

室内气流组织分析报告

项目名称	江西某图书馆改造
工程地点	南昌
设计编号	
建设单位	
设计单位	
设计人	
校对人	
审核人	
审定人	
设计日期	2023年12月19日



采用软件	建筑通风计算软件 Vent2022
软件版本	20220808 (SP1)
研发单位	北京绿建软件股份有限公司
正版授权码	T17114979081

目 录

1.项目概况	3
1.1 平面图	4
1.2 三维视图.....	4
2.计算依据	5
3.参考标准	5
4.技术措施	5
5.计算方法	5
5.1 CFD 计算原理.....	5
5.1.1 湍流模型.....	5
5.1.2 边界条件.....	6
5.1.3 求解计算.....	6
6.结果分析	8
6.1 室内速度场分布.....	8
6.2 室内风速矢量图.....	8
7.结论	9

1 项目概况

本次大赛项目建筑为南昌大学前湖校区图书信息中心，建筑面积 43154.58 平方米，建筑总高度 77.10 米。本建筑为一类建筑，使用年限 50 年，耐火等级为一级，防水等级为二级。建筑物室内外高差为 300，绝对高程由施工现场确定。

一、南昌地理位置：位于江西中北部，东径约 115°27'~116°35' 北纬约 28°10'~29°11' 之间；其中，市区位于北纬 28°35'~28°55'，东径 115°38'~116°03' 之间。处赣江、抚河下游，濒临我国第一大淡水湖-鄱阳湖西南岸；地势平坦，湖泊星罗密布，全市平原面积 2651.79 平方公里，占总面积的 35.8%；水系面积 2146.04 平方公里，占 29.0%；全市西北以岗地丘陵为主，山地面积 87.21 平方公里，占全市总面积的 1.2%，丘陵面积 879.62 平方公里，占 11.9%；岗地面积 1637.7 平方公里，占 22.1%。

二、南昌气候类型：地处北半球亚热带内，受东亚季风影响，形成了亚热带季风气候。市内热量丰富、雨水充沛，光照充足。但是，由于每年季风强弱和进退迟早不同，气温变化较大，降水分布不均，高温干旱，低温冷害和暴雨洪涝等气象灾害发生较频繁，人们生产、生活带来不利影响。

三、南昌热工分区：热工分区为夏热冬冷地区，最冷月平均温度为 0.89℃，最热月平均温度为 29.52℃，日平均温度 ≤5℃ 的天数为 50 天，日平均温度 ≥25℃ 的天数为 93 天；必须满足夏季放热需要和适当兼顾冬季保温。

四、南昌风向：南昌冬季室外平均风速 3.4m/s，多为北风，其冬季室外最多风向的平均风速为 4.8m/s；夏季室外平均风速 2.3m/s，多为南风；年最多风向为北东方向。

2 计算依据

本项目主要参考资料为：

1. 《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2019
2. 《绿色建筑评价技术细则》
3. 《建筑通风效果测试与评价标准》JGJ/T 309—2013
4. 委托方提供的总平面图、建筑专业设计图纸、设计效果图等图纸资料

3 参考标准

室内气流组织评价的主要依据为《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2019 中控制项 5.1.2 条的要求，具体要求如下：

应采取措施避免厨房、餐厅、打印复印室、卫生间、地下车库等区域的空气和污染物串通到其他空间；应防止厨房、卫生间的排气倒灌。

4 技术措施

本项目采用了如下技术措施避免室内气流组织合理，防止污染物串通：

房间类型	措施
卫生间	安装排气扇

5 计算方法

本项目首先采用 CFD 计算得出室内流速分布和气流方向，从整体上展示室内风速和气流组织，为室内优化设计提供依据。

5.1 CFD 计算原理

5.1.1 湍流模型

湍流模型反映了流体流动的状态，在流体力学数值模拟中，不同的流体流动应该选择合适的湍流模型才会最大限度模拟出真实的流场数值。本项目依据《绿色建筑评价技术细则》推荐的标准 $k-\epsilon$ 湍流模型进行室内流场计算。下表为几种工程流体中常见的湍流模型适用性：

