

基于 AHP 的石油钻井成本风险因素分析研究

赵俊平 王立苹

(东北石油大学经济管理学院,大庆 163318)

摘要 油气钻井工程是石油天然气资源勘探与开发的重要手段和环节,同时钻井成本占油气勘探和开发总成本的比重也较大,钻井成本大小直接影响石油天然气勘探开发的收益。由于钻井工程风险系数不断上升,使得钻井成本波动性越来越大,因此,控制油气钻井成本风险对于控制油气田开发成本至关重要。在定性分析了石油钻井成本构成要素以及钻井成本风险因素的基础上,利用层次分析法对影响石油钻井成本的风险因素进行定量分析,并对风险因素权重进行排序,得出风险因素对钻井成本的影响程度。

关键词 钻井成本 层次分析法 风险因素 权重

中图法分类号 F407.22; **文献标志码** A

钻井工程是勘探开发工程中耗资最大的工程,在我国钻井成本占整个勘探工程成本近 60% 左右,某种意义上说,勘探成本高低取决于钻井工程成本的高低。由于钻井工程风险系数不断上升,使得钻井成本波动性越来越大,因此控制钻井工程成本风险、降低钻井成本将成为油气井工程的研究重点。然而目前大多数文章是运用成本预测和管理的方法来达到降低石油钻井成本的目的,而很少有从风险的角度考虑钻井成本。本文在定性分析钻井工程成本构成要素和风险成本的基础上,主要从经济、技术、管理、政策和自然这五类风险因素出发,运用层次分析求权重的方法,估计了各个风险因素对钻井成本变动的影响程度,为控制石油钻井成本,提高油田整体综合效益提供依据^[1-6]。

1 石油钻井成本构成要素分析

1.1 钻井工程的工程成本

钻井工程的工程成本是从油井的价值形式角

度来考察每口油井或每米进尺应分担的生产费用。这部分是衡量油田钻井技术与管理水平的重要标志,也是进行钻井投资决策的主要依据。钻井工程是一项工艺复杂、消耗巨大的工程,按照钻井的工艺过程可以把钻井工程的工程成本分为以下几个方面。

(1) 探区临时工程费用:它是为钻井工程服务所进行的井场以外的临时性工程所发生的费用。

(2) 钻前准备工程费用:它是为钻井创造必要条件而进行的各项准备工程所发生的费用。

(3) 钻井过程中的费用:包括:材料、工资及提取的职工福利费、折旧费及作业费和其他直接费。

(4) 固井工程费用:套管及套管附件、水泥、固井作业服务费等。

(5) 测井作业费及服务费用:作业费是钻井过程中测井队用电测、气测、电视测井等方法进行中途测试等所发生的费用。测井服务费包括动复员费、测井日费和操作费等。

(6) 制造费用:指钻井公司、钻井分公司为组织和管理钻井工程所发生的各项管理费。

(7) 试油工程费用:指试油、射孔和特种作业所发生的全部费用,包括有关油管和采油树在内。

1.2 钻井工程的风险成本

钻井工程的风险成本,主要是指 HSE 管理成本,即钻井工程 HSE 管理体系组织进行钻井工程风险分析,确定钻井活动可能发生的危害和造成的后果,从而采取有效的防范手段和控制措施防止其发生,以便减少可能引起的人员伤害、财产损失和环境污染等发生的费用。具体包括资本支出和折旧费、安全人员费(含薪金、津贴、服装费等)、训练计划费用、施教费以及增加的机会成本。

2 石油钻井成本风险因素分析

钻井成本风险是指在给定的条件下,钻井实施过程中可能产生的成本增加。由于钻井工程本身所处的环境、条件及相关事物都是在变化发展的,且存在着大量的、随机的不确定因素,因此根据钻井数据资料和经验所作的预测很难完全符合未来的实际情况。一旦风险发生,造成的损失是难以估量的。这时风险因素分析的重要性就突显出来。

根据对钻井工程成本构成要素的调查和钻井活动中易引起成本增加的不同方面,对风险因素进行归类。本文把影响钻井成本风险的主要因素归为:经济因素、技术因素、管理因素、政策因素和自然因素这五类。

(1) 经济因素:是指由于通货膨胀、汇率调整、人工工资的增加、资金筹集和索赔事件等因素发生导致钻井成本与目标钻井成本发生偏离。经济因素是影响钻井成本增加的主要原因,应作为钻井成本风险管理的重点。

(2) 技术因素:技术是钻井工程的关键,它也是诱发钻井事故的主要原因,虽然钻井事故发生的机率不大,但是一旦发生都会引起非常严重的后果,致使钻井成本的大幅度提升。因而技术因素是不容忽视的重要风险因素。只有预先感知技术风险因素,分析技术风险,才能保证将技术风险降到最低,使其对钻井成本的影响达到最小。

