

地区环境污染的监管模型与流程设计

曹黎侠

(西安工业大学理学院, 陕西 西安 710032)

摘要: 为了保证排污治污政策的有效性和可操作性, 为企业的排污和政府的监管提供合理化的建议和定量化的结果, 文中以企业和政府在各种策略下的收益为出发点, 建立了地区污染监管的博弈模型, 给出了政府监管的最佳概率和企业排污的最佳概率, 使博弈双方达到了混合策略纳什均衡。基于污染治理的博弈结果, 对政府治污的监管流程进行了深入的研究和设计; 当达到排污与监管的博弈均衡时, 增收增产税和增收惩罚金的方式, 对政府监管的概率影响不大, 也就是相对稳定; 而企业生产改变量差异较大, 增收增产税法使企业具有更大的生产自主性。仿真示例结果表明, 污染监管控制模型和流程设计是有效可行的, 具有可操作性。

关键词: 环境污染; 博弈论; 纳什均衡

中图分类号: O225

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2014)04-0200-03

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2014.04.051

Design of Regulation Model and Process of Regional Environmental Pollution

CAO Li-xia

(College of Sciences, Xi'an Technological University, Xi'an 710032, China)

Abstract: To ensure the effectiveness and operability of the pollution control policy, and provide the rationalization recommendations and quantification of the results for sewage and regulators, establish a model game of regional pollution treatment and solution algorithm. Starting point to the enterprises and government's revenue in a variety of strategies, give the best probability of government regulation and enterprises sewage, making the game's two sides reached a mixed strategy Nash equilibrium. Based on the game results of pollution treatment, conducted in-depth research and design on the government to prevent water pollution monitoring mechanism. When reaching game equilibrium of sewage and supervision, the methods of increase yield taxes and income punishment gold, have little probability of impact of government regulation, which is relatively stable; and the amount of production change are quite different, the increase yield taxes has greater production autonomy than the income punishment gold to enterprises. Example of algorithms results show that pollution regulation's game model and mechanism design are feasible and effective, with operability.

Key words: environmental pollution; game theory; Nash equilibrium

0 引言

随着社会经济的飞速发展, 环境污染日益受到人们的关注。通常情况下, 政府通过征收排污税、颁布排污标准等来治理污染^[1], 但是往往会存在这样那样的问题。文献[2]指出, 其根本原因就在于环境污染治理中投资总量不足、投资结构不合理, 也就是投资机制不健全。文献[3]给出了整体社会福利最大化目标下的污染治理最优解, 通过地方政府间博弈分析说明地方政府自身无法通过合作来实现环境污染的治理, 此时只有中央政府给予干预。文献[4]建立了政府环境

监管部门与生产排污企业之间一类监督博弈的动力学行为及惩罚策略机制, 博弈双方的合作不仅仅有利于总体获益的提高, 也能降低污染排放, 降低污染水平。

遗憾的是, 以上所有的研究都只是一些宏观的策略性的研究, 而对于具体的地方政府治污和监管企业排污缺乏可操作性。因此, 以监管可操作性为视角, 使企业与政府的效益和企业的生产量直接挂钩, 建立地方政府与企业之间监管与排污的博弈模型, 并根据均衡结果确定政府监管的力度。由于企业实际生产量与计划生产量往往会不一致, 为了政府监管的稳定性, 进

收稿日期: 2013-05-23

修回日期: 2013-08-26

网络出版时间: 2014-01-07

基金项目: 陕西省社会科学基金项目(12K083); 西安工业大学校长基金项目(XAGDXJJ1228)

作者简介: 曹黎侠(1971-), 女, 陕西西安人, 副教授, 硕士, 研究方向为信息管理与信息技术、运筹学优化、决策分析及智能优化等。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140107.1723.044.html>

