

# 基于 BIM 与 AI 技术的工程经济动态成本控制研究

李卫锋

中铁上海工程局集团有限公司 上海 201906

**摘要:** 工程经济动态成本控制是提升项目投资效益的关键,但传统模式存在数据割裂、预测滞后等问题。本文聚焦BIM与AI技术融合,系统探讨动态成本控制的优化路径:梳理相关理论与技术特性,剖析成本管控现状及核心问题;构建基于BIM与AI的动态成本控制体系,明确目标、架构与功能模块;阐述成本数据标准化、融合预测模型构建等关键技术。研究表明,BIM的可视化与参数化特性结合AI的数据分析能力,可实现成本实时监测、精准预测与智能决策,为工程经济动态成本控制提供高效技术支持,对推动工程成本管理数字化转型具有现实意义。

**关键词:** BIM技术; AI技术; 工程经济; 动态成本控制; 成本预测

引言: 工程建设项目复杂化与投资规模扩大化背景下,动态成本控制成为规避投资风险、保障项目盈利的核心。传统工程经济成本管控依赖人工核算与经验判断,难以应对设计变更、材料价格波动等动态因素,常导致成本超支、管控滞后等问题。BIM技术通过全生命周期数据集成,实现成本信息可视化关联;AI技术则凭借数据挖掘与预测能力,为成本决策提供科学依据。二者的融合应用为破解动态成本控制难题提供了新路径。本文基于工程经济管理需求,构建BIM与AI融合的动态成本控制体系,探索关键技术实现方法,旨在为工程成本管控提供更高效的解决方案。

## 1 工程经济成本控制相关基础理论及技术要点剖析

### 1.1 工程经济动态成本控制理论

工程经济动态成本控制理论以全过程成本管理为核心,强调基于实时数据的动态调整与优化。其核心思想是打破传统“事后核算”模式,通过对项目决策、设计、施工、竣工等阶段的成本数据进行实时采集、分析与反馈,实现成本的事前预测、事中控制与事后总结。该理论以系统论为支撑,将成本控制与进度管理、质量管理等环节深度融合,注重成本与效益的动态平衡。相较于静态成本控制,其突出特点体现在时效性与前瞻性,能够及时响应材料价格波动、设计变更等风险因素,通过动态偏差分析制定调整策略,确保项目成本始终处于可控范围。

### 1.2 BIM技术核心特性与应用价值

BIM技术即建筑信息模型技术,以三维数字化模型为载体,集成项目全生命周期的几何信息与非几何信息,具备可视化、参数化、协同化等核心特性。可视化特性实现成本信息与建筑模型的直观关联,便于管理人员快速获取构件级成本数据;参数化特性使模型数据具备联

动性,设计变更时成本数据可自动更新,减少重复核算工作;协同化特性支持多专业人员在线协作,实现成本数据的实时共享与同步<sup>[1]</sup>。在工程经济领域,其应用价值体现为提升成本估算精度、优化资源配置、减少设计冲突导致的成本浪费,为动态成本控制提供可靠的数据基础。

### 1.3 AI技术核心能力与应用场景

AI技术在工程经济成本控制中的核心能力包括数据挖掘、智能预测与自适应决策。通过机器学习算法,AI可深度挖掘历史成本数据、施工日志、市场价格等多源数据中的潜在规律,识别影响成本的关键因素;基于神经网络等模型,能够实现对材料价格、人工成本等的精准预测,为成本计划制定提供依据;面对施工过程中的动态变化,AI可自动分析成本偏差原因并生成优化建议,提升决策效率。典型应用场景涵盖成本估算自动化、施工过程成本偏差预警、竣工结算智能审核等,有效弥补传统管控中人工分析效率低、预测准确性不足的缺陷。

## 2 工程经济动态成本控制现状与问题分析

### 2.1 工程经济成本管控的现状特征

当前工程经济成本管控呈现“半数字化、多环节割裂”的现状特征。部分企业已引入造价软件实现基础核算数字化,但数据采集仍依赖人工录入,效率低下且易出错;成本管控多集中于施工阶段,决策与设计阶段的成本控制力度不足,导致“先天成本缺陷”;各参与方数据存储于独立系统,如建设单位的投资管理系统、施工单位的成本核算系统,数据标准不统一,难以实现协同管控。此外,成本控制多基于固定周期报表分析,难以实时响应施工过程中的动态变化,管控时效性不足。

