

DOI:10.15918/j.jbitss1009-3370.2016.0404

# 碳排放权初始分配中防范企业逆向选择的演化博弈

陆菊春, 张瑞雪

(武汉大学 经济与管理学院, 武汉 430072)

**摘要:** 在碳排放权初始配额的免费分配过程中,企业逆向选择会导致政府配额分配过量进而影响减排效果和环境治理,针对这一问题,以“复制动态方程”和“演化稳定策略”为建模基础,构建政府和企业间的演化博弈模型来研究博弈双方和系统的演化稳定策略,并通过仿真模拟分析相关参数对演化路径的影响。结果显示:当政府对谎报企业的罚金小于其监管成本时,博弈存在演化稳定策略,即企业谎报碳排放量且政府不监管。为避免出现这种企业逆向选择却不受监管的不利局面,政府应积极运用各种手段降低监管成本,加大对谎报企业的惩处力度,同时加强与企业的沟通,从而实现碳排放权初始配额的合理分配。

**关键词:** 碳排放权初始分配; 逆向选择; 演化博弈

中图分类号: F205

文献标识码: A

文章编号: 1009-3370(2016)04-0028-08

碳排放交易就是政府在设定地区 CO<sub>2</sub> 排放限额的基础上将碳排放权配额按照一定的方式分配给企业并进行交易,从而实现既定的 CO<sub>2</sub> 减排目标。碳排放交易已成为各国减少 CO<sub>2</sub> 排放量、提高环境治理水平的有效经济手段和政策工具,而碳排放权的初始分配则是开展碳排放交易的基础。中国目前的碳排放交易体系处于建立初期,主要采用免费分配方式,即政府在企业申报碳排放量的基础上确定分配额度,虽然国家出台了《碳排放权交易管理暂行办法》来对企业申报实施核查等制约措施,但7个试点省市的碳交易市场疲软,这表明碳排放权配额过于宽松,无法体现市场的稀缺性,说明企业在申报碳排放量时存在夸大谎报的逆向选择行为,而政府在监管过程中可能存在不作为,从而导致政府配额分配过量。目前中国面临着严峻的碳减排挑战,因此如何防范碳排放权初始分配中企业的逆向选择成为一个亟待解决的重要问题。而当前这一问题并没有引起足够的重视,相关的碳排放权初始分配的研究也较少关注此问题。本文尝试运用演化博弈论的相关理论对这一问题进行分析研究,并通过仿真模拟进行数值分析,据此提出针对性的对策建议。

## 一、文献综述

目前,碳排放权初始分配的方式主要有3种:政府免费分配、公开拍卖以及两者相结合的混合分

配方式。免费分配方式主要有2种模式:一种是依据历史产量的历史排放制,即“溯源法则”,也称为祖父制分配(Grand-fathering);另一种是依据排放实体的产量和基准排放率的行业基准制,即“标杆法则”(Benchmarking)<sup>[1]</sup>。拍卖的分配方式也有2种模式,分别是密封竞价拍卖(sealed-bid auctions)和上升竞价拍卖(ascending-bid auctions)<sup>[2]</sup>。除此之外,Bohringer 和 Lange (2005)<sup>[3]</sup> 以及 Sterner 和 Muller (2008)<sup>[4]</sup>提出了一种可升级的免费分配(updated free allocation)方式,即碳排放权的初始分配除了根据历史数据外,还可以依据一定的规则随着时间的变化而不断升级。当前关于碳排放权初始分配的研究主要集中在不同碳排放权初始分配方式的市场运行效率、价格发现功能和对企业创新的影响等方面的比较分析。

在市场运行效率方面,Taschini (2010)<sup>[5]</sup> 以及 Cramton 和 Kerr(2002)<sup>[6]</sup>认为,拍卖分配可以降低碳排放交易体系的运行成本、降低配额管理成本,并增加政府的财政收入,有利于推动企业进行创新。相较于免费分配方式下,碳排放交易市场和产品市场存在的市场势力会导致交易无效率,而拍卖分配则会减轻市场势力的影响并达到竞争性均衡的市场状态,因此,拍卖分配方式要优于免费分配方式。

在价格发现功能上,Goeree 等(2010)<sup>[7]</sup>认为,基于历史排放的免费分配方式会使碳排放配额的价格高于企业减排的边际成本,通过将其加成在产品

收稿日期: 2016-01-20

基金项目: 国家社会科学基金资助项目(11BJY051)

作者简介: 陆菊春(1970—),女,副教授,博士,E-mail:lujuchun2603@163.com

价格中,实际上让消费者为企业免费获得的配额付费,企业则从中获取了额外利润,进而可能引发社会公平问题。Ellerman等(2010)<sup>[8]</sup>指出,在欧盟排放交易体系中,每年将免费配额以成本形式转嫁给消费者而获得的利润远高于减排成本,因此免费分配方式不能反映减排的边际成本。刘新宇(2013)<sup>[9]</sup>、Lopomo(2011)<sup>[10]</sup>、Zetterberg等(2012)<sup>[11]</sup>认为,拍卖的分配方式能够使企业通过竞价博弈产生一个均衡的初始碳排放权价格,很好地发挥了价格发现这一功能。段茂盛等(2013)<sup>[12]</sup>指出,金融机构通过推出信托类碳金融产品、碳基金理财产品和碳资产证券化等方式可以增加碳市场的流动性,促进碳市场价格发现功能的实现。

