

※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※
※ 中国劳动保护科学技术学会 ※
※ 管理科学专业委员会 ※
※ 安全管理科学学术讨论会论文 ※
※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※

安全投资的经济性分析与评价

毛海峰

摘 要

安全投资经济效果的分析与评价, 是安全经济学的重要组成部分。本文对这方面的问题进行了初步的探讨: 首先对安全投资经济性评价的意义及其经济效果的定义进行了分析; 其次给出了反映投资经济效果的四个经济性指标; 然后进一步讨论了这四个指标中的安全性损失费用与安全投资费用的计算方法; 最后论述了安全投资的事后评价方法和预先评价方法。

关 键 词

安全经济学

安全投资

经济性评价

经济效果

事故损失

安全投资的经济性分析与评价

工伤事故（包括职业病，下同）的发生所造成的巨大的经济损失问题，已经引起人们越来越多的重视与不安，为此安全工作者们正加紧对安全经济学的研究与开拓，力图把安全管理在经济发展中的作用机制弄个水落石出。对安全投资项目进行经济效果方面的分析与评价，是安全经济学需要解决的任务之一，也是企业决策者在安排使用安措经费时所关心的问题之一。这方面的工作还刚刚起步，很多内容还很不完善。本文是笔者在科研和教学过程中对安全方面的经济性评价问题所产生的一些认识与见解，特提供有兴趣者研究此类问题时参考。

一、安全投资的经济性评价及其意义

在一般情况下，投资是指将资本（人力、物力、财力）投入企业的经营活动中以便获取利润的行为。获取利润是投资的目的。因此对于一般的投资来说，其经济性评价是以资本的投入和利润的产出之间的对比关系来进行的。安全投资则是将资本用于改善作业条件、提高安全素质等方面，其目的是减少人员伤害、财物损失、资源破坏等等，即提高安全性。对安全投资进行经济性评价，不象对一般的投资进行经济性评价那样直观。我们必须将安全性的改善程度转换成相应的以货币形式表示的价值量以后，才可能在用于安全的资本投入与“产出”之间建立对比关系，从而实现经济性评价。

安全投资概念的外延范围很广，从企业自身安措经费的使用、日常安全管理的经费、各种教育培训的开支、劳保用品的发放等等，直到国家的安全监察、法规制定、科学研究、学术交流等等的资金

投入都属于安全投资。

对安全投资进行经济性评价的现实意义，主要在以下几个方面：

1、提高企业对安全投资的认识与自觉性。在社会经济发展的任何阶段，投入到安全项目上的资源只能是社会总资源的一部分，甚至是很小的一部分。尤其是在我国目前阶段，国民经济发展水平较为落后，人均资源占有量较小，扩大再生产的建设资金十分缺乏，这样势必导致企业用于安全的投入的匮乏。在这种情况下，如何保障企业安全生产所必需的安全投入呢？一方面要采用法律的、行政的等手段强迫企业或政府的管理部門取出一部分技术改造资金用于安全技术措施的改善、人员素质的提高等等。另一方面通过对安全投资的经济效果进行分析研究，使有关人员认识到在安全上的正确投资对企业的生存和发展是大有益处的，是可获得利益的。这样可以使他们在资金紧张的情况下，不去克扣在安全上的投资，变强制性的被动安全投资为说服性的主动安全投资。

2、指导企业合理使用安措经费。如前所述，企业用于安全改造方面的投资数量总是有限的，怎样能够让有限的资金发挥最大的效果，是任何一个企业决策者必然要考虑的问题。通过安全投资的经济性评价，一方面可以使决策者对过去的安全投资是否获得利益做到心中有数；另一方面，在对各种不同的治理方案进行经济性评价之后，可以使企业现有的安措经费使用得更合理，治理后取得的利益更大。

3、加强安全工作在企业经营管理中的地位。安全管理专业人员一直试图把安全管理在企业利润中的作用象质量管理的作用那样表示清楚。否则很难改变一些企业领导人不重视安全工作，认为安全工作可有可无的看法。在安全投资方面进行经济性评价正是实现

这一目标的工具之一。它可以使安全专业人员对安全管理工作在企业生产经营中的作用给出定性或定量的价值评价，促使其他人员对安全工作主动配合，形成尊重安全管理工作的局面。同时，这种评价可以使安全管理人员认识到自己工作成绩的价值，增强责任感和自豪感，不断提高管理素质。

