

Research on the Application of BIM Technology in Cost Estimation and Dynamic Control of HVAC Engineering

Qingjie Yao

Chongqing Academy of Metrology and Quality Inspection, Chongqing, 400000, China

Abstract

Building Information Modeling (BIM) technology demonstrates significant potential in cost management for HVAC engineering, representing an inevitable trend in the digital transformation of the construction industry. This study explores BIM's application mechanisms in precise quantity extraction, multi-disciplinary collaborative cost integration, and dynamic control system development through a large-scale commercial complex project. Research findings indicate that BIM can enhance quantity calculation accuracy, keep within cost deviations, and reduce change response time. By establishing a 4D+5D integrated model, real-time monitoring of construction progress and cost tracking has been achieved, providing an effective technical approach for refined cost management in HVAC engineering.

Keywords

Building Information Modeling; HVAC Engineering; Cost Estimation; Dynamic Control

BIM 技术在暖通空调工程造价估算与动态控制中的应用研究

姚庆节

重庆市计量质量检测研究院, 中国 · 重庆 400000

摘 要

建筑信息模型技术在暖通空调工程造价管理领域展现出巨大潜力, 其应用代表了建筑业数字化发展的必然趋势。本研究基于某大型商业综合体项目实践, 探讨 BIM 技术在工程量精确提取、多专业协同造价集成、动态控制体系构建等方面的应用机制。研究表明, BIM 技术能提升工程量计算精度, 控制造价偏差, 缩短变更响应时间。通过构建 4D+5D 集成模型, 实现了施工进度与造价的实时联动监控, 为暖通空调工程造价精细化管理提供了有效技术路径。

关键词

建筑信息模型; 暖通空调工程; 造价估算; 动态控制

1 引言

暖通空调专业作为机电工程的重要组成部分, 通常占建筑物建设投资成本的 15% ~ 25%, 传统的暖通空调工程造价统计方式是使用二维平面图和手工定额计算的方法, 容易出现工程量统计不准确、各专业间难以沟通等现象, 且对工程变更的响应较为滞后。

2 BIM 技术在暖通空调工程造价估算中的精确化应用

2.1 基于 BIM 模型的工程量自动提取与计算

BIM 模型通过基于对象的参数化建模方式, 将管道安装信息等构件属性参数化存储到模型中, 如几何线形及管道规格、材质、安装形式等。模型工程量采集分为模型准备、

规则建立、工程量自动提取和校验四步。如某项目在采用 BIM 技术进行工程量统计, DN200 冷冻水管道按传统方式统计为 3847m, 采用 BIM 管道自动采集数据为 3912m, 实际完成的管道安装工程量为 3908m, 精确度达到了 99.9%。此外, 较高精度的 BIM 不仅能统计管材长度, 还能统计管道连接件、管道保温材料及抗震支吊架的用量等施工信息, 对项目造价比对分析提供了详实基础数据^[1]。

2.2 多专业协同下的造价数据集成机制

暖通空调工程涉及多专业交叉作业, 传统的分专业独立设计模式容易出现管线碰撞问题。利用 Revit 等软件构建暖通空调工程协同设计平台, 基于统一的平面图坐标系与建模规范进行建模, 并通过 BIM 碰撞检测排查暖通风管与结构梁的硬碰撞、暖通风管与给排水管道或电缆桥架的软碰撞情况, 提前在施工之前完成管线布置的优化。还可基于 BIM 构建统一的编码体系和基于 IFC 标准的信息交换机制, 使造价软件可以直接导入构件信息, 自动选取清单与定额, 提高造价编制效率。测试表明基于 BIM 的造价编制较传统

【作者简介】姚庆节 (1975-), 男, 中国重庆人, 本科, 高级工程师, 从事工程管理研究。

的编制方式能节省约一半的编制时间，而且同时数据准确率也大幅提升，这一点在施工阶段对造价控制工作的帮助更为突出。

2.3 精细化造价估算模型的验证与优化

通过建立“估算—执行—反馈—优化”的项目估算全生命周期闭环管理模式，利用交叉对比、敏感性分析来验证模型，发现在应用于新项目时能够给将造价预测估算误差控

制范围在 ±5% 左右，敏感性分析发现造价模型影响权重从高到低分别是设备选择权重 42%，管材价格权重 23%，人工费权重 18%。根据验证结果，从材料价格的动态变化、细化地域调整系数至地市、考虑技术复杂性从三个方面对估算模型进行了优化，调整了修正系数。优化后的模型估算平均误差由 6.8% 下降到 3.2%（见表 1）。

