

城市燃气事故隐患辨识与评估

白永强, 吕良海, 汪 彤, 谢昱姝, 宋冰雪
(北京市劳动保护科学研究所, 北京 100054)

摘 要: 针对城市燃气供应企业, 给出了事故隐患的定义, 提出了事故隐患评估的补偿系数修正法. 以北京市液化石油气储配站为例, 对事故隐患进行了详细的辨识, 并综合运用专家评价、风险矩阵、补偿系数修正的方法对事故隐患进行了评估, 确定了事故隐患原始等级推荐值, 将其运用到试点燃气供应企业, 结果表明, 事故隐患原始等级反映了其固有危险性的程度.

关键词: 城市燃气; 事故隐患; 辨识; 评估

中图分类号: TU 996.9

文献标志码: A

文章编号: 0254-0037(2011)05-0724-05

事故隐患是指能导致事故发生人的不安全行为、物的不安全状态、或管理制度上的缺陷. 从这一概念上讲, 事故隐患是指在人-机-环境-信息这样的大系统中所有不安全因素. 对于燃气行业来说, 隐患就是指任何能直接或间接导致工作人员及服务人群伤害或疾病、财产损失、工作场所环境破坏或其组合与国家或城市燃气供应系统相关法律、法规、标准、操作规程、管理体系等的偏离.

对于事故隐患评估分级, 1995年我国劳动部制定了《重大事故隐患管理规定》(劳部发[1995]322号)对事故隐患分级进行了初步规定, 但其中无具体的评估方法. 赵霜等^[1]对北京市重大事故隐患进行了初步探讨. 张新海等^[2]对工业事故隐患的评估进行了研究. 吴起等^[3]基于模糊理论建立了事故隐患综合评价方法, 但其主要针对的是危险化学品生产经营. 李倩等^[4]针对化工企业提出了一种评价方法. 邱慧琴等^[5]对液化石油气罐区火灾爆炸事故隐患进行了辨识与评价, 该方法仅针对液化石油气罐区火灾、爆炸事故隐患.

当前已有的事故隐患评价方法中, 专家评价法主观性太强, 不同专家评定出结果存在较大差异; 人工神经网络又太过复杂, 实际操作有难度; 风险矩阵评出的结果未考虑整改的难度, 不利于根据评出的事故隐患的水平决定监控上报^[8]. 因此, 本文综合运用专家评价、风险矩阵, 并采用补偿系数修正的方法发展出一种新的事故隐患评估方法.

1 事故隐患辨识

燃气事故隐患既可以从隐患所导致的事故类别进行分类归纳, 亦可根据企业类型进行分类. 考虑到从企业类型的角度分类, 有利于隐患排查工作的开展, 同时亦有利于政府监管和企业自查的实施, 因此, 根据企业的类型, 分别对北京市液化石油气储配站、液化石油气瓶装供应站、管道燃气供应单位、压缩天然气加气站四类企业进行隐患排查. 通过调研, 总结归纳出上述单位存在的隐患类别^[6-7]. 本文以液化石油气储配站为例进行事故隐患辨识与评估, 见表1.

收稿日期: 2009-02-25.

基金项目: 北京市科技计划项目资助(Z09050600910902); 城市综合风险评估实验室建设项目资助(PXM2009 178215 0893471216); 北京市科研院科技创新工程项目(PXM2010-178215-095204)资助.

作者简介: 白永强(1979—), 男, 河南南阳人, 博士.

