

文章编号:1673-9469(2020)01-0053-06

DOI: 10.3969/j.issn.1673-9469.2020.01.010

基于风环境模拟对高层住区布局的优化

胡春,王薇*,朱珍英

(安徽建筑大学建筑与规划学院,安徽合肥 230022)

摘要: 居住区风环境是衡量居住环境的重要要素。以合肥市某居住区规划设计方案为样本,选取规划设计阶段的两套方案,运用 Airpak 软件进行数值模拟,分析两套方案在夏季和冬季不同风场条件下的风环境。依据国家现行标准对 1.5 m 人行高度处风速、风压等评价指标进行优劣评价,归纳建筑布局对风环境的作用和效应,得出构建开敞的通风廊道能够充分改善夏季住区内部的通风效果。旨在优化高层住区的风环境,为构建舒适健康的居住区规划设计提供理论指导。

关键词: 高层住区;风环境;数值模拟;优化设计

中图分类号: TU984.12;TU119

文献标识码: A

Optimization of High-rise Residential Layout Based on Numerical Simulation of Wind Environment

HU Chun, WANG Wei*, ZHU Zhenying

(College of Architecture and Urban Planning, Anhui Jianzhu University, Hefei, Anhui 230022, China)

Abstract: The wind environment of the residential district is an important factor to measure the living space. Taking the planning and design scheme of a residential area in Hefei as a sample, two schemes in the planning and design stage were selected, and the Airpak software was used for numerical simulation to analyze the wind environment of the two schemes under different wind field conditions in summer and winter. According to the current national standards, the evaluation indexes of wind speed and wind pressure at the pedestrian height of 1.5 m were evaluated, and the effect of building layout on the wind environment was summarized. It is concluded that building an open ventilation corridor can fully improve the ventilation effect of the residential area in summer. This paper aims to optimize the wind environment in High-rise residential areas, and create the theoretical guidance for building a healthy and comfortable residential district environment.

Key words: high-rise residential district; wind environment; numerical simulation; optimal design

随着城镇化建设的加快,城市高密度住区日益增多,随之产生的风环境问题也日益突出:高层建筑造成大面积的风影区,影响了下风向建筑与室外环境的舒适度;气流在高层建筑上部受阻后转而下行,与近地面处气流交汇,产生涡旋等复杂情况,不利于冬季污染物的扩散,也妨碍了夏季的散热;群体布局在外部环境中形成的狭管效应,致使风速过强,对居民的户外活动造成了危害。目

前,居住区建筑规划设计中仍仅以日照、绿化作为方案评价的指标,缺乏对风环境要素的定量计算。在追求住区气候宜居性的背景下,如何提升住区的通风效能和改善住区通风环境,应该成为建筑规划设计者关注的问题。

近年来,国内学者对住区风环境进行了大量的研究,主要有两种类型:一是对实际项目进行模拟分析。比如,曹象明等^[1]以西安市曲江新区为

收稿日期:2019-11-26

基金项目:国家自然科学基金面上项目(51778001);安徽省教育厅自然科学研究重大项目(KJ2016SD13);安徽建筑大学校级青年科研专项基金资助项目(2017XQZ061);安徽省教育厅自然科学研究一般项目(KJ2018JD05)

