

文章编号:1673-9469(2010)02-0087-04

基于风险分析的城市燃气管道安全评价

郭章林,孙雨丽

(河北工程大学 经管学院,河北 邯郸 056038)

摘要:分析了安全管理与风险管理的关系,运用风险矩阵图和模糊综合评价对城市燃气管道潜在风险进行评估排序。针对某市燃气管道的工程实例,得出管道的失效可能性等级为Ⅱ级,失效后果等级为Ⅴ级,并根据风险矩阵图判断此管段的风险等级位于偏高风险区,应采取更为严格有效的措施,以达到安全管理的目的。

关键词:燃气管道;安全管理;风险管理;风险矩阵;模糊综合评价

中图分类号: TU996.9

文献标识码: A

Safety assessment of urban gas pipelines based on the risk analysis

GUO Zhang-lin, SUN Yu-li

(School of Economy and Management, Hebei University of Engineering, Hebei Handan, 056038, China)

Abstract: A new safety management method of urban gas pipelines is proposed by analyzing the relationship between safety management and risk management. The potential risks are estimated by the application of risk matrix and fuzzy comprehensive evaluation, which can determine the nature of risks. Taking the gas pipelines in a certain city for example, the failure possibility grade of the pipeline is II level and the failure consequences grade is V level. Accordingly, the risk grade of the pipeline is located in the high areas by the risk matrix, and more rigorous and effective measures should be taken to achieve the purposes of safety management.

Key words: gas pipeline; safety management; risk management; risk matrix; fuzzy comprehensive evaluation

我国目前60%的大城市都埋设了大量的燃气管道,大部分城市的燃气管道已运行二十多年,随着燃气管道的老化、腐蚀的加剧、地面交通道路的增长、管线周边区域人口聚居程度增大,管道安全问题已成为关系到公共安全的重大问题。著名油气储运专家潘家华教授于1995年在《油气储运》杂志上介绍了管道风险评估技术^[1],经过近年的不断探讨和研究,在长输油气管线和城市燃气管道风险分析、管理方面已取得一定的成果^[2-9]。

本文将风险管理与安全管理相结合,运用风险矩阵图和模糊综合评价对城市燃气管道潜在风险进行评估,以提高科学管理水平,实现从被动抢修到主动预防的转变。

1 安全管理与风险管理的关系

安全管理是以安全为目的,强调减少事故,甚至消除事故,是将安全生产与人机工程相结合,给劳动者以最佳工作环境。风险管理是从传统的安全分析和安全管理的基础上发展起来的。风险管理的目的是预先发现、识别可能发生的危险因素,以便在事故发生之前采取消除、控制这些因素的措施,防止事故的发生。

传统的燃气管道安全管理侧重于燃气泄漏发生后的补救,稍有疏忽就会发生恶性事故。基于风险分析的城市燃气管道的安全管理是以风险评价为基础,用于对城市燃气管道进行风险分析和

预警以达到安全管理的目的,可以将事故消灭在发生前,实现补救型维护措施的管理方式向预防型的现代安全管理理念的转变。

2 城市燃气管道风险评价

风险分析、评价过程是现代安全管理的核心^[10]。通过定量或定性的风险评价,进行管段及站场的风险识别、按风险程度排序,确定重大风险的性质并定位,寻求降低风险的措施,在有效分配资源的前提下,将风险降低到可以接受的水平。

2.1 风险矩阵的建立

风险矩阵是在管理过程中辨别风险重要性的一种结构性方法,并且还是对被评项目的风险潜在影响进行评估的一套方法论。风险矩阵^[11]的建立过程如下:

(1)将危险的严重性作矩阵的列。首先对危险的严重性划分为一些具体的等级,划分的具体办法可根据系统及造成的损失大小来确定,即可以定性描述也可定量描述。

(2)将危险发生的可能性作矩阵的行。对危险发生的可能性大小进行定性描述,从而划分出危险可能性等级。

失效可能性	V	III	III	III	IV	IV
	IV	II	II	III	III	IV
	III	I	I	II	III	IV
	II	I	I	II	II	III
	I	I	I	II	II	III
		I	II	III	IV	V
		失效后果				

图1 风险矩阵图

Fig.1 Risk matrix diagram

(3)建立风险矩阵。以危险发生后所造成的严重后果为风险矩阵的列,以危险发生的可能性为风险矩阵的行建立风险矩阵。由建立的风险矩阵图可直观的表达出管道所处的真实状态,使管理者及时地作出管理决策以保证管道安全运行。

