

文章编号: 1671-6612 (2021) 04-514-05

CFD 技术在温和地区 公共建筑复合通风设计中的应用分析

杨 晔 刘智明 冯儒杰

(云南省设计院集团有限公司 昆明 650228)

【摘 要】 以云南省玉溪市易门县(温和地区 A2 区)某书店项目为例,结合当地气候特点,应用 CFD 技术模拟分析复合通风系统设计过程中的室外风环境及不同自然进风窗设置条件下室内气流组织,得出该项目最佳设计方案及通风系统运行策略。

【关键词】 CFD 技术;温和地区;复合通风;空气龄

中图分类号 TU247 文献标识码 A

Application and Analysis of CFD Technology in Compound Ventilation System of Public Buildings in Moderate Area

Yang Ye Liu Zhiming Feng Rujie

(Yunnan Design Institute Group Co., Ltd, Kunming, 650228)

【Abstract】 Taking a bookstore project in Yimen County (moderate area A2) of Yuxi City, Yunnan Province as an example, combined with the local climate characteristics, CFD technology is used to simulation and analysis of the outdoor wind environment in the design process of the compound ventilation system and indoor air distribution under different natural air inlet window Settings, the optimal design scheme and ventilation system operation strategy of the project are obtained.

【Keywords】 CFD technology; Moderate area; Compound ventilation; the air age

作者(通讯作者)简介: 杨 晔(1990.2-),男,本科,工程师, E-mail: 532533462@qq.com

收稿日期: 2021-06-20

0 引言

温和地区,特别是温和 A 区,具有得天独厚的的气候条件,在进行通风、空调系统设计时,通常可利用良好的气候条件,优先采用通风系统解决室内余热余湿。复合通风系统作为一种通风效率较高、节能效果显著的通风系统形式,在温和地区(温和 A 区)应用较为广泛。但目前较多设计仅仅是简单地采用换气次数法计算出机械通风风量,再根据机械通风量推算出自然通风量及自然通风窗面积,未对其实际运行效果做进一步深入分析,导致室内温度、空气质量无法达到设计要求,舒适度差,且不

节能。针对上述问题,本项目通过 CFD 技术建立模型,在不同设置条件下对室外风环境、室内气流组织分布进行模拟分析,得出最佳的复合通风系统设计方案及运行策略。

1 项目所在地气候条件及建筑造型特点

1.1 项目所在地气候条件

本项目位于云南省玉溪市易门县,气候分区隶属于温和地区 5A2 区,夏无酷暑($CDD26 < 10$),冬无严寒($700 < HDD18 < 1200$)。当地夏、冬季室外通风计算参数如表 1 所示。

表 1 室外通风计算参数

Table 1 Calculation parameters of outdoor ventilation			
夏季		冬季	
通风室外计算温度 (°C)	26.5	通风室外计算温度 (°C)	9.5
通风室外计算相对湿度 (%)	63	室外大气压 (hPa)	829.2
室外大气压 (hPa)	824.5	最多风向及频率 (%)	SW-16
最多风向及频率 (%)	SW-16	最多风向平均风速 (m/s)	3.3
最多风向平均风速 (m/s)	2.5	室外平均风速 (m/s)	1.7
室外平均风速 (m/s)	1.5	海拔 (m)	1718
年平均温度 (°C)	16.3	年最多风向及频率 (%)	SW-16

注: 根据《云南省民用建筑节能设计标准》DBJ 53/T-39-2020, CDD26-空调度日数, HDD18-采暖度日数。

由表 1 可见, 当地气候条件良好。根据《云南省民用建筑节能设计标准》DBJ53/T-39-2020 规定, 处于温和地区的公共建筑, 应优先采用自然通风排除室内的余热和余湿。当自然通风不能满足要求时, 应设置机械通风系统或自然与机械的复合通风系统。结合本项目的投资情况, 初步考虑采用通风的方式解决房间室内热湿环境。

