

# 浅析 LNG 站的消防安全问题及其对策

薛 洁

(青海省西宁市公安消防支队 西宁 810007)

**摘 要:** 本文通过实例分析了 LNG 站存在的火灾危险性, 结合青海西宁市城东 LNG 站及四川犍为液化天然气厂实例, 提出了加强 LNG 站消防安全的对策和建议。

**关键词:** LNG 站 火灾危险性 消防

LNG (Liquefied Natural Gas), 即液化天然气的英文缩写。天然气是在气田中自然开采出来的可燃气体, 主要成分由甲烷组成。而 LNG 则是通过在常压下气态的天然气冷却至  $-162^{\circ}\text{C}$ , 使之凝结成液体。天然气液化后可以大大节约储运空间和成本, 而且具有热值大、性能高等特点。LNG 在液化过程中, 已将硫、二氧化碳、水分等除去, 因此, 燃烧时, 不会因硫分而造成空气污染, 是一种干净清洁的能源, 且具有很高的热值。LNG 液化后体积缩小为气态的  $1/600$ , 便于储存与运输, 又可利用海水很简单地将其气化, 是非常方便高效率的能源。LNG 在常温下约有 836 焦耳/千克的冷能, 可用来发电、空气液化及食品冷冻。世界上环保先进国家都在推广使用 LNG。除了用作发电厂、工厂、家庭用户的燃料外, 其中所含的甲烷可用作制造肥料、甲醇溶剂及合成醋酸等化工原料; 另外其所含的乙烷和丙烷可经裂解而生成乙烯及丙烯, 是塑料产品的重要原料。此外, 超低温的 LNG 在大气压力下转变为常温气态的过程中, 可提供大量的冷能, 将这些冷能回收, 还可以利用于使空气分离而制造液态氧、液态氮, 液化二氧化碳、干冰制造, 利用冷能进行发电, 制造冷冻食品或用于冷冻仓库, 橡胶、塑料、铁屑等产业废弃物的低温破碎处理以及海水淡化。

## 1 LNG 的实用意义和我国发展 LNG 产业的基本情况

LNG 是一种清洁、高效的能源。由于进口 LNG 有助于能源消费国实现能源供应多元化、保

障能源安全, 而出口 LNG 有助于天然气生产国有效开发天然气资源、增加外汇收入、促进国民经济发展, 因而 LNG 贸易正成为全球能源市场的新热点。当前中国经济持续快速的发展势头仍在继续, 但是为保障经济的能源动力却极度紧缺。在国际石油价格节节升高的情势之下, 中国的能源危机越发显得更加严重。中国的能源结构以煤炭为主, 石油、天然气只占到很小的比例, 远远低于世界平均水平。随着国家对能源需求的不断增长, 引进 LNG 将对优化中国的能源结构, 有效解决能源供应安全、生态环境保护的双重问题, 实现经济和社会的可持续发展发挥重要作用。中国对 LNG 产业的发展越来越重视。按照中国的 LNG 使用计划, 2010 年国内生产能力将达到  $900 \times 10^8 \text{m}^3$ , 而 2020 年为  $2400 \times 10^8 \text{m}^3$ 。而在进口天然气方面, 发改委预计到 2020 年, 中国要进口  $350 \times 10^8 \text{m}^3$ , 相当于 2500t/a, 是目前广东省接收站总量的 7 倍。

## 2 青海 LNG 站工程概况

### 2.1 工程概况

青海 LNG 项目工程是青海省西宁市天然气工程中的一个重要组成部分。本工程生产对象为天然气, 其中天然气配管区、LNG 液化区、LNG 储存装卸区等属甲类火灾危险性区域, 其他区域属一般性区域。该 LNG 站设有  $150 \text{m}^3$  液化天然气储罐 6 座, 按照《石油天然气工程设计防火规范》(GB50183-2004) 的规定, 属四级站。本工程由青海中泰中油燃气技术开发有限公司投资建设, 属

