

Doi:10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2019.04.009

欢迎按以下格式引用:张凯泽,沈菊琴,徐沙沙,等.碳排放监管中政府与企业演化博弈及策略研究:基于第三方监督视角[J].重庆大学学报(社会科学版),2020(4):82-92. Doi:10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2019.04.009.



Citation Format: ZHANG Kaize, SHEN Juqin, XU Shasha, et al. Research of evolutionary game and strategy between government and enterprises in carbon emission supervision: Based on the perspective of the third party [J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2020(4):82-92. Doi:10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2019.04.009.

# 碳排放监管中政府与企业演化博弈及策略研究:基于第三方监督视角

张凯泽,沈菊琴,徐沙沙,孙付华

(河海大学 商学院,江苏 南京 211100)

**摘要:**加强碳排放监管是实现政府“建立健全绿色低碳循环发展的经济体系”战略方针的重要保障。企业作为环境的主要破坏者承担着碳减排的重任并接受社会监督。在政府管制下,企业被动参与碳减排,但偷排、超排现象时有发生。文章针对政府碳排放监管问题,分析了影响企业碳排放的相关因素。从第三方监督视角出发,在考虑政府、企业、第三方监督主体均为有限理性条件下,建立了政府与企业在碳排放监管中的演化博弈模型。研究了在第三方监督主体参与下,政府和企业之间的有限动态策略选择 and 不同参数变化下双方的策略选择演化趋势,并运用 Matlab 软件对结果进行仿真。结果表明第三方监督在政府与企业碳排放过程中具有显著作用,可以直接影响政府与企业的决策选择。因此,加强第三方监督力度可以提高政府监管效率,缓解政府监管压力,降低政府监管成本,督促企业合规排放二氧化碳。但第三方监督力量过大会弱化政府监管效力。最后,为政府更有效地引入第三方监督主体提出对策与建议。

**关键词:**碳排放;第三方监督;政府;企业;演化博弈;仿真分析

**中图分类号:**F272;X322 **文献标志码:**A **文章编号:**1008-5831(2020)04-0082-11

修回日期:2019-03-19

**基金项目:**江苏省研究生科研与实践创新计划项目“基于环境保护的地下水水权交易定价方法研究”(KYCX18\_0520);中央高校基本科研业务费专项资金资助“基于环境保护的地下水水权交易定价方法研究”(2018B712X14);国家自然科学基金项目“基于三对均衡关系的碳排放初始权配制方法研究”(41471457)

**作者简介:**沈菊琴(1962—),女,江苏张家港人,河海大学商学院教授,博士研究生导师,主要从事环境保护、企业合作、环境会计研究;徐沙沙(1987—),女,河南洛阳人,河海大学商学院博士研究生,主要从事环境保护、企业合作、环境会计研究;孙付华(1984—),山东青岛人,河海大学商学院副教授,硕士研究生导师,主要从事环境保护、企业合作、环境会计研究。

**通信作者:**张凯泽(1991—),男,河南开封人,河海大学商学院博士研究生,主要从事环境保护、企业合作、环境会计研究,Email:kzhang@hhu.edu.cn。

二氧化碳的大量排放导致全球变暖和各种极端天气,全球气候问题日益严重。碳排放问题引起了中国政府的高度重视,在哥本哈根会议召开前夕承诺,到2020年中国单位国内生产总值二氧化碳排放量比2005年下降40%~45%,这是中国首次公布明晰量化的减排指标。随后中国政府不断加强碳减排力度,不仅承诺到2030年单位GDP的碳排放量较2005年下降60%~65%,且在2030年碳排放总量达到峰值。在低碳经济的大环境下,党的十九大提出了“加快建立绿色生产和消费的法律制度和政策导向,建立健全绿色低碳循环发展的经济体系”的战略方针。为实现中国在哥本哈根会议上作出的承诺,并促进可持续发展,需要国家、区域及企业协力完成。企业作为社会财富的创造者,也是环境的主要破坏者<sup>[1]</sup>。虽然政府出台了很多政策限制企业的碳排放量,但在利益驱动下,企业偷排、超排现象仍时有发生。目前,政府监管是控制企业碳排放量的主要手段,但是受限于人力、物力和专业知识的不足<sup>[2]</sup>,政府部门并不能及时有效地对企业碳排放行为进行全面管控。第三方监督具有独立性和专业性等优势<sup>[3]</sup>,可以很大程度上弥补政府监管的短板,对企业碳排放的监督作用日益凸显<sup>[4]</sup>。因此,引入第三方力量配合政府对企业碳排放的监管是加强碳排放监管的内在需求。