作者简介:胡春(1985-),女,安徽桐城人,硕士,讲师,从事建筑技术科学方向的研究。

* 通讯作者:王薇(1975-),女,安徽合肥人,博士,教授,从事建筑技术科学方向的研究。

例,分析了风环境与住区空间形态指标之间的关联性;钱义等^[2]通过计算机模拟,研究武汉市某小区的建筑布局与风场的关系;张春灵等^[3]运用 Airpak 软件,模拟并比较了两个方案的风环境效能,总结出布局方式和单体形态对风环境的作用效应。另一是对住区简化模型进行比较研究。例如,杨丽等^[4]利用 CFD 技术模拟了四种居住区布局方式与风环境的关系,并对入射角度不同的工况进行了比较,总结出布局方式与风环境的一般规律;胡一东等^[5]基于上海的气象数据,利用 CFD 软件模拟不同布局形式的住区模型,分析各季节多种布局的通风性能;叶宗强等^[6]对西安住区风环境进行实测调查,提取典型模式进行风环境的模拟评估,归纳总结出大型住区的规划策略。从研究内容来看,以上研究准确分析了住区布局的风环境特点,但定性评价居多,量化分析内容较少。本文采用数值模拟的方法,以合肥市某高层住区的两套规划方案为研究对象,针对夏季和冬季在 1.5 m 人行高度处的风环境,进行定量的比较分析,继而从风环境视角指导建筑布局的优化设计。

1 研究对象概述

本文选取合肥市政务区某住宅小区,东临合作化南路,南向城市干道环湖北路,北接天鹅湖路。居住区地块规整,占地约 53 000 m²,容积率控制在 3.2,东西向长约 198 m,南北向长约 210 m。

前期完成两套规划设计方案,均为行列错落式,布局规整、有序。其中,方案 A 的布局如图 1 所示,住区北部入口处为三层高沿街商铺,板式拼接的两栋 33 层住宅分立其两端,两栋 33 层点式高层毗邻立于商铺之南,又两栋 33 层高层对称布置于住区中部东西两侧,板式拼接的两栋 32 层与一栋 24 层住宅并排布置。方案 A 的布局方式在住区中心形成了较大面积的广场空间,有利于居民的户外活动;但南侧的开敞度小,不利于将通风和日照引入住区内部。

方案 B 的总平面如图 2 所示。在保证容积率的情况下,对方案 A 的规划布局进行调整。取消南侧中部的 24 层板式拼接住宅,以一栋 3 层的公共建筑取代,同时将正对小区主入口的两栋点式高层连接,另两栋点式高层各增加一栋改为板式拼接住宅。方案 B 的中心广场面积较之方案 A 有所减少,但南向开敞。

合肥市近期建设的高层居住区多采用错列式布局,方案 A 和方案 B 是其中较为典型的两种模式,基于典型性和差异性的原则,本文选择规划设计过程中的这两套方案进行 CFD 软件模拟,探讨不同组合模式的风环境特征,具有一定的现实意义。

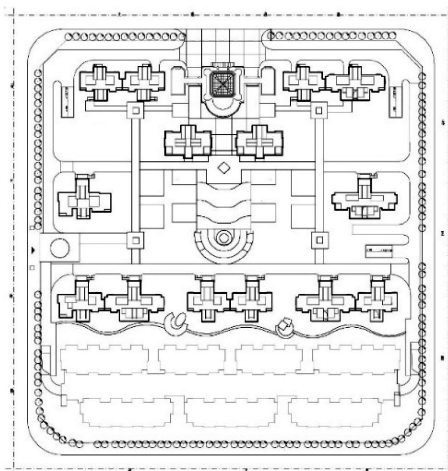


图 1 方案 A 总平面图

Fig.1 The general planning of scheme A

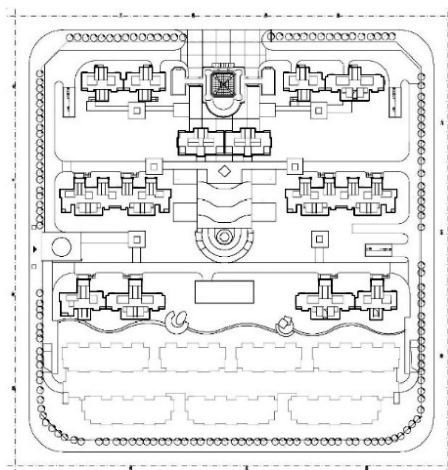


图 2 方案 B 总平面图

Fig.2 The general planning of scheme B

2 风环境模型的构建

根据合肥市城乡建设委员会编制的《合肥市民用建筑绿色设计方案编制深度规定》,选取 CFD 的 Airpak 软件进行风环境模拟,Airpak 软件是面向暖通空调、建筑等领域的人工环境系统分析软件,可以精确地模拟所研究对象内的空气流动、传热和污染等物理现象^[7]。