二、安全投资所产生的经济效果问题

经济效果就是经济活动中劳动耗费同劳动成果之间的对比，经济效果的好坏往往用经济效益的大小来反映。经济效益一般指劳动成果与劳动耗费之差值；当劳动成果大于劳动耗费（即产出大于投入）时，我们说这种经济活动具有“正效益”，反之则为“负效益”。

很多企业生产管理人员，甚至包括一部分安全管理人员，一直抱有在安全上投资永远只能产生“负效益”的观点。他们认为在安全上是只花钱，无收益。举例来说：一台机器不安装防护装置时，每天可加工100个工件。若投入一笔费用安装防护装置，每天的加工额仍然是100件。从生产的产品数量上看，用于安全防护装置的费用没有产生经济效益，这笔费用属于劳动耗费，耗费增加了，劳动成果却没有什么变化，因此这笔增加的耗费产生了“负效益”。这种观点的错误所在就是只看见了表面的正常生产过程，忽视了由不安全因素所带来的使正常生产过程受到干扰或破坏，从而使劳动耗费大大增加的“可能性”。正是这种可能性产生了安全投资所具有的经济效果。事故一旦发生了，必然会带来一定的经济损失。如果绝对不会发生事故，则也不会有由于事故而造成的经济损失，显然在这种情况下进行安全投资是没有必须的，投入了也只能产生“负效益”。但是绝对不会发生事故的情况是不存在的，任何生产过

程或多或少存在着各种危险状态，事故没有发生并不意味着事故不会发生。安全投资的目的是为了在事故发生之前使事故发生的可能性降低，从而减少由于事故的发生而造成的经济损失。

这样，在安全投资经济效果的分析中，所谓劳动成果就应该是安全投资后由于生产系统安全性提高使事故发生的可能性降低而减少的经济损失；这时的劳动耗费应该包括两个部分：一个是在安全上的投资，另一个是当系统的安全性提高后，较低水平的事故发生率所造成的经济损失。本文中将这二者统称为“安全投入”。根据前面提到的经济效果的概念，安全投资的经济效果可以被表示成：系统安全性投入的劳动价值与相应减少的事故经济损失价值之间的对比。用安全投资经济效益来表示其经济效果时，就有：当安全投入价值小于减少的事故经济损失价值时，为“正效益”；反之则为“负效益”。

弄清楚安全投资经济效果的概念以后，就可以进一步建立安全投资经济性评价的指标体系了。

三、安全投资经济效果的指标体系

1、安全投资与安全性损失之间的关系

一般地说，对于系统的安全投资越多，系统的安全性越好，则由于事故所造成的损失越少。安全投资、事故损失和系统安全性之间的关系表示于图1。图中，横轴（S轴）表示系统的安全性；纵轴（F轴）表示各种费用。 $f_1(S)$ 为安全投资费用函数。它随S增大而增加，即系统的安全性越高，达到这种高安全性所需的安全投资数额越大。 $f_2(S)$ 为事故损失费用函数。它随S增大而减小，即系统安全性越高，事故发生率越低，承受的经济损失越小，当系

