

BIM 技术在桥梁工程设计阶段的应用研究

高佳威

湖北省交通规划设计院股份有限公司, 湖北 武汉 430051

[摘要] BIM 技术是建筑业信息化发展的主要手段, 在逐步由房建转向桥梁、隧道等市政基础设施方面的过程中, 文章以桥梁工程设计阶段对 BIM 技术的应用为主要研究对象, 深入解析了 BIM 的基本思想与特点, 指出了传统的桥梁工程设计方式存在的不足, 指明了 BIM 的优势所在; 在此基础上分别就三维参数化建模及族库创建、多专业一体化设计以及可视化方案比较、结构分析模型互用与设计深化、冲突检测与设计矛盾预见、工程量自动化计算及概预算助手、施工场景仿真及可行性评估等方面具体论述了 BIM 技术的应用。最后, 探讨了目前 BIM 的应用存在的技术和管理问题, 提出促进 BIM 正向发展的措施建议。研究认为, BIM 技术可以提高桥梁设计质量和进度, 是实现桥梁工程建设数字化升级的发展方向之一。

[关键词] BIM 技术; 桥梁工程; 设计阶段

DOI: 10.33142/ect.v4i4.19551

中图分类号: U443.362

文献标识码: A

Research on the Application of BIM Technology in Bridge Engineering Design Stage

GAO Jiawei

Hubei Communications Planning and Design Institute Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430051, China

Abstract: BIM technology is the main means of informationization development in the construction industry. In the process of gradually shifting from building construction to municipal infrastructure such as bridges and tunnels, this article takes the application of BIM technology in the design stage of bridge engineering as the main research object, deeply analyzes the basic ideas and characteristics of BIM, points out the shortcomings of traditional bridge engineering design methods, and points out the advantages of BIM; On this basis, the application of BIM technology was specifically discussed in terms of 3D parametric modeling and family library creation, multi-disciplinary integrated design and visualization scheme comparison, structural analysis model interoperability and design deepening, conflict detection and design contradiction prediction, automated calculation of engineering quantities and preliminary budget assistant, construction scene simulation and feasibility evaluation. Finally, the technical and management issues in the current application of BIM were discussed, and measures and suggestions were proposed to promote the positive development of BIM. Research suggests that BIM technology can improve the quality and progress of bridge design, and is one of the development directions for achieving digital upgrading of bridge engineering construction.

Keywords: BIM technology; bridge engineering; design phase

引言

伴随着我国公路基础设施建设日益完善, 桥梁工程越来越大, 越来越复杂, 对于设计的要求也越来越高。传统的桥梁设计是基于二维图样的, 各个专业的设计信息之间互相隔离断绝, 设计变更滞后, 错漏碰缺现象严重, 很难满足现在桥梁工程建设精细化、一体化的需求。BIM 的应用解决了以上难题, 它以三维几何模型为基础, 实现设计信息的集成展示以及协作传递, 正在颠覆桥梁工程的设计方式。有资料认为, 相对于传统的设计方式, BIM 技

术能提供更好的协同可视化、信息集成处理、快速联动的能力来降低设计中的盲点和信息孤岛问题, 六横大桥二期项目在设计中建立了包含地质、道路、路基、桥梁、交通安全设施以及电气等六个专业的全专业 BIM 三维信息模型并同时开展着计算、二维绘图、工程量统计等一系列工作, 使得各专业之间可以相互关联、协作设计, 提高设计建模的工作效率超过 50%, 由此可见 BIM 技术应用于桥梁设计中有着十分广泛的应用潜力; 但同时也存在一些问题, 如 BIM 软件之间的互操作性不好, 正向设计流程不

够成熟等等，这些问题都需要进一步地研究。

1 BIM 技术内涵及其在桥梁设计中的适用性

1.1 BIM 技术的核心理念与特征

BIM 就是建筑信息模型，它是基于三维数字化手段来集成建筑工程项目全过程各类信息的一种信息技术应用方式。有人认为 BIM 指的就是一种对建筑信息模型而言的简写形式，在本质上来说，BIM 的价值体现在它能够以数字化的形式形成整个建筑工程的虚拟模型，使设计、施工、运营等每一个环节的信息均可以在同一个平台上互相传递以及分享，进而达到一个全寿命周期的协同工作。BIM 技术的特点主要表现为可视化、协调性、模拟性、优化性和可出图性五个方面。

