

建筑全过程数字化智慧建造体系的设计

夏志鑫

国际标榜职业学院

DOI:10.32629/etd.v6i5.16889

[摘要] 我国建筑行业已全面从高速发展阶段转向高质量发展阶段,传统的粗放型、劳动密集型的建造方式已经无法适应产业发展需求,推动建筑工程数字化、智慧化发展已成为行业发展的必由之路。本文以数字化、智能化技术为依托,尝试设计构建一套覆盖建筑工程规划、设计、施工、运维全过程的数字化智慧建造体系。该体系应用BIM、物联网、大数据、人工智能等前沿技术,打通建筑建造全过程信息数据链路,全面提升建造过程信息沟通、数据感知、融合协同与全局协调能力,达到提质、增效、降本、减耗、节能、安全的总目标,促进建筑行业高质量发展。

[关键词] 建筑建造; 体系设计; 全过程; 数字化; 智能化

中图分类号: TP212.6 **文献标识码:** A

Design of a Digital and Intelligent Building System for the Entire Construction Process

Zhixin Xia

Polus International College

[Abstract] China's construction industry has comprehensively transitioned from a phase of rapid growth to one of high-quality development. Traditional extensive and labor-intensive construction methods can no longer meet the demands of industrial progress, making the promotion of digitalization and intelligentization in construction engineering an inevitable path for the industry. Based on digital and intelligent technologies, this paper attempts to design and construct a digital intelligent building system that covers the entire process of construction engineering—planning, design, construction, and operation. This system applies cutting-edge technologies such as BIM, the Internet of Things, big data, and artificial intelligence to establish seamless information data links throughout the entire building process. It comprehensively enhances capabilities in information communication, data perception, integrated collaboration, and global coordination during construction, achieving the overarching goals of improving quality, increasing efficiency, reducing costs, minimizing waste, saving energy, and ensuring safety, thereby promoting high-quality development in the construction industry.

[Key words] Construction; System Design; Entire Process; Digitalization; Intelligentization

引言

“数智化转型”“智能制造”“服务型制造”是“十五五”规划中关于建筑行业发展的几个关键词。其中“服务型制造”强调建筑行业要将“建造”与“服务”紧密结合、融合发展,实现效益倍增。从建筑行业来看,就是要从单一的施工向设计、施工、运维的全过程服务延伸。而“数智化转型”“智能制造”则都集中强调了数字化、智能化在建筑建造行业领域的深度应用。当前,我国建筑行业规模虽然持续下降,但存量依然较大,数字化、智能化整体水平相比于发达国家依然滞后,存在各项目参与方、建造各环节信息壁垒、沟通不畅,整体管理粗放,工程效率不高、质量不优等问题,亟待改善。在新时代背景下,在激

烈的市场竞争下,对于广大建筑行业企业来说,构建全过程数字化智慧建造体系,已不是一道“选择题”,而是关乎企业未来生存与行业发展的“必答题”。

1 体系顶层设计

1.1 指导思想

(1) 全生命周期视角:将建筑项目视为一个整体的全周期生命体,将数字化、智能化覆盖项目决策、规划、设计、施工、竣工验收、后期运维全过程,提升整体工作效能。

(2) 数据信息驱动:明确把数据信息作为整个体系的关键要素,通过各种途径和手段,广泛收集和检测各环节、全过程信息,进行综合整理和加工分析,为决策提供依据。

(3) 模型贯通全过程: 以BIM技术(建筑信息模型)为数字孪生载体, 贯穿于项目全过程, 实现物理建筑与虚拟模型的实时映射与交互, 赋能全过程数字化、智能化管理。

(4) 促进产业协同: 构建开放、共享的平台生态, 连接上下游产业, 延伸产业服务链条, 提升综合经济效益。

1.2 设计原则

(1) 标准化原则: 体系内各单位、各子系统要遵循标准化原则, 采取统一数据标准、应用接口, 确保有效互联互通, 防止数据壁垒。具体包括数据标准(如IFC、CityGML)、模型交付标准、接口标准、安全管理标准等。

