

前海集群市政工程 BIM 技术全过程应用研究

向卫国^{1,2} 常海^{1,2} 李瑞雨² 许哲² 黄子晖²

(1. 深圳市前海建设投资控股集团有限公司, 深圳 518000;
2. 深圳市前海数字城市科技有限公司, 深圳 518000)

【摘要】为应对深圳前海集群市政工程建设管理挑战,基于综合集成管理理论和 BIM 技术全过程应用的结合,在国内首次创建了新城区地理信息、三维地质和城市规划三大基础模型,以及全区域市政道路、综合管廊、景观园林等各类市政工程模型,整合了区内各类房屋建筑、公共设施等多源异构信息模型,并在建设过程中开展了基于 BIM 技术的规划设计施工一体化应用和建设管理平台的开发和应用,有效解决了大型集群项目实施过程中面临的“人理”、“物理”、“事理”难题,建立了前海集群市政工程组织集成、过程集成和信息集成的集成管理模式。

【关键词】集群市政工程; BIM 技术; 集成管理

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A

【版权声明】文集数据被中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录,被本刊录用并在中国知网网络首发正式出版,严禁侵权转载。

引言

随着社会需求、经济发展和科技进步,近年来国内诸如奥运会场馆工程、世博会园区工程、新城区市政工程等区域性、群体性、复杂性工程日益增多,呈现出“集群”的系统工程特性。特别是以雄安新区、深圳前海为代表的国家级战略平台,其市政工程建设规模体量、标准水平、质量品质以及作为先行示范所面临的短时间群体项目集中开发挑战都是前所未有的。这类市政工程项目功能特性显著、类型众多、组织管理模式相近,项目相互关联并构成系统,属于新城区集群市政工程^[1]。然而,传统工程在实施过程中的管理模式在信息沟通的方式中存在落后、过程、组织管理割裂等问题,在新城区将制约集群市政工程整体目标的实现。有必要基于工程建设项目集成管理理论结合 BIM 的关键技术,探索集群项目基于 BIM 技术的管理模式,助力城市片区集群市政工程建设管理向着数字化、集成化、智慧化的方向发展。

1 项目背景及概况

1.1 前海规划与集群市政工程建设情况

前海深港现代服务业合作区(下文中简称“前海合作区”“前海”)在 2000 年之前是滩涂、滨海海域和基围,经过 10 余年的填海造地形成的陆域面积约 15km²,现位于珠江入海口的东岸、深圳南山半岛的西侧。前海区位如图 1 所示。前海合作区规划桂湾、前湾、妈湾三个片区,总建设规模约 2 600 万 m²,建设投资约 3 898 亿元。前海开发建设面临质量标准要求高、规模体量大、项目种类多、工期紧、强度大等问题。需要总体统筹前海市政基础设施项目的全面实施,既要加快在建项目的实施,又要考虑新项目在后续开展的过程中与区域内建设项目之间产生的矛盾和冲突等问题。2012 至 2016 年前海在建设模式经历了多种尝试,在总结以往的经验基础上,分析及研究前海作为新城区集群市政工程的特点及难点,提出针对集群类工程项目的集成管理方法。

【作者简介】 向卫国(1985-),男,工学博士,高级工程师,主要从事工程信息化、数字化等研究和管理工作。



图1 前海区位图

1.2 前海集群市政工程项目实施面临的挑战

1990年我国科学家钱学森^[2]提出综合集成管理的方法,其本质是构建新的系统用于指导被管理的复杂系统工程。前海合作区集群市政工程的系统复杂,新系统的解决方法可以提供借鉴。通过建立起“事理”系统来用于管理,再创建“人理”系统来用于协调事理系统,从而有效解决工程面临的“物理”问题,最终形成“人理—物理—事理”的系统集成。

(1)“人理”方面。前海开发建设的主体是人,建设过程涉及实施主体众多,包括管理局、前海建投、地铁集团、招商自贸,以及各个参建单位;

(2)“物理”方面。前海各类市政项目之间、与周边地块单元的开发项目之间纵横交错,面临着大量的空间体系接口冲突和不协调情况;

