

文章编号:1005-0523(2018)01-0130-06

总量控制原则下排污权有效配置的实施

吴昌林¹,刘昌臣²

(1.华东交通大学人文社会科学学院,江西 南昌 330013;2.中南民族大学经济学院,湖北 武汉 430073)

摘要:设计了一个排污权分配的机制,证明了即使厂商的收益信息是私人信息,只要各厂商都是理性的,厂商都会诚实地报告自己的收益信息,从而实现排污权的有效分配。机制对博弈环境的要求不高,不要求厂商完全理性是共同知识,实用范围很广。从本文的结论可以看出,只要厂商都是理性的且允许排污权的分配者向厂商收取一定的费用,利用机制设计的方法就可以实施有效的排污权分配结果。

关键词:排污权的有效配置;总量控制;机制设计;占优战略

中图分类号:F274.32

文献标志码:A

近年来,随着人们对环境质量的要求越来越高,环境保护越来越受到各级政府的重视。近来在全国各地发生的大面积雾霾天气将环境治理问题推上了风口浪尖。在当前总量控制的分配原则下,生产排放污染物的成本由整个社会承担,最大的缺点是这种分配体制下排污量与厂商收益无关。根据地方环境特点和产业特点,合理地区域内分配排污权是一个值得探讨的问题。

在总量控制的分配原则下,由于厂商排放污染物的成本由整个社会承担,在政府不了解厂商收益函数的情况下,厂商可能向政府谎报自身的收益信息以获得尽可能多分配额。已有研究表明:在完全竞争的条件下,排污权交易能够使排污权分配达到效率配置,和排污权的初始分配无关^[1-2]。然而该结论成立要求存在一个无交易成本的、正规的市场,在该市场中有稳定的价格和频繁的交易,有大量的以利润最大化为目的的交易者,并有完全的市场信息、完善的监管措施和执行力度等。从实践来看,排污权交易活动中不但信息不充分、交易不频繁,而且很多交易是建立在逐案谈判基础之上,存在着市场势力以及巨大的交易成本,容易产生对排他性操纵问题^[3]。因此,合理分配初始排污权、尽量减少排污权的二次交易就显得至关重要。

初始排污权分配模式主要有公开拍卖、标价出售以及政府免费分配的三种分配方式。前两种方法是对环境污染外部性的内部化,是对市场价格扭曲的纠正,但厂商对收费有抵触心理,实行起来会遇到的阻力^[3-4]。而免费分配虽然容易操作,但它的缺点很多,如激励游说行动;行政成本高;寻租行为;不利于创新等^[5]。

文献[1]基于经济最优性、公平性和生产连续性原则,构建了初始排污权免费分配的一个多目标决策模型,并对模型的有关性质进行了讨论。文献[7]在总量控制的前提下,以经济最优和公平性分配原则,给出了初始排污权免费分配的一个极大极小模型,并给出了该模型解存在的 KKT 条件以及一个有效解法。文献[8]根据河流单向流动的特点,以河流的环境容量为依据,从上游区域开始依次为各排污源分配初始排污权。文献[9]对文献[8]的分配模型进行了修正,从削减成本最小的角度出发,建立了基于成本有效的流域初始排污

收稿日期:2017-09-30

基金项目:国家自然科学基金(71101058);中央高校专项基金(CSQ11040);湖北省教育厅人文社会科学研究青年项目(2012G436);江西省教育厅人文社会科学研究项目(GL1307)

作者简介:吴昌林(1964—),男,教授,研究方向为博弈论、寻租理论。

权免费分配模型。文献[10]建立了基于经济最优性和公平性的流域初始排污权分配模型。文献[11]建立了交易成本条件下使期望社会福利最大化的初始排污权免费分配模型,并分析了免费分配的决策机制问题。文献[12]在排污权初始分配机制的构建中引入累进性的价格机制。文献[13]运用产权理论从产权的角度对排污权交易的制度变迁进行了分析。文献[14]对厂商技术水平(技术水平决定收益函数)随时间变化而变化时厂商的学习如何影响排污权的分配问题进行了探讨。在这些文献中,除文献[12]外,都假设厂商的技术函数是已知的,政府的问题是在一定的分配原则下如何对排污权分配进行优化。

