

历史街区三维空间信息模型构建研究 ——以滑县道口镇顺北街区为例

吕红医¹, 张梦妹¹, 宋达志²

(1. 郑州大学 建筑学院, 河南 郑州 450001; 2. 河南云路数文信息科技有限公司, 河南 郑州 450000)

摘要: 目前, 历史街区保护中普遍存在物理环境数据量庞大, 传统方式难以满足日益庞杂的保护需求问题。通过综合运用倾斜摄影、BIM、3D GIS 等技术, 对历史街区三维空间信息模型构建方法进行了研究, 并以道口镇顺北街区为例, 通过倾斜摄影及前期调研收集整理街区的数据信息, 在此基础上利用 BIM 技术搭建了顺北街区的建筑、市政设施、地形等的三维模型, BIM 模型经轻量化处理后借助集成系统完成了 BIM 与 3D GIS 的交互, 构建了在 3D GIS 环境中实现信息共享的顺北街区数据库, 为历史街区保护的三维可视化研究提供了一种新的方法和思路。

关键词: 历史街区; 道口镇; BIM; 3D GIS; 轻量化

中图分类号: TU984.114

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2023)03-0394-06

Research on the construction of three-dimensional spatial information model of historical blocks: A case study of Shunbei Block in Daokou Town, Hua County

LÜ Hongyi¹, ZHANG Mengmei¹, SONG Dazhi²

(1. School of Architecture, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China;

2. Henan Yunji Shuwen Information Technology Co. Ltd., Zhengzhou 450000, China)

Abstract: At present, there is a large amount of physical environment data in the protection of historical blocks, and the traditional way is difficult to meet the increasingly complex protection needs. In this paper, the construction method of three-dimensional spatial information model of historical blocks is studied by using oblique photography, BIM, 3D GIS and other technologies. Taking Shunbei block of Daokou Town as an example, the data information of the block is collected by oblique photography and preliminary investigation. On this basis, the three-dimensional models of architecture, municipal facilities and terrain of Shunbei block are built by using BIM technology. After the lightweight processing of the models, the interaction between BIM and 3D GIS is completed with the help of the integrated system, and the database of Shunbei block is constructed to realize information sharing in 3D GIS environment. This study will provide a new method and idea for the three-dimensional visualization research of historical block protection.

Key words: historical block; Daokou town; BIM; 3D GIS; lightweight

历史街区保护是一项涉及综合性信息管理复杂工作, 需要进行大量历史资源地理信息数据的收集、处理和分析, 基于传统的工作方式难以满足其复杂的保护需求^[1]。

随着数字化技术的推进, 为历史建筑保护工作提供了新方法、新机遇。BIM 技术、GIS 技术被运用于古建筑^[2-3]及历史文化名城^[4]保护中, 其中, BIM 技术主要应用在古建筑构件及单体的层

面, GIS 技术在古建筑保护上主要表达为二维 GIS, 无法表达真实世界及建筑在 Z 轴上的分层分级信息。部分研究将 BIM 与 3D GIS 的结合应用在古建筑保护工作中^[5-7], 实现了在三维 GIS 环境下共享 BIM 模型, 现有研究尚未将此技术方法应用在历史街区保护工作中并进行系统归纳总结。

