

智能化检测技术在工程质量监督中的应用效能与标准化研究

汤霞

奇台县公共检验检测中心，新疆昌吉州 831800

[摘要]伴随建筑工程规模持续拓展，以往依赖人工经验的质量监督方法，已难以达成高精度、高产出的监管预期。智能化检测技术凭借数据感知、实时剖析与自动反馈等方式，在增进检测精确性、强化监管实时效能、提高施工公开程度上优势凸显，如红外热成像、激光扫描、BIM 智能比对、无人机巡查等技术，大量应用于基础施工、结构监测、材料验收等众多环节。在某市实施的地铁隧道相关项目里，借助激光雷达完成沉降变形三维建模后，把风险预警响应的时间减少了差不多 42%。在某住宅工程里引入无线传感系统后，混凝土强度偏差率从 4.1% 滑落至 0.8%。但当进行技术推广的阶段，依旧要应对标准不统一局面、数据接口分散态势、监管规范滞后等情况。因此，有必要再去探索技术集成优化的路径，建立系统化与标准化兼具的质量监督体制，为智慧建造添砖加瓦。

[关键词]智能化检测；工程质量监督；检测效能；技术应用；监督标准

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17221

中图分类号: TU4

文献标识码: A

Research on the Application Efficiency and Standardization of Intelligent Detection Technology in Engineering Quality Supervision

TANG Xia

Qitai County Public Inspection and Testing Center, Changji Prefecture, Xinjiang, 831800, China

Abstract: With the continuous expansion of construction projects, the quality supervision methods that relied on manual experience in the past are no longer able to achieve high-precision and high-yield regulatory expectations. Intelligent detection technology, relying on data perception, real-time analysis, and automatic feedback, has prominent advantages in enhancing detection accuracy, strengthening real-time regulatory efficiency, and improving construction transparency. Technologies such as infrared thermal imaging, laser scanning, BIM intelligent comparison, and drone inspection are widely used in various aspects such as foundation construction, structural monitoring, and material acceptance. In a subway tunnel related project implemented in a certain city, the use of laser radar to complete three-dimensional modeling of settlement deformation reduced the response time for risk warning by about 42%. After introducing wireless sensing systems in a residential project, the concrete strength deviation rate dropped from 4.1% to 0.8%. However, during the stage of technology promotion, it is still necessary to deal with situations such as inconsistent standards, scattered data interfaces, and lagging regulatory norms. Therefore, it is necessary to explore the path of technology integration optimization again, establish a quality supervision system that combines systematization and standardization, and contribute to smart construction.

Keywords: intelligent detection; engineering quality supervision; detection efficiency; technology application; supervision standards

引言

此刻建筑行业正走入数字化与智能化融合前行的关键阶段。国家凭借“智慧工地”“数字建造”等相关政策支持，带动工程质量监管从凭经验、抽样式模式向全面覆盖、即时联动转变。面临工程规模日益巨大、施工流程复杂多样等实际挑战，单纯依靠传统人工巡检以及周期性抽检，很难精准发现隐蔽性质量隐患。智能化检测技术借助传感器、数据采集及边缘计算等技术方式，能顺利实现高频率、多维度、可查考的质量掌控与风险查别。因此，审视智能化检测技术在工程质量监督中的应用效果及标准化路径方向，是技术进步演化的现实要求，还是监管体系迈向现代化的关键跨越点。

1 智能化检测技术的核心类型与功能特点

1.1 无人机巡查：空间覆盖与动态监测的突破口

无人机搭载着高清相机及红外热感设备，能针对高空

结构、桥梁缆索、幕墙拼缝等部位实施精细检查。在某大型高速桥梁养护项目当中，让无人机对索塔裂缝实施周期性巡航检测，实现了 2 毫米级别的识别精度，大幅缩减高空作业的风险水平，人工检测时间缩短近 65%。

