

模拟技术在工业建筑节能改造方案中的应用研究

牛会星

浙江浙能科技环保集团股份有限公司 浙江 杭州 311121

摘要: 随着能源与环境问题的日益凸显,对工业建筑进行节能改造已成为当前建筑行业的重要课题。模拟技术作为一种先进的工具,在工业建筑节能改造方案设计阶段发挥着重要作用。本文通过分析模拟技术在工业建筑节能改造中的应用案例,探讨其在能耗、采光和通风等方面的具体应用方法及其优势。

关键词: 模拟技术;工业建筑;节能改造;应用

引言

随着我国城市改造和节能减排工作的深入推进,工业建筑节能改造成为了一个崭新的课题。传统的建筑改造方法往往难以准确预测和评估节能效果,而模拟技术则提供了一种更为科学和高效的方法。模拟技术通过构建建筑模型,对建筑的能耗、采光和通风等关键指标进行模拟分析,为节能改造方案的制定提供了可靠的数据支持。

1 模拟技术在工业建筑节能改造中的应用

1.1 能耗模拟

首先,需根据目标工业建筑的实际状况,如建筑规模、结构类型、材料组成、设备配置等,构建一个高度精确的能耗模型。接下来,利用EnergyPlus、TRNSYS等专业的能耗模拟软件,对模型进行深入的模拟分析。这些软件能够模拟出建筑在不同气候条件(如春夏秋冬四季变换、极端天气事件等)、不同使用模式(如工作日与周末、白天与夜晚等)、不同人员密度和设备运行状况下的能耗情况。通过设定多种可能的节能改造方案,如改善建筑围护结构的保温隔热性能、优化暖通空调系统的运行策略、引入高效的照明和智能控制系统等,可以逐一模拟这些方案实施后的能耗变化。在模拟过程中,要对每一个细节进行严格的把控和精细化的分析^[1]。比如,对于暖通空调系统,模拟不同的送风温度、风速、送风方式等对能耗的影响;对于照明系统,考虑不同灯具的能效、照明布局、光照强度等对能耗的贡献。基于能耗模拟的结果,可以科学地评估不同节能改造方案的经济性、可行性和节能潜力。通过对比改造前后的能耗数据,可以直观地看到节能改造带来的实际效益,从而为企业决策提供有力的数据支持。以安徽某电厂脱硫综合楼为例,该楼总供暖面积为1347.8平方米,总热负荷为144.1千瓦。通过模拟不同改造方案下的能耗表现,发现改善围护结构(如外墙、屋顶的保温隔热)和优化

暖通空调系统(如采用VRV多联式空调机)能够显著降低能耗。具体数据显示,改造后该楼的单位面积热负荷从106.9W/m²降至约80W/m²,节能效果显著。

1.2 采光模拟

采光模拟技术的核心在于对自然光在建筑内部传播和分布的精确计算。利用Ecotect等专业的采光模拟软件,可以对建筑的各个部分,如屋顶、窗户、遮阳设施等,进行细致入微的模拟分析。这些软件能够模拟出不同时间(如清晨、正午、傍晚等)、不同天气条件(如晴天、阴天、雨天等)下的自然光照射情况,以及光线在建筑内部的反射、折射和散射过程。在采光模拟的过程中,会对建筑的采光设计进行多种方案的尝试和优化。比如,通过调整窗户的尺寸、位置和开启方式,可以模拟出不同采光方案下室内光线的分布和亮度变化;通过引入遮阳设施或反光材料,可以探索如何有效地控制光线的进入和分布,避免眩光和过亮区域的出现。基于采光模拟的结果,可以科学地评估不同采光设计方案的效果。通过对比不同方案下的室内光线均匀性、照度水平、眩光指数等指标,可以选择出最优的采光方案,确保建筑内部的光环境既满足使用需求,又能够最大限度地利用自然光,减少人工照明的使用^[2]。此外,采光模拟技术还能够帮助发现建筑采光设计中的潜在问题,如采光不足的区域、光线过强的热点等,为后续的设计调整和优化提供明确的指导。

1.3 通风模拟

通风模拟技术的核心在于应用计算流体力学(CFD)等高级数值模拟方法,对建筑内部的空气流动进行精细化模拟。借助如ANSYS Fluent、COMSOL Multiphysics等专业的通风模拟软件,可以对建筑的进风口、出风口、通风管道以及室内空间进行详尽的建模与计算。这些软件能够模拟出在不同通风策略(如自然通风、机械通风、混合通风等)下,室内空气流的流动路

