

铁道标准设计
Railway Standard Design
ISSN 1004-2954, CN 11-2987/U

《铁道标准设计》网络首发论文

题目: BIM 技术在铁路桥梁工程中的应用及实现方法
作者: 韩广晖, 李辉, 周清华, 宋浩, 罗天靖, 杨喜文
DOI: 10.13238/j.issn.1004-2954.202104260005
收稿日期: 2021-04-26
网络首发日期: 2021-07-23
引用格式: 韩广晖, 李辉, 周清华, 宋浩, 罗天靖, 杨喜文. BIM 技术在铁路桥梁工程中的应用及实现方法. 铁道标准设计.
<https://doi.org/10.13238/j.issn.1004-2954.202104260005>



网络首发: 在编辑部工作流程中, 稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定, 且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式(包括网络呈现版式)排版后的稿件, 可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定; 学术研究成果具有创新性、科学性和先进性, 符合编辑部对刊文的录用要求, 不存在学术不端行为及其他侵权行为; 稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准, 正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性, 录用定稿一经发布, 不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容, 只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认: 纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司签约, 在《中国学术期刊(网络版)》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版, 以单篇或整期出版形式, 在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊(网络版)》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物(ISSN 2096-4188, CN 11-6037/Z), 所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

BIM 技术在铁路桥梁工程中的应用及实现方法

韩广晖，李辉，周清华，宋浩，罗天靖，杨喜文

(中铁工程设计咨询集团有限公司桥梁工程设计研究院，北京 100055)

摘要：为了解决铁路桥梁 BIM 应用过程中出现的重复建模、各阶段数据传递不畅的问题，对铁路桥梁 BIM 模型的建模方法和管理方法进行研究。提出了单一模型入口、多文件描述的建模方法，对工程各阶段的模型进行有效组织，避免了重复建模，实现了模型跨阶段应用。提出了文件和数据两级的管理方法，解决了 BIM 模型各阶段间和专业间的信息传递问题，实现了数据级的信息传递和共享，为协同设计提供了切实有效的方法。结合京张高铁等铁路工程项目，介绍了协同设计基础环境的搭建、数据级协同设计方法的应用、参数化设计到智能设计的实现、模型仿真分析及应用。单一模型入口、多文件描述的建模方法及文件和数据两级管理方法为 BIM 模型的全生命周期协同和应用提供有效的实现路径，可为后续 BIM 技术在铁路桥梁工程中的应用提供借鉴。

关键词：铁路桥梁；BIM；协同设计；建模方法；参数化

中图分类号：U448.13 **文献标识码：**A **DOI:**10.13238/j.issn.1004-2954.202104260005

The Application and Realization Method of BIM Technology Using in Railway Bridge Engineering

HAN Guanghui, LI Hui, ZHOU Qinghua, SONG Hao, LUO Tianjing, YANG Xiwen

(Bridge Engineering Design and Research Institute, China Railway Engineering Design and Consulting Group Co., Ltd, Beijing 100055, China)

Abstract: The modeling and management methods of railway bridge BIM models are studied to solve the problems of repeated modeling and poor data transmission between project phases. A single model entry multi-file description modeling method is proposed, which effectively organizes the models in each phase of the project, avoids repeated modeling, and realizes the cross-phase application of the model. A two-level file and data management method is proposed, which solves the problem of BIM model information transmission between phases and between disciplines, realizes data-level information transmission and sharing, and provides a practical and effective method for collaborative design. Combined with the Beijing-Zhangjiakou high-speed railway and other railway engineering projects, it introduces the construction of the collaborative design basic environment, the application of data-level collaborative design methods, the realization of parametric design to intelligent design, model simulation analysis and application. The modeling method of single model entry, multi-file description and the two-level file and data management method provide an effective path for the full life cycle collaboration and application of BIM models, and can provide reference for the subsequent application of BIM technology in railway bridge engineering.

