

浅析定量风险分析 在LNG储罐泄漏应急中的应用

□ 深圳市燃气集团股份有限公司 (518067) 安成名 陈运文 王晨 彭杨

摘要: 警戒及疏散距离的确定是燃气泄漏应急过程中非常重要的一个环节, 本文运用定量风险分析的方法, 筛选可能发生的事故并计算最严重后果, 衡量泄漏产生的浓度分布, 带压泄漏着火产生的喷射火以及延迟点火产生的爆炸后果的影响范围, 确定液化天然气 (LNG) 储罐泄漏时, 火源控制距离、警戒及周边疏散的距离。

关键词: 液化天然气 (LNG) 定量风险分析 应急

1 概述

随着LNG在城镇燃气领域的不断的应用, LNG泄漏及其引起的后果越来越受到人们的关注。以往针对LNG储罐事故的统计分析, 认为LNG储罐泄漏导致的主要火灾爆炸事故的严重程度与环境条件和泄漏点源性质有很大关系^[1-3]。

LNG储罐中物质的形态下部为低温LNG液体, 顶部有少量低温天然气, 即甲烷。甲烷是无色无臭, 闪点-188℃, 易燃, 火灾危险性甲类, 爆炸上限5.3%, 爆炸下限为15%。

本次分析选取的储罐位于深圳市某燃气储配站内, 该站有2个相同的LNG储罐, 罐体的基本资料如表1所示。

2 定量模拟场景及参数选取

根据美国石油协会标准“API 581-2008 Risk-based Inspection Technology”的推荐数据, 以及美国阿莫科石油公司探测和生产部《美国操作安全程序管理执行基础》(修订1, 1995年11月11日)第5节27-29页提出的设备失效率统计数据, 单个设备或单个人为失误导致事故的概率, LNG储罐发生小孔、中孔、大孔、灾难性破裂时的失效率分别为:

- 小孔 (5mm) 2.50×10^{-3}
- 中孔 (25mm) 1.00×10^{-4}
- 大孔 (100mm) 1.25×10^{-4}
- 灾难性破裂 (孔径大于100mm) 6×10^{-6}

根据国际标准IEC61511的规定, LNG储罐泄漏

表1 罐体基本资料

筒体	夹套	容器规格	介质	主体材料
<ul style="list-style-type: none"> • 模拟压力: 0.8MPa • 最高工作压力: 0.7MPa • 设计温度: -196℃ 	<ul style="list-style-type: none"> • 设计压力: -0.1MPa • 最高工作压力: 真空 • 设计温度: 50℃ 	<ul style="list-style-type: none"> • 内径: 3 000mm • 高度: 16 980mm • 容积: 105.3m³ • 两罐距离6m 	<ul style="list-style-type: none"> • 夹套: 珍珠岩 • 筒体: LNG 	<ul style="list-style-type: none"> • 外壳: 16MnR • 内胆: 0Cr18Ni9

并发生爆炸的概率是LNG储罐破裂的失效率乘以泄漏LNG被点燃的失效率。员工由于不遵循作业许可证制度,导致LNG被点燃的概率为 $10^{-1} \sim 10^{-2}$,取保守数据 10^{-1} ,则以上4种破裂导致爆炸的概率为:

- 小孔(5mm) 2.50×10^{-4}
- 中孔(25mm) 1.00×10^{-5}
- 大孔(100mm) 1.25×10^{-5}
- 灾难性破裂(孔径大于100mm) 6×10^{-7}

根据国家安全生产监督管理总局令40号《危险化学品重大危险源监督管理暂行规定》的规定,现场员工个体死亡的可容许风险为小于 1×10^{-6} 。对比以上结果,LNG储罐灾难性破裂并爆炸的概率为 6×10^{-7} ,小于可容许风险 1×10^{-6} 。因此,LNG储罐发生灾难性破裂的风险可以不予考虑,即储罐破裂孔径大于100mm以上泄漏的风险可以不予考虑。但是大孔以下孔径泄漏的风险还是要予以考虑。当储罐发生泄漏时,很难在当时判断出泄漏孔径的大小,因此从应急的角度考虑,选取大孔的泄漏后果做定量模拟分析。

LNG储罐泄漏后,若立即点火,则可能产生喷射火,若不能立即点着,泄漏的气体与空气充分混合,遇点火源有可能产生爆炸,因此选取大孔泄漏的浓度分布、喷射火产生的热辐射以及爆炸产生的冲击波进行分析。

本次分析选取的参数如表2。

表2 风速参数表

风速 (m/s)	风级	描述
3	2轻风	人面感觉有风,树叶微响,寻常的风向标转动
4.7	3微风	树叶及微枝摇动不息,旌旗展开
8	5和风	小树摇摆
10.5	6劲风	大树枝摇动,电线呼呼有声,举伞有困难

- 大气稳定程度: D;
- 压力: 0.6MPa;
- 温度: -162°C ;
- 单罐容积: 105m^3 ; 充装系数: 0.95; 罐体储存物质总量: 100m^3 ;
- 罐体内径: 3m;
- 罐体外径: 3.5m;

