 m above the ground in autumn

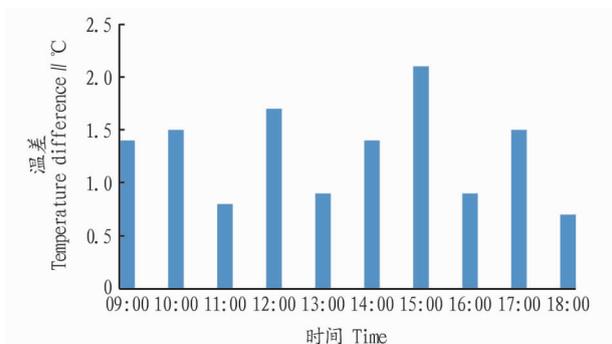


图 11 秋季距离地面 0.5 m 的温差日变化

Fig. 11 Diurnal variation of temperature difference at 0.5 m above ground in autumn

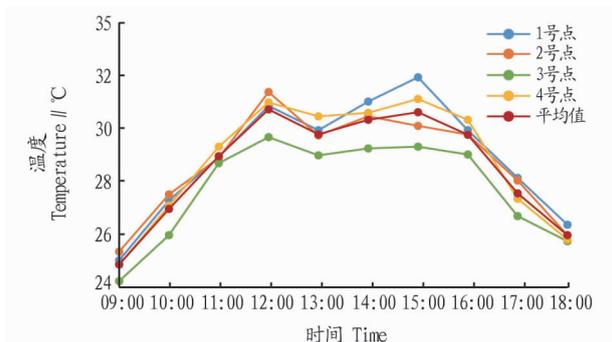


图 12 夏季不同测点距离地面 1.5 m 的温度日变化

Fig. 12 Diurnal variation of temperature at different measuring points at 1.5 m above the ground in summer

距离地面 1.5 m 的温度变化中,由图 8、12 对比可知,1 号点的夏季温度在 09:00—14:00 处于升高状态,在 14:00 达到最高温 38.9 °C;1 号点的秋季温度在 09:00—15:00 处于升温—降温—升温状态,15:00 达到最高温 32.0 °C。11:00—13:00 2 号点夏季呈现升温趋势,秋季呈降温趋势;2 号点夏季在 14:00 达到最高温,为 38.9 °C,秋季最高温在 12:00,达 31.4 °C。3 号点在夏秋季节的整体温度变化趋势相近;3 号点夏季 09:00—13:00 处于升温状态,在 13:00—18:00 的温度逐渐降低;秋季在 09:00—12:00 处于升温状态,12:00—13:00 和 16:00—18:00 处于降温状态,13:00—16:00 温度变化不大,趋于平缓。4 号点夏秋季节在 09:00—11:00 处于升温,夏季增温速率快,秋季增温速率较慢;

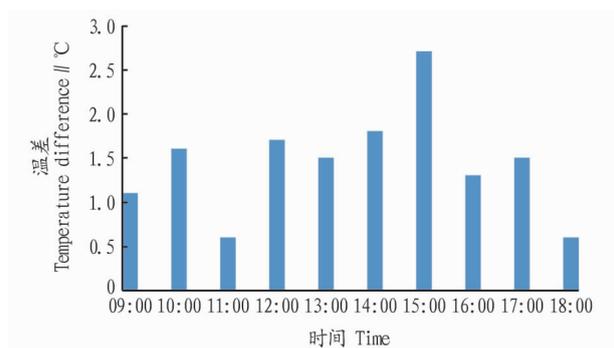


图 13 秋季距离地面 1.5 m 的温差日变化

Fig. 13 Diurnal variation of temperature difference at 1.5 m above ground in autumn

16:00—18:00 处于降温状态,夏秋季节降温速率相近。

2.2 园内空气湿度的时空分布特征

2.2.1 不同高度空气湿度的日变化特征

由图 14 可知,夏秋季距离地面 0.5、1.5 m 的空气湿度均随时间呈先下降后上升的变化趋势,09:00 时二者均达到全天最高湿度,在夏季分别为 71.7% 和 65.4%,秋季分别为 71.3% 和 69.0%。夏季罗汉松园在 14:00 平均湿度最低,仅 47.2%,在 09:00 平均湿度最高,为 67.3%。秋季罗汉松园在 14:00 平均湿度最低,仅 46.7%,在 09:00 平均湿度最高,达 70.2%。整体而言,夏秋季距离地面 0.5 m 处的空气湿度高于距离地面 1.5 m 处。

