

基于三方博弈的被动式住宅市场主体行为研究

王志强^{1,2},刘硕¹,张樵民³

(1. 青岛理工大学管理工程学院,山东 青岛 266520;2. 智慧城市建设管理研究中心(新型智库),
山东 青岛 266520;3. 河南城建学院土木与交通工程学院,河南 平顶山 467036)

摘要:推进被动式住宅规模化发展是实现建筑业可持续发展、全面落实绿色发展观的重要举措。基于演化博弈理论,构建政府-开发商-购房者三方博弈模型,分析政府“激励”+“惩罚”策略主导下主体行为演化过程及稳定策略,探讨政府被动监管的边界问题,并对演化结果进行仿真分析。研究结果显示:在推进被动式住宅发展过程中,政府被动监管边界与社会效益以及不合作违约金有直接关系,但在发展成熟期,政府在充分考虑投入-产出比后将不再干预,更倾向于由市场发挥调节作用;开发商与购房者行为偏好更大程度上取决于自身获利的大小。政府应从加强节能认证、调整补贴额度、完善惩罚机制、构建信用体系、提高居住质量5个方面来推进被动式住宅规模化发展。

关键词:被动式住宅;三方博弈;主体行为;被动监管

中图分类号:F293.3 **文献标志码:**A

党的“十九大”正式将绿色发展作为我国可持续发展的目标,绿色发展是加快生态文明体制改革和建设美丽和谐中国的关键所在^[1-2]。被动式住宅是指采用非传统的空调形式及取暖方式来满足夏季与冬季居住舒适度的科技节能建筑,在气密性、无热桥、隔热保温等结构设计上明显优于传统建筑。截至2019年10月,我国在建及建成被动式超低能耗建筑项目超过700万m²,其中,被动式住宅项目约占1/3,市场占有率甚微^[3]。由于被动式住宅造价要高于传统住宅,具有经济正外部性特征,政府通常采用价格补贴等经济激励措施推动被动式住宅规模化发展。

通过对各地方出台的相关政策进行分析可知,政府在被动式住宅发展初期阶段起着不可或缺的主导作用;价格补贴制度缺少科学论据支撑,惩戒机制也不够完善,仅有极少数地区制定了惩罚制度,如宁夏对达不到规定要求的开发商处罚一定比例的不合作违约金^[4]。另一方面,推动被动式住宅健康发展依赖于多方利益相关者协同驱动下的市场机制,但考虑到被动式住宅全生命周期过程中存在着复杂性和多项风险因素,且所涉及的众多利益相关者利益诉求互斥,导致其中一方或多方的相关权益难以得到保障^[5]。因此,基于实现主体利益最大化考虑,探究主体

行为策略在博弈过程中的演变规律,对引导被动式住宅可持续发展具有重要意义^[6]。

近年来,国内外学者对参与主体行为策略进行了探究,以期推动被动式住宅健康发展,主要体现在激励机制设计、影响因素分析以及行为动机演变探析等3个方面。在对激励机制设计的讨论中,Khashe等^[7]在“信息孤岛”环境下,通过仿真实验得出了增大价格补贴能够显著提升购房者主体行为向积极方向演化的机率;Azar等^[8]对主体行为进行了分析,指出了只有当参与主体利益需求得到满足时,节能意识和积极性才会向节能行为演变;吴文浩等^[9]表示在绿色建筑市场走向成熟的不同发展阶段应实施不同的激励政策。在对影响因素分析的讨论中,Harputlugil等^[10]与甘瑁琴等^[11]通过对购房者行为动机的研究分析,得出了购房者受教育水平与节能意识成为节能建筑发展的重要制约因素;刘俊颖等^[12]指出了积极的社会文化环境与外部政策环境可以有效驱使房地产开发企业由传统模式向绿色化模式演变。在行为动机演变探析方面,Olubunmi等^[13]指出绿色动机对推动绿色建筑发展起着重要作用,其中,外部动机多数源自政府的强制实施,而内部动机多数源自参与主体从中获益的大小;黄定轩^[14]、丛为一等^[15]指出由于市场信息不对称的普遍性导致各参与主体行为向利益实现方向演进,政府的政策导向性亟待提升。

被动式住宅的推进机制是以政府、开发商和购房者三方为主体,而上述文献多局限于单一或两方主体博弈行为策略的研究,很少考虑到三方主体之间的互动机制;另一方面,市场失灵引发了众多消极连锁反应,其中,政府被动重视监管现象尤为普遍,如Zhang Xiaoling等^[16]、黄建华^[17]在研究政府对相关问题的重视监管时发现,重视监管成本过高会导致其不作为,进而出现被动重视监管。鉴于此,本研究应用政府-开发商-购房者三方博弈模型,探究政府“激励”+“惩罚”策略主导下主体行为演化过程及稳定策略,数值仿真分析主体策略边界、政府的

