

基于 CFD 模拟的兰州地区居住区 室外风环境改善对策

李 田, 曹 鹏

(兰州交通大学建筑与城市规划学院, 兰州 730070)

摘要: 利用计算流体动力学(CFD)模拟方法,对兰州地区中海·河山郡居住区的室外风环境进行研究。通过建立数值模型,分析不同季节、不同风速条件下的风场分布和风速变化规律。结果显示,该居住区内部存在一定面积的静风区,夏季风影区和冬季风速小于 1 m/s 的静风区分别占比显著。针对这些问题,在建筑布局、设置开放空间和通风廊道以及建筑与主导风向的夹角等方面提出优化策略,旨在减少静风区面积,增强空气流通,提升居住环境的舒适度和质量,为兰州地区居住区的风环境改善提供科学依据,促进城市宜居化发展。

关键词: 计算流体动力学(CFD); 室外风环境; 居住区; 兰州

中图分类号: TU984 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)19-0264-06

随着城市化进程的不断推进,居住区的环境品质日益受到关注。良好的风环境不仅有助于提升居民的生活质量,还能有效减少空气污染,改善城市微气候。在现有的研究中,学者们对居住区风环境存在多方面的关注。周费宏等^[1]采用 3 种高雷诺数湍流模型对高层建筑标准模型(CAARC)进行数值模拟;王伟武等^[2]通过对 2020 年前相关文献的分析,总结了国内住区风环境研究的阶段特征和现状;冯博等^[3]通过数值模拟验证了建筑群风环境的分层优化策略;符兴源等^[4]利用计算流体动力学(computational fluid dynamics, CFD)模拟对高层住区植被进行优化设计;郭卫宏等^[5]对健康住区风环境设计进行了研究;张进等^[6]通过数值模拟分析了迎风面积比对室外风环境的影响;张育慧等^[7]利用 CFD 技术研究不同建筑布局形式下的风环境差异;Lu 等^[8]研究了不同绿化布局对夏热冬冷区居住区微气候的影响;Liu 等^[9]通过基于熵权技术排序偏好理论(technique for order preference by similarity to ideal solution, TOPSIS)方法的 CFD 模拟研究了长沙某居住区的风环境优化策略;Zhang 等^[10]对西安高层居住区进行的实地测量和数值模拟研究;He 等^[11]利用 PHOENICS 软件模拟研究澳门新填海区高层建筑风环境;Lu 等^[12]对哈尔滨高层住宅区的

垂直风环境进行研究;Ma 和 Chen^[13]对天津 36 个实际居住区进行了分类和风环境评估;Zhang 等^[14]通过对西安高层住宅区进行研究,强调了风环境的重要性。本文以兰州市中海·河山郡居住区为研究对象,通过 CFD 模拟技术对居住区风环境现状进行模拟和探讨,旨在为兰州地区的城市规划和建筑设计提供具体的建议和参考,从而改善居住区的室外风环境,提高居民的生活质量。同时,也期望能够引起更多研究者和相关部门对城市风环境问题的关注,共同致力于创建更加宜居的城市环境。

1 研究对象概况

1.1 研究区域

本文的研究对象为兰州市中海·河山郡居住区西区室外活动空间风环境。中海·河山郡居住区位于兰州市北滨河西路与仁寿山大街交叉口处,区域内共计 18 栋高层住宅建筑,其中 16 层高层住宅建筑共 3 栋,建筑高度为 49.2 m;18 层高层住宅共 7 栋,建筑高度为 54.5 m;26 层住宅共 2 栋,建筑高度为 78 m;28 层住宅共 1 栋,建筑高度为 87 m;30 层住宅共 3 栋,建筑高度为 90 m;32 层住宅共 2 栋,建筑高度为 96 m。研究范围总面积约为 8.4 hm²,平面规划布局为底层商业裙房围合式布局,朝向为南向(图 1)。

收稿日期: 2024-05-26

基金项目: 甘肃省自然科学基金(23JRRA867)

作者简介: 李田(1998—),女,甘肃平凉人,硕士研究生,研究方向为城乡规划与设计;通信作者曹鹏(1983—),男,甘肃兰州人,博士,副教授,研究方向为建筑设计、城市规划设计。