西宁市城市基础设施和城市能源工程,分二期建设。一期液化能力为 5.76 万标准立方米/日,储存能力为 450m<sup>3</sup>,一期项目总投资为 5249.26 万元;二期液化能力为 15.00 万标准立方米/日。西宁市城东区 LNG 站站址选择在符合城市总体规划要求,位于西宁市市区东川工业园区东南,为原废弃的乐家湾第三砖厂旧址。西侧及北侧为塔儿山,南侧为规划的凤凰山路,东侧为解放渠及上山道路,附近无居民稠密区和大型公共建筑,远离城市中心和人口密集区。地质条件良好,整个区域属于规划中的

一类工业用地,该站建成之后,其东、西两侧 100m 范围内将不宜再建重要构筑物,也将不得建设大型劳动密集型企业。

## 2.2 主要工艺流程

天然气液化的工艺过程基本包括预处理(净化)、液化、副产品回收、储存、装车及辅助系统等,主要工艺流程为天然气净化和液化工艺。

净化工艺见图 1。

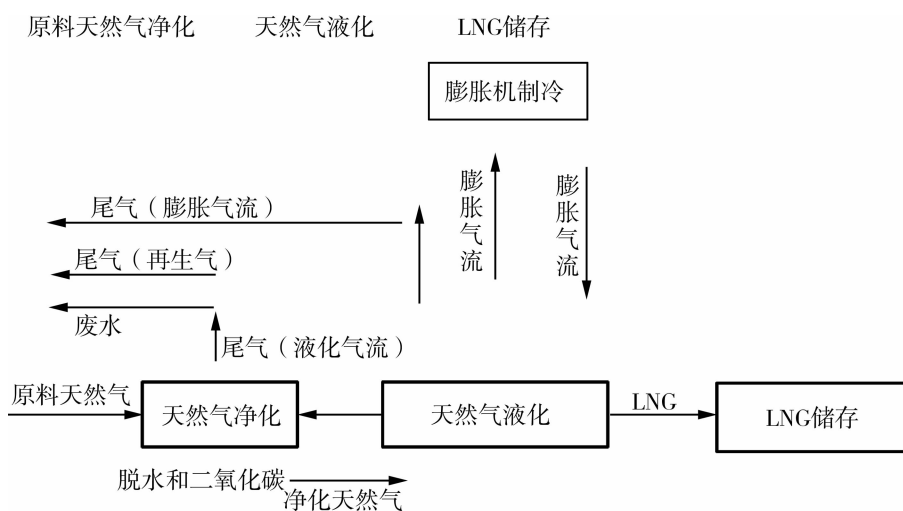


图 1 净化工艺

本工程原料为涩宁兰长输管线天然气,除去原料气中的酸性气体、水分和杂质,如硫化氢、二氧化碳、水、汞和芳香烃等,一面它们在低温下冻结而堵塞、腐蚀设备和管道,从原料天然气分析报告来看硫化氢含量很低、二氧化碳含量不高,所以选择分子筛吸附净化工艺。

液化工艺:膨胀机制冷循环适合于小型 LNG 装置,特别是在气源有较大的天然压力落差时,能实现 LNG 生产的最佳经济性,本工程采用开路膨胀机制冷的工艺流程,利用天然气管网压力落差来生产液化天然气。

储存、装车工艺:从液化装置的 -170℃ 液态天然气进入液化天然气低温储罐,通过罐自增压器和卸车柱,将液化天然气卸入专用液化天然气罐车

并可外运。

## 3 犍为液化天然气厂基本情况

犍为液化天然气厂位于四川省犍为县清溪镇筒车村 6 组清溪配气站旁,四周地势平坦,厂区建设面积 9600m<sup>2</sup>。生产装置南面紧邻马边河,北面 330m 处是 213 国道,周边主要基础设施包括蜀南气矿清溪配气站、输气处犍南站、213 国道。生产区 100m 半径以内大约有 4~6 户人家,建筑物 3 幢(包括清溪站的值班休息室);100~200m 半径以内有 60 多户人家,村民住宅建筑物有几十幢,距生产装置区 LNG 储罐最近的建筑物为 118m(见图 2)。

