

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.12.021

基于BIM技术的大尺度海绵城市建设三维模型快速创建

许乃星¹, 陈奕¹, 林显治², 陈越强², 贾雯², 陈清²

(1. 福州市规划勘测设计研究总院, 福建 福州 350108; 2. 福建品成建设工程顾问有限公司, 福建 福州 350013)

摘要: 针对传统手段管理海绵城市建设存在的缺乏直观展示、信息断层、多方工作难以协调等问题, 结合海绵城市规划建设特点, 综合运用 BIM、GIS 及三维实景技术等信息化技术, 提出大尺度海绵城市建设三维模型快速创建方法。以福州三江口片区为案例, 创建了海绵城市设施的三维立体(地下+地上)模型。利用该模型作为载体, 可存储并集成海绵城市建设全生命周期过程的多类信息, 并实现信息共享与挖掘利用, 同时也为构建多专业协同数字化设计平台、实现多方协同办公奠定基础。

关键词: 海绵城市; BIM; 快速创建; 大尺度; 三维模型

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)12-0111-06

Research on 3D Model Rapid Creation of Large Scale Sponge City Construction Based on BIM Technology

XU Nai-xing¹, CHEN Yi¹, LIN Xian-zhi², CHEN Yue-qiang², JIA Wen², CHEN Qing²

(1. Fuzhou Planning Surveying & Design Research Institute, Fuzhou 350108, China; 2. Fujian Bimtrans Construction Projects BIM Consulting Co. Ltd., Fuzhou 350013, China)

Abstract: Many problems exist in the traditional management of sponge city construction, such as lack of intuitive display function, information discontinuity, difficult coordination of multi-party work, etc. Based on the characteristics of the planning and construction of the sponge city, a rapid creation method for 3D model of large scale sponge city construction was put forward with the information technology such as BIM, GIS and three-dimensional real technology. Taking the project of Sanjiangkou area as a case, a three-dimensional (underground + ground) integrated model of sponge city facilities was created. Using this model as the carrier, the multi-class information of the whole life cycle process of the construction of the sponge city could be stored and integrated, and the information sharing and exploring could be realized. At the same time, the foundation for the construction of multi-professional collaborative digital design platform and multi-cooperative office could be built.

Key words: sponge city; BIM; rapid creation; large scale; 3D model

作为城市水问题综合治理措施,海绵城市建设内容复杂,涉及面广,是一项大型综合性工程,海绵城市规划建设的管理工作难度较大。目前海绵城市

规划建设管理工作主要依靠文字、二维图纸和电子表格,存在信息断层、展示不直观、各方工作协同不足等问题,不利于海绵城市建设的顺利推进。

基金项目:福建省住房和城乡建设厅科技研究开发项目(2017-k-44)

现阶段蓬勃发展的 BIM 技术为应对海绵城市规划建设管理问题提供了可能,目前 BIM 技术逐步在个别单体工程设计、施工、运维层面开展探索与应用,如建筑工程、水利水电工程、市政路桥等^[1-4],但如何应用 BIM 技术构建可视化的海绵城市设施三维立体模型(地下+地上),尚无案例。

海绵城市 BIM 三维模型是 BIM 应用的关键基础,其既是海绵城市规划建设运维全过程信息共享的载体,也是多专业协同数字化设计与协同办公平台的基础。

1 海绵城市三维模型的建模需求

1.1 坐标系统的统一

坐标系统用于表示地理要素、图像和观测结果的参照系统,坐标系统的定义能够保证地理数据在软件中正确显示其位置、方向和距离,其是模型构建的基础需求。常见坐标系包括地理坐标系、投影坐标系及城建坐标系,其中,地理坐标系(GCS)是使用三维球面来定义地球上的位置;投影坐标系则是将球面坐标转化为平面坐标的过程;城建坐标是当地以国家某个控制点为坐标原点而建立^[5]。

在海绵城市建设运维过程中,将不断融入新的模型与数据信息,因此需将不同坐标系进行统一。

1.2 建模需求

根据海绵城市规划建设内容和特点,其构建模型的类型主要分为以下四个方面:

① 地形模型构建需求。地形地势、坡向、坡度与粗糙度是影响降雨汇流过程的主要因素,海绵城市建设三维模型需要对地面起伏进行准确描述,三维虚拟化现实环境的地形地势,以可视化的形式精确、直观地表达展示真实汇水情况。

