

海外油气项目风险 - 效益联动分析模型与应用

张宝生, 王庆, 王英君

(中国石油大学(北京)工商管理学院, 北京 102249)

摘要 由于资源国多变的政策法规、日趋苛刻的合同条款以及区块内难以确定的地质条件和作业环境等,使得中国石油公司从事海外石油项目开发的风险越来越高.该文首先从风险源的角度对海外油气勘探开发过程中的风险进行分类,从三个层面阐述了风险因素的识别方法;将项目 NPV 计算、蒙特卡洛模拟和风险 - 效益传递分析方法相结合,建立了以经济效益为核心的风险 - 效益联动分析模型,提出了基于预计最低收益的风险指数并给出了其计算方法;收集整理了中亚地区实际石油区块数据资料,通过模型计算,给出了各区块的风险 - 效益分析;分析结果表明,哈萨克斯坦大部分油气区块位于低风险区域,土库曼斯坦的油气项目多数属于高风险高收益,投资者在乌兹别克斯坦投资石油项目往往面临高风险低收益.

关键词 海外油气项目; 风险 - 效益联动分析; 风险指数; 风险识别与评价

Model of risk-benefit co-analysis on oversea oil and gas projects and its applications

ZHANG Bao-sheng, WANG Qing, WANG Ying-jun

(School of Business Administration, China University of Petroleum (Beijing), Beijing 102249, China)

Abstract The risks in the oversea oil business become more and more serious because of the changing polices, oppressive contracts provisions, undetermined geological conditions and adverse operating circumstances in the resource countries. This paper classifies the risk types according to the possible risk-sources and demonstrates the risk recognition and analysis process from three different stages. By combining the NPV method, the Monte-Carlo simulation method and the method for analyzing the risk-benefit influencing process, the paper builds a new risk-benefit co-analysis model with the economic effect as the core consideration and, furthermore, puts forward a new kind of risk index in view of the necessary economic return. The risk index calculation method and process are given as well. Based on the collected data and information from the actual oil and gas resource blocks in the Central Asia countries, the risk-benefit co-analysis has been made by means of the developed model. The results show that, most oil and gas blocks in Kazakhstan belong to those with lower risks, the petroleum projects in Turkmenistan are mostly of higher benefits with higher risks, and the investment to the oil projects in Uzbekistan would often meet higher risks and lower benefits.

Keywords oversea oil and gas projects; risk-benefit co-analysis; risk index; risk recognition and analysis

1 引言

根据相关研究预测,中国国民经济发展对石油的需求量在 2020 年将接近 5 亿吨^[1],然而预测分析的国内石油产量却不足 2 亿吨^[2],加大海外石油开发已成为中国石油公司的重要战略任务和主要业务.由于民族和宗教信仰的多样性以及第三国的干预,全球油气资源较为集中的地区经常冲突不断;加之近年来各资源国的政治、法律、对外政策的不稳定及其对本国资源与工业保护,也使得在这些区域内从事油气勘探开发

收稿日期: 2011-07-27

资助项目: 国家科技重大专项课题 (2008ZX05031-005); 2011 年国家社会科学基金重大项目 (11&ZD164)

作者简介: 张宝生 (1958-), 吉林桦甸人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 管理系统工程, 能源战略, 项目评价与风险分析, E-mail: zbs9211@sina.com; 王庆 (1984-), 男, 河南新乡人, 博士研究生, 研究方向: 管理系统工程; 王英君 (1970-), 女, 辽宁盘锦人, 博士研究生, 研究方向: 战略与创新管理.

的风险越来越高^[3]。因此, 中国石油公司进行海外油气投资项目前需要加强风险分析, 尽可能降低石油项目风险并获得较好的经济收益, 研发石油项目风险 - 效益联动分析模型十分必要。关于项目风险分析与评价, 许多学者对其进行了大量的研究。常见的风险分析与评价方法主要有以下三类: 第一类是定性分析法, 主要包括故障树分析方法 (fault tree analysis, FTA), 事件树分析方法 (event tree analysis, ETA), 因果分析方法 (cause consequence analysis, CCA), 德尔菲分析方法 (Delphi) 等。赵振宇, 刘伊生和杨华春^[4]应用图形演绎方法构建工程项目风险故障树, 并探讨项目风险的识别模式、风险因素量化等问题; 郑帆^[5]通过案例介绍了事件树在经济评价中的概率分析以及投标风险决策中的应用, 为承包商在参与投标竞争时提供了一种快速有效的决策方法; 沈金水, 黄蕾, 张志雄^[6]建立了系统反馈因果结构模型, 较为全面地考虑影响楼盘价格从而会影响顾客购买的因素, 为开发商在定性分析销售价格的制定上提供一个参考模型。第二类是定量分析法, 主要包括蒙特卡洛模拟, 模糊综合评价方法, 实物期权, 神经网络模型, 因子分析方法等。倪蔚颖^[7]通过项目成本风险实例讨论了因素相关性蒙特卡洛随机模拟模型; 孙丽^[8]将模糊综合评价方法应用于对外投资决策中的风险评估体系中, 建立了对外投资风险评估体系框架; 魏冰, 张晨宇和姚一甲^[9]结合风险企业发展的特点和投资运作过程的特性, 论述了实物期权方法在风险企业估值和投资决策中的应用; 王树强, 陈立文^[10]利用 BP 神经网络原理, 以路基工程为例构建了分项工程的投资风险 BP 神经网络评估种子模型, 为二期工程及其它欲建的城市轨道工程的投资风险评估提供了有效的定量评估依据; 刘国买, 孙凌宇^[11]采用因子分析法对某建筑工程承包商面临的基本风险进行分类分析, 将 10 个基本风险变量可分为 4 个综合风险因子和 3 类影响因子。第三类是综合分析法, 是对定性定量两种方法的结合应用。Daniel Kahneman 和 Amos Tversky 等^[12]提出了前景理论, 用于风险决策分析; Khoshgoftaar 等^[13]利用模糊专家系统分析和评价了软件的经营风险; 乔盼等^[14]利用层次模糊评价法对项目投资初期的风险进行了比较客观和合理的评价; 刘光富等^[15]利用德尔菲方法与层次分析方法对项目风险进行了分析与评估; 杨茂盛等^[16]利用模糊层次分析方法对芯片投资进行了风险分析和评价。上述风险分析方法在油气领域也有着较为广泛的应用, Harbaugh 和 Davis 等^[17]提出了石油勘探量化风险的原则和模型; 廖鲁海和谢霞^[18]应用风险模拟影响图法对俄罗斯西西伯利亚汉特 - 曼西斯科地区的勘探开发投资风险进行了量化的、系统的分析; 王岩明^[19]介绍和分析了蒙特卡洛模拟在石油勘探决策风险分析中的应用; 罗英力和陈军^[20]在油气藏开发方案风险分析中也利用蒙特卡洛模拟方法, 对财务净现值进行仿真运算; 张贵清^[21]利用因子分析方法对石油项目风险分析进行了探讨; Aven 和 Vinnem 等^[22]海上石油项目风险分析评价的原则、模型以及量化风险分析软件 (quantitative risk analysis software) 的应用。关于石油项目风险分析及效益评价理论及分析方面的研究还有很多^[23-27], 但就海外油气勘探开发而言, 其环境的特殊性要求石油公司在进行风险分析时, 要紧紧密结合各区块的环境, 可目前尚没有针对海外油气投资的风险分析与评价模型及理论体系; 对风险的定量分析多数文献都集中于资源量规模的概率估算上, 而很少与经济效益评价融合于一体。本文将以中亚地区作为目标区, 对在该地区从事石油勘探开发项目可能面临的风险因素进行识别, 通过构建以经济收益为核心的风险 - 效益联动分析模型, 为科学投资决策提供支持。

