

基于 AHP 的装配式建筑成本影响因素分析

赵维树, 彭 浩

(安徽建筑大学 经济与管理学院, 合肥 230601)

摘要: 国家大力推广装配式建筑已经成为推动建筑业转型升级的重要举措, 但由于装配式建筑成本过高, 使得装配式建筑的推广受到了很大的阻碍。文章通过层次分析法将装配式建筑的成本分成设计、国家政策、生产、管理运输、技术五个一级指标, 对影响装配式建筑成本的因素进行定量分析, 结果表明, 施工水平、工种间的协调能力、预制率和装配率、构件设计的合理性、模具标准化程度是影响装配式建筑成本的重要因素。基于此, 给出了相应的对策建议。

关键词: 装配式建筑; 成本影响因素; 层次分析法

中图分类号: F407.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-349X(2019)06-0088-07

DOI: 10.16160/j.cnki.tsxyxb.2019.06.019

Analysis of the Cost-Affecting Factors of Prefabricated Construction Based on AHP

ZHAO Wei-shu, PENG Hao

(School of Economics and Management, Anhui Jianzhu University, Hefei 230601, China)

Abstract: China's vigorous promotion of prefabricated construction has become an important measure to promote the transformation and upgrading of the construction industry. However, the promotion has been greatly hindered due to the excessive cost of the prefabricated construction. In this paper, the cost is divided into five first-level indicators including design, policy, production, transportation management and technology through analytic hierarchy process, and quantitative analysis about the cost-affecting factors is conducted. The results show that the construction level, coordination ability between different types of work, prefabrication rate and assembly rate, the rationality of the components design, mould standardization degree are important factors to affect the cost of prefabricated construction. Based on the above analysis, corresponding countermeasures and suggestions are proposed.

Key Words: prefabricated construction; cost-affecting factors; analytic hierarchy process

0 引言

自二战以后装配式建筑在欧美等西方国家得到了迅猛发展, 对战后重建起到了重要作用。经过几十年的发展, 装配式建筑以其污染小、耗

能少、建造速度快等优点已经成为了现代建筑中最为重要的一种形式, 并得到了各国政府的大力支持和推广。进入新千年以来, 我国也开始大力发展装配式建筑, 国务院和住建部连续

基金项目: 安徽高校人文社会科学研究项目(SK2018A0568)

作者简介: 赵维树(1963—), 男, 安徽六安人, 副教授, 硕士, 主要从事工程项目管理研究。

出台各种政策以及指导意见来推进装配式建筑的发展,其中住建部发布的《“十三五”装配式建筑行动方案》中明确指出,到2020年全国新建装配式建筑要占新建建筑的15%以上,且重点地区要达到20%以上。尽管各级政府都在竭尽全力推出各种优惠政策,但装配式建筑成本始终高于现浇建筑成本的现实,使得建筑企业不会主动选择装配式建筑,这是导致装配式建筑在国内发展缓慢的重要原因之一。降低装配式建筑的成本,创造出更大经济效益是当前我国装配式建筑行业的重中之重,所以有必要对装配式建筑的成本构成和影响装配式建筑成本变动的主要因素进行细致研究,并针对这些因素进行有效控制,最终达到成本优化的目的。

1 装配式建筑的研究成果

装配式建筑成本居高不下的现状,引起了相关学者和从业人员的探讨和研究,得出了大量结论和控制措施。李丽红等对两个相似工程(分别采用了现浇建筑和装配式建筑形式)的成本构成进行了对比分析,用定性和定量的方法找出了装配式建筑成本增加的原因^[1]。蔡军等运用层次分析法研究了设计阶段装配式建筑成本的构成,指出在此阶段应综合考虑时间、人工、材料、功能、质量等因素来确定降低成本的最优方案^[2]。贾磊将系统动力学的相关理论和建模方法与装配式建筑项目成本控制相结合,从项目的设计、生产、运输、安装4个阶段分析了装配式建筑项目的成本问题^[3]。郑生钦等使用结构方程模型对影响装配式建筑成本的因素进行了研究,得出了配件生产成本>建筑施工成本>组织管理投入>预制工厂成本的影响因素重要性程度排序^[4]。赵亮等将影响装配式建筑成本的因素分为设计因素、管理因素、技术因素和政策因素4个方面,并利用层次分析法确立了影响因素的权重^[5]。以上研究都为装配式建筑成本的控制提出了建议,为解决装配式建筑成本问题提供了新的思路。在前人研究的基础上,本文从装配式建筑的建造流程出发,确定成本构成,归纳总结影响因素,并使用问卷调查,得到真实的一线数据,由此构建层次分析模

