

STAR-CD 在建筑方案设计优化中的应用

Application of STAR-CD on Architectural Scheme Design Optimization

孙元超 衣健光

(华东建筑设计研究院有限公司)

摘要: 可持续建筑本身就是一个气候适应型建筑,从而保证建筑在方案设计的时候,能够充分利用当地气候的特点,建造一个节能可持续的建筑。建筑本身会对室外风环境产生影响,因此对规划区域进行微气候分析并改善室外人体舒适度有着重要的意义。本文应用由 CD-cdapco 公司开发的计算流体力学模拟软件 STAR-CD 模拟北京某办公项目各季节的室外流场,并根据模拟结果对建筑方案设计提出优化意见。

关键词: 可持续建筑、微气候、计算流体力学、建筑方案设计

Abstract: Sustainable building itself is a climate adaptive architecture, thus ensuring the building could be able to take full advantage of the characteristics of local climate in the scheme design stage, to present a building with energy-efficiency and sustainability. Building itself effects on outdoor wind environment, so it is very important to research microclimate and improve human comfort on planning area. Outdoor velocity field about an office building in Beijing every season is predicted with computation fluid dynamics (CFD) software STAR-CD which is developed by CD-adapco, The optimization suggestion on architectural scheme design could be advised with the simulation results.

Keywords: sustainable building、microclimate、CFD、architectural scheme design

1 前言

对建筑物进行微气候分析是十分必要的,建筑物布置要结合城市建筑自然风场的分布,合理的规划可以使建筑物在冬季不受冷空气直接侵入,过渡季节充分利用自然通风带走室内热量节省空调能耗,夏季夜间置换室内污染物改善空气品质。通过对建筑规划范围内的建筑环境分析,可以使得建筑本身融入设计地块,达到设计与环境在生态上的和谐统一。建筑方案设计优化是建筑可持续性设计的重要组成部分,是体现被动节能设计和建立环境适应型建筑的重要发展趋势。

本文通过对北京某办公建筑的微气候进行分析并提出建筑设计上的优化方案,从而体现被动节能设计在建筑可持续设计中的应用。

2 项目简介及研究内容

本项目位于北京，四周较空旷，南面为一湖水，采用四面环绕加中间连桥设计，保证项目即能实现院落的私密性又可以合理的利用自然通风。本项目利用计算流体力学模拟技术对人行出入口及自然通风开窗位置进行优化，以求得适应气候的建筑方案设计。

