

大型 LNG 储罐安全性分析与控制的措施

韩旭

江西省页岩气投资有限公司, 江西 南昌 330096

[摘要]随着我国工业的不断发展, 大型 LNG 储罐的应用越来越广泛, 生产的数量也越来越多, LNG 储罐一旦发生安全隐患, 就会给企业带来巨大的经济损失, 会对周边的环境产生较大的污染, 严重的情况下会威胁人民的生命和财产安全。所以大型 LNG 储罐安全性分析与控制措施探讨是十分重要的。主要阐述了 LNG 储罐类型及结构, 对大型 LNG 储罐安全性进行分析, 针对实际情况制定相应的控制措施。

[关键词] LNG 储罐; 安全性; 控制措施

DOI: 10.33142/ec.v4i12.4804

中图分类号: TE972;TE88

文献标识码: A

Safety Analysis and Control Measures of Large LNG Storage Tank

HAN Xu

Jiangxi Provincial Shale Gas Investment Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330096, China

Abstract: With the continuous development of Chinese industry, large LNG storage tanks are more and more widely used and the number of production is more and more. Once there are potential safety hazards in LNG storage tanks, it will bring huge economic losses to enterprises, cause great pollution to the surrounding environment, and threaten people's life and property safety in serious cases. Therefore, the safety analysis and control measures of large LNG storage tanks are very important. This paper mainly expounds the type and structure of LNG storage tank, analyzes the safety of large LNG storage tank, and formulates corresponding control measures according to the actual situation.

Keywords: LNG storage tank; safety; control measures

最近的几年中我国高度重视环境污染问题, 不断的优化和升级国家能源结构、产业结构, 在国家能源中 LNG 能源作为重要的清洁代替能源, 发挥着重要的作用。为了满足 LNG 增长需求, 我国在广东、深圳、福建、江苏、山东等地相继的建设了 LNG 接收站, 建设的数量越来越多, 规模越来越大, 同时 LNG 有着易燃易爆、低温等特点, 储存的要求比较高, LNG 储罐是存储 LNG 比较常用的设备, 同时也是 LNG 生产运行中的重要危险源。LNG 行业的发展过程中发生过多起重大事故, 其中因为 LNG 储罐造成的事故数量并不多, 但是 LNG 储罐一旦发生火灾、爆炸等事故, 就会给企业带来巨大的经济损失, 威胁着人们的生命和财产安全, 同时也对周边的环境产生较大的污染。我国 LNG 行业的起步与世界发达国家相比比较晚, 因此关于 LNG 存储的标准制定的不够完善, LNG 储罐的安全性有待提升。我们需要根据实际情况对 LNG 接收站中储罐的安全性进行分析, 制定出安全、可靠的控制措施, 促进我国 LNG 行业的可持续发展。

1 LNG 储罐类型及结构

LNG 储罐的种类比较多, 目前比较常见的几种为双金属真空粉末隔热罐子母罐、双金属壁单容或全容罐、真空隔热罐、混凝土全容罐等。在一些 LNG 储量比较大的接收站比较适用混凝土全容罐, 缺点就是建设的周期长、投入的资金比较高; 在一些中小型的 LNG 工程中比较常用双金属壁单容或全容罐, 有着投资成本低、施工周期短的特点, 缺点就是储量比较小; 我国一些建设比较早的 LNG 工厂使用的为双金属壁单容罐, 随着我国 LNG 相关标准的不断升级和完善, 能要严格的控制安全距离、更加谨慎的管控建设用地审批, 一些占地面积比较大的单容罐应用的越来越少, 逐渐由双金属壁全容罐所替代。双金属全容罐的组成包括外罐、内罐、平台梯子、阀门仪表、绝热层、基础平台等, 主要为外罐拱顶、内罐吊顶的结构形式。储罐的基础是在钢筋混凝土基础平台上采取架空式整个设备的方式, 主要的支撑点为承台底部的混凝土立柱, 同时底座基础具有防潮、通风功能。双金属全容罐外罐和内罐的主要材质为低温奥氏体不锈钢, 外罐和内罐之间使用保温绝热的珠光砂填充。目前我国比较常见的双金属全容罐储量为 5000m³ 到 30000 m³ 之间, 比较特殊的可以达到 80000m³。

