

排污权交易市场下的厂商最优决策

张廷熙¹, 仇蕾^{1,2}

(1. 河海大学商学院, 江苏 南京 211100;

2. 河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 211100)

摘要: 针对水污染物排放权交易市场中排污权的转让问题, 分别构建了高污染处理成本厂商和低污染处理成本厂商在行业间排污权转让的最优决策模型, 以及同行业内的双寡头厂商之间的排污权转让的博弈模型, 从而求得排污权的最优定价, 以及两种转让方式下厂商的最优生产量以及最佳排污权交易量, 为排污权交易市场下厂商的最优决策提供参考依据。

关键词: 排污权; 决策模型; 生产量; 交易量

中图分类号: F224.5

文献标识码: A

文章编号: 1003-9511(2015)03-0037-04

排放权交易是指在一定的区域内, 在污染物排放总量控制的前提下, 建立合法的污染物排放权力, 即排污权(通常表现为排污许可证的形式), 并允许排放权像商品一样买卖, 以此实现限制排放和减少污染的目的^[1]。排污权作为一种控制污染的有效经济制度, 已经逐渐成为世界上许多国家的主要制度选择, 而我国作为水污染严重的国家之一, 也已经在部分地区引入了排污权试点。关于排污权交易的研究主要包括初始排污权分配、排污权二级市场交易(即排污权再分配)、排污权的监管三大方面的问题。初始排污权的分配是在排污总量的控制下, 给定排污厂商限定的排污额度, 厂商的排污量不得超过这个额度, 而二级市场交易是在初始排污权分配的基础上, 行业中治污成本低排污量小的厂商将多余的排污权转让给治污成本高排污量大的厂商, 从而保证在排污总量有效控制的前提下实现排污权的最优分配, 降低了社会总减排成本。在排污权交易制度下, 作为排污权交易制度实现的主体生产厂商, 出于理性考虑一定希望在此交易制度下寻求最优的投资决策从而实现企业利润最大化。

目前对于排污权交易的研究主要集中在排污权的初始分配、交易机制设计、排污权最优定价, 以及排污权的监管问题上, 而从生产厂商的角度研究其最优生产投资决策方面的内容很少, 目前在已有的

研究中, Dobos^[2]利用动态 Arrow-karlin 模型研究了排污权交易制度下厂商的最优产量, 以及排污权交易对厂商生产决策的影响。朱皓云等^[3]研究了排污权交易市场中, 随机需求下具有价格依赖需求特征的制造商的最优生产与定价联合决策, 研究表明, 制造商存在唯一的最优生产量与定价, 且制造商的最大期望利润与一级市场的定价和二级市场的定价相关。李寿德等^[4]利用极大值原理和优化方法对排污权交易市场下的厂商污染治理投资控制动态模型进行分析, 求得了厂商最优污染治理投资策略。Sanin 等^[5]研究了产品需求函数富有弹性时, 排污企业会采取改进技术、扩大产量手段以谋求利润最大化, 然而这样却会导致排放权价格呈上升趋势。易永锡等^[6]建立了排污权交易市场的厂商的利润最大化动态最优控制模型, 求得厂商最优污染削减投资策略。孙卫等^[7]运用实物期权的方法建立了垄断厂商治污技术投资决策模型, 探讨了排污削减量和投资的关系。黄桐城等^[8]建立模型探讨了厂商排污权交易制度实施的最佳时机, 为排污权的实施提供了有效参考。李寿德等^[9-10]建立了基于跨期间排污权交易市场厂商污染治理投资的动态模型, 给出了概念性污染以及操作性污染治理的投资策略以及最优的排污权交易策略。杨鉴^[11]则研究了碳排放权交易条件下厂商的最优决策。

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(12&ZD214)

作者简介: 张廷熙(1990—), 女, 河南南阳人, 硕士研究生, 从事环境经济及政策研究。E-mail: 8760281@qq.com

笔者将二级市场中排污权的转让问题分为同行业内和行业内外的交易,以厂商利润最大化为目标建立基本模型,分别求得两种不同转让方式下厂商的最优生产量以及最佳减排量,并通过对两种转让方式的对比分析为厂商的最优化生产决策提供一定的参考和建议。

