

基于 BIM 的暖通空调系统设计与能耗模拟分析

张甲坤

山东同圆工程管理咨询有限公司 山东 济南 250100

摘要:为解决传统暖通空调系统设计效率低、能耗控制不足等问题,本文结合BIM技术、暖通空调系统理论及能耗模拟技术,系统研究基于BIM的暖通空调系统设计流程、能耗模拟模型构建方法及优化策略。通过分阶段构建BIM设计流程,完成能耗模拟模型的转化与校准,开展多工况能耗模拟分析,提出针对性优化方案。研究表明,BIM技术可实现暖通设计可视化、协同化,提升设计精度,通过能耗模拟可精准识别节能潜力点。本文研究成果为暖通空调系统高效设计与能耗管控提供了实操参考,助力建筑节能目标实现。

关键词: BIM技术; 暖通空调系统; 设计流程; 能耗模拟分析; 优化策略

引言:随着建筑节能要求不断提高,暖通空调系统作为建筑能耗的主要载体,其设计合理性与能耗控制水平直接影响建筑节能效果。传统二维设计存在管线碰撞、信息脱节等弊端,能耗模拟与设计环节脱节,难以实现系统节能优化。BIM技术的可视化、参数化优势为解决上述问题提供了有效路径。本文基于BIM技术,围绕暖通空调系统设计流程、能耗模拟模型构建、模拟分析及优化策略展开研究,旨在完善BIM在暖通设计中的应用体系,为实际工程提供技术支撑。

1 BIM的暖通空调系统设计与能耗模拟概述

1.1 暖通空调系统相关理论

暖通空调系统是建筑机电工程的核心组成部分,主要承担建筑内温度、湿度、空气质量的调节功能,是保障建筑使用舒适性与节能性的关键。其核心组成包括空调系统、采暖系统、通风系统及控制模块,工作原理围绕能量传递与介质循环展开,通过设备做功实现室内外能量交换,满足不同建筑场景的使用需求。设计过程中需遵循节能优先、舒适适配、经济合理的核心原则,兼顾设备能效与运行成本,而系统能耗主要受设备性能、建筑围护结构、室外环境条件及运行管理方式等因素影响,是建筑总能耗的主要组成部分。

1.2 BIM技术核心理论与特点

建筑信息模型(BIM)是一种基于数字化的三维建模技术,核心特征体现为可视化、参数化、协同性与全生命周期性。与传统二维设计相比,BIM技术可将暖通空调系统的构件、参数、性能等信息集成于三维模型中,实现设计过程的可视化呈现与动态调整。其在建筑机电工程中的应用优势显著,可有效解决传统设计中管线碰撞、信息脱节等问题,实现多专业协同设计,同时为后续能耗模拟、施工运维提供精准的数字化支撑,大幅提升设计

效率与设计质量。

1.3 能耗模拟相关技术

能耗模拟是评估暖通空调系统节能性能的核心手段,核心原理是基于建筑热工特性与系统运行规律,通过数值模拟方法量化系统能耗水平。常用模拟方法包括稳态模拟与动态模拟,其中动态模拟可更精准反映不同工况下系统的能耗变化。目前主流能耗模拟软件有EnergyPlus、DeST等,此类软件可与BIM模型实现数据对接,通过提取BIM模型中的建筑信息与系统参数,快速构建能耗模拟模型,为暖通空调系统设计优化、能耗控制提供科学依据,是实现建筑节能目标的重要技术支撑^[1]。

2 基于BIM的暖通空调系统流程构建

2.1 BIM设计前期准备与环境搭建

设计前期核心是完成基础铺垫,确保后续BIM设计顺利推进,具体流程如下:(1)设计需求梳理与标准明确,结合建筑使用功能、规模及现行《民用建筑供暖通风与空气调节设计标准》(GB 50736)等节能规范,明确暖通空调系统的设计参数、冷热负荷指标及成果交付标准,梳理建筑、结构、电气等多专业协同设计的核心要点,明确各专业接口要求,避免后期设计偏差。(2)BIM设计平台选型与配置,优先选用适配暖通专业的BIM软件(如Revit MEP),根据项目需求安装负荷计算、管线优化等相关插件,完成软件计算参数、绘图标准的统一设置,确保软件功能满足负荷计算、管线建模、参数化编辑等设计需求。(3)BIM族库构建与优化,筛选或创建符合项目设计标准及行业规范的暖通专业族构件(如空调机组、风管、阀门等),明确构件的材质、参数、规格及连接方式,实现族库的标准化、参数化管理,确保族构件可编辑、可关联,提高建模效率与模型一致性。

