

LNG 储运安全技术及管理研究

吕金锡（中石油江苏液化天然气有限公司，江苏 南通 226000）

摘要：液化天然气（LNG）是世界各国普遍采用的一种新型清洁能源。但是，由于液化天然气生产规模的不断扩大以及国际的贸易往来，其储运的安全性也越来越受到重视。液化天然气的特点是高压低温，如果出现意外，将导致非常严重的后果。为此，对液化天然气储运的安全性进行了研究，并提出了相应的对策，通过对液化天然气储运过程中各个重要环节的研究，探讨了液化天然气储运过程中存在的一些问题，为国内液化天然气储运过程中的一些重要问题，提出解决这些问题的对策与建议。

关键词：LNG；储运安全技术；管理；方法策略；应用

0 引言

在天然气产业持续发展与进步的背景下，针对天然气能源应用已经取得可喜成效。尤其在天然气开采、液化储运以及气化销售领域，各项技术突破性进展。但与此同时也存在着许多安全问题，有待进一步攻克，如液化天然气储运安全技术与管理措施上还有很多不足。因此，完善液化天然气储运安全技术与管理措施是我国天然气产业发展的关键环节。

1 液化天然气的特征

1.1 易燃特征

液化天然气具有可燃性，是一种非常有效的能量来源，它是由甲烷组成，在合适的情况下会与大气中的氧发生作用，释放出巨大的热能。液化天然气作为一种很好的能源，在发电、工业生产、城市供热和交通等方面都有广泛的应用。在操作时只要点燃合适的燃料，液化天然气就会自燃，从而产生巨大的能量^[1]。

1.2 低温特征

液化天然气的冷却工艺是一个非常重要和复杂的项目，当把天然气降温到-162℃时，它的气体分子就会凝结起来变成液态，液化天然气的这一特点与其主要组分的物性有关。在这样的低温下，甲烷的分子可以紧密地结合在一起，从而变成液态，这就赋予了液化天然气高密度、高储能特性，因而可以在储存过程中占用较少的容积，而且可以长期无损耗地储存。

1.3 快相变特征

液化天然气的快速相变特性使得其在使用上更具灵活性，当遇到外部热源的作用或压力降低时，液化天然气就会由液体变为气体，还会使液化天然气的储运非常方便，可以很快地满足各种需要。如，在运输时如果要放出燃气作为能量来源，只要降低存储罐内的气压，液化天然气就可以迅速转化成气态，从而满

足能源需求。

2 液化天然气在储运过程中的安全问题

2.1 低温风险

LNG 在常温下需要在-162℃的低温条件下维持液态，这一极端低温带来了显著的安全挑战。储存和运输设施必须具备良好的绝热性能，防止液态天然气在运输和储存过程中因温度升高而气化，一旦绝热性能出现问题或发生技术故障，LNG 就会因为温度升高而发生气化，从而导致储罐或管道的压力剧增，进而引发安全事故^[2]。除此之外，低温还对储运设备的材料提出了高要求，储罐和管道的材料必须能在极低温度下保持良好的韧性和强度，防止因材料脆化而导致泄漏或破裂；对于储罐的焊接接头和管道的连接部位，更需要进行严格的质量控制和检测，确保其能够承受低温环境下的应力。

2.2 泄漏风险

当泄漏发生的时候，LNG 就会迅速气化，形成极易燃烧的气体混合物，导致火灾或爆炸。一般来说，泄漏的原因往往包括设备老化、操作失误、维护不足或意外损坏等，尤其是在储罐和管道的重要位置，如阀门、焊接接头以及管道接口处，泄漏的风险极为明显。

2.3 压力控制问题

在 LNG 的储存和运输过程中，压力控制是至关重要的环节，LNG 储罐和运输船舶一定要在安全的压力范围内运行，不管是过高还是过低的压力都会引发各种各样的安全问题。储罐内的压力过高会导致储罐破裂，而压力过低则导致液态天然气的气化，从而影响储运的安全性和稳定性^[3]。

2.4 火灾和爆炸风险

由于 LNG 在气化后与空气形成的可燃气体混合物

具有极低的点燃温度，一旦遇到火源或高温环境，会引发火灾或爆炸。所以，储运设施必须具备严格的防火防爆措施，包括应用合格的防火材料、设立防火隔离带，还有配备足够的灭火系统等等。

