

文章编号:1673-5005(2010)01-0164-06

# 国际油气勘探开发项目风险分级与排序模型的构建及应用

赵东<sup>1,2</sup>, 王震<sup>1</sup>, 赵林<sup>1</sup>, 刘明明<sup>1</sup>

(1. 中国石油大学工商管理学院, 北京 102249; 2. 中国石油天然气勘探开发公司, 北京 100083)

**摘要:**给出国际油气勘探开发项目综合排序的原则,在兼顾指标体系的完备性和排序结果清晰性的基础上,构建项目综合排序模型。模型针对石油勘探开发项目中蕴含的风险,建立特定的指标体系并赋予指标相应的权重,计算项目的综合风险数值,并依之对项目进行清晰排序。应用结果表明,综合分级与排序指数能够清晰地表示项目风险的大小,气泡图能够同时表示项目资源、经济、政治3方面的风险,从而验证了所建模型的有效性。

**关键词:**油气勘探开发; 风险分级; 项目排序; 气泡图; 评价指标

中图分类号:F 224 文献标志码:A

## Construction and application of risk rating and ranking model for international oil and gas exploration & production projects

ZHAO Dong<sup>1,2</sup>, WANG Zhen<sup>1</sup>, ZHAO Lin<sup>1</sup>, LIU Ming-ming<sup>1</sup>

(1. School of Business Administration in China University of Petroleum, Beijing 102249, China;  
2. China National Oil & Gas Exploration and Development Corporation, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The principles of integrated ranking of the international oil and gas exploration & production (E&P) projects were given. Considering both the completeness of the index system and the clarity of ranking results, a model was built to rank the international oil and gas E&P projects. In the model, a special indicator system was developed to show the risk contained in oil and gas E&P projects and the indicators relevant weights to quantize the risk of the projects were given. Then the integrated risk index can be obtained, based on which the risks of the projects were ranked. The application results show that the integrated indexes can clearly demonstrate the risk of projects, and the bubble chart can show the technical risk, economic risk and political risk, which proves the validity of the model.

**Key words:** oil and gas exploration & production; risk rating; project ranking; bubble chart; evaluation index

石油勘探开发项目自身蕴含着许多风险,尤其是对于国际石油勘探开发项目来说,风险更多、更大。如何集成项目技术、经济评价等各方面的信息,评估国际石油勘探开发项目蕴含的综合风险,对项目进行优选排序,是一个重要研究课题,既有一定学术价值,也有很强的现实意义。国内外许多专家学者都对项目风险排序问题进行了研究<sup>[1-7]</sup>,如 David Baccarini 等提出一种 CAMS 采用的项目风险等级排序方法,并强调了风险管理中风险评级的重要性<sup>[5]</sup>;Nick 等提出“财富之轮”评价系统,指标广泛,

能够展示不确定性随着时间演进而变化的轨迹,但是最终结果不够清晰<sup>[6-7]</sup>。笔者在考虑指标体系的完备性及排序结果的清晰性基础上,建立一套分级和排序体系,使得能够对任何一组投资项目进行清晰的排序及满足不同的投资目标和投资偏好,并针对 CNODC 海外资产的特点,确定相应的指标体系及权重,对模型进行应用。

## 1 项目综合排序原则

根据风险对机会进行排序,必须要建立一些关

收稿日期:2009-04-25

基金项目:教育部人文社会科学研究规划基金项目(08JA790131)

作者简介:赵东(1970-),男(满族),山东东营人,教授级高级会计师,博士研究生,主要从事国际石油投资与合作方面的管理与研究工作。

键的原则。

(1) 排序系统能够反映公司的发展目标,即任何投资机会的排序必须由投资者的发展目标来决定。如增加储量/产量、减低经营业务的难度、最大化竞争优势、规避政治风险区域或者是上述风险的组合。同样的投机机会和评估结果,不同的投资者的排序可能有很大不同。

