

裙楼对住宅小区室外风环境影响的数值模拟分析*

杨巧兰¹, 李平², 夏冬¹, 杨永宏³, 黄照亮¹, 李灵熹¹

- 珠海市公共气象服务中心, 广东 珠海 519000
- 四川省气象探测数据中心, 四川 成都 610072
- 巴中市气象局, 四川 巴中 636000

摘要: 为研究建筑布局对住宅小区风环境的影响, 本文以珠海某住宅小区为研究对象, 基于当地的气候特征, 利用PHOENICS软件对有裙楼和没有裙楼两种建筑布局形式进行风环境CFD(computational fluid dynamics)模拟。对比分析东、南及东北偏北风背景下两种布局形式小区的通风条件和舒适度, 结果表明: 1) 没有裙楼时, 没有大面积建筑阻挡, 3个风向下小区风环境均有所改善, 风速不均匀性减小, 通风条件好、舒适性好的区域的面积和数量均增加, 小风速区的面积和数量均减少, 通风廊道增加; 2) 无论是否有裙楼, 当来流风向与建筑间的通道夹角小, 建筑对风的阻挡削弱作用小, 楼与楼之间更容易形成通风廊道, 通风条件较好, 当来流风向与建筑间的通道夹角大, 建筑的阻挡作用显著, 小区的风速明显减弱, 且容易出现风速不均匀, 通风条件较差; 3) 住宅小区风环境受建筑布局和风向共同影响, 在规划设计时应参考当地的主导风。

关键词: 住宅小区; 风环境; CFD模拟; 舒适度; 裙楼; 建筑布局

中图分类号: P49 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-0137(2024)03-0038-10

Numerical simulation and analysis of the influence of podium building on outdoor wind environment in residential district

YANG Qiaolan¹, LI Ping², XIA Dong¹, YANG Yonghong³, HUANG Zhaoliang¹, LI Lingxi¹

- Zhuhai Public Meteorological Service Center, Zhuhai 519000, China
- Meteorological Observation Data Center of Sichuan Provincial, Chengdu 610072, China
- Bazhong Meteorological Bureau, Bazhong 636000, China

Abstract: To study the influence of buildings layout on the wind environment of residential district, this paper takes a residential district in Zhuhai as the research object. Based on the local climatic characteristics, the PHOENICS software is used to conduct CFD (computational fluid dynamics) simulation of wind environment for two kinds of buildings layout with and without podium buildings. The ventilation conditions and comfort of the two kinds of layout under the background of east, south and north-northeast wind were compared and analyzed, and the results are as follows: 1) When there is no podium building, the wind environment of the residential district under the three wind directions are improved without the obstruction of large-scale buildings, the unevenness of the wind speed is reduced, the size and number of areas with good ventilation conditions and good comfort are increased, the size and number of areas with low wind speed are reduced, and the ventilation corridors are increased. 2)

* 收稿日期: 2023-07-24

录用日期: 2023-10-22

网络首发日期: 2024-01-29

基金项目: 第二次青藏高原综合科学考察研究项目(2019QZK010302); 广东省气象局科技项目(GRMC2021Q13); 高原与盆地暴雨早涝灾害四川省重点实验室基金(SCQXKJQN2020028)

作者简介: 杨巧兰(1993年生), 女; 研究方向: 气象服务、数值模拟; E-mail: muni_yang@sina.cn

通信作者: 李平(1987年生), 男; 研究方向: 大气探测及数值模式研究; E-mail: kadi9110@sina.com

Whether there are podium buildings or not, when the angle between the incoming flow direction and the passage of the building is small, the building's wind blocking and weakening effect is small, and ventilation corridors are more easily formed between buildings with better ventilation conditions. When the angle between the incoming flow direction and the passage of the building is large, the building's blocking effect is significant, the wind speed of the residential district is significantly weakened and it is prone to be uneven, so the ventilation conditions are poor. 3) The wind environment of residential district is jointly affected by buildings layout and wind direction, and the local dominant wind should be taken into account in the planning and design of residential district.

Key words: residential district; wind environment; CFD simulation; comfort degree; podium building; buildings layout

随着城市化快速发展,城市人口激增,截至2022年底,我国城镇人口比重达65.2%。城市人口的快速增长,导致城市建筑越来越密集,由此产生的城市风热环境问题也日益凸显(Santamouris et al., 2015; Hassid et al., 2000),尤其是城市住宅小区由于建筑密度大或建筑布局不合理等正面临能耗大、风热环境恶化等问题。

住宅小区室外空气流动对小区内的微气候有重要影响,不仅涉及节能与舒适,甚至会威胁居民健康和人身安全。由于建筑对风的阻碍作用,风吹过建筑流向会发生急剧变化,如建筑风闸效应,会造成局部地方风速过小,导致气流不畅,影响余热、污染物等的有效扩散(张巍,2013; Mirzaei et al., 2010; 陆谢贵,2020),不仅会增加夏季空调能耗(Hirano et al., 2012)和冬季采暖能耗,甚至影响生命健康(He et al., 2002);而局部风速太大,形成楼宇风,会影响室外环境的舒适性(Hang et al., 2012; 孙宝德,2022),对生活、行动造成不便,甚至给行人的安全带来潜在威胁。因此对住宅小区室外风环境进行研究有着重要的意义。

建筑风环境问题在发达国家已经引起了相当的重视,许多城市制定专门法规来管理和监督新建和改建工程的城市街区和住宅小区建筑风环境问题。例如在澳大利亚3层以上建筑都需进行风环境评估;北美很多大城市新建建筑需进行建前、建后的区域行人风环境影响评估才能获得批准;日本一些地方政府规定占地面积超过10万m²的项目和高度超过100m的建筑必须进行风环境评估。在我国,建筑风环境问题也越来越受到关注。

目前住宅小区室外风环境的研究方法主要有现场实测、风洞试验和数值模拟(秦云等,2003)。现场观测数据能直观反映小区内部风的分布,但实际操作中需耗费大量资源,极易受外界影响,

