

杭州市西部LNG应急气源站 消防系统配置设计浅析

□ 杭州市燃气集团有限公司 (310006) 高靖科

□ 杭州市城乡建设设计院有限公司 (310004) 蔡光辉 任利荣 沈旭峰

摘 要: 以杭州市西部LNG应急气源站为例, 结合LNG火灾特点, 在符合国家相关规范的前提下, 对合理设置LNG应急气源站的消防系统进行分析。

关 键 词: 杭州市 LNG应急气源站 消防系统

Analysis of Fire Protection System of Hangzhou West LNG Emergency Gas Supply Station

Hangzhou Gas Group Co., Ltd Gao Jingke

Hangzhou Urban&Rural Construction Design Institute Co.,Ltd

Cai Guanghui, Ren Lirong, Shen Xufeng

Abstract: This paper analyses the setting of fire protection system in LNG emergency gas supply station, taking Hangzhou West LNG emergency gas supply station as an example, according to the characteristics of LNG fire and national codes.

Keywords: Hangzhou LNG emergency supply station fire protection system

1 工程概述

随着杭州市社会经济的不断发展, 天然气作为清洁能源, 使用量不断增加, 对杭州可持续发展起到至关重要的作用。但是杭州在发展天然气过程中, 遇到了冬夏季供需不平衡, 缺少调峰应急备用气源的问题。杭州市西部LNG应急气源站的建成有效缓解了这一矛盾, 确保杭州市安全、稳定、可靠的供气。西部应急气源站储存LNG规模为4 950m³, 应急时可保证连续3天的供应量, 应急供气规模为80万Nm³/d, 最大气

化能力为8万Nm³/h。站内建1台4 500m³LNG常压罐, 3台150m³LNG真空粉末罐, 同时建有生产辅助用房、变配电间、综合楼、消防水池、消防泵房等辅助设施。

2 火灾危险性分析

本工程主要危险源为液化天然气(LNG)。LNG是将气态天然气深冷至-162℃以下制得的液态天然气, 是以甲烷为主要组分的烃类混合物, 其自燃点为650℃, 在空气中的爆炸极限为5%~15%, 高

于-112℃时,其蒸气比空气轻,易于向高处扩散^[1]。液化天然气具有低温、易挥发和易燃易爆的特性。液化天然气火灾的特点:火灾爆炸危险性大;火焰温度高、辐射热强;易形成大面积火灾;具有复燃、复爆性。

本工程可能发生的消防事故主要为泄漏事故和火灾事故。可能存在的泄漏事故主要包括(1)储罐发生变形破裂造成LNG大面积泄漏;(2)LNG槽车上储罐管道及阀门发生泄漏;(3)LNG卸车作业过程中发生的泄漏;(4)LNG储罐连接管道及阀门发生的泄漏。可能发生的火灾爆炸事故主要包括(1)LNG储罐、输送设施、管线内天然气泄漏时被点燃产生的喷射火灾;(2)LNG泄漏后形成的LNG蒸气云被点燃产生的闪火。液化天然气一旦从储罐或管道泄漏,一小部分立即急剧气化成为蒸气,剩下的泄漏到地面,沸腾气化后与周围的空气混合成冷蒸气雾,在空气中冷凝形成白烟,再稀释受热后与空气形成爆炸性混合物。形成的爆炸性混合物若遇到点火源,可能引发火灾及爆炸。事故状态时设备的安全释放设施排放的天然气遇到火源,也可能引发火灾。

由于储罐存有大量液体,一旦出现问题,势必会造成严重安全事故,因此保证储罐安全,防止LNG大量泄漏造成大面积火灾是本站消防设计的核心。

3 消防系统分析

杭州市西部LNG应急气源站消防设计原则就是以防为主,防消结合。

第一是防止火灾发生。液化天然气泄漏一段时间以后气化率趋近于一个常数,这时泄漏的液化天然气就会在地面上形成一种液流。若无围护或导流设施,则泄漏的液化天然气就会沿地面大面积扩散。因此在每个LNG储罐四周均设置导液沟,罐区东北侧设置集液池。泄漏的LNG沿导液沟流淌到集液池中,防止在罐区内到处流淌而迅速气化扩散。集液池边设置高倍数泡沫发生器,储罐发生泄漏时LNG汇集到集液池内,泡沫发生器能产生大量的泡沫覆盖集液池及周围,阻止LNG快速吸收周围热量气化而形成可燃性天然气蒸气云团^[2],同时还具有降低火灾辐射热的作用。

