

基于 BIM 的桥梁全寿命周期管养技术研究

程志伟

江西赣北公路勘察设计院 江西九江 332000

摘 要: 桥梁作为交通基础设施的重要组成部分, 其全寿命周期管理养护的安全程度与高效水平, 直接关乎交通网络能否平稳运行。过去的管理养护模式由于技术条件的限制, 普遍存在信息孤立、数据传递迟缓、决策主观性较强等状况, 难以契合现代桥梁精细化管理养护的发展需要。而建筑信息模型 (BIM) 技术依靠可视化、参数化等主要优势, 为解决这一困境开辟了新的途径。本文针对 BIM 技术在桥梁管理养护中的运用展开研究, 梳理两者融合的逻辑关系, 探究该技术在从规划设计直至拆除回收各个阶段的应用关键要点, 剖析应用过程中面临的阻碍并提出优化策略, 目的是构建一体化的管理养护技术架构, 为提高桥梁管理养护的科学性与经济性提供支持。

关键词: BIM 技术; 桥梁工程; 全寿命周期; 管养技术; 协同管理

引言

我国交通基础设施建设已经逐渐从大规模的新建转向“建设与养护并重”的新阶段, 桥梁管理养护工作的战略重要性日益凸显。桥梁全寿命周期涵盖多个紧密相连的阶段, 各阶段信息的顺畅衔接是达成精细化管理养护的前提条件。但在传统模式下, 参与各方之间信息传递不通畅, 设计与施工数据出现脱节, 运营阶段监测数据较为零散, 致使管理养护决策延迟、资源浪费等问题不时出现。

1. BIM 技术与桥梁全寿命周期管养的理论基础

1.1 BIM 技术核心特性

BIM 技术的核心特征体现在可视化、参数化、协同化、模拟性以及全生命周期性等多个方面。可视化特征突破了传统二维图纸的局限, 让桥梁结构信息能够以三维模型的形式直观展示出来, 便于各个参与方迅速领会设计意图。参数化特征使得模型构件具有关联属性, 当某一个参数发生修改时, 能够自动带动相关构件进行调整, 大大提高了设计与修改的效率。协同化特征支持多个专业人员在同一个平台上实时开展协作, 有效避免了信息传递过程中的误差。模拟性可以对桥梁施工过程、病害发展等情况进行预先模拟, 为管理养护工作提供预判的依据。

1.2 桥梁管养内涵与需求

桥梁全寿命周期管理养护包含从规划设计起始阶段到拆除回收结束阶段的完整流程, 其内涵不仅包括运营阶段的维修保养, 还涵盖前期设计优化、施工质量把控等具有前瞻

性的管理养护工作。各个阶段的管理养护任务各有重点, 规划阶段需要考虑管理养护的经济性, 设计阶段要融入可维护性的理念, 施工阶段需要积累完整的数据, 运营阶段则着重于病害监测与维修。全周期管理养护的核心需求体现在信息连贯性、决策科学性以及资源优化性三个方面。

1.3 BIM 与管养融合适配性

BIM 技术与桥梁全寿命周期管养的结合, 有着清晰的逻辑依据, 二者在目的与需求层面高度匹配。管养工作对于数据在整个周期的需求, 和 BIM 模型的信息整合能力相互配合。于规划阶段, BIM 能够对管养场景开展模拟; 在设计阶段, 能够将管养参数嵌入其中; 施工阶段, 可以对管养数据进行记录; 运营阶段, 能为管养决策提供支持。这种贯穿整个流程的融合, 能够满足管养对信息连贯性的需求, 为决策给出科学的参考依据, 同时还能提高各个环节的工作效率。从技术适配的角度来讲, BIM 所具备的参数化与可视化特点, 能够有效处理传统管养中数据零碎、传递不顺畅的问题, 其应用于桥梁管养的可行与必要, 已经在行业内得到广泛认同。

2. 基于 BIM 的桥梁规划设计阶段管养前置技术

2.1 管养导向型设计技术

规划设计阶段属于桥梁全寿命周期管养的前期环节, 把管养需求融入到设计流程中, 能够从源头上提高管养效率。基于 BIM 技术的管养需求导向型设计, 把全周期管养的经济性与便利性当作核心目标, 将桥梁结构的可检测性、构件可更换性、养护可达性等指标归入设计参数体系。借助 BIM

参数化模型,可以对桥梁主梁、桥墩等关键结构的设计方案反复优化,保证结构形式方便后期的巡检与维修。在设计阶段预先考虑管养场景,能够有效降低运营阶段的管养难度与成本,实现设计与管养的提前对接,给全周期管养打下良好基础。