3 液化天然气储运安全技术

3.1 液化天然气的储存安全技术

液化天然气是一种高效、环境友好的洁净新能源，但其低温高压特性对其存储提出了许多要求，所以，对存储的安全性进行研究和应用是非常必要的。在存储安全技术上必须保证存储设施的安全、稳定，液化天然气储运设备的设计与施工必须符合相应标准与规程，以满足液化天然气低温高压的要求。此外，还应采取新型隔热材料及隔热措施，降低液化天然气管道内的传热，以避免液化天然气管道渗漏、爆炸等重大安全问题。另外，对储存设施进行安全监控和早期警报也很重要，通过安装温度、压力和液位等传感器，对储存设施的工作状况进行实时监控，并对出现的问题进行分析和解决。在此基础上制定完善的安全管理体系，制定相应的应急计划，保证一旦出现突发事件快速反应，及时处置。随着科技的不断进步和创新，一些新型的储存安全技术也应运而生，如，利用超导材料进行液化天然气的储存可以大大提高储存效率和安全性；采用先进的自动化控制系统，可以实现储存设施的智能化管理和远程控制，进一步提高储存安全水平。

3.2 液化天然气的运输安全技术

为了保证液化天然气运输的安全性，在运输过程中应采用一套相应安全技术手段。

首先，液化天然气的运输车辆和船舶必须经过严格的设计和制造，要能经受住液化天然气的低温、高压力。如液化天然气罐车为了降低传热，维持较低的温度，一般都会使用两层真空隔热结构；罐车及船舶均需配置先进的监视及安全阀，以便对槽内液温、压进行实时监视，一旦出现异常状况就可及时切断阀位，避免出现泄漏或爆炸等危险。

其次，液化天然气的运输路径要进行仔细的计划与评价，在确定交通线路时要充分考虑当地的地形、气候和交通状况，尽量避开气候和地形复杂的情况。同时，要有健全的应急计划，以应对各种紧急事件，当货物在途中发生道路意外、机械失灵等情况时立即进行紧急处理，确保乘客的人身和尽早地恢复交通^[4]。

最后，液化天然气在运输中也要与其他有关部门

进行协作和配合，与交警部门协作，保证货车及船只的遵守和安全；配合紧急救灾机构，成立紧急反应机制，及时处理液化天然气泄漏及爆炸等突发事件。

4 液化天然气的安全技术管理

4.1 明确基本的工艺流程

天然气单位在进行 LNG 研究管理的过程中必须了解基本的工艺流程和工作步骤，液化天然气本身的性质是多成分的混合物，所以在运输的过程中非常容易受到外部条件的变化和影响，外在因素会对天然气的成分变化造成一定的影响，而且也会直接影响液化天然气的实际密度。如果不能及时对外在的环境因素进行严格的把控，就会导致天然气在后续运输和使用的过程中出现分层的现象。在表面层增加的情况下，液化天然气的蒸发量会成倍的增长，如果不对这一问题进行严格的把控，就势必会增加槽内的压力，而且会使蒸发率出现大幅度的增加，给 LNG 运输工作造成很大的安全风险。企业必须意识到这一问题，为了确保液化天然气储运工作的安全性，要结合液化天然气的实际性质，采取有效的措施，及时消除 LNG 运输和储存过程中存在的这些问题。

其次，要结合实际情况选择储运方法，根据优化天然气的实际密度分类别进行储存处理，要考虑到密度对储存工作造成的一些影响，避免后续出现一些安全隐患。工作人员还应该结合天然气运输和储存工作的具体开展情况，合理的选择充注技术。正式操作之前，相关人员还应该要做好现场的检查工作，保证液化天然气在储存罐内能够完全充满。充分发挥混合喷嘴或者多孔管等设备的作用，避免储存罐内出现空余的情况。针对后续运输过程中的一些问题进行系统化的分析，尽可能地降低后续安全事故出现概率的可能性，在完成天然气的重组工作之后，相关负责人员还要强化自身的责任意识，要具备积极向上的工作态度，对每一个细节都进行优化，同时要秉承负责任的态度，严格遵守工作的基本流程，避免重大事故的发生。相关企业要加强对操作人员的宣传和教育力度，做好全方位的培训工作，在培训的过程中帮助人员树立积极向上的安全意识，强化人员的责任意识，要求每一位工作人员都能够按时按量的完成自己的工作任务，并且在工作的过程中需要对每一个细节都进行严格的把控，避免出现施工建设质量不合规的现象。

