

矿山生产主要不确定因素对投资收益率的影响程度

李 龙 虎

(吉林省第六地质调查所, 吉林 延吉 133001)

摘 要: 在矿床技术经济评价敏感分析的基础上用数学方法系统地分析了矿山生产中的主要不确定因素—销售收入、销售成本、生产能力、总投资对矿山投资收益率的影响程度, 同时讨论了多因素随机变化对投资收益率的影响问题。

关键词: 矿床技术经济评价; 敏感分析; 不确定因素; 投资收益率; 影响程度

中图分类号: F224; F407.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2005)01-0061-05

1 前言

敏感分析是矿床技术经济评价中常用的不确定分析方法。该方法研究影响矿山经济效益的诸多因素与其投资效果的关系, 确定对投资效益敏感性大的因素, 以使决策者或经营者采取相应的对策保证矿山不亏损。

在影响矿山投资效果的诸多因素中, 销售收入、销售成本、生产能力、总投资等因素对投资效益的重要性最大, 而且这些因素本身的可变性也较大, 所以是敏感分析研究的主要不确定因素。

从事矿床技术经济评价或研究工作会发现在敏感分析中销售收入对投资效果的敏感性始终比销售成本、生产能力、投资等因素的敏感性大, 其他因素则可根据具体矿床有不同情况。还发现总投资的敏感特征与其他因素不同, 表现在绘制敏感曲线时其他因素的敏感曲线都是直线, 惟独投资的敏感曲线不是直线。这些问题中是否有某种必然规律呢? 本文主要针对这些问题采用数学方法系统研究因素与投资效益关系, 比较主要不确定因素对投资收益率的影响程度, 并简述多因素变化与投资收益率关系问题。

2 单因素对投资收益率影响程度

一般敏感分析只讨论一个因素的变化对投资收益率的影响, 使其他因素固定不变, 并且使各因素的变化率都相同(一般取±10%)。通过比较各因素对投资收益率的影响程度, 找出对投资效益影响较大的因素。

设 P, C, A, I 分别代表销售收入、销售成本、生产能力、总投资; R 代表投资收益率; X 代表因素变化率; Y_P, Y_C, Y_A, Y_I 分别代表上述各因素的变化引起的投资收益率的变化率。

则根据定义, 投资收益率

$$R = \frac{P - C}{I}$$

当销售收入、销售成本、生产能力、总投资变化率为 X 时, 分别有:

$$\begin{aligned} \frac{P(1+X) - C}{I} &= R(1+Y_P) \\ \frac{P - C(1+X)}{I} &= R(1+Y_C) \\ \frac{P(1+X) - C(1+X)}{I} &= R(1+Y_A) \\ \frac{P - C}{I(1+X)} &= R(1+Y_I) \end{aligned}$$

收稿日期: 2004-02-01

作者简介: 李龙虎(1954), 男(朝鲜族), 吉林延边人, 高级工程师, 学士, 1982年毕业于长春地质学院, 从事矿产地质勘查工作。

上述 4 个等式为敏感分析的基本公式。等式右侧相当于因素变化引起的投资收益率大小。为了便于比较, 上述 4 个式子用 $R = \frac{P-C}{I}$ 代换, 并整理后分别得到:

$$Y_P = (1 + \frac{C}{P-C})X$$
$$Y_C = \frac{-C}{P-C}X$$
$$Y_A = X$$
$$Y_I = \frac{-X}{1+X}$$

比较上述各式, 可得出各因素对投资收益率影响程度大小。

当 X 为正值时, 由于 $Y_P = X + \frac{C}{P-C}X = Y_A + |Y_C|$, 所以 Y_P 大于 Y_A 也大于 $|Y_C|$ 。又, 由于 $\frac{1}{1+X} < 1, X > \left| \frac{-X}{1+X} \right|$, 即 $Y_A > |Y_I|$ 。所以有 $Y_P > Y_A > |Y_I|, Y_P > |Y_C|$ 。这说明 4 个因素中销售收入对投资收益率影响最大。对 $|Y_C|$ 和 Y_A 来讲, 如果 $\frac{C}{P-C} > 1$ 时, $\left| \frac{-C}{P-C} \right| X > X$, 即 $|Y_C| > Y_A > |Y_I|$ 。 $\frac{C}{P-C} < 1$ 时, $|Y_C| < Y_A$ 。这时 $|Y_C|$ 和 $|Y_I|$ 大小通过比较 $\frac{C}{P-C}$ 与 $\frac{1}{1+X}$ 的值确定。