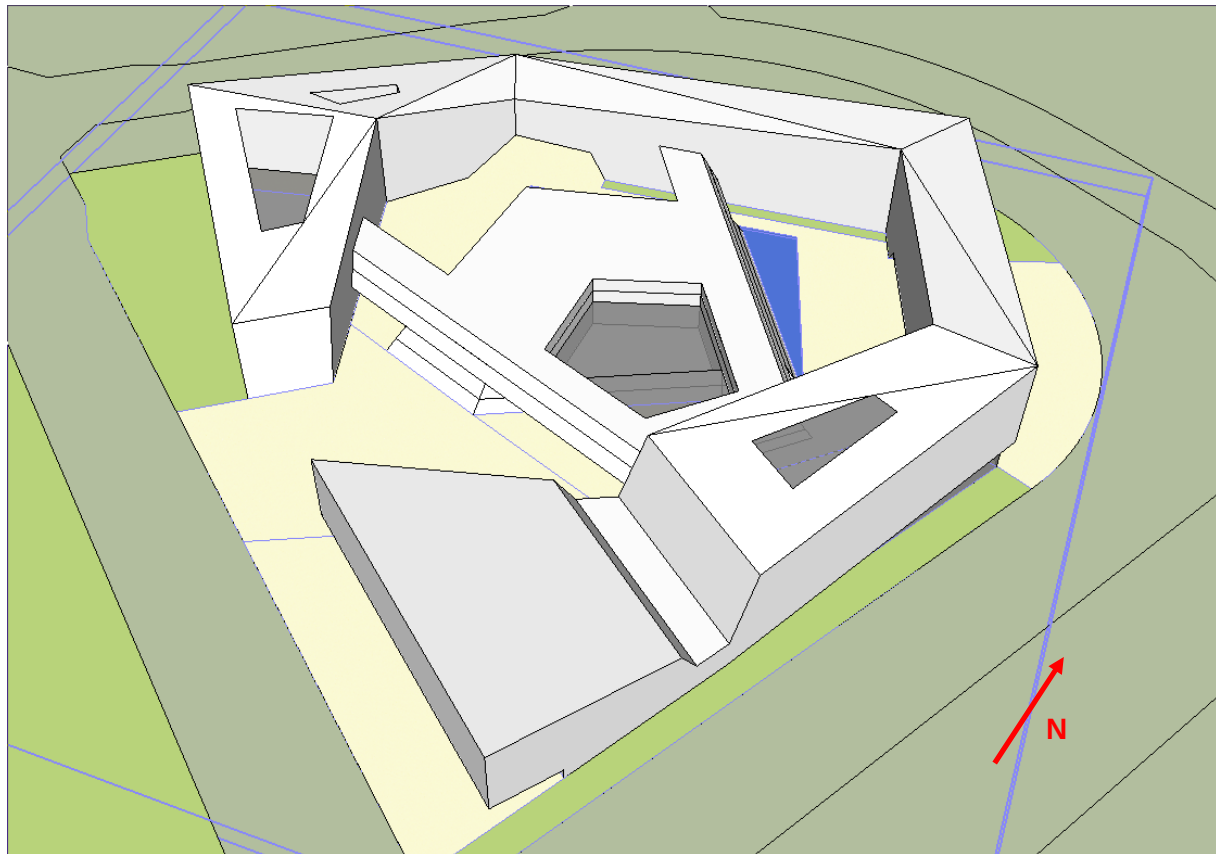


图 1 项目效果图

3 研究方法与分析模型

3.1 计算流体力学简介

计算流体力学分析是一个场模拟。它将整个研究区域（主要是流体部分）分割成数十万个细小单元，以外界环境（如风速）作为边界条件，求解基本质量、动量及能量的守恒方程，从而得出计算区域内的速度等在整个区域内的详细分布。

本项目计算流体力学（简称“CFD”）计算模型包括建筑本身及周围环境，其边界条件中采用的风向及风速是根据《建筑热环境分析专用气象数据集》统计得到。分析 1.5m 高度位置的风速及风压分布。

分析中使用专业商用 CFD 软件‘STAR-CD’3.24 版。STAR-CD 近年来在工程界已被广泛用于工程计算分析，被认为是最有效和可靠的商用软件之一。它结合计算结构网格和非结构网格所需的高精度与工程应用时所必需的高效性、可靠性为一体，提供最为可靠的计算结果。它已经被广泛应用于实际项目中空调室内环境及建筑环境分析中，并得到不断的验证和优化。因此，我们选择该软件为模拟分析软件。

3.2 微气候分析边界条件

气候参数（特别是风向和风速）是微气候分析必备的条件之一，北京的不同季节的风向和风速如表 1 所示。

表 1 微气候分析边界条件

季节	春季	夏季	秋季	冬季
风向	西南偏南	南	东北偏北	西北偏北
风速（m/s）	2.85	3.22	2.41	2.12
备注	过渡季可采用自然通风	炎热季节利用南面湖水蒸发降温	过渡季可采用自然通风	较强冬季冷风 阻挡及导流

