

基于 LC-BIM 方法的装配式建筑集成项目管理研究

——以智慧医院建筑为例

张玉琢¹, 陈新华¹, 张赫¹, 张信龙²

(1. 沈阳建筑大学管理学院, 辽宁 沈阳 110168; 2. 中国建筑东北设计研究院有限公司, 辽宁 沈阳 110623)

摘 要:智慧医院是信息化时代下的具有交叉性质的数字化医疗产物。通过对技术与精益建造(Lean Construction, LC)理论与建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)技术进行交互分析,同时基于大型系统设计的三层架构理论搭建 LC-BIM 信息集成系统,并根据医院项目实际应用需求,提出了基于 LC-BIM 方法的信息集成系统下的主要功能应用,以期实现智慧医院全过程的精益建造,为医院项目信息管理研究提供一定的借鉴与参考。

关键词:精益建造;BIM;智慧医院;项目管理

中图分类号:TU246 **文献标志码:**A

智慧医院由 IBM 公司的 Samuel Palmisano 提出的智慧地球衍生而来,包括远程护理系统、网络医疗设备、建筑和设施等八大方面内容^[1],其最大的特点为信息多样化,可通过多种信息的有效利用解决医疗卫生资源配置问题。但是当前涉及医院建筑的信息化研究较为零散,此外,海量的建设信息和频繁的信息交互也为智慧医院增加了建设难度。建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)技术与精益建造(Lean Construction, LC)理论的提出恰恰是实现项目信息化的最好工具,二者的集成应用已经成为一种全新的工程项目管理模式。

吴京戎等^[2]针对医院项目所产生的复杂管线综合设计信息,提出了可以通过 BIM + RFID(Radio Frequency Identification)

技术达到信息管理一体化。吕欣豪等^[3]根据大型医疗建筑施工难度较大的特点,提出了将 BIM 技术应用于施工现场,实现了信息化、精细化的全过程施工管理。张玉彬等^[4]结合 BIM 模型与医疗运维管理的特点,构建出基于 BIM 模型的医院智慧运维集成系统,为实现智慧医院运维阶段的精益建造提供了典范。

综上,针对医院项目的信息化管理研究多数是在建设过程的某一阶段,借助 BIM 技术强大的信息性与连续性对信息化管理进行研究,显然并未贯穿智慧医院全生命周期建造过程。本研究基于 BIM 技术与精益建造理论之间强大的协同关系,搭建基于 LC-BIM 方法的信息集成系统,以促进智慧医院建筑全生命周期精益建造的实施,实现医院

建筑建造过程的信息化,同时,为对接智慧城市建设提供基础的建筑信息支持。

一、LC 理论与 BIM 技术

1. LC 理论

LC 理论由芬兰学者 Lauri Koskela 于 1993 年在精益建造国际研究小组会议中首次明确提出。它由精益生产延伸而来,其主要目的是在建筑产品的全生命周期过程中不断消除实施过程中的浪费和不确定性,协调建造过程中各参建方的利益和需求,最大限度地实现建筑企业的利润最大化。Bo Liu 指出精益建造的宗旨是在保证工程质量的同时,尽可能地减少浪费,使价值达到最优^[5]。笔者根据相关文献总结出 LC 理论具有以下原则:①全过程管理;②标准化管理;③减少变更;④缩短工期;⑤不断改进;⑥可视化管理;⑦并行工程;⑧信息共享;⑨重视客户需求。

2. BIM 技术

BIM 是通过参数化模型使项目的信息在不同参与方之间进行传递和共享,实现工程建设管理可视化、数字化和信息化的目标^[6]。不同国家和组织对于 BIM 的定义不尽相同,但总体上包括两大核心理念:

①BIM 是对建筑物的物理和功能性质的数字化表达,包含了建筑工程的几何和功能属性以及与之相关的项目全生命周期信息。此外,这些信息是与建筑构件一一对应的,可以在项目利益相关方之间传递与共享,且服务于建筑的规划、设计、施工、运维的各个阶段。简而言之,BIM 信息是一个多维度的富含建筑物信息的关联数据库^[7]。

②BIM 中所包含的信息是从立项开始直至拆除的项目全生命周期所有决策的可靠依据^[8],而且 BIM 可以在综合协同的数字化环境中保持信息共享与实时更新,使建设单位、设计单位、施工单位、政府部门等项目相关单位都可以清楚全面地了解项目进程。