当 X 为负值时, 有:

$$Y_P = - (1 + \frac{C}{P-C})X = - (X + \frac{C}{P-C}X)$$
$$Y_C = \frac{C}{P-C}X$$
$$Y_A = - X$$
$$Y_I = \frac{X}{1-X} (X \neq 1)$$

上式中, $|Y_P| = |Y_A| + Y_C, Y_I > |Y_A|$ 。 $|Y_P|$ 大于 Y_C 也大于 $|Y_A|$ 。 Y_P 和 Y_I 大小视 $(1 + \frac{C}{P-C})$ 和 $\frac{1}{1-X}$ 的大小确定。根据经验数值, $(1 + \frac{C}{P-C}) > 1.5$, 所以只要 X 绝对值不大于 33% 便可保证 $|Y_P| > Y_I$ 。而一般矿床经济评价中 X 绝对值不超过 30%, 所以 $|Y_P| > Y_I > |Y_A|, |Y_P| > Y_C$ 。即销售收入的影响最大。当 $\frac{C}{P-C} > 1$ 时 $Y_C > |Y_A|$, 这时 Y_C 与 Y_I 大小比较 $\frac{C}{P-C}$ 与 $\frac{1}{1-X}$ 值确定。 $\frac{1}{P-C} < 1$ 时, $Y_C <$

$|Y_A| < Y_I$ 。

从上述分析得出, 主要不确定因素销售收入、销售成本、生产能力、总投资中销售收入对投资收益率影响最大, 其他因素具体参数(如销售收入、销售成本、因素变化率等)不同各有不同情况。另外还可以看出 Y_P 和 Y_C 大小不仅与因素变化率有关, 还和 P 和 C 的值有关, 而 Y_A 和 Y_I 大小只与因素变化率大小有关。 $|Y_I|$ 的值与 X 取的符号有关, 两者差别随着 $|X|$ 值的增大迅速变大。而 $|Y_P|, |Y_C|, |Y_A|$ 的大小与 X 取的符号没有关系。

举一矿床经济评价实例说明。某矿^[1]入选方案: 销售收入 420 万元/年, 销售成本 266.28 万元/年, 总投资 1093.76 万元, 投资收益率 14.05%。当销售收入、销售成本、生产能力和总投资各变化 $\pm 10\%$ 时, 其投资收益率和投资收益率的变化率如表 1 所示。

表 1 某矿床不确定因素变化与投资收益率及其变化率

Table 1 Uncertain factor change and income and its uncertain factor change of a ore deposit

不确定因素	因素变化 10 %		因素变化 - 10 %	
	投资收益	投资收益率	投资收益	投资收益率
	率/%	变化率/%	率/%	变化率/%
销售收入	17.89	27.32	10.21	- 27.32
销售成本	11.62	- 17.32	16.49	17.32
生产能力	15.46	10	12.65	- 10
总投资	12.78	- 9.09	15.62	11.11

当 $X = 10\%$, $Y_P = 27.32\%$, $Y_C = - 17.32\%$, $Y_A = 10\%$, $Y_I = - 9.09\%$ 。 $Y_P = |Y_C|, Y_A > |Y_I|$ 。所以 Y_P 最大。由于 $\frac{C}{P-C} = \frac{420}{420-266.28} = 1.73 > 1$, 所以 $|Y_C| > Y_A > |Y_I|$ 。

当 $X = - 10\%$, $Y_P = - 27.32\%$, $Y_C = 17.32\%$, $Y_A = - 10\%$, $Y_I = 11.11\%$ 。

$|Y_P| = Y_C + |Y_A|, Y_I > |Y_A|$ 。 $(1 + \frac{C}{P-C}) = 2.73 > \frac{1}{1-X} = 1.11$, 所以 $|Y_P| > Y_I, Y_P$ 最大。由于 $\frac{C}{P-C} > 1, Y_C > |Y_A|$, 而 $\frac{C}{P-C} = 1.73 > \frac{1}{1-X} = 1.11$, 所以 Y_C 也大于 Y_I 。

