

油气探矿权出让区块价值评估技术及其应用 ——基于蒙特卡罗模拟的折现现金流法

倪新锋¹, 刘军平², 郭沫贞¹, 王晓星¹, 吴培红³, 杨钊¹

1 中国石油杭州地质研究院; 2 中国石油油气和新能源分公司; 3 中国石油勘探开发研究院

摘要 针对油气矿产资源在勘探开发中存在地质条件、勘探开发技术、市场等方面的不确定性,提出了基于蒙特卡罗模拟的折现现金流经济评价方法来评估油气探矿权价值。该方法可在油气探矿权内预期的资源量、勘探开发投入、操作成本及油气销售收入存在不确定性的情形下,获得不同概率的油气探矿权估值,进而为竞价方案编制提供依据。该方法应用于新疆塔里木盆地某油气探矿权出让区块的价值评估,获得该区块多个竞争报价,对应企业内部收益率发生的概率,评估得出以报价4.85亿元竞得该区块探矿权时,企业内部收益率大于8%发生的概率为75.4%。最终该区块的探矿权以4.8532亿元成交,表明该评价方法切实可行。基于蒙特卡罗模拟的折现现金流经济评价方法可为企业适应油气探矿权竞争性出让政策提供决策依据,这对企业公开竞争获取油气探矿权有重要现实意义。

关键词 油气探矿权; 价值评估; 蒙特卡罗模拟; 折现现金流法; 竞争性出让

中图分类号: TE155 **文献标识码**: A

引用: 倪新锋, 刘军平, 郭沫贞, 等. 油气探矿权出让区块价值评估技术及其应用: 基于蒙特卡罗模拟的折现现金流法[J]. 海相油气地质, 2024, 29(1): 90-98.

NI Xinfeng, LIU Junping, GUO Mozhen, et al. Block value evaluation technology of oil and gas exploration right and its application: discounted cash flow method based on Monte Carlo simulation [J]. Marine origin petroleum geology, 2024, 29(1): 90-98.

0 前言

油气探矿权竞争性出让是国家为实现开放油气勘查开采市场、发挥市场配置资源作用而实行的一项油气资源改革措施^[1-3]。2019年12月自然资源部《关于推进矿产资源管理改革若干事项的意见》(自然资规[2019]7号,以下简称7号文)明确规定:除协议出让外,其他探矿权均以招标、拍卖、挂牌的方式公开竞争出让。这一规定将探矿权获取方式由先前的申请在先、“无成本”获取改革为主要通过招标、拍卖、挂牌进行公开竞争的方式获取,以“价高者得”或“综合评标择优”的方式确定探矿权获得者。自7号文于2020年5月1日实施以来,自然资源部共推出16轮75个油气探矿权出让,均实行网上挂牌出让,最终“价高者”获得出让区块的油气探矿权。

在油气探矿权公开竞争出让的政策下,如何对

出让区块的油气勘探潜力进行经济性评价,确定出让区块的价值,是参与油气探矿权竞争者亟需解决的问题。目前,出让区块的勘探潜力^[4-5]、资源量^[6-8]、勘探风险^[9-12]及经济性^[13-15]已有定性或半定量的评价方法、技术和规范^[16-19],得出的评价结果是定性或半定量的^[20-22],亟需建立快速、量化的评价方法来适应当前油气探矿权竞争性出让政策,而目前该评价领域尚未形成普遍认可的主流成熟技术。本文基于油气探矿权出让区块评估的资源量、勘探开发预期投资、预期年产量及操作成本等影响出让区块经济性的关键因素,提出了基于蒙特卡罗模拟的折现现金流经济评价方法,为确定油气探矿权出让区块的价值提供了一种基于概率的量化评价方法,为企业适应国家油气探矿权竞争性出让新形势并以合适的价格获取探矿权提供理论支持和决策依据。

收稿日期: 2023-12-28; 改回日期: 2024-02-04

本文受中国石油油气和新能源分公司重点科技项目“矿权区块精细评价和价值评估技术研究”(编号:2022KT0407)、勘探前期项目“股份公司矿权年检与海相盆地区块动态管理支持”(编号:2023YQX402-4)联合资助

第一作者: 倪新锋, 博士, 高级工程师, 主要从事矿权区块评价及有利区带优选研究工作。通信地址: 310023 浙江省杭州市西湖区西溪路920号; E-mail: nixf_hz@petrochina.com.cn

通信作者: 郭沫贞, 硕士, 高级工程师, 主要从事油气探矿权区块评价、价值评估及油气资源勘探开发研究工作。通信地址: 310023 浙江省杭州市西溪路920号; E-mail: guomz_hz@petrochina.com.cn

1 油气探矿权出让区块价值评估技术

企业获取探矿权的目的,是为了发现可采资源并通过申请采矿权开采油气来获得收益。竞争性出让区块的价值评估,应以矿权区块为单元,将探矿权至后期采矿权存续期内所有投资(含竞得价款、勘探开发投资、操作成本及税费等费用)和收益(预期油气销售收入)作为一个整体来进行全生命周期评价。

关于区块勘探潜力及资源量的评价,目前的技术方法已经很成熟^[4-8]。本文主要是在勘探潜力评价、资源量评估的基础上,针对具有一定可采资源的情况,基于油气勘探开发存在的各种风险而建立的一种出让区块价值评估方法。出让区块是否具有经济效益,可通过折现现金流法评估确定^[13-15];勘探开发中的各种风险因素,包括油气成藏地质条件的风险、资源量风险、各项投资风险、油气产量风险、油气价格风险及操作成本风险,可通过蒙特卡罗模拟法,利用各种评价因素的统计分布规律体现出来。本文将这两者结合,提出基于蒙特卡罗模拟的折现现金流经济评价方法获得出让区块价值的概率分布,为出让区块竞价方案的编制提供依据。

