

煤炭企业安全投资决策与效益分析

王宇劼¹ 杨璐悻² 马思思²

(1. 北京交通大学经济管理学院 北京 100044 2. 北京交通大学理学院 北京 100044)

【摘要】 本文利用模糊非线性规划建立煤炭企业安全投资最优化模型,确定最佳投资点,用柯布—道格拉斯函数确定安全投资最优分配方案,并根据“安全减损产出”与“安全增值产出”的计量方法计算并评价最优化模型所产生的安全经济效益。本文还通过实例分析,计量模型所产生的经济效益,说明模型的优越性,为煤炭企业安全投资提供指导。

【关键词】 安全投资 安全效益 最佳投资点 Cobb-Douglas生产函数 模糊非线性规划

一、前言

近年来,安全生产形势仍十分严峻。矿难频发,不仅造成重大经济损失,而且影响社会安定。企业安全投入不足,固然是造成这种状况的主要原因,虽然也有相当数量的企业,每年均有一定的安全投资,但是投资策略不当。这就迫切需要应用价值高的投资模型来改进现状。

安全投资是指为了提高企业的系统安全性、预防各种事故的发生、防止因工伤亡、消除事故隐患、治理作业区的全部投资费用,即为保护职工在生产过程中的安全和健康所支出的全部费用。企业进行安全投资,是为了取得更好的安全经济效益,本文引入了Cobb-Douglas生产函数和模糊非线性规划,分析了煤矿安全投资及影响安全投资的因素,安全经济效益的实现和计量方法,在最佳投资点的基础上提出了煤矿安全投资决策、分配模型。通过理论推导、实例验证等充分保证了模型的科学性,同时采用非线性规划的模糊处理使结果更具实用性。

安全投资分析的目的是保障必要安全、减少损失,以便企业中投资,获取最大的安全效益。安全生产与实现经济增长是企业生存和发展的两大根本性问题。有人认为,只要增加安全投入就减少了收入和利润,这种观点比较片面,安全投入所产生的绝不是一种负效益,适当的安全投入减少了企业事故造成的损失,从而增加了企业的利润。这在安全投资方面业界已有许多研究,比如采用FTA法,用其分析安全所具有的功能与所耗成本的关系,先运用灰色系统理论建立安全投资效益模型,再运用集对分析理论的方法对某石化企业的安全投资状况进行评价。但大部分的研究偏理论化,理论模型不能很好的拟合出实际情况,本文运用模糊非线性规划,更加接近实际且把界限模糊化,所求得解与其他模型相比更优。

Cobb-Douglas生产函数的基本的形式为: $Y=A(t)L^{\alpha}K^{\beta}\mu_{\circ}$ 生产函数是指在一定时期内,在技术水平不变的情况下,生产中所使用的各种生产要素的数量与所能生产的最大产量之间的关系。就是一定技术条件下投入与产出之间的关系,生产函数表示在既定的生产技术水平下生产要素组合

(X_1, X_2, \dots, X_n) 在每一时期所能生产的最大产量为 Q_{\circ} 在经济学分析中,通常只使用劳动(L)和资本(K)这两种生产要素,所以生产函数可以写成: $Q=f(L, K)$ 。生产函数反映的是某一特定要素投入组合在技术条件下能且只能产生的最大产出。

本文希望通过优化投资模型来确定最优的投资总额,并且指导企业进行制定最优投资方案,并评价相应投资效果。

二、安全投资指标分类

对与煤炭企业来说,安全投资项目种类繁多,在本文中我们参考相关文献,将煤炭企业安全投资项目分为五类,即安全技术投入、卫生措施投入、安全教育投入、劳动保护品投入以及日常安全管理投入:①工业卫生投入指煤矿污染治理费用、改善矿工劳动条件费用等。②安全教育投入指购买劳动保护书刊、宣传费用、安全教育培训费用等。③辅助措施投入指安全管理部门安全专职人员的配备,日常办公费用等。④安全技术投入指采矿设备的安全防护费用,矿井安全通道标志费用等。⑤劳保用品投入指保护矿工的防护用品费用,普通职工安全保障品等。