由于排污权是一种稀缺资源,在排污权的分配问题中,为了获得尽可能多的排污量配额,厂商可能向排污权分配者隐瞒其真实的收益信息。这样即使给定排污权分配者的目标,排污权分配者也不知道如何分配排污权才是有效率的配置。如果排污权分配者能够设计出一个机制,使得在任何可能的收益函数下,厂商在该机制下进行博弈得到的均衡结果都是有效率的排污权配置结果,那么排污权分配者就可以让厂商在该机制下进行博弈来实现初次分配就达到有效配置的目的,解决交易成本和市场势力等因素对排污权交易的影响。像这种为了实现一个和信息相关联的目标,通过设计一个博弈机制,让掌握信息的个体在机制下进行博弈来实现该方法称为实施。

对于排污权分配者不了解排污权配置的实施,文献[15]在GCV(Groves—Clarke—Vickrey)机制的基础上设计了一个机制。在该机制下,厂商都会诚实地报告自己和“邻居”的排放量,均衡状态下的结果实现了有效的排污权配置。文献[15]的机制实际上是一种排污权购买机制——各个厂商以边际社会成本价格购买污染物排放量。如果所有厂商的减排成本之和加上污染治理费用是一个凸函数,那么所有厂商支付的费用之和就大于治污成本。同时该机制也不符合免费分配的原则。文献[16]对文献[15]的机制进行了修改,使得在均衡状态下,厂商为获得排污权支付的费用之和总是等于污染治理费用,达到了预算平衡。文献[17]探讨了污染物排放的事后监督问题,设计了一个机制使得厂商实际排放的污染物数量不会超过分配给它的数量。

文献[16]的机制虽然达到了预算平衡,但该机制也不是免费分配,且该机制对区域内排污的总量没有限制并且要求厂商的收益信息是所有厂商的共同知识,有效的排污量由厂商的收益信息和污染治理费用函数共同决定。如果区域内排污的总量受到了限制,那么在不知道各厂商的收益信息的情况下,如何才能实现排污权的有效配置呢?本文设计了一个排污权分配的机制,证明了即使厂商的收益信息是私人信息,只要各厂商都是理性的,厂商都会诚实地报告自己的收益信息,从而实现排污权的有效分配。机制对博弈环境的要求不高,不要求厂商完全理性是共同知识,实用范围很广。本文的结论还说明了在排污权的分配者不知道每个厂商的收益函数的情况下,无法实现排污权的有效且免费的分配方案。

1 排污权配置模型

对于向量 $v=(v_1, \dots, v_n)$ 以及 $1 \leq i \leq n$, 用 v_{-i} 表示向量 $(v_1, \dots, v_{n-1}, \dots, v_n)$ 。

在区域内存在 $n \geq 2$ 个风险中性的厂商,用 $\Gamma=\{1, 2, \dots, n\}$ 表示厂商的集合。在现有的技术条件下,它们在生产一定数量产品的同时会产生一定数量的污染物。厂商排污需要获得排污权,如果厂商没有获得足够数量的排污配额,厂商可以降低产品数量,也可以通过购买污染处理设备来削减排污数量,还可以通过购买排污权来增加排污配额。假设对任意的厂商 i , 当它获得 Q_i 的排污配额时,厂商 i 最多可以获得 $\pi_i(Q_i)$ 的收益^[1]。对任意的厂商 i 和 Q_i , 令 $B_i(Q_i)=\pi_i(Q_i)-\pi_i(0)$ 。故 $B_i(\cdot)$ 可以看做是厂商 i 获得排污权的收益函数。用 $B=(B_1, \dots, B_n)$ 表示厂商的收益函数组合。用 y_i 表示厂商 i 的收益函数集合, $y=(y_1, \dots, y_n)$ 表示厂商收益函数组合的集合。假设对 $\forall i \in \Gamma$ 以及 $\forall B_i \in y_i$, $B_i(\cdot)$ 都是 $[0, M]$ 上的递增凹函数,其中 M 为区域污染物排放总量控制目标^[2]。

