

基于 BIM 技术的轨道交通数字化 竣工交付研究应用

——以太原地铁大南门站为例

陈曦¹ 徐小东² 刘航天³ 薛剑展⁴

(1. 太原市轨道交通发展有限公司, 太原 030002; 2. 同济大学, 上海 200092;
3. 太原市城市职业技术学院, 太原 030027; 4. 上海城建信息科技有限公司, 上海 200131)

【摘要】 BIM 技术作为建筑业数字化的重要手段, 可以解决传统蓝图竣工交付模式存在的不适用性, 提高建筑企业的信息化管理水平, 适应建筑业信息化的要求。本文在已有数字化竣工交付的基础上, 从交付内容与范围、交付要求及交付关键技术三个方面论述了轨道交通数字化竣工交付的实施方案。通过实际工程实施分析验证基于 BIM 技术的轨道交通数字化竣工交付的可行性, 丰富了数字化竣工交付研究视角, 对工程项目实现数字化竣工交付具有一定的借鉴和参考意义。

【关键词】 轨道交通; 运营导向; 数字化竣工交付; BIM 技术运用

【中图分类号】 TU17 **【文献标识码】** A

【版权声明】 文集数据被中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录, 被本刊录用并在中国知网网络首发正式出版, 严禁侵权转载。

引言

我国传统的设计、施工、竣工、归档以及送审资料的蓝图提交方式, 存在着审批环节多、差错多、施工图版本多、人力和资金成本浪费、建设周期长、效率低下及政府监管不到位等诸多问题, 且随着互联网和信息技术的发展, 传统的以蓝图为主的提交方式已不能适应建筑业信息化的要求。

基于蓝图提交方式存在的种种不适应性, 2014 年住房城乡建设部发布的《关于推进建筑业发展和改革的若干意见》^[1] 中提出要探索开展白图替代蓝图、数字化审图等工作。随后地方政府纷纷出台相关规章制度, 推进建设工程设计、施工及竣工图纸数字化和白图交付的具体实施规定^[2]。其中 2016 年住建部发布的《2016-2020 年建筑业信息化发展纲要》^[3] 中, 重点提出要建立完善数字化成果交付体系; 开展白图代蓝图和数字化审图试点、示范工

作; 完善工程竣工备案管理信息系统, 探索基于 BIM 的工程竣工备案模式。

针对城市轨道交通工程项目, 住建部在 2018 年发布了《城市轨道交通工程 BIM 应用指南》^[4], 其中明确了施工阶段 BIM 应用, 针对竣工验收模型交付提出了具体要求。指南要求城市轨道交通工程竣工验收合格后, 将各阶段验收形成的专项验收情况、设备系统联合调试数据、试运行数据等验收信息和资料附加或关联到模型中, 形成竣工验收模型, 分别向政府管理部门和运营单位移交。竣工验收模型及附加或关联的验收信息、资料和格式等应满足政府管理部门资料归档要求, 支持线路运营维护。

尽管加快推进数字化竣工交付势在必行, 但现阶段针对以运营为导向数字化竣工交付研究尚存在不足, 有待深入研究。本文在深入调研太原城市轨道交通 2 号线一期以运营为导向生命周期 BIM 技术应用项目的基础上, 以大南门站点为例, 对以

【基金项目】 太原市 2018 年第三批科学技术项目资金支持可持续发展议程创新示范区建设重大项目“以运营为导向的轨道交通全生命周期 BIM 技术应用与研发项目”

【作者简介】 陈曦(1983-), 男, 工程师, 主要研究方向: 城市轨道交通全生命周期 BIM 技术应用。

运营为导向的轨道交通数字化竣工交付的内容展开深入研究。

1 数字化竣工交付国内研究现状

目前国内不同领域针对项目建设各个阶段的数字化交付进行了不同深度的研究与探索,主要集中在数字化交付标准、数字化交付平台的研究。其中寿海涛(2017)阐述数字化工厂的构建在于实现数字化交付,而实现数字化交付的关键点是建立完善的综合数字化集成平台和相应的数字化交付标准,对研究的数字化竣工交付提供了思路^[5]。刘芳青(2014)基于自主开放的 BIM 平台,对建筑机电安装工程模块化生产、集成交付及运维技术展开研究,并在多数实际项目中展开成功应用,对数字化竣工交付平台的搭建有好的指导意义^[6]。李明照等(2016)对运营数据构建以及信息模型数字化集成交付进行研究,具体从运营阶段 BIM 模型的关键要素、BIM 数据重组及运营数据构建流程进行论述,为以运营为导向的数字化交付提供了参考思路^[7]。

