

夏季襄阳唐城影视基地热舒适对游客场所感知影响及优化措施研究

Study on the Influence of Thermal Comfort on Tourists' Perception of Place and Its Optimization Measures in Xiangyang Tangcheng Film and Television Base in Summer

孙迪 章莉*

SUN Di ZHANG Li*

(华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070)

(College of Horticulture and Forestry Sciences of Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei, China, 430070)

文章编号: 1000-0283(2023)08-0072-11

DOI: 10.12193/j.laing.2023.08.0072.009

中图分类号: TU986

文献标志码: A

收稿日期: 2023-04-26

修回日期: 2023-06-20

摘要

全球气候变暖与极端高温天气频发对行人夏季出行造成不便。夏季是游客旅行高峰,其高温环境会显著影响游客景区旅行体验。先前热舒适研究主要集中在自然景观类景区,缺少以建筑、硬质为主的人文建筑类景区热舒适改善研究。通过对襄阳唐城影视基地典型宫殿空间与街巷空间两个测点的春夏小气候实测与问卷调查,分析春夏影视基地热环境。结合场所感知问卷,分析影视基地游客场所感知状况,探析影视基地热舒适与游客场所感知的影响作用。宫殿空间热舒适整体优于街巷空间,影视基地夏季热中性温度及中性温度范围分别为29.17℃、26.26~32.08℃。气象因子与游客场所感知相关性较弱,热舒适是影响游客场所感知的最主要因素;游客场所感知与热舒适存在相互影响,其中个体情绪是影响游客热舒适与热接受度的主要因素。影视基地夏季热舒适与游客场所感知存在相互影响作用,从景区规划设计与管理两方面提出夏季景区热舒适改善、游客场所感知提升优化建议。

关键词

热舒适;场所感知;夏季;影视基地;微气候模拟软件

Abstract

Global warming and frequent extreme hot weather cause inconvenience to pedestrians in summer. Summer is the peak of tourist travel, and the high-temperature environment will significantly affect the tourist experience. Previous studies on thermal comfort mainly focused on natural landscape scenic spots, and need for studies on improving thermal comfort in cultural, and architectural scenic spots, which are primarily built and rigid. The thermal environment of Xiangyang Tangcheng film and television base in spring and summer is analyzed through the survey and questionnaire survey of the microclimate of typical palace space and street space of Xiangyang Tangcheng film and television base in spring and summer. Combined with the place perception questionnaire, this paper analyzes the status of the tourists' place perception in the film and television base. It explores the influence of thermal comfort in film and television based on the tourists' place perception. The thermal comfort of palace space is better than that of street space. The thermal neutral temperature and neutral temperature range of film and television base in summer are 29.17℃ and 26.26~32.08℃, respectively. The correlation between meteorological factors and tourists' perception of a place is weak. Thermal comfort is the most important factor affecting tourists' perception of the place. There is an interaction between tourist place perception and thermal comfort, in which individual emotion is the main factor affecting tourist thermal comfort and thermal acceptance. There is an interaction between the thermal comfort of film and television bases in summer and the perception of tourists' places. Suggestions on improving the thermal comfort of summer scenic spots and improving the perception of tourists place are put forward from the planning, design, and management aspects of scenic spots.

Keywords

thermal comfort; place perception; summer; film and television base; ENVI-met

孙迪

1999年生/女/河南平顶山人/在读硕士研究生/研究方向为风景园林规划与设计

章莉

1980年生/女/江苏如皋人/博士/讲师、硕士生导师/研究方向为绿地系统规划、绿地与微气候作用研究

*通信作者 (Author for correspondence)

E-mail: lizhang.wh@foxmail.com

基金项目:

中央高校基本科研业务费专项资金“降温—景观—游憩”协同作用下城市绿色空间格局对夏季情绪的影响研究”(编号: 2662023YLPY006)

社会快速发展与经济高速增长刺激人们转向追求精神生活, 进而促进旅游业的发展。根据中国文旅部统计数据显示, 2010-2019年, 国内旅游市场持续平稳增长, 2019年国内旅游较2018年同比增长8.4%, 突破60亿人次。与此同时, 文化消费在旅游消费中的地位愈发重要^[1]。夏季是国内游客旅行高峰期。伴随城市化的发展, 城市热岛现象日益严重, 极端高温天气频发, 不仅影响游客夏季出行体验, 更对旅游景区的发展造成威胁^[2,3]。2014年联合国政府间气候变化专门委员会IPCC第五次全球气候评估报告显示, 高温天气会对游客旅游偏好产生影响^[4]。持续的高温环境会降低游客旅游舒适度^[5], 减少游客夏季出行意愿, 对旅游景区夏季发展造成负面影响。

伴随旅游行业的发展, 气候条件成为影响游客目的地选择的重要因素。早期的旅游气候指标更多依靠日照、降雨、风速、云量等自然因子^[6], 并在其基础上进行改善与优化^[7]。后来学者利用不同气候评价指标研究旅游地气候舒适度。室外热舒适研究可基于人体热交换的热舒适指标如预测平均投票 (Predicted Mean Vote, PMV)、生理等效温度 (Physiological Equivalent Temperature, PET)、通用热气候指数 (Universal Thermal Climate Index, UTCI) 等^[8]。宏观层面上, 通过选择适宜的评价指标, 划分城市旅游舒适度等级, 结合客流量的计算, 提出城市旅游舒适期, 为游客出行时间地点的选择提供科学指导^[9-11]; 微观层面上, 气候舒适度研究集中在知名旅游景区, 结合景区自身特性, 构建景区气候舒适度评价模型^[12], 分析景区旅游适宜性, 针对旅游时期、穿衣类型提出建议, 同时也为景区旅游资源开发提供参考^[13-14]。

以往景区热舒适研究多集中在自然景观



图1 影视基地空间划分与测点平面分布图

Fig. 1 Spatial division of the film and television base and the distribution of measurement point plan

类景区, 而针对以建筑、铺装为主的人文景观类景区研究较少。文章选择襄阳唐城影视基地作为研究对象, PET作为热舒适评价指标, 通过小气候实测与问卷调查, 分析夏季景区热舒适与游客场所感知的相互作用, 提出影视基地夏季热舒适改善建议, 也为其他以硬质铺装、建筑为主的旅游景区提供理论参考。

1 研究方法

1.1 研究区域概况与测点选择

襄阳唐城影视基地位于湖北省襄阳市襄城区, 是以唐朝文化为背景, 兼具影视拍摄与文化旅游的大型仿古建筑群。影视基地内部依空间特征分为宫殿建筑空间、街巷空间与庭院空间。由于庭院空间人流量相对较小, 为保证问卷可信度, 研究选择瓮城、西市两处典型宫殿建筑空间、街巷空间进行小气候实测与问卷调查, 测点具体位置如图1所示。

1.2 气候实测与问卷调查

1.2.1 气候实测

研究利用HOBO温湿度记录仪记录瓮城、西市两测点处空气温度 (T_a) 与相对湿度 (RH), 里氏热线风速仪、黑球温度探头测量, testo主机记录风速 (V) 和黑球温度 (T_g)。实测仪器距地1.5 m, 记录间隔1 min。研究选择春季2022年5月2日, 夏季2022年7月30-31日进行气候实测。实测天气晴朗无风或微风, 且实测前一日未有降雨。实测时间选择8:30-17:00, 共8.5 h, 此段时间为影视基地日间开放时间。

1.2.2 问卷调查

研究调研问卷由三部分组成。第一部分包括年龄、性别、身高、体重、着装等基本信息; 第二部分为热感知问卷, 旨在获取游客瞬时热感受, 包括热感觉投票 (Thermal Sensation Vote, TSV)、热舒适投票 (Thermal

