

液化石油气储运过程中的危害因素与应对方法分析

代 坤 (平度市明村液化气有限公司, 山东 平度 266700)

石 静 (青岛力森能源有限公司, 山东 青岛 266000)

于美苓 (青岛中烨能源有限公司, 山东 青岛 266000)

摘 要: 液化石油气是一种优质的清洁燃料, 在世界能源结构构成中占据着重要的地位。在液化石油气储运过程中, 存在多种危害因素。因此, 文章从液化石油气储运过程着手, 分析危害因素, 包括静电、爆炸、火灾、冻伤、中毒等, 并提出几种应对方法, 希望为液化石油气的安全储运提供一些参考。

关键词: 液化石油气; 储运; 危害因素; 应对方法

中图分类号: TE88 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 018-0163-03

Analysis of Hazard Factors and Countermeasures in the Storage and Transportation of Liquefied Petroleum Gas (LPG)

Dai Kun(Pingdu Mingcun Liquefied Gas Co., Ltd., Pingdu Shandong 266700, China)

Shi Jing(Qingdao Lisen Energy Co., Ltd., Qingdao Shandong 266000, China)

Yu Meiling(Qingdao Zhongye Energy Co., Ltd., Qingdao Shandong 266000, China)

Abstract: Liquefied Petroleum Gas (LPG) is a high-quality clean fuel that plays a significant role in the global energy structure. However, various hazard factors exist during its storage and transportation. This article analyzes these hazard factors, including static electricity, explosions, fires, frostbite, and poisoning, and proposes several countermeasures to provide references for the safe storage and transportation of LPG.

Keywords: Liquefied Petroleum Gas; Storage and Transportation; Hazard Factors; Countermeasures

在工业经济飞速发展的背景下, 液化石油气逐渐成为增长最快的能源品种之一, 其消费量、生产量均显著增长。在液化石油气运输大发展的时期, 其运输、储存环节的潜在危害因素愈发明显, 一旦危害因素扩大, 将造成难以估计的人员和财产损失。提前分析液化石油气储运危害因素、提前应对, 可以保障液化石油气储运安全效益与经济效益。因此, 分析液化石油气储运过程中的危害因素与应对方法具有非常重要的现实意义。

1 液化石油气的储运工艺

液化石油气运输主要有槽车运输 (铁路 / 公路汽车)、管道运输、水路槽船运输等, 其储存工艺包括低温常态液态、常温高压液态、固态储存等, 可存储在金属罐内 (地下 / 地上), 也可储存在地层岩穴内^[1-2]。其中, 液化石油气低温常态液态储存设备主要为薄壁罐; 而液化石油气常温高压液态、固态储存的设备为球罐、卧式金属罐、地层岩穴等。

2 液化石油气储运过程中的危害因素

2.1 静电

在液化石油气运输装载、储存充卸过程中, 液化石油气与管线、泵、过滤器等器件接触易形成静电。此时, 若液化石油气运输管道、槽车以及储存金属罐体安全附

件未做静电接地, 或者液化石油气运输储存罐体安全阀静电接地失效, 将随着液化石油气的流动、过滤、喷射、冲击等过程造成静电积累, 静电积累达到限值时引发静电放电。静电放电不仅会造成静电放电运输储存设备精密器件损坏, 而且会加剧爆炸火灾发生。

2.2 爆炸

液化石油气的主要成分是丙烷、丁烷等, 丙烷沸点是 -42.2°C , 爆炸极限是 $2.2\% \sim 9.5\%$, 丁烷沸点是 -0.5°C , 爆炸极限是 $1.8\% \sim 8.5\%$ 。因液化石油气主要成分特殊性质, 一旦储运期间发生泄漏可向低处流动、滞存, 在短时间内达到爆炸浓度极限, 进而发生爆炸。同时, 液化石油气爆炸产生的化学能会造成运输管道、槽车以及储存罐体等装置超压, 出现继发爆炸, 危害范围较广、危害程度较大。