行了污染监管的流程设计。

1 地区污染监管的博弈模型

1.1 模型成立的假定条件

- 为研究问题方便,引入以下变量:
- (1) $Y(x)$ 为企业的实际利润,是生产量 x 的可导函数;
 - (2) C 为企业排污时,如果政府检查,企业所具有的心理成本,是常量;
 - (3) $G(x)$ 为企业排污所造成的污染对社会利益的损害,是生产量 x 的连续函数;
 - (4) $T(x)$ 是企业向政府缴纳的税额,是生产量 x 的函数;
 - (5) F 是政府检查成本,为常量;
 - (6) $W(D)$ 是政府对企业排污所收取的罚款金额,是企业环境污染的评估结果 D 的函数;
 - (7) X 是企业产品的社会效益,为随机变量,其数学期望为 $E(X) = \sum_{i=1}^4 X_i p_i$, X 的概率分布如下:

社会效益 X_i	差	一般	满意	非常满意
	65	75	85	95
p_i	p_1	p_2	p_3	p_4

- (8) $TLC(\Delta x)$ 为企业的成本函数,是生产量 Δx 的拟凹函数;
- (9) ρ 是企业的利润率,为常量。

1.2 模型的建立与求解

博弈的局中人是政府和企业,为了简化问题,设政府的策略是检查或不检查,企业的策略是排污或不排污。则企业和政府双矩阵博弈的支付矩阵如表 1 所示。

表 1 政府和企业的收益矩阵

	企业	
	排污	不排污
	检查	不检查
政府	$T(x) + W(D) - F, Y(x) - T(x) - W(D) - C$	$T(x) - F, Y(x) - T(x)$
	$T(x) - G(x), Y(x) - T(x) + G(x)$	$T(x), Y(x) - T(x)$

对企业而言,在政府分别以概率 q 和 $1 - q$ 选择策略检查和不检查时,企业选择排污和不排污时的期望收益分别为:

$$\begin{aligned} E_1(q, 1) &= (Y(x) - T(x) - W(D) - C)q + (Y(x) - T(x) + G(x))(1 - q) \\ E_1(q, 0) &= (Y(x) - T(x))q + (Y(x) - T(x))(1 - q) = Y(x) - T(x) \end{aligned}$$

当 $E_1(q, 1) = E_1(q, 0)$ 时,

$$q^* = \frac{G(x)}{W(D) + C + G(x)} \tag{1}$$

q^* 为政府监管的临界概率,在 x 和 D 确定情况下:当 $q > q^*$ 时, $E_1(q, 1) < E_1(q, 0)$, 企业将选择不排污;

当 $q < q^*$ 时, $E_1(q, 1) > E_1(q, 0)$, 企业将选择排污。

对政府而言,在企业分别以概率 p 和 $1 - p$ 选择策略排污和不排污时,政府选择检查和不检查时的期望收益分别为:

$$\begin{aligned} E_2(1, p) &= (T(x) + W(D) - F)p + (T(x) - F)(1 - p) \\ E_2(0, p) &= (T(x) - G(x))p + T(x)(1 - p) \end{aligned}$$

当 $E_2(1, p) = E_2(0, p)$ 时,

$$p^* = \frac{F}{W(D) + G(x)} \tag{2}$$

p^* 为企业排污的临界概率,在 x 和 D 确定情况下:当 $p > p^*$ 时, $E_2(1, p) > E_2(0, p)$, 政府将选择检查;

当 $p < p^*$ 时, $E_2(1, p) < E_2(0, p)$, 政府将选择不检查。

由此可见,政府分别以 $(q^*, 1 - q^*)$ 的概率选择检查和不检查,企业分别以 $(p^*, 1 - p^*)$ 的概率选择排污和不排污,博弈就达到了纳什均衡。

2 政府对企业排污监管的进一步研究

根据上述博弈结果,政府的最优检查概率 q^* 和企业最优排污概率 p^* 都与企业生产量 x 有关。企业为了盈利,必要时生产量 x 会改变,通常情况下政府通过增收增产税、给予惩罚金等对企业的生产量的改变量进行控制,以稳定和平衡政府的监管机制。

2.1 增收增产税的确定

当企业生产增量为 Δx 时,设政府监管概率的改变量为 Δq , 设政府对企业的增产税为: $C \frac{E(X)}{D} \Delta x \times \Delta q$ 。

