

深层隧道排水工程 BIM 建模及展示的应用研究

吴冬毅, 王广华, 何则干, 潘振宇
(广州市市政工程设计研究总院, 广东 广州 510060)

摘要: 结合广州市深层隧道排水系统东濠涌试验段工程,开展 BIM 技术在深层隧道排水工程建模及展示的应用研究,明确了适用建模平台与协同方式,确立了项目建模标准,完成了族、工作模板的创建,以此为基础进行入流竖井和泵站、主/支隧道模型创建,并对模型进行了可视化校核和总装拼接,最后实现三维可视化展示。同时指出建模过程中存在的共性问题,提出了改进方向。

关键词: 深层隧道; BIM; 建模; 展示

中图分类号: TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)08-0020-06

Application Research on the Modeling and Display of Deep Tunnel Drainage Project Based on the BIM Technology

WU Dong-yi, WANG Guang-hua, HE Ze-gan, PAN Zhen-yu

(Guangzhou Municipal Engineering Design and Research Institute, Guangzhou 510060, China)

Abstract: The Donghao Creek trial-section project of Guangzhou deep tunnel drainage system was taken as an example, the application research on the modeling and display of deep tunnel drainage project by the Building Information Modeling (BIM) technology was conducted. In the research, the suitable modeling platform and cooperative mode were found, and the modeling standards for the project were established. Then, the families and templates for modeling were created. Based on the research above, the model of all the inflow vertical shafts, the pumping station and the master & branch tunnel was built. The model was assembled after being checked via visual way. Then, the 3D visual model of the project was displayed. The common problems that exist in the modeling process were pointed out, and the improvement of the model in the future was proposed as well.

Key words: deep tunnel; BIM; modeling; display

1 工程背景

深层隧道排水系统作为一种城市排水的创新方式,在对造成城市内涝的雨水进行蓄洪、疏导的同时也消除了初期雨水对环境的污染,是解决城市排水问题的有效方法之一^[1,2]。然而由于深层隧道排水系统位于深层地下空间,工程量庞大,结构形式复杂,涉及专业较多,协同要求高,工程周边环境复杂

多样,对传统以二维图纸为基础的工程设计提出了不小的挑战。

BIM(Building Information Modeling)技术是数字化浪潮在工程领域引发的技术变革,其以三维仿真模型为依托,通过数字信息系统的构建,实现工程项目全生命周期中信息的流转与应用,从而实现工程的数字化与智能化。目前 BIM 技术已经在建筑领

域得到了广泛的认可,并成功应用于国内外众多大型建筑工程项目中^[3]。BIM 技术在市政工程领域的应用近年来也开始逐渐起步,并得到越来越多的重视^[4]。将基于 BIM 的三维信息模型技术引入深层隧道排水系统建设中来,充分发挥其优势,将为深层隧道排水体系的设计、施工、运维等全生命周期的各个环节带来质量与效率的双重提升。

广州市深层隧道排水系统——东濠涌试验段工程作为国内深层隧道排水系统的首次工程实践,目前正在顺利实施中。本课题以东濠涌试验段工程为例,基于工程前期的设计资料,集成相关设计信息,建立起所有竖井模型、深隧主/支隧道模型和隧道管片模型等,并对各模型进行总体装配和拼接,形成完整的系统模型,实现项目的三维可视化展示,为下阶段 BIM 技术在东濠涌深隧工程设计、施工及运维阶段的应用研究打下基础;同时确立完整的深层隧道排水系统模型创建流程、构件拆分和命名标准,创建可以在其他类似深隧工程中重复使用的构件及设备族库,为今后开展类似工程 BIM 建模和应用做好技术储备。

