中新天津生态城中心CBD风环境数值分析

Numerical Simulation of Wind Environment of the CBD in Sino-Singapore Tianjin Eco-city

撰文 宋明洁 刘刚 卜雪旸 王英童

天津大学天津市建筑物理环境与生态技术重点实验室

摘 要 风环境作为绿色建筑评价中的一个重要方面，是城市规划时必须考虑的因素。通过采用CFD流体力学软件Airpak，建立中新天津生态城城市中心CBD的风环境数字化模型，模拟出小区整体的风速和风压分布状况。通过对数值模拟结果分析，得到中心CBD风环境相关参量的数据分布，为后续的方案优化提供了指导。

关键词 风环境 风速 风压

0 导言

中新天津生态城（以下简称中新生态城）是按照中国、新加坡两国政府签订的政府间合作协议在中国建设的生态宜居城市示范工程。

在生态宜居工程的建设中，人体的舒适度和安全是重要的因素，而气流是重要的影响因素之一。随着计算流体力学的发展，基于CFD（computational fluid dynamic）的各种流体力学的软件因其便捷省时和结果可靠的强大优势，被广泛用于室内及室外风环境的模拟和研究中。本研究基于以上理论，采用CFD软件Airpak对中新生态城城市中心CBD进行风环境的模拟与数据分析，并在此结果上提出改进措施。

1 风环境数字化模型

1.1 中新生态城概况

中新生态城选址于天津汉沽区。通过对土地资源、水资源和生态环境容量等资源承载力进行评估，形成“一岛三水六廊，一轴三心四片”的城市空间格局。城市中心CBD位于三心之一的城市主中心片区之内，一轴——生态谷从西北向东南贯通整个CBD的中心区。

据1981~2006年的气象数据统计，汉沽区冬季多西北风（NW），夏季多东南风（SE）。本文主要针对夏季和冬季的室外风环境进行模拟分析，具体气象数据如表1所示。

表1 汉沽夏季和冬季基本气象数据统计表

季节	平均风速(m/s)	平均温度	相对湿度(%)	主导风向
夏季	3.09	24.13	75.94	东南风(SE)
冬季	3.22	-0.18	59.27	西北风(NW)

1.2 计算边界条件

室外气流主要是指大气底层室外气流，一般属于低速流范围，且风速成典型的梯度分布，空气可作Boussinesq假设，为粘性、不可压缩流体。在不同的湍流模式理论中，采用数值波动较小、精度相对较高的标准k– ε 模型，包含流面的湍流脉动动能k及湍流脉动动能耗散率 ε 两个参量。

1.2.1 风速边界条件

（1）入口边界：风速随高度而变化。当风吹过地面时，受地面各粗糙表面影响而速度降低。对垂直方向风速分布的描述多用指数规律：$U_Z/U_0=[z/z_0]^a$，式中UZ代表垂直高度z位置的水平风速，U_0代表垂直高度z_0位置的水平风速，a代表幂指数，受地面条件影响，一般来说取0.14~0.40。本实验依据实际地形条件，取0.33。气象站处的地面条件与模拟地块的不同，因而在软件中做一定的修正。