Key words: Railway bridge; BIM; Collaborative design; Modeling Methods; Parametric

1 概述

BIM 技术采用带有属性的三维模型对工程对象进行描述，与传统二位图样相比具有能高效表达和管理复杂空间对象，有效支持多主体专业协同，有利于实现工程全生命周期管理等优势。

近年来，随着京张、京雄、西十高铁，川藏铁路为代表的 BIM 试点项目的开展，BIM 技术在铁路工程领域得到了大力的推广和应用。铁路 BIM 联盟在铁路 BIM 基础标准的制定方面进行了大量的基础研究^[1-3]，目前为止发布了 13 项铁路 BIM 标准，为 BIM 技术在铁路工程中的应用提供了标准支撑。

针对桥梁工程领域的 BIM 技术应用，许多业内人士进行了探讨和实践，如张兴华^[4]、刘彦明^[5]分别开发了铁路桥梁 BIM 设计程序，辅助桥梁

收稿日期：2021-04-26；修回日期：2021-05-22

基金项目：中铁工程设计咨询集团有限公司科技开发课题（BIM-软 2020-4，BIM-研 2020-1，研 2018-20）；国家重点研发计划“科技冬奥”重点专项（2020YFF0304105）

作者简介：韩广晖（1989—），男，高级工程师，2013 年毕业于北京交通大学建筑与土木工程专业，工学硕士，主要从事桥梁设计和工程数字化研究，E-mail:gh_Han@126.com。

BIM 设计。崔振宇^[6]、石鲁宁^[7]分别开发了铁路箱涵 BIM 设计程序,满足涵洞设计计算及建模需求。宋福春等^[8]利用 Revit 软件进行复杂立交桥设计阶段 BIM 应用研究。张文胜等^[9]研究了 BIM 与 3DGIS 的集成技术,并应用于铁路桥梁的施工阶段。潘永杰等^[10]研究了利用 BIM 技术搭建桥梁运维管养系统的关键技术。

以往研究涉及到设计、施工、运维各阶段,针对桥梁 BIM 设计阶段软件的应用研究,有利用第三方软件平台进行桥梁 BIM 辅助设计工具开发研究,有利用 BIM+GIS 技术对施工阶段的应用研究,还有应用 BIM 技术搭建运维管养系统的研究。

上述的研究多是对单一阶段进行,从各自所处的角色对 BIM 技术进行应用探索,而针对全生命周期的模型创建方法或应用案例未见介绍。从研究的广度来看, BIM 技术已经应用于桥梁工程项目的各个阶段,从研究的深度来看,在单一阶段的应用已经取得了一些成功案例,但鲜有串联起生命周期各阶段的应用案例。 BIM 技术的应用已经进入了“深水区”,各工程参与方均在探索 BIM 技术的应用解决方案,以发挥 BIM 技术的真正价值。

本文从模型创建出发,围绕模型管理和应用,探索研究铁路桥梁 BIM 模型的数据组织方法,以期使 BIM 模型应用于全生命周期各阶段中,达到满足各方信息需求的目标。

2 模型的创建及管理

铁路工程涉及专业多,参与方多,是复杂的系统工程。创建一种能在工程全生命周期内各参与方共同使用的模型至关重要,这是各方实现信息传递共享,实现业务协同的基础。各方的数据均积累在同一模型下,模型承载了工程全生命周期数据。

2.1 协同工作环境

为了实现各方协同和信息共享,需要建立共同工作的基础环境。协同工作环境包括相同的数据存储标准、相同的语义表达标准和相同的数据传输标准,以保证信息准确的传递。在此基础上还需完善一套与标准和工作流程相适应的工具来辅助模型的创建和管理。

模型存储于数据库或 BIM 软件的专有格式文件中。创建协同工作环境首先需要对模型文件

采取有效的管理方法。有效的管理方式是建立协同工作平台,对文件及相关的资源进行统一管理,包括文件的版本管理、文件参考关系管理、协同流程人员权限管理、引用资源库管理等。以 ProjectWise 软件为例,文件参考关系管理如图 1 所示,文件的参考以指向箭头的方式进行表示。

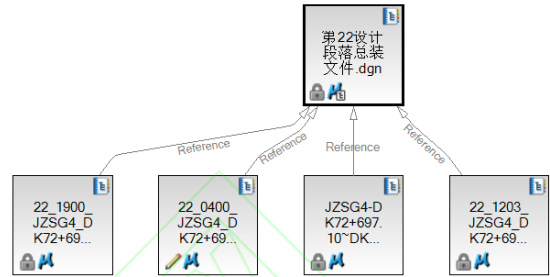


图 1 文件参考关系管理示意

统一的文件管理和文件托管带来的好处是各方的工作空间均相同,避免了跨软件或跨平台导致的信息交换不畅问题。在相同的环境下,文件级的协同工作方式向数据级方式扩展成为可能。

