

# 基于委托 - 代理机制的电力企业污染治理研究

周文兴,周特立,杨建西

(重庆大学 经济与工商管理学院,重庆 400030)

**摘要:** 本文将 Holmstrom-Milgrom 模型运用到电力企业环境治理分析中,并在模型中植入了代表电力企业改善环境的边际效率的新变量,然后比较了具有不同治污效率的企业的最优确定性等价收入、治污努力水平、总代理成本。在理论模型的基础上进行模拟,得出以下结论:信息不完全降低了电力企业的治污努力水平;电力企业的治污效率越高,其代理成本对监督风险水平的变动越敏感。基于上述结论,给出了相应的政策建议。

**关键词:** 电力企业;委托 - 代理;环境治理;机制设计

**中图分类号:** F276 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002 - 980X(2010)01 - 0044 - 04

## 1 研究背景

电力行业作为我国的基础产业,其健康发展对我国工业增长、资源节约和环境保护有着至关重要的作用<sup>[1]</sup>,但是,电力行业对环境造成的污染日趋严重,已成为主要污染源之一。2001—2006 年间,电力部门 SO<sub>2</sub> 排放量占总排放的比例由约 50% 增至 63%<sup>[2]</sup>,预计 2010 年 SO<sub>2</sub> 排放将占总排放量的 65%~70%<sup>[3]</sup>。由此可见,电力行业的发展与环境保护之间将存在长期而又尖锐的矛盾。

如何实现电力与环境协调发展一直是政府和学术界非常关心的课题。为了将火力开发与环境保护的“冲突关系”转化成相互配合的“伙伴关系”,政府在制定政策时所采取的方法正从传统的排放物的命令控制方法(command-and-control, CAC)向激励控制方法(incentive-and-control, IAC)转变。而学术界的研究方法也经历了从一般均衡理论到信息经济学,再到两者相结合的发展历程。以一般均衡理论为基础的庇古税制,在实践中取得了很好的运用,但由于完全竞争假设条件太强<sup>[4]</sup>,以及电力企业环境治理中信息不完全问题的存在,因此其在企业污染治理中的运用受到制约。信息经济学和机制设计理论的快速发展为解决环境污染治理问题提供了新的研究视角。Dasgupta 和 Maskin 认为用机制设计理论能够在不完全信息条件下的污染控制达到帕累托最优水平<sup>[5]</sup>。Xepapadeas 认为,如果个体污染

源的净排放物难以监视,那么对排放物收费、排量限制或者对减少的排放物给予补偿等措施不能实现环境政策理想效果,但通过在污染环境监督者和个体污染源之间构建一种契约,这种契约包括罚金和补贴机制,则能够诱导污染排放者在没有监测的条件下实施最优的治污政策<sup>[6]</sup>。由此可以看出,用委托 - 代理理论来解决环境监管部门和电力企业之间的信息不对称问题是很有帮助的。环境监管部门不能有效地监控所有电力企业的排污量和治污的努力水平,只能观测到总体污染水平(有偏差的观察),并依此给予治污行为提供补偿。监督者的观察偏差助长了电力企业隐瞒自己的排污行为和污染治理努力的动机,如果没有有效的激励机制,电力企业污染环境的状况将进一步恶化。

国内学者马严<sup>[7]</sup>提出了一种委托 - 代理框架,认为在环境监管部门和排污企业之间存在代理关系,排污企业委托代理人治理污染,环境监管部门监管治理污染过程和结果,并把收益付给代理人,结果表明,委托 - 代理机制是企业治污的低成本高效率的机制。陈德湖等<sup>[8]</sup>分析了环境治理中的道德风险以及相应的激励机制,给出了委托人风险中性和风险厌恶下的最优契约。本文将参数化 Holmstrom-Milgrom<sup>[9-10]</sup>运用到电力企业的环境治理中,并将电力企业改善环境的边际产出率,即企业类型的参数植入模型中。在环境监管者具有风险中性和电力企业具有绝对风险规避的效用函数特征下进行建

收稿日期:2009 - 11 - 22

基金项目:国家自然科学基金国际合作项目“西部能源开发中电能与环境协调监管机制研究”(90510016)