Comfort Vote, TCV)、热可接受度投票 (Thermal Acceptability Vote, TAV) 和气象要素偏好; 第三部分为游客场所感知量表。先前场所感知研究中, 学者根据研究区域特征, 结合凯文·林奇在《城市意象》中提出的场所5要素, 制定研究所需场所感知量表^[15-16]。本研究借鉴前人量表设置思路, 融合唐城影视基地场所特质, 构建影视基地场所感知量表(表1)。问卷发放与微气候实测同步进行。发放问卷时尽量保证各时间段问卷数量均等, 以减少问卷时间分布不均导致的结果误差。

本次调研共获取有效问卷416份, 其中春季有效问卷199份, 夏季有效问卷217份。对受试者基本信息进行统计分析, 结果显示, 女性受试者比男性受试者多15%, 研究人员于调研时尽量保持受试者男女比例平衡, 这表明唐城影视基地更吸引女性游客。游客年龄分布集中在19~34岁的青年人群, 约占所有受试者的50%; 其次为18岁以下的未成年和35~49岁的中青年; 65岁以上老年游客数量最少, 且集中于春季。约85%游客来自湖北省内, 其中约1/3来自襄阳市, 湖北省外游客仅占14.9%。受试者游客中, 约60%接受过高等教育。

1.3 热舒适评价指标

研究选择生理等效温度PET作为评价影

视基地热舒适的客观指标。PET以慕尼黑人体热量平衡模型为基础, 同时考虑客观环境与个体差异的影响, 广泛应用于室外热舒适评价, 适用于多种气候区^[17]。PET值利用rayman1.2模型计算。

2 结果与分析

气象实测和问卷调查选择春夏两季进行, 获取春季气象数据和场所感知数据旨在对比春夏热舒适以及游客场所感知差异, 深入分析夏季热舒适对游客场所感知的影响。

2.1 春夏季影视基地热舒适分析

2.1.1 基于气象要素的景区热舒适分析

图2可知, 两测点春季温度差异不大, 夏季瓮城温度整体高于西市, 最高温度出现在14:45的瓮城, 温度39.8℃。瓮城测点位于建筑中庭, 尺度开阔, 四周为硬质铺装与高墙, 全天受太阳直射时间长, 温度较西市测点更高。而西市相对湿度整体高于瓮城, 这是由于瓮城为硬质空间, 缺少植被覆盖。两测点风速变化较为一致。整体来看, 西市风速要大于瓮城风速, 且变化更为剧烈。西市测点位于建筑一角, 紧邻街道, 空气对流较为强烈; 瓮城测点位于建筑南侧, 四周有高墙围挡, 风速波动较小。受风速与黑球温度的波动影响, 两测点平均辐射温度无明显

高低之分。夏季两测点平均辐射温度集中在35℃以上, 最高值出现在夏季14:15的西市, 最高温度43.8℃。

如图3所示, 春季50%左右的游客希望空气温度保持不变, 西市有较多的游客期望温度升高, 春季西市风速大且不稳定, 风速增大加重游客冷感。夏季75%以上游客期望温度降低, 但仍有10%左右游客期望温度升高。期望温度上升的问卷时间多发生在温度相对较低的早晨, 且多为老年人, 他们有更热接受度。春季约82%游客认为相对湿度适宜, 夏季50%~60%游客希望相对湿度保持不变, 期望升高与降低的游客比例大致相同。夏季约60%游客期望风速可以升高, 夏季空气温度高、太阳辐射强烈, 较高风速可以缓解热带来的不适感。春季约47%游客期望太阳辐射可以降低。夏季太阳辐射对游客热舒适影响较大, 70%~80%游客期望太阳辐射降低, 其中30%~42%游客期望太阳辐射大幅降低。

整体而言, 春季影视基地气象条件较适合游客出行。夏季大部分游客期望空气温度、太阳辐射可以降低, 风速升高以减少“热”带来的不适感。

2.1.2 基于问卷结果的景区热舒适分析

如图4所示, 春季游客TSV以“适中”为主。夏季游客TSV以“热”与“非常热”为主, 两测点热占比分别为54.39%、67.96%。西市游客主观热投票比例总是高于瓮城, 这与西市空间特征有关。西市为街道空间, 两侧建筑高度在7~12m, 且无可供停留的休憩设施。正午太阳高度角最大时, 西市街道均暴露于阳光下, 阴影空间少。瓮城虽为大面积硬质铺装, 但其建筑宏伟, 四周建筑高度在10~20m, 建筑内部通道一直为阴影空间,

表1 场所感知量表指标
Tab. 1 Place perception scale indexes

因子 Factor	评价指标 Evaluation index
场所感知量表	B1氛围浓厚
	B2空间舒适
	A1空间活动体验愉悦
活动体验感知	A2影视基地活动体验愉悦
	A3实际停留时间长短
个体情绪	E1情绪积极

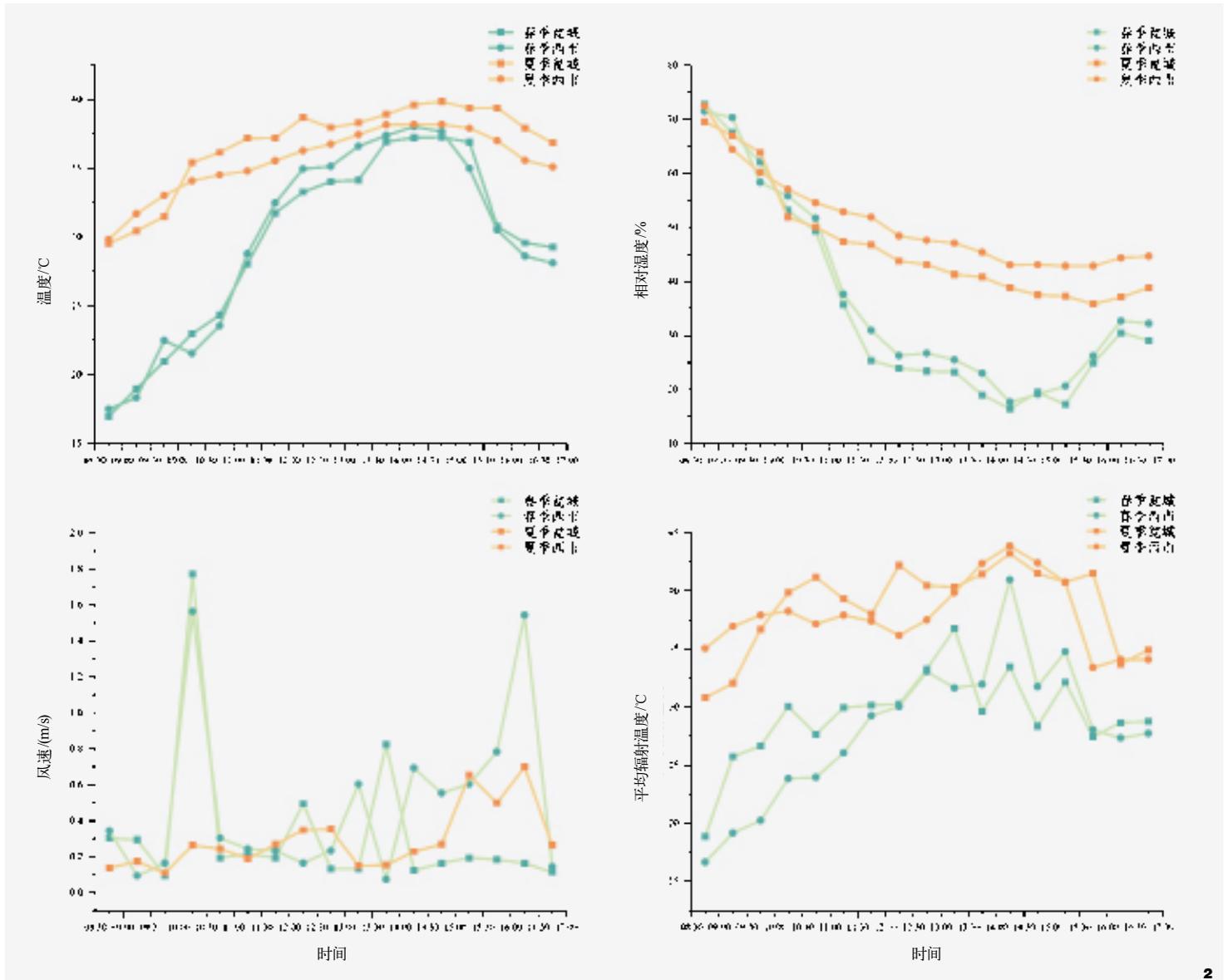


图2 春夏气象因子逐时变化图
Fig. 2 Time-by-time variation of meteorological factors in spring and summer

