

# 环保技术联盟、产品异质性与环境税政策选择

## ——基于政府承诺与政府不承诺的博弈研究

李香菊, 赵娜, 李康

**摘要:** 借助一个双寡头博弈模型, 本文分析了政府不同的环境税政策及企业的环保技术合作方式对企业的污染控制率、环境税率和社会福利的影响。研究结果表明: 在污染物边际损害程度增加的情况下, 最优环境税率呈增加态势。当边际损害程度超过一个临界值时, 环境税率逐渐收敛于一个值。最优社会福利及污染控制率与最优环境税率负相关。因此, 在产品完全异质时, 为了实现社会福利及企业污染控制率最大化, 政府应实行不承诺的环境税政策并鼓励企业 RJV 合作。而产品同质性较大时, 承诺的环境税政策及鼓励企业的 RJV 合作是政府的最优选择。最后, 在借助 OECD 部分国家环境税率成功经验的基础上, 提出我国环境税改革的建议。

**关键词:** 技术联盟; 异质性; 政府承诺; 政府不承诺

**中图分类号:** D912.604 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0169(2016)02-0074-14

**DOI:**10.16493/j.cnki.42-1627/c.2016.02.008

十二届全国人大常委会第十一次会议提出要将目前的排污费改为环境保护税<sup>①</sup>。2015年6月10日,《环境保护税法(征求意见稿)》由国务院法制办发布,明确了环保税的主要征税对象、税率及计税方法等<sup>②</sup>。环境税实施后,企业将不断内部化其污染排放成本。Barnett<sup>[1]</sup>认为:在利润最大化的生产目标下企业将会有以下两种决策选择:一种是减少对污染产品投入以减少污染物排放总量;另一种是选择加大研发投入,加强环境技术创新管理,进而降低污染排放。最优环境税率的制定标准应该是引导企业选择社会最优的产出和污染排放。如果环境税率设置不合理的话,就会打击企业加大排污技术研发的积极性,进而影响社会福利水平及企业利润的增加。因此,在不打击企业环境技术创新积极性的情况下,设置合理的环境税税率成为当前政府亟待解决的问题,也是我国能否实现绿色发展转型成功及新常态经济增长的关键环节。

## 一、文献综述

国外关于环境税的理论研究早期是建立在完全竞争市场和垄断市场两个市场结构下, Barnett<sup>[1]</sup>在垄断市场结构下将最优和次优庇古税做了详细分析。随后 Levin<sup>[2]</sup>, Requate<sup>[3]</sup>和 Simpson<sup>[4]</sup>将市场结构扩展到了寡头市场。Levin<sup>[2]</sup>在双寡头市场中采用比较静态方法分析了排污税效应, Requate<sup>[3]</sup>、

基金项目: 国家社科基金资助项目“产权制度及区域差异视角下的中国环境资源税制研究”(14BJY168)

作者简介: 李香菊, 经济学博士, 西安交通大学经济与金融学院教授、博士生导师(陕西西安710061); 赵娜, 西安交通大学经济与金融学院博士研究生

<sup>①</sup> 环境税改革时间表明晰 明年出台几无悬念, 参见 [http://www.chinareform.org.cn/Economy/price/news/201411/t20141124\\_212479.htm](http://www.chinareform.org.cn/Economy/price/news/201411/t20141124_212479.htm)。

<sup>②</sup> 国务院法制办公室关于《中华人民共和国环境保护税法(征求意见稿)》公开征求意见的通知, 参见 [http://www.gov.cn/xinwen/2015-06/11/content\\_2877863.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2015-06/11/content_2877863.htm)。

Simpson<sup>[4]</sup>、Katsoulacos<sup>[5]</sup>等先后也有类似研究。但是他们的研究既没有考虑政府政策的动态一致性,也没有考虑企业的技术创新。Petraakis等<sup>[6]</sup>比较了垄断市场中政府承诺与不承诺情况下最优环境税率、社会福利及企业排污水平,认为政府承诺下的最优环境税率及社会福利较高,而排污水平较低。Poyage-Theotoky<sup>[7]</sup>将Petraakis等的研究扩展到差异化产品情形下,研究显示,当产品异质性较高时,政府承诺的最优环境税比政府不承诺的最优环境税率低,而减排率与社会福利却较高。Poyage-Theotoky<sup>[8]</sup>还将政府不承诺与企业的R&D创新溢出纳入分析框架,分析了企业环保R&D创新竞争和卡特尔两种情况下的社会福利、环保R&D创新程度及企业利润。Ouchida<sup>[9]</sup>在双寡头竞争和政府不承诺的框架内建立一个包含企业和政府的三阶段博弈模型,分析了环境税对社会福利及企业利润的影响,认为当环境损害大,环境R&D成本很小时,R&D竞争情况下的社会福利最大;如果环境损害大、环境R&D成本很高,那么RJV卡特尔情况下的社会福利最大。

目前国内对企业R&D创新和环境税的研究则主要集中在政府承诺下的最优环境税率问题上。柳剑平等<sup>[10]</sup>构建了一个博弈模型,对含税收和补贴的R&D活动进行分析,认为当R&D溢出程度较高时,应对企业的产出和R&D投入进行补贴;而溢出程度较低时,对R&D投入征税,而对产出进行补贴。汤长安等<sup>[11]</sup>分析了不同技术联盟组织形式下的最优环境税率和环境补贴,认为对环保R&D补贴还是征税是由污染的环境边际损害程度及环保R&D创新的溢出程度决定的。

毋庸置疑,前期研究为我们深刻理解环境税与企业环保R&D投入的关系提供了坚实的理论基础。然而,现有研究成果大多是基于政府承诺的视角,而忽略了政府不承诺下排污企业环保R&D合作方式与环境税关系的研究。由于排污企业的环保R&D投资周期一般较长而产出调整周期较短,投资者面临的风险主要是政府在期初制定环境税税率或者优惠政策后,继任政府不遵守承诺,变动税率或者税收优惠政策。因此政府对环境税率承诺的有效程度将会直接影响排污企业环保R&D投资及对未来税率和优惠政策的预期。

基于此,在已有研究的基础上,本文尝试将环境税税率与排污企业环保R&D投入溢出纳入到一个统一的分析框架中,从理论层面对比政府承诺与政府不承诺下的最优环境税率、社会福利水平及企业利润的差异,指出环境税政策改革过程中需要的一些配套措施。

## 二、理论模型设定及求解

### (一) 模型设定

假设经济系统中有制定环境税的政府和进行环保R&D投资的两家排污企业。借鉴Dixit<sup>[12]</sup>的方法,代表性消费者效用函数是线性可加的,表达式为: $U = u(q_i, q_j) + m$ ,其中 $m$ 是获得的货币效用; $u(q_i, q_j) = a(q_i + q_j) - \frac{q_i^2 + 2\theta q_i q_j + q_j^2}{2}$ 表示消费商品获得的效用, $q_i$ 、 $q_j$ 分别是企业 $i$ 和企业 $j$ 的产出, $a > 0$ , $i, j = 1, 2$ ,但是 $i \neq j$ , $\theta \in (0, 1)^*$ 表示产品的异质性,当 $\theta \rightarrow 0$ 时,说明市场中两种产品的替代性较弱;当 $\theta \rightarrow 1$ 时,说明市场中两种产品的替代性较强。根据消费者效用最大化原理,推导出反需求函数方程为: $p = a - Q$ ,其中 $Q = q_i + \theta q_j$ 。