型,找到影响装配式建筑成本的主要因素,从而提出降低成本的建议和改进措施。

2 装配式建筑成本影响因素

装配式建筑的建筑方式和传统的现浇建筑的建筑方式有着根本上的差别,因此装配式建筑的成本控制和管理不能完全依照传统的模式进行。装配式建筑的成本涵盖了整个装配式施工全过程所产生的总费用,主要包括前期设计、预制构件的生产、成品构件的运输、终端施工现场的安装等几个阶段产生的相关费用^[6]。因此,有效降低以上施工过程的成本是控制装配式建筑成本的关键。装配式建筑与传统现浇建筑相比,预制构件的生产与运输在成本中占了很大比例,并且预制构件在运输和安装过程中存在着许多不可控因素,使得成本一直处在动态变化中。而且在设计、施工等阶段装配式建筑与传统现浇建筑也存在着明显的区别。本文主要按照设计、国家政策、生产、管理运输和技术5个方面划分装配式建筑的影响因素。

2.1 设计因素

(1)构件设计的合理性。预制构件的设计应充分考虑构件在运输安装过程中的受力情况,要求构件易于吊装且方便二次吊装。因整个建筑体可以拆分,设计时应充分考虑构件的连接处,注意构件的设计尺寸,构件尺寸过大不利于后期吊装。

(2)预制构件生产工艺。台座法施工和机组专业流水线施工是目前预制构件的主要生产工艺。由于引进专业的流水线成本过大,所以除了标准化程度较高的构件会使用专业流水线外,大部分构件的生产还停留在人工操作阶段,而人工操作的精准度难以保证,导致产品不良率和材料成本增加,所以引进先进的生产线和生产工艺是有效降低装配式建筑成本的途径之一。

(3)建筑规模和形式。装配式建筑群的规模越大、建筑形式越单一越有利于成本节约。因为规模大且形式单一的建筑群会提高模具的周转次数,异型独特构件减少,使得建筑的摊销成本降低。

(4)装配率与预制率。装配率是指工业化

建筑中预制构件、建筑部品的数量(或面积)与同类构件或部品总数量(或面积)的比值;在装配式建筑物室外地坪标高以上的围挡和主体结构中,预制构件砼用量与对应构件砼用量的体积比值称为预制率。装配率和预制率是装配式建筑的重要评价指标之一,也是国家确定装配式建筑最重要的参照指标,其中规定装配率不得低于 50%,预制率不得低于 20%方可认定为装配式建筑。

(5)标准构件的重复使用率。由于国内装配式建筑行业正处在快速发展阶段,行业内还没有形成统一的标准,这使得模具的使用率较低,更换频率增加,降低了周转次数,增加了成本。

2.2 国家政策

(1)税收政策。近年来在国家大力推广绿色建筑、创建生态文明的背景下,装配式建筑以其特有的低碳环保等优势迎来了新的发展契机,2019 年国家大幅下调企业增值税,将原来 16%的增值税调低到 13%,这为装配式产业带来了利好。但是现浇建筑企业也调低了税率,由原来的 10%降到 9%,相比之下装配式建筑的发展仍面临挑战。对此国家应当适当地对装配式建筑企业提供更多的优惠或者调整税率,并在政策上予以支持,从而引导行业健康发展。

