

数字孪生驱动下建筑信息化与数字化转型路径研究

黄丙寅

新疆生产建设兵团金来建设工程技术研发有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 数字孪生通过构建虚拟模型实现与物理实体实时联动,为建筑信息化与数字化转型提供核心支撑。当前建筑信息化与数字化存在技术融合不足、管理协同不畅、数据壁垒突出等瓶颈。数字孪生可驱动建筑信息化转型,优化信息模型、感知传输及集成共享路径;同时推动建筑数字化升级,重构设计、施工、运维全流程,实现各环节动态管控、资源优化配置及智能预警,全面提升建筑行业效率与质量。

关键词: 数字孪生; 建筑信息化; 数字化转型路径

引言: 在建筑领域,信息化与数字化转型是提升行业效率与质量的关键。当前,虽已积累一定发展基础,但仍面临技术融合不足、管理协同不畅、数据壁垒突出等瓶颈。数字孪生技术以其独特的实时映射、模拟推演及数据整合分析能力,为建筑信息化与数字化转型提供了新思路。本文将深入探讨数字孪生与建筑信息化、数字化的核心关联,分析转型现状与瓶颈,并提出数字孪生驱动下的具体转型路径。

1 数字孪生与建筑信息化、数字化的核心关联

1.1 数字孪生核心内涵与技术特征

数字孪生的核心内涵是通过数字化手段构建与物理实体相对应的虚拟模型,实现虚拟与物理的实时联动、动态映射。其技术特征主要体现在实时性、关联性和完整性,能够精准捕捉物理实体的运行状态、参数变化,将数据实时反馈至虚拟模型,实现虚拟模型的同步更新。同时具备数据整合与分析能力,可对虚拟模型进行模拟推演,为实际运行提供支撑,核心是通过数据打通虚拟与物理的壁垒,实现全生命周期的动态管控。

1.2 建筑信息化与数字化的核心界定

建筑信息化侧重于将信息技术融入建筑全流程,实现建筑信息的规范化采集、存储与处理,打破信息孤岛,提升信息利用效率。建筑数字化则聚焦于将建筑全生命周期的物理过程转化为数字过程,实现设计、施工、运维等各环节的数字化表达与管控。二者既有区别又有联系,信息化是数字化的基础,为数字化提供数据支撑和技术保障,数字化是信息化的延伸与升级,推动建筑行业从信息利用向数字驱动转型。

1.3 数字孪生对建筑信息化与数字化转型的驱动逻辑

数字孪生通过构建虚拟模型,为建筑信息化提供了更高效的信息整合与利用载体,打破各环节信息割裂的现状,实现建筑信息的全流程联动与共享,推动建筑信

息化向精细化、一体化升级。数字孪生的实时映射与模拟推演能力,能够推动建筑设计、施工、运维等环节的数字化落地,优化各环节流程,提升管控精度,破解传统建筑行业数字化程度低、协同性差的难题,为建筑数字化转型提供核心技术支撑和路径指引^[1]。

2 建筑信息化与数字化转型的现状与核心瓶颈

2.1 建筑信息化与数字化发展基础

建筑信息化与数字化已积累一定发展基础,信息技术与建筑行业的融合持续深化,各类基础信息化工具得到广泛普及应用,有效实现了建筑信息的初步采集、分类存储与简单处理,大幅提升了基础工作效率。数字化理念逐步渗透到建筑全生命周期的各个环节,设计施工运维等阶段的数字化探索不断推进,数据采集的范围不断扩大、传输的便捷性持续提升。行业内从业人员对信息化与数字化转型的认知不断深化,普遍意识到其对提升行业整体效率、优化管控质量、降低运营成本的重要意义,为后续转型工作的持续推进奠定了坚实的理念基础与初步的实践经验。

2.2 转型过程中存在的技术瓶颈

转型过程中面临较为突出的技术瓶颈,核心技术与建筑行业的融合应用程度不足,现有技术体系较为零散,难以满足建筑全流程数字化管控的综合需求。技术更新迭代速度与行业实际应用衔接不够顺畅,部分先进技术在落地过程中存在适配性差、稳定性不足、操作难度大等问题,未能充分发挥技术优势。技术应用的深度和广度仍有局限,未能实现设计施工运维各环节的技术贯通,存在技术应用碎片化现象。此外,技术升级速度滞后于转型发展需求,缺乏成熟完善的技术整合方案,难以全面支撑建筑信息化与数字化转型的高效、有序推进。