在 CFD 模拟计算中,建筑周围的空气流动一般属于不可压缩、低速湍流流场,采用 RNG $k - \epsilon$ 模型作为计算模型,该模型在钝体绕流的拐角区

域偏大,但整个计算区域的风速比值分布及背风负压区域的计算值与试验值较接近^[8]。根据合肥气象条件,夏季主导风向为正南风,风速为 2.9 m/s;冬季主导风向为正东北风,风速大小为 2.39 m/s,以此作为计算域边界处风向和风速。计算域的尺寸对于模拟结果有重要影响,将来流方向和垂直方向设置为建筑物高度的 4 倍,出流方向为建筑物高度的 6 倍,并将模拟对象各方向 100 m 宽度范围内的周边建筑纳入计算域内。Airpak 软件能够根据用户设置自动划分网格,选取六面体结构化网格,并对建筑周边活动区域进行加密。

3 模拟结果与分析

合肥地处夏热冬冷地区,冬季寒冷、夏季炎热的特点十分突出。夏热冬冷气候区在夏季,需要通过建筑自然通风的有效组织,在不使用空调的状况下满足人的舒适性标准,减小不可再生资源的消耗;冬季,在满足适当的换气量条件下,应采取合适的避风措施减少建筑能耗^[9]。下面通过风环境的数值模拟,针对结果进行比较分析以选择

出最佳方案。

3.1 夏季情况

运用 Airpak 软件对两个方案的风环境进行模拟,得到夏季小区 1.5 m 人行高度处风场模拟结果如图所示(图 3—图 5)。

从两个方案风速云图(图 3)和矢量图(图 4)的模拟结果来看:A、B 两个方案在 1.5 m 高度处的最大风速分别为 4.3 m/s 和 4.2 m/s,其中较高风速区域,基本位于迎风面第一排建筑之间的峡口处和角部。然而两个方案中低风速区的空间分布有着显著的差异,方案 A 中各高层建筑的背风面均出现较大面积的涡旋或无风区,下风向的四栋高层完全处于风影区内,降低了夏季居民对外部空间的使用率;而北端临街建筑的风影区连接成片,对城市街区的风环境产生极大的影响。B 方案在 A 方案的基础上进行了建筑布局的调整,户外活动区域的涡旋和无风区骤减,且具有均好性,整体风环境明显优越于方案 A。

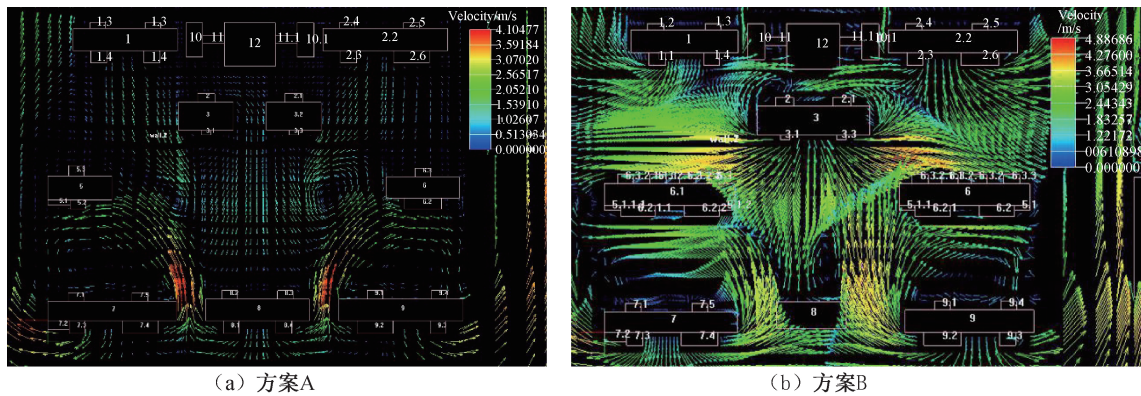


图 3 方案 A、B 夏季 1.5 m 高度处风速矢量图

Fig.3 The vectors of wind velocity graphics at the height of 1.5 m in summer for scheme A and B

