

# 液化烃的装卸安全问题与存储管理研究

封 欢 (陕西仁智工程咨询有限公司, 陕西 西安 710000)

秦路路 (陕西信泽高新技术开发有限公司, 陕西 西安 710061)

岳明珠 (陕西立方环保科技有限公司, 陕西 西安 710075)

**摘要:** 本文先阐述液化烃的易燃易爆、低闪点、高挥发性等特性, 并分析在装卸与存储环节的核心风险, 如人的不安全行为、设备缺陷、环境干扰及管理漏洞等, 提出相应的解决措施。研究结果表明, 通过储罐设置安全阀、储罐关键部位安装传感器、做好防火防爆与应急隔离工作、定期开展实操培训等措施, 可提升设备自身安全性, 并及时发现和处理风险, 降低液化烃装卸与存储事故率, 促使行业得以安全稳健发展。

**关键词:** 液化烃; 装卸安全; 存储管理

中图分类号: TE8

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2026) 003-0160-03

## Research on Safety Issues and Storage Management in the Loading and Unloading of Liquefied Hydrocarbons

Feng Huan (Shaanxi Renzhi Engineering Consulting Co., Ltd, Xi'an Shaanxi 710000, China)

Qin Lulu (Shaanxi Xinze High-tech Development Co., Ltd, Xi'an Shaanxi 710061, China)

Yue Mingzhu (Shaanxi Cube Environmental Protection Technology Service Co., Ltd, Xi'an Shaanxi 710075, China)

**Abstract:** This article first elaborates on the characteristics of liquefied hydrocarbons, such as flammability, explosiveness, low flash point, and high volatility. It then analyzes the core risks in the loading, unloading, and storage processes, including unsafe human behavior, equipment defects, environmental interference, and management loopholes. Corresponding solutions are proposed. The research results indicate that by implementing measures such as installing safety valves on storage tanks, installing sensors at key parts of the tanks, ensuring fire and explosion prevention, emergency isolation, and conducting regular practical training, the safety of the equipment itself can be improved. This approach enables early detection and handling of risks, reduces the accident rate in the loading, unloading, and storage of liquefied hydrocarbons, and promotes the safe and stable development of the industry.

**Keywords:** liquefied hydrocarbons; loading and unloading safety; Storage Management

在化工行业发展中, 液化烃作为重要能源与化工原料, 其装卸与存储安全对公共安全具有重要意义。但是, 该物质具有易挥发、易燃爆特性, 加上装卸环节频繁的人机交互操作, 致使事故频发。据统计, 近十年我国液化烃装卸事故中, 因操作失误、设备老化引发的泄漏爆炸占比超 60%, 环境因素与管理不到位等进一步加剧风险。当前, 行业需要结合液化烃特性, 综合应用技术防护, 构建监测预警系统, 并加强操作人员的技能培训, 由此提升行业安全水平。

### 1 液化烃的特性

液化烃是指常温常压下呈气态, 经过加压或降温工艺变成液态形式的烃类混合物。其典型代表包括液化石油气和液化天然气。因其储存与运输极为便利, 这类产品已在工业、能源及民用等多个领域得到广泛应用。其典型特性为易燃易爆性, 当液化烃蒸气与空气混合后能形成爆炸性混合物, 遇火源(明火、电火花、静电等)极易燃烧甚至爆炸。液化烃还具有低闪点与高挥发性, 其闪点极低, 一旦从容器中释放, 会

迅速汽化, 体积急剧膨胀, 可瞬间膨胀 250—300 倍, 并迅速扩散, 形成爆炸性云团。在 15℃ 时, 其蒸气压力普遍高于 0.1MPa, 因此液化烃具有高压与低温储存需求, 否则容易受压力变化影响, 致使设备破裂。液化烃的燃烧热值较大, 一般 1m<sup>3</sup> 石油气完全燃烧热量约 25000kcal, 火焰温度可达 2000℃, 爆炸速度达 2000—3000m/s, 与普通可燃物相比火灾危害更大<sup>[1]</sup>。

