

试验检测信息化平台在公路工程质量精益管理中的实践与评价

王 波

新疆北新科技创新咨询有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要：试验检测信息化平台以数据标准化与采集自动化为基础，构建全流程数字化管理、智能分析与预警、多级协同与资源调度体系。通过流程精益化重构、数据驱动决策、协同机制强化与资源动态优化，平台显著提升质量管控效能、管理流程效率、资源利用效率与协同效果。实践表明，该平台可压缩流程周期、降低人力成本、提高设备利用率，为公路工程质量精益管理提供技术支持。

关键词：试验检测信息化平台；公路工程；质量精益管理；智能预警；资源优化

引言：公路工程质量面临数据分散、流程低效、协同困难等挑战，传统管理模式难以满足精益化需求。试验检测信息化平台通过物联网、大数据与机器学习技术，将检测规范转化为系统逻辑，实现数据自动采集、流程闭环管理与风险智能预警。平台覆盖样品全生命周期，打通参建各方数据壁垒，动态优化资源配置，为质量管控提供全要素追溯与即时决策支持，推动公路工程质量向数字化、智能化转型。

1 试验检测信息化平台的核心功能架构

1.1 数据标准化与采集自动化

试验检测信息化平台以数据标准化为基石，通过统一试验检测参数、流程与报告格式，构建起跨项目、跨机构的数据互通体系^[1]。平台内置行业规范库与参数模板库，将分散的检测标准转化为结构化数据模型，确保不同检测项目的数据格式统一、语义清晰。流程标准化方面，平台依据检测类型自动匹配操作步骤，从样品接收、设备校准到数据记录，每一步均设定标准化操作指引，避免因人为理解差异导致的流程偏差。报告生成环节通过预设模板与数据自动填充技术，实现报告内容的快速生成与格式统一，减少人工排版时间。在数据采集环节，物联网技术成为核心驱动力。智能传感器被集成于各类试验设备中，实时采集温度、压力、位移等关键参数，并通过无线传输技术将数据同步至云端数据库。采集过程无需人工干预，数据自动完成时间戳标记与设备关联，确保数据真实性与时效性。例如，在混凝土抗压强度检测中，压力机数据直接传输至平台，系统自动计算强度值并关联试件编号，形成不可篡改的电子记录。

1.2 全流程数字化管理

平台构建起覆盖样品全生命周期的数字化管理链条。样品登记阶段采用二维码标识技术，为每个样品赋予唯

一数字身份，实现从进场到报废的全流程追踪。任务分配环节基于检测人员技能库与设备状态库，通过智能算法自动匹配最优执行方案，确保任务与资源高效对接。试验检测过程中，系统实时记录操作轨迹、设备参数与环境条件，形成可追溯的电子档案。报告生成阶段，系统自动抓取检测数据并填充至预设模板，经AI校核后提交审批。审批流程支持多级电子签章，确保报告合法性与时效性。全要素追溯功能通过关联分析技术实现，将人员操作记录、设备运行日志、材料批次信息与环境监测数据深度融合，任何质量异常均可快速定位至具体环节。例如，某高速公路项目在检测中发现某批次钢筋抗拉强度不达标，系统通过全要素追溯功能，在10分钟内定位至原材料进场检验记录、热处理工艺参数及检测设备校准情况，较传统人工排查时间缩短90%，为质量改进提供完整证据链。

1.3 智能分析与预警系统

平台搭载基于机器学习的质量风险预测模型，通过历史数据训练形成动态预警阈值。模型综合考虑材料性能、施工工艺、环境条件等多维度因素，对混凝土强度、钢筋抗拉强度等核心指标实施秒级监控。当检测值偏离标准范围时，系统立即触发分级预警机制，根据偏差程度自动推送至相关责任人。预警信息通过短信、APP推送等多渠道同步传达，确保响应及时性^[2]。深度分析模块支持对质量波动趋势进行可视化呈现，帮助管理人员识别潜在风险点。例如，系统对某路段500组混凝土强度数据进行连续30天监测，发现强度值呈逐日下降趋势，提前5天预警强度衰减风险。经现场核查，问题根源为养护温度偏低，项目部及时调整养护方案，避免强度进一步下降，确保工程质量达标。

