

# 液化天然气储罐安全防护措施的研究进展

李静伟 (陕西延长石油天然气股份有限公司, 陕西 延安 716000)

**摘要:** 天然气能源是目前常用的清洁型能源, 该能源具有一个危险的特性便是易燃易爆, 基于天然气的该项特性, 当液化天然气在存储运输时, 若缺乏足够的安全防护措施, 极易造成各种伤害极大的伤亡事故, 由此可见, 在天然气的储运过程中, 利用液化天然气储罐对天然气进行储运发挥着极为重要的作用。当天然气液化后不仅可以缩小其体积, 还可以使天然气变为超低温液体, 通过这种方式存储可以在很大程度上减少存储空间, 可以为天然气的存储运输带来极大的便利。不过, 通过液化天然气储罐对天然气进行储运虽然有利, 但仍然存在很多安全风险, 基于此, 本文主要针对液化天然气储罐安全防护技术进行了深入分析, 希望能够尽量减少因液化天然气储罐而产生的安全事故发生概率。

**关键词:** 液化天然气; 安全防护技术; 天然气

近年来, 随着我国科学技术的不断发展, 我国的社会经济体系也得到高速发展, 在这种背景之下, 我国所需要消耗的能源也越来越多, 而石油与煤炭的可开采量又正在逐步减少, 再加上使用石油或者煤炭会不断加剧环境污染, 天然气逐渐进入了人们的生活中, 在众多的清洁能源中, 天然气能源属于一种新型的清洁型能源, 深受人们青睐。在对天然气的存储运输过程中, 可以将天然气液化之后使用液化天然气管对其进行存储、运输, 虽然该种存储方式既能够减少存储空间, 又可以降低成本, 但是因天然气具有易燃易爆的特性, 所以液化天然气罐若缺乏足够的安全防护措施则极易发生安全事故, 从而带来极为严重的影响, 为了尽可能地减少液化天然气罐事故的发生, 不仅需要加强人为防护措施, 还应当加强对储罐的安全防护技术, 从而为液化天然气储罐提供双重安全保障。

## 1 液化天然气特点概述

在我国城市化建设的高速发展之下, 人们对于能源的需求量与日俱增, 无论是石油能源还是煤炭能源已经逐渐不能够满足人们的实际所需, 再加上与石油、煤炭等能源相比, 在天然气能源的使用过程中不会释放出较多的有污染性气体, 只要在使用时既不会对人体带来危害, 也不会对社会环境造成污染, 人们可以放心使用。因此, 天然气能源成为一种新型的清洁型能源。众所周知, 天然气能源与煤炭、石油等能源相比最大的区别便是天然气没有任何颜色, 自身也没有任何毒素, 属于一种纯清洁型气体, 在天然气的主要成分中, 甲烷属于主要成分之一, 将天然气液化处理之后, 可以有效地增加

天然气在储运过程中的安全性, 将天然气液化之后可以在很大程度上缩小天然气的体积, 当天然气被装入到储罐中后, 除了可以增加天然气储运的安全性之外, 还可以大幅度降低天然气成本。在对天然气进行液化处理的过程中, 会先将天然气进行低温液化处理, 在这个过程中会将天然气中存在着的脱硫等有害物质彻底清除, 这样一来, 当使用天然气时, 便不会排放硫化氢等会对人体健康造成损害的有毒气体。另外, 当对液化天然气进行存储时, 无论是对储罐的要求还是液化天然气存储环境的要求均比较高, 设计师在设计液化天然气储罐时必须确保其能够有足够好的绝热性能和冷藏效果, 只有这样, 才可以确保液化天然气在存储运输过程中不会发生安全事故。

## 2 液化天然气储罐存储技术特点

### 2.1 液化天然气储罐技术方法

液化天然气储罐与工艺管道不仅属于管道系统的核心内容, 同时也是能够接触到危险介质的主要设施之一。无论是站在安全角度来看, 还是在经济的层面来看, 通过储罐和管道可以有效提升天然管道安全管理水平, 是实现整个管道系统完整性管理的必要条件。无论是液化天然储罐还是管道均可以通过不断地检测、评价以及维护等工作最终实现资产完整性, 这种方式其实与干线管道的完整性管理方法极为相似。基于此, 液化天然气储罐和工艺管道的具体实施步骤也大体相似。

### 2.2 液化天然气存储技术

虽然液化天然气对人体的危害性非常小, 但是液化天然气中的含氧较低, 一旦人们长时间使用,

吸入大量的天然气气体极易造成人窒息，倘若人们吸入大量的天然气之后没有尽快实施正确的急救措施也会发生窒息等危险事故。通常情况下，液化天然气主要是存储于常压绝热容器中的液体，而天然气则是存储于高压储罐中的气体，若是将液化天然气与水相融，必然会产生非常强烈的对流热量之后导致水与气体能够快速蒸发。

