

某绿色建筑风环境数值模拟分析

李立力^{a,b}, 张亮亮^{a,b}, 刘纲^{a,b}, 刘书洋^a, 郑尚龙^a

(重庆大学 a. 土木工程学院; b. 山地城镇建设安全与防灾协同创新中心 重庆 400045)

摘要:以青岛某绿色建筑项目为例,分析了室外风环境对人生活及环境的影响。通过查阅有关青岛地区典型气象年的参数确定了 3 种模拟工况,根据 k- ϵ 湍流模型的控制方程及当地地形条件、基本风速和所在高度等因素,模拟出该位置的平均风速及压力差。通过对各项风环境指标的分析,得出结论:冬、夏两季建筑 1.5 m 高度处人行区域的风速均低于 5 m/s,气流较平缓,符合行人舒适性,对于风速较高的迎风面转角和风通道处,可以通过在该区域种植植被来降低该区域的风速。建筑物表面压力差小于 5 Pa,有利于夏季通风并且符合冬季防风要求。该项目达到中国绿色建筑评价的标准,可以为今后绿色建筑规划建筑设计提供参考。

关键词:绿色建筑;风环境;数值模拟;风速分布

中图分类号: TU201.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-4764(2015)S1-0215-04

Wind environment simulation of green building

Li Lili^{a,b}, Zhang Liangliang^{a,b}, Liu Gang^{a,b}, Liu Shuyang^a, Zheng Shanglong^a

(1. School of Civil Engineering; 2. Key Laboratory of New Technology for Construction of Cities in Mountain Area, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China)

Abstract: Taking a green building project in Qingdao as an example, this paper analyzes the influence of outdoor wind environment on people's life and environment. Through access to relevant parameters in Qingdao area of typical meteorological year identified three kinds of simulation conditions, according to the k- ϵ turbulence model and the control equation and local terrain conditions, basic wind speed and seat height simulated the position of average wind speed and pressure difference. Through the analysis of the wind environment index, the conclusion is that the wind speed of the 1.5m height in the two seasons of winter and summer is lower than 5 m/s, the air flow is smooth, and for the high wind speed, the wind speed of the region can be reduced by planting vegetation in this region. Building surface pressure difference is less than 5Pa, is conducive to the summer ventilation and meet the requirements of winter wind. The project reached the standard of green building evaluation, and can provide a reference for the construction of green building design in the future.

Key words: green building; wind environment; numerical simulation; wind speed distribution

目前,中国政府大力开展绿色建筑行动,以绿色、循环、低碳理念指导城乡建设。在国家 2006 年颁布的《绿色建筑评价标准》以及随后各地方政府出

台的绿色建筑标价标准中,都对绿色建筑的室外环境提出了指标要求,尤其是室外风环境状况有明确的要求,《绿色建筑评价标准》规定,建筑周边人行区

收稿日期:2015-11-10

作者简介:李立力(1989),男,博士生,主要从事结构健康监测研究,(E-mail)lilili269@126.com。

张亮亮(通信作者),男,教授,博士生导师,(E-mail)mrllzhang@163.com。

域距地面 1.5 m 高度处风速均小于 5 m/s^[1]。

由于高层建筑越来越多,再生风和二次风环境问题日益凸显,因建筑单体设计和群体布局不当而导致行人举步维艰或强风卷刮物体撞碎玻璃等的事例很多。而通风不畅则会严重地阻碍空气的流动,在某些区域形成无风区或涡旋区,这对于室外散热和污染物消散是非常不利的^[2]。所以绿色建筑项目在规划设计阶段就要对风环境进行模拟分析,并通过合理的布局以及其他手段改善室外风环境,本文将采用 CFD 软件 FLUENT 对青岛某星级绿色建筑项目进行室外风环境模拟分析。

1 项目介绍

该项目地块位于青岛市西部滨海片区的欢乐滨海城,根据多年气象资料表明,青岛年平均气温为 13.2 ℃,极端最高气温为 38.9 ℃,极端最低气温为-10.9 ℃;常年主导风向为 NNW 风,频率为 15%,次主导风向为 S 风,频率为 14%;常年平均静风频率为 2%;风速最大的风向为 NNW,年平均风速为 5.5 m/s;次之为 N 风,其年平均风速为 5.2 m/s。夏季的风速最大。冬季 12 月份风速最大,年均风速为 4.9 m/s。

2 数值模拟方法

2.1 数学模型

建筑物在大气边界层内作为风流动中的障碍物存在,其周边的流动有气流撞击、分离、在附着和环流等物理现象组成,建筑物周围的流动风,是大气边界层中的低速不可压缩湍流过程^[3]。流动风的基本控制方程包括质量和动量守恒,根据 $k-\epsilon$ 湍流模型的控制方程如下

