

油气储运过程中的节能减排技术研究

于学敏 (森诺科技有限公司, 山东 东营 257029)

摘要: 油气储运是石油化工产业链的关键环节, 存在大量能源浪费与碳排放, 成为制约油气行业绿色发展的重要因素。本文聚焦油气储运全流程, 分析储运环节的能耗与排放特征, 梳理当前主流节能减排技术, 结合实际应用场景对比不同技术的节能效率与减排效果。研究表明, 通过集成应用高效保温材料、变频驱动系统、密闭装卸设备及智能监控平台, 可使油气储运环节能耗降低, 挥发性有机物排放减少, 有效控制泄漏率, 进而推动油气行业实现“双碳”目标、促进绿色低碳转型。

关键词: 油气储运; 节能减排技术; 储罐优化; 管道输送; 智能管控

中图分类号: TE8

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 034-0103-03

Research on Energy saving and Emission Reduction Technologies in Oil and Gas Storage and Transportation Processes

Yu Xuemin (SINO SCIENCE AND TECHNOLOGY CO., LTD., Dongying Shandong 257029, China)

Abstract: Oil and gas storage and transportation is a key link in the petrochemical industry chain, with a large amount of energy waste and carbon emissions, becoming an important factor restricting the green development of the oil and gas industry. This article focuses on the entire process of oil and gas storage and transportation, analyzes the energy consumption and emission characteristics of the storage and transportation links, sorts out the current mainstream energy-saving and emission reduction technologies, and compares the energy-saving efficiency and emission reduction effects of different technologies with practical application scenarios. Research has shown that by integrating efficient insulation materials, variable frequency drive systems, enclosed loading and unloading equipment, and intelligent monitoring platforms, energy consumption in the oil and gas storage and transportation process can be reduced, volatile organic compound emissions can be reduced, leakage rates can be effectively controlled, and the oil and gas industry can achieve the “dual carbon” goal and promote green and low-carbon transformation.

Keywords: oil and gas storage and transportation; Energy saving and emission reduction technologies; Tank optimization; Pipeline transportation; intelligent control

随着全球能源结构转型加速与“双碳”目标的推进, 油气行业作为高耗能、高排放领域, 面临着日益严格的环保与节能要求。油气储运环节连接油气生产与消费, 涉及储罐、管道、装卸站等多种设施, 流程复杂且能耗密集: 在储存环节, 储罐呼吸损耗导致大量挥发性有机物排放, 加热保温系统消耗大量热能; 在运输环节, 管道输送泵、压缩机长期运行能耗较高, 油气泄漏不仅造成资源浪费, 还会引发环境污染; 在装卸环节, 传统敞口装卸方式易产生油气挥发, 增加碳排放与安全风险。在此背景下, 系统研究油气储运过程中的节能减排技术, 梳理技术原理、应用场景与实施效果, 构建全流程节能减排技术体系, 成为推动油气储运行业绿色发展的关键。

1 油气储运过程的能耗与排放特征

1.1 储存环节的能耗与排放

储存环节是油气储运的重要节点, 主要涉及原油储罐、成品油储罐与天然气储罐, 能耗与排放集中体现在三个方面: 一是呼吸损耗, 储罐内油气因温度变化与液位波动, 产生正压呼出与负压吸入, 导致挥发性有机物排放, 尤其是固定顶储罐, 年呼吸损耗量可

达储罐容量的 0.5%–1.2%, 浮顶储罐虽因浮顶覆盖减少损耗, 但浮顶密封性能下降会导致损耗增加; 二是加热保温能耗, 为防止原油、重油等黏稠油品凝固, 储罐需配备加热系统, 常见的加热方式有蒸汽加热、电加热, 保温层老化或保温效果不佳会导致大量热能散失, 加热系统能耗占储罐总能耗的 60%–70%; 三是附属设备能耗, 储罐的搅拌器、潜油泵等设备长期运行, 传统设备效率低, 能耗占比约 15%–20%, 且设备故障易导致油气泄漏, 增加排放风险^[1]。

1.2 运输环节的能耗与排放

运输环节包括管道输送、铁路运输、公路运输等方式, 其中管道输送因运量大、成本低成为主流, 其能耗与排放主要来自: 一是输送设备能耗, 管道输送依赖泵机组与压缩机组提供动力, 传统泵机与压缩机效率仅为 70%–75%, 长期满负荷运行导致能耗过高, 且设备启停频繁会增加额外能耗; 二是管道散热损耗, 长输管道输送过程中, 油品或天然气与环境存在温差, 尤其是高温输送原油时, 管道保温层破损会导致大量热量散失, 需额外消耗能源维持输送温度; 三是泄漏排放, 管道腐蚀、接口密封失效等问题会导致油气泄