1.2 激光扫描与三维建模：精准复刻结构状态

激光扫描技术借助高速激光束测距，采集建筑实体的三维点云数据，生成高精度的仿真模型。针对某地下综合管廊项目而言，借助激光扫描与 BIM 设计模型进行叠合比对，达成对毫米级误差的识别，还预先察觉施工偏移隐患 2 处，规避后期返工近 45 万元成本。

1.3 嵌入式无线传感系统：结构监测的数字哨兵

借助嵌入式无线传感技术，可在混凝土内部实时监测诸如温度、应力、湿度等指标。在广州的某个高层项目实施阶段，采用无线式混凝土强度传感器后，把强度数据实

时同步后上传到监管平台,促使结构验收从“事后查验”过渡为“过程管控”^[1]。

2 多维度层面上质量监督水平应用效能提升的分析

2.1 监测数据全面化:突破人工检测的局限

常规的工程质量监督方法多借助人工巡查及抽样检测,暴露出检测效率较差、数据覆盖范围偏窄、隐患易被遗漏等明显问题。人工检测一般呈现出“点样”抽检的特征,尤其是当面对规模庞大、复杂度高的基础设施项目之际,难以达成对关键结构及危险地段的持续管控。智能化检测技术借助物联网、无人机、激光雷达,结合 BIM 模型融合等手段,能实现对工程关键部位“面状”范畴的覆盖监测,不被时间、空间及人为因素所牵绊。

采用珠海某大型跨海大桥项目作为实例,此项目采用一套多维度的智能检测系统,涉及桥塔和索道应力的监控、风速跟海浪实时的感应系统、桥体倾斜角度自动测量的相关设备。系统借助分布式传感网络,每天采集的原始数据超过 2TB 之多,包括结构应力的增减变化、微小位移量、海风扰动的频率等核心参数,实现桥梁运行状态各阶段的监控^[2]。

2.2 预警反馈实时化:实现由“事后干预”到“事前防控”

以传统的工程质量监督模式而言,安全风险一般借助人工评鉴和定时查巡去找出,具备延迟效应与被动属性,当风险实际降临之际,有概率造成事故和相应损失,防控所能起到的作用有限。智能化检测系统含有的嵌入式传感跟自动预警机制,彻底冲破这一消极被动模式,完成工程安全从“事后介入”到“事前预警”的转变。

例如,在西南地区某山地隧道开展工程建设的阶段,鉴于地层结构错综、稳定性不佳,施工期间面临较高坍塌隐患。项目方引入了预安装的振动与位移联合传感体系,安设到拱顶、边墙及掌子面等关键地点,以高频手段监测地层出现的扰动。系统设定起依据历史工程数据的风险阈值模型,当实时数据急剧变化,也或达到预先设定的上限,当即自动把报警信息发送至工程监控中心与施工单位负责人手机终端。

在该系统实际运转阶段,该系统先后提早识别出 3 次地层松动的警示信号,成功预估掌子面岩层脱离和小型塌方走向,提前 24~36h 开启支护加固相关工作,切实阻止了潜在施工伤害的出现。该事例切实凸显了智能预警系统于复杂施工状况下的实用意义,显著加快了针对事故防控的响应节奏,也给工程管理相关人员提供精准决策参考。

2.3 数据可追溯性增强:推动全过程质量监管闭环

在既往的工程质量监督体系格局里,数据集聚凭借人工书写,具有数据遗失、改动、主观臆断性强等现象,造成后续责任追溯陷入困境、管理链路断裂,严重干扰工程

监督的严密有序与实际效果。实现智能化检测系统的引入,有效达成数据标准化采集、自动归档及追溯作用,带动构建封闭式质量管控格局^[3]。

依靠构建一体化的数字化质量监管平台,各类传感器实时获取的数据,可按照时间轴、构件编号、施工阶段等维度自动分类、编号,达成“原始数据至处理数据再到检测报告”全流程链式存档。例如在某地铁盾构隧道施工项目中,管理平台纳入了盾构推进力、刀盘转速、地表沉降、管片拼装角度等近 30 个实时参数,所有数据经区块链做加密处理后上传,无法轻易篡改,保障记录的真实可靠与可回溯性。

