

装配式建筑全生命周期 BIM 应用能力 评价及实证研究

熊克俊¹, 张 丹^{1,2*}

(1. 青海大学土木工程学院, 青海 西宁 810016; 2. 青海省建筑节能材料与工程安全重点实验室, 青海 西宁 810016)

摘要: 为了推进 BIM 在装配式建筑全生命周期的应用, 本文以装配式建筑 BIM 应用能力评价模型为基础, 采用文献综述和分析装配式建筑全生命周期各阶段 BIM 应用点的方法, 结合专家意见构建装配式建筑全生命周期 BIM 应用能力评价体系, 利用熵权法确定指标权重, 结合指标权重与实际项目各指标得分对装配式建筑全生命周期 BIM 应用能力进行综合评价, 并通过实际案例验证评价模型的可行性。结果表明: 该模型能够有效识别装配式建筑 BIM 应用的实际情况, 帮助业主依据评价结果对 BIM 应用存在的问题进行持续改进, 并确立了 BIM 下一阶段的应用发展目标, 为装配式建筑 BIM 成熟度及应用能力评价体系的完善提供理论依据。

关键词: 装配式建筑; BIM 应用能力; 熵值法; 综合评价

中图分类号: TU17 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-8996(2022)06-0084-09

DOI: 10.13901/j.cnki.qhwxbzk.2022.06.013

Evaluation and empirical research on BIM application ability in the whole life cycle of prefabricated buildings

XIONG Kejun¹, ZHANG Dan^{1,2*}

(1. School of Civil Engineering, Qinghai University, Xining 810016, China; 2. Key Laboratory of Energy-saving Building Materials and Engineering Safety of Qinghai, Xining 810016, China)

Abstract: In order to promote the application of BIM in the whole life cycle of prefabricated buildings, this paper, based on the evaluation model of BIM application capability of prefabricated buildings, adopts the method of literature review and analysis of BIM application points in each stage of its whole life cycle, and combines expert opinions to build an evaluation system of BIM application capability in the whole life cycle of prefabricated buildings. The entropy weight method is used to determine the index weight. A comprehensive evaluation of BIM application capability of the whole life cycle of prefabricated buildings is conducted combining with index weight and each index score of the actual case project. The feasibility of the evaluation model is verified through the actual case. The results show that the model can effectively identify the actual situation of BIM application in prefabricated buildings, helping owners to solve the problems in the application according to the evaluation results. The development goal of the next stage can be established to provide a theoretical basis for the maturity and application ability evaluation system of prefabricated building BIM.

Key words: prefabricated building; BIM application ability; entropy value method; comprehensive evaluation

收稿日期: 2022-03-19

基金项目: 青海省科学技术厅项目(2018-ZJ-938Q)

作者简介: 熊克俊(1997—), 男, 江西南昌人, 青海大学在读硕士研究生。* 通信作者, E-mail: zhangdan17@qhu.edu.cn

“十三五”规划以来,我国发布了一系列建筑行业信息化政策,明确指出要大力推进装配式建筑中信息技术的应用,形成基于 BIM 的建筑工程设计、生产、运输、装配及全生命周期管理^[1]。建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)是建筑行业具有变革性质的信息化新技术,但建筑行业对 BIM 的应用刚从倡导阶段进入实践阶段^[2],大多数工程建设中 BIM 的应用仅局限于装配式建筑全生命周期的某一阶段或者某一参与方。Succar 等^[3]提出了通过五个指标来评估项目或企业的 BIM 应用绩效,但没有提出具体的评估方法或实证研究来验证其可行性;董娜等^[4]建立了装配式建筑施工阶段 BIM 应用成熟度的模型,但仅限于装配式建筑施工阶段;王美华等^[5]利用五种典型的 BIM 应用能力评测模型构建了一套设计企业 BIM 应用能力评价模型,并进行了实证研究,但仅适用于设计企业层面;王爱领等^[6]基于全生命周期理论建立了一套装配式建筑 BIM 应用能力评价模型,并进行了实证研究,但其划分的装配式建筑全生命周期的完整性有所欠缺。