质量守恒:

$$\partial u_j / \partial x_j = 0. \quad (1)$$

动量方程:

$$\begin{aligned} \partial u_j / \partial t + \partial u_i u_j / \partial x_j = \\ - \partial p / \rho \partial x_i + \partial / \rho \partial x_j (\mu \partial \mu_i / \partial x_j - \overline{u_i' u_j'}). \end{aligned} \quad (2)$$

湍流动能方程:

$$\partial k / \partial t + \partial k u_i / \partial x_j = \partial / \rho \partial x_j (\Gamma \epsilon \partial \epsilon / \partial x_j) + P_k - \epsilon. \quad (3)$$

湍流动能耗散守恒:

$$\begin{aligned} \partial \epsilon / \partial t + \partial \epsilon u_i / \partial x_j = \\ \partial / \rho \partial x_j (\Gamma \epsilon \partial \epsilon / \partial x_j) + \epsilon / k (C_{1\epsilon} P_k - C_{2\epsilon} \epsilon). \end{aligned} \quad (4)$$

式中: u_i 为 x_i 方向的风速瞬时值, m/s; ρ 为空气密

度, kg/m³; k 为湍流动能, m²/s²; P_k 为湍流动能 k 的速度梯度引起的生成项, m²/s²; $C_{1\epsilon} = 1.44$; $C_{2\epsilon} = 1.92$ 。

2.2 边界条件设置

根据当地地形条件、基本风速和所在高度等因素,确定该位置的平均风速,具体公式如下

$$U(h) = \begin{cases} U_{\text{met}} \left(\frac{d_{\text{met}}}{H_{\text{met}}} \right)^{\infty_{\text{met}}} \left(\frac{h}{a} \right), & h < d \\ U_{\text{met}} \left(\frac{d_{\text{met}}}{H_{\text{met}}} \right)^{\infty_{\text{met}}}, & h \geq d \end{cases} \quad (5)$$

式中: $U(h)$ 为高度 h 的风速; h 为建筑物高度; d 为梯度风高度; ∞_{met} 为地形因素; d_{met} 为气象站所在位置的边界层厚度; H_{met} 为风速仪的位置; U_{met} 为气象站测量风速; 其中 $\infty_{\text{met}} = 0.14$, $d_{\text{met}} = 270$, a 和 d 具体取值根据本项目所在地形特点,选定丘陵及中小城市值, $\infty = 0.16$, $d = 350$ 。

具体风向及风速,根据《中国建筑热环境分析专用气象数据集》中青岛地区典型气象年的参数确定 3 个模拟工况^[4],如表 1 所示。

表 1 室外气象参数统计

季节	主导风向	风速/(m · s ⁻¹)	风向频率/%
夏季	SE	2.5	15
过渡季	S	4.1	17
冬季	NNE	2.3	21

2.3 几何模型

风环境模拟区域的大小与模拟的真实性密切相关,在《绿色建筑设计规范》中,参考 COST(欧洲科技研究领域合作组织)和 AIJ(日本建筑学会)风工程研究小组的研究成果,提出目标建筑为中心,半径 5 H 范围内为水平计算域,建筑上方计算域要大于 3 H 的要求,根据此要求建立模型。(见图 1、图 2)

