

文章编号:1000-2995(2012)10-010-0080

减排视角下企业的最优研发与补贴

宋之杰,孙其龙

(燕山大学经济管理学院,河北 秦皇岛 066004)

摘要:以博弈论为理论基础,构建了研发补贴与污染排放税收下的企业研发模型,研究了减排目标下企业的最优研发水平、最优研发补贴和最优污染排放税收。研究结果显示:适当的污染排放税收有利于企业研发投入和产量的提高;研发补贴不会对企业的研发投入产生“排挤效应”,可以较大程度上提高企业研发投入的积极性;企业对环境的污染需控制在社会可接受的范围之内,否则,企业的生产活动会被政府停止。

关键词:减排;溢出水平;研发补贴;博弈

中图分类号:F273.1

文献标识码:A

1 研究背景及问题提出

随着科技的发展与人口规模的扩大,资源与环境问题成为制约各国经济发展的重要因素,如:资源短缺、环境污染、生态破坏等问题已成为各国经济发展的过程中不可忽视的重要影响因素,据资料^①显示:改革开放30年来,我国经济总量迅速扩大,但由于增长方式粗放,导致资源环境问题日益突出,成为制约经济发展的瓶颈。2009年,我国国内生产总值占全球8.5%,而消耗的粗钢占43%,煤炭占45%,水泥占52%,油气占10%,我国能源消费弹性系数从20世纪90年代的0.28上升到0.76,在经济快速增长的背后,我们付出了巨大的环境代价。因此,我国提出了“建设资源节约型和环境友好型社会、提高生态文明水平,走可持续发展之路”的战略目标,这就意味着现代企业的发展在技术创新的过程中要以环境保护为目标,大力发展清洁技术,坚持低污染、低排放。企业的目标是追求利润最大化,在研发投

资的过程中,企业只会根据市场变化调整自己的研发战略,往往忽略了研发与环境的关系,那么,企业在研发过程中面对政府的环境政策,该如何控制自己的环境成本,调整自己的研发战略?政府的环境税收、研发补贴如何影响企业的研发投入?因此,在政府减排目标的约束下,企业减排与企业研发的关系是值得研究和探讨的课题。

企业研发与环境政策的研究始于 Milliman and Prince (1989)^[1],他们研究了由相同企业组成的竞争产业中,不同的环境政策在促进企业技术进步中的优缺点,这些环境政策包括:直接管制、排放补贴、排放税收、自由市场许可和拍卖市场许可。研究结果显示,排放税收和拍卖市场许可可能最大程度的激励企业进行技术改进和创新。Krutilla (1996)^[2]将 Milliman and Prince (1989)的研究拓展到异质企业层面,并给出了环境政策在激励企业技术进步上的排序,由高到低依次为拍卖许可、排放税收和补贴、自由市场许可和绩效标准,并且这样的排序是不因企业规模,行业规模和行业减排成本结构而改变。Stranlund (1997)^[3]

收稿日期:2011-12-22;修回日期:2012-05-15.

基金项目:国家软科学项目《装备制造业原始创新动力机制构建与建设路径研究》(2010GX5D187;2010-2012)以及河北软科学项目《河北省高新技术产业发展 R&D 资源配置研究》(10447230D;2011-2012)资助。

作者简介:宋之杰(1954-),男(汉),黑龙江青冈人,燕山大学经济管理学院院长,教授,博士生导师,研究方向:技术创新管理。

孙其龙(1983-),男(汉),山东淄博人,燕山大学经济管理学院博士研究生,研究方向:技术创新管理。

① 摘自中国环境报。

研究了通过带有监管措施的政府资助来帮助企业采用高端污染控制技术实现企业减排标准的方法,发现当企业的污染源或企业排放量很难测量时,这个方法很有吸引力;技术型资助作为间接的监管实施方法在某种意义上减轻了直接监管的负担,并协助实现减排目标。而且在实现减排目标成本最小化的过程中,若直接监管耗资巨大,那么更多的技术型资助就显得尤为重要。Requate and Unold (2003)^[4]研究了通过环境政策工具来促使企业采用先进减排技术的激励措施。结果显示税收政策比自由许可、拍卖许可在激励企业方面更有效力。Fischer and Newell(2008)^[5]探讨了降低二氧化碳排放和促进可再生资源的创新及转移的各种不同的环境政策,评估了各种政策在减排方面的优劣;分析了企业在“学习、研发和知识溢出”技术进步是如何影响各种政策的;通过对美国电力部门的分析显示,各种政策工具的排序如下:排放价格、排放性能标准、矿物征税权、可再生能源共享要求、可再生能源补贴和研发补贴。Youssef (2009)^[6]假设寡头市场上企业进行产量竞争,但通过从事研发活动来控制污染排放,并将企业的研发努力分为原始研发努力和提高吸收能力研发努力。结果显示,政府可以通过税收和补贴政策来实现社会最优福利水平。当溢出水平较高时,企业对原始研发努力的补贴水平明显高于对吸收能力的补贴;当溢出水平较低时,会得到相反的结果。

国内学者王海建(1999)^[7]利用 Romer 的研发内生经济增长模型,将耗竭性资源纳入生产函数,建立了一个简单的部门内生经济增长模型,研究了社会在消耗其耗竭性资源存量的中,技术进步的速度和资源耗减的速度关系以及劳动力在研发部门和生产部门之间的分配问题。于渤和黎永亮(2006)^[8]基于研发的内生增长模型,建立了同时考虑能源资源耗竭、环境阈值限制与环境治理成本的可持续增长模型,并运用最优控制方法讨论了模型的平衡增长解,并在该解的基础上进一步讨论了能源资源耗竭速率,污染治理的投入比例与经济增长之间应满足动态关系。彭水军和包群(2006)^[9]研究了环境污染约束下的经济可持续发展问题,通过建立内生经济增长模型,得出了人力资本投资和研发创新是经济长期持续增长

