

[文章编号] 1003-4684(2019)06-0108-04

# 基于博弈分析的装配式建筑激励政策研究

王淑婧<sup>1</sup>, 彭赛青<sup>1</sup>, 邹贻权<sup>1</sup>, 潘 时<sup>2</sup>

(1 湖北工业大学土木建筑与环境学院, 湖北 武汉 430068; 2 中南工程咨询设计集团有限公司, 湖北 武汉 430071)

**[摘 要]** 针对装配式建筑增量成本较高的现状,从开发商的角度,构建“政府-开发商”的博弈模型,利用动态复制方程得到演化趋势相位图,探讨政府对开发商激励政策的最优均衡问题,借助软件 MATLAB 对分析结果进行数值仿真,验证博弈模型求解结果。通过政府的激励政策,充分降低开发商的增量成本,为政府推行有效的激励政策提供理论依据。研究发现,减小博弈模型关键阈值可有效降低开发商增量成本。

**[关键词]** 装配式建筑; 博弈理论; 经济激励

**[中图分类号]** TU-9

**[文献标识码]** A

装配式建筑是由预制构件在现场装配而成的新型建筑,具有保证质量、环保节能、节约人力资源、建造速度快、提高生产效率等优点,能最大限度地满足“四节一环保”的施工要求,装配式建筑逐渐得到业界的认同及重视<sup>[1]</sup>。在装配式建筑发展初期,建筑规模较小,建造成本普遍高于传统建筑成本,而装配式建筑带来的环境效益以及社会效益未被充分认识,开发商对装配式建筑投资热情不高,特别是缺乏有效的扶持以及激励政策,直接影响装配式建筑的推进速度。

目前,在已有相关文献中,张果瑞<sup>[2]</sup>基于博弈理论,研究不同政策对政府和开发商的影响及不同政策下政府和开发商的选择;徐雯等<sup>[3]</sup>基于博弈论的方法,研究政府制定的经济激励政策对开发商的影响,并构建房地产商二次演化博弈模型,对政府策略提出修正;王洪波等<sup>[4]</sup>建立政府和开发商群体的进化博弈模型,计算政府对于开发商激励力度的有效区间;安娜<sup>[5]</sup>和徐江等<sup>[6]</sup>探讨政府与房地产群体之间的博弈问题,并提出博弈策略建议。

现有研究主要对双方博弈的激励策略进行研究,但未从政府角度提出具体的激励措施,无法从源头上推广装配式建筑,降低开发商的增量成本。因此,笔者通过构建博弈模型,使政府与开发商之间的激励政策达到最优均衡,且对博弈过程进行仿真验证博弈结果的准确性,为装配式建筑激励政策提供理论依据。

## 1 演化博弈理论基础

博弈论又被称为对策论,主要研究主体之间相互行为以及他们之间的均衡问题,充分体现合作和冲突两面性。在博弈过程中,政府首先发布政策,开发商分析政策后采取行动,符合动态博弈的特点。在现实中,各个主体在决策时不是完全理性,其中某一方是有限理性。演化博弈论中政府通过税收政策、金融政策、财政政策等激励开发商选择装配式建筑,使开发商向着政府希望的方向做出选择;开发商根据利益最大化原则进行投资决策,判断是否采用装配式建筑,从而达到预期投资收益。因此,可以通过演化博弈论对我国装配式建筑激励政策进行研究。

## 2 政府与开发商群体间博弈分析

### 2.1 基本假设

1)选取政府和开发商群体作为博弈方,政府首先做出决策,选择对装配式建筑进行非经济激励还是经济激励;其中非经济激励指政府支持装配式住宅,但没有任何实际行动,没有补贴,以倡议、鼓励为主;经济激励指政府制定并执行相应标准、政策,对采取装配式建筑的开发商进行形式多样、落实性强、吸引力大的激励,如财政补贴、贷款优惠等。政府实施经济激励政策的概率为  $p$ 。

