



Study on the Application of BIM5D in Modular Prefabricated Building Project in Changsha Makeshift Hospital

Zhang Guosheng¹, Cai Zhili¹, Chen Zhaorong^{1,*}, Liao Fei¹, Chen Wurong², Su Yunsheng³, Wu Jiafu¹

¹China Construction Fifth Engineering Bureau the Third Construction Co., Ltd., Changsha, China

²BGI Genomics Co., Ltd, Shenzhen, China

³College of Design and Innovation, Tongji University, Shanghai, China

Email address:

chenzhaorong1987@qq.com (Chen Zhaorong)

*Corresponding author

To cite this article:

Zhang Guosheng, Cai Zhili, Chen Zhaorong, Liao Fei, Chen Wurong, Su Yunsheng, Wu Jiafu. Study on the Application of BIM5D in Modular Prefabricated Building Project in Changsha Makeshift Hospital. *Science Discovery*. Vol. 11, No. 1, 2023, pp. 1-6.
doi: 10.11648/j.sd.20231101.11

Received: December 15, 2022; Accepted: February 1, 2023; Published: February 10, 2023

Abstract: Building makeshift hospitals is one of the important measures to deal with the COVID-19 outbreak, which has brought great pressure and challenges to China's public health system. Makeshift hospital construction usually uses prefabricated boxes, which provide faster construction, safer manufacturing, better quality control and lower environmental pollution compared with traditional on-site construction. In the process of procurement, transportation and installation of prefabricated boxes, there will usually be installation deviation, material failure to arrive in time leading to labor slowdown, low efficiency of hoisting and installation, poor coordination among different professions and other problems. Taking Changsha makeshift hospital project as an example, this paper analyzes the application of BIM5D technology in the processing of prefabricated components, the layout of construction site, construction simulation, construction cost management and construction schedule management, and concludes that the use of BIM5D technology in the construction management stage of the prefabricated construction project of makeshift hospital can greatly improve the management and control ability of the management personnel. Obviously improve the quality of prefabricated buildings, save time and cost, through the BIM5D information integration and construction simulation to make the construction management of prefabricated buildings more efficient coordination.

Keywords: BIM Technology, Modularization, Mobile Cabin Hospital, Prefabricated

长沙方舱医院关于BIM5D在模块化装配式建筑项目的应用研究

张国申¹, 蔡志立¹, 陈兆荣^{1,*}, 廖飞¹, 陈戊荣², 苏运升³, 伍家福¹

¹中建五局第三建设有限公司, 长沙, 中国

²深圳华大基因股份有限公司, 深圳, 中国

³同济大学设计创意学院, 上海, 中国

邮箱

chenzhaorong1987@qq.com (陈兆荣)

摘要: 新冠肺炎疫情给我国公共卫生体系带来巨大的压力和挑战, 建设方舱医院是应对新冠疫情的重要措施之一。方舱医院建设通常采用装配式箱体, 与传统的现场施工相比, 它提供了更快的施工、更安全的制造、更好的质量控制和更低的环境污染。装配式箱体的采购、运输、安装过程, 通常会出现安装偏差、材料未及时到场导致窝工、吊运安装

效率低、各专业之间协调差等问题。本文以长沙方舱医院项目为例，分析BIM5D技术在装配式构件的加工、施工场地平面布置、施工模拟、施工成本管理和施工进度管理等方面的应用，得出方舱医院装配式建筑项目施工管理阶段使用BIM5D技术，能够较大的提升管理人员的施工管控能力，较明显的提高装配式建筑的质量，节约工期和成本，通过BIM5D的信息集成和施工模拟使装配式建筑的施工管理更加高效协调。

