

三维数字化技术在深圳前海自贸区建设中的应用

陈 沉^{1,2} 王 驰^{1,2}

(1. 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 杭州 311122;

2. 浙江华东工程数字技术有限公司, 杭州 311122)

【摘 要】前海合作区定位于国家战略,品质对标国际一流,面临时间紧、交叉多等众多挑战,为应对开发建设所面临的体量大、标准高、交叉多、时间紧等众多建设难题,前海合作区在国内乃至世界上开展了首个以城市全信息模型(CIM)为基础建设的数字化新城建设,城市信息模型整合了地理信息模型、地质信息模型和各类基础设施信息模型。实现规划、设计、施工等建设管理模式的创新,为实现城市运行的智慧化管理提供了统一的载体,是新型数字化城市的典型代表,本文聚焦基于 BIM 技术的设计施工一体化应用。

【关键词】建筑信息模型;城市信息模型;数字城市;设计施工一体化

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A

【版权声明】本文被《土木工程建筑信息技术》、中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录上网,未经授权严禁登载。

引言

前海自贸区位于深圳蛇口半岛西侧,珠江口东岸,占地面积 14.92km²,地处珠三角区域发展主轴和沿海功能拓展带交汇处,分为桂湾、前湾、妈湾三大片区。前海自贸区定位为未来整个珠三角的“曼哈顿”,将侧重区域合作,重点发展高端服务业、发展总部经济,打造区域中心,并作为深化深港合作以及推进国际合作的核心功能区,其建设规模约 2600 万至 3000 万 m²。各等级规划道路总长度为 180km,路网密度约 12km/km²;共设有 9 条轨道线路,总长度约 32km,线网密度 2.4km/km²(高于东京);地下空间开发规模约 800 万 m²,开发规模和强度与伦敦 CBD 相当,是纽约曼哈顿 CBD 开发量的两倍以上。前海处于填海区,地下淤泥层深厚、填石散乱,基坑开挖和支护施工困难,容易导致设施变形、开裂,地质条件极其复杂。合作区内道路、跨街桥、轨道交通、市政管网、地下空间、生态公园、慢行系统、区域供冷设施以及地块开发于 2013 年全面启动。地上,永久性市政设施、公共设施、地块开

发和临时性道路、1.5 级开发共同实施;地下,已建、在建、拟建的轨道线路与市政设施、地下道路、地下空间交错推进,形成地上地下互联重叠、立体式多元复合的网状密集开发现状。

为应对前海开发建设所面临的体量大、标准高、交叉多、时间紧等众多建设难题,前海通过引入先进的数字化技术,BIM 的出现正在改变项目参与各方的协作方式^[1-2],依托 BIM 三维数字化技术优势,创新前海规划、设计、施工等建设管理模式,为实现城市运行的智慧化管理提供了统一的载体,是新型数字化城市的典型代表,在此载体的基础上再整合互联网、物联网、三网融合、智能信息处理、云服务等信息技术,向现代化智慧城市迈进^[3]。

1 实景模型与设计模型的整合应用

传统“一张图”和“多规合一”的要求被反复提到,但是各地实施的效果不尽如意,规划不协调现象突出。数字化立体规划采用“GIS + BIM”技术,从地面到地上地下全三维表达,综合反映不同时期整体和局部的规划成果。首先通过无人机倾斜摄影

【作者简介】 陈沉(1989-),男,工程师,深圳前海数字城市 BIM 项目副经理,主要研究方向:工程数字化。

技术建立高精度实景模型,基于倾斜摄影的实景三维建模具有成本低、周期短、精度高、模型与现实接近特性^[4-5],然后依此建立地理信息模型,再叠加地质信息模型和规划信息模型,形成“多源合一”的“全信息数字化沙盘”,可以快速梳理、预检和处理各层级规划在空间上、功能上和技术上的问题,动态监控规划实施情况。如地理信息三维实景模型与设计信息模型的叠加,可有效查验工程与周边地块、建筑物、施工场地之间的关系,基于混合模型可对交通、周边配套、日光照射、景观绿化等进行模拟分析。



