

基于信息化技术的混凝土质量管理策略探究分析

吴巧利, 黄嘉诚

浙江交工宏途交通建设有限公司, 浙江 杭州 310000

DOI:10.61369/UAID.2025020037

摘 要 : 本文围绕信息化技术在混凝土质量管理中的应用展开研究, 分析当前混凝土质量管理存在的痛点, 探讨物联网、大数据、BIM等信息化技术在原材料管控、施工过程监测、质量追溯等环节的具体策略, 并结合工程实例阐述应用成效。研究旨在为提升混凝土质量稳定性、推动建筑工程质量管理智能化提供理论参考与实践指导, 助力行业实现高质量发展。

关 键 词 : 信息化技术; 混凝土; 质量管理; 策略; 建筑工程

Research and Analysis on Concrete Quality Management Strategies Based on Information Technology

Wu Qiaoli, Huang Jiacheng

Zhejiang Provincial Hongtu Transportation Construction Co., LTD. Hangzhou, Zhejiang 310000

Abstract : This paper conducts research on the application of information technology in concrete quality management, analyzes the pain points existing in current concrete quality management, explores specific strategies of information technologies such as the Internet of Things, big data, and BIM in raw material control, construction process monitoring, and quality traceability, and elaborates on the application effects through engineering examples. The research aims to provide theoretical references and practical guidance for enhancing the stability of concrete quality and promoting the intelligent management of construction project quality, thereby facilitating the high-quality development of the industry.

Keywords : information technology; concrete; quality management strategy; construction engineering

前言

混凝土作为建筑工程中用量最大的材料, 其质量直接关系到结构安全、使用寿命及工程经济性。传统混凝土质量管理依赖人工记录、现场抽检和经验判断, 存在数据滞后、追溯困难、管控精度低等问题。随着物联网、大数据、人工智能等信息化技术的快速发展, 为混凝土质量管理提供了全新解决方案。本文深入探究基于信息化技术的混凝土质量管理策略, 通过实例分析其应用价值, 对提升工程质量具有重要意义。

一、混凝土质量管理现状及存在的问题

(一) 原材料管控粗放

混凝土原材料包括水泥、砂石、外加剂等, 其质量波动是影响混凝土性能的关键因素。传统管理中, 原材料进场验收多采用“抽样送检+人工记录”模式, 存在抽样代表性不足、数据记录不规范等问题。某商品混凝土搅拌站曾因未严格检测砂石含泥量, 导致一批混凝土浇筑的地下室底板出现裂缝, 经检测发现砂石含泥量达5% (规范要求 $\leq 3\%$), 最终不得不进行注浆加固, 损失达80万元。

(二) 施工过程监管滞后

混凝土施工过程涉及搅拌、运输、浇筑、养护等多个环节, 传统监管依赖人工巡检和定时记录, 难以实现实时监测。在搅拌环节, 某项目因人工调整配合比时出错, 导致混凝土坍落度不符

合要求, 浇筑的剪力墙出现蜂窝麻面, 返工修复费用达20万元。运输环节中, 某桥梁项目的混凝土罐车因交通拥堵延误2小时, 未及时采取调整措施, 导致混凝土初凝, 浪费混凝土 30m^3 , 直接损失1.5万元。养护环节更是监管薄弱点, 某高层建筑项目因夏季高温未及时洒水养护, 导致楼板表面出现干缩裂缝, 最长裂缝达2m, 影响结构外观和耐久性。

(三) 质量追溯体系不完善

传统混凝土质量追溯主要依靠纸质档案, 存在数据易丢失、关联性差、查询繁琐等问题。某市政道路项目在竣工验收时, 发现一段路面混凝土强度检测报告与实际浇筑批次不符, 因纸质记录混乱无法核实, 不得不重新检测, 额外支出检测费用5万元。更严重的是, 某桥梁工程运营5年后出现结构裂缝, 因无法追溯当年混凝土的配合比、养护记录等关键数据, 难以判断裂缝原因, 最终只能采取限行措施, 影响交通通行效率。