且配备长椅等休憩设施，致使瓮城整体热感知优于西市空间。

瓮城热舒适占比总是高于西市，其影响因素与热感觉投票影响因素大致相同。虽然夏季两测点热投票占比较高，但其舒适投票占比并不低，分别为60.53%、48.54%。在夏季热不适投票中，“不舒适”与“非常不舒

适”在热舒适投票中仅占23%左右。这表明，虽然大多数游客在夏季感觉到“热”，但并不会因为“热”带来生理心理的不适感。

瓮城热接受占比总是高于西市。春季瓮城西市热接受比例分别为93.88%、87.13%。夏季热接受的比例较春季有所降低，但均在70%以上。这说明，虽然大多数游客在夏季

感觉到“热”，但其所处的热环境仍位于可接受范围内。值得注意的是，在可接受范围内，73%左右的接受程度为“刚刚可接受”，夏季西市“完全可接受范围”仅占21.62%。

2.1.3 热基准

中性温度指人们处于不冷不热状态下的

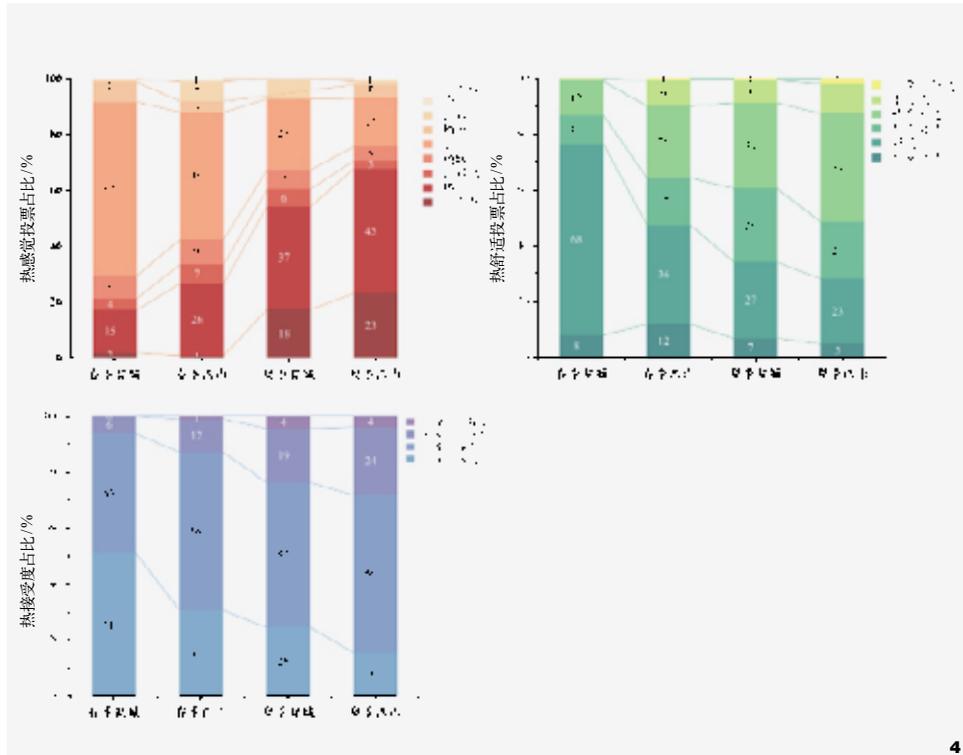
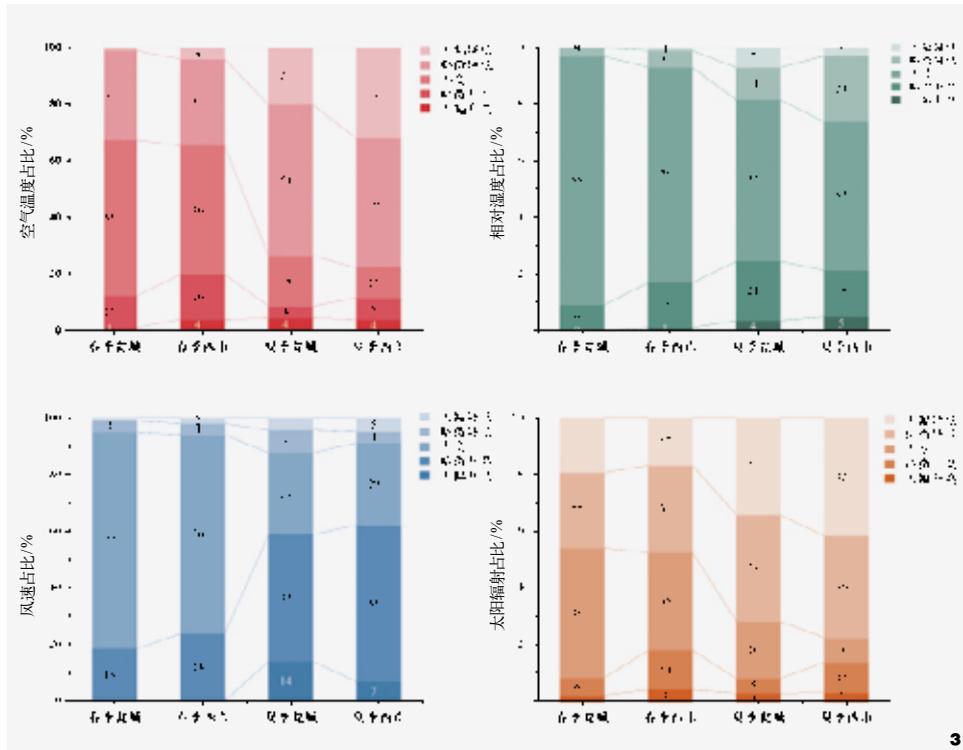


图3 春夏两测点气象要素偏好统计图
Fig. 3 Statistical chart of meteorological element preferences at two measurement sites in spring and summer

图4 游客热感觉投票TSV、热舒适投票TCV、热接受度投票TAV统计图
Fig. 4 Tourist thermal sensation vote TSV, thermal comfort vote TCV, thermal acceptability vote TAV statistics

室外温度，是衡量室外热舒适的基准温度。为探究唐城影视基地春夏热中性温度，通过计算每1℃ PET对应的热感觉投票平均值，得到PET与MTSV的拟合直线(图5)。拟合直线方程如公式(1)(2)。

$$\text{春季: } y=0.096*x-1.906 (R^2=0.935 P<0.01) \quad (1)$$

$$\text{夏季: } y=0.172*x-5.017 (R^2=0.653 P<0.01) \quad (2)$$

中性温度为MTSV=0时对应的PET温度，计算可得唐城影视基地春季中性温度为19.85℃，夏季中性温度为29.17℃。春季的PET与MTSV拟合斜率为0.096，MTSV每上升一级，需要PET增加10.42℃。夏季拟合斜率为0.172，夏季游客对温度变化更敏感。夏季温度偏高，游客更容易感受到热带带来的不适感，热敏性增强。中性温度范围为MTSV在(-0.5, 0.5)区间时对应的PET温度范围。计算影视基地春季中性温度范围为14.65 ~ 25.06℃，夏季中性温度范围为26.26 ~ 32.08℃。

