

桥梁施工中的信息化管理问题与解决路径

储新天

(新政建设集团有限公司, 安徽 合肥 230000)

摘要 当前桥梁施工信息化管理面临技术标准碎片化、数据共享壁垒突出、人员数字化能力不足等核心问题, 本文针对性地提出三方面解决路径: 建立覆盖设计、施工、运维全周期的 BIM 标准体系, 运用联盟链技术构建可信数据共享平台, 重构高校课程与企业培训体系以培养复合型人才。实施层面建议采取阶梯式政策推进、弹性投资模式及第三方评估机制等保障措施。本文旨在为破解桥梁工程数据孤岛、提升协同效率提供可参考方案, 进而推动智能建造在重大基础设施项目的落地。

关键词 信息化管理; BIM 软件; 数据共享; 智能合约; 数字化转型

中图分类号: U445

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.23.034

0 引言

新一轮科技革命和产业变革深入发展, 数字技术与基础设施建设加速融合。桥梁工程作为国家重大基础设施的重要组成部分, 正面临信息化转型的关键机遇期。随着 BIM、物联网、数字孪生等新一代信息技术在工程领域的广泛应用, 传统施工管理模式已难以适应高质量发展的新要求。在实践中, 跨江跨海等大型桥梁项目普遍存在数据标准不统一、系统兼容性差、专业人才短缺等突出问题, 严重制约了信息化效能的充分发挥。以某长江大桥项目为例, 设计单位与施工单位采用不同的数据标准, 导致工程信息传递效率降低 30% 以上。类似案例表明, 推进桥梁施工信息化建设, 不仅需要解决技术层面的标准化问题, 更需构建多方协同的管理机制。特别是在当前新型基础设施建设加快推进的背景下, 提升桥梁工程数字化水平对于保障工程质量、优化施工流程、降低安全风险具有重要的现实意义。

1 桥梁施工中的信息化管理问题

1.1 技术标准和平台建设缺乏统一性

桥梁施工信息化管理的核心障碍在于技术标准与平台架构的碎片化发展。不同施工阶段、参建单位以及设备供应商采用差异化的数据接口与通信协议, 导致测量数据、进度报表与质量检测结果无法跨系统流通。例如: 某项目采用的 BIM 建模软件与监理单位的进度管理系统存在版本兼容问题, 设计变更信息需经人工转换才能同步更新, 这种标准割裂直接造成工期延误与成本增加。更深层的问题在于行业缺乏强制性

的数据交互规范, 地方政府主导的信息化平台往往独立于企业自建系统运行, 形成数据孤岛。技术标准不统一还体现在硬件设备层面, 传感器采集频率与精度参数缺乏行业共识, 同一标段内不同厂商的监测设备输出数据存在系统性偏差, 为结构健康评估埋下隐患。

1.2 信息系统数据共享与集成问题

数据壁垒不仅源于技术标准差异, 更与参建各方的利益博弈密切相关。施工企业将材料消耗、机械效率等运营数据视为商业机密, 拒绝接入业主主导的集成平台; 而设计院出于知识产权保护考虑, 常对 BIM 模型设置访问权限。这种数据割裂状态使得施工动态模拟、风险预警等需要多源数据支撑的高级应用难以实施^[1]。例如: 某跨江大桥项目曾尝试建立全生命周期数据中台, 却因钢结构分包商拒绝提供焊接工艺参数, 导致疲劳寿命分析模型精度下降 40%。数据集成困境还反映在时序维度上, 勘察阶段的地质数据采用二维坐标系, 而施工监控系统使用三维 GIS 平台, 坐标转换过程中的信息损耗使得岩土变形预警延迟。

1.3 项目管理人员的信息化素养不足

传统施工经验主导的决策模式与数字化工具之间存在认知断层。现场工程师更依赖图纸会审等传统方法, 对基于点云数据的逆向建模技术接受度低, 如某预制梁场因未及时将实测偏差导入数控机床, 造成批次构件安装错位。管理层面面对数据驾驶舱等可视化工具时, 往往陷入两种极端: 过度依赖系统报警导致决策僵化; 质疑数据真实性回归经验判断。这种素养缺失在分包队伍中更为突出, 施工人员使用智能安全帽时频繁触发误报警, 根源在于未接受人机交互培训^[2]。