关于对企业创新的影响,Montero(2011)<sup>[13]</sup>认为,有效的碳排放权初始分配方式能对企业创新产生积极影响,即能激励企业投资研发减排技术,减少CO<sub>2</sub>排放,因此对企业创新的影响成为衡量碳排放分配方式是否有效的关键。Lopomo(2011)、Zetterberg等(2012)认为,拍卖分配方式的创新效应要大于免费分配方式,而免费分配方式中,基于实体产量和基准排放率的免费分配方式要优于基于历史排放的免费分配方式的创新效应。

在碳排放权初始分配的实践中,碳排放交易体系建立初期一般采用政府免费分配的方式进行配额分配,随着时间的推移,通过公开拍卖分配的配额比例将会逐渐增加(Elkins P,2001)<sup>[14]</sup>。目前世界上最大的排放交易体系——欧盟排放交易体系(EUETS)的第一阶段(2005—2007年)和第二阶段(2008—2012年)主要采用基于历史排放的免费分配方式,免费分配的配额比例分别为95%和90%;第三阶段则开始大规模采用公开拍卖的方式来分配配额,2013年50%的配额通过拍卖进行分配发放,预计到2027年将实现配额的完全拍卖分配(何梦舒,2011)<sup>[15]</sup>。

中国目前主要采用基于历史排放的免费分配方式,这种无偿获得配额的方式容易引发企业夸大申报碳排放量,政府过量发放排放权配额(王凯等,2014)<sup>[16]</sup>。基于历史排放的免费分配方式下,碳排放权分配额度的设定有两种方式:一种是政府先设定各排放企业的分配额度,然后企业再申报自己的碳排放量,最后政府再调整额度;另一种是企业先申报碳排放量,然后政府再设定分配额度。为了保证政府的分配政策不仅在制定阶段是最优的,而且在之后的执行阶段也是最优的,即具有动态一致性,政府应在企业先申报碳排放量的基础上再确定分配

额度(聂力,2013)<sup>[17]</sup>。但由于政府和企业之间存在信息的不完全和不对称,所以企业在申报碳排放量时容易出现逆向选择的行为,导致政府配额分配过量。

碳排放权初始配额的免费分配过程中遇到的问题归根结底在于在碳排放交易中,政府和企业的信息不对称,企业出现了逆向选择的行为。“逆向选择”是指在信息不对称的情况下,接受合约的一方(代理人)利用另一方(委托人)所不知的“私人信息”使对方不利,从而使交易或博弈过程违背了委托人的最初意愿(张维迎,2005)<sup>[18]</sup>。碳排放权初始分配和交易是基于委托—代理关系发生的,政府作为委托人,将减排目标和碳排放配额交付给代理人——企业去执行,而且这种交易或博弈是在信息不对称的条件下发生的,政府无法完全知晓企业的减排能力和历史碳排放量等“私人信息”,从而造成了企业的逆向选择,影响政府碳排放分配政策的有效执行和减排目标的实现。

综上,目前碳排放权初始分配的研究主要关注不同碳排放权初始分配方式在市场运行效率、价格发现功能、对创新的影响等方面的比较,而对免费分配过程中由于企业逆向选择而导致政府配额分配过量这一问题的研究很少涉及,本文将运用演化博弈论的相关理论对这一问题进行分析研究并提出相应的对策建议。

## 二、碳排放权初始分配中政府与企业的演化博弈分析

### (一)碳排放权初始分配中政府与企业的演化博弈建模基础

博弈论作为重要的研究工具,在碳排放权初始分配以及排污权分配的研究中被广泛运用。严明慧等(2014)<sup>[19]</sup>建立了政府和两企业之间的一主两从Stackelberg博弈模型和企业之间的差异Bertrand价格博弈模型,并将两者组成一个二阶段博弈模型来研究最优的碳排放权分配机制。陈艳萍等(2011)<sup>[20]</sup>运用演化博弈论研究了在排污权初始分配过程中强势群体和弱势群体之间存在的的社会公平问题。张为程等(2015)<sup>[21]</sup>在区域污染物总量控制的前提下,从公平的视角建立初始排污权分配利益双方的博弈模型,分析讨论了排污权初始分配的公平性问题。Amato等(2011)<sup>[22]</sup>基于博弈论分别讨论了合作集中决策和非合作集中决策两种分配机制下的碳排放权的分配限额等问题。Zhang Yue-Jun等(2014)<sup>[23]</sup>在考虑中国各地区之间合作的基础上,采用基于熵和重力模型的Shapley值法在各地区之间分配碳排放配额。

不同于传统博弈将重点放在静态均衡上,演化博弈理论(Evolutionary Game Theory)强调动态演化过程,研究博弈双方如何在动态连续的博弈过程中通过模仿和学习不断调整各自的策略使系统最终达到均衡,并且放宽了经典博弈理论中参与人完全理性的假定,更符合实际情形。

