

基于 BIM+GIS 技术的大跨度桥梁施工可视化 信息管理平台研究及应用

刘攀攀, 蒋海里, 陈柳花, 任雅颖

[上海公路桥梁(集团)有限公司, 上海市 200433]

摘要: 闵浦三桥是跨越黄浦江的特大型桥梁, 所涉及的工程内容繁杂且技术要求高。介绍基于 BIM+GIS 技术, 开发了一套适用于不同类型桥梁项目的企业级施工管理平台, 梳理了一套三维化的桥梁施工信息化管理流程, 涉及到三维全景化的工程展现、编码统一的施工日志与三维模型和进度计划联动展现、高精度的现场施工人员全方位定位管理、电子化的安全与质量检查记录表等, 总结了桥梁工程平台应用的经验与难点, 为后续类似项目提供借鉴。

关键词: 大跨度桥梁; 全景展现; 人员定位

中图分类号: U445

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)08-0185-05

0 引言

近日随着网络通信技术、3D 扫描技术、GPS 技术、云技术等信息技术的蓬勃发展, 同时国家各部门对于 BIM 技术的推动标志着建筑业大数据时代的到来, 使建设工程的信息化、智能化的实现成为可能^[1]。然而, BIM 软件费用高、软件培训成本高、硬件部署要求高、沟通协同差、模型更新慢等原因成了在大型桥梁领域信息化落地困局。如何在保证工程质量和效率的同时提升各参与方的协同能力, 并保证信息共享的及时和通畅是目前亟待解决的问题, 因此, 集成与协同是信息化未来发展的核心和主旋律, 需要将所有信息资源的传递、存储、获取围绕一个中心的集成平台来实现^[2]。

本项目集成桥梁工程管理中的各种数据并将其部分数据映射至三维模型上, 建立桥梁建设数字化综合管理云平台为核心、构建多个数据采集的子系统, 实现了重大桥梁工程项目在平台上高效管理的集成与创新。

1 施工管理平台的现状

1.1 国外研究现状

2003 年美国总务管理局提出“3D-4D”BIM 项

目, 是最早的 BIM 技术应用。该系列 BIM 技术实际应用教程也陆续发布^[3,4]。随着三维地理信息系统(3D GIS)的应运而生, 因为这两项技术有信息管理和空间分析功能的重叠, 国外研究学者掀起了对 BIM 和 GIS 融合技术研究的热潮^[5]。Kim^[6]、Zhu^[7]、Yanmamura^[8]、Kang^[9]等、Zhang^[10]等人通过不同的方式研究将 BIM 数据与 GIS 数据集成于各类平台系统, 用于建筑、地铁、公路、水利等工程, 实现数据和信息的可视化管理。

1.2 国内研究现状

近年来国内相继出台了相关政策和工程技术文件鼓励和支持 BIM 技术应用于公路工程上, 建筑工程相关 BIM 标准体系的建立和应用技术已相对成熟。目前, BIM 技术在工程中的应用已经从初期的 BIM 三维建模到平台之间的协作应用再到如今正在开展的工程综合管理平台的应用。张星宇^[11]提出了基于 WebGIS 与 Web3D 公路工程数据模型, 实现了公路工程在设计、施工与运营管理阶段的信息有效集成和高效共享, 避免了信息丢失和数据错误。

国内在桥梁方面成果 BIM 技术的有白沙沱长江特大桥、赣江二桥、沪通长江大桥和港珠澳大桥等^[12], BIM 应用情况主要为桥梁模型的碰撞检查与施工模拟。很多学者研究桥梁的 BIM 协同管理平台, 将集成的思想融入到桥梁施工管理中, 2016 年重庆大学的张亚婷^[13]构件大跨度悬索桥施工管理平台, 实现桥梁施工过程中的温度控制、质量管理和进度可视化模

收稿日期: 2021-12-15

基金项目: 上海市科委(20DZ1202100)

作者简介: 刘攀攀(1991—), 女, 硕士, 工程师, 从事桥梁数字化工作。

拟等功能。

2019年华中科技大学的郭攀^[14]开发基于Web的桥梁信息化协同平台,实现了以质量、安全、进度和造价为核心的桥梁施工过程控制和目标管理。

从国内外在BIM、GIS以及协同平台的研究应用情况来看,基于BIM+GIS的桥梁施工管理平台应用的不够全面和深入。本文结合大跨度桥梁施工技术难度高、工程周期要求高、机械设备投入复杂、施工人员管理复杂等特点开发基于BIM+GIS技术的大跨度桥梁施工可视化信息管理平台。

