

大数据驱动的建筑工程成本动态预测与造价优化

彭 蕈

浙江中通通信有限公司 浙江杭州 310000

摘要：建筑工程成本管理是项目全周期控制核心，传统成本预测方法受限，难满足动态精准管理需求。本文基于大数据技术构建建筑工程成本动态预测与造价优化模型，整合历史、实时施工、市场波动及政策环境数据，实现成本影响因素多维度量化分析。先采用数据清洗等技术提取关键成本驱动因子；再结合机器学习算法建动态预测模型，实现成本实时更新与偏差预警；最后引入多目标优化算法，在工期、质量约束下生成造价优化方案。研究旨在为建筑企业提供成本动态管控工具，推动行业向“数据驱动”转型，助力工程成本精细化、智能化管理。

关键词：大数据；建筑工程；成本动态预测；造价优化

引言

建筑工程投资规模大、周期长、主体多、环境不确定，成本控制关乎项目效益与竞争力。近年来，城镇化加速、基建需求增长，工程成本受原材料价格、劳动力成本、环保政策等因素影响，传统静态成本管理模式难应对复杂场景。大数据技术为工程成本管理提供新范式，整合项目全周期、外部环境及行业基准数据，可实现成本影响因素的深度挖掘与动态关联分析。

一、大数据与建筑工程成本管理概述

(一) 大数据的基本概念与特征

大数据是指规模庞大、类型多样、生成速度快且具有潜在价值的数据集合。其基本特征通常概括为“4V”：Volume（体量大）、Velocity（速度快）、Variety（多样性）和Value（价值密度低）。在建筑工程领域，大数据不仅包括结构化数据，如工程量清单、合同金额、进度报表等，还涵盖非结构化数据，如设计图纸、施工日志、监控视频、气象数据等。这些数据来源广泛，包括项目管理系统、物联网设备、传感器网络、公共数据库及社交媒体等。大数据技术的核心在于通过高效的数据采集、存储、处理与分析手段，从海量信息中提取有价值的规律与洞见，为决策提供支持。其价值不仅体现在数据量本身，更在于通过深度挖掘实现数据驱动的智能决策。随着信息技术的发展，大数据在工程建设中的应用日益广泛，能够帮助项目团队更好地把握工程进度、优化资源配置、预测潜在风险，从而实现更高效的工程管理和更科学的决策制定。

(二) 建筑工程成本管理的基本框架

建筑工程成本管理的基本框架由成本估算、成本计

划、成本控制与成本分析四个核心环节组成。成本估算是在项目前期根据设计方案、历史数据与市场行情对项目总成本进行初步预测；成本计划则是在项目实施阶段制定详细的成本分配方案，明确各分部分项工程的预算额度；成本控制是对实际发生的成本进行动态监控，及时发现偏差并采取纠偏措施；成本分析则是在项目完成后对成本执行情况进行总结与评估，为后续项目提供经验参考。这一框架强调全过程、系统化的成本管理，但在传统模式下，数据来源有限、分析手段单一，难以应对复杂多变的工程环境。因此，引入大数据技术，能够显著提升成本管理的精准性与时效性。通过建立完善的数据采集系统和先进的分析模型，可以实现对项目成本的实时监控和精准预测，从而有效控制成本超支风险，提高项目经济效益。

(三) 大数据在建筑工程成本管理中的适用性

大数据在建筑工程成本管理中具有高度的适用性，主要体现在三个方面。首先，建筑工程具有数据密集型特征，项目全生命周期中产生的大量数据为大数据分析提供了丰富的素材。其次，成本管理对数据的实时性与准确性要求较高，而大数据技术能够实现数据的快速采集与处理，满足动态管理的需求。例如，通过物联网设备实时采集施工现场的材料消耗、设备使用与人员投入数据，结合历史项目数据，能够快速识别成本偏差并预测未来趋势。此外，大数据技术能够处理多源异构数据，如将设计数据、施工数据与市场数据整合分析，揭示成本变化的深层原因。这种适用性不仅提升了成本管理的科学性，也为造价优化提供了新的技术路径。通过建立数据驱动的成本管理体系，可以实现对项目成本的精细

化管理和动态优化，从而提高工程项目的经济效益和市场竞争力^[1]。

(四) 动态预测与造价优化的基本内涵

动态预测是指基于实时数据与历史数据，对建筑工程未来成本变化趋势进行持续更新的预测方法。与传统静态预测相比，动态预测强调数据的时效性与模型的迭代优化，能够反映项目实施过程中的不确定性因素，如材料价格波动、工期延误、设计变更等。造价优化则是在动态预测的基础上，通过调整设计方案、施工工艺、资源配置等手段，实现成本的最小化或效益的最大化。例如，通过大数据分析识别高成本环节，优化材料采购策略或施工工序，降低不必要的支出。动态预测与造价优化的结合，形成了数据驱动的闭环管理机制，不仅提升了成本控制的主动性，也为项目决策提供了科学依据，是建筑工程成本管理的重要发展方向。通过建立完善的数据预测模型和优化算法，可以实现对项目成本的精准预测和持续优化，从而在保证工程质量的前提下最大限度地降低工程成本，提高投资回报率。

