

基于 BIM 技术的老旧小区既有居住外墙 和外窗节能改造研究

梁瑞斌

中铁十七局集团物资有限公司

摘要：现如今，我国建筑总量不断增加，住宅楼的占比逐年增加，但是其需要消耗大量能源，再加上能源消耗以及住宅建造方式缺乏和谐性，绿色建筑理念得不到充分利用，进而造成住宅存在能耗高、舒适度差等各种问题，而节能改造则逐步成为达到节能减排目标的关键构成。因此，BIM技术凭借自身特点优势在建筑领域得到广泛应用。

关键词：BIM技术；老旧小区；外墙和外窗；节能改造

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.08.014

引言

就当前情况而言，我国大力实施双碳战略，以此促进经济社会的绿色发展，建筑技能设计成为社会关注的焦点。很多地区纷纷开展老旧小区改造工程，涉及民生的同时，也能满足人们对美好生活的追求。据不完全统计显示，我国九成以上老旧建筑耗能较高，再加上城市化进程的不断推进，居民对生活条件以及居住环境舒适度有了更高要求，并且国家对节能减排重视度不断提升。老旧小区既有住宅外墙建筑时间较早，建筑时所使用的材料以及构造根本无法满足时代及居民品质需求，当然其热工性能无法不能达到当前所实施居住建筑技能设计标准和要求，浪费资源不说，还对环境产生了严重影响。

一、BIM技术的内涵

伴随着我国经济水平的不断提高，科学技术水平也得到了很大改善，在这种双重形势下BIM技术应运而生并得到了充分利用，这就为建筑安装工程施工的管理工作提供了有利条件，因此，BIM技术的应用成为相关人士关注的焦点。

BIM全称为建筑信息模拟，也叫作建筑信息模型，其是由灯幅的信息组成用于新产品的开发和管理，利用计算机中的应用程度对相关信息模型进行解析，简而言之就是以数字技术为基础对建筑环境的生命周期进行有效管理。BIM是一种新兴起来的技术，并且还是建筑学、工程学以及土木工程的一种新型工具。BIM将建筑的数据化及信息化模型有效整合，在项目策划、运行及维护过程中实现信息流转和共享，提高工程技术人员对诸多建筑信息理解的准确性，同时作用高效率的应对措施，为各个建筑主体的协同工作夯实了基础，对生产效率的提高、成本投入的减少以及加快施工进度都发挥了一定的推动作用。

二、老旧小区节能改造中 BIM 技术应用的前景和价值

（一）应用前景

伴随着城市化进程的加快，建筑业的发展经历了由新建逐渐转向对已有住宅进行加固与维修的过程，然而，在已有房屋中，老旧住宅区数量与人口都相对较多，由于年代较远，小区存在环境污染研究重、资源浪费多等弊端，甚至外墙保温效果下降、结构安全隐患等一系列问题接踵而来。同时，在建设行业信息化程度不断提高的背景下，BIM技术被广泛应用与发展，突破了传统的二维模型限制，将工程信息的数字化表现出来，为项目的整个寿命周期进行决策提供了数据支撑，为老旧小区节能改造提供全过程、全方位以及信息化的数据策略，彰显其实用性和重要性^[1]。

（二）应用价值

1. 可视化管理

通过倾斜摄影与地理信息系统相结合的方法，建立老旧住宅区的三维选址模型，并将其导入 BIM技术平台的信息管理库，实现对整个社区的整体定位，提高长期尺度、高度和改造开挖量的精度，同时，还可以通过手机移动端，有针对性地指导施工维修，建立整个社区的建筑信息模型，为后续的信息化改造、检测、维护等工作提供数字化保障。

2. 安全质量隐患的动态化监测

老旧小区建成年代较长，服役年限较长，结构材料在使用过程中不可避免地会出现破损，而合理的使用方式和拆除方式也会影响到其使用安全，因此，本项目拟通过 BIM技术平台的信息模型，结合物联网技术，动态监控老旧小区的施工安全质量隐患，保证小区的安全与稳定。在此基础上，按规定布设传感器、应变仪，通过后台监测系统对房屋裂缝、地基沉降等造成的影响进行动态监测，并将监测结果与房屋建设的数字化信息进行融合，并在此基础上进行实时预警。