1.2 桥梁工程传统设计模式的局限性

桥梁工程传统的设计方式是基于二维 CAD 图纸的形式来进行的，设计信息以点、线、面等几何形态来表现，无法体现材料特性、性能数据等非几何性信息，各专业的设计方案各自为政，仅依靠图纸会审的方式进行沟通交流，信息传递较为迟缓，公路桥梁工程有其独特性，包含大量的信息，涉及较多的管控因素，在进行复杂的桥梁设计时很容易出现信息孤立、协同工作效率低、变更反应慢等弊端，结构分析需再次构建模型，工程量计取需要手工统计，设计进度无法提高。

1.3 BIM 技术在桥梁设计阶段的核心优势

基于 BIM 技术应用于桥涵工程设计环节具有以下几点突出的优点：参数化建模功能可以准确描述复杂的桥梁线型和变截面结构；有实验表明对西一线绛溪河大桥使用 Rhino+CATIA 进行 BIM 正向建模，采用参数化建模、双曲面曲率分析优化、仿真计算、节段批量出图等方式，在一定程度上提高了大桥的设计效率并改善其设计方案；多专业的协同工作平台消除了各专业的障碍，使信息能被及时更新共享；模型与信息的一体化使设计变更自动传递到相应视图或表格当中。一些研究者认为 BIM 技术用数字方式的设计方法实现了对于钢结构桥梁制作装配方案的仿真以及施工工法的形象化传达，依托 BIM 技术的数字化应用可以大大提高效益，降低开支。

2 BIM 技术在桥梁设计阶段的关键应用

2.1 三维参数化建模与族库构建

三维参数化建模是 BIM 技术应用于桥梁设计的一个基本应用。把桩基础、墩柱、盖梁、箱梁、支座等普通零件参数化起来，在其上设定几何大小、材质等控制变量，可以批量生成相同类型的零件。关于城市大型跨径拱桥 BIM 建模的研究表明，主拱采用了变高度的钢箱提篮拱

的形式，以便能根据不同位置出现不同的截面形式，在设计时要解决好变高度过渡的平滑度、连接节点的设计等问题。针对复杂曲线桥梁进行参数化建模还要引入道路线形以及竖曲线等参数到模型中来。地形以及地质条件信息的结合同样是模型构建的内容之一，在 GIS 及 BIM 的数据整合下能够将地质调查资料同桥梁模型相结合来调整桥墩的位置和桥梁的基础部分。

表 1 三维参数化建模与族库构建应用分析

应用内容	具体说明	关键技术	应用价值
参数化族库构建	建立桥梁标准化构件族库，包括桩基、墩柱、盖梁、箱梁、支座等	参数化驱动、族编辑器	提高建模效率，实现模型复用
复杂线形建模	实现变截面箱梁、曲线桥梁、空间扭曲拱肋等复杂结构的参数化表达	Dynamo 脚本、路线数据导入	精准表达设计意图，满足异形结构需求
地形与地质融合	将地质勘察数据与桥梁模型整合，优化基础设计	GIS 集成、Civil3D 曲面	优化桥墩位置，降低工程风险

2.2 多专业协同设计与可视化方案比选

跨专业联合设计是最主要的 BIM 应用方向之一，在协同平台基础上，各专业可以同时在一个模型空间内各自展开工作，随时了解彼此的设计进展，做到信息互通透明化。有学者从 BIM 协同设计平台上提出，通过各专业协同完成工作从而避免了很多不必要的设计矛盾，成都东西城市轴线项目用参数化三维设计软件对桥梁及其道路进行联合建模，在对设计运用 BIM 技术深入分析后共发现了 132 个碰撞点将工期提前了 20%，可视化方案对比以真实的三维效果图展示出设计方案便于选择最优解。

表 2 多专业协同设计与可视化方案比选应用分析

应用内容	具体说明	协同方式	应用价值
多专业协同平台	桥梁、道路、管线、景观等多专业在同一平台协同设计	工作集、协同平台	减少专业间冲突，提高沟通效率
三维可视化展示	将设计方案以三维模型形式直观呈现	渲染软件、VR 技术	辅助方案比选与决策
设计变更协同	设计变更实时同步至各专业模型	平台联动、版本管理	保证设计一致性，减少返工