二、大数据驱动的建筑工程成本动态预测机制

(一) 成本动态预测的核心要素及其内在关联

成本动态预测作为现代工程项目管理的重要工具，其核心要素可以系统地归纳为数据基础、预测模型、反馈机制与决策支持四个关键组成部分。首先，数据基础构成了动态预测的根本前提和基础支撑，它不仅需要包含历史项目成本数据、实时施工进度数据等内部信息，还要整合市场原材料价格波动、劳动力成本变化、政策法规调整等外部因素，这些多维度的数据必须确保其完整性、准确性与时效性，才能为后续预测工作提供可靠的数据保障。其次，预测模型是动态预测体系核心技术工具，采用多元线性回归分析、ARIMA时间序列预测、深度学习神经网络等机器学习和统计分析方法，经大量历史数据训练学习，建立成本指标与影响因素映射关系，精准模拟未来成本变化。第三，反馈机制是预测系统持续优化关键，通过对比预测结果与实际成本，用误差分析、敏感性分析等识别偏差，动态调整优化模型参数，提升系统适应性和准确性。最后，决策支持环节将预测结果转化为管理措施，如制定预算调整方案、优化资源配置、改进施工工艺等，与项目管理其他环节紧密衔接。这四个要素逻辑关联、功能互补，数据基础为模型提供输入，模型输出由反馈机制验证优化，预测结果经决策支持环节转化为管理行动，构成完整动态预测闭环系统，为建筑工程全生命周期成本管控提供科学依据和决策支持^[2]。

(二) 数据采集与预处理流程

数据采集与预处理是动态预测的基础环节，直接影响预测结果的准确性与可靠性。数据采集阶段需整合多源数据，包括项目管理系统中的工程量清单、进度计划、合同数据，物联网设备采集的材料消耗、设备运行状态、人员出勤数据，以及外部数据库中的材料价格、劳动力成本、政策法规等信息。采集方式包括自动采集（如传感器、API接口）与手动录入（如施工日志、变更记录）。预处理流程则包括数据清洗、数据转换与数据集成。数据清洗是去除重复数据、填补缺失值、修正异常值，确保数据质量；数据转换是将非结构化数据（如设计图纸、文本记录）转化为结构化数据，便于模型处理；数据集成是将不同来源的数据统一格式与标准，形成一致的数据集。这一流程的规范化与自动化，是提升动态预测效率的关键。

(三) 预测过程中的关键影响因素

预测过程中的关键影响因素可分为内部因素与外部因素两类。内部因素包括项目规模、设计复杂度、施工工艺、管理水平等，这些因素直接影响资源消耗与成本构成。例如，设计复杂度高的项目往往需要更多专业技术支持与定制化材料，导致成本上升；施工工艺的先进性则可能通过提升效率降低单位成本。外部因素包括市场波动（如材料价格、劳动力成本变化）、政策调整（如环保法规、税收政策）、环境条件（如气候、地质条件）等，这些因素具有不确定性，需通过实时数据监控与情景分析纳入预测模型。此外，项目各阶段的参与方行为（如业主决策、供应商履约情况）也是重要影响因素。识别并量化这些因素，是提升动态预测精度的核心任务^[3]。

(四) 动态预测机制的实施路径

动态预测机制的实施路径可分为需求分析、系统构建、模型训练与部署应用四个阶段。需求分析阶段需明确预测目标（如总成本预测、分项成本预测）、预测周期（如周度、月度）与精度要求，结合项目特点制定实施计划。系统构建阶段包括数据平台搭建（如数据仓库、数据湖）、预测模型开发（如选择算法、设定参数）与用户界面设计（如可视化仪表盘、预警系统）。模型训练阶段采用历史数据与实时数据对模型进行训练与验证，通过交叉测试与误差分析优化模型性能。部署应用阶段则将预测模型集成到项目管理系统中，实现数据的自动采集、预测结果的实时更新与决策建议的自动生成。这一路径的实施，需结合技术手段与管理流程，确保动态预测机制的高效运行与持续优化。

