

某中庭空调气流组织数值分析

孙娅 吴刚 华东建筑设计研究院有限公司

Numerical analysis of air distribution patterns of an air-conditioned atrium-type space

By Sun ya Wu gang East China Architectural Design & Research Institute Co., LTD.

摘要: 温度分层对高大中庭的气流组织有着显著的影响, 荷载计算和热舒适度都对其有很大的影响, 因此非常有必要对高大中庭的温度场、气流场、湿度场进行分析。本文对 17m 的高大中庭空间的温度分层模拟计算采用的是由 CD-adapco (英国) 公司开发的 CFD 模拟软件 - STARCD, 并根据模拟结果 (气流场、温度场) 分析了其空调系统设计方案的合理性, 进而提出改进建议。

关键词: 温度分层 气流场 温度场

Abstract: Temperature stratification plays a significant role in designing air conditioning systems for atrium-type spaces. It exerts impact not only on load calculation but thermal comfort of occupancies. It is necessary to perform detailed numerical analysis of air distribution pattern in such a space in terms of temperature, humidity and velocity. The temperature stratification of a 17m high exhibition space is predicted using computational fluid dynamics (CFD) software STARCD, which is developed by CDadapco UK The numerical analysis also predicts the horizontal distribution of temperature and velocity along the height of the space. Adjustment to the design of air conditioning is put forth on the basis of the numerical results and the consequent performance is verified.

Keywords: temperature stratification velocity field temperature field

1、前言

空调气流组织设计合理性与否直接决定能否实现良好空调舒适性的。随着现代建筑的发展, 对空调方式技术的要求越来越高。CFD 技术一直运用于工程设计中, 尤其是在热过程和空气动力学问题中。CFD 可以模拟不同机械系统或者自然通风系统的气流组织、温度分布和空气含湿量分布。本文介绍了 CFD 技术在某大型展厅空调气流组织设计上的应用。

2、工程概况

某展厅的总面积 F 约为 11574m^2 ；展位总面积 F_1 约为 5760m^2 ；通道面积 F_2 约为 5814m^2 。屋顶有面光灯，负荷为 $11\text{w}/\text{m}^2$ ；展位热源 $207\text{w}/\text{m}^2$ ，通道热源 $161\text{w}/\text{m}^2$ ；人员数约为 2710 人。展厅空调系统为集中式全空气系统，展厅采用流流下送风和侧送风两种送风方式，送风风量共计为 $482246\text{m}^3/\text{h}$ ，气流组织方式初步采用侧壁回风和排风的方式。

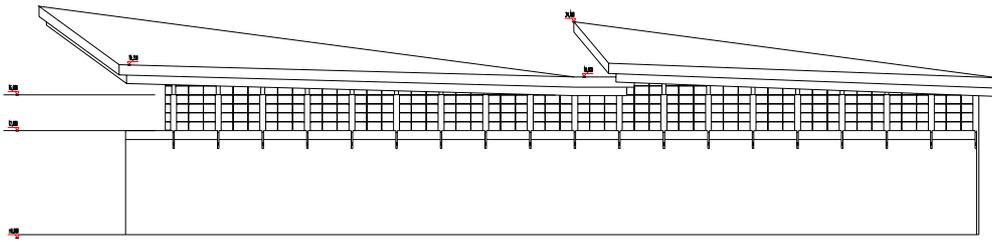
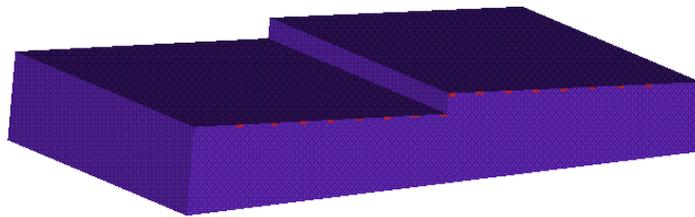


