

# 基于 BIM 技术的建筑工程全生命周期成本控制研究

陈 昂

(天津建华工程咨询管理有限公司, 天津 300074)

**摘 要** 建筑工程全生命周期的成本控制面临数据分散、成本失控及管理不精确等问题, 导致资源浪费和预算超支。本文基于 BIM 技术的全生命周期成本管控方法, 通过信息协同与数据集成, 实现规划设计、施工、运营维护等阶段的精细化成本控制。利用参数化模型优化设计方案, 采用施工模拟动态调度资源配置, 借助传感器及数据平台实现运行参数监测和反馈, 确保成本核算的准确性与透明度。研究表明, 该方法在提升设计优化效率、减少施工浪费及提高运营维护管理水平方面具有显著成效。

**关键词** BIM 技术; 全生命周期成本; 参数化模型; 动态监测; 数据集成

**中图分类号:** TU723.3; TU17

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.15.025

## 0 引言

BIM 技术作为一种数字化建模工具, 具备可视化、数据集成和实时监测的优势, 可通过对构件参数、材料用量及施工工艺的动态模拟, 精准测算成本并优化设计方案。本文以 BIM 技术为核心, 探讨其在建筑工程全生命周期成本管控中的应用策略, 提出基于 BIM 平台的成本核算、绩效评估及动态跟踪方法, 旨在为工程项目成本控制提供科学依据, 提升资源利用率, 确保工程项目的经济效益和质量安全。

## 1 全生命周期成本管控概述

### 1.1 全生命周期成本的内涵与特点

LCC 管理的核心在于充分识别并量化项目全过程中的各类成本要素, 包括初始投资成本、日常运行维护成本、能耗费用、更新改造费用、拆除回收成本等。该方法强调对工程项目全生命周期的全过程管理, 通过对各阶段成本的详细预测与控制, 及时识别可能引发成本增加的潜在因素, 并制定有效的防范措施。全生命周期成本管控要求建立完善的数据管理体系, 以保证成本信息的完整性、准确性和实时性, 从而实现成本的精细化控制。该方法的优势在于帮助管理者在项目决策过程中更科学地分析各项技术方案的经济性, 优化资源配置, 避免仅关注初始建设成本而忽视后期运营维护开支的问题。

### 1.2 BIM 技术在成本管控中的地位与优势

BIM 技术以三维数字模型为载体, 集成了建筑工程在策划、设计、施工、运维等阶段的各类信息, 为项

目管理者提供了可视化、数字化的管理平台<sup>[1]</sup>。通过 BIM 模型可实现工程量的自动统计和成本预算的快速测算, 避免了传统人工测算中可能出现的数据遗漏与误差问题。BIM 技术还能够在设计阶段对各项技术方案进行成本分析, 通过参数化建模调整构件尺寸、材质及结构形式, 快速预测各方案的造价差异, 帮助设计团队优化设计方案, 降低不必要的成本支出。施工阶段, BIM 技术可对施工过程进行动态模拟, 对各项成本消耗进行实时追踪, 避免因工序衔接不当、材料浪费等因素导致成本超支。BIM 技术的协同平台功能为多专业协作提供了便捷渠道, 大幅减少了设计变更与返工情况, 从而有效控制了额外成本支出。在材料管理方面, BIM 技术可精确计算各类材料用量, 结合采购计划与施工进度, 实现材料的精准采购与合理配置, 减少库存积压与资金占用。BIM 技术与工程造价软件的集成应用, 使得成本数据能够实时更新并与模型关联, 当模型发生变更时, 相关成本数据会自动调整, 保证了造价信息的准确性与时效性。在运维阶段, BIM 技术可通过设备管理与能耗分析, 识别建筑运行中的成本优化空间, 制定合理的维护计划, 降低全生命周期成本。

## 2 影响成本的关键环节分析

### 2.1 规划设计阶段的成本优化要点

BIM 模型可在设计初期对建筑结构、管线布置、设备安装等内容进行三维建模, 并以模型数据为基础, 完成对各项成本的精确估算。在设计过程中, 通过调整模型参数实现对不同技术方案的快速对比分析, 结

合各构件的尺寸、材料用量、节点形式及连接方式等因素，分析其对成本的具体影响。设计团队可利用BIM软件的碰撞检测功能，对管线排布、结构构件交接点等复杂部位进行优化，提前发现设计冲突，避免因施工中返工造成材料浪费和工期延误。采用BIM技术建立材料信息库，对钢筋、混凝土、模板、管道、电缆等主要材料的规格、型号及市场价格进行动态更新，确保设计阶段的工程量统计更加准确。在深化设计中，可通过BIM模型对复杂部位进行多轮推演，优化结构布置及空间利用率，减少非标构件的使用，以降低施工难度和成本。

