

海上油气项目最小经济储量计算方法与应用

韩序

中石化上海海洋油气分公司工程院

DOI:10.12238/ej.v7i12.2113

[摘要] 本文针对传统技术方法的局限性,在现金流量法的基础上,结合风险模拟技术,求解结果为区间数,弥补了以往求解结果为定值的缺陷。首先,运用价值工程和层次分析等方法对钻完井投资进行优化研究,形成代表性投资优化范围。然后,选取风险变量并对其进行量化。最后,建立全参数化现金流量模型,采用风险模拟,得到最小经济储量的区间范围。

[关键词] 最小经济储量; 风险模拟; 海上油气项目

中图分类号: X820.4 **文献标识码:** A

Calculation method and application of minimum economic reserves for offshore oil and gas projects

Xu Han

Petroleum Engineering Institute of Sinopec Shanghai Offshore

[Abstract] This article addresses the limitations of traditional technical methods by combining the cash flow method with risk simulation techniques. The solution results are interval numbers, which compensates for the shortcomings of previous solutions that were fixed values. Firstly, using methods such as value engineering and analytic hierarchy process to optimize drilling and completion investment, a representative investment optimization scope is formed. Then, select risk variables and quantify them. Finally, establish a fully parameterized cash flow model and use risk simulation to obtain the range of minimum economic reserves.

[Key words] minimum economic reserves; risk simulation; offshore oil and gas projects

引言

在进行圈闭区带资源量评价时需要在满足最小经济下限的条件下,确定一定规模的可采储量,支持项目的经济可行性。海上油气区块由于资源潜力和周边设施的不同,有关的评价参数也具有一定的不确定性,然而在确定经济可采储量时,传统的做法是采用主观参数来计算,无法模拟参数不确定性对计算结果的影响,因此难免造成决策的主观性和不准确,给投资带来风险。如果能够找到适用于海上油气项目最小经济可采储量的计算方法,就可通过对目标探区探明地质储量的最小经济规模和预测的油气资源量,判断投资的经济效益和发生的风险可能性,从而规避那些明显不具备投资效益的高风险区块或项目。

1 评价指标

现金流通法以投入产出原理为基础,按照油原油和天然气价格、投资成本、操作成本和国家财政税制政策,把油气田的各种费用和产量等开发指标汇总,编制出现金流量表^[1]。

目前,预测油气项目效益的方法主要时建立在美国经济学家埃尔文·费雪的“项目价值是其所能带来的未来现金流量的折现值”这一理论上的评价方法^[2]。将净现值作为评价指标,令其

为0,求出的储量规模即为最小规模经济可采储量。

2 优化投资合理范围

在计算最小经济可采储量之前可以用价值工程法对投资范围进行合理优化。数学关系式表示为:

$$V = \frac{F}{C}$$

式中: V——价值指数; F——功能指数; C——成本指数。成本指数是各研究对象的现实成本在所有研究对象总成本中所占的比例,计算公式为:

$$C_i = \frac{X_i}{\sum X_i} (i=1, 2, \dots, n)$$

式中, C_i ——第*i*个评价对象的成本指数; X_i ——第*i*个评价对象的现实成本。

与成本指数C类似,功能指数F是研究对象的功能在所有功能中所占的比例,但相较于成本,功能较为抽象,并不是一个直观的数值。所以只能通过功能评价指标的重要程度给各功能指标分配权重,用权重系数作为各研究对象的功能指数,可用层次

分析法完成指标权重的确定。做法如下：

2.1重要性排序。采用德尔菲法进行重要性排序。成立评分小组，第一名记为n，第二名记为n-1，其他类推，最后一名记为1，计算每个评价对象的平均数 \bar{X}_n ，并按分值从大到小进行排序。

2.2构建判断矩阵。首先将上述重要性排序的平均值转化为1-9标度值。将排序结果的最高值与最低值的差值平均分为9个区间，用 p_n 代表9个重要性标度值(p_n 取1~9，数值越高代表越重要)，各个标度代表的含义参考下表。

