

# 城市 CNG 汽车加气站安全评价模型<sup>\*</sup>

苏欣<sup>1</sup> 袁宗明<sup>1</sup> 胡安鑫<sup>1</sup> 张鹏<sup>2</sup> 唐恂<sup>3</sup>

(1.西南石油大学;2.中石化江苏石油勘探局油田建设处安装公司;

3.中国石油西南油气田分公司输气管理处重庆运销部)

苏欣等.城市 CNG 汽车加气站安全评价模型.天然气工业,2006,26(2):126-128.

**摘 要** 城市 CNG 站的安全状况和国家财产、站场员工以及周边人民的生命安全紧密相关,因而对 CNG 站的安全现状做出科学评价具有重要意义。为此,提出了将改进的层次分析法和模糊综合评价相结合,建立一种评价 CNG 站安全现状的新模型;即用改进层次分析法分析影响 CNG 站安全的主要因素并确定其权重,用模糊综合评判对 CNG 站的安全状况进行综合评价;从人、物、管理和环境四个方面考虑了影响 CNG 站安全的 16 个主要因素,建立了 CNG 站安全评价层次结构模型;对安全现状建立了“优、良、中、及格、差”5 个评价等级。从评价实例可以看出,此模型有实用价值,能为 CNG 站管理者提供新的评价方法,从而提高 CNG 站安全管理水平。

**主题词** 城市 压缩天然气 加气站 安全 评价 因素 模型 综合评判

城市 CNG 加气站是高压 CNG 的储存地。CNG 是一种易燃、易爆气体,在发生事故时其扩散能力强、火势蔓延快,加之生产中需将它加压到 25 MPa,并以 20~25 MPa 的压力储存,故 CNG 储存装置是目前我国可燃气体的最高压力储存容器<sup>[1-2]</sup>。加气站生产的特点决定了其危险是客观存在的,要消除和减轻这些风险和危害,那么尽早建立起科学的加气站安全评判模型就显得十分重要。为此,采用综合评判法和改进的层次分析法来评判 CNG 站安全度。

## 一、综合评判法

综合评判常包括评语集  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ , 评判因素集  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  和单因素评判矩阵  $R = (r_{ij})_{m \times n} = \{r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}\}$ 。其中  $r_{ij}$  表示对于第  $i$  个因素  $u_i$  获得第  $j$  个评语的隶属度,令  $y_j = f(r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{mj}) (j=1, 2, \dots, n)$ , 则定义  $(y_1, y_2, \dots, y_n)$  为综合判断,即对整体的综合评价。其中  $y_j$  是就整体而言,获得第  $j$  个评语的隶属度。现有的综合评判函数分别有加权平均型、单因素决定型、主因素突出型和几何平均型综合评判函数,详见文献[3]。由于笔者将采用加权平均型,因此只对此做简介<sup>[3]</sup>。

设  $W = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m) \in I^m$  是归一化权重向量,对于任意  $(x_1, x_2, \dots, x_m) \in I^m$ , 令  $f_1(x_1, x_2, \dots, x_m)$

$= \sum_{i=1}^m \omega_i x_i$ ,  $f_1$  称为加权平均型综合评判函数。通过计算结果观察属于获得最大隶属度的评价,就可以判断系统状态处于该评价。现在关键问题就是确定各因素的权重,故下面介绍确定权重的一种有效的方法——改进的层次分析法<sup>[4-5]</sup>。

## 二、改进的层次分析方法

层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, 简称为 AHP) 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。层次分析法常用的模型结构如图 1<sup>[4]</sup>。与经典层次分析法

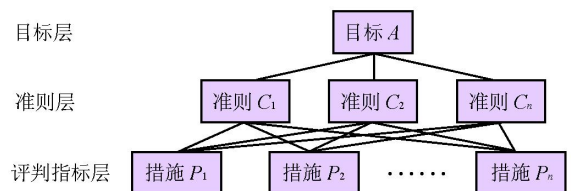


图 1 AHP 的常用模型结构示意图

<sup>\*</sup> 本研究成果受四川省重点学科建设 (SZD0416) 的资助。

**作者简介:** 苏欣, 1982 年生, 毕业于西南石油大学油气储运专业, 现在西南石油大学攻读油气储运专业硕士学位。地址: (610500) 四川省成都市新都区西南石油大学硕士 2004 级 2 班。电话: (028) 67302441。E-mail: sx124@126.com

不同的改进的层次分析法<sup>[5-6]</sup>能够更加准确的构造判断矩阵,而且无须对判断矩阵做一致性检验,使得权重计算结果更加合理,由于篇幅限制,详细的求解过程可参见文献[5]。

### 三、CNG 站安全度的评价

#### 1. 安全因素层次结构模型

由于 CNG 场所及其钢瓶易于燃烧爆炸的主要因素如下<sup>[1,2,7,8]</sup>。

(1) 甲烷本身属于一级可燃气体,甲类火灾危险,爆炸极限为 5%~15%,最低点火能量仅为 0.28 MJ,扩散系数为 0.196,所以易燃易爆且扩散能力强、火势蔓延快。

