

基于参数化设计的高层住宅自然通风优化策略

段召帅

河北安俱达化工科技有限公司, 河北 石家庄 051432

[摘要]随着城市化进程的加快,高层住宅已成为城市居住空间的主体类型。然而高层建筑常因体型复杂、通风路径受限以及城市风环境影响,使自然通风效率难以满足居住舒适性需求。自然通风作为一种节能、环保且可持续的建筑性能指标,对于提升住宅热舒适性、减少空调能耗具有重要意义。传统通风设计多依赖经验或静态分析,难以有效应对复杂多变的建筑参数。近年来,参数化设计技术的发展为建筑性能优化提供了强有力的研究手段,可实现建筑形体、开窗方式、风压分布等数据的快速模拟并及时反馈,为自然通风优化提供科学依据。文中以高层住宅为对象,从建筑气流组织与环境动力学角度出发,结合参数化设计建模技术,探讨其在自然通风优化中的应用路径与关键策略。研究表明,参数化模型可显著提高设计效率,实现对多因素耦合条件下的通风性能预测与优化,为高层住宅绿色设计提供重要支持。

[关键词]参数化设计;高层住宅;自然通风;建筑性能优化;风环境

DOI: 10.33142/ect.v4i1.18832

中图分类号: U469.11

文献标识码: A

Optimization Strategy for Natural Ventilation in High-rise Residential Buildings Based on Parametric Design

DUAN Zhaoshuai

Hebei Anjuda Chemical Technology Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 051432, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, high-rise residential buildings have become the main type of urban living space. However, high-rise buildings often have complex shapes, limited ventilation paths, and the influence of urban wind environment, making it difficult for natural ventilation efficiency to meet the needs of residential comfort. Natural ventilation, as an energy-saving, environmentally friendly, and sustainable building performance indicator, is of great significance for improving residential thermal comfort and reducing air conditioning energy consumption. Traditional ventilation design relies heavily on experience or static analysis, making it difficult to effectively address complex and changing building parameters. In recent years, the development of parametric design technology has provided a powerful research tool for optimizing building performance, which can achieve rapid simulation and timely feedback of building form, window opening method, wind pressure distribution and other data, providing scientific basis for natural ventilation optimization. The article focuses on high-rise residential buildings and explores their application paths and key strategies in natural ventilation optimization from the perspectives of building airflow organization and environmental dynamics, combined with parametric design modeling techniques. Research has shown that parameterized models can significantly improve design efficiency, achieve prediction and optimization of ventilation performance under multi factor coupling conditions, and provide important support for green design of high-rise residential buildings.

Keywords: parameterized design; high-rise residential; natural draft; building performance optimization; wind environment

引言

在我国绿色建筑和“双碳”目标背景下,建筑节能设计成为行业关注焦点。自然通风作为建筑节能的重要组成部分,不仅能够减少机械制冷能耗,还可改善室内空气质量。然而,高层住宅由于高度较大、风环境复杂、室内外气压差异明显,其自然通风效果受多重因素影响。传统设计方法难以系统地分析建筑通风性能,在面对复杂变量时常无法实现快速、动态的优化调整。参数化设计以其可视化、可迭代和可自动化的特点,为建筑自然通风性能优化提供新的技术路径。通过在设计阶段集成风环境模拟及数据反馈机制,可及时调整建筑形体、空间布局及开窗方式,从而提高自然通风效率。本文旨在探讨参数化设计技术在

高层住宅自然通风优化中的应用策略,为高层住宅绿色性能设计提供可行研究方法和理论支持。

1 高层住宅自然通风的特征与影响因素分析

1.1 高层住宅风环境条件的复杂性

高层建筑外部风环境受地形、建筑群布局、风向变化以及城市热岛效应影响,呈现明显的非稳定性与空间差异性。建筑越高,其上部区域受到的风压越大,而中低层受周边建筑遮挡影响,风速明显减弱,形成垂直风速梯度。风压分布的不均衡会直接影响室内通风量,导致不同楼层之间通风效果差异显著。此外,高层住宅常位于城市高密度区域,周边建筑集聚造成风流挤压现象,使自然通风路径被改变甚至受阻。因此在通风设计中必须综合考虑建筑