(2) 一体化原则: 体系尽量整合项目建造全过程需要的各类技术和生态应用, 形成一体化解决方案, 并预留接口, 便于吸纳优秀应用, 适应未来技术发展。

(3) 安全性原则: 建立数据加密、网络安全以及隐私保护机制, 保障体系内信息数据安全, 防止失泄密事件, 维护用户权益。

(4) 人本原则: 坚持以人为本, 以用户为中心, 注重用户体验, 提升体系的和谐稳定性。

1.3 核心技术支持

(1) BIM技术: 整合建筑建造全过程数据信息, 构建虚拟建筑模型, 是整个体系的基础, 贯穿于体系全过程。

(2) 数据计算: 主要采取云计算、边缘计算两种计算方式, 云计算负责处理大量和复杂数据; 而边缘计算则侧重对于现场以及实时性要求较高的数据分析处理。

(3) 物联网: 通过物联网, 将通过分布在工地各类物理设备、传感器、软件和数据连接起来, 是体系数字化、智能化管理的重要基础。

(4) 大数据与人工智能: 挖掘建筑建设过程中海量数据信息, 并进行综合分析, 挖掘价值, 为进一步优化决策提供支撑。

(5) 区块链技术: 应用于合同管理、供应链金融、质量追溯等场景, 确保数据不可篡改、过程透明可信。

(6) 5G通信技术: 5G技术负责为体系内信息数据传输提供技术基础。

2 总体架构设计

该体系依托物联网、大数据、人工智能、云计算等技术, 构建起“感知—传输—分析—决策”的四位一体闭环管理体系。

2.1 第一层: 感知执行层

感知执行层又称物联网层, 是整个体系的“神经末梢”, 直接连接施工现场。感知执行层主要由施工管理的各类设备设施组成, 包括各类温度、湿度、压力、应力、位置、噪音、粉尘传感器; 各类RFID标签; GPS、北斗定位系统; 各类摄像头和视频监控系统; 无人机、RPA、智能机器人; 智能门禁、智能穿戴设备等。通过这些设备设施, 实现对施工现场的“人、机、料、法、环”全要素的实时、自动、精准感知。

2.2 第二层: 网络传输层

网络传输层又称通讯层, 是体系的“神经网络”, 负责信息数据的传输, 发挥“上传下达”作用。网络传输层主要由各类通

讯设施、光纤有线网络、WIFI、5G等组成, 形成天地一体、固移融合的通信网络。通过网络传输层, 保障海量感知数据, 特别是视频等大带宽数据的低延时、高可靠传输。

2.3 第三层: 数据分析层

数据分析层又称系统层, 是整个体系的“神经中枢”, 负责对体系内海量数据进行汇总、处理、分析、挖掘与建模。数据分析层主要由服务器、存储系统等组成, 规模较小的体系, 可直接采取外包形式。软件层面包括IaaS/PaaS等云计算平台, Revit、Tekla、Civil3D等BIM软件; CUDA、CANN、Neuware等AI算法平台、统一数据中台等。

2.4 第四层: 智能应用层(业务层)

智能应用层又称业务层, 是整个体系的“五官四肢”, 负责面向体系内不同用户、不同场景提供具体业务应用。智能应用层主要由各类建筑建造设计软件、智慧工地管理系统、施工现场监测平台、智慧运维平台等构成。通过智能应用层充分发挥体系功能, 实现高效管理和深度协同, 提升整体工作效能。

3 分阶段应用场景设计

3.1 决策规划阶段——数据驱动的科学决策

决策规划阶段是建筑工程的启动阶段, 这一阶段的工作主要围绕项目建议书编制、可行性研究、项目评估与决策、投资估算与资金筹措、土地获取与规划审批等方面展开。因此, 这一阶段的数字智能应用场景设计, 核心在于广泛收集项目相关数据信息, 进行对比分析, 为项目决策提供支撑。系统设计接入CMAB全国建筑数据集, 基于历史项目数据库和AI算法, 对项目进行规划分析与投资估算, 自动识别潜在风险, 为决策提供支持。依托BIM技术, 构建项目及周边虚拟环境, 对地形、周边环境等因素进行辅助分析, 支撑项目决策。探索接入政府自然资源和规划、行政审批等有关部门平台, 实现项目规划许可、施工许可等手续的便捷化管理。

3.2 工程设计阶段——BIM正向设计与全专业协同

工程设计阶段是工程建造的关键阶段, 这一阶段全面应用BIM、3D打印等技术, 全面提升设计效率与质量。以往建筑设计, 大多采取基于CAD图纸基础上的“翻模”设计, 本体系探索业内前沿的BIM正向设计模式, 将所有设计工作均在统一的BIM平台上进行, 从概念设计、初步设计到施工图设计, 模型持续深化, 直接生成图纸和文档。在这一过程中, 要求结构、土建、电气等各专业设计人员密切协同, 提前发现并解决设计冲突, 减少后期变更。系统还集成能耗、光照、声学、疏散等模拟分析, 实现绿色低碳设计。

3.3 施工验收阶段——智慧工地与精益建造

施工验收阶段是建筑工程的具体实施阶段, 这一阶段主要通过BIM技术、现场监控、智慧管理平台等, 优化施工方案, 推进智慧管理, 保证施工进度与质量。利用业内领先4D/5D BIM技术进行施工方案模拟和优化, 实现可视化交底, 提高施工效率。通过各类前端传感器、监控设施以及物联网系统, 打造施工现场监控调度管理一体化平台, 实现对人员、设备、物料、环境以及工