3. 改造AR施工管理

基于BIM技术平台的数据模型库中所采集到的精细模型的3D信息，通过模型碰撞分析，掌握施工设备、管线等不符合使用需求的情况，及时调整，避免后期返工。运用BIM技术提高了建筑材料的合理配置，提高了施工人员、材料、机械等物质合理配置，使施工流程得到了进一步的改进和优化，提升施工效果和质量，减少施工成本投入。

4. 实施多方轻量化移动端APP管理

BIM技术的运用，将老旧小区的全部数据都进行了集成，同时，BIM技术平台的信息数据库也成了后台的一个仓库，可以在手机上进行实时的查询，保证了各方面的利益相关者都能对老旧小区的改造和运营工作进行积极的投入，从而达到对各种不同的交流。此外，轻量级的手机APP功能强大，功能丰富，可以让用户在手机

上进行日常的公共管理,从根本上提升业务管理的参与程度,提升其生活质量^[2]。

5. 多端口的数据集成与应用

BIM技术相对较多,但是许多软件的数据接口并不能相互融合,这就造成了施工信息管理的应用障碍。而BIM技术平台则是对各种端口的数据格式进行了重新集成,病集中在平台,对建筑信息予以大数据处理,提升兼容性和使用效果。

三、老旧小区既有居住外墙和外窗节能改造方案初步方案

(一) 老旧小区节能改造需求以及外墙外窗改造面临的困难

1. 改造需求

一是为居民提供更加舒适的居住环境,提升保温和隔音效果等;二是减少资源的消耗量,避免能源浪费现象的产生;三是改善小区外观,提升建筑品质,转变小区带来的老、旧形象。

2. 老旧小区外墙及外窗节能改造面临的难点

一是施工难点,外墙存在很多由于各种原因而无法拆除的防护网、空调等,受到屋面条件限制不能架设吊篮支腿等,施工机械选择困难。二是技术难点,需要科学选择改造所需要的外墙、外窗结构材料,还要充分考虑施工工艺等诸多因素;三是面临一定经济压力,在改造时需要考虑经济问题,确保改造方案具备可行性和经济性。

(二) 初步拟定改造方案

1. 外墙改造

地域和年代不同老旧小区既有居住建筑的外围护结构所具备的热工性能也就存在差异性,故而不同节能改造方式能耗减少效果也会大有不同,根据相关标准要求,针对老旧小区既有住宅的外墙提出以下三种节能改造方案,既不会对内部使用产生影响,同时便于统一施工。当楼层 ≤ 3 层的住宅时,其保温厚度为100mm;当楼层 ≥ 4 层且高度 ≤ 27 米的住宅,其保温厚度为80mm;当楼层高度 > 27 米的住宅时,其保温全部采用岩棉板,厚度经计算后确定。除此之外,在节能改造之前外墙构造由外自内分别为水泥砂浆(厚度为20mm)、黏土实心砖墙(厚度在240mm)、混合砂浆(厚度为20mm),其传热系数为 $2.0 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$;热惰性指标则为3.77。三种改造方案的外墙构造均为真石漆饰面,其中方案1:四层下由外自内分别为聚苯乙烯挤塑板(厚度均为800mm)、水泥砂浆(厚度为20mm)、黏土实心砖墙(厚度为240mm)以及混合砂浆(厚度为20mm),此方案传热系数为 $0.74 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$ 、热惰性指标为4.42;方案2:四至七层由外自内分别为聚苯乙烯模塑板(厚度均为800mm)、水泥砂浆(厚度为20mm)、黏土实心砖墙(厚度为240mm)以及混合砂浆(厚度为20mm),此方案传热系数为 $0.89 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$ 、热惰性指标为4.10;方案3:由外自内分别为硬质聚氨酯泡沫板(厚度为30mm)、水泥砂浆(厚度为20mm)、黏土实心砖墙(厚度为240mm)以及混合砂浆(厚度为20mm),此方案传热系数为 $0.64 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$ 、热惰性指标为4.43^[3]。