目前,关于装配式建筑全生命周期 BIM 应用能力评价的研究较少,且应用广度与深度不足。本研究从装配式建筑全生命周期视角出发,以装配式建筑全生命周期各阶段 BIM 应用点为基础,结合文献^[6]的评价模型及专家意见建立评价体系,采用熵权法确定评价指标权重,依据实际项目各指标得分对该项目 BIM 应用能力进行综合评价,并通过实际案例验证评价模型的可行性,以期能为装配式建筑中 BIM 成熟度及应用能力评价体系的完善提供参考。

1 装配式建筑全生命周期 BIM 应用能力评价模型

1.1 装配式建筑全生命周期划分

本研究采用专家访谈的方式,结合前人^[7-8]研究中对装配式建筑全生命周期的划分,将装配式建筑全生命周期划分为规划、设计、生产、采购运输、施工装配、运营维护和拆除七个阶段。

1.2 装配式建筑全生命周期 BIM 应用评价指标体系

本文以文献^[6]所建立的评价体系为基础,保留其建立的评价指标,采用专家访谈的方式增添规划、采购运输与拆除三个阶段,对 BIM 在装配式建筑规划、采购运输与拆除阶段的应用点进行梳理分析,将 BIM 应用点作为新增的应用评价指标。评价指标体系如图 1 所示,各指标的解释与说明如表 1^[6]所示。

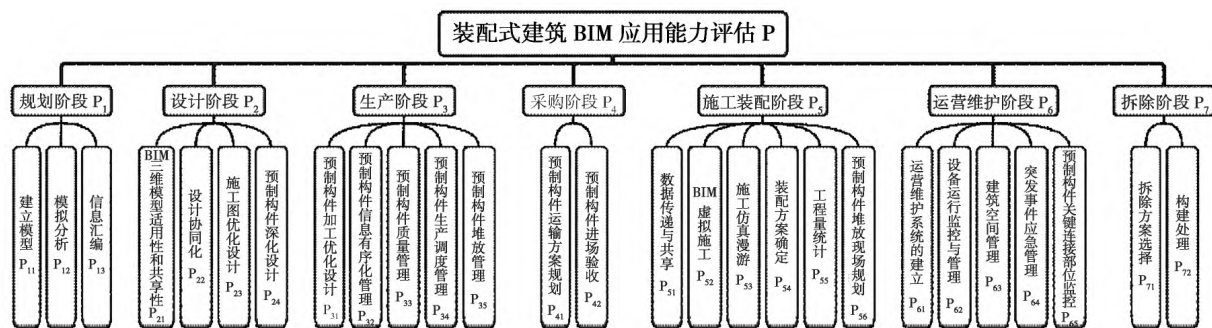


图 1 装配式建筑全生命周期 BIM 应用评价指标体系

Fig. 1 Evaluation index system of BIM application in the whole life cycle of prefabricated buildings

