

建筑信息模型在桥梁工程中的应用探究

向星宇¹ 李灵晟²

1. 重庆建筑工程职业学院, 重庆 400074

2. 重庆市公路数据服务中心, 重庆 400074

[摘要] 桥梁属于基础设施里的重要部分, 其在设计、施工以及运维环节所涉及的信息数量颇为可观, 且专业跨度颇大, 传统的工程模式往往会出现“多专业信息存在不对称情况、协作效率低下、风险难以把控、全生命周期管理有所缺失”等这类痛点。建筑信息模型技术借助数字化的三维模型来整合几何方面的信息、物理属性相关的信息、施工的逻辑以及运维的数据, 进而构建起桥梁工程的“数字孪生体”, 达成在规划、设计、施工、运维各个阶段都能够实现信息的无缝传递以及多维度的协同效果。BIM 是一个依靠数据驱动的全生命周期管理平台, 当下正给桥梁行业带来极为深刻的数字化变革, 将其引入到桥梁行业当中对于提高工程的质量以及管理的效率有着不容忽视的重要意义。

[关键词] 建筑信息模型; 桥梁; 应用

DOI: 10.33142/sca.v8i5.16440

中图分类号: U442

文献标识码: A

Exploration on the Application of Building Information Modeling in Bridge Engineering

XIANG Xingyu¹, LI Jiongsheng²

1. Chongqing Jianzhu College, Chongqing, 400074, China

2. Chongqing Highway Data Service Center, Chongqing, 400074, China

Abstract: Bridges are an important part of infrastructure, and the amount of information involved in their design, construction, and operation is considerable, with a wide range of specialties. Traditional engineering models often suffer from pain points such as "asymmetric information among multiple specialties, low collaboration efficiency, difficult risk control, and lack of full lifecycle management". Building information modeling technology utilizes digital 3D models to integrate geometric information, physical attribute related information, construction logic, and operation and maintenance data, thereby constructing a "digital twin" of bridge engineering, achieving seamless information transmission and multi-dimensional collaborative effects in all stages of planning, design, construction, and operation. BIM is a data-driven full lifecycle management platform that is currently bringing profound digital changes to the bridge industry. Introducing it into the bridge industry is of great significance for improving the quality of engineering and management efficiency, which cannot be ignored.

Keywords: building information model; bridge; application

1 建筑信息模型概述

建筑信息模型 (Building Information Modeling, 简称 BIM) 的根本理念是通过采集建筑工程中的各种信息, 建立一个建筑工程的模型, 全程模拟建筑工程从设计阶段、施工阶段到运营维护阶段的实况。开放、中立、协作依然是建筑行业的基调。为了让建筑信息模型得到更好的发展, 业界大力推动了建筑信息模型标准的应用, 促进个人建筑信息模型认证 (建筑行业将根据各自的经济能力进行培训), 同时, 更多地采用开放建筑信息模型流程。建筑信息模型的建立是现在多种技术的结合, 是其包含在内的各种先进技术的能力的互补, 因其具有可视化、模拟化、优化性等特点, 有利于各种建筑工程 (桥梁、道路、市政水利管道、装配式建筑、隧道等) 提高工程整体效率, 降低施工难度, 减少不必要的设计成本, 并且通过建立建筑信息平台来达到信息共享, 帮助工程中的各个部门协同合作。

2 桥梁应用建筑信息模型的必要性

2.1 设计精度的提升与工作效率的优化

桥梁设计流程颇为复杂, 传统模式下多专业分工往往容易形成信息孤岛, 协调起来也存在诸多困难。而 BIM 技术凭借把结构、机械、电子等诸多专业的设计数据整合进统一模型的优势, 能够达成信息的共享以及协同设计, 进而有效消减传统设计当中存在的沟通方面所出现的误差情况。其基于 BIM 的参数化设计办法, 当对桥梁的几何参数做出修改之后, 与之相关的各个构件便可自动完成更新操作, 如此一来便能够在很大程度上提升设计的工作效率以及精准度。并且, BIM 模型还能够支持多种多样的分析仿真以及碰撞检测工作, 助力设计人员提早察觉到潜在的各类缺陷问题, 防止因为设计环节出现错误而导致施工时发生返工状况以及工期出现延误情况。正是因为这样的原因, 无论是国内还是国外的相关研究都明确指出, 运用 BIM 能够大幅度提高桥梁工程在设计方面的精度以及效率, 它已然成为