2.3 火灾

在液化石油气储运过程中, 多为液态, 极易聚集, 主要成分热值最低为 45636kJ/kg , 最小点火能为 0.25mJ , 仅需极小点火能即可在空气中燃烧。此时, 若液化石油气运输储存过程中发生泄漏, 液化石油气极易通过蒸发产生引发主要成分燃烧所需点火能, 进而发生火灾^[3]。

2.4 冻伤

在液化石油气储运过程中, 泄漏的液化石油气会在接触人体后立即发生气化反应吸收热量, 引发人体局部冻伤。因液化石油气潜热较大, 人体皮肤与低浓度液化石油气长时间接触, 会导致皮肤组织冰冻, 造成皮肤组织大面积严重损伤。

3 液化石油气储运过程中危害因素的应对方法

3.1 注重液化石油气储运设备静电接地

储运设备静电接地是预防液化石油气储运期间静电危害的有效手段之一。静电接地本质上是將液化石油气储运设备通过金属导线、接地体与大地连通, 形成等电位, 获得最大电阻值, 消除静电, 从源头预防静电火花的出现。根据液化石油气储运设备类型的差异, 静电接地手段也有一些差异。

①对于液化石油气储运管道(含设置在防爆区内的干式管道), 利用导电性较佳的金属连接2个法兰(或阀门法兰), 实现管道接地。同时, 对于部分已做防腐处理的法兰, 为预防法兰接触不良产生火花, 先进行去锈除油污处理, 再将法兰跨接后经设备分段接地, 确保每对法兰或其他接头之间电阻值小于 0.03Ω , 为液化石油气储运期间产生电荷营造泄放通道。若液化石油气储运管道对地电阻值超出 100Ω , 则利用焊接形式设置2处接地引线。②对于装载液化石油气的大型金属罐体, 将其放置到导电地坪上, 经导电地坪与接地线连接。对于装载液化石油气的小型容器, 利用电池夹子跨接地线与接地干线相连。③对于液化石油气储运期间接触的过滤器外壳、泵外壳, 可利用支腿接地, 或者将接地端子设置到支腿内侧(也可设置在旁侧、设备本体)。④对于液化石油气储运汽车罐车、铁路罐车, 应在装料前, 利用静电专用接地线, 设置与罐车跨接的防静电接地装置。装卸完毕后, 有序拆除运输管线、跨接线、接地线。⑤对于液化石油气水路储运设备, 应设置与船舶跨接的防静电装置, 避免出现未接地的孤立导体。

3.2 升级液化石油气储运防爆设备

为减小液化石油气储运期间爆炸风险, 相关人员可以从液化石油气储运设备着手, 改善储运设备, 增设对泄漏丙烷、丁烷等物质的检测器件, 及时发现泄漏问题、及时处理, 预防泄漏液化石油气积聚爆炸。

①对于真空度为 600Pa 、最大内部蒸汽压为 14000Pa 的液化石油气, 可以选择非压力立式储罐。同时, 对于液化石油气码头储运装置, 增设内部爆炸危险释放装置(或过压释放装置), 降低液化石油气码头储运期间容器爆炸危险性。以液化石油气运输管道为例, 根据偶然工况产生最大瞬时压力小于等于管道设计内