2.2 协同工作方法

依托共同的工作环境,对横向专业间和纵向阶段间的模型协同工作方法开展研究。专业间的协同,采用参考其他专业模型文件的方法,不对其他专业模型进行修改;不同阶段、不同参与方之间的协同,采用在参考外部模型基础上,进行属性修改或属性扩充的方法。

文件级到数据级的应用方法,采用两级管理方式,分别对文件和模型构件进行管理。采用协同文件管理平台实现文件关联关系的管理;采用各专业工程结构树进行构件关系的管理,基于模型构件提供的信息读取接口进行数据协同。数据级协同关系示例如图 2 所示。



图 2 数据级协同管理关系

为达到模型全生命周期应用的目标, 采用顶层节点管理的方式打通各参与方间的数据传递障碍, 通过人员权限的管理和流程控制实现数据有序访问和数据安全。采用顶层节点管理的具体实现方法为: 通过单一入口, 多文件描述的方式, 汇总全生命周期各阶段的数据进行统一的管理, 实现统一的数据应用接口。

通过软件开发和流程控制, 确保全生命周期内模型访问入口唯一。通过模型特征和附加属性信息进行各阶段数据的管理, 通过阶段控制工具实现单一描述对象的不同阶段图形图像及信息的展示和提取, 实现一体多用。单一描述对象的不同阶段模型图形显示如图 3 所示。

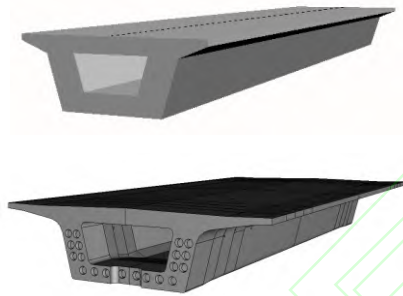


图 3 单一模型不同阶段图形显示

2.3 从参数化到智能化

模型参数化是根据对象的特点, 寻找影响对象的主要控制因素, 查找其存在的关系和规则, 根据这些控制因素、关系或规则抽象成控制模型变化的函数和变量, 利用计算机语言对其进行描述, 形成利用参数可以控制其显示或其他行为属性的基本对象单元, 借助计算机图形引擎可以将基本对象转换成图形图像显示。在使用参数化模型时, 只需调节参数即可调整修改设计方案, 适应多种情况需求。

参数化的方法将模型设计人员从繁琐的计算和建模绘图中解放出来, 达到一次建模多处利用的效果, 为模型构件的标准化应用提供了方法。图 4 所示为桥梁下部结构参数化单元。为了方便参数化单元的标准化管理与使用, 开发构件库管理工具对参数化构件进行管理, 如图 5 所示。

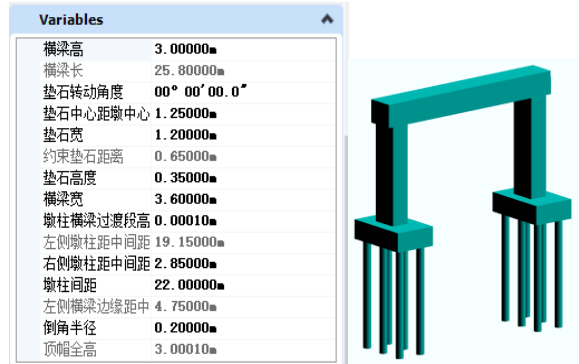


图 4 门式桥墩参数化单元

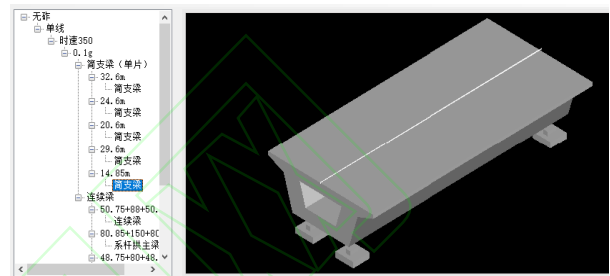


图 5 参数化构件管理

在铁路桥梁工程中, 智能化是以数字化为基础, 结合先进的算法和强大的计算能力, 模仿人能动的行为满足特定需求的能力。在桥梁布置的过程中, 依托于协同设计的数据基础和参数化构件库资源, 采用强化学习和退火算法, 智能的进行桥梁孔跨布置, 其流程如图 6 所示。根据智能布跨的结果, 调用参数化构件结合设计环境, 进行桥梁 BIM 模型的生成。设计过程中引入智能手段辅助设计人员决策, 将极大的减少人员投入, 使设计过程便捷高效。