(2) 用于项目排序系统的风险体系应该是适宜的,既不能是单一维度的风险比较,也不宜是穷尽所有风险因素的综合比较。构成该风险体系的风险维度,应该是可以构成对投资和商务决策有显著实质性影响的风险因素集合。尽管一般地看,投资者都是风险厌恶性的,但在面对一些较小金额的投资和极端事件时,投资者可能不太厌恶风险。如会有人愿意用零花钱购买彩票,但不愿意花钱购买航空保险。通常这类风险对投资者的决策并不具有显著的影响,因而可以精简本文中的风险体系,使商务决策更加有效。

(3) 风险指标体系的每一个维度应该具备完备性、可比性、传递性的特征,即:用于决策的风险指标体系的任意一个维度的不同状态都是可以比较的;应该存在一种客观或主观的尺度,来对两种风险状态的大小或合意性进行比较和测度;同样,这种比较应该是可以传递的,以保证该风险体系比较结果的逻辑一致性。

(4) 最终比较结果的一维性。多维的风险指标体系之间无法进行直接对比,必须通过规范化处理后,结合投资者的目标体系,进行加权或其他处理,最终得到一个一维化的结果,使得投资者能对多维的风险状态进行排序。

可以看出,投资者(公司)的目标体系是决定排序及风险体系的最根本因素,它直接决定了哪些风险因素将会被考虑,被如何考虑,以及如何最终影响排序结果。同样,风险指标的可测度性也是影响最终指标体系构成的重要影响因素,风险状态不可识别(如资料的缺乏)或测度风险的工具过于复杂,耗时费力,也可能会导致某些风险因素不被纳入排序体系要考虑的风险因素。

## 2 项目综合分级与排序模型指标体系的构建

### 2.1 项目风险评价指标体系的构成

根据笔者多年国际石油合作的经验,以及与其

他国际石油公司管理层的交流与沟通,基于可用的信息和可行的分析,认为项目综合分级和分类指数由3部分组成:资源与技术指数、经济评价指数和政治与商业风险指数。

(1) 资源与技术指数。其度量了海外油气项目在资源和技术方面的风险,主要包含3个因素:储量因素、产量因素和项目的成长性。具体来看,储量因素包括当年新增石油储量和剩余可采储量,产量因素是指当年石油年产量,项目成长性包括储采比和储量替代率。

(2) 经济评价指数。其度量了海外油气项目在经济价值方面的风险,一般来说,可以包含多个因素,如项目动态投资回收期、项目净现值(NPV)、项目内部收益率(IRR)和项目单位投资收益率,等等。本文中考虑项目实际数据的可获得性,选择NPV指标来测量经济风险。

(3) 政治与商业风险指数。其度量了海外油气项目资源国在政治上的风险,主要包含政治风险、社会风险和商业风险。具体来看,政治风险因素包含了4个反映宏观层面政治风险的指标:战争和外在威胁、公民和劳动力动荡、内部暴力及政权的稳定性。社会风险因素包含4个社会和经济指标,即经济稳定性、能源依赖性、环境的激进及种族、民族、党派之争,这4个指标逆向影响资源国的投资环境。商业石油风险因素主要包括:一些重要团体或官员反对外国投资者进行能源投资的程度;对资本和收入出境的限制和货币兑换的限制;合同或财政条款向相反方向变动的威胁。

综上,可以得到相对完整的综合分级和分类指标体系,见图1。

事实上,影响国际石油投资的风险因素非常多。地缘政治、文化冲突、伙伴间关系、石油市场波动、投资及融资结构等都会对项目的投资带来风险,其中一些风险因素的影响还比较显著。上面的分析主要是发生在资源国内的风险。超出资源国以外的风险因素,可以在同样的分析框架下,引入更多的风险维度,按照本文中的原则和程序,进行更具一般性的分析排序。

