

# 气田开发方案经济评价的风险分析

徐佳琼 李光耀

(西南石油学院)

**内容提要** 本文应用蒙特卡洛法成功地进行了气田开发方案经济评价的风险分析,解决了天然气开发经济评价中一系列因素随机变化对投资效果的综合影响问题,为提高决策的可靠性和有效性提供了依据。

**主题词** 气田 开发方案 经济评价 蒙特卡洛模拟 风险分析

天然气资源的勘探开发投资效果与地质因素、工程技术水平、政治、经济等因素有关。所有这些因素中都包括大量不确定性和随机现象,因此天然气的勘探开发决策是典型的风险性问题。由于天然气勘探开发投资大、回收期长、不确定因素多,风险程度高,为了提高决策的合理性和科学性,对其风险分析进行研究十分必要。

随着计算机的运用,蒙特卡洛模拟成了合理处理各参数的不确定性的较为有效的工具,为风险分析提供了有力手段。尽管我国在这方面问题进行过研究<sup>[1,2]</sup>,但由于它具有一定的复杂性和受计算机普及程度的限制,至今仍未被普遍推广使用。本文将将其应用于气田开发方案经济评价的风险分析,并以实例验证。

## 蒙特卡洛法的原理 及模拟过程

蒙特卡洛模拟法是用于研究和处理有限多个随机变量综合结果的一种数学方法。其原理是:

设有随机变量函数

$$Y = g(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

其中  $X_1, X_2, \dots, X_n$  是  $n$  个 ( $n$  是有限值) 相互独立的随机变量,并各自具有一定概率分布(连续型、离散型均可)。通过对各自变量按其概率分布进行  $N$  次随机抽样,且对每次抽样结果都按关系式  $g$  进行一次运算处理,共抽样运算  $N$  次。当  $N \rightarrow \infty$  时,这  $N$  次运算结果则构成了  $Y$  的概率分布。这样一种处理过程就是蒙特卡洛模拟的过程。这一过程需要对自变量(随机的)进行足够多次随机抽样,保证每个自变量都以各自分布的实际形态参加运算过程,从而获得包含随机变量全部信息的综合结果。对自变量的随机抽样是通过它们各自的累积频率曲线而实现的。

## 经济评价的风险分析

本文采用净现值作为评价开发方案的主要指标。这是因为评价的结果,不仅要给出反映投资效果的主要指标的分布,而且要计算出投资效果的期望值,它能定量地反映不确定性的影响。

对净现值的模拟可概括为以下几个步骤:

1. 确定影响净现值的所有变量。

在天然气的开发中,净现值主要取决于

天然气的产量、钻井成本、总投资、生产费用、气价、税率、折现率、通货膨胀率等因素。

2. 把影响净现值的变量分成两类,一类是确定型变量,另一类是随机型变量。

通常,固定成本、折旧、税率等为确定型变量;气价、产量、投资、可变成本、通货膨胀率等为随机变量。

3. 确定所有随机变量的分布。

4. 完成重复模拟,以便描述净现值的分布。

5. 计算出净现值的期望值。

由于每年的净现值不同,因而影响净现值的随机变量也可分为与时间无关的随机变量(如气价等)和与时间有关的随机变量(如产气量等)。

由于模拟一次,便可得到一个净现值。假设模拟次数为  $N$  ( $N$  的取值可根据实际问题而定,但  $N$  至少大于 100), 则可得到  $N$  个净现值。求出其最小值和最大值,则模拟的结果便落入区间 [最小值-1, 最大值+1]。将这个区间分成等间隔的 10 个(可自定)小区间,统计净现值落入每一区间的个数,从而可求得每一区间的相对频率。由于模拟次数已足够多,因而其相对频率便可视为净现值落入该区间的概率。根据这个结果,便可得到净现值的直方图和累积频率图。这两种图均可给决策者提供一个未来净现值可能达到的最大值、最小值以及在某一可能范围的概率的大小;同时还可以计算出期望净现值,它可作为投资决策的依据。

文献(3)把经济风险定义为:

$$\text{经济风险} = \frac{\text{均方差}}{\text{期望净现值}}$$

利用这个公式,即可得到各方案的风险程度的一个量的表示。经济风险值越大,说明该方案的抗风险能力越弱。

为使风险分析计算机化,我们进行了程

序设计。该程序包括下列内容:

1. 对随机变量进行抽样的子程序;

2. 计算年净现金流量的子程序;

3. 计算净现值的子程序;

4. 将模拟得到的净现值转化为频率直方图,并计算出期望净现值与经济风险;

