

# 绿色建筑发展关键主体动态博弈 ——基于供给侧结构性改革视角

王波<sup>1</sup>, 文华<sup>1</sup>, 张伟<sup>2</sup>, 张敬钦<sup>3</sup>

1. 西南科技大学土木工程与建筑学院, 绵阳 621010

2. 中国科学技术大学工程科学学院, 合肥 230026

3. 西南交通大学经济管理学院, 成都 610031

**摘要** 中国绿色建筑市场正处于稳步发展阶段, 但仍然存在供需结构不合理、各方利益关系协调不均衡等问题。基于供给侧结构性改革视角, 分析了绿色建筑发展过程中“供应侧”和“需求侧”两端正外部经济性特征, 构建了政府与供、需两端关键主体动态博弈模型, 提出了基于政府、房地产开发商和消费者的对策建议。通过研究, 表明绿色建筑发展前期阶段存在正外部经济效应和市场失灵共生现象, 供、需两端并不能满足帕累托效率的平衡量要求, 只通过市场自身资源配置功能调节绿色建筑市场结构和各主体利益关系存在局限性, 政府的适度干预有利于实现供、需两端最优利益组合和利益均衡, 有助于加快实现传统建筑市场转型升级。

**关键词** 供给侧改革; 绿色建筑; 关键主体; 动态博弈

在建设资源节约型、环境友好型社会背景下, 发展绿色建筑已成为社会建设的重点任务。当前, 中国建筑节能和绿色建筑事业取得重大进展, 建筑节能标准不断提高, 绿色建筑进入稳步发展阶段。国家住房和城乡建设部统计数据显示, 截至2017年12月, 全国共评出10927个绿色建筑标识项目, 大约是2013年的7.5倍(图1), 省会以上城市保障性安居工程、政府投资公益性建筑、大型公共建筑开始全面执行绿色建筑标准<sup>[1]</sup>。但是, 中国能源利用现状以及能源供给与储备状况日益严峻, 建筑节能与绿色建筑发展仍然面临诸多困难和问题, 绿色建筑总量规模偏少、发展不平衡、项目运行效果差, 市场配置资源的机制尚不完善<sup>[2]</sup>。“十三

五”时期, 中国面临着全面建设小康社会的任务目标, 经济结构转型升级任务艰巨, 党中央提出走新型城镇化道路, 全面建设生态文明、把绿色发展理念贯穿城乡规划建设当中的发展思路, 为绿色建筑发展指明了方向<sup>[3]</sup>。中国建筑要迈上创新之路, 满足经济与生态协调发展的现实要求, 大力推进绿色建筑市场均衡发展成为适时之举。

国外研究方面, 相关研究主要集中于绿色建筑正外部效应下的发展缺陷与改进措施、绿色建筑全生命周期开发与管理、绿色建筑建设标准与评价体系等方面。Friedman<sup>[4]</sup>以绿色建筑的生命周期为基础, 提出了绿色建筑供应链的绩效评价体系; Seinre 等<sup>[5]</sup>基于绿色

收稿日期: 2018-10-17; 修回日期: 2019-02-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(51708467, 51108393); 四川省循环经济研究中心项目(XHJJ-1510); 西南科技大学博士基金项目(18zx7161)

作者简介: 王波, 副教授, 研究方向为绿色建筑、智慧城市, 电子邮箱: boy5240@163.com

引用格式: 王波, 文华, 张伟, 等. 绿色建筑发展关键主体动态博弈——基于供给侧结构性改革视角[J]. 科技导报, 2019, 37(8): 88-96. doi: 10.3981/j.

issn.1000-7857.2019.08.010

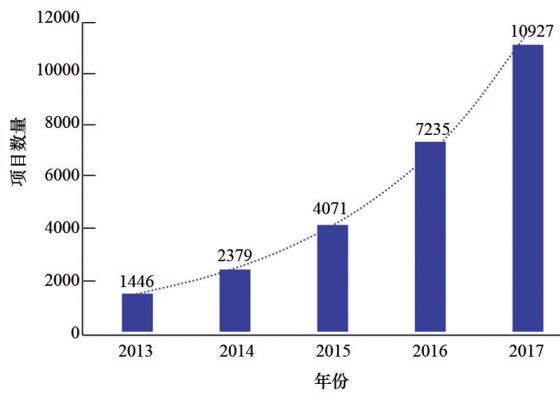


图1 2013—2017年中国获得绿色建筑标识项目数量  
Fig. 1 Number of green building identification projects in China from 2013 to 2017

建筑开发管理过程中的绿色市场营销、绿色材料供应商管理、绿色采购、绿色建造等问题,构建了绿色供应链理念的信息和组织管理架构;Zuo等<sup>[6]</sup>在研究绿色建筑开发过程各成员的利益关系时认为,通过强化政策性激励,可以消除绿色建筑推广过程的障碍性因素,提高绿色建筑开发过程中整个系统运作的动力。国内研究方面,绿色建筑开发的主要研究成果集中于绿色建筑评价、成本与经济效益分析、政策激励等。满金萍等<sup>[7]</sup>将灰色系统理论引入绿色建筑风险评价,提出了较明确的评价标准,实现决策风险的可行测度;臧朋等<sup>[8]</sup>

