基于复杂网络的绿色创新消费演化博弈分析

胡启帆，郭二山，冯 芳

（江西水利电力大学工商管理学院，南昌 330099）

摘要：绿色创新消费是推动企业绿色创新转型，进而实现环境保护与经济可持续增长的关键。针对企业因创新与环境双重正外部性导致的动力不足问题，构建基于Newman-Watts-Strogatz（NW）小世界网络的绿色创新消费演化博弈模型，探究其形成与扩散机制，并运用Python对影响因素进行仿真分析。结果表明，绿色价格溢价是影响消费者决策的核心敏感因素；健康效益与产品绿色度需达到一定阈值才能推动绿色创新消费扩散；政府补贴在初期作用显著，后期可逐步退出；社会认同与心理压力均能有效促进绿色创新消费扩散，且后者的影响更为显著。最后，围绕协同控价、价值传播、政策调控与社交赋能四个方面提出促进绿色创新消费的对策建议。

关键词：复杂网络；绿色创新消费；演化博弈

中图分类号：F276 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)06－0280－08

传统粗放型经济增长模式资源利用效率低下，还可能引发生态问题，资源消耗加剧与环境恶化等对人类社会可持续发展构成巨大挑战。党的二十大报告提出“推动绿色发展”，倡导“绿色低碳的生产和生活方式”，并强调通过完善科技创新体系和激励政策促进绿色技术在全社会的扩散与应用。在此背景下，绿色创新作为融合“绿色”与“创新”两大理念的重要路径，正成为实现环境保护与经济增长双赢的关键动力。

企业作为市场经济的核心主体，是绿色转型升级与经济发展的主要力量。但企业在推进绿色创新过程中既面对创新成果与环境效益外溢的双重正外部性挑战，又需要应对进行绿色创新研发投入周期长、回报低、风险系数高的现实困境，易产生绿色创新的短视行为，缺乏进行绿色创新的动力[1]。消费者作为市场终端主体，其行为偏好深刻影响企业的战略决策，随着居民生活水平提升，消费者对产品的需求已不再局限于传统功能维度，绿色、安全、环保等属性正日益成为购买决策中的重要因素。研究表明，消费者对绿色产品的支付意愿显著增强，绿色消费市场空间不断扩大，为企业开展绿色创新提供重要的市场拉动力量[2,3]。因此，探究消费者绿色创新消费行为[4]的形成与扩散机制，对推动企业绿色转型、实现保护环境、推动绿色经济发展具有重要的理论与现实意义。

目前，对绿色创新驱动机制的研究已形成较为系统的框架，主要围绕三个维度展开：一是基于企业内部能力视角，强调研发投入[5]、资金配置[6]与组织文化[7]对绿色技术创新的基础作用；二是聚焦政府政策与市场需求推动作用，强调环境规制的倒逼压力[8-10]、绿色信贷的激励效能[11-12]，以及消费者绿色偏好对市场空间的拓展作用[13]；三是关注战略协同与跨主体合作，包括供应链上下游环节的协同创新[14]及产学研联动网络在破解绿色技术扩散困境中的作用[15]。在诸多外部驱动因素中，消费者绿色消费需求作为市场机制的核心载体，对企业绿色创新行为选择有着极大影响。Liu等[16]研究了消费者环保意识对供应链成员绩效的影响，发现消费者环保意识越高会使得拥有环保业务的供应链成员获得更多收益。李稚等[17]通过构建制造商与消费者参与的双方演化博弈模型，分析了消费者绿色产品接受度、政府补贴、产品价格等对制造企业绿色生产以及消费者绿色消费的影响，发现当消费者对绿色产品比较偏好时以及消费者对绿色产品的估计价值越高时企业越倾向于进行绿色生产。郑婉婷和王珍珍[18]通过解释结构模型分析得到，消费者绿

收稿日期：2025-09-21

基金项目：江西省高校人文社会科学研究项目（GL21117）；江西省教育厅科学技术研究项目（GJJ211927）

作者简介：胡启帆（1985—），女，江西南昌人，博士，副教授，研究方向为物流与供应链管理、管理决策分析、创新管理；郭二山（1998—），男，河南商丘人，硕士研究生，研究方向为绿色创新、物流与供应链管理；冯芳（2001—），女，江西九江人，硕士研究生，研究方向为物流与供应链管理。

色偏好属于供应链企业绿色技术创新的中层影响因素,应提高消费者的绿色偏好,强化供应链企业的环境保护意识。申亮等[19]基于是否考虑绿色消费意愿与财政补贴构建了三种不同的博弈模型,分析了不同财政补贴情形下绿色消费意愿对企业绿色创新的影响,认为消费者意愿是企业绿色技术创新的重要动力。刘丽娜等[20]通过对沪深A股上市公司的数据进行实证研究指出,环境、社会和公司治理表现好的企业推出的绿色创新产品因符合消费者的绿色需求,能有效提高消费者黏性;同时消费者绿色需求偏好也会推动企业围绕绿色技术、绿色产品开展创新活动。

