

文章编号: 1671-6612 (2025) 05-731-06

关于开敞办公区域典型空调末端布置形式的研究

高 飞 邹秋生 陈 香 吴银萍

(四川省建筑设计研究院有限公司 成都 610000)

【摘 要】 以成都地区某采用风机盘管加集中新风系统的办公区作为研究对象, 运用气流组织模拟分析不同风口布置形式下空调区域温度及空气流速分布。研究结果表明, 对于开敞办公区域, 风机盘管送风口靠外墙放置时, 办公区域的不同位置空气温度均匀性相比送风口靠内墙放置时大致可提高 19.27%, 但区域内的平均温度, 比靠内墙放置时在人员活动区域整体升高了 1.07℃; 同时风机盘管送风存在送风气流对空调区域部分空间循环空气的阻隔效应, 被阻隔区域的空气存在自循环情况, 设计时需注意该情况出现在热负荷较大区域, 以免该区域空调降温效果显著降低。

【关键词】 气流组织; 温度均匀性; 办公建筑; 空气流速; 空气阻隔

中图分类号 TU831.1 文献标志码 A

Research on Typical Air Conditioning Terminal Layout Forms for Open Office Areas

Gao Fei Zou Qiusheng Chen Xiang Wu Yinping

(Sichuan Provincial Architectural Design and Research Institute Co., Ltd, Chengdu, 610000)

【Abstract】 Taking an open-plan office area in Chengdu equipped with a fan coil unit (FCU) combined with a centralized fresh air system as the research object, this study conducts airflow organization simulations to analyze the temperature distribution and air velocity patterns under different outlet arrangement configurations. The results indicate that for open-plan office spaces, positioning the FCU supply outlets near exterior walls significantly improves spatial temperature uniformity by approximately 19.27% compared to placements against interior walls. However, the average temperature in occupant activity zones increases by 1.07℃ when outlets are located near exterior walls. Additionally, the FCU supply airflow exhibits an obstruction effect on localized air recirculation within the cooling zone, creating self-circulation patterns in the obstructed areas. Design considerations should address this phenomenon specifically in regions with high heat loads to prevent substantial degradation of cooling performance in those zones.

【Keywords】 Sairflow organization; Temperature uniformity; Office building; Air velocity; Air obstruction

0 引言

空调气流组织设计主要通过合理组织室内空气流动, 使室内工作区空气的温度、速度等能更好地满足人们舒适性要求。空调房间的气流组织不仅直接影响房间的空调效果, 也影响空调系统的能耗量。影响气流组织的因素包括送风口位置及形式、回风口位置, 房间几何形状及室内的各种扰动等,

其中以送风口的空气射流及其送风参数对气流组织的影响最为重要。

目前通常采用 CFD 软件对室内气流组织进行数值模拟, 在对室内热环境的研究方面, Airpak 软件是目前应用较为广泛的工具^[1-3]。关于气流组织的研究主要有数据机房降温及空调外机散热效果^[4,5]、室内污染物及病毒等传播^[6,7]、特殊空间(如

