

政府监管与矿山治污博弈模型

陈毓, 胡凯光, 罗锋

(南华大学 核资源工程学院, 湖南 衡阳 421000)

摘要: 政府监管与矿山治污之间的博弈关系是博弈论在采矿行业的常见应用, 本文对此模型进行了研究, 把矿山的污染分为累积性污染和非累积性污染2类. 得出的结论是: 当矿山的污染具有累积性时, 政府少量的监管可以让其绝对治污; 如果矿山的污染没有累积性, 在保持舆论监督的同时, 政府对群众举报的响应率超过一定数值, 才能让矿山绝对治污, 从而实现社会总体福利的最大化.

关键词: 博弈论; 政府监管; 矿山治污

中图分类号: X75

文献标志码: A

文章编号: 1672-9102(2015)02-0076-05

The game model for the relationship between government regulation and mine pollution management

CHEN Yu, HU Kaiguang, LUO Feng

(School of Nuclear Resource Engineering, University of South China, Hengyang 421000, China)

Abstract: The game model for the relationship between government regulation and mine pollution management is a common application of game theory in the field of mining. This paper has conducted the researches to this model, and the mine pollution has been divided into two different types, i. e. cumulative one and non cumulative one. It concludes that when the mine pollution belongs to the first case, a small amount of government regulation can let the mine deal with pollution absolutely. In addition, when it belongs to the second case, the supervision by public opinion should be kept and the government should response to the populace to supervise more than a certain number, which can make the mine deal with pollution absolutely, in order to realize the maximization of the welfare of the society as a whole.

Key words: game theory; the government regulation; mine pollution treatment

采矿工业是向自然界索取为发展国民经济所需要的矿产, 以矿业为基础的原材料工业和相关加工业的产值占到全国工业产值的百分之六十以上. 矿业本身是工业的龙头产业, 承担为工业矿山提供能源及动力的重任, 在国民经济发展中地位重要. 而且, 某些矿产品是重要的战略物资, 对建立强大的国防、保护老百姓安居乐业起着不可磨灭的作用. 然而, 由于人们片面地强调加大矿产资源的开发, 忽略了环境本身的承受力, 造成了各种各样的负面影响: 地面塌陷、水体破坏、大气污染等. 所以, 在开发矿藏的同时兼顾环境保护尤为重要.

博弈论源于历史上一些颇为有趣的游戏, 但同时也是一门学问艰深的理论^[1]. 博弈论研究的是, 各个理性决策个体在其行为发生直接相互作用时的决策及决策均衡问题^[2]. 按照2005年因对博弈论的贡献而获得诺贝尔经济学奖的教授 Robert Aumann 的说法, 各行动方(即局中人 player)的决策是相互影响的, 每个人在决策时必须把他人的决策纳入到自己的决策考虑当中, 当然也需要把别人对自己的考虑纳入到考虑之……在如此迭代考虑情形经行决策, 选择最有利于自己的战略(strategy). 博弈论的应用领域十分广泛, 包括经济学、政治科学、军事战略问题、生物学以及当代的计算机科学等领域. 本文就是对于政府监管

收稿日期: 2014-12-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(11275092; 2015JJ2129)

通信作者: 胡凯光(1964-), 男, 湖南宁乡人, 教授, 研究方向: 矿物加工. E-mail: hukaiguang2008@163.com

和矿山治污的博弈模型进行一些深入的研究.

1 政府监管概率与矿山治污概率的博弈模型理论分析

正统经济学认为,经济社会能够由于个人的理性行为而实现集体利益的最大化.然而,博弈论的出现却对这种传统思维方式产生了冲击^[3].比如矿山在没有外力监管的条件下,就会倾向于不治污,这是有损社会整体利益的.为了更好地研究政府监管与矿山治污之间的关系,我们需要建立相应的博弈模型:政府按照一定的概率监管矿山,若发现其没治污则强制罚款,另外还要勒令其治污.根据矿山污染性质的不同,分为累积性污染和非累积性污染,这里将分别介绍.累积性污染:如废石侵占良地等,随着时间的推移而导致治污工作增大的污染.非累积性污染:如排放废水到大河里等,这样的污染既不好全面衡量评估,也不好全面治理.下面,根据矿山污染性质的不同来分情况讨论政府和矿山相关行为.