表 1 各指标解释与说明

Tab. 1 Explanation and description of each indicator

评价指标	解释与说明
建立模型 P_{11}	利用 BIM 建模实现地下地质信息与建筑信息的融合
模拟分析 P_{12}	利用 BIM 模型进行空间分析和数值模拟,辅助用户进行科学决策和规避风险
信息汇编 P_{13}	利用 BIM 模型建设构建库、数据库
BIM 三维模型适用性和共享性 P_{21}	该 BIM 模型在全生命周期及各专业之间的适用性和共享性
设计协同化 P_{22}	利用 BIM 信息平台实现各专业、各参与方的设计协同化
施工图优化设计 P_{23}	利用 BIM 技术实现对不同专业间的碰撞检查、管线综合排布等,提高设计精度和设计效率
预制构件深化设计 P_{24}	利用 BIM 模型对构件进行可视化分析,完成并优化构件加工详图、节点大样图及预埋件设计
预制构件加工优化设计 P_{31}	通过 BIM 模型对预制构件拆分的可加工性、可施工性和信息全面性进行审查,确保预制构件的设计和拆分符合生产与施工的需要
预制构件信息有序化管理 P_{32}	利用 BIM 对部品部件尺寸、材质等生产信息进行合理有序管理
预制构件质量管理 P_{33}	利用 BIM 与 RFID 结合,对预制构件质量及质量可追溯性进行管理
预制构件生产调度管理 P_{34}	通过 BIM 与 RFID 结合,合理组织生产以满足施工进度需要
预制构件堆放管理 P_{35}	通过 BIM 与 RFID 结合,确保预制构件的合理有序堆放
预制构件运输方案规划 P_{41}	通过 BIM 与 RFID 结合,根据预制构件尺寸和施工需要合理选择运输方案
预制构件进场验收 P_{42}	通过 BIM 与 RFID 结合,系统自动对照构件信息进行验收
数据传递与共享 P_{51}	通过 BIM 与 RFID 结合,实现施工过程中各专业、各参与方的项目数据实时传递及共享
BIM 虚拟施工 P_{52}	利用 BIM 技术进行 4D 施工模拟,分析选择最佳施工方案
施工仿真漫游 P_{53}	利用 BIM 模型进行施工路径、设施及材料堆放、人员通行安全、防火设施布置等模拟漫游,确保场地规划的合理性和施工安全性
装配方案确定 P_{54}	利用 BIM 进行多种方案的预吊装与预拼装模拟,选择最佳装配方案
工程量统计 P_{55}	利用 BIM 软件生成工程量统计清单,以此进行造价管理和成本控制
预制构件堆放现场规划 P_{56}	利用 BIM 与 RFID 结合,确保部品部件的合理有序堆放,避免二次搬运
运营维护系统的建立 P_{61}	以 BIM 竣工模型及相关数据信息为基础建立运营维护系统
设备运行监控与管理 P_{62}	通过运营维护系统对建筑相关设备的运行状态和能耗进行监控分析,确保及时采取保护措施
建筑空间管理 P_{63}	通过 BIM 模型进行空间规划与分配,合理利用建筑空间
突发事件应急管理 P_{64}	通过 BIM 技术对突发事件及应急预案进行模拟,实现突发事件应急管理
预制构件关键连接部位监控 P_{65}	通过运营维护系统对建筑物预制构件关键连接部位进行实时监控,确保连接部位的连接状态、受力情况、防水性等处于良好状态
拆除方案选择 P_{71}	利用 BIM 模型对拆除方案进行仿真模拟确定最佳拆除方案
构件处理 P_{72}	利用 BIM 与 RFID 结合,读取构件信息并对其价值评估,根据剩余价值来处理构件

1.3 指标权重确定

1.3.1 指标赋权方法 评价指标赋权是量化应用能力评价模型的重点。在进行装配式建筑 BIM 应用能力评价指标重要性程度问卷调查时,不同调查对象对 BIM 的理解与应用程度可能不同,这就导致其对各评价指标的重要性评价不同。熵值法作为客观赋权法,具有较强的客观性及数学理论依据^[8],能够有效避免主观判断带来的影响,从而弥补问卷调查数据具有的主观性缺陷。因此,本文采用熵值法确定指标权重,具体赋权过程如下:

(1) 构建原始数据矩阵。邀请 m 位专家对 n 个二级指标的重要性程度进行打分,每个指标的评分

为 a_{ij} (第 i 个专家对 j 指标的打分值), 最后形成评价矩阵 $A = (a_{ij})_{m \times n}$ 。

(2) 原始数据矩阵标准化处理。每个指标可能在量纲上存在差异性, 因此需要对原始数据矩阵进行无量纲标准化处理, 以消除量纲的影响。标准化处理后得到矩阵 $Y = (y_{ij})_{m \times n}$ 。

$$y_{ij} = \frac{a_{ij} - \max_j \{a_{ij}\}}{\max_j \{a_{ij}\} - \min_j \{a_{ij}\}} \tag{1}$$

计算各评价指标的熵值 P_{ij} (第 j 个指标下, 第 i 个专家的特征比重或贡献度):

$$P_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^m y_{ij}} \tag{2}$$

计算各指标熵值 e_j :