## 2.2 施工阶段的成本影响因素与应对

BIM模型可对施工现场空间布局进行三维模拟，合理规划材料堆放区、机械作业区及人行通道，确保施工场地的空间利用率，避免因场地布置不合理导致材料二次搬运、堆放混乱等问题<sup>[2]</sup>。利用BIM技术可将施工进度计划与三维模型关联，实现对施工过程的动态监控。通过构件分解、工序模拟等手段，明确各工序的施工顺序及时间节点，优化工序安排，减少因工序交叉、工期延误引发的成本浪费。BIM模型还可在混凝土浇筑、钢筋绑扎、模板安装等关键工序中嵌入精确的施工参数，并对施工工艺进行可视化模拟，确保各工序按既定工艺流程进行。

## 3 BIM技术在不同阶段的具体应用

### 3.1 设计深化与方案比选

BIM软件可将建筑模型按构件类型、规格尺寸、材质参数等信息进行分类，并结合项目要求对各构件的空间布局及安装位置进行多轮推演。在深化设计中，利用BIM软件的碰撞检测功能，可精准识别结构、设备及管线之间的交叉冲突点，减少施工中因设计不合理引发的返工问题。对于复杂节点或特殊部位，可借助BIM模型建立详图模型，并将关键参数如梁高、柱距、墙厚、管径等数值以数据表的形式输出，实现对构件的精细化设计和成本的精准测算。在设备及管线布置时，利用BIM模型可按设备型号、管径规格及布置间距等参数，进行动态排布与调整，确保空间利用率最优，减少非标管件及设备弯头数量。

### 3.2 施工模拟与进度调度

BIM模型可将建筑物分解为具体的施工构件，每个构件赋予唯一编码，并与施工进度计划相关联，确保每个构件的施工时间、安装顺序和完成状态可视化。利用BIM模型进行施工模拟时，可按具体工序对施工流程进行分解，将混凝土浇筑、钢筋绑扎、模板安装、

设备吊装等工序纳入模型，以实现全过程动态控制。施工模拟过程中，模型可同步显示各施工区域的人员、设备及材料状态，及时识别施工现场的拥堵点及潜在风险，提前优化资源配置。BIM技术还可集成气象数据、交通流量、周边环境等信息，为工程项目制定更为科学的施工组织计划。在进度调度过程中，可利用BIM平台对施工任务进行拆解，按照构件编号、安装位置及完成状态进行动态标注，实现施工计划的精细化管理。

### 3.3 运营维护过程中的数据反馈

在暖通空调系统(HVAC)运行监测中，传感器可实时采集出风口温度、回风温度、送风量、管道静压等参数，并将数据同步至BIM平台<sup>[3]</sup>。室内温度控制范围设定为22~26℃，送风口温度偏差不得超过2℃。BIM平台根据温度偏差判断暖通系统异常，并结合模型分析管道布局、风口位置及阀门开闭情况，定位故障区域。当管道阻力增加或回风量异常时，系统提示维护人员检查并在模型中标注故障点位。电气系统方面，电压、电流、功率因数等参数通过智能电表实时监测，电压波动超出10V时，平台启动报警并标注故障回路。数据反馈系统还记录建筑设施能耗情况，以折线图、柱状图等形式动态呈现，辅助分析设备运行趋势。给排水系统方面，BIM平台接收水压传感器数据，确保供水压力维持在0.3~0.6MPa范围内，实现建筑设施运行状态的精准监测与数据反馈。

### 3.4 信息集成与实时监控

BIM平台可将工程地理信息、结构模型、设备参数及施工进度数据整合至统一界面，形成可视化管理平台。以建筑施工阶段为例，BIM平台可通过全站仪、激光扫描仪等设备，将施工现场的实际测量数据与模型数据进行比对，实时监测构件安装精度、轴线偏移及高程控制。若发现某楼层标高偏差超过5mm，平台可立即将异常数据反馈至施工管理人员，并在BIM模型中以颜色标注偏差部位，确保施工偏差得到及时纠正。在混凝土养护监测中，BIM平台可通过嵌入混凝土内部温度传感器，实时记录混凝土内部温度变化。若混凝土内部温度偏差超过10℃，系统将发出警报并显示混凝土浇筑区域，以提醒现场人员及时采取保温或降温措施。

## 4 成本控制策略与管理机制

### 4.1 信息协同与数据管理

在建筑工程的全生命周期成本管控中，信息协同与数据管理可有效提升成本控制精度。BIM技术整合各

类工程信息,建立数据管理平台,实现专业间的数据共享。BIM 模型可将钢筋规格、长度、搭接位置等参数纳入数据库,并通过编码系统关联每根钢筋的编号、安装部位及绑扎时间。激光测量设备采集的钢筋位置、数量及误差数据可自动对比模型数据,偏差超过 5 mm 时系统自动报警。钢筋加工厂数控设备可依据 BIM 数据导入下料指令,确保切割精度并减少材料浪费。管线安装中,BIM 模型依据管径、坡度、弯头等参数进行校核,优化管道路径并规避返工。信息协同平台还可实时更新工程量清单、采购计划和库存信息,确保物料供应精准高效,避免积压和短缺问题。

