

环境规制下企业排污控制创新方法研究

陈海汉

(福州大学经济与管理学院, 福建福州, 350116)

[摘要] 当前水环境问题日趋严重,有必要引入环境规制工具对水环境进行外部管理。考虑到大多数中小型企业受到现有经济水平和污染物处理能力的限制,无法处理超标污染物,因此将排污交易活动引入企业与政府授权监督单位博弈模型中,分析政府在经济能力允许条件下,如何对污染物超标企业购买的单位排污权定价,才能鼓励企业自觉购买部分排污权,以实现其与监督单位在博弈均衡过程中利益最大化,并在一定程度上降低企业与监督单位合谋行为对水域污染的影响。

[关键词] 环境规制; 排污权; 合谋; 博弈

[中图分类号] F124.5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674-893X(2016)01-0058-04

一、引言

当前,我国水环境问题日趋严峻,水环境污染源很大程度上来自高污染、高耗能的工业企业生产。这些污染密集型企业不仅浪费大量不可再生资源,而且生产过程中伴随复合型水污染问题,因此必须引入环境规制工具对企业生产行为进行外部管理。环境规制工具其实就是政府通过制定相应政策与措施对企业的经济活动进行直接或间接调节,以达到保护环境和实现经济发展的目标。它主要包括排污费、环境税、排污权交易、许可证管理等。

目前在水污染物总量控制工作中,虽然有许多污染物总量初始分配权方案可供选择,但会发现水域污染控制程度并没有预期的那样好,这主要是没有考虑到有些排污企业尽力提高污染物处理量,但现有的处理能力和规模无法满足排污控制目标的要求。如果企业提高生产效率,并以现有的污水处理能力最大化处理污染物后,仍有超标排放的污染物,则企业面临三种选择:一是偷排;二是通过排污权交易购买排污权;三是扩建处理污水设施。而第三种选择目前对于大多数中小企业来说是不实际的,因为扩建需要额外的土地和大量的人力,必然花费大量的资金和较长的时间。因此大多数中小企业一般只会选择前两种方案。第一种方案的选择对于企业来说,面临着罚款的风险,即使与政府授权的监督单位合谋,也需要支付一定的贿赂费用;对于政府来说,当然希望企业购买排污权,偷

排越少越好。而第二种方案对于企业来说,其需要花一定的钱购买排污权;对于政府来说,当然提倡,可以使水体水质得到有效保护^[1-3]。

本文旨在通过建立排污权购买的单价计算模型,求出满足政府排污达标期望的排污权单价,之后政府将其定价与市场价的差价补偿给排污权卖方,从而不但使企业在与政府授权的监督单位博弈的整个过程中,主动购买部分的排污权,而且能鼓励那些清洁生产、污水处理能力高、成本低的企业,同时降低水域污染程度。

二、构建排污权购买单价制定的分析模型

本文使用的模型是在郭新帅等人关于排污管制中的授权监督与合谋模型基础上进行修改^[4],用于政府对排污权购买单价制定的分析。郭新帅等人的模型只是对企业与政府授权监督单位发生合作博弈的整个过程中,如何减少污染物排放量和提高政府官员监督水平进行影响参数分析,从而用于政府制定相关政策,但没有考虑到企业由于原有处理规模的限制,增加污染物处理量需要更高的成本,故没有能力继续减少污染物排放量。所以本文在企业与监督单位博弈过程中引入排污交易活动,探讨企业在整个博弈(合作与非合作)的过程中会主动购买多少排污权数额,使其和监督单位的利益最大化,以及如果政府要使企业主动购买的排污权达到预先的期望,应如何对单位排污权定价。

[收稿日期] 2015-10-06; **[修回日期]** 2015-11-26

[基金项目] 福建省科技厅软科学项目“环境规制下企业创新补偿效应的机理与对策研究”(2014R0056)