被动重视监管边界值等问题,为推动被动式住宅规模化发展提供依据。

一、三方演化博弈模型的构建与分析

1. 损益参数值假设及解释

假设1:在政府-开发商-购房者三方博弈过程中,政府以实现社会效益最大化与被动式住宅可持续发展为目标进行决策;开发商以实现自身利益最大化为目标进行决策;而购房者则依据自我认知、经济条件与外界环境的影响来选择应购买的建筑产品。

假设2:购房者购买传统住宅的效益为 ρ_a ,购买被动式住宅的效益为 ρ_b (在推广初期 $\rho_a > \rho_b$)。通过对购房者满意度调查发现, ρ_b 中包含获得室内环境质量、热舒适度提升等功能效益,获得用能费用支出减少、房屋价值提升等经济效益^[18]。

假设3:在将所有被动式住宅售罄后得出开发商开发传统住宅的收益为 I_u ,而开发被动式住宅的增量成本为 Δc ,则开发商的直接收益为 $\lambda I_u * \Delta c (\lambda > 1)$, λ 为开发商规模化收益系数,潜在收益为 I_p ,政府不重视监管导致的收益损失为 b_1 ,当开发商选择开发被动式住宅,而购房者未选择导致的损失为 b_2 。

假设4:政府重视监管成本类型分为:一是为减少传统住宅的外部不经济性耗能与污染问题而增加的政府的资源增量和节能改造成本 c_g ;二是政策性成本 c_p ;三是政府对积极开发被动式住宅的开发商价格补贴 γ ;四是政府为降低被动式住宅增量成本、提高购房者居住质量与舒适度的技术成本投入 δ 。

假设5:政府重视监管的收益来源于两个方面:一是社会效益,用量化指标 T 表示;二是对未达到政府要求被动式住宅开发规模的开发商处以一定比例的不合作违约金 π 。

假设6:政府重视监管的社会效益 T 包括推动相关传统产业转型升级、带动新兴产业发展形成的潜在收益以及政府公信力的提升等。若政府不重视监管,要承担所带来的社会负面影响,用 $-T$ 表示。

2. 博弈支付矩阵

三方博弈过程中,根据政府{重视监管、

不重视监管}, 开发商{开发被动式住宅、开发传统住宅}, 购房者{购买被动式住宅、购买传统住宅}的策略集, 可构造不同策略组合下的支付矩阵。

		购买被动式住宅			购买传统住宅		
政府重视监管	开发被动式住宅	$T - c_p - \gamma - \delta$	$\lambda I_u - \Delta c + \gamma + I_p$	$\rho_b + \delta$	$T - c_p - \gamma$	$\lambda I_u - \Delta c + I_p + \gamma - b_2$	ρ_u
	开发传统住宅	$\pi - c_g - c_p - \delta$	$I_u - \pi$	$\rho_b + \delta$	$\pi - c_g - c_p$	$I_u - \pi$	ρ_u
政府不重视监管	开发被动式住宅	$-T$	$\lambda I_u - \Delta c + I_p - b_1$	ρ_b	$-T$	$\lambda I_u - \Delta c + I_p - b_1 - b_2$	ρ_u
	开发传统住宅	0	I_u	ρ_b	0	I_u	ρ_u

3. 模型的系统分析

在政府群体中, 假设选择重视监管的种群概率为 x , 而不重视监管的种群对应的概率为 $1 - x$; 开发商群体中, 选择开发被动式住宅策略的种群概率为 y , 选择传统住宅策略的种群对应的概率为 $1 - y$; 购房者群体中, 选择购买被动式住宅策略的种群概率为 z , 选择传统住宅策略的种群对应的概率为 $1 - z$ 。政府群体中选择重视监管与不重视监管策略的两个种群对应的期望收益 ξ_{1x} 和 ξ_{2x} 以及总体期望收益 $\bar{\xi}_x$ 分别为

$$\xi_{1x} = y \cdot z \cdot (T - c_p - \gamma - \delta) + y \cdot (1 - z) \cdot (T - c_p - \gamma) + (1 - y) \cdot z \cdot (\pi - c_p - c_g - \delta) + (1 - y) \cdot (1 - z) \cdot (\pi - c_p - c_g) = y \cdot (T + c_g - \pi - \delta) - z \cdot \delta + \pi - c_g - c_p \quad (1)$$

$$\xi_{2x} = -y \cdot z \cdot T - y \cdot (1 - z) \cdot T + 0 + 0 = -y \cdot T \quad (2)$$

$$\bar{\xi}_x = x \cdot \xi_{1x} + (1 - x) \cdot \xi_{2x} = x \cdot (\pi - c_p - c_g) + x \cdot y \cdot (2T + c_g - \pi - \gamma) - x \cdot z \cdot \delta - y \cdot T \quad (3)$$

政府种群的复制动态方程为

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x \cdot (\xi_{1x} - \bar{\xi}_x) = x \cdot (1 - x) [y \cdot (T + c_g - \pi - \gamma) + (\pi - c_p - c_g) - z \cdot \delta + y \cdot T] \quad (4)$$