已有研究充分肯定了绿色创新消费对企业绿色创新行为的重要作用,但较少关注绿色创新消费行为的形成与扩散机制,未充分结合消费者所处的社会关系结构进行分析。消费者行为具有明显的有限理性与社会学习特征,其决策过程受所处社交网络的影响,表现出策略模仿、同伴效应等复杂动态。因此,聚焦于绿色创新消费行为的传播机制,基于(Newman-Watts-Strogatz,NW)小世界网络构建消费者绿色创新消费演化博弈模型,模拟在政府政策与市场机制协同作用下绿色创新消费策略在消费者群体中的扩散路径与稳定状态,有助于拓展绿色创新消费研究的网络嵌入视角,深化对消费行为微观动力机制的理解,也为政府引导绿色创新消费、企业识别市场需求提供决策参考。

1 绿色创新消费的复杂网络演化博弈模型构建

1.1 网络结构

消费者的绿色创新消费行为并非孤立存在,而是受到由亲友、同事、邻里等群体构成的社交网络的影响。这种网络既存在紧密连接的"熟人圈"诸如家庭、朋友,又通过社交媒体关注、社区活动等弱连接实现跨群体信息传递,具有高聚类系数与短平均路径长度的小世界网络特征。NW小世界网络以随机加边代替随机断边重连机制,克服了经典Watts-Strogatz(WS)小世界网络采用断边重连机制导致的局限性,既可避免孤立节点的产生,又能确保消费者在维持初始社交圈的基础上,通过新增连接实现短路径特性,进而模拟现实中"新增朋友""社交媒体关注者"等对消费者决策的影响。基于此,采用NW小世界网络模型刻画消费者间的互动关系,既能体现强连接核心圈的社交影响,又能通过弱连接实现信息的高效扩散,更符合绿色创新消费行为在真实社交场景中的演化逻辑。

将消费者NW小世界网络记为$G=(V,E)$,其中点集V表示由n个消费者构成的节点集合,边集E表示消费者之间的社交连接。若$(i,j)\in E$,表示消费者i与j存在社交互动,如日常交流、信息共享等行为;若$(i,j)\notin E$,则两者无直接互动,互不影响策略选择。在网络参数设定上,初始节点数为$n=300$,网络平均度为6、重连概率$p=0.3$,随机生成消费者网络以模拟一定规模的消费群体互动。初始状态下,消费者以一定概率随机选择策略,网络中设绿色创新消费的初始比例为0.1,传统消费比例为0.9。

1.2 博弈模型

1.2.1 基本假设与参数设置

假设1:消费者均为有限理性主体,在信息不完全、认知有限的条件下进行消费决策,无法迅速做出最正确与最优的策略选择,决策过程依赖社交网络中邻居的消费行为和收益反馈,并不断对其进行模仿与学习,逐步调整自身策略,最终趋于动态演化均衡。小世界网络中所有消费者对绿色创新产品的策略选择为"购买绿色创新产品(S_1)"和"购买传统产品(S_2)"两种纯策略,策略集合为$S=\{S_1=1,S_2=0\}$。网络中任一消费者i选择绿色创新产品的概率为x,选择传统产品的概率为$1-x(x\in[0,1])$;其邻居消费者j选择绿色创新产品的概率为y,选择传统产品的概率为$1-y(y\in[0,1])$。

假设2:假设小世界网络中相连的消费者之间存在信息交流,消费者i能够感知到邻居消费者j的消费效用。在策略更新过程中,消费者i会随机选择网络中与自己相连接的某一邻居节点,并参考其消费策略进行更新;网络内所有消费者基于邻居的效用信息同步更新自身策略。

假设3:消费者无论购买绿色创新产品还是传统产品,都会从产品的基本功能中获得一定的经济效用。设消费者传统消费的经济效用为u,而绿色创新产品因价格更高,故消费者绿色创新消费的经济效用为$u-\Delta p$,其中Δp表示绿色创新产品的价格溢价。

假设4:消费者进行绿色创新消费会因环境改善而获得环境效用,从而为自己带来一定的健康收益。通常,消费者认为绿色度高的产品会对自身健康和生态环境产生积极影响,因此消费者健康收益会受到产品绿色度g与消费者绿色关切程度φ的共同影响。已有研究表明,消费者的环境行为与健康效益存在一定的转化关系[21-22],设健康转化系数

为 θ，则消费者的健康收益表示为 $\theta\varphi g$。

假设 5：由于消费者处于社交网络中，其消费决策容易受熟人消费行为的影响，且当绿色创新消费在社交圈中逐渐普及会形成“从众效应”，进而推动个体调整消费策略。因此，消费者进行绿色创新消费行为会受到社会互动的影响，当消费者 i 与邻居 j 均选择绿色创新消费进行互动时会获得一定的社会认同激励 δ。当消费者 i 选择传统消费策略，而邻居 j 选择绿色创新消费时，消费者 i 会感受到一定的心理压力 f。