作者简介:周文兴(1967—),男,重庆人,重庆大学经济与工商管理学院副教授,经济学博士,研究方向:电力与环境协调机制研究;周特立(1984—),男,湖南人,重庆大学经济与工商管理学院应用经济系产业经济学硕士研究生,研究方向:激励机制研究;杨建西(1983—),男,河南人,重庆大学经济与工商管理学院应用经济系产业经济学硕士研究生,研究方向:产业结构与公司治理。

目前,中国至少 75% 的电力生产使用化石燃料,45% 的空气污染来自发电。

模,然后对模型进行模拟分析,并在此基础上提出相应的政策建议。

## 2 基于委托-代理的电力企业污染治理模型

### 2.1 基本假设及参数设定

假设1:电力企业治理污染的成本函数为  $c(e) = e^2/2$  ( $e \in [0,1]$ ;  $> 0$ )。 $e$ 表示电力企业治理污染的努力程度,越趋近于1则表示其努力水平越高;

代表污染治理成本系数,值越大,表示在同样的努力水平  $e$  将带来更大的成本<sup>[11]</sup>。

假设2:电力企业污染治理的环境改善函数  $x = ke$ ,  $k$ 表示治理环境的边际效率,度量企业污染治理的效率;环境监督者对排污进行检测,检测量  $\omega$ 是电力企业治污努力程度的函数,即  $\omega = x + \epsilon = ke + \epsilon$ ,其中  $\epsilon$ 服从正态分布,表示由环境监控设备先进程度和环境监督者态度造成的监控误差。

假设3:环境监管者向电力企业提供线性合同  $s(\omega) = \alpha + \beta\omega$ ,  $\alpha \in [0,1]$ ,是环境监管者向电力企业提供的固定收入, $\beta$ 表示电力企业从检查到的环境改善中得到的份额,即污染治理每改善一单位,报酬增加  $\beta$ 单位。

假设4:环境监管者是风险中性的, $v$ 表示为环境监管者的效应函数,其边际效用  $v'$ 为常数,则委托人的期望效用为

$$E v(\alpha + \beta s(\omega)) = v\{E[\alpha + \beta(\omega)]\} = (1 - \beta)ke - \beta^2 \sigma^2 / 2 \quad (1)$$

假设5:电力企业为风险规避者,一般企业在面对不确定收入时表现出风险规避的特征,假设其效用函数是常绝对风险规避函数,即  $u(w) = -e^{-\lambda w}$ ,其中  $\lambda$ 是绝对风险规避系数, $w$ 是实际货币收入,结合前文,实际收入可以表示为

$$w = s(\omega) - c(e) = \alpha + \beta(ke + \epsilon) - \frac{e^2}{2} \quad (2)$$

下面,我们引入“确定性等值”(certainty equivalent,  $CE$ )的概念。 $CE$ 是一个完全的收入量,在此收入水平上所对应的效应水平等于不确定条件下期望的效应水平,即满足  $E u(w) = u(CE)$ <sup>[12]</sup>。

$$\text{可得 } CE = x = \alpha + ke - \frac{1}{2} \sigma^2 - \frac{e^2}{2} \quad (3)$$

证明过程参见附录。

令  $\omega$ 为代理人的保留收入,则当确定性等价收入  $CE < \omega$ 时,理性的电力企业将不接受合同。故电力企业的参与约束为:

$$\alpha + ke - \frac{1}{2} \sigma^2 - \frac{e^2}{2} \geq \omega \quad (4)$$

### 2.2 完全信息下的最优合同

在完全信息条件下,环境监管者能够观测到电力企业的努力程度,激励约束将不起作用,任何水平的  $e$  都符合个人理性。因此,环境监管者提供的契约就是选择  $(\alpha, \beta)$  和  $e$  解下列最优化问题:

$$\max_{\alpha, \beta, e} E v = \alpha + (1 - \beta)ke; \quad (5)$$

$$s. t. (IR) \quad \alpha + ke - \frac{1}{2} \sigma^2 - \frac{e^2}{2} \geq \omega \quad (6)$$

因为在最优情况下,参与约束的等式成立, $\omega$ 是给定的,最优化的一阶条件得到:

$$e^* = \frac{k}{\lambda}, \quad \alpha^* = 0 \quad (7)$$

将上述结果代入代理人的参与约束(5)得:

$$\alpha^* = \omega + \frac{1}{2} (e^*)^2 = \omega + \frac{k^2}{2} \quad (8)$$

这是帕累托最优合同,由于环境监管者为风险中性,代理人为风险规避,因此帕累托最优风险分担要求电力契约不承担任何风险,即  $\beta = 0$ ,在此条件下努力水平  $e^*$  为电力企业最优努力水平,因为环境监管者努力的边际收益为  $MR = k$ ,而努力的边际成本  $MC = e$ ,最优努力水平的充要条件为:  $MR = MC \Rightarrow k = e \Rightarrow e = \frac{k}{\lambda} = e^*$ 。