(2) CNG 储存装置钢瓶是目前我国可燃气体的最高压力储存容器,如果加压设备或钢瓶质量不能满足技术要求,稍有疏忽,便会引起爆炸。

(3) 操作人员由于素质、工作经验等原因,违反操作规程、违章作业等,都可能引起事故。

(4) 管理不善,没有认真落实安全组织、规章制度以及各项安全管理措施造成的事故。

(5) 生产状况(加气站生产工艺流程是否设有脱硫、脱水工艺以及采用的方式,直接关系到 CNG 的质量,构成对储气装置的安全影响。同时是否采用在线 CNG 质量检测、控制装置的安全性等都会影响到加气站的安全生产)、产气规模(通常加气站的储气装置容积与其生产规模呈正比,即生产规模越大,高压容器的体积就越大,发生事故时的危害也就越大)、消防设施设备等都可能影响 CNG 站的安全。

(6) 隔离间距是规范加气站建设的重要消防技术之一,除去专门的隔离防爆装置外,隔离间距也是减少危害,保护人员、设施安全的重要措施。间距大,保护效果就好,同时加气站对周围环境的潜在威胁就小。

(7) 其他因素,例如所处地理位置、自然环境、卫生状况等。

综上所述,建立 CNG 站的安全评价层次结构,如图 2 所示。

用改进层次分析法确定各因素的权重,并排出各因素与 CNG 站安全相关程度的顺序,如表 1 所示。

#### 2. 安全度评价

根据表 1 和上述理论便可以判断 CNG 站的安全度。笔者建立的评语集  $V = \{ \text{优, 良, 中, 及格, 差} \}$ 。根据本文建立的评判因素集,请专家通过考评和现场调研给各单因素打分,然后算出各自等级中所占人数的比例<sup>[9]</sup>。 $U = \{ p_1, p_2, \dots, p_{16} \}$ ,对于 CNG

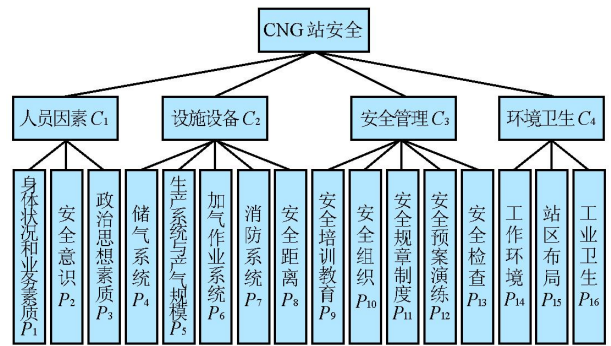


图 2 CNG 站安全评价层次结构示意图

表 1 各因素权重及排序表

目标层	准则层	指标层		排序
		分层	权重	
CNG 站安全	人员 (0.41)	身体状况和业务素质	0.261	1
		安全意识	0.106	4
		政治思想素质	0.0431	7
	设施设备 (0.41)	储气系统	0.209	2
		生产系统与产气规模	0.0135	13
		加气作业系统	0.0261	10
		消防系统	0.108	3
		安全距离	0.0531	6
	安全管理 (0.122)	安全培训教育	0.0322	9
		安全组织	0.0157	11
		安全规章制度	0.0622	5
		安全预案演练	0.00403	16
		安全检查	0.0078	14
	环境卫生 (0.058)	工作环境	0.0369	18
		站区布局	0.0061	15
		工业卫生	0.015	12

站来讲,虽然各因素对 CNG 站安全的影响重要程度存在着一定的差异,其权重值大小不同,但它们对安全系统管理的评价与优化都是缺一不可的。这就要求在模糊矩阵复合运算中,必须对所有因素依权重大小均衡兼顾,全盘考虑其安全性能。因此在对 CNG 站安全度的评价时宜采用“加权平均型”。当然也可以用前面介绍的另外几种综合型进行评判,必要时可以同时用多种进行评判,然后再进行二次评判。假设专家组对某 CNG 站的评价如表 2,按照上述方法对该 CNG 站进行安全等级评价。

对人员因素的评判矩阵由表 2 可以得到:

$$R = (r_{ij})_{3 \times 5} = \begin{pmatrix} 0.081 & 0.358 & 0.347 & 0.106 & 0.108 \\ 0.657 & 0.311 & 0.021 & 0.009 & 0.002 \\ 0.137 & 0.401 & 0.315 & 0.129 & 0.018 \end{pmatrix}$$

$$W = (0.637, 0.258, 0.105)$$

根据  $f_1(x_1, x_2, \dots, x_m) = \sum_{i=1}^m \alpha x_i$  得到综合评判:  $Y_1^1 = (0.235, 0.35, 0.259, 0.833, 0.0712)$

