

异质性环境规制政策合力与企业绿色技术创新的演化博弈分析

卞晨¹ 初钊鹏^{2,3} 孙正林¹ 王晗²

¹ (东北大学工商管理学院, 沈阳 110819) ² (东北大学文法学院, 沈阳 110819)

³ (东北大学秦皇岛分校经济学院, 秦皇岛 066004)

【摘要】 企业绿色技术创新是驱动产业结构优化调整以实现“双碳目标”的重要保障,但是创新活动的外部性特征往往导致企业创新的内在激励不足。本文研究旨在探索政府干预形成正式与非正式环境规制两种政策合力促进企业绿色技术创新的外部激励机制,为此,构建了一个居民环境保护参与行为的“搭便车”博弈模型,在引入政府激励机制基础上进一步构建了政府、企业和公众三方非合作演化博弈模型。研究发现,正式与非正式环境规制政策执行中也存在因规制成本高于收益导致的互相“搭便车”问题,造成规制失灵。政府提高公众参与环境保护行为的奖励力度以补偿公众成本是政策合力形成的关键,而政府规制执行中监管强度的差异则直接决定了政策合力促进企业创新效果的优劣,表现为严格监管时政策效果优于宽松监管。进一步对促进企业绿色技术创新的政策合力路径进行优化时发现,非正式环境规制力度增强和“减税降费”政策具有优化政府财政支出结构、增强环境政策工具组合弹性的帕累托改进效果。

【关键词】 政策合力 正式环境规制 非正式环境规制 绿色技术创新 演化博弈 监管强度

DOI: 10.3969/j.issn.1004-910X.2022.05.002

【中图分类号】 F204; F124.3 **【文献标识码】** A

引言

2021年作为中国“十四五”规划开局之年,《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》明确提出,应该坚持创新在我国现代化建设中的核心地位,强化国家战略科技力量,实现绿色发展。为实现这一愿景,必须通过绿色技术创新的方式驱动产业结构优化调整,以实现“双碳”目标。但是,绿色技术创新由于兼具环境和创新的双重正外部性,其公共物品属性会导致市场失灵^[1],必须通过政府干预才能实现外部激励与社会福利改善^[2]。实践中,政府干预企业供给绿色创新公共物品措施,通过正式环境规制政策激励污染企业进行绿色技术创新^[3];出台相关法律、法规,完善社会团体、媒体以及公众环境治理参与渠道,激励公众积极参与环境治理,形成对企业环境行为约束的非正式环境规制,倒逼企业绿色技术创

新转型^[4]。

从理论上来说,不同环境规制政策只有相互配合才有利于提高政策实施效率,更有利实现帕累托最优状态^[5],对正式与非正式环境规制配合以形成规制合力促进企业绿色技术创新的研究,实际上是对《关于构建现代环境治理体系的指导意见》提出的构建政府主导、企业主体、社会组织和公众共同参与的现代环境治理体系的积极探索。高志刚和李明芯^[6]认为由于正式与非正式环境规制和环境保护目标的一致性会使二者产生协同效应。郑晓舟等^[7]认为正式与非正式环境规制的协同效应体现在两方面:(1)地方政府在政治晋升激励下仍会权衡经济与环境绩效,需要公众对正式环境规制的执行进行监督,通过非正式规制的力量促进正式环境规制的有效执行;(2)正式环境规制的执行能够提升公众环保意识,有助于非正式环境规制力量的形成。

收稿日期: 2021-01-17

基金项目: 国家社会科学基金一般项目“空间正义视域下京津冀协同发展的城市群治理研究”(项目编号: 17BJY054)。

作者简介: 卞晨,东北大学工商管理学院博士研究生。研究方向: 区域科学和政策仿真。初钊鹏,通讯作者,东北大学文法学院教授,博士,博士生导师,东北大学秦皇岛分校经济学院院长。研究方向: 公共治理、资源环境经济与政策。孙正林,东北大学工商管理学院教授,博士,博士生导师。研究方向: 农林经济管理。王晗,东北大学文法学院硕士研究生。研究方向: 绿色信贷与环境规制政策仿真。

但是正式与非正式环境规制的政策合力的形成在实践中却存在一定困境,因为正式环境规制的执行过程常面临“政府失灵”问题,非正式规制也常因公众主体的“集体行动困境”而面临失灵。正式环境规制执行中存在的“政府失灵”问题源于中国情景下的“央地分权”与“政治晋升锦标赛”^[8],为解决正式环境规制执行中的地方政府失灵问题,中央政府出台了一系列考核地方官员“生态环境绩效”的政策文件,目的是通过改变地方官员晋升考核制度,使地方政府将环境保护纳入自身利益最大化的函数中,实现经济增长与环境保护的统一。吕凯波^[9]研究发现,将生态文明纳入官员政绩考核体系能够引导县级官员特别是“一把手”行为的作用,这表明十八届三中全会后中共中央提出的新干部考核评价制度能够有效起到激励作用。中央政府对地方政府政绩考核方式的改变使正式环境规制的落实与地方政府官员政治晋升的利益最大化目标得到激励相容,地方政府具有了激励公众参与环境监督保护的动机,使正式与非正式环境规制政策合力的形成存在可能。同样,非正式环境规制失灵问题也只有在获得有效激励的情况下才能得到解决。具体分析可知,从集体行动的角度看,公众是利益集合体,内部存在利益竞争,并且由于利益诉求差异,使公众在“集体利益”与“私人利益”选择时,往往选择“私人利益”,故削弱了公众追求共同利益的能力,陷入集体行动困境^[10]。另外,公众作为有限理性的个体,是否参与环境治理也会进行成本收益比较,公众参与环境治理成本主要包括现金物质成本、搜寻信息的成本以及心理成本等,参与收益则为从参与环境治理中得到的幸福感、环境质量改善以及政府奖励等经济与感知收益^[11],公众是否选择参与,完全取决于自身的“成本收益比较”,说明在缺乏有效激励的情况下,“搭便车”是公众的理性选择而非正式环境规制必然失灵。