- 顶部孔选取距地平面17m;
- 中部孔选取距地平面9m;
- 底部孔选取距地平面1m。

3 定量模拟分析结果

3.1 不同部位大孔泄漏的定量模拟结果

本次定量模拟采用挪威船级社(DNV)公司PHAST RISK软件进行计算,衡量准则选取如下:

(1) 对于泄漏扩散的影响取可燃气体爆炸下限的一半(50%LEL)、爆炸下限(LEL)和爆炸上限(UEL)等3个参数;

(2) 对于火灾热辐射的影响,依据《化工企业定量风险评价导则》(AQ/T 3046-2013)取热辐射可能造成的轻伤半径($4.0\text{kW}/\text{m}^2$)、重伤半径($12.5\text{kW}/\text{m}^2$)及死亡半径($37.5\text{kW}/\text{m}^2$);

(3) 对于爆炸冲击波超压造成的人员伤亡率目前国内和国际上没有统一的准则,在此根据中国安全生产科学研究院、国外研究机构文献资料、以及挪威船级社DNV公司PHAST RISK软件默认值提供的数据,确定爆炸冲击波造成的轻伤半径(2kPa)、重伤半径(14kPa)及死亡半径(21kPa)。

表3是在 $4.7\text{m}/\text{s}$ 的风速下,不同部位大孔泄漏对地面影响的模拟结果。

表3 不同部位大孔泄漏定量模拟结果(m)

项目		上部	中部	下部
扩散浓度	爆炸上限(UEL)	20.6	21.7	48.8
	爆炸下限(LEL)	27.2	28.3	173.4
	爆炸下限的一半(50%LEL)	29.3	31	248.8
火灾热辐射	死亡半径	142.6	147.7	107.8
	重伤半径	158	158.6	114.7
	轻伤半径	187.7	188.9	138.1
爆炸冲击波	死亡半径	457.8	480.1	299.4
	重伤半径	478.1	504.7	313.9
	轻伤半径	759.1	827.9	495.8

从以上结果可以看出,泄漏导致的事故后果中,爆炸冲击波影响最大,泄漏的部位为中部泄漏产生的后果最严重,可能的影响范围如图1所示。

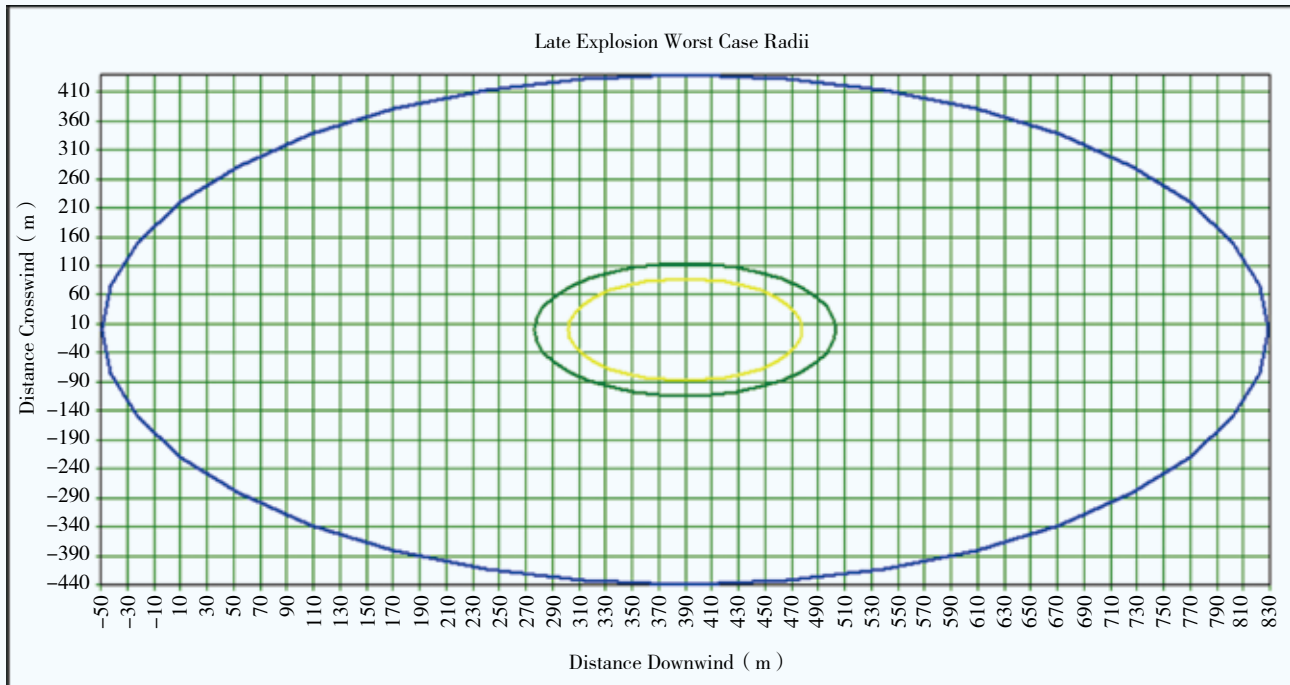


图1 中部大孔泄漏爆炸冲击波影响范围

3.2 不同风速大孔泄漏的定量模拟结果

上节分析提到中部泄漏导致的后果最严重，所以选取大孔中部泄漏做不同风速下的定量计算，计算结果如表4所示。

表4 不同风速大孔泄漏定量模拟结果 (m)

