

产业结构调整与污染减排的演化博弈分析

田银华^{1,2}, 邝嫦娥^{1,2}

(1. 湖南科技大学湖南创新发展研究院, 湖南湘潭 411201; 2. 湖南科技大学商学院, 湖南湘潭 411201)

摘要:产业结构调整是实现污染减排的有效途径,运用动态演化博弈模型对产业之间以及产业与地方政府之间的结构调整与污染减排行为进行分析。博弈结果表明:无政府干预下,产业之间的结构调整选择策略主要与其收益有关,但在政府干预情况下,产业之间是否进行结构调整主要取决于政府的奖励或处罚力度。地方政府只有在收益大于成本时才会推行产业结构调整政策,产业只有在利润大于成本时才会主动进行污染减排。

关键词:结构调整;污染减排;演化博弈;复制动态

中图分类号: D912.6

文献标志码: A

文章编号: 1671-4970(2015)06-0078-05

一、前言

2014 年,我国国内生产总值达到 63.65 万亿元,跃居世界第二位。然而,应清醒地看到:中国经济的快速增长是以资源、资本等物质要素的大量投入和环境的污染为前提的。不合理的产业结构所带来的能源浪费和环境污染问题已经成为制约我国当前和未来经济发展的两大瓶颈,高投入、高消耗、低效率的粗放型增长方式加剧了环境污染,转变经济发展方式刻不容缓。实现污染物减排目标的主攻方向在于经济结构的战略性调整,而产业结构调整是经济结构战略性调整的主导型重要组成部分,因此,产业结构调整也是实现污染物减排目标的主导型出路与重要途径^[1]。

目前国内外关于产业结构调整与污染减排关系的研究主要集中在以下几个方面。Grossman 等^[2]运用比较分析方法研究了亚洲国家产业结构与环境污染之间的关系,发现产业结构演变与环境污染水平之间呈现倒“U”型关系。Bruyn 等^[3]利用空间动态面板数据模型对荷兰、英国、美国 and 德国四国相关污染排放问题进行研究,证实产业结构的调整有益于污染减排的实现,而且产业结构调整后各国的生产效率和工业产出率都有较大程度的提高。Porter

等^[4]研究表明合理的污染减排政策能够促进企业改进现有的生产技术并进一步提高资源配置效率,实现产业结构调整,提高企业的绿色竞争力和生产效率。Stern^[5]运用空间计量经济学的方法从对 64 个国家环境库兹涅茨曲线形成的原因分析中发现,虽然投入产出结构在各国污染减排中的作用十分显著,但在全球减排中的作用很小。李姝^[6]运用 GMM 分析方法对产业结构调整与环境污染之间的关系进行实证分析,认为产业结构调整与环境污染之间存在着显著的相关性。刘辉^[7]对我国西部工业环境效率和经济效率的差异性研究的结果表明,西部工业环境污染对工业环境和经济效率影响具有差异性,西部工业区域可以通过优化产业转移效果来缓解工业经济发展和环境间的矛盾。原毅军^[8]实证检验了环境规制对产业结构调整的作用,结果表明正式环境规制能够非常有效的促进产业机构的调整,非正式环境规制对产业结构调整的作用也是正相关的,但是影响作用较小。柯善咨等^[9]根据城市面板数据对产业结构与城市规模的协同作用进行研究,结果发现提升生产服务业——制造业结构才能提高经济效率、环境安全水平等城市生产指标。谢众^[10]实证研究了我国环境规制对经济发展的影响,以污染减排为目的环境规制对经济发展有负向的影响,且呈倒 U 型关系,政府应该加大科技投入,

收稿日期:2015-07-02

基金项目:国家社会科学基金重大招标项目(11&ZD043);国家自然科学基金面上项目(41271140);国家社会科学基金一般项目(13BJY058);湖南省哲学社会科学基金委托项目(12JD28)