开发商群体选择开发被动式住宅策略和开发传统住宅策略的期望收益 ξ_{1y} 和 ξ_{2y} 以及总体期望收益 $\bar{\xi}_y$ 分别为

$$\xi_{1y} = x \cdot z \cdot (\lambda I_u - \Delta c + I_p + \gamma) + x \cdot (1 - z) \cdot (\lambda I_u - \Delta c + I_p + \gamma - b_2) + (1 - x) \cdot z \cdot (\lambda I_u - \Delta c + I_p - b_1) + (1 - x) \cdot (1 - z) \cdot (\lambda I_u - \Delta c + I_p - b_1 - b_2) = x \cdot b_1 + z \cdot b_2 + \lambda I_u - \Delta c + I_p - b_1 - b_2 \quad (5)$$

$$\xi_{2y} = x \cdot z \cdot (I_u - \pi) + x \cdot (1 - z) \cdot (I_u - \pi) + (1 - x) \cdot z \cdot I_u + (1 - x) \cdot (1 - z) \cdot I_u = I_u - x \cdot \pi \quad (6)$$

$$\bar{\xi}_y = y \cdot \xi_{1y} + (1 - y) \cdot \xi_{2y} = y \cdot (\lambda I_u - \Delta c + I_p - b_1 - b_2 + x \cdot b_1 + z \cdot b_2 - I_u + x \cdot \pi) + (I_u - x \cdot \pi) \quad (7)$$

开发商群体规模的复制动态方程为

$$F(y) = \frac{dy}{dt} = y \cdot (1 - y) [(\lambda I_u - \Delta c + I_p - b_1 - b_2 + x \cdot b_1 + z \cdot b_2) - (I_u - x \cdot \pi)] \quad (8)$$

同理, 构造购房者种群复制动态方程为

$$F(z) = \frac{dz}{dt} = z \cdot (\xi_{1z} - \bar{\xi}_z) = z \cdot (1 - z) \cdot (\rho_b + x \cdot \delta - \rho_u) \quad (9)$$

(1) 政府重视监管种群的稳定性分析

根据式(4) 政府种群复制动态方程可求得

$$\frac{d(F(x))}{dx} = (1 - 2x) [y \cdot (T + c_g - \pi - \gamma) + (\pi - c_g - c_p) - (z \cdot \delta - y \cdot T)] \quad (10)$$

① y 演化对 x 演化稳定策略分析。令

$\theta_y = \frac{z \cdot \delta - \pi + c_p + c_g}{2T + c_g - \pi - \gamma}$, 若 $y = \theta_y$, 则所有水平均为稳定状态; 若 $y > \theta_y$, 则 $x^* = 0$ 为局部渐进演化稳定策略(ESS); 若 $y < \theta_y$, 则 $x^* = 1$ 为进化稳定策略。

② z 演化对 x 演化稳定策略分析。令

$\theta_z = \frac{y \cdot (2T + c_g - \pi - \gamma) + \pi - c_p - c_g}{\delta}$, 若 $z = \theta_z$, 则所有水平均为稳定状态; 若 $z > \theta_z$, 则 $x^* = 0$ 为局部渐进演化稳定策略(ESS); 若 $z < \theta_z$, 则 $x^* = 1$ 为进化稳定策略, 如图1所示。

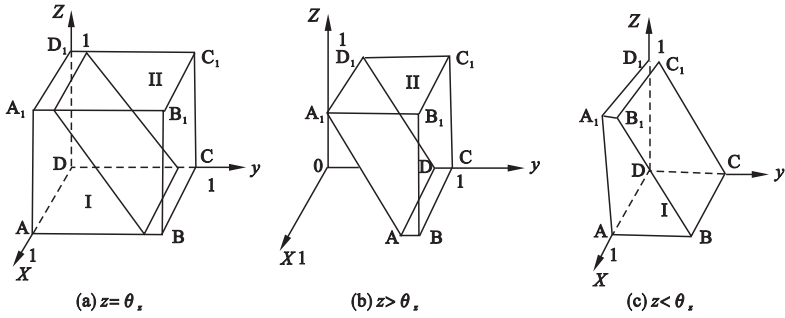


图 1 购房者种群(z)进化对政府种群(x)进化稳定性影响

③政府进化稳定策略及重视监管驱动力分析。

结论 1: 开发商开发被动式住宅态度消极时, 政府会提高对被动式住宅市场的重视监管概率。

证明: 根据式 (10) 可求得
当 $y < \frac{z \cdot \delta - \pi + c_p + c_g}{2T + c_g - \pi - \gamma}$ 时, 则 $\frac{d(F(x))}{dx}|_{x=1} > 0$, 此时, $x = 1$ 为进化稳定策略; 即选择“开发被动式住宅”策略的开发商群体规模 $y < \frac{z \cdot \delta - \pi + c_p + c_g}{2T + c_g - \pi - \gamma}$ 时, 政府群体趋于选择“重视监管”策略, 其概率逐渐增加至 1。