城市中因为地面和低矮建筑的影响，来流风风速应是按边界层规律分布的，即所谓的梯度风，如图下图所示：

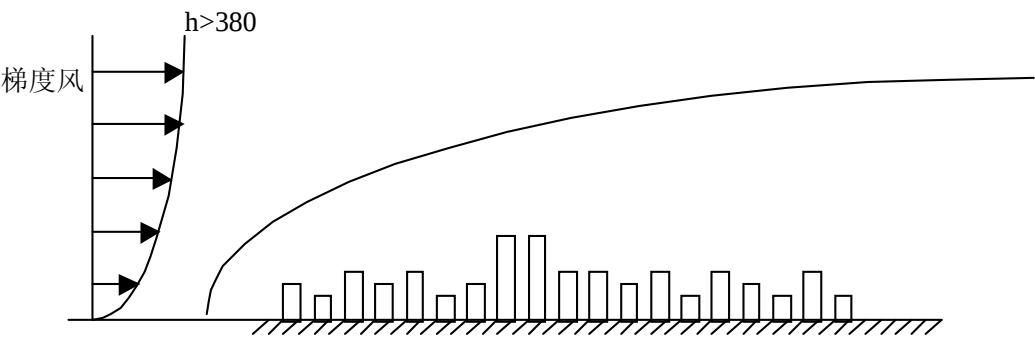


图 2 梯度风示意图

梯度风满足下式：

$$\frac{U}{U_g} = \left(\frac{Z}{Z_g} \right)^a$$

地形特点取值见表，本项目系数 a 取值为 0.16。

表 2 地形特点系数取值

地面类型	适用区域	指数 a	梯度风高度
A	近海地区，湖岸，沙漠地区	0.12	300m
B	田野，丘陵及中小城市，大城市郊区	0.16	350m
C	有密集建筑的大城市区	0.22	400m
D	有密集建筑群且房屋较高的城市市区	0.3	450 m

3.3 分析模型

为了充分考虑项目所在地块中其他建筑对该项目的影响，分析中根据整个地块中建筑的布局情况建立了一个完整的三维分析模型。

由于该项目三维模型庞大而外型复杂，整个计算流体动力学模型的网格数多于 80 万个，而其体积为 800m（长）x 500m（宽）x 250m（高）。为配合其复杂的几何形状，利用了贴体网格技术。图 3、图 4 显示微气候的计算流体动力学模型。