从生态学视角,通过采用生态足迹分析法构建绿色建筑生态足迹削减模型,测定了绿色建筑的生态价值,为评价建筑物与生态环境是否和谐共生提供了科学、直观的判断依据;孙鸣春<sup>[9]</sup>引入全寿命周期成本理念,分析了绿色建筑的经济效益,并通过万科项目开展实证研究,认为绿色建筑能够有效降低能耗,提高居住和生活环境;徐伟<sup>[10]</sup>基于全球节能减排和响应气候变化视角,分析了绿色建筑发展的现实瓶颈与未来优势;刘佳等<sup>[11]</sup>以地方政府和开发商作为博弈双方,研究了地方政府和开发商之间的关系,认为绿色建筑规模化发展是转变城市发展模式的根本途径。

针对绿色建筑市场推广特点,已有研究表明,绿色建筑市场化发展初期阶段存在显著的成本较高、投资回报期较长、涉及的利益关系复杂等问题,导致了绿色建筑市场化推进难度加大<sup>[12]</sup>。绿色建筑市场化发展有其自身规律,从绿色建筑观念的引入到主体推进,从绿色建筑产品规模化发展到技术深层次创新,不同的发展阶段需要有不同的发展理念、发展环境、制度政策与之相适应(图2)<sup>[13-14]</sup>。当前,中国绿色建筑市场正处于稳步增长阶段,面对供给侧结构性改革新常态,绿色建筑全寿命周期过程涉及的不同利益群体间专业分工更加细致、协同创新要求更高、相互依赖性更强,对绿色建筑未来规模化发展也提出了更高的要求。

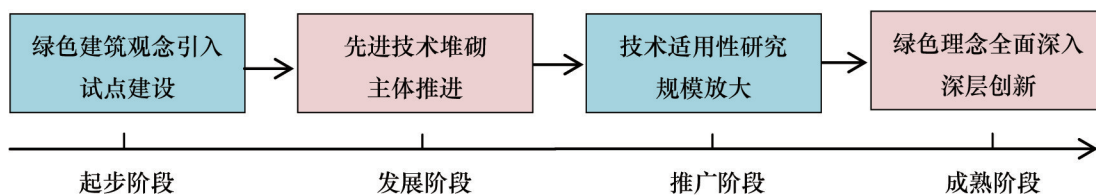


图2 绿色建筑发展不同阶段  
Fig. 2 Different stages of green building development

以绿色建筑供给侧为切入点,基于供需双方视角分析绿色建筑发展过程产生的经济外部性特征,通过构建供给侧和需求侧双向动态博弈模型,并运用演进稳定性原理建立复制动态方程,探讨政府与供需两端动态演化过程的目标策略选择关系,以期从供给侧结构性改革视角下总结出绿色建筑发展的市场运行规律,为绿色建筑未来研究与推广提供新思路。

## 1 绿色建筑市场关键主体关系梳理

绿色建筑产业化发展过程涉及的相关利益主体关

系复杂<sup>[15]</sup>。在绿色建筑市场,房地产开发商是建筑供给方,也是绿色建筑开发的投资者与组织者。开发商的绿色建设与投资理念影响着绿色建筑市场的发展方向,房地产绿色开发也已成为房地产行业可持续发展的必然要求和趋势;政府是绿色建筑发展全局性战略规划制定者,在绿色建筑发展的全寿命周期里,政府对绿色建筑发展计划、建设、运营、管理等全过程提供制度和政策支持,能够正确引导绿色建筑的发展方向,创造良好的外部环境,并执行监督职能;消费者是绿色建筑实体产品的需求者,是绿色建筑市场发展的重要推动力量,只有消费者对市场上的绿色建筑产品认可,绿

色建筑的价值才能得到让渡。因此,消费者的支付意愿和绿色消费动力是绿色建筑产品价值分配的关键。

除了以上利益群体以外,还包括绿色建筑施工方、监理方、物业管理方等相关主体。可见,绿色建筑发展市场存在多方利益群体关系,各主体之间既相互依赖又相互竞争。在专业分工更加细化、行业割裂更加凸显的时代背景下,如何协同各主体间的利益关系、推进绿色建筑健康发展成为一个值得研究的现实问题。

推动向绿色发展生活方式转变,离不开政府、开发商与消费者3方的协同推进、相互配合。政府在推动绿色建筑规模化发展过程中起着战略指引作用,绿色建筑的发展离不开政府层面的制度、技术、标准与服务供给。同样,绿色建筑的规模化发展也离不开作为供给端的开发企业资金与技术投入以及作为需求端的消费需求引领。因此,基于供给侧结构改革视角,重点将房地产开发商、消费者和政府3方作为绿色建筑发展市场的关键主体,从供给端改革、消费需求引导、政府有效推进3个方面入手(图3),可以充分发挥市场的资源配置功能,有效解决绿色建筑发展市场关键主体关系不清晰、利益分配不均衡问题,进而推进形成绿色建筑市场化发展。

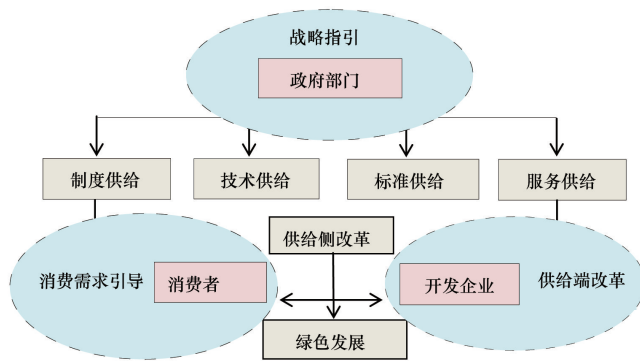


图3 绿色建筑市场关键主体关系

Fig. 3 Key relations of green building market

## 2 绿色建筑供给和需求两端正外部经济性分析

外部性是指现实经济活动过程中产品供给者和消费者活动对其他利益相关者产生的超越活动主体范围的利害关系<sup>[16]</sup>。正外部经济性则是供给者和消费者在生产活动过程中对利益相关者带来的有利影响。绿色建筑的产生过程属于经济活动,同时绿色建筑所产生

