

# 排污监察博弈与随机优化聘约

殷国玺<sup>1</sup>, 徐 斌<sup>2</sup>, 金初阳<sup>3</sup>, 郭相平<sup>1</sup>

(1. 河海大学现代农业工程系, 江苏 南京 210098; 2. 河海大学商学院, 江苏 南京 210098;

3. 南京水利科学研究院勘测设计院, 江苏 南京 210024)

[摘要] 针对当前排污监察出现的问题, 提出了环境监察部门聘用环境监察员与排污单位之间的监察与反监察博弈观点, 建立了环境监察静态和动态博弈模型, 探求了不同条件下的那什均衡, 针对排污监察中的信息不对称问题, 论证了环境监察员随机优化收入结构, 对环境监察员的聘约提出建议。

[关键词] 排污监察; 博弈; 那什均衡; 随机优化

[中图分类号] O225

[文献标识码] A

[文章编号] 1003-9511(2006)02-0033-03

## 1 排污与环境监察

排污单位为减少污水处理费用, 可能排放未达标的污水。环境监察部门对污染环境的事件监察疏漏、查处不力时有发生。环境监察部门负责对危害环境的行为依法进行查处, 但实际上环境监察部门聘用环境监察员(以下简称监察员)监督、查处排污单位排污, 这就形成了监察员与排污单位监察与反监察的博弈。因此, 根据排污单位、监察员和环境监察部门之间的利益关系, 运用博弈理论<sup>[1-3]</sup>建立防止水污染的博弈模型<sup>[2,4-6]</sup>是必要的。由于环境监察部门难以掌握监察员的工作努力程度和执法力度, 在监督和查处污染环境的事件时, 监察员与环境监察部门之间的信息是不对称的, 容易导致监察员的道德风险。需要建立环境监察部门对监察员的有效激励聘约。

## 2 监察员与排污单位的博弈

### 2.1 博弈假设

在环境监察过程中, 为了运用博弈模型模拟监察员与排污单位的行为和利益得失, 对监察员和排污单位的动机与行为做以下假设。①监察员的待遇与所在岗位和级别挂钩, 同一岗位和级别的待遇基本相同。②由于环境监察部门难以准确掌握监察员工作努力的程度和对排污单位查处力度等信息, 在个人理性的基础上监察员将考虑个人利益最大化。

③如果监察员尽责查处, 必须努力工作而付出一定的“努力成本”, 同时会因与排污单位发生矛盾和冲突, 损失个人的社会关系而付出“斗争成本”。④在监察员不尽责查处的情况下, 排污单位因没有被查处节省了污水处理费, 在监察员尽力查处的情况下, 排污单位被罚款。⑤尽可能降低污水处理费用是排污单位的理性选择, 忽视超标排污的负外部性。因此, 有些排污单位在有机可乘的条件下选择超标排污。⑥排污单位没有被查处节省的污水处理费为  $a$ , 被查处后净损失为  $-b$ , 其中罚款额为  $\mu$ , 监察员不尽力的待遇为  $w$ 、尽力的待遇为  $w'$ , 监察员尽责工作付出的“努力成本”为  $h$ , 监察员付出的“斗争成本”为  $s$ 。显然:  $a > 0, w > 0, w' > w > 0, h > 0, s > 0, -b < 0, -b = \mu - a$ 。

### 2.2 静态博弈模型及纳什均衡

博弈双方作出各自的理性选择, 可以运用静态博弈模型, 博弈双方的得益矩阵:

		监察员	
		不尽力	尽力
排污单位	排污	$(a, w)$	$(-b, w' - h - s)$
	不排污	$(0, w)$	$(0, w' - h)$

图1 排污单位与监察员双方博弈得益矩阵

用划线法求解上述得益矩阵的纳什均衡: ①若监察员待遇固定( $w = w'$ ), 排污单位选择“排污”, 监察员选择“不尽力”(排污, 不尽力)是双方静态博弈唯一的纳什均衡。②若监察员“尽力”待遇高于

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(50309003); 河海大学科技创新基金重点资助项目(2084/405002)

[作者简介] 殷国玺(1962—), 男, 山东青岛人, 博士研究生, 主要从事农业水土工程和农村经济发展研究。

“不尽力”待遇 ( $w' - h - s > w$ ),且对排污处罚额超过节省的污水处理费时 ( $\mu > a$ ),排污单位选择“不排污”,监察员选择“尽力”(不排污,尽力)是双方静态博弈唯一的纳什均衡。

### 2.3 动态博弈模型及纳什均衡

实际上经常发生排污单位先造成环境污染,然后监察员进行查处,我们可以用动态博弈模型模拟双方的博弈。设计如下动态博弈的扩展式:

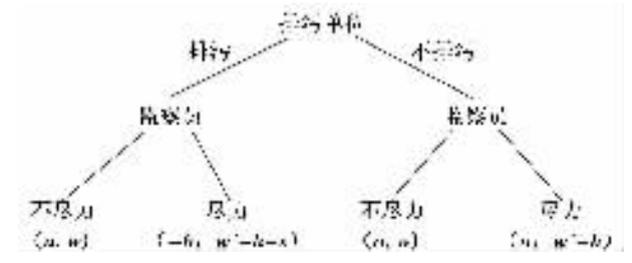


图2 动态博弈模型拓展式

用逆向归纳法求解动态博弈模型拓展式:①若监察员待遇固定 ( $w = w'$ ),得上述动态博弈的纳什均衡为(排污,不尽力)。②若监察员“尽力”待遇高于“不尽力”待遇 ( $w' - h - s > w$ ),监察员选择“尽力”,对排污处罚额超过节省的污水处理费时 ( $\mu > a$ ),排污单位选择“不排污”(不排污,尽力)是双方动态博弈的纳什均衡。动态博弈与静态博弈具有完全相同的纳什均衡。

在监察员固定待遇 ( $w = w'$ )机制下,监察员选择“不尽力”,不能履行环境监察部门的职责,排污单位选择排污。在监察员“尽力”待遇高于“不尽力” ( $w' - h - s > w$ )机制下,监察员选择“尽力”,排污单位只有选择“不排污”。因此,需要改变环境监察部门对监察员的岗位固定待遇聘用关系,设计一个使监察员“尽力”的有效激励聘用合同。

## 3 环境监察部门对监察员的随机优化聘约

### 3.1 监察员的随机优化收入结构

环境监察的影响因素很多,排污监管体制变动、法律法规的修订、排污单位外部环境和内部情况发生变化,都会对排污单位偷排污行为产生影响。由于何时何地发生偷排污行为是随机变化的,监察员在检查排污时,能否查出排污单位排污,一方面取决于其努力程度,另一方面受到外部随机因素的影响。为建立可操作聘用合同,需要考虑环境监察部门和监察员的风险类型,转换其风险收入为确定性等价收入。环境监察部门作为委托人,假定委托人是风险中性者,依据效应理论,环境监察部门的确定性收入等价于随机收入的均值。监察员作为代理人,假

定监察员是风险规避者,面临一定的风险成本,则监察员的确定性收入等价于随机收入的均值减去外部随机因素产生的风险成本。监察员最优激励收入结构:

假设  $p$  是均值为零、方差为  $r^2$  的正态分布影响排污单位偷排污水的外部随机因素:

$$E_p = 0, \text{Var}(p) = r^2 \quad (1)$$

假设  $a$  是代表监察员努力程度,  $k$  代表  $a$  对  $\mu$  影响程度的系数,监察员为环境监察部门查处的罚金用  $\mu$  表示,  $\mu$  与监察员的努力程度呈线性关系:

$$\mu = ka + p = ka \quad (2)$$

$q$  为监察员的绝对风险规避度量:

$$q = -\frac{v''}{v'} \geq 0 \quad (3)$$

假定监察员承担的风险成本用  $i$  表示。  $i$  与监察员查出的排污单位罚金分享比例  $\beta$  的平方成正比,外生随机因素的方差  $r^2$  越大,查出排污单位的不确定性越大,监察员承担的风险成本越大,  $i$  与  $r^2$  成正比;  $i$  与绝对风险规避度量  $q$  成正比。得监察员的风险成本

$$i = q\beta^2 r^2 \quad (4)$$

设  $s$  为环境监察部门付给监察员的激励报酬,激励方式考虑为线性合同:

$$s = \alpha + \beta\mu \quad (5)$$

$\alpha$  代表监察员的固定收入,  $\beta$  代表监察员查出排污单位罚金的分享比例。

环境监察部门获得查处排污的收入为:

$$\mu - s = ka - (\alpha + \beta\mu) = (1 - \beta)ka - \alpha \quad (6)$$

假设监察员努力的成本  $c$  可以用货币成本度量,  $b$  代表努力成本系数,努力的成本与努力程度的平方成正比,得

$$c = ba^2 \quad (7)$$

监察员检查排污的净收益为激励收益减努力成本和风险成本:

$$\bar{w} = s - c - i = \alpha + \beta ka - ba^2 - q\beta^2 r^2 \quad (8)$$

对(8)式求  $a$  的一阶偏导数为零,得监察员的最优努力水平,也就是环境监察部门对监察员激励相容约束:

$$a = \frac{\beta k}{2b} \quad (9)$$

设  $v$  为监察员可接受的最低收入水平,则最低收入约束为

$$\alpha + \beta ka - ba^2 - q\beta^2 r^2 \geq v \quad (10)$$

从而可以得出环境监察部门无法观测监察员努

力水平  $a$  的情况下的最优激励与风险分担合同,对环境监察部门来说,建立最优合同就是确定  $\alpha$ 、 $\beta$  值,即解下列最优化问题:

$$\max (1 - \beta)ka - \alpha \quad (11)$$

$$\text{s.t. } \alpha + \beta ka - ba^2 - q\beta^2 r^2 \geq v \quad (12)$$

$$a = \frac{\beta k}{2b} \quad (13)$$

(1)求解上述最优化问题中  $\alpha$ 。由(11)式得  $\alpha$  应等于零,将(13)中  $\beta$  代入(12)式,整理得

$$\alpha \geq v + \frac{4qa^2 b^2 r^2}{k^2} - a^2 b \quad (14)$$

分析(14)中参数,当查处排污的外部随机影响因素  $r^2$  越大,监察员固定收入部分  $\alpha$  占总收入的比重应越大;当监察员努力程度对查处排污的作用  $k$  越大,固定收入部分  $\alpha$  占总收入的比重应越小。

(2)求解上述最优化问题中  $\beta$ 。将最低收入约束和激励约束代入目标函数,对  $\beta$  求一阶导数为零,得

$$\beta = \frac{k^2}{k^2 + 4bqr^2} > 0 \quad (15)$$

分析(15)中参数,  $\beta > 0$ ,其含义是环境监察部门对监察员的最优激励聘用合同中,监察员除了应获得固定部分收入  $\alpha$  外,还应按一定比例  $\beta$  分享对排污单位的罚金。当查处排污的外部随机影响因素  $r^2$  越大,监察员对罚金  $\beta$  的分成比例应越小;努力成本系数  $b$  越大,监察员对罚金  $\beta$  的分成比例应越小;监察员努力程度  $a$  对查处排污罚金  $\mu$  的影响系数  $k$  越大,监察员对罚金提成比例  $\beta$  应越大。

(3)在对排污随机监察、信息不对称情况下,使监察员“尽力”的随机优化收入结构:

$$s = \alpha + \beta\mu \quad (16)$$

### 3.2 聘用合同期限

对排污单位的监察并非只进行一次,监察员与排污单位监察与反监察的博弈是反复进行的。将这一基本模型扩展为多阶段动态博弈,如果委托人和代理人保持长期的关系,那么帕累托一阶最优激励可以实现。根据概率论中的大数定理,长期聘用关系,外生的不确定性因素可以消除。尽管双方信息不对称,委托人可以相对准确地根据长期观测到的因素判断代理人的努力水平。引用重复博弈模型的结论,环境监察部门与监察员之间建立长期的聘用关系,能够更好地解决激励问题。

### 3.3 聘用合同中的隐性激励

环境监察部门给每个监察员的激励,不仅依据

于其绝对表现,还依赖于他在所有相关监察员中的业绩排名,即所谓的锦标制度,使委托—代理聘用关系重复多次情况下的隐性激励机制发挥作用。为了尽可能的避免代理人的道德风险,还可以建立类似“锦标加提升制度”的长期聘用合同条款。

## 4 结论

对排污单位进行随机监察、监察信息不对称情况下,通过建立博弈模型,分析了排污罚款额和监察员待遇的变化对那什均衡的影响。求证了监察员的随机优化收入结构,其聘用条款应包含以下要素。

(1)监察员的收入由两部分组成,固定收入部分和对排污罚款提成。当查处排污的外部随机影响因素的方差越大,固定收入部分占总收入的比重应越大,监察员对罚金的分成比例应越小。监察员努力程度对查处排污的影响越大,监察员对罚金提成比例应越大,固定收入部分应越小。监察员努力程度对形成的个人努力成本越大,监察员对罚金的分成比例应越小,说明监察部门应加强排污监管手段的现代化建设。

(2)加大对排污单位的处罚力度,对排污的处罚额远远大于排污节省的污水处理费,降低排污单位的排污期望得益。

(3)对监察员实行优劳优酬待遇,定期对监察员的工作业绩排名,实行首位奖励、末位降薪。

(4)环境监察部门与监察员之间建立长期的聘用关系。

(5)监察员的岗位提升与工作业绩直接挂钩。

### [参考文献]

- [1]张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海:上海人民出版社,1996.
- [2]王韬,周建军,胡新明. 契约博弈论在税收活动分析中的运用[J]. 涉外税务,2000(9):9-12.
- [3]王永生,慕庆国. 安全监察的博弈模型研究[J]. 企业经济,2004(4):53-54.
- [4]王劲颖. 博弈论在税收管理中的运用[J]. 现代经济探讨,2000(3):58-60.
- [5]岳树民,冯菱君. 税收优化的分析博弈[J]. 税务与经济,2001,114(1):27-29.
- [6]LOCKWOOD B. Can international commodity tax harmonization be Pareto-improving when governments supply public goods? [J]. Journal of International Economics, 1997(43):387-408.

(收稿日期 2005-12-06 编辑 徐广生)