② 管线模型构建需求。地下管线是城市的“血管”和“神经”,其中雨污管线是海绵城市过程控制的重要措施。传统的二维表达管理方式难以准确、直观地显示管线交叉排列的空间位置关系,故其三维可视化表达是真实展示海绵过程管控的依据。

③ 场景模型构建需求。海绵城市规划建设涉及众多场景要素,需要将区域内的建筑小区、公园绿地、河道、道路等创建、可视化,此类设施模型可进行一定的简化。

④ 精细模型构建需求。重点海绵设施的设计、建设、竣工验收、运营和展示对模型精细度有更高的要求,需要精细化构建此类设施,以满足工作

需求。

2 海绵城市 BIM 建模软件与技术选型

2.1 海绵城市 BIM 建模软件选型

针对海绵城市建设涉及的不同场景与建模需求,应选用适合的针对性建模软件,以综合协调建模成果,提高建模效率,快速创建大尺度海绵城市建设 BIM,选型具体如下:

① 选择 AutoCAD Civil 3D 构建地形模型

地形曲面即数字地形模型,以密集的地形模型点坐标表达地面形态。Civil 3D 可使用多种不同的样式(如等高线或坡度分析)来显示曲面,曲面数据以三角网模式来存储和操作,Civil 3D 创建的不规则三角网能够避免地形平坦时的数据冗余,又能按地形特征点表示数字高程,在表示复杂表面时具有较大优越性。该软件的三维动态工程模型有助于快速完成道路工程、场地、雨水/污水排放系统以及场地规划设计。

② 选择 Trimble SketchUp 构建管线模型

Trimble SketchUp(建筑草图大师)是一套直接面向设计方案创作过程的设计工具,允许操作者直接在电脑上进行直观构思,使用简易。现状雨污水管线数据源基本是 GIS 数据,在将管线 GIS 数据坐标统一后,可使用 SketchUp 直接读取管道信息文件创建三维管线。

③ 选择 Autodesk 3dsMax 构建场景模型

场景模型需要将区域内的建筑小区、公园绿地、河道、道路等创建出来,Autodesk 3dsMax 渲染真实感极强、工作灵活、制作效率高,很适合场景模型的表达。

④ 选择 Bentley ContextCapture 和 Autodesk Revit 构建重点设施精细模型

精细模型分为已建成工程和已设计未建成两部分模型。针对已建成设施,三维实景建模具备建模成本低、建模效率高、精细度可达毫米级等优势,如 Bentley 可基于航空拍摄的数字影像照片生成高分辨率的三维模型;针对已设计未建成的设施,Autodesk Revit 界面直观、协同设计、应用面广,有利于后期施工、运维的全过程管理。

2.2 三维实景建模技术

基于现实条件获得的三维实景模型有极其丰富的三维环境,可逼真反映海绵设施(如雨水花园)的地形地貌、建筑特征及具体设施的长度、面积、体积、

经度、纬度等,而且能在三维模型中进行地理定位,这些信息均可用于后期设计、改造和运维工作。海绵城市 BIM 建模宜选用三维实景建模技术对已建成设施进行建模:对于大尺度地表海绵设施(如建筑、道路、河道、雨水花园、下凹式绿地等),可选用无人机倾斜摄影技术;对于地下设施、建筑内部(如调蓄池等)及其他精细要求更高的设施,三维激光扫描技术通过高速激光扫描测量的方法,可以深入

