

液化天然气储存过程中危险性及预防措施

高 航 (西安秦华燃气集团有限公司, 陕西 西安 710000)

摘 要: 天然气是一种具有可燃性的气体, 其中主要包含 CH_4 、 C_2H_6 、 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ 等多种可以实现迅速燃烧的气体成分。近年来, 节能环保理念持续渗透, 且逐渐深入人心, 让液化天然气已经演变为工业生产及人们日常生活所需的重要能源, 让大气污染问题得到了切实解决。然而, 液化天然气自身极易爆炸, 若在储存过程中无法进行高效管理, 防范其危险性, 便可能造成严重的意外事故, 为此, 要求针对液化天然气安全管理中的潜在问题实施全面管理, 并提出相应的对策。

关键词: 液化天然气; 储存; 问题; 预防措施

通过天然气管理可以让我国生态环境得到充分改善。近年来, 人们的日常生活品质显著提升, 天然气是一种新型清洁能源, 人们在日常生活中对天然气的使用越来越广泛, 然而, 人们在实际天然气安全管理阶段仍然存在诸多问题, 例如储存过程极易发生危险。本文简要介绍了液化天然气的特性, 明确液化天然气储存中的现存问题并提出具体的管理策略, 以供参考。

1 液化天然气概述

1.1 液化天然气的特点

作为一种十分重要的清洁型能源, 液化天然气已经在各行各业得到了广泛运用, 此种能源的主要原理便是压缩并冷却天然气, 使其转化为液体, 相比于同等容量的气态天然气, 液化天然气的体积仅为 $1/625$, 密度则介于 $430\text{kg/m}^3 \sim 470\text{kg/m}^3$ 之间。天然气的成分中含有许多难以高速燃烧的物质, 其爆炸可能性相对较低, 如果压力在 5kPa 以内, 则通常难以引发爆炸事故。但是, 一旦在天然气周边存在诸多限制条件, 且未能全面落实各项安全管理措施, 也相应增加了云团内部的压力值, 如与空气混合物, 便可能导致液化天然气达到爆炸临界点, 进而引发爆炸。

1.2 液化天然气储运风险

①分层。液化天然气运输到储备厂后, 通过卸车装置将运输来的液化天然气充装到液化天然气储罐中进行储存。储罐中的液化天然气在长时间的储存过程中, 随着液化天然气中组分和温度的变化, 不同组分的液化天然气密度差, 会使较重组分的液化天然气会渐渐下沉与较轻组分的液化天然气形成分层。储罐内液化天然气的温度差在垂直方向上大于 0.2°C , LTD 所检测的密度差大于 0.6kg/m^3 时, 液化天然气储罐内的液化天然气便已经产

生了分层现象。液化天然气的密度不同和其组分中的氮元素含量过高是产生液化天然气分层的主要原因;

②在液化天然气输送、储备、供气等任一个环节中都有可能发生泄露, 在日常生产中要对作业区持续进行氧含量检测。当空气中氧气体积浓度小于 20% 时, 报警器发出警报, 作业人员采取措施后做好撤离准备; 若氧气浓度持续下降时作业人员立即离开作业区域。如果作业人员在作业过程中因氧气的缺少而失去知觉时, 其它发现人员在保证自身安全的前提下应立即将其撤离现场至安全场所;

③操作设备、管道、阀口等泄露后部分天然气会气化成为蒸气, 也有部分会流向地面, 这些都可形成冷蒸气雾, 再经冷凝形成白烟, 被稀释、受热后与空气形成混合性爆炸物;

④液化天然气泄漏时的气化率非常高, 在一段时间后基本稳定, 会在地面形成液流。如果缺乏维护措施就会不断扩散, 极易遇火燃烧;

⑤全包容式低温储罐内壁若不严, 也会发生泄露而渗入保温层, 维修时若对罐内、保温层天然气置换不充分可引起火灾爆炸;

⑥事故状态下设备安全泄放设施所排放的天然气遇火可导致火灾。爆炸危险范围内若防爆电气维护不良也可引起火花、高温而引发火灾事故;

⑦液化天然气在卸入储罐内时, 若进入部分天然气与已有天然气两者成分组成和温度不相容, 需要谨慎选择进料方式, 避免发生危险;

⑧液化天然在储罐内长期储存时会有部分组分优先蒸发, 引发翻滚事件, 继而使得罐内液化天然气快速蒸发, 增加罐内压力。翻滚事件时罐内液化天然气气化量将增加 $10\sim 50$ 倍, 罐内气压也会因此急剧上升至安全压力之上, 也称为超压现象。此

时安全阀若不能及时减压就会导致胆存槽破裂、物料泄露,伤及人员和环境。如果储罐内储存的液化天然气分层显著,上层物质具有一定静压抑制作用,可一定程度上阻止外界热量传入下层,避免下层天然气蒸发,还能使得下层物质处在过饱和状态。但是,若罐内的上层物质的密度比下层高,那么下层物质就会迅速上升、蒸发。在操作不同密度液化天然气储存时必须采取有效的预防措施,避免不利后果。