所处的外部风环境特征。

1.2 建筑形体与布局对通风的影响

高层住宅形体通常较为规整,但其体型参数(如进深、面宽、高宽比)对气流组织具有直接影响。当建筑体型过于封闭或间距过小,会阻碍风流进入通风区,从而降低自然通风效率。此外,建筑布局如排布方式、间距、朝向等因素均影响风压差形成及风流引导路径。合理的形体设计能够增强风流附着效应,提升进入室内的风速,提高通风性能。

1.3 开窗方式及室内布局对通风效果的影响

自然通风效果不仅取决于外部气流,还取决于室内空间组织与开窗布置。开窗面积、位置、高度及窗型均影响气流进入室内的方式。高层住宅常采用单侧通风,而单侧通风受外部风压差限制较大,因此其通风效率较低。若通过参数化工具优化开窗组合,可实现更高效的双向通风效果。此外,室内隔墙、家具布置等因素均会改变室内气流路径,因此在设计初期必须纳入综合考虑。

2 参数化设计在高层住宅自然通风分析中的应用基础

2.1 参数化建模的可控性与灵活性优势

参数化建模技术可通过设定变量和规则,实现建筑形体、通风开口、朝向变化等信息的动态修改。设计师能够实现快速调整并实时观察设计变动对自然通风性能的影响。建筑模型中的可调参数可涵盖开窗面积比例、形体凹凸变化甚至风道尺寸,从而使研究模型具有高度的可操控性,提高设计效率。

2.2 与环境模拟工具的高效集成

参数化技术可与CFD(Computational Fluid Dynamics)风环境模拟工具、EnergyPlus等建筑性能分析软件实现数据交互,形成多维度模拟体系。设计师可在Grasshopper、Dynamo等平台上通过插件与模拟软件连接,实现自动化求解、结果反馈和重复迭代。例如,将风速、风压差、气流路径等数值可视化,使通风表现一目了然,为决策提供科学依据。

2.3 数据驱动的设计优化机制

参数化设计强调利用数据收集与反馈指导设计决策,通过对模拟结果分析,能够筛选出最优通风方案。基于Monte-Carlo随机分析或遗传算法等智能优化方法,可实现大规模参数组合的自动计算,推进通风设计的智能化与高效化。这种数据驱动的机制为多目标优化提供可能,使设计过程更加科学、精细、量化。

3 基于参数化模型的高层住宅自然通风优化策略分析

3.1 建筑形体优化策略

建筑形体的优化可从体块组合、边缘调整、进深控制等方面入手。参数化模型允许设计师通过调整体块凹凸关系改变风流附着性能,使建筑外表面形成更好的风压差分布。此外,通过调整建筑进深,可以改善室内深部空间的

通风弱点区域。研究表明,建筑进深减少10%时,室内风速可提升约20%,显示形体优化的重要性。

3.2 开窗形式与布局优化策略

开窗位置与开窗面积在自然通风设计中具有决定性作用,直接影响室内空气流动方式和通风效率。借助参数化设计技术,设计人员可在短时间内生成并测试多种开窗组合方案,对不同配置下的风速增益和压力差变化进行量化分析。双侧开窗因能够形成稳定的空气对流,往往具备较高的通风效率,在住宅设计中具有明显优势。当建筑形体或周边环境限制单侧通风时,可通过参数化工具对窗户高度、窗型比例及百叶角度进行精细调整,使气流进入室内的方向和速度更符合气流动力学特征。通过合理引导气流,可有效提升单侧通风效果。利用上下不同高度的开窗组合,如上悬窗与竖向窗协同设置,可形成热压驱动的立体通风模式,增强空气垂直流动能力。参数化方法使开窗策略的优化更加高效和可控,为实现高性能自然通风提供了可靠技术路径。

