

LNG接收站火灾危害分析

孙新征¹ 康正凌² 姜华军¹ 梁永图³

(1.广东珠海燃气工程建设办公室 2.海军后勤技术装备研究所 3.中国石油大学·北京)

孙新征等.LNG接收站火灾危害分析.天然气工业,2007,27(1):128-130.

摘要 介绍了LNG接收站的火灾危害情况;结合珠海LNG接收站项目,分析比较了我国和美国的LNG防火标准的相关条款;进而讨论了确定接收站场与油气站场及交通线路安全间距的方法;最后,根据挪威船级社的火灾危害计算分析结果,提出了减小LNG接收站火灾危害风险的措施。

关键词 液化天然气 接收站 火灾 危害 分析 安全间距

一、火灾危害类型及相关工艺单元

1.LNG接收站的主要火灾类型

LNG接收站内的火灾危害主要是由于站内的工艺设备发生泄漏,泄漏出的LNG遇到火源后形成的。火灾危害大体分为以下5类。

(1)大量LNG泄漏到地面或水面后[LNG溢出到水面的蒸发速率是 $0.181 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})^{[1]}$],形成一定厚度的液池,遇到火源,发生池火。

(2)接收站气体外输系统(如气化器、计量装置、高压天然气管道等)内气体为高压,泄漏时被点燃产生喷射火。

(3)泄漏的LNG蒸发形成蒸气云漂移遇到明火,产生闪火。

(4)障碍/密闭空间内(如外输装置区、罐区等)LNG蒸气云被点燃,产生蒸气云爆炸。

(5)LNG容器(如再冷凝器)和高压天然气管线等由于外部火灾烘烤或其他原因,猛然破裂时引发的火球爆炸。

2.相关工艺单元的PLL分析

LNG接收站内易发生火灾危害的工艺单元主要有:①LNG卸船作业过程卸料臂;②LNG进罐管线;③LNG出罐管线;④LNG高压泵;⑤蒸发气(BOG)管线;⑥再冷凝器;⑦气化器区;⑧天然气外输计量区;⑨LNG槽车装车区。

这些工艺单元产生火灾的危害程度可以由PLL概率分析表来加以表示(表1)。PPL的英文就是

表1 主要工艺单元PLL概率分析表

序号	发生事故工艺单元	PLL概率(%)
1	LNG进罐管线	37.24
2	LNG出罐管线	31.60
3	高压泵	19.27
4	再冷凝器	5.97
5	气化器	3.82
6	槽车装车区	1.56
7	计量器	0.44
8	BOG管线	0.08
9	卸料臂	0.02

Potential Life Lose,表示潜在生命损失,为事故后果、事故发生频率和人员死亡的结合。

二、现行主要LNG防火设计标准分析

国内外目前关于LNG接收站防火设计的标准主要有3个,分别为:中国国家标准《石油天然气工程防火设计规范》(GB/T50183-2004)、美国消防协会《NFPA59A standard for the production, storage, and handling of liquefied natural gas》(NFPA59A)以及欧洲的《Installation and equipment for liquefied natural gas - Design of onshore installation》(EN1473)。鉴于国内目前较少引用EN1473,故只讨论GB/T50183-2004和NFPA59A。

GB50183关于接收站和周围环境防火间距的相关条款有4条,分别是:10.2.2、10.2.5、10.3.4、10.3.5;NFPA59A中的相应条款为2.2.3.2、

作者简介:孙新征,1978年生,硕士;2003年毕业于中国石油大学(北京);主要从事LNG项目的建设。地址:(519015)广东省珠海市九洲大道中1002号农行大厦10楼广东珠海燃气工程建设办公室。电话:(0756)3220519,13923390903。E-mail:sunxzheng@yahoo.com.cn

2.2.3.3。GB50183的10.2.2只提出站址要远离大型危险设施和运载危险物品的运输线路^[2],其安全间距并没有具体的数值可以参考;10.2.5条款对储存容量大于 $3 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的液化天然气站场也只是提出了站场和居住区、福利设施的间距要求^[2]。在GB50183的10.2的条文说明中要求参考国家标准《核电厂总平面及运输设计规范》GB/T 50294-1999和法国索菲公司资料。《核电厂总平面及运输设计规范》3.2.10中对于厂址选择也仅规定远离大型危险品设施,远离运输危险品的运输线路^[3];法国索菲

公司资料要求储罐区(罐外壁)距离站址围墙30 m,对于区域布置仅提到与居住区有具体的要求。GB50183的10.3.4、10.3.5条款和NFPA59A的2.2.3.2和2.2.3.3条款^[4]都从发生火灾产生的热辐射和蒸气云扩散浓度两个方面来确定防火安全间距。这些条款对于接收站场和油气站场以及交通线路的安全间距都未明确提及。

仔细分析热辐射条款,可以将油气站场及交通线路和规范中的内容大致对应起来,结果见表2。

如果按照上表的对应方式,可以看出,用热辐射

表2 LNG接收站防火设计的标准条款对应结果分析表

	GB50183	对应热辐射值	NFPA59A	对应热辐射值
油气站场	即使是能耐火且提供热辐射保护的在用构筑物	$\leq 30 \text{ kW/m}^2$	The nearest point of the building or structure outside the owner's property line...as assembly	$\leq 9 \text{ kW/m}^2$
交通线路	50人以上的室外活动场所	$\leq 4 \text{ kW/m}^2$	The nearest point located outside the owner's property line...is used for outdoor assembly by groups of 50 or more persons	$\leq 5 \text{ kW/m}^2$