作者简介:田银华(1954—),男,湖南常德人,教授,从事环境经济和产业经济研究。

大力发展第三产业,实现环境保护、技术创新和经济增长的协调发展。邓祥征等^[11]运用环境投入产出模型研究了产业结构调整对污染排放量变化的作用,表明产业结构变化在降低了环境污染的风险。李斌等^[12]利用中国工业行业数据将技术进步和结构变化分解为八个效应,指出工业结构变动的减排效果并不明显,甚至加剧了环境污染。

从以上文献可以看出,产业结构调整与污染减排之间存在着紧密的联系,而且国内外学者实证研究居多。笔者将运用动态演化博弈模型对两者的关系进行深入剖析,同时分析产业间、政府与产业间的博弈过程。

二、演化博弈模型

1. 无政府干预下产业之间的演化博弈

由于经济状况和科学技术水平的不同,一个地区内往往存在两种类型的产业:一类是不会积极进行结构调整的产业1,该类产业可能拥有自身的资金、技术和资源等优势因素,如果进行结构调整则会丧失优势,导致生产成本增加、产业竞争力下降,在此情形下该产业必定不会主动进行结构调整;另一类是有意向进行结构调整的产业2,该类产业生产成本较大,而且大部分是资源消耗型和环境污染型产业,在外部因素的影响下,如果不进行结构调整,产业会逐渐被淘汰。因此,在该博弈体系内产业均有两种选择策略:进行结构调整和不进行结构调整。

在无政府干预下,产业不会受到政府部门的任何额外奖励或者处罚,产业生产只会受到自身因素的影响,产业收益由生产的技术水平、资源丰裕度和生产成本所决定。在此情形下,产业是否进行结构调整只与各自所获的绝对生产收益有关。现假设在没有政府政策调节下,该两种类型产业进行生产的收益相同,其中A表示两类型产业都选择进行结构调整时所获得的收益;当两类型产业选择不同时,B和C分别表示进行结构调整和不进行结构调整的收益;D表示都不进行结构调整时两者所获的收益。可得该产业群体的博弈支付矩阵(见表1)。

表1 无政府干预下产业之间的支付矩阵

		产业2	
		进行	不进行
产业1	进行	(A,A)	(B,C)
	不进行	(C,B)	(D,D)

(1) 模型构建

无政府干预下,假设产业进行结构调整的概率为 δ ,则产业不进行结构调整的概率为 $1-\delta$,且 δ

是关于时间 t 的函数。

根据以上假设和博弈的支付矩阵可得产业进行结构调整的期望收益为:

$$k_1 = \delta A + (1 - \delta)B \quad (1)$$

产业不进行结构调整的期望收益为:

$$k_2 = \delta C + (1 - \delta)D \quad (2)$$

由(1)、(2)二式可得产业整体期望收益为:

$$k = \delta k_1 + (1 - \delta)k_2 = \delta[\delta A + (1 - \delta)B] + (1 - \delta)[\delta C + (1 - \delta)D]$$

进而可得产业进行结构调整的复制动态方程为:

$$F(\delta) = \frac{dk}{dt} = \dot{k}(t) = \delta(k_1 - k) = \delta(1 - \delta)$$

$$(\delta A - \delta B - \delta C + \delta D + B - D)$$

令 $\frac{dk}{dt} = 0$,可得该系统的三个可能平衡点 $\delta_1 =$

$$0, \delta_2 = 1, \delta_3 = \frac{D - B}{A - C + D - B}。$$

(2) 模型分析

根据演化博弈稳定策略的性质可知,当 $F'(\delta^*) < 0$ 时, δ^* 即为稳定的演化稳定策略(ESS)。从而可得在无政府干预下产业之间行为策略博弈的局部稳定性分析(见表2)。

表2 无政府干预下产业之间行为策略博弈的局部稳定性分析

平衡点	稳定状态	稳定条件
$\delta_1 = 0$	ESS	$D > B$
$\delta_2 = 1$	ESS	$A > C$
$\delta_3 = \frac{D - B}{A - C + D - B}$	ESS	$A < C$ 且 $D < B$