到复杂的现场环境及空间进行扫描操作,直接实现各种复杂、不规则、标准或非标准的实体建模。

3 海绵城市三维模型快速创建方法

3.1 整体方法技术流程

大尺度海绵城市 BIM 的构建主要包括建模标准制定、数据收集与预处理、坐标系统一、构件模型创建和模型集成等 5 部分。

方法技术流程见图 1。

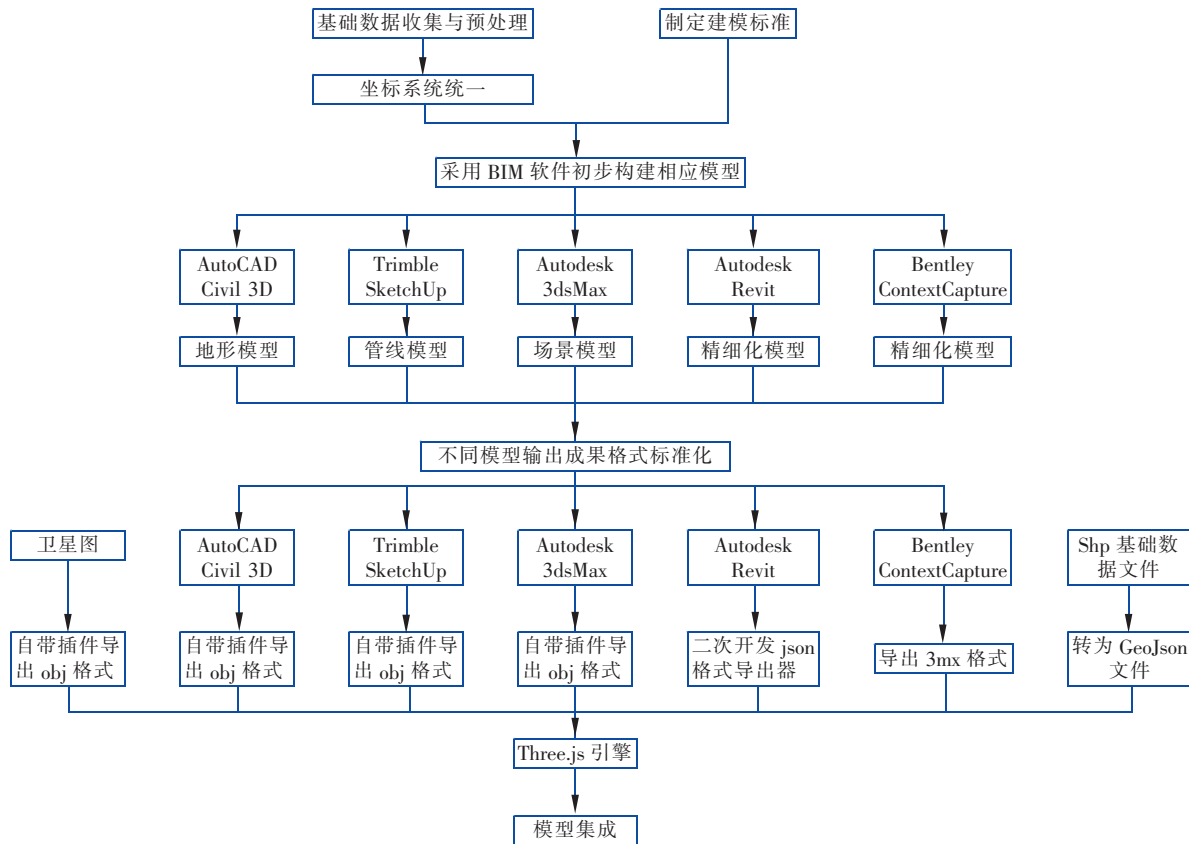


图 1 大尺度海绵城市建设三维模型快速创建方法流程

Fig. 1 Flow chart of 3D model rapid creation for large scale sponge city construction

① 制定建模标准

海绵城市 BIM 三维模型构建工作量大,应先制定 BIM 建模标准,包括建模内容与深度划分、模型命名规则、建模深度要求、模型及文件格式和模型更新规则等,根据不同需求进行不同标准的建模。

② 收集基础数据并进行预处理

首先收集区内地理信息、城市规划与设计信息、具体工程项目设计信息、区域海绵系统化方案等如 dwg 地形数据文件、GIS 数据、地下雨污管线数据库文件、项目效果图、施工图等,然后将收集的数据进行整合、梳理、剔除错误信息。对于航空拍摄数据需

要进行影像匀光匀色处理、畸变查校正等预处理。

③ 统一模型坐标系

为便于海绵城市建设 BIM 建模与后期运营中融入新的模型与信息,将地理坐标系、投影坐标系等不同坐标系的信息统一转化成城建坐标系。可使用 ArcGIS 进行投影转化,将 shp 数据坐标系转为城建坐标系统。

④ 构建海绵城市构件模型

结合 BIM 软件选型,采用针对性建模软件和方法分别对地形模型、管线模型、场景模型、重点设施精细模型等进行初步构建,并进行修正完善。由软

件生成的初步模型可能存在一定偏差,如数据读取错误、连线断裂、重叠等,需进行人工调整修正完善。

⑤ 集成综合模型

开发模型集成框架,对各海绵构件模型成果导入、集成最终模型,模型集成框架应兼容上述各构件模型成果数据格式;若不满足,则将上述各构件模型成果数据格式转化为可导入模型集成框架的格式,或者优化模型集成框架,使之兼容上述各构件模型成果数据格式。