第二是一旦发生火灾能自救,消灭初期火灾,控制较大火灾,防止火灾扩大,给消防队前来灭火争

取时间。LNG储罐和储罐区是站内最危险的设备和区域,发生火灾时,受到辐射热的储罐,罐壁温度会迅速上升,导致罐壁强度降低,储罐可能出现变形甚至破裂的危险,造成大面积泄漏引起更大灾害。最有效的方法是利用固定喷水冷却装置对着火储罐及相应设备进行喷水降温保护,每个储罐在罐顶和罐壁各设置一圈水雾喷头,在必要时能喷射水雾覆盖储罐表面,到达冷却降温的目的。同时在站区设置室外消火栓,辅助固定水喷雾系统对储罐进行降温,同时还能作用于水喷雾系统无法覆盖的场所。由于储罐区较大,且储罐高度较高,在工艺区内配置室外消火栓的同时,还配有消防水炮,增加喷射距离,以确保水柱能够覆盖储罐。水雾喷头、室外消火栓和消防水炮除了在储罐发生火灾时,能对储罐冷却降温外,还能在储罐发生泄漏时稀释泄漏的LNG形成的蒸汽云,降低发生火灾及爆炸的概率。

在LNG气化站内水既不能控制也不能熄灭火灾,只是用于冷却降温,要扑灭初期火灾,最有效的就是使用小型干粉灭火器。储罐底部的进出液管、LNG槽车卸液区、工艺管道上的阀门等均是极易发生LNG泄漏的地点,在这些区域均设有小型干粉灭火器,一旦泄漏的LNG遇到火源发生局部小型火灾,便能够快速有效扑灭,阻止火灾扩大,造成严重后果。工艺区内的灭火器配置按《城镇燃气设计规范》执行。除了储罐区地面,4 500m³LNG常压罐罐顶也是火灾易发点。在事故状态下或当储罐内部压力过高时,需要通过储罐顶部安全阀释放天然气。在释放天然气时,若遇到火源形成火灾,很可能将火灾引入储罐内,造成更大的危害。因此在4 500m³LNG常压罐通向大气的安全阀出口管专门设置了固定干粉灭火系统用于保护,一旦发生火灾,干粉灭火系统能快速喷射干粉灭火剂,隔绝空气,扑灭火灾,防止火灾扩大。

辅助区建有综合楼、生产辅助用房、变配电间、水泵房等建筑,根据《建筑设计防火规范》进行消防设计。

4 消防系统简介

4.1 高倍数泡沫灭火系统

储罐区集液池设一台固定式PF4型水轮式高倍数

泡沫发生器, 自带比例混合器, 由水轮驱动。泡沫发生器自带泡沫液箱, 尺寸为 $1\ 000\times 800\times 800$ (mm), 总容积约为640L。在泵房内设置专用泡沫泵, 供高倍数泡沫发生器用水, 水与泡沫液经过比例混合器混合能产生大量泡沫, 覆盖到集液池中, 持续发泡时间为40min。

同时储罐区内还设有3具PF4-100型手推组合型高倍数泡沫发生器, 它可作为固定式泡沫系统的补充, 能够更快、更有效的扑灭火灾。

4.2 储罐固定水喷雾系统

4 500m³LNG常压罐和150m³LNG真空粉末罐均设置固定水喷雾系统, 在储罐的灌顶和罐壁各设置一圈水雾喷头, 喷头型号为ZSTWA-43-120。在发生火灾时, 水雾能对储罐冷却降温, 防止储罐破裂, 造成大面积泄漏爆炸。

4 500m³LNG常压罐罐顶冷却水供给强度为4L/min·m², 管壁冷却水供给强度为2L/min·m², 冷却面积均按储罐全面积计算。150m³LNG真空粉末罐冷却水供给强度为0.15L/s·m², 面积按储罐全面积计算。

