

文章编号: 1674—8247(2021)05—0102—05

DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2021.05.019

BIM 技术在 400 km/h 高速铁路接触网工程中的应用

黄 鑫 鲁小兵

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要:本文结合 400 km/h 高速铁路接触网工程开展的 BIM 技术应用,以全寿命周期管理理念为核心,分析了接触网系统 BIM 正向设计的流程框架和重点环节,阐明利用 BIM 技术的接触网施工管理,总结通过全过程信息数据的采集和集成,实现接触网系统的数字孪生,从而全面提升运维水平。研究结果为 400 km/h 高速铁路接触网设计、施工和运维的 BIM 技术应用提出了系统思路,推动了接触网工程信息数字化设计的发展。

关键词:BIM 技术; 400 km/h 高速铁路; 接触网; 协同设计; 全寿命周期

中图分类号:U255

文献标志码:A

Application of BIM Technology to Overhead Contact System of 400 km/h High-speed Railway

HUANG Xin LU Xiaobing

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: Based on the application of BIM technology to overhead contact system of 400 km/h high-speed railway, this paper first analyzes the process framework and key links of BIM forward design of overhead contact system, expounds overhead contact system construction management by BIM technology from the perspective of total life cycle management, and then summarizes that digital twinning of overhead contact system can be realized through the whole process of information data collection and integration, thus comprehensively improving the operation and maintenance level. The results put forward systematic ideas for the application of BIM technology to the design, construction, operation, and maintenance of overhead contact system of 400 km/h high-speed railway, and promoted the development of information digital design for overhead contact system engineering.

Key words: BIM technology; 400 km/h high-speed railway; overhead contact system; collaborative design; total life cycle

在高速铁路设计中,传统的 CAD 绘图工具多采用 2D 平面形式,且只能完成单一阶段的工作,不能把高速铁路系统工程以 3D 可视化模型直观展现出来,也不能在项目各个阶段对模型中的工程信息进行实时动态修正、调整,无法为铁路建设全寿命周期提供数据支

持与帮助。BIM(Building Information Modeling)技术的出现为铁路系统工程界的整合实现带来了可能^[1]。

本文分析和研究了 BIM 技术在 400 km/h 高速铁路电气化接触网工程中的应用优势,总结归纳了目前接触网系统 BIM 正向设计的主要流程框架;运用

收稿日期:2021-03-01

作者简介:黄鑫(1987-),男,工程师。

基金项目:中铁二院工程集团有限责任公司科技开发计划(KNSQ202056)

引文格式:黄鑫,鲁小兵. BIM 技术在 400 km/h 高速铁路接触网工程中的应用[J]. 高速铁路技术,2021,12(5):102-106.

HUANG Xin, LU Xiaobing. Application of BIM Technology to Overhead Contact System of 400 km/h High-speed Railway[J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(5):102-106.

“BIM+”的思维,为高速铁路接触网系统 BIM 全寿命周期的应用工作开展提供指导,从而提高项目全过程的精细化设计水平。

1 BIM 技术应用于高速铁路的特点及流程

铁路工程可利用 Bentley 平台进行三维协同设计,实现制造、设计、施工、运营全生命周期协同。因此,采用 Bentley 平台完成 400 km/h 高速铁路工程的 BIM 正向设计,不但便于检查常规单一专业设计存在冲突和碰撞的问题,提高前期方案设计的合理性,减少后期的设计变更,还可应用于协同设计、规划方案预演、场地分析、性能仿真、可视化、碰撞检测、工程量统计及成本估算等。BIM 技术应用于高速铁路设计的主要优势有:

- (1)利用 BIM 技术可视化、形象直观的特点,可充分实现规划设计思想的所见即所得,便于项目参与方的沟通和交流,辅助决策。
- (2)利用 BIM 技术进行协同设计,将原多专业串行的工作状态通过协同平台变成并行的工作状态,解决多专业差、碰、错、漏等问题,提高设计质量和效率,减少设计缺陷和后期变更,使得设计周期更加合理可控。
- (3)利用 BIM 技术强大的信息统计功能进行初步模型的分析、评估,对建设方案和投资预算方案进行模拟、分析,能够有效地处理数据信息,完成策划方案优选、成本估算、场地规划分析及空间布局等。