[作者简介] 陈海汉(1983-),男,福建安溪人,博士,福州大学经济与管理学院讲师,主要研究方向:创新创业管理。

(一) 模型描述

企业与政府授权监督单位的博弈过程模型如图 1。图 1 中参变量说明： X 表示企业超标排放的实际污染物总量； p 表示授权监督单位监督水平，即监督单位掌握企业真实排放水平的概率， $p \in [0,1]$ ； $1-p$ 表示监督单位不能证实企业真实排污水平概率； θ 表示政府掌握企业真实排放水平的概率； S 表示企业偷排污 X 所避免的污水处理费用； $E(p)$ 表示监督水平 p 给监督单位带来的成本， $E(p)=0.5Cp^2$ ，其中 $C>0$ ，表示成本系数； b 表示企业向监督单位的贿赂额； B 表示企业超标排放的单位污染物罚金； Xr 表示监督单位向政府汇报的企业排污量， $0 \leq Xr \leq X-X_0$ ； X_0 表示企业购买的排污权数额， $0 \leq X_0 \leq X$ ； k 表示单位排污权价格； $t(X_0)$ 表示根据企业购买的排污权 X_0 决定对监督单位的惩罚金额， $t(X_0)=q(1-X_0/X)$ ，其中 q 表示对监督单位的惩罚金额基值。

模型假设条件如下：

(1) 为了鼓励排污超标企业购买排污权，降低企业与监督单位合谋行为对水域污染的影响，本模型假设政府一旦发现企业超标排污，便采取对监督单位的罚金与企业排污权购买数额挂钩的政策 ($t(X_0)$ 惩罚函数)，即企业购买的排污权越多，监督单位的惩罚金额就越少。这样在一定监督水平下，监督单位就要考虑合谋的代价，只会挑选那些购买一定数额排污权的企业合谋，降低罚款的额度，从而获得最大的净收益。而对于企业来说，只要排污

权购买单价适当，能实现整个博弈过程中净收益最大化，不管合谋与否，都会主动购买部分排污权。

(2) 所有参与者都是风险中性的，各方只关注各自的期望收入。

(3) 考虑到企业是排污的主体，假定 B 较大，对监督单位的单位污染物惩罚金额基值 q 对企业的单位污染物罚金 B 小得多。

(4) 由于企业排污非常小心（如夜间排污），监督单位和企业的合谋很隐秘，政府要准确掌握某个企业的实际排污证据不太容易，因此假定 θ 较小。

(5) 不管监督单位是故意还是无意向政府谎报企业排污量，一旦被政府发现有企业实际排放量与上报不符，则监督单位一律以相同的惩罚函数 $t(X_0)$ 处罚。

模型过程如下：当企业有超标排放的污染物 X ，企业主动购买排污权为 X_0 ，需支付费用 kX_0 ，剩余超标排放量一旦被监督单位以 p 概率发现，若企业和监督单位发生合谋，企业向监督单位贿赂 b ，其排污罚金由 $B(X-X_0)$ 减至 BXr ，而监督单位获得贿赂 b 。如果政府以概率 θ 掌握企业真实排污量 $(X-X_0)$ ，此时企业要补交罚款 $B(X-X_0-Xr)$ ，监督单位缴纳罚金 $t(X_0)(X-X_0-Xr)$ 。监督单位以 $1-p$ 概率未掌握超标排放证据时，并向政府汇报排放量为 0，此时若被政府以 θ 概率掌握证据，则企业要补交罚金 $B(X-X_0)$ ，监督者上交罚金 $t(X_0)(X-X_0)$ 。企业与监督单位在各种可能情形下的期望净收益，如图 1 所示。