研究表明,工程数字化交付涉及项目全过程,以工程信息为核心,数字三维模型为依托,工程资料为扩展,涵盖规划、设计、施工、交付各个阶段。因此实现以运营为导向的数字化竣工交付,关键点是编制数字化竣工标准、构建建筑信息竣工模型、搭建数字化竣工交付平台、打通数字化竣工交付流程。

但针对轨道交通工程项目的数字化竣工交付研究文献较少。赖华辉等(2015)基于上海申通地铁项目,结合运营管理的模型交付需求提出轨道交通建筑信息运维模型的交付标准,对编制数字化竣工标准和构建建筑信息竣工模型完善具有极大的参考意义^[8]。苑露莎等(2018)对 BIM 技术在城市轨道交通竣工交付中的应用展开研究,虽未提出完整的数字化竣工交付概念,但提出数字归档,针对 BIM 竣工模型交付提出具体实施方案,对研究数字化竣工交付有一定指导意义^[9]。

基于以上研究综述发现:针对数字化竣工交付的市场需求和政策导向极为迫切,但专门针对数字化竣工交付的研究较少,以实际工程进行的案例研究则更少。

2 数字化竣工交付内容及需求

数字化竣工交付应通过信息化技术实施,以便

于更高效地实现工程项目信息的管理和共享。数字化竣工交付应贯彻“工程项目全生命周期信息管理和共享”的基本理念。

大南门站位于解放路与迎泽大街十字路口东南象限,为 2 号线与 1 号线的换乘站。车站主体为明挖三层车站,采用岛式双柱三跨箱型框架结构,车站为 15m 岛式站台。车站总长 314.74m,标段宽 24.3m,标段高 20.24m,线间距为 18.2m。



图 1 大南门站数字化交付模型

Fig. 1 Digital delivery model of Da Nanmen station

对此本研究提出了以下数字化竣工交付管理及平台建设的内容及需求:

2.1 模型的交付及数字资产的管理

为了达到以运维为导向的数字化竣工交付目的,实现数字化竣工交付,根据深度不同,对 BIM 模型需要满足的条件也不一样。为满足建设期及运营期的模型细度需求,提供一个完善的数字化模型,模型的质量深度则完全取决于该模型族库、区域划分和模型细度,而该模型涵盖的相关专业越多,数字化集成度就越高,集成度越高相对应的统一性就显得极其重要,因此对太原轨道交通信息模型交付要求有了统一的标准。

为了满足运维的后期需求,实现数字化资产的管理,在交付过程需要保证对各设施设备的数字信息进行收集与管理,形成后期可维护的数字资产。具体项目数字资产组成包括:几何模型、现场实景影像资料(可通过 APP 移动端采集,并关联相关视点)、数据收集导入、档案资料收集导入等,如图 2 所示。