漏,不仅造成资源浪费,还会产生挥发性有机物排放,严重时引发环境污染事故^[2]。

1.3 装卸环节的能耗与排放

装卸环节连接储存与运输,包括油罐车、油轮、火车的装卸作业,能耗与排放主要表现为:一是油气挥发,传统敞口装卸方式中,油气直接与空气接触,挥发量占装卸量的0.3%–0.8%,尤其是轻质油品,比如汽油、石脑油,挥发更为严重;二是设备能耗,装卸泵、压缩机等设备运行能耗较高,部分老旧设备效率低下,且装卸作业间隙设备空转,造成能源浪费;三是清洗能耗,装卸设施定期清洗需消耗大量水资源与热能,清洗废水处理不当还会引发二次污染。

2 油气储运过程中的关键节能减排技术

2.1 储存环节的节能减排技术

针对储存环节的能耗与排放问题,核心技术聚焦储罐损耗控制与能耗优化。一是储罐密封与呼吸损耗控制技术,对固定顶储罐改造为内浮顶储罐,采用高效浮顶密封材料,弹性填料密封、唇式密封都是常用的高效密封材料类型,可减少浮顶与罐壁之间的油气泄漏,密封性能提升后,呼吸损耗可降低60%–80%;同时安装油气回收装置,收集储罐呼出的油气,通过吸附、吸收或冷凝技术将油气转化为液态油品,回收率可达95%以上,既减少排放又回收资源;二是储罐加热与保温节能技术,采用高效加热方式替代传统蒸汽加热,电磁加热、红外加热都是高效加热方式,热效率从传统加热的65%–70%提升至90%以上;对储罐保温层进行改造,选用复合保温材料,聚氨酯泡沫、玻璃棉复合层都属于优质复合保温材料,保温层厚度根据环境温度优化设计,北方寒冷地区可增加保温层厚度至150–200mm,减少热量散失,加热系统能耗可降低25%–35%;三是储罐附属设备节能改造,将传统搅拌器替换为高效节能搅拌器,采用变频调速技术,根据油品黏度自动调整转速,能耗降低30%–40%;潜油泵选用高效节能型号,效率提升至85%以上,同时安装智能控制系统,实现设备启停与运行状态的自动化调控,避免空转能耗^[3]。

2.2 运输环节的节能减排技术

运输环节的节能减排技术以管道输送为核心,兼顾其他运输方式的优化。一是管道输送设备节能技术,对泵机组与压缩机组进行变频改造,安装变频调速系统,根据输送量调整设备转速,避免满负荷运行,能耗可降低15%–25%;采用高效节能设备替代老旧设备,比如超高效输油泵,效率提升至82%–85%,比传统泵机节能10%–15%;同时优化输送方案,采用“多泵并联+变流量输送”模式,减少设备启停次数,降

低额外能耗;二是管道保温与散热控制技术,对长输管道保温层进行修复与升级,采用耐高温、耐腐蚀的复合保温材料,外层加装防护层防止老化,保温效果提升后,管道散热损耗可降低40%–50%;对于高温输送管道,采用伴热保温技术,电伴热、蒸汽伴热是常用的伴热方式,并安装温度控制系统,根据管道内介质温度自动调节伴热功率,避免过度加热导致的能耗浪费;三是管道泄漏检测与修复技术,安装智能泄漏检测系统,通过光纤传感、压力波监测等技术,实时监测管道压力与介质流动状态,泄漏识别精度可达1m以内,响应时间小于30s,及时发现泄漏点并修复,减少油气损失与排放;定期对管道进行腐蚀检测与防腐处理,采用3PE防腐涂层、阴极保护等技术,延长管道使用寿命,降低泄漏风险^[4]。

2.3 装卸环节的节能减排技术

装卸环节的节能减排技术重点解决油气挥发与设备能耗问题,一是密闭装卸与油气回收技术,采用密闭装卸鹤管替代传统敞口鹤管,实现装卸过程的全密闭,减少油气挥发;在装卸站安装油气回收系统,通过冷凝–吸附组合技术,将装卸过程中产生的油气回收,回收率可达98%以上,挥发性有机物排放减少90%以上;同时优化装卸流程,控制装卸速度,避免因流速过快导致的油气飞溅与挥发;二是装卸设备节能改造,对装卸泵、压缩机进行节能升级,选用高效节能型号,效率提升至80%以上;安装变频控制系统,根据装卸量调整设备运行功率,避免设备空载运行,能耗降低20%–30%;对于铁路与公路装卸站,采用自动化装卸设备,减少人工操作,提升装卸效率,缩短设备运行时间,间接降低能耗;三是清洗工艺优化与废水处理技术,采用高压水射流清洗替代传统蒸汽清洗,减少热能消耗,用水量降低30%–40%;清洗废水经油水分离、过滤、生化处理后循环利用,回用率可达70%以上,既节约水资源,又减少废水排放;同时采用干冰清洗等环保清洗技术,避免清洗过程中的二次污染。

2.4 智能化管控技术

智能化管控技术为油气储运全流程节能减排提供数据支撑与精准调控,一是能耗与排放监测系统,在储罐、管道、装卸站等关键节点安装传感器,实时采集温度、压力、流量、能耗、挥发性有机物浓度等数据,通过物联网技术传输至中控平台,实现全流程能耗与排放的可视化监控,精准识别高耗能环节与排放源;二是智能优化调度系统,基于实时数据与历史数据,采用大数据分析 with 人工智能算法,优化储罐进出料计划、管道输送路径与装卸作业安排,例如根据油品需

