

智能建造与数字化管理赋能项目品质提升

吴欣荣 甘佳保 李帆 朱新江 彭来 李鹏程 田雨蒙

中建七局第六建筑有限公司 广东深圳 518000

DOI: 10.12238/ems.v7i10.15741

[摘要] 机电工程项目传统建设模式下,工序复杂、协调不易、返工常见,难达高质量交付与精益管理标准,本文引入智能建造与数字化管理体系,融合 BIM、物联网、机器人放样、三维扫描等关键技术,达成设计优化、工序协同、施工可视化与全流程信息集成。典型项目里,净高不足、管线碰撞、二次开洞等问题得到解决,施工成本降低,管理效率与工程品质提升,研究显示,智能建造技术与数字化手段深度融合,优化项目全过程管理模式,推动高质量建造体系落地,为行业可持续发展提供可复制经验。

[关键词] 智能建造; 数字化管理; BIM 技术; 精益建造; 机电工程

一、引言

城市建设规模扩大、工程复杂度提升,传统机电工程建设在进度控制、质量保障和施工协同上短板明显,“双碳”战略、高质量发展与数字化转型背景下,智能建造与数字化管理是提升工程效能、实现一次成优的关键。本文立足机电工程实践,构建以 BIM 为核心的数字化建造体系,探讨关键技术深化设计、智能施工、过程监测与运维交付等环节的应用策略,为推动工程建设提质增效、建立高标准建设管理体系提供理论参考与实践依据。

二、智能建造与精益建造的融合

(一) 机电工程智能建造

机电工程智能建造实施范围覆盖深化设计、生产、运输存储、现场施工至验收全过程,涉及数字设计、智能生产、智能运输、物料管理、施工模拟分析、智能装备、安装管理、施工验收等内容。

1. 深化设计阶段,应用 BIM 技术深化、整合机电各专业模型,保留原有功能与系统设计,优化管线综合排布,解决净高问题,避免管线碰撞。兼顾后续安装及检修空间,复核现有设备、支架等参数,明确机电系统在建筑结构上的预留预埋要求,实现高效深化、检查、分析、优化,减少后续返工。

2. 加工模型或加工图深化阶段,采用三维激光扫描技术扫描结构,获取高精度数字模型,与已有 BIM 模型复核,指导下料。装配式机房和整体吊装管井处、核心筒和人防墙体等墙体的预留孔洞、管道排布空间小和净空高要求高区域、重要设备层和避难层等管线密集处均适用,减少传统方法造成的人力资源浪费和误差,确保方案和下料准确,缩短复测时间。

3. 生产阶段,运用 BIM、参数化设计及智能生产线这类技术和设备,生产各类预制和装配式产品,像各类预制管线、预制管井、预制支吊架、预制型钢构件、阀组模块、装配式或模块化机房都包含在内。依据现场运输的实际条件,对安装管线实施模块化分段处理。以此提升产品质量,缩短供货以及管线安装的周期。

4. 产品运输阶段,互联网、GPS/北斗定位技术投入实际使用,装配式泵组模块、管道构建、配电箱、一体化空气源、桥架这些物品,按现场实际需求确定好运输路径和具体时间,全程进行跟踪。管理人员能够实时掌握物料配送的具体状态,以此助力物料和工期方面的管理。

5. 材料仓储管理阶段,铜阀门、母线、贵重工具、水泵等贵重物资,借助物联网技术实现收货、质检入库、出库、调拨、盘点等环节的智能化管理。加快物料盘点速度,按工

期及时补充下料,保障现场施工进度,让有限仓储空间得到合理利用。

6、数字化管理方面,依托二维码技术管理出厂的装配式泵组模块、管道构建、配电箱、一体化空气源、桥架等集成产品信息。聚焦设备构件的产品参数信息、安装位置、质量信息,辅助现场确定安装位置,为数字化交付提供基础信息。