在这项项目里,曾有一次盾构推进力出现异常波动,然而未即刻引发安全隐患。凭借数据追溯剖析查明,该异常与 3 天前管片拼装的偏差存在关联,最终带动施工工艺实施修正,该类可追溯机制不光提升了“事中”监管效能水平,更为“事后”问责及整改奠定了可靠基础。

借助数据可追溯性推动责任闭环的形成。例如,在质量欠缺整改的阶段,系统可自主标记问题责任归属的施工段、具体班组及责任人员,提交整改流程的相关记录及后续复核状况,构建起自发现环节,经处置、验收,至复审环节的全过程链条,阻止整改沦为形式之举^[4]。

3 智能化检测标准体系建设的必要性探究与实施路径

3.1 当前面临的主要问题

3.1.1 接口不统一

在现阶段智能检测技术推行应用进程里,设备接口标准未统一,成为系统高效运行的关键阻碍。鉴于各类设备厂商在运营上各自孤立行动,匮乏统一的技术规格与数据传送协议,造成项目往往整合了多个系统,但各个系统彼此没办法进行有效的数据共享与交互作业,造成了极为显著的数据孤立局面。例如,部分项目采用国产传感器,国外数据采集仪器,由于通信协议存在不兼容性,必须额外配置中间件,甚至借助人工操作,极大增加维护开销,增大故障出现几率。此外,倘若工程需开展跨阶段交接,倘若从施工时期转入运维时期,不同平台的数据迁移及接续管理复杂状况凸显。该种系统的割裂情况对风险联动预警机制构建起阻碍作用,对建设全过程智能监测数据库存在阻碍^[5]。

3.1.2 监管规范缺失

尽管智能检测技术在实际运用里逐步展现出高效、精确、即时等长处,然而其大规模推广仍面临制度范畴的掣肘,尤其是在质量审核、监测精准水平、数据可靠状态等方面,缺少统一的行业规范,且无评估的基准标杆。各地区项目单位开展智能检测时多依托企业自定的标准或者第三方的专业指导,导致检测结果在数据的来源之处、采样的次数频率、传感器的摆放形式等方面有较大偏差,无

法实现横向对照与纵向考核,影响质量监管的权威性与实施效果。以桥梁位移监测为例,有项目以 5min 为采样周期,部分项目以 1h 为间隔采样,数据的精度表现与异常判断逻辑存在分歧,让监管单位依照这些情形难以达成科学决策。

3.1.3 人员培训不足

智能检测系统虽呈现出高度的自动化与智能化特性,但该系统的运行表现依靠一线操作人员的正确操作和现场管理人员的科学诠释。在实际施工以及监管进程里,部分项目人员相关技术认知不足以及操作能力欠缺问题较为多见,直接对系统效能的发挥形成阻碍。一线施工人员多过度凭借传统经验,在传感器布设的点位、数据采集参数的设置以及异常数据的甄别等环节,缺少系统培训,甚至错误认知智能检测为“可有可无的辅助方式”,致使设备被搁置一旁、数据失去原本准确性等现象偶有出现。项目管理人员与监理单位在读取系统预警、判定风险等级及调配应对方案上数据素养不足,无法切实达成“数据驱动决策”的既定目标^[6]。

3.2 标准化体系构建路径

3.2.1 制定多维度指标体系

智能化检测技术的顺利开展,得创建一套科学又全面的指标体系,以实现各阶段工程质量监督行为的规范化。应依照各类工程类别及施工的关键节点,恰当规划检测频次。如在基础施工这个阶段,不妨设置每日开展两次混凝土温度监测,主体结构阶段需着重监测钢筋应力及混凝土强度的发展状况。应当统一参数的精度要求,好比结构振动传感器,误差要维持在 $\pm 1\%$ 以下,混凝土回弹值的误差不能超出 $\pm 0.5\text{MPa}$ 界限,实现数据稳定和可对比性。