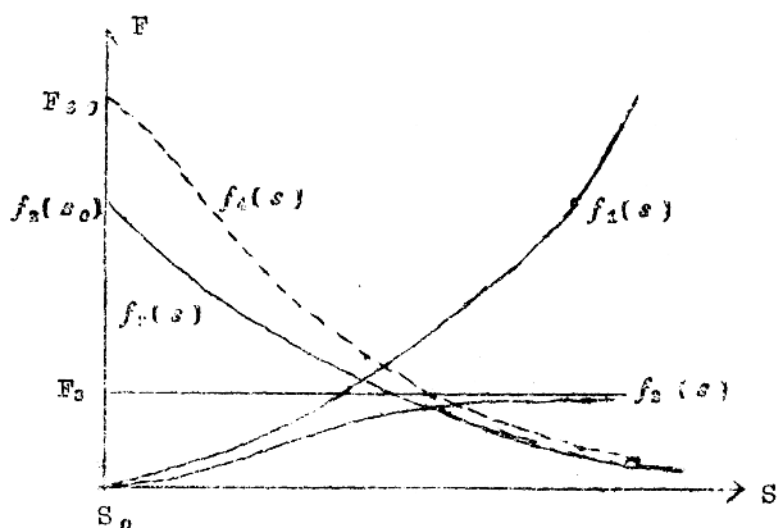


图1 安全投资、事故损失与系统安全性的关系

统的安全性无限提高时，事故发生率趋向于零，则事故损失费用也趋向于零。在对系统进行某种安全投资之前（即当安全投资为零时），系统具有初始的安全性 S_0 ，这时事故具有最大的损失值 $f_2(s_0)$ 。 $f_3(s)$ 是生产率提高函数。它代表由于系统安全性增大而使劳动生产率提高所获得的价值。它也随 S 的增大而增加，但是它的增加是有限的，其极限值就是在 S 趋于无穷大（绝对安全）情况下的生产率与 S_0 时的生产率之差值，用 F_3 表示。

我们可以把 $F_3 - f_3(s)$ 看作是系统没有达到绝对的安全性而造成的生产率损失。这个损失与事故损失迭加起来形成总的由于安全性不好所造成的损失，本文中将其称为安全性损失，用 F_s 表示，则有

$$F_0 = f_2(s) + F_0 - f_3(s) = f_4(s) \quad (1)$$

如图 1 中的虚线所示。

设安全投资费用为 F_i ，则

$$F_i = f_1(s) \quad (2)$$

将(2)式改写成 S 为 F_i 的函数形式，即 f_1 的反函数：

$$S = g(F_i) \quad (3)$$

把(3)式代入(1)式中，有

$$F_0 = f_4(s) = f_4(g(F_i)) = f(F_i) \quad (4)$$

(4)式表示安全投资费用和安全性损失费用之间的关系。以 F_i 为横坐标， F_0 为纵坐标可给出图 2 所示的二维图形。只要 $f(F_i)$ 已知则可以根据投资 F_i 的大小直接求出安全性损失的大小 F_0 ，进而进行经济性的评价。

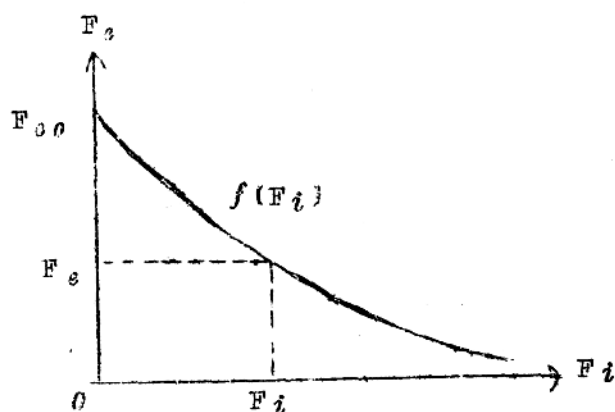


图 2 安全性损失费用与安全投资费用的关系

但是不幸的是，目前有关 f_1 、 f_2 、 f_3 、 f_4 和 f 等函数的具体内容还没有被揭示，图 1 和图 2 中的曲线只是代表了它们的变化趋势，而不是精确的函数关系。对于不同的系统，这些函数应该是不一样的。随着对安全经济性问题研究的不断深入，如果能逐渐寻找到这些函数关系，那么将会给我们的经济评价工作带来很大的便利。目前我们只能利用这些函数的趋势，采用间接的办法来对安全投资进行经济性评价，无法直接利用这些函数关系。

2、安全投资经济效果的指标体系

前面提到过，经济效益是经济活动中劳动耗费同劳动成果之间的对比。这种对比可通过四个常用的经济指标来进行。这四个指标是：经济效益、收益率、经济效果系数和投资回收期。这四个经济指标同样构成了衡量安全投资经济效果的指标体系，这里分别介绍如下。

1) 安全投资经济效益 安全投资经济效益就是安全投入的价值与相应减少的事故损失价值之间的差值。这里安全投入的价值为安全投资价值与投资后的系统安全性损失之和，即安全上的耗费。根据安全投资经济效益的定义和图 2 所表示的 F_i 与 F_0 的关系，可得如下两个经济效益的计算公式：