(3)“事理”方面。使用传统的二维图纸沟通造成各参建方间信息的割裂,迫切需要采用统一的管控方式和信息集成方法。

1.3 前海集群市政工程项目集成管理 BIM 技术应用模式

集群项目集成化管理借鉴了综合集成相关理论与制造业集成思想,以项目管理为目标的核心,通过集成管理思想来全面分析研究前海作为新城区集群市政工程的特点和项目管理面临的“人理、物理、事理”挑战,通过引入 BIM 技术等相关信息化技术的应用,实现集群项目管理的信息集成、过程集成及组织集成。

(1)基于 BIM 技术的组织集成应对“人理”挑

战。BIM 技术是标准化关系型数据库、采用参数化驱动来创建的信息模型,全专业工程信息模型将改善以往的组织模式,为集群项目跨组织、跨地块的高效沟通创造条件;

(2)基于 BIM 技术的过程集成应对“物理”挑战。BIM 模型可贯穿全生命周期各阶段,不同阶段的各参建方将应用同一套模型进行协作,将有效避免全过程信息在不同阶段出现断层;

(3)基于 BIM 技术的信息集成应对“事理”挑战。BIM 模型的背后具有庞大的数据库,同时可以挂接不同项目、不同阶段、多参建方在建设过程输入大量的信息。搭建 BIM 建设管理平台将进一步集成各参建方对工程进度、质量、安全等要素的管控和调度。

综上,实现前海合作区集群市政工程项目集成管理的方式是基于 BIM 技术重新构建了组织集成、信息集成和过程集成,从而使集群项目的各项管控要素形成了有机的整体,这种优势是单项目管理所不具备的。

2 前海集群市政工程项目集成管理 BIM 技术应用

基于 BIM 技术实现新城区集群类市政工程项目组织集成、过程集成和信息集成,分别通过 BIM 模型创建整合、BIM 模型及其应用和搭建基于 BIM 的建管平台来实现。

2.1 基于 BIM 的组织集成

虚拟组织和虚拟建设理论是 BIM 技术在组织集成上的重要体现,具体包含创建规划信息模型,有效保障规划管理的组织统筹和落地;创建地理信息模型,促进跨地理空间项目的组织实施和管理;创建地质模型,有利于在复杂地质条件下工程风险的研判;创建及整合各类设施项目 BIM 模型,形成片区城市级模型;最后将基础模型、BIM 模型整合为城市级模型,为组织的集成化提供可视化模拟仿真环境。

2.1.1 基础模型创建

(1)大重叠率的地理模型创建

利用无人机对前海合作区进行倾斜摄影数据采集,确定坐标系环境,对影像数据、空三数据进行处理,经过匹配瓦片大小、区域范围等参数,利用 ContextCaptureCenter 全自动实景建模软件生成高分

分辨率倾斜摄影三维模型,通过动态单体化技术完成标准性建筑物单体化处理,再利用 Bentley 和主流 3D GIS 平台完成模型整合和网络轻量发布。模型效果如图 2 所示。地理模型具有真实的三维数据信息,可进行任意截面剖切查看、面积量测、距离量测等。



图 2 前海倾斜摄影实景三维模型图

(2) 分区块建模的地质模型创建

通过收集规划勘察资料和地块详细勘察资料,利用三维勘察设计系统 GeoStation,依照前海地质地层划分标准,实现地质资料快速入库,通过岩土体全自动建模、半自动建模、分区块建模^[3]、岩土界面生成等工具构建覆盖相应区域的三维地质模型。模型范围涵盖桂湾、前湾和妈湾三个片区,模型信息包括地层(完整层、尖灭层)、钻孔、地表水等内容。如图 4 所示。三维地质模型可用于几何查询、地质分析、基于 CAE 的一体化分析。