项目		2.5m/s	4.7m/s	8m/s	10.5m/s
扩散浓度	爆炸上限 (UEL)	21	21.7	22.7	23.5
	爆炸下限 (LEL)	27.4	28.3	30.5	39
	爆炸下限的一半 (50%LEL)	29.2	31	45.7	53.3
火灾热辐射	死亡半径	147.7	147.7	147.7	147.7
	重伤半径	158.6	158.6	158.6	158.6
	轻伤半径	188.9	188.9	188.9	188.9
爆炸冲击波	死亡半径	563.0	480.1	390.9	353.1
	重伤半径	593.9	504.7	409.3	368.5
	轻伤半径	973.8	827.9	666.7	590.5

从以上计算结果可以看出，风速对于喷射火对地面产生的热辐射几乎无影响；随着风速的加大，泄漏扩散对地面的影响的范围越来越大，爆炸极限的范围

也越来越大；爆炸冲击波对地面的影响随着风速的增大而减小。

4 定量模拟结果在应急处置中的应用

LNG储罐泄漏应急的现场处置措施一般包括火源控制、人员疏散、警戒、隔离及应急堵漏等措施，但火源控制距离、警戒及疏散距离等一般很难凭借经验确定，然而这些距离又是应急处置措施达没达到效果的关键，大多数企业关于LNG储罐泄漏应急措施的编制中关于警戒、疏散等距离都没有明确的界定，这就导致应急处置方案无法有效的执行，达不到事故控制的目的。本文通过对事故后果的定量模拟计算，并将计算结果应用到泄漏应急处置方案的编制中，为LNG储罐的应急处置方案的编制提供一个行之有效的方法。

综合以上分析，该场站在编制LNG储罐较大规模泄漏的应急处置措施时，应至少考虑在250m范围内控制点火源；至少疏散周边1 000m范围内的人员，并拉警戒线，严禁无关人员出入，并协助相关部门做好范围内道路的交通管制等工作。当有喷射火产生，应控制对事故区域的管制，禁止人员进入200m范围内。

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2017.05.002

EN 1359:2015 (E) 报批稿 与EN 1359:1998+A1:2006主要差异

□ 金卡高科技股份有限公司 (310018) 郑水云 江航成 钊伟明

摘 要: 本文介绍了EN 1359:2015(E) 报批稿《膜式燃气表》相对于EN 1359:1998+A1:2006版的主要差异。

关 键 词: EN 1359 膜式燃气表 2015版 差异

1 引言

EN 1359《膜式燃气表》是在全球范围内广泛使用的膜式燃气表制造业的标准,国内GB/T 6968《膜式燃气表》根据该标准内容制定。EN 1359: 1998发布之后,经过增补,目前现行版本为EN 1359: 1998+A1:2006,但是该标准主要针对机械式的膜式燃气表,已经无法满足智能燃气表发展的需求。如今,通信技术的发展犹如给燃气表提供了翅膀,从有线到无线,从无线到物联网,强有力的支撑促成了对智能燃气表业巨大的需求,甚至在某些国家仅要求提供智能燃气表,凡此种种,促使智能燃气表业迅猛发展,随

着EN 16314:2013《燃气表 附加功能》标准发布,说明燃气表附加电子装置取得了里程碑性的进展,随着MID 2014/32/EU的改版,说明信息化已成为燃气表必备的基础功能之一,为了适应这种发展的需求及与MID 2014/32/EU保持一致,欧盟CEN/TC 237技术委员会在近几年对EN 1359进行了修订,在新版标准中明确加入了电子装置的功能要求及其试验方法,使该标准的使用更趋于完善。

本文根据EN 1359:2015 (E) 的报批稿与EN 1359:1998+A1:2006的内容进行了对照,由于个人知识水平所限,仅列出主要的差异,以期为急切等待EN 1359:2015 (E) 发布的同仁提供参考。

参考文献

- 1 黄琴,蒋军成. 液化天然气(LNG)瞬时泄漏扩散的模拟研究[J]. 工业安全与环保, 2007; 33(9): 13—15
- 2 陈国华,成松柏. LNG泄漏事故后果模拟与定量风险

评估[J]. 天然气工业, 2007; 27(6): 133—135

- 3 王洪丽,刘晓宇,海热提·涂尔逊. LNG接收站泄漏事故最大风险预测[J]. 环境科学研究, 2006; 19(2): 108—111