且无法在建筑建成前进行。20世纪60年代以来风洞实验被大量应用于城市风环境研究,相对于现场观测,风洞实验可以更全面的模拟风场特征。但模型制造费时费力,实验周期长,成本高。随着计算机技术飞速发展,计算流体力学(CFD, computational fluid dynamics)技术已被广泛应用于风环境模拟,其可行性和准确性也已经被很多学者证实(张伯寅等,2003)。

对于小区室外风环境国外已经有了长期的研究,Blocken et al.(2011)将CFD模拟结果与长、短期观测结果进行对比,提出了小区行人高度风环境舒适性和安全性评估的CFD模拟和评估框架。Asfour(2010)通过CFD模拟分析了不同布置形式的建筑对其周边风环境的影响,并表示朝向盛行风的中央空间的建筑布置形式通风最好。Park et al.(2012)将CFD模拟结果与现场实测结合,分析了城市植被对小区风环境的影响情况,表明植被引起的通风散热效果在西南侧最明显。在国内,赵彬等(2002)阐述了风环境对居住环境舒适性的重要性,并提出了基于数值模拟方法的建筑群风环境优化设计思路。李琼等(2011)将数值模拟与风洞实验结果进行对比,确定了建筑室外风环境模拟的最优湍流模型。王珍吾等(2007)以广州的自然气候条件为背景,模拟分析了常见小区不同建筑布局方式的通风情况,并表明行列式、错列式和斜列式3种建筑布局方式可以得到较多的风舒适区域。夏冬等(2019)结合当地风的气候特征对珠海市某超高层建筑群的室外风环境进行模拟,并评价其舒适性,其研究表明超高层建筑群的风舒适性与风向有关。

综上所述,风洞实验成本高、周期长,而数值模拟操作简便且结果更直观,因此当前国内外大部分学者都采用数值模拟进行建筑的风环境分

析。而根据上述分析,大部分研究者在住宅小区或建筑群的风环境模拟中没有考虑当地的气候特征,也较少考虑建筑布局对风环境的影响,因而本文结合当地的风向风速统计资料,利用CFD软件PHOENICS对某规划设计阶段的住宅小区有裙楼和没有裙楼两种建筑布局形式进行风环境模拟,分析裙楼对小区内部风环境的影响,为住宅小区规划提供参考。

1 资料与方法

1.1 资料

本文选取珠海某拟建住宅小区作为研究对象,该小区总占地面积约 194 400 m²,分为 3 个地块,总建筑面积约 621 600 m²,其中,地块一(1~14 栋区域)、地块二(15~27 栋区域)拟建 27 栋住宅楼,楼高为 20~26 层,且地块一北侧和地块二西侧均有成片的裙楼(高度约 7 m),规划为商业街;地块三为配套的幼儿园、小学,层高为 2~5 层。小区建筑较密集,住宅楼最高为 79.9 m(图 1)。

研究所用的气象资料来自小区西侧约 2.5 km 处的自动气象站,该自动站为 WP3103 型四要素自动气象站,风速传感器精度 0.1 m/s,风向传感器精度 1°,站点所在地海拔 23 m,观测始于 2011 年。该站点距离小区较近,两地之间没有高大山体相隔,地理地形条件基本一致,且有效数据完整率高于 90%,因此能够代表小区附近的气象观测。

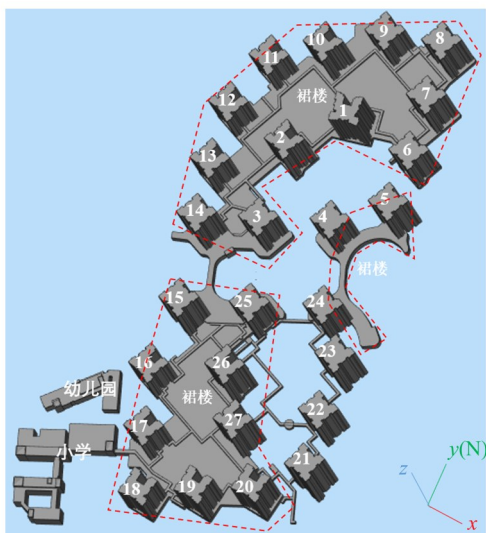


图 1 住宅小区的三维立体模型俯瞰图

Fig. 1 Bird's-eye view of the three-dimensional model of the residential district

1.2 CFD 数值模拟

目前风环境模拟软件有 PHOENICS、FLU-ENT、Airpak、OpenFOAM 等,其中 PHOENICS 是由英国 CHAM 公司开发的最早的 CFD 商业软件,因模拟结果可靠、实用、真实(叶青, 2018),广泛运用于室内外风热环境及舒适度、热岛效应及污染物浓度扩散等的模拟(Takahashi, 2004)。

建筑周边的风流动属于低速、不可压缩湍流流场,风场基本控制方程为流体连续性方程、动量守恒方程和能量守恒方程(村上周三, 2003),对于湍流模型,常用的有 $k-\varepsilon$ 模型和大涡模拟模型(LES, large eddy simulation)等,其中标准 $k-\varepsilon$ 模型在低速湍流计算中常用,且由于计算精度较高、稳定性好,在科学研究和工程实践中得到了最广泛的检验和成功应用(谢勇, 2012),因此本文选用标准 $k-\varepsilon$ 模型。

建筑模型以计算区域目标建筑群为中心,将周围 1 km 范围内的建筑全部体现,但该拟建小区周边 1 km 范围内无建筑物,因此建筑模型仅考虑该小区的拟建建筑,计算区域长和宽分别为 970 和 750 m,高为 200 m,水平、垂直分辨率均设为 5 m, x 、 y 、 z 方向分别有 150、194、40 个格点,三维模型如图 1 所示。

风场类型选择为 WIND,入口处风速沿高度方向的分布设置为幂指数函数,不同地形下风速梯度不一样,幂指数也有差异,根据《建筑结构荷载规范》GB 50009—2012,地面粗糙度可分为 A、B、C、D 等 4 类,本文研究小区属于 B 类地貌,幂指数为 0.15。出流面上假定风的流动已恢复到无建筑物影响的状态,出口压力设为大气压。

