

文章编号: 1000-8241(2012)03-0181-03

原油管道站场的量化风险评价

冯文兴¹ 贾光明¹ 项小强¹ 程万洲²

1. 中国石油管道公司管道完整性管理中心, 河北廊坊 065000; 2. 中国石油管道科技研究中心, 河北廊坊 065000

冯文兴等. 原油管道站场的量化风险评价. 油气储运, 2012, 31(3): 181-183.

摘要: 介绍了量化风险评价技术的基本流程、判定准则和评价模型, 以实例讨论了其在原油管道站场的应用。根据站场的生产特点, 设置泄漏场景; 根据站场所在地区的气候资料, 设定年平均风向、风速和大气稳定度等级的联合分布; 伤害模型以热辐射和超压为主, 以人员致死率为评价指标; 采用荷兰应用科学研究院的评价软件 RiskCurves 计算站场对界区内各岗位和界区外居民场所造成的个人风险数值和社会风险 F-N 曲线。根据评价结果, 从降低个人风险和社会风险两个方面, 提出风险控制建议。最后, 探讨了量化风险评价技术在油气管道站场的应用价值和尚待解决的问题。

关键词: 原油管道; 站场; 量化风险评价; 失效场景; 个人风险; 社会风险

中图分类号: TE88

文献标识码: A

DOI: CNKI:13-1093/TE.20111209.1058.001

20 世纪 80 年代, 发达工业国家在石油、化工等行业的风险管理、应急救援、土地使用规划等方面建立了量化风险评价方法, 并获得较广泛的应用^[1-2]。2002 年以后, 国内化工、石油石化行业开始研究和应用量化风险评价技术^[3-4]。近年来, 随着油气储运事业蓬勃发展, 管道运营企业加强了管道站场的风险管理, 采取多种技术手段识别、评价面临的风险, 量化风险评价技术亦被尝试应用于成品油、天然气管道站场^[5-6]。

1 评价过程

量化风险评价一般指对工业设施、设备发生泄漏事故的可能性和失效后果进行分析与量化计算, 将计算求得的风险值与设定的风险可接受标准进行比较, 以评估风险是否可以接受, 并根据评价结果提出削减风险的措施和建议(图 1)。

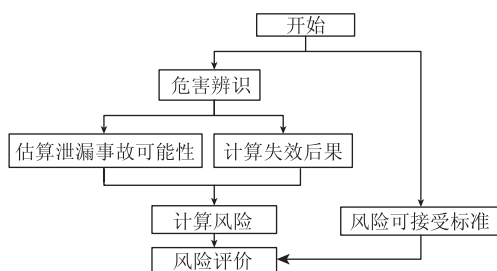


图 1 量化风险评价的技术流程

2 评价结果与判定准则

量化风险评价结果一般应给出相应范围内的人员所承受的风险, 包括个人风险和社会风险。个人风险是指一个人在没有保护措施的情况下, 在某个位置停留 24 h 死于事故的可能性, 以个人风险等值线的形式表示。社会风险是指发生多个人同时死亡事故的概 率, 与对应范围内的人员分布情况密切相关, 以社会风险曲线(F-N 曲线)的形式表示。判断风险是否可接受时, 一般采用最低合理可行原则, 即 ALARP 原则^[7]。该原则设定了风险可接受水平的上限和下限(图 2)。风险在可接受水平下限以下, 可以忽略; 风险在可接受水平上限以上, 不能接受; 风险在可接受水平上下限之间, 即 ALARP 区域, 需要在经济可行的前提下采取有效措施降低风险。目前, 国内尚未建立相应的风险可接受水平, 相关企业可以根据各自的管理水平和风险偏好, 参考工业发达国家的标准自行设定。工业企业员工和周围居民对工业设施带来风险的接受程度存在较大差别, 前者可接受的风险水平相对较高。



图 2 ALARP 风险等级划分示意图

3 评估模型

评估范围内位置 (x, y) 处所承受的个人风险是各个事故造成影响的累加结果^[6],即:

$$R(x, y) = \sum_{m=1}^M U_m(x, y) L_m$$

式中: $R(x, y)$ 为位置 (x, y) 处的个人风险; $U_m(x, y)$ 为第 m 个事故在位置 (x, y) 处造成人员死亡的可能性; L_m 为第 m 个事故发生的可能性; M 为事故场景的总数。

引起个体死亡的可能性 $U_m(x, y)$ 的计算过程:先对事故场景 m 在位置 (x, y) 处的事故后果进行模拟分析,一般采用液体或气体的泄漏模型、扩散模型、火灾模型、爆炸模型等;再将后果分析得到的热辐射通量、爆炸超压值或毒性物质含量等通过伤害模型转化为人员的伤亡数值。事故场景 m 的发生可能性 L_m 一般通过事件树分析获得。