1.4 多级协同与资源调度

平台打破参建各方数据壁垒,构建起标准化跨组织协同网络,实现信息实时流转与业务高效联动。建设单位可实时查看项目整体质量态势,监理单位在线审核检测报告并标注整改意见,施工单位根据反馈精准调整施工参数,检测机构同步更新检测进度与数据结果。各方通过统一平台共享权威数据,避免信息传递失真与重复工作,提升协同决策效率。资源调度模块基于智能算法分析历史任务数据、当前资源占用情况及任务紧急程度,动态优化人力与设备配置。当某区域检测任务激增时,系统自动调派附近闲置设备与适配人员支援,避免资源闲置与过度集中。例如,在雨季施工期间,系统可优先调配防水性能优良的检测设备至受影响区域,结合环境监测数据动态调整作业计划,确保检测工作不受天气干扰。

2 试验检测信息化平台在质量精益管理中的实践路径

2.1 流程精益化重构

试验检测信息化平台通过标准化流程固化与动态调整机制,推动检测流程向精益化方向演进。标准化流程固化将检测规范转化为系统内置逻辑,从样品接收、设备校准到数据记录,每一步操作均设定强制约束条件。例如,在混凝土抗压强度检测中,系统自动锁定压力机加载速率参数,确保试验条件符合标准要求,避免因操作偏差导致的数据失真。动态调整机制则为流程执行预留弹性空间,支持根据现场条件实时优化检测计划。当遭遇极端天气或设备突发故障时,系统可自动调整任务优先级,将受影响检测项目延期或转派至备用设备,确保检测工作连续性。例如,雨季施工期间,系统可识别湿度超标环境,自动暂停需干燥条件的检测项目,转而执行对环境要求较低的试验任务,避免无效操作与资源浪费。

2.2 数据驱动的质量决策

平台以实时数据看板与根因分析工具为支撑,构建起数据驱动的质量决策体系。实时数据看板通过可视化仪表盘动态呈现关键质量指标,将分散的检测数据转化为直观的图表与趋势曲线,实现质量状态的实时可视化追踪。管理层可快速浏览混凝土强度波动、钢筋间距偏差等核心参数,精准定位质量风险点,为决策制定提供即时数据支撑。例如,某路段路基压实度连续多日低于标准值,数据看板立即以红色警示标识突出显示,触发质量预警机制。根因分析工具则通过关联分析、趋势分析等技术,深入挖掘质量问题根源^[1]。系统可自动关联材料进场记录、施工工艺参数与环境监测数据,构建多维分析模型,实现多因素交叉验证。例如,针对某批次混凝土强度不达标问题,系统可追溯至水泥供应商变更、

外加剂掺量偏差及养护温度异常等多重因素,为质量改进提供完整证据链,指导制定针对性纠正措施。

2.3 协同机制强化

平台通过信息共享平台与任务协同模块,打破参建各方信息壁垒,构建跨组织协同管理生态,提升跨组织协作效率。信息共享平台建立统一数据入口与标准化数据格式,将建设单位、监理单位、施工单位与检测机构的数据整合至同一平台,确保各方获取同步、准确的信息,消除信息不对称问题。例如,检测报告生成后自动推送至所有相关方,避免信息传递延迟与版本混淆。任务协同模块则通过任务派发、进度跟踪与结果反馈功能,实现跨部门协作闭环管理。系统根据检测计划自动生成任务清单,明确责任人与完成时限,并通过进度看板实时更新任务状态,支持协作过程的动态管控。例如,监理单位可在平台上直接查看施工单位自检进度,检测机构完成复检后,结果自动反馈至建设单位,形成完整的质量管控链条。

2.4 资源动态优化

平台依托智能排班系统与设备健康管理功能,基于数据分析与算法模型,实现人力与设备资源的动态优化配置,提升资源利用的精准性与高效性。智能排班系统根据检测任务量、人员技能匹配度及历史工作效率,结合任务紧急程度与场地资源约束,自动生成最优排班方案。例如,系统可识别某检测员在钢筋拉伸试验中的操作熟练度优势,优先分配相关任务,提升整体检测效率。设备健康管理功能通过传感器实时监测设备运行状态,采集振动、温度、电流等关键参数,构建设备全生命周期健康档案。系统基于历史数据训练预测模型,提前识别设备故障风险,安排预防性维护。例如,当压力机振动频率超出阈值时,系统自动生成维护工单,同步推送至设备管理部门,避免非计划停机对检测进度的影响,确保资源利用率最大化。

3 试验检测信息化平台实施效果的评价维度

3.1 质量管控效能提升

试验检测信息化平台通过数据采集自动化与智能预警机制,显著提升质量管控效能。检测数据准确性方面,系统采用物联网传感器实时采集试验参数,消除手工记录可能产生的笔误与数据遗漏。以混凝土抗压强度检测为例,传统方式依赖人工读取压力表数值,易因读数误差或记录延迟导致数据失真,而系统直接从压力机传输电子数据,确保数值精确至小数点后两位,且数据生成与试验时间同步锁定,避免后续篡改^[4]。问题发现及时性维度,预警系统对质量偏差的响应速度成为关键指标。