演化博弈的核心在于复制动态方程(Replicator Dynamics Equation)和演化稳定策略(Evolutionary Stable Strategy, ESS)<sup>[24]</sup>。复制动态方程是一种模拟群体类型比例变化过程的动态微分方程,具体表示为: $\frac{dp}{dt}=p(u_q-\bar{u})$ 。其中, $p$ 表示群体中采用特定策略 $q$ 的博弈方比例; $u_q$ 表示采用特定策略 $q$ 的期望收益; $\bar{u}$ 是所有博弈方的平均收益; $\frac{dp}{dt}$ 即为采用特定策略 $q$ 的博弈方比例随时间的变化率。演化稳定策略反映了均衡解的稳定性状态,即在一个群体处于Nash均衡状态 $(\sigma^*, \sigma^*)$ 下,当少数变异者持有变异策略 $\sigma$ 入侵时,侵略将被击退,原均衡 $(\sigma^*, \sigma^*)$ 保持不变。其定义如下:对于非常小的正数 $\varepsilon$ ,所有的 $\sigma \neq \sigma^*$ ,满足: $u(\sigma^*, (1-\varepsilon)\sigma^* + \varepsilon\sigma) > u(\sigma, (1-\varepsilon)\sigma^* + \varepsilon\sigma)$ ,即对于群体中很小比例 $\varepsilon$ 的突变行为 $\sigma$ ,采取 $\sigma^*$ 策略将获得更高收益, $\sigma^*$ 策略即为演化稳定策略。

在碳排放权初始分配中,政府和企业都是有限理性的,由于存在信息不对称,双方经过反复博弈不断调整各自的策略,政府通过了解企业更多的减排信息来改进自身的策略,而企业也会模仿其他获利企业的策略同时根据政府的策略进行调整,最终双方达成一种稳定状态,此时群体中某些个体策略的改变并不会影响整体的稳定性。据此本文以“复制动态方程”和“演化稳定策略”为建模基础,构建政府和企业间的演化博弈模型来研究碳排放权初始分配过程中政府和企业的相互影响和动态均衡以及如何防范企业进行逆向选择。

## (二) 博弈双方收益矩阵的建立

在进行碳排放权初始分配时,政府会在企业申报碳排放量的基础上设定分配额度,此时企业可能如实申报碳排放量,也可能为降低减排成本或者获取额外收益而谎报碳排放量(这会对政府造成不利影响,属于逆向选择),则企业可以采取的策略组合为“实报,谎报”。而政府在企业申报碳排放量后可能进行监管以防止企业谎报,也可能因考虑到监管成本、地方经济等因素而不进行监管,则政府可以采取的策略组合为“监管,不监管”。

在上述博弈策略分析的基础上,假定政府和企业均为有限理性的决策主体,设选择“监管”策略的

政府比例为 $x$ ,选择“不监管”策略的政府比例为 $1-x$ ,选择“实报”策略的企业比例为 $y$ ,选择“谎报”策略即进行逆向选择的企业比例为 $1-y$ ,则政府和企业的收益矩阵如表1所示。

表1 政府和企业策略空间的收益矩阵

政府	企业	
	实报 ( $y$ )	谎报(逆向选择) ( $1-y$ )
监管 ( $x$ )	$(A-B+S, \pi)$	$(A-B+F, \pi-F-L)$
不监管 ( $1-x$ )	$(A+S, \pi)$	$(A, \pi+\Delta\pi)$

表1中, $A$ 表示政府的基本收益; $B$ 表示政府监管时的成本(包括人力、物力和资金的投入等); $S$ 表示企业如实申报碳排放量时给政府带来的社会效益; $\pi$ 表示企业如实申报碳排放量时的收益; $\Delta\pi$ 表示政府不监管时企业谎报碳排放量可获得的额外收益。而政府监管时企业谎报碳排放量会被发现,不仅不能获得额外收益 $\Delta\pi$ ,还将被征收罚金 $F$ ,并因此产生信誉损失 $L$ 。

## (三) 政府的演化稳定策略分析

政府监管策略的期望收益为

$$m_1 = y(A-B+S) + (1-y)(A-B+F) \quad (1)$$

政府不监管策略的期望收益为

$$m_2 = y(A+S) + (1-y)A \quad (2)$$

所以政府的平均收益为

$$m = xm_1 + (1-x)m_2 \quad (3)$$

由式(1)和式(3)可得政府采取监管策略的复制动态方程为

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= x(m_1 - m) = x(1-x)(m_1 - m_2) = \\ & x(1-x)(F-B-yF) \end{aligned} \quad (4)$$

令 $F(x) = \frac{dx}{dt} = x(1-x)(F-B-yF)$ ,则 $F(x)$ 的导数为

$F'(x) = (1-2x)(F-B-yF)$ 。根据微分方程的稳定性定理及演化稳定策略的性质,当 $F(x^*)=0, F'(x^*) < 0$ 时,用复制动态方程的相位图表示, $x^*$ 就是与水平轴相交且交点处切线斜率为负的点,即为相应博弈复制动态的演化稳定策略<sup>[25]</sup>。下面对政府的演化稳定策略进行分析讨论:

1. 当 $F \geq B, y = \frac{F-B}{F}$ 时,有 $F(x)=0, F'(x)=0$ ,这意味着所有 $x$ 轴水平都是稳定状态, $x$ 可以取0~1之间的任意值,政府的复制动态如图1a所示。这表明当选择实报碳排放量的企业比例为 $\frac{F-B}{F}$ 时,政府选择“监管”和“不监管”的期望收益是一样的,政府



