

济南市百花公园春季微气候特征研究

张洁¹, 尹德洁¹, 夏甜甜¹, 杨文静², 蒙飞², 徐晓蕾^{1*}

(1. 山东建筑大学建筑城规学院, 山东济南 250101; 2. 济南易通城市建设股份有限公司, 山东济南 250101)

摘要 以济南百花公园为研究对象, 研究其春季微气候因子的变化特征, 并采用舒适度指数作为评价指标, 比较不同测点空间对人体舒适度影响的差异。结果表明: 与对照(CK)相比, 春季百花公园各测点空间具有显著的降温增湿、降低光照强度和风速的效果。日均降温强度为 1.3~2.3 ℃, 增湿率为 2.3%~10.5%, 遮光率为 11.7%~74.4%, 降风率为 35.6%~71.1%。相关性分析显示, 光照强度与温度、相对湿度均呈显著相关; 植物及建筑遮阴可有效削减光照强度, 进而有效影响相应空间的热环境及湿环境。与 CK 相比, 春季园内各测点空间平均舒适度指数均有不同程度的降低, 但差异不显著, 总体呈现晨间相对较凉, 午后较为凉爽、舒适的感觉。舒适度分别与温度和相对湿度呈极显著正相关和极显著负相关。

关键词 公园; 春季; 微气候; 人体舒适度

中图分类号 P46 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)19-0130-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.19.031



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on Spring Microclimate Characteristics of Baihua Park in Jinan

ZHANG Jie, YIN De-jie, XIA Tian-tian et al (School of Architecture and Urban Planning, Shandong Jianzhu University, Jinan, Shandong 250101)

Abstract In order to investigate the effects of different landscape types on the improvement of spring microclimatic and human comfort conditions in Jinan, the Baihua Park has been selected to measure the microclimatic factors of different landscape types. The comfort index was used as the evaluation indicator to evaluate the effects of different landscape types on human comfortable degree. The results indicated that significant effects of cooling and humidifying, reducing solar radiation and wind speed were measured in all landscape types with the comparison of control. The daily average cooling intensity is 1.3-2.3 ℃, the humidification intensity is 2.3%-10.5%, the shading rate is 11.7%-74.4%, and the wind reduction rate is 35.6%-71.1%. According to the correlation analysis of microclimate factors, the solar radiation intensity is significantly correlated with air temperature and relative humidity. Plant and building shading can effectively reduce the solar radiation intensity to affect the thermal and wet environment of the corresponding spaces. Although the average comfort index of each measuring space decreased different levels, there is no significant difference in statistical analysis. It showed a relatively cool feeling in the morning and relatively comfortable in the afternoon. Furthermore, the comfort index is positively and negatively correlated with air temperature and air relative humidity respectively.

Key words Park; Spring; Microclimate; Human comfort

随着城市化进程的加快, 全球变暖、城市热岛、雾霾、降水时空格局改变等极端事件频发, 且强度及空间范围不断扩大, 均以直接或间接的方式威胁着人类的生命与健康^[1-4]。与此同时, 伴随生活和工作节奏的不断加快和压力的增大等因素, 亚健康状态人群逐渐增多^[5-6]。如何在城市环境问题和健康问题凸显的大背景下, 在有限的空间内营造适宜的户外环境, 促进人群户外运动, 进而改善亚健康状态显得尤为重要。

已有研究表明, 作为城市户外活动的重要载体, 园林空间的生态调节作用可以有效改善城市气候微环境, 研究范围涉及不同的风景园林要素^[7-10]、类型场地^[11-13]和季节^[9, 14], 且研究区域多集中在东北、华北、华东地区。而有关山东省风景园林空间微气候研究鲜见报道。为此, 笔者以山东省济南市百花公园作为研究对象, 研究其春季不同空间的微气候特征及其舒适度变化, 以为济南地区风景园林空间微气候的营造提供理论基础。

1 研究内容与方法

1.1 研究区域概况 百花公园位于山东省济南市历城区二环内, 交通便利, 周边分布着大量办公区、商业区以及众多的

居住区, 人口密度大, 公园使用者人数众多(图 1)。公园闹中取静, 是一座集休闲、健身、植物观赏为一体的免费开放性公园。不仅空间类型丰富, 而且具有较高知名度与代表性。