BIM 技术在设计阶段的应用流程框架如图 1 所示。

- (1)根据指导性文件、项目背景资料及规划文件等确定铁路 BIM 应用的工作环境,建立源文件。
- (2)可依据项目规划阶段的文件资料需求,统一创建模型、附加信息等遵循的标准文件,达到规范构件的信息内容、存储方式的目的。通过方案规划评审后,生成方案设计阶段的 BIM 信息模型。
- (3)根据可研、初步设计、施工图各阶段的需求文件资料,建立铁路系统各专业信息模型库,实现对各阶段构件信息模型与信息的管理。将各阶段 BIM 设计成果评审后,生成可在下一阶段通过输入基本设计信息来快速读取的铁路系统各专业设计成果,再进行 BIM 正向设计。

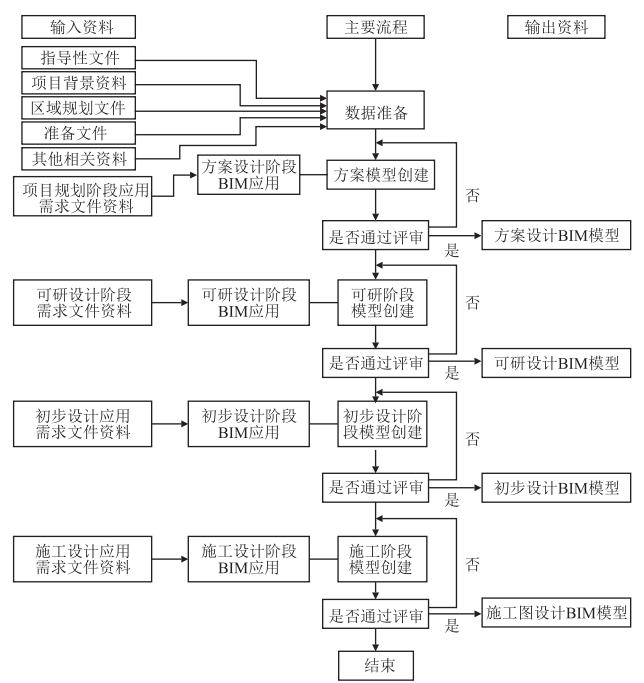


图 1 铁路设计阶段 BIM 应用流程图

2 BIM 技术应用于接触网工程的特点及流程

2.1 总体设计流程

高速铁路接触网系统工程是沿线向电力机车供电的输电线路,是高速铁路的重要基础设备,担负着为高速铁路电力机车提供电源的重要责任^[2]。基于传统二维 CAD 的接触网设计期、施工期数据比较分散,没有一套完整的软件平台将设计、出厂、安调等信息数据有机地结合在一起,竣工交付后很难支撑后期智能运营维护管理。而 BIM 技术作为一种全新的设计和信息化手段,可在接触网设计、建设阶段提升设计质量和施工质量,提高接触网系统工程的安全性、可靠性,对实现高速铁路长效、智能、安全运维有着重要意义^[3]。400 km/h 高速铁路接触网工程 BIM 技术应用流程如图 2 所示。

- (1)采用 Bentley 平台,结合线路、桥梁、路基等接口专业协同设计提供的资料,建立设计源文件。
- (2)建立高速铁路接触网零部件标准模型库,主要包括支柱、基础、零部件、电气设备模型等特征信息不随线路里程变化的构件库。
- (3)根据设计源文件,利用所建立的接触网零部件标准模型库进行接触网 BIM 正向设计,生成接触网 BIM 信息模型。
- (4)以接触网 BIM 信息模型为基础实现接触网的

图纸交付、三维展示、零部件预配模拟等功能。

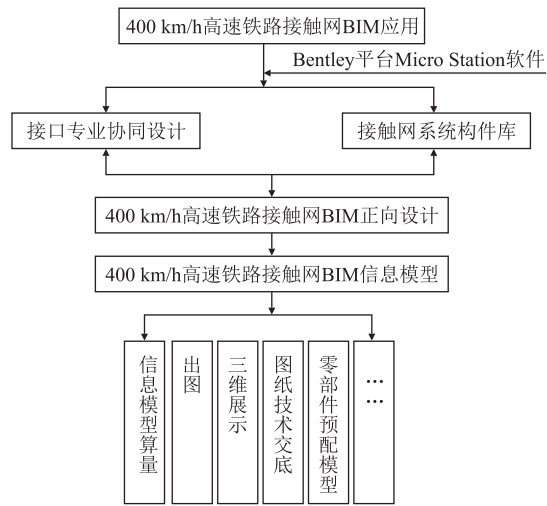


图 2 400 km/h 高速铁路接触网工程 BIM 应用流程图

2.2 零部件库

接触网系统设备零部件众多,且相互空间结构复杂,上部悬挂装置主要由腕臂支持、定位装置、补偿装置等零部件组成^[4]。高速铁路接触网 BIM 模型设计过程中,需反映出接触网“平、立、剖”的细节。

