

# 层次分析法在石油安全评价中的应用

张华林 刘刚

(中国石油大学石油天然气工程学院·北京)

张华林等.层次分析法在石油安全评价中的应用.天然气工业,2006,26(4):135-137.

**摘要** 影响石油安全的因素很多,如何确定不同因素影响的程度和权重是石油安全评价中的关键。层次分析法可以对非定量事物进行定量分析,为我国石油安全评价指标权重的确定提供了可行的途径。文章通过在石油安全评价中建立评价指标体系和层次结构模型,运用层次分析法构建不同层次及各类因素中全部指标的判断矩阵,通过矩阵运算和一致性检验,得到各级指标的权重及层次单排序、层次总排序。根据最终的排序结果,资源和市场是对石油安全影响较大的两类因素,战略石油储备度、储采比和石油消费增长速度是影响我国石油安全最主要的3个指标。

**关键词** 石油安全 指标体系 权重 层次分析法

## 一、层次分析法

层次分析法是一种定性分析与定量分析相结合的多目标决策分析方法,特别适用于目标因素结构复杂、缺少必要的数据和需要将经验判断量化的情况。为提高对石油安全评价的精确性,笔者用层次分析法来确定指标间的权重,旨在使我国石油安全的评价更具科学性和说服力,使评价结果更客观合理。

层次分析法是将组成复杂问题的多个元素权重的整体判断转变为对这些元素进行“两两比较”,再转为对这些元素的整体权重进行排序判断,最后确立各元素的权重。计算流程见图1。

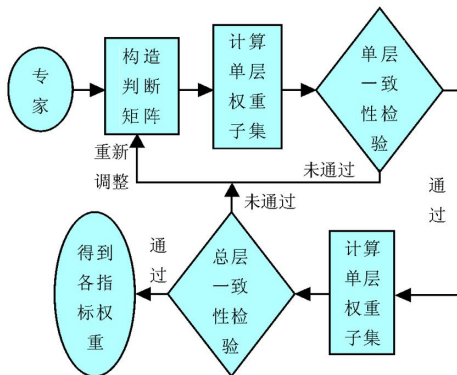


图1 层次分析法流程图

其工作步骤如下。

### (1)建立递阶层次结构

这一步十分重要。先将实际问题分解为若干因素,然后按属性把这些因素分成若干组,再划分成递阶的层次结构。递阶的层次结构一般可分为最高层、中间层和最低层。

### (2)两两比较,构造判断矩阵

在建立了层次结构之后,对同一层次各指标进行两两比较,按选取的标度表对每一层次各因素的相对重要性用数值形式给出判断,并写成矩阵形式,即判断矩阵。任何判断矩阵都应满足:

$$b_{ii} = 1, \quad b_{ij} = \frac{1}{b_{ji}} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

判断矩阵中的指标值  $b_{ij}$  可以根据调研数据、统计资料、政府工作报告以及专家意见综合权衡后得出,通常取 1, 2, ..., 9 及它们的倒数作为标度值。

### (3)层次单排序

根据给出的判断矩阵,计算对上一层某因素而言,本层次与之有联系因素的重要性次序的数值,即层次单排序。它可以归结为计算判断矩阵  $B$  的运算,即有:

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

式中:  $\lambda_{\max}$  为  $B$  的最大特征根,  $W$  为对应  $\lambda_{\max}$  的正规化特征向量。

**作者简介:**张华林,高级工程师,中国石油大学(北京)油气储运专业博士研究生;1985年本科毕业于华东石油学院石油储运专业,1999年硕士毕业于中国矿业大学管理工程专业;现为中国石油天然气股份有限公司总裁办副总经济师兼调研室主任。地址:(100011)北京市东城区安德路16号洲际大厦。电话:(010)84886031。E-mail:zhangh@petrochina.com.cn

将  $W=[w_1, w_2, \dots, w_n]^T$  的分量  $w_i$  作为对应因素排序的权重。 $\lambda_{max}$  及对应的特征向量  $W$  的近似计算,可以采用和积法、方根法和求幂法。

