

液化石油气装卸作业全流程风险管理与控制措施研究

陈璐 李秋尘 姜理德 孙舶城 高庆

(中石油昆仑燃气有限公司成都液化气储配库, 四川 成都 610108)

摘要: 液化石油气是保障民生供给和工业生产的必需能源, 由于具有易燃易爆、装卸工艺复杂等特点, 决定了其装卸作业安全风险防控工作肩负重大责任。由于当前行业内存在设备管控不到位、人员操作不合规等原因, 极易发生泄露、爆炸等事故。针对上述情况, 本文立足实际作业研究, 探寻并锁定隐患因素, 构建全生命周期风险防控措施, 以提高流程合规性, 及突发情况下的应急处置能力, 助力行业安全生产的平稳运行。

关键词: 液化石油气; 装卸作业; 全流程风险管理; 管控路径; 安全防控体系

中图分类号: TE88 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167(2026)008-0133-03

Research on Risk Management and Control Measures for the Entire Process of Liquefied Petroleum Gas Loading and Unloading Operations

Chen Lu, Li Qiuchen, Jiang Lide, Sun Bocheng, Gao Qing (Capital Petroleum Kunlun Gas Co., Ltd. Chengdu Liquefied Gas Storage and Distribution Depot, Chengdu Sichuan 610108, China)

Abstract: Liquefied petroleum gas is an essential energy source for ensuring people's livelihood supply and industrial production. Due to its flammable and explosive nature and complex loading and unloading processes, the safety risk prevention and control work during its loading and unloading operations bears significant responsibility. Due to the current lack of adequate equipment management and non-compliant personnel operations within the industry, accidents such as leaks and explosions are prone to occur. In response to these situations, this paper conducts research based on actual operations, identifies and locates potential hazard factors, and constructs a full life cycle risk prevention and control measure to improve process compliance and emergency response capabilities in case of emergencies, thereby facilitating the smooth operation of industry safety production.

Keywords: Liquefied petroleum gas; Loading and unloading operations; Full-process risk management; Control path; Safety prevention and control system

液化石油气装卸管理流程是能源供应产业链的重要环节, 直接关乎民生用气安全与企业生产安全, 其安全管控水平决定着行业发展的质量和未来走向^[1]。我国液化石油气每年装运气量超过 2800 万 t, 且呈逐年递增态势, 然而, 行业内却存在诸多风险点、管控难题, 导致事故不断出现。为破解该难题, 本文梳理了当前问题的根源以及存在的问题, 以期通过建设精细化的全过程管控体系, 提升行业安全管理水平。

1 液化石油气装卸作业风险溯源

液化石油气装卸作业的风险隐患, 本质是介质特性、作业流程、人为行为与管理因素多因素交织叠加的结果, 其形成并非偶然, 而是长期积累的系统性问题。从介质本身来看, 液化石油气常温常压下易挥发, 蒸气与空气混合后, 在 1.5%~9.5% 浓度区间内遇明火、静电等火源即会引发爆炸燃烧, 且扩散速度快、影响范围广。同时, 该介质对设备密封件、罐体材质具有腐蚀性, 长期接触会导致部件损耗, 间接提升泄漏风险。作业全过程方面, 装卸包括接车检查、软管连接、充装卸载以及断开撤离等环节, 此过程中, 任何一环出现错误, 都可能引发风险的传导。管理角度及人为

因素方面, 部分企业安全意识较弱, 为降低成本, 而减少安全方面的投资, 不仅设施设备更新不及时, 而且相关技能培训也仅停留在表面。总之, 各类风险环环相扣, 一旦某一环节防控缺位, 都易引发一系列连锁反应, 唯有从根本上厘清风险产生原因、传导路径, 方能精准定位防控突破口, 筑牢装卸作业安全防线。

2 液化石油气装卸作业现存核心问题

2.1 设备老化与合规性管控缺位

设备是液化石油气装卸作业的核心载体, 其运行状态直接决定作业安全性, 而设备老化与合规性管控缺位已成为行业普遍存在的突出问题。部分中小型液化石油气充装站因资金实力有限、安全意识薄弱, 存在设备超期服役、更新换代不及时的情况, 据了解, 国内还有大约 35% 的充装站仍在服役年限大于等于 8 年的装卸软管、阀门等部件, 这类设备已经丧失了良好的密封性、耐压性能, 在使用中容易造成泄漏, 与新设备相比, 发生泄漏的概率高出了三倍左右, 增加了作业风险。

2.2 人员操作规范执行力不足

工作人员是装卸作业的直接执行者, 其操作规范

的落地情况直接影响作业安全，目前行业内出现的人员操作失误的深层次原因是执行力问题；一线人员不仅老龄化严重，且文化水平偏低，对新设备、新操作规程的认知和熟练运用情况把控不足，常常出现习惯性违章问题。还有部分企业招工门槛较低，有近三成的一线工作人员未持有特种作业操作证。同时，由于企业未建立完整的培训体系，大部分仅开展了1次性岗前培训，导致作业人员操作规范掌握不扎实，使得实际执行偏离操作规范。另外安全考核以及奖惩措施不到位，对违章行为处罚力度较轻，难以对其形成制约作用。