图1 分析地面道路与建筑物的空间位置关系
Fig 1 Analysis of the spatial position relationship between roads and buildings

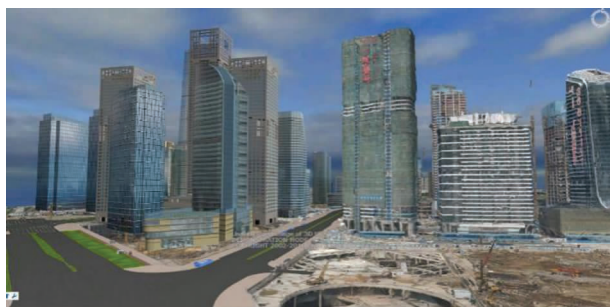


图2 建筑外立面形象分析
Fig 2 Facade analysis of Buildings

基于实景模型的道路工程竣工检查,将设计图纸和竣工后的实景模型叠加,可以很方便的对比出竣工现场和设计图纸是否存在偏差。与传统的景观方案相比,可以更好的结合周边环境的实景模型,为景观方案的对比和选取提供参照依据。

2 城市级三维地质模型创建和应用

地质数据表达最重要的是建立数字模型,实现空间实体和属性信息的对应^[6],为实现地质元素三



图3 分析地下道路空间位置关系
Fig 3 Analysis of spatial relationship of underground road



图4 查看地下道路入口情况
Fig 4 View the entrance of the underground road

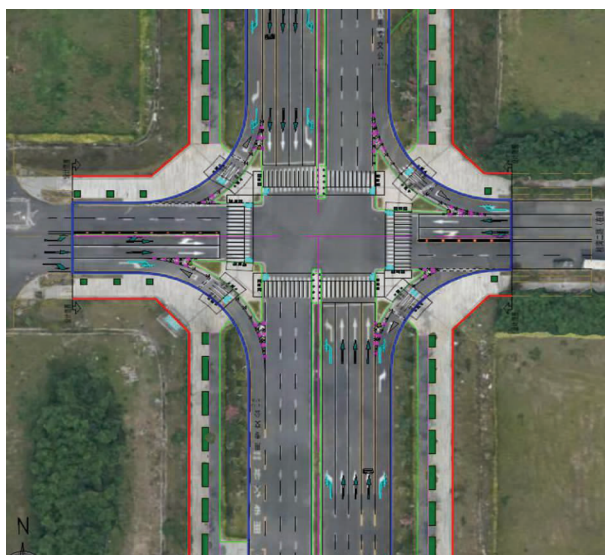


图5 梦海大道与桂湾二路路口竣工工程检查
Fig 5 Cross-section completion inspection

维信息模型的建立,前海地质三维模型创建采用 Geostation 平台,分为数据库和三维模型两部分。数据库中主要是地质元素数据,包括项目各阶段勘察地质资料和大量的施工期地质数据,由现场基于地质三维勘察设计系统 Geostation 收集、编录而成,包



图6 景观模型与实景模型的整合应用
Fig 6 Integration of landscape model and reality model

括地形数据库、地质数据库、勘探数据库、物探数据库、试验数据库、观测数据库等。三维模型是基于数据库通过地质三维勘察设计系统 GeoStation 建立起来的勘测全信息三维模型,主要包括三维地形、地质线框模型、地质界面模型、实体模型^[7]。