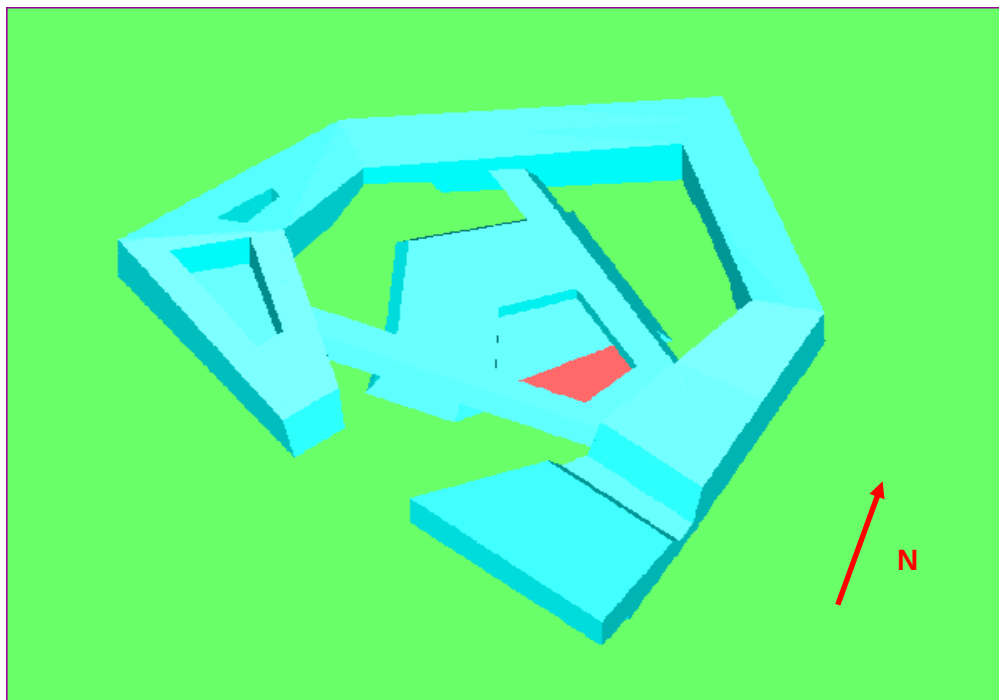


图 3 三维模型图

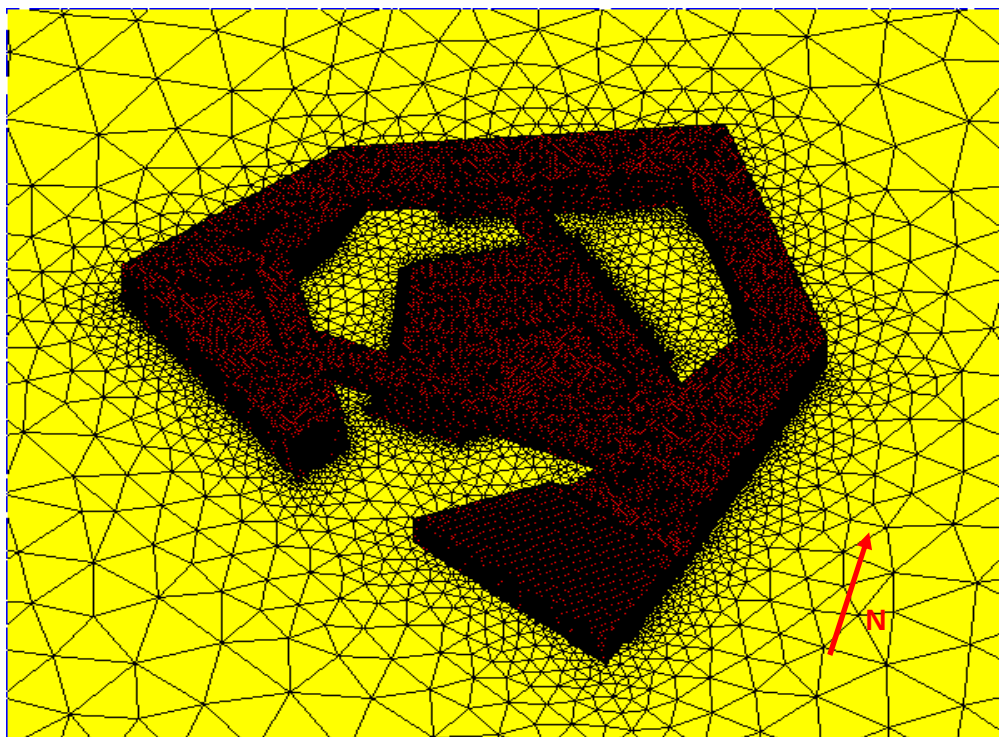


图 4 网格图

4 模拟结果及分析

可持续建筑应充分适应并有效利用当地的气候资源，即建筑总平面的布局宜避开冬季主导风向并有效的利用夏季和过渡季节的自然通风。对该项目春季、夏季、秋季和冬季四个季节的室外风环境进行模拟分析，并提出优化建议。