### 2.2 风险测度指标的说明

各风险测度指标的说明如表1所示。其中,资源与技术指数为实际数据,经济评价指数为评价计算所得,政治与商业风险指数为定性判断。

图1 项目综合分级和分类指数体系

Fig.1 Integrated risk rating and classification index system of project

表1 各风险测度指标的说明

Table 1 Introduction for each risk index

指标类别	分指标	指标名称	指标计算说明
资源与技术 指数(40%)	储量(30%)	当年新增石油储量(60%)	评价当年项目新增石油储量
		当年底剩余可采储量(40%)	项目已探明剩余可采储量
	产量(40%)	当年产量(100%)	评价当年项目的产量
	项目成 长性(30%)	储采比(40%)	剩余可采储量/当年产量
储量替代率(60%)		当年新增储量/当年产量	
经济评价指数(45%)	NPV(100%)	NPV(100%)	历年项目净现金流折现值
政治与商业 风险指数(15%)	政治 风险 (35%)	战争威胁(15%)	战争和外在威胁,包括关于主权和边界争端的冲突
		公民动荡(30%)	公民和劳动力动荡,包括罢工、抗议和对政府的示威
		内部暴力(15%)	内部暴力,如炸弹、暗杀、绑架、低强度的游击战和犯罪
		政权稳定(40%)	政权的稳定性,领导层变更的可能性,无论是通过常规预定的选举或者意料之外的政变或死亡
	社会 风险 (30%)	经济稳定(50%)	经济稳定性,基于国家经济的表现、流动性和结构的稳固
		能源依赖(20%)	能源依赖性,基于能源的供应和需求,对进口石油的依赖和石油进口花费在总出口中的比例
		环保激进(15%)	环境的激进,基于环保议员反对石油勘探所采取行动的水平
		种族冲突、民族、党派之争,基于由敌对的种族、宗教或者民族竞争引起的紧张,这种紧张会给行业带来动荡	
商业 风险 (35%)	反对投资(30%)	一些重要团体或官员反对外国投资者进行能源投资的程度	
	资本出境(10%)	对资本和收入出境的限制和货币兑换的限制	
	条款变更(60%)	合同或财政条款向相反方向变动的威胁	

2.3 指标分级和赋权说明

分级情况大体可分为两种:①根据实际数据,进行定量分级;②根据对业内专家或熟悉情况的人的调研,据其定性判断进行定性分级。

资源与技术风险的分级,以及经济风险的分级就是根据实际数据进行的定量分级。政治与商业风险的分级则主要基于统计资料、专业报告和专家意见来进行主观或者定性的判断,通常的方式包括:①对熟悉东道国情况的工作人员的调研;②业内政治学家、经济学家和行业专家的分析判断。政治与商业风险指数下的大部分指标是主观确定的。这种方法在理论上也是一致的。等级基于主观的风险程度判断(0 = 无风险,1 = 风险很小,2 = 风险较低,3 = 风险中等,4 = 风险较高,5 = 风险很高)。

各指标的赋权表明了公司的投资驱动和投资偏好,可以根据投资者的需求进行调整。

2.4 项目综合分级与排序指数的计算

在本模型中,所有的风险因素都被分级在0(最好)和5(最差)之间。每一个风险因素都被赋上一个权值,来反映公司的发展目标或者投资者的偏好,加权后的分级数据汇总后就能产生一个总指数,这个指数是可比的。加权公式为

$$I = \sum_{i=1}^n C_i W_i$$

式中,I为综合分级和排序指数;C<sub>i</sub>为单个指标的等级(0~5);W<sub>i</sub>为对应指标的权重,ΣW<sub>i</sub> = 100%,W<sub>i</sub>实际上反映了投资者的目标函数,即公司的投资策略。

## 2.5 分级与排序的过程

(1) 公司领导层确定公司的目标函数,即各项风险指标的权重比。对于中国的石油公司来讲,目标函数往往会呈现国有企业特有的复杂性和内部不一致性,但对于投资资产的选择排序上,可以有一个更加具备经济理性和逻辑一致的目标函数。

