

# 浅谈 LNG 加气站危险因素分析及防范设计

王洪亮 (中国石化销售股份有限公司江苏连云港石油分公司, 江苏 连云港 222000)

**摘要:** 随着物流运输行业竞争的加剧, LNG 的需求日益旺盛。如何降低 LNG 加气站运营风险, 从源头上规避风险, 提高加气站本质安全水平就显得尤为重要。本文将就 LNG 加气站运行中普遍存在的危害因素进行分析, 并就 LNG 加气站的安全设计和防范措施提出一些看法和建议。

**关键词:** LNG; 加气站; 危害因素分析; 防范设计

天然气卡车以 LNG 为能源, 具有能耗低、污染物排放量小、价格经济以及政策支持等显著优势, 得到物流运输行业的广泛认可。但 LNG 属于易燃易爆品, 加气站存在潜在危险因素。若在科学分析的基础上, 进行有效的工程设计及安全防范, 就能极大的保证 LNG 加气站的安全运营。

## 1 LNG 基本特性

LNG 是 Liquefied Natural Gas 的缩写。LNG 是天然气在  $-162^{\circ}\text{C}$  以下的低温环境中液化形成的, 主要成分是甲烷, 主要危险因素是易燃易爆、低温、有害。

### 1.1 LNG 主要性质

车用 LNG 的主要成份是甲烷, 另外有少量乙烷、丙烷、氮气等气体。LNG 的密度通常在  $430\sim 470\text{ kg/m}^3$  之间, LNG 的体积约为气态体积的  $1/600$ , 体积能量密度为汽油的  $72\%$ 。

### 1.2 LNG 的危险性

#### 1.2.1 易燃性

LNG 具有易燃、易爆的特点, 若因储存不当导致 LNG 泄漏, 泄出物会大量气化, 一旦遇到明火就会燃烧, 燃烧产物为二氧化碳、一氧化碳及水。

#### 1.2.2 易爆性

LNG 泄漏后, 一旦达到爆炸极限, 遇点火源立即爆炸。同时, 由于 LNG 是低温储存, 若罐体保温层失效或真空破坏, 部分 LNG 受热气化就会导致管内内部压力急剧增高, 导致焊缝开裂、罐体开裂或爆炸。

#### 1.2.3 低温性

LNG 温度极低, 人体一旦接触就会导致严重冻伤。LNG 冷蒸气云, 以及泄漏的 LNG, 会造成接触的材料急速降温, 形成脆性断裂, 或因过度冷收缩产生应力, 可能导致保温失效, 引发爆炸事故。

#### 1.2.4 窒息性

LNG 本身是无毒无味的, 但经气化后的 BOG 含量极低, 少量吸入 BOG, 会导致呼吸障碍, 严重时则会导致窒息, 甚至危及生命安全。

## 2 工程建设内容

### 2.1 LNG 加气站主要流程

见图 1。

### 2.2 工程建设内容

为便于施工、运行管理, 以及便于按风险大小分级

进行安全管理。LNG 加气站通常按照工艺装置区、控制站房、加气岛及其他附属设施几个部分进行设置。

#### 2.2.1 工艺装置区

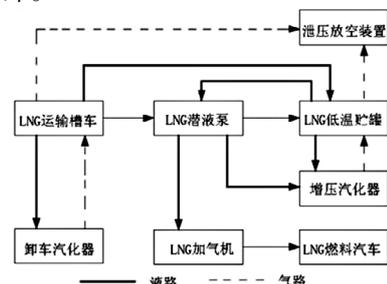
工艺装置区通常集中在罐池区域, 未设置罐池的相对集中设置。工艺装置区内包括储罐、潜液泵、自增压系统、卸车系统、工艺管路等。<sup>[1]</sup>

#### 2.2.2 控制站房

控制站房主要集中安装相关电气、仪表控制柜、操作台等设备, 负责加气站各设备、阀门、机构之间的动作, 实现增压、循环预冷、加液等功能。

#### 2.2.3 加气岛及其他附属设施

加气岛上安装加气机, 通过地下管沟敷设的液相、气相管路与工艺装置区连接。可燃气体检测报警系统设在加气机上部。



## 3 危害因素分析

LNG 加气站一般有介质类、装置设备类、生产过程类、自然灾害四类危险因素。

### 3.1 介质的危害性分析

LNG 加气站的危害因素主要是火灾、爆炸、低温及毒性等方面。前文已有叙述, 此处简单阐述, 不再展开。

①火灾爆炸: 火灾和爆炸均源于 LNG 的泄漏, 当泄漏的 LNG 气化后, 在空气中积聚, 遇明火即燃。当达到爆炸极限时, 遇点火源即发生爆炸; ②低温危害: LNG 会对人造成低温灼烫。泄漏的 LNG 还会导致设备发数脆性裂变, 产生裂纹甚至断裂; ③ LNG 的毒性危害: LNG 虽属低度毒性物质, 但若长期吸入, 则会导致神经衰弱综合症。

### 3.2 装置设备的危险性分析

①储罐: LNG 储罐最大的风险点是真空层破坏, 导致罐内压力急速升高, 造成焊缝开裂, 甚至罐体直接爆炸; ②低温泵: 在低温潜液泵运行期间, 或多或少或产生震动, 长时间运行有可能会导致密封失效, 导致介质