(3) 政策因素:一般是指国家对石油领域进行宏观调控所采取的政策措施,其也是影响钻井工程

成本变动的因素之一。如征地法规变化、工具及设备摊销标准提高、安全环保要求提高等,这些政策因素的变动都会引起钻井成本的上升。

(4) 管理因素:在钻井工程项目过程中,管理在整个过程中起着决定性作用。管理因素中包括的内容很多,如:管理人员素质、管理机构的设置、管理制度及其执行情况、后勤保障、风险意识等。

(5) 自然因素:自然因素是指钻井工程实施期间可能碰上的气候条件,所在地区客观存在的地理地址条件,现场条件等自然因素。这些都可能造成钻井成本的不可预见变动。主要包括:气候变化、地质条件复杂、现场条件困难等。

3 石油钻井成本风险权重研究

3.1 层次分析法的步骤

3.1.1 建立层次结构

应用 AHP 构造 3 层递阶结构。目标层:指问题的预定目标;准则层:指影响目标实现的准则;指标层:指促使目标实现的因素。

3.1.2 构造判断矩阵

将每层内各因素进行两两比较,得出对上一层相连因素而言的重要性,形成风险判断矩阵,并进行归一化和一致性检验,使权重值更合理,达到分析判断的要求,得出对总目标的权重风险值。

3.1.3 层次单排序与检验

利用一定数学方法进行层次排序。单排序是指每一个判断矩阵各因素针对其准则的相对权重。一致性检验的步骤如下:

第一步,计算一致性指标 CI :

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

第二步,查表确定相应的平均随机一致性指标 RI ;

第三步,计算一致性比例 CR ,并进行判断:
$$CR = \frac{CI}{RI}。$$

当 $CR < 0.1$ 时,认为判断矩阵的一致性是可以接受的; $CR > 0.1$ 时,认为判断矩阵不符合一致性要

求,需要对判断矩阵进行重新修正。

3.2 运用层次分析法分析石油钻井成本风险

综合分析影响石油钻井工程成本风险的各个因素,建立钻井成本风险三层结构模型,目标层为钻井工程成本风险;政策因素、经济因素、技术因素、管理因素和自然因素作为准则层;指标层共选取 17 个因素(如表 1)。

表 1 石油钻井成本风险因素 A	
指标层 C	准则层 B
政策因素 B ₁	征地法规的变化 C ₁
	工具及设备摊销标准的提高 C ₂
	安全环保要求提高 C ₃
经济因素 B ₂	通货膨胀 C ₄
	汇率上升 C ₅
	资金不到位 C ₆
	人工费增加 C ₇
管理因素 B ₃	索赔及反索赔 C ₈
	管理机构设置不完善 C ₉
	管理人员责任心不强 C ₁₀
自然因素 B ₄	管理制度及执行不到位 C ₁₁
	洪水、台风、暴雨等恶劣天气 C ₁₂
	地质结构复杂 C ₁₃
	钻井施工条件困难 C ₁₄
技术因素 B ₅	钻前测量不精确 C ₁₅
	钻井设计不科学 C ₁₆
	施工操作不规范 C ₁₇

按层次分析法,对影响钻井成本风险由专业人员或评估小组进行打分,并采用方根法求权重,得判断矩阵如表 2。

表 2 中 $\lambda_{\max}$ 的求法如下:将以上所得权重与判断矩阵相应列因素相乘,所得矩阵的行分别与以上权重相比,所得的平均值即为特征值 $\lambda_{\max}$,计算过程如表 3。

表 2 以目标层为准则的判断矩阵和权重						
A	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	W _i
B ₁	1	1/3	1	5	1/3	0.14
B ₂	3	1	5	5	2	0.42
B ₃	1	1/5	1	5	1/2	0.14
B ₄	1/5	1/5	1/5	1	1/3	0.05
B ₅	3	1/2	1/2	3	1	0.24

表 3 正规化处理后的权重						
A	B ₁ (0.14)	B ₂ (0.42)	B ₃ (0.14)	B ₄ (0.05)	B ₅ (0.24)	$\frac{\sum b}{u_i}$
B ₁	1×0.14	0.33×0.4	1×0.14	5×0.05	0.33×0.24	5.34
B ₂	3×0.14	1×0.4	5×0.14	5×0.05	2×0.24	5.40
B ₃	1×0.14	0.2×0.4	1×0.14	5×0.05	0.5×0.24	5.24
B ₄	0.2×0.14	0.2×0.4	0.2×0.14	1×0.05	0.33×0.24	5.02
B ₅	3×0.14	0.5×0.4	0.5×0.14	3×0.05	1×0.24	5.41

$$\lambda_{\max} = \frac{5.34 + 5.40 + 5.24 + 5.02 + 5.41}{5} = 5.28。$$

同理,可以求出每层各自权重、特征值 $\lambda_{\max}$ 以及一致性指标 CI,CR 见表 4—表 8。

表 4 以政策因素为准则的判断矩阵和权重				
B ₁	C ₁	C ₂	C ₃	w _i
C ₁	1	2	2	0.5
C ₂	1/2	1	1	0.25
C ₃	1/2	1	1	0.25