风险矩阵的横坐标为管道失效后果,分为I、

II、III、IV、V五个等级,字母I~V分别代表着管道失效后果的不同严重等级,其以升序排列。I表示管道失效后果不严重,由于各字母是按升序排列,则V就代表着管道失效后果非常严重。风险矩阵的纵坐标为管道失效可能性,失效可能性可分为I级、II级、III级、IV级、V级,其字母表示意义与失效后果的意义相同,即I级表示管道发生失效的可能性小,V级为管道失效可能性大。按照失效后果和失效可能性的不同组合,将风险划分为4个级别,其如图1所示。

I是低风险区、II为中风险区、III为次高风险区、IV为高风险区。

2.2 风险排序及应对措施

当处于低风险区时,评价对象处于安全状态。

当处于中风险区时,评价对象能满足正常运行要求,但是应该加强管理。

当处于次高风险区时,评价对象处于严重事故萌发时期,在这个时期应当全面检修,并增强管道防护措施,从而提高管道的建筑抗破坏能力和管道抗破坏能力;加强对管道定期检查的频率;对检查中可能出现的严重问题,制定详细的应对方案。

当处于高风险区时,评价对象已不能满足正常运行要求,应该停气检修,除了采取上述更为严格的措施外,更应该加强管理,包括人员管理和检修施工质量管理。

3 工程实例

某市埋地燃气管网是从20世纪70年代逐步发展起来的,已有30多年历史。管网总里程达910km,中低压管网总长700km,其中运行20年以上的管道约有170km。中压管线目前长度为50km,管道材料主要是铸铁,管径主要规格为:DN600, DN500, DN300, DN200;而低压管线目前长度大约为120km,管径的主要规格为:DN300, DN200, DN150, DN100, DN75。其输送介质主要是煤气,部分管道输送介质为天然气。

由于管道周围运行环境不同,其风险也是不一样的,因此需要将管线分段。现拟取其中一段为例运用模糊综合评价法进行失效可能性和后果分析。

3.1 管道失效可能性分析

(1) 选定评价因素, 构成评价因素集。

按照 W.Kent Muhlbauer 的分类方法, 造成管线失效和事故的原因共 4 大类, 即第三方破坏、腐蚀、设计和误操作。因此, 造成埋地燃气管道失效的因素集为 U 可以表述为 $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4\} = \{\text{管道腐蚀, 第三方破坏, 管道设计水平, 管道操作水平}\}$ 。这 4 个主要影响因素又分别可细划分为若干子因素。例如: 腐蚀, 影响腐蚀破坏的影响因素又包括土壤, 管道防腐层, 管道材料, 服役时间等。

(2) 根据评价的目标要求, 划分等级建立备择集。

为了管道评价的准确性与简单性, 一般用风险程度语言作为评价目标, 经分析引起埋地燃气管道失效可能性的评价的备择集为 $V = \{\text{I级, II级, III级, IV级, V级}\}$, 其中 I 级表示管道发生失效的可能性小, V 级表示管道发生失效的可能性大。

(3) 对各风险要素进行独立评价, 建立模糊一致判断矩阵, 根据各风险要素影响程度, 确定其相应的权重。

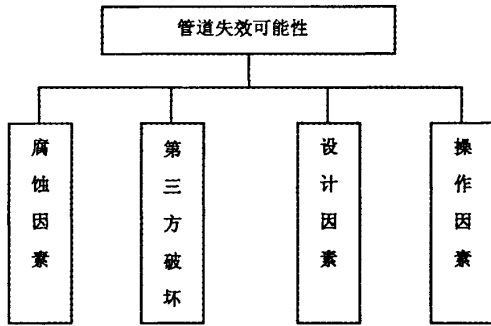


图2 管道失效可能性层次分析图

Fig.2 Analytic hierarchy chart of the pipeline failure probability

由以上建立的因素层次分析结构图, 结合专家知识以及管道数据, 对各影响因素进行两两分析, 确定模糊一致判断矩阵。其矩阵为

$$R = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.6 & 0.7 & 0.8 \\ 0.4 & 0.5 & 0.6 & 0.7 \\ 0.3 & 0.4 & 0.5 & 0.6 \\ 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.5 \end{bmatrix}$$