2.2 影视基地游客场所感知分析

由图6可知，春季两测点三类感知结果整体同意率较高，其中A3活动体验感知中的停留时间变化同意率较差，说明大多数游客在此处的停留时间与预期相比变短。夏季游客各项感知同意率均有所下降，其中下降更为明显的是B2建筑环境感知中的测点空间舒适度和A3活动体验感知中的停留时间变化。图7显示，瓮城两季感知同意率差值明显大于西市。瓮城春夏感知同意率差值在20%左右，西市感知差值在10% ~ 15%，说明季节对瓮城游客场所感知的影响更为显著，对西市游客的建筑环境感知影响大于活动体验感知与个体情绪。

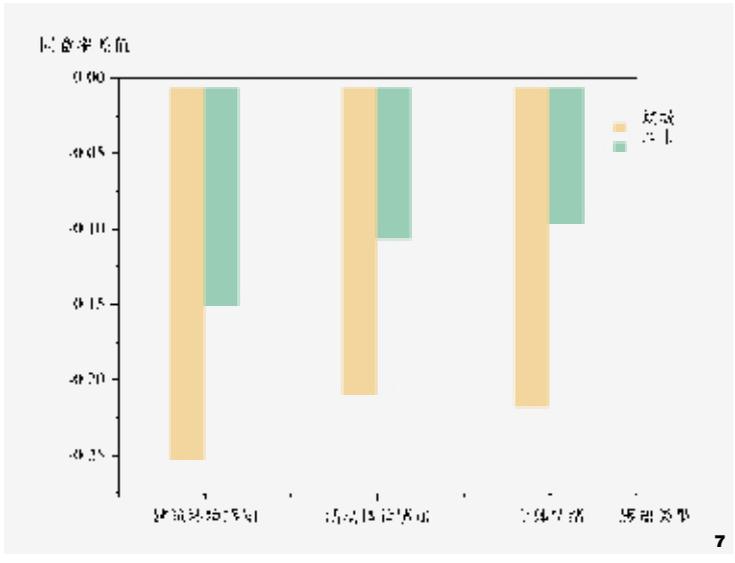
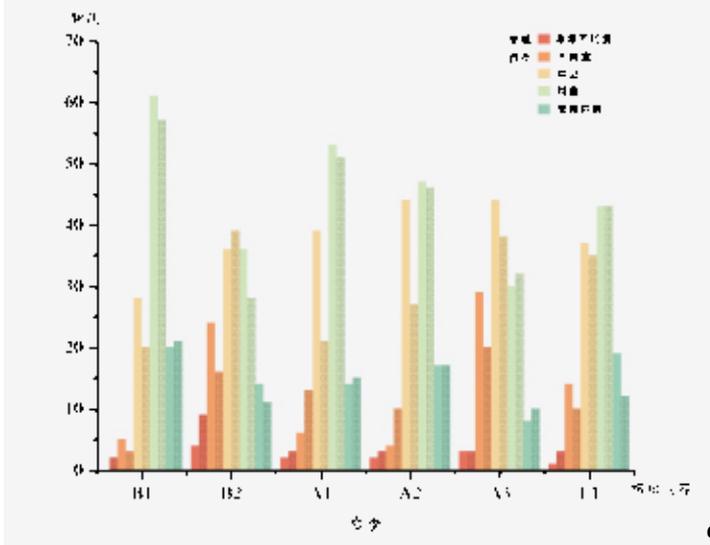
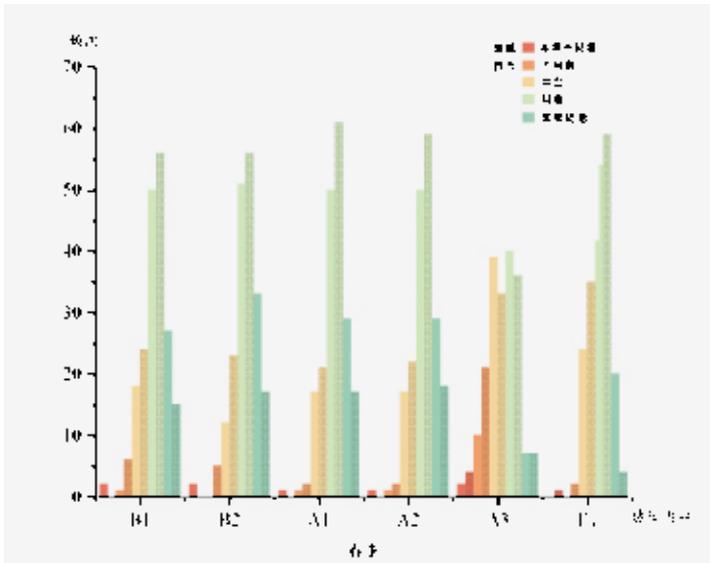
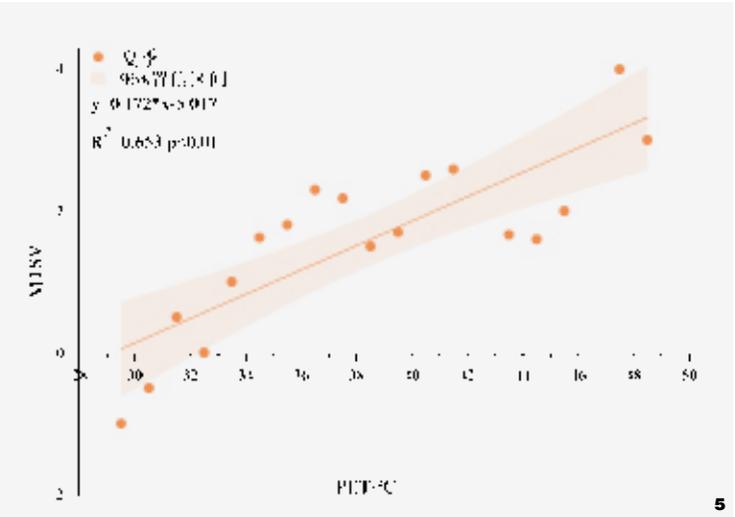
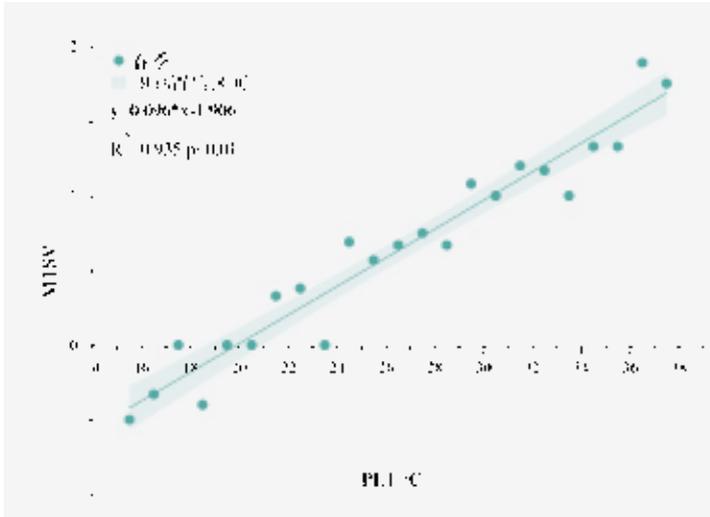


图5 春、夏PET与MTSV线性回归分析

Fig. 5 Linear regression analysis of PET and MTSV in spring and summer

图6 春夏两测点场所感知结果统计

Fig. 6 Statistics of the perception results of two measurement sites in spring and summer

图7 春夏两测点感知结果差值统计

Fig. 7 Statistics of the difference in perception results between two measurement sites in spring and summer

2.3 热舒适对游客场所感知影响作用

夏季气象因子与场所感知相关性系数均低于0.3(表2),表明夏季气象因子与游客场所感知存在微弱相关。热舒适指标与场所感知相关性系数在±0.3~±0.7之间(表3),表明其存在较强相关性。春夏TSV、TCV、TAV与场所感知均在0.01级别上显著相关。春季PET与场所感知在0.01级别上显著相关,夏季PET与场所感知在0.05级别显著相关。TSV和PET与场所感知结果呈显著负相关,