1.1 累积性污染

在政府的监管概率不为零的条件下,若矿山产生的是累积污染,则矿山倾向绝对治污.因为,即使前面矿山侥幸躲过了政府的检查,在被政府查到一次后就要把以前对环境的欠债全部抹平,还要额外承受政府的罚款以及名誉的损失.另外,累积的污染越多,后面的治理难度越大.所以,此类情况很简单,所达成的纳什均衡就是(政府小概率监管,企业绝对治污).不过,现实中存在的问题是,极少数矿山可能抱着侥幸的心理不治污,然后被政府监管时因治理累积污染无法周转资金生产而导致企业倒闭和工人的失业.所以,政府对此类污染的监管也不能太过于松懈,以免导致问题产生后不好解决.

1.2 非累积性污染

对于非累积性污染,前面说明了既不好全面衡量评估,也不好全面治理.所以,政府只能当次发现当次罚款.而矿山出于追求自身利益最大化的动机,会根据政府监管的概率和罚金的多少来调整治污的概率.此类情况较复杂,是本文的研究重点.

1.2.1 政府监管与矿山治污博弈模型中的混合策略

设矿山生产单位矿石时,政府监管成本为 a ,矿山治污的成本为 b .若监管后发现矿山没治污则罚款 c ,另外矿山还得花费 b 进行治污.由于政府部门的工作是多样性的,不可能花费所有的精力对矿山进行监管.比如说,一个矿山经常治污,政府就不愿意每次花费 a 进行监管.政府部门愿意去监管的频率跟监管之后取得罚金的概率成正比.在这里,罚金 c 必须大于监管成本 a ,不然政府部门没有动力去监管.下面,分析政府监管与矿山治污关系中的利益得失.如果政府选择监管,而矿山选择治污,则政府的收益为 $-a$,矿山的收益为 $-b$;如果政府选择监管,而矿山选择不治污,则政府的收益为 $c-a$,矿山的收益为 $-b-c$;如果政府选择不监管,而矿山选择治污,则政府的收益为 0 ,矿山的收益为 $-b$;如果政府选择不监管,而矿山选择不治污,则政府的收益为 0 ,矿山的收益为 0 .

对于全社会的效益来讲,政府不监管,矿山进行治污是最好的结果.但是前面得出的结论可知,绝对的不监管会导致绝对的不治污.那么,政府进行监管,矿山进行排污是不是现实可行的最佳选择呢?显然也不是,如果矿山几乎每次都治污,那么政府每次的监管都是浪费,政府将没有动力持续下去.所以,对政府而言,进行一定概率的监管是最佳可行的选择.而矿山,针对政府按概率监管而选择按概率治污是最佳选择.接下来,将牵涉到博弈论中的混合策略问题.要了解混合策略,先得从纯策略说起.上面的博弈模型中,矿山选择绝对的治污或者绝对的不治污属于纯策略,政府的绝对监管或者绝对不监管也属于此类.而政府按照一定的概率监管和矿山按照一定的概率治污均属于混合策略.博弈论中有一个结论,那就是若混合策略能达成纳什均衡,那么在此情况下单独采取的每个纯策略的收益会相等.我们设政府和矿山之间达成纳什均衡的结果是(政府 p_1 概率监管、 $1-p_1$ 概率不监管,矿山 p_2 概率治污、 $1-p_2$ 概率不治污).在此纳什均衡条件下,政府 p_1 概率监管、 $1-p_1$ 概率不监管时,矿山采取绝对治污或绝对不治污的2个纯策略的收益是相等的.下面通过这个相等关系来求出 p_1 :

$$\text{矿山绝对治污的收益为: } (-b) \times p_1 + (-b) \times (1-p_1) = -b;$$

$$\text{矿山绝对不治污的收益为: } (-b-c) \times p_1 + 0 \times (1-p_1) = -(b+c)p_1;$$

$$\text{由两者相等求出: } p_1 = b/(b+c).$$

同样的,在此纳什均衡条件下,矿山 p_2 概率治污、 $1-p_2$ 概率不治污时,政府采取的绝对监管或绝对不监管的2个纯策略的收益也是相等的.接下来,同理求出 p_2 :

政府绝对监管的收益为: $(-a) \times p_2 + (c-a) \times (1-p_2) = c-a-cp_2$;

政府绝对不监管的收益为: $0 \times p_2 + 0 \times (1-p_2) = 0$;

由两者相等求出: $p_2 = (c-a)/c$.

