

BIM 技术在公路桥梁设计中的应用

雷力

中南勘察设计院集团有限公司, 湖北 武汉 430074

[摘要]伴随着交通运输基础设施不断地发展进步,公路桥梁的设计也面临着越来越繁重的需求以及高质量的要求。基于建筑信息模型的技术以可视化、集成化、仿真等特点正在对传统桥梁设计方式产生巨大的影响变革。文章全面介绍了 BIM 技术应用于公路桥梁设计的优势,并结合当前中国公路交通与 BIM 技术的发展状况,主要针对建模、碰撞检测、出平立面图、算量、优化设计、钢箱梁深化设计、模型交底这几个方面进行深入探讨,具体阐述了桥梁全生命周期内 BIM 技术的应用情况。BIM 应用能够显著提高公路桥梁的设计水平,降低设计变更率,达到信息化管理的目的,对公路桥梁数字化设计有着良好的支持作用。

[关键词]BIM 技术;公路桥梁;桥梁设计;数字化设计;协同设计

DOI: 10.33142/ec.v9i5.19657

中图分类号: TU17

文献标识码: A

The Application of BIM Technology in Highway Bridge Design

LEI Li

Zhongnan Engineering Corporation Limited, Wuhan, Hubei, 430074, China

Abstract: With the continuous development and progress of transportation infrastructure, the design of highway bridges is also facing increasingly heavy demands and high-quality requirements. The technology based on Building Information Modeling (BIM) is having a significant impact and transformation on traditional bridge design methods, characterized by visualization, integration, and simulation. The article comprehensively introduces the advantages of applying BIM technology to highway bridge design, and combines the current development status of China's highway transportation and BIM technology. It mainly focuses on in-depth exploration of modeling, collision detection, plan and elevation drawing, calculation, optimization design, steel box girder deepening design, and model disclosure. It specifically elaborates on the application of BIM technology throughout the entire life cycle of bridges. BIM application can significantly improve the design level of highway bridges, reduce design change rates, achieve the goal of information management, and provide good support for digital design of highway bridges.

Keywords: BIM technology; highway bridges; bridge design; digital design; co-design

引言

我国公路桥梁建设已经步入了新时期,桥梁结构也越来越复杂,设计要求越来越高,传统的二维设计方法难以适应复杂的三维空间结构问题、跨多个专业的设计以及对桥梁全生命周期信息进行有效的管理和控制等问题,交通运输部《关于推进公路数字化转型加快智慧公路建设发展的意见》提出要到 2027 年末,公路数字化转型取得显著成效。公路工程的设计、施工、养护管理工作实现全过程数字化。而 BIM 技术是促进工程建设领域的数字化转型的关键手段之一,在公路桥梁的设计中应用也越来越普遍。BIM 技术基于三维数字化模型集成几何信息、物理信息、功能信息于一体,完成从设计到分析、建设、运营全生命

周期的协同及共享,在此基础上对 BIM 技术应用于公路桥梁的设计进行深入探讨,将有助于提高设计速度、保证工程质量以及促进行业信息化进程。

1. BIM 技术在公路桥梁设计中的应用优势

BIM 技术应用于公路桥梁设计中有多方面的优点。第一是可视性,把以往的二维图纸变成 3D 立体形式,桥梁空间结构及其构件关系及细节都清晰可见,设计理念表达更精准。BIM 模型可以做到可视化编辑、协作编辑、性能评估、工程量计量、施工过程仿真等一系列的功能,解决了三维图形与传统设计相结合的问题,大大提升设计精度。其次就是协同编辑的优势,BIM 平台可以使得路线、桥梁、路基、隧道、管线等多个领域在一个模型上进

行相互协作,设计变更可以实时同步,防止出现因各专业的不同而导致的设计误差以及信息壁垒等问题。借助BIM技术做到各方信息互通,营造协作氛围,改善以往设计过程中各专业的信息不平等。第二点是信息整合的优势,BIM模型包含设计到施工图纸的全生命周期信息,几何尺寸、构造物属性、参数信息、工程量都一一对应保存,方便后期的施工以及运营管理。第三点就是模拟分析的优势,基于BIM模型能够进行碰撞检测、结构验算、施工模拟、交通组织模拟等,提前预防潜在风险。第四点就是数据贯通的优势,BIM模型内的工程量能直接应用于预算文件编制,图纸文件也可以从模型内一键生成,节省精力并且提高准确度。表1对比了BIM设计与传统CAD设计的主要差异。