2.2 影像资料的交付内容及需求

2.2.1 影像资料内容收集

项目实施过程中,参建方履行定期拍摄现场的职责。参建方在资料收集方面应负责对材料、设备的资料收集和对各类检测进行现场拍摄记录等;在

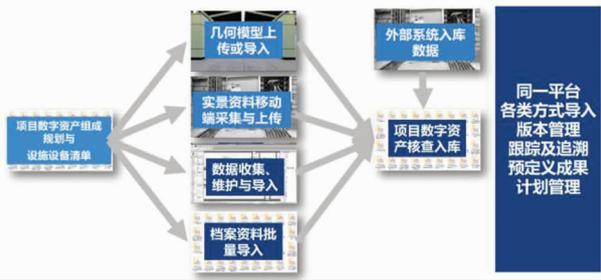


图2 数字资产管理流程

Fig. 2 The process of digital asset management

现场实施方面负责对工程质量、隐蔽工程及工序、分部分项工程验收过程、现场安全文明以及反索赔事件、涉及造价变更(含签证)的现场实施过程进行周期性的拍摄记录。

2.2.2 影像资料类别管理

施工照片的拍摄内容涵盖较广:包括施工进度、安全及文明施工、技术细节、材料类型、安装方法、隐蔽工程、施工前现场条件样板施工等等。为便于分类管理,须规定相应的拍摄标准,配合开展数字化竣工交付平台的应用,阶段性地将现场影像资料上传到平台供后期调用。

2.3 文档资料的需求

数字化竣工交付的设施设备文档资料、现场变更资料、竣工图纸资料等,需按照统一的标准,包括命名、格式等上传至平台,并与模型进行数字化的关联。

2.4 平台的功能

由于轨道交通项目建设周期长,参建单位众多,包括设计单位、施工单位、监理单位以及各设备厂商等。如此多的参建方与技术管理人员对于项目实施过程中高效沟通、准确提资、协同建模提出了很高要求。因此如何通过信息化手段提高对各参建方的协同管理水平,打破传统建设管理模式下的信息壁垒,是本项目数字化竣工交付成功的关键。为此在本项目上使用数字化交付管理平台用于 BIM 技术实施过程中各参建单位协同实施。

太原城市轨道交通 2 号线一期项目所使用的资料录入协同平台是数字化交付管理平台(Digital Delivery Management Platform,简称 DDMP),用户为轨道公司、同济大学、BIM 总体管理单位及所有项目参建方和设备制造商,通过平台在全生命周期逐步实现收集模型、属性、现场实景照片及文档档案资料。

数字化竣工交付管理平台的主要功能包括:模型上传、属性信息录入、文档资料录入、移动端采集、信息查询、验收审核与交付管理等。

2.4.1 模型管理功能

平台支持核心建模软件的三维模型格式,具备依据交付基础的类库、编码规则、轨道交通分解结构等进行配置的功能,具备模型拆分显示、整合显示和多视图展示的功能及属性管理功能。

2.4.2 文档管理功能

支持常用数据表单格式和文档格式,提供必要的属性维护和表格导入功能。向项目用户提供文档目录组织、授权,文档挂接上传,文档关联模型等功能,实现文档资料(含现场实景照片、文档、档案等)的管理与共享。

2.4.3 关联与管理模型和文档之间关系功能

平台可将各专业自动合模、视图一键加载模型、视点自由切换、自定义路径漫游、剖面、测距以及对三维可视化轨道交通信息的浏览、综合查询和检索。具备设计、施工、运维等各阶段的审查、验收功能,包括模型属性、文档的审查及问题反馈。并可使用移动端采集现场实景照片,直接与三维模型进行链接。平台在将属性、现场实景及文档资料等全部与模型关联后,即具备了交付的基础,通过平台可实现 API 方式直接导入运维平台后台,实现数字化的一键交付模式;也可以通过导出并部署到本地服务器的数字化资产可视化查询系统,实现数字化资产的软件交付,如图 3 所示。



图3 数字化交付模式

Fig. 3 Digital delivery mode

3 BIM 技术的轨道交通数字化竣工交付过程

现有案例数字化竣工交付与传统工程施工竣工资料交付的根本区别除了常规工程图纸、档案等数字化交付,其核心主要是建立与工程实体完全一

致的数字化模型,并根据运营期需求同步完善模型相关钢构件、设备、管线等相关信息。

同时,现有案例在利用 BIM 模型技术上也有显著区别。从图 4 中我们可以看出,以运营为导向数字化竣工交付根据信息需求要求其实施过程中通过技术及手段准确传达设计、施工、设备制造、安装过程的信息,减少信息损失,增加运营所需数据信息。