央地两级政府激励公众参与环境治理以形成双重环境规制促进企业绿色技术创新的过程实际上是政府、公众与企业三方主体面对其它主体策略选择的最优反应演化调整过程,这个演化调整过程可以放入三方演化博弈框架进行探讨。学界目前不乏基于演化博弈视角研究绿色创新公共物品供给中政府、企业与公众关系的文献。曹霞和张路蓬^[12]构建了政府、企业及消费者演化博弈模型,认为公众在绿色创新中至关重要,消费者对

绿色产品需求将直接影响企业的绿色创新活动及企业绩效;另外,公众是环境污染的受害者,通过自发维权抗争,倒逼企业进行绿色技术创新以降低污染,柳歆和孟卫东^[13]将公众参与作为外生变量引入了中央政府与地方政府环境保护的演化博弈模型,分析了公众参与下双方环境保护策略选择,汪明月和李颖月^[14]则构建了由政府、企业和消费者组成的绿色创新系统演化博弈模型,分析了多种情况下参与主体策略选择对系统演化均衡的影响过程,并借助系统动力学仿真方法模拟论证。通过文献梳理发现,目前基于博弈视角探讨绿色技术创新的外部性激励机制还存在一些不足:(1)上述文献主要致力于政府或公众单一视角下与企业污染减排的策略互动,缺少基于政策合力的视角对正式与非正式环境规制促进企业绿色技术创新的研究;(2)上述文献忽视对非正式环境规制发挥效果的必要条件的讨论,即破解公众参与的“集体行动困境”;(3)上述文献忽视对异质性政府监管方式效果的研究及政策评价;(4)大部分文献的仿真模拟都是基于演化稳定点实现条件出发进行参数敏感性分析,对于真实情景参数赋值下,正式与非正式规制激励企业创新过程中协同机制及政策路径的研究较少。

区别于既往研究,本文的贡献在于基于“集体行动”视角引入了一个非正式环境规制失灵的“搭便车”博弈模型,探讨了政府激励机制对于非正式环境规制发挥作用的重要性。在此基础上,基于环境规制与企业创新理论,将正式与非正式环境规制纳入同一研究框架,从政府干预形成正式环境规制与非正式环境规制政策合力促进企业绿色创新视角建立三方演化博弈模型。基于真实情景下的政策模拟,讨论了异质性政府监管方式下政策合力促进企业绿色技术创新的政策路径并进行了政策评价,为构建政府主导、企业主体、社会组织和公众共同参与的现代环境治理体系提供了政策建议。

1 公众参与环境保护的“搭便车”模型

为了便于分析,考虑一个由两居民构成的环境行为“搭便车”模型。假设一个生产制造企业因未采取污染物净化措施对当地两户居民造成了财产以及生命健康损失 W 元,每户居民承担损失 $0.5W$ 元。当不考虑政府对居民的激励时,存在如下情形:情形1,若两户居民联合起来向污染企

业抗议,企业向居民赔偿 $0.5(W+C)$ 元,其中, C 是调查取证以及维权所需成本,平均每户居民需要付出成本 $0.5C$ 元,每户居民净收益为0元。情形2,其中一户居民选择“搭便车”,另外一户居民选择“参与”,则两户居民均获赔偿金 $0.5(W+C)$ 元,但参与居民需独自承担维权成本 C ,搭便车居民则不需要付出任何成本。那么,参与居民净收益是 $-0.5C$,而搭便车居民则获得收益 $0.5C$ 。情形3,两户居民都选择“搭便车”,那么两户居民都要承担 $0.5W$ 的损失。当考虑政府对居民的激励效应时,假设政府对选择“参与”公众的奖励值为 $0.6C$,即比公众搭便车所得收益高出一个边际值。根据上述情景描述,双方围绕环境保护博弈的支付矩阵如表1所示。

表1 公众环境保护搭便车行为支付矩阵

居民1	居民2	
	参与	搭便车
参与	$(0,0)$	$[0.6C, 0.6C], (-0.5C, 0.5C)$
搭便车	$(0.5C, -0.5C)$	$[0.5C, 0.1C], (-0.5W, -0.5W)$

注:小括号内的值为未引入政府激励的收益函数,中括号内的值为引入政府激励的收益函数。

根据表1,当居民1选择“参与”策略进行维权抗争时,“搭便车”策略为居民2的上策均衡,当居民1选择“搭便车”策略时,居民2可能会选择参与,也可能选择搭便车,这取决于 C 与 W 的相对值大小,若调查取证以及维权所需成本大于财产以及生命健康损失,那么居民2也选择搭便车,此时两户居民陷入“囚徒困境”,若调查取证以及维权所需成本小于财产以及生命健康损失,那么居民2选择参与,纳什均衡解为(搭便车,参与)。但是,现实中,难以出现(搭便车,参与)的纳什均衡解,因为企业造成的污染损失都是呈区域性的,单个居民有理由相信,即使缺少了自己,其它利益受损的人联合起来维权的效果也并不会差,“搭便车”才是理性选择。说明了当选择“个体理性”收益高于选择“集体理性”收益时,公众参与环境保护面临“集体行动困境”。但是,政府激励机制的引入会改变公众成本收益的预期,影响公众策略选择,打破公众参与的“囚徒困境”。

2 三方演化博弈模型构建

演化博弈参与方政府(环保部门、司法部门和财政部门等部门)、企业和公众记作 G 、 E 、 P 3类种群,分别对应策略是政府{严格监管,宽松监管}、企业{绿色生产,污染生产}和公众{积极参与,消极参与}。在时刻 t ,“严格监管”的政府比例为 $x(t)$,”绿色生产”的企业比例为 $y(t)$,”积极参与”的公众比例为 $z(t)$,并满足 $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$ 。