2 工程概况

东濠涌深层隧道试验段工程作为广州市中心城区深层隧道排水系统规划的 6 条分支隧道之一,主要建设内容包括:外径 6 m 的深层隧道约 1.77 km,直径为 3 m 的新和涌排水管道约 1.4 km,深隧入流竖井 4 座,分别为东风路竖井(入流量为 $31 \text{ m}^3/\text{s}$)、中山三路竖井(入流量为 $4.8 \text{ m}^3/\text{s}$)、玉带濠竖井(入流量为 $4.8 \text{ m}^3/\text{s}$)和沿江路竖井(入流量为 $23 \text{ m}^3/\text{s}$),排水泵站一座(排洪泵组 $48 \text{ m}^3/\text{s}$ 、排空泵组 $3210 \text{ m}^3/\text{h}$)。服务范围为整个东濠涌流域范围,总汇水面积为 1247 hm^2 。工程实施将提高东濠涌全流域截污系统的截流倍数,削减雨季合流污水和初期雨水溢流污染,提高流域干渠排水标准至 $P=10$ 年。

3 BIM 建模研究

3.1 平台选择

目前,比较常用的 BIM 平台有国外 Autodesk 公司的 Revit 平台、Bentley 公司的 MicroStation 平台、Graphisoft 公司的 ArchiCAD 平台,以及 Dassault 公司的 CATIA 平台等。国内的如鲁班、广联达、探索者等 BIM 平台也在越来越多的大型项目中推广使用。其中,在市政给排水工程中应用较为广泛的是

Autodesk 公司的 Revit 平台。Revit 平台是一个综合的三维建模平台,它包含 Revit Architecture(建筑)、Revit Structure(结构)、Revit MEP(水暖电设备)等专业模块,可满足本项目大部分专业建模要求。Revit 平台数据可以被 Autodesk 旗下多专业多平台软件所读取利用,如 3dMax、Navisworks 等模拟和渲染平台。

考虑到 Revit 平台使用较广泛,与传统设计采用的 AutoCAD 平台以及国内其他的 BIM 应用软件兼容性好,在国内有包括污水处理厂在内的大量市政工程应用实例^[5~7],因此,本课题选择了 Revit 平台作为 BIM 核心建模平台。

此外,本课题后期展示软件试用了可视化和仿真软件如 Navisworks、3dMax、Lumion、Fuzor 等。

3.2 确立项目建模标准

模型是项目信息的载体,模型的建立是 BIM 技术在项目全生命周期中开展应用的前提。为确保模型的完整性和准确性,同时满足一定的深度要求,使其能够真实、全面地反映设计意图,保证后期应用顺畅,需要制定较为完善的项目建模标准,并在建模过程中遵照执行。

本次建模通过分析项目特点和软件的要求,并参考了《中国市政设计行业 BIM 实施指南(2015 年版)》,确定了项目的建模方法和流程,确定了统一的项目文档管理方法、模型拆分及命名方法、项目协同方法以及模型深度要求等一系列项目实施标准,确保项目按照统一的标准实施。

3.3 协同方式

BIM 技术的一个重要特点就是协同,针对项目特点设定合适的协同方式可以提高团队建模工作效率和模型质量。Revit 软件提供了两种不同的协同方式:链接方式和工作集方式。

工作集方式提供了一种在服务器上进行共享的方式,便于对项目进行总体控制,在进行项目设计时,只需将本地文件与中心文件同步,便能在项目文件中查看到其他专业的进展情况。此外,对模型的任何修改也能同步到中心文件进而反馈到其他专业的项目文件中,适用于出现较多交叉衔接的同一具体项目的建模工作。

链接方式则类似于 CAD 中的外部参照方式,链接的模型不会自动更新,但使用简单方便,不需要经常与服务器上的文件进行同步,在模型最后完成时

更新链接文件即可,而且可以通过多层链接减小模型文件大小,减轻硬件负担,这种方式适用于协同要求不高的情况。

因此,在本项目中对于总体模型和各入流竖井模型采用了工作集方式进行多专业协同,对每个入流竖井则根据专业复杂程度、人员分配情况采用了多种协同方式:模型简单、专业内容较少、一个人能完成各个专业建模的可以合并到一个模型文件上,模型完成后上传到中心服务器;模型复杂、需要多人配合完成同一专业的(如排水泵站 MEP 模型),采用工作集方式;模型复杂程度适中、专业交叉较少的采用链接的方式。