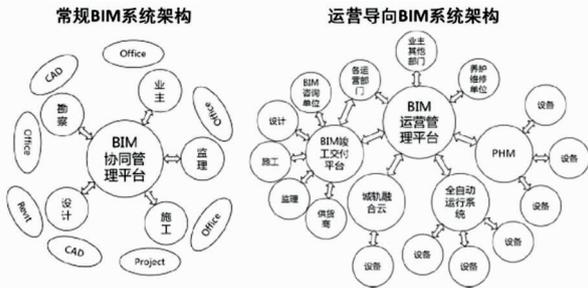


图 4 常规轨道交通项目与运营为导向数字化竣工交付项目中的 BIM 系统架构的对比

Fig. 4 Comparison of BIM system architecture in conventional rail transit projects and operations-oriented digital completion projects

为此调研单位同期发布了《太原市轨道交通数字竣工标准》,明确了切实可行的信息交付需求,同时通过制定《太原市轨道交通建筑信息模型(BIM)建模标准》和《太原市轨道交通设施设备分类与编码标准》明确交付标准,规范整个实施过程。并通过样板站实施运行,在模型创建过程中不断修改和完善标准,确保该标准的实用性。

3.1 数字化竣工交付实施准备阶段

数字模型建立前准备阶段需与设计单位明确设计文件交付,对设计单位提供的图纸文件进行归档,审核;同时还需汇同施工单位完善图纸会审、过程变更、施工组织方案等文件的审核归档。

针对设备设施,需在招标前明确设备设施模型的实施,确保生产厂商按照建设单位发布的执行标准提供设备设施模型,并按格式随设备移交时提交设备相关文件的电子档案。同期开展参建人员培训及标准宣贯,以便实施单位明确实施流程、责任、标准。

3.2 数字化竣工交付过程实施

3.2.1 基于 BIM 技术数字化交付管理平台搭建

数字化模型搭建按施工分阶段进行实施,为保

证虚拟模型与现场实体工程一致,同时确保模型完成进度,项目实施前需完成数字化交付管理平台搭建,通过 ID 权限发放,进行过程管理,管理构架见图 5。

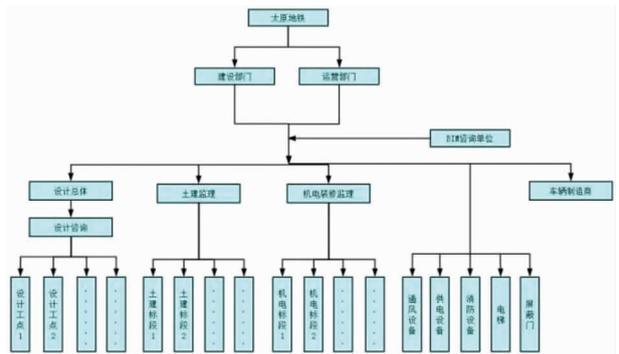


图 5 数字化竣工交付土建数字模型建设管理架构
Fig. 5 Digital completion and delivery of civil construction digital model construction management structure

通过数字化交付管理平台实现:模型管理、属性管理、文档管理、移动端采集、数字化信息查询、验收与交付等相关功能。

3.2.2 基于 BIM 技术的竣工交付管理流程

数字化竣工交付的核心在于数字模型及挂接信息与工程的完整性与一致性,基于竣工交付平台的建模管理流程及管理架构,通过 IROOM 进行集成式管理,具体建模流程见图 6。

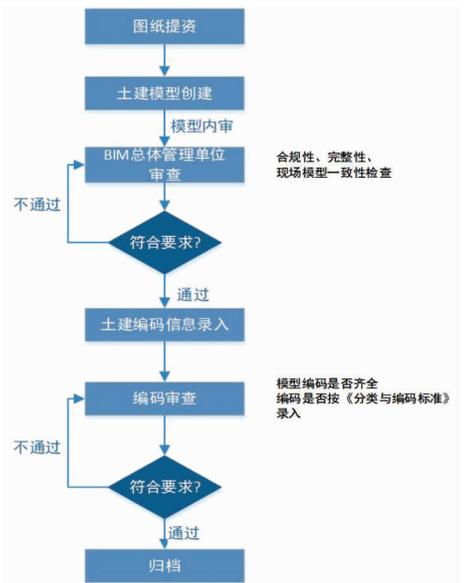


图 6 数字化竣工交付土建数字模型建设流程
Fig. 6 Digital completion and delivery of civil construction digital model construction process

