

小区风环境研究与分析

汤亦豪¹, 栗志钢¹, 刘臻婧¹, 郭赖晗²

(1. 湖南省气候中心, 410011; 2 湖南省益阳市南县气象局, 413200)

关键字: CFD, 微气候, 风环境

1 前言

随着社会经济的不断发展和城市化进程的加快, 城市空间更加紧凑, 加上日益增加高密度的人口聚集, 城市微气候变的更加复杂。早在 2007 年联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 就提出极端天气事件呈现不断增多增强的趋势^[1]。世界银行预计 2050 年世界人口将增加 30 亿, 且超过 68% 的居民将居住在城市^[2]。小区作为城市中人口最密集的单元之一是最易受灾害的地方往往也是最容易被忽视的地方^[3]。到 2020 年为止, 我国常住人口城镇化率达到 63.89%^[4], 城市高楼林立, 城市效应显著 (例: 城市狭管效应), 风环境问题日益突出, 近年来, 国内也出现聚焦城市小尺度的研究致力于更好的评价、规划城市环境^{[5][6]}。本文以湘乡某住宅小区为例, 采用基于有限体积法的计算流体力学 (CFD) 方法对小区风环境展开精细化仿真求解,

2 方法

小区风环境模拟选用 PHOENICS^[22] 进行 CFD 模拟, 由于小区建筑为不规则物体, 计算采用守恒性好且能处理复杂网格的有限体积法进行计算, 湍流模型采用标准两方程模型 (标准 k- ϵ 模型方程) 求解, 在本次模拟中, 设定 20℃ 恒温, 湍流经验参数: 湍动能普朗克常数 $\sigma_k=1.3$, 耗散率的普朗克常数 $\sigma_\epsilon=1$ 和湍流近似的三个系数分别为 $C_{1\epsilon}=1.44$, $C_{2\epsilon}=1.92$ 和 $C_\mu=0.08$, 涉及到的控制方程主要包括连续性方程、动量方程、能量方程的通用表达式如 3-1 所示^{[22][23]}:

$$\frac{\partial (\rho \phi)}{\partial t} + \text{div}(\rho \bar{U} \phi) = \text{div}(\Gamma_\phi \text{grad } \phi) + S \quad (3-1)$$

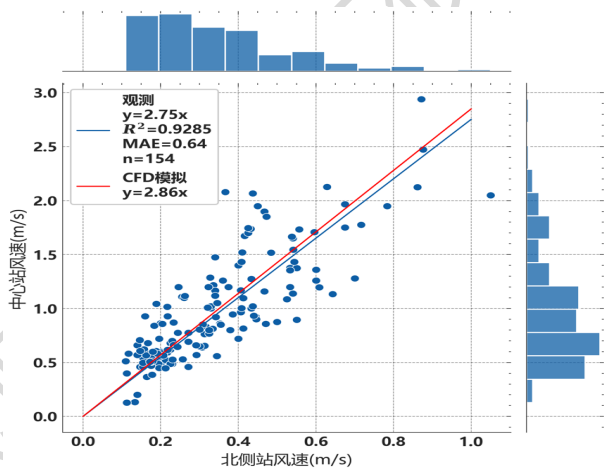
该式中的 ϕ 是速度、湍流动能、湍流耗散率以及温度等, 具体公式在此不列举。

[基金项目] 本文系湖南省气候中心山洪地质灾害防治气象保障工程 2021 年项目成果之一

本研究主要分析基于达到稳态时的模式结果。在迭代过程中，速度场、压力场等要素场需要一定的时间去耦合当前的建筑模型（动力适应），当本次模拟结果满足以下几个条件时认为结果准确：（1）残差收敛。（2）监测点数值随迭代波动小，可以忽略。（3）进出口物理量通量达到平衡（质量守恒）。

3 结果检验

在满足以上条件的基础上，笔者进一步验证合理性在小区的主导风向迎风处与小区中心设立便携式自动观测站（图 3-1）对小区气候数据进行连续实测，以了解小区风环境的实际特征，观测设备采用中环天仪 DZ-B2 型便携性观测站，观测时间段为 2021 年 11 月至 2022 年 4 月（湘乡气象站主导风向均为偏北风）。如图 4.1 所示，各测试点在测试时段内主导风向与模拟输入基本一致（来流为偏北风），北侧观测站受到 12 号建筑的影响风速较小主要集中在 0.2-0.3m/s，相反位于中心的气象台站处于 9 号建筑的角流区周边风速相对较大（约 0.6m/s），两点风速比有显著的线性相关性（ $R^2=0.93$ ），且模拟风速比（2.86）与实测风速比（2.75）差异较小，说明 CFD 模拟能够客观反应小区的建筑对风的流动的阻挡作用，可以认为模拟结果能够客观反应小区环境。



4 主要结论

- （1）由检验结果可以发现，CFD 模拟结果与实测结果有较好的一致性，CFD 模拟能够一定程度反应小区环境的风特征。
- （2）小区处于亚热带季风气候，冬夏主导风向大致相反，小区内风环境主要受风向和建筑形态的影响，冬季工况下，小区建筑表面风压差较小保证了建筑内的通风舒适性要求，人行高度风速较低，适合户外活动。夏季小区内没有出现旋涡和无风区，但部分建筑周边风速较低，不适宜在依靠建筑久坐和活动，小区中心风速较大。整体而言，小区室外风环境较好，保证了户外活动中的风环境舒适性。

(3) 小区换气能力主要受风速的影响，整个小区冬夏两季有较强的通风能力，夏季风速大导致小区内夏季空气龄比冬季小换气次数更大，更适合洁净空气进入小区与污染物扩散。

2022年气候预测与气候应用技术论坛