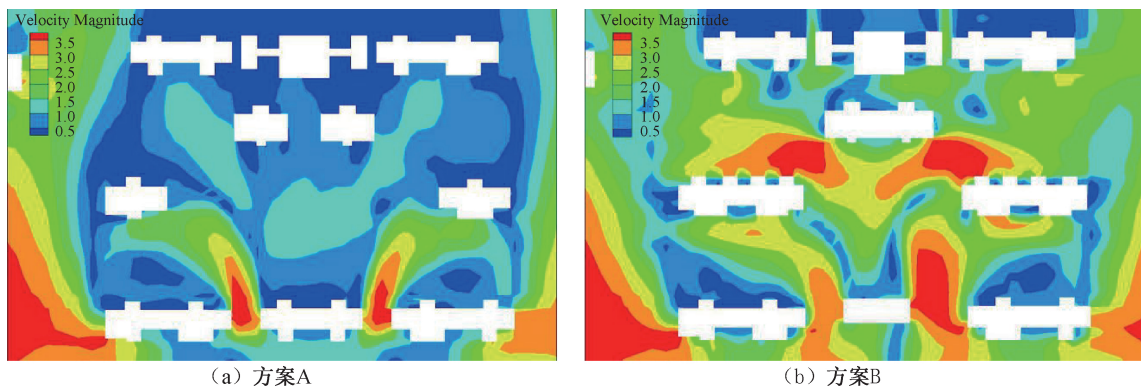


图 4 方案 A、B 夏季 1.5 m 高度处风速云图

Fig.4 The contours of wind velocity graphics at the height of 1.5 m in summer for scheme A and B

从风压云图(图5)的模拟结果来看,A、B两个方案均能满足《绿色建筑评价标准》^[10]中50%以上可开启外窗,室内外风压差大于0.5 Pa的要求。比较两个方案,迎风面和背风面压差值较大的区域均位于迎风面第一排建筑;在A方案中,北部的四栋高层处于风影区内,又因排布较为密集,使气流运动受阻,部分户型的前后风压变化微弱;B方案仅少数户型压差值小,套数明显少于A方案,更有利于夏季室内的自然通风。

表1是夏季A、B两个方案中各风速区的面积统计结果,通过面积数据比较可以看出,方案A无风区($<0.5\text{ m/s}$)的面积是方案B的4倍,低风速区($0.5\sim 1.0\text{ m/s}$)的面积达 $6\,540\text{ m}^2$,约为B方案的3倍;方案B在 1.5 m/s 以上各风速区的面积是A方案的3~6倍。两个方案产生悬殊差异的原因在于:A方案南侧三栋高层并列布置,加大了建筑对气流的阻挡作用,导致建筑背风向的低风速区面积较大;而B方案经过建筑布局调整,在迎风界面处构建了一段线性的开敞空间,成为夏季气流运行的通道,即通风廊道,充分改善了住区内部的通风效果。将居住区与建筑的主要开口设于迎风面,并且在迎风口处布置点式建筑,或利用建筑间距形成迎风道,这样能够很好地将外部的新鲜空气最大化地导入居住区内^[11]。