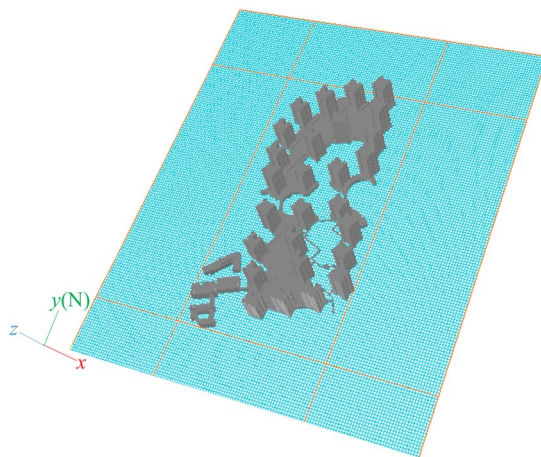


图 2 模拟区域和网格设置

Fig. 2 The simulation domain and the grid setting

1.3 风环境评价标准

对于风环境舒适性的评价, 目前国内外还没有统一的标准或规范。风环境舒适性最主要因素是人的感受, 人对风最直接的感受是风速, Soligo et al.(1998)根据统计及实验提出风速与舒适度的关

系, 同时指出 5 m/s 以上风速发生概率不同时人体感觉不同, 10% 以内感觉舒适, 超过 20% 则不舒适, 并得出不同活动类型和活动区域下的相对舒适度评估标准, 表 1 为两种活动类型的风环境相对舒适度评估标准。

表1 行人高度处风环境舒适度标准

Table 1 The comfort standard of wind environment at pedestrian height

活动类型	舒适		可以忍受		不舒适	
	风速/(m·s ⁻¹)	等级	风速/(m·s ⁻¹)	等级	风速/(m·s ⁻¹)	等级
短时间站或坐	3.4~5.4	3	5.5~7.9	4	8.0~10.7	5
长时间站或坐	1.6~3.3	2	3.4~5.4	3	5.5~7.9	4
可以接受的标准(发生次数)	-		<1次/周		<1次/月	

住宅小区风环境不仅关系到行人舒适, 还涉及绿色建筑与节能、空气污染物的扩散等问题, 《中国生态住区技术评估手册》(2007)中明确要求住区的室外风环境应保证: ① 建筑物周围行人区高度的风速小于 5 m/s; ② 风速放大系数(建筑物周围离地面 1.5 m 处风速与开阔地面同高度风速之比)小于 2。

本文根据小区当地风的变化特征, 在小区规划设计阶段进行风环境模拟, 基于上述标准分析裙楼对小区通风条件和舒适性的影响。

2 住宅小区风的变化特征

2011—2020 年小区附近平均风速 2.2 m/s, 其中 2014 年为历年最大, 为 2.7 m/s, 2020 年为历年最小, 为 1.3 m/s。近 10 年风速整体呈下降趋势, 其中 2011—2014 年略有上升, 2015—2017 年显著下降, 2018—2019 年再次呈上升趋势, 2020 年起再次显著下降(图 3a)。多年平均风速有显著的季节变化特征, 夏季较大, 冬季较小, 其中 5 月风速最大, 为 2.7 m/s, 12 月风速最小, 为 1.6 m/s(图 3b), 表明小区受西南季风的影响更明显。从图 3c 可以看出多年平均风速有显著的日变化特征, 夜间风弱, 白天风强, 早晨 6 时前后风速最弱, 中午 13 时前后风速达到最大, 7~13 时风速明显加大, 而 14~19 时风速显著下降, 20 时~第 2 日 6 时风速缓慢下降。平均风速频率呈现随风速增加先增大后减小的趋势, 2 级风(1.6~3.3 m/s)出现的频率最高, 其次为 1 级风(图 3d), 从风环境的舒适度来看, 小区附近风环境整体较舒适。

小区多年平均风向以东风(E)为最多, 风向频率 14.2%, 其次为东北偏东风(ENE)和东南偏东风

(ESE), 频率均为 9.3%。北风(N)和西南偏西风(WSW)为最少和次少, 风向频率分别为 2.5% 和 2.6%。表明近 10 年来该小区附近的主导风向为 E, 其次是 ENE 和 ESE, 累计风向频率约为 32.8%, N 和 WSW 最少(图 4)。

进一步分析逐月风向频率玫瑰图(图 5), 1~4 和 9~11 月风向以 E 为最多, 相关月份其频率均超过 12%, 3 月超过了 20%。1~3 月次多风向均为 ENE, 其中 2 月东北偏北风(NNE)频率仍较大, 达 11%; 4 月起南风逐渐增多, 次多风向为南风(S); 9~10 月次多风向为 ESE, 其中 9 月 E 和 ESE 两个风向的频率十分接近, 仅相差 0.6%, 10 月 ENE 和东北风(NE)的频率仍较大均超过 11%; 11 月次多风向为 NNE 和 ENE, 两个风向的频率均超过 12%, 且仅相差 0.2%, 且该月 NE 风频率仍较大超过 11%。

5~8 月风向以 S 最多, 其中 5~7 月风向频率在 20% 左右, 6 月甚至达到 24.9%, 5 月次多风向为 E, 6~8 月次多风向均为西南偏南风(SSW)。表明 5 月份偏南暖湿气流加强明显, 导致该月偏南的主导风频率加大。12 月风向以 NNE 最多, 其次为 NE 和西北偏北风(NNW), 3 个风向频率之和超过 40%, 占绝对的主导作用。

从风向的变化可以看出 11 月至次年 3 月, 小区建筑群所在地主要以 E 至 NNE 风为主, 4 月属于过渡期, 冷空气活动明显减少, 偏南暖湿气流逐渐增多, 该小区建筑群所在地的主导风向逐渐转向偏南风, 5~8 月则以偏南风为主, 9~10 月也属于过渡期, 东路冷空气逐渐影响, 偏东风开始占主导地位。