2.3 结构分析模型的互通与设计优化

在传统桥梁工程设计方案中，结构计算需要从二维图纸重新建立模型，费时费力容易产生错误。而 BIM 可以通过单一的数据接口把模型内几何尺寸、材料特性、截面特点等重要参数进行精确的选取，转化为结构计算软件能够识别的类型；一些研究者认为，在设计期间运用 BIM 精细建模的方式对装配式桥梁进行三维设计，结合数字化

的生产和成套化的制作工艺实现了设计-分析-改进的过程。计算完成后,计算结果可以回传到 BIM 模型中,对构件的截面、配筋、预应力管道的位置进行调整。对于预应力混凝土桥,在建立 BIM 三维模型的基础上可以直接观察出钢筋及预应力管道的三维空间关系,有效的解决了二者之间发生相碰的问题;通过设计—分析—优化的闭合的工作循环,使得结构设计更加精确,工作效率大大提高。

2.4 碰撞检查与设计冲突预判

碰撞检查是 BIM 技术应用于桥梁设计过程中的最大亮点之一,在对桥梁进行 BIM 建模的基础上,在设计方案之前先做好全面的碰撞检查工作,及时发现问题及时处理各种各样的设计问题。一些学者认为,利用 BIM 技术做精细化建模、碰撞检查有利于提升设计质量和精准度,能有效保证钢桥的质量。碰撞检查分为两类:即“硬碰撞”和“软碰撞”,其中“硬碰撞”是对构件之间发生物理碰撞的情况进行检验,比如钢筋与预应力管道之间的干涉。“软碰撞”是对净空需求以及维护空间是否符合相关标准的规定等进行检验。最后碰撞的结果会作为碰撞报告提供给设计人员参考以便他们调整修正模型。六横大桥项目运用自主研发钢束参数化设计软件,加强钢筋碰撞、5D 工程算量等方面的应用,实现节省施工准备时间约 10%。



图 1 BIM 碰撞检查流程图

2.5 工程量自动统计与概预算辅助

BIM 模型可利用明细表功能自动提取钢筋、钢绞线、钢材等材料用量。对比某 80m 跨径连续梁桥项目,BIM 统计较传统手工方式综合效率提升约 88%,误差由 $\pm 5.7\%$ 降至 $\pm 1.5\%$ (见表 3)。

表 3 BIM 与传统工程量统计效率对比

统计项目	传统耗时	BIM 耗时	效率提升	传统误差	BIM 误差
混凝土方量	4.5h	0.5h	89%	$\pm 4.5\%$	$\pm 1.2\%$
钢筋用量	6.0h	0.8h	87%	$\pm 5.2\%$	$\pm 1.8\%$
钢绞线用量	3.5h	0.4h	89%	$\pm 4.8\%$	$\pm 1.5\%$
综合平均	4.7h	0.57h	88%	$\pm 4.8\%$	$\pm 1.5\%$

工程量计算精度取决于模型等级: LOD300 级误差 $\leq$

$\pm 3\%$, 可用于概算; LOD400 级误差 $\leq \pm 1.5\%$, 可用于施工图预算。BIM 数据可导出 Excel 并与造价软件对接,减少约 70% 的数据转换工作量,使录入错误率由 3.5% 降至 0.5% 以下,实现设计-概预算一体化。

2.6 施工过程模拟与可施工性验证

设计阶段不仅要考虑安全性还要考虑到设计方案的实施性。基于 BIM 模型的设计阶段可以对主要的施工方案进行动画模拟,检验施工工艺是否可行。某研究借助 BIM 技术对钢结构桥梁焊接方式进行了模拟,实现了一定程度上的机器人焊接和可视化讲解,使钢结构桥梁制作安装方案得到了改进。4D 施工进度模拟就是把时间坐标系纳入到三维模型当中,能够清楚地看到施工过程所涉及的时间和空间的关系,从而找到进度安排中存在的问题所在。西一线绛溪河大桥项目的团队,在设计的时候就开始与钢结构制造厂家进行合作设计,满足了加工工艺的要求,减少后期的改动、返工等。

