

DOI: 10.11835/j.issn.2096-6717.2021.225



# 桥梁工程 BIM 2020 年度研究进展

赵彬, 谢尚英, 何畏

(西南交通大学 土木工程学院, 成都 610031)

**摘要:**建筑信息模型(BIM)被视作 CAD 之后工程设计的第二次革命,是推进整个土木工程行业数字化转型的关键,但在桥梁工程领域的应用尚不多见,相关研究和应用仍有待加强。为此,从三方面:1)产业政策、行业标准和应用指南;2)基础研究和软件开发;3)工程应用,对 2020 年桥梁工程 BIM 的研究和应用进展进行了梳理、总结,以为桥梁工程 BIM 未来的发展提供一些参考和新思路。

**关键词:**桥梁工程;建筑信息模型;年度进展;Autodesk Revit

**中图分类号:**U442.5 **文献标志码:**A **文章编号:**2096-6717(2022)01-0228-06

## State-of-the-art review of BIM in bridge engineering in 2020

ZHAO Bin, XIE Shangying, HE Wei

(School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, P. R. China)

**Abstract:** Building information modeling is regarded as the second revolution of engineering design after CAD, which is the key to digital transformation of civil Engineering Industry. But the application in bridge engineering is still rare, and research and application still need to be strengthened. In order to provide some references and new ideas for the future development of BIM in bridge engineering, this paper reviews, summarizes the research and application progress of bridge engineering BIM in 2020 from the following three aspects: 1) industrial policy, standards and guide, 2) basic research and software development, 3) application in bridge engineering.

**Keywords:** bridge engineering; building information modeling; annual review; Autodesk Revit

建筑信息模型(Building Information Model, BIM)是指在建设工程及设施全生命期内,对其物理和功能特性进行数字化表达,并依此设计、施工、运营的过程和结果的总称<sup>[1]</sup>。Chuck Eastman 在 1974—1975 年提出的 Building Description Systems(BDS)已比较接近上述定义的“BIM”,但在当时仍被归类为一个针对建筑行业、带有数据库功能的 CAD 系统。2002 年 Autodesk 公司收购了 Revit,紧接着发布了“Building Information Modeling”白皮书。随着其他软件商的跟进,各种由若干软件打包而成的“BIM 解决方案”开始首先在美国总务管理局建设和运营的试点项目中得到应用,并逐渐扩展到其他政府机构和私企建设的项目。BIM 技术应用的同时,2007 年美国发布了第一个国家 BIM 标准:NBIMS v1.0,英国政府发布的《政府建设战略 2011》则从国家政策层面制定 BIM Level 1 到 BIM Level 3 的发展路线。

2011 年至今,在建筑工程行业中 BIM 技术进入“快速发展及深度应用阶段”,已经为有些工程带来了显著的经济效

益、社会效益和环境效益。中国的重大工程,如港珠澳大桥、雄安新区建设、北京城市副中心、上海中心大厦、雅砻江电站、京张铁路等的设计、施工过程均应用了 BIM 技术。当前,国内的应用点主要集中在设计、施工阶段,实现复杂建筑的造型设计、多专业的碰撞检查、施工进度计划等<sup>[2]</sup>。

复杂建筑工程通常为三个维度尺度相近的“点”状模型(图 1),各专业的构件、部件集中度高,关联性强,单个项目应用 BIM 技术就有较高的价值。桥梁工程一般属于线路的一部分(图 2),具有线长、环境复杂且开放、组织多级分散、协同管理难、数据多元异构等特点,使得桥梁工程 BIM 在参与人员 BIM 认知度、企业投入程度、BIM 应用项目数量、BIM 应用模式多样化等诸多方面<sup>[3]</sup>明显落后于建筑工程,尤其表现在常偏重于某一阶段或某一功能。

作为本学科发展最快的方向之一,桥梁工程 BIM 既蕴含着未来的发展机遇,又是眼下业界最为紧迫的需要。为此,本文从三方面:1)产业政策、行业标准和应用指南;2)基础研

收稿日期:2021-07-05

作者简介:赵彬(1973-),男,主要从事现代桥式及桥梁结构设计理论、桥梁工程 CAD 及 BIM 技术研究, E-mail: zb87600910@sina.com。