表 1 常用湍流模型适用范围

常用湍流模型	特点和适用工况
--------	---------

standard k-ε 模型	简单的工业流场和热交换模拟，无较大压力梯度、分离、强曲率流，适用于初始的参数研究
RNG k-ε 模型	适合包括快速应变的复杂剪切流、中等旋涡流动、局部转捩流如边界层分离、钝体尾迹涡、大角度失速、房间通风、室外空气流动
realizable k-ε 模型	旋转流动、强逆压梯度的边界层流动、流动分离和二次流，类似于 RNG

5.1.2 边界条件

进风窗口：采用压强边界条件；

排风窗口：采用压强边界条件；

5.1.3 求解计算

1. 数学模型

本项目采用 CFD（计算流体力学）方法对风场进行求解，即在所分析的计算域内建立流体流动的质量守恒、动量守恒和能量守恒建立数学控制方程，其一般形式如下所示：

$$\frac{\partial(\rho\phi)}{\partial t} + \text{div}(\rho\vec{U}\phi) = \text{div}(\Gamma_{\phi}\text{grad}\phi) + S_{\phi}$$

该式中的 ϕ 可以是速度、湍流动能、湍流耗散率以及温度等物理量，参照下表

表 5.1-1 计算流体力学的控制方程

名称	变量	Γ_{ϕ}	S_{ϕ}
连续性方程	1	0	0
x 速度	u	$\mu_{eff} = \mu + \mu_t$	$-\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\mu_{eff} \frac{\partial u}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\mu_{eff} \frac{\partial v}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\mu_{eff} \frac{\partial w}{\partial x}\right)$
y 速度	v	$\mu_{eff} = \mu + \mu_t$	$-\frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\mu_{eff} \frac{\partial u}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\mu_{eff} \frac{\partial v}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\mu_{eff} \frac{\partial w}{\partial y}\right)$
z 速度	w	$\mu_{eff} = \mu + \mu_t$	$-\frac{\partial P}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\mu_{eff} \frac{\partial u}{\partial z}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\mu_{eff} \frac{\partial v}{\partial z}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\mu_{eff} \frac{\partial w}{\partial z}\right) - \rho g$
湍流动能	k	$\alpha_k \mu_{eff}$	$G_k + G_B - \rho \varepsilon$
湍流耗散	ε	$\alpha_{\varepsilon} \mu_{eff}$	$C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_B) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} - R_{\varepsilon}$

名称	变量	Γ_ϕ	S_ϕ
温度	T	$\frac{\mu}{Pr} + \frac{\mu_t}{\sigma_T}$	S_T

上表中的常数如下：

$$G_k = \mu_t S^2, \quad S = \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}, \quad S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right), \quad G_B = \beta_T g \frac{\mu_t}{\sigma_T} \frac{\partial T}{\partial y}, \quad \mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}, \quad C_\mu = 0.0845$$

$$, \quad C_{1\varepsilon} = 1.42, \quad C_{2\varepsilon} = 1.68, \quad C_{3\varepsilon} = \tanh \left| \frac{v}{\sqrt{u^2 + w^2}} \right|, \quad \sigma_T = 0.85, \quad \sigma_C = 0.7, \quad \alpha_k = \alpha_\varepsilon \quad \text{由}$$

$$\left| \frac{\alpha - 1.3929}{\alpha_0 - 1.3929} \right|^{0.6321} \left| \frac{\alpha + 2.3929}{\alpha_0 + 2.3929} \right|^{0.3679} = \frac{\mu}{\mu_{eff}} \quad \text{计算}$$

其中 $\alpha_0 = 1.0$ 。如果 $\mu \ll \mu_{eff}$ ，则 $\alpha_k = \alpha_\varepsilon \approx 1.393$

