

城市信息模型在盾构法隧道工程中的应用*

岳川¹ 张凯² 区穗辉¹

(1. 广州轨道交通建设监理有限公司, 510010, 广州; 2. 广州地铁集团有限公司, 510330, 广州//第一作者, 工程师)

摘要 隧道工程建设涉及各专业单位多、管理繁杂, 工程建设信息零星、分散且独立分布, 造成工程数据不能互用, 数据孤岛和数据交换难的现象普遍存在, 增加了工程建设管理风险。为此, 应用基于 BIM(建筑信息模型)、GIS(地理信息系统)和 IOT(物联网技术)融合的 CIM(城市信息模型)概念, 通过搭建工程项目的信息化管控平台, 构建了工程三维数字空间的工程信息综合体, 达到工程建设管理精细化、动态化、数字化、可视化的目的, 提高了工程建设科学管理与决策水平, 减少了工程建设管理风险。

关键词 城市信息模型; 盾构法; 建筑信息模型; 地理信息系统; 物联网技术

中图分类号 U455.43; TU71

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2021.07.050

Application of Urban Information Model in Shield Tunnel Engineering

YUE Chuan, ZHANG Kai, OU Suihui

Abstract There are many professional units involved in the construction of tunnel engineering, and the management is complicated. The construction information has the characteristics of sporadic, scattered and independent distribution, which causes the phenomenon of inability of engineering data interoperability, data islands and difficulties in data exchange, which increases the risk for engineering construction management. In order to solve the above problems, the concept of CIM (Urban Information Model) based on the integration of BIM (Building Information Model), GIS (Geographic Information System), and IOT (Internet of Things) is applied, and the project is constructed by building an information management and control platform for the project. The engineering information complex of the three-dimensional digital space achieves the goal of refined, dynamic, digital, and visualized engineering construction management, improving the level of scientific management and decision-making in engineering construction, and reduces the risk of engineering construction management.

Key words urban information model; shield method; BIM

(Building Information Model); GIS (Geographic Information System); IOT (Internet of Things) technology

First-author's address Guangzhou Rail Transit Construction Supervision Co., Ltd., 510010, Guangzhou, China

近年来,随着城市轨道交通建设进程的加快,城市隧道工程建设的管理问题也日益突出。在工程前期调查阶段,城市地下空间与地面空间协调不足,二者缺乏衔接甚至相互矛盾,对早期建设的地下空间情况掌握不充分,电力、水务、地铁、通讯等地下工程建设数据共享不足、沟通不畅、统计口径和标准不一致等问题严重制约了工程建设的进度;在工程建设实施阶段,面对建设、勘察、设计、施工、监理、监测、检测、材料设备供应等多个单位,工程建设仅通过传统的文字及图纸形式提供信息,存在时效性差、流程繁琐、信息失真、效率低下等问题,也给工程的建设及运维带来了诸多困难。因此,需要采用创新的管理模式及高效的管理工具,消除建设信息的“孤岛”,对工程项目的设施实体和功能特性进行数字化表达,构建全寿命周期内工程建设的信息资源数据及管理平台。

1 城市信息模型概念

城市信息模型(City Information Modeling, 简为 CIM)是对 BIM(建筑信息模型)相似概念的延展, CIM 将 BIM 的应用从建筑上扩展到市政、城市规划和道桥等建筑业全领域,将模型的规模从单个建筑或者 1 个项目群放大到了整个城市^[1]。文献[2]将 CIM 定义为“BIM 技术在非构筑物类设施项目中的应用”。CIM 的概念就是将 IOT(物联网)、GIS(地理信息系统)、BIM 进行技术融合,搭建一个可以存储、提取、更新、修改所有与城市相关的信息数字化平台,以完成数据采集、数据存储、平台协同、信息

* 粤澳科技创新联合资助项目(20200508)

传递等功能^[3]。

2 CIM 在城市隧道工程建设中的应用思路

CIM 在城市隧道工程建设中应用的主要思路如图 1 所示。

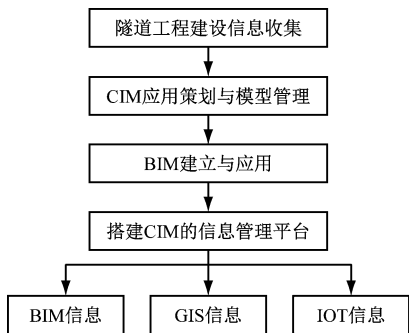


图 1 CIM 在城市隧道工程建设中的应用流程

2.1 隧道工程建设信息收集

在工程资料收集时,不仅需要收集隧道工程沿线航拍所形成隧道工程附件的三维实景模型,收集 GPS(全球定位系统)坐标与城建坐标系转换的方法、工具,同时各参建单位还需提供工程的基础资料,主要包括以下方面:

1) 建设单位、监理单位:提供项目信息化应用需求分析书。

2) 勘察单位:提供详细勘察报告,包括各类图表(剖面图、柱状图、平面图)、土工试验资料等。

3) 设计单位:提供符合建设施工要求和当地审批要求的建筑、结构、给排水、消防、人防、电气等专业的施工图纸文件。

4) 施工单位:提供已经通过审批的施工组织设计文件、工程周边环境(管线、建构筑物、河流、道路交通等)调查报告、工程地质补充勘察报告,以及经评审的工程重大安全风险分析与评审报告、盾构机适应性评审资料等。

2.2 CIM 应用策划与模型管理

CIM 应用策划宜包括下列主要内容:应用预期目标和效益、应用内容和范围、应用人员组织和相应职责、应用流程、使用和管理要求、信息交换要求,以及应用基础技术条件要求(包括软硬件的选择、软件版本)等。

建立工程的建模标准和应用管理的办法、文件,用以指导项目的应用管理。具体要求如下:

1) 各相关方应明确 CIM 的应用责任、技术要求、人员配置及其工作内容、岗位职责,设备配置、

工作进度等。

2) 各相关方应基于 CIM 的应用策划建立如定期沟通、协商会议等的 CIM 应用协同机制,建立模型质量控制计划,规定模型的细度和数据格式,明确模型管理的权限和责任方,并实施 CIM 应用过程管理。

3) 模型质量控制宜包括下列内容:①浏览检查,保证模型反映工程实际;②拓扑检查,检查模型中不同模型元素间的相互关系;③标准检查,检查模型是否符合相应的标准或规定;④信息核实,复核模型的相关定义信息,并保证模型信息准确、可靠。

4) 结合 CIM 应用目标对 CIM 应用效果进行定性或定量评价,并总结实施经验及改进措施。

城市隧道工程建模标准管理方案主要内容包括:软件要求、资料输入、模型构件分类、模型拆分、模型扣减、模型精细度、模型构件命名、模型属性信息、模型色彩规定、模型交付物命名规则、模型轻量化处理方式、文件与文件夹命名和交付规定、模型搭建等。

2.3 BIM 模型建立与应用

创建 BIM 是创建、管理和使用信息的过程^[4],其目的是成为存储信息的载体。BIM 模型的核心不是工作客体建筑物的虚拟/数字模型本身,而是支持设计、施工、运维决策和实施的存放在模型中的信息(建筑、结构、给排水、消防、人防、电气、规范、标准等),信息才是 BIM 的真正核心。

2.3.1 BIM 模型的建立

BIM 技术采用 Bentley 作为基本建模软件,采用 Navisworks 作为碰撞检查软件和模型轻量化浏览软件,采用 AutoCAD 作为电子图纸处理软件,将工程前期收集得到的工程资料文件及数据格式进行整理、分析和处理,其建模流程如图 2 所示。

BIM 模型建立的重点是确定以下内容:

1) 城市隧道工程模型文件命名规则。包括项目、线路、施工部位、分部工程、时间版本等基本要素的命名。

2) 模型分类。主要有水文地质模型、周边环境模型、机械设备模型、工程建筑模型等。

3) 模型的精细度及信息。BIM 模型的精细度分为 5 个等级(见表 1),分别用于项目的不同阶段;其中,100~400 级精细度 4 个等级的非几何信息宜全部作为模型内置信息(设计图纸信息),500 级精