关键词：BIM技术，模块化，方舱医院，装配式

1. 引言

模块化装配式建筑是将单个模块独立或者组装在一起，模块化装配式建筑因其施工速度、质量好、施工成本低、节约资源、环保等优点而被广泛的应用。可通过重新设计生产流程、设施布局 and 材料处理，可进一步提高生产率并降低成本。2019年年底暴发的新冠疫情严峻复杂，疫情防控任务艰巨繁重，根据国家卫健委要求，每个省份至少要建设储备两到三家方舱医院。方舱医院通常采用模块化设计，将医院划分为单独的预制单元，并由多个集装箱预制单元组成，预制集装箱构件在工厂制造并运输到施工现场进行安装施工[1]。通常方舱医院的体量较大，设计系统性较为复杂，施工工期紧，在箱体安装过程中会出现质量或安装错误等问题，而BIM技术可以在前期对上述问题进行优化完善，从而加快施工进度和提高施工质量，实现模块化建筑的快熟建造。

随着BIM5D技术的在我国的发展，许多研究者对BIM5D技术在工程实际中的应用进行研究并取得了一定的成果。任小玲等人对BIM5D技术在医院建筑全过程造价管理中的优势进行总结，并以医院项目为例，详细分析BIM5D技术在项目决策阶段、设计阶段、施工阶段及竣工阶段的具体应用，通过共享平台，将各参与方及各阶段工程造价联系

在一起，从而实现全过程造价精细化管理[2]。田林倩等人以住宅项目为例，在项目施工阶段基于BIM5D平台对其进行动态化管理与优化，分析建筑工程项目在施工阶段动态化管理应用过程，BIM5D技术在投资、进度、采购、安全管理中的具体应用，得出施工阶段应用BIM5D可以有效提高管理效率，控制工程质量，直观显示工程进度、资源分配、成本控制情况，实现高效和精细化管理[3]。殷保国等人分析BIM5D技术在项目进度管理、成本管理、质量和安全管理方面的应用，可实现工程进度的动态的精准把控，自动汇总工程材料用量，辅助预算员计算成本，在施工前通过模拟对设计进行优化，提前判断存在的质量和安全隐患，实现精准跟踪[4]。刘德福等人利用BM5D管理平台结项目的场地布置，施工进度，材料管理、架体的搭设等方面进行了综合应用，得出使用BM5D技术，可有效缩短工期，提高材料的周转效率，降低施工成本，实现了项目的精细化管理[5]。

2. 长沙方舱医院概况

长沙方舱医院位于开福区开福大道与绕城高速西南角。用地面积11.37万平方米、总建筑面积4.8万平方米。长沙方舱医院主要分为三个区域，分别为医务人员生活区、后勤区和医疗区（见图1）。

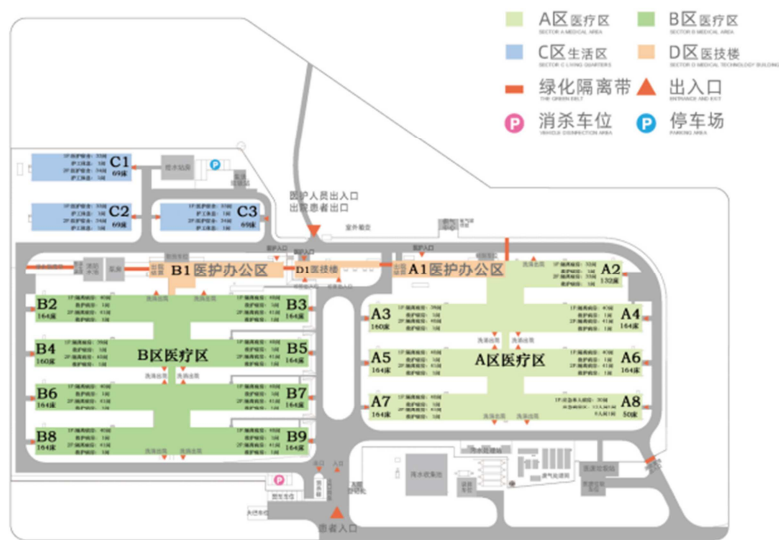


图1 长沙方舱医院总平面示意图。

长沙方舱医院医疗区采用鱼骨布局，符合“三区两通道”原则和国家传染病医院设计规范。三区分别是清洁区、半污染区和受污染区，两通道分别是医务人员通道和病人通道。与其他功能齐全的传染病医院类似，医院的内侧治