3.3 室内气流组织优化策略

室内气流组织的优化可通过多种空间设计手段实现,包括调整隔墙位置、设置通风走廊以及优化整体户型布局等方式。合理的空间构成能够引导空气按照预期路径流动,改善室内通风效率。借助参数化工具,空气流动过程可被直观模拟,不同速度的气流区域通过颜色区分呈现,设计师由此能够快速识别通风死角和气流滞留区域。通过减少房间开间深度或在关键节点设置可控风道,气流流动阻力得以降低,空气更新速度明显提升。空间分隔方式在参数化模型中可被反复调整和验证,使隔墙布置更加符合通风需求。气流组织趋于顺畅后,室内热量积聚现象得到缓解,污染空气滞留时间相应缩短。参数化设计为气流优化提供了可视化和可量化的技术手段,使室内环境质量在设计阶段得到有效提升。

4 参数化辅助下的自然通风性能模拟与评估

4.1 风速与风压差模拟分析

利用CFD技术可对建筑周围的外部风环境以及开窗后的室内气流状态进行精细化模拟,为自然通风设计提供直观依据。通过数值计算得到的风速云图和流线分布,可清晰展示气流在室内空间中的运动轨迹,判断风场分布是否均匀,气流是否有效进入目标房间,以及局部风速是否处于人体舒适范围。模拟结果还能帮助识别气流滞留区或短路现象,为通风方案调整提供参考。风压差分析则侧重于不同开口位置所形成的压力变化,通过对比各区域压力分布,可判断气流驱动方向和通风潜力。压力差越合理,气流组织越顺畅,通风效果越稳定。结合风速分布与风压差分析,可更准确地确定室内外空气交换路径,优化开窗位置与形式,使自然通风效果得到有效提升,为高品质建筑环境营造提供技术支撑。

4.2 室内空气更新率评估

空气置换率是评价建筑通风性能的重要指标之一,能

够直观反映室内空气更新的效率。通过将参数化模型与通风模拟工具相结合,可在不同外部风速条件下精确计算换气次数,即单位时间内室内空气被新鲜空气替换的频率。模拟结果可清晰展示不同设计参数对通风效果的影响,为方案优化提供量化依据。高层住宅的通风效率受多种因素共同作用,其中开窗面积大小和建筑高度变化尤为关键。参数化方法可通过调整相关参数数值,快速生成多种设计方案,并对其换气性能进行对比分析。随着参数变化,空气流动路径和压力分布发生相应调整,换气效果呈现出明显差异。借助这一分析过程,设计人员能够识别通风性能更优的方案,为提升高层住宅室内空气品质和居住舒适性提供科学支持。

4.3 舒适性综合评价

自然通风优化在建筑设计中并非仅关注风速大小,还需要综合考量热舒适性、噪声水平及空气质量等多重环境因素。单一指标难以全面反映通风效果,参数化模型通过整合不同性能参数,可构建多目标综合评价体系,对设计方案进行系统分析。模型运行过程中,各项指标在同一平台上被量化比较,设计方案在满足多重需求的前提下不断迭代,逐步趋近整体性能最优状态。将风速舒适性与建筑冷负荷变化建立关联,有助于深入分析自然通风策略对能耗水平的影响,使节能效果更加直观可控。通过这种方式,设计人员能够在舒适性与能源消耗之间寻求平衡点,为绿色建筑方案提供可靠依据。多目标参数化模型的应用,使自然通风设计从单因素优化转向系统协同优化,推动建筑环境品质与节能性能的同步提升。