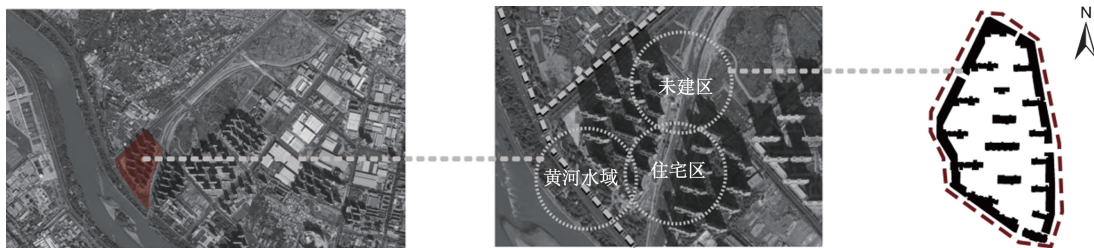


图 1 曦华源居住区区位

1.2 兰州市风环境特征

利用 Rhino 软件中 Grosshopper 平台下的 Ladybug 插件对中国标准气象数据库 (CSWD) 进行 epw 格式文件数据的获取是本文的数据来源, CSWD 数据包包含温度、风速、风向、太阳运行轨迹等全年 8 760 h 的实测气象数据。

通过 ladybug 插件对兰州市全年风向、风速气象数据进行筛选处理,并且对风向进行了 16 个方位的频率统计。结合兰州市风环境特征,分析得出兰州市居住区设计应考虑夏季通风防热、冬季保温防风,因此将夏季(6、7、8 月)与冬季(12、1、2 月)的主导风向以及平均风速作为风环境研究基础,将城市动态风转化为静态风进行 CFD 数值模拟。

基于常用的风向计算方法,由兰州市夏季风玫瑰图与冬季风玫瑰图对风向数据进一步进行精确计算处理,得出夏季主导风向下的平均风速为 1.21 m/s,主导风向为 NNE(北东北);冬季主导风向下的平均风速为 0.7 m/s,主导风向为 ENE(东北东),以此作为 PHOENICS 风环境模拟的边界参考数据。

2 研究方法

2.1 CFD 数值模拟软件选取

在进行 CFD 模拟时应该依据研究对象来选取合适的模拟软件。PHOENICS 其适用范围与本文研究对象的空间尺度一致,且已被大量试验证明了其具有正确性和结果预测准确率高的优势,故选用 PHOENICS 软件推出的 FLAIR 模块用于本文的仿真模拟研究。

2.2 模型建立

根据谷歌卫星地图和实地调研,通过 CAD 软件将地图矢量化,为便于研究建筑空间格局对风环境的影响,在导入 SU 过程中忽略绿化、构筑物等因素,并对建筑轮廓细节进行适当简化处理,以此为基准设定风场模型。研究风场通常会受到周边相邻建筑物的影响,为尽量贴近真实状况,对周边部分建筑也适当进行建模处理。

2.3 数学模型选取

湍流模型展示了流体在场内的运动状态, PHOENICS 软件内设有多种流体计算数学模型,研究依据《民用建筑绿色性能计算标准》推荐的标准 $k-\epsilon$ 模型进行模拟计算,收敛精度为 0.000 1,迭代次数为 10 000 次,计算达到收敛为止。此湍流模型近似模拟雷诺应力构造一阶封闭,其控制方程由雷诺时均 N-S (Navier-Stokes) 方程^[15]表示为

$$\rho \frac{\partial k}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_i}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k - \rho \epsilon \quad (1)$$

$$\rho \frac{\partial k}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_i}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k - \rho \epsilon \quad (2)$$

式中: G_k 为平均速度梯度引起的湍动能生成项; k 为湍流动能; ρ 为流体介质密度; μ 为流体介质的黏性系数; ϵ 为湍动耗散率; μ_i 为湍动黏度; σ_k 、 σ_ϵ 为与湍流动能 k 与湍动耗散率相对应的 Prandtl 数; x_i 、 x_j 为各坐标分量。

