

# 液化天然气的储运问题与安全管理探讨

侯智强（贵州燃气（集团）股份有限公司，贵州 贵阳 550001）

**摘要：**在科技发展的带动下，我国天然气的液化与储存技术越发成熟，但从安全储运的角度分析，受液化天然气易燃易爆的特点影响，储存与运输中的安全事故问题不能忽视。本文主要对液化天然气的储运问题与安全技术管理对策进行阐述，希望对我国天然气液化产业的可持续发展起到积极参照作用。

**关键词：**液化天然气；储运问题；安全技术管理

## 0 引言

液化天然气有良好的燃烧性能，在燃烧时不会产生有毒气体，属于清洁能源。同时液化天然气燃烧释放的二氧化碳少，可降低温室效应的影响。虽然液化天然气的运输方式灵活，但储运中的设备腐蚀与挥发损耗等问题不能忽视。还需立足安全隐患的影响因素，本着具体问题具体分析的原则，在安全技术管理方面下功夫，以确保液化天然气储运的安全可靠性。

## 1 液化天然气的储运风险来源分析

液化天然气是世界上公认的清洁的化石能源，有可燃性与无色无味等特点。液化天然气是指对气田中天然气的液化处理，使其处于低温液化状态，可实现任何方式的运输。受液化天然气低温可燃等特性的影响，在储运中受操作能力不足与储运设施技术条件不达标等因素的干扰，极易发生泄漏等安全事故，甚至会产生严重的安全后果。天然气的常用储存设备为双层的金属罐，但双层的材料不同，在两层中间通过气体填充的方式隔热。也常用半地下罐的运输设备，完全处于地下的一种储罐，在储存中利用混凝土提高存储的安全性。也包括洞穴储存方式，利用天然洞穴的耐热性强与温度低等优势特点，满足液化天然气的储存条件要求。液化天然气的运输方式，主要包括槽车运输与铁路运输及船舶运输及管道运输等多种方式。

每种运输方式都存在一定的风险，表现在以下几方面：

一是罐车运输方面，涉及各方面挑战。首先，物流行业有管理粗放与集中度低及安全意识不足等特点，利用罐车运输液化天然气的风险较大，出现事故对社会和交通的影响较大。其次，罐车的装备水平通常不达标，在役车辆的安全性和技术水平较差，同时液化天然气运输对真空性能的要求较

高，运输中需时常进行检查。因此，达标的车辆相对较少。最后，安全冗余设置不到位，防溜车与EBS等装置不完善，尤其是改装罐车，会直接降低罐车的质量标准。实际上，满足罐车生产行业要求的厂家数量少，落后的罐车设备，是引起液化天然气罐车运输中安全隐患的主要危险来源。二是船运。船运超过全球天然气运输量的八成，有产业体系化完善与安全管控工作成熟及投资风险高等特点，在液化天然气的船运安全控制方面，不仅要做好控制管理，还需做好港口的托运和装卸等工作的管理，严格按照安全运输要求规范操作。三是管道运输。管道运输的泄漏风险较大，易引起火灾爆炸事故。液化天然气的温度低，泄漏后易引起人员的冻伤和窒息等安全事故。泄漏风险随着管道的延长而增大，控制难度随之增大。因此，通常采取短距离的管道运输方式。

液化天然气储运中的常见问题，涉及以下几方面：

一是设备腐蚀。液化天然气的腐蚀现象，主要体现在设备与储罐的腐蚀方面。天然气中含有二氧化碳等酸性气体，会腐蚀储存设备，在生产中脱除不干净，酸性气体会对储罐与设备产生一定的腐蚀影响。如汞的酸性成分会腐蚀铝材质的冷箱，促使冷箱的管壁变薄至破裂，从而形成安全隐患。二是挥发损耗。液化天然气的温度低，采取了添加隔热材料与抽真空等与外界换热隔绝的措施，但也会出现不同程度的换热情况，促使液化天然气在储运中出现挥发等损耗。从开采生产到储运的目的地，需经过气田与加工厂及储运车等各种工序，储运中的挥发损耗相对明显。天然气中的甲烷成分属于温室气体，挥发到空气中会引起大气污染。如果储罐的安全放空系统不达标，气体挥发会升高罐内的压力，从而引起罐体的破坏。三是火灾隐患。受天然

气理化性质的影响，在储运时存在一定的火灾隐患。天然气有易燃与易爆等属性，与空气接触并在明火的条件下，极易发生火灾与爆炸。尤其是在储运的过程中，运输车的静电会积累电荷而引起火灾，最终引发爆炸事故。