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij} \tag{3}$$

计算指标权重 W_j :

$$W_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{i=1}^m (1 - e_j)} \tag{4}$$

1.3.2 计算指标权重 本文基于问卷数据构造原始数据矩阵, 按照熵权法赋权过程对数据进行处理, 计算得到各指标权重如表 2 所示。

本次问卷邀请 12 位具有 5 年以上 BIM 应用经验, 在装配式建筑全生命周期 3 个阶段及 3 个以上阶段使用过 BIM 的业内资深人士参与。其中, 3 位是施工单位项目经理, 4 位是 BIM 咨询服务单位专家, 5 位是业主建设单位团队专家。问卷采用李克特五级量表量化评价指标重要性程度。

表 2 装配式建筑全生命周期 BIM 应用能力评价指标权重

Tab. 2 Weight of evaluation index of BIM application capability in the whole life cycle of prefabricated buildings

阶段	指标	权重	阶段	指标	权重
P ₁	P ₁₁	0.020 5	P ₅	P ₅₁	0.021 1
	P ₁₂	0.088 4		P ₅₂	0.025 2
	P ₁₃	0.036 2		P ₅₃	0.020 5
P ₂	P ₂₁	0.051 8	P ₆	P ₅₄	0.035 9
	P ₂₂	0.036 2		P ₅₅	0.051 8
	P ₂₃	0.033 3		P ₅₆	0.026 2
	P ₂₄	0.060 7		P ₆₁	0.048 0
P ₃	P ₃₁	0.020 0	P ₇	P ₆₂	0.024 7
	P ₃₂	0.051 8		P ₆₃	0.020 1
	P ₃₃	0.021 8		P ₆₄	0.049 7
	P ₃₄	0.015 7		P ₆₅	0.018 4
P ₄	P ₃₅	0.089 1	P ₇	P ₇₁	0.021 7
	P ₄₁	0.051 8		P ₇₂	0.036 7
	P ₄₂	0.022 5			

1.4 BIM 应用能力等级评价标准

1.4.1 BIM 应用能力等级描述 装配式建筑 BIM 应用能力等级是指 BIM 在项目全生命周期中的应用水平。将 BIM 应用水平分级,每一等级设立一个关键节点,作为 BIM 应用水平达到某一程度的标志,或者要达到某一等级还需做哪些工作^[4]。本文基于前人的成熟度等级划分^[11-14]和 CMM 等级划分原则^[5],将 BIM 应用能力等级划分为初始级、应用级、管理级、标准级和集成级五个等级,并采用 5 分制量化相应等级:

(1) BIM 初始级:结合二维图纸与三维模型共同完成建设任务。其中 BIM 三维模型主要以三维可视化展示为主,且 BIM 主要运用于设计阶段。

(2) BIM 应用级:建设项目的 BIM 主要应用于设计阶段与施工阶段,包括优化设计、施工仿真漫游等,该阶段 BIM 应用没有标准,缺乏系统性。

(3) BIM 管理级:各专业之间积极使用 BIM 技术进行建模,实现部分专业、部分阶段之间的协作交流,业主开始着手制定内部 BIM 标准。

(4) BIM 标准级: BIM 应用有明确的应用及交付标准,各参建方之间基于一个模型实现协作交流,且各方责任划分明确。

(5) BIM 集成级:利用 BIM 云平台实现各参建方的信息集成化,服务于规划、设计、生产、采购运输、施工装配、运营维护和拆除等全生命周期,实现数字化集成建造。

1.4.2 评分标准 根据表 1 与 BIM 应用能力等级的划分,本文对各评价指标在 5 个不同成熟度等级中的特征进行描述,如表 3 所示。

表 3 各评价指标在不同成熟度等级中的特征描述

Tab. 3 Characteristic descriptions of each evaluation index at different maturity levels

