

湿热风缓地区传统聚落空间对风环境的影响效应

徐辉¹,夏海松¹,董莉莉¹,刘天琪²

(1. 重庆交通大学建筑与城市规划学院,重庆 400074;2. 重庆大学建筑城规学院,重庆 400044)

摘要 目的 综合解析湿热风缓地区传统聚落空间对风环境的影响效应。方法 基于田野调查,利用CFD软件对聚落整体和聚落建筑的风环境进行模拟分析;选取风台村3栋典型三合院,分析不同长高比和宽高比对聚落空间风环境的影响。结果 在聚落整体街巷结构与建筑密度的综合影响下,风台村冬季的聚落空间风速总体呈东北高、西南低的分布特征,夏季的聚落空间风速呈由村口向东北方向的递增规律,聚落整体风环境良好;模拟分析得出聚落建筑吊脚干栏的最佳空间形制:宽高比为6,长高比为7.2。结论 聚落空间风环境受到街巷结构与季节主导风、建筑形态与密度的综合影响,传统聚落空间形制体现了对区域风环境的高效适应,以及对局部微气候的有效利用,建议在进行聚落保护规划与地域建筑设计时应遵循此空间形制特征。

关键词 风环境;传统聚落空间;吊脚干栏;数值模拟;湿热风缓地区

中图分类号 TU14;TU982

文献标志码 A

引用格式:徐辉,夏海松,董莉莉,等. 湿热风缓地区传统聚落空间对风环境的影响效应[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版),2024,40(3):495-504. (XU Hui, XIA Haisong, DONG Lili, et al. Impact effects of traditional settlement spaces on the wind environment in hot and humid regions with gentle airflow[J]. Journal of Shenyang jianzhu university(natural science),2024,40(3):495-504.)

Impact Effects of Traditional Settlement Spaces on the Wind Environment in Hot and Humid Regions with Gentle Airflow

XU Hui¹, XIA Haisong¹, DONG Lili¹, LIU Tianqi²

(1. School of Architecture and Urban Planning, Chongqing Jiaotong University, Chongqing, China, 400074; 2. School of Architecture and Urban Planning, Chongqing University, Chongqing, China, 400044)

Abstract: An integrated analysis of the impact of traditional settlement spaces in regions characterized by a mild and humid climate on the wind environment is conducted. Field investigations are utilized alongside Computational Fluid Dynamics (CFD) software to simulate and

收稿日期:2023-10-26

基金项目:国家自然科学基金项目(52108005)

作者简介:徐辉(1986—),男,副教授,博士,主要从事村镇传统聚落与地域建筑技术等方面研究。

analyze the wind environment of the overall settlement and individual buildings within the settlement. Specifically, three typical courtyard houses in Fengtai Village are selected for analysis, exploring the influence of different length-to-height and width-to-height ratios on the wind environment of the settlement. Considering the combined effects of the overall street and alley structure and building density within the settlement, the winter wind speed in Fengtai Village exhibits a general distribution pattern of being higher in the northeast and lower in the southwest, while in summer, the wind speed within the settlement shows an increasing trend from the village entrance towards the northeast direction, indicating a generally favorable wind environment within the settlement. Simulation analysis yields the optimal spatial configuration for the courtyard houses, with a width-to-height ratio of 6 and a length-to-height ratio of 7. 2. The wind environment within the settlement is influenced by a combination of street and alley structures, prevailing seasonal winds, and building morphology and density. Traditional settlement spatial configurations demonstrate efficient adaptation to regional wind environments and effective utilization of local microclimate conditions. It is recommended that this spatial shape should be followed in the future settlement protection planning and regional architectural design to ensure optimal settlement environments.

Key words: wind environment; traditional settlements; hanging foot dry rail; numerical simulation; hot and humid areas with gentle winds

传统聚落作为一种具有历时性、自组织特点的建筑形式,千百年来,积累了极为丰富的人与自然环境相协调的人地经验,所蕴涵的科学规律与策略是一个可以挖掘的巨大宝库。近年来,国内学者逐步开始应用计算机辅助方法对传统聚落风环境进行模拟,取得了丰厚的学术成果。赵晶晶等^[1]利用 CFD 软件模拟研究了湖北大冶市上冯村巷道几何特征与聚落局部风环境之间的关系。熊姚等^[2]以南京传统聚落小巷和街道为研究对象分析了聚落局部风速变化规律。谷凡等^[3]对浙江某古寺进行 CFD 模拟研究,确定最大的局部风压位置,进而提出抗风建议。林晨等^[4]对云南彝族传统民居室内空间及院落空间进行了风环境模拟,分析各建筑要素下的自然通风现状,并提出空间优化建议。冒压龙等^[5]从建筑木构营造技术及院落布局等方面对亚热带传统民居自然通风的影响进行了深入研究。李涛等^[6]提出了关中“窄院民居”能够有效促进夏季自然通风的最佳空间比例。朱佳音等^[7]研究了院落空间几

