

# Research on Innovative Paths for Collaborative Control of Engineering Supervision and Cost Driven by Digital Twin Technology

Xiaoqing Sun

CABR CONSTRUCTION CONSULTING CO.,LTD., Beijing, 100013, China

## Abstract

Digital twin technology is an important means of integrating the new generation of information technology with the field of construction. By establishing an accurate mapping between physical entities and digital models, it enables data integration, analysis, and simulation throughout the life cycle of a project, thereby breaking information barriers and promoting collaborative interaction between engineering supervision and cost management. This paper, supported by digital twin technology and focusing on full-process site management, constructs an innovative path for collaborative control of engineering supervision and cost from four dimensions: system, technology, talent, and resources. Following the main line of 'data—process—model—decision', it overcomes the limitations of traditional control models, achieves full-element and full-process collaborative project management, enhances engineering economic benefits and management efficiency, and provides theoretical reference and practical guidance for the digital transformation of the construction industry.

## Keywords

digital twin; engineering supervision; cost control; collaborative innovation; whole life cycle management

## 数字孪生驱动的工程监督与造价协同管控创新路径研究

孙晓晴

建研凯勃建设工程咨询有限公司, 中国·北京 100013

## 摘要

数字孪生是新一代信息技术与建筑施工领域的深入结合的重要手段,通过建立物理实体与数字模型之间的精确映射关系,对整个项目的生命过程进行数据集成、分析和模拟,从而突破信息壁垒,促进工程监督与造价的协同互动。本文以数字孪生技术为支撑,以施工现场全过程管控为核心,围绕“数据—过程—模型—决策”主线,从制度、技术、人才、资源四个维度构建工程监督与造价协同管控创新路径,突破传统管控模式局限,实现项目全要素、全过程协同管理,提升工程经济效益与管理效率,可为建筑行业数字化转型提供理论参考与实践借鉴。

## 关键词

数字孪生; 工程监督; 造价管控; 协同创新; 全生命周期管理

## 1 引言

数字孪生技术作为新一代信息技术与工程建设深度融合的核心载体,通过构建物理工程与数字模型的精准映射,实现工程全生命周期数据的集成、分析与仿真,为打破监督与造价管控的信息壁垒、推动二者协同联动提供了可能。近年来,国家先后出台《数字中国建设整体布局规划》等政策文件,明确推动数字孪生技术在工程建设领域的应用,水利、建筑等行业已逐步开展数字孪生工程试点建设,取得了显著的应用成效。在此背景下,深入研究数字孪生驱动的工程监

理与造价协同管控的创新路径,破解传统管控模式的痛点,对于推动工程建设管理数字化、智能化转型,提升工程投资效益与管理水平具有重要的理论价值与现实意义。本文围绕数字孪生技术的应用场景,结合工程监督与造价管控的核心需求,系统探索二者协同管控的创新路径与保障措施,为工程建设领域数字化协同管理提供可行方案。

## 2 数字孪生驱动工程监督与造价协同管控的现实基础

数字孪生技术在工程建设领域应用落地,依托于物联网、大数据、人工智能、BIM(建筑信息模型)、GIS(地理信息系统)等新一代信息技术的迅猛发展,为工程监督与造价协同管控奠定了坚实的技术、数据与模型基础。高精

【作者简介】孙晓晴(1991-),女,中国北京人,本科,工程师,从事工程监督、工程造价研究。

度传感技术与无线传输设备的普及,实现了施工现场质量、安全、进度、材料消耗、人工成本等多维度数据的实时采集与传输,为数字孪生模型的动态更新提供了海量实时数据支撑。项目通过 BIM+GIS 的集成,提高建模可视化和空间解析的功能,为监理和造价管理部门提供一个全程的动态控制手段。云计算与边缘计算相融合,可以有效地解决大规模的工程数据存储、处理和实时处理的难题,保证数字孪生模型可以快速响应物理工程的动态变化,从而达到物理与虚拟的同步互动。

与此同时,建筑行业数字化转型的政策导向与市场需求,也为工程监理与造价协同管控提供了良好应用环境。住建部门持续推进智慧工地、全过程工程咨询试点,鼓励工程监理与造价业务深度融合,依托数字化手段实现质量与安全与投资效益双控。行业内头部咨询企业已率先开展数字孪生试点,在大型房建、市政、轨道交通项目中验证了数据互通、流程联动、动态管控的可行性,形成可复制的实践经验。传统模式下工程监理侧重现场合规、造价侧重静态核算的问题,在数字孪生支撑下得到有效缓解,协同管控的技术成熟度、行业接受度与实践条件已基本具备,为全面推广应用奠定了扎实基础。