评价指标	BIM 初始级	BIM 应用级	BIM 管理级	BIM 标准级	BIM 集成级
建立模型 P_{11}	创建了一个简单的模型,以三维展示为主	简单使用 BIM 分析场地信息	利用 GIS 与 BIM 结合分析场地	充分结合 GIS 与 BIM 详细分析地质信息	建立全生命周期地质信息分析模型
模拟分析 P_{12}	从 BIM 模型中获取的一些简单信息	使用 BIM 对建筑场地进行规划	使用 BIM 对项目方案进行整体论证	充分使用 BIM 对建筑方案进行论证	基于 BIM 论证出适合于全生命周期的方案
信息汇编 P_{13}	仅进行一些简单的项目信息汇编	构建了岩土工程信息库	基于三维模型建立了相对较完整的岩土工程信息库、构件库	对于建立的信息库有一个明确的数据格式、交付标准	建立统一的数据格式标准和交付标准,并适用于全生命周期
BIM 三维模型适用性和共享性 P_{21}	未使用 BIM	比较差	一般,可以实现部分专业之间的协作交流	较好,参建方之间基于一个模型协作交流	实现不同参建方在全生命周期的信息交流
设计协同化 P_{22}	基于传统 CAD 进行设计交流	简单使用 BIM 协同	实现部分专业之间的设计协同	充分使用 BIM 实现各参建方的协同	通过 BIM 信息平台实现全生命周期的协同
施工图优化设计 P_{23}	主要基于传统的二维 CAD 进行施工图优化	简单使用 BIM 对施工图进行优化设计	利用 BIM 技术对部分专业之间进行碰撞检测等	充分利用 BIM 技术实现对不同专业间的碰撞检测等	基于 BIM 技术实现不同参建方在全生命周期的施工图实时优化

表 3(续)

评价指标	BIM 初始级	BIM 应用级	BIM 管理级	BIM 标准级	BIM 集成级
预制构件深化设计 P_{24}	主要基于传统的二维 CAD 对预制构件进行深化设计	利用 BIM 模型对构件进行简单可视化分析, 辅助构件深化设计	利用 BIM 技术对部分专业之间的预埋件等进行深化设计	充分利用 BIM 完成并优化构件加工详图、节点大样图及各专业之间的预埋件设计	充分利用 BIM 技术对预制构件进行深化设计, 并且基于 BIM 信息平台可实现不同专业之间的交流
预制构件加工优化设计 P_{31}	未使用 BIM	利用 BIM 模型对构件的可加工性进行简单可视化分析	利用 BIM 对预制构件进行拆分, 对相关信息进行检查	充分利用 BIM 对预制构件拆分的可加工性等进行审查	设计方、生产方、施工方基于 BIM 信息平台实时交流
预制构件信息有序化管理 P_{32}	未使用 BIM	简单使用 BIM 获取构件的一些信息	利用 BIM 对预制构件的生产信息进行管理	充分利用 BIM 对预制构件的尺寸、材质等信息进行管理	基于 BIM 信息平台, 各参建方可实时获取构件信息
预制构件质量管理 P_{33}	未使用 BIM	简单使用 BIM 对构件的不同种类进行区分管理	利用 BIM 与 RFID 结合对构件的质量进行管理	充分利用 BIM 与 RFID 结合, 对预制构件质量进行管理	利用 BIM 与 RFID 结合, 对预制构件质量的可追溯性进行管理
预制构件生产调度管理 P_{34}	未使用 BIM	简单使用 BIM 制定构件生产计划	利用 BIM 与 RFID 结合对构件的生产计划进行管理	充分利用 BIM 与 RFID 结合, 合理组织生产以满足施工进度	基于 BIM 信息平台, 做到对预制构件生产调度的实时管理
预制构件堆放管理 P_{35}	未使用 BIM	简单利用 BIM 对构件进行分类	利用 BIM 与 RFID 结合对构件的堆放进行管理	充分利用 BIM 与 RFID 结合, 对预制构件堆放进行合理规划	基于 BIM 信息平台与 RFID 结合, 对预制构件的堆放实时监控
预制构件运输方案规划 P_{41}	未使用 BIM	简单利用 BIM 获取构件信息	利用 BIM 与 RFID 结合对构件的运输进行规划	充分利用 BIM 与 RFID 结合, 根据预制构件尺寸和施工需要合理选择运输方案	根据 BIM 信息平台反馈的施工进度, 做到对预制构件运输方案的实时调整优化
预制构件进场验收 P_{42}	未使用 BIM	简单利用 BIM 获取构件尺寸等信息	利用 BIM 与 RFID 结合, 获取进场构件信息	充分利用 BIM 与 RFID 结合, 对进场构件进行验收	基于 BIM 信息平台, 系统自动对照构件信息进行验收
数据传递与共享 P_{51}	没有进行数据传递与共享	数据共享性较差	实现部分专业之间的数据共享	实现了各参建方之间的数据交流	各参建方实现了全生命周期数据共享
BIM 虚拟施工 P_{52}	未使用 BIM	简单使用 BIM 进行施工进度模拟	使用 BIM 对施工进度进行计划	充分使用 BIM 进行虚拟施工, 选择最佳施工方案	通过 BIM 信息平台实现全生命周期的实时进度控制
施工仿真漫游 P_{53}	未使用 BIM	简单使用 BIM 识别临边、危险源等	利用 BIM 进行施工仿真漫游, 检查场布的合理性	充分利用 BIM 对施工路径、设施及材料堆放、防火设施等进行模拟漫游	基于 BIM 信息平台, 实现施工阶段的安全、质量统一管理
装配方案确定 P_{54}	未使用 BIM	简单利用 BIM 进行施工模拟	利用 BIM 对装配重点难点进行可视化模拟	充分利用 BIM 进行预吊装与预拼装模拟, 选择最佳装配方案	基于 BIM 信息平台反馈的施工信息, 实时调整、优化装配方案