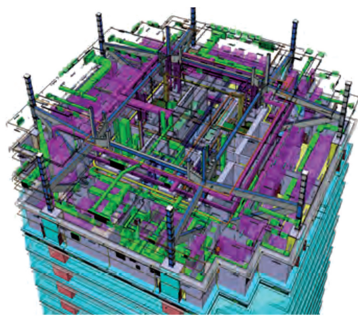


图1 建筑工程 BIM 中的结构和 MEP 等元素<sup>[4]</sup>

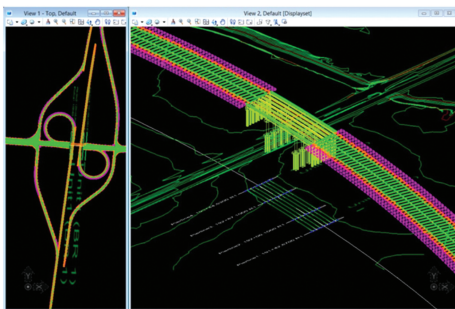


图2 立交系统中的桥梁工程 BIM

研究和软件开发;3)工程应用,对2020年桥梁工程BIM的研究和应用进展进行了梳理和总结,以期桥梁工程BIM未来的发展提供一些参考和新思路。

## 1 产业政策、行业标准和应用指南

### 1.1 产业政策

2017年2月,国务院办公厅印发《关于促进建筑业持续健康发展的意见》,意见指出加快推进BIM技术在规划、勘察、设计、施工和运营维护全过程的集成应用;2016年8月,住房和城乡建设部发布《2016—2020年建筑业信息化发展纲要》,加大BIM政策与标准落地力度;2017年1月,交通运输部办公厅印发了《推进智慧交通发展行动计划(2017—2020年)》,明确近期智慧交通发展的工作思路、主要目标和重点任务,提出有效提升交通运输数字化、网络化、智能化水平。

### 1.2 行业标准

2017年7月,中国首部国家级BIM应用标准——《建筑信息模型应用统一标准》(GB/T 51212—2016)实施,填补了中国BIM技术应用标准的空白。2021年3月,国家铁路局发布了铁道行业标准《铁路工程信息模型统一标准》(TB/T 10183—2021),并于2021年6月实施。中国铁路BIM联盟至今已发布了《铁路工程实体结构分解指南》《铁路工程信息模型分类与编码标准》《铁路工程信息模型数据存储标准》《铁路工程信息模型表达标准》等11项铁路BIM标准。公路方面,2021年2月交通运输部发布了《公路工程信息模型应用统一标准》(JTG/T 2420—2021)、《公路工程设计信息模型应用标准》(JTG/T 2421—2021)、《公路工程施工信息模型应用标准》(JTG/T 2422—2021),这些标准也都于2021年6月实施。由此可见,我国大交通BIM技术的全面应用已步入快车道。此外,IFC(International Framework for Dictionaries)、IFD(International Framework for Dictionaries)、IDM(Information

Deliver/Mciuc-)等国际标准也是建立中国BIM标准可以重点借鉴的对象。

### 1.3 应用指南

除了上述标准之外,各行业,甚至个别技术实力雄厚的大型勘察设计企业或施工企业,结合自身的专业特性,在积极推进BIM技术的研发和应用的过程中,逐渐形成了一些能落地的BIM工作流程或应用指南。其中比较代表性的有《中国中铁BIM应用实施指南》《中国市政行业BIM实施指南》《城市轨道交通工程BIM应用指南》《建筑工程施工BIM应用指南》、四川省交通勘察设计院有限公司主编的《桥梁工程BIM技术标准化应用指南》等。这些BIM应用指南从确定应用目标、制定应用计划、计算机软硬件筛选、设计应用流程、约定信息交换平台和规则、制定成果交付标准等诸多方面给出详细而可行的建议,有助于相关行业各种规模企业的BIM应用落地。

## 2 基础研究和软件开发

“BIM”这个词出现之前,学术界和软件界已有了很多接近的概念<sup>[5]</sup>,但只有在计算机软硬件能可靠支持、业界积累了大量需求、龙头软件商全力推介之后,BIM才得到爆发式的发展。即便到了20年后的今天,BIM仍是工程界的研究热点<sup>[6]</sup>,越来越多的企业、学者、行业协会都在进行各个方面的研究,以完善其基础理论,拓宽其应用领域。

### 2.1 基础研究

BIM的研究可分为基础研究、应用基础研究和应用研究3个层次。基础研究主要涉及体系架构、编码分类、模型层次等。应用基础研究包括三维图形平台、BIM与云计算、BIM与移动互联网、BIM与物联网、BIM与大数据等。伴随着上述基础性研究的深入和现代科技的引入,应用研究的范围还在不断扩展,包含在全生命周期内、全要素、全参与方、各种应用场景下、多层次目标下的各种方法和手段、功能和特征、应用模式的研究。

马继骏等<sup>[7]</sup>通过研究IFC文件的基本结构和语法特征,讨论了IFC对于模型几何信息的描述方法和过程,总结了普遍适用于裂缝病害(裂缝、混凝土破损等)的IFC文件表述语句。通过这一系列包含裂缝信息的IFC语句,可以针对任意已知的桥梁裂缝病害进行描述,然后将其代入到原桥梁模型IFC文件中,形成新的带病害信息的IFC文件,最终得到动态更新的三维结构模型。