如图 6 所示,模型搭建按专业分阶段进行,大南门站作为样板站,土建阶段模型先期按照施工图纸进行搭建,现场同步进行复核,运用定点测量、点云扫描等技术手段,针对结构梁、板、柱及砌体墙预埋、预留孔洞等为控制要点进行现场复测,并对模型进行同步调整,以达到数字模型与工程实体完全一致的效果。

机电安装、装饰装修阶段,首先将土建模型交与设计单位进行机电设备方案布置、整理,并由设计咨询单位、建设单位、BIM 咨询单位进行方案审核,数据模型再转至机电安装、装饰装修实施单位,上述单位根据现场周期进度进行模型搭建,并将安装过程图片、过程文件等运营所需数据、文档同期进行存档、挂接;同时,机电设备模型由生产厂家按设备型号提供。建设单位相关管理部门及施工监理、BIM 咨询单位同期进行数据模型质量进度监管,确保数字模型与工程实体各项物理指标完全一致,同时模型挂接的数据库资料及时准确,满足运营期信息需求。具体流程详见图 7。

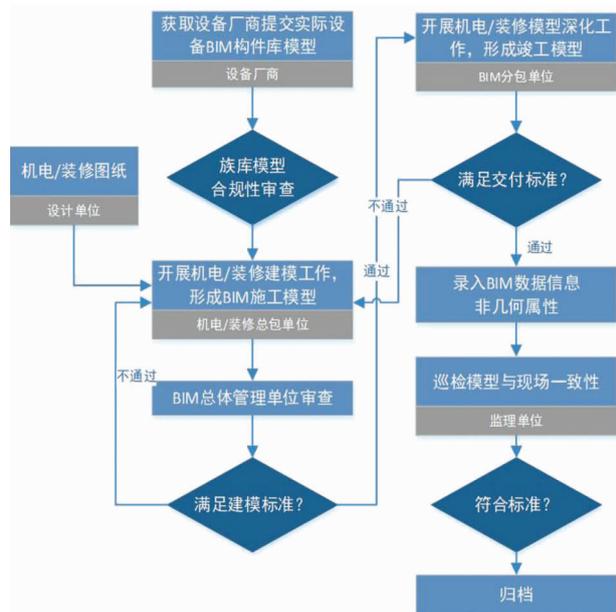


图 7 数字化竣工交付机电设备及安装数字模型建设流程

Fig. 7 Digital completion and delivery of electromechanical equipment and installation digital model construction process

3.2.3 样板站意义

太原地铁 2 号线一期工程大南门站数字化竣工交付按照上述实施计划单独编制了样板站的数字

模型实施方案,按照运营部门需求与施工现场同步进行模型建设,相关模型及信息涵盖了车站主体及附属土建、设备设施、机电安装、装饰装修、车站顶盖范围内市政管线、周边建筑物、市政道路等信息,并同期与运营部门就数字模型运营期运用、管理平台数据传输格式、维保管理流程信息需求等问题进行探讨,为后续数字化竣工交付及模型运用打好基础。通过样板站的数字化交付,为其它模型建模起到示范的作用,指导其它车站按照样板站的交付标准完成所有模型的数字化交付工作。

最终完成的数字化工程信息模型,与实体工程完全一致,涵盖建筑结构、设备设施、综合管线、装饰装修的相关物理信息、位置信息、设计图纸、过程文件、设备使用手册、说明文件等运营期所需的各类数字化信息。

数字化信息模型最终将交付至基于 BIM 运营管理平台,利用模型数据完成维保、维修表单流程管理、巡检管理、人员培训等工作,同时该部分数据也可用于节能管理、LEED 运行管理、PHM 预测管理、碳排放数据管理等工作。