由此, 以 BIM 和 3D GIS 技术为基础, 并结合使用倾斜摄影、BIM 模型轻量化等技术方法, 对

收稿日期: 2022-03-14

修回日期: 2023-05-05

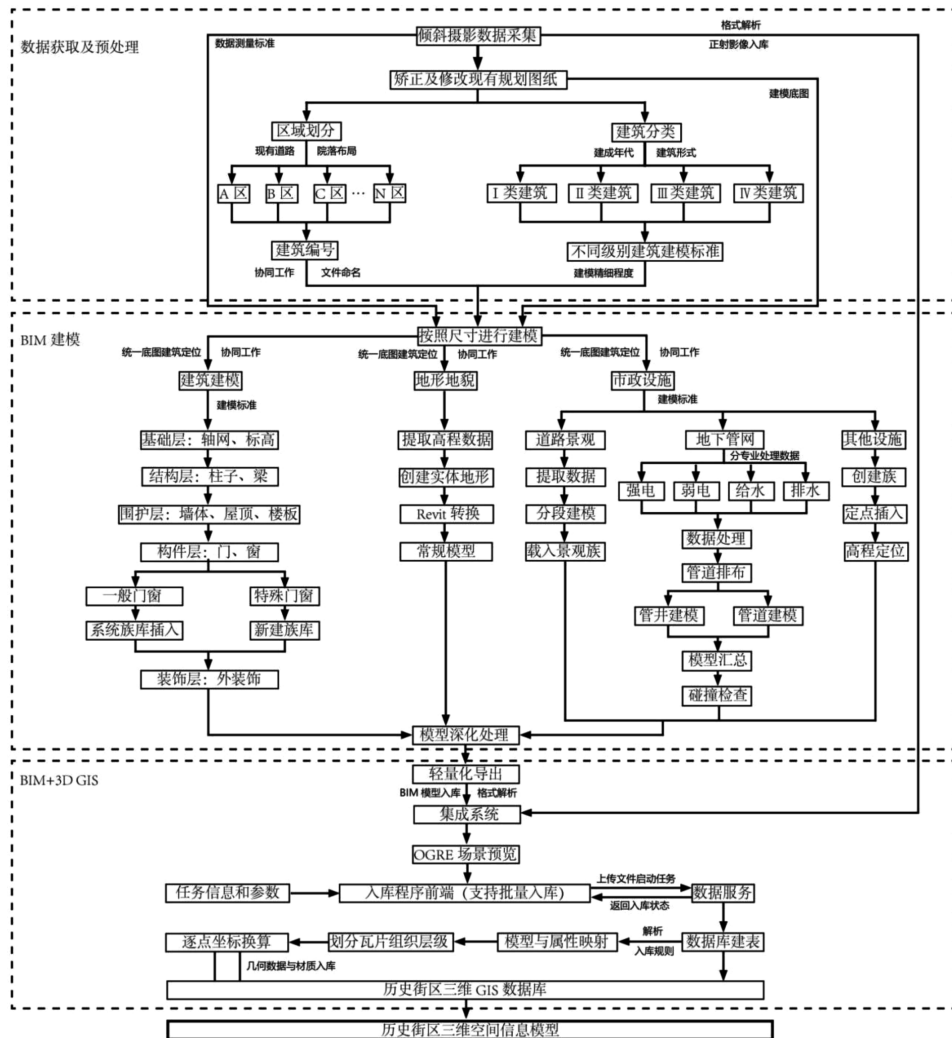
基金项目: 国家重点研发计划项目(2019YFE0106200)

第一作者: 吕红医(1970—), 女, 博士, 教授。主要从事建筑历史与理论、建筑遗产保护利用、历史城镇可持续发展方向的研究。E-mail: 492399472@qq.com

历史街区三维空间信息模型搭建的流程做出了梳理,并以滑县道口镇顺北街区为例,搭建了在3D GIS环境中实现共享的顺北街区空间数据库,为历史街区的数据储存、三维可视化展示以及空间分析提供了载体。

1 历史城镇三维空间信息模型构建方法研究

历史街区三维空间信息模型搭建方法的技术流程如图1所示。



注: I类建筑: 文物保护单位, 经县级以上人民政府公布应予以重点保护的文物古迹;
II类建筑: 历史建筑, 有一定历史、科学、艺术价值, 能够反映城市风貌和地方特色的构筑物;
III类建筑: 风貌建筑, 基本保存或局部保存着与街区整体相协调的传统格局和风貌, 具有一定历史文化和建筑艺术价值的建筑;
IV类建筑: 不具有传统格局或风貌的建筑。

图1 历史街区三维空间信息模型构建技术流程

Fig. 1 Technical flowchart of constructing 3D spatial information model of historical blocks