1.1 基本原理

基于蒙特卡罗模拟的折现现金流经济评价技术,主要包括折现现金流法和蒙特卡罗模拟法。

1.1.1 折现现金流法

折现现金流法是国内外油气勘探开发项目经济评价所采用的主要方法^[15, 23-25],其理论基础是将探矿权和采矿权存续期间,预估未来将要发生的一系列现金流入和现金流出以一定的折现率折合为现值,计算各种经济评价指标大小,从而对项目的可行性及盈利能力进行评价。折现现金流的经济评价指标主要有内部收益率(IRR)、净现值(NPV)和投资回收期(P_t)等,主要公式如下:

$$\sum_{t=1}^n (CI - CO)_t (1 + IRR)^{-t} = 0 \quad (1)$$

$$NPV = \sum_{t=1}^n (CI - CO)_t (1 + i_c)^{-t} \quad (2)$$

$$\sum_{t=1}^{P_t} (CI - CO)_t = 0 \quad (3)$$

$$\sum_{t=1}^{P_t'} (CI - CO)_t (1 + i_c)^{-t} = 0 \quad (4)$$

式(1)~(4)中: n 为出让区块评价年限(探矿权、采矿权存续周期); t 为评价周期内的第 t 年; CI 、 CO 分别为第 t 年当年现金流入量及流出量; IRR 为内部收益率; i_c 为企业目标收益率; NPV 为净现值; P_t 为静态投资回收期; P_t' 为动态投资回收期。

内部收益率是探矿权和采矿权存续周期内各年的净现金流量累积等于零时的折现率(式1),可用试差法求得。将内部收益率与企业的目标收益率或期望的折现率(i_c)进行比较,可确定项目的经济性和盈利能力。当内部收益率大于企业目标收益率期望的折现率时,认为项目已满足盈利能力,是可行的^[15, 23-25]。

净现值是指按企业的目标收益率或设定的折现率,将区块勘探开发周期内各年净现金流量折现到区块获取时期的现值之和^[24],这是项目持续时间内盈利能力的动态评价指标^[23]。净现值可通过全部投资或自有资金财务现金流量表中的净现金流量,按一定的折现率求得。只有当计算净现值大于零时,才表明区块勘探开发可盈利是可以接受的(式2)。

投资回收期也称返本期,这是用出让区块开采油气年获取的净收益抵偿出让区块全部投入资金所需要的时间。根据计算是否考虑资金的时间价值,可分静态投资回收期(P_t)和动态投资回收期(P_t')(式3,式4)。将求出的投资回收期与行业的基准回收期(P_c)进行比较,当 P_t 或 P_t' 小于 P_c 时,表明出让区块的投资回收期满足行业规定,可参与竞争获取探矿权。

1.1.2 蒙特卡罗模拟法

蒙特卡罗模拟法是利用不同分布的随机变量的抽样序列,模拟给定问题的概率统计模型,进而给出问题的渐近估值的方法^[26]。蒙特卡罗模拟法是国内外油气资源评价的重要方法,广泛应用于资源量评估^[25-28]。该方法基于所研究问题的估值是一些参数与经验系数的乘积^[26],并认为这些参数和经验系数服从某一概率分布。蒙特卡罗模拟利用解决给定问题估值所需各参数的分布函数,随机提取一定数目的随机值,利用概率相乘的方法计算出一定数目都有可能存在的估值,然后对这些一定数目、可能的估值进行统计分析,得到给定问题的分布函数,即不同概率下给定问题所存在的估值。

例如,利用容积法计算某一圈闭石油资源量,资源量是圈闭含油面积、储层厚度、储层孔隙度、含油饱和度、原油体积系数等参数的乘积。一般的方法是将上述每个参数视为常数去求取资源量而得到一个定值,但实际上,该值只是服从某一概率条件下的一个值,而并未反映其他概率条件下的资源量,因而评估的资源量有一定的局限性。采用蒙特卡罗模拟方法计算资源量,则利用资源量计算所需各参数的分布函数,随机提取一定数目的随机值,再利用概率相乘的方法计算出一定数目、都有可能存在的资源量,然后对这些一定数目、可能的资源量进行统计分析,得到资源量的分布函数,即不同概率下的资源量,从而为区块资源量的评价提供更为科学的表征。

1.2 出让区块价值评估技术

出让区块蒙特卡罗模拟折现现金流价值评估技术,其内涵是针对经济评价指标计算所需的参数,首先分析每个参数的概率分布,再根据经济评价指标模型获得分布函数,即不同概率情况下经济评价指标的分布,从而获得不同竞价条件下出让区块经济评价指标的概率分布,由此为竞价决策提供依据。

1.2.1 经济评价参数及其分布函数

对出让区块的经济性评价,主要是针对研究程度较高、资源量可评估的区块,主要考虑现金流入(销售收入、回收固定资产余值、回收流动资金)和现金流出(探矿权获取成本、操作费用、勘探开发投资、税金、生产期投资支出等费用)两大部分内容。现金流入部分中,销售收入是重点;现金流出部分中,勘探开发投资、操作成本和各种期间费用是重点。