假设1:“正式环境规制”工具包括创新专项补贴与环境税收,专项补贴资金于企业创新活动前下拨,以克服企业技术创新启动资金困难。为保证正式规制工具效果,政府会对企业进行监管。当政府“严格监管”时,若企业“绿色生产”,则补贴资金 J 归企业所有,且被征收较低环境税 F_1 ,若企业“污染生产”,补贴会被政府追回,被征收较高环境税 F_2 。当政府“宽松监管”时,若企业“绿色生产”,仍可获得补贴 J ,以概率 β 被征收环境税 F_1 ,若企业“污染生产”会存在“骗补”可能性,将以概率 $1-\beta$ 获得 J ,以概率 β 被征收环境税 F_2 ;政府监管成本为 C_1 。

假设2:政府为引导公众积极参与环境治理,以期形成对企业环境行为的“非正式规制”,会对“积极参与”的公众进行现金奖励,奖励金额的上限为 Q 。在政府激励下,选择“积极参与”的公众会付出 C_3 的调查成本,公众基于调查参与环评、通过新闻媒体报道以及网上曝光会给企业绿色生产行为带来“声誉收益”,给企业污染生产行为造成“声誉损失”。然而,公众收益同样受到企业行为影响,当企业“绿色生产”时,公众会获得环境质量改善的净收益 Δ ,当企业“污染生产”时,会给公众造成 W 的生命健康损失。当公众生命健康遭受损失时,选择“积极参与”的公众会基于调查向政府部门举报,企业会被政府处以 T 的行政罚款,还会通过仲裁、诉讼的方式维权,获得 H 的维权收益,维权成本为 C_4 。但是,当公众“消极参与”时,由于没有付出成本调查,则只能“容忍”企业的污染行为,面对企业侵权行为不会进行维权。

假设3:企业若“绿色生产”,则会进行绿色技术创新活动,企业创新行为会给政府与公众带来环境质量改善的净收益 Δ ,为企业带来创新的经济绩效 R_1 ,绿色技术创新成本为 C_2 。此时,企业会得到政府的专项补贴资金 J ,被征收金额 F_1

的环境税,若公众“积极参与”,企业还会获得声誉收益 R_2 ;企业若“污染生产”,则不会进行创新。若政府“严格监管”,企业会被征收金额 F_2 的环境税,若政府“宽松监管”,则以 β 的概率被征收环境税 F_2 ,以 $1-\beta$ 的概率得到专项补贴

资金。若公众“积极参与”,企业会被政府处以 T 的行政罚款,并且赔付公众 H ,并且遭受 R_2 的声誉损失。若公众“消极参与”,则企业不会被处以罚款、进行赔付并遭受声誉损失,这意味着“非正式规制”失灵。

表2 政府、企业和公众收益支付矩阵

政府(G)	企业(E)	公众(P)	
		积极参与(z)	消极参与(1-z)
严格监管 (x)	绿色生产 (y)	$[F_1+tR_1+\Delta-J-Q-C_1, J+(1-t)R_1+R_2-F_1-C_2, Q+\Delta-C_3]$	$[F_1+tR_1+\Delta-J-C_1, J+(1-t)R_1-F_1-C_2, \Delta]$
	污染生产 (1-y)	$[T+F_2-Q-C_1, -H-R_2-F_2-T, Q+H-W-C_3-C_4]$	$[F_2-C_1, -F_2, -W]$
宽松监管 (1-x)	绿色生产 (y)	$[\beta F_1+tR_1+\Delta-J-Q-\beta C_1, J+(1-t)R_1+R_2-\beta F_1-C_2, Q+\Delta-C_3]$	$[\beta F_1+tR_1+\Delta-J-\beta C_1, J+(1-t)R_1-\beta F_1-C_2, \Delta]$
	污染生产 (1-y)	$[T+\beta F_2-Q-\beta C_1-(1-\beta)J, (1-\beta)J-H-R_2-\beta F_2-T, Q+H-W-C_3-C_4]$	$[\beta F_2-(1-\beta)J-\beta C_1, -\beta F_2+(1-\beta)J, -W]$

3 演化博弈均衡分析

设 U_c 为“严格监管”策略期望收益, $U_{\bar{c}}$ 为政府“宽松监管”策略期望收益, \bar{U}_c 为政府的平均期望收益, 则:

$$U_c = yz[F_1+tR_1+\Delta-J-Q-C_1] + y(1-z)[F_1+tR_1+\Delta-J-C_1] + (1-y)z(T+F_2-Q-C_1) + (1-y)(1-z)(F_2-C_1) \quad (1)$$

$$U_{\bar{c}} = yz(\beta F_1+tR_1+\Delta-J-Q-\beta C_1) + y(1-z)(\beta F_1+tR_1+\Delta-J-\beta C_1) + (1-y)z[T+\beta F_2-Q-\beta C_1-(1-\beta)J] + (1-y)(1-z)[\beta F_2-(1-\beta)J-\beta C_1] \quad (2)$$

政府进行策略选择时的平均支付为:

$$\bar{U}_c = xU_c + (1-x)U_{\bar{c}} \quad (3)$$

综上, 政府进行策略选择时的复制动态方程为:

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x(U_c - \bar{U}_c) = x(1-x)[(1-\beta)(F_2+J-C_1) - (1-\beta)(F_2+J-F_1) \cdot y] \quad (4)$$

同理分别得到企业和公众策略选择的复制动态方程。

企业、银行与政府3个单种群复制动态方程构成三维动力系统(I):

$$(I) = \begin{cases} \frac{dx}{dt} = x(1-x)[(1-\beta)(F_2+J-C_1) - y(1-\beta)(F_2+J-F_1)] \\ \frac{dy}{dt} = y(1-y)[-C_2+\beta(F_2-F_1+J) + (1-t)R_1 + x(1-\beta)(F_2-F_1+J) + z(2R_2+T+H)] \\ \frac{dz}{dt} = z(1-z)[-C_3-C_4+H+Q+y(C_4-H)] \end{cases} \quad (5)$$

