

石油勘探与生产中的不确定性和风险分析

贺远鹏

中海油节能环保服务有限公司 天津 300450

摘要: 在我国石油的近年来的发展上, 不确定性和风险分析在石油勘探和生产中的应用取得了一些重大进展。本文对石油勘探和各开发阶段的重要贡献作了简要综述, 然后总结了可耗竭资源方面的主要趋势。从目前来看与石油勘探和生产有关的问题仍然非常严峻, 因为这个过程涉及到了大量的不可控的因素。然而, 随着新的硬件和软件的出现, 不确定性和风险分析变得越来越受欢迎, 这对于明确发现、开发和生产石油资产的规模和影响有着重要的意义。
关键词: 不确定性; 风险分析; 决策分析

Uncertainty and risk analysis in petroleum exploration and production

Yuanpeng He

Cnooc Energy Conservation and Environmental Protection Service Co., LTD. Tianjin 300450

Abstract: In the recent development of China's petroleum industry, significant progress has been made in the application of uncertainty and risk analysis in petroleum exploration and production. This paper briefly reviews the important contributions of petroleum exploration and development stages and summarizes the major trends in exhaustible resources. From the current perspective, the issues related to petroleum exploration and production are still very serious, as this process involves a large number of uncontrollable factors. However, with the emergence of new hardware and software, uncertainty and risk analysis are becoming increasingly popular, which is of great significance for clarifying the scale and impact of discovering, developing and producing petroleum assets.

Keywords: uncertainty; risk analysis; decision analysis

引言

石油的勘探和生产是一项高风险的行业。一方面是地质概念在结构、储层密封和油气储量方面不确定。另一方面, 经济评估具有与成本、发现和生产经济可行储层的可能性以及技术和油价的不确定性。即使在开发和生产阶段, 工程参数也体现出与其关键变量(基础设施、生产计划、石油、运营成本、储层特征等)。由于地质模型、经济、工程模式等因素的影响, 导致了这些不确定性的产生, 从而无法保证成功发现和开发石油资源。

一、风险分析: 探索

决策分析的历史起源可以部分追溯到 17 和 18 世纪帕斯卡、拉普拉斯和伯努利对概率的数学研究。然而, 这些概念在商业和一般管理中的应用是在第二次世界大战后才出现的在风险和不确定条件下的决策问题从石油工业开始时就已经臭名昭著了。早期定义风险的尝试是非正式的。

科雷兹阿尔及利亚撒哈拉地区的经济可行性研究是一项典型的实例, 它是首次采用概率理论和勘探序列相结合的清晰模式来正式地分析石油勘探的经济和风险。科雷兹的研究为演示蒙特卡罗方法提供了一种有益的手段, 以及如果当时可以使用这些方法而不是大面积风

险估计的简化方法, 它们可能如何被用于执行复杂的概率分析。在此期间, 曾多次尝试使用资源分布和风险分析来确定盆地勘探不同阶段的资源水平概率当时, 政府机构(美国地质调查局、法国石油研究所等。)也开始在石油和天然气资源的定期评估中采用风险分析^[1]。

在 20 世纪 80 年代和 90 年代, 采用了多种风险评估技术的新统计方法, 例如:(1) 对数正常的风险资源分配(2) 帕累托分布在油田规模资料中的应用和(3) 分形正态百分比。

在 20 世纪 60 年代, 对石油行业而言, 风险分析的概念还比较狭隘。在此期间, 相关研究人员表明决策分析不能消除或减少风险, 也不能取代地球科学家、工程师和管理人员的专业判断。所以, 本文后面将介绍的决策分析方法的一个目的就是为石油勘探中的石油工程提供一种减少风险和不确定因素的战略。

效用理论为构建效用函数提供了基础, 该效用函数可用于模拟决策者的风险偏好。如果石油企业理性且一致地做出决策, 那么他们隐含的风险行为可以用效用函数的参数来描述。

在石油勘探中使用指数效用函数来表示确定性当量, 它等于期望值减去风险折扣, 称为风险溢价。采用

指数形式的规避风险会使衡量效用函数曲线的风险偏好（规避风险）的特征。

沃尔斯利用多属性效用方法 (MAUT) 对大型石油和天然气公司做出了重要贡献, 在投资决策中引入公司目标和风险政策的大量洞察力。采用 MAUT 方法研究了石油行业中企业规模变化时企业风险倾向的变化。应用 MAUT 模型来衡量技术进步、环境限制以及与深水勘探和生产项目相关的财务绩效。