可以选择“监管”，也可以选择“不监管”，其决策可能受到当时政治、经济和社会等多方面因素的影响。

2. 当  $F \geq B, y > \frac{F-B}{F}$  时, 令  $F(x)=0$  得到两个稳定状态  $x_1^*=0$  和  $x_2^*=1$ , 且  $F'(x_1^*) < 0, F'(x_2^*) > 0$ , 如图 1b 所示,  $x_1^*=0$  处的切线斜率为负,  $x_2^*=1$  处的切线斜率为正, 故  $x_1^*=0$  是政府的演化稳定策略, 即政府会选择“不监管”。这表明当选择实报碳排放量的企业比例大于  $\frac{F-B}{F}$  时, 政府不监管的期望收益高于监管的期望收益, “不监管”是占优策略。从实际情况出发考虑, 此时实报企业的比例较大, 说明企业谎报碳排放量即进行逆向选择只是个别现象, 考虑到企业谎报的影响程度较小, 若选择“监管”则要支付监管成本, 政府最终会倾向于选择“不监管”的策略。

3. 当  $F \geq B, y < \frac{F-B}{F}$  时, 令  $F(x)=0$  得到两个稳定状态  $x_1^*=0$  和  $x_2^*=1$ , 且  $F'(x_1^*) > 0, F'(x_2^*) < 0$ , 如图 1c 所示,  $x_1^*=0$  处的切线斜率为正,  $x_2^*=1$  处的切线斜率为负, 故  $x_2^*=1$  是政府的演化稳定策略, 即政府会选择“监管”。这表明当选择实报碳排放量的企业比例小于  $\frac{F-B}{F}$  时, 政府监管的期望收益高于不监管的期望收益, “监管”是占优策略。也可以理解为若实报企业的比例较小, 则说明企业谎报碳排放量即进行逆向选择的情况比较普遍, 这会对社会效益等方面产生较为明显的不利影响, 为了达到减排目标, 维护公众利益, 虽然需要支付监管成本, 政府最终还是会选择“监管”的策略。

4. 当  $F < B$  时, 对任意的  $y \in [0, 1]$  均有  $y > \frac{F-B}{F}$ , 令  $F(x)=0$ , 得到两个稳定状态  $x_1^*=0$  和  $x_2^*=1$ , 且  $F'(x_1^*) < 0, F'(x_2^*) > 0$ , 如图 1d 所示,  $x_1^*=0$  处的切线斜率为负,  $x_2^*=1$  处的切线斜率为正, 故  $x_1^*=0$  是政府的演化稳定策略, 即政府选择“不监管”。表明当政

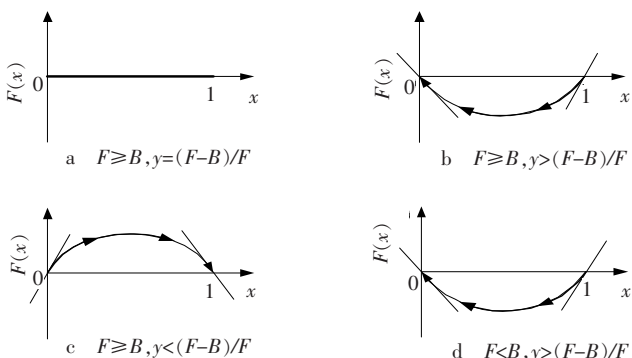


图 1 政府的复制动态相位图

府监管的收益 (即向谎报企业征收的罚金) 不能负担其监管成本时, 不管进行逆向选择即谎报碳排放量的企业的比例如何 (实际上此时企业进行逆向选择的比例会较高), 政府都不会进行监管, 因为此时政府若监管, 只会因入不敷出而难以为继。因此, 当监管成本过高, 或者对谎报企业的惩罚过轻时, 经过长期的演化, 政府将趋向于选择“不监管”的策略。

(四) 企业的演化稳定策略分析

企业实报策略的期望收益为

$$n_1 = x\pi + (1-x)\pi = \pi \tag{5}$$

企业谎报策略的期望收益为

$$n_2 = x(\pi - F - L) + (1-x)(\pi + \Delta\pi) \tag{6}$$

所以企业的平均收益为

$$n = yn_1 + (1-y)n_2 \tag{7}$$

由式 (5) 和式 (7) 可得企业采取实报策略的复制动态方程为

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dt} &= y(n_1 - n) = y(1-y)(n_1 - n_2) = \\ &= y(1-y)[x(F+L+\Delta\pi) - \Delta\pi] \end{aligned} \tag{8}$$

令  $G(y) = \frac{dy}{dt} = y(1-y)[x(F+L+\Delta\pi) - \Delta\pi]$ , 则  $G(y)$  的导数为  $G'(y) = (1-2y)[x(F+L+\Delta\pi) - \Delta\pi]$ 。根据微分方程的稳定性定理及演化稳定策略的性质, 当  $G(y^*)=0, G'(y^*) < 0$  时, 用复制动态方程的相位图表示,  $y^*$  就是与水平轴相交且交点处切线斜率为负的点, 即为相应博弈复制动态的演化稳定策略<sup>[25]</sup>。下面对企业的演化稳定策略进行分析讨论:

1. 当  $x = \frac{\Delta\pi}{F+L+\Delta\pi}$  时, 有  $G(y)=0, G'(y)=0$ , 这意味着所有  $y$  轴水平都是稳定状态,  $y$  可以取 0~1 之间的任意值, 企业的复制动态如图 2a 所示。这表明当选择监管的政府的比例为  $\frac{\Delta\pi}{F+L+\Delta\pi}$  时, 企业选择实报和谎报的期望收益是一样的, 企业可能选择实报, 也可能选择谎报, 企业最终是否进行逆向选择 (即谎报) 取决于其社会责任感的强弱及企业运营的各种考虑。