政府和企业各自的收益的改变量分别如式(3)、式(4)所示:

$$\begin{aligned} U(\Delta x, \Delta q) &= C \frac{E(X)}{D} \Delta x \times \Delta q - \Delta q \times F \tag{3} \\ V(\Delta x, \Delta q) &= \rho \times TLC(\Delta x) - \frac{CE(X)}{D} \Delta x \times \Delta q \tag{4} \end{aligned}$$

显然,式(3)对于任何 Δx 都是 Δq 的拟凹连续函数,式(4)对于任何 Δq 都是 Δx 的拟凹连续函数,则该博弈模型有纯策略纳什均衡解^[5-10];由式(5)

$$\begin{cases} \frac{\partial U}{\partial \Delta q} = C \frac{E(X)}{D} \Delta x - F = 0 \\ \frac{\partial V}{\partial \Delta x} = \rho \frac{\partial TLC(\Delta x)}{\partial x} - \frac{CE(X)}{D} \Delta q = 0 \end{cases} \tag{5}$$

得驻点 $(\Delta x^*, \Delta p^*)$ 为博弈的纳什均衡解。

由此可知,当企业的生产改变量为 Δx^* 时,在政府的现行监管政策下企业的盈利最大;

当政府对企业排污的最佳检查概率为 q^* 时,只要将检查概率的改变量控制在 Δq^* ,能够很好地应对企业生产量的改变。

2.2 增收惩罚金的确定

政府可以要求企业年底申报下一年度的月生产量计划,并给出惩罚因子

$$f(x) = \frac{x}{x_0} W(D) \tag{6}$$

其中, x 表示企业实际生产量; x_0 表示企业计划生产量。

并且规定:
(1) 当 $Y(x) < 0$ 时,企业不会增大生产量;当 $Y(x) \geq 0$ 时,企业不会减少生产量;
(2) 企业实际生产量与计划生产量不同时,需要

额外向政府缴纳罚金 $f(x) = \frac{x}{x_0} W(D)$ 。

因此企业实际生产量 x 的临界值满足

$$f(x) = Y(x) - Y(x_0), \text{即 方程}$$
$$Y(x) = Y(x_0) + \frac{W(D)}{x_0} x \tag{7}$$

采用牛顿迭代法^[11-12] 求出 x^* ,为企业生产量的临界值。

当政府对企业排污监管的概率为 $q^*(x_0)$,企业生产量的改变量不超过 $|x^* - x|$ 。

3 地区环境污染监管的流程设计

根据上述研究结果,政府对企业污染治理与监管的流程为:

- ①通过调研,确定企业心理成本 C 、企业环境污染的评估结果 D 、企业利润率 ρ 和月生产量 x_0 ,政府监管成本 F ;
- ②由企业生产经营及政府监管的实际情况,给出函数 $Y(x)$ 、 $G(x)$ 、 $T(x)$ 、 $W(D)$;
- ③通过调查问卷,确定企业产品的社会效益 X 及其概率分布;
- ④建立企业与政府排污、治污的博弈模型,收益矩阵如表 1 所示;
- ⑤由式(1)、(2)、(5)、(7)可得: $q^*, p^*, (\Delta x^*, \Delta q^*)$ 和 x^* ;
- ⑥政府根据企业产品的社会效益 X 确定污染监管的方式是向企业增收增产税,还是要求企业缴纳惩罚金;并且按照 q^* 和 Δq^* 的概率进行排污监管;并且对企业产品的社会效益 X 期望值较高的企业,采用增收增产税的方式进行监管;否则,选择惩罚金的方式。

4 仿真实例

设 $F = C = 10, D = 85, x_0 = 0.32, \rho = 0.002$;
 $Y(x) = 9x - (x^3 + 2x + 2.125)$;
 $T(x) = 20\% Y(x) + C$;
 $G(x) = e^{cx}$;

$$W(D) = \begin{cases} 0 & D \geq 90 \\ 10x_0 & 80 \leq D \leq 89 \\ 1\,000x_0 & 70 \leq D \leq 79 \\ \infty & D \leq 69 \end{cases};$$

X 的概率分布为:

X_i	65	75	85	95
P_i	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{17}{60}$

$TLC(\Delta x) = \Delta x^3 - 60\Delta x^2 + 130\Delta x$

按照政府的监管流程,把上述函数及常量代入相应的算式可得:

$q^* = 0.650\,2, p^* = 0.360\,6; (\Delta x^*, \Delta q^*) = (1.054, 0.014); x^* = 0.315$

也就是说,当企业的计划生产量为 0.32 单位时,政府最佳监管概率为 0.650 2,企业最佳排污的概率为 0.360 6;此时由增收增产税的确定可得,企业的生产量改变为 1.054 单位,政府的监管最佳概率改变量为 0.014 时,双方达到博弈均衡;根据增收惩罚金量的确定,在政府监管最佳概率不变时,企业实际生产增量为 $|0.315 - 0.320|$,企业收益最大。

5 结束语

政府对污染的监管和监管流程设计是污染治理的关键环节,文中建立了企业和政府的排污与监管的博弈模型,给出了政府监管的最佳概率和企业排污的最佳概率;模型及求解结果在地区环境污染的治理与监管中易于操作和实现。并在此研究基础之上进行了地区环境污染监管流程设计,通过向企业增收增产税、惩罚金的方式来实现。算法示例结果表明,监管的博弈模型和机制设计是有效可行的;当达到排污与监管的博弈均衡时,两种方式对政府监管的概率影响不大,也就是相对稳定;而企业生产改变量差异较大,增收增产值税的方式使企业具有更大的自主性和收益性。

参考文献:

[1] 任保平,宋宇. 微观经济学[M]. 北京:科学出版社, 2009:313-318.
[2] 翟春宝. 关于贵州省环境污染治理投资的分析与思考[J]. 环保科技, 2011, 17(4): 1-4.
[3] 崔亚飞,刘小川. 中国地方政府间环境污染治理策略的博弈分析-基于政府社会福利目标的视角[J]. 理论与改革, 2009(6): 62-65. (下转第 206 页)

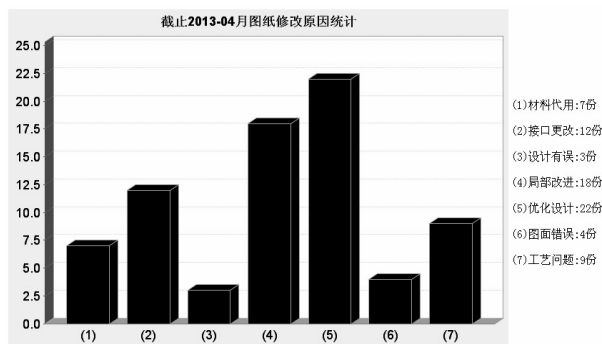


图5 图纸修改原因统计图

2) 修改工程目录中的 web.xml 文件, 加入对 Servlet 的配置。该项目主要修改内容如下:

```
<servlet>
<servlet-name>DisplayChart</servlet-name>
<servlet-class>org.jfree.chart.servlet.DisplayChart</servlet-
class>
</servlet>
<servlet-mapping>
<servlet-name>DisplayChart</servlet-name>
<url-pattern>/servlet/DisplayChart</url-pattern>
</servlet-mapping>
```

3) 在 JSP 页面中引入 JFreeChart 相关类, 如 org.jfree.chart. JFreeChart、org.jfree.data. CategoryDataset、org.jfree.chart.plot. CategoryPlot 等。

4) 编写柱状图生成程序代码。JFreeChart 提供了灵活丰富的 API 来对生成的图形进行颜色、形状等参数的设置, 如设置每个柱状图的颜色、柱状图的透明度、柱状图与图片顶端和底端的距离等。

在数据统计分析中, 通过借助 JFreeChart 强大的图形显示能力, 使数据对比分析更为直观形象, 增强了数据的表现力, 也增强了页面的显示效果。

4 结束语

通过自主创新, 开发融入质量管理规定内容的软件系统, 是提高质量管理水平和工作效率的重要方法。

文中根据自主开发的船舶联系单管理与统计系统, 从联系单模板生成、联系单报表统计和数据统计模块, 论述了融入质量管理理念的设计方法。系统已投入运行, 运行情况进一步表明该系统在遵循质量管理的前提下, 提高了办公效率。