在开展接触网 BIM 正向设计前,根据 400 km/h 高速铁路接触网工程零部件的特点及 TB 2075《电气化铁路接触网零部件》要求,建立一套针对高速铁路项目特点的接触网系统项目零部件库,可采用 IFC (Industry Foundation Classes) 标准为数据表示和交换规范,可支持铁路系统中不同专业和部门的信息共享和协同设计支持。接触网零部件模型成果及模型附属信息管理如图 3 所示。



图 3 接触网系统 BIM 零部件库(部分)图

为实现 BIM 技术在 400 km/h 高速铁路接触网系统工程应用的全寿命管理,需在设计初期建立接触网系统完整的 BIM 模型零部件库,并添加其设计信息,例如名称特征、规格型号、材质、寿命及相应的规范要

求等,伴随着新规范,新工艺,新设备的出现,实时更新补充零件库及模型信息。接触网系统 BIM 零部件信息管理图如图 4 所示。



图 4 接触网系统 BIM 零部件信息管理图

2.3 腕臂组装配

接触网装配是由多个零部件组合而成,接触网系统工程沿线装配工点约 50 m 设 1 处,全线接触网装配工点多达几万处,如何实现零部件模型数据关联和集成以求达到腕臂快速计算、工点处零部件自动组配成为了 BIM 正向设计的一大难题。

结合高速铁路实际项目,在铁路专业平台 (Open-Rail Designer) 上进行接触网系统 BIM 软件二次研发,以求完成支柱腕臂自动组配,其基本逻辑结构如图 5 所示。

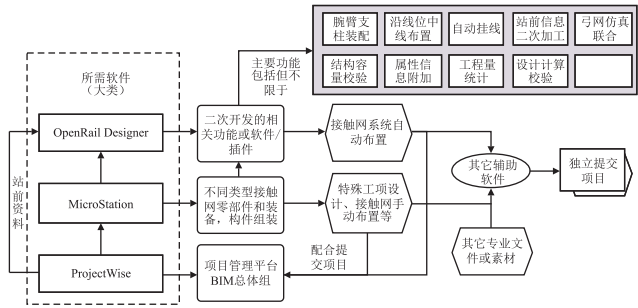


图 5 接触网系统相关 BIM 技术二次开发流程图

结合土建专业提供的 BIM 模型源文件、及线路里程等相关数据信息,开展接触网系统 BIM 正向设计,快速建立接触网系统的 BIM 信息模型,在 BIM 模型中快速检查支柱基础的设计是否合理,同时进行协同设计和可视化碰撞检查。再结合检查修改后生成的接触网 BIM 基础模型,进行接触网系统 BIM 技术二次开发,实现腕臂理论计算,根据设计要求的车辆限界、侧面限界、外轨超高等,生成相关支撑部件的理论长度,并实现零部件的可视化组合、参数化装配,如图 6 所示。

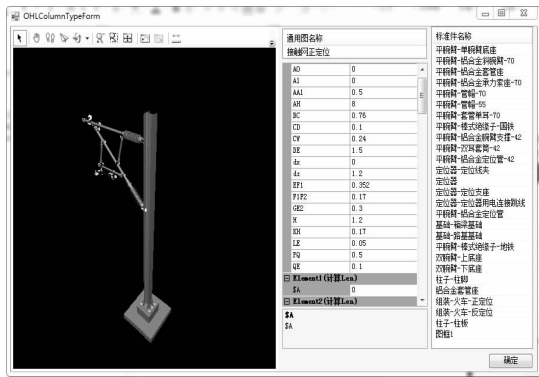


图 6 接触网零部件自动装配图

2.4 系统设计

接触网 BIM 正向设计过程中,通过 CATMOS 弓网仿真软件对弓网系统进行仿真模拟,对受电弓接触力、接触网的弹性不均匀度、风偏等进行仿真计算^[4]。接触网系统在特殊工点处,如路隧过渡、桥隧过渡和路桥过渡处需结合接触网 BIM 三维可视化模型,对仿真计算结果进行精细化评估,实时修改设计方案,以达到最优设计,使接触网系统满足安全性、可靠性的原则。