4.1 春季工况

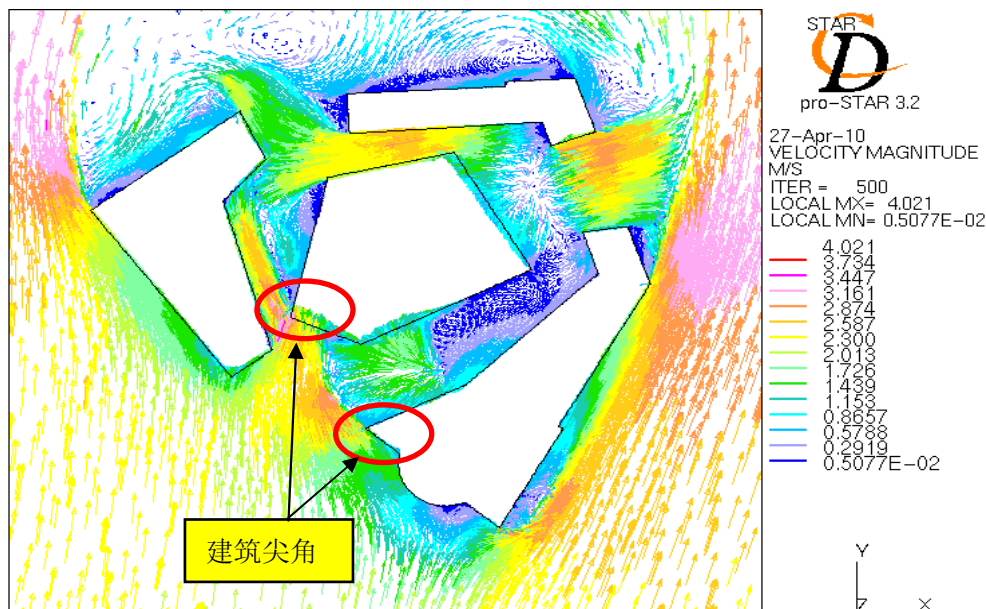


图 5 春季 1.5m 高风速分布

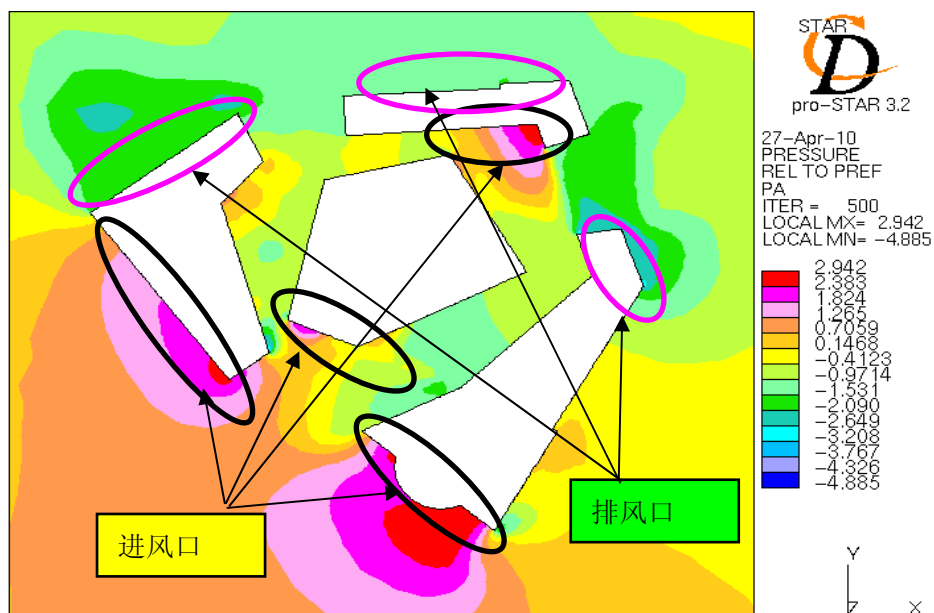


图 6 春季 1.5m 高风压分布

结论:

1 庭院区域具有较好的风环境，建议将建筑尖角改为较平滑的圆角，以更加利于春季庭院内空气流动。

- 2 根据建筑表面风压分布, 建议在如图 6 所示的位置布置自然通风进风口及排风口。
- 3 室外平均风速不超过 5m/s, 满足绿色建筑评价标准 (GB/T 50378-2006) 对室外风环境的要求。

