

# The impact of traditional block space renewal on street wind environment

Wenbing Zhao<sup>1</sup> Zhibai Wang<sup>2</sup> Zhengwen Wang<sup>3\*</sup> Xiaojia Liu

1 China Electric Power Construction Group East China Survey, Design and Research Institute Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 311100, China

2. Hangzhou Development Investment Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

3. Zhejiang Baoye Architectural Design and Research Institute Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang 310008, China

## Abstract

As the urbanization process enters the stock-type development, the protection and renewal of traditional blocks face new challenges. The transformation of the building interface along the street not only changes the street style, but also affects the street wind environment. Taking the Changhe Historical Block in Binjiang District, Hangzhou City, Zhejiang Province as a prototype, this paper rationally simplifies the spatial layout of the street, and uses PHOENICS (Parabolic Hyperbolic or elliptic numerical integration code series) software to perform CFD (Computational Fluid Dynamics) simulations on different spatial renewal schemes to study the impact of different forms and depths of the street building interface transformation on the wind environment. The study shows that reasonable transformation of the street building interface can improve wind speed, promote air circulation, and enhance the comfort of pedestrians and the quality of life of residents. This study provides a scientific basis and technical support for the protection and renewal of traditional blocks and promotes their sustainable development.

## Keywords

Traditional Block; Building Interface; Spatial Renewal; Wind Environment Simulation; Wind Speed Ratio

# 传统街区空间更新对街道风环境的影响

赵文冰<sup>1</sup> 王志柏<sup>2</sup> 王正文<sup>3\*</sup> 刘笑嘉<sup>3</sup>

1. 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 中国·浙江 杭州 311100

2. 杭州市开发投资有限公司, 中国·浙江 杭州 311100

3. 浙江宝业建筑设计研究院有限公司, 中国·浙江 杭州 310008

## 摘要

随着城市化进程进入存量式发展,传统街区的保护与更新面临新的挑战。沿街建筑界面的改造不仅改变了街道的风貌,也对街道风环境产生影响。本文以浙江省杭州市滨江区长河历史街区为原型,合理简化街道的空间布局,利用PHOENICS(Parabolic Hyperbolic or elliptic numerical integration code series)软件对不同空间更新方案进行CFD(Computational Fluid Dynamics)模拟,研究沿街建筑界面不同形式和进深改造对风环境的影响。研究表明,合理的沿街建筑界面改造可以改善风速,促进空气流通,提升街道行人舒适感和居民生活质量。本文的研究为传统街区的保护与更新提供了科学依据和技术支持,推动其可持续发展。

## 关键词

传统街区; 建筑界面; 空间更新; 风环境模拟; 风速比

## 1 引言

根据国家统计局发布的《年度统计公报》<sup>[1]</sup>,2011年

【作者简介】赵文冰(197203-),男,汉,学士,正高级工程师,国家一级注册建筑师,主要研究方向为建筑设计、城市有机更新、绿色低碳建筑。

【通信作者】王正文(198507-)男,汉,学士,副高级工程师,国家一级注册建造师,主要研究方向为建筑科学、绿色建筑、节能降碳。

至2023年期间我国城镇化率成线性增长,从2011年的48.34%上升至2023年的66.16%,如图1所示。研究者预计2035年中国城镇化率将达75%至80%。城市聚集了绝大多数人口,且各种服务高度集中<sup>[2]</sup>。城市化发展进入存量时代,使得传统街区在现代城市中面临着保护与更新的双重任务<sup>[3]</sup>。传统街区不仅是城市历史文化的载体,还在现代城市生活中扮演着重要的经济角色<sup>[4]</sup>。然而,现代化进程对传统街区的空间结构和环境质量产生巨大影响<sup>[5]</sup>,其中包括街区空间更新对街道风环境的影响。许多传统街区存在墙体老旧、立面风格混乱、功能布局落后及街道狭窄不畅等问题,

采取立面维护与改造、建筑功能优化、街道扩宽等措施,使得街道空间发生变化,而这些空间更新将影响街道的风环境<sup>[6]</sup>。而风环境关系到街道步行的舒适度、空气质量等。因此,在传统街区更新过程中,研究街道空间更新对风环境的影响是重要课题之一<sup>[7]</sup>。