借助 BIM 技术,采用可视化的方式,可快速了解铁路线路的概况,路基、桥梁、隧道的布置,完成接触网的三维实体模型,如图 7 所示,通过渲染展现高速铁路接触网 BIM 正向设计模拟实景效果,如图 8 所示,清晰表达出接触网细部工点设计方案,如图 9 所示。

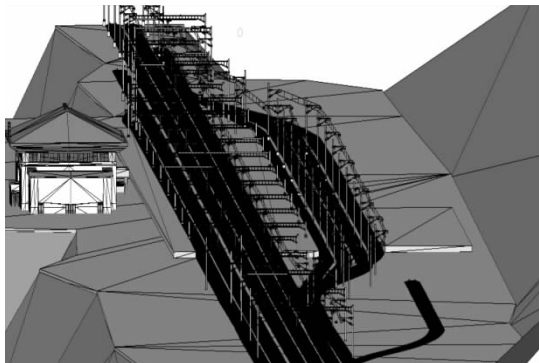


图 7 接触网系统三维信息模型实体图



图 8 高速铁路接触网 BIM 正向设计模拟实景效果图



图 9 高速铁路接触网细部工点设计图

2.5 设计优化

高速铁路接触网系统工程,涉及电气、材料、结构、机械等多专业学科交叉,具有其特定的难点,如:接触网支柱基础位置与线路、路基、桥梁、隧道、四电电缆槽、声屏障等设备接口碰撞检查,供电线支柱基础选址与地基容许承载力的匹配;接触网上部悬挂装置零部件众多,且空间结构复杂;高速铁路接触网系统长期暴露运行在自然环境中,与外部运行环境的适应性等^[6]。

在接触网 BIM 正向设计中,涉及多专业协同与协作,BIM 技术可完成不同专业之间的数据转化,项目前后阶段之间信息的传递与衔接,实现全生命周期的集成协作管理和符合 ISO 标准的数据交换、信息互通。接触网 BIM 协同设计流程,如图 10 所示,将生成的腕臂装配以及支柱、支柱基础、接触线、承力索、附加导线等装配模型依照高铁规范设计规范,结合土建专业、四电专业等接口专业 BIM 模型开展协同设计,采“BIM + GIS”技术对外部环境条件下接触网支柱基础进行可视化精准定位,实时进行模型碰撞检测,及时修改设计错误,减少各专业间重复工作和后期设计变更,大大提

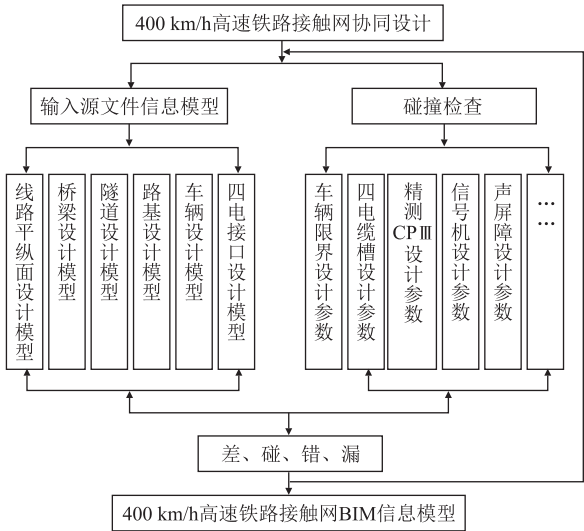


图 10 高速铁路接触网 BIM 协同设计流程图

高设计效率。

接触网 BIM 模型建立后,提取该阶段最终版本 BIM 模型中的主要工程数量,并生成工程数量表,完成接触网工程 BIM 正向设计工作。

3 施工中的应用

铁路工程项目建设具有管理体系大、参与方众多、系统复杂、人员流动频繁等特点,将 BIM 技术应用于铁路施工中,可有效结合接触网施工图设计阶段 BIM 信息模型及平台,构建接触网施工阶段 BIM 管理平台(如图 11 所示),整合施工资源配置,寻求工期与成本、工程质量最优解,实现施工进度管理、物料跟踪管理、施工工艺指导、虚拟施工记录现场接触网状态检测数据等功能^[7],同时在 BIM 管理平台可联合其他专业协同施工,打造工程建设数字一体化。

