

基于液化天然气储运问题分析及安全管理措施探究

温 慧 (巴彦淖尔华油天然气有限责任公司, 内蒙古 巴彦淖尔 015000)

摘 要: 液化天然气储运的安全管理十分重要, 不仅关系能源供应可靠性和经济发展可持续性, 还关乎人员生命安全和环境保护。通过加强液化天然气储运安全管理, 可以避免事故和泄漏事件发生, 确保能源供应的稳定性, 保护人员安全和环境, 促进相关行业安全稳定发展。分析了液化天然气储运安全管理的重要性, 探讨其中存在的问题, 并针对性提出安全管理策略, 以期提高液化天然气管道储运安全性, 保障能源供应安全和社会稳定发展。

关键词: 液化天然气; 管道储运; 安全管理; 策略

人们环保意识逐步提升, 重视对现有能源结构体系的优化, 广泛推广清洁能源。液化天然气是以甲烷为主要成分的燃料, 无色无味, 通过液化处理后让其始终处于低温液化形态, 通过特殊的设备对其进行储存和运输。液化天然气在储运环节涉及技术复杂, 对储运设备的要求较高, 如果未满足储运标准会出现火灾、燃料泄漏等一系列严重的安全问题。相关人员需要建立完善的储运安全管理机制, 落实安全管理策略, 确保及时将液化天然气安全运输到指定区域。

1 液化天然气的具体特征

1.1 易燃性

LNG 之所以会出现不同程度安全问题, 其具体原因与其特性有关。其中较为关键的是易燃性, LNG 富含甲烷等易燃成分, 一旦接触火源, 将立即以 0.3m/s 的速度快速燃烧, 导致扑灭难度较大, 火势较大时还会伴随着爆炸事故。作为清洁能源, 在其燃烧后形成的 CO₂ 气体量偏少, 从而在燃烧时火势蔓延速度较大。尤其在其被压缩为六分之一气态天然气空间后, 其压强上升, 更易达成燃烧条件。因此, 易燃性作为 LNG 显著特征, 应以此为基础做好安全储运管理工作。

1.2 低温性

LNG 通常需要达到 -160℃ 的温度条件才能顺利压缩至液态。所以, 要求在储运时务必控制好温度因素, 为其创造低温条件。考虑到低温要求的实现难度较大, 一旦遭受高温侵袭, 很容易引起 LNG 储罐异常现象, 而且也会在温度骤变中破坏 LNG 储运安全性。对此, 低温保障很有必要。

1.3 相变快

当为天然气提供不同处理条件时, 其对应的形态将呈现差异化变化趋势, 甚至在接触周边介质时, 发生不稳定相变情况, 尤其在产生近乎百倍的沸点参数

差异时, 会直接引起 LNG 升温。若接触低温介质则容易产生水蒸气, 最终影响 LNG 实际使用效果。同时, 在高速相变下也会加剧爆炸风险。鉴于此, 需依托 LNG 特征明确安全储运优化思路。

2 液化天然气的储运形式

2.1 储存形式

液化天然气包括三种储存形式: ①单容罐, 利用不锈钢材料制作内罐, 在内罐增加保温层及挡液墙; ②双容罐, 利用不锈钢材料制作内罐, 外罐会选择不锈钢或钢筋混凝土作为制作材料; ③全容罐, 该种容器和双容罐相同, 均包括内罐和外罐, 并且制作材料相同, 但是内罐会增加保温层。

2.2 运输形式

液化天然气包括三种运输形式: ①罐车运输, 利用专门车辆运输能源, 所能运输的能源总量相对较小, 适用于短距离能源运输要求; ②船舶运输, 通过船舶对能源进行运输, 安全性高, 运输量大, 适用于长距离能源运输要求; ③管道运输, 将管道作为运输设备, 运输便捷, 但是容易受到各种不同因素的影响, 对管道质量、外部环节控制要求较高。

3 液化天然气储运安全管理现状

3.1 泄漏以及事故风险

泄漏和事故风险是液化天然气管道储运重要的安全管理问题, 存在于整个储运过程, 严重影响和威胁人员、环境和经济安全。一方面, 泄漏问题是液化天然气管道储运中的主要安全隐患之一。泄漏可能产生于管道磨损、腐蚀、装配不良或操作失误等原因。泄漏会导致石油和天然气大量释放到周围环境, 造成能源资源的浪费和环境污染。还可能引发火灾、爆炸等严重事故, 危及人员生命安全和财产。另一方面, 事故风险是液化天然气管道储运中的重大问题。事故风

