

基于高架快速路施工的 BIM 技术及数字孪生应用探索

李晓波

(上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海 2000082)

【摘要】以某城市高架快速路施工阶段 BIM 技术应用为例,分析此类项目特征及痛难点,提出信息模型传统应用优化提升方法。通过打造标准化 BIM 协同管理平台,实现项目全过程技术与管理同步复合的增质提效,为升级为多项目企业级平台提供样板。以平台应用及数字孪生理论为基础,构建了进度、造价等虚拟空间,分析了虚拟现实映射关系及其如何反馈实际工作,推动了此类项目施工规范化,提升了管理效率,实现了数字孪生技术应用,可供类似工程借鉴。

【关键词】高架快速路; BIM 协同管理平台; 数字孪生; 施工

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A

【版权声明】本文被《土木工程信息技术》、中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录上网,未经授权严禁登载。

引言

随着计算机行业发展,工程行业 BIM (Building Information Modeling,简称 BIM) 技术近年来在站点与集约型工程类型应用中取得了广泛的认可。城市高架快速路工程型式粗放呈条带状,立交节点结构复杂,BIM 技术应用存在更广泛的优势和更深层的潜力。工程中辐射出各类信息引起反馈产生的协同工作,正符合数字孪生技术中虚拟现实人、物、环境等信息构成相互映射的关系。从 BIM 协同管理平台乃至数字孪生体系,能够映射项目状态并反

馈信息的直接手段,也是此类工程精细化、智能化管理的一种可取的模式。

1 工程背景概况

1.1 项目简介

徐州市城东大道快速化改造工程,道路改造工程全长约 12.3km,主线标准为城市快速路,设计车速 80 公路/小时,辅路标准为城市主干路,设计车速 40 ~ 60km/h。高架段约 10.14km,地面段约 2.04km,地道段约 0.12km; 枢纽型互通立交 5 处,全线平行式上、下匝道 8 对。项目某 2 处节点效果图如图 1 所示。

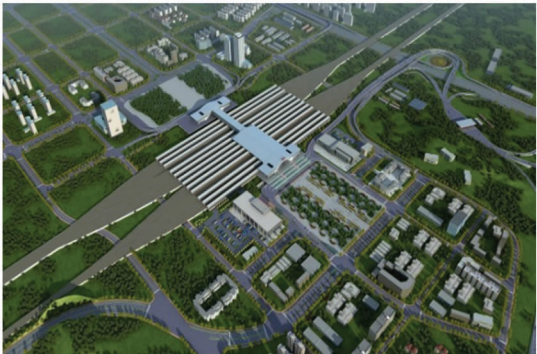


图 1 项目效果图(部分节点)

【作者简介】 李晓波(1994 -),男,BIM 工程师,主要研究方向:BIM 技术在路桥工程的研究与应用。

1.2 项目难点分析

城市高架快速路项目类型特点为工程范围广且呈条带状,施工对周围环境、建筑影响大,同时专业多,施工管控难,参建方复杂等。结合实际情况,该工程存在以下难点:

(1) 施工过程管控工作量巨大

高架桥梁施工过程中钢筋、高墩、盖梁、桩体等不同工程类型,决定项目施工难点多而杂,其攻克过程异常艰难^[1]。该项目全长 12.3km,涵盖施工难点多,若以通常手段自上而下进行施工过程管控,需投入极高人力成本并容易出现疏漏。

(2) 协同工作开展困难

工程内容复杂导致对项目的分割,引起协同工作不畅的情况发生。无论质量、安全、进度等都会涉及到多方的协同工作。此类大型项目在施工协调中投入时间成本比重最高,同时由于前期协同工作不完善导致的问题也占据项目问题总数的绝大部分^[2]。

(3) 与管廊同步施工处理

该项目在施工阶段被要求与管廊同步施工,管廊的基坑开挖与桩基的施工相互影响,若没有合理的施工计划以及精确评估,则极易引发施工过程中的质量、安全问题。

(4) 总包企业供应链关系复杂

本项目体量巨大,服务总包的供应商多而杂。而我国现阶段总包企业与供应商合作关系还停留在较为初级的水平上。受短期利益驱使,导致工程造价成本无法有效配置,“牛鞭效应”十分显著^[3]。