从上述等式可以看出,矿山的治污概率与政府监管花费成反相关,而与罚金成正相关;政府监管的概率与矿山治污花费成正相关,而与罚金成反相关.对于整个社会的利益而言,尽量提高矿山的治污概率,同时减少政府的监管概率是最好的.所以,可行的措施有:减少政府的监管花费,提高处罚金的数量,减少矿山治污的成本.

当罚金数 c 确定后,政府要做的就是:先以 p_1 的概率进行监管,对矿山治污的概率予以统计.若矿山治污的概率小于 p_2 ,则加大监管力度(概率大于 p_1)直至其治污概率等于 p_2 ;若矿山治污概率大于 p_2 ,则适当减少监管力度(概率小于 p_1)直至其治污概率降到 p_2 ;若矿山治污概率稳定在 p_2 ,则政府监管力度保持在 p_1 .如果站在矿山的角度,就是先以 p_2 的概率进行治污.若政府监管的概率大于或等于 p_1 ,则按照 p_2 概率继续进行治污;若政府进行监管的概率小于 p_1 ,则按照小于 p_2 的概率进行治污.下面,定性分析矿山不同治污概率下的政府监管概率.如果矿山的治污概率 $p_{\text{治}} > p_2$,则政府的监管概率 $p_{\text{监}} < p_1$;如果矿山的治污概率 $p_{\text{治}} = p_2$,则政府的监管概率 $p_{\text{监}} = p_1$;如果矿山的治污概率 $p_{\text{治}} < p_2$,则政府的监管概率 $p_{\text{监}} > p_1$.同样地,定性分析政府不同监管概率下的矿山治污概率.如果政府的监管概率 $p_{\text{监}} > p_1$,则矿山的治污概率 $p_{\text{治}} > p_2$;如果政府的监管概率 $p_{\text{监}} = p_1$,则矿山的治污概率 $p_{\text{治}} = p_2$;如果政府的监管概率 $p_{\text{监}} < p_1$,则矿山的治污概率 $p_{\text{治}} < p_2$.

由上述分析可以发现很有趣的现象:站在政府的角度来讲,政府的监管力度与矿山治污概率大致呈反相关.但是,站在矿山角度来说,矿山治污概率和政府监管力度大致成正相关.考虑矿山追逐利润的特性,一有漏洞就会抓住而不去治污.所以,现实中的结果是矿山的治污概率与政府监管力度成正比.

上述分析只是定性结论,接下来还可以进行更定量的研究,就是当矿山治污概率偏离纳什均衡时政府的最佳监管概率以及当政府监管概率偏离纳什均衡时矿山的最佳治污概率.

设政府的收益为 $R_{\text{政}}$,则列出通过计算可得出政府的收益 $R_{\text{政}} = p_{\text{监}}(c-a-cp_{\text{治}})$.

当 $p_{\text{治}} > p_2$ 时, $c-a-cp_{\text{治}}$ 为负值,在 $p_{\text{监}}$ 取得最小值 0 时才能让 $R_{\text{政}}$ 取得最大值;

当 $p_{\text{治}} < p_2$ 时, $c-a-cp_{\text{治}}$ 为正值,在 $p_{\text{监}}$ 取得最大值 1 时才能让 $R_{\text{政}}$ 取得最大值.

同理,可以计算出矿山的收益 $R_{\text{企}} = ((b+c)p_{\text{监}} - b)p_{\text{治}} - (b+c)p_{\text{监}}$. 同样的,可以得出:

在 $p_{\text{监}} > p_1$ 时,在 $p_{\text{治}}$ 取得最大值 1 时才能让 $R_{\text{企}}$ 取得最大值;

当 $p_{\text{监}} < p_1$ 时,在 $p_{\text{治}}$ 取得最小值 0 时才能让 $R_{\text{企}}$ 取得最大值.