的主要动力源泉和决定性因素。彭水军(2007)^[10]研究了一个基于水平创新的四部门内生增长模型,探讨了人口增长、自然资源耗竭、内生技术进步与长期经济增长的关系。张彬和左晖(2007)^[11]把能源和环境引入生产函数,建立了一个在能源和环境双重约束下的内生经济增长模型。结果表明:在能源和环境的双重约束下,维持经济持续增长必须促进人力资本积累,提高环保投资效率及其对改善环境质量的贡献率,降低能源强度并加大可再生能源开发。许士春和何正霞(2010)^[12]将耗竭性资源和环境污染问题纳入内生经济增长模型,运用最优控制方法研究了资源消耗、污染控制下经济可持续最优增长路径问题,通过比较静态分析和模拟检验发现,依靠高污染为代价的产出长期来看是不利于经济可持续发展的,政府在制订和实施环境管制政策时,要注重政策的使用效率。

从国内外研究现状看,国外学者大都研究环境政策与技术进步的关系,探讨各种环境政策对促进企业技术进步的优先顺序;而国内学者的研究大都基于内生经济增长模型来研究资源与环境污染问题,探讨人力资本积累和创新的关系,并试图找出经济可持续发展的最优增长路径问题。较少学者将环境保护纳入企业研发活动的过程中进行研究,本文在 Poyago - Theotoky (2002)^[13]与柳剑平(2005)^[14]研究的基础上,从公共政策(污染排放税收、研发补贴)与企业研发投入的关系角度,通过建立三阶段的博弈模型,应用博弈均衡理论,分析了环境约束条件下研发竞争企业的最优研发投入、政府的最优研发补贴以及政府的最优排放税收水平之间的关系,通过数值分析探讨了研发补贴对企业研发投入的影响,以及不同溢出水平对研发补贴与最优社会福利的影响。本文模型的创新之处在于假设政府直接对企业的研发投入进行补贴,而在 Poyago - Theotoky 与柳剑平的模型中假设政府的研发补贴降低了企业的研发成本,即 $\gamma(1-s)x_i^2/2$;并且本文假设企业的研发努力能减少企业的污染排放,而 Poyago - Theotoky 单独引入了一个企业减排努力变量来控制企业的污染排放水平;且本文在环境破坏函数的设定上也与 Poyago - Theotoky 有较大不同。

2 研究设计

考虑双寡头企业生产同类型的产品,即从事相同类型的研发活动(意味着企业的研发溢出可以成为公共产品,能被企业无偿使用)。首先假设市场的逆需求函数为:

$$P = a - Q, Q = q_i + q_j, a > 0 \text{ 且 } a > q_i + q_j, (i, j = 1, 2 \text{ 下同}) \quad (1)$$

其中, a 表示市场的规模, q_i 表示企业的产量, Q 表示市场总产量。

假设企业的生产活动会产生污染(生产的副产品,即污染排放量等于产量),企业能通过研发努力减少自己的污染排放;且企业的生产成本能通过企业的研发努力和获得对手企业的技术溢出被降低。面对政府征收的污染排放税,企业或者通过降低生产产量或者通过提高自己的研发水平来减少自己的应缴税收额度。类似于 Kamien and Zang(2000)^[15]关于有效研发水平的表达式,设企业的有效研发水平为:

$$X_i = x_i + \beta x_j, 0 \leq \beta \leq 1 \quad (2)$$

式中 $x_i(x_j)$ 表示企业 $i(j)$ 的研发投入水平, β 表示溢出水平,这样企业的有效研发水平包含两部分:一部分是自己的研发投入水平,另一部分是对手企业的研发溢出部分。

由于企业的研发努力可以减少生产成本,因此,设企业的单位生产成本为:

$$c_i = c - X_i = c - x_i - \beta x_j \quad (3)$$

其中, c 表示单位固定生产成本(设两企业有相同的单位固定生产成本),且 $c < a$ 表示企业的单位固定生产成本小于市场规模。

类似于多数学者关于研发成本函数的假定^[15-17],设企业 i 从事研发活动的研发成本为:

$$\gamma x_i^2 / 2, \gamma > 0 \quad (4)$$

其中, γ 表示企业的研发效率, γ 越大表示企业的研发效率越低,企业研发成本越高。

由于企业 i 的总成本可表为生产成本与研发

成本之和,即:

$$C(q_i, x_i) = c_i q_i + (\gamma/2) x_i^2 \quad (5)$$

由于污染是生产的副产品,因此,设企业的总污染排放函数为:

$$E_i = q_i(1 - X_i) \quad (6)$$

(4)式表明企业的污染排放可通过研发努力来降低,企业产生的污染排放物会对环境造成破坏,设环境破坏函数为:

$$D_i = \alpha E_i \quad (7)$$

其中 $\alpha > 0$ 为环境破坏系数,表示污染排放物对环境破坏的程度。

为了保护环境,政府需要对企业的污染排放征税,设政府对企业 i 征收的单位污染排放税为 t ($t > 0$),则企业需上缴污染排放税 tE_i ,这部分会作为成本体现在企业的利润函数中;并设政府直接对企业的研发投入进行补贴,其单位补贴水平为 s ($s > 0$)。因此,企业在没有税收和补贴时的企业利润为:

$$\pi_i(q_i, x_i) = p(q_i, q_j) q_i - C_i(q_i, x_i) \quad (8)$$

存在税收和研发补贴时的利润函数为:

$$\Pi_i(q_i, x_i) = \pi_i(q_i, x_i) - tE_i + s x_i \quad (9)$$

根据 Larry D. Qiu(1997)对消费者效用函数的表述,其效用函数为^[18]:

$$U(Q) = a(q_1 + q_2) - (q_1^2 + 2bq_1q_2 + q_2^2) / 2 \quad (10)$$

由于两企业生产无差异产品,故 $b = 1$,于是:

$$U(Q) = \alpha Q - \frac{Q^2}{2} \quad (11)$$

由于消费者剩余(CS)等于 $U(Q) - PQ$ (效用减去支出),将相关式子代入得:

$$CS = \frac{Q^2}{2} \quad (12)$$

由于政府的目标是社会福利(SW)最大化,社会福利等于消费者剩余(CS)加上企业利润(或生产者剩余)(PS)加上税收减去研发补贴和环境破坏,即:

$$SW = \underbrace{\frac{Q^2}{2}}_{CS} + \underbrace{(\Pi_i + \Pi_j)}_{PS} + t(E_i + E_j) - \underbrace{s(x_i + x_j)}_{Subsidy} - D_i - D_j \quad (13)$$

整理(13)得

$$SW = \frac{Q^2}{2} + \pi_i + \pi_j - D_i - D_j \quad (14)$$

式(14)说明社会福利水平与政府的税收和补贴无关,只与企业的产量、利润和研发投入有关,因此,政府只需通过政策手段调节企业的生产和利润来调节社会福利水平。

式(9)和式(14)就是减排目标下企业的利润表达式和政府的社会福利水平表达式,该理论模型的建立正确描述了污染排放税、政府补贴以及企业的研发投入对企业利润和社会福利的影响;其中,研发竞争企业通过选择最优的研发投入和产量水平实现利润最大化,而政府通过选择最优的污染排放税收和研发补贴实现社会福利水平最大化。

本文的博弈属于三阶段完全信息动态博弈,在给定政府政策(t, s)下,我们分析企业在研发竞争时的最优研发决策。首先,政府选择社会福利水平最大化的排放税收和研发补贴;其次,企业选择最优研发水平;最后,企业选择最优生产产量。采用逆向归纳法求解子博弈完美纳什均衡。

2.1 企业选择最优产量

两企业在此阶段进行古诺特产量竞争,企业*i*的最优产量由下式决定:

$$\max_{q_i} \Pi_i = [(a - q_i - q_j) - (c + t) + (1 + t)(x_i + \beta x_j)] q_i - (\gamma x_i^2) / 2 + s x_i \quad (15)$$

该阶段的纳什均衡解(q_1^*, q_2^*)是下面联立方程的解:

$$\frac{\partial \Pi_i}{\partial q_i} = \frac{\partial \Pi_j}{\partial q_j} = 0 \quad (16)$$

$$x_i = \frac{2(a - c - t)(2 - \beta)(1 + t) + 9s + 2(2 - \beta)(2\beta - 1)(1 + t)^2 x_j}{9\gamma - 2(2 - \beta)^2(1 + t)^2} \quad (21)$$

由(21)式可知:

$$\frac{\partial x_i}{\partial x_j} = \frac{2(2 - \beta)(2\beta - 1)(1 + t)^2}{9\gamma - 2(2 - \beta)^2(1 + t)^2} \quad (22)$$

为了保证最优研发水平的存在,需满足二阶条件 $\partial^2 \Pi_i^* / \partial x_i^2 < 0$, 可得:

$$9\gamma - 2(2 - \beta)^2(1 + t)^2 > 0 \quad (23)$$

给定企业的研发系数 γ , 当排放税收 t 满足 $\partial^2 \Pi_i^* / \partial x_i^2 < 0$ 时, 最优研发投入存在, 因此, 以下

解得纳什均衡生产量是:

$$q_i^* = \frac{1}{3} [(a - c - t) + (2 - \beta)(1 + t)x_i + (2\beta - 1)(1 + t)x_j] \quad (17)$$

由(17)式可求得市场的总产量:

$$Q^* = q_1^* + q_2^* = \frac{1}{3} [2(a - c - t) + (1 + t)(1 + \beta)x_1 + (1 + t)(1 + \beta)x_2] \quad (18)$$

这一阶段, 企业*i*的利润为:

$$\begin{aligned} \Pi_i^* &= (q_i^*)^2 - \frac{1}{2} \gamma x_i^2 + s x_i \\ &= \frac{1}{9} [(a - c - t) + (2 - \beta)(1 + t)x_i + (2\beta - 1)(1 + t)x_j]^2 - \frac{1}{2} \gamma x_i^2 + s x_i \end{aligned} \quad (19)$$

通过观察(19)式可以知道, 研发补贴可以增加企业的利润。

命题 1: 当研发投入大于零时, 研发补贴可以促进企业利润水平的提高。

证明: 在(19)式中求关于 s 的一阶导数, 即 $\partial \Pi_i^* / \partial s = x_i$, 当 $x_i > 0$ 时, 有 $\partial \Pi_i^* / \partial s > 0$, 企业利润是研发补贴的增函数, 即研发补贴可以促进企业利润水平的提高。证毕。

2.2 企业选择最优研发水平

这一阶段, 企业确定最佳研发投入水平(x_i^*, x_j^*), 该纳什均衡解满足(19)式的一阶条件:

$$\frac{\partial \Pi_i^*}{\partial x_i} = \frac{\partial \Pi_j^*}{\partial x_j} = 0 \quad (20)$$

由(20)式可得:

讨论均假设 t 满足 $\partial^2 \Pi_i^* / \partial x_i^2 < 0$ (实证分析讨论了当 t 过大时给企业研发投入和产量带来的影响)。

