

液化天然气的储运问题与安全技术管理

祁欣源（国家石油天然气管网集团有限公司深圳液化天然气项目经理部，广东 深圳 518000）

摘要：在天然气产业持续发展与进步的背景下，针对天然气能源应用已经取得可喜成效，尤其在天然气开采，液化储运以及气化销售领域，各项技术突破性进展，但与此同时也存在着许多安全问题，有待进一步攻克。例如液化天然气储运安全技术与管理措施上，还有很多不足。因此，完善液化天然气储运安全技术与管理措施是我国天然气产业发展的关键环节。针对这种情况，文章对液化天然气储运问题及安全技术管理进行了研究，以供参考。

关键词：液化天然气；储运问题；安全技术

1 液化天然气的主要特性

1.1 易燃特征

甲烷是易燃性气体，加压液化处理后，它仍然保持易燃。甲烷能在零下 160℃ 左右的环境下以 0.3m³/s 的速率燃烧，体积比约为 6%~12%。在周围空间足够大的情况下液化天然气只燃烧不爆炸。然而液化天然气在燃烧过程中，初期燃烧速度较慢，且随着火势扩散，燃烧面积扩大，与氧气的接触面积推迟。若燃烧空间不够大，无法满足火势扩散，则天然气会与空气混合进而导致爆炸显现。

1.2 低温特征

天然气在传统大气压下沸点是零下 160℃，因此气温低于零下 160℃ 时是液体状态，气温高于零下 160℃ 时是气体状态。尽管就目前技术而言，低温条件下天然气能够得到有效存储，但其输送过程还是有一些不方便之处，所有作业都需在低温环境中完成，对于温度要求比较苛刻，企业运输成本也相对比较高。同时，液化天然气的处理工作不仅要保持在零下 160℃ 以下，还需要有相应的专业设备和管道材料，材料须能在超低温环境中仍能保持较好的特性，以防止其在低温环境中发生收缩，变硬或断裂现象，从而避免天然气泄漏。

2 液化天然气储运方式

液化天然气能够有效地提高天然气运输效率，运输阶段则是确保后续贸易阶段发展的必要手段。液化天然气储运能够实现远洋天然气贸易，使海洋和荒漠地区天然气的开发和综合利用成为可能，目前液化天然气储运方式主要有：船舶运输，管道输送和槽车运输。

2.1 船舶运输

液化天然气的国际贸易，主要通过油轮进行跨洋

运输。液化天然气早在 1959 年即已实现远洋运输，如：甲烷先锋号已实现 5000m³ 液化天然气由美国至英国跨大西洋运输。在过去数十年中，伴随造船技术的不断进步和发展，液化天然气油轮在数量上取得了进一步的突破，可以通过提高油轮容量来有效地节省液化天然气运输成本，所以液化天然气油轮的容量在扩大，运输能力也在增加。

2.2 管道输送

在管道输送方面，由于低温输送技术和经济上的诸多因素，75% 以上天然气的输送方式多采用常规管道输送，液化天然气油轮和调峰装置都装设了低温管线，然而目前仍未出现长距离液化天然气管线这一真实事例。目前已有理论表明液化天然气长距离管线是可行的，试验表明，在保证低温材料和设备技术的前提下，长距离液化天然气管线在技术上是可行的，经济成本是可接受的。

2.3 槽车运输

槽车运输是天然气液化工厂将液化天然气各个使用点的主要方式。对液化后燃气输送距离远，量少，可以选用公路槽车输送，采用公路槽车输送已具有多年经验，而且国内外输送技术已很成熟。若距离长，可以选用铁路槽车输送液化天然气，经济成本低。我国已经开展火车低温集装箱运输方式的研究，确定运输标准，从而达到液化天然气远距离，大量运输的目的。

3 液化天然气在储运过程中的安全问题

3.1 爆炸和火灾危险

液化天然气可燃性强，如果在狭小空间内燃烧，会因为燃烧生成大量气体，最后导致爆炸。另外如果出现泄漏，天然气在空中浓度到了一定值时，遇到明火，火星和电火花就可能发生爆炸。此外如果储罐和

运输车间安全防护不到位,金属物长时间摩擦就会产生放电,同时天然气很容易被烧坏,伴随着电荷不断累积增多,火灾爆炸风险也越来越大。

3.2 翻滚现象

液化天然气在储存和运输过程中所面临的安全风险和其基本性质有着极大的联系,如翻滚问题等,因为液化天然气在低温条件下储存和运输,和外界有着温差,所以超低温液体可以吸收周围的热量而挥发,致使液化天然气分层受到破坏,上、下层液层间存在密度差,继而发生相对强烈的对流混合。另一方面,因为天然气储罐从外部吸收热量,还会造成储罐内液化天然气上下两层液体因为密度相近发生翻滚的情况。