的技术革命和节能环保功能,使得绿色建筑表现出显著的正外部经济性特征<sup>[17]</sup>。供给侧结构改革要求绿色建筑发展过程中要不断调整建筑市场产业结构,使得绿色建筑市场各要素资源实现最优配置,提升绿色建筑整个产业链发展质量和经济效益水平。

### 2.1 房地产企业实施绿色开发的正外部经济性分析

在建设资源节约型、环境友好型社会背景下,粗放式传统建筑模式逐渐转向经济高效的建筑模式<sup>[10]</sup>。从长远来看,房地产开发商投资绿色房地产开发有利于实现建筑节能和环境保护的生态目标,实现社会、经济和环境效益的统一。从短期来看,房地产开发企业很难从这项经济活动中获得短期回报<sup>[18]</sup>。

如果房地产开发商实施非绿色开发,为达到绿色开发标准会消费额外的费用,即增量成本 $MC$ (或边际成本);由于绿色建筑开发正外部效应的存在,导致开发商企业在经济活动中的增量成本高于社会消耗的增量成本 $MC'$ (或边际成本),开发商为追求最大效益产生经济供给量为 $Q_1$ ,此时社会收益最大化所需经济供给量为 $Q_2$ ,由于 $Q_1 < Q_2$ ,表明供给侧的资源分配没有满足帕累托效率要求的平衡供给量,如图4所示。

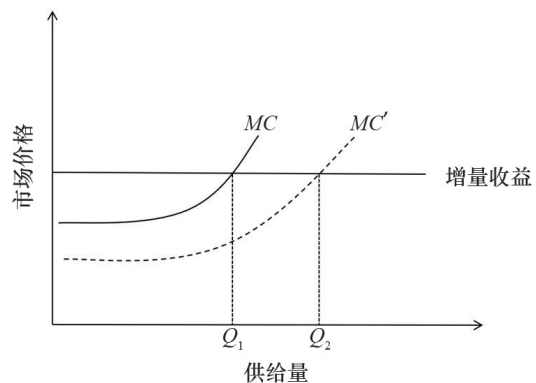


图4 开发商绿色开发外部性分析

Fig. 4 Green development external analysis of developer

### 2.2 消费者购买绿色建筑的正外部经济性分析

相比传统建筑形式,绿色建筑在节能、环保、空间舒适性等方面具有较大的优势,消费者积极购买绿色建筑产品,有利于推广绿色建筑产品和实现绿色建筑产业化发展<sup>[19-20]</sup>。因此,消费者是绿色建筑市场发展的关键推动力量。

在没有外界支持的情况下,个人购买绿色建筑产品获得的增量收益 $MR_2$ (或边际收益)低于社会获得的增量收益 $MR_1$ (或边际收益),消费者为获得最大利益时

的经济购买量为 $Q_1$ ,社会利益最大化时的经济购买量为 $Q_2$ ,由于 $Q_1 < Q_2$ ,说明需求侧的资源分配没有满足帕累托效率的最优需求,如图5所示。

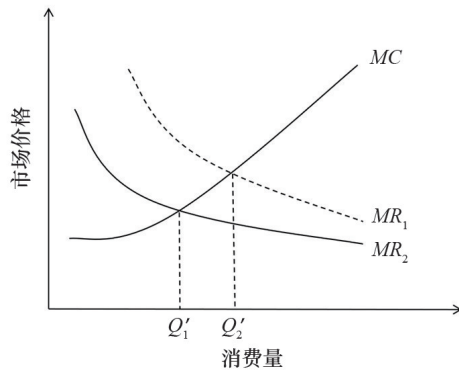


图5 消费者绿色消费外部性分析

Fig. 5 Green consumption external analysis of consumer

由以上分析可知,绿色建筑市场存在正外部经济性效应,同时绿色建筑市场短期的非经济性特征导致市场失灵现象。在供给和需求两端,房地产企业开发绿色建筑的供给量和消费者购买绿色建筑的购买量都低于最优社会效益需求水平,都不能满足帕累托要求的平衡量,说明在绿色建筑发展市场,只通过市场自身资源配置功能调节绿色建筑市场结构和利益分配关系存在一定的局限性<sup>[21-22]</sup>,这时就需要作为绿色建筑发展市场关键主体的政府部门发挥市场调节者的角色<sup>[23]</sup>,政府的适度干预可以发挥政策调节作用,根据供需两端不同主体利益需求特征,制定有针对性的政策,充分发挥政府和市场双重调节机制,形成绿色建筑市场规模化发展的长效机制(图6)。

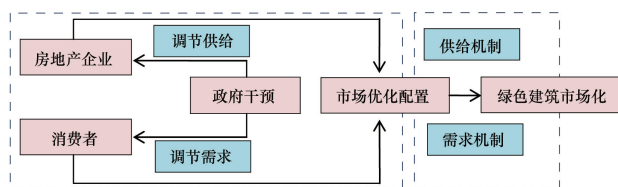


图6 政府、开发商、消费者对绿色建筑市场的影响机制

Fig. 6 Impact of government, developers and consumers on the green building market