求与储罐液位,合理调度进料顺序,减少储罐呼吸损耗;根据管道输送量变化,动态调整泵机运行参数,实现能耗最小化;三是预测性维护系统,通过设备运行数据与故障历史数据,建立设备健康评估模型,预测设备故障风险,提前安排维护与更换,避免因设备故障导致的能耗增加与泄漏排放,延长设备使用寿命,降低维护成本^[5]。

3 节能减排技术的实施建议

3.1 加强政策引导与支持

政府部门需从顶层设计出发,为油气储运节能减排技术应用提供有力政策保障。一方面,制定油气储运行业专项节能减排政策,明确不同规模企业的能耗与排放标准,例如针对大型原油储备库、长输管道企业设定差异化的能耗降低目标与挥发性有机物排放限值,让企业有明确的改进方向。另一方面,加大政策扶持力度,对开展节能减排技术改造的企业给予财政补贴,补贴比例可根据项目节能效果与减排量动态调整;同时推出税收优惠政策,如对节能设备采购实行增值税减免、对节能减排效益显著的企业降低企业所得税税率,减轻企业改造成本压力。此外,建立健全行业监管体系,组建专业监测团队,定期对企业能耗与排放情况进行抽查检测,对未达标企业下达整改通知并督促落实,对长期达标且成效突出的企业给予表彰奖励,形成“激励+约束”的政策导向,推动企业主动落实节能减排措施。

3.2 推动技术研发与创新

技术研发是提升油气储运节能减排效果的核心动力,需构建“产学研用”协同创新体系。鼓励科研机构与油气企业深度合作,聚焦行业技术痛点开展攻关,例如针对储罐呼吸损耗难题研发更高效的密封材料与油气回收装置,针对管道长距离输送散热问题开发新型耐高温保温材料,针对智能化管控需求研发更精准的能耗监测算法与设备故障预测模型,提升技术的先进性与实用性。同时,支持企业引进国外先进节能减排技术,结合国内油气储运行业的实际工况进行本土化改进,避免技术“水土不服”,例如对国外先进的管道泄漏检测技术进行适配性改造,使其更适应我国复杂的地质环境与管道布局。

3.3 提升企业节能意识与管理水平

企业作为节能减排的实施主体,需从意识与管理两方面同步发力。在意识提升方面,企业应将绿色低碳理念融入发展战略,通过内部培训、宣传讲座等形式,向员工普及油气储运节能减排的重要性,讲解节能减排技术的原理与应用方法,例如组织员工学习储罐保温改造、泵机变频节能等技术的操作规范与效益

分析,让员工认识到节能减排不仅能降低环境风险,还能减少运营成本、提升企业竞争力,激发员工参与节能减排工作的主动性与积极性。在管理优化方面,企业需制定中长期节能减排规划,明确各阶段的目标与任务,将节能指标分解到各个部门与岗位;建立健全节能减排管理制度,规范技术改造流程、设备运行维护标准、能耗与排放监测方法;同时将节能效果与员工绩效挂钩,设立节能减排专项奖励,对在技术应用、能耗控制等方面表现优秀的部门与个人给予奖励,对未完成节能指标的部门进行考核问责,通过完善的管理机制确保节能减排措施落地见效。

4 结论

油气储运过程中的节能减排技术涵盖储存、运输、装卸全流程,通过储罐密封优化、设备节能改造、智能化管控等技术的集成应用,可有效降低能耗与排放,提升资源利用效率。本文的研究表明,科学选择与实施节能减排技术,能使油气储运环节能耗降低,挥发性有机物排放减少,为油气企业带来显著的经济与环境效益。未来,油气储运节能减排技术的发展方向将聚焦三个方面:一是技术集成化,推动多种节能技术的协同应用,如将储罐油气回收与智能温控结合,实现全流程的节能优化;二是设备智能化,研发具备自诊断、自调控功能的智能储运设备,提升设备运行效率与可靠性;三是能源清洁化,探索利用太阳能、风能等可再生能源为储运设施供能,减少化石能源消耗,进一步降低碳排放。通过持续的技术创新与应用推广,油气储运行业将逐步实现绿色低碳发展,为油气行业“双碳”目标的实现提供有力支撑。

参考文献:

- [1] 江玉友,庞洁,姜海斌,等.“双碳”目标下油气储运行业温室气体减排技术发展现状[J].化工管理,2025(27):57-60.
- [2] 秦丽华.油气储运过程中的节能减排技术和新能源替代方案探讨[J].石油石化物资采购,2024(15):128-130.
- [3] 丁超.油气储运过程中的节能减排技术研究[J].中国化工贸易,2024(20):124-126.
- [4] 杜佳智.油气储运系统节能技术要点研讨[J].黑龙江科学,2021,12(18):37-38,41.
- [5] 郭渤.浅论油气储运系统的节能技术要点[J].化工管理,2016(5):226.

作者简介:

于学敏(1995-)女,汉族,黑龙江双鸭山人,本科,研究方向:油气储运。