假设 6：为引导绿色创新消费，政府会对选择绿色创新消费的消费者提供一定的政策支持，对其发放专项补贴 sc。

1.2.2　博弈模型构建及求解

基于上述假设，构建 NW 小世界网络中相邻两个消费者之间的演化博弈收益矩阵。每个消费者均可以选择绿色创新消费或者传统消费两种策略。以消费者 i 与邻边企业 j 为例，表 1 展示了双方在不同策略组合下进行博弈时的收益。

表 1　消费者绿色创新消费博弈收益矩阵

策略选择		消费者 j	
		绿色创新消费(y)	传统消费(1-y)
消费者(i)	绿色创新消费(x)	$u-\Delta p+\theta\varphi g+sc+\delta$ $u-\Delta p+\theta\varphi g+sc+\delta$	$u-\Delta p+\theta\varphi g+sc$ $u-f$
	传统消费(1−x)	$u-f$ $u-\Delta p+\theta\varphi g+sc$	u u

由表 1 可知，消费者 i 进行绿色创新消费与传统消费的期望收益分别为

$$E_{x_1}=y(u-\Delta p+\theta\varphi g+sc+\delta)+(1-y)\times(u-\Delta p+\theta\varphi g+sc) \tag{1}$$

$$E_{x_2}=y(u-f)+(1-y)u \tag{2}$$

消费者 i 选择绿色创新消费与传统消费的平均期望收益为

$$E_x=xE_{x_1}+(1-x)E_{x_2}=x(y(\delta+f)+\theta\varphi g+sc-\Delta p)-fy+u \tag{3}$$

同理消费者 j 选择绿色创新消费与传统消费的期望收益分别为

$$E_{y1}=x(u-\Delta p+\theta\varphi g+sc+\delta)+(1-x)\times(u-\Delta p+\theta\varphi g+sc) \tag{4}$$

$$E_{y2}=x(u-f)+(1-x)u \tag{5}$$

消费者 j 选择绿色创新消费与传统消费的平均期望收益为

$$E_y=yE_{y1}+(1-y)E_{y2}=y(x(\delta+f)+\theta\varphi g+sc-\Delta p)-fx+u \tag{6}$$

由上述公式可得消费者 i 与消费者 j 选择绿色创新消费策略的复制动态方程为

$$\begin{cases}F(x)=x(1-x)(sc-\Delta p+fy+\delta y+\theta\varphi g)\\F(y)=y(1-y)(sc-\Delta p+fx+\delta x+\theta\varphi g)\end{cases} \tag{7}$$

1.3　演化规则及仿真步骤

消费者策略更新基于局部模仿与收益驱动机制。基于有限理性假设，采用 Fermi 过程作为更新规则，通过引入噪声参数 k 刻画消费者因情感偏好、消费习惯等非理性因素导致的决策偏差。具体而言，当消费者 i 更新策略时，随机选择 1 个邻居 j 进行效用比较，其模仿邻居策略的概率由 Fermi 函数确定：$P(i\leftarrow j)=\frac{1}{1+e^{[(U_i-U_j)/k]}}$。其中，$U_i$ 和 U_j 分别表示消费者 i 与邻居 j 的累计效用，包含基础效用、环保效用及社会影响效用；$k\geqslant 0$ 为噪声参数，用于刻画决策过程中非理性程度。

结合 NW 小世界网络的特性与消费者策略互动规律，仿真步骤设计如下：第一步，构建初始小世界网络并初始化参数。按设定随机生成消费者网络；同时初始化博弈参数包括基础效用、环保效用系数、政府补贴等，并为每个节点随机分配初始策略即绿色创新消费或传统消费，给定初始绿色创新消费比例。第二步，计算初始效用。网络中所有节点与各自邻居进行首轮博弈，根据不同的策略组合计算相应的效用，每个节点的总效用为与所有邻居互动的效用之和。第三步，同步更新策略。所有节点随机选取 1 个邻居进行效用比较，按 Fermi 规则计算模仿概率并更新策略。第四步，重复迭代。按重复执行第二步和第三步，记录每轮绿色创新消费策略的比例，直至该比例趋于稳定或达到最大迭代次数，终止仿真。

2　数值模拟与仿真分析

2.1　初始参数设置及策略选择

基于已构建的 NW 小世界网络演化博弈模型，探究各参数变化对小世界网络中消费者绿色创新消费采纳比例的影响。通过 python 来模拟绿色创新消费策略选择的动态变化过程，结合上文假设条件，并参考文献[23-25]中博弈模型的数值模拟参数，设定模型参数的初始值如表 2 所示。在最终的演化结果图中，x 轴为演化次数，y 轴为网络中消费者采纳绿色创新消费策略的比例，且在讨论某一参数对结果的影响时，保持其他参数的初始值不变。