4.2 夏季工况

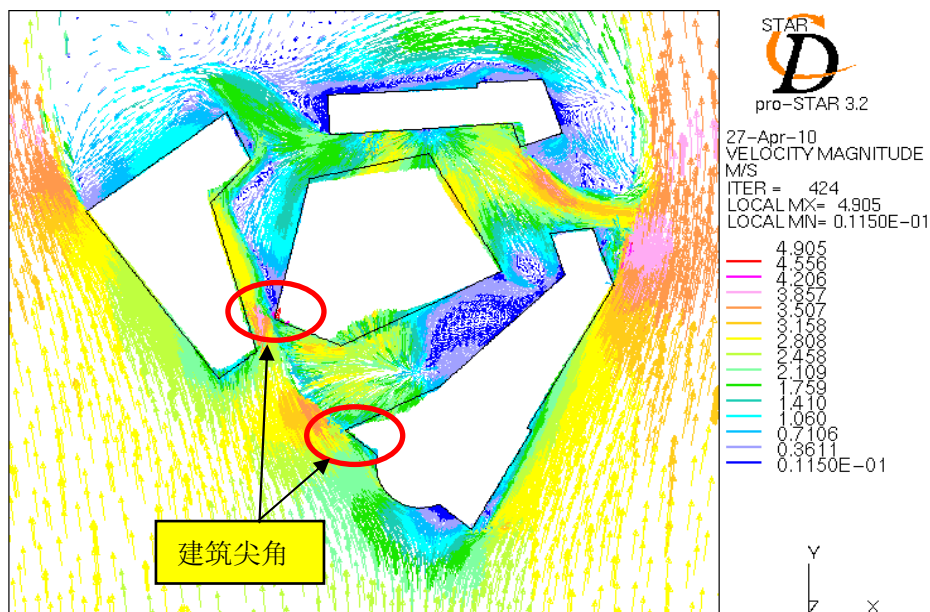


图 7 夏季 1.5m 高风速分布

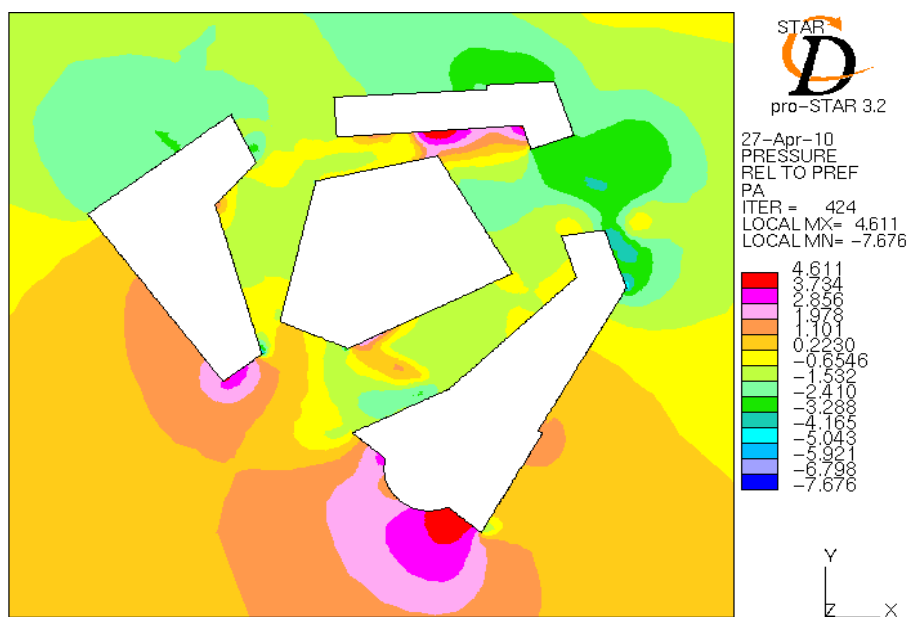


图 8 夏季 1.5m 高风压分布

结论:

- 1 庭院区域均有较好的风环境, 可将建筑尖角改为较平滑的圆角, 以更加利于引入通过南部湖水降温后的气流并实现夏季夜晚庭院内通风换气。
- 2 夏季室外气流温度较高, 建议不在白天采用自然通风。
- 3 室外平均风速不超过 5m/s, 满足绿色建筑评价标准 (GB/T 50378-2006) 对室外风环境的要求。