疗区域包括隔离病房、医疗技术设施、咨询室、移动DR、方舱CT、中心检验室、成品PCR等医用房和其他保护病人、医务人员的基本设施[6]。

长沙方舱医院采用模块化设计,将整个医院划分为单独的预制单元。医疗区域由集装箱式预制单元组成,每个单元都有自己的功能,标准尺寸为 $6\text{m}\times 3\text{m}\times 2.8\text{m}$ 。这些装置在工厂生产,然后运到施工现场,用移动式起重机安装在指定的地点。隔离病房设有双面柜,将病房与通道相连,允许医务人员向病人提供日常用品或药品,无需进入病房,防止交叉感染。隔离病房还有空调、电缆、电视和电灯等电器,在施工现场组装好预制单元后安装。

医务人员生活区为3栋两层建筑,包括207间房和267张床位,由集装箱式预制单元组成,这些预制单元被放置在一个桁架上。每个房间都配备有衣柜、空调等家具和电器,以及一间私人浴室。

3. BIM 5D施工原理

3.1. BIM 5D概念

BIM 5D是指在建设工程及设施的规划、设计、施工以及运营维护阶段全寿命周期创建和管理建筑信息的全过程,应用了三维、实施、动态的模型涵盖了几何信息、空间信息、地理信息、各种建筑组件的性质信息及工料信息(见图2)。BIM 5D即在原空间维度x-y-z三维基础上增加了时间和费用维度(见图3),通过全过程的动态工程量等信息的反馈帮助调整整个模型,使得能够贴着整个项目预期的概算进行控制[7]。