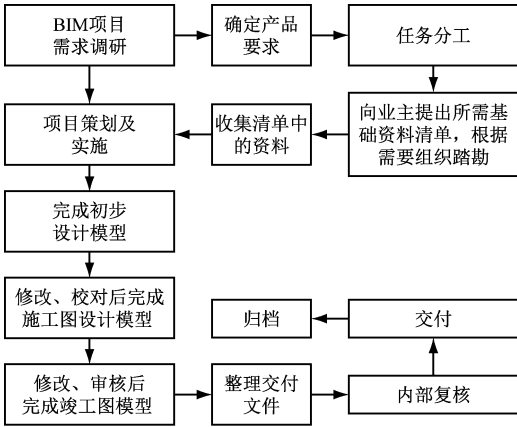


图 2 BIM 建模流程图

细度等级的非几何信息宜包含模型内置信息,同时还

表 1 BIM 的精细度分级及其信息类型

等级	英文名	简称	信息类型	应用阶段
100 级精细度	Level of Detail 100	LOD100	内置信息、几何信息	可行性研究和总体设计阶段
200 级精细度	Level of Detail 200	LOD200	内置信息、几何信息	初步设计阶段
300 级精细度	Level of Detail 300	LOD300	内置信息、几何信息	招标设计阶段
400 级精细度	Level of Detail 400	LOD400	内置信息、几何信息	施工图设计阶段
500 级精细度	Level of Detail 500	LOD500	内置信息、几何信息、附加信息	竣工验收阶段

3) 将工程相关模型按工序进行拆分后做出工序分层图。用模拟施工动画的方式替代传统的文字、表格的描述,形象地展现施工方案及各节点的动态施工过程,显著提高了方案交底的交流效率,有效避免工程质量问题。

4) 建模完成后,通过建模插件或工程量计算软件进行工程量计算,对现场工程量、模型实物量、合同清单量进行对比,不仅可以帮助施工单位进行成本管理,还可以帮助建设单位进行投资控制。

5) 根据经审核的施工进度计划进行施工工序模型分析,验证工序安排及各工序节点时间的合理性,辅助施工进度计划验证及进度控制。

2.4 搭建 CIM 的信息管理平台

搭建 CIM 的信息管理平台的核心技术涉及 IOT、GIS、BIM 及其集成技术。CIM 的信息管理平台作为一个可以存储、提取、更新和修改隧道工程建设相关信息的可视化平台,需要完成数据采集、数据存储、平台协同、信息传递等多项功能。

1) 将 BIM 技术应用到隧道工程中,使得隧道项目的设计、施工、运营等过程以信息化的模型呈现出来^[5]。

2) 结合 GIS 技术,通过采用空间或地理坐标处

应包含模型附加信息(即与模型相关的外部信息)。

4) 模型色彩:采用目前运用最广的 RGB 色彩模式进行设置。

2.3.2 BIM 模型的应用

1) 通过建模,可将图纸出现的错漏碰缺问题一一检查出来,形成设计图纸审查报告,辅助施工图会审,并提出解决问题的参考建议。

2) 根据隧道工程与地下结构、周边管线和建构筑物的基础模型进行碰撞检查分析,形成模拟碰撞检查报告。及时调整隧道的线路设计,避免实际施工时发生结构碰撞问题,以减少设计变更,避免延误施工进度。

理数据的信息系统,可以抓取、储存、修改、分析、管理和展示所有地理信息;GIS 中的信息可应用于 CIM 的信息平台中,以数据库技术、三棱柱地层建模技术、实体造型和动态可视化技术为基础,整理隧道的时空数据,实现隧道施工、隧道监测等实时动态数据的规范管理。

3) 对隧道的时空建模和可视化显示,以及动态展示施工进度、时空查询与分析等问题进行深入研究^[6]。在工程建设及运维阶段,通过物联网技术,将人员、建筑、设备、设施等数据信息在 CIM 中呈现出来。由于这些信息动态变化,引入 IOT 技术可实现完成环境和物质实体动态信息、BIM 静态信息的二者间的关联^[7],最后形成可视化的信息存储、提取、交流平台。这是隧道工程建设 CIM 概念应用的核心理念。

3 CIM 的应用实例

某隧道工程线路总长约为 6.778 km,采用盾构法施工。隧道沿线为城市的已建成区级交通干道,人员和机动车密集,地下管线众多,周边建(构)筑建密集。该工程的水文地质条件复杂:线路处于软弱淤泥地层、富水砂层、岩溶地层、断裂破碎带以及

上软下硬复合地层,还需要穿越地铁、铁路、房屋、高架桥及河流,工程建设管理风险非常大。

秉承“地质是基础,设备是关键,管理是根本”的隧道工程建设管理理念,该工程的 CIM 搭建了基于 IOT 的 BIM + GIS 三维可视化数据管理平台^[8]。通过集成盾构施工监控系统,在平台中建立了三维仿真施工模拟空间,将隧道工作井、隧道区间地质及附近管线、地铁隧道等 BIM 模型在上述模型应用空间进行集中展示。该 CIM 平台运用 GIS 地图技术概览全局,可快速浏览任意位置、任意图标对应的数据情况。GIS 技术将地图独特的视觉效果与 BIM 的数据库操作功能相结合,将 BIM 数据带入到地理坐标下的可视化空间内,实现对宏观 GIS 环境和微观地下模型结构的全盘掌握、统筹安排,达到施工现场地表、地下一体化管理的目的,实现了更精准、更完善的信息汇集、累积与分析,实现了科学化、可预见性的工程管理。