何形状和方向对小气候的影响。在街巷空间形态方面,肖毅强等^[8]研究了广府地区传统村落中冷巷宽度变化对村落内部微气候的影响。在建筑单体空间方面,张丽丽等^[9]通过对四川梨园坝村的室外风环境进行 CFD 模拟,分析冬季室外风环境对村落建筑的影响。这些研究主要集中于聚落空间^[10]、街巷形态(包括冷巷^[1-2]与街道^[2,11])、建筑单体(包括室外风环境^[3,12]与室内风环境^[4,13])、院落空间构造^[7,9]与院落比例尺度^[6,7,14]等方面。对湿热风缓地区,从聚落整体与建筑两个方面综合进行传统聚落风环境的适应性研究较少。基于此,笔者在田野考察的基础上,从聚落整体和聚落建筑两个尺度上对处于湿热风缓地区的重庆市黔江区凤台村土家族传统聚落空间进行 CFD 模拟研究,探究传统聚落整体布局、街巷形态和聚落建筑与风环境之间的关系,定量解析传统聚落建筑的吊脚栏形式对建筑风环境的影响,进一步探讨其适宜的形制比例关系。

1 研究基础与概况

1.1 研究对象

湿热风缓地区,指的是我国南部广大山地环境,秋冬季雨量大,云雾多,相对湿度大;夏季闷热潮湿,静风期较长,且全年平均风速低于 3 m/s 的气候环境区域。笔者探讨的湿热风缓地区,主要指位于南北气候分界线的秦岭以南及青藏高原到东部沿海的阶梯地形过渡地带,包含重庆、贵州、四川东部、甘肃南部、湖南西部等区域,全年平均风速约低于 3 m/s(见表 1)^[15]。

表 1 典型风缓地区的全年平均风速

Table 1 Typical wind speed in areas with gentle winds throughout the year			
winds throughout the year		m/s	
地区	风速	地区	风速
成都	2.0	重庆	1.4
达州	2.4	奉节	2.6
泸州	1.9	贵阳	3.0
宜宾	2.4	遵义	2.3
兰州	2.1	毕节	2.3
平凉	2.8	长沙	1.7
天水	2.0	张家界	2.7
张掖	2.1	娄底	2.7

注:风速为该地区距地面 10 m 高处平均风速。

凤台村聚落位于重庆市黔江区金洞乡东南部,是土家族聚居地,聚落建成环境保存相对完好(见图 1)。在气候环境方面,当地属于亚热带季风气候区域,复杂的山区地形阻挡了来自印度洋的西南季风和太平洋的东南季风,导致黔江地区风力缓,日照少,阴天多,静风期长,是典型的湿热风缓地区。在聚落环境特征方面,凤台村聚落处于典型的浅丘地带,形成了带状组团且具有局部宅院内向聚合的特征。宅院间以顺应等高线的长街短巷相互联系,形成空间极为丰富的山地聚落环境。在聚落建筑形态方面,凤台村聚落呈现了浓厚的土家族的文化技术特色,建筑空间形态为“吊脚干栏”的三合院基本形制,在

自然通风有限的气候环境下,三合院空间利用地域技术,以建筑布局和吊脚干栏来改善风环境,极大提高了聚落的舒适性。



图 1 凤台村建成环境

Fig. 1 Fengtai Village's built environment

1.2 研究方法

首先,通过田野调查获取聚落空间数据,以此为基础进行建模;其次,运用 Phoenix 软件对模型进行数值模拟;再次,与实地测量数据进行对比研究,验证模拟数据的准确性,确保模型的可靠性;最后,对比分析聚落整体模型和建筑模型的风速模拟数据,解析凤台村聚落空间对风环境的影响效应,寻得适应当地气候环境的聚落建筑吊脚干栏的最佳空间形制。

1.3 数据获取

为全面真实地反映凤台村的风环境特征,尽可能涵盖更多类型的聚落空间要素,按围绕聚落核心区主街巷均匀布置原则选取 6 处典型位置进行测量(见图 2)。

测点 A 位于凤台村村口,在聚落西南处,用于测定聚落入口的风环境;测点 B 位于何家院子院坝,为测定代表性三合院民居院坝风环境;测点 C 位于民俗广场,用于测定聚落中部大面积开阔处的风环境;测点 D 位于农家果园,位于代表性街巷尽头;测点 E 位于李家大院院坝,用于测定钥匙头民居院坝风环境;测点 F 位于传统民居 28 号与 27 号之间,此处建筑密度最高。测量时间选在 2022 年 10 月,每日测量时段为 10:00 -

15:00;测试方法为每隔 30 min 在各测点距地 1.5 m 高度处(人体站姿头肩部位置)测 3 次风速,取平均值。



图2 测点分布

Fig. 2 Distribution of measurement points

2 模型构建

2.1 模型建立

空气龄和建筑热环境与风速息息相关,较高风速可以加强空气对流,改善建筑热环境,考虑到黔江地区湿热风缓的气候环境,因此将最低风速数值作为评判风环境好坏的标准,即最低风速越高,其风环境越好。