表 2　各博弈参数初始值

u	Δp	θ	φ	g	sc	δ	f
2	3	0.5	1.5	3	0.7	0.3	0.3

为更直观地观察 NW 小世界网络中各个消费者的初始状态,给出博弈开始前消费者的初始状态与策略选择。在 300 个节点组成的 NW 小世界网络中,消费者选择绿色创新消费的初始比例为 0.1,最终在网络中各节点初始状态如图 1 所示。其中,绿色节点代表消费者选择绿色创新消费策略,黑色节点代表消费者选择传统消费策略。

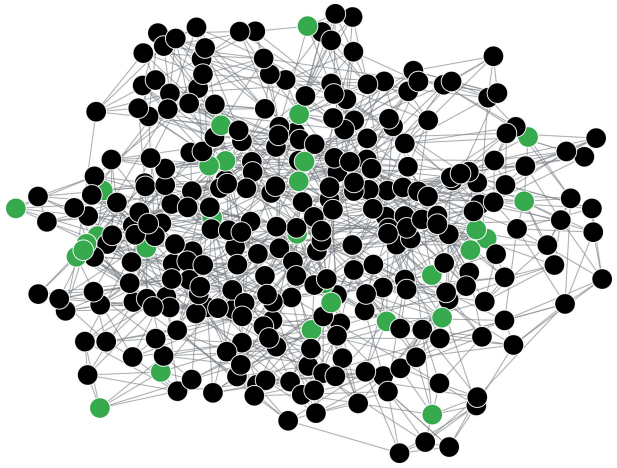


图 1　博弈前消费者初始状态

2.2　不同博弈参数对绿色创新消费的影响

2.2.1　绿色创新产品价格溢价的影响

绿色创新产品价格溢价是影响绿色创新消费的关键因素,如图 2 所示,并且敏感度较高。其直接影响消费者的经济效用($u-\Delta p$),当溢价水平 Δp 较低时,尽管绿色创新产品价格稍高,消费者仍可通过其带来的环境效用与社会效用感知到一定的经济效用,此时健康收益与社会互动激励在扩散中起到关键作用,推动绿色创新消费策略能够快速扩散开;当价格溢价 Δp 增大到一定程度时,绿色创新消费行为迅速衰退,这是因为在较高的价格溢价下,消费者对经济效用的感知偏离了心理的参照点,初期采纳绿色创新消费策略的消费者在与邻居的传统消费博弈中处于劣势,从而导致其更偏向于传统消费,导致绿色创新策略无法扩散甚至完全退出市场。因此较低的价格溢价有助于促进绿色创新消费行为的普及,而过高的价格溢价则会阻碍该行为的扩散。

