

文章编号: 2096-3424(2023)03-0265-06

DOI: 10.3969/j.issn.2096-3424.2023.03.011

# BIM 技术在装配式建筑中的应用探索

李英姬<sup>1</sup>, 秦茂轩<sup>1</sup>, 贾子彤<sup>1</sup>, 丁宁<sup>2</sup>

(1. 上海应用技术大学 城市建设与安全工程学院, 上海 201418; 2. 上海建工一建集团有限公司, 上海 201100)

**摘要:** 结合装配式建筑实际工程项目, 探讨了建筑信息模型 (BIM) 技术在装配式建筑中的应用。利用 BIM 技术的信息共享和协同工作的优势, 在 BIM 协同平台上进行碰撞检查、施工模拟、节点深化和运维管理, 可以有效避免各种碰撞及误差、优化作业流程、节约资源, 提高建造效率。

**关键词:** 建筑信息模型 (BIM) 技术; 装配式建筑; 信息化管理

中图分类号: TU71 文献标志码: A

## Exploration on the application of BIM technology in prefabricated buildings

LI Yingji<sup>1</sup>, QIN Maoxuan<sup>1</sup>, JIA Zitong<sup>1</sup>, DING Ning<sup>2</sup>

(1. School of Urban Construction and Safety Engineering, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 201418, China; 2. Shanghai Construction No.1 (Group) Co., Ltd., Shanghai 201100, China)

**Abstract:** Combined with the actual engineering project of prefabricated building, this paper discusses the application of building information modeling (BIM) technology in prefabricated building. Making use of the advantages of information sharing and cooperative work of BIM technology, collision checking, construction simulation, node deepening design, operation and maintenance management are carried out on BIM collaborative platform, which can effectively avoid all kinds of collisions and errors, optimize operation flow, save resources, and improve construction efficiency.

**Key words:** building information modeling (BIM) technology; prefabricated buildings; information management

在碳中和背景下, 我国近年来加快了推进新型建筑工业化的步伐, 其中装配式建筑因其节能环保、节材减耗等特点, 也迎来了高速发展机遇<sup>[1]</sup>。但目前装配式建筑受传统的部门分割及封闭的组织模式影响, 各专业之间缺乏协同合作, 设计、生产、施工过程中存在信息传递闭塞、脱节<sup>[2]</sup>的问题, 严重影响建筑产业转型升级。而建筑信息模型 (building information modeling, BIM) 技术是一种建筑信息模型化的技术手段<sup>[3]</sup>, 融合 BIM 技术的装

配式建筑管理可以改善上述弊病。模型化后的建筑实物信息和建设过程信息, 可以运用于装配式建筑全生命周期的设计、建造和运营一体化工程管理中, 可以实现所有相关方共享信息资源。BIM 平台可以将装配式建筑工程设计、生产供应、施工安装、运营维护全产业链数据打通, 进行装配式建筑的协同信息管理, 推动装配式建筑组织实施方式和工程项目管理模式创新, 有助于全面提高装配式建筑的管理和经济效益, 加快装配式建筑的应用推广<sup>[4]</sup>。

收稿日期: 2021-11-21

作者简介: 李英姬 (1967-), 副教授, 博士, 主要研究方向为装配式建筑工程数字化和 BIM 技术。E-mail: liyj257jp@126.com

引文格式: 李英姬, 秦茂轩, 贾子彤, 等. BIM 技术在装配式建筑中的应用探索 [J]. 应用技术学报, 2023, 23(3): 265-270.

Citation: LI Yingji, QIN Maoxuan, JIA Zitong, et al. Exploration on the application of BIM technology in prefabricated buildings[J].

Journal of Technology, 2023, 23(3): 265-270.