2 液化天然气储存预防措施

2.1 机器、设备安全预防措施

储罐失效(裂缝、超压、腐蚀、冲击、破裂)、阀口泄漏、管道损坏或破裂、安全阀失效、控制系统及仪表显示系统故障以及安全装置失效等不安全状态都可引起储罐失火爆炸。而明火、静电火花、电火花、撞击起火、高温热体以及雷击等都可成为点火源。所以,液化天然气储运系统中机器及设备的安全预防措施要从控制其不安全状态及点火源。储存系统工艺设计、输气管线、储罐、安全阀、安全补偿设备、仪表、消防给排水、灭火器、电气防爆、防静电、防雷等都需符合标准。其它相关设备及建筑物等也要符合安全防范要求,与周边设施预留合理的防火间距,预防发生事故时引起多米诺反应,从而减少伤亡及损失。

2.2 提高天然气储罐安全性,定期检查维修

LNG 为低冷介质,储运系统中凡是能接触液态或气态天然气的零部件都需使用耐低温材料,管架及支撑管道的绝热系统也要耐冷。不论何时、何地,都要确保储罐及设备安全运行,不可“带病”作业。在整个液化天然气储运过程中安全检查、定期维护、定期检修是非常关键的,对于压力、温度等参数监测仪器仪表,投入应用后要定期检查,要清晰掌握这些设施的磨损、老化情况,以便及时维修。另外,系统中所有的报警装置还需经国家质检部门认可,确保其质量合格。在内部管理中要求专人负责,定期校验、维修。气体检测报警装置能够保证天然气在到达燃烧下限前对系统实行保护工作,因此,必须安排专人负责检查校验,不合格的及时调换,确保投运率为 100%。除此之外,在储存区及操作区要设立醒目的标语、标牌,如“禁火区”,提高人员警惕性。在区域入口还要明确说明区内安全管理规定,进入禁火区域之前要接受安全检查、严禁携带火种及易燃物品,要遵守动火审批制度。

2.3 储罐预防分层翻滚措施

防止分层的出现是确保液化天然气储存安全的重要手段。一般储罐内部地板和夹层会设置 RTD 系统,同时也设有检测密度的 LTD 系统。通过对 RTD 系统参数和 LTD 系统所测的数据进行分析,判断储罐内液化天然气是否产生分层现象(储罐内液化天然气的温度差在垂直方向上大于 0.2°C , LTD 所检测的密度差大于 $0.6\text{kg}/\text{m}^3$ 时,液化天然气便已经产生了分层现象)。为了防止分层,常用的措施有以下三点:

①在装液时应对所装液体进行密度分析,选用正确的装液方法:因为罐内之前所存储的液化天然气与充装的液化天然气在密度上存在一定的密度差异,因此在充装时需要对其密度进行测量分析。较重的液化天然气应从储罐的上进液管线进入。当较重的液化天然气从储罐上进液进入后会下沉,从而打破分层,防止分层的产生;较轻的液化天然气应从储罐下进液管线进入,较轻的液化天然气从储罐下进液进入储罐后,会向上漂浮,从而打破分层,防止分层。对于密度差较大的液化天然气也可进行分开储存;②打开启用液化天然气储罐低温潜液泵,使储罐内液化天然气流动、循环,对储罐内的液化天然气分层、翻滚,也能起到预防作用;③对于已经发生翻滚的液化天然气储罐,通过安全放散阀、罐顶排放系统进行安全放散处置,确保储罐不超过设计压力。

2.4 控制人员操作失误

有效控制人员操作失误必然可降低事故发生率,这也是事故安全预防的重点。主要从下述几个方面着手:

①调节安全心理:通过教育培训来提高人员的感受、思维、行为协调、注意力、反应力等心理品质,辅以安全辅导技术,疏导人员非正常态屯理,矫正其不良态度,保证其心理状态良好;②激励:将物质激励和精神激励联合起来,以丰富的内容和形式满足员工需求,让工作人员处在最佳状态,充分调动其主动性、积极性、创造性;③协调人、机及环境:健全安全措施,依据人机工程学让机械设备及环境与人员生理及心理特征相符,为工作人员创造舒适、安全的工作环境,减少疲劳作业,保证操作更加准确、简便,提高工作效率。

