

建筑施工信息技术应用分析

赵 楠

青岛鑫瑞杰产业投资发展有限公司 山东 青岛 266000

摘 要：建筑施工行业长期面临生产效率偏低、资源浪费严重、安全风险突出及信息孤岛林立等结构性难题，传统管理方式已难以适应高质量发展要求。以建筑信息模型（BIM）、物联网、云计算、大数据、人工智能及数字孪生为代表的信息技术集群，正在重塑建筑施工的要素组织方式与决策逻辑。本文从建筑施工信息技术的概念内涵出发，系统分析了其在施工策划、进度管控、质量管理、安全监控、成本管控及供应链协同等核心业务场景中的应用机制与价值，揭示当前应用实践中面临的标准体系不完善、数据贯通障碍、投入产出评估困难及复合人才短缺等现实瓶颈。在此基础上，提出涵盖标准统一、平台集成、流程再造和生态培育的系统化推进策略。研究表明，建筑施工信息技术的应用正经历从“工具辅助”向“数据驱动”的范式跃迁，其本质是以信息流优化引导物质流、资金流和作业流的精准协同，最终实现施工过程的可视化、可预测与可优化。

关键词：建筑施工；信息技术；建筑信息模型；物联网

引言

建筑业是全球最大的经济部门之一，但其生产效率增长长期落后于制造业和整体经济平均水平。麦肯锡全球研究院的数据显示，过去二十年间，建筑业年均生产率提升不足1%，而全球制造业同期增速约为3.6%。我国建筑施工行业同样面临“大而不强”的困境——产业规模位居世界首位，但资源消耗高、污染排放多、质量通病频发、安全事故仍有发生。造成这一局面的深层原因之一，在于施工过程的信息化水平严重滞后：大量现场管理仍依赖纸质文档、口头传达和经验判断，决策所需的数据在采集、传递、处理与反馈各环节均存在严重延迟与失真^[1]。近年来，新一轮信息技术革命为建筑施工行业提供了变革契机。BIM技术实现了工程信息的数字化表达与协同共享；物联网使施工要素的实时感知成为可能；云计算赋予海量数据弹性存储与计算能力；人工智能开始进入施工图像识别、进度预测与风险预警领域；数字孪生则在虚拟空间构建物理工地的镜像映射，支持仿真与优化。这些技术并非孤立存在，而是逐步走向融合，形成覆盖“人-机-料-法-环”全要素的智能施工管理新生态。

1 建筑施工信息技术的体系架构与核心组成

1.1 建筑施工信息技术的概念界定

建筑施工信息技术是指应用于施工准备、现场作业、资源调配、质量控制、安全监测及项目管理全过程，以采集、传输、处理和应用工程信息为核心功能的

技术集合。其本质不是单一技术，而是涵盖感知层、网络层、数据层、应用层和决策层的多层技术体系。感知层通过传感器、定位装置和图像采集设备获取现场实时数据；网络层依托5G、Wi-Fi、蓝牙等方式实现数据传输；数据层以云平台或本地服务器存储并组织多源异构数据；应用层提供面向具体业务场景的软件功能模块；决策层则借助可视化仪表板和算法模型支持管理者的判断与行动。

1.2 关键技术详析

建筑信息模型（BIM）是建筑施工信息化的核心底座。BIM不仅是三维几何模型，更承载了构件属性、材料信息、工序逻辑、成本数据及运维参数等非几何信息，为施工过程提供唯一的、可信的工程数据源。通过BIM，可实现施工方案可视化模拟、碰撞检测、工程量自动计算及施工进度四维（3D+时间）和五维（3D+时间+成本）管理。

物联网（IoT）将工地现场的施工机械、安全防护设施、环境监测设备、人员定位标签等通过传感器网络互联互通，使管理者能够远程获取设备状态、环境参数、人员位置等实时数据，实现工地“触觉”的数字化延伸。

大数据与人工智能（AI）对施工过程中积累的海量异构数据进行挖掘分析，用于进度偏差识别、质量缺陷模式发现、安全风险预测及资源优化配置。计算机视觉技术在施工现场的人员安全着装识别、危险区域闯入预警和施工质量视觉检测方面已展现出显著应用价值。

数字孪生通过构建物理工地的虚拟数字化镜像,实现虚实双向映射与交互。数字孪生不仅支持施工过程的动态可视化监控,更能通过仿真推演预判未来状态,为方案比选和应急预案制定提供科学依据。

