

天然气液化工厂 LNG 储罐扩建的安全技术研究

薛龙飞 (广东惠州液化天然气有限公司, 广东 惠州 516000)

摘要: 随着可持续发展战略的逐步推进, 清洁能源的使用范围越来越大, 与此同时也在一定程度上促进了天然气液化技术的不断成熟, 技术的不断成熟致使液化成本不断下降, 也在一定程度上推动了天然气液化工厂的飞速发展。为了能够更好地满足人们日益增长的天然气使用需求, 必须对 LNG 储罐进行扩建, 作为重要的天然气储存设备, 进一步扩大存储规模, 才能够更好地满足人们的使用需求。但是, 在扩建过程中, 必须严格按照规范的作业流程和标准合理的应用安全技术, 确保天然气的存储安全。基于此, 在本文中就结合 LNG 储罐扩建难点, 探讨了其运行过程中潜在的危险因素, 并且提出了 LNG 储罐扩建安全技术要点, 希望通过本文的研究能够有效消除 LNG 储罐扩建中潜在的安全隐患, 保证相关工作的顺利开展。

关键词: 天然气液化工厂; LNG 储罐; 安全技术

天然气是一种新型清洁型能源, 于普通燃料最大的区别就是存在极大的安全隐患, 而且 LNG 储罐扩建中所处的环境以及工艺流程都有着极大的差异, 所以更应该加强对这一方面的研究力度, 精准的发现 LNG 储罐运行过程中潜在的风险因素, 采取切实有效的规避措施, 确保扩建施工的有序开展, 帮助天然气液化工厂进一步扩大存储范围, 以满足人们日益增长的天然气需求。

1 LNG 储罐扩建难点

随着天然气资源需求量的不断增加, 天然气储罐以及液化工厂的发展规模也在不断的扩大, 但是在先进技术的大力支持下, 罐容成本也有所下降, 进一步扩大储罐容量具备较多的优势, 包括增加容量后会显著提升土地资源的利用率, 同时降低其他配套成本的成本支出, 例如仪表、管道等等。而且使用更大容量的储罐, 能够有效减少存储过程中天然气的蒸发量, 这也能够在一定程度上降低运行成本, 也就是说不论是在使用需求还是经济性等方面, 大容量的储罐都具备更加明显的优势。然而, 针对 LNG 储罐进行扩建时, 仍然会面临着较多的挑战, 包括施工材料的选择、建造技术等等, 只有结合现场的实际状况, 制定切实可行的设计方案才能够真正掌握储罐扩建的关键点, 切实提升扩建质量, 而且在实际扩建过程中还必须要对内管的强度、吊顶以及管道阀门等进行科学合理的设计, 增加各种不同的仪表管道, 只有这样才能够确保后续储罐的安全稳定运行, 而这些内容无疑会加大储罐扩建的难度。

2 LNG 储罐潜在的危险

2.1 LNG 低温危害巨大

液化天然气是指利用一定的技术手段将温度降低

至零下 162℃, 这时天然气就会形成液化天然气, 但是由于温度非常低, 所以也具备极大的危害。一旦出现天然气的泄漏, 气化过程中就会吸收周围环境中的热量, 产生冷蒸气致使周围的材料设备被冻结, 而伴随着天然气泄漏的逐步推进, 部分没有汽化的液化天然气, 一旦接触到周围的其他设备, 就有可能导致设备出现冻裂、变形以及焊缝质量问题的产生, 受到冻裂后的设备材料会变脆, 同时储罐的真空状态也会受到严重的破坏, 随之而来, 储罐的存储的液化天然气会发生膨胀, 进而加大压力, 产生更大范围的泄漏, 至此形成恶性循环, 进而产生爆炸事故。

2.2 LNG 具有极强的热胀性

液化天然气还具备极强的热膨胀性。一般来说在气体状态下的天然气, 其容积是液化天然气的 625 倍。LNG 储罐不具备较强的保温性能, 致使部分存储的天然气受热, 其体积也会迅速扩大, 一旦储罐内部的压力超过极限的范围, 就会产生爆炸的问题。另外, 储罐运行过程中, 如果新注入的液化天然气与罐内底部的天然气混合, 也是一个传热传质的过程, 同时还会导致少量表面液体被蒸发, 最终才能够完成混合的过程, 如果储罐底部原有的液体温度相对较高, 或者混合速度过快, 就有可能产生剧烈的热量, 导致储罐内部翻滚, 伴随而来的就是部分液化, 天然气逐步被气化, 如果气化速度过快, 还有可能会引发爆炸事故。