作者简介: 高 飞 (1993.10-), 男, 硕士研究生, 工程师, E-mail: 1135472415@qq.com

通讯作者: 邹秋生 (1973.08-), 男, 本科, 教授级高级工程师, E-mail: 305853892@qq.com

收稿日期: 2025-04-11

并处于外区附近。

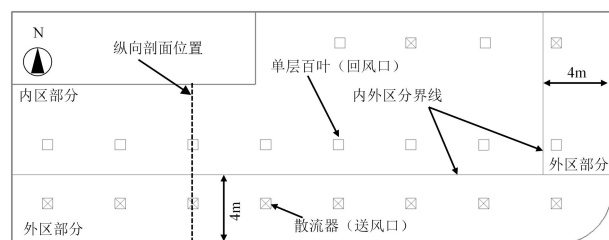


图2 物理模型2

Fig.2 Computational model 2

2.2 边界条件

风机盘管送风口尺寸为 $600\text{mm} \times 600\text{mm}$ ，单个送风口送风量为 $1360\text{m}^3/\text{h}$ ，送风温度取 16°C ，回风口尺寸为 $600\text{mm} \times 600\text{mm}$ ，通风口类型为外部风口，损失系数计算方式为自动，为更好地贴合散流器送风的气流特点，模型搭建过程中分别建立了四个送风温度相同但送风方向不同的三角形区域，扩散角设定在 45° 附近，每个区域送风量取总风量的 $1/4$ ，对应为 $340\text{m}^3/\text{h}$ ；幕墙按相应冷负荷设置为常热流，即第二类边界条件，南向、东向幕墙分别对应为 120.72 ， $53.96\text{W}/\text{m}^2$ ，整个地面考虑人体、照明及设备部分负荷，按对应平均负荷设置，内区地面平均负荷强度对应为 $84.21\text{W}/\text{m}^2$ ，南向外区及东向外区部分分别再考虑太阳日射得热部分的负荷，南向、东向外区地面平均负荷强度为 111.16 ， $96.78\text{W}/\text{m}^2$ 。

2.3 模拟设置

根据所研究问题的特点及前人的研究成果，进行室内流场模型简化过程中，忽略影响较小的因素，具体如下：（1）假设房间为封闭空间，不考虑空气渗透等影响；（2）假设房间墙壁、门窗为定热流密度；（3）假设对房间内的物体表面传热不进行考虑；（4）假设房间内空气为粘性不可压缩气体且稳态湍流流动。

采用六边形非结构化网格，通过控制不同空间方向上的最大尺寸，生成网格并对速度梯度大的部分（如送风口）局部加密。考虑网格大小对计算结果的影响，对不同网格级别计算结果进行了网格无关性及网格质量检验，最终网格尺寸取 $0.868\text{m} \times 0.07\text{m} \times 0.336\text{m}$ ，网格数量 162002 个，当工况改变时，网格数量呈小范围变化，但各工况划分网格均无高度扭曲元素，整体质量接近 1。计算过程收敛标准残差设定为除能量方程之外的所有方程都减

小到 0.001，能量方程减小到 10^{-6} 。

3 计算结果与分析

研究过程中主要调整了两种工况下的各风机盘管送回风口位置，其他边界调节保持一致，得到两种工况下计算的温度场、速度场。图3给出了工况1西侧风口中心位置处纵向剖面（见图1）的温度分布云图。从图中可以看出，冷空气从送风口送出后逐渐向周围扩散，空调区空气出现明显的温度分层，不同温度层温差在 1°C 附近；靠近南侧外墙不同温度层的分布范围相比北侧更广，贴近外墙局部空气温度明显增高，外墙上部、下部局部温度可达到 32°C 以上，受空气密度差及送风射流影响，空调区距地 1m 范围内温度整体较低，随着离地高度增加温度逐渐增高，回风口两侧局部温度达到 28°C 附近。