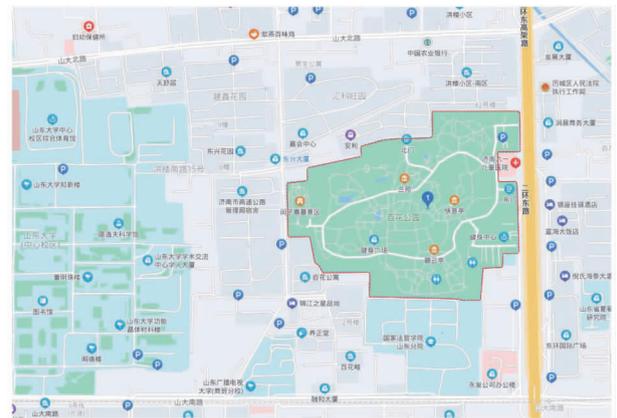


图 1 百花公园区位

Fig. 1 Location of Baihua Park

1.2 研究方法

1.2.1 测点选择。通过对公园进行实地踏查, 选取园内 6 个高聚集休闲体育场地进行观测(图 2), 观测点特征见表 1, 其中以西门广场(S₁)作为对照(CK)。

1.2.2 小气候因子测定。测定时间为春季, 选择天气晴朗、伴有微风的天气进行测定。试验采用可移动风向仪 kestre5500 和数字光强照度计 TES-1339, 在距离地面 1.5 m

基金项目 山东建筑大学博士科研基金项目“济南市城市综合性公园小气候研究”(X20020S0101)。

作者简介 张洁(1987—), 女, 四川德阳人, 讲师, 博士, 从事风景园林规划设计与园林生态研究。*通信作者, 副教授, 在读博士, 从事风景园林规划设计研究。

收稿日期 2021-09-22

的位置对各观测点同步测定温度、湿度、风速、光照强度,观测持续 4 d。观测时间为每日 8:00—17:00,每 1 h 1 次。每

个样地区域采用对角线法选择 3~5 个点进行观测,每个测点 3 min,设置 20 s 读取 1 次数据。



图 2 测点布局

Fig. 2 Measure distribution

表 1 测定样地概况

Table 1 The condition of measure samples

测点编号 Measuring point No.	位置 Position	下垫面 Underling surface	空间类型 Space type	遮阴 Shade	植物群落 Plant community
S ₁ (CK)	西门广场	硬质铺装	开敞空间	—	—
S ₂	枫林广场	硬质铺装	覆盖空间	高度	乔木:五角枫,少量洋白蜡
S ₃	儿童活动区	硬质铺装	半开敞空间	中度	乔木:悬铃木、西府海棠 灌木:金银木、大叶黄杨
S ₄	音乐广场	硬质铺装	开敞空间	—	乔木:柳树、白皮松 灌木:大叶黄杨、紫叶小檗
S ₅	碧云亭	硬质铺装	覆盖空间	全	乔木:悬铃木、国槐 灌木:大叶黄杨、金银木、紫叶李
S ₆	健身区	裸土地面	半开敞空间	中度	乔木:悬铃木、国槐、洋白蜡、雪松、龙柏 灌木:紫薇、金银木

1.2.3 人体舒适度计算。虽然目前关于人体舒适度指数的计算公式及方法略有不同,但均认为空气温度、空气相对湿度、风速是影响人体舒适度的重要因子^[15]。该研究采用山东省气象局计算人体舒适度指数公式获取实际人体舒适度指数^[16]。

1.3 数据统计与分析 采用 Excel 计算各测点不同时刻微气候因子平均值及人体舒适度指数。利用 SPSS 25.0 进行单因素方差分析、Duncan 多重比较、t 检验及相关性分析,比较分析各测点间的微气候因子差异、日均降温增湿效果及各因子间的相关性。

2 结果与分析

2.1 不同场地小气候因子

2.1.1 温度。春季公园内所有测点的气温均呈先升后降的趋势(图 3)。与 CK 相比,各场地气温均不同程度低于 CK,温差在 1.3~2.3 °C,具有明显的降温效应,且这种降温效果一直持续到 17:00。方差分析结果显示,各场地(除 S₄)与 CK 间气温存在显著差异(P<0.05),说明一定面积的植物群落、水体及建筑对场地环境具有明显的降温效果(表 2)。与

CK 相比,其他场地的日均降温率为 5.3%~9.4%。从图 3 可见,以 S₆ 整体气温最低,在 16:00 时场地气温与 CK 差值最大。无遮阴的开敞空间(CK 和 S₄)在测试期间气温均高于半开敞空间和覆盖(封闭)空间,这是由于场地内没有园林要素的遮挡,光照充足,因此气温较高。