2 海外石油勘探开发项目风险因素及其识别

2.1 风险类别划分

海外油气勘探开发过程中遇到的风险多种多样, 许多学者对风险类别的划分也各不相同。本文从风险来源的角度出发, 将常见的风险划分为四类: 经济风险、政治风险、地质及资源风险、工程技术风险, 如图 1 所示。

2.2 风险因素识别流程

由于各区块的地质条件、油气田类型、勘探开发程度以及各资源国的投资环境差异较大, 投资者仅仅明确风险类别是不够的, 还需要甄别每个可能遇到的风险因素。本文将从三个层面分析识别各类风险所包含的不同因素, 整体的分析识别流程如图 2 所示。第一, 国家层面。对投资者而言, 从事海外油气勘探开发, 选区至关重要。不同国家或地区, 其政治、外交、法律以及产业政策等因素的变动将影响着油气勘探开发的整体效益。第二, 合同层面。由于不同模式的石油合同对许可证条款、财税条款及其他商业条款都有着严格的规定, 所以该层面的风险主要来源于多样化的合同模式。油气合作中主要采用三种合同模式: 矿税制合同、产量分成合同和回购合同。投资者可以对比各合同模式关于财税及商业条款的规定, 判断其中潜在的风险因素。第

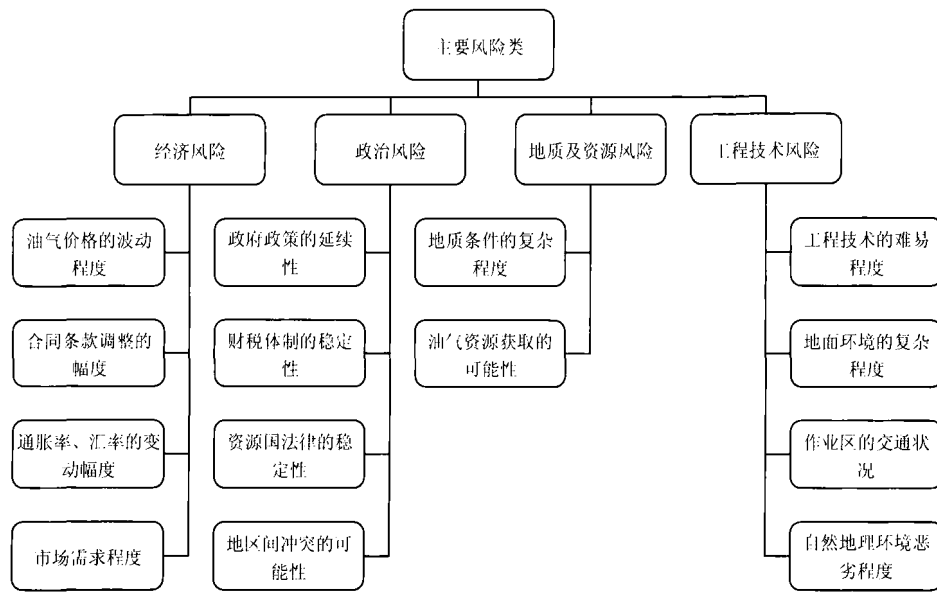


图 1 海外油气勘探开发过程中常见的风险类别

三, 时序阶段层面. 时序阶段是指勘探开发活动在整个产业链条中所处的位置, 主要包括油气勘探阶段和开发阶段. 油气勘探阶段的风险主要指地质风险, 如地质条件的复杂程度、储量的不确定性、地面环境状况等; 油气开发阶段的风险主要来自于工程技术和经济方面, 如钻井、采油、提高采收率等各项工程技术的实施难度以及国际油气价格的波动幅度等. 在上述三个层面中, 前两个层面是对风险因素的初步识别, 最后一个层面结合区块实际, 对风险因素进行补充, 为构建风险分析模型奠定基础.