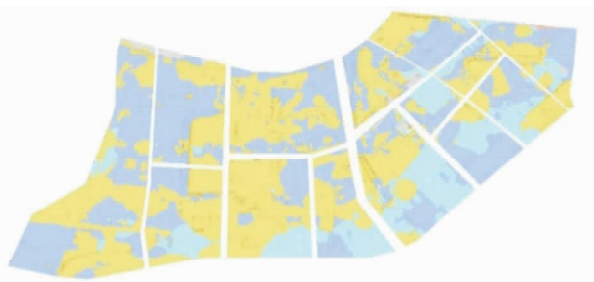


图 3 地质区块划分

(3) 前海多层次规划混合建模

前海规划包含了综合、单元、专项等多项不同层级的规划,根据规划资料,通过 Autodesk Revit、Bentley MicroStation 等主流的 BIM 建模软件创建规划信息模型^[4],包含了地面、景观、道路、桥梁、河道、公园、规划建筑、单元地块等模型。如图 5 所示。

规划信息模型可以用于各专项规划的不协调检查,统筹梳理不同层级规划之间的错漏碰缺,促进各规划的顺畅衔接。

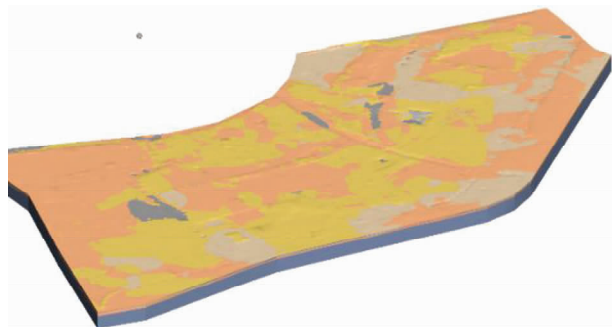


图 4 前海完整地质模型



图 5 规划信息模型

2.1.2 基于统一标准的工程 BIM 模型创建

前海集群市政工程各阶段 BIM 模型^[5]采用 Bentley、Revit、SketchUp、Rhino、CATIA、SolidWorks 等主流的 BIM 建模软件创建,范围同样覆盖了前海合作区桂湾片区、前湾片区与妈湾片区,包括区域全部市政工程项目资料数据整理、创建模型、整合模型数据及动态更新。严格按照前海制定的 BIM 相关标准要求进行建模,部分模型见图 6 - 图 8 所示。

2.1.3 模型整合

前海新城区开发建设既要总体统筹区域规划、项目设计和施工落地,还要总体统筹各项目间空间接口协调和建设时序,这就涉及到将上述地理信息模型、三维地质模型、规划信息模型以及各单体项目设计阶段及施工阶段的 BIM 模型进行整合^[6],通过不同软件之间的模型转换以及 BIM 与 GIS 的模型转换技术,可以完成不同 BIM 模型之间的数据格式转换,最终统一转换为 .dgn 格式在同一坐标系下

