

基于 BIM 技术的市政道路桥梁设计探究

李万明 陈建河 (通讯作者)

四川公路桥梁建设集团有限公司公路二分公司

摘要: 随着我国市政道路桥梁建设的持续推进, 为推动桥梁设计管理体系化升级, 本文以基于BIM技术的市政桥梁设计为例, 探讨其在地规划、管线设计、结构优化、施工模拟、信息管理等方面的应用, 提出实现全生命周期信息模型动态管理的解决路径。分析表明, BIM技术可以发挥辅助进行方案比选、实现专业协同、规划桥位景观、评估碳排放等多重优势, 有力推进桥梁设计流程、效果和管理的优化。研究成果可为BIM技术在公路桥梁设计领域的创新应用提供借鉴。

关键词: BIM技术; 市政桥梁; 设计管理; 信息化

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.07.057

BIM技术在市政桥梁设计与建造中的应用, 可以发挥多方面的技术优势, 实现全生命周期的数字化管理。它可以辅助进行结构方案比选, 实现专业间高效协同, 指导施工建造, 开展环境影响评价等, 有力推进桥梁设计流程和质量管理水平提升。然而, 目前BIM技术在桥梁设计实践中存在诸多问题。为推动我国桥梁设计管理体系的数字化、信息化转型, 实现从传统设计到智能化设计的跨越, 有必要系统研究BIM技术在桥梁设计领域的创新应用方案, 提炼应用路径, 发掘更丰富的应用价值, 为桥梁设计管理提质增效提供支撑。

一、BIM 技术基本概念

BIM (Building Information Modeling) 是目前国内外建筑工业化发展中的前沿技术, 这是一种依托于 Building (建筑)、Information (信息)、Modeling (模型) 理念, 通过企业范围内协同工作, 采用三维数字化模型集成建筑生命周期内多方信息, 实现建筑手段、工具与过程的数字化革命, 以此来优化和深化建设工程全方位环节、全过程的管理, 实现建筑生命周期的可持续开发的一套技术原则。BIM技术通过一个全面集成的资源储存, 涵盖建筑设计、建造、运营管理甚至拆迁阶段的大部分信息, 并且涉及相关的机电设备、室内外的供排水, 受控制的温湿度, 设备和灯光, 无人机航拍, 激光扫描等数据, 实现模型技术通过各种信息交互模拟与验证工程某一阶段单个部分及整体性能。必要时, 利用传感器数据实时反馈, 对建筑和使用者的共同行为进行实时更新。其目的是通过模型的可视化与信息化手段, 最大限度地还原项目的整个生命周期过程, 有效降低固有行业弊端, 提高工程设计、施工效率与产品质量, 作为设计师和建造者之间交流平台。

二、BIM 技术在市政道路桥梁设计中的技术优势

(一) 辅助进行设计方案对比分析

BIM技术应用于市政道路桥梁设计, 可以发挥良好的技术优势。它可以辅助进行设计方案的对比分析。在桥梁设计中, 往往需要比较多种方案来选择最优布置, 如跨径大小、墩柱位置等设置都会直接影响方案的经济性、安全性以及环境效应。这时借助BIM手段就可以快速搭建多种方案的三维数字模型, 并进行碰撞检测, 帮助人们全方位地审视每个设计方案的细节。同时, 系统也可以更直观地模拟各种方案的协调性, 考察过河车船的通行情况, 评估环境贯通性, 计算土方量要求等。结合科学的定量对比分析, 有利于准确选取最优方案。此外, 通过BIM的AR增强现实手段, 还能现场漫游显现多个桥梁方案, 加强设计方案之间的可比性, 为设计选型与策略性调整提供支撑。

(二) 实现设计信息的高效共享与协同

BIM技术可以实现设计信息的高效共享与协同。市政桥梁工程设计复杂, 需要多学科协作完成桥型、墩柱、桥面、防护等专业设计。以往靠二维图纸交换极易发生错漏, 而三维数字模型能够实现各专业细节的信息互通并实时更新, 支持联合审图。设计人员通过标注与云端协作的方式, 及时交流模型中的问题与处理意见, 实现协同工作, 有效简化设计流程, 提高多专业配合效率。与此同时, BIM技术也支持将设计信息快速推送至施工企业, 通过可视化和参数化模型, 使建造者更加直观地把握设计细节与图量取值, 为后续工程落实奠定基础, 也方便施工单位提前进行结构构件的预制预拼。此外, BIM技术还能与进度全景系统、资源云平台对接, 跟踪设计任务进度, 推动项目节点目标的有序实现。