表1 液化石油气储配站事故隐患原始等级判定
 Tab.1 The judgement on original grading of the accident potentials in liquefied petroleum gas storage and distribution station

序号	隐患类别	隐患名称	事故易发性	事故损失程度	事故隐患等级
1	安全距离不足	储罐安全间距不足	B~C	2~3	II~III
2		灌瓶间安全间距不足	C~D	2~4	I~II
3		瓶库安全间距不足	C~D	2~4	I~II
4	烃泵附件缺陷	防震措施不足	A~B	1~3	III~IV
5		放气阀、压力表缺陷	A~B	1~3	III~IV
6		过滤器缺失	B~C	1~2	III~IV
7	压缩机附件缺陷	气液分离器、过滤器缺陷	B~C	1~2	III~IV
8		止回阀、安全阀缺陷	C~D	2~3	I~II
9		旁通阀、压力表缺陷	A~B	2~3	III~IV
10	消防报警系统缺陷	残液倒空回收系统缺陷	A~B	1~2	III~IV
11		灭火器配置缺陷	C~D	3~4	I~II
12		水喷淋系统、消防水泵缺陷	B~C	3~4	I~II
13		燃气泄漏报警器缺陷	C~D	3~4	I~II
14	储罐区缺陷	非燃烧体实体防护墙不合格	A~B	2~3	III~IV
15		水封井缺陷	C~D	2~3	I~II
16		储罐缺陷	C~D	3~4	I~II
17	卸车区缺陷	紧急切断阀缺陷	B~C	2~3	II~III
18		卸车胶管严重破损	B~C	2~3	II~III
19		槽车卸气管未定期检测	A~B	1~2	III~IV
20		卸气管快装接头与胶管之间阀门缺陷	A~B	2~3	II~III
21		车辆防火罩缺陷	B~C	2~3	III~IV
22	钢瓶缺陷	超期服役	C~D	2~3	I~II
23		存在严重腐蚀、变形等缺陷	C~D	2~3	I~II
24		未定期检测或检测不合格	C~D	2~3	I~II
25		重瓶倾倒或倒置	B~C	2~3	I~II
26	其他	防雷设施不在检测有效期内	B~C	2~4	II~III
27		电气防爆不符合要求	C~D	3~4	I~II
28		阀门、法兰有泄漏	C~D	2~4	I~II
29		安全附件(安全阀、压力表、温度计、液位计等)缺陷	B~C	3~4	I~II
30		使用危旧建构筑	C~D	3~4	I~II

2 事故隐患的评价方法

2.1 补偿系数修正法

结合燃气行业特点,将事故隐患等级决定因素定为隐患易发性 P 、事故损失程度 L 和脆弱性补偿系数 S ,则隐患等级水平 R 可以表示为

$$R = P \times L \cdot S \quad (1)$$

通过 P 和 L 在风险矩阵中的位置确定事故隐患的初始等级,再通过 S 修正初始等级,得到事故隐患的

实际等级.

2.2 事故隐患等级确定方法

2.2.1 确定隐患初始等级

隐患易发性和事故损失程度的定性分析,一方面采用头脑风暴法、专家评议法、资料分析法对历史情况、隐患特性的分析得到,另一方面聘请燃气供应企业一线安全管理人员打分;定量分析采用工程计算分析、事故后果模拟等定量方法计算.最后综合得出 P 和 L 的级别.根据风险矩阵(表2)定出隐患初始等级. I 级为特大隐患; II 级为重大隐患; III 级为较大隐患; IV 级为一般隐患.

表2 事故隐患分级表

Tab.2 Grading standard of the accident potential

隐患易发性	事故损失程度			
	1(很小)	2(一般)	3(较大)	4(重大)
A(基本不可能发生)	IV	IV	IV	III
B(较不可能发生)	IV	III	III	II
C(可能发生)	III	II	II	I
D(很可能发生)	III	II	I	I

根据隐患实际情况确定隐患的补偿系数.补偿系数由地域脆弱性、整改难易程度、日常管理水平、应急能力4个单元补偿系数组成.各单元补偿系数取值标准由燃气供应企业一线安全管理人员及燃气专业的专家评定而定的.