2 BIM 技术应用情况

此类工程 BIM 全生命周期应用案例较少,缺少标准化参考,故结合实际从施工阶段所面临的问题考虑,项目在 BIM 传统应用基础上,推行数字化 BIM 协同管理平台。创建符合平台应用标准的信息模型,模型嵌入平台后展示效果如图 2 所示。

2.1 三维信息模型

本项目采用 CATIA 软件进行三维建模,精度满足 LOD300,如图 3 所示。部分属性信息以表格形式赋予模型(导入平台后)。由于周边环境制约,经专业机构进行技术评估后确认沿线不具备倾斜摄影建模条件。因此项目采用 3DMax 软件进行沿线地物建筑三维建模。



图 2 某立交节点模型展示图

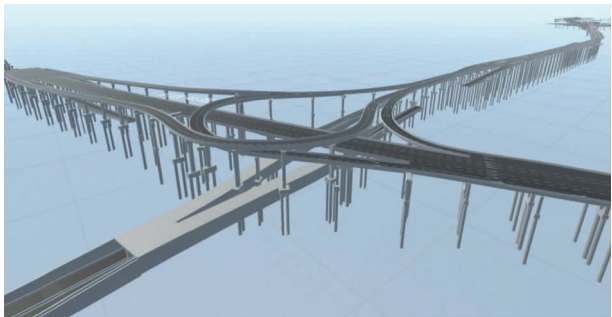


图 3 桥梁整体模型图

2.2 模型传统应用优化提升

(1) 碰撞检查

与传统管线碰撞检查不同,该类工程主体为高架桥梁,雨污水管居多。首先考虑主体结构 with 管线施工时发生碰撞的问题。主体结构由下而上,构件之间可能出现“架空”现象。导致专业人员对图纸花费大量的时间进行深入修改,对工期、施工质量产生负面影响。拥有可靠模型的前提下,能够高效地生成检查报告并反馈结果。

(2) 施工指导

复杂立交节点、结构专业类型较多等问题客观存在,通过三维可视化模型,施工管理人员在能够熟练观察模型中的复杂节点的几何特征后,可发现潜在问题并找到解决方案。同时,复杂节点施工模拟可指导工程,以及利用 BIM-4D 模型来制作直观的施工进度计划。高架项目规模大且结构复杂,相应工期安排紧张,施工模拟具有指导价值。

2.3 CBIM 协同管理平台应用

数字化管理平台以数据集成化的管理理论以及协同工作管理理论为主要理论依据,以实现 BIM 技术的工程实际应用为目标,将三维信息模型、数据库作为支撑,通过以数字协同管理平台为核心的

方法,将各参与方所参与的工作进行平台内的规整并应用统一的信息模型对数据进行收集、整理、存储、统计分析等^[4],对工作进行多目标综合管理并针对项目特殊部分开展需求调研了解实际的需求。其框架结构如图 4 所示。