2 大型 LNG 储罐的安全性分析

LNG 是一种以甲烷为主的低温液体混合物, 通常情况下 LNG 的温度为零下 162℃, 一旦 LNG 出现泄漏, 会在空气中

形成大量的白色蒸汽云, 蒸汽云有着无色、无味、无毒的特点, 很不容易被人们所察觉, LNG 在存储的过程中很容易出现以下各种安全问题。

2.1 翻滚

翻滚在 LNG 储罐的存储中是一种不稳定的状态, 翻滚产生的主要原因是因为储罐内原有的 LNG 与新注入的 LNG 在密度上可能存在一定的差异, 混合不够充分, 形成两个稳定的单元或者分层, 储罐底部 LNG 的密度大于上部的密度。同时储罐具有一定的传热性, 在储罐内部就会形成循环对流, 循环对流的不断运行造成储罐内部各层液体密度的不断不变化, 密度相近的两层会发生强烈的混合想象, 混合过程中会引发大量的 LNG 汽化。一旦 LNG 之间的密度相差达到 $0.8\text{kg}/\text{m}^3$ 或者温度相差 0.3°C 以上, 翻滚现象就可能发生。

2.2 泄漏

LNG 一旦发生泄漏现象, 就会给现场的施工人员造成较大的影响, 可能出现冻伤、窒息等伤害, 同时还可能出现火宅、爆炸等现象, 对人民的生命和财产安全造成重大的损失。LNG 泄漏的主要原因可能是设备损坏或者人员操作失误造成的, 尤其是阀门、法兰、焊缝等位置比较容易出现泄漏现象, 泄漏位置会形成比较明显的雾团。

2.3 火灾爆炸

燃烧的发生需要具有三个必要条件, 助燃物、可燃物、点火源。天然气属于一种可燃气体, 一旦在遇到空气后燃烧范围处于百分之五到百分之十五之间, 遇到明火就会发生燃烧, 在受限空间内就会发生爆炸。因此我们主要从几个方面对火宅、爆炸进行有效的控制, 分别为可燃物、助燃物、点火源等。点火源主要是对静电、电火花、明火等进行控制, 对可燃气体密切的监控, 在危险区域禁止存放可燃材料、助燃物, 同时配备相应的消防设备, 一旦发生火灾可以第一时间进行救援, 还要迅速的减小空气对流。

3 大型 LNG 储罐安全控制措施

3.1 防翻滚控制

每台 LNG 储罐需要安装一套 LTD 检测系统, 对 LNG 在储罐内的各个位置密度进行测量, LTD 的组成主要包括电机驱动单元、数字逻辑单元, 实现储罐内任意位置的移动测量, 测量主要分为两种方式, 人工和自动。操作人员通过 LTD 提供的温度、密度、液位等数据参数, 可以实时了解储罐内 LNG 的状况, 在防翻滚软件的配合下, 避免储罐内部出现翻滚现象, 降低翻滚发生的几率。同时两条进料管线分别从底部和顶部将 LNG 填充进储罐, 在注入新的 LNG 时, 一定要对其密度进行分析, 从底部填充低密度的 LNG, 从顶部填充高密度的 LNG, 想要 LNG 在储罐上下充分的混合, 就要使用低压泵打回流的方式。

