

智慧工地平台在建筑工程质量实时监管中的实践与应用

张建明

江西翔万建筑有限公司 江西抚州 344000

摘要：建筑工程质量监管是保障工程安全与使用功能的核心环节，传统监管模式存在数据滞后、覆盖不全、协同低效等问题，难以适应现代化工程建设需求。智慧工地平台融合物联网、大数据、人工智能等先进技术，构建全流程、全要素的质量实时监管体系，为解决传统监管痛点提供了有效路径。本文构建智慧工地平台支撑质量实时监管的技术架构，从感知层、网络层、平台层阐述技术运行逻辑；系统分析平台在关键工序监控、质量验收协同、缺陷闭环管理中的核心应用；提出标准化数据接口、组织协同、数据安全等实践保障措施。研究旨在通过技术赋能提升建筑工程质量监管的精准性、时效性与协同性，为建筑工程质量管控提供实践参考，推动建筑行业高质量发展。

关键词：智慧工地平台；建筑工程；质量实时监管；技术架构

引言

建筑工程质量关乎人民生命财产安全和社会公共利益，是建筑行业可持续发展的基石。随着工程规模扩大、技术复杂度提升，传统基于人工巡检和纸质记录的质量监管模式弊端渐显，如数据采集依赖人工，存在失真、滞后问题；监管范围有限，难以全工序、全时段覆盖；参建方信息沟通不畅，协同监管效率低，质量隐患难以及时发现与整改。数字化转型背景下，智慧工地平台应运而生，它整合多种技术，实现质量数据自动化采集、实时传输、智能分析与可视化呈现。将其应用于质量实时监管，可突破传统监管局限，实现监管从被动到主动、从经验到数据、从分散到协同的转变。因此，深入研究其在质量实时监管中的应用，构建技术架构与应用体系，完善保障措施，对提升监管水平、推动行业数字化转型意义重大。

一、智慧工地平台支撑质量实时监管的技术架构

（一）感知层：施工现场质量数据的自动化采集

感知层是智慧工地平台质量监管的基础，核心功能是实现施工现场质量相关数据的自动化、高精度采集，为后续监管分析提供原始数据支撑。感知层部署各类物联网终端设备，覆盖工程施工全流程、全要素，采集施工过程中参数、材料质量信息、构件安装精度、环境影响因素等多维度数据。施工过程中参数采集借助传感器、智能仪表等设备，如在混凝土浇筑现场部署温湿度传感器，在钢筋加工区安装数控设备数据采集终端，在起重机械

上安装力矩限制器与倾角传感器。材料质量信息采集利用RFID标签、二维码等技术，对进场原材料、构配件唯一标识，记录材料规格等信息以实现全程追溯。构件安装精度采集采用激光测距仪等技术，实时测量高程偏差等数据确保安装质量。环境影响因素采集通过部署扬尘传感器等设备，记录施工现场环境数据，为分析环境因素对工程质量的影响提供依据^[1]。

（二）网络层：质量数据的实时传输与汇聚

网络层是智慧工地平台数据流通的枢纽，负责将感知层采集的海量质量数据实时、稳定地传输至平台层，实现数据的集中汇聚。网络层采用有线与无线结合的混合组网方式，根据施工现场不同区域网络覆盖需求和环境条件选合适传输技术，确保数据传输时效与可靠。在施工现场核心区域，如项目部、材料堆场等，用光纤有线网络连接，其传输速率高、稳定性强、抗干扰好，可满足海量数据高速传输需求。在作业面分散、移动性强区域，如主体结构施工层等，用5G、Wi-Fi 6、LoRa等无线网络技术实现数据无线传输。5G低延迟、高带宽、广连接，能满足实时视频监控等时效性要求高的场景；Wi-Fi 6适用于短距离、高密度设备接入场景；LoRa低功耗、远距离、抗干扰，适用于低速率、低功耗传感器数据传输。网络层部署边缘计算节点，对实时数据初步处理与筛选，过滤冗余数据，减少传输量，提升效率，确保关键质量数据快速上传平台层。

（三）平台层：质量数据的处理分析与可视化

平台层是智慧工地平台质量监管的核心，负责对网

络层传输的质量数据进行存储、处理、分析，并以可视化方式呈现监管结果，为质量决策提供支撑。平台层采用云原生架构，结合大数据存储、人工智能分析、可视化展示等技术构建质量监管平台。数据存储采用分布式存储架构，结合多种存储技术满足不同类型质量数据存储需求，其中关系型数据库存储结构化数据，非关系型数据库存储半结构化与非结构化数据，时序数据库存储传感器采集的时序数据并支持时间序列查询与分析。数据处理分析运用大数据挖掘等技术对质量数据深度分析，通过建立质量预警模型动态监测实时数据，超阈值自动预警；构建质量评估模型综合评估工程质量；用关联分析技术挖掘数据联系、识别质量隐患根源。数据可视化采用多种形式，将质量数据等信息直观展示给监管人员，内容涵盖工程质量总体状况等，监管人员可实时掌握工程质量动态、及时处理问题^[2]。