### 2.3 不完全信息环境下的最优委托-代理关系

当努力水平  $e$  不可观测时,双方处于不完全信息状态下。电力企业选择的努力水平要满足边际收益等于边际成本,即  $s'(\omega) = c'(e)$ ,从而环境监管者提供的最优合同  $(\alpha, \beta)$  要满足式(5)、式(6)和由  $s'(\omega) = c'(e)$  得到的  $e = k/\lambda$ 。此时的最优解,等同于将  $e = k/\lambda$  代入式(7),有:

$$\max_{\alpha, \beta} \frac{k^2}{2} - \frac{\sigma^2}{2} - \frac{k^2}{2} \quad (9)$$

解式(9)得:

$$\beta = \frac{k^2}{k^2 + \sigma^2} > 0 \quad (10)$$

此时的最优努力水平为:

$$e = \frac{k}{\lambda} = \frac{k^3}{(k^2 + \sigma^2)} < \frac{k}{\lambda} = e^* \quad (11)$$

在电力企业的效用函数为常绝对风险规避函数时,由于监管者与电力企业之间信息不对称,因此导致电力企业减少污染的努力降低,当电力企业污染减排量不能准确反映电力企业努力程度时,如  $\sigma^2$  增大,同样导致努力水平减少。通过比较发现,期望产出的净损失为:

$$E \Delta = k e = k(e^* - e) = k[\frac{k}{\lambda} - \frac{k^3}{(k^2 + \sigma^2)}] = \frac{k^3}{(k^2 + \sigma^2)} > 0 \quad (12)$$

电力企业完全信息与信息不完全下最优努力水

平的改变而引起的成本改变量为:

$$c = c(e^*) - c(e) = \frac{k^2 z^2 (2k^2 + z^2)}{2(k^2 + z^2)^2} \quad (13)$$

风险成本为:

$$RC = \frac{1}{2} z^2 z^2 = \frac{z^4}{2(k^2 + z^2)^2} > 0 \quad (14)$$

所以总代理成本为:

$$AC = RC + (E - c) = \frac{k^2 z^2}{2(k^2 + z^2)} > 0 \quad (15)$$

从式(15)中可以看出,由于存在不完全信息,监管者对电力企业的激励成本和风险成本增加,因此使得电力企业的总代理成本增加,没有激励去达到最优努力程度。

### 3 模型模拟及分析

运用 Matlab 对植入电力污染治理效率参数  $k$  的静态 Holmstrom-Milgrom 模型进行模拟,设定参与约束  $w = 0, \theta = 1$ ,用  $z = z^2$  表示企业面对的风险水平。在上文的设定条件下,将式(11)的结果代入式(3)得到模拟图 1,即得到努力水平与确定性等价收入之间关系;图 2 是式(15)的模拟图,反映了风险水平与代理成本之间的关系。

图 1 中 3 条抛物曲线代表 3 类不同治理效率的电力企业的确定性等价收入。从图可以看出,努力程度都为  $e$  时,效率高的企业确定性等价收入越高,因而能够增强高效率企业改善环境的动机。图中 A、B、C 三点为这 3 条抛物线的顶点,表示电力企业确定性收入最大点,对应的努力水平分别为 0.845、0.535 和 0.175,小于电力企业在完全信息条件下取得最大确定性收入时的努力水平 0.9、0.6 和 0.3。因此在信息不完全的条件下,不同治污效率企业的最优努力水平会受到扭曲。政府在激励企业进行减排的过程中,仅有好的激励措施是不行的,还必须要有个完善的、能够对电力企业的排污行为进行有效地监控的监督机制,这样才能达到政策的最优效果。

图 2 中 3 条曲线显示 3 类不同治理效率的电力企业在风险水平提高时,总代理成本也随之上升,同时从曲线的斜率可以看出,治理污染效率越高的企业对风险水平的敏感程度越高。表明在监督不完善的条件下,利益损害最大的是那些治理污染效率高的企业,当风险达到一定的程度时不会引起低效率企