表 3(续)

评价指标	BIM 初始级	BIM 应用级	BIM 管理级	BIM 标准级	BIM 集成级
工程量统计 P ₅₅	使用传统造价软件	简单使用 BIM 进行工程量统计	基于 BIM 数据库实现工程量统计	充分使用 BIM 信息平台,实时更新统计工程量	基于 BIM 信息平台统计全生命周期的工程量
预制构件堆放现场规划 P ₅₆	未使用 BIM	简单利用 BIM 对构件进行分类	利用 BIM 与 RFID 结合对构件的堆放进行管理	充分利用 BIM 与 RFID 结合,对预制构件的堆放进行合理规划	基于 BIM 信息平台与 RFID 结合,对预制构件的堆放位置、数量等进行实时监控
运营维护系统的建立 P ₆₁	未使用 BIM	简单使用竣工交付模型	使用竣工交付模型的完整信息	充分使用 BIM 信息平台提供的信息集成	基于 BIM 信息平台实现竣工模型的全生命周期管理
设备运行监控与管理 P ₆₂	未使用 BIM	简单使用 BIM 提取设备信息	利用 BIM 获取设备信息	充分利用 BIM 对设备进行的管理	通过运营维护系统对建筑相关设备的运行状态和能耗进行实时监控分析
建筑空间管理 P ₆₃	未使用 BIM	简单利用 BIM 三维模型可视化展示	利用 BIM 合理分配利用建筑空间	充分利用 BIM 对空间布置进行变更	通过 BIM 运维系统提供的实时数据,不断优化空间布置
突发事件应急管理 P ₆₄	未使用 BIM	简单使用 BIM 进行灾害应急模拟	引进相关的运营维护管理平台	充分利用 BIM 信息平台实现突发事件应急管理	通过 BIM 运营维护平台数据分析持续优化突发事件应急管理
预制构件关键连接部位监控 P ₆₅	未使用 BIM	简单使用 BIM 获取构件信息	利用 BIM 与 RFID 结合获取构件详细信息	充分利用 BIM 与 RFID 结合,获取关键连接部位的受力状态	通过运营维护系统对预制构件关键连接部位进行实时监控
拆除方案选择 P ₇₁	未使用 BIM	简单利用 BIM 获取建筑结构信息	利用 BIM 对建筑具体信息进行可视化展示	利用 BIM 对建筑拆除进行仿真模拟	充分利用 BIM 对拆除方案进行仿真模拟以便确定最佳方案
构件处理 P ₇₂	未使用 BIM	简单利用 BIM 获取构件信息	利用 BIM 与 RFID 结合获取构件信息	充分利用 BIM 与 RFID 结合,获取构件的状态信息	基于 BIM 运营维护平台对构件的力学性能等剩余价值进行分析