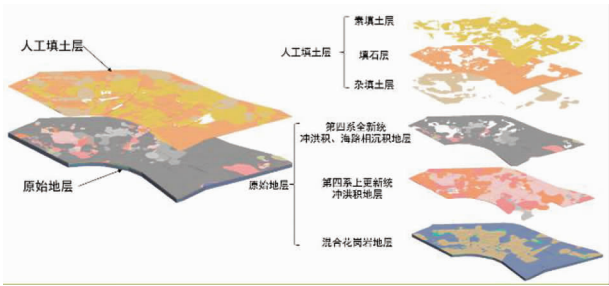


图7 前海区域地质三维模型
Fig 7 Geological 3d model of Qianhai area

在工程实际中的应用分为不同阶段的应用。一是进场前,参建单位可通过地质三维模型和地质数据库得到初步地质信息,如:地层分布、地层参数、水文信息等;二是设计阶段,通过模型为设计提供基本的地质参数,如各土层物理力学参数;三是施工阶段,可以解决实际围护打桩深度的问题,有效节约投资;四是前海片区地质条件复杂,地质三维模型可为片区内地铁线路及站点保护、周边施工影响分析提供判断参考。

3 从二维图纸到多维立体式设计和施工管理

利用 BIM 技术快速模拟出城市地下空间、地铁站点和区间、待开发地块、市政道路、共同沟、管线等纵横交错的复杂边界关系,检查和解决在空间接口、专业接口等存在问题,复核设计成果与规划方

案的统一性;可快速梳理出二维图纸中存在的错漏碰缺问题,提高设计标准和质量,加快设计成果的确定,避免反复施工,减少建设资金的投入。

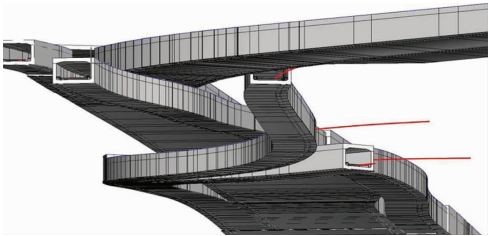


图7 临海大道地下道路
Fig 7 Linhai Avenue Underground Road

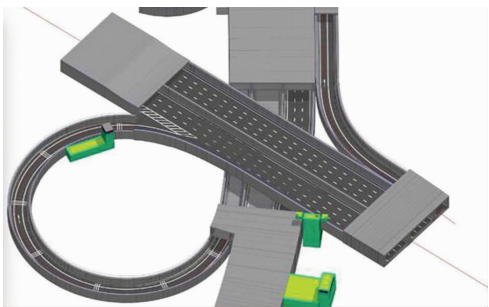


图8 临滨地下立交
Fig 8 Linbin underground interchange

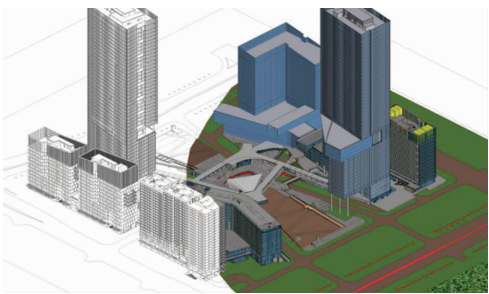


图9 前海交易广场
Fig 9 Qianhai Exchange Square

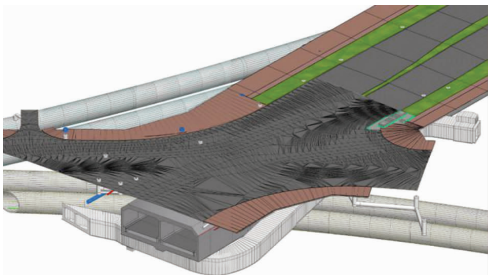


图10 道路、地铁和综合管廊组装模型
Fig 10 Assembly model of avenue, subway and integrated pipe gallery

3.1 地下管线设计调整

基于设计院的成果发现沿路雨污水与地下空间消防通道硬碰撞,雨污水管埋深已无调整余地,与设计院基于 BIM 模型讨论后的解决方案是调整局部结构埋深,绕过雨污水管;此次检查发现了严重的设计缺陷,使得原本在施工过程中才会发现的问题,暴露在设计阶段,避免了结构拆除重建而造成的系列损失,BIM 的应用不仅使得设计质量得到很大的提升,而且设计质量的把控也变得更加简单直观^[8-9]。