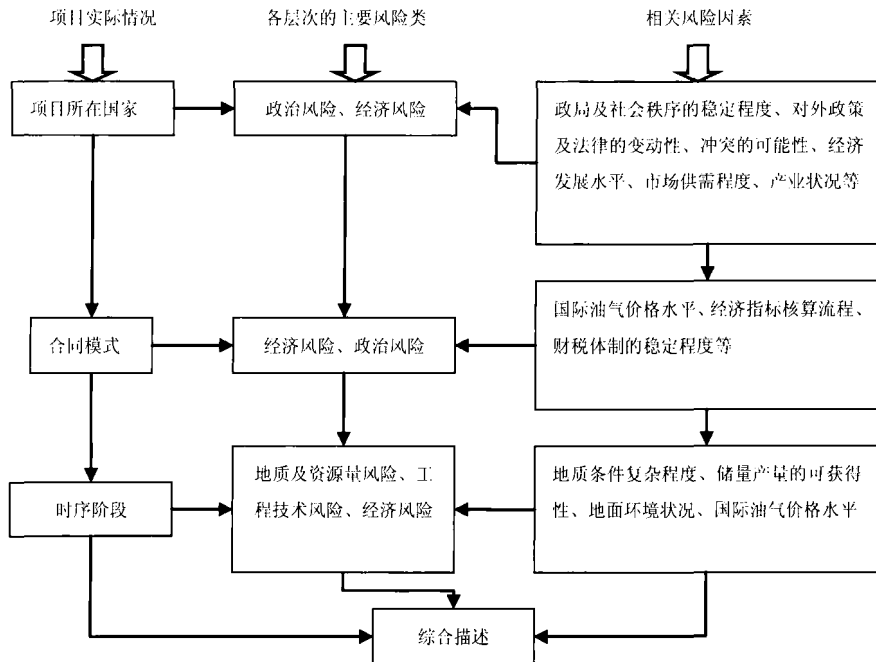


图 2 风险因素的分析识别流程

3 风险 - 效益联动分析模型构建

3.1 风险因素与效益指标的关联分析

海外石油勘探的目的是获得油气储量. 由于风险因素的影响, 许多石油公司都无法获得其预期的储量及相应的收益, 因此仅仅识别出风险因素是不够的, 还需要明确风险因素的影响程度以及达到某种规模收益的

可能性, 从而判断勘探开发活动是否可行. 作为衡量经济效益的重要指标, 净现值 (NPV) 一直被国内外石油公司采用, 见公式 (1).

$$NPV = \sum_{t=1}^n (CI - CO)_t (1 + i_0)^{-t} \quad (1)$$

式中: CI 为现金流入, CO 为现金流出, i_0 为基准折现率, t 为合同期.

前文对风险因素识别的描述, 使各个因素看似相互独立, 实际上它们之间存在着紧密的联系, 而且最终都将反映到经济效益上来. 公式 (1) 表明, NPV 受现金流入、现金流出、基准折现率以及合同期四个因素的影响, 其中基准折现率和合同期通常是确定的, 风险因素是通过影响现金流入链及流出链来改变 NPV 的.

1) 现金流入链分析

国际油气价格和油气产量是整个现金流入链条上的关键部分, 它们的变动将直接改变现金流入从而影响 NPV . 对油气产量造成最直接影响的是地质及资源类风险, 地质条件的复杂程度作为典型的地质风险因素, 通过地质成功系数影响可获得资源量 (储量) 的规模, 根据资源量 (储量) 规模以及地质条件来确定开发方案、预测产量, 进而直接影响每年油气销售收入, 导致现金流入及项目整体收益发生改变 (见图 3).

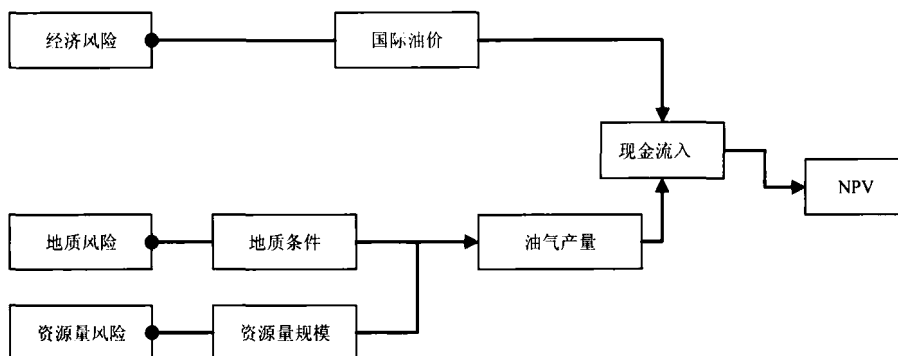


图 3 各风险因素对现金流入链的影响

2) 现金流出链分析

勘探开发投资、油气操作成本和各种税费是现金流出链上的重要因素, 主要受地质风险和工程技术风险的影响. 地质条件的复杂程度既是地质风险的关键因素, 同时也影响地震、钻井以及采油等工程技术的难度, 这些风险因素将直接导致钻井投资规模的变化, 引起现金流出量的改变. 另外, 工程技术风险中的地面环境因素 (如地理位置、地表条件以及气候状况等) 与钻井、录井、测井、采油和辅助配套工程等技术的实施难度有着密切的联系, 这也将直接影响石油项目投资规模和油气生产成本, 进而改变 NPV ; 同时, 通货膨胀率作为重要的经济风险因素将通过改变油气操作成本影响现金流出量和 NPV (见图 4).