每一项决策都应允许对项目风险和勘探绩效有一个逐渐清晰的认识, 基于岩土工程预测的建设性分析、勘探策略与公开战略的审查以及勘探绩效参数的逐年比较, 能够改善项目的风险和开发业绩。这些研究结果显示了评估企业风险行为和管理风险态度的重要性。由于不断变化的公司和行业环境, 以及勘探开发技术发展产生的巨大贡献, 有必要持续监控公司的风险规避水平。在任何给定的预算期内, 利用既定的风险规避水平将导致一致和改进的风险决策。

二、决策过程、信息价值和灵活性

在石油行业做出重大决定, 必须把主要不确定性、长期范围、多种选择和复杂的价值问题都纳入到决策模式中。在石油开发与生产过程中, 可以将决策分析划分为多个嵌入层次。决策分析是一种哲学, 由一组逻辑公理阐明, 是一种方法论和系统程序的集合, 基于这些公理, 负责地对决策问题的内在复杂性进行分析。在过去二十年中, 有关决策分析的各种理论和方法在石油行业的很多领域都得到了显著的发展, 尤其是在健康、安全和环境等领域。

石油勘探和生产中的许多复杂决策问题涉及多个相互冲突的目标。在这种情况下, 管理者越来越需要采用改进的、系统的决策过程, 明确体现公司的目标、期望目标和资源约束。在过去的二十年中, 计算机辅助决策过程的进步提供了一种机制来提高现代石油工业中决策的质量。石油研究人员开发了一个决策支持模型, 该模型结合了工具箱系统组件, 为从地质开发到资本分配过程的石油勘探规划提供了一个全面的方法^[2]。

一种有效的表达不确定性的方法就是创建一个数值区间, 并为组成该范围的数字分配置信水平。虽然地球科学家和工程师可能愿意对石油勘探和生产中的未知情况进行预测, 但有必要评估项目的不确定性水平。因此, 有必要定义与重要决策相关的信息的价值, 例如推迟地质勘探或地震勘测的钻探。只有当信息导致决策者要采取的行动发生变化时, 它在决策问题中才有价值。信息很少是完全可靠的, 而且通常不能消除不确定性, 所以, 信息的价值是由不确定的数目 (或已有的先前知识) 决定的。和石油勘探和生产项目中涉及的回报。能够决定具体信息的价值, 并把它与真实的成本相比较, 评估新数据整合的自然途径是通过贝叶斯分析。随着信息水平的提高, 决策过程变得更加复杂是因为需要更准确地预

测油田性能和与生产战略的整合。此时, 信息价值的概念必须与灵活性的价值相结合。因此, 生产策略定义中的更多信息或灵活性可能会降低风险。分阶段油藏开发和智能井是灵活性投资的好例子。随着量化 Vol 和 VoF 的更可靠方法的开发, 投资于信息或灵活性的决策变得越来越容易^[3]。

三、投资组合管理与实物期权估价

石油和天然气行业的资产管理公司正在寻求投资组合管理等新技术, 以确定最佳的多元化投资组合, 从而提高公司价值并降低风险。在金融市场上, 这个方法被普遍应用, 根据他们对公司的长远策略和他们和其它项目之间的交互作用的量化信息来进行选择。这项工作已被改编用于石油工业。如果没有其他投资组合具有更高的价值, 同时具有更小或相等的风险, 这种组合的作用是有有效的。投资组合分析的最大原理就是强调项目间的互动。最初的想法是, 投资组合的价值可能高于或低于其组成项目的总和, 并且不存在一个最佳投资组合, 而是一系列实现风险和价值之间平衡的最佳投资组合。

随着项目的机遇越来越多, 石油行业在选择一组理想的投资组合时面临着越来越困难的任务。数学搜索和最优化算法可以极大地简化程序的设计, 并实现了一种实用的算法的问世, 用于投资组合管理中的石油和天然气应用将最优投资组合管理与概率风险分析方法相结合, 从而帮助指导管理者评估勘探前景的投资组合, 不仅根据其价值, 还根据其内在风险。