在 CFD 模拟中, 根据小区所在地的多年平均

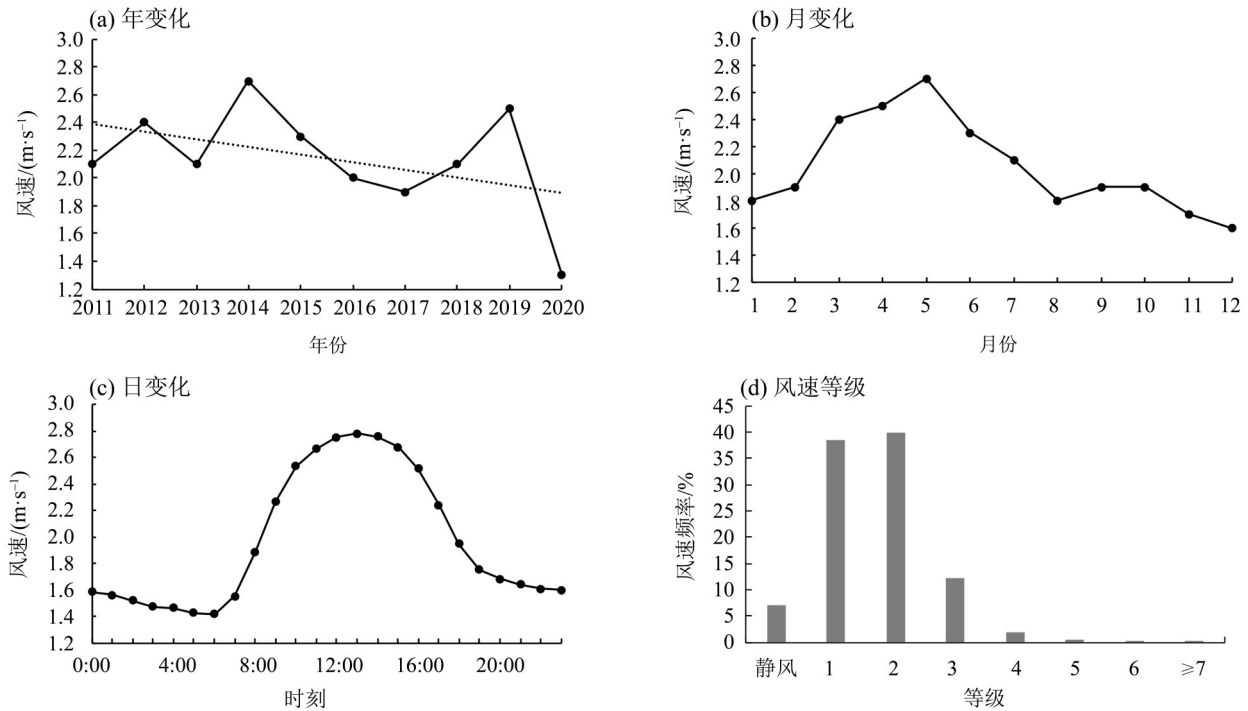


图3 2011—2020年住宅小区风速特征及变化

Fig. 3 The variation of wind speed around the residential district during 2011-2020

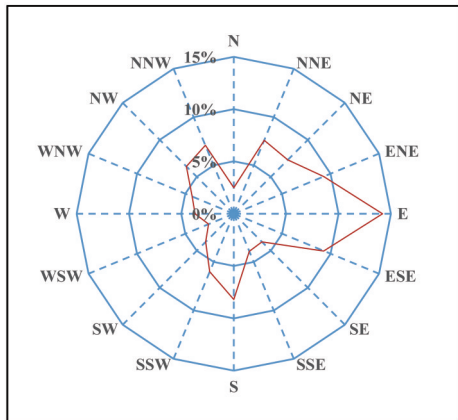


图4 2011—2020年住宅小区年平均风向频率玫瑰图

Fig. 4 The rose diagram of average annual wind direction frequency around the residential district during 2011-2020

风速和各月对应主导风向，具体模拟情景设置如表2所示。

3 住宅小区风环境的CFD模拟

为研究住宅小区建筑群内部的通风情况，以多年平均风速2.2 m/s作为背景风对各月的主导风向进行模拟。

3.1 有裙楼时

3.1.1 情景01偏东风下的CFD风环境模拟 由情景01地面1.5 m处的风速分布和风矢量可以看出

(图6)，入口处受东侧一排建筑的阻挡，风出现绕流，在建筑拐角堆积使得拐角风速增大，因此，5-6栋、21-22栋、22-23栋及23-24栋之间的入口区域风速加大，基本在2.8~3.8 m/s之间(2~3级风)，其中5-6栋之间的区域风速最大，风速达4.0 m/s(3级风)，其风速比为1.8。这些区域形成明显的通风廊道，通风条件好，且满足在此站或坐的舒适性要求。风速沿下风向逐渐减弱，整个建筑通道内的风速不超过4 m/s。

风受到建筑的阻挡，在迎风面滞留形成小风速区，整个东侧一排建筑的迎风面都有明显的小风速区，西侧一排建筑的背风面则有明显的尾流区，而小区内部，由于建筑间相互阻挡，大部分区域风速也明显偏小，尤其3栋、4栋、24-25栋中间的区域，21-27栋、22-26栋、23-25栋、5-2栋中间区域，以及地块三小学和幼儿园区域，风速均在1.3 m/s以下，吹1级风甚至静风，这些区域气流不畅，通风条件差，可能会影响污染物的扩散，且尾流区范围较大，可能会影响小区后部道路上的环境质量，同时，这些区域也不满足坐或站的舒适性条件。