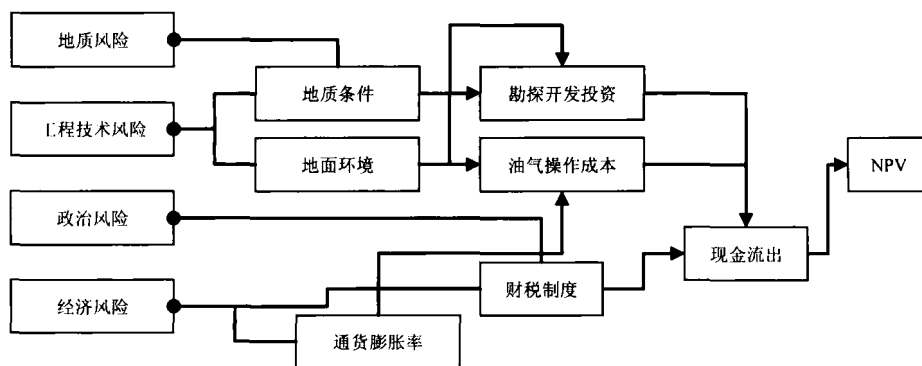


图 4 各风险因素对现金流出链的影响

作为现金流出链的另一重要组成部分就是资源国政府征收的各种税费. 不同的合同模式下, 财税条款的变动以及资源国财税体制的不稳定将会导致现金流出量发生改变而引起经济收益变化. 汇率风险没有直接

考虑在本模型中,原因是中亚地区主要油气资源国在资本市场方面极不成熟稳定,很难用某种量化方法反映在模型中.为此,本模型中以美元统一给出成本与收益,结果可为各国石油公司提供参考.某国石油公司在实际应用时可根据对应的汇率状态进行调整.在模型中的具体设计汇率风险的测度及其对项目效益与风险的影响是本文研究的后续工作.

3.2 风险 - 效益联动关系模型

在分析风险因素如何影响现金流入链及流出链的基础上,本文构建风险 - 效益联动关系模型,如图 5 所示.图中左侧实线部分为资金流入链条,右侧虚线部分为资金流出链条,二者共同影响石油项目整体经济收益.在该模型中考虑到的主要风险类参数指标见表 1.

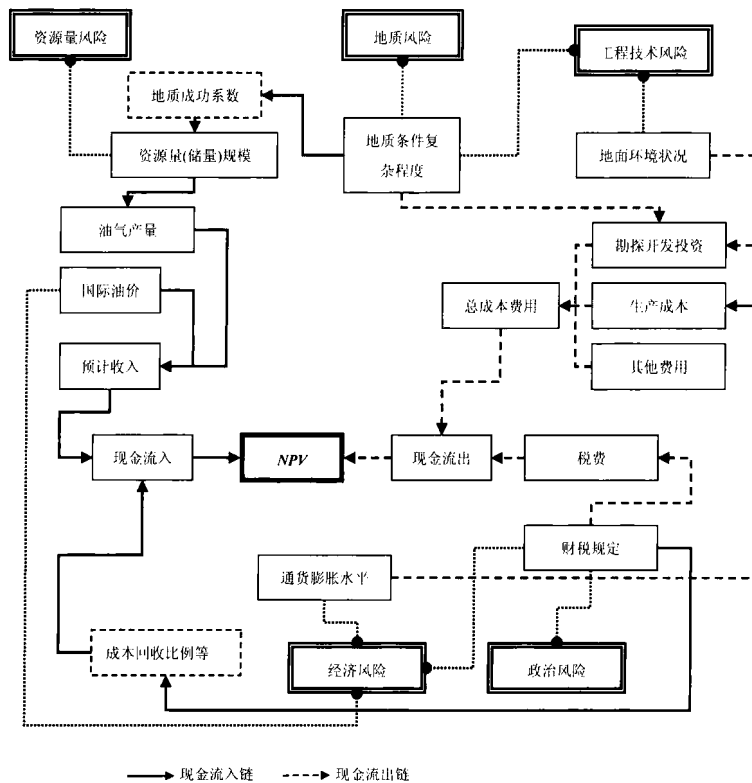


图 5 风险 - 效益联动关系模型

表 1 模型中考虑的主要风险类参数指标

地质条件类	经济类	财税类
烃源岩面积	Brent 原油 (天然气) 价格	原油 (天然气) 进出口关税
烃源岩厚度	原油 (天然气) 储量	矿区使用费率 (矿税合同/产量分成合同)
有机质类型	原油 (天然气) 产量	所得税 (矿税合同/产量分成合同)
成熟度	2D 投资	成本回收比例 (产量分成合同/回购合同)
储层岩性	3D 投资	利润油分割比例 (产量分成合同)
储层孔隙度	探井投资	报酬费 (回购合同)
渗透率	评价井投资	资本成本减免 (回购合同)
圈闭类型	开发井投资	
油气藏类型	地面设施投资	
油气藏埋深	原油 (天然气) 操作成本	
油气保存条件	原油 (天然气) 运输成本	

由此可见,本模型是将各个方面的风险转化为对现金流入与现金流出具体的影响,进而形成项目总体效益与风险的度量.例如,政治风险在初期可能通过财税规定上的调整来加大难度,财税条款的变动以及资源国财税体制的不稳定将会导致现金流出量发生改变而引起经济收益变化.