表 1 基于 BIM 的工程量提取精度对比表

项目类别	传统方法统计量	BIM 提取量	实际安装量	BIM 精度	传统方法偏差率
镀锌钢板风管 (m ³)	12,456	12,687	12,695	99.9%	-1.9%
冷冻水管 DN200(m)	3,847	3,912	3,908	99.9%	-1.6%
冷却水管 DN250(m)	2,134	2,187	2,185	99.9%	-2.3%
阀门 DN150 (个)	186	194	194	100%	-4.1%
风机盘管 (台)	428	436	436	100%	-1.8%
冷水机组 (台)	3	3	3	100%	0%
支吊架 (套)	1,856	2,043	2,037	99.7%	-8.9%
保温材料 (m ³)	487	512	510	99.6%	-4.5%

3 基于 BIM 的暖通空调工程造价动态控制体系构建

3.1 施工进度与造价关联的 4D+5D 模型构建

4D 是指在 BIM 应用的基础上将时间维度融入模型当中，形成一个可以在 BIM 中显示的进度过程^[2]。5D 是指在此基础上又融入成本信息，既包含进度和时间信息，又涵盖成本核算与经济分析功能。如在某项目中，通过软件编制完成施工进度网络计划中有 1, 247 个作业面，将作业面的各个工序与 BIM 模型中对应的构件进行关联，如“B1 层空调机房风管安装”则关联到 BIM 图中 237 根风管、45 个风管开口、18 个风管阀门，可根据作业面对应施工阶段的材料使用的情况优化施工组织设计。5D 模型则是在 4D 模型的基础上增加造价属性信息，每一个构件均设置有材料费、人工费、机械费、管理费，还可以自动统计任一时间点的累计完成工程量和完成值。

3.2 基于实时数据的造价偏差预警机制

建立预警机制：按估算偏差值分级预警，预警指标包括现场实际完成工程量、材料市场价格、设计变更情况及实际成本^[3]。通过与造价信息网链接查询材料市场价格，及时将材料市场价格变化根据合同约定变更规章将其对造价的影响均在 BIM 模型中体现，自动计算造价影响额，与财务系统链接查询实际支出情况。采用挣值法计算成本偏差 (CV=EV-AC)、进度偏差 (SV=EV-PV)，当超过阈值时自动发预警提示。预警机制能够及时处理问题，降低成本控制风险。

3.3 变更管理中的造价影响评估与控制

变更管理是工程项目造价控制的重点，BIM 技术实现了变更的可视化模拟和造价实时评估。项目所有变更申请须

先在 BIM 模型中对变更方案进行模拟，系统生成变更的工程量清单和造价影响分析报告，为变更提供决策依据。如某项目因房间布局调整导致空调系统需要变更，系统识别到受影响构件包括：删除风机盘管 8 台、风管 165 m³、风口 24 个，新增风机盘管 10 台、风管 198 m³、风口 28 个等，并计算出造价增加 12.7 万元。还可以同时引入多方案进行比选，科学实施变革决策。

3.4 多方协同的造价控制决策支持系统

工程项目管理参与方众多，基于 BIM 平台应构建多方协同的决策支持系统，并基于角色进行管理控制，所有操作留有日志追查。既能够明确各方责任，便于资料整理，也有利于后续类似情况的处理和优化。

4 工程案例造价控制效果分析与优化策略

4.1 造价控制关键节点分析与效果评估

通过对项目实施全过程中造价控制的跟踪分析，归纳提炼出造价控制的五个关键节点：一是方案设计阶段的系统选型、二是初步设计阶段的设备选配、三是施工图阶段的管线优化、三是施工过程中的变更控制、五是竣工阶段的结算管理。在方案设计阶段，基于 BIM 进行空调系统方案的比选，模型不仅计算了各种方案的初期投资，还能够模拟分析用户运行时的能耗、维保费用，对各方案全生命周期的成本继续比较以提高方案选择的科学性、合理性。在初步设计阶段，通过 BIM 负荷计算，能够优化设备管道配置；在施工图阶段，通过 BIM 进行碰撞检测和净高分析，优化了楼层的管线排布，调整吊顶内的管线层高度，减少管材量的消耗，对比手工计算节省造价 6%；在施工阶段，施工过程中的变更通过 BIM 平台进行预估和优化，降低变更费用，及时掌握投资费用情况；在竣工结算阶段，基于 BIM 模型的工程量