# 1 BIM 技术与装配式建筑中的研究现状

自 2002 年以来,国际建筑行业兴起了围绕 BIM 的建筑信息化研究。信息化是 BIM 技术的核心<sup>[5]</sup>,在装配式建筑的全生命周期内,通过 BIM 模型为基础的信息集成化管理平台,可以实现装配式建筑各参与方信息共享与交换<sup>[6]</sup>。

国内外学者对 BIM 技术在装配式建筑中的应用展开了各种探索和尝试。O’Grady 等<sup>[7]</sup>将使用循环型经济(circular economy, CE)理念设计的 BIM 建筑模型和虚拟现实(virtual reality, VR)技术相结合,提出了 VR 技术在装配式建筑循环型经济中的应用方法,并利用 CE 大楼模型,进行 VR 技术的具体应用研究。Bataglin 等<sup>[8]</sup>提出基于 BIM 模型的精益生产(engineer-to-order, ETO)理念管理模式,以“拉动式生产”和“减少可变性”原则的方法,探索 ETO 模式与 BIM 技术的协同效应。顾浩声等<sup>[9]</sup>介绍了装配式建筑 BIM 正向设计的概念及优点,以实际装配式宿舍楼项目为例,从各专业协同设计、构件深化设计、施工指导等几个方面探讨 BIM 正向设计的应用价值。渠立朋<sup>[10]</sup>以某装配式学生公寓为例,介绍了 BIM 技术在装配式建筑设计和施工阶段的具体应用,并进行了基于 BIM 技术的装配式建筑设计-施工协同管理应用平台原型设计。孙国忠<sup>[11]</sup>结合装配式建筑技术与建筑施工管理现状及存在问题,提出基于 BIM 的装配式建筑总承包管理模式,并基于实际工程项目,验证了其有效性。

要实现装配式建筑的转型升级,既要提高施工技术,又要充分发挥工程总承包管理的资源整合优势。基于工程总承包管理的 BIM 技术应用<sup>[1,6]</sup>,对

装配式建筑全产业链系统进行集成化管理,是进一步发展装配式建筑的关键所在。

# 2 BIM 技术在装配式建筑中的应用

## 2.1 工程概况

本项目为上海某科技智慧城商办项目,总用地面积约为 5.86 万 m<sup>2</sup>,由 8 栋塔楼和 4 栋附属楼房组成,地上总建筑面积约 18.58 万 m<sup>2</sup>,地下总建筑面积约 10.74 万 m<sup>2</sup>,建筑性质为商业、办公。其中多层商业、办公建筑均采用装配整体式框架结构。采用设计-施工总承包管理模式,本项目的创新点是“全专业协同 BIM 设计,利用 BIM 技术指导生产施工”。

本文以该项目 5 号办公楼为例进行 BIM 技术应用探讨。5 号办公楼地上建筑总面积为 11 683.63 m<sup>2</sup>,建筑高度为 23.465 m,预制率为 30.2%,预制构件包括预制叠合梁、预制叠合板、预制柱等。因场地有限,PC 构件运输及堆放均在 250 mm 厚地下室结构顶板上。

## 2.2 BIM 应用总体策划

为了更好地实施 BIM 技术应用<sup>[12-13]</sup>,装配式建筑工程总承包项目部在组织机构中,需要增设计算管理部和 BIM 工作部。本项目是在技术质量部下面专门配备了驻场 BIM 负责人(见图 1),全面负责本工程 BIM 系统的建立、运用和管理,协调总控项目 BIM 应用,并负责编制“BIM 实施工作计划”,经建设单位批准后作为 BIM 实施工作的指导性文件和依据。“BIM 实施工作计划”主要内容包括:整体 BIM 实施方案、BIM 团队及组织架构、BIM 工作进度、模型精细度 LOD(level of development)要求、BIM 建模标准流程、各参与方 BIM 提交成果要求及保障措施等。按照图 2 所示的 BIM 建模

