

层次分析法在油库安全评价中的应用

苏 欣¹, 袁宗明¹, 王 维², 张 琳¹

(1. 西南石油学院, 四川 成都 610500; 2. 河北秦皇岛输油气公司, 河北 秦皇岛 066000)

摘 要: 油库是储存油料的基地, 油料具有易燃、易爆等危险性, 客观正确地评价油库安全状况的前提是准确确定各影响因素的权重。用层次分析法确定影响油库安全的各主要因素的权重, 从结果可以看出员工的身体状况和业务素质是影响油库安全的主要因素, 因此, 油库管理必须以人为本, 同时加强员工业务技能培训, 从而确保油库安全。

关键词: 层次分析法; 油库安全评价; 应用

文章编号: 1006-5539(2006)01-0001-04

文献标识码: A

0 引言

油库是储存油料的基地, 而油料具有易燃、易爆、易挥发的特点, 如何确保油库的安全, 必须较为准确的评价影响油库安全因素, 以及各自对油库安全影响的权重。对油库安全状况进行科学与客观的评价, 有助于油库管理层总结经验教训, 及时发现隐患, 找出不足, 采取措施, 预防事故等, 不断提高油库安全水平。由于油库安全因素复杂多变, 且不易掌握了解, 而且人的认识水平有限, 有的时候甚至落后于油库的发展, 现在常用的系统评价方法有: 层次分析法、模糊综合评价法、事故树分析法等。

1 层次分析方法简介^[1]

1.1 层次分析方法原理

层次分析法 (Analytic Hierarchy Process 常简记为 AHP) 是确定权向量的行之有效的办法。层次分析法的原理是通过分析复杂系统所包含的因素及相关关系, 将系统分解为不同的要素, 将这些因素按支配关系分组, 以形成有序的递阶层次结构。通过两

两比较判断, 确定每一层中因素的相对重要性, 建立判断矩阵。通过计算判断矩阵的最大特征值及其相应的特征向量, 得到各层次要素对上层次某要素的重要性次序, 从而建立权重向量。

1.2 一般步骤

层次分析法分析系统首先把问题层次化, 形成一个多层次的结构模型, 其常用的模型结构为图 1。为了将比较定量化, 引入比率标度方法, 构成判断矩阵, 其含义见表 1。

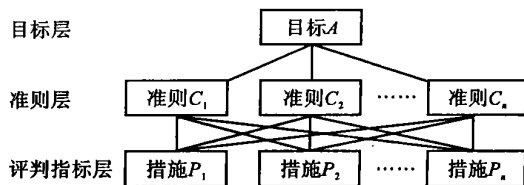


图 1 AHP 的常用模型结构

然后列出判断矩阵, 准则 $C(i)$ 以及包括的因素构成如表 2 矩阵, 构成原则是:

a. 若 $a_{ij} > 1$, 则对总目标而言, 因素 P_i 比因素 P_j 重要; 若 $a_{ij} < 1$, 因素 P_j 比因素 P_i 重要; 若 $a_{ij} = 1$, 则因素 P_j 与因素 P_i 同等重要。

b. $a_{ii} = 1, a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, a_{ij} > 0 (i, j = 1, 2, \dots, n)$ 。

收稿日期: 2005-08-16

基金项目: 四川省重点学科建设资助项目(SZD0416)

作者简介: 苏 欣(1982-), 男, 四川南充人, 在读硕士研究生, 2004 年本科毕业于西南石油学院油气储运专业, 现在西南石油学院攻读油气储运专业硕士学位。研究方向为石油与天然气的储运。电话: (028)67302441。

hi d i l l i bli hi ll i h d h // ki

表 1 数量标度

因素 x, y 相比较	说 明	$f(x, y)$	$f(y, x)$
x 与 y 同等重要	x, y 对总目标有相同的贡献	1	1
x 比 y 稍微重要	x 的贡献稍微大于 y , 但不明显	3	1/3
x 比 y 明显重要	x 的贡献明显大于 y , 但不十分明显	5	1/5
x 比 y 十分重要	x 的贡献十分明显大于 y , 但不特别突出	7	1/7
x 比 y 极其重要	x 的贡献以压倒优势大于 y	9	1/9
x 比 y 处于上述两相邻判断之间	相邻两判断的折衷	2 4 6 8	1/2 1/4 1/6 1/8

表 2 判断矩阵

	P_1	P_2	...	P_n
P_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
P_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
...	...	...	...	...
P_n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nn}

根据正矩阵理论, 该矩阵具有唯一最大特征值 $\lambda_{\max}$ 。利用 MATLAB 计算特征值和特征向量, 也可采用方根法算出其近似特征值, 近似特征向量 $W=(\omega_1, \omega_2, \cdots, \omega_n)$, W 即为评价因素重要性排序, 也

即权数分配。
最后进行一致性检验, 度量评价因素权重判断矩阵有无逻辑混乱。

计算一致性指标 $C^\circ R = \frac{C^\circ I}{R^\circ I}, C^\circ I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} (n > 1)$

