

# 油气储运技术与油气储运设施安全维护研究探讨

梁 洪 张小英 郑 义

国家石油天然气管网集团有限公司华南分公司 广东 广州 510000

**摘 要：**油气储运是油气产业全链条的关键枢纽，直接关系产业安全稳定与能源高效保供，其技术水平与设施安全维护质量至关重要。本文系统阐述油气储存、运输核心技术及应用现状，分析智能化、低碳化、一体化发展趋势，剖析储运设施安全维护现存问题及各类安全风险，提出针对性优化策略，为提升油气储运效率、强化设施安全维护水平、保障油气储运全流程安全稳定运行提供切实可行的理论参考与实践借鉴。

**关键词：**油气储运技术；油气储运设施；安全维护

引言：随着我国油气产业快速转型升级，油气消费量持续攀升，对油气储运的效率、安全性和稳定性提出了更高标准的要求。油气储运环节涵盖储存、运输多个关键流程，涉及多种类型设施，运行环境复杂多变，易受介质腐蚀、外力冲击、人为操作等因素影响引发安全事故。当前，储运技术不断迭代升级，但安全维护工作仍存在诸多短板。因此，深入研究油气储运技术及设施安全维护，破解现存难题，对推动油气产业高质量发展、保障国家能源安全具有重要现实意义。

## 1 油气储运核心技术及应用现状

### 1.1 油气储存技术及应用

(1) 常规储存技术：核心涵盖浮顶罐、固定顶储罐、球形储罐等主流设施，其技术原理贴合不同介质储存需求。浮顶罐通过浮顶随液面升降减少油气挥发，多用于大型原油、成品油储备库；固定顶储罐结构简单、造价经济，适配中小型油气储存场景；球形储罐承压性能优异、空间利用率高，专门用于液化石油气等高压介质储存，是目前油气常规储存的核心载体。(2) 特殊储存技术：地下储气库依托地下枯竭气藏、盐穴等地质构造建造，储存容量大、安全性高，是天然气季节调峰、应急保供的关键设施；LNG低温储存技术通过低温绝热工艺将天然气液化，大幅缩小储存体积，便于远程运输与长期储备，操作中需严格控制低温环境与压力稳定，有效解决天然气跨区域调配的痛点。

### 1.2 油气运输技术及应用

(1) 管道运输技术：分为长输管道与城市配输管道两大类，长输管道具有输送压力高、运量大、损耗低的优势，可实现跨区域、长距离油气输送，配套的输送压力控制、清管作业、泄漏检测等技术已日趋成熟，全程保障输送安全；城市配输管道布局灵活，贴合城市居民及工业用气需求，侧重低压输送与精准管控，是城市能

源供应的重要“生命线”。(2) 其他运输技术：海上油轮运输适用于跨洋油气运输，运量大、单位成本低，但受航线、气候及港口条件影响较大；铁路油罐车运输适合中短途、小批量油气输送，灵活性强，可衔接长输管道实现区域分流；公路油罐车运输便捷高效，能直达终端用户，但安全性要求极高、运输成本偏高，需严格落实安全管控措施<sup>[1]</sup>。

## 1.3 油气储运技术的发展趋势

(1) 智能化发展：物联网、大数据、数字孪生等新技术深度融入储运全流程，可实现储运设备参数实时监测、智能调度与故障提前预警，大幅提升储运效率与安全管控水平，推动油气储运向“智慧化、自动化”转型。(2) 低碳化发展：紧扣“双碳”目标，大力推广节能型储运设备与绿色防腐技术，有效减少油气挥发损耗与污染物排放，降低储运环节能耗，实现绿色低碳转型。(3) 一体化发展：打破储运环节与油气开采、炼化环节的壁垒，推动各环节协同衔接、资源整合，优化全流程作业效率，构建全链条、高效化、低成本的油气储运体系。

## 2 油气储运设施安全维护现状及存在的问题

### 2.1 油气储运设施概述及维护核心要求

(1) 核心储运设施类型：主要包括储罐、管道、泵站、装卸设施四大类。储罐作为油气储存的核心载体，分为浮顶罐、固定顶罐等，结构重点在于密封与承压；管道分为长输管道与城市配输管道，多埋地铺设，结构需具备抗腐蚀、抗外力能力；泵站负责油气输送动力供给，核心结构为泵体与控制系统；装卸设施用于油气转运，包含装卸臂、计量设备等，结构侧重密封与操作便捷性，各类设施的安全维护核心目标均为保障设施正常运行、防范安全事故。(2) 安全维护核心要求：核心是确保各类储运设施结构完整、运行稳定，全面防范泄漏、爆炸、腐蚀等各

类安全事故发生,保障人员、设备及周边环境安全。同时,需严格遵循国家相关法律法规与行业技术标准,明确维护流程、检测频次及合格标准,实现安全维护规范化、标准化,从源头降低安全风险。