令 $((Q_1, t_1), \dots, (Q_n, t_n))$ 为一个排污权的配置方案,其中 Q_i 表示分配给厂商 i 的污染物排放量, t_i 表示从厂商 i 收取的排污税。排污权分配者的目标是实施有效的污染物排放配置方案,使得在该配置方案下,所有的排污权都被分配出去,同时整个社会的收益——厂商收益之和达到最大,即:

$$\begin{aligned} & \max_{(Q_1, \dots, Q_n)} \sum_{i=1}^n B_i(Q_i) & (1) \\ & \text{s.t. } Q_1 \geq 0, \dots, Q_n \geq 0 \\ & \sum_{i=1}^n Q_i = M \end{aligned}$$

对 $\forall B \in y$, 用 $a(B)$ 表示满足(1)式的排污权分配方案。由于每个 $B_i(\cdot)$ 都是凹函数, 因此对 $\forall B \in y, a(B)$ 都只包含一种分配方案, 且该分配方案满足

$$\text{存在 } p > 0, \text{ 使得 } \forall i \in \Gamma \quad (B'_i(Q_i)_{Q=a(B)} - p) a(B)_i = 0 \quad (2)$$

从(2)式可以看出, 对 $\forall i \in \Gamma$ 以及 $B_i, \bar{B}_i \in y_i$ 如果 $B'_i > \bar{B}'_i$, 那么对 $\forall B_{-i} \in y_{-i}, a(B_{-i}, B_i) \geq a(B_{-i}, \bar{B}_i)$ 同时由于 $a(B)$ 随着 B 的变化而变化, 因此 $\exists i \in \Gamma, \exists B_i, \bar{B}_i \in y_i$ 以及 $\exists B_{-i} \in y_{-i}$, 使得 $B'_i > \bar{B}'_i$ 且 $a(B_{-i}, B_i) \geq a(B_{-i}, \bar{B}_i)$ 。

如果排污权分配者知道 B , 那么他就可以选择 $a(B)$ 的排污权配置方案, 从而达到整个社会收益最大化的目的。但是在一般情况下, B 对排污权分配者来说是不可观测的, 如果他希望获得有关 B 的信息, 他只能通过让厂商报告 B 信息的方式获得, 但厂商可能没有向排污权分配者真实报告 B 的激励。

因此, 简单地让厂商向排污权分配者报告收益函数的方式将无法达到有效配置排污权的目的。如果排污权分配者能够设计出一个机制, 使得无论厂商的收益函数 B 的形式如何, 通过机制配置的结果都是 $a(B)$, 那么他就可以让厂商在该机制下进行博弈的方式来实现有效配置排污权的目的。下面我们设计一个机制来实现该目标。

2 机制

对 $\forall i \in \Gamma$, 每个厂商向排污权的分配者报告自身的收益函数信息 \hat{B}_i 。对于厂商报告的信息组合 $\hat{B} = (\hat{B}_1, \dots, \hat{B}_n)$, 实施的配置结果 $g(\hat{B}) = ((Q_1, t_1), \dots, (Q_n, t_n))$ 为:

$$\text{对 } \forall i \in \Gamma \quad Q_i = a(\hat{B})_i, t_i = \sum_{j \neq i} \hat{B}_j(a(\hat{B}_{-i}, 0)_j) - \sum_{j \neq i} \hat{B}_j(a(\hat{B}_{-i})_j) \quad (3)$$

上述排污权的分配规则为: 按厂商报告的收益函数确定排污量, 各厂商支付的排污税为去除该厂商时, 其他厂商由于能够多获得一定排污量而获得的收益增量。

下面证明在该机制下, 所有的厂商都会真实地报告自己的收益信息, 均衡配置结果为有效的配置结果。

命题 1 在上述机制下, 所有厂商都诚实报告自己的收益信息是厂商唯一的弱占优战略, 机制的分配结果为有效的配置结果。

证: 对 $\forall i \in \Gamma$, 假设厂商 i 真实的收益函数为 B_i , 给定其他厂商发送的信号组合 \hat{B}_{-i} , 当厂商 i 报告 \hat{B}_i 时, 根据式(2)确定的分配规则

$$Q_i = a(\hat{B}_{-i}, \hat{B}_i)_i, t_i = \sum_{j \neq i} \hat{B}_j(a(\hat{B}_{-i}, 0)_j) - \sum_{j \neq i} \hat{B}_j(a(\hat{B}_{-i}, \hat{B}_i)_j)$$