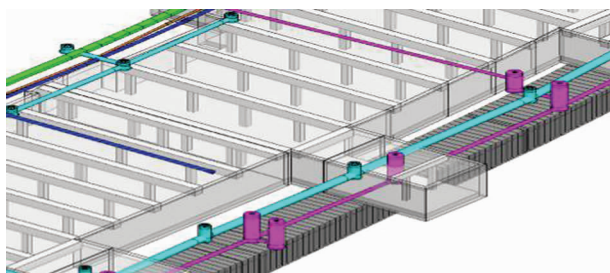


图 11 图纸修改前的组装模型

Fig 11 Assembly model before drawings modification

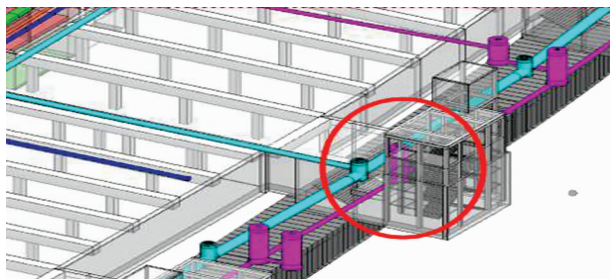


图 12 图纸修改后的组装模型

Fig 12 Assembly model after drawings modification

冷管、燃气管、雨污水管涵硬碰撞,各管线均有埋深需求,且各管线密布,有压、无压管共存,与设计院基于 BIM 模型讨论后的解决方案是重新校核管线标高调整冷管及燃气管高程;此次检查发现了管线严重碰撞点,在设计过程中清楚梳理管线位置关系,合理安排管线施工顺序,避免管线施工过程中道路的反复开挖,降低施工对管线造成的破坏。

3.2 复杂地下空间项目协调

以桂湾片区听海大道地下空间为例,该区域范围原地面道路下卧的是已建成地铁 1、5、11 号线(前海湾站、包括前后区间),该片区同期建设共同沟,对市政管线实施统一的规划设计、建设管理;同期建设地下步行系统,连接周边地块、公共绿地,它

本身也作为城市形象展示区、文化长廊。地下开发密度巨大,基于 BIM 数字化应用解决了复杂空间管理和高强度地下空间开发的难题,对节点模拟,为工序决策、工艺选择、选型提供参考。