(2)行业标准。由于装配式建筑在我国起步较晚,目前还缺乏统一的行业标准,导致预制构件模板的重复使用率比较低,这是造成预制构件生产费用居高不下的主要因素。

(3)质量体系。装配式建筑行业应重视预制构件在生产、运输、安装等环节的质量监督和管理,需尽快建立健全完整的质量监督管理体系,确保工程质量^[7]。

2.3 生产因素

(1)工人的技术水平。工人的技术水平与预制构件生产的良品率有着很大关系,同时工人的操作熟练度对生产效率也起着至关重要的作用。而如今此行业人才短缺,工人的流动性很大,很多操作工都是临时上岗,缺乏专业技术,岗前培训 and 安全教育也得不到保障,这些都会导致生产成本的增加^[8]。

(2)模具的使用。现在的建筑物追求外观和用途多样化,对模具的要求也越来越高,模具的尺寸和预留孔洞应在设计之初就予以考虑周全,避免二次拆模、拼模导致模板破坏。

(3)模具标准化程度。模具的复杂程度越高,可利用程度就越低,模具的周转次数降低,就会增加摊销费用。因此统一标准,使多数构件成为标准件,可减少模板的更换频率,有效降低构件成本,有利于降低装配式建筑的成本。

(4)生产线的自动化程度。先进的生产线有利于良品率的提高,同时也能提高生产效率,减少时间成本,生产线的自动化水平越高人工成本就会越低。

(5)生产规模。预制构件生产规模的大小直接影响构件生产成本。大规模的预制构件生产会提高模具的周转率,产量大的构件厂也能分担更多的劳动成本。但是预制构件的成品高增值税是大构建厂预制构件成本节省上的阻碍^[9]。

2.4 管理运输因素

(1)运输距离。由于构件都是在预制场事先生产的成品,将构件运送到施工现场产生的费用在成本中也占了很大比例。运输距离是影响装配式建筑成本的重要因素。

(2)运输管理。运输车辆合理配置,便可高效满载地将构件送到施工现场,因此,高效合理的调度可以有效降低成本。

(3)经验主义影响。目前很多装配式建筑的管理模式还延用着传统现浇建筑的管理模式,这使得无论是施工、生产还是调度都跟不上行业的发展,所以低效的管理增加了成本。

(4)产业链水平。由于我国装配式建筑起步较晚,相关产业发展不均衡,还未形成完整的产业链,这导致工业化不成熟,管理和监管不到位,标准不统一。

(5)施工管理。现场施工的合理调度是装配式建筑施工效率的保障,所以现场对人、材、机的有效管理可以大大降低成本^[10]。

2.5 技术因素

(1)施工水平。现场施工人员的业务水平

是决定施工质量和施工效率的重要保障,现场施工人员技术高超可以有效降低误工率和返工率,节省大量时间,也节约施工成本。

(2)吊装工序的合理性。有现场施工经验的人会有计划且合理地安排吊装顺序,保证一次性吊装成功,避免因组织失误造成重复吊装和二次起吊带来的预制构件的受损。

(3)工种间的协调能力。装配式建筑对构件的拼接可靠性和接缝精度要求比较高,所以对各工种间的协调能力提出了更高要求,同时

高效的配合可提高安装效率,节省工期^[11]。

3 实证分析

3.1 层次分析法(AHP)

层次分析法是美国学者撒汀提出的,是将复杂问题或者系统分解为目标层、准则层以及指标层等几个简明有效的层次,然后将每个层次各因素两两对比分析确定权重,从而做出决策的一种方法。本文采用 AHP 建立了装配式建筑成本影响因素评价的指标体系,见图 1。