厂商 i 的收益为

$$\begin{aligned} & B_i(a(\hat{B}_{-i}, \hat{B}_i)_i) - \left(\sum_{j \neq i} \hat{B}_j(a(\hat{B}_{-i}, 0)_j) - \sum_{j \neq i} \hat{B}_j(a(\hat{B}_{-i}, \hat{B}_i)_j) \right) \\ & = B_i(a(\hat{B}_{-i}, \hat{B}_i)_i) = \left(\sum_{j \neq i} \hat{B}_j(a(\hat{B}_{-i}, \hat{B}_i)_j) - \sum_{j \neq i} \hat{B}_j(a(\hat{B}_{-i}, 0)_j) \right) \end{aligned} \quad (4)$$

根据式(1)、函数 a 的性质以及厂商的收益函数满足不完全一致性可知, 只有当 $a(\hat{B}_{-i}, \hat{B}_i)$ 总是等于 $a(\hat{B}_{-i}, \hat{B}_i)$ 即 $\hat{B}_i = B_i$ 时, $B_i(a(\hat{B}_{-i}, \hat{B}_i)_i) + \sum_{j \neq i} \hat{B}_j(a(\hat{B}_{-i}, \hat{B}_i)_j)$ 才能取得最大值。且由于 $\sum_{j \neq i} \hat{B}_j(a(\hat{B}_{-i}, 0)_j)$ 和 \hat{B}_i 无关, 因此

只有当 $\hat{B}_i=B_i$ 时,才能保证式(4)总是取得最大值。同时当厂商的收益取得最大值时厂商的收益大于 0,满足参与约束,即所有厂商都愿意在该机制下参与排污权分配的博弈。故厂商诚实地报告自己的收益函数是厂商唯一的弱占优战略,上述机制的唯一的占优战略均衡结果是所有厂商都诚实报告自己的收益信息,机制的分配结果为有效的配置结果。

3 相关讨论

3.1 信息结构与厂商的理性层次

在本文设计的机制下,对于任意的厂商,诚实地报告自己的收益函数都是厂商弱占优战略——不论其他厂商报告的信息如何。因此,本文设计的机制对厂商的收益信息是否为共同知识没有要求,无论厂商是否了解其他厂商的收益信息,机制都能够达到机制设计的效果,实现有效的配置结果。

在本文设计的机制中,厂商诚实报告自己收益信息的战略是其唯一的弱占优战略,因此只要厂商是理性的,它就会选择诚实地报告自己的收益信息。所以本文的机制对厂商理性层次的要求很低,不需要所有厂商都是理性的博弈参与人为共同知识,只需要所有厂商都是理性的即可。

3.2 免费分配

在排污权的分配中,免费分配是一种很吸引人的分配方式。那么在排污权的分配者不知道每个厂商的收益函数的情况下,是否可以实现排污权的有效且免费的分配方案呢?下面我们假设对任意的厂商 $i \in \Gamma$,其收益信息 $B_i(\cdot)$ 是厂商 i 的私人信息,探讨是否能够实现排污权的有效且免费分配。