2 平台的研发

2.1 平台策划及部署

结合桥梁工程建造的特点、面向施工及未来运维的数据要求,开发“基于GIS+BIM”的企业级桥梁建设数字化综合管理平台(以下简称为“平台”)。并依托配套项目搭建:人员定位及管理系统、环境数据采集系统、现场移动端数据采集系统等多系统的数字化管理体系。

在软件应用中,采用自主研发的平台,底层数据依托一款名为黑洞的图形引擎作为模型查看,平台的框架采用B/S架构网页端的展现形式,可稳定运行于支持WebGL 2.0版本的主流浏览器上,实现无插件、多终端模型浏览,方便现场管理人员随时都能查看项目管理信息。采用统一入口、多节点应用的形式。

在硬件应用中,结合工程项目的建造特点以及企业数据安全性的考虑,服务器采用私有云的方式,依托中国电信机房搭建自有的服务器。

2.2 框架搭设

本平台主要由数据层、服务层、分析层及应用层组成。基础层即为底层的数据,包括BIM+GIS模型和业务数据。数据处理层包括图像引擎和数据库处理,数据库是基于数据、面向对象的信息管理工具。施工全过程的数据以及BIM模型实体都作为数据统一存放,利用SQL Server企业级数据库进行管理和存储。分析层提供了分析中常用的算法和工具,根据分析需求,从数据中获取信息,找到所需实体,根据语义查询关联数据并进行计算,应用层是根据施工管理需求进行设计,可以通过可视化界面实时监控桥梁的施工状态并可实时提供访问,不同的管理人员可以更加全面清楚的了解项目进展,见图1。

2.3 工程管理逻辑关系与功能模块策划

功能策划主要考虑可视化的信息展示方式与流程化的施工管理模式。突出大型桥梁建设的场景特点,面对长条形的桥梁施工现场以及与周边环境高度冲突的现状,需要开发一款可以融合BIM与GIS数据多种格式数据的图形引擎,并能和业务数据高度联合。面对桥梁施工单位多层级的管理模式,探索一条多层级的流程管理形式,便于各层级人员都能参与到项目管理中。

根据桥梁施工的特点,本项目总共策划了综合监控、全景展现、人员管理、进度管理、质量管理、安全管理、合同管理、物料管理、文档管理、技术数据及设计管理这几个功能模块,其中全景展现、人员管理、进度管理、质量管理和安全管理为本平台的核心功能。

对施工现场的管理逻辑关系进行了梳理:施工

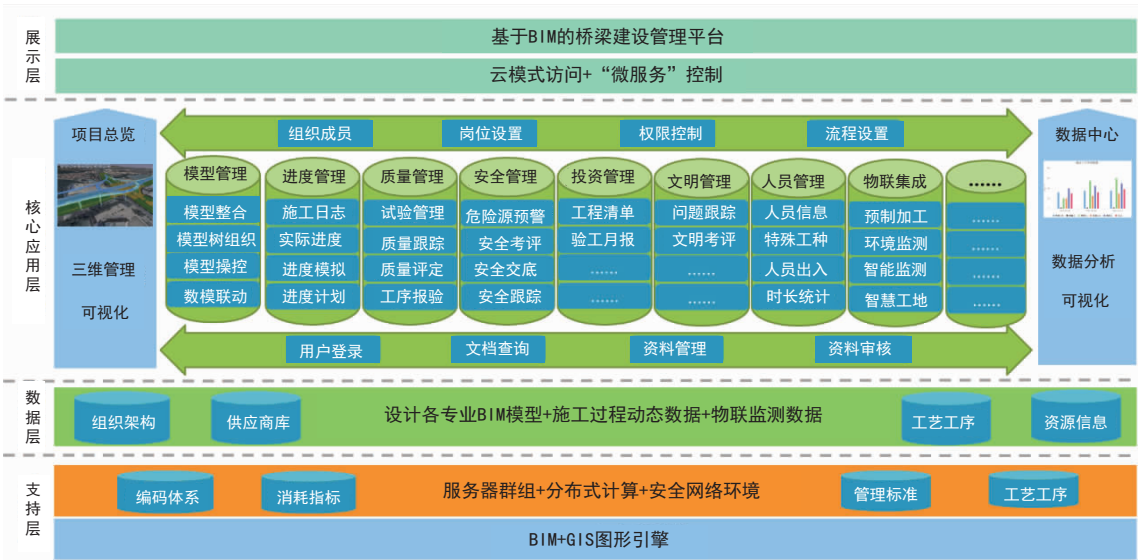


图1 昆阳路施工管理平台框架

日志的工作量可与三维模型、进度计划相互绑定,形成三维联动展示;人员定位系统、人员进出场闸机系统、就餐刷卡系统进行统一整合,形成人员全方位的高精度三维化管理;将桥梁主体结构模型、临时设施三维模型、周边环境三维模型整合在一起,实现桥梁工程全貌的展现;安全与质量管理中表格表式的电子化。