表 2 各因素等级隶属度表

准则层	指标层分层	优	良	中	及格	差
人员 (0.41)	身体状况和业务素质	0.081	0.358	0.347	0.106	0.108
	安全意识	0.657	0.311	0.021	0.009	0.002
	政治思想素质	0.137	0.401	0.315	0.129	0.018
设施设备 (0.41)	储气系统	0.146	0.310	0.343	0.182	0.019
	生产系统与产气规模	0.132	0.417	0.306	0.111	0.034
	加气作业系统	0.279	0.308	0.211	0.198	0.004
	消防系统	0.115	0.325	0.297	0.183	0.080
	安全距离	0.087	0.335	0.327	0.131	0.120
安全管理 (0.122)	安全培训教育	0.071	0.271	0.489	0.153	0.016
	安全组织	0.083	0.357	0.376	0.163	0.040
	安全规章制度	0.379	0.333	0.214	0.073	0.001
	安全预案演练	0.101	0.275	0.384	0.201	0.039
	安全检查	0.262	0.283	0.340	0.111	0.004
环境卫生 (0.058)	工作环境	0.211	0.337	0.343	0.102	0.007
	站区布局	0.088	0.321	0.331	0.215	0.005
	工业卫生	0.257	0.301	0.223	0.202	0.017

可以很明显的看出,获得评语“良”的隶属度最高,故对该 CNG 站人员因素的评价为“良”。同理可以分别评价出设施设备、安全管理、环境卫生因素的等级,结果为:

$$Y_1^2 = (0.0477, 0.1743, 0.3192, 0.3206, 0.1382)$$

$$Y_1^3 = (0.243, 0.314, 0.321, 0.112, 0.114)$$

$$Y_1^4 = (0.21, 0.326, 0.311, 0.14, 0.0094)$$

同样可以知道各因素获得隶属度最高的评语,设施设备是“及格”,其他都是“良”。而对于整个 CNG 站安全等级的评价仍采用此方法可以得到,结果为:

$$Y_1^5 = (0.102, 0.215, 0.357, 0.337, 0.120)$$

获得隶属度最高的评语都是“中”,故该 CNG 站的安全等级可以评价为“中”。因为该 CNG 站的设施设备管理已经处于“及格”,所以严重影响了整个 CNG 站的总体安全性,这也是符合实际的。因此该模型可用来指导性地评价 CNG 站的安全度。

#### 四、结束语

从表 1 可以看出,身体状况和业务素质、安全意识、安全规章制度、储气系统以及消防系统在 CNG 站安全因素中占有重要的地位。因此为保证 CNG 站的安全,必须做到以下几点<sup>[1,2,7,8]</sup>:①强化人员的

素质培训和技能培训,提高员工安全意识,强化经营管理,健全安全管理体制;②与消防、技监部门高效配合,定期进行安全检查;③对每个操作单位都要制定出岗位操作规程和岗位消防安全规程,操作人员必须经岗位培训专业考试,合格后持证上岗;④对设备勤维护、勤检修,杜绝设备带病工作和超负荷运行;⑤编制切实可行的消防事故紧急处理预案,天然气经营企业的调度抢险中心要与 119、110、120 等联网,以便在最短的时间内彻底排除消防事故。

利用改进层次分析法和综合评价法对 CNG 站安全状况进行评价,减少了评价工作中的随意性,对实际工作有一定参考价值。从计算结果可以清楚的了解影响 CNG 站安全的主要因素与次要因素,同时通过综合评价可以较为符合实际的确定 CNG 站现在的安全状况,便于我们抓住主要矛盾,及时解决问题。但是也应该看到,由于 CNG 站安全评价的复杂性与多样性,对 CNG 站安全评价并不局限于此一种方法,往往需要多种方法并用,以便对 CNG 站安全做出更加合理、有效的评价。

#### 参 考 文 献

- [1] 杨云伦. CNG 技术发展的前景及消防措施的探讨[J]. 消防科技, 1998(2):50-51.
- [2] 李芳,傅云飞. CNG 站的消防安全对策[J]. 消防科学与技术, 2003, 22(增刊):61-63.
- [3] 刘普寅,吴孟达. 模糊理论及其应用[M]. 湖南长沙:国防科技大学出版社, 1998:194-200.
- [4] 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.
- [5] 苏欣,熊波,黄坤,等. 一种评价管道土壤腐蚀的新模型[J]. 石油工程建设, 2005, 31(5):1-4.
- [6] 谢进伸,于惠源. “改进的层次分析法”在事故分析中的应用[J]. 工业安全与防尘, 1994(2):24-27.
- [7] 冯蕾. 加气站发展若干问题的探讨[J]. 石油商技, 2000, 18(5):36-38.
- [8] 童岱,黄海波,龙其云. 城市 CNG 汽车加气站选址安全性评价方法[J]. 天然气工业, 2004, 24(3):120-123.
- [9] 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.

(修改回稿日期 2005-11-14 编辑 居维清)