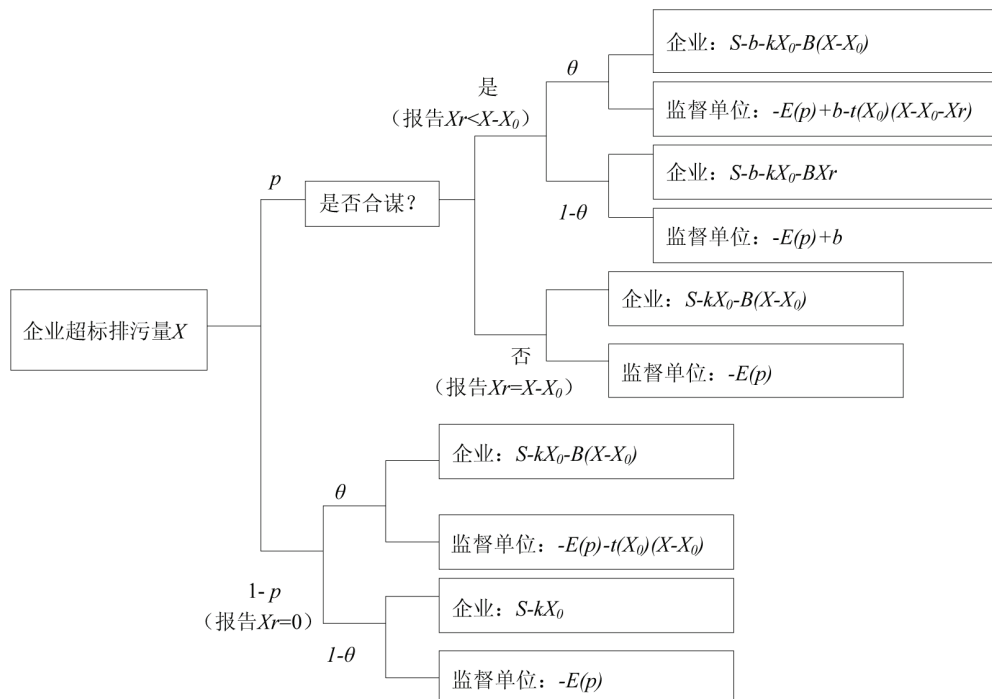


图 1 企业与政府授权监督单位的博弈过程

(二) 合谋发生的条件

一旦企业超标排污被监督单位发现, 对于企业来说, 选择贿赂与不贿赂相比, 净收益增量为:

$$\theta[S-b-B(X-X_0)-kX_0]/+(1-\theta)(S-b-kX_0-BXr)-[S-B(X-X_0)-kX_0] =B(1-\theta)(X-X_0-Xr)-b$$

对于监督单位来说, 接受贿赂与不接受贿赂相比的净收益增量 M 为:

$$M=\theta[-E(p)+b-t(X_0)(X-X_0-Xr)]+(1-\theta)(-E(p)+b)-(-E(p))=b-\theta q(X-X_0-Xr)(1-X_0/X)$$

因此合谋发生的条件是企业主与监督单位的联合净收益增量大于 0, 即

$$B(1-\theta)(X-X_0-Xr)-b+b-\theta q(X-X_0-Xr)(1-X_0/X)>0$$

$$\text{可化简为: } (X-X_0-Xr)[B(1-\theta)-\theta q(X-X_0-Xr)$$

$$(1-X_0/X)]>0$$

故合谋条件为:

$$B(1-\theta)>\theta q(1-X_0/X) \tag{1}$$

由(1)式可知在 B 相对 q 较大, θ 较小的情况下, 企业与监督机构的合谋行为发生的概率很高, 尤其是当政府制定的排污权购买单价适当时, 企业会主动购买更多的 X_0 , 合谋的概率会进一步提高。将上面 M 函数对 Xr 求导, 可得到当 $Xr=0$ 时联合净收益增量取得最大值, 其值为:

$$(X-X_0)[B(1-\theta)-\theta q(X-X_0)(1-X_0/X)]$$

当企业与监督单位发生合谋时, 利益分配由 b 决定。假定企业和监督单位议价能力系数分别为 $1-\alpha$ 和 α ($0<\alpha<1$), 从而汇报的排污水平和贿赂水平由下面的广义 Nash 乘积最大化确定^[5], 如下表达式:

$$[B(1-\theta)(X-X_0-Xr)-b]^{1-\alpha}[b-\theta q(X-X_0-Xr)(1-X_0/X)]^\alpha$$

对 b 求导可得:

$$b=\alpha B(1-\theta)(X-X_0)+(1-\alpha)\theta q(X-X_0)(1-X_0/X) \tag{2}$$

(三) 政府最佳排污权单价的制定

1. 情形 1

当 $B(1-\theta)>\theta q(1-X_0/X)$ 时, 企业超标排放行为一旦被监督单位发现, 企业与监督单位就会发生合谋。这种情形下 b 采用合谋情况下 Nash 乘积最大化所确定的数值, 即(2)式求出的值, 并且设定 Xr 为 0。下面首先研究如何均衡企业和监督单位在整个博弈过程中的利益, 从而确定最优的排污权购买量和监督单位的监督水平。

企业净收益函数为:

$$E1=p\{\theta[S-b-kX_0-B(X-X_0)]\}+(1-\theta)(S-b-kX_0-BXr)\}+(1-p)\{\theta[S-kX_0-B(X-X_0)]+(1-\theta)(S-kX_0)\}$$

可化简为:

$$E1=S-p\alpha B(1-\theta)(X-X_0)-(1-\alpha)\theta pq(X-X_0)(1-X_0/X)-$$

$$\theta B((X-X_0)-kX_0)$$

将 $E1$ 对 X_0 求一次导数可得:

$$dE1/dX_0=p\alpha B(1-\theta)-2(1-\alpha)pq\theta(1-X_0/X)+\theta B-k$$

将 $E1$ 对 X_0 求二次导数可得:

$$d^2E1/dX_0^2=-2(1-\alpha)pq\theta/X<0$$

故当 $X_0=X\{[p\alpha B(1-\theta)+\theta B-k]/[2(1-\alpha)pq\theta]+1\}$ 时, 企业得到最佳净收益。同理对于监督单位, 其净收益函数可表达为:

$$E2=p\{\theta[-E(p)+b-t(X_0)(X-X_0-Xr)]+(1-\theta)(-E(p)+b)\}+(1-p)\{\theta[-E(p)-t(X_0)(X-X_0)]+(1-\theta)(-E(p))\}$$

可化简为:

$$E2=-Cp^2/2-q\theta(X-X_0)(1-X_0/X)+p(X-X_0)[\alpha B(1-\theta)+(1-\alpha)\theta q(1-X_0/X)]$$

将 $E2$ 对 p 求一次导数可得:

$$dE2/dp=-Cp+\alpha B(1-\theta)(X-X_0)+(1-\alpha)\theta q(1-X_0/X)(X-X_0)$$

将 $E2$ 对 X_0 求二次导数可得:

$$d^2E2/dp^2=-C<0$$

故当 $p=[\alpha B(1-\theta)+(1-\alpha)\theta q(1-X_0/X)](X-X_0)/C$ 时, 监督单位得到最佳净收益。

由上可确定博弈过程最优条件下排污权购买量和监督单位监督水平分别为:

$$X_0=X\{[p\alpha B(1-\theta)+\theta B-k]/[2(1-\alpha)pq\theta]+1\} \tag{3}$$

$$p=[\alpha B(1-\theta)+(1-\alpha)\theta q(1-X_0/X)](X-X_0)/C \tag{4}$$

为了降低企业和监督单位合谋行为对水域污染的影响, 政府通过权衡其经济能力和对企业排污权购买数额的期望来制定排污权单价 k 。假定政府希望企业在整个博弈过程中购买 50% X 以上的排污权, 此时合谋条件为 $B(1-\theta)>\theta q/2$ 。将其带入(3)式和(4)式中, 并联立(3)式和(4)式, 可得:

$$0<k\leq\theta B+X[\alpha B(1-\theta)+0.5(1-\alpha)\theta q]/[\alpha B(1-\theta)+(1-\alpha)\theta q]/(2C) \tag{5}$$

