

Research on the practical application of intelligent construction technology in quality supervision of construction projects

Wenmao Zhai

Linyi Huaxia City Construction Supervision Co., Ltd., Shandong, Linyi, 276000, China

Abstract

Quality supervision in construction projects is crucial for ensuring engineering safety and enhancing project quality. However, traditional supervision models suffer from limitations such as delayed information, incomplete coverage, and reliance on manual experience, making them increasingly inadequate for modern engineering's demands of scale and complexity. In this context, smart construction technology—characterized by digitalization, intelligence, and collaboration—provides technical support for upgrading quality supervision. This paper proposes practical application suggestions for integrating smart construction technology into quality supervision from four dimensions: restructuring the supervision system, adapting technological applications, managing data collaboration, and enhancing regulatory capabilities.

Keywords

smart construction technology; construction engineering; quality supervision; practical application strategies; BIM technology; Internet of Things; artificial intelligence

智慧建造技术在建设工程质量监管中的实践应用研究

翟文茂

临沂市华夏城市建设监理有限责任公司，中国·山东 临沂 276000

摘 要

建设工程质量监管是保障工程安全、提升工程品质的关键环节，传统的监管模式却存在着信息滞后、覆盖不全、依赖人工经验等局限，其已难以适配现代工程规模化、复杂化的发展需求。此时智慧建造技术以数字化、智能化、协同化为核心特征，为工程质量监管的升级提供了技术层面的支撑。本文就以智慧建造技术与质量监管的融合逻辑为基础，从监管体系重构、技术应用适配、数据协同管理、监管能力提升四个维度，提出了智慧建造技术在质量监管中的实践应用建议。

关键词

智慧建造技术；建设工程；质量监管；实践应用策略；BIM技术；物联网；人工智能

1 引言

我国建设工程领域持续地向“高质量、高效益、低消耗”转型，工程的规模随之不断地扩大、技术复杂度也持续地进行提升，使得传统质量监管模式面临着严峻的挑战。因为传统监管以“现场巡查+事后验收”为主，过分依赖于监管人员的经验判断，所以存在着监管盲区。而智慧建造技术的兴起为破解上述这些难题提供了新路径。作为融合了BIM、物联网、大数据、人工智能等技术的综合体系，智慧建造技术能够实现工程全生命周期的质量数据实时采集、智能分析与协同管理，进而推动质量监管从“被动应对”向“主动预防”从“人工主导”向“人机协同”进行转变。但当前智慧建造技术在质量监管中的应用还存在着“技术与需求脱

节”“应用场景单一”“数据利用不充分”等问题。在此背景之下，应该系统地研究智慧建造技术在质量监管中的实践应用策略，且明确技术落地的路径与方法，才能推动建设工程质量监管的升级。

2 监管体系重构

在传统的监管体系中存在着“分段监管、责任分散、信息割裂”的问题，为此智慧建造技术的应用需先重构监管体系，即将数字化技术贯穿于工程立项、设计、施工、验收、运维全生命周期，搭建起“多方协同、全程可控、智能预警”的全流程监管框架，进而打破传统监管的局限。

2.1 体系架构设计

在体系架构地设计上，需要构建“层级化+模块化”的监管框架。其中层级上分为“监管决策层、协同管理层、现场执行层”，监管决策层负责整合多项目的质量数据，且通过大数据分析形成行业监管政策与标准优化建议；协同管理层则连接建设、施工、监理、设计等参与方，建立起统一

【作者简介】翟文茂（1970-），男，中国山东临沂人，工程师，从事建设工程监理研究。

的质量信息共享平台,进而实现各环节质量数据的实时流转与协同审核;而现场执行层需要聚焦于施工一线,借助物联网设备、移动终端等工具采集实时的质量数据,确保监管要求得以落地。对于模块地划分,可分为“质量标准模块、数据采集模块、智能分析模块、预警处置模块”,务必确保各个模块相互衔接^[1]。

2.2 监管流程优化

监管流程地优化可分为“事前预控、事中管控、事后追溯”的全阶段智慧化。首先在事前预控阶段,可以利用 BIM 技术搭建工程数字化模型,再将质量标准参数嵌入模型构件当中进行检测。其次是事中管控阶段,基于物联网设备可以实时地采集施工过程数据,再将数据实时地上传至协同平台,与 BIM 模型中的标准参数进行比对,若出现偏差便自动地发出预警,此时监管人员可通过平台远程查看现场情况并指导进行整改。最后为事后追溯阶段,该阶段应建立质量数据区块链存证系统,将施工过程中的质量检测报告、整改记录、验收文件等数据均上链进行存储,确保数据不可篡改。如果工程出现质量问题,经过区块链追溯问题环节的责任主体、施工时间、检测数据,就能实现问题可查、责任可追。