3.1 CIM 中 BIM 技术的应用

在城市隧道工程建设模型数据库构建时,主要包括水文地质、周边环境、盾构机设备、工程主体结构模型等方面。

3.1.1 水文地质模型

依据水文地质详细勘察及补充勘察资料对隧道工程沿线的水文、地质进行建模。其中:水文属性主要包括水位埋深、标高、类型及地下水补给排泄方式等;地质属性包括天然密度、含水量、孔隙比、粘聚力、内摩擦角、压缩系数、压缩模量、变形模量、渗透系数、承载力特征、岩土等级分类等。

3.1.2 周边环境模型

依据周边环境调查报告对周边的建构筑物、管线、道路、河流等使用三维实景建模技术实现快速建模^[9]。然后在单体化处理后添加相关的信息,其中:建构筑物属性包括建筑物结构平面坐标、基础结构类型、地下结构深度、结构形式、建设时间、建筑用途、产权单位及其联系电话等;管线属性包括坐标、高程、规格、材质、管线类型、建设时间、产权单位/人及其联系电话等;道路属性包括尺寸、交通流量、结构形式、产权单位及其联系电话等;河流属性包括水流、河道跨度、深度、河堤形式、河堤管理单位及其联系电话等。

3.1.3 盾构机模型

依据盾构机适应性评审资料分别对刀盘、刀盘驱动系统、螺旋机、泥水循环系统、注浆系统、人形闸、拼装机等盾构机机械进行模型创建。其中:刀盘属性包括刀盘形式、直径、开口率、刀具配置、强度、刀具高差等;刀盘驱动系统属性包括功率、额定扭矩、脱困扭矩、转速、轴承设计寿命等;螺旋机属性包括功率、最大扭矩、转速、输送量、直径等;泥水循环系统属性包括进排浆管理直径、进排浆泵功率;注浆系统属性包括注浆管径、注浆泵功率;人形闸属性包括形式、直径、工作压力、容量等;拼装机属性包括形式、抓紧设备、自由度、旋转角度、纵向行程等。

3.1.4 主体建筑模型

依据设计图纸文件创建工作井及管片模型,其属性包括设计结构尺寸、三维坐标、结构强度、厚度等。

3.2 CIM 中 GIS 技术的应用

根据隧道工程施工前经专家评审的《工程重大安全风险分析与评审报告》内容,运用 GIS + IOT 技术可在地理空间数据中建立盾构机数据孪生体,建立隧道建设仿真虚拟空间(见图 3),对城市隧道工程建设风险分布信息、盾构机实时掘进的地质信息、盾构机周边环境的信息及空间关系信息等地理空间数据进行管理,实现三维可视化、动态的施工管理分析,可持续地对安全风险进行动态管控^[10]。

3.3 CIM 中 IOT 技术的应用

运用 IOT 技术建立的盾构远程监控界面,可直观地查看盾构施工进度情况、刀盘参数、机械设备运行参数、盾构导向数据等信息^[11],实时监控盾构掘进参数、设备故障及运行状态、盾构掘进偏差等情况,并对盾构机刀盘、泥水、注浆、导向等设备的掘进参数进行分析,以达到精细化管理的目的。

4 结语

CIM 融合了 BIM、IOT 和 GIS 的技术特点,利用 BIM 技术构造建筑工程项目各种相关工程数据模型,以 IOT 技术建立隧道施工机械的数字孪生体,最后在集成 GIS 的地理空间信息后建立三维仿真虚拟空间,采用数字化方式表达工程项目的设施实体和功能特性,实现了三维可视化动态施工管理分析、多参与方协同和信息共享的目标。

