

液化天然气项目中储运系统的优化措施分析

郭晓璟（山西国化燃气有限责任公司，山西 太原 030032）

摘要：液化天然气因其自身清洁、高效的特征，在能源领域中备受关注，然而，因其储运方式较为特殊，储运过程中通常存在着许多隐藏的安全风险隐患，这些风险的产生也存在多方面的影响，可能设计技术层面，如设备失效、泄漏等，也可能来自管理层面，如储存不当问题。为确保液化天然气储运安全，本文通过对液化天然气储运方式以及储运过程中存在的风险因素加以分析，探究液化天然气项目储运系统优化措施，旨在为液化天然气运输储运提供安全保障。

关键词：液化天然气；储运；优化措施

液化天然气出淤泥中确保其安全性是至关重要的，而有效的安全管理与风险防范在储运过程中占据着关键的作用。尽管当前液化天然气的储运系统构建与应用有所成效，但在实际储运过程中依旧存在一定的风险隐患，如天然气爆炸、蒸汽云、管道破裂等风险，造成天然气大量泄漏甚至对环境造成影响。针对这一风险问题，便需要天然气企业对针对液化天然气的特殊性进行针对性地优化处理，以提升液化天然气的储运安全。

1 液化天然气储运方式分析

1.1 槽车

槽车储运因其自身的灵活性、快速性、适应性、环保型、节能型等优势，是推动能源高效、环保运输的重要途径之一。然而，槽车运输在液化天然气储运工作中，依然存在一些问题，需要加强其储运管理与监控，确保液化天然气运输安全与节能环保。例如，槽车的设计与制造过程中，需要满足液化天然气低温、高压、低泄漏等诸多严格要求。针对这一需求，采用疏水性材料作为槽车的保温层设计能够有效减少热量的传导，降低液化天然气的蒸发率。同时，搭配高真空技术，可进一步提升槽车内部的保温效果，降低液化天然气的损耗，确保液化天然气在储运过程中始终保持稳定的低温状态，从而有效提高储运效率，降低储运成本。此外，全面的储运安全管理体系构建对液化天然气储运工作至关重要，能够有效预防和处理储运过程中可能出现的风险。基于这一原因，首先，槽车运输人员应结合道路条件、交通状况、气候等因素，合理规划槽车通信路线，避免经过危险区域和拥堵路段。其次，槽车驾驶员需要接受专业的培训，掌握驾驶技能、安全意识和应急处理能力，确保槽车中的液化天然气能够安全稳定地到达目的地。最后，驾驶员

还应定期对槽车进行维护和检查，确保车辆的各项设备和系统正常运行，减少因车辆故障导致的安全问题。

1.2 船舶

船舶储运作为液化天然气长途或跨海运输的重要方式，因船舶具备较为庞大运输能力以及较大的航海网线，因此在全球的液化天然气储运工作中占据着重要地位。从船舶整体的设计与布局分析，应充分考虑液化天然气低温、易蒸发的特征，因此，在船舶设计与制造过程中，需要密切关注货舱设计，应采用高效隔热材料、用以减少热量传导以及热量损失，确保液化天然气始终处于低温状态。配置有效的制冷系统，以控制舱体内部的温度，确保液化天然气保持在适宜的温度范围，避免过热蒸发。做好舱体紧密密封设计，防止外界空气或水气进入舱内，减少液化天然气蒸发损失。此外，船舶设计与制造过程中，还应综合考虑整体的安全防护措施，如配置先进的气体检测系统、火灾警报系统等，为液化天然气暖气储运工作提供安全保障^[1]。

1.3 管道

管道储运的连续性和稳定性使其在大规模、长距离的货物储运工作中具有连续性、稳定性、高效性、安全性、环保性等储运优势，因此为液化天然气储运工作提供了高效、安全、环保的选择。相较于其他储运方式，为确保管道储运的长期稳定运作，需要投入较高的初期投资和维护成本，但这种投入通常能够在长远中得到回报。此外，为确保管道储运在极端环境下高效运作，还需引进尖端的管道设计、制造技术以及防腐施工材料，延长管道系统的使用寿命。从管道系统建设与储运角度出发，安全始终是重要的考量因素，工作人员需严格遵循管道储运安全标准与规定，定期进行安全检查和维修，确保管道储运能够安全可