本文结合浙江省杭州市滨江区长河历史街区案例,简化该街道平面布局和尺寸,利用 PHOENICS 软件对不同更新方案进行风环境模拟,分析传统街区的空间更新后对其风环境的影响。模拟不同建筑界面形式和进深对街道风环境的影响,得出合理的沿街建筑界面更新方案,能改善街道风速、空气质量,风速低洼区、空气滞留区等方面。研究为传统街区的保护与更新提供了科学依据,旨在通过优化街道空间设

计,实现传统街区的可持续发展。

## 2 研究内容

浙江省杭州市滨江区长河历史街区的保护开发是长河街道持续关注、跟进的重要项目,接下来,街道及社区仍会继续完善历史街区规划设计,充分融合现代科技文化和历史传统文化,凸显长河历史街区的文化内涵<sup>[8]</sup>。街区拥有千年历史,布局典型,是一个理想的研究对象。图2为街道局部平面图,图3为街道透视图。沿街建筑沿着街道两侧紧密排列,形成了较高密度的街区布局。街道狭窄,宽度为2~4m,一般仅供行人和非机动车通行。建筑物大多呈狭长形态,长度为8~40m,宽度为4~8m,建筑的沿街长度较长,增大了商业店铺的布局和展示。

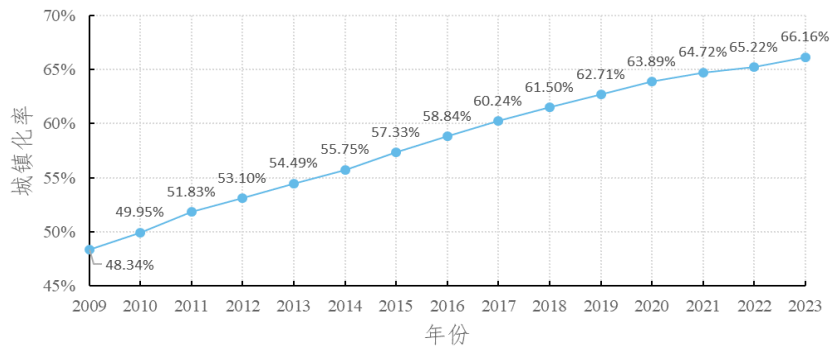


图1 中国2011年至2023年城镇化发展



图2 长河历史街区局部平面图



图3 长河历史街区局部人视图

其更新包含大量的沿街建筑改造,改造之一是对沿街建筑界面进行改造,体现在空间上的是建筑界面的凹凸及进深变化,进深一般在0.2~0.6米内变化。无凹凸的沿街建筑界面通常呈现出简洁和连续的视觉效果,但缺乏层次感和立体感,功能性较为有限。相比之下,有凹凸变化的沿街建筑界面显得丰富和有趣,但相较成本增大。研究街道沿街建筑界面的凹凸和进深变化,旨在研究其街道空间更新对风环境的影响,为传统街区空间更新中的沿街建筑界面改造提供改善街道风速,空气质量的方案,进一步提升街道的整体质量,为居民创造更宜居的环境。

## 3 研究方法

根据研究对象的布局形式特点,选取计算机数值模拟的方法对长河传统街区不同空间更新方案进行分析,采用CFD模拟软件 PHOENICS 进行风环境模拟。在前期调研长河街区空间布局的数据基础上,简化布局形式,确定改造方案,通过建模工具 Sketchup 建立对应的三维模型,利用 PHOENICS 模拟夏季盛行风向平均风速下的风环境,结合相关的标准与规范<sup>[9,10,11,12,13,14,15]</sup>,对空间更新后的风环境变化进行评价,具体研究流程见图4。