结论 2: 购房者购买被动式住宅意愿低迷时, 政府会提高对被动式住宅市场的重视监管概率。

证明: 根据式 (10) 可求得
当 $z > \frac{y \cdot (2T + c_g - \pi - \gamma) + \pi - c_p - c_g}{\delta}$ 时, 则 $\frac{d(F(x))}{dx}|_{x=1} > 0$, 此时, $x = 1$ 为进化稳定策略; 即选择“购买被动式住宅”策略的购房者群体规模 $z > \frac{y \cdot (2T + c_g - \pi - \gamma) + \pi - c_p - c_g}{\delta}$ 时, 政府群

体趋于选择“重视监管”策略, 其概率逐渐增加至 1。

结论 3: 政府基于投入 - 产出比考虑, 对被动式住宅市场的重视监管概率不会随着社会效益的增加而增加, 但会随着对开发商不合作违约金额度的增加而提高。

证明: 由图 1 可知, 政府重视监管、不重视监管的概率分别用图形 I 和图形 II 的体积 V_1 、 V_2 表示。由 $z = \frac{y \cdot (2T + c_g - \pi - \gamma) + \pi - c_p - c_g}{\delta}$ 可知: $z = 0$

时, $y = \frac{c_p + c_g - \pi}{2T + c_g - \pi - \gamma}$, $z = 1$ 时, $y = \frac{\delta + c_g + c_p - \pi}{2T + c_g - \pi - \gamma}$, 可求得 $V_1 = \frac{\delta + 2c_p + 2c_g - 2\pi}{2(2T + c_g - \pi - \gamma)}$ 。由 $\frac{d(V_1)}{dT} = -\frac{\delta + 2c_p + 2c_g - 2\pi}{2(2T + c_g - \pi - \gamma)^2} < 0$, 说明政府并不会随着社会效益不断提升而不计成本, 随着社会效益逐渐提升, 政府的政策性宏观调控已经对被动式住宅规模化发展起到了推进作用, 接下来要逐渐发挥市场在被动式住宅资源配置中的决定性作用。因此, 政府对于被动式住宅市场的重视监管概率就会有所降低; 而 $\frac{d(V_1)}{d\pi} = \frac{\delta + 4T + 4c_p + 2c_g - 2\gamma}{2(2T + c_g - \pi - \gamma)^2} > 0$, 则表明政府的重视监管概率会随着对被动式住宅规模未达标的开发商不合作违约金额度的增加而提高。

(2) 开发商开发被动式住宅策略稳定性分析

选择“开发被动式住宅”策略的开发商群体种群规模为 y , 根据式 (8) 复制动态方程可得

$$\frac{dF(y)}{dy} = (1 - 2y) [(\lambda I_u - \Delta c + I_p - b_1 - b_2 + x \cdot b_1 + z \cdot b_2) - (I_u - x \cdot \pi)] \quad (11)$$

① x 演化对 y 演化稳定策略分析。令

$\eta_x = \frac{I_u + \Delta c - \lambda I_u - I_p + b_1 + b_2 - z \cdot b_2}{b_1 + \pi}$, 当 $x = \eta_x$ 时, 所有策略均为渐进稳定状态; 当 $x > \eta_x$ 时, 则 $y^* = 1$ 为局部渐进演化稳定状态 (ESS); 当 $x < \eta_x$ 时, 则 $y^* = 0$ 为进化稳定状态。

② z 演化对 y 演化稳定策略分析。令 $\eta_z = \frac{I_u - x \cdot \pi - \lambda I_u + \Delta c - I_p + b_1 + b_2 - x \cdot b_1}{b_2}$, 则购房者群体中选择“购买被动式住宅”策略的种群规模 (z) 变化对开发商群体种群规模 (y) 演化及稳定性影响如下: $z = \eta_z$ 时, 所有水平均为稳定状态; 当 $z > \eta_z$ 时, 则 $y^* = 1$ 为局部渐进演化稳定状态; 当 $z < \eta_z$ 时, 则 $y^* = 0$ 为进化稳定状态。

③ 开发商群体规模稳定策略及开发商收益分析。

结论 4: 开发商选择“开发被动式住宅”的策略概率, 随着被动式住宅开发规模系数的增大而提高。

证明: 根据开发商群体规模的演化稳定策略, 用 V'_1 表示开发商选择“开发传统住宅”策略的概率、用 V'_2 表示“开发被动式住宅”策略的概率。由 $\eta_x = \frac{I_u + \Delta c - \lambda I_u - I_p + b_1 + b_2 - z \cdot b_2}{b_1 + \pi}$ 可知, 当 $z =$

0 时, x 满足式 $x = \frac{I_u + \Delta c - \lambda I_u - I_p + b_1 + b_2}{b_1 + \pi}$,

