

基于 BIM 技术的绿色建筑 工程项目成本精细化管理

齐成成, 马 添

(山东宏祥工程项目管理有限公司, 山东 东营 257091)

摘 要 为提高建筑全生命周期管理效率, 实现运维阶段成本管控与设备管理的精细化、智能化, 本文以 BIM 技术为支撑, 利用平台数据回写与历史数据追溯功能开展成本后评估工作。通过对比实际运行成本与设计预测成本, 自动生成成本偏差分析矩阵, 并基于偏差数据完成模型参数回溯与预算库动态修正。同时, 借助 BIM 三维可视化优势, 实现各类设备空间位置、运行状态及基础信息的直观展示, 有效提升设备运维管理的效率与精准度。结果表明, 该方法可为建筑运维阶段的成本控制、设备管理及决策优化提供有效技术支持。

关键词 BIM 技术; 绿色建筑; 成本精细化管理; 全生命周期

中图分类号: TU17; TU71

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.21.024

0 引言

随着“双碳”目标的持续推进, 绿色建筑凭借在节能减排、提升建筑品质等方面的显著优势, 已成为我国建筑业转型升级的重要发展方向。与此同时, 绿色建筑项目具有技术集成度高、新型材料使用多、机电系统复杂等特点, 在成本管理上存在难点, 如设计变更频繁、工程量清单编制困难、各专业之间相互影响等。传统的粗放式成本管理模式已经不能满足绿色建筑精细化管理的要求。建筑信息模型 (BIM) 技术具有可视化、协调性、模拟性、可出图性和信息集成性等特点, 为绿色建筑全生命周期成本精细化管理赋予了新的技术途径。本文结合具体工程项目实例, 对 BIM 技术在绿色建筑各阶段成本管理中的具体应用要点进行分析, 为类似项目的成本优化和控制提供参考。

1 项目概况

某市科技创新中心办公楼总面积约为 4.8 万 m^2 , 地上 12 层, 地下 2 层, 为三星级绿色建筑。项目将低碳、节能、舒适作为设计目标, 广泛使用高性能围护结构、地源热泵空调系统、光伏一体化屋顶和智能照明控制等绿色技术。项目总投资约为 2.6 亿元, 绿色建筑增量成本预算约为 1 800 万元。由于绿色技术集成度高、新型材料应用多、机电系统复杂, 项目在成本管理方面存在设计变更频繁、工程量清单编制困难、各专业协调要求高等诸多问题, 需发挥 BIM 技术优势, 采取

精细化成本管理方式, 保证绿色目标的实现和投资效益的最大化。

2 绿色建筑工程项目成本管理难点

2.1 绿色新技术应用导致清单漏项多

本项目使用地源热泵系统、光伏一体化屋顶、高性能三银 Low-E 玻璃幕墙等绿色建筑新技术。虽然提高了建筑节能性, 但是工程量清单编制上存在巨大的困难。部分绿色技术在本地的应用还不成熟, 缺少可以参照的定额标准和市场计价依据, 造成清单编制过程中出现漏项、错项的情况。光伏一体化屋顶包含光伏组件、逆变器、并网柜等许多设备, 安装工艺繁杂, 辅材用量很难准确预估, 前期清单里漏掉了一些电气接线盒和防水处理工序, 后期补充签证导致成本增加约 120 万元。除此之外, 地源热泵系统埋管换热器部分由于地质条件的不确定性, 实际钻孔深度和数量均大于设计预估, 清单中没有充分考虑到地质勘探不到位造成的工程量变化风险, 增加成本控制难度^[1]。

2.2 多专业交叉施工, 设计变更频繁

该项目绿色建筑技术集成度很高, 包含建筑、结构、暖通、给排水、电气、智能化等各个专业深度耦合。地源热泵系统和新风热回收系统的管线布置同结构梁、建筑幕墙等存在大量的空间交叉。施工过程中由于各专业设计图纸之间未能有效协同, 在现场经常会出现管线碰撞、预留洞口位置偏移等问题, 不得不进行设

作者简介: 齐成成 (1995-), 女, 本科, 助理工程师, 研究方向: 工程管理。

计变更。根据统计可知,地下室设备夹层区域累计发生管线综合调整变更 30 余项,只此区域由于拆改造成直接损失就超过了 80 万元。另外,光伏一体化屋顶安装应同幕墙专业紧密配合,但光伏组件尺寸改变造成幕墙龙骨重新加工,不但增加材料成本,而且影响关键节点的工期,从而间接提高管理成本和人工成本。由于多专业交叉施工的复杂性,传统事后成本控制模式无法应对变更问题。

2.3 绿色建材价格波动大,预算控制难

绿色建筑项目使用新型环保建材和高性能设备,这些材料没有形成大规模生产以及完善的市场供应能力,价格受原料价格、政策补贴、市场需求等因素影响较大,波动也比较大。本项目中三银 Low-E 玻璃幕墙单价在招标阶段为 980 元/ m^2 ,但是由于镀膜工艺需要的稀有金属价格上升,实际采购单价上涨为 1 150 元/ m^2 ,超出预算约 210 万元。光伏组件价格受行业补贴政策变动的影响较大,给采购造成一定的成本压力。另外,部分绿色建材(高性能隔音砂浆、环保型保温材料等)本地供应商很少,议价能力弱,采购成本难以控制。传统的预算编制方式是以静态的价格为依据,缺少对价格走势的动态跟踪和预警,造成预算控制处于被动的地位^[2]。