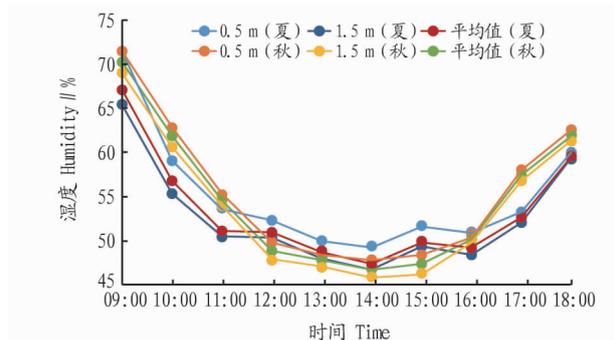


图 14 夏秋季不同高度湿度的日变化特征

Fig. 14 Diurnal variation characteristics of humidity at different heights in summer and autumn

2.2.2 空气湿度的空间分布特征

从图 15 可以看出,罗汉松园内不同片区夏季在距离地面 0.5 m 处的湿度日间动态呈先下降后上升的变化趋势。3 号点的空气湿度均高于其他测点的空气湿度;09:00—11:00 2 号点的空气湿度最低;在 13:00—18:00 全园空气湿度表现为 3 号点>2 号点>4 号点>1 号点。3 号点 09:00 的空气湿度是全天最高,为 75.0%;1 号点在 14:00 的空气湿度是全天最低,为 46.2%。

从图 16 可以看出,罗汉松园内不同片区在夏季距离地面为 1.5 m 的湿度日间动态呈先下降后上升的变化趋势。1 号点在 09:00 的空气湿度为全天最高,为 67.9%;4 号点于 14:00 的空气湿度为全天最低,仅 43.0%。09:00—12:00 1 号点的空气湿度最高;13:00—18:00 3 号点的空气湿度最高。

由图 17 可以看出,罗汉松园内不同片区在秋季距离地

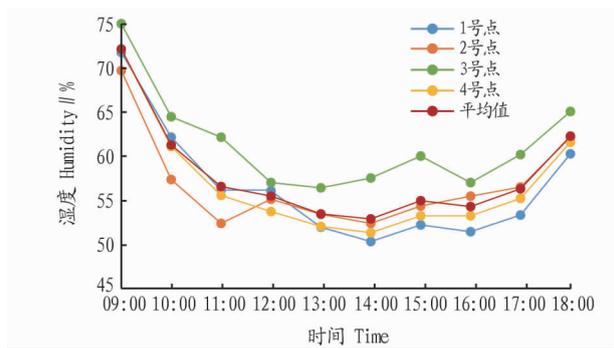


图 15 夏季不同测点距离地面 0.5 m 的湿度日变化

Fig. 15 Change of humidity at different measuring points at 0.5 m above the ground in summer

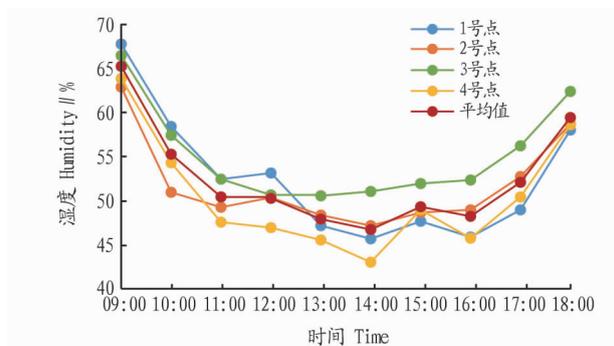


图 16 夏季不同测点距离地面 1.5 m 的湿度日变化

Fig. 16 Change of humidity at different measuring points at 1.5 m above the ground in summer

面 0.5 m 的湿度日间动态呈先下降后上升的变化趋势。09:00—12:00 全园的相对湿度下降,且下降速率较快;12:00—16:00 全园的相对湿度变化平缓;16:00—18:00 全园的相对湿度增大。3号点在 09:00—17:00 的空气湿度高于其他 3 个测点,在 09:00 的空气湿度是全天最高,为 75.7%;1 号点在 15:00 的空气湿度是全天最低,仅 44.9%。