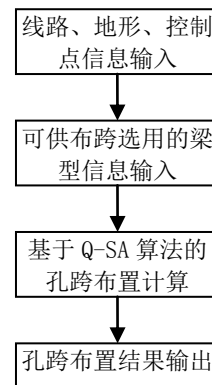


图 6 智能桥梁孔跨布置流程

3 模型的应用

传统的桥梁工程计算分析需要根据二维的设计图, 在所需的结构分析软件、地理信息系统中建立分析模型, 不仅耗时费力, 而且容易因人为

疏忽造成错误。采用 BIM 技术，可以由工程信息模型中提取或转化数据，导出分析所需的几何、荷载、材料等信息供计算软件使用，极大地提高效率，降低计算分析的人员投入成本。计算分析的结果辅助进行设计优化和方案验证，体现于 BIM 模型中。计算分析是完善 BIM 模型的有效工具，在此过程中 BIM 模型承载的设计成果得到迭代优化。

3.1 结构计算分析

从 BIM 模型中获得信息用于结构的计算分析，复杂结构一般采用成熟的分析软件，如迈达斯、ABAQUS 等，简单的结构可采用自编工具软件进行分析。从 BIM 模型转换成结构分析模型要用到几何、材料、约束、荷载、规范等信息，这要求 BIM 模型带有这些信息，由于实际结构和计算模型之间的差异，几何模型的创建存在提取加工的过程，而属性信息直接进行转换即可。针对模型的转换需要专门开发模型转换接口，以协助完成信息提取，计算模型的创建和分析结果的反馈等工作。目前 BIM 模型与成熟的结构计算软件接口还不完善，需要进一步完善。图 7 所示为某钢结构 BIM 模型向结构计算有限元分析模型的转换。

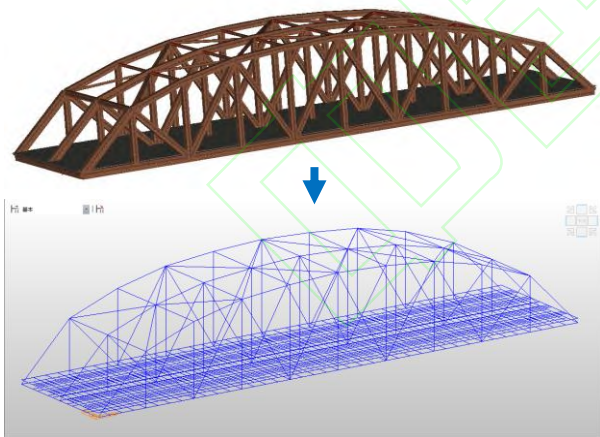


图 7 BIM 模型应用于结构分析

3.2 施工仿真分析

BIM 模型中的施工信息，可用来进行施工阶段的仿真分析。在几何模型基础上，集成进度计划信息、工程量信息、质检信息、安全管理信息等多维度的信息，可以采用施工仿真分析从多个维度对工程进行分析。采用协同工作的方式在设计阶段进行虚拟建造，施工方参与设计意见，根据施工的可行性来优化方案是理想的方法。某项目施工过程进度计划仿真模拟如图 8 所示。目前

施工仿真在施工阶段已经广泛应用，但由于分享机制不健全，将施工仿真前置到设计阶段还仅限于个别试点应用，未来将会有更大的应用前景。

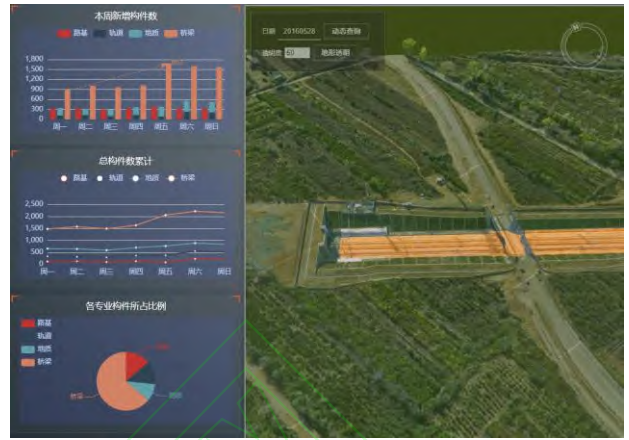


图 8 施工过程进度计划模拟

3.3 环境及状态仿真分析

铁路工程所处环境复杂，工程与所处环境之间存在相互影响，为了提高工程的适用性，在 BIM 模型的基础上，辅以实景模型和既有环境模型，利用专业仿真软件或地理信息系统，对工程所处的环境进行分析，优化设计方案。