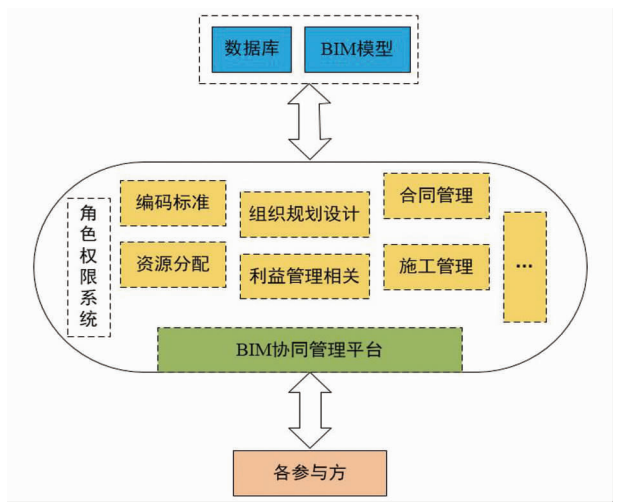


图 4 BIM 协同管理平台框架简图

2.3.1 平台实现原则

(1)拥有统一的编码体系与技术标准

传统工程中大量 BIM 协同管理平台应用由于项目要求、使用习惯等客观因素,往往忽视了严格采用统一的编码体系,严格按照统一、规范、系统化技术标准的重要性。高架项目具有结构类型多,影响范围广等问题,专业技术标准主要由质量、成本、进度、安全、环保管理等几大类组成。编码及技术标准作为具备约束、规范作用的重要依据,指引用户按照统一的技术标准进行作业,控制了用户不符合标准、规范的行为,并提供较为简洁便捷的参考及指南。此类项目 BIM 协同管理平台初始化阶段,拥有一套适用且统一的编码体系与技术标准是先决条件。

(2)具备先进的管理工具、技术

协同管理平台宗旨即是坚持先进技术、理念。针对高架快速路工程的平台则更需要先进、规范的监测、管理技术。平台通过强化动态过程的控制以及风险监控,采用 BIM 的计算机辅助设计、动态监测等技术,提供了现代化管理手段。

(3)科学的项目框架结构分解

项目框架的分解既要满足设计等单位对于项目的理解与要求,进行微观划分,也要按照具体的业主方对于整体的大局划分(宏观划分)。做到两

者不冲突、兼容处理工作的效果。将项目各专业、各个不同阶段进行信息互通、动态控制的综合性结构分解。

(4)全过程的 BIM 应用理念

现阶段全过程 BIM 应用非常少,但其优势在于全过程的应用能够自我关联修改。从立项、勘察、设计到施工、运营,若能够尽可能得利用各个阶段信息的关联传递,能够减少大量的重复劳动,做到任意位置发生改变其他位置进行联动。

(5)云计算

通过采用虚拟的分支整合可用信息,项目方能够凭借组织机构权限划分及身份验证通过网络实时对平台进行访问,且不需要管理云端资源,能够较好地整理资源、降低成本。

2.3.2 平台功能模块

BIM 协同管理平台作为承载项目全生命周期管理的载体,功能全面且泛用,本文主要介绍快速路施工过程中平台核心模块:进度、质量、造价、安全环保四大模块^[5],不对所有功能进行详细叙述。

(1)进度

以最小单元划分至工序级别管控实际工序情况,即是否开工、完工,形成项目形象进度;依据年、月、周进度计划形成项目形象进度计划。(均关联模型构件,故模型精度、编码必须符合应用标准)从模型的形象对比、报表的数量对比、图形(柱状图)的直观对比,所有计划、实际进度可以按需呈现。

(2)质量

按照分部分项检验批,细分至最小工序控制点,即每一张质检、记录、抽检表单类型。确定每种类型检验批对应工序及控制点后,在施工中制作检验批时,创建并关联模型即可(模型非几何信息需完备)。前一道工序未完成时无法进行下一道工序表单填报,将线下流程转化为规范的线上填报。

(3)造价

将清单按照模型工程部位进行分解处理,并通过与质量模块形成的逻辑限制,完成自动提取,自动计量功能,有效规避传统工作流程中常见的施工过程造价分配失调、工程量难以有效控制等问题。

