

Integrated Application of BIM Technology in Bridge Life Cycle Management

Xubing Yuan

China Highway Engineering Consulting Group Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract

As bridge engineering evolves toward larger-scale and more complex structures, traditional full lifecycle management models face challenges such as information fragmentation and coarse control mechanisms, making it difficult to meet the demands of intelligent management. This study aims to optimize the integrated application of BIM technology in bridge lifecycle management. By combining theoretical frameworks with practical engineering applications, the research addresses core challenges like information protection through hierarchical control mechanisms and collaborative strategies, thereby enhancing comprehensive information security protocols and establishing a coordinated management system. Findings indicate that scientifically implemented information protection measures and collaborative management approaches can effectively mitigate data security risks, break down information flow barriers, and provide robust support for the intelligent and refined development of bridge lifecycle management systems.

Keywords

BIM technology; Bridge full life cycle management; Integrated application

BIM 技术在桥梁全生命周期管理中的集成应用

袁叙兵

中国公路工程咨询集团有限公司，中国，北京 100000

摘要

随着桥梁工程朝着大型化及复杂化的方向发展，传统的全生命周期管理模式存在信息割裂、管控粗放等问题，很难满足智慧化管理的需求。文章旨在对BIM技术在桥梁全生命周期管理中的集成应用效果进行优化，通过和工程实践相结合，针对信息防护等核心难题，采用分级管控、协同施策的方法，完善全周期的信息防护机制，搭建协同管控体系。研究表明，科学的信息防护及协同管理能够有效规避数据安全风险，打通信息流转壁垒，为桥梁全生命周期管理的智慧化、精细化发展给予可靠支撑。

关键词

BIM技术；桥梁全生命周期管理；集成应用

1 引言

当前，中国桥梁建设的规模持续不断扩大，大跨度具有异形结构的桥梁数量日益增多，在全生命周期内，设计、施工、运维各个阶段的信息管控的难度有了显著提升。开展BIM技术进行集成应用及信息防护研究，能够破解全周期信息管控存在的痛点，强化各个阶段之间的协同联动，保障桥梁结构安全，降低管理成本，这对于推动桥梁工程朝着智慧化管理转型具有重要的现实意义。

2 BIM 技术在桥梁全生命周期管理中的集成应用价值

2.1 数字化协同与方案精益优化

BIM技术借助构建桥梁全生命周期的数字化三维模型，打破了传统桥梁管理中设计、施工及运维各个阶段相互割裂的壁垒，达成了各个参与方在统一数据平台上的实时协同及信息共享。这种协同模式不但能有效减少设计环节中各个专业之间的冲突及衔接的漏洞问题，更能凭借模型的可视化特性具备的精准数据支撑，针对桥梁设计方案开展多维度的仿真分析及优化工作，使得设计方案更加贴合工程实际需求，从源头处提升桥梁设计的科学性及其精益性，为后续施工及运维工作奠定基础。

2.2 精细化管理与施工风险预控

BIM技术的集成应用能够将桥梁施工全过程的各类数据精准融入三维模型，实现对施工进度、质量、成本的精细

【作者简介】袁叙兵（1978-），男，中国湖南娄底人，本科，工程师，从事道路与桥梁研究。

化管控,相较于传统粗放式管理模式,其能够通过实时数据更新与模型联动,精准掌握施工各环节的实际情况,及时发现施工过程中出现的偏差并快速调整,同时借助仿真模拟技术,对桥梁施工中的高风险环节进行提前预判与模拟演练,提前规避施工过程中可能出现的结构安全隐患、工序衔接问题等各类风险,降低施工事故发生率,保障桥梁施工的安全性与稳定性,充分体现了其在施工阶段的重要应用价值。

2.3 智慧化管养与结构寿命延长

在桥梁运维阶段,BIM技术能够实现对桥梁结构状态的实时监测与智慧化管养,通过将传感器数据与三维模型深度融合,精准捕捉桥梁结构的受力变化、病害发展等关键信息,为运维人员提供全面、精准的决策依据,避免传统管养中依赖经验判断导致的漏检、误检问题,同时基于模型数据能够制定科学合理的养护方案,实现养护工作的精准化、常态化开展,有效延缓桥梁结构老化速度,减少结构损伤,延长桥梁使用寿命,降低运维成本,凸显了其在桥梁全生命周期管理中长效赋能的重要价值。