第三方监督包括碳审计机构、媒体和公众等的监督,其具体监督形式包括:碳审计机构审核企业上报的年度碳排放总量,来监督企业有无虚假上报的情况;媒体通过群众举报,调查取证后曝光偷排、超排企业;公众向政府或媒体举报企业偷排、超排现象。第三方监督具有传播快、影响力大、受影响范围广等特点<sup>[5]</sup>,在治理碳排放污染中具有配合政府监管和震慑企业的作用。构建合理的第三方监督体系,使第三方监督力量与政府监管形成良好的互动机制,发挥其监督职能,不仅可以缓解政府在监管企业碳排放中的压力,降低政府监管成本,还可以敦促企业低碳生产,提高减排效率。因此开展对第三方和政府共同监管企业碳排放问题的研究,对弥补环保部门监管能力短板、增加环境信息管理公信力、建立健全绿色低碳循环发展的经济体系具有重要的现实意义。

## 一、文献综述

针对碳减排管理问题,学者们从宏观的国家、区域层面至微观的企业层面展开大量研究<sup>[6]</sup>。从政府视角出发:研究主要涉及在不延缓经济发展的情况下进行节能减排行动<sup>[7-10]</sup>;如何建立高效的碳减排制度体系<sup>[11-12]</sup>;建立全面的国家、区域碳排放预算体系<sup>[13]</sup>;如何构建碳排放权交易市场<sup>[14-15]</sup>;引进碳税收制度限制高排放能源的使用<sup>[16-19]</sup>和国家改善能源结构以达到节能减排目标<sup>[20-22]</sup>等方面。合理的碳配额及碳税政策、完善的碳交易市场及合理的奖赏惩罚制度有利于激发企业参与减排行动的动力和提高企业减排效率。

从企业视角出发,学者们分别研究了:使用沼气、风能、太阳能等清洁能源(生产源头)替代化石能源的可行性<sup>[23-24]</sup>;先进的节能技术(生产环节)可以在各个行业产生可观的碳减排效果<sup>[25-26]</sup>;高效的节能设备(生产环节)在提高能源使用率的同时降低设备自身的碳排放<sup>[27]</sup>,为企业采取减排措施提供科学依据。

在研究方法方面,演化博弈是假设博弈主体为有限理性的动态博弈方法,突破了传统博弈中主体理性局限。因此该方法更贴近实际,可以详尽地刻画社会经济活动中行为主体的长期决策选

择<sup>[28]</sup>。不少学者运用演化博弈方法对碳排放环境下政企之间治污问题进行研究。刘枚莲等基于前景理论构建了政府、企业之间的演化博弈模型,分析了惩罚成本、低碳补贴等因素对政企策略选择的影响<sup>[29]</sup>。吴士健等通过构建双重政府管制下的政府与企业的三方演化博弈模型,探讨了碳税政策对于三方的策略选择影响<sup>[30]</sup>。焦建玲等运用演化博弈的方法分析了碳配额、碳价、政府监管成本和企业减排投资对减排地区政企之间的影响<sup>[31]</sup>。

综上,现有研究大多从政府视角出发,研究政府如何制定碳税、碳配额、碳价、奖惩制度等宏观政策来管控企业碳排放量。或基于企业的视角研究企业如何进行低碳生产。尽管有学者提出应当引入第三方监督机构配合政府部门开展碳排放监管方面的政策建议<sup>[30,32-33]</sup>,但是尚未有研究专门针对第三方监督在碳排放监管中作用的发挥路径开展研究。因此,本文基于第三方监督视角,运用演化博弈的思想,探讨碳减排背景下政府和企业之间的有限动态策略选择,通过变化相关参数数值,运用 Matlab 进行仿真研究,更加直观地反映出第三方在监管过程中的演化趋势,并根据结果分析政府与企业之间的长期演化博弈问题,以为政府监管企业碳排放实践中引入第三方监督提供一定的理论支撑。

## 二、演化博弈规则介绍与模型构建

### (一) 规则介绍

本演化模型涉及两类参与群体:政府与企业。由于受到信息的局限性、个体的知识有限性等因素影响,两个博弈群体均是有限理性的群体。政府群体的行为集合为(恪守职责,疏忽职守),企业群体的行为集合为(不超排生产,超排生产)。

假设 1:企业群体不超排生产的概率为  $a(0 \leq a \leq 1)$ ;生产成本为  $C_n$ ;卖出产品收益为  $E_n$ ;节省下的碳排放额在碳排放交易市场出售可得收益  $S$ ;与此同时会得到政府奖励  $B_e$ 。这时企业超排的概率为  $1 - a$ ,此时生产成本为  $C_y$ ,因碳排放量与产量有关,则  $C_n < C_y$ 。卖出产品收益为  $E_y$ 。企业超排时可以采取两种策略:(1)企业超排会受到政府处罚,缴纳罚金;(2)企业在碳排放交易市场购买碳排放权,需要花费  $D$ 。