### 3 政府与绿色建筑市场供需两端关键主体动态博弈分析

经典的动态博弈理论包含2个特殊概念:进化稳定

策略(revolutionarily stable strategy)和复制动态方程(replicator dynamics equation)<sup>[24-26]</sup>。进化稳定策略是指在整个群体中被频繁采用的行为策略,该策略的执行利于多数参与群体。复制动态方程是通过建立动态微分方程或方程组表述某策略的采取频率随时间的变化情况,通过对关键主体的优选策略进行简单模拟,制定有限理性的动态博弈组合。因此,考虑绿色建筑发展过程供、需两端关键主体的决策作用,同时考虑政府在绿色建筑发展市场中的调节作用,选取作为供、需两端关键主体的开发商和消费者分别与政府展开博弈分析。

#### 3.1 开发商与政府博弈

##### 3.1.1 变量设定

假设房地产开发企业开发绿色建筑的比例为 $a$ ,则其不开发绿色建筑的比例为 $1-a$ ,假如政府愿意实行经济激励政策的比例为 $b$ ,其不愿意实行激励政策的比例为 $1-b$ 。根据绿色建筑市场效益以及损益水平做出如下设定。

1) 在房地产企业愿意开发绿色建筑条件下,政府部门从中获得的收益为 $M_1$ ,例如传统产业的转变,新兴技术的延伸及政府公众信任度的上升等带来的潜在收益。在房地产企业开发非绿色建筑条件下,政府部门从中获得的收益为 $M_2$ ,例如土地出让费、征收税额等项目获得收入。由于非绿色建筑产品不具有正外部经济性特征,存在环境污染严重、资源消耗大等特征,因此会造成其社会消费成本大于其企业内部成本。政府为督促企业进行技术升级和改造而对非绿色建筑产品进行治理和改造产生的成本为 $C_1$ ,政府为鼓励开发商企业开发绿色建筑而实施的激励额度为 $C_2$ ,例如财政补贴、基金扶持等。

2) 房地产企业选择开发绿色建筑获得的收益为 $R_1$ ,选择开发非绿色建筑获取的收益为 $R_2$ 。政府对实施绿色开发的开发商给予激励的同时,要对非绿色开发的开发商会加大征税力度,即税收增量 $U$ 。由于绿色建筑和非绿色建筑的开发成本存在差异,设增量成本为 $\Delta C=R_2-R_1 \neq 0$ 。由此构建开发商和政府博弈的支付矩阵与构建博弈双方的期望收益函数(表1、表2)。

##### 3.1.2 动态博弈分析

根据Friedman局部稳定性原理,并依据演化博弈动态方程的稳定性定理和性质,群体演化均衡策略的动态方程应满足: $G(x)=0, G'(x)<0$ 。

表1 开发商与政府博弈支付矩阵  
Table 1 Developer and government game payment matrix

主体		政府	
		实施激励	不实施激励
开发商	绿色开发	$R_1+C_2, M_1-C_2$	$R_1, M_2$
	非绿色开发	$R_2-U, M_2+U-C_1$	$R_2, M_2-C_1$

表2 期望收益函数  
Table 2 Expected benefit function

开发商期望收益	政府期望收益
绿色开发 $U_1=b(R_1+C_2)+(1-b)R_1$	激励 $U_2=a(M_1-C_2)+(1-a)(M_2+U-C_1)$
非绿色开发 $U_1'=b(R_2-U)+(1-b)R_2$	不激励 $U_2'=aM_2+(1-a)(M_2-C_1)$

1) 开发商群体复制动态方程如下:

$$G(a) = da/dt = a(1-a)(U_1 - U_1') \quad (1)$$

$$= a(1-a)[R_1 - R_2 + b(C_2 + U)]$$

$$G'(a) = (1-2a)[R_1 - R_2 + b(C_2 + U)] \quad (2)$$

令  $G(a)=0$ , 得到  $a_1=0, a_2=1, b'=(R_2-R_1)/(C_2+U)=\Delta C/(C_2+U)$ 。

在  $\Delta C > 0$  条件下, 即  $R_2 > R_1$ , 开发非绿色建筑获取的利润比开发绿色建筑高。(1) 当  $b=b'$  时, 有  $G(a)=0, G'(a)=0$ , 说明此时博弈模型是处于稳定状态的, 无论开发商做出怎样的开发选择对政府的损益影响都是没有差异的; (2) 当  $b > b'$  时, 只有  $a_1=0$  或  $a_2=1$  是可能的均衡稳定点; 由于  $G(0)=0, G(1)=0, G'(0) > 0, G'(1) < 0$ , 所以只有  $a_2=1$  是演化稳定的策略点, 即当政府采取激励政策的比例大于  $b'$  时, 开发商会将策略逐渐转向绿色开发而保持稳定; (3) 当  $b < b'$  时, 只有  $a_1=0$  或  $a_2=1$  是可能的均衡稳定点; 由于  $G(0)=0, G(1)=0, G'(0) < 0, G'(1) > 0$ , 所以只有  $a_1=0$  是稳定的策略状态点, 即当政府采取激励政策的比例小于  $b'$  时, 说明当政府激励力度减小时, 开发商会将策略转向非绿色开发而保持稳定。