1.2 建筑立面特点

本项目建筑面积: 3614.8m²; 建筑高度: 21.9m; 一层层高: 5.1m。建筑整体造型如图 1 所示。

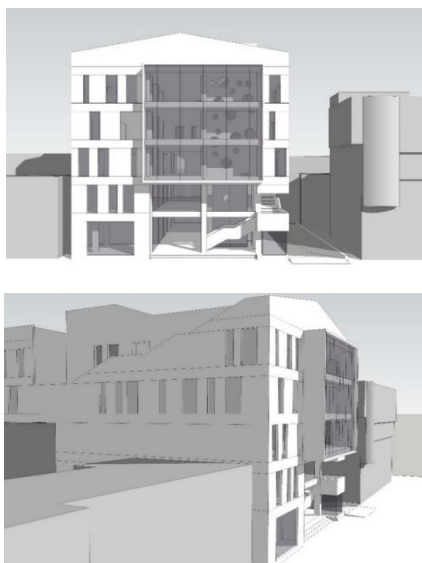


图 1 建筑整体外立面造型

Fig.1 Overall exterior facade of the building

建筑南面临街, 通过在外立面设置较多外窗, 二~五层各房间均可利用大面积外窗进行自然通风; 但建筑一层西、北、东三侧均紧贴其他建筑, 一层三个目标房间 (商铺) 仅能通过“L”形过道两个敞开端头实现通风, 采用自然通风显然效果不佳, 无法满足室内热湿环境及空气质量要求。

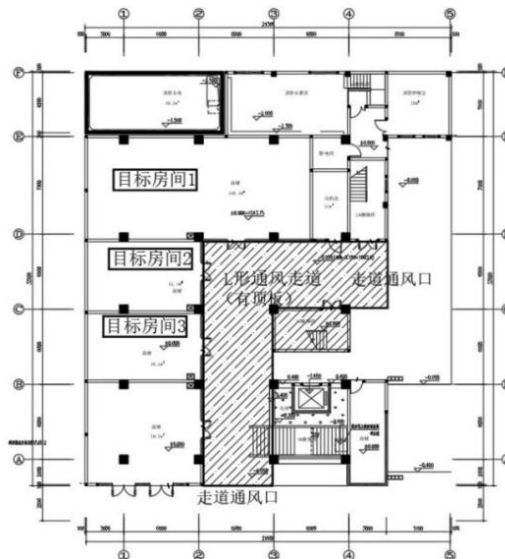


图 2 建筑一层平面图

Fig.2 Floor plan of the building

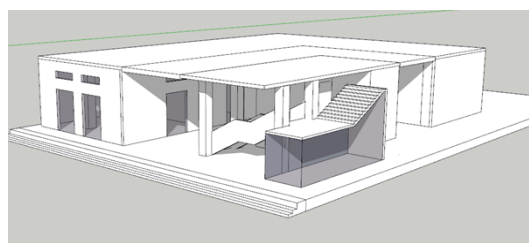


图 3 建筑一层“L”形过道剖面

Fig.3 "L" shaped corridor section on the first floor of the building

根据建筑的造型及周围情况特点, 同时秉承节能设计、节能运行的原则, 本次设计决定采用以机械通风为主, 自然通风为辅的复合通风系统, 解决一层三个目标房间室内余热及空气质量问题。

2 室外通风环境分析

2.1 室外通风环境分析

常规设计仅参考了建筑所在区域的年主导风向及冬、夏季室外平均风速, 并不考虑建筑的位置、朝向及周边建筑物带来的影响。为保证通风系统设计

计的有效性, 本次设计运用 CFD 模拟技术, 首先对建筑室外通风环境进行模拟。

由于该复合通风系统在夏季运行频率较高, 故以夏季运行工况作为研究分析对象。模拟得出室外通风环境模拟及“L”形通风走道的气流方向及通风量, 结果如图 4、图 5 所示。