3.1.2 情景02偏南风下的CFD风环境模拟 由情景02地面1.5 m处的风速分布和风矢量可以看出(图7)，吹南风时，由于18栋、19栋及20栋之间

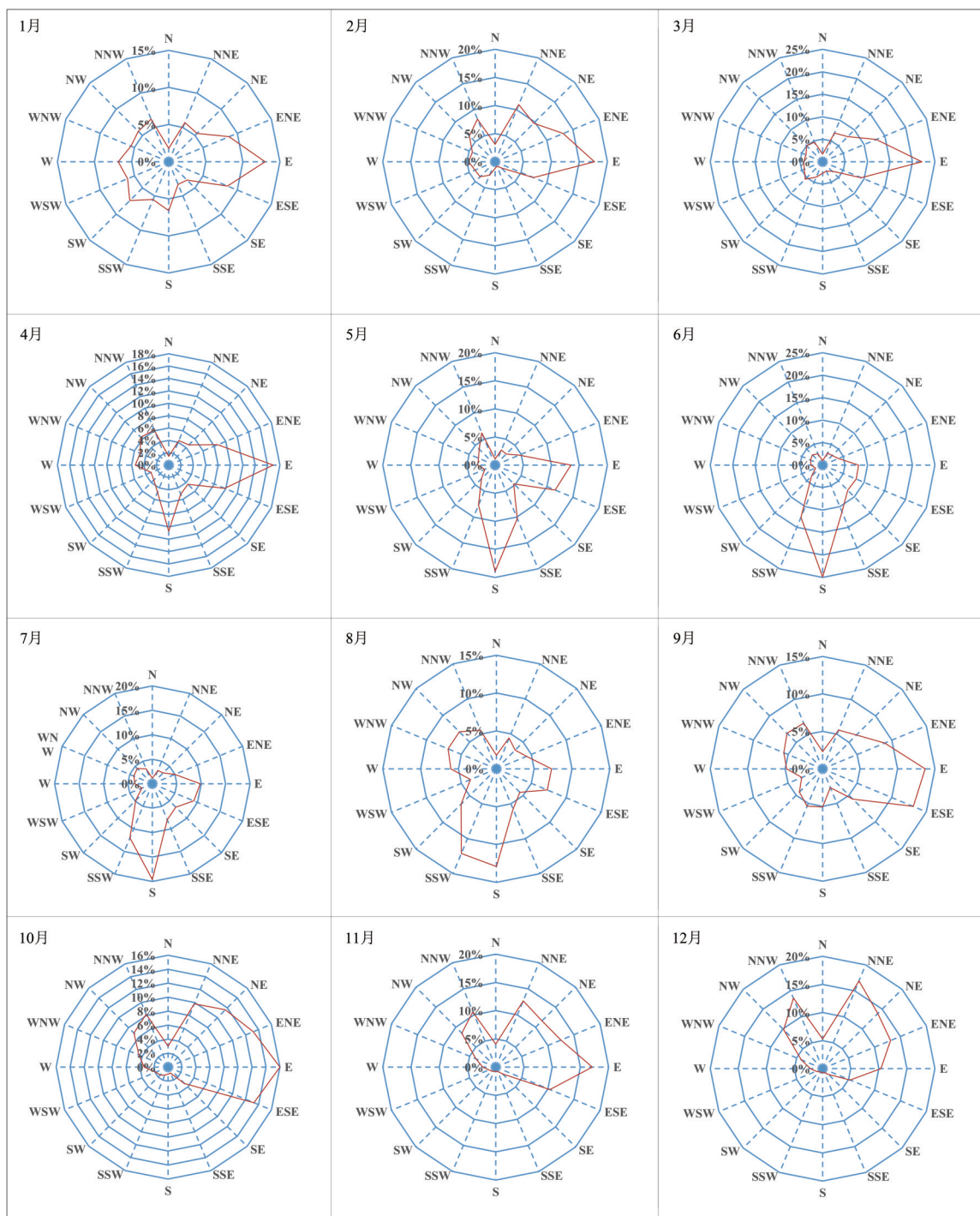


图5 2011—2020年住宅小区多年平均的逐月风向频率玫瑰图

Fig. 5 The rose diagram of wind direction frequency in every month around the residential district during 2011-2020

表2 三维风环境模拟情景¹⁾

Table 2 Three dimensional wind environment simulation

模拟情景	模拟月份	模拟风向
01	1~4和9~11月,全年	E
02	5~8月	S
03	12月	NNE

1) 各情景模拟风速均为2.2 m/s。

的裙楼的影响, 入口处建筑拐角的风速增大效应较情景01明显减弱, 仅18栋西拐角和21栋东、西拐角处风速有所加大, 在2.5~2.8 m/s之间(2级风), 下风向的风速快速减弱, 没有形成明显的通风廊道。小区内部, 较大风速区域面积也较情景01减少, 仅3-4栋之间的区域风速较大, 在2.5~2.8 m/s之间, 局地达3 m/s, 其风速比为1.4, 这些

