

基于数字孪生技术的建筑工程造价管理研究

杨晓佳

华昆工程管理咨询有限公司 云南 昆明 650224

【摘要】：随着建筑行业的快速发展，传统工程造价管理面临诸多挑战，如信息不对称、数据孤岛、决策滞后等问题。数字孪生技术作为新兴的智能化工具，为工程造价管理提供了新的解决方案。为了发挥数字孪生技术在工程造价管理中的应用价值，文章在简单介绍数字孪生技术和工程造价的基础上，探讨了建筑工程造价管理系统建设的措施，分析了数字孪生技术在建筑工程造价管理中的应用措施，希望可以为相关工作者提供参考和借鉴。

【关键词】：数字孪生技术；建筑工程；造价管理

DOI:10.12417/2811-0536.26.03.070

引言

随着建筑行业的快速发展，传统工程造价管理模式逐渐暴露出信息不对称、成本控制不精准等问题。数字孪生技术的应用有助于优化资源配置、减少浪费，对推动建筑行业的可持续发展具有重要意义。在“双碳”目标背景下，数字孪生技术还能助力绿色建造和可持续发展，通过优化资源利用和减少浪费，实现经济效益与环境效益的双重提升。为此，应积极探索该技术的应用措施。

1 数字孪生技术及工程造价概述

数字孪生技术是一种通过数字化手段构建物理实体虚拟映射的技术，它能够实现对物理实体的实时监控、仿真分析和优化控制^[1]。在建筑工程造价管理领域，数字孪生技术通过建立建筑项目的三维模型，将实际施工过程中的数据与虚拟模型进行实时同步，从而实现对工程造价的动态管理和精准控制。数字孪生技术的核心特点包括：一是实时性，能够实时反映物理实体的状态变化；二是交互性，支持虚拟模型与物理实体的双向数据交互；三是预测性，通过大数据分析和人工智能算法，能够对未来的造价变化进行预测和优化；四是协同性，能够实现多部门、多角色的协同工作，提高管理效率。

数字孪生技术在工程造价管理中的应用意义深远，首先，数字孪生技术通过构建与实体工程同步的虚拟模型，实现了工程造价的实时监控与数据共享，避免了传统造价管理中信息孤岛的问题。其次，该技术能够整合设计、施工、运维等多阶段数据，通过模拟分析优化资源配置，降低成本风险。再次，数字孪生技术支持多方案比选与成本预测，为决策者提供科学依据，提升造价管理的精准性和前瞻性。同时，其可视化功能便于各方协同，减少沟通成本，提高管理

效率^[2]。最后，数字孪生技术的应用有助于推动工程造价管理向智能化、精细化转型，符合建筑行业数字化发展的趋势，为提升工程经济效益和社会效益提供了新的技术路径。

2 基于数字孪生技术的建筑工程造价管理系统建设

2.1 系统架构设计

系统架构设计合理性直接关系到系统的功能实现、数据处理效率及实际应用效果。本系统采用分层架构设计，主要包括感知层、数据层、模型层、应用层和用户层五个层次。感知层通过 BIM 模型、物联网设备等采集施工现场的实时数据，如材料消耗、机械使用情况等；数据层负责数据存储与管理，采用云平台与分布式数据库相结合的方式，确保数据的完整性和可扩展性；模型层基于数字孪生技术构建动态造价模型，实现施工过程的实时模拟与成本预测；应用层提供造价分析、风险评估等核心功能模块，支持多维度数据可视化展示；用户层则针对不同角色（如项目经理、造价工程师）提供定制化操作界面。这种分层设计不仅提高了系统的模块化程度，还增强了各模块间的协同能力，为建筑工程造价的精细化、动态化管理提供了技术支撑。如图 1 所示为某工程造价管理平台的具体架构。

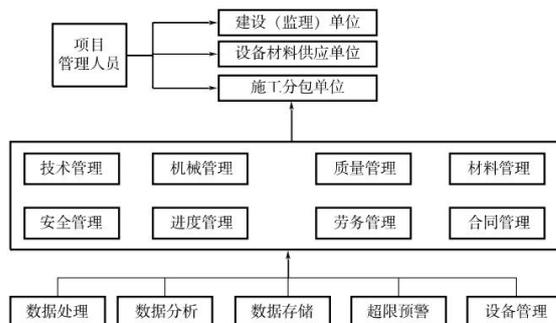


图 1 平台架构

2.2 数据采集与整合

数字孪生技术通过虚拟与现实世界的映射，能够实时采集施工现场的各类数据，包括材料用量、人工成本、设备租赁费用等。这些数据通过物联网传感器、BIM模型和移动终端等多源渠道获取，确保信息的全面性和时效性。在数据整合阶段，需运用大数据处理技术对原始数据进行清洗、去重和标准化处理，消除数据冗余与错误，提高数据质量。此外，通过建立统一的数据管理平台，实现多源数据的协同共享，为后续的造价分析、成本控制和风险预警提供可靠的数据支撑。数据采集与整合的精准性直接影响到数字孪生造价模型的可靠性，因此需结合工程实际需求，优化数据采集方案，确保数据的完整性和一致性。如图2所示为基础数据收集措施。



图2 建筑工程造价管理平台基础数据收集

2.3 数字孪生模型构建

构建过程需整合多源数据，包括BIM模型、传感器数据、施工进度信息及市场材料价格等，通过三维可视化技术实现物理实体与虚拟模型的实时映射。具体而言，需先建立统一的几何模型框架，再通过参数化设计嵌入工程属性与成本参数，形成具有动态更新能力的多维度数据集。模型构建还应遵循标准化协议（如IFC格式），确保数据在不同软件平台间的兼容性与互操作性。在技术实现上，可采用云计算架构支撑大规模数据处理，利用机器学习算法优化模型精度，并通过API接口实现与项目管理系统的无缝对接。值得注意的是，模型构建需贯穿项目全生命周期，从设计阶段的基础模型到施工阶段的动态更新，最终形成支持成本预测、风险预警与资源优化的智能化决策平台^[3]。

