

BIM技术在苏锡常南部高速公路工程设计应用

陈国佳, 彭广银

(江苏森尚工程设计研究院有限公司, 江苏 南京 210000)

摘要:为研究BIM技术在道路基础设施全生命周期管理中的应用技术,依托苏锡常南部高速公路工程,在初步设计、施工图设计、施工优化和运营维护4个阶段,应用BIM技术对水下隧道、枢纽互通等重点项目全生命周期信息进行综合管控。研究表明,BIM平台有效促进了信息交流,提升了工程要素可视化,保障了信息的有效传递,为实现基于BIM技术的交通基础设施全生命周期信息高效协同管理提供了参考价值。

关键词: BIM;道路基础设施;全生命周期;设计施工;设施管理

中图分类号: U41

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)01-0221-04

0 引言

基于建筑信息模型(BIM)技术的信息互通协作、实现全生命周期内信息共享、传递、协同、决策,以提高管理效率、节约项目投资、保障项目进度质量,是BIM技术研究的核心问题^[1]。国内外关于BIM技术的研究发源于房建项目,并进行了大量的研究与实践。BIM以可视化、协同性、仿真性、优化性为主要优势特征,已经成了未来市政设计、交通基础设施建设领域的重要技术手段^[2]。

与BIM技术在建筑领域的应用相比,交通运输工程中,BIM技术的应用难点主要集中于桥梁工程与隧道工程。由于桥梁、隧道等重点基础设施面临地质复杂、未知风险高等情况,BIM技术的应用发展相对缓慢。国内外学者针对BIM技术在桥梁、隧道工程项目中的应用进行了大量研究。王珏^[3]针对互通立交设计,基于BIM优化了复杂线形设计和立交端部设计。王东伟等^[4]针对斜拉桥索塔施工优化问题,基于BIM技术对桥梁构件统计、施工模拟分析,缩短了工期并大幅节约成本。赵伟等^[5]采用BIM技术优化了三塔双索面叠合梁斜拉桥施工工艺,对施工过程中进行精细化管理,提高工作效率约15%。李坤^[6]将BIM技术应用于地铁隧洞的设计与工程量统计中,检核混凝土工程量误差为3%。钟宇等^[7-8]基于IFC(Industry Foundation Classes)标准提出了盾构隧道数据模型,实现了基于IFC的盾构隧道信息模

型的数据表达,并建立了盾构隧道建模流程和参数化建模方法。

为了对项目全生命周期各项要素进行精细化管理,充分发挥BIM技术在设计审核、施工监控、信息互联方面的优势,BIM技术的研究越来越关注项目工程全生命周期一体化管理。Bentley^[9-10]为英国Crossrail地铁项目的BIM管理建立了公共数据云端服务,为BIM生命周期数据互通互联提供技术支持。冯瑾等^[11]提出了一种提出基于BIM技术的桥梁工程全生命周期一体化的技术框架和一般性应用流程。

基于现有BIM技术在交通基础设施生命周期各阶段的应用经验与一体化管理研究成果,本研究依托苏锡常南部高速公路工程,建立BIM应用平台,对BIM技术在隧道、互通重大交通基础设施初步设计、施工图设计、施工优化和运营维护全生命周期阶段的应用进行研究。

1 工程概况

苏锡常南部高速公路全线长约43.8 km,采用6车道高速公路标准建设。该高速公路于2017年2月开始设计,2018年3月开始施工,建设工期4年。建成后,将在沪宁间新增一条高速通道,缓解目前沪宁高速无锡、苏州段的拥堵,对促进沿线苏锡常城市发展、加快推动长三角一体化具有重要意义。BIM应用重点工程为雪堰枢纽与太湖隧道,由设计单独主导BIM正向设计。其中,雪堰枢纽,主线采用(40+60+40)m挂篮悬浇变截面连续梁,半幅桥面宽度20.9m,单箱三室截面,主墩墩顶梁高3.6m,跨中梁高1.8m,梁高与底板厚度按2次抛物线变化。太湖隧道长