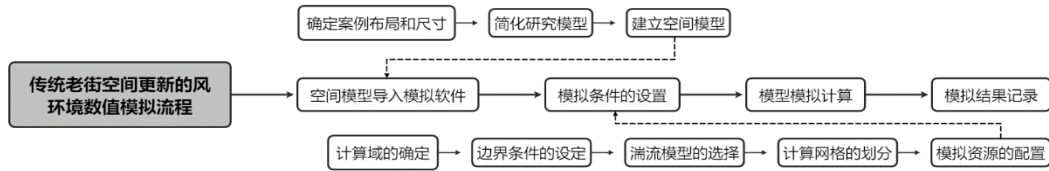


图4 研究流程

### 3.1 空间模型建立

传统街区空间更新中沿街建筑界面改造，其进深增加或减少 0.2 米的深度，可以在建筑立面上形成微小的装饰，使得建筑外观更加生动。当深度变化增加或减少到 0.4 米时，立面设计可以更大程度地影响街道空间。这种深度变化允许设计阳台和窗台，增加建筑的使用空间，改善室内的采光和通风效果。此外，0.4 米的凹凸变化可以为商铺提供更大的展示空间，使商品展示更加吸引人，增加商业活力。深度变化达到 0.6 米时，立面设计可以显著改变建筑和街道的关系。这种深度变化能够为行人提供连续的遮蔽空间，提高街道的通行体验和安全性。此外，0.6 米的深度变化还适合安装公共设施，如公共座椅、信息展示板等，进一步增强街道的功能性和便利性。结合长河街区平面布局和尺寸，并列式布局街道，将两侧建筑设定为 2 层，高度 6m，面宽为 24m，进深为 6m，街道宽度为 3m。因沿街界面建筑改造形式和进深不同，衍生 14 种平面形式，如图 5 所示。街道空间中轴线因其人流量较大，体验感显著，设置测点在中轴线上，为中轴线 CD 线段上均匀分布的 25 个测点，中轴线左端点 C 为起点，其右端点 D 为终点，长度为 24m。

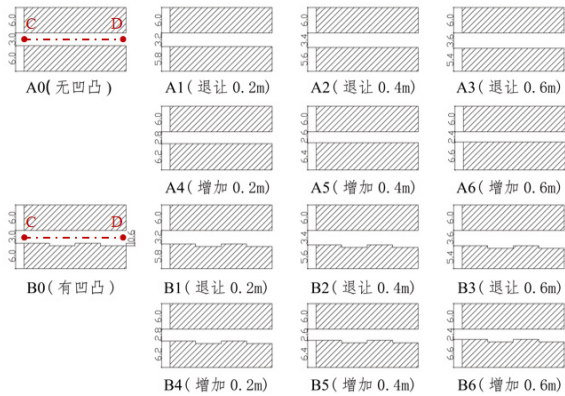


图5 14种街道空间更新形式

### 3.2 计算域和边界条件设定

参考中国行业标准《民用建筑绿色性能计算标准》(JGJ/T449-2018)<sup>[9]</sup>，设置计算域尺寸为  $X \times Y \times Z = 500\text{m} \times 500\text{m} \times 150\text{m}$ 。模拟地点设置在浙江省杭州市，根据《中国建筑热环境分析专用气象数据集》<sup>[10]</sup>，基准高度处(10m)平均风速为 2.7m/s，夏季风向为西南偏西作为气象条件。

### 3.3 湍流模型和网格的设定

模拟采用标准  $k-\epsilon$  湍流模型，收敛精度为  $1.0 \times 10^{-4}$ ，

迭代次数为  $6.0 \times 10^3$ 。该模型的控制方程如下：

$$\rho \frac{Dk}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right] + G_k + G_b - \rho \epsilon - Y_M \quad (1)$$

$$\rho \frac{D\epsilon}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_i} \right] + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} (G_k + C_{3\epsilon} G_b) - C_{2\epsilon} \rho \frac{\epsilon^2}{k} \quad (2)$$

式中： $G_k$  表示由于平均速度梯度引起的湍动能产生， $G_b$  是用于浮力影响引起的湍动能产生； $Y_m$  可压缩湍流脉动膨胀对总的耗散率的影响。湍流粘性系数  $\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\epsilon}$ 。默认常数  $C_{1\epsilon}$  为 1.44， $C_{2\epsilon}$  为 1.92， $C_\mu$  为 0.09，湍动能  $k$  与耗散率  $\epsilon$  的湍流普朗特数分别为  $\sigma_k = 1.0$ ， $\sigma_\epsilon = 1.3$ 。

模型的 X-Y 轴方向上靠近建筑周围细网格尺寸为  $1\text{m} \times 1\text{m}$ ，网格过渡比为 1.2；Z 轴方向上 1.5m 行人高度处分布 3 个间距，尺寸为 0.5m。