表 1 中也可以看出, $|Y_I|$ 的值当 $X = 10\%$ 时为 9.09%, $X = - 10\%$ 时为 11.11%。而 $|Y_P|, |Y_C|,$

$|Y_A|$ 的值与 $X = \pm 10\%$ 时相同。

3 不确定因素对基准收益率的变化幅度

在考虑各因素变化对投资收益率影响时, 设投资收益率固定不变(即用基准收益率代替), 则可得到各因素对基准收益率的变化幅度(变化率), 得到的变化幅度越小, 该因素对投资收益的影响越大。该方法在敏感分析中也经常使用。

设 X_P 、 X_C 、 X_A 、 X_I 分别代表销售收入、销售成本、生产能力、总投资的变化幅度, L 代表基准收益率(其他符号意义同前), 则:

$$\begin{aligned} X_P &= \frac{LI + C}{P} - 1 \\ X_C &= \frac{P - LI}{C} - 1 \\ X_A &= \frac{LI}{P - C} - 1 \\ X_I &= \frac{P - C}{IL} - 1 \end{aligned}$$

上边几个公式是因素对基准收益率变化幅度的基本式子^[2, 3]。

为便于比较, 上述式子进行变换。由于 $R = \frac{P - C}{I}$, $I = \frac{P - C}{R}$ 。代入以上各式并整理分别得出:

$$\begin{aligned} X_P &= \frac{P - C}{P} \cdot \frac{L - R}{R} \\ X_C &= \frac{P - C}{C} \cdot \frac{R - L}{R} \\ X_A &= \frac{L - R}{R} \\ X_I &= \frac{R - L}{L} \end{aligned}$$

比较以上各式得出各因素对投资效益的敏感程度。

由于具体矿山生产中要求 $P > C$, $R > L$ (否则无收益), 所以 $\frac{P - C}{P} < \frac{P - C}{C}$, $|X_P| < X_C$; $\left| \frac{L - R}{R} \right| < \frac{R - L}{L}$, 即 $|X_A| < X_I$ 。而 $\frac{P - C}{P} < 1$, $\frac{P - C}{P} \cdot \left| \frac{L - R}{R} \right| < \left| \frac{L - R}{R} \right|$, 所以 $|X_P| < |X_A| < |X_I|$ 。也就是说, 这些因素中销售收入的变化幅度最小。

$\frac{P - C}{C} < 1$ 时, $\frac{P - C}{C} \cdot \frac{R - L}{R} < \left| \frac{L - R}{R} \right|$, 即 $X_C <$

$|X_A| < X_I$ 。 $\frac{P - C}{C} > 1$ 时, $X_C > |X_A|$, 而 X_C 和 X_I 关系由于影响因素较多(与 P , C , R , L 都有关系)也较复杂, 这里不详细讨论。

举个具体例子说明。某矿床技术经济评价敏感分析结果如表 2 所示^[1]。

表 2 某矿床敏感性分析表
Table 2 Sensitive analysis of a ore deposit

不确定因素	单位	入选方案	基准收益率		上、下 限差
			下限(8%)	上限(12%)	
销售收入	万元	6030.76	-0.4839	-0.3933	9.06
销售成本	万元	2019.50	1.4451	1.1745	-27.06
生产规模	万吨	40.39	-0.7275	-0.5913	13.62
矿山投资	万元	13661.92	2.6701	1.4467	-122.34

从表 2 可见, 在基准收益率分别等于 8% 和 12% 时, 销售收入变化幅度绝对值均小于其他因素的变化幅度绝对值; 生产能力变化幅度绝对值小于投资的变化幅度。

这里 $\frac{P - C}{C} = \frac{6030.76 - 2019.50}{2019.5} = 1.99 > 1$, 所以销售成本的变化幅度大于生产能力变化幅度的绝对值。销售成本变化幅度小于投资的变化幅度。其顺序为 $|X_P| < |X_A| < X_C < X_I$ 。

