

装配式建筑在工程项目全生命周期中的成熟度评价研究

李莎

北京建筑大学，北京，100044；

摘要：随着新型城镇化的推进和“双碳”战略的提出，装配式建筑因其绿色、低碳、高效的优势，成为建筑行业转型升级的重要方向。然而，其在国内仍处于发展阶段，不同项目在全生命周期内的成熟度差异较大，亟需科学的评价体系指导。本文基于层次分析法（AHP）和模糊综合评价法（FCE），构建装配式建筑成熟度评价模型。首先，建立评价指标体系，并利用 AHP 确定权重；其次，组织专家对二级指标进行评估，构建隶属度矩阵并计算综合得分；最后，根据得分确定成熟度等级。研究表明，该体系能有效量化装配式建筑的成熟度，为行业决策与政策制定提供参考。本研究不仅促进装配式建筑的规范化与高效化发展，也为相关领域研究提供了理论支撑。

关键词：装配式建筑；全生命周期；成熟度评价；层次分析法；模糊综合评价

Research on Maturity Evaluation of Prefabricated Buildings in the Whole Life Cycle of Engineering Projects

Li Sha

Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing, 100044;

Abstract: With the advancement of new urbanization and the introduction of the "dual carbon" strategy, prefabricated buildings, with their green, low-carbon, and efficient advantages, have become an important direction for the transformation and upgrading of the construction industry. However, their application in China is still in the development stage, with significant differences in maturity across various projects throughout their lifecycle, highlighting the need for a scientific evaluation system. This study constructs a maturity evaluation model for prefabricated buildings based on the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Fuzzy Comprehensive Evaluation (FCE). First, an evaluation index system is established, and AHP is used to determine the weight of the indicators. Then, experts are organized to assess the secondary indicators, establish a membership degree matrix, and calculate the comprehensive fuzzy evaluation score. Finally, maturity levels are determined based on the scores. The study shows that the evaluation system can effectively quantify the maturity of prefabricated buildings and provides a reference for industry decision-making and policy formulation. This research not only promotes the standardization and efficiency of prefabricated buildings but also provides a theoretical foundation for further research in related fields.

Key words : Prefabricated buildings; Full lifecycle; Maturity evaluation; Analytic Hierarchy Process (AHP); Fuzzy Comprehensive Evaluation (FCE)

DOI: 10.69979/3029-2727.25.10.040

引言

近年来，随着城市化加速和建筑行业发展，装配式建筑因其高效、节能、环保的优势受到广泛关注，并成为建筑业可持续发展的重要方向。相比传统现浇式建筑，装配式建筑具备施工效率高、建设周期短、低碳环保等优点^[1]，是推动绿色建筑的重要途径。因此，系统评估其在工程项目全生命周期中的表现，对行业技术进步和绿色转型具有重要意义。

近年来，国内外学者在装配式建筑的研究方面取得

了显著进展，欧美国家、日本和新加坡等地区的研究起步较早，并在装配式建筑技术及其管理模式的建立方面取得了成熟的成果，形成了较为完善的技术体系和管理框架。张宾等学者基于 ISM-ANP 灰色聚类模型，对装配式建筑的质量风险进行了多维度评价该研究为装配式建筑质量管理提供了理论支撑和实践指导^[2]；鹿乘引入云模型理论，提出了成本风险指标体系，并通过组合赋权法确定了各个风险指标的权重。该方法为项目成本管理提供了新的思路和技术手段^[3]。与此相比，国内学者在多个角度对装配式建筑项目进行了深入研究，涉及施

工风险评估、质量控制、供应链管理、绿色施工、信息化发展等方面，取得了一系列有益的探索和研究成果。通过研究表明许多文献都集中在装配式施工项目的风险评估、信息化等单一方面的研究，缺乏系统性、全面性的探索和分析。本文从全生命周期的角度对装配式建筑进行成熟度评价，并通过运用层次分析法和模糊综合评价法，为装配式建筑提供一种全面、科学的评价方法。