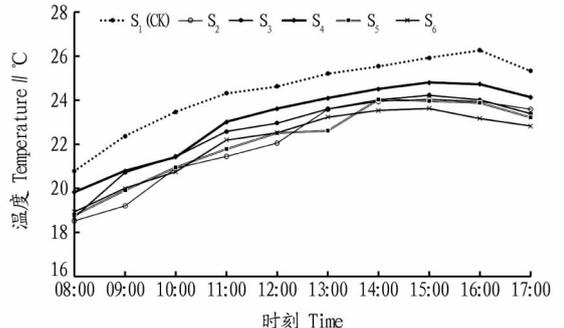


图 3 不同场地气温日变化特征

Fig. 3 The daily change characteristics of temperature in different sites

表2 不同场地微气候因子单因素方差分析

Table 2 The one-way ANOVA of microclimate factors in different sites

测点编号 Measuring point No.	气温 Temperature °C	降温率 Cooling rate//%	相对湿度 Relative humidity//%	增湿率 Humidity increase rate//%	风速 Wind speed m/s	降风率 Deceleration %	光照强度 Light intensity klx	遮阴率 Obscuration %
S ₁ (CK)	24.4 a	—	17.1 b	—	4.5 a	—	63.4 a	—
S ₂	22.1 b	9.4	18.9 a	10.5	1.3 c	71.1	27.9 b	56.0
S ₃	22.6 b	7.4	18.4 ab	7.6	2.2 b	51.1	20.9 b	67.0
S ₄	23.1 ab	5.3	17.7 ab	3.5	2.5 b	44.4	56.0 a	11.7
S ₅	22.2 b	9.0	17.5 ab	2.3	2.9 b	35.6	16.2 b	74.4
S ₆	22.1 b	9.4	18.7 a	9.4	2.9 b	35.6	22.2 b	65.0

注: 同列不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences between treatments ($P<0.05$)

2.1.2 相对湿度。由图4可知,各场地空气相对湿度日间动态均呈现“U”形变化趋势,以晨间相对湿度最高,13:00—14:00降至最低。由表2可知,S₂、S₆的相对湿度与CK存在显著差异,增湿率分别为10.5%、9.4%,说明场地内的植物群落对场地环境具有明显的增湿功能。覆盖(封闭)空间(S₂)和半开敞空间(S₃和S₆)的空气相对湿度较其他空间更高,这可能是由于光照相对较少,空气流通速度相对较慢,限制了水汽蒸发速度,进而空气相对湿度较大。而同为覆盖(封闭)空间S₅的空气相对湿度较低,主要是由于是建筑空间所致。

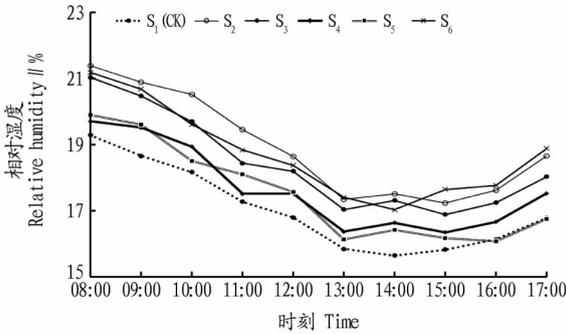


图4 不同场地空气相对湿度日变化特征

Fig. 4 The daily change characteristics of air relative humidity in different sites

2.1.3 光照强度。由图5可知,随着时间的推移,各场地内的光照强度总体呈先升后降的趋势。方差分析显示,CK和S₄的光照强度与其他各场地光照强度存在显著差异(表2),说明植物群落及建筑具有明显的遮阴功能。其中,以CK的光照强度最大,其次为S₄,可能是由于场地内没有或者仅有少量遮阴所致。而S₅的光照强度最小,仅16.2 klx。与CK相比,S₅的遮阴率达74.4%,初步分析是由于测量一直在亭内进行,亭子与周边的植物群落极大地遮挡了太阳光的直射,数值的变化更多是由于光的漫反射及衍射导致。

2.1.4 风速。由图6可知,各场地风速变化虽与时间无明显的相关性,但各场地与CK的风速存在显著差异(表2)。场地内CK由于周边无任何遮挡物,午后时分的风速明显高于其他场地。其中,S₂的风速显著低于其他各场地,初步分析是由于场地内五角枫树阵形成的覆盖空间在很大程度上削弱了风速,呈现风速较低。