表1 BIM技术与传统CAD设计对比

对比维度	传统CAD设计	BIM设计
表达方式	二维图纸、点线面表达	三维模型、构件级表达
信息载体	分散的图纸和文件	集成的信息模型
协同方式	阶段性提资、图纸会审	实时协同、云端同步
变更响应	多图逐一修改、易遗漏	模型驱动、联动更新
数据传递	人工提取、易出错	自动统计、无缝对接
专业协调	事后检查、依赖经验	事前模拟、自动检测

2 我国公路交通及BIM技术现状

到2025年底,全国公路通车里程达到560万km以上,其中高速公路通车里程达到19万km,公路桥梁总数量超过120万座,公路建设从追求规模数量向注重质量和效益转变的过程中,对勘察设计的精确性以及施工质量的要求越来越高。《中国公路行业数字化发展报告(2025)》显示,公路行业数字化正在逐步加快,勘察设计中应用BIM技术的比例已经从2020年的不到15%提高到2025年的超过45%,大型复杂桥梁工程全部开展了BIM的应用。从政策层面上看,交通运输部制定颁布了《公路工程信息模型应用统一标准》以及《公路工程设计信息模型应用标准》等一系列标准,为BIM技术应用于公路工程领域提供技术指导。而工程实践中,深中通道、常泰长江大桥、张靖皋长江大桥等重大工程项目均采用了BIM技术,实现了方案决策、结构分析及施工管控的全生命周期信息化管理。其中深中通道项目打造了“全寿命周期BIM+GIS”一体化系统,整合汇集勘察、设计、建设及运维阶段的数据信息,对跨海集群工程百万量级的大体量模型进行有效的信息化管理^[1]。但是BIM技术在公路桥隧工程中的应用并不均衡,大型项目采用较多,中小型桥梁较少使用,设计院之间BIM普及程度也不一,BIM模型之间的互用

性还需加强。

3 BIM技术在桥梁设计中的具体应用

3.1 创建桥梁工程BIM模型

建立桥梁工程BIM模型是BIM的应用前提,在此基础上进行的建模工作以地质勘察报告、路线设计方案以及桥梁设计方案为基础,运用参数化的手段来建立桥梁本体以及配套设施的三维数字化模型。桥梁BIM模型的建立分为地形地质建模、下部结构建模、上部结构建模、附属结构建模这几个环节,其建模精度达到设计阶段要求即可,LOD300精度的模型可以用于初步设计和施工图设计。对于普通的梁桥可以直接从标准化组件库中选取相应的部件进行组合拼装式的建模,而针对一些复杂的桥梁,例如斜拉桥、悬索桥就需要分别建立相应的参数化的索塔、主缆、斜拉索等精细化模型。建模时需要制定一致性名称标准以及编码规则来保证构件的信息唯一性。地质模型可以通过钻孔资料来创建三维的地层剖面作为桩基设计的参考。地形模型可以利用无人机拍摄的照片以及数字高程模型来制作,展示桥梁及其周围环境的空间位置关系。建模完成后要对模型进行检验,保证模型的几何尺寸精准、构件间的关系清晰、属性资料齐全。

3.2 桥梁设计合理性分析与冲突检查

对BIM模型合理性的审核及碰撞检验是对设计方案中存在的矛盾或缺陷进行排查、提高设计方案水平的有效方法。借助于BIM软件自带的碰撞检验工具可以自动捕捉到桥梁构件间的刚性碰撞及缝隙碰撞并出具碰撞检验结果报告,指引设计者对方案做出相应的完善。对于桥梁工程来说,常见的碰撞冲突有:预应力束管与普通钢筋的空间相交,防撞栏杆与梁体翼缘连接的错位冲突,支座垫石与梁体底部预埋铁板的位置误差,伸缩缝预埋件与梁体端部钢筋的交叉错乱等。通过对碰撞检验可以在图纸中提前规避这些冲突从而减少后期施工时的返工与变更。另外桥梁与路线、桥梁与管线、桥梁与沿线设施等方面的协调情况也可以借助BIM模型来做相应的分析,以三维的形式可以很直观地看出布设桥梁时的线形、净空高度以及排水系统是否合理,设计合理性分析还包括结构受力合理性的初判,在BIM模型基础上添加有限元分析软件的信息,从而达到模型信息的互通,加快了结构计算的进度。