马继骏等<sup>[8]</sup>基于现行国家及国际编码标准,结合桥梁所处地理信息、实际结构类型以及结构构件组成特点,将其纳入行政区划和路线信息,提出了一套适用于构建桥梁数字模型、满足桥梁建养一体化的信息编码体系。该编码体系包括以下两个部分:1)涵盖地理和路线信息的桥梁名称编码子系统;2)基于工程系统分解结构(EBS)的桥梁内部构件编码体系。基于提出的桥梁信息编码体系,可实现各桥梁管养系统对桥梁信息的统一编码,可提高桥梁信息检索及录入效率,为桥梁智能化管养奠定基础。

史国刚等<sup>[9]</sup>借鉴BIM构件分类的方法,通过分析构件与力学信息的关系,提出了基于BIM构件的力学信息分类原则和方法,将构件的力学信息分为力学属性信息、力学过程信息和力学结果信息等,使原有的设计计算书转化为数字化的

信息,并可以随着 BIM 模型进行传递,实现了全生命期的数字化存储,在后续的施工、养护等阶段可以调用力学数据,实现力学数据的可溯源。

“数字孪生模型”是近一两年来行业的热门话题,在基础设施行业越来越流行,其发展速度有可能超越 BIM。数字孪生模型以资产为中心,是物理资产、流程或系统以及供我们了解性能并对性能进行建模的工程信息的数字化表示,可以基于传感器和持续勘测等多个来源实现数字孪生模型的持续更新,以近乎实时地呈现状态、工况或位置。借助数字孪生模型,用户能够实现资产可视化、检查状态、执行分析并形成深度见解,从而预测和优化资产性能<sup>[10]</sup>。

## 2.2 软件开发

BIM 应用软件作为 BIM 技术的承载和应用工具一直备受关注,各类软件也在迎合市场需求的浪潮中不断诞生、更新、迭代。有的软件作为工具只有专门的功能,有的能为管理一个模型内不同用途的数据提供一个平台,还有一些作为一个环境包含了管理不同模型中数据的能力。目前占据国内 BIM 软件市场的主流厂商主要有 Autodesk 公司、Dassault 公司、Bentley 公司、Trimble 公司等,这些软件厂商的 BIM 解决方案各有特色。国产 BIM 软件起步较晚,尤其缺乏三维核心建模软件,软件功能也主要集中于工程算量、项目管理、快捷建模等方面。

“常规桥梁 BIM 正向设计系统(方案设计师)”是为数不多的由国内软件厂商(上海同豪土木工程咨询有限公司)自主研发的一款常规桥梁 BIM 正向设计软件,如图 3 所示。它基于设计方法和工程经验来描述工程构件,适用于公路、铁路和市政桥梁中的装配式桥、现浇梁桥、大跨度悬浇连续梁桥和刚构桥的设计与绘图,实现了快速建立全桥模型(信息云),以及一键同步交付全桥二维图纸与三维信息模型,是一个高效、协同、共享的设计平台<sup>[11]</sup>。

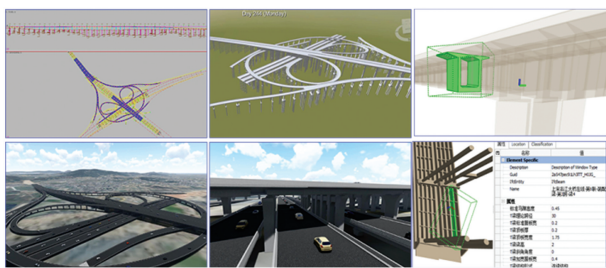


图 3 方案设计师

李纯等<sup>[12]</sup>以京张客运专线 BIM 项目为载体,针对铁路协同设计工作开展的难点,主要研究了如何在 BIM 标准体系框架内充分考虑铁路各专业的差异性,通过建设协同设计平台、研发各专业协同设计软件及多源数据融合分析平台来建设铁路协同设计体系,为工程数字化建设提供数据结构组织有序、易于维护、动态可感知的数字孪生工程,同时也为勘察设计企业拓展工程全生命周期业务提供可靠的技术基础。

## 3 工程应用

随着我国庞大的基础建设的开展,桥梁工程 BIM 应用日渐增多。新白沙沱长江大桥、济南黄河公铁两用桥、港珠澳大桥、沪通长江大桥、怒江长江大桥、镇江长江大桥等都已正在运用 BIM 技术。BIM 给设计、施工、运营单位带来的效

益也逐步显现<sup>[13]</sup>。

### 3.1 设计阶段

Autodesk 公司 BIM 解决方案的三维核心建模软件是 Revit,其软件自带的工程对象——族,主要适用于建筑工程。桥梁工程专业的用户需要自底而上、自定义大量的桥梁专业的族,才能满足高效建模的需求。由于仅个人或小组使用,这类族还可能在通用性、标准化、扩展性等方面存在问题。但由于其市场占有率最高,软件部署成本较低,仍是许多桥梁工程设计单位的首选方案。