3 基于 BIM 技术的绿色建筑成本精细化管理要点

3.1 设计阶段的 BIM 绿色方案比选与限额设计

在设计阶段,将绿色建筑的性能模拟与成本数据结合,从而达到方案比选量化决策目的。传统模式下,绿色建筑方案选择更多地从技术指标、节能效果等角度出发,对于不同方案所对应的增量成本没有直接的对比,容易造成设计方案超出投资预算现象,利用 BIM 平台可以将建筑构件的几何信息、能耗参数和成本数据上传至三维模型中,从而创建出可视化的成本决策支持系统。以本项目光伏一体化屋顶为例,用 BIM 模型分别建立单晶硅、多晶硅、薄膜三种光伏组件的三维模型,关联组件效率、使用寿命、市场价格等数据,快速生成三种方案在 2025 年运营周期内发电总量、初期投资成本和投资回收期对比表,最终选择的单晶硅方案实现了技术性能和经济性的最佳匹配。

限额设计是控制绿色建筑增量成本的重要手段,BIM 技术为限额设计提供专业化的数据支持。绿色建筑项目中节能目标与成本目标互相制约,传统模式下各专业设计人员只在自己的领域内进行限额指标分解,缺少跨专业之间的联动以及实时反馈。以 BIM 为依托的协同设计平台,可以将项目总成本限额逐层分解到

各专业、各系统以及各重要构件上,在设计过程中随时观察成本消耗状况^[3]。本项目中项目团队在 BIM 模型上设置地源热泵系统的成本上限为 950 万元,当暖通专业设计人员调整埋管深度和数量时,BIM 模型会联动工程量并更新成本数据,如果接近或者超过限额,系统就会发出预警提示,从而避免了设计完成后才发现成本超限的被动局面。

3.2 施工阶段的 BIM 5D 的动态成本控制

施工阶段是绿色建筑成本实际发生的阶段,BIM 5D 技术将三维模型同进度计划(4D)、成本数据(5D)结合起来,达成施工成本的动态化、精细化管理。传统施工成本管理中,工程量计算、进度款支付、材料采购这些环节常常互相分割,数据更新缓慢,不能迅速察觉成本偏离问题。以 BIM 5D 平台为基础,项目组可以按照施工进度自行产生各个阶段的工程量清单以及资金安排,从而达到量价双控的目的。本项目中对于绿色建筑特有的高性能三银 Low-E 玻璃幕墙,BIM 模型根据施工流水段将每一个区域的玻璃规格和数量精确提取出来,与采购订单、进场验收、安装进度相联动,当实际用量超过模型理论用量 5% 时,系统会发出报警信息,提醒管理人员去检查是否存在损耗超标或者施工失误的情况,从而有效地降低了材料成本超支的风险。

同时,基于 BIM 5D 技术建立物料消耗记录和限额领取机制,实现对高价环保建材的准确核算,如光伏组件、节能保温板材等产品,并在模型参数中嵌入定额耗损量,实现领用、消耗、结余全程线上溯源。根据现场劳动力排班表和机械台班数据,对人工和设备的动态费用进行实时汇总,并自动产生阶段性成本分析报表,准确锁定超支和亏损节点,方便管理者对施工队伍调配和机械进场计划进行优化。在此基础上,还可以将整个绿色建筑材料市场的价格信息进行整合,预测绿色建材市场价格变化,并通过批量集采、错峰备货等手段来缩小采购的差价,从而强化工程动态价格调整 and 风险控制能力。

绿色建筑项目中,机电系统复杂、专业交叉多,施工过程中出现的碰撞、变更等都会造成成本失控,BIM 技术的碰撞检测、变更管理功能可以在施工前就发现并解决设计冲突,大大降低现场返工的成本。本项目地下室设备夹层区域用 BIM 技术做管线综合碰撞检测,共发现暖通管道和结构梁、电气桥架和消防管道之间的硬碰撞点 127 处,在施工前完成管线排布优化,防止现场拆改。另外,利用 BIM 技术进行变更管理,所有设计变更通过模型模拟,掌握变更工程量和对成本的影响,经过多方确认后才能实施。项目共处理变