## 2 液化天然气储运的安全管理

### 2.1 储存阶段

液化天然气在储存的过程中，由于储罐容纳气体的能力相对局限，加上蒸发现象的存在，在储存阶段仍存在一定的安全隐患。储罐内的工作压力接近允许最大值时，蒸发现象仍在提升，极易发生爆炸的可能。当制冷设备失效时，会使得介质温度不断升高，从而促使压力暴增。因此，在储存液化天然气时，需加强对温度的监控。除此之外，加强对储罐材料的控制，要求储罐材料在低温条件下的物理适应性达标，涉及热膨胀系数与低温冲击韧性及低温状态下的抗压等机械强度指标。加强对液化天然气充注方式的控制，在储罐底部与顶部均设置充注管路，避免液化天然气分层。加强对储罐隔热性能的控制，确保储罐的安全性与隔热性，切实减少制冷设备的能耗。要求隔热材料的性能达标，在火灾环境下仍发挥高温隔热性能，在高温环境下不会出现沉降或融化等现象。合理设置储罐周边的安全辅助设施建设，加强配置灭火与报警等安全防护的配套系统，以此强化储存环境下的应急能力。

### 2.2 罐车储运阶段

罐车运输的安全管理工作，主要涉及以下几方面：

一是加强对罐车的质量把控，改善液化天然气运送罐车的不足之处。在整体结构方面配置静电接地装置与阻火器等辅助安全设施，消除储运中的静电等危险因素，加强对设备的安全保护。罐车需配置灭火器设施，强化罐车在突发火灾时的应急能力。在液化天然气的罐车运输安全管控中，需加强对操作技术的把控，如在降低罐车内含氧量的方面，注入液化天然气前需先利用氮气进行置换，确保罐车内的含氧量低于2%。通过泄液与平压等操作，规范落实罐车的防超压工作。通常采取槽车底部与储罐顶部连接平压、槽车顶部与储罐顶部连接平压等措施，达到提升槽车压力与降低储罐压力的目的。槽车底部与储罐顶部连接平压措施的应用率相对较低，但操作的难度与风险较大，在平压时易出现储罐顶部高压气体冲击槽车底部液体的现象，促使液体加速蒸发，甚至会引发旋涡事故。因此，槽

车底部与储罐顶部连接平压措施的应用率相对较低。卸液是指利用进液降低储罐的压力，卸液方法包括上下共同进液与上进液和下进液的三种方式，上进液方式的应用频率更高，在下储罐顶部设置喷淋点，利于储罐顶部的气体液化，以此达到预期的降压目的。

### 2.3 船运阶段

船运是最快运输液化天然气的方法，安全控制体系相对完善。从可持续发展的方面入手，还需在以下几方面做好船运的安全管控工作：

一是在船体双层壳体的结构控制方面，储槽间与船舶的外壳体形成保护空间，降低船舶撞击触礁引发事故的可能。二是在制冷方面，通常采取半冷半压式制冷技术与全冷式技术，大型液化天然气运输船通常利用全冷式储槽，半冷半压式技术更适用于小型沿海运输船。隔热控制方式包括高分子有机发泡材料与真空多层及真空粉末等方法，不同隔热手段的应用优势各有不同。真空粉末隔热方法的成本低且操作工艺简单，真空多层隔热方法的成本高且隔热效果好，比采取真空粉末隔热手段船舶的空间占据小，可增大货物装载量。填充粉末随着船体的增加而增加，但真空隔热的成本更低。粉末隔热会受船体运动引起沉降现象，但真空隔热手段通常不会出现此类问题。液化天然气的船运模式具备再液化的控制手段，利用再液化的方式重新液化已蒸发的天然气，从而达到降压的目的。利用三分之一的蒸发气作为能源，即可完成对剩下部分蒸发气的回收，控制手段的安全经济性特点更加突出。利用具备安全警报装置的特制运输球罐，更利于强化液化天然气船运的安全可靠性。

### 2.4 管道运输阶段

液化天然气的短距离管道运输模式应用，比运输其他介质的运行温度要求更低，对压力控制与密封性及管道运输环境等方面的要求更高。在管道运输方面的安全控制要点，主要体现在以下几方面：

一是做好各类地质灾害的防控与第三方施工的安全管控，确保管道自身的质量与运输环境的安全性达标，做好管道施工质量的管控工作，采取人为验收测试等方式，确保管道的各项施工指标符合要求。做好地质灾害的防控工作，定期监测控制管道周边的环境，做好预防措施。二是做好场站设备的安全控制工作，从场站建设标准化的要求入手，合理设置安全管理体系。三是提高管道维护人员的综合素质水平，加大对液化天然气管道的维护频率，