3 LNG 储罐扩建安全策略

3.1 压力测量

天然气液化工厂在实际运行过程中, 对 LNG 储罐进行扩建, 并不是单纯的增加存储设备, 而是要建立更加完善的存储系统, 由于天然气的液化工艺相对

比较复杂。为了更好地维持天然气液体存储的稳定性,还需要在储罐内部设置循环喷淋装置,这样储罐在运行过程中首次进液的环节,就能够促使液化天然气的温度更加均匀,避免在储罐内部出现局部温度应力过大的现象,天然气液化工厂的储运系统包含多个不同的环节组成,例如,液位、压力、温度等等不同的环节都需要进行针对性的分析,做好有效的防护措施,才能够确保储罐扩建过程中的安全性。另外,液化天然气在实际存储过程中还有可能会产生传热反应,与此同时罐体内部的压力也会随之增长,如果储罐存储过程中进行气体的置换,也有可能极大的增加罐体内部的存储压力。为了确保扩建后,罐体始终维持稳定的压力状态,还必须要设置一套更加科学合理的压力测试系统,并且还能够结合罐体内的实际情况进行自主调节,在储罐的顶部设置超压自动防空系统,能够有效缓解内部的压力,同时在罐体内还需要安装三套真空吸气阀和放泄阀,这样就能够更好地调节储罐内部的压力状态,始终能够维持稳定的运行情况。最容易引发意外事故之处就是压力问题,所以必须加大对这一方面的防治力度,尽量避免压力过大或者过低的现象,对这一问题进行处理时,可以设置多层的防护体系,有效缓解内部的压力。举例来说,一旦出现压力超过安全防控范围,系统就能够自动化的对蒸汽进行回收,再借助压力调节将超压的气体排放到罐体外部,而且顶部设置的放空管道,也能够一定程度上排放气体,将其直接排放到大气环境。中由于天然气的密度相对较低,打开防泄阀就能够直接将内部的空气排放到大气环境中。

3.2 双安全壳设计

一般来说,针对 LNG 储罐进行设计时,大多都会选择双安全壳的设计方式,而且储罐的外胆和内胆都可以单独的放置冷冻液,这样在 LNG 储罐实际运行过程中就能够更好地保证液化天然气存储的安全性,储罐的外胆不仅能够需要容纳内胆,还应该对蒸发气体泄漏出的物料进行有效的存储使用,这样的方式就能够从根本上提升储罐运行的安全性。结合目前的实际状况来看,国际上作为主流的设计方式就是双层和全密闭设计,但是使用双安全壳设计方法具备更加明显的优势。针对 LNG 储罐进行扩建时,必须严格按照国际以及行业标准的规范,控制好储罐与其他设备区域之间的距离,这样就能够有效避免液化天然气存储过程中出现意外事故引起的不必要损失,根据相关研究

结果表明使用双安全壳设计,不仅能够有效满足储罐运行需求,还能够有效提升内外部的密封性能,使用这样的方式也不需要再在储罐周围安装溢流密闭系统。由于使用双安全壳设计的方式增加了安全屏障,而且其设计更能够满足线路控制的要求,所以这也是目前应用范围最为广泛的安全体系。

3.3 外壳设计

针对 LNG 储罐进行扩建时外壳的设计也至关重要,将会直接关系到储罐能否安全稳定运行以及其整体的承载能力和防护性能。在实际施工过程中,首先需要注意外科材料的选择,结合天然气储罐在运行过程中所处的超低环境温度以及天然气的实际特点。在选择外壳材料时,必须要具备足够的防腐和抗低温性能的特点。一般来说目前常用的外科材料包括不锈钢、碳钢以及低温钢等等,需要根据企业运行的具体要求以及工程建设的规范,选择合适的外壳材料,只有这样才能从根本上提升储罐运行的安全性,更好的满足天然气资源存储的需求。

其次,进行外壳设计时,也必须要保证所设计的外壳能够有效承载液化天然气存储过程中的压力以及重量,有效抵御外界自然灾害带来的风险,包括地震、风荷载等等。一般来说,针对天然气储罐进行设计时,外壳大多会设计成圆筒型,在顶部配备圆拱顶,这样就能够有效提升储罐的刚度和承载能力。为了能够从根本上提升储罐的稳定性,一般来说还需要在外科和内科之间设置隔离空间,这样就能够有分担天然气存储过程中的荷载,同时还能够起到一定的支撑作用。

最后,结合监测以及防护需求进行充分考虑,为了能够从根本上提升储罐运行的安全性,进行外科设计时还必须要配备更加先进的监测系统,例如液位、压力、温度、传感器等等,这样就能够对储罐实际运行过程中具体的工作状态进行实时监测,第一时间发现其中潜在的异常状况。

3.4 消防系统

LNG 储罐实际运行过程中,涉及完善的消防系统也是保证其运行安全的重要举措,因此在实际扩建过程中需要对有可能出现泄漏的位置设置消防保护装置。在具体的设计环节,不同类型的管体结构也直接决定了消防设施的安装位置,例如如果改扩建过程中,选择全容罐,那么最容易产生泄漏的位置就是管道的进出口以及仪表阀门等区域,所以在设计消防系统时需要安装固定式水喷雾设备,这样就能够更好地保护