### 3.4 风环境评价标准设定

街道中风速变化的幅度过大会影响步行体验，为满足街道空间内行人步行舒适感的需求，提出以下风环境评价标准：

评价标准一：风速比。《建筑工程风洞实验方法标准》(JGJ/T 338 - 2014)<sup>[11]</sup>中提出的风速比均不宜小于 0.1，主导风平均风速比不宜大于 1.2。《绿色建筑评价标准》(GB/T 50378—2019)<sup>[12]</sup>中提出：风速比介于 0.5 ~ 2.0 之间比较舒适。综合以上，本文将街道风速比介于 0.5 ~ 1.2 之间。其计算公式为：

$$R_i = \frac{V_i}{V_0} \quad (3)$$

式中： $R_i$  为风速比， $V_i$  为测点风速， $V_0$  为初始风速。

评价标准二：风速稳定性。测算各类方案中的测点风速的标准差能够直观地观察到风速的稳定性<sup>[13,14]</sup>。标准差是方差的平方根，与原始数据具有相同的单位，更直接地反映数据的离散程度。其计算公式为：

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (v_i - \mu)^2} \quad (4)$$

式中： $v_i$  为各测点风速值， $\mu$  为该布局测点的平均风速， $n$  为测点数量。标准差越小，说明布局内风速分布越均匀；反之则说明风速分布不稳定。