3.4 创建族、工作模板等基础工作

族是构成 Revit 项目的基本元素,是模型中可拆分的最小单元。除了 Revit 的系统族(如墙、板、柱等)外,软件安装包还自带了大量建筑、结构、机电等专业族库,但主要偏向于建筑专业,对市政给排水专业支持不足。因此,本次建模过程根据设计需要,创建了深隧相关的大量建筑及设备族库,如各类大型闸门、格栅机、钢盖板、花纹钢盖板等,并尽可能实现参数化,为下一阶段的建模工作奠定了坚实的基础。同时,族库还可作为成果积累,重复用于今后的深层隧道项目中。

此外,本课题根据东濠涌深隧项目的特点和设计表达习惯,通过修改 Revit 软件自带的项目模板,确定和统一了软件的基本参数设置、材质设置、管线系统设置等,形成了适合本工程的建筑、结构、MEP 等各专业的模板(见图 1),使不同建模人员所建模型能够符合统一的要求。后期还将根据模型在项目各阶段的应用需求进一步完善,如出图标准、各类材料统计表样式等。

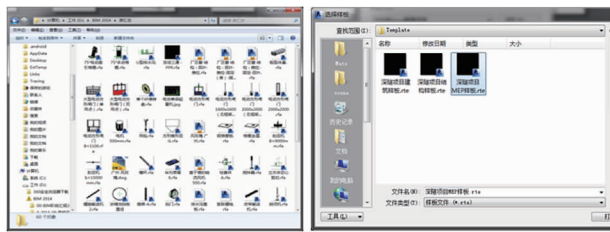


图 1 为本项目所建立的族和工作模板

Fig.1 Families and templates created for this project

3.5 入流竖井建模

本项目分别完成了东濠涌深隧工程的入流竖井和泵站的建模,包括东风路竖井、中山三路竖井、玉

带濠竖井、沿江路竖井、尾端提升泵站,包含建筑、结构、工艺(给排水)、通风、消防、电气等主要设计专业。按照 Revit 软件的功能特点,将建筑结构专业合并建模;工艺(给排水)、通风、消防、电气专业合并建模(简称 MEP 机电模型)。

3.5.1 建筑结构专业建模

首先完成各个入流竖井和泵站的建筑、结构模型。利用 Revit 软件的建筑模块功能完成了竖井的外形,包括墙、板、楼梯以及门、窗等内容;利用结构模块功能建立了结构梁、柱等内容;钢筋在本阶段暂不建模。完成的所有竖井和泵站的建筑结构模型见图 2。

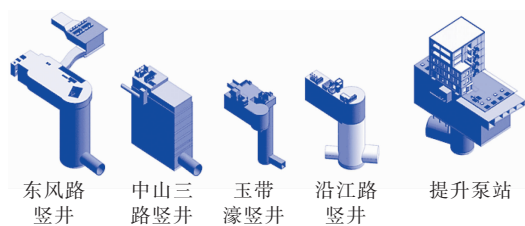


图 2 各入流竖井三维模型

Fig.2 3D models of all the inflow vertical shafts

各入流竖井模型不仅按照设计成果要求,包含了建筑、结构专业提供的实际外形尺寸信息,还录入了材质、参数等其他相关设计信息;不仅能查看外部形状,还能对模型进行任意位置地剖切和从任何角度进行查看(见图 3)。

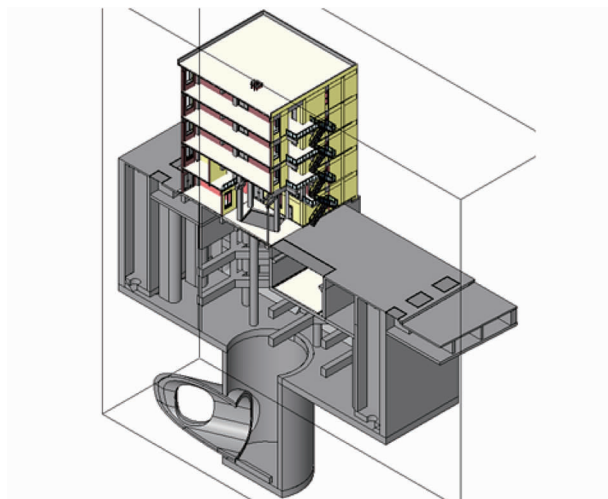


图 3 排水泵站建筑结构模型三维剖切视图

Fig.3 3D cutting view of the drainage pumping station model (architectural and structural)

