

基于信息化的路桥隧施工质量控制与管理

侯进鹏

中国水利水电第四工程局有限公司 青海 西宁 810000

摘要: 路桥隧工程施工工况复杂、工序衔接紧密,传统人工管控模式存在隐患识别滞后、数据留存零散、管控精度不足等诸多问题,难以适配精细化施工建设标准。本文结合工程施工干扰因素与传统管理存在的实际短板,搭建适配现场作业的信息化管控技术体系,梳理各施工阶段的数字化实施路径。依托数据深度应用、全周期模式完善、复杂场景适配优化等方式,迭代升级质量管控体系。有效补齐传统管理的运行漏洞,提升路桥隧工程施工质量管控的精细化、数字化与智能化水平。

关键词: 路桥隧工程; 施工质量; 信息化管控; 全生命周期; 智慧管理

引言: 路桥隧交通基础设施是区域交通路网体系的核心组成部分,工程建设质量直接决定交通运行的安全性与稳定性。土建施工涉及多类型结构作业,野外多变环境、多元施工干扰因素都会对工序成型质量产生负面影响。传统粗放型管理模式依赖人工经验,信息流转效率低,全过程管控能力薄弱,逐渐无法适配现代化工程建设需求。数字化、信息化技术的普及应用,能够重塑现场质量管控模式,补齐传统管理短板,为路桥隧工程高质量施工提供全新的技术支撑与管理路径。

1 路桥隧施工质量影响因素与传统管理短板

1.1 路桥隧工程施工工艺与质量控制特点

路桥隧工程属于综合性土建施工项目,施工工序繁杂且作业链条较长,各施工环节衔接紧密。道路、桥梁、隧道施工具备差异化工艺逻辑,结构成型方式与作业环境存在明显区别,质量控制的侧重点各有不同^[1]。施工过程多为露天野外作业,作业空间跨度大,施工工况随场地、环境、工序推进持续变化。结构成型后改造难度较高,前期工序产生的细微偏差,会持续传导至后续施工环节,影响整体工程成型质量。质量控制需要贯穿作业全流程,对工序衔接精度、施工操作规范性、现场管控精细度都有着较高要求。

1.2 现场施工质量的主要干扰因素

路桥隧施工现场干扰来源较为多元,贯穿筹备、施工、成型的各个阶段。施工作业人员的操作熟练度、规范执行度,直接影响工序施工精度与成型效果。施工机具运行状态、设备调校精度,会对结构尺寸、浇筑质量、铺装平整度产生直接影响。野外作业环境不稳定,温度、湿度、风雨天气的动态变化,都会干扰现场施工

条件与材料成型状态。不同施工工序的衔接排布、现场资源调配方式,也会造成施工节奏波动,给工程质量带来不稳定影响。各类因素相互交织,增加现场质量管控的复杂程度。

1.3 传统施工质量管控模式存在的短板

传统路桥隧质量管控以人工现场巡查、阶段性验收为主要方式,管控节奏偏向被动滞后。质量排查依靠管理人员经验判断,对隐蔽工序、细微施工偏差的识别力度不足,容易留存质量隐患。管控工作集中于工序完工后的核验环节,缺少对施工过程的动态跟踪与实时约束。现场质量记录多以纸质台账人工录入为主,信息更新滞后、存储零散,容易出现记录疏漏、信息失真等问题。粗放的管控方式难以适配精细化施工要求,无法实现施工质量的全过程有效把控。

1.4 传统管理模式信息化适配存在的缺陷

传统施工管理体系依托线下流程搭建,信息流转方式较为单一,数字化、智能化适配能力偏弱。现场质量数据采集方式粗放,缺少数字化采集手段,难以形成连续、完整的施工数据台账。各管理环节信息独立流转,数据互通性较差,容易形成信息孤岛,不利于质量问题的溯源与研判。线下管理流程固化,无法依托数据动态调整管控重点与管理策略,难以适配现代化工程数字化管控的发展趋势。

2 路桥隧施工质量信息化管控关键技术体系

2.1 施工现场多源质量信息采集技术

路桥隧施工现场质量信息类型繁杂,涵盖工序操作、设备运行、环境状态、结构成型等多类内容。多源

质量信息采集技术依托各类前端感知设备与智能终端,完成施工现场全维度信息的自动化获取。技术覆盖结构尺寸偏差、施工环境参数、设备运行状态等关键指标,弥补人工采集覆盖面有限、精度不足的问题^[2]。适配露天多变的施工工况,可在复杂作业场景下稳定完成数据捕捉,为后续质量研判工作提供全面、真实的现场原始数据。