3.3 风险影响程度评价

图 5 显示了各风险因素与经济收益的关系, 基于此, 可分析各风险因素指标变化对项目经济效益的影响程度. 此外, 本文将蒙特卡罗模拟法的应用由资源量估算扩展至价值量指标 (NPV) 的计算, 以概率的形式给出获得某种规模收益的可能性, 并对应地构造新的风险指数. 这样, 项目的评价由风险和效益两类指标共同反映, 形成真正意义上的风险 - 效益联动分析. 本文提出的风险指数的含义是项目收益低于预定最低收益值的概率, 其经济意义为: 我们总希望某项目至少能带给投资者一定的净折现收益, 如果某石油项目预计所获得的经济收益小于预定最低收益值的概率越大, 项目的风险也就越大. 风险指数的计算如下. 根据公式 (1) 对 NPV 进行蒙特卡罗模拟 (风险因素指标影响现金流入流出的量及其概率分布, 进而影响 NPV 值及其概率分布), 得到一系列 NPV 值及其概率分布, 在此基础上构造风险指数. 根据相关研究^[20-21,23,25-27], 蒙特卡罗模拟得到的 NPV 一般都服从 (或至少近似地服从) 正态分布. 通过线性变换, 可将一般正态分布转化为标准正态分布, 而后按下式计算风险指数:

$$\sigma_{risk} = P\left\{\frac{NPV - \mu}{\sigma} \leq \frac{NPV_{fix} - \mu}{\sigma}\right\} = \Phi\left(\frac{NPV_{fix} - \mu}{\sigma}\right) \quad (2)$$

式 (2) 中: 为 X 服从 $N(0, 1)$ 的标准正态分布; μ 表示蒙特卡罗模拟的 NPV 的均值, σ 为模拟的 NPV 的标准差; NPV_{fix} 表示预定最低收益值 (有时也可理解为投资者期望的某个理想 NPV 值); μ_{risk} 为风险指数, 表示在风险因素的影响下, 勘探开发活动所获得的经济收益小于 NPV_{fix} 的概率. 将模型计算得到的 NPV 值和风险指数联合起来, 形成对石油项目评价的风险 - 效益联动指标.

4 模型应用 —— 中亚地区油气项目风险 - 效益联动分析

中亚地区主要指哈萨克斯坦、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦、塔吉克斯坦和吉尔吉斯斯坦五国. 其中, 哈萨克斯坦、土库曼斯坦和乌兹别克斯坦油气资源较为丰富, 而塔吉克斯坦和吉尔吉斯斯坦的油气资源相对贫乏.

4.1 风险因素识别

按照风险因素的识别流程, 本文对中亚地区油气勘探开发的相关风险进行初步识别, 主要风险因素见表 2.

表 2 中亚地区油气勘探开发主要风险因素

国家	共同的风险因素	特有的风险因素
哈萨克斯坦	国际油气价格	增设矿产资源开采税以取代矿区使用费
	原油、天然气产量	出口租用税起征点及税率的变更
	通货膨胀率	超额利润税的计征方式变更
	资源国政策的稳定性	企业所得税率的调整
土库曼斯坦	圈闭条件	
	油气聚集条件	矿区使用费率的计算方式 (滑动比率)
	油气藏的特征	成本回收上限规定
乌兹别克斯坦		利润分成比例的核算 (基于 R 因子)
		矿区使用费的率计算方式 (固定比率)
		成本回收上限规定
		利润分成比例的核算 (基于 IRR)

4.2 特例区块风险 - 效益联动分析

1) Buzachi North 区块简介

以风险因素的初步识别为基础, 本文选取哈萨克斯坦国 Buzachi North 作为目标区块, 对区块内的油气勘探开发进行风险分析与评价. Buzachi North 区块位于哈萨克斯坦西部 North Ustyurt 盆地, 紧邻里海, 总面积 126 平方公里, 1975 年发现油田并进行勘探开发, 截至 2010 年 1 月, 区块内原油探明储量为 2.6 亿桶. 出产的原油相对密度 $19^\circ API$, 含硫率 2%. 该区块采用矿税制合同, 合同期为 22 年, 主要任务是油田开发及生产.

2) 参数选取及取值分布假定

① 国际油价

2010 年国际油价为 85 美元/桶, 2011 年为 113.62 美元/桶 (截至 6 月 30 日均价), 假定 2011–2013 年 Brent 原油均价服从三角分布 (见表 3), 且 2014 年起至合同终止, Brent 原油均价以 5% 的比率逐年递增。

表 3 Brent 原油均价的分布 (单位: 美元/桶)

年份	最小值	可能值	最大值
2011	98.45	113.62	125.3
2012	100.34	118.23	130.67
2013	105.6	125.2	136.76

② 原油产量

该区块的主要生产层为下白垩系和中侏罗统地层, 根据以往数据, 得到合同期内各年原油产量方案, 见图 6。由图 6 计算可知, 至合同终止时, 区块内累计原油产量将达到 2.11 亿桶, 峰值产量为 2011–2015 年 1460 万桶/年。

③ 开发投资

某石油公司在该区块内的开发投资主要用于生产设施、开发井及管道建设, 图 7 为 2000–2010 年已发生的开发投资。假定 2011–2013 年开发投资服从三角分布 (见表 4), 2014 年起至合同终止, 每年投资额为 500 万美元。

④ 操作成本及运输成本

某石油公司 2010 年实际发生的操作成本为 17.6 美元/桶, 国内运输成本为 2.72 美元/桶, 出口运输成本为 6.47 美元/桶。假定 2011–2013 年操作及运输成本服从三角分布 (见表 5)。自 2014 年起至合同终止, 操作及运输成本均按照 2% 的通货膨胀率递增。