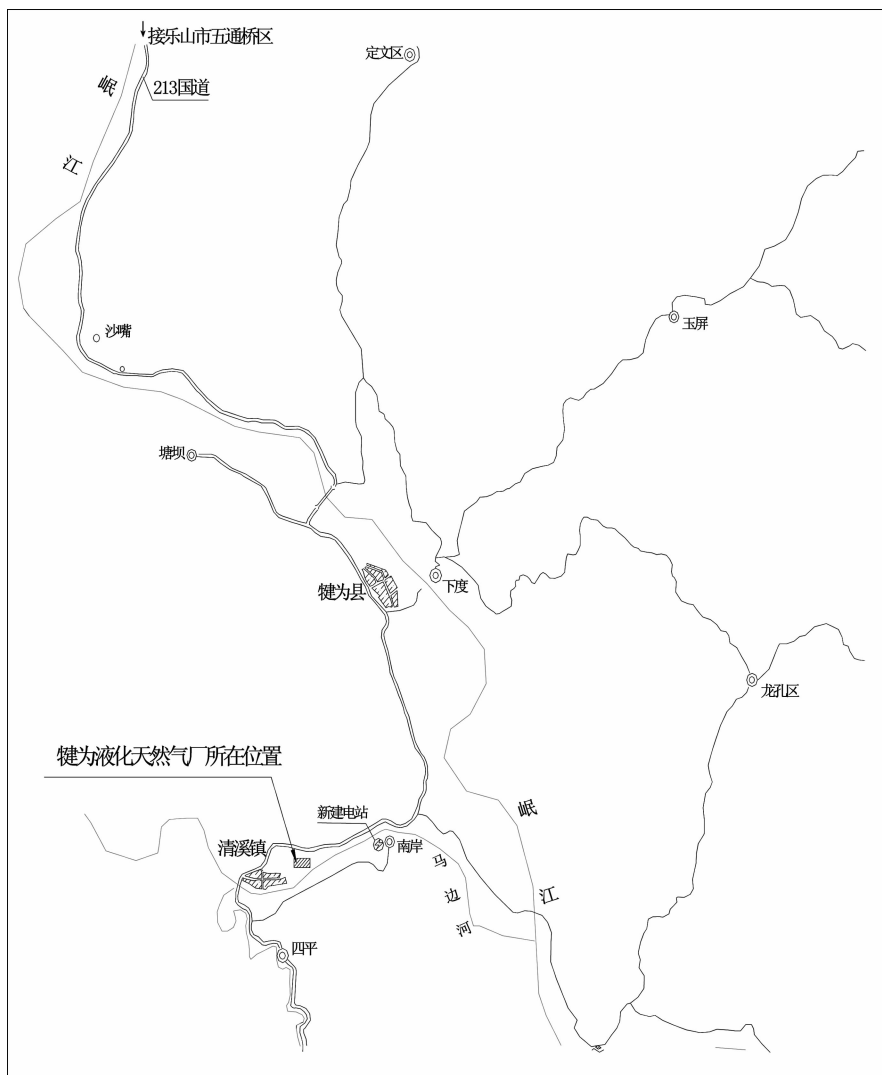


图1 犍为液化天然气厂地理位置图

### 3.1 装置区安全、消防、应急救援设备、器材配备

针对 LNG 生产、储存装置具有火灾、爆炸的危险特性，为预防火灾、爆炸事故的发生或事故的及时处理，在工艺安全方面主要配备了 DCS 连锁控制、火焰检测报警、安全阀、可燃气体监测报警仪等；消防方面主要配备了泡沫发生器、消防炮、消防栓、干粉灭火器等；应急救援方面主要配备了空气呼吸器、便携式可燃气体报警仪、急救箱等。