落实专业化的维护技术操作，通过对管道维护人员的职业技能培训和素质管理，进一步保障运输管道的科学合理性。

### 3 提高液化天然气储运安全性的手段

#### 3.1 加强机器与安全设备的预防

储罐是储存天然气的主要设备，出现管道损坏与阀门泄漏及储罐故障等问题，极易引起储罐泄漏和爆炸等安全风险。高温热源和冲击及明火等，是天然气的点火源。因此，在储存天然气储存时，对机械设备的安全防范不能忽视，需将储存地点设为防爆区，并远离各种点火源，确保天然气处于安全状态。在设计储运项目的过程中，需合理展开地质与环境的调查工作，尤其是对设备和项目建筑的设计管理，应当避免项目完成后的建筑物沉降等现象。加强对储存罐地基沉陷状态的监测，对沉陷超出规定范围的情况及时上报和整改，以此确保天然气的安全储存。设计天然气管道时，需加强调查周边环境的情况，采取有效措施防止土壤结冰，同时分析土壤中存在的破坏危险因素，避免引起管道损坏。在天然气储存罐内安装液位计与温度计及密度计等设备，以持续测量天然气的储藏状态，确保储存罐处于正常状态。设计储罐时，需合理安装报警装置，针对于危险情况及时报警。要求储罐材料有耐低温性和抗冲击及抗腐蚀等属性。因为液态天然气属于一种低冷介质，因此对接触天然气的部件需选用耐低温材料。要求支撑管道与管道管材的材质具有耐火性和稳定的隔热性能，以确保设备的运行安全性。

#### 3.2 翻滚事故预防

引起的翻滚事故的影响因素较多，包括提纯程度不够与气源组分变化及动态测量仪器故障等原因。针对于翻滚事故的预防，需做到以下几方面：一是加强对气源组成比例变化的控制，液化气的加工建议选用同一片气田中的气源，确保天然气的组分相同，针对于组分不同的天然气，需采取有效的措施避免起出现分层的现象。严格按照天然气的监控要求，合理进行监控设备及报警装置的安装与储罐的液位设计，切实做好各环节的安全管理工作。在天然气进料时，需考虑密度因素的影响，合理制定进料方案，密度较小的天然气，从储气罐的下部进罐；密度较大的天然气，从储气罐的顶部进入，确保天然气的有效混合，防止出现翻滚现象。在储气罐内设置多个测温点，以检测罐内在正常生产或遇冷时的温度变化情况。在储存罐的外层合理设置

测温点，及时发现与避免天然气在储存中出现泄露现象。

#### 3.3 操作控制

操作失误也是引起天然气储运中出现各种问题的主要原因之一。因此，要求操作人员不断提高自身的职业素养和业务能力，规范落实专业操作。通过培训教育等方式，切实提高相关人员的工作能力与安全意识，更新员工的专业知识技能，使其能够冷静处理突发事件，减少操作失误情况。请专家介入指导，使其学习前沿的理论和先进的操作技能，积极适应新的工作环境，严格按照规范要求落实工作，确保工作的效率和质量。

#### 3.4 车辆运输风险控制

液化天然气的车辆运输，涉及装车与运输和卸车等环节，各环节都有可能发生泄漏与火灾等风险。因此，需加强对运输环节的安全控制。做好车辆装、卸车前的检查工作，检查车辆配件的完好性，车辆与运输人员的资质，检验日期是否在有效期内；装、卸前检查各连接处的泄漏可能；合理连接静电接地装置；运输中遵守交通规则；运输车辆停运，泄压安全阀出口需远离火源。

### 4 总结

针对于液化天然气储运的安全隐患管控问题，需在车辆运输风险控制及设备的安全预防和减少操作失误等各方面下功夫，以确保储运全程的安全性。

#### 参考文献：

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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(3):208-209.
- [4] 吴迪. 天然气的液化工艺和储运安全性初探 [J]. 当代化工研究, 2018(05):75-76.
- [5] 韦孟佼, 文雯. 液化天然气储运安全问题的分析及探讨 [J]. 化工管理, 2017(16):117.
- [6] 马超波. 分析液化天然气储运的安全性 [J]. 化工设计通讯, 2017,43(04):203-204.
- [7] 马志华. 液化天然气的储运问题与安全技术管理 [J]. 科技展望, 2015,25(04):135.
- [8] 王兴军. 液化天然气的储运问题与安全技术管理探讨 [J]. 石化技术, 2018,25(12):1.