3.2 压力控制

每台储罐中安装压力测量仪表, 避免外界大气压对储罐内的压力产生较大的影响, 储罐内压力的测量可以使用绝压压力变送器, 对压缩机的负荷进行控制, 避免超负荷运行。储罐内的压力主要通过真空阀及排火炬的调节阀进行控制, 储罐内的压力在正常范围内时不会出现报警, 只有在低压力时和高压力时才会出现报警, 主要的控制流程为: (1) 一般情况下, 储罐压力的调节是通过 BOG 压缩机进行控制, 保障储罐压力不能超出正常范围; (2) 一旦储罐内的压力超过标准范围, DCS 就会发出报警, 开启排火炬, 如果压力还没有下降的趋势, 就会触发 SIS 系统, 关闭管道切断阀, 储罐内的 LNG 停止填充, 还可以打开储罐压力安全阀, 排到空气中; (3) 储罐内 LNG 压力低于标准范围时, 也会发生警报, DCS 就会发出报警, 这时候需要操作人员手动停止 BOG 压缩机。当压力还在下降时, 触发 SIS 系统, 停止 BOG 压缩机和内泵。如果压力还在下降, 就要打开天然气总管线上的返回补气线控制阀, 进行补气。最后可以采取打开真空阀的方式对其储罐压力进行控制, 破真空。

3.3 液位控制

储罐的液位控制主要通过伺服液位计及雷达液位计来完成, 保障其液位安全, 一旦储罐的液位超过标准液位, 伺服液位计就会发出警报, 与雷达液位计的报警形成连锁信号, 实现卸料区域停车及储罐入口管线切断; 一旦储罐的液位低于标准范围时, 伺服液位计进行报警, 产生的连锁信号实现罐内泵出口管线切断阀的关闭和低压泵的停止。

3.4 泄漏及消防措施

储罐除了安装了一套独立的 DCS 系统之外, 为了有效预防火宅、爆炸、泄露等安全事故的发生, 还需要安装一套完成的 FGS 系统, 有效的保护人民的生命安全和财产安全。罐区 FGS 系统的组成分别为低温检测、水喷淋系统、泡沫系统、

可燃气体检测、火焰检测、干粉灭火器系统、辅助操作台等。(1) 手动报警, 储罐的手动报警开关需要安装在每台储罐的顶部和底部, 一旦储罐发生火宅, 操作人员要第一时间按下报警开关, 储罐顶部的报警开关触发时会产生声光报警, 同时现场的喷淋系统开启, 报警信号传输到 SIS 系统中, 造成罐区停车; (2) 可燃气体检测, 一般情况下大型 LNG 储罐都会安装多台可燃气体检测仪器, 一旦储罐中的三台及以上可燃气体检测仪器发出警报, 就会触发喷淋系统, 报警信号传输到 SIS 系统中, 造成罐区联锁停车; (3) 低温检测, 储罐的表面温度主要通过多个表面温度检测仪器及平均温度计来测量出来, 我们在储罐的底部、顶部分别安装多个温度检测点, 收集的温度数据参数传输到 DCS 系统中, 再由 DCS 系统传输到 FGS 系统中, 一旦储罐的温度低于标准范围值, 就会发出警报, 对可能存在泄露的点进行检测; (4) 火焰探测, 一般情况我们将两台火焰探测器安装在储罐的顶部, 一旦某一台感应到火灾信号就会发出警报, 如果两台都感应到火宅信号就会启动干粉灭火系统, 报警信号传输到 SIS 系统中, 造成储罐联锁停车; (5) 水喷淋系统, 主要的组成为远程喷淋阀、水喷淋高压阀、雨淋阀等, 可以实现远程或者手动启动水喷淋系统; (6) 干粉灭火系统, 将整套的干粉灭火系统安装在储罐顶部, 对可能发生的火宅及时控制; (7) 辅助操作台, 主要的作用是对现场可能出现的火宅报警灯信息、可燃气体报警低温检测报警在中控室显示出来, 同时伴有声光报警, 操作人员可以实现远程雨淋阀等消防设施的开启。