采用D'Aspremont等<sup>[13]</sup>以及Kamien等<sup>[14]</sup>的模型设定,企业1和企业2的生产总成本为: $c(q_i,$

\*  $\theta < 0$ 表示产品互补,不在本文的讨论范围之内。

$z_i) = cq_i + \frac{\gamma z_i^2}{2}$ , 其中  $c$  为企业  $i$  生产单位产品的成本,  $\frac{\gamma z_i^2}{2}$  为环保 R&D 投资成本, 因此反映了环保 R&D 投入的报酬递减性。 $\gamma$  表示企业排污技术的创新效率,  $\gamma > 0$ ,  $\gamma$  越小意味着企业的创新效率越强。 $z_i$  为企业  $i$  的污染控制率, 代表了单位产品排污量的下降幅度。 $\beta_j$  为企业  $j$  减排创新后对企业  $i$  的污染控制率的影响, 其中  $\beta$  为  $j$  企业环境减排创新的溢出系数,  $0 \leq \beta \leq 1$ 。为了研究问题的方便, 这里只考虑溢出对称和研发成果对称, 即:  $z_i = z_j, \beta_i = \beta_j = \beta$ , 因此企业  $i$  的单位产品污染物排污量为  $e_i(q_i, z_i) = q_i - z_i - \beta z_j$ 。

企业采用的生产技术为污染型技术, 污染排放造成的环境损害为  $D$ ,  $D = \frac{d}{2} E^2$ , 且  $D' > 0$ ,  $D'' > 0$ , 也就是说, 污染物对环境的边际损害随着污染量的增加而增大。其中  $E = e_i + e_j$ ,  $d$  表示环境边际损害程度。 $d$  越大, 说明污染物排放对环境损害的程度越高。为了保证模型内点解的存在, 假设  $d > \frac{1}{2}$ 。企业  $i$  的利润函数为:

$$\pi_i = (a - q_i - \theta q_j) q_i - t(q_i - z_i - \beta z_j) - (cq_i + \frac{\gamma z_i^2}{2})$$

政府得益用社会福利来衡量, 社会福利是消费者商品效用函数减去减排成本与环境损害。因此社会福利  $SW$  表示为:

$$SW = u(q_i, q_j) - \frac{\gamma z_i^2}{2} - \frac{\gamma z_j^2}{2} - D$$

企业和政府展开一个三阶段的完全信息动态博弈: 如果政府在制定环境税率后信守承诺, 企业相信自己在投入环保 R&D 后政府不会改变税率和税收优惠条件, 则政府先行动, 企业后行动; 二者的博弈时序如下: 在博弈的第一阶段, 政府以社会福利最大化为目标选择最优环境税率; 第二阶段, 企业以利润最大化为目标选择环保 R&D 投资方式确定最优污染控制率; 企业 R&D 投资合作意味着研发阶段合作、产品市场产量竞争, 因此在第三阶段, 企业  $i$  和企业  $j$  进行古诺竞争确定最优产量。

在我国现有的制度条件下, 一方面, 政府的承诺能力有限, 另一方面, 企业的环保技术投资周期较长; 企业面临的风险是在一个投资周期内政府违背承诺, 改变环境税率和优惠政策, 从而直接影响企业对未来投资的预期。此时企业先行动, 政府后行动, 二者的博弈时序如下: 在博弈的第一阶段, 企业以利润最大化为目标选择环保 R&D 投资方式确定最优污染控制率; 第二阶段, 政府以社会福利最大化为目标选择最优环境税率; 第三阶段, 企业 1 和企业 2 进行古诺竞争确定最优产量。这两种情况下的博弈时序分别如图 1、图 2 所示。

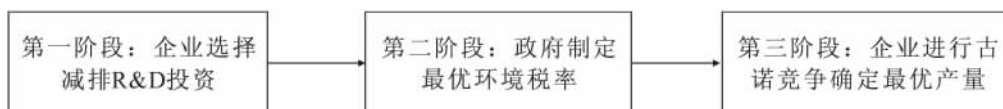


图 1 政府不承诺下三阶段博弈



图 2 政府承诺下三阶段博弈

企业环保技术联盟分为四种情况: 环保 R&D 竞争、环保 R&D 卡特尔、环保 RJV 竞争和环保 RJV 合作。其中环保 RJV 竞争是溢出系数  $\beta=1$  时的 R&D 竞争, 环保 RJV 合作是溢出系数  $\beta=1$  时的 R&D 卡特尔。为便于研究, 只考虑企业环保 RJV 竞争和环保 RJV 合作。两类 RJV 投资的本质差

异是: RJV 合作的目标是合作行业的总利润最大化; RJV 竞争目标是企业各自利润最大化。为了区分, 这里分别用下标 1、2、3、4 表示政府不承诺下 RJV 竞争、政府承诺下 RJV 竞争、政府不承诺下 RJV 合作及政府承诺下 RJV 合作。

## (二) RJV 竞争方式下政府环境税政策选择模型求解

1. 政府不承诺政策下环境税率及污染控制率求解。由于该博弈是完美信息博弈, 因此使用逆向归纳法求解。先考虑第三阶段, 企业选择最优产量以最大化其利润。销售收益和税收成本为企业利润函数的两个组成部分。因此, 利润最大化问题可概括为:

$$\max \pi_i = (a - q_i - \theta q_j) q_i - t_i(q_i - z_i - z_j) - (cq_i + \frac{\gamma z_i^2}{2}) \quad (1)$$

由于  $\frac{\partial^2 \pi_i}{\partial q_i^2} = \frac{\partial^2 \pi_j}{\partial q_j^2} = -2 < 0$ , 因而最大化问题的二阶条件得以满足, 根据(1) 求出每个企业的最优均衡产量为:

$$q_i = \frac{A - t_i}{2 + \theta} \quad (2)$$

其中,  $A = a - c$ , 将(2) 代入(1) 得出每个企业均衡利润为:

$$\pi_i = q_i^2 + t_i(z_i + z_j) - \frac{\gamma z_i^2}{2} \quad (3)$$

第二阶段, 政府在社会福利最大化的情况下选择最优环境税率, 同时预期企业在第三阶段的产量, 社会福利函数为:

$$SW = u(q_i, q_j) - \frac{\gamma z_i^2}{2} - \frac{\gamma z_j^2}{2} - D = a(q_i + q_j) - \frac{q_i^2 + 2\theta q_i q_j + q_j^2}{2} - c(q_i + q_j) - \frac{d}{2}E^2 - \frac{\gamma(z_i^2 + z_j^2)}{2}$$

由均衡的对称性, 可以得出  $q_i = q_j = q$

$$\text{整理后得: } SW = 2Aq_i - (1 + \theta)q_i^2 - \frac{d}{2}(2q_i - 2(z_i + z_j))^2 - \frac{\gamma(z_i^2 + z_j^2)}{2} \quad (4)$$

为了得到最大化福利水平, 将(4) 式进行对  $t$  的一阶导数, 整理可得:

$$2[A - q_i(1 + \theta) - 2d(q_i - (z_i + z_j))] \frac{dq_i}{dt_i} = 0, \text{ 由于 } \frac{dq_i}{dt_i} = \frac{-1}{2 + \theta}, \text{ 因此, 最优环境税率为:}$$

$$t_i = \frac{A(2d - 1) - 2d(2 + \theta)(z_i + z_j)}{2d + 1 + \theta} \quad (5)$$