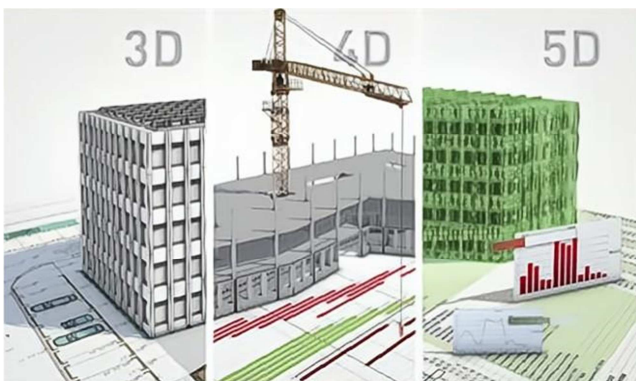


图2 建筑信息模型5D。

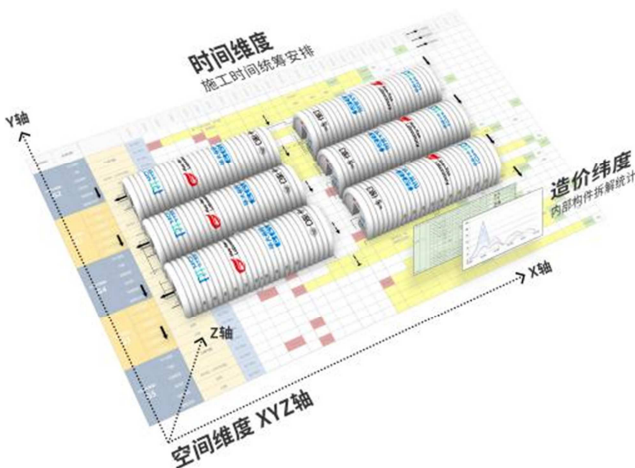


图3 BIM的第五维度。

3.2. BIM技术应用价值分析

BIM模型可以整合建设项目信息的所有属性,通过BIM平台可以很好地协调所有项目利益相关者,做出准确的决策,有利于更好地实现建设项目施工管理。应用BIM技术可以更专业地模拟碰撞检查,以实现程序的设计阶段,避免设计阶段的碰撞造成的拆卸、返工浪费,在施工阶段,施工单位还可以获取各种项目信息,对项目进行实时监控和管理。一个完整的建设项目必须经过决策、项目、设计、施工、监督、验收等一系列过程才能完成并交付使用,这些过程就像管道中的同一系列过程一样,所有工作人员通过图纸传递信息,不可避免地会出现沟通失真、管理失误的问题,不可避免地会出现各方推卸责任的现象,影响建设项目的进度和质量[8]。在BIM时代,颠覆了工作流程的流程。每个专业人员通过同一信息平台实现楼宇信息的实时交换和共享。此外,每个部门员工在每个阶段的工作都是围绕建筑信息模型进行的。全体员工共同努力,共享信息,减少因信息沟通不及时、重复、返工带来的错误和其他损失而造成的过去,从而提高项目的生产效率,提高建设项目的质量,缩短工期,降低建设成本,促进工作质量和效率显著提高[9]。BIM实现项目全生命周期信息传递(见图4)。

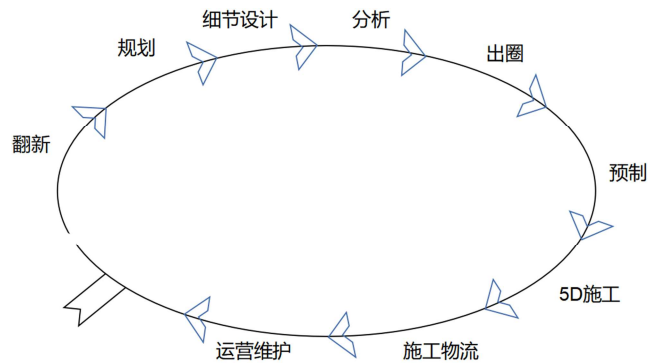


图4 BIM实现项目全生命周期信息传递。

3.3. BIM 5D平台施工流程

BIM 5D模型具有开放界面,集成了一系列软件、Revit、Tekla、MagiCAD等建立模型,同时集成了Project、Excel、Word和其他办公软件、时间表和数据。BIM 5D模型集成项目模型和相关属性信息后,可以通过该模型查询项目的施工进度、施工设计图纸、标价、合同条款等施工信息。基于BIM技术的BIM 5D信息化数据集成平台,可以实现建设项目所有参与者信息的及时共享和传递,及时提供施工管理所需的数据信息,有助于提高施工阶段的精细化管理水平[10]。BIM 5D建模和实施主要以模型、数据、共享、应用程序。

在设计阶段,使用BIM5D有助于提前检测施工图,减少因成本和工期损失导致的施工或设计变更后的施工;在施工阶段,我们可以实现对项目的全面控制,合理制定施工计划,做好现场施工管理,准确完成现场人员和资源配置,最大限度地减少工人和其他工人造成的损失。在项目的运营和维护阶段,通过施工模拟和使用5D详细信息的碰

撞，我们可以制定合理的维护和维修计划，进行尺寸管理，降低运营和维护管理的难度。然而，本研究主要讨论BIM 5D在项目管理全过程的应用[11]。BIM 5D施工管理平台在施工全过程的主要应用包括现场布局模拟和优化、虚拟施工、可视化、进度控制、成本控制。同时，施工项目的BIM模型需要根据施工现场的实际施工信息实时更新，以确保BIM模型和现场施工。BIM 5D平台结合目前在施工阶段的应用，实现了以下功能，便于施工管理。

3.3.1. 虚拟可视化

通过对施工过程、施工过程、关键节点等施工过程的模拟显示，虚拟视频技术的形成以三维动画的形式减少了施工现场，可视化可以通过播放模拟视频在施工结束后实现。

3.3.2. 碰撞检测

碰撞检测包括两种类型的硬碰撞和软碰撞。通过BIM5D的碰撞检查功能，将安装、管道、消防和其他功能合并在一起，真实模拟现场的实际施工情况，通过碰撞检查，可以提前发现图纸，并且施工可能会出现不合理的地方。更改设计图纸或施工方案，避免更改和返工，减少了施工成本并节省了工期。

