

基于智能预警与在线验收的建筑施工质量监管模式研究

文 / 王 飞 浙江明康工程咨询有限公司安徽省分公司

摘要：为提升建筑施工质量监管水平，文章聚焦智能预警与在线验收相结合的监管模式。通过系统集成实现数据共享，构建互动及实时监控反馈机制。研究分析了智能预警技术在实时数据监控、问题预测等方面，以及在线验收技术在远程数据上传、电子化流程等方面的应用。结果表明，加强技术支持、完善算法标准、推动平台建设、强化人员培训等实施策略，能有效促进建筑施工质量监管的智能化与信息化发展。

关键词：建筑施工；质量监管；智能预警；在线验收；信息化管理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.14.042

引言

随着建筑业规模的不断扩大，工程的复杂性也日益增加，传统的施工质量监管模式的弊端日益显现。目前主要依靠人工巡检，效率低且容易出现疏漏，很难及时发现潜在的质量隐患，验收过程烦琐且耗时较长，严重影响了项目的进度和质量控制。同时，信息技术的快速发展也给建筑业带来了新的动力。在这一背景下，基于智能预警和在线验收相结合的施工质量监管模式应运而生，其目的是利用先进技术突破传统监理瓶颈，提高监理效率，保障建设项目的高质量交付，促进建筑业的可持续发展。

一、智能预警与在线验收相结合的建筑施工质量监管模式

（一）系统集成与数据共享

在智能预警与在线验收相结合的建筑施工质量监管模式中，系统集成是基石。该模式整合建筑施工过程中涉及的各类子系统，如工程进度管理系统、材料采购与库存管理系统、施工现场监控系统等，打破信息孤岛。通过统一的数据接口与通信协议，使各系统数据能够顺畅流通、交互。例如，施工现场监控系统捕捉到施工设备运行数据后，可即时传输至工程进度管理系统，为进度评估提供依据。数据共享则进一步提升监管效能。施工团队、监理单位、业主等不同参与方，都能通过授权访问同一数据平台。各方实时获取施工质量相关数据，包括材料检验报告、工序完成情况等。材料供应商上传材料批次信息及质量检测结果，施工方依据这些数据安排施工，监理单位同步监督，确保各方基于准确、一致的数据开展工作，避免因信息不对称导致的质量问题与沟通成本，全方位提升施工质量监管的协同性与精准度。

（二）智能预警与在线验收的互动机制

智能预警与在线验收并非孤立运作，而是紧密互动。智能预警系统依托传感器、大数据分析等技术，实时监测施工过程中的关键指标。当混凝土浇筑温度超出适宜范围、建筑结构应力接近安全阈值等异常情况出现时，预警系统即刻发出警报。此警报信息会同步推送至在线

验收平台，验收人员可迅速查看异常详情，并结合施工进度，判断是否需暂停验收流程，提前介入处理质量隐患。在线验收环节也会反馈信息给智能预警系统。验收过程中发现的施工工艺偏差、质量不达标问题，经平台记录并分析后，可为智能预警系统优化算法提供数据支撑。例如，多次出现某类装修材料拼接缝隙过大的验收问题，智能预警系统可针对性调整对该工序的监测参数，提升预警精准度，二者相互促进，形成动态循环，持续提升建筑施工质量监管水平，保障工程质量稳步提升。

（三）实时监控与反馈机制的建立

实时监控是保障施工质量的关键手段。施工现场部署大量传感器，对施工环境（温湿度、噪音等）、施工设备运行状态（转速、功率等）、建筑材料性能（强度、含水率等）进行24小时不间断监测。这些实时数据通过无线网络快速传输至监管中心。监管人员借助可视化监控界面，能直观掌握施工现场全貌，如同身临其境。反馈机制则确保问题能及时解决。一旦监控发现异常，系统自动生成问题工单，详细描述问题发生时间、地点、类型等信息，并推送至相关责任人手机端。责任人收到工单后，迅速组织整改，整改过程同样通过视频、照片等形式实时上传至系统。监管人员依据反馈信息，跟踪整改进度，直至问题彻底解决，形成“发现问题-反馈问题-解决问题-跟踪结果”的闭环管理，全方位保障建筑施工质量处于可控状态，有效预防质量事故发生。

二、智能预警与在线验收在建筑施工质量监管中的应用

（一）智能预警技术在施工质量监管中的应用

1. 实时数据监控与预警机制

在建筑施工现场，智能预警技术构建起全方位实时数据监控与预警机制。各类传感器星罗棋布，它们如同敏锐的“触角”，紧密贴合施工的各个环节。温度传感器时刻感知混凝土搅拌及浇筑过程中的温度变化，压力传感器精准捕捉建筑结构所承受的压力数值，位移传感器严密监测建筑物主体是否出现异常位移。这些传感器收集的数据，以毫秒级的速度通过高速无线网络传输至

智能预警系统核心处理单元。一旦数据触及预先设定的质量安全阈值，预警系统便迅速响应，以声光、短信、弹窗等多种形式向相关责任人发出警报。例如，当监测到深基坑支护结构的位移速率超出安全范围，预警信息会瞬间推送至现场施工负责人、监理工程师等手机上，为及时采取加固措施争取宝贵时间，有效预防基坑坍塌等严重质量安全事故发生^[1]。