2)开发商群体根据政府政策作出各自响应,以

[收稿日期] 2019-06-12

[第一作者] 王淑婧(1981-),女,河北安国人,湖北工业大学讲师,研究方向为装配式建筑

[通信作者] 彭赛青(1996-),女,湖北孝感人,湖北工业大学硕士研究生,研究方向为装配式建筑

利益最大化原则选择装配式建筑还是传统现浇建筑,开发商选择装配式建筑的概率为  $q$ 。

3)市场上只有 2 种建筑产品:装配式建筑和传统现浇建筑,开发商只能选择其中一种。

4)博弈双方的理性是不同的。

5)政府和开发商群体之间传递的信息对称。

2.2 政府与开发商演化博弈模型的建立与求解

政府与开发商在博弈过程中涉及众多影响因素,对其相关参数进行设置及分析汇总(表 1),并对政府与开发商进行演化博弈(表 2)。

表 1 政府与开发商涉及的相关参数设置及其含义

系数	含义
$X_0$	开发商以传统现浇方式建设时政府的经济收益
$X_1$	开发商开发装配式建筑时政府的收益
$X_2$	政府进行经济激励政策时,开发商选择装配式建筑带来的长期收益
$X_3$	政府进行经济激励时,开发商选择装配式建筑所带来的社会效益
$X_4$	政府采取非经济激励政策时,开发商选择装配式建筑,为政府所带来的额外社会收益
$X'_0$	开发商以传统方式建设时自身获得的经济收益
$y_0$	政府采取强激励政策,但开发商依然选择传统现浇建筑,由此相关指标未达成的惩罚
$y_1$	政府采取经济激励政策时,付出的实地调研、宣传、相关标准、政策的制定及推行成本
$y_2$	政府采取经济激励政策时,对选择装配式住宅的开发商进行经济激励花费的成本
$y'_1$	开发商选择开发装配式建筑比传统方式多付出的成本,即增量成本
$X'_1$	开发商以装配式建筑建设时自身获得的经济收益
$X'_2$	开发商选择装配式建筑所得到的附加经济效益

表 2 政府与开发商的演化博弈

政府	开发商	
	开发装配式建筑 $q$	传统现浇式建筑 $1-q$
经济激励 $p$	$X_1+X_2+X_3-y_1-y_2,X'_1+X'_2+y_2-y'_1$	$X_0+y_0-y_1-X_2,X'_0-y_0$
非经济激励 $1-p$	$X_1+X_4,X'_1+X'_2-y'_1$	$X_0,X'_0$

由表 2 可得,政府选择经济激励政策、非经济激励政策的期望收益,以及平均期望收益:

$$\begin{aligned}\Pi_{11} &= q(X_1+X_2+X_3-y_1-y_2)+(1-q)(X_0+y_0-y_1-X_2) \\ \Pi_{12} &= q(X_1+X_4)+(1-q)X_0 \\ \Pi_1 &= p\Pi_{11}+(1-p)\Pi_{12}\end{aligned}$$

由表 2 可得,房地产选择装配式建筑、传统现浇建筑的期望收益,以及平均期望收益:

$$\begin{aligned}\Pi_{21} &= p(X'_1+X'_2+y_2-y'_1)+(1-p)(X'_1+X'_2-y'_1) \\ \Pi_{22} &= p(X'_0-y_0)+(1-p)X'_0 \\ \Pi_2 &= q\Pi_{21}+(1-q)\Pi_{22}\end{aligned}$$

由上述政府与开发商的期望收益,可分别得出政府与房地产的复制动态方程:

政府

$F(P)=dp/dt=p(\Pi_{11}-\Pi_1)=p(1-p)(\Pi_{11}-\Pi_{12})=p(1-p)[(2X_2+X_3-X_4-y_0-y_2)q+y_0-y_1-X_2]$

房地产

$F(q)=dq/dt=q(\Pi_{21}-\Pi_2)=q(1-q)(\Pi_{21}-\Pi_{22})=q(1-q)[y_0p+X'_1+X'_2-X'_0-y'_1]$