对 $\forall i \in \Gamma, B_i \in y_i$ 以及 $B_{-i} \in y_{-i}$,用 $\mu_i(B_{-i}|B_i)$ 表示厂商 i 观测到自己的收益函数为 B_i 时认为其他厂商的收益函数组合为 B_{-i} 的概率。在每个厂商的收益信息都是其自身的私人信息的情况下,只有满足激励相容的排污权分配方案才是可实施的。对于免费的排污权分配方案,如果厂商的收益信息为 B ,有效的排污权分配方案为 $a(B)$ 。由于 $\exists i \in \Gamma, \exists B_i, \tilde{B}_i \in y_i$ 以及 $\exists B_{-i} \in y_{-i}$,使得 $B'_i > \tilde{B}'_i$ 且 $a(B_{-i}, B_i) > a(B_{-i}, \tilde{B}_i)$ 。当厂商 i 观测到自己的收益函数为 \tilde{B}_i 时,如果他诚实报告自己的收益信息,他的期望收益为

$$\sum_{\tilde{B}_{-i} \in y_{-i}} \mu_i(\tilde{B}_{-i}|\tilde{B}_i) \tilde{B}_i(a(\tilde{B}_{-i}, \tilde{B}_i)_i) \quad (5)$$

当他谎报自己的收益信息为 B_i 时,他的期望收益为:

$$\sum_{\tilde{B}_{-i} \in y_{-i}} \mu_i(\tilde{B}_{-i}|B_i) \tilde{B}_i(a(B_{-i}, \tilde{B}_i)_i) \quad (6)$$

由于 $\exists B_{-i} \in y_{-i}$,使得 $a(B_{-i}, B_i) > a(B_{-i}, \tilde{B}_i)$,且对 $\forall B_{-i} \in y_{-i}, a(B_{-i}, B_i) \geq a(B_{-i}, \tilde{B}_i)$,因此(5)式 $>$ (6)式。厂商 i 在观测到自己的收益函数为 \tilde{B}_i 时有谎报自己收益函数为 B_i 的动机,不满足激励相容约束。所以在厂商的收益信息是厂商的私人信息的情况下,不可能达到有效且免费的分配结果。

4 一个算例

假设区域内有 6 家企业排放污水,区域污水排放总量控制目标为 100 万吨。厂商减排成本函数为

$$c_i(Q_i) = ke^{r(q_i - Q_i)} - k$$

其中: $k > 0, r > 0$ 为常量, q_i 为厂商 i 生产产品所产生的污水量, Q_i 为厂商获得的污水排放量。则

$$B_i(Q_i) = c_i(0) - c_i(Q_i) = c_i(Q_i) = ke^{rq_i} - ke^{r(q_i - Q_i)}$$

排污权的分配者知道 k 和 r ,但它不知道各个厂商生产产品所产生的污水量 q_i ,如果直接分配,它将不知道那种分配方案是有效的。但它可以让厂商在本文设计的机制下进行博弈来实现有效的分配方案。下面给出一组数据,计算在本文设计的机制下的博弈结果。

取 $q=(q_1, q_2, \dots, q_6)=(40, 43, 32, 30, 17, 28)$, k 和 r 的数值不影响分配结果。有效的污水排放分配方案为 $Q=(Q_1, Q_2, \dots, Q_6)=(25, 28, 17, 15, 2, 13)$ 。

5 结语

实施排污权有效分配的难处之一在于排污权分配者不知道各个厂商的收益函数,无法确定有效的分配方案。所以要实现初次分配就达到有效的分配方案,在排污权分配者不知道厂商的收益信息且排污总量受到控制的情况下,如何诱导厂商真实地披露自己的收益信息就是一个首先需要解决的问题。本文设计了一个配置排污权的博弈机制,并证明了在该机制下,只要各厂商都是理性的,即使厂商的收益信息是私人信息,厂商都会诚实地报告自己的收益信息,从而实现排污权的有效分配。

博弈的参与人完全理性为共同知识是进行博弈分析的前提条件,它是一个很强的假设。机制设计作为博弈分析的一个应用,该假设条件也必须得到满足。然而该假设条件是一个非常强的假设,在许多实际问题中它都不能得到满足,从而大大地限制了机制设计在实际问题中的应用。本文设计的机制对参与人理性和博弈信息结构的要求没有那么严格,它仅要求参与人理性而不要求参与人完全理性为共同知识,同时机制对厂商的收益信息是否为私人信息也没有要求,无论厂商的收益信息是否为其他厂商所知,在该机制下,所有厂商都会诚实地报告自己的收益信息。因此,本文设计的机制对博弈环境的要求不高,从而具有很强的实用性。