注: NFPA59A中还必须要满足2.2.3.2第1款和第3款建筑红线上的热辐射要求。

要求来确定接收站和交通线路的安全间距时,GB50183和NFPA59A要求比较相近,也比较合理;而在确定接收站和油气站场的安全间距时,GB50183的条款较为合理,NFPA59A则由于没有工厂、构筑物等概念,套用了NFPA59A中的对人员聚集地、学校、医院等的要求^[4],显得偏严格。因此用热辐射确定接收站和油气站场安全间距时,推荐采用NFPA59A 2.2.3.2款a部分第1、第4条,不推荐用上表NFPA59A的对应方式。

三、火灾危险计算结果分析

以珠海LNG接收站为例加以说明。

珠海LNG接收站位于珠海市高栏岛南迳湾化工作业区内,站址东北面为BP公司的LPG罐区,东南面为规划建设的港丰公司LPG罐区。目前有环岛路从接收站陆域通过,接收站建成后将现有穿越库区的环岛路移至库区之外,沿库区外侧布置。南迳湾作业区内多为化学品码头,届时会有运输化学物品的车辆通过环岛路。

根据珠海LNG接收站本身的参数,使用挪威船级社的模型对珠海LNG接收站各个工艺单元选取2类具有代表性的泄漏孔径(分别为中孔径25 mm,大孔径75 mm)进行热辐射和蒸气云扩散计算,结果如表3所示。其中, L_1 表示至甲烷爆炸下限50%的

距离; L_2 表示热辐射 4 kW/m^2 的距离; L_3 表示热辐射 9 kW/m^2 的距离; L_4 表示热辐射 30 kW/m^2 的距离……

从表3结果可以得出以下认识。

(1)各单元火灾热辐射的范围(表中蓝色单元格部分),除了外输管道计量区外,最小的为13 m,最大的为87 m,100 m以内的热辐射范围占计算值的97.4%,热辐射范围基本上都在100 m之内。

(2)外输管道计量区发生火灾时的热辐射范围最大(75 mm泄漏时, 4 kW/m^2 和 9 kW/m^2 的辐射距离为129 m和84 m)。

(3)蒸气云扩散到甲烷爆炸下限的50%的距离(表中紫色单元格部分),除去BOG管线的扩散距离较小外,其他工艺单元的扩散距离大多在100~300 m之间,其中LNG出罐管线单元最大扩散距离达446 m。

(4)由(2)、(3)可见,LNG接收站中蒸气云扩散的危害距离大于热辐射的危害距离。

四、结论

GB50183和NFPA59A中对LNG站场和油气站场和交通线路的安全间距都无明确规定,但根据以上的分析讨论可知,可以参照标准中热辐射和蒸气云扩散的相关条款进行火灾危害计算分析来确定

表 3 火灾危险计算结果表

泄漏部位	泄漏孔径(mm)	产生蒸气云概率(a)	L_1 (m)	火灾概率(a)	L_2 (m)	L_3 (m)	L_4 (m)
卸料臂	25	3.48×10^{-6}	187	6.13×10^{-6}	28	22	14
	75	7.08×10^{-7}	290	1.24×10^{-6}	86	62	35
LNG 进罐管线	25	2.67×10^{-6}	119	4.69×10^{-6}	14	13	
	75	8.94×10^{-7}	315	1.57×10^{-6}	131	93	52
LNG 出罐管线	25	3.69×10^{-5}	193	6.49×10^{-5}	19	17	14
	75	6.54×10^{-6}	446	1.15×10^{-5}	78	59	37
BOG 管线	25	2.67×10^{-4}	26	4.69×10^{-4}	22	14	13
	75	7.53×10^{-5}	49	1.32×10^{-4}	35	30	23
再冷凝器	25	2.73×10^{-5}	236	4.78×10^{-5}	47	36	22
	75	6.72×10^{-6}	318	1.18×10^{-5}	86	62	35
高压泵	25	6.18×10^{-5}	255	1.08×10^{-4}	73	53	31
	75	9.6×10^{-6}	299	1.68×10^{-5}	87	63	37
气化区	25	5.52×10^{-5}	236	9.69×10^{-5}	86	62	35
	75	6.48×10^{-6}	303	1.14×10^{-5}	87	63	37
外输管道计量区	25	2.37×10^{-5}	31	4.16×10^{-5}	46		
	75	4.89×10^{-6}	82	8.55×10^{-6}	129	84	

注:GB50183 中要求甲烷气体平均浓度不超过 2.5%, 鉴于甲烷的爆炸下限为 5%, 因此按照 NFPA59A 统一为甲烷爆炸下限的 50%; 空格表示无有可能发生; 黄色单元格为发生概率小于 10^{-6} 次/年的火灾危害, 在工程中不予考虑。

间距是否安全, 并且根据计算结果来采取有效措施, 使接收站布置满足防火设计要求。

表 1、3 参考自内部文献《珠海 LNG 火灾危害分析》, 摘自挪威船级社。

参 考 文 献

- [1] 顾安忠. 液化天然气技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004: 297.
- [2] 国家标准 GB/T50183-2004; 石油天然气工程设计防火规范[S]. 北京: 中国计划出版社.

[3] 国家标准 GB/T 50294-1999. 核电厂总平面及运输设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社.

[4] NFPA 59A Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG)-2001[S]. National Fire Protection Association.

[5] 刘勇. 液化天然气的危险性与安全防护[J]. 天然气工业, 2004, 24(7): 105-107.

(修改回稿日期 2006-12-05 编辑 居维清)