2 信息技术在施工核心业务场景中的应用分析

2.1 施工策划与深化设计阶段

在施工策划阶段,BIM 技术使传统的二维图纸会审升级为三维模型协同审查,各方可在统一模型上标注问题、追踪闭环,显著减少设计冲突和现场变更。基于 BIM 的施工组织设计能够虚拟仿真不同施工方案(如基坑支护方案、大型设备吊装路径、混凝土浇筑顺序),提前发现作业空间冲突和工序搭接不合理之处^[2]。此外,利用 BIM 模型自动提取各施工段的工程量,辅助材料采购计划和劳动力配置计划的精准编制,从根本上改变过去依靠估算和经验“拍脑袋”的做法。

2.2 进度管理:从静态计划到动态追踪

传统进度管理依赖甘特图和手工填报的进度报表,信息滞后且难以及时发现偏差。信息技术赋能下的进度管理,通过将 BIM 模型与任务分解结构(WBS)关联,形成三维可视化进度计划。施工过程中,借助物联网设备自动采集各工序的实际开始与完成时间(如混凝土浇筑完成通过传感器监测温度变化自动判定),或通过无人机定期航拍生成施工现场正射影像并与 BIM 模型比对,自动计算实际进度与计划进度的偏差。在此基础上,关键路径法(CPM)与 BIM 的联动分析可快速评估延误对总工期的影响,并辅助生成赶工方案。

2.3 质量管理:从事后验收转向过程控制

信息技术正将施工质量管理从末端检验前移至过程控制。BIM 模型定义了每个构件、每个工序的质量验收标准和允许偏差范围,移动端 APP 支持现场质检人员按清单逐项检查,拍照上传实测数据,自动与模型中的标准值进行比对判定。渗漏、空鼓、裂缝等质量通病的防治中,可通过传感器实时监测混凝土养护温度、湿度及大体积混凝土内外温差,预警质量风险。计算机视觉技术用于钢筋间距、保护层厚度、模板平整度的快速视觉检测,检测效率远高于传统尺量方法,且检测结果可自动汇总分析,生成质量趋势图,辅助管理人员识别系统性质量问题。

2.4 安全管理:智能监测与主动预警

施工安全是信息技术应用成效最为突出的领域之一。物联网实时监测基坑位移、高支模变形、塔吊荷载及风速等关键安全指标,一旦监测值达到预警阈值,系统自动发

送警报至安全员终端。AI 视频分析技术能够自动识别进入施工区域的人员是否佩戴安全帽、反光衣,监测危险区域人员闯入以及高处作业安全带的佩戴情况,实现全天候、不间断的安全行为监控^[3]。人员定位系统实时追踪现场作业人员位置,在紧急情况下可快速统计区域人员分布,辅助应急疏散决策。这些技术的综合运用使安全管理从“事后追责”和“人盯人防守”转向“事前预防”和“智能监控”,有效降低了事故发生率。

2.5 成本与物料管理:精细化管控的支撑

物料成本通常占施工总成本的 50%~70%,但传统物料管理中的“跑冒滴漏”现象普遍。信息技术通过建立物料需求计划(MRP)与 BIM 工程量的联动,使采购计划更加精准。进场物料粘贴或绑定 RFID 标签或二维码,出入库自动扫描记录,与 BIM 模型中的物料计划实时比对,超量或异常消耗自动预警。大型钢模板、脚手架等周转材料通过定位和状态追踪,优化调配减少闲置。施工机械的油耗、工作时长和维修保养记录通过车载传感终端自动采集,为设备调度和成本核算提供可靠数据,避免了手工台账的疏漏和模糊。

2.6 供应链与多方协同平台

现代施工项目涉及业主、设计、总包、分包、监理、供应商等数十个参与方,信息传递路径长、失真严重。基于云端的项目协同平台将各参与方纳入统一的信息空间,实现图纸版本统一管理、工程变更在线审批、质量安全问题闭环追踪及工程资料自动归档。平台赋予各角色差异化的数据访问权限,确保信息安全的同时提高协同效率,有效解决了传统模式下“信息不对称”和“沟通成本高”的痼疾。

3 建筑施工信息技术应用的典型问题与深层制约

3.1 标准体系不统一与数据互通障碍

当前施工信息化领域面临突出的“标准分裂”困境。不同软件厂商采用各自的数据格式和接口协议,BIM 模型在不同平台间的迁移常导致信息丢失或解析错误。IoT 设备的数据格式各异,缺乏统一的语义描述规范,系统集成需要对每个设备进行定制开发,成本高昂。此外,项目各参与方使用的管理系统之间缺乏互操作标准,导致信息孤岛不仅存在于“人与人”之间,更蔓延至“系统与系统”之间。标准问题的背后是行业碎片化结构的折射——缺乏具有强制约束力的数据交换标准,各利益主体缺乏主动贯标的动力。