2.3 责任机制完善

依托于智慧平台得以明确各参与方的质量责任边界。即通过平台设置责任清单,然后将质量监管任务分解至建设单位(如提供合规的设计文件)、施工单位(如按标准施工、实时上传数据)、监理单位(如现场核查、审核质量报告)、设计单位(如及时响应施工中的设计问题),并且为各责任方分配专属的操作权限。同时平台会自动地记录下各参与方的操作行为与质量数据提交情况,进而形成责任追溯台账。

3 技术应用适配

因为智慧建造技术的种类繁多,且不同技术的功能与适用场景存在着差异,一旦盲目进行应用就会导致资源浪费与监管低效。所以需结合工程类型、施工环节与监管重点精准地匹配技术类型,才能实现“技术与场景”“技术与需求”的适配。

3.1 结构安全监管场景

面对高层建筑、桥梁等对结构安全要求高的项目,可以在关键结构部位(如梁柱节点、桥梁支座)部署应变传感器、位移传感器、倾角传感器,用于实时地监测结构受力、变形情况。同步将传感器数据与 BIM 结构模型相关联,便能在模型中直观地展示出结构应力分布与变形趋势。如果监测数据超出了安全阈值(如梁体应变过大),系统将自动进行预警,同时还会结合结构力学算法分析变形原因,为相关人员进行整改提供技术层面的支撑。而在施工阶段,经由对比 BIM 模型与现场的实测数据,可以确保结构施工始终符合设计的要求,保障了结构的稳定性^[2]。

3.2 隐蔽工程监管场景

由于隐蔽工程(如地下管线、墙体管线预埋、地基处理)施工后难以进行检查,因此非常容易成为质量监管的盲区。对此,在隐蔽工程施工之前,应该通过 BIM 模型明确管线走向、预埋深度、构件规格等参数。而且施工过程中也需要监管人员使用移动终端(如平板、手机)拍摄现场视频与照片,及时地上传至平台并关联至 BIM 模型对应位置,同步录入施工时间、操作人员、检测数据等信息。因为平台支持视频实时回看与照片标记,所以监管人员可远程核查施工过程是否符合规范,如检查管线预埋是否与模型一致、接头是否牢固。当施工完成之后,将隐蔽工程数据整合至 BIM 模型,即可形成可视化隐蔽工程档案,为后期的维护与改造提供了依据,有效地避免了因信息缺失导致的二次施工破坏。

3.3 装饰装修与使用功能监管场景

实践当中,墙面空鼓、地面平整度差、门窗密封不严等装饰装修阶段的质量问题直接影响了其使用功能,但传统人工的检查效率低且易遗漏。此时建议采用激光扫描仪对墙面、地面进行扫描,生成三维点云模型,将其与 BIM 模型中的装饰标准参数(如墙面平整度允许偏差、地面坡度)进行比对,借助人工智能算法自动地识别空鼓、平整度超标等问题,并在模型中标记位置与偏差值。针对门窗安装,可以通过图像识别技术拍摄门窗缝隙,实现自动测量缝隙宽度,以此判断是否其符合了密封要求^[3]。

3.4 特殊环境施工监管场景

施工时免不了遇见高温、严寒、高海拔等特殊环境,此时质量监管需兼顾施工质量与环境适应性。即通过部署环境传感器(如温度传感器、风速传感器、氧气浓度传感器),实时地监测施工现场环境参数,同步将环境数据与施工质量数据关联进行分析,再利用 BIM 模型模拟特殊环境对工程质量的长期影响。

4 数据协同管理

一旦智慧建造技术应用产生的海量质量数据(如物联网设备数据、BIM 模型数据、人工检测数据)缺乏了有效地管理,就会形成新的数据孤岛,依然无法发挥出支撑监管决策的作用。所以需构建“数据采集—整合—分析—应用”的全维度治理体系,以此实现数据的高效流转与深度利用。

4.1 数据采集标准化

数据采集的标准化即制定统一的数据采集规范与格式。具体来说:不同类型的质量数据要明确采集频率、采集精度、数据格式;同时开发标准化的数据采集模板,借助移动终端与物联网设备来确保采集的数据符合规范,避免因格式不一而导致的数据无法整合。

