

排污权初始权分配的两种方法及其效率比较*

王先甲

武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室, 武汉 430072

肖文

深圳市水务局, 深圳 518001

胡振鹏

南昌大学可持续发展研究中心, 南昌 330047

摘要 在分析环境容量的基础上, 提出了排污权初始分配的两种方式, 建立了两种分配方式的数学模型, 分析了两种分配方式下企业购置排污权的行为和排污治污行为并讨论了这两种分配方式效率之间的关系, 证明了在不考虑市场交易的交易成本的条件下, 排污权初始分配的市场分配方式可以实现计划分配方式的整体最大效益。

关键词 环境管理 环境容量 排污权管理 排污权初始分配 计划分配与市场分配模式

由于环境具有容纳净化一定污染物的能力, 污染物的零排放并非为社会最优性准则。但排入环境中的污染物总量超过环境的自净能力时就会造成环境污染, 需要控制排入环境中污染物的总量。由于环境中的污染物是全社会不同生产单元和消费单元排出的, 因此控制排入环境中污染物的总量问题本质上是要规定全社会不同生产单元和消费单元向环境排入污染物的权利。

世界各国对排污权的管理有不同的模式。目前, 我国大多数地方对污染物管理, 如污水排放标准、排污收费政策等都是以前浓度控制为基础。现行政策只对超标排污企业征收排污费, 而达标或低于污染物排放标准的并不征收排污费。但事实上, 由于环境对污染物的容纳能力是以总量衡量的, 污染物对环境的影响最终取决于排入的污染物的总量。随着经济的迅速发展和人们生活水平的提高, 污水排放量逐渐增大, 排入水体的污染物质的数量越来越多, 虽然点污染源排放的污水浓度达到了国家或地方规定的排放标准, 污染排放总量却不断增加,

天然水域同样达不到水环境质量标准。

有些国家已经实施按污染物总量控制的制度, 根据总量控制收取排污费、发放排污许可证。美国在20世纪70年代末实施市场机制的总量控制政策, 这项政策允许在一定范围内对污染物的控制实行市场选择。1983年以前美国推行的是以水处理技术为基点的排污许可证制度, 1983年以后则转而推行以水域水质为基点的排污许可证制度^[1,2]。法国自1973年以来, 也用法律形式建立了排放许可证制度。澳大利亚也是世界上较早实施排污许可证制度的国家^[3]。

我国也正在研究和实施总量控制和排污许可证制度^[4,5]。1989年初, 作为排污许可证制度发源地的上海, 首先完成了总量控制和排污许可证制度的试点工作。当前实施总量控制的基本方法是首先根据国家的法律法规, 由选定的基准年确定控制区内排放废水中污染物的总量; 然后, 将总量“合理地”分派到各个排污者, 允许排污者根据规定排放的种类、在规定的的时间和地点排放一定量的污染

2003-06-11 收稿, 2003-08-08 收修改稿

* 国家自然科学基金资助项目(批准号: 60274048)

E-mail: xjwang@wuhee.edu.cn

物。

随着社会主义市场经济不断深化完善和健全,在深化排污管理方面我国还存在许多问题需要解决,如面对可持续发展的战略方针,如何兼顾经济效益和环境效益来确定排污总量?如何收取排污费?排污许可证转让有何意义?如何转让?转让价格如何确定?事实上,如果我们能解决界定谁具有排污的权利和有多大权利及这种权利是否可以转移和如何转移等问题,那么排污管理就象一般商品的交换管理一样变得简单了^[6,7]。因为商品交换问题主要是界定所有权和如何进行和保证所有权交换的问题。本文以水资源持续利用排污量为基础探讨排污权初始配置的两种方法。

1 基于水资源可持续利用的排污量

傅春¹⁾探讨了经济排污量和水资源持续利用的排污量。该文指出水资源可持续利用的排污量等于水环境容量。只有污染物排放总量在水环境容量之内,污染物就不会积累,水质才不会恶化下去,水资源才能在质的方面实现持续利用。