三、建立模型

1. 安全投资策略模型。假设投资总量为C,在确定企业投资总额的情况下需要确定各投资额的比例,即安全技术、卫生措施、安全教育、劳保用品、安全管理费用各需投入多少。

把Cobb-Douglas生产函数引入安全经济领域,形式如下:

$$Y=F(X_1, X_2, \dots, X_5)=AX_1^{\alpha_1}X_2^{\alpha_2}\dots X_5^{\alpha_5} \quad (1)$$

$$X_1+X_2+X_3+X_4+X_5=C \quad (2)$$

其中:Y表示该煤炭企业的安全损失, $X_i(i=1, 2, 3, 4, 5)$ 表示该煤炭企业的各项安全投入,C为安全投资总额。

分配安全投资可使得事故经济损失达到最小值,通过构造拉格朗日常数来解决,即:

$$Y=AX_1^{\alpha_1}X_2^{\alpha_2}\dots X_5^{\alpha_5}+\lambda(X_1+X_2+\dots+X_5-C) \quad (3)$$

Y取最值的条件为其对 X_1, \dots, X_5 的一阶偏导数为0,最优解为:

$$X_j = k\alpha_j = \frac{C\alpha_j}{\sum_{j=1}^n \alpha_j} \quad (4)$$

2. 安全投资最优化模型。

(1)模糊非线性规划。模糊非线性规划相对于普通线性规划来说约束条件带有弹性,即资源限量 b_i 可能取 (b_i-d_i, b_i+d_i) 内的某一个值,这里的 $d_i>0$,它是决策人根据实际问题选择的伸缩指标。这样的规划称为模糊规划。

一般形式如下:

$$\min f = t_0(x) \quad (5)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} t_i(x) = [b_i, d_i], i=1, 2, \dots, m \\ x \geq 0 \end{cases} \quad (6)$$

这里 $t_i(x) = [b_i, d_i]$ 表示当 $d_i=0$ (普通约束)时, $t_i=b_i$;当 $d_i>0$ (模糊约束)时, $t_i(x)$ 取 (b_i-d_i, b_i+d_i) 内的某一个值。

同样,用 $t_i(x) \leq [b_i, d_i]$ 表示:当 $d_i=0$ (普通约束)时, $t_i \leq d_i$;当 $d_i>0$ (模糊约束)时, $t_i(x)$ 不大于 (b_i, b_i+d_i) 内的某一个值。而用 $t_i(x) \geq [b_i, d_i]$ 表示当 $d_i=0$ (普通约束)时, $t_i \geq d_i$;当 $d_i>0$ (模糊约束)时, $t_i(x)$ 不小于 (b_i-d_i, b_i) 内的某一个值。

(2)最优化模型。一般情况下企业增加投资则损失减少,企业减少投资则损失增加,对于煤炭企业来说安全投资额与事故损失之和最小时企业投资策略达到最优。

在上面投资策略模型的基础上,构建最优化的模型,利用模糊非线性规划建立方程如下:

$$\begin{cases} \min L = \sum_{j=1}^n X_j + Y \\ Y = F(X_1, X_2, \dots, X_5) = A X_1^{\alpha_1} X_2^{\alpha_2} \dots X_5^{\alpha_5} = [k, 1] \\ \min Y \leq k \leq \max Y, k \in z \\ X_i \geq 0, i=1, 2, \dots, 5 \end{cases} \quad (7)$$

其中 $C = \sum X_i$, $\min Y$ 和 $\max Y$ 由煤炭企业历史数据得到, k 取不同的值此方程可以求出相应的投资总量和各投资分量,并且存在定值 k 使 $\min L = C = \sum X_i + Y$ 在所有 k 值范围内最小。

3. 安全投资效果评价模型。安全投资不是直接投入物质生产资料的生产过程,而是投入安全保障过程,间接起到经济节约的作用。安全的经济效益包括“减损”和“增值”两方面。本文所述经济效益为最优化模型为企业带来的额外效益,即:

安全经济效益=安全产出量-安全投入量

安全投入=最优化投入-实际投入

安全产出=减损产出+增值产出

安全减损产出为在相同投资总额的情况下,最优化模型所产生的事故损失与煤炭实际投入所产生的事故损失的差值,安全减损产出计算了最优化模型相对于企业实际投资产生了减损效益。

安全减损产出=实际投入损失-最优化投入损失

安全增值产出是安全投资对生产产值的贡献,由于安全投资除了减少损失之外本身并不产生收益,所以在相近的损失额度条件下,投资越少煤炭企业能用来进行生产投资的资金就越充足。

安全的增值产出计算公式为:

安全增值产出=实际安全生产贡献率×总产值-最优化安全生产贡献率×总产值

安全生产贡献率=安全投资总额/生产总值

本文采用投资比重来计算安全的贡献率。安全投资占生产投资的比重作为安全增值的贡献率系数取值的依据。用煤炭企业实际安全投资所产生的增值与最优投资模型所产生的增值产出差值来计算投资模型所提高的生产产出。用这种处理方法,使安全的增值产出计算较为简单、可操作性好。