2. 当  $x > \frac{\Delta\pi}{F+L+\Delta\pi}$  时, 令  $G(y)=0$  得到两个稳定状态  $y_1^*=0$  和  $y_2^*=1$ , 且  $G'(y_1^*) > 0, G'(y_2^*) < 0$ , 如图 2b 所示,  $y_1^*=0$  处的切线斜率为正,  $y_2^*=1$  处的切线斜率为负, 故  $y_2^*=1$  是企业的演化稳定策略, 即企业会选择实报。这表明当选择监管的政府的比例大于  $\frac{\Delta\pi}{F+L+\Delta\pi}$  时, 企业实报的期望收益高于谎报的期望

收益,此时“实报”是占优策略。从实际考虑,当政府监管比例较大时,企业谎报很可能被发现,此时不仅不能获得额外收益还会被处以罚金,而且会对企业的信誉和形象造成不可挽回的影响,在这种情况下企业逆向选择的行为会不断减少,并逐步趋向于选择实报的策略。

3. 当  $x < \frac{\Delta\pi}{F+L+\Delta\pi}$  时,令  $G(y)=0$  得到两个稳定状态  $y_1^*=0$  和  $y_2^*=1$ ,且  $G'(y_1^*) < 0, G'(y_2^*) > 0$ ,如图 2c 所示,  $y_1^*=0$  处的切线斜率为负,  $y_2^*=1$  处的切线斜率为正,故  $y_1^*=0$  是企业的演化稳定策略,即企业会进行逆向选择,向政府谎报碳排放量。这表明当选择监管的政府的比例小于  $\frac{\Delta\pi}{F+L+\Delta\pi}$  时,企业谎报的期望收益高于实报的期望收益,此时“谎报”是占优策略。

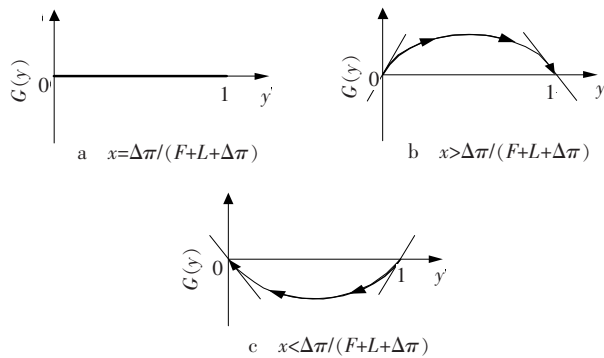


图2 企业的复制动态相位图

略。这是因为当政府大多采取不监管的策略时,企业谎报被发现的概率较低,经过长期的模仿学习和策略调整,为获得额外收益企业最终会向政府谎报碳排放量,导致逆向选择行为的发生。

(五) 系统的稳定性分析

由式(4)和式(8)组成的微分方程组构成了碳排放权初始分配过程中政府和企业博弈的动态复制系统,通过上述对式(4)和式(8)两个复制动态方程的分析可知,该系统共有5个平衡点,分别为(0,0), (0,1), (1,0), (1,1),  $(\frac{\Delta\pi}{F+L+\Delta\pi}, \frac{F-B}{F})$ 。接下来研究该动态复制系统的演化稳定策略。Friedman(1991)<sup>[26]</sup>提出,一个由微分方程系统描述的群体动态,其局部均衡点的稳定性可由该系统的雅可比(Jacobi)矩阵的局部稳定性分析得到。对微分方程式(4)和式(8)分别关于  $x, y$  求偏导,得到相应的雅可比矩阵  $J = \begin{pmatrix} (1-2x)(F-B-yF) & Fx(x-1) \\ y(1-y)(F+L+\Delta\pi) & (1-2y)[x(F+L+\Delta\pi)-\Delta\pi] \end{pmatrix}$ , 矩阵  $J$  的迹为  $Tr(J) = (1-2x)(F-B-yF) + (1-2y)[x(F+L+\Delta\pi)-\Delta\pi]$ 。

将上述5个平衡点分别带入雅可比矩阵,得到相应矩阵行列式的值  $De(J)$  和矩阵迹的值  $Tr(J)$ ,通过变量讨论分析不同情形下各平衡点的稳定性和演化稳定策略,演化稳定状态点(ESS)的要求是,  $De(J) > 0, Tr(J) < 0$ ,具体分析及结果如表2所示。

表2 局部稳定性分析结果

局部均衡点	$De(J), Tr(J)$	变量讨论	结果
(0,0)	$(B-F)\Delta\pi$ $F-B-\Delta\pi$	$F > B$ 时 $De(J) < 0, Tr(J)$ 符号不定 $F < B$ 时 $De(J) > 0, Tr(J) < 0$	鞍点 ESS
(0,1)	$-B\Delta\pi$ $\Delta\pi - B$	$De(J) < 0, \Delta\pi > B$ 时, $Tr(J) > 0$ $De(J) < 0, \Delta\pi < B$ 时, $Tr(J) < 0$	鞍点 鞍点
(1,0)	$(B-F)(F+L)$ $B+L$	$F < B$ 时, $De(J) > 0, Tr(J) > 0$ $F > B$ 时, $De(J) < 0, Tr(J) > 0$	鞍点 不稳定点
(1,1)	$-B(F+L)$ $B-F-L$	$De(J) < 0, B > F+L$ 时, $Tr(J) > 0$ $De(J) < 0, B < F+L$ 时, $Tr(J) < 0$	鞍点 鞍点
$(\frac{\Delta\pi}{F+L+\Delta\pi}, \frac{F-B}{F})$	$\frac{B\Delta\pi(F-B)(F+L)}{F(F+L+\Delta\pi)}$ 0	$Tr(J) = 0$	鞍点

