

煤矿安全监管的动态博弈分析

Dynamic Game Analysis of Administration of Coal Mine Safety

郑爱华/ZHENG Ai-hua, 聂 锐/NIE Rui

中国矿业大学管理学院, 江苏徐州 221008

School of Management, China University of Mining & Technology, Xuzhou 221008, Jiangsu Province, China

[摘要] 煤矿安全投入不足致使煤矿事故频发,造成的负面影响极大。从博弈论的角度对安全投入的执行与监管问题进行分析。通过模型的构建,剖析影响企业安全欠账的因素,明确政府监管的主要对象和监管举措,确定政府实施有效监管的条件及目标,并为政府制定各种监管政策提供建议。

[关键词] 安全投入,有效监管,监管举措

[中图分类号] X924

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2006)01-0038-03

Abstract: The lack of safety investment results in frequent accidents and a big negative impact on coal mining. This paper discusses how to supervise the safety of coal mining from the game theory. By building models, the authors analyze the influence factors of safety arrears, makes clear the government administration's object and administrant measures, and set conditions and target of government administration, and put forward some corresponding measures for government administration.

Key Words: safety investment, effective administration, administrant measures

CLC Number: X924

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)01-0038-03

1 引言

煤矿安全投入不足致使煤矿事故频发,这不仅给社会、企业及家庭带来极大的负面影响,而且还会影响我国的国际形象和 international 市场的竞争力。如何改善煤矿安全投入不足,已是一项亟待解决的课题。其中安全监管的有效性是影响安全投入不足的实质问题之一。安全监管的有效性问题包括:煤矿安全监管的对象应如何确定?监管力度如何安排?政府应如何对投入不足的企业进行惩罚?有效的安全监管应达到一个怎样的目标?

目前我国有 2.8 万多个煤矿,规模以上的煤炭企业有 3 400 多家,而煤矿安全监察在编人员区区数千人,如何有效监管乃当务之急。在我国履行煤矿安全监察职能的政府机构为国家煤矿安全监察局和省(自治区、直辖市)煤矿安全监察局,实行垂直管理。本文为了分析方便,统一以政府代之。

企业在进行安全投入决策时,会对投入不足带来的成本与潜在的收益进行权衡;而政府作为安全的监管者,在决定是否对企业安全投入进行监管或者监管力度的大小时,也会对监管的成本与收益进行权衡。企业安全投入不足的成本不仅与其所受处罚力度有关,而且与政府的监管强度有关;政府的监管力度又与安全欠账的程度以及由此带来的损失相关。因此,在安全投入的执行与监管上,企业与政府之间存在着相互作用和理性决策的动态博弈。

已有的煤矿安全投入不足的分析仅从直观、定性的角度探讨应加强监管,并没有涉及如何才能够实施有效的监管,本文通过建立两阶段博弈模型来研究这些问题,并运用理论研究结果来对我国煤矿安全监管的有效性提出建议。

2 模型的建立及其解

按照预期效用理论,对于一个理性的人来说,他主动遵守规则的条件是违背规则的预期效用小于遵守规则时的预期效用。对于企业是否进行安全投入,同样如此。

对于安全投入不足的煤炭企业来说,只要不出事故,其潜在的经济收益是巨大的,但也给社会带来巨大的社会成本。即使安全投入不足的企业被监管部门抓到,对其惩罚相对于潜在收益来说总体上是小的。除非惩罚有实质性的提高,否则企业安全投入不足的状况不会有很大变化。

两阶段动态博弈的基本假定如下。

- 1) 博弈参与人为企业和政府。
- 2) 政府与企业行动的次序如下:首先,政府决定一个监管力度;然后,企业决定安全欠账程度。
- 3) 企业为了追求当期利益最大化,有安全投入不足的倾向;企业安全欠账而取得的经济效益(实际上是企业安全欠账的程度)为 $Q(Q \geq 0)$ 。
- 4) 政府为了降低煤矿事故率,进行相应的安全监管,假设政府的监管概率(即监管力度)为 $P_c(0 \leq P_c \leq 1)$;政府的监管成本为 $C_l(C_l > 0)$ 。
- 5) 煤矿安全事故的概率为 $\theta(0 \leq \theta \leq 1)$;企业因安全欠账,事故的处理成本为 C_2 ;这里假设煤矿的事故仅与安全投入不足有关。
- 6) 企业的折现因子为 $\delta(0 \leq \delta \leq 1)$ (δ 是企业的时间偏好和时间长度的函数;企业越看重当前利益, δ 就越小;时间越长, δ 也就越小),政府的折现因子为 1。
- 7) 企业安全欠账,同时给社会带来的损失为 $\alpha Q(\alpha \geq 1)$;若被