更签证 56 项, 平均响应时间由原来的 7 天缩短到现在的 2 天, 由于变更造成额外成本比同类项目低约 18%。

3.3 运维阶段的 BIM 绿色运营成本预测

绿色建筑的运营成本在整个生命周期中所占比例比较大, 传统运维管理模式, 设备信息分散在纸质文档或者电子表格中, 没有形成统一的数据平台, 运营成本的预测和控制很大程度上依靠经验判断。BIM 技术将竣工模型和运维数据结合, 为绿色建筑运营成本精细化管理赋予了信息集成平台。本项目中, 项目组将地源热泵机组、光伏逆变器、新风机组等重要设备的型号、生产厂家、安装时间、保修期限、维修周期等信息输入 BIM 模型中, 创建数字化设备资产信息数据库^[4]。依托 BIM 平台的数据回写与历史数据追溯机制, 开展成本后评估工作, 可将实际运行成本与设计预测值进行对比分析, 并在平台内自动生成成本偏差分析矩阵。相关偏差数据可用于模型参数回溯与预算库动态修正。运维人员可通过 BIM 模型直观查看各类设备的空间位置、运行状态及基础信息。系统根据设备的运行时长和维护周期自动产生预防性维护计划, 并预测每次维护需要的人工和材料成本, 实现了由被动维修到主动预防的转变, 大大延长设备的使用寿命, 降低由于突发故障造成的高额维修费用。

BIM 技术对于运营能耗成本预测有着重要的作用, 可以和楼宇自控系统 (BAS) 的数据进行对接, 从而达到能耗数据的可视化监控以及精细化分析的目的。绿色建筑中的太阳能光伏系统、地源热泵系统等可再生能源设施的运行效率直接影响到运营成本, 传统的能耗数据是以月度总表的形式, 不能对高能耗的区域和时段进行定位。BIM 模型同能耗监测平台达成数据互通, 可以及时显示各个楼层、各个区域的能耗分布状况, 用热力图的形式表现能耗异常区域。运维人员发现地下二层新风系统能耗比设计值高 22%, 经排查是由于传感器故障造成新风阀常开, 修复后每月节约电费约 1.8 万元。另外, 用历史能耗数据和气象预测做 BIM 平台下一年度运营能耗成本预测, 给物业管理部门编制年度预算提供依据, 提高绿色建筑运营成本可控性、透明度。

3.4 全生命周期的 BIM 协同平台信息共享机制

绿色建筑项目包含建设单位、设计单位、施工单位、造价咨询单位、绿色建筑咨询单位等诸多主体, 传统模式下各个主体各自使用不同的软件系统以及数据格式, 信息传递存在着严重的壁垒, 成本管理当中出现的数据孤岛问题更为严重。BIM 协同平台依靠创建统一的数据交换标准和云端协作环境, 使项目全生命

周期信息得到整合共享。本项目创建以云为架构的 BIM 协同管理平台, 所有参建方可以在平台上查看模型、管理文档、进行流程审批和录入成本数据。绿色建筑咨询单位将节能计算参数和设备选型要求上传到平台, 造价咨询单位可以从 BIM 模型中提取工程量并进行清单编制, 避免由于图纸版本不一致造成的重复计算和计价错误, 提高成本数据的准确性、一致性。

此外, 创建信息共享机制, 可以提高数据传递的速度, 改善成本管理过程中的决策水平。绿色建筑项目增量成本认定和绿色专项奖励资金申报过程中, 一般要由多方共同对绿色技术的实施情况以及成本投入进行确认, 在传统的模式下, 各个方面的资料分散保存, 信息不对称容易造成争议和扯皮^[5]。根据 BIM 协同平台, 所有的设计变更、技术核定单、现场签证、设备采购合同等资料实现电子化归档, 与模型构件一一对应, 形成完整的成本追溯链条。本项目绿色建筑三星级认证申请时, 评审机构要求提交绿色技术增量成本的详细证明材料, 项目团队利用 BIM 平台迅速调取与各个绿色技术有关的模型构件、采购合同、施工记录和成本数据, 完整地展示了增量成本构成, 顺利通过评审。

4 结束语

本文以某三星级绿色办公楼项目为研究对象, 基于 BIM 技术的绿色建筑成本精细化管理要点做了详细的阐述。从研究结果可知, BIM 技术可以贯穿项目全生命周期。在设计阶段用方案比选和限额设计实现成本前置控制; 在施工阶段用 BIM 5D 平台做动态成本监控和变更管理, 大大减少返工和资源浪费; 在运维阶段通过与楼宇自控系统的集成, 为运营能耗预测和设备维护提供数据支持。全生命周期的 BIM 协同平台打破了信息壁垒, 保证成本数据的精确且能够追溯。

参考文献:

- [1] 钟月生. BIM 技术在绿色建筑工程造价控制中的应用研究[J]. 新城建科技, 2025, 34(11): 178-180.
- [2] 段孟, 王彬, 康燕敏, 等. BIM 技术在绿色建筑工程造价控制中的应用研究[J]. 全面腐蚀控制, 2025, 39(06): 21-23.
- [3] 赵悦. 新型绿色建筑工程造价预算与成本管理研究[J]. 绿色中国, 2025(04): 160-162.
- [4] 杨改静, 时海铭. 试析新型绿色建筑工程造价预算与成本管控[J]. 中国住宅设施, 2024(03): 4-6.
- [5] 李晓艺. 绿色建筑工程造价预算及其成本管理[J]. 四川水泥, 2020(06): 219.