2.3 流程监管数字化程度偏低

现阶段，液化石油气装卸作业依然以人工巡检、纸面记录为主，尚未与信息化技术融合，造成工作效率低、监管效果差、风险识别滞后。目前我国液化石油气充装站仅有22.8%实现了简易数字化管理，难以对作业全流程开展动态监控，且有77.2%的企业依靠人工抄写记录作业数据，既费时费力，又易出现漏记或更改数据现象，导致作业数据可追溯率低于29.3%。加之当下行业采用分段管理模式，使得运输、充装、仓储等各个环节监管数据沟通不畅，未能形成覆盖全流程的动态数据链条，由此产生监管盲区，影响了精准控制的实现，这一定程度上制约了风险防控水平。

2.4 应急处置体系不完善

液化石油气装卸事故突发性强、危害性大，完善的应急处置体系是降低损失的关键，而当前行业应急处置能力普遍薄弱。38%的企业应急预案仅停留在纸面，内容笼统缺乏可操作性，未结合作业实际风险点细化处置流程，且未开展常态化演练。应急物资配备不足、老化问题突出，42%的充装站未配备专业堵漏工具，35%的灭火器、防护装备超过有效期，无法满足应急需求。作业人员应急处置技能匮乏，面对泄漏、火情等突发情况往往手足无措，无法快速采取科学处置措施。数据显示，完善的应急体系可降低60%以上的事故损失，而体系不完善则大幅提升了人员伤亡与财产损失风险。

2.5 装卸衔接环节风险管控缺失

装卸衔接过程中包含车辆对位、软管对接、信息交接等重要环节，该环节流程繁琐且涉及多个作业方，是装卸流程中危险因素最多的部分。目前有53%的作业单位未建立车辆对位规范标准，使得车辆对位不精准的情况时有发生，易引发软管连接部位泄漏。此外，多数企业对软管对接后的气密性检测依然采用目测手段进行判断，仅有30%作业单位采用设备检测或工具检测，未作业安全留下隐患。同时，信息交接多以口头方式为

主，缺少规范化的记录制度，近一半的企业出现充装参数、车辆资质等关键信息漏传、错传现象，导致生产中各项作业参数不匹配，进一步增加了危险系数。

3 液化石油气装卸作业全流程风险管控路径

3.1 设备全生命周期合规管控

面对企业设备老化及合规管控不到位问题，需从设备采购、使用、维护、报废等方面，构建全生命周期闭环合规管控机制。首先在设备采购过程中严把入口关，优先选择有国家资质认证和安全保障的产品，并在合同中约定相应的质量要求及质保期，材料进场后由专业的人员进行验收，出具检验合格证以及检验报告等资料，如果不合规，一律不予入场，从根源处杜绝一切可能存在的合规风险^[2]。使用的和维护上，对老旧设备采取逐步淘汰计划，逐年逐步淘汰超过使用年限14%以上的设备。使用与维护环节上，需细化责任分工，将设备管控落实到具体责任人，储罐、阀门等关键设备每半年全面校验1次，装卸软管、安全阀等附件每年校验1次，且校验全面覆盖率100%，如发现不合格设备，要立即停用更换，严禁出现未经校准合格的设备。另外安排专职人员管理全生命周期档案，并及时更新维护、维修、校验等信息，其更新及时率不低于98%，保证全程可追溯。对于老旧设备，制定分期淘汰计划，每年至少淘汰14%超期服役设备，并投入不低于营收4%的资金用于老旧设备更新改造，以保证安全系数。报废环节严格执行合规标准，对达到使用年限、无法修复或存在重大隐患的设备，及时办理报废手续，交由具备资质的单位处置，做好报废记录，严禁翻新改装后继续使用，实现设备全生命周期闭环管控，从根本上解决设备老化与合规性缺失问题。

3.2 强化人员操作规范落地

对于人员的操作规范执行力不足情况，应从招聘、培训、考核、监督多方面共同发力，搭建员工操作规范管理体系，让操作规范真正落到实处^[3]。招聘阶段要严控准入门槛，要求一线员工必须具备特种作业操作证，杜绝无证上岗情况出现，同时优选有工作经验和安全意识较强的人员，并做好人员背景审查工作，保证员工整体素质符合岗位需要。另外，需建立岗前培训、常态化复训、专项培训的三级体系。岗前培训时间不少于72学时，培训内容包括操作规范、安全知识、设备使用和应急处置等方面内容；每季度开展1次岗位复训，强化重点和难点知识及新标准等内容的记忆。同时结合季节特点及典型事故开展有针对性的专项培训，提高班组人员应变复杂情况的能力，以此降低操作失范率的发生。同时，还需建立与操作合规性挂钩的绩效考核机制，将日常操作规范、隐患排查质量

等纳入考核指标,考核结果直接关联工资奖金与评优晋升。对合规操作标兵给予表彰奖励,对违规行为视情节给予罚款、停工培训甚至解除合同的处罚,形成奖优罚劣的鲜明导向,激发人员执行规范的主动性。