为了简化运算, 令:

$$a = (1-\beta)(F_2+J-C_1)$$

$$b = (1-\beta)(F_2+J-F_1)$$

$$c = -C_2+\beta(F_2-F_1+J) + (1-t)R_1$$

$$d = 2R_2+T+H$$

$$e = -C_3-C_4+H+Q$$

$$f = C_4-H$$

根据 Lyapunov 稳定性理论, 雅可比矩阵的特

征值可以确定平衡点的渐近稳定性^[15]。表3总结了系统(I)的8个纯策略平衡点的特征值和渐进稳定性条件。

4 参数赋值来源

演化博弈模型需要校准初值的参数包括博弈参与各方的成本以及收益, 其中 C_2 和 F_2 是主要参数, 其余参数可根据与主要变量的关系确定。 C_2 是企业绿色技术创新成本, 根据《中国统计年

表3 系统(I)平衡点的特征值及渐近稳定性条件

平衡点	特征值			渐近稳定性条件
$E_1(0,0,0)$	a	c	e	$a<0, c<0, e<0$
$E_2(0,0,1)$	a	$c+d$	$-e$	$a<0, c+d<0, -e<0$
$E_3(0,1,0)$	$a-b$	$-c$	$e+f$	$a-b<0, -c<0, e+f<0$
$E_4(1,0,0)$	$-a$	$b+c$	$e+f$	$-a<0, b+c<0, e+f<0$
$E_5(1,1,0)$	$b-a$	$-b-c$	$e+f$	$b-a<0, -b-c<0, e+f<0$
$E_6(1,0,1)$	$-a$	$c+b+d$	$-e$	$-a<0, c+b+d<0, -e<0$
$E_7(0,1,1)$	$a-b$	$-c-d$	$-e-f$	$a-b<0, -c-d<0, -e-f<0$
$E_8(1,1,1)$	$b-a$	$-c-b-d$	$-e-f$	$b-a<0, -c-b-d<0, -e-f<0$

鉴2019》，采用2017年的工业企业“当年完成环保验收项目环保投资额”为 C_2 赋值，根据《中国环境年鉴2018》采用2017年“排污费入库数额”为企业污染生产时应征环境税赋值，2017年“当年环境监管部门监管预算”为政府监管成本 C_1 赋值。经计算， $F_2:C_2:C_1$ 比值为1:12:0.2，令 $F_2=1, C_2=12, C_1=0.2$ 。

《环境保护税法》对于污染物排放低于规定标准和其他一些情形有明确税收减免政策。因此，基准情景下假设企业因绿色生产改造使污染物排放符合环境标准而免征环境保护税，令 $F_1=0$ 。Clark^[16]的研究发现，公众参与环境保护比政府监管成本更低，但却带来相同或更好的环境绩效，基于Clark的研究，并参照曲卫华和颜志军^[17]的仿真设定，本文将政府监管成本设定为公众参与环境监督的调查成本的1.6倍，即 C_3 约为0.1。 C_4 是公众遭受环境污染的维权成本，由于仲裁、诉讼等途径所耗费的成本普遍较高，通常高于公众参与环境监督的调查成本 C_3 ，设定 $C_4=2C_3=0.2$ 。 H 是公众通过仲裁、诉讼方式的“维权”收益，该收益应该至少与公众所遭受的生命健康损失(医疗健康费用量化) W 以及维权成本 C_4 之和相等，由于 W 值一般高于 C_4 值，令 $W=2C_4=0.4$ ，那么， $H=3C_4=0.6$ 。 T 是企业给公众造成财产、生命健康损失时的行政罚款，这部分罚款应至少与公众所遭受的财产、生命健康损失值相当，则 $T=W=0.4$ 。 R_1 是企业绿色技术创新的经济绩效，参照卞晨等^[18]的研究，引入创新成本绩效系数 λ 量化创新成本转化为企业经济绩效的能力，即 $R_1=\lambda C_2=12\lambda$ ，由于制造业创新绩效难以补偿创新成本，令 $\lambda=0.5$ 。 R_2 是企业绿色生产的“声誉收益”、

污染生产的“声誉损失”，基准情景下令 $R_2=1$ 。基准情景下，政府拨付企业专项补贴资金 J 为企业绿色技术创新成本的一半、公众参与环境监督所得政府奖励为公众参与环境监督的调查成本的一半，即 $J=0.5C_2=6, Q=0.5C_3=0.05$ ，政府监管概率 $\beta=0.5$ 。

在上述参数赋值条件下，博弈三方演化稳定趋势见图1。

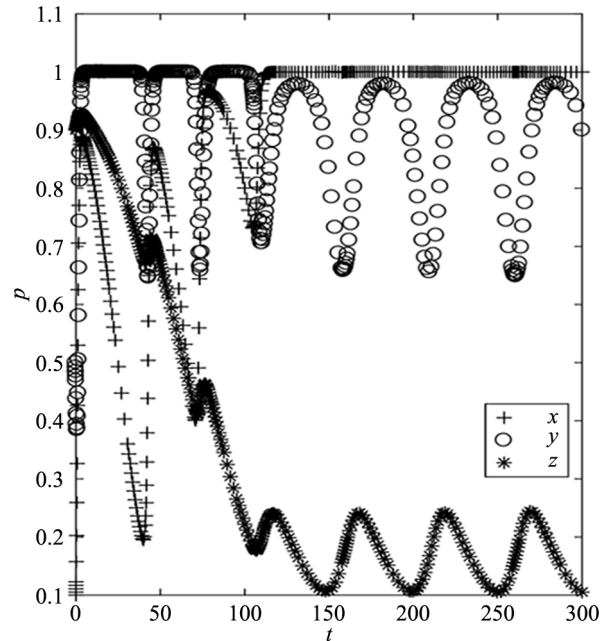


图1 基准情景系统收敛

通过观察图1可知，一定期数后政府的演化稳定策略为“严格监管”，但是企业与公众无稳定的演化稳定策略，他们围绕着中心点重复博弈。具体而言，首轮博弈中，选择“严格监管”的政府比例随着时间推移提高至0.9，选择“积极参与”的公众也维持较高比例，企业环境行为被政府和公众掌握。若不进行绿色创新活动不但要承

