

基于BIM与物联网集成的公共建筑智能建造 管理机制研究与应用

刘 程 刘灵功 白耀省 肖传浩 黄千恒
中国葛洲坝集团第一工程有限公司 湖北 宜昌 443000

摘 要：BIM与物联网集成是智能建造关键，以数据互通构建“数字孪生”环境。其技术基础涵盖BIM模型、物联网数据采集、集成平台融合及云计算与边缘计算算力支持。在此基础上构建协同、过程管控、决策支持等管理机制，在大型场馆、医院、办公楼宇等建筑有广泛应用。但也面临技术标准、数据安全及人才与管理模式适配等挑战，需采取相应措施应对。

关键词：BIM；物联网；公共建筑；智能建造；管理机制

引言：在建筑行业数字化转型浪潮中，智能建造成为关键发展方向。BIM与物联网集成作为核心驱动力，以数据互通构建“数字孪生”环境，为行业变革提供强大支撑。其技术基础涵盖BIM模型的数据供给、物联网的实时数据采集、集成平台的数据融合以及云计算与边缘计算的算力支持。在此基础上，智能建造管理机制得以构建，并在公共建筑中广泛应用。然而，该集成技术也面临技术标准、数据安全及人才与管理模式适配等挑战，需深入探讨应对之策。

1 BIM与物联网集成的技术基础

在智能建造领域，BIM与物联网的集成已成为推动行业变革的关键力量，其以数据互通为核心，致力于构建“数字孪生”式的智能建造环境，为建筑行业的数字化转型提供强大支撑。（1）BIM技术作为建筑数字化的基石，能够提供建筑全生命周期的数字化模型。这个模型并非简单的几何图形堆砌，而是涵盖了丰富的结构化数据，包括建筑的几何信息，如构件的形状、尺寸和位置；材料属性，像材料的强度、耐久性和热工性能；工艺参数，例如施工的顺序、方法和质量标准等。这些数据为建造过程提供了精确的数字基准，使得项目各方能够在统一的数字平台上进行协同工作，提前发现和解决潜在问题，提高建造效率和质量。（2）物联网技术则通过部署在施工现场的各类感知设备，如RFID标签、传感器、摄像头等，实时采集施工现场的人员、机械、材料、环境等动态数据，形成庞大的非结构化信息流。这些感知设备就像建筑的“神经末梢”，能够敏锐地感知施工现场的每一个细微变化，如人员的定位和活动轨迹、机械的运行状态和能耗、材料的位置和库存数量、环境的温度和湿度等。（3）为了实现BIM模型与物联网

数据的有效融合，集成平台发挥着关键作用。它通过数据接口标准化，如采用国际通用的IFC标准和轻量级的MQTT协议，实现BIM模型与物联网数据的映射关联。通过这种关联，物理实体的状态能够实时反馈至数字模型，使BIM模型不再是静态的图纸，而是成为动态更新的“数字镜像”，真实反映施工现场的实际情况。（4）云计算与边缘计算的协同应用为海量集成数据的存储、处理与分析提供了强大的算力支持。云计算具有强大的存储和计算能力，能够对大规模的数据进行集中管理和深度分析；边缘计算则能够在数据产生的源头进行实时处理，减少数据传输延迟，确保数据处理的实时性与可靠性。两者相辅相成，共同为智能建造管理奠定坚实的技术基础^[1]。

2 智能建造管理机制的构建

2.1 协同管理机制

基于BIM与物联网集成的协同管理机制以云端共享平台为核心载体，实现各参与方的全流程高效协作。设计阶段，建筑师将BIM模型上传至平台，结构工程师、设备工程师通过物联网终端实时获取模型更新并进行专业协同设计，模型冲突可通过平台自动检测功能即时预警，各方在三维可视化环境中共同修正。施工阶段，施工单位依据平台中的BIM施工模型制定进度计划，物联网设备采集的现场资源数据（如材料库存、机械状态）与模型关联，当实际进度与计划出现偏差时，平台自动推送预警信息至相关方，监理单位通过移动端签署验收意见并同步至BIM模型，形成可追溯的协同记录。业主方则可通过平台实时查看项目进展，参与关键节点决策，实现从设计到施工的无缝协同。

