

# 液化天然气储存过程中危险性及其预防探讨

高一峰 (广东大鹏液化天然气有限公司, 广东 深圳 518000)

**摘要:** 液化天然气内部含有  $\text{CH}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_6$ 、 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$  等成分, 可以在特定条件下能够发生快速燃烧反应, 是极佳的能源形式。随着节能、环保理念的持续深入, 液化天然气已被广泛用于工业生产与日常生活, 为我国能源领域发展提供了有力支撑。然而, 液化天然气具有易燃、易爆性特征, 其储存、运输过程存在一定的安全风险, 必须加强管控、科学防范, 方能解决此类问题。为此, 本文深入探讨了液化天然气储存过程中的主要风险因素, 详细说明了液化天然气的安全储存措施, 旨在进一步强化液化天然气安全管理效率, 保障能源安全。

**关键词:** 液化天然气; 储存; 危险性; 预防

**中图分类号:** TE88

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-5167 (2026) 001-0124-03

## Discussion on the Hazards and Prevention Measures in the Storage Process of Liquefied Natural Gas

Gao Yifeng (Guangdong Dapeng LNG Company Limited, Shenzhen Guangdong 518000, China)

**Abstract:** Liquefied Natural Gas (LNG) contains components such as  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ , and  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ , which can undergo rapid combustion reactions under specific conditions, making it an excellent form of energy. With the deepening of energy conservation and environmental protection concepts, LNG has been widely used in industrial production and daily life, providing strong support for the development of China's energy sector. However, LNG is flammable and explosive, and there are certain safety risks in its storage and transportation processes. It is necessary to strengthen control and scientific prevention to address such issues. Therefore, this paper deeply explores the main risk factors in the storage process of LNG and details the safe storage measures for LNG, aiming to further enhance the efficiency of LNG safety management and ensure energy security.

**Keywords:** Liquefied Natural Gas (LNG); storage; hazards; prevention

近年来, 液化天然气使用范围的持续扩张, 在一定程度上推动了国内天然气产业的发展。然而, 液化天然气本身具有易燃易爆性特征, 其储存难度较大, 安全风险系数较高。为了有效规避天然气燃爆事故的发生, 保障天然气储运、应用流程的安全性, 有关部门必须结合具体工况条件, 深入分析天然气储存过程中可能存在的各类危险源, 并制定相应的预防对策, 以提高液化天然气的合理利用率, 充分发挥出其核心应用价值, 为天然气产业长效、稳定、安全地可持续发展贡献力量。

### 1 液化天然气储存风险因素

天然气作为典型的环保能源, 已被广泛运用于社会生活、生产之中。液化天然气, 即以液态形式存储、运输的天然气, 可以进一步节约天然气储运成本, 提高天然气管道的空间利用效能, 促进气热值的提升。然而, 储存液体天然气时存在一定风险因素, 稍有不慎, 便会引发安全事故。

#### 1.1 储存温度

储存温度是影响液化天然气安全状态的重要因素。若液化天然气的储存环境温度持续上升, 发生泄漏、火灾、爆炸等事故的概率将大幅度上涨。液化天然气大量泄漏后, 将持续、不间断地发生自然汽化反

应, 汽化形成的气体与空气中的助燃气体混合, 且达到一定浓度后, 一旦遭遇明火, 便会立即发生火灾、爆炸等严重恶劣事故, 可能造成严重的人员伤亡和巨额的经济损失<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 储存设备

液化天然气储存设备的性能、状态是引发风险的主要来源之一。现阶段, 设备方面存在的问题主要反映在几种典型情况中。首先, 建设、安装储存装置时, 若接地系统存在松动、故障等问题, 可能会导致静电电荷持续积累在设备表面, 过多的静电积聚将导致装置放电, 对液化气体质量造成负面影响, 还可能会发生泄漏问题, 并引发火灾、爆炸等重大安全事故。其次, 储罐长期作业条件下, 其内壁直接接触各类成分, 易出现腐蚀问题, 持续腐蚀, 可能会改变内壁化学性质, 还会致使内壁变薄, 破坏罐体局部结构后, 还会对其整体性耐压性能等造成负面影响, 致使设备性能大幅度下降。存在液化天然气泄漏的风险。最后, 针对储存设备的优化管理, 应做好现场的安全监管作业, 但部分情况下, 缺失必要的专业压力监测装置, 使得工作人员无法准确掌握罐内压力的实时变化趋势, 难以及时安全隐患无法被及时发现, 进一步提高了安全风险。

### 1.3 储存环境

液化天然气的储存环境是影响能源储存效果与安全系数的关键因素之一。首先，储存区域的整体规划极为重要，若未设置完善的物理隔离与安全防护设施，一旦发生介质泄漏，将难以有效控制扩散范围，缺乏必要的泄漏收集系统和防火堤等设施，可能导致事故影响扩大，显著增加火灾、爆炸等次生灾害的发生概率。其次，储罐基础设计十分关键，若设计、施工时，未充分考虑到地基土的冻胀敏感性及防冻胀措施，极可能因周边环境的影响，或长期的低温作用，引起基础不均匀隆起或沉降等病害，基础变形将逐步传递至上部储罐结构，进而引起管道连接部位应力集中、设备倾斜等现象，导致设备损坏和介质泄漏。最后，区域功能布局也至关重要，若储存时缺乏科学分区，或储存方案不合理，都会直接影响日常工作效率，提高了发生安全事故的可能性<sup>[2]</sup>。