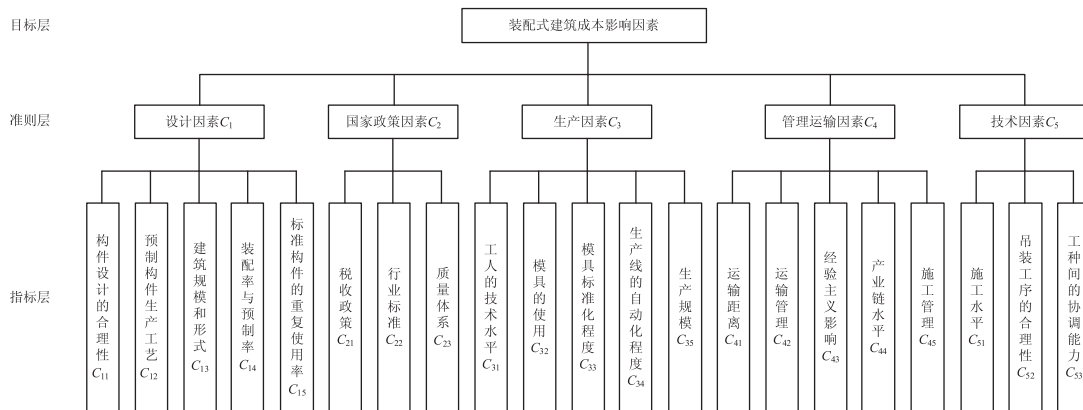


图1 装配式建筑成本影响因素评价指标体系

3.1.1 明确问题,确定层次结构

(1)确定目标层。综合考虑装配式建筑成本的影响因素,对装配式建筑成本的影响因素进行评价。

(2)确定准则层。根据装配式建筑成本的特点,本文选择设计因素、国家政策、生产因素、管理运输因素以及技术因素4个指标作为装配式建筑成本影响因素评价的准则层。

(3)确定指标层。针对准则层的因素细化成具体的指标因素。

3.1.2 构造判断矩阵及一致性检验

根据指标评价体系,建立一级因素集 $U = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5\} = \{\text{设计因素, 国家政策, 生产因素, 管理运输因素, 技术因素}\}$,再建立二级因素集 $D_i = \{C_{i1}, C_{i2}, C_{i3} \dots C_{im}\}$,其中 $i = 1, 2, 3, 4, 5$ 。本文采用1-9标度法(见表1)对指标进行量化,即相关领域的专家和技术人员对同一目标层下的任意两个指标根据相对于目标的重

要性进行比较,然后打分,构建判断矩阵 A ,求出权重值,并验证能否通过一致性检验。

表1 层次分析1-9标度法

C_i 比 C_j	相同	稍强	强	很强	绝对强	稍弱	弱	很弱	绝对弱
a_{ij}	1	3	5	7	9	1/3	1/5	1/7	1/9

采用和法求解判断矩阵的最大特征值对应的特征向量。将判断矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ 的每一列进行归一化处理,得到矩阵 $B = (b_{ij})_{n \times n}$,其中

$$b_{ij} = a_{ij} / \sum_{i=1}^n a_{ij}, i, j = 1, 2, \dots, n, \text{然后将矩阵 } B \text{ 进行行求和,再进行归一化处理,得到判断矩阵的最大特征向量,即指标权重集 } W = (\omega_i)^T, i = 1,$$

$2, \dots, n$,其中权重值 $\omega_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}, i, j = 1, 2, \dots, n$ 。判断矩阵 A 的最大化特征值 $\lambda_{\max}$ 可由公式 $\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{\omega_i}$ 求得,其中 $(AW)_i$ 表示 AW 的第 i 个分量。归一化之后得到指标权重集,进行一致性检验,检验公式为: $C =$

$\frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, C_R = \frac{C}{R}$, 其中 R 为平均随机一致性指标, 其值如表 2 所示。当随机一致性比例 $C_R < 0.1$ 时, 可认为判断矩阵结果具有一致性, 否则需要调整判断矩阵。

表 2 平均随机一致性指标值

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11
R	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

3.2 应用层次分析法确定各指标权重

3.2.1 确定准则层权重

首先构造准则层相对于目标层的判断矩阵 A , 其次通过和法求解判断矩阵的特征向量, 进行归一化后得到准则层相对于目标层的权重 W , 并进行一致性检验求得 C_R , 其过程如下。