靠地运行。

2 液化天然气储运中存在的风险

2.1 爆炸

液化天然气储运过程中，工作人员首先需要明确储运过程中可能存在的危险性以及潜在的安全隐患等，并在此基础上制定相应的安全防护设计，用以保护液化天然气储运安全，避免引发燃气泄漏爆炸风险。除液化天然气自身的特征以外，装入到槽车、船舶、管道中的液化天然气通常会在短时间内受周围环境、温度、湿度、施工质量等因素的影响，转变化学状态，使其在储运过程中受外界影响发生爆炸事故。另外，槽车、船舶、管道等设备在低温情况下，即使内部压力不稳依然能够维持液化天然气的储运状态，而一旦储运设备自身受到腐蚀、外力作用积压受损劈裂、便会导致整体受损或密封性能降低的影响下，造成天然气泄漏在外，当接触较高温度或火源的情况下，便会诱发爆炸，导致人员伤亡、财产损失以及环境污染等严重后果。为了预防液化天然气爆炸事故，天然气企业需综合考虑设备设施、操作管理、安全培训等多个方面，全面加强安全管理和应急预案，以有效降低爆炸事故发生的风险。

2.2 蒸汽云

液化天然气对储存温度有着严格要求。通常情况下，液化天然气需要在极低的温度下储存，通常在零下162℃左右，如果液化天然气储运设备内部温度高于既定的数值标准，液化天然气便会出现回暖现象，即液体逐渐返回气体状态^[2]。当液化天然气回暖并释放时，由于液化后的天然气比空气更重、更冷，释放后会形成大片蒸汽云。这种蒸汽云中大量的甲烷气体，具有一定的爆炸风险。温度对蒸汽云的扩散和安全性有着重要的影响。当蒸汽云周围的温度升高时，蒸汽云内的水蒸气或其他气体分子会受热而加速运动，增加分子之间的碰撞频率，从而增强了蒸汽云的扩散能力。如果蒸汽云扩散到周围存在火源的区域，极易发生火灾或爆炸事故，因为蒸汽云中的水蒸气或其他气体可能会与火源相遇并燃烧。因此，在液化天然气储运过程中，如果发现存在可能形成蒸汽云的情况，工作内热源需要密切监控周围的温度变化，并采取措施确保蒸汽云的扩散范围不会接近火源区域，以减少火灾或爆炸事故的风险。

2.3 管道破裂

液化天然气是一种低温液体，其密度比气态天然

气高很多，集中储存液化天然气时，会受到温度、压力等因素的影响，出现不稳定的情况。由于液化天然气的密度较大，存储时会形成液体层，下层液体会受到上层液体的压力，因此可能会发生自发翻转的情况，即下层液体会向上翻转，稳定新进的液体。此外，液化天然气的密度随着温度的变化而变化，如果发生热泄漏，下层液体受到加热会密度降低，变得比上层更轻，从而加剧液体的不稳定性，上层液体受到压力增加，可能会导致部分液体汽化。这些气化的天然气会占据更多的体积，从而导致储罐内部气压迅速增加，一旦气压增加过大，管道的结构可能无法承受压力，造成损坏甚至爆炸。为了防止这种情况发生，需要对液化天然气管道进行严格地监控和管理，确保管道内部温度、压力等参数处于安全范围内，避免液体翻转和气化现象的发生。此外，定期检查储罐结构的完整性，加强防爆措施，以及加强员工的安全培训和意识培养也是非常重要的。

3 液化天然气项目中储运系统优化措施

3.1 引进先进机械设备

液化天然气储运工作中，储运系统起着重要作用，一旦储运系统存在缺陷或发生槽车、船舶阀门泄漏或管道损坏等问题，液化天然气泄漏事故发生的概率便会显著提升，从而加剧爆炸、蒸汽云、火灾等安全隐患。为减少液化天然气储运过程中各类安全隐患发生概率，天然气企业应积极引进先进的机械设备，强化液化天然气储运工作安全防护工作，着重把控以下几点施工要点：

为避免液化天然气储运工作在竣工并投入使用过程中发生机械设备、相关建筑物下沉的问题。为此，工作人员应结合液化天然气储运的实际情况，建立一个定期测量设备现成的情况计划，并借助专业的检测设备，如精密水准仪和水准尺，进行设备、地面、建筑物沉降检测，确保及时发现储运设备和建筑物下沉的问题。随后，利用大数据技术对监测的数据进行定期量化分析比对，以便及时发现设备和建筑物下沉趋势，判断沉降是否超出既定范围^[3]。一旦发现下沉量超出允许范围，立即启动应急预案，进行详细调查和分析原因，然后制定相应的处理方案，如加固地基、调整设备位置等。最后，建立健全的监管机制，确保监测数据的真实性和可靠性，加强对设备下沉情况的管理和处理，保障液化天然气储运设施的安全性。