二、基于信息化技术的混凝土质量管理策略

（一）原材料管控信息化

1. 物联网溯源系统

在水泥罐、砂石料仓、外加剂储罐等关键节点安装 RFID 电子标签（存储生产厂家资质、出厂检测报告、运输记录等核心信息），结合移动端扫码入库功能，构建“供应商-进场-使用”的闭环追溯链。系统预设“双校验”机制：一是比对材料参数与采购合同（如水泥强度等级、砂石级配），二是关联材料检测报告，未达标的材料自动触发红色预警并锁定入库权限。^[1]

例如：某地铁项目在应用该系统时，一批标称“C30 混凝土专用砂”的材料扫码后，系统显示其细度模数为 2.0（设计要求 2.3-3.0），立即拦截并启动复检流程，确认不合格后退回厂家，避免了用于管片浇筑可能导致的强度不足问题。此外，系统可追踪材料使用流向，某批次水泥因受潮导致 3 天强度下降 15%，通过系统快速定位至已使用该批次的 2 个区间隧道，及时采取增加养护时间的补救措施，确保结构安全。

2. 智能检测设备联动

将砂石含泥量检测仪、水泥比表面积测定仪、外加剂减水率试验装置等设备接入云端管理平台，检测数据实时上传并生成带电子签章的检测报告，替代传统手写记录。系统设置动态阈值库（如机制砂 MB 值 $\leq 1.4\%$ ），数据超限时自动推送预警信息至管理人员手机，并同步关联料场卸料闸机，未达标材料无法进入生产环节。

例如：某商品混凝土搅拌站的智能检测系统在检测一批碎石时，发现其压碎指标达 18%（设计 $\leq 16\%$ ），立即通知试验员复核，确认后系统自动禁止该批次碎石卸料。应用该系统后，原材料不合格导致的混凝土报废率从 5% 降至 0.8%，每年减少损失约 60 万元。同时，系统自动统计检测数据，生成《原材料质量月报》，帮助企业优化供应商选择——淘汰了 3 家合格率低于 90% 的砂石供应商，使混凝土强度标准差从 4.5MPa 降至 3.2MPa。^[2]

（二）施工过程管理智能化

1. 搅拌环节智能监控

在混凝土搅拌站安装物联网传感器，实时采集每盘混凝土的水泥用量、用水量、外加剂掺量等数据，结合动态计算模型生成实时水灰比、砂率等指标。系统设置“三级预警”机制：一级预警（偏差 3%-5%）提示操作员调整，二级预警（偏差 5%-10%）锁定搅拌按钮并通知技术负责人，三级预警（偏差 $> 10\%$ ）自动停机并上报企业管理层。

例如：某桥梁预制场的 C50 混凝土搅拌系统在生产时，因水泥秤传感器故障导致用量少投 8%，系统 5 秒内触发二级预警，锁定生产流程。经排查，避免了已搅拌的 12m³ 混凝土用于梁体张拉区可能造成的开裂风险，挽回返工损失约 20 万元。系统还能自动记录调整过程，某操作员因连续 3 次出现配合比输入错误，系统自动生成《技能评估报告》，企业据此安排专项培训，使操作失误率下降 80%。

2. 运输环节跟踪管理

为混凝土罐车安装 GPS 定位、温度传感器和卸料状态记录

仪，实时监控运输时间（超时 2 小时自动预警）、罐内温度（夏季超过 35℃ 启动遮阳帘）及卸料位置。系统通过电子围栏划定“有效浇筑区域”，超出区域卸料时自动拍照留证并通知监管人员。