利用机制设计的思想,本文还对排污权的分配问题进行了分析。结论表明当厂商的收益函数是厂商的私人信息时,免费的分配方式不可能达到最优的分配方案。因此,在信息不完全情况下,不可能实现免费且社会最优的分配结果。

从本文的结论可以看出,实施社会最优的排污权分配结果是一件很容易实现的事——只要厂商都是理性的且允许排污权的分配者向厂商收取一定的费用,但是免费分配的方式却行不通。

参考文献:

- [1] 李寿德,黄桐城. 初始排污权分配的一个多目标决策模型[J]. 中国管理科学, 2003, 11(6): 40-44.
- [2] 马中, Dan Dudek, 吴健, 等. 论总量控制与排污权交易[J]. 中国环境科学, 2002, 22(1): 89-92.
- [3] 李寿德,黄桐城. 初始排污权的免费分配对市场结构的影响[J]. 系统工程理论方法应用, 2005, 14(4): 294-298.
- [4] 赵文会. 初始排污权分配理论研究综述[J]. 工业技术经济, 2008, 27(8): 111-113.
- [5] 曾华彬. 排污权初始分配方式简述[J]. 现代商业, 2012, 11(33): 129.
- [6] KLING C L, ZHAO J H. On the long-run efficiency of auctioned vs free permit. *Economics Letters*[J]. 2000, 69(2): 235-238.
- [7] 赵文会, 高岩, 戴天晟. 初始排污权分配的优化模型[J]. 系统工程, 2007, 25(6): 57-61.
- [8] HUNG M F, SHAW D. A trading-ratio system for trading water Pollution discharge Permits [J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2005(49): 83-102.
- [9] 孙卫, 尚磊, 袁林洁. 基于成本有效的流域初始排污权免费分配模型[J]. 系统管理学报, 2011, 20(3): 303-306.
- [10] 完善, 李寿德, 马琳杰. 流域初始排污权分配方式[J]. 系统管理学报, 2013, 22(2): 278-281.
- [11] 李寿德, 黄桐城. 交易成本条件下初始排污权免费分配的决策机制[J]. 系统工程理论方法应用, 2006, 15(4): 318-322.
- [12] 邹伟进, 朱冬元, 龚佳勇. 排污权初始分配的一种改进模式[J]. 经济理论与经济管理, 2009(7): 39-44.
- [13] 李云燕. 排污权交易制度的理论框架与产权分析. 中央财经大学学报[J]. 2009(8): 69-74.
- [14] BRAMOUILLE Y, OLSON B L. Allocation of pollution abatement under learning by doing [J]. *Journal of Public Economics*, 2005, (89): 1935-1960.
- [15] DUGGAN J, ROBERTS J. Implementing the Efficient Allocation of Pollution [J]. *American Economic Review*, 2002, 92, 1070-1078.
- [16] 刘昌臣, 肖江文, 罗云峰. 实施最优排污权配置. 系统工程理论与实践, 2010, 30(12): 2151-2156.

- [17] KAHANA N, MEALEME Y, NITZAN S. A Complete Implementation of the Efficient Allocation of Pollution [J]. *Economics Letters*, 2008, 101: 142–144.
- [18] 金帅, 盛昭瀚, 杜建国. 排污权交易系统中政府监管策略分析[J]. *中国管理科学*, 2011, 19(4): 174–183.

Efficient Allocation of Pollution Based on Total Emission Control

Wu Changlin¹·Liu Changchen²

(1. School of Humanities and Social Sciences, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China;

2. School of Economics, South-central University for Nationalities, Wuhan 430073, China)

Abstract: A mechanism to implement the efficient allocation of pollution was designed in this paper, and it shows that even the payoff information of the factories is private, the factories would tell the truth about their payoff information only if they are rational, by which the efficient allocation of pollution is realized. To play its role the mechanism does not need a game environment—complete rationality of factories is common knowledge, which means the mechanism is of great practicality. The research results show that as long as the factories are rational and the allocators of pollution are allowed to charge the factories, we can implement the efficient allocation of pollution by mechanism design.

Key words: efficient allocation of pollution; total emission control; mechanism design; dominant strategy