### 2 液化烃装卸环节的核心风险

#### 2.1 人的不安全行为

液化烃装卸作业是一项技术性强、风险高的特种作业, 操作人员的行为直接关系到作业安全。其风险主要体现在以下方面。

一是疲劳作业, 如山东金誉石化“6·5”事故的调查结果显示, 肇事罐车驾驶员因长途奔波、连续作业, 在午夜进行液化气卸车作业时, 处于极度疲惫状态, 出现严重操作失误, 致使快接接口与罐车液相卸料管未能可靠连接。研究表明, 长时间连续作业容易导致操作人员疲劳, 注意力下降, 有时会忽略报警信号、

误操作阀门,没有严格按照规定巡检,导致液化烃泄漏未被第一时间发现,持续泄漏增加引发爆炸风险<sup>[3]</sup>。

二是违章操作,主要表现为不按操作规程进行作业、擅自更改操作程序、忽视安全检查等行为。装卸前静电接地操作违章,未连接、虚接或连接顺序错误(应先接地后接管);管路连接错误或不牢,快接头未锁紧、法兰螺栓未对角紧固;省略气密测试或测试压力、时间不足,无法发现微小泄漏。装卸作业过程中未严格监控压力、流量、液位等关键参数,出现超压充装情况,使得储罐、管道承受过高应力,储罐安全阀起跳失效,罐体撕裂,大量液化烃泄漏并燃烧<sup>[2]</sup>。不按核定容量装载,依赖液位计而忽略人工检尺复核;擅自提高装卸速率,导致管道震动、静电积聚加剧;野蛮操作,突然快速启停泵,产生“水击”现象,损坏管道和密封。装卸后未先泄压后拆管,或先拆静电接地后拆管,导致拆卸顺序错误;带压拆卸,管路内残存介质未回收或泄放就拆卸,造成喷溅;驶离前检查疏忽,未确认装卸臂完全复位、紧急拉断阀正常,车辆即启动。

三是安全意识淡薄,作业人员未按规定穿戴个人防护装备,如未穿防静电工作服、胶鞋,使用非防爆工具紧固,在泄漏区开关电器或使用手机等。在装卸过程中擅自离开现场,对泄漏等异常情况处置不当,初期泄漏时盲目扑救而非切断源、错误选择灭火剂,

错失最佳应急时机。

## 2.2 设备缺陷

液化烃装卸作业涉及的设备种类繁多,结构复杂,任何一个设备的故障都可能引发连锁反应,造成严重后果。通过对事故案例和设备失效模式的分析,本研究识别出关键设备的主要风险,具体如表1所示。

## 2.3 环境因素

雷雨、大风、高温等自然环境和作业区域的通道、照明等现场环境对液化烃装卸作业安全影响较大。当环境温度超过40℃时,会导致液化烃储存容器压力升高,可能超过安全阀设定值,引发泄漏事故。同时,高温会加速设备老化,降低材料性能,增加故障风险。在炎热天气下,长途运输的槽车罐体内压力会显著升高,可能导致阀门泄漏甚至罐体破裂。雷击可能直接击中储罐或管道,引发爆炸事故。雷电产生的瞬间高电压和大电流可能击穿电气设备的绝缘层,导致设备故障。雷电引发的静电还可能点燃泄漏的液化气体。夜间光线不足,装卸人员很难清晰观察鹤管连接、液位指示等环节,容易出现接口未锁紧、充装过量等失误,加上夜间应急响应效率降低,因监控摄像头画面模糊延误泄漏发现时机,扩大事故范围。