3.3.3. 施工模拟

根据施工组织，首先对施工过程进行模拟，然后对施工顺序和施工方法进行优化，细化施工过程，得到最优施工方案。施工模拟包括施工进度模拟、施工方案模拟、施工现场布置等。通过施工模拟不仅可以控制施工进度，而且可以保证施工质量，避免工期延长。

3.3.4. 模型更新

在施工阶段，由于业主要求或施工要求等原因，经常会导致设计变更、施工合同变更和其他施工模式以及现场施工不符合情况。为确保模型与现场施工相同，施工现场必须实时反馈施工信息并上传至BIM模型平台。项目管理人员需要根据变更修改模型，确保模型符合实际设计、施工和合同要求，便于决策。

4. 长沙方舱医院BIM5D应用模型分析

BIM技术在施工阶段的应用过程包括以下几个方面。首先，在施工前数据准备中，根据图纸要求建立模型，并根据现场模型建立检查表和分包合同等业务数据。其次，进行数据集成，利用BIM技术对工程信息资源进行合理提取和整合。以集成模型为载体，进行实体和计划模型的关联。最后，通过集成的BIM模型，系统梳理了施工过程中的施工进度、资源消耗等重要信息，为数据在施工管理中的应用做好了数据准备[12]。本研究以长沙方舱医院项目为例进行分析。

4.1. 基于BIM技术的质量管理

在施工的质量管理过程中，项目部主要实施设计可视化、施工模拟、可视化、变更反馈、管理措施。

4.1.1. 可视化设计

根据设计图纸，利用BIM软件创建土建、机电等专业模型，实现视觉设计，测试设计图纸的可行性，有助于发现施工前的问题，优化设计。（见图5-6）

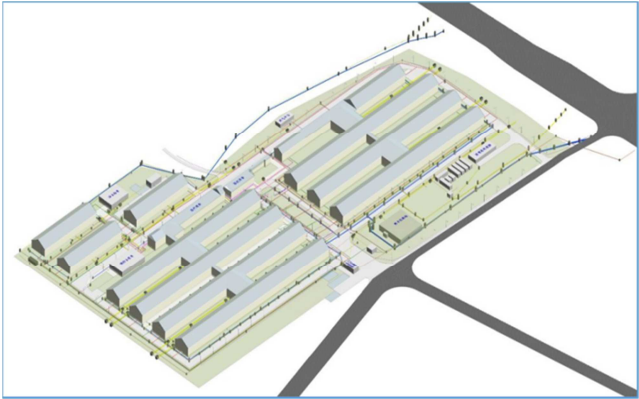


图5 长沙方舱医院BIM总图。

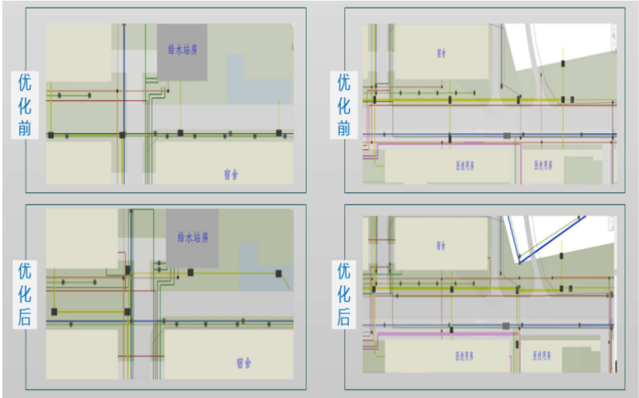


图6 管线碰撞优化对比图。

采用BIM技术模拟施工程序，形成视频过程，以恢复虚拟施工现场，该项目使用三维BIM模型、施工过程、关键节点和其他施工过程，以三维动画的形式形成箱式板房施工的全过程视频文件。在施工技术说明的最后，播放施工视频直观、清晰地显示了施工团队的施工过程和复杂节点的内部结构，同时将设计错误提交给操作团队，以提前解决施工中可能出现的问题，确保后期施工的顺利进行，并根据放样过程仿真动画开发三维布局指导文件，全面掌握节点信息[13]。经过与BIM 5D管理平台的集成，实施工程建设全过程统计，指导施工，控制施工成本。