赵月悦等<sup>[14]</sup>基于参数化、模块化设计思路,运用 Revit 建立了包括梁部、墩台及基础、桥面附属工程等一整套高速铁路桥梁构件库;进行桥梁工程 BIM 精细化建模,对拱桥、钢-混组合梁斜拉桥以及预应力混凝土部分斜拉桥等特殊复杂桥梁进行了特殊工点 BIM 设计;采用系统性的方法完成了全线桥梁的 BIM 建模和基于 BIM 模型的方案设计优化、结构分析、景观设计、辅助出图及算量、可视化交底等多项 BIM 应用,积累的大量模型资源可为其他高速铁路桥梁 BIM 应用提供参考。

张宜洛等<sup>[15]</sup>以某二级公路项目为研究背景,借助于 Autodesk 公司的 Civil 3D 和 Revit,分别提出了基于 BIM 技术的道路和桥梁设计流程,研究了基于 BIM 技术的地质实体模型创建及地形曲面分析、道路模型的正向设计及桥梁模型的正向设计三方面的关键技术。

Dynamo 是 Revit 的可视化编程工具,允许操纵数据、刻画几何体、探索设计选项、自动化流程以及在多个应用程序之间创建链接等,可以辅助 Revit 完成其自身所无法达成或不易达成的事项,譬如建立异型构件。采用 Dynamo 进行参数化建模的某异型拱桥示意图如图 4 所示。

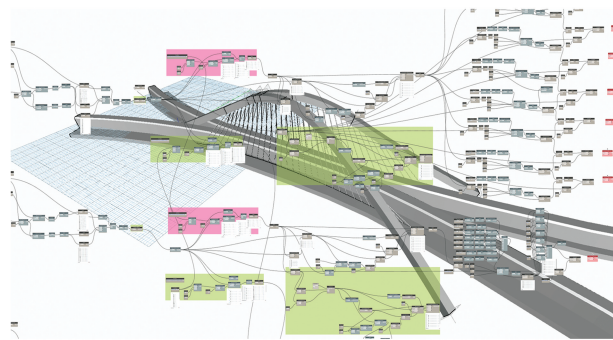


图 4 某异型拱桥采用 Dynamo 进行参数化建模

鲍大鑫等<sup>[16]</sup>通过采集线路设计数据、创建 Revit 参数化构件族、编制桥梁 Excel 构件参数表、编制 Dynamo 自动建模程序,提供了一套基于“Revit+Dynamo”模式的完整现浇连续梁桥设计建模方法,实现了空间异形的上部结构构件创建以及下部结构的快速建模,大大提高了建模的精细化程度和效率。

王茹等<sup>[17]</sup>针对公路立交工程曲线交叉复杂、桥梁自身结构异型、桥面高程变化繁多等特点,通过将 BIM 相关建模软件与可视化编程插件——Dynamo 相结合的方法,详细研究了实时可编辑地形模型、主体结构精度模型以及批量附属设施的三维模型快速搭建方法,并通过操作实例证明该方法能提高公路立交 BIM 模型的搭建效率。

Bentley 公司 BIM 解决方案以 Microstation 为三维核心

建模平台,分专业提供若干二次开发的专业特性很强的模块,OpenRoads、OpenRail、OpenBridge Modeler 等产品都具有小而精的特点。

重庆曾家岩嘉陵江大桥应用 Bentley 公司和 Autodesk 公司的相关软件进行 BIM 协同设计。其技术路线为:利用 Bentley 公司的 Power Civil 建立三维地形模型,向 Bentley 公司的 Context Capture 中导入无人机倾斜摄影数据,得到工程范围的三维实景模型进行选线设计,再导入 Bentley 公司以 Open Bridge Designer 建立的连续钢桁架桥和下承式钢桁拱桥初步 BIM 模型,进行桥型方案比选;采用 Autodesk 公司的 Advance Steel 和 Dynamo 对钢桁架进行参数化建模;针对该桥桥墩异形和多曲面的特点,使用 Dynamo 根据桥墩宽度、高度、圆弧半径等数据,建立桥墩参数化模型;采用 Bentley 公司的 Microstation 建立大桥附属设施,包括交通安全设施、标线、标志指示牌、桥梁照明设施、桥梁排水系统和人行系统等共计 148 个模板及构件;把以上 BIM 模型整合进 Bentley 公司的 Navigator 进行碰撞检测分析,导入 LumenRT 进行渲染及展示,最后可以利用 Power Civil 进行工程量统计分析;此外还将桥墩 BIM 实体模型导出到 LS-DYNA 进行了船撞事件的力学分析。刘均利等<sup>[18]</sup>指出,与传统二维设计相比,基于 BIM 技术优化该桥设计方案,节省了设计成本,有效地提高了桥梁设计质量,提升了整个工程管理水平。设计方案中的大桥附属设计构件单元库如图 5 所示。