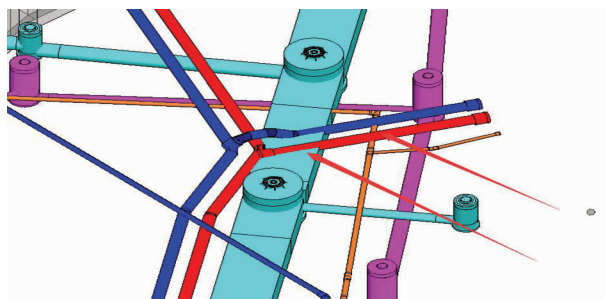


图 13 图纸修改前的组装模型

Fig 13 Assembly model before drawings modification

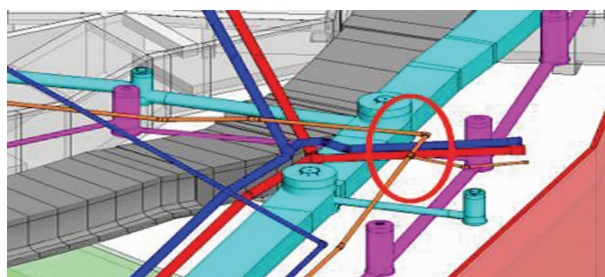


图 14 图纸修改后的组装模型

Fig 14 Assembly model after drawings modification

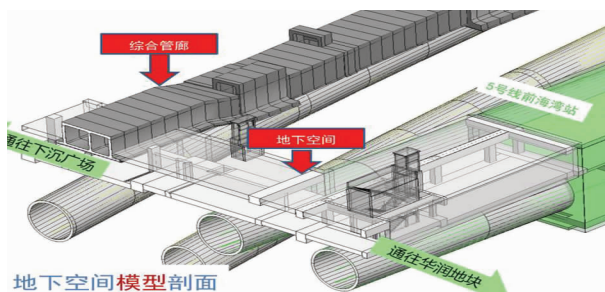


图 15 地下空间接地块通道剖面

Fig 15 Underground space ground block channel profile

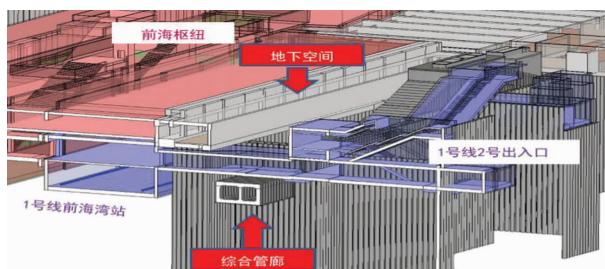


图 16 地铁出入口剖面

Fig 16 Subway entrance and exit profile

3.3 施工方案确定

以临海大道地下道路为例,一期沿桂湾一路、临海大道布设,双向 6 车道,隧道主线长 3.0km,桂湾车行联络道主线全长约 1.5km,与地下道路有 5 处接口需要连通。地下道路大部分已完成土建工程,接口预留未达到临海大道红线;为减小车行联络道接口施工对临海大道道路和管线的影响,需采取工程措施,基于多工程多专业的三维模型明确了所有接口处施工方案。

接口 1:位于放坡范围内的再生水管和雨水管临时保护,燃气管和通信管在连接段实施期间改迁至一期施工联络道上方。若联络道施工期间管线无使用需求,再生水管和雨水管可废除后恢复,通信管和燃气管可甩项(总长度约为 130m),联络道施工结束后施工。

接口 5:增加侧面土体加固或其他可保证侧向土体稳定措施(如钻孔桩+旋喷),保证结构与围护间土体的自力性;超出挡墙范围管线收至挡墙内侧,由联络道施工时连接。

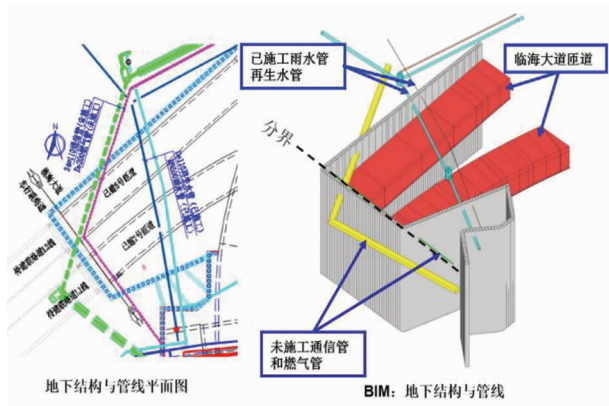


图 17 接口 1 施工方案

Fig 17 Interface 1 Construction Plan

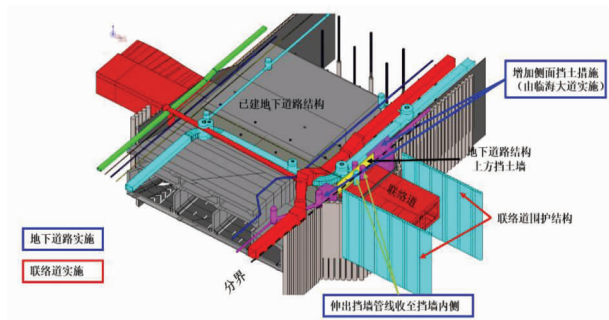


图 18 接口 5 施工方案

Fig 18 Interface 5 Construction Plan

3.4 用地方案及接口协调

以前海交易广场项目为例,该项目与周边市政工程接口复杂,利用 BIM 技术快速地检查了与毗邻市政工程的接口关系,加快设计成果的的稳定;组合了房建模型、地质模型与地铁模型,为沿线地铁保护提供了数字化模型依据;整合了房建模型与实景模型,优化了交易广场用地方案及立面设计方案。

