

基于系统动力学的装配式 PC 建筑造价控制研究

杨玉胜, 洪珍珍

(长沙理工大学 交通运输工程学院, 湖南 长沙 410114)

摘要: 以系统动力学模型为研究方法, 分析装配式 PC 建筑造价各影响因素之间的逻辑关系, 建立装配式 PC 建筑造价控制的系统动力学模型, 通过改变各参数值, 以质量安全保障为例, 通过仿真模拟, 定量分析质量安全保障对 PC 项目造价的影响, 得到了造价的关键影响因素, 并据此提出了降低造价的建议与措施, 为政府决策制定和企业项目实施提供参考。

关键词: 工程管理; 装配式 PC 建筑; 造价控制; 系统动力学

中图分类号: U415.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)06-0156-04

近年来, 传统建筑粗放式施工已不满足绿色发展理念要求, 装配式建筑凭借其节能环保、高效高质的优势脱颖而出。由于国内装配式建筑政策制定、装配式技术和管理水平不健全等, 装配式建筑比传统现浇建筑的成本高约 30%, 严重阻碍了其推广与发展。在装配式建筑造价系统中, 各种影响因素相互作用、联系紧密, 具有系统性、动态性、复杂性的特点, 需从整体的角度对其进行控制研究。国内研究装配式成本影响因素的文献很多, 但大都是针对项目施工成本或对各种影响因素进行独立研究, 缺乏宏观性, 难以对未来的成本变化进行预测控制。系统动力学以高阶、非线性、多回路、动态的复杂系统为研究对象, 采用定性与定量相结合的方法分析系统内部各要素的因果关系, 起到事前控制的效果。该文基于系统动力学分析政策、技术、市场经济、管理因素如何影响 PC 项目造价, 通过仿真模拟, 定量分析其对 PC 建筑造价的影响, 得到装配式 PC 建筑关键影响因素, 并提出控制造价的建议, 为装配式施

工企业降本增效和政府政策制定提供参考。

1 系统动力学模型

装配式建筑造价控制的最终目的是在保障工程质量的前提下尽可能降低成本。通过筛选装配式 PC 建筑造价的主要影响因素, 分析各因素间的联系, 构建装配式 PC 建筑造价控制系统流图, 利用 Vensim 软件对系统流图中的每个变量赋值进行仿真模拟, 得到各影响因素间的定量关系。

1.1 确定界限

工程项目成本是一个复杂的系统, 受到各种因素的影响, 若将其全部纳入建模因素予以考虑, 会使模型异常繁杂, 不利于系统分析, 甚至会导致模型构建不成功。因此, 在选取影响因素时, 剔除不可控和次要因素。为准确识别影响 PC 建筑成本的因素, 采用文献研究法对 PC 建筑成本影响因素进行筛选, 得到 PC 项目成本主要受到市场经济、技术、管理和政策 4 个因素的共同作用(见表 1)。

表 1 影响 PC 建筑造价的主要因素

因素	变量
市场经济	城市人口水平; 城市经济水平; 企业投资意愿; 市场需求意愿; 房价; 消费者认可度; 装配式建筑规模
技术因素	标准化设计水平; 工厂生产技术水平; 施工技术水平; 一体化装修技术水平; 构件运输吊装效率; 科技研发水平; 质量安全保障
政策因素	标准规范体系; 政府鼓励政策; 政府推广力度; 政府积极引导; 企业组织培育机制; 人口红利压力; 环境压力
管理因素	管理者专业技能; 工种间协作能力; 组织管理模式; 信息技术应用; 产业工人培养

