

安全生产 SAFETY PRODUCTION

城市燃气系统危险性的模糊综合评价

沈阳燃气股份有限公司(110005) 张光林 吴云涛 白 瑞 魏连海

摘要 城市燃气是城市能源供应的重要组成部分。然而由于具有易燃、易爆的特点,燃气在储存、输送过程中容易发生火灾、爆炸,造成人员伤亡、财产损失,因此对城市燃气进行危险性评价是一项必需的工作,本文的主要内容即是以沈阳燃气为例研究适合城市燃气系统的危险性评价方法。

关键词 危险性评价 城市燃气系统 指标体系

System Risky Fuzzy Quality Synthetic Assesment

Shenyang fuel gas company(110005) Zhang Guanglin, Wu Yuntao, Bai Rui, Wei Lianhai

Abstract The urban gas is an important part of urban resource supply, but it easily takes fire and explodes which leads to people's casualty and property loss as a result of its combustibility and explosibility during storage and transportation. So it is necessary to make risk assessment for the urban gas system. The main content of this thesis is to research the risk assessment method that suits the urban gas system.

Keywords risk assessment urban gas system index architecture

1 基本情况

1.1 沈阳燃气公司概况

沈阳燃气创建立于 1923 年,经过 80 多年的发展,沈阳全市民用燃气已达 120 余万户,拥有地下煤气管线约 2 600km(包括长输管线),其中:中压管线约 400km,低压管线(包括庭院管线)约 1 800km。全市形成了主要以天然气、焦炉气、煤层气、液化石油气等多种气源并存的格局,每天供用燃气达 80 多万 m³,基本上满足了全市对燃气的需求。

沈阳燃气股份有限公司现有 3 个燃气储配站,采用环状管网形式供气,检修时不妨碍向用户供气,方便居民使用。高、中压管线全部采用埋地敷设,在役管线分为日本侵华时期敷设的管线,70-80 年代使用的灰口、麻口铁材料管线及新建球墨铸铁管线。公司把安全管理措施作为企业安全生产的重要手段和保证,根据国家有关法律、法规要求和工作实际情

况,制定了一系列较完善的安全管理规章制度,选择适当的安全管理模式,采取可靠的安全管理措施以确保城市燃气系统安全、高效的运行。

1.2 沈阳气候状况

沈阳市主要气象条件:沈阳市位置属中温带大陆性气候,四季分明,光照充足。主要自然条件如下:

年平均气温 7.6℃;
最低气温零下 30.6℃;
最高气温零上 38.3℃;
主导风向频率 冬季 N(13);
夏季 S(17);
基本风压 0.55kN/m²;
基本雪压 0.5kN/m²;
地震设防烈度 7 度;
土壤标准冻结深度 1.20m;
年平均降水量 680mm;
雷暴日数 31.5 天/全年;

夏季相对湿度 64%。

1.3 建立的评价指标体系

根据影响城市燃气事故的各种因素及沈阳燃气公司安全管理的实际情况建立沈阳燃气系统危险性评价的指标体系如图 1:

2 利用模糊模式识别方法对沈阳燃气安全管理现状进行评价

根据图 1 所建立的评价指标体系, 采用多层系统危险性模糊模式识别评价模型对沈阳燃气安全管

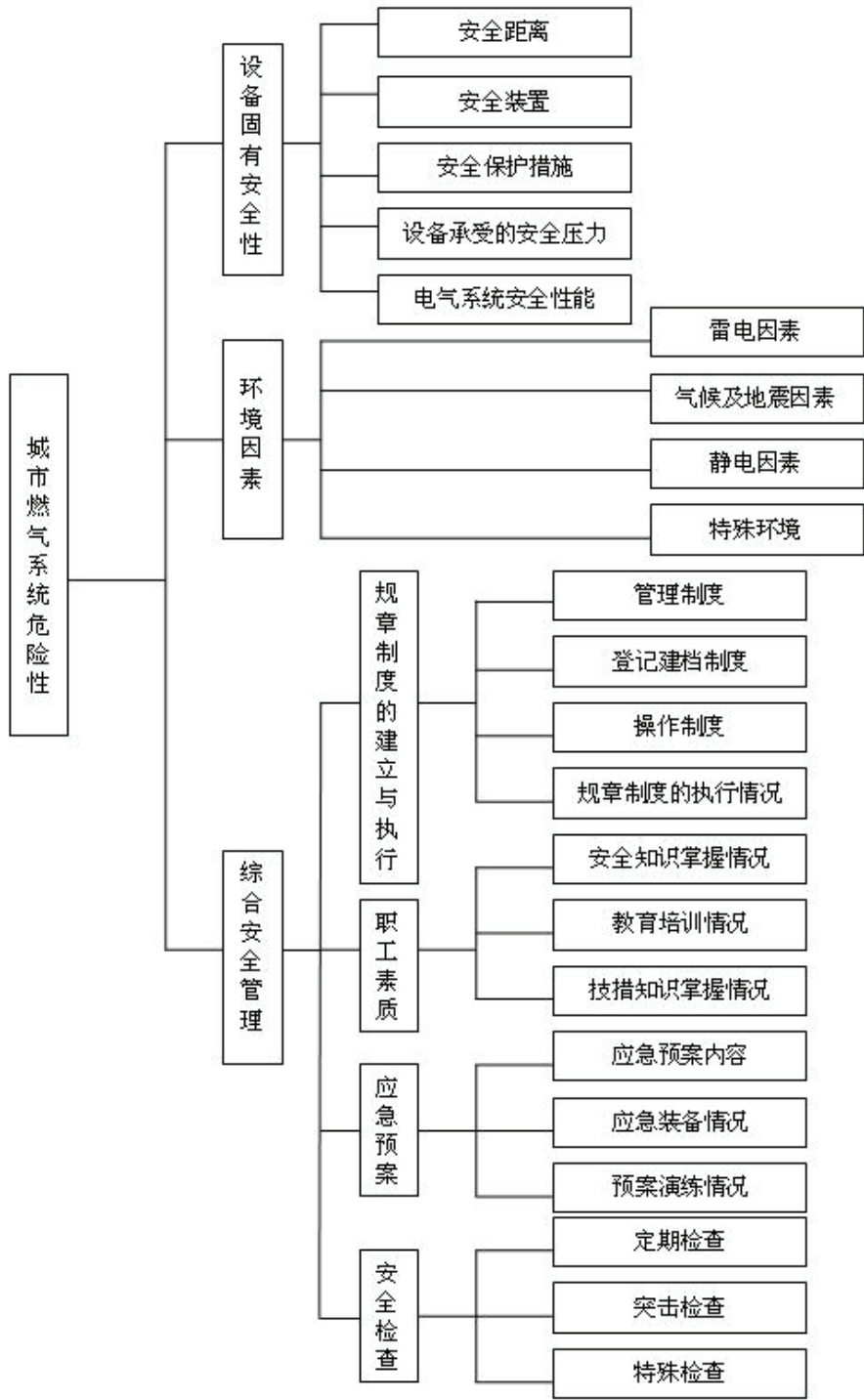


图 1 城市燃气系统危险性评价指标体系

理现状进行评价。

在评价过程中,参与指标体系赋值的专家自身情况如表 1 所示。

表 1 专家情况

专家情况	级别	权重分值
职称	正高职	5
	副高职	4
	中级职称	3
	初级职称	2
	技术工人	1
工龄	>30 年	5
	20~30 年	4
	10~20 年	3
	5~10 年	2
	<5 年	1
学历	研究生以上	5
	本科	4
	大专	3
	中专	2
	中专以下	1
年龄	>50	4
	40~49	3
	30~39	2
	<30	1

因为不同的专家其知识阅历不同,对安全的认识也有差别,所以对于不同的专家应赋予不同的权重。评价过程中在计算专家权重时,要综合考虑专家各项指标情况,参与评价的专家的具体权重情况经过计算,结果如表 2 所示。