在  $\Delta C < 0$  的条件下, 即  $R_2 < R_1$ , 开发商选择开发绿色建筑获得的收益高于非绿色建筑开发获得的收益。由于  $R_1 - R_2 > 0$ , 无论  $b > 0$  或  $b < 0$ , 都有  $U_1 - U_1' = R_1 - R_2 + b(C_2 + U) > 0$ , 又  $G(0)=0, G(1)=0, G'(0) > 0, G'(1) < 0$ , 所以  $a_2=1$  是稳定状态策略点, 说明无论政府是否实行激励政策, 开发商选择绿色开发的策略都是唯一的均衡策略。

结果分析可得: 绿色建筑市场发展过程中, 房地产开发企业更多关注的是自身的收益水平。如果开发绿色建筑获得的收益比开发传统建筑产品的收益更高,

那么无论政府是否选择实施激励政策, 企业都会选择开发绿色建筑; 如果开发绿色建筑获得的收益低于开发传统建筑产品, 则企业就会以政府的激励额度  $b' = (R_2 - R_1)/(C_2 + U) = \Delta C/(C_2 + U)$  作为参考。如果政府部门对绿色开发的开发商给予的补贴或优惠额度足以弥补中间的差额, 即激励程度  $b > b'$ , 开发商会非常愿意进行绿色建筑开发; 如果政府的激励程度不够, 即  $b < b'$ , 开发商存在放弃绿色建筑开发的可能。

2) 政府部门的复制动态方程如下:

$$G(b) = db/dt = b(1-b)(U_2 - U_2') \quad (3)$$

$$= b(1-b)[a(M_1 - C_2 - U - M_2) + U]$$

$$G'(b) = (1-2b)[a(M_1 - C_2 - U - M_2) + U] \quad (4)$$

令  $G(b)=0$ , 得到  $b_1=0, b_2=1, a'=U/(C_2+U+M_2-M_1)$ 。

如果  $a > a' = U/(C_2+U+M_2-M_1)$ , 由于  $G(b)=0, G'(b)=0$ , 即整个群体处于均衡状态, 证明房地产开发商以  $a'$  的比例开发绿色建筑时, 不论政府是否愿意激励, 对其利益影响程度都极小。

如果  $a > a' = U/(C_2+U+M_2-M_1)$ , 则  $b_1=0$  或  $b_2=1$  是可能的稳定状态点。有  $G(0)=0, G(1)=0, G'(0) > 0, G'(1) < 0$ , 此时  $b_2=1$  是演化均衡状态点, 即开发商以  $a > a'$  的水平开发绿色建筑时, 政府会逐渐向开发商实行政策激励而保持稳定。

如果  $a < a' = U/(C_2+U+M_2-M_1)$ , 则  $b_1=0$  或  $b_2=1$  是可能的稳定状态点。有  $G(0)=0, G(1)=0, G'(0) < 0, G'(1) > 0$ , 此时  $b_1=0$  是稳定的策略状态点, 即房地产开发商以  $a < a'$  的程度开发绿色建筑时, 政府会逐渐放弃对企业实行激励政策而保持稳定。

结果分析可得: 政府部门是否实施经济激励政策在于激励收益与开发商选择投资绿色开发的比例。当开发商以  $a > a' = U/(C_2+U+M_2-M_1)$  的比例进行绿色开发时, 政府获得的激励收益大于激励成本的支出, 政府会考虑对企业实施激励或优惠政策; 当开发商以  $a < a' = U/(C_2+U+M_2-M_1)$  的比例进行绿色开发时, 政府获得的激励收益小于激励成本的支出, 政府就不会选择实施激励, 或是政府激励力度不足以满足相关利益主体的需求。

## 3.2 消费者与政府博弈

### 3.2.1 变量设定

假设消费者购买绿色建筑的比例为  $e$ , 则其不购买绿色建筑的比例为  $1-e$ ; 政府鼓励绿色建筑的消费实行激励政策比例为  $b$ , 则其不实行激励政策的比例为  $1-$

$b$ 。由于绿色建筑开发成本比较高,所以消费者在购买绿色建筑时会比购买传统型建筑多花一定的成本,即增量成本为 $C$ ,消费者在购置绿色建筑后会从中获得增量收益为 $U_a$ 。政府为推广绿色建筑消费而获得的社会效益为 $M_1$ ,政府为激励开发商开发绿色建筑会对其发放一定的补贴,间接地给消费者带来一定的效益为 $\gamma C_2$  ( $0 < \gamma < 1$ ),若是消费者不愿意购买绿色建筑,则非绿色建筑市场的需求会增大,为推进绿色建筑的发展,政府会加大对非绿色建筑开发商的税收,而开发商间接性地将税额隐藏在房价中,因此消费者在当中获得收益为 $-U$  ( $U > 0$ )。由此构建消费者和政府博弈的支付矩阵、博弈双方期望收益函数(表3、表4)。

表3 消费者与政府博弈支付矩阵  
Table 3 Consumer and government game payment matrix

主体	政府		
	实行激励	不实施激励	
消费者	购置绿色建筑	$U_a - C + \gamma C_2, M_1 - \gamma C_2$	$U_a - C, -M_1$
	不购置绿色建筑	$-U, U - M_1$	$0, 0$

表4 期望收益函数  
Table 4 Expected return function

消费者期望收益	政府期望收益
购置绿色建筑	激励
$H_1 = b(U_a - C + \gamma C_2) + (1 - b)(U_a - C)$	$H_2 = e(M_1 - \gamma C_2) + (1 - e)(U - M_1)$
不购置绿色建筑	不激励
$H_1' = b(-U)$	$H_2' = e(-M_1)$