2.2 基于BIM的暖通空调系统分阶段设计

按照建筑设计阶段逐步推进,实现设计过程的精细化、可视化,具体流程如下:(1)方案设计阶段,基于建筑BIM模型提取围护结构热工参数,采用专业负荷计算软件完成建筑冷热负荷逐时计算,结合负荷分布特点提出2-3套暖通系统方案(如集中式、分布式空调系统),通过BIM模型可视化对比各方案的系统合理性、空间占用率,结合经济性分析确定最优方案。(2)初步设计阶段,基于确定的方案,在BIM模型中完成系统整体布局,包括空调机房、风管、水管的走向规划,结合负荷分布进行初步设备选型,标注设备规格、安装位置及基础尺寸,完成初步设计模型搭建并同步完善设计说明。(3)施工图设计阶段,细化BIM模型细节,对风管、水管进行深化排布,采用BIM管线综合功能开展多专业碰撞检查,排查与建筑、结构等专业的管线冲突并进行优化调整,明确管线坡度、标高及节点做法,标注风管保温、水管保冷参数,形成可直接用于施工的BIM施工图及相关技术文件。

2.3 BIM设计成果校验与交付

设计完成后需通过校验确保成果合规、可用,再完成交付,具体流程如下:(1)设计成果校验,对照设计规范及项目设计任务书要求,检查BIM模型的完整性、参数准确性,复核负荷计算结果、设备选型合理性及管线布局合规性,重点校验风管风速、水管流速等关键参数,修正设计偏差。(2)多专业协同审核,组织建筑、结构、电气等专业人员,通过BIM协同平台开展联合审核,利用模型可视化功能逐一核查各专业衔接节点,确认管线碰撞已全部解决,各专业设计衔接顺畅,无矛盾冲突。(3)成果整理与交付,将BIM设计模型导出为IFC、DWG等标准格式,配套生成设计说明、设备清单、管线布置图、碰撞检查报告等成果,按合同要求交付给施工单位及相关各方,为后续施工交底、安装调试、运维管理提供精准的数字化支撑^[2]。

3 基于BIM的暖通空调系统能耗模拟模型构建

3.1 能耗模拟模型构建前期准备

前期准备核心是完成基础数据与参数梳理,为模型构建奠定基础,具体流程如下:(1)BIM设计模型筛选与预处理,提取暖通专业BIM设计模型,剔除冗余构件(如临时建模元素),补充缺失的系统构件信息,确保模型与实际设计方案完全一致,避免数据偏差。(2)基础参数收集与整理,收集建筑热工参数(围护结构传热系数、门窗传热系数等)、室外气象参数(当地逐时温度、湿度、风速等),明确暖通系统设备参数(机组能效比、风机功率、水泵流量等)。(3)模拟边界条件确定,结合项目实际,明确模拟周期(通常为全年)、室内设计参数

(冬季采暖温度、夏季空调温度等)、系统运行时段及控制策略,划定模拟范围与计算边界。

3.2 BIM模型向能耗模拟模型的转化

核心是实现BIM模型与能耗模拟软件的数据对接,完成模型转化,具体流程如下:(1)BIM模型信息提取,通过BIM软件插件,提取模型中的建筑几何信息、围护结构信息、暖通系统布局及设备参数,形成标准化数据文件,确保数据完整可调用。(2)模型格式转换与导入,将提取的BIM数据转换为能耗模拟软件兼容格式(如IFC、gbXML格式),导入至选定的能耗模拟软件(如EnergyPlus、DeST),完成初步模型搭建。(3)模型修正与完善,核对导入后模型的完整性与准确性,补充模拟软件所需的额外参数(如风管热损耗、水管保温层参数),修正构件连接错误、参数缺失等问题,确保模型可正常运行。

3.3 能耗模拟模型参数校准与验证

模型构建完成后,需通过校准验证确保模拟结果可靠,具体流程如下:(1)参数校准,对照设计规范及项目实际,逐一核对模拟模型中的设备参数、热工参数、运行参数,调整不合理参数,确保参数与实际设计、现场工况一致。(2)模型调试与试运行,启动能耗模拟软件,进行短期工况模拟(如典型日模拟),排查模型运行故障(如参数设置错误、构件连接异常),确保模拟过程顺畅。(3)模型验证,选取项目同类建筑或已有实测能耗数据,对比模拟结果与实测数据的偏差,若偏差超出允许范围,重新调整模型参数,直至模拟结果满足精度要求,完成模型构建^[3]。