由上述本定义计算最优化模型为煤炭企业带来的经济效益,若企业经济效益大于零,说明最优化模型为企业带来收益,相反,则为企业带来损失。

四、实例分析

某煤矿企业安全投入及事故总损失如表1所示:

表1 某煤炭企业安全投入及产值与损失表 单位:万元

年份	工业卫生投入 X_1	宣传教育 X_2	辅助设施 X_3	安全技术 X_4	劳保用品 X_5	事故总损失 Y	生产投资总额 C	总产值 L
1	0.98	2.5	27.3	13.75	20.08	13.8	4 516	12 369.59
2	0.52	2.22	6.28	15.69	23.5	21.65	5 029.95	13 685.64
3	0.18	1.22	8.2	10	15.4	30.55	5 498.06	14 842.35
4	0.4	1.61	1.43	22.2	27	25.8	6 563.46	17 797.31
5	0.29	1.47	1.67	12.71	21.31	34.55	6 880.89	18 534.23
6	0.7	1.18	1.71	10.18	17.5	31.55	8 121.28	21 848.83
7	2.08	1.16	1.8	16.36	23.6	33.3	8 936.19	24 069.59
8	2.04	0.48	1.84	20.78	37	44.5	9 193.31	24 600.99
9	2.32	0.5	3.01	12.8	23.3	36.65	9 769.74	26 099.04
10	0.87	0.54	2	23.27	16.22	46.05	12 486.53	33 077.7

Cobb-Douglas生产函数:

$$Y = F(X_1, X_2, \dots, X_5) = A X_1^{\alpha_1} X_2^{\alpha_2} \dots X_5^{\alpha_5}$$

两边分别取对数得:

$$\lg Y = \lg A + \alpha_1 \lg X_1 + \alpha_2 \lg X_2 + \dots + \alpha_5 \lg X_5 \quad (8)$$

用Eviews软件对表中十年数据进行回归得:

$$\ln Y = 52.34 - 0.086 \ln X_1 - 0.461 \ln X_2 - 0.163 \ln X_3 - 0.042 \ln X_4 - 0.072 \ln X_5 \quad (9)$$

$$Y = 52.34 X_1^{-0.086} X_2^{-0.461} X_3^{-0.163} X_4^{-0.042} X_5^{-0.072} \quad (10)$$

代入最优化模型:

$$\begin{cases} \min L = \sum_{i=1}^5 X_i + Y \\ Y = 52.34 X_1^{-0.086} X_2^{-0.461} X_3^{-0.163} X_4^{-0.042} X_5^{-0.072} = [k, 1] \\ 12 \leq k \leq 16, k \in z \\ X_i \geq 0, i=1, 2, \dots, 5 \end{cases} \quad (11)$$

根据不同的 k 值可求出相应的最优值。利用Lingo软件对模型进行计算,将结果绘制成图表如图1、图2所示。

从图1可以看出对该企业来说,如果按照安全投资最优分配投入13.75万元时,可将控制损失在17万元以内,并实现安全负担最小化,即30.606 7万元,各分项最优分配比为(0.104, 0.559, 0.198, 0.051, 0.087)。从图2可以看出安全负担最小时对应一个事故损失,即转折点,这也是最佳投资点。若该企业能够把损失控制在17万元左右,则企业安全负担可达到最小。