3 BIM技术在桥梁全生命周期管理中的应用挑战

3.1 技术融合碎片化,智慧赋能链路断裂

当前BIM技术在桥梁全生命周期管理中的应用多局限于单一阶段,与物联网、大数据、人工智能等智慧技术的融合呈现碎片化特征,这种碎片化源于各阶段技术应用缺乏统一规划,设计阶段的BIM模型多侧重几何建模,施工阶段侧重进度管控,运维阶段侧重状态监测,各阶段技术应用相互独立且数据标准不兼容,导致智慧技术的协同赋能作用无法充分发挥,进而造成BIM技术的智慧赋能链路断裂,使得桥梁全生命周期的信息无法通过技术融合实现高效流转,大幅降低了BIM技术对桥梁管理的整体赋能效果。

3.2 标准体系不统一,全周期数据贯通受阻

目前中国尚未形成完善的BIM技术在桥梁全生命周期管理中的统一标准体系,不同行业、不同企业所采用的BIM建模标准、数据编码规则、信息交互规范存在显著差异,这种标准不统一的现状源于行业内缺乏权威的统一规范指引,各参与方基于自身需求制定个性化标准,导致设计、施工、运维各阶段产生的大量数据无法实现有效对接与共享,数据格式不兼容、信息传递不顺畅等问题突出,直接阻碍了桥梁全生命周期数据的贯通,使得BIM模型无法实现全周期动态更新,难以充分发挥其数字化管理的核心优势。

3.3 协同平台缺位,跨阶段信息孤岛固化

桥梁全生命周期管理涉及设计、施工、监理、运维等多个参与方,各参与方之间缺乏统一的BIM协同管理平台,这种平台缺位主要是由于各参与方的利益诉求不同、技术投入不足,且缺乏有效的协同机制,导致各参与方多依托自身的信息系统开展工作,所产生的设计图纸、施工数据、运维

记录等信息分散存储在不同平台,形成难以打破的信息孤岛,这种孤岛现象随着桥梁生命周期的推进不断固化,不仅增加了各参与方的沟通成本,更导致跨阶段的信息传递出现滞后、偏差,影响桥梁管理的整体效率与质量。

3.4 数据安全薄弱,全周期信息管控缺失

BIM技术在桥梁全生命周期应用中会产生大量涉及桥梁结构参数、施工工艺、运维数据等核心敏感信息,而当前多数项目的BIM数据安全管控体系较为薄弱,这种薄弱现状源于企业对数据安全重视不足、安全防护技术投入不够,且缺乏完善的安全管理制度与应急处置机制,导致桥梁全生命周期数据面临泄露、篡改、丢失等安全风险,核心敏感信息的泄露可能影响桥梁结构安全与工程质量,数据篡改或丢失则会导致BIM模型失效,进而影响各阶段管理决策的科学性,对桥梁全生命周期管理造成潜在隐患。

4 BIM技术在桥梁全生命周期管理中的集成应用优化策略

4.1 打通BIM+智慧基建融合链路

设计单位与施工单位应协同构建以BIM模型为核心的融合体系,破解融合碎片化难题。设计单位需将物联网传感器参数、地质勘察数据融入BIM模型,接入AI仿真工具,针对复杂结构开展参数化建模,结合实时地质数据调整参数,确保设计贴合现场^[1]。施工单位需将BIM模型与现场智能监测设备联动,在关键工序中预设施工参数,通过传感器采集位移、应力数据,经AI对比识别偏差并推送调整指令,安排专人更新BIM模型,保障施工进度同步。

工程建设单位应牵头搭建全生命周期BIM+智慧基建数据中台,整合各参与方资源,明确数据对接标准,将各阶段核心数据统一纳入中台管理。运维单位需在桥梁关键部位加装智能监测终端,实时采集结构数据并同步更新BIM模型,依托AI分析研判病害,将运维数据反向反馈至设计、施工单位。同时,工程建设单位需建立中台运维制度与技术培训机制,形成闭环融合链路,发挥协同赋能作用。

4.2 构建全周期数据贯通规范体系

行业主管部门应牵头制定统一的BIM数据贯通核心标准,破解标准不统一导致的数据流转受阻问题。主管部门需联合行业协会、科研院所,结合桥梁全生命周期各阶段特点,明确BIM数据编码规则、建模标准与信息交互规范,重点细化设计阶段结构参数、施工阶段工序数据、运维阶段监测数据的统一格式,例如对桥梁桥墩、主梁等关键部位的数据编码实行分级分类管理,明确每类数据的采集精度、提交时限与存储要求。同时,主管部门需出台标准实施细则,选取典型桥梁工程开展试点应用,安排专业团队跟踪指导,及时收集各参与方反馈,动态优化标准内容,确保标准贴合工程实际,可落地、可执行,为全周期数据贯通提供权威依据^[2]。