4.3 秋季工况

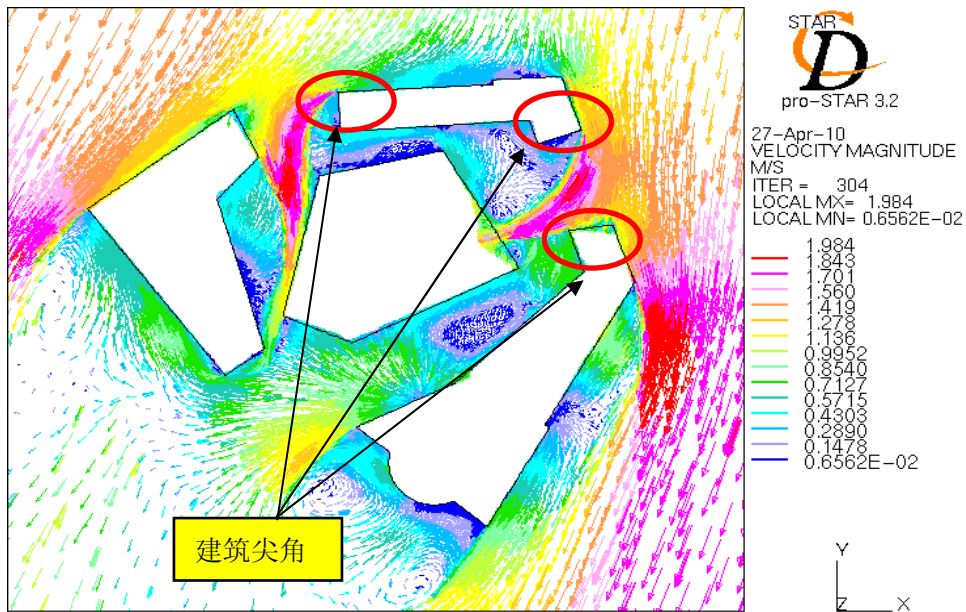


图 9 秋季 1.5m 高风速分布

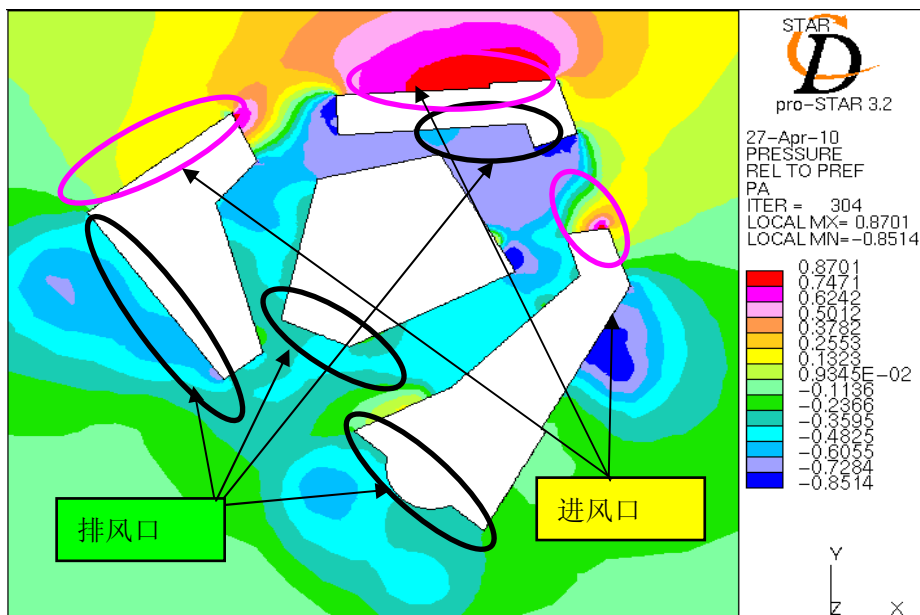


图 10 秋季 1.5m 高风压分布

结论:

- 1 庭院区域均有较好的风环境，建议将建筑尖角改为较平滑的圆角，以更加利于秋季庭院内空气流动。
- 2 根据建筑表面风压分布，建议在如图 10 所示位置布置自然通风进风口及排风口。
- 3 室外平均风速不超过 5m/s，满足绿色建筑评价标准（GB/T 50378-2006）对室外风环境的要求。