表2 气象要素与场所感知相关性分析结果统计表

Tab. 2 Statistical table of the results of correlation analysis between meteorological elements and place perception

皮尔逊相关性分析 Pearson correlation analysis	空气温度 Air temperature	相对湿度 Relative humidity	风速 Wind speed	黑球温度 Globe temperature	Tmrt
整体	-0.310**	0.074	-0.045	-0.321**	-0.304**
春季	-0.218**	0.240**	-0.09	-0.237**	-0.231**
夏季	-0.236**	0.230**	-0.052	-0.207**	-0.153*

注: **表示在 $p < 0.01$, *表示 $p < 0.5$, 下同。

表3 热舒适指标与游客场所感知相关性分析结果统计表

Tab. 3 Statistical table of the results of correlation analysis between thermal comfort indicators and visitors' place perception

斯皮尔曼相关性分析 Spearman correlation analysis	热感觉TSV Thermal sensation vote TSV	热舒适TCV Thermal comfort vote TCV	热接受度TAV Thermal acceptability vote TAV	PET
整体	-0.316**	0.463**	0.441**	-0.304**
春季	-0.209**	0.323**	0.407**	-0.230**
夏季	-0.288**	0.528**	0.398**	-0.172*

即热感觉等级越高, PET数值越大, 游客场所感知越差。热舒适和热接受度与场所感知结果呈显著正相关, 游客景区内场所感知结果随热舒适、热接受度等级提高而增大。春季热接受度与场所感知的相关性系数最大, 夏季热舒适与场所感知的相关性系数最大。

为进一步探讨热舒适对场所感知的影响作用, 对TSV、TCV、TAV和PET与场所感知进行多元线性回归分析, 结果表明热感觉对场所感知结果以及各分类感知结果均无显著性。对PET、TCV、TAV和场所感知进行多元线性回归, 得到场所感知预测公式(3)(4)(5)(6)。

$$\text{场所感知} = 3.056 - 0.507 \times \text{PET} + 0.760 \times \text{TCV} + 0.582 \times \text{TAV} \quad (p < 0.01) \quad (3)$$

$$\text{建筑环境感知} = 3.268 - 0.717 \times \text{PET} + 0.685 \times \text{TCV} + 0.606 \times \text{TAV} \quad (p < 0.01) \quad (4)$$

$$\text{活动体验感知} = 2.986 - 0.392 \times \text{PET} + 0.736 \times \text{TCV} + 0.547 \times \text{TAV} \quad (p < 0.01) \quad (5)$$

$$\text{个体情绪} = 2.844 - 0.429 \times \text{PET} + 0.980 \times \text{TCV} + 0.634 \times \text{TAV} \quad (p < 0.01) \quad (6)$$

上述预测公式可知, 游客场所感知及分

类感知结果均与PET呈负相关, 与TCV和TAV呈正相关。TCV是影响游客场所感知及各分类感知的主要因素。公式(4)表明PET是影响建筑环境感知的最主要因素, PET对建筑环境感知的影响大于游客主观热舒适指标, 这表明当旅游景区重点是表现传统建筑文化时, 夏季高温环境对此类型的场所感知产生较大的负面影响, PET越高, 热舒适越差, 会阻碍人们对建筑文化的感知。公式(5)表示TCV是影响游客活动体验的主要因素, PET对活动体验感知的影响系数低于TCV和TAV, 呈现弱负相关, 这表明人们在景区欣赏演绎活动或参与活动时, 环境PET对人们活动感知的影响较小, 这说明景区的演绎活动在某种程度上会抵消夏季户外客观环境的不舒适感。公式(6)显示TCV与个体情绪存在极强的相关性。TAV与PET对个体情绪的影响系数低于TCV, 但均对个体情绪存在中等强度影响, PET与情绪呈现负相关, 说明PET越高, 热舒适越差, 人们情绪越糟糕, 这与已有研究高温容易激发消极情绪结论一致^[19]。

主客观热舒适影响游客场所感知的同时, 游客对影视基地的场所感知结果也会其在影视基地游览的主观热舒适。进一步对游客建筑环境感知、活动体验感知、个体情绪与TSV、TCV、TAV进行多元线性拟合, 得到主观热舒适指标预测公式(7)(8)(9)。

$$\text{TSV} = 9.289 - 0.405 \times \text{活动体验感知} - 0.366 \times \text{个体情绪} \quad (p < 0.01) \quad (7)$$

$$\text{TCV} = 1.010 + 0.178 \times \text{建筑环境感知} + 0.305 \times \text{活动体验感知} + 0.358 \times \text{个体情绪} \quad (p < 0.05) \quad (8)$$

$$\text{TAV} = 1.201 + 0.145 \times \text{建筑环境感知} + 0.176 \times \text{活动体验感知} + 0.196 \times \text{个体情绪} \quad (p < 0.01) \quad (9)$$

TSV与活动体验感知、个体情绪结果成负相关, 与建筑环境感知结果无显著影响关系。这说明游客的主观热感觉不受建筑环境变化的影响。TCV和TAV与建筑环境感知、活动体验感知、个体情绪结果呈正相关, 其中个体情绪是影响TCV和TAV的主要因素。建筑环境感知对TCV和TAV的影响小于活动体验感知。

3 影视基地改善热舒适、提升游客场所感知环境更新途径研究

前文热舒适指标与游客场所感知相关分析可知热舒适指标PET、TCV、TAV对游客场所感知存在显著影响。由于游客主观TCV和TAV受个体差异影响较大, 研究将从改善客观热舒适指标PET角度出发, 构建影视基地热舒适改善模型, 分析夏季改善热舒适、提升游客长场所感知的环境更新途径。

经模型验证, 本文建立的瓮城西市模型模拟值与实测值的均方根误差(Root Mean Square Error, RMSE)均在可接受范围内, 认为所建模型可用来分析唐城影视基地热舒适。