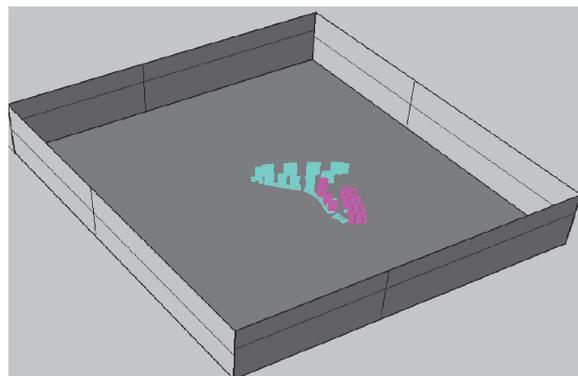


图 1 风环境模拟几何模型

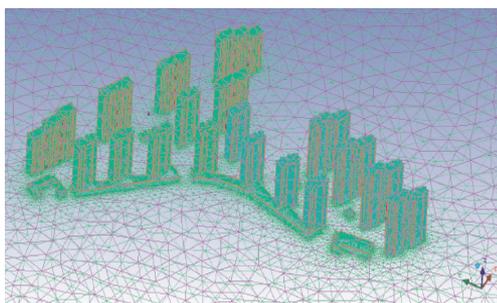


图2 风环境模拟网络划分

的环境空气质量下降。

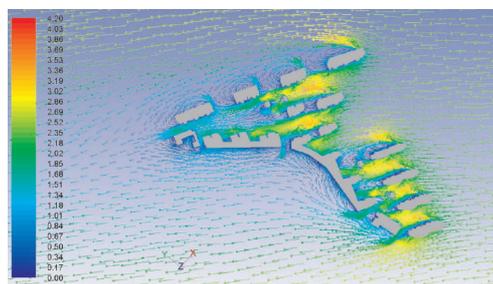


图3 夏季1.5 m处风速分布矢量图

2.4 网格验证

验证网格独立解,划分不同数量的网格,并且监视3~5个温度及速度值梯度变化较大的点,并且比较不同网络数量下相同位置的点的速度、温度值,变化范围在5~10%以内可近似看作网络符合要求;验证避免函数,保证大部分靠近壁面网络的无量纲壁面函数值 $y^+ \in (30, 200)$ 。

同时满足以上2点要求后,可使用此网络进行计算,否则应重新划分网络或对网络进行加密。

3 模拟结果及分析

根据《绿色建筑评价标准》规定以及相关研究表明:建筑物周围人行区风速低于5 m/s,不影响室外过冬的舒适性和建筑通风,以冬季作为评价季节,是因为大多数城市冬季来流风速在5 m/s的情况较多。夏季、过渡季自然通风对于建筑节能十分重要,此外,还涉及室外环境的舒适度问题。夏季大型室外场所恶劣的热环境,不仅会影响人的舒适感,当超过极限值时,长时间停留还会引发高比例人群的生理不适直至中暑。

3.1 模拟结果

图3和图4分别为本项目夏季1.5 m高度处人行区域风速矢量及风速分布,风来流方向为东南方向。如图所示,本区域内1#至8#楼建筑周围人行区域1.5 m处的最高风速达约3.9 m/s,出现在迎风面转角和风通道处,可以通过在该区域种植植被来降低该区域的风速。建筑周围人行区域1.5 m处的主要风速分布在1.5~3.5 m/s之间,整个区域内的风速均低于绿色建筑评价标准所规定的5 m/s,因此,该区域气流较平缓,符合行人舒适性。从该区域的流场分布来看,没有形成大的涡流区影响整个区域的空气质量。但在北面局部建筑的凹角处形成了一些较小涡流区,这些区域容易发生灰尘及污染物的聚积,环境卫生需要特别注意,以防止这些区域

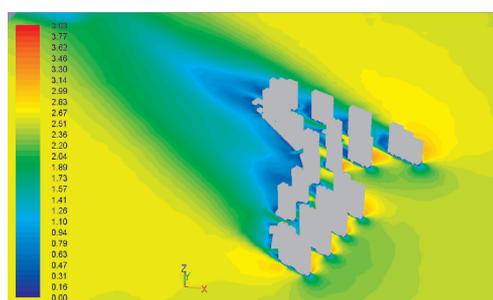


图4 夏季1.5 m处风速分布云图

图5和图6建筑物表面压力分布,由于夏季的主为东南风,室外风压值为-10.64~7.2 Pa,建筑物表面压力差约为1~4.1 Pa,满足绿色建筑评价标准所规定值。由于东南角建筑群的建筑面位于迎风面上。因此,这些建筑的前后表面风压差较大,可以通过在该建筑南面地区种植绿化植物来降低风压,降低风压有利于夏季通风。

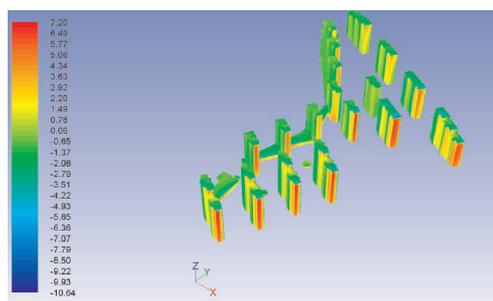


图5 夏季1.5 m处建筑迎风面表面压力分布

图7和图8为冬季建筑周围1.5 m处风速分布,根据计算分析,本项目1#至8#楼周围人行区域1.5 m高处最大风速约为3.8 m/s,出现在建筑群的中部东北至西南方向通道。而人行区域1.5 m高处最小风速约0.15 m/s,出现在建筑物凹角处。整个区域风速均没有超过绿建评价标准规定的5 m/s,项目内建筑周边人行区域气流平缓,符合行人舒适性。