### 3.2.2 动态博弈分析

考虑到消费者与政府博弈设有开发商与政府博弈模型复杂,所以根据局部稳定性分析,消费者与政府的演化均衡策略要满足下列条件:

$$p(e) = de/dt = e(1-e)(H_1 - H_1') \quad (5)$$

$$= e(1-e)[b\gamma C_2 + U_a - C + bU]$$

$$p'(e) = (1-2e)[b\gamma C_2 + U_a - C + bU] \quad (6)$$

令 $p(e)=0$ ,得到 $e_1=0, e_2=1, b^*=(C-U_a)/(\gamma C_2+U)$ 。

消费者购买绿色建筑的收益间接包含了政府为激励开发商绿色开发补给的资金,为保证消费者能获取收益,所以必须满足 $U_a - C + \gamma C_2 > 0$ 。在推进绿色发展的整体大背景下,政府会对非绿色开发建筑征收税费,为满足社会总效益的需求,所以必须满足 $U - M_1 > 0$ 。

结果分析可得:如果消费者获得的增量收益高于其增量成本,即 $U_a > C$ ,则 $b^*=(C-U_a)/(\gamma C_2+U) < 0$ ,说明当政

府不选择向消费者激励时,考虑到购买绿色建筑会获得额外的效益,消费者也会购买绿色建筑。如果消费者的增量成本高于其增量收益时,即 $U_a < C$ ,则要实现需求端对绿色建筑市场发展的推动作用,要保证消费者能获得额外收益,即满足 $U_a - C + \gamma C_2 > 0$ ,那么政府应考虑适度的激励补贴政策或减少税费征收,必须保证消费者购房获得的间接收益 $\partial C_2$ 增大。

## 4 加快推进绿色建筑市场规模化发展的建议

加快推进绿色建筑市场规模化发展,是深入推进生态文明建设、走新型城镇化道路的现实要求,是贯彻落实党中央绿色发展理念的重要体现,是创新驱动增强经济发展新动能的着力点,对实现建设资源节约型和环境友好型社会目标、推动住房城乡建设领域供给侧结构性改革具有重要的意义。因此,绿色建筑市场规模化发展过程需要政府以及供、需各方的共同努力,营造绿色建筑发展的良好市场环境,提高绿色建筑产品的供给能力和需求能力。

### 4.1 有限的政府干预

经济学理论认为,在市场失灵情况下,政府的干预是有必要的。在绿色建筑发展初期阶段,政府要做好“战略指引者”与“服务者”角色,通过有限的政府干预促进绿色建筑良好市场环境的形成。

1) 增加制度供给,不断完善绿色建筑发展的法律法规体系。结合建筑法、能源节约法修订,加快研究绿色建筑相关科技政策体系,结合区域经济发展实际,积极引导地方政府出台绿色建筑发展配套的政策性地方法规和激励制度,如税收政策、财政支持、政府采购支持等,并强化立法行政,提高违法违规行为的惩戒力度。

2) 增加标准供给,加强绿色建筑标准体系建设。实时修订完善绿色建筑从设计、施工到后期运营维护全程建设标准,鼓励各地依据地方特色编制适用性强的地方标准,积极培养发展团体标准,加强绿色建筑标准国际合作与交流,积极与国际先进标准对标。

3) 增加科技供给,提高绿色建筑技术创新水平。依托电子技术、自动化技术、通信技术和新材料等与建筑业相关的最新科技成果,集中优势资源攻关绿色建筑科技系统关键技术难题,积极推进绿色建筑与智能

城市、智能建筑协同发展,为绿色建筑科技创新提供全方位的科技支持,提高绿色建筑开发整体科技水平。

4) 增加信息供给,完善大数据技术服务体系。依托大数据、云计算及物联网等现代信息技术发展,构建绿色建筑市场统计体系;整合政府、企业、行业协会等数据资源,实现绿色建筑技术、产品和服务信息共享;完善绿色建筑大数据信息服务的存储、处理与分析功能,提高其为绿色建筑发展决策管理服务水平。

#### 4.2 坚持科技引领,提高企业产品供给能力

房地产开发企业是绿色建筑产品的投资者和供给者,要能够适应科技创新、新型城镇化建设、智能城市等新形势对企业可持续发展的新要求,不断转变发展观念、强化自身能力建设。

1) 坚持科技创新。当前,智能建筑、智能住宅、智能小区等智慧城市建设发展迅速,对绿色建筑开发与推广提出了更高的要求,企业要坚持科技创新,加大绿色建筑技术研发投入力度,强化绿色建筑发展有关政策法规及技术标准的执行能力,提高企业生存能力与市场竞争力。

2) 依托现代信息技术,强化绿色建筑“一站式”全程服务能力。建筑智能化、信息化、数字化要求绿色建筑从建设规划、能耗模拟、建设、运营管理等全过程都要提高信息服务能力,能够为政府、开发商和消费者不同群体提高便捷、高效的数据信息服务。

3) 优化绿色建筑开发融资模式。积极参与政府和社会资本合作(PPP)模式、特许经营投资和政府投资绿色建筑项目,加强资金投入和项目获取能力。

4) 加大企业绿色发展所需的技术工人引进和专业技能培训。既要加大对绿色建筑、建筑节能人才的引进力度,又要做好企业内部有关绿色建筑专业人才培养工作。

#### 4.3 转变消费观念,增强产品需求与消费动力

需求是中国绿色建筑发展的根本推动力量。现实实践表明,只有消费者对市场上绿色建筑认可并愿意为其支付额外的增量成本,绿色建筑的价值才能得到让渡。

1) 应从根本上转变传统的认识与观念。作为消费者,要加强对绿色建筑产品优越性的专业认识,深刻领会绿色建筑对社会可持续发展的要义,只有不断与时俱进,才能适应社会发展新形势要求。