(4)安全环保

通过设置已知危险源数据库、硬件设备实时监控数据等方法,以平台采集能力为基础,设置部分阈值或节点,当触及安全线或工序开展至某节点时,自动提供定向报警功能。

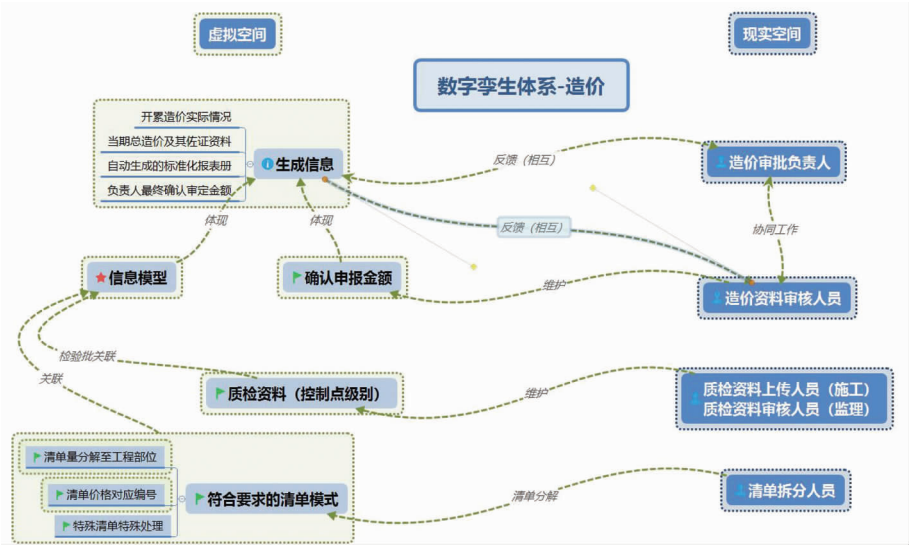


图 6 数字孪生体系—造价

型表示的清单,均已虚拟部位形式储存),整体工程模型赋予造价属性,量价均明确。同时,质量模块由施工、监理单位共同维护,系统中检验批关联模型部位后与造价产生对应关系,由于平台质量管理精细至工序控制点级别,故能够满足项目对于造价计算中某些特殊要求,例如完成混凝土浇筑计部分,强度报告后计部分,通过更改造价累计触发条件即可实现。

通过赋予模型造价信息,及设置计价触发条件,在人员不断对检验批资料录入的同时,完成了“虚拟造价空间”的构建,负责现场计量人员通过触发累计条件生成的造价条目,可有效地反向进行申报资料的审核及报表册(自动生成)金额核对。通过数字孪生体系,实现了过程中以造价信息模型结合质量信息录入,自动生成过程造价信息的有效反馈,逻辑如图 6 所示。

3.1.3 虚拟安全环保预警空间

平台应用硬件采集数据并设置阈值报警技术在地道监测、扬尘监控等领域已经运用广泛,本文不做赘述。平台“虚拟安全环保预警空间”其建立核心是通过前期对危险源、问题易发点或设备进行录入后,按照进度模块中上报的工序情况进行触发式信息提醒、巡检任务安排等。

负责现场安环人员除对采集数据报警予以处理外,针对过程中虚拟空间由于工序报工而触发的信息、任务进行排查、执行,高效地消除危险源及安全隐患,并对存在安全、环保问题的地点或设备进行处理。通过触发式的引导,虚拟空间对现实的反

馈大幅提高了安全环保工作的针对性,具体反馈机制如图 7 所示。

3.1.4 虚拟项目圈子

在移动设备普及率较高的现代,如微信朋友圈此类的“圈子”被广泛使用。针对传统项目管理中各方对各类问题交流信息不对称、问题执行情况透明程度不高等问题,属于项目参建人员的虚拟圈子就具有重大的意义(实际应用中仅移动、PC 两端开放此功能)。同时,BIM-GIS 提供的完备的模型部位及地理环境信息均可进行标注、讨论等操作,提供了一种新的理念模式^[9]。

所有参建人员,均可在项目圈子中类似微信朋友圈发表、转发、评论内容,虚拟的社区带来的便利即是,所有有效的信息输入(指分类明确、表达清晰、客观存在)均可快捷、公开地得到反馈,若无及时反馈,也能依据问题发起时间、负责人等信息透明追责。仿真的项目圈子,彻底解放了参建人员的协调时间,并透明化协调内容,逻辑如图 8 所示。

3.2 效益分析

从空间应用过程角度出发,以高架快速路项目中上文涉及的几个特殊空间进行样本分析。虽然该工程存在空间范围广、专业复杂等问题,但空间对该物理对象有着符合逻辑、明确细致的反映,考虑人、机、物、环境等要素并忠实地给予了反馈信息。同时,精细化建模带来的优势即是虚拟空间的构建可在真实、可靠地开展,例如计量、进度空间的建立。模型携带越完备的几何、非几何信息则数字化映射产生的行为反馈及规则制定都会更为明确