(二) 高品质管理赋能项目价值提升

1. 构建涵盖进度、质量、安全、成本、数字建造的“五位一体”全过程管理体系,打通项目管理各环节,建立纵向到底、横向到边的管理闭环机制。设计策划阶段就引入BIM模型优化施工图,形成施工可视化方案,为后续各阶段提供数据支撑,施工阶段依托智慧工地平台动态跟踪进度、控制质量过程、预警安全风险、分析成本节点,实现项目管控实时化、数据化和闭环化。

2. 项目实施过程中,要建立健全涵盖工艺标准、检验流程、责任界面、奖惩机制等多维度的质量管理制度,每道施工工序都得明确操作工艺、质量控制要点及允许偏差,形成能执行、可落地的标准化管理手册,借技术交底和样板引路确保标准落到实处。组织层面,制定覆盖总包、分包、监理、工程部及第三方等主体的职责体系和协作机制,建立多级联动的检查制度,让责任清晰明确、执行有力有效。

3. 机电工程中,BIM技术要深度集成到设计、施工、验收等所有阶段,全面为质量管理提供助力,设计刚开始时,借助多专业模型集成来优化管线综合排布、净高控制、设备预留预埋等相关方案,以此确保施工过程具备可实施性,最大程度减少现场出现碰撞情况以及返工问题。进入施工阶段后,利用BIM开展技术交底工作、进行施工模拟操作、推演施工进度,设计装配式构件预制方案,经过这些方式提升技术交底的效率,让技术交底的精准度也得到提高。

4. 建立完善的高质量样板管理机制,主体结构、机电管线、设备安装等关键节点都要设置实物样板间,让标准做法提前得到展示、评估与纠偏,为大面积施工提供可靠依据。

样板内容得涵盖施工工艺、材料节点、质量标准、验收要求,实行全员参与、分级审核、统一认可的机制,设备材料方面,要严格执行供应商准入制度与抽检机制,挑选出具备高品质交付能力的预制构件、设备模块厂家。

5. 工程后期,以“调试即交付”为目标,制定完整系统调试计划,细化各类设备调试流程、分工节点及验收标准,调试与施工进度同步推进,确保系统按设计功能高效运行。建立数字化设备台账系统,对所有设备安装信息、调试记录、维保计划数据归档,为运维移交提供完整数据支撑,项目竣工,依托BIM及数据库,构建设备全生命周期健康管理体系,实时监测、远程诊断、智能维保,实现从建造到运维的价值延续。

(三) 智能建造推动项目协同增效。

1. 制定覆盖工程全生命周期的数字管理体系架构,将项目管理各环节进行标准化、制度化、流程化规范,确保各参与方在统一体系下协同作业。在体系层面,要明确从设计、采购、施工到交付、运维的各类数据接口标准、权限体系、信息传递机制,以此实现项目参与各方信息对称、任务协同,在流程层面,借助信息系统建立 workflow 管理机制,经过数字看板、进度节点预警、施工日志自动生成等手段,提升管理的可控性,增强管理的透明度。

2. 构建一体化标准体系,项目实施过程里各类施工方法、技术规范、设备选型、数据格式等都统一收进体系,形成能落地、能复制、能追溯的管理闭环。标准化不局限于文件制度,要落实到BIM模型构建、构件预制、安装调试、质量验收等环节,让现场施工贴合设计方案,消除个人经验差异带来的偏差与返工,工程执行中,样板引路、技术交底、质量巡检等手段结合使用,让标准实现可视化、操作化,具备执行刚性。

3. 智慧工地综合管理平台搭建起来,BIM模型、进度管理、质量追溯、安全监控、设备运维等系统归入同一平台,工程数据完成一体化处理,呈现方式转向可视化,平台动态

采集各专业数据，展开集中分析，管理人员依靠平台把握施工现场实时状态，发出异常预警，推进调度优化。机器人自动放样系统确定设备基础和管线安装的具体位置，人工测量时产生的误差减少，作业效率有了提升，无人机巡检得到施工区域全景数据，为项目进度评估提供帮助，也助力质量排查工作，平台整合的施工日志与任务看板功能，让计划执行的透明度增强，反馈效率随之变好。