1.1 数据获取及预处理

1.1.1 数据采集

采集工作主要使用对比传统测绘方式更加高效便捷的倾斜摄影的技术手段并结合现场调研,将采集的无人机倾斜摄影数据进行空中三角测量计算后,得到OSGB格式的倾斜摄影三维实景模型,精度与实际尺寸误差范围为1~2 cm,作为街区三维建模的主要数据参考来源。

1.1.2 数据修正

(1)区域现状图纸整理:从相关规划部门得到规划图纸,结合倾斜摄影实景模型调整,并整理

图纸中街区内的高程点、建筑院落范围、建筑的结构形式(如砖混、砖木等)等。

(2)区域划分及建筑编号:根据历史街区的边界以及街区内部道路结合巷道肌理、院落布局等,将街区进行划分,并对每个区域以及建筑单体编号以便于后期建模的协同工作。

(3)建筑分类:结合标准规范^[8-9]以及实地调研,可将历史街区内的建筑按照建筑风貌分为I、II、III、IV共四类建筑(分类标准详见表1)。

(4)建模标准制定:根据建模标准^[10-11],制定顺北街区的信息模型细化到LOD300,即施工图设

计阶段,各部件建模标准如表1所示。

表1 各部件建模标准

Tab. 1 Modeling standards for each component

部位	建模标准
基础层	轴网和标高的技术参数
结构层	建筑结构的结构、材质及其技术参数等
围护层	围护结构的结构、形状、材质及其技术参数等
构件层	各个构件的形状、材质、技术参数等
装饰层	材料和材质信息、技术参数等
场地	地形和道路的几何信息应包括尺寸、形状、位置和材质等
地下管网	地下管网的材料和材质信息、技术参数等
其他	具体的类别形状、尺寸、材质等参

1.2 BIM模型搭建

历史街区的模型搭建主要有建筑和市政设施以及地形三个部分。

1.2.1 建筑模型搭建

在载入底图定位的基础上,参照三维实景模型的信息,对历史街区内不同等级的建筑进行模型搭建。根据建筑分类,不同等级的建筑对应不同的建模流程,主要体现在I、II类建筑的构件及外装饰层形式特殊,需要针对其样式新建族库插入。完成的建筑模型以链接形式汇总预览,以最小化占用电脑内存,通过服务器实现多人协作并实时检查模型中出现的问题并及时调整。

1.2.2 市政设施模型搭建

历史街区的市政设施主要有道路景观、地下管网和其他设施三个部分,需要各专业协同工作完成。其中道路景观部分的模型搭建需要整合场地中道路边界及其高程点,后期根据倾斜摄影定点插入景观族库;地下管网的模型搭建工作需要先整理各专业相关管道图纸,并对各专业管道模型链接汇总进行碰撞检查以优化模型;其他设施主要包括垃圾箱、路灯等公共设施,需要根据现状设施样式搭建族并定点插入。

1.2.3 地形地貌模型搭建

整合历史街区的高程点数据,生成街区地形的实体模型。

1.3 三维可视化GIS数据库构建

1.3.1 三维可视化平台构建

BIM和3D GIS两者的结合有利于历史街区场景的复原,通过自行研发的BIM插件,并借助数据集成系统作为3D GIS平台,完成两者的结合。在平台中载入OSGB格式的倾斜摄影模型等数据,并建立建筑、市政设施及地形等各专业目录。

1.3.2 各专业模型解析

将各专业的BIM模型轻量化导出为HIM文件,通过对原BIM模型的三角面简化、提取模型外壳和简化或删除子对象的方式减小BIM模型的体量^[12],不仅会减少模型所占内存,还做到了不丢失BIM模型的信息,通过入库工具将所有建筑模型依次导入到对应专业目录中,得到基于BIM和3D GIS技术的历史街区三维空间信息模型。

2 顺北街区三维空间信息模型应用实践

2.1 概述

道口镇位于安阳市滑县西北部,是隋唐大运河永济渠段重要的历史城镇,2013年道口镇被授予“国家级历史文化名镇”,2014年作为隋唐大运河滑浚段典型的历史城镇被列入世界文化遗产名录。