经济评价参数的概率分布函数,可通过对参数样本的统计分析和常用的数学模型获得。

一般应根据样本数量采用不同的策略:①当参数样本较多时,根据样本的最大值、最小值建立统计区间,并统计每一区间的样本的频率,从而获得参数的近似分布函数。如在探明资源量计算过程中,当油气储层测试分析的孔隙度数据超过500个时,就可根据此法建立孔隙度的概率分布函数。②当参数样本仅有最大、最小2个样本时,如油气有效储层厚度,地质评价只提供了最小、最大厚度值,则可采用特征值为最小值、最大值的均匀分布

函数。③当参数样本有3个时,如含油气面积,地质评价提供了保守、最有可能和乐观情况下的3个含油气面积,则可采用特征值为保守的(低限)、最有可能的(众数)和乐观的(上限)的三角分布函数。

当通过分析或经验总结认为参数(如孔隙度、渗透率)服从正态分布或对数正态分布时,则可直接利用正态分布或对数正态分布模型建立对应的概率分布函数。

主要的经济评价参数及其取值或分布函数简述如下:

探矿权获取成本(竞拍成交价) 为获取探矿权所付出的出让收益^[4]。该参数在评价模型中,为一输入参数。

勘探投资 为探明出让区块资源量而必须开展地质调查、非地震勘探(重、磁、电、化)、地震勘探、参数井和探评井钻探(包括测井、录井、试油)以及综合研究评价等勘探研究活动而投资的所有费用。该投资费用的估算,通常按勘探部署工作量及单位工作量价格来确定。多数情况下,根据资源量的可靠性,地质评价会部署3种勘探方案,可相应估算出3种投资方案,分别为最小、最大和最有可能的投资方案,因而可采用三角分布函数来表征其概率分布。

开发投资 油气产能建设、油气田调整和技术改造等过程中花费的全部资本性支出,通常包括开发井、地面工程、配套工程、下游工程等投资。该投资分布函数的选取与勘探投资分布函数类似。

操作成本 为对井进行作业、维护以及相关设施生产运行而发生的成本。该参数可根据出让区块同类已开发油气田的操作成本或公司内平均操作成本进行取值。

其他费用 包括探矿权和采矿权占用费、资源税、管理费,以及城市建设税等各种税费。这种费用多按销售收入的一定比例或矿业权面积征收,可按相关政策规定取值。

油气价格 可根据市场形势,在现行油气价格的浮动范围内并附加通货膨胀率来确定,或按企业的相关规定确定。

折现率(基准收益率) 为探矿权竞争企业所确定的目标收益率或期望的折现率。一般由企业根据行业情况确定,油气勘查项目一般采用6%~10%。

产量 直接决定着出让区块的现金流入大小。该参数与可采资源量大小,产能规模,建产期、稳产期、递减期的长短,产量递减规律有关。一般可采用类比法确定这些相关变量的概率分布函数,再用蒙特卡罗法预测出开发期各年度产量,结合油气价格就可预测出年度现金流入量。

1.2.2 经济评价指标模拟

出让区块的资源量、各项投资、操作成本、油气价格分布函数确定后,针对某一竞拍价,基于蒙特卡罗模拟法,随机从经济评价指标计算所需参数的分布函数中抽取各参数,利用经济评价指标公式,计算出一个样本值;重复抽取一定数量(如 10 000 次)各参数值,模拟出一定数量的经济评价参数样本值;然后对模拟指标样本值进行统计分析,就可获得经济评价指标的概率分布,从而为竞价方案编制提供依据。

1.2.3 评价结果分析

针对竞争出让区块,可以利用上述方法,对多个意向性报价,分别模拟计算出各个报价的经济评价指标概率分布,预测每个报价对应的内部收益率为 4%、8%、10% 等情况下发生概率有多大。根据这一信息,即可根据企业风险承受能力,作出相应的竞价方案。例如,竞争企业期望获得较高收益并可以承担较大的投资风险,就可以选择内部收益率为 15%、发生概率大于 60% 所对应的意向性报价;反之,若竞争企业追求小收益且风险承受能力较低,则可选择内部收益率略高于行业标准(例如 8%)、发生概率超过 90% 所对应的意向性报价。

2 竞争性出让区块的价值评价实例

以塔里木盆地某油气探矿权竞争性出让区块为例,对上述基于蒙特卡罗模拟的折现现金流竞价决策方法进行实例分析。

2.1 出让区块简况

某日,新疆维吾尔自治区政务服务和公共资源交易中心,发布一个区块的石油天然气探矿权挂牌出让公告,出让人为中华人民共和国自然资源部,挂牌竞价时间为半个月。

该出让区块面积为 2 002.543 km²,挂牌起始价为 1 402 万元,出让方式为网上挂牌,竞买人资格条件为在我国境内注册、净资产不低于 3 亿元人民币、

为独立法人的内外资公司。采用增价报价方式,每次增价幅度为人民币 10 万元或人民币 10 万元的整数倍,按照“价高者得”的原则确定竞得人,无人报价或者竞买人报价低于起始价的,则不成交。

2.2 勘探潜力评价

该出让区块发育已被钻探证实的下寒武统 2 套优质烃源岩,上震旦统和下寒武统丘滩相溶蚀孔洞型、裂缝型 2 套白云岩储层,中寒武统发育的 2 套盐层构成良好盖层,圈闭可靠程度高,油气富集条件好。该出让区块油气成藏条件优越,勘探潜力好,估算天然气保守资源量为 800×10⁸ m³,最有可能资源量为 1 186×10⁸ m³,最大资源量为 1 450×10⁸ m³。根据同类型可采资源量的转化程度估算,可采资源量转化率为 10%~35%,最可能转化率为 24%。