$$\begin{pmatrix} 1 & 7 & 3 & 3 & 5 \\ 1/7 & 1 & 1/3 & 1/3 & 1/3 \\ 1/3 & 3 & 1 & 1 & 3 \\ 1/3 & 3 & 1 & 1 & 3 \\ 1/5 & 3 & 1/3 & 1/3 & 1 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 105/211 & 7/17 & 9/17 & 9/17 & 15/37 \\ 15/211 & 1/17 & 1/17 & 1/17 & 1/37 \\ 35/211 & 3/17 & 3/17 & 3/17 & 9/17 \\ 35/211 & 3/17 & 3/17 & 3/17 & 15/37 \\ 21/211 & 3/17 & 1/17 & 1/17 & 3/37 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 35038/132719 \\ 6901/132719 \\ 21102/132719 \\ 21102/132719 \\ 48576/132719 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 0.264 \\ 0.052 \\ 0.159 \\ 0.159 \\ 0.366 \end{pmatrix},$$

即得 $W = (0.264, 0.052, 0.159, 0.159, 0.366)^T$ 。

判断矩阵 A 的最大特征值

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{\tau w_i} = \frac{1}{5} \left(\frac{2.412}{0.264} + \frac{0.323}{0.052} + \frac{0.660}{0.159} + \frac{0.660}{0.159} + \frac{0.681}{0.366} \right) = 5.102,$$

$$C = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{5.102 - 5}{5 - 1} = 0.026。$$

$$C_R = C/R = 0.026/1.12 = 0.023 < 0.1,$$

因此可以认为, 设计因素、国家政策、生产因素、管理运输因素以及技术因素这五个影响

因素相对于影响装配式建筑成本的权重为 $W = (0.264, 0.052, 0.159, 0.159, 0.366)^T$, 并且判断矩阵通过一致性检验。

3.2.2 确定指标层相对于准则层的权重

根据准则层得到权重的方法, 计算各指标层相对于各准则层的权重, 判断矩阵如表 3 一表 7 所示。

表 3 C_{1j} 对于 C_1 的判断矩阵 ($j = 1, 2, 3, 4, 5$)

$C_1 - C_{1j}$	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	权重(W_{1j})
C_{11}	1	3	5	1/3	1	0.286
C_{12}	1/3	1	3	1/3	1	0.157
C_{13}	1/5	1/3	1	1	1/3	0.092
C_{14}	3	3	1	1	3	0.328
C_{15}	1	1	3	1/3	1	0.137

$\lambda_{\max} = 5.083, C = 0.021, R = 1.12, C/R = 0.018 < 0.1$, 通过一致性检验

表 4 C_{2j} 对于 C_2 的判断矩阵 ($j = 1, 2, 3$)

$C_2 - C_{2j}$	C_{21}	C_{22}	C_{23}	权重(W_{2j})
C_{21}	1	5	3	0.502
C_{22}	1/5	1	1/3	0.104
C_{23}	1/3	3	1	0.394

$\lambda_{\max} = 3.093, C = 0.047, R = 0.58, C/R = 0.081 < 0.1$, 通过一致性检验

表 5 C_{3j} 对于 C_3 的判断矩阵 ($j = 1, 2, 3, 4, 5$)

$C_3 - C_{3j}$	C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}	C_{35}	权重(W_{3j})
C_{31}	1	3	1	3	5	0.325
C_{32}	1/3	1	1/3	1	3	0.108
C_{33}	1	3	1	5	5	0.387
C_{34}	1/3	1	1/5	1	3	0.146
C_{35}	1/5	1/3	1/5	1/3	1	0.034

$\lambda_{\max} = 5.069, C = 0.017, R = 1.12, C/R = 0.015 < 0.1$, 通过一致性检验

表 6 C_{4j} 对于 C_4 的判断矩阵 ($j = 1, 2, 3, 4, 5$)

$C_4 - C_{4j}$	C_{41}	C_{42}	C_{43}	C_{44}	C_{45}	权重(W_{4j})
C_{41}	1	3	5	3	1	0.310
C_{42}	1/3	1	3	1/3	1	0.164
C_{43}	1/5	1/3	1	1/5	1/3	0.068
C_{44}	1/3	3	5	1	1	0.223
C_{45}	1	1	3	1	1	0.235