### 3 液化天然气在存储过程中存在的安全风险

#### 3.1 储罐泄漏

当对液化天然气进行存储时，若不小心将其他能源或者能够与储罐材料发生化学反应的物质混入罐中，会对储罐造成直接性的腐坏和破坏，从而严重缩短储罐的使用寿命，一旦混入的能量超过最大限值，便会使储罐出现裂缝最终造成液化天然气泄漏的情况。

#### 3.2 火灾爆炸

当液化天然气一旦从储罐中泄漏之后会立刻发生气化反应，天然气体积会在瞬间增大散发至空气内，若此时再遭遇到明火便会立刻发生爆炸。另外，当液化天然气液池发生火灾后，如果再发生天然气泄漏并遇到明火之后，会立刻蔓延至液池内，这必然加剧火灾事故。

#### 3.3 翻滚

虽然在液化天然气的主要成分中有甲烷，但是毕竟还有少量的其他气体，那么，便会出现因储罐中的密度不均匀而使液化天然气在储罐内不停地翻滚，一旦罐中天然气发生翻滚必然会在巨大的压力之下再次产生出多余的气体，此时，必须及时将罐中气体排除，否则随着罐内气压不断增加，会致使储罐泄漏。

#### 3.4 冷爆炸

当泄漏的液化天然气与水相融后会产生强烈的热传递反应，然后会致使罐内的液化天然气逐渐沸腾直到发生爆炸。那么，便需要相关工作人员及时将液化池中的水分清除，可以有效避免发生此类情况。

### 4 液化天然气储罐安全防护技术分析

当使用储罐储存液化天然气时，对储罐的要求极高，尤其是储罐的隔热保温能力、储罐材料以及相关压力等方面必须符合相应的标准方可投入使用，只有这样，才能够尽可能地确保液化天然气在储罐内的安全性。

#### 4.1 做好储罐设置工作

将天然气液化处理后使用储罐存储这项技术对

于我国而言还比较落后，因天然气存储不当而引发的安全事故屡次发生，而再加强液化天然气储罐安全性的相关措施中，做好储罐设置工作是基础，更是必不可少的一项流程。众所周知，利用储罐存储天然气需要储罐拥有较强的隔热保温能力，防止液化天然气因遇热而发生爆炸，为了使储罐的安全性得以保障，必须做好相应的防火措施。因此，在液化天然气储运过程中，需要特别注意以下几方面：

①在液化天然气的储运期间，需要保证储罐与储罐之间拥有足够的安全距离，通常情况下，两个储罐之间的距离如何取决于每个储罐的体积大小，当确定好储罐间距之后，需要根据间距来进行平面布置；

②在进行平面布置的过程中，必须严格把控储罐的摆放位置，在摆放储罐时可以以具体的工艺流程物品位置作为参考，通常情况下，必须确保储罐与工艺装置之间的距离间隔较长，才可以保证将储罐存放在一个相对安全的环境中；

③在存放液化天然气储罐的过程中，还需要确定好在储罐四周是否存在易燃物品，若发现有易燃物品存在需要立刻将其清除，远离液化天然气储罐，当摆放液化天然气储罐时切记不可以将其摆放至易燃物下风的位置，还可以根据实际需求摆放水池，能够尽可能地减少因热源而带来的不安全因素，尽量降低因液化天然气而发生安全事故。

由此可见，在液化天然气使用储罐存储的过程中，对储罐的摆放要求非常高，不能存在任何能够影响储罐安全的因素存在，若是液化天然气储罐的位置布置不合理，极易发生储罐泄漏的情况，一旦储罐发生泄漏，所造成的安全事故将是非常大的。因此，当对液化天然气储罐结构进行设计时，必须确保其稳定性，并需要充分考虑到一旦液化天然气储罐发生泄漏等情况，必须要对其留有一定的空间距离，尽可能地将事故损失率降到最低。

#### 4.2 做好储罐基础设计工作

当对液化天然气罐进行基础设计时，不仅需要设计人员考虑地质情况是否能够达到存储条件，还需要考虑到存储液化天然气罐的场地是否还会受到其他外在因素的限制，再加上地基土层的承载力和沉降差符合相应的要求，在储罐的基础设计选择中可以选择环墙式基础和护坡式基础。但是，如果只有地基土层的沉降差达到了相关要求标准，基本上可以选择的基础也有两种，一种是外环墙式基础，另一种是环墙式基础。由此不难看出，在对

储罐的基础设计工作中与地基土层有着极为密切的关系,如果储存液化天然气管道的地质条件为软土层,还需要相关工作人员先对地基进行相应的处理,然后才可以使用外环墙式基础。另外,若地质条件没有任何限制,则可以使用环墙式基础。其次,在对液化天然气储罐进行设计的过程中,也需要注意储罐压力与储罐材料。通常情况下,小型的液化天然气储罐其最大压力值需要设置在1.8MPa,而大型的液化天然气储罐其压力值需要 $< 0.05\text{MPa}$ ,同时也可以根据储罐的实际情况对其压力进行设计。