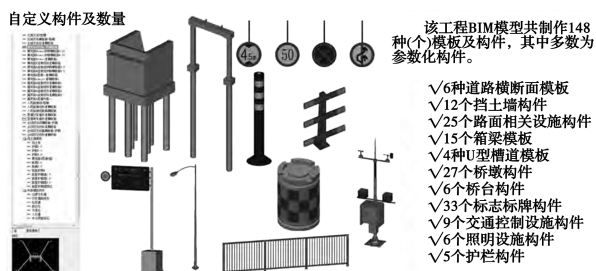


图 5 大桥附属设施构件单元库<sup>[18]</sup>

陈洪春等<sup>[19]</sup>基于 Bentley 公司的 OpenRail,采用参数化建模方式建立了普通桥梁构件库,形成桥位初始化、全桥 BIM 模型生成、碰撞检查、地质三维化等一套整体方案。该方案 BIM 模型生成精度高、速度快,已成功应用于宁淮铁路的桥梁工程 BIM 正向设计中。

为了解决涵洞 BIM 正向设计的难题,崔振宇<sup>[20]</sup>利用 C# 语言在 Bentley 软件平台上进行二次开发,继承上游专业(如线路专业、地质专业等)的模型和数据,可以三维可视化地快速创建包括钢筋信息在内的精细化涵洞 BIM 模型,利用 BIM 模型可以直接生成图纸、统计工程量,还能够更加直观、清晰地发现二维设计中存在的不足。

Dassault 公司三维建模软件 CATIA 具有很强的参数化建模能力和曲面造型功能,特别适合在复杂、异型的大跨桥梁设计中使用。

北京长安街西延线永定河特大桥结构体系新颖、细部构造异常复杂。宁晓旭等<sup>[21]</sup>基于 CATIA 的 BIM 正向设计,用 AFC 模块进行了局部有限元分析,如图 6 所示,最终交付成果为全桥精细 BIM 模型。利用上述模型进行计算分析和优化设计,解决了大桥设计中的诸多难题,并得到了能够指导设计的结论和方法。

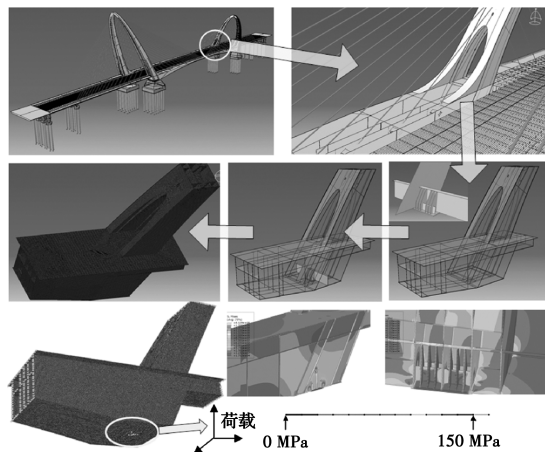


图 6 用 AFC 模块进行局部有限元分析<sup>[21]</sup>

陈旺等<sup>[22]</sup>采用 CATIA,围绕项目设计过程中的线形创建、构件定位、结构选型与参数赋值等进行了分析研究,基于“骨架+模板”的建模思路,二次开发了相关程序,实现了 BIM 软件与设计流程的结合,形成了桥梁工程 BIM 正向设计的方法体系,解决了设计过程中的一些难点、重点问题。

针对 CATIA 以工程模板和 action 功能为手段的桥梁基础 BIM 建模方法的局限性,齐成龙<sup>[23]</sup>使用达索/CAA 语言,开发出一种桥梁基础批量建模及审核工具。使用该工具建模时,程序读取设计表格中的基础数据,批量创建符合 IFC 类型的产品节点,向其中插入桩及承台特征,并对产品的 IFC 属性赋值。用户可单独修改批量创建的特征结果,并使用该工具根据最终的特征结果批量更新产品的 IFC 属性值。同时,作为一种审核工具,能够以 excel 表格形式输出总装配节点下所有基础数据,为 BIM 设计成果的审核提供便利。

除了上述 3 个公司的 BIM 解决方案,有设计人员也尝试过其它建模软件,譬如 Trimble 公司的 Tekla、Autodesk 公司的 Inventor、Robert McNeel 公司的 Rhino,以达到特定的应用目的。

傅战工等<sup>[24-25]</sup>在常泰长江大桥主航道桥正向参数化设计阶段将全桥分成了多个独立的部分,针对不同结构的特点采用了不同的建模方式。譬如利用 Inventor 软件进行主塔建模时,沿各塔肢中心线放样特征截面形成实体外形,再提取塔柱各节段表面建立钢面板,并补充加劲板、索锚管等细节;钢桁架主梁建模时,则先建立了一个参数化的标准节段模板,多次复用该模板和调整实例参数,完成全部主梁的建模。该项目的实践显示,BIM 正向参数化设计对于复杂结构表达更直观,图纸更规范,参数的修改或查错也很方便。