### 3 数字孪生驱动工程监理与造价协同管控的关键创新路径

#### 3.1 数据协同创新:打破信息壁垒,实现数据全流程共享

在施工现场配置高精度传感器、视频监控、移动巡检等设备,对工程质量、安全、进度、材料消耗、人工成本等各种信息进行实时收集,覆盖工程设计、施工、竣工验收、运行维护全环节。如在砼浇筑过程中,利用传感器对砼浇筑过程中的温度和应力进行实时监测,实现工程质量的检验;利用车载巡视装置将施工进度和安全隐患等情况记录下来,并实时传送到造价控制平台,支持造价的动态调节。将设计图纸、工程量清单和合同文件等静态资料进行整合,建立完善的项目资料资源库,将静态资料和动态资料进行整合。

#### 3.2 流程协同创新:重构管控流程,实现全周期协同联动

推进工程监理与造价管控的前期协同,借助“数字孪生”模式,结合项目的具体要求,对项目可行性、安全性、经济性综合审查,并给出相应的改进意见。各建设参与方基于数字孪生模型中的设计资料,造价管理部门开展精确投资测算,并与监理评审结果相融合,对项目设计方案进行优化,展开针对性的风险管理。如利用 BIM+GIS 建立的“数字孪生”模式,可以让管理者直观识别设计存在的空间矛盾,而造价部门根据模型对工程量进行精确计算,双方对设计进行优化调整,从而将之后的工程变更降到最低。

#### 3.3 模型协同创新:构建一体化孪生模型,提升管控精准度

作为监理和造价协同管控的关键载体,数字孪生模式的准确性和集成性将直接影响到协同控制的有效性。该模式的关键在于建立完整的工程监控和造价数据双元系统,通过对实体工程和数据建模的精确匹配,在此基础上融合监理控制因素和造价控制因素,提高项目管理的准确性和智慧程度。采用 BIM+GIS、3D 实景扫描等方法,建立包含工程结构、施工进度、质量规范、成本指标等多要素的集成数字双胞胎,并与实物工程进行 1:1 精确对应。通过 3D 实景扫描实现对施工现场的厘米级精准测量,为监理巡查和造价工程量核算提供精确的支持。

利用物联网获取的实时信息,对“数字化孪生”模式进行动态更新,保证了该模式与实体项目的同步连接,使监理与造价部门通过模型对项目进行实时监控。借助“数字孪生”的模拟能力,对不同施工方案及变更方案对项目质量、进度和成本的影响进行数值模拟,为监理和造价的协同管理提供技术支持。如在施工计划的优选过程中,利用数字孪生技术模拟各种施工过程的执行结果,实现监理机构对工程质量和安全风险进行评价,并对工程项目进行费用计算,从而实现对项目的最优方案选择。在造价控制方面,利用建模模拟材料价格变动和施工进度调整等因素对造价的作用,及早做出反应,提高造价控制的准确性。使用该模型的撞击探测函数,可以预先发现在设计和建造过程中存在的矛盾问题,从而可以减少项目的重复工作,降低成本,提高监理的效率。

#### 3.4 决策协同创新:数据驱动,实现协同决策智能化

打破传统监理与造价决策依赖经验的模式,依托大数据、人工智能技术,构建基于数字孪生的协同决策系统,实现决策过程的科学化、智能化、协同化。

以“数字化孪生”技术为基础,将工程质量控制规范和成本核算规范作为核心,采用大数据和人工智能等技术,建立项目质量风险、成本异常、进度偏差等多源信息的协作决策模式。如通过对监控收集到的质量资料进行分析,实现对工程中存在的质量隐患种类、等级和影响程度的自动化辨识,与成本资料相融合,对隐患治理的成本和时间展开分析,为监理和造价部门共同制订整治计划提供依据。通过对成本资料进行实时分析,对超支部分进行自动辨识,对工程进度进行反馈,提出相应的控制对策。完成多个决策流程的协作互联和智能输出,监理和造价管理部门可以通过“数字孪生”技术,对决策数据进行实时共享,打通决策中的信息屏障,达到决策协同互动。如在项目更改的决策中,监督者可以利用建模模拟评价更改的质量安全效果,而成本单元则计算更改成本,并将两者的信息进行整合,提出最优的修改方案,由双方共同进行决策。引入人工智能,对不同类型的数据进行处理,使其具有较强的预测能力,降低人为的主观性,提