滑县道口镇顺北街区内传统“街+巷+院落”格局保存完好,为“三街十四巷”的格局肌理,主要街道沿运河走向设置。街区内建筑年代最早可追溯到清代,多为一到两层的砖木混合结构,现存建筑风格参差不齐。街区内主要有住宅和商铺两种业态,其中住宅主要沿胡同分布,商业集中沿顺河北街分布,保留有头铺武馆、头铺青狮全会、二郎神庙和清真寺等非遗场所。

2.2 数据获取及预处理

2.2.1 数据采集

使用精灵4RTK无人机进行航飞采集道口顺北街区的倾斜影像,设置无人机的飞行路线(如图2所示),对顺北街区进行针对性抵近飞行摄影,起飞点的坐标为经度为114°;30°;17.81°,纬度为35°;35°;2.10°,飞行高度控制在36 m以下,航向及旁向重叠率均为80%。将采集到的影像导入软件,根据空间坐标信息进行处理,生成有纹理的顺北街区及其周边环境的三维实景模型。

2.2.2 数据修正

(1)区域现状图纸整理:将顺北街区规划图纸调整,按照现有街区内建筑布局将顺北片区的建筑划分为364个院落(如图3所示)。

(2)区域划分及建筑编号:以街区内的顺河北街、顺北二道街、顺北三道街三条主要道路以及主要街道延伸出的街巷胡同等因素为划分的依据,将街区内建筑划分为15个区域,依次命名为A-O(如图4所示)并对每个区域内的建筑单体建筑依次进行编号。其中,区域内面积均在3 257~14 126 m²



图2 无人机航拍飞行路线图

Fig. 2 UAV aerial photography flight route map

范围内,建筑单体数量在35~135个之间,15个区域的总建筑单体数量为1 064个。



图3 院落及出入口整理

Fig. 3 Arrangement of yard and entrance



图4 区域划分示意图

Fig. 4 District division diagram of block

(3)建筑分类:顺北街区内的建筑按照建筑风貌分为四个等级,其中,顺北街区Ⅰ类建筑共有一处,为德庆诚绸缎庄,建于清末民初,有欧洲文艺复兴时期建筑风格;Ⅱ类建筑约占顺北街区的20%,可反映出顺北片区的历史与传统风貌建筑;Ⅲ类建筑约占32%,多为红砖建筑;Ⅳ类建筑约占48%,为近现代建筑。

(4)建模标准:本项目精度采用LOD300(同1.5)。

2.3 BIM模型构建

在项目中载入顺北街区规划图纸作为定位底图(如图5所示),并指定项目基点来定位所有相关

建筑及市政设施。



图5 顺北街区规划图

Fig. 5 Planning map of Shunbei block

2.3.1 建筑模型搭建

建筑模型搭建以院落为单位,文件按照建筑所在区域和编号命名,如“A-(9+10+11+12+13)”,并将每个区域的模型文件保存在同一文件夹内。

在Revit中通过网络将文件放置到服务器建立中心文件,建立A-O区共15个工作集,完成单个文件后上传至服务器并链接至中心文件中指定工作集,将各个建筑模型汇总到对应的区域内,实现所有建筑模型的实时汇总预览,顺北街区建筑汇总如图6所示。

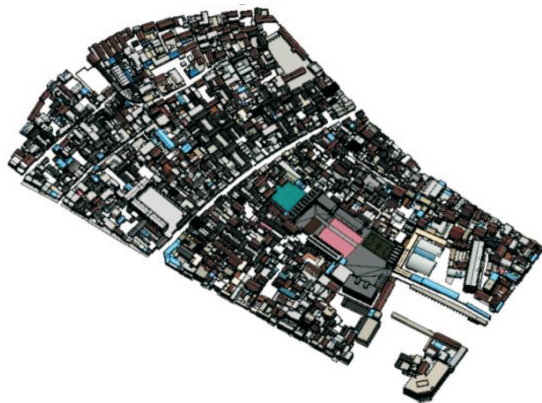


图6 汇总建筑模型

Fig. 6 Summary of building models

2.3.2 市政设施模型搭建

(1)道路景观:处理顺北街区的实景三维模型,提取其中高程点、街道边界等数据,导入到CAD图纸,使用“楼板工具”将分段根据高程点拟合现状道路并根据地下管网管井位置对道路模型进行调整,预留出管井位置。景观布置需要参考倾斜摄影中的具体位置,使用Revit中现有族库定点插入,如图7所示。