环境容量是指:一定水文条件和污染物特性,在满足特定用户水质要求和环境保护目标时,水域可以容纳自净外来物质的上限。环境容量包括两层含义:

(1)当污染物进入水体后,在水流作用下掺混、稀释,并随着水的流动发生转移、扩散。与此同时,某些污染物在物理、化学、生物反应与作用过程中下发生降解、消减使污染物浓度有所降低。这就是水体的自净能力。

(2)不同时期不同水用户对水质要求各不相同,只有当水体中外来物质危及到某一用途时,才称为水污染,这就表明污染物的总量超过了环境容量。

水环境容量的计算一般是根据河段水文水质条件、水动力参数、主要净化机理等选择合适的水质模型,得出污染物的分布规律,再根据环境质量标准推算出河段的水环境容量^[8]。

可以将环境看成是一种可再生公共资源,需要充分利用以提高社会效率,也需要保护以维持人类

赖以生存的环境质量。环境作为一种资源在其环境容量内使用是合理的,零排放是不经济的或低效率的,如果能做到对这种资源的合理配置就可以提高利用这种资源产生的效益和减少治理污染的社会成本^[9]。但如果对其使用超过环境容量将会破坏环境质量,破坏社会生存环境。因此,需要寻找对环境容量的分配方式和管理模式,使其产生最大效益又能保护环境这一公共资源持续利用的能力。本文将在水资源持续利用的排污量下探讨排污权的初始配置方式。

2 排污权初始分配的计划方式

环境是人类赖以生存的自然条件,由于人类自身生理方面的原因,人类的生存对自然环境提出了一定要求,即要求环境具有一定的质量才能使人类生存。但环境的质量又依赖于人们的行为。一部分人由于其经济行为、生活行为或无意识的行为可能破坏适应人类生存的环境质量,而环境是任何社会成员都需要,且任何社会成员都无法独立拥有其所有权和管理权的一种资源。环境是一个整体但又为人人所需要,因此,环境可以理解为一种公共资源。水资源可持续利用的排污量告诉我们,这种公共资源是有拥挤竞争特征的。由于经济利益的驱使,这种拥挤竞争现象随着企业生产排污量的增加必然会产生,管理与公众利益有着密切关系而又不能严格界定个体所有权的水污染这一公共资源是政府的重要责任^[10,11]。

政府管理这种公共资源最通常的方式是计划配置方式,就是计划者根据水资源可持续利用排污量按某种方式确定的不同用户之间的分配。一般地,计划者按全社会生产取得最大效益的方式在各个企业之间分配排污初始权。

设有 n 个企业(潜在的排污者),计划者准备分配给企业 i 的初始排污权为 z_i , 设企业的污染函数为 $x_i(q_i)$ (生产量为 q_i 时产生的污染量为 $x_i(q_i)$), 那么企业 i 在给定的初始排污量 z_i 下的生产量为 $q_i = x_i^{-1}(z_i)$, 那么计划者则按如下最优化模型分配排污的初始权

1) 傅春. 面向可持续发展的水资源产权管理理论. 武汉大学, 博士论文, 1999

$$\max_{(z_1, \dots, z_n)} \sum_{i=1}^n (p_i x_i^{-1}(z_i) - f_i(x_i^{-1}(z_i))), \quad (1a)$$

$$z_1 + \dots + z_n \leq b_0, \quad (1b)$$

$$z_1, \dots, z_n \geq 0, \quad (1c)$$

其中 p_i 表示生产产品的价格, f_i 表示生产的成本函数. (1a)表示当按 (z_1, \dots, z_n) 分配给这 n 个企业初始排污权时, 所有企业产生的总利润; (1b)表示分给所有的排污权不能超过水资源可持续利用的排污量 b_0 ; (1c)表明各个企业分得的排污权非负.