由于“安全”与“危险”的对偶性,为了与人们日常习惯相一致,把危险等级转化为安全等级。

在最终判断沈阳燃气公司的危险等级时所依据的标准见表 4。

表 4 安全等级论域

论域	论域内容				
等级论域	安全	较安全	安全性一般	较危险	危险
取值论域	10~8	8~6	6~4	4~2	2~0

基本原则是危险性越低,即安全性越高,则分数越高,等级越低。

在根据表 3 所列出的数据进行评价时,遵循了由内向外的原则,首先计算第一个指标“设备固有安全性”,其子层又分为 5 个指标,其样本集的指标特征值矩阵 (x_{ij}) 和权重矩阵 (w_{ij}) 各有 5 个,见表 3,而其中的指标标准特征值矩阵统一采用如下形式:

$$Y = \begin{bmatrix} 9 & 7 & 5 & 3 & 1 \\ 9 & 7 & 5 & 3 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 9 & 7 & 5 & 3 & 1 \end{bmatrix} = (y_{ih})$$

表 2 专家自身权重

专家序号	职称	工龄(年)	年龄(岁)	学历	权重分值	权重
1	正高职	>30	>50	本科	18	0.11
2	副高职	10~19	30~39	研究生	14	0.09
3	副高职	>30	>50	本科	17	0.10
4	副高职	10~19	30~39	研究生	14	0.09
5	副高职	>30	>50	本科	17	0.10
6	中职	59	30~39	研究生	12	0.08
7	正高职	20~29	40~49	研究生	17	0.10
8	正高职	>30	>50	本科	18	0.11
9	副高职	10~19	30~39	研究生	14	0.09
10	正高职	>30	>50	研究生	19	0.12

表 3 沈阳燃气公司系统危险性评价指标量化表

指标一	权重	指标二		权重		特征值
设备固有安全性	0.62	安全距离		0.39		0.57
		安全装置		0.17		0.56
		保护措施		0.09		0.68
		设备承受的安全压力		0.27		0.72
		电器系统安全性能		0.08		0.62
环境因素	0.15	雷 电		0.18		0.63
		气候及地震影响		0.07		0.41
		静 电		0.11		0.75
		特殊环境		0.64		0.39
指标一	权重	指标二	权重	指标三	权重	特征值
综合安全管理	0.23	规章制度的建立与执行	0.32	管理制度	0.47	0.60
				登记建档制度	0.08	0.61
				操作制度	0.17	0.68
				规章制度的执行	0.28	0.64
		职工素质	0.20	安全知识掌握情况	0.53	0.62
				教育培训情况	0.29	0.60
				技措知识状况	0.18	0.64
		应急预案	0.16	应急预案内容	0.49	0.65
				应急装备情况	0.31	0.63
				演练情况	0.20	0.54
		安全检查	0.32	定期检查	0.53	0.62
				突击检查	0.18	0.60
				特殊检查	0.29	0.62

则指标标准特征值相对隶属度矩阵为:

$$S = \begin{bmatrix} 1 & 0.75 & 0.5 & 0.25 & 0 \\ 1 & 0.75 & 0.5 & 0.25 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0.75 & 0.5 & 0.25 & 0 \end{bmatrix} = (s_{ik})$$

首先,对“设备固有安全性”进行处理,将上述的各类数据代入模糊模式识别模型中进行计算,得出样本集“设备固有安全性”对模糊概念“安全”的各级相对隶属度向量(μ_i)为: $\mu_1=[0.43 \ 0.57 \ 0 \ 0]$

该项指标的级别特征值为:

$$H_1=9 \times 0 + 7 \times 0.43 + 5 \times 0.57 + 0 + 0 = 5.9$$

对照表 4 可知,“设备固有安全性”这一指标应属于较安全级,即处于较好的级别,但考虑到安全本

身的模糊性,仅仅给出一个确定的值 5.9 是不够的,还要对该数据做进一步处理,使其能够给出一个区间来。得出“设备固有安全性”这一指标的安全等级特征量区间为: $H_{\mu_1}=[H_{\text{下}}, H_{\text{上}}]=[5.4, 6.4]$,此即为“设备固有安全性”这一指标的最终评判结果,其含义为:“设备固有安全性”这一指标的最坏情况为 5.4,属于三级领域;最好情况为 6.4,属于二级领域,它的模糊中值为 5.9,因此我们就可以确切地认为,该项指标介于“较安全”与“安全性一般”等级之间,偏向于“安全性一般”。