4.2 合理选择储运设备的材料

在 LNG 储运的过程中，天然气公司的相关人员要

考虑当前运输工作中存在的一些问题，全面提高项目建设的安全性和稳定性，考虑当前存在的安全风险问题。降低运输过程中安全事故出现的概率，负责人员必须了解液化天然气储运工作的安全性，同时对现有的储运技术和管理措施进行系统化的研究，仔细观察液化天然气的储存是否安全，深入分析液化天然气装置的稳定性。

相对于常规的液体而言，液化天然气具有超低温的特性，从相关的数据调查结果来看，液化天然气要想得到良好的保存，就必须将温度控制在-162℃，因此，项目的负责人员要合理的选择储运设备材料考虑材料本身的低温性能，既要保证其能够在低温条件下具有较好的韧性和强度，还要考虑温度变化过程中出现的一些收缩和开裂的问题。了解当前液化天然气的具体运输情况，尽可能地降低和避免天然气后续运输过程中出现泄漏的情况。

在进行液化天然气运输的过程中，相关人员要对运输的工具合理的选择，考虑液化天然气本身的性质采用一些较低温的材料制定储存罐。从现阶段的液化天然气运输工作开展情况来看，比较常见的液化天然气设备和生产材料有铝合金和不锈钢，这些材料的使用效果非常的理想，而且在后续进行运输的过程中，整体的安全性有着更强的保障。公司的相关部门在发展的过程中要做好各项材料性质的研究工作了解材料的实际特点，根据天然气储存和运输过程中的实际情况进行综合性的研究，结合运输工作的基本要求选择合适的材料；还应该组织相关人员对当前运输工作的开展情况进行分析，做好各项材料的改进和升级工作，保证储存和运输管理工作的安全性。了解当前运输管理中存在的一些安全隐患，做好全方位的处理工作，全面提高运输工作的实际水平^[5]。

4.3 做好安全技术措施保障

天然气公司的负责人员要了解当前 LNG 储运工作的具体情况，了解防泄漏可燃气体的探测模式和探测系统，为了保证液化天然气储存运输工作的安全性，相关人员要结合实际情况确定液化天然气在实际使用的过程中是否出现了泄漏的问题。这种情况在使用的过程中存在一定的弊端，整体的安全性能较差，而且检查结果的准确性有待提升。基于此，设计人员又引进了一些现代化的技术当前安全管理工作中常用的探测设备，主要有红外紫外线的探测仪器，还有烟雾燃烧检测仪，相关人员在进行安全检测的过程中，要借

助这些现代化的仪器完成系统化的检测工作，全面提高检测工作的实际水平，帮助工作人员更好的观察液化天然气的运输情况，找出天然气运输过程中的泄漏问题。相对于之前的检测方法而言，防渗漏可燃气体的探测系统的使用效果更加的理想，而且探测的效率更高，准确度也比较高。工作人员要做好全方位的检测和研究工作，保证液化天然气运行的安全性，还要做好辐射系统的设计研究工作，如果发现液化天然气出现泄漏的问题，要及时利用泡沫控制蒸汽扩散和辐射技术对泄漏问题进行处理，迅速膨胀的泡沫能够避免液化天然气出现扩散的情况，也能控制天然气燃烧之后产生的辐射问题。

4.4 法规标准的实施

相关法规标准的实施是保障 LNG 储运安全的重要保障和前提，各国和各个地区对于 LNG 储运有不一样的法规以及标准，所以企业一定要遵守相关法律法规，从而最大限度保证操作的合法性和规范性。其中，国际海事组织 (IMO) 制定了关于 LNG 运输的安全标准，而各国的安全监管机构也会制定具体的实施细则。企业应主动了解和遵守相关法规标准，并在实践中不断改进和完善其操作流程，确保符合最新的安全要求。

5 结语

综上所述，一般而言，液化天然气被广泛地应用于现代生产制造和生活中，在现代能源销售市场上占据着较大的市场份额。而液化天然气的运输是当前社会发展过程中较为重要的一项工作内容，企业要全面了解并掌握 LNG 运输的主要模式，优化 LNG 的工艺流程，调整安全措施和相关的管理方式。针对运输过程中存在的一些安全问题进行及时地处理，结合实际需要探寻现代化的安全技术和管理措施，全面提高管理工作的实际水平。

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] 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.
- [3] 马群凯. 液化天然气储运安全技术及管理 [J]. 化工管理, 2021(14):116-117.
- [4] 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.
- [5] 姜超. 液化天然气储运的安全技术及管理要点分析 [J]. 石化技术, 2020, 27(11):274-275.