2.2 不同空间舒适度 已有研究表明,人体舒适度指数在50~70时,人体感觉最为舒适。由表3可知,与CK相比,

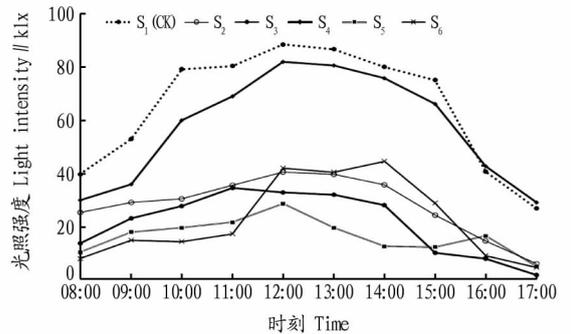


图5 不同场地光照强度日变化特征

Fig. 5 The daily change characteristics of light intensity in different sites

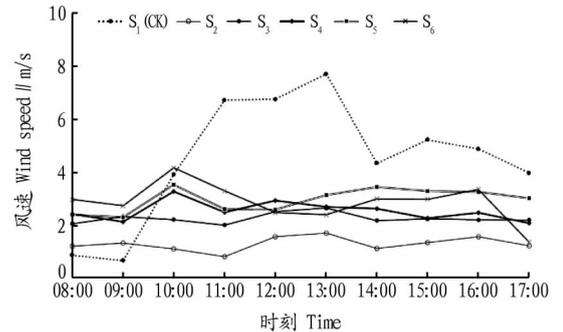


图6 不同场地风速日变化特征

Fig. 6 The daily change characteristics of wind speed in different sites

S₂~S₆ 场地人体舒适度具有一定程度降低,但各场地间差异不显著。S₂、S₃、S₄ 场地在午后舒适度指数高于50,人体感觉凉爽。其中,以CK的舒适度指数最高,初步分析是由于其为空旷硬质铺装广场,日出后太阳辐射增强,光能快速被铺装吸收、反射并转换为热能,引起场地气温升高。其他场地由于均存在一定数量或者一定面积的植物群落、水体及建筑物,在晨间及上午时间段舒适度指数略低于CK,在午后同样能达到相对较为适宜的舒适度。

2.3 微气候因子与舒适度的相关性 由表4可知,舒适度与温度呈极显著正相关($r=0.876, P<0.01$),与相对湿度呈极显著负相关($r=-0.768, P<0.001$)。公园内场地的光照强度与温度、相对湿度间均分别呈显著正相关($r=0.357, P<0.05$)和负相关($r=-0.317, P<0.05$);温度与相对湿度、风速分别呈极显著负相关($r=-0.920, P<0.01$)和极显著正相关

($r=0.415, P<0.01$), 与光照强度呈显著正相关($r=0.357, P<0.05$)。进一步证实了光照强度显著影响着空气温度和相

表 3 不同场地在不同时刻的舒适度指数变化

Table 3 The daily change characteristics of body comfort index in different sites

测点编号 Measuring point No.	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	日均值 Daily average
S ₁ (CK)	49.5	52.1	50.5	50.3	50.8	51.3	53.7	53.7	54.5	53.5	51.4 a
S ₂	44.9	45.9	49.0	50.3	50.3	52.6	53.9	53.8	53.3	53.2	51.2 a
S ₃	44.2	47.3	48.6	50.6	50.8	51.7	52.8	53.1	52.8	51.8	50.1 a
S ₄	45.7	47.6	47.6	50.9	51.5	52.5	53.2	54.0	53.7	53.1	50.2 a
S ₅	44.0	46.0	46.7	48.8	50.0	49.7	51.8	51.8	51.7	50.8	49.3 a
S ₆	43.8	45.8	45.9	48.9	50.1	51.3	51.3	51.5	50.4	51.8	49.1 a

注: 同列相同小写字母表示处理间差异不显著($P>0.05$)

Note: The same lowercase letters in the same column indicate no significant difference between treatments ($P>0.05$)

表 4 舒适度指数与微气候因子间的相关性分析

Table 4 The correlation analysis between comfort index and microclimate factors

指标 Index	温度 Temperature	相对湿度 Relative humidity	风速 Wind speed	光照强度 Light intensity	舒适度 Comfort
温度 Temperature	1				
相对湿度 Relative humidity	-0.920 **	1			
风速 Wind speed	0.415 **	-0.433 **	1		
光照强度 Light intensity	0.357 *	-0.317 *	0.400 *	1	
舒适度 Comfort	0.876 **	-0.768 **	-0.016	0.157	1

注: * 表示差异显著($P<0.05$), ** 表示差异极显著($P<0.01$)

Note: * indicates significant difference ($P<0.05$), ** indicates extremely significant difference ($P<0.01$)

3 结论

(1) 与 CK 相比, 在植物、水体、建筑等园林要素及其空间布局的共同作用下, 对园内场地的微气候均有显著的调节效应, 气温有不同程度的降低, 空气相对湿度有显著升高。