按照 1:1 比例对凤台村聚落进行建模,模型大小为 410 m(东西向) × 430 m(南北向) × 12 m(最高建筑高度),为提高运算效率,将模型简化处理,把聚落建筑视为规则的立方体,以此来加快收敛速度^[16]。因 $k-\varepsilon$ 模型在数值计算过程中精度较高、波动小,常用于低速涡流计算,故选择标准的 $k-\varepsilon$ 模型作为涡流模型。因不考虑温度和湿度因素,故不设置相关能量方程。模拟计算域设为原模型的三倍,即长宽高为 1 230 m × 1 290 m × 36 m,满足最大阻塞率小于 3% 的要求。

2.2 模型验证

模型的核心建筑区域的网格为均匀划分,其余区域网格为非均匀划分,网格尺寸从核心建筑区域向周围渐变过渡,比例设为

1.2。核心建筑区域网格尺寸设定为 3 m,即标准网格,网格数为 709 万个,为验证网格的独立性,又分别设定尺寸为 1.5 m 和 6 m 的网格,即细网格和粗网格,网格数分别为 904 万个和 414 万个,分析后发现粗网格不能准确预测建筑群流场,标准网格和细网格的流场能较好匹配。为提高模拟效率并兼顾准确性,采用标准网格预测室外流场。设定迭代次数为 1 000,收敛所得均方根残差小于 10^{-4} 。

图 3 为各个测点的模拟值和实测值对比,两者风速的变化趋势相似,先降后升,后下降再升,具有较强的相关性,数值差异在合理范围以内,说明在建模时对传统建筑进行的优化处理对结果的影响不大,模型具备可行性和准确性。

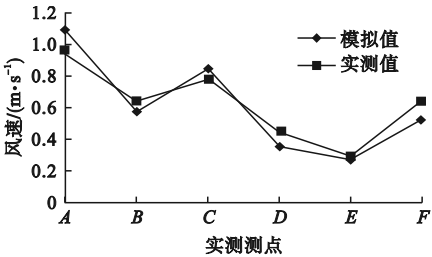


图3 模拟值与实测值对比

Fig. 3 Comparison chart between simulated values and measured values

2.3 参数设置

2.3.1 聚落整体参数设置

按照凤台村的实际自然环境条件分别设置东北风(夏季主导风)和东南风(冬季主导风),模拟凤台村整体风环境,分析聚落街巷布局对聚落整体风环境的影响效应。初始风环境数据的设置依据中国气象数据网数据及《中国建筑热环境分析专用气象数据集》^[17],通过对实际情况的分析研究,将冬夏两季的初始风速均设置为 2.1 m/s。设定地面粗糙指数为 0.25。出口边界设为自由出流,认为出流面上的流动已恢复为无建筑阻碍时的正常流动,出口压力设为大气压。两侧和顶部边界设为对称边界,两侧和顶部的空气流动

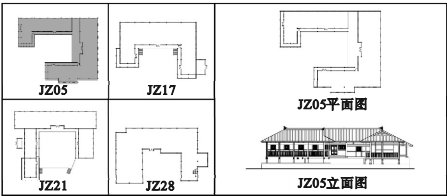
不受建筑影响;入口边界设为呈指数定律的来流风,风速剖面表达式如下:

$$U(Z) = U_s (\frac{Z}{Z_s})^\alpha \tag{1}$$

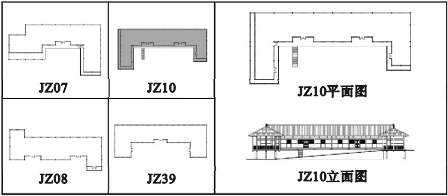
式中: Z 为任意高度; $U(Z)$ 为任意高度 Z 处的平均风速; U_s 为参考高度 Z_s 处的平均风速,根据当地气象数据,取 2.1 m/s ; α 为地面粗糙指数,取 0.25 ; Z_s 为参考高度,设为 10 m ^[18]。

2.3.2 聚落建筑参数设置

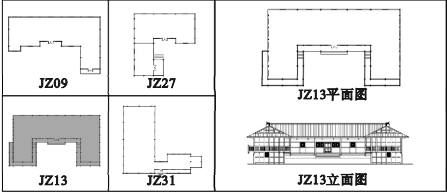
通过对土家族三合院空间形制的田野调查,选取风台村中三栋典型三合院(编号为JZ5、JZ10、JZ13)作为研究对象,通过控制吊脚干栏变量来分析三合院形制对风环境的影响(见图4)。



(a)基于风台村风土建筑田野调查的典型三合院JZ05 选取



(b)基于风台村风土建筑田野调查的典型三合院JZ10选取



(c)基于风台村风土建筑田野调查的典型三合院JZ13选取

图4 基于田野调查的风台村典型三合院测绘图
Fig.4 Survey drawing of a typical triple-courtyard residence in Fengtai Village based on field investigation