2. 数据分析与问题预测

智能预警技术凭借强大的数据处理与分析能力，对海量施工数据进行深度挖掘。系统运用数据挖掘算法、机器学习模型等技术，梳理数据间隐藏的关联与规律。通过对历史施工数据以及实时监测数据的比对分析，精准预测可能出现的质量问题。比如，对过往多个项目中钢筋焊接质量数据进行分析，结合当前施工的焊接工艺参数、钢筋材质等实时数据，系统能够提前预判焊接点可能出现的虚焊、脱焊等质量缺陷。当发现某一区域施工的混凝土试块强度数据呈现逐渐下降趋势时，经数据分析模型运算，可预测后续混凝土浇筑可能存在强度不达标的风险，从而提前调整配合比或施工工艺，将质量隐患扼杀在萌芽状态，极大提升施工质量监管的前瞻性与主动性。

3. 自动化决策与行动建议

智能预警系统不仅能及时发现问题、预测风险，还具备自动化决策与提供行动建议的功能。一旦触发预警，系统立即依据预设的规则与算法，生成针对性的解决方案。例如，当监测到施工现场某台塔吊运行参数异常，可能存在安全隐患时，系统自动分析异常原因，若是因起吊重量超载，系统迅速给出降低起吊重量、检查塔吊机械部件等具体操作建议，并自动控制塔吊限制起吊重量，防止危险进一步扩大。对于复杂的施工质量问题，系统整合专家知识库、过往案例经验，为监管人员提供多种可行的处理方案，并依据风险等级、施工进度等因素进行排序，辅助监管人员快速做出科学决策，高效解决施工质量问题，保障工程顺利推进。

(二) 在线验收技术在施工质量监管中的应用

1. 远程在线数据上传与监控

在线验收技术突破了地理空间的限制，实现了在线数据的远程上传和监控。施工人员利用手机、平板等移动终端设备对施工区域进行拍照、录像，并将墙面平整度、管线安装坡度等施工关键参数实时上传到网上验收平台^[2]。不管是监理还是业主，都可以通过这个平台，随时查看这些数据，就像是在现场一样。例如，在边远地区的建设工程中，建筑工人在砌完一层墙后，立即上传墙体外观照片、砖缝厚度测量数据，总部的质检人员可以在第一时间对其进行审核，对不符合验收标准的部位及时提出整改意见，防止由于验收不及时造成的后续

施工失误积累，有效地提高验收效率，保证施工质量全过程受控。

2. 电子化验收与无纸化流程

在线验收推动施工质量监管步入电子化、无纸化时代。传统纸质验收资料填写繁琐、易丢失且查阅不便，在线验收平台则将验收流程全面电子化。从检验批验收记录、分项工程验收报告到竣工验收证书等，所有文件均以电子文档形式存在于平台。施工方在线填写验收表格，上传相关证明材料，监理方在线审核、签署意见，整个过程清晰可追溯。电子签名、电子印章技术的应用(如图一所示)，确保验收文件的法律效力。例如，一份建筑节能分部工程验收，各方在平台上依次完成资料填报、审核、签字，无需再像以往那样打印、邮寄纸质文件，极大缩短验收周期，减少纸张消耗，同时提升验收流程的规范性与便捷性，让施工质量验收管理更加高效有序。



图一：电子印章生产

3. 跨部门协同与统一平台

在线验收搭建起跨部门协同工作的统一平台。施工团队、监理单位、设计单位、业主以及质量监督部门各方，基于同一在线验收平台开展工作。各方在平台上各司其职，又紧密协作。施工方提交验收申请与相关资料，监理方进行质量审核，设计单位对涉及设计变更等问题提供专业意见，业主随时了解验收进展并参与决策，质量监督部门依职责监督整个验收过程^[3]。例如，在大型商业综合体项目的竣工验收阶段，各部门通过平台协同工作，及时沟通解决消防验收、装修工程验收等环节出现的问题，避免因部门间沟通不畅导致的验收延误，实现施工质量监管的全方位、全流程协同，保障项目高质量交付。

三、建筑施工质量监管中智能预警与在线验收实施策略

(一) 加强技术支持与基础设施建设

技术支持与基础设施是智能预警与在线验收在建筑施工质量监管中得以有效实施的根基。一方面，需要持续加大对传感器技术、通信技术、云计算技术等研发投入。在传感器方面，研发更精准、耐用且适用于复杂施工环境的新型传感器，使其能更精确地采集各类施工数据，如高精度的应力应变传感器，可更精准捕捉建筑

结构细微的受力变化。在通信技术上,推广 5G 甚至未来更高速的网络,确保施工现场海量数据能快速、稳定地传输至智能预警系统与在线验收平台,避免数据延迟与卡顿。同时,依托云计算强大的存储与运算能力,搭建高效的数据处理中心,对施工数据进行实时分析与存储。另一方面,要强化施工现场的基础设施建设。在施工现场合理布局网络基站,保证无线网络全覆盖,为传感器数据传输、移动终端设备接入在线验收平台提供良好网络环境。完善电力供应设施,保障各类智能设备、监控系统稳定运行,避免因断电影响数据采集与传输。只有不断夯实技术与基础设施,才能为智能预警与在线验收的高效运行提供坚实保障,推动建筑施工质量监管向智能化、信息化迈进。