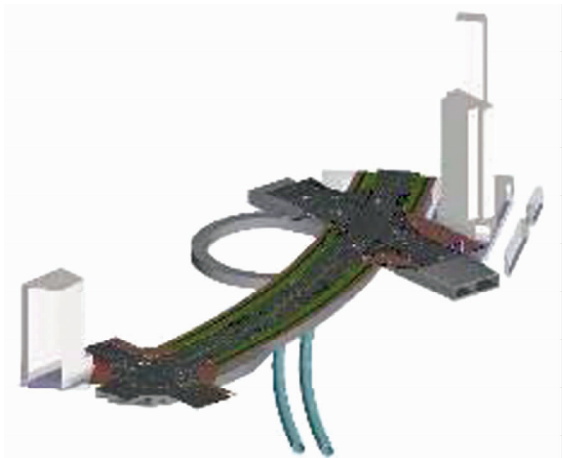


图6 市政道路、隧道市政基础设施模型



图7 桥梁三维模型

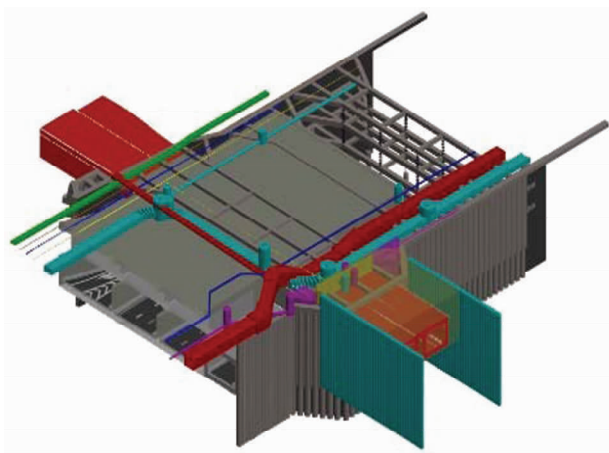


图8 市政管廊模型

基于 Microstation 软件完成整合,建立起前海片区的城市级 BIM 模型。整合模型主要包含工作:规划模型与建筑方案设计模型的整合、各关联项目相关模型间的整合、单体项目 BIM 模型与基础模型间的整合^[7-8]。如图 9-10 所示。



图9 方案设计模型与原有规划模型整合



图10 地质模型与倾斜摄影模型叠加

2.2 基于 BIM 的过程集成

2.2.1 纵向过程集成

(1)基于 BIM 的三维图纸会审。通过对各专业 BIM 的整合模型来校核各专业间大竖向上和总平面的一致性、物理空间冲突、排布管线、净空及预留预埋等情况。

(2)基于 BIM 的施工深化设计。具体包含了基于 BIM 的市政道路、景观园林、桥梁结构、地下管网、钢结构、盾构管片等专业的深化。

(3)基于 BIM 的道路交通疏解。在 BIM 模型上叠加整合地理信息模型,对施工过程交通走向、疏解方案、管线迁改及其保护过程进行模拟,对交通疏解方案进行优化。

(5)基于 BIM 的施工场地布置。按照统一标准创建施工机械设备、临时设施等模型库,建立施工组织场地布置模型,基于模型和工程组织实际对场地布置进行预演分析。

(6)基于 BIM 的施工方案模拟。根据施工组织方案基于 BIM 模型开展方案模拟分析、对比优化,结合实际需要输出模拟、技术交底动画视频,促进资源合理配置。

(7)大型设备运输路径方案模拟。建立运输设

备需要的总装 BIM 模型,录入附加信息,对设备检修路径及安装检修空间等进行模拟,优化施工场地和设备进场组织实施方案。

(8)景观 BIM 应用。创建项目所需的植物和小品等 BIM 模型库,结合地理信息模型整合建立项目场地模型,根据项目需求布置植物和小品,优化景观排布等并对模型进行总装与渲染,开展日照、四季、视域等分析。

(9)基于 BIM 的城市风貌展示及规划核查。通过前海规划信息模型和各项目 BIM 模型创建整合,对区内市政道路、过街天桥、景观桥、水环境、景观园林、空中步道、地下通道、城市轨道交通、地下设施模型、市政管网等,开展设计成果与规划的合规性检查,辅助规划统筹和协调。同时可以多角度展示前海未来城市面貌和海上天际线轮廓,开展视域、通视等分析,在城市规划建设的过程中提供直观和科学的决策支撑。

(10)建筑多方案对比。可以根据需要将多个已出让地块的不同建筑方案同时与周边项目模型进行精准的整合,并与整个区域三大基础模型进行总装,通过 GIS 软件来实现多屏的展示与联动,通过 VR 和 AR 等技术来开展多方位、多视角展示分析,从前海整体风貌来选择最优建筑方案。

2.2.2 横向过程集成

(1)基于 BIM 的接口协调。创建关联项目接口模型,对各接口施工场地边界、交叉施工组织进行校核,避免发生场地空间上的冲突,当出现偏差的先行施工部位,其对后续施工部位的影响可提前预判。接口协调成果详见图 11。