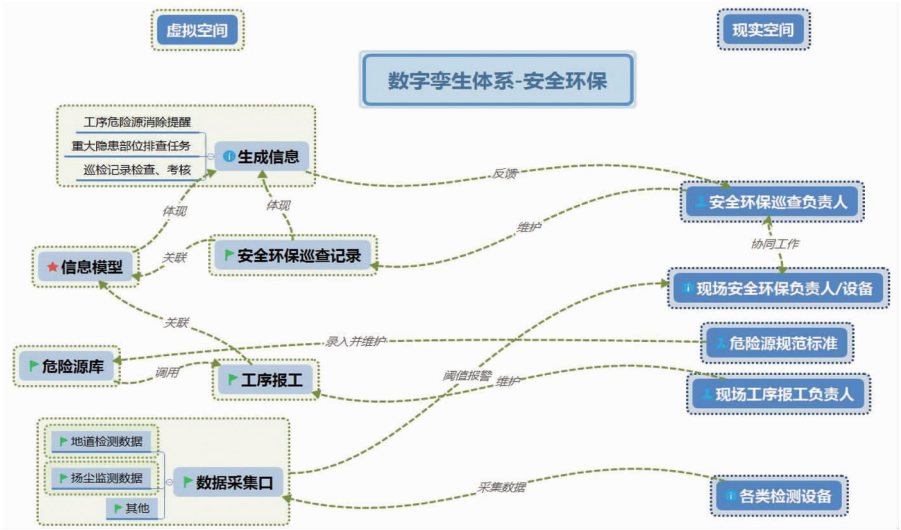


图 7 数字孪生体系—安全环保

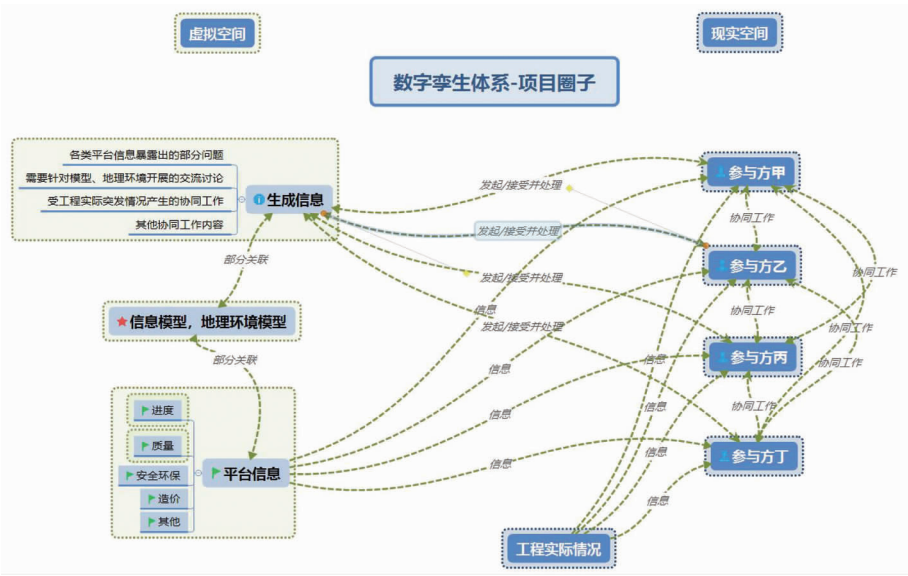


图 8 数字孪生体系—项目圈子

直观。在过程中,孪生空间带来的动态集成数据,拥有其自动智能运行、全面精确管控、数据来源可靠等巨大优势。

从空间前期搭建的角度出发,前期工作投入不可避免地增加,但鉴于项目特点(详见本文 2.2 小节),在传统方式中即使前期进行了有效规划,由于管廊、高架同步施工以及工作范围大、专业类型多的固有特点等客观问题,施工过程中质量、安全环保、造价计算等调整变更等工作量依旧庞大。反观利用孪生空间,在拥有完备的逻辑编程语言后,仅需要前期投入进行空间的构建以及过程中数据的更新维护,即可自动获得一个能够反哺现实工程的