由表2可知,当  $F < B$  时,博弈存在演化稳定策略(0,0),即政府选择“不监管”,企业选择“谎报”,相应的复制动态相位图如图3所示。

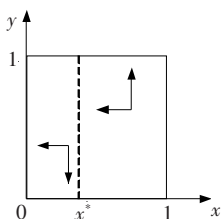


图3 博弈双方群体的复制动态相位图

$F < B$  说明政府对谎报企业的罚金小于政府监管所需的成本,这种情况下,政府实施监管的成本将成为政府运营的一项支出负担,经过长期的反复博弈和演化过程,政府不会对企业申报碳排放量进行监管,企业也将进行逆向选择即谎报碳排放量。可见,要防范企业进行逆向选择而政府又不监管这一不利局面的出现,政府对谎报企业的惩处力度和政府的监管成本是关键。政府要寻求方法降低监管成本,同时也要适当加大对谎报企业的惩处力度,使

得  $F \geq B$ , 这样才能避免形成“企业逆向选择, 政府不监管”的演化稳定策略, 从而对碳排放权初始分配过程中企业的逆向选择进行防范。

此外, 在以后的研究中可以考虑在模型中加入相应的参数设计, 以衡量企业谎报多少与政府惩罚力度的关系, 为政府制定相应的罚金提供依据。

### 三、碳排放权初始分配中政府与企业演化稳定策略的仿真模拟

为了考察模型的性质和实用性, 下面采用 MATLAB 软件对模型进行不同参数情况下的仿真分析, 仿真过程主要是模拟上文分析得到的演化稳定策略。

由上文分析可知, 碳排放权初始分配过程中政府和企业间的动态博弈存在演化稳定策略  $(0, 0)$ , 即“不监管, 谎报”。由于目前没有政府的监管成本及罚金等相关实际数据, 企业谎报可获得的额外收益及被发现所造成的信誉损失也无法估计, 根据式 (1)、式 (2) 两个复制动态方程, 在满足条件  $F < B$  的情况下, 考虑各变量之间的关系, 同时为了分析简便考虑, 假设  $F=1.5, B=2, \Delta\pi=1.8, L=1$  (单位均为“万元”),  $A, S, \pi$  在复制动态方程中没有出现, 故不做假设, 并设政府选择策略“监管”和企业选择策略“实报”的初始概率均为 0.5, 将上述变量输入仿真模型, 运行后得到该演化稳定策略的演化路径, 如图 4 所示。

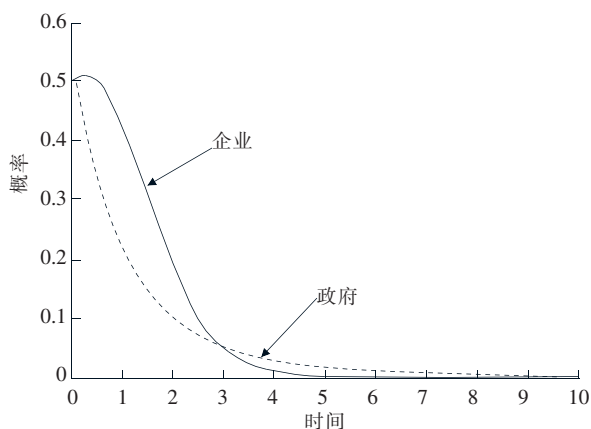


图 4  $F=1.5, B=2$  时的演化路径图

由图 4 可以看出, 仿真模拟的结果与上文复制动态方程的分析结果一致: 当  $F < B$  时, 存在演化稳定策略  $(0, 0)$ , 即“不监管, 谎报”。并且从图 4 中可以看出, 开始时 ( $t < 3$  时) 政府的演化速度较快, 之后 ( $t > 3$  时) 企业的演化速度较快, 说明开始时企业受制于政府监管等因素没有普遍采取逆向选择, 但随着政府监管比例的下降, 以及企业间的模仿学习,

实报企业的比例随之急剧下降, 最终企业到达演化稳定策略的时间较短, 也说明了企业在博弈过程中学习调整的速度较快。

为研究政府的监管成本  $B$  的变化对政府和企业演化过程的影响, 固定其他变量的值不变,  $F=1.5, \Delta\pi=1.8, L=1$  分别假设  $B=2$  和  $B=3$  得到政府和企业的演化路径, 如图 5 所示。