2.4 权限的配置

本项目在权限设置时考虑了多层次:集团、基层公司、项目部等,并对项目管理的角色也进行了分类:项目经理、项目总工、材料员、安全员、资料员、合同管理员、施工质量管理等,并对他们之间角色绑定进行权限设置,实现不同角色的不同权限管理。

同时也建立了企业资源库,如人员供应商、材料供应商、设备供应商。录入的信息包括:企业名称、主要负责人、联系方式、公司地址、合作等级以及社会统一征信代码等。

3 工程应用

3.1 工程概述

闵浦三桥,又名昆阳路越江工程,主跨为 $2 \times 220\text{ m}$,以独塔斜拉桥的姿态跨越黄浦江,桥面将采用错层布置,上层供机动车辆通行,下层则可供人非通行。主梁采用整体式箱型断面,组合梁形式,引桥采用全预制拼装的形式,道路等级为二级公路。本项目为上海市交通建设工程 BIM 技术试点项目。

3.2 多源数据的融合与应用

本项目中涉及到多种模型的建立:主桥、引桥、管线、周边环境、临时设施。主桥结构采用 Bentley 软件建立,其中钢锚梁和斜拉索采用参数化形式建模,引桥采用 Revit 的 dynamo 软件参数化建立,北岸跨路口段的管线采用管立得软件建立,周边环境模型采用大疆无人机精灵 4 和 Bentley 软件的 Context Capture 软件结合形成三维立体的数据,施工中所产生的临时设施,如水上钢平台、钢套筒、钢横撑等,均采用 Tekla 软件建立。随后将多种模型通过一定的数据转换进入平台中,搭建一个虚实结合的三维化工程实景模型,为现场管理人员提供一个可视化的工程建设中和建设后的桥梁全貌,见图 2。

为了方便现场管理人员更加清晰地了解桥梁结构形式,将桥梁模型进行分部分项拆分,目录树分别为:塔及辅助过渡墩、上部构造制作与防护、上部构造浇筑与安装、引桥、管线、红线及中心线、临时设



图 2 三维化的工程全貌展现

施。还可以罗列构件的基本属性,如:几何尺寸、体积、材质、名称等,也可以添加相关的施工属性,如施工日期等。在进行桥梁模型结构进行浏览时还可以选择不同形式:鼠标浏览与触控浏览的切换、顶点捕捉、动画漫游、透明与隐藏地形、构件隐藏与显示、距离与角度测量、包围体剖切、构件设置与视图保存。

譬如主塔的拉索区属于施工的一个复杂区域,可采用多维度剖切与半透明隐藏联合使用的方式来展现。首先将主塔混凝土构件半透明,再使用三维剖切以清楚的展示主塔的钢筋布置、钢锚箱的布置以及其与结构的关系。还有个常用的操作组合是视图保存与动画漫游的联合使用,通过旋转、剖切、隐藏等一系列的操作来保存不同角度、不同位置的视图,直接在 web 端的“全景展现”模块中录制动画。这个操作组合可方便地制作轻量化的施工方案动画,尤其对于较为复杂的施工节点,可更为直观的理解工序、施工控制点及各专业间的协作关系,服务于施工方案交底以及汇报等。图 3 展示的综合监控的画面,重要信息的查看和操作都可在此页面完成。



图 3 综合监控数据展现

3.3 可视化的人员管理

本平台集人员管理、人员定位及视频监控为一体,不仅提高了人员管理的效率,也提高施工人员自身的安全。闵浦三桥的施工作业人员入场前需要将个人信息全部输进平台,如身份证照片,特殊工种证件等,施工过程中,一旦有人员年龄超龄或者特殊工种的时间即将到期平台则会作出警示,见图 4。