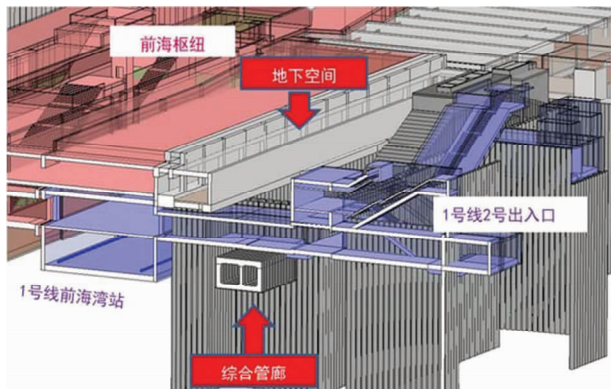


图 11 接口协调 BIM 模型细节

(2)基于 BIM 的城市片区“生长”模拟。利用前海城市级 BIM 模型创建整合,开展城市片区“生

长”过程模拟,优化单元规划建设总体建设时序统筹和接口协调。

(3)城市片区地下空间分析。利用整合的前海区域地下空间模型,对总体规划之间、各专业之间以及专项与专业规划之间的冲突进行核查,实现地下工程中各片区间、各项目间的综合分析协调。成果详见图 12。

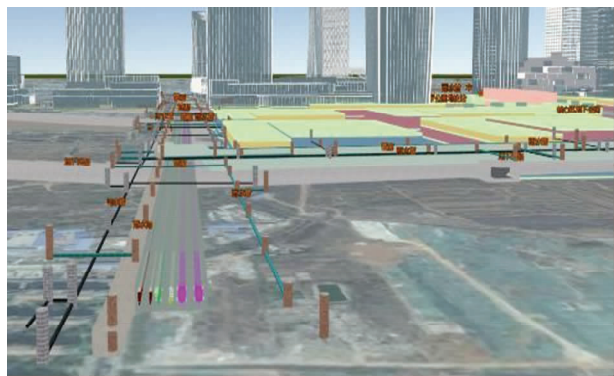


图 12 地下空间与地上建筑及设施关系

2.3 基于 BIM 的信息集成

搭建基于 BIM 的建设管理平台是实现前海集群市政工程项目信息集成的主要体现。平台为各参建方提供统一的信息入口,基于项目 BIM 模型载体集成各阶段信息,促进各参建方信息共享,强化各方沟通协调^[9]。平台开发运用 BIM + GIS 等关键信息技术,采用统一的 B/S 和 C/S 混合模式,利用 Restful 标准化接口来开展的微服务作为服务主线,建立系统总体架构^[10]。平台中的项目群功能主要结合了项目群管理信息与项目群 BIM 模型总装共享^[11],通过 workflow 实现任务下达、进度监控和资源调度,包括总控平台、总体进度、质量、安全管理、综合展示等模块。

(1)项目群总控台

依托项目群 BIM 模型建立的前海区域“数字沙盘”与建设管理平台紧密融合,对各项目群工程数据信息进行精确策划、总体统筹,在建设过程中及时发现项目群的各类项目问题,并提出相应的整改措施,为项目群的科学管理提供数据支持、辅助决策。如图 13 所示。

(2)综合展示

依托地理、地质和规划三大基础模型以及各类设施 BIM 模型的创建整合模型,可对工程项目内外部及周边项目、周边环境作全方位多角度展示查

看^[12]。将 BIM 模型与各项数据挂接可用于展示项目整体情况、空间分布、项目间关联等信息。基础模型展示区域三维规划信息模型、地理信息模型、三维地质模型等内容。如图 14。



图 13 项目群总控看板



图 14 三维规划模型

(3) 质量管理

质量管理模块将深度分析大型群体工程中影响质量的各种因素,并通过对其控制和调整使总体工程质量保持在良性区间。项目群质量管理模块和单体项目质量管理模块保持衔接和数据互通,对各类关键质量数据进行统筹分析管控,最终项目群将形成全面、清晰、实时的质量分析报告,供项目管理人员查看。

(4) 安全管理

项目群安全管理模块按照事前预防、事中控制、事后反馈原则,做到与单体项目的安全管理模块保持衔接和数据互通,安全隐患和数据实时汇总更新,同时进行全面分析,确保各项目的安全隐患及时得到传达和处理,实现项目群安全隐患的实时预警、安全指数趋向平稳。

(5) 进度管理

项目群的总体进度管理实施管理的重要内容、是动态的控制过程。该模块和单体项目的进度管理模块相挂接和数据互通,在项目群的实施过程中可对进度信息进行分析,自动解析进度问题,数据可以实时、动态传递,对进度问题及时预警,总体把控项目群进度。