1. 5 综合评价

本研究利用指标权重结合实际项目各指标得分对装配式建筑全生命周期 BIM 应用能力进行综合评价,得到 BIM 应用能力综合得分:

$$P = W_j^T \cdot C_i = (w_1, w_2, \cdots, w_j) (c_1, c_2, \cdots, c_i)^T$$

式中: W_j 为指标权重值, C_i 为实际项目指标打分值。

2 案例分析

本文以青海省某装配式办公楼项目为实证研究对象,该项目总建筑面积为 13 903. 68 m²,地上 7 层,建筑高度 30. 4 m,结构形式为整体装配式混凝土框架。应用的主要预制构件有预制柱、叠合梁、叠合楼板、预制楼梯、预制外挂复合墙板。该办公楼项目是青海第一个 BIM 与装配式建筑结合应用的项目,单体装配率达到 76%,项目采用 BIM 将建筑、结构等一体化设计,实现了建设全过程的控制。

2.1 综合评价

本研究邀请 5 位青海省某装配式办公楼项目的相关负责人共同填写问卷,依据评分标准对该项目各阶段的 BIM 应用程度进行打分,以 5 位项目负责人所给出分数的平均值作为每项评价指标的最后得分,并结合各项指标的权重进行综合评价,如表 4 所示。

表 4 青海省某装配式办公楼项目 BIM 应用能力综合评价

Tab. 4 Comprehensive evaluation of BIM application capability of a prefabricated office building project in Qinghai

指标	得分	权重	指标	得分	权重
P ₁₁	1	0.020 5	P ₅₁	3	0.021 1
P ₁₂	4	0.088 4	P ₅₂	3	0.025 2
P ₁₃	3	0.036 2	P ₅₃	4	0.020 5
P ₂₁	3	0.051 8	P ₅₄	1	0.035 9
P ₂₂	3	0.036 2	P ₅₅	4	0.051 8
P ₂₃	4	0.033 3	P ₅₆	1	0.026 2
P ₂₄	4	0.060 7	P ₆₁	1	0.048 0
P ₃₁	4	0.020 0	P ₆₂	1	0.024 7
P ₃₂	4	0.051 8	P ₆₃	1	0.020 1
P ₃₃	1	0.021 8	P ₆₄	1	0.049 7
P ₃₄	1	0.015 7	P ₆₅	1	0.018 4
P ₃₅	1	0.089 1	P ₇₁	1	0.021 7
P ₄₁	1	0.051 8	P ₇₂	1	0.036 7
P ₄₂	1	0.022 5	综合得分: 2.32		

2.2 评价结果分析

该项目全生命周期 BIM 应用能力综合得分为 2.32,项目 BIM 应用能力达到“BIM 应用级”,符合该案例的实际应用情况。根据项目打分情况可知,得分较高的指标主要在规划、设计与施工装配阶段,这表明案例项目中 BIM 的应用主要在全生命周期前期,BIM 应用广度与深度不足。生产阶段指标 P₃₃、P₃₄、P₃₅和采购阶段指标 P₄₁与 P₄₂得分为 1,这表明项目业主可能缺乏装配式建筑建设模式下 BIM 的运用方法,导致生产与采购阶段 BIM 应用不足。运营维护阶段所有指标得分均为 1,这表明案例项目在运营维护阶段没有涉及 BIM 的应用。而导致运营维护阶段 BIM 应用水平低于初始级的原因有:构件库信息不完善,平台中默认的构件信息不足以支持运营维护阶段的 BIM 云监管,企业缺乏相应的 BIM 云管理平台,不注重运营维护阶段的 BIM 应用。