3.3 设置出图模板、创建二维施工图

由三维模型自动生成二维施工图体现出BIM技术设计的高效性。在预先设定好符合制图规范の出图模板前提下,可对模型的视图进行统一的展现。BIM出图模板应当包含图框样式、图层设置、线型线宽、标注样式、文字

样式等元素,从而使生成出来的二维图纸能满足公路工程制图规范的要求。基于模型产生的图纸有桥型布置图、平面布置图、立面图、剖面图、钢筋构造图、预应力钢束布置图等。模型和图纸之间建立动态联系,当模型进行修改的时候,相关的图纸也会得到更新,解决了传统CAD设计中出现过的“改模不改图”或者漏改漏修的问题。对一般桥型,BIM软件可以自动生成桥型图、平面图、构造图、钢筋图等主要图纸,并按照我国公路工程图集惯例设置标注格式。而对于复杂的节点部位比如索塔锚固区、主梁合拢端等可在模型中进行切开绘制详图,标出尺寸及构造形式。出图模板的规范性决定了图纸的美观程度,设计单位要建立统一标准的出图模板库来保证同一项目风格统一。

3.4 统计工程量

以BIM模型为基础进行工程量统计,大大提升了工程量统计的精确率以及速度。BIM模型中各种构件都附带几何尺寸以及材料信息,在系统内按照预先设定好的统计公式可以自行完成对于混凝土方量、钢筋重量、钢绞线长度、模板面积等工程量的数据统计。相比传统的手工统计方式,BIM统计有效减少了由于图纸错误导致的偏差,减少了由于计算错误造成的偏差,减少了因为遗忘某些项目所导致的偏差,而且统计的结果会实时跟随模型的变化做出相应的调整。工程量统计可以分为不同种类的构件、不同的建造阶段、不同的材料来统计整理汇总成一个工程量清单。在桥梁项目上主要有以下几大统计项:桩基础的混凝土和钢筋笼、承台的混凝土和钢筋、墩台的混凝土和钢筋、盖梁的混凝土和钢筋、主梁的混凝土和预应力钢束、桥面铺装及其他附属物等等^[2]。统计后可以导出成EXCEL文件,可以直接应用到造价预算和材料采购当中。一些BIM软件还可以连接工程量与定额库来完成设计概算的迅速编排。为了保证统计准确无误,在建立模型的过程中需要严格规定构件属性的录入问题,标明材料编号、强度类型、钢筋直径等问题。

3.5 进行桥梁方案比选

方案比选是桥梁设计的重要内容,BIM技术可以对

多方案的选择提供可视化的、量的方式支持,在同一个桥位处,可以通过BIM技术建立多个备选方案,从技术上、经济上、施工方便性以及美观协调性等方面来综合比较选择最优的方案。基于BIM技术进行桥梁的设计方案的比选可以包含三维可视化的展示,工程量自动计算,施工仿真模拟分析等一些功能模块来进行全方位、多角度的评估,从而给方案选择提供准确的信息支持。在技术方面,通过模型来分析各个方案的跨径布局、结构的高度、基础的形式是否适合地基及路线的走向;经济合理上,以模型为基础进行各个方案主要工程量的统计并估算工程的投资情况。施工方便程度上,用施工模拟比较各种方案的难易程度,工期长短以及对道路交通的影响;景观相融性上,结合BIM模型与周围环境模型,形象地评判桥梁造型是否融合于地貌景观当中等;表2对方案比较主要的评价指标进行了对比。