三、大数据驱动的建筑工程造价优化策略

(一) 造价优化的基本原则

造价优化的基本原则包括数据驱动、目标导向、动态调整与全周期协同四个方面。数据驱动原则强调以真实、全面的数据为基础，避免经验主义或主观判断带来的偏差。目标导向原则要求明确优化的具体目标，如降低总成本、缩短工期或提升资源利用率，并围绕目标制定优化方案。动态调整原则指在项目实施过程中，根据实时数据反馈持续优化策略，如调整材料采购计划或施工工序，以应对市场波动或设计变更。全周期协同原则则强调从设计、施工到运营各阶段的协同优化，避免局部优化导致整体成本增加。这些原则为造价优化提供了系统性指导，确保优化措施的科学性与可行性。

(二) 基于大数据的造价控制方法

基于大数据的造价控制方法主要包括数据挖掘、预测分析、实时监控与智能决策四个环节。数据挖掘通过分析历史项目数据，识别成本超支的规律与关键影响因素，如材料价格波动或工期延误的频率。预测分析利用机器学习模型，如回归分析或时间序列预测，对项目未来成本进行动态预测，为决策提供依据。实时监控通过物联网设备与传感器采集施工现场数据，如材料消耗、设备运行状态与人员出勤情况，及时发现异常并预警。智能决策则结合预测结果与实时数据，自动生成优化建议，如调整施工计划或变更供应商。例如，某大型商业综合体项目通过大数据分析发现钢筋采购成本波动较大，采用动态采购策略后，降低了5%的材料成本。这些方法实现了从被动控制到主动优化的转变，显著提升了造价管理的效率与精度^[4]。

(三) 多维度数据融合下的成本优化

多维度数据融合是造价优化的核心手段，通过整合设计数据、施工数据、市场数据与环境数据，实现成本的全视角分析。设计数据包括BIM模型中的工程量清单与材料规格，用于优化设计方案与材料选择。施工数据涵盖进度计划、资源消耗与质量检测记录，用于识别施工环节的浪费与低效。市场数据包括材料价格、劳动力成本与供应商信息，用于制定采购策略与合同谈判。环境数据如气候条件、地质特征与政策法规，用于评估外部风险对成本的影响。例如，某地铁项目通过融合BIM数据与实时施工数据，优化了隧道开挖方案，减少了10%的土方运输成本。多维度数据融合不仅提升了成本分析的全面性，也为优化措施的精准实施提供了支撑。

(四) 造价优化过程中的协同管理机制

造价优化的协同管理机制包括跨部门协作、信息共享平台与绩效评估三个关键部分。跨部门协作要求设计、施工、采购与财务等部门共同参与优化决策，如设计部门与采购部门协同选择性价比更高的材料。信息共享平台通过集成项目管理系统、BIM平台与大数据分析工具，实现数据的实时更新与透明化，避免信息孤岛。绩效评估则通过量化优化效果，如成本节约率、工期缩短天数或资源利用率提升，对各部门的贡献进行评价与激励。例如，某住宅项目通过建立协同管理平台，实现了设计变更与成本调整的实时同步，减少了因沟通不畅导致的成本超支。这种协同机制不仅优化了资源配置，也提升了项目整体的执行效率与成本控制能力^[5]。

结语

大数据技术在建筑工程成本管理中的应用，标志着行业向智能化、精细化方向迈出了重要一步。通过动态预测与造价优化的结合，不仅可以有效应对传统管理模式中的信息滞后与决策偏差问题，还能够实现资源的高效配置与成本的精准控制。未来，随着人工智能、物联网等新兴技术的进一步发展，大数据驱动的成本管理体系将更加完善，为建筑行业的可持续发展提供强有力的技术支撑。同时，行业需注重数据安全与隐私保护，在技术进步的同时确保管理实践的合规性与可靠性。这不仅是技术层面的革新，更是管理理念的一次深刻变革，值得每一位从业者深入思考与积极探索。

参考文献

- [1] 温亚楠, 张志华, 慕号伟, 等. 动态多源数据驱动模式下的滑坡灾害空间预测[J]. 自然灾害学报, 2021, 30 (3): 10.DOI: 10.13577/j.jnd.2021.0310.
- [2] 李天梅, 司小胜, 刘翔, 等. 大数据下数模联动的随机退化设备剩余寿命预测技术[J]. 自动化学报, 2022, 48 (9): 23.DOI: 10.16383/j.aas.c201068.
- [3] 丁烈云. 大数据驱动的工程决策[J]. 施工企业管理, 2022 (7): 88-91.
- [4] 李小勇, 谢治菊, 叶选婷. 大数据驱动的学生营养餐监管[J]. 黔南民族师范学院学报, 2022, 42 (5): 93-102.
- [5] 控制工程. 数据驱动的动态系统故障预测方法及在列车运行电机故障预测中的应用 [D]. 2019.