

基于 ISM 的装配式建筑成本影响因素分析

姚卫涛, 吕海涛

(河北工程大学 管理工程与商学院, 河北 邯郸 056038)

[摘要]近年来,我国大力倡导绿色建筑,预制装配式建筑正是符合政策发展要求的,然而装配式建筑的推行受到诸多因素的制约,在诸多影响因素中,造价问题是预制装配式发展的瓶颈。因此,文章通过对建筑成本控制影响因素进行识别,同时采用基于系统工程理论的解释结构模型(ISM)对这些影响因素的内在联系进行了研究,并对影响因素进行层级划分;最后,针对关键影响因素提出成本控制的方法,为承包商进行成本控制提供相应的参考。

[关键词]装配式建筑;建筑成本控制;影响因素;解释结构模型

doi:10.3969/j.issn.1673-9477.2019.02.002

[中图分类号] F407.9

[文献标识码] A

[文章编号] 1673-9477(2019)02-007-03

装配式建筑作为国家大力推行的绿色建筑,然而装配式建筑成本高昂的特征成为阻碍其发展的一方面。为解决这一问题,国内外学者进行了大量研究。郑生钦、王德芳、左清兰等(2016)的研究表明装配式建筑成本主要与4个因素有关系,将影响因素进行重要度排序为配件生产成本>建筑施工成本>组织管理>投入预制工厂成本^[1]。陈艳和王宇、贾磊等(2017)研究了影响装配式建筑成本的因素,并对项目的各个阶段的影响因素进行分类筛选,将各阶段影响因素分为成本增量和成本节约量两类,并通过建立装配式建筑成本控制的系统动力学模型,得到成本影响因素之间的逻辑关系^[4]; Bansal D 和 Singh R, Sawhney R L (2013)认为建筑材料是否合理使用是建筑能耗和建筑成本高低的影响因素,并通过实际案例验证了降低整体能源消费,可最终减少建筑物的能源消耗^[7]。

我国装配式建筑的理论早已被提出,但产品相对较少,主要是因为相对于传统建筑,装配式建筑的建筑技术有待完善,每平方米成本高出约100元-200元,导致产品售价较高,消费者无力购买,需求受到限制,从而影响到装配式建筑的市场开发。预制装配式建筑的施工难度大,质量、安全要求高,导致成本较高的现状是业界公认的,这使得预制装配式的优势不能充分发挥。承包商在对装配式建筑分析和优化的过程中,把握成本控制影响因素的重要性,寻求有效的成本控制途径可以为自身带来更大效益。

一、影响装配式建筑成本的因素分析

(一) 装配式建筑成本构成

不同于传统建造模式,装配式建筑的建造流程主要表现为结构构件在预制构件工厂生产完成、成

品PC构件运输至施工现场以及施工现场拼接吊装所产生的全部费用。装配式建筑的成本也主要是由各相关环节产生的费用,如构件设计费、构件生产费、构件运输费、构件装卸费、构件吊装费和安装费。因此,承包商在对成本控制的环节中只有把握构件的设计生产、构件装卸运输、构件吊装安装费用三个环节就可以有效降低装配式建筑成本。

(二) 装配式建筑的影响因素

装配式建筑的成本处于动态变化的过程中,各种因素交织在一起,复杂多样。本文按照设计、采购和施工划分影响因素。

1. 设计阶段

(1) 预制率。预制率是评价装配式建筑的一个重要指标,同时也是国家制定有关政策、标准和规范的重要依据。根据新国标规定,如果装配率低于50%均不能称之为装配式建筑,而且,根据相关研究表明,伴随预制率的提升,成本也将相应的在某一区间增高。

(2) 预制构件拆分的合理性。预制构件的拆分是对建筑图纸的二次设计,拆分情况主要是根据建筑构件的受力情况、构件后期运输、单位要求和施工特点来决定的。在设计阶段,要注重预制构件拆分的合理性,还应考虑构件模数的要求,如果构件拆分尺寸较大,即使加快了施工吊装速度,但对构件生产和运输相应加大了难度;同时还要考虑吊点的位置设计,合理的吊点设计可以避免在PC构件吊装过程中断裂,保障构件的完整性,从而有效进行成本控制。

