

# 大型 LNG 储罐储液分层与翻滚预防措施研究

周闯锋 刘 靖 (延长石油天然气股份有限公司, 陕西 延安 716000)

**摘要:** 在大型 LNG 储罐中, 经常存在储液分层的问题。如果工作人员未能在第一时间采取有效方法, 极易出现液体翻滚现象。当发生上述风险问题时, 不但会消耗大量的资金成本, 还容易引发较为严重的环境污染, 甚至引发爆炸事故, 因此需要及时帮助罐体释压, 降低安全隐患出现的概率。文章重点分析在 LNG 储罐储液分层与翻滚时产生的影响, 并提出了相关问题的预防措施, 防止翻滚事故的发生。

**关键词:** 大型 LNG 储罐; 储液分层; 翻滚预防

随着绿色环保观念的提出, 政府部门采取有利的手段, 规划我国能源构成。由于 LNG 气体具备无色无味的特点, 故而得到了业内的广泛追捧。在该气体的实际应用阶段, 大型 LNG 储罐作为其重要的储藏装置, 在使用时经常会存在爆炸、翻滚等风险, 如若出现分层或翻滚现象, 罐体内部的压力逐渐升高, 一旦与火星接触便可能引发爆炸。为此, 工作人员需借助合理手段, 降低该现象出现的可能性。

## 1 大型 LNG 储罐应用

在 LNG 储罐正式进入使用阶段前, 制作和生产等步骤需要得到工作人员的高度重视。为提升设备的应用时长, 应参照西方国家的经验和成果, 完成实验和预设计。当前, 各类发达国家已经全面掌握大型 LNG 储罐的制作技术, 并制定了较为完备的体系。

参考国内外的相关数据可知, 为避免 LNG 储罐储液时出现液体封层或翻滚问题, 应围绕以下几方面进行设计。

首先, 预测储罐保冷参数时, 应将该地区温度的最高值融入其中。自然环境的热量越大, LNG 液体转变为气体的可能性也越高, 其内部的压强也越大。围绕相关要素考量, 有利于保证罐体中的液体含量始终处于可控范围, 保证其内部的稳定度<sup>[1]</sup>。

其次, 在装置的锻造阶段, 不仅要围绕行业内部制定的各项规定操作, 还应为之加装足量的保温隔热层, 其内部需要始终处于干燥状态。如若大量的水分子倒灌, 可能导致保温能力不断降低。

最后, 保温隔热材料的各项参数都容易干扰罐内气体的生产效率。也正因如此, 挑选并应用合理的锻造材料, 是工作人员需要重点关注的内容, 应尽量选择具备较强保温水准、热胀冷缩现象相对不明显, 具备较强保湿能力、较高透气性的材料。如果大型 LNG 储罐中各类液体的浓度差相互抵消后, 罐体能够与环

境中的各类物质发生反应。当 LNG 液体的风险问题逐渐平息, 预示相关问题得到了有效处理。

## 2 LNG 储罐储液分层与翻滚产生的影响

### 2.1 影响

如表 1 所示, 工作人员使用大型储罐存储 LNG 液体时, 受 LNG 浓度和存储时间影响。在 N 原子等物质的蒸发过程中, 当密度出现一定变化时, 储罐中的物质就可能出现分层问题。一旦发生此类现象, 当罐内和罐外的压强和物质密度存在较强差异时, 密度较低液体的消耗量会随着其释放的热能不断变化。与此同时, 下层的物质便会不断接收热能, 密度也会随之出现调整。如果在这一过程中, 上下两类液体密度的数值一致, 就可能彼此反应<sup>[2]</sup>。故此, 就会在较短的时间内向空气中挥发浓度较高的 LNG 气态物质。发生此类变化时, 蒸腾浓度会超过正常值。此时, 储液储罐中的压强不断升高, 进而引发严重的翻滚问题。为有效解决相关隐患, 应为之投入大量的成本, 在消耗资金的同时, 自然生态环境也遭受一定程度的破坏。

表 1 LNG 储罐设计参数

		内罐	外罐
规范		API 620 10TH ADD 2002	
容积		80000m <sup>3</sup>	
物料	类型	液化天然气	蒸发气
	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	510	
温度	实时	-154	环境
	设计	-185/56	环境
压力	实时	4-11	4-11
	设计	-0.15-16.4	
最大液体高度		36200mm	