评价标准三：街道静风区占比。根据《中国生态住宅技术评估手册》<sup>[15]</sup>中提出的舒适性指标作为参考，行人高

度 1.5m 处，室外风速小于 1m/s 时，属于静风区。街道静风区占比是单元街道内静风区面积与街道内场地面积的比值，计算公式如下：

$$S = \frac{S_C}{S_F} \times 100\% \quad (5)$$

式中：\$S\_C\$ 为街道静风区的面积 (\$m^2\$)，\$S\_F\$ 为单元街道

内场地面积 (\$m^2\$)。

### 4 研究结果与分析

图 6 和表 1 为沿街建筑界面不同的更新方案，14 种平面形式在室外人行高度 (1.5m) 处风环境模拟结果和风速比情况。

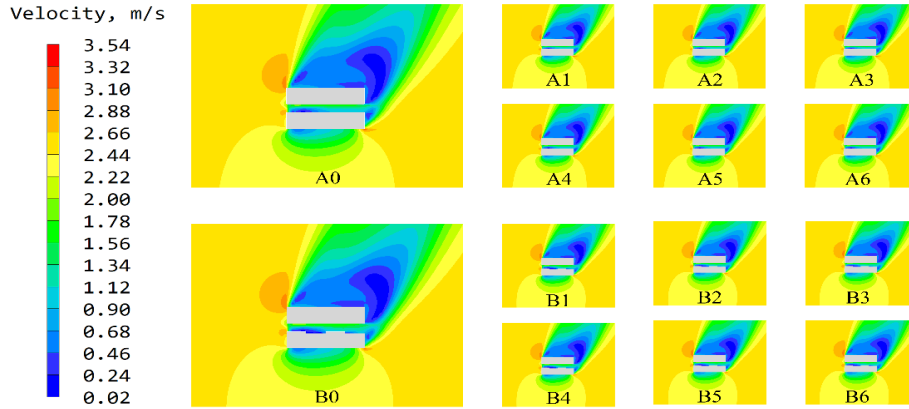


图 6 14 种街道空间更新的风环境模拟结果

表 1 14 种街道空间更新的风速比情况

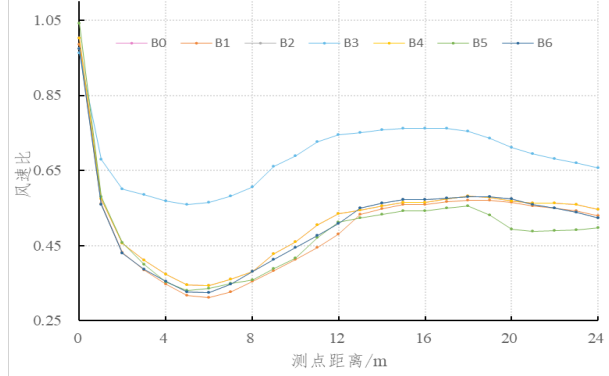
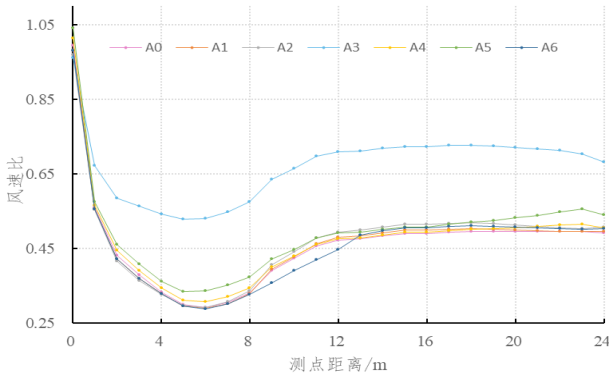
距离	方案													
	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6
0.00(C点)	0.99	0.98	0.97	0.96	1.01	1.04	0.98	1.00	0.98	0.97	0.96	1.00	1.04	0.97
1.00	0.56	0.56	0.55	0.67	0.57	0.57	0.56	0.57	0.56	0.56	0.68	0.57	0.58	0.56
2.00	0.43	0.42	0.42	0.59	0.44	0.46	0.42	0.46	0.43	0.43	0.60	0.46	0.46	0.43
3.00	0.38	0.37	0.36	0.56	0.39	0.41	0.37	0.41	0.39	0.39	0.58	0.41	0.40	0.39
4.00	0.33	0.33	0.33	0.54	0.34	0.36	0.33	0.37	0.35	0.35	0.57	0.37	0.35	0.35
5.00	0.30	0.30	0.30	0.53	0.31	0.34	0.30	0.35	0.32	0.33	0.56	0.35	0.33	0.33
6.00	0.29	0.29	0.29	0.53	0.31	0.34	0.29	0.34	0.31	0.32	0.57	0.34	0.34	0.32
7.00	0.31	0.30	0.31	0.55	0.32	0.35	0.30	0.36	0.33	0.35	0.58	0.36	0.35	0.35
8.00	0.33	0.33	0.34	0.57	0.34	0.37	0.33	0.38	0.35	0.38	0.61	0.38	0.36	0.38
9.00	0.39	0.39	0.41	0.64	0.40	0.42	0.36	0.43	0.38	0.41	0.66	0.43	0.39	0.41
10.00	0.42	0.43	0.44	0.67	0.43	0.45	0.39	0.46	0.41	0.44	0.69	0.46	0.42	0.44
11.00	0.46	0.46	0.48	0.70	0.46	0.48	0.42	0.50	0.44	0.48	0.73	0.50	0.47	0.48
12.00	0.47	0.48	0.49	0.71	0.48	0.49	0.45	0.53	0.48	0.51	0.75	0.53	0.51	0.51
13.00	0.48	0.48	0.50	0.71	0.48	0.49	0.49	0.54	0.53	0.55	0.75	0.54	0.52	0.55
14.00	0.48	0.49	0.51	0.72	0.49	0.50	0.50	0.56	0.55	0.56	0.76	0.56	0.53	0.56
15.00	0.49	0.50	0.52	0.72	0.49	0.51	0.51	0.57	0.56	0.57	0.76	0.57	0.54	0.57
16.00	0.49	0.50	0.52	0.72	0.49	0.51	0.51	0.57	0.56	0.57	0.76	0.57	0.54	0.57
17.00	0.49	0.50	0.52	0.73	0.50	0.51	0.51	0.57	0.57	0.58	0.76	0.57	0.55	0.58
18.00	0.50	0.50	0.52	0.73	0.50	0.52	0.51	0.58	0.57	0.58	0.75	0.58	0.55	0.58
19.00	0.50	0.50	0.52	0.72	0.50	0.53	0.51	0.58	0.57	0.58	0.74	0.58	0.53	0.58
20.00	0.50	0.50	0.51	0.72	0.51	0.53	0.51	0.57	0.56	0.57	0.71	0.57	0.49	0.57
21.00	0.50	0.50	0.51	0.72	0.51	0.54	0.51	0.56	0.56	0.56	0.69	0.56	0.49	0.56
22.00	0.50	0.50	0.51	0.71	0.51	0.55	0.50	0.56	0.55	0.55	0.68	0.56	0.49	0.55
23.00	0.50	0.50	0.50	0.70	0.52	0.56	0.50	0.56	0.54	0.54	0.67	0.56	0.49	0.54
24.00(D点)	0.49	0.50	0.51	0.68	0.51	0.54	0.50	0.55	0.53	0.52	0.66	0.55	0.50	0.52