水喷雾系统均由室外消防给水环网供水, 每个储罐均有两根DN150给水管供水。在每根给水管上均设置气动蝶阀, 能够在控制室远程开启。

4.3 室外消火栓及消防水炮系统

本站内室外消防给水管网呈环状布置, 由消防水泵引出两条DN300输水管线向环状管网供水, 设有14个SS100/65-1.0室外地上式消火栓, 每个地上式消火栓带有1个DN100和2个DN65的栓口。同时在储罐区设置有7个SPT50水炮, 消防水炮的进口压力约为0.8MPa, 其流量约为20L/s, 对储罐区及工艺装置区全覆盖。每个消火栓均配有消火栓箱, 消火栓箱内带两根DN65, L=20m消防水带(带快速接口)、两支 $\phi 19$ 直流-喷雾水枪。

4.4 小型干粉灭火器

本站每台储罐配置MF/ABC8磷酸盐干粉灭火器和MFT/ABC50磷酸盐干粉灭火器各1具, 储罐区共配置MF/ABC8磷酸盐干粉灭火器12具, MFT/ABC50磷酸盐干粉灭火器4具; 工艺装置区按每50m²设置MF/ABC8磷酸盐干粉灭火器1具, 共设MF/ABC8磷酸盐干粉灭火器14具, MFT/ABC50磷酸盐干粉灭火器2具。生产辅助区按《建筑灭火器配置规范》配置灭火器。

4.5 干粉灭火系统

常压罐罐顶干粉设备选用ZFP250型1套, 由干粉供应源、输送管路、喷放器件、探测控制器件等组成, 并在仓库中设备用干粉250kg和40L氮气瓶2个。干粉输送管道采用无缝钢管, 螺纹连接, 干粉输送主管道贴支承平台安装, 管道安装完毕后用压缩空气进行吹扫, 并用气压进行严密性试验, 试验压力为干粉罐工作压力1.6MPa。喷嘴需设防止灰尘或异物堵塞的护盖, 护盖应在喷放干粉时自动脱落。

4.6 辅助区消防系统

辅助区内按《建筑设计防火规范》配置室外消火栓, 综合楼由于体量较大, 根据规范设有室内消火栓。辅助区室内、外消火栓系统与工艺区共用一套给水管网。

4.7 消防水池及消防泵房

站内主要消防保护对象为1台4 500m³LNG常压罐、3台150m³LNG真空粉末罐及综合楼等建筑物。根据储罐区的平面布置, 相邻储罐净距均大于1.5倍直径, 储罐固定水喷雾系统用水量只考虑着火罐用水量, 最不利情况为4 500m³LNG常压罐冷却降温需要的用水量。储罐区周围需设置有室外消火栓及水炮, 水枪用水量为45L/s, 储罐区火灾延续时间按6h考虑; 同时考虑200m³/h余量, 余量按2h考虑。

站内集液池泡沫淹没深度 $H=2.0$ m, 泡沫发生器用水流量为3.6L/s, 系统泡沫液和水连续供应时间按40min计。

消防设计时同一时间内的火灾次数应按一次考虑, 按消防用水量大的区域进行设计, 即4 500m³LNG单罐发生火灾。LNG储罐区消防用水量 $Q=Q_{\text{罐顶水雾}}+Q_{\text{罐壁水雾}}+Q_{\text{水枪}}+Q_{\text{余量}}=175.0$ L/s, $Q_{\text{泡沫}}=3.6$ L/s, 消防水池有效容积为3 027m³。消防水池分两格设置, 并与同一个吸水井连接, 供消防水泵取水。

站内设置一个消防水泵房, 消防水泵房内设3台XBC10/100-250S柴油机驱动消防水泵, $Q=100$ L/s, $H=100$ m, $W=2\ 700$ kg, 两用一备, 供室外消火栓、储罐固定水喷雾系统用水。水泵自带油箱(直接安装于机组上), 能满足连续工作6h的柴油容积。消防水泵控制柜还具有巡检功能。