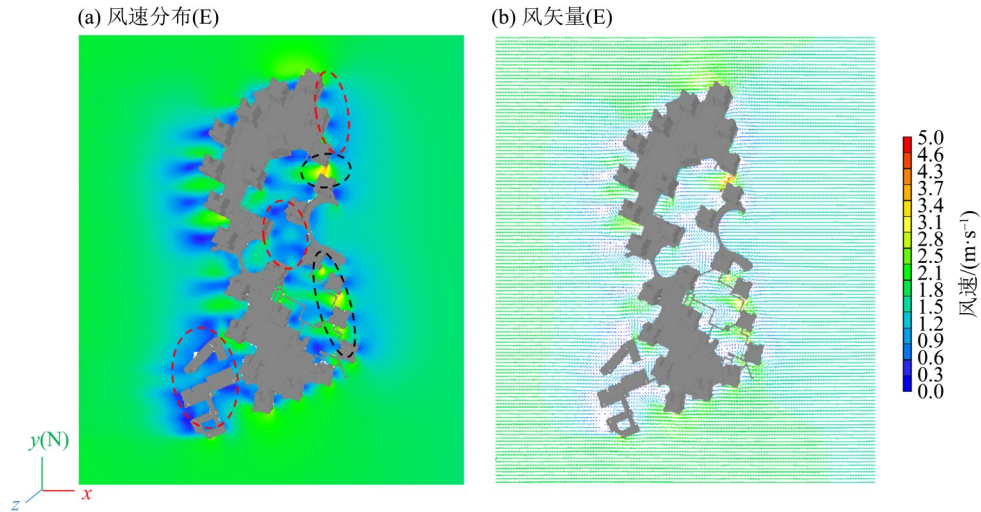


图6 情景01的风环境模拟结果

Fig. 6 Wind environment simulation for scheme 01 (a)wind speed,(b) wind vector

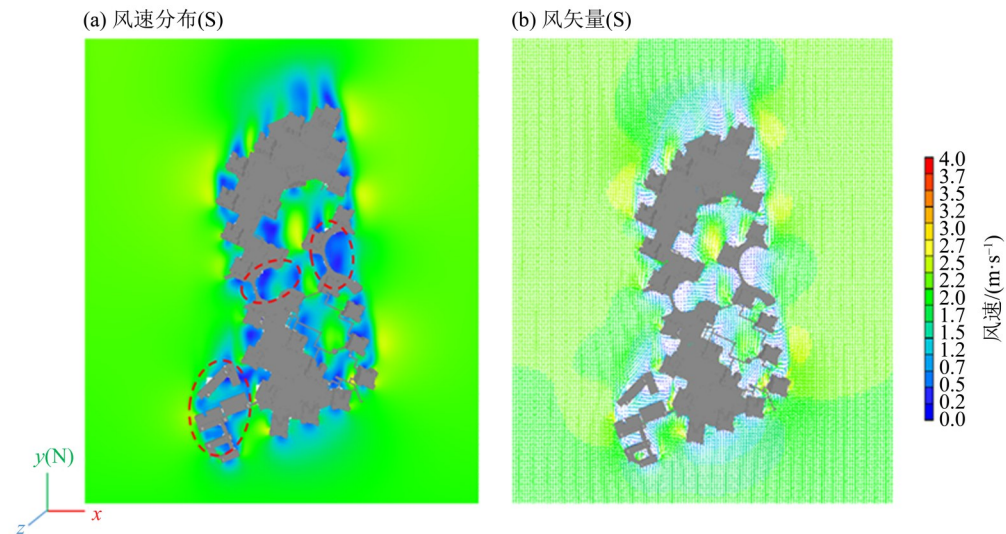


图7 情景02的风环境模拟结果

Fig. 7 Wind environment simulation for scheme 02 (a)wind speed,(b) wind vector

区域通风条件好, 满足舒适性条件。另外, 从图中还可以看到, 由于小区的建筑群呈南-北向分布, 南风下建筑群外围风速较大, 12栋西拐角, 6栋、8栋及22栋东拐角, 这些区域风速在2.5~2.8 m/s之间, 也满足舒适性条件。

南侧一排建筑迎风面上也有小风速区, 但不太明显, 北侧一排建筑背风面有明显的尾流区, 风速在1 m/s以下, 且尾流区影响的范围也较大。小区内部, 低风速区明显, 4栋、5栋和24栋中间区域, 3栋、14栋、15栋和25栋中间区域, 2-3栋中间区域, 15-16栋中间区域, 20栋、27栋、26栋背风面, 地块三幼儿园区域和小学大部分区域以及其余部分建筑背风面风速也在1.0 m/s以下,

局地风速低于0.5 m/s(吹一级风甚至静风)。这些区域通风条件差, 不利于污染物扩散, 可能会导致建筑周围散热困难, 增加夏季室内空调负荷, 舒适性也差。

3.1.3 情景03 东北偏北风下的CFD风环境模拟
由图8情景03地面1.5 m处的风速分布和风矢量可以看出, 吹东北偏北风时, 东侧一排建筑的5-6栋, 23-24栋及21-22栋之间, 21栋东拐角以及小区内部的24-25栋之间, 这些区域风速较大, 在2.5~2.8 m/s之间(2级风), 最大风速比为1.3, 通风条件好, 也满足舒适性条件, 但风速沿下风向明显减弱, 没有形成明显的通风廊道。

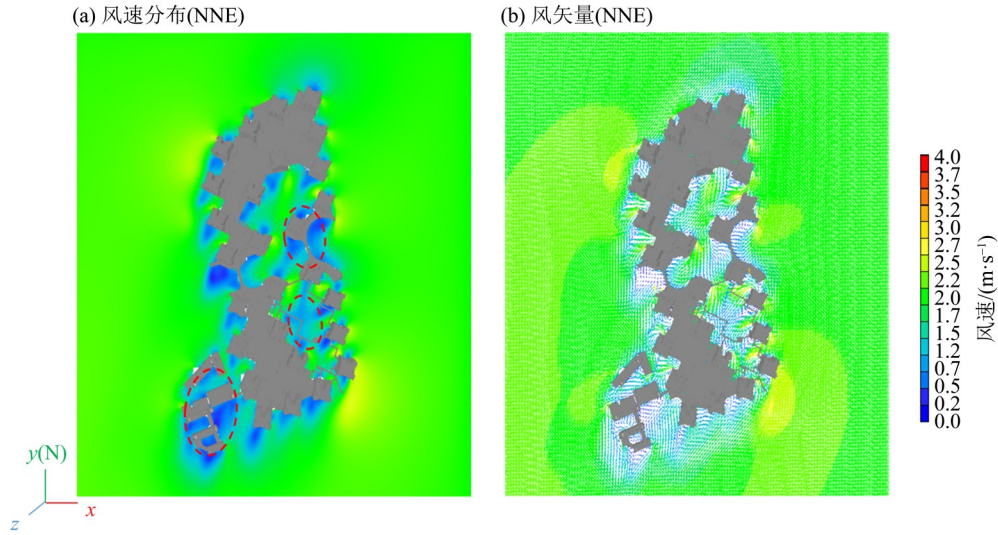


图 8 情景 03 的风环境模拟结果

Fig. 8 Wind environment simulation for scheme 03 (a)wind speed,(b) wind vector

建筑迎风面的小风速区不明显, 仅最北侧一排建筑的迎风面有小面积小风速区。而各建筑的背风面都有明显的尾流区, 风速在 1 m/s 以下, 且尾流区影响的范围较大。小区内部, 4 栋、5 栋及 24 栋所围成的区域, 22 栋、23 栋、26 栋和 27 栋所围成的区域以及地块三整个区域风速都在 1 m/s 以下, 尤其地块三小学区域和 14 栋西南侧, 风速最小, 这些区域通风效果差, 也不满足舒适性条件。

3.2 没有裙楼时的 CFD 风环境模拟

由图 9 可以看出, 去掉成片的裙楼之后, 不同主导风向下, 小区内部的风环境均有较大变化。吹东风时, 小区内部的通风条件和舒适性条件有较大改善。没有建筑阻挡, 地块一和地块二之间的区域形成一条明显的通风廊道, 风速基本在