设定三合院的周边区域相对开敞;建筑屋面为两分水(1:2),不考虑屋檐出挑,在保证建筑空间形态的基础上,优化建筑造型以提高计算效率和减少模拟误差。建筑的主体

高度设为 H ,其计算域大小分别设置为长 $6H$,宽 $6H$,高 $3H$ 。

3 风环境模拟结果及分析

3.1 聚落整体布局对风环境的影响效应

3.1.1 聚落整体的风环境特征

风台村地形地貌为西北高东南低的空间走势,最终呈现向东南开敞的空间结构,周边山体对风台村风环境有一定的影响。图5为聚落冬季和夏季模拟风速云图。

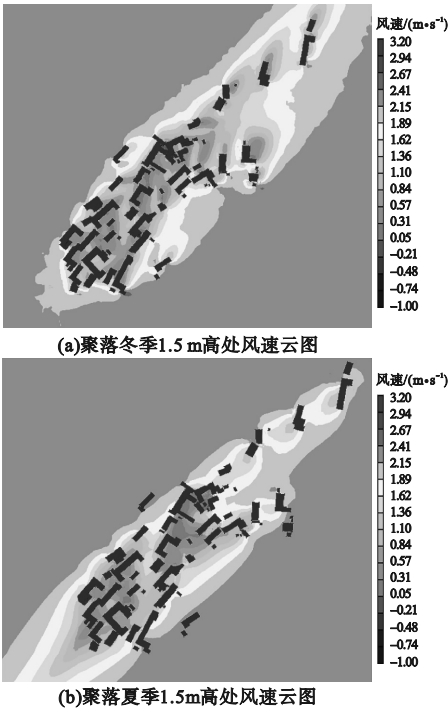


图5 风台村风环境模拟云图

Fig.5 Wind speed plots of wind environment simulation in Fengtai Village

聚落冬季主导风为东南风,冬季主导风受到山体阻挡,一部分气流沿山坡爬升后由山顶流出,另一部分气流向低海拔偏转进入聚落区域,削弱了冷风的不利影响。风台村村口位于冬季主导风向的迎风面,风速较高,达到 2.167 m/s 。聚落内部风速较低,风速在 $0.25\sim1.154\text{ m/s}$ 。因三合院的内向聚合型空间结构具有良好的防风优势,利于营造适宜人居的微气候环境。分析得出,聚落西南部分建筑较为密集,建筑组团内部的建筑

受到周围建筑遮挡,风速较缓,故而风速较低,且风环境较为稳定。聚落东北侧建筑密度较小且自由分散,建筑间的风廊结构易出现较高风速,在建筑东南侧的迎风面更为突出。受建筑密度和季节风向的影响,聚落风速呈现东北高、西南低的总体分布特征。

风台村夏季主导风向为东北风,穿越与之平行的山体表面时,风速随山体形态发生变化,由开阔地带进入村落所在峡谷谷地时,风速增大,产生了更加凉爽适宜的通风效果。三合院顺应地势,呈“西南-东北”方向布局,与主导风向平行,因而村口节点风速较冬季明显降低,由 2.167 m/s 降至 0.213 m/s。聚落风速呈现出由村口向东南方向递增的规律,受东北侧建筑组群遮挡作用的影响,局部环境风速减缓,但由于内部街巷与夏季主导风平行,加之廊式空间结构的强化作用,出现了风速递增的现象。

3.1.2 聚落核心区街巷的风环境特征

聚落的核心区街巷包括“风台村口-何家院子”(Ⅰ段)、“何家院子-广场后街”(Ⅱ段)、“农家果园-李家大院”(Ⅲ段)3个核心区段,构成了贯穿“西南-东北”的聚落轴线,是生产生活、民俗活动、日常起居的重要载体,亦是使用频率最高的街巷空间(见图6)。表2为主干街巷冬夏两季风速数据。

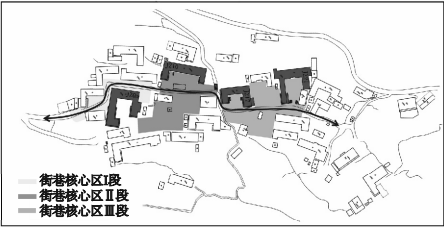


图6 聚落核心区街巷的空间分区

Fig. 6 Spatial zoning and courtyard layout of the core area streets and alleys in settlements

“风台村口-何家院子”段位于聚落西南侧,街道尺度较宽,以两侧围合的民居形成道旁界面,且道路转折,使得入口处视觉通达性受限,风速亦在街巷转折中被削弱,难以深

入到聚落内部。“何家院子-广场后街”段靠近聚落南部边缘,建筑密度逐渐降低、宅间距增大,且聚落向东南方向开敞,冬季东南风由此汇入聚落,因而冬季该区域受冷风影响较大。夏季东北风经由聚落北部的“东北-西南”方位的街巷空间汇入聚落内部,至民俗广场区域,风速有所降低。由于广场区域开放空间的缓冲效应,使该区域的自然通风稳态运行,加上街道两侧建筑屋檐的遮阳作用,使街道的凉爽体验感较好,有利于激发室外生产活动,从而提升空间活力。“农家果园-李家大院”段靠近聚落东侧边缘,与农田功能区块紧密相连,街巷空间呈现“东-西”走向,是农业生产区与核心区联系的重要通道。其中,李家大院位于街道东侧,毗邻开敞的农田,周边宅院稀疏,仅南北部分散有零星的宅院,对区域风环境影响较小。李家大院北侧宅院呈东南朝向,宅间廊道与夏季主导风向一致,该区域风速较快,可沿“东-西”走向的街巷空间深入聚落内部。由于冬季主导风为东南向,李家院子虽地处聚落高地,但其东南侧宅院密布,宅间距较小,对冬季冷风形成有效阻隔,导致街巷及院落内部形成相对恒定且适宜的气候环境。农家果园位于聚落核心区,形成南侧视线开阔的半边街空间,对冬季东南风具有一定阻挡作用,该区域风速相对较低,加上农家果园的植被具有一定的防风作用,从而为其后侧的建筑组团营造相对稳定通畅的风环境。