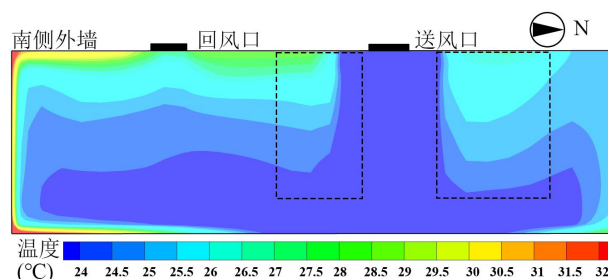


图3 工况1纵向温度分布

Fig.3 Longitudinal temperature distribution under operating condition 1

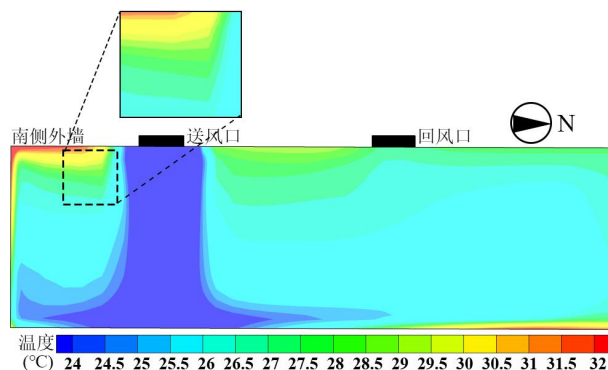


图4 工况2纵向温度分布

Fig.4 Longitudinal temperature distribution under operating condition 2

图4给出了工况2相同位置（见图2）上纵向温度分布。与工况1相比，低温区域明显减少，整体平均温度增高，经统计工况2该位置空气平均温度为 25.8°C ，比工况1的 24.2°C 高 1.6°C ，除送风

气流下方及靠近南侧外墙局部位置温度分层明显外, 其他区域温度分布较为均匀, 基本处于 26°C 附近; 南侧外墙下部贴地附近温度呈降低趋势, 但靠近南侧外墙及墙体上部的空气温度呈增加趋势。

图 5 给出了工况 1 距地 1.1m 高度上的温度分布。从图中可以看出, 该高度上不同位置处的温度差异较大, 距东侧外墙 11m (见图 5 中虚线) 范围内空气温度主要在 25.5°C 附近, 仅送风口下方局部区域出现 24°C 的低温区域, 东南角贴近外墙局部位置空气温度达到了 30°C 以上; 在房间西侧空气温度多处于 25°C 以内, 较大区域范围内空气温度达到了 24°C 附近, 经计算, 房间西侧低温区域比距东侧外墙 11m 范围内空气平均温度低 1.4°C , 造成房间不同区域温度差异应为目前空调末端送风口在贴近东侧外墙较大范围内仅有一处, 该送风口的南北侧均为空调末端的回风口, 该风口附近同时受到来自于东侧幕墙、南侧幕墙的传热及太阳辐射得热的作用, 即受外部得热的范围及强度相比房间其他区域更为明显, 同时该位置附近冷空气的送风量和送风范围相比其他区域偏少, 因而该位置附近在 1.1m 高度上的空气温度相比其他区域明显偏高。

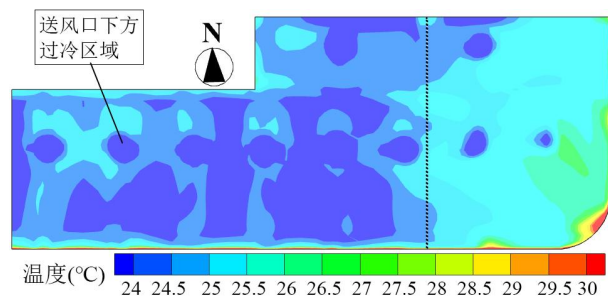


图 5 工况 1 距地 1.1m 高度温度分布

Fig.5 Temperature distribution at 1.1m above ground level under operating condition 1

图 6 给出了工况 2, 风机盘管送风口设置在外墙附近时距地 1.1m 高度上的空气温度分布。与图 5 相比, 该高度上空气整体温度升高, 基本处于 25°C 以上, 经统计平均温度比工况 1 高 1.5°C , 同时出现了西北角及东南角两个温度稍高区域, 温度达到了 27°C 以上, 但东南角高温范围房间东北侧风机盘管末端送风口在靠近外墙侧, 在送风口降温作用下, 东南角高温区域范围相比工况 1 有一定缩小。