陈素华等<sup>[26]</sup>基于 Rhino 建立了一座复杂景观桥梁的参数化 BIM 模型,应用在桥梁方案设计、结构优化、设计合理性检查、工程量统计以及辅助出图等方面,并研究了 BIM 模型与实体有限元软件之间的数据对接方式。

### 3.2 施工阶段

施工阶段的根本需求促使了从基于 BIM 软件的功能级应用到项目级应用的转变。应用点主要包括可视化交底、4D 虚拟施工、进度管理、信息管理、移动端、施工监控、安全质量及成本管理<sup>[13]</sup>。

原中国铁路总公司工程管理中心下发的《关于推广应用悬臂浇筑连续梁相关施工工艺的指导意见》明确提出利用

BIM 技术优化构造,确保混凝土振捣密实。结合文件要求,苗永抗<sup>[27]</sup>基于 Tekla 研究了如何快速建立预应力混凝土连续梁 0# 节段,以及添加预应力钢筋、普通钢筋以及支座预埋件等数据,形成满足开展深化设计工作精度要求的 BIM 模型,可用于直接生成 2D 施工图、统计工程数量。该研究成果已在京雄城际、浦梅铁路等铁路项目中得到实践应用,能够在一定程度上提高设计效率。彭学军等<sup>[28]</sup>采用 Revit 对某大桥 0# 块进行精细化建模,如图 7 所示,利用 Navisworks 对模型集成并进行了碰撞检查,找出诸多碰撞冲突问题,及时给设计单位提出了优化建议,保证施工工序的顺利进行。

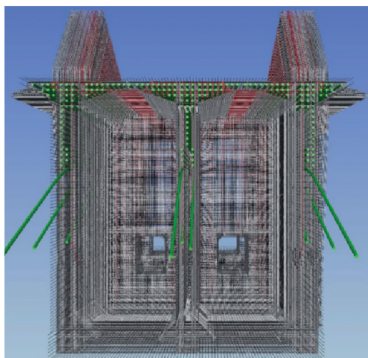


图 7 0# 块可视化钢筋、预应力模型正面<sup>[28]</sup>

以跨包茂高速大桥项目为载体,文艳芳等<sup>[29]</sup>将 BIM 应用到转体桥梁设计—施工阶段,用统一的建模方法、操作流程、技术措施创建了满足项目 5D 管控要求的 LOD300 精度的桥梁 BIM 模型,在转动体系模型深化设计、施工进度模拟、虚拟建造、模型算量等方面得到了具体应用,解决了转体桥模板施工、脚手架搭设、梁体试转和正式转时的角度控制等施工重点和难点。

李亚勇等<sup>[30]</sup>在施工过程中采用 Autodesk 公司相关软件,通过建立高精度 BIM 模型(LOD400),运用重合分析、三维碰撞检查、可视化交底等 BIM 技术,辅助开展方案评审及交底,提高桥梁的可建造性;建立了基于“BIM 技术+项目管理(PM)+物联网集成应用”的 BIM 管理协同平台,利用移动终端和物联网技术实时采集数据的功能,开展进度、质量、安全方面管控,提升项目精细化管控水平。

为了解决南京长江大桥维修改造项目中的质量、安全、进度、成本等关键问题,王宏坤等<sup>[31]</sup>建立了基于 BIM 技术的协同管理平台,引入了项目建设过程中的技术和管理信息数据,协同了项目各参建方的工作,提高了工作效率,实现了无纸化管理,可为后期大桥运营提供基础性数据。

伍军等<sup>[32]</sup>以“面向服务的架构+面向对象的编程”为基本思路,融合应用 BIM 和地理信息系统(GIS)技术,构建了面向对象编程和面向服务架构的桥梁工程信息管理平台,并实际应用于盐城特大桥的施工管理全过程,在前期策划阶段指导大临规划和征地拆迁,在智能制造阶段实现预制构件智能生产管理,在施工建造阶段实现进度、技术和在线监测管理等,提升了桥梁等线性工程管理的数字化水平。

### 3.3 运营阶段

BIM 技术应用在桥梁工程上也只是最近几年的事,因此基于全生命周期的运维阶段中 BIM 应用还不多见,但一些大型桥梁在建设实施过程中已规划了 BIM 技术在桥梁工程全