3 结论

对深圳前海合作区的规划建设和群体性工程项目建设特点和难点开展深入研究,基于综合集成法和集成管理思想对工程实施过程中所面临的“人理”、“物理”、“事理”挑战进行分析。在准确把握前海合作区集群市政工程概念下,结合 BIM 等关键技术的应用,前海在国内首次开展了区域性城市规划信息、地理信息和三维地质三大基础模型的创建,同时开展各类集群市政、房屋建筑工程的模型创建整合和应用。在前海开发建设全过程中搭建了基于 BIM 的建设管理平台,开展了基于 BIM 的设计施工一体化应用工作。总体构建了前海集群市政工程项目在 BIM 技术支撑下信息集成、过程集成、组织集成和集成管理模式,有力促进了前海整体基础设施建设工程项目整体目标的实现。

参考文献

- [1] 向卫国. 新城区集群市政工程 BIM 技术应用研究 [D]. 北京:中国铁道科学研究院,2020.
- [2] 钱学森,于景元,戴汝为. 一个科学的新领域——开放的复杂巨系统及其方法论. 自然杂志,1990,13(1): 3-10.
- [3] 王国光,张家尹,魏志云. 基于拓扑分区的城市片区地质三维自动建模方法 [P]. 中国专利:CN109147045A, 2019-1-4.
- [4] 向卫国,黄焕民,张娴. 城市新城区规划信息模型创建及应用研究 [J]. 工程管理学报,2020,34(1): 70-74.
- [5] 陈沉,王驰. 三维数字化技术在深圳前海自贸区建设中的应用 [J]. 土木建筑工程信息技术,2019,11(5): 43-49.
- [6] 张建平,张洋,张新. 基于 IFC 的 BIM 三维几何建模及模型转换 [J]. 土木建筑工程信息技术,2009,1(1): 40-46.
- [7] 赵杏英. BIM 与 GIS 数据融合关键技术研究 [J]. 大坝安全,2019,7-10.
- [8] 汤圣君,朱庆,赵君峤. BIM 与 GIS 数据集成:IFC 与 CityGML 建筑几何语义信息互操作技术 [J]. 土木建筑工程信息技术,2014,6(4): 11-17.
- [9] 张建平,梁雄,刘强,等. 基于 BIM 的工程项目管理系统及其应用 [J]. 土木建筑工程信息技术,2012(4): 1-6.
- [10] 洪华军,吴建波,冷文浩. 一种基于微服务架构的业务系统设计与实现 [J]. 计算机与数字工程,2018,46(1): 149-154.

[11] Chen L J, Luo H. A BIM-based construction quality management model and its applications [J]. Automation in Construction, 2014, 46:64-73.

[12] 杨国华, 刘春艳. 轨道交通项目 BIM + GIS 云平台建设研究 [J]. 土木建筑工程信息技术, 2017, 9 (2): 103-106.

Research on the Whole Process Application of BIM Technology in Qianhai Cluster Municipal Engineering

Xiang Weiguo^{1,2}, Chang Hai^{1,2}, Li Ruiyu², Xu Zhe², Huang Zihui²

(1. *Shenzhen Qianhai Development Investment Holding Co., Ltd., Shenzhen 518000, China*;
2. *Shenzhen Qianhai Digital City Technology Co., Ltd., Shenzhen 518000, China*)

Abstract: In order to meet the challenges of municipal engineering construction and management in the Qianhai cluster in Shenzhen, based on the combination of comprehensive integrated management theory and the full-process application of BIM technology, three basic models of geographic information, three-dimensional geology and urban planning of the new urban area were created for the first time in China. The creation of various cluster municipal engineering models including roads, integrated pipe corridors, landscapes, etc., the integration and application of housing construction models, the integrated application of design and construction, and the construction of a BIM-based construction management platform, effectively solving large-scale cluster projects Faced with the problems of "human management", "physics" and "affairs" in the implementation process, an integrated management model of the organization integration, process integration and information integration of the municipal engineering of Qianhai cluster was established.

Key Words: Cluster Municipal Engineering; BIM Technology; Integrated Management