业的代理成本的上升。如果不同治污效率企业 相同时(假定 1),这样将会导致某些高效率的电力企业通过减小努力水平,来降低其代理成本,从而获得更多的利益。因此,风险水平  $z$  越高,将导致越多的企业通过模仿低效率企业而获得信息租金,有点类似于柠檬市场中的逆向选择行为<sup>[13]</sup>。如现有的关闭“五小”型企业的政策,对高效能企业获取信息租金行为能够起到很好的防范作用。

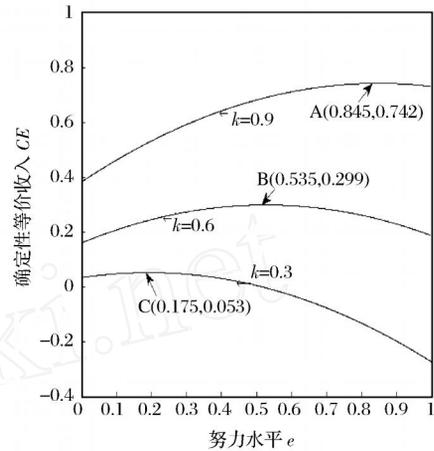


图 1 努力水平与确定性等价收入的关系图

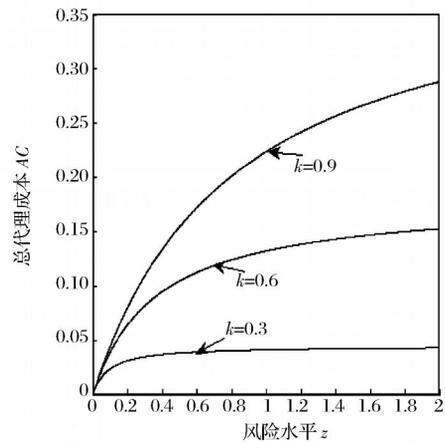


图 2 风险水平与代理成本关系图

### 4 结论

本文将环境治理效率参数  $k$  植入静态 Holmstrom-Milgrom 模型,并对其进行了模拟分析,结果表明:在环境监管者对电力企业努力程度存在信息不对称的情况下,电力企业最优努力小于帕累托最优水平;在监督不完善条件下,污染治理效率高的企业对监督风险的敏感程度比治理效率低的企业高。因

由式(7)可以得到。

“五小”企业是指小电厂、小水泥厂、小钢铁厂、小造纸厂等生产规模小、能耗高、工艺简单、产品质量差、设备落后、环境污染严重的小型工业企业,属国家明令淘汰的对象。

此,在治理环境的过程中,仅有激励机制是不能达到预期的效果的,还需要从减小电力企业面对的风险着手,以达到降低代理成本,尤其是降低高效率企业的代理成本的目的。要消除或减少上述问题,可以从两方面考虑,一方面,减小电力企业的风险厌恶系数,转移企业在治理污染过程面对的部分风险,具体措施如对电力企业设立专项绿色信贷、绿色税收、绿色保险等,为企业做好保障工作,另外要加大对电力部门节能减排宣传力度,从客观上和主观上增强电力企业节能减排行动的积极性;另一方面,减少监控误差(即 $\sigma^2$ )对电力企业排污结果的影响,如通过安装先进的污染监控设备和规范环境监督者的职业行为,规避电力企业与环境监督者之间的寻租行为。

附录:

由于  $EU = u(CE)$ , 又因电力企业效用函数  $u(w) = -e^{-\alpha w}$ , 所以有  $-e^{-\alpha CE} = \int -e^{-\alpha w} f(w) dw$ 。其中,  $f(w)$  为  $w$  的密度函数。故  $-e^{-\alpha x} = -e^{-\alpha [l + (ke - \frac{\sigma^2}{2}) - \frac{1}{2} \sigma^2]} g(\cdot) d = -e^{-\alpha (l + ke - \frac{\sigma^2}{2})} e^{-\alpha (\cdot - \frac{\sigma^2}{2})} g(\cdot) d = -A e^{-\alpha (l + ke - \frac{\sigma^2}{2})} e^{-\alpha \cdot^2 / 2} d$ 。