为提升液化天然气管道的防冻、防腐蚀效率，避

免外部环境运输对液化天然气储运系统造成影响,天然气企业可采购大量的绝热材料(如聚苯板、岩棉板、胶粉聚苯颗粒、聚氨酯发泡材料等),将其覆盖至储运系统表面,用以减少热量损失,降低管道温度,防止冻结。使用防腐蚀涂料或防腐蚀涂层保护储运系统表面,延长液化天然气储运系统的使用寿命。借助温度计、密度计、液位计等检测设备,对槽车、船舶、管道等储运系统内部的温度、密度和液位信息进行全方位实时性监测,便于掌握液化天然气储运工作状态,确保储运工作安全运行。加设报警装置检测槽车、船舶、管道在液化天然气储运过程中是否存在异常状态,设置监测数据报警阈值,当监测数据超出设定范围时,报警装置会发出警报,提醒工作人员及时采取措施,避免事故发生。

3.2 加大液化天然气的运输管理力度

3.2.1 制定液化天然气储运管理规范

为实现液化天然气储运安全管理的高质量展开,天然气企业应参照液化天然气储运的实际现状建立完善的管理制度,包括安全生产责任制、安全操作规程、应急预案等,明确各级管理人员和员工的责任和义务。定期对液化天然气储罐、管道等设施进行检查和维护,加强对液化天然气储运过程中的各项数据监测,以便及时发现问题并采取相应的措施,确保设施处于良好状态,预防泄漏和事故发生。液化天然气储运安全管理过程中,确保安全运输要求得到全面确定,并最终实现对液化天然气储运安全规范的优化制定,天然气企业还对液化天然气运输装置进行严格的检查和维护,确保其符合安全规范要求,包括车辆、船舶、管道等各种运输装置。根据液化天然气的性质和运输距离等因素,合理选择适合的运输类型,例如陆路运输、海运输、管道输送等,制定相应的安全操作规程^[4]。加大对从事液化天然气储运工作人员的专业培训,增强工作人员安全意识及应急处理能力,以更好地优化制定液化天然气储运安全规范,确保液化天然气的安全运输和储存。

3.2.2 结合不同储运形式制定针对性的安全管理措施

①槽车储运。液化天然气槽车储运过程中,企业可在其槽车中配置一些常见的辅助安全设施,如静电接地装置、阻火器、灭火器、经济切断阀门等。其中,静电接地装置主要用于防止槽车储运过程中出现静电聚集,造成燃气泄漏,引发火灾或爆炸,而阻火器、灭火器、紧急应急阀门等则是由于阻断液化天然气泄漏流量,及时扑灭火焰,避免火灾蔓延至槽车周围,

对环境造成破坏;②船舶储运。天然气企业可采用双层壳体结构制作船体,用以提高船体的强度和冲击性,降低船舶触礁后引发液化天然气泄漏事故。除此以外,还可应用全冷式制冷技术或半冷半压式制冷技术,以实现液化天然气储运过程中的制冷作业,确保液化天然气在储运过程中始终处于安全温度范围中。船舶隔热工作方面,可采用真空粉末、高分子有机发泡材料或设置真空多层结构等方式可以有效减少热传导,提高船体的隔热性能,确保液化天然气在运输过程中的安全性;③管道储运。加大液化天然气输送管道区域的环境监测工作力度,落实对地质灾害影响的提前预防。通过监测地质活动、气候变化等情况,及时发现潜在风险并采取相应的预防措施,以降低地质灾害对液化天然气管道储运安全的影响。

3.3 落实天然气液位检测与控制

液化天然气储运工作中,为提升储运工作效率,设计人员可涉及两种不同的液位测量系统,即液位检测系统和雷达液位计检测系统,两种测量系统的应用可帮助工作人员监测储罐内的液位并对进出料切断阀进行有效控制,保证储运过程的安全和科学性。当液位过高时,系统可以自动关闭进液阀,开启出料阀,以保证充罐过程的安全性。而当液位较低时,系统也会进行相应的停泵操作,避免启动潜液泵造成气蚀等问题的发生。

4 结束语

综上所述,液化天然气作为清洁能源的重要替代品,在能源转型和减排降碳方面发挥着重要作用。为此,加强液化天然气储运的安全管理工作是至关重要的,其核心目标不仅是提升工作效率、保障经济发展需求,更为关键的是应对全球能源危机,促进我国可持续发展目标的顺利实现。

参考文献:

- [1] 魏洁, 乔小伟. 液化天然气储运安全技术和管理措施 [J]. 山东化工, 2024, 53(01): 235-237.
- [2] 袁斌. 天然气液化工厂 LNG 储罐扩建的安全技术研究 [J]. 化工管理, 2022(33): 165-168.
- [3] 韩志国. 液化天然气的储运问题与安全技术管理 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(21): 82-84.
- [4] 陈廷皓. 天然气的液化工艺和储运安全性研究 [J]. 当代化工研究, 2022(14): 136-138.

作者简介:

郭晓琛(1990-),山西晋中人,男,大专,助理工程师,研究方向:燃气工程。