

文章编号: 1674—8247(2019)01—0011—03  
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2019.01.003

## BIM 在高速铁路信号系统联调联试的应用探讨

徐效宁 汪 洋 王 菲 万 林

(中国铁道科学研究院集团有限公司, 北京 100081)

**摘 要:**高速铁路信号系统由于其高安全完整性等级(SIL)要求,联调联试通常由独立第三方进行,这在保证测试结果客观性的同时,也易造成测试与线路设计施工的脱节,不利于测试中发现问题。文章首先介绍了 BIM 技术特点和高速铁路信号系统联调联试的目的和内容;然后,从联调联试的角度,对高速铁路信号系统进行分层,提出建立高速铁路信号系统的 BIM 模型;最后,将 BIM 模型应用于信号系统联调联试,分别提出直观验证和软件实现 2 种方案。通过将 BIM 技术和思想应用于高速铁路信号联调联试,能够提高自动化程度,为我国铁路其它专业联调联试和动态检测提供一定的参考。

**关键词:**BIM; 高速铁路; 信号系统; 联调联试

**中图分类号:**U284 **文献标志码:**A

## Application of BIM in Integrated Commissioning and Testing of High-speed Railway Signal System

XU Xiaoning WANG Yang WANG Fei WAN Lin

(China Academy of Railway Sciences Corporation Limited, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Due to the high security integrity level (SIL) requirements of high-speed railway signal system, integrated commissioning and testing is usually carried out by independent third party, which is helpful to guarantee the objectivity of test results, but easily leads to the disconnection between testing, and design and construction of the line and is not conducive to discovery of the problems in testing. This paper has introduced the characteristics of BIM technology and the purpose and content of integrated commissioning and testing of high-speed railway signal system. Then, from the angle of integrated commissioning and testing, this paper has stratified the high-speed railway signal system and put forward the BIM model of the high-speed railway signal system. Finally, the BIM model has been applied to integrated commissioning and testing, and two schemes of visual verification and software implementation are proposed respectively.

**Key words:** Building Information Modeling (BIM); high-speed railway; signal system; integrated commissioning and testing

信号系统作为高速铁路的重要组成部分,对保证行车安全起着至关重要的作用。我国高速铁路在开通运营前,均需采用试验列车在实际运行状态下对线路

的信号系统进行动态检测,这称为高速铁路信号系统联调联试<sup>[1]</sup>。由于信号系统高安全完整性等级(SIL)的要求,该项工作通常由独立第三方进行,这有利于保

收稿日期:2018-03-12

作者简介:徐效宁(1982-),男,副研究员。

引文格式:徐效宁,汪洋,王菲,等. BIM 在高速铁路信号系统联调联试的应用探讨[J]. 高速铁路技术,2019,10(1):11-13.

XU Xiaoning, WANG Yang, WANG Fei, et al. Application of BIM in Integrated Commissioning and Testing of High-speed Railway Signal System [J]. High Speed Railway Technology, 2019, 10(1): 11-13.

证测试结果的客观性,但也易造成测试与线路设计施工之间的脱节,给测试发现问题带来一定的困难。

近年来,建筑信息模型(BIM)技术因其能为工程项目方案优化和科学决策提供依据,提高工程质量、控制建设成本、保障运营安全等诸多优势在工程建设领域得到广泛认可和应用<sup>[2-3]</sup>。BIM技术能将工程项目的各元素和相关信息建立为一个统一信息模型,从而实现信息共享,这个特点为解决信号系统联调联试与线路设计施工脱节问题提供了一种思路。但BIM技术主要面对工程建设领域,如何为高速铁路信号这样一个复杂控制系统进行BIM建模是一个技术难点。本文从联调联试的角度,利用BIM技术对高速铁路信号系统进行建模,并研究如何将模型应用于信号系统联调联试的工作中。

## 1 高速铁路信号系统 BIM 建模

### 1.1 BIM 技术简介

建筑信息模型是指在建设工程及设施全生命期内,对其物理和各种特性进行综合的数字化表达。BIM将建筑工程项目中各个单一的物体或构件作为基本元素,并将描述这种基本元素的物理特性、几何数据、施工要求等相关的信息有机地组织起来,建立一个数据化、信息化的三维建筑模型,作为整个项目的信息模型。这个信息模型可以为项目的不同阶段、不同项目参与方之间搭建信息交流与共享的平台,减少因信息交流不畅造成的损失。近年来,BIM技术已应用于高速铁路信号系统设计及数据管理中<sup>[4-6]</sup>。