（2）出口边界：定义出口为Approach自由出流边界条件，假

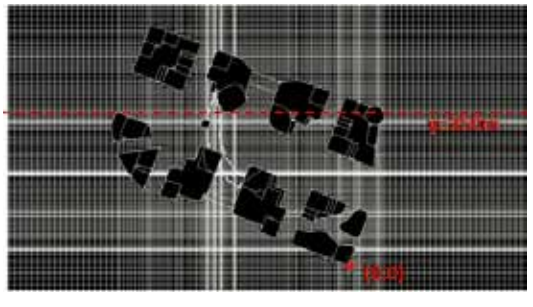

图1 垂直截面（y=350m）位置图

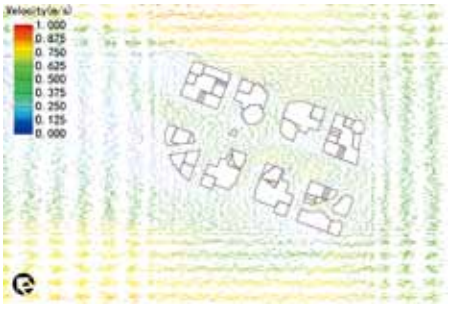

图2 夏季风速与压力分布图（z=1.5m）

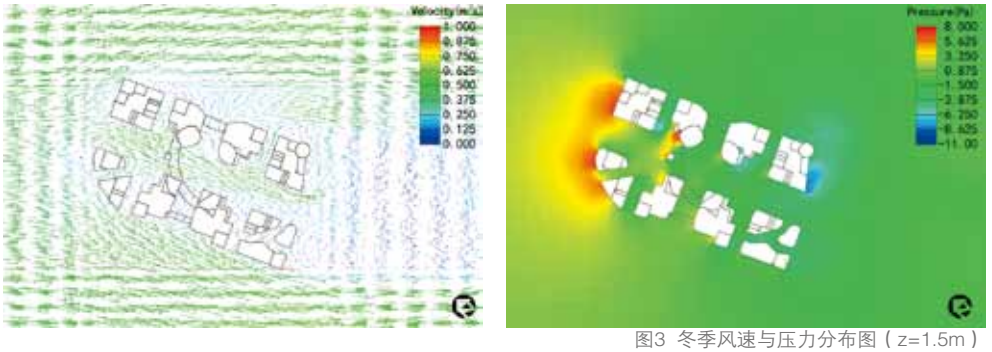

图3 冬季风速与压力分布图（z=1.5m）

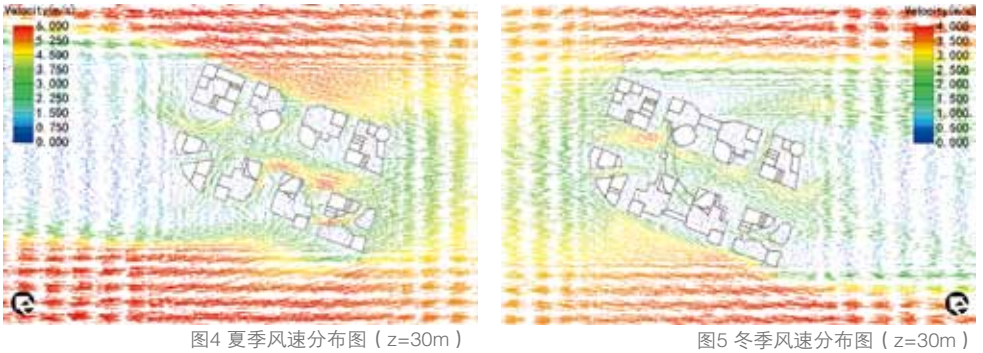

图4 夏季风速分布图（z=30m）　　图5 冬季风速分布图（z=30m）

定出流面上的流动已充分发展，流动已经恢复为无建筑阻碍时的正常流动，即出口相对压力为0。

1.2.2 计算区域

计算区域用来控制网格划分和计算，影响到模拟结果的准确性和真实性。城市中心CBD规划规模为570m×500m×288m，根据软件的计算区域控制原则和计算精度边界尺度界限，确定计算控制区域为3 000m×2 000m×800m。

2 数据分析

考虑到相关规范、人体舒适度要求以及本设计自身的情况，选取人行高度z=1.5m、屋顶平台高度z=30m两个水平截面以及经过最高建筑的垂直截面（y=350m）三个截面，分别对夏季和冬季两种情况进行分析。图1为垂直截面（y=350m）位置图。

2.1 z=1.5m水平截面风速分布与压力分布

从风速分布上看，夏季和冬季中心CBD整体环境内部风速均在1m/s以下，根据我国“风力等级划分参考表”与凯文·林奇在《总体设计》中给出的“风的影响表”可知，此时CBD内部刚好树叶微动，微风拂过，能够满足人体舒适性的要求。各建筑背面均有小漩涡，但因风速很小，对人体舒适性影响较弱。从压力分布图（图2，3）来看，来流位置的建筑受正压，下游建筑则被负压所湮没。夏季，迎风面建筑前后压差较大，背风面建筑压差相对较为适宜，在设计时，应充分利用建筑的压力差，来保证建筑室内的自然通风。