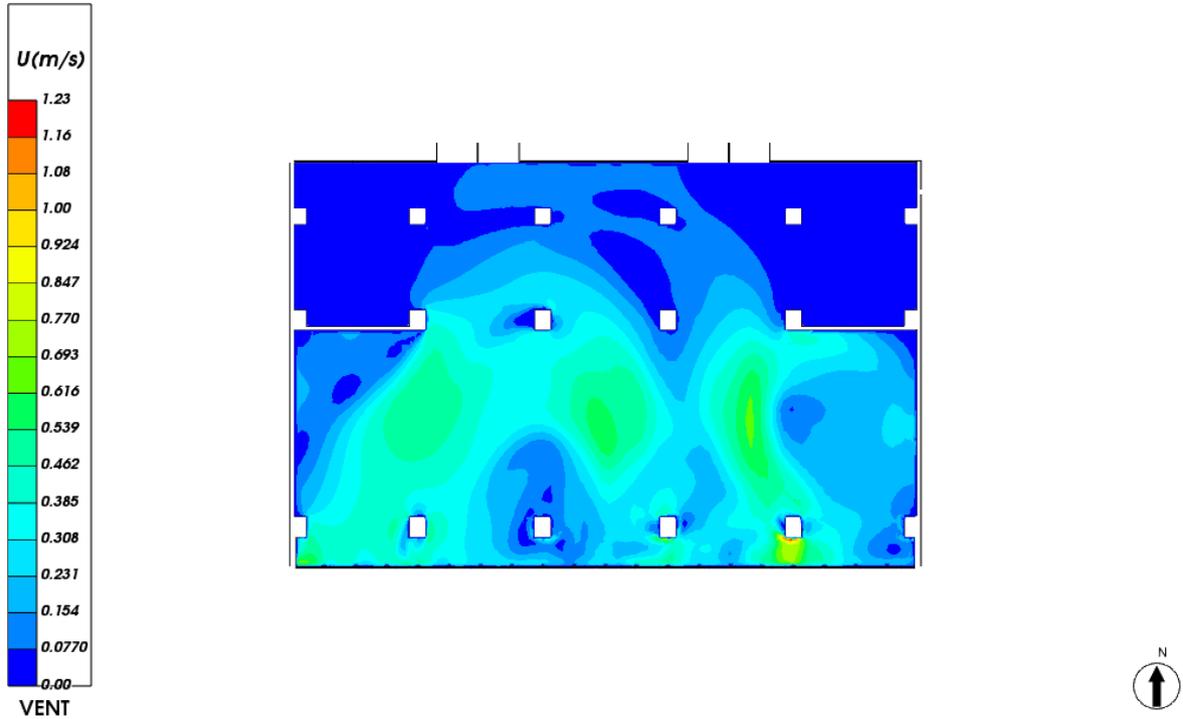
$$R_\varepsilon = \frac{C_\mu \rho \eta^3 (1 - \eta / \eta_0)}{(1 + \beta \eta^3)} \times \frac{\varepsilon^2}{k}, \quad \text{其中 } \eta = Sk / \varepsilon, \quad \eta_0 = 4.38, \quad \beta = 0.012$$

2. 差分格式

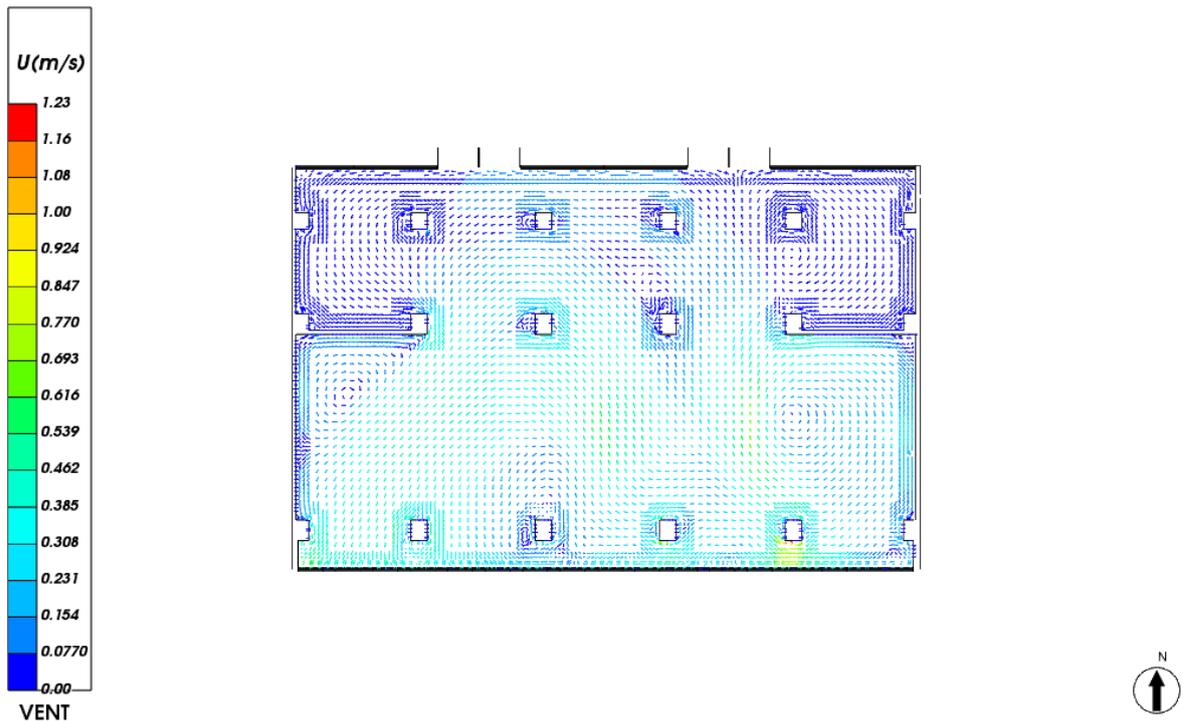
本项目采用二阶迎风格式对方程进行离散，二阶迎风格式的准确性可满足一般流体模拟计算的要求。