命题 2: 研发竞争下, 若 $0 < \beta < 0.5$, 两企业在研发投资上是战略替代关系(任一企业研发投资的增加会降低另一企业研发投资水平); 若 $0.5 < \beta < 1$, 两企业在研发投资上是战略互补关系(任一企业研发投资的增加会提高另一企业研发投资

的水平)。

证明:由假设 $\partial^2 \Pi_i^* / \partial x_i^2$ 可知(22)式的分母大于零,有 $\text{sign}(\partial x_i / \partial x_j) = \text{sign}(2\beta - 1)$, 当 $0 < \beta, 0.5$ 时,有 $\partial x_i / \partial x_j < 0$; 当 $0.5 < \beta < 1$ 时,有 $\partial x_i / \partial x_j > 0$ 。证毕。

学者一致认为研发溢出的存在容易降低企业研发投入的积极性,造成市场内部机制调节的失灵^[19-21],而命题2表明,在政府排放税收和研发补贴政策下,两企业在研发投入上的关系与溢出水平有关,当溢出水平较大($\beta > 0.5$)时,企业在研发投入上是互相促进的;而当溢出水平较小($0 < \beta < 0.5$)时,两企业在研发投入上是替代关系,任一企业研发投入的增加会减少另一企业的研发投入,容易造成企业在研发投入上的“搭便车”效应。

为求解和讨论的方便,本文讨论研发投入对称情况,即 $x_s = x_i = x_j$, 两企业进行完全信息对称博弈,通过求解(20)式可以得到 x_s^* 的表达式:

$$x_s^* = \frac{2(a-c-t)(1+t)(2-\beta)+9s}{9\gamma-2(1+\beta)(2-\beta)(1+t)^2} \quad (24)$$

命题3: 研发补贴有利于提高企业的最优研发投入水平。

证明:由(24)式可知

$$\partial x_s^* / \partial s = 9 / [9\gamma - 2(1 + \beta)(2 - \beta)(1 + t)^2] > 0 \quad (25)$$

因此,企业的最优研发投入水平是研发补贴的增函数。证毕。

将(24)带回(17)、(19)得到企业的均衡产量水平和均衡利润水平:

$$q_i^* = q_j^* = \frac{3[(a-c-t)\gamma + (1+t)(1+\beta)s]}{9\gamma - 2(1+\beta)(2-\beta)(1+t)^2} \quad (26)$$

$$\Pi_i^* = \Pi_j^* = \frac{1}{9} \{ (x_s^*)^2 [(1+t)^2(1+\beta)^2] - 4.5\gamma + x_s^* [2(a-c-t)(1+t)(1-\beta) + 9s] + (a-c-t)^2 \} \quad (27)$$

为简单起见,这里只给出企业均衡利润的表达式,其中企业的均衡研发投入水平 x_s^* 如(24)所示。通过观察(26)、(27)式可知,企业的均衡产量和均衡利润与溢出水平、研发补贴和排放税收有关。

2.3 政府选择最优研发补贴和排放税收

面对企业的污染排放,政府需要通过征收污

染排放税和研发补贴来最大化社会福利水平,由(14)式求得社会最优产量水平,即:

$$\frac{\partial SW}{\partial q_i} = \frac{\partial SW}{\partial q_j} = 0 \quad (28)$$

对称情况下,解(28)式得到社会最优产量水平:

$$\hat{q}_i = \frac{1}{2} [(a-c-a) + (x_i + \beta x_j)(1 + \alpha)] \quad (29)$$

其中, $a - c - a > 0$ 表明市场规模大于企业固定成本与环境破坏系数之和,这就保证了社会最优产量水平为正,通过一阶条件:

$$\frac{\partial SW}{\partial x_i} = \frac{\partial SW}{\partial x_j} = 0 \quad (30)$$

求得社会最优研发水平为:

$$\hat{x}_i = \frac{(1 + \beta)(1 + \alpha)(a - c - \alpha)}{2\gamma - (1 + \alpha)^2(1 + \beta)^2} \quad (31)$$

为了获得最优研发补贴 s 和最优污染排放税收 t ,可以这样考虑:与最大化自己利润目标的企业不同,政府征收的污染排放税和研发补贴的目的是实现社会福利水平最大化,必会引导企业的产量水平和研发水平达到社会最优产量水平和社会最优研发水平,因此有:

$$\hat{x}_i = x_s, \hat{q}_i = q_i^* \quad (32)$$

将(31)带回(29),可求得社会最优产量水平:

$$\hat{q}_i = \frac{(a-c-\alpha)\gamma}{2\gamma - (1+\beta)^2(1+\alpha)^2} \quad (33)$$

将(32)式带回(17),可求得最优污染排放税收:

$$t^* = \frac{3\hat{q}_i - (a-c) - (1+\beta)\hat{x}_i}{(1+\beta)\hat{x}_i - 1} \quad (34)$$

其中 \hat{x}_i 与 \hat{q}_i 如(31)与(33)所示。将(32)(34)带回(24),可求得最优研发补贴:

$$s^* = \frac{1}{9} \{ \hat{x} [9\gamma - 2(1 + \beta)(2 - \beta)(1 + t^*)] - 2(a - c - t^*)(1 + t^*)(1 - \beta) \} \quad (35)$$

其中 \hat{x}_i, t^* 如(31)与(34)所示。

通过观察(34)与(35)可以知道,政府的最优排放税收和最优研发补贴与企业的研发成本系数 γ , 环境污染系数 α , 研发溢出水平 β , 企业单位固定生产成本 c , 以及市场规模 a 有关系。为了探讨上述参数对政府最优税收和研发补贴的影响,