假设 2:政府群体的工作人员恪守职责的概率为  $b(0 \leq b \leq 1)$ ;认真监督企业排放行为,会产生人力物力等各项成本  $C_g$ ;则如若企业发生超排现象,就会被政府部门工作人员发现,政府部门会得到上级奖励、民众声誉奖励和政绩奖励等  $B_g$ 。

假设 3:政府群体的工作人员疏忽职守的概率为  $1 - b$ ,则不会发生监督成本  $C_g$ ,但如若企业超排现象被第三方发现则一定会被曝光,此时政府群体由于疏忽职守,造成负面影响,得到上级处罚、民众声誉谴责和政绩惩罚等  $F_g$ 。

假设 4:参考张国兴等的文献,若政府职员玩忽职守,则第三方发现超排现象的概率为  $f(0 \leq f \leq 1)$ 。由于第三方监督主体受其自身知识、人力物力、监督权利、企业阻挠等因素影响无法直接对企业进行监管,所以若政府群体认真履行监督职责,则政府就会先发现企业超排现象,此刻第三方监督不发挥其作用。若政府群体工作人员玩忽职守,不履行其认真监督的职责,此时第三方就有  $f$  的概率发现并曝光企业偷排超排现象,所以政企两群体的收益就是关于  $f$  的期望函数。当政府玩忽职守、企业超排

时,第三方没有发现企业超排现象,即 $f=0$ 时,则政府不会因为玩忽职守而受到的上级处罚、民众声誉谴责和政绩惩罚等 $F_g$ ,企业会获得超量生产的收益 $E_y$ ,生产成本为 $C_y$ ,而不会受到政府罚款或者不需要去碳排放交易市场花费 $D$ 购买碳排放权。第三方发现企业超排时,即 $f=1$ 时,政府会因为得到的上级处罚、民众声誉谴责和政绩惩罚等 $F_g$ ,企业则需要受到政府的处罚或者需要去碳排放交易市场花费 $D$ 购买碳排放权。

具体参数含义如表1所示。

表1 符号与说明

符号	说明
$a$	企业群体不超排的概率为 $a$ ,超排的概率为 $1-a,0 \leq a \leq 1$
$b$	政府群体工作人员恪守职责的概率为 $b$ ,疏忽职守的概率为 $1-b,0 \leq b \leq 1$
$f$	第三方发现企业超排的概率为 $f,0 \leq f \leq 1$
$c_g$	政府群体工作人员恪守职责产生的监督成本
$c_n$	企业群体不超排时的生产成本
$c_y$	企业群体超排时的生产成本
$B_g$	政府群体恪守职责监察到企业超排现象后获得的上级奖励、民众声誉奖励和政绩奖励等
$F_g$	政府群体疏忽职守被第三方曝光企业超排现象后得到的上级处罚、民众声誉谴责和政绩惩罚等
$E_n$	企业群体不超排时卖出产品收益
$S$	企业群体不超排时,在碳排放交易市场出售碳排放权获得的收益
$B_e$	企业群体发生减排行为获得的政府奖励
$E_y$	企业群体超排时卖出产品收益
$D$	企业群体超排时受到政府处罚的金额或在碳排放交易市场购买碳排放权花费的金额

## (二) 模型构建

根据以上假设及参数设定可以得到政府群体和企业群体在不同策略选择情况下的不同收益矩阵,如表2所示。

表2 收益矩阵表

		政府	
		恪守职责	疏忽职守
企业	不超排	$(E_n - C_n + S + B_e, -C_g)$	$(E_n - C_n + S + B_e, 0)$
	超排	$(E_y - C_y - D, B_g - C_g)$	$(E_y - C_y - fD, -fF_g)$

## 三、演化博弈分析

根据博弈模型的收益矩阵可得,企业群体不超排的期望收益 $U_1$ 和超排的期望收益 $U_2$ 分别为:

$$U_1 = b(E_n - C_n + S + B_e) + (1 - b)(E_n - C_n + S + B_e) \quad (1)$$

$$U_2 = b(E_y - C_y - D) + (1 - b)(E_y - C_y - fD) \quad (2)$$

则:企业群体的平均收益为 $\bar{U} = aU_1 + (1 - a)U_2$ 。

政府群体恪守职责的期望收益  $V_1$  和疏忽职守的期望收益  $V_2$  分别为:

$$V_1 = a(-C_g) + (1-a)(B_g - C_g) \quad (3)$$

$$V_2 = a * 0 + (1-a)(-fF_g) \quad (4)$$

则:政府群体的平均收益为:  $\bar{V} = bV_1 + (1-b)V_2$

根据演化博弈理论,政企两群体的策略选择博弈复制动态方程为:

$$F(a, b) = \frac{da}{dt} = a(1-a)(U_1 - U_2) = a(1-a)(E_n - C_n + S + B_e + bD - E_y + C_y + fD - bfD) \quad (5)$$

$$G(a, b) = \frac{db}{dt} = b(1-b)(V_1 - V_2) = b(1-b)(B_g - C_g - aB_g + fF_g - afF_g) \quad (6)$$