生命周期的具体应用,其中也涵盖了运营阶段。

吴巨峰等<sup>[33]</sup>以武汉青山长江公路大桥为背景,综合运用物联网、大数据、云计算、无人机倾斜摄影等新兴信息技术,构建了以“数据共享+业务集成+BIM 孪生”为总体思路的全生命周期信息管理平台。设计阶段,利用 Rhino 和 Grasshopper 建立关键建模参数,驱动生成桥梁结构截面,对全线桥梁进行参数化建模,并在 BIM 中集成了桥梁结构分析结果数据。施工阶段,通过统一的构件编码串接项目信息、施工进度、质量安全、人员物资机械、施工监控等信息,实现各方的协同管理。运维管养阶段,在 BIM 模型上集成了设计、施工阶段与运维管养相关的关键信息,对健康监测和巡检管养实现三维可视化管理。平台以 BIM 构件化、信息化和数模分离等为基础,构建数据共享中心,实现各阶段数据的串接与互动,解决了桥梁工程设计、施工和运维管养不同阶段信息转移遗漏和难以共享的问题。

姜玉龙等<sup>[34]</sup>通过 BIM 模型轻量化技术的研究以及与 GIS 技术的结合应用,实现了特大桥 BIM 模型的 WEB 端展示,开发了基于 B/S 系统架构的“桥梁建管养一体化”BIM 云管理平台,通过将桥梁模型数字化,实现了桥梁施工过程记录、建养档案管理、进度管理、桥梁实时监测监控、养护巡查管理等功能模块,方便用户深入了解桥梁结构状态,全面掌握桥梁运营状态,为推动桥梁建设运营管理提供依据。

## 4 现存问题与展望

### 4.1 现存问题

1) BIM 技术的一个重要特征就是三维可视化。现在国际主流的三维建模软件功能越来越完善,开发门槛也越来越高,国内软件商在技术、资金、市场等方面都不占优势,迫切需要政策支持、全行业协助,尽快攻克这一“卡脖子”的关键核心技术,开发出具有自主知识产权的三维核心建模软件。

2) BIM 技术应贯穿工程项目的全生命周期, BIM 模型本身也应该是一致的、动态的。但常有设计单位和施工单位基于各自的应用目的,各做各的模型,浪费了社会资源,信息碎片化严重,不利于“建养一体化”的信息管理。

3) BIM 人才是企业推进 BIM 应用的基础条件。高等院校开设的 BIM 相关课程少,从业人员大都通过自学或社会培训学习 BIM 相关知识,工程专业知识较为薄弱,桥梁工程复合型 BIM 人才尤为缺乏。

4) 伴随着云计算技术的发展和 BIM 软件的升级更新,越来越多的国内工程 BIM 数据被上传到云端,信息安全应引起重视。国外 BIM 软件商现在已在国内市场上占有主导地位,但仍应预防它们通过不正当方式形成垄断,损害国内企业和行业的利益。

### 4.2 展望

1) BIM 技术是发展的、开放的技术体系。以“5G”技术、“互联网”技术、新型传感器、机器人、成像系统、智能材料、人工智能等为代表的现代科技现在已逐渐在桥梁工程精细化设计、施工和运维中得到应用<sup>[35]</sup>,未来一定会更深度地与 BIM 技术相融合。

2) 开发集合强大、易用的力学分析功能的 BIM 软件,可以占领行业的技术制高点,提高设计人员的工作效率,促使桥梁工程全行业更快地接受 BIM。

3)现在有不少桥梁工程项目已借助于 BIM 技术开展项目管理工作,少数大型企业开始探索将 BIM 技术与企业管理系统的集成,实现内部资源的最佳配置和决策的最优化,从而完成传统企业的数字化转型。