## 2.2 油气储运设施安全维护现状

(1) 维护体系建设:目前部分大中型油气企业已建立基础的安全维护管理制度,明确了维护职责与基本流程,配备了专业的维护人员团队,采用人工巡检、常规检测与定期维修相结合的手段,对储罐、管道等核心设施进行维护,基本能保障设施日常安全运行。但小型企业仍存在维护体系不完善、责任落实不到位的情况。

(2) 技术应用现状:智能监测设备、先进防腐技术已在部分重点油气储运设施中得到应用,如管道泄漏智能检测系统、储罐防腐涂层技术等,有效提升了维护效率与安全性。但从整体来看,先进技术普及率不高,且区域发展不均衡,偏远地区及小型企业仍以传统维护技术为主,技术水平差距明显。

## 2.3 油气储运设施安全维护存在的主要问题

(1) 设施老化与腐蚀问题突出:部分油气储运设施服役年限较长,超出设计使用年限,加之长期受油气介质腐蚀、户外环境侵蚀,出现壁厚减薄、设备裂纹、密封失效等安全隐患,且部分企业对隐患排查不及时、维护不到位,导致隐患持续扩大,增加安全风险。(2) 维护技术水平滞后:传统人工巡检、事后维修等维护方式仍占主导,智能监测、预测性维护等先进技术应用不足,难以实现隐患提前预警与精准处置,往往等到设备出现故障或事故发生后才进行维修,维护的主动性与有效性不足<sup>[2]</sup>。(3) 管理制度不完善:部分企业未建立完善的安全维护管理制度,维护责任划分不清晰,导致出现问题相互推诿;定期巡检、检修制度落实不到位,存在漏检、漏修情况;应急处置流程不规范,应对泄漏、爆炸等突发事故的能力不足。(4) 人员专业素养不足:基层维护人员整体专业素养参差不齐,对新型储运技术、智能监测设备的操作能力不足,难以适应现代化维护需求;同时,部分人员安全意识淡薄,违规操作现象时有发生,应急处置能力有待进一步提升。

## 2.4 油气储运设施安全风险分析

(1) 设备风险:设施老化、腐蚀、故障是引发安全事故的主要设备风险,其中储罐的密封失效、管道的腐蚀穿孔的高风险点,易导致油气泄漏,进而引发爆炸、火灾等严重事故;泵站泵体故障、装卸设施密封损坏也会带来不同程度的安全隐患。(2) 操作风险:人员违规操作、维护不当是重要操作风险,如装卸作业时未按规

范操作、管道压力调控不合理、巡检时漏查隐患等,均可能引发油气泄漏、设备损坏等安全事故,严重威胁人员与设施安全。(3) 环境风险:极端天气(暴雨、暴雪、高温)、地质灾害(地震、滑坡)会对储运设施造成外力破坏,影响设施结构完整性;土壤腐蚀、地下水浸泡等环境因素会加速设施老化腐蚀,降低设施使用寿命,间接增加安全风险。

## 3 油气储运设施安全维护优化策略

### 3.1 完善设施老化与腐蚀防控体系

(1) 加强设施全生命周期管理:建立健全油气储运设施全生命周期档案,详细记录设施设计参数、安装时间、服役年限、维护记录、腐蚀情况等核心信息,实现设施从规划、建设、运行到报废的全过程可追溯、可管控。定期组织专业技术人员开展腐蚀检测与安全评估,采用超声检测、射线检测等先进手段,精准识别设施壁厚减薄、裂纹、密封失效等隐患,对达到设计使用年限、隐患无法整改的老化设施,及时制定更新改造计划,优先选用耐蚀合金材料、高强度防腐涂层等优质材料,从源头提升设施抗腐蚀、抗老化能力,延长设施使用寿命。(2) 优化腐蚀防护技术:结合不同储运介质(原油、天然气、成品油等)的腐蚀特性、设施所处环境(埋地、露天、海洋等)的差异,制定差异化腐蚀防控方案,避免“一刀切”的防护模式。广泛采用阴极保护与涂层防护相结合的复合防腐技术,对埋地管道重点实施强制电流阴极保护,对储罐外壁、泵站设备等露天设施,选用耐候性强、附着力高的优质防腐涂层,定期开展防腐层巡检与修复工作,及时处理涂层破损、脱落等问题,形成“检测-防护-修复”的闭环管理,有效遏制腐蚀隐患发展<sup>[3]</sup>。