$R^\circ I$ 为随机一致性指标, 其值如表 3 所示。
当 $C^\circ R < 0.1$ 时, 认为一致性可以接受, 否则调整判断矩阵直到接受。

表 3 $R^\circ I$ 随机一致性指标

矩阵阶数	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$R^\circ I$	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58	1.59

2 层次分析法在油库安全评价中的应用

2.1 油库安全层次结构模型

根据对油库安全系统的综合分析, 得出影响油库的安全主要有以下因素: 人员(身体状况和业务素质, 安全意识, 思想政治素质); 设备设施(储油系统, 装卸油与输油系统, 辅助作业系统, 消防系统, 防护抢救装备); 安全管理(安全教育, 安全组织, 安全规章制度, 安全预案演练, 安全检查); 环境卫生(工作环境, 库区布局, 工业卫生)。根据以上的内容, 建立如图 2 所示的评价层次结构^[4]。

2.2 各因素相对权重计算

为了确定指标层各因素的相对重要程度, 需要求出准则层每个因素相对于目标层的相对权重, 也就是将准则层每个因素对于总目标——油库的安全状况予以量化, 同时, 需要求出各个指标因素对于准则层各因素的相对权重。

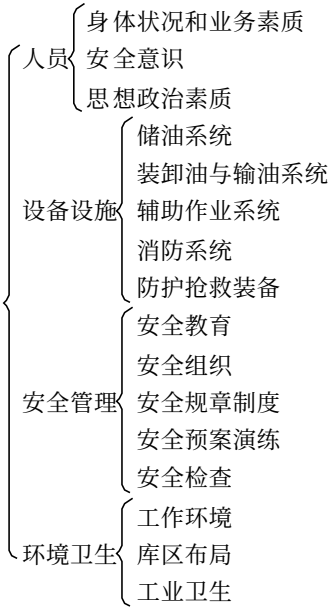


图 2 油库安全评价层次结构

2.2.1 准则层各因素对目标层的重要程度

准则层中的人员、设施设备、安全管理、环境卫

生在目标层——油库安全中的相对重要程度,用两两比较求出各因素的重要程度。利用方根法计算,计算权重,再用 MATLAB 计算最大特征值,首先根据综合考虑写出其判断矩阵如表 4。

表 4 C—C 判断矩阵

目标层	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
C ₁	1	1	2	3
C ₂	1	1	2	3
C ₃	1/2	1/2	1	1
C ₄	1/3	1/3	1	1

以方根法求评价因素权重向量近似值 W_i :

$$\omega'_i = (\prod_{j=1}^n a_{ij})^{\frac{1}{n}} (i = 1, 2, 3, \cdots, n)$$

$$\omega'_1 = (1 \times 1 \times 2 \times 3)^{\frac{1}{4}} = 1.565\ 1$$

$$\omega'_2 = (1 \times 1 \times 2 \times 3)^{\frac{1}{4}} = 1.565\ 1$$

$$\omega'_3 = \left[\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 1 \times 1 \right]^{\frac{1}{4}} = 0.707\ 1$$

$$\omega'_4 = \left[\frac{1}{3} \times \frac{1}{3} \times 1 \times 1 \right]^{\frac{1}{4}} = 0.577\ 4$$

将评价因素权重向量近似值 ω'_i , 作归一化处理求评价因素权重向量 ω_i :

$$\omega_i = \frac{\omega'_i}{\sum_{k=1}^n (\prod_{j=1}^n a_{kj})^{\frac{1}{n}}} (i = 1, 2, 3, \cdots, n)$$

$$\omega_1 = 0.354\ 5, \omega_2 = 0.354\ 5, \omega_3 = 0.160\ 2, \omega_4 = 0.130\ 8$$

用 MATLAB 计算判断矩阵的最大特征值 $\lambda_{\max}$ 得:

$$\lambda_{\max} = 4.020\ 6, W = 0.354\ 5, 0.354\ 5, 0.160\ 2, 0.130\ 8)$$
 然后计算一致性指标:

$$C^\circ I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} (n > 1)$$

$$C^\circ I = \frac{4.020\ 6 - 4}{4 - 1} = 0.006\ 87$$

再计算一致性比率:

$$C^\circ R = \frac{C^\circ I}{R^\circ I} (R^\circ I \text{ 通过查表得到})$$

$$C^\circ R = \frac{0.006\ 87}{0.89} = 0.007\ 7 < 0.1, \text{ 满足一致性。}$$

2.2.2 指标层各因素对准则层的相对重要程度

指标层因素对准则层的相对重要程度计算结果,见表 5~8。

表 5 C₁—P 判断矩阵

C ₁	P ₁	P ₂	P ₃
P ₁	1	2	4
P ₂	1/2	1	2
P ₃	1/4	1/2	1

$$\lambda_{\max} = 3, W = (0.571\ 4, 0.285\ 7, 0.142\ 9), C^\circ R = 0 < 0.1, \text{ 满足一致性。}$$