我们将在下一节算例分析中进行直观描述。

3 实证分析

本节将通过 R 语言统计软件,根据研究设计中理论模型设定的参数范围,通过数值分析,验证本文的研究结果,并直观的给出政策工具(研发补贴、排放税收)对企业研发投入和产量的影响,以及溢出水平、环境污染系数对最优排放税收和研发补贴的影响。首先设定市场规模 $a = 200$;根据文中假设,企业固定成本 $c < a$,取 $c = 100$;而 γ ($\gamma > 0$)表示企业的研发系数,由于企业的固定成

本和研发成本必须小于市场规模,即 $c + (1/2)\gamma x < a$;根据 a 和 c 的取值,可知 $\gamma < 50$,因此,取 $\gamma = 10$ 代表研发效率在这一水平的所有企业。

3.1 研发补贴和排放税收对企业产量、研发投入的影响

为了分析公共政策(研发补贴、排放税收)对企业研发投入和产量的影响,令 $\beta(bet) = (0.1, 0.2, \dots, 0.9, 1)$,探讨不存在补贴、税收(即 $s = 0, t = 0$)和存在补贴、税收(令 $s = 1, t = 1$)下,溢出水平对企业研发和产量的影响。利用式(24)和(26)做图1。

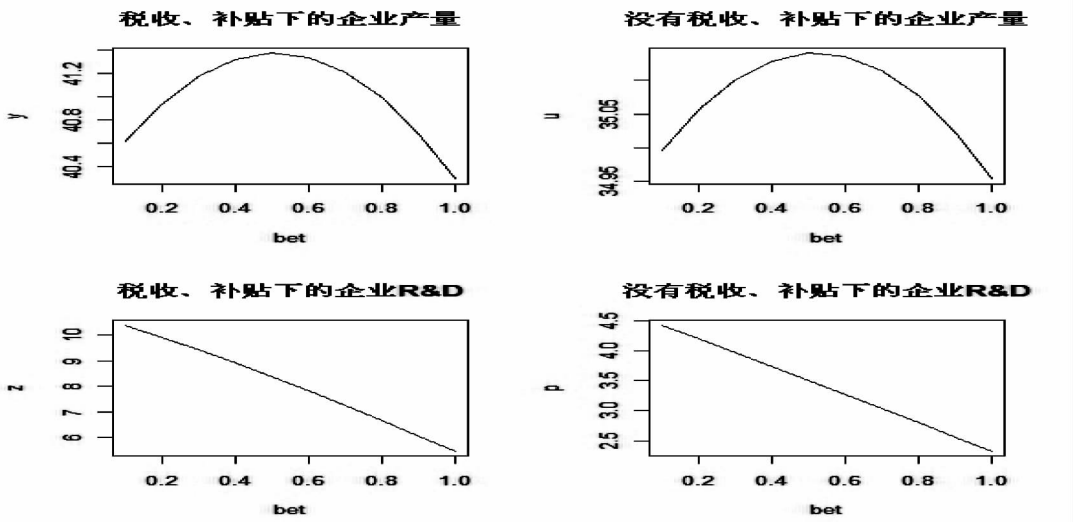


图1 企业产量、研发在税收、补贴下的对比图

Fig. 1 Comparison of outputs, R&D input with and without subsidy, taxes

通过图1可以知道,存在排放税收、研发补贴下的企业产量和研发投入水平明显大于不存在排放税收和研发补贴的情况(图1左右纵坐标的不同);产量与溢出存在抛物线函数关系(开口向下),研发水平与溢出存在线性函数关系(单调递减关系)。这表明,公共政策有利于企业研发投入和产量的提高;但溢出水平对企业产量和研发投入的影响不同:随着溢出水平的提高,企业研发投入会逐步减少(溢出的存在降低了企业研发投入的积极性);而溢出对产量的影响存在滞后性,当溢出水平较低时($\beta < 0.5$),溢出能提高企业的产量水平,当溢出水平较高时($\beta > 0.5$),溢出就会降低企业的产量水平。

3.2 排放税收对企业产量和研发投入的影响

为了探讨排放税收的影响,首先固定政府的研发补贴,取 $s = 1$,固定溢出水平 $\beta = 0.5$,取 $t \in (1, 8)$ 利用式(24)和(26)做图2。

通过图2可以知道,政府的排放税收存在上限,当税收不超过上限时,适当的税收能提高企业的产量和研发水平;当税收超过上限时,企业的产量和研发投入为零。这表明,在税收额度较低情况下,适当的税收能提高企业的产量和研发投入,而一旦税收超过上限(图2中 $t > 3.5$)时,税收的影响效果显著,能较大程度的降低企业的产量和研发投入。这是因为政府征收的污染排放税负不高时($t < 3.5$),企业为了保持利润必须加大研发

投入来降低污染排放水平,导致企业的研发投入随税收的提高而提高,尤其当税收达到临界值时(图2中 $t \rightarrow 3.5$),企业的研发投入也快速增加;一旦税收超过临界值($t > 3.5$),企业会不堪税赋,