3.2 技术方案与现场实际脱节

部分信息技术产品或解决方案在设计时过于理想

化,未充分顾及施工现场恶劣的物理环境(粉尘、振动、温度变化、供电不稳定)和作业人员的技术接受能力。例如,某些高精度传感器在露天环境下可靠性迅速下降;功能复杂的APP在一线工人群体中的实际使用率极低;过度复杂的操作流程反而降低了现场管理效率^[4]。技术供给与用户需求之间的错配,使大量投入的信息化系统沦为“演示系统”而非“生产工具”。

3.3 投入产出评估困难与投资动力不足

施工企业信息化投入需要购置软硬件、改造基础设施、开展人员培训和持续运维,前期投入较大且回报周期较长。更棘手的是,信息技术的效益具有“间接性”和“滞后性”——质量提升避免的返工损失、安全预警防止的事故成本、协同优化减少的工期延误,这些“避免的损失”难以量化度量,导致企业在预算紧张时倾向于削减信息化支出。缺乏清晰的投资回报模型,成为制约中小型施工企业信息技术应用的关键瓶颈。

3.4 复合型人才短缺与组织适应性不足

建筑施工信息技术应用需要既懂工程又懂信息化的复合型人才。然而,目前工程类专业培养方案中信息技术内容比重偏低,信息类专业又缺乏对工程管理逻辑的深入理解。企业内部既缺乏能够主导数字化转型的“桥梁型”领军人物,也缺乏熟练掌握BIM建模、数据分析工具的一线操作人员。更深层的问题在于,信息技术引入必然冲击原有管理习惯和利益格局,若缺乏组织结构和业务流程的配套调整,技术效能将大打折扣。

4 推进建筑施工信息技术深化应用的策略

4.1 推动标准统一与数据生态建设

行业主管部门应加快制定施工信息数据交换标准,明确BIM模型交付标准、物联网数据格式规范及平台接口协议,提高标准的约束力与可实施性。鼓励建立面向区域性或全国性的工程数据资源池,促进跨项目、跨企业的数据汇聚与经验复用,降低各参与方的数据获取与整合成本。

4.2 构建轻量化、高可靠性的现场技术方案

技术供给应正视施工现场的特殊约束,开发适应恶劣环境、操作简便、维护方便的解决方案,注重提升硬件设备的防护等级,优化用户界面以适配工人群体的操作习惯,避免追求“大而全”的平台而忽视一线使用者的真实需求。

4.3 创新投入机制与效益评价方法

探索“服务订阅”和“按效果付费”模式降低企业一次性投入压力,建立包含质量提升、安全改善、协同效率增益、资源节约等多元维度的综合效益评估框架,推动施工企业将信息化投入视为战略性投资而非成本性支出。

4.4 人才体系重构与组织变革推进

调整工程教育与职业教育体系,增加信息技术与工程管理的融合课程,鼓励校企联合培养复合型人才。企业内部设立数字化转型专职岗位,建立信息化应用考核激励机制。推进施工管理流程再造——以数据流转路径重塑审批链条、以信息共享方式优化会议制度、以可视化决策替代经验判断,确保技术嵌入组织而非悬浮于组织之上,成为日常管理的有机组成部分。

5 结语

建筑施工行业正处于从要素驱动向创新驱动转变的关键时期。信息技术集群的深度渗透,不仅为施工管理的提效降本提供了工具箱,更从根本上改变了工程信息的产生、流通与消费方式,使施工过程从“黑箱操作”走向“透明治理”。本文系统梳理了BIM、物联网、大数据与人工智能等核心技术在设计策划、进度质量安全成本以及协同管理各环节的应用机制,揭示了技术潜力与现实落差之间的结构性障碍——标准缺失、场景适配不足、价值度量困难、人才供给滞后。破解这些障碍,需要技术供给侧与需求侧的双向奔赴,更需要行业治理层面的制度创新。可以预见,随着5G+工业互联网在建筑领域的纵深推进、人工智能大模型在工程管理中的初步应用以及数字孪生技术的逐步成熟,建筑施工信息技术应用将从“数字化”向“智能化”加速演进。

参考文献

- [1] 李云贵,王静,张建平. 建筑施工BIM技术应用现状与发展趋势[J]. 土木工程学报,2023,56(4):1-10.
- [2] 周建亮,吴晓波. 物联网在智慧工地建设中的关键技术与应用[J]. 建筑经济,2022,43(7):45-51.
- [3] 王要武,李忠富. 建筑业数字化转型的路径与对策[J]. 中国工程科学,2024,26(1):162-171.
- [4] 刘刚,陈杰. 大数据驱动的施工进度智能预警方法[J]. 建筑科学,2023,39(8):105-112.