$\lambda_{\max} = 5.083, C = 0.009, R = 1.12, C/R = 0.008 < 0.1$, 通过一致性检验

表 7 C_{5j} 对于 C_5 的判断矩阵 ($j = 1, 2, 3$)

$C_5 - C_{5j}$	C_{51}	C_{52}	C_{53}	权重(W_{5j})
C_{51}	1	3	3	0.464
C_{52}	1/3	1	1/3	0.159
C_{53}	1/3	3	1	0.377

$\lambda_{\max} = 3.076, C = 0.038, R = 0.58, C/R = 0.066 < 0.1$, 通过一致性检验

利用公式 $\overline{w_{ij}} = w_{ij} \cdot w_i$ 求解出各影响因素相对于目标层即装配式建筑成本的综合权重, 结果见表 8。

将各影响因素按照综合权重从大到小进行排序后, 发现施工水平、工种间的协调能力、装配率与预制率、构件设计的合理性、模具标准化程度是影响装配式建筑成本的主要因素。

表 8 各影响因素相对于装配式建筑成本的综合权重

一级指标	二级指标	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	综合权重 ($\overline{w_{ij}}$)
		0.264	0.052	0.159	0.159	0.366	
设计因素 W_1	构件设计的合理性 W_{11}	0.286	—	—	—	—	0.076
	预制构件生产工艺 W_{12}	0.157	—	—	—	—	0.041
	建筑规模和形式 W_{13}	0.092	—	—	—	—	0.024
	装配率与预制率 W_{14}	0.328	—	—	—	—	0.087
	标准构件的重复使用率 W_{15}	0.137	—	—	—	—	0.036
国家政策 W_2	税收政策 W_{21}	—	0.502	—	—	—	0.026
	行业规范 W_{22}	—	0.104	—	—	—	0.005
	质量体系 W_{23}	—	0.394	—	—	—	0.021
生产因素 W_3	工人的技术水平 W_{31}	—	—	0.325	—	—	0.052
	模具的使用 W_{32}	—	—	0.108	—	—	0.017
	模具标准化程度 W_{33}	—	—	0.387	—	—	0.062
	生产线的自动化程度 W_{34}	—	—	0.146	—	—	0.023
	生产规模 W_{35}	—	—	0.034	—	—	0.005
管理运输因素 W_4	运输距离 W_{41}	—	—	—	0.310	—	0.049
	运输管理 W_{42}	—	—	—	0.164	—	0.026
	经验主义影响 W_{43}	—	—	—	0.068	—	0.011
	产业链水平 W_{44}	—	—	—	0.223	—	0.036
	施工管理 W_{45}	—	—	—	0.235	—	0.037
技术因素 W_5	施工水平 W_{51}	—	—	—	—	0.464	0.170
	吊装工序的合理性 W_{52}	—	—	—	—	0.159	0.058
	工种间的协调能力 W_{53}	—	—	—	—	0.377	0.138

4 装配式建筑成本管理的对策和建议

通过建立层次分析模型可以发现影响装配式建筑成本的主要因素为施工水平、工种间的协调能力、装配率与预制率、构件设计的合理性、模具标准化程度等, 对此给出以下建议。

4.1 提高施工水平

装配式建筑有别于传统模式很重要的一点是, 无论是现场安装还是预制构件的生产都更加依赖于有技术的施工人员。在构件厂生产岗位除了常见钢筋工、砼振捣工、模板工等工种外, 还有模具操作工、生产机械操作工等工种。工人们不仅要熟练掌握混凝土浇筑施工操作, 预制构件模板的拆装、养护、运输、储存等要领,

还要能够因地制宜或因生产需要掌握基本的二次拆模。技术娴熟的工人可以提高生产效率, 有效降低废品率, 从而有效降低生产成本。因此, 装配式建筑企业要为员工提供正规的岗前、岗中培训, 不断提高员工的施工水平。

4.2 提高工种间的协调能力

装配式建筑拼接难度大, 接缝要求精度高, 为保证构件连接的可靠度, 对吊装和安装的配合及交叉作业提出了较高要求, 这需要各工种之间有良好的协调能力, 故装配式建筑企业在组织施工上应加强管理, 提高产业组织工业化程度, 使不同工种有效快捷地衔接工作, 而且应定期开展工种间的技术交流, 增加各工种之间