高速铁路信号系统作为一个复杂的控制系统,很难用BIM技术对系统内部的工作原理进行建模。实际上,信号系统内部工作原理的建模对于联调联试的意义也并不是很大。信号系统联调联试的目的是验证系统功能和设备状态,而不是它的实现细节。例如,对于某一限速区段,联调联试需验证信号系统能否保证列车在该区段不会超速,而不是关注系统中车载设备在收到地面设备的数据后,内部逻辑如何去实现。基于这个思路,本章首先分析高速铁路信号系统联调联试的关注点,然后将信号系统中测试相关信息进行数字化表达,建立用于联调联试的信号系统BIM模型。

### 1.2 高速铁路信号系统联调联试分析

高速铁路信号系统联调联试的检测项目包括列控系统功能,联锁系统、调度集中(CTC)系统的相关功能,列车自动运行系统(ATO)的相关功能,信号轨旁设施状态等<sup>[7-8]</sup>。本文以列控系统功能检测为例,研究BIM技术在高速铁路信号系统联调联试中的应用。

目前,对于新建线路,列控系统功能检测主要是利用不同型号的车载设备作为标尺,通过设置不同的测试条件(进路、临时限速等),然后根据车载设备的输出结果来验证系统功能的正确性,因此列控系统的联调联试可以看作是一种黑盒测试。根据这个特性,联调联试只需对列控系统的输入和输出进行BIM建模。

从联调联试的角度,列控系统涉及到的数据可以分为4层,分别为线路真实列控数据、线路设计列控数据、列控地面设备输出数据和车载设备执行结果,如图1所示。根据联调联试的流程,测试方不可能实测得到真实的线路布置和信号设备数据,所以测试方是线路设计数据作为依据,其它数据(线路真实列控数据、列控地面设备输出数据和列控车载设备执行结果)均需在试验过程中获取。

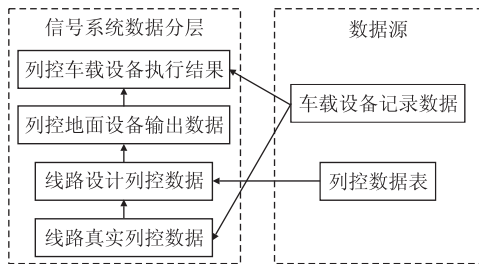


图1 从联调联试角度列控系统数据分层

线路设计列控数据来自集成商提供的列控工程数据,内容包括:车站信息表、正线信号数据表、应答器位置表、列车进路数据表、线路坡度表、线路速度表、桥梁隧道信息表、过分相信息表、异物侵限信息表、道岔信息表、站台侧信息表等。

根据联调联试的经验,并不是所有的问题都能通过车载设备的执行结果反映出来,因此必须对每一层数据都要进行验证。图2例示了一种不能由车载设备反应的地面数据错误类型。线路C点的实际限速为80 km/h, A点应答器错误的描述了C点限速为120 km/h, B点应答器则正确描述了该限速。在正常的走行过程中,由于列车收到B点应答器后会替换A点应答器的数据,所以在C点会执行正确的80 km/h限速。但是,一旦运营过程中B点应答器丢失, C点将错误的执行120 km/h限速,这就存在着一个安全隐患。由于现场测试条件的限制,不可能对每一个应答器都做丢失测试(故障试验),所以仅靠车载设备的执行结果不能验证所有地面数据的正确性。而且,这个示例只是描述了一种明显的线路限速错误,而同样影响行车安全的坡度、信号机类型等信息描述错误则更

不易发现。

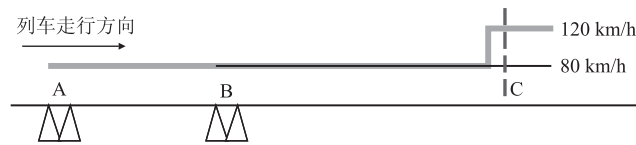


图 2 一种不能由车载设备执行结果反映的地面数据错误类型

1.3 高速铁路信号系统的基础 BIM 模型

BIM 在列控系统联调联试中的应用,主要是利用 BIM 技术中的“碰撞检测”。碰撞检测是利用 BIM 模型可视化的特点,在设计阶段可以及时发现设计漏洞反馈给设计人员,提早解决实际问题。联调联试阶段列控系统的实际设备布置不存在碰撞的问题,但可以将列控系统不同层次数据的一致性比较,看作是一种“碰撞检测”。