工程各参与方需严格落实数据规范,建立全周期数据

管控机制,保障数据贯通的持续性与准确性。设计单位需按照统一标准开展 BIM 建模,规范填写设计数据,在模型交付时同步提交数据说明文档,确保数据可追溯;施工单位需严格按照标准采集、录入施工数据,对挂篮施工、预应力张拉等关键工序的数据进行双人校验,避免数据错漏;运维单位需按照规范更新运维数据,对桥梁病害数据、养护记录实行标准化录入。此外,各参与方需建立数据审核机制,安排专人负责数据校验,定期开展数据排查,及时修正不符合规范的数据,形成“标准引领—规范执行—审核校验”的闭环管理,确保全周期数据高效贯通。

4.3 搭建设计—施工—运维协同中枢

工程建设单位应牵头搭建一体化 BIM 协同中枢平台,打破各阶段信息孤岛,实现各参与方高效联动。建设单位需联合专业技术企业,研发适配桥梁全生命周期管理的协同平台,明确平台功能模块与权限划分,为设计、施工、运维单位分配专属操作端口,例如为设计单位开放模型上传、参数修改权限,为施工单位开通现场数据录入、进度反馈端口,为运维单位设置数据查询、病害上报功能。平台需嵌入实时通讯模块,支持各参与方在线对接,针对设计变更、施工疑问等问题及时沟通,同时关联 BIM 模型与各阶段数据,确保设计图纸、施工进度、运维记录等信息实时同步,避免信息传递滞后^[3]。

各参与方需协同完善协同中枢的运行机制,保障中枢高效运转、发挥实效。设计单位需在平台实时更新 BIM 模型及设计变更信息,同步标注关键技术要求,例如针对桥梁异形结构施工,需在平台上传详细施工指导说明。施工单位需每日在平台录入施工进度、质量检测数据,及时反馈施工中与设计不符的问题,邀请设计单位在线研判调整。运维单位需在桥梁交付后,通过平台接收施工阶段完整数据,同步更新运维监测信息,同时将病害数据反向推送至设计、施工单位,各参与方需建立专人负责机制,定期核查平台数据准确性,形成协同联动、闭环管理的工作模式。

4.4 完善全周期信息防护管控机制

工程建设单位应牵头构建分级分类信息防护体系,精准防范全周期数据安全风险。建设单位需联合数据安全企业,对桥梁全生命周期数据进行分级管控,将桥梁结构核心参数、施工工艺秘方、运维敏感监测数据划分为核心级,将普通工序记录、常规检测数据划分为普通级,针对核心级数

据设置双重加密防护,采用区块链技术进行数据溯源,例如对桥梁主塔结构参数、预应力张拉核心数据,实行加密存储并绑定专属访问密钥。同时,建设单位需为各参与方分配分级访问权限,明确不同岗位人员的数据查看、修改权限,禁止无关人员接触核心敏感数据,从源头筑牢数据安全防线^[4]。

各参与方需协同落实信息防护责任,建立全流程安全管控机制。设计单位需对设计阶段敏感数据进行加密处理,提交数据时采用加密传输方式,定期对本地存储数据进行病毒查杀;施工单位需加强施工现场数据采集设备的安全管理,对智能监测终端进行加密设置,防止数据被篡改、窃取,例如对挂篮施工实时监测数据,设置定时备份与异常预警功能。运维单位需定期对数据中台进行安全巡检,及时修复系统漏洞,建立数据泄露、篡改应急处预案,发现安全隐患立即启动处置流程,各参与方需定期开展数据安全培训,提升技术人员安全防护意识,形成全方位、全流程的信息防护闭环。

5 结语

完善 BIM 技术在桥梁全生命周期管理中的信息防护管控机制,是推动技术集成应用落地、提升管理效能的关键。通过构建分级分类防护体系、落实各方防护责任,可有效化解数据安全风险,打通信息流转壁垒。未来需结合更多桥梁工程实践,持续优化防护技术与管控模式,推动信息防护与全生命周期管理深度融合,为桥梁工程的安全、高效、智慧运维提供坚实保障,助力桥梁建设行业高质量发展。

参考文献

- [1] 周秋彭.BIM技术在市政桥梁施工中的全生命周期应用研究[C]//江西省汽车工程学会.第二届工程技术与新能源经济学术研讨会论文集.苏州市自来水有限公司;2026:1481-1483.
- [2] 熊铭.BIM技术在桥梁全生命周期管理中的应用——以新324国道厦门段提升改造工程为例[J].工程与建设,2025,39(04):981-983.
- [3] 朱胜凯,夏会军.基于BIM技术的公路桥梁工程全生命周期管理研究[J].中国科技纵横,2025,(15):117-119.
- [4] 陈文静.基于BIM技术的市政桥梁工程全生命周期管理策略[C]//《中国招标》期刊有限公司.新质生产力驱动第二产业发展与招标采购创新论坛论文集(一).浙江富泰建设有限公司;2025:213-214.