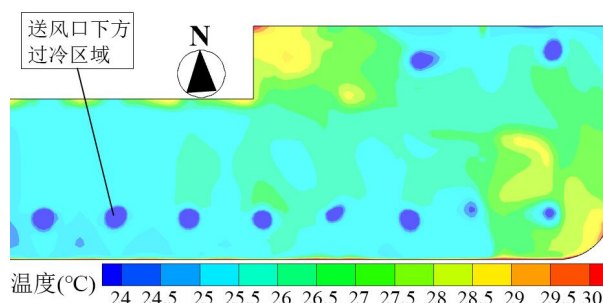


图 6 工况 2 距地 1.1m 高度温度分布

Fig.6 Temperature distribution at 1.1m above ground

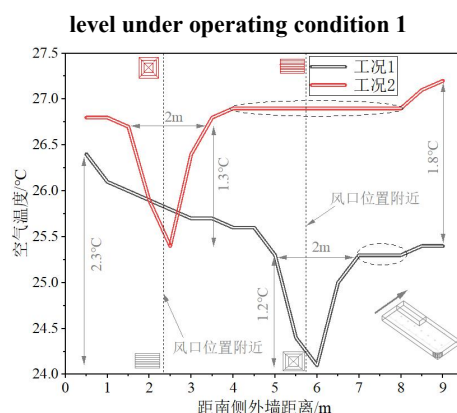


图 7 距南墙不同距离处的空气温度变化

Fig.7 Air temperature variation at different distances from the south wall

对于 1.1 节中的研究对象, 分别取两种工况下由南向北分别取距南侧外墙不同距离上纵向剖面的平均温度进行比较, 如图 7 所示。从图中可以看出, 两种工况下房间不同位置的空气平均温度均存在差异, 在送风口附近 2m 范围内空气平均温度明显偏低, 随着距送风口距离增加, 空气平均温度逐渐升高; 两种工况相比, 工况 1 下房间空气温度整体低于工况 2, 工况 1 房间各处平均温度在送风口附近最低为 24.1°C , 低于工况 2 对应的 25.4°C , 两者相差近 1.3°C ; 两种工况下在送风口向北侧内墙方向空气平均温度均出现一定的等值区域, 工况 2 温度的等值区域在距南侧外墙 4m – 8m 的范围, 工况 1 为距南侧外墙 7m – 8m 的范围, 工况 2 下房间各处的温度均匀性明显优于工况 1; 距南侧外墙越近, 工况 1 室内不同位置平均温度越高, 分析其主要原因为工况 1 末端风机盘管送风口位于内区 (距外墙距离大于 4m) 附近, 外区主要处于回风区域, 而外区除设备、照明及人员负荷外, 还有透过幕墙的日射得热负荷, 当距离南侧幕墙越近时还会有南侧

幕墙的传热负荷, 因而该工况在距离送风口越远, 离南侧幕墙越近时, 平均温度逐渐升高并在贴近南侧幕墙附近温度呈一个小范围的陡增。

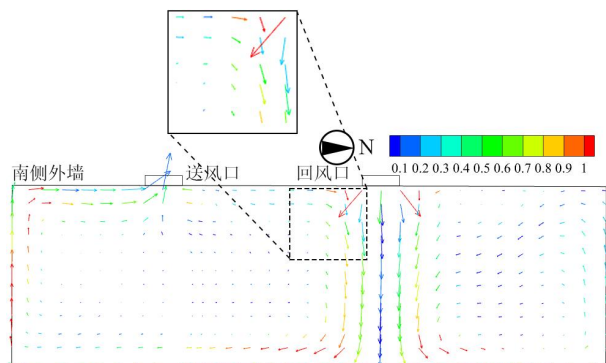


图 8 工况 1 纵向空气速度矢量图

Fig.8 Longitudinal air velocity vector diagram under operating condition 1

图 8 给出了距东墙 24.2m 附近 (见图 1 虚线位置) 高度方向上工况 1 中不同位置的空气速度矢量图。从图中可以看出, 经风机盘管处理后的冷空气由送风口送出, 分别在送风口南北两侧形成了两个空气流动循环, 送风口南侧冷空气经送风口送出后贴近地面并在沿南侧幕墙内表面上升至回风口位置, 并在贴南侧幕墙上升过程中受室外空气传热影响, 送风气流被逐渐加热, 因而回风区域空气温度较高; 送风口北侧空气经送风口送出后贴地面然后沿北侧内墙表面上升至房间天花, 部分空气受流速较高送风气流卷吸影响继续在送风气流南侧形成空气循环流动, 而未流经风机盘管内部的表冷器进行降温处理, 导致该区域内空气从照明、设备及人员那获得的部分热量滞留, 导致图 3 送风口北侧空气稍高于送风口南侧区域。