由表2可知,无政府干预下,当 $D > B$ 时,即产业均不进行结构调整的收益大于单个产业进行结构调整时的收益,产业不会进行结构调整;当 $A > C$ 时,即产业均进行结构调整时的收益大于单个产业不进行结构调整的收益,产业会主动地进行结构调整;当 $A < C$ 且 $D < B$ 时,即产业均进行结构调整时的收益小于单个产业不进行结构调整的收益,并且产业均不进行结构调整的收益小于单个产业进行结构调整时的收益,此时 δ_3 为该博弈体系的演化稳定策略,产业会以 $\frac{D - B}{A - C + D - B}$ 的概率进行结构调整,当 $B > D$ 的趋势愈加明显时,即单个产业进行结构调整的收益远大于两产业均不进行结构调整的收益时,经济理性的产业会更加倾向于进行结构调整;当 $C > A$ 的趋势愈加明显时,即两产业均进行结构调整的收益远小于单个产业不进行结构调整的收

益,此时产业更加倾向于不进行结构调整。综合以上分析可得,在政府不干预的情形下,产业是否进行结构调整与其他产业的选择无关,只与自身所获得的收益有关。当产业进行结构调整后的收益较多时,两种类型的产业均倾向于进行结构调整,相反均不进行结构调整。

2. 政府干预下产业之间的演化博弈

在政府的干预下,政府作为政策的实施者和维护者,一方面因势利导直接激励产业进行结构调整;另一方面可以通过相关政策法规调节产业的生产方式,间接实现产业结构调整。在此条件下,产业仍然有“进行结构调整”和“不进行结构调整”两种策略。现假设 N 表示产业进行结构调整后的收益; J 表示两类型产业进行不同选择时,政府对不进行结构调整产业的处罚,并将处罚所得资金用以奖励进行结构调整的产业; M 表示产业不进行结构调整所获的收益。可得政府干预下该群体的博弈支付矩阵(见表3)。

表3 政府干预下产业之间的支付矩阵

		产业2	
		进行	不进行
产业1	进行	(N, N)	($N + J, M - J$)
	不进行	($M - J, N + J$)	($M - J, M - J$)

(1) 模型构建

在政府干预下,假设产业进行结构调整的概率为 φ ,则产业不进行结构调整的概率为 $1 - \varphi$,且 φ 是关于时间 t 的函数。

根据以上假设和博弈的支付矩阵可得产业进行结构调整的期望收益为:

$$h_1 = \varphi N + (1 - \varphi)(N + J) = N + J - \varphi J \quad (3)$$

产业不进行结构调整的期望收益为:

$$h_2 = \varphi(M - J) + (1 - \varphi)(M - J) = M - J \quad (4)$$

由(3)、(4)二式可得产业整体期望收益为:

$$h = \varphi h_1 + (1 - \varphi)h_2 = \varphi(N + J - \varphi J) + (1 - \varphi)(M - J)$$

进而可得产业进行结构调整的复制动态方程为:

$$F(\varphi) = \frac{d\varphi}{dt} = \dot{\varphi}(t) = \varphi(h_1 - h)$$

$$= \varphi(1 - \varphi)(N - M + 2J - \varphi J)$$

令 $\frac{d\varphi}{dt} = 0$,可得该系统可能的三个平衡点 $\varphi_1 =$

$$0, \varphi_2 = 1, \varphi_3 = \frac{(N + J) - (M - J)}{J}。$$

(2) 模型分析

根据演化博弈稳定策略的性质可知,当 $F'(\varphi^*)$

< 0 时, φ^* 即为稳定的演化稳定策略(ESS)。从而可得存在政府干预下产业间行为策略博弈的局部稳定性分析(见表4):

表4 政府干预下产业之间行为策略博弈的局部稳定性分析

平衡点	稳定状态	稳定条件
$\varphi_1 = 0$	ESS	$N + J < M - J$
$\varphi_2 = 1$	ESS	$N + J > M$
$\varphi_3 = \frac{(N + J) - (M - J)}{J}$	ESS	$M - J < N + J < M$

