

智能建造技术在建筑工程质量管理中的应用

杜诚成¹ 童国裕¹ 张野² 郭阳卫³ 张建忠³

1. 衢州市柯城区住房和城乡建设局 浙江 衢州 324000

2. 中建八局第一建设有限公司 山东 济南 250100

3. 浙江航业建设工程有限公司 浙江 衢州 324000

摘要:智能建造是推动建筑工程质量管理模式升级的核心路径,针对传统人工管控模式下精度不足、过程滞后、追溯困难等共性痛点,本文系统梳理智能建造技术在精准管控、动态覆盖、效率提升、数据溯源四方面的核心应用优势,围绕 BIM 建模、物联网感知、数字化智能检测三类核心技术的落地场景展开分析,从平台搭建、数据采集、闭环管控、人员能力四个维度提出体系化落地实施要点。研究明确了智能建造技术重构工程质量管控逻辑的实操路径,可为各类复杂工程项目搭建智能化质量管理体系提供标准化参考,助力行业质量管理精细化水平稳步提升。

关键词:智能建造技术;建筑工程;质量管理;精细化管控;数字化应用

引言:当前建筑工程建设规模持续扩大,大型复杂项目占比不断提升,传统以人工经验为主导的质量管理模式已难以适配现代工程的高质量管控需求。近年来智能建造相关技术逐步在工程领域推广应用,但多数项目仍存在技术碎片化应用、管控体系衔接不畅等问题,未能充分释放数字化管控效能。本文立足工程质量管理实际业务场景,系统梳理智能建造技术的应用价值与核心技术落地方法,提出可直接落地的全流程实施要点,为行业构建成熟稳定的智能化质量管理体系提供清晰的实践指引。

1 智能建造技术在工程质量管理中的应用优势

相较于传统人工主导的质量管理模式,智能建造技术依托数字化、智能化核心逻辑,从管控精度、管控时效、管控范围、数据管理等多个维度优化质量管理体系,重构工程质量管控逻辑,具备传统模式无法比拟的应用优势。(1)实现质量管控精准化。传统人工检测和现场巡查存在视觉盲区与主观判断误差,难以识别细微施工偏差、构件精度缺陷及隐性质量隐患。智能建造技术通过三维建模、智能传感、数字化扫描等技术手段,对施工工艺参数、构件尺寸精度、结构施工状态进行量化采集与智能比对,完全规避人工主观误差,精准捕捉各类细微、隐蔽的质量问题,大幅提升质量管控精度。(2)实现施工全过程动态管控。传统质量管理以阶段性事后验收为主,属于被动式管控,无法实时掌握施工过程中的动态质量变化,难以提前规避过程性质量缺陷。智能建造技术可对工程施工全流程进行不间断数据采集、实时监测与动态分析,构建事前预警、事中实

时管控、事后精准核验的全链条管控模式,从根源上减少质量问题的产生。(3)提升质量管理整体效率。传统质量管理需要人工完成数据记录、整理、核对、归档等工作,流程繁琐、效率低下,且数据传递存在明显滞后性。智能建造体系可实现施工数据自动采集、实时上传、智能分析与自动汇总,减少人工干预环节,简化质量管理流程,大幅提升质量问题识别、整改、复核的整体工作效率。(4)实现质量数据全程可追溯。传统纸质施工记录易出现丢失、混乱、破损等问题,施工全过程数据难以有效留存溯源。智能建造技术可完整存储工程设计、施工、检测、验收各阶段的核心数据与管控记录,形成标准化数字化质量档案,为质量问题溯源、工艺优化、后期运维提供完整、可靠的数据支撑^[1]。

2 智能建造核心技术在质量管理中的具体应用

2.1 BIM 三维建模技术应用

BIM 三维建模技术是智能建造体系的基础核心技术,通过构建高精度、可视化的建筑全专业三维数字模型,实现工程质量的前置防控与精细化管控。(1)在施工前期,可依托 BIM 模型完成建筑结构、机电管线、复杂施工节点的三维模拟推演,精准排查图纸设计中的管线碰撞、结构布局不合理、工艺适配性不足等问题,提前优化施工方案,从设计源头规避后续施工质量缺陷,为标准化施工奠定基础。(2)在施工阶段,可将设计标准、施工工艺参数录入 BIM 模型,结合现场施工进度实现施工过程的可视化动态比对。针对钢筋排布、构件浇筑、管线预埋、混凝土结构施工等关键工序,将现场实际施工数据与模型标准数据进行精准对标,快速识别尺