此步骤包括以下两部分内容:一是对不同构件模型输出成果的格式进行标准化;二是基于标准引擎,对构件模型进行集成,形成最终的海绵城市 BIM 成果。

3.2 海绵城市构件模型的创建

3.2.1 基于 AutoCAD Civil 3D 构建地形模型

根据 dwg 地形数据文件,确定地形的等高线及高程点,从而创建地形曲面(见图 2)。人工进一步修正完善:①加特征性方式处理山谷断裂线;②图片清理命令融合粘连等高线;③化多余密集顶点减少曲面数量;④导出 landxml 中间格式后重新导入,减小文件占用的存储空间;⑤调试设置曲面三角形最长边尺寸,优化地形曲面形态。

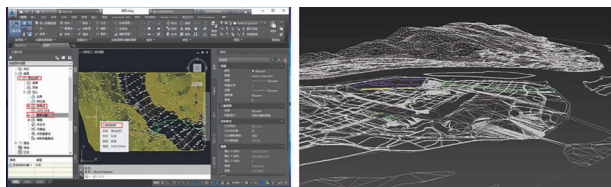


图2 基于 AutoCAD Civil 3D 构建地形模型

Fig. 2 Building a terrain model with AutoCAD Civil 3D

3.2.2 基于 Trimble SketchUp 构建管线模型

将地下雨污管线数据库文件(.mdb)文件导入 microsoft sql server 数据库,获取关键信息生成管道信息表,通过 SketchUp 读取管道信息文件来生成三维管线,见图 3。

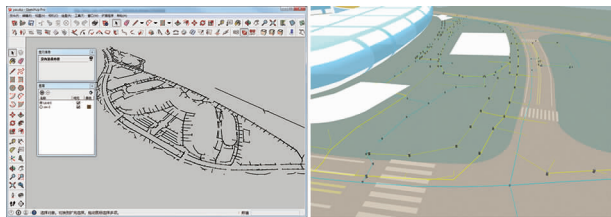


图3 基于 Trimble SketchUp 构建管线模型

Fig. 3 Building a pipeline model with Trimble SketchUp

3.2.3 基于 Autodesk 3dsMax 构建场景模型

采用 3dsMax 软件对海绵城市场景模型进行一般建模,根据建模精细程度又可分为简略模型与材质贴图模型。简略模型根据 dwg 标识建筑轮廓、比例、高度、大小,创建体块模型;材质贴图模型在简略模型基础上,根据项目效果图、施工图修整模型细节,赋予材质贴图,并调整材质参数,见图 4;最后使用插件 Forest Lite5. 4. 0 快速生成片区范围内的树木。

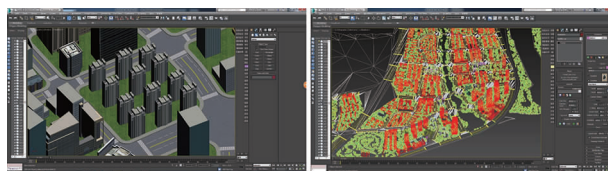


图4 基于 Autodesk 3dsMax 构建场景模型

Fig. 4 Building a scene model with Autodesk 3dsMax

3.2.4 构建重点设施精细模型

① 构建已建成的重点设施精细模型

基于现实条件下得到的三维实景模型有丰富的三维环境,能让用户从多个角度观察地物,并且能采集所有细节,逼真反映公园绿地的地形地貌、建筑特征和具体空间尺寸与地理定位(如设施的高度信息和空间距离等),这些数据信息能够用于后期设计、改造和运维工作中。