1.2.2 政府监管概率与矿山治污概率的演化及均衡

下面,将 1.2.1 中定量分析后得出的结论总结起来.如果矿山的治污概率 $p_{\text{治}} > p_2$,则政府的监管概率 $p_{\text{监}} = 0$;如果矿山的治污概率 $p_{\text{治}} = p_2$,则政府的监管概率 $p_{\text{监}} = p_1$;如果矿山的治污概率 $p_{\text{治}} < p_2$,则政府的监管概率 $p_{\text{监}} = 1$.同样地,如果政府的监管概率 $p_{\text{监}} > p_1$,则矿山的治污概率 $p_{\text{治}} = 1$;如果政府的监管概率 $p_{\text{监}} = p_1$,则矿山的治污概率 $p_{\text{治}} = p_2$;如果政府的监管概率 $p_{\text{监}} < p_1$,则矿山的治污概率 $p_{\text{治}} = 0$.

演化博弈论是博弈论中的一个新理论,是在博弈论的基础上发展起来的一种理论^[4].接下来,运用相关知识分析政府监管与矿山治污博弈在现实中的演化:

首先,在政府没有对矿山进行一次监管的情况下,矿山会倾向于不治污.当政府监管一次后,发现矿山没治污而取得了罚金,则会加大其对矿山的监管力度.政府的监管概率若是远小于纳什均衡概率 p_1 ,则矿山会一直保持不治污而忍受政府的罚金.慢慢地,政府监管力度靠近纳什均衡概率 p_1 ,矿山对治污渐渐保持中性的态度.但是,只要矿山不治污,政府就会加大监管力度,直至超过纳什均衡概率 p_1 ,此时矿山会绝对治污.当矿山开始治污时,政府的监管就碰了钉子,会减少监管力度直至小于纳什均衡概率 p_1 .此时,企业又会变得倾向于不治污.不治污的结果,是政府监管力度的又一次加大.如此循环往复,最后的均衡是(政府监管概率为 p_1 ,企业治污概率为 p_2).

2 政府监管非累积性污染在现实中存在的问题

分析 1.2 中的博弈模型在现实中遇到的问题大致有 3 个:第一,政府有追求自身利益最大化的策略;第二,政府倾向于管大放小;第三,矿山可以通过寻租来削减成本.下面将分别介绍.

2.1 政府有追求自身利益最大化的策略

从2.3的博弈模型中,我们得出了企业治污概率和政府监管概率的纳什均衡.得出这个均衡的实质隐含了一个前提,那就是政府是负责任的政府,在罚金能抵消监管成本的前提下尽可能地对企业加以监督.若是监督完全只为了从企业那得到罚金,政府可以采取这个策略:稳定地以略小于纳什均衡的概率监管,每次都能得到罚金,而且自身利益能最大化.在1.2的模型中,达成纳什均衡时政府收益为零,仅仅是累计的罚金能抵消累计的监管费用.若是政府仅仅从谋求本部门利益出发,以略小于纳什均衡的概率进行监管,则矿山每生产单位量的矿石政府可以得到略小于 $(c-a)p_1$ 的收益.

2.2 政府倾向于管大放小

在现实生活中,政府的监管资源是有限的.虽然有专门的监管部门,但是监管部门的工作不仅仅是监管一家矿山.由2.1的结论可知,若政府投入监管资源到矿山,矿山生产单位矿石量会给政府带来略小于 $(c-a)p_1$ 的收益.由于大矿山生产的矿石量是小矿山矿石量的几倍以上,那么同样的监管资源投入到大矿山的收益是小矿山收益的几倍以上.若是大矿山的生产的矿石量是小矿山矿石量的几百倍,则情况更加明显.所以,政府管大放小有利益因素在驱动.另外,大矿山对社会影响较大,从全社会利益的角度考量,政府也应该尽量把稀缺的监管资源投入到大矿山.