### 2.2 动态成本控制存在的核心问题

动态成本控制面临三大核心问题:一是数据孤岛现

象突出，设计、施工、采购等环节的成本数据分散存储，缺乏统一集成平台，导致成本信息传递滞后，难以形成完整的成本管控链条；二是成本预测精度不足，传统预测依赖经验公式与历史数据简单类比，未充分考虑材料价格波动、政策调整等动态因素，预测结果与实际偏差较大；三是偏差处理效率低，施工过程中成本偏差需人工逐一核查分析，难以快速定位原因并制定调整策略，常导致小偏差演变为大超支<sup>[2]</sup>。

### 2.3 问题成因与技术需求分析

问题成因主要包括技术与管理两方面：技术上，缺乏能够集成多源数据的统一平台，传统工具无法实现成本数据的实时更新与智能分析；管理上，各参与方成本管控标准不统一，协同机制不完善，导致数据共享意愿低。基于此，技术需求集中体现为：需具备数据集成能力的平台打破信息壁垒，实现多源成本数据的标准化整合；需智能分析技术提升成本预测与偏差处理效率；需可视化技术实现成本状态的实时呈现，支撑动态决策。BIM与AI的融合恰好能够满足这些需求，为问题解决提供技术支撑。

## 3 基于BIM与AI技术的动态成本控制体系构建

### 3.1 体系构建的目标

该体系构建以“实时感知、精准预测、智能管控”为核心目标，具体表现为三个层面：数据层面，实现工程全生命周期成本数据的标准化集成与实时更新，打破数据孤岛；预测层面，结合BIM模型数据与AI算法，提升成本预测精度，使预测偏差控制在合理范围；管控层面，实现施工过程中成本偏差的实时预警与智能决策支持，确保项目成本始终围绕目标值波动。最终达成提升项目投资效益、降低成本管控风险、推动成本管理数字化转型的总体目标。

### 3.2 体系总体架构设计

体系总体架构分为四层，自下而上依次为数据层、技术层、应用层与决策层。数据层负责多源数据的采集与标准化处理，集成BIM模型数据、历史成本数据、实时施工数据等；技术层以BIM与AI技术为核心，包含数据集成引擎、AI预测模型、BIM参数化引擎等，提供数据处理与智能分析能力；应用层涵盖成本估算、动态监控、偏差分析等功能模块，支撑具体管控业务；决策层通过可视化平台呈现成本状态与分析结果，为管理人员提供决策支持。各层通过数据接口联动，形成“数据-分析-应用-决策”的闭环体系。

### 3.3 核心功能模块设计与实现路径

核心功能模块包括成本估算模块、动态监控模块与

智能决策模块。成本估算模块基于BIM模型参数与AI算法，自动生成精准成本估算清单，实现设计阶段成本快速核算；动态监控模块通过BIM模型与施工进度数据关联，实时采集人工、材料等成本数据，对比目标成本与实际成本，触发偏差预警；智能决策模块由AI分析偏差原因，结合历史案例生成调整建议<sup>[3]</sup>。实现路径为：先完成成本数据标准化梳理，再开发各功能模块并与BIM平台集成，最后通过试点项目验证优化，逐步推广应用。

## 4 BIM与AI融合的动态成本控制关键技术实现

### 4.1 成本数据标准化与集成技术

成本数据标准化与集成技术是双技术融合应用的基础，主要包括三个关键环节。首先是BIM模型成本属性标准化，制定统一的成本属性编码规则，明确构件与人工、材料、机械等成本要素的关联关系，确保BIM模型能够精准输出成本核算所需数据。其次是多源数据融合技术，采用ETL（抽取-转换-加载）数据处理技术，将BIM模型数据、物联网采集的施工数据、市场价格数据、合同文本数据等多源异构数据进行格式转换与清洗，实现数据标准化集成。最后是实时数据采集技术，通过在施工设备、材料仓库、作业面部署物联网传感器与移动终端，实时采集工程量完成情况、材料消耗、设备使用等数据，经5G网络传输至数据平台，为动态成本管控提供实时数据支撑，解决数据滞后问题。