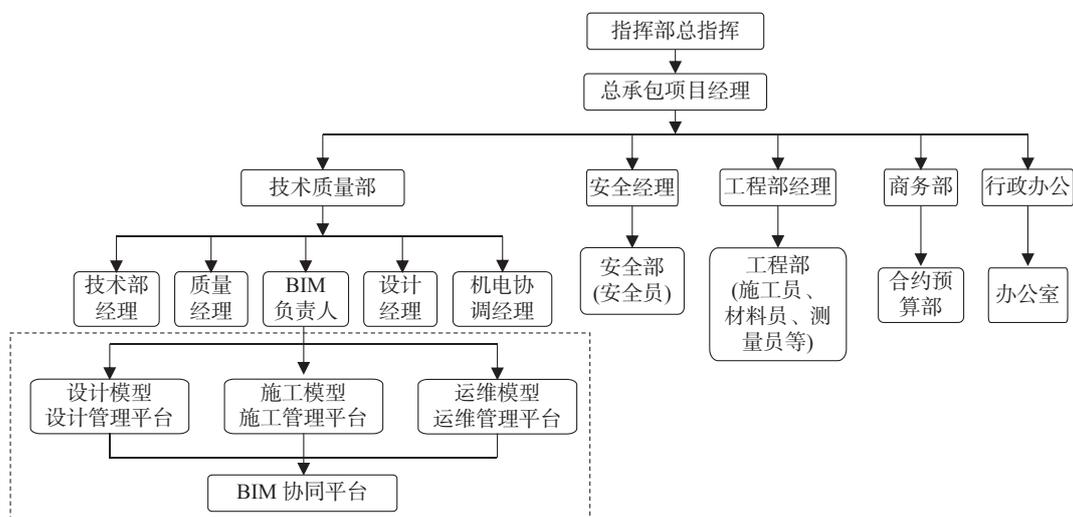


图 1 项目组织架构

Fig. 1 Project organization chart

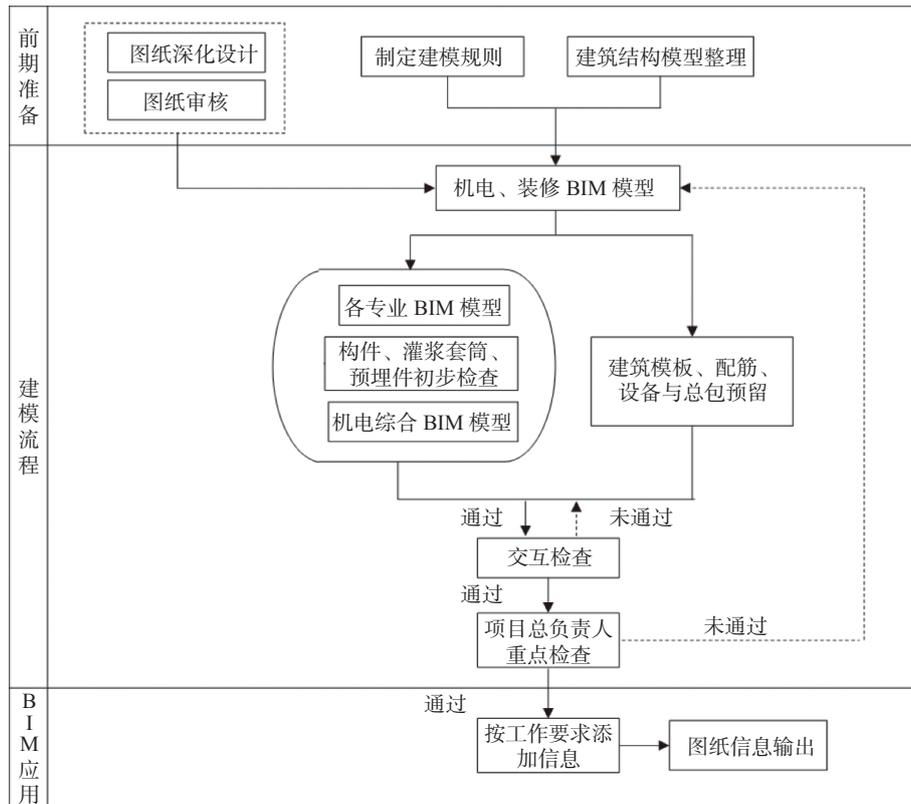


图2 BIM建模流程

Fig. 2 BIM modeling process

流程建立各专业 BIM 模型,根据项目 BIM 应用阶段确定构件需要包含的属性信息,要求模型信息轻量化,避免过度建模。

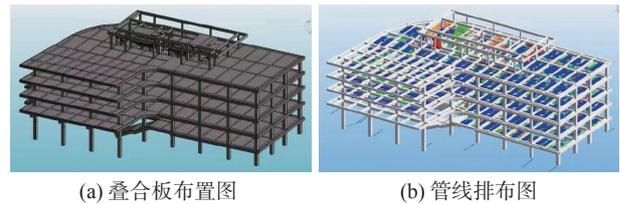
### 2.3 装配式建筑设计阶段应用

设计阶段中的深化设计是装配式建筑实现过程中的重要一环,起到承上启下的作用。装配式建筑深化设计是根据合同的技术要求<sup>[14]</sup>、施工规范<sup>[15-17]</sup>,综合考虑构件外观、生产加工、运输安全、施工可实施和便捷、设备预埋的一项综合设计。