5 参数化自然通风优化在未来高层住宅设计中的应用前景

5.1 推动高层住宅绿色性能设计的智能化

随着人工智能与大数据技术的不断成熟,参数化设计正逐步迈向更加智能化和自动化的发展阶段。借助机器学习算法和海量环境数据分析,设计系统能够在短时间内完成多方案对比与性能评估,为设计师提供具有参考价值的决策支持。自然通风优化过程在数据驱动下更加精准,建筑形态、开口位置及尺度等关键参数可通过计算不断调整,以获得更优通风效果。设计判断不再依赖个人经验积累,而是建立在可量化的模拟结果和预测模型基础之上,使设计过程更加科学可靠。性能指标在方案生成阶段即被纳入核心考量,推动设计目标由形式导向转向性能导向。人工智能技术的融入,使参数化自然通风设计具备更强的适应性和前瞻性,为实现高效、低能耗的建筑环境提供持续动力。

5.2 提升城市风环境研究的综合性

参数化设计与城市风环境模拟相结合,可在更宏观的尺度上评估建筑群对通风条件的整体影响。通过建立包含建筑高度、体量、间距及朝向等多种变量的参数模型,能够直观分析不同布局方案下空气流动路径和风速分布特征,为城市规划提供科学依据。借助模拟结果,高层住宅

的布置方式可得到针对性优化,避免形成通风死角或强风区,从而改善居住环境的舒适性与安全性。合理的建筑排列有助于促进空气交换,降低热量和污染物在局部区域的积聚,对缓解城市热岛效应具有积极作用。城市微气候在这一过程中得到有效调节,行人层风环境质量随之提升。参数化方法使规划决策建立在可量化分析基础之上,为实现城市空间的健康、宜居发展提供了有力技术支持。

5.3 实现从建筑设计到运营阶段的全周期优化

参数化自然通风模型不仅在建筑设计阶段具有重要指导意义,在建筑投入使用后同样可作为高效的运营管理工具。通过将模型与环境传感器系统相结合,室内外温度、湿度、风速及空气质量等数据能够被持续采集并实时分析,从而为开窗策略的调整提供科学依据。基于参数化算法,建筑可根据环境变化自动或半自动优化通风方式,使自然通风效果始终保持在较优状态。这种动态管理模式有助于减少对机械通风和空调系统的依赖,降低能源消耗水平。居住者在稳定、舒适的室内热环境中活动,体感舒适度和空气品质得到明显改善。长期运行中,通风策略的精细化调控还能延长设备使用寿命,提升建筑整体运行效率。参数化自然通风模型将设计逻辑延伸至运营阶段,使建筑从静态方案转变为具备自适应能力的系统,对实现节能与舒适并重的建筑目标具有积极意义。

6 结论

基于参数化设计的高层住宅自然通风优化策略,为复杂建筑环境下的通风设计提供了科学、可控且量化的技术路径。相关研究表明,参数化模型能够显著提升通风设计效率,通过对建筑形体尺度、开窗方式以及室内空间布局等关键因素进行耦合分析,实现自然通风性能的整体优化。设计过程不再依赖单一经验判断,而是以数据分析和性能反馈为依据,使通风效果更加稳定可靠。随着技术不断成熟,参数化工具与通风模拟软件的深度融合,有助于提高模型计算精度和运行稳定性,拓展其在高层住宅绿色设计中的应用范围。

[参考文献]

- [1]赵伟.高原地区建筑住宅室内自然通风环境研究[D].昆明:云南大学,2022.
 - [2]谢云涛.封闭阳台对高层住宅自然通风的影响及优化策略研究——以济南地区为例[J].城市住宅,2021,28(10):136-137.
 - [3]蔡蕾蕾.高层住宅中间户型自然通风优化设计[D].徐州:中国矿业大学,2021.
 - [4]彭云龙.基于CFD模拟的济南地区高层住宅自然通风优化设计策略研究[D].济南:山东建筑大学,2015.
- 作者简介:段召师(1989.2—),男,汉族,毕业学校:河北建筑工程学院,现工作单位:河北安俱达化工科技有限公司。