从(5) 式容易发现:  $\frac{\partial t_1}{\partial z_i} = \frac{\partial t_1}{\partial z_j} = \frac{-2d(2 + \theta)}{2d + 1 + \theta} < 0$ , 即企业的污染控制率越高, 环境税率越低。

$$\text{将(5) 分别代入(2) 和(3), 最优产量为 } q_i = \frac{A + 2d(z_i + z_j)}{2d + 1 + \theta} \quad (6)$$

$$\text{企业最优利润为: } \pi_i = \frac{[A + 2d(z_i + z_j)]^2}{(2d + 1 + \theta)^2} + \frac{A(2d - 1) - 2d(2 + \theta)(z_i + z_j)}{2d + 1 + \theta}(z_i + z_j) - \frac{\gamma z_i^2}{2} \quad (7)$$

下面考虑第一阶段, 两个企业在预期到政府的环境税率后选择各自的环保 R&D 创新投资, 假设企业在该阶段的 R&D 创新投资形式为竞争, 因此求各自利润最大化: 即

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial z_i} = \frac{\partial \pi_j}{\partial z_j} = 0 \quad (8)$$

由(7) 和(8) 式容易得到企业最优的污染控制率为:

$$z_i = z_j = z_1 = \frac{[(2d - 1)(2d + 1 + \theta) + 4d]A}{(2d + 1 + \theta)(16d + 8d\theta + 2\gamma d + \theta\gamma + \gamma) - 16d^2} \quad (9)$$

将(9) 代入(5) 求得企业最优环境税率为:

$$t_i = t_j = t_1 = \frac{[(2d - 1)(8d + 4d\theta + 2\gamma d + \theta\gamma + \gamma) - 16d^2]A}{(2d + 1 + \theta)(16d + 8d\theta + 2\gamma d + \theta\gamma + \gamma) - 16d^2} \quad (10)$$

2. 政府承诺政策下环境税率及污染控制率求解。政府承诺下企业最优产量与政府不承诺的情况是相同的, 即:  $q_i = \frac{A-t_i}{2+\theta}$ 。

考虑第二阶段, 企业选择减排水平实现企业利润最大化, 对(3)求一阶条件, 可得最优污染控制率为:

$$z_i = \frac{t_i}{\gamma} \quad (11)$$

将(2)和(11)代入(3), 得企业利润函数:  $\pi_i = (\frac{A-t_i}{2+\theta})^2 + \frac{2t_i^2}{\gamma} - \frac{t_i^2}{2\gamma}$

第一阶段, 政府通过选择环境税水平, 最大化社会福利, 将(2)和(11)代入(4), 将式(4)求环境税一阶导, 整理可得:

$$t_i = t_j = t_2 = \frac{[-\gamma^2 + 2d\gamma(4 + \gamma + 2\theta)]A}{2d(4 + \gamma + 2\theta)^2 + \gamma^2(1 + \theta) + \gamma(2 + \theta)^2} \quad (12)$$

将(12)代入(11), 得企业最优污染控制率为:

$$z_i = z_j = z_2 = \frac{[-\gamma + 2d(4 + \gamma + 2\theta)]A}{2d(4 + \gamma + 2\theta)^2 + \gamma^2(1 + \theta) + \gamma(2 + \theta)^2} \quad (13)$$

(三) RJV 合作方式下政府环境税政策选择模型求解

1. 政府不承诺政策下环境税率及污染控制率求解。由于污染行业环保 RJV 合作目标是行业利润最大化, 设联合利润为  $\sum \pi = \pi_i + \pi_j$ 。同样采用逆向归纳法对这三个阶段分析, 因为两种情形下的双寡头在产品市场上都采用竞争行为, 因此第三阶段和第二阶段所确定的最优环境税率、最优产量和最优社会福利水平与 RJV 竞争相同。即:

$$t_i = t_j = t_3 = \frac{A(2d-1) - 2d(2+\theta)(z_i + z_j)}{2d+1+\theta}, q_i = q_j = q_3 = \frac{A + 2d(z_i + z_j)}{2d+1+\theta}$$

第一阶段, 两个企业在预期到政府的环境税率后选择各自的环保 R&D 投资, 由于企业在该阶段的 R&D 创新投资形式为合作, 因此求行业利润最大化:

$$\max \sum \pi = \pi_i + \pi_j = \frac{2[A + 2d(z_i + z_j)]^2}{(2d+1+\theta)^2} + \frac{2A(2d-1) - 4d(2+\theta)(z_i + z_j)}{2d+1+\theta}(z_i + z_j) - \frac{\gamma z_i^2}{2} - \frac{\gamma z_j^2}{2} \quad (14)$$

此时:  $\frac{\partial \sum \pi}{\partial z_i} = \frac{\partial \sum \pi}{\partial z_j} = 0$ , 对(14)分别取  $z_i$ 、 $z_j$  的一阶条件, 联立求解可得最优的污染控制率

为:  $z_i = z_j = z_3 = \frac{[2(2d-1)(2d+1+\theta) + 8d]A}{(2d+1+\theta)(32d+16d\theta+2\gamma d+\theta\gamma+\gamma) - 32d^2}$  (15)

将(15)代入(5), 得最优环境税率为:

$$t_i = t_j = t_3 = \frac{[(2d-1)(16d+8d\theta+2\gamma d+\theta\gamma+\gamma) - 32d^2]A}{(2d+1+\theta)(32d+16d\theta+2\gamma d+\theta\gamma+\gamma) - 32d^2}$$

2. 政府承诺政策下环境税率及污染控制率求解。由于 RJV 合作与 RJV 竞争的差异是 RJV 合作求企业联合利润最大化, 因此第三阶段企业的最优产量与前面相同, 即:  $q_i = \frac{A-t_i}{2+\theta}$ 。

考虑第二阶段, 企业选择减排水平实现联合企业利润最大化, 此时企业联合利润为:

$$\max \sum \pi = \pi_i + \pi_j = q_i^2 + t_i(z_i + z_j) - \frac{\gamma z_i^2}{2} + q_j^2 + t_j(z_i + z_j) - \frac{\gamma z_j^2}{2} \quad (16)$$

对(16)分别取  $z_i$ 、 $z_j$  的一阶条件, 可得最优污染控制率为:

$$z_i = \frac{2t_i}{\gamma} \quad (17)$$

第一阶段, 政府通过选择环境税水平, 最大化社会福利, 将 (2) 和 (17) 代入 (4), 并对式 (4) 求环境税一阶导, 可得政府社会福利最大化水平下的最优环境税率为:

$$t_i = t_j = t_4 = \frac{[-\gamma^2 + 2d\gamma(8 + \gamma + 4\theta)]A}{2d(8 + \gamma + 4\theta)^2 + \gamma^2(1 + \theta) + \gamma(2 + \theta)^2} \quad (18)$$

将 (18) 代入 (17), 得企业最优污染控制率为:

$$z_i = z_j = z_4 = \frac{2t_4}{\gamma} = \frac{2[-\gamma + 2d(8 + \gamma + 4\theta)]A}{2d(8 + \gamma + 4\theta)^2 + \gamma^2(1 + \theta) + \gamma(2 + \theta)^2} \quad (19)$$