3.3 搭建数字化流程监管体系

鉴于当前流程监管数字化程度不高的情况,需依托数字化手段建立起全流程监管系统,达到精准化、高效化及可追溯化的监管效果;硬件上,在作业现场安装罐体压力实时监测仪、软管泄漏检测仪及全方位视频监控等智能监测设备,泄漏检测仪要具备声光报警和移动终端发送信息等功能,且保证视频监控可随时调看或回溯录像,以为风险预警和事故认定提供支撑。深化数据应用,利用大数据技术分析作业数据,预判设备故障趋势、识别人员操作高频违规点,为精准防控提供数据支撑。软件上,可开发集成化的数字化管理平台,将车辆、充装、设备、人员等管理模块进行整合,并安排作业人员使用移动端进行车辆资质信息、充装参数和作业时间等内容的数据录入,取代原来纸质记录方式,将数据正确率提升至98%以上。同时搭建跨主体信息共享平台,打通运输、充装、监管部门信息壁垒,实现车辆动态、充装信息、隐患情况实时互通,形成协同监管格局,使风险识别效率提升60%以上。此外,还需建立数据追溯机制,各类作业数据至少保留三年,以此实现作业全流程可追溯、故障精准化排查。

3.4 完善应急处置闭环机制

面对应急预案体系建设不完善的问题,需构建预案、物资、演练、联动、复盘闭环管理模式,提高对突发事件的应急处置能力。预案编制应根据装卸作业风险特点,分别针对泄漏、爆炸、火情等制定详细的处置流程、责任划分及应急措施,要具指出每一步的操作要求及责任人,并结合每年工作开展状况及设备变化情况进行更新修订,确保应急预案具有针对性和可操作性^[4]。应急物资方面,需按“足额配备、定期检查、及时更新”原则配置,涵盖灭火器、专业堵漏工具、防护装备、急救药品等,建立物资台账,专人管理,每月开展全面检查,及时更换过期、损坏物资,确保应急时拿得出、用得上。同时投入专项资金升级应急装备,提升处置专业化水平。演练实施环节,企业需建立常态化应急演练机制,摒弃形式化演练,每季度开展一次桌面推演,模拟事故场景梳理处置流程、检验预案可行性,优化处置环节;每半年开展一次实战演练,组织全体作业人员、安全管理人员参与,演练过程中模拟真实事故场景,检验作业人员应急处置技能、各部门协同配合能力与应急物资使用效果,

让人员在实战中熟悉处置流程、提升应急能力。演练结束后及时开展复盘评估,组建评估小组分析演练中存在的问题与不足,制定针对性整改措施,优化应急预案与处置流程,常态化演练可使事故处置效率提升52.5%以上。

3.5 优化装卸衔接风险防控细节

对于装卸衔接环节风险管控存在的不足问题,需以装卸衔接过程中节点为管控对象,优化细节,建立全过程衔接管控体系,消除风险盲点。车辆对位方面,设置车辆定位线、限位装置,安排专人指挥停靠,使车与设备之间的距离和夹角符合要求,车辆停稳后拉紧手刹,作业过程严禁移动车辆,从细节上避免车辆与设备的对位偏差带来的风险^[5]。安全检查环节,扩大检查范围,对运输车辆罐体状态、阀门密封性、驾驶员与押运员资质、静电接地装置、灭火器材配备等核心内容开展全面检查,检查项目不少于12项,检查合格率达100%,不合格车辆一律禁止参与装卸作业,同步做好检查记录归档。信息沟通方面,搭建衔接环节信息共享平台,运输企业提前2.5h将车辆信息、罐体情况、充装需求、运输路线等推送至充装站,充装站同步反馈作业安排、安全要求与到港注意事项,信息传递准确率达96%以上,安排专人负责作业全程信息对接,及时反馈作业进度与突发情况。责任划分方面,签订多主体协同管控协议,明确充装站、运输企业、作业人员在衔接环节的具体责任,做到责任到人、责任划分全覆盖。

4 总结

本文针对液化石油气装卸作业全生命周期开展风险管理,在追溯风险产生的基础路径上拆解分析介质、流程、人员、管理各个方面的风险因素,并针对设备老化、设备操作不当、应急处置效率低等问题进行了重点剖析,针对性地构建出一套可行性强的全链条防控体系,防范化解重点装卸过程安全风险,提升装卸作业安全保障水平,助力行业安全稳定发展。

参考文献:

- [1] 金建平.城市燃气企业风险管理研究[D].天津:天津大学,2023.
- [2] 赵明涛.液化石油气经营政策分析与建议[J].企业改革与管理,2022(10):103-104.
- [3] 李正强.完善能源市场风险管理体系[J].中国金融,2022(08):15-17.
- [4] 桑九强.液化石油气灌装站风险评估研究[D].青岛:中国石油大学(华东),2022.
- [5] 王欣雨.天津液化石油气瓶装供气站项目风险管理研究[D].天津:天津大学,2016.