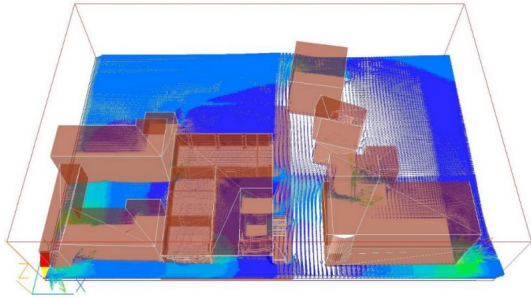


图 4 夏季室外通风环境气流分布图

Fig.4 Air distribution diagram of outdoor ventilation environment in summer

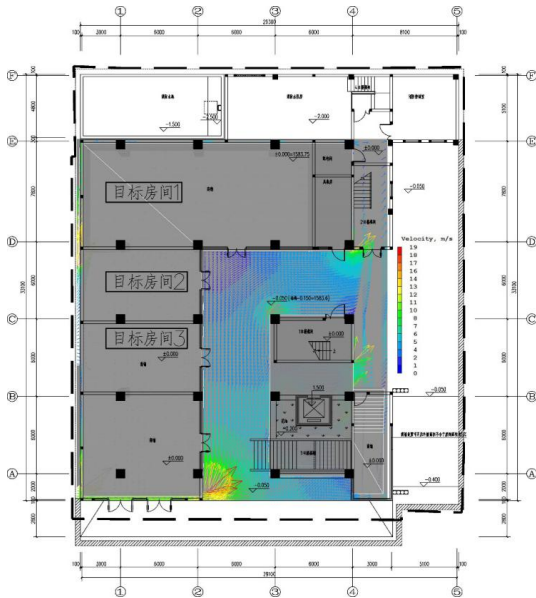


图 5 夏季 L 型走道气流分布图

Fig.5 Air flow distribution of L-shaped corridor in summer

根据模拟结果得出, “L”形走道夏季气流方向均为从南向流至东向, 南向开口作为进风口, 整个“L”形走道平均气流流速在 2m/s~4m/s 范围内; 通过“L”形走道的新风量约为 145000m³/h~280000m³/h, 气流稳定且风量远远大于三个目标房间所需自然进风量。

2.2 复合通风方式及进、排风口的确定

根据“L”型走道气流分布图, 本次设计拟采用机械排风为主、自然进风为辅的复合通风方式, 三个目标房间共设置一套机械排风系统, 每个房间与“L”形走道的隔墙处设置一定面积的可开启外窗作为自然进风窗, 将机械排风系统的出风口设置于“L”形走道的下风向侧。系统设置初步方案如图 6 所示。

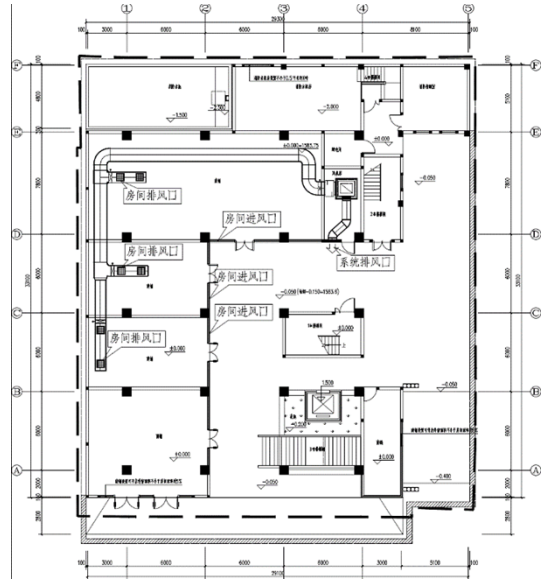


图 6 复合通风系统初步方案

Fig.6 Preliminary scheme of compound ventilation system

3 房间通风量计算及室内气流组织分布情况分析

3.1 房间边界条件及通风量计算

(1) 边界条件设置

房间外墙、外窗均按稳态边界考虑, 其余内墙及楼板不考虑临室温差传热, 其他热边界条件如表 2 所示。

表 2 热边界条件表

Table 2 Thermal boundary conditions

房间名称	负荷 (W)			边界条件
	人体	照明	设备	
目标房间 1	962	669	426	固定热流
目标房间 2	481	239	152	固定热流
目标房间 3	481	239	152	固定热流

(2) 根据各房间通风负荷热平衡公式计算得出三个目标房间的计算排风量, 排风系统风机风量按计算排风量的 1.1 倍取值, 具体结果如表 3 所示。

表 3 通风系统计算表

Table 3 Ventilation system calculation table

房间名称	室内设 计温度 (°C)	夏季通风 冷负荷 (W)	计算排 风量 (m ³ /h)	风机排 风量 (m ³ /h)
目标房间 1	28	3319	6565	6850
目标房间 2	28	1362	2694	2900
目标房间 3	28	1362	2694	2900

根据排风量及适当的风口风速 ($\leq 3\text{m/s}$), 选择大小合适的排风口, 单个排风口尺寸 $600\text{mm} \times 600\text{mm}$, 设置在房间内侧上部, 风口底部距地 3.8m ; 自然进风窗面积按自然进风速 $\leq 1\text{m/s}$ 计算得出, 房间内气流组织为侧进上排。