6 结果分析

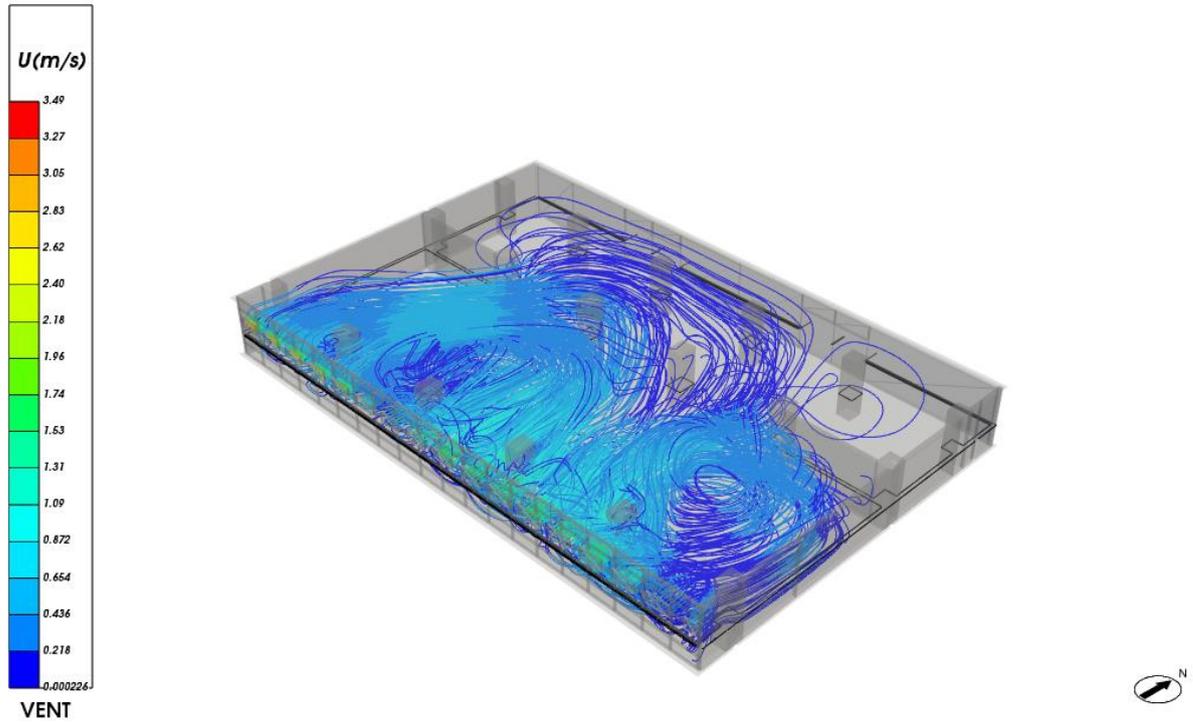
6.1 室内速度场分布



6.2 室内风速矢量图



6.3 流线图



7 结论

该建筑参评房间所用技术措施合理，且通过 CFD 对室内进行气流组织分析，确认气流组织合理，满足绿标 5.1.2 的要求。