(2) 各专业的专家或负责人确认各自领域的风险。例如,健康安全环保部门应该确认环境风险,地球物理和地质部门确认地质风险,等等。

(3) 建立标准,衡量风险。在一些情况下,需要定量分析,其他情况下可以采用定性分析的方式(非常好,非常坏,等)。在这一阶段,0~5的分级体系并没有应用。

(4) 根据建立的标准,收集原始数据,测量每一种项目的风险。

(5) 分析评价部门根据原始数据,建立每一个标准的最小—最大区间。这将表明哪个标准拥有倾斜的分布,例如,所有项目都在的区间可能就是“平均”。然后评估者须判断这是否是一个关键的变量,或者也可以把这个因素剔除(假设此因素的存在是“给定”的)。如果认为这是一个关键的变量,

测度时就进一步细化,以建立合适的区间。

(6) 将原始数据分为6段,每一段中确定相应的分级水平,这样就可得到0~5的分级数据。

(7) 根据公司的目标函数进行综合排序。

## 3 模型应用

### 3.1 数据描述

资源与技术、经济评价数据来源于中国石油天然气勘探开发公司(CNODC)海外19个项目的经营数据,政治与商业风险评价数据通过分析中国出口信用保险公司的《国家风险分析报告》<sup>[8-12]</sup>得到。由于保密原因,本文中以序号代替各个项目。

### 3.2 分级标准及分级结果

分级标准是根据每个指标的最大值与最小值确定的,尽可能使每个项目都处于合理的级别。

根据分级标准,先比较指标处于哪个区间确定分级的整数取值,再结合区间的上下限计算得到分级的小数取值,整数部分与小数部分之和即为分级结果。所有项目参数的分级结果见表2。分级结果数值越小,代表风险越小。

表2 分级结果  
Table 2 Rating results

指标类别	指标名称	项目序号																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
资源 技术 参数	2007年新增石油储量/千桶	0.24	0.00	1.42	2.92	0.30	5.00	0.00	4.22	3.70	4.13	0.75	5.00	5.00	5.00	5.00	4.37	4.98	5.00	5.00
	2007年底剩余可采储量/千桶	1.03	0.00	3.50	4.06	0.68	3.54	1.43	4.65	4.09	4.71	4.13	4.55	4.99	4.92	3.63	4.09	4.94	4.90	4.89
	2007年底作业产量/万桶	0.05	1.50	4.23	3.28	1.96	4.45	0.80	4.82	4.72	4.79	4.09	4.86	4.98	4.99	4.43	3.88	4.94	4.89	4.99
	2007年储采比	4.39	2.97	2.08	4.91	3.15	0.68	4.30	2.02	0.00	3.32	4.08	0.00	4.86	0.00	1.15	4.37	3.96	4.14	0.00
	2007年储量替代率	4.80	4.18	0.15	4.49	4.06	5.00	4.43	0.48	0.23	0.92	0.13	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
经济评价 参数	项目净现值/10 <sup>6</sup> 美元	3.54	0.55	4.19	4.38	0.00	4.71	1.21	4.84	4.88	4.90	4.82	5.00	4.98	4.98	4.81	4.54	4.97	4.97	5.00
	战争威胁	4.00	4.00	4.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	3.00	1.00	0.00	2.00	3.00	1.00	4.00	4.00
	公民动荡	3.00	3.00	3.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00	1.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00
	内部暴力	4.00	4.00	4.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	0.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00
	政权稳定	3.00	3.00	3.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	3.00	3.00	4.00	2.00	2.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00
	经济稳定	4.00	4.00	4.00	2.00	4.00	4.00	4.00	4.00	2.00	3.00	3.00	3.00	1.00	1.00	3.00	4.00	3.00	4.00	4.00
	能源依赖	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	环保激进	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	种族争端	5.00	5.00	5.00	4.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	3.00	3.00	3.00	1.00	1.00	3.00	4.00	2.00	2.00	2.00
	反对投资	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	1.00	3.00	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00
	资本出境	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	1.00	3.00	1.00	0.00	1.00	1.00	3.00	3.00
	条款变更	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00