若使博弈参与方趋于稳定,必须同时满足以下两个条件:

1)  $F(P)=dp/dt=0$ ,可得  $p_1^*=0$ 、 $p_2^*=1$ 、 $q^*=(y_{1+}X_2-y_0)/(2X_2+X_3-X_4-y_0-y_2)$ 。  
当  $p_1^*=0$ 、 $p_2^*=1$  或  $q^*=(y_{1+}X_2-y_0)/(2X_2+X_3-X_4-y_0-y_2)$  时,政府选择经济激励政策的

概率是稳定的;  
2)  $F(q)=dq/dt=0$ ,可得  $q_1^*=0$ 、 $q_2^*=1$ 、 $p^*=(X'_0+y'_1-X'_1-X'_2)/y_0$ 。

当  $q_1^*=0$ 、 $q_2^*=1$  或  $p^*=(X'_0+y'_1-X'_1-X'_2)/y_0$  时,房地产开发商群体中选择开发装配式建筑的概率是稳定的。

综上,当  $q^*=(y_1+X_2-y_0)/(2X_2+X_3-X_4-y_0-y_2)$  时(参数应满足  $2X_2+X_3-X_4-y_0-y_2>0$ ), $F(p)=0$  恒成立,即政府选择经济激励政策的概率为  $q^*$  时,开发商以任何一种建设方式开发的初始比例是稳定的;当  $q<q^*$  时, $F'(0)<0$ 、 $F'(1)>0$ 、 $p_1^*=0$  是唯一的演化稳定策略,即政府对装配式建筑的激励力度不够,开发商选择传统现浇方式建设;当  $q>q^*$  时, $F'(0)>0$ 、 $F'(1)<0$ 、 $p_2^*=1$  是唯一的演化稳定策略,即开发商选择装配式建筑与政府推行经济激励政策之间达到帕累托最优的状态。

同理,当  $p^*=(X'_0+y'_1-X'_1-X'_2)/y_0$  时(参数应满足  $y_0>0$ ), $F(q)=0$  恒成立,即开发商选择装配式建筑的概率为  $q^*$  时,政府推行的激励政策是趋于稳定的;当  $p<p^*$  时, $F'(0)<0$ 、 $F'(1)>0$ 、 $q_1^*=0$  是唯一的演化稳定策略,即大多数开发商不选择装配式建筑时,政府对装配式建筑的政策也会流于形式;当  $p>p^*$  时, $F'(0)>0$ 、 $F'(1)<$

$0, q_2^* = 1$  是唯一的演化稳定策略,即开发商选择装配式建筑与政府推行经济激励政策之间到达平衡状态。

通过上述分析,可得政府与开发商对于装配式建筑开发的演化博弈模型的均衡点有 5 个,分别为:  $(0,0)$ 、 $(1,0)$ 、 $(0,1)$ 、 $(1,1)$ 、 $(p^*, q^*)$ , 因此绘制出政府和开发商博弈演化趋势相位图(图 1)。

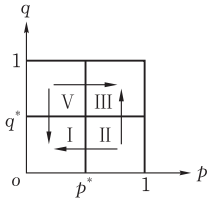


图 1 政府和开发商博弈演化趋势相位图

博弈模型的关键阈值  $p^*$  和  $q^*$  影响最终结果,能改变 I、II、III、IV 四个区域的面积。当初始状态位于 I 时,即(非激励政策,选择传统现浇建筑);当初始状态位于 III 时,收敛到帕累托最优均衡状态  $(1,1)$  的概率大,即(激励政策,选择装配式建筑);当初始状态落在区域 II、IV 时,收敛的方向是不确定的,需双方互相调整到达平衡。要使政府和开发商之间到达帕累托最优均衡状态,要求  $(p^*, q^*)$  向原点的方向移动,即要求减小模型关键阈值  $p^*, q^*$  的值,以扩大区域 III 的面积,相关参数分析如:

需增大的系数  $X_2, X_3, X'_1, X'_2, y_0, y_2$

需减小的系数  $X'_0, X_4, y_1, y'_1$

2.3 演化参数分析

增大  $y_2$ , 加大开发装配式建筑产品的激励力度,减少开发商选择装配式建筑时的增量成本  $y'_1$ ; 增大  $y_0$ , 政府采取经济激励政策时,开发商依然选择传统现浇建筑,政府可采取增税措施,以及加大由此相关指标未达成的惩罚损失,如扬尘、噪音等,减少开发商选择传统现浇方式的经济收益  $X'_0$ ; 增大开发商对装配式住宅的预期经济收益  $X'_1$ ; 增大选择装配式建筑的开发商所得到的声誉、品牌收益  $X'_2$ ; 增大  $X_2$ , 政府进行经济激励政策时,增大开发商选择装配式建筑所带来的资源节约、环境保护、质量改善、效率增长、公信力提升等长期收益;增大  $X_3$ , 政府实施经济激励政策,增大开发商选择装配式建筑所带来的社会收益;减少  $X_4$ , 在非经济激励政策下,部分开发商仍进行装配式建筑,减小政府对其带来的资源、环境等收益的预期;减少  $y_1$ , 尽量降低政策制定及实行的成本。

2.4 政府与开发商演化博弈仿真

运用软件 MATLAB 对分析结果进行数值仿真,通过分析政府选择经济激励政策且开发商选择开发装配式建筑时,开发商的增量成本对演化路径

的影响。以横轴表示时间  $t$ ,纵轴表示政府和开发商选择装配式建筑的概率  $p, q$ 。相关参数设置初始值(表 3),  $y'_1$  为开发商选择开发装配式建筑时的增量成本。通过对  $X'_0, X'_1, X'_2, y_0, y_2, y'_1$  赋值得到演化路径系统仿真图。图 2 为  $y'_1 = 1$  时,政府与开发商策略选择的演化路径;图 3 为  $y'_1 = 0.5$  时,开发商选择开发装配式建筑的增量成本减少;图 4 为  $y'_1 = 1.5$  时,开发商选择开发装配式建筑的增量成本增加。

表 3 参数初始值设定

参数	设定值	参数	设定值
$X'_0$	5	$y_2$	2
$X'_1$	4	$y'_1$	1
$X'_2$	1	$p$	0.6
$y_0$	2	$q$	0.3

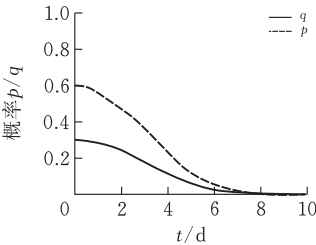


图 2  $y'_1 = 1$  时系统仿真

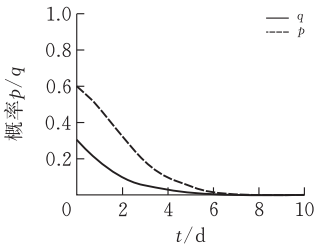


图 3  $y'_1 = 0.5$  时系统仿真

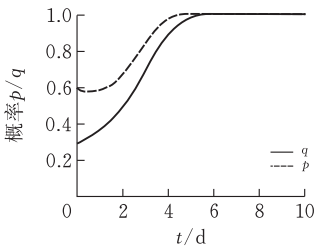


图 4  $y'_1 = 1.5$  时系统仿真

当开发商选择开发装配式建筑的增量成本  $y'_1 = 1$  时,政府和开发商对于装配式建筑的选择均向着选择传统建筑方式的方向演化;当开发商选择开发装配式建筑的增量成本减少时( $y'_1 = 0.5$ ),政府和开发商对于装配式建筑的选择均向着选择开发装配式建筑的方向演化;当开发商选择开发装配式建筑的增量成本增加时( $y'_1 = 1.5$ ),政府和开发商对于装配式建筑的选择均向着选择传统建筑方式的方向演化。