2. 外窗改造

在改造外窗的时候需要合理选择节能性较高的窗框和玻璃材料,最大限度的提升外窗热工性能,降低热量传递,提升气密性。当门窗高度 ≤ 27 米的住宅时,窗户采用66系列型材,塑钢白玻璃中空平开窗(6+12+6),传热系数限值为2.2;当其高度 > 27 米的住宅时,需经计算后确定。根据相关要求决定采取整体换窗的方式进行节能改造,鉴于规范要求外窗传热系统控制在 $3.2 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$ 以内,故提出四种改造方案。改造前老旧小区外窗构造主要为非隔热金属型材的窗框以及厚度为6mm透明玻璃,其传热系数为 $6.5 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$ 、SHGC系数以及可见光透射比分别为0.73、0.77。方案1:外窗构造主要为非隔热金属型材的窗框以及厚度为6mm透明+12mm空气+6mm透明的中空玻璃,该方案传热系数为 $4.0 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$ 、SHGC系数以及可见光透射比分别为0.67、0.71;方案2:外窗构造为开启扇均设纱窗,窗框采用66系列型材,窗框以及厚度为6mm透明+12mm空气+6mm透明的中空玻璃,该方案传热系数为 $2.2 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$;门窗立樘均为外墙/阳台板中立樘布置;其抗风压在16层建筑 ≥ 3 级, ≥ 7 层应建筑 ≥ 4 级;气密性 ≥ 6 级;水密性 ≥ 3 级;每个单元楼梯间外窗开启总面积不得小于 4.0 m^2 (≤ 5 层的住宅,不得小于 2.0 m^2),且应均匀布置。方案3:外窗构造为非隔热金属型材的窗框以及厚度为6mm中透光LOW-E+12mm空气+6mm透明的中空玻璃,该方案传热系数为 $3.2 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$ 、SHGC系数以及可见光透射比分别为0.35、0.62;方案4:外窗构造为塑料型材的窗框以及厚度为6mm中透光LOW-E+12mm空气+6mm透明的中空玻璃,该方案传热系数为 $2.0 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$ 、SHGC系数以及可见光透射比分别为0.3、0.62^[4]。

3. 借助BIM技术对比分析改造后能耗状况

利用实地测绘得到的数据信息绘制平面图,基于此建立三维立体信息模型,在建筑能耗模拟软件中导入原始三维图形及其文件格式,导入过程中软件转换极有可能发生数据丢失问题,需要检查好导入文件,确保其与模型匹配一致。



图1 三维立体信息模型

(1) 外墙改造后能耗分析

在建筑能耗模拟软件中对外墙外的保温材料及其厚度进行调整,基于此计算总能耗,了解能耗减少状

况。通过计算发现，三种外墙改造方案的保温层有厚度增加，其能耗减少走势差异并不明显，只是拐点位置不同，三种方案分别≤3层时，保温厚度100mm；楼层≥4层且高度≤27米时，保温厚度80mm；楼层高度>27米时，厚度需在行计算。在出现拐点之前，保温层厚度不断增加，其能耗减少效果越随之突出，拐点后尽管保温层厚度还在持续增加，但是能耗减少状况趋向稳定，很显然节能减耗效果的提升空间不大。经过模拟实验后，决定采用80mm厚的聚苯板，以期耗能节约可以达到最大化。

(2) 外窗改造后能耗分析

外窗构造材质以及结合玻璃类型不同，其能耗与能耗减少效果也就存在差异，其中效果最显著的则是塑料型材的窗框以及厚度为6mm中透光LOW-E+12mm空气+6mm透明的中空玻璃，耗能节约可达9%。

四、基于 BIM 技术的老旧小区既有居住外墙和外窗节能改造

(一) 确定外墙与外窗节能改造方案

通过对老旧小区既有居住外墙和外窗改造后节能效果进行分析和了解得出以下外墙+外窗组合式节能改造方案。

方案1:

外墙	外窗
100mm 聚苯乙 烯挤塑板 (≤ 3 层)	非隔热金属型材的窗框以及厚度为 6mm 透明 +12mm 空气 +6mm 透明的中空玻璃
	塑料型材的窗框以及厚度为 6mm 透明 +12mm 空气 +6mm 透明的中空玻璃
	非隔热金属型材的窗框以及厚度为 6mm 中透光 LOW-E+12mm 空气 +6mm 透明的中空玻璃
	塑料型材的窗框以及厚度为 6mm 中透光 LOW-E+12mm 空气 +6mm 透明的中空玻璃

方案2:

外墙	外窗
800mm 聚苯乙烯 模塑板 (≥ 4 层且高度 ≤ 27 米)	非隔热金属型材的窗框以及厚度为 6mm 透明 +12mm 空气 +6mm 透明的中空玻璃
	塑料型材的窗框以及厚度为 6mm 透明 +12mm 空气 +6mm 透明的中空玻璃
	非隔热金属型材的窗框以及厚度为 6mm 中透光 LOW-E+12mm 空气 +6mm 透明的中空玻璃
	塑料型材的窗框以及厚度为 6mm 中透光 LOW-E+12mm 空气 +6mm 透明的中空玻璃

方案3:

外墙	外窗
(需计算) 硬质 聚氨酯泡沫板 (>27 米时)	非隔热金属型材的窗框以及厚度为 6mm 透明 +12mm 空气 +6mm 透明的中空玻璃
	塑料型材的窗框以及厚度为 6mm 透明 +12mm 空气 +6mm 透明的中空玻璃
	非隔热金属型材的窗框以及厚度为 6mm 中透光 LOW-E+12mm 空气 +6mm 透明的中空玻璃
	塑料型材的窗框以及厚度为 6mm 中透光 LOW-E+12mm 空气 +6mm 透明的中空玻璃

(二) 老旧小区节能改造中 BIM 技术应用注意问题

1. 确保建立模型的准确性

使用BIM技术之前需要收集和上传精准的数据信息，只有这样才能确保所建模型的精准性，其中包括现有建筑尺寸、结构等，为后续改造和分析奠定良好基础。

2. 充分考虑老旧小区的特殊性

通常情况下老旧小区在节能改造时会面临空间不足、结构老化等各种问题或者限制，在运用BIM技术进行改造设计时需要充分考虑以上因素，确保方案的可行性。

3. 保证数据质量和安全

BIM技术牵涉大量数据信息，在使用过程中需要保证数据信息的安全性和完整性，积极采用各种措施用以保护数据，定期验证和检查，保证数据准确性和质量的同时，避免信息泄漏或丢失。

结论

在城市发展过程中，老旧小区是其关键构成，但是受到建筑时间长，结构老化以及能效不高等问题的影响，老旧小区存在能源浪费大以及环境污染严重的困扰，所以通过适当节能改造策略提升居民生活质量十分关键。BIM技术是一种现代化集成设计和管理手段，有助于相关人员全面掌握建筑的能耗状况，基于此设计可行性方案，在老旧小区既有居住建筑外墙和外窗节能改造工程中充分利用BIM技术，对其进行准确测量和建模，为改造提供可靠数据信息。

参考文献

[1] 吴涛. BIM技术在绿色建筑设计中的改造应用——以成都某老旧小区为例[J]. 智能建筑与智慧城市, 2023, (12): 73-75.
 [2] 符想, 潘诚, 沈杰等. 基于BIM技术的老旧小区智慧化改造[J]. 四川建材, 2023, 49(11): 42-44.
 [3] 任子婷. 基于BIM技术的长春市既有建筑热工性能提升研究[D]. 吉林建筑大学, 2022.
 [4] 张春焕. 基于BIM技术的北方既有住区建筑围护体系能耗性能提升研究[D]. 大连理工大学, 2019.
 [5] 于沈尉. 基于BIM技术的建筑节能改造策略研究[D]. 河北建筑工程学院, 2019.