受公众评价带来的“声誉损失”、公众维权造成的赔偿支出以及行政罚金,更要缴纳高额的环境税。相反,进行创新活动不仅能够避免上述支出,还会得到补贴,于是企业选择“绿色生产”。随着时间推移,选择“宽松监管”策略的政府比例增加,选择“消极参与”的公众比例也逐步增加,那么企业“骗补”、“逃税”的概率大大提高,选择“污染生产”的企业比例开始增加。次轮博弈中,政府逐步提高监管强度,并经过几次策略选择“波动”后,逐渐成为政府的演化稳定策略。公众由于环境质量与健康状况的恶化也提高了“积极参与”的积极性,在正式与非正式环境规制约束下,企业回归“绿色生产”。第三轮博弈中,公众由于“短视性”,在“积极参与”得到的奖励少于付出的成本的情况下,再次选择“消极参与”,导致政策合力对企业约束力减弱,企业“绿色生产”行为也再次发生偏离,企业与公众陷入动态重复博弈中。

5 政策仿真模拟

5.1 政策合力的形成机制

基准情景下公众不存在演化稳定策略,其根本原因在于参与环境监督所得政府奖励不足以补偿参与环境监督的调查成本,政府为了保证“积极参与”成为公众的演化稳定策略,从而与正式环境规制形成政策合力,必须提高对公众的奖励力度。本部分模拟了政府将奖励标准提高至0.11,即比环境监督的调查成本 C_3 的值多一个步长时各博弈主体的演化稳定趋势,见图2。

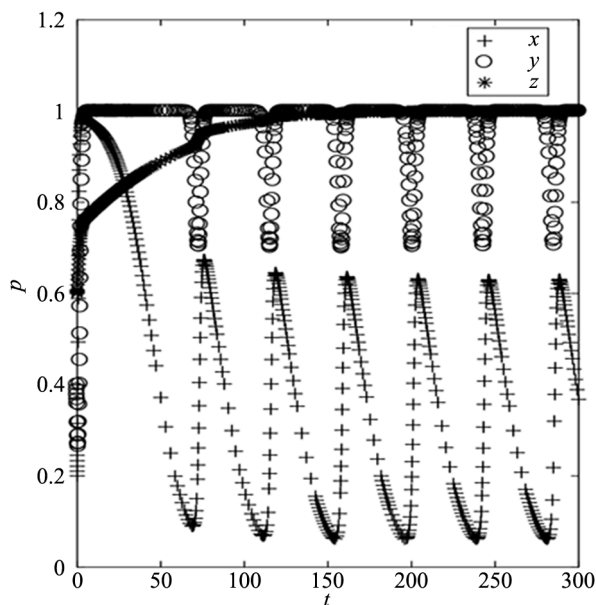


图2 Q提高一步长时的系统收敛

根据图2,当政府对公众的奖励标准提高后,“积极参与”为公众的演化稳定策略,政府与企业无演化稳定策略,围绕中心点进行持续博弈,说明非正式环境规制与正式环境规制政策合力难以起到促进企业创新的效果。因为政府由于“严格监管”成本无法得到补偿而搭“非正式环境规制”的便车,选择宽松监管。当企业发现后,选择“污染生产”不被政府监管发现的可能性提高,则正式环境规制工具的有效性下降。而依靠公众参与形成的非正式环境规制约束又难以填补正式环境规制强度降低带来的“沟壑”,那么,企业选择“污染生产”。

5.2 政策合力促进企业绿色技术创新的路径

政府激励公众积极参与环境治理,形成了对企业环境行为约束的非正式环境规制。那么,政策合力促进企业绿色技术创新的路径是什么?即非正式环境规制配合下政府该使用什么样的政策工具组合搭配才能真正起到促进企业绿色技术创新的效果?正式与非正式环境规制形成政策合力促进企业绿色生产的过程实际上是 $E_7(0,1,1)$ 和 $E_8(1,1,1)$ 两个演化稳定点的形成过程,其中 $E_7(0,1,1)$ 点代表政府宽松监管的情况下公众选择“积极参与”、企业选择“绿色生产”,而 $E_8(1,1,1)$ 点代表政府严格监管的情况下公众选择“积极参与”、企业选择“绿色生产”。从 $E_7(0,1,1)$ 和 $E_8(1,1,1)$ 的渐进稳定性条件着手进行分析,就能找到异质性政府监管模式下政策合力促进企业绿色生产的政策工具组合搭配。那么,当非正式环境规制强度维持不变,两种不同监管方式下促进企业“绿色生产”所需要的环境税、专项补贴资金最低值以及所对应的监管成本见表4。

根据表4,政府选择严格监管的充要条件是将 F_1 的值至少提高至0.21,当 F_1 值由0提高至0.21时对政府会产生两方面的影响,(1)由于财政收入的提高可以补偿严格监管成本;(2)会降低企业绿色生产的积极性,降低规制效果。那么,政府究竟是否应该对企业征收 F_1 的环境税值要视不同监管策略的总支出而定。具体而言,当环境税征收标准一定时,政府选择严格监管时激励企业创新所需的专项补贴额度要低于宽松监管时所需数额,进一步考虑不同监管方式成本差异,政府严格监管时激励企业创新所需总支出仍低于宽松监管时所需总支出,说明政府“严格监管”策