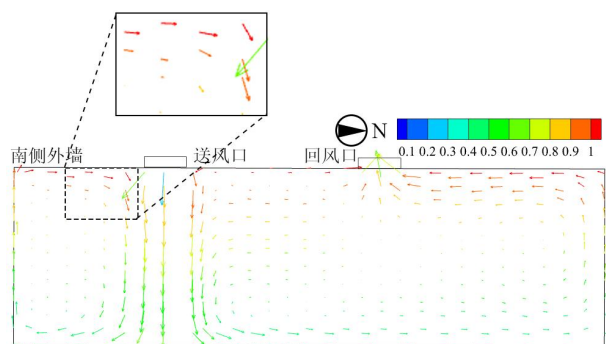


图 9 工况 2 纵向空气速度矢量分布

Fig.9 Longitudinal air velocity vector diagram under operating condition 2

图 9 给出了距东墙 24.2m 附近 (见图 2 虚线位置) 高度方向上工况 2 中不同位置的空气速度矢量图。与工况 1 (见图 8) 类似, 送风口两侧分别形成了各自的内部空气循环, 由于送风口靠近南侧幕墙, 送风气流对送风口南侧区域空气同样有卷吸作用, 可同步对比图 4 送风口附近的温度分布, 卷吸的空气将在送风口与南侧幕墙之间形成一定的滞留循环。

表 1 给出了风机盘管在两种风口布置形式下的温度分布比较, 截面高度选取主要参考了 GB/T 50785-2012《民用建筑室内热湿环境评价标准》^[19]。从表中数据可知, 两种工况均在离地 0.6m 高度出现最低值, 在 0.1m 出现最大值, 受送风气流影响, 不同截面高度上的温度最低值随截面高度的增加逐渐降低; 在不同高度平面上, 工况 2 不同截面高度平均温度均高于工况 1, 两种工况不同截面高度平均温差值随着截面高度增加而逐渐增大, 最大出现在 1.6m 高度, 达到了 1.6℃, 工况 1 不同高度平均温度均在 26℃以内, 而工况 2 基本高于 26℃, 经计算工况 1 整个空间空气平均温度为 26.3℃, 工况 2 为 27.4℃, 因而工况 1 对空调区域的降温效果优于工况 2。同时对两种工况不同截面高度温度分布的标准差及平均温度的差值进行分析可知, 工况 1 不同高度上的标准差均大于工况 2, 垂直方向上工况 1 在不同高度处平均温度温差最大为 3.1℃, 工况 2 对应为 2.8℃, 即工况 2 中空调区域温度分布均匀性整体好于工况 1, 经计算工况 1 空调区域人员活动高度 2m 以下各处温度的标准差为 4.10, 工况 2 对应为 3.31, 均匀性后者比前者提高了 19.27%。

表 1 风机盘管两种风口布置形式下的温度分布情况

Table 1 Temperature distribution under two different air outlet arrangement configurations in fan coil units

工况	截面高度 /h	温度最低值 /℃	平均温度 /℃	标准差
工况 1	0.1	22.05	27.50	3.46
	0.6	20.42	24.40	1.36
	1.1	20.03	24.60	1.20
	1.6	19.01	25.00	1.20
工况 2	0.1	23.36	28.50	2.62
	0.6	21.30	25.70	1.25
	1.1	20.85	26.10	1.13
	1.6	19.74	26.60	1.11