同时,为了更直观地观察出绿色创新消费策略在 NW 小世界网络消费群体中的演化过程与消费

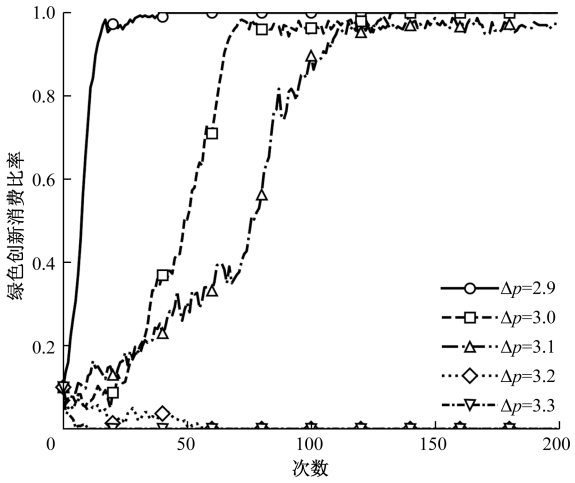


图 2　价格溢价的演化结果

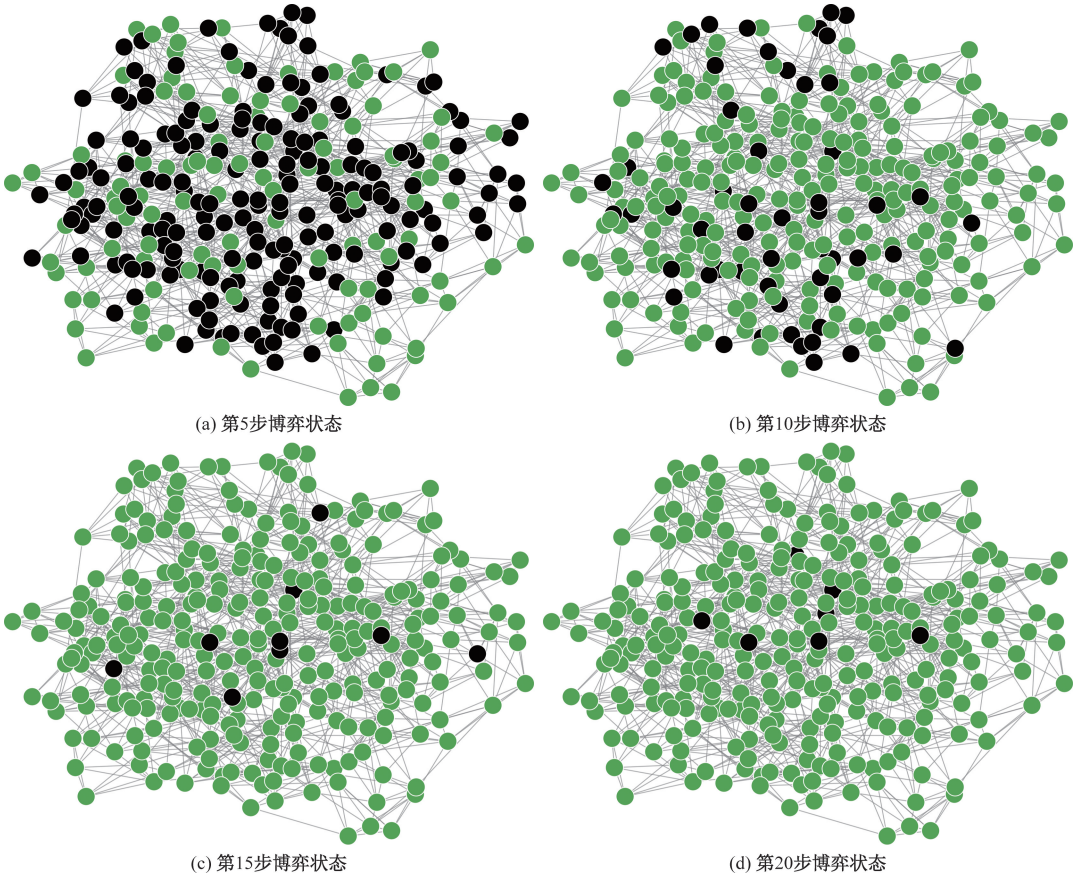
者的演化状态,给出绿色创新产品价格溢价第一组参数在小世界网络演化博弈过程中第 5、10、15、20 步的演化结果,如图 3 所示。

2.2.2　健康转化系数的影响

健康转化系数越高,表明消费者越能意识到绿色创新产品对自身健康的积极影响,其购买意愿也越强。如图 4 所示,当健康转化系数较低时,消费者感知的健康效益有限,无法弥补价格溢价带来的经济效用损失,导致绿色创新消费策略无法扩散,最终消费者更倾向选择传统产品。随着健康转化系数的提高,健康效益已经能够显著抵消价格溢价,绿色创新消费策略迅速扩散并最终覆盖整个网络,表明较高的健康转化系数能加速绿色创新消费扩散。

2.2.3　产品绿色度的影响

由于健康收益随产品绿色度线性增加,当产品绿色度水平较低时,其带来的健康效益无法抵消绿色创新产品的价格溢价,导致消费者对绿色创新产品的综合效用感知为负,此时,传统消费策略为占优策略。小世界网络所具备的高集聚系数与短平均路径长度特征,进一步加速了传统策略扩散。当产品的绿色度处于中高水平时,健康收益提升的边际效益能够弥补价格溢价带来的经济损失,消费者通过绿色创新消费获得的正效用,首先在强连接的社交关系中形成局部扩散,又通过弱连接加速这一趋势向全局扩散,如图 5 所示。当产品绿色度不足时,绿色创新只是浮于形式,难以激发绿色创新消费动力,而较高的绿色度,能够推动绿色创新消费在全网络中快速扩散。但高绿色度在促进绿色创新消费扩散的同时,也会显著