当 $X_0=0.5X$ 时, 对(5)式分别对 C, q, α 求导, 可得:

$$dk/dC<0, dk/dq>0, dk/d\alpha>0 \tag{6}$$

从政府的角度说希望 k 越大越好, 这样补贴给排污权卖方的差价就越多, 因此政府可采取降低监督成本, 加大对监督单位的处罚力度, 提高监督单位的福利待遇从而提高其议价水平等措施。

2. 情形 2

当 $B(1-\theta)\leq\theta q(1-X_0/X)$ 时, 企业实际排污量证据被监督单位掌握, 企业不与监督单位合作, 选择接受处罚。下面探讨在该整个过程中, 如何确定最佳排污权购买量和监督单位的监督水平。

企业净收益函数表达式为:

$$E1=p[S-kX_0-B(X-X_0)]+(1-p)\{\theta[S-kX_0-B(X-X_0)]+(1-\theta)(S-kX_0)\}$$

可化简为：

$$E1=S-pB(1-\theta)(X-X_0)-\theta B((X-X_0)-kX_0)$$

将 $E1$ 对 X_0 求一次导数可得：

$$dE1/dX_0=pB(1-\theta)+\theta B-k \quad (7)$$

由 (6) 式不难看出，当 $0 < k < pB(1-\theta) + \theta B$ 时， $dE1/dX_0 > 0$ ，即 $X=X_0$ 时企业的净收益最大。

监督单位净收益函数表达式为：

$$E2=p(-E(p))+(1-p)\{\theta[-E(p)-t(X_0)(X-X_0)]+(1-\theta)(-E(p))\}$$

可化简为：

$$E2=-Cp^2/2-q\theta(X-X_0)(1-X_0/X)$$

将 $E2$ 对分别对 p 求一次导数和二次导数可得：

$$dE2/dp=-Cp < 0, \quad d^2E2/dp^2=-C < 0 \quad (8)$$

故当 $p=0$ 时，监督单位才能得到最佳净收益。

由此可见在整个博弈均衡过程中，只要 $0 < k < \theta B$ ，监督单位根本不需要监督企业，企业就会购买排污权处理所有超标污染物，监督单位即使监督也得不到贿赂。

综合以上两种情形可知，排污权单价 k 的制定决定了企业主动购买排污权的数额，从而影响企业与监督单位的合作或非合作关系。

三、结论

由前面分析模型可得：当 $B(1-\theta) > \theta q(1-X_0/X)$ 时，企业超标排放行为一旦被监督单位发现，企

业与监督单位就会发生合谋，政府可根据期望的 X_0 制定排污交易中单位排污权价格 k ；当 $B(1-\theta) \leq \theta q(1-X_0/X)$ 时，企业与监督者不发生合谋，政府只要将单位排污权价格 k 定在 $(0, pB(1-\theta) + \theta B)$ ，则企业就会主动购买排污权处理所有超标污染物。若最后政府制定企业购买排污权单价小于市场价格，则对排污权卖方进行补贴。本文建立的博弈过程模型分析可以为政府制定企业购买排污权单价提供决策依据，有利于更好地控制水域环境质量，实现水资源的可持续利用，同时也为环境规制工具的定量化应用提供参考。

参考文献：

- [1] 李寿德.排污权交易产生的经济根源及其研究动态[J].预测,2003,22(5):1-5.
- [2] 刘敏,李寿德.排污权交易系统的理论与实践研究动态[J].云南师范大学学报,2009,29(1):8-62.
- [3] 陈德湖,李寿德,蒋馥.排污权交易市场中的厂商行为与政府管制[J].系统工程,2004,22(3):44-46.
- [4] 郭新帅,缪柏其,方世建.排污管制中的授权监督与合谋[J].中国人口·资源与环境,2009,19(4):24-29.
- [5] Myerson R. Game Theory:Analysis of Conflict[M]. Cambridge:Harvard University Press,1991:151-206.

[编辑:何彩章]