收稿日期:2005-08-06

作者简介:郑爱华,女,江苏省徐州市解放南路中国矿业大学管理学院,副教授,研究方向为财务成本管理;E-mail: ahuazheng@126.com

- 38 -

查出, 政府对其惩罚为 F , 而企业的惩罚支出中的 $\mu F (0 < \mu \leq 1)$, 则成为政府的净收入。

企业的效用取决于它所获得的收益, 而政府的效用则在于除企业外的社会福利之和。上述信息除企业安全欠账程度和政府的监管力度以外, 其余的信息均为共识的。

根据上述叙述, 政府在博弈中有“监管”与“不监管”两种策略, 其概率分别为 P_C 和 $1 - P_C$; 其中政府监管时, 查出欠账与未查出欠账的概率分别为 P_S 和 $1 - P_S$ 。企业有“安全欠账”和“不安全欠账”两种策略, 其概率分别为 P_F 和 $1 - P_F$ 。双方的得益见表 1, 得益矩阵中各得益数组的第 1 个数字表示政府的得益, 第 2 个数字表示企业的得益, 这是一个非对称的博弈。

表 1 得益矩阵
Tbl. 1 Profit matrix

企业	政 府			
	监管(P_C)		不监管($1 - P_C$)	
	查出欠账(P_S)	未查出欠账($1 - P_S$)	查出欠账(P_S)	未查出欠账($1 - P_S$)
安全欠账(P_F)	$\mu F - C_1, Q - F \delta \theta_2 \delta$	$-C_1, Q - \alpha Q \theta_2 \delta$	$\mu F - C_1, Q - F \delta \theta_2 \delta$	$-C_1, Q - \alpha Q \theta_2 \delta$
安全不欠账($1 - P_F$)	$-C_1, 0$	$-C_1, 0$	$-C_1, 0$	$0, 0$

假定企业安全欠账的概率为 P_F 的情况下, 政府进行监管和不进行监管的预期收益分别为:

$$\pi_1 = P_F[\mu F - C_1]P_S + (1 - P_S)[-C_1 - \alpha Q] + (1 - P_F)[-C_1]$$

$$\pi_2 = P_F(-\alpha Q)$$

当政府进行监管和不进行监管的预期收益无差异时, 可得到企业安全欠账的最优概率。

令 $\pi_1 = \pi_2$, 则:

$$P_F[\mu F - C_1]P_S + (1 - P_S)[-C_1 - \alpha Q] + (1 - P_F)[-C_1] = P_F(-\alpha Q)$$

$$P_F = \frac{C_1}{(\mu F - \alpha Q)P_S} \quad (1)$$

(1) 式表明, 安全欠账的最优概率的大小, 取决于 C_1 、 μF 、 P_S 、 αQ 变量, 其中企业安全欠账所获得的经济效益 Q 独立于模型之外(实际上由市场环境及相关行业政策决定), 这里可将其作为固定的量。最佳的欠账概率与政府的核查力度 P_S 成反比, 与政府的惩罚力度 F 、安全欠账负效应的倍数 α 成反向关系, 与政府监管成本 C_1 成正比。即: 政府监管查实的力度越大, 企业安全欠账的概率越低; 政府对企业安全欠账的惩罚越大, 企业安全欠账的概率越低; 煤矿安全欠账的负效应越大, 企业安全欠账的概率越低; 而政府监管成本越大, 安全欠账概率越大, 即政府查实企业可能安全欠账的代价很大, 意味着政府识别安全欠账的几率不高, 所以企业安全欠账的概率越大。

假设政府进行监管的概率已定, 则企业安全欠账和不欠账的预期收益分别为:

$$\pi_3 = P_C[P_S(Q - F \delta \theta_2 \delta) + (1 - P_S)(Q - \alpha Q \theta_2 \delta)] + (1 - P_C)(Q - \alpha Q \theta_2 \delta)$$