2.3 投资分析

针对地质评价中 3 种可靠程度的资源量,分别部署 3 种勘探方案,估算投资金额分别为 16.9 亿元、24.8 亿元和 29.2 亿元,建立的勘探投资分布函数为服从低限为 16.9 亿元、众数为 24.8 亿元、上限为 29.2 亿元的三角分布概率密度函数(式 5,图 1a)和大于某一投资额的累积概率分布函数(式 6,图 1b):

$$P(x) = \begin{cases} 0.021(x - 16.9) & 16.9 \leq x \leq 24.8 \\ 0.037(29.2 - x) & 24.8 < x \leq 29.2 \\ 0 & x < 16.9 \text{ 或 } x > 29.2 \end{cases} \quad (5)$$

$$F(x) = \begin{cases} 1 & x < 16.9 \\ 1 - 0.010(x - 16.9)^2 & 16.9 \leq x \leq 24.8 \\ 0.018(x - 29.2)^2 & 24.8 < x \leq 29.2 \\ 0 & x > 29.2 \end{cases} \quad (6)$$

对应 3 种勘探方案,估算出对应的 3 种开发投资方案,估算总的勘探开发投资分别为 20 亿元、41 亿元和 53 亿元。在经济评价中,可依据勘探开发部署方案按年度对这些总投资进行拆分,分别给出每一年度最大、最小和平均投资,采用三角分布随机抽取年度投资。

2.4 其他费用

主要包括:出让区块的竞拍价,探矿权和采矿权占用费,开发阶段的资源税和出让收益,操作成本及其他的管理费。竞拍价为输入值,根据需要可有多个取值;矿业权占用费根据相关规定,勘探

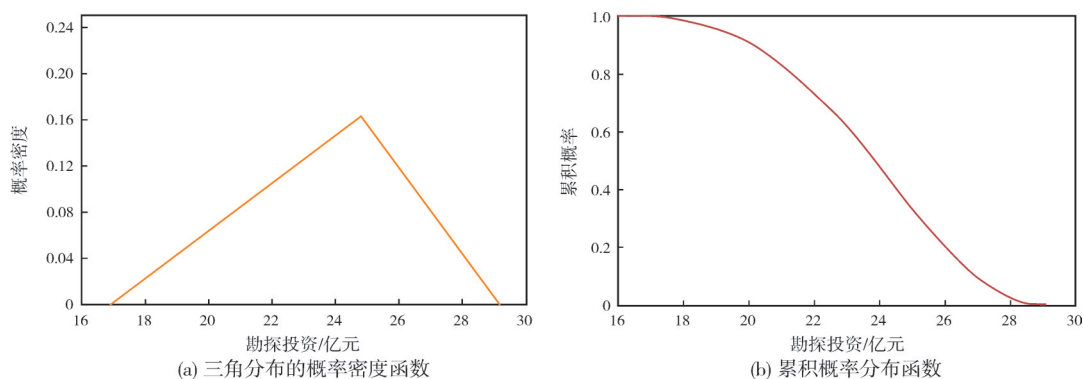


图1 勘探投资服从三角分布的概率密度函数和累积概率分布函数

Fig. 1 Probability density function (a) and cumulative probability distribution function (b) of exploration investment following a triangular distribution

阶段按 500 元/(年·km²)确定,开发阶段按 1 000 元/(年·km²)确定;资源税按规定按年营业收入的 6% 确定;开发阶段的出让收益按出让公告以年营业收入的 0.8% 确定;操作成本及其他的管理费按同类型资源的平均费用确定。

2.5 产量和天然气价格

根据前述资源量评估结果,该区块天然气资源量最小为 800×10⁸ m³,最有可能为 1 186×10⁸ m³,最大为 1 450×10⁸ m³;可采资源量转化率最小为 10%,最有可能为 24%(众数),最大为 35%;建产期为 3 年,稳产期为 5 年,综合递减率为 15%。可利用三角

分布建立资源量和可采资源转化率的概率分布函数;然后,从这两个概率分布中各随机抽取 10 000 个(样本数目可变),利用概率相乘获得 10 000 个可采资源量的样本数据,通过统计分析获得出让区块可采资源量的概率分布(图 2a)。根据同类油气藏的勘探开采经验,采用勘探评价期为 5 年,开发期为 25 年(其中,开发建产期为 3 年,稳产期为 5 年,递减期为 17 年),采用指数递减,综合递减率为 15%,据此来建立开发期年度产量分布。图 2b 为利用上述产量模型参数的概率分布函数(本区块各参数为定值),计算预测的第 3 年至第 8 年稳产期年产量的分布。