(1) 安全项目有效期内的总经济效益：

$$X_{\Sigma} = \sum_{j=1}^t J_j - [F_i + \sum_{j=1}^t (F_{ij} + F_{0j})] \quad (5)$$

式中： X_{Σ} ——有效期内总经济效益，元；

t ——安全项目有效期，年；

J_j ——安全项目第 j 年的有用效果，按 (6) 式计算；

F_i ——安全项目一次性投资费用, 元;

F_{tj} ——有效期内第 j 年的运行、维护等费用, 元/年;

F_{ej} ——系统第 j 年的安全性损失费用, 元/年。

(5) 式中的 J_j 按下式计算:

$$J_j = F_{eo} - F_{ej} \quad (6)$$

式中: J_j ——安全项目第 j 年有用效果, 元/年;

F_{eo} ——不进行安全投资系统每年可能的安全性损失费用, 元/年。

(2) 安全项目有效期内的年均经济效益:

$$X_n = X_\Sigma / t \quad (7)$$

式中: X_n ——年均经济效益, 元/年;

t ——安全项目有效期, 年。

2) 安全投资收益率 收益率是指投资项目在有效期内年均有用效果与总劳动耗费之比。在安全投资问题中可表示成下式:

$$R_k = \frac{\sum_{j=1}^t J_j / t}{F_i + \sum_{j=1}^t (F_{tj} + F_{ej})} \quad (8)$$

式中: R_k ——安全投资收益率, 1/年。

收益率 R_k 表示每一元钱的耗费每年可获得的收益为多少元。

3) 安全项目经济效果系数 经济效果系数指投资项目有效期内所获得的总有用效果与总劳动耗费之比。在安全投资问题中可表示成下式:

$$E = tR_k = \frac{\sum_{j=1}^t J_j}{\{F_t + \sum_{j=1}^t (F_{tj} + F_{0j})\}} \quad (9)$$

式中: E ——安全投资项目经济效益系数。

E 表示在安全项目有效期内每花一元钱所能获得的总收益。

4) 安全投资回收期 这个指标反映了能够将安全投资收回的时间。当用年为单位时, 它与收益率互为倒数:

$$T_K = \frac{1}{R_K} \quad (10)$$

式中: T_K ——安全投资回收期, 年。

这四个评价指标一般需要同时采用, 才能客观地反映出安全项目投资的经济效果。经济效益反映了收益的绝对量, 可为正值, 也可为负值。它直接给出代表安全投资后所获得利益的货币数量; 收益率和经济效益系数均为相对量, 适用于在不同系统或不同方案之间进行经济效果的比较。

3. 经济效益指标的分析

根据(5)——(9)式, 分析一下在安全投资为零和无穷大两种极端情况下的经济效果。

1) 当不对系统进行安全投资时, 即 $F_t = 0$ 时, 则必然有 $F_{tj} = 0$ 和 $F_{0j} = F_{0\infty}$ 根据(6)式, 有 $J_j = 0$ 。这样由(5)式可得:

$$\begin{aligned}
X_{\Sigma} &= \sum_{j=1}^t J_j - \left(F_i + \sum_{j=1}^t (F_{ij} + F_{ej}) \right) \\
&= 0 - \left(0 + \sum_{j=1}^t (0 + F_{ej}) \right) \\
&= -tF_{e0}
\end{aligned}$$

其中 t 为不打算投资的年限，如五年内不打算安全投资，则 $t = 5$ 。以上分析说明若不进行安全投资只能得到负值的经济效益，也就是说要赔钱，而且拖得越久，赔得越多。

同样，将 $F_i = 0$ 、 $F_{ij} = 0$ 、 $F_{ej} = F_{e0}$ 和 $J_j = 0$ 代入 (8) 式和 (9) 式可得： $R_K = 0$ 和 $E = 0$ ，即不进行安全投资收益率和经济效益系数均等于零。

2) 当在安全上投资大量的钱，有 $F_i \rightarrow \infty$ 时，则有 $F_{ej} \rightarrow 0$ 。根据 (6) 式，有 $J_j \rightarrow F_{e0}$ 这样由 (5) 式可得：

$$\lim_{F_i \rightarrow \infty} X_{\Sigma} = tF_{e0} - \left(F_i + \sum_{j=1}^t F_{ij} \right) = -\infty$$