由以上分析，1.5m人行高度处的整体风环境较为舒适，建筑与风向成一定角度，加上建筑之间间距较为合理，使得气流较为均匀平缓地穿过整个CBD片区。

2.2 z=30m水平截面风速分布与压力分布

z=30m处为屋顶平台的位置。从风速分布（图4，5）上看，各平台处的风速均小于2m/s，满足人体舒适性要求，但从图6和图7可以看出，屋顶平台多被高大建筑所环绕，气流遇到高大建筑形成的下冲流和上冲流。下冲流在建筑前面形成涡旋，使得该区域容易形成二次污染，且风速较小，污染物不易扩散。上冲流则绕过建筑物，在背风面形成涡旋，影响其背风面建筑物的通风。所以，室外屋顶平台如果设计为上人平台，考虑到其在夏季使用频率较高，需要根据夏季的气流调整平台四周建筑的高度，使得气流在到达屋顶平台前不受高层建筑背风面漩涡的影响，经过平台位置时，也没有高层建筑的阻挡，总之需要整体考虑屋顶平台位置高度以上的建筑的布局和朝向。

2.3 垂直截面（y=350m）风速分布与压力分布

从图6和图7还可以看出，中心CBD背风面风影区很大，特别是夏季的时候，风影区影响范围很广，且风速在0.5m/s以下，污染物不易扩散，因而背风面的建筑设计需要考虑风的引导。

平均空气龄指空气进入房间的时间，即旧空气被新空气所代替的速度，空气龄越小说明空气越新鲜。从图6和图7中可以看出，各高层建筑背风面的空气平均龄均在300s以上，而同一垂直面无建筑物干扰处的平均空气龄均在100s以下，说明受高层建筑阻挡，其背风区空气更新速度较慢。中心CBD背风面平均空气龄尤其是夏季超过1 000s，严重影响着其背风面建筑的空气环境质量，这与风速分布结果相吻合，因而对于整个CBD背风面建筑群的布局和建筑高度需要根据上述模拟结果仔细推敲，有必要将背风面的建筑群与中心CBD一起模拟，以便调整优化。