2.4 PHOENICS 模拟设置

2.4.1 确定计算区域

计算区域设置应最大限度详细地描述建筑群中的流场,合理地计算域边界决定流场模拟的真实性。《民用建筑绿色性能计算标准》(JGJ/T 449—2018)^[16]中对 CFD 模拟室外风环境计算域范围选取的要求为:对象建筑(群)顶部至计算域上边界的垂直高度应大于 $5H$ (H 为计算区域内边界建筑高度);对象建筑(群)的外缘至水平方向的计算域边界的距离应大于民用建筑绿色性能计算标准 $5H$ 。通过对居住区以及周边建筑范围进行计算,将模型置于计算区域 $1\,129\text{ m} \times 2\,455\text{ m} \times 480\text{ m}$ 内中心位置进行模拟。

2.4.2 计算网格划分

模拟计算的速度及精确程度受计算网格的数目与类型影响,网格过疏或过密均会导致模拟结果不够准确。本次模拟计算采用的是 PHOENICS 开

发的 PARSOL 处理方法,对整个计算区域进行网格划分。经过多次调整,最终将网格设置为 2 种不同层次:最小网格尺寸为住区范围 $5\text{ m} \times 5\text{ m}$;周边建筑群范围网格尺寸为 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 。

2.4.3 边界条件设置

由于居住区内行人高度处风属性为不可压缩流动,因此采用 PHOENICS 软件自带的速度入流边界。在大气边界层中,受地面粗糙程度与高度影响而形成梯度风,计算公式为

$$V = V_0 \left(\frac{h}{h_0} \right)^n \quad (3)$$

式中: V 为高度 h 处的风速; V_0 为高度 h_0 处的风速; h 为离地高度; n 为地面粗糙度。

根据《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)^[17],将本次模拟过程中粗糙度取为 0.22。此外,研究仅为风环境模拟,故而对温度等其他参数均设置为默认值。

2.5 风环境评价标准

住区风环境是居住区生态环境评价的重要指标之一,其评价标准主要是人行高度 1.5 m 处人的

主观感受,《绿色建筑评价标准》(GB/T 50378—2019)^[18]明确了对风环境评价的量化标准,以此作为本文研究的评价依据,采用风速与风压作为风环境评价标准:在夏季典型风速和风向条件下,建筑物周围人行区距地高 1.5 m 处风速大于 1 m/s ,避免局部出现涡旋或无风区;50% 以上可开启外窗内外表面的风压差大于 0.5 Pa 。在冬季典型风速和风向条件下,建筑物周围人行区距地高 1.5 m 处风速小于 5 m/s ,户外休息区、儿童娱乐区风速小于 2 m/s ;除了第一排迎风建筑物,建筑物迎风面与背风面表面的风压差均不大于 5 Pa 。综上,构建本文的风环境舒适评价标准,即为满足冬夏两季居住区公共空间防风需求,人行区域风舒适区间应为 $1.0 \sim 5.0\text{ m/s}$ 。