(4)层次总排序

求出层次单排序后,需要计算同一层次所有因素对于最高层(评价的总目标)相对重要性的排序权值,即层次的总排序。这一过程由最高到最低层次逐层进行。

(5)一致性检验

为评价经所构造的判断矩阵求出的特征向量(权值)是否合理,需对判断矩阵进行一致性随机检验,检验专家对各指标相对权重的判断上的逻辑是否顺畅。因此,引入指标  $CR$  作为衡量判断矩阵一致性的标准,并定义:

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

式中; $CR$  为随机一致性比率; $CI$  为判断矩阵的一致性指标,由公式  $CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$  求出; $RI$  为平均随机一致性指标,由表 1 给出。

表 1 层次分析法的平均随机一致性指标值表

阶数(n)	1	2	3	4	5	6
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24
阶数(n)	7	8	9	10	11	
RI	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	

当  $CR=0$  时,判断矩阵具有完全一致性。 $CR$  愈大,判断矩阵的一致性就越差。当  $CR < 0.1$  时,即认为该判断矩阵具有满意的一致性,说明权重分配是合理的;否则,就需调整判断矩阵,直到取得满意的一致性为止。

此外,总层次的一致性检验也是从高层次到低层次、逐层进行的。当目标层某因素相对于  $u_j$  单排序的一致性指标为  $CI_j$ ,相应的平均随机一致性指标为  $RI_j$ ,则层次总排序的随机一致性比率( $CR$ )为:

$$CR = \frac{\sum_{j=1}^m u_j \cdot CI_j}{\sum_{j=1}^n u_j \cdot RI_j}$$

## 二、层次分析法的应用

石油安全评价是对石油资源供应安全程度或安全状况做出评价。长期以来,各类安全评价有关指标的权重分配赋值一般都是凭经验主观判断确定,人为因素较为明显。层次分析法为解决这一问题提供了很好的途径。

笔者根据石油安全评价要求和特点,将石油安全评价指标体系分成目标层、准则层和指标层。第一层(目标层)为石油安全度  $S$  这一总目标;第二层(准则层)包括资源、进口、市场和其它( $R_1-R_4$ ) 4 个因素;第三层(指标层)为每个因素下面包含的若干个指标项,选取指标的具体构成见表 2。

表 2 石油安全评价指标汇总表

目标层	准则层	指标层
油气安全度(S)	资源因素( $R_1$ )	石油储采比 $R_{11}$ 储量接替率 $R_{12}$ 战略石油储备度 $R_{13}$
	进口因素( $R_2$ )	石油对外依存度 $R_{21}$ 石油进口集中度 $R_{22}$ 运输通道可靠性 $R_{23}$
	市场因素( $R_3$ )	石油消费所占比重 $R_{31}$ 石油消费增长速度 $R_{32}$ 石油价波动率 $R_{33}$
	其它因素( $R_4$ )	国际市场可获得性 $R_{41}$ 石油消费强度 $R_{42}$ 能源可转换与替代程度 $R_{43}$

为了科学地确定各个指标在整个指标体系中的权重,通过调查访问法并咨询有关专家,根据指标体系的层次结构,逐层采用两两比较来确定因素间相对重要性的数值。共建立 5 个判断矩阵(见表 3~7),分别进行矩阵运算和一致性检验,得到各级指标的权重及层次单排序、层次总排序,计算结果如下。

(1)目标层(石油安全度)的判断矩阵  $S-R_k$ ,即相对于总目标石油安全度( $S$ )而言,各因素(准则)之间相对重要性的比较,其中  $k=1,2,3,4$ 。见表 3。

表 3 准则层相对目标层判断矩阵(S)

S	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	W
$R_1$	1	1/3	1/4	1/6	0.0780
$R_2$	3	1	1/2	1/3	0.1356
$R_3$	4	2	1	1/2	0.2270
$R_4$	6	3	2	1	0.5526

(2)资源因素评价的判断矩阵  $R_1-R_k$ ,即相对于资源因素  $R_1$  而言,各指标之间相对重要性的比较,其中  $k=1,2,3$ 。见表 4。

(3)进口因素评价的判断矩阵  $R_2-R_k$ ,即相对于进口因素  $R_2$  而言,其各指标之间相对重要性的比较,其中  $k=1,2,3$ 。见表 5。