其次,对于“环境因素”,同样得到其对模糊概念“安全”的各级相对隶属度向量(μ_{ij})为:

$$\mu_2=[0 \ 0.07 \ 0.65 \ 0.28 \ 0]$$

该项指标的级别特征值为:

$$H_2=9 \times 0+7 \times 0.07+5 \times 0.65+3 \times 0.28+0=4.6$$

其安全等级特征量区间为:

$H_{\mu_A}=[H_-,H_+]=[4.1,5.1]$,此即为“环境因素”这一项指标的最终评判结果,对照表 4,我们就可以确切地认为,该项指标属于“安全性一般”等级。

最后,对于“综合安全管理”,可以得到其对模糊概念“安全”的各级相对隶属度矩阵(μ_{ij})为:

$$\mu_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0.44 & 0.56 & 0 & 0 \\ 0 & 0.41 & 0.59 & 0 & 0 \\ 0 & 0.57 & 0.43 & 0 & 0 \\ 0 & 0.07 & 0.88 & 0.05 & 0 \end{bmatrix}$$

矩阵 μ_3 当中 4 个行向量分别是“综合安全管理”下的 4 个子指标对模糊概念“安全”的各级相对隶属度,其相应的权重矩阵为:

$$W=[0.32 \ 0.20 \ 0.19 \ 0.32]$$

在考虑了子指标的权重后,可以得出“综合安全管理”这一整体指标的隶属度向量 μ_3' 为:

$$\mu_3' = W \cdot \mu_3 = [0 \ 0.33 \ 0.65 \ 0.02 \ 0]$$

经过上面的数据处理,就可以对整个系统进行全面评价,则系统最终的相对隶属度矩阵为:

$$\mu = \begin{bmatrix} 0 & 0.43 & 0.57 & 0 & 0 \\ 0 & 0.07 & 0.65 & 0.28 & 0 \\ 0 & 0.33 & 0.65 & 0.02 & 0 \end{bmatrix}$$

三个一级指标所对应的权重矩阵为:

$$W=[0.62 \ 0.15 \ 0.23]$$

可得整个系统安全状态的隶属度矩阵 D 为:

$$D=W \cdot \mu=[0 \ 0.35 \ 0.60 \ 0.05 \ 0]$$

则级别特征值为:

$$H=9 \times 0+7 \times 0.35+5 \times 0.60+3 \times 0.05+0=5.6$$

得出 $[H_-,H_+]=[5.1,6.1]$ 。整体来说,本次所评价的沈阳燃气公司总体安全状态的最坏指标为 5.1,属于三级领域;最好指标为 6.1,属于二级领域;它的模糊中值为 5.6,最终我们就可以确切地认为,该系统介于“较安全”与“安全性一般”等级之间,偏向于“安全性一般”。可以得出该燃气公司系统危险等级为“较安全”的可能性为 $\pi_1=2.6\%$,为“安全性一般”的可能性为 $\pi_2=97.4\%$ 。

总的评价结果及模糊熵值如表 5 所示。

表 5 可见,基于模糊模式识别的城市燃气系统危险性评价方法可实现安全等级隶属度向量的离散化,且评价结果的模糊熵很小,亦即其不确定性很小,评价的可靠性更高。

通过上述评价,可以看出沈阳燃气公司的安全现状趋向于一般,又属于略微较好的等级,这与该公司的现有安全现状基本符合。

3 沈阳燃气公司存在问题及控制措施

3.1 存在问题

沈阳燃气公司存在的问题主要有以下几个方面:

(1)有些设备、管道老化,由于现有资金不足,无力进行改造。

(2)在役管线采用铸铁管材,可以有效地防止外腐蚀,但燃气中含有一定的水分或其他杂质,对管道产生腐蚀,因而防止内腐蚀问题不易解决。

表 5 沈阳燃气公司系统危险性评价结果

评价内容	隶属度向量					模糊特征量区间	模糊中值	模糊熵
	I	II	III	IV	V			
设备固有安全性	0	0.43	0.57	0	0	[5.4, 6.4]	5.9	0.5
环境因素	0	0.07	0.65	0.28	0	[4.1, 5.1]	4.6	0.6
规章制度的建立与执行	0	0.44	0.56	0	0	[5.4, 6.4]	5.9	0.6
职工素质	0	0.41	0.59	0	0	[5.3, 6.3]	5.8	0.5
应急预案	0	0.57	0.43	0	0	[5.6, 6.6]	6.1	0.5
安全检查	0	0.07	0.88	0.05	0	[4.8, 5.3]	5.0	0.3
综合安全管理	0	0.33	0.65	0.02	0	[5.2, 6.1]	5.6	0.5

(3) 管道接口多采用水泥封接口,容易造成接口泄漏问题,据调查现有燃气泄漏事故中的 80%~90% 是由于接口泄漏造成的。埋地管线由于土封使得燃气泄漏时不易被发现。

(4) 有些市政相关井室封堵,但由于管理的问题而没有废除,或管线与井室的安全距离不足,造成泄漏的燃气通过井室扩散出来,遇明火或其它放散的火花发生火灾爆炸。

(5) 沈阳冬天气候寒冷,土壤冻结深度深达 1.2m;这样春天气温升高后,土壤融化解冻时,造成原土层破坏,使地壳、地压发生变化,容易使管线遭到破坏。

(6) 由于城市的不断建设改造,有些工程为了施工的方便,使供水管线、供热管线、通信电缆管线占压燃气管线,造成管线占压事故频繁。

3.2 控制措施

通过上述对沈阳燃气股份有限公司危险性评价及现存问题的分析,可以使企业能了解自身存在的安全隐患以及安全防范措施的不足;同时作为安全监察部门也可根据定量的结论,更好地实施宏观监察管理,最终达到控制燃气事故的目的。根据上述分析,现提出如下建议和控制措施:

(1) 对老化的设备和管道应尽快更换;

(2) 提高燃气质量,以减小燃气中水分或其它杂质对管道的腐蚀;

(3) 设计阶段应尽量采用可靠度高的设计方案;

(4) 收集并保管好完整的设计和施工资料。制定完善的系统运行管理规章制度,并严格执行;

(5) 管道以埋地敷设为主,尽量减少管道在空中敷设的长度;架空管道采用可靠度高的支、吊架设计方案;

(6) 设备设施及管材的到货质量应符合设计和规范的要求;

(7) 严格保证施工质量,特别是管道的运输、组装和防腐等安装工序;

(8) 各种运行参数的记录应真实、详尽;各种故障应有详细的描述,制定重点的管理目标,实现系统的动态管理;

(9) 做好输气管道和天然气安全知识的宣传教育工作;

(10) 进一步普及使用先进的管道检测技术及有效的分析软件。

总之,只要采取综合的安全管理措施,加强安全知识(技术)培训,加强岗位安全责任制和操作规程教育,杜绝违章违纪现象,在改进完善现有安全装置的同时,积极引进先进的安全防护装置,可以最大限度地杜绝燃气公司事故的发生。

4 结论

通过以沈阳燃气公司为例,采用多层系统危险性模糊模式识别评价模型对沈阳燃气安全管理现状进行评价,能够较准确的分析评价沈阳燃气的安全管理现状,分析存在问题,从而提出合理的建议。

参考文献

- 1 陈宝智.系统安全工程[M].沈阳:东北大学出版社,1999,1~171
- 2 陈宝智.安全原理[M].沈阳:东北大学出版社,1993,1~30
- 3 伍良.城镇燃气事故风险评价研究.[学位论文].福州:福州大学.2001
- 4 张琳.城市燃气管网安全管理体系研究.[学位论文].上海:同济大学.2006
- 5 许开立.系统危险性的模糊评价[D].沈阳:东北大学,1999
- 6 陈守煜.系统模糊决策理论与应用[M].大连:大连理工大学出版社,1994,87~289

+++++