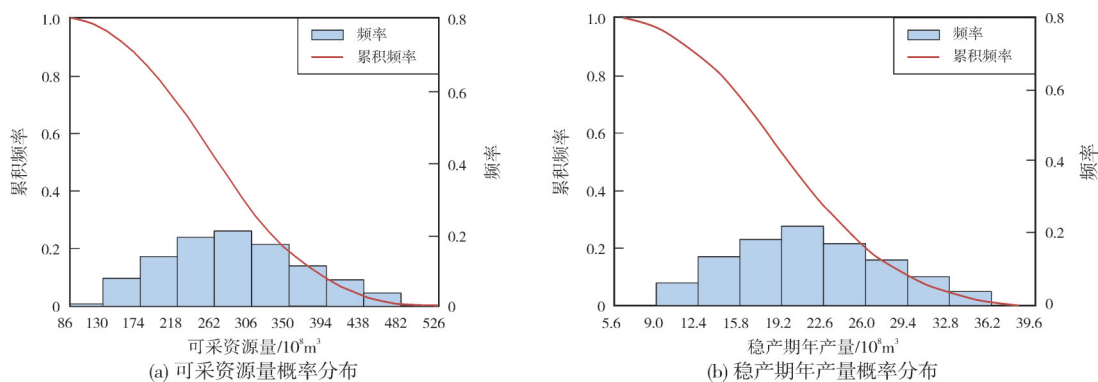


图2 某区块可采资源量和开发稳产期年产量概率分布图

Fig. 2 Probability distribution of recoverable resources (a) and annual production in the stable production period (b) of a block

油气价格根据国内外形势,以某企业当年实际销售价格 1.156 元/m³为准,参考地区差异,确定天然气价格分布范围为 0.94~1.2 元/m³。此次评价天然气价格采用三角分布。

2.6 竞价决策分析

基于前述计算出让区块经济评价指标所需各

项参数的概率分布模型,对各参数随机抽取 10 000 次,利用经济评价指标计算公式模拟出 10 000 个经济评价指标样本值,通过统计分析获得出让区块各经济评价指标的概率分布。若以内部收益大于等于 8%,净现值大于零,动态投资回收期为 12 年(含勘探期 5 年),作为该区块经济评价的标准,则经济评价指标的概率分布可为区块竞价决策提供依据。

首先,当以挂牌起始价 1 402 万元竞价时,采用上述各项参数包括勘探投入、开发投入、操作成本、可采资源量、预期产量等的概率分布模型,各参数随机抽取 10 000 次,利用内部收益率、净现值和动态投资回收期计算公式,模拟出 10 000 个可能的经济评价指标值,通过对模拟结果进行统计分析可获得对应经济指标的概率分布。从图 3 可以看出,当区块以挂牌起始价 1 402 万元成交时,

预测内部收益率分布为 9.0%~45.8%,最小值为 9.0%,大于 8% 的内部收益率最低标准(图 3a);预测净现值分布为 4.8~123.2 亿元,集中分布在 19.6~78.8 亿元之间,净现值大于零的概率为 100%(图 3b);动态投资回收期为 7.3~15.7 年(含勘探期 5 年),主要分布在 7.3~10.9 年,大于 12 年发生的概率仅为 4.2%(图 3c)。故以起始价获取该出让区块,经济上是完全可行的。

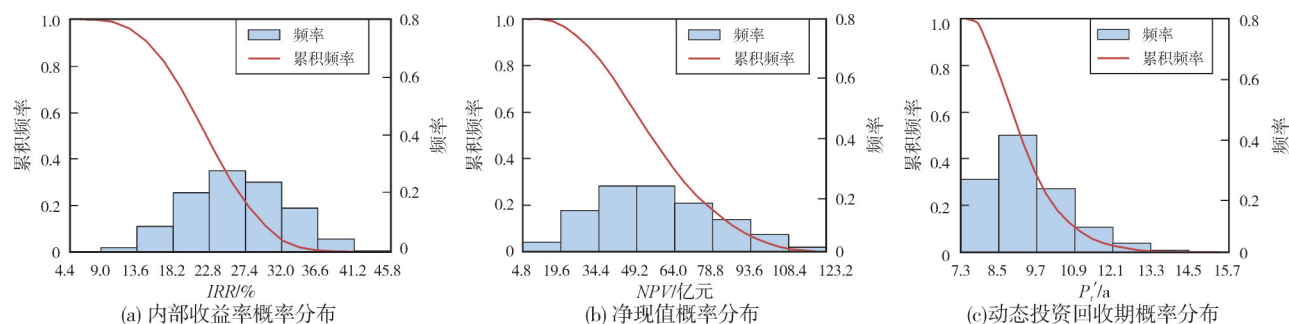


图 3 挂牌起始价 1 402 万元时出让区块经济评价指标概率分布图

Fig. 3 Probability distribution of economic evaluation index of the granting block at the initial listing price (14.02 million yuan)

为了编制合适的竞价方案,可选多个竞价分析经济评价指标,这里仅以竞价 2 亿元、4.85 亿元为例,分别展示竞价决策分析的过程与结果。

当竞价为 2 亿元时,通过蒙特卡罗折现现金流法评价分析,其内部收益率为 0~30.6%,主要分布在 6.8%~20.4% 之间(图 4a);净现值为 -16.8~54.4 亿元,主要分布在 -7.9~27.7 亿元之间(图 4b);动态投资回收期为 8.7~29.5 年,主要分布在 8.7~16.5 年之间(图 4c)。通过分析可知,内部收益率大于 8%、净现值大于零所出现的概率大于 82%,投资回收期大于 12 年出现的概率为 31.2%。相对于挂牌起始价,虽存在一定风险,但内部收益率和净现值满足经济