即当 $F_i \rightarrow \infty$ 时， $X_{\Sigma} \rightarrow -\infty$ 。这说明在安全上投资过多时，经济效益趋于恶化。

由 (8) 式，当 $F_i \rightarrow \infty$ 时，分母 $\rightarrow \infty$ ，分子 $\rightarrow F_{e0}$ (为一个定值)，则 $R_K \rightarrow 0$ ，同理 $E \rightarrow 0$ 。这说明安全投资数额巨大时，收益率和效益系数都趋向于零。

从以上的分析可以看出，在安全上不进行投资以及投资过多，

经济效益均不佳,因此需要有适当的安全投资,以保证取得较好的经济效益。

值得提出的是,安全投资与一般的经营性投资不同,它不能以单纯追求最大的经济效益为目标,而是应该在适当照顾经济效益的基础上尽量实现系统的安全性最优。这主要是因为:在一定的安全投资数量范围内,经济效益最好的决策与使系统安全性达到最优的决策很可能不一致。例如有一万元的资金可用于系统安全设施,如果只花其中五千元,可使某种工伤事故率下降3人次,而一万元全部花掉,可使这种工伤事故下降5人次。从经济效益考虑,可能只花五千元比花一万元要好,但从系统安全性考虑,事故率越低越好,所以应该将一万元全部用掉。当安全投资数额已确定时,一般以达到系统安全性最佳为决策目标;而当安全投资数额未定(需要决策确定)时,则要考虑经济性指标和安全性指标,即所谓的经济效益与社会效果要相统一。

四、安全性损失($F_{e,j}$ 或 $F_{e,0}$)的计算

安全性损失由生产率损失和事故损失两大部分组成。生产率损失可按人机工程学中的原型和方法进行测定,只要是因安全或卫生条件不好所造成的劳动率损失与机器使用率损失(如能耗加大、寿命缩短等),都属于生产率损失。一般来说,生产率损失比事故损失要难以确定。因此在进行安全投资经济性评价时,如无确切参考资料或实测数据,可略去生产率损失,只计算事故损失。

事故损失又分为工伤事故经济损失和职业病经济损失两个部分。

工伤事故经济损失的计算方法可参照国家标准《企业职工伤亡事故经济损失统计标准》(GB 6721-86)和《企业职工伤亡事故

分类》(GB 6441-86)进行。现将计算方法简介如下:

工伤事故经济损失可分为直接损失和间接损失两大部分,即

$$F_{\text{总}A} = E_{\text{直}A} + E_{\text{间}A} \quad (11)$$

式中: $F_{\text{总}A}$ ——工伤事故所造成的经济损失元;

$E_{\text{直}A}$ ——工伤事故所造成的直接经济损失,元。按(12)

式计算;

$E_{\text{间}A}$ ——工伤事故所造成的间接经济损失,元。按(13)

式计算。

工伤事故直接经济损失又由三部分组成:

$$E_{\text{直}A} = e_1 + e_2 + e_3 \quad (12)$$

式中: e_1 ——人身伤亡后所支出的费用,元;

e_2 ——善后处理费用,元。按(16)式计算;

e_3 ——财产损失价值,元。按(17)式计算。

人身伤亡后所支出的费用 e_1 为:

$$e_1 = e_{11} + e_{12} + e_{13} + e_{14} \quad (13)$$

式中: e_{11} ——医疗费用(含护理费用)。当事故结案而医疗费未能结算时,按(14)式计算;

e_{12} ——丧葬及抚恤费用,元;

e_{13} ——补助及救济费用,元。对分期支付的恤、补助等费用,从开始支付日累计到停发日。停发日系指
①所供养未成年直系亲属到16周岁(普通中学在校生到18周岁)②所供养成年直系亲属到68周岁;

e_{14} ——歇工工资,元。事故结案而歇工工资未结算时,按(15)式计算。

$$e_{11} = Mb + \frac{Mb}{P} \cdot Dc \quad (14)$$

式中: Mb ——事故结案前的医疗费, 元;

P ——事故发生至结案的天数, 日;

Dc ——延续医疗天数, 日。由劳资、安全和工会部门根据医生诊断意见测定。多名伤害累加计算。

$$e_x = Lq (Da + DK) \quad (15)$$

式中: Lq ——被伤害职工日工资, 元/日;