将政府承诺与不承诺下的 RJV 竞争和 RJV 合作四种情形下的社会福利、最优环境税率、企业污染控制率及利润结果总结如表 1 所示。

表 1 四种情况下的企业单位产品污染控制率、最优环境税率及政府社会福利

	政府不承诺	政府承诺
RJV 竞争	$z_1 = \frac{[(2d-1)(2d+1+\theta)+4d]A}{(2d+1+\theta)(16d+8d\theta+2\gamma d+\theta\gamma+\gamma)-16d^2}$ $t_1 = \frac{[(2d-1)(8d+4d\theta+2\gamma d+\theta\gamma+\gamma)-16d^2]A}{(2d+1+\theta)(16d+8d\theta+2\gamma d+\theta\gamma+\gamma)-16d^2}$ $q_1 = \frac{A-t_1}{2+\theta}$ $s\omega_1 = 2Aq_1 - (1+\theta)q_1^2 - 2d(q_1 - 2z_1)^2 - \gamma z_1^2$	$z_2 = \frac{[-\gamma + 2d(4 + \gamma + 2\theta)]A}{2d(4 + \gamma + 2\theta)^2 + \gamma^2(1 + \theta) + \gamma(2 + \theta)^2}$ $t_2 = \frac{[-\gamma^2 + 2d\gamma(4 + \gamma + 2\theta)]A}{2d(4 + \gamma + 2\theta)^2 + \gamma^2(1 + \theta) + \gamma(2 + \theta)^2}$ $q_2 = \frac{A-t_2}{2+\theta}$ $s\omega_2 = 2Aq_2 - (1+\theta)q_2^2 - 2d(q_2 - 2z_2)^2 - \gamma z_2^2$
RJV 合作	$z_3 = \frac{[2(2d-1)(2d+1+\theta)+8d]A}{(2d+1+\theta)(32d+16d\theta+2\gamma d+\theta\gamma+\gamma)-32d^2}$ $t_3 = \frac{[(2d-1)(16d+8d\theta+2\gamma d+\theta\gamma+\gamma)-32d^2]A}{(2d+1+\theta)(32d+16d\theta+2\gamma d+\theta\gamma+\gamma)-32d^2}$ $q_3 = \frac{A-t_3}{2+\theta}$ $s\omega_3 = 2Aq_3 - (1+\theta)q_3^2 - 2d(q_3 - 2z_3)^2 - \gamma z_3^2$	$z_4 = \frac{2[-\gamma + 2d(8 + \gamma + 4\theta)]A}{2d(8 + \gamma + 4\theta)^2 + \gamma^2(1 + \theta) + \gamma(2 + \theta)^2}$ $t_4 = \frac{[-\gamma^2 + 2d\gamma(8 + \gamma + 4\theta)]A}{2d(8 + \gamma + 4\theta)^2 + \gamma^2(1 + \theta) + \gamma(2 + \theta)^2}$ $q_4 = \frac{A-t_4}{2+\theta}$ $s\omega_4 = 2Aq_4 - (1+\theta)q_4^2 - 2d(q_4 - 2z_4)^2 - \gamma z_4^2$

### 三、企业创新效率固定时各种政策下变量的比较分析

本部分将分析在创新效率  $\gamma=1$  时四种环境税政策下产品异质性及边际损害程度与社会福利、企业污染控制率及最优环境税率的关系。

由于从表 1 不易求得最优环境税率、社会福利、企业污染控制率随环境损害程度及产品异质性变化的直观表达式, 本文选取四种产品异质程度: (1) 产品同质 ( $\theta=1$ ), (2) 产品异质性较小 ( $\theta=0.8$ ), (3) 产品异质性较大 ( $\theta=0.3$ ), (4) 产品异质性极大 ( $\theta=0.01$ ), 并选择  $A=a-c=1$  首先模拟四种状态下环境税率的变化趋势, 然后将环境税率差值、社会福利差值及企业污染控制率差值进行模拟。模拟结果如图 3、图 4 和图 5 所示, 并将图 3 至图 5 的比较结果总结如表 2 所示。

表 2 不同  $\theta$  与  $d$  关系下四种政策的企业污染控制率、社会福利及最优环境税率对比

$\theta, d$ 的取值	企业污染控制率对比	社会福利对比	最优环境税率对比
$\theta=1, d=8$	$z_1 < z_3 < z_2 < z_4$	$s\omega_1 < s\omega_3 < s\omega_2 < s\omega_4$	$t_1 < t_2 < t_3 < t_4$
$\theta=0.8, d=8$	$z_1 < z_3 < z_2 < z_4$	$s\omega_1 < s\omega_3 < s\omega_2 < s\omega_4$	$t_1 < t_2 < t_3 < t_4$
$\theta=0.3, d=8$	$z_1 < z_3 < z_2 < z_4$	$s\omega_1 < s\omega_2 < s\omega_3 < s\omega_4$	$t_4 < t_3 < t_2 < t_1$
$\theta=0.01, d=8$	$z_2 < z_1 < z_4 < z_3$	$s\omega_2 < s\omega_1 < s\omega_4 < s\omega_3$	$t_3 < t_4 < t_1 < t_2$

图 3 (a)、(b)、(c)、(d) 分别是  $\theta=0.01$ 、 $\theta=0.3$ 、 $\theta=0.8$ 、 $\theta=1$  时的情形, 从图中可以观测到只要污染物的边际损害程度小于临界值, 环境税率就随着污染强度的增加而递增。在边际损害程度超越临界值时, 环境税率收敛于某一个值。此时, 环境税不能发挥污染治理效应, 需要依靠政府控制