3.3 低温危险

液化天然气属于深冷液体,如果与低温物体表面进行皮肤接触,则会出现严重的低温冻伤伤害。在没有保护措施的情况下,人在零下10℃环境一段时间后,则会出现低温麻醉现象,心脏功能快速衰竭,引发死亡。虽然液化天然气的低温蒸气没有毒性,但由于含氧量过低,很容易引发窒息等问题,如果在吸入液化天然气的环境中,不及时脱离,很容易失去知觉并死亡。

4 液化天然气的安全技术管理

4.1 储运材料的合理选择

液化天然气对储运条件要求较高,其需长期保持低温高压状态,但在实际储运工作中进行过程当,常受运输环境,模式等因素影响,对天然气储运温度造成影响。液化天然气在储运罐或者BOG储罐温度升高时,极有可能发生泄漏,当其达到一定温度时,遇火焰发生爆炸。所以,用于储存和运输天然气的装置就显得尤为重要,选材时必须确保物料不容易变形且受外界因素影响不大,输送时温差变化不应过大,避免液化天然气泄漏;运输槽车运行过程中,一般采用抽真空保持保温并辅以多功能复合绝热材料可降低运输费用并发挥良好的效果。

4.2 规范液化天然气储运程序

液化天然气储运工作在发展过程中为了促进安全性,必须强化储运程序规范化运行。其中规定在储运过程中所形成的最大压强应达到0.78MPa,低温极限值应达到-196℃。在设定工艺指标之后,需针对将要储存液化天然气的储罐进行试压操作以判定其是否满足安全储运的要求。具体方法是在空储罐内注入含氧量小于3%的干燥氮气并按50%吹扫压力极限值试压

检验,如果储罐能正常预冷,性能稳定,证明储罐具有安全资质。此后可在储罐中进行液化天然气的注入作业,平稳地向储罐中注入天然气,注入体积应大于1/2,同时立即关闭下进液阀。当达到85%体积时关闭上液阀并维持5min静置处理后再关闭阀门。储运程序时,需要操作员总是根据规范的天然气喷射动作来液化天然气。并且还要注意气体注入过程中液位表和其他参数的变化,如果接近安全阀指标,则需打开排放阀以达到有效的压力调节目的。

另外,在储运中需要如实填写操作记录清单。在调节储罐储压压力值时应在增压调节阀的辅助下创造天然气增压的条件。一方面利用液化天然气储罐进行液化天然气的储存和运输时,液位指标应控制在15%及以上,储运工人不能在整个储存和运输过程中自行离开现场。另一方面,增压系统启动后,应观察减压系统的工作情况,同时还应定期清洗出气管和汽化器、用100℃左右氮气清洗换热器及其他附件。

4.3 完善安全储运方案

一是危险源的防范,由前面可以了解到:液化天然气往往由于其本身的特点,当暴露于火源——高温介质中就会产生很高的火灾和爆炸危险,或当液化天然气储罐及其他储运设备的质量损坏后,事故率上升。这时,储运方案应明确规范用液位计,温度计和测压计从各方面记录储运过程中各参数变化,还应设置报警器,当发生超高温和能源泄漏危险源时,报警器马上启动,以引起储运工人重视。与此同时,还需在规划时对储运设备进行具体的论证,并要求选择抗腐蚀、耐低温的材质设备以实现最佳的安全防护效果。

二是防止翻滚事件的发生,不管是采用液化天然气储罐等储运设备都应合理预防翻滚。通常情况下翻滚时极易由于空间,温度和其他参数改变而导致内部环境发生改变。根据这一情况,需要在储存和运输过程中,低密度天然气要从储罐底端平稳放入,同时选择相同成分的油田气源。运输过程中还应随时检查各种附件的连接完整度和气密性等,对担负运输车辆行驶任务的人来说,需要精气旺盛,泄压安全阀不应触及火源,一直在有资质运输方的配合下,有效保障液化天然气储运安全和从源头上防范风险事件。

三是随着我国经济的快速发展,石油作为重要的能源,其在国民经济中的地位和作用越来越突出。在石油储运企业中,要想保证安全生产,首先必须从人抓起。加强对职工的安全教育,是贯彻落实“以人为本”安全理念的具体体现。石油储运企业人员结构复