表4 系统收敛于 $E_7(0,1,1)$ 和 $E_8(1,1,1)$ 的参数组合

系统收敛于 $E_7(0,1,1)$ 和 $E_8(1,1,1)$ 所需的最小 J 及对应的 C_1		$F_2=1$	$F_2=2$	$F_2=3$
宽松监管(1-z) $E_7(0,1,1)$	$\beta=0.4$	10.26,0.08	9.26,0.08	8.26,0.08
	$\beta=0.5$	8.01,0.1	7.01,0.1	6.01,0.1
	$\beta=0.6$	6.51,0.12	5.51,0.12	4.51,0.12
	$\beta=0.7$	5.43,0.14	4.43,0.14	3.43,0.14
	$\beta=0.8$	4.63,0.16	3.63,0.16	2.63,0.16
	$\beta=0.9$	4.01,0.18	3.01,0.18	2.01,0.18
政府总支出(C_1+J)最小值		4.01+0.18=4.19	3.01+0.18=3.19	2.01+0.18=2.19
严格监管(z) $E_8(1,1,1)$	$\beta=1,$	3.72,0.2	2.72,0.2	1.72,0.2
	$F_1=0.21$			
政府总支出(C_1+J)最小值		3.72+0.2=3.92	2.72+0.2=2.92	1.72+0.2=1.92
环境治理效果		严格监管=宽松监管	严格监管=宽松监管	严格监管=宽松监管
财政支出		严格监管<宽松监管	严格监管<宽松监管	严格监管<宽松监管
策略评价		严格监管>宽松监管	严格监管>宽松监管	严格监管>宽松监管

略优于“宽松监管”。因为“严格监管”策略虽然多花费了监管成本，却因解决了信息不对称问题，确保了环境税与创新专项补贴工具的效果，避免了企业“逃税”、“骗补”的机会主义行为。进一步研究表明，当政府渐进提高环境税征收标准时，政府选择“严格监管”和“宽松监管”激励企业创新所需要的专项补贴都得到降低，说明长期内渐进提高环境税征收标准的过程中逐渐降低对企业创新行为的补贴力度，不仅可以考虑到企业对征税行为的耐受性，激发企业绿色创新活力，也能有效减轻政府财政负担。

5.3 政策合力促进企业绿色技术创新的路径优化

5.3.1 非正式环境规制强度提高

前文模拟了政策合力促进企业绿色技术创新的政策路径，本节在上一节的基础上进一步模拟非正式环境规制强度提高对政策合力促进企业创新的路径优化。非正式环境规制强度的提高主要是借助“维权抗争”与“声誉机制”对企业进行约束，实践中，公众通过维权抗争给企业带来的影响总是负向的、刚性的，而声誉机制则兼具正向激励与负向约束的双重效果。这是由于声誉机制的发挥主要借助市场效应，良好的声誉使企业能以更高的回报提供产品或服务，获得更大利润，而较差的声誉则会降低社会认可和支持，影响企业利润水平^[19]。与维权抗争给企业带来“刚性”

损失相比，政府更愿意通过拓宽公众参与环境监督的渠道、借助声誉机制对企业环境行为进行约束^[20]。本部分模拟政府拓宽公众参与环境评价的渠道使公众环境评价行为带给企业“声誉损益”值 R_1 增加至 1.5 时，政策合力促进企业“绿色生产”的效果，见表 5。

根据表 5，当非正式环境规制强度提高后，政府无论选择“严格监管”还是“宽松监管”，总支出相较于非正式环境规制强度提高之前都得到降低，说明非正式环境规制强度的提高可以一定程度上替代正式环境规制，具有优化政府财政支出结构、降低政府规制难度的重要作用，使政府选择“宽松监管”策略规制企业成为现实。具体而言，若以上一节政府激励企业所需的最低支出 1.72 为“标准”，当非正式环境规制强度提升后，即使政府选择了宽松监管，但只要将监管概率固定在 0.8，仍能保证支出不超过该“标准”的情况下实现对企业的激励。由“严格监管”向“宽松监管”的转向既是对企业释放了政府信任的重要信号，增强企业生产与创新的内在动力，也极大优化了政府环境政策工具搭配。

5.3.2 减税降费情景

环境税具有促进企业“减排降污”的“绿色红利”效应^[21]和通过税收结构调整，减轻税制不合理对经济结构造成扭曲，促进经济增长的“蓝

表5 $R_2=1.5$ 时, 系统收敛于 $E_7(0,1,1)$ 和 $E_8(1,1,1)$ 的参数组合

系统收敛于 $E_7(0,1,1)$ 和 $E_8(1,1,1)$ 所需的最小 J 及对应的 C_1		$F_2=1$	$F_2=2$	$F_2=3$
宽松监管(1-z) $E_7(0,1,1)$	$\beta=0.3$	10.67,0.06	9.67,0.06	8.67,0.06
	$\beta=0.4$	7.76,0.08	6.76,0.08	5.76,0.08
	$\beta=0.5$	6.01,0.1	5.01,0.1	4.01,0.1
	$\beta=0.6$	4.84,0.12	3.84,0.12	2.84,0.12
	$\beta=0.7$	4.01,0.14	3.01,0.14	2.01,0.14
	$\beta=0.8$	3.38,0.16	2.38,0.16	1.38,0.16
	$\beta=0.9$	2.89,0.18	1.89,0.18	0.89,0.18
政府总支出(C_1+J)最小值		2.89+0.18=3.07	1.89+0.18=2.07	0.89+0.18=1.07
严格监管(z) $E_8(1,1,1)$	$\beta=1,$ $F_1=0.21$	2.72,0.2	1.72,0.2	0.72,0.2
政府总支出(C_1+J)最小值		2.72+0.2=2.92	1.72+0.2=1.92	0.72+0.2=0.92
环境治理效果		严格监管=宽松监管	严格监管=宽松监管	严格监管=宽松监管
财政支出		严格监管<宽松监管	严格监管<宽松监管	严格监管<宽松监管
策略评价		严格监管>宽松监管	严格监管>宽松监管	严格监管>宽松监管