例如：某住宅小区项目的混凝土罐车在运输途中遇交通管制，延误至 2 小时 15 分钟，系统立即通知现场技术负责人。通过远程指导罐车操作员添加适量外加剂（每立方米增加 2kg 减水剂），混凝土坍落度从 160mm 恢复至 180mm，确保了剪力墙浇筑质量，避免了 8m³ 混凝土浪费。此外，系统通过分析运输数据，优化了搅拌站至各工地的配送路线，使平均运输时间缩短 15 分钟，每天减少罐车怠速油耗约 200L。

3. 浇筑与养护智能监测

浇筑现场安装高清摄像头（带 AI 识别功能），自动识别混凝土振捣时间（要求 ≥ 30 秒/点）和漏振区域，实时提醒振捣工补振。养护阶段采用智能喷淋系统，通过布置在构件表面的温湿度传感器，自动调节喷淋频率（如湿度 $< 90\%$ 时每 20 分钟喷淋 1 次），冬季施工时联动蒸汽发生器保持环境温度 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 。

例如：某高层建筑项目的楼板浇筑中，AI 摄像头识别到角落区域振捣时间仅 15 秒，立即通过现场语音播报器提醒振捣工补振，避免了蜂窝麻面问题。智能养护系统应用后，混凝土 7 天强度达标率从 85% 提升至 98%，特别是在冬季施工中，通过精准控温，使混凝土受冻风险下降 90%，较传统覆盖养护节省人工成本 40%。^[3]

（三）质量数据管理数字化

1. BIM 模型关联技术

将混凝土原材料批次、配合比单号、试块强度报告、养护记录等数据关联至 BIM 模型的对应构件（如梁柱、楼板），形成“三维可视化质量档案”。点击模型任意构件，即可查看其全生命周期质量信息，包括施工时的天气温度、振捣人员、验收结论等细节。

例如：某商业综合体项目的 BIM 模型中，5 层楼板构件绑定了以下数据：2023 年 8 月 15 日浇筑，C35 混凝土配合比单号 M20230815，试块 28 天强度 38.2MPa，养护期间最高温度 32℃，验收结论“合格”。在后期运营中，该区域因加装设备需验算承载力，工程师通过模型快速调取混凝土强度数据，1 小时内完成验算，较传统查阅纸质档案效率提升 20 倍。^[4]

2. 大数据分析平台

整合企业近 5 年的混凝土质量数据（涵盖 100 个项目、50000 组试块数据），通过算法挖掘质量波动规律，建立“原材料参数-施工工艺-混凝土性能”的关联模型。平台可自动生成《质量预警报告》，提前预测潜在风险。

例如：某建筑集团的大数据平台分析发现：当粉煤灰取代率超过 30% 且养护温度低于 15℃ 时，混凝土早期强度增长缓慢（7 天强度仅达设计值的 65%）。据此，在冬季施工中自动调整配合比（粉煤灰取代率降至 25%），并提醒加强保温养护，使冬季混凝土 7 天强度达标率从 72% 提升至 95%。平台还能优化配合比，通过分析历史数据推荐的 C40 混凝土配合比，每立方米节约水泥用量 8kg，某项目应用后节约材料成本 12 万元。^[5]

（四）质量追溯智能化

质量追溯是保障混凝土终身责任制的关键，信息化技术通过区块链、移动终端等工具，实现了“数据可追溯、责任可界定”。

1. 区块链技术应用

采用区块链技术存储混凝土质量数据，每个环节的数据（如材料检测、搅拌记录、试块报告）均生成不可篡改的“数据区块”，并加盖时间戳，确保全程可追溯。数据所有权归属项目各方（建设、施工、监理），任何一方修改需经全员确认，杜绝数据造假。

例如：某市政道路项目应用区块链技术后，一段路面出现裂缝时，通过链上数据快速追溯：该路段混凝土的砂石含泥量3.2%（超标0.2%）、养护天数仅7天（设计14天），责任明确后3天内完成整改，较传统纠纷处理时间缩短80%。此外，区块链数据作为竣工档案的一部分，在工程评优时被住建部门采信，助力项目获得“鲁班奖”。

