

# 考虑安全性的油气钻井核心技术筛选<sup>\*</sup>

张辉 高德利

(石油大学·北京)

张辉等.考虑安全性的油气钻井核心技术筛选.天然气工业,2005;25(4):77~78

**摘要** 油气钻井核心技术的筛选对于科学合理地制定我国油气钻井科技发展战略具有重要意义。技术筛选是一个决策问题,它能带来效益,也伴随着风险。因而,有效地分析决策的安全程度或风险程度对确保决策成功具有重要意义。在AHP(层次分析法)决策方法的基础上,提出了一种考虑安全性的油气钻井核心技术筛选方法。该方法同时构造判断矩阵和安全矩阵,根据含有安全性考虑的决策向量进行决策排序。以油气钻井核心技术筛选为例,给出了在不同安全系数下今后5~10年支撑我国油气钻井科技发展战略的核心技术总排序。实例表明,安全系数的大小对决策结果有重要影响。因此,在应用AHP方法进行决策时,应考虑安全性。

**关键词** 安全 矩阵 安全系数 层次分析法 安全性 钻井 核心技术 筛选

## 一、建立递阶层次结构

在专家调查<sup>[1]</sup>和大量文献资料系统分析的基础上,根据层次分析法的基本原理,以提高石油天然气勘探开发的成功率、工程效率及采收率为战略目标,结合油气钻井领域所面临的钻井速度慢、钻井周期长及油气层保护等问题,构筑了今后5~10年支撑我国油气钻井科技发展战略的核心技术筛选层次分析模型<sup>[2]</sup>,如图1所示。

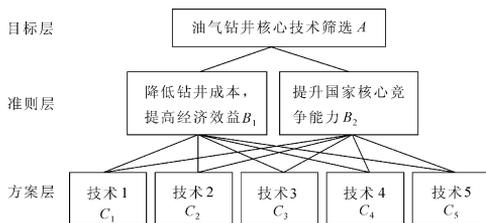


图1 油气钻井核心技术筛选层次分析模型示意图

## 二、构造判断矩阵和安全矩阵

### 1. 构造判断矩阵

(1) 1~9 标度方法。在层次分析法中,为了使决策判断定量化,采用表1所示的1~9标度方法对相关元素进行比较判断<sup>[3~4]</sup>。

表1 判断矩阵的具体形式

$A_k$	$B_1$	$B_2$	...	$B_n$
$B_1$	$b_{11}$	$b_{12}$	...	$b_{1n}$
$B_2$	$b_{21}$	$b_{22}$	...	$b_{2n}$
...	...	...	...	
$B_n$	$b_{n1}$	$b_{n2}$	...	$b_{nn}$

(2) 构造判断矩阵。采用1~9标度方法,构造判断矩阵  $B=(b_{ij})_{n \times n}$ ,满足下列条件: $b_{ij} > 0$ ;  $b_{ij} = 1/b_{ji}$ ;  $b_{ij} = 1$ 。判断矩阵的具体形式如表1所示。 $A_k$ 是上层某一元素,它是判断矩阵得以建立的比较判断准则; $B_i$ 是与 $A_k$ 有特定逻辑关系的相邻下层的元素, $b_{ij}$ 是就 $A_k$ 而言, $B_i$ 与 $B_j$ 的相对重要性标度。根据层次的多少和每一层元素的多少,可能需要建立若干个判断矩阵<sup>[3~5]</sup>。

(3) 构造油气钻井核心技术筛选判断矩阵。基于上述油气钻井核心技术筛选层次分析模型,由专家构造判断矩阵。

### 2. 构造安全矩阵

设  $B=(b_{ij})_{n \times n}$  是一个判断矩阵,那么存在另一个矩阵  $S=(s_{ij})_{n \times n}$  与矩阵  $B$  相对应,即: $s_{ij}$  对应于  $b_{ij}$ 。若矩阵  $S$  满足下列条件:①  $1 \geq s_{ij} > 0$ ; ②  $s_{ij} = s_{ji}$ ;

<sup>\*</sup> 本文受国家自然科学基金重点项目(50234030)及国家“十五”重大科技攻关项目(2001—BA605A)资助。

**作者简介:**张辉,女,1971年生,工程师;1994年毕业于石油大学(华东)钻井工程专业,主要从事油气钻井经济评价、油气井信息开发与应用等方面的研究。地址:(102200)北京市昌平区石油大学石油天然气工程学院。电话:(010)89733702。E-mail: zhanghui3702@163.com

③  $s_{ii}=1$ , 则  $S$  称为关于  $B$  的安全矩阵。安全矩阵  $S$  中的元素  $s_{ij}$  可按表 2 原则取值<sup>[6]</sup>。

表 2 安全矩阵取值原则表

$s_{ij}$ 取值	含义
0.2	对 $b_{ij}$ 的正确性有很小把握
0.4	对 $b_{ij}$ 的正确性有较小把握
0.6	对 $b_{ij}$ 的正确性有较大把握
0.8	对 $b_{ij}$ 的正确性有很大把握
1.0	对 $b_{ij}$ 的正确性有绝对把握
0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9	上述两相邻把握的中值

基于上述原则,可取得油气钻井核心技术筛选判断矩阵的相应安全矩阵。

### 三、基于判断矩阵的层次总排序

#### 1. 层次单排序

在层次分析中,层次单排序是通过解以下特征问题得到的:

$$BW = \lambda_{\max} W$$

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix}, W = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \dots \\ W_n \end{bmatrix}$$