压 1.1 倍的要求, 对比管道自身强度保护法(提高管道设计压力/增加壁厚)、超压泄放法(超压泄放)的优劣, 确定升级方案。一般对于大管径液化石油气运输管道, 优先考虑增设泄放装置——水击泄放阀, 在管道瞬时压力超出泄放阀设定后阀门起跳泄压, 配套建设基于管道介质沿程温变规律的压力检测装置(含上下游截断阀前压力表), 确保水击泄放功能正常发挥。②在液化石油气储运装卸现场以及其他易发生泄漏的位置, 设置永久性气体(或蒸汽)泄漏检测装置, 确保相关人员及时发现液化石油气泄漏问题^[4]。在液化石油气储运泄漏检测装置选择时, 可以覆盖液化石油气爆炸下限、传输距离小、适应极端温度条件为标准, 选择响应速度较快的半导体泄漏检测装置, 也可选择稳定抗干扰的电化学泄漏检测装置^[5]。有条件的情况下, 可以选择智能监测装置, 远程监控并与 DCS (distributed control system, 分布式控制系统)、PLC (Programmable Logic Controller, 可编程序控制器) 联动, 实现自动化、智能化泄漏检测与报警管理。比如, 选择 SUNVUA 智能液化石油气泄漏报警装置, 实时监测储运环境中液化石油气浓度, 在浓度达到报警阈值时发出声光报警信号, 自动关闭切断阀, 并通过智能语音电话或短信将泄漏信息发送给管理者, 预防液化石油气储运爆炸事故。

3.3 完善液化石油气火灾应急机制

完善的液化石油气火灾应急机制, 是液化石油气储运期间火灾危害因素应对的主要依据, 也是降低液化石油气储运火灾风险发生率的重中之重。液化石油气火灾应急包括火灾源头控制、应急预测、应急控制方式等。①从液化石油气储运期间火灾发生源头控制着手, 根据液化石油气易燃特性, 在液化石油气储运过程中加入惰性气体系统, 以便在紧急情况下防控火灾事故。同时, 为降低液化石油气储运局部单元火灾对主要设备、通信线路的损害, 在选用防火结构体、优选地下储藏装置的基础上, 增设装卸操作单元远距离隔离阀, 允许储罐、管线在紧急状况下一键隔离。②从液化石油气储运期间火灾事故预测来看, 对于关键液化石油气储运装置, 执行 24 小时定时巡回检查, 配合闭路电视监控与火灾报警系统, 对可能发生的液化石油气储运期间火灾苗头做出预测, 及时启动应急^[6]。③在液化石油气储存火灾蔓延速度控制方面, 根据液化石油气装卸管线内流速快、火势蔓延喷射状的特点, 围绕储罐增设水幕防火墙及障壁, 切断火源与外界接触渠道, 控制火势^[7]。与此同时, 制作并存档液化石油气火灾蔓延控制的各类图表, 为后续可能发生次生事故处理提供依据。④从液化石油气储运火灾消灭来

看,根据液化石油气储运火灾发展规律,管理者应提前准备足够的人员以及消防活动供水装置、洒水装置、水枪系统、泡沫灭火装置、排烟换气装置等装备。根据液化石油气火灾事故严重程度、危害范围的差异,应适当调整投入的消防力量。

3.4 加强液化石油气储运人员防冻安全宣教

管理者能否正确对待液化石油气安全管理以及作业者能否树立安全意识,直接影响液化石油气储运过程中冻伤事故的发生频率。因此,在液化石油气储运过程中,管理者、作业者均应转变安全态度,积极开展安全宣教。

①管理者应加强对液化石油气储运安全的重视,每隔一定时期对储运设备以及安全措施执行情况进行检查,严格督促作业者按照安全作业程序操作。同时,面对全部液化石油气储运作业人员,有计划地开展安全交底,包括冻伤预防、冻伤事故应急演练等。

②安全宣教是液化石油气储运安全管理中无法忽视的方面,也是液化石油气储运期间冻伤危害因素防控的有效手段,加强安全宣教可以促使液化石油气储运冻伤危害防控意识深入人心,督促每一位储运工作者按照规范程序操作。在线下面对面教育的基础上,管理者应搜集与液化石油气储运冻伤预防、急救有关的短视频,以更具生动形象的方式将有关安全知识传递给工作者,促使液化石油气储运工作者了解液化石油气冻伤原因、急救步骤,可以在液化石油气冻伤危害因素出现时正确处理。