于是, 根据最优性条件, 计划者将按如下关系式确定排污权的初始分配

$$p_i \frac{1}{x_i^1(x_i^{-1}(z))} - f'_i(x_i^{-1}(z_i)) \frac{1}{x_i^1(x_i^{-1}(z))} - \lambda = 0, \\ \lambda(z_1 + \dots + z_n - b_0) = 0, \\ z_1, \dots, z_n \geq 0. \quad (2)$$

由模型(1a)~(1c)式确定的排污权初始分配是按照水资源可持续利用的排污量确定的, 即所有企业的排污量在环境的自净能力范围内, 企业不需要投入治理污染设备和技术, 社会也不需要建污水处理厂.

很显然, 这种情况按水资源可持续利用的排污量 b_0 确定对各排污企业排污量的分配, 每个企业的生产受到这个分配的限制, 企业和社会都没有投入对污染治理物的技术和设备.

下面我们从计划分配的观点, 来探讨企业在自由生产, 自由投入污染设备与技术, 社会也建污水处理厂的情况下, 由计划者确定所有企业生产与排污治污计划和社会的治污计划并使全社会效益最大化的分配方案. 在前述符号意义下, 计划者为实现全社会最优效益的制定企业的生产计划与排污治污计划和社会的治污计划则按如下模型确定

$$\max_{\substack{q_i, \xi_i \\ i=1, n}} \sum_{i=1}^n \{ (p_i q_i - f_i(q_i) - c_i(\xi_i)) \\ - C(\sum_{i=1}^n (x_i(q_i) - \xi_i) - b_0) \}, \quad (3)$$

这里 $c_i(\xi_i)$ 是企业 i 的治污成本函数, $C(\cdot)$ 是社会治污成本函数. 在以上模型中, 求和号中第一项为

企业 i 生产产量为 q_i 、自治污染量 ξ_i 后的利润, 第二项为社会治理所有企业排放污染物总量超过水资源持续利用排污量部分的治污成本. 于是(3)式反映了使全社会效益最大化的企业生产行为、企业治污行为和社会治污行为. 根据最优性条件, 这些行为具体由下式确定

$$p_i - f'_i(q_i) - C(\sum_{i=1}^n x_i(q_i) - \xi_i - b_0) x'_j(q_i) = 0, \\ - c'_j(\xi_i) + C'(\sum_{i=1}^n x_i(q_i) - \xi_i - b_0) = 0. \quad (4)$$

以上计划分配排污初始权的数学模型实际上要求计划者在作出排污初始权分配时完全掌握了企业的生产函数、企业治污成本函数和社会治污成本函数. 如果计划者能真实地掌握这些信息, 按以上模型确定排污初始分配权的方法能使全社会效益达到最优, 根据整体最优性原理, 那么一定没有其他任何方式比这种方式得到更好的社会效益. 然而计划者要真实掌握这些信息是十分困难的, 甚至是不可能的, 或者要付出极高的费用. 实际上, 生产函数和成本函数是企业的微观特征和只为企业自己知道的私有信息, 它直接关系到企业所追求的利润. 当计划者与企业管理者的目标不完全一致且是不同的决策主体时, 计划者是不可能从企业管理者那里得到企业真实生产成本和治污成本; 企业管理者为了自己的利润, 说谎行为也是不可避免(即虚报自己的生产函数和成本函数), 这样以上模型的最优性就失去了实际意义.

如果计划者按这种方式在企业间分配排污初始权而要准备从企业那里得到企业的生产函数和成本函数, 势必造成企业的“说谎行为”和“行租行为”, 即企业将按计划者的这种分配方式报告(实际上是虚报或说谎)使自己得到最大利润的生产函数和成本函数, 并为了使计划者相信其真实性和使计划者按他们所报的生产函数和成本函数给他们分配初始排污权采取“行租行为”, 只要“行租成本”不超过他们所得到的利益. 这种现象在计划分配资源的实际中已经看到是普遍存在的.