(三) 实现对项目全生命周期的管理

BIM技术的应用实现了市政桥梁工程全生命周期的数字化管理。基于完整的信息模型, 它可以贯穿设计、施工建造、运维的全过程, 发挥设计引领和质量控制的关键作用。设计阶段, 通过对桥梁产品数据的数字积累, 获取全面产品视角; 施工阶段, 三维模型转化为工程量计算和施工装配的依据, 实现精细化指导; 竣工运维阶段, 桥梁数字孪生平台的建立, 则可以实时监测桥梁各关键部位的结构性能参数, 运用大数据手段预测运维需求, 实现桥梁的智能化养护。另外, BIM技术产生的全生命周期数据, 也为后续市政桥梁改造提供可靠基础, 利用历史数据指导更新设计和施工, 实现持续优化。因此BIM的应用充分体现了市政桥梁建设全过程管理和未来可持续发展的优势。

(四) 辅助工程预算和计量管理

BIM技术可以辅助市政桥梁工程的预算和计量管

理。在工程预算编制时，设计单位过去主要通过提取二维设计图纸，进行带状断面积统计和清单汇总。这种手工作业不仅效率低下，往往存在一定误差。而三维数模直接整合了工程量计算的相关参数，系统可以快速提取工程量，辅助编制概预算或清单预算，提高预算编制的速度与准确性。与此同时，BIM技术与施工企业的计量管理系统也可以对接统一。施工过程实测数量，可以通过三维技术比对设计数字模型，对项目工程量的计量清单、定额结算进行核查，实现工程量提取和核对确认的信息化，确保计量计价和结算的准确。这为提高工程成本管理水平提供了有力支撑。第二，BIM技术能够实现市政桥梁工程进度和资源的过程控制。依托权威的三维数字模型，BIM系统可以提取各阶段的关键工程节点，设置进度监控点，与施工现场的数据快速相关联。在这个基础上，结合现场视频监控和进程信息，可以实现市政桥梁工程建设全过程和多方位的动态监测。系统可以通过进度节点的信息反馈，智能比较实际进展情况，预测后续进度，发现进度偏差后快速提出预警。这为市政桥梁工程建设提供及时管控，确保节点目标和资源保障。

三、BIM 技术应用在市政道路桥梁设计的现状分析

目前BIM技术在我国市政道路桥梁设计领域的应用还处于推广和发展阶段，技术普及率不高，设计企业普遍存在技术应用意识淡薄、数据共享交换标准欠完善以及软硬件设备投入力度不够等问题。具体原因一是设计院对BIM技术认知不足，技术研发人员较少，导致技术创新能力偏弱，在市政桥梁设计中BIM的功能特性未能充分发挥；二是BIM技术标准化体系不完善，桥梁设计各专业信息难以协同实现一体化，数据交换效率低下，影响其应用水平提高；三是软硬件等方面的投入力度欠缺，建模技术和信息化平台建设有待加强，也制约了BIM在实践中的扩展应用。上述原因共同制约了BIM技术在市桥工程设计领域的广泛运用，积极推进BIM技术创新标准化和企业应用，仍是当前实现市政桥梁设计管理现代化、智能化的重要任务。

四、BIM 条件下市政道路桥梁设计研究

（一）场地规划分析

BIM技术为市政道路桥梁设计的场地规划分析提供了重要支持。第一，通过高精度三维扫描等技术获取详尽地形地貌信息，建立数字化场地模型。模型中结合地形地貌、地表植被、地下管线等详细属性数据，充分呈现场地状态，为定位桥梁选址和后续桥型设计提供基础。第二，在确定桥位后，应用BIM的桥梁前处理工具可以快速生成各类钢、混组式桥梁方案的三维样式模型。系统自动完成不同桥型的跨径、桥面宽度等尺寸计算，并评估不同桥型在场地适应性方面的差异，如导引线方向变化、斜坡过渡等，实现方案迭代优化。第三，三维环境下进行桥梁全貌模拟。针对选定桥型，应用VR