⑤ 其他参数

哈萨克斯坦 2009 年颁布了新的税法, 评价时采用新税法规定的税率。同时假定基准折现率设为 10%, 通货膨胀率为 2%。

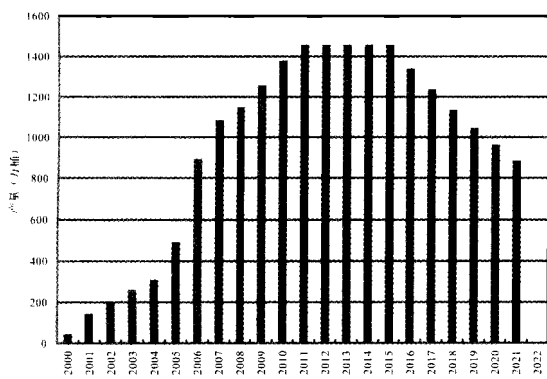


图 6 Buzachi North 区块 1998–2022 年原油产量

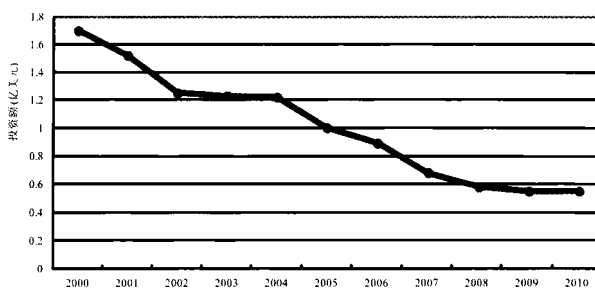


图 7 Buzachi North 区块 2000–2010 年开发投资

表 4 开发投资的分布 (单位: 万美元)

年份	最小值	可能值	最大值
2011	4500	5000	5500
2012	450	500	550
2013	900	1000	1100

表 5 操作成本及运输成本的分布 (单位: 美元/桶)

成本	年份	最小值	可能值	最大值
操作成本	2011 2013	15.84	17.6	19.36
国内运输成本	2011 2013	2.45	2.72	2.99
出口运输成本	2011 2013	5.82	6.47	7.12

表 6 项目 NPV 的概率分布

指标	NPV (亿美元)	指标	NPV (亿美元)
P_{10}	4.79	μ	4.4
P_{50}	4.38	σ	0.28
P_{90}	4.04		

3) 特例区块风险 - 效益分析计算

上述参数确定后, 本文对 Buzachi North 区块内油田开发所得经济效益 (NPV) 进行蒙特卡洛模拟, 得到 NPV 概率分布和其它统计数据 (见表 6). 表 6 中, P_{10} 表示该石油公司在 Buzachi North 区块内进行油田开发所得 NPV 大于 4.79 亿美元的概率为 10%, P_{50} 表示所得 NPV 大于 4.38 亿美元的概率为 50%, P_{90} 表示所得 NPV 大于 4.04 亿美元的概率为 90%, μ 表示所得 NPV 的均值为 4.40 亿美元, σ 表示所得 NPV 的标准差为 0.28 亿美元. 不考虑风险时, 对 Buzachi North 的区块进行常规经济评价, 所得 NPV 为 4.05 亿美元, 即 NPV_{fix} 为 4.05 亿美元. 在风险因素的影响下, 假定投资者对 NPV 的要求是不低于 4.05 亿美元, 根据公式 (2) 计算风险指数:

$$\begin{aligned}\sigma_{risk} &= P\{NPV \leq NPV_{fix}\} = P\left\{\frac{NPV - 4.40}{0.28} \leq \frac{4.05 - 4.40}{0.28}\right\} \\ &= \Phi(-1.25) = 1 - \Phi(1.25) = 0.1065\end{aligned}\quad (3)$$

该指数表示合同期内油田开发活动所产生的 NPV 不低于投资者期望 NPV 的概率为 10.56%, 风险的大小记为 0.1056. 如果投资者预定的最低收益不同, 其风险也不同. 所以, 风险 - 效益联动指标所反映的项目经济信息更为全面.

表 7 中亚地区 32 个区块风险 - 效益联动分析结果

国家	区块名称	NPV_{fix} (亿美元)	风险指数	区块编号
哈萨克斯坦	Alibek South	0.87	0.4915	K1
	Buzachi North	4.05	0.1056	K2
	Amangeldi Area	0	1	-
	Arman	0	1	-
	Arawak Energy Contract Area	1.46	0.576	K3
	Ashchisai	0.42	0.1405	K4
	Borankol	0.76	0.119	K5
	CNPC Ai-Dan Munai	2.1	0.148	K6
	EmbaMunaiGas Area	10.73	0.1645	K7
	Karakuduk	2.38	0.155	K8
	Karazhanbas	0.15	0.148	K9
	Kazgermunai Area	7.85	0.312	K10
	Kemerkol	0.07	0.206	K11
	Komosomolskoye	0.55	0.1105	K12
	Shagirl Shomishti	0	1	-
	Taubulat Area	0.44	0.1435	K13
Tenge	0.03	0.212	K14	
Tethys Petroleum Assets	0	1	-	
Tolkyn	0.57	0.0665	K15	
UzenMunaiGas Area	37.65	0.162	K16	
土库曼斯坦	Batigarlyk Area	31.33	0.479	T1
	Cheleken Contract Area	20	0.166	T2
	East Cheleken	0.82	0.1445	T3
	Linanov Contract Area	11.98	0.359	T4
	Nebit Dag Contract Area	3.93	0.3665	T5
	South Iolotan	37.19	0.496	T6
乌兹别克斯坦	Gissarneftegaz	4.49	0.402	U1
	Kandim-Khauzak-Shadi	3.42	0.4805	U2
	Mingbulak	1.55	0.5105	U3
	North Urta bulak	0.13	0.483	U4
	Shakhpakhti	0.53	0.493	U5
	Soosouthwest Gissar	1.81	0.307	U6

注: 风险指数为 1 的区块无开发价值, 不予编号, 后文不再分析.