3.2 冬季情况

运用Airpak软件对两个方案的风环境进行模

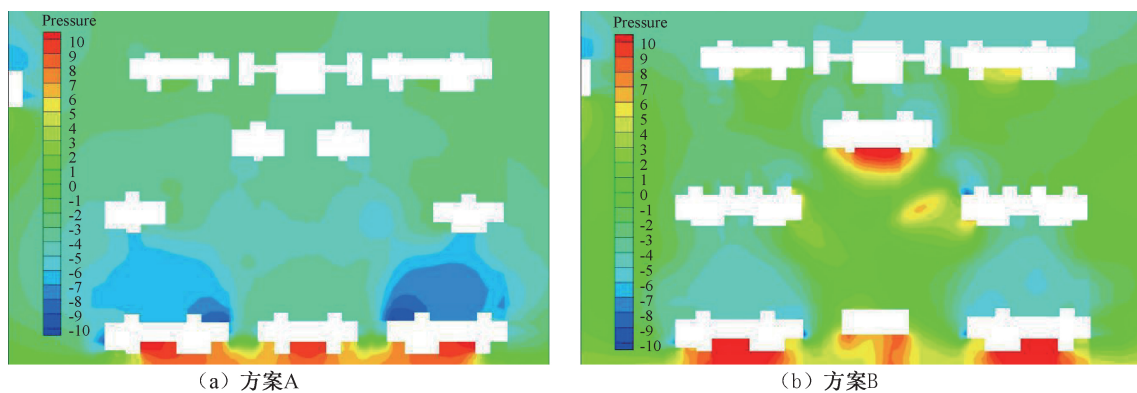


图5 方案A、B夏季1.5 m高度处风压云图

Fig.5 The contours of wind pressure graphics at the height of 1.5 m in summer for scheme A and B

拟,得到冬季小区1.5 m人行高度处风场模拟结果如图所示(图6—图8)。

通过A、B两个方案冬季在1.5 m高度处的风速矢量图(图6)可以看出,A、B两个方案都存在有不同面积大小的涡旋和无风区。涡旋对住区风环境十分不利,一方面,它会卷起尘土;另一方面,不利于空气污染物的扩散,尤其是近年来合肥地区雾霾十分严重,有害物质在住区内部大量堆积,会对居民的生活和身体健康造成极大影响。

根据风速云图(图7),两个方案的最大风速都是位于住区中部的峡口处和角部;方案A的最大风速为 3.5 m/s ,风速放大系数为1.5;方案B为 3.2 m/s ,风速放大系数为1.1,均满足《绿色建筑评价标准》^[10]中的要求。由于建筑布局的差异,方案B中板式高层形成的风影区面积明显大于A方案,而在冬季,风影区是适合居民进行户外活动的场所。

冬季,门窗洞口的冷风渗透是建筑能耗增加的主要原因,而冷风渗透则是由于室内外空气存在压力差所导致。分析冬季1.5 m高度处的风压云图(图8),两个方案的最大风压差值都是位于迎风面第一排建筑表面,压差值达10 Pa以上,后排建筑的压差值都在5 Pa以下,均满足《绿色建筑评价标准》^[10]中的要求。与方案A相比,方案B的压差值较小,更有利于冬季的防风。

表1 夏季A、B方案各风速区面积统计

(单位: m^2)

Tab.1 The wind velocity area statistics in summer for scheme A and B

方案	风速/ $(\text{m} \cdot \text{S}^{-1})$							
	$v < 0.5$	$0.5 \leq v < 1$	$1 \leq v < 1.5$	$1.5 \leq v < 2$	$2 \leq v < 2.5$	$2.5 \leq v < 3$	$3 \leq v < 3.5$	$v \geq 3.5$
A	2 955.6	6 540.4	3 949.4	961.9	708.9	438.2	337.1	221.4
B	735.1	2 022.5	2 003.7	1 956.9	3 583.2	2 786.7	1 659.5	977.5