技术植入场地环境中动态显现，实现人性化沉浸式体验，直观判断桥体景观效果、场地协调性等。必要时，采用体素技术与实景场地进行比对，形成高匹配度的桥梁三维效果图。通过这些手段，BIM技术全面提升了市政道路桥梁设计的场地规划分析能力。

（二）地下管线综合设计

BIM技术能够有效解决市政道路桥梁工程设计过程中与地下管线空间矛盾的问题。第一，通过BIM的三维扫描技术，可以快速获取原有地下管线的精准数据，并转换建立三维地下综合管廊数字化模型。第二，在进行桥墩桥台基础设计时，通过将地下管廊数据导入设计平台，实现桥梁设计模型与地下管线模型的空间集成。在此基础上，应用BIM的桥梁结构设计软件，可以智能识别桥台位置与地下管线空间的潜在冲突，并提供多个迁改管线的可选方案。设计人员通过三维动态模拟不同方案的可行性分析，精确确定桥台结构与管线错位的最优布置，实现桥梁设计与地下管线改造的协同联动。第三，BIM技术还支持将地下综合管廊三维数据快速传输给市政、供水、燃气等相关管线运营企业，通过数据共享协同设计管线迁改方案的细节，形成管线改造的施工图，为后期的施工实施提供依据，降低管线迁改对城市供应的影响。

（三）道路桥梁景观的设计分析

BIM技术为市政道路桥梁工程的场地规划分析提供了重要支持。第一，通过高精度三维扫描等技术获取详尽的地形地貌信息，建立数字化的场地模型。模型中整合了地形、地貌、地表植被和地下管线等详细的属性数据，充分呈现场地状态，为定位桥梁的选址和后续桥型设计提供基础。第二，在确定桥位后，应用BIM的桥梁预处理工具可以快速生成多种钢结构和混凝土组式桥梁方案的三维样式模型。系统会自动完成不同桥型的跨径、桥面宽度等尺寸的计算，并评估不同桥型在场地适应性方面的差异，如引导线的方向变化、斜坡过渡条件等，以实现方案的迭代优化。第三，在三维环境下进行桥梁全貌的模拟。针对选定的桥型，应用虚拟现实技术将其植入场地环境中进行动态显示，实现沉浸式的人性化体验，直观判断桥体的景观效果和场地的协调性。必要时，还可以采用体素技术与实际场地进行效果对比，生成高匹配度的桥梁三维效果图。通过这些手段，BIM技术全面提升了市政道路桥梁设计的场地规划分析能力。

（四）信息模型的同步管理

BIM技术可以实现市政桥梁项目全生命周期的信息化管理。在设计阶段，它通过统一的建模标准，使各专业能够实时共享三维产品数据模型，在云平台上进行协同修改，最终形成包含材质、规格等详尽信息的综合桥梁信息模型，为后续施工和运维管理奠定基础。在施工阶段，它可以实现设计模型与施工模型的双向动态关

联,既利用设计模型指导和校核工程落实,也通过扫描和信息采集等手段获取实际施工过程数据,反向完善设计信息模型。在运维阶段,它依托已有的BIM模型,并结合各类传感器,形成包含桥梁健康状况监测和历史维护数据在内的运维信息模型,实现对桥梁全生命周期信息的动态、统一管理。通过不同阶段模型和数据的有机关联,BIM技术提高了信息的连续共享性,降低了信息孤岛,实现了市政桥梁项目多源异构信息的高效利用,全面推进了项目全生命周期的信息化、智能化管理。

(五) 交通流分析与模拟

BIM技术可以实现市政桥梁全生命周期中不同阶段信息模型的同步管理,确保数据连续共享,提高数据价值。

第一,在设计阶段,通过统一的建模标准,各专业之间可以实时共享三维产品数据模型,并在云平台上实现联合协作与标注修改,最终形成含材质、规格等多源异构信息的综合桥梁信息模型,为后续施工和运维管理奠定基础。第二,在施工阶段,可以实现设计模型与施工模型的双向关联。一方面,设计模型作为虚拟样机,推送至施工企业指导工程落实;另一方面,通过激光扫描、建筑信息采集等技术获取施工过程及最终竣工数据,实现对设计信息模型的反向完善与优化。第三,在运维阶段,基于竣工BIM模型,结合监测设备与传感器,形成包含定期检查数据和实时结构健康状况在内的桥梁运维信息模型。该模型既记录了历史运维数据,也实时更新状况数据,实现对桥梁全生命周期信息的动态管理。