基于 BIM 的装配式建筑全过程设计管理,贯穿整个设计过程,对建筑全过程各个阶段进行技术集成和专业整合,实现设计标准化。装配式建筑设计应充分考虑建筑结构与建筑内部装饰体的协同性,内装与机电深化设计必须前置。

#### 2.3.1 各专业 BIM 模型深化设计

在深化设计阶段利用 Revit 软件建立建筑、结构、机电设备等专业 BIM 模型,进行构件拆分、节点深化设计。优化预制构件种类和规格,叠合板的拆分尽可能采用模数化尺寸做到了“少规格、多组合”,构件拆分时充分考虑了最重预制构件的(预制梁最重 9.4 t, 预制柱最重 8.1 t)吊装、运输、施工安全的要求。BIM 建模流程最终形成施工图设计阶段的全专业 BIM 模型如图 3 所示。



(a) 叠合板布置图

(b) 管线排布图

图3 深化设计模型图

Fig. 3 Detailed design model drawing

#### 2.3.2 碰撞检查和净高分析

利用鲁班 s 软件把各专业 BIM 模型进行合并碰撞,检查 PC 构件、管线之间的碰撞点(见图 4),校核预留洞口与预埋件位置,对构件和管线进行优化布置。通过碰撞检查,发现常规设计各专业间错漏碰的问题共 47 项,对因二维图纸造成的问题进行提前预警,第一时间发现和解决设计问题,避免工期延误、节约安装成本,提高了工程质量。

#### 2.3.3 BIM 技术设计阶段应用总结

本项目采用的是现阶段主流的“图纸+BIM 模型”的并用模式,即在二维 CAD 施工图基础上,利用 Revit 软件建立各专业三维模型,后期采用链接的形式进行模型整合和应用,此方法增加了建立 BIM 模型的工作量,设计工作效率相对较低。考虑到深化设计工作内容繁杂和一次成优,采用 BIM 技术正向设计。运用 Revit 或 Tekla 软件 2 次开发

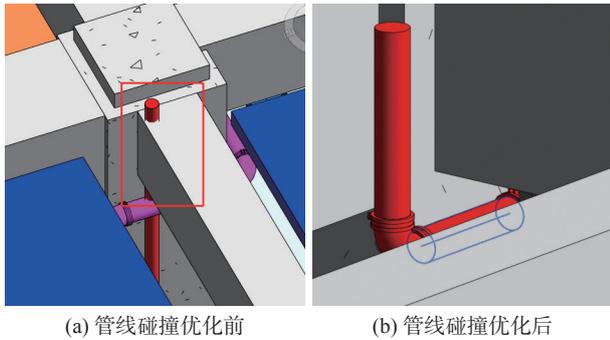


图 4 管线碰撞检查

Fig. 4 pipeline collision check

系统直接建模、施工图绘制,即“先建模,后出图”的设计流程,在同一个设计平台完成 PC 方案设计、构件加工图设计、模板设计等各项设计,实现全专业、全过程三维协同设计,不同的设计人员可以在一个模型上进行实时协作,施工零变更成为可能性。

#### 2.4 预制构件和部品生产阶段应用

信息传递的准确性和时效性是 BIM 在预制构件生产阶段的最大优势<sup>[2-6]</sup>。预制构件生产过程中包括技术工艺管理、质量管理、成品管理等宜应用 BIM 技术,可提高数据交换的精确性,降低生产成本,提高生产效率。装配式预制构件生产阶段 BIM 应用交付成果宜包括:部品部件加工模型、加工图、装配图、以及相关的技术参数和安装要求等。