1.2 装配式建筑造价系统流图

因果关系图法和流图法是系统动力学采用的逐步量化模型的主要方法。因果关系图用因果链连接

各变量之间的因果关系, 既可在建模过程中初步明确系统中各变量之间的因果关系, 又可简化模型的表达, 使实际系统抽象化与概念化。系统流图通过

直观简洁的符号表示各系统要素之间的逻辑关系,更形象地表示系统的反馈形式。因此,只绘制装配式建筑造价系统流图(见图1)。

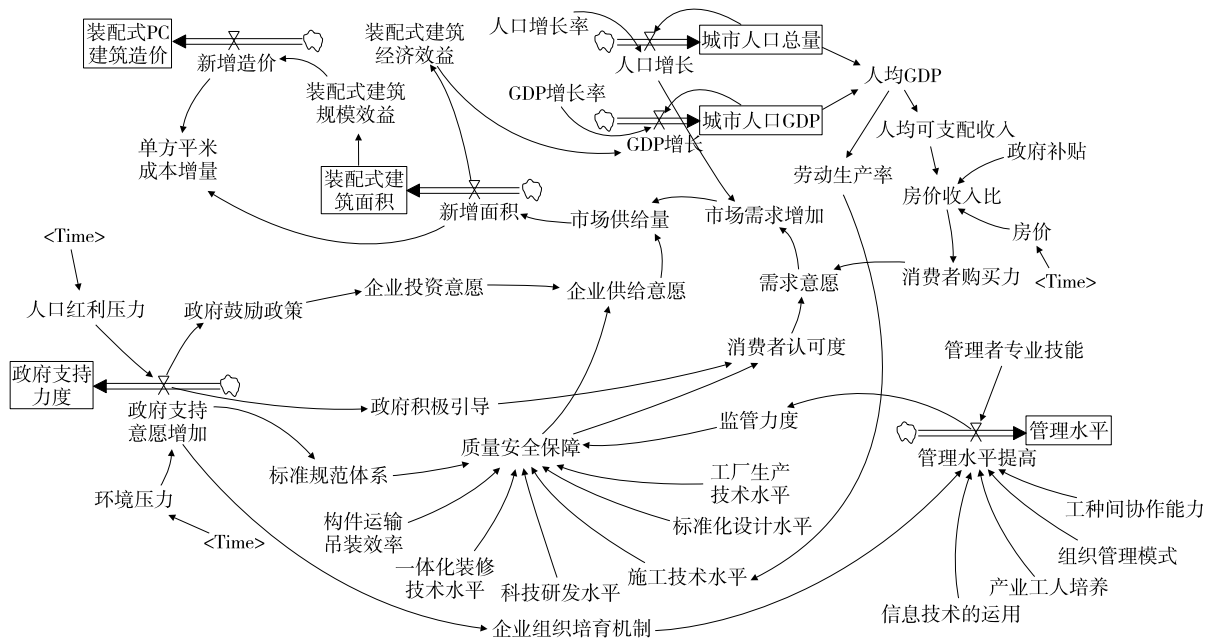


图1 装配式PC建筑造价系统流图

2 仿真分析

2.1 参数确定

以湖南省统计年鉴2006—2017年的数据为参照,拓展研究年限到2030年,设定仿真步长为1年,分析各变量的类型,并依据文献[5]~[7]的方法对各常量、辅助变量、速率变量、状态变量进行方程设置。考虑到标准化设计水平这样的常量因素很难进行量化,对其数据来源采用专家打分法获得变量初值。邀请科研院校专家教授、构件生产厂商、施工管理人员、设计院专家、装配式建设单位和政府机关工作人员等10位专家进行打分,各常量分值设定为0~1分,其中1分表示影响程度特别高,0分表示影响程度特别低,0.2、0.5、0.8表示影响程度逐步提高,然后取加权平均值得到各常量的初始值(见表2和表3)。

表2 常量初始值

常量	数值	常量	数值
工厂生产技术水平	0.25	信息技术运用	0.29
标准化设计水平	0.27	产业工人培养	0.32
科技研发水平	0.23	组织管理模式	0.20
一体化装修水平	0.17	工种间协作能力	0.28
构件运输吊装效率	0.17	管理者专业技能	0.22

表3 表函数取值

政府支持 意愿增加	政府鼓 励政策	政府积 极引导	标准规 范体系	企业组 织培育
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	0.20	0.14	0.12	0.08
0.50	0.58	0.35	0.43	0.27
0.80	0.72	0.69	0.76	0.62
1.00	0.94	0.92	0.92	0.82

2.2 仿真分析

通过对各变量和常量赋值,利用Vensim PLE对装配式PC建筑造价控制系统流图进行仿真模拟,观察各因素对装配式PC建筑的影响程度。下面以改变质量安全保障为例,对装配式PC建筑造价控制模型进行仿真分析。将质量安全保障系数升至1.5时企业供给意愿、需求意愿的变化见图2,每平方米成本增量的变化见图3。