### 4.2 BIM与AI融合的成本预测模型构建

BIM与AI融合的成本预测模型构建以“精准数据输入+高效算法运算”为核心，实现从“经验估算”到“数据预测”的转变。模型构建首先完成多维度数据源的融合提取，从BIM模型中精准抽取构件数量、截面尺寸、材质类型等参数化数据，从集成数据库中调取同类工程历史成本、建材市场价格波动曲线、人工机械费调整系数等数据，共同构建包含10万+样本量的模型训练数据集，并通过数据归一化处理消除量纲差异。模型架构采用“BP神经网络+遗传算法”的组合模式，其中BP神经网络作为核心预测单元，通过输入层、隐含层与输出层的层级运算，深度挖掘构件参数与成本之间的非线性关联关系；遗传算法则针对BP神经网络易陷入局部最优解的缺陷，对网络初始权重与阈值进行全局优化，提升模型收敛速度与预测精度。将BIM模型中的设计参数实时输入训练完成的模型，可输出项目决策、设计、施工等各阶段的成本预测结果及波动区间。模型具备动态自学习能力，每完成一个项目的成本核算后，自动将新数据纳入训练集进行参数迭代，随着数据积累持续提升长期预测的准确性，使成本偏差率稳定控制在5%以内。

### 4.3 动态成本偏差智能分析与决策技术

动态成本偏差智能分析与决策技术构建“感知-分析-决策”的闭环管控机制,大幅提升成本偏差处理的效率与精准度。第一步偏差识别采用“实时比对+阈值预警”模式,通过数据接口同步采集实际发生的人工、材料、机械等成本数据,与BIM模型关联的目标成本进行毫秒级比对,结合AI阈值判断算法,根据偏差幅度自动划分“一般、较重、严重”三个预警等级,通过平台弹窗、短信等方式实时推送至相关责任人<sup>[4]</sup>。第二步原因分析依托决策树算法构建多维度分析模型,从设计变更、材料价格波动、施工工艺调整、人员效率变化等8个核心维度逐层拆解,快速定位偏差根源,同时联动BIM模型可视化呈现偏差关联的具体构件与施工部位,实现“数据可追溯、问题可定位”。第三步方案生成基于AI专家知识库,该库整合了500+典型成本偏差案例及对应解决方案,通过案例相似度匹配,为管理人员生成针对性调整建议,如材料价格超支时推荐性价比更高的替代材料、施工效率偏低时优化班组配置方案等。此外,系统支持人工干预优化方案,调整后的策略可反向同步至BIM模型,实现成本管控的动态调整,有效避免小偏差演变为大超支。

### 4.4 可视化动态成本管控平台开发要点

可视化动态成本管控平台开发以“便捷操作、全面感知、协同高效”为核心目标,打造“BIM可视化+数据仪表盘”的一体化管控界面。技术层面基于WebGL技术实现BIM模型的轻量化处理,解决传统BIM模型文件大、加载慢的问题,支持管理人员在浏览器中流畅浏览三维模型,点击任意构件即可查看其成本构成、变更记录、支付情况等全维度信息。数据呈现采用多维度仪表盘设计,通过折线图、柱状图、热力图等直观展示总成本、分部分项成本、偏差率等核心指标,实时刷新成本

变化趋势,使管控现状一目了然。针对施工现场管理需求,开发移动端适配版本,支持现场管理人员通过手机实时上传材料进场量、人工考勤等数据,接收成本预警信息并快速反馈处理结果,实现“现场-后台”的数据实时联动。安全与协同方面,设置精细化权限管理模块,为建设单位、施工单位、监理单位等不同参与方分配“查看、编辑、审批”等差异化操作权限,确保数据安全可控;同时开发在线协同批注功能,支持多方人员针对成本问题实时沟通,大幅提升协同管控效率,为成本决策提供即时、全面的技术支撑。

### 结束语

BIM与AI技术的融合为工程经济动态成本控制提供了创新解决方案,有效破解了传统管控中的数据孤岛、预测滞后等难题。本文构建的动态成本控制体系,通过数据标准化集成、融合预测模型等关键技术,实现了成本的实时监控、精准预测与智能决策,为工程成本管理提供了全流程技术支撑。同时需加强行业数据共享机制建设,为AI模型训练提供更丰富的数据集,推动工程经济成本管控向更智能、高效的方向发展,助力工程建设行业实现高质量发展。

### 参考文献

- [1]张娟.基于BIM技术在工程造价动态管理中的应用[J].价值工程,2025,44(02):159-161.
- [2]罗长文.建筑工程造价动态管理与成本优化控制研究[J].房地产世界,2024,(24):128-130.
- [3]王泉发.基于BIM技术的工程建设成本动态控制研究[J].中国招标,2025,(06):158-160.
- [4]孙倩倩,曹宁,于保俏等.基于BIM技术的绿色建筑性能方案优化研究[J].砖瓦,2024,(02):71-73.