评价门槛标准的概率超过 82%。

当竞价为 4.85 亿元时,通过模拟计算,根据各项经济评价指标的概率分布分析,其内部收益率为 -1.0%~26.0%,主要分布在 5.0%~17.0% 之间(图 5a);净现值为 -19.8~53.0 亿元,主要分布在 -10.7~25.7 亿元之间(图 5b);动态投资回收期为 9.1~29.1 年,主要分布在 9.1~19.1 年之间(图 5c)。通过分析可知,内部收益率大于等于 8%、净现值大于零所存在的概率为 75.4%,动态投资回收年限大于 12 年所发生的概率为 38.8%。相对而言,这种状况有一定风险,但内部收益率和净现值满足经济评价门槛标准的概率超过 75%。

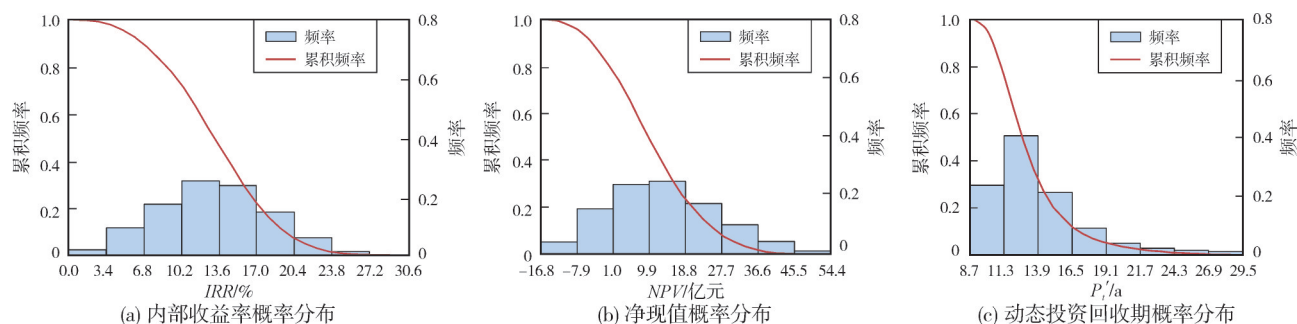


图 4 挂牌报价 2 亿元时出让区块经济评价指标概率分布图

Fig. 4 Probability distribution of economic evaluation index of the granting block at the listing price of 200 million yuan

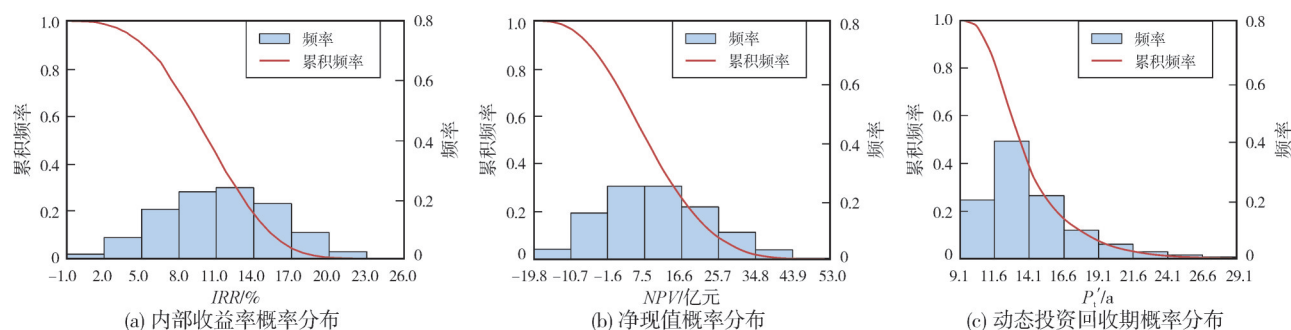


图5 挂牌报价4.85亿元时出让区块经济评价指标概率分布图

Fig. 5 Probability distribution of economic evaluation index of the granting block at the listing price of 485 million yuan

2.7 挂牌结果

由于每个参与竞争的企业对资源量、投资等参数的取值均有一定差异,对风险的承受能力也有差异,最终该区块的石油天然气探矿权以4.853 2亿元被某企业获取。该结果总体与上述评价过程中的内部收益率大于8%、发生概率为75.4%的报价4.85亿元相当。此案例表明,基于蒙特卡罗模拟的折现现金流竞价确定方法,对竞争油气探矿权的报价决策可以起到决策支撑作用。

3 结 论

(1)油气矿产资源勘探开发伴随着大量的随机因素,且具有投资额度大、周期长、技术工艺复杂、风险大等特点。基于蒙特卡罗模拟法的折现现金流竞价决策方法,综合了勘探潜力评价、资源规模、投资及油气价格等方面的风险,同时融合了油气勘探开发项目经济评价方法,可为油气探矿权出让区块公开竞争的方案制定提供依据。

(2)基于蒙特卡罗模拟的折现现金流经济评价的竞价决策方法,针对不同竞争报价,可瞬时计算出出让区块各经济评价指标的概率分布,为决策者现场的瞬时决策提供报价依据。

(3)塔里木盆地某油气探矿权出让区块的价值评估应用实例表明本方法切实可行。本方法提供的报价与最终成交价基本一致,对今后油气探矿权竞争性出让的竞价方案确定、现场即时报价具有实际作用,有利于企业竞争获取油气探矿权。

参考文献

[1] 范必,等. 中国油气改革报告[M]. 北京: 人民出版社, 2016.
FAN Bi. Study report on China's oil and gas reform[M]. Bei-

jing: People press, 2016.