## 2.4 管理漏洞

液化烃装卸环节事故的深层诱因在于管理漏洞,

表1 液化烃装卸环节设备缺陷风险

设备缺陷类型	成因	危害
管道破裂	管道材质老化,随着使用年限的增加,管道材质的性能逐渐下降,容易出现裂缝和破损;管道受到外力撞击,可能导致管道损坏;管道内部压力过高,当装卸过程中压力控制系统出现故障时,可能使管道承受过高的压力。	管道破裂、腐蚀穿孔直接导致液化烃大量泄漏;接头松动、焊缝开裂引发持续性泄漏,LNG泄漏后快速汽化形成可燃气体云(体积膨胀600倍以上),LPG泄漏后沿地面扩散形成蒸气池。密封失效导致内漏、外漏,“故障开”阀门选型错误会在事故时持续泄放;阀门卡滞无法关闭时,泄漏量持续扩大,难以控制。
阀门系统密封失效	密封件在长期使用过程中因磨损、老化等原因失去密封性能;操作不当导致阀门损坏;选型错误,不符合安全要求。	连接失效、密封垫损坏引发瞬时泄漏;软管老化破裂、装卸臂深冷脆裂导致高压喷射泄漏,LNG低温泄漏还会造成周边设备结霜脆化。
装卸臂和软管失效	装卸臂连接时未对准、连接螺栓松动、密封垫损坏等;装卸臂在低温条件下长期运行,容易导致密封失效,造成泄漏;软管老化疲劳,在装卸现场难以进行水压试验,容易导致装卸接口连接部位拉断。	连接失效、密封垫损坏引发瞬时泄漏;软管老化破裂、装卸臂深冷脆裂导致高压喷射泄漏,LNG低温泄漏还会造成周边设备结霜脆化。
泵系统故障	机械密封泄漏量超标(超过10滴/min);轴承损坏;叶轮磨损;电机故障等。	泄漏介质高压喷射造成机械伤害。
安全附件失效	①安全阀:未定期校验,导致起跳压力不准确;阀芯卡住,无法正常起跳;安全阀前截止阀关闭,使安全阀失去保护作用;选型不当,额定工作压力不符合要求。 ②紧急切断装置:未与储罐液位、压力联锁,无法实现自动切断;手动启动装置失效;外驱动力不足,如气动阀的气压不足;日常维护不到位,导致装置卡滞。 ③压力和液位监测系统:监测装置缺失或不具备超限报警功能;监测报警装置失效或参数设置有误;仪表校验过期;信号传输故障,如温度、液位报警系统信号被屏蔽。 ④可燃气体检测报警装置:与气源不匹配,如检测LNG的装置用于检测LPG;低报警值设置不符合标准;检测器失效或未定期标定;报警系统故障,无法及时发出警报。	压力表、液位计失灵导致超装超压泄漏;可燃气体探测器失效无法识别泄漏,错失早期处置时机。安全阀失效导致设备超压爆炸,进而引发可燃介质,形成“爆炸-火灾”连锁反应。
设备材料不符合要求	使用不符合要求的耐低温材料增加了设备失效风险。未按标准制造或安装,导致设备存在先天缺陷。	导致液化烃大量泄漏,火灾爆炸事故风险加剧。

具体体现如下。①安全管理制度体系的缺失与不完善。部分企业未制定罐区卸车作业操作规程，未明确卸车管道接口连接可靠性确认的要求。还有一些制定了相应的管理制度，但内容简单粗放，缺乏针对性和可操作性。②人员培训体系的系统性缺陷。培训体系不健全，培训内容不全面。实际培训偏重理论知识，缺乏实操训练；培训内容陈旧，未及时更新；缺乏针对性，不同岗位的培训内容雷同。持证上岗落实不到位。③应急管理体系的薄弱环节。应急管理是事故预防和控制的最后一道防线，但其薄弱环节可能导致事故后果扩大。主要体现在：应急预案不完善、应急组织不健全、应急人员配备不足、应急资源不足、应急响应能力弱等。

### 3 液化烃装卸与存储安全管理的应用

#### 3.1 设备设施的安全设计

设备选材、工艺管道设计符合规范；装卸臂配备紧急拉断阀；储罐设安全阀、呼吸阀、高低液位连锁。关键法兰、阀门处设置防喷溅罩；泵机采用双端面机械密封；装卸区设防流散坎和应急收集池。所有电气、仪表设备满足防爆要求；储罐、管道、槽车可靠静电接地，接地电阻定期检测；设水喷雾或干粉灭火系统。装卸栈台及储罐进出液管道设远程气动或液动紧急切断阀，实现一键急停。