2.8 ~ 3.4 m/s 之间(2 ~ 3 级风, 有裙楼时此区域风速在 1.9 m/s 以下), 风速比在 1.6 以下, 但 3 栋南拐角局地风速达 5 m/s, 风速比达 2.2; 3-4 栋之间、4-5 栋之间风速也较情景 01 明显增大, 在 2.5 ~ 3.0 m/s 之间(2 级风, 有裙楼时此区域风速在 1.3 m/s 以下); 6-7 栋之间、7-8 栋之间风速也加大至 2.8 ~ 3.1 m/s 之间(2 级风, 有裙楼时此区域风速在 1.3 m/s 以下), 这些区域通风条件好, 也满足舒适性条件, 3 栋、4 栋、24 栋和 25 栋中间的小风速区和地块一东入口处的风环境均有明显改善。小区内部其余大部分建筑之间东西向通道上的风速也有所增加, 风环境有所改善。另外, 5-6 栋之间区域的最大风速比仍为 1.8。但地块三以及 16 栋 17 栋与地块三之间的区域风速仍明显偏小。

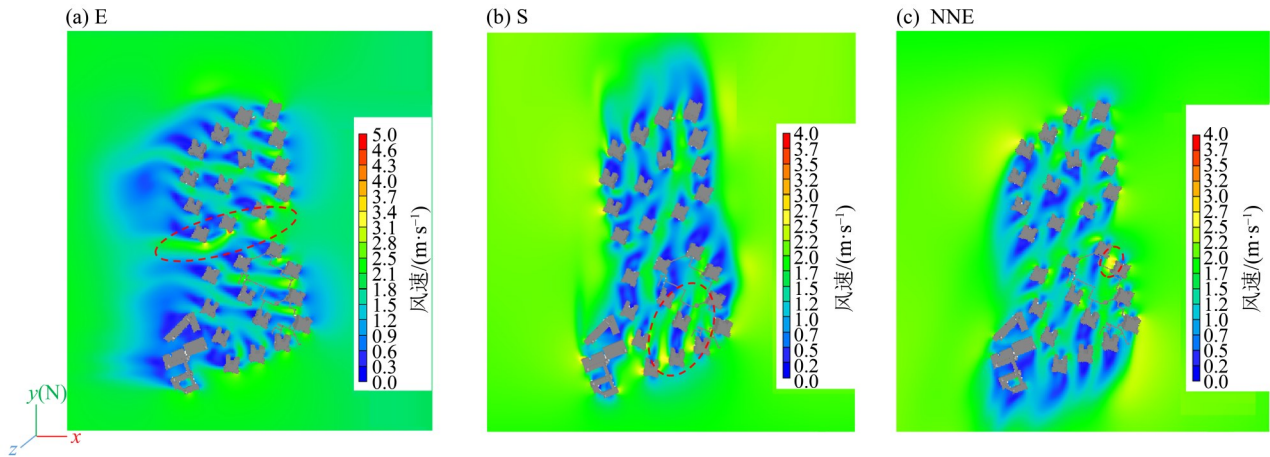


图 9 没有裙楼时 3 个模拟情景下的风速分布

Fig. 9 Wind speed under three kinds of simulation schemes without podium building

吹南风时,小区内部的风环境与情景 02 差异较大,入口处通风条件明显改善,18-19 栋之间、19-20 栋之间风速在 2.3~2.8 m/s 之间(2 级风,有裙楼时此区域风速在 1.5 m/s 以下),风速沿下风向缓慢减弱,但仍形成通风廊道,17 栋与地块三之间的区域风速也明显加大,在 2.3~2.8 m/s 之间(2 级风),局地达 3.0 m/s,6 栋~8 栋与 1 栋 9 栋之间的区域风速也加大至 2.2~2.5 m/s 之间(2 级风),这些区域通风条件好,也满足舒适性条件,而 3-4 栋之间的风速则减弱至 1.8~2.0 m/s 之间,22 栋~26 栋背风面的小风速区较情景 02 更明显,地块三的风速仍明显偏小。另外,小区外部 13 栋西拐角,小学西拐角的风速也有所增大。

吹东北偏北风时,入口处虽然没有明显的通风廊道,但其建筑拐角的风速仍较情景 03 加大至 2.2 m/s 左右,23-24 栋之间、24 栋北拐角、26 栋东南角、15 栋北侧和东侧拐角风速较情景 03 有所加大,在 2.3~2.8 m/s 之间(2 级风),23-24 栋之间区域局地可达 3.3 m/s,风速比为 1.5(有裙楼时此区域风速在 2 m/s 以下),4 栋、5 栋与 24 栋中间的小风速区,22 栋、23 栋与 26 栋和 27 栋中间的小风速区的风环境均有所改善。地块三的风速仍明显偏小,建筑背风面的小风速区则较情景 03 更明显。

综上模拟结果,无论是否有裙楼,三个风向下,小区行人区风环境都基本满足《中国生态住区技术评估手册》的要求,即风速小于 5 m/s,风速放大系数小于 2,仅去掉裙楼后,东风下,3 栋南拐角局地风速达 5 m/s,风速比达 2.2。而通风条件和舒适度情况受裙楼影响,也因风向而异。有裙楼时,东风下,入口处有通风廊道,南风 and 东北偏北风下,均没有明显的通风廊道,小区内部通风条件好,舒适性好的区域较分散,但基本都集中在小区东侧。三个风向下,小区内部都有较大面积的风速在 1 m/s 以下小风速区,这些区域通风条件差,不利于污染物扩散,可能会导致建筑周围散热困难,增加夏季室内空调负荷,也不满足舒适性条件。没有裙楼时,东风下,地块一和地块二之间的区域形成一条明显的通风廊道,3 栋、4 栋、24 栋和 25 栋中间的小风速区和地块一东入口处的风环境有明显改善,小区内部其余大部分建筑之间东西向通道上的风环境也有所改善,但地块三以及 16 栋 17 栋与地块三之间的区域风速仍明显偏小。南风时,入口处通风条件明显改善,其中,18-19 栋之间、19-20 栋之间都形成通风廊道,17 栋与地块三之间的区域风速也明显加大,但 3-4 栋之间的风速则有

所减弱,22 栋~26 栋背风面的小风速区更明显,地块三的风速仍明显偏小。东北偏北风时,入口处虽然没有明显的通风廊道,但其建筑拐角的风速仍有所加大,地块一和地块二的两个小风速区的风环境均有所改善,但建筑背风面的小风速区则更明显,地块三的风速仍明显偏小。