(4)市场因素评价的判断矩阵  $R_3-R_k$ ,即相对于市场因素  $R_3$  而言,各指标之间相对重要性的比

表 4 资源因素评价判断矩阵( $R$ )

$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$W$
$R_2$	1	1/2	2/5	0.1784
$R_3$	2	1	1/2	0.3042
$R_4$	5/2	3	1	0.5174

表 5 进口因素评价判断矩阵( $R$ )

$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$	$W$
$R_3$	1	1/3	1/5	0.1061
$R_4$	3	1	1/3	0.2605
$R_5$	5	3	1	0.6334

较,其中  $k=1,2,3$ 。见表 6。

表 6 市场因素评价判断矩阵( $R$ )

$R_3$	$R_4$	$R_5$	$R_6$	$W$
$R_4$	1	1/3	1/7	0.0853
$R_5$	3	1	1/4	0.2132
$R_6$	7	4	1	0.7014

(5)其它因素评价的判断矩阵  $R_i - R_k$ ,即相对于其他因素  $R_i$  而言,各指标之间相对重要性的比较,其中  $k=1,2,3$ 。见表 7。

表 7 其它因素评价判断矩阵( $R$ )

$R_3$	$R_4$	$R_5$	$R_6$	$W$
$R_4$	1	1/2	1/3	0.1373
$R_5$	2	1	1/2	0.2395
$R_6$	3	2	1	0.6232

以上各判断矩阵均具有满意的一致性,通过层次单排序的一致性检验。

分别求出石油安全评价体系的准则层(因素层)及指标层的权重之后,可以得到各指标相对于总目标的权重(见表 8),总排序的结果具有满意的一致性,计算过程略。

### 三、结 论

(1)从总排序结果看,对石油安全影响较大的是资源和市场因素,二者合计权重达 0.78。各单项指标中,战略石油储备度、储采比和石油消费增长速度的权重分别为 0.2859,0.1681 和 0.1592,是对我国石油安全影响最大的 3 个指标。

表 8 石油安全评价指标体系层次总排序表

准则层	$R$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	各指标相对于总目标的权重( $W_{ij}'$ )
	0.5526	0.1356	0.2270	0.0780	
指标层	$R_1$	0.3042			0.1681
	$R_2$	0.1784			0.0986
	$R_3$	0.5174			0.2859
	$R_4$		0.2605		0.0353
	$R_5$		0.1061		0.0144
	$R_6$		0.6334		0.0859
	$R_7$			0.0853	0.0194
	$R_8$			0.7014	0.1592
	$R_9$			0.2132	0.0484
	$R_{10}$				0.2395
	$R_{11}$				0.6232
	$R_{12}$				0.1373

(2)在计算判断矩阵的特征向量时,可利用和积法、幂法和方根法等多种思路,用计算机处理数据,使层次分析法具有较强的可操作性。

(3)在确定各指标权重的基础上,给定相应的赋值和标准刻度,可及时判断出我国石油安全状况的好坏,并提出相应的对策。

(4)由于石油安全的复杂性与多样性,对石油安全评价往往是多种方法并用,以便做出更合理有效的评价。

(5)本方法同样可应用于天然气安全评价。

### 参 考 文 献

[1] 许树柏. 层次分析法原理[M]. 天津:天津大学出版社, 1988.

[2] 王莲芬,许树柏. 层次分析法引论[M]. 北京:中国人民大学出版社,1990.

[3] 吴文盛. 我国石油资源安全评价与预警研究[J]. 地质技术经济管理,2002(5):13-18.

[4] 张华林,刘刚. 我国石油安全评价指标体系初探[J]. 国际石油经济,2005(5):44-48.

[5] 彭国甫,李树丞,盛明科. 应用层次分析法确定政府绩效评估指标权重研究[J]. 中国软科学,2004(6):136-139.

[6] 骆正清,杨善林. 层次分析法中几种标度的比较[J]. 系统工程理论与实践,2004(9):51-60.

[7] 冯忠铨. 经济预测与决策[M]. 北京:中国财政经济出版社,1998.

(修改回稿日期 2006-01-25 编辑 赵 勤)