1 问题描述

排污权交易的动因是高治污成本企业由于治污成本高,在企业预算范围内必然减少对污染的治理,从而造成污染排放量大于初始分配的排污量,而同样低治污成本企业的污染排放量小于初始分配的排污量,治污成本低的企业即卖方将其剩余的排污权以双方都能接受的价格有偿转让给治污成本高的企业即买方。在不同的行业内都存在治污成本高的企业与治污成本低的企业,则必然存在排污权的转让。排污权的转让是为了产量的调整,不同行业生产的产品不一样,对方产量的调整不会影响本行业所生产的产品价格,然而同行业的企业因为生产相似产品,排污权的转让会造成双方的产量都发生调整,双方会共同影响到行业所生产的产品价格,从而影响到企业的利润,所以本文从行业间排污权转让和同行业内排污权转让两个方面探讨企业的最优投资决策。

2 不同行业之间排污权转让的厂商最优决策模型

2.1 模型假设

政府在某个区域实施排污权交易,所有厂商都要参与排污权交易,假设有不同行业 A 行业与其他行业 B, C, 等,每个行业内生产的产品假设同质,不同行业间生产的产品完全不相同。假设 A 行业内只有甲乙两个厂商,甲厂商为治污成本低的厂商,乙厂商为治污成本高的厂商,甲乙生产同类产品,其中甲的产量为 q_1 ,乙的产量为 q_2 ,行业总产量为 $Q = q_1 + q_2$,行业的产品价格 P 是其产量的反应函数, $P = a - Q$,其中 a 是一个常数;污染物生产率为 r , r 与两个厂商的工艺生产过程的选择有关,甲污染物生产率为 r_1 ,乙污染物生产率为 r_2 ($r_1 > 0, r_2 > 0$);甲获得的初始排污权为 e_1 ,乙获得的初始排污权为 e_2 ;企业的生产成本 $f(q)$ 是其产量 q 的函数,且呈线性关系。甲生产成本为 $f_1(q_1) = c_1 q_1$,乙的生产成本函数为 $f_2(q_2) = c_2 q_2$, c_1, c_2 , 分别为甲乙厂商的生产成本系数, c_1, c_2 与厂商的生产规模与生产水平有关,而与其治理污染的成本无关 ($c_1 > 0, c_2 > 0$); d 为厂商的污染削减量,假设 A 行业的甲厂商将多余的排污权

转让给其他行业的量为 x_1 , 则甲的污染削减量 $d_1 = r_1 q_1 - e_1 + x_1$,乙厂商从别的行业购买排污权的量为 x_2 ,则乙的污染削减量为 $d_2 = r_2 q_2 - e_2 - x_2$;厂商的污染削减成本是其削减量 d 的非线性函数,甲的污染削减成本 $g_1(d_1) = k_1 d_1^2$,乙的污染削减成本函数 $g_2(d_2) = k_2 d_2^2$ ($k_1 > 0, k_2 > 0$),厂商污染削减成本随着污染削减量的增加而增大,即 $g'_1(d_1) \geq 0, g'_2(d_2) \geq 0, g''_1(d_1) \geq 0, g''_2(d_2) \geq 0, k_1, k_2$ 分别为厂商的污染削减成本系数,其与厂商的污染治理技术有关。很明显,甲为低治污成本厂商,则 $k_1 < k_2$;市场排污权交易价格为 P_e 。

2.2 模型构建

2.2.1 甲厂商转让排污权的最优决策模型

假定甲厂商将排污权转让给外行业厂商的时候,预测乙厂商的生产量固定为 M ,则市场产品价格是甲的产量 q_1 的反应函数,即 $P = a - q_1 - M$,对甲厂商按照其利润最大化构建其关于产量 q_1 与排污权转让量 x_1 的反应函数,其模型如下所示:

$$\begin{aligned} \max \pi_1(q_1, x_1) &= P q_1 - g_1(d_1) - f_1(q_1) + P_e x_1 = \\ &= (a - q_1 - M) q_1 - k_1 (r_1 q_1 - e_1 + x_1)^2 - \\ &= c_1 q_1 + P_e x_1 \end{aligned} \quad (1)$$