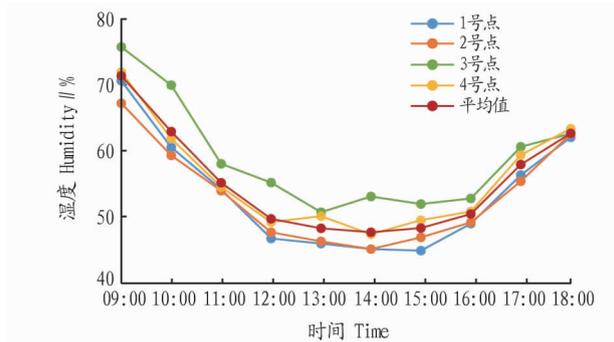


图 17 秋季不同测点距离地面 0.5 m 的湿度日变化

Fig. 17 Change of humidity at different measuring points at 0.5 m above the ground in autumn

由图 18 可以看出,罗汉松园内不同片区在秋季距离地面 1.5 m 的湿度日间动态呈先下降后上升的变化。3号点在 09:00 的空气湿度为全天最高,为 72.0%;1 号点在 15:00 的空气湿度为全天最低,为 43.5%。09:00—18:00 3号点的空气湿度最高;在 14:00—18:00 1号点的空气湿度最低。

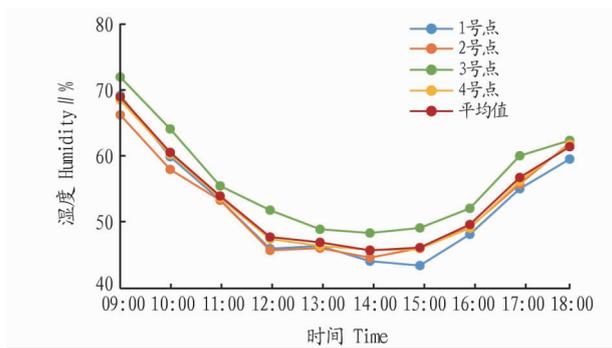


图 18 秋季不同测点距离地面 1.5 m 的湿度日变化

Fig. 18 Change of humidity at different measuring points at 1.5 m above the ground in autumn

2.3 园内人体舒适度的日变化特征

2.3.1 夏季人体舒适度的特征。由图 19、20 可以看出,夏季在距离地面 0.5、1.5 m 的温湿指数均高于 27.5,在 09:00—13:00 1号点在距地面 0.5、1.5 m 的温湿指数最低;在 13:00—17:00 2号点的温湿指数在距离地面 0.5 m 为最低;在 15:00—17:00 2号点在距离地面 1.5 m 最低;在 16:00—18:00 3号点与 2号点在距离地面 0.5 m 的温湿指数相近;在 15:00—18:00 3号点与 2号点在距离地面 1.5 m 的温湿指数相近。相比于 CK(1、4号点),2、3号点均能降低温湿指数,这种调节效果在一定程度上能缓解高温所致的闷热感,但效果并不明显。

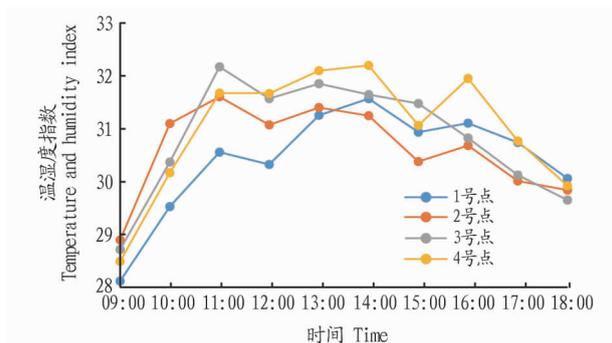


图 19 夏季不同测点距离地面 0.5 m 的温湿指数日变化

Fig. 19 Diurnal variation of temperature and humidity index at each point at 0.5 m above the ground in summer