清单和完整的全过程资料,使工程结算效率大幅提升,减少了参建各方对工程造价的争议。

4.2 BIM 技术应用对造价管理效率的提升

数据分析结果表明,运用 BIM 技术可将降低项目造价估算偏差约 10%,工程量计算工作周期可降低 20~30 人·d,变更响应时间降低约 5d,碰撞问题发生数量降低 90%,结算发生争议金额和时间都大大减少,如对比某类似项目结算争议金额减少 126 万,结算周期缩短 45 天。效率提升的根本原因在于工作模式的转变。造价人员过去主要重复浏览图纸、手工套算、编制表格等工作,BIM 模式下系统大多为人员计算做铺垫,造价人员工作重点回归到分析、优化以及控制风险上。造价工程师能够将跟多的时间用于创造价值。

4.3 造价控制中的难点问题与解决方案

模型精度与造价管控要求匹配问题:如设计方 BIM 模型侧重专业空间逻辑,而造价管控需要精细化构件信息,导致造价精度偏差。多软件数据协同困难:实际工作中涉及 Revit、Navisworks、广联达、P6 等软件,数据格式不统一,交互困难。可通过开发基于 IFC 标准的数据转换接口和建立中央数据库,通过软件实现间数据互通,提高工作效率。人员能力和观念转变:部分造价人员对 BIM 技术存在抵触。采取教育三级培训机制:即基础软件操作培训、专项软件应用培训、实际案例实操培训提升软件运用能力。标准化与个性化平衡,提出“标准库+自定义”模式,常用构件用标准族库外允许自定义特殊构件,并引入审核机制维护标准库,提升 BIM 技术实施中的效率。

4.4 造价控制体系的持续改进与标准化策略

在构建的暖通空调工程 BIM 造价标准化综合管控体系时采取层次化构型,例如可包括基础层(标准规范)、实施层(技术方法)、落地层(管理流程)、持续改进层(案例库)等。其中标准规范层是构建 BIM 造价标准化管控体系的最基础层面,并编制建模标准、数据编码规则、交付标准等标准文件,对不同阶段的模型建构、构件命名规范、属性要求等做出具体规定。技术方法层是基于造价工程量计算方法体系,对不同类型构件的造价工程量计算规则、扣减关系、统计口径等形成相应的计算方法和标准,形成了一系列标准化分析模板如造价组成分析模板、敏感性分析模板、趋势预测模板等。管理流程层是全过程造价管理标准化的流程,将每

一个重要管理流程制定作业指导书,对输入条件、作业步骤、输出结果、质量标准等都做出具体规定。持续改进层是通过定期开展经验交流会分项典型案例、常见问题、有效做法等。

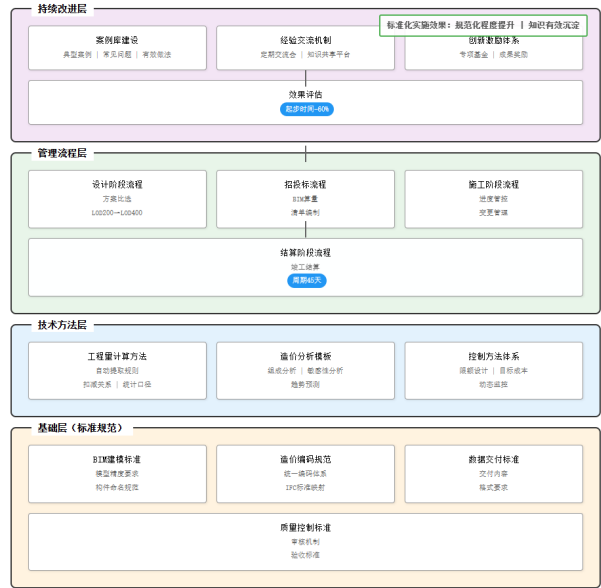


图 1 暖通空调工程 BIM 造价控制标准化体系框架图

5 结语

BIM 技术在暖通工程造价估算与动态控制中的应用代表了建筑业数字化发展的必然趋势,本文通过对工程实践的总结,阐明 BIM 技术在提高工程造价管理的精度、效率和动态控制等方面已显现出明显的效益,基于 BIM 技术的自动工程量提取提升了估算阶段的准确率,多专业协同的造价编制效率改善,基于 BIM 的 4D+5D 集成模型能够实现进度与造价的动态实时监控,变更管理中采用 BIM 预估和优化措施降低变更对整体造价的影响%,能够有效降低工程造价失控的风险。

参考文献

- [1] 门世杰.基于BIM技术的建筑给排水及暖通设计优化研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(4):096-099.
- [2] 顾锦莲.BIM技术在暖通空调系统安装施工中的应用[J].建筑技术开发,2025,52(2):130-133.
- [3] 牛超群.BIM技术在建筑暖通空调系统节能中的应用[J].中国厨卫,2025,24(1):76-78.