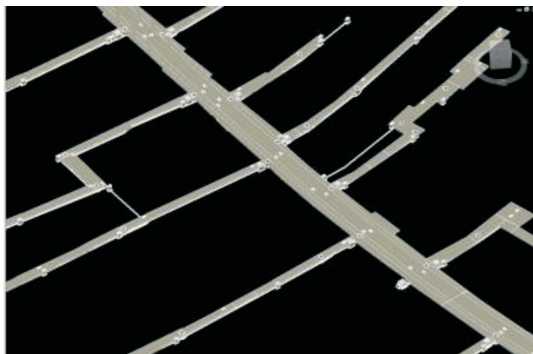


图7 道路 BIM 模型

Fig. 7 Road BIM model

(2)地下管网:处理顺北街区强电、弱电、给水、排水专业的图纸,保留图纸中的管道管井尺寸、定位信息等内容,并绘制现状布置管道断面排布图,依次搭建各专业的管井及管道的模型(如图8所示)。搭建完成后将各专业模型汇总并进行碰撞检查来优化模型,调整的基本原则为“有压让无压、小管让大管”,交叉处电专业在水专业上方翻越。

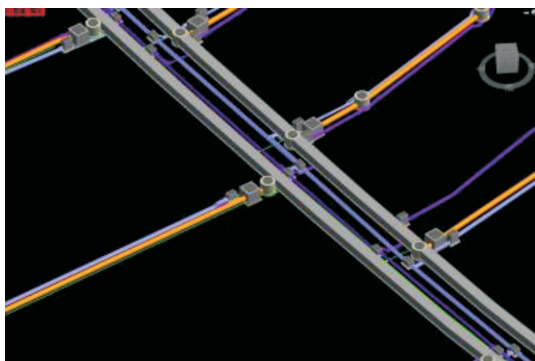


图8 地下管网模型

Fig. 8 Underground pipe network model

(3)其他设施:顺北街区的其他设施主要为垃圾箱、路灯等公共设施,通过倾斜摄影和实地调研确认其样式和位置,在 Revit 中建立对应的族并在模型内定点插入。

2.3.3 地形模型搭建

顺北街区内高程从 60.55 m 到 64.38 m 不等,将倾斜摄影处理的高程图纸导出 Civil 3D 中,生成地形的实体模型,随后将实体模型导入 Revit 中转化为常规模型形成街区的地形模型。

2.4 道口镇三维可视化 GIS 数据库构建

2.4.1 3D GIS 平台构建

顺北街区 3D GIS 平台借助于业内数据集成系统来集成顺北街区的 BIM 模型以及倾斜摄影等数据,形成项目三维可视化 GIS 数据库,载入街区的 BIM 模型、倾斜摄影等数据以实现真实自然地理环境中展示顺北街区建筑物与地形环境以及市政设施的空间结构关系。

2.4.2 各专业模型解析

在项目中建立建筑、市政设施、地形等各专业的目录,将顺北街区各专业的 BIM 模型经轻量化处理,得到的模型体量减小为原来的 14%。采用坐标系入库并指定模型中心点的方式将模型导入业内集成系统,使各专业模型在 3D GIS 中有真实的地理位置数据信息。

各专业模型导入后在平台中参考导入的顺北街区倾斜摄影三维模型对各专业 BIM 模型的位置进行修正,使模型与倾斜摄影的影像基本重合,并完成对倾斜摄影的裁剪作为街区周围的环境,完成基于 BIM 和 3D GIS 技术的道口镇三维可视化 GIS 数据库构建(图9所示)。