其中,  $g(\cdot) = A e^{-\alpha (\cdot - \frac{\sigma^2}{2})^2}$  是 的正态分布密度函数。因此有

$$\begin{aligned} -e^{-\alpha x} &= -A e^{-\alpha (l + ke - \frac{\sigma^2}{2}) + \frac{1}{2} \alpha \sigma^2} e^{-\alpha (\frac{\sigma^2}{2} + \frac{\sigma^2}{2})^2} d = \\ &= -A e^{-\alpha [l + ke - \frac{\sigma^2}{2} - \frac{1}{2} \alpha \sigma^2]} \sqrt{2} e^{-\alpha (\frac{\sigma^2}{2} + \frac{\sigma^2}{2})^2} d(\frac{\sigma^2}{2} + \frac{\sigma^2}{2}) = \\ &= -\sqrt{2} A e^{-\alpha (l + ke - \frac{\sigma^2}{2} - \frac{1}{2} \alpha \sigma^2)} e^{-\alpha y^2} dy。 \end{aligned}$$

又因  $1 = \int g(\cdot) d = \int A e^{-\alpha (\frac{\sigma^2}{2})^2} d = \sqrt{2} A \int e^{-\alpha y^2} dy$ , 故  $\int e^{-\alpha y^2} dy = \frac{1}{\sqrt{2} A}$ 。即有

$$\begin{aligned} -e^{-\alpha CE} &= e^{-\alpha (l + ke - \frac{\sigma^2}{2} - \frac{1}{2} \alpha \sigma^2)}, \text{ 则确定性等价收入 } CE \\ &= l + ke - \frac{1}{2} \sigma^2 - \frac{1}{2} \alpha \sigma^2。 \end{aligned}$$

参考文献

- [1] 侯建朝,谭忠富,谢品杰. 中国能源消费与经济关系的动态关系研究[J]. 技术经济,2008,27(12):76-80.
- [2] 任玉珑,王恒炎. 电力工业环境污染问题的博弈分析[J]. 环境科学与管理,2008,33(10):30-32.
- [3] 林伯强. 电力短缺、短期措施与长期战略[J]. 经济研究,2004(3):28-36.
- [4] BARNETT A H. The pigovian tax rule under monopoly [J]. American Economic Review,1980,70:1037-1041.
- [5] DASGUPTA P, HAMMOND P, MASKIN E. On imperfect information and optimal pollution control[J]. The Review of Economic Studies,1980,47(5):857-860.
- [6] XEPAPADEAS A P. Environmental policy under imperfect information:incentives and moral hazard [J]. Journal of Environmental Economics and Management,1991,20(2):113-126.
- [7] 马严,沈学优,林道辉. 企业治污的委托-代理机制初探[J]. 环境污染与防治,2000,22(4):17-19.
- [8] 陈德湖,蒋馥. 环境治理中的道德风险与激励机制[J]. 上海交通大学学报,2004,38(3):466-469.
- [9] HOLMSTROM B, MILGROM P. Aggregation and linearity in the provision of intertemporal incentives[J]. Econometrica,1987,55(2):303-328.
- [10] 让雅克·拉丰,大卫·马赫蒂摩. 激励理论:委托代理模型(第一卷)[M]. 北京:中国人民大学出版社,2002:321-365.
- [11] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海:上海人民出版社,1996:418-440.
- [12] 平新乔. 微观经济学十八讲[M]. 北京:北京大学出版社,2001:63-64.
- [13] AKERLOF G. The market for Lemons: qualitative uncertainty and the market mechanism[J]. Quarterly Journal of Economics,1970,84:488-500.

Research on Pollution Control of Power Enterprises Based on Principal-Agent Mechanism

Zhou Wenxing, Zhou Teli, Yang Jianxi

(College of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** This paper applies Holmstrom-Milgrom model to the analysis on environment management of China's power enterprises, and introduces a new variable, namely the marginal efficiency of environmental improvement of power enterprises into this model. Then, it compares optimal certainty-equivalent revenue, effort level of controlling pollution and total agent cost of power enterprises with different efficiency of controlling pollution. It draws the following conclusions based on the theoretical model: the incomplete information causes the fall of pollution control effort of power enterprises; the higher the efficiency of controlling pollution of power enterprises, the more sensitive the total agent cost for the level of monitoring risk. Finally, it gives some corresponding policy recommendations.

**Key words:** power enterprise; principal-agent; environmental governance; mechanism design