收稿日期: 2021-04-07

作者简介: 陈国佳(1984—),男,硕士,高级工程师,从事高等级公路设计工作。

10.79 km, 断面采用双孔一管廊形式, 单孔净空 17.45 m。两个重点工程均规模大, 工期紧张, 工艺繁多。其中, 太湖隧道工程风险源较多(围堰施打和拆除, 基坑开挖、降水, 大堤拆除及恢复), 环境要求高(需考虑太湖汛期、蓝藻爆发期等, 以减少对太湖生态的影响), 安全运营压力大(长大水底隧道, 火灾、结构稳定性等风险管控压力大, 应急和救援困难), 紧密结合 BIM 可视化、数据化、协同化的特点, 搭建以数据为中心的协同管理体系, 立足于全生命周期 BIM 实施提升管理效益、设计水平与经济效益, 实现行业示范价值。

2 BIM 技术总体构架

由于项目工程规模大、参与单位多、涉及专业多, 工程面临着管理难度大、交叉作业面多、信息集成要求高的特点。结合交通设施 BIM 技术应用特点, 在本项目雪堰枢纽、太湖隧道两个重要工点初步设计、施工图设计、施工及运维阶段全面引入 BIM 技术, 如图 1 所示。

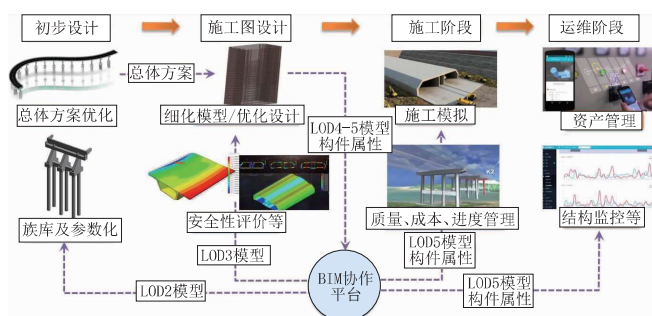


图 1 本项目 BIM 全生命周期应用路线示意图

本项目涉及多种 BIM 建模软件、多个 BIM 应用平台, 因此需要结合项目开展数据传递、交换与共享的研究工作。明晰数据需求, 通过明确标准数据格式, 对基础数据进行细化分发, 形成底层数据组织基础, 为上层功能应用提供基础数据服务, 如图 2 所示。基础数据通过业务数据结构接入至 BIM 应用平台, 为上层应用提供数据支持。

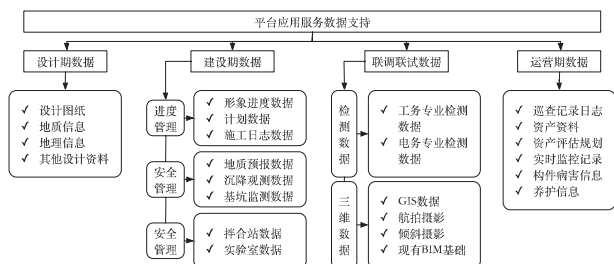


图 2 BIM 平台数据框架

采用 SpringBoot 为服务架构, 建立数据平台。为了统一数据规范, 本研究针对图纸、模型、报告、视频

和图片进行了文件类型及各式标准化定义, 确保数据传递、交换与共享通畅安全。施工单位招标确定后, 提前介入设计院的施工图模型建模工作, 确保设计院交付的施工图模型基本满足施工应用需求。施工期间, 应基于施工管理平台开展专业竣工模型的创建与维护, 运营管养单位应提前介入, 确保竣工模型基本满足运营管养应用需求。平台 BIM 关键技术如下:

(1) BIM 轻量化技术

本项目段 BIM 建模和应用软件以 Autodesk 系列产品为主, 将 BIM 模型建立划分为两阶段进行。首先, 统筹各参与单位, 将所需基础设施模型建立以涉及专业为依据进行构件划分, 建立工程构件族库。族库以结构数据为主, 减少造型数据, 减小渲染资源需求与模型体量, 确保平台运行效率。随后, 基于构件族库对设计模型进行拼配, 实现一键式精准布置, 搭建 BIM 平台模型基础。

(2) BIM+GIS 数据融合技术

首先, 针对参与单位众多、涉及专业广的难题, 统一单位交付模型是进行数据融合的基础。针对各单位提交的 BIM 族库初始模型, 开发主流数据格式大批量转换程序, 对转换得到的数据格式进行模型数据编辑, 统一坐标参考信息。

其次, 从宏观、中观、微观 3 个尺度对 BIM 进行 BIM+GIS 数据融合, 将大场景模型的图片、地表材质、局部精细航测影像、各构件模型进行模型整合, 接入 GIS 数据。