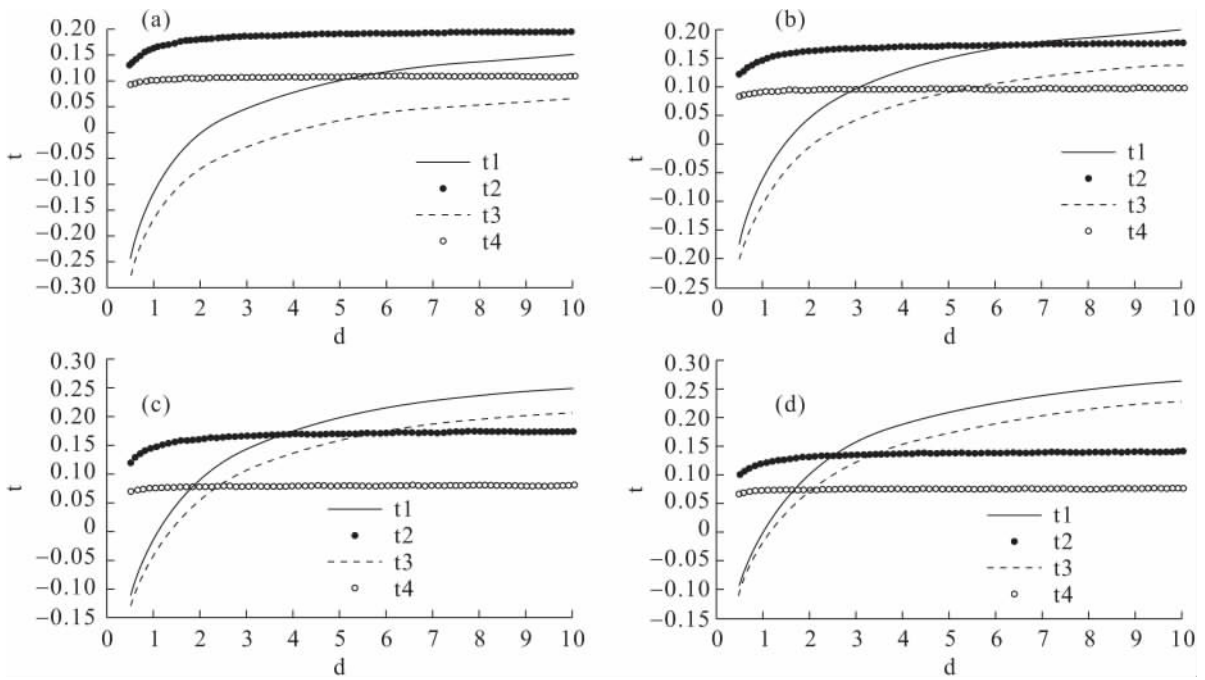


图3 不同产品异质性及环境税政策下的最优环境税率变化趋势

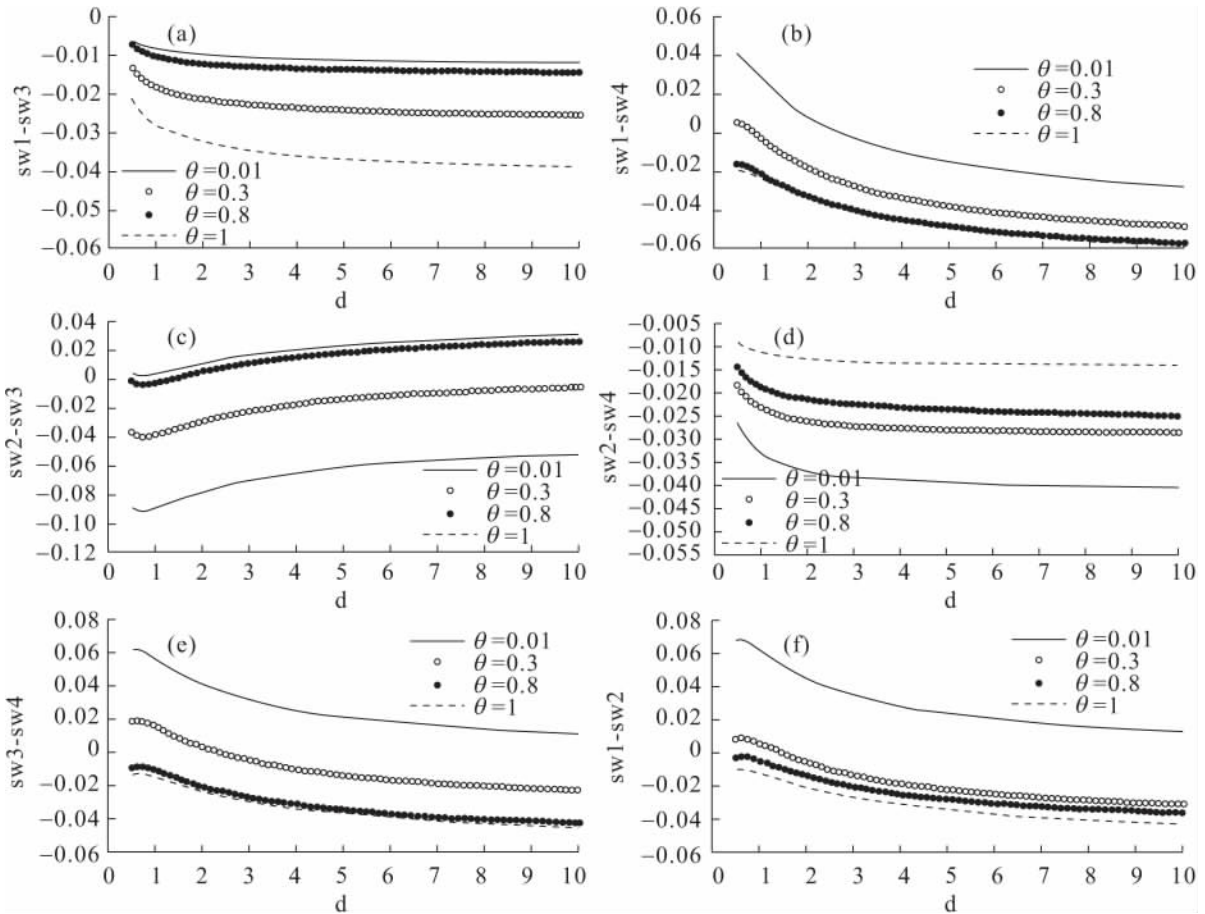


图4 四种政策下社会福利之间对比

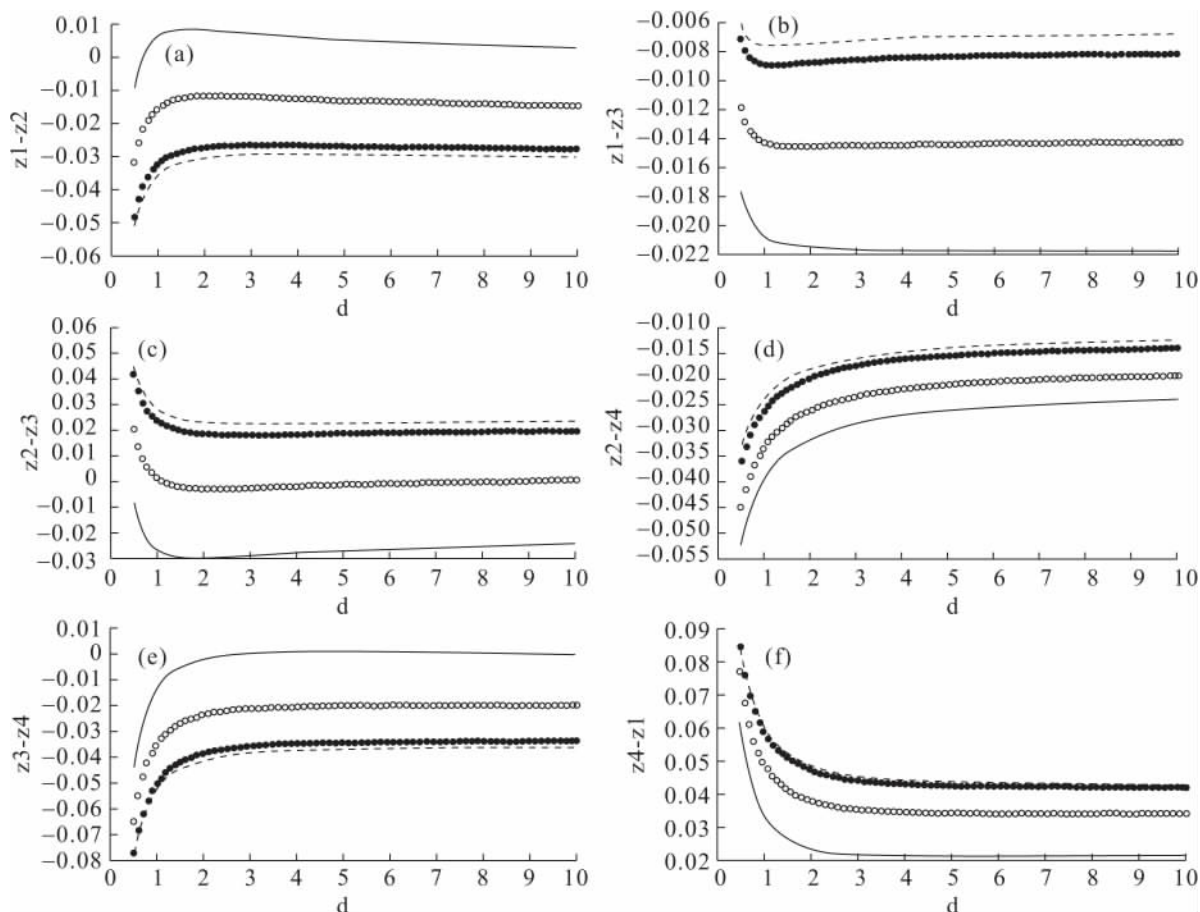


图5 四种政策下企业污染控制率之间对比

污染物排放总量。在政府承诺的情况下最优环境税率一直大于零；而政府不承诺时  $d$  与  $\theta$  满足一定条件，即：在  $d \geq \frac{4 + \theta + \sqrt{9\theta^2 + 20\theta + 20}}{4 + 8\theta}$  (RJV 竞争)、 $d \geq \frac{8 + 3\theta + \sqrt{25\theta^2 + 68\theta + 68}}{4 + 16\theta}$  (RJV 合作)

时，最优环境税率大于零，反之当  $d < \frac{4 + \theta + \sqrt{9\theta^2 + 20\theta + 20}}{4 + 8\theta}$  (RJV 竞争)、 $d < \frac{8 + 3\theta + \sqrt{25\theta^2 + 68\theta + 68}}{4 + 16\theta}$  (RJV 合作) 时，最优环境税率为负。一般来说，如果环境税率小于零，

该环境规制政策称为 R&D 环保补贴率。以上结论可以总结于以下命题中：

命题 1：在产品异质性给定的情况下，当污染物边际损害程度小于临界值时，环境税率与污染物边际损害程度正相关；当污染物边际损害程度大于临界值时，环境税处于失灵状态，政府需要控制污染物排放总量。政府承诺的情况下最优环境税率是正的；而政府不承诺时最优环境税率的符号是不定的，在环境边际损害程度较小情况下，最优环境税率为负，反之则为正。

由于环境补贴不在本文的讨论范围，因此笔者将只分析边际损害程度较大时\*的最优环境税率、污染控制率及社会福利水平。

由表 2 可以看到，当  $\theta=1, 0.8, 0.3$  时，政府承诺下 RJV 合作的最优环境税率最低，而政府不承诺下 RJV 竞争的最优环境税率最高。当  $\theta=0.01$  时，政府不承诺下 RJV 合作的最优环境税率最低，而政府承诺下 RJV 竞争的最优环境税率最高。背后的经济学解释如下：其一，政府不承诺的情况下，

\* 为了比较方便，此处将  $d=8$  假设为环境损害较大的情况。

企业存在一个策略性动机: 过度增加环保技术的创新投入引导政府征收较低的环境税率, 而这一动机在政府承诺情况下是不存在的, 故而政府不承诺下的较多创新投入导致其税率小于政府承诺下的税率。其二, 一般来说, RJV 合作方式可以消除 R&D 创新的外溢, 企业创新的溢出程度会随着产品差异化程度的增加而减少。因此在产品不是完全异质的情况下, 与 RJV 竞争方式相比, RJV 合作方式下企业的技术创新投入较多, 政府征收的环境税率就较低。在产品完全异质的情况下, RJV 竞争与 RJV 合作下 R&D 创新的外溢是不存在的, 税率的差异主要取决于政府承诺与不承诺。其三, 企业考虑到与其自己技术创新让其他竞争对手受益, 不如让竞争对手去创新而自己搭便车。企业的这一动机引致较高的环境税率, 并且随着产品同质性的增加而增加。由此可得命题 2。