更深层的矛盾在于，高校土木工程课程仍以力学计算为核心，毕业生缺乏 SQL 查询、BIM 参数化设计等数字化技能，企业不得不投入额外成本进行二次培训。

2 桥梁施工信息化管理的优化策略

2.1 完善信息化管理技术平台

构建统一的技术架构是推进桥梁施工数字化转型的基础工程。行业主管部门应当牵头制定覆盖全生命周期的技术标准体系，重点规范 BIM 模型交付格式、物联网设备通信协议和工程数据编码规则。例如：某跨海大桥项目通过实施统一的数据交换标准，使设计单位的有限元分析模型能够直接用于施工仿真计算，减少中间格式转换导致的信息失真。平台架构设计需要采用微服务理念，将进度管理、质量验评、安全监控等功能模块解耦开发，通过标准化 API 接口实现灵活调用。针对施工现场复杂环境，在关键工点部署边缘计算节点，实现监测数据的本地化预处理，降低网络传输延迟对实时决策的影响。平台运维应当建立持续改进机制，每季度评估数字孪生、计算机视觉等新技术的适配性，确保系统保持技术领先优势。同步构建多层次安全防护体系，采用数据加密传输、细粒度权限控制和操作日志审计等技术手段，保障工程核心数据安全。

2.2 加强信息化管理系统的系统集成与共享

打破数据壁垒需要建立多方协同的信任机制。基于联盟链技术构建分布式数据共享平台，各参建方在权限管控框架下实现工程数据的可信流通。例如：某长江大桥项目采用智能合约自动触发混凝土强度达标后的进度款支付，将传统审批流程从数周缩短至实时完成。建设企业级数据中台，整合来自 BIM 设计模型、施工监测系统和材料检测报告等多源异构数据，通过抽取—转换—加载流程实现数据的标准化处理。建立工程全域坐标转换服务，解决地质勘察二维数据与施工监测三维空间基准不匹配的问题，实现岩土工程数据的无缝衔接^[3]。引入数字孪生技术，通过物联网设备实时采集的应力、变形数据驱动 BIM 模型动态更新，构建虚实交互的施工管控体系。建立数据质量评价指标，对入库数据的完整性、准确性和时效性进行量化考核，确保分析决策的可靠性。针对敏感数据设置分级访问权限，在保障商业机密的前提下促进数据价值挖掘。

2.3 提升桥梁施工管理人员的信息化能力

人才梯队建设需要构建系统化的培养体系。高等院校土木工程专业应当重构课程体系，增设 BIM 协同

设计、工程数据分析等数字化核心课程。例如：某交通类高校与头部施工企业共建智能建造实验室，学生在校期间即可掌握无人机航测、点云处理等实践技能。企业培训需要实施分层培养策略：项目决策层侧重数据驾驶舱解读与风险预警系统应用，技术管理层主攻结构计算软件与物联网平台运维，现场作业层强化智能终端操作与 AR 交底接收能力。建立岗位能力认证制度，将 BIM 工程师、智慧建造师等资质与职业晋升通道挂钩，同时设立数字化转型专项奖励基金。例如：在某预制装配式桥梁项目中，采用混合现实技术指导复杂节点施工，使工人操作失误率降低六成。定期举办数字化施工技能竞赛，通过虚拟建造挑战赛等形式促进技术创新。构建知识管理系统，将项目实践中积累的信息化应用经验转化为标准化作业指导书，实现组织能力的持续进化。建立校企联合培养基地，通过双导师制培养既懂土木工程又精通信息技术的复合型人才。

3 桥梁施工信息化管理的实施路径与保障措施

3.1 信息化管理政策与标准体系建设

推进桥梁工程数字化转型需要构建层次分明的制度框架。行业主管部门应当制定阶梯式发展目标，将信息化要求深度融入工程建设全过程。政策制定应当区分强制性与指导性条款，对基础数据采集、模型交付标准等核心环节设定硬性约束，为新技术应用预留适度弹性空间。例如：某跨流域特大桥项目管理中，业主单位将 BIM 技术应用深度与工程进度款支付直接挂钩，有效促使各参建方落实信息化建设要求^[4]。标准体系框架设计需要遵循“横向协同、纵向贯通”原则，横向覆盖设计、施工、运维各业务板块，纵向贯穿数据采集、传输、存储、应用全流程。重点建立工程数据分类编码体系，统一 BIM 模型构件命名规则和属性定义，规范物联网设备数据接口协议。针对标准执行过程中的技术争议，建立由行业专家组成的仲裁委员会，确保标准解释的权威性和一致性。实施标准符合性动态检查机制，将检查结果纳入企业信用评价体系。鼓励具有技术优势的龙头企业参与标准制定工作，推动先进实践经验转化为行业规范。建立标准动态维护机制，每年组织技术审查会议，及时吸纳新技术、新工艺的应用成果，保持标准的先进性和适用性。