按照这个思想,测试方可建立列控系统的 BIM 基础模型。在测试开始前,测试方以线路设计数据(列控工程数据)作为依据,可以建立 1 个三维与现场完全相同的线路图,各种列控数据都以立体的方式展示。在这里,为了简化处理,可以将这个模型进行抽象,即将线路作为 1 个二维平面图,将列控系统相关的数据放在第三维平面上,这样就构成 1 个与现实不同的“三维图形”。具体步骤如下:

(1)根据工程数据,生成 1 个二维的车站和区间线路平面图。

(2)在平面布置图的基础上,将列控工程数据中的线路速度、轨道区段、应答器、信号点等信息作为第三维度信息,按照不同的高度分别描述在对应线路的正上方,构成三维的列控系统 BIM 基础模型。

2 BIM 模型在联调联试中的应用

2.1 基于 BIM 模型的直观验证

BIM 基础模型可用于列控系统的直观验证。测试方将试验得到的车载设备记录数据,导入到 BIM 基础模型,将记录数据中的相关信息添加到线路的正上方,就可以直观的与列控工程数据进行比较。

车载设备记录数据可以析出线路真实信号数据、列控地面设备输出数据和车载设备执行结果,数据中包含的具体内容如下:

(1)线路真实列控数据:应答器的实际位置、轨道区段的长度和载频。

(2)列控地面设备输出数据:应答器报文描述的

线路限速、线路坡度、应答器链接距离、轨道区段长度和载频、分相信息、桥梁隧道位置等;无线闭塞中心(RBC)描述的线路限速、线路坡度、应答器链接距离、轨道区段长度和载频、分相信息、桥梁隧道位置等。

(3)列控车载设备执行结果:车载设备计算的限速、输出过分相命令的位置、DMI 显示的线路坡度、桥梁隧道位置等信息。

测试方将这些数据根据不同的类型,分层导入到 BIM 基础模型中,可以从图上直接进行数据比较。这种方式将车载记录数据根据不同的数据类型分成不同的高度,然后按列车走行路径展开,这样与工程数据一一对应,非常直观,便于发现问题。

2.2 基于 BIM 模型的软件实现

当高速铁路线路里程较长时,由于人工操作的不可靠性,通过 BIM 模型直接验证数据可能存在一定的漏查情况。另一个不能忽略的现实问题是,目前高铁四电系统集成阶段大都没有建立列控系统的 BIM 基础模型,这种情况下,测试方需要专门开发 BIM 基础模型,工作量比较大。

为此,本文基于 BIM 的思想,对 2.1 节描述的过程进行抽象,提出一种软件设计思路。软件流程如图 3 所示,基本思路为:

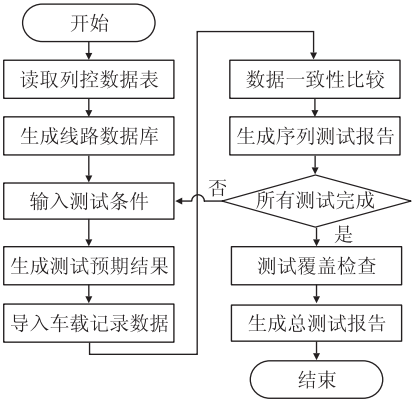


图 3 基于 BIM 模型的软件流程图

(1)导入线路的列控工程数据,构建列控系统的线路数据库。

(2)根据进路排列情况、临时限速设置等测试条件,生成列车所走行进路的线路数据表。

(3)导入车载设备的测试记录数据,与线路数据表进行一致性比较。

(4)待所有测试序列比较完成后,进行完整性检查,验证测试序列是否覆盖所有的进路、测试特征,并生成总测试报告。

(下转第 27 页)