式中:  $B$  为判断矩阵;  $\lambda_{\max}$  为  $B$  的最大特征值;  $W$  为  $\lambda_{\max}$  对应的特征向量;  $W$  的分量  $W_i$  为各元素相对重要性的权重值,  $W_i$  值越大, 说明越重要, 排序就越靠前。为保证判断矩阵的一致性, 要进行一致性检验<sup>[2~3]</sup>。

(1) 计算一致性指标 (CI)

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

式中:  $CI$  为一一致性指标;  $n$  为判断矩阵的阶数。

(2) 计算判断矩阵随机一致性指标 (CR)

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

式中:  $CR$  为判断矩阵的随机一致性指标;  $RI$  为随机一致性指标, 可查表得到。规定当  $CR \leq 0.1$  时, 判断矩阵具有满意的一致性。若不满足时, 需调整判断矩阵的赋值, 重新计算。

#### 2. 层次总排序

在对各判断矩阵进行层次单排序计算后, 便可由上而下逐层计算各层次对于总目标 (即最上层元素) 的合成权重 (总排序)。C 层对于 A 层的总排序, 可由下列公式计算 (A 层为目标层, B 层为准则层, C 层为方案层)。其他层次总排序的计算方法相同。

$$W_{Ci} = \sum_{j=1}^m b_j c_{ij}$$

式中:  $W_{Ci}$  为 C 层元素  $C_i$  相对于 A 层的总排序权重 (合成权重);  $b_j$  ( $j=1, 2, L, m$ ) 为 B 层元素  $B_j$  相对于 A 层的单排序权重;  $c_{ij}$  ( $i=1, 2, L, n; j=1, 2, L, m$ ) 为 C 层元素  $C_i$  相对于 B 层元素  $B_j$  的单排序权重。

根据上述原理对油气钻井核心技术筛选判断矩阵进行层次总排序计算, 其合成权重分别为:  $W_{C1} = 0.197$ ;  $W_{C2} = 0.421$ ;  $W_{C3} = 0.135$ ;  $W_{C4} = 0.189$ ;  $W_{C5} = 0.058$ 。

### 四、考虑安全性的层次总排序

$S = (s_{ij})_{n \times n}$  是对应于判断矩阵  $B$  的安全矩阵, 其安全性排序向量<sup>[6]</sup>为:  $U = (U_1, U_2, L, U_n)^T$ 。其

$$U_i = \frac{\sum_{j=1}^n s_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n s_{ij}} \quad (i=1, 2, L, n)$$

$U_i$  值越大, 安全程度越高。针对每一个判断矩阵都有一个相应的安全矩阵, 按照 AHP 层次总排序计算原则, 可获得关于安全性的总排序向量。

根据上述原理对油气钻井核心技术筛选安全矩阵进行层次总排序计算, 其计算结果为:  $U_{C1} = 0.153$ ;  $U_{C2} = 0.213$ ;  $U_{C3} = 0.254$ ;  $U_{C4} = 0.170$ ;  $U_{C5} = 0.210$ 。结合  $W_{Ci}$  与  $U_{Ci}$ , 可得到考虑安全性的油气钻井核心技术筛选的决策向量  $D_{Ci} = W_{Ci} + \beta U_{Ci}$ 。其中,  $\beta$  为安全系数,  $0 \leq \beta \leq 1$ 。

显然, 当  $\beta=0$  时, 可得通常的 AHP 结果, 这意味着完全不考虑安全性, 称为冒险型; 随着  $\beta$  不断增大, 决策结果对安全的要求程度越来越高, 当  $\beta=1$  时, 决策结果对安全的要求程度达到最高, 称为保守型。表 3 给出了在不同安全系数下今后 5~10 年支撑我国油气钻井科技发展战略的核心技术总排序。

表 3 不同安全系数下的油气钻井核心技术总排序表

技术名称	$\beta=0$		$\beta=0.5$		$\beta=1$	
	决策值	排序	决策值	排序	决策值	排序
技术 1	0.197	2	0.273	3	0.350	4
技术 2	0.421	1	0.528	1	0.634	1
技术 3	0.135	4	0.262	4	0.389	2
技术 4	0.189	3	0.274	2	0.359	3
技术 5	0.058	5	0.163	5	0.268	5

### 五、结束语

本文在应用 AHP 决策方法时, 同时构造判断矩阵和安全矩阵, 基于安全矩阵, 给出了含有安全性分

析的层次排序方法。通过油气钻井核心技术筛选可以看出,安全系数的大小对决策结果有重要影响。因此,在应用 AHP 方法进行决策时,应考虑安全性影响。考虑安全性不仅可使决策结果更完善、更可靠,而且可使决策者对决策结果有某种程度的安全感。

#### 参 考 文 献

- 1 高德利. 面向 21 世纪的能源科技. 北京:石油工业出版社,1997:1~30
- 2 王同良. 石油钻井科技发展规划与科技进步评价研究. 北京:石油工业出版社,2000:1~31
- 3 Thomas L Saaty. The Analytical Hierarchy Process. McGraw-Hill Co, New York, 1980:1—65
- 4 许树柏. 实用决策方法—层次分析法原理. 天津:天津大学出版社,1988:1~60
- 5 王莲芬,许树柏. 层次分析法导论. 北京:中国人民大学出版社,1989:1~52
- 6 戴锋,梁玲. 考虑安全性的层次分析方法. 中国管理科学, 2000;8(1):34~42

(收稿日期 2004-10-23 编辑 钟水清)