高决策的科学性和准确性。如将预报、预警、演练和预案融入水利项目协同决策中，提高了项目的预见性和实效性。

## 4 数字孪生驱动协同管控创新的实施保障措施

### 4.1 完善协同管控相关管理制度

在实施过程中，要充分考虑到数字孪生的使用特征，需要对相应的管理体制进行改进，对其进行标准化，对各方面的责任界定，保证监理单位协调控制工作进行顺利。要建立起监理和造价协同管控的管理方法，对协同管控的目标、原则、流程和责任划分进行详细的阐述，确定双方在数据共享、流程衔接、决策协同等方面的责任，防止相互推诿。健全数据的管理和安全管理体制，对数据采集、存储、传输和使用进行规范，构建数据的安全防御系统，强化对数据的安全保护，防止数据的泄漏和篡改，保证数据的真实性、完整性和安全性。完善基于工业标准的数字化孪生模型构建、应用和更新的相关管理体系，对模型的构造标准、数据接口和更新频率等进行标准化，保证模型的准确性和实用性。构建协同管控评估体系，将协同效率和管控效果纳入到监理方和造价方的考评体系中，促进项目各方主动投入到协同管控中。

### 4.2 强化数字孪生技术支撑能力

加强对数字化孪生的研究开发，提高其技术支持水平，解决各种技术难点问题，在高精度建模、数据实时采集和传输、大数据分析、人工智能模拟等方面取得重大进展。如研究适用于项目管理和成本管理的特殊数字孪生平台，并对其进行分析协作，使其能够与项目管理体系进行有效融合。进一步推进“数字孪生”与工程监理、成本管控的深度融合，根据工程项目的具体情况，研发相应的监控隐患辨识、成本动态核算和协同决策支持等具体的应用，提高其实用性和操作性。加大对该领域的研究应用，并对其进行试验研究，促进整个产业的科技进步。将网络信息安全保护措施实施起来，建立健全的网络安全组织管理系统、安全技术系统以及安全操作系统，以保证“数字孪生”平台能够安全、平稳地运转<sup>[1]</sup>。

### 4.3 培育复合型协同管控人才

提出了基于数字孪生理论的工程监理与造价协同控制方法，要加大对人才的培训，与大学和职业学院进行合作，对专业结构进行调整，增加数字孪生、大数据、人工智能等相

关的课程，以培育既有专业素养又有技能的复合型人才。对目前的监理和造价工作进行数字化孪生的训练，提高技术应用水平，确保使用数字孪生平台完成协作控制。健全对员工的激励制度，让不同类型的专业人士投入到项目中来，并鼓励专业人士进行技术创新和实际探索，对成绩优异的员工进行表彰和奖励，调动员工自身的创造力。通过开展技术交流，提高整个产业的综合水平。促进“产学研用”的深入结合，为应用型专业技术人员创造实习环境，提高其实际应用水平<sup>[2]</sup>。

### 4.4 加大技术投入与资源支持

基于数据的数据分析方法，需要增加资本投资，业主、监理、造价等部门要对项目经费进行科学配置，在建设数字孪生平台、技术研发、设备采购、人才培养等各个环节，保证单位的协同管控创新能够得到有效的实施。如将“数字孪生”项目的设计纳入到项目的概算中，保证项目的技术投入。优化设备配置，在施工现场安装高精度传感器、流动巡检设备、三维建模设备等，保证数据获取的准确性和实时性，构建面向大规模数据存储、处理和分析的高性能云平台。要强化资源的集成，将产业内部的技术、数据和人才等资源进行集成，构建资源共享的体系，对资源进行最优分配，从而减少企业的合作控制和创新的代价。将多个项目的数字孪生模型资源和数据资源进行集成，构建产业共用数据库，为实现监控和成本的协同控制奠定基础；通过与“数字孪生”单位的协作，利用其自身的技术优势，促进“协同控制”的实施<sup>[3]</sup>。

## 5 结语

数字孪生技术的兴起与应用，为工程监理与造价协同管控创新提供了全新的技术路径，打破了传统管控模式的信息壁垒，推动了监理与造价管控从“分离式”向“协同式”“智能化”转变。本文通过分析数字孪生驱动工程监理与造价协同管控的现实基础，从数据、流程、模型、决策四个维度构建了协同创新路径，并从制度、技术、人才、资源四个层面提出了实施保障措施，形成了完整的协同管控创新体系。

### 参考文献

- [1] 于冲.全过程工程造价管理在建筑经济管理中的重要性分析[J].上海企业,2026,(01):147-149.
- [2] 张奕然.智能合约与区块链技术在住宅工程造价管理中的应用研究[J].居舍,2025,(36):154-157.
- [3] 余建龙.BIM技术在全过程工程造价管理中的应用研究[J].建筑设计管理,2025,42(11):60-64.