令  $\frac{da}{dt}, \frac{db}{dt}$  同时等于 0, 博弈模型的复制动态方程的局部均衡点为:  $(0, 0), (0, 1), (1, 0), (1, 1)$

1)、 $(\frac{B_g + fF_g - C_g}{B_g + fF_g}, \frac{E_n - C_n + S + B_e - E_y + C_y + fD}{fD - D})$ 。相应的雅克比矩阵为:

$$J = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1-2a)(E_n - C_n + S + B_e - E_y + C_y + fD + bD - bfD) & a(1-a)(D - fD) \\ b(b-1)(fF_g + B_g) & (1-2b)(B_g - C_g - aB_g + fF_g - afF_g) \end{bmatrix}$$

5 个局部均衡点并不一定是演化稳定策略, 演化稳定策略需同时满足: (1)  $\text{tr}J = a_{11} + a_{22} < 0$ ; (2)  $\det J = a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} > 0$  方可。

5 个局部均衡点处在  $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$  处的具体取值如表 3 所示。

表 3 局部均衡点处  $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$  的具体取值

均衡点	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{21}$	$a_{22}$
$(0, 0)$	$E_n - C_n + S + B_e - E_y + C_y + fD$	0	0	$B_g - C_g + fF_g$
$(0, 1)$	$E_n - C_n + S + B_e - E_y + C_y + D$	0	0	$C_g - B_g - fF_g$
$(1, 0)$	$C_n - E_n - S - B_e + E_y - C_y - fD$	0	0	$-C_g$
$(1, 1)$	$C_n - E_n - S - B_e + E_y - C_y - D$	0	0	$C_g$
$(a^*, b^*)$	0	A	B	0

$$A = \frac{(E_n - C_n + S + B_e - E_y + C_y + fD)(E_n - C_n + S + B_e - E_y + C_y + D)}{fD - D}; B = \frac{C_g^2}{B_g + fF_g} - C_g$$

显然在局部均衡点  $(a^*, b^*)$  处,  $\text{tr}J = a_{11} + a_{22} = 0$ , 不满足判断条件, 故  $(a^*, b^*)$  不是系统演化稳定策略。为方便计算令  $M = E_n - C_n + S + B_e - E_y + C_y$ 。

命题:(1) 当  $f < \frac{C_g - B_g}{F_g}$  且  $\frac{-M}{D} < f$  时, 系统的演化稳定策略为  $(1, 0)$ ; (2) 当  $f < \frac{C_g - B_g}{F_g}$  且  $fD < -$

$M < D$  时, 系统的演化稳定策略为  $(0, 0)$ ; (3) 当  $f > \frac{C_g - B_g}{F_g}$  且  $\frac{-M}{D} < f$  时, 系统的演化稳定策略为

$(1, 0)$ ; (4) 当  $f > \frac{C_g - B_g}{F_g}$  且  $fD < -M < D$  时, 该系统没有演化稳定策略。

### 四、演化仿真分析

本文使用 Matlab 软件对其结果进行演化仿真分析,探讨各个参数具体数值变化下,第三方监督对政企治理碳污染过程中的策略选择。

第一,当  $f < \frac{C_g - B_g}{F_g}$  且  $\frac{-M}{D} < f$  时,结合图 1 分析可得,系统的均衡点为(1,0)。

若政府玩忽职守,企业超排比不超排所得到的利益之差小于超排受到的处罚期望,企业趋向于选择不超排的策略;同时,若企业不超排,政府恪守职责得到的收益小于政府玩忽职守得到的处罚,政府趋向于选择玩忽职守的策略。此时在该条件下(1,0)为 ESS,意味着经过长期的反复博弈,企业的策略选择将逐渐倾向于选择不超排策略,而政府的策略选择将趋向于选择玩忽职守策略。但随着  $f$  的增加,上述条件将更稳定,这说明在第三方监督力度不断加强的环境下,企业将更加倾向于不超排;而政府在这个过程中作用逐渐被弱化,最终更趋向于选择玩忽职守。

在碳排放的监管过程中,第三方机构的监督力度对企业和政府的行为决策产生重要影响。若第三方的监督力度提高到一定程度,使得企业超排与不超排的净收益之差小于超排所受处罚的期望,权衡利益之后,企业趋向于选择不超排策略;而此时,政府玩忽职守所受到处罚的期望收益大于恪守职责的净收益,于是政府趋向于选择玩忽职守策略。同时,政府惩罚力度也是控制企业碳排放量的重要手段,对企业有震慑作用。严厉的惩罚力度会迫使企业选择趋向于不超排。