二、智慧工地平台在质量实时监管中的核心应用

(一) 关键工序的实时监控与预警

关键工序的施工质量直接决定工程整体质量，智慧工地平台通过对关键工序实施全流程实时监控，及时发现质量偏差，发出预警信息，指导现场整改。在混凝土施工工序中，平台通过感知层部署的温度传感器、湿度传感器，实时采集混凝土浇筑温度、养护环境温度与湿度数据，传输至平台层后，与预设的养护标准参数进行对比分析。当养护温度低于或高于标准范围、湿度不足时，平台自动发出预警信息，通过手机APP、短信、平台弹窗等方式通知现场管理人员与作业人员，及时采取保温、保湿等整改措施。某住宅项目利用智慧工地平台对混凝土养护过程实时监控，将养护期温度、湿度数据实时上传，平台依预设阈值自动预警，保证养护质量，降低裂缝产生概率。在钢筋工程工序，部署高清摄像头与AI视觉识别设备，实时监控钢筋绑扎间距、数量、保护层厚度等关键参数，AI视觉识别系统经图像分析自动识别合规性，发现问题立即预警，推送违规图像与位置信息，便于监管人员及时整改。在钢结构安装工序，运用BIM+GNSS定位技术，实时监测钢构件安装位置、高程、垂直度等数据，并与BIM模型设计参数比对，偏差超范围时平台自动预警，指导操作人员调整姿态，确保安装精度符合设计要求。

(二) 质量验收的线上协同与追溯

智慧工地平台打破传统质量验收模式的时空限制，实现各参建方线上协同验收，同时建立完整的质量验收追溯体系，确保验收过程可查、责任可追。传统质量验

收需各方人员到场共同验收，流程繁琐、效率低下，且验收记录采用纸质形式，不易保存与查询。智慧工地平台构建线上验收流程，施工单位完成某道工序施工后，通过平台上传验收申请、施工记录、检测数据、现场图片与视频等资料；监理单位、建设单位等相关方通过平台在线查看验收资料，远程审核验收内容，若资料齐全、符合要求，可在线签署验收意见；若存在问题，可通过平台反馈整改意见，施工单位整改完成后再次上传整改资料，直至验收合格。某商业综合体项目借助智慧工地平台实现质量验收线上协同。施工单位上传钢筋工程验收资料，含钢筋加工参数、绑扎施工记录等。监理单位在线审核资料，对关键部位远程查验，合格后在线签署文件，验收流程较传统模式时间减半，提升了效率。同时，平台自动记录验收全过程信息，形成完整档案，实现全程追溯。后续出现质量问题，可通过平台查询记录、明确责任主体，为处理问题提供依据^[3]。

(三) 质量缺陷的智能识别与闭环管理

智慧工地平台通过人工智能技术实现质量缺陷的智能识别，并构建缺陷发现、整改、复查、销项的闭环管理流程，确保质量缺陷及时得到处理。在工程施工过程中，通过部署的高清摄像头、无人机巡检设备，对施工现场进行全方位、无死角拍摄，采集施工影像资料。平台运用深度学习算法对采集影像资料智能分析，自动识别墙面裂缝、地面空鼓等常见质量缺陷。无人机巡检技术用于大面积、高空作业区域的质量缺陷识别，某桥梁工程项目用无人机巡检桥梁上部结构、桥面铺装，拍摄高清影像上传平台，平台通过图像识别技术自动识别桥面裂缝等缺陷，标注相关信息并生成报告。对于识别出的缺陷，平台自动创建整改任务，分配给责任人员并设定期限。责任人员收到任务后组织整改，完成后上传资料申请复查。监理单位在线查看资料，必要时现场复查，合格后签署意见完成销项；不合格则要求重新整改，直至缺陷消除。通过闭环管理流程，确保质量缺陷及时有效处理，保障工程质量。

三、智慧工地平台应用的实践保障

(一) 标准化数据接口与系统集成

标准化数据接口与系统集成是智慧工地平台顺利应用的技术保障，能够实现平台与各相关系统的数据互通与功能协同，避免形成信息孤岛。智慧工地平台需要与施工企业管理系统、政府监管平台、第三方检测机构系统、材料供应商系统等多个外部系统进行集成，涉及大量数据交换与共享。因此，必须制定统一的数据接口标