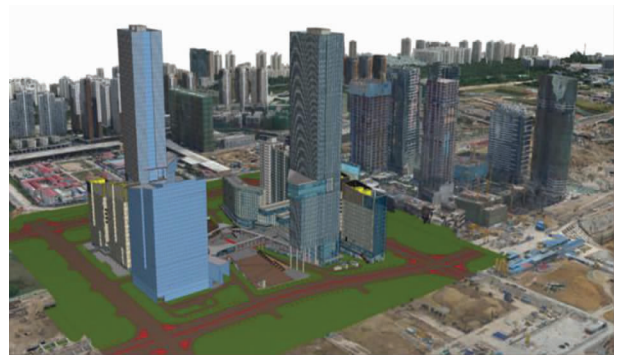


图 19 交易广场整合到实景模型地图上

Fig 19 Exchange Square integrated onto the reality model map

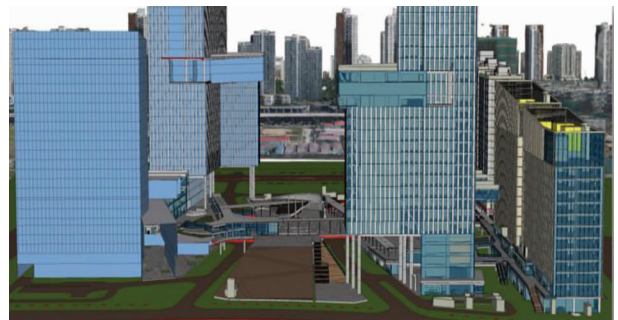


图 20 交易广场立面方案分析

Fig 20 Analysis of the facade of the Exchange Square

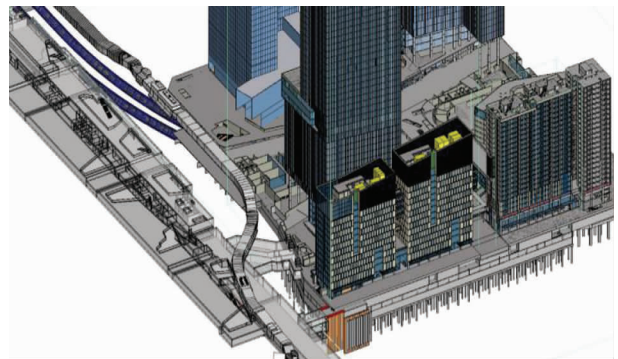


图 21 建筑项目与市政工程接口检查

Fig 21 Interface check between building project and municipal project

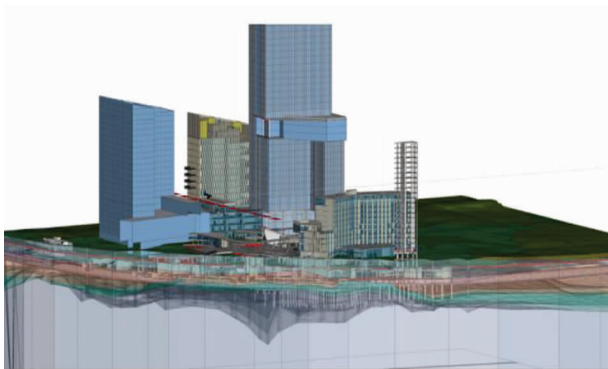


图 22 建筑与地铁、地质模型整合应用
Fig 22 Building and subway,geological model
integration application