表 5 以经济因素为准则的判断矩阵和权重						
B ₂	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	w _i
C ₄	1	4	3	5	3	0.44
C ₅	1/4	1	3	3	3	0.24
C ₆	1/3	1/3	1	2	2	0.14
C ₇	1/5	1/3	1/2	1	1	0.08
C ₈	1/3	1/3	1/2	1	1	0.09

表 6 以管理因素为准则的判断矩阵和权重				
B ₃	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	w _i
C ₉	1	2	2	0.49
C ₁₀	1/2	1	1/2	0.31
C ₁₁	1/2	1/2	1	0.19

表 7 以自然因素为准则的判断矩阵和权重

B ₄	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	w _i
C ₁₂	1	1/5	1/3	0.12
C ₁₃	5	1	1/2	0.38
C ₁₄	3	2	1	0.39

表 8 以技术因素为准则的判断矩阵和权重

B ₅	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	w _i
C ₁₅	1	2	2	0.49
C ₁₆	1/2	1	2	0.39
C ₁₇	1/2	1/2	1	0.19

通过计算所得： $CI(0,0.05,0.02,0.05,0.03)$;
 $CR(0,0.04,0.03,0.02,0.05)$ ；所有单排序的 $CR < 0.1$ ，认为每个判断矩阵的一致性是可以接受的。

于是计算出 A 的总权重为： $W_A = (0.21,0.24,0.225,0.231,0.259)$ 。

对每个指标层 f_i 的因素 C_j 标准化,即指标层的所有指标值中的最大值,进行加权综合出对石油钻井成本风险的排序权重值,记为 $f(d_{ij})$ 。

$$f(d_j) = \sum_{j=1}^m C_j f(d_{ij})。$$

最后归一化的结果与表 9 进行对比,即可得出钻井成本风险评定范围。

表 9 风险评价表

风险评价	最大	非常大	大	较大	小	最小
$f(d_j)$	>1	0.8-1	0.5-0.8	0.2-0.5	0.1-0.2	<0.1

进一步求得评价值： $f(d_j) = (0.42,0.48,0.45,0.46,0.51)$ 。

归一化后评价指标值： $f(d_j) = (0.18,0.21,0.19,0.20,0.219)$ 。

以上结果与表进行对比,我们明显可以看出该项目总体均属于“较大风险”范围。

4 结论

通过分析可知在影响钻井工程成本变动的各因素中,技术因素的综合权重最大,应作为钻井成本风险管理的重点,次之是经济因素,第三为自然因素,管理因素,而政策因素最低。这与我国当前钻井工程的实际情况基本相符合。

石油钻井成本风险存在于整个钻井的全过程,各个阶段的风险种类不同、来源也不同。在实际工作中要根据不同的风险种类和风险损失采用正确合理的成本风险控制的方法,这样才能做到最佳的风险控制,有效地减小风险,解除风险。以此来降低石油钻井的成本,达到提高效益的目的。

参 考 文 献

1 李 琪,于琳琳,刘志坤,等. 钻井风险因素综合评价方法及模型建立. 天然气工业,2008;28(5):120—122

2 董 蓓. 石油钻井成本精细化管理研究. 中国石油大学,2010:12

3 赵俊平. 石油钻井工程项目风险分析与管理研究. 大庆:大庆石油学院,2007

4 刘天时,赵 越,马 刚. 基于 BP 神经网络的石油钻井成本预测. 西安石油大学学报,2010;25(1):87—90

5 李海宏. 钻井风险评价方法与模型建立. 石油钻探技术,2003;31(6):66—68

6 杨皆平,樊洪海. 应用蒙特卡洛模拟法预测钻井工程费用的研究. 石油钻探技术,2001;29(2):63—64

The Research on the Weight of the Risk Factors of the Oil Drilling Cost

ZHAO Jun-ping, WANG Li-ping

(Northeast Petroleum University, Economics and Management, Daqing 163318, P. R. China)

[Abstract] Oil and gas drilling is an important means and links of oil and gas resources exploration and development. The drilling oil and gas exploration cost in the total costs of oil and gas exploration and development is also large, which influenced the oil and gas exploration and development revenue directly. As the drilling risk factor is rising, it makes drilling cost more and more volatility. So, controlling the risk of oil and gas drilling costs is essential for oil and gas field development cost control. Based on analysis the components of the oil drilling and the factors influencing the drilling costs risk qualitatively, it analyzes the risk factors influencing the oil drilling cost by using the AHP. It sorts the weight of risk factors, and then it obtains the degree of the influence to the cost of drilling.

[Key words] drilling costs AHP risk factors weight



年	卷	期	页	栏	行	误	正
2011	11	23	5559	左	倒 3、4	国家自然科学基金项目 NSFC (61071104) 资助	国家自然科学基金项目 NSFC (61071104)、通信网信息传输与分发技术重点实验室开放课题 (ITD-U10006) 资助