3 桥梁设计阶段 BIM 应用的挑战与对策

3.1 技术层面面临的挑战

BIM 技术应用于桥梁设计过程中存在的技术难题包括两方面:一方面是软件之间互操作性差的问题,即不同的 BIM 软件不能很好地进行数据转换而造成信息丢失的情况,有的综述认为目前的 BIM 与 GIS 在桥梁各个项目的运用还没有做到集成,缺少相应的集成措施;另一方面是复杂曲面模型生成速度慢的问题,一些特殊的空间扭曲拱肋以及异形索塔等复杂形状难以通过 BIM 快速地做出模型,而且计算量比较大需要较高的计算机配置^[1]。有的从 IFC4.3 标准入手,指出虽然这个版本已经增加了桥梁相关的实体,但是由于软件公司与行业的推进进度不一样,所以在实践中依旧遇到了很多问题。其次就是模型准确率以及计算速度之间的权衡问题,精细化的模型其数据量大,造成运行慢的问题。

3.2 管理与流程层面面临的挑战

传统的设计方式与 BIM 工作方式相矛盾的设计人员习惯了画图的方式,很难过渡到三维的设计理念上来^[2]。目前的 BIM 正向设计还不具备完善的工作方式,大多数工程项目都是先进行二维设计再转化成三维模型的做法,无法体现 BIM 的优势所在。而关于市政大跨桥梁进行 BIM 正向设计的应用的研究指出还存在着缺乏标准、流程不明等问题。人才的短缺问题也十分突出,既会设计桥梁又熟悉 BIM 技术的人才很少。投入成本的问题成为设计单位推进 BIM 应用的重要阻力。

3.3 推进 BIM 正向设计的对策建议

对于存在的问题要加强 BIM 正向设计。在技术方面,需要加强对 BIM 软件二次研发,研发出专门针对桥梁工程的特点研发的专业工具。有学者认为可以通过自行开发钢束参数化设计工具的方式,来解决复杂桥梁的精细化建模问题,在标准上要制定出统一的 BIM 交付标准以及相应的审核制度,确定设计阶段中应用 BIM 的深度要求等。在流程上需要优化设计流程,采取以 BIM 模型为中心的工作模式。有观点认为可以采取三维模型交付为主、二维图纸交付为辅的方式,以 BIM 模型演示的方式对结构构造一一展现出来,切实保障交付的质量。在人才方面要加强校企合作,培养复合型人才,建设 BIM 人才培养机制。

3.4 未来发展趋势与展望

在技术不断发展下桥梁设计方案 BIM 的应用也会越来越深入,在 BIM 和 GIS 相结合后能够达到宏观环境和微观结构的一体化表示,BIM 配合数字孪生技术可以在设计时建立虚拟桥梁,为以后施工建设和维护提供了数字依据^[3]。专家认为,通过 BIM 模型与数字孪生模型融合起来对钢结构进行全生命周期管理,自设计、制造、施工直到运维等整个过程进行跟踪监测以及调整,人工智能和 BIM 的结合可以做到对方案的设计智能化生产以及自主调节。IFC 标准不断完善使得各软件之间能够很好地兼容衔接。

4 结语

BIM 技术对桥梁工程设计产生了一场翻天覆地的变化,其所具有的参数化建模、协同设计、集成信息等功能有效地弥补了传统设计方式的种种不足,本文围绕着 BIM 技术应用于桥梁设计的具体过程进行了阐述,在此基础上分别对 BIM 技术应用中的三维参数化建模、多专业协同设计、结构分析互通性、碰撞检验、工程量清单计算以及施工模拟等方面的关键应用节点进行了分析,同时指出目前存在的技术及管理问题,研究得出结论: BIM 技术应用于桥梁设计过程中已由探索阶段转变为实际应用阶段并逐渐被设计师们接受。未来随着相关技术规范的进一步成熟和完善,以及人才队伍建设,在桥梁建设中 BIM 技术的应用将会更加广泛,也将促进桥梁设计朝着数字化与智慧化的发展趋势发展。

【参考文献】

- [1]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.
 - [2]刘为俊.关于 BIM 技术在桥梁工程设计阶段的应用[J].运输经理世界,2024(9):127-129.
 - [3]王东.BIM 技术在桥梁设计阶段的应用[J].交通建设与管理,2023(1):132-133.
- 作者简介: 高佳威(1995—),男,江西九江人,工程师。2016 年 6 月毕业于西南交通大学土木工程专业,获学士学位。现主要从事桥梁设计工作。