图 1 展厅剖面图

3、模拟计算

3.1 物理模拟

根据展厅的建筑图纸，建立如图 2 的物理模型。在建模过程中做了以下几点简化：忽略大门的排风量，视其为玻璃，这种简化对气流组织影响不大；屋顶的弧度在建模中简化成直线。整个计算区域尺寸约为 $180\text{m} \times 74\text{m} \times 22\text{m}$ ，为了减小计算网格，采用局部加密的方法。网格数共计有 51 万，均采用六面体网格，室内模拟采用的湍流模型为 $k \sim \varepsilon$ 模型。



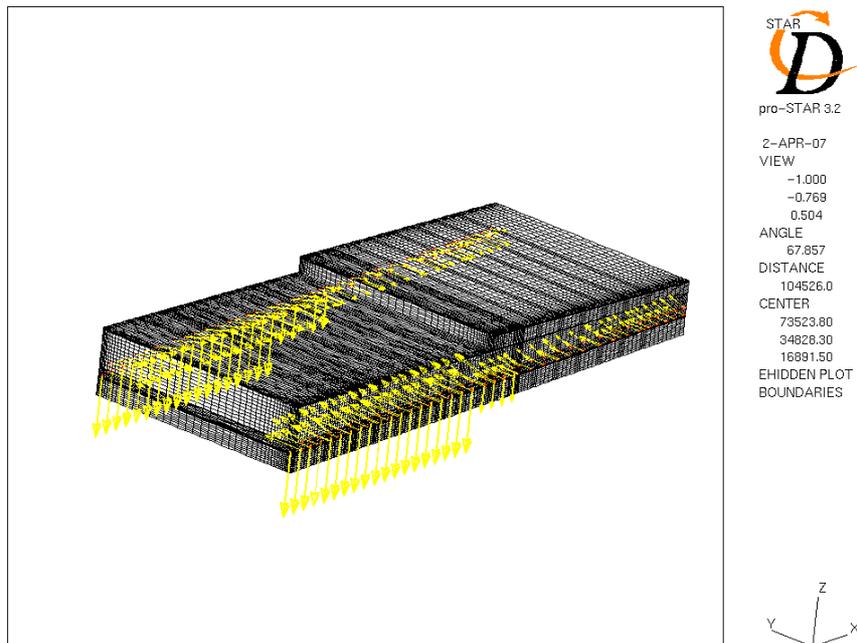


图 2 展厅模拟模型

3.2 模型输入参数

- (1) 气流组织方式：总送风量 $482246\text{m}^3/\text{h}$ ，送风温度 15.1 ；
- (2) 展厅荷载：室内热源 $368\text{w}/\text{m}^2$ ，灯光荷载 $11\text{w}/\text{m}^2$ ；
- (3) 围护结构：外墙 $k=1.0\text{w}/\text{m}^2$ ，内墙 $k=2.0\text{w}/\text{m}^2$ ，屋顶 $18\text{w}/\text{m}^2$ ，墙体 $13.4\text{w}/\text{m}^2$ ，玻璃窗 $125\text{w}/\text{m}^2$ 。

3.3 模拟结果

- (1) 人员活动区的温度分布在 24 - 27 之间，完全符合人员的舒适性要求；在展柜区的温度较周边高，是由于展柜的设备负荷比走廊的负荷大的缘故；
- (2) 屋顶的温度分布在 31 - 35 之间，从节能方面考虑，是不需空调负荷的调整，侧壁的玻璃周围比内外墙周围的温度稍高，可以改变玻璃性质加以完善；
- (3) 人员活动区的气流分布在 $0.03\text{m}/\text{s}$ - $0.2\text{m}/\text{s}$ 之间，在该区域没有任何吹风感；
- (4) 从温度梯度图上可以看到，温度的分层效应很好， 15m 以下区域温度都分布在 26 左右，其它高温区不必考虑其舒适度要求。