### 4.1 风速比

据图7(a)曲线可得,无凹凸进深变化的7种空间布局风速比先显著下降,风速减小较快,而在中轴线中点后,大多方案风速比逐渐稳定在0.5左右,A3相较其他方案,下降趋势缓慢,风速比最终稳定在0.7左右。结合风速比标准,空间更新方案推荐顺序为:A3>A2>A5>A6>A1>A4。据图7(b)曲线可得,有凹凸进深变化的7种空间布局风速比先显著下降,风速减小较快,在中轴线中点的测点后,大多方案风速比逐渐稳定在0.55左右,B3相较其他方案,下降趋势缓慢,风速比最终稳定在0.75左右。综合风速比

标准,空间更新方案推荐顺序为:B3>B4>B5>B6>B2>B1。

图8是相同进退情况下,沿街建筑界面形式不同的方案(有无凹凸建筑界面),风速比阈值(0.5~1.2)占比比较。方案B系列的占比普遍高于方案A系列,尤其在A0与B0以及A4与B4两组中,差距最为明显。而在A3与B3这组中,两者的占比都达到了100%,表现一致。总体来看,B系列方案在各组中的占比大多高于A系列方案。方案A增加进深系列,0.4m左右的尺度相较于其他方案,提供更良好的风速比,且拆除较少面积。除方案B3以外,方案B退让或增加进深系列,风速比未有明显改善。



(a) 方案 A 系列风速比

(b) 方案 B 系列风速比

图7 方案 A 系列和方案 B 系列风速比分析

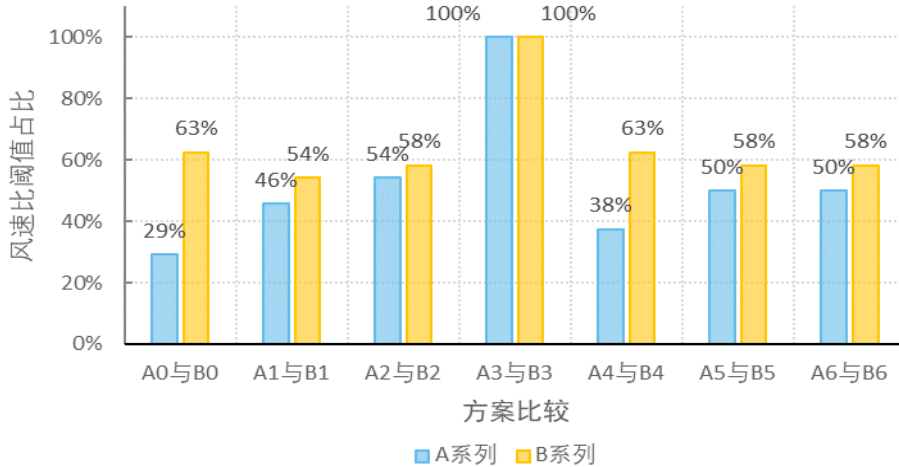


图8 方案 A 系列与方案 B 系列比较

图9是相同建筑界面情况下,增加或退让0.2m、0.4m和0.6m的方案,风速比阈值(0.5~1.2)占比比较。方案A系列退让的街道风速比占比高于方案A系列增加的类型,方案B系列在增加建筑界面0.2m时,其舒适风速比占比高于对应的退让方案,而增加0.6m的方案B3舒适风速比占比低于退让0.6m的方案B3。

0.2~0.35之间,其数值越小,表明风速越稳定。风速稳定性在不同方案之间有显著波动,部分方案(如A3和B3)表现出明显的风速较为稳定。A0、A1、A2、A4、A5、A6、B0、B1、B2、B4、B5和B6的方案标准差数值较为接近,约在0.31至0.33之间。风速较为稳定的方案为A3和B3,数值分别为0.22和0.21。