3.5.2 MEP 建模

Revit MEP 模型包括工艺(给排水)、通风、消

防、电气等专业内容,即俗称的机电模型(见图 4)。为满足后期工程量统计和信息查询要求,建模过程中除了按各类管线和设备的外形尺寸、位置等进行建模外,还要将相应设备的设计参数等信息也录入到模型当中(见图 5)。

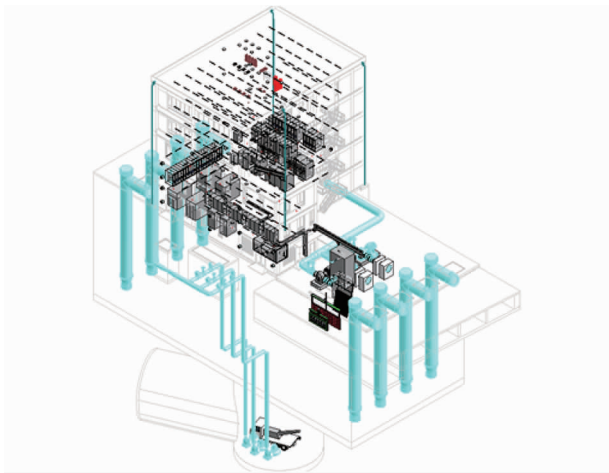


图 4 排水泵站 MEP 模型

Fig. 4 The MEP model of the drainage pumping station

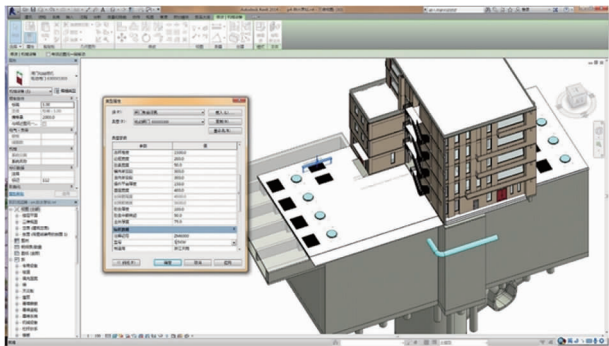


图 5 模型设备信息的录入和查询

Fig. 5 Input and query the equipment information of the model

由于 Revit 自带族库中缺少许多市政给排水设备族,需要建模人员根据相关设备的大样图、厂家资料等逐一建模,部分可重复使用的族还需要进行参数化设置,步骤繁琐、工作量大,是制约 MEP 建模效率的一个瓶颈。

3.6 主/支隧道建模

主隧道建模时探索了两种不同方法。一种方法是先在 AutoCAD 的三维平台进行建模,之后简化并转换为 Revit 族文件再载入到项目文件中。采用这种方式建模的优点在于可以依据带有平面位置和竖向标高的设计线型快速生成空间曲线模型,并且可

以将细节展现得较好,甚至可以将每环宽度为 1.5 m、包含的 6 片盾构管片的模型细节都建出来(见图 6)。但这种方式导致了模型细节过多,生成的族文件有上百兆,严重影响了模型整体运行。