在地图上,通过网格划分的办法,将个人风险值相等的各点连接起来,就得到个人风险等值线。将个人风险数值和人口分布情况相乘可以求得死亡人数的数值,将死亡人数与事故累积可能性的关系利用图线的形式表示,即社会风险 F-N 曲线。

4 应用实例

某原油管道站场的主要功能是接收原油,并将其经加热、加压后通过管道向外输送和通过码头装船外运。站场分为工艺生产区和储罐区两部分,工艺生产区包括泵系统、加热炉和换热系统、计量系统、管道系统等;储罐区有7个浮顶油罐,容积均为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。门卫在站场南侧,办公区域位于站场大门外,同时站场大门外还有食堂、员工公寓、村庄等。该站场输送的原油属易燃物,闪点为 $-6.67 \sim 32.2 \text{ }^\circ\text{C}$,爆炸极限为 $1.1\% \sim 8.79\%$ 。

4.1 泄漏场景设置

根据该站场的生产特点,将储罐、站内输油管道、热交换器、泵作为主要风险源,进行评价单元划分,设定泄漏场景及其失效概率^[8-9]。其中,储罐的泄漏场景:10 mm 孔径的泄漏;10 min 全部存量泄漏;灾难性破裂。站内输油管道的泄漏场景:罐区阀室前进站管道50 mm 孔径的泄漏;罐区阀室前进站管道破裂;罐区管

道50 mm 孔径的泄漏;罐区管道破裂;外输泵后外输管道50 mm 孔径的泄漏;外输泵后外输管道破裂。热交换器的泄漏场景:50 mm 孔径的泄漏;破裂。泵的泄漏场景:50 mm 孔径的泄漏;破裂。

原油泄漏后可以立即点燃,在非立即点燃的情况下,泄漏的原油会产生可燃性蒸气云。如果可燃性蒸气云中可燃物质的质量分数高于爆炸下限,在扩散过程中遇到点火源将产生延迟点燃的情况,发生闪火或爆炸。对原油泄漏后果进行事件树分析(图3,其中数字为发生每种后果事件的可能性^[6-7]),由此可计算求得每种事故场景发生的可能性。

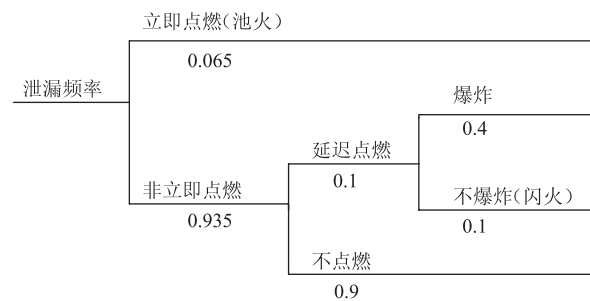


图3 原油泄漏事故场景事件树

4.2 风险计算设定

根据该站场所在地区的气候资料,设定年平均风向、风速和大气稳定度等级的联合分布,这些数据主要影响原油泄漏可燃成分的蒸发和扩散。

伤害模型主要是热辐射和超压,以人员致死率为指标^[8-9]。热辐射标准取高于 37.5 kW/m^2 ,室内外人员死亡率为100%;热辐射标准取低于 37.5 kW/m^2 ,室外人员死亡率为14%,室内人员死亡率为0。超压标准取高于0.03 MPa,室内外人员死亡率为100%;超压标准取高于0.01 MPa,室内人员死亡率为2.5%,室外人员死亡率为0。

参考发达国家的做法^[7],个人风险以年累积发生频率为指标,结合国内企业管理水平和该站场的实际情况,将站场员工的个人风险可接受水平上限设为 10^{-3} ,下限设为 10^{-5} ,将站场周围居民的个人风险可接受标准上限设为 10^{-4} ,下限设为 10^{-6} 。同时设定社会风险可接受水平的上限和下限(表1)。

表1 社会风险可接受水平指标的设定

死亡人数/人		年累积频率	
上限	下限	上限	下限
1	1	10^{-3}	10^{-5}
10	10	10^{-4}	10^{-6}
100	100	10^{-5}	10^{-7}

4.3 评价结果

采用荷兰应用科学研究院(TNO)的评价软件 RiskCurves 计算站场对界区内各岗位所造成的个人风险数值(图4)和社会风险 F-N 曲线(图5)。根据设定的风险可接受水平,站场对界区内各岗位员工所造成的个人风险可接受,处于最低合理可行范围,即 ALARP 区域内,其中消防泵房、外输泵房、调度室等岗位的个人风险相对较高;对界区外居民场所造成的个人风险可忽略。站场所造成的社会风险亦处于最低合理可行范围,即 ALARP 区域内,其中外输泵和热交换器的失效对总体社会风险的贡献率最高,达 52%,储罐破裂引发池火对总体社会风险的贡献率为 17%;闪火和蒸气云爆炸对总体社会风险的贡献率为 18%,此 3 项失效事对总体社会风险的贡献率总计约 90%。