其中 π_1 为甲厂商的生产利润,厂商可以通过控制其产量和排污权转让量来决定其最优决策,则对于厂商的生产规模与治污水平可以分别对式(1)中 q_1, x_1 求一阶导数得到,其具体结果如下:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_1(q_1, x_1)}{\partial q_1} &= a - M - 2q_1 - \\ &= 2k_1 (r_1 q_1 - e_1 + x_1) r_1 - c_1 = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\frac{\partial \pi_1(q_1, x_1)}{\partial x_1} = -2k_1 (r_1 q_1 - e_1 + x_1) + P_e = 0 \quad (3)$$

式(2)根据边际收益等于边际成本确定了厂商的最优生产规模,式(3)根据边际治污成本等于排污权交易价格确定了厂商的排污权最佳购买量也即污染物最佳削减量。求解上面两个式子可得:

$$q_1 = \frac{a - M - c_1 - P_e r_1}{2} \quad (4)$$

$$x_1 = e_1 - \frac{a - M - c_1}{2} r_1 + \left(\frac{1}{2k_1} + \frac{r_1^2}{2} \right) \quad (5)$$

由排污权最佳转让量可以求得厂商甲的最佳污染削减量 d_1 , 则:

$$d_1 = \frac{P_e}{2k_1} \quad (6)$$

2.1.2 乙厂商购买排污权的决策模型

同理假定乙厂商从外行业买进排污权的时候,预测甲厂商的生产量固定为 N ,则市场产品价格是

甲的产量 q_2 的反应函数,即 $P = a - q_2 - N$, 同样乙厂商的利润 π_2 是其产量 q_2 与排污权转让量 x_2 的反应函数,则乙厂商的最优决策模型如下:

$$\begin{aligned} \max \pi_2(q_2, x_2) &= Pq_2 - g_2(d_2) - f_2(q_2) - P_e x_2 = \\ &(a - q_2 - N)q_2 - k_2(r_2q_2 - e_2 - x_2)^2 - c_2q_2 - P_e x_2 \end{aligned} \quad (7)$$

可以分别对式(7)中的 q_2, x_2 求一阶导数,其具体结果如下:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_2(q_2, x_2)}{\partial q_2} &= a - N - 2q_2 - \\ &2k_2(r_2q_2 - e_2 - x_2)r_2 - c_2 = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

$$\frac{\partial \pi_2(q_2, x_2)}{\partial x_2} = 2k_2(r_2q_2 - e_2 - x_2) - P_e = 0 \quad (9)$$

同理,求解式(8)、式(9)可以得到如下结果:

$$q_2 = \frac{a - N - c_2 - P_e r_2}{2} \quad (10)$$

$$x_2 = \frac{a - N - c_2}{2} r_2 - e_2 - \left(\frac{1}{2k_2} + \frac{r_2^2}{2} \right) P_e \quad (11)$$

同样,可以求得乙厂商的最佳削减量:

$$d_2 = \frac{P_e}{2k_2} \quad (12)$$

通过对高污染治理成本厂商乙与低污染治理成本厂商甲的最优决策模型的求解,分别求得了两个厂商在行业间进行排污权转让时的最优生产规模与最佳的污染削减量。

3 同行业中排污权转让的厂商最优决策模型

3.1 模型假设

这里考虑 A 行业中甲乙两个厂商之间进行排污权转让时候的最优决策模型,与上面行业间排污权转让不同的是,同行业双寡头企业间排污权的转让会因为排污权的转让而直接使两个厂商的产量都发生调整,而产量的调整影响到产品的价格。所以这个价格不仅受自己产量的影响,也受转让对方的产量的影响,所以在同行业双寡头之间进行排污权转让的时候以多大的规模进行生产,转让或者购买多少数量的排污权,受双方决策的制约,是双方在生产过程中都要考虑的问题。排污权行业内转让的时候,其生产的产品的价格是双方产量的反应函数,即 $P = a - Q = a - q_1 - q_2$, 假设甲将多余的排污权转让给乙,则甲的排污权转让量 x_1 与乙的排污权购买量 x_2 相等,即 $x_1 = x_2 = x$,其他假设条件与 2.1 的假设条件一样。

3.2 模型构建

由上述假设构建出甲乙两个厂商的利润函数如式(13)、式(14)所示:

$$\begin{aligned} \max \pi_1(q_1, x) &= (a - q_1 - q_2)q_1 - \\ &k_1(r_1q_1 - e_1 + x)^2 - c_1q_1 + P_e x \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \max \pi_2(q_2, x) &= (a - q_2 - q_1)q_2 - \\ &k_2(r_2q_2 - e_2 - x)^2 - c_2q_2 - P_e x \end{aligned} \quad (14)$$