几十年来, 在石油行业, 最常见的资产评估形式是标准的贴现现金流 (DCF) 分析。然而, 在过去几年中, 越来越多的机构和组织一直在尝试使用其他估价方法来克服 DCF 方法带来的一些限制。由于在石油勘探和生产过程中, 经常会有一些决策过程, 每一步都会有一份投资规划, 并会有相应的成败几率。例如, 在勘探阶段, 该项目可被视为一个无限复合选项, 可随着勘探投资的进行而不断实施。金融文献中报道的基于贴现现金流 (DCF) 的传统方法总是基于静态假设——没有提及内含管理期权的价值。凯斯特首先认识到这种灵活性的价值, 梅森和迈尔斯等人建议使用基于期权的技术来评估投资机会中隐含的管理灵活性, 如放弃重新激活、封存和时机^[4]。

四、对石油勘探与生产中不确定性和风险分析的展望

今后数十年, 全球仍将高度依赖大量石油资源。随着该行业转向越来越“困难”的石油和天然气储藏, 如果要保持过去的生产趋势, 必须大幅加速科技发展的速度。因此, 与石油勘探和生产相关的决策变得非常复杂, 因为这一过程涉及大量问题。然而, 随着新的硬件和软件进步的出现, 应用于勘探、评估和开发阶段的风险分析概念变得越来越受欢迎。正在开发新的方法来帮助降低风险, 学术和工业部门正在大力促进整个过程的改进。

大多数组织已经决定使用持续风险分析程序来评估

所有 E&P 项目。一些石油公司开发了自己的风险分析软件和算法。其他公司从几个不同的供应商或咨询公司获得了定制软件的许可。这种趋势的一个重要结果是,可以预先保存地质、技术和经济参数,从而便于后续的项目审查,以便进行性能分析。根据其他研究人员的观点,这引发了一些不可避免的变化在企业文化,运营价值与战略以及奖赏体系。

风险分析存在一些局限性、缺陷和现实上的困难,这些都会影响到它的决策价值。在某些情况下,这些限制与其说是由于决策分析中的固有限制,不如说是由于上游石油项目中该方法的具体应用中的缺陷。必须了解如何有效地模拟项目层次上的风险,无论是影响产出可能性的风险还是直接影响成本的风险。与此同时,这一趋势产生了对风险分析方法进行微调的需求,也就是找到怎样在可以忍受的精确性损失的情况下,使用更多的分散化方法,从而为更复杂的模拟模型寻找下一代工具。这些发展将刺激新的进展,因为更好的模型和方法使分析工具更加灵活和准确,从而更有吸引力。这将增加对开发更好的风险和决策分析软件和培训工具的需求,这些软件和工具的开发将使分析更具吸引力,并将鼓励开发更好的模型和方法。

本文描述的大多数方法都适用于地质和经济不确定性,这是该过程中最重要的参数;但是,对于操作和技术中的不确定性,仍有必要进行探讨,以及在存在不确定性时更好的油藏描述程序。

虽然存在着种种局限性和困难,但在石油勘探与生产方面,正如本文所述,风险分析仍有许多优势。首先,

风险分析为处理高度复杂的决策提供了一种手段,这些决策的特点是石油上游不同阶段的多目标和高度不确定性。第二,风险分析提供了在石油勘探和生产的决策过程中处理复杂的价值权衡和利益相关者偏好的方法。第三,风险分析为过程决策中考虑所有相关因素提供了一个系统而全面的方法^[5]。

目前未知的技术预计可用于未来新领域的石油资源开采(特别是超深水和重油),对减少风险和经济有重大影响。虽然时机和频率都是推测性的,更长的趋势周期有利于使用技术风险模型。但是由以往获得的结果表明,这些新环境的技术进步可以用来衡量企业技术风险规避的战略决策,以及对具有若干技术特征的项目进行排序。

参考文献:

- [1] 张绍辉,毕国强,杨姝,等. 中国石油勘探与生产工程监督服务市场发展现状分析与管理对策[J]. 石油工业技术监督, 2020, 36(11):4.
- [2] 杜涛,邹纪焰,钞彩云,等. 一种石油勘探中物探参数的分析方法及应用:, CN111583054A[P]. 2020.
- [3] Husam H. Alkinani, Abo Taleb T. Al-Hameedi, Shari Dunn-Norman, 等. 决策树分析在石油工程中的应用综述[J]. 2020.
- [4] 王旻. 浅析石油勘探开发项目的经济评价与投资估算方法[J]. 中国市场, 2020(25):2.
- [5] 罗佐县. 油气勘探开发正面临什么难题?[J]. 能源, 2020(12):2.