3.5 多元防控液化石油气储运中毒事故

中毒是液化石油气储运过程中对工作者具有直接危害的因素,面对中毒危害,应根据液化石油气储运工艺特点,从外部环境、工作者自身两个方面着手进行防控。

①从外部环境来看,保持良好通风对于防控液化石油气中毒事故至关重要。液化石油气储运工艺设计者应根据正常泄漏液化石油气及时消散要求,优化环境通风设计方案,从源头规避液化石油气在某一位置高浓度积聚引发人员中毒。比如,对于液化石油气水路运输用船舶货物压缩机所处环境,应设置机械通风,且机械通风出风口具有足够空气流过,杜绝任何通风排风口排出危险蒸汽再循环进入的概率,因源于液化石油气压缩机排风管道的蒸汽向上排放,应控制排风进口与出口位置距离工作者居所 10m 及以上(水平面方向距离),且离开压缩机舱通风口 3m 范围以内区域为露天区域。具体设计时,根据液化石油气压缩机易产生丙烷或丁烷蒸汽泄漏的特点,优选固定式负压型通风,上下部同时抽风,通风量满足每小时换气

次数超出 30 次/h 的要求。

②对于工作人员自身,提供足够的防毒面罩。同时,根据液化石油气中毒反应,相关人员应提前了解处理液化石油气中毒的方法与相关材料,如开启通风、物理降温、应急就医等。

4 结束语

综上所述,在液化石油气槽车运输、管道运输、水路槽船运输以及金属罐内储存过程中,存在静电、爆炸、火灾、冻伤、中毒等危害因素。面对众多危害因素,应从液化石油气运输储存设备着手,加强静电接地,定期检查静电接地效果,避免静电接地失效。同时,改善液化石油气储运压力容器与配管系统设计标准,增设液化石油气泄漏物质的检测与报警器件,从源头预防液化石油气泄漏爆炸、火灾等风险。在设备升级改善的基础上,完善液化石油气火灾应急与安全交底机制,提供充足的防毒面具等劳保用品,降低液化石油气储运期间人员冻伤、中毒等风险,全方位保障液化石油气安全储运。

参考文献:

- [1] 程浩. 液化石油气铁路自备罐车运行分析与优化研究[J]. 中国物流与采购, 2024,(10):77-78.
- [2] 陆晟, 彭向阳, 朱越星. 减碳赛道上的液化气船[J]. 船舶设计通讯, 2024,(01):43-49.
- [3] 杨鹏, 刁旭, 高康, 等. 危险化学品运输车辆停车场火灾爆炸事故分析[J]. 化工安全与环境, 2025(02):18-23.
- [4] 贾定文, 陈健波. 液化石油气埋地储罐泄漏检测工具探讨[J]. 特种设备安全技术, 2025,(01):16-17.
- [5] 吕仓. 液化石油气槽车装卸过程中发生泄漏应急处置措施研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024,(13):38-40.
- [6] 黄海华. 关于瓶装液化石油气火灾隐患及消防安全管理的若干思考[J]. 今日消防, 2021,(10):31-33.
- [7] 富树力. 液化石油气储运火灾的消防安全策略[J]. 中国储运, 2024,(05):68-69.

作者简介:

代坤(1989-), 男, 汉族, 山东平度人, 学历: 大专, 职务: 平度市明村液化气有限公司总经理, 研究方向: 液化气工程建设、燃气设施安全、液化气储运、配送工程。
石静(1984-), 女, 汉族, 山东高密人, 学历: 本科, 职务: 青岛力森能源有限公司工程部副主任, 研究方向: 液化天然气供应工程安装、燃气设施施工管理、燃气储运设施维护。
于美苓(1986-), 女, 汉族, 山东平度人, 学历: 大专, 职务: 青岛中烨能源有限公司工程部经理, 研究方向: 燃气管道工程安装、燃气设施施工管理、燃气储运安全。