因此,为了加快装配式建筑的发展,政府应该加大对装配式建筑科研的支持力度,并逐渐发挥规模经济效应,加大激励政策的补贴力度,以减小开发商选择开发装配式建筑的增量成本,增加开发商的获利<sup>[7]22</sup>。具体措施如下:

- 1)土地政策,如地价补贴装配式建筑增量成本。
- 2)规划政策,如面积奖励政策。
- 3)财政政策,开发商选择的装配率不同,其增量成本不同,政府按增量成本给予一定比例的财政奖励;装配式建筑项目享有专项资金补贴;建设成本包括增量成本;相关研究工作提供资金支持;企业租金补贴等补助;社保费、质量保证金、城市建设配套费、安全措施费等优惠政策<sup>[7]60-61</sup>。
- 4)金融政策:选择装配式建筑的企业优先放贷;对装配式建筑项目贷款贴息。
- 5)税收政策:装配式建筑享有高新技术产业的财政优惠及相关政策;施工环节和部品生产的税收独立核算;将采用装配式建筑的项目纳入西部大开发税收优惠范围<sup>[8]</sup>。

3 结论

采用动态博弈思想,充分体现了博弈方之间合作和冲突的两面性,强调博弈方之间趋于稳定是不断调整的结果,有助于降低开发商选择装配式建筑时的增量成本。

1)通过“政府-开发商”的博弈模型,得出博弈参与者的选择受博弈初始状态决定,要求( $p^*,q^*$ )

向左下方移动,即  $p^*,q^*$  的值变小,达到帕累托最优状态,使政府与开发商双方利益最大化。

2)对于装配式建筑的激励手段,政府应对开发商实行财政补贴政策、地价补贴增量成本、税收优惠、贷款贴息等政策,使政府与开发商的利益最大化。

[参 考 文 献]

[1] 齐宝库,靳林超,王丹,等.基于博弈论的装配式建筑政府补偿机制设计研究[J].建筑技术,2017,48(8):835-837.

[2] 张果瑞.装配式建筑政策影响研究[J].山西建筑,2018,44(21):240-242.

[3] 徐雯,刘幸.建筑节能激励政策的演化博弈分析[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2009,33(1):184-187.

[4] 王洪波,刘长滨.基于博弈分析的新建建筑节能激励机制设计[J].建筑科学,2009,25(2):24-28.

[5] 安娜.绿色建筑需求端经济激励政策的博弈分析[J].生态经济,2012(2):107-110.

[6] 徐江,刘应宗,尤爱军.建筑节能激励政策的非对称博弈分析[J].电子科技大学学报(社科版),2006(3):9-12.

[7] 贾二柳.演化博弈视角下我国住宅产业化的激励机制研究[D].湖南:中南大学,2013.

[8] 住房和城乡建设部住宅产业化促进中心.大力推进装配式建筑[M].北京:中国建筑工业出版社,2016:31-34.

Research on Incentive Policy of Prefabricated Building Based on Game Analysis

WANG Shuqiang<sup>1</sup>, PENG Saiqing<sup>1</sup>, ZOU Yiquan<sup>1</sup>, PAN Shi<sup>2</sup>

(1 School of Civil Engin., Architecture and Environment, Hubei Univ. of Tech., Wuhan 430068, China ;

2 Central-Southern China Engin. Consulting and Design Group Co. Ltd , Wuhan 430071, China)

**Abstract:** In view of the high incremental cost in the situation of prefabricated building, from the perspective of developers, a dynamic game model of "government - developers" is constructed. Dynamic replication equations are used to get the evolution trend of phase diagram, and to explore the optimal equilibrium of government incentives for developers. With the help of MATLAB software, the results of the analysis are numerically simulated, and to test the results of the game model. Through the government's incentive policies, the incremental cost of developers can be fully reduced to provide a theoretical basis for the government to implement effective incentive policies. It is found that reducing the critical threshold of game model can effectively reduce the incremental cost of developers.

**Keywords:** prefabricated building; Game Theory; economic incentives

[责任编辑: 裴 琴]