##### 2.4.1 预制构件图纸深化

预制厂在构件加工阶段根据设计阶段的施工图纸进行预制构件深化设计。读取 BIM 模型预制构件的几何及材料属性信息,根据设计划分的构件单元,结合工厂生产设备及现场施工情况进行构配件部品的生产拆分,形成生产阶段专用构件加工三维模型。对于柱,严格控制出筋定位精度和伸出长度,确保套筒连接准确可靠。在进行预制梁深化设计时,预留支模用连接螺栓,保证模板与预制构件的装配可靠性,方便现场施工安装。

利用 BIM 参数化设计,精确进行构件的外轮廓及节点钢筋的优化设计、水电预埋设计、吊点设计、施工预埋设计等,确保设计与生产加工的协同对接,有效减少了预制构件的生产周期。

##### 2.4.2 模具制作与拼装

模具设计应兼顾周转使用次数和经济性原则,模具构造保证拆卸方便,并应满足预制构件质量、生产工艺和周转次数等要求。

模具的精度决定预制构件生产质量,基于 BIM 信息模型的预制构件模具设计,提高 PC 构件模具加工精度降低生产成本。BIM 三维模型加工图便于工人识图,并可仿真模拟加工工艺流程图,

为工人提供全新的技术培训场景,提高预制构件产品质量。

#### 2.4.3 建立 PC 构件信息模型

在预制构件信息模型基础上,添加运输所需的信息,建立材料、钢筋和预埋件定位、管线、窗框位置、构件编码等重要信息,并在构件生产和质量验收阶段形成构件生产的进度信息、成本信息和质量追溯信息。预制配件、部品部件生产、制作的阶段信息及时反馈到构件加工模型中,保证模型信息的准确性和及时性。所有预制加工产品的物流运输和安装等信息宜附加或关联到模型中,方便规划运输路线、预制构件仓储、现场施工进度安排。

#### 2.5 建筑施工实施阶段应用

根据设计、生产制造阶段的建筑信息模型进行施工阶段深化设计,结合施工组织进度计划实时更新 BIM 模型,并进行专项施工方案模拟。

施工过程中逐步完善建筑信息模型的安装信息,最终整合建筑物空间信息、设备信息、施工信息和质检信息形成竣工模型。竣工模型集成了项目施工阶段的管理过程信息,为电子化竣工交付和运维阶段 BIM 应用提供数据基础。

##### 2.5.1 场地平面布置 BIM 应用

在装配式建筑施工过程中,安全、高效地布置塔吊,可有效提高塔吊的使用效率和场地利用率,避免预制构件的二次倒运现象,加快建筑整体施工效率。

二维平面施工场地布置图,不能直观地体现施工进度计划。利用鲁班软件进行三维场地模拟和场地优化,对整个施工现场生产区和构件堆场以及塔吊位置生成三维效果图,便于施工技术交底和场地布置优化。利用 Navisworks 软件仿真模拟运输路线,优化预制构件运输平板车和商业混凝土运输车行驶道路和转弯半径,并对群塔进行碰撞检查,优化塔吊布置,指导现场施工。图 5 为不同工况下的场地及塔吊位置三维示意图。

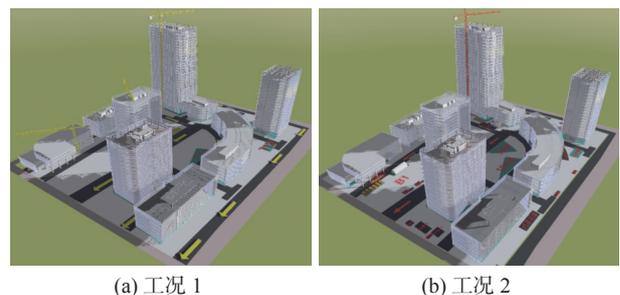


图 5 场地及塔吊布置示意图

Fig. 5 Schematic diagram of site and tower crane layout

### 2.5.2 运输与吊装阶段

构配件、部品在运输前应基于生产阶段交付的预制构件装配图,结合工程现场施工进度、施工方法和顺序、堆放场地等,制定专项施工方案并对专项施工方案进行动态施工仿真模拟(BIM+VR)<sup>[18]</sup>,以确定构配件、部品的运输顺序和放置位置,方便施工技术交底。