如果计划者不能从企业管理者那里得到企业的生产成本和治污成本函数, 那么他只能从同类企业

的统计中得到同类企业的平均生产成本和平均治污成本。这些由统计得到的平均数字有如下两方面的问题：一是不准确，不能反映同类不同企业的生产技术与管理的水平；二是由于统计数据是过去的，不能及时反映企业现有的技术与管理的革新。事实上，企业的技术与管理是在不断变化的。

综上，按计划方式分配初始排污权从理论上讲是全社会是最优的，但它依赖的条件是计划者必须完全真实地掌握企业的生产函数和成本函数。然而计划者在得到企业的真实生产函数和成本函数中可能导致企业的“说谎行为”和“行租行为”，或要为得到只是同类企业的平均生产函数和平均成本函数付出极高的费用。

3 排污权初始分配的市场方式

排污权初始分配的计划方式是一种在获得理想信息条件下的分配方式，如果能取得这些理想的信息，没有任何其他方式能取得更大的社会效益。然而计划者难以得到企业微观的生产函数和成本函数信息，而市场机制是一种暴露企业成本信息的载体^[12]。如果计划者制定一个排污价格(排污费率)，每个企业对这个排污费率有一个反应，计划者再根据这些反应、水资源持续利用排污量和社会治污成本调整排污费率。

对给定排污费率 p ，按利润最大化原理，企业 i 按如下最优决策模型作出反应：

$$\max_{q_i, z_i} (p_i q_i - p z_i - c_i(x_i(q_i) - z_i) - f_i(q_i)), \quad (5)$$

其中 q_i 为企业 i 选择产量， z_i 为企业 i 按排污费率 p 购买的排污权， q_i 和 z_i 可以认为是企业 i 对排污费率 p 作出的决策反应。这里， $x_i(q_i) - z_i$ 实际上就是企业 i 自己治理污染物量。

根据最优性条件，企业 i 在产品市场价格 p_i 和排污费率 p 下，自主地作出的生产计划和排污计划由下式确定：

$$p_i - c'_i(x_i(q_i) - z_i)x'_i(q_i) - f'_i(q_i) = 0, \quad (6a)$$

$$p = c'_i(x_i(q_i) - z_i), \quad (6b)$$

(6a)式表明企业 i 在总边际成本等于产品价格的水平上确定生产计划；(6b)式表明企业 i 在边际治污成本等于排污费率的水平上确定排污计划。

对给定排污费率 p ，企业 i 作出的反应就是以上最优决策模型(5)的最优解或满足方程(6a)和(6b)的解 q_i 和 z_i 。不难看出，生产计划 q_i 和排污计划 z_i 都是排污费率 p 的函数 $q_i(p)$ 和 $z_i(p)$ 。

如果所有生产企业购买的排污权的总和不超过水资源可持续利用排污量 b_0 ，企业的排放就不会造成环境污染。由于各企业购买的排污权 $z_i(p)$ 随排污费率 p 而变化，这样可以调整排污费率间接调整各企业要购买的排污权，可以制定一个使各企业购买的排污权的总量等于水资源持续利用排污量的排污费率，这样就达到了排污总量与水资源可持续利用排污量的平衡。我们称这个排污费率为总量均衡排污费率，即满足下式的排污费率 p^*

$$\sum_{i=1}^n z_i(p^*) = b_0. \quad (7)$$

如果我们将计划者当作为排污费率的制定者和社会治污者，也将它看作为一个企业，那么它制定排污费率的决策则按如下最优决策模型进行

$$\max_p \{ p (\sum_{i=1}^n z_i(p)) - C(\sum_{i=1}^n z_i(p) - b_0) \}. \quad (8)$$

以上最优决策模型中的第1项是社会治污者从企业得到的排污收入；第2项是社会治污者为治理企业排污总量超过水资源可持续利用排污量 b_0 部分的成本。根据最优性条件，最优模型(8)的最优解由下式确定

$$p z'_i(p) + \sum_{i=1}^n z_i(p) + C'(\sum_{i=1}^n z_i(p) - b_0) z'_i(p) = 0. \quad (9)$$