当企业安全欠账和不安全欠账的预期收益无差异时, 可得到政府监管的最优概率。

令 $\pi_3 = \pi_4$, 则:

$$P_C = \frac{Q - \alpha Q \theta_2 \delta}{F \delta \theta_2 \delta} \quad (2)$$

(2) 式表明, 在给定企业安全欠账的理性预期的情况下, 政府最优的监管概率与惩罚力度、企业折现因子以及政府查实欠账的力度成反比, 与煤矿安全事故概率、企业事故处理成本成反向关系。即: 惩罚力度和政府查实欠账的力度越大, 所需要的监管力度越小; 而对于更看重当期利益的企业(δ 越小), 政府对其监管力度也应该越大; 因安全欠账造成煤矿事故概率越大以及企业事故处理成本越大, 政府对其监管力度越小; 因为企业是逐利的, 煤矿事故概率越大、企业事故处理成本越大, 企业安全欠账的收益越小, 企业安全欠账的可能性越小, 政府自然降低监管力度。

3 基本命题

命题 1: 控制 $\delta < \frac{Q}{P_S F + \theta_2}$ 企业的安全欠账行为, 其措施不仅要实施完全监管, 同时还要注意提高政府安全监管的时效性。

对于(2)式, 如果 $\delta < \frac{Q}{P_S F + \theta_2}$, 则 $P_S > 1$, 但是现实是无法取得满足条件的 P_C 值。由于 $0 \leq P_C \leq 1$, 故政府的最优监管力度 $P_C = 1$; 此时, 企业安全欠账的收益大于不欠账收益, $Q - (F P_S + \theta_2) \delta > 0$, 企业仍然选择安全欠账; 因此, 对于更看重当前利益至 $\delta < \frac{Q}{P_S F + \theta_2}$ 程度的企业, 政府仅靠事后的监管是无法控制其安全欠账行为的。

而 δ 值取决于企业的时间偏好和时间长度。一般而言, 企业的时间偏好与企业的类型有关, 政府无法改变企业类型。政府可以通过改变时间长度来改变 δ 值, 即安全投入不足与接受惩罚的时间间隔。由于时间间隔越长, δ 值越小, 相反则越大, 因此, 可对 $\delta < \frac{Q}{P_S F + \theta_2}$ 类安全欠账企业进行即时的事后监管, 甚至变事后监管为事前监管, 这是降低此类更看重当前利益至 $\delta < \frac{Q}{P_S F + \theta_2}$ 程度的企业违规行为的有效途径。

据此, 可以得出如下结论: 对于 $\delta < \frac{Q}{P_S F + \theta_2}$ 的企业, 政府不仅要进行完全的事后监管, 还要提高政府安全监管的时效性, 实行实时监管, 控制 $\delta < \frac{Q}{P_S F + \theta_2}$ 企业的安全欠账行为。但是目前的事前监管是较难实施的, 因此政府可以采取取缔 $\delta < \frac{Q}{P_S F + \theta_2}$ 类企业的措施。这是政府监管的重点之一。

命题 2: 对于 $\frac{Q}{P_S F + \theta_2} < \delta < \frac{Q}{\theta_2}$ 企业的安全欠账行为, 政府的最优事后监管可以控制企业安全欠账行为。

对于(2)式, 在 $\frac{Q}{P_S F + \theta_2} < \delta < \frac{Q}{\theta_2}$ 的情况下, $0 < P_S \leq 1$, 企业安全欠账的预期收益为: $Q - (\theta_2 + P_S P_C F) \delta$ 因为 $\theta_2 \delta < Q \leq (\theta_2 + P_S F) \delta$ 则: 企业依然有安全欠账的动机; 因此即使政府实行最优的监管, 也并不能杜绝企业安全欠账行为。此时, 如果政府查实力度 P_S 大, 对安全欠账企业的惩罚力度 F 加大, 企业的安全欠账收益小于零, $Q - (\theta_2 + P_S P_C F) \delta < 0$, 企业选择安全投入充分; 如政府查实力度 P_S 一定, 若 $Q - \theta_2 \delta < F \theta_2 P_C$ 时, 企业的安全欠账收益仍大于零, 企业依然选择安全投入不足。企业安全投入的相机选择依赖于政府的监管质量和惩罚力度, 即 P_S 、 F 的选择, 政府的监管质量取决于监管技术、手段。但政府实行最优的监管, 可以将安全欠账行为控制在一定安全范围内, 即: $\theta_2 \delta < Q$ 。