预制构件的吊装是装配式结构工程施工中最重要的作业之一。构配件、部品在吊装前,结合施工现场、构件的类型、机械设备的起吊能力、构件的安放位置等,进行施工吊装虚拟仿真模拟和对比分析工作,最终确定最优的吊运方法及顺序、临时支撑设置等。

### 2.5.3 节点域安装施工指导

连接节点构造是装配式混凝土结构设计与施工的关键,为达到与现浇混凝土等同的效果,装配式混凝土结构的后浇混凝土节点必须按照施工方案要求的顺序进行施工。

对主梁预留支模用连接螺栓进行 BIM 三维模型深化设计,确定模板预制构件的连接方式和预留连接螺栓的具体位置,有效避免了因模板无法安装影响施工进度等问题。运用 BIM 虚拟仿真技术模拟预制梁、板、柱的施工流程,并对工人进行套筒灌浆模拟培训和安全技术交底。比如模拟预制柱安装施工工艺流程包括:基层处理→定位测量放线→铺设浆料→预制柱吊装就位→定位校正和临时固定→钢筋套筒灌浆。对施工工艺、现场、进度、施工难点进行预判与处理,从而实现对施工过程的

有效控制。

### 2.5.4 标准层施工工艺流程模拟

预制装配式建筑构件吊装方案对施工工序有很高的要求,构件吊装顺序出错会导致大量返工,造成工期和成本的增加。根据项目的吊装工作计划,对 PC 构件吊装方案进行三维动态模拟,复核构件的吊装、装配顺序,查找施工中可能存在的动态干涉,优化吊装方案,形成构件安装的风险防控文档,并形成施工指导视频。

施工过程中,将项目进度计划和 BIM 模型相关联,产生具有时间属性的施工进度管理 BIM5D 模型,可视化展示项目动态与计划进度比对分析,对进度偏差进行调整,更新目标计划,同时对施工组织设计的合理安排进行校核。

### 2.6 运营维护管理阶段实施建议

运维阶段是建筑全生命周期中时间最长、管理成本最高的重要阶段。建议本项目业主委托 BIM 顾问把土建竣工模型和机电竣工模型整合为运维所需的整体竣工 BIM 模型,并对这些信息数据进行审核,审核通过后模型存档。竣工 BIM 模型数据信息与设施管理平台(facility management, FM)进行关联,为资产设施运营管理提供信息查询、隐蔽工程改造、设备快速定位、图纸管理、系统维护、实时监控预警、互动场景模拟等功能,可以提高物业管理效率、物业服务质量,降低管理成本,为设施的保值增值提供可持续的解决方案,最终实现设计、生产、装配、运维一体化的 BIM 技术集成应用目标(见图 6)。