当 $z = 1$ 时, x 满足式 $x = \frac{I_u + \Delta c - \lambda I_u - I_p + b_1}{b_1 + \pi}$, 通过计算可求得 $V'_1 =$

$\frac{2(I_u + \Delta c - \lambda I_u - I_p + b_1) + b_2}{2(b_1 + \pi)}$, 接下来可求得

$V'_2 = 1 - V'_1 = 1 - \frac{2(I_u + \Delta c - \lambda I_u - I_p + b_1) + b_2}{2(b_1 + \pi)}$, 最后则可求得

$\frac{d(V'_2)}{d\lambda} = \frac{I_u}{b_1 + \pi} > 0$, 结果表明, 被动式住宅

开发规模与开发商选择“开发被动式住宅”策略的概率呈正相关。

结论 5: 开发商选择“开发被动式住宅”策略的概率与增量成本呈负相关。

证明: 由 $V'_2 = 1 - \frac{2(I_u + \Delta c - \lambda I_u - I_p + b_1) + b_2}{2(b_1 + \pi)}$ 代表开发商选

择“开发被动式住宅”策略的概率, 计算得出 $\frac{d(V'_2)}{d\Delta c} = \frac{-1}{b_1 + \pi} < 0$, 表明在被动式住宅增量成本增加的情况下, 开发商选择“开发被动式住宅”策略的概率将会降低。

结论 6: 开发商选择“开发被动式住宅”策略的概率随政府对被动式住宅规模未达标的开发商不合作违约金额度的增加而提高。

证明: 由 $V'_2 = 1 - \frac{2(I_u + \Delta c - \lambda I_u - I_p + b_1) + b_2}{2(b_1 + \pi)}$ 代表开发商

选择“开发被动式住宅”策略的概率, 通过计算可求得 $\frac{d(V'_2)}{d\pi} =$

$\frac{2(I_u + \Delta c * \lambda I_u * I_p + b_1) + b_2}{4(b_1 + \pi)^2} > 0$ 。因此, 随

着政府对被动式住宅规模未达标的开发商不合作违约金额度的增加, 开发商选择“开发被动式住宅”策略的概率将有所提高。

(3) 购房者购买被动式住宅策略稳定性分析

购房者选择“购买被动式住宅”策略的种群规模为 z , 根据复制动态方程式 (9) 可得

$$\frac{dF(z)}{dz} = (1 - 2z) \cdot (\rho_b + x \cdot \delta - \rho_u) \quad (12)$$

结论 7: 随着政府技术成本投入的增加, 被动式住宅增量成本降低、居住质量与舒适度提高, 购房者选择“购买被动式住宅”策略的概率将提高。

证明: 根据式 (12) 可得, 若 $x > \frac{\rho_u - \rho_b}{\delta}$,

那么 $\frac{dF(z)}{dz}|_{z=1} > 0$, 此时, $z = 1$ 为局部渐进进

化稳定策略, 当选择“重视监管”策略的政府种群规模 x 大于某一数值 $\frac{\rho_u - \rho_b}{\delta}$ 时, 购房者将趋于选择“购买被动式住宅”策略, 其概率逐渐增加至 1。购房者作为理性经济人, 在选择“购买被动式住宅”策略时只从切身利

益出发。若令被动式住宅对购房者产生吸引力,需要通过提高居住质量与舒适度的方式,即增大 δ 来确保购房者购买被动式住宅所获得的收益超过其额外付出的成本。这表明购房者在选择“购买被动式住宅”策略时的概率随被动式住宅增量成本降低、居住质量与舒适度提高而增加。

通过以上分析可得政府与开发商、购房者三方策略演化博弈趋势(见图 2),图 2 中箭头所示路径为政府与开发商(政府与购房者)演化博弈趋势,其中折线左侧区域的点收敛于点(0,1),政府与开发商(政府与购房者)演化博弈为最劣均衡解,即政府采取重视监管策略,开发商仍选择“开发传统住宅”策略或购房者仍选择“购买传统住宅”策略;折线右侧区域的点收敛于点(1,0),政府与开发商(政府与购房者)演化博弈为最优均衡解,参与主体在动态演化过程中,通过不断学习和优化策略,最终实现演化博弈最优均衡,即政府不采取重视监管策略,开发商与购房者仍选择“开发被动式住宅”与“购买被动式住宅”策略。

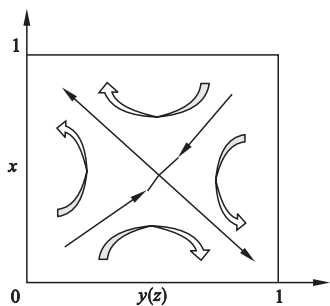


图 2 政府 x 与开发商 y (购房者 z) 博弈演化相位图

二、案例分析与数值仿真

为推进被动式住宅的规模化进程,促进节能减排、绿色生态的建筑体系发展,加快建设新型城镇化道路,增强人民群众的获得感与幸福感。某市住房和城乡建设委员会、市财政局与市规划国土委联合颁布了《超低能耗建筑示范工程项目及奖励资金管理暂行办法》,其中规定对于申报并且成功获得国际