以福州海峡会展中心为三维实景建模对象,选用无人机航空倾斜摄影技术(分辨率为 0.05 m),采用 Bentley 进行精细建模。

建模结果见图 5。



图5 三维实景技术构建精细模型

Fig. 5 Construction of fine model with three-dimensional real technology

流程是:结合无人机航空倾斜摄影技术,对航空拍摄数据进行预处理后,采用 Bentley 进行精细建模数据预处理,包括数据监测、影像匀光匀色处理、畸

变查校正等步骤,可将影像采样率降低后再进行空中三角测量处理,再在此结果基础上采取全像素进行空中三角测量处理,节省处理时间、提高效率。

构建模型阶段包括数据分块、点云匹配、TIN网构建、纹理贴图。遇到总像素比较大或者计算机配置较低的情况,应进行分区处理,要控制好各分区之间的重叠度和像控点的布设。

② 未建成重点海绵工程项目精细化建模

选择在建的福州海峡文化艺术中心进行 Revit 精细建模,流程包括:a. 根据 dwg 数据文件,创建项目样板,添加轴网、标高,设置项目位置、方位角;b. 建立不同的建筑模型视图,剖面、立面和 3D 视图,创建主体场馆 BIM;c. 建立海峡文化艺术中心周边景观模型,建立停车场、道路、人行道及生态驳岸设施,使用地形表面附属区域定义现有道路和其他地面元素。

采用 Revit 精细建模结果见图 6。

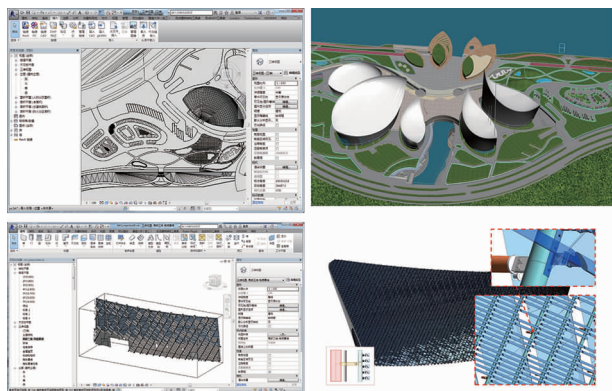


图6 基于 Revit 建模构建精细模型

Fig.6 Building a fine model based on Revit modeling

在 Revit 软件建模中,最关键的是族的构建,所有图元都是基于族。族是一个包含通用属性(参数)集合相关图形表示的图元组,即参数化构件,建模过程中可直接调取族库的参数化构件模型。

在使用 Revit 构建海绵工程项目三维模型过程中,焦点包括:a. 各构件应进行统一的数据库编码,方便后期工程量统计查询;b. 基础构造应能支撑整个建(构)筑物;c. 结构模型需确认各构件的保护层;d. 钢筋搭接如无绘制,会造成数量上大幅度的差异;e. 结构与机电模型需确认与建筑模型的方向定位皆相同。

3.3 海绵城市BIM集成

① 不同构件模型成果格式标准化

采用不同来源的基础数据,通过不同软件建模后的成果输出格式会有所区别,因此需要对不同构件模型成果格式进行标准化输出。使用 AutoCAD Civil 3D、Trimble SketchUp 和 Autodesk 3dsMax 自带插件导出 obj 文件;Revit 导出 rvt 格式模型文件;Bentley ContextCapture 导出 3mx 格式模型文件。

② 集成最终模型成果

海绵城市构件模型成果集成整合后,才能实现海绵城市区域的完整展示及表达。Three.js 是一款可在浏览器中便捷运行的 3D 引擎,可用于创建各种三维场景,包括摄影机、光影、材质等各种对象。基于 Three.js 框架二次开发,可将海绵城市构件 BIM 导入该引擎进行集成整合。

除了将海绵城市构件模型成果导入 Three.js 外,利用 Photoshop 将卫星图轻量化处理,作为地形图材质导入;部分未经其他建模软件处理的 shp 格式模型文件(基础数据)可直接使用,但无法导入 Three.js,故将 shp 格式文件转化为 GeoJson 文件(一种对各种地理数据结构进行编码的格式),进而对接 Three.js。

4 建模案例

4.1 案例情况与建模过程

采用大尺度海绵城市建设三维模型快速构建方法,对福州三江口国家海绵城市试点片区 34.95 km² 进行了案例建模。该区域位于福州南台岛东部,区域涵盖内涝区域、黑臭水体、城中村重点改造区等,不仅涉及到水环境系统,还与城市有机更新、既有建筑改造等息息相关。

根据三江口海绵城市建设运维要求,首先制定了建模标准,对收集的基础数据进行预处理,并将数据坐标系统一转化为福州城建坐标系;继而分别构建三江口片区的地形模型、管线模型、场景模型、重点海绵设施精细模型等;最后,对成果进行标准化与集成,形成海绵城市三维立体模型。

