

BIM 技术在医疗建筑节能改造中的应用

陈 铭

(枞阳县人民医院, 安徽 铜陵 246700)

摘 要 BIM技术主要是将建筑中的物理元素和功能通过可视化的方式呈现出来,相关人员在建筑设计和施工阶段就可以通过数字化方式优化设计施工过程。为了充分发挥BIM技术在建筑节能改造中的应用效果,本文深入探讨了BIM技术在某医院医技楼节能改造中的具体应用,包括屋面、外墙、外窗及照明系统的改造设计,通过分析改造前后的能耗数据,展现了BIM技术在提升建筑节能性能方面的巨大潜力,以期为相关人员的具体实践工作提供有效的参考意见。

关键词 BIM技术; 医疗建筑; 节能改造

中图分类号: TU17; TU246

文献标志码: A

DOI : 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.15.022

0 引言

建筑行业正面临日益严峻的能源挑战，寻找有效的节能途径已成为亟待攻克的重要课题。据统计，我国建筑能耗占据了全国能源消耗总量的约 27%，而在这一庞大的能耗中用于供暖、制冷等建筑日常运作的能源消耗更是高达总建筑能耗的三分之二左右。因此，推行建筑节能改造措施，对于促进建筑行业的绿色转型与可持续发展具有较高的价值。

1 BIM 技术在建筑节能改造中的基本原理和应用

1.1 BIM技术在医疗建筑节能改造中的应用优势

将BIM技术运用到建筑节能改造中可以带来前所未有的技术和经济变革。一方面,从技术维度来看,BIM技术连接了从前期的调研评估、方案设计再到后期施工运维的各个阶段,打破了“信息茧房”的现象^[1]。另一方面,从成本效益分析的视角出发,BIM技术的运用成为设计流程优化的关键驱动力,不仅大幅度地削减了设计修正和重新工作的频次,还加速了项目从规划到实施的进程,并且有效控制了总投资成本。以一座占地25万平方米的既有建筑为例,BIM技术的部署可以帮助该项目节省总投资成本,详细节省数据见表1。

表1 建筑节能改造项目具体节约情况

项目	传统方式	BIM 技术	节约幅度
设计费用	125 万元	103 万元	17.6%
材料损耗	64 万元	52 万元	18.75%
工期周期	12 个月	10 个月	16.67%

1.2 BIM技术在医疗建筑节能改造中的基本原理

首先,改造初期,BIM技术利用高精度的3D激光测绘技术对现有医疗建筑进行详细的几何信息采集^[2]。运用BIM技术所构建的模型可以对医疗建筑的能效表现进行深度评估,尤其是针对围护体系、供暖与通风设施、照明装置等核心区域,暴露出了能效上的短板所在,从而为实施节能改造策略提供明确而具体的指导方向。针对识别出的能效问题,BIM技术利用集成的流体动力学模拟、热工性能分析、照明模拟等模拟仿真工具,对高效空调系统、新型隔热材料、智能照明系统等多种节能技术方案进行系统比选,力求找到技术可行、经济合理的最优解。其次,施工阶段,BIM技术以自身强大的信息化施工管理能力,通过实时监控工程进度、质量和成本,有效避免施工的误差和浪费。最后,运维阶段,BIM技术通过对医疗建筑能耗的持续监测和分析,及时发现能耗的异常。

2 项目概述和参数设置

2.1 项目概述

某医院的医技楼始建于2003年,采用钢筋混凝土框架结构,设计有地下2层与地上8层,功能布局涵盖了放射科、检验科、手术室、教学会议室等多个关键区域。整体建筑面积约22 000 m²,其中,地上建筑面积19 800 m²,而地下建筑面积为2 200 m²。由于建造时间较早,加上多年使用的损耗,医技楼的室内环境舒适度欠佳,尤其是热舒适度问题突出,直接导致了能耗水平的居高不下。因此,医院决定对该医技楼实施全面的节能改造工程。

2.2 医技楼模拟参数设置

第一，屋面结构采用三层负荷构造，内层为 10 cm 厚的钢筋混凝土板，既是结构的坚实支持，也是防水系统的基础；中间层为 1 cm 的水泥砂浆找平层，可以保障结构的平整度；外层铺设 2 cm 厚的高分子防水膜形成防水屏障。第二，外窗设计选用铝合金材质的窗框，轻盈且坚固，搭配 5 mm 的单层玻璃，在满足采光和通风需求的同时，也保持了设计的简洁和实用。第三，外墙的结构采用四重材料复合技术，从内至外依次为：2 cm 的石灰水泥砂浆底层，提供了良好的粘结基础；24 cm 厚的空心砖主体层，出色的承重和隔热能力成为外墙的核心；1 cm 厚的水泥砂浆中间层，起到了过渡和保护的作用；最外层是 5 mm 粒厚的聚合物抗裂砂浆，不仅可以增强外墙的耐久度，还具有极好的抗裂性能。