表2 主干街巷冬夏两季风速范围

Table 2 The wind speed range of the main streets and alleys in winter and summer

季节	不同区段风速/(m·s ⁻¹)		
	Ⅰ段	Ⅱ段	Ⅲ段
冬季	0.460~2.167	0.251~1.154	0.316~1.068
夏季	0.213~1.408	0.360~1.436	0.581~1.903

3.2 建筑形式对风环境的影响

为探讨聚落建筑的吊脚干栏形制与风环境关系,采取有限变量控制模拟建筑附近的

风环境。以编号为JZ5、JZ10和JZ13的三合院为例,模拟分析吊脚干栏形制与风环境的关系。以院落中距正屋1 m高、1.5 m处的风速数据为参照,遵循土家族传统营造尺的尺法规律,保持吊脚干栏的高度为1 m不变,通过调整开间及进深方向的尺寸,分析吊脚干栏不同宽高比与长高比下的风环境特征。从而总结出湿热风缓地区传统聚落空间宜居风环境下吊脚干栏的形制比例关系。

3.2.1 宽高比对风环境的影响

以渝东南土家族传统模数一尺八(0.6 m)为步长调整三合院的进深尺寸,以改变其架空部分的宽高比。JZ5的面阔为11.4 m,原始进深为6.0 m;JZ10的面阔为10.8 m,原始进深为4.8 m;JZ13的面阔为7.2 m,原始进深为6.0 m。以0.6 m为步长分别增减进深,来调整宽高比,每个三合院各建立5个CFD模型,模拟方案及结果分别见表3~表5,图7~图9。

表3 不同宽高比下JZ5的风速特征值

模型		不同测点风速特征值/(m·s ⁻¹)						
编号	宽高比	1	2	3	4	5	6	7
a1	4.8	1.665	0.912	0.337	0.259	0.315	0.929	1.799
a2	5.4	1.640	0.987	0.348	0.287	0.638	1.651	1.795
a3	6.0	1.645	0.927	0.360	0.290	0.458	1.362	1.780
a4	6.6	1.645	0.880	0.326	0.279	0.351	1.035	1.735
a5	7.2	1.630	0.991	0.353	0.264	0.316	0.757	1.670

表4 不同宽高比下JZ10的风速特征值

模型		不同测点风速特征值/(m·s ⁻¹)						
编号	宽高比	1	2	3	4	5	6	7
b1	3.6	1.537	0.821	0.514	0.339	0.717	1.085	1.910
b2	4.2	1.532	0.816	0.521	0.346	0.415	1.732	1.909
b3	4.8	1.576	0.806	0.386	0.351	0.398	1.174	1.865
b4	5.4	1.536	0.748	0.532	0.366	0.707	1.631	1.798
b5	6.0	1.420	0.631	0.431	0.387	0.638	1.494	1.721

表5 不同宽高比下JZ13的风速特征值

模型		不同测点风速特征值/(m·s ⁻¹)						
编号	宽高比	1	2	3	4	5	6	7
c1	4.8	1.222	0.515	0.374	0.338	0.423	1.151	1.523
c2	5.4	1.227	0.571	0.383	0.338	0.423	1.151	1.523
c3	6.0	1.240	0.595	0.390	0.370	0.531	0.780	1.667
c4	6.6	1.259	0.527	0.372	0.351	0.746	1.179	1.623
c5	7.2	1.260	0.531	0.367	0.344	0.763	1.131	1.510

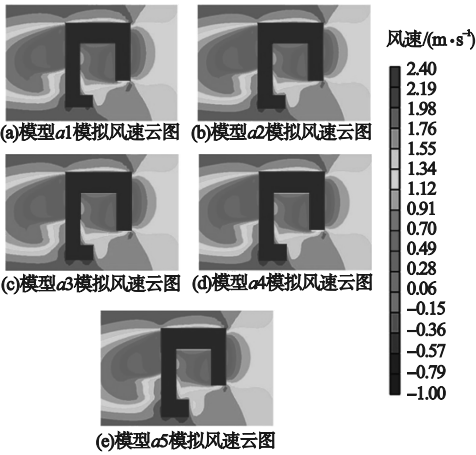


图7 不同宽高比对JZ5的风环境影响

Fig.7 The influence of varying width-to-height ratios on the wind environment of JZ5