- [2] 李国欣, 何海清, 梁坤, 等. 我国油气资源管理改革与中国石油创新实践[J]. 中国石油勘探, 2021, 26(2): 45-54.
LI Guoxin, HE Haiqing, LIANG Kun, et al. China's oil and gas resource management reform and innovative practice of Petro-China[J]. China petroleum exploration, 2021, 26(2): 45-54.
- [3] 冯保国. 关于推进石油石化行业供给侧改革的思考[J]. 国际石油经济, 2016, 24(10): 1-7.
FENG Baoguo. The improvement of supply-side reform in petroleum and petrochemical industry [J]. International petroleum economics, 2016, 24(10): 1-7.
- [4] 闫相宾, 刘超英, 蔡利学. 含油气区带评价方法探讨[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(6): 857-864.
YAN Xiangbin, LIU Chaoying, CAI Lixue. A discussion on methods of play assessment [J]. Oil & gas geology, 2010, 31(6): 857-864.
- [5] 金之钧, 张金川. 油气资源评价方法的基本原则[J]. 石油学报, 2002, 23(1): 19-23.
JIN Zhijun, ZHANG Jinchuan. Fundamental principles for petroleum resources assessments [J]. Acta petrolei sinica, 2002, 23(1): 19-23.
- [6] 王社教, 李峰, 郭秋麟, 等. 致密油资源评价方法及关键参数研究[J]. 天然气地球科学, 2016, 27(9): 1576-1582.
WANG Shejiao, LI Feng, GUO Qiulin, et al. Tight oil resource assessment methods and key parameters [J]. Natural gas geoscience, 2016, 27(9): 1576-1582.
- [7] 盛秀杰, 金之钧, 王义刚, 等. 融合不同地质场景假设的油气区带及圈闭资源量计算方法[J]. 天然气地球科学, 2015, 26(3): 456-465.
SHENG Xiujie, JIN Zhijun, WANG Yigang, et al. An improved non-deterministic volumetric method for play or trap with quantifying geological scenarios [J]. Natural gas geoscience, 2015, 26(3): 456-465.
- [8] 郭秋麟, 闫伟, 高日丽, 等. 3种重要的油气资源评价方法及应用对比[J]. 中国石油勘探, 2014, 19(1): 50-59.
GUO Qiulin, YAN Wei, GAO Rili, et al. Application and comparison of three petroleum resource assessment methods [J].

- China petroleum exploration, 2014, 19(1): 50–59.
- [9] 王雅春, 庞雄奇, 卢双舫. 油气勘探决策因素的评价方法[J]. 大庆石油学院学报, 2005, 29(5): 6–8.
- WANG Yachun, PANG Xiongqi, LU Shuangfang. Factor evaluation of the exploration decision for oil and gas[J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2005, 29(5): 6–8.
- [10] 郝丽萍, 牛卓, 唐黎明. 油气田勘探开发风险评价方法及应用研究[J]. 甘肃科学学报, 2001, 13(2): 77–82.
- HAO Liping, NIU Zhuo, TANG Liming. Study on the method of the oil-gas field exploration & exploitation risk evaluation and it's application[J]. Journal of Gansu sciences, 2001, 13(2): 77–82.
- [11] 王众, 匡建超, 曾剑毅. 国内外油气勘探风险评价研究现状及发展趋势[J]. 国土资源科技管理, 2009, 26(2): 125–130.
- WANG Zhong, KUANG Jianchao, ZENG Jianyi. Oil and gas exploration risk assessment: state and tendency of domestic and foreign researches[J]. Scientific and technological management of land and resources, 2009, 26(2): 125–130.
- [12] 李军, 蔡利学. 油气勘探风险分析技术应用现状与发展趋势[J]. 石油实验地质, 2014, 36(4): 500–505.
- LI Jun, CAI Lixue. Application status and development trend of petroleum exploration risk analysis[J]. Petroleum geology and experiment, 2014, 36(4): 500–505.
- [13] 郭秋麟, 白雪峰, 何文军, 等. 页岩油资源评价方法、参数标准及典型评价实例[J]. 中国石油勘探, 2022, 27(5): 27–41.
- GUO Qiulin, BAI Xuefeng, HE Wenjun, et al. Shale oil resource assessment methods, parameter standards and typical case studies[J]. China petroleum exploration, 2022, 27(5): 27–41.
- [14] 柳兴邦. 油气勘探经济评价指标和评价方法初探[J]. 油气地质与采收率, 2002, 9(4): 89–91.
- LIU Xingbang. Preliminary research on the index and method of economic evaluation for oil-gas exploration[J]. Petroleum geology and recovery efficiency, 2002, 9(4): 89–91.
- [15] 苏佳纯, 张金川, 朱伟林. 基于折现现金流法的煤层气开发经济评价方法研究[J]. 中国矿业大学学报, 2018, 47(3): 631–638.
- SU Jiachun, ZHANG Jinchuan, ZHU Weilin. Improved methodology of economic evaluation of coalbed methane based on discounted cash flow analysis[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2018, 47(3): 631–638.
- [16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 页岩气地质评价方法: GB/T 31483—2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Geological evaluation methods for shale gas: GB/T 31483—2015[S]. Beijing: Standards Press of China, 2015.
- [17] 中华人民共和国国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 致密砂岩气地质评价方法: GB/T 30501—2022[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- State Administration of Market Supervision and Administration of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Geological evaluating methods for tight sandstone gas: GB/T 30501—2022[S]. Beijing: Standards Press of China, 2022.
- [18] 中华人民共和国国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 页岩油地质评价方法: GB/T 38718—2020[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
- State Administration of Market Supervision and Administration of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Geological evaluating methods for shale oil: GB/T 38718—2020[S]. Beijing: Standards Press of China, 2020.
- [19] 中国石油天然气集团公司. 油气探矿权区块评价技术规范: SY 01456—2018[S]. 北京: 石油工业出版社, 2018.
- China National Petroleum Corporation. Specification for evaluation of oil and gas prospecting permit blocks: SY 01456—2018[S]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2018.
- [20] 董大忠, 王玉满, 黄旭楠, 等. 中国页岩气地质特征、资源评价方法及关键参数[J]. 天然气地球科学, 2016, 27(9): 1583–1601.
- DONG Dazhong, WANG Yuman, HUANG Xunan, et al. Discussion about geological characteristics, resource evaluation methods and its key parameters of shale gas in China[J]. Natural gas geoscience, 2016, 27(9): 1583–1601.
- [21] 郭元岭. 成熟探区勘探地质风险评价: 以济阳坳陷为例[J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(5): 94–97.
- GUO Yuanling. Exploration geology risk evaluation in mature exploration area: taking Jiyang depression as an example[J]. Petroleum geology and recovery efficiency, 2006, 13(5): 94–97.
- [22] 匡建超. 基于区带-远景圈闭组合的油气勘探地质风险评价方法[J]. 天然气工业, 2007, 27(11): 121–124.
- KUANG Jianchao. Geological risk assessment method of oil and gas exploration on zone and prospective trap combination[J]. Natural gas industry, 2007, 27(11): 121–124.
- [23] 郭秋麟, 米石云. 油气勘探目标评价与决策分析[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004.
- GUO Qiulin, MI Shiyun. Assessment of petroleum exploration target and exploration decisions[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004.
- [24] 邓子渊. 油气经济评价理论与应用[M]. 北京: 中国石化出版社, 2021.
- DENG Ziyuan. Theory and application of oil and gas economic evaluation[M]. Beijing: China Petrochemical Press, 2021.
- [25] 刘斌. 油气勘探开发经济评价技术[M]. 北京: 石油工业出