提升设计质量以及协作效能极为关键的一种手段。

2.2 施工管理的精细化与动态监测的智能化

在施工期间,桥梁工程往往会受到诸多因素的影响,像是现场环境比较复杂、工期偏长以及技术方面的要求颇高等等,在传统的管理模式之下,进度以及资源常常很难做到精细地把控。而BIM技术能够把施工方案变成数字化的形式,再结合4D进度模拟来对施工流程展开动态的仿真操作,如此一来便能有效地对施工组织方案加以优化。相关研究已经表明,通过构建施工模拟以及资源管理模型的方式,BIM是能够达成对施工进度以及资源配置进行全面且细致的控制与优化效果的。比如说,施工单位能够凭借BIM模型提前去演练吊装的具体顺序或者模板体系的情况,进而及时地察觉到可能出现的进度方面的瓶颈所在;与此像物料还有人员这类施工资源的相关信息可以通过BIM平台实时地进行共享以及更新操作,这对于减少现场出现的浪费情况以及缩短施工工期都是很有帮助的^[1]。除此之外,BIM还能够和物联网传感器相互结合起来,从而开展在线的动态监测工作,针对桥梁的关键部位比如应力、沉降等情况进行实时的监测以及预警,以此实现从“被动维修”的状态朝着“主动预防”的方向转变。从上述内容不难看出,施工管理的精细化以及智能监测的实施在BIM于桥梁工程当中的应用当中是绝对不可或缺的一个环节,它对于提升施工的安全性以及效率都有着不容忽视的作用。

2.3 全生命周期信息的贯通与运维管理的优化

桥梁有着较长的生命周期,而且其包含的信息量颇为可观,在设计环节、施工环节以及养护运维各个阶段都迫切需要实现高效的信息流通。BIM技术能够建立起涵盖全生命周期的信息模型,让规划方面的数据、设计方面的数据、施工方面的数据以及运维方面的数据能够在同一个平台之上实现互联互通,进而构建起一个贯穿整个项目始终的数字化管理框架。这种以BIM为基础所构建起来的数字孪生模型,能够将桥梁的实体工程和虚拟模型实时地关联起来,达成信息的无损传递效果,同时也能完成多阶段数据的集成工作^[2]。在运维这个阶段当中,凭借BIM模型可以形成针对桥梁病害的数据库,再结合由传感器所监测得来的数据来开展桥梁的健康评估以及预警活动,从而为后期的养护决策给予有效的指导。

3 BIM在桥梁工程中的核心应用方向

3.1 三维参数化建模与结构受力分析

BIM技术让桥梁几何形态以及构件参数化得以实现,借助基于BIM的正向设计方式,运用“模型+数据”的办法,达成构件模板的参数化生成以及修改操作,还能对构件实例数据实施全生命周期的管理。设计师能够凭借BIM软件构建桥梁的三维参数模型,针对不同设计方案展开静力、动力、热力方面的分析,精准评估结构受力性能与稳定性,BIM自身带有碰撞检测功能,可自动察觉构件间的干涉以及潜在冲突,在设计阶段提早排查隐患,防止传统设计中因协调失误引发的重大变更,依靠参数化建模和多种结构分

析相结合,BIM极大地提升了设计方案的科学性与可靠性,让设计人员能更直观地理解桥梁结构,提升设计质量。

3.2 施工进度仿真分析与资源管理优化

在施工阶段,BIM可用来构建4D施工模拟,把三维模型和施工进度计划关联起来,以此达成施工流程的动态展示以及优化效果。就好比说,针对复杂桥梁的架设工序、吊装工序等展开虚拟仿真操作,提前察觉到工序之间可能出现的冲突或者资源方面存在的瓶颈情况^[3]。这种BIM施工仿真是给施工组织给予直观的参考依据的,能够引导施工方去合理地安排进度以及人员、设备的投入事宜。除此之外,BIM还能够集成资源管理模块,针对材料、机械、人员等各种资源实施精细化的管理举措。在某一个典型的运用案例当中,施工队借助BIM平台能够实时抓取施工进度以及耗材方面的相关信息,及时对施工计划还有物料采购方案做出调整,进而削减施工环节中的浪费情况并且缩减工期时长。