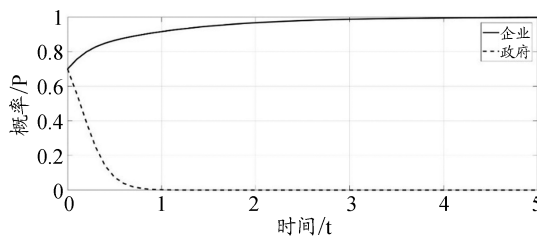


图 1 演化仿真示意图(  $M = -2; D = 6; B_g = 4; C_g = 8; F_g = 5; f = 0.5$  )

第二,当  $f < \frac{C_g - B_g}{F_g}$  且  $fD < -M < D$  时,结合图 2 分析可得,系统的演化稳定策略为(0,0)。

当政府玩忽职守时,企业超排比不超排所得到的利益之差大于超排受到的处罚期望,企业倾向于选择超排的策略;在企业选择超排策略时,政府选择恪守职责策略所得到的收益小于政府玩忽职守得到的处罚,政府趋向于选择玩忽职守的策略。此时在该条件下,(0,0)为 ESS。在长期演化博弈过程中,企业的行为策略逐渐倾向于选择超排的策略,政府逐渐倾向于选择玩忽职守的策略。但随着  $f$  的增加,  $B_g - C_g < -fF_g$  仍成立,  $fD < -M < D$  条件将不成立,演化博弈的局部演化结果因此发生改变。这意味着第三方监督的介入会产生正向作用;与此同时,也会带来消极影响。随着第三方的监督力度增大(即  $f$  增大),政府趋向于选择玩忽职守策略,同时,企业更趋向于选择不超排策略。

当第三方的监督力度不够大时,企业超排与不超排净收益之差大于超排所受处罚的期望,且小于超排必受到的处罚,而超排被第三方发现的可能性不够大,于是企业趋向于选择超排策略;而此

时,第三方的监督力度又使得政府玩忽职守所受处罚期望收益大于恪守职责的净收益,于是政府趋向于玩忽职守的策略。

同时,由于碳交易市场的碳价不稳定且价格较低,导致企业采取减排措施后,节省下来的碳排放权在碳排放交易场所出售获得的收益  $S$  较少,减少企业减排的动力,故此时企业的选择策略也会趋向于超排。

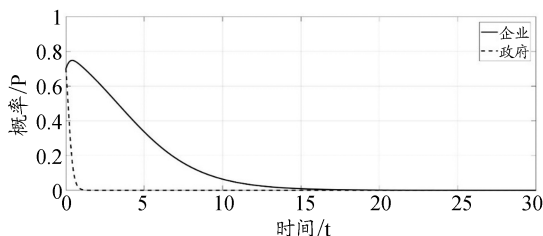


图2 演化仿真示意图(  $M = -4; D = 6; B_g = 4; C_g = 8; F_g = 5; f = 0.6$  )

第三,当  $f > \frac{C_g - B_g}{F_g}$  且  $\frac{-M}{D} < f$  时,结合图3分析可得,系统的演化稳定策略为(1,0)。

若政府玩忽职守,企业超排比不超排所得到的利益之差小于超排受到的处罚期望,企业趋向于选择不超排的策略;同时,若企业不超排,政府恪守职责得到的收益小于政府玩忽职守得到的处罚,政府趋向于选择玩忽职守的策略。此时(1,0)为系统均衡点,意味着在长期的反复博弈中,企业的策略选择将趋向于选择不超排,政府的最优选择将趋向于玩忽职守策略。因为当  $f$  足够大时,第三方监督力度较大,企业超排被发现曝光的可能性增大,导致企业因超排被罚款的风险加大,企业的策略选择倾向于选择不超排。而此时,政府对于第三方监督的依赖性较强。长期下去,会使政府工作人员的监督工作松懈,选择趋向玩忽职守。

当第三方的监督力度足够大时,企业超排与不超排净收益之差远远小于超排所受处罚的期望,于是选择不超排策略;但第三方的监督力度越大,政府为玩忽职守所得到处罚的期望也越小,从而选择玩忽职守。而且,第三方的监督力度越大,企业越趋向于选择不超排策略,政府玩忽职守的风险降低,从而导致政府对第三方产生依赖,更趋向于选择玩忽职守。