由表4可知,在政府干预下,当 $N + J < M - J$ 时,即产业进行结构调整时所获得的收益与政府奖励之和仍然小于产业因不进行结构调整被政府处罚后的收益,对于经济理性的产业而言,将不会进行结构调整,产业仍然追求的是利润最大化,但是此时政府可以通过税收等手段对 J 进行主动控制,从而最终影响产业的抉择;当 $N + J > M$ 时,即产业进行结构调整时所获得的收益与政府奖励之和大于产业不进行结构调整时所获的收益,理性的产业均会主动进行结构调整来达到利润最大化的目的;当 $M - J < N + J < M$ 时,产业进行结构调整时所获得的收益与政府奖励之和大于产业因不进行结构调整被政府处罚后的收益,但是小于产业不进行结构调整时的纯收益,经济理性的产业会以 φ_3 的概率进行结构调整,如果 $N + J$ 越来越趋近于 M 时,产业进行结构调整的概率会显著提高,反之将会降低。综合上述情况可知,产业是否主动进行结构调整,取决于其结构调整前后收益的大小。在政府参与下的博弈体系中,拥有行政职权的政府可以通过调节对产业奖励或处罚的力度来影响产业是否进行结构调整,如果政府的奖励或者处罚力度达到一定水平即 $M - N$,产业均将会主动进行结构调整。

3. 地方政府和产业之间的演化博弈

地方政府作为地方的管理者是拥有一定国家权力的主体,可以借助政权力量作用于经济领域。在地方政府和产业组成的博弈体系中,地方政府可以选择“推行产业结构调整”和“不推行产业结构调整”两种策略;同时产业也有两种选择策略,即选择“进行污染减排”和“不进行污染减排”。

模型参数假设和基本解释: π_1 表示产业进行污染减排后所获得的利润; π_2 表示产业不进行污染减排时获得的利润; T 表示当产业进行污染减排时,地方政府对产业的补贴; L 表示当产业不进行污染减排时,地方政府对产业所征收的排污费; R 表示当产业排污量减少时所带来的社会效用; C_1 表示地方政府推行产业结构调整所需要的成本; C_2 表示产业为了减排所需要的成本。地方政府和产业间的博弈

支付矩阵(如表5):

表5 地方政府和产业之间的博弈支付矩阵

		地方政府	
		推行	不推行
产业	进行	$(\pi_1 + T - C_2, R - T - C_1)$	$(\pi_1 + T - C_2, R - T)$
	不进行	$(\pi_2 - L, L - C_1)$	$(\pi_2, 0)$

(1) 模型构建

假设政府以概率 α 推行产业结构调整,则政府不推行产业结构调整的概率为 $1 - \alpha$;产业进行污染减排的概率为 β ,则其不进行污染减排的概率为 $1 - \beta$,且 α 和 β 均是关于时间 t 的函数。

根据以上假设和博弈支付矩阵可以得到产业进行污染减排的期望收益为:

$$\begin{aligned} \mu_1 &= \alpha(\pi_1 + T - C_2) + (1 - \alpha)(\pi_1 + T - C_2) \\ &= \pi_1 + T - C_2 \end{aligned} \quad (5)$$

产业不进行污染减排的期望收益为:

$$\mu_2 = \alpha(\pi_2 - L) + (1 - \alpha)\pi_2 = \pi_2 - \alpha L \quad (6)$$

由(5)、(6)式可得产业的整体期望收益为:

$$\begin{aligned} \mu &= \beta\mu_1 + (1 - \beta)\mu_2 = \beta(\pi_1 + T - C_2) + \\ &\quad (1 - \beta)(\pi_2 - \alpha L) \end{aligned} \quad (7)$$

由(5)、(7)得到产业进行污染减排的策略复制动态方程为:

$$\begin{aligned} \frac{d\beta}{dt} &= \dot{\beta}(t) = \beta(\mu_1 - \mu) = \beta(1 - \beta) \\ &\quad (\pi_1 + T - C_2 - \pi_2 + \alpha L) \end{aligned} \quad (8)$$

同理可得,政府推行产业结构调整期望收益为:

$$\begin{aligned} \eta_1 &= \beta(R - T - C_1) + (1 - \beta)(L - C_1) = \\ &\quad L - C_1 + \beta(R - T - L) \end{aligned} \quad (9)$$