根据公式 $w_i = \frac{1}{n} - \frac{1}{2a} + \frac{1}{na} \sum_{j=1}^n r_{ij}$, 可以计算出因素权重(其中 a 取 1.5)。

$$w = (w_1, w_2, w_3, w_4) = (0.35, 0.2866, 0.2167, 0.15)$$

(5) 运用模糊数学运算方法, 确定综合评价结果, 分析项目风险水平。

埋地燃气管道失效可能性的第三方破坏、腐蚀、设计和误操作这四个主要影响因素又分别可细划分为若干子因素。例如: 腐蚀, 影响腐蚀破坏的影响因素又包括土壤, 管道防腐层, 管道材料, 服役时间等。现综合考虑影响管道失效的所有因素进行二级模糊综合评判确定管段的失效可能性等级, 根据对各因素的等级计算得出

$$\tilde{B} = \begin{bmatrix} 0.2574 & 0.2597 & 0.2307 & 0.1643 & 0.0882 \\ 0.2136 & 0.2408 & 0.2356 & 0.1880 & 0.1224 \\ 0.1332 & 0.1958 & 0.2381 & 0.2351 & 0.1981 \\ 0.1734 & 0.2247 & 0.2343 & 0.2087 & 0.1590 \end{bmatrix}$$

此管道的二级模糊综合评价结果 \tilde{C} 为

$$\tilde{C} = \tilde{A} \cdot \tilde{R}$$

$$\tilde{C} = [0.35 \quad 0.2866 \quad 0.2167 \quad 0.15] \cdot \begin{bmatrix} 0.2574 & 0.2597 & 0.2307 & 0.1643 & 0.0882 \\ 0.2136 & 0.2408 & 0.2356 & 0.1880 & 0.1224 \\ 0.1332 & 0.1958 & 0.2381 & 0.2351 & 0.1981 \\ 0.1734 & 0.2247 & 0.2343 & 0.2087 & 0.1590 \\ 0.2062 & 0.2360 & 0.2350 & 0.1936 & 0.1327 \end{bmatrix} =$$

按照模糊综合评判最大隶属度原则, 知此管段的失效可能性等级为 II 级。

3.2 管道失效后果分析

影响管道失效后果严重程度的因素主要有: 人员伤亡、社会影响、停气损失、消防能力和管道维修系统影响等五个方面。

同理, 根据模糊综合评价法, 求出管道失效后果评价结果 $[0.4002 \quad 0.3012 \quad 0.1250 \quad 0.1305 \quad 0.1132]$, 按照模糊综合评判最大隶属度原则, 知此管段的失效后果等级为 V 级。

综合以上某一管段计算的失效可能性 II 级和管段失效后果 V 级, 可由风险矩阵图中知此管段的风险等级为偏高风险区, 虽然管道失效的可能性较小, 可一旦失效造成的后果损失却很大。根据风险应对措施, 当处于次高风险区时, 评价对象处于严重事故萌发时期, 在这个时期应当全面检修, 并增强管道防护措施, 从而提高管道的建筑抗破坏能力和管道抗破坏能力; 加强对管道定期检

查的频率;对检查中可能出现的严重问题,制定详细的应对方案。

4 结论

用风险矩阵图和模糊综合评价能够对城市燃气管道进行风险分析和预警,可以实现从被动抢修到主动预防的转变,将事故消灭在发生前,提高科学管理水平以达到安全管理的目的。

参考文献:

- [1] 潘家华. 油气管道的风险分析[J]. 油气储运, 1995(3):11-15.
- [2] 张琳. 城市燃气管网安全管理体系研究[D]. 上海: 同济大学, 2006.
- [3] 马跃东. 哈尔滨市管道煤气事故分析及其预防[J]. 工业安全与防尘, 1999(5):1-4.
- [4] 张保银. 油气管道风险管理方法研究及决策支持系统[D]. 天津: 天津大学, 2001.
- [5] 王晓梅. 城市埋地燃气管道的风险评价[D]. 南京: 南京工业大学, 2006.
- [6] 何淑静, 周伟国. 城市燃气安全管理状况的模糊综合评价[J]. 上海煤气, 2004(3): 40-43.
- [7] 陈秋雄, 周卫. 城市燃气管道安全评估中的腐蚀评价[J]. 煤气与热力, 2004, 24(8): 423-426.
- [8] 周伟国, 张军, 严铭卿. 住宅燃气系统的安全性评估[J]. 煤气与热力, 2005, 25(7): 1-3.
- [9] 刘俊娥, 贾增科, 李晓慧. 城市燃气管道喷火事故后果分析[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2007, 24(4):53-56
- [10] 严大凡, 翁永基. 油气长输管道风险评价与完整性管理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [11] 贾增科. 城市燃气管道风险评价研究[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2008.

(责任编辑 马立)