(a) 第5步博弈状态　(b) 第10步博弈状态

(c) 第15步博弈状态　(d) 第20步博弈状态

图 3　第一组参数随时间演化结果

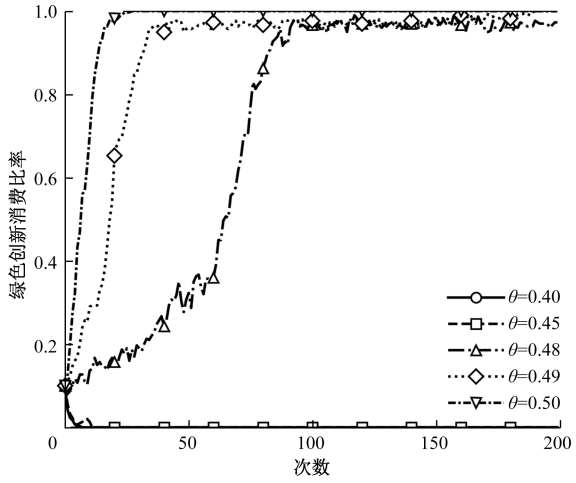


图 4　健康转化系数的演化结果

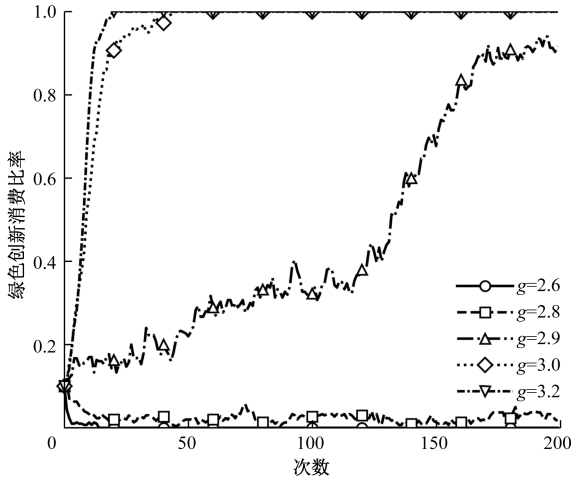


图 5　产品绿色度的演化结果

增加企业绿色创新成本，反而抑制企业绿色创新的动力。

2.2.4　绿色创新产品补贴的影响

当环境健康效益与社会认同效用不高的情形下，补贴不足会使得绿色创新产品的价格溢价带来的经济损失无法被有效抵消，导致初期少量绿色消费者因收益劣势逐渐放弃该策略。随着补贴强度逐渐增大，绿色创新消费比例呈现先波动上升后稳定收敛的趋势，如图 6 所示。补贴增强显著提升了绿色创新产品的效用优势，推动了绿色创新消费群体的扩大，从众效应逐渐主导决策，最终实现全网络扩散。

2.2.5　社会认同激励系数的影响

当没有社会认同激励时，消费者进行绿色创新产品消费的收益仅依赖于包括政府补贴在内的经

济效用和健康效用,但由于价格溢价的抵消作用,其综合收益通常低于传统产品,网络中初始少量绿色消费者无法通过社交互动传递优势,最终被传统消费策略取代。随着社会认同激励的逐步增加,绿色创新消费比例在震荡中逐渐上升并趋于稳定,尽管仍有一小部分消费者因传统产品的短期经济优势暂未转变,但随着绿色创新消费策略的社交收益逐步凸显,并与健康效用、政府补贴形成叠加优势加速了策略从局部到全局的扩散,如图 7 所示。

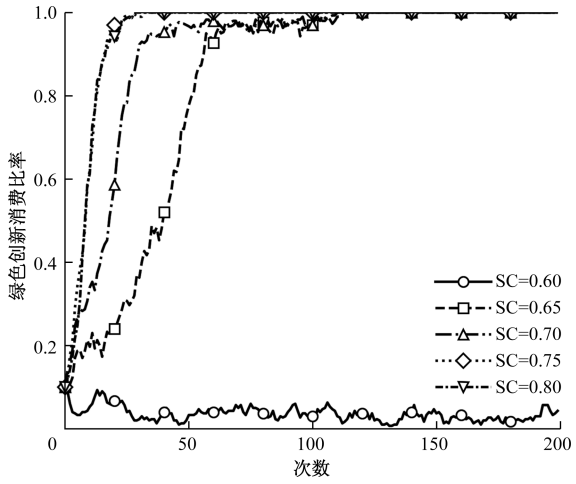


图 6　产品补贴的演化结果

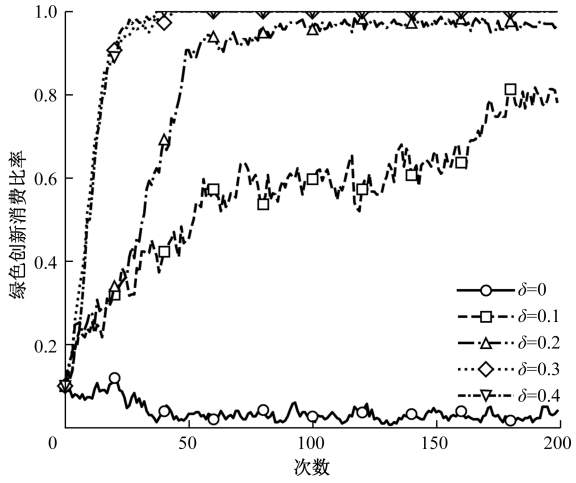


图 7　社会认同激励的演化结果

2.2.6　心理压力的影响

当消费者选择传统产品无须承担任何心理成本时,绿色创新消费因价格溢价等因素逐渐被取代,在缺乏社会规范约束时传统消费将成为优势策略。随着心理压力逐渐增强时,绿色创新消费比例呈现由衰退到完全扩散的转变,表明适度的心理压力可推动绿色创新消费成为主流选择,如图 8 所示。但扩散初期,受传统消费习惯与绿色创新消费间博