(2) 空气相对湿度与温度、风速及光照强度呈极显著或显著负相关。随着温度的升高, 风速和光照强度的增强, 空气相对湿度降低。各场地的平均相对湿度以 8:00 最高, 13:00 前后最低。

(3) 无论是植物遮阴还是建筑遮阴均可有效削减太阳辐射, 且对测点空间的微气候环境有显著的影响。合理利用植物及建筑遮阴可有效调节园林空间的微气候, 而建筑遮阴对于太阳辐射的削减效果优于植物。这说明合理创造遮阴, 可以调节园林空间的微气候。

(4) 园内所有测点场地在晨间比较凉, 而午间及下午舒适度指数升高, 均呈现较为凉爽、舒适的感觉。虽然各场地间舒适度指数差异不显著, 但与 CK 相比, 在一定程度上延缓了舒适度指数的升高。

通过对百花公园春季微气候的实测可以发现, 不同园林要素及其组合对所在空间的微气候有不同程度的调节作用。园林设计时, 可以根据场地空间的功能以及预设使用者类型, 有针对性地进行园林要素的搭配, 通过营造适宜的遮阴可有效削减太阳辐射以及调节局部空间的温湿度, 为使用者提供舒适宜人的活动空间。由于场地开放时间受限, 未对园内测点空间的微气候因子进行全天实地采集。后续将会把公园作为一个整体, 深入分析其对周边环境的调节作用。

参考文献

[1] 张明, 过仲阳, 谈建国. 气候变化对人群健康影响评估方法的研究进展

- [J]. 环境与职业医学, 2021, 38(2): 169-174.
- [2] RYAN S J, CARLSON C J, MORDECAI E A, et al. Global expansion and redistribution of *Aedes*-borne virus transmission risk with climate change [J]. *PLoS neglected tropical diseases*, 2019, 13(3): 1-20.
- [3] GASPARRINI A, GUO Y M, HASHIZUME M, et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: A multicountry observational study [J]. *The lancet*, 2015, 386(9991): 369-375.
- [4] KARLSSON M, ZIEBARTH N R. Population health effects and health-related costs of extreme temperatures: Comprehensive evidence from Germany [J]. *Journal of environmental economics and management*, 2018, 91: 93-117.
- [5] 薛允莲, 许军, 刘贵浩, 等. 基于亚健康评定量表 (SHMS V1.0) 的我国城镇居民亚健康健康状况评价研究 [J]. *中国全科医学*, 2021, 24(7): 834-841.
- [6] 温全平, 李倩倩. 面向亚健康人群的商务办公区康复景观设计研究 [J]. *绿色环保建材*, 2021(2): 83-85.
- [7] 刘滨谊, 彭旭路. 悬铃木行道树夏季垂直降温效应测析 [J]. *中国城市林业*, 2018, 16(5): 11-16.
- [8] 晏海, 王雪, 董丽. 华北树木群落夏季微气候特征及其对人体舒适度的影响 [J]. *北京林业大学学报*, 2012, 34(5): 57-63.
- [9] 张彪, AMANI-BENI M, 史芸婷, 等. 北京奥林匹克公园夏季绿地小气候及人体环境舒适度效应分析 [J]. *生态科学*, 2018, 37(5): 77-86.
- [10] 黄露璐, 叶劲枫, 蔡鑫, 等. 基于人体舒适度的南宁罗汉松园小气候研究 [J]. *安徽农业科学*, 2021, 49(13): 127-133.
- [11] 刘珂秀, 马椿栋, 陈威, 等. 面向小气候热舒适性的滨水景观规划设计探索 [J]. *风景园林*, 2020, 27(11): 104-109.
- [12] 刘滨谊, 彭旭路. 上海南京东路热舒适分析与评价 [J]. *风景园林*, 2019, 26(4): 83-88.
- [13] 魏冬雪, 刘滨谊. 上海创智天地广场热舒适分析与评价 [J]. *中国园林*, 2018, 34(2): 5-12.
- [14] 赵晓龙, 卞晴, 侯温婧, 等. 寒地城市公园春季休闲体力活动水平与微气候热舒适关联研究 [J]. *中国园林*, 2019, 35(4): 80-85.
- [15] SRIVANIT M, JAREEMIT D. Modeling the influences of layouts of residential townhouses and tree-planting patterns on outdoor thermal comfort in Bangkok suburb [J/OL]. *Journal of building engineering*, 2020, 30 [2021-04-25]. <https://doi.org/10.1016/j.job.2020.101262>.
- [16] 杨成芳, 薛德强, 李长军. 山东省人体舒适度区域特征研究 [J]. *气象*, 2004, 30(10): 7-11.