(3) 空间数据可视化技术

基于 BIM、BIM+GIS 数据融合技术, 搭建基于 WebGL 的 GIS 平台, 实现针对航测场地的 BIM 要素加载, 构建设施周边房屋、河流模型, 覆盖高清卫星图片。研究基于视点距离的 BIM 动态加载, 实现空间模型飞行巡查、沉浸式工程核查。

本项目 BIM 技术应用采用建设单位主导, 设计单位牵头, 其他相关单位配合的组织模式。建设单位统筹规划 BIM 总体应用流程, 组织各参与方协同合作, 建立 BIM 应用框架, 明确工程实施阶段各参与方的任务、交付标准等事项。设计单位建立 BIM 团队及基于 BIM 的协同勘察设计工作模式, 构建支持多种数据表达方式与信息传输的数据库。建立勘察设计模型, 进行专业协同和优化设计。施工单位通过 BIM 平台对施工过程、质量安全监控及成本等进行精细化管理。运维单位建立基于 BIM 的运营维护管理协同

工作机制、流程和制度。

3 BIM 平台应用研究

3.1 初步设计

3.1.1 BIM 专业族库建立

基于 Revit、Dynamo 等软件建立部分族库要素,如图 3 与图 4 所示。采用 Civil3D 创建曲面,建立场地与道路工程,通过 Infraworks 导入专业族库要素,构建周边房屋、河流模型,覆盖高清卫星图片,实现一键式精准布置。



图3 桥梁专业族库

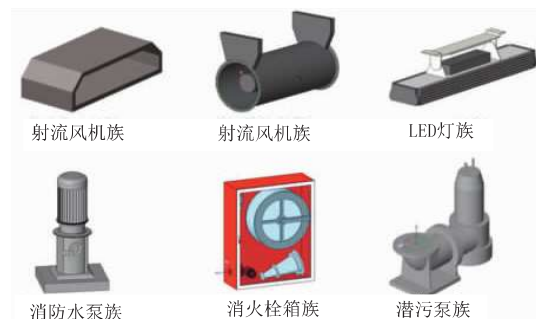


图4 隧道专业族库

3.1.2 初步设计方案比选

因互通枢纽毗邻大顶禅寺景区,综合考虑文物保护与城市交通的需求,对两种设计方案进行比选,如图 5 所示。基于三维模型一键式精准布局,检测方案一对景区影响小。

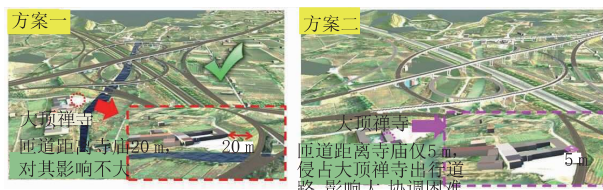
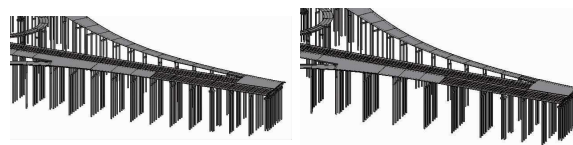


图5 雪堰枢纽方案比选

基于交通安全考量和人文景观需求,校核桥跨视野通透性,着重分析大顶禅寺周边互通主线桥第四联至第七联。调整桥跨布置为 $2 \times (30+30+30)+$

$2 \times 30+3 \times 32$ m,桥下视野通透性好。



(a)调整前

(b)调整后

图6 主线桥设计第四联至第七联初步设计优化

3.2 施工图设计

3.2.1 图纸审核与优化设计

基于 BIM 平台空间数据可视化快速渲染技术,实现全线逐桩浸入式视距核查与分合流端部视距核查。如图 7 所示,主线与 G 匝道合流端部由于 G 匝道坡度较大,且主线与 G 匝道均为桥梁(传统设置为墙式护栏),由于存在高差,从匝道汇入的车辆视线被护栏遮挡无法观察主线车辆,存在安全隐患。