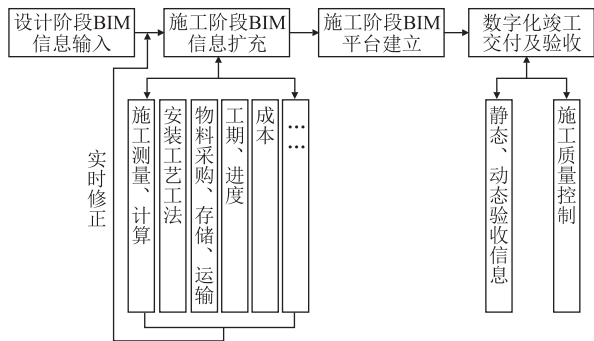


图 11 BIM 技术在施工管理中的应用图

4 运维中的应用

高速铁路竣工后,需按照运维管理资料移交要求和验收标准规范,采用 BIM 技术完成数字化竣工交付。通过建造阶段的数字化移交,将接触网 BIM 技术承载的过程信息无缝转移到运维阶段,完成建设期 BIM 信息平台向运维 BIM 信息平台(如图 12 所示)的深化,实现铁路建设的数字孪生,通过有效管理和融合

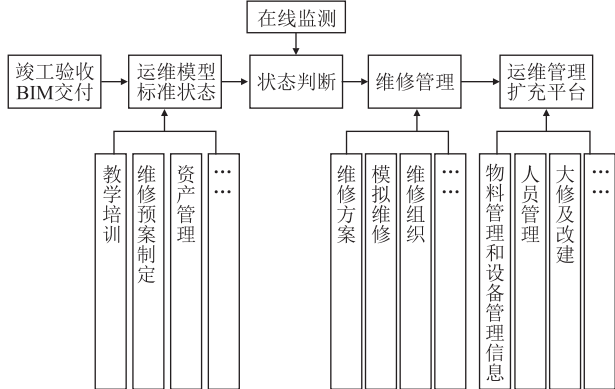


图 12 运营维护阶段的 BIM 应用平台建设图

分析运维阶段的在线监测进行实时状态判断、维修数据,对故障隐患进行快速应变和处理,实时快速准确掌的运营情况,保证接触网设备的安全、高效运行。

5 结论及建议

(1)本文总结了 BIM 技术在高速铁路接触网系统工程的应用流程,结合 400 km/h 高速铁路接触网系统 BIM 正向设计应用,展示了 BIM 技术的应用优势。高速铁路的快速发展亟需建立一个全寿命周期的信息化管理平台,充分利用 BIM 技术的优势,提高设计精度和效率,为真正实现“400 km/h + 智慧交通”运营管理奠定坚实的基础。

(2)高速铁路建设是一项利国利民的百年大计工程,在高速铁路建设过程中如何才能实现项目精细化、数字化的协同管理成为业界一直研究的重点课题,随着 BIM 技术在铁路工程建设中的广泛应用,需充分结合我国现阶段铁路建设的管理特点,加快对 BIM 技术在“400 km/h + 智慧高速铁路”的规范标准编制,对促进我国高速铁路工程建设信息模型的应用和发展有着重要的意义。

参考文献:

[1] BS EN 50318;2018 Railway Applications-Current Collection Systems-Validation of Simulation of the Dynamic Interaction between Pantograph and Overhead Contact Line[S].

[2] 刘红良,王万齐,王辉麟,等. BIM 技术在高速铁路接触网工程中的应用研究[J]. 铁路计算机应用, 2019, 28(6): 54-58. LIU Hongliang, WANG Wanqi, WANG Huilin, et al. BIM Technology Applied to Catenary Engineering of High Speed Railway [J]. Railway Computer Application, 2019, 28(6): 54-58.

[3] BS EN 50119;2020 Railway Applications-Fixed Installations-Electric Traction Overhead Contact Lines[S].

[4] TB 10621-2014 高速铁路设计规范[S]. TB 10621-2014 Code for Design of High Speed Railway[S].

[5] TB 10009-2016 铁路电力牵引供电设计规范[S]. TB 10009-2016 Code for Design of Railway Traction Power Supply [S].

[6] 冉惟可. 基于 BIM 技术的铁路接触网设计[J]. 铁路技术创新, 2017(4): 61-63. RAN Weike. BIM-based Design of Railway Overhead Contact system [J]. Railway Technical Innovation, 2017(4): 61-63.

[7] 关金发,田志军,乔锦新. 高速铁路接触网全寿命周期 BIM 技术现状与展望[J]. 电气化铁道, 2018, 29(S1): 1-5. GUAN Jinfa, TIAN Zhijun, QIAO Jinxin. Current Status and Expectation of BIM Technology for Full Service Life Cycle of Overhead Contact Line for High Speed Railways[J]. Electric Railway, 2018, 29(S1): 1-5.