导致企业的研发投入和产量均为零(企业的生产活动停止)。这说明,政府应该制定合理的税收政策,才能起到保护环境的目的,而又不会挫伤企业研发投入的积极性。

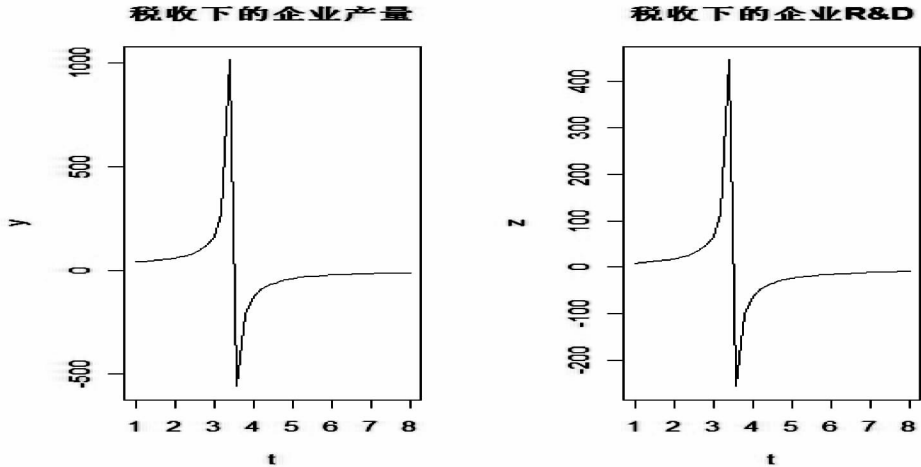


图2 税收对企业产量、研发的影响

Fig. 2 The impact of taxes on Firm's R&D input and outputs

3.3 研发补贴对企业产量和研发投入的影响

为了探讨研发补贴的影响,令 $t=1$ 满足(23)

式的二阶条件,固定溢出水平 $\beta=0.5$,取 $s \in (0, 5)$ 利用式(24)和(26)做图3。

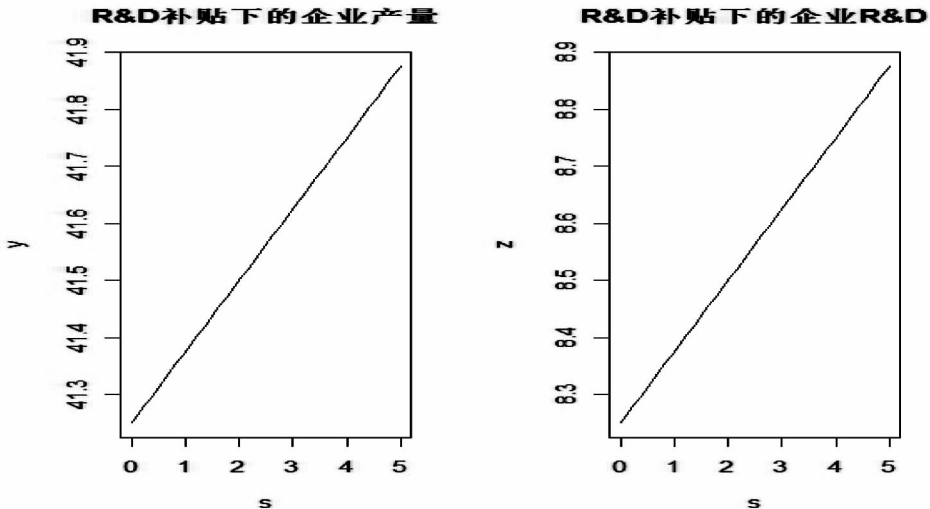


图3 研发补贴对企业产量、研发的影响

Fig. 3 The impact of subsidy on Firm's R&D input and outputs

通过图3可以知道,研发补贴与企业的产量、研发水平存在单调递增的函数关系。这表明政府

的研发补贴有利于提高企业的产量和研发投入水平,研发补贴可以在较大程度上提高企业研发投

人的积极性,并没有出现研发补贴对企业研发投入的“排挤效应”(排挤效应是指研发补贴抑制了企业的研发投入^[22]),这与 González and Pazó (2008)^[23]等人认为研发补贴对企业研发投入具有积极影响的观点一致。因此,政府在相关政策的制定上应该加大对企业研发补贴的力度,一方面,可以扶持企业从事研发活动,另一方面,可以

鼓励企业加大研发投入,形成自己的研发团队,提高企业的研发水平和科技创新水平。

3.4 溢出对社会最优产量、社会研发水平、排放税收和研发补贴的影响

为了探讨溢出水平的影响,令 $\alpha = 1$ 满足 (30) 式的二阶条件,取 $\beta \in [0, 1]$, 利用式 (31)、(33)、(34)、(35) 做图 4。

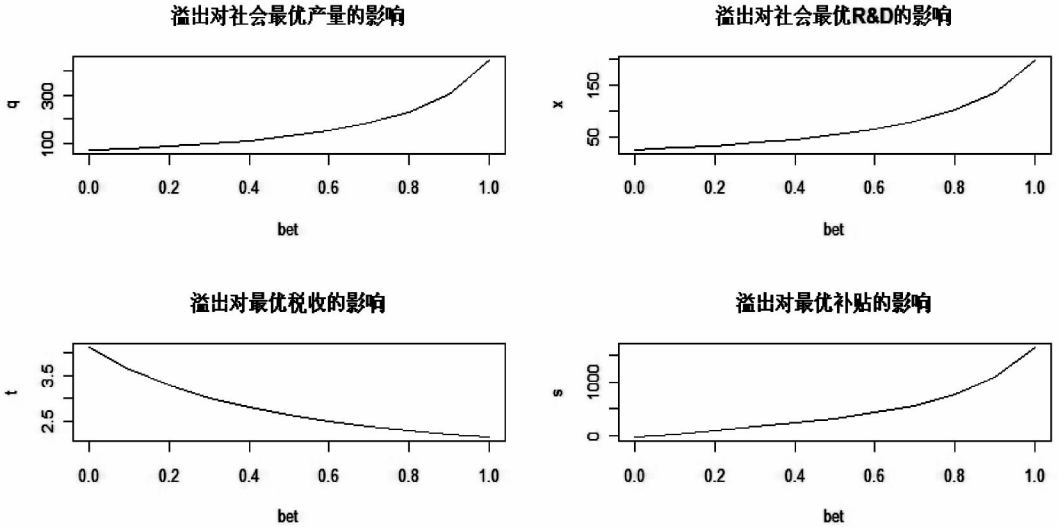


图 4 溢出水平对社会最优产量、社会最优研发、排放税收和补贴的影响

Fig. 4 The impact of spillover on social optimal outputs, R&D, emission taxes and subsidy