PHI 认证的被动式住宅建筑示范项目,给予 $1\,000\text{ 元/m}^2$ 的奖励,即 $\gamma = 1\,000\text{ 元/m}^2$ 。通过咨询某被动式住宅项目负责人得知,开发同类传统住宅收益 $I_u = 3\,500\text{ 元/m}^2$,开发被动式住宅增量成本 $\Delta_c = 1\,000\text{ 元/m}^2$;开发商获得潜在收益 $I_p = 500\text{ 元/m}^2$,政府弱重视监管时开发商损失 $b_1 = 800\text{ 元/m}^2$,当开发商开发被动式住宅却不被购房者选择时损失 $b_2 = 1\,200\text{ 元/m}^2$,开发规模系数取 $\lambda = 1.2$ 。此外,政府制定标准、宣传的政策性成本 $c_p = 500\text{ 元/m}^2$,为解决传统住宅污染及耗能的资源增量及改造成本 $c_g = 1\,500\text{ 元/m}^2$,对未达到被动式住宅规模规定的开发商处以不合作违约金 $\pi = 500\text{ 元/m}^2$ 。最后,通过查阅相关参考文献以及对该地区购房者的调查研究得出,购买传统住宅的直接收益 $\rho_u = 1\,000\text{ 元/m}^2$,购买被动式住宅的直接收益 $\rho_b = 900\text{ 元/m}^2$,政府为降低被动式住宅增量成本、提高购房者居住质量与舒适度的技术成本投入 $\delta = 300\text{ 元/m}^2$ 。政府此时享受的树立形象等的社会效益 T 取最大值($T = 28\,000\text{ 元/m}^2$)。

1. 政府重视监管驱动力分析

根据式(10),若 $y = \frac{1\,500 + 300z}{56\,000}$,则 $F(x) = 0$,所有水平均为局部渐进演化稳定状态;由 $z \in [0, 1]$,可得 $\frac{1\,500 + 300z}{56\,000} \in [0.026\,8, 0.032\,1]$,因此 $\frac{1\,500 + 300z}{56\,000} \approx$

3%。此时,将 3% 视为政府被动重视监管的临界值;选择“开发被动式住宅”策略的开发商规模 y 大于某一数值 3% 时,政府趋向于选择“不重视监管”策略;选择“开发被动式住宅”策略的开发商规模 y 小于某一数值 3% 时,政府趋向于选择“重视监管”策略。

现取 $T = 28\,000\text{ 元/m}^2$ 和 $\pi = 500\text{ 元/m}^2$,分别求得社会效益 T 、不合作违约金 π 与政府被动重视监管边界值 Ψ 之间的关系(见表 1、图 3、图 4)。

表1 社会效益 T 、不合作违约金 π 与政府被动重视监管边界值 Ψ 的关系

社会效益 $T/(\text{元} \cdot \text{m}^{-2})$	被动监管 边界值 Ψ	不合作违约金 $\pi/(\text{元} \cdot \text{m}^{-2})$	被动监管 边界值 Ψ
20 000	0.037 5	100	0.033 7
28 000	0.026 8	200	0.032 0
30 000	0.025 0	300	0.030 2
40 000	0.018 8	400	0.028 5
50 000	0.015 0	500	0.026 8
60 000	0.012 5	600	0.025 0
70 000	0.010 7	700	0.023 3
80 000	0.009 4	800	0.021 5
90 000	0.008 3	900	0.019 8
100 000	0.007 5	1 000	0.018 0