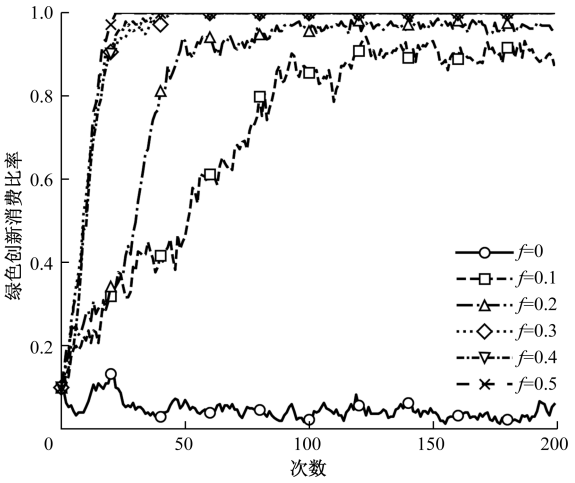


图 8　心理压力的演化结果

弈的影响,仍存在小比例的传统消费策略,但随着心理压力强度的提升,其约束作用逐渐增强,传统消费策略会因违反社会规范的心理作用被逐渐淘汰。相较于社会认同激励,心理压力对消费行为的影响更显著,消费者对因不遵守社会规范而产生的心理损失的敏感度,高于对因遵守规范而获得额外收益的敏感度。

3　结论与建议

本文通过构建 NW 小世界网络下的消费者演化博弈模型,结合 Fermi 策略更新规则进行了多因素仿真实验,系统分析了社交网络中绿色创新消费行为的扩散规律及其影响因素,得到以下主要研究结论。

(1)价格溢价是影响消费者决策的核心敏感因素,在溢价水平较低时,绿色创新消费可通过健康效益与社会效用实现扩散,而当价格溢价较高时,会因经济效用劣势导致绿色创新消费行为衰退。

(2)在健康与产品属性方面,健康转化系数与产品绿色度通过健康收益机制影响消费选择,两者均需要达到一定阈值才能抵消价格溢价带来的负面影响。

(3)补贴能提升绿色创新产品的效用优势,推动绿色创新消费群体的扩大。

(4)在社交互动机制中,社会认同激励通过正向社交反馈促进绿色创新消费扩散,而心理压力则作为负向约束机制,其影响比社会认同更显著,两者结合可降低扩散门槛,加速从个体选择到群体规范的转变。

基于 NW 小世界网络下绿色创新消费行为的演化规律与仿真结论,提出以下对策建议。

(1)通过协同控价解决价格溢价约束。企业可与供应链上下游企业组建绿色创新联盟聚焦绿色创新技术研发与提高技术成熟度来降低单位产品成本,并通过联盟进行规模化集中采购与生产进一步降低绿色创新技术的应用成本。

(2)通过价值传递来强化健康与绿色属性。主动披露产品绿色数据或委托第三方检测报告以证实产品对环境与健康的积极影响,并在产品标识中明确绿色等级,使抽象的绿色属性转化为可感知的量化指标。建立健全统一的绿色创新产品认证标准,遏制假冒产品对市场消费的干扰。

(3)推行阶段补贴策略,实现从政策推动向市场驱动转化。在市场初期,绿色创新产品溢价高,市场绿色创新消费比例低,需要较高强度补贴快速扩大绿色消费群体规模。市场成长期逐步降低补贴额度转而通过"绿色消费补贴","碳账户"等市场手段激励消费。市场成熟期绿色创新消费成为主流选择,可退出补贴转而通过征收传统环境税,披露传统产品环境数据等来提高传统消费的机会成本,提高绿色创新消费的优势地位。

(4)借助社交网络赋能,融合正向激励与负向约束加速群体行为转变。利用小世界网络的高聚类特性,建立"绿色社群",鼓励消费者分享绿色创新产品使用体验,提升社会认同收益;针对弱连接群体,开展跨社区、跨行业的绿色主题交流活动,缩短社会认同的传递路径,推动消费行为从局部到全局网络的扩散。同时通过权威渠道披露传统消费的环境负外部性,重塑消费者认知,适当增强传统消费的心理约束,强化绿色创新消费的社会规范。

参考文献

[1] 张江雪,张力小,李丁. 绿色技术创新:制度障碍与政策体系[J]. 中国行政管理,2018(2):153-155.

[2] DE MEDEIROS J F, RIBEIRO J L D, CORTIMIGLIA M N. Influence of perceived value on purchasing decisions of green products in Brazil[J]. Journal of Cleaner Production, 2016, 110: 158-169.

[3] WEI S, ANG T, JANCENELLE V E. Willingness to pay more for green products: the interplay of consumer characteristics and customer participation[J]. Journal of Retailing and Consumer Services, 2018, 45: 230-238.

[4] 盛光华,林政男. 消费者绿色创新消费行为意向驱动机制研究[J]. 南京工业大学学报(社会科学版),2019,18(4):51-60.

[5] 汪明月,李颖明. 政府市场规制、产品消费选择和企业绿色技术创新[J]. 管理工程学报,2021,35(2):44-54.