3 风环境模拟结果分析

风环境模拟结果如图 2 所示。

3.1 夏季风环境模拟评价

3.1.1 夏季风速分析

依托 PHOENICS 软件得出居住区夏季 1.5 m 行人高度处的风速模拟结果,如图 2(a)所示。在夏

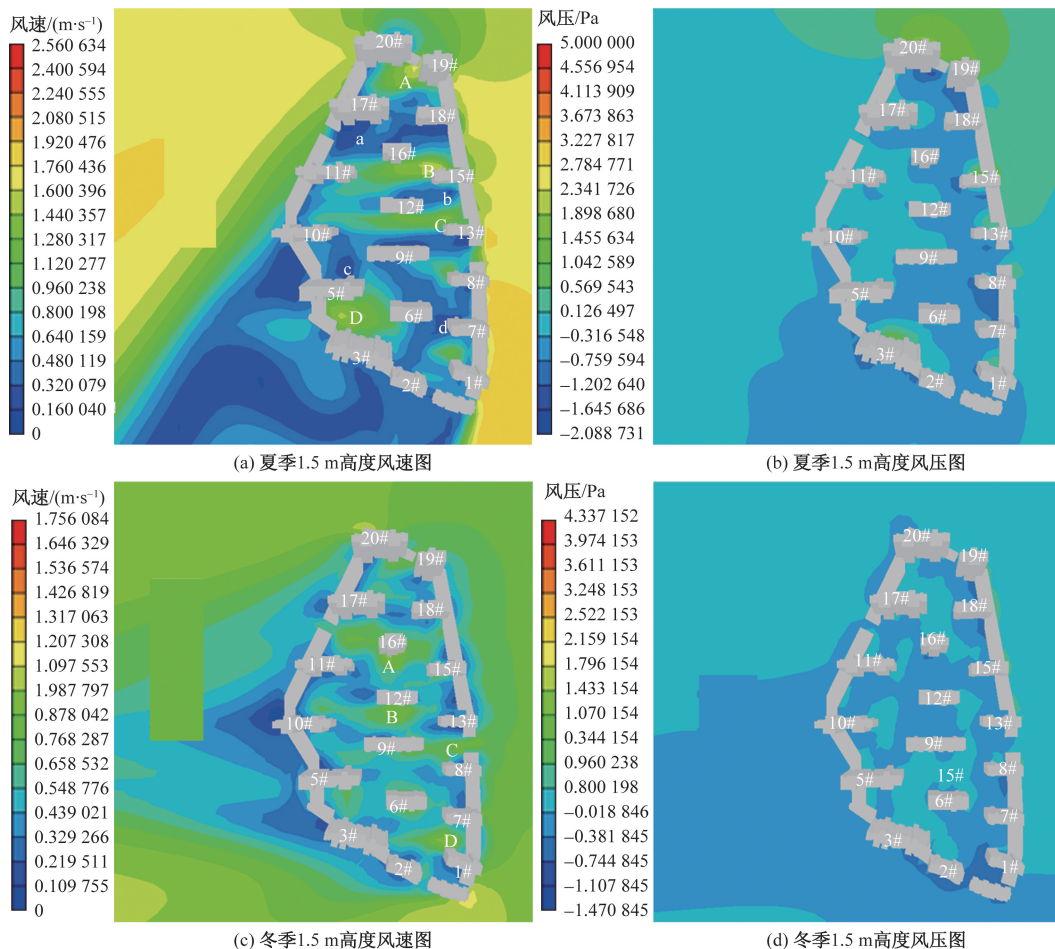


图2 风环境模拟结果

季北偏东北风的影响下,围合式居住区受周围商业裙房的遮挡,内部未出现强风区,居民活动区域风速均未超过 5 m/s,但局部出现风影区。对部分空间节点进行编号,以便进一步分析居住区内部风速情况。

由图 2(a)可知,A、B、C、D 区域风环境整体优于其他区域,且平均风速均大于 1 m/s,将居住区建筑布局与风速图结合进行分析,对 A、B、C、D、E 区域内形成高风速空间作如下总结。

A 区域为东北侧迎风面住宅建筑间通道,来流风从开阔地域经此进入小区,大量风流受高层住宅建筑的阻挡导致风速变大,该区域内平均风速为 1.61 m/s,且风速呈明显的阶梯式降低。B、C 区域内建筑楼高基本一致且楼间距较大,北侧迎风面建筑对南侧建筑的风场影响减少,使得南侧建筑仍为迎风面住宅建筑,且商业裙房能够有效阻挡高层建筑间的“狭管效应”,对区域内风环境有一定的改善作用,B、C 区域受周边建筑围合形成与夏季风向一致的通风廊道,平均风速为 1.44 m/s。自然风进入居住区后受高层建筑阻挡而形成反向风速,受 3#、5# 及 6# 等建筑物的影响导致 D 区域出现局部风团,风速变大,平均风速为 1.57 m/s。3# 与 5# 均为建筑高度超过 90 m 的住宅楼,较大的竖向高度对水平风有一定的阻碍作用,并将其转化为竖向风力,对 D 区域 1.5 m 高度处的风速整体进行提高,平均风速为 1.67 m/s。

除去上述风速相对良好的区域外,居住区内部仍有部分空间的风速未达到评价指标,甚至出现大面积静风区域,对部分典型静风区域进行编号,结合居住区空间布局形式与风速分析图做出以下分析。