4.1.2. 图纸的审核及碰撞检测

安装、机电、布局、暖通等专业建筑模型可导入BIM模型。项目信息整合后，BIM软件可用于获取施工开始前设计阶段不易注意到的时间或空间冲突和施工[14]。施工冲突可能会在施工过程中产生，施工前进行碰撞检查，以及设计、施工、设备等的冲突，将对导致返工和更改的原因进行分析自动快速找到不同专业碰撞检测，所有碰撞数据用于统计、修改，并使用5D BLM平台及时纠正设计或施工程序错误，以避免损失[15]。为了同时实现专业人员的零碰撞，为后期机电维护优化机电管道的布置，以提供

空间。最后，对深化的机电模型进行切割，并与不同表面进行比较。使用三维图纸指导施工，实现理想效果。

4.2. 预制构件生产

鉴于项目交付的紧迫性，在开工前，长沙方舱医院总承包单位必须考虑各种预制构件的供应能力和相关施工资源的可用性，对不同类型的预制技术进行评估。



隔离病房选择了一个集装箱式预制单元（见图7），该箱体由夹心彩钢板制成，骨架由镀锌冷成型钢组件用螺栓连接[16]。利用BIM平台传递的产品信息（即集装箱式预制单元的数量、类型、技术规格），为供应商提供准确的信息，以便供应商生成施工图、安排生产任务、准备生产材料、对各订单生产集装箱的仓储和物流进行管理[17]。BIM模型中的各个部件都有相应的供应商信息，总承包单位可以跟踪生产状态。因此，在BIM的支持下，简化了生产与施工之间的信息沟通。

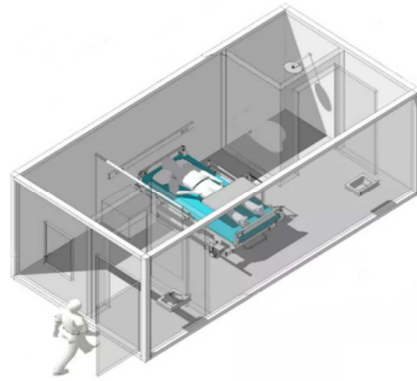


图7 集装箱式预制单元。

4.3. 施工期间各专业的协调

BIM模型包含了组织和过程信息，使总承包单位更容易协调不同专业，保持顺利的施工进度。长沙方舱医院的建筑场地被分为三个建筑区域；每个区域被进一步划分为单独的部分，供分总包方进行平行的施工工作[18]。在施工现场内，仔细确定了现场材料储存的位置，以减少施工期间运输材料所需的工作量。

医院的主要施工任务之一，以集装式模块化建筑单元的装配为例，在虚拟环境中对装配顺序进行了分析。（如图8所示），装配根据标记的编号进行，即从1到4。避免了汽车起重机之间的潜在冲突，并提高了它们的利用率。根据装配计划，提前分配所需资源（如汽车起重机、人力），并由总包的现场经理及时记录其使用情况。对资源使用情况的持续监测提供了有价值的信息，以避免必要的建设资源的短缺。一旦装配工作完成，后续的修改、内部设施安装和完成工作将按顺序安排[19]。

