

建筑工程管理中的数字化转型与智能化应用探索

张 印

(安徽省宣城市泾县住房和城乡建设局, 安徽 宣城 242500)

摘 要 在数字经济时代, 传统的建筑工程管理模式已难以满足现代复杂工程项目的需求, 因此, 数字化转型与智能化应用是建筑行业突破瓶颈、实现高质量发展的必然选择。基于此, 本文对数字化转型的核心技术与关键领域进行了系统梳理, 深入探讨了其在设计、施工、运维全生命周期的智能化应用场景, 并提出了建筑产业现代化升级的可行思路, 以期建筑行业变革提供实践参考, 进而推动建筑产业现代化升级。

关键词 建筑工程管理; 数字化转型; BIM; 云计算; 物联网

中图分类号: TU71

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.15.010

0 引言

建筑工程管理逐渐朝着以建筑信息模型(BIM)、云计算、物联网为核心的数字化方向转型, 这一过程要求相关工作人员、工程机械以及材料等要素同步实现数字化。与此同时, 建筑工程设计、施工、运维各阶段, 通过生成式设计、智慧工地、数字孪生等技术的全面渗透应用, 有助于进一步实现流程优化、效率提高以及成本控制。然而, 转型过程中也必然会遇到初始投入高、数据标准缺失、复合型人才短缺等问题, 所以应该以战略规划加以引导, 统筹协调, 从而真正推动建筑工程高质量、智能化发展。

1 建筑工程管理数字化转型的核心技术与关键领域

1.1 核心驱动技术

1. BIM。BIM是数字化转型最坚实、最核心的基础, 其用三维数字化模型替代传统二维图纸, 把几何信息、物理属性、功能特征都完整、有序地表达出来, 又自然地贯穿于建筑设计、施工、运维全生命周期, 能实现信息无损传递、实时共享。更难得的是, BIM在管理中支持碰撞检测、施工模拟、工程量自动统计等应用, 因此大大提高了各参与方协同工作的效率, 也让项目从“经验驱动”真正转向“数据驱动”, 由此解决信息孤岛、错漏碰缺等方面问题, 也为之后的智能化应用打下良好基础^[1]。

2. 云计算与大数据。云计算为海量建筑数据提供了弹性、低成本的计算及存储平台, 因此项目各方都可随时、随地通过互联网访问统一的数据及应用, 协

同工作更加高效。大数据技术能对多源、异构的建筑数据加以采集、整合、分析, 挖掘数据中隐含的价值。例如: 从历史成本、进度数据中预测未来项目的资金流及工期风险, 实现从“事后补救”转向“事前预测”, 也由此真正支撑起精细化管理的理念。

3. 物联网。物联网技术把施工现场所布置的各种传感器与人员、机械、材料、环境等物理实体以及数字世界连接在一起, 因而能对施工现场全要素状态做到实时、自动、可靠的感知, 又与BIM模型、业务系统联动, 为管理决策提供数据支撑。塔吊防碰撞、人员精准定位、材料自动盘点等功能的实现都运用了物联网技术, 也让管理从静态、滞后真正转变为动态、实时, 施工现场的管控能力及安全水平都因此大大提升^[2]。

1.2 关键转型领域

1. 人员管理数字化。人员管理数字化以实名制为基础, 可以通过物联网卡、生物识别、智能安全帽等方式实现人员精准考勤、进出场管理及实时定位, 既提高了考勤效率, 又有利于工资结算的准确性, 还能与岗位技能数据库充分地联动, 保证特殊工种持证上岗, 人力资源调配更加合理。一旦发生异常情况, 系统能自动报警, 切实保护人员安全, 由此真正从“粗放式”转向“精细化、人性化”的管理。

2. 机械设备管理数字化。该领域致力于推动机械设备全生命周期智能化管理目标的实现。在工程施工过程中, 通过在塔吊、施工电梯上加装传感器及物联网模块, 可实现对设备运行状态的实时监测, 为智能

作者简介: 张印(1984-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 房屋建筑工程。

调度打下良好基础。数字化系统还能自动、可靠地采集设备运行时间、油耗等数据,据此准确预判保养周期,做到真正的预防性维护。另外,设备具备自动预警和限位保护功能,塔吊防碰撞、群塔作业干涉回避等措施,可以有效避免因设备操作不当而引发的重大安全事故。

3. 材料管理数字化。材料管理数字化涉及采购、进场、验收、入库、领用、消耗等各个环节。通过为重要构件及各批次材料贴上二维码或 RFID 电子标签,使每一件材料都具备唯一的“数字身份证”^[3]。进场时用地磅系统配合二维码扫描即能自动完成称重、验收、库存更新等工作;施工过程中可以完成领用、安装信息的实时、准确记录,从而使材料追溯变得十分便捷,消耗核算更加简便。这种方式解决了传统管理中账物不符、损耗不明、追溯困难等问题,在一定程度上减少了材料浪费与丢失现象,实现库存最优控制与降低成本的目标。