4.2 数据整合一体化

数据整合的一体化需要搭建统一的数据中台,以此实现多源数据的融合。首先数据中台要对接物联网平台、BIM

平台、项目管理系统、监管部门系统等多源数据来源，并通过 ETL（抽取 - 转换 - 加载）工具将分散的数据抽取至中台进行数据清洗、数据转换、数据关联；其次建立数据字典，对于数据的定义、来源、格式、关联关系进行统一的说明，从而确保各系统对数据的理解一致；然后通过数据中台实现“一次采集、多方复用”。

4.3 数据应用深度化

经由智能地分析挖掘数据的价值，得以支撑监管决策。一方面需要开展质量趋势分析，基于历史与实时数据构建质量指标变化曲线识别质量波动的规律，如发现某时间段混凝土强度合格率下降，需要进一步地分析原材料、施工工艺、养护条件等因素，务必找出问题的根源；另一方面应开展关联分析，即探究不同质量参数之间的关系，比如分析模板平整度与混凝土表面质量的关联度，以明确关键的影响因素，在针对因素优化监管的重点。此外利用人工智能算法构建质量风险预测模型，在其中输入当前施工参数，便能预测后续工序可能会出现的质量风险。

5 监管能力提升

智慧建造技术的应用离不开监管人员的操作与平台的稳定运行，一旦人员技术素养不足、平台支撑能力薄弱，将导致技术的应用流于形式。因此需从人员培训与平台建设两方面提升监管能力，进而为智慧监管的落地提供保障^[4]。

5.1 人员技术素养提升

针对于不同层级、不同岗位的监管人员需要设计差异化的培训内容。像高层监管决策人员，重点要培训智慧建造技术的应用趋势、数据驱动决策方法，可通过案例分析（如某项目通过智慧监管提升质量合格率的案例）为其讲解技术如何支撑着宏观决策；对中层协同管理人员，重点是培训智慧平台的操作流程、多参与方协同机制，可以借助模拟操作演练（如在测试平台上模拟审核质量报告、处理预警信息）提升其平台使用能力；面对一线监管人员，应该培训物联网设备操作（如传感器安装、数据查看）、移动终端使用（如现场拍照上传、偏差记录）、BIM 模型基础应用（如查看构件标准参数、比对现场数据），建议通过现场实操（如在工地现场练习使用激光扫描仪检测模板平整度）强化其技能。

5.2 平台支撑能力建设

稳定性：若采用云原生架构搭建智慧监管平台，即可利用云计算的弹性伸缩能力应对数据量波动（如施工高峰期数据量激增）。同时部署多区域备份系统，当某一区域服务器故障时，便能自动地切换至备份服务器，进而避免平台中断^[5]。

安全性：为确保平台的安全性，需要构建“多层防护”体系，其中数据传输层面建议采用加密技术（如 SSL/TLS），从而防止数据在传输过程中被窃取；而数据存储层面可以采用分区存储与访问控制，对敏感数据（如项目商业信息、个人信息）加密进行存储，且不同角色仅能访问权限范围内的数据；系统层面则要部署防火墙、入侵检测系统，严防黑客攻击与恶意软件。

可扩展性：平台设计可以采用模块化架构，预留好接口（如与新的物联网设备、第三方系统的对接接口）。在往后出现新技术（如数字孪生、元宇宙）或新监管需求（如绿色施工质量监管）时，便可通过新增模块或升级现有模块快速进行适配，并无需重构整个平台。

6 结语

总的来说，智慧建造技术为建设工程质量监管的数字化、智能化升级提供了关键的路径，其实际应用不但解决了传统监管的痛点问题，还能推动质量监管模式从经验驱动向数据驱动、从被动应对向主动预防的转变。而本文提出的监管体系重构、技术应用适配、数据协同管理、监管能力提升的四大策略，从体系、技术、数据、人员四个核心维度构建了智慧建造技术在质量监管中的完整应用框架，为技术落地提供了清晰的路径。

参考文献

- [1] 秦西亚.大数据智慧建造技术在交通工程施工管理中的研究与应用[J].绿色建造与智能建筑,2023,(05):53-56+61.
- [2] 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,2023,49(10):209-211.
- [3] 毕研芳.BIM技术在建筑工程智慧建造中的应用研究[J].科技与创新,2024,(14):185-187.
- [4] 李诚.物联网技术在智慧工程建设中的应用实践[J].科学与信息化,2024,(17):83-85.
- [5] 金博.应用节能降耗技术在建筑工程施工建设中的研究与应用[J].工程技术与管理(香港),2025,(09):103-105.