2. 采购阶段

(1) 市场价格波动。影响项目采购阶段成本的因素是多重的,市场对于材料的供给价格是因素之一,同一材料在不同的时间节点下的采购的价格由

[投稿日期] 2019-05-10

[作者简介] 姚卫涛(1992-),男,河南濮阳人,硕士生,研究方向:管理工程的理论与方法。

于材料、设备价格的波动性也有着一定的差别。虽然单一材料随市场波动的幅度比较小,但是材料供给市场对于价格的敏感程度较高,会因微小的价格变化产生规模效应,增加项目采购成本的不确定性。

(2) 运输与存储方式。构件运输阶段的费用主要包括运输工具的选择、运输时长以及运输距离。供应商发货以后采用什么方式运输预制构件、运输时间的长短和运输的距离都会增加总承包商在采购阶段的成本,以经济、便捷、安全、及时的运输方式,不仅可以提高工作效率,节约运输成本,还能够提高整体效益。当预制构件到达现场,需要选择合适的方式和地点存放预制构件,间接降低人力、物料和资金的投入,降低工程成本。

(3) 构件生产成本。影响预制构件生产成本的因素包括构件设计的标准化程度、构件厂生产能力、构件厂人员的技术水平、作业人员机械利用率。预制构件的生产是在 PC 加工厂完成,总承包商在与生产厂商签订预制构件生产合同时,需要考察构件生产的标准化程度,此外,所需预制的 PC 构件数量和预制构件种类也对构件生产成本产生一定影响,同规格的预制构件数量越多,构件生产成本也越低。构件生产成本是装配式建筑工程成本不可忽视的一部分,做好构件生产成本优化,对总承包商在工程成本管理过程中具有很大帮助。

3. 施工阶段

(1) 施工组织管理。施工管理包括项目管理人员对施工现场管理的过程和项目成本管理对工程成本严格把控。规范、有序的现场布置可以有效避免二次搬运产生的人力、材料、机械的损耗,提高装配式建筑施工的工作效率。

(2) 施工分包合同管理。总承包商在施工阶段不仅要按照合同条款履行并完成对于项目工程的施工义务,同时还要在施工过程中把动态成本控制在预期范围之内。同时,总承包商可以通过合同文件对各分包商进行管理,对成本控制风险进行再分配和转移,降低总承包合同中存在的成本控制风险。

(3) 不可抗力事件。不可抗力事件是由自然灾害、战争等一系列由外界不可控环境变化所产生的对项目施工的不利因素的事件,不可控性、灾难性等是不可抗力事件具有的特点。装配式建筑施工在受到不可抗力因素影响时,往往会造成较为巨大的成本损失,成为总承包商在对项目成本控制过程中难以把握的因素,不可抗力事件对工程施工工期产生影响,造成工期拖延、误工的发生,影响着工程施工成本。

二、装配式建筑成本影响因素评价

(一) 装配式建筑成本影响因素模型构建

1. 邻接矩阵的构建

将上节成本控制影响因素集合定义为 X , 元素定义为 X_i , 则有

$$X = \{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n\}$$

则成本控制影响因素相互关系为

表 1

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
预制率 X_1	0	0	0	1	0	0	0	0
预制构件拆分的合理性 X_2	0	0	0	1	0	0	0	0
市场价格波动 X_3	0	0	0	0	0	0	0	0
运输与存储方式 X_4	0	0	0	0	0	0	0	0
构件生产成本 X_5	0	0	0	1	0	0	0	0
施工组织设计 X_6	0	0	0	0	0	0	1	0
施工分包合同管理 X_7	0	0	0	0	0	1	0	1
不可抗力事件 X_8	0	0	0	0	0	0	1	0

由表 1 可得成本控制影响因素邻接矩阵如下:

$$S = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

从上面邻接矩阵中可以发现两因素间存在诸如 $A_1RA_2=0$ 的关系。 $A_1RA_2=0$ 表示因素 1 代表的总承包合同成本条款约定和因素 2 代表的预制率和装配率两者之间没有明确的直接关系,因此将其赋值为 0。

2. 可达矩阵的计算

对于上述构建的邻接矩阵进行可达矩阵的运算时,由于影响总承包商成本控制的影响因素较多,上述计算工程量大,计算过程复杂,计算能力要求较高,且人为计算出现错误可能性较大,本文借助 Matlab7.0 软件程序,对上述装配式成本控制影响因素邻接矩阵运行布尔矩阵逻辑运算,得到邻接矩阵的可达矩阵如下:

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

3. 成本控制影响因素层级划分

根据上面已经求得的装配式成本控制影响因素可达矩阵, 并运用 Matlab7.0 软件通过计算出的可达矩阵可以得到装配式成本控制影响因素的层级划分为:

表 2

层次	层级	代码	影响因素
主导型影响因素	2	X_1 、 X_2 、 X_5	预制率、预制构件拆分的合理性、构件生产成本
一般影响因素	1	X_3 、 X_4 、 X_6 、 X_7 、 X_8	市场价格波动、运输与存储方式、施工组织设计、施工分包合同管理、不可抗力事件

由表 2 可知, 影响装配式建筑成本控制的主导型因素是预制率、预制构件拆分的合理性、构件生产成本; 因此, 总承包商在对建筑项目成本控制的过程中, 应着重把握对预制率、预制构件拆分的合理性、构件生产成本三方面的成本控制。

三、对策及建议

通过 ISM 解释结构模型的分析可以得出, 影响装配式建筑成本的因素主要是: 预制率、预制构件拆分的合理性、构件生产成本。现就以上主要因素提出以下建议。

(一) 优化二次设计, 合理拆分构件

在设计阶段应着重针对关键技术的设计与优化, 重视二次设计。装配式建筑的二次设计关系到生产、运输和安装阶段, 应综合考虑设计阶段对后续阶段的影响, 结合生产运输、吊装和施工现场的条件, 对相应建筑部位合理拆分构件大小, 并优化相应的配套构件, 做到从设计上控制装配式建筑成本。

(二) 提高构件重复使用率, 重视技术研发与应用

推进 BIM 技术在装配式建筑中的应用, 尤其是设计阶段的三维协同设计与施工阶段的施工模拟, 提升施工全过程的信息管理。通过 BIM 技术的标准化设计, 提高构件的标准化程度, 提升通用构件的使用率, 减少构件重复设计, 同时, 加强新型材料、新型结构的开发及构件拼接技术研发, 提高创新成果的转化率和应用; 促进装配式建筑、绿色技术、

智能技术的结合, 推进装配式建筑可持续化发展。

(三) 增强生产管理模式, 优化构件生产方案

PC 构件在预制构件生产厂进行标准化生产时, 其生产流程应当有严格的生产要求。预制构件的设计图纸、方案以及相关质量要求是进行生产时必须严格遵循的要点。与此同时, 高效率的生产方案制定离不开对预制构件的生产数量、形状尺寸、规格型号、构件自重等多重因素的考量。因此, 在保证生产质量的前提下, 编写配套且详细的构件制作生产方案, 保证生产效率的提高, 对于降低生产成本、管理成本、计划成本有着重要的意义, 更能保证经济效益的提高。

四、结论

建筑工业化背景下, 装配式建筑已经成为了未来发展的趋势, 针对装配式建筑成本高的现实情况, 研究影响装配式成本控制的影响因素并有针对性的提出成本管控措施, 对装配式建筑成本控制和资源节约具有一定的理论性和可行性, 同时也为承包商做成本控制提供一定参考依据。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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): 26-30.
- [3] 洪汇园装配式建筑成本控制关键技术研究[D]. 沈阳建筑大学, 2016.
- [4] 陈艳, 贾磊, 王宇. 基于 SD-VE 的施工项目成本控制[J]. 青岛理工大学学报, 2016, 37(5): 13-18.
- [5] 张程程, 刘春梅, 赵永生. 工业化建筑建造成本影响因素探析[J]. 聊城大学学报(自然科学版), 2015, 28(4): 64-68.
- [6] 罗时朋, 李硕. 预制装配式对施工成本影响的量化分析[J]. 建筑经济, 2016, 37(6): 48-53.
- [7] Bansal D, Singh R, Sawhney R L. Effect of construction materials on embodied energy and cost of buildings — A case study of residential houses in India up to 60 m², of plinth area[J]. Energy & Buildings, 2014, 69(3): 260-266.

[责任编辑 陶爱新]

Research on influencing factors of ISM-based assembly building cost

YAO Wei-tao, LV Hai-tao

(Department of Management Engineering and Business, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

Abstract: In recent years, China has vigorously advocated green buildings. Prefabricated buildings are in line with the requirements of policy development. However, the implementation of prefabricated buildings is constrained by many factors. Among many influencing factors, the cost problem is the bottleneck of prefabricated development. Therefore, this paper identifies the influencing factors of construction cost control, and uses the Interpretative Structural Model (ISM) based on system engineering theory to study the internal relations of these influencing factors, and classify the influencing factors. Finally, according to the key factors, it proposes a cost control method to provide a reference for the contractor to carry out cost control.

Key words: lean construction concept; BIM technology; lean construction strategy