4.3 中亚地区主要油气区块风险 - 效益联动分析

依据对 Buzachi North 区块的风险 - 效益联动分析方法, 本文对中亚地区 32 个区块进行了风险 - 效益联动分析, 得到风险 - 效益联动分析结果见表 7.

从表 7 可知, 中亚 32 个区块中有 4 个区块的 NPV 的值为负, 且其在蒙特卡洛模拟中 NPV 值没有一次超过 0, 也就是说这四个区块 NPV 值小于 0 的概率是 100%, 风险指数记为 1, 风险最大. 本文剔除这 4 个特别区块, 将剩下的 28 个区块编号, 研究不同区块 NPV_{fix} 与风险之间的关系 (见表 8).

表 8 中亚地区 28 个区块风险 - 效益联动分析

NPV (亿美元)	5 以上	低风险高收益 K7, T2, K16	中风险高收益 K10	高风险高收益 T4, T1, T6
	1-5	低风险中收益 K2, K6, K8	中风险中收益	高风险中收益 U1, K3, U3, U2
	0-1	低风险低收益 K15, K5, K12, K9, K4, K13, T3	中风险低收益 K14, K11, U6, T5	高风险低收益 U4, U5, K1
		0-0.2	0.2-0.4	0.4 以上
		风险指数		

表 8 分为 9 个象限, 表征从“低风险高收益”到“高风险低收益”九个不同类型的项目 (区块). 从图 8 可以看出, 哈萨克斯坦 (编码以 K 开头) 的大部分区块位于低风险区域, 对投资者而言, 在哈萨克斯坦从事油气勘探开发往往是低风险低收益; 土库曼斯坦 (编码以 T 开头) 部分油气区块的收益有高有低, 但风险均较大; 而投资者在乌兹别克斯坦 (编码以 U 开头) 的部分区块投资油气项目往往面临高风险低收益.

5 结论

本文以经济效益为核心, 构建风险 - 效益联动分析模型, 以中亚地区为例, 对该区域内 32 个区块做了风险 - 效益联动分析, 得到如下结论: 1) 从风险来源的角度出发, 将风险划分为地质风险、资源量风险、经济风险和国家风险. 分析这些风险因素如何对现金流的流入、流出产生影响, 进而导致 NPV 的改变. 以此为基础建立了风险 - 效益联动分析模型; 2) 将蒙特卡罗模拟的应用由资源量的估算扩展至对 NPV 的模拟, 得到 NPV 的概率分布及获得某种规模收益的可能性, 并以净现值小于投资者某个预期 NPV 的概率作为风险指数来判断石油项目的可行性; 3) 以哈萨克斯坦国的 Buzachi North 区块为特例, 对其进行风险 - 效益分析; 4) 对中亚其他区块进行风险 - 效益联动分析, 将净现值 (NPV_{fix}) 与风险指数数值制成象限图, 分类评价各区块内勘探开发活动所面临的风险和收益间的关系. 对大部分石油公司而言, 首次进入中亚地区从事油气勘探开发, 选择哈萨克斯坦的油气区块较为合理, 因为这些区块虽然收益不高但同时风险也不大, 这样既有助于石油公司熟悉该地区地质及油气分布状况, 也有利于其深入了解资源国的政治、经济、外交及文化等, 为以后在该地区继续进行油气投资打下良好的基础; 而对大型石油公司来讲, 凭借其雄厚的资金和技术实力以及其母国强大的综合国力, 可以适当选择土库曼斯坦的部分油气区块, 这些区块虽然风险大, 但同时会带来丰厚的利润; 对于乌兹别克斯坦的油气区块, 鉴于其高风险低收益的特征, 一般不建议石油公司进入.

参考文献

- [1] 袁磊, 张宝生, 王震. 中国成品油需求仿真系统及仿真模拟研究 [J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(4): 654-666.
Yuan L, Zhang B S, Wang Z. Dynamic simulation system of Chinese oil products demand and its simulation[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2010, 30(4): 654-666.
- [2] 唐旭, 张宝生, 邓红梅, 等. 基于系统动力学的中国石油产量预测分析 [J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(2): 207-212.
Tang X, Zhang B S, Deng H M, et al. Forecast and analysis of oil production in China based on system dynamics[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2010, 30(2): 207-212.
- [3] 杨宝君. 国际油气勘探开发项目的风险管理研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2003: 22-32.
Yang B J. The research on the risk management of international exploration and development projects in oil and gas[D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2003: 22-32.
- [4] 赵振宇, 刘伊生, 杨华春. 故障树法引入工程项目风险管理研究 [J]. 现代电力, 2002, 19(2): 95-98.
Zhao Z Y, Liu Y S, Yang H C. Application of fault tree analyzing method to risk management of a construction project[J]. Modern Electric Power, 2002, 19(2): 95-98.