2.2 设计信息集成应用

BIM 模型作为信息承载的工具,在桥梁设计信息整合中起着核心作用。构建多维度的设计 BIM 模型,需要整合桥梁结构几何参数、材料力学性能、地质勘察数据、水文环境信息等各类基础数据。将设计图纸、计算书、技术规范、审批文件等相关资料与模型构件建立关联,实现信息的集中管理与可视化查询。这种集成化的信息管理方式,能够避免传统设计中信息分散存放的不足,确保设计信息的完整与一致。当设计方案出现变更时,模型能够自动更新相关联的信息,为后续施工交底以及运营管养提供准确、完整的基础数据支持。

2.3 设计方案管养评估

基于 BIM 模型的模拟与分析功能,可以建立设计方案管养可行性评估体系。评估体系需要包含长期管养成本、病害易发性、结构耐久性、维修便利性等多个维度的指标。利用 BIM 模型对桥梁在不同环境条件下结构性能的变化进行模拟,提前判断可能出现的病害类型及发生位置。通过量化分析各设计方案的评估指标,比较不同方案在管养方面的优势与劣势。比如,针对桥梁支座设计,能够通过模拟评估其更换的难度与频率,为设计方案的优化提供依据。这种依据数据进行的评估方式,能够提高设计方案的科学性,降低后续管养的风险与成本。

3. 基于 BIM 的桥梁施工阶段管养数据积累技术

3.1 BIM 模型动态更新

施工阶段对于桥梁管养数据的积累意义重大,构建 BIM 模型动态更新的机制就显得尤为关键。在施工进程当中,像实际施工进度状况、工序调整情形、材料进场的各项信息以及设备使用的记录等数据,都需要及时且实时地录入到 BIM 模型里面。施工人员可以借助移动设备,在施工现场收集数据之后,即刻同步上传至模型,达成施工过程和模型之间的动态协同。一旦出现设计变更或者现场签证的状况,必须迅速对模型里相关构件的参数以及关联信息加以更新,保证模型与施工现场的实际情形高度契合。这样一种动态更新的

模式,能够切实避免施工数据同模型信息之间出现脱节现象,为运营阶段的管养工作给予涵盖施工整个过程的精确背景数据,提高管养工作的可追溯性。

3.2 施工数据集成管理

BIM 技术为施工阶段有关质量与安全数据的集成式管理提供了切实有效的方法。在施工的过程里,像混凝土强度检测报告、钢筋保护层厚度测试数据、焊缝无损检测记录等质量方面的数据,要和 BIM 模型对应的构件进行关联。与此同时,把施工现场的安全监测数据、隐患排查记录、隐蔽工程验收资料等安全管理信息进行整合,形成一套完整的施工数据档案。凭借 BIM 模型可视化的特性,可以快速定位质量问题以及安全隐患所在的具体位置,追溯与之相关的施工工序以及责任人。这种集成化的管理模式,不但提高了数据管理的效率,也为后续运营管养工作提供了详细的施工质量与安全基础数据。

3.3 施工与管养衔接

BIM 技术在施工和管养阶段的衔接方面发挥着极为重要的桥梁作用。以 BIM 模型作为核心载体,能够明确施工单位向管养单位的数据移交标准,这其中涵盖模型数据格式、关联资料类别、数据更新频率等具体内容。施工单位在项目竣工的时候,需要提交包含完整施工数据的最终版 BIM 模型,这一模型要囊括施工变更、质量检测、安全记录等所有信息。管养单位依据该模型就能够迅速开展管养工作,无需重新构建基础数据档案。这种无缝衔接的模式,有效处理了传统移交过程中数据缺失、格式不统一等问题,保证施工阶段所积累的各类数据能够直接服务于运营管养工作。

4. 基于 BIM 的桥梁运营阶段精细化管养技术

4.1 病害监测与可视化

运营阶段的病害监测属于桥梁管养的核心要点,BIM 技术能够实现监测数据的高效整合以及可视化展示。把桥梁结构上设置的传感器实时监测到的数据,和人工定期巡检所采集的病害信息,同时关联到 BIM 模型对应的构件上。借助模型的可视化功能,使用不同颜色或者标记直观呈现病害的位置、类别以及严重程度,以便管养人员能够快速了解桥梁的健康状况。当病害发生和发展时,BIM 平台能够实时更新相关数据,生成病害发展趋势曲线。这种可视化的监测模式,改变了传统监测数据的抽象性,提升了病害识别的准确度与效率,为及时开展维修工作提供有力支持。