4 结论

(1) 对于开敞办公区域采用风机盘管加集中新风的空调系统, 风机盘管送风口一致靠外墙放置时, 办公区域的不同位置空气温度均匀性相比送风口靠内墙放置好, 大致提高 19.27%, 但区域内的平均温度比送风口靠内墙安装时高, 工况 1 比工况 2 空调制冷时在人员活动区域整体可降低 1.07℃, 降低为 4.14%。

(2) 风机盘管送风存在送风气流对空调区域部分空间循环空气的阻隔效应, 被阻隔区域的空气由于未能及时流经风机盘管内的表冷器进行降温处理, 从而导致被阻隔区域空气形成了自循环情况, 设计时需注意该情况出现在热负荷较大区域, 以免该区域空调降温效果显著降低。

参考文献:

- [1] 贡欣, 蒋琴华. 基于 Airpak 的办公室热环境数值模拟分析[J]. 土木建筑工程信息技术, 2019, 11(6): 113-121.
- [2] 宫克勤, 杨子昱, 张楠. 基于 Airpak 的冬季办公室机械通风研究[J]. 建筑节能, 2020, 48(12): 73-76, 128.
- [3] 王承志, 李丹晖. 基于 Airpak 软件的室内环境数值模拟分析[J]. 现代信息科技, 2024, 8(11): 111-115.
- [4] 牛婷婷, 盖东兴, 李振财. 数据中心机房气流组织优化分析[J]. 制冷技术, 2023, 43(5): 81-85.
- [5] 刘家澳, 张勇, 周添. 狭小空间空调室外机散热优化[J]. 暖通空调, 2024, 54(S2): 292-295.
- [6] 张淑秘, 周冠丞, 盛昱强, 等. 严寒地区医院病房气流组织优化[J]. 热科学与技术, 2023, 22(5): 489-497.
- [7] 方晶, 黄翔. 上海某车库室内通风改造分析[J]. 洁净与空调技术, 2025, (1): 66-69.
- [8] 夏恒玮. 大空间办公环境下非均匀送风策略与控制优化研究[D]. 沈阳: 沈阳建筑大学, 2022.
- [9] 王庆华, 李琦波. 高大空间空调制热效果不佳的原因分析与总结[J]. 暖通空调, 2024, 54(S2): 73-75.
- [10] 周鑫, 冯俊, 白洁, 等. 建筑高大空间分布式空调末端节能送风方式研究[J]. 绿色建筑, 2025, 17(1): 85-94.
- [11] 丁正辽, 柯信瓿, 连大旗. 某报告厅空调系统气流组织优化设计[J]. 建设科技, 2025, (1): 93-96.
- [12] 胡淋翔, 刘清华, 张宁, 等. 某博览建筑暖通设计中的 CFD 应用[J]. 暖通空调, 2024, 54(S1): 449-453.
- [13] 龚思越. 某高大空间开放式办公区空调气流组织模拟分析[J]. 工程技术研究, 2021, 6(12): 243-244.
- [14] 王玉, 钟雷钧, 陈剑波, 等. 风机盘管加新风系统室内微循环热舒适性研究[J]. 建筑节能(中英文), 2024, 52(9): 50-54.
- [15] 汪宁, 左宇航, 徐嘉俐, 等. 基于 CFD 模拟的酒店客房空调风口优化设计研究[J]. 洁净与空调技术, 2024, (4): 7-13.
- [16] 侯雯琪, 姜远征, 韩德顺. 夏季气流组织对办公室温度场影响[J]. 洁净与空调技术, 2021, (1): 46-51.
- [17] 郭俏莹, 王汉青. 应用 Fluent 的某办公室不同送风速度下冬季热舒适性探析[J]. 上海节能, 2024, (12): 2005-2013.
- [18] GB 50189-2015, 公共建筑节能设计标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [19] GB/T 50785-2012, 民用建筑室内热湿环境评价标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.