数字孪生体系,解决大部分难点工作、痛点问题。因此,前期数字孪生体系的搭建及数据维护更新具有相当重要的意义。

4 结论及展望

本文通过实际项目难痛点分析及针对性的 BIM 技术应用点优化、BIM 协同管理平台搭建以及数字孪生技术应用探索,现得出以下结论:

(1)市政高架快速路工程作为重要的基础建设,同时具有周期长、范围广、专业多的特点,亟需针对其施工过程中进行数字化管理。概述了在高架项目中部分 BIM 技术传统应用点的针对性优化。

(2)概述了标准化 BIM 协同管理平台搭建原则。并从高架快速路项目施工阶段实际应用出发,分析了平台重要模块运作逻辑及效果。

(3)从数字孪生技术出发,以 BIM 协同管理平台功能为基础,架构项目施工阶段多方位虚拟空间,并从实际出发分析虚拟现实的多类正向反馈。数字孪生技术的应用减少了大量过程中突发问题,增加了大量工作的针对性,大幅提升了工程数字化、自动化程度。

鉴于数字孪生技术的颠覆性与发展潜力,仍有许多问题需要更进一步的探索。同时,现阶段工程数字化应用实例多而杂,个人在研究中也难免存在不同解读。但相信在不远的未来,会有更多人投入到此类工作中,共同推动该类型项目的数字化进程。

参考文献

[1] 崔晨,张磊,吴军伟,李俊. 桥梁预制装配的 BIM 施工管理平台设计[J]. 土木建筑工程信息技术,2016,8(6): 51-54.

[2] 周戟,闫召祥,田英林,赵国录,董泊君. 心理资本视角下施工人员对 BIM 的变革抵制研究[J]. 土木建筑工程信息技术,2017,9(6): 83-88.

[3] 许杰峰,雷星晖. 基于 BIM 的我国工程总包企业供应链合作伙伴关系调研及分类研究[J]. 土木工程学报,2015,48(6): 123-128.

[4] 李智,王静. 施工阶段 BIM 应用风险及应对策略[J]. 土木建筑工程信息技术,2016,8(2): 6-15.

[5] 高武,朱建. 高架桥梁施工难点及对策的分析[J]. 黑龙江交通科技,2013(11):115.

[6] 王鹏飞,王广斌,谭丹. BIM 技术的扩散及应用障碍研究[J]. 建筑经济,2018,39(4): 13-16.

[7] Glaessgen E, Stargel D. The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U. S. Air Force Vehicles [C]//53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference 20th AIAA/ASME/AHS Adaptive Structures Conference 14th AIAA. 2012.

[8] Grieves M, Vickers J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems [J]. 2017, 85-113.

[9] Hijazi I, Donaubaue A, Kolbe T. BIM-GIS Integration as Dedicated and Independent Course for Geoinformatics Students: Merits, Challenges, and Ways Forward [J]. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2018, 7(8):12.

Exploration of the Application of BIM Technologies and Digital Twin System Based on Construction of Elevated Expressway

Li Xiaobo

(Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai, 200082, China)

Abstract: Based on the application of BIM technologies in the construction stage of an city elevated expressway as an example. This paper has analyzed the characteristics and difficulties of this type of projects. An optimization and improvement method is proposed for the traditional application of information model. Through the establishment of a standardized BIM collaborative management platform, the quality enhancement and the efficiencies improvement of technologies management along the project life-cycle can be achieved simultaneously, therefore it has provided a reference for upgrading multi-project enterprise-level platform. Based on the platform application and the theory of digital twin, the virtual space such as schedule and cost is constructed, also the virtual reality mapping relationship and actual work feedbacks have been analyzed. This has promoted the construction standardization of this type of projects, has improved the management efficiencies, and has achieved the application of digital twins technology. These results can be used for similar projects.

Key Words: Elevated Expressway; BIM Collaborative Management Platform; Digital Twin; Construction