3.2 房间气流组织分析及自然进风口位置的确定

常规通风系统设计中, 当确定风量及风口初步位置后, 仅通过简单理论计算或经验判断确定气流组织, 并未考虑室内空气龄参数及系统运行时的效果, 难以保证系统的合理、高效。

再次运用 PHOENICS 软件, 并结合《民用建筑绿色设计规范》JGJ/T229-2010 第 6.4.1 条的规定, 分别在不同的自然进风窗设置条件下, 对三个目标房间室内风环境进行模拟分析, 通过观察室内空气龄变化情况, 得出最佳方案。模拟结果如下:

设置条件一: 自然进风窗设置在靠近房间顶部的位置, 模拟结果如图 7 所示。

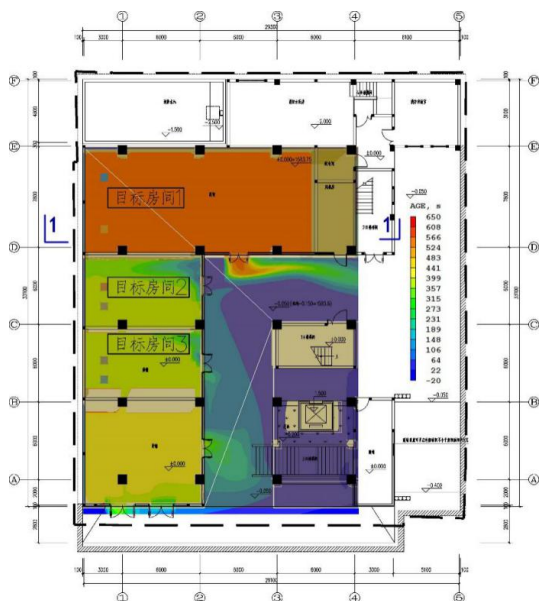


图 7 设置条件一情况下空气龄变化分析图

Fig.7 Analysis diagram of air age change under condition 1

以目标房间一剖面进行分析, 模拟结果如图 8 所示。

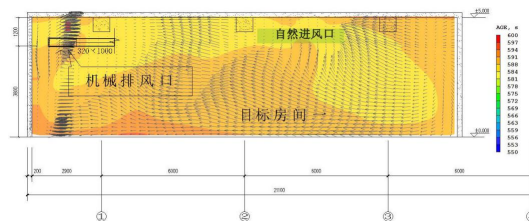


图 8 设置条件一情况下目标房间 1 剖面空气龄变化分析图

Fig.8 Analysis diagram of air age change in section 1 of target room under condition 1

由模拟结果得出, 当自然进风窗设置在房间上部时, 房间新风仅在房间上部区域流动, 房间人员活动区域内空气龄均在 588s 左右, 最大达到了 594s ; 人员活动区内空气停留时间过长, 新风无法及时送至人员活动区域, 而室内余热及污浊空气又不能及时排除, 通风效果不佳, 系统效率低下, 室内空气质量难以保障。

设置条件二: 自然进风口设为多个外窗, 设置在房间中下部的位置 (下沿距地 1.7m), 模拟结果如图 9 所示。

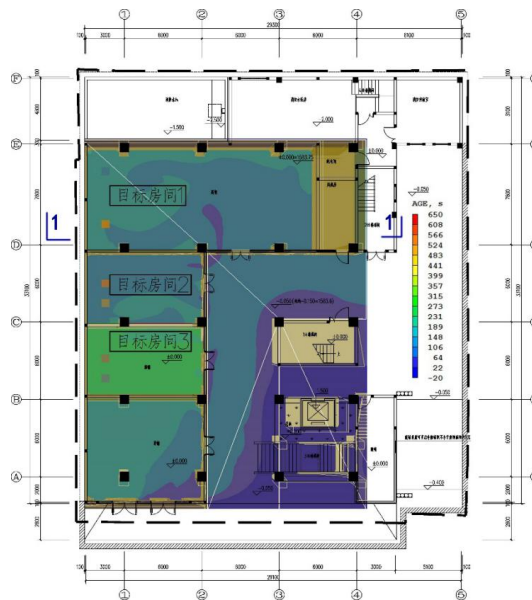


图 9 设置条件二情况下空气龄变化分析图

Fig.9 Analysis diagram of air age change under condition 2

同样以目标房间一剖面进行分析, 模拟结果如图 10 所示。

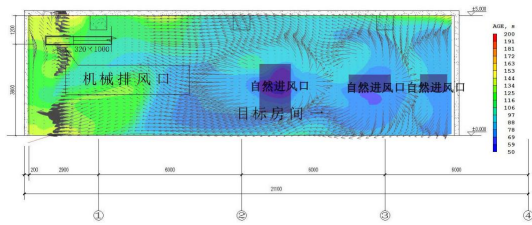


图 10 设置条件二情况下目标房间 1 剖面空气龄变化分析图

Fig.10 Analysis diagram of air age change in section 1 of target room under condition 2