### 3.3 指标赋权

在赋权设置中,权重倾向于描述项目现状的参数。假设投资者更加注重经济评价指数,而对政治风险不敏感,即权重赋值设置为资源与技术指数占

40%,经济评价指数占45%,政治风险指数占15%。各个分指标的赋权设置见表1中括号内数值(其中当年指2007年)。

### 3.4 排序结果

排序结果是根据每个项目的综合指数进行排名的,综合指数是由经济评价指数、资源技术指数、政治与商业风险指数分别乘以他们相应的权重再累加得到。综合指数是一种综合风险指数,综合指数越小,代表这个项目的风险越小,排名就越靠前。具体结果如表3所示。

表3 排序结果

Table 3 Ranking results

综合排名	项目序号	经济评价指数	资源与技术指数	政治与商业风险指数	综合指数
1	5	0.00	2.03	1.81	1.08
2	2	0.55	1.71	2.59	1.32
3	7	1.21	1.80	1.81	1.54
4	1	3.54	1.58	2.59	2.61
5	3	4.19	2.65	2.59	3.33
6	11	4.82	2.78	2.27	3.62
7	9	4.88	3.09	1.39	3.64
8	4	4.38	3.72	2.24	3.80
9	8	4.84	3.57	1.81	3.88
10	6	4.71	4.09	1.81	4.03
11	10	4.90	3.79	2.27	4.06
12	16	4.54	4.25	2.60	4.13
13	15	4.81	4.15	2.26	4.16
14	14	4.98	4.39	1.20	4.17
15	12	5.00	4.29	2.44	4.33
16	19	5.00	4.38	2.47	4.37
17	17	4.97	4.84	1.79	4.44
18	13	4.98	4.97	1.74	4.49
19	18	4.97	4.84	2.47	4.54

从排序结果可以看出,项目5,2,7的综合风险明显小于其他16个项目,经济评价及资源与技术指数都较低,应加大投资以支持其迅速发展,积极扩大经济规模,创造更大的利润空间。

### 3.5 项目气泡图

为更加直观地反映上述风险排序结果,绘制了如图2所示的气泡图。气泡图的横坐标为项目的经济评价指数,纵坐标为资源与技术指数,气泡的面积表示政治与商业风险指数。

图2 所有项目的气泡图

Fig.2 Bubble chart of all projects

从气泡图也可以看出,项目5,2,7的风险要明显小于其他项目。

模型的应用结果表明,本文中构建的海外油气项目综合排序模型能够清晰地计算出各个项目的综合风险数值,很好地满足国外石油勘探开发项目的风险评价。

## 4 结束语

本文中所构建的海外项目综合排序模型,既能体现公司目标性,也能满足排序一致性和广泛性要求。排序结果与对实际情况的经验判断具有一致性,这为进一步推进石油企业海外经营的价值管理和资本运营工作提供了重要的决策依据。从未来的研究方向来看:一方面,模型中的指标体系是开放的,如何选择更多实际数据所能支持的指标来全面反映项目风险值得关注;另一方面,在分级过程中,分级标准的界定存在一定的主观性,对计算结果会产生直接的影响,如何确定分级标准,使得计算结果更符合实际,是一个需要重复验证的过程。

### 参考文献:

[1] 赵辉,王学青. 海外直接投资项目排序探讨[J]. 统计与决策,2006(24):65-67.

[2] 李少明. 项目风险排序研究综述[J]. 科技情报开发与经济, 2006,16(1):158-160.

LI Shao-ming. A summarize on the project risk sequencing[J]. Sci-Tech Information Development & Economy, 2006,16(1):158-160.

[3] 蒋庆哲,岳国,宋昭峥,等. 中国石油天然气集团公司清洁燃料生产发展战略和基地优选模型[J]. 中国石油大学学报:自然科学版,2006,30(2):125-132.

JIANG Qing-zhe, YUE Guo, SONG Zhao-zheng, et al. Development strategies and optimized model for bases of clean fuel of China National Petroleum Corporation[J]. Journal of China University of Petroleum(Edition of Natural Science), 2006,30(2):125-132.