3.2 桥梁施工信息化管理的投资与成本控制

科学配置信息化建设资金需要建立全生命周期价值评估模型。投资决策应当基于成本效益分析，统筹

考虑建设期投入与运营期收益的平衡关系。例如：某特大悬索桥项目采用净现值法测算表明，虽然信息化系统初期投入增加约8%，但通过提升施工效率和质量管控水平，可在项目周期内实现投资回报。实施分阶段渐进式投资策略，优先建设具有基础性、通用性的平台系统，再根据工程进展配置专业功能模块。推行“核心系统共建、专业模块分担”的投资模式，由建设单位主导基础平台投资，施工企业按需配置专业应用系统，避免重复建设和资源浪费^[5]。成本控制重点把握三个关键节点：在硬件采购环节采用服务租赁模式替代设备购置，降低初始资本支出；在软件开发环节优先选用开源技术框架，减少商业软件授权费用；在系统运维环节实施远程监控管理，优化人力资源配置。建立信息化预算弹性调整机制，预留不超过总预算15%的专项资金用于应对技术迭代需求。完善投资监管制度，对重大信息化采购项目严格执行招投标程序，并实施全过程跟踪审计。制定合理的成本分摊方案，明确各参建方的费用分担比例和知识产权归属，建立利益共享机制。

3.3 信息化管理项目实施的监督与评估机制

构建全过程质量管控体系是确保信息化建设成效的关键保障。监督机制设计应当覆盖项目全生命周期，形成计划—执行—检查—改进的闭环管理。项目启动阶段要求编制详细的实施方案，明确技术路线、进度计划和验收标准，并组织专家评审论证。例如：某长江大桥工程建立三级质量检查制度，通过施工单位日常自查、监理单位专项检查、业主单位突击检查构建立体监管网络。评估指标体系设计需要兼顾定量与定性维度，技术性能方面关注系统稳定性、数据准确率和响应时效等可量化指标；管理效益方面考察流程优化程度和协同效率提升等质性指标；经济价值方面测算投资回报率和成本节约额等财务指标^[6]。引入具有资质的第三方评估机构开展独立评价，采用系统压力测试、用户满意度调查、现场实地核验相结合的方式确保评估结果客观公正。建立问题整改闭环管理制度，对评估发现的重要问题实行挂牌督办，整改结果作为后续工程款支付的重要审核依据^[7]。构建行业知识管理平台，将各项目信息化建设经验转化为标准化工作指南，促进最佳实践推广应用。建立系统运维长效机制，明确技术升级责任主体和资金来源，确保信息化成果持续创造价值。定期编制行业发展报告，系统分析信息化建设成效与不足，为政策调整和技术演进提供决策参考^[8]。

4 结束语

桥梁施工信息化管理是提升工程质量和效率的关键。当前存在的标准碎片化、数据孤岛等问题，实质反映了传统管理模式与数字化需求的深层次矛盾。以特大桥梁项目管理实践为例，统一技术标准、构建信任机制、培养复合型人才构成解决方案的核心要素。行业主管部门应当发挥主导作用，推动强制性标准制定与实施，同时保持技术演进的政策弹性。施工企业需要转变观念，将信息化建设视为提升核心竞争力的战略投资。高校人才培养体系应当加快改革步伐，弥合工程技术与管理能力的断层。未来，桥梁工程信息化发展需要在保持技术创新活力的同时，更加注重制度建设与人才培养的系统性，最终实现设计、施工、运维全链条的数字化协同，这一转型过程将为基础设施建设领域的高质量发展注入持久动力。

参考文献：

- [1] 朱思明. 道路桥梁施工材料的信息化管理与应用[J]. 企业科技与发展, 2024(12):69-72.
- [2] 孙鹏飞. 机械设备在公路桥梁施工中的管理及应用探讨[J]. 模具制造, 2024, 24(11):237-239.
- [3] 林伟聪. 新型检测技术在公路桥梁施工中的应用[J]. 中华建设, 2023(10):140-142.
- [4] 李胜辉, 朱梦艳, 吕建伟, 等. 钱塘江强涌潮水域桥梁施工安全管理信息化应用[J]. 中国公路, 2022(15):97-99.
- [5] 王杰钊, 陈磊. 基于互联网+的桥梁施工安全内业管理信息化建设[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2019, 15(07):323-325.
- [6] 许俊, 董书鸣, 张晟. 桥梁施工监控的信息化管理[C]//中国土木工程学会桥梁及结构工程分会, 重庆市建设委员会, 重庆市交通委员会. 第十七届全国桥梁学术会议论文集(下册). 同济大学桥梁工程系, 上海通济科技有限公司, 2006.
- [7] 李超, 朱宏伟, 姜子清, 等. 铁路桥梁病害信息化管理系统设计[J]. 铁路计算机应用, 2024, 33(04):39-44.
- [8] 李阿坦, 古洲扬, 张旭, 等. 基于BIM与3DGIS的长大线路桥梁全寿命期信息管理系统应用研究[C]//中国图学会土木工程图学分会, 《土木建筑工程信息技术》编辑部. 《第九届BIM技术国际交流会: BIM助力新城建》论文集. 安徽省交通控股集团有限公司, 桥梁结构健康与安全国家重点实验室, 中铁大桥科学研究院有限公司, 2022.