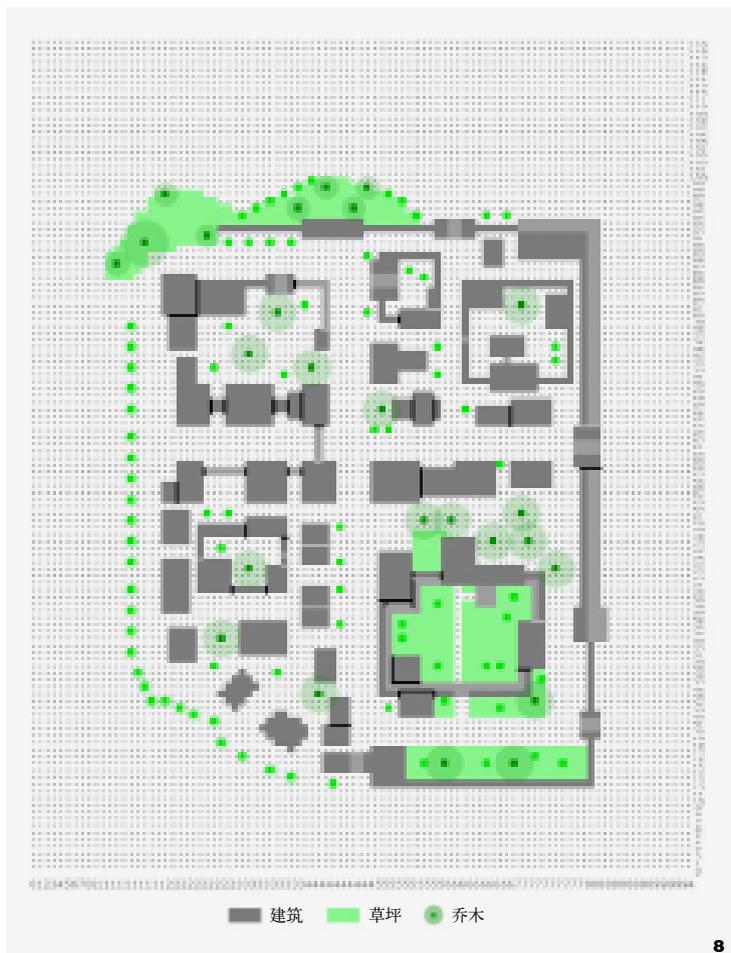


图8 西市可移动绿化装置改善模型
Fig. 8 Xishi movable greening device improvement model

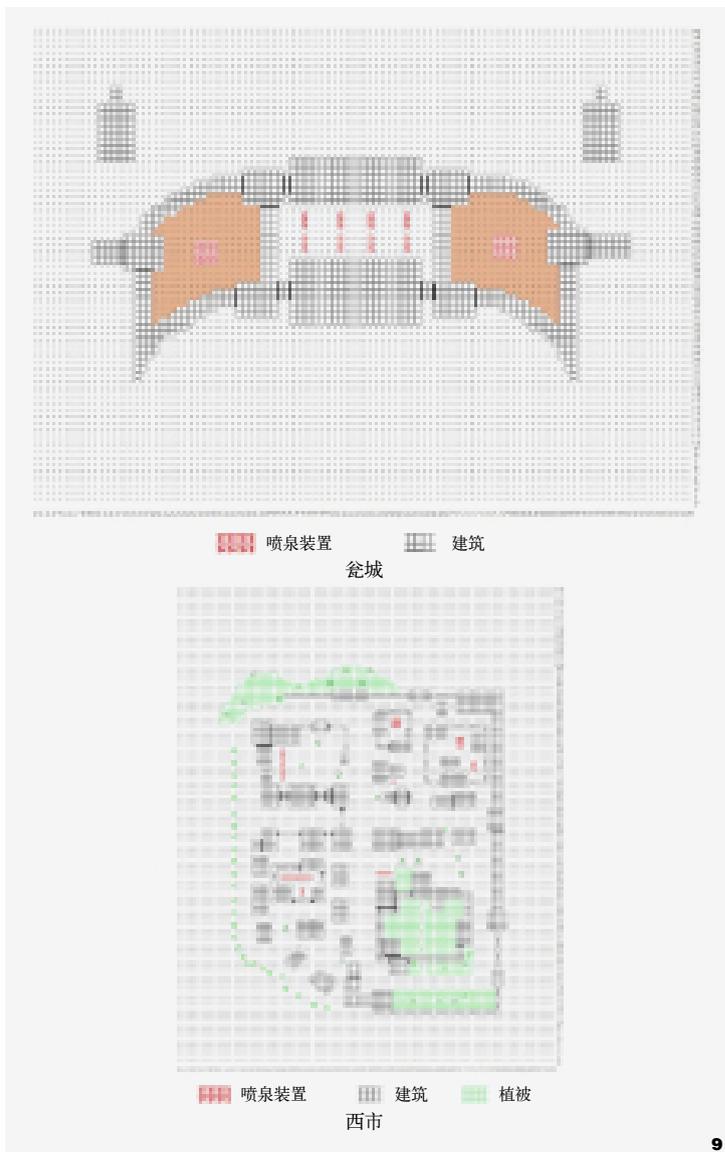


图9 瓮城、西市喷泉装置改善模型
Fig. 9 Wengcheng and Xishi fountain device to improve the model

3.1 影视基地改善模拟情景构建

(1) 地面铺装反照率。影视基地铺装以反照率0.5的青石板为主。高反照率铺装有助于降低地表温度，低反照率铺装可在一定程度上改善行人热舒适。本研究中，瓮城西市均选择反照率0.2的单石花岗岩来进行改善模拟，辐射率与粗糙度保持不变。

(2) 植被覆盖率。瓮城所在的宫殿建

筑空间为全硬质空间，不适宜通过增加植被绿化来改善环境热舒适，仅在西市进行可移动绿化装置改善模拟。在西市原有植被基础上，于建筑围合空间与街道适宜处增设可移动乔木装置。充分考虑乔木冠幅及其与建筑距离，使其不妨碍街道交通且符合种植规范。具体可移动绿化装置改善模型如图8所示。增加后的场地植被覆盖率由原来的

11.12%变为14.09%。新增可移动绿化装置参数如表4所示。

(3) 场地湿度。瓮城、西市喷泉模型如图9所示。综合考虑空间尺度与安全问题，喷泉高度设置均为1.5 m。瓮城喷泉装置可分为集中型和条带型，集中型喷泉分布在瓮城内部两侧高台处，喷泉尺寸8 m×8 m，条带型喷泉对称分布于瓮城门洞两侧，规格为

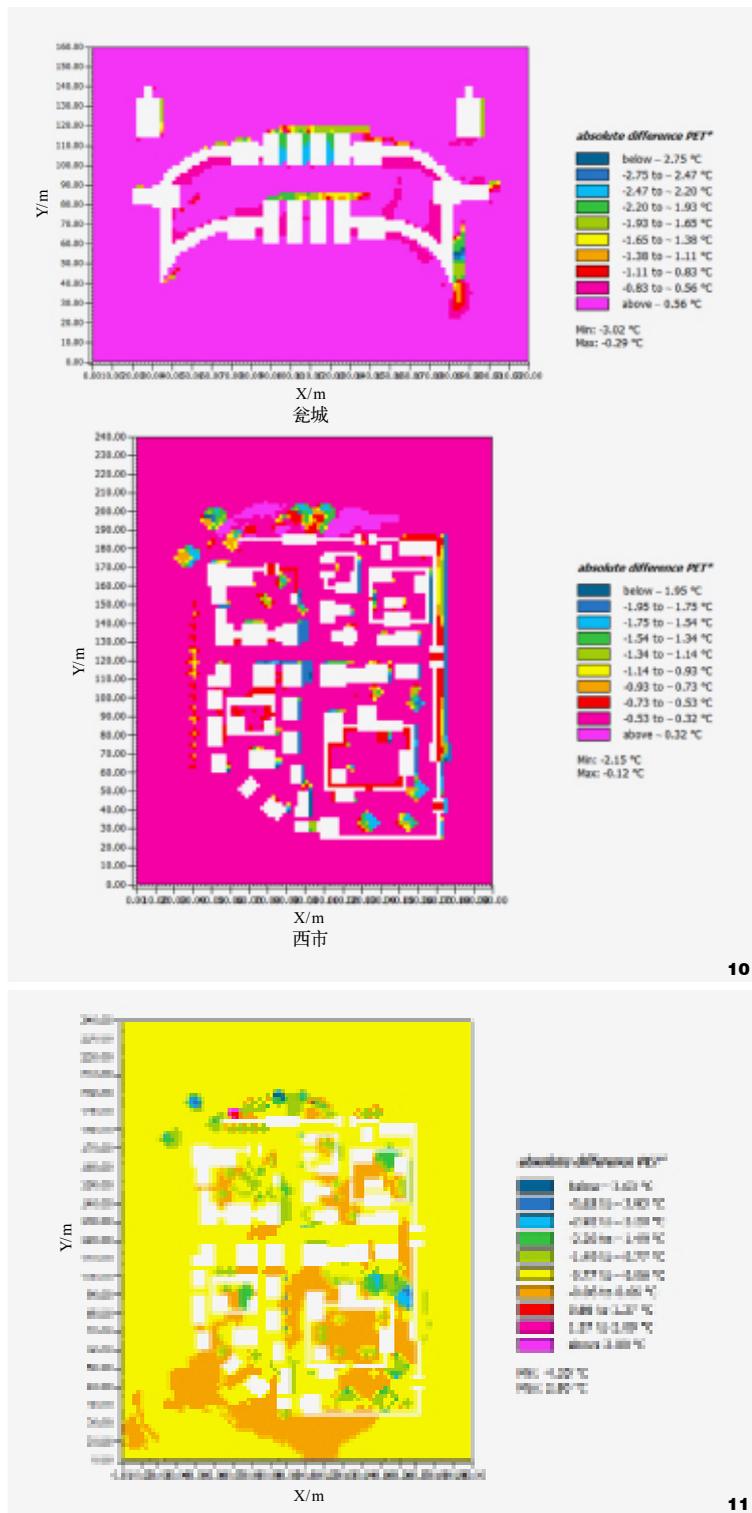


图10 瓮城、西市铺装模型14:00时与原始模型热舒适差值图
Fig. 10 Thermal comfort difference between Wengcheng and Xishi pavement models and original models at 14:00