3 改造前能耗分析结果

3.1 围护结构传热系数计算和负荷情况

依据软件的模拟和计算得出医疗建筑关键部位的传热性能数据：屋面、外墙和外窗的传热系数分别达到了 $2.66 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、 $2.65 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 和 $6.38 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，但这些数据已经超出了绿色建筑设计的理想范围。同时，围护结构在特定的模拟周期内的总体能耗负担，详细内容见表2。

表 2 围护结构一年负荷情况统计表

单位: MW · h			
负荷类型	外墙	外窗	屋面
空调负荷	151.32	426.39	30.37
采暖负荷	570.64	288.96	314.45

解读表 2 的数据结果, 可以看到围护结构各组件在能耗分配上的独特模式: 外窗在空调能耗领域占比最多, 负荷量高达 $426.39 \text{ MW} \cdot \text{h}$, 显示出外窗在应对制冷需求时的重要地位; 外墙的空调能耗虽不及外窗, 但仍以 $151.32 \text{ MW} \cdot \text{h}$ 位居其次, 而屋面以微小的 $30.37 \text{ MW} \cdot \text{h}$ 处于最低水平。在采暖能耗方面, 发现外墙是能耗大户, 负荷量攀升至 $570.64 \text{ MW} \cdot \text{h}$, 表明外墙在冬季保温方面承受着最大的压力; 外窗与屋面分别以 $288.96 \text{ MW} \cdot \text{h}$ 和 $314.45 \text{ MW} \cdot \text{h}$ 的采暖负荷紧随其后, 形成了能耗需求的次高峰与中位水平。

3.2 照明和设备情况

改造前,医技楼已安装了5 863件照明设施,功率上展现出了多样性,最低至3 W,最高至110 W。这些照明设备品类繁多,有吸顶式、方形、格栅式、管状、

角落安装型以及投射式等多种类型,充分满足了不同区域的照明需求。为维持照明系统的稳定工作,项目内还特别配置了四台变压器,其中一台具备 650 kVA 的容量,而另外三台则统一配备了 1 000 kVA 的容量。此外,该项目的能源供给体系中还包含了冷水机组、空调循环泵以及变风量空调装置等设备的协同工作。

3.3 供暖能耗计算方法

建筑供暖能耗的具体计算方式，如下：

$$E_{1H} = \frac{Q_{1H}}{\eta_1 \eta_2 q_1 q_2} \quad (1)$$

此公式中, E_{IH} 被定义为整个供暖季节的总能耗量; Q 代表了一整年内累积的热需求总量。另外, η_1 、 η_2 这一参数综合考量了供暖管网在户外的传输效率以及锅炉在标准工况下的运行效率; q_1 代表了标准煤炭单位所含的热量; 而 q_2 反映了电力生产过程中单位电能所对应的煤炭消耗量。将上述各项参数逐一代入公式进行计算后得出, 医技楼在供暖季节的总能耗达到了 $479\ 589.03\ \text{kW}\cdot\text{h}$ 。供暖能耗的具体分布情况见表 3。

表3 原医技楼供暖能耗相关计算参数

指标类型	计算结果
全年累计热负荷 /kW · h	12 321 987.89
总建筑面积 /m ²	20 302.59
标准煤热值 / (kW · h/kg)	8.12
峰值热负荷 /kW	3 078.59
发电煤耗 /kW · h	0.313
锅炉额定效率 /%	100
室外管网输送效率 /%	100

3.4 空调能耗计算方法

空调能耗的具体计算公式，如下：

$$E_{0lc} = \frac{Q_{0c,A}}{P_{S,A}} + \frac{Q_{0c,B}}{P_{S,B}} + \frac{Q_{0c,C}}{P_{S,C}} + \frac{Q_{0c,D}}{P_{S,D}} \quad (2)$$

在上述公式中, E_{01c} 代表了空调系统总能耗; 而 $Q_{0c,A}$, $Q_{0c,B}$, $Q_{0c,C}$, $Q_{0c,D}$ 分别代表了空调系统在 0% 至 25%、25% 至 50%、50% 至 75%、75% 至 100% 不同负荷区间内所累积的冷负荷量; 此外, P_s 这一参数实现了空调机组在上述各个负荷区间运行时, 制冷效率与能耗之间的比值关系。通过将这些实际运行参数代入到相应的数学公式中进行计算, 得出了空调系统的总能耗为 225 856.22 kW·h。

4 基于BIM技术的节能改造方案设计

4.1 屋面节能改造设计

由于原有医技楼的屋顶构造中缺少了关键的保温组件,所以导致保温隔热效能低下^[3]。为了优化能效表现,拟定了一项节能改造计划,即在屋顶部位加装匀质改性且具备防火性能的保温板材。改造施工后,屋顶的构造层次从上至下将包括:一层C20细石混凝土作为保护层,下一层是水泥砂浆抹面,再下一层是匀质改性防火保温板材,该板材之下又是一层水泥砂浆找平,之后是现浇的B04泡沫混凝土层,再往下是钢筋混凝土结构层,最底层为石灰水泥砂浆层。而改造完成后屋顶传热系数的计算,如下:

$$K = \frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1 + \Sigma R + R_e} \quad (3)$$