2.2 施工数据传输、清洗与整合技术

施工现场采集的原始数据体量庞大、类型杂乱,混杂大量无效、重复的内容,无法直接用于质量分析。数据传输、清洗与整合技术搭建稳定的现场数据传输链路,保障各类采集信息有序上传。通过标准化处理逻辑对原始数据开展筛选、去重与纠错工作,剔除无效冗余信息。统一不同终端、不同维度数据的录入标准与存储格式,完成碎片化数据的归集梳理。规整后的高质量数据可以支撑后续质量分析工作,提升数据利用的有效价值。

2.3 施工质量动态监测与智能分析技术

传统质量管控多依托阶段性抽检,难以捕捉施工全过程的细微质量波动。施工质量动态监测与智能分析技术依托实时更新的施工数据,对工序施工状态、结构成型参数、现场作业条件开展持续性监测。结合路桥隧施工工艺特征梳理质量关联规律,搭建适配工程场景的分析逻辑。依托数据变化趋势识别施工异常状态,提前捕捉质量偏差隐患,改变滞后式质量核验模式,提升现场质量管控的主动性与精准度。

2.4 施工工序数字化溯源与台账管理技术

路桥隧施工工序衔接紧密,前期施工偏差会对后续成型质量产生连锁影响,工序溯源成为质量管控的重要环节。数字化溯源与台账管理技术对每一道施工工序的作业参数、操作人员、设备状态、环境条件进行全程记录。构建完整的电子化施工台账,替代传统纸质记录模式,规避人工台账疏漏、丢失、失真等问题。可根据工程质量问题反向追溯工序施工细节,明确质量成因与管控薄弱环节,实现施工质量的可查、可溯、可管控。

2.5 多主体协同信息化管控支撑技术

路桥隧工程建设涉及施工、监理、管理等多方主体,传统线下沟通方式容易造成信息脱节。多主体协同信息化管控支撑技术搭建统一的数字化交互平台,打通各参与主体的信息交互壁垒。统一各方工作数据的交互标准,实现质量信息、工序进度、整改内容的高效流转。理顺多方作业与管控流程,弱化信息割裂带来的管

控漏洞,构建联动互通的数字化协同管控模式。

3 基于信息化的路桥隧施工质量管控实施路径

3.1 施工准备阶段信息化管控部署方式

施工准备阶段是路桥隧质量管控的前置核心环节,信息化部署可从源头规避后期施工偏差。结合路桥、隧道工程的施工图纸与工艺方案,依托数字化平台完成施工方案的数字化拆解,细化各分项工程的质量管控要点与作业标准。提前完成现场智能采集终端、传输设备的布设调试,依据施工场区范围合理规划数据采集点位,全面覆盖主要作业区域与关键施工点位^[3]。将施工材料参数、设备技术指标、工艺控制标准等基础信息录入数字化管控系统,搭建完整的工程基础数据库。提前核验各管控模块的适配性,梳理施工前期潜在的管控盲区,为施工全过程数字化管控筑牢前期实施基础。

3.2 施工过程关键工序数字化质量管控

路桥隧施工包含路基填筑、桥梁浇筑、隧道衬砌等多道关键工序,工序施工精度直接决定工程整体成型质量。依托前端智能感知设备对工序作业全过程开展动态数据采集,实时记录施工工艺参数、作业环境条件与设备运行状态。针对混凝土浇筑、预应力张拉、路基压实等核心工序,设置专属数字化管控阈值,一旦施工参数偏离规范区间,系统自动触发预警机制。依托实时数据动态掌握工序施工状态,摒弃传统完工后核验的被动管控模式,把质量管控工作嵌入每一道施工流程之中,稳步提升现场工序施工的规整度与规范性。

3.3 隐蔽工程与高危工序信息化监管实施

隐蔽工程、高危工序属于路桥隧质量管控的薄弱环节,传统人工巡检难以实现全方位、无死角监管。针对基坑支护、隧道围岩加固、地下管线预埋、桩基施工等隐蔽作业,全程启用数字化影像记录与数据留存模式,完整保存作业全过程施工数据。布设高清监测设备与传感终端,对高危工序作业状态实施不间断监控,实时捕捉细微施工隐患。依托数字化台账自动留存隐蔽工程施工数据,补齐传统管控模式中事后无据可查、隐患难以追溯的短板,实现高危、隐蔽施工环节的精细化监管。

3.4 施工质量异常问题数字化处置流程

传统质量异常处置流程繁琐、响应滞后,容易造成质量隐患累积、问题反复出现。信息化管控模式依托平台预警信息,快速定位质量异常的工序位置与问题类型,结合历史施工数据研判问题产生的核心诱因。搭建线上闭环处置机制,将问题上报、隐患核查、整改实施、复检核验全流程纳入数字化管理。全程记录整改过