2.2 过程管控制机制

过程管控机制依托BIM与物联网的集成应用,实现对质量、进度、成本的实时动态管控。质量管控方面,物联网传感器采集混凝土养护温湿度、钢结构焊接参数等关键数据,自动关联至BIM模型对应构件,平台通过预设阈值判断质量是否达标,异常数据触发预警并定位至模型位置,便于施工人员及时整改,同时形成质量追溯档案。进度管控通过BIM进度模拟与物联网现场数据对比实现,将物联网终端采集的工序完成信息与4D BIM模型(三维模型+时间维度)匹配,自动生成进度偏差分析报告,辅助管理人员优化资源调配。成本管控则利用物联网采集的材料消耗、机械使用时长等数据,与BIM模型中的成本信息联动,实时计算实际成本与预算的偏差,为成本动态调整提供依据^[2]。

2.3 决策支持机制

决策支持机制基于集成数据的深度分析,为建造管理提供科学依据。通过对BIM模型的历史数据与物联网实时数据进行融合分析,挖掘建造过程中的潜在规律与风险。例如,利用机器学习算法分析不同施工工艺下的质量数据,优化工艺参数;通过BIM模型模拟不同进度调整方案,结合物联网资源数据评估可行性,辅助选择最优方案。平台以可视化仪表盘形式呈现关键指标(如质量合格率、进度完成率、成本偏差率),为管理人员提供直观的决策参考。同时,针对突发情况(如恶劣天气、设备故障),系统可快速调用BIM模型与物联网数据进行影响范围分析,自动生成应急处置方案,提升决策效率与准确性。

3 公共建筑中的应用场景

3.1 大型场馆类建筑

大型场馆类建筑往往结构复杂、功能多样,对施工精度和协同管理有着极高的要求,智能建造管理需求极为显著。BIM与物联网集成技术为其提供了全面且高效的解决方案。(1)在复杂钢结构安装环节,该集成技术展现出强大的精准管控能力。施工前,借助BIM模型进行吊装顺序的预演,提前规划好每一步的操作流程,为实际施工提供科学指导。施工时,物联网定位设备发挥关键作用,能够实时追踪构件的吊装轨迹。通过将实际轨迹与BIM模型中的预设路径进行精准对比,一旦偏差超出设定的限值,系统便会自动报警,及时提醒施工人员调整操作,从而确保钢结构的安装精度达到设计要求。(2)利用传感器对钢结构进行应力应变监测,所获取的数据会实时反馈至BIM模型。基于这些实时数据,能够对结构的稳定性进行深入分析,提前发现潜在的过载风险,及时采取加固或调整施工方案等措施,保障施工安全。

(3)集成平台还能有效协调场馆内声学、灯光、空调系统等多专业施工。借助BIM模型的空间碰撞检测功能和物联网进度数据,优化交叉作业顺序,避免各专业施工之间的冲突和干扰,显著缩短施工周期,提升整体施工效率。

3.2 医院建筑

医院建筑因其特殊的使用需求,呈现出功能分区复杂、设备管线密集的特点,且对洁净度和动线设计有着极为严格的要求。在此背景下,BIM与物联网集成技术的应用,为提升医院建筑的精细化管理水平提供了有力支撑。(1)在设计阶段,借助BIM模型构建医疗设备与管线的三维协同设计体系。物联网设备发挥实时监测优势,精准采集管线安装的位置、坡度等关键数据,并与BIM模型进行细致比对。尤其对于洁净区,严格确保管线密封等要求符合医疗规范,从源头上保障设计质量。

(2)在设备管理方面,通过RFID标签对高值医疗设备,如手术器械等,进行全生命周期追踪。从采购环节的信息录入,到安装、调试过程的详细记录,所有信息均关联至BIM模型对应的房间位置。这不仅方便了施工过程中的管理,更为后期的运维追溯提供了清晰、准确的依据。(3)施工过程中,环境传感器被广泛应用于手术室、ICU等关键区域,实时监测温湿度、洁净度等环境指标。这些数据实时联动至BIM模型,施工人员可根据模型反馈及时调整施工策略,确保施工环境始终满足交付标准,为医院建筑的顺利投入使用奠定坚实基础^[3]。