寸偏差、工艺不规范等问题,及时纠正违规施工行为。同时,依托 BIM 模型可对工程进行精细化分区、分工序管控,明确各施工环节的质量标准,彻底摆脱经验化管控模式。在验收阶段,以 BIM 模型为验收标准依据,开展分项、分部工程数字化验收,实现验收工作的标准化、精准化,提升工程验收品质。

2.2 物联网智能感知技术应用

物联网智能感知技术依托各类高精度传感采集设备,实现施工过程数据的实时采集、传输与动态监测,是实现工程质量动态管控的核心技术。(1)通过在施工现场关键区域布设温湿度、沉降、位移、应力、变形等智能传感器,可对混凝土养护、基坑施工、高支模搭设、主体结构施工等核心工序进行全天候不间断监测,实时掌握施工环境与结构状态的动态变化。(2)在混凝土施工质量管控中,智能传感器可实时捕捉浇筑、养护阶段的环境温湿度数据,精准把控养护条件,规避因环境参数异常引发的混凝土强度不足、表面开裂等质量问题。在深基坑、高支模、主体结构等高危、关键施工部位,传感设备可实时监测结构变形、沉降位移等核心参数,一旦数据超出正常阈值,系统将自动触发预警,提示管理人员及时排查隐患,有效防范结构性质量缺陷。同时,物联网设备可实时采集施工设备运行、工序执行等数据,保障施工设备稳定运行、施工工艺规范落地,实现施工全过程质量风险的动态防控^[2]。

2.3 数字化扫描与智能检测技术应用

三维激光扫描、无人机巡检、智能无损检测等数字化智能检测技术,打破了传统人工抽样检测的局限性,实现建筑工程实体质量全方位、无死角、高精度检测。(1)传统人工检测仅能选取局部点位抽样核查,存在大量检测盲区,无法全面、真实反映工程实体整体质量状态。三维激光扫描技术可快速完成建筑主体结构、外立面、各类施工构件的全方位扫描,精准获取实体工程三维空间数据,生成实景数字模型,通过与设计模型比对,全面排查构件尺寸偏差、结构平整度、造型施工偏差等质量问题,实现全覆盖式质量检测。(2)无人机航拍巡检技术适用于大型工程、高空作业区域、大范围施工场地的质量巡查,可高效核查高空结构缺陷、外立面施工不规范、现场施工乱象等人工难以覆盖的检测场景,大幅提升大范围工程质量巡查的全面性与效率。智能无损检测技术可在不破坏建筑结构与构件完整性的前提下,精准检测混凝土密实度、钢筋保护层厚度、预埋管线位置、结构内部空洞及裂缝等隐蔽性质量缺陷,有效解决传统隐蔽工程检测难度大、精度低、覆盖面窄的

问题,全方位保障建筑工程实体施工质量。

3 智能建造技术质量管理的落地实施要点

3.1 搭建一体化数字化质量管控平台

当前智能建造技术在现场独立应用过程中,普遍存在多系统数据分散、管控体系割裂、单一功能覆盖不全的痛点,各环节质量数据无法形成完整的管控链路,难以支撑全周期质量管理决策。搭建一体化数字化质量管控平台,是破解上述问题的核心基础举措。(1)平台可深度整合 BIM 模型内嵌的质量基准数据、物联网设备实时采集的施工过程监测数据、智能检测设备输出的实体质量检测数据,以及现场质量巡检的过程管控数据等多源异构信息,完成各类质量数据的统一汇总、分类存储、权限分级与互联互通,从架构层面彻底消除数据孤岛,实现质量数据的全局可追溯。(2)平台可提前嵌入各工序、各分项工程的法定规范要求、项目专项质量验收标准等标准化管控参数,通过预设的算法逻辑实现施工实际数据与标准参数的智能比对,自动识别超出阈值的质量偏差,触发线上整改流程,推动质量问题下发、整改、复核、销号全流程线上闭环,保障质量管理全流程的标准化与线上化。(3)平台还可设置多角色协同权限,覆盖项目管理人员、现场施工人员、第三方检测人员等不同岗位,支持各责任主体线上协同作业,实现质量问题发现、上报、整改、复核、归档的全程留痕,大幅简化跨岗位管控流程,强化工程建设全过程的质量管控力度^[3]。