另外,根据各指标的权重分布可知,模拟分析、三维模型的适用性和共享性、部品部件优化设计、运输方案的确定及工程量统计是影响 BIM 应用能力的主要因素。

3 讨论与结论

本文从装配式建筑全生命周期视角出发,基于装配式建筑全生命周期 BIM 应用能力评价模型,通过分析各阶段 BIM 应用点与专家意见建立评价体系,并结合实际案例对模型进行实证分析,得到结论

如下: (1) 装配式建筑全生命周期 BIM 应用能力评价模型能够有效评测 BIM 应用能力等级,帮助业主了解 BIM 在项目中的实际应用情况,且业主可以依据评价结果对 BIM 应用存在的问题进行持续改进。(2) 装配式建筑全生命周期 BIM 应用能力评价模型可以帮助业主明确下一阶段 BIM 应用的发展目标,即从一些主要的影响因素入手,加强今后项目的 BIM 应用能力建设。

与王爱领等^[6]的研究相比,本研究在建立 BIM 应用能力评价体系时,增加了规划、生产与拆除三个阶段,更完整地囊括了装配式建筑的全生命周期各阶段,可以更科学地对装配式建筑全生命周期 BIM 应用能力进行综合评价,促进 BIM 技术在装配式建筑全生命周期各阶段的全面应用。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 2016—2020 建筑行业信息化发展纲要 [EB/OL]. (2016-08-23) [2021-09-11] http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201609/t20160918_228929.html.
- [2] 中国建筑业 BIM 应用分析报告(2020) 编委会. 中国建筑业 BIM 应用分析报告(2020) [R]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020.
- [3] SUCCAR B, SHER W, WILLIAMS A. Measuring BIM performance: five metrics [J]. Architectural Engineering and Design Management, 2012, 8(2): 120-142.
- [4] 董娜, 弓成, 熊峰. 装配式建筑施工建筑信息模型应用成熟度评价 [J]. 华侨大学学报(自然科学版), 2020, 41(1): 50-59.
- [5] 王美华, 王广斌, 彭荔, 等. 设计企业 BIM 技术应用能力评价及实证研究 [J]. 工程管理学报, 2017, 31(5): 153-158.
- [6] 王爱领, 苏盟琪, 孙少楠, 等. 基于生命周期理论的装配式建筑 BIM 应用能力评价 [J]. 土木工程与管理学报, 2020, 37(2): 27-33.
- [7] 任晓宇, 周亚萍, 郭树荣. 全生命周期视角下装配式建筑可持续发展评价体系研究 [J]. 建筑经济, 2019, 40(9): 95-99.
- [8] 齐宝库, 李长福. 基于 BIM 的装配式建筑全生命周期管理问题研究 [J]. 施工技术, 2014, 43(15): 25-29.
- [9] BAAKE P, BOOM A. Vertical product differentiation, network externalities, and compatibility decisions [J]. International Journal of Industrial Organization, 2001, 19(1/2): 267-284.
- [10] 黄园. 建设项目 BIM 应用成熟度评价研究 [D]. 深圳: 深圳大学, 2017.
- [11] 李开. 业主方工程项目 BIM 应用成熟度研究 [D]. 北京: 北方工业大学, 2017.
- [12] 罗岚, 李永超, 翟玉兰. 基于 BIM 的全生命周期应用能力成熟度模型研究 [J]. 南昌大学学报(理科版), 2017, 41(6): 607-612.
- [13] SUN C S, XU H T, WAN D J, et al. Building information modeling application maturity model (BIM-AMM) from the viewpoint of construction project [J]. Advances in Civil Engineering, 2021, 2021: 6684031.
- [14] LIANG C, LU W S, ROWLINSON S, et al. Development of a multifunctional BIM maturity model [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2016, 142(11): 06016003.
- [15] National Institute of Building Science (NIBS). United States National Building Information Model Standard Version 1-Part 1: Overview, Principles, and Methodologies [R]. Washington: National Institute of Building Science, 2007.

(编辑 叶晶晶)