可以看出，最优决策模型(8)的最优解是社会治污企业独家按自己的最大化利润作出的排污费率，因此称其为垄断排污费率，记作 p^M 。不难看出，这种分配方式可以解释为：企业从社会治污者那里购买排污权(当然，企业自己也可以自己治污，

当他觉得自己治污不经济时就购买排污权)。显然,当排污费率越高,企业购买的排污权就会越小;当企业自己治污的边际成本越大,企业购买的排污权就会越大。以上分配方式实际上把社会治污者看成一个追求利润最大化的企业,并且由这个企业决定着排污费率。这种情况可以理解为完全由这个企业垄断着治污市场,必然导致由这个治污企业按需求函数确定排污费率。这种垄断的治污市场可能导致社会治污效率的低下。如果在治污市场引入竞争可以提高社会治污效率。

我们想象在治污市场上有 m 个治污厂, 设第 j 个治污厂的治污成本函数为 $g_j(y_j)$, 显然, 不同的治污厂面对相同的排污费率 p , 治污厂 j 则按如下最优决策模型确定其治污量

$$\max_{y_j} (py_j - g_j(y_j)), \quad (10)$$

根据最优性条件, 治污厂 j 选择治污量由如下关系式确定

$$p = g'_j(y_j), \quad (11)$$

即治污厂 j 在边际治污成本等于排污费率的水平上确定自己为社会所提供的治污量 y_j 。显然治污厂 j 提供的治污量是排污费率 p 的函数 $y_j(p)$ 。 m 个治污厂要承担所有排污企业排出的超过水资源持续利用排污量 b_0 的那部分污染物, 于是竞争性治污市场的均衡排污费率可由如下关系式确定

$$\sum_{i=1}^n z_i(p) - b_0 = \sum_{j=1}^m y_j(p), \quad (12)$$

称满足上式的排污费率为竞争市场均衡排污费率。实际上, 以上是用完全竞争的治污市场模型在排污企业之间分配排污权, 它并不是按水资源持续利用的排污量的硬约束在排污企业间分配初始排污权, 而是将排污权的分配与企业的最优生产利润和水资源持续利用排污量相结合, 使生产企业在生产、自治污和购买排污权之间自主作出选择, 由企业自己按利润最大化目标自主选择排污权, 并对在治污市场中获得的排污权自愿付出费用, 同时有多个治污厂竞争性地治污。

这样所有排污企业在污染物排放与治污市场上获得的排污权, 如果其总量超过水资源持续利用的排污量, 超过部分市场则由治污市场中的 m 个治污专门企业在竞争中治理, 从而使环境容纳的污染量不超过水资源持续利用的排污量。根据经济学原理, 竞争的治污市场可以起到降低市场排污费率的作用。

对于完全竞争的治污市场, 排污权的自由转让不存在困难, 这样就不需要讨论新进入企业排污权的分配问题。当有新的生产企业再进入时, 它产生的污染量或由它自己治理(自己投入治污设备与技术), 或按竞争市场均衡排污费率取得排污权, 它将在自己治污的边际成本和竞争市场均衡排污费率之间作出权衡比较, 决定其排入环境的污染量和自己的治污量。一般地, 当新进入企业的排污量在治污市场中所占比例不大时, 再进入企业对市场均衡排污费率不会产生很大影响。

4 排污权两种初始分配方式的效率

我们用全社会从一种分配方式中得到的总效益度量其效率。在排污权初始分配的计划方式下, 如果计划者能得到理想的信息, 即得到所有企业真实的生产函数和成本函数, 由整体最优性原理, 那么这种分配方式确定初始排污权将为全社会带来最大效益。然而, 计划者要得到这种理想信息必然出现企业虚报(说谎行为)或“行租行为”, 这将导致计划分配方式效益的完全失真并产生不规范经济行为。如果计划者自己寻找所有企业的生产函数和成本函数, 那么必然产生极高的费用, 这一部分费用将极大降低计划分配方式的效率, 其影响程度决定于确定所有企业生产函数和成本函数的难易程度。很显然, 这种计划分配方式只适应计划者寻找所有企业的生产函数和成本函数所需费用不高的资源分配问题。