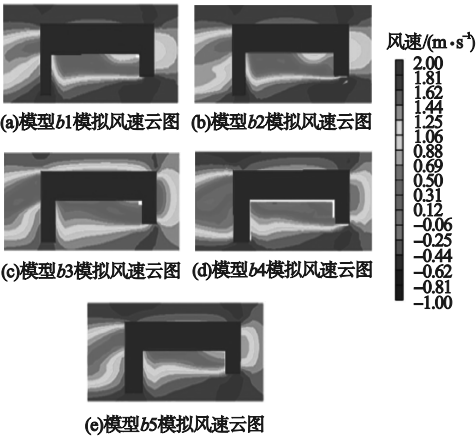


图8 不同宽高比对JZ10的风环境影响

Fig.8 The influence of varying width-to-height ratios on the wind environment of JZ10

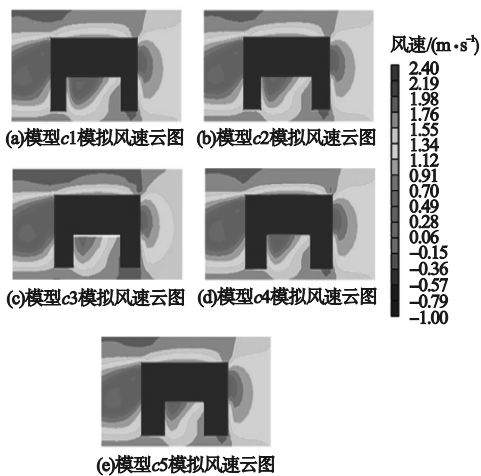


图9 不同宽高比对JZ13的风环境影响

Fig. 9 The influence of varying width-to-height ratios on the wind environment of JZ13

由图7~图9中的3组CFD模型的风速模拟结果和表3~表5中的数据可以分析得出,在JZ5的5个模型中,*a3*的最低风速最大,即吊脚干栏的宽高比为6时,建筑风环境最佳,随着宽高比的增加或者减小,其最低风速都会相应的减小。JZ10风环境最佳方案为*b5*,其吊脚干栏的宽高比为6,随着宽高比例减小,其风环境变差,呈现同JZ5相似的规律。JZ13风环境最佳的方案为*c3*,其吊脚干栏的宽高比亦为6,随着宽高比增加或减小,其风环境变差。

3.2.2 长高比对风环境的影响

以渝东南土家族传统尺度三尺六(1.2 m)为步长调整面阔,通过改变三合院吊脚面阔尺寸,来调整吊脚部分的长高比,然后对上述3个三合院进行模拟分析。JZ5进深为6 m,原始面阔为11.4 m;JZ10进深为4.8 m,原始面阔为10.8 m;JZ13进深为6 m,原始面阔为7.2 m。以1.2 m为步长分别改变其面阔尺寸,以调整长高比,每个三合院各建立5个CFD模型,各模型设置及模拟结果分别见表6~表8,图10~图12。

表6 不同长高比下JZ5的风速特征值

Table 6 Wind speed characteristic values of JZ5 under different length-to-height ratios

模型	长高	不同测点风速特征值/($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)						
编号	比	1	2	3	4	5	6	7
<i>d1</i>	9.0	1.649	0.940	0.363	0.305	0.324	1.362	1.781
<i>d2</i>	10.2	1.645	0.927	0.360	0.298	0.458	1.362	1.781
<i>d3</i>	11.4	1.645	0.927	0.360	0.290	0.458	1.362	1.780
<i>d4</i>	12.6	1.606	0.848	0.404	0.279	0.397	1.328	1.816
<i>d5</i>	13.8	1.634	0.903	0.407	0.268	0.459	1.363	1.782

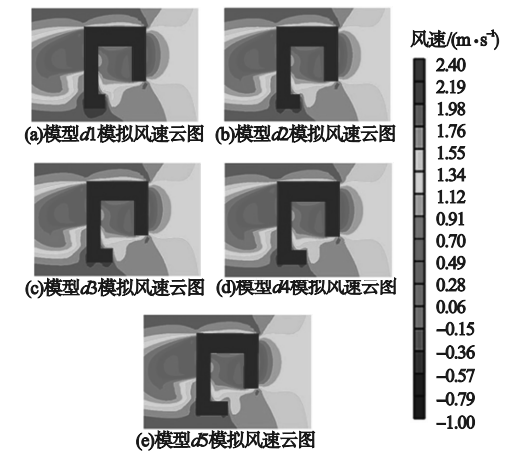


图10 不同长高比对JZ5的风环境影响

Fig. 10 The influence of varying length-to-height ratios on the wind environment of JZ5

表7 不同长高比下JZ10的风速特征值

Table 7 Wind speed characteristic values of JZ10 under different length-to-height ratios

模型	长高	不同测点风速特征值/($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)						
编号	比	1	2	3	4	5	6	7
<i>e1</i>	8.4	1.484	0.871	0.454	0.368	0.434	0.434	1.350
<i>e2</i>	9.6	1.488	0.750	0.421	0.367	0.370	0.762	1.810
<i>e3</i>	10.8	1.576	0.806	0.386	0.351	0.398	1.174	1.865
<i>e4</i>	12.0	1.547	0.852	0.451	0.346	0.659	1.608	1.916
<i>e5</i>	13.2	1.583	0.917	0.435	0.338	0.624	1.471	1.975