4 现场施工方案和施工进度模拟

运用 BIM 技术,可虚拟化呈现整个施工过程和最后成果,创建三维信息模型过程也是虚拟建造的过程,在实际工程施工之前已经完成了虚拟的过程^[10],能有针对性地减少不必要的返工带来的人力物力消耗,极大降低管理成本和安全风险;运用这一技术模拟施工方案,可确定最优工序和最优施工方案,从而达到时间和资源最优化配置的目标,还能提前发现施工过程中可能出现的问题,采取针对性的措施予以提前解决;复杂的施工方案通过三维模型呈现,更加通俗易懂,技术管理者和施工人员可快速有效地掌握各项施工工序。基于 BIM 的进度管理的工作目标是利用工程 BIM 模型一体化应用系统实现工程建设实时面貌的 3D 可视化展示,

主要通过 BIM 的参数建模技术将各个构件作业的工期及其继承实体和相关的派生关系以参数的形式表示在 BIM 中各个构件对象上^[11],展现实际执行状态和计划目标之间的差异,分析计算各时段工程施工强度,提高项目集群管理模式进度管控水平。

5 结论

传统二维设计从最初规划到最终方案设计都是以二维图纸及报告方式体现,信息不完整、表达手段单一; BIM 将工程设计从二维时代带入三维时代, BIM 能够提供完整的、与实际情况一致的城市全信息模型,实现基于模型对设计方案进行错漏碰检查及三维可视化调整优化。利用 BIM 技术快速模拟出地下空间、地铁线站点、待开发地块、市政道路、共同沟、管线等纵横交错的复杂边界关系,检查和解决在空间接口、专业接口等存在的问题,复核设计成果与规划方案的统一性;可快速梳理出二维图纸中存在的错漏碰缺问题,提高了设计标准和质量,加快了设计成果的的稳定,避免反复施工,减少建设资金的投入。工程数字化的终极目标绝不仅仅是要提高现阶段的设计效率和设计质量,它的终极目标是要实现工程数字化移交和全生命周期管理^[12]。

我国已在施工阶段利用 BIM 技术项目还未覆盖、超出全部 bSa(buildingSMART alliance)应用情形,仅集中在成本预算、3D 协调、施工深化设计等少数简单应用情形中^[13],而前海合作区作为国内首次

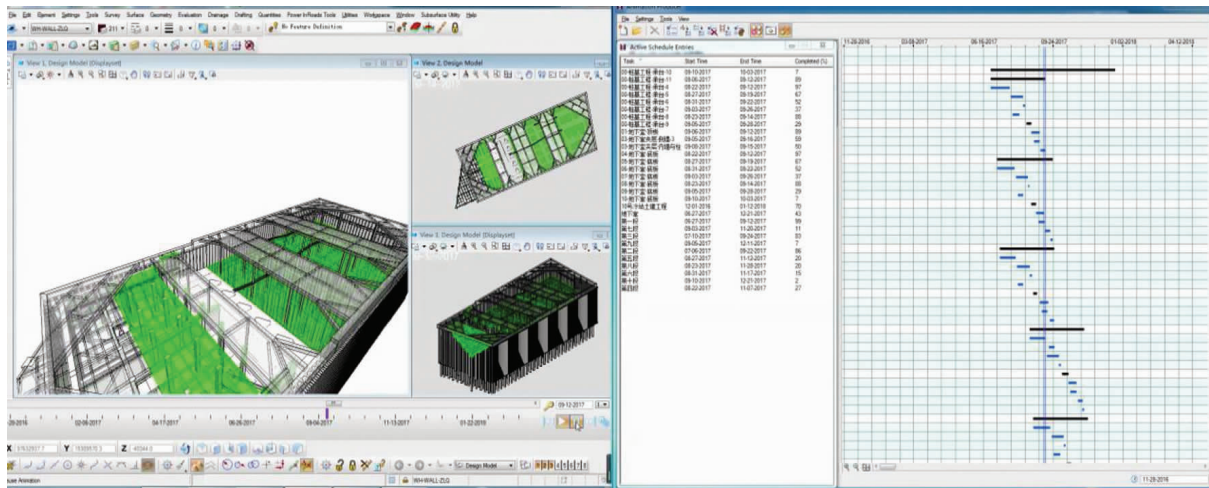


图 23 基坑围护模型施工进度模拟
Fig 23 Simulation of construction progress of foundation pit retaining model