2.3 转型过程中存在的管理与协同瓶颈

管理与协同层面的瓶颈严重制约转型进程,现有管

理模式与数字化转型的发展需求不相适配,传统管理流程繁琐冗余、决策效率低下,难以适应数字化环境下高效管控、快速响应的核心要求。各环节之间缺乏健全有效的协同机制,信息传递渠道不畅通、责任划分不够清晰,导致设计施工运维等环节衔接不畅,出现协同脱节、流程卡顿等问题,影响转型整体进度^[2]。管理理念较为传统,部分从业者对数字化管理的重视程度不足,缺乏专业的数字化管理体系、管理方法和管理人才,难以实现各环节、各主体的协同联动与高效管控,进一步影响了转型工作的整体成效。

2.4 转型过程中存在的数据瓶颈

数据瓶颈是阻碍转型推进的关键制约因素,数据采集环节缺乏统一规范,不同环节、不同主体的数据采集标准不统一,导致采集的数据存在格式混乱、精度不足、冗余重复等问题,数据质量参差不齐,难以实现有效整合与高效利用。数据共享机制不完善,各主体之间的数据壁垒尚未完全打破,数据孤岛现象较为突出,无法实现数据在建筑全生命周期内的自由流通与高效共享。数据处理与分析能力不足,难以从海量杂乱的数据中挖掘有价值的信息,数据对转型的支撑作用未能充分发挥,同时数据安全管控体系不够健全,难以全面保障数据的安全性与完整性,进一步制约了转型进程。

3 数字孪生驱动建筑信息化转型的具体路径

3.1 基于数字孪生的建筑信息模型优化路径

基于数字孪生的建筑信息模型优化路径,核心是依托数字孪生的实时映射与动态更新能力,对传统建筑信息模型进行全方位、深层次的迭代升级。打破传统建筑信息模型静态化、碎片化的固有局限,将建筑全生命周期从设计规划、施工建设到运营维护的各类信息全面、系统地融入虚拟模型,实现虚拟模型与建筑物理实体的实时联动、同步响应,确保模型能够精准、及时地反映建筑的实时状态、参数变化以及各类运行数据。优化模型信息的采集与更新机制,整合建筑各环节、各主体的信息资源,统一规范信息采集标准,提升模型信息的完整性、准确性与时效性,彻底消除传统模型中常见的信息缺失、滞后、冗余等问题。通过虚拟模型的模拟推演功能,提前预判信息偏差与潜在隐患,及时调整优化模型参数,实现建筑信息模型的动态迭代与持续完善,为建筑信息化转型提供精准、高效、全面的模型支撑,推动建筑信息管理从粗放化向精细化、静态化向动态化、碎片化向一体化全面升级。

3.2 数字孪生驱动下建筑信息感知与传输路径

数字孪生驱动下建筑信息感知与传输路径,重点是

构建基于数字孪生技术的全流程、全方位信息感知与高效传输体系,有效破解传统建筑行业信息感知不全面、传输不顺畅、数据质量参差不齐的难题。整合各类先进感知技术,扩大建筑信息感知的覆盖范围,实现对建筑物理实体的结构参数、运行状态、环境条件、损耗情况等各类数据的全面、精准、实时捕捉,确保感知数据的全面性、准确性与实时性,为建筑信息化管理提供可靠的数据源头^[3]。依托数字孪生技术搭建专用的信息传输通道,优化传输协议与传输模式,提升信息传输的速度与稳定性,最大限度减少信息传输过程中的数据损耗、延迟与失真,保障数据传输的高效性与完整性。建立感知数据的实时校验与动态反馈机制,对传输过程中的各类数据进行全程监测与动态校验,及时识别并修正数据偏差,确保传输信息的真实性与可靠性。通过该路径,实现建筑信息从感知、采集到传输的全流程闭环管控,为建筑信息化转型提供高质量、高时效的实时数据支撑,保障信息化转型各项工作有序、高效推进。

3.3 数字孪生支撑下建筑信息集成与共享路径

数字孪生支撑下建筑信息集成与共享路径,核心是借助数字孪生的一体化平台优势,打破建筑行业各环节、各主体之间的信息壁垒,实现建筑信息的高效集成、规范管理与顺畅共享,充分发挥信息资源的协同价值。以数字孪生虚拟模型为核心载体,系统整合建筑设计、施工、运维等各环节的分散信息资源,建立统一、规范的信息集成体系,实现各类信息的分类归档、集中管理与有序梳理,大幅提升信息整合效率与管理水平,避免信息资源的浪费与闲置。构建基于数字孪生平台的标准化信息共享机制,明确信息共享的范围、标准与流程,彻底打破长期存在的信息孤岛现象,实现各主体、各环节之间的信息双向流通、高效联动^[4]。优化信息共享的权限管理体系,在严格保障信息安全的前提下,合理划分信息访问权限,确保各类主体能够便捷、高效地获取所需信息,充分发挥信息的协同价值,推动建筑信息化从分散化、碎片化向一体化、协同化转型,全面提升建筑行业整体信息化水平与核心竞争力。