协调沟通的机会,以避免由于各工种间缺乏沟通而造成经济损失。

4.3 提高装配率与预制率

企业间应加强技术合作,加快研发高预制率的新型剪力墙,加强预制构件新材料、新工艺的研究,同时推动行业内预制梁柱板等构件规格的统一。行业应制定统一的预制构件规范,标准规范的完善是推动装配式建筑发展的重要推动力,完备的预制装配技术是提高装配率与预制率的重要方式之一。

4.4 优化预制构件的设计

由于预制构件的成本是影响装配式建筑的重要因素,因此降低装配式建筑的成本应该从设计开始抓起,重视模板的设计与二次设计。推动装配式建筑设计体系的建立和完善,实现预制构件产品设计标准化、模数化,加强行业沟通,改变设计乱象,从而实现降低成本的目的。

4.5 提高模具标准化程度

企业在设计之初应充分考虑不同建筑的体型造成的构件的复杂程度,可以通过引进 BIM 技术对预制构件进行标准化设计,提高模具的标准化程度,增加模具的重复使用率,即增加模具的周转次数,提高预制构件的生产力,避免建筑材料的浪费,降低工程成本。

参考文献:

[1] 李丽红,耿博慧,齐宝库,等.装配式建筑工程与现浇建筑工程成本对比与实证研究[J].建筑经济,2013(9):102-105.

[2] 蔡军,马丁·斯科特.基于层次法的预制装配式建筑目标成本计算及其 AHP 评价[J].财会月刊,2016(12):88-90.
[3] 贾磊.基于系统动力学的装配式建筑项目成本控制研究[D].青岛:青岛理工大学,2016.
[4] 郑生钦,王德芳,左清兰,等.基于 SEM 的装配式建筑成本影响因素研究[J].项目管理技术,2016,14(11):45-49.
[5] 赵亮,韩曲强.装配式建筑成本影响因素评价研究[J].建筑经济,2018,39(5):25-29.
[6] 周景阳,何鹏旺.基于解释结构模型(ISM)的装配式建筑成本影响因素分析[J].工程管理学报,2019,33(1):39-44.
[7] 李辉山,欧阳县.基于 DEMATEL 的装配式建筑成本影响因素分析[J].工程管理学报,2019,33(1):34-38.
[8] 李华隆.招商地产 A 项目装配式建筑成本控制研究[D].广州:华南理工大学,2018.
[9] 张兰兰,郝风田,张卫伟.基于 BIM 的装配式建筑施工成本控制研究[J].价值工程,2017,36(34):44-46.
[10] 李飞龙.装配式建筑工程造价预算与成本控制分析[J].江西建材,2017(15):251-255.
[11] 贾宏俊,许云萍.基于 AHP 的装配式建筑成本管理研究[J].建筑经济,2018,39(7):79-83.

(责任编辑:夏玉玲)

(上接第 72 页)

[4] 朱学彪,陈奎生,王毅,等.高压除磷喷嘴喷射流场数值模拟与试验分析[J].机械设计与制造,2009(5):217-219.
[5] 卢佩,吴恩铭,李瑞.基于喷射角信息的淋浴花洒冲击力场测试方法研究[J].天津科技大学学报,2011,26(1):51-54.
[6] 高军.注塑成型工艺分析及模具设计指导[M].北京:化工工业出版社,2009:22-29.
[7] 郭广思.注塑成型技术[M].北京:机械工业出版社,2010:15-28.

[8] LUCYSHYN T,KNAPP G. Determination of the transition temperature at different cooling rates and its influence oil prediction of shrinkage and warpage in injection molding simulation[J]. Journal of Applied Polymer Science,2012,123(2):1162-1168.
[9] 胡邓平,王树勋,张宁,等.基于电动圆弧抽芯的塑料花洒注塑工艺分析及模具创新设计[J].塑料科技,2017,45(1):81-84.

(责任编辑:李秀荣)