5. 主控制子程序,说明随机变量的分布形式,蒙特卡洛模拟的次数以及其它一些控制量。

我们是用 BASIC 语言在 IBM 微机上采用人机对话形式完成的。该软件具有程序简单、运算速度快的特点,可方便地使用。

## 实例验证

实例是四川某气藏提高开采速度方案可行性研究。该气藏从 1985 年 1 月起就以 80 万  $\text{m}^3/\text{d}$  的规模进行开采,情况一直较好。根据国民经济发展的要求,现对该气藏的开发再进行地质、采气工艺、地面建设等多方面的综合经济论证。

从事开发工作的有关人员已编制了九种开发方案,现对其进行经济评价。首先,对这九种方案进行了经济分析。其后综合考虑技术和经济指标的影响,采用灰色局势决策方法和模糊决策方法进行优选<sup>(4)</sup>,得到开采该气藏的最优方案(I)和替代方案(II)。最后,对这两种方案进行了敏感性分析。从分析结果可知,天然气的产量和气价是影响净现值的主要因素。在此基础上对其进行风险分析。

首先确定随机变量。将随机变量确定为气价、通货膨胀率和产气量。然后确定其分布。对这三个随机变量,均采用三角形分布,并用最小值( $X_1$ ),最可能值( $X_2$ )、最大值( $X_3$ )来描述,如图 1(a)所示。累积频率分布如图 1(b)所示。

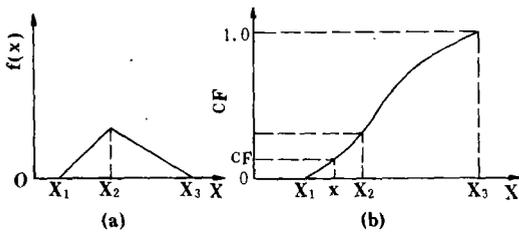


图 1 三角形分布转变图

由图 1(a), 根据概率统计可得:

当  $X_1 \leq x \leq X_2$  时,

$$CF = \left( \frac{x - X_1}{X_2 - X_1} \right)^2 \cdot \frac{X_2 - X_1}{X_3 - X_1} \quad (1)$$

当  $X_2 \leq x \leq X_3$  时,

$$CF = 1 - \left( \frac{X_3 - x}{X_3 - X_2} \right)^2 \cdot \frac{X_3 - X_2}{X_3 - X_1} \quad (2)$$

令随机数  $RN = CF$ , 则得三角分布抽样的数

学模型为:

当  $RN \leq (X_2 - X_1) / (X_3 - X_1)$  时,

$$x = X_1 + [RN \cdot (X_2 - X_1)(X_3 - X_1)]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

当  $RN > (X_2 - X_1) / (X_3 - X_1)$  时,

$$x = X_3 - [(1 - RN)(X_3 - X_2) \cdot (X_3 - X_1)]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

利用公式(3)、(4)及计算净现值的公式, 即可在计算机上进行一系列随机抽样和净现值的计算。本实例中, 模拟次数为 200 次。经过 200 次模拟后, 得到 I 方案的最大净现值为 152036.2 万元, 最小净现值为 41682.71 万元, 期望净现值为 88969.12 万元, 经济风险值为 0.281; II 方案的最大净现值为 189845.8 万元, 最小净现值为 40883.04 万元, 期望净现值为 87210.81 万元, 经济风险值为 0.309。

由表 1 和图 2 可得出如下结论:

表 1 I 方案期望净现值计算过程表

NPV 的范围 (万元)	NPV 落 入每一区 间的频数	落入每 一区间的 相对频率	发生 的 概 率	NPV 的 中 值 (万 元)	期 望 净 现 值 NPV
[41682.0, 52717.5]	9	0.045	0.045	47199.75	2123.99
[52717.5, 63753.0]	29	0.145	0.145	58235.25	10568.10
[63753.0, 74788.5]	27	0.135	0.135	69270.75	19919.65
[74788.5, 85824.0]	29	0.145	0.145	80306.25	31564.06
[85824.0, 96859.5]	36	0.180	0.180	91341.75	48005.58
[96859.5, 107895.0]	24	0.120	0.120	102377.3	60290.85
[107895.0, 118930.5]	19	0.095	0.095	113412.8	71065.06
[118930.5, 129966.0]	14	0.070	0.070	124448.3	79776.43
[129966.0, 141001.5]	6	0.030	0.030	135483.8	83840.95
[141001.5, 152037.0]	7	0.035	0.035	146519.3	88969.12

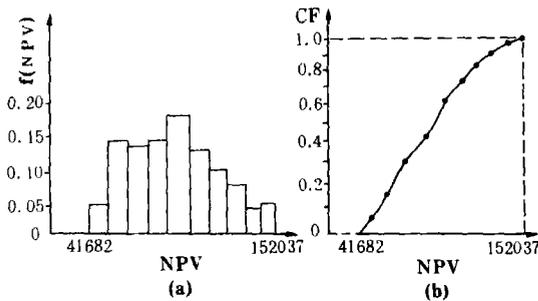


图2 方案I的相对频率和累积频率图  
(方案II的相应图表从略)