- 版社, 2020.
- LIU Bin. Economic evaluation technology of oil and gas exploration and development [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2020.
- [26] 王雅春, 朱焕来. 油气数学地质 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2015.
- WANG Yachun, ZHU Huanlai. Mathematical geology of oil & gas [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2015.
- [27] 贾承造. 油气勘探风险分析与实物期权法经济评价 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2004.
- JIA Chengzao. Risk analysis and economic evaluation of oil and gas exploration project with real option method [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004.
- [28] 杨涛涛, 王霞, 侯福斗, 等. 蒙特卡罗法及其在油气储量评估中的应用 [J]. 地球物理学进展, 2021, 36(5): 2109–2118.
- YANG Taotao, WANG Xia, HOU Fudou, et al. Monte Carlo method and its application in oil and gas reserve assessment [J]. Progress in geophysics, 2021, 36(5): 2109–2118.

编辑: 董庸

Block value evaluation technology of oil and gas exploration right and its application: discounted cash flow method based on Monte Carlo simulation

NI Xinfeng¹, LIU Junping², GUO Mozhen¹, WANG Xiaoxing¹, WU Peihong³, YANG Zhao¹

1. PetroChina Hangzhou Research Institute of Geology; 2. PetroChina Oil, Gas & New Energy Company;
3. PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development

Abstract: Under the new situation that the ways to obtain the oil and gas exploration right has been reformed from the previous application first, "no cost" acquisition to open competition through bidding, auction, listing and "the one with the highest price or the best evaluated bidder obtains", it is urgent to establish a set of block value evaluation techniques and methods for oil and gas exploration right, determine the value of the granting block, and formulate a bidding scheme to obtain the exploration right by open competition. Aiming at the uncertainty of oil and gas geological conditions, exploration and development technology, market and other aspects in the exploration and development of oil and gas mineral resources, this paper puts forward an economic evaluation method of discounted cash flow based on Monte Carlo simulation. According to the uncertainty of expected oil and gas resources, exploration and development investment, operating cost and sales income, this method can obtain the value of the granting blocks under different probability conditions and then provide a basis for the preparation of bidding scheme. This method has been applied to the value evaluation of the granting block of oil and gas exploration right in Tarim Basin, Xinjiang. Corresponding to different competitive quotations, the probability of occurrence for enterprise's internal rate of return is calculated respectively. When the quotation is 485 million yuan, it is estimated that the probability of the internal rate of return exceeding 8% is 75.4%. Ultimately, the exploration right of the granting block was clinched a deal with 485.32 million yuan, indicating that the evaluation method is feasible. The economic evaluation method of discounted cash flow based on Monte Carlo simulation provides decision-making basis for enterprises to adapt to the competitive granting policy of oil and gas mining right, and has important practical significance for enterprises to openly compete for oil and gas mining right.

Key words: oil and gas exploration right; value assessment; Monte Carlo simulation; discounted cash flow; competitive granting

NI Xinfeng, First author: PhD, Senior Engineer, mainly engaged in the evaluation of mineral right and the optimization of favorable zones. Add: No. 920 Xixi Rd., Xihu District, Hangzhou, Zhejiang 310023, China. E-mail: nixf_hz@petrochina.com.cn

GUO Mozhen, Corresponding author: MSc, Senior Engineer, mainly engaged in the evaluation and value assessment of oil and gas exploration right blocks. Add: No. 920 Xixi Rd., Xihu District, Hangzhou, Zhejiang 310023, China. E-mail: guomz_hz@petrochina.com.cn