泄漏,从而引发火灾、爆炸等危险;③加气机:加气机通过不锈钢软管给 LNG 车辆充装,其快速接头如果未卡紧,会造成泄漏,严重时也可能造成接口脱落。

### 3.3 生产过程产生的危险性分析

①储罐液位超限:在槽车接卸过程中,因液位计故障、误操作等原因,会导致液位超限,严重时会造成泄漏事故;②设施预冷:储罐首次投料前须进行预冷,工艺管道每次输送前,也须进行预冷。预冷须缓慢进行,使管线充分冷却。否则,可能导致焊缝、法兰接头发生脆性断裂;③噪声危害:LNG 加气站的噪声主要来源于空压机、潜液泵、排水泵运行及放散管。特别是空压机以及放散管排气时噪声较大,会对人体造成伤害;④车辆伤害:加气站日常进出车辆很多,如果站内道路狭窄、转弯半径不足、安全指示标志不清,都可能导致车辆伤害。

### 3.4 自然灾害产生的危险性分析

①地震:地震的破坏力很强,若抗震等级不足,可能导致设备、管线破损泄漏,从而发生事故<sup>[2]</sup>;②雷击:雷击能破坏建筑物和设备,危害性极大,须设置防雷设施,降低雷电危害。

## 4 安全设计技术措施

设计阶段采取征对性的安全技术措施,就能有效减少和避免危险的发生。

### 4.1 总平面布置

①位置选取:LNG 加气站的选址须远离居民区等人员密集区域,远离易产生明火的建筑,宜设置在人员密集区域最小风频的上风侧。站内建筑、设施须满足建筑防震设计等级要求<sup>[3]</sup>;②防火间距:装置区,要与加气区、管理区保持足够须满足防火间距,罐池与外部建筑也应满足相应要求。加气站的内部道路须符合规范要求,便于紧急情况下快速疏散;③防火堤:直接在地面设置的 LNG 储罐,应在周围设置防火堤。防火堤可以在 LNG 泄漏时,将泄漏物限制在防火堤内,防止事故扩大;④出入口设置:LNG 加气站出入口应分开设置,宽度、坡度、转弯半径须符合规范要求,便于车辆紧急情况下快速疏散;⑤ LNG 装置敞棚化:LNG 气化后形成 BOG,其密度比空气轻,会向上飘散。装置区采用敞开式露天设置,可以使泄漏、放散的介质迅速扩散,避免聚集形成爆炸混合物。

### 4.2 工艺设计

#### 4.2.1 紧急切断系统

LNG 储罐须设置紧急切断阀,安装在储罐根部和进出罐工艺管道上。当后端装置、设备发生泄漏时,可迅速切断储罐与外界通路。

#### 4.2.2 自动放散系统

工艺管路中的 LNG 不能直接放散,必须先通过 EAG 气化后再进行排放。储罐气相空间中的 BOG 可直接接入放散管排放。为防止火焰窜回工艺系统,须在放散汇集管末端安装阻火器。

#### 4.2.3 安全附件

加气站设有安全阀、超压报警、高低液位报警、检测等安全设施,以提高系统的安全性。在卸液区、加气机处设置带报警功能的静电接地夹。在 LNG 罐池、工艺区入口处设置人体静电消除器。

### 4.3 建筑设计

LNG 加气站内的建筑物、构筑物按二级耐火等级设计。工艺装置区属于甲类生产区,须采用混凝土硬化地面。罐池内设集水池,便于抽排水。

### 4.4 电气设计

①配电系统:配电系统采用 TN-S 系统,各金属设备、工艺管线均应进行防雷、防静电接地,接地电阻应不大于  $4\Omega$ ;②防护等级:站内控制室及有爆炸危险的场所的照明和应急照明系统应独立设置。在爆炸危险区域内的所有电气设备及照明灯具,均应选用隔爆型设备。电气设备外壳的防护等级须满足室内不低于 IP54,室外不低于 IP65 的标准。

### 4.5 自动控制系统设计

#### 4.5.1 工艺连锁系统

LNG 储罐及管道设置温度、压力、液位检测仪表,并与相关阀门进行安全连锁。罐体内压力表与自动放散阀门系统连锁,一旦发生超压,自动泄放罐内压力。防火堤内的报警信号,应当与集水池内排水泵的启停进行连锁,及时排出积水。

#### 4.5.2 安全连锁系统

卸液区、加气机、控制室均须设置紧急切断按钮,可迅速切断相关阀门,实现紧急停车。须设置安全连锁控制系统,当触发安全连锁后,自动关闭进出液阀门,进行超压泄放及相应安全处置,爆炸装置安全。

#### 4.5.3 可燃气体检测报警系统

工艺装置区的潜液泵及阀门集中区域,每台加气机,均须安装可燃气体泄漏检测报警装置。安装在设备上方,报警设定值是爆炸下限浓度的 20%。

### 4.6 消防设计

消防水系统包括消防水池、泵房、消防管线等。工艺装置区、接卸区域须配备 35kg 手推式干粉灭火器,加气机配备手提式干粉灭火器。控制室配备二氧化碳灭火器。

## 5 结语

本文就 LNG 加气站的危险因素进行了初浅的分析,并对加气站设计和运行方面提出了自己的建议,希望对做好 LNG 加气站的安全管理提供帮助。

### 参考文献:

- [1] 程立明.LNG 加气站主要危险因素及防护措施[J].当代化工研究,2019(01):129-130.
- [2] 李博.LNG 加气站安全风险分析与管控措施[J].化工管理,2020(26):93-94.
- [3] 陈铁.浅析 LNG 加气站的优点与选址影响因素[J].民营科技,2020(09):36.