政府不推行产业结构调整期望收益为:

$$\eta_2 = \beta(R - T) \quad (10)$$

由(9)、(10)式可得地方政府的整体期望收益为:

$$\begin{aligned} \eta &= \alpha\eta_1 + (1 - \alpha)\eta_2 = \alpha(L - C_1 + \\ &\quad \beta R - \beta L - \beta T) + (1 - \alpha)(\beta R - \beta T) \end{aligned} \quad (11)$$

由(9)、(11)得到政府选择推行产业结构调整的策略复制动态方程为:

$$\begin{aligned} \frac{d\alpha}{dt} &= \dot{\alpha}(t) = \alpha(\eta_1 - \eta) = \alpha(1 - \alpha)(L - C_1 - \beta L) \end{aligned} \quad (12)$$

故当令 $\frac{d\alpha}{dt} = 0$ 时,得(12)可能稳定状态为:

$$\alpha_1^* = 0, \alpha_2^* = 1, \beta_3^* = \frac{L - C_1}{L} \quad (\text{当且仅当 } 0 \leq$$

$$\frac{L - C_1}{L} \leq 1 \text{ 时成立})$$

令 $\frac{d\beta}{dt} = 0$,可得(8)可能的稳定状态为:

$$\beta_1^* = 0, \beta_2^* = 1, \alpha_3^* = \frac{\pi_2 - \pi_1 + C_2 - T}{L} \quad (\text{当且仅当}$$

$$0 \leq \frac{\pi_2 - \pi_1 + C_2 - T}{L} \leq 1 \text{ 时成立})$$

由上述分析可得该系统可能存在五个平衡点: $O(0,0)$ 、 $M(1,0)$ 、 $N(0,1)$ 、 $G(1,1)$ 和 $H(\alpha^*, \beta^*)$ 。

(2) 模型分析

当复制动态的平衡点是演化动态过程的任一局部渐进稳定不动点时,那么这个均衡点就是演化稳定策略(ESS)。根据微分方程的稳定性及演化稳定策略的性质,对博弈的动态演化过程进行分析,可以构建两者行为博弈的复制动态相位图如下图1。

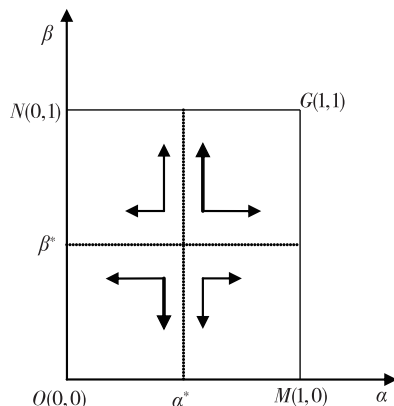


图1 政府与产业演化博弈复制动态相位

对地方政府而言,当 $0 \leq \frac{L - C_1}{L} \leq 1$ 时,随着政府收取排污费的增加,即产业不进行污染减排,排污费的增加意味着产业的生产成本增加,可得经济利润将会减少。经过长时间的博弈选择,产业会主动进行污染减排,因此,政府可以通过推行产业结构调整来降低产业污染物排放量,从而达到污染减排的目的;当 $\frac{L - C_1}{L} < 0$ 时,随着政府收取的排污费减少,即表示产业进行污染减排,如图1所示,此时 $\beta^* < 0 < \beta$ 明显成立, $\alpha = 0$ 这是唯一的演化稳定策略,该情况下地方政府推行结构调整政策的成本过大,有理性的政府显然会选择不推行产业结构调整。

对于产业而言,当 $0 \leq \frac{\pi_2 - \pi_1 + C_2 - T}{L} \leq 1$ 时,即当产业进行污染减排所获得利润加上政府对产业的补贴除去减排所需成本仍然大于产业不进行污染减排所获收益时,由图1中两者相位图可知, $\alpha > \alpha^*$ 的概率会随着政府补贴的增加而增大,那么