2.3 矿山可以通过寻租削减成本

事实上,若是政府为了追求自身利益最大化,政府以略小于纳什均衡概率监管和企业选择不治污不是双方最佳的博弈均衡.企业可以通过寻租活动,直接给政府每单位矿石量略小于 $p_1(c-a)$ 的金钱.这样,政府省去了监管的麻烦,而企业生产单位矿石可节约略小于 $p_1(b+a)$ 的成本,另外还省去了治污的精力.寻租的实质是:矿山对环境欠债以及政府不去监管矿山这2种行为节省出来的利益在政府和矿山之间达成了默契的分配.此时,纳什均衡移动,对政府和矿山都有好处.但是,站在整个社会的角度考量,并未提高任何福利.

3 非累积性污染问题的解决方案

3.1 具体解决方案

解决政府追求自身利益最大化的问题,关键在于把治污企业的数量多少作为考核其政绩的一个标准.若治污企业的数量少于合格标准,则扣罚相关政府人员的工资甚至撤职.若治污企业数量高于优秀标准,则奖励相关政府人员甚至升迁.另外,政府得来的罚金只能用于监管花费,不能挪用.如此双管齐下,政府将不会以追求罚金为目的去选择监管策略,取而代之的是尽量督促矿山治污.

政府之所以管大放小,根本原因是监管资源的稀缺.而降低监管成本,如采用先进的检测技术等,可以丰富监管资源,让政府去监管小矿山有了现实的可能性.另外,将小矿山合并或者集中管理既能减少排污,又能方便政府监管.

矿山企业与政府监管者往往具有合谋的倾向,并且在现有制度不健全的条件下,时有发生^[5].我国现阶段缺少关于保障矿区居民利益分配的法律和政策,因此居民不但无法享受矿产资源带来的收益,反而要承担开发带来的负环境成本^[6].因此,国家需要积极相应群众对当地政府和矿山的监督举报,对不守法的矿山和当地政府进行严厉罚款并补偿当地受害群众.这样,能够大大减少矿山企业的寻租行为.

政府对全社会负责,可以采取的措施除了对不治污的矿山进行罚款外,还应对其不治污的行为进行登记.当超过一定次数时,不给予此矿山采矿权、探矿权等,甚至强制相关领导者下台.另外,还可以从道德层面弘扬人与自然和谐相处,使保护环境成为一个社会的风气.对于不守规矩破坏环境者,经常予以媒体曝光.而对于环保的先进矿山,政府要给予一部分治污资金,另外还要有各种优惠措施如优先给予探矿权、采矿权等.

3.2 从经济学角度分析政府给矿山一部分治污资金的合理性

如果矿山愿意主动治污,则政府给与矿山一部分治污资金是合理的,其原因有三:

第一,矿山的主动治污节约了政府的监管费用 ap_1 .如果企业不自觉,政府采取的概率监管费用 ap_1 是浪费的,而且还不能保证企业百分之百治污.

第二,采矿行业是对全社会有重大贡献的特殊行业.采矿服务大众的时候,也会给社会带来污染,与谁治理矿山无关.全社会作为购买矿石的受益者,理应对适度参与矿山治污.

第三,企业把原先可以用来多生产一些矿石的费用花费在治污上.企业主动治污时,较之原先的情况产量减少,造成企业收益减少,政府税收减少,社会能购买使用的矿石减少.为了更好地理解这种情况,这里

设企业原先(不治污时)生产的矿石量为 Q ,生产单位矿石的资金投入为 x ,则矿山治污后生产的矿石量为 $(x-b)Q/x$,损失的矿石量为 bQ/x .

采矿企业生态修复和补偿行为的动机是利己的,若是补偿成本过高,花费太大,很多企业就会选择不补偿^[7].综上所述,政府给矿山一部分治污资金是必要且合理的.