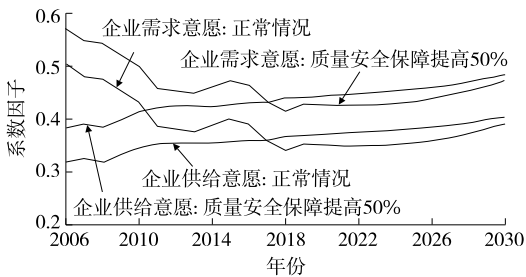


图2 质量安全保障改变时企业供给意愿和需求意愿的变化

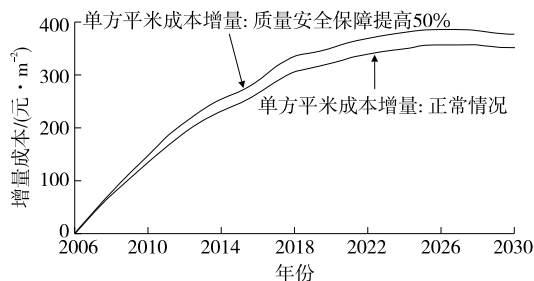


图3 质量安全保障改变时单方平米增量成本的变化

由图2、图3可知:1) 质量安全保障提高50%,企业供给意愿和需求意愿都大幅提升。随着消费需求的提高,会促进企业增强投资开发装配式建筑的意愿,从而扩大装配式建筑规模,而当装配式产业形成规模化后会大大降低造价支出。2) 虽然单方平米增量成本呈上升趋势,但随着后期建筑规模的不断壮大,增量成本上升幅度越来越小,且在2028年呈现下降趋势。质量安全保障提高50%时,单方平米增量成本低于正常情况下的造价,且随着时间的推移,这种造价差异越来越明显。

2.3 仿真结果

根据仿真要求,在单一变量原则下改变各变量的参数值,观察各变量对单方平米增量成本的影响。将各影响因素提高50%,计算每年单方平米增量成本的降低幅度,取平均值得到其对PC建筑造价的影响程度,得到装配式建筑面积、供需意愿、质量安全保障、施工技术水平、标准规范体系、产业工人培养、信息技术运用是影响装配式PC建筑造价的关键因素(见表4),在寻求造价控制措施时应着重考虑这些因素,适当考虑影响较小的因素。

表4 装配式PC建筑造价的关键影响因素

影响因素	影响程度	影响因素	影响程度
装配式建筑面积	0.15	标准规范体系	0.10
供需意愿	0.13	产业工人培养	0.08
质量安全保障	0.12	信息技术运用	0.07
施工技术水平	0.10		

3 造价控制建议与措施

3.1 坚持政府引导、市场调控,扩大建筑规模

装配式行业的发展既需要一个高效的市场进行调控,也需要一个强有力的政府在市场失灵时发挥作用。装配式建筑目前成本高的原因归根结底是未形成标准化、规模化生产。要推动装配式建筑规模化、产业化发展,降低PC建筑造价,需要政府更大

的引导与支持。首先,不断完善行业建筑标准、技术规范、制度体系,明确各方责任,强化设计、生产、施工环节的监管力度,保障建筑质量。其次,制定装配式建筑项目的各类优惠政策,如优先安排建设用地、给予面积奖励、加大税收优惠、对企业自主采用装配式技术建设的项目给予嘉奖等,激发企业投资开发意愿。最后,正确引导大众对装配式建筑质量安全的认知,引导设计、施工、部品部件生产和开发企业加快技术改造,促进建筑产业转型升级。随着装配式建筑生产标准化、专业化程度的提高,在市场需求下合理扩大装配式建筑规模,能有效降低装配式建筑造价。

3.2 提高施工技术水平,提高质量安全保障

科学技术是第一生产力,施工企业技术能力是提高质量和安全的重要保证。装配式建筑与传统建筑的区别在于PC构件的生产、运输、吊装,由此引发构件和节点的设计方法、施工方式的改变。如何对PC构件尺寸进行精细化施工、避免施工过程中不完全封闭组合、确保不同预制构件拼接时的位置精准和节点连接稳定等对企业和施工人员提出了更高的要求,施工企业应加强各类施工工艺的研究与创新,优化构件标识、运输、存放方案,利用BIM等信息技术实现信息化协同设计、可视化施工,提高施工质量。而且随着人们生活水平的提高,百姓更加看重生活品质,对房屋质量要求也高,若能保证装配式建筑质量,也能一定程度上刺激市场对装配式建筑的消费意愿,从而促进装配式建筑的发展,降低其造价支出。

3.3 加强产业化人才培养,加大信息技术运用

21世纪是知识经济时代,建筑业的核心竞争力逐渐转换为信息技术和人才的竞争。要提高装配式建筑行业的竞争力,降低PC建筑造价,提高人才和科技竞争力是重要途径。将BIM技术、大数据技术、云计算应用到装配式建筑中,能实现装配式建筑设计、生产、运输、施工等全过程的信息化管理,有效控制PC构件出厂和施工装配质量,提高施工现场管理效率,合理降低成本投入。同时,目前中国正处在新旧建筑行业转型阶段,装配式施工虽能大幅降低普通劳动力的投入,但对装配式管理人员和技术人员提出了更高要求。国家要求装配式施工中大力推广工程总承包模式,而传统的项目管理人员缺乏工业化思维和对装配式设计、生产、施工流程的系统认识,集设计、施工、运营于一体的管理模式对企业