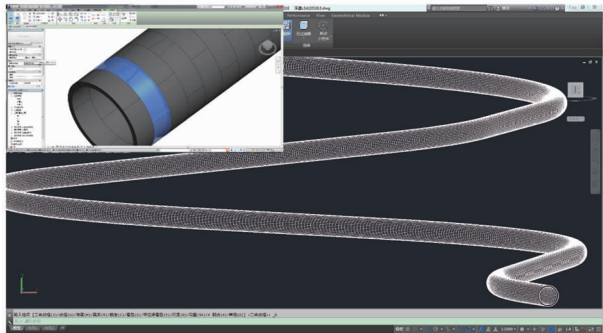


图 6 利用 AutoCAD 建立的主排水隧道模型(空间曲线,按管片划分)

Fig. 6 Master tunnel model built by the AutoCAD (space curve, consists by tunnel segments)

第二种方法采用 Revit 族编辑器放样生成空间样条曲线的方式进行建模。放样生成的模型为简化模型,包含了隧道的总体尺寸、标高、材质等信息,但不包含管片模型等细节,生成的模型文件较小,基本可满足总体模型的拼装整合和后期总体应用需求。用放样方式生成的主隧道和支隧道模型见图 7。

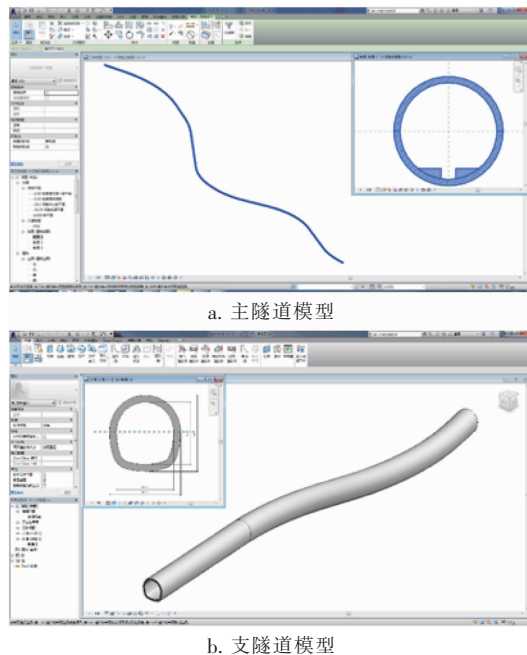


图 7 利用 Revit 族编辑器建立的主隧道和支隧道模型

Fig. 7 Master & branch tunnel model built by the Revit family editor

3.7 模型的总装拼接

在所有单体模型和主/支隧道模型建完后,进行了所有模型的总装,通过链接的方式将所有竖井模型放到总体模型文件中,调整相应位置和标高,形成了项目总体模型(见图8)。

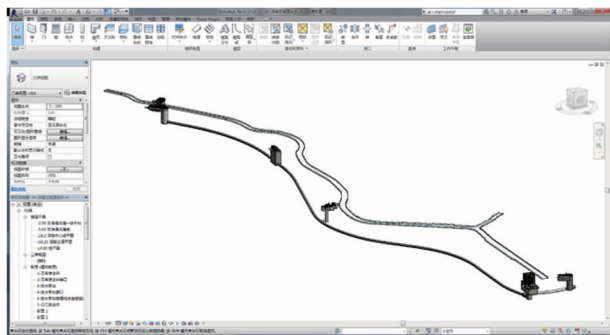


图8 完成总装拼接后的总体模型

Fig. 8 The general model assembled by all the units

其中,玉带濠竖井与主隧道衔接处、沿江路隧道与尾端竖井衔接处是模型衔接的难点。由于连通隧道和主隧道均带有坡度,接口水平中心线不在一个平面上,衔接处也不是90°对接,因此在二维设计上只能给出平面示意图,确定了竖直方向上中心线的位置,接口处难以详细表达。具体建模中,采用了按相应形状新建空心族来剪切实体族的方式(见图9),实现了接口的完全贴合,体现了三维模型解决复杂空间问题的优势。