针对各类智能检测设备上传数据格式不整齐划一的状况,需拟定标准化的数据传输规约,明确字段具体内容、单位换算方式以及采集时间格式要求,避免因格式上的差异引起系统兼容故障。此外,指标体系应纳入数据缺失的容忍情况、传感器校准的周期时长及异常波动响应机制等,巩固数据质量与系统可靠性。依靠构建覆盖检测频率参数、技术精度指标、数据规范规则等多维度要素的指标体系,能为工程智能化检测设立标准化、可切实操作的执行方案,以此增进全过程质量监管科学性与可控能力。

3.2.2 推进平台一体化整合

现今智能化检测技术在实际工程中碰到系统分散、平台断裂状况,引起数据不能及时共享、监测回应滞后。为处理这类“信息孤岛”情形,需积极推动平台一体化整合营建。可依靠行业主管单位引领,聚合现有的施工、监督、检测等系统资源整体,搭建覆盖全流程质量监管的综合性平台,接入时将无线传感器采集数据、现场检测设备上传记录与云端 AI 分析模型统一处理。

凭借接入从混凝土强度智能测温系统、钢筋应力传感

器、沉降监测模块获取的数据,可达成基础至主体施工全阶段的动态监控管理。需构建起一套统一的接口标准,促成多品牌设备跟平台的无缝隙对接,适配 JSON、XML 这类主流的数据格式,维持传输高效程度与系统的兼容水平。

3.2.3 强化培训机制

智能化检测系统的顺畅运行不只是依赖技术本身所具备的先进性,更离不开操作人员对系统熟练把控与科学运用。部分施工及监管人员对智能化设备操作流程、故障辨认、数据研判等环节的理解欠佳,导致系统在操作层面的使用率低、数据在分析层面的利用率差。为此,需打造一套系统化的培训机制,基于岗位实际情形,设置精准靶向的专项培训课程体系。

培训内容应覆盖传感器安置方式、数据收集及处理的程序、平台操作的指南、异常值辨认与处理等主要技术内容,结合实际案例开展授课,让学员掌握从数据采集到智能分析的全步骤。应运用理论传授与现场实操相匹配的形式,筹备设备实训体验、故障模拟推演、实地调试实操,增进参训人员实际操作水平。对于重点岗位人员,可增设分级认证的相关制度,增强培训的专业度与连贯性。例如,质量监管人员要拿到智能平台数据分析认证,施工班组长要做好设备布设及初步数据判断测试等相关事宜。

4 结语

智能化检测技术正逐渐成为工程质量监督体系里的关键部分,其对结构安全预警、施工质量可视化、数据溯源等方面起到不可替代作用。未来,可把构建具备统一、开放、互通特性的标准体系当作着力点,推进技术设备协同跃进、监管制度同步迭代,建成以智能感知为核心根基、数据驱动为衔接纽带的现代化工程质量监督局面。只有打破技术屏障、调整监管逻辑,才可实际达成“能辨别的质量、能把控的风险”。

【参考文献】

- [1]疏刚.智能化建筑工程质量检测技术在施工中的应用研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(14):43-45.
- [2]张毅.智能化技术用于公路工程试验检测的实践[J].大众标准化,2025,20(12):172-174.
- [3]苏丽丽.基于智能化技术的建筑工程电气施工管理方法[J].电气技术与经济,2025,18(5):274-279.
- [4]曲建富.智能化技术在城市轨道交通路基工程质量检测中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2025,55(5):149-151.
- [5]康杰.智能化技术在建筑工程材料检测中的应用[J].新城建科技,2024,33(12):156-158.
- [6]夏春秋.智能化技术在建筑工程材料检测中的应用[J].实验室检测,2024,2(6):5-8.

作者简介:汤霞(1980.8—),毕业院校:中国计量学院;所学专业:测控技术与仪器专业;当前就职单位:奇台县公共检验检测中心;职称级别:高级工程师。