在上述公式中,K被设定为衡量屋面改造后热传导性能的传热系数,是其中的关键指标; R_0 与 R_e 分别代表了屋面内外两侧因热交换而产生的热阻效应;而 ΣR 是综合体现了屋面构造各层次热阻的总和。对于构成屋面的水泥砂浆、钢筋混凝土和轻质改性防火保温板等各种材料,导热系数、热阻和热惰性指标都被测定。举例来说,水泥砂浆、钢筋混凝土以及均质改性防火保温板的热阻值分别确定为 $0.012 \text{ (m}^2 \cdot \text{K) / W}$ 、 $0.056 \text{ (m}^2 \cdot \text{K) / W}$ 和 $1.527 \text{ (m}^2 \cdot \text{K) / W}$,这些材料参数被输入到上面的计算公式中进行处理时,得出了改造后屋面的传热系数为 $0.50 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$,与改造前 $2.66 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$ 的传热系数相比,这一数值的显著降低直接反映了改造措施在能效提升方面的积极成效。

4.2 外墙节能改造设计

原建筑的外墙因设计年代等问题,在设计中缺少了必要的保温层,针对这一问题,提出了增设保温层的改造计划^[4]。由于市面上保温材料的种类繁多,所以设计人员借助PKPM-Energy软件对半硬质憎水性岩棉保温板、膨胀聚苯板、泡沫玻璃保温板、聚苯颗粒保温砂浆和膨胀玻化微珠保温砂浆这五种保温材料进行了节能潜力的模拟评估。在模拟过程中,保持各材料的厚度一致,再以外墙的冷暖负荷作为衡量指标。

分析结果显示,膨胀聚苯板在负荷控制方面略胜一筹,紧随其后的是半硬质憎水性岩棉保温板,两者在冷暖负荷方面的表现极为接近,保温效能相当。然而,在成本效益方面,半硬质憎水性岩棉保温板展现出明显的价格优势,因此最终选择了此材料为外墙保温的解决方案。改造后的外墙构造层次依次为石灰水泥砂浆找平

层、蒸压加气混凝土砌块层、水泥砂浆粘结层、半硬质憎水性岩棉保温层和聚合物抹面抗裂层^[5]。通过计算发现,改造后的外墙传热系数降低到了 $0.39 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$,与原建筑的 $1.66 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$ 相比节能效果得到了明显的提升。

4.3 外窗节能改造设计

改造前,医技楼的窗户配置为铝合金窗框配单层普通玻璃,此配置导致窗户整体的传热系数高达 $6.39 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$,能效的表现并不好。为了提升窗户的保温隔热性能,设计人员构思了五种不同的改造策略,分别是:采用断桥铝合金窗框搭配低辐射中空玻璃(策略A1)、铝合金窗框与普通中空玻璃的组合(策略A2)、隔热铝合金窗框结合中空玻璃的设计(策略A3)、金属隔热型材与中空玻璃的搭配(策略A4)、塑钢窗框与普通中空玻璃的组合(策略A5)。为了评估这些策略的实际效果,设计人员运用了PKPM-Energy软件进行模拟分析,重点考察了窗户的传热系数与遮阳系数。

通过对比分析发现,策略A1在减少热量传递方面展现出了最佳的性能,因此决定采用策略A1作为窗户的改造方案。与改造前的 $6.4 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$ 相比,采用策略A1后的窗户传热系数实现了明显降低,能效提升明显。

5 结束语

在医技楼进行能效提升改造的过程中,引入了BIM技术,该技术能够精确模拟并计算出建筑各组件的热传递系数,为项目团队提供了数据支持的同时,还能够迅速识别并解决任何超出设计预期的热能传递问题。未来,随着BIM技术的不断升级和更广泛的应用,将在促进建筑行业的节能与可持续发展方面发挥越来越大的作用,成为推动建筑业绿色发展的关键技术力量。

参考文献:

- [1] 韦钰琪,周福俊.既有乡村建筑超低能耗改造技术[J].石材,2025(03):160-162.
- [2] 曹立强,郑畅.既有建筑改造智慧化提升策略研究[J].电气应用,2025,44(02):19-22.
- [3] 马超.既有多层住宅建筑分项节能改造研究[J].广东建材,2025,41(02):110-113.
- [4] 胡中雨,郭汉丁.既有建筑绿色改造主体决策协同影响机理与路径优化研究架构[J].项目管理技术,2025,23(02):68-74.
- [5] 刘宁,高波,岳琳,等.既有公共建筑节能改造常规技术的成本效益分析[J].节能,2025,44(01):57-60.