4 基于BIM的暖通空调系统能耗模拟与分析

4.1 能耗模拟工况设定与实操流程

依据项目实际工况开展模拟,确保模拟过程贴合现场实际,具体流程如下:(1)模拟工况划分,结合建筑使用功能,划分典型工况,包括冬季设计工况、夏季设计工况、过渡季工况,同时按建筑使用时段,划分工作日、节假日运行工况,明确各工况的运行参数。(2)模拟参数复核,再次核对能耗模拟模型中的设备参数、热工参数、边界条件,确认与BIM设计模型及现场实际一致,重点复核设备运行功率、管线热损耗、室内外温湿度设定等关键参数。(3)模拟启动与过程控制,启动能耗模拟软件,按照设定的模拟周期(全年逐时)运行模拟,实时监控模拟过程,排查模拟中断、参数报错等问题,确保模拟过程稳定完成,留存模拟过程日志。

4.2 能耗模拟结果提取与分类整理

模拟完成后,精准提取各类能耗数据,按规范分类

整理,具体流程如下:(1)核心能耗数据提取,从模拟结果中提取暖通空调系统总能耗、各子系统(空调、采暖、通风)能耗数据,以及逐时、逐月能耗变化数据,形成标准化数据表格。(2)关键指标计算,基于提取的数据,计算单位面积能耗、系统能效比、各子系统能耗占比等关键指标,明确能耗分布规律,标注数据来源及计算依据。(3)数据整理与筛选,剔除模拟过程中出现的异常数据(如模拟初期不稳定数据、参数设置错误导致的异常值),保留有效数据,按工况、时段分类整理,确保数据精准可用。

4.3 能耗模拟结果专业分析

基于整理后的有效数据,开展针对性分析,聚焦实际问题,具体流程如下:(1)整体能耗分析,对比项目节能目标及同类建筑能耗标准,分析暖通空调系统整体能耗水平,判断是否满足设计规范及节能要求,明确能耗偏高或偏低的整体原因。(2)分项能耗分析,分析各子系统能耗占比,排查能耗异常子系统,重点分析空调机组、水泵、风机等核心设备的能耗表现,判断设备运行效率是否达标。(3)工况能耗分析,对比不同工况、不同时间段的能耗差异,分析室外气象条件、系统运行策略对能耗的影响,识别能耗高峰时段及节能潜力点,为后续设计优化提供精准依据^[4]。

5 基于BIM的暖通空调设计与能耗模拟优化策略

基于BIM的暖通空调设计与能耗模拟优化需围绕设计、模拟及二者协同展开,依据BIM可视化、参数化优势,针对设计环节开展精准优化,具体如下:(1)设备选型优化,基于BIM模型提取的负荷数据,结合设备参数库,筛选适配项目的节能型设备,明确设备规格、能效参数,避免设备选型过大或过小,确保设备运行匹配负荷需求;(2)管线布局优化,利用BIM管线综合功能,对风管、水管进行深化排布,优化管线走向与标高,减少管线弯头、变径,降低管网阻力,同时避免与建筑、结构

专业管线碰撞,减少后期返工;(3)系统架构优化,通过BIM模型可视化对比不同系统架构方案,结合建筑使用功能分区,优化空调、通风系统的分区控制,实现按需供能。

聚焦能耗模拟精准度与效率,全流程优化如下:(1)模拟参数优化,结合实际工况细化设置,补充管线热损耗等细节参数,修正边界条件;(2)模拟模型优化,简化冗余元素、保留核心参数,优化计算逻辑以缩短运行时间;(3)模拟场景优化,设置多组工况场景,重点模拟能耗高峰时段。同时建立联动机制实现双向优化,建立参数联动形成闭环流程,通过协同审核排查优化措施可行性,依托运维数据反哺修正参数与策略,为同类项目提供参考^[5]。

结束语:本文围绕基于BIM的暖通空调系统设计与能耗模拟分析展开全面研究,完成了设计流程构建、能耗模拟模型搭建、模拟分析及优化策略制定,验证了BIM技术在提升设计效率、优化能耗控制中的可行性。未来可进一步探索BIM与人工智能、物联网的融合应用,完善全生命周期能耗管控体系,推动暖通空调系统设计向更高效、更节能、更智能的方向发展。

参考文献:

- [1]侯俊琴,田孟.BIM技术在建筑暖通工程排烟系统设计中的应用分析[J].中国建筑金属结构,2025,24(11):115-117.
- [2]尚萌.BIM技术在商业建筑暖通空调节能系统设计中的运用分析[J].科技资讯,2025,23(17):185-187.
- [3]高芳芳.BIM在暖通空调系统改造项目中的应用与效益分析[J].四川建材,2026,52(1):229-232.
- [4]王陆捷.基于BIM的商业建筑暖通空调系统节能设计分析[J].中国厨卫,2025,24(8):269-272.
- [5]黄俊,王晓博.基于BIM技术的商业建筑暖通空调系统节能分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(2):115-118.