由图 2(a)可知,a、b、c、d 区域均为静风区,即平均风速均小于 1 m/s。受商业裙房过长的建筑连续面影响以及前排迎风面高层建筑的遮挡,来流风很难进入居住区内部,西侧后排建筑处于风影区中,导致气流沿高层建筑外表墙在局部区域环绕流动,空气流通不畅,出现行人高度处风速小于 1.0 m/s 的静风区,室外舒适度降低。来流风经北部及东部入口进入居住区内部,再经西部及南部出口流出,使居住区内部形成分散且不规则的小部分风影区。第 1 排迎风建筑(19#、20#)南北两侧的风速流强度基本相同,导致第 1 排迎风面建筑与第 2 排建筑间的风场较为稳定,小区外部受巷道风影响,其风速高于内部,导致第 2 排建筑(17#、18#)与第 3 排

建筑(11#、15#、16#)间的部分气流溢出,从而使 a 区域形成稳定的静风区。受高层建筑对来流风的阻挡形成回风区,以及前排建筑背风面形成风影区,从而导致 b、c 区域为反向风影区,平均风速小于 1.0 m/s。d 区域受周边建筑山墙面影响,形成了较大面积的静风区,影响居民户外活动舒适度。

3.1.2 夏季风压分析

夏季建筑风压模拟结果如图 2(b)所示。在北偏东北风的作用下,受居住区东部高层住宅建筑阻挡,风流发生一定的偏转和绕流,在进入西部区域时进行一定的减速和分散,且东部区域内风速普遍高于西部,空气流动速度增加导致居住区内东部区域的风压整体小于西部区域。

在建筑设计中,负风压是指由于风流动在建筑物某些部位形成的低于大气压力的现象。建筑迎风面受风力影响所形成的压力较高,产生正风压,建筑物背风面经风绕过形成低压区,产生负风压。受外围高层住宅建筑及商业裙房影响,居住区内部形成相对封闭的空间,在风流动较为平缓区域内的高层住宅建筑(6#、16#)前后风压差异不明显,风压差小于 0.5 Pa,影响居民室内活动舒适度。

3.2 冬季风环境模拟评价

3.2.1 冬季风速分析

由图 2(c)冬季风速模拟结果图可知,冬季风速过低,高层住宅建筑以及周围商业裙房对风的阻挡作用更加明显,导致居住区内部出现大量风速小于 1 m/s 的静风区,但并未出现无风区,静风区面积占比约为 74.7%,排风不顺畅影响内部垃圾异味与污染物等的扩散。

风流在遇到高层建筑时,会在建筑物的两侧和顶部发生绕流,且在冬季主导风东偏东北风的影响下,来流风经东北方向高层住宅建筑阻挡后继续向居住区内部流动,对外围风速造成一定影响,从而导致 A、B 区域内风速高于其他区域。

东部出入口处外部为宽阔的街道,没有明显的阻挡物对来流风进行作用,开放通道使 C 区域形成明显的风道效应,风速高于其他区域。

东南区域的高层住宅建筑之间受主导风向影响形成明显的风道效应,16# 受建筑朝向影响,迎风面与冬季主导风向之间夹角较小,在 D 区域发生“喉管效应”,建筑物之间的间隙和角度形成了有利于风加速的路径,使该区域风速较高。

3.2.2 冬季风压分析

冬季建筑风压模拟结果如图 2(d)所示,居住区

内部出现大面积微负风压区域,有利于外部冷风的引入而在一定程度上缓解环境污染问题。高层住宅建筑前后风压差在冬季低风速的影响下也相应减小,风压差在 2 Pa 以内,满足冬季居住区风环境评价标准。

3.3 居住区风环境综合评价

在夏季北偏东北风的影响下,中海·河山郡居住区的风环境因周围商业裙房的遮挡,内部未出现强风区,居民活动区域风速均未超过 5 m/s,但局部出现风影区。整体来看,迎风面的建筑通道区域风速较大,主要由于高层建筑对风流的阻挡和通道效应,平均风速为 1.44~1.67 m/s。建筑高度和楼间距的设计也影响了风速分布,较高的建筑和较大的楼间距有助于形成良好的通风廊道,减少风速低的静风区。然而,部分区域因高层建筑和商业裙房的遮挡,导致来流风难以进入居住区内部,形成静风区,风速小于 1 m/s。这些静风区的存在影响了空气流通,降低了室外舒适度。建筑迎风面形成正风压,背风面形成负风压,封闭空间内的高层住宅建筑前后风压差异不明显,风压差小于 0.5 Pa,这也影响了居民的室内活动舒适度。