通过图 4 可以知道,溢出与社会最优产量、社会研发水平和最优补贴存在正相关关系;而研发溢出与最优税收存在负相关关系。这表明,溢出水平可以促进社会最优产量和社会最优研发水平的提高。这是由于溢出水平的提高有利于知识和技术的传递、实现经验的流动、并能推动经济的增长 (Arrow, 1962^[24]), 形成规模经济 (叶建亮, 2001^[25]), 从而有利于整个社会的进步和社会福利水平的提高。从图 4 可知,溢出对政府的最优补贴也构成正效应,这是因为随着溢出水平的提高,企业的研发投入会减少 (图 1), 只有加大研发补贴水平才能维持最优的社会福利水平。而政府的最优排放税收随着溢出水平的提高而减少,这是因为溢出水平的提高,有利于企业从外部获取研发知识,提高研发水平,从而降低企业的污染排放 (企业通过提高研发努力降低污染排放)。因此,从社会福利角度而言,政府应该鼓励知识溢

出,进而促进社会产量水平和研发水平的提高。

3.4 环境污染系数 α 的影响

固定溢出水平 $\beta = 0.5$, 取 $\alpha \in [0, 3]$ 利用式 (31)、(33)、(34)、(35) 做图 5。

通过图 5 可以知道,环境破坏系数与排放税收存在正相关关系,而只有环境破坏系数较小时 ($\alpha < 2$) 对社会最优产量、最优研发水平和最优研发补贴水平具有促进作用。这表明,随着企业对环境污染程度的提高,政府的税收额也会不断提高 (图 5 左下图),这是政府为保护环境对重污染企业采取的正常政策干预手段。而社会最优产量、最优研发水平和最优研发补贴对企业环境污染的反应是一致的,当企业对环境的污染在社会可接受的范围时 ($\alpha < 2$), 企业才被允许从事生产活动 (图 5, 当 $\alpha < 2$ 时,产量、研发和补贴会随 α 小幅上升), 可以通过自身的研发努力来降低企业的污染排放水平;但企业的污染一旦超过

可接受范围 ($\alpha > 2$), 社会最优产量、最优研发水平和最优研发补贴会立刻减少到零值以下, 这意味着, 企业对环境的过度污染受到政府严格的环境约束, 企业不仅要缴纳重税, 而且要面临停产的

风险。因此, 企业要控制自己的污染排在可接受的范围内, 并愿意为消除污染积极努力, 加大研发投入提高技术水平。

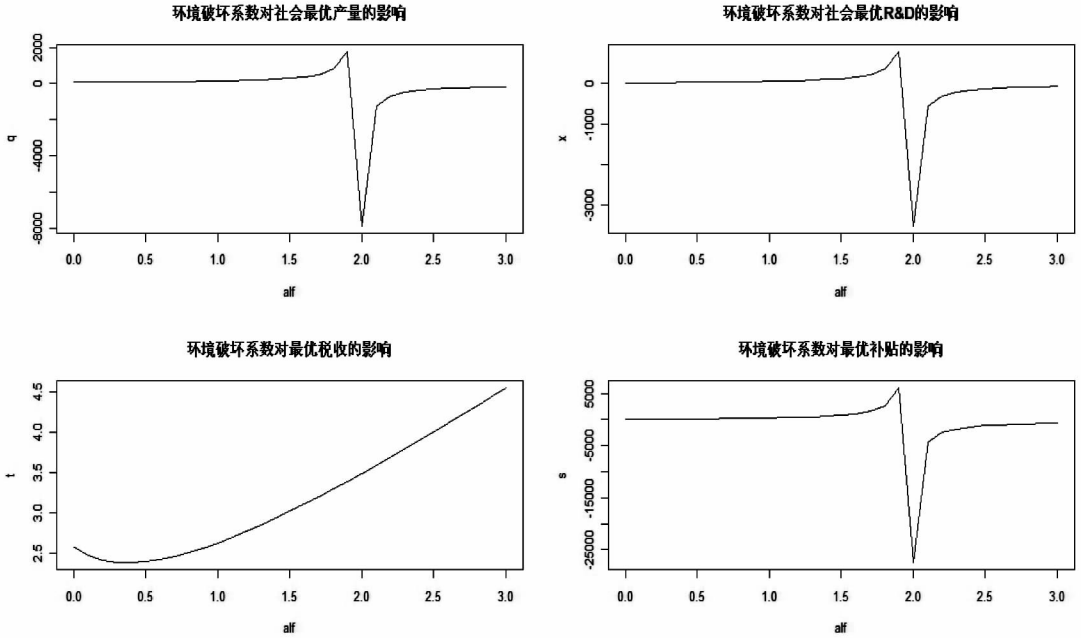


图 5 “ α ” 对社会最优产量、研发、排放税收和补贴的影响

Fig. 5 The impact of α on social optimal outputs, R&D input, taxes and subsidy

4 研究结论与启示

本文通过建立一个带有环境约束的三阶段博弈模型, 研究了减排目标下企业最优研发和政府最优研发补贴的关系。在模型中, 假设从事研发活动的企业生产的产品会对环境造成污染, 需要缴纳一定的污染排放税, 但企业可以通过研发努力来降低污染排放水平。通过理论研究和实证分析得到了以下有意义的启示。

(1) 研发补贴可以提高企业研发投入的积极性, 不会对企业的研发投入产生“排挤效应”。因此, 政府在制定相关政策上要加大研发补贴力度, 提高企业的研发水平。

(2) 政府应该制定合理的环境保护税收政策, 才能起到环境保护的目的又不会挫伤企业研发投入的积极性。由文中实证分析可知, 政府征收的污染排放税存在上限, 当税收不超过上限时,

适当的税收能提高企业的产量和研发水平; 当税收超过上限时, 企业会不堪税负, 导致企业的生产活动停止。

(3) 从社会福利角度而言, 政府应该积极鼓励知识溢出。这是由于溢出促进了社会最优产量、社会最优研发水平以及最优研发补贴的提高; 而且鼓励知识溢出有利于知识和技术的传递、实现经验的流动、促进企业创新、推动经济的增长, 从而有利于整个社会的发展进步和社会福利水平的提高。

参考文献:

[1] Milliman, S. R. and R. Prince. Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control[J]. Journal of Environmental Economics and Management, , 1989, 17: 247 – 265.