利用基于 GIS 技术的多源数据融合平台，可直观的展示环境与工程模型的融合、空间的布局、周边既有物体与工程模型之间的关系，结合视频、震动、温度、应力等传感装置，可以建立对结构物健康状态数据的实时监控和分析系统，用来辅助决策预警。图 9 所示为某钢桁梁桥的实景预览。



图 9 某桥梁实景预览

4 结语

本文结合 BIM 技术在铁路桥梁设计中的应用实践，从全生命周期的角度出发，围绕模型的创建、管理和应用，研究避免重复建模、实现信息共享的铁路桥梁 BIM 建模方法。

提出从文件级到数据级的协同方法，即采用

两级管理的方式分别对文件和模型构件进行管理。解决了 BIM 模型阶段间和专业间的信息传递问题, 实现了数据级的信息传递和共享, 为协同设计提供了切实有效的方法。

提出了采用顶层节点管理的方式打通各参与方向的数据传递障碍, 即通过单一访问入口, 多文件描述的方法, 汇总全生命周期各阶段的数据进行统一的管理, 避免了重复建模, 实现了模型跨阶段应用。

从模型参数化到智能化的角度出发, 介绍了基于 AI 和 BIM 技术的桥梁孔跨布置应用。从结构计算分析、施工仿真分析、环境及状态仿真分析方面拓展 BIM 模型的应用。

本文提出的两级协同方法、单一访问入口多文件描述的数据组织方式, 为模型的全生命周期协同和应用提供有效的实现路径, 可为后续 BIM 技术在铁路桥梁工程中的应用提供借鉴。

参考文献:

- [1] 铁路 BIM 联盟. 铁路工程信息模型表达标准(1.0 版)[J]. 铁路技术创新, 2017(6): 13-105.
- [2] 铁路 BIM 联盟. 铁路工程信息模型分类和编码标准(1.0 版)[J]. 铁路技术创新, 2015(1): 8-111.
- [3] 铁路 BIM 联盟. 铁路工程信息模型数据存储标准(1.0 版)[J]. 铁路技术创新, 2016(1): 5-177.
- [4] 张兴华. 铁路桥梁 BIM 程序的设计与实现[J]. 铁路计算机应用, 2019, 28(6): 25-29.
- [5] 刘彦明. 基于 Bentley 平台的铁路桥梁 BIM 设计系统[J]. 铁路技术创新, 2017(1): 12-14.
- [6] 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.
- [7] 石鲁宁, 张忠良, 王勇军, 等. 基于 BIM 技术的涵洞一体化设计应用研究[J]. 铁道勘察, 2020, 46(1): 129-133.
- [8] 宋福春, 谢利斌, 李孟臣, 等. 基于 BIM 技术的复杂立交桥协同设计[J]. 沈阳工业大学学报, 2018, 40(6): 692-696.
- [9] 张文胜, 吴强, 祁平利, 等. BIM 与 3D GIS 的集成技术及在铁路桥梁施工中的应用[J]. 中国铁道科学, 2019, 40(6): 45-51.
- [10] 潘永杰, 赵欣欣, 刘晓光, 等. 基于 BIM 的大跨度桥梁 PHM 系统关键技术研究与应用[J]. 铁道建筑, 2018, 58(1): 5-9, 19.
- [11] 韩广晖, 宋浩. 轨道交通梁式桥 BIM 辅助设计软件开发研究[J]. 铁道勘察, 2020, 46(1): 156-161.
- [12] 周清华, 张忠良, 李纯, 等. 基于 BIM 的三维地形自动修正和拟合方法[J]. 铁道勘察, 2020, 46(1): 107-110.
- [13] 罗天靖, 高策. 京张高铁标准梁 BIM 技术应用研究[J]. 铁道勘察, 2020, 46(1): 137-140, 161.
- [14] 周清华, 李纯, 黄新文. 铁路 BIM 非几何属性研究与应用[J]. 铁道勘察, 2018, 44(5): 66-69.
- [15] 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.