### 2.2 分层成因

在大型 LNG 储罐储液时, 当罐体内部盛放各类液体的密度不同时, 容易引发严重分层问题。一般条件下, 我国通常将分层现象的成因归结为以下几类。

在 LNG 液体的存储阶段, 如果储罐内部物质的密

度低于待罐物，使用自下至上的方式罐注。亦或是，当罐注物质的密度低于罐内密度时，借助上部罐装的方法，都容易导致 LNG 液体出现分层现象。

数据显示，LNG 的密度始终为一个因变量。例如，当液体的温度升高 1℃，密度便会随之下降。

### 2.3 翻滚成因

当 LNG 储罐中的液态物质出现分层现象时，受外界因素影响，罐体会源源不断向外界释放热量。随后，当相邻两种液体发生关联时，大量的热能会逐渐流入空气中。此时，处于罐体底部液体密度相对较大，其释放的热量会少量消耗。在温度升高的同时，浓度会发生相应的变化。伴随着液态物质的变化，当各类液体的密度出现变动后，底部的物质会逐渐上浮，通过介质生成饱和度较高的物质，进而引发较为剧烈的翻滚现象。

## 3 预防 LNG 储罐储液出现分层与翻滚的措施

### 3.1 准备阶段

在 LNG 储罐正式进入应用阶段前，工作人员应结合国家制定的各类规章制度，采取有效的手段，完成压力检验。正常状态下，为降低罐体内壁存在腐蚀问题的概率，应选用优质的水源。为此，我国的大多是 LNG 储液站通常建设在各类港口处，借助大量的海水，落实此类实验。由于海水中含有大量的化学物质，需要对其进行处理后再应用。同时，当储罐处于制造或应用阶段，如若内部出现腐蚀问题，可能导致罐体存在若干孔洞，罐体内部的液态物质便可能反向倒灌至保温隔热层，影响保温能力，进而引发更为严重的安全问题。还应采取有效的措施，调整罐体外部的压力，避免空气中存在的水分子回灌，落实各类有效的方法，降低腐蚀问题出现的概率，确保罐体始终处于正常状态<sup>[3]</sup>。

与此同时，当大型 LNG 储罐正式进入应用阶段前，工作人员应借助科学的手段，对其进行干燥处理，具体的操作流程如下所示。其一，结合各类数据，分析致使 LNG 储罐内储液分层和翻滚的因素。其二，借助 N<sub>2</sub> 等惰性气体对其进行处理。这样做的目的在于，帮助储罐排空内部水分子的同时，对罐体中部的隔绝夹层完成干燥处置，确保其始终保持在干燥状态，提升保冷水准。

工作人员使用 N<sub>2</sub> 对 LNG 储罐进行干燥处理时，应确定该气体中不存在大量的水分子，N 元素存有量高达九成。此外，还应确保其内部的问题始终处于零

下 60℃ 左右，内部压强也应保持稳定。同时，应借助有效的措施，检测 N<sub>2</sub> 的浓度和纯净度。在正常的操作阶段，工作人员可以直接使用 N<sub>2</sub> 气体完成上述操作。还可以为其倾注大量的热性气体，随后再借助相关气体落实干燥置换。通过数据的比对和分析可知，使用第二类方法的稳定度和时效性都相对较高，还能降低成本消耗量。

### 3.2 运行阶段

在工作人员落实上述操作后，大型 LNG 储罐便可正式进入应用状态。在其整个使用阶段，运转周期是其中较为重要的组成部分。为此，应采取合理的手段，对其进行安全检验，以此缩减风险问题出现的概率，具体的操作步骤如下所示。

首先，采取有效的手段，检验罐体内部的压强、温差。在实际的操作过程中，工作人员应在规定的时间期限内，在同等的位置，获取相应的检测数据，随时关注 LNG 在储罐中的变动状况。正常条件下，两种临近 LNG 的差值应低于 1，在这种状态下，当温差高于特定的程度，便可以导致 LNG 储罐储液出现分层和翻滚问题，致使各类液态物质转换成气体，挥发至空气中。如此，不仅会导致成本的大规模消耗，还容易对周围环境和人员的安全产生影响。由此可见，时刻关注其内部的压强变动，有利于缩减风险问题出现的可能性。

其次，重点检验内部的液体含量。如果大型 LNG 储液储罐的起始充盈量相对较高。当液体温度不断升高时，可能出现爆裂现象。在罐装的过程中，需要重点检验罐体内部液态物质的最高点位，降低漏液问题出现的概率。此外，在液体的转运阶段，还要重点了解大型 LNG 储液储罐的液体在地址，避免产生安全隐患。

再次，检验 LNG 储液储罐内部燃点较低气态物质的含量。在实际的操作过程中，应重点查验上部区域、各类管道线路中的气体浓度。当可燃性气体的浓度到达一定高度时，罐体安全排气开关开启的次数便会不断增多，进而影响罐内气体的压力值。检验可燃物浓度的根本原因在于，避免此类物质含量超过安全范围，一旦遇到明火，便会产生爆裂问题，威胁人们的生命安全。