表1 标度含义对照表

标度	含义
1	两个元素相比,同等重要
3	两个元素相比,前者比后者稍微重要
5	两个元素相比,前者比后者明显重要
7	两个元素相比,前者比后者重要得多
9	两个元素相比,前者比后者极其重要,甚至后者可忽略
2,4,6,8	表示上述相邻判断的中间值
上述各数的倒数	反比较,即后者相对于前者作比较

然后将评价对象的重要性程度两两对比，形成判断矩阵。式中 m 为两两相减的差值，代表两两对比的相对重要性。 a_{ij} 为要素 a_i 和要素 a_j 的判断行矩阵值。

$$a_{ij} = \begin{cases} m + 1 & p_i > p_j \\ 1 & p_i = p_j \\ \frac{1}{m + 1} & p_i < p_j \end{cases}$$

将各评价对象重要性标度值两两比较，形成如下重要性判断矩阵。

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

2.3权重计算。①将评价矩阵A的每一列元素作正规化处理得矩阵 \bar{A} 。

$$\bar{a}_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$$

②对 \bar{A} 按行相加得 \bar{W} 。

$$\bar{W}_i = \sum_{j=1}^n \bar{W}_{ij}$$

③将 \bar{W} 归一化。

$$W_i = \frac{\bar{W}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{W}_i}$$

则 $W=(W_1, W_2, \dots, W_n)^T$ 为A的最大特征根 λ_{max} 对应的归一化特征向量，即各评价对象的权重。

2.4一致性检验。①将矩阵与向量的乘积进行计算。

$$AW = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_3 \end{pmatrix}$$

②计算A的最大特征根 λ_{max} 。

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{W_i}$$

③判断矩阵的一致性指标。

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

④计算一致性比率。

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

RI表示平均随机一致性指标值，为常数，随着因素n的数量而变化，随机一致性指标如下表所示。当一致性比率在0.1以下时，则认为该矩阵具有满意一致性，则 $W=(W_1, W_2, \dots, W_n)^T$ 中的每个元素即为对应功能要素的功能重要性系数，否则，矩阵不具有满意一致性，需要重新打分，修正判断矩阵。

表2 平均随机一致性指标值

阶数 n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

价值分析目的是使每个评价对象的价值系数V力求等于1，对于 $V < 1$ 的评价对象，基本上都应该进行改进；对于 $V > 1$ 的评价对象一般不列为改进对象。

3 风险变量选取及量化

将风险变量定义为在一定区间范围内变化的随机变量，用概率分布模型来选取风险变量的可能取值，完成风险变量的量化。常用的概率分布模型有正态分布、三角分布、均匀分布、 β 分布等等。

4 最小规模经济可采储量动态模拟

在计算机Excel软件中建立全参数化现金流量模型，然后选取风险变量，再根据每个风险变量的分布特征分别选择合适的概率分布模型完成风险变量量化，最后求解当NPV=0时的储量。经过反复多次求解，得到最小规模经济储量在某一区间内的取值范围。整个模拟过程将借助风险模拟软件(Project Risk Simulation 3.0)完成。

5 实例应用

根据钻井预算表，一口生产井的钻完井总投资为9206.09万元，其中钻井服务费用、定向井服务费用、船舶费用、钻具租赁费用和直升机费用合计6956.50万元，占总投资的76%，选取这5项为投资优化的对象。每项评价对象的成本即为现实成本，再计算出现实成本占总成本的比重，即为成本指数，具体数据见表3。

表3 成本指数表

序号	评价对象	现实成本(万元)	成本指数
1	钻井平台	3445.63	0.5
2	定向井服务	1154.54	0.17
3	船舶	904.64	0.13
4	钻具租赁	800	0.12
5	直升机	651.69	0.09
	合计	6956.5	1