### 3.2 提升安全维护技术水平

(1) 推广智能监测技术:在储罐、长输管道、泵站、装卸设施等核心部位,全面部署传感器网络、超声导波监测、光纤监测等智能设备,构建覆盖储运全流程的智能监测体系。通过传感器实时采集设施压力、温度、液位、腐蚀速率等关键参数,借助物联网技术将数据传输至监控中心,实现参数实时可视化、异常情况自动报警,同时精准定位故障位置,为维护人员提供精准的处置依据,大幅提升隐患排查效率,减少人工巡检的盲区与误差。(2) 应用预测性维护技术:依托大数据、机器学习等先进技术,整合设施运行数据、检修记录、腐蚀检测数据等各类信息,建立设备故障预测模型,对设施运行状态进行动态分析与预判,精准识别设备潜在故障隐患,提前制定维护计划,实现从传统被动维修向

主动预防、预测性维护转变。这种维护模式不仅能有效避免设备故障突发引发的安全事故，还能合理安排维护时间与资源，减少不必要的停机检修，降低维护成本，提升设施运行的稳定性与可靠性。

### 3.3 健全安全维护管理制度

(1) 明确维护责任分工：建立“全员参与、分级负责、层层落实”的安全维护责任机制，明确企业管理层、技术部门、基层维护班组及岗位人员的具体维护职责，将维护责任细化到每个岗位、每个环节、每个人，避免责任空缺与相互推诿。制定责任追究制度，对维护工作落实不到位、隐患排查不及时的人员与个人进行严肃问责，确保维护工作落地见效、不走过场。(2) 完善巡检与检修制度：结合设施类型、运行状态及风险等级，制定科学合理的定期巡检计划，明确巡检频次、巡检路线、巡检内容及合格标准，规范巡检流程，要求巡检人员详细记录巡检情况，建立巡检台账。针对巡检发现的隐患，分类建立隐患台账，明确整改责任人、整改措施及整改期限，实行“闭环管理”，确保隐患及时发现、及时处理、及时销号；同时完善检修制度，制定设备定期检修计划，规范检修流程与技术标准，建立检修台账，确保检修质量符合要求<sup>[4]</sup>。(3) 规范应急处置流程：针对油气泄漏、爆炸、火灾等突发事件，制定专项应急预案，明确应急组织机构、应急响应流程、处置措施及责任分工，确保应急处置工作有序开展。配备充足的应急物资，包括堵漏设备、消防器材、防护装备、应急通讯设备等，定期对于应急物资进行检查、维护与更新，确保应急物资完好可用。定期组织开展应急演练，模拟各类突发事件场景，提升维护人员的应急处置能力与协同配合能力，确保突发事故发生时能够快速响应、科学处置，最大限度降低事故损失。

### 3.4 强化维护人员专业素养培养

(1) 开展专业技能培训：结合油气储运行业技术发展趋势，针对新型储运技术、智能监测设备操作、腐蚀防控技术、设备检修维护等核心内容，制定常态化专业技能培训计划，定期组织维护人员开展集中培训、现场

实操培训及技能考核。邀请行业专家、技术骨干进行授课，重点提升维护人员对智能设备的操作能力、隐患排查能力、故障处置能力及腐蚀防控技术应用能力，打造一支专业过硬、业务熟练的维护队伍，适应现代化油气储运设施维护需求<sup>[5]</sup>。(2) 加强安全意识教育：定期开展安全警示教育，通过观看事故案例视频、剖析典型安全事故原因、开展安全知识讲座等方式，普及油气储运行业安全法律法规、操作规范及安全防护知识，让维护人员深刻认识到安全维护工作的重要性，增强安全意识与责任意识。建立安全考核机制，将安全操作、隐患排查等情况纳入考核范围，引导维护人员自觉遵守操作规范，杜绝违规操作、麻痹大意等行为，从人员层面筑牢安全维护防线。

### 结束语

油气储运技术的持续升级与设施安全维护的不断强化，是保障油气产业安全、高效、绿色发展的核心支撑。本文系统梳理了油气储运核心技术、设施安全维护现状及现存突出问题，提出的全生命周期管理、智能监测、制度完善、人员培育等优化策略，可有效破解维护痛点、降低安全风险。未来，需紧跟行业技术发展趋势，持续优化技术应用与维护体系，推动储运技术与安全维护深度融合，为我国油气能源安全稳定供应筑牢坚实保障。

### 参考文献

- [1] 柴立旭,王刚.油气储运的安全管理与设施安全维护研究[J].石化技术,2022,25(04):235-237.
- [2] 刘昕.油气管道及储运设施安全保障技术发展现状及展望[J].中国化工贸易,2023,15(16):157-159.
- [3] 李毅.油气储运技术与油气储运设施安全维护[J].建筑工程技术与设计,2024,10(12):261-265.
- [4] 王芳,鞠瑞.油气储运设施本质失效风险及对策分析[J].中国化工贸易,2022,17(28):160-162.
- [5] 于爽,牟楠,张林悦.油气管道及储运设施安全保障技术研究[J].中国化工贸易,2023,15(33):139-141.