最后，当工作人员使用大型 LNG 储罐时，可以使用与 LNG 液体密度相同的液态物质，借助回流倒灌的手段，降低罐体内部上部位置的密度。此外，工作人

员还可以使用专业的工具,在既定的时间段内,混合其内部各类液态物质,使其始终处于流动状态,降低其内部各类差值。

### 3.3 卸运阶段

相关人员在实际的操作过程中,关于LNG液态物质的卸运,是其工作的中心环节。借助科学的技术手段,完成液体的卸运,有利于降低大型LNG储罐储液出现分层或翻滚问题的可能性,缩减隐患问题存在的概率。致使上世纪六十年代发生在西方国家LNG储蓄站爆炸事故的实质性原因为,工作人员未能利用科学的方式落实装卸处理。为此,可以采用下列手段进行整治。

其一,当装载设备满载大量LNG液体前往指定区域前,应尽量选用存储容量相对较高,内部的密度与气体密度等量的储罐。假如各类数据大于液体密度,应对其进行分装处理,避免出现各类较为严重的风险问题。为此,需要借助倒置的手法,将所需的LNG液体移动至其他区域,随后将新一批的液体回罐到罐中。如此,可以确保大型LNG储液储罐中的物质相同,使其内部的浓度、温差调整到合理范围,避免分层现象的出现<sup>[4]</sup>。其二,在罐注LNG液态物质的过程中,工作人员需要围绕储罐中现存物质的高度、先注入罐体液体的浓度,完成数据分析后,挑选合适的回罐方式。一般情况下,原有液体的含量较大时,应采用上部罐注法。相反,当待罐液体的密度较低时,可以将其有下部注入罐体中。此外,在这一阶段,还应确保回罐速度始终处于匀速或低速状态。其三,在罐装的过程中,不应使其浓度出现过高或过低问题。尽可能采取合理的手段,使其密度处于正常值。如此,不仅能全面利用大型LNG储液储罐的容量,还能使其在较长的时间内始终处于稳定状态,为日后的应用打下坚实基础。

### 3.4 其他

工作人员在生产LNG储液储罐时,应围绕行业内部制订的规定操作。一般情况下,测算罐体的保冷能力通常是依据该地区的最高温度确定的。这样做的目的在于,保证其在使用阶段,具备较强的保冷能力。在实际的操作过程中,需要采取合理的手段,优化隔热装置,所选的原材料也应与既定的目标相吻合。

当LNG储液储罐正式进入应用周期前,工作人员应借助合理的手段,对其进行干燥处理后,以此抑制罐内液体出现分层或翻滚问题的发生。正常状态下,

不但需要处置罐体内部,还应在中部位置添加具备保温性能的原材料,确保罐体底部始终处于干燥状态。同时,将材料中存在的水分子外排后,再投入使用,以此保证相关结构的保冷效率。

此外,关于储罐的状态监测,工作人员应随着观察罐体内部温湿度、气体密度、压强、液体高度的变化。针对使用期限相对较长的大型储液储罐,工作人员需要在特定的时间段内,使用专业的工具对其进行翻拌处理,阻碍分层问题的发生。

关于LNG液体的装卸,工作人员应采取有效的手段,保证其内部的液态物质含量始终处于稳定状态,为降低内部液体的浓度和温差变化,需要避免液体混合存放,借助倒装的方式,实现既定的目的。此外,还应结合液体的含量和密度变化,挑选合理的装卸手段。

与此同时,还要保证LNG液体中的N元素含量充足。一般条件下,该物质的浓度低于五成左右即可满足应用要求。同时,工作人员还可以在输液管表面增设若干个孔洞,采取有利的措施,使新进液体与罐体原有物质的深度融合,降低分层问题出现的可能性。尽可能保证罐注的液体为同一类,缩减误差值增大的概率。

## 4 结论

致使大型LNG储罐在应用阶段出现储液分层和翻滚现象的直接因素为,罐内储存多种气密性存在较强差异性的液态物质。为缩减此类问题出现的概率,工作人员可以优先检测各类气体的密度,并借助合理的手段,观察储罐内LNG的温度、密度、气化程度,如此便有利于阻碍分层与翻滚现象出现。如若出现上述问题,工作人员需要释放开启透气阀门,降低其内部的压强。

### 参考文献:

- [1] 王萍,崔晓飞,等.大型LNG储罐储液分层与翻滚预防措施[J].石油工程建设,2022,48(01):1-4+13.
- [2] 王萍,曹学文,彭文山,等.大型LNG储罐储液分层特性对翻滚的影响分析[J].石油工程建设,2022,41(04):1-6.
- [3] 赵晓丹,张增刚.LNG储罐中储液分层密度差对翻滚的影响[J].煤气与热力,2018,38(12):18-21.
- [4] 王萍,彭文山,曹学文,等.大型LNG储罐储液翻滚特性的多阶段研究[J].石油工程建设,2020,42(01):14-20.