2.4 造价动态控制

通过构建虚拟与实体同步的造价模型，系统能够自动采集施工过程中的各项成本数据，包括材料消耗、人工投入及设备使用情况等，并实时更新至数字孪生平台。这种动态控制机制不仅能够即时反映造价偏差，还能通过智能算法预测潜在风险，为管理者提供决策依据。此外，数字孪生技术还支持多维度成本分析，例如分阶段、分区域或分专业的造价监控，确保资源

合理分配。通过动态调整预算与实际支出的对比，项目团队可迅速识别超支环节并采取纠正措施，从而有效降低成本失控的风险。

2.5 系统集成与优化

通过构建统一的数据平台，数字孪生技术能够整合设计、施工、运维等各阶段的数据资源，实现信息的实时共享与动态更新。这种集成化管理不仅减少了数据孤岛现象，还提高了造价数据的准确性和一致性。借助智能算法和大数据分析，系统可以自动识别造价管理中的潜在风险，并生成优化方案。例如，通过模拟不同施工方案的经济效益，系统可推荐最优资源配置策略，从而降低成本、缩短工期。同时，系统集成还支持多部门协同工作，使造价管理流程更加高效透明。

3 基于数字孪生技术的建筑工程造价管理措施

3.1 在三维场景设计中的应用

在三维场景设计阶段，数字孪生技术为建筑工程造价管理提供了全新的解决方案。通过构建高精度的三维模型，设计团队能够直观展示建筑结构、空间布局及设备配置，从而在早期识别潜在的设计缺陷与成本风险。例如，利用BIM（建筑信息模型）与数字孪生技术的结合，设计人员可以在虚拟环境中模拟不同材料、构件的替换方案，实时分析其对工程造价的影响。三维场景设计支持多专业协同工作，各参与方可统一平台上共享设计数据，减少信息传递误差，避免因设计变更导致的成本增加。更为关键的是，数字孪生技术能够自动生成工程量清单，结合预设的材料单价数据库，快速计算出各分项工程的预估造价，为决策者提供精准的成本控制依据。这种基于三维场景的造价管理方式，不仅提升了设计阶段的效率，还为后续施工和运维阶段的成本优化奠定了基础。

3.2 工程造价支出与工况匹配分析

在数字孪生技术的支持下，工程造价支出与工况匹配分析成为提升项目管理精细化的关键环节。通过构建虚拟建筑模型，实时采集现场施工数据，系统能够动态追踪资源消耗、工期进度及质量标准等工况参数，并与预算支出进行比对分析^[2]。这种匹配分析不仅能够识别预算偏差的根源，如材料浪费、工序延误等，还能通过模拟不同工况条件下的成本影响，为决策者提供优化调整的依据。例如，当数字孪生模型监测到某施工环节超支时，可自动关联工况数据，分析是否存在设备闲置或劳动力配置不合理等问题，进而提出针对性的成本控制措施。此外，该分析还能结合

BIM 技术实现多维度可视化展示,使管理者直观掌握成本与工况的关联性,从而在项目全生命周期中实现更加精准的造价管控。

3.3 基于 5D 进度模型的工程造价管理

5D 进度模型作为数字孪生技术在造价管理中的关键应用,通过整合三维模型、时间维度和成本维度,实现了对建筑工程全生命周期的动态监控与优化。该模型不仅能够实时反映工程进度与成本的关系,还能通过数据驱动的方式预测潜在风险,为决策者提供科学依据。具体而言,5D 进度模型通过将 BIM 技术与时间管理工具相结合,构建了一个多维度的造价管理框架。在三维模型的基础上,引入时间轴和成本数据,形成了一个动态的、可视化的管理系统。这一系统允许工程师和造价师在施工前进行模拟分析,识别可能影响造价的关键因素,如材料价格波动、施工延误等,

从而提前制定应对策略^[5]。此外,5D 进度模型还具备强大的数据整合与分析能力。通过实时采集施工现场的数据,模型能够自动更新进度和成本信息,确保数据的准确性和时效性。例如,当某个施工环节出现延误时,系统会自动调整后续工序的时间安排,并重新计算相应的成本变化,帮助管理者及时调整资源配置,避免不必要的经济损失。

4 结语

总之,数字孪生技术为建筑工程造价管理带来了革命性的变革,其在提升管理效率、优化资源配置、降低成本风险等方面展现出巨大潜力。通过构建虚拟与现实同步的数字化模型,数字孪生技术实现了工程造价的实时监控与动态调整,有效解决了传统造价管理中信息滞后、数据孤岛等问题。

参考文献:

- [1] 何旭章.数字孪生技术在输变电工程中的设计与应用[J].光源与照明,2024,(10):240-242.
- [2] 李修强.数字孪生技术在建筑工程造价管理中的应用研究[J].中国建筑装饰装修,2024,(07):127-129.
- [3] 李宗亚.以数字化工程管理为出发点探究工程管理数字化关键技术[J].居舍,2023,(25):34-37+64.
- [4] 王晓波,范永学,韩东兴,等.数字孪生技术在输变电工程中的应用分析与研究[J].浙江电力,2023,42(06):105-111.
- [5] 李雁.数字孪生技术为造价管理提供强大动力[J].中国商界,2023,(03):117-118.