此外,在选择液化天然气储罐材料时,由于液化天然气对于存储气温的要求比较高,最好确保存储液化天然气的气温控制在低温状态方可,当选择液化天然气储罐材料时需要具备三个条件:首先,需要选取金属类材料作为液化天然气储罐的材料,当该材料处于零下 $196^{\circ}\text{C}$ 以下时必须确保其拥有足够坚韧的强度,与此同时还需要确保其结构的稳定性;另外,当材料在使用过程中,必须确保其拥有足够良好的可塑性和韧性,可以通过冲击实验来判定其韧性是否能够达到相应的标准要求;此外,还应当确保金属材料的焊接性是否达到既定的要求标准,以避免因严密性不足而使储罐发生泄漏等情况。只有当储罐满足上述三点条件才能够用于储存液化天然气。例如,工作人员在开展液化天然气储罐基础设计工作的过程中,需要考虑到液化天然气储罐的实际设计要求以及应用原则。以 $5000\text{m}^3$ 液化天然气储罐为例,液化天然气储罐的内罐设计压力为 $2.5/-0.8\text{kPa}$ ,外罐设计压力为 $1.0/-0.5\text{kPa}$ ,内罐工作压力为 $5/20\text{kPa}$ ,外罐工作压力为 $0.5\text{kPa}$ ,内罐设计温度为 $-196/+50^{\circ}\text{C}$ ,外罐设计温度为 $20/+50^{\circ}\text{C}$ ,液化天然气储罐内罐直径为 $20000\text{mm}$ ,外罐直径为 $22300\text{mm}$ ,内罐高度为 $16000\text{mm}$ ,外罐高度为 $18300\text{mm}$ 。

#### 4.3 做好保温绝热防护措施

保存液化天然气时对储罐温度有着较高的要求,首要条件便是必须确保液化天然气储罐温度极低方可进行存储,只有先保证了温度适宜,才能为其安全性提供保障。首先,由于储罐的型号大小不一,那么,在绝热方面自然也有着不同的要求,通常情况下,若储罐较小,则会采用真空绝热和粉末绝热两种方式,通过这两种方式绝热可以有效避免因气体发生对流而产生热量,能够起到很好的降温效果。另外,当对储罐进行绝热时,为了尽可能

的提高液化天然气的储运安全性,建议可以使用真空绝热容器。若储罐较大,则可以选择比较经济实惠的堆积绝热,在堆积绝热中会使用密度比较小的珠光砂,这样一来,还可以起到很好的爆冷效果。不过,如果想要达到绝热效果,还需要相关工作人员利用管道将罐内外相连,否则便无法对储罐进行绝热保温处理,这同样会容易引发安全事故。因此,设计人员可以在管道上可以设计一些波纹膨胀节,可以有效预防接管出现收缩的情况,然后再在膨胀处与管道的连接处加入隔热材料,便能够起到保冷效果。

#### 4.4 做好压力防护措施

在液化天然气储罐的使用过程中,对其进行压力控制也是极为重要的一项工作,在液化天然气储罐使用过程中,可以将安全阀与真空阀一同装置在液化天然气的储罐中,通过这种方式可以有效控制罐中压力,同时还可以利用BOG压缩机对罐内压力进行自动调节,一旦发现储罐内的压力过高,BOG压缩机便可以自动停止工作,如果罐内压力不仅没有被控制反而持续增加,并且超出了安全阀的最大限度值后,会通过储罐内的安全阀装置将多余的气体排出。另外,因为液化天然气储罐的温度较低,所以,在使用安全阀时必须选用先导式安全阀,以防因为温度过低而使安全阀冰冻。此外,倘若储罐压力较低,需要先将氮气及干燥的天然气通过调节阀输入到罐中,若没有发现压力增高的情况,则需要将真空阀打开,并将空气注入到罐中。此时需要相关工作人员注意的是当接入真空阀的接管时,其插入深度最大不能超过罐内吊顶。

#### 5 结语

总而言之,做好液化天然气的安全防护工作与天然气能否得到可持续发展有着密不可分的关系。因此,相关工作人员必须积极地参与到对液化天然气储罐安全防护技术的研讨中,不断加强液化天然气储罐的安全防护技术,并需要全面做好储罐的平面布置工作以及基础设计工作,同时,还需要对液化天然气的特性有一个深度了解,做好保温绝热以及压力防护等工作。只有这样,才能够确保液化天然气处于一个安全的环境中储运,有效降低安全事故的发生概率。

#### 参考文献:

- [1] 秦福涛,张毅男,方巍.大型储罐液化天然气危险性与安全控制路径探索[J].中国新技术新产品,2018(03):146-147.