同时, 水泵房还设置XBW8/5-16CDL全自动气压消防稳压给水设备一套, 用于维持平时管网压力。

泡沫消防泵XBD8/5-65DL两台, $N=11\text{KW}$, $Q=5\text{L/s}$, $H=80\text{m}$, $W=950\text{kg}$, 一开一备, 供高倍数泡沫发生器用水。

4.8 消防排水系统

储罐区内的集液池设有两台潜水泵, 一用一备, 自带控制柜, 潜水泵和控制柜均为隔爆型。储罐区雨水均汇入集液池内, 当集液池水位到启泵水位, 潜水泵自动开启, 将雨水排入站区雨水管网。由于天然气容易在地下管道内聚集, 产生爆炸, 因此本站工艺区内所有雨水检查井均采用水封井, 防止天然气泄漏进入雨水管道。

4.9 控制系统

站内设有火焰探测器, 当火焰探测器检测到火灾信号后, 传输信号给控制室报警, 确认火情后值班人员远程打开储罐喷淋水管上的气动控制阀, 从而开启水喷雾系统, 对罐体进行降温冷却, 保护罐体。此外, 气动控制阀也具有手动开启功能。必要时也能通过消火栓及消防水炮对储罐进行冷却降温。平时消防给水管网压力由消防增压稳压设备维持, 当站内发生火灾时, 管网用水量增大, 稳压设备无法维持管网压力, 此时打开消防泵同时关闭稳压泵, 由消防泵为管网供水。同时水泵控制柜上设有手动/自动选择切换开关。柴油机消防泵接到启动信号后, 在 $5\text{s} \sim 15\text{s}$ 内自启动全载供水, 在连续3次自启动失败后, 即发出报警信号, 并改为就地手动启动, 同时启动备用泵。

储罐区设有低温探测器, 当LNG集液池内的低温探测器检测到有LNG泄漏到集液池后, 火灾报警系统报警, 由值班人员确认火情后, 远程开启泡沫阀, 同时开启泡沫泵, 向集液池内释放泡沫。同时, 切断潜水泵所有高低压电源及液位控制电源。

干粉灭火系统不设置独立的联动控制柜, 联动控制由整个LNG内的火气系统实现。火气系统控制柜设在应急气源站的主控中心, 要求具有各种事件、故障的报警及显示功能。火气系统平时监视防护区的状态, 当达到启动条件后主控中心发出报警信号, 由主控中心操作人员确认后启动灭火装置并释放灭火剂。

5 结语

在LNG应急气源站水消防设计中须充分了解LNG

危险特性, 采取针对有效措施, 合理设计消防给水系统, 定能减少火灾危害, 保护人身和财产安全。杭州市西部LNG应急气源站自建成以来, 工作人员定期进行检查, 各消防系统运行正常。合理、有效的消防系统为气源站的安全运行提供了保障。

参考文献

- 1 吴延磊. 浅析城镇LNG气化站消防给排水设计. 江西化工, 2007
- 2 黄增. 城镇中小型LNG气化站罐区消防设计. 煤气与热力, 2007
- 3 城镇燃气设计规范GB50028-2006. 北京: 中国建筑工业出版社
- 4 石油天然气工程设计防火规范GB50183-2004. 北京: 中国计划出版社
- 5 泡沫灭火系统设计规范GB50151-2010. 北京: 中国计划出版社
- 6 建筑设计防火规范GB50016-2006. 北京: 中国计划出版社
- 7 建筑灭火器配置设计规范GB 50140-2005. 北京: 中国计划出版社

工程信息

玉溪市将建设燃气管道75km

2015年4月13日, 云南省玉溪市2015年天然气利用推广工作会议在红塔区召开。截至2014年底, 红塔区中心城区共发展居民用户26 464户, 其中2014年新增居民用户20 397户, 新增天然气管道47.5km。2015年, 全市计划完成玉溪末站-峨山至化念-大开门、大密罗-江川至小白坡-华宁三条天然气支线管道建设; 将建设城市燃气管道75.3km、天然气合建站7个; 预计新增居民用户2万户, 城镇用气(民用、工商、车用)1 000万 m^3 , 工业用气1 000万 m^3 。

(本刊通讯员供稿)