杂、流动性大、岗位技能要求较高、人员素质参差不齐,必须坚持培训和教育相结合,严格培训和考核制度,以提高职工素质。

4.4 规范使用检测仪器

液化天然气作为应用十分广泛的新能源之一,其在实际应用过程中有许多储运过程,因此有必要对液化天然气储运加以关注。

首先必须定期对液化天然气储存设备进行检测,并规范运用相关检测设备来切实提高罐体检测的准确性,保障液化天然气储存和运输过程中的安全,这样才能保证液化天然气储存与运输过程中的顺利进行。

其次,液化天然气在储存和运输过程中罐内压力将逐渐增加,需不断地检查各个连接处有无气体泄露及其他情况现象发生,特别是天然气更换时发现泄漏后,理应终止替换并在泄露位置得到解决后再进行替换。

最后液化天然气储运环节需建立安全紧急事故处理系统,若在实际储运过程中出现储运事故则需及时处理,通过控制系统发出声光报警,即时关闭电源以降低液化天然气经济损失。

4.5 保温绝热技术

低温储运使其罐体内外温差大,因而易引发冷爆炸事故,同时还会因为温度过低而危害工作人员,不过一些罐体的特殊材料具有一定保温效果,为有效减少安全风险,管理人员要依据储罐类型及运输方式,进一步优化保温效果,使液体天然气保持在稳定低温状态。例如对小型储罐而言,用真空绝热或真空粉末绝热,选用隔热保温性能好的物料充填,或加大罐体结构层次、设计多道真空层等;例如,对大中型储罐,可用堆积绝热。

4.6 防压力安全技术

储罐压力过低则易发生凹陷变形进而产生裂纹现象而引起泄露,而压力过高则可直接引起罐体胀裂和罐顶掀翻等事故,这一压力极端性改变均可使罐体产生不同程度的形变,继而导致安全事故的发生,所以需要根据储存量、罐体材质以及尺寸等对压力进行合理的控制。压力安全阀及BOG压缩机可应用于实际项目中的压力调节,对此应确保罐车安全自动防护系统的完整及功能的正常,装运过程中做好安全阀的性能检测工作,以免阀座受冻而影响打开。从而在证实有超压时,在压力超过安全阀最高限压时阀门自动开阀泄压,在证实有负压时可以用调节阀通入部分干燥天然气或氮气,如果达到安全阀的设定值,则打开真

空安全阀吸气来调节压力。

4.7 防爆安全技术

首先,利用惰性气体进行防爆处理。考虑到爆炸事故是由于大量挥发的混合气体在很短的时间内迅速积聚所致,可预先用氮气将罐体内气体置换掉,以免到达爆炸极限。另外氮气对于罐体及天然气均无伤害,其本身无可燃性,能够降低起火场所氧浓度,实现灭火,又能避免火灾导致爆炸。

其次,严格控制集液池中液化天然气液面以上蒸发气。液化天然气在低温下发生泄漏时,收集在集液池中与其他介质相接触时会吸收热量并气化,集液池中的空间是有限的,大量迅速气化的天然气是爆炸发生的基本条件。为此,必须对气化速度或气化后天然气总量进行控制,既选用保温性更好的物料来构建集液池又需建立自动化高倍泡沫喷射系统,这样就可以实现蒸发过程中对液化天然气表面的包覆,以避免增发气体的浓度超标。

5 结语

一般而言,液化天然气被广泛地应用于现代生产制造和生活的过程当中,在现代能源销售市场上占据着较大的市场份额。然而天然气汽化过程中,储运安全系数的确定是非常复杂的任务。也由于天然气有其自身的一些独特之处,其工艺储运中会出现意外,为避免意外伤害以及财产损失的发生,工作人员必须强化对其的安全管理,并针对之前发生的事故去对事故发生的重要原因进行分析,找出液化天然气在储存和运输中所存在的安全隐患来制定出一系列解决对策,只有这样才能使得天然气储存和运输安全管理水平不断提升。

参考文献:

- [1] 田亚光,邢占涛.国内外天然气储运技术现状与发展趋势研究[J].企业管理,2019(S1):106-107.
- [2] 王兴军.液化天然气的储运问题与安全技术管理探讨[J].石化技术,2018,25(12):157.
- [3] 高文晓.液化天然气(液化天然气)储运安全问题与发展前景研究[J].石化技术,2018(5).
- [4] 韩菁菁.液化天然气(液化天然气)储运的安全技术及管理措施[J].中国石油和化工标准与质量,2017(16).
- [5] 姜超.液化天然气储运的安全技术及管理要点分析[J].石化技术,2020,27(11):274-275.
- [6] 贾思琦.液化天然气的储运问题与安全技术管理[J].住宅与房地产,2021(03):208-209.