储罐在遇到泄漏问题时,还能够充分利用喷雾设备对其进行稀释和吹散。此外,在实际工作过程中结合企业运行需求,建立完善的火灾报警系统,对于容易产生泄漏的位置设置低温探测系统,并且将其与水雾系统进行有效的连接,保证其始终处于稳定的运行状态,一旦其运行过程中发现存在液化天然气的泄漏以后就能够自动喷洒水分,尽量避免意外事故的发生。

除此之外,还可以在低温储罐周围设置高倍数泡沫混合液灭火系统,使用这样的方式也能够有效避免天然气的挥发,尽量减少火灾事故带来的隐患,虽然使用高倍数泡沫无法扑灭较大类型的火灾,但是能够有效减少热辐射值,也能够对于灭火救援起到有效的作用。最后,在储罐顶部的位置还需要安排火焰探测器和干粉灭火装置,一旦探测到天然气泄漏,触发警报以后干粉灭火器就能够自动化地进行灭火,同时灭火器还具备机械应急操作和手动控制两种不同的模式,为了能够有效满足扩建工作的实际需求,对于新增加的储罐边界也需要进行精准的计算,结合增加的面积判断是否需要增加额外的消防系统。

3.5 内外检测

针对 LNG 储罐进行内部检测时需要做到以下几个方面的内容:

第一,测量液位。针对储罐内部进行检测时,完成液化天然气液位的精准测量是最为关键的部分。以往在实际测量过程中,大多会选择差压测量和浮球测量的方式,但是由于液化天然气需要在极低的温度下存储,而且内部的压力相对较高,所以也需要设计专门的液位传感器。

第二,检测压力。针对 LNG 储罐内部的压力进行精准的检测时,保证储罐安全稳定运行的前提条件,为了能够更加精准地测得压力值,需要在罐体内部设置符合要求的传感器,并且将其与控制系统进行有效的连接,这样就能够第一时间获取储罐运行过程中的实时数据。

第三,进行温度监测。LNG 储罐在实际运行过程中,通过对内部的温度进行精准的监测,能够始终保持液化天然气处于合适的温度状态下,通过在储罐内部设置温度传感器以及配套的数据采集系统,能够第一时间了解储罐内部的温度变化状况,并且采取相应的处理对策。

第四,气体成分监测。天然气存储过程中,很有可能会在内部混有其他的杂质或者不良成分,通过对

内部存储液体进行成分检测,能够更好地提升天然气资源的安全性,确保天然气质量,一般来说这一方面的工作需要通过在罐体内安装质谱仪和气体分析仪来完成。

对储罐外部进行检测需要做到以下几点:

第一,储罐壁腐蚀检测。液化天然气存储过程中,一旦出现储罐壁的腐蚀,就很容易引起天然气泄漏等意外事故的发生,而针对这一方面进行检测,可以利用涡流检测、超声波检测以及磁粉检测等先进的技术手段,通过定期对储罐壁进行有效的测试,能够第一时间发现潜在的腐蚀问题,并采取有效的修复策略。

第二,可燃气体检测。通过在 LNG 储罐周围设置检测设备,第一时间发现气体的泄漏问题,能够有效减少火灾爆炸事故出现的概率。一般来说,大多会选择火焰检测器或者气体探测器,通过对 LNG 储罐周围的环境进行实时探测,能够精准地发现气体的浓度变化,而且立即发出警报。

第三,地震监测。地震也是引起储罐损坏的重要因素之一。LNG 储罐运行过程中,通过安装地震监测设备,能够及时了解地震活动状况,并且一旦发现异常状况,可以立即开启防护措施,更好地保证储罐的安全性。

4 结束语

随着天然气使用量的不断提升,为了能够更好地满足天然气液化工厂运行需求,就必须对储罐进行扩建处理,只有这样才能从根本上提升工厂的存储量。还需要结合企业的实际状况,明确扩建方案,通过采取切实有效的安全技术,建立完善的消防系统,加大对储罐内外部检测力度,选择合适的施工材料,并且做好原油储罐和新建储罐的衔接工作,才能够更好地保证天然气的存储安全,以此来促进天然气液化工厂的安全稳定运行。

参考文献:

- [1] 李庆增. LNG 接收站扩建工程兼容性设计及预冷问题简析 [J]. 广东化工, 2022, 49(07): 165-167.
- [2] 范仲辉, 邱国洪, 钱红华. LNG 加气站中储罐安全阀主要泄放情况分析 & 泄放面积计算 [J]. 辽宁化工, 2020, 49(11): 1386-1388+1437.
- [3] 魏洁, 乔小伟. 超低温储罐液化天然气储罐的应用和技术安全 [J]. 山东化工, 2022(03): 053.
- [4] 袁斌. 天然气液化工厂 LNG 储罐扩建的安全技术研究 [J]. 化工管理, 2022(33): 165-168.