2.5 液化天然气储罐高低压保护

在液化天然气储存时期,储罐在自身保冷效果和外界环境温度影响下,每日都会产生一定量的

BOG 蒸发气体。因储罐的空间有限,所以容纳这些 BOG 气体的量也是有限的。

一般的超压保护分为三级保护:一级超压保护通过控制储罐压力小于等于其设置的连锁值,即依靠压力连锁控制 BOG 压缩机进气量。当储罐压力较高时,通过启动 BOG 压缩机将储罐内的 BOG 气体抽出,从而降低储罐压力。二级超压保护则是当储罐压力高于所设定的连锁值,通过控制阀门,将超压的气体排放至火炬系统进行燃烧,从而降低储罐的压力。三级超压保护是当储罐压力达到设计压力时,储罐就地安全放散阀起跳,将超压气体直接排入大气。储罐压力过低会造成储罐变形,为了防止储罐负压也会设计了负压保护措施。

一般储罐负压保护也分为三级保护:一级压力保护通过控制储罐压力大于等于其设置的连锁值,即依靠压力连锁控制 BOG 压缩机进气量。当储罐压力低于其设计的连锁值时,运行中的 BOG 压缩机会连锁停机,防止因储罐压力低而将储罐抽变形。二级压力保护为储罐补气系统,当储罐内的压力过低,会通过氮气管线对储罐进行补压,保护储罐处于正压状态。一般储罐压力低于 5kPa 时,应开启氮气补气的阀门对储罐进行补压。三级压力保护当压力降低到 -0.25kPa 时自动开启罐顶呼吸阀进行空气补偿来确保储罐的安全。为了液化天然气储存安全,储罐设有 RTD 系统检用来测储罐底板和罐壁温度情况,同时也设有 LTD 密度检测系统,用来监控存在的分层、翻滚问题,超压、补压部位均会设计连锁值以便及时作出反应。此外,在所有可能超压的部位,均配备有足够的安全阀,确保液化天然气的储存安全。

2.6 强化安全管理措施及应急响应

安全管理欠缺同样是事故发生的潜在因素,安全管理要在事前分析、预测。企业还要加强安全文化建设,从决策、管理、实施多个层面和环节中加大管理力度,保障安全规章制度及预防措施能落到实处。

首先,要健全安全生产制度,包括各级人员安全生产责任制度、管理制度,要出具各个工种安全操作规程。在液化天然气储运这个高风险操作系统中,任何一个环节操作失误都可能导致燃烧或爆炸事故。在日常管理中,安全管理是重点,要在完善安全管理制度的前提下,不断地进行职工安全教育,让每个人员都能遵守规章制度、安全生产。

其次,要强化教育和培训,要对职工进行安全

制度的教育培训,对新进人员或调岗人员在其上岗前要做好安全培训工作,让其对工艺、材料、设备、产品有清晰的了解和认识。对特种作业人员还要在教育培训后进行考核,合格后才能持证上岗。所有参与液化天然气生产、储运的人员都要熟悉其特性,定期接受培训,了解其危害性及安全预防措施,接受必要的防护措施。职工安全教育应包括安全知识教育、态度教育、技能培训、安全应急培训、应急预案等。调研安全预防措施有效性,对已发送的事故进行研讨,分析原因,并提出纠正、预防措施,预防今后发生同样的事故。最后,还要加强监督力度,对储运系统中各环节的设备、人员、操作进行严密监控,避免发生事故。

在发生紧急情况时企业要先依托自身资源自救。一旦出现突发安全事件,及时有效的依据预定应急方案响应,可在短时间内阻止突发事件发展、升级,有利于恢复正常秩序、降低事故损失、挽救生命、保护环境。在应急预案中各级人员应急响应职责要明确,不仅还要定期进行应急演练,还要建立简洁明了、易于执行的响应预案。一旦发生紧急情况,各级人员根据自身职责进行响应,各应急小组包括义务消防员、值班员、动力组、疏散组、现场指挥人员、急救组、后勤保障组等,义务消防员为接受过消防训练的班组长团队,值班员为消防控制室人员,动力组为厂务或工程部人员,疏散组为保卫人员,现场指挥员一般选择公司领导担任,急救组为受过急救培训的人员,后勤保障组则由办公室、物流部等部门人员组成。

3 结束语

总之,液化天然气作为清洁能源在人们的日常生活中占据着重要位置,其储运风险不可忽视,在储存过程中,应该严格按照相关标准进行检查和预防,防止发生危险。

参考文献:

- [1] 廖伦丰. 液化天然气储存过程中危险性及预防措施 [J]. 石化技术, 2021, 28(06): 89-90.
- [2] 雷静瑶. 浅谈液化天然气储存过程中危险性及预防措施 [J]. 中国设备工程, 2018(13): 191-192.
- [3] 刘若竹. 液化天然气储存系统风险评价与控制研究 [D]. 上海: 华东理工大学, 2011.
- [4] 何茂全. 液化天然气储运系统风险评价 [D]. 上海: 同济大学, 2007.
- [5] 单铂琳. 关于液化天然气储存及应用技术的研究 [J]. 化工管理, 2019(23): 94-95.