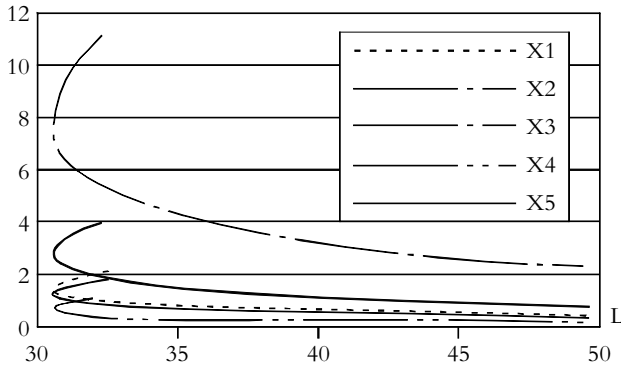


图1 各安全投入分项与安全负担曲线

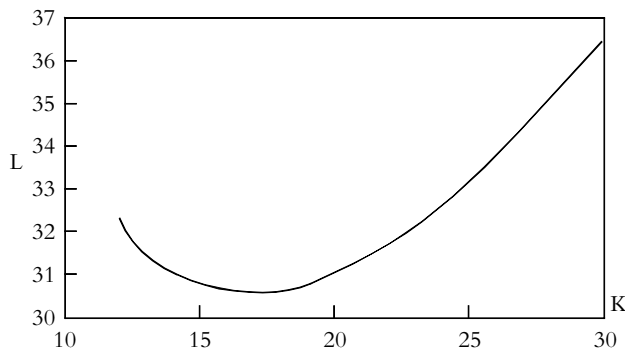


图2 事故损失控制额与最小安全负担曲线

根据表2数据计算企业经济效益。

表2 部分最优模型结果

k	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	事故损失	安全投资	min负担
13	1.88	10.10	3.57	0.92	1.58	13.47	18.05	31.52
21	1.13	6.06	2.14	0.55	0.95	20.51	10.84	31.35
25	0.91	4.89	1.73	0.45	0.76	24.50	8.73	33.24
30	0.73	3.90	1.38	0.36	0.61	29.50	6.97	36.47
31	0.70	3.75	1.32	0.34	0.58	30.50	6.69	37.20
33	0.65	3.47	1.23	0.32	0.54	32.50	6.20	38.70
34	0.62	3.34	1.18	0.30	0.52	33.50	5.97	39.48
36	0.58	3.12	1.10	0.28	0.49	35.50	5.57	41.07
44	0.45	2.43	0.86	0.22	0.38	43.50	4.35	47.85
46	0.43	2.31	0.82	0.21	0.36	45.50	4.12	49.62

其中每年的减损产出差额=相应k值所对应最优化模型所求出的事故损失-实际事故损失。k值取当年事故损失取整数所得的值。

以第一年为例(单位:万元):

$$\text{减损产出} = 13.8 - 13.47 = 0.33$$

$$\text{增值产出} = (0.98 + 2.5 + 27.3 + 13.75 + 20.08) \div 4 = 516 \times$$

$$12 \quad 369.59 - 18.05 \div 4 = 516 \times 12 \quad 369.59 = 127.54$$

$$\text{安全产出差额} = 0.33 + 127.54 = 127.87$$

$$\text{安全投入差额} = 18.05 - 64.61 = -46.56$$

$$\text{经济效益} = 127.87 - (-46.56) = 174.43$$

以企业事故损失为基准,根据本文提到的模型计算最优化模型相对于该企业实际投资产生的经济效益如表3所示:

表3 最优化投资抉择的经济效益 单位:万元

年份	减损产出差额	增值产出差额	安全产出差额	经济效益
1	0.33	127.54	127.87	174.43
2	1.14	101.69	102.83	140.20
3	1.05	75.67	76.71	104.74
4	1.30	119.06	120.35	164.26
5	1.05	84.78	85.83	117.31
6	1.05	66.11	67.16	91.74
7	0.80	104.51	105.31	144.11
8	1.00	154.64	155.64	213.43
9	1.15	97.14	98.29	134.65
10	0.55	102.73	103.28	142.06

从中可以看出本文所建模型得出的最优策略产生的经济效益均为正,均优于企业实际投资,该企业投资无效率。最优化模型会为企业带来收益。

五、结论

1. 在一定损失的范围内企业要进行相应额度的投资,投资额度与分配根据损失的不同而不同,但是存在最小负担总额;而对于不同的损失,相应的最小负担总额也会发生变化,不过对于不同的损失也同样存在最小负担。

2. 企业在进行投资决策时既要考虑安全投资总额,也要考虑制定最优的安全投资分配策略,以达到最好效果。如果企业安全投资分配不够优化,没有达到最优分配,产生了无谓损失,就会造成企业经济效益下降。最优化模型能很好地指导企业进行安全投资。

3. 企业应该加强技术改造,重视安全的科学技术研究,运用先进技术在一定的前提之下提高安全投资效果,使各项投资达到更好的安全保障作用,提高企业安全投资质量和经济效益。

主要参考文献

- 梅强. 安全投资方向决策的研究. 中国安全科学学报, 1999;10
- 郑爱华, 郑晓华, 冯晓芸. 煤矿安全投资结构优化研究. 财会通讯, 2008;7
- 罗云. 安全经济学. 北京: 化学工业出版社, 2004
- 谢季坚. 模糊数学方法及其应用. 武汉: 华中科技大学出版社, 2005
- 汪赛等. 基于安全效益分析的煤炭企业安全投入决策模型. 统计与决策, 2009;5
- 陈全君, 何学秋. 论安全投资及其在组织安全活动中的作用. 经济师, 2005;3
- 彭红军, 李新春, 张宇, 张伟. 安全投资经济效益的计量方法. 统计与决策, 2007;21