命题 2: 当产品差异化程度很小, 政府承诺下 RJV 合作的最优环境税率最低, 而政府不承诺下 RJV 竞争的最优环境税率最高。当产品差异化程度很大, 政府不承诺下 RJV 合作的最优环境税率最低, 而政府承诺下 RJV 竞争的最优环境税率最高。

表 2 还显示, 当  $\theta=1, 0.8, 0.3$  时, 政府承诺下 RJV 合作的社会福利及污染控制率最高, 而政府不承诺下 RJV 竞争的社会福利及污染控制率最低。当  $\theta=0.01$  时, 政府不承诺下 RJV 合作的社会福利及污染控制率最高, 而政府承诺下 RJV 竞争的社会福利及污染控制率最低。

经济学解释如下: 社会福利包括企业利润、消费者剩余、环境税及污染企业排放的污染物对环境造成的损害四部分。除了污染物排放对环境造成的损害与社会福利和企业污染控制率负相关外, 其余均是正相关。

当产品趋于完全同质、政府采用承诺的环境税政策、企业选择 RJV 合作时, 环境税率最低。这是因为企业为了追求较低的环境税率创建了排污技术研发中心, 提高了污染控制率, 减少了污染物排放强度, 消费者剩余与生产者剩余之和超过了企业排放的污染物对环境造成的损害, 引起社会福利最大。在政府采用不承诺的环境税政策及企业选择 RJV 竞争时, 环境税率最高。这是因为企业考虑到政府的环境税政策具有不确定性及 RJV 竞争会引起竞争对手搭便车, 不会选择减排技术的创新, 污染物对环境的损害不断增加, 生产者剩余、消费者剩余及环境税持续下降。

当产品趋于完全异质、政府采用不承诺的环境税政策、企业选择 RJV 合作时, 环境税率最低。这是因为企业考虑到政府环境税政策的不确定性及产品的完全异质性, 竞争对手难以搭便车, 便会大量投资环保技术创新, 污染控制率及社会福利最大。在政府采用承诺的环境税政策及企业选择 RJV 竞争时, 环境税率最高。企业考虑到技术创新成本较高, 独立的技术创新难以进行, 此时污染控制率较低, 污染物对环境造成的损害上升, 生产者剩余、消费者剩余及环境税均下降。由以上分析, 可以得到命题 3 和命题 4。

命题 3: 当产品趋于同质时, 政府承诺下 RJV 合作的社会福利及污染控制率最高, 而政府不承诺下 RJV 竞争的社会福利及污染控制率最低。当产品趋于异质时, 政府不承诺下 RJV 合作的社会福利及污染控制率最高, 而政府承诺下 RJV 竞争的社会福利及污染控制率最低。

命题 4: 较高(低)环境税率引起较低(高)的社会福利和污染控制率。

#### 四、OECD 主要国家环境税税率经验借鉴及启示

OECD 国家从 1990 年代开始实行环境税改革, 并已形成相对完整的环境税体系。根据欧盟统计局分类, 环境税包括能源税、交通税、污染税和资源税<sup>[15]</sup>。限于篇幅, 下面主要介绍比较具有代表性的德国、丹麦及芬兰环境税税率经验。

##### (一) OECD 主要国家环境税税率经验

1. 德国环境税适用税率。德国全面性、系统性的环境税改革始于 1999 年, 环境税征收范围较为广泛, 税率采用从量征收, 具体税率如表 3、表 4 所示。根据表 3 和表 4 的税率变化趋势可以总结出德国环境税率设计中的一些规律。第一, 在同一个年度, 重污染能源对应的税率较高, 税率的设计能