这也是第三方监督力度具有的两面性:一方面,监督力度加大能使企业望而生畏,不敢选择超排策略;另一方面,监督力度的加大使政府产生依赖心理,而更容易玩忽职守。

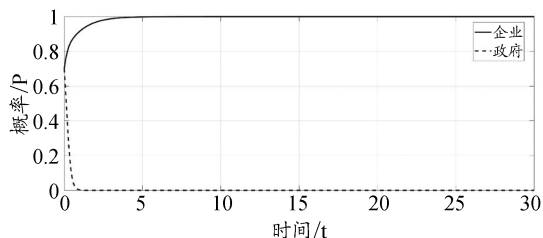


图3 演化仿真示意图(  $M = -4; D = 6; B_g = 4; C_g = 8; F_g = 5; f = 0.9$  )

第四,当  $f > \frac{C_g - B_g}{F_g}$  且  $fD < -M < D$  时,结合图4分析可得,系统没有演化稳定策略。

当  $f$  在上述区间时,政府监管者和企业的演化博弈将没有局部稳定点,即当第三方的监督力度

在  $\left(-\frac{B_g - C_g}{F_g}, -\frac{M}{D}\right)$  时,政府恪守职责的收益高于所受处罚的期望,而企业超排与不超排所得净收益之差大于超排所受处罚的期望,在这种情形下,双方博弈不存在演化稳定策略,博弈过程难以控制。

当第三方监督力度介于企业超排和不超排时政府恪守职责和玩忽职守的比值之间,政府选择恪守职责和玩忽职守两种策略中,企业有且仅有一种情况,超排带来的净收益更多。此时,政府与企业都处于周期动荡状态,当对方的策略改变时,总可以通过改变自身策略来使得自身净收益最大化,博弈过程很难控制,没有一个稳定策略。

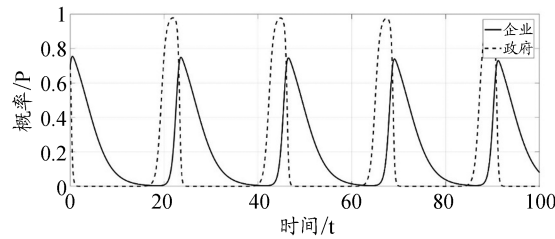


图4 演化仿真示意图(  $M = -4; D = 6; B_g = 4; C_g = 8; F_g = 10; f = 0.6$  )

## 五、研究结论与管理启示

### (一) 研究结论

本文立足政府与企业在碳排放监管过程中的现实问题,以第三方监督为视角,运用演化博弈模型,建立政府在企业碳排放监管中的演化博弈模型,分析了在第三方介入之后,对双方行为策略的影响。第三方在政府监管企业碳排放的过程中具有重要作用,可以影响政府和企业的行为策略选择。

其一,对企业而言,当第三方监督力量过小时,企业只受政府部门监管。此时,在利益驱使下,部分企业会铤而走险,选择超排策略,以获取不当收益;当第三方监督力量逐渐增大,即第三方积极配合政府监管企业碳排放行为时,其对企业的威慑力也逐渐增大。企业会畏惧超排行为被第三方曝光而受到政府的处罚和社会的谴责。因此,出于对社会声誉和不受政府处罚的考虑,在较大的第三方监督力度和政府处罚力度下,企业的行为策略逐渐从超排策略转向不超排策略。

其二,对政府而言,当第三方监督力度过小时,政府监管部门不受第三方监督威胁,因此逐渐倾向于选择玩忽职守策略;当第三方监督力度逐渐增大,其对于政府的行为策略也会逐渐产生影响。若政府继续选择玩忽职守策略,第三方就会曝光政府的疏忽职守行为,政府会受到上级的处罚和社会舆论的谴责,政府声誉会受到损失。因此,当第三方监督力度逐渐增大,政府不作为带来的声誉损失较大时,政府监管部门会逐渐倾向于选择恪尽职守策略;当第三方监督力度极大时,政府部门选择玩忽职守策略。企业稍有违法超排行为,就会被第三方曝光,无需政府监管。因此,在长期反复的演化过程中,政府部门就会产生惰性而倾向于选择玩忽职守策略。

### (二) 管理启示

结合研究结论,为了实现更高效的企业碳排放监管效率,本文提出以下建议。



第一,政府应该完善第三方监督体制,加快建设第三方监督平台。加强第三方监督力度,充分发挥第三方监督的作用,是解决企业偷排超排现象的有效手段。(1)政府引入第三方来监督企业碳排放行为,并不是突击性、临时性的工作,而应将第三方监督主体嵌入日常监督体系中,完善原有的监督机制。(2)政府应该制定第三方监督激励机制,鼓励第三方广泛参与,营造良好的第三方监督氛围,充分发挥第三方参与监管事宜的积极性。(3)政府与第三方应该建立阳光信息互动平台,加强两者之间的信息互通、信息共享,使第三方监督主体可以高效地配合政府监管工作。