4.2 海绵城市BIM创建成果

所构建的三江口海绵城市 BIM 成果如图 7 所示,包含了区范围内的建筑、道路、河道、LID 设施、综合管廊、排水管网、绿地系统、地铁等要素,可实现海绵城市源头、过程、末端全过程要素的三维立体(地下+地上)可视化展示与管理(流程见图 8),可为海绵城市系统化规划、建设、评估、管理提供有力支撑。

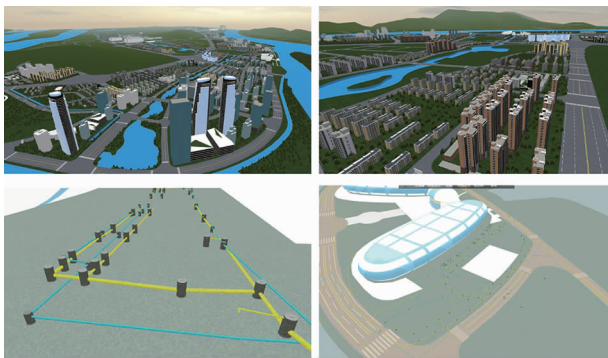


图7 案例模型成果

Fig. 7 Results of case model

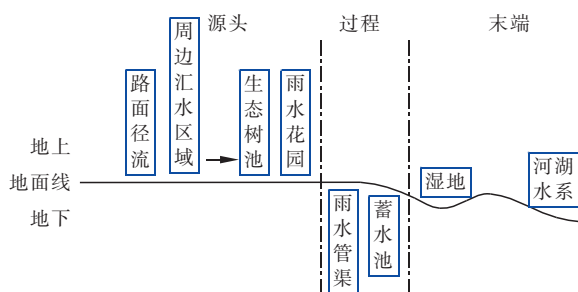


图8 海绵城市全过程系统运行示意

Fig. 8 Schematic diagram of the whole process system of the sponge city

5 结论

为了应对传统二维措施无法直观、有效地统筹海绵城市系统化建设工作,结合海绵城市建设内容与特点,综合 BIM、GIS 及三维实景技术等信息化技术,探索了大尺度海绵城市建设三维立体(地下+地上)模型快速创建方法,以指导海绵城市三维模型建模工作,提高建模效率。经该方法构建的模型,可作为海绵城市源头减排、过程控制和末端治理的基础载体,有利于实现全过程信息共享与协同工作。

参考文献:

- [1] 胡振中,路新瀛,张建平. 基于建筑信息模型的桥梁工程全寿命期管理应用框架[J]. 公路交通科技,2010,27(9):20-24.
Hu Zhenzhong, Lu Xinying, Zhang Jianping. Building information model - based application framework for life cycle management of bridges[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development,2010,27(9):20-24(in Chinese).
- [2] 付翊,张尚义,师前进. 高层居住建筑群水系统 BIM 结

合绿色建筑优化设计[J]. 中国给水排水,2017,33(6):83-87.

Fu Hong,Zhang Shangyi,Shi Qianjin. Optimum design of water systems for a high-rise residential building cluster combined with technologies of BIM and green buildings [J]. China Water & Wastewater,2017,33(6):83-87 (in Chinese).

- [3] 吴冬毅,王广华,何则干,等. 深层隧道排水工程 BIM 建模及展示的应用研究[J]. 中国给水排水,2017,33(8):20-25.

Wu Dongyi, Wang Guanghua, He Zegan, et al. Application research on the modeling and display of deep tunnel drainage project based on the BIM technology[J]. China Water & Wastewater,2017,33(8):20-25 (in Chinese).

- [4] 钟炜,王鹤霖,王帅. BIM 辅助市政道路工程交互设计及协同管理应用[J]. 中国给水排水,2018,34(12):74-78.

Zhong Wei,Wang Helin,Wang Shuai. Application of BIM in municipal road project interaction design and collaborative management [J]. China Water & Wastewater,2018,34(12):74-78(in Chinese).

- [5] 顾秀梅,杨斌,高德政,等. ArcGIS 空间数据投影坐标转换方法研究[J]. 测绘科学,2012,37(4):164-166.
Gu Xiumei,Yang Bin,Gao Dezheng, et al. Transformation method for spatial data projection coordinates based on ArcGIS[J]. Science of Surveying and Mapping,2012,37(4):164-166(in Chinese).



作者简介:许乃星(1986-),男,福建宁德人,硕士,高级工程师,主要研究方向为城市规划与设计、BIM 技术应用与研发工作。

E-mail:551909096@qq.com

收稿日期:2019-09-06