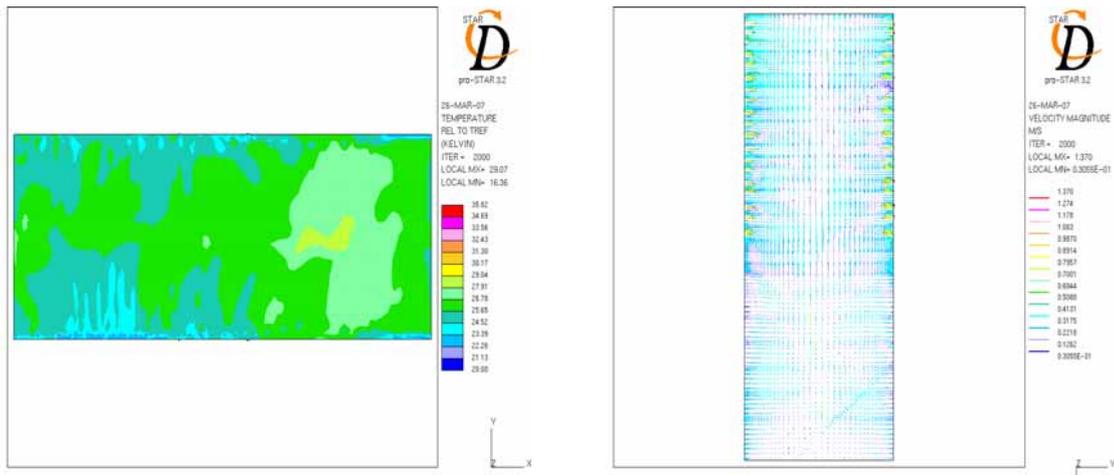


图 3 人员活动区温度场和气流场

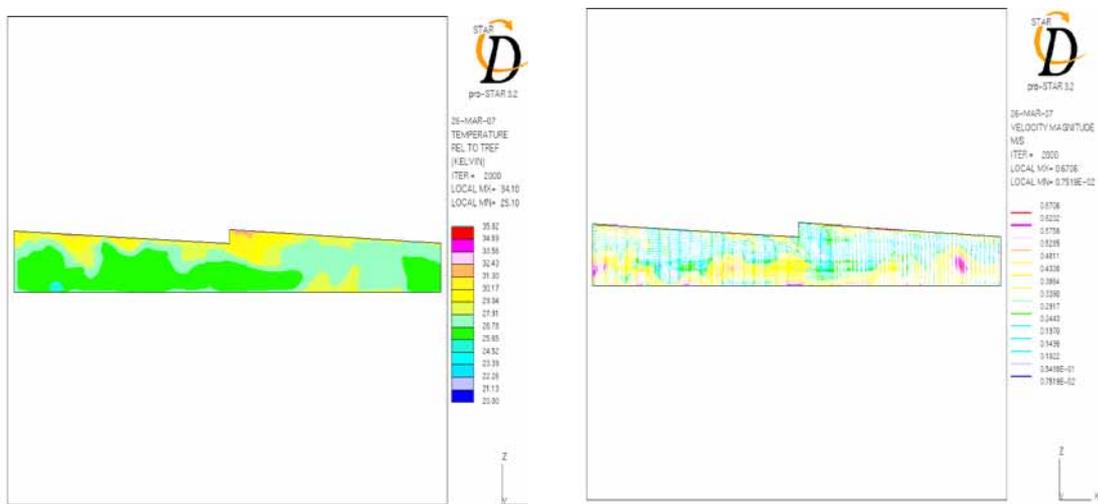


图 4 中纵剖面温度场和气流场

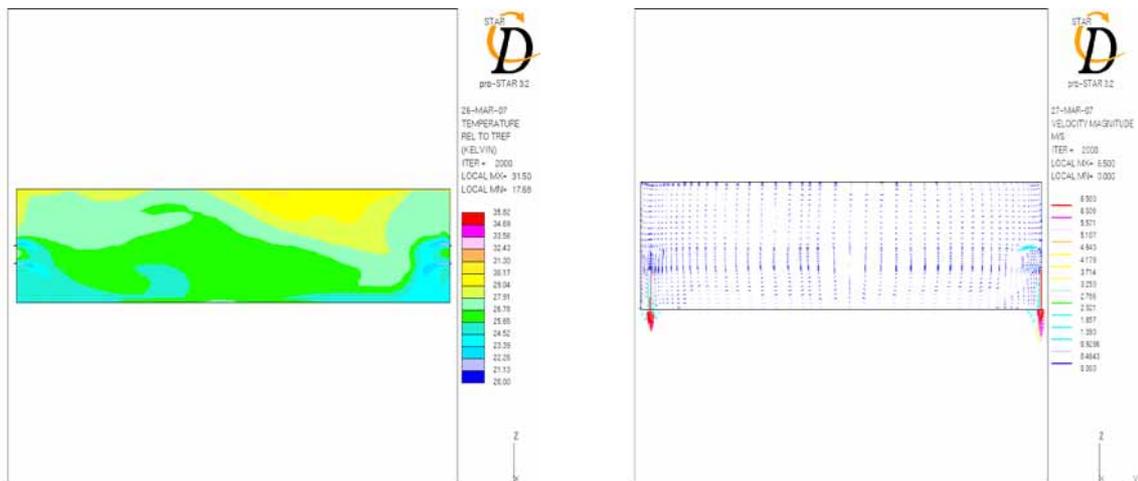
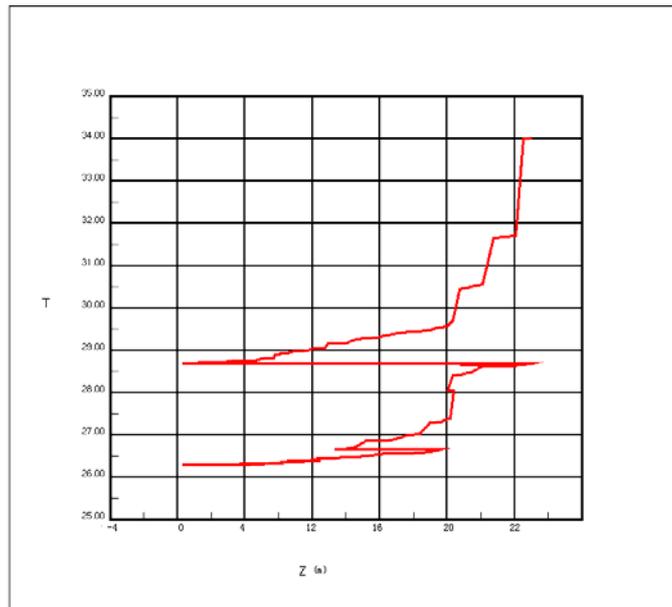


图 5 中横剖面温度场和气流场



STAR

 pro-STAR 3.2
 2-APR-07
 GRAPH PLOT
 FRAME 1

图 6 温度梯度分布图

3.4 CFD 模拟建议

- 出风口设计可设置在屋顶天窗，侧壁长边
- 入风口设计侧吹入射角可调至最佳射程对应的角度，保证展厅中间区域的气流组织良好

参考文献：

- [1]. 中华人民共和国国家标准 《采暖通风与空气调节设计规范》 GB 50019—2003
- [2]. 陶文铨。数值传热学，2001.5
- [3]. Computational Fluid Dynamics Software, Star-CD Version 3.26, Theory Manual, Computational Dynamics Limited, London, 1996.
- [4]. Whyte W. Cleanroom design. John Wiley and Sons Ltd, 1991.
- [5]. Mark Chown, Building Simulation As An Aide to Design, Eighth International IBPSA Conference Eindhoven, Netherlands August 11-14, 2000