图11 西市可移动绿化模型14:00时与原始模型热舒适差值图
Fig. 11 Thermal comfort difference between Xishi mobile greening model and original model at 14:00

表4 西市可移动绿化装置详细参数

Tab. 4 Detailed parameters of mobile greening devices in Xishi

位置 Site	绿化类型 Greening type	参数 Parameters
街道旁	灌木	茂密树篱, 1 m
建筑围合空间	灌木	茂密树篱, 1 m
	乔木	球形, 大型树干, 茂密, 小型乔木5 m/中型乔木15 m

2 m×6 m。西市为街巷空间, 喷泉类型设置有集中型、条带型和点状喷泉。集中型喷泉规格为4 m×6 m, 分布于西市北侧建筑围合空间; 条带型喷泉尺寸并不固定, 随场地空间变化而变化。

3.2 多情景夏季影视基地热舒适改善效应分析

3.2.1 铺装对热舒适的影响作用

低反射铺装模型中, 瓮城整体PET值下降0.52°C (图10)。建筑东北侧PET温度下降较为显著, 温度降低值在0.56 ~ 2.20°C。建筑东北侧降温范围集中在2 ~ 6 m, 瓮城大部分区域呈现洋红色, 表示降温范围在0.29 ~ 0.83°C。瓮城北侧温度湿度变化最为显著, 温度增长与湿度下降对PET的影响作用相互抵消, 致使瓮城北侧PET下降数值较小。瓮城门洞内及门洞北侧PET改善效果最为明显。且北侧门洞PET值整体下降1.65 ~ 2.47°C。

反照率0.2的铺装可使西市整体PET降低0.52°C, 建筑东侧热舒适改善效果最为显著, 最高可降低2.15°C, 然而PET降低范围有限, 且与建筑高度存在一定相关性。PET仅在建筑东侧2 m区域内有较为显著的降低, 建筑高度增加, 改善区域面积随之增加。低反照率铺装对西市街道PET的降低效果弱于建筑东侧, 集中在0.32 ~ 0.53°C。

整体而言, 低反照率铺装对宫殿建筑空间、街巷空间整体热舒适存在一定改善效果。其中瓮城门洞内热舒适改善效果最为显著。反照率低、颜色较浅的透水性下垫面对环境PET降低作用更好^[9], 在影视基地后期建设中, 可通过改变下垫面材质特性来改善场所热环境。

3.2.2 可移动绿化装置对热舒适的影响作用

增加可移动绿化装置可使西市整体PET降低0.25°C (图11)。对西市大部分区域来说, PET降低值在0.06 ~ 0.77°C, 增加植被处PET值降低较为明显, 西市东侧与北侧乔木集中放置区域PET

温度可降低1.49 ~ 3.63℃, PET最高可降低4.35℃。孤植乔木对PET的降低值为0.77 ~ 1.49℃, 相对于集中乔木放置来说, 孤植乔木放置对热舒适的改善效果有限。灌木装置对热舒适的影响范围局限于灌木装置范围, 对周围PET无显著影响。

增加可移动乔木装置对影视基地夏季热舒适改善有一定积极作用。相对于冠幅、枝干高度、叶面积指数等指标, 乔木覆盖率对PET的影响更为显著^[20]。乔灌木配置模式的降温增湿、降低风速效果最为显著^[21]。对于存在一定绿化的庭院空间和街巷空间, 可通过丰富植物层次, 选择冠大阴浓的乔木来改善空间小气候。

3.2.3 旱喷设置对热舒适的影响作用

喷泉对瓮城整体PET的影响作用较小, 整体来看, 增加喷泉装置使瓮城行人高度处PET增加0.11℃(图12)。喷泉对温度存在负向影响关系, 对湿度有正向影响。喷泉对温度和湿度的影响效应叠加, 导致对PET的影响并不显著。条带型喷泉与西侧集中型喷泉处PET差值在-0.02 ~ 0.30℃, 喷泉装置对PET的影响存在提升现象, 但软件模拟本身存在一定误差, 且此处PET变化数值较小, 处于可接受范围。东侧集中型喷泉对PET的降低值集中在0.02 ~ -0.51℃。喷泉装置对南侧门洞内PET有降低作用, 但北侧门洞内PET有升高趋势。分析北侧门洞各气象要素的变化, 发现喷泉模型中北侧门洞内风速值显著降低, 风速降低值在0.18 ~ 0.29 m/s。喷泉会对周围风速产生一定影响。在一定范围内, 风速与PET存在负相关关系^[22], 风速越大, 环境PET值越低, 行人更容易感到舒适。

西市喷泉装置对PET的影响作用较小, 使西市整体PET增加0.02℃, 可忽略不计。西市喷泉模型PET差值图显示, 西市空间整体为黄色与橙色, 表示PET差值在-0.08 ~ 0.17℃, 变化幅度较小, 可认为无明显变化。集中型、条带型、点状喷泉上方及周围PET均无显著性变化。这表明喷泉对热舒适的改善作用有限。

整体来看, 喷泉装置可显著降低空气温度、提升空气湿度, 但对PET无显著影响。这一结果也在其他研究区域被证实。学者以澳大利亚墨尔本中央商务区为研究对象, 利用ENVI-met模拟小气候与人体热舒适, 同样选择PET作为热舒适评价指标, 发现喷泉对空气温度有较为明显的降低作用, 但不能改善区域热感知。并且提出喷泉场景的降温范围是局部的, 这种影响仅存在

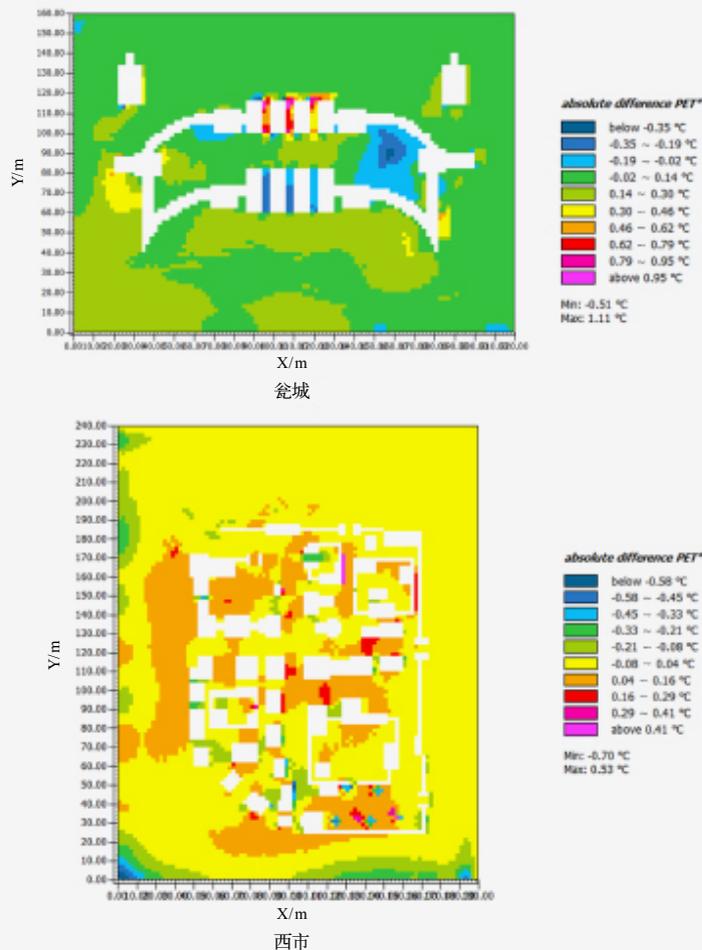


图12 瓮城、西市喷泉模型14:00时与原始模型热舒适差值图

Fig. 12 Thermal comfort difference between the Wengcheng and Xishi fountain models and the original models at 14:00