- [2] 宋章,张广泽,蒋良文,等.川藏铁路工程地质特征及地质选线原则[J].铁道建筑,2017,57(2):142-145.  
SONG Zhang, ZHANG Guangze, JIANG Liangwen, et al. Engineering Geological Features and Geological Route Selection Principle of Sichuan - Tibet Railway [J]. Railway Construction, 2017(2):142-145.
- [3] 中铁二院工程集团有限责任公司.新建铁路成都至兰州线初步设计总说明书[R].成都:中铁二院工程集团有限责任公司,2010.  
China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. Preliminary Design Instructions for Chengdu to Lanzhou Railway [R]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 2010.
- [4] 李恩会.吉延高速公路资源环境保护的理念与实践[J].交通建设与管理,2009,46(9):29-35.  
Li Enhui. Concept and Practice of Resources and Environment Protection of JiYan Expressway [J]. Transportation Construction and Management, 2009, 46(9):29-35.
- [5] 乌多·维拉赫.景观文法:彼得·拉兹事务所的景观建筑[M].北京:中国建筑工业出版社,2011.  
Udo Weilacher. Syntax of Landscape: The Landscape Architecture of Peter Latz and Partners [M]. Beijing: China Building Industry Press, 2011.
- [6] 铁总建设[2013]94号,铁路工程绿色通道建设指南[S].  
Tie Zong Jian She [2013] No. 94, Construction Guide for Railway Green Corridor Projects [S].
- [7] 冯潇.让自然做功-现代风景园林中自然过程的引入与引导[M].北京:中国建筑工业出版社,2014.  
FENG Xiao. Let Nature Work: the Introduction and Guidance of Natural Process in Modern Landscape Architecture [M]. Beijing: China Building Industry Press, 2014.
- [8] 李利,白颖.节制思维视野下的风景园林场地价值认知[J].风景园林,2016,12(10):38-48.  
LI Li, BAI Ying. The Cognition of Site Values in Landscape Architecture from the Perspective of Modest Thinking [J]. landscape Architecture, 2016, 12(10):38-48.
- [9] 彭赛媛,胡希军.让自然做功的景观生态规划设计——以无锡太湖生态博览园概念规划为例[J].绿色科技,2017,55(1):56-60.  
PENG Saiyuan, HU Xijun. Landscape Ecological Planning Design of Natural Work——Taking Conceptual Plan of Wuxi Taihu Ecology Exposition Garden as an Example [J]. Green Technology, 2017, 55(1):56-60.
- [10] 王骞.中西传统自然观对现代景观园林设计的意义[D].天津:天津大学,2013.  
WANG Qian. The Significance of Chinese and Western Traditional Views of Nature on the Modern Landscape Design [D]. Tianjin: Tianjin University, 2013.

(编辑:赵立红 苏玲梅)

(上接第13页)

### 3 总结

目前,我国信号系统和列控设备日渐成熟稳定,信号系统联调联试主要工作就是数据的验证,而不再是信号设备本身的测试。BIM技术的引入,可以更好的为数据验证工作提供技术支持。

随着越来越多的铁路工程项目开始引入BIM,若四电系统集成阶段建立了信号系统的BIM模型,那么测试方只需在BIM模型的基础上导入测试数据直接进行直观的数据验证即可,这也是BIM模型实现信息共享的初衷。

### 参考文献:

- [1] TB 10761-2013 高速铁路工程动态验收技术规范[S].  
TB 10761-2013 Technical Regulations for Dynamic Acceptance for High-speed Railways Construction [S].
- [2] GB/T 51212-2016 建筑信息模型应用统一标准[S].  
GB/T 51212-2016 Unified Standard for Building Information Modeling [S].
- [3] 何关培.BIM总论[M].北京:中国建筑工业出版社,2011.  
HE Guanpei. Overview of BIM [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2011.
- [4] 朱江.BIM在铁路设计中的应用初探[J].铁道工程学报,2010,27(10):104-108.  
ZHU Jiang. Discussion on Application of BIM in Railway Design [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2010, 27(10):104-108.
- [5] 王朝存,于凤.BIM技术在铁路四电领域的综合运用探讨[J].铁路技术创新,2014,13(2):22-25.  
WANG Chaocun, YU Feng. Discussion on the Comprehensive Application of BIM Technology in Power Supply, Traction Power Supply, Communication and Signaling Systems [J]. Railway Technical Innovation, 2014, 13(2):22-25.
- [6] 赵文武,曾绍武,赵钦,等.BIM技术在铁路信号设备数据管理中的应用研究[J].铁道标准设计,2017,61(1):127-133.  
ZHAO Wenwu, ZENG Shaowu, ZHAO Qin, et al. Application Research on BIM Technology in Railway Signal Equipment Data Management [J]. Railway Standard Design, 2017, 61(1):127-133.
- [7] 王澜.高速铁路联调联试方法论[J].中国铁道科学,2011,32(2):104-109.  
WANG Lan. The Methodology of High Speed Railway Testing and Commissioning [J]. China Railway Science, 2011, 32(2):104-109.
- [8] 禹志阳.高速铁路信号系统联调联试技术的研究与实践[J].铁路通信信号工程技术,2011,8(3):19-24.  
YU Zhiyang. Research and Practice of Integrated Commissioning and Testing Technology of Signal Systems for High-speed Railways [J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2011, 8(3):19-24.

(编辑:车晓娟 张红英)