反映出产品的环境负外部性。比如与无铅汽油相比,交通柴油的税率较低。此外,同一类型的能源用途不一样,税额也会不同。比如作为供热燃料使用的能源税率普遍低于作为动力燃料使用的能源。第二,1999—2003年期间,无铅汽油和交通柴油的税率逐年增加,第一年每千升增加30欧元,随后的四年间每年每千升增加31欧元。重质燃料油税率每两年提高一次,连续提高了两次。另外,德国政府还对天然气和液化气税率做了预测,不同时间设定了不同税率。第三,工业用电和家庭用电的能源税率从1999年开始逐年递增到2003年,而且生产企业的工业用电的能源税率始终低于家庭用电的能源税率。

表3 1999—2007年德国能源税单位税额表<sup>[16](P288)</sup>

	无铅汽油(动力燃料)欧元/千升	交通柴油(动力燃料)欧元/千升	轻质燃料油(供热燃料)欧元/千升	重质燃料油(供热燃料)欧元/吨	煤炭欧元/吨	家庭用电欧元/兆瓦小时	工业用电欧元/兆瓦小时
1999年	532	348	61.4	15.3	0	0.002 05	0.010 23
2000年	562	378	61.4	15.3	0	0.002 56	0.012 78
2001年	593	409	61.4	17.9	0	0.003 07	0.015 34
2002年	624	440	61.4	17.9	0	0.007 04	0.017 90
2003年	655	471	61.4	25.0	0	0.012 3	0.020 50
2004年	655	471	61.4	25.0	0	0.012 3	0.020 50
2005年	655	471	61.4	25.0	0	0.012 3	0.020 50
2006年	655	471	61.4	25.0	0	0.012 3	0.020 50
2007年	655	471	61.4	25.0	8.4	0.012 3	0.020 50

表4 德国液化气及天然气具体规定

能源	征税对象与方式	税额
液化气用做动力燃料使用时	1000 千克 (2018 年 12 月 31 日前)	180.32 欧元
	1000 千克 (2019 年 1 月 1 日起)	409.00 欧元
天然气用做动力燃料使用时	100 万千瓦特 (2018 年 12 月 31 日前)	13.90 欧元
	100 万千瓦特 (2019 年 1 月 1 日起)	31.80 欧元

资料来源:德国司法部。

2. 丹麦环境税适用税率。丹麦能源税制包含三个独立税种:以石油、天然气、煤炭及电力为税基的普通能源税,二氧化碳税及硫税。普通能源税起始于1977年,其税率一直稳定增长,比如能源税率从1998年的41丹麦克朗每千兆焦耳逐步增加到2002年的51丹麦克朗每千兆焦耳<sup>[17](P11)</sup>。为了保证企业在市场中的竞争力,能源税主要对家庭及没有注册缴纳增值税的企业(比如金融机构、私人卫生保健中心等)征收,1995年前,注册增值税的企业为免税对象,1995年起,企业用于供热用途的能源需缴纳能源税。碳税开始于1992年,征税对象为居民,税率为每吨二氧化碳13欧元,1993年将征收对象扩大到企业。为了保护丹麦企业的竞争力,给予企业很多的税收减免。2005年,二氧化碳税率轻微下调到每吨二氧化碳12欧元,为了保持整体税负不变,推出了能源税率调高方案。1996年开征硫税,税率分为两种:产品税率及排放税率,其中产品税率为每公斤硫2.7欧元,排放税率为每公斤硫1.3欧元。

1995年丹麦实行了全面的能源税制改革,其主要目的是将家庭与企业部门税率差异缩小。将企业能源消费再次分割为3个部分:供热、轻加工\*及重加工\*\*。其中工业部门的供热与家庭及服务部门的能源使用税率相同,并随着时间的变化而增加;对工业部门的重加工所使用的能源规定的税率最低(如表5所示)。

\* 轻加工指企业将能源用于照明和办公设备。

\*\* 重加工发生在能源密集型企业,比如能源用于水泥、玻璃及纸质的生产,或者用于矿物的提炼或者金属的提炼。

表5 丹麦能源税率及二氧化碳税率不同使用者及用途分类<sup>[18]</sup>

	家庭及服务部门	工业部门供热	工业部门-轻加工	工业部门-重加工
轻质燃料油	欧元/1000升	欧元/1000升	欧元/1000升	欧元/1000升
1996年	239.2	239.2	18.3	1.1
2000年	268.3	268.3	24.6	1.1
2007年	286.5	286.5	24.6	1.1
重质燃料油	欧元/吨	欧元/吨	欧元/吨	欧元/吨
1996年	269.0	269.0	21.7	1.3
2000年	304.5	304.5	29.2	1.3
2007年	324.8	324.8	29.2	1.3
天然气	欧元/1000立方米	欧元/1000立方米	欧元/1000立方米	欧元/1000立方米
1996年	31.3	31.3	14.9	0.9
2000年	244.2	244.2	20.1	0.9
2007年	305.8	305.8	20.1	0.9

根据电力消费的三个用途：供热用途、其他用途及工业用途，电税设置有三档：工业用途采用较低的税率，供热用途的电税次之，其他用途的电税税率最高（如表6所示）。

表6 丹麦对电力征收的能源税率及二氧化碳税率<sup>[18]</sup> 单位：欧元/兆瓦时

	供热用途	其他用途	工业
1996年	57.8	62.5	8.2
2000年	76.6	85.3	13.4
2005年	80.8	89.5	8.6

3. 芬兰环境税适用税率。芬兰在1990年开征二氧化碳税，并且是欧洲第一个推出碳税的国家。芬兰碳税征税对象是除了交通燃料外其他所有能源产品。碳税税率1990年每吨约合1.2欧元，并逐渐增加，2003年增加到每吨18欧元，2008年为每吨20欧元。1997年芬兰能源税提出改革方案，并于1998年实施，税率的具体变化如表7所示。从表7可以看出：工业用电的税率始终低于家庭用电税率，在1998—2006年期间，工业用电税率为家庭用电税率的61%。其他能源税率从1998年开始每5年增加一次，而且无铅汽油税率始终高于交通柴油税率，这与德国的税率设置是一致的。

表7 1997—2007年芬兰能源税单位税额<sup>[16](P287)</sup>

	无铅汽油 欧元/千升	交通柴油 欧元/千升	轻质燃料油 欧元/千升	重质燃料油 欧元/吨	煤炭 欧元/吨	天然气 欧元/千立方米	家庭用电 欧元/兆瓦小时	工业用电 欧元/兆瓦小时
1997	519	300	48.8	37.2	28.4	0.012	5.6	2.4
1998	552	326	52	44	33.4	0.014	5.6	3.4
1999	552	325	63.7	54	41.4	0.017	6.9	4.2
2000	552	325	63.7	54	41.4	0.017	6.9	4.2
2001	552	325	63.7	54	41.4	0.017	6.9	4.2
2002	552	325	63.7	54	41.4	0.017	6.9	4.2
2003	581.3	343	67.1	56.8	43.5	0.018	7.2	4.4
2004	581.3	343	67.1	56.8	43.5	0.018	7.2	4.4
2005	581.3	343	67.1	56.8	43.5	0.018	7.2	4.4
2006	581.3	343	67.1	56.8	43.5	0.018	7.3	4.4
2007	587.5	346	70.6	59.6	44.7	0.019	7.4	2.3