径、速度分布、温度分布以及污染物的扩散情况。在通风模拟的过程中，会对多种通风方案进行尝试与比较。通过调整进风口和出风口的位置、大小以及通风路径的布局，可以观察到室内气流分布的变化，以及这些变化对室内空气质量、温度均匀性和通风能耗的影响。同时，还可以模拟不同室外环境条件（如风速、风向、温度等）对室内通风效果的影响，从而确保所选方案在各种工况下都能保持良好的性能^[3]。基于通风模拟的结果，可以科学地评估不同通风方案的优劣。通过对比不同方案下的室内气流分布图、空气质量指标（如PM2.5浓度、CO₂浓度等）以及通风能耗数据，可以选择出既满足室内空气质量要求，又能够降低通风能耗的最优方案。此外，通风模拟还能够帮助发现通风系统中的潜在问题，如气流短路、死角区域、过度通风等，为后续的设计调整和优化提供明确的指导。在安徽某电厂脱硫综合楼的通风模拟中，模拟了不同通风策略下的室内气流分布和空气质量情况。通过对比自然通风、机械通风和混合通风三种方案，发现混合通风策略能够在保证室内空气质量的同时，有效降低通风能耗。

2 模拟技术在工业建筑节能改造中的优势

2.1 提高改造效率：预见性规划，减少试错成本

在工业建筑节能改造的初期阶段，模拟技术便以其强大的预见性规划能力，为改造项目的高效推进奠定了坚实基础。通过构建详尽的建筑能耗模型、采光模型和通风模型，模拟技术能够在改造方案实际实施之前，对其进行全面的模拟评估。这一步骤至关重要，它使得能够在虚拟环境中预演改造方案的实施效果，从而提前识别并解决可能存在的问题。具体而言，模拟技术能够模拟出不同改造方案下建筑的能耗水平、光线分布和气流状况，帮助直观地对比各方案的优劣。这种“先模拟后实施”的策略，极大地减少了因方案不合理或实施不当而导致的返工和修改，避免了不必要的时间浪费和成本支出。

2.2 降低改造风险：精准预测，提前规避风险

工业建筑节能改造往往伴随着诸多不确定性和潜在风险，如技术风险、经济风险、安全风险等。而模拟技术的引入，为这些风险的提前识别和规避提供了有效手段。通过模拟分析，能够在改造方案实施前，对其可能带来的各种风险进行全面评估。例如，在能耗模拟中，可以预测不同改造方案对建筑能耗的影响，从而避免选择那些可能导致能耗激增或节能效果不佳的方案。在采光模拟中，可以模拟不同窗户设计对室内光线分布的影响，确保改造后的建筑能够满足照明需求，同时避免光

线过强或过弱导致的视觉不适^[4]。在通风模拟中，可以预测不同通风策略对室内空气质量的影响，确保改造后的建筑能够提供健康、舒适的室内环境。

2.3 优化节能效果：科学决策，实现最佳节能效益

工业建筑节能改造的最终目标是实现节能降耗，而模拟技术正是实现这一目标的关键工具。通过模拟多种节能改造方案，可以对比各方案在能耗降低、光线优化和通风改善等方面的效果，从而选出最优方案。在能耗模拟中，可以模拟不同节能措施（如提高围护结构保温性能、优化暖通空调系统运行策略等）对建筑能耗的影响，通过对比分析，找出节能效果最显著的方案。在采光模拟中，可以模拟不同窗户设计、遮阳设施等对提高自然光利用率的效果，选择出既满足照明需求又能够降低人工照明能耗的方案。在通风模拟中，可以模拟不同通风策略对改善室内空气质量、降低通风能耗的效果，选出既能够提供健康舒适的室内环境又能够节约能耗的方案。

3 应用案例

3.1 案例一：宁波金田铜业压缩空气系统智慧能效管理改造项目

3.1.1 案例背景

宁波金田股份有限公司，作为中国知名的铜加工企业，其铜带车间是生产的核心区域，对压缩空气的需求极高。车间内原有的压缩空气系统由五台150kW空压机组成，长期运行中存在着能耗高、效率低、维护成本高等问题。为了响应国家节能减排号召，提升企业竞争力，宁波金田决定对压缩空气系统进行全面的节能改造。

3.1.2 改造方案

（1）现状评估与问题诊断：首先，通过安装智能传感器和计量仪表，对五台空压机的运行状态（如压力、流量、温度、能耗等）进行实时监测。利用先进的计算机模拟技术，对收集到的数据进行深度分析，识别系统能效瓶颈，如过度加载、卸载频繁、管网泄漏等问题。