### 1.4 储存制度

健全、完善的液化天然气储存制度，是实现长期安全运营的基础保障。但目前，管理制度体系建设方面存在诸多问题。第一，安全管理组织结构不合理，缺乏清晰、明确的安全生产责任体系，部门间职责划分模糊，内部管理存在漏洞、缺陷，为安全事故埋下隐患。第二，规范不清、规章制度不严谨，缺失关键、具体、详细的操作规程和安全管理标准，或制度条款与实际作业条件脱节等问题，使工作人员在执行过程中缺乏明确指导，常出现违规操作或应对不当的问题。第三，制度执行效力差，管理制度难以落实到位，安全检查流于形式、隐患排查治理不彻底等问题时有发生，严重影响了安全管理效果。第四，缺乏应急响应机制，并未制定详实、可行的应急预案，发生突发状况后，现场人员可能无法做出迅速、有效的响应，可能会错失最佳处置时机。第五，人员管理不完善，未建立系统的培训机制和资质管理要求，针对特种工作人员的持续培训与考核不足，工作人员的安全意识和操作技能水平，大大提高了安全风险。

## 2 液化天然气储存预防措施

### 2.1 确保设备安全性

保障设备的安全性、可靠程度，能够有效预防安全事故发生。储气罐是液化天然气储存系统的核心设备，其运行状态直接关系到整个储存过程的安全性。在实际运行中，倘若储气罐出现管路破裂、阀门泄漏等故障，必将导致天然气泄漏，泄漏气体接触到高温热源或明火后，极易引发爆炸或火灾事故，造成不可想象的后果，因此，优化对储罐设备的安全管理尤为重要。考虑到液体天然气对储存条件的特殊要求，选

择储罐材料时，应选择强度、耐低温性能较好，兼具一定抗冲击性和防腐蚀能力的优质材料，以此保障储存过程的安全性及有效性。防爆区域设置的储运场所，应必须采取严格的防火防爆措施，做好气体、火源之间的隔离处理。设计燃气管路时，设计人员需要全面勘察管道周边环境，根据实际情况制定科学可行的预防措施，如管道敷设区域，不应存在结冰的土地，避免受热胀冷缩影响，导致管道变形、破裂。

### 2.2 储罐预防分层翻滚措施

预防分层翻滚措施，是通过防止液化天然气在储罐内分层、翻滚的方式，确保天然气储存安全的手段。市面上常见的多数储罐，都配备 RTD 与 LTD 系统，可以实时监测罐内介质状态，通过对比、分析，可以准确判断储罐内是否已经出现分层、翻滚现象。具体而言，当储罐内部垂直方向上的温度差异超过  $0.3^{\circ}\text{C}$ ，且 LTD 系统检测到的密度差超过  $0.8\text{kg}/\text{m}^3$  时，即可确认液化天然气已经发生分层。为防止此类情况发生，通常采取以下几项措施：

首先，操作人员应对新充装液体进行密度分析，再根据密度差异选择合适的装液方式。密度较大的液化天然气应从上进液管线进入，利用其自然下沉趋势打破分层；密度较小的则应从下进液管线进入，依靠上浮作用消除分层。对于密度差异过大的不同批次介质，建议采取分开储存的方式。其次，启动储罐内置低温潜液泵，使液化天然气在罐体内部形成循环流动状态，促进介质的均匀混合，即可有效防止分层、翻滚现象的产生。最后，如果已监测到储罐内的液化天然气发生了分层翻滚现象，则要按照标准操作流程，使用安全放散阀、罐顶排放系统，做好安全放散处置，确保储罐内部压力始终被限制在规定范围内<sup>[3]</sup>。

### 2.3 液化天然气储罐高低压保护

针对液化天然气储罐的超压保护，可分为以下三级：一级保护，利用压力联锁控制系统，监测到储罐压力接近设定限值时，系统会自动调节 BOG 压缩机的运行工况，通过适时增加抽气量来维持压力稳定；二级保护，压力持续升高，超出联锁值时，将自动控制阀门，将气体输送至火炬系统内部，使其燃烧，以此降低储罐压力；三级保护，当压力达到设计压力时，将自动开启安全阀，将气体直接排放到大气中，防止储罐因超压而发生结构性破坏。针对液化天然气储罐的负压保护也可以分为三级：一级保护，检测到储罐压力低于安全设定值时，系统将立即停止 BOG 压缩机运行；二级保护，压力持续下降后，补气系统将自动投入运行，通过投放适量的天然气或惰性气体，使罐内维持正压状态；三级保护，当压力降至  $-0.5\text{kPa}$  时，