3.2 规范施工全过程数据精准采集

数据是智能建造体系下质量管控的核心底层支撑,数据的精准度、完整性、时序连续性直接决定后续质量分析、预警与决策的有效性,是所有智能化管控动作落地的前提条件。(1)在工程全施工周期内,需建立覆盖设备端、执行端、校验端的全流程数据采集规范,统一明确各类智能采集设备的布设点位、调试参数、日常运维标准与现场操作流程,保障应力传感设备、三维激光扫描设备、智能无损检测设备等硬件的稳定可靠运行,确保采集到的施工工艺参数、结构实体状态、现场环境指标等各类原始数据真实精准、完整连续,从硬件层面筑牢数据质量基础。(2)同步建立标准化数据采集工作机制,按分部分项工程划分管控单元,明确各施工阶段、核心工序的强制采集内容、最低采集频率与精度阈值要求,配套数据上传校验规则,从制度层面杜绝人为漏采、数据失真、上传滞后等问题。针对已完成上传的全量原始数据,依托平台内置算法开展自动清洗、冗余数据剔除、异常值筛选与分类归档处理,过滤无效干扰

数据,最终形成符合管控标准的高质量数据集,为后续质量趋势分析、隐蔽隐患预警、施工偏差动态修正等核心管控动作提供可靠的数据支撑^[4]。

3.3 构建智能化质量管控闭环体系

为规避传统质量管理模式下重事后检测、轻过程溯源、整改流程脱节、问题追溯链条断裂的核心弊端,需依托智能建造技术搭建覆盖质量识别、分级派单、整改落地、复核销号、复盘优化的全流程智能化质量管控闭环体系。(1)系统通过前端智能感知设备与一体化数字化管控平台自动识别施工质量偏差与实体质量隐患后,可依据预设的工程质量验收规范、项目专项管控标准,自动完成问题的分级分类判定,精准匹配对应责任主体,定向推送整改任务,同步明确量化整改标准、整改覆盖范围与法定时限要求,避免整改要求模糊、责任边界不清的问题。(2)施工责任主体完成整改作业后,需在平台上传完整的整改影像、过程记录等佐证资料,联动智能检测设备完成整改效果的实体核验,复核达标后系统自动完成流程归档销号;未达标的问题将持续触发分级预警督办,直至整改合格,彻底杜绝质量问题遗留、整改流于形式的情况。同时,平台可自动汇总全周期各类质量问题数据,通过多维度统计分析定位施工过程中的高频问题与管控薄弱环节,为后续施工工艺优化、管控资源倾斜调整提供数据支撑,实现质量管理体系的持续迭代升级。

3.4 强化管理人员智能技术应用能力

智能化质量管理体系的高效落地,核心依托于项目管理人员的专业技术储备与数字化管控思维,人员能力的适配度直接决定智能建造技术的实际应用成效。(1)相较于传统人工质量管理模式,智能化管控体系对人员综合能力提出了更高要求,管理人员需突破原有经验化管控的能力边界,熟练掌握 BIM 模型动态调取与信息核验、一体化数字化管控平台全流程操作、智能检测设备输出数据的专业解读、多源质量数据的智能分析等核心

专业技能,才能适配新型管控模式的运行要求。(2)需针对不同岗位的管理人员制定分层分类的专项技能培训体系,明确各岗位的能力达标标准,系统讲解各类智能建造技术的底层应用原理、现场配套设备的操作规范、多源异构质量数据的分析方法与平台日常基础运维技巧,配套实操考核环节验证培训成效,全面覆盖管理人员的能力盲区,系统性提升全员数字化管控能力。同时,同步引导管理人员转变传统经验主导的管控思维,建立数据驱动、精细管控、全周期覆盖的新型质量管理理念,充分释放智能建造技术的管控效能,保障智能化质量管理体系长期稳定、高效运行^[5]。

结束语

智能建造技术在工程质量管理领域的深度融合,是建筑行业数字化转型的必然趋势,其核心价值在于通过数字化工具补齐传统管控模式的短板,而非完全替代成熟的工程质量管控经验。随着技术迭代与行业实践的持续推进,智能化质量管理体系将进一步向全要素、全周期、全参与方协同的方向演进,持续降低人为因素对工程质量的干扰。未来行业需进一步统一技术应用标准、完善配套管控机制,推动智能建造质量管理模式在各类项目中落地普及,最终实现建筑工程质量的系统性提升,支撑建筑行业高质量发展目标稳步落地。

参考文献

- [1] 王诗鑫.智能建造技术在建筑工程质量管理中的应用[J].住宅与房地产,2026,(2):59-61.
- [2] 杜磊.智能建造技术在建筑工程质量管理中的应用[J].工程与技术研究,2026,9(2):61-64.
- [3] 王国强.智能建造技术在建筑工程管理中的应用[J].建材发展导向,2026,24(1):106-108.
- [4] 房建利.人工智能技术在建筑工程质量管理中的应用研究[J].中国地名,2026,(4):0082-0084.
- [5] 袁志广.智能化技术在建筑工程监理质量管理中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2026,(5):133-135.