在求得两个厂商的最佳产量之前,需要知道双方在为了获得最大生产利润时的排污权交易价格 P_e ,为了方便求解排污权定价,对上面两个式子进行转化,令厂商甲的最佳污染削减量 $d_1 = r_1q_1 - e_1 + x$, 厂商乙的最佳污染削减量 $d_2 = r_2q_2 - e_2 - x$, 则 $r_2q_2 - e_2 - d_2 = d_1 + e_1 - r_1q_1 = x$,且由于 $q = q_1 + q_2$, 则厂商的利润函数可以看作是总产量 q 与排污权交易价格 P_e 的函数,其具体形式如下所示:

$$\begin{aligned} \max \pi_1(q, P_e) &= (a - q)(q - q_2) - k_1d_1^2 - \\ &c_1(q - q_2) + P_e[d_1 + e_1 - r_1(q - q_2)] \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \max \pi_2(q, P_e) &= (a - q)(q - q_1) - k_2d_2^2 - \\ &c_2(q - q_1) - P_e[r_2(q - q_1) - e_2 - d_2] \end{aligned} \quad (16)$$

式(15)、式(16)目标函数分别对产量 q 和排污权价格 P_e 求一阶导数可得:

$$\begin{cases} \frac{\partial \max \pi_1(q, P_e)}{\partial q} = a - 2q + q_2 - c_1 - P_e r_1 \\ \frac{\partial \max \pi_1(q, P_e)}{\partial P_e} = d_1 + e_1 - r_1(q - q_2) \end{cases} \quad (17)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial \max \pi_2(q, P_e)}{\partial q} = a - 2q + q_1 - c_2 - P_e r_2 \\ \frac{\partial \max \pi_2(q, P_e)}{\partial P_e} = e_2 + d_2 - r_2(q - q_1) \end{cases} \quad (18)$$

令上述式子均为零,求解式(17)可得到如下结果:

$$q = a - c_1 - P_e r_1 + \frac{d_1 + e_1}{r_1} \quad (19)$$

求解式(18)可得到如下结果

$$q = a - c_2 - P_e r_2 + \frac{d_2 + e_2}{r_2} \quad (20)$$

由式(19)、式(20)两式 q 相等,可得排污权的定价 P_e :

$$P_e = \frac{c_2 - c_1 + \frac{d_1 + e_1}{r_1} - \frac{d_2 + e_2}{r_2}}{r_1 - r_2} \quad (21)$$

求得了排污权的定价 P_e ,在排污权定价的基础上求两个厂商的最优产量与最佳排污权交易量(即两个厂商的污染物削减量),分别对式(13)、式(14)中的两个变量求导,可得如下结果:

$$\begin{cases} \frac{\partial \pi_1(q_1, x)}{\partial q_1} = a - q_2 - 2q_1 - \\ \quad 2k_1(r_1q_1 - e_1 + x)r_1 - c_1 = 0 \\ \frac{\partial \pi_1(q_1, x)}{\partial x} = -2k_1(r_1q_1 - e_1 + x) + P_e = 0 \end{cases} \quad (22)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial \pi_2(q_2, x)}{\partial q_2} = a - q_1 - 2q_2 - \\ 2k_2(r_2q_2 - e_2 - x)r_2 - c_2 = 0 \\ \frac{\partial \pi_2(q_2, x)}{\partial x} = 2k_2(r_2q_2 - e_2 - x) - P_e = 0 \end{cases} \quad (23)$$

由最优生产量与排污权交易量的确定即可以得到厂商各自的最佳污染物削减量,所以上述4个式子联立可分别求得如下结果:

$$\begin{cases} q_1 = \frac{a + P_e(r_2 - 2r_1) + (c_2 - 2c_1)}{3} \\ d_1 = \frac{P_e}{2k_1} \end{cases} \quad (24)$$

$$\begin{cases} q_2 = \frac{a + P_e(r_1 - 2r_2) + (c_1 - 2c_2)}{3} \\ d_2 = \frac{P_e}{2k_2} \end{cases} \quad (25)$$