表 6 C₂—P 判断矩阵

C ₂	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈
P ₄	1	1	4	2	6
P ₅	1	1	4	3	6
P ₆	1/4	1/4	1	1/2	2
P ₇	1/2	1/3	2	1	4
P ₈	1/6	1/6	1/2	1/4	1

$$\lambda_{\max} = 5.042\ 6, W = (0.33, 0.358\ 2, 0.087\ 46, 0.174\ 9, 0.04\ 9), C^\circ R = 0.009\ 5 < 0.1, \text{ 满足一致性。}$$

表 7 C₃—P 判断矩阵

C ₃	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃
P ₉	1	2	1/3	4	2
P ₁₀	1/2	1	1/4	3	1
P ₁₁	3	4	1	8	4
P ₁₂	1/4	1/3	1/8	1	1/3
P ₁₃	1/2	1	1/4	3	1

$$\lambda_{\max} = 5.042\ 6, W = (0.210\ 1, 0.123\ 6, 0.494\ 3, 0.048\ 44, 0.123\ 6), C^\circ R = 0.009\ 5 < 0.1, \text{ 满足一致性。}$$

表 8 C₄—P 判断矩阵

C ₄	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆
P ₁₄	1	5	2
P ₁₅	1/5	1	1/2
P ₁₆	1/2	2	1

$$\lambda_{\max} = 3.005\ 5, W = (0.595\ 4, 0.128\ 3, 0.276\ 4), C^\circ R = 0.005\ 3 < 0.1, \text{ 满足一致性。}$$

2.3 排序

人员因素对油库安全状况的权重为:

$$0.354\ 5 \times (0.571\ 4, 0.285\ 7, 0.142\ 9) = (0.202\ 6, 0.101\ 3, 0.050\ 66)$$

设施设备对油库安全状况的权重为:

$0.3545 \times (0.33, 0.3582, 0.08746, 0.1749, 0.049) = (0.1170, 0.1270, 0.03100, 0.06200, 0.01737)$

安全管理对油库安全状况的权重为：
 $0.1602 \times (0.2101, 0.1236, 0.4943, 0.04844, 0.1236) = (0.03366, 0.01980, 0.07919, 0.007760, 0.01980)$

环境卫生对油库安全状况的权重为：
 $0.1308 \times (0.5945, 0.1283, 0.22764) = (0.07776, 0.01678, 0.02977)$

综上所述, 排出各因素与油库安全相关程度的顺序, 如表 9 所示。

从表 9 可以看出, 影响油库安全状况的各因素(指标)其重要程序是不均等的, 有对油库安全状况起决定性作用, 有些则影响较小。其中人员和设施设备起主要作用, 又特别是员工的身体状况和业务素质、装卸油和输油系统、储油系统、员工的安全意识占支配地位, 这与实际相符合, 证明了该方法的合理性与实用性。我们可以通过关注掌握主要因素, 提高对敏感因素的检测, 警惕那些易忽略的因素, 作到防患于未然, 提高油库安全管理水平。利用层次分析法对油库安全状况进行评价, 减少了评价工作中的随意性, 对实际工作有一定参考价值。但是, 由于油库安全评价的复杂性和多样性, 对油库安全评

价并不局限于此一种方法, 往往是多种方法并用, 以便对油库安全作出更合理有效的评价。

表 9 各因素权重及综合排序

目标层	准则层	指标层		排序
		分层	权重	
油库安全	人员 (0.3545)	身体状况和业务素质	0.2026	1
		安全意识	0.1013	4
		政治思想素质	0.05066	8
	设施设备 (0.3545)	储油系统	0.1170	3
		装卸油和输油系统	0.1270	2
		辅助作业系统	0.03100	10
		消防系统	0.06200	7
		防护抢救装备	0.01737	14
	安全管理 (0.1602)	安全培训教育	0.03366	9
		安全组织	0.01980	12
		安全规章制度	0.07919	5
		安全预案演练	0.007760	16
		安全检查	0.01980	13
	环境卫生 (0.1308)	工作环境	0.07776	6
		库区布局	0.01678	15
		工业卫生	0.02977	11

参考文献:

[1] 黄晓英, 张剑芳. 层次分析法在仓库安全评价中的应用 [J]. 商品储运与养护, 2004, (3): 40-42, 44.
[2] 于贤福, 杨 艺. 模糊综合评价在油库安全中的应用 [J]. 工业安全与防尘, 2000, (5): 37-39.

哈萨克斯坦—中国原油管道建成

据报道, 中国石油天然气集团公司与哈萨克斯坦国家石油天然气公司已完成 1 000 km 长的阿塔苏—阿拉山口原油管道建设。

新的原油管道从哈萨克斯坦中部 Karaganda 地区阿拉山口延伸到中国西部新疆省阿拉山口, 将于 2006 年 1 月 1 日起由哈萨克斯坦向中国供应原油 1.4 亿桶/a。

哈萨克斯坦外交部 Danial Akhmetov 称, 阿塔苏—阿拉山口管道也可能为俄罗斯石油公司所使用。

俄罗斯国家石油公司 Ros 石油公司现通过铁路向中国运送石油, 2006 年该公司将允许通过哈中管道运送 120×10^4 t/a 石油。卢克(Luk)石油公司也对该管道感兴趣。

上海擎督贸易金秋石化科技传播工作室 钱伯章