于喷泉一定半径内^[23]。但与喷雾作用机制相似的雾化装置可显著降低室外环境空气温度, 提升游客热感觉与热舒适^[24]。且其降温范围随雾化装置的液滴直径增大而增大^[25]。对于不适宜增加植物绿化的宫殿建筑空间, 可通过增设水雾装置, 改善场地热舒适。

4 结论

唐城影视基地属冬冷夏热气候区, 夏季影视基地热舒适性显著降低, 大部分游客认为环境较热, 瓮城宫殿建筑空间热舒适优于西市街巷空间。影视基地春夏热中性温度分别为20.24℃、29.17℃。热中性温度范围分别为

15.29 ~ 25.19℃、26.26 ~ 32.08℃。

夏季游客场所感知受气象因子影响较小, 受热舒适评价指标影响较大。其中TCV对游客场所感知的影响最大。其中PET是影响游客建筑环境感知的最主要因素。游客场所感知会反向影响游客TCV。TSV不受建筑环境感知的影响, 与活动体验感知、个体情绪均呈负相关。游客情绪更能影响游客主观热舒适, 积极情绪会增加游客对于热环境的接受度。

基于影视基地热舒适与场所感知现状, 结合ENVI-met优化模型模拟结果, 从景区规划设计和景区管理角度提出夏季影视基地热舒适改善、游客场所感知提升优化建议。增加可移动绿化装置和水雾装置, 可有效降低影视基地空气温度、增加环境湿度, 改善局部热舒适。低反照率铺装对景区热舒适有一定提升效果, 可应用于影视城后期建设。游客情绪和景区活动体验可影响游客热感知, 提升景区服务质量、合理安排节目表演时间可提升游客场所感知、改善其热舒适。

受人力、财力、时间等因素的影响, 研究仍存在一定不足与局限, 在未来研究中需进一步改进与完善: (1) 为保证足够的调查样本数, 研究选择人流量较大的宫殿空间与街巷空间即瓮城、西市两处典型空间进行调研, 受实测工具限制, 只选择两个实测点, 未来可以增加研究场所, 进一步丰富研究结果。(2) 游客场所感知数据仅依靠调研问卷获取, 数据类型较为单一, 未来可引入生理心理监测技术, 获取更加精确的游客场所感知。夏季游客场所感知受多种因素影响, 如何获取更为准确的场所感知数据, 从多角度探究游客场所感知提升措施是未来的研究方向。

注: 图1底图来自百度地图(获取时间为2022年4月), 其余图表均由作者自绘。

参考文献

[1] 中华人民共和国中央人民政府. 中华人民共和国文化和旅游部2019年文化和旅游发展统计公报[EB/OL] (2020-06-22)[2023-03-03]. http://www.gov.cn/xinwen/2020-06/22/content_5520984.htm

[2] DE FREITAS C, SCOTT D, MCBOYLE G. A Second Generation Vclimate Index for Tourism (CIT): Specification and Verification[J]. *International Journal of Biometeorology*, 2008, 52(5): 399-407.

[3] ZARES, HASHEMINEZHAD N, SAREBANZADEH K, et al. Assessing Thermal Comfort in Tourist Attractions Through Objective and Subjective Procedures Based on ISO 7730 Standard: A Field Study[J]. *Urban Climate*, 2018, 26: 1-9.

[4] BIRCH E. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability[J]. *Journal of the American Planning Association*, 2014, 80(2): 184-185.

[5] 宋进喜, 王伯铎, 李怀恩. 西安市旅游开发的环境效应及环境整治建设[J]. *西北大学学报(自然科学版)*, 2002(06): 683-686.

[6] MIECZKOWSKI Z. The Tourism Climatic Index—A Method of Evaluating World Climates for Tourism[J]. *Canadian Geographer-geographe Canadien*, 1985, 29(3): 220-233.

[7] MANTAO T. Comparing the ‘Tourism Climate Index’ and ‘Holiday Climate Index’ in Major European Urban Destinations[D]. Waterloo: University of Waterloo, 2013.

[8] 胡兴, 李保峰, 陈宏. 室外热舒适度研究综述与评估框架[J]. *建筑科学*, 2020, 36(04): 53-61.

[9] 马丽君, 孙根年, 谢越法, 等. 50年来东部典型城市旅游气候舒适度变化分析[J]. *资源科学*, 2010, 32(10): 1963-1970.

[10] 马丽君, 孙根年, 李玲芬, 等. 海口旅游气候舒适度与客流量年内变化相关分析[J]. *资源科学*, 2008(11): 1754-1759.

[11] 马丽君, 孙根年, 王洁洁. 中国东部沿海沿边城市旅游气候舒适度评价[J]. *地理科学进展*, 2009, 28(05): 713-722.

[12] 徐静, 卢宪梅, 刘志刚, 等. 1966-2018年秦皇岛气候舒适度时空变化特征[J]. *气象与环境学报*, 2020, 36(03): 80-86.

[13] 于秀晶, 胡蓉翰, 张婷, 等. 长白山西景区冰雪旅游气候适宜性分析[J]. *气象灾害防御*, 2019, 26(03): 44-48.

[14] 邓雅倩, 林确略, 彭武坚, 等. 大容山国家森林公园旅游气候舒适度评价[J]. *气象研究与应用*, 2015, 36(03): 45-49.

[15] 黄思颖, 傅伟聪, 刘群阅, 等. 福州城市绿地场所感知与场所依恋知觉关系[J]. *中国城市林业*, 2022, 20(04): 110-115.

[16] 耿藤瑜, 傅红, 曾雅婕, 等. 森林康养游憩者场所感知与健康效益评估关系研究——以成都龙泉山城市森林公园为例[J]. *林业经济*, 2021, 43(03): 21-36.

[17] CANAN F, GOLASI I, CIANCIO V, et al. Outdoor Thermal Comfort Conditions During Summer in A Cold Semi-arid Climate. A Transversal Field Survey in Central Anatolia (Turkey)[J]. *Build Environ*, 2019, 148: 212-224.

[18] 高慧君, 李君扶. 基于微博大数据的游客情感与气候舒适度关系研究——以西安市国内游客为例[J]. *陕西师范大学学报(自然科学版)*, 2017, 45(01): 110-117.

[19] 常鑫悦. 基于ENVI-met的合肥淮河路步行街区室外热舒适性评价与空间形态优化策略研究[D]. 合肥: 安徽建筑大学, 2022.

[20] 王琨, 王竞娴, 田朝阳, 等. 乔木覆盖率及形态特征对公园夏季微气候舒适性的调节作用——以郑州市绿荫公园为例[J]. *中国园林*, 2022, 38(11): 94-99.

[21] 闫力伟. 基于微气候模拟的哈尔滨文化公园改造设计策略研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2022.

[22] 武凤文, 王梓茜, 苗世光, 等. 基于微气候环境改善的城市设计优化策略——以北京宛平城为例[J]. *城市发展研究*, 2022, 29(03): 34-40.

[23] BALANY F, MUTTIL N, MUTHUKUMARAN S, et al. Studying the Effect of Blue-Green Infrastructure on Microclimate and Human Thermal Comfort in Melbourne’s Central Business District[J]. *Sustainability*, 2022, 14(15): 9057.

[24] 张铭. 提升水雾改善作用的半室外空间围合方式优化研究[D]. 青岛: 青岛理工大学, 2022.

[25] 王军锋, 屠欣丞, 黄继伟, 等. 细水雾室外环境降温效果的数值模拟[J]. *江苏大学学报(自然科学版)*, 2009, 30(06): 591-595.