准,明确数据格式、传输协议、接口规范等,确保不同系统之间的数据能够无缝对接与互认。

在数据接口标准制定过程中,应参考国家、行业相关标准规范,结合工程质量监管的实际需求,明确质量数据的采集范围、数据类型、编码规则等。例如,统一规定材料信息数据(如材料名称、规格型号等)字段格式与编码,明确工序质量数据(如工序名称、施工时间等)传输规范。同时,采用开放API接口设计,支持不同系统接入集成。通过标准化数据接口,智慧工地平台可实时获取施工进度、监管要求、检测数据、材料质量等多系统数据,实现协同共享,提升质量监管全面性与准确性^[4]。

(二) 组织协同与管理流程再造

组织协同与管理流程再造是智慧工地平台应用的组织保障,能够打破传统管理模式的壁垒,实现各参建方的高效协同,充分发挥平台的监管效能。智慧工地平台的应用不仅是技术的升级,更是管理模式的变革,需要对传统的质量监管流程进行再造,建立适应平台应用的协同管理流程。

在组织协同方面,明确建设单位、施工单位、监理单位、设计单位、第三方检测机构等各参建方在质量监管中的职责与权限,建立多方协同的质量监管机制。通过智慧工地平台设立统一的协同工作模块,实现各方人员的在线沟通、文件传输、意见反馈等功能,打破时空限制,提升协同效率。例如,施工单位在平台上提交质量验收申请后,平台自动通知监理单位、建设单位等相关方进行审核,各方可在平台上实时查看申请资料,发表审核意见,实现线上协同验收。在管理流程再造方面,简化传统繁琐的质量监管流程,优化质量数据采集、审核、分析、预警、整改等环节,建立扁平化、高效化的管理流程。

(三) 数据安全与隐私保护机制

数据安全与隐私保护是智慧工地平台应用的安全保障,能够防范数据泄露、篡改、滥用等风险,确保质量数据的安全性与合规性。智慧工地平台汇聚了大量的工程质量数据、企业商业信息、人员隐私信息等敏感数据,这些数据的安全直接关系到工程安全、企业利益与个人权益。因此,必须建立完善的数据安全与隐私保护机制,加强数据全生命周期的安全防护。

在数据采集阶段,采用加密传输技术,对感知层采

集的数据进行加密处理后再传输至网络层,防止数据在传输过程中被窃取或篡改。在数据存储阶段,采用数据加密存储、访问权限控制、数据备份与恢复等技术保障安全。加密存储敏感数据,设严格访问权限,仅授权人员可访问;定期备份数据,建异地备份中心,防数据因硬件故障、自然灾害等丢失。在数据使用阶段,建立数据访问审计机制,全程记录数据的访问、查询、修改、删除等操作,便于追溯;加强用户身份认证与权限管理,采用多因素认证、动态口令等技术,防未授权人员登录获取数据。在数据共享阶段,明确共享范围、条件与权限,采用数据脱敏技术处理隐私与敏感信息,确保安全与隐私保护。同时,制定数据安全应急预案,定期开展风险评估与应急演练,提高应对能力,确保智慧工地平台安全稳定运行^[5]。

结语

智慧工地平台整合先进技术,构建质量实时监管体系,为工程质量监管提供新手段。其技术架构实现质量数据自动化采集、传输与分析,核心应用涵盖关键工序监控等环节,实践保障从技术标准等方面支撑平台应用。该平台应用解决传统监管模式问题,提升监管精准性、时效性与协同性,保障工程质量管控。在行业数字化转型中,它将成提升工程质量的重要引擎。未来需推进技术创新与实践探索,优化功能、完善体系、加强推广,发挥其核心作用,推动行业高质量、智能化、绿色化发展。

参考文献

- [1]周朝辉,嵇威威,杨继伟.无人机在智慧工地上的应用探究[C]//第26届华东六省一市土木建筑工程建造技术交流会.浙江省土木建筑学会,2020.
- [2]王蜀元,程蒴,吴春艳,等.建筑行业智慧工地安全监管平台的设计研究[J].中小企业管理与科技,2022(011):000.
- [3]彭雪晴.智慧工地政府监管信息系统构建研究[D].中南大学,2022.
- [4]王蜀元,程蒴,吴春艳,等.建筑行业智慧工地安全监管平台的设计研究[J].中小企业管理与科技,2022(11):124-126.
- [5]无.成都智慧工地平台应用实践[J].中国建设信息化,2021,000(012):P.34-37.