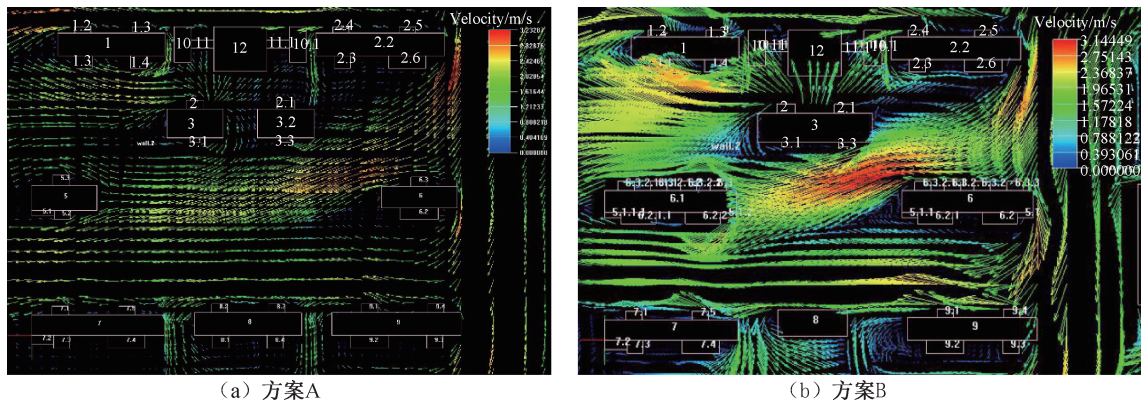


图 6 方案 A、B 冬季 1.5 m 高度处风速矢量图

Fig.6 Wind speed vector diagram at 1.5 m height in winter for scheme A and B

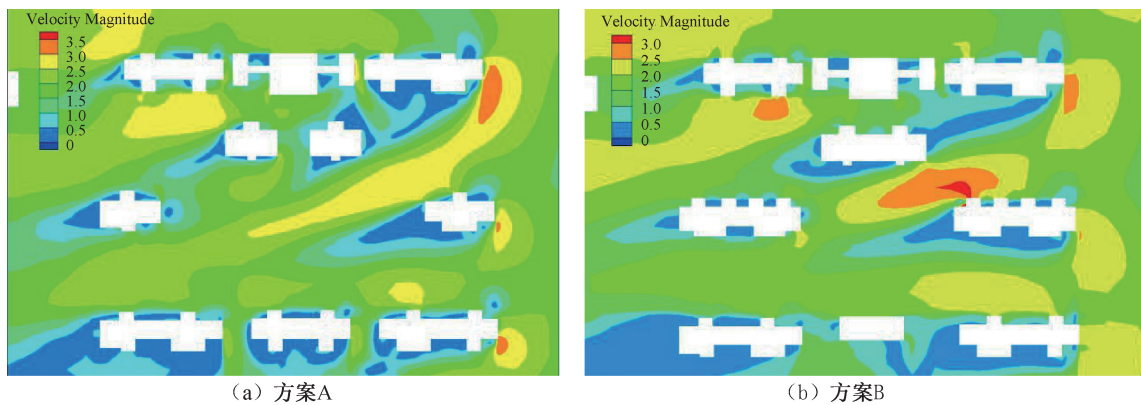


图 7 方案 A、B 冬季 1.5 m 高度处风速云图

Fig.7 The contours of wind velocity graphics at the height of 1.5 m in winter for scheme A and B

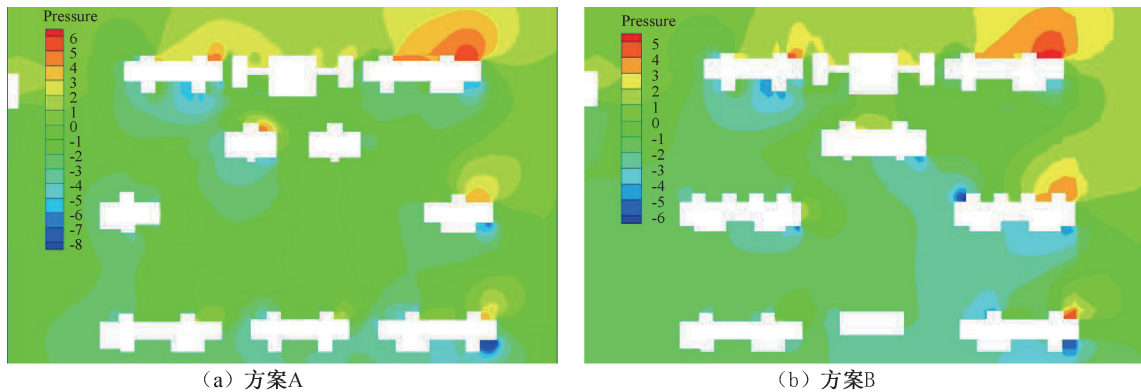


图 8 方案 A、B 冬季 1.5 m 高度处风压云图

Fig.8 The contours of wind pressure graphics at the height of 1.5 m in winter for scheme A and B