参考文献:

- [1] 叶飞, 林强, 莫瑞君. 基于 B-S 模型的订单农业供应链协调机制研究[J]. 管理科学学报, 2012, 15(1): 66-76.
- [2] 黄金敢. 基于 B/S 结构的教学设备管理系统研究实现[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(11): 170-173.
- [3] 苏东震, 陈明, 史忠植. 基于 B/S 架构的数据挖掘原型系统的设计与实现[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(12): 131-133.
- [4] 柴军兵, 孙绍斌, 殷学涛, 等. 基于 B/S 模式的设备管理系统的开发[J]. 物探装备, 2009, 19(3): 145-149.
- [5] 李昊, 杨燕勤. 基于 B/S 结构的高校图书馆管理系统的开发与应用[J]. 现代情报, 2010, 30(1): 154-158.
- [6] 林瑜华. 基于 B/S 架构的电子学档系统设计与实现[J]. 计算机与现代化, 2011(7): 147-150.
- [7] 李平. 基于 JSP 的动态网页开发技术[J]. 微计算机信息, 2009, 25(7-3): 108-110.
- [8] 赵清华, 林学华. 基于 DIV+CSS 的网页布局技术应用研究[J]. 现代计算机(下半月版), 2010(5): 140-142.
- [9] 钟岚, 汪永超, 毛明刚, 等. 基于 B/S 的通用车辆管理信息系统研发[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(7): 1695-1698.
- [10] 詹涛, 廖志刚. 一种基于通用 Java 服务器的网上教学交流系统[J]. 计算机应用研究, 2005, 22(8): 130-132.
- [11] 张舒娟, 王庆民. 基于 JSP 的教学系统设计与实现[J]. 计算机与现代化, 2009(11): 130-132.
- [12] 飞思科技产品研发中心. JSP 应用开发详解[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004: 109-110.
- [13] 边清刚, 潘东华. Tomcat 和 Apache 集成支持 JSP 技术探讨[J]. 计算机应用研究, 2003, 20(6): 12-14.
- [14] 侯侯, 刘万军. JFreeChart 在 Java Web 项目中的应用[J]. 科学技术与工程, 2008, 8(10): 2699-2701.

(上接第 202 页)

- [4] 蔡玲如. 环境污染监督博弈的动态性分析与控制策略[D]. 武汉: 华中科技大学, 2010.
- [5] Kuhn H W. 博弈论经典[M]. 韩松, 刘世军, 译. 北京: 中国人民大学出版社, 2005.
- [6] Glicksberg L L. A further generalization of the Kakutani fixed point theorem, with application to Nash equilibrium point[J]. Proc of the American mathematical society, 1952, 3(1): 170-174.
- [7] Cao Lixia, Chen Jiangbo. An analysis of the game in the good faith in college examination and the supervision mechanism[C]//Proc of 2012 international conference on computer sci-

ence and mathematics, physical education and management. [s. l.]: [s. n.], 2012: 150-153.

- [8] 曹黎侠. 博弈论在数学综合素质培养机制中的应用[J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(2): 189-191.
- [9] 杨莉. 博弈论中反应函数法的改进[J]. 统计与决策, 2010(9): 152-154.
- [10] 申红婷. 纳什均衡计算的算法研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2009.
- [11] 李英杰, 陈丹玲. 牛顿法的一种新的迭代格式及其程序实现[J]. 杭州电子工业学院学报, 2002, 22(1): 62-66.
- [12] 王晓峰. 一种修正的牛顿迭代法[J]. 长春理工大学学报(自然科学版), 2010, 33(1): 178-179.

地区环境污染的监管模型与流程设计

作者：曹黎侠, CAO Li-xia

作者单位：西安工业大学 理学院, 陕西 西安, 710032

刊名：计算机技术与发展

英文刊名：Computer Technology and Development

年, 卷(期)：2014(4)

本文链接：http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201404051.aspx