(二) 完善智能预警算法与监测标准

智能预警算法的精准度以及监测标准的科学性直接关系到建筑施工质量监管的成效。完善智能预警算法,需不断优化数据挖掘、机器学习等算法模型。通过对大量历史施工数据以及实际工程中积累的异常数据进行深入分析,调整算法参数,提升算法对施工质量问题的识别与预测能力。例如,针对混凝土裂缝问题,利用深度学习算法对不同环境、施工工艺下混凝土的变形数据进行学习,使算法能更准确地预测裂缝出现的可能性与发展趋势。与此同时,要构建统一、完善的监测标准体系^[4]。明确不同施工环节、建筑材料、工程部位的质量监测指标与阈值,涵盖从基础施工到主体结构,再到装饰装修等各个阶段。比如,对钢筋混凝土结构的钢筋间距、混凝土强度等制定详细且精准的监测标准,对建筑外墙保温材料的导热系数、防火性能等设定明确标准值。定期更新与完善监测标准,使其紧跟建筑行业新技术、新材料、新工艺的发展步伐,确保智能预警系统依据科学合理的标准发出准确预警,为施工质量监管提供可靠依据。

(三) 推动在线验收平台的建设与应用

在线验收平台是实现高效施工质量验收的关键载体。在平台建设方面,要注重平台功能的全面性与易用性。开发涵盖施工资料上传、远程视频监控、在线审核签字、问题反馈与整改跟踪等一系列功能模块。采用简洁明了的操作界面设计,方便施工人员、监理人员、业主等不同用户使用,降低操作门槛。同时,加强平台的兼容性,使其能在不同类型的移动终端设备、电脑操作系统上稳定运行,满足施工现场多样化的使用需求。在推动平台应用过程中,通过政策引导、培训宣传等方式,鼓励建筑行业各方积极使用在线验收平台。为施工企业提供平台使用的技术支持与培训服务,使其熟练掌握平台操作流程。建立平台使用的激励机制,对积极应用平台且验收工作高效、规范的企业给予一定奖励^[5]。加强平台的

推广力度,组织行业交流活动,分享在线验收平台应用的成功案例,提高行业对平台的认知度与认可度,促使更多建筑项目借助在线验收平台提升施工质量验收效率与管理水平。

(四) 加强监管人员的培训与管理

监管人员的专业素养与管理水平对智能预警与在线验收的有效实施起着关键作用。在培训方面,开展多层次、多维度的培训活动。针对智能预警与在线验收相关技术知识,组织专业技术人员为监管人员进行系统培训,使其掌握传感器原理、数据传输机制、智能预警算法逻辑以及在线验收平台操作等方法,提升监管人员的技术应用能力。同时,加强施工质量验收标准、规范以及相关法律法规的培训,确保监管人员在实际工作中能准确依据标准进行质量监管与验收。在管理方面,建立健全监管人员考核评价机制。对监管人员的工作绩效、专业能力提升情况进行定期考核,考核结果与薪酬待遇、职务晋升挂钩,激励监管人员积极提升自身业务水平。加强对监管人员的职业道德教育,防止出现违规操作、失职渎职等行为,确保监管工作的公正性与严肃性。通过加强培训与管理,打造一支专业素质高、责任心强的建筑施工质量监管队伍,为智能预警与在线验收在施工质量监管中的顺利实施提供人力保障。

结语

综上所述,文章探讨了智能预警与在线验收相结合的建筑施工质量监管模式。通过系统集成实现数据共享,建立互动及实时监控反馈机制,在施工质量监管中发挥重要作用。实施策略涵盖技术支持、算法标准完善、平台建设、人员培训管理等方面,有效提升监管水平。展望未来,随着技术不断进步,该模式有望进一步优化,深度融合新兴技术,拓展应用场景,持续为建筑行业施工质量监管注入新活力,助力行业高质量发展。

参考文献

- [1] 林海文. 探讨建筑管理中加强工程质量的措施 [J]. 住宅与房地产, 2024, (32): 66-68.
- [2] 杜黄立. 智能建筑中消防安全监测与预警技术研究 [J]. 消防界(电子版), 2024, 10(05): 39-41.
- [3] 黄海荣, 任旭升, 郭勇博. 建筑施工数字孪生模型智能预警技术研究 [J]. 建筑技术开发, 2024, 51(02): 3-6.
- [4] 章巍, 严鸿平, 钱和平, 等. 基于图像异类特征融合的基建工地现场安全智能预警系统 [J]. 机械与电子, 2021, 39(04): 76-80.
- [5] 舒庆子. 建设工程档案验收问题及对策研究 [J]. 兰台世界, 2024, (S1): 195-196.

作者简介: 王飞, 1981年11月, 男, 回族, 安徽省蚌埠市人, 中级, 本科, 专业: 建筑工程。