通过模型的同步共享与业务融合,BIM技术提高了数据连续性,降低了信息孤岛,有效利用了各过程产生的多维度桥梁数据,实现了市政桥梁项目全生命周期信息化管理。

(六) 结构安全性评估与优化

第一,基于精细化的三维模型,BIM系统可以快速提取结构各部位的杆件和节点按设计规范计算的不同组合下的受力参数,并综合考虑边界条件、荷载类型等影响因素,采用有限元法等工具,对结构计算安全系数、应力集中情况、疲劳易损性等关键性能指标进行评估,找出桥梁结构中薄弱环节。第二,系统可以对比多种结构方案的稳定性和经济性,辅助找出优化方案。比如,对于托梁型桥,BIM技术提供的结构对象库可以快速组合生成多种方案,系统对比各方案的构件质量、受力情况、造价等因素,协助评选安全系数高、造价低的最优结构方案。第三,借助全生命周期信息平台,结合监测数据,BIM技术还可以对现有桥梁结构进行状态评估和加固设计。如通过吊装载重试验获取受力应变影响,系统根据测量数据反演结构真实内力,为加固优化提供依

据。

(七) 施工过程模拟与优化

第一,在施工方案设计阶段,BIM系统可以快速生成不同施工方案的三维动画模拟,从管架支护方式、模板系统搭设顺序等细节展现施工运营全过程,并计算施工占地范围、材料消耗数量等,对比分析不同方案的合理性,选择最佳施工方案。第二,BIM技术结合VR虚拟现实,实现对选定施工方案的沉浸式动态模拟。工人可以身临其境观察施工场景细节,评估施工可行性。如在模拟环境中体验操作流程,考察模板尺寸间隙是否足够人员活动,为后期施工计划提供修正建议。第三,BIM系统可以进行定量施工过程分析,发现问题并调整优化。如在模拟施工过程中,可以测试整体稳定性,判断脚手架搭设是否合理;也可以检测施工设备配置是否匹配作业面进度要求。系统反馈分析结果,协助施工单位优化方案。

BIM技术全面提高了市政桥梁工程施工方案的科学性和可操作性,有效降低了施工风险。

(八) 环境影响评价与可持续性分析

第一,三维数字化模型包含详尽的地形地貌信息,系统可以模拟桥梁建设对场地原有地表植被的影响范围,评估植被破坏程度;同时,模型也包含周边建筑物参数,可以测算施工的影响范围,并模拟噪声传播,判断对周边环境的干扰程度。第二,BIM系统提供的碳排放计算模块,可以基于材料清单、施工机械设备信息等深入计算建造过程中的能耗损耗指标,评估施工活动的总体环境影响;系统还能长期监测桥梁运营阶段的碳排放,判断桥梁全生命周期的环境友好度。第三,通过对比分析多种方案的材料使用量,可直观选择更加绿色环保的材料方案,打造绿色施工。BIM技术也可以评估桥梁的可循环利用潜力,指导桥梁拆除后的材料回收再利用比例,提高资源循环性。第四,BIM技术实现市政桥梁项目环境影响评价的信息化和量化,为可持续性提供数字支撑,全面提升市政桥梁的生态环保水准。

随着BIM技术在基础设施建设中的持续成熟,市政桥梁设计也迎来了智能化发展新契机。人们需要继续加大BIM公路桥梁信息标准体系建设和案例应用力度,积极推进BIM技术与虚拟仿真、云计算、数字孪生等前沿技术的深度融合,建立新型全生命周期智能化桥梁设计体系。同时,也要重视解决应用中面临的技术难点,开展适配性研发和产学研用协同创新。这将全面提升我国桥梁设计的数字化、信息化、智能化水平,为市政桥梁建设高质量发展提供有力支撑。

参考文献

[1] 杨倩倩. BIM技术在道路桥梁设计中的应用分析[J]. 黑龙江交通科技, 2022, 45(10): 82-84.