4. 环境管理数字化。环境管理数字化是以物联网传感网络为基础,对施工现场各类环境要素实行 7×24 小时不间断、高频率的实时监测。数字化管理系统能自动、可靠地采集扬尘、噪声、风速、温湿度等数据,并在现场大屏及远程管理平台及时显示。当监测数据超过设定阈值时,系统即自动联动喷淋降尘、雾炮等降尘设备及时处置。同时,还能够对施工能耗进行分项计量与动态监控,从而推进绿色施工及节能减排。

5. 质量管理数字化。质量管理数字化摒弃了传统的纸质记录方式,转而利用移动端 APP 和云平台。质量检查人员可在现场通过手机或平板,直接进行检验批的验收、拍照、记录数据,并利用电子签名进行确认,数据实时同步至云端,确保真实性与时效性。发现质量问题时,可通过系统立即发起整改流程,明确责任人、限时整改并闭环追踪。所有质量数据和影像资料均与 BIM 模型构件关联,形成完整的、可追溯的电子质量档案,为后续运维和问题复盘提供数据支持,极大地提升了质量管理效率和标准化水平。

6. 安全管理数字化。安全管理数字化以 AI 计算机视觉技术为核心,通过分析部署在工地关键区域的摄像头视频流,自动识别各类安全隐患并进行预警。系统能够精准识别人员未佩戴安全帽、未系安全带、区域入侵、明火烟雾等危险行为与状态。一旦识别到风险,系统会立即在后台报警,并可通过现场音柱进行语音提醒,通知安全管理人员及时干预。这种“机器不停巡检”的模式,改变了过去依赖人力巡查、易有疏漏的被动局面,实现了从事后处理到事前预警的转变,构筑了一道坚实的、智能化的安全防护网^[4]。

2 建筑工程管理中的智能化应用场景

2.1 设计阶段的智能化

设计阶段的智能化应用,核心在于利用先进技术实现从“人工设计”到“智能生成与优化”的跨越。首先,生成式设计在人工智能的驱动下大放异彩。设计师只需输入设计目标、约束条件和性能要求,AI 算法便能自动生成成百上千个可行的设计方案供选择,极大地拓展了设计创意的边界。其次,基于 BIM 的自动化审查将设计规范代码化,系统能自动检查设计模型是否符合消防、节能、无障碍等法规要求,快速定位不合规之处,将审查工作从数天缩短至数小时,显著提升效率和准确性。最后,性能模拟的前置与集成至关重要。在设计早期,设计方案便可与 BIM 模型结合,进行实时的能耗、光照、人流疏散、结构应力等模拟分析,并根据结果自动优化设计参数,实现“性能驱动设计”,从源头保障建筑的安全性、舒适性与绿色低碳,有效避免施工阶段的返工,降低成本与风险。

2.2 施工阶段的智能化

1. 进度智能管控。进度智能管控通过将三维 BIM 模型与时间维度乃至成本维度深度绑定,实现施工进度的可视化模拟。管理者可以直观地预览整个项目的建造过程,提前发现潜在冲突与工序不合理之处。在施工过程中,定期使用无人机进行航拍,通过实景建模技术生成与 BIM 模型可对比的现场三维现状模型,系统能自动计算实际工程量与计划完成量,精准、客观地评估进度偏差,为决策提供远超传统甘特图的直观、数据化支持,从而实现进度的精准管理与动态调控。

2. 成本智能管控。成本智能管控建立在 BIM、大数据和云计算技术之上。通过 5D BIM 模型,将工程量清单、施工进度与成本信息自动关联。现场完成的每一项工程产值都能被实时或自动计算,并同步更新到云端成本数据库中。系统通过对比计划成本与实际成本,对材料超支、人力成本异常等风险进行自动预警。这种“动态成本”管理模式,改变了传统事后记账的被动局面,实现了对项目资金的实时监控与预测,让管理者能够及时采取纠偏措施,有效保障项目的经济效益。

3. 安全智能监控。安全智能监控以物联网和 AI 视频分析技术为核心,构筑了全天候的“电子安全员”体系。部署在工地关键区域的摄像头,通过计算机视觉算法,能够 7×24 小时不间断地自动识别(未佩戴安全帽、未系安全带、危险区域入侵、明火烟雾等)安全隐患。一旦识别到风险,系统就会立即在管理平台触发报警,并联动现场音柱进行语音提醒,直接将预警信息推送至安全管理人员手机端。这种智能监控模式,实现了从“人防”到“技防”的转变,从事后