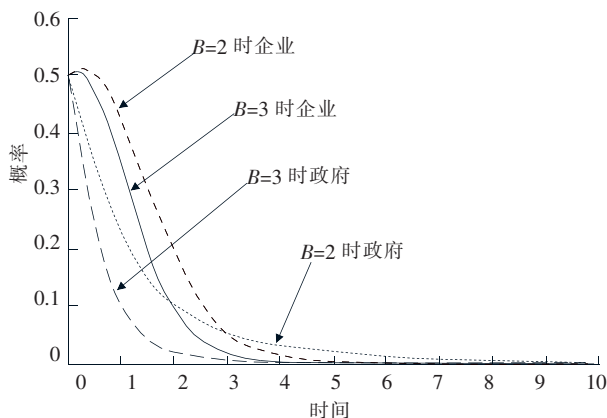


图 5  $F=1.5, B=2, 3$  时的演化路径图

由图 5 可以看出随着  $B$  的增加, 政府和企业的演化速度都加快了, 但政府的演化速度比企业的演化速度增加得快。当  $B=2$  时企业到达演化稳定策略的时间较短, 而当  $B=3$  时政府到达演化稳定策略的时间较短。这说明当政府的监管成本增加到一定数额时, 在企业还未到达“谎报”的稳定状态时, 政府已经到达“不监管”的稳定状态, 进而表明监管成本是影响政府策略选择的一个重要因素, 也是演化稳定策略形成的关键。

为研究政府对谎报企业的罚金的变化对政府和企业演化过程的影响, 固定其他变量的值不变,  $B=2, \Delta\pi=1.8, L=1$  分别假设  $F=1.5$  和  $F=0.5$  得到政府和企业的演化路径, 如图 6 所示。

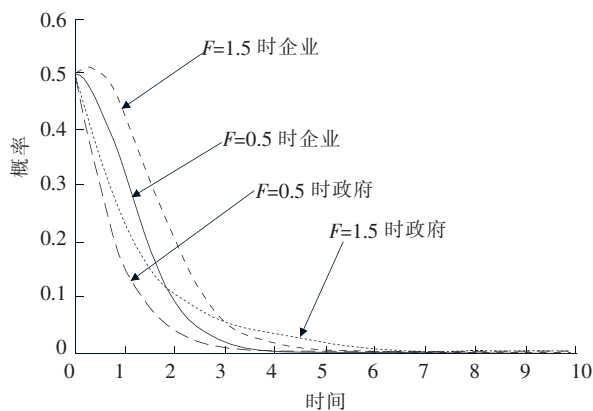


图 6  $B=2, F=1.5, 0.5$  时的演化路径图

由图 6 可以看出随着  $F$  的降低, 政府和企业的



演化速度都加快了,但政府的演化速度比企业的演化速度增加得快。当 $F=1.5$ 时企业到达演化稳定策略的时间较短,而当 $F=0.5$ 时政府到达演化稳定策略的时间较短。这说明当政府对谎报企业的罚金降低到一定数额时,在企业还未到达“谎报”的稳定状态时,政府已经到达“不监管”的稳定状态,进而表明政府对谎报企业的罚金是影响政府策略选择的一个重要因素,也是演化稳定策略形成的关键。

此外,对比图5和图6可以发现, $B$ 的增加对政府演化速度的影响比 $F$ 的降低对政府演化速度的影响大;而 $B$ 和 $F$ 的变化对企业演化速度的影响相差不大,只是其对于 $F$ 的降低较为敏感一些。

#### 四、结论与建议

从碳排放权初始分配中政府与企业的演化博弈分析可知,政府的监管成本和对谎报企业的罚金是影响演化进程的重要因素,也是防范企业逆向选择的关键。政府应致力于降低监管成本,同时加大对谎报企业的惩罚力度,这样才能避免出现“不监管,谎报”的不利局面。此外,由数值分析可知,政府对监管成本和罚金的变化较之企业更为敏感但在演化博弈过程中企业调整学习的速度较快,这说明政府除了应在监管成本和罚金方面采取相应措施外,还应加强与企业的沟通,提高在博弈过程中学习和调整的能力。根据以上结论和分析,结合国家颁布的《碳排放权交易管理暂行办法》和7个碳交易试点省市的实际做法,提出以下几点建议:

1.目前政府主要委托第三方核查机构对企业申

报碳排放量进行监测,并对核查机构进行管理,要想节约监管成本、提高监管效率,核查机构的选择是关键。政府应构建并不断更新核查机构信息库,建立相应的评价和考核机制来挑选出公正、高效的核查机构。此外,对控排企业的新上项目可以在项目审批过程中引入碳评审的机制,通过对新上项目的碳排放空间进行预计,防范企业在申报过程中出现瞒报、谎报的行为,提高监管效率的同时也为日后进行核查提供了依据,节约了成本。

2.国家规定如果发现企业申报配额和最终所需配额有差距,那么多余配额将会被政府回收。7个碳排放交易试点之一的重庆就规定,“配额管理单位申报量超过市发展改革委审定的排放量8%以上的,以审定排放量与申报量之间的差额扣减相应配额”。但是无论是国家的规定还是试点省市的实际做法都没有对企业谎报的逆向选择行为进行惩处,无法起到警示引导的作用,因此建议国家尽快出台相关的配套细则,地方也可根据当地的经济展情况制定相应的处罚金额和惩处措施。

3.政府应与企业建立定期沟通机制,这样有助于了解企业的生产用能情况,在信息不对称的情况下掌握更多企业碳排放的相关信息,毕竟政府和企业之间的信息不对称是企业逆向选择的根源。而且通过与企业的接触和沟通,政府可以了解到一些企业减排的难处和意见,在碳排放权分配过程中及时调整策略,同时鼓励企业积极减排和参与碳交易,推动减排目标的顺利实现,促进碳交易市场的成熟。