注: $\pi=500 \text{ 元/m}^2$, $T=28\,000 \text{ 元/m}^2$ 。

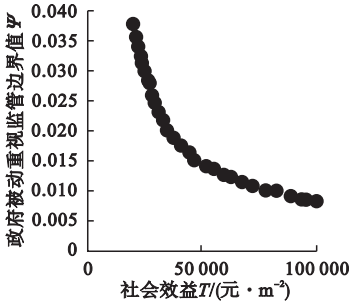


图3 社会效益 T 对政府被动重视监管边界值 Ψ 的影响

2. 开发商策略选择影响因素分析

假设选择“开发被动式住宅”策略的开发商群体规模为 y , 将相关数据代入式(8)可

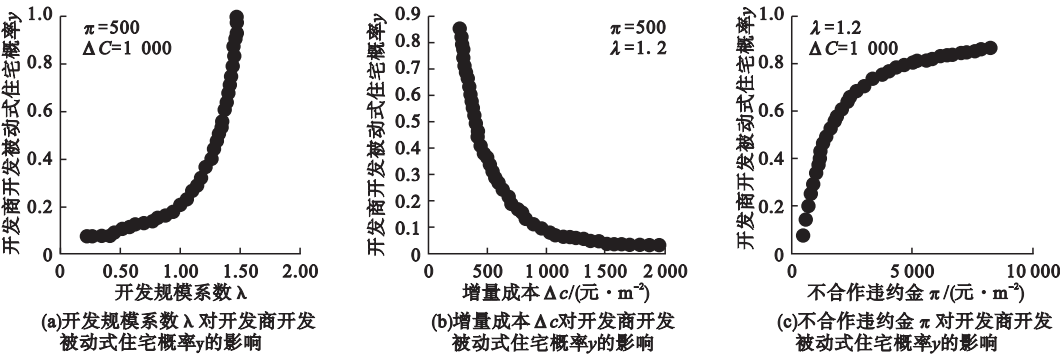


图5 开发规模系数 λ 、增量成本 Δc 及不合作违约金 π 与开发商策略选择概率 y 的关系

3. 购房者策略选择影响因素分析

假设选择“购买被动式住宅”策略的购房者群体规模为 z , 将相关数据代入式(9)可得政府为降低被动式住宅增量成本、提高购房者居住质量与舒适度的技术成本投入与购房者策略选择概率的关系(见图6), 表明政

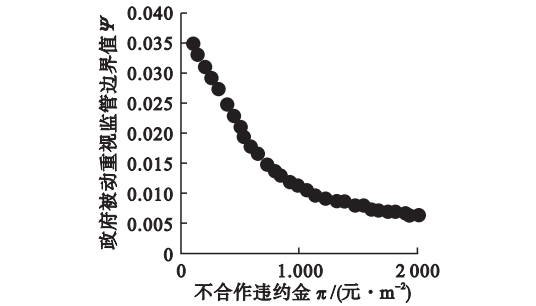


图4 不合作违约金 π 对政府被动重视监管边界值 Ψ 的影响

得:若 $z = \frac{1\,800 \times 1\,300x}{1\,200}$, 则 $F(y) \equiv 0$, 此时, 所有水平均为局部渐进演化稳定状态; 若 $z > \frac{1\,800 \times 1\,300x}{1\,200}$, 则 $y = 1$ 是进化稳定策略; 若 $z < \frac{1\,800 \times 1\,300x}{1\,200}$, 则 $y = 0$ 是进化稳定策略。

用 $V'_2 = \frac{1}{2} \times \frac{2(I_u + \Delta c - \lambda I_u - I_p + b_1) + b_2}{2(b_1 + \pi)}$ 表示开发商选择“开发被动式住宅”策略的概率值, 则可以分别求出开发规模系数 λ 、增量成本 Δc 和不合作违约金 π 与开发商选择“开发被动式住宅”策略的概率 y 的关系, 如图5所示。结果表明: 增大开发规模系数、降低增量成本与提高开发传统住宅不合作违约金可以有效提升开发商开发被动式住宅行为概率。

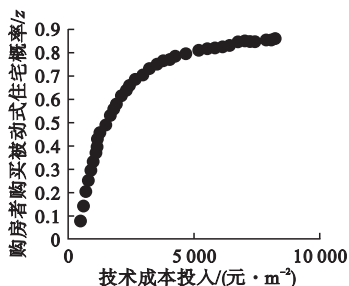


图6 技术成本投入 δ 与购房者策略选择概率 z 的关系

三、结论与建议

1. 结论

以演化博弈理论为基础,探讨了信息不对称环境下政府-开发商-购房者三方博弈问题,分析了不同种群的动态复制过程和稳定策略,并根据数值仿真分析,得出以下结论:

(1)政府重视监管的边界值有其限度。当开发商群体选择“开发传统住宅”或者购房者群体选择“购买传统住宅”的规模达到政府重视监管的边界值时,均会触发政府的“重视监管”底线,驱动政府采取“重视监管”策略。同时,从长远角度来看,政府在推进被动式住宅发展过程中,基于投入-产出比考虑,不会为了获得更大的社会效益而不计成本地对开发商和购房者进行价格补贴,在成熟后期会充分发挥市场在资源配置中的有效作用。

(2)开发商实质上是利益的追求者,当选择“购买被动式住宅”策略的购房者达到一定规模时,或者被动式住宅的增量成本降低、政府采取对开发传统住宅的房地产开发商征收高额税收的措施,均会有效提升开发商开发被动式住宅的意愿。

(3)购房者作为理性经济人,在选择“购买被动式住宅”策略时只会从自己的切身利益出发,增量成本低、居住质量好、舒适度高的住宅更能满足购房者需求。

2. 建议

被动式住宅目前尚处在发展初期阶段,若要推动其可持续发展,政府的强制性政策不可或缺。

(1)政府应着力加大被动式住宅宣传推

广力度,加强对开发项目的节能认证与公示。

(2)政府应调整价格补贴横向宽度与纵向深度,推动激励方式多元化。

(3)政府应加强对于被动式住宅行业龙头开发商企业的激励引导管理,同时进一步完善惩罚机制。

(4)政府应构建被动式住宅市场信息公开服务平台,构建市场信用监督体系,为合作共赢提供良好市场环境。

(5)政府应积极提倡市场运用高新技术降低增量成本,进一步提高居住质量以满足购房者需求,提高开发商投资收益预期,改变购房者效用函数、消费预期。

参考文献:

- [1] 王莹,张路平.绿色住宅市场激励政策优化仿真研究:以西安市为例[J].系统工程,2018,36(5):37-46.
- [2] 龙丽波,李梁.论习近平绿色发展理念的整体性逻辑[J].中南林业科技大学学报(社会科学版),2020,14(1):1-7.
- [3] 张时聪,傅伊琚,吕燕捷,等.超低能耗建筑既有政策研究与推广建议[J].建设科技,2019(24):28-31.
- [4] 王志强,张樵民,有维宝.装配式建筑政府激励策略的演化博弈与仿真研究:基于政府补贴视角下[J].系统工程,2019,37(3):151-158.
- [5] 刘佳,刘伊生,施颖.基于演化博弈的绿色建筑规模化发展激励与约束机制研究[J].科技管理研究,2016,36(4):239-243.
- [6] 伍红民,郭汉丁,李柏桐.多方博弈视角下既有建筑节能改造市场主体行为策略[J].土木工程与管理学报,2019,36(1):156-162.
- [7] KHASHE S, HEYDARIAN A, BECERIK - GERBER B, et al. Exploring the effectiveness of social messages on promoting energy conservation behavior in buildings[J]. Building and environment, 2016, 102: 83-94.
- [8] AZAR E, ANSARI H A, YAN J. Framework to investigate energy conservation motivation and actions of building occupants: the case of a green campus in Abu Dhabi, UAE[J]. Applied energy, 2017, 190: 563-573.

[9] 吴文浩,李明,赖小东,等. 供给侧改革视角下绿色建筑推进机制研究[J]. 科技进步与对策,2016,33(16):124-128.

[10] HARPOTLUGIL G U, HARPOTLUGIL T. A research on occupant behaviour pattern of dwellings in the context of environmental comfort and energy saving[J]. Journal of the faculty of engineering and architecture of gazi university,2016,31(3):696-709.

[11] 甘瑁琴,张冰新. “两型社会”建设背景下湖南绿色消费的机制、问题与对策[J]. 中南林业科技大学学报(社会科学版),2019,13(5):7-11.

[12] 刘俊颖,何溪. 房地产企业开发绿色建筑项目的影响因素[J]. 国际经济合作,2011(3):82-85.

[13] OLUBUNMI O A,XIA P B,SKITMORE M. Green building incentives: a review [J]. Renewable & sustainable energy reviews,2016,59(3):1611-1621.

[14] 黄定轩. 基于收益-风险的绿色建筑需求侧演化博弈分析[J]. 土木工程学报,2017,50(2):110-118.

[15] 丛为一,苏义坤. 基于演化博弈分析的被动式住宅开发激励研究[J]. 土木工程与管理学报,2017,34(5):133-139.

[16] ZHANG X,BAO H,SKITMORE M. The land hoarding and land inspector dilemma in China: an evolutionary game theoretic perspective[J]. Habitat international,2015,46:187-195.

[17] 黄建华. 政府双重干预下基于渠道商价格欺诈的农产品交易演化博弈模型[J]. 中国管理科学,2016,24(11):66-72.

[18] 杨杰,李洪砚. 基于购房者支付意愿的绿色建筑需求因素体系研究[J]. 建筑经济,2014,35(10):104-108.

Research on the Subject Behavior of the Passive Housing Market Based on the Tripartite Game

WANG Zhiqiang^{1,2},LIU Shuo¹,ZHANG Qiaomin³

(1. School of Management Engineering, Qingdao University of Technology, Qingdao 266520, China; 2. Smart City Construction Management Research Center (New Think Tank), Qingdao 266520, China; 3. School of Civil and Transportation Engineering, Henan University of Urban Construction, Pingdingshan 467036, China)

Abstract: The scale development of passive housing is an important measure to realize the sustainable development of construction industry and to implement the concept of green development in an all-round way. By establishing a tripartite evolutionary game model in consideration of government's "incentive" + "punishment" double intervention and information asymmetry, the relationship among government, developers and consumers is analyzed, the boundary of administrative control is also discussed. A study is given to emulate the interrelationships among action, evolutionary path, evolutionary stable strategy and boundary of government passive supervision in the end. The results show that, the government's passive supervision boundary has a direct relationship with social benefits and incremental tax revenue, but the government isn't more inclined to interfere after fully considering the input-output ratio, and the development will tend to rely on market regulation in the mature period of development. A greater extent they gain determines the behavioral preferences of developers and customers. The government should strengthen energy conservation labeling, adjust the subsidy amount, perfect the punishment mechanism, construct credit system and improve living quality to promote the large-scale development of passive housing.

Key words: passive house; tripartite game; subject behavior; passive supervision

(责任编辑:高旭 英文审校:林昊)