4 数字孪生驱动建筑数字化转型的具体路径

4.1 数字孪生驱动建筑设计数字化路径

数字孪生驱动建筑设计数字化路径,核心是依托数字孪生技术重构建筑设计全流程,推动设计模式从传统二维静态设计向三维动态数字化设计全面转型。以数字孪生虚拟模型为设计核心载体,系统整合设计所需的各类信息资源,实现设计参数、设计标准的数字化录入、动态调整与精准管控,打破传统设计中各专业脱节、设

计流程碎片化、信息传递不顺畅的局限。通过虚拟模型的模拟推演功能,对设计方案进行全方位、多角度校验,提前发现设计中的不合理之处与潜在矛盾,优化设计细节、完善设计方案,显著提升设计方案的科学性与合理性。建立设计信息的数字化传递与同步机制,实现设计成果在各设计环节、各专业之间的实时同步与高效共享,确保设计信息的精准传递,减少设计偏差与返工成本。同时,将设计信息与建筑全生命周期的各类需求深度结合,实现设计阶段与后续施工、运维阶段的无缝数字化衔接,为建筑全生命周期数字化管控奠定坚实基础,推动建筑设计向精细化、数字化、协同化全面升级。

4.2 数字孪生驱动建筑施工数字化路径

数字孪生驱动建筑施工数字化路径,重点是构建基于数字孪生技术的施工全流程数字化管控体系,有效破解传统施工过程中管控粗放、协同不畅、效率低下、质量难以保障的突出问题。将建筑设计阶段的数字化模型完整导入施工环节,结合施工进度计划、资源配置方案、施工工艺要求等各类信息,构建施工阶段专属的数字孪生虚拟模型,实现施工全过程与虚拟模型的实时联动、同步映射。通过虚拟模型精准呈现施工现场的实际状态,对施工工序、施工质量、施工安全、施工进度等关键环节进行动态监测与精准管控,及时发现施工中的异常情况并快速制定处置方案,降低施工风险。建立施工资源的数字化管理体系,实现人力、物力、财力等各类资源的数字化调度、动态监控与优化配置,提升资源利用效率,合理控制施工成本。打通施工各环节、各主体之间的数字化信息通道,实现施工进度、质量、安全等核心信息的实时共享与协同管理,推动施工流程的标准化、规范化、数字化,全面提升施工效率与施工质量,实现建筑施工环节的数字化转型^[5]。

4.3 数字孪生驱动建筑运维数字化路径

数字孪生驱动建筑运维数字化路径,核心是借助数字孪生技术搭建专业化的建筑运维数字化平台,实现建筑运维全流程的数字化、智能化管控,彻底打破传统运

维模式中被动响应、效率低下、管控不精准的局限。系统整合建筑施工阶段的各类数字化信息与运维过程中的实时运行数据,构建建筑运维阶段的数字孪生虚拟模型,实现建筑物理实体与虚拟模型的实时精准映射,清晰呈现建筑的运行状态、结构损耗、设备运行参数等关键信息。通过虚拟模型对建筑运行状态进行全天候实时监测与智能预警,提前预判设备故障、结构损耗、安全隐患等问题,实现运维工作从被动处置向主动预防、精准处置转变。建立运维数据的数字化管理体系,对运维过程中的各类数据进行分类归档、系统分析与深度处理,挖掘数据背后的价值,为运维决策提供科学、精准的支撑。优化运维流程,实现运维任务的数字化分配、实时跟踪与量化考核,全面提升运维效率与管理水平,推动建筑运维从传统人工运维向数字化、智能化运维转型,有效延长建筑使用寿命,降低运维成本。

结束语:数字孪生凭借其独特优势,与建筑信息化、数字化紧密关联,为行业发展带来新契机。当前建筑信息化与数字化转型虽有基础,但面临技术、管理、协同及数据等多重瓶颈。而数字孪生从建筑信息模型优化、感知传输、集成共享,到设计、施工、运维数字化等路径,为破解难题提供了有力支撑。未来,随着数字孪生技术的不断成熟与应用,建筑行业有望实现全生命周期的精细化、智能化管控,迈向高质量发展的新阶段。

参考文献:

- [1]王露,薛继锋.数字孪生驱动下建筑信息化与数字化转型路径研究[J].数字化用户,2025(51):94-96.
- [2]尹智.基于数字孪生技术的建筑施工全过程协同控制研究[J].世界家苑,2025(13):52-54.
- [3]舒同,万敏,吴国斌.医院建筑智能化系统建设管理探析[J].新材料·新装饰,2025,7(19):183-186.
- [4]高银华.建筑企业数字化转型路径分析[J].现代营销(上旬刊),2024,(10):109-111.
- [5]董航.建筑企业数字化转型的动因与路径研究[J].财政监督,2023,(11):95-99.