表 2 是冬季 A、B 两个方案中各风速区的面积统计结果,通过面积数据比较可以看出,方案 B 在低

风速区段面积与方案 A 相差不多,在 1.5~2 m/s 风速区面积较大,在 2.5~3 m/s 风速区段面积远小于

表 2 冬季 A、B 方案各风速区面积统计

(单位:m²)

Tab.2 Area statistics of each wind speed area in winter for scheme A and B

方案	风速/(m · S ⁻¹)						
	v<0.5	0.5≤v<1	1≤v<1.5	1.5≤v<2	2≤v<2.5	2.5≤v<3	v≥3
A	1 238.6	1 587.7	2 262.4	4 292.7	4 370.7	2 089.7	49.7
B	1 439.4	2 173.8	2 652.5	5 487.9	3 166.3	748.8	52.8

A方案。究其原因,方案A在迎风界面处的空间布局通透开敞,不利于冬季的防风;而方案B虽因狭管效应产生局地强风,但合理利用风影区,在冬季能够为居民提供舒适的户外活动场所。

4 结论

1)在方案选择方面:基于优化风环境的目的,建议选择方案B。从夏冬两季的模拟结果来看,方案B的整体风环境优于方案A。B方案中存在的问题,可以通过绿化来加以改善。为避免冬季风速过高,在住区的东北向界面处,选择种植树冠宽大、成片的高大乔木来减弱气流速度;为减弱夏季涡旋气流的影响,在通风廊道两侧,选择种植低矮的灌木和树冠小的乔木。同时,在涡旋形成地带,注意减少垃圾箱的布置,避免垃圾和尘土上扬;避免布置儿童游乐区等活动场所;住宅楼出入口前的道路尽量贴近建筑,尽可能避开涡旋中心区。

2)在建筑形态方面:板式建筑对气流的阻挡明显,在背风面形成纵深较长、面积较大的风影区,建筑前后表面的风压差值较小;而点式建筑的背风面风影区较短、较小,风压差值也优于板式建筑。在规划设计阶段,应注意避免板式建筑的长度过长,这对于减少建筑背风面风影区有明显的效果。

3)在空间布局方面:方案B在保证建筑容积率的前提下,调整了建筑布局,构建了有效的通风廊道,使得气流可以顺畅地通往住区内部,实现了夏季整体风环境的提升。在规划设计中还应注意

保证通风廊道的宽度和长度,使气流能够充分作用于地块,实现整体区域内风的通畅流动,减少静风区面积。

参考文献:

- [1]曹象明,王超.基于风环境的西安市高层建筑区规划布局策略——以曲江新区为例[J].城乡规划,2017,24(8):20-26.
- [2]钱义,尚涛,詹平.武汉城市住宅小区风环境计算机模拟分析[J].图学学报,2013,34(5):25-29.
- [3]张春灵,姜允芳.基于风环境数值模拟的住宅区规划设计优化研究[J].中外建筑,2016(4):83-97.
- [4]杨丽,宋德萱.居住区规划中建筑平面空间组合与风环境的关系研究[J].住宅科技,2013(2):1-6.
- [5]胡一东,谭洪卫,邓丰.上海地区住宅建筑布局对室外风环境的影响分析[J].建筑热能通风空调,2017,36(1):32-37.
- [6]叶宗强,周典,徐怡珊.基于风环境评价的西安市大型居住区规划策略[J].规划师,2016,32(11):112-117.
- [7]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.
- [8]马剑,程国标,毛亚郎.基于CFD技术的群体建筑风环境研究[J].浙江工业大学学报,2007,35(3):351-354.
- [9]陈飞.建筑风环境——夏热冬冷气候区风环境研究与建筑节能设计[M].北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [10]GB/T 50378-2019,绿色建筑评价标准建设部[S].
- [11]李晓宇.基于湿热气候环境下的住区通风廊道研究[J].中外建筑,2017(2):48-51.

(责任编辑 周雪梅)