

智能化技术在建筑工程监理质量管理中的应用

袁志广

(中铁一院集团南方工程咨询监理有限公司)

【摘要】文章针对传统建筑工程监理质量管理中人工效率低、隐患识别滞后、数据割裂的问题，结合智能化技术（物联网、AI、BIM、数字孪生）的实时性、智能化特性，分析传统监理的局限与技术适配优势，详解智能监测、AI判定、BIM技术协同、数字孪生在监理质量管理中的应用要点，旨在提升监理质量管控精度与效率，保障建筑工程质量，为监理行业智能化转型提供支撑。

【关键词】智能化技术；建筑工程监理；质量管理；BIM技术；AI识别

中图分类号：TU712.3；TU712.2

DOI：10.13655/j.cnki.ibci.2026.05.041

Application of Intelligent Technology in Quality Management of Construction Engineering Supervision

YUAN Zhi-guang

(China Railway First Hospital Group South Engineering Consulting Supervisory Co., Ltd.)

【Abstract】Aiming at the problems of low manual efficiency, delayed hidden danger identification and fragmented data in quality management of traditional construction engineering supervision, combined with the real-time and intelligent characteristics of intelligent technologies (Internet of Things, AI, BIM, digital twin), this paper analyzes the limitations of traditional supervision and the adaptation advantages of technologies, and details the application points of intelligent monitoring, AI judgment, BIM technology collaboration and digital twin in supervision quality management. It aims to improve the accuracy and efficiency of supervision quality control, ensure the quality of construction projects, and provide support for the intelligent transformation of the supervision industry.

【Keywords】intelligent technology; construction engineering supervision; quality management; BIM technology; AI identification

1 引言

建筑工程监理是保障工程质量的关键环节，核心职责是对施工全过程的质量、安全、进度进行监督管控。传统监理质量管理存在显著短板，易造成返工成本增加与工期延误。随着物联网、AI、BIM等智能化技术的成熟，其“实时监测、智能分析、数据集成、协同联动”的能力，为突破传统监理局限提供了路径。基于此，本文系统研究智能化技术在建筑工程监理质量管理中的应用，为工程实践提供参考^[1]。

2 传统建筑工程监理质量管理的局限与智能化技术适配优势

2.1 传统建筑工程监理质量管理的核心局限

2.1.1 人工巡检效率低且覆盖不足

传统监理依赖人工现场巡检，受限于人员精力与作业环境，效率低下且覆盖范围有限。高层建筑外墙面、幕墙玻璃等高空区域，需借助脚手架或吊篮

作业，巡检周期长（单栋建筑需2d~3d）且存在安全风险；深基坑支护结构、地下管线预埋等隐蔽工程，人工仅能通过抽检方式监测，难以全面掌握质量状况，易出现“抽检合格但整体存在缺陷”的问题。

2.1.2 质量数据割裂且追溯困难

质量数据多以纸质文档或独立电子表格形式存储，不同环节数据分散在施工、检测、监理等不同主体手中。例如，混凝土强度检测报告、钢筋间距检查记录、管线安装验收单分别由不同人员保管，当后期出现墙面开裂、管线渗漏等问题时，需跨部门调取多份资料核对，难以快速追溯问题根源，增加质量纠纷处理难度。

2.1.3 隐患识别滞后且依赖经验

质量隐患识别高度依赖监理人员的经验与专业能力，对隐性缺陷的判断力差异较大。如混凝土表面蜂窝麻面、钢筋保护层厚度不足等问题，若监理人员经验不足，易误判或漏判；且隐患识别多在施工工序完成后进行，如模板拆除后才发现混凝土浇筑缺

陷,需凿除重浇,不仅增加成本,还延误工期。

2.1.4 多主体协同管理薄弱

监理需协调建设、施工、设计、检测等多主体,但传统协同依赖会议沟通与文件传递,信息同步滞后。例如施工方提交工序验收申请后,需人工送达监理办公室,监理审核后再反馈意见,整个流程耗时1d~2d;若验收中发现问题,整改方案需多方线下沟通确认,易出现信息偏差,导致整改不到位,影响效率。