4 多因素变化对投资收益率的影响

矿山生产中不确定因素的变化实际上带有很大的随机性和复杂性, 不可能孤立地、等量地变化。所以研究各因素任意变化对投资效益的影响很有必要。

设 X_P 、 X_C 、 X_I 分别代表销售收入、销售成本、总投资的变化率, Y 代表投资收益率的变化率(其他符号意义同前), 则这些因素的变化对投资收益的影响可用下式表示:

$$\frac{P(1 + X_P) - C(1 + X_C)}{I(1 + X_I)} = R(1 + Y)$$

上式用 $R = \frac{P - C}{I}$ 代换, 并加以整理可得出:

$$Y = \frac{P(X_P - X_I) - C(X_C - X_I)}{(P - C)(1 + X_I)}$$

该关系式是因素变化与投资收益率变化关系的一般式子。

该式中当

X_c, X_l 等于 0 时, $Y = \frac{P}{P-C} X_P = (1 + \frac{C}{P-C}) X_P$

X_P, X_l 等于 0 时, $Y = \frac{-C}{P-C} X_c$

X_P, X_c 等于 0 时, $Y = \frac{-X_l}{1+X_l}$

X_l 等于 0, $X_P = X_c$ 时, $Y = X_P = X_c$

上述几个式子分别相当于销售收入、销售成本、投资、生产能力因素单独变化时的投资收益率的变化率。

下面利用前面的矿床实例具体分析多因素变化对投资收益率的影响。这里 $P = 420, C = 266.28$ 。 X_P, X_c, X_l 在 0~ ±20% 范围内变化时, Y 值的分布见图 1。