[2] Jung, C. , K. Krutilla and R. Boyd. Incentives for advanced pollution abatement technology at the industry level: an Evaluation of Policy Alternatives[J]. Journal of Environmental E-

- economics and Management, 1996, 30: 95 - 111.
- [3] Stranlund, J. K. Public Technological Aid to Support Compliance to Environmental Standards [J]. Journal of Environmental Economics and Management 1997, 34: 228 - 239.
- [4] Wolfram, Requate Till & Unold. Environmental policy incentives to adopt advanced abatement technology: Will the true ranking please stand up? [J]. European Economic Review, 2003, 47(1): 125 - 146.
- [5] Fischer, C. and R. G. Newell. Environmental and Technology Policies for Climate Mitigation [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2008, 55: 142 - 162.
- [6] Ben Youssef, Slim and Zaccour, Georges. Absorptive Capacity, R&D Spillovers, Emissions Taxes and R&D Subsidies [J]. MPRA Paper No. 16984, posted 28, 2009.
- [7] 王海建. 耗竭性资源、R&D 与内生经济增长模型[J]. 系统工程理论方法应用, 1999, 8(3): 38 - 42.
- [8] 于渤, 黎永亮. 考虑能源耗竭、污染治理的经济持续增长内生模型[J]. 管理科学学报, 2006, 9(4): 12 - 18.
- [9] 彭水军, 包群. 环境污染、内生增长与经济可持续发展[J]. 数量经济技术经济研究, 2006(9): 114 - 140.
- [10] 彭水军. 自然资源耗竭与经济可持续增长: 基于四部门内生增长模型分析[J]. 管理工程学报, 2007, 21(4): 119 - 125.
- [11] 张彬, 左晖. 能源持续利用、环境治理和内生经济增长[J]. 中国人口、资源与环境, 2007, 17(5): 27 - 33.
- [12] 许士春, 何正霞. 资源消耗、污染控制下经济可持续最优增长路径[J]. 管理科学学报, 2010, 13(1): 20 - 31.
- [13] Poyago - Theotoky, Joanna. R&D Subsidies versus R&D Cooperation in a Duopoly with Spillovers and Pollution[J]. Australian Economic Papers, 2002, 41 (1): 37 - 52
- [14] 喻美辞, 柳剑平, 郑绪涛. 税收、补贴与 R&D 溢出效应分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2005(12): 81 - 90.
- [15] Kamien, Morton I. Zang, Israel. Meet me halfway: research joint ventures and absorptive capacity [J]. International Journal of Industrial Organization, 2000, 18(7): 995 - 1012.
- [16] Jacquemin, D'Aspremont and. Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers [J]. The American Economic Review, 1988, 78: 1133 - 1137.
- [17] Lars, Wiethaus. Absorptive capacity and connectedness: Why competing firms also adopt identical R&D approaches [J]. International Journal of Industrial Organization, 2005, 23(5): 467 - 481.
- [18] 方海燕, 达庆利. 基于差异产品的政府最优 R&D 补贴策略研究[J]. 中国管理科学, 2009, 17(3): 166 - 172.
- [19] Ulph, D. and Katsoulacos, Y. Endogenous Knowledge Flows and the Welfare Evaluation of Research Joint Ventures [J]. Mimeo, University College London, 1999.
- [20] Arrow. Economic welfare and the allocation of resources for invention. In: Nelson, R. R. (Ed.), The Rate and Direction of Inventive Activity [J]. Princeton University Press, Princeton, 1962: 609 - 626.
- [21] Romer, P. Endogenous Technological Change [J]. Journal of Political Economy, 1990, 98(5): 71 - 102.
- [22] Goolsbee, Austan. Does Government R&D Policy Mainly Benefit Scientists and Engineers? [J]. American Economic Review, 1998, 88(2): 298 - 302.
- [23] Gonz lez, X., Paz, C. Do public subsidies stimulate private R&D spending? [J]. Research Policy 2008, 37: 371 - 389.
- [24] Arrow, Kenneth J. The Economic Implications of Learning by Doing [J]. The Review of Economic Studies, 1962, 29(3): 155 - 173.
- [25] 金祥荣, 叶建亮. 知识溢出与企业网络组织的集聚效应 [J]. 数量经济技术经济研究, 2001(10): 90 - 93.

The optimal R&D investment and subsidy under the perspective of emission reduction

Song Zhijie, Sun Qilong

(Department of Economics and Management, Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China)

Abstract: On the basis of game theory, an enterprise R&D model under conditions of R&D subsidy and pollution emission tax has been constructed. With the goal of emission reduction, optimal R&D level, optimal R&D subsidy, and optimal pollution emission tax for the enterprises are studied. The research results show that appropriate emission tax is of benefit to the improvement of the R&D investment and output of enterprises; the R&D subsidy is able to eliminate the effect of push aside and improve the R&D investment greatly. The environment pollution must be controlled in the scope of social acceptable; otherwise, the enterprise production activities will be ultimately stopped by the government.

Key words: emission reduction; spillover level; R&D subsidy; game