补偿系数计算公式

$$S = S_1 \times S_2 \times S_3 \times S_4 \quad (2)$$

表3 补偿系数表

Tab.3 The compensating coefficient

序号	补偿系数	描述	取值
1	地域脆弱性 S_1	根据事故隐患所在地周边建筑的重要程度、有无军事设施、有无重要的河流、湖泊、风景名胜区和自然保护区、有无供水水源、水厂及水源保护区等确定取值大小	2.90 ~ 4.6
2	隐患整改难易程度 S_2	根据整改事故隐患成本、是否需要企业、政府等机构协调以及协调的难易程度取值	0 ~ 1.2
3	日常管理水平 S_3	根据相关企业管理水平的高低取值	0.7 ~ 1.0
4	应急能力 S_4	根据相关企业及责任单位的应急能力取值	0.66 ~ 1.0

2.2.2 确定隐患级别

根据补偿系数 S ,调整事故隐患的初始等级(调整方法见表4),得到事故隐患最终等级.

表4 事故隐患初始等级调整方法

Tab.4 The adjusting method on original grading of the accident potential

序号	补偿系数	调整方法	序号	补偿系数	调整方法
1	$S \leq 0.56$	隐患等级下调2级	4	$1.33 < S \leq 3.2$	隐患等级上调1级
2	$0.56 < S \leq 0.7$	隐患等级下调1级	5	$S > 3.2$	隐患等级上调2级
3	$0.7 < S \leq 1.33$	隐患等级不调整	6		隐患调到 I 级或 IV 级,将不再作调整

3 事故损失程度评估

3.1 天然气储罐发生爆炸事故模拟

对北京市燃气集团所有3类燃气储罐进行蒸气云爆炸事故模拟计算。模拟计算结果见表5。

表5 储罐蒸气云爆炸事故模拟计算结果
Tab.5 The simulation results of vapour exploding in storage

序号	储罐类型	容积/m ³	储罐压力/MPa	死亡半径/m	重伤半径/m	轻伤半径/m	人员安全半径/m
1	天然气球罐	10 000	1.0	104.3	154	206.9	362.1
2	天然气球罐	10 000	0.8	96.8	142.9	242.2	336.1
3	天然气球罐	5 000	0.8	76.9	113.5	192.3	266.8

3.2 液化石油气储罐发生爆炸事故模拟

以北京市某液化石油气储备厂为例,液化石油气储罐容积:1 000 m³ × 3,储存压力1.2 MPa。

表6 火灾爆炸事故后果模拟结果
Tab.6 The simulation results of fire and explosion

模拟项目	储罐/个	死亡半径/m	重伤半径/m	轻伤半径/m	人员安全半径/m
沸腾液体	3	908.5	1104.1	1633.6	1710.2
扩展蒸气爆炸	1	319.9	389.1	576.7	755.3
蒸气云爆炸	3	107.4	334.8	652.8	982.5
蒸气云爆炸	1	73.1	232.2	452.6	681.2

事故损失程度反映发生事故造成损失大小。事故损失程度包括人员伤亡和财产损失两个方面,主要根据事故隐患所在区域的重要程度,周围建筑及人员密集度,针对辨识出的燃气供应企业事故隐患,参考以上的事后模拟计算,专家给出了各类事故隐患的损失程度估计值。

4 实例分析

从修正方法在4个试点燃气供应企业事故隐患等级评估的应用结果见表7。

表7 事故隐患评估方法应用结果
Table 7 The application results of the accident potential assessment method

试点企业	隐患名称	隐患易发性(<i>P</i>)	事故损失程度(<i>L</i>)	隐患初始等级	补偿系数	调整后隐患等级
1	灌瓶间安全间距不足	C	4	I	1.26	I
2	灭火器配置缺陷	B	C	II	0.20	IV
3	储罐安全间距不足	B	3	III	2.23	II
4	瓶库安全间距不足	C	3	II	0.21	IV

占压、安全间距不足等隐患虽然造成的事故损失可能比较大,但其造成事故的易发性是比较小的,但由于其整改所需要顾及的方面较多,因此总体隐患等级较高。

设备设施隐患造成事故的易发性比较大,其事故后果跟企业管理水平及应急能力相关性较强,且企业内部可治理,因此总体隐患等级较低。

将试点燃气供应企业事故隐患的 P 、 L 、 S 指标对照事故隐患等级确定方法,可以得出综合了 P 、 L 、 S 三项指标后的事故隐患分级结果.