3.3 工程量精准计算与全过程成本控制

BIM模型不只有几何信息,而且有材料、数量等方面的数据,能够自动生成工程量清单以及成本估算。相关研究说明,凭借BIM来建模,可以迅速导出混凝土方量、钢筋用量等清单,其计算误差低于1%。BIM信息库能够集成工程计价规则,给项目给出精确且详尽的工程量与造价数据。就4D施工模拟软件Synchro来讲,它依靠BIM模型展开施工规划,一方面模拟施工过程,另一方面动态估算工程量和成本,并且协调现场的人员、材料与设备。此软件借助实时对接BIM模型,对材料领用和库存管理予以优化,大幅降低施工成本以及浪费情况。由此可以发现,BIM技术贯穿了设计与施工的计量定额环节,达成了从精准算量到全过程成本控制的闭环,提高了项目的经济效益。

3.4 数字化交付模式与智能化桥梁运维

BIM对于“数字化交付”模式予以支持,具体而言,就是在工程完成交工之际,向业主完整地移交数字模型以及与其相关的各类数据,以此为基础来为后续的运维管理工作打下相应的根基。在整个这个过程当中,BIM模型已然成为了桥梁资产的数字化承载之物,其中涵盖了结构方面的信息、材料相关的信息、设备方面的信息以及维保环节的信息等等。把物联网监测系统和BIM模型相互结合起来之后,运维人员就能够凭借模型直观地去查看桥梁当下的实时运行状况以及以往的历史维护记录,进而针对全桥的健康状态展开在线式的分析工作。举例来讲,凭借着BIM所具备的数字孪生这项功能,能够依据传感器所采集到的应力数据以及振动数据来主动发出关于可能出现的损伤情况的预警。这样的一种数字化交付模式再加上智能运维模式,达成了数据在全生命周期范围内的贯通效果,切实提高了桥梁设施在运维方面的效率,并且也提升了其安全方面的水准。

4 实施BIM技术的关键问题与对策

4.1 技术标准体系的构建与完善

当下,我国在BIM应用方面还缺少统一的技术标准以

及相关规范。为了促使桥梁 BIM 在全国范围内得以推广开来,有必要去构建一个包含术语、建模标准、数据接口、安全规范等诸多内容在内的标准化体系。从相关的研究以及实际的实践情况来看,BIM 平台在信息管理方面是需要有一套标准化且规范化的管理体系的,唯有如此才能够切实保障数据能够实现互联互通,并且保证数据的质量具有一致性。就好比说,可以参照国际 ISO19650 系列标准,去制定出适用于桥梁行业的建模精度以及信息属性方面的具体要求,从而明确各个不同阶段模型交付的具体深度。与此还得积极推动 BIM 与 CIM、物联网等标准之间的衔接工作,以此来确保不同平台之间能够实现数据的无缝对接。通过不断完善技术标准体系,便能够为 BIM 应用给予相应的制度保障以及技术层面的有力支撑,进而推动各个环节达成高效的协同运作状态。

4.2 复合型人才培养体系的构建

BIM 的应用属于一项复合技术方面的工程,这就要求人才既要熟悉工程业务,又要了解信息技术,是典型的复合型人才。当下,业内 BIM 人才存在供给不足的情况,且专业水准呈现出参差不齐的状态。从实际操作来看,BIM 软件工具以及建模方法对设计师还有工程师都提出了比较高的要求,所以相关人员有必要接受较为系统的培训,以便能够熟练地掌握 BIM 软件的操作技巧以及建模原理。由此,在高等院校以及职业学校应当开设 BIM 应用相关课程,以此来培育拥有结构、施工以及信息化知识的复合型人才,同时企业也要加强针对在职人员的培训工作,进而形成专业的协作团队。唯有不断完善人才培养的体系,才能够逐步构建起那些既懂桥梁工程又精通 BIM 技术的跨学科人才团队,从而更好地满足项目实施方面的各种需求。