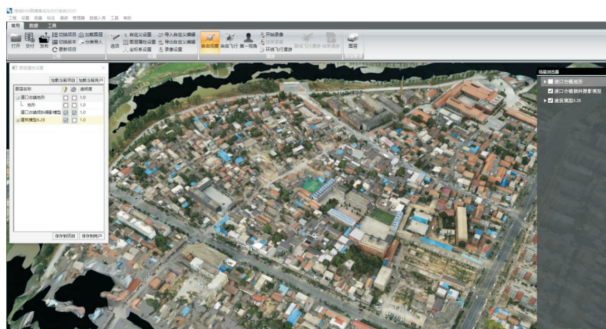


图9 顺北街区三维空间信息模型

Fig. 9 Three dimensional spatial information model of Shunbei block

3 结论

本文以 BIM 和 3D GIS 技术的结合为基础,并借助 BIM 模型轻量化技术,避免历史街区大规模的 BIM 模型降低加载速度和三维展示效果^[13],使 BIM 与 3D GIS 更高效集成融合,研究了针对历史街区的三维空间信息模型构建方法,形成了一套完整的搭建历史街区三维空间信息模型的技术流程,让历史街区的保护变得更加方便和精准,在历史街区保护方面上有广泛的应用前景:

(1)数据存储:三维空间信息模型的构建,可以存储历史街区及周边环境的现状数据;

(2)可视化展示:利用 BIM+3D GIS 技术构建的历史街区三维信息模型实现了历史街区的信息模型三维可视化完整表达,给管理人员以及游客带来更直观的街区空间展示,从而有利于管理者的决策以及街区文化的传播;

(3)空间分析的载体:在三维空间信息模型中加载历史街区的采光分析、风环境分析、能耗分析、疏散分析等内容,实现研究内容与成果的可视化表达,同时也能应用于优化设计以及等。

历史街区的三维空间信息模型在构建的整体流程中存在着难点,在后续研究中可以做出改进:

在历史街区内 BIM 模型搭建方面,存在街区内建筑数量多且形式多样、设备设施种类样式繁多等问题,造成 BIM 模型搭建的工作量大、耗时长,需增强前期对历史街区中建筑以及设备设施的分类整理,以减少建模的工作量,同时也有利于后期的统一管理;BIM 模型与 3D GIS 的结合方面,存在端口不够高效的问题,如在集成系统中导入 BIM 模型时无法精确定位,造成后期调整的不便,对此需要探索一种使两者的结合更高效并且兼容性更强的端口,既能够实现 BIM 和 3D GIS 技术的高效结合,又能够充分展示两者的特性。