Da ——事故结案前的歇工日, 日;

DK ——延续歇工日, 期限的确定方法同(14)式中的 Dc 。

善后处理费用 e_s 由四部分组成:

$$e_s = e_{s1} + e_{s2} + e_{s3} + e_{s4} \quad (16)$$

式中: e_{s1} ——处理事故的事务性费用, 元;

e_{s2} ——现场抢救费用, 元;

e_{s3} ——清理现场费用, 元;

e_{s4} ——事故罚款和赔偿费用, 元。

财产损失价值 e_l 按下式计算:

$$e_l = e_{l1} + e_{l2} \quad (17)$$

式中: e_{l1} ——固定资产损失价值, 元。包括1)报废的固定资产(以固定资产净值减去残值计算); 2)损坏的固定资产(以修复费计算);

e_{l2} ——流动资产损失价值, 元。对于原材料、燃料、辅助材料等均按帐面值减去残值计算; 对于成品、半成品等均以企业实际成本减去残值计算。

间接经济损失 E_{iA} 按下式计算。

$$E_{iA} = e_4 + e_5 + e_6 + e_7 + e_8 + e_9 \quad (18)$$

式中: e_4 ——停产、减产损失, 元;

e_5 ——工作损失价值, 元。按 (19) 式计算;

e_6 ——资源损失价值, 元;

e_7 ——处理环境污染的费用, 元;

e_8 ——补充新职工的培训费用, 元。可参考数值: 技术工人
2000元/人。技术人员10000元/人;

e_9 ——其它损失费用, 元。

工作损失价值 e_5 的计算

$$e_5 = D_L \cdot \frac{M}{S \cdot D} \quad (19)$$

式中: D_L ——一起事故的总损失工作日数, 日。死亡一名按
6000个工作日计算, 受伤一名视伤害情况按
《企业职工伤亡事故分类》确定;

M ——企业上年税利(税金加利润)元;

S ——企业上年平均职工人数, 人;

D ——企业上年法定工作日数, 日。

职业病经济损失目前还没有统一的计算方法, 各企业一般根据自己的情况进行统计计算。笔者建议在正式的国家标准制定之前, 可参考工伤事故损失计算方法, 将职业病损失也分为直接损失与间接损失两大类, 即

$$F_{eB} = E_{dB} + E_{iB} \quad (20)$$

式中: F_{eB} ——职业病经济损失, 元;

E_{dB} ——职业病直接经济损失, 元;

E_{iB} ——职业病间接经济损失, 元。

在职业病情况下, 直接经济损失 E_{dB} 仅涉及到病人所支出的费用, 则将 (12) 式中的 e_2 和 e_3 去掉, 有

$$E_{dB} = e_1 = e_{11} + e_{12} + e_{13} + e_{14} \quad (21)$$

上式中各项的计算方法参见 (12)、(13)、(14) 和 (15) 式。

间接经济损失 E_{iB} 的计算参照 (18) 式进行。在计算工作损失价值时, 病退或死亡均按 6000 个工作日计算, 因职业病不能正常工作视其实际工作量的算损失工作日。

五、安全投资 (E_s 和 F_{ij}) 的计算

安全投资是用于改善系统安全性的花费。一般说来, 安全问题总是要涉及到人与物两个方面, 降低事故发生率的途径也是从人与物两个方面着手进行控制。为实现同一个安全目标, 可以采用多种控制方法; 而某一个安全目标的实现, 又是多种控制措施的综合结果。因此在对一般系统的安全管理进行经济效果的评价时, 要考虑以下三个方面的安全投资:

1、安全防护设施的投入。凡是用于对物的不安全状态进行技术改造、安全防护等所花的费用都归入此类, 包括个体防护用品、劳保用品和卫生用品等费用。对于工程项目, 可以按一次性投资 E_s 和年运行保养费用 F_{ij} 中分别计算; 对于个体防护用品可按年度发放费用计入 F_{ij} 。

2、人员安全素质的投入。包括生产人员的安全教育、技术培训以及安全管理人员自身素质的提高所需费用, 可按年度计入 F_{ij} 中。此外, 如安全教育设施等物质性的投入同样分一次性投资 F_1 和年维护费用 F_{ij} 分别计算。