通过在施工现场架设 UWB 基站实现对施工人员的三维定位,可对人员位置实时监控,管理人员通过查看工人的历史轨迹和闸机进出状况综合实现对



图4 人员信息管理

人员的考勤管理,还可通过在模型中绘制电子围栏的方式实现对人员的安全管理,见图5。

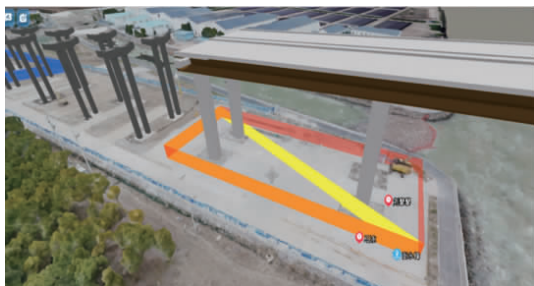


图5 现场人员三维定位展现

打通软硬件的数据对接,将门禁卡、定位卡、饭卡整合为一张卡,减轻了工人带多张卡繁琐,也保证了工人随身携带。用健全的人员管理机制积极的响应行业对人员管理要求。

3.4 流程化的质量管理

闵浦三桥的工程类型为公路工程,因此质量管理中的表式都采用公路工程的标准。针对实际检查流程,形成质量检查线上化、资料电子化、评定流程线上化的质量管理流程。

(1) 质量验收

公路质量保证材料中有46个分项工程,每个分项工程中又有不同的工序,对于整个工程而言,质量验收的表示繁杂且多样,为了解决将此工作线上化,开发出报表库功能,所有的表格可分类放入报表库中,同时每一张报表可在线修改。每一个工序与一个或多个报表进行绑定。在某分项工程下的所有工序通过施工日志模块填报完成后将被自动推送到质量验收模块,便可对工序报表逐一填报。

(2) 质量评定

本项目质量评定为多层级评定,分为分项工程评定、分部工程评定、子单位工程评定,单位工程评定。分项工程、单位工程可绑定报表库中的评定表,同时可对下一层级填写各项的分数与权重。

在工序的质量验收完成后可对改分项工程评定报表进行填报(见图6),某分部工程下的所有分项评定审核完成后即可对该分部工程进行评定直至完成

单位工程的评定。平台将所有填报数据汇总进入到文档管理中,大大节省了项目归档时间。

分项名称	评分标准	权重	得分	权重
路基	合格	0	0	0
桥梁	合格	0	0	0
隧道	合格	0	0	0
涵洞	合格	0	0	0
路面	合格	1	0	0

图6 质量评定电子化表式展现

3.5 流程化的安全管理

安全管理中建立了较为完善的安全平台管理流程体系。安全管理人员在平台中的操作记录会保存到数据库中,可以以文档的形式输出,成为工作考核的重要依据。也将日常安全检查和重大危险源监控与工作任务结合在一起,让项目安全随时检查、随时整改和随时记录,将项目安全管控放在重点监管位置。

(1) 风险源管理

本项目有多个危险源:水上沉桩施工、钢套箱围堰施工、主梁悬臂拼装施工、大型临时设施(水上施工平台)、钢筋工程施工、混凝土浇筑施工、钻孔桩施工、预应力张拉施工、钢锚梁吊装施工、斜拉索吊装施工、桥面系施工等,对重大危险源进行列表式管理,按照静态和动态分级,形成管理档案,随时更新危险源实施情况,方便监管部门和项目管理人员实现差异化和精细化管理。危险源管理主要涉及危险源数据的采集、采集数据查询,实现危险源的登记、辨识、分级、统计、应急处理等,通过信息化的手段加强对施工安全管理问题的了解,并采取有效措施来改善,将事故发生率降到最低,见图7。安全员可在平台的危险源库设置今日和本周危险源,并且在综合监控的页面展示。

ID	名称	等级	状态	操作
1	水上沉桩施工	高风险	进行中	查看详情
2	钢套箱围堰施工	中风险	已完成	查看详情
3	主梁悬臂拼装施工	高风险	进行中	查看详情
4	大型临时设施(水上施工平台)	中风险	已完成	查看详情
5	钢筋工程施工	低风险	已完成	查看详情
6	混凝土浇筑施工	中风险	进行中	查看详情
7	钻孔桩施工	中风险	已完成	查看详情
8	预应力张拉施工	中风险	进行中	查看详情
9	钢锚梁吊装施工	高风险	进行中	查看详情
10	斜拉索吊装施工	中风险	已完成	查看详情
11	桥面系施工	中风险	进行中	查看详情