4.2 维修养护决策应用

BIM 模型所积攒的全生命周期数据,给桥梁维修养护决策给予了科学根据。一旦桥梁出现病害,管养工作人员能够借助模型获取该构件的设计参数、施工记录、历史监测数据等完整信息,对病害产生原因开展精准剖析。依据这些数据,对不同维修养护方案的技术可行程度予以评估,利用 BIM 模拟功能提前判断各方案的维修效果以及使用寿命。与此同时,结合人工、材料等成本数据,分析方案的经济合理程度。通过多维度比较,挑选出最优的维修养护方案,规避传统决策里的经验主义弊病,达成资源的优化配置。

4.3 协同管理平台构建

基于 BIM 技术搭建桥梁运营管养协同管理平台,能够达成各参与方的高效协作以及信息共享。该平台需要整合数据采集、存储、分析、应用等全部流程的功能,支持建设、设计、施工、管养等多方主体接入。管养单位可通过平台上传监测数据和巡检报告,设计单位能够远程给予技术支持,施工单位能够参与维修方案的实施配合。平台具备数据查询、统计分析、报表生成等功能,能够自动生成桥梁健康状况评估报告。这种协同管理模式,冲破了各参与方之间的信息阻碍,提升了沟通效率与工作协同性,进而提高运营管养工作的整体质量。

5. 基于 BIM 的桥梁管养技术应用挑战与优化路径

5.1 核心应用挑战

在桥梁管养工作运用 BIM 技术期间,存在着诸多关键的应用难题。其中,标准缺失的情况尤为突出,整个行业尚未构建起统一的 BIM 管养数据标准以及应用规范,这导致不同项目的模型数据在兼容性方面存在严重问题。数据安全风险不可小觑,桥梁作为重要的基础设施,其全周期数据关乎公共安全,但目前数据在存储与传输过程中的安全保障机制尚不完善。此外,人才短缺也成为制约该技术应用的重要因素,既精通 BIM 技术又熟知桥梁管养业务的复合型人才数量匮乏。而且,各阶段的数据格式差异明显,整合工作困难重重,同时 BIM 模型的长期维护需要持续的成本投入,这些因素综合起来,对 BIM 技术在桥梁管养领域的推广应用造成了限制。

5.2 政策与标准优化

通过对政策与标准进行优化,改善 BIM 桥梁管养技术的应用环境,是推动这一技术发展的重要支撑。应加速完善

BIM 管养技术标准体系,详细规定模型创建、数据采集、格式存储、移交归档等各个环节的技术要求,达成数据的标准化以及兼容性。政府相关职能部门需加大政策引导与扶持力度,将 BIM 技术应用纳入桥梁管养相关规范以及考核体系之中,鼓励各项目积极采用 BIM 管养技术。

5.3 技术与人才提升

提升技术水平与人才能力,是推动 BIM 桥梁管养技术应用的核心驱动力。在技术方面,要强化 BIM 技术与大数据、物联网、人工智能等新兴技术的融合运用,研发具备数据智能分析与预测功能的管养系统,提高技术集成能力和自动化程度。借助技术融合,实现对桥梁病害的提前预警以及智能诊断。在人才培养方面,应搭建高校、企业、行业协会协同合作的多元化培养体系,高校增添相关专业课程,企业对在职人员开展技术培训,行业协会组织技能竞赛与交流互动,全方位提升从业人员的 BIM 应用能力与管养专业素质,培养出更多的复合型管养人才。

6. 结论

本文针对基于 BIM 的桥梁全寿命周期管养技术展开了系统研究,明确了 BIM 技术在桥梁管养中的应用价值与融合逻辑。研究显示,BIM 技术以其可视化、参数化等特性,能够有效应对传统管养模式下信息分散、数据传递效率低下等问题。从规划设计阶段将管养工作前置,到施工阶段进行数据积累,再到运营阶段实现精细化管养,BIM 技术可以贯穿桥梁全寿命周期,为各个环节的管养工作提供数据支持。

参考文献:

- [1] 陈潇.桥梁工程 GIS+BIM 正向设计方法与应用[J].智能建筑与智慧城市,2025,(11):178-180.
- [2] 丁志鹏,司维.BIM 技术在桥梁全寿命周期的应用研究[J].科技创新与生产力,2025,46(09):108-110.
- [3] 刘琦,李乾宝,郑子涵.BIM 技术在桥梁工程设计阶段的应用研究[J].城市建设,2025,(16):86-88.
- [4] 黎祖榕.基于 BIM 与物联网技术的桥梁全生命周期智能管控系统[J].西部交通科技,2025,(07):174-177+190.
- [5] 赵欣.BIM 技术在桥梁工程中的优势和应用[J].散装水泥,2025,(01):47-49.

作者简介:程志伟(1998.4-),男,汉,江西人,硕士,研究方向:公路与桥梁工程