4 立式储罐防腐质量的控制要点

总的来说, 石化储罐涂装的策略主要涉及到手工刷涂的策略和空气喷涂。高压喷涂等多种措施, 如果施工面积比较大的话, 就要以高压喷涂的方式为宜, 促进作业效率提高, 确保涂层喷涂的整体质量。在整个涂刷中必需重视下列几点, 一是, 涂料的配置, 即涂装中是根据所规定的一些涂料的配比展开组份, 然后实施具体的均匀性搅拌, 可以选择电动工具和气动搅拌的装置开展搅拌工作; 如果是环氧类胺固化的双组份涂料, 就要对熟化期进行空留; 就双组份涂料来说, 必需具有适用期, 当从这一适用期中超出的话, 势必会对涂层的附着力造成影响, 所以, 一般都是 4 到 6 个小时, 还要在所规定的时间中必需用完; 二是, 在涂装过程中要有一定的间隔时间。各种涂料和其涂层系统都是存在涂敷的间隔时间的, 需要根据比较严格的和科学的分层展开施工, 只有这样, 才可以确保质量, 不然的话就会使得涂层间出现咬底和起皱与流淌以及层间附着力出现问题。下一道油漆是在上道油漆的表干之后和固化之前进行涂敷, 在涂敷过程中, 间隔的时间不能比 24h 大, 如果上道漆的时间大于 7 天, 早已实现了固化, 就要在打毛之后然后再开展涂敷工作; 三是, 养护涂层: 涂敷之后的 4h 内, 必须注意漆膜的保护, 不能让其受到雨淋, 否则会出现泛白弊病。在涂层实干之后, 就可以进行移动和对方, 在涂层实干之前, 不能出现踩踏的现象, 同时, 要避免工具的集杂物。完成储罐涂之后, 对脚手架进行拆除时, 要注意保护涂层, 当有损伤时, 就要根据相关工艺有效地修复; 四是, 喷涂设备要求: 在喷涂工作中运用的设备在运转上正常和平稳, 在使用之前要很好地调试设备, 调整喷涂压力与喷涂角度, 对原料进行一定的检验之后就可以根据厂家的配比混合, 此时, 原料的温度控制必须在 10—30℃ 的范围中。一旦油漆发生变化, 就要在此实施工艺参数的试验, 四是, 对设计质量的控制, 单位中标之后, 相关技术部门必须根据业主要求对施工进行很好地组织和设计, 要对技术质量进行施工方案的编制, 在编制过程中, 要深入到施工现场中, 深入调查现场的施工条件, 同时, 结合工程的实际特点和技术关键以及施工难点选择具体的技术和经济措施; 五是, 要对技术交底做好保障, 主要有设计交底和组织设计的技术交底以及工序技术的交底。是指开展施工工序之前, 专职的技术人员通过文字的形式将情况汇报给班组长, 技术人员写好记录交并做好讲解。内容主要有: 工序工作的内容与工程量以及原材料, 还有使用质量的要求和工艺流程与操作规程等, 必须做到责任到人, 同时, 还要规定管理人员间的有效协调和配合, 为工程的进展做好准备。

5 结语

经过以上的研究和分析, LNG 接收站中 LNG 储罐的安全性有着十分重要的作用, 一定要对可能发生的安全事故制定相应的预防措施, 科学合理的控制翻滚、泄漏、火灾爆炸等事故的发生, 制定相应的安全控制措施, 保障 LNG 接收站的安全、稳定运行。

[参考文献]

- [1] 孟庆海, 赵广明. 地上 LNG 储罐选型及基础类型的选择[J]. 石油化工设备技术, 2014, 35(4): 1-6.
 - [2] 施纪文. LNG 接收站储罐形式及储罐大型化发展趋势[J]. 煤气与热力, 2014, 34(6): 5-8.
 - [3] 刘培峰. 大型 LNG 储罐安全性分析与控制措施[J]. 化工管理, 2020(7): 188-189.
 - [4] 张超, 陈团海, 彭延建. 大型 LNG 全容罐泄放阀火灾安全性分析[J]. 压力容器, 2016, 33(12): 41-48.
- 作者简介: 韩旭 (1984. 12-), 江西省页岩气投资有限公司, 研究生学历, 员工。