[4] 王震,王恺. 基于Markowitz资产组合理论的油气勘探开发投资决策[J]. 中国石油大学学报:自然科学版, 2008,32(1):152-155.

WANG Zhen, WANG Kai. Investment decision of oil & gas exploration and development based on Markowitz's portfolio selection theory[J]. Journal of China University of Petroleum(Edition of Natural Science), 2008,32(1):152-155.

[5] DAVID Baccarini, RICHARD Archer. The risk ranking of projects: a methodology[J]. International Journal of

Project Management, 2001,19:139-145.

- [6] NICK De Ath. Triton's qualitative approach to risk perception [R]. 1996 International New Ventures Conference, London, 1996-03-15.
- [7] GRAHAM K Kellas. Ranking global risks [R]. Integrated Risk Management Euro Forum, London, 1998-11-26.
- [8] 中国出口信用保险公司. 国家风险分析报告:上册 [M]. 北京:中国金融出版社,2005.
- [9] 中国出口信用保险公司. 国家风险分析报告:下册

[M]. 北京:中国金融出版社,2005.

- [10] 中国出口信用保险公司. 国家风险分析报告:上册 [M]. 北京:中国金融出版社,2006.
- [11] 中国出口信用保险公司. 国家风险分析报告:中册 [M]. 北京:中国金融出版社,2006.
- [12] 中国出口信用保险公司. 国家风险分析报告:下册 [M]. 北京:中国金融出版社,2006.

(编辑 修荣荣)

(上接第163页)

空间与特征子空间的距离公式。在采用协方差基准的基础上,采用聚类分析的思想,引入距离度量对影响 MPC 控制器性能下降的原因进行聚类,减少了对控制器及对象模型的过分依赖。仿真结果表明,所提出的方法可有效地实现对 MPC 控制器性能的评价与诊断。

#### 参考文献:

- [1] QIN S J, BADGWELL T A. A survey of industrial model predictive control technology [J]. Control Engineering Practice, 2003,11(7):733-764.
- [2] JELALI M. An overview of control performance assessment technology and industrial applications [J]. Control Engineering Practice, 2006,14(5):441-466.
- [3] PATWARDHAN R S, SHAH S L, QI K Z. Assessing the performance of model predictive controllers [J]. The Canadian Journal of Chemical Engineering, 2002,80(5):954-966.
- [4] QIN S J. Control performance monitoring—a review and assessment [J]. Computers and Chemical Engineering, 1998,23(2):178-186.
- [5] SCHAFER Jochen, CINAR Ali. Multivariable MPC system performance assessment, monitoring and diagnosis [J]. Journal of Process Control, 2004,14(2):113-129.
- [6] HARRIS T J. Assessment of control loop performance [J]. Can J Chem, 1989,67(10):856-861.

- [7] 张彤,王庆林. 基于 MV 基准界的多变量控制系统性能评价方法 [J]. 北京理工大学学报,2007,27(8):689-699.

ZHANG Tong, WANG Qing-lin, Multivariable control system performance assessment methods based on MV benchmarking bounds [J]. Transactions of Beijing Institute of Technology, 2007,27(8):689-699.

- [8] YU Jie, QIN S J. Statistical MIMO controller performance monitoring, Part I: data-driven covariance benchmark [J]. Journal of Process Control, 2008,18(3/4):277-296.
- [9] YU Jie, QIN S J. Statistical MIMO controller performance monitoring, Part II: performance diagnosis [J]. Journal of Process Control, 2008,18(3/4):297-319.
- [10] QIN S J, YU Jie. Recent developments in multivariate controller performance monitoring [J]. Journal of Process Control, 2007,17(3):221-227.
- [11] KANO Manabu, HASEBE Shiji, et al. A new multivariate statistical process monitoring method using principal component analysis [J]. Computers and Chemical Engineering, 2001,25(7/8):1103-1113.
- [12] LOQUASTO Fred, SEBORG D E. Monitoring model predictive control systems using pattern classification and neural networks [J]. Industry & Engineering Chemistry Research, 2003,42(20):4689-4701.

(编辑 修荣荣)