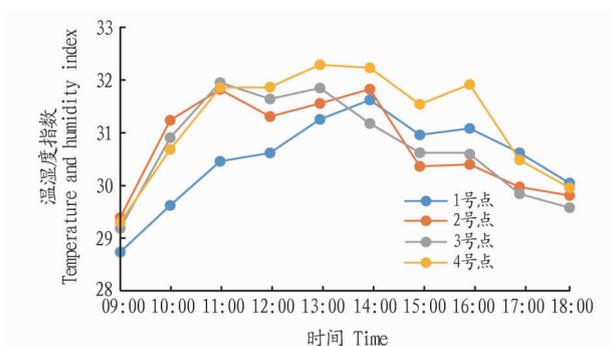


图 20 夏季不同测点距离地面 1.5 m 的温湿指数日变化

Fig. 20 Diurnal variation of temperature and humidity index at each point at 1.5 m above the ground in summer

2.3.2 秋季人体舒适度的特征。由图 21、22 可以看出,秋季

在距离地面 0.5、1.5 m 的温湿指数较适宜。秋季距地面 0.5、1.5 m 3 号点的温湿指数为最低,且 3 号点仅在 12:00 会感到热,其他时间较为舒适;在 13:00—18:00 2 号点高度为 0.5、1.5 m 的温湿指数与 3 号点相近,2 号点距地面 0.5、1.5 m 在 12:00 和 14:00 会感到热,距地面高度为 1.5 m 在 16:00 会感到热,其他时间均较为舒适;相比于 CK(1、4 号点),2、3 号点均能降低温湿指数,这种调节效果在一定程度上能缓解不舒适感,且缓解效果较夏季明显。

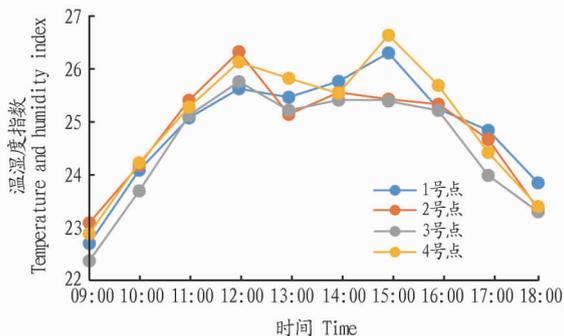


图 21 秋季不同测点距离地面 0.5 m 的温湿指数日变化

Fig. 21 Diurnal variation of temperature and humidity index at each point at 1.5 m above the ground in autumn

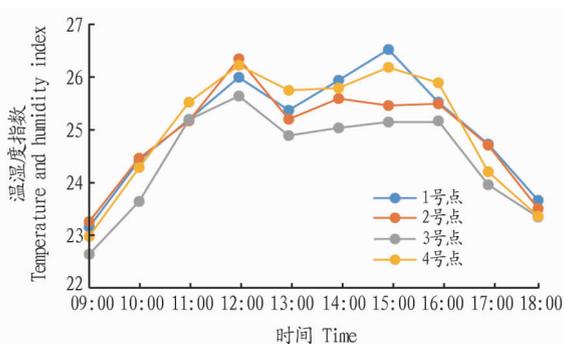


图 22 秋季不同测点距离地面 1.5 m 的温湿指数日变化

Fig. 22 Diurnal variation of temperature and humidity index at each point at 1.5 m above the ground in autumn

3 讨论

3.1 夏秋季节的罗汉松园人体舒适度 人体舒适是大气背景背景下,小气候因子与风景园林之间相互作用的结果^[11]。通过对夏秋季南宁罗汉松园人体舒适度的分析得出,在夏季 13:00 前,罗汉松园硬质广场的人体舒适度均比草坪区、罗汉松区、搭配罗汉松的草坪区要高;在夏季 13:00 后,搭配罗汉松的草坪区、罗汉松区的人体舒适度高其他片区,即在环境温度逐渐升高时,罗汉松植物发挥了改善人体舒适度的效果;在秋季,距离地面 0.5 m 各片区的人体舒适度差别不大,但秋季的人体舒适度整体比夏季高。相较于其他片区,罗汉松区整体的人体舒适度佳,其次为搭配罗汉松的草坪区;不同高度的人体舒适度不同,但总体差别不大。