和行业管理人员提出了巨大挑战。因此,提高管理者的专业知识和管理水平,加强产业工人培训,是目前企业亟待解决的问题。只有人才队伍建设和现代化信息技术建设珠联璧合,才能更好地减少造价支出,发展和壮大装配式建筑行业。

4 结语

装配式PC建筑符合当今精益制造、绿色施工的发展要求,将引领未来建筑行业的发展方向,带领建筑行业迈上新台阶。高成本是目前阻碍其发展的关键原因,成本控制是一个复杂的系统,其影响因素种类繁多且相互影响,必须用系统和整体的角度对装配式建筑成本进行控制。该文利用系统动力学的相关知识对装配式PC建筑的成本影响因素进行系统分析,通过仿真模拟,得出了装配式PC建筑造价的关键影响因素,并有针对性地提出了造价控制建议,为装配式PC建筑造价控制提供依据。

参考文献:

- [1] 李可柏,齐宝库,王欢.基于DEMATEL的装配式建筑发展制约因素分析[J].住宅产业,2013(8).

- [2] 梅彬,张哨军,夏萌.装配式建筑发展的制约因素及其推广措施[J].工程经济,2018,28(7).
- [3] 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).
- [4] 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).
- [5] 曹海军,李明.基于系统动力学的社交网络舆情应对策略仿真分析:以“亚布力事件”为例[J].东北大学学报:社会科学版,2019,21(1).
- [6] 余灿.基于系统动力学的PC构件成本控制研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2018.
- [7] 张龙雨.基于系统动力学的安徽省装配式建筑发展影响因素及推进策略研究[D].合肥:合肥工业大学,2018.
- [8] 陈艳,王宇,贾磊.基于系统动力学的装配式建筑成本控制研究[J].价值工程,2017,36(32).
- [9] 刘禹,李忠富.基于产业组织模式工业化的装配式建筑成本控制研究[J].建筑经济,2017,38(4).
- [10] 刘美银,孙茂棚.我国城市轨道交通票价调整策略研究:基于系统动力学方法的仿真分析[J].价格理论与实践,2017(4).

收稿日期:2019-04-22

(上接第155页)

备供应商、金融机构等外部实体进行有效沟通,建立更为可靠的伙伴关系。

参考文献:

- [1] 刘光凤,周直,许茂增.区间灰色模糊不确定语言集在工程项目风险因素排序中的应用[J].公路交通科技,2017,34(9).
- [2] 杨国森,谢湘生.考虑风险相关性的工程项目多目标风险决策[J].土木工程与管理学报,2017,34(6).
- [3] 江新,袁轩,袁国常.工程现场作业中风险控制的向量模型[J].数学的实践与认识,2018,48(17).
- [4] Hillson D. Use a risk breakdown structure (RBS) to understand your risks[A]. Proceedings of the Project Management Institute Annual Seminars & Symposium [C]. 2002.
- [5] Mohammad Mojtahedi, Sana Mousavi, Ahmad Makui. Project risk identification and assessment simultaneously using multi-attribute group decision making technique[J]. Safety Science, 2010, 48(4).
- [6] Wang Jian, Guan Songjun, Lin Dongqing. Study on approach of cost risk assessment in bidding phase[A].

Proceedings of International Conference on Internet Technology and Applications[C]. 2010.

- [7] Ding L Y, Zhou Y, Luo H B, et al. Using nD technology to develop an integrated construction management system for city rail transit construction[J]. Automation in Construction, 2012, 21.
- [8] Tamer Z. A protocol for data collection and analysis of profitability for construction companies[D]. Purdue University, 2009.
- [9] Merna A, Zhu Y, Al-Thani F F. Project finance in construction: a structured guide to assessment[M]. Wiley Blackwell, 2010.
- [10] Yoojung Yoon, Ziad Tamer, Makarand Hastak. Protocol to enhance profitability by managing risks in construction projects[J]. Journal of Management in Engineering, 2015, 31(5).
- [11] 潘晓宇.基于模糊综合评价法的高速公路PPP项目承包商风险分析[J].公路与汽运,2017(3).
- [12] 王志玮,蔡贞秀,吴栋梁.基于全生命周期的高速公路工程项目风险识别与模糊综合评价应用研究[J].项目管理技术,2012(12).

收稿日期:2019-04-02