### 3.2 事故应急救援组织机构（见图3）

犍为液化天然气厂事故救援组织机构包括：

事故应急领导小组：①负责事故应急处理的组织指挥及协调工作；②负责事故信息的上报及向地方主管部门的报告。当上级主管领导到达现场进行救援时，现场指挥权力交由最高行政负责人行使。

事故抢险组：①负责按事故应急领导小组的指

令，利用各类救援设备、设施进行事故抢险；②负责事故现场伤员的救援；③负责配合地方消防救援队伍的救援工作。

人员疏散组：①负责通知事故可能波及范围的人员撤离；②负责事故隔离区的警戒工作；③负责事故现场的秩序维护和人员疏散；④保障消防外围供水。在通知相关人员撤离时，要注意告知撤离方向及安全距离，途中注意保护妇女、老弱病残。



图3 犍为液化天然气厂事故救援机构图

### 3.3 事故处理原则

针对本装置存在的危险特性,任何环节天然气泄漏或火灾事故,若处理不当或不及时,都可能引发严重的后果,故处理该装置事故的原则应是:果断、快速、妥当、尽量减少危险物质扩散,首要任务是排除爆炸危险,抢救、预防人员伤亡,其次是尽可能减少财产损失。

### 3.4 事故报告、信息流向

事故报告传递路径如图4所示,事故现场报警可采用呼叫、电话报告等手段,应尽可能在第一时间把事故信息传递到事故现场指挥部,事故现场应急领导小组或抢险组,应根据事故的严重程度及时向有关单位、部门报告。

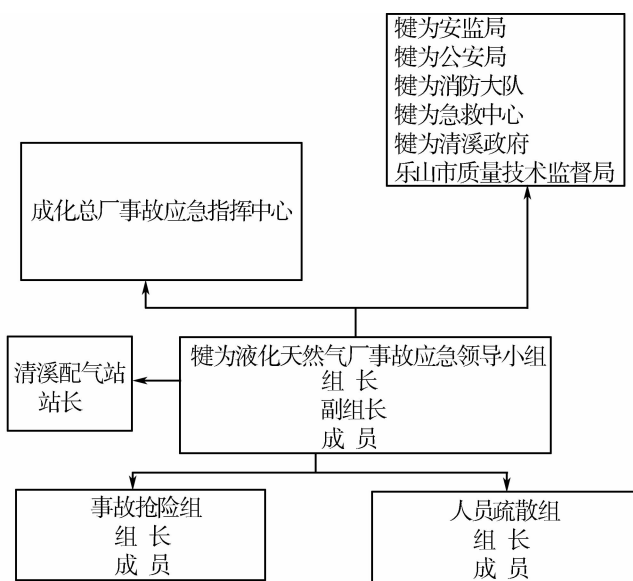


图4 事故报告、应急指挥、抢险、救援信息传路图

### 3.5 事故应急处理

#### 3.5.1 天然气泄漏事故处理

①若生产现场发现天然气泄漏,现场人员应立即开展查找泄漏点,采取现场严防火种等紧急措施处理,同时向当班班长报告。②班长接到报告后,应立即携带可燃气体监测仪组织人员到现场进行确认、处理,同时将泄漏情况向值班领导或事故应急领导小组组长报告。③值班领导或事故应急领导小组组长接到事故报告后,应立即组织事故抢险组赶到事故现场进行支援,防止事故蔓延和扩大,同时通知相关人员投入抢险准备。④若泄漏情况得不到控制,应做紧急停产,执行《LNG装置操作规程》和《犍为液化天然气厂与蜀南气矿清溪配气站供气及泄压排放HSE作业指导书》中紧急停车程