色红利”效应^[22]。但环境税的蓝色红利效应实现具有一定条件性,即需要与宏观税负结合^[23]。政府征收环境税后可以适当减免企业生产过程中的税收以实现“蓝色红利”。本部分参照税法中

“高新技术企业减按15%的税率征收企业所得税”的规定,在“非正式环境规制强度提高模拟”一节基础上模拟当 $t=0.15$ 时,政策合力促进企业“绿色生产”的效果的进一步优化,见表6。

表6 $t=0.15$ 时,系统收敛于 $E_7(0,1,1)$ 和 $E_8(1,1,1)$ 的参数组合

系统收敛于 $E_7(0,1,1)$ 和 $E_8(1,1,1)$ 所需的最小 J 及对应的 C_1		$F_2=1$	$F_2=2$	$F_2=3$
宽松监管(1-z) $E_7(0,1,1)$	$\beta=0.3$	8.67,0.06	7.67,0.06	6.67,0.06
	$\beta=0.4$	6.26,0.08	5.26,0.08	4.26,0.08
	$\beta=0.5$	4.81,0.1	3.81,0.1	2.81,0.1
	$\beta=0.6$	3.84,0.12	2.84,0.12	1.84,0.12
	$\beta=0.7$	3.15,0.14	2.15,0.14	1.15,0.14
	$\beta=0.8$	2.63,0.16	1.63,0.16	0.63,0.16
	$\beta=0.9$	2.23,0.18	1.23,0.18	0.23,0.18
政府总支出(C_1+J)最小值		2.23+0.18=2.41	1.23+0.18=1.41	0.23+0.18=0.41
严格监管(z) $E_8(1,1,1)$	$\beta=1,$ $F_1=0.21$	2.11,0.2	1.11,0.2	0.11,0.2
政府总支出(C_1+J)最小值		2.11+0.2=2.31	1.11+0.2=1.31	0.11+0.2=0.31
环境治理效果		严格监管=宽松监管	严格监管=宽松监管	严格监管=宽松监管
财政支出		严格监管<宽松监管	严格监管<宽松监管	严格监管<宽松监管
策略评价		严格监管>宽松监管	严格监管>宽松监管	严格监管>宽松监管

根据表6, 当政府的“减税降费”措施使政策合力激励企业创新效果进一步增强, 表现为政府宽松监管时保证支出不超过所设定的最低“标准”的情况下对企业创新激励所需要的监管概率相较于“非正式环境规制强度提高模拟”一节又增加了一个步长, 并且激励企业创新所需要的总支出得到进一步降低, 从而进一步优化了政府财政支出结构、增强了环境政策工具组合的弹性。尽管所得税征收标准的降低使政府财政收入一定程度上减少, 但政府激励企业创新所需的专项补贴资金的减少可冲抵财政收入损失, 并且可以实现环境税的“双重红利”效应和企业创新的经济增长效应。

6 结论与建议

本文研究结果表明, 正式与非正式环境规制政策落实中存在规制执行主体的互相“搭便车”问题。由于公众参与环境治理成本大于政府奖励, 公众不会稳定地选择积极参与环境治理策略, 而是陷入与企业的重复动态博弈中, 降低了非正式环境规制效果, 此时为公众搭政府便车; 当公众所得奖励足以补偿参与成本时, 公众会选择“积极参与”, 非正式环境规制可以带给企业稳定的“损益”预期, 能够在一定程度上影响企业的环境行为决策。但是, 正式环境规制却因非正式环境规制作用的加强而减弱了, 这是由于政府严格监管成本无法得到补偿从而降低了监管意愿, 此时为政府搭公众的便车。为解决规制执行主体互相搭便车问题, 政府需要提高公众参与的奖励力度, 并对创新企业征收适量环境税补偿自身监管成本。从政策合力促进企业创新路径看, 当环境税征收标准一定情况下, 政府严格监管时激励企业所需要的总支出少于宽松监管。而长期内政府渐进提高环境税征收标准的情况下逐渐降低对企业创新专项补贴资金的拨付, 不仅可以考虑到企业对征税行为的耐受性, 激发企业绿色创新活力, 也可以有效减轻政府财政负担。进一步研究表明, 非正式环境规制强度提高和减税降费具有降低规制难度、优化财政支出结构和增强环境政策工具弹性效果。

上述结论为实现绿色创新公共物品的供给, 构建政府为主导、企业为主体、社会组织和公众共同参与的环境治理体系提供了建议:

(1) 政府应根据新《环境保护法》明确公众

环境权利以及参与生态环境保护的主体资格, 完善公众参与监督激励机制。通过设立专项资金对积极参与环境监督的公众予以奖励, 充分调动公众参与环境治理的积极性; (2) 积极完善公众参与环境保护的渠道, 创新公众参与治理的方式。不仅应将听证会、环评等传统的参与方式落到实处, 还应进一步将网络监督、自媒体监督作为公众参与环境治理的方式, 使公众参与形成的“声誉机制”更好地发挥约束企业的效果; (3) 政府应“严格监管”污染企业生产与创新行为, 避免放松监管导致的规制失灵; (4) 政府要完善环境税征收管理过程, 做到征税于污染企业、让税于绿色创新企业, 并实行环境保护税专款专用制度。为了避免环境税征收给企业带来过重财务负担, 影响企业生产进程, 政府在对绿色创新企业实施环境税收优惠的同时应降低绿色创新企业所得税、增值税等结构性税收, 激发企业创新活力。