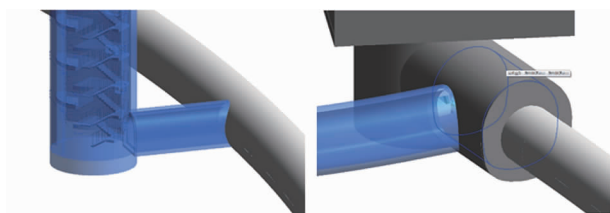


图9 对模型交接处进行剪切和拼装

Fig. 9 Cutting and assembling the junction of the model

4 模型的校核与展示

4.1 模型的校核

模型完成后需要进行校核,主要从以下三个方面进行:①模型与图纸的对比审查——主要审核模型与原图符合性,可以将CAD平剖面图链接或插入到模型对应的平剖面视图位置上进行对比检查;②模型外观审核——可以通过虚拟现实软件 Navisworks、Fuzor 等对三维模型进行同步漫游浏览,从外观上可以较容易地检查出模型是否构建合理、有无错漏等明显问题,并将问题记录和返回到模型中进行快速修改(见图10);③模型信息审核——主要是检查模型信息录入内容的准确性、完整性,特别是主要工艺设备、特殊构件的材质信息需要查询核对,也可以在后期通过导出材料表的方式进行核实。

行快速修改(见图10);③模型信息审核——主要是检查模型信息录入内容的准确性、完整性,特别是主要工艺设备、特殊构件的材质信息需要查询核对,也可以在后期通过导出材料表的方式进行核实。

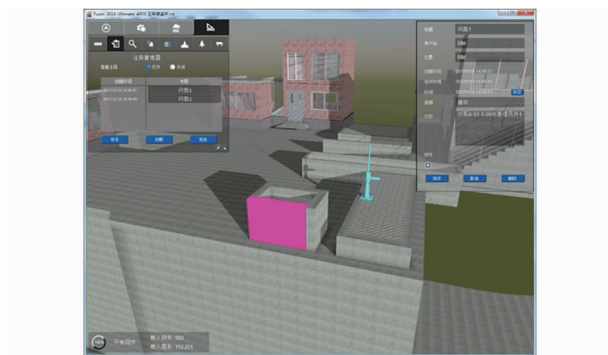


图10 使用后期虚拟现实软件 Fuzor 进行模型的三维可视化校核

Fig. 10 3D visualized checking by the virtual reality software "Fuzor"

完成以上模型校核工作后,可继续开展设计检查工作,包括专业内部、专业之间的碰撞检查、设计规范符合性检查、设计合理性检查等,这些内容对专业知识的掌握和设计经验都有较高要求,以相关专业资深设计人员为主进行。

4.2 模型的三维可视化展示

模型建成后需要对成果进行全方位的查看,本课题使用 BIM 后期展示软件 Lumion 对东濠涌深隧总体模型(见图11)和部分竖井模型制作了内外部漫游视频进行虚拟查看,生成的动画视频文件也可供后期项目展示时使用。

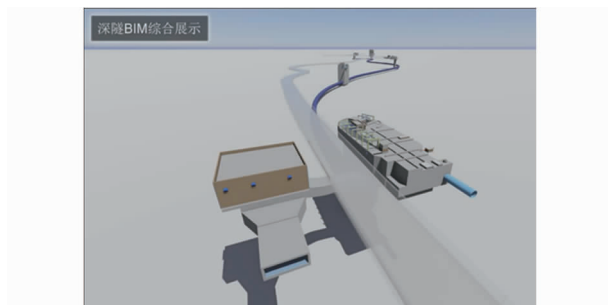


图11 东濠涌深隧项目虚拟漫游视频截图

Fig. 11 Virtual wandering video snapshots of Donghao Creek deep tunnel project

Lumion 软件对于 Revit 模型的衔接较好,有专门的接口插件可以从 Revit 模型导出到 Lumion 上;后期动画制作过程简单易行,不需要对视频制作技术有很高的要求,渲染效果好、效率较高,对硬件要

求低,容易掌握,适合用于本项目的后期展示。

除此之外,还可以用第一人称视角模拟行人在项目内部漫游,便于项目相关方对设计成果的各项细节进行虚拟查看,提前发现问题。图 12 是中山三路竖井的内部虚拟漫游视频截图。