2) 消费者的政策补贴支持。在深入推进绿色建

筑市场化过程中,需要政府对绿色建筑供需市场提供双向调节,既要加大对绿色开发企业的政策激励力度,又要对消费者给予一定政府补贴,消除增量成本,只有这样才能获得消费者对绿色建筑产品的认可与支持。

3) 消费者要与其他主体形成合力。作为消费者,要与政府、开发商及其他市场主体一起,形成合力,只有全社会共同努力,坚持绿色发展战略不动摇,坚持持续创新、协同推进,才有可能实现新型城镇化道路和全面建设生态文明社会的宏伟目标。

## 5 结论

基于供给侧结构性改革视角,分析了绿色建筑发展过程“供应侧”和“需求侧”两端正外部经济性特征,构建了政府与供、需两端关键主体动态博弈模型,探讨了政府与供、需两端动态演化过程的目标策略选择关系,并提出了对策建议。通过研究得出:绿色建筑发展前期阶段存在正外部经济效应和市场失灵共生现象,只通过市场自身资源配置功能调节绿色建筑市场结构和各主体利益关系存在局限性,政府的适度干预有利于实现供、需两端最优利益组合和利益均衡,有助于加快实现传统建筑市场转型升级。

研究仍然存在不足之处,绿色建筑发展市场主体较多,各方关系复杂,只是构建了政府与开发商和消费者两端主体的动态博弈模型,研究结论存在一定的局限性。未来研究中,一方面需要在演化博弈主体选择上展开进一步分析;另一方面,需要进一步获取有说服力的典型案例支持,使研究结论更加科学可靠。

#### 参考文献(References)

- [1] 卢梅, 武宇翔. 我国绿色建筑评价指标的分类分析及相应对策研究[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2017, 49(6): 895-902.  
Lu Mei, Wu Yuxiang. Classification analysis and corresponding countermeasures of green building evaluation indexes in China [J]. Journal of Xi'an University of Architecture & Technology (Natural Science Edition), 2017, 49(6): 895-902.
- [2] 郑世刚, 张兆旺, 朱剑锋, 等. 绿色建筑相关利益群体博弈分析——基于绿色建筑价值链视角[J]. 科技进步与对策, 2012, 29(18): 143-146.  
Zheng Shigang, Zhang Zhaowang, Zhu Jianfeng, et al. Game

- analysis of interest groups in green building: Based on the perspective of green building value chain[J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2012, 29(18): 143-146.
- [3] 李东红, 仇保兴, 吴志强. 中美绿色建筑发展模式及其演进特征的比较研究[J]. *城市发展研究*, 2017, 24(8): 115-124.  
Li Donghong, Qiu Baoxing, Wu Zhiqiang. Comparative study on the development models and evolution characteristics of green buildings between china and the United States[J]. *Urban Studies*, 2017, 24(8): 115-124.
- [4] Friedman D. Evolutionary games in economic[J]. *Journal of the Econometric Society*, 2011, 59(3): 637-666.
- [5] Seinre E, Kurnistski J. Building sustainability objective assessment in Estonian context and a comparative evaluation with LEED and BREEAM[J]. *Building & Environment*, 2014, 82(82): 110-120.
- [6] Zuo J, Stephen P. Green building evaluation from a life-cycle perspective in Australia: A critical review[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017(70): 358-368.
- [7] 满金萍, 鲍学英, 王起才. 绿色建筑决策中的风险综合评价[J]. *四川建筑科学研究*, 2014, 40(2): 327-330.  
Man Jinping, Bao Xueying, Wang Qicai. Comprehensive evaluation of risk in green building decision-making[J]. *Sichuan Building Science Research*, 2014, 40(2): 327-330.
- [8] 臧朋, 邵必林. 生态视角下的绿色建筑评价方法研究[J]. *建筑科学*, 2014, 30(2): 19-23.  
Zang Peng, Shao Bilin. Study on green building evaluation method from ecological perspective[J]. *Building Science*, 2014, 30(2): 19-23.
- [9] 孙鸣春. 全寿命周期成本理念下绿色建筑经济效益分析[J]. *城市发展研究*, 2015, 22(9): 25-28.  
Sun Mingchun. Analysis of economic benefits of green buildings under the concept of life cycle cost[J]. *Urban Studies*, 2015, 22(9): 25-28.
- [10] 徐伟. 中国近零能耗建筑研究和实践[J]. *科技导报*, 2017(10): 38-43.  
Xu Wei. Research and practice of near zero energy buildings in China[J]. *Science and Technology Review*, 2017 (10): 38-43.
- [11] 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(4): 239-242.  
Liu Jia, Liu Yisheng, Shi Ying. Study on the incentive and constraint mechanism of green building scale development based on evolutionary game[J]. *Science and Technology Management Research*, 2016(4): 239-242.
- [12] 陈伟伟, 张云宁, 欧阳红祥. 基于改进BSC法绿色建筑供应链绩效评价研究[J]. *工程管理学报*, 2014, 28(3): 37-40.  
Chen Weiwei, Zhang Yunning, Ouyang Hongxiang. Study on performance evaluation of green building supply chain based on improved BSC method[J]. *Journal of Engineering Management*, 2014, 28(3): 37-40.
- [13] 陈小龙, 刘小兵. 交易成本对开发商绿色建筑开发决策的影响[J]. *同济大学学报(自然科学版)*, 2015(1): 153-159.  
Chen Xiaolong, Liu Xiaobing. The impact of transaction cost on developers' green building development decision[J]. *Journal of Tongji University (Natural Science)*, 2015(1): 153-159.
- [14] 刘弋, 刘伟. 绿色建筑运营管理主体行为进化博弈分析[J]. *建筑经济*, 2016, 37(3): 89-92.  
Liu Wei, Liu Wei. Analysis of behavioral evolution of green building operation management subjects[J]. *Construction Economy*, 2016, 37(3): 89-92.
- [15] 郑世刚. 基于外部性视角的绿色建筑后评估思路及路径选择[J]. *工程管理学报*, 2014(28): 18-21.  
Zheng Shigang. A post-evaluation idea and path selection of green building based on externality perspective[J]. *Journal of Engineering Management*, 2014(28): 18-21.
- [16] 蒲云辉, 李文渊. 国外绿色建筑推广对我国的启示[J]. *建筑技术*, 2017, 48(7): 678-680.  
Puyun Hui, Li Wenyuan. Abroad to promote green building inspiration to China[J]. *Building Technology*, 2017, 48(7): 678-680.
- [17] 刘玉明. 北京市发展绿色建筑的激励政策研究[J]. *北京交通大学学报(社会科学版)*, 2012, 11(2): 46-51.  
Liu Yuming. Study on the incentive policy of developing green buildings in Beijing[J]. *Journal of Beijing Jiaotong University (Social Science Edition)*, 2012, 11(2): 46-51.
- [18] 王景慧, 秦旋. 房地产开发商群体的绿色建筑开发行为的演化分析[J]. *建筑科学*, 2013, 29(4): 95-99.  
Wang Jinghui, Qin Xuan. Evolution analysis of green building development behavior of real estate developer group[J]. *Building Science*, 2013, 29(4): 95-99.
- [19] 高沂, 刘晓君. 演化博弈视角下的绿色建筑演化路径与影响因素分析[J]. *西北大学学报(自然科学版)*, 2017, 47(1): 137-140.  
Gao Wei, Liu Xiaojun. Analysis of the evolution path and influencing factors of green buildings from the perspective of evolutionary game[J]. *Journal of Northwest University (Natural Science)*, 2017, 47(1): 137-140.
- [20] 刘戈, 李雪. 基于博弈分析的绿色建筑激励机制设计与激励力度研究[J]. *科技管理研究*, 2014, 34(4): 235-239.  
Liu Ge, Li Xue. Study on the design and incentives of green building incentive mechanism based on game analysis[J]. *Science and Technology Management Research*, 2014, 34(4): 235-239.
- [21] Mariels D. Green building regulations: Extending mandates to the residential sector[J]. *Environmental Affairs*, 2010(37): 393-423.