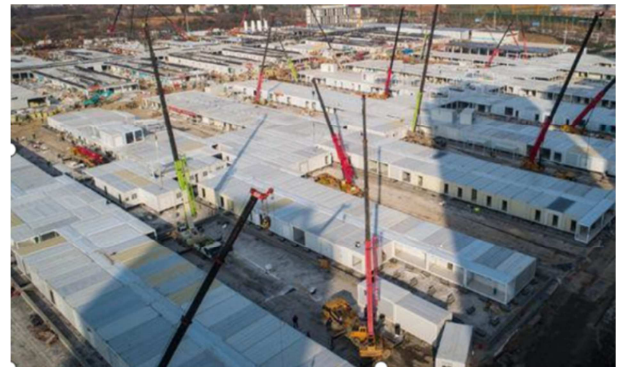
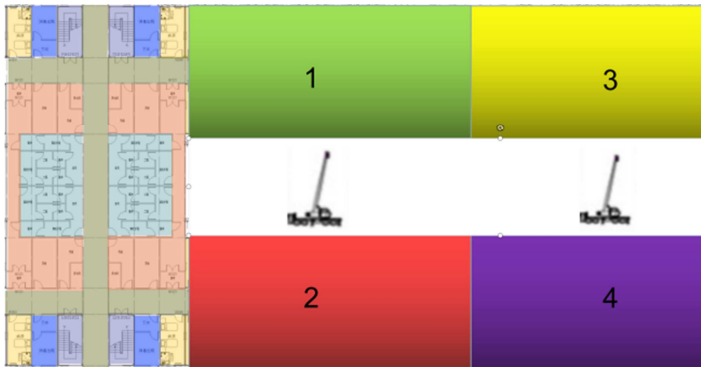


图8 长沙方舱医院现场施工。

与集装箱式模块化建筑单元的组装类似，其他专业施工也受益于现场协调和监测的计算机化。通过及时沟通信息，由现场经理记录项目实际情况，定期对施工过程与已确认的BIM模型进行比较分析，任何质量和安全问题都通过与各专业施工方准确的沟通进行纠正，在BIM模型中持续进行更新。整个过程由总承包单位密切监控，实现了长沙方舱医院项目各行业之间的良好协调与合作。

4.4. 项目改进和成本控制

采用BIM 5D平台，集成各种专业模型，集成专业信息，可以根据位置、时间、专业自动提取工程量。建设工程的工程量可根据工程量、标价、合同价格进行收集和统计计算，以实现收入、成本、预算、三项对比、成本控制。BIM 5D模型可以实现对工程量和时间、位置、专业人员

等各个维度的工程量的自动计算, 并直接查看成本信息, 生成工程量清单。

5. 总结

新冠肺炎疫情给我国公共卫生体系带来巨大的压力, 建设方舱医院是应对新冠疫情的重要措施, 长沙方舱医院历时28天建成, 借助BIM技术进行装配化施工, 通过BIM技术对加工安装、施工过程进行模拟和可视化沟通, 实现了施工过程的协同管理, 提高了施工效率, 对集装箱模块化建筑单元构件的采购、运输和安装进行全过程追踪和管理, 加速了项目交付。本研究主要形成了以下结论:

- (1) 将BIM软件建立的三维信息模型在 BIM5D 环境下进行集成, 利用BIM5D技术进行虚拟施工管理, 完成施工阶段的施工模拟、成本管理、报表管理和工期优化等工作。
- (2) 长沙方舱医院历时28天建成, 表明装式模块化建筑单元与BIM实施相结合, 可以大大提高工程效率, 缩短工程时间, 为抗击疫情提供宝贵的时间。
- (3) BIM5D技术可加强设计和施工阶段的信息管理, 提前优化生产和施工, 以减少施工成本。
- (4) BIM5D技术有助于在施工过程中实现不同行业之间的协调, 提高项目交付的质量, 在方舱医院的建造中可增强信息创建、管理和协调的能力。

本文仅对施工阶段BIM5D技术的应用进行研究, 在后续的研究中还可以从设计阶段、招投标阶段BIM5D技术的应用做进一步研究, 以及对装配式建筑拆回收利用阶段的应用进行研究。