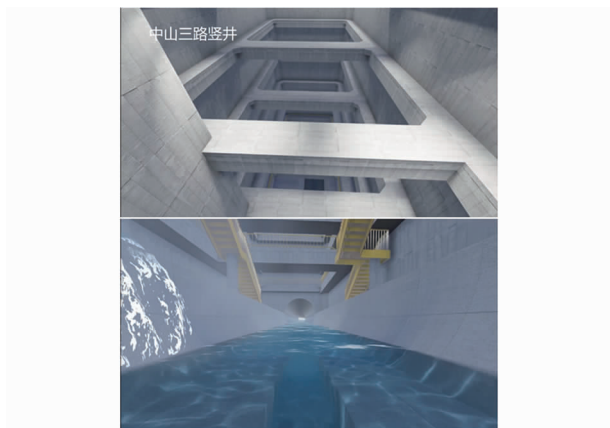


图 12 竖井内部虚拟漫游视频截图

Fig. 12 Virtual wandering video snapshots of the inflow vertical shaft inside

5 问题和展望

① 现有的建模软件还存在一些问题影响建模深度和工作效率:a. 软件提供的本地化族库中,市政给排水专业常用的工艺设备族较少,建族需要进行大量工作;b. 采用软件系统族构建异形体模型较困难,如东风路格栅间连接入流竖井的渠箱;c. 设备族默认参数表中各参数项目名称与常用设计要录入的参数名称差异较大,导致信息录入容易出错;d. 电气专业建模支持还不完善,缺乏对电缆线路、监测仪表、自控系统建模的支持。希望软件日后能在这些方面有所改进。

② 制定完善的项目建模标准并严格执行对模型的质量和建模效率至关重要。本次建模工作初期由于缺乏相对严格的建模标准和流程,建模效率较低,质量也难以达到要求。而在完成首个模型并逐步完善建模标准和流程、导出相应的项目模板后,其余模型在此基础上的建模效率有明显提高,模型质量也越来越有保证。

③ 建模不是会简单使用 BIM 软件就能完成。由于项目较复杂、设计图纸多、信息量大,要完整准确地设计成果用三维信息模型的方式表达出来,不仅需要较好的识图能力,对设计能力和经验也有一定要求,而且对于一些较为专业的问题,一般建模

人员也难以发现和提出修改建议。因此,应尽可能由具有一定专业设计经验的人员参与相应专业的建模工作。

总之,当前 BIM 技术的应用是工程建设行业全面提高信息化水平的重要发展方向,应不断加大人力投入和技术研发,并进行深入应用和推广,后期 BIM 技术在项目全生命周期的应用才会越来越顺畅,才能够充分发挥 BIM 技术在工程建设行业的作用。

参考文献:

- [1] 鲁朝阳,车伍,唐磊. 隧道在城市洪涝及合流制溢流控制中的应用[J]. 中国给水排水,2013,29(24):35-41.
- [2] 林忠军. 深层隧道排水系统在城市排水规划中的应用[J]. 城市道桥与防洪,2014,(5):143-147.
- [3] 陈前,张原. 浅谈 BIM 技术及其应用[J]. 价值工程,2012,(23):61-62.
- [4] 肖春红. 浅析 BIM 技术在市政工程中的应用[J]. 四川水泥,2016,(2):75-76.
- [5] 付香才,张宇. BIM 技术在市政污水处理工程施工中的应用[J]. 天津建设科技,2014,(1):63-65.
- [6] 朱利民,王姣. BIM 技术在春柳河污水处理厂工程设计中的应用实践[J]. 中国给水排水,2016,32(4):40-43.
- [7] 徐亚男,刘纯甫,马放,等. BIM 技术在污水处理厂设计中的应用[J]. 中国给水排水,2016,32(8):55-58.



作者简介:吴冬毅(1982-),男,广西柳州人,硕士, BIM 工程师,主要从事市政给排水工程设计及咨询、BIM 相关技术开发与咨询工作。

E-mail: wdy_1982@126.com

收稿日期:2017-03-01