系统内置的质量风险模型持续监控关键指标波动,当混凝土坍落度超出标准范围或钢筋直径偏差超过允许值时,预警信息在数据异常后立即推送至相关责任人,较传统抽检模式提前数小时发现潜在问题,为现场整改争取宝贵时间。例如,某项目在连续浇筑过程中,系统通过实时监测发现某批次混凝土坍落度持续偏低,自动触发预警并联动调整外加剂掺量,成功避免质量事故发生。

3.2 管理流程效率优化

平台实施后,管理流程效率优化体现在周期缩短与无纸化推进两方面。流程周期缩短方面,系统覆盖样品登记、任务分配、试验检测、报告生成与审批全链条,通过自动化环节替代人工操作,显著压缩整体耗时。以钢筋力学性能检测为例,传统流程需人工登记样品信息、手动填写试验数据、纸质报告逐级审批,总时长约需四小时,而系统实现样品二维码扫码登记、数据自动采集与报告电子签章,流程周期压缩至一小时以内。无纸化程度提升方面,平台推动检测业务全面电子化,纸质文件使用量大幅减少。检测报告、原始记录、审批意见等文档均以电子形式存储与流转,支持在线查阅与签名,减少打印、传递与存档环节。例如,某大型项目实施平台后,月度纸质文件使用量从三千页降至不足百页,电子化审批覆盖率达到标准要求,既降低办公成本,又提升信息检索效率。

3.3 资源利用效率改善

资源利用效率改善聚焦人力成本节约与设备利用率提升。人力成本节约体现在检测人员工作量优化与人均产出增长。系统通过智能排班与任务自动分配功能,根据检测任务量、人员技能与设备状态动态调整工作安排,避免人力闲置或过度集中。例如,某检测机构实施平台后,检测人员日均任务量从五项增至八项,且因操作标准化程度提高,单任务耗时缩短,人均月度检测报告生成量提升。设备利用率提升方面,平台通过设备健康管理与动态调度功能,降低设备闲置率与故障率^[5]。传感器实时监测设备运行状态,预测维护需求并提前安排检修,避免非计划停机;任务调度模块根据设备位置与空闲状态自动分配检测任务,减少设备空转。例如,某项目压力

机实施健康管理后,月均故障次数从三次降至一次,设备利用率提升。

3.4 协同效果增强

协同效果增强通过沟通成本降低与责任追溯清晰度提升体现。沟通成本降低方面,平台建立统一数据入口与任务协同模块,打破参建各方信息壁垒。跨部门会议次数因信息共享充分而减少,信息传递错误率因数据同步更新而下降。例如,某项目(参建单位5家)实施平台后,周例会次数从3次减至1次,因数据不一致导致的讨论时间从2小时/次降至0.5小时/次,信息传递错误率从15%降至0,沟通成本降低70%。责任追溯清晰度提升方面,平台完整记录检测全流程数据,包括操作人员、设备参数、环境条件与审批记录,任何质量问题均可通过系统快速定位责任环节。例如,某批次混凝土强度不达标时,系统可追溯至原材料进场检验、配合比设计、浇筑养护等全链条数据,准确锁定问题根源并推动整改闭环,避免责任推诿与整改反复。

结束语

试验检测信息化平台通过技术赋能与管理创新,实现了公路工程质量管控从“人工驱动”到“数据驱动”的转变。平台在提升检测数据准确性、缩短管理周期、优化资源配置及强化协同效率方面成效显著,为行业提供了可复制的信息化管理范式。持续深化平台功能迭代与行业应用推广,将进一步推动公路工程建设向智能化、精细化方向迈进,夯实交通基础设施高质量发展根基。

参考文献

- [1]吴士刚.信息化在公路工程质量管控中的应用[J].交通世界,2021,(30):6-7.
- [2]项伟康,谢伟春,陈丽凤.信息化技术在公路工程项目管理中的应用[J].中国建设信息化,2022,(8):72-73.
- [3]刘岩,王炎.信息化管理在公路建设质量监督中的应用分析[J].价值工程,2021,40(27):148-150.
- [4]欧寿康.综述质量信息化控制技术在公路工程施工中的应用[J].企业界,2022(5):202-204.
- [5]黄美焦.信息化管理在公路试验检测中的应用[J].企业科技与发展,2022(4):188-190.