基金项目

中建集团科研项目《防疫医疗建筑及配套快速建造技术集成》(cscec5b-2020-11)。

参考文献

- [1] 周小儒, 马阳, 李莹, 周凹凸. 疫情下的方舱医院设计 [J]. 创意与设计, 2021 (02): 33-39.
- [2] 任小玲, 周逸铖, 陈伟刚, 周观根. 基于BIM5D技术的医院工程造价全过程精细化管理 [J]. 建筑经济, 2022, 43 (S1): 204-208.
- [3] 田林倩, 姜仁贵, 朱记伟, 张国红, 卫星凯, 刘新怡. 基于BIM5D的建筑工程施工阶段动态管理及优化研究 [J]. 建筑经济, 2022, 43 (S1): 487-491.
- [4] 殷保国, 马耕, 江乾. BIM5D技术在超大型施工项目管理中的应用 [J]. 建筑经济, 2021, 42 (12): 73-79.
- [5] 刘德富, 彭兴鹏, 刘绍军, 周小冬, 张先龙, 陈国清. BIM~(5D) 在工程项目管理中的应用 [J]. 施工技术, 2017, 46 (S2): 720-723.
- [6] 姚正勇, 张智鹏, 焦丽丽. BIM技术在方舱医院建设中的应用 [J]. 房地产世界, 2022 (21): 151-153.
- [7] 郭艳婷, 谢杰, 张海威. 方舱医院快速化建造设计实践 [J]. 中外建筑, 2022 (07): 26-29+19. 2022. 07. 004.
- [8] 刘富海. BIM技术在昆明官渡医院工程建设中的应用研究 [J]. 铁道建筑技术, 2021 (11): 170-174.
- [9] 李新伟, 曾启, 樊则森. 基于BIM技术的设计与施工协同工作模式研究 [J]. 施工技术, 2020, 49 (05): 68-71+90.
- [10] 蔡志立, 张季超, 陈兆荣. EPC管理视角下预制装配整体式设计施工一体化探索 [J]. Science Discovery, 2022; 10 (4): 270-278.
- [11] 陈兆荣, 张季超, 蔡志立. 基于模块化装配整体式的精益建造及工程实践 [J]. Science Discovery, 2022; 10 (5): 230-238.
- [12] 张海东, 徐宁, 方坤. 某装配式住宅项目结构设计和BIM应用 [J]. 建筑结构, 2019, 49 (11): 62-66. 2019. 11. 012.
- [13] 王晶, 夏新. 智慧医疗下的方舱医院信息化建设 [J]. 中国数字医学, 2020, 15 (06): 19-20+24.
- [14] C. Merschbrock, B. E. Munkvold, Effective digital collaboration in the construction industry—a case study of BIM deployment in a hospital construction project, Comput. Ind. 73 (2015) 1–7, 2015. 07. 003.
- [15] R. Manning, J. Messner, Case studies in BIM implementation for programming of healthcare facilities, J. Inf. Technol. Constr. 13 (2008) 446–457.
- [16] T. Tan, K. Chen, F. Xue, W. Lu, Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China's prefabricated construction: an interpretive structural modeling (ISM) approach, J. Clean. Prod. 219 (2019) 949–959. 2019. 02. 141
- [17] 陈戎荣, 陈兆荣, 苏运升, 李雯琪, 尹烨, 温丽娟, 李若羽, 陈唯军. 气膜性建筑结构核酸检测实验室的创新设计研究 [J]. 建筑结构, 2022, 52 (S1): 698-703.
- [18] 李正焜, 叶飞, 李尚. 基于BIM5D技术的工程项目全过程管理研究 [J]. 浙江水利水电学院学报, 2020, 32 (06): 53-58.
- [19] 王雨薇, 朱记伟, 杨党锋, 袁荣丽. 基于BIM5D的建筑工程施工动态管理及资源优化 [J]. 施工技术, 2019, 48 (S1): 249-253.

作者简介

陈兆荣, 工学硕士, 高级工程师, 主要从事复杂建筑结构分析及工程建设工作。