4 结 论

住宅小区的风环境与人们的生活息息相关,本文根据自动气象站数据,以珠海某住宅小区所在地不同月份的主导风向为背景风,利用 PHOENICS 软件对小区风环境进行 CFD 数值模拟,分析有裙楼和没有裙楼两种建筑布局下小区室外的通风条件和舒适性情况,以期为住宅小区风环境的优化设计提供参考。结论如下:

1) 小区不同月份的主导风向有所不同,总体而言,夏季为偏南风,冬季为偏东和东北偏北风,其余月份基本为偏东风。去掉裙楼后没有大面积建筑阻挡,3 个主导风向下小区风速的不均匀性均有所减小,通风廊道增加,如吹东风时地块一和地块二之间的通风廊道,以及吹南风时 18~20 栋建筑之间的通风廊道,大面积的小风速区减少,风环境较有裙楼时有所改善。

2) 无论是否有裙楼,小区的通风条件和舒适度均因风向而异,来流风只能通过建筑之间的通道在小区内部流通,如果来流风向与建筑间的通道夹角小,建筑对风的阻挡削弱作用小,来流风可以更好的通过建筑之间,同时迎风面上挡风面积小,风扰流在建筑两侧拐角堆积产生的风速增大效应,使得楼与楼之间风速增大,形成通风廊道,通风条件较好,例如吹东风和南风时,入口处建筑通道与来流风向趋于平行,入口建筑间形成通风廊道。如果来流风向与建筑间的通道夹角大,迎风面上挡风面积大,迎风气流受阻,则小区的风速明显减弱,通风条件较差,如吹东北偏北风时,小区没有明显通风廊道,整体风速较小,且容易导致小区风速分布不均匀,如有裙楼时三个风向下都出现大面积小风速区。

综上,住宅小区风环境受建筑布局和风向共同影响,住宅小区在规划设计时应参考当地的主导风。利用数值模拟方法可以评价小区的风环境,对住宅小区的规划设计、建筑布局有重要参考价值,但本文仅对住宅小区室外风环境进行模拟分析,没有考虑建筑周围的风压,而建筑周围的风压对室内通风有很大影响,值得进一步研究。

参考文献:

- 村上周三,2007. CFD与建筑环境设计[M].北京:中国建筑工业出版社.
- 李琼,持田灯,孟庆林,等,2011.建筑室外风环境数值模拟的湍流模型比较[J].华南理工大学学报(自然科学版),39(4):121-127.
- 陆谢贵,2020.基于LES模型的城市风环境及污染物扩散研究[D].厦门:厦门大学.
- 聂梅生,秦佑国,江亿,等,2007.中国生态住区技术评估手册[M].北京:中国建筑工业出版社.
- 秦云,张耀春,王春刚,2003.计算流体动力学在建筑风工程中的应用[J].哈尔滨工业大学学报,(8):977-981.
- 孙宝德,2022.基于室外风环境与热环境对人体舒适度的数值分析[D].烟台:烟台大学.
- 王珍吾,高云飞,孟庆林,等,2007.建筑群布局与自然通风关系的研究[J].建筑科学,23(6):24-27,75.
- 谢勇,2012.基于CFD的大空间建筑自然通风优化设计[D].广州:华南理工大学.
- 夏冬,王静,孙丽焯,等,2019.珠海市某标志性超高层建筑群的室外风环境及舒适性模拟[J].中山大学学报(自然科学版),58(4):42-52.
- 叶青,2018.广州地区适宜风环境导向的居住区室外空间设计研究[D].广州:广州大学.
- 赵彬,林波荣,李先庭,等,2002.建筑群风环境的数值模拟仿真优化设计[J].城市规划汇刊,(2):57-58,61.
- 张伯寅,桑建国,吴国昌,2004.建筑群环境风场的特性及模拟——风环境模拟研究之一[J].力学与实践,(3):1-9.
- 中国工程建设标准化协会,2012.建筑结构荷载规范GB 50009-2012[S].北京:中国建筑工业出版社:30-33.
- 张巍,2013.住宅小区风环境及热环境的模拟研究[D].武汉:华中科技大学.
- ASFOUR O S,2010.Prediction of wind environment in different grouping patterns of housing blocks [J].Energy and buildings,42(11):2061-2069.
- BLOCKEN B,JANSSEN W, van HOOFF T,2011.CFD simulation for pedestrian wind comfort and wind safety in urban areas: General decision framework and case study for the Eindhoven University campus[J]. Environ Model Softw,30:15-34.
- HANG J,LI Y,SANDBERG M, et al,2012.The influence of building height variability on pollutant dispersion and pedestrian ventilation in idealized high-rise urban areas[J]. Build Environ,56:346-360.
- HASSID S,SANTAMOURIS M,PAPANIKOLAOU N, et al,2000.The effect of the Athens heat island on air conditioning load[J]. Energy Build,32(2):131-141.
- HE K B,HUO H,ZHANG Q,2002. Urban air pollution in China: Current status, characteristics, and progress[J]. Annu Rev Energy Environ,27:397-431.
- HIRANO Y, FUJITA T,2012.Evaluation of the impact of the urban heat island on residential and commercial energy consumption in Tokyo[J].Energy,37(1):371-383.
- MIRZAEI P A,HAGHIGHAT F,2010. A novel approach to enhance outdoor air quality: Pedestrian ventilation system [J]. Build Environ,45(7):1582-1593.
- TAKAHASHI K,YOSHIDA H,TANAKA Y, et al,2004.Measurement of thermal environment in Kyoto city and its prediction by CFD simulation [J].Energy Build,36(8):771-779.
- PARK M,HAGISHIMA A,TANIMOTO J, et al,2012.Effect of urban vegetation on outdoor thermal environment: Field measurement at a scale model site[J]. Build Environ,56:38-46.
- SANTAMOURIS M,CARTALIS C,SYNNEFA A, et al,2015. On the impact of urban heat island and global warming on the power demand and electricity consumption of buildings—A review[J].Energy Build,98:119-124.
- SOLIGO M J,IRWIN P A,WILLIAMS C J, et al,1998. A comprehensive assessment of pedestrian comfort including thermal effects[J]. J Wind Eng Ind Aerodyn,77/78:753-766.

(责任编辑 秦社彩)