追溯变为事前预警,极大地提升了安全管理的效率和响应速度。

4. 物料智能管理。物料智能管理通过物联网技术赋予每一批甚至每一个重要构件唯一的“数字身份证”。从供应商发货到进场验收,通过地磅无人值守系统和手持终端扫描,即可自动完成称重、收货与库存信息更新,数据实时同步。在施工过程中,物料的领用、安装部位和时间均可被扫描记录,实现从宏观库存到微观安装位置的全过程精准追踪。这不仅有效避免了材料丢失和浪费,实现了精益化库存管理,更能为后续的进度款支付和运维阶段的产品溯源提供精确的数据支撑。

5. 协同智能管理。协同智能管理基于统一的云平台,打破了项目参与各方之间的时空和信息壁垒。所有文档、图纸、模型和流程均在该平台上集中管理和共享。无论是设计变更、工序报验还是问题整改,均可通过PC或移动端发起线上流程,实现任务自动流转、审批线上签名、信息实时同步。这种模式确保了所有成员始终基于唯一、最新的信息进行协同工作,极大地减少了因沟通不畅导致的返工和延误,提升了整体管理效率与决策速度。

2.3 运维阶段的智能化

运维阶段的智能化是在设计、施工阶段形成的BIM模型基础上融合物联网实时数据所创建的一个与实体建筑完全同步、虚实映射的虚拟模型^[5]。首先,设施设备管理从事后维修变为预测性维护,通过分析设备运行数据,系统能提前预警故障,自动生成维修工单,显著降低停机风险。其次,能源管理更加精细高效,数字孪生平台能实时监测并分析全楼的能耗数据,自动优化空调、照明等系统的运行策略,实现节能降耗。最后,在安全应急与空间管理方面,系统能实时显示人员分布,在火灾等紧急情况下规划最佳疏散路径,并能动态监控空间使用率,为优化空间布局提供数据支持。

3 数字化转型与智能化应用面临的挑战

3.1 初始投入大,回报周期长

数字化转型需要在硬件、软件、网络基础设施以及系统集成等方面进行一次性高额投资,对于利润普遍偏薄、现金流紧张的施工企业而言构成显著财务压力。更为棘手的是,智能化应用的效益往往呈现“滞后释放”特征。BIM协同对返工率的降低、物联网对材料损耗的节约、AI安全监控对事故赔偿的规避,这些收益需要在项目中期甚至竣工结算后才能体现,而短期内的成本增加却立竿见影。破解这一困境需要探索分阶段部署策略、政府补贴引导以及“云服务+按需付费”的轻资产模式,降低转型门槛并加速正向现金流回馈。

3.2 数据标准不统一

当前建筑工程领域涉及设计、施工、运维等众多阶段,每个阶段又有不同专业软件和数据格式,彼此之间缺乏统一的数据交换标准与接口规范,导致“信息孤岛”现象突出。即便同一企业内部,BIM模型中的构件命名、分类编码、计量单位也可能因项目团队不同而存在差异,使得数据在传递过程中频繁出现丢失、错位或歧义。因此,需要推动行业级数据标准化,鼓励主流软件厂商开放接口、并在企业内部建立严格的BIM执行计划。

3.3 人才缺口严重

数字化转型要求从业人员不仅要懂传统工程管理知识,还需掌握BIM建模、数据分析、物联网运维、AI工具应用等跨学科技能,而目前建筑行业的人才培养体系尚未跟上这一复合型需求。具体表现为:一方面,资深项目经理、施工员等一线骨干虽经验丰富,但普遍对数字化工具存在畏难情绪或操作不熟练,难以将系统功能与实际业务深度结合;另一方面,高校培养的BIM或信息化专业毕业生往往缺乏现场实践,对施工工艺、成本构成等底层逻辑理解不足,输出的分析结果容易出现“纸上谈兵”。因此,需要构建“内部培训+校企合作+外部顾问”的多层次人才体系,将数字化能力纳入岗位晋升与绩效考核体系,同时推动职业院校增设智能建造相关专业,从源头缓解人才供需失衡。

4 结束语

数字化转型与智能化应用正深刻重塑建筑工程管理的面貌,为行业带来前所未有的效率提升与价值创造。从BIM技术的全生命周期协同,到云计算与大数据技术的精准管控,再到物联网设备对施工现场的实时感知,技术的深度融合正将传统建筑工程从粗放式管理推向精细化、智能化的新高度。随着技术的持续发展与行业生态的不断完善,建筑行业必将迈向一个更加精益、绿色、安全的智能化新时代。

参考文献:

- [1] 宋佩佩.数字化背景下建筑工程造价管理创新措施研究[J].房地产世界,2024(17):86-88.
- [2] 张小吉.智慧工地建筑工程数字化管理的模式创新[J].陶瓷,2024(05):216-218.
- [3] 韩苗苗.数字化技术在建筑工程成本管理中的应用研究[J].房地产世界,2024(17):155-157.
- [4] 颜家乐.建筑工程管理模式的数字化转型研究[J].房地产世界,2024(16):94-96.
- [5] 王兴晨.房屋建筑工程质量数字化监督管理研究[J].工程建设与设计,2024(15):216-218.