3.3 引入群众监督机制后的博弈模型分析

矿产开发生态环境保护的利益主体主要包括:政府、群众、企业^[8].前面的研究内容没有包含群众,现在进行引入群众监督机制后的博弈模型分析.从本文1.2.2中得出的结论可知:当矿山产生的污染属于非累积性时,政府监管与矿山治污博弈达成的均衡是(政府监管概率为 p_1 ,矿山治污概率为 p_2).此结果中,政府以 p_1 的概率进行监管是整个社会付出的成本,还有矿山的治污概率并没有达到百分之百,这欠缺的部分也是要全社会付出代价的.由此看来,全社会的福利还有进一步提升的空间.那么,让政府的监管概率低于 p_1 ,同时让矿山的治污概率高于 p_2 是我们研究的方向.其实,政府之所以不愿意百分之百监管,是因为不能确定矿山有没有治污,一旦扑空,就浪费了监管成本.而发动群众在工作生活之余长期全方位的监督,能给政府提供确切的免费信息(给举报人的一点奖励相对于监管工作来说忽略不计).群众一举报,政府每次去监管就能通过对矿山罚款而获利,这就给了矿山很大的威慑力.如果政府对群众的举报的响应率是百分之百,那么矿山会绝对治污.但是,政府的工作任务有很多,只要能达到让矿山绝对治污的效果,降低政府对举报的响应率是会增进社会福利的.下面,设政府对群众举报的响应率为 $P_{响}$,从理论上计算最佳响应率.

矿山选择治污策略时的收益为: $-b$;

矿山选择不治污策略时的收益为: $P_{响}(-b-c) + (1-P_{响}) \times 0 = -P_{响}(b+c)$.

要想矿山选择治污,则必须让矿山治污的收益大于不治污,即 $-b > -P_{响}(b+c)$,求出 $P_{响} > b/(b+c)$.可以看出,这与前面没有发动群众监督时政府监管与矿山治污达成纳什均衡时的政府监管概率是相等的.那么,区别在哪里呢?区别在于,前面没有发动群众监督时,一旦政府的监管概率超过了这个值,企业就会绝对治污,让政府扑空,从而降低政府的监管热情,接着是新一轮的矿山降低治污概率(前面分析过程有).而发动群众监督后,政府接到举报,已经确定了矿山不治污.只要去矿山查看,就不会扑空,从而不会降低政府监管热情,这样对矿山有很大的威慑力.所以,只要政府对群众举报的响应率略大于 $b/(b+c)$ 就会让矿山倾向于绝对治污.舆论监督这种威慑力的存在,可以极大地节省政府的精力!举个例子,政府要监管一百个矿山.在没有群众监督时,需要对每个矿山的监管概率达到纳什均衡时的要求,这是不可想象的.另外,还不能让矿山治污率达到百分之百.引入群众监督机制后,只要政府对举报的响应率略大于同样的纳什均衡监管概率,就能让大部分矿山百分之百治污.此时,政府只需用一小部分精力整治少数不守规矩的矿山.从这个例子可以看出,引入群众监督机制节约了社会成本.

4 结论

1)对于累积性污染,在政府或多或少会监管的前提下,矿山倾向于绝对治污.

2)对于非累积性污染,政府监管概率和矿山治污概率会达成均衡(p_2, p_1).但是,在现实中,若政府和企业追求各自的利益最大化,会产生一系列问题.

3)对于全社会来说,保持舆论监督的压力,政府对群众举报的响应率略大于 $b/(b+c)$,就能使矿山倾向于绝对治污,从而实现社会总体福利最大化.

参考文献:

- [1] 李凌,王翔.论博弈论中的策略思维[J].上海经济研究,2010(1):35-41.
- [2] 胡希宁,贾小立.博弈论的理论精华及其现实意义[J].中共中央党校学报,2002(2):48-53.
- [3] 胡乐明.博弈论对正统经济学思维方式的冲击[J].经济学家,2004(2):29-35.
- [4] 王文宾.演化博弈论研究的现状与展望[J].统计与决策,2009(3):158-161.
- [5] 徐大伟,杨娜,张雯.矿山环境恢复治理保证金制度中公众参与的博弈分析:基于合谋与防范的视角[J].运筹与管理,2013(4):20-25.
- [6] 李海燕.矿产资源开发利益分配中的博弈分析[J].四川建材,2014(5):1-3.
- [7] 高燕.矿产开发生态补偿的博弈分析[J].经营管理者,2013(6):32-33.
- [8] 高燕.矿产开发生态环境保护的博弈研究[D].吉首:吉首大学,2013.