序。⑤若发现天然气泄漏事态严重,大量天然气不断扩散,局部区域已达到爆炸浓度范围,在通知清溪配气站切断原料进气的同时,切断生产装置电源,用消防雾状水对该区域进行稀释,若为液化天然气大量泄漏形成积液,只能用泡沫覆盖处理。由事故应急领导小组组织堵漏抢险的同时,向总厂、犍为安监、消防等部门报告,请求支援。⑥事故应急领导小组认为事态有进一步恶化的可能,应及早安排人员疏散组落实装置周围居民的紧急疏散。

#### 3.5.2 火灾事故处理

①若生产现场发生火灾事故,并可能威胁生产、储存装置,现场人员应做紧急停车,通知清溪配气站切断原料进气,立即切断通向着火点的管线阀门(若着火管线通径 $\geq 100\text{mm}$ 或泄漏量大,应保持平稳燃烧,逐渐关小着火点两端阀门,再采取灭火及堵漏措施,以防回火引发爆炸或大量天然气泄漏积聚形成爆炸云团),尽可能将通向着火点的管段或设备的天然气引入防空管线,并使用一切可以动用的消防设备进行灭火扑救,同时将事故情况向事故应急领导小组组长报告。②若着火点距LNG储罐或生产装置较近,应重点加强储罐或生产装置的监控,用消防水对储罐采取降温处理。严禁用冷水直接向烧红的压力容器喷淋。③若火势较大,现场消防设备不能立即将火扑灭,事故应急领导小组应立即向总厂、犍为安监、消防等部门报告,请求支援。④若火势有失控的危险,可能引发较大规模爆炸,事故应急领导小组应及早安排人员疏散组落实装置周围居民的紧急疏散。

#### 3.5.3 爆炸事故处理

若生产现场发生由于天然气泄漏导致的爆炸事故,现场人员立即停车,并通知清溪配气站切断原料进气,尽可能切断一切通向爆炸点的气源管线阀门,并对爆炸引发的火灾进行扑救。若现场消防设备不能立即将火扑灭,事态有可能进一步恶化,事故应急领导小组应立即向总厂、犍为安监、消防等部门报告,请求支援。

#### 3.5.4 窒息事故处理

液化天然气(或者天然气)大量泄漏时,在局部空间范围内会造成甲烷含量增加,甲烷本身并无毒性,但是人离开氧气就不能生存,当空气中含氧量19.5%时,这是人们工作最低要求。当含氧为16.7%以下时,则呼吸紧,面色发青。所以空气中的甲烷含量增加10%时,则氧的含量相对减少,就

使人感到氧气不足, 虚弱眩晕, 进而可能失去知觉, 抢救不及时, 可导致死亡。发生窒息事故时应使窒息人员迅速脱离现场至空气新鲜处, 保持呼吸畅通。如呼吸困难, 进行输氧。如呼吸停止, 立即进行人工呼吸和胸外心脏按压术, 并送往医院救治。

### 3.5.5 冻伤事故处理

液化天然气沸点温度为  $-162^{\circ}\text{C}$ , 在 LNG 槽车充装操作或则其他有可能接触低温液体操作时, 在没防护情况下接触液化天然气或输送液化天然气的管线会造成冻伤。和低温液体接触的组织会产生类似热烧伤的伤害, 并且导致广泛受伤的组织严重冻结, 如发生冻伤应使受伤人员迅速脱离现场, 用大量微温的水 ( $41\sim 46^{\circ}\text{C}$ ) 冲洗患部, 以解除其冻结, 进行简单现场救护处理, 严重的及时送往医院救治。

### 3.5.6 人员撤离

若发生的事故存在严重威胁人身安全的可能, 事故应急领导小组应立即下达人员撤离的指令, 通知人员疏散组采用扩音器、逐家逐户通知等方式, 对装置外侧 200m 范围内 (约 70 户) 的群众进行紧急撤离到 213 国道上, 然后继续组织群众撤离到安全区域。同时组织现场人员立即按撤离线路 (附录 4) 向安全区撤离。到达安全区后, 撤离出生产区的人员应立即向事故应急领导小组报到, 并在《人员集合登记表》上做好记录。