4 结论与展望

数字化竣工交付将成为未来工程建设的主要管理手段之一^[10],通过集成化管理手段对建设项目全过程信息进行数字化管理,最终满足运营的数据需求。

在本案例中,太原地铁 2 号线大南门站作为太原地铁 2 号线一期工程以运营为导向全生命周期 BIM 技术应用项目模型样板站,承载着验证相关 BIM 标准的合理性、可操作性等需求,同时在竣工交付实施过程中,进一步规范了模型构件、编码、数据格式等基础性要求,对于线网模型建设起到了示范作用,同时通过点云扫描、定点测量、模型建设与施工建设同期进行、数字化平台协同工作等技术和手段,实现了数字模型与工程实体完全一致、附属信息挂载及时准确、设备设施模型满足运维要求,同时可指导设计管理、工程施工等活动,真正实现了以运营为导向的轨道交通数字化竣工交付。

目前,数字化竣工交付实施过程中还存在很多问题,如:在政策层面缺乏支撑、过程数据需运营期验证等。现通过太原地铁 2 号线以运营为导向全生命周期 BIM 技术应用项目工作推进企业标准、地方

标准发布,同时可以明确、验证数字化竣工管理架构和组织模式,进而通过太原地铁项目的示范性效果敦促相关地方管理政策尽快出台,便于推进行业内数字化竣工交付标准化实施^[11],并总结项目实施过程模式,推广至全国轨道交通、建筑行业。

参考文献

[1] 住房和城乡建设部《关于推进建筑业发展和改革的若干意见》[C]. 防水工程与材料会讯, 1(总 144).

[2] 上海明年全面实施设计文件“白代蓝”数字化交付管理[J]. 建筑设计管理, 2015(12):39-39.

[3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 2016—2020 年建筑业信息化发展纲要[J]. 建筑安全, 2017(1):4-7.

[4] 本刊讯. 住房和城乡建设部印发《城市轨道交通工程 BIM 应用指南》[J]. 招标采购管理, 2018,(6):7.

[5] 寿海涛. 数字化工厂与数字化交付[J]. 石油化工设计, 2017(1):44-47.

[6] 李明照, 杜艳超. 基于 BIM 的运维数据构建研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2016(8):68-70.

[7] 刘芳青. 建筑全生命周期的小船不翻的秘密——基于自主 BIM 平台的建筑机电安装工程模块化生产、集成交付及运维技术[J]. 中国建设信息化, 2016(12):25-27.

[8] 苑露莎, 马少卿, 王辉, 等. 城市轨道交通建筑信息模型(BIM)竣工交付研究[J]. 市政技术, 2018,36(6):94-96.

[9] 赖华辉, 邓雪原, 陈鸿, 等. 基于 BIM 的城市轨道交通运维模型交付标准[J]. 都市轨道交通, 2015,28(3):78-83.

[10] 戴慧丽. 基于 BIM 的轨道交通数字化施工集成管理研究[J]. 城市道桥与防洪, 2017(4):168-171.

[11] 陈沉, 张业星, 陈健, 等. 基于建筑信息模型的全过程设计和数字化交付[J]. 水力发电, 2014,40(8):42-46.

Research and Application of Digital Completion and Delivery of Rail Transit Based on BIM Technology

—Taking Dananmen Station of Taiyuan Metro as an Example

Chen Xi¹, Xu Xiaodong², Liu Hangtian³, Xue Jianzhan⁴

(1. Taiyuan Rail Transit Development Co., Ltd., Taiyuan 030002, China;

2. Tongji University, Shanghai 200092, China;

3. Taiyuan City Vocational College, Taiyuan 030027, China;

4. Shanghai Urban Construction Information Technology Co., Ltd., Shanghai 200131, China)

Abstract: As an important means of digitalization in the construction industry, BIM technology can solve the inapplicability of the traditional blueprint completion and delivery mode, improve the information management level of construction enterprises, and adapt to the requirements of informatization in the construction industry. Based on the existing digital completion and delivery, this paper discusses the implementation plan of the digital delivery of rail transit in the handover stage from three aspects: delivery content and scope, delivery requirements and key delivery ways. Through the practical project implementation analysis to verify the feasibility of digital delivery of rail transit in the handover stage based on BIM technology. This research enriches the research perspective of digital completion and delivery and has certain reference significance for the realization of digital completion and delivery of construction projects.

Key Words: Rail Transit; Operation Oriented; Digital Completion Delivery; BIM Technology Application