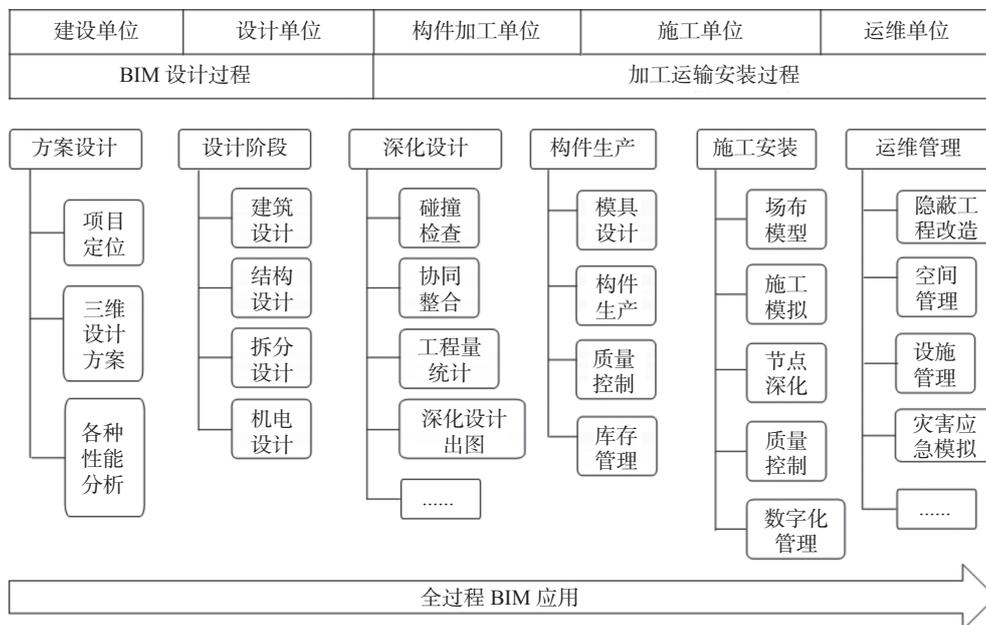


图 6 全过程 BIM 应用

Fig. 6 Full-process BIM application

### 3 结 语

依托上海某科技智慧城装配整体式框架结构项目,将 BIM 技术融合在装配式建筑设计、施工、运维管理中,探讨了 BIM 技术在装配式建筑中的应用价值。

(1) 梳理了 BIM 实施的组织与管理架构,探索装配式建筑全过程 BIM 应用流程。

(2) BIM 技术应用于工程项目设计、施工、运营维护等各阶段,可实现建筑全生命期各参与方数据资源共享,为装配式建筑工业化建造提供技术保障。

(3) BIM 技术支持对建筑质量、施工安全等方面的分析、检查和模拟,推动工程建设组织实施方式的创新、工程项目管理模式创新。

(4) BIM 技术支持装配式建筑各专业协同工作、精益建造和精细化管理,实现基于互联网的协同管理,对于实现智慧建造、低碳节能起到重要作用。

#### 参考文献:

[ 1 ] 齐奕, 顾勇新. 装配式建筑EPC总承包管理 [ M ]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2021.

[ 2 ] 沙峰峰. BIM技术在装配式建筑中的应用-以科创中心为例 [ D ]. 南昌: 华东交通大学, 2021.

[ 3 ] 建筑信息模型应用统一标准: GB/T 51212—2016 [ S ]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.

[ 4 ] 江静思. 基于BIM的装配式建筑全寿命周期成本控制研究 [ D ]. 武汉: 武汉科技大学, 2021.

[ 5 ] 郑小云. BIM技术在设计优化及智慧工地建设的应用研究 [ D ]. 杭州: 浙江大学, 2018.

[ 6 ] 赵丽. 装配式建筑工程总承包管理实施指南 [ M ]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.

[ 7 ] O'GRADY T M, BRAJKOVICH N, MINUNNO R, *et al.* Circular economy and virtual reality in advanced BIM-based prefabricated construction [ J ]. *Energies*, 2021, 14 ( 13 ): 14134065.

[ 8 ] BATAGLIN F S, VIANA D D, FORMOSO C T, *et al.* Model for planning and controlling the delivery and assembly of engineer-to-order prefabricated building systems: exploring synergies between lean and BIM [ J ]. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2020, 47 ( 2 ): 165-177.

[ 9 ] 顾浩声, 王光辉. 装配式建筑BIM正向设计应用研究 [ J ]. *建筑结构*, 2020, 50 ( S1 ): 645-648.

[ 10 ] 渠立朋. BIM技术在装配式建筑设计及施工管理中的应用探索 [ D ]. 徐州: 中国矿业大学, 2019.

[ 11 ] 孙国忠. EPC总承包模式在装配式项目管理中的应用研究 [ D ]. 青岛: 青岛理工大学, 2018.

[ 12 ] 赵虎. PC装配式建筑中BIM技术应用研究 [ D ]. 南昌: 南昌大学, 2020.

[ 13 ] 吴大江. BIM技术在装配式建筑中的一体化集成应用 [ J ]. *建筑结构*, 2019, 49 ( 24 ): 98-101.

[ 14 ] 装配式建筑评价标准: GB/T 51129—2017 [ S ]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.

[ 15 ] 装配式混凝土建筑技术标准: GB/T 51231—2016 [ S ]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.

[ 16 ] 装配式混凝土结构技术规程: JGJ 1—2014 [ S ]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.

[ 17 ] 装配式混凝土建筑施工规程: T/CCIAT 0001—2017 [ S ]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.

[ 18 ] 戴文莹. 基于 BIM 技术的装配式建筑研究—以“石榴居”为例 [ D ]. 武汉: 武汉大学, 2017.

( 编辑 张永博 )