3 总结

通过以上模拟分析可知：

（1）建筑朝向与气流方向成一定角度，建筑间距适宜，才能保证气流在人行高度处较为顺畅舒适地通过整个片区。

（2）室外屋顶平台如果为上人平台时，需要对屋顶平台位置以

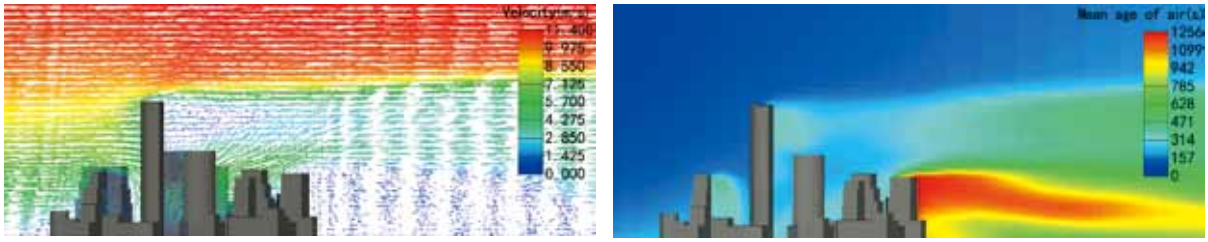

图6 夏季垂直截面（y=350m）的风速分布与平均空气龄

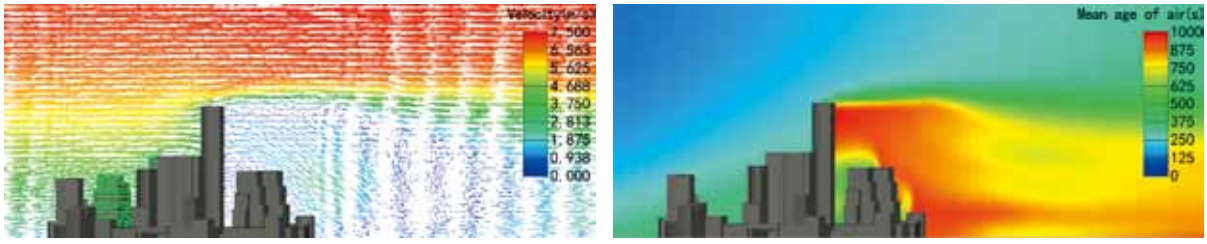

图7 冬季垂直截面（y=350m）的风速分布与平均空气龄

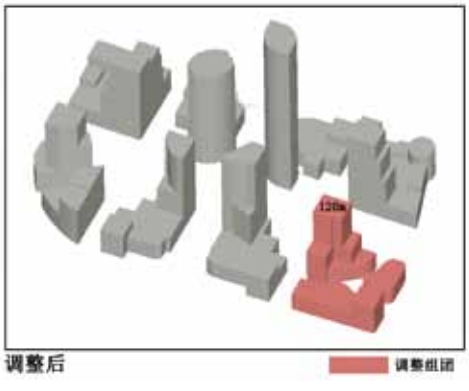

图8 中新生态城中心CBD调整方案示意图

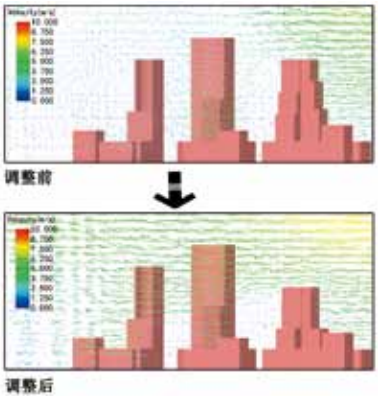

图9 中新生态城中心CBD调整前后垂直截面风速分布图

上的建筑的朝向和间距以及建筑高度进行整体模拟和分析，才有可能保证屋顶平台处气流的舒适性。

根据夏季气流特点，在中新生态城中心CBD来流方向上选取一个组团，对其建筑高度以及建筑体形进行调整，具体如图8所示。经调整后，中新生态城中心CBD风环境变化如图9所示。可以看出，整个CBD片区调整后的气流分布明显要优于调整前。

室外气流运动（主要指大气底层）直接影响到人类的安居环境。风速分布和风压分布状况不仅对建筑规划优化设计，而且在建筑系统节能、环境保护等方面影响深远。良好的室外风环境有助于减轻巷道风效应和城市本身的热岛效应的影响，有助于良好室内环境的创建。因而，通过对高层建筑风环境进行初步研究和分析，能够在一定程度上优化高层建筑的周边环境质量，提高高层建筑的品质。

参考文献

[1] 罗上华，马蔚群，王祥荣等. 城市环境保护规划与生态建设指标体系实证[J]. 生态学报，2003（1）.

[2] 王静. 天津生态城市建设现状与定量评价[J]. 城市环境与城市生态，2002（10）

[3] 杨秀春，朱晓华. 徐州市生态环境质量动态评价与整治研究[J]. 城市环境与城市生态，2002，15（6）.

[4] 汤广发，赵福云，周安伟. 城市住宅小区风环境数值分析[J]. 湖南大学学报（自然科学版），2003，30（2）.

[5] 金新阳，陈岱林等. 居住区建筑风环境数值模拟技术研究与应用[J]. 住宅产业，2005（11）.

[6] 仇保兴. 从绿色建筑到低碳生态城[J]. 城市发展研究，2009，16（7）.

[7] 王冬梅，刘惠，郝桂珍等. 北秀蓝湾小区风环境模拟分析[J]. 住宅产业，2009（Z1）.

[8] 杨丽. 居住区风环境分析中的CFD技术应用研究[J]. 建筑学报，2010（S1）.

宋明洁

刘刚

作者简介

宋明洁，天津大学建筑学院建筑技术科学专业研究生，主要针对天津中新生态城的室外风环境进行模拟与评估，此外还对天然采光、太阳辐射等绿色建筑技术进行研究。

刘刚，天津大学建筑学院讲师，建筑技术科学博士，通讯作者。现任天津市建筑物理环境与生态技术重点实验室主任助理，主要研究方向为城市与建筑物理环境测评与优化。近五年期间作为主持人及主要参加人承担了多项国家及省部级重大项目。