3.3 办公楼宇

办公楼宇建设对建造效率与绿色施工有着较高追求,BIM与物联网集成技术为其实现精益化管理提供了强大助力。(1)在构件管理方面,基于BIM模型开展模块化设计,将办公楼宇拆解为多个标准化的预制构件,如隔墙板、管线集成模块等。物联网设备如同“忠诚卫士”,全程追踪这些构件的生产进度、运输轨迹以及安装状态。通过实时数据反馈,确保构件能够准时交付至施工现场,并实现精准对接,大大缩短了施工周期,提高了建造效率。(2)绿色施工层面,能耗传感器发挥着关键作用。它能够精准采集施工过程中的水电消耗数据,并将这些数据与BIM模型中预先设定的绿色施工指标进行细致对比。一旦发现资源使用偏离指标,便及时调整施工方案,优化资源分配,有效降低碳排放,推动办公楼宇建设向绿色、可持续方向发展。(3)安全管理上,AI视频监控与BIM模型深度融合。

4 研究挑战与应对措施

4.1 技术标准与接口兼容问题

在BIM与物联网集成进程中,技术标准与接口兼容问

题成为关键阻碍。由于不同厂商的BIM软件与物联网设备在数据标准上缺乏统一性,数据格式存在显著差异,这使得两者在集成时面临数据无法顺畅交互的困境,极大地降低了集成效率,影响智能建造的整体推进。为有效应对这一挑战,需多管齐下。一方面,积极推动行业制定统一的数据交换标准,大力推广IFC、IDM等成熟标准在集成平台中的广泛应用,确保不同系统间的数据能够准确、高效地流通。另一方面,开发通用接口适配器,通过该适配器实现不同系统间协议的自动转换,打破接口兼容壁垒,降低集成难度。此外,鼓励厂商开放API接口,促进软硬件的深度协同发展,形成良性生态,为BIM与物联网的深度集成创造有利条件,推动智能建造迈向新高度。

4.2 数据安全与隐私保护

在BIM与物联网集成过程中,大量建筑数据以及现场敏感信息,如人员定位数据等被集中汇聚,这无疑使得数据泄露风险大幅增加,数据安全与隐私保护成为重中之重。为筑牢安全防线,需构建多层次的安全防护体系。在数据传输与存储环节,积极采用先进的加密技术,区块链技术便是理想之选。它能为数据提供不可篡改的加密保护,实现数据全生命周期的溯源,确保数据来源可靠、流向清晰。同时,建立分级授权机制,依据不同参与方的职责和需求,严格限制其数据访问权限。例如,施工人员仅能查看与本工序相关的数据,避免数据滥用。此外,定期开展全面且深入的安全审计工作,通过专业工具和技术手段,检测系统潜在漏洞,及时防范恶意攻击,为BIM与物联网集成营造安全稳定的环境,保障智能建造的顺利推进^[4]。

4.3 人才与管理模式适配

BIM与物联网集成技术在建筑领域的应用,面临着人才与管理模式适配的双重挑战。(1)集成技术的复杂性

和综合性,要求从业人员既精通BIM、物联网技术,又熟悉建筑管理流程,然而现有从业人员的技能结构难以满足这一需求,复合型人才匮乏成为制约技术推广的关键因素。(2)传统管理模式长期形成的惯性思维和运作方式,可能对新技术落地产生阻碍,难以充分发挥集成技术的优势。为应对这些挑战,需多管齐下。建立校企合作培养体系,高校与企业联合开设BIM与物联网集成应用课程,定向培养专业人才。通过试点项目积累实践经验,总结形成可复制推广的管理流程,推动管理模式从“经验驱动”向“数据驱动”转变。同时,加强对现有团队的技术培训,提升其操作与应用能力,为BIM与物联网集成技术的广泛应用提供坚实的人才保障和管理支撑。

结束语

BIM与物联网集成作为智能建造的核心驱动力,从技术基础搭建到管理机制构建,再到公共建筑多场景的深度学习,成效斐然。然而,技术标准不统一、数据安全、人才与管理模式适配等挑战也不容忽视。未来,需持续推动标准制定、强化安全防护、完善人才培养与管理模式创新,促进软硬件深度协同。如此,方能充分发挥集成技术优势,加速建筑行业数字化转型,实现智能建造的高质量、可持续发展。

参考文献

- [1]韩震,张新化.BIM技术在工程施工中的应用研究[J].福建建筑,2022(9):80-82.
- [2]马歆雅,程文良.BIM技术在超高层建筑深基坑施工中的应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2022(11):90-92.
- [3]郭星星.智能建造技术在工程建设管理中的应用策略研究[J].四川建材,2023(10):209-211.
- [4]赵敬忠.基于智慧建造的工程项目施工成本精细化管理研究[J].兰州理工大学2021(04):135-137.