2.2 智能化技术的适配优势

2.2.1 智能监测提升效率与覆盖范围

智能化技术可突破人工巡检的局限,实现全范围、高效率监测。物联网传感器可嵌入混凝土、钢结构、支护结构等关键部位,24h采集温度、应力、位移等质量参数,无需人工值守;无人机可搭载高清相机与激光雷达,1h内完成单栋高层建筑外立面巡检,覆盖范围是人工的10倍以上,且能捕捉细微裂缝等缺陷,大幅提升监测效率与覆盖度。

2.2.2 质量数据集成与全链追溯

智能化技术可构建统一的质量数据平台,整合全流程数据,实现可追溯管理。物联网传感器、AI识别设备采集的质量数据,自动同步至平台并关联工程部位;监理人员可通过平台一键调取任意工序的检测数据、验收记录、缺陷整改情况,无需跨部门核对资料,当出现质量问题时,30分钟内即可追溯至具体施工时间、人员与检测参数,快速定位根源^[2]。

2.2.3 AI辅助提前识别质量隐患

AI技术可通过图像识别、数据建模等方式,自动识别质量缺陷并提前预警,减少对人工经验的依赖。例如AI图像识别算法可对比标准图像与现场拍摄的混凝土表面、钢筋布置图像,自动标记蜂窝麻面、钢筋间距超标等缺陷,识别准确率达90%以上;基于历史质量数据的AI模型,还可预判高风险工序,提醒监理提前重点管控。

2.2.4 多主体协同优化管理

BIM、云端协同平台等技术可打破多主体信息壁垒,实现实时协同。建设、施工、监理、设计方通过云端平台共享工程数据,施工方提交验收申请后,监理可在线查看申请资料与现场影像,1h内完成审核并反馈意见;设计方若需修改图纸,可在平台同步更

新,监理与施工方实时获取修改内容,避免因信息不同步导致的施工偏差,提升协同效率。

3 智能化技术在建筑工程监理质量管理中的具体应用

3.1 智能监测技术在质量数据采集的应用

3.1.1 物联网传感器实时监测关键质量参数

在工程关键部位部署物联网传感器,实时采集质量相关参数,为监理质量判定提供数据支撑。混凝土浇筑阶段,在模板内嵌入温度传感器与湿度传感器,监测混凝土养护温度(确保不低于5℃)与含水率(控制在规范范围内),数据实时传输至监理平台,若温度过低或含水率异常,平台自动预警,监理可及时要求施工方调整养护措施;钢结构安装阶段,在钢柱、钢梁关键节点安装应力传感器与位移传感器,监测结构受力与变形情况,避免因应力超标导致的结构安全隐患;地下管线预埋阶段,采用智能压力传感器监测管道密封性,若存在渗漏,传感器可实时反馈压力变化,监理无需开挖即可发现问题。

3.1.2 无人机巡检与高清成像监测

利用无人机开展大范围、高空区域的质量巡检,弥补了人工覆盖不足的短板。在高层建筑外立面监理中,无人机搭载4K高清相机与热成像仪,按预设航线(飞行高度50m~80m,拍摄重叠率80%)飞行,获取外立面图像与温度分布数据,监理通过图像可识别墙面裂缝(最小识别宽度0.2mm)、幕墙玻璃破损、外墙瓷砖空鼓等缺陷;在深基坑周边巡检中,无人机搭载激光雷达,生成基坑边坡三维点云模型,对比不同时期模型,监测边坡位移量(精度达毫米级),若位移超阈值,及时提醒施工方加固;在屋面防水监理中,无人机热成像仪可检测防水层空鼓区域,避免人工敲击检测的漏判问题。

3.2 AI技术在质量缺陷判定的应用

3.2.1 图像识别自动检测外观质量缺陷

将AI图像识别技术应用于外观质量缺陷检测,减少人工判断误差。在墙面、地面抹灰质量监理中,监理人员用手机拍摄现场图像,上传至AI质量判定平台,平台通过深度学习算法自动识别空鼓、裂缝、平整度超标等问题,标记缺陷位置与严重程度,并生