开展城市级数字化建设与智慧化管理的新区,在开发建设全过程引入 BIM 技术,深入开展基于 BIM 数字化技术的城市开发建设模式和体制机制创新,已取得丰富的实施成果,将为国内其他新区开发建设提供范例和可复制、可推广的经验。

参考文献

- [1] 何清华, 钱丽丽, 段运峰, 等. BIM 在国内外应用的现状及障碍研究[J]. 工程管理学报, 2012, 26(1): 12-16.
- [2] 马洪娟, 姚守俨, 戈祥林, 等. BIM 技术在南宁规划展示馆项目施工中应用体会[J]. 土木建筑工程信息技术, 2011, 3(4): 82-86.
- [3] 王世福. 智慧城市研究的模型构建及方法思考[J]. 规划师, 2012, 28(4): 19-23.
- [4] 段文华, 许庆领. 倾斜摄影实景三维模型的质量控制分析[J]. 地理空间信息, 2017, 15(11): 93-95.
- [5] 闫智, 韩春华, 卢玉韬. 基于 BIM 快速生成高精度三维模型的方法研究及其应用探索[J]. 土木建筑工程信息技术, 2018, 10(4): 33-40.
- [6] 朱合华, 李晓军, 林晓东. 基础设施智慧服务系统 (iS3) 及其应用[J]. 土木工程学报, 2018, 50(1): 1-12.
- [7] 陈沉, 陆真嘉, 斯铁冬, 等. 全专业三维协同设计在抽水蓄能电站中的应用[J]. 大坝与安全, 2018, (6): 20-22.
- [8] 黄亚斌. BIM 技术在设计中的应用实现[J]. 土木建筑工程信息技术, 2010, 2(4): 71-78.
- [9] 陈辰, 李庆平. 基于 BIM 技术的三维管线综合[J]. 土木建筑工程信息技术, 2012, 4(3): 83-86.
- [10] 陈沉, 张业星, 陈健, 等. 基于建筑信息模型的全过程设计和数字化交付[J]. 水力发电, 2014, 40(8): 140-145.
- [11] 满庆鹏, 李晓东. 基于普适计算和 BIM 的协同施工方法研究[J]. 土木工程学报, 2012, 42(S2): 311-315.
- [12] 陈健. 追梦——工程数字化技术研究及推广应用的实践与思考[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2016, 30-40.
- [13] 马智亮. 我国建筑施工行业 BIM 技术应用的现状、问题及对策[J]. 中国勘察设计, 2013, (11): 39-42.

Application of 3D Digital Technology in the Construction of Shenzhen Qianhai Cooperation Zone

Chen Chen^{1,2}, Wang Chi^{1,2}

(1. PowerChina Huadong Engineering Co., Ltd., Hangzhou 311122, China;
2. Zhejiang Huadong Engineering Digital Technology Co., Ltd., Hangzhou 311122, China)

Abstract: The Qianhai Cooperation Zone is positioned in the national strategy, aiming at matching worldwide first-class quality, and faced with many challenges such as time constraints, cross-cutting, and etc. For solving the the problems of large volume, high standards, overlapping and short time in development and construction, Qianhai Cooperation Zone has launched the first digitized new city construction based on city information modeling (CIM) in China and even in the world. The CIM model integrates the geographic information model, geological information model and infrastructure information model. CIM is an innovation of construction management modes such as planning, design and construction, and provides a unified carrier for the intelligent management of urban operation, which is a typical representative of the new digital city. This paper focuses on the integrated application of design and construction based on BIM technology.

Key Words: BIM; City Information Modeling; Digital City; Design and Construction Integration