#### 3.2 安全监测与预警系统

液化烃装卸与存储环节需要引入先进技术，依靠实时数据采集与智能联动，使各类风险问题能够及时发现和处置。在储罐关键部位安装温度、压力、液位传感器，用于实时传输数据到中控系统，当液位到额定容量 90% 时，触发高液位报警，如达到 95% 则自动联动紧急切断阀停止进料，防止溢罐；压力异常升高时，启动超压报警，并开启安全阀泄压，有效防止冒顶事故。在装卸口、储罐区、泵区安装多点可燃气体检测报警器，信号接入 DCS/SIS 系统；关键参数实时监控。当浓度达到爆炸下限的 25% 时，系统便会发出警报，并启动应急冲淋系统，利用喷淋水雾稀释气体浓度，降低爆炸风险，并联动通风装置加速蒸气扩散<sup>[4]</sup>。

#### 3.3 防火防爆与应急隔离

为有效控制事故影响范围，在液化烃装卸与存储环节，需要加强空间规划与快速响应，实现防火防爆与应急隔离。储罐区要与锅炉房、加热炉等明火点保持安全距离，防止外部火源引燃泄漏蒸气。储罐间设置防火堤，高度  $\geq 1\text{m}$ ，最大限度避免泄漏介质扩散到其他区域。当泄漏事故发生时，根据介质毒性、扩散速度划分初始隔离区、防护区，前者为泄漏源下风向 100m，后者为 500m，利用广播、警报器等将无关人

员疏散到安全区域。储罐区设置宽度  $\geq 4\text{m}$  的环形消防通道，配备宽度  $\geq 1.2\text{m}$  的应急逃生通道，选用防滑材质，并设置照明标识，使人员能够快速撤离到安全地带，尽可能将伤亡与损失降到最低。与周边企业、消防部门建立应急联动机制，使资源得到充分利用。

#### 3.4 人员培训与风险管理

①人员培训。严格持证上岗，特种作业人员需经考核取证，定期开展实操培训与应急演练，每年不少于 40 学时。实施轮班制避免疲劳作业，单日作业不超 8h，建立员工健康与心理监测机制。规范作业行为，严禁违章操作，作业前进行安全技术交底，明确风险点与操作要点。②风险管理。严格划分装卸区、储存区，设置明显的安全警示标识和危险介质告知牌。禁止在雷雨、大风等恶劣天气进行装卸作业。现场保持良好通风，防止蒸气积聚。保障消防通道、应急疏散通道畅通，应急照明完备。制定装卸与储存专项操作规程，严格执行作业许可制度。建立应急预案体系，定期组织泄漏、火灾等场景演练，储备堵漏、消防、防护等应急物资。定期开展 HAZOP 分析，持续优化安全管理体系<sup>[5]</sup>。

### 4 结束语

在液化烃装卸与存储过程中，很容易因操作不规范、环境干扰、设备自身缺陷等诱发各类风险，这就要求企业加强设备本体安全设计，如关键法兰处设置防喷溅罩、设水喷雾或干粉灭火系统等。同时，引入先进技术，依靠实时数据采集与智能联动，使各类风险问题能够及时发现和处置；通过合理设定防火间距、加强人员培训与风险管理等，将损失降到最低。未来，液化烃安全管理体系可引入 AI 风险预测等技术，推动行业智能化发展。

#### 参考文献：

- [1] 姜宜君, 辛真, 孙翠林. 球罐改造盛装液化烃的储运设计要点探讨 [J]. 化工设计通讯, 2024, 50(12): 99-102.
- [2] 王庭宁, 冯林海, 王伟, 等. 化工企业液化烃储罐区安全风险识别与综合防治策略研究 [J]. 当代化工研究, 2024, (21): 194-196.
- [3] 曹贵. 液化烃槽车泄漏事故处理对策研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(13): 23-25.
- [4] 韩健. 石油化工企业液化烃装卸设施消防设计 [J]. 化工管理, 2023, (26): 103-106.
- [5] 徐涛. 液化烃储罐事故灭火救援的战术训练探究 [J]. 消防界(电子版), 2021, 7(11): 71+73.

#### 作者简介：

封欢(1988-), 女, 汉, 陕西西安人, 大学本科, 工程师, 工作年限: 16 年, 研究方向: 化工安全管理。