二、LC 理论与 BIM 技术交互支撑分析

项目在实施过程中的终极目标是运用精

细化管理的理念与方法,借助先进的技术手段,提高项目的管理水平。在 LC 理论框架下,工程项目可以通过 BIM 技术实现减少浪费、增加价值的目标^[9]。而 BIM 在项目实施各个阶段的应用为精益建造提供了技术工具。二者的相互支撑,是 LC 理论与 BIM 技术能够协同应用的基础。

(1)LC 理论对 BIM 技术的支撑作用

LC 理论对 BIM 技术的支撑作用体现在两个方面:①提高 BIM 技术的使用率。有学者对兼用 BIM 技术和 LC 理论的项目与仅使用 BIM 技术的项目进行了对比研究,发现 LC 理论的应用使 BIM 技术的使用率大幅度提高。②提高 BIM 功能的系统应用水平。即在大型建设项目中,LC 理论的应用能够使 BIM 的碰撞检查、4D 进度管理与 5D 成本管理等功能的应用更加准确且富有条理性。

(2)BIM 技术对 LC 理论的支撑作用

BIM 技术强大的信息管理能力,能够真正实现建筑项目全生命周期内的全部信息集成、共享、传递和分析处理,为项目提供一个信息资源库^[10]。有研究证明,BIM 技术能够促进精益建造原则在建造过程中的实现,其中,“减少变更”与“缩短工期”两个原则与 BIM 发生的交互最多^[11]。除此之外,BIM 技术以建筑产品的 3D 模型为载体,有效集成了工程项目全生命周期内的各类信息,使项目各相关单位可以及时且准确地获取项目相关信息,有效解决精益建造管理过程中的信息断层问题,对于提升精益建造的实施成果也有着明显的促进作用。

三、基于 LC-BIM 方法的智慧医院建筑信息集成系统的构建

在实际项目中,技术功能的加持能够使精益工具更充分地发挥价值,理论方法的引领与指导能够使 BIM 功能更为系统化地充分利用^[12]。LC-BIM 方法的核心价值在于信息的高效集成与传递。它能够有效避免传统建造模式下建造信息传递流失和断层现象。

1. 基于 LC-BIM 方法的智慧医院建筑信息集成系统架构

智慧医院项目的信息集成管理就是基于现代网络信息技术,应用现代工程管理理论,融合智慧城市理念与智慧医院理念,并充分考虑工程管理中各个环节要素的动态变化

及其影响关系,使项目各参与方、各阶段之间达到整体协调和优化的一种高效管理模式。系统架构在设计时主要考虑实现这一高效管理目标,借助大型系统逻辑架构设计中的三层架构理论,建立如图 1 所示的系统架构。

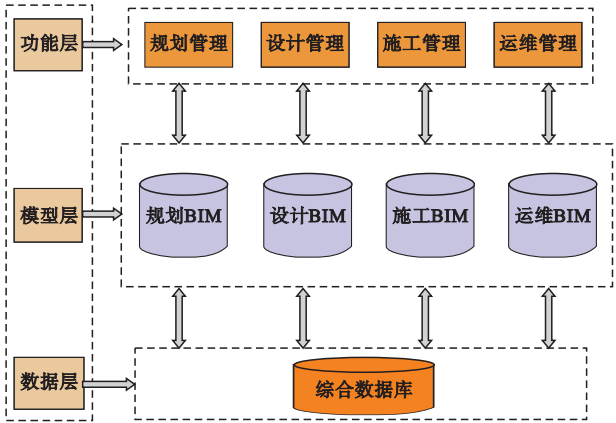


图 1 基于 LC-BIM 方法的智慧医院信息集成系统架构

(1)功能层
项目全生命周期管理的核心理念不是为了创建更多的信息,而是通过有效的信息管理与共享来实现信息的重复利用。功能层以集成的项目全生命周期的信息为基础,各单位按照自身需求有选择地使用数据信息。根据工程的实际需求,笔者将设计管理、施工管理与运维管理作为系统的核心功能。