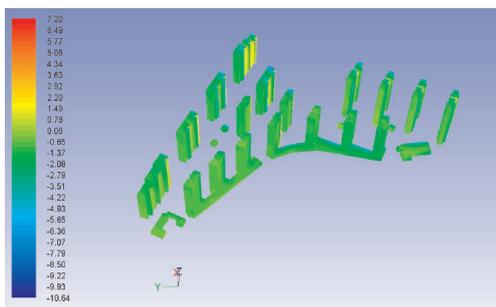


图 6 夏季 1.5 m 处建筑背风面表面压力分布

从整个区域的流场分布来看,建筑内凹处容易出现涡流,会引起热量和污染物积累。因此,在建筑设计时应该避免通风口设计成内凹形状。

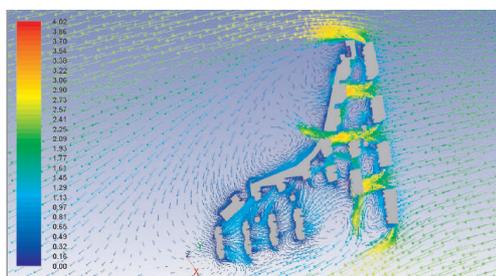


图 7 冬季 1.5 m 处风速分布矢量图

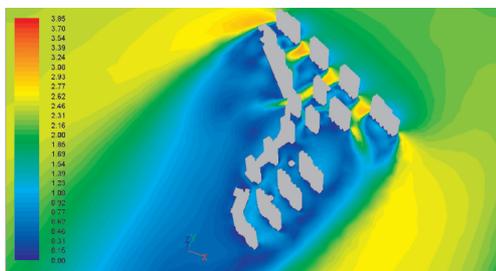


图 8 冬季 1.5 m 处风速分布云图

图 9 和图 10 为建筑物冬季表面压力分布,由于冬季主导风向为 NNE,而项目受到二三期高层建筑 的遮挡,所以项目中建筑受冬季东北风影响较小,压 差小于 5 Pa,有利于防风要求。

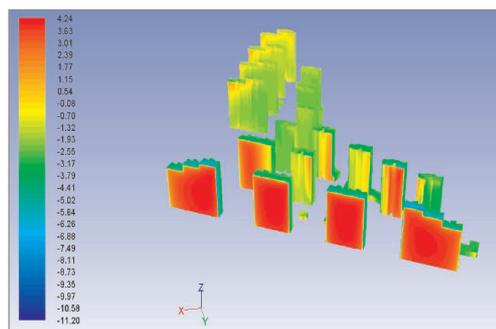


图 9 冬季 1.5 m 处迎风面压力分布云图

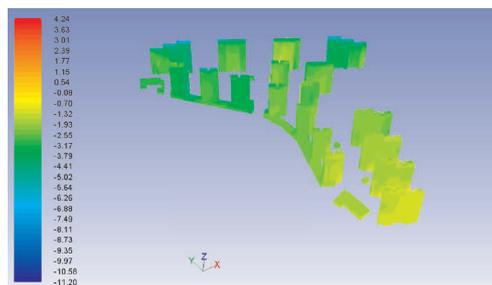


图 10 冬季 1.5 m 处背风面压力分布云图

3.2 结果分析

通过模拟结果可以得出:本项目各建筑单体与 青岛当地主导向建筑朝向相符,且建筑周边人行区 域距地 1.5 m 高度处风速均小于 5 m/s。夏季主导 风向 SE,平均风速 2.5 m/s 情况下,楼表面压差 1~ 4.1 Pa,有利于夏季自然通风,冬季 1-4#楼表面压 差小于 2 Pa,5-8#楼表面压差小于 5 Pa,有利于防 风要求。本项目符合《绿色建筑评价标准》有关室 外风环境的各项要求。

4 结 语

室外环境中风的状况直接影响着人们的生活, 而风环境状况不仅仅与当地气候有关,还与建筑物 的体型、布局等因素有关。文中的绿色建筑项目, 通过合理的建筑布局以及绿色植物在空间和平面 上的合理搭配,营造出符合国家标准的良好室外风 环境,为该地区建筑项目规划、设计提供经验。室 外风环境是绿色建筑评价中的重要指标,小区中良 好的风环境不仅为居民提供优良的生活环境,而且 可以节约能源。因此,在规划设计的初期就要重视 项目风环境的分析、优化,创造舒适环保的室外 空间。

参考文献:

[1] GB/T 50378—2006. 绿色建筑评价标准[S].
 [2] 邢欣,王刚. 绿色植物在建筑风环境设计中的应用[J]. 青岛理工大学学报,2011,32(2):84.
 [3] 陈伟,梁境. 某小区建筑风环境数值模拟分析研究[J]. 建筑节能,2011,06:17-19.
 [4] 熊安元,王伯民,朱燕君,等. 中国建筑热环境分析专用数据集[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005.

(编辑 侯 湘)