### 4.2 风速稳定性

图10是每个方案的风速稳定性。标准差的数值范围在

### 4.3 街道静风区占比

图11是每个方案的静风区占比情况。静风区占比的

数值范围在 20%~50% 之间，其数值越小，越有助于提高街道的空气质量，有效稀释和排除空气中的污染物，减少有害物质的积聚。方案 A 系列的静风区占比有显著波动，方案 A3 静风区占比下降至 26%，A5 静风区占比最低，为

22%；结合静风区占比标准，空间更新方案推荐顺序为：A5>A3>A4>A0>A6>A1>A2。方案 B 系列相比波动较小，方案 B3 静风区占比最低，为 29%。结合静风区占比标准，空间更新方案推荐顺序为：B3>B0>B5>B4>B1>B2>B6。

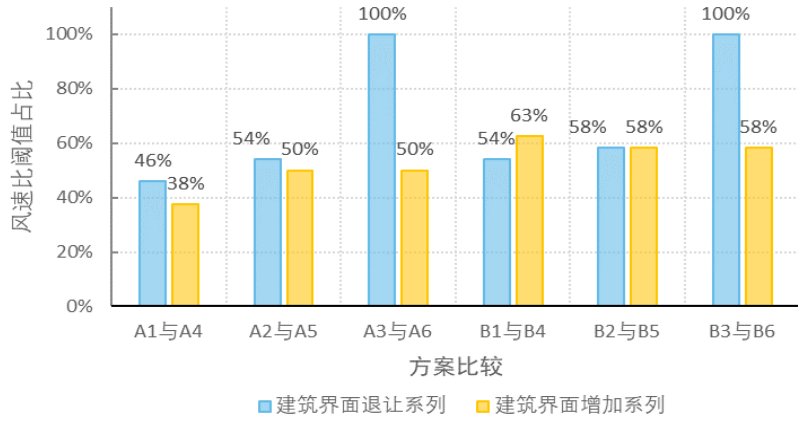


图 9 建筑界面退让与增加的比较

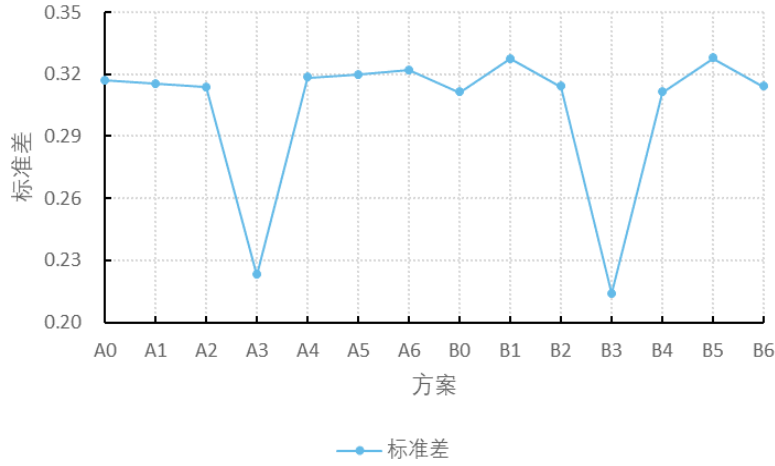


图 10 每个方案风速稳定性

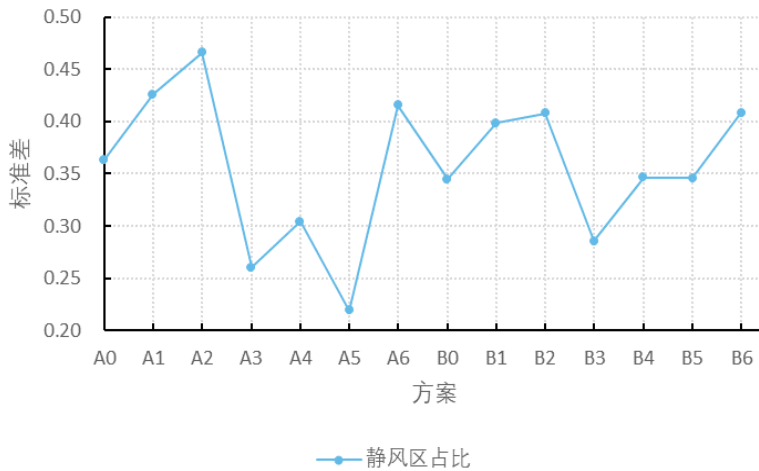


图 11 每个方案静风区占比情况

## 5 结语

本文通过对传统街区空间更新过程中建筑界面拆除和新增部分对街道风环境的影响进行研究,发现合理的建筑拆除和新增设计能够改善街道风环境,提高空气质量和居民的生活舒适度。以浙江省杭州市长河历史街区为例,杭州气象条件为依据进行风环境模拟,得出以下结论。