险包括火灾、爆炸、溃堤等意外事件，可能导致人员伤亡、财产损失和环境破坏。事故风险来源于多种因素，如管道损坏、设备故障、自然灾害以及人为因素等，容易对社会经济秩序和能源供应稳定性产生严重影响。液化天然气管道储运泄漏和事故风险是一项紧迫问题，威胁人员安全、环境保护和社会经济稳定。相关部门有必要采取有效措施，最大限度降低泄漏和事故风险，确保液化天然气管道储运安全可靠运行。

3.2 材料老化腐蚀问题

在液化天然气管道储运的安全管理中，材料老化和腐蚀是一个关键问题。材料老化指管道材料随着时间推移经历衰老过程，导致材料性能下降和强度减弱。长期运输和储存环境中的气候、化学物质作用以及运行条件变化都能够加速材料老化腐蚀。老化腐蚀问题指管道在运行过程中受到介质腐蚀作用，介质中化学成分、温度和压力等因素加速管道表面腐蚀，降低其耐用性和完整性。材料老化和腐蚀问题对液化天然气管道储运的安全和可靠性产生了重要影响。一方面，材料老化和腐蚀容易导致安全风险增加。材料老化和腐蚀问题会导致管道强度下降，增加泄漏和事故风险，泄漏可能造成人员伤亡、环境污染和财产损失。另一方面，材料老化和腐蚀容易导致运行可靠性下降，材料老化和腐蚀使得管道可靠性降低，导致供应中断、运输困难和成本增加，造成维护和修复成本增加。此外，管道材料老化和腐蚀问题需要定期维护和修复工作，增加维护成本和时间成本，维修期间停产和停工也会导致经济损失。

3.3 监测预警体系不完善

天然气管道储运过程中，监测与预警体系的完善对保障管道安全至关重要。目前液化天然气管道储运存在一些问题，限制着监测与预警体系有效运行，不利于提升应对风险能力。一方面，天然气管道储运监测设备和技术不完善。现有监测设备和技术水平可能无法满足对液化天然气管道运行状态的准确监测和预警需求。设备老化、技术落后等问题也可能导致监测数据不准确性和时效性不足。另一方面，监测设备监测范围有限。目前管道监测范围可能存在盲区，无法全面覆盖整个管道系统，导致难以及时掌握管道运行中情况，增加了事故发生风险。此外，液化天然气管道储运预警响应机制不完善。缺乏有效预警响应机制可能导致在事故发生后无法及时采取紧急措施，无法有效减轻事故损失。同时预警信息的收集、传递和处

理不够迅速，可能延误应急响应时间。相关人员有必要改进和完善液化天然气管道储运监测与预警体系，提高对液化天然气管道储运安全的监控和预警能力，降低事故风险，保障人员生命安全、环境保护和财产利益。

3.4 人员培训不足问题

液化天然气管道储运安全管理中，从业人员培训十分重要。在实际运营中，存在从业人员培训不足和从业人员安全意识不强问题，为管道安全管理带来挑战。首先，人员培训不足是一个主要问题。液化天然气管道储运涉及复杂工艺和操作流程，需要从业人员具备专业知识和技能。部分从业人员可能缺乏相关培训，对管道运营的要求和风险认识不足，可能导致操作不当、错误判断和应急响应不及时，进而增加管道事故的发生概率。其次，安全意识不强是一个普遍问题。由于管道运营具有隐蔽性，且安全风险不可预见，一些从业人员对管道安全问题缺乏足够安全意识，导致管道安全隐患被忽略或漏检，从而增加潜在安全风险。最后，缺乏紧急情况应急响应能力也是一个问题。在管道运营中，突发事件如泄漏、火灾等可能发生，需要从业人员迅速反应和采取应急措施。如果从业人员缺乏应急响应培训和演练，可能不了解如何正确应对紧急情况，导致事态扩大和后果加重。

4 液化天然气储运安全管理策略

4.1 做好储运设备设施管理

在储运环节储罐十分重要，当储罐出现问题后增加泄漏事故发生概率，管道破损或者阀门泄漏等均是较为常见的安全隐患。液化天然气同时具有蒸发的特性，且储罐内部可以容纳的BOG气体量是有所限制的，随着罐内压力不断升高，如果BOG不能及时排出，当罐内压力超过储罐极限压力时，储罐存在破裂风险。如果在附近同时存在明火会在液化天然气泄漏后引发爆炸或者火灾，因此应重点针对储罐进行有效的设备管理。

首先，在储运项目设计环节中需要对现场环境进行调查，观察附近环境是否存在特殊的影响因素，搜集地质调查数据，综合多样数据对设计方案进行优化和调整，防止出现设备基础不均匀下沉的现象。在液化天然气存储环节，应构建动态化下沉监测机制，观察其下沉量是否在一定范围内，如果超出所允许的标准需要立即进行调整。其次，做好绝热保冷和防腐处理，避免外界自然因素给储罐带来影响，保证管道的