对排污权初始分配的市场方法, 我们将证明在均衡排污费率下, 市场分配方式可以实现计划分配方式的效率。下面以总量均衡排污费率为例给出证明:

命题 设总量均衡排污费率为 p^* , 相应于这个总量均衡排污费率第 i 个生产企业的生产计划为

$q_i(p^*)$ 和排污计划为 $z_i(p^*)$, 即 $q_i(p^*)$ 和 $z_i(p^*)$ 为最优化问题(5)在给定排污费率为 p^* 下的最优解, 则 $q_i(p^*)$ 和 $x_i(q_i(p^*)) - z_i(p^*)$ 是如下排污权初始分配的计划方式下最优决策模型的最优解

$$\max_{\substack{q_i, \xi_i \\ i=1, n}} \sum_i^n = \{(p_i q_i - f_i(q_i) - c_i(\xi_i))\}, \quad (13a)$$

$$(x_1(q_1) - \xi_1) + \dots + (x_n(q_n) - \xi_n) = b_0, \quad (13b)$$

$$\xi_1, \dots, \xi_n \geq 0. \quad (13c)$$

证明 由于 $q_i(p^*)$ 和 $z_i(p^*)$ 为最优化问题(5)在总量均衡排污费率 p^* 下的最优解, 对任何 q_i 和 z_i ($i=1, \dots, n$), 设 $\sum_{i=1}^n z_i = b_0$, 有下式成立

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n [(p_i q_i(p^*) - c_i(x_i(q_i(p^*))) - z_i(p^*)) - f_i(q_i(p^*))] - (p_i q_i + c_i(x_i(q_i) - z_i) + f_i(q_i)) = \\ & \sum_{i=1}^n [(p_i q_i(p^*) - p^* z_i(p^*) + p^* z_i(p^*) - c_i(x_i(q_i(p^*))) - z_i(p^*)) - f_i(q_i(p^*))] \\ & - (p_i q_i + p^* z_i - p^* z_i - c_i(x_i(q_i) - z_i) - f_i(q_i)) = \\ & \sum_{i=1}^n [p_i q_i(p^*) - p^* z_i(p^*) - c_i(x_i(q_i(p^*))) - z_i(p^*)) - f_i(q_i(p^*)) - \\ & p_i q_i + p^* z_i + c_i(x_i(q_i) - z_i) + f_i(q_i)] + \sum_{i=1}^n [p^* z_i(p^*) - p^* z_i] = \\ & \sum_{i=1}^n [p_i q_i(p^*) - p^* z_i(p^*) - c_i(x_i(q_i(p^*))) - z_i(p^*)) - f_i(q_i(p^*)) - \\ & p_i q_i + p^* z_i + c_i(x_i(q_i) - z_i) + f_i(q_i)] + p^* \sum_{i=1}^n [z_i(p^*) - z_i]. \end{aligned}$$

由于 $\sum_{i=1}^n z_i(p^*) = b_0$ 和 $\sum_{i=1}^n z_i = b_0$ 及(14)式, 我们有

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n [p_i q_i(p^*) - c_i(x_i(q_i(p^*))) - z_i(p^*)) - \\ & f_i(q_i(p^*)) - p_i q_i + c_i(x_i(q_i) - z_i) + \\ & f_i(q_i)] \geq 0. \quad (15) \end{aligned}$$

(15)式表明 $q_i(p^*)$ 和 $x_i(q_i(p^*)) - z_i(p^*)$ 是最优决策模型(13a) - (13c)的最优解.