据此可知, 在 $\frac{Q}{P_S F + \theta_2} \leq \delta < \frac{Q}{\theta_2}$ 的情况下, 政府可设法提高监管质量以提高查实力度 P_S , 同时加大对安全欠账企业的的处罚力度, 才能有效降低政府的监管力度, 进而降低监管总成本以提高工作效率。

命题 3: 对注重长远利益的企业, 即 $\delta \geq \frac{Q}{\theta_2}$ 类型的企业, 政府可予以免检的优惠。

从(2)式, 当 $\delta \geq \frac{Q}{\theta_2}$ 时, $Q - \theta_2 \delta \leq 0$, $P_C \leq 0$ 。由于 $0 \leq P_C \leq 1$, 故政府的最优监管力度 $P_C = 0$, 即政府可不予以监管。这也是对安全投入充分企业的一种奖励。

命题 4: 有效监管实施的基本条件存在优先次序。

根据(2)式, 最优监管 P_C 的选择有赖于政府对安全投入不足的企业的惩罚 F 、企业的折现因子 δ 等; 而 F 能够影响最优监管

PC 的选择也仅在 $\frac{Q}{P_0F+Q_2} \leq \delta \leq \frac{Q}{Q_2}$ 的条件下, 在 δ 的情况下, 无论 F 如何变化, 它都不会影响政府监管 P_C 的选择。因此, 实施有效的安全监管的基本条件是 F 、 δ 和 P_C 存在如下优先顺序: 首先区分不同类型的企业, 其次区分安全欠账的企业所承担它们能够感知的违规处罚, 然后才是选择最优的监管力度 P_C 。

4 主要结论和政策建议

1) 政府监管查实的力度越大, 企业安全欠账的概率越低; 政府对企业安全欠账的惩罚越大, 企业安全欠账的概率越低; 煤矿安全欠账的负效应越大, 企业安全欠账的概率越低; 而政府监管成本越大, 其安全欠账概率越大, 即政府查实企业可能安全欠账的代价很大, 意味着政府识别安全欠账的几率不高, 所以企业安全欠账的概率越大。

2) 政府最优的监管概率与惩罚力度、企业折现因子以及政府查实欠账的力度成反比, 与煤矿安全事故概率、企业事故处理成本成反向关系。即: 惩处力度和政府查实欠账的力度越大, 所需要的监管力度越小; 而对于更看重当期利益的企业, 政府对其监管力度也应该越大; 因安全欠账造成煤矿事故概率越大以及企业事故处理成本越大, 政府对其监管力度越小; 因为企业是逐利的, 煤矿事故概率越大、企业事故处理成本越大, 企业安全欠账的收益越小, 企业安全欠账的可能性越小, 政府自然降低其监管力度。

3) 政府在对众多煤炭企业实施监管时, 应区分企业的各种利益动机并采取不同的监管措施, 一味的事后监管并不能起到控制安全投入不足的作用。政府监管的主要对象之一是仅看重当期经济利益的企业, 对此类企业的监管更需要先进的监管措施, 实时监管; 因为煤矿安全投入是不断积累的, 对于重视短期利益的企业, 尤其对挣了钱就跑的企业, 就要采取更先进的监管技术和手段, 使这类企业逐渐退出市场。

4) 政府有效监管的目标不是杜绝企业安全欠账行为, 而是将其控制在一定安全范围内; 政府可设法提高监管质量以提高查实力度 P_0 , 同时加大对安全欠账企业的处罚力度, 才能有效降低政府的监管力度, 进而可以降低监管总成本以提高工作效率。

5) 政府监管是需要付出很大代价的, 因此, 为了改善企业安全投入状况, 政府还应加强各种激励和引导措施, 增强企业自身

投入动力, 以降低政府监管成本。如对于注重安全长效机制建立的企业, 政府可实行免检优惠以及适度奖励等激励措施, 这样一方面可以激励企业自主投入, 另一方面使政府监管有针对性, 提高政府监管的效率。

6) 有效安全监管实施的基本条件存在优先次序: 首先区分不同类型的企业, 其次区分安全欠账的企业所承担他们能够感知的违规处罚, 然后才是选择最优的监管力度 P_C 。