#### 4.2 质量提升与风险防范

以混凝土浇筑为例,BIM 平台可在模型中标注每个混凝土浇筑区域的方量、标号、浇筑时间及施工人员信息<sup>[4]</sup>。传感器可对混凝土内部温度、湿度及凝固时间进行实时监测,并与模型数据进行关联。若混凝土内部温度偏差超过 8℃,系统将自动报警并定位异常区域,提示施工人员采取保温或降温措施,防止混凝土出现温度裂缝。

在钢结构工程中,BIM 模型可对钢构件的焊缝位置、焊接工艺及焊接电流参数进行记录。利用超声波检测设备,可在模型中对焊缝内部缺陷位置进行标注,发现焊缝气孔、裂纹等问题后,系统可自动生成缺陷报告,并根据缺陷等级提示返工要求。在幕墙安装中,BIM 平台可将每块玻璃幕墙的编号、规格及安装角度嵌入模型,通过全站仪对幕墙定位精度进行测量,发现偏差时,系统将自动调整幕墙基座位置,确保安装精度控制在 2 mm 范围内。

#### 4.3 成本核算与绩效评估

BIM 模型可根据构件参数、尺寸、材料属性等信息,自动生成工程量清单,并按施工进度将每项工程量与实际成本数据关联,实现成本的实时核算。以钢筋工程为例,BIM 平台可根据钢筋直径、长度、搭接形式及混凝土保护层厚度计算钢筋用量,并结合市场价格生成成本清单<sup>[5]</sup>。计算公式可表示为:

$$C = \sum_{i=1}^n (L_i \times D_i \times \rho \times P_i)$$

其中,  $C$  为钢筋总成本,  $L_i$  为第  $i$  根钢筋的长度,  $D_i$  为钢筋直径,  $\rho$  为钢筋密度,  $P_i$  为钢筋单位价格。该方法确保了成本测算的精度,避免人工统计中的遗漏或重复。对于模板工程,BIM 模型可根据墙体高度、板厚、结构构件形状等参数,计算模板铺设面积,并结合模板周转次数,计算出实际使用量及损耗率。

#### 4.4 动态跟踪与持续改进

在关键施工部位布置传感器,可实时采集环境温度、湿度、风速、位移偏差等数据,并将数据传输至 BIM 平台。以混凝土养护为例,传感器可监测混凝土内部温度波动,并将数据同步至 BIM 模型。若温度偏差超过 8℃,BIM 平台将启动报警机制,并在模型中标注异常部位。系统可提示养护人员采取喷水、覆盖保温毯等措施,以控制混凝土内部温度稳定<sup>[6]</sup>。钢结构安装过程中,BIM 平台可利用激光扫描设备监测构件轴线偏差、垂直度误差及螺栓紧固度等参数。若发现轴线偏差超出 5 mm,系统将在模型中标注误差区域,并提示施工人员对构件定位点重新调整。BIM 平台可在设备调试过程中,对电压、电流、功率因数等参数进行动态监测,当电流波动超过 20 A 时,系统将自动记录电气线路状态,并提示维护人员检查接线端口、电缆绝缘及设备接地情况。

### 5 结束语

通过参数化模型在设计阶段优化方案,减少非标构件的使用;在施工过程中结合施工模拟,优化施工流程并精准核算各项成本;在运营维护中,利用传感器和 BIM 平台监测设备参数及环境数据,确保设施运行的稳定性及维护的及时性。BIM 技术在成本核算、绩效评估及动态跟踪方面的应用,有效提升了成本控制的精度和项目管理的科学性,为建筑工程的高效管理和可持续发展提供了重要保障。

#### 参考文献:

- [1] 蔡明成,朱成峰,王佟飞,等.基于 BIM 技术的综合管廊全生命周期管理研究[J].中国高科技,2024(20):147-148,157.
- [2] 王锡茂.BIM 技术在建筑工程项目全生命周期管理中的应用研究[J].砖瓦,2024(10):115-117.
- [3] 张妍雪.BIM 技术在建筑工程全生命周期的应用价值研究[J].中国招标,2024(10):135-137.
- [4] 李延国.基于 BIM 的建筑工程全生命周期信息管理研究[J].中国招标,2024(09):97-99.
- [5] 张烈霞.基于多维建筑信息模型(BIM)的项目全生命周期数据管理及其工程应用研究[J].科技管理研究,2023,43(21):208-217.
- [6] 宋战平,肖珂辉,成涛,等.基于 BIM 技术的隧道全生命周期管理及应用研究[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),2020,52(01):47-53.