参考文献 References

- [1] 胡章杰,李响. 基于空间信息的历史文化城镇保护研究与应用[J]. 测绘通报,2019(S2):267-270.
HU Zhangjie, LI Xiang. Protection of historical and cultural towns based on spatial information research and application[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2019 (S2) : 267-270.
- [2] 王茹,韩婷婷. 基于 BIM 的古建筑构件信息分类编码标准化管理研究[J]. 施工技术,2015,44(24):150-109.
WANG Ru, HAN Tingting. Research on standardization management of information classification and coding of ancient building components based on BIM[J]. Construction technology, 2015,44 (24) : 150-109.
- [3] 张爱琳,闫泽文,惠之瑶,等. 结合点云数据与 BIM 技术的古建筑三维模型构建方法研究[J]. 制造业自动化,2020,42(1):122-125.
ZHANG Ailin, YAN Zehui, HUI Zhiyao, et al. Research on 3D modeling of ancient buildings based on point cloud data and BIM technology[J]. Manufacturing Automation, 2020,42(1):122-125.
- [4] 何婧,周恺,周子乔. 基于 GIS 的长沙市历史文化名城智慧管理研究[C]//. 持续发展 理性规划——2017 中国城市规划年会论文集(09 城市文化遗产保护). 东莞: 中国建筑工业出版社,2017:185-205.
HE Jing, ZHOU Kai, ZHOU Ziqiao. Research on intelligent Management of Changsha Historical and Cultural City based on GIS[C]//. Rational planning for Sustainable Development—Proceedings of 2017 China Urban Planning Annual Conference (09 Urban Cultural Heritage Protection). Guangdong, Dongguan:China Architecture Publishing & Media Co., Ltd., 2017: 185-205.
- [5] 石若明,刘昊,王锐英,等. 府学胡同 36 号院古建筑信息模型建立研究[J]. 北京建筑大学学报,2014,30(4): 1-7.
SHI Ruoming, LIU Hao, WANG Ruiying, et al. Study on building acientarchitecture in formation model of Fuxue Hutong 36 Yard[J]. Journal of Beijing University of Civil Engineering and Architecture,2014,30 (4):1-7.
- [6] 刘雅艳,丁锐. BIM 与三维 GIS 在古建筑信息模型中的应用研究[J]. 科学技术创新,2017(35):135-137.
LIU Yayan, DING Rui. Application of BIM and 3D GIS in ancient building information model[J]. Science and Technology Innovation,2017(35):135-137.
- [7] 许建金,陆春光,郭旭,等. 基于激光点云数据的古建筑 BIM 三维重建与信息化管理研究[J]. 无线互联科技, 2019, 16(15):117-118.
XU Jianjin, LU Chunguang, GUO Xu, et al. Research on BIM 3D reconstruction and information management of ancient buildings based on laser point cloud data[J]. Wireless Interconnection Technology, 2019, 16(15): 117-118.
- [8] 住房和城乡建设部,文物局. 历史文化名城名镇名村保护规划编制要求(试行)建规[2012]195 号[A]. 2013. Ministry of Housing and Urban-Rural Development, Cultural Heritage Administration. Requirements for compilation of Protection Planning for Famous historical and cultural cities, Towns and Villages (Trial)[A]. 2013.
- [9] 中华人民共和国国务院. 历史文化名城名镇名村保护条例国办发[2008]254 号[A]. 2008. State Council People's Republic of China. Regulations on the protection of famous historical and cultural cities, towns and villages[A]. 2008.
- [10] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑工程信息模型应用统一标准: GB/T 51212—2016[S]. 北京: 中国建筑工业出版社,2016
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Unified standard for application of building engineering information model : GB/T51212—2016[S]. Beijing: China Architecture & Building Press,2016.
- [11] 清华大学软件学院 BIM 课题组. 中国建筑信息模型标准框架研究[J]. 土木建筑工程信息技术,2010,2(2):1-5. Research Group of BIM, School of Software, Tsinghua University. Research on the standard framework of China building information model[J]. Civil Building Engineering Information Technology, 2010,2(2):1-5.
- [12] 陈科,张力,管林杰,等. 考虑几何特征的 BIM 模型轻量化方法研究[J]. 人民长江,2022,53(2):209-213. CHEN Ke, ZHANG Li, GUAN Linjie, et al. Considering the geometric features of the BIM model lightweight method research[J]. The People of the Yangtze River, 2022,53 (2) : 209-213. T
- [13] 许浩,李珊珊,张明婕,等. 城市信息模型平台关键技术研究[J/OL]. 国土资源信息化: 1-6 [2022-06-06]. <http://h-p.kns.cnki.net.zzulib.vpn358.com/kcms/detail/11.4481.N.20220427.0931.010.html>
XU Hao, LI Shanshan, ZHANG Mingjie, et al. City information model platform key technology research[J/OL]. Informationization of land and resources: 1-6 [2022-06-06]. [http://h-p.kns.cnki.net.zzulib.vpn358.com/kcms/detail/11.4481.N.20220427.0931.010 HTML](http://h-p.kns.cnki.net.zzulib.vpn358.com/kcms/detail/11.4481.N.20220427.0931.010.html)

(编辑 吴海西 沈 波)