传统街区沿街建筑建筑界面后退 0.6m,其街道风速比有较为明显的改善。在相同的进深条件下,多数有凹凸建筑界面的街道风环境比无凹凸建筑界面的街道能提供更好的风环境。无凹凸建筑界面进退尺度相同时,其退让的方案风速比较为理想。

无凹凸界面的沿街建筑的无论是退让还是增加,均会相应改善原有的街道风速比情况。有凹凸界面的沿街建筑退让或增加,大多情况街道风速比未明显改善。

无凹凸界面的沿街建筑增加进深,静风区占比比退让进深的方案低;有凹凸界面的沿街建筑增加进深,静风区占比比退让进深的方案低,但其变化幅度低于无凹凸界面的建筑方案。

本文以沿街建筑界面改造为切入点,研究不同建筑界面更新方案对街道风环境的影响。由于街道风环境会因建筑界面变化而变化,本文重点分析不同界面改造带来的风环境效果。目前,尚未对街道复杂建筑形体、异形界面、架空层等其他影响因素进行详细的研究,这将是下一步研究的重点方向。

### 参考文献

[1] 国家统计局. 中国统计年鉴-2023[M]. 北京: 中国统计出版社 2024.

[2] Chao Yuan, Leslie Norford, Edward Ng. A semi-empirical model for the effect of trees on the urban wind environment[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2017, 168: 84-93.

[3] 陈明星,叶超,陆大道,等. 中国特色新型城镇化理论内涵的认知与

建构[J]. *地理学报*, 2019, 74(04): 633-647.

[4] 斯特凡纳·托内拉,黄春晓,陈焯. 城市公共空间社会学[J]. *国际城市规划*, 2009, 24(04): 40-45.

[5] 肖竞, 齐才砚, 邵筱萱, 等. 从“遗产保控”到“资产焕活”: 存量提质时期城市历史街区的公共化转向与韧性更新[J]. *城市发展研究*, 2024, 31(03): 57-64+117.

[6] 陆佳敏, 张伟郁, 葛蕾, 等. 文脉延续视角下城市沿街建筑立面改造策略研究[J]. *城市建筑*, 2023, 20(21): 76-78+108.

[7] 谢秋帆. “城市针灸”理论下的街道微更新研究设计——以洛阳庞村大道为例[J/OL]. *工业建筑*, 1-14[2024-07-18].

[8] 中国日报网. 《滨江: 在长河历史街区的保护与复兴中, 共建美丽杭州》[EB/OL]. 2022-07-19.

[9] 民用建筑绿色性能计算标准: JGJ/T 449—2018[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018: 7.

[10] 宋芳婷, 诸群飞, 吴如宏, 等. 中国建筑热环境分析专用气象数据集[C]//全国暖通空调制冷 2006 学术年会资料集. 北京: 中国制冷学会, 2006: 264.

[11] 建筑工程风洞实验方法标准: JGJ/T 338—2014[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.

[12] 绿色建筑评价标准: GB/T 50378—2019[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.

[13] 叶钟楠, 陈懿慧. 风环境导向的城市地块空间形态设计——以同济大学建筑与城市规划学院地块为例//《2010城市发展与规划国际大会》, 中国城市科学研究会, 2010: 294-298.

[14] 赵倩, 张涛. 城市室外风环境的评价方法整合及策略初探[C]//新常态: 传承与变革——2015中国城市规划年会论文集(7城市生态规划), 2015: 215-229.

[15] 聂梅生, 秦佑国, 江亿, 等. 中国生态住宅技术评估手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.

[16] 民用建筑绿色性能计算标准: JGJ/T 449—2018[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018: 7.