(2)模型层
建筑信息种类众多、关系复杂,如何对这些信息进行有效的归集与处理是模型层设计的重点^[13]。随着项目建设过程的不断推进,建筑信息也逐渐繁杂。为了保证建筑信息的质量与项目目标的实现,建筑信息模型也应该随之不断地进行创建、集成与丰富,即项目从总体规划到设计、施工、运营的不同阶段,针对不同的实际应用需求建立相应的 BIM 子模型,各阶段子模型可以通过对上一阶段模型进行数据提取、扩展和集成,实现自动演化,最终形成符合精益建造理论与智慧建造理论,同时又涵盖项目全生命周期建筑信息的模型。模型层不仅是功能层的数据信息来源,也能够为数据层提供数据分类与转换操作。

(3)数据层
建筑全生命周期的工程数据可以分为结构化的 BIM 模型数据与外部数据。结构化的 BIM 模型数据包括几何形状、位置、材质、约束关系等信息,它利用符合 IFC (Industry Foundation Classes) 标准的数据库进行信息存储和管理。外部数据包括进度信息、交流信息、视频、图片等异构信息。所有数据均分类存储于数据库中,以便实现数据共享和集中动态管理。

根据 C#、Python、JavaScript 等相关系统开发理论,基于 LC-BIM 方法的信息集成系统的功能结构如图 2 所示。

2. 信息集成系统的主要功能

(1)设计管理
设计阶段对于智慧医院项目精益建造的实施至关重要。有研究表明,40 多年来,建筑行业的平均效率并不像其他行业一样呈现增长状态,反而下降了 20%,其原因归结为建筑行业的“割裂”特性^[14]。除此之外,在医院项目实施过程中,会存在大量的涉及医疗专业问题的建设难题。例如:在不同用途的功能用房中,应如何根据各功能用房建设标准准确把握其设计要点,以及如何将医护人

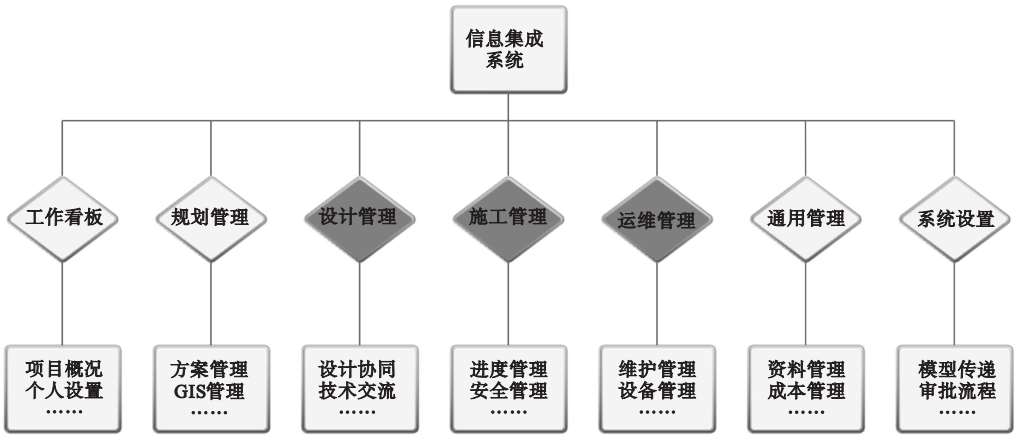


图 2 基于 LC-BIM 方法的信息集成系统的功能结构

员的操作习惯融入设计方案。这些问题都需要项目相关单位能够及时沟通,最大可能地减少设计方案的变更,实现最优设计。借助基于 LC-BIM 方法的建筑信息集成系统,医院项目在建造过程中可采用全过程 BIM 正向设计。

①三维设计协同。基于 BIM 技术的三维正向设计主要目的是解决设计过程中存在的问题。其解决途径是问题提出者(包括院方在内)在该功能模块下创建设计问题清单,相关专业人员在接收到清单之后,针对具体的设计问题提出专业的修改意见,并将之返给问题提出者,由问题提出者确定问题解决后,针对此次设计问题的流程全部结束。该模块严格执行设计问题的“发起—解决—确认—结束”闭环管理,能够加强对设计过程中频发的“错、漏、碰、缺”等问题的检查与审核,大幅度提升设计效率。

②技术交流。设计管理支持医院项目各参建单位在系统中讨论设计专项问题,支持多人共同参与话题讨论,并结合模型构件测量、动态视频、图片与涂鸦示意等功能,为项目各参建单位构建一个真正实时高效的沟通渠道。例如:对手术室的平面布置,特别是手术床、麻醉设备与器械柜等设备的平面布置,在系统下能够实现设计标准与医生操作习惯的高效结合,共同创造出符合设计标准与医护人员行为习惯的洁净手术室,实现手术室的深化设计。同时,系统也支持多人对医院建筑设计规范、特殊病房设计规范与其他有