由模拟结果得出,当自然进风窗设置于房间中下部(下沿距地 1.7 米)时,房间内空气在热压及风压的作用下自下而上流动,室内空气龄分布约为 88s~134s,室内空气龄分布较设置条件一的模拟结果缩短近 5 倍。在此设置条件下,气流分布均匀,流向稳定,机械排风系统及时排除室内余热;同时新风能快速送至人员活动区域,室内气流组织良好,室内空气质量及室内温度得以保障,舒适度明显提高。

3.3 三个目标房间复合通风系统最终方案确定

基于 CFD 技术建立模型对三个目标房间的复合通风系统初步方案的分析论证,最终确定其复合通风系统设计方案按设置条件二实施,如图 11 所示。

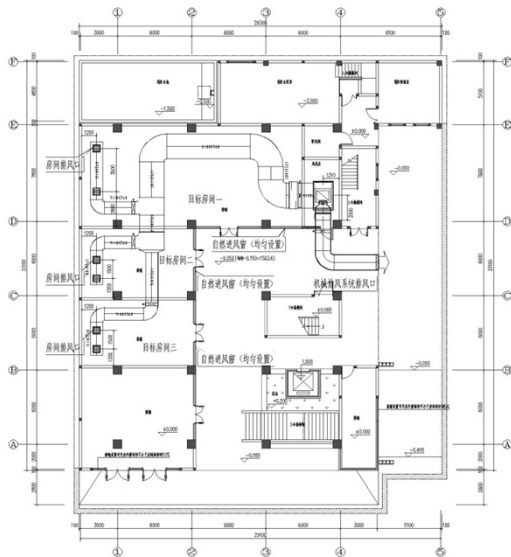


图 3 复合通风系统最终方案

Fig.11 Final scheme of compound ventilation system

本次复合通风系统设计方案,充分利用当地良好的气候条件,应用 CFD 技术在不同条件下对方案进行模拟;同时结合建筑平面设计、空间组织及门窗位置与开启方式,在不影响建筑美观的前提下,实现房间内舒适的空气环境。

3.4 复合通风系统运行策略

为配合复合通风系统有效运行,同时结合《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736-2012 中对复合通风系统的相应规定,本项目考虑设置 CO₂ 检测传感器、机械排风系统排风机设变频装置、自然进风窗户设联动系统等一系列监测、调节机制,根据不同使用季节、时段等因素设定相应的运行策略,及时调节机械排风量及自然进风窗开启面积,在保证室内热湿环境及空气质量的同时,实现节能减排。

4 结语

运用 CFD 模拟技术,对设计过程中的初步方案进行模拟、分析,在一定程度上保证了最终系统设计方案的有效性及其可实施性。特别对于复合通风系统应用广泛的温和地区,避免了盲目增加系统,或是使用效果不理想造成的投资及使用功能、成本的浪费。以 CFD 模拟技术辅助工程设计的方式可作为未来的发展方向,值得大力推广。

参考文献:

- [1] 吴桢. 基于 CFD 数值模拟的室内风环境研究[J]. 安徽工程大学学报,2019,34(6):85-90.
- [2] 闫凤英,王新华,吴有聪. 基于 CFD 的室内自然通风及热舒适性的模拟[J]. 天津大学学报,2009,42(5):407-412.
- [3] 王向宁. 暖通空调行业中的 CFD 技术[J]. 科技信息(学术研究),2008,(2):324,326.
- [4] 全柏铭,龙恩深,王子云,等. 基于 CFD 技术的大空间建筑气流组织分析[C]. 第十四届西南地区暖通空调热动力学术年会论文集,2011.
- [5] 马剑. 群体建筑风环境的数值研究[D]. 杭州:浙江大学,2006.
- [6] 薛亚斌,杨诚. CFD 数字模拟在建筑环境分析中的应用[J]. 发电与空调,2013,(6):91-96.