参考文献

- [1] 张江雪, 张力小, 李丁. 绿色技术创新: 制度障碍与政策提示 [J]. 中国行政管理, 2018, (2): 153~155.
- [2] 郭捷, 杨立成. 环境规制、政府研发资助对绿色技术创新的影响——基于中国内地省级层面数据的实证分析 [J]. 科技进步与对策, 2020, 37 (10): 37~44.
- [3] 曲薪池, 侯贵生, 孙向彦. 政府规制下企业绿色创新生态系统的演化博弈分析——基于初始意愿差异化视角 [J]. 系统工程, 2019, 37 (6): 1~12.
- [4] 陶长琪, 丁煜. 双重环境规制促进还是抑制技能溢价? [J]. 研究与发展管理, 2019, 31 (5): 114~124.
- [5] Hoel M. Coordination of Environmental Policy for Transboundary Environmental Problems? [J]. Journal of Public Economics, 1997, 66 (2): 199~224.
- [6] 高志刚, 李明蕊. 正式和非正式环境规制碳减排效应的时空异质性与协同性——对2007~2017年新疆14个地州市的实证分析 [J]. 西部论坛, 2020, 30 (6): 84~100.
- [7] 郑晓舟, 郭晗, 卢山冰. 环境规制协同、技术创新与城市群产业结构升级——基于中国十大城市群的实证分析 [J]. 广东财经大学学报, 2021, 36 (3): 46~60.
- [8] 初钊鹏, 卞晨, 刘昌新, 等. 基于演化博弈的京津冀雾霾治理环境规制政策研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28 (12): 63~75.
- [9] 吕凯波. 生态文明建设能够带来官员晋升吗?——来自国家重点生态功能区的证据 [J]. 上海财经大学学报, 2014, 16 (2): 67~74.
- [10] 王国妮, 曹海林. “河长制”推行中的公众参与: 何以可能与何以可为——以湘潭市“河长助手”为例 [J]. 社会科学, 2019, (5): 129~136.
- [11] 董新宇, 杨立波, 齐璞. 环境决策中政府行为对公众参与

- 的影响研究——基于西安市的实证分析 [J]. 公共管理学报, 2018, 15 (1): 33~45, 155.
- [12] 曹霞, 张路蓬. 环境规制下企业绿色技术创新的演化博弈分析——基于利益相关者视角 [J]. 系统工程, 2017, 35 (2): 103~108.
- [13] 柳歆, 孟卫东. 公众参与下中央与地方政府环保行为演化博弈研究 [J]. 运筹与管理, 2019, 28 (8): 19~26.
- [14] 汪明月, 李颖明. 多主体参与的绿色技术创新系统均衡及稳定性 [J]. 中国管理科学, 2021, 29 (3): 59~70.
- [15] Newton J. Evolutionary Game Theory: A Renaissance [J]. Games, 2018, 9 (2): 1~67.
- [16] Clark M. Corporate Environmental Behavior Research: Informing Environmental Policy [J]. Structural Change and Economic Dynamics, 2005, 16 (3): 422~431.
- [17] 曲卫华, 颜志军. 企业、政府与公众公共健康提升激励机制演化分析 [J]. 智能系统学报, 2017, 12 (2): 237~249.
- [18] 卞晨, 初钊鹏, 孙正林. 环境规制促进企业绿色技术创新的政策仿真研究 [J]. 工业技术经济, 2021, 40 (7): 12~22.
- [19] 张正军. 公共管理行为调控中的声誉机制 [J]. 甘肃社会科学, 2021, (5): 160~168.
- [20] 初钊鹏, 卞晨, 刘昌新, 等. 雾霾污染、规制治理与公众参与的演化仿真研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29 (7): 101~111.
- [21] Takeda S. The Double Dividend from Carbon Regulations in Japan [J]. Journal of the Japanese & International Economies, 2007, 21 (3): 336~364.
- [22] 田淑英, 徐杰芳. “双重红利”下地方绿色税收体系的优化 [J]. 河北大学学报 (哲学社会科学版), 2017, 42 (4): 103~110.
- [23] 何平林, 乔雅, 宁静, 等. 环境税双重红利效应研究——基于OECD国家能源和交通税的实证分析 [J]. 中国软科学, 2019, (4): 33~49.

An Evolutionary Simulation Analysis on Heterogeneous Environmental Regulation Policy Synergy and Enterprise Green Technology Innovation

Bian Chen¹ Chu Zhaopeng^{2,3} Sun Zhenglin¹ Wang Han²

(1. School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110819, China;

2. School of Humanities and Law, Northeastern University, Shenyang 110819, China;

3. School of Economics, Northeastern University at Qinhuangdao, Qinhuangdao 066004, China)

[Abstract] The green innovation in technology of enterprises is an important guarantee for driving the optimization and adjustment of the industrial structure to achieve the “dual-carbon goal” goal. However, the externalities of innovation activities lead to insufficient internal incentives for enterprises, which requires government intervention to form policy synergy between formal and informal environmental regulation. This paper constructs a free-riding game model of residents’ environmental behavior, and on this basis, further constructs a three-party non-cooperative evolutionary game model of the government, enterprises, and the public. It is found that in the implementation of formal environmental regulation and informal environmental regulation policies, there is also a free-riding problem between policy implementation subjects because the cost of regulation is higher than the benefit, which leads to the failure of environmental regulation. The government’s incentive to increase public participation in environmental protection is the key to the formation of policy synergy. The difference in the intensity of government supervision directly determines the difference in the effect of policy joint efforts to promote enterprise innovation, which is manifested in that the effect of strict supervision to encourage enterprise innovation is better than loose supervision. When further considering the optimization of the policy joint force path to promote enterprise innovation, it is found that the increase in the intensity of informal environmental regulation and the policy of “tax reduction and fee reduction” has the Pareto improvement effect of optimizing the structure of government fiscal expenditure and enhancing the flexibility of environmental policy tool portfolio.

[Key words] policy synergy; formal environmental regulation; informal environmental regulation; enterprise’s green innovation in technology; evolutionary game; supervision intensity

[Jel classification] C73; Q58

(责任编辑: 张舒逸)