4.4 冬季工况

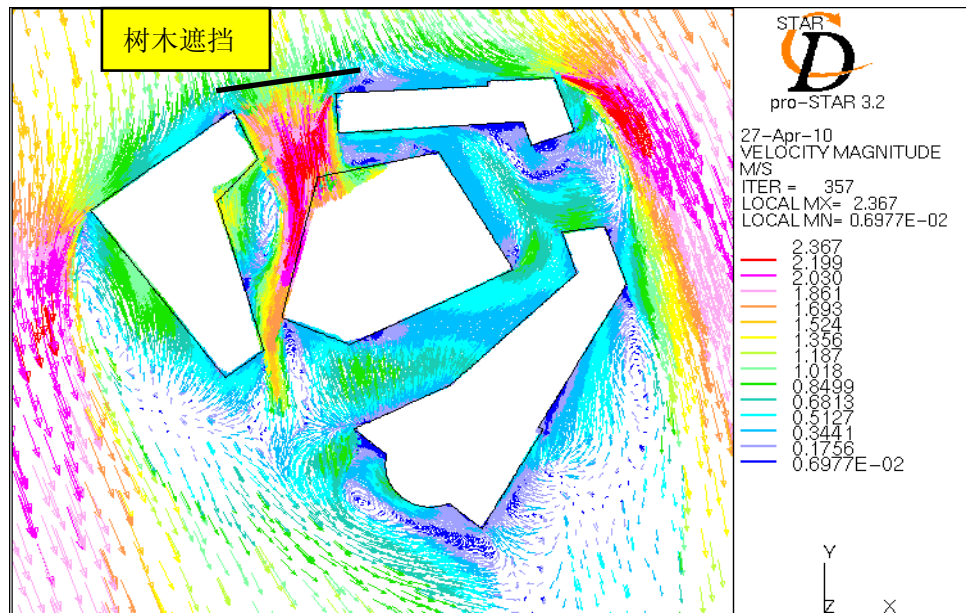


图 11 冬季 1.5m 高风速分布

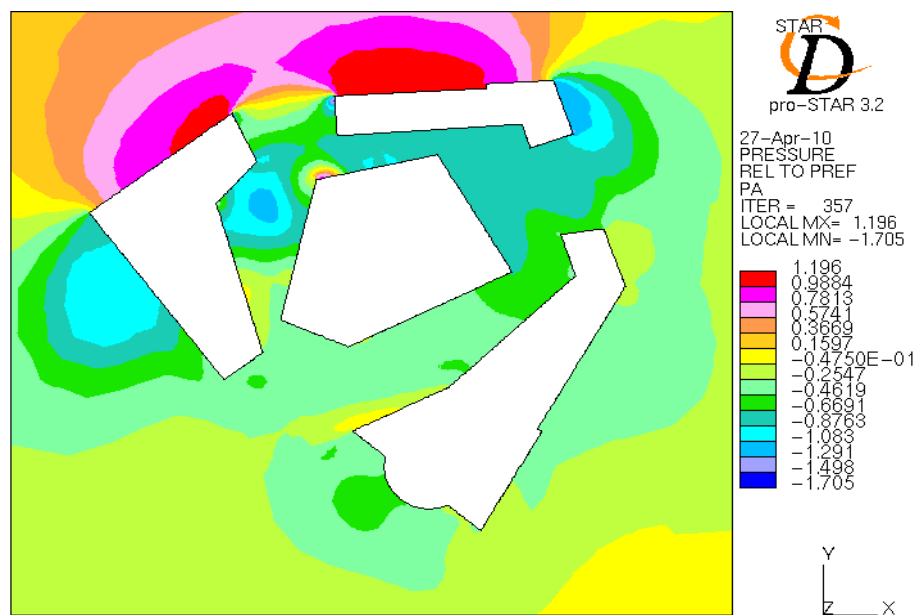


图 12 冬季 1.5m 高风压分布

结论:

- 1 冬季冷风从北面吹来，建议在如图 11 所示位置的种植树木起到遮挡作用，以保证庭院区域不受大量的冷风侵入。
- 2 冬季室外气流温度较低，不建议采用自然通风。
- 3 室外平均风速不超过 5m/s，满足绿色建筑评价标准（GB/T 50378-2006）对室外风环境的要求。

5 总结

- 1 对规划区域进行微气候分析可有效的优化建筑方案设计，建议尽量避免建筑尖角的出现，平滑的建筑边缘可提高区域内的导风效果。
- 2 配合微气候分析，可建议合适的进风口和排风口位置，并有效的利用自然通风进行室内的空气置换和带走室内的热量从而达到空调节能和提高室内空气品质的目的。
- 3 STAR-CD 作为微气候分析所采用的 CFD 软件有着计算稳定及模拟效果好的特点，其作为评价绿色建筑评价标准（GB/T 50378-2006）对室外风环境的要求有着广泛的应用。

6 参考文献

- [1] 王福军编 《计算流体动力学分析-CFD 软件原理与应用》清华大学出版社 2004 年 9 月
- [2] 西迪阿特公司编 《STAR-CD 流体分析软件包算例分析报告》CD-adapco 2001 年 12 月
- [3] 西迪阿特公司编 《STAR-CD 基础培训教程》CD-adapco 2005 年 4 月
- [4] 阿尔温德.克里尚等编 《建筑节能设计手册-气候与建筑》中国建筑工业出版社 2005 年 7 月