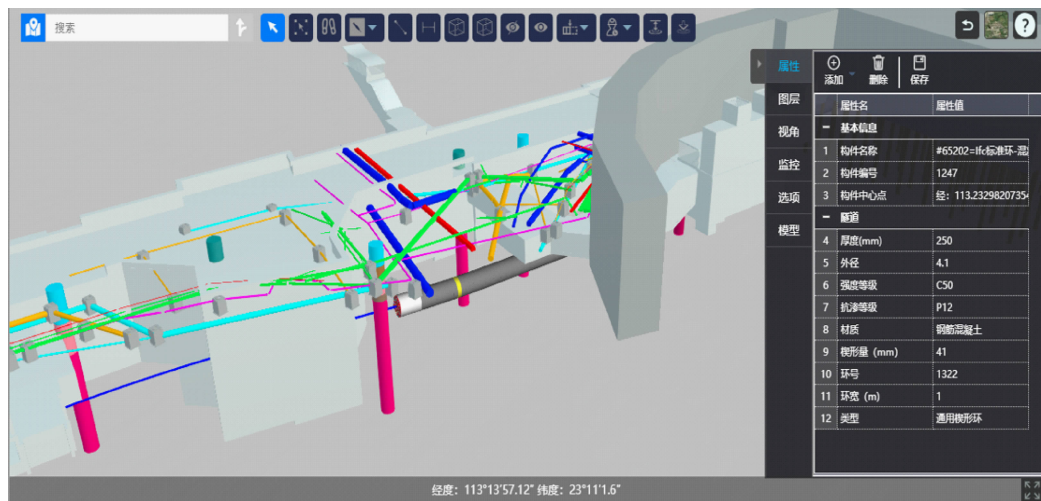


图3 隧道建设的仿真虚拟空间界面截图

基于 CIM 技术,未来的发展主要有以下几个方面:①移动新生活,随着 5G 技术和移动智能终端的普及,开发手机 App(应用程序)平台;②物联网,可将监控器和传感器放置在建筑物的任何地方,并将环境监测、视频监控、门禁系统等数据进行集成;③大数据-云技术,可收集、存储数据,建立建筑物的云计算平台;④建立 VR(虚拟现实)或 AR(增强现实)技术的隧道建设模拟空间^[12];⑤协作式项目交付,可利用 BIM 技术,满足建设项目从勘察、设计、施工、运营等各阶段信息传递的需求,使每个阶段有价值的观点和想法得以保留。

参考文献

- [1] JAVADNEJAD F, SIMPSON C H, GILLINS D T, et al. An assessment of uas-based photogrammetry for civil integrated management (CIM) modeling of pipes[C]// American Society of Civil Engineers. The Pipelines 2017 Conference, Phoenix: American Society of Civil Engineers, 2017: 112.
- [2] CHENG J C P, LU Q, DENG Y. Analytical review and evaluation of civil information modeling[J]. Automation in Construction, 2016, 67(1): 31.
- [3] 包胜, 杨洪钦, 欧阳笛帆. 基于城市信息模型的新型智慧城市管理平台[J]. 城市发展研究, 2018(11): 50.
- [4] 刘占省, 王泽强, 张桐睿, 等. BIM 技术全寿命周期一体化应用研究[J]. 施工技术, 2013(18): 91.
- [5] 何关培. 我国 BIM 发展战略和模式探讨(一)[J]. 土木工程信息技术, 2011(2): 114.
- [6] 周维. 时态 GIS 及其在数字化隧道工程中的应用[D]. 上海: 同济大学, 2007.
- [7] 耿丹, 李丹彤. 智慧城市背景下城市信息模型相关技术发展综述[J]. 中国建设信息化, 2017(15): 72.
- [8] 秦海洋, 赖金星, 唐亚森, 等. BIM 在隧道工程中的应用现状与展望[J]. 公路, 2016(11): 174.
- [9] 朱国敏, 马照亭, 孙隆祥, 等. 城市三维地理信息系统中三维模型的快速构建方法[J]. 地理与地理信息科学, 2007(4): 29.
- [10] 喻钢, 胡珉, 高新闻, 等. 基于 BIM 的盾构隧道施工管理的三维可视化辅助系统[J]. 现代隧道技术, 2016(1): 1.
- [11] 王俊彬, 徐明辉, 余继庭. 盾构施工信息监控管理系统在盾构施工管理中的应用[J]. 现代制造技术与装备, 2018(8): 139.
- [12] 彭明. 从 BIM 到 CIM——迎接中国城市建设、管理及运营模式变革[J]. 中国经贸导刊, 2018(27): 45.

(收稿日期: 2019-07-24)

《城市轨道交通研究》官方网站网址变更公告

根据同济大学对所属单位官方网站管理的统一要求,从 2021 年 7 月 15 日起,《城市轨道交通研究》官方网站网址(原网址: www.umt1998.com)变更为: <https://umt1998.tongji.edu.cn>。给各位作者、读者带来不便,敬请谅解。

上海铁大城市轨道交通研究杂志社有限公司

2021 年 7 月 1 日