7) 煤矿安全监察部门要实现监管的有效性, 必须多管齐下, 常抓不懈。实际上安全欠账的企业与监管部门的博弈策略在不断地调整, 双方均在利用自己掌握的知识或信息以及对方的行动策略, 优化自己的策略和行为, 任何单一措施的监管, 都不能达到安全监察目的。

8) 充分发挥道德和社会监督的作用。因为众多的煤炭企业安全欠账程度和所采取的手段千差万别, 仅煤矿安全监察部门一家对企业安全欠账实施监管是不够的; 另外, 煤矿安全监察部门针对不同欠账行为采用各不相同的监管手段和技术措施, 从现实来讲, 不可能期望过高, 因此, 须动员社会力量, 发挥道德和社会各界的监督作用, 以形成有效的外部制约机制。

(致谢: 感谢中国矿业大学科技基金资助项目(2005B017)的支持。)

参考文献(References)

- [1] 吴联生, 王亚平. 有效会计监管的均衡模型 [J]. 经济研究, 2003(6): 14-19.
- [2] 焦建玲, 王平心. 上市公司会计诚信的博弈分析 [J]. 经济与管理, 2005(1): 52-55.
- [3] 郝海, 顾培亮. 政府监督下的单群体行为的博弈分析[J]. 哈尔滨工业大学学报: 社会科学版, 2003(6): 100-102.
- [4] 郑爱华, 聂锐. 从矿难频发透视煤矿安全投资策略 [J]. 经济管理, 2005(11): 90-93.
- [5] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海: 上海三联书店, 上海人民出版社, 1996.
- [6] 王性玉. 中国证券市场博弈问题研究 [M]. 开封: 河南大学出版社, 2002.

(责任编辑 黄永明)

·读者·作者·编者·

读者来信摘登

●《科技导报》一直以“探讨现代化的道路与方法”作为刊物的品牌标志, 如今已经成为一份发行量很大的大型高档核心学术期刊, 我认为可以指望它未来成为中国的 Nature 和 Science。作为贵刊的读者和作者, 我深感《科技导报》充满了学术民主和勇于探索的浓厚氛围。例如, 就水科学和水利工程领域, 贵刊就组织发表了一系列无门户之见、无流派之分的学术文章, 充分体现了百家争鸣的学术民主原则。《科技导报》如今更是洋溢着“探索强国兴邦道路”的爱国热情, 这尤其令我感动。贵刊鼓励探索和创新, 并且成果显著, 例如, 率先发表了关于构建和谐社会的论文, 关于南水北调世纪工程的探索, 关于雅鲁藏布江大峡谷的科学考察报告等。《科技导报》如此广泛、深刻地涵盖我国多学科领域的重大前沿科技问题, 实为难能可贵。惟有这样的多触角、广视野、大容量、高起点的核心期刊, 才能脱颖而出真正成为国际一流刊物。衷心地祝愿《科技导报》成为展现我国科学技术自主创新和系统集成创新的一流学术平台。

——南京水利科学研究院高级工程师向华龙

贵刊了解了诸多领域科学研究和技术进步的前沿知识, 也从对于国计民生有重大影响的大型工程(诸如江河湖海的治理和改造、重要交通干线的规划和设计)的各路专家的讨论中, 对于科学和自然的规律有了新的认识。贵刊几乎每期都有两院院士的专论, 这使我的眼界开阔了, 思路开拓了, 受益匪浅。但是近一年来, 这类文章少了, 有时连续几期都没有类似的文章, 增加的是排版比较密集的各类研究报告。应该说这些报告的质量还是可以的, 但是我觉得它们发表在与其专业有关的其它刊物上, 或许更合适些。这只是我的一孔之见, 仅供参考。愿《科技导报》越办越好!

——河南省农业科学院农经区划所章蜀贤

●本刊处于既要与国际接轨, 办成《科学》、《自然》型高端刊物, 又肩负向全国知识界普及科技知识的两难境地。不如办成 A、B 两刊, 前者吃“皇粮”, 国家全资补贴; 后者读者群瞄准大中专学生、大中小学教师以及公务员等庞大的读者群, 做大做强, 增加发行量, 完全按市场经济运作。也即前者是办给科学家看的, 后者是办给科学爱好者看的。

——乌鲁木齐市新疆石油学院倪广文

●我是贵刊的忠实读者, 十余年来, 一期也没有漏过。我从