自动开启真空安全阀,引入外部空气,以平衡罐内压力,防止储罐塌陷事故。

在此基础上,有关部门应为储罐加设 RTD 系统,以检测其底板与罐壁的实时温度,搭配 LTD 密度检测系统,监测器分层翻滚问题,及时发现超压、负压问题,并制定相应连锁值,做出及时反应,利用系统、完备的压力保护体系,预防储罐因压力异常而引发的安全事故,为液化天然气储存过程的安全稳定运行提供有力保障。

#### 2.4 引进现代化安全预防措施

随着技术进步,液化天然气储存安全管理正朝着智能化、信息化的方向发展,现代安全监测技术的应用,能够实现对储存过程的全面监控,有利于建设更高效、先进的风险预警机制。首先,应引入先进的技术手段,实现对能源特性的深入分析,根据实际的能源储存环境、温度条件和流量参数等信息展开综合分析。同时,建立统一的安全监控平台,实施对液化天然气储存全过程的风险防控、预警机制,确保储罐设备、管道线路始终处于良好的工作状态。为了进一步提高液化天然气的储存效果,还要结合实际情况,定期检查罐体内部的使用情况,确保预警系统与接地功能完整、有效,降低安全事故的发生概率。

#### 2.5 强化安全管理措施及应急响应

首先,建立健全安全生产责任体系,成立专门的安全管理机构,明确从决策层到操作层的各级安全职责,确保安全管理覆盖至每个环节、每个细节之中,最大限度地防范安全事故发生。与此同时,制定日常巡检、设备维护、作业许可等管理制度,确保所有职工都能够严格按照既定的安全操作规程实施作业<sup>[4]</sup>。其次,加强教育、培训力度。新入职员工必须接受不少于 72 学时的安全培训,经考核合格后方可上岗。对于特种作业人员,如压力容器操作工、危险化学品作业人员等,必须取得相应的操作资格证书,并定期参加复训。在日常培训中,要注重理论学习和实操训练相结合,通过案例分析、模拟演练等方式,使员工深入理解液化天然气的特性及其潜在风险。建立事故报告和分析制度,对发生的每起事故都要深入分析原因,制定纠正和预防措施。在实践中,还可以引入先进的安全管理方法,如风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制,通过系统化的管理手段,不断提升安全管理水平。加强对安全管理机制的监管。以此为依据,持续优化改进现有的安全管理机制,通过对储运环节全周期展开的严密监督、管控,实现对设备、人员与操作的系统管理,即可有效防范安全事故发生。同时,要定期组织应急演练,通过模拟泄漏、火灾等

事故场景,检验员工的应急处置能力,并不断完善应急预案。最后,建立分级响应的应急机制。企业应制定详细的应急预案,明确不同级别事故的响应程序和处置措施。预案内容应涵盖事故报警、应急启动、现场处置、医疗救护、环境监测等各个环节。特别是在应急资源配置方面,要确保消防设施、泄漏处置设备、个人防护用品等应急物资的充足性和可用性。此外,要建立专业的应急救援队伍,明确各应急小组的职责分工。例如,接受过消防训练的班组长团队作为义务消防队,负责初期的火灾扑救,由保卫人员组织疏散小组,负责现场的人员疏散与安全警戒,由管理层领导层担任现场指挥员,实施统一的指挥调度,由接受过急救培训的专项工作人员构成急救组,负责伤员救治,由办公室物资部等部门人员共同构成,后勤保障组负责应急物资的供应与后勤保障<sup>[5]</sup>。

### 3 结束语

液化天然气虽是不可再生能源,却是清洁能源的重要组成部分,其应用范围广,储运成本低,已成为当代社会背景下,人们日常生活、生产不可或缺的重要能源形式之一。然而,其物理化学属性特殊,在储存期间存在诸多安全风险要素,为进一步提高液化天然气的储运安全性,保障能源安全和国民生活生产安全,必须优化对储存环节的监管、控制力度,通过提高设备安全性、可靠性,采用储罐预防分层翻滚措施,实施对液化天然气储罐的高低压保护,引入现代化安全预防措施,加强安全管理与应急响应力度的方式,提高储存作业的规范性、专业性,科学应对风险,有效预防危险,为推动能源结构转型、实现绿色发展做出贡献。

#### 参考文献:

- [1] 闫晶,王延海.液化天然气储存过程中危险性及其预防措施[J].化学工程与装备,2023(06):253-255.
- [2] 袁斌.超低温储罐液化天然气储罐的应用及技术安全[J].当代化工研究,2022(19):131-133.
- [3] 刘浩.液化天然气储运及技术研究[J].化工管理,2021(25):69-70.
- [4] 张媛,武丹.天然气的液化工艺和储运安全性研究[J].化工管理,2021(25):180-181.
- [5] 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.

#### 作者简介:

高一峰(1988-),男,汉族,河南汝州人,本科,中级工程师,主要从事液化天然气接收站调试和生产运营方面的研究。