成检测报告;在钢筋绑扎质量监理中,AI算法对比设计图纸与现场拍摄的钢筋布置图像,自动检测钢筋间距、根数、保护层厚度是否符合要求,若间距超标,平台直接标注偏差值,监理无需逐点测量,效率提升。

3.2.2 数据驱动的质量风险评估与预判

基于历史质量数据与实时监测数据,构建AI质量风险评估模型,提前预判高风险工序与潜在隐患。监理平台整合同类工程的质量缺陷数据,结合当前项目的混凝土配合比、养护温度、环境湿度等实时数据,AI模型可计算当前工序的质量风险值(如风险值超80分判定为高风险);若判定为高风险,平台自动推送预警信息,提醒监理重点关注该工序,如增加巡检频次、要求施工方提交专项保障方案,实现“提前预防”而非“事后整改”。

3.3 BIM技术在协同监理质量管理的应用

3.3.1 BIM技术模型预验与隐蔽工程监理

利用BIM技术模型开展施工前预验与隐蔽工程监理,减少后期返工。管线综合监理中,监理在施工前将建筑、结构、机电专业BIM技术模型整合,进行碰撞检测,提前发现管线与梁、管线与管线的碰撞问题(如给排水管与消防水管交叉),要求设计方优化方案,避免施工后才发现碰撞导致的管线拆改;在隐蔽工程(如地板铺设采暖管线)监理中,施工方按BIM技术模型定位管线后,监理将现场管线实际位置与BIM技术模型对比,若偏差超50mm,要求重新调整,确保隐蔽工程质量符合设计要求。

3.3.2 质量数据与BIM技术模型关联追溯

将全流程质量数据与BIM技术模型构件关联,实现“构件—数据”一键追溯。监理在BIM技术模型中点击任意构件,即可查看该构件的所有质量数据:钢筋原材检测报告、混凝土浇筑时间与强度检测结果、模板验收记录、后期巡检发现的缺陷及整改情况;当出现质量问题时,监理通过模型快速定位问题构件的相关数据,分析缺陷原因,提升处理效率。

3.4 数字孪生技术在动态质量管控的应用

3.4.1 工程实体与数字模型实时映射

构建工程数字孪生模型,实现现场质量状况与虚拟模型的实时同步。数字孪生模型基于BIM技术

模型构建,整合物联网传感器、无人机巡检、AI识别的实时数据,将工程实体的质量状态(如混凝土养护温度、钢结构位移、墙面缺陷位置)实时映射至虚拟模型;监理无需频繁到现场,通过查看数字孪生模型,即可掌握各部位质量情况。如模型中某段墙体标记为“空鼓”,点击即可查看空鼓面积、位置及现场照片,大幅减少现场巡检工作量。

3.4.2 质量风险模拟与整改效果预判

利用数字孪生模型开展质量风险模拟,预判整改方案效果,优化监理决策。当发现大体积混凝土存在温度裂缝风险时,监理在数字孪生模型中输入不同整改方案(如增加冷却水管、调整养护覆盖材料),模型模拟不同方案下混凝土温度变化与裂缝发展趋势,对比分析方案效果,帮助监理选择最优整改方案;整改实施后,模型实时反馈效果,验证整改是否达标,避免盲目整改导致的成本浪费。

4 结语

智能化技术通过“实时监测、智能判定、协同联动、动态管控”,有效突破了传统建筑工程监理质量管理的效率低、覆盖不足、隐患滞后、协同弱等局限,在质量数据采集、缺陷识别、多主体协同、风险预判中展现出显著优势,推动监理质量管理向“精准化、主动化、协同化”转型,为保障建筑工程质量提供了技术支撑。

未来需进一步推动智能设备国产化与成本降低,加强监理人员智能化技能培训,制定统一的数据标准实现多技术融合。同时,深化AI与数字孪生的结合,提升质量风险预判精度,助力监理行业全面实现智能化转型,为建筑工程高质量发展保驾护航。

参考文献

- [1] 吴思源. 浅谈人工智能在建设工程监理智能化中的应用[J]. 建材与装饰, 2025, 21 (9): 88-90.
- [2] 岑胜. 大数据分析在建筑工程监理质量管控中的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2025 (7): 38-40.