图7 风险源列表式管理展现

(2)特殊工种

本工程涉及到多种施工方案,因此对特殊工种的要求比较严格,在本平台上主要是对特殊工种的地域、年龄、工种进行大数据统计,提取人员管理模块中特殊工种的作业人员,上传特殊工种的证书并提取证书有效期这样的特殊字段,在证书到期前一个星期会提醒安全员,使得管理更加高效,见图8。

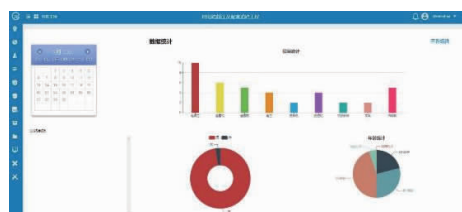


图8 特殊工种列表式管理

(3)安全教育与安全交底

对于施工现场各种的安全教育以及安全交底资料进行电子化的统计,按工种、按班组、按人员进行教育培训计划的编制及培训过程的记录,随后对交底次数、交底时长、不同类别的交底次数进行数据分析,为现场项目管理提供具体的数据支撑,见图9。



图9 安全交底数据分析

(4)文明施工与安全检查

将项目上文明施工检查记录表和安全检查记录表都做成本格式管理,安全检查能够实现移动端即时发现,即时拍照上报的功能,具体流程包括拍摄隐患部位照片→添加问题描述→提交问题→进入隐患处理反馈流程→问题处理→整改后影像资料上传→整改通过→处理结果推送相关人员→结束闭环→形成安全隐患问题库。

(5)设备管理

本项目主要的大型设备包括塔式起重机、施工升降机、物料提升机等。对操作人员证书、设备维保时间、检验有效期等信息进行预警,提醒监督人员和项目管理人员提前应对。对设备的供应商、设备设施安装验收、小型机具定期检查等项目进行管理。设备管理是对项目施工过程的所有大型机械设备进行管理,包括设备台账录入、机械设备进出场时间记录,以及机械设备日常维护保养检查数据的记录,同时机械设备的日常使用也可以绑定进度任务,从而通

过对机械设备数据的采集与分析,判定项目中机械设备的效能。

4 结 语

本文系统性介绍了大跨度桥梁施工管理领域中三维信息化技术的应用,采用平台化的应用,得到了多个创新性的应用以及平台推广的难点:

(1)将不同模型数据融合进同一个平台,可以直观清晰的看到桥梁工程建成后的全貌,同时平台化的操作也让项目管理人员更加方便的查看三维结构模型,减少了协调量,增加了沟通效率。

(2)人员管理集成了三维定位、闸机数据、就餐次数,将软硬件的管理合为一体,打通了施工现场人员信息的管理,使得繁杂的人员管理更加透明和便捷。

(3)通过对三维模型、进度子项、分部分项的编码进行统一映射,形成施工进度直接用三维模型来展示,同时将施工日志的工作量与三维模型挂钩,可直接体现工程实际进度,使得工程形象进度管理更加清晰。

(4)质量与安全中的多种表格表式直接电子化,同时可以对不同程度的应用进行数据分析,得到多个有效的数据支撑,为项目管理做数据支撑。

(5)建立桥梁建设数字化综合管理云平台为核心的应用,集成多个软硬件的数据采集,初步实现了重大桥梁工程项目的高效管理与创新。

(6)平台化的管理与传统管理方式的不同,导致现场管理人员对新技术的不适应,管理理念善未转换,因此平台应用的推广难度较高,目前仍然需要两层皮的应用,但是未来可期。

参考文献:

- [1] 黄浩.BIM技术在双塔自锚式悬索桥施工中的应用[C]// 第八届 BIM 技术国际交流会——工程项目全生命周期协同应用创新发展论文集,2021.
- [2] 蒋海里,付武荣,刘攀攀.基于 BIM+GIS 的桥梁施工三维图形引擎的应用[J].中国市政工程,2020(6):10-13,110.
- [3] 白蕾.BIM 技术在高速公路工程决策设计阶段造价管理中的研究与应用[D].郑州:华北水利水电大学,2018.
- [4] 付文群,陈孝建,陈勇,等.基于 GIS+BIM 的公路三维地理信息技术在宁都某公路项目中的应用[C]// 江苏省综合交通运输学会公路分会,2019.
- [5] Zhao J,Wellar B.Development of GIS/LIS for cadastral survey and land registration in China: a status report[J].GEOMATICA,1999,53(1): 56-62.