在冬季,中海·河山郡居住区因高层住宅建筑及周围商业裙房的阻挡,导致内部出现大量风速小于 1 m/s 的静风区,占比约 74.7%,但未出现无风区。静风区的存在使得排风不畅,影响垃圾异味与污染物的扩散。风流在遇到高层建筑时会绕流,并在主导风向的作用下继续向内部流动,对外围风速产生影响,部分区域风速较高。开阔的街道和开放的通道形成了明显的风道效应,部分区域风速高于其他区域。高层建筑之间形成的风道效应和“喉管效应”使得风速在特定区域加大。风压模拟结果显示,居住区内部大面积微负风压区域有利于引入外部冷风,从而在一定程度上缓解环境污染问题。冬季低风速下,高层建筑前后风压差在 2 Pa 以内,满足风环境评价标准。

3.4 风环境优化策略

3.4.1 通风廊道设计

利用建筑间的空地和通道设计合理的通风廊道,增强风流的通畅性,重点在迎风方向和背风方向设计交错的通风廊道,以确保风能够进入小区内部并排出静风区。在长建筑物中增加透风孔道,减小建筑对风的阻挡作用,使风能够穿透建筑群,提高整体通风效果。

3.4.2 建筑布局调整

通过调整高层建筑的布局,避免长时间的阴影遮挡。可以将高层建筑错落排列,形成更多的风道,引导自然风进入内部,减少静风区的形成。在适当位置设置开放通道,特别是在主要迎风方向上,使风能够更自由地流通,增强通风效果。在小区内部设置一些开放空间或广场,这些开放区域可以作为风的集散地,有助于打破静风区,增强整体通风效果。

3.4.3 建筑与主导风向的夹角设计

建筑物的迎风面应与主导风向成一定的夹角,避免正面对主导风向。一般来说,建筑物迎风面与主导风向成 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 的夹角较为理想,这样可以有效引导风进入建筑间的通道,形成良好的通风廊道。在设计建筑间距时,考虑“喉管效应”,适当缩小建筑之间的距离,可以在局部区域形成加速的风道,增强空气流动。但要避免过于狭窄的通道,以防止形成过强的风速,影响舒适度。

3.4.4 建筑设计优化

通过设计不同高度的建筑物,形成高低错落的布局,有助于打破静风区的形成,增强空气流通。避免大片的连续建筑立面,设计成错落有致的形态。在主导风向的迎风面建筑物设计中,采用弧形等流线型设计以减少风阻,使风能够更加顺畅地绕流,提高内部通风效果。

4 结论

通过对兰州市中海·河山郡居住区的夏季和冬季风环境进行详细模拟与分析,提出了有效的优化策略,以提升居民生活的舒适度和环境质量。研究表明:在夏季,商业裙房的遮挡作用使得居住区内部未出现强风区,但局部形成风影区,影响空气流通;在冬季,因高层住宅建筑和商业裙房的显著阻挡作用,居住区内部形成了大面积的静风区,占比约 74.7%。这些静风区导致空气流通不畅,影响垃圾异味和污染物的扩散,进而降低了居住环境的舒适度。

针对这些问题,提出若干优化策略。首先,在建筑布局上,应避免长条形、连续的建筑群,采用错落有致的设计,增加建筑物之间的间距,并设置开放空间或通风廊道,以促进空气流动。其次,建筑物迎风面与主导风向应成 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 的夹角,合理设计建筑间距,形成加速的风道。此外,在东北迎风面区域,建议设计有开口的布局,底层设置架空层或通道,避免封闭的围合式布局,增强通风效果。

通过合理的建筑布局可以有效减少静风区面积,增强空气流通。在夏季,这些策略能够形成与风向一致的通风廊道,使内部空气流动更加顺畅。在冬季,通过设计开口和通道,引导风流动,减少静风区的形成,提升居住区的整体空气质量。本研究的优化策略在实际应用中需综合考虑具体的地理和气候条件,同时应结合社区居民的需求和反馈,不断进行调整和完善。通过科学合理的规划与设计,可以显著提升居民的生活舒适度,营造出更健康、宜居的生活环境。