产业在长期的博弈过程中会演化趋向于选择进行污染减排,这是地方政府和产业都获益的选择,是一种双赢的演化稳定策略;当 $\frac{\pi_2 - \pi_1 + C_2 - T}{L} > 1$ 时, $\alpha^* > 1$,显然 $\alpha < \alpha^*$ 始终成立, $\beta = 0$ 是唯一的演化稳定策略,说明当产业进行污染减排所获得利润加上政府对产业的补贴除去减排所需成本小于产业不进行污染减排所获绝对收益时,有限理性的产业自然会选择不进行污染减排。

三、结 语

笔者运用了演化博弈模型研究产业之间以及产业与地方政府的结构调整和污染减排策略选择。产业之间的博弈表明:无论在什么情况下,产业是否进行结构调整主要取决于其能否获得更高的收益,但是在政府干预的条件下,政府可以通过奖惩力度来影响产业的利润水平从而在一定程度上左右产业的选择。产业与地方政府的博弈表明:对于地方政府而言,只有所获得的社会收益大于其成本时,政府才会推行产业结构调整政策;当产业所获得的总利润大于污染减排成本时,产业才会主动进行污染减排。

要使产业按照要求进行污染减排以及结构调整,政府在对政策进行选择时应该注意:一是应大力增加结构调整产业的补贴力度,降低产业进行结构调整的成本,增强产业结构调整吸引力;二是提高产业排污费水平,增加排污产业在重污染排放下的生产成本,以使产业主动进行污染减排;三是中央政府应该加大对地方政府的人力、财力和物力投入,超标排污费和罚金财权更多地向地方政府倾斜,提高地方国库的分配比例,以此降低地方政府进行环境监督工作的成本。此外,政府应该依法强化环境监管,全面开展违法排污专项整改行动,在对环境监管过程中做到严格审批、严厉查处和严肃处理。对违法排污的产业,一律实行停产整治、从重处罚、向社会公开的政策,坚决打压环境违法行为的高压态势。继续加大污染产业的淘汰步伐,通过污染减排的“倒逼”手段,全面促进产业结构调整。解决污染问题的根本方法是进行产业结构调整,通过大力发展绿色产业,从根本上提升环境质量。总之,应将污染减排和产业结构调整结合起来,充分发挥污染减排在促进产业结构调整中的重要作用;把产业结构调整作为污染减排的重要举措,大力推进重大污染源的整治工作。

参考文献:

[1] 田银华,向国成,彭文斌.基于 CGE 模型的产业结构调整

整污染减排效应和政策研究论纲[J].湖南科技大学学报:社会科学版,2013(3):109-112.

- [2] GROSSMAN G M, KRUGER A B. Economic growth and the environment [J].The Quarterly Journal of Economics, 1995,110(2):353-377.
- [3] BRUYN D, VANDEN SM, JC JM B, OPSCHOOR J B. Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental kuznets curves [J]. Ecological Economics,1998,25(2):161-175.
- [4] PORTER M E, LINDE C V D. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship[J].Journal of Economic Perspectives,1995,9(4):97-118.
- [5] STERN D I. Explaining changes in global sulfur emissions: an econometric decomposition approach [J]. Ecological Economics, 2002, 42(1):201-220.
- [6] 李姝.城市化、产业结构调整与环境污染[J].财经问题研究,2011(6):38-43.
- [7] 刘辉,李志翠.我国西部工业环境效率与经济效率的差异研究:基于 DEA-SBM 模型与 DEA-CCR 模型的分析[J].西部论坛,2013(6):90-96.
- [8] 原毅军,谢荣辉.环境规制的产业结构调整效益研究:基于中国省级面板数据的实证研究[J].中国工业经济,2014(8):57-69.
- [9] 柯善咨,赵曜.产业结构、城市规模与中国城市生产率[J].经济研究,2014(4):76-88.
- [10] 谢众,张先锋,卢丹.自然资源禀赋、环境规制与区域经济增长[J].江淮论坛,2013(6):61-67.
- [11] 邓祥征,刘纪远.中国西部生态脆弱区产业结构调整污染风险分析:以青海省为例[J].中国人口·资源与环境,2012(5):55-62.
- [12] 李斌,赵新华.经济结构,技术进步与环境污染:基于中国工业行业数据的分析[J].财经研究,2011(4):112-122.