第二,政府应该加快法制建设,运用法律手段规范企业的碳排放行为。现阶段中国立法部门并没有出台有关企业碳排放方面的法律法规,导致法制性不强。因此,部分企业抱有侥幸心理,偷排超排。政府应该制定明确的法律制度,加大对违规企业的惩罚力度,提高企业超排偷排成本,给予企业必要的震慑。同时,政府部门要加强自身监管能力,并提高相关监管部门工作人员的责任心和监督能力,使其在对企业碳排放的监管中尽职尽责,避免因第三方监督力量过大而引起的政府职员疏忽职守情况的发生。

第三,政府应该完善碳交易定价机制。提高碳排放权的市场价值,使碳交易价格接近于实际价值,避免碳交易价格过度波动带来的市场风险。目前中国碳交易价格波动较大,且价格较低,使得采取减排措施的企业在碳排放交易场所出售碳排放权收益较低,严重影响企业的减排积极性。因此,提高碳排放权的市场价值可以提高企业减排的积极性,敦促企业采取减排行为。

第四,企业应承担环保责任,履行环保义务。企业应自觉遵守相关部门规定,按规定排放二氧化碳。从可持续发展观和提高行业竞争力的角度考虑,加大节能技术的投入,积极使用节能技术,提高能源利用率,节约能源,更多地选择低碳供应链。

只有通过政府、企业和第三方监督的共同努力,有效地建立以政府为政策、监督主导,企业为减排行动主体,第三方配合政府监管的立体化减排体系,才能提高减排效率,以进一步完成节能减排的目标和任务。

#### 参考文献:

- [1]王霞,徐晓东,王宸.公共压力、社会声誉、内部治理与企业环境信息披露:来自中国制造业上市公司的证据[J].南开管理评论,2013,16(2):82-91.
- [2]于涛,刘长玉.政府与第三方在产品质量监管中的演化博弈分析及仿真研究[J].中国管理科学,2016,24(6):90-96.
- [3]DYCK A,VOLCHKOVA N,ZINGALES L. The corporate governance role of the media: Evidence from Russia[J]. Journal of Finance,2008,63(3):1093-1135.
- [4]张国兴,高晚霞,管欣.基于第三方监督的食品安全监管演化博弈模型[J].系统工程学报,2015,30(2):153-164.
- [5]曹裕,余振宇,万光羽.新媒体环境下政府与企业在食品掺假中的演化博弈研究[J].中国管理科学,2017(6):179-187.
- [6]涂建明,李晓玉,郭章翠.低碳经济背景下嵌入全面预算体系的企业碳预算构想[J].中国工业经济,2014(3):147-160.
- [7]SHENG P F,LU D. Low-carbon development and carbon reduction in China[J]. Climate and Development,2016,8(5):472-479.
- [8]CHEN C F,HAN J. Energy conservation, emission reduction and win - win development of China's industry: 2013 - 2050 - MDI analysis framework based on directional distance function[J]. Applied Economics Letters,2016,23(17):1187-1191.
- [9]ZHANG L M,YANG W,YUAN Y, et al. An integrated carbon policy-based interactive strategy for carbon reduction and