参考文献

- [1] 周费宏,王成刚,邱新法,等. 高层建筑标准模型绕流数值模拟[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(14): 5852-5859.
- [2] 王伟武,王智伟,梁静宜. 我国城市住区风环境研究现状及展望[J]. 西部人居环境学刊, 2021, 36(3): 57-64.
- [3] 冯博,邱新法,李梦溪,等. 建筑群风环境分层优化策略[J]. 科学技术与工程, 2019, 19(19): 18-26.
- [4] 符兴源,温琦,邹铁安. 基于风环境的高层住区植被优化设计[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(30): 12560-12569.
- [5] 郭卫宏,李宾,窦建奇,等. 基于防范疫情的健康住区风环境设计研究:以岭南月岛住区为例[J]. 南方建筑, 2020(4): 14-21.
- [6] 张进,聂子川,罗康,等. 居住区迎风面积比对室外风环境影响研究[J]. 建筑科学, 2023, 39(10): 176-184, 192.
- [7] 张育慧,何月,蔡菊珍,等. 基于 CFD 技术的居住区室外风环境评价:以浙江省绍兴市越城区为例[J]. 科技通报, 2023, 39(6): 28-34.
- [8] LU F, GAO Y, JIANG L, et al. The effect of greening layout on microclimate in urban residential areas in hot summer-cold winter zones[J]. Atmosphere, 2023, 14(12): 1824.
- [9] LIU X, WANG W, WANG Z, et al. Simulation study on outdoor wind environment of residential complexes in hot-summer and cold-winter climate zones based on entropy-based TOPSIS method[J]. Sustainability, 2023, 15(16): 12480.
- [10] ZHANG Q, ZHOU D, XU D, et al. Association between wind environment and spatial characteristics of high-rise residential buildings in cold regions through field measurements in Xi'an[J]. Buildings, 2023, 13(8): 2008.
- [11] HE J, CHEN Y, ZHENG L, et al. Research on wind environment and morphological effects of high-rise buildings in Macau: an example from the New Reclamation Area around Area Preta[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2023, 20(5): 4143.
- [12] LU M, DI SONG D, SHI D L, et al. Effect of high-rise residential building layout on the spatial vertical wind environment in Harbin, China[J]. Buildings, 2022, 12(6): 705-705.
- [13] MA T, CHEN T. Classification and pedestrian-level wind environment assessment among Tianjin's residential area based on numerical simulation[J]. Urban Climate, 2020, 34: 100702.
- [14] ZHANG J X, JIANG S Q, ZHAO J Y, et al. Spatial identification, prevention and control of epidemics in high-rise residential areas based on wind environments[J]. Atmosphere, 2023, 14(2): 205.
- [15] 张中礼,王易君,李明海. 不同湍流模型数值模拟神光Ⅲ靶场室内空气流动的比较[J]. 科学技术与工程, 2013, 13(2): 361-365.
- [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.
- [17] 建筑结构荷载规范: GB 50009—2012[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [18] 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.

Strategies for Improving Outdoor Wind Environment in Residential Areas in Lanzhou Based on CFD Simulation

LI Tian, CAO Peng

(School of Architecture and Urban Planning, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Based on the use of computational fluid dynamics(CFD) simulation methods, the outdoor wind environment of the Zhonghai Heshanjun residential area in Lanzhou was investigated. By establishing a numerical model, the distribution of wind fields and the variation patterns of wind speed under different seasonal and wind speed conditions were analyzed. The results indicate that there are significant areas of low wind speed within the residential area, with substantial proportions of wind shadow zones in summer and areas with wind speeds below 1 m/s in winter. To address these issues, optimization strategies are proposed in terms of building layout, the creation of open spaces and ventilation corridors, and the angles between buildings and the prevailing wind direction. These strategies aim to reduce the areas of low wind speed, enhance air circulation, and improve the comfort and quality of the residential environment, which will provide a scientific basis for improving the wind environment of residential areas in Lanzhou, promoting the development of livable cities.

Keywords: computational fluid dynamics(CFD); outdoor wind environment; residential area; Lanzhou