$$\begin{aligned} & (p_i q_i(p^*) - p^* z_i(p^*) - \\ & c_i(x_i(q_i(p^*))) - z_i(p^*)) - f_i(q_i(p^*)) \geq \\ & (p_i q_i - p^* z_i - c_i(x_i(q_i) - z_i) - f_i(q_i)), \end{aligned}$$

对所有 i 求和

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n (p_i q_i(p^*) - p^* z_i(p^*) - \\ & c_i(x_i(q_i(p^*))) - z_i(p^*)) - f_i(q_i(p^*)) \geq \\ & \sum_{i=1}^n (p_i q_i - p^* z_i - c_i(x_i(q_i) - z_i) - f_i(q_i)). \quad (14) \end{aligned}$$

由于 p^* 是总量均衡排污费率, 那么 $x_i(q_i(p^*)) - z_i(p^*)$, $i=1, \dots, n$, 满足(13b), 很显然的 $x_i(q_i(p^*)) - z_i(p^*) \geq 0$, 即(13c)式满足, 下面证明 $q_i(p^*)$ 和 $x_i(q_i(p^*)) - z_i(p^*)$ 是最优化问题(13a)~(13c)的最优解:

5 结论

以上命题给出的最优决策模型表明, 在总量均衡排污费下, 排污权初始分配的市场方式可以实现计划分配方式下的整体最大效益. 对竞争市场均衡排污费率情况可以得到类似结论. 从这个意义上讲, 市场分配方式是一种实际有效、可以实现整体最大效益的分配方式.

但不难看出, 以上结论是在没有交易成本条件下得到的. 而在实际市场经济中交易成本是存在

的, 并且不同的交易方式的交易成本是不同的. 产权经济学理论告诉我们, 交易行为的外部性是影响交易成本的重要因素, 而在排污权的交易中存在较强的外部性, 因此, 交易成本一般会很高, 这可能是排污权难以市场化的一个重要原因. 另外, 从上面的分析可见, 要确定均衡排污费率需要得到生产企业的反应函数, 即要确定对任何给定的排污费率生产企业作出的反应, 要做到这一点实际上是较困难的, 因为我们只能对有限个排污费率观察生产企业的反应, 而难以做到对一个连续统排污费率观察生产企业全部连续的反应. 于是, 需要解决如何根据生产企业对有限个排污费率的反应确定生产企业的反应函数的问题? 这个问题需要进一步的讨论.

参 考 文 献

- 1 Tao W D, et al. Tradable discharge permit system for water pollution. *Environmental and Resource Economics*, 2002, 15(1): 27
- 2 Woodward R T, et al Structure and practice of water quality trading markets. *Journal of the American Water Resources Association*, 2002, 38(4): 967
- 3 刘舒生, 等. 国外总量控制下的排污交易政策. *环境科学研究*, 1995, 8(2): 56
- 4 祝兴祥, 等. 中国的排污许可证制度. 北京: 中国环境科学出版社, 1991
- 5 夏青. 水环境标准与排污许可证制度. *环境科学研究*, 1990, 3(3): 1
- 6 Ermoliev Y, et al. Markets for tradeable emission and ambient permits: A dynamic approach. *Environmental and Resource Economics*, 2000, 15(1): 39
- 7 Jansen H. Induced institutional change in the trade and environment debate. *Environmental and Resource Economics*, 2001, 18(2): 149
- 8 方子云. 环境水利学导论. 北京: 中国环境科学出版社, 1994
- 9 Jansen H. Induced institutional change in the trade and environment debate. *Environmental and Resource Economics*, 2001, 18(2): 149
- 10 Guertzen N, et al. Environmental policy, intra-industry trade and transfrontier pollution. *Environmental and Resource Economics*, 2000, 17(1): 59
- 11 张帆. 环境与自然资源经济学. 上海: 上海人民出版社, 1998
- 12 杨小凯. 经济学原理. 北京: 中国社会科学出版社, 1998