4. 项目最终交付不局限于实物建设，要完成从“施工成果”到“数字资产”的高质量转化，依托 BIM 模型搭建项目全生命周期数据库，设计参数、施工工况、调试记录、维保计划等信息结构化沉淀，形成可用于后期运维管理的完整数字资产体系。交付环节运用二维码标识、射频识别等技术，关联每个设备、构件、管线的信息与模型，达成“所见即所得”的数字化呈现。

三、案例分析

（一）地标项目构筑城市建设新标杆

笋岗梅园项目，深圳市重点打造的城市地标工程，位于核心城区罗湖区，总用地面积约 1.5 万 m²，总建筑面积达 27 万 m²，包含一栋 380 米高的超高层商务写字楼，还有 5 层商业裙楼，布局是“高区办公、低区公寓”的多功能混合形态，这一项目是罗湖区在建第一高楼，深圳第三高楼，承担着引领城市天际线、提升区域价值的重要使命。政府重点投资的标志性工程，高复杂度、高标准、高期望的特点，让施工组织、设计整合、现场管理面临极高要求，项目导入智能建造理念，方案策划、设计深化到现场执行，全程贯穿数字化技术应用，构建城市新名片过程中，不断探索科技赋能建筑的可能路径，树立起集功能性、可持续性与数字化集成于一体的城市高品质建设新标杆。

（二）智能建造赋能全过程精益落地

建设实践里，笋岗梅园项目把智能建造与数字化管理技术用得很深入，项目执行效率和工程品质全给提上去了，依托 BIM 模型集成与三维扫描技术，精准找出 223 处净高不够

的问题，解决 102 处系统碰撞点，传统施工中的返工和设计冲突都有效避开，技术方案落到了最优的地步，一次预留洞口做了前置深化设计，二次开洞彻底不用了，施工成本直接省下约 430 万元，智能建造在提质降本方面的强大价值显了出来。关键施工信息集中共享，跨部门协同开展，现场决策响应快了不少，工期履约水平也跟着提高，智慧工地平台派上用场，全过程监控与数据采集推动着，现场管理从凭经验驱动转向靠数据驱动，项目整体运行的科学性与精细化程度提升得很明显，项目成果得了中施企协全国 BIM 大赛二等奖，主流媒体也广泛报道，智能建造为项目带来的系统性价值提升由此充分得到印证。

四、结论与展望

智能建造与数字化管理正深度重塑机电工程的建设模式，给项目提质增效提供着坚实支撑，BIM、物联网、智慧工地等技术融合到一起应用，打通从设计、施工到运维的全生命周期数字化协同，工程管理朝着精细化、信息化、智能化不断发展。未来，政策引导与技术演进会让智能建造持续深化，标准化建设、数据资产管理、设备全生命周期运营等方面应用将更为广泛，助力行业向着高质量、可持续的方向稳步迈进。

【参考文献】

- [1] 吴龙，简齐超. 既有建筑功能升级中的智能建造实践——基于酒店项目结构加固与空间再生技术集成研究[J]. 中国建筑装饰装修, 2025, (13): 87-90.
- [2] 王玺德，王广兴，彭国平，等. 基于精益建造和 BIM 技术的数字化智能管理[J]. 建筑工人, 2025, 46(03): 38-41.
- [3] 许金泉，张员. 智能建造视域下建筑工程数字化协同管理路径探析[J]. 中国建设信息化, 2025, (05): 66-69.
- [4] 张鑫鑫，段海，廖勇，等. 智慧建造技术在“工业上楼”工程项目中的实践运用[J]. 住宅与房地产, 2024, (20): 32-38.