3.2 不同高度各片区的罗汉松园小气候 通过实测分析表明,夏季在 13:00 后,搭配罗汉松的草坪区与罗汉松区交替是全天温度最低的片区,在夏季 12:00—16:00 草坪区为全天最高温度的片区;在距离地面 0.5 m,罗汉松区的相对湿度

为全园最高;在距离地面 1.5 m,夏季 13:00—18:00 全园最高的相对湿度片区是罗汉松区;在秋季,罗汉松区的相对湿度均为全园最高。

3.3 罗汉松园的人体舒适度与小气候的关系 有学者在各地广泛证实了植物具有显著的降温增湿效应^[12-13],该研究结果表明,罗汉松植物在夏秋季可有效降低空气温度并增加空气相对湿度,即罗汉松植物具有显著的降温增湿作用。在炎热的夏季,园内通过罗汉松植物所产生的小气候,在一定程度上可减缓燥热感,从而改善人体舒适度;在凉爽的秋季,罗汉松园内的小气候亦能提升人体舒适度,夏季提升人体舒适度的效果不如秋季。

4 结论

通过对南宁罗汉松园温湿度的实测与分析,重点研究了夏秋季节人体舒适度与园内小气候的关系及温湿度随地面高度的变化,得出不同季节、不同时间段的最佳观赏时段及路线,从而组织游客的行为活动,以间接提升游客的人体舒适度,达到更好地观赏园内景色的效果;也可适当增加罗汉松植物与其他园林要素搭配的比例,通过营造罗汉松园小气候,增加人体舒适度,提升游客观赏园林的体验感;罗汉松植物在夏秋季节具有显著的降温增湿作用,因此在植物景观规划设计中,可依据该小气候效益适当选择种植罗汉松植物。

该研究主要针对小气候因子中的温度、湿度,未考虑风力、光照等,雨天会影响空气的温湿度,存在一定的局限性,因此后续研究可结合小气候的多种因子、天气情况,更深层次、更全面地探讨植物主题园罗汉松园的小气候特征及其对人体舒适度的影响。关于营造适合人体舒适度的小气候的方式方法有待于进一步研究,从而不断完善理论体系。

参考文献

- [1] 吴仁武,晏海,舒也,等. 竹类植物夏季微气候特征及其对人体舒适度的影响[J]. 中国园林,2019,35(7):112-117.
- [2] 杜万光,王成,包红光,等. 夏季典型天气下公园绿地小气候环境及对人体舒适度的影响[J]. 生态与农村环境学报,2017,33(4):349-356.
- [3] 彭海峰,张欣,杨小乐,等. 校园环境春季小气候实测分析研究[J]. 山西建筑,2017,43(31):182-184.
- [4] 叶劲枫,朱炫熹,谭广文. 浅析南宁园博会罗汉松园景观营造[J]. 广东园林,2019,41(2):84-89.
- [5] 中国气象局气象信息中心气象资料室,清华大学建筑技术科学系. 中国建筑热环境分析专用气象数据集[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [6] 庄志翔. 骑楼商业街夏季热舒适研究:以南宁市民生路、兴宁路为例[D]. 南宁:广西大学,2015.
- [7] 南宁气候特点[EB/OL]. [2020-03-03]. https://www.czqsj.net.cn/qi-hou_11671.
- [8] 武锋,郑松发,陆钊华,等. 珠海淇澳岛红树林小气候及人体舒适度研究[C]//中国科学技术协会. 湖泊保护与生态文明建设——第四届中国湖泊论坛论文集. 合肥:安徽科学技术出版社,2014:7.
- [9] 王利鑫. 大学校园绿地小气候环境效应研究:以西北农林科技大学为例[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2016.
- [10] 冯明,毛飞,王学良,等. 人居环境气候舒适度评价:GB/T 27963—2011[S]. 北京:中国标准出版社,2012.
- [11] 彭海峰. 校园人群活动空间小气候实测分析:以浙江农林大学为例[D]. 杭州:浙江农林大学,2018.
- [12] YANG A S, JUAN Y H, WEN C Y, et al. Numerical simulation of cooling effect of vegetation enhancement in a subtropical urban park[J]. Applied energy, 2017, 192:178-200.
- [13] ZHANG Z, LV Y M, PAN H T. Cooling and humidifying effect of plant communities in subtropical urban parks[J]. Urban forestry & urban greening, 2013, 12(3):323-329.