- [5] 郑帆. 决策树图在概率分析和投标风险决策中的应用 [J]. 天然气与石油, 1999, 17(4): 44-47.
Zheng F. Applying decision tree graph to probability analysis and bidding risk decision[J]. Natural Gas and Oil, 1999, 17(4): 44-47.
- [6] 沈金水, 黄蕾, 张志雄. 以顾客满意度预测楼盘销售价格的定性分析方法 —— 系统反馈因果结构模型法 [J]. 企业经济, 2005, 293(1): 94-95.
Shen J S, Huang L, Zhang Z X. An qualitative analysis method of forecasting real estate sales price based on customer satisfaction — The method of system feedback causal structure model[J]. Enterprise Economy, 2005, 293(1): 94-95.
- [7] 倪蔚颖. 蒙特卡洛模拟在项目成本风险分析中的应用 [J]. 大众科技, 2008(7): 26-218.
Ni W Y. Applying Monte Carlo simulation to risk analysis of project cost[J]. Popular Science & Technology, 2008(7): 26-218.
- [8] 孙丽. 我国企业对外投资风险的模糊综合评价方法研究 [J]. 国际商务: 对外经贸大学学报, 2008(1): 76-80.
Sun L. Methods study of fuzzy assessment method in China's FDI risk analysis[J]. International Business: Journal of University of International Business and Economics, 2008(1): 76-80.
- [9] 魏冰, 张晨宇, 姚一甲. 实物期权方法在风险投资中的应用 [J]. 北京工商大学学报, 2007, 22(2): 32-34.
Wei B, Zhang C Y, Yao Y J. The application of real option method in risk investment[J]. Journal of Beijing Technology and Business University: Social Science, 2007, 22(2): 32-34.
- [10] 王树强, 陈立文. 轻轨项目分项工程投资风险评价模型设计 —— 基于 BP 神经网络的投资风险分析 [J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(1): 219-221.
Wang S Q, Chen L W. Design of investment risk valuation model on subentry project of light track construction — Investment risk analysis based on BP neural net[J]. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(1): 219-221.
- [11] 刘国买, 孙凌宇. 基于因子分析法的承包商风险研究 [J]. 福建工程学院学报, 2007, 5(2): 116-120.
Liu G M, Sun L Y. Study on the contractor risks of construction based on factor analysis approach[J]. Journal of Fujian University of Technology, 2007, 5(2): 116-120.
- [12] Kahneman D, Tversky A. Prospect theory: An analysis of decision under risk[J]. Econometrica, 1979, 47(2): 15-17.
- [13] Khoshgoftaar T M. Software Engineering with Computational Intelligence[M]. Holland: Kluwer Academic Publishers, 2003: 17-23.
- [14] 乔盼, 赵延龙, 李伟. 运用模糊数学和层次分析法对风险投资项目初期的综合评价 [J]. 交通标准化, 2008(9): 83-86.
Qiao P, Zhao Y L, Li W. Comprehensive evaluation of venture capital project's primary stage applying fuzzy mathematics and AHP[J]. Communications Standardization, 2008(9): 83-86.
- [15] 刘光富, 陈晓莉. 基于德尔菲法与层次分析法的项目风险评估 [J]. 项目管理技术, 2008(1): 23-26.
Liu G F, Chen X L. Project risk assessment based on the Delphi method and analytic hierarchy process method[J]. Project Management Technology, 2008(1): 23-26.
- [16] 杨茂盛, 曹玲. 模糊层次分析法对芯片投资中的风险评价 [J]. 商场现代化, 2007, 504: 164-165.
Yang M S, Cao L. Fuzzy analytical hierarchy process in risk assessment of chip investment[J]. Market Modernization, 2007, 504: 164-165.
- [17] Harbaugh J W, Doveton J H, Davis J C. Probability Methods in Oil Exploration[M]. New York: New York Wiley, 1997: 45-49.
- [18] 廖鲁海, 谢霞. 油气勘探开发投资风险分析的理论方法研究及应用 [J]. 理论与方法研究, 1999(3): 56-58.
Liao L H, Xie X. Research and application on the theory and method of risk analysis of oil and natural gas exploration investment[J]. Forecasting, 1999(3): 56-58.
- [19] 王岩明. 模拟技术在石油勘探决策风险分析中的应用 [J]. 数字化工, 2004(9): 40-42.
Wang Y M. Applying simulation to risk analysis of oil exploration decision[J]. Digital Petroleum & Chemical, 2004(9): 40-42.
- [20] 罗英力, 陈军. 蒙特卡洛模拟法在油气藏开发方案风险分析中的应用 [J]. 内蒙古石油化工, 2008(8): 15-16.
Luo Y L, Chen J. Applying Monte Carlo simulation to risk analysis of development plans of petroleum reservoirs[J]. Inner Mongolia Petrochemical Industry, 2008(8): 15-16.
- [21] 张贵清. 因子分析方法在国际石油勘探开发项目风险分析中的应用探讨 [J]. 数字石油和化工, 2007(9): 58-61.
Zhang G Q. Discussion on application of factor analysis method of risk analysis of international oil exploration project[J]. Digital Petroleum & Chemical, 2007(9): 58-61.
- [22] Aven T, Vinnem J E. Risk Management — With Applications from the Offshore Petroleum Industry[M]. Germany: Springer, 2007: 67-68.
- [23] 郭瑞. 国际石油勘探开发项目技术评价方法研究 [D]. 北京: 中国地质大学 (北京), 2007: 10-19.
Guo R. The study on technology evaluation methods for international oil and natural gas exploration project[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2007: 10-19.

- [24] 任培民, 赵树然. 基于复合实物期权的高新技术项目风险管理 [J]. 工业工程与管理, 2008(3): 16-20.
Ren P M, Zhao S R. Risk management of new-high technology project based on compound real option[J]. Industrial Engineering and Management, 2008(3): 16-20.
- [25] 徐可达. 海外油气田开发经济评价研究 [D]. 黑龙江: 大庆石油学院, 2005: 30-37.
Xu K D. Research on evaluation method for overseas oil-gas field development[D]. Heilongjiang: Northeast Petroleum University, 2005: 30-37.
- [26] 胡允栋. 基于不确定性分析的油气储量分类与评估方法 [D]. 北京: 中国地质大学 (北京), 2007: 46-50.
Hu Y D. Oil and gas reserve classification and estimation on the basis of uncertainty analysis[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2007: 46-50.
- [27] 杨宝君. 国际油气勘探开发项目的风险管理研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2003: 45-47.
Yang B J. The research on the risk management of international exploration and development projects in oil and gas[D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2003: 45-47.