- economic development in a construction material supply chain[J]. *Sustainability*,2017,9(11):2017.
- [10]ZHANG P Y, HE J J, HONG X, et al. Regional-level carbon emissions modelling and scenario analysis: A STIRPAT case study in Henan province, China[J]. *Sustainability*,2017,9(12):2342.
- [11]ZHAO X G, ZHANG Y Z, LIANGJ, et al. The sustainable development of the economic-energy-environment (3E) system under the carbon trading (CT) mechanism: A Chinese case[J]. *Sustainability*,2018,10(1):98.
- [12]JIANG H Q, SHAO X X, ZHANG X, et al. A study of the allocation of carbon emission permits among the provinces of China based on fairness and efficiency[J]. *Sustainability*,2017,9(11):2122.
- [13]潘家华. 满足基本需求的碳预算及其国际公平与可持续含义[J]. *世界经济与政治*,2008(1):35-42.
- [14]QI S Z, CHENG S. China's national emissions trading scheme: integrating cap, coverage and allocation[J]. *Climate Policy*, 2018,18(s1):45-59.
- [15]LIU L W, CHEN C X, ZHAO Y F, et al. China's carbon-emissions trading: Overview, challenges and future[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,2015,49:254-266.
- [16]WU B, HUANG W Y, LIU P F. Carbon reduction strategies based on an NW small-world network with a progressive carbon tax[J]. *Sustainability*,2017,9(10):1747.
- [17]CHEN W, ZHOU J F, LI S Y, et al. Effects of an energy tax (carbon tax) on energy saving and emission reduction in guangdong province-based on a CGE model[J]. *Sustainability*,2017,9(5):681.
- [18]FUKUI H, MIYOSHI C. The impact of aviation fuel tax on fuel consumption and carbon emissions; The case of the US airline industry[J]. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*,2017,50:234-253.
- [19]ZIMMER A, KOCH N. Fuel consumption dynamics in Europe: Tax reform implications for air pollution and carbon emissions [J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*,2017,106:22-50.
- [20]WEI J, HUANG K, YANG S S, et al. Driving forces analysis of energy-related carbon dioxide(CO<sub>2</sub>) emissions in Beijing: an input-output structural decomposition analysis[J]. *Journal of Cleaner Production*,2017,163:58-68.
- [21]LENZEN M. Structural analyses of energy use and carbon emissions—an overview[J]. *Economic Systems Research*,2016,28(2):119-132.
- [22]NIE H G, KEMP R, VIVANCO D F, et al. Structural decomposition analysis of energy-related CO<sub>2</sub> emissions in China from 1997 to 2010[J]. *Energy Efficiency*,2016,9(6):1351-1367.
- [23]AKTAN A E Ö. Carbon reduction with solar energy in cities[C]//*Energy production and management in the 21st Century*, 2014, 190:959-970.
- [24]AKPAN U S, GREEN O A, BHATTACHARYYA S, et al. Effect of technology change on CO<sub>2</sub> emissions in Japan's industrial sectors in the period 1995 - 2005: An Input - Output structural decomposition analysis[J]. *Environmental and Resource Economics*,2015,61(2):165-189.
- [25]IZUMI Y. Recent advances in the photocatalytic conversion of carbon dioxide to fuels with water and/or hydrogen using solar energy and beyond[J]. *Coordination Chemistry Reviews*,2013,257(1):171-186.
- [26]FU J X, TANG G H, ZHAO R J, et al. Carbon reduction programs and key technologies in global steel industry[J]. *Journal of Iron and Steel Research International*,2014,21(3):275-281.
- [27]AN T H, JIA K. Rubber-tyred gantry crane (RTG) dual power energy saving system[P]. *United States Patent Application* 20160159619,2016.
- [28]MOLINA C, EARN D J D. Evolutionary stability in continuous nonlinear public goods games[J]. *Journal of Mathematical Biology*,2017,74(1/2):499-529.

- [29] 刘枚莲, 李宗活, 张婕. 基于前景理论的政企低碳策略演化博弈分析[J]. 科技管理研究, 2017, 37(20): 245-253.
- [30] 吴士健, 孙向彦, 杨萍. 双重治理体制下政府碳排放监管博弈分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(12): 21-30.
- [31] 焦建玲, 陈洁, 李兰兰, 等. 碳减排奖惩机制下地方政府和企业行为演化博弈分析[J]. 中国管理科学, 2017, 25(10): 140-150.
- [32] 汪振双, 刘景矿, 邓斌超, 等. 基于政府、企业和业主三方动态博弈的建筑物化阶段碳减排责任分析[J]. 工程管理学报, 2017, 31(1): 34-38.
- [33] 孙凤鹏, 孙晓阳. 低碳经济下环境 NGO 参与企业碳减排的演化博弈分析[J]. 运筹与管理, 2016, 25(2): 113-119.

## Research of evolutionary game and strategy between government and enterprises in carbon emission supervision: Based on the perspective of the third party

ZHANG Kaize, SHEN Juqin, XU Shasha, SUN Fuhua

(School of Business, Hohai University, Nanjing 211100, P. R. China)

**Abstract:** Strengthening carbon emission supervision is an important guarantee for realizing the government's strategic policy of "establishing an economic system with green and low-carbon recycling development". As the main factor of destroying the environment, enterprises bear the responsibility of carbon emission reduction and social supervision. Under the government's control, enterprises participate in carbon emission reduction passively, but smuggling and over-discharge have occurred from time to time. This article analyzes the relevant factors affecting corporate carbon emissions in response to government carbon emissions regulatory issues. From the perspective of third-party supervision, under the consideration of the government, enterprises and third-party supervision subjects, the evolutionary game model of government and enterprises in carbon emission regulation is established. Under the participation of the third-party supervisory body, the limited dynamic strategy choice among the government and the enterprise as well as the evolution trend of the strategic choices of the two parties under different parameters are studied, and the results are simulated by Matlab software. The results show that third-party supervision plays a significant role in the government and enterprise carbon emissions process, and can directly influence the decision-making choices of the government and enterprises. Therefore, strengthening the supervision of third parties can improve the efficiency of government supervision, ease the pressure of government supervision, reduce the cost of government supervision, and urge enterprises to comply with the emission of carbon dioxide. However, the oversight of the third party has weakened the effectiveness of government regulation. Finally, it proposes countermeasures and suggestions for the government to introduce third-party supervisory bodies more effectively.

**Key words:** carbon emission; third party supervision; government; enterprises; evolutionary game; simulation analysis

(责任编辑 傅旭东)