#### 参考文献:

- [1] ZHANG Y J, WANG A, TAN W P. The impact of China's carbon allowance allocation rules on the product prices and emission reduction behaviors of ETS-covered enterprises[J]. Energy Policy, 2015, 86: 176-185.
- [2] 李凯杰, 曲如晓. 碳排放交易体系初始排放权分配机制的研究进展[J]. 经济学动态, 2012(6): 130-138.
- [3] BOHRINGER C, LANGE A. Economic implications of alter-native allocation schemes for emission allocations[J]. The Scandinavian Journal of Economics, 2005, 107(3): 563-581.
- [4] STERNER T, MULLER A. Output and abatement effects of allocation readjustment in permit trade[J]. Climatic Change, 2008, 86(1): 33-49.
- [5] TASCHINI L. Environmental economics and modeling marketable permits[J]. Asia-Pacific Financial Markets, 2010, 17(4): 325-343.
- [6] CRAMTON P, KERR S. Tradable carbon permit auctions: how and why to auction not grandfather[J]. Energy Policy, 2002, 30(4): 333-345.
- [7] GOEREE J K, PALMER K, HOLT C A, et al. An experimental study of auctions versus grandfathering to assign pollution permits[J]. Journal of the European Economic Association, 2010, 8(2-3): 514-525.
- [8] ELLERMAN A D, CONVERY F J, DE PERTHUIS C. Pricing carbon: the european union emissions trading scheme[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- [9] 刘新宇. 碳排放权初始分配方式如何选择[J]. 环境经济, 2013(12): 30-34.

- [10] LOPOMO G, MARX L M, MCADAMS D, et al. Carbon allowance auction design: an assessment of options for the United States [J]. *Review of Environmental Economics and Policy*, 2011, 5(1): 25–43.
- [11] ZETTERBERG L, WRAKE M, STERNER T, et al. Short-run allocation of emissions allowances and long-term goals for climate policy [J]. *Journal of Human Environment*, 2012, 41(S1): 23–32.
- [12] 段茂盛, 庞韬. 碳排放权交易体系的基本要素 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2013, 23(3): 110–117.
- [13] MONTERO J P. A note on environmental policy and innovation when governments cannot commit [J]. *Energy Economics*, 2011, 33(1): 13–19.
- [14] ELKINS P, BAKER T. Carbon taxes and carbon emissions trading [J]. *Journal of Economic Surveys*, 2001, 15(3): 325–376.
- [15] 何梦舒. 中国碳排放权初始分配研究——基于金融工程视角的分析 [J]. *管理世界*, 2011(11): 172–173.
- [16] 王凯, 秦颖, 王红春. 中国现有碳排放权分配方式解构 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2014, 24(11): 10–12.
- [17] 聂力. 中国碳排放权交易博弈分析 [D]. 北京: 首都经济贸易大学, 2013.
- [18] 张维迎. 博弈论与信息经济学 [M]. 上海: 上海三联书店, 上海人民出版社, 2005.
- [19] 严明慧, 周洪涛, 曾伟. 基于二阶段博弈的碳排放权分配机制研究 [J]. *价值工程*, 2014(1): 3–6.
- [20] 陈艳萍, 吴凤平, 周晔. 流域初始水权分配中强弱弱势群体间的演化博弈分析 [J]. *软科学*, 2011, 25(7): 11–15.
- [21] 张为程, 王庚哲, 李薇等. 总量控制前提下排污权初始分配博弈分析 [J]. *商业经济研究*, 2015(23): 94–95.
- [22] D'AMATO A, VALENTINI E. A note on international emissions trading with endogenous allowance choice [J]. *Economics Bulletin*, 2011, 31: 1451–1462.
- [23] ZHANG Y J, WANG A, DA Y B. Regional allocation of carbon emission quotas in China: evidence from the shapley value method [J]. *Energy Policy*, 2014, 74: 454–464.
- [24] TAYLOR P D, JONKER L B. Evolutionarily stable strategy and game dynamics [J]. *Math Bioscience*, 1978(40): 145–156.
- [25] 谢识予. 经济博弈论 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 2007.
- [26] FRIEDMAN D. Evolutionary games in economics [J]. *Journal of the Econometric Society*, 1991: 637–666.

## Evolutionary Game Analysis to Prevent Enterprise Adverse Selection in the Initial Allocation of Carbon Emission Rights

LU Juchun, ZHANG Ruixue

(School of Economics and Management, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

**Abstract:** The overdose allocation of government carbon emission rights quota caused by enterprise adverse selection in the free allocation of carbon emission rights initial quota has negatively affected the reduction effect and environmental governance. For this question, this paper builds an evolutionary game model between the governments and the enterprises based on the “Replicator Dynamics Equation” and the “Evolutionary Stable Strategy” to study the evolutionary stable strategy of the game and the system, and to analyze the influence of related parameters on the evolution path through the simulation. The results show that when the fine that the government gets from a lying enterprise is less than its regulatory cost, the evolutionary game has a evolutionary stable strategy in which the enterprise lies to the government about carbon emissions and the government doesn't supervise the enterprise. To avoid such unfavorable situation in which adverse selection is unregulated, the government should actively use various means to reduce regulatory costs and increase the intensity of punishment for enterprises that lie about carbon emissions, while strengthening communication with enterprises, so as to realize the reasonable distribution of the carbon emission rights initial quota.

**Key words:** the initial allocation of carbon emission rights; adverse selection; evolutionary game

[责任编辑:孟青]