3.6 设计钢箱梁细节

钢箱梁由于其自重量较轻、跨径大、施工周期短的特点而被广泛应用于大跨径公路桥梁当中,基于BIM技术对钢箱梁细部的设计可以达到精准的设计要求,提高设计准确度。钢箱梁的BIM模型通过参数化的方式来建立顶板、底板、腹板、横隔板、加劲肋等结构部件并明确板厚、焊缝位置及间距以及加劲肋设置等细节信息的精确表示。在建模的时候通过钢结构设计规范来确定板材之间的焊接关系以及焊接形式,从而形成钢结构详图,钢箱梁的分节段在模型内即可实现,根据运输能力和吊装能力来决定各节段大小和分段的位置,形成节段拼装图。栓钉、剪力键、预应力锚固块等节点结构在模型中精确建模以保证能够可靠地与混凝土桥面板进行连接^[3]。由BIM建立出来的各个板件的下料尺寸以及数量可以直接转化为数控切割代码并进行钢结构的加工,钢箱梁BIM模型跟钢结构深化设计软件相连接可以做到从设计到加工的数字传送从而降低信息损耗。

3.7 可视化技术交底

可视化技术交底属于BIM技术应用于施工准备的一个实例。传统以文字配图形式的技术交底,对于施工者

表2 桥梁方案比选要素对比

比选维度	评价指标	比选内容	数据来源
技术可行性	结构安全、施工难度	跨径适应性、地质条件匹配	BIM模型、地质模型
经济合理性	工程造价、养护成本	混凝土用量、钢材用量、工期	BIM工程量统计
施工便捷性	施工工期、交通影响	施工方法、场地条件、保通方案	4D施工模拟
景观协调性	视觉美观、环境融合	桥型风格、色彩搭配、天际线	环境融合模型

来说难以理解复杂的节点以及施工工艺。基于 BIM 模型进行可视化交底,其利用三维动画、动态演示、互动等方式来清晰展现桥梁结构构造、重要环节以及质量控制重点,大大增强了交底力度。对一些复杂桥梁可以制作施工工艺模拟动画,比如悬臂浇筑、钢箱梁吊装、顶推施工等等,让施工人员一目了然整个过程以及操作方法。对密集钢筋部位,梁端的锚固位置及墩梁连接处等,通过模型剖面图的方式来了解钢筋的空间排列情况从而进行钢筋绑扎等。对钢结构桥梁进行制作拼装顺序动画,演示吊装顺序,临时支撑布置,焊接顺序等等^[4]。可视化交底文件可以上传至云端,施工工人可在手机端实时查看模型及交底信息,在现场实现无线查阅。利用可视化交底技术减少由于理解失误导致的返工现象,提高施工质量一次合格率。

4 结语

BIM 技术应用于公路桥梁设计,正促使桥梁设计由二维分散转向三维集成的设计方式。本文基于其应用价值、发展背景以及实际应用等三个方面,对 BIM 技术应用于公路桥梁设计进行了全面解析。研究发现,BIM 技术以可视化呈现、协同设计、信息整合、模拟仿真为主要功能点,应用于模型建立阶段的碰撞检测与冲突排查,在图纸

绘制、报表编制、工程数量计算、方案优化比较、钢箱梁构造设计、可视化解说等方面具有较大的优势,可以提高设计水平,减少设计方案调整次数,完成信息互联。目前,国内公路桥梁 BIM 的应用正在快速发展之中,但是还存在一些问题,如标准体系有待健全、软件之间兼容度差、中小工程中应用不深入等等。今后要继续推进 BIM 与 GIS、物联网、人工智能等相关信息技术集成,建立从设计到运维全过程的桥梁数字建造体系,助力公路桥梁高质量建设。

[参考文献]

- [1]崔平,孙泓辞,朱卫.BIM 技术在公路桥梁设计和施工中的应用[J].中国住宅设施,2024(4):121-123.
- [2]刘富海.BIM 技术在公路桥梁设计中的应用研究[J].工程技术研究,2022,7(12):182-184.
- [3]田思军.BIM 技术在公路桥梁设计中的应用[J].运输经理世界,2024(9):118-120.
- [4]刘超超.BIM 技术在公路桥梁设计中的应用[J].工程建设与设计,2023(20):117-119.

作者简介:雷力(1994—),男,汉族,湖北黄冈人,工程师,武汉理工大学硕士毕业,现主要从事桥梁设计。