关施工技术资料的共享。基于 LC-BIM 系统的信息传递示意图如图 3 所示。

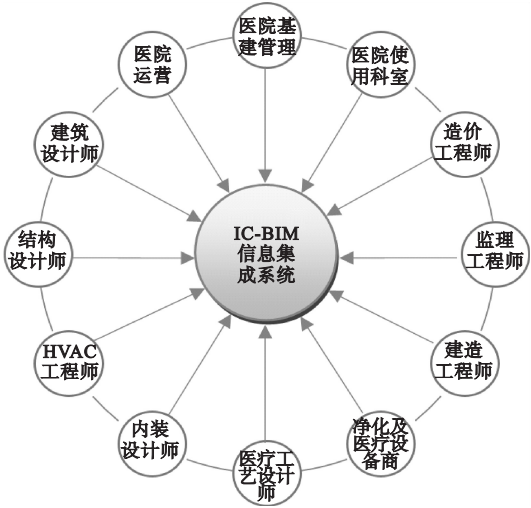


图 3 基于 LC-BIM 方法的信息集成系统的信息传递

(2) 施工管理

医院项目为民生项目,社会期望值较高。医院建筑不仅结构复杂,而且涉及专业众多,如果采用原有施工管理模式,则很难满足施工现场需求^[15]。基于 LC-BIM 方法的施工管理,可以使施工单位参与深化设计,解决了设计单位施工经验不足的问题,有效避免了二次施工。除此之外,在该系统下,施工管理模块要求 BIM 工程师常驻施工现场,按照项目实际进展与变更要求及时维护、更新 BIM 模型和工程数据库,为医院项目的后期运维管理提供了极大的便利。

①进度管理。施工技术人员在施工之

前,对功能用房或采用新施工工艺的关键部位进行模拟,准确地将项目建设目标与设计方

案落实到施工现场。同时,也可将 BIM 模型与工程进度方案链接,将项目的建造过程以 3D 状态完整形象地呈现出来,便于观察项目的实际进展状况。对于项目施工过程中所出现的进度差距,系统支持根据 P-D-C-A (Plan-Do-Check-Action) 循环理论及时采取措施,进行纠偏和调整,同时,联动修订和更新进度计划,使施工进度与资源调度达到最优。

②安全管理。该模块中可以实时查看根据各个风险源预先设定的危险区域,也可借助无死角的视频监控设备,全方位、不间断地监控施工现场工作人员的位置,实时记录人员位置信息并将其保存为日志。在人员靠近危险区域时及时发出预警,并通过系统推送、广播和警报等多种形式直接告知施工人员和管理人

员。该模块也支持 BIM 与 VR (Virtual Reality) 技术结合利用,搭建安全教育活动体验馆,对劳务工人进行有效的安全教育,通过虚拟漫游的沉浸式体验,让劳务工人体会现场施工的各种风险,以增强安全意识。

(3) 运维管理

一个建筑物在建设阶段所投入的成本只占其生命周期总成本的 25%,使用阶段的成本占总成本的 75%,因此,对建筑的运维阶段的管理是非常重要的。基于院方建设目标,医院项目可在建设之初就引入基于 LC-BIM 方法的信息集成管理系统,在 BIM 模型建立过程中不断收集、提取建造过程中的有效信息,实现设计、施工一体化。贯彻执行设施管理 (Facility Management) 数据交换标准,按照医院运维需求,轻量化处理 BIM 模型,同时,搜集所需设备台账、设备参数及其他设备相关信息并存储于系统中,保证项目完工时将准确的、符合运维需求的 BIM 模型交付给设施管理部门,真正实现 BIM 技术在医院建筑项目全过程的精益建造。

①维护管理。在信息集成系统下,基于

竣工模型的 BIM 运维模型含有竣工图纸信息、空间结构信息、建筑系统信息、设施设备信息等。系统下的该模块可以准确运用各类信息来提高运营维护阶段的维护工作管理效率。检查人员在检查建筑质量时对需要维护的构件或设施进行标记,再上传至云系统,使之与三维模型中对应的部分相关联。系统也可对损伤类型、部位进行统计,并生成相关报告,定时发送给管理人员和专业维护人员,从而提高项目的运维效率。