4.3 数据协同平台的建设与信息安全保障

BIM 的应用得搭建起统一的数据协同平台,达成设计、施工以及运维阶段的信息共享目的。理想的平台要构建起统一的项目数据库,把不同专业的 BIM 模型、监测数据还有管理信息关联起来并实现互通,进而形成标准化的数据管理模式。在这样的基础之上,务必要强化数据安全保障方面的工作,采取诸如加密传输、权限管控、备份容灾等一系列措施,以此来防范信息出现泄露以及被篡改的风险^[4]。除此之外,还应当积极推动 BIM 平台与物联网、云计算实现深度融合,借助安全且可信的云平台,保证大规模数据能够得以妥善存储并且可以高效地调用。唯有处于可靠的数据协同环境当中,BIM 信息的价值才能够得到充分的释放,与此同时也能保障桥梁工程信息的完整性以及安全性。

4.4 组织管理模式的创新与优化

BIM 的实施并非仅仅涉及技术层面的问题,其还要求组织流程有所变革。通常而言,实施 BIM 的项目常常需要把设计方、施工方以及监理方等诸多方面协同起来,这就得冲破传统那种纵向的管理模式,去构建起能够跨部门协作的全新机制。就项目层面来讲,可以采用以 BIM 为中心的工程总承包模式也就是 EPC+I 模式,或者是集成项目管

理 IPD 模式,借此把各个参与方都纳入到同一个数字平台当中展开协作。政府还有行业组织也应当制定出相应的支持政策,推动企业去创新合同形式、激励机制以及评估标准等方面,比如可以把信息交付当作绩效考核当中的一个部分来对待。除此之外,项目管理流程也应当从以往单纯的“交付图纸”转变为现在的“交付信息模型”,进而确立起协同开展工作以及实现信息共享的管理文化。通过上述针对管理模式所做出的创新举措,能够为 BIM 的切实落地营造出一个较为良好的组织环境以及团队氛围,从而提升工程项目在整体上的协同效率。

5 结语

文章从理论层面就建筑信息模型于桥梁工程方面的应用展开了较为详尽的阐述。相关研究显示,BIM 借助构建三维数字模型以及信息数据库,能够切实有效地提升桥梁结构设计以及施工环节的可视化程度与智能化水准,进而给设计人员给予更为直观且更为准确的相关信息。运用 BIM 技术去开展碰撞检测、施工仿真以及全过程算量等工作,能够在很大程度上削减设计环节出现的错误情况以及施工过程中存在的冲突状况,由此促使工程的效率得以提升,工程质量也获得改善。在工程建设的实际操作进程中,那种基于 BIM 所形成的设计与施工优化模式已然收获了颇为显著的成效,这无疑为达成高质量的发展目标给予了极为重要的助力。不过,要将 BIM 全面推广开来,依旧面临着技术标准方面、人才培养方面、数据安全方面以及管理机制方面等诸多的挑战,所以需要不断地对相关的体制机制加以完善。放眼未来,伴随技术逐步走向成熟并且配套保障措施不断得到强化,BIM 必定会成为桥梁工程在整个生命周期管理当中占据主流地位的手段,从而为我国的桥梁建设以及运维管理工作给予更加稳固有力的数字化支撑。

[参考文献]

- [1] 廖能武. 建筑信息模型在桥梁工程设计中的应用[J]. 中国高新科技, 2023(12): 74-76.
 - [2] 马圣昊, 张琪峰. 基于 BIM 技术的区域级工程审查管理体系研究——以苏州工业园区苏相合作区为例[J]. 城市道桥与防洪, 2023(11): 172-175.
 - [3] 邓骊翔, 柏华军, 夏文俊, 等. 基于国产引擎的桥梁 BIM 正向设计及应用研究[J]. 铁道标准设计, 2025, 69(3): 174-181.
 - [4] 曾春清, 李林, 屈健. BIM 正向设计技术在成都西一线绛溪河大桥设计中的应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2024, 16(6): 111-116.
- 作者简介: 向星宇(1997.2—), 毕业院校: 中南大学, 所学专业: 土木工程, 就单位职务: 专任教师, 当前就单位名称: 重庆建筑工程职业学院; 李昱晟(1995.8—), 毕业院校: 重庆大学城市科技学院, 所学专业: 土木工程, 当前就单位名称: 重庆市公路数据服务中心, 职称级别: 工程师。