程数据与验收结果,形成完整的问题处置台账。通过数据复盘总结同类质量问题的发生规律,优化后续工序管控重点,减少重复性质量缺陷,提升现场质量问题的处置效率与整改精度。

3.5 竣工验收阶段信息化质量核验手段

竣工验收是路桥隧工程质量管理管控的最终环节,数字化核验手段可大幅提升验收工作的客观性与规范性。整合施工全周期留存的工序数据、监测记录、整改台账等信息,自动生成完整的工程质量数字化档案,替代传统纸质资料汇总模式。依托智能核验工具比对工程实际成型参数与设计标准、规范要求,精准筛查尺寸偏差、工艺缺陷等质量问题。利用数字化平台完成验收资料的分类归档与云端存储,保障验收数据完整可溯、真实有效,提升路桥隧工程竣工验收阶段的管控质量与工作效率。

4 路桥隧施工质量信息化管理优化与拓展

4.1 施工数据资源深度应用优化策略

路桥隧施工各环节能够积累大量工艺参数、环境监测信息、设备运行状态及质量验收资料。常规信息化管理方式只完成基础储存和简单调取,大量隐藏数据价值得不到有效挖掘。对分散在各作业模块的施工台账、隐患记录、整改资料进行统一归集与分类梳理,筛选具备参考价值的有效信息。通过数据规整与特征分析,梳理工艺操作、现场环境、设备状态对施工质量的影响规律,精准定位容易诱发质量缺陷的管控薄弱环节^[4]。依托数据分析结果调整现场管控侧重点,优化关键工序的作业规范与管控细则,推动现场质量管理摆脱经验化管控模式,提升质量管控的精准程度。

4.2 全生命周期信息化管控模式完善

当前路桥隧信息化管控大多聚焦现场施工阶段,设计筹备、后期运维环节的数字化介入程度偏低,各阶段管理衔接不够紧密,整体管理链条存在断裂问题。拓展数字化管控覆盖范围,将工程前期规划、方案设计、现场施工、验收归档及后期运维养护纳入统一数字化管理框架。打通各建设阶段的数据交互壁垒,实现质量信息的连续传递与长期留存。细化不同建设阶段的数字化管控标准,完善全流程质量记录、问题溯源与隐患复盘机制,搭建完整的闭环管理体系,提升工程质量管理管控的系统性与完整性。

4.3 复杂工况下信息化管控适配优化

路桥隧工程施工场景具备较强的不确定性,山地地形、临水作业、特殊地质等复杂工况,都会改变现场施工条件,增加质量管控难度。通用化的信息化管控框架适配场景单一,难以应对特殊施工环境下的质量管控需求。结合不同复杂工况的作业特点,调整数据采集维度与监测重点,优化质量预警判定逻辑与管控参数。针对特殊工况高频出现的质量隐患,增设专项数字化管控模块,补齐传统信息化体系的场景短板。让数字化管控模式适配各类复杂施工环境,强化现场质量管控的稳定性与适配性。

4.4 智慧化质量管控体系迭代拓展方向

现阶段路桥隧质量信息化应用多停留在数据采集、状态记录的基础层面,智能研判、主动防控的能力仍有提升空间。持续迭代数字化平台的运算分析功能,强化施工数据与质量管控策略的联动机制。整合工序监管、隐患识别、问题整改、资料归档等多项功能,搭建集成化、一体化的智慧管控体系。逐步转变单一的数据记录模式,推动质量管理向智能研判、精细管控、主动防控方向升级^[5]。持续优化智慧管控运行逻辑,适配路桥隧工程高标准建设要求,拓展信息化技术在工程质量管理领域的应用场景。

结束语

路桥隧施工质量管控是贯穿工程建设全过程的系统性工作,传统管理模式的滞后性与局限性,会制约工程建设品质的提升。信息化管控技术可实现施工数据的全维度采集、整合分析与全程溯源,让质量管控贯穿施工各个环节。通过优化数据应用方式、完善全周期管控模式、适配复杂施工工况,持续优化智慧化管理体系。全方位提升路桥隧工程施工质量管控效能,为交通基建工程的精益化建设与长效稳定运行提供坚实保障。

参考文献

- [1] 何宗孺.高速公路桥梁隧施工质量控制分析[J].北方建筑,2025,10(3):52-55.
- [2] 张韵.市政道路桥梁隧施工中高性能混凝土配合比优化与质量控制研究[J].新城建科技,2026,35(1):98-100.
- [3] 邢昌开.道路与桥梁隧工程施工智能化技术应用研究[J].科学与信息化,2026,47(1):175-177.
- [4] 范永福.研究高速公路路面养护工程施工质量管理[J].低碳世界,2022,12(05):157-159.
- [5] 肖国锋.道路桥梁隧道工程施工技术与安全监控分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(29):145-147.