基于该计算结果,提出风险控制建议:通过加强消防泵房、外输泵房、调度室等岗位的安全管理,降低个人风险;通过加强对外输泵、热交换器及储罐的维护和完整性管理,降低其失效可能性,从而降低社会风险。

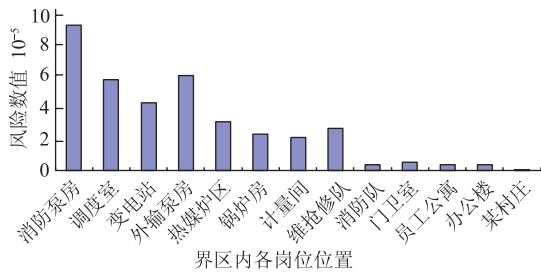


图4 某站场各岗位个人风险数值

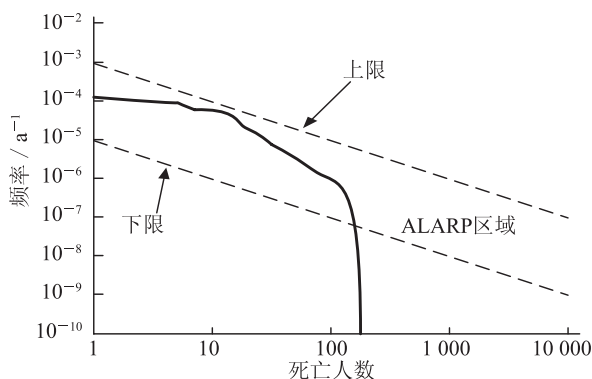


图5 某站场的社会风险曲线(F-N 曲线)

5 结束语

实践证明,量化风险评价技术在油气管道站场的应用具有积极作用,不仅能够定量分析、评价危害因素对站场各岗位人员和周边居民造成的风险,为企业制

定科学、合理的风险控制措施提供决策参考,而且可为政府安全管理部门对站场土地使用进行安全规划、设计审查提供依据。

目前,该技术的应用尚存在一定问题:管道行业尚未建立可用的失效数据库;油气管道站场量化风险评价结果的可靠性需进一步确认;国内亦缺乏被普遍认可的风险可接受水平。因此,限制了管道企业对评价结果的参考和使用。可见,要将量化风险评价技术有效应用于油气管道站场的风险控制流程中,需要政府、企业多方联合推动,建立失效数据库和适合的风险可接受标准,逐步完善量化风险评价方法和体系。

参考文献:

- [1] 代利明,陈玉明. 几种常用定量风险评价方法的比较[J]. 安全与环境工程,2006,13(4):95-98.
- [2] Bottelberghs P H. Risk analysis and safety policy developments in the Netherlands[J]. Journal of Hazardous Material, 2000, 71(1): 59-84.
- [3] 吴宗之,多英全,魏利军,等. 区域定量风险评价方法及其在城市重大危险源安全规划中的应用[J]. 中国工程科学,2006, 8(4):46-49.
- [4] 刘铁民. 低概率重大事故风险与定量风险评价[J]. 安全与环境学报,2004,4(2):89-91.
- [5] 姜焕勇,韩丽,邵勇,等. 输气站场泄漏事故后果模拟与定量风险评价[J]. 油气储运,2009,28(9):23-26.
- [6] 冯文兴,税碧垣,李保吉. 定量风险评价法在成品油管道站场风险管理中的应用[J]. 油气储运,2009,28(10):10-13.
- [7] 赵忠刚,姚安林,赵学芬. 油气管道可接受性风险评估的研究进展[J]. 石油工业技术监督,2005,21(5):94-98.
- [8] Uijt de Haag P A M, Ale B J M. Guidelines for quantitative risk assessments[M]. Netherlands: Committee for the Prevention of Disasters, 2005: 1-4.
- [9] 中国石油化工股份有限公司青岛安全工程研究院. 石化装置定量风险评估指南[M]. 北京:中国石化出版社,2007: 1-210.

(收稿日期:2011-04-18;编辑:关中原)

作者简介:冯文兴,高级工程师,1979年生,2007年博士毕业于中国科学技术大学安全技术及工程专业,现主要从事油气管道完整性和风险评价技术的研究工作。

电话:0316-2170641;Email:wxfeng@petrochina.com.cn