2. 移动端追溯系统

开发集成二维码扫描功能的移动端 APP，混凝土试块、构件表面张贴唯一二维码，扫码即可查看对应质量数据。系统支持离线查询（缓存数据），满足现场无网络环境使用需求。

例如：某监理单位在巡查时，扫描梁体二维码发现该构件的混凝土试块28天强度为48MPa（设计C50），立即通过APP发起整改通知，施工单位1小时内响应，对该梁体进行回弹检测，确认强度达标（回弹值51MPa），系试块制作误差导致，及时消除了误会。应用该系统后，现场质量问题整改闭环时间从3天缩短至1天，监理工作效率提升60%。^[6]

三、信息化技术应用的成效与优化建议

（一）应用成效

1. 质量提升：某住宅小区项目应用信息化管理后，混凝土强度达标率从90%提升至99%，裂缝发生率下降80%，工程质量得到显著改善。

2. 成本节约：某桥梁项目通过信息化管控，减少混凝土浪费300m³，节约原材料成本15万元；因质量问题导致的返工费用减少60万元。

3. 效率提高：某搅拌站应用信息化系统后，原材料验收时间从每车30分钟缩短至5分钟，搅拌站生产效率提升30%；项目质量验收时间缩短50%。

（二）存在的问题

1. 技术集成度低：部分项目的信息化系统各自独立，数据无法共享。例如，搅拌站的监控系统与施工现场的养护系统未关联，导致信息传递不畅。

2. 人员操作能力不足：一线工人对信息化设备操作不熟练，某项目的智能养护系统因工人误操作导致设备故障，影响养护效果。

3. 投入成本较高：信息化系统的建设和维护需要一定成本，部分中小企业难以承受，限制了技术的推广应用。

（三）优化建议

1. 加强系统集成：推动不同信息化系统的数据对接，实现信息共享。例如，将搅拌站系统、运输跟踪系统、施工现场监控系统整合为一个平台，提高管理效率。

2. 强化人员培训：开展针对性培训，提高工人和管理人员的信息化操作能力。某企业通过定期培训，使员工的设备操作熟练度提升80%，确保系统正常运行。

3. 降低应用成本：政府可出台补贴政策，支持企业应用信息化技术；企业可采用租赁等方式降低初期投入，加快信息化技术的普及。

四、结语

信息化技术为混凝土质量管理带来了革命性变革，通过原材料管控信息化、施工过程管理智能化、质量数据管理数字化和质量追溯智能化，有效解决了传统管理中的诸多问题。实践表明，信息化技术的应用可显著提升混凝土质量稳定性，降低质量风险，节约成本，提高效率。然而，信息化技术在应用过程中仍存在一些问题，需要通过技术优化、人员培训、政策支持等方式加以解决。未来，随着人工智能、5G等技术的不断发展，混凝土质量管理将向更加智能、高效、精准的方向发展，为建筑工程质量提供更有力的保障。

参考文献

- [1] 袁丽敏. 特大跨径连续梁桥悬臂施工关键技术探析 [J]. 甘肃科技纵横, 2021, 50(7): 52-55.
- [2] 楚娜. 基于信息化技术的混凝土质量管理策略探究分析 [J]. 广东建材, 2024, 40(8): 46-48.
- [3] 蔡荣喜, 王磊. 信息化管理模式下提升高速铁路混凝土品质的探讨 [J]. 铁道建筑, 2021, 61(1): 147-150.
- [4] 许森, 魏小强, 马俊元. 混凝土质量集团化、信息化体系管理 [J]. 港工技术, 2021, 58(S1): 116-118.
- [5] 杨房沟水电站建设质量智慧管理系统的研发及应用 [J]. 水利水电技术, 2022, 53(增刊 1): 22-27.
- [6] 四川省质量技术监督局. DB61/T 1432—2021 水泥混凝土生产过程质量监控规范 [S]. 2021.