（2）智慧能效管理平台搭建：构建“工业智慧能效管理分析云平台”，集成数据采集、处理、分析、预警等功能于一体。开发智能调度算法，根据生产需求自动调整空压机运行策略，如错峰运行、负载均衡等，减少无谓能耗。实现远程实时监控空压机工作状态，及时发现并处理异常，降低故障停机时间。（3）系统优化与改造实施：基于模拟结果，对压缩空气管网进行改造，减少压力损失和泄漏点。安装智能控制系统，实现空压机的自动启停和变频调节，提高系统响应速度和能效。对操作

人员进行智慧平台使用和维护培训,确保节能措施有效执行。

3.1.3 改造效果

一是节能显著:改造后,五台空压机的平均比功率从原来的水平下降了 $1.34\text{kW}/(\text{m}^3/\text{min})$,整体节能率达到16.5%,年节约电费约80万元人民币。二是效率提升:系统响应速度加快,压缩空气供应更加稳定,生产效率提高约5%。三是维护成本降低:通过预测性维护,减少了突发故障,维护成本下降约20%。四是环境贡献:按年节约电量计算,相当于减少二氧化碳排放约600吨,为环境保护做出了积极贡献。

3.2 案例二:乌镇世界互联网科技馆建设工程

3.2.1 项目概况

乌镇世界互联网科技馆建设工程由浙江同安建设有限公司承建,是浙江省建筑领域碳达峰的优秀工作案例。项目总用地面积 17977.26m^2 ,总建筑面积 43489.44m^2 ,其中地上建筑面积 29691.72m^2 ,地下建筑面积 13797.72m^2 。项目结构类型为框架结构,地上3层,地下1层,装配率达到64%,是一座按照二星级绿色建筑标准设计建设的建筑。

3.2.2 节能措施

(1)外立面设计:项目整体设计呈现“白、透、轻”的特点,外层幕墙采用三种不同角度的印刷彩釉玻璃拼接而成,每块尺寸均为 $1800\times 3000\text{mm}$,通过不同块数、不同角度的组合,形成丰富的视觉效果。天窗部分采用创新内置金属网钢化玻璃,既能保证室内采光,又能降低阳光直射所带来的灼烧感,达到一定的降温效果。(2)绿色建材与工艺:项目采用井格钢筋桁架楼盖板工艺,使预制板具有更高结构刚度,提高拆分排布的灵活性,降低了高支模费用和现场钢筋绑扎量,节约了工期和成本。(3)可再生能源利用:项目充分利用日照优势,在建筑屋顶设置太阳能光伏板,装机功率 150.42KWp ,能满足日常景观及照明用电。(4)高效空调系统:项目大空间展厅空调采用全空气系统,设备机

组新风可调比不低于总送风量的70%,过渡季可采取加大新风量或采用全新风运行,降低空调主机机水泵运行负荷。排风风机选用高能效设备,风机单位风量耗功率满足《公共建筑节能设计标准》规定,且下降20%。(5)智能化系统:项目设置有建筑能耗监测系统、室内空气质量监测系统、水质在线监测系统,实时监测项目用能、室内空气污染物浓度以及供水水质状况,保证健康的办公环境。

3.2.3 案例成效

通过综合运用多种绿色节能措施和BIM技术,乌镇世界互联网科技馆建设工程实现了低能耗、少排放、再循环、可持续的目标。项目整体装配率达到64%,大概减少建筑垃圾产生量469.7吨。同时,该项目的成功实施也为浙江地区乃至全国的工业建筑节能改造提供了有益的借鉴和参考。

结语

模拟技术在工业建筑节能改造方案中具有重要应用价值。通过模拟分析,可以准确预测和评估节能改造方案的效果,提高改造效率,降低改造风险,优化节能效果。未来,随着模拟技术的不断发展和完善,其在工业建筑节能改造中的应用将更加广泛和深入。

参考文献

- [1]黄子弦.旧工业建筑转型创意文化产业园节能改造模拟研究[D].安徽建筑大学,2021.
- [2]束星北,赵盟盟,李春龙,等.寒冷地区既有城市工业建筑节能改造后运营模拟研究[C]//中冶建筑研究总院有限公司.2021年工业建筑学术交流会议论文集.中国建筑科学研究院有限公司;富思特新材料科技发展股份有限公司;,2021:6.
- [3]周浩.基于性能模拟优化的工业建筑遗产绿色更新设计研究[D].山东建筑大学,2021.
- [4]李伟,那艳玲.数值模拟在工业建筑采光优化设计中的应用研究[J].山西建筑,2017,43(23):9-10.