## (二) OECD 国家环境税税率经验启示

总体来看,德国、丹麦、芬兰环境税率设计有以下四点值得借鉴:

1. 环境税改革应分阶段进行,并遵循温和和渐进原则,不宜过多地增加企业及民众的负担,这样不仅能够降低立税之初所面临的阻力及难度,同时还能减少由于税负增加而引起的经济衰退风险,实现企业和社会协调、可持续发展,促进环境税收政策的顺利执行。

2. 环境税税率制定应采取预先告知、前低后高的模式。即预先告知企业税基、税率及税收优惠政策,同时在开始时设定一个较低的税率,随后制定相应的时间表逐渐提高税率。采用此种方式不但可以减少环境税对企业的不利冲击,而且可以给企业充分时间调整投资策略,更多地投资于污染减排技术,进行节能投资。

3. 根据产品和行业的分类采用差别税率,限制高排放企业、高污染产品的生产,同时对一些绿色产品及从事环保生产的企业给予税收优惠,此举可以为企业提供更准确的市场信号,引导企业转变生产方式、调节产业结构和能源结构。

4. 环境税率的设置应考虑企业的竞争力。即环境税率应采用多级税率,税率设置初始阶段应主要针对家庭征收,依据企业从事的生产类型给予企业税收优惠,保证企业在市场中的竞争力。随后细分企业能源消费类型,将与家庭部门同一用途的能源规定相同税率,并根据企业生产的污染程度采用差别税率,鼓励企业节能减排,技术创新。

## 五、结论及政策建议

通常而言,政府环境税政策可以采取承诺,也可以采取不承诺来实现,企业可以进行技术创新合作或者竞争。针对这一现象,本文在AJ模型的基础上,构建了一个环境税政策模型,对比了产品异质条件下政府承诺与政府不承诺时最优环境税率、企业污染控制率及社会福利,并分析了德国、丹麦、芬兰三个国家环境税率成功经验。

论文研究有四点主要发现:其一,在产品差异化程度一定的情况下,环境税率随着污染边际损害程度的上升而上升并逐渐收敛于一个值。其二,政府环境税政策及企业的RJV方式决定社会福利及企业污染控制率。当产品差异度较低时,政府承诺的环境税政策及企业的RJV合作会带来最高的社会福利;而产品差异度极高时,政府不承诺的环境税政策及企业的RJV合作会带来最高的社会福利。其三,无论企业是哪种RJV合作方式及政府环境税政策如何,社会福利与污染控制率正相关,与环境税率负相关。其四,OECD国家环境税税率设置虽然各有特点,但都遵循循序渐进、先低后高、差别税率的原则。

就我国环境税改革问题,根据上述结论,有以下四点启示:

1. 应实行差别税率。为了更好地体现环境税防治污染的作用,应根据行业及产品分类实行差别税率,对重污染物适用较高税率,对轻污染物适用较低税率,从而为各经济主体提供准确的市场和价格信号,更有力地调节其经济行为。另外,由于污染物的边际损害程度是随着地区的气候条件、人口密度状况变化而变化的,因此对于同一种污染物也不一定要在全国实行相同的税率,而应根据每一种污染物排放量对各地自然界污染程度的边际影响程度采用差别税率。

2. 环境税开征初期税率不宜过高, 税率水平的设定应遵循循序渐进原则。为了减少建立新税种所面临的阻力及由于税负增加而引起经济衰退的风险, 改革初期的环境税税率水平应维持在现有的排污费收费标准或一倍水平。再者, 税率水平不宜频繁递增, 而应分阶段考虑企业负担能力, 根据社会经济发展状况、地区环境质量、产业结构等因素逐步提高税率, 并最终达到或超过企业污染治理成本。

3. 鉴于在产品差异化较小的情况下政府不承诺对于社会福利及企业污染控制率的不利影响, 政府应制定固定的、可预测的针对环保技术投资的环境税优惠政策。对于由于政府环境税政策的频繁变动而给企业创新投资带来的损失应该由政府买单。同时政府可以提前为企业提供一些将来环境税政策改革的信号: 比如对什么征税、如何征税、具体税收优惠等, 以引导企业正确投资。

4. 鼓励企业成立专门的实验室研究减排技术并共享研究成果。由于合作研发可以减少企业创新技术的溢出, 提高企业技术创新的积极性, 因此对政府而言, 要根据企业的技术基础、创新成本等选择能激励企业合作研发的政策工具, 最大程度地调动企业减排技术合作研发的积极性。然而, RJV合作较易引起企业将合作关系由创新过程扩展到产品市场, 因而政府应对企业在产品市场是否合谋进行审查。

#### 参考文献

- [1] Barnett, A. H. The Pigouvian tax rule under monopoly[J]. *The American Economic Review*, 1980, (5).
- [2] Levin, D. Taxation within Cournot oligopoly[J]. *Journal of Public Economics*, 1985, (3).
- [3] Requate, T. Dynamic incentives by environmental policy instruments—A survey[J]. *Ecological Economics*, 2005, (2).
- [4] Simpson, R. D. Optimal pollution taxation in a Cournot duopoly[J]. *Environmental and Resource Economics*, 1995, (4).
- [5] Katsoulacos, Y., A. Xepapadeas. Environmental policy under oligopoly with endogenous market structure[J]. *The Scandinavian Journal of Economics*, 1995, (3).
- [6] Petrakis, E., A. Xepapadeas. *Does Government Precommitment Promote Environmental Innovation*[Z]. Fondazione Eni Enrico Mattei, 1998.
- [7] Poyago-Theotoky, J., K. Teerasuwannajak. The timing of environmental policy: A note on the role of product differentiation[J]. *Journal of Regulatory Economics*, 2002, (21).
- [8] Poyago-Theotoky, J. A. The organization of R&D and environmental policy[J]. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2007, (1).
- [9] Ouchida, Y., D. Goto. *Environmental Research Joint Ventures and Time-Consistent Emission Tax*[EB/OL]. <http://ssrn.com/abstract=2428203>, 2015-01-01.
- [10] 柳剑平, 郑绪涛, 喻美辞. 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).
- [11] 汤长安, 黄平. 环境规制下企业环保技术联盟创新[J]. *系统工程*, 2013, (6).
- [12] Dixit, A. A model of duopoly suggesting a theory of entry barriers[J]. *Bell Journal of Economics*, 1979, (1).
- [13] D'Aspremont, C., A. Jacquemin. Cooperative and non-cooperative R & D in duopoly with spillovers[J]. *The American Economic Review*, 1988, (5).

- [14]Kamien, M. I. ,E. Muller, I. Zang. Research joint ventures and R&D cartels[J]. *The American Economic Review*,1992,(5).
- [15]苏明,许文. 中国环境税改革问题研究[J]. *财政研究*,2011,(2).
- [16]Anderson, M. S. ,P. Ekins. *Carbon-energy Taxation:Lessons from Europe*[M]. Oxford:OUP,2009.
- [17]Hoerner, J. A. ,B. Bosquet. *Environmental Tax Reform: The European Experience*[R]. Washington,DC:Center for a Sustainable Economy,2001.
- [18]Speck, S. The design of carbon and broad-based energy taxes in European countries[J]. *Vermont J of Environmental Law*,2008,(10).

(责任编辑 朱 蓓)