完整性。例如，某企业选择在储罐内部配备温度计、密度计以及液位计等这一类监测仪器，通过观察仪器数据可以直接发现储罐所存在的异常问题，提高监测效果，并定期维护来延长使用寿命。如果出现异常现象，可以通过报警设备及时向现场人员进行警示，降低安全事故的发生概率。最后，挑选优质材料制作储罐，要求其具有高强度和耐低温的特性，可以适应低温环境。例如，某企业选择强化储罐材料的抗冲击性、耐腐蚀性，抵御外部复杂环境给储罐造成的影响，提升液化天然气防护效果。液化天然气属于低温介质，需要和其进行直接接触的构件均应具有耐低温的特性，同时也需要选择具有隔热性以及耐火性的保温材料，良好的隔热性可以避免出现物料损失过大的现象。

4.2 做好预防、定期检查和维护

为降低泄漏和事故的风险，相关人员需要做好风险评估、风险预防、定期检查和维护管道设施，确保液化天然气管道储运安全。一方面，应加强风险评估与预防措施。应进行全面风险评估，包括对管道系统、设备和操作过程进行系统性评估，并识别其中潜在风险因素和薄弱环节。风险评估可以通过使用专业工具和技术，例如风险矩阵、故障模式等来进行。同时应基于风险评估结果，制定相应预防措施，杜绝事故发生的可能性。另一方面，应定期检查和维护管道设施。定期检查和维护管道设施是保障管道安全的重要环节。定期检查包括对管道系统、阀门、连接件等进行定期的检查和维护，确保其在正常运行状态。定期的管道设施维护包括设备保养和润滑、管道绝缘和防护、管道标志和标识等，避免因检查或维护不到位引发泄漏或事故风险，确保液化天然气管道储运安全，保障能源供应和人民生命财产安全，为社会可持续发展做出贡献。

4.3 优化材料选择和防腐措施

应主动解决液化天然气管道储运中的材料老化和腐蚀问题，以促进液化天然气管道储运的安全。一方面，应做好材料选择优化工作，主动选择高质量管道材料，确保材料具有抗腐蚀和耐久性能，提高管道的抗腐蚀能力和延长管道使用寿命。同时加强防腐措施，在管道建设和维护过程中采取有效防腐措施，如防腐涂层、阴极保护等，减缓材料老化和腐蚀速度，保护管道免受外界介质的侵蚀。此外，定期检查和维护不可忽视。应建立定期管道检查和维护机制，包括内部和外部检测，及时发现和修复材料老化和腐蚀问题，

防止问题进一步恶化，延长管道的使用寿命。另一方面，应建立完善的管道安全标准与管理规范。可以制定和完善液化天然气管道安全标准和管理规范，包括管道设计、建设、运营和维护等方面，为液化天然气管道储运安全提高保障。同时加强从业人员的培训和教育，提高其管道安全管理认知和技能水平。另外，应建立健全管道监管机制，加强管道建设和运营监督与审查，确保设计和施工符合安全标准。此外，可以主动建立管道安全数据管理系统，对管道的运行状态、维护记录、事故统计等信息进行有效管理，确保液化天然气安全运输和供应。

4.4 做好应急响应和危机管理

确保液化天然气管道储运安全，建立应急响应机制和危机管理体系必不可少。首先，应制定应急预案，包括事故发生时的快速反应措施、事故处置流程、危险源控制策略以及与相关部门的沟通和协调机制，同时积极演练和修订，确保其适应性和可操作性。其次，建立指挥中心。通过建立液化天然气管道储运应急指挥中心，对事故应急进行协调指挥。指挥中心应具备快速响应能力，能够实时监测管道运行情况、接收报警信息，并能迅速调动相关资源和人员进行事故处置。最后，应加强危机管理，建立完善的危机管理体系，包括危机预警、危机评估、危机应对和危机恢复等。通过对潜在危机和风险的全面评估，制定相应的预警机制和风险控制措施。同时，建立有效的信息发布渠道，及时发布危机信息和应对措施，保持透明度和公信力。

5 结束语

综上所述，企业应加强依法依规操作运行，切实把液化天然气安全抓严、抓实、抓细，抓经常、抓规范、抓到位，及时消除隐患，积极化解风险，坚决防范和遏制天然气安全事故发生。本文主要对液化天然气储运的安全管理进行探讨，分析了安全管理中存在的问题，并针对相关问题提出了对应解决对策，希望能够帮助相关部门和企业更好认识和应对液化天然气储运安全管理中的问题。相信通过不断改进和完善安全管理措施，能够确保储运的安全和可靠，避免由于储运中不安全因素造成损失，为社会和经济发展提供可持续能源保障。

参考文献：

- [1] 项锐, 郝良良, 徐焱, 等. 小型液化天然气气站的安全问题 [J]. 化工管理, 2021(14):120-121.