1. 由于期望净现值是考虑了各参数不确定性之后得出的一个综合性指标,具有较高的可信度,因而可作为主要决策指标。我们推荐的方案I和II,其期望净现值均大于0(方案II为87210.81万元,文中计算从略),因而两方案均是可行的。

2. 由最大值和最小值可知该评价指标的两种极端情况,它反映着最大的盈利可能和最大风险程度。I方案的净现值在41682.71~152036.2万元之间变化,经过计算,II方案在40883.04~189845.8万元之间变化。因此,即使在最不利情况下,两方案仍可盈利。

3. 由概率分布曲线可知该指标的变化形态和变化趋势。从图2可知,I方案的净现值基本上呈正态分布,而II方案则呈对数正态分布(文中从略)。因此,I方案的净现值的最大可能值与中位数(即把分布分为相等的两部分的随机变量值)和均值(即期望值)相等,为88969.2万元;而II方案的最大可能值位于左侧,为70675.8~85572.20万元间的所

有数。

4. 由累积频率曲线可知该评价指标随着其量值的变化相应概率值的变化趋势,以及该指标达到各种水平的可能性。如I方案的净现值在52717.5万元的概率为95.5%,而超过141001.5万元的概率只有3.5%(II方案也有类似结果,此处从略)。

5. I、II方案的经济风险值分别为0.281和0.309,故I方案的抗风险能力比II方案强。

## 结 论

通过以上分析可知,将蒙特卡洛随机模拟用于气田经济评价是可行的,它解决了一系列因素变化对投资效果的综合影响,提高了决策的可靠性;同时,整个过程计算机化,运用十分方便。该方法也可用于油藏的经济评价中。

本文得到四川石油管理局勘探开发研究院王鸣华及其他同志的大力支持和帮助,在此深表谢意。

## 参 考 文 献

〔1〕海洋经济评价 北京石油勘探开发科学研究院编译 1983年

〔2〕陈效正 石油工业经济学 华东石油学院 1986年

〔3〕油田勘探开发经济评价 中国石油学会经济委员会经济评价编写小组 1985年

〔4〕徐佳琼 李光耀 油气田开发方案优选方法的研究 西南石油学院学报 1989年第4期

(本文收到日期 1990年6月3日)



## 21 An Enlightenment Gained from the Distribution Rules of the Gas Fields in U. S. S. R.

This paper briefly states the geological characteristics of gas-bearing regions in U. S. S. R. and summarizes the distribution rules of the Soviet gas fields. Based on these, and aiming at the problems in present exploration and research of natural gas in our country, some consideration and opinions, about paying more attention to survey natural gas in platforms, old strata and folded zones and about strengthening the research of the basic theory of natural gas geology, are proposed.

**Subject Headings:** U. S. S. R. , natural gas field, geological characteristic, distribution rule.

*Sun Yongzhang*

## 27 A Synthetical Logging Geology Research on the Reservoir Parameters of Complex Carbonate Gas Pools( II )

The content of this paper dittoes the one of last issue.

*Wu Jiyu*

## 31 A Method and the Effect of the Performance Observation of the Gas Cap of Lamadian Oil Field in Songliao Basin

In this paper, it is mainly described that in case of developing the oil zone first and deferring developing the gas cap, waterflooding oil zone and controlling the pressure equilibrium between the oil and gas by production pressure are adopted, for preventing the interference of oil and gas in Lamadian oil field with gas cap. For this, a set of observation system is set up in gas cap zone, gas-oil contact and oil zone. Through the development practice of ten years and more, it is verified that this set of observation system and method are effective in practice.

**Subject Headings:** northern part of Songliao Basin, Lamadian oil field, performance of oil and gas reservoir, observation method.

*Xu Yunxin*

## 35 Risk Analysis of the Economic Evaluation of the Development Project of Gas Field

This paper successfully carries out the risk analysis of the economic evaluation of the development project of gas field by use of Montecarlo method, resolves the problem about the effect of the random variation of a series of factors on the investment result, and provides a evidence for raising the reliability and effectiveness of the decision.

**Subject Headings:** gasfield, development project, economic evaluation, Montecarlo simulation, risk analysis.

*Xu Jiaqiong, Li Guangyao*

## DRILLING/PRODUCTION TECHNOLOGY AND EQUIPMENT

### 39 Drilling Technique of the Directional Well with High Degree of Difficulty in Bianyang Oil Field

In this paper, the method for drilling the directional wells with small depth and large deviation and