4)各设计企业和施工企业在 BIM 应用的过程中积累了大量的相关数据。如果这些数据能在行业内通过适当的方式或平台进行分享,其巨大的价值必定能促进我国桥梁工程事业在信息化时代高质量、快速地发展。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 中华人民共和国推荐性国家标准: 建筑信息模型应用统一标准 GB/T 51212—2016[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
- [2] 何小龙,于金平,申峻. 我国 BIM 技术应用现状和发展对策研究[C]//第六届全国 BIM 学术会议论文集. 太原: 中国图学学会建筑信息模型(BIM)专业委员会, 中国建筑工业出版社数字出版中心, 2020: 5.
- [3] 本书编委会. 中国建筑业 BIM 应用分析报告(2020)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020.
- [4] 查克·伊斯曼,等. 著. 耿跃云,尚晋,等. 译. BIM 手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [5] BIMBOX. 30 年 BIM 市场争夺战: 八卦吃瓜背后,反思中国的出路[EB/OL]. (2021-02-22)[2021-04-24]. <https://www.bilibili.com/read/CV9947755>.
- [6] 周硕文,庞博,潘玉华,等. 基于 BIM 期刊文献的研究热点与趋势演化分析[J]. 土木建筑工程信息技术, 2020, 12(3): 8-15.
- [7] 马继骏,褚豪,孔令涛,等. 基于 IFC 的桥梁病害信息可视化表达[J]. 土木工程与管理学报, 2020, 37(4): 66-72.
- [8] 马继骏,褚豪,白勇,等. 面向智能化管养的桥梁信息编码体系[J]. 土木工程与管理学报, 2020, 37(4): 79-83.
- [9] 史国刚,元宇,周强,等. 基于 BIM 技术的混凝土桥梁力学信息分类方法研究[J]. 中国公路, 2020(20): 114-116, 119.
- [10] Brian Robins. 数字孪生模型正成焦点推动 BIM 演进[J]. 中国建设信息化, 2020(4): 46-47.
- [11] 上海同豪土木工程咨询有限公司. 常规桥梁的 BIM 正向方案设计师[J]. 中国公路, 2020(11): 128-129.
- [12] 李纯,张忠良. 基于 BIM 标准体系的铁路协同设计体系研究[J]. 铁道勘察, 2020, 46(1): 95-102.
- [13] 潘永杰,赵欣欣,刘晓光,等. 桥梁 BIM 技术应用现状分析与思考[J]. 中国铁路, 2017(12): 72-77.
- [14] 赵月悦,彭灿,张超超,等. 福厦高铁桥梁 BIM 技术应用[J]. 世界桥梁, 2020, 48(Sup1): 106-112.
- [15] 张宜洛,邓展伟,郭创. 基于 BIM 技术的公路工程正向设计应用探究[J]. 公路, 2020, 65(9): 176-183.
- [16] 鲍大鑫,严心军,张涛. 基于“Revit+Dynamo”模式的现浇连续梁桥设计建模[J]. 土木建筑工程信息技术, 2020, 12(5): 7-13.
- [17] 王茹,权超超. 公路立交 BIM 参数化快速精确建模方法研究[J]. 图学学报, 2019, 40(4): 766-770.
- [18] 刘均利,张聪,薛飞宇,等. BIM 技术在重庆曾家岩嘉陵江大桥设计中的应用[J]. 世界桥梁, 2020, 48(2): 71-76.
- [19] 陈洪春,黄武,陈航. BIM 技术在宁淮铁路桥梁设计中的应用[J]. 铁道标准设计, 2020, 64(Sup1): 187-190.
- [20] 崔振宇. 基于 Bentley 平台的铁路箱涵设计应用研究[J]. 铁道标准设计, 2020, 64(9): 59-64.
- [21] 宁晓旭,李健刚,王磊,等. 基于 BIM 设计的有限元模型转化计算方法研究[J]. 公路, 2020, 65(9): 107-113.
- [22] 陈旺,戴建国. 基于程序开发的桥梁工程 BIM 正向设计研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2020, 12(6): 6-11.
- [23] 齐成龙. 基于达索平台 CAA 架构的桥梁基础 BIM 建模及审核工具开发[J]. 结构工程师, 2020, 36(6): 214-220.
- [24] 傅战工,郭衡,张锐,等. BIM 技术在常泰长江大桥主航道桥设计阶段的应用[J]. 桥梁建设, 2020, 50(5): 90-95.
- [25] 傅战工,张金涛,张锐. 基于 Inventor 的常泰长江大桥主塔 BIM 正向设计[J]. 铁道标准设计, 2020, 64(Sup1): 190-194.
- [26] 陈素华,丁建明,姜严旭,等. 莲花桥 BIM 技术应用及异形索塔力学性能研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2020, 39(10): 43-48.
- [27] 苗永抗. BIM 技术在铁路预应力混凝土连续梁零号节段深化设计中的应用[J]. 铁道标准设计, 2020, 64(4): 89-92, 145.
- [28] 彭学军,王圣,汤宇,等. 基于 BIM 技术的连续梁 0# 块多孔振捣技术[J]. 工程建设, 2020, 52(12): 57-61.
- [29] 文艳芳,陈敬配,杨宇沫. 基于 BIM 的跨包茂高速大桥精益化项目管理应用研究[J]. 公路, 2020, 65(10): 245-252.
- [30] 李亚勇,周学勇,陈胜凯,等. 礼嘉嘉陵江特大桥 BIM 技术研究与应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2020, 12(4): 62-69.
- [31] 王宏坤,刘锦军,张义桂,等. 南京长江大桥维修改造 BIM 智能管理系统[J]. 公路, 2020, 65(11): 361-365.
- [32] 伍军,宋林,王步云,等. 面向对象和服务的桥梁工程信息管理平台研究与实践[J]. 图学学报, 2020, 41(5): 824-832.
- [33] 吴巨峰,祁江波,方黎君,等. 基于 BIM 的桥梁全生命周期管理技术及应用研究[J]. 世界桥梁, 2020, 48(4): 75-80.
- [34] 姜玉龙,夏远靖,贺波. 基于 GIS 的 BIM 轻量化技术在桥梁工程中应用研究[J]. 公路, 2020, 65(1): 123-127.
- [35] 勾红叶,杨彪,华辉,等. 桥梁信息化及智能桥梁 2019 年度研究进展[J]. 土木与环境工程学报(中英文), 2020, 42(5): 14-27.