### 3.5.7 检测、抢险、救援及控制

事故应急领导小组接到事故报告后, 应立即组织事故抢险组深入事故现场调查险情、研究抢险方案并具体组织实施抢险步骤。同时安排人员疏散组做好相应事故处理准备。事故抢险组按照事故应急领导小组的指令进入事故现场执行检测、抢险或救援任务, 应根据实际情况, 采取适当的措施进行处理。应急救援人员进入事故现场, 应携带可燃气体报警仪、对讲机, 佩戴好个人安全防护装备, 根据情况携带如止血带等紧急救护装备, 进入可能缺氧的场所, 还应佩戴空气呼吸器, 并随时与事故应急领导小组保持通信联系。应急救援人员进入事故现场执行抢险任务必须 2 人以上共同行动, 并在现场入口安排接应人员, 设定检测、抢险行动时间, 如超过行动时间, 进入事故现场的应急救援人员还没撤离出现场, 就可以认为发生紧急情况, 接应人员应佩戴好个人安全防护装备进行紧急施救。

### 3.5.8 受伤人员现场救护、救治与医院救治

现场对呼吸微弱或心跳停止者, 应及时采用简易呼吸器或人工呼吸; 对中、小面积烧伤、烫伤的人员, 应立即用清洁冷水敷或浸泡创面  $0.5\sim 1$  小时; 对大面积烧伤、烫伤的人员, 应用清洁的棉纱或衣物覆盖创面, 并立即送就近医院做进一步治疗。救护现场切忌盲目转送或搬动病人, 以防引起病情恶化或造成伤亡。

### 3.5.9 预案关闭程序

经公安机关或消防部门确认事故危险已解除后, 由事故应急领导小组划出现场警戒区, 事故现场交公安机关、消防部门对事故现场进行勘察, 无关人员未经事故应急领导小组许可, 不得进入警戒区; 同时事故应急领导小组向其他相关人员发出事故危险解除信息; 公安机关、消防部门对事故现场勘察工作完成后, 由事故应急领导小组组织人员进行现场清理、恢复生产工作。

### 3.5.10 应急救援演练

为加强员工应对突发事件的应变能力, 应按期组织人员进行事故应急预案的演练工作。事故应急领导小组每年根据实际情况, 安排有针对性的对应应急救援预案的各项功能、应急响应能力进行演练不得少于一次, 并做好记录。图 5 为消防设施布置图。

## 4 LNG 站的危险特性对周围的影响

装置主要的危险、有害物质为原料天然气和产品液化天然气 (LNG)。其主要成分是甲烷, 为无色无臭的气体, 微溶于水, 相对密度为 0.55 (空气为 1), 闪点  $-188^{\circ}\text{C}$ , 沸点  $-161.5^{\circ}\text{C}$ 。能在空气中燃烧, 为易燃易爆物, 与空气混合浓度达到  $5\%\sim 15\%$  时遇明火会发生爆炸, 属甲类火灾危害性物质。不含硫化氢。当空气中甲烷浓度达到  $10\%$  时, 就使人感到氧气不足; 当空气中甲烷浓度达到  $25\%\sim 30\%$  时, 可引起头痛、头晕、注意力不集中, 呼吸和心跳加速、精细动作障碍等; 当空气中甲烷浓度达到  $30\%$  以上时, 可能会因缺氧窒息、昏迷等。天然气危险特性具有火灾爆炸危险性大; 火焰温度高、辐射热强; 易形成大面积火灾; 具有易复燃、复爆性等特点。装置发生爆炸产生的冲击波、热辐射及抛射物对距装置 100m 范围内的设施及人员可能产生巨大的损害, 严重时将导致人员伤亡; 液化天然气还可能导致冻伤事故。