②设备管理。将设备各种参数信息(包括生产厂商、联系方式、使用年限等)与使用信息录入系统,并将这些信息与模型信息一一对应。例如:通过 BIM 模型,医院可以将 CT(Computed Tomography)、MRI(Magnetic Resonance Imaging)、DSA(Digital Subtraction Angiography)、检查设备、检验设备等医疗重资产设备信息与医院空间关联起来,并在智慧医院中存储与设备相关的全部信息,既确保了设备资料的完整性,也实现了设备的可视化管理,能够有效降低获取设备信息的时间成本,利于医院的新资产管理。

四、结 语

信息化背景下,医院项目在建造过程中更加注重信息管理,而 LC 理论与 BIM 技术的相辅相成,巧妙地实现了智慧医院的建筑信息管理。笔者通过对 LC 理论与 BIM 技术相关研究的查阅与分析,发现二者具有良好的交互作用,并按照大型系统设计理论,搭建基于 LC-BIM 方法的信息集成系统,同时,按照实际工程需要开发相关应用功能,为医院建筑的精益管理提供了载体,一定程度上改变了传统建筑工程全过程信息管理模式。

参考文献:

- [1] 张建忠,李永奎,张艳,等. 智慧医院项目的建设
- [2] 吴京戎,姜金延,熊能超. BIM 技术在医院建筑管

13(3):81-87.

[3] 吕欣豪,游天亮,蒋阳阳,等. BIM 技术在大型医疗建筑施工中的应用[J]. 施工技术,2020,49(6):41-43.

[4] 张玉彬,赵奕华,李迁,等. 基于 BIM 竣工模型的医院智慧运维系统集成研究[J]. 工程管理学报,2019,33(2):141-146.

[5] DALLASEGA P, REVOLTI A, SAUER P C, et al. BIM, augmented and virtual reality empowering lean construction management: a project simulation game [J]. Procedia manufacturing, 2020, 45: 49-54.

[6] 齐宝库,张美琪. 基于 BIM 技术的施工现场安全管理[J]. 沈阳建筑大学学报(社会科学版), 2018, 20(4): 360-364.

[7] 吴忠良. 利用 BIM 技术实现精益建造[J]. 中国建设信息, 2015(6): 52-56.

[8] 贺灵童. 不只是精益: BIM 与精益建造[J]. 工程质量, 2014, 32(2): 23-25.

[9] 郑旭辉. 基于 BIM 的精益建造管理模式研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2017.

[10] 孙丽,徐自强,金峤,等. 基于 BIM 平台的结构健康监测系统集成方法研究[J]. 沈阳建筑大学学报(社会科学版), 2017, 19(4): 410-415.

[11] 石光胜. 基于 BIM 和精益建造的施工项目质量控制研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2015.

[12] 李天新,李忠富,李丽红,等. 基于 LC-BIM 的装配式建筑建造流程管理研究[J]. 建筑经济, 2020, 41(7): 38-42.

[13] 欧阳利军,董松,杨泽沛,等. 建设工程生命周期管理系统设计研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2020, 12(2): 7-14.

[14] 张建平,余芳强,李丁. 面向建筑全生命期的集成 BIM 建模技术研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2012, 4(1): 6-14.

[15] 史君汝. BIM 技术在医院综合楼项目施工阶段的应用[J]. 项目管理评论, 2021(2): 68-71.

Research on Integrated Project Management of Prefabricated Building Based on LC-BIM Method: Taking Smart Hospital Building as an Example

ZHANG Yuzhuo¹, CHEN Xinhua¹, ZHANG He¹, ZHANG Xinlong²

(1. School of Management, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China; 2. China Northeast Architectural Design and Research Institute CO., LTD, Shenyang 110000, China)

Abstract: Smart hospital is an interdisciplinary digital medical product in the information age. Through the interactive analysis of lean construction theory and BIM Technology, and based on the three-tier architecture theory of large-scale system design, the LC-BIM information integration system is built. According to the actual application requirements of hospital projects, the main functional applications of the information integration system based on LC-BIM method are proposed, in order to realize the lean construction of the whole process of smart hospital. It provides a certain reference basis for the research of hospital project information management.

Key words: lean construction; BIM; smart hospital; project management

(责任编辑:高旭 英文审校:林昊)