- [22] 金占勇, 孙金颖, 刘长滨, 等. 基于外部性分析的绿色建筑经济激励政策设计[J]. 建筑科学, 2010, 26(6): 57-62.  
Jin Zhanyong, Sun Jinying, Liu Changbin, et al. Design of green building economic incentive policy based on externality analysis[J]. Building Science, 2010, 26(6): 57-62.
- [23] 袁程炜, 张得. 帕累托效率视角下的能源消费与经济增长关系研究[J]. 税收经济研究, 2013, 18(1): 91-95.  
Yuan Chengwei, Zhang De. Study on the relationship between energy consumption and economic growth from the perspective of Pareto efficiency[J]. Tax Economic Research, 2013, 18(1): 91-95.
- [24] Cressman R. Evolutionarily stable sets in symmetric extensive Two-Person games[J]. Mathematical Biosciences, 1992, 108(2): 179-201.
- [25] Friedman D. On economic applications of evolutionary game theory[J]. Journal of Evolutionary Economics, 1998(8): 15-43.
- [26] Qian Q. Government measures in China for promoting building energy efficiency (BEE): A comparative study with some developed countries[J]. The International Journal of Construction Management, 2010(4): 116-119.

## Dynamic game of key subjects in green building development: Based on the perspective of supply side structure reform

WANG Bo<sup>1</sup>, WEN Hua<sup>1</sup>, ZHANG Wei<sup>2</sup>, ZHANG Jingqin<sup>3</sup>

1. School of Civil Engineering and Architecture, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China

2. School of Engineering Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China

3. School of Economics and Management, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China

**Abstract** The green development is a major strategy for adhering to the path of socialism with Chinese characteristics, and is a timely move to lead the new norm of the economy and to continue reform the supply-side structure. China's green building market is in a period of steady growth, but there are still problems such as the unreasonable supply, demand structure and the uneven coordination of interests among all parties. Based on the perspective of the supply-side structure reform, this paper analyzes the positive external economic characteristics of both the "supply side" and the "demand side" of the green building development process, and constructs a dynamic game model between the government and the key subjects at both ends of the supply and demand, and proposes a government-based, real estate suggestions for developers and consumers. It is shown that there are positive external economic effects and market failure symbiosis in the initial stage of the green building development, and both the supply and the demand cannot meet the balance requirement of the Pareto efficiency. Only through the market's own resource allocation function to adjust the green building market structure and the limitations of the interests of various entities, the government's moderate intervention is conducive to the realization of the optimal interests and the balance of interests at both ends of the supply and demand, and help to accelerate the transformation and the upgrading of the traditional building market.

**Keywords** supply side structure reform; green building; key subject; dynamic game ●



(责任编辑 卫夏雯)