程进度、质量、安全的智慧管理。比如建立原材料从订单、生产、运输、进场到使用的全过程可追溯的物料管理系统,实现精准配送;通过无人机航拍结合AI图像识别,进行进度对比;通过现场PM2.5、PM10等监控系统,实时监测现场大气数据,并与喷淋、雾森等设施联动,实现联动治理,抑制扬尘;创新机器人巡查系统,对隐蔽工程、危大工程实行全自动检查验收等。

3.4运营维护阶段——智慧运维与资产价值提升

运营维护阶段是建筑工程交付后期使用阶段,这一阶段的重点在于建筑物的智慧维护管理,推动资产进一步升值。系统集成智慧安防、能耗管理、预测性维护、智慧空间管理等多项实用功能。体系全面联动建筑内水、电、气、热能系统,进行实时监控与智能调节,实现节能降耗的同时,监测异常事件,及时进行预警。基于设备运行数据和AI算法,预测建筑关键零部件维修故障周期,提前给出维修计划,提前介入维护。对办公空间、会议室、停车场等进行数字化管理,提升空间利用率和用户体验。建立灾害快速处置体系,发生火灾等灾害时,系统快速定位险情,自动启动喷淋、警报系统,规划疏散路径,为应急指挥提供决策支持。

4 体系建设推广路径与保障措施

4.1建设推广路径

建筑全过程数字化智慧建造体系建设是一项复杂系统工程,建设推广不可能一蹴而就,建议采取“点-线-面-体”的渐进式路径。一是坚持试点先行。体系内选取1-2个技术基础好的项目为试点,围绕BIM正向设计、智慧工地监管等单一场景首先进行突破。目的是充分验证技术可行性,为后期联合组网奠定良好基础。二是推进流程贯通。在逐个突破试点单位后,打通前后环节的数据信息链条,组建“规划-设计-施工-运维”一体化体系。目的是促进各单点深度协同,形成整体架构体系。三是全面推广落实。在企业或集团范围内,将成熟的经验和平台推广到所有新建项目。目标是实现业务流程的标准化和数字化全覆盖。四是构建生态体系。在全面构建完成内部体系基础上,进一步链接供应链、合作伙伴、政府监管部门,构建产业大平台体系。目标是形成开放共赢的生态系统,促进智能决策和产业协同。

4.2推进保障措施

建筑全过程数字化智慧建造体系建设,离不开完善的组织体系、制度机制,标准化的数据格式与工作流程,健全风险防控体系。一是完善组织机构,建立各企业结合实际,成立领导小组

与工作专班,统筹推进体系建设工作;梳理业务流程,进行数字化改造,完善管理机制,确保相互匹配。二是建立标准数据体系,建立企业级BIM实施标准,明确模型深度、命名规则、交付标准等。要求各方尽量统一数据格式,不一致的通过平台进行清洗。三是建立风险防控机制,加强与第三方企业、高校合作,共同攻关技术难题;建立数据分级分类管理和访问控制机制,保障信息安全。加强合规风险审查,防范化解潜在风险。

5 结语

构建建筑全过程数字化智慧建造体系,是一场深刻的产业变革,其不仅是技术的叠加,更是理念、组织、流程和模式的全面重塑。展望未来,随着信息技术发展,智慧建造体系将迎来新一轮快速发展。物联网、大数据、AI将成为核心抓手,政府、企业、高校,技术、资金、人才的协同将更加密切,将重构建筑行业的产业链、价值链和生态链,推动建筑行业智能发展、绿色发展与可持续发展。

[参考文献]

- [1]张宏.成都:创新引领、智慧赋能、圈链融合构建以智能建造为核心的新型现代产业体系[J].建筑,2024,(12):110-113.
- [2]徐鹏松.基于BIM技术的高校群体建筑数字化施工管理[J].智能城市,2024,10(04):84-86.
- [3]焦柯,杜佐龙,杨新,等.建筑全过程数字化智慧建造体系研究与实践[C]//中国图学学会土木工程图学分会.第八届BIM技术国际交流会——工程项目全生命周期协同应用创新发展论文集.广东省建筑设计研究院有限公司;中国建筑第八工程局有限公司;广州络维建筑信息技术咨询有限公司,2021:42-47.
- [4]房震宸.建筑工程数字化建造及控制平台技术与探索[J].建筑施工,2021,43(10):2186-2188.
- [5]李刚,李明,毛林章,等.重庆轨道六号线支线二期机电工程BIM技术综合应用[C]//中国图学学会.2020第九届“龙图杯”全国BIM大赛获奖工程应用文集.重庆机电控股集团机电工程有限公司;重庆工业赋能创新中心有限公司;重庆市筑云科技有限责任公司,2020:105-111.

作者简介:

夏志鑫(2006--),男,汉族,四川成都人,单位:四川国际标榜职业学院艺术与设计学院,学历:高职,职称:学生,研究方向:建筑全过程数字化智慧建造体系的设计。