由图10~图12的风速模拟云图和表6~表8中的数据可知,JZ5的吊脚干栏高度和进深不变时,通过改变面阔,在5个方案中,*d1*的最低风速最高,即吊脚干栏的长高比为9时,建筑风环境最佳,随着长高比例的

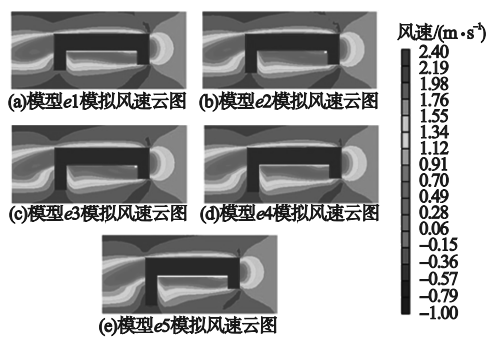


图 11 不同长高比对 JZ10 的风环境影响

Fig. 11 The influence of varying length-to-height ratios on the wind environment of JZ10

表 8 不同长高比下 JZ13 的风速特征值

Table 8 Wind speed characteristic values of JZ13 under different length-to-height ratios

模型 编号	长高 比	不同测点风速特征值/($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)						
		1	2	3	4	5	6	7
f1	4.8	1.273	0.537	0.381	0.339	0.514	0.947	1.656
f2	6.0	1.235	0.560	0.372	0.347	0.486	0.900	1.587
f3	7.2	1.240	0.595	0.390	0.370	0.531	0.780	1.667
f4	8.4	1.216	0.658	0.384	0.337	0.705	1.053	1.666
f5	9.6	1.209	0.651	0.360	0.327	0.632	0.935	1.660

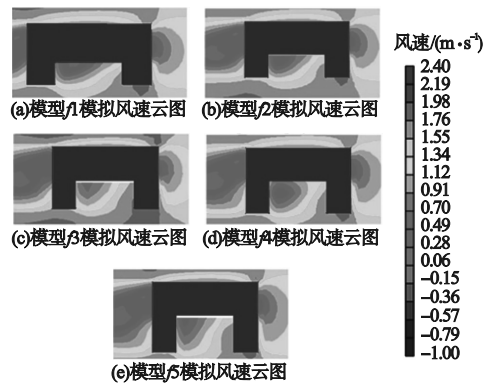


图 12 不同长高比对 JZ13 的风环境影响

Fig. 12 The influence of varying length-to-height ratios on the wind environment of JZ13

增加或者减少,其最低风速都会相应的减小。JZ10 风环境最佳的方案为 e1,其吊脚干栏的长高比为 8.4,随着长高比的增加,其风环境变差。JZ13 风环境最佳的方案为 f3,其吊脚干栏的长高比为 7.2,随着长高比的增加,其风环境变差。模拟结果显示,改变长高比具有与改变宽高比相似的风速变化规律。

4 结 论

(1)对典型湿热风缓地区的聚落进行实测与模拟对比分析,解析聚落整体空间结构及建筑单体空间形态对聚落风环境的影响机制,发现该区域的聚落风环境受到街巷结构与季节主导风、建筑形态与密度的综合影响,揭示了当地传统聚落空间对区域风环境的高效适应及局部微气候环境的有效利用,可为当地美丽乡村规划建设与被动式绿色建筑设计提供技术支撑。

(2)聚落街巷走势和建筑密度对风环境具有显著影响,其街巷走势大多与夏季主导风平行,夏季风进入聚落时风速增加,通风效果较好;冬季风向与聚落街巷结构垂直,加之地理环境的防风作用,街巷空间不受冬季寒风所侵扰,有利于聚落内部的防风保温;建议在该区域的传统村落保护更新建设中着重考虑风环境,重视冬夏两季主导风与聚落布局的关系,合理规划建筑分布密度,营造舒适宜居的村落。

(3)风台村建筑吊脚干栏的宽高比和长高比对风环境有显著影响,且呈现出正态分布规律,吊脚干栏的宽高比为 6,长高比为 7.2 时,聚落建筑的风环境最佳,建议在该区域的三合院保护修缮与新地域建筑设计时应遵循蕴涵此地域文化特征的空间形制。

参考文献

[1] 赵晶晶,胡思润. 夏热冬冷地区传统村落街巷风环境研究:以湖北省大冶市上冯村为例 [J]. 新建筑,2021(4):139-143.
(ZHAO Jingjing, HU Sirun. Study on the wind environment of traditional villages in hot summer and cold winter: a case study of Shangfeng village, Daye city, Hubei province [J]. New architecture, 2021(4):139-143.)

[2] XIONG Y, ZHANG J P, YAN Y, et al. Effect of the spatial form of Jiangnan traditional villages on microclimate and human comfort [J]. Sustainable cities and society, 2022, 87: 104136.