结果中事故隐患原始等级反映了其固有危险性,固有危险性大的,需要立即整改.

参考文献:

- [1] 赵霜, 安宏伟, 吴爱枝. 重大事故隐患管理现状的探讨 [J]. 中国职业安全卫生管理体系认证, 2002(6): 44-45.
ZHAO Shuang, AN Hong-wei, WU Ai-zhi. Discussion for the management status of major accident potential [J]. China Occupational Safety and Health Management System Certification, 2002(6): 44-45. (in Chinese)
- [2] 张新梅, 潘游, 陈国华, 等. 重大工业事故隐患辨识与评价方法研究 [J]. 中国安全科学学报, 2006, 16(5): 111-116.
ZHANG Xin-mei, PAN You, CHEN Guo-hua, et al. Study on recognition and evaluation of hidden danger of major industrial accident [J]. China Safety Science Journal, 2006, 16(5): 111-116. (in Chinese)
- [3] 吴起, 何天平, 徐进. 基于层次分析法的事事故隐患模糊综合评价研究 [J]. 中国安全生产科学学报, 2007, 17(5): 27-31.
WU Qi, HE Tian-ping, XU Jin. Study on fuzzy comprehensive evaluation of potential hazards based on AHP [J]. China Safety Science Journal, 2007, 17(5): 27-31. (in Chinese)
- [4] 李倩, 顾建栋, 朱润华. PLR 事故隐患分级发在上海市化工企业中的应用 [J]. 中国安全科学学报, 2004, 14(3): 99-102.
LI Qian, GU Jian-dong, ZHU Run-hua. Application of PLR classification guide for accidental potential in Shanghai chemical enterprise [J]. China Safety Science Journal, 2004, 14(3): 99-102. (in Chinese)
- [5] 邱慧琴. 液化石油气罐区火灾爆炸事故隐患辨识与评价 [D]. 北京: 北京科技大学土木与环境工程学院, 2006.
QIU Hui-qin. Identification and evaluation on fire & explosion accident potential of L PG storage tanks [D]. Beijing: Civil & Environment Engineering School, University of Science & Technology Beijing, 2006. (in Chinese)
- [6] 覃广游. 液化石油气充装站安全附件常见事故隐患及安全措施 [J]. 暨南大学学报, 2003, 24(1): 121-122.
QIN Guang-you. The common accident potentials and safety measures of safety accessory in LPG filling station [J]. Journal of Jinan University (Natural Science & Medicine Edition), 2003, 24(1): 121-122. (in Chinese)
- [7] MANJU M, PANWAR T S, SINGH M P. Development of dense gas dispersion model for emergency preparedness [J]. Atmospheric Environment, 1995, 29(16): 2075-2087.
- [8] 庄志强. 液化石油气瓶组站危险源的评价及分级 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学土木与环境工程学院, 2005.
ZHUANG Zhi-qiang. Evaluation and classification of the hazards in L PG cylinder group station [D]. Harbin: School of Civil and Environment Engineering, Harbin Institute of Technology (Shenzhen), 2005. (in Chinese)

Identification and Assessment of Urban Gas Accident Potential

BAI Yong-qiang, LÜ Liang-hai, WANG Tong, XIE Yu-shu, SONG Bing-xue
(Beijing Municipal Institute of Labour Protection, Beijing, 100054)

Abstract: Provides the definition of the accident potential for urban gas industry. And a compensating coefficient correction assessment method of accident potential is proposed. Based on Beijing liquefied petroleum gas storage and distribution station, the accident potentials are identified. The accident potentials are assessed by methods of expert evaluation, risk matrix, compensating coefficient correction, and the original grading recommendation values of the accident potentials are determined. This assessment method is applied to the gas enterprises of Beijing. The results showed that the original grading of the accident potential reflects the extent of the inherent hazard.

Key words: urban gas; accident potential; identification; assessment

(责任编辑 张士瑛)