该评价体系不仅填补了全生命周期系统评估的研究空白，还为政策制定提供数据支持，帮助企业识别关键制约因素，优化发展策略，加快装配式建筑的规模化应用，促进建筑行业绿色高效转型。

1. 装配式建筑在工程项目全生命周期成熟度模型的构建

1.1 成熟度模型的选取

当前，国内外已有多种成熟度模型可供选择，针对不同的应用场景和评估需求。结合工程项目的全过程周期，选择合适的成熟度模型至关重要。本文研究的成熟

度模型应建立在以项目层面 PMS-PM3 为代表的只关注项目本身的成熟度模型，建立一个内部结构构建。

1.2 装配式建筑在工程项目全生命周期评价指标体系

1.2.1 评价指标的选取

通过系统的文献回顾、政策文件分析以及广泛征询专家意见，初步筛选并确定了评价指标。这一过程充分结合了理论研究与实际需求，力求评价体系的科学性、全面性和可操作性。为了确保评价指标体系层次清晰、结构合理、相互关联且协调一致，必须重点关注关键因素，既能全面反映直接效果，又能涵盖间接效应，从而保证决策的全面性与可信度。同时，应该避免明显的包含关系，消除隐含的相关关系，采取适当方法进行调整。此外，评价过程中还应注意定性分析与定量分析的有机结合，以提高评估的科学性和准确性。采用优选法对指标进行预处理，以剔除性能较差的方案，从而减少后续评价的工作量。筛选结果如表 1 所示。

表 1 装配式建筑在工程项目全生命周期评价指标体系

总目标层	一级指标	二级指标	性质
装配式建筑在工程项目全生命周期评价指标体系	设计阶段 A1	功能适配性与创新性 A11	定性
		技术可行性与安全性 A12	定性
		可持续性与成本优化 A13	定性
	生产与制造 A2	生产效率与自动化水平 A21	定量
		质量控制与标准化 A22	定性
		工艺技术与创新 A23	定性
	运输与物流 A3	运输成本与时效 A31	定量
		碳排放与物流安全 A32	定性
	施工与安装 A4	施工进度与质量 A41	定量
		安全性与资源优化 A42	定量
		环境与劳动力管理 A43	定量
	运营使用 A5	能源效率与运营成本 A51	定性
		安全管理 A52	定性
	维护与拆除 A6	维护成本与效率 A61	定量
		设备寿命与环保拆除 A62	定量
		拆除计划与资源回收 A63	定性

1.2.2 评价指标权重

我们可以根据具体的评价指标体系，使用层次分析法（AHP）来确定各指标的权重。以下是具体步骤：（1）构建层次结构模型：将评价指标分为目标层、准则层和指标层，形成层次结构模型。（2）构建判断矩阵：邀请专家学者或从事装配式建筑相关工作的人员根据自

身工作情况及管理经验等对各评价指标进行两两比较。本研究线上线下问卷共发出 35 份，有效回收问卷 30 份根据专家的打分结果，构建判断矩阵。（3）计算权重向量：通过特征值法或几何平均法计算判断矩阵的特征向量，得到各评价指标的权重向量。（4）一致性检验：在专家问卷打分过程中，由于可能受到主观因素的影响，

导致评判出现矛盾，例如：“A 比 B 重要，B 比 C 重要，但 C 又比 A 重要”。因此，为了确保计算结果的合理性和准确性，必须对判断矩阵进行一致性检验。最终得出装配式建筑在工程项目全生命周期评价指标权重。