[3] 谷凡,张玉玉,姜喻涵,等. 不同风速条件下村镇木结构建筑防火间距的数值模拟研究[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2022, 38

- (5):854-861.
(GU Fan, ZHANG Yuyu, JIANG Yuhan, et al. Numerical simulation analysis of fire separation distance of rural timber structure buildings under different wind speeds [J]. Journal of Shenyang jianzhu university (natural science), 2022, 38(5):854-861.)
- [4] 林晨,刘加平. 新型传统民居风环境研究:以云南彝族民居为例[J]. 建筑科学, 2011, 27(12):25-30.
(LIN Chen, LIU Jiaping. Research on the style environment of new traditional houses: a case study of Yi houses in Yunnan [J]. Building science, 2011, 27(12):25-30.)
- [5] 冒亚龙,何镜堂. 亚热带传统民居生态节能技术探析[J]. 工业建筑, 2013, 43(10):38-41.
(MAO Yalong, HE Jingtang. Analysis on ecological energy-saving technology of subtropical traditional houses [J]. Industrial construction, 2013, 43(10):38-41.)
- [6] 李涛,杨琦,伍雯璨. 关中"窄院民居"庭院空间的自然通风定量分析[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2014, 46(5):721-725.
(LI Tao, YANG Qi, WU Wencan. Quantitative analysis of natural ventilation of courtyard space of "narrow courtyard house" in Guanzhong [J]. Journal of Xi'an university of architecture and technology (natural science edition), 2014, 46(5):721-725.)
- [7] ZHU J Y, FENG J J, LU J F, et al. A review of the influence of courtyard geometry and orientation on microclimate [J]. Building and environment, 2023, 236:110269.
- [8] 肖毅强,林瀚坤,惠星宇. 广府地区传统村落的气候适应性空间系统研究[J]. 南方建筑, 2018, 187(5):62-69.
(XIAO Yiqiang, LIN Hankun, HUI Xingyu. Study on climate adaptive spatial system of traditional villages in Guangfu area [J]. Southern architecture, 2018, 187(5):62-69.)
- [9] ZHANG L L, HOU J, YU Y, et al. Numerical simulation of outdoor wind environment of typical traditional village in the northeastern Sichuan Basin [J]. Procedia engineering, 2017, 205:923-929.
- [10] ZHOU Z Y, DENG J, WANG P F, et al. Physical environment study of traditional village patterns in Jinxi county, Jiangxi province based on CFD simulation [J]. Processes, 2022, 10(11):2453.
- [11] 刘焱玮,程世丹,李欣. Phoenix 模拟下的南丰古城风环境研究[J]. 现代城市研究, 2022(7):14-21.
(LIU Taowei, CHENG Shidan, LI Xin. Study on wind environment of Nanfeng ancient city under Phoenix simulation [J]. Modern urban research, 2022(7):14-21.)
- [12] 张皓,尹浩,刘鹏飞,等. 门窗系统失效对轻钢结构屋面风致易损性影响[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2023, 39(1):71-78.
(ZHANG Hao, YIN Hao, LIU Pengfei, et al. Effects of doors and windows system failure on wind fragility of light steel roof [J]. Journal of Shenyang jianzhu university (natural science), 2023, 39(1):71-78.)
- [13] 刘学卿,刘拾尘,刘晗,等. 鄂东北传统住宅通风性能研究[J]. 建筑学报, 2020, 21(增刊1):33-37.
(LIU Xueqing, LIU Shichen, LIU Han, et al. Study on ventilation performance of traditional houses in northeast Hubei [J]. Architectural journal, 2020, 21(S1):33-37.)
- [14] 何文芳,刘承桦,刘加平. 关中合院建筑节能优化与绿色更新[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2022, 54(6):856-863.
(HE Wenfang, LIU Chenghua, LIU Jiaping. Optimization and green renewal of building energy conservation in Guanzhong Courtyard [J]. Journal of Xi'an university of architecture and technology (natural science edition), 2022, 54(6):856-863.)
- [15] 熊敏詮. 近30年中国地面风速分区及气候特征[J]. 高原气象, 2015(1):39-49.
(XIONG Minquan. Zoning and climatic characteristics of surface wind speed in China in the past 30 years [J]. Plateau meteorology, 2015(1):39-49.)
- [16] 袁敬诚,袁菁,苗漪. 山地条件多层建筑布局对风环境的影响效应[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2021, 37(2):330-337.
(YUAN Jingcheng, YUAN Jing, MIAO Yi. Effect of multi-storey building layout on wind environment under mountainous conditions [J]. Journal of Shenyang jianzhu university (natural science), 2021, 37(2):330-337.)
- [17] 中国气象局气象信息中心气象资料室. 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.
(China Meteorological Administration Meteorological Information Center. Meteorological data set for analysis of building thermal environment in China [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2005.)
- [18] 庄智,余元波,叶海等. 建筑室外风环境 CFD 模拟技术研究现状[J]. 建筑科学, 2014, 30(2):108-114.
(ZHUANG Zhi, YU Yuanbo, YE Hai, et al. Research status of computational fluid dynamics (CFD) simulation techniques for outdoor wind environments in buildings [J]. Building science, 2014, 30(2):108-114.)
- (责任编辑:王国业 英文审校:刘永军)