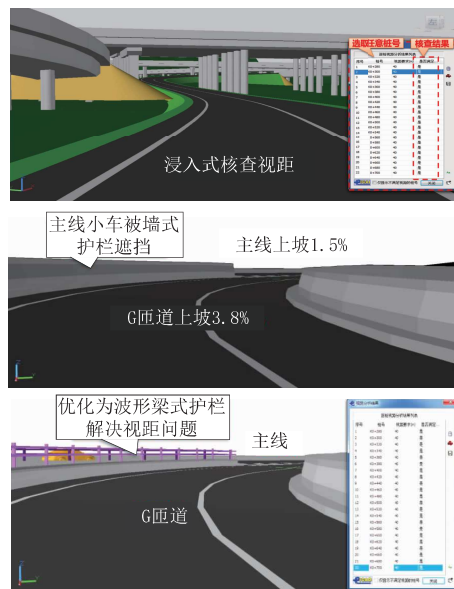


图7 图纸审核与优化设计

3.2.2 施工模拟与工程量复核

基于隧道 BIM,动态模拟隧道设备用房内大型设备的安装、检修路径,优化设计方案和设备运输方案,如图 8 所示。以 BIM 模型为基础进行工程量复核,与设计核算的差量控制在 3%以内。

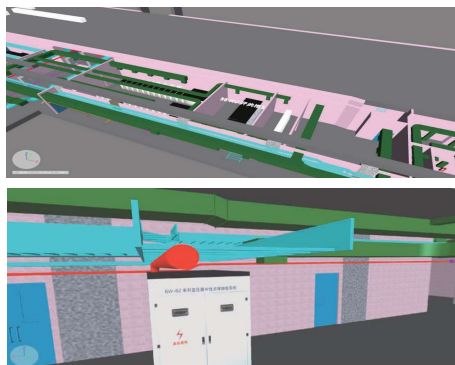


图8 大型设备运输与路径检查

3.3 施工过程

3.3.1 施工深化设计与竣工模拟

通过对复杂节点施工工序开展精细化模拟,检查施工方案可行性,达到优化施工方案的目的;在施工图设计 BIM 基础上,补充施工、变更、材料等信息,形成最终竣工模型,辅助现场的竣工验收移交。

3.3.2 施工进度、安全、质量与变更管理

(1)导入网络计划、模型至 BIM 应用平台,可视化方式展现施工进度分析[见图 9(a)]。

(2)整合与集成施工风险源监测数据,实现可视化展现监测和分析结果,及时预警报警[见图 9(b)]。

(3)实现质量管理计划审核、批注、推送及整改跟踪的完整管理闭环[见图 9(c)]。

(4)基于 BIM 技术实时更新变更信息,确保工程质量和工期。

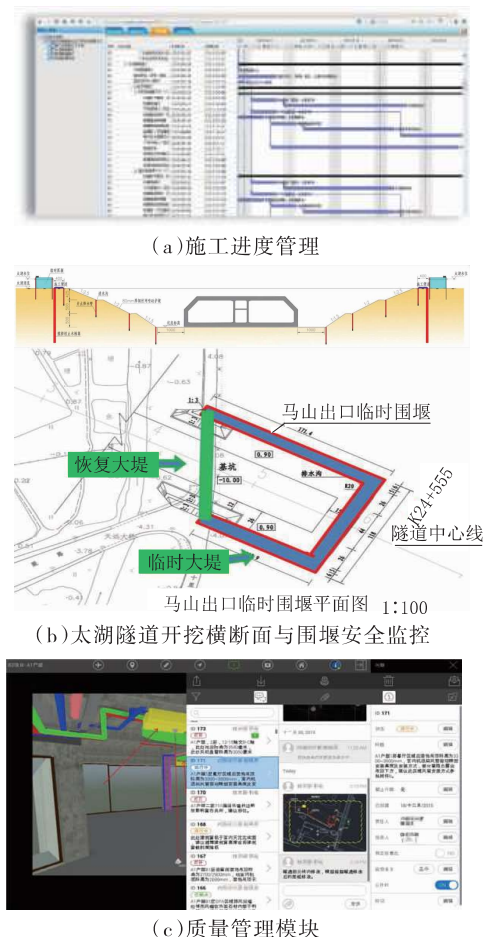


图9 基于BIM技术的施工进度、安全与质量管理

3.4 运维阶段

(1)集成桥梁、隧道运行期间监控数据和报警信息,基于 BIM 快速查询报警设备的空间位置、技术参数。

(2)根据维保管理计划,制定设施设备日常巡检内容、路线,并对项目设施设备的运行情况进行实时

监控和记录。

(3)根据设施设备的实际运行状态,按维保管理计划要求对设施设备开展定期维护保养。

(4)构建以数据中心为核心,以 BIM 为采集、管理终端的完整应用体系。

(5)开发基础设施检查移动端采集软件和桥梁病害三维可视化软件,实现养护信息标准化、病害三维可视化、现场记录无纸化、报告生成自动化。

4 结 语

以苏锡常南部高速公路工程为例,针对重点道路基础设施,通过建立全生命周期 BIM 协作平台,实现了 BIM 技术在初步设计、施工图设计、施工阶段、运维阶段的多单位、多专业统筹应用。同时,取得了如下成果:

(1)针对重点道路基础设施,建立了 BIM 专业族库,提出基于 BIM+GIS 数据融合的二阶段建模技术,实现以轻量化模型为目标的快速建模方法。

(2)基于空间可视化技术,从平面、立体全方位对设计方案进行比选、优化、深度设计。更正设计主要问题 30 余处,深化设计、施工进度模拟、复杂施工工序模拟,施工效率提高约 40%,提升建设质量。采用 BIM 技术,使得项目预算变更减少 40%,成本预算时间减少 80%,管线综合资金节约 10%,项目周期缩减 7%,显著提升经济效益。

(3)设计施工统一平台保障了设施构件信息传递的连续性、设施建设历史信息的完整性,为基础设施建设、运营、维护提供了完整数据基础,提升了道路、桥梁、隧道的安全运行水平,有效提高了运维管理的数字化水平。

参考文献:

- [1] 王孟钧,钱应苗,袁瑞佳,等.国际 BIM 研究演进路径、热点及前沿可视化分析[J].铁道学报,2019,41(6):9-15.
- [2] 季俊,张其林,杨晖柱,等.高层钢结构 BIM 软件研发及在上海中心工程中的应用[J].东南大学学报(自然科学版),2009,39(S2): 205-211.
- [3] 王珏.建筑信息模型(BIM)在互通式立交设计中的应用研究[D].南京:东南大学,2015.
- [4] 王东伟,李响,王饶钢,等.乐清湾大桥斜拉桥索塔施工 BIM 技术应用[J].公路,2016,61(11):100-104.
- [5] 赵伟,张胜林,闫振海.平塘特大桥 BIM 施工管理研究[J].公路,2019,64(7):178-183.
- [6] 李坤.BIM 技术在地铁车站结构设计中的应用研究[J].铁道工程学报,2015,197(2):103-108.
- [7] 钟宇,周少东,陈健,等.基于 IFC 标准的盾构隧道结构数据模型研

(下转第 244 页)

上述转换过程可以利用专业的坐标转换软件进行,但是每次转换时都需要输入相应的转换参数,且转换时需要过渡到大地坐标才能进行,操作极为不便。因此,可以根据上述转换公式和过程,把两种坐标相互转换的参数固定,利用 C# 等编程语言将转换过程程序化,生成方便实用的坐标转换界面(见图 3),提高转换效率。



图 3 坐标转换软件界面

5 结 语

根据国外工程建设情况和工程所处的地理位置,考虑所在地区基础测绘所采用的坐标系统,因地制宜,建立满足工程精度要求的坐标系统,是工程测量实施前必须考虑的重要内容。只有综合考虑工程所处区域情况以及所采用坐标系统的投影长度变形值大小,选择最优的参考椭球和投影方式,建立满足规范要求的工程坐标系统,才能保证工程在测绘、设计和施工等各个阶段的工作顺利开展,为工程的高质量建设打下良好基础。

参考文献:

- [1] 吴迪军.UTM 投影地区工程独立坐标系的建立方法[J].测绘工程,2020,29(4):7-10,14.
- [2] 李国义,姚楚光.UTM 投影及其变形分析[J].地理空间信息,2013,11(6):80-83.
- [3] JTG C10—2007,公路勘测规范[S].

(上接第 224 页)

- 究[J].地下空间与工程学报,2017,13(S2):613-622.
- [8] 钟宇,陈健,陈国良,等.基于建筑信息模型技术的盾构隧道结构信息模型建模方法[J].岩土力学,2018,39(5):1867-1876.
- [9] DAVIES A, MACAULAY S, DABARRO T, et al. Making innovation happen in a megaproject: London's crossrail suburban railway sys-

- tem[J]. Project Management Journal, 2014, 45(6): 25-37.
- [10] 孙建诚,朱双哈,蒋浩鹏.BIM 技术在公路边坡的应用探究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2019,38(9):63-67.
- [11] 冯瑾,王继野,顾威,等.基于 BIM 技术的桥梁工程全生命周期一体化应用研究[J].四川建材,2021,47(4):149-150.