[6] 刘洪彬,于桂娥. 环境管制与企业技术创新:资金配置中介作用综述[J]. 生产力研究,2021(9):74-77.

[7] 王丽强,秦芬,米捷. 创新网络中制造企业的绿色创新知识共享行为演化博弈[J]. 技术与创新管理,2024,45(4):382-390.

[8] 周云波,段懿恒,黄杏子. 环境规制下企业绿色技术创新行为研究:实质性抑或策略性?[J]. 经济与管理研究,2025,46(1):124-144.

[9] CAI X, ZHU B, ZHANG H, et al. Can direct environmental regulation promote green technology innovation in heavily polluting industries? evidence from Chinese listed companies[J]. Science of the Total Environment, 2020, 746: 140810.

[10] 赖永剑,苗菁芸,严深润,等. 环境规制对城市异质性绿色技术创新的影响——基于"水十条"政策实施的实证分析[J]. 南昌工程学院学报,2025,44(2):84-90.

[11] 黄晓琪,宋敏,李虎. 绿色信贷政策的绿色治理效应:基于中国工业企业的研究[J]. 中国软科学,2024(10):142-152.

[12] 赵公民,孔婷婷. 绿色信贷对绿色技术创新效率的影响[J]. 科技和产业,2022,22(12):47-52.

[13] 罗清天,朱宗元. 绿色低碳发展参与主体的演化博弈均衡及其影响因素研究[J]. 中央财经大学学报,2025(8):108-125.

[14] 卜伟,王雅婧,闫中意. 供应链联动下企业数字化的绿色创新外溢效应[J]. 南京财经大学学报,2024(2):78-88.

[15] 苏涛永,王柯,孟丽. 产学研协同对绿色技术创新的影响——专业相关度、行业联盟和政府参与的调节效应[J]. 科学学与科学技术管理,2025,46(6):46-62.

[16] LIU Z L, ANDERSON T D, CRUZ J M. Consumer environmental awareness and competition in two-stage supply chains[J]. European Journal of Operational Research, 2012, 218(3): 602-613.

[17] 李稚,刘晓云,彭冉. 考虑消费者接受度的制造业绿色生产与绿色消费博弈分析[J]. 软科学,2021,35(6):132-138.

[18] 郑婉婷,王珍珍. 供应链企业绿色技术创新行为的驱动机制[J]. 福建技术师范学院学报,2023,41(5):641-648.

[19] 申亮,林飞,王玉燕,等. 财政补贴、绿色消费意愿与企业绿色创新[J]. 山东大学学报(理学版),2025,60(6):76-88.

[20] 刘丽娜,张庆鑫,马亚民. 企业ESG表现影响现金流风险吗?——基于中国上市公司的实证研究[J]. 金融理论与实践,2025(6):79-90.

[21] 朱晋立,林笑秋,邵宏睿,等. 福州国家森林公园游憩者场所感知与环境行为对健康效益评估的影响[J]. 浙江农林大学学报,2024,41(3):634-643.

[22] SHEN J, ZHANG S, ZHAO M, et al. Improving cost-benefit analyses for health-considered climate mitigation policymaking[J]. Nature Climate Change, 2025, 15:

709-718.

[23] 陈恒,彭程,郭爽,等. 基于复杂市场网络绿色技术创新扩散的两阶段演化分析[J]. 中国管理科学,2024,32(3):135-144.

[24] 李婉红,李娜. 基于复杂网络的制造企业智能化转型动态博弈及仿真——考虑政府与消费者的驱动效应[J]. 软科学,2022,36(3):39-47.

[25] 王璐,马庆庆,杨劼,等. 基于复杂网络演化博弈的绿色消费者对新能源汽车扩散的影响研究[J]. 中国管理科学,2022,30(4):74-85.

Evolutionary Game Analysis of Green Innovation Consumption Based on Complex Networks

HU Qifan, GUO Ershan, FENG Fang

(School of Business Administration, Jiangxi University of Water Resources and Electric Power, Nanchang 330099, China)

Abstract: Green innovation consumption serves as a pivotal force in driving corporate green innovation transformation, thereby facilitating environmental protection and sustainable economic growth. To address the lack of motivation among enterprises resulting from the dual positive externalities of innovation and environmental benefits, an evolutionary game model of green innovation consumption was constructed based on NW small-world networks, aiming to explore its formation and diffusion mechanisms. Simulations were performed using Python to analyze the influencing factors. The results indicate that the green price premium is a core sensitive factor influencing consumer decision-making. Health benefits and product greenness must reach a certain threshold to drive the diffusion of green innovation consumption. Government subsidies play a significant role in the initial stages but can be gradually phased out in later stages. Both social identity and psychological pressure can effectively promote the diffusion of green innovation consumption, with the latter having a more pronounced impact. Finally, countermeasures and suggestions to promote green innovation consumption are proposed from four aspects such as collaborative price control, value communication, policy regulation and social empowerment.

Keywords: complex networks; green innovation consumption; evolutionary games