通过专家打分的方式,得到重要性排序如表4所示。

表4 重要性排序

专家代号 评价对象	评价对象							平均分	重要性排序
	A	B	C	D	E	F	G		
钻井平台	5	5	5	5	5	5	5	5.00	1
定向井服务	3	3	3	3	3	3	3	3.00	3
船舶	4	4	4	4	4	4	4	4.00	2
电缆测井	1	2	2	2	1	2	1	1.57	4
随钻测井	2	1	1	1	2	1	2	1.43	5

将上述重要性排序转化为1-9标度值(表5),然后将评价指标两两比较构造判断矩阵。

表5 1-9标度值

重要性排序	功能要素	1-9标度值
1	钻井平台	9
2	船舶	7
3	定向井服务	5
4	电缆测井	3
5	随钻测井	1

根据1-9标度值生成判断矩阵,见表6。

表6 判断矩阵

功能要素	钻井平台	定向井服务	船舶	电缆测井	随钻测井
钻井平台	1	5	3	7	9
定向井服务	1/5	1	1/3	3	5
船舶	1/3	3	1	5	7
电缆测井	1/7	1/3	1/5	1	3
随钻测井	1/9	1/5	1/7	1/3	1

经归一化处理得到 $W=(0.50, 0.13, 0.26, 0.07, 0.03)T$,即钻井平台权重0.50,定向井服务权重0.13,船舶权重0.26,电缆测井权重0.26,随钻测井权重0.03。

进行一致性检验, $\lambda_{\max}=5.24$, $CI=0.06$, $CR=0.05 < 0.1$,说明

该矩阵通过一致性检验,权重系数即为价值工程的功能指数。

成本指数C和功能指数F确定之后,由公式 $V=F/C$ 可以确定各评价对象的价值指数V,见表7。

表7 价值指数

序号	功能要素	功能指数F	成本指数C	价值指数V
1	钻井平台	0.50	0.50	1.02
2	定向井服务	0.13	0.17	0.81
3	船舶	0.26	0.13	2.00
4	电缆测井	0.07	0.12	0.59
5	随钻测井	0.03	0.09	0.37
	合计	1.00	1.00	1.00

定向井服务、电缆测井和随钻测井的价值系数V小于1,说明这3项为优化对象。通过计算得到,当定向井服务费用为900.66万元,电缆测井费用为447.55万元,随钻测井费用为227.49万元时,价值系数V=1。优化后,钻完井投资一共降低1030.53万元,即较优化前投资9206.9万元相比降低11%,于是得到投资优化范围为11%。

选取钻完井投资、原油价格作为最小规模经济可采储量的风险变量。根据价值工程对钻完井投资优化的结果,得到钻完井投资费用的波动幅度,采用正态分布作为概率分布形式。原油价格为40~60美元/桶区间上的均匀分布。

在Excel软件中建立全参数化现金流量模型,使用风险模拟软件,求解当NPV=0时的产量,得到该生产井项目最小经济储量的区间范围是[10.188, 18.457],即该生产井的可采储量在此区间范围内,项目可获得经济效益。

6 结语

本文首先运用价值工程方法完成对投资合理范围的优化,再将评价参数(如:钻完井投资和油价)定义为在一定区间范围内变化的随机变量,用概率分布模型来选取评价参数的可能取值,然后建立现金流量表,利用风险模拟求解最小经济储量,求解结果为区间数。弥补了以往采用确定性参数以及计算结果为定值的缺陷,克服了海上油气项目由于主客观因素的变化而导致计算结果不准确的问题。

【参考文献】

- [1]肖毓.稠油油藏经济可采储量的计算方法研究[D].西南石油大学,2011.
[2]关静.最小经济储量规模计算在油田勘探开发中的应用[J].新疆有色金属,2014,37(03):85-87.

作者简介:

韩序(1992—),女,汉族,云南个旧人,硕士研究生,工程师,中石化上海海洋油气分公司工程院,海洋油气技术经济分析工作、造价管理研究等。