式(24)、式(25)分别给出了高污染治理成本厂商与低污染治理成本厂商在同行业内进行排污权的转让时双方的最佳生产量以及最佳的污染削减量。

4 模型结果分析

a. 比较两种不同转让情形下同一厂商的最优产量 q ,可以看出:厂商在不同行业间进行排污权交易时,其最优产量 q 只与自身的污染物生产率 r 、生产成本系数 c 和排污权交易价格 P_e 有关;在同业内双寡头厂商之间进行排污权交易时,厂商的最优产量 q 不仅与厂商自身的上述3个变量相关,还与另一方寡头厂商的这些相应变量相关。因此,同业内双寡头厂商之间进行排污权交易时需要充分了解另一方寡头厂商的相应生产信息,从而为自身设定最优的生产决策。

b. 比较两种不同转让情形下同一厂商的最佳污染削减量 d ,可以发现:厂商与行业外另一厂商进行排污权交易或者与同业内另一寡头厂商之间进行排污权交易两种交易情况下,此厂商的最佳污染削减量 d 保持不变,且此最佳污染物削减量 d 只与排污权的交易价格 P_e 以及厂商自身的污染治理成本 k 相关。而厂商的污染治理成本高低与厂商自身的治污技术选择有关,因此改进治污技术是厂商减少污染物排放的最根本手段。

c. 厂商的污染削减量 d 与排污权交易价格 P_e 成正相关关系,与厂商自身的污染治理成本系数 k 呈负相关关系。这符合基本的经济学供求关系理论,当排污权价格升高,厂商对其需求量减少,只能自己治理污染,则污染削减量必然增多;当厂商治污成本增大时,为了保证收益,其治污意愿越小则污染

削减量减少。

5 结论

文章分别对行业间排污权转让以及行业内双寡头厂商间排污权转让的问题建立了厂商排污权交易制度下的最优决策模型,为厂商最优定价以及最优生产规模与最佳的污染削减提供参考依据。对模型的具体结果做了经济学的解释,表明排污权制度下对于厂商来说改进治污技术是减少企业治污成本的有效方法,也是减少污染废物排放的最根本的方法。所以,政府应该鼓励企业间进行技术转让,从而达到企业在生产规模扩大、增加社会总产量的同时减少污染物的排放,从而达到治理污染、保护环境的最终目的。

参考文献:

- [1] MILLIMAN S, PRINCE R. Firm incentives to promote technological change in pollution control [J], Journal of Environmental Economics and Management, 1989, 17 (3):247-265.
- [2] DOBOS G. The effect of emission trading on production and inventories in the Arrow-Karlin model. [J]. International Journal of Production Economics, 2005, 93: 301-308.
- [3] 朱皓云,李新. 随机需求下考虑排污权交易的制造商最优生产与定价联合决策研究[J]. 技术经济,2014,33 (2): 50-55.
- [4] 李寿德,刘敏. 排污权交易条件下厂商最优污染治理投资策略研究[J]. 云南师范大学学报,2007(3):47-49.
- [5] SANIN M, ZANAJ S. Clean technology adoption and its influence on tradeable emission permit prices [R]. Louvain: CORE, 2009.
- [6] 易永锡,刘文君,刘萌芽,等. 排污权交易条件下厂商污染削减投资动态最优控制策略[J]. 2013,31(11):86-92.
- [7] 孙卫,尚磊,梁矾华. 基于削减量与交易费用的垄断厂商治污技术投资决策模型研究[J]. 中国管理科学, 2010,18(3): 33-37.
- [8] 黄桐城,黄采金,李寿德. 实施排污权交易制度的最优时机决策模型[J]. 系统管理学报,2007,16(4):422-425.
- [9] 李寿德,郭俊华,顾孟迪. 基于跨期间排污权交易的厂商污染治理成本控制策略[J]. 系统管理学报,2009, 18(3):297-301.
- [10] 李寿德,高凌云,张兴福. 跨期间排污权交易中厂商的最优决策模型[J]. 上海交通大学学报,2006,40(9): 1572-1575.
- [11] 杨鉴. 基于碳排放交易政策的企业生产决策研究[D]. 上海:华东理工大学,2012.

(收稿日期:2015-03-15 编辑:陈玉国)