1.3 成熟度的评价方法

对于成熟度的分型应该建立采用定量与定性的方法相结合，本文将选用模糊综合评价法来确定装配式建筑在工程项目全生命周期的成熟度等级，装配式建筑工程建设的成熟度是由多层次、多评价因素共同决定的，若没有定量分析提供数据支撑，仅通过评价主体作出的定性分析和逻辑判断来准确评价其成熟度是比较困难的^[4]。通过将定量与定性相结合，模糊综合评价法不仅能够为装配式建筑行业成熟度评估提供精确的数据支持，还能有效应对行业发展中复杂多变的因素，为政策制定者、行业管理者和研究者提供更加全面、可靠的决策依据。本文的评价集是由装配式建筑在工程项目全生命周期成熟度划分的四个等级确定，即 $V=\{V_1, V_2, V_3, V_4\}=\{\text{初步阶段, 发展阶段, 成熟阶段, 领先阶段}\}=\{1, 2, 3, 4\}$ 评价等级的评分为：

$$S=[1.0, 0.75, 0.5, 0.25]$$

2 案例分析

2.1 工程背景

本篇文章采用的装配式钢筋混凝土结构案例为北京昌平区南邵镇某行政办公楼项目。项目建筑面积 49608.00 m²，其中地上建筑面积 37970.00 m²，地下建筑面积 11638.00 m²，1#楼地上 8 层，地下 1 层，建筑总高度 36m，2#楼 3#楼地下一层，地上 5 层，建筑总高度 23.4m。地基基础形式为筏板基础，主体结构形式地下室为钢筋混凝土框架，1#楼为钢框架-中心支撑，2#楼 3#楼为装配整体式框架-剪力墙结构。

2.2 用模糊综合评估法计算成熟度等级

根据层次分析法计算得到装配式建筑在工程项目全生命周期成熟度评价的权重。随后，由 12 名专家组成的评估小组对二级指标的每一因素进行单因素评判，通过专家打分法建立隶属度矩阵 R 。基于隶属度矩阵，运用模糊综合评价法进行计算，并最终通过综合评分得出装配式建筑全生命周期成熟度等级。

2.3 结果分析

根据模糊综合评价法计算得出的最终得分为 0.73，表明装配式建筑在工程项目全生命周期的成熟度等级介于“发展阶段”和“成熟阶段”之间，且更接近“成熟阶段”。这一结果反映了当前装配式建筑在工程实践中的发展水平已有显著提升。

3 研究结果与讨论

本文通过对装配式建筑在全生命周期中的成熟度进行评价研究，构建了以层次分析法确定权重、模糊综合评价法计算综合得分的评价体系。研究表明，装配式建筑在节能减排、高效建造方面具有显著优势，但其成熟度受制于设计标准化、施工技术及政策支持等因素的影响。为进一步提高装配式建筑的应用水平，提出以下建议：（1）加强技术创新，推动标准化设计和模块化施工技术的发展；（2）完善相关政策支持，优化产业链上下游的协调与合作；（3）注重人员培训与推广宣传，提升从业人员的专业素养与社会认知度。未来，应结合更多实际案例进行深入研究，以进一步完善评价体系并拓展其适用范围。

参考文献

- [1] 赵亮, 李思贤, 滕俊杰. 装配式建筑全寿命周期增量成本影响因素及控制对策 [J]. 建筑经济, 2022, 43(11): 98-104. DOI: 10.14181/j.cnki.1002-851x.20221109.8.
- [2] 张兵, 刘芳, 查晓庭. 装配式建筑质量风险评价——基于 ISM-ANP 灰色聚类模型 [J]. 建筑经济, 2023, 44(S2): 101-107. DOI: 10.14181/j.cnki.1002-851x.2023S2101.
- [3] 鹿乘, 洪文霞, 李涵, 等. 基于云模型的装配式建筑成本风险评价研究 [J]. 混凝土, 2023, (07): 145-150+160.
- [4] 何玲, 李燕, 卿俸伶, 等. 基于模糊综合评价法的装配式建筑行业发展成熟度研究: 以昆明市为例 [J]. 工程管理学报, 2024, 38(05): 14-20. DOI: 10.13991/j.cnki.jem.2024.05.003.

作者简介: 李莎 (1996.10-) , 性别: 女, 民族: 回, 籍贯: 宁, 职务/职称: 学生, 学历: 研究生在读, 单位: 北京建筑大学, 研究方向: 城市更新, 装配式建筑。