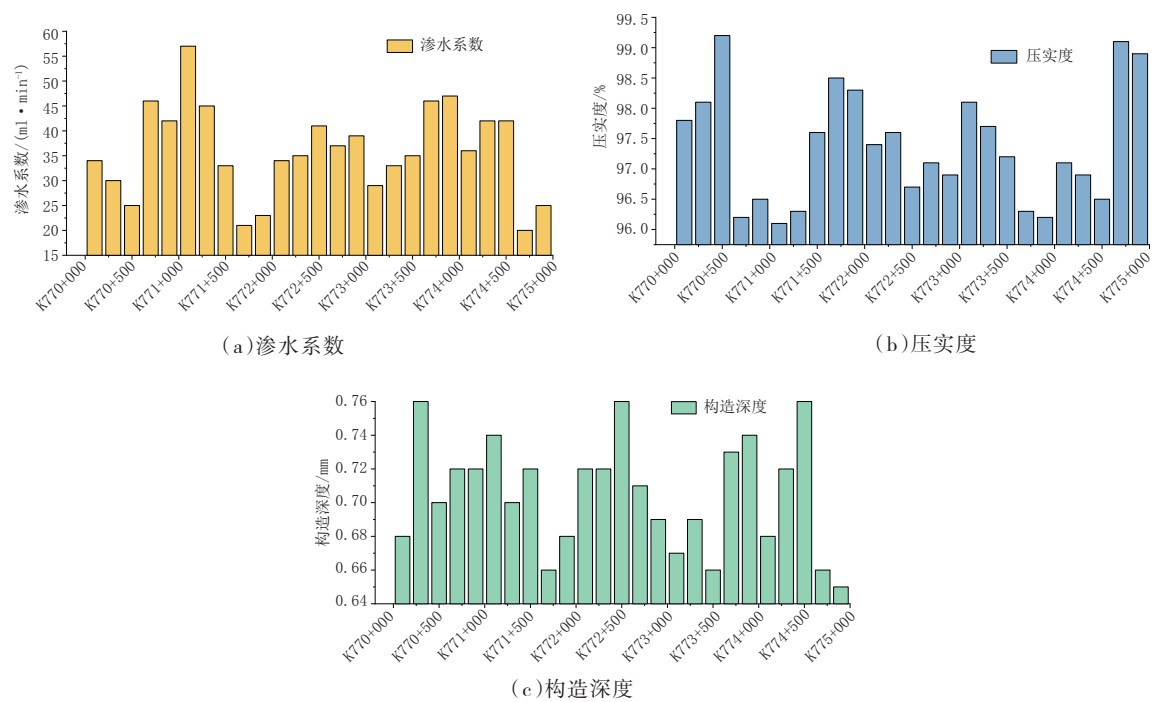


图 7 施工质量检测结果

[5] 程培峰,寇洪源.就地热再生基质沥青混合料拌和温度与压实温度的研究[J].公路工程,2018,43(1):270-275.

[6] JTG F80/1—2004,公路工程质量检验评定标准.第一册.土建工程[S].

(上接第 189 页)

[6] Kim H,Chen Z,Cho C S,et al.Integration of BIM and GIS: Highway Cut and Fill Earthwork Balancing [C]//International Workshop on Computing in Civil Engineering,2015.

[7] Zhu J,Wright J,Wang X,et al.A critical review of the integration of geographic information system and building information modelling at the data level[J].International Journal of Geo-Information,2018,7(2): 1-16.

[8] Shinji Yamamura,Liyang Fan,Yoshiyasu Suzuki.Assessment of Urban Energy Performance through Integration of BIM and GIS for Smart City Planning[J].Procedia Engineering,2017,180.

[9] Kang T W,Hong C H.A study on software architecture for effective BIM/GIS-based facility management data integration[J].Automation in Construction,2015,54:25-38.

[10] Zhang S,Hou D,Wang C,et al.Integrating and managing BIM in 3D web-based GIS for hydraulic and hydropower engineering projects [J].Automation in Construction,2020,112(2020):103114.

[11] 张星宇.基于 WebGIS 与 Web3D 的道路工程信息集成系统研发[D].长沙:中南大学,2012.

[12] 何涛涛.BIM 技术在特大型桥梁项目管理中的应用研究[D].合肥:安徽理工大学,2019.

[13] 张亚婷.基于 BIM 的特大悬索桥施工管控平台研究与应用[D].重庆:重庆大学,2016.

[14] 郭攀.基于 BIM 的桥梁信息化协同平台技术研究[D].武汉:华中科技大学,2019.