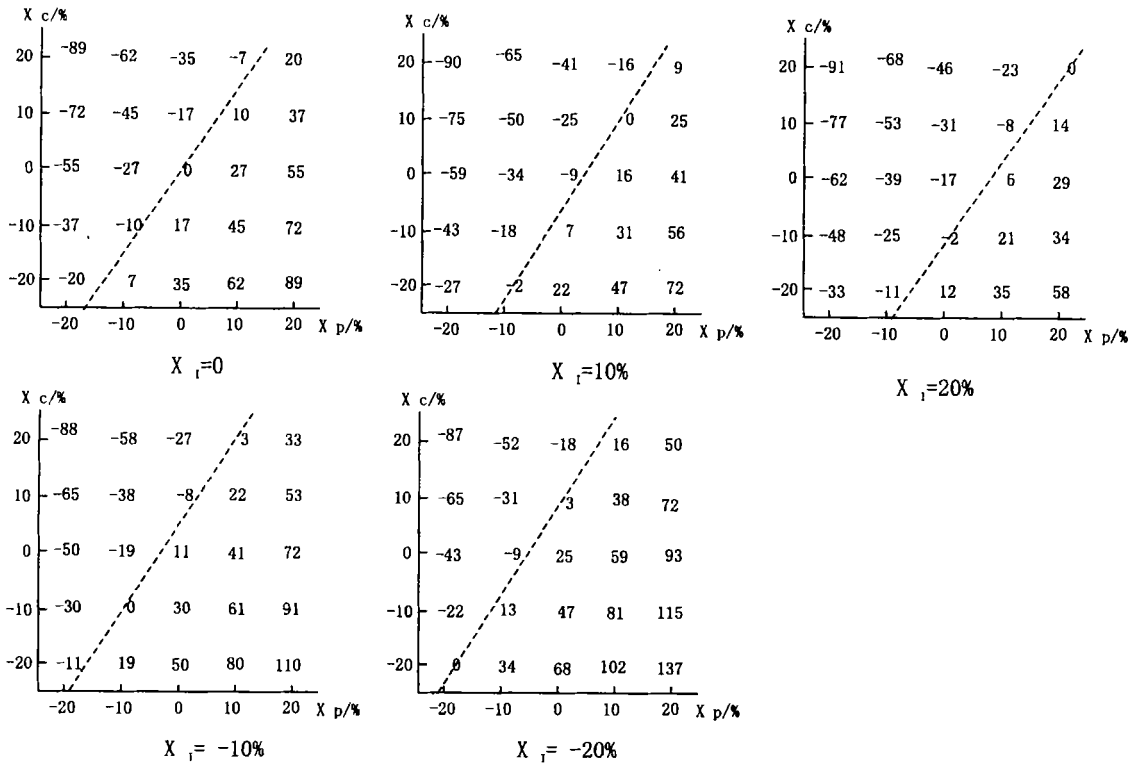


图 1 某矿床投资收益率变化率分布图
Fig. 1 Plot showing the income rate change of a ore deposit

为了讨论方便, 该图中各因素变化间隔按 10% 选取, 实践中可根据实际需要任意选取间隔, 范围也可选大一些。

从图 1 中可直观地看出因素的变化对投资收益率的影响。销售收入的增加, 销售成本的减少或投资的减少都有利于投资收益率的提高。反之, 销售收入减少, 成本增加, 投资增加都将导致投资收益率下降。在变化率一致的情况下销售收入仍是影响投资收益率的主要因素。

图中的虚线是投资收益率变化率 0 值点的连线, 该线的右下部分为投资收益率增加区, 左上部分为减少区。矿山生产中争取各因素的变化控制在投资收益率增加区, 以便取得良好的经济效益。

5 结语

本文在敏感分析工作基础上系统研究了主要不确定因素对投资收益率的影响程度, 揭示了销售收入对投资效果最敏感的原因。

通过该研究对敏感分析实质有了更深入的了解, 得出的结论不仅解释了敏感分析结果, 同时为敏感分析指明了新的简便的方法, 比如利用投资收益率变化率的计算公式可使投资收益率计算更方便。

探讨多因素随机变化与投资收益率关系方面也作了有益的尝试, 提出了因素变化对投资收益率关

系的一般关系式以及图示法, 对矿山生产实践中有一定实用价值。

参考文献:

[1] 齐亚林, 范宴良, 王生龙, 等. 矿床技术经济评价案例[M]. 北

京: 地质出版社, 1992. 89-95, 245-256.

[2] 徐强, 曹瑞峰. 矿床技术经济评价[M]. 北京: 地震出版社, 1993. 140-144.

[3] 关凤峻, 王文, 张应红. 地质技术经济学[M]. 北京: 地质出版社, 1993. 82-88.

DEGREE OF EFFECTS OF THE MAIN UNCERTAIN FACTORS ON INVESTMENT INCOME RATE IN MINING PRODUCTION

LI Long-hu

(No. 6 Institute of Geological Survey of Jilin, Yanji 133001, China)

Abstract: On the basis of sensibility analysis in technical-economic evaluation of mineral deposits, systematic mathematical analysis has been applied to analyse degree of effects of main uncertain factors—proceeds of sale, sales cost, productivity and gross investment on investment income ratio in mining production. Effect of multifactor on investment income ratio also has been discussed.

Key words: technical-economic evaluation of mineral deposits; sensibility analysis; uncertain factors; investment income ratio; degree of effect

(上接第 56 页)

APPLICATION OF C, O AND Sr ISOTOPE COMPOSITION OF CARBONATES IN THE RESEARCH OF PALEOCLIMATE AND PALEOOCEANIC ENVIRONMENT

YAN Zhao-bin¹, GUO Fu-sheng^{1,2}, PAN Jia-yong³, GUO Guo-lin¹, ZHANG Yue-jing¹

(1. East China Institute of Technology, Fuzhou 344000, China;

2. School of Earth Science and Mineral Resources, China University of Geoscience, Beijing 100029, China;

3. State Key Laboratory for Mineral Deposits Research, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: Research on C, O, Sr isotopes of carbonate rocks is one of the geochemical tracers and provides quantitative evidences for paleo-environment and paleoclimate change. The research results reveal that high $\delta(^{13}\text{C})$ represents rise of the sea level and high rate of organic carbon burry, the low $\delta(^{13}\text{C})$ the drop of sea level and the organic carbon burry rate; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio is negatively correlated to eustatic change of sea level, $\delta(^{18}\text{O})$ value is one of the signoture to be trsed to indicate if the carbonate rock was exposed to late reworke. Generally, $(\text{Mn}/\text{Sr}) < 10$, $\delta(^{18}\text{O}_{\text{POB}}) < -10 \times 10^{-3}$, impositively correlated $\delta(^{13}\text{C})$ and $\delta(^{18}\text{O})$ are the prerequisites for C, O, Sr isotopes to trace paleo-climate.

Key words: carbonate; carbon isotope; oxygen isotope; strontium isotope; paleoclimate; paleoceanic environment