

CNG 压缩母站储罐设备管理与效能提升策略

柴长海 (海油燃气 (廊坊) 有限公司, 河北 廊坊 065299)

摘要: 随着天然气作为清洁型能源在能源结构中的占比逐步增加, CNG (压缩天然气) 压缩母站作为天然气储存运输环节的核心枢纽, 其运行的安全性和高效性对天然气供应链的稳定产生直接影响。本文对储罐装置高压、低温的核心特性进行剖析, 构建了包含设计选型与安装调试、运行与维护、检修改造与报废全生命周期的管理策略, 最后从智能化技术运用、运行优化、安全管理加强、人员组织保障四个层面, 提出储罐装置效能提升的关键策略, 为 CNG 压缩母站储罐装置的科学管理和效能提升提供理论方面的参考。

关键词: CNG 压缩母站; 储罐设备; 管理策略; 效能提升

中图分类号: TE972 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 001-0121-03

Management and Efficiency Enhancement Strategies for CNG Compressor Station Storage Tanks

Chai Changhai (CNOOC Gas (Langfang) Co., Ltd., Langfang Hebei 065299, China)

Abstract: As the proportion of natural gas, a clean energy source, in the energy structure gradually increases, the operational safety and efficiency of CNG (Compressed Natural Gas) compression mother stations, as core hubs in the natural gas storage and transportation process, directly impact the stability of the natural gas supply chain. This paper analyzes the key characteristics of high pressure and low temperature in storage tank installations, constructs a management strategy encompassing the entire lifecycle from design and selection to installation and commissioning, operation and maintenance, inspection and modification, and decommissioning. Finally, key strategies for enhancing the performance of storage tank installations are proposed from four perspectives: intelligent technology application, operational optimization, enhanced safety management, and personnel organizational support, providing theoretical references for the scientific management and performance improvement of CNG compression mother station storage tank installations.

Keywords: CNG Compression Mother Station; Storage Tank Equipment; Management Strategy; Performance Enhancement

CNG 压缩母站作为天然气加压、存储、转运的重要节点, 承担着将上游管道天然气压缩至高压状态后, 借助运输车辆配送到下游子站或终端用户的任务, 其运行的稳定程度对天然气供应的持续性和可靠性起着决定性作用。储罐设备作为 CNG 压缩母站的核心存储部件, 用于暂时存放高压压缩天然气, 是保障母站持续生产、调节供需均衡的关键设施。本文将关注点放在 CNG 压缩母站储罐设备上, 结合其核心特性, 构建全生命周期管理体系, 探寻提升效能的关键途径, 目标是实现储罐设备的安全、稳定、高效运行, 为 CNG 压缩母站的高质量发展提供支持。

1 CNG 压缩母站储罐设备特点

1.1 高压

CNG 压缩母站的核心工艺为将上游管道输送的低压天然气经压缩机加压至 20-25MPa 高压状态, 以此提升天然气储存密度并降低运输成本。储罐设备需要长期承受这一高压工况, 设计压力通常不低于 25MPa, 属于高压压力容器范畴。高压特性对储罐设备提出严格技术要求, 材料选择需要契合高压承载需求, 通常采用 16MnDR、304 不锈钢等高强度合金钢材,

保障材料具备优良的抗拉强度、韧性及抗疲劳性能。结构设计需要兼顾科学性与合理性, 封头形式、筒体壁厚、接口布局等关键环节均需经过严格强度计算与应力分析, 规避局部应力集中问题。

1.2 低温

CNG 压缩母站储罐设备的低温特性主要来自两方面因素: 天然气压缩过程中产生的节流效应会导致温度下降, 当高压天然气流经阀门、减压阀等部件时, 压力急剧降低, 储罐内部局部温度可能降至 -20°C 以下; 部分母站采用低温储存工艺, 通过冷却系统将天然气温度降至低温状态以进一步提升储存密度。基于这两方面因素, 储罐设备需要适配低温工况的运行要求, 选用具备良好低温韧性的材料, 且通过低温冲击试验验证材料性能。对于低温储存储罐, 绝热性能达到高效标准, 需要采用真空绝热、聚氨酯发泡绝热等高效绝热结构, 减少冷量损失以降低冷却系统能耗, 同时避免储罐外壁结霜、结冰对设备结构造成损害。

2 CNG 压缩母站储罐设备全生命周期管理策略构建

2.1 设计选型与安装调试阶段管理策略

设计选型与安装调试是储罐设备全生命周期管理

的源头，直接决定设备的先天质量与运行潜力。设计选型阶段需要坚守适配性、安全性与经济性原则，开展全面工况分析，结合母站天然气处理量、进气压力、出站压力、储存容量需求等核心参数确定储罐设计压力、容积、温度等关键技术指标。材料选型需要严格遵循相关标准，结合高压、低温工况要求选择符合强度与低温韧性的材料，同时对材料化学成分与力学性能开展严格检验，杜绝不合格材料投入使用。

安装调试阶段需要遵循标准化、规范化、精细化原则，相关人员在安装前开展设备验收，全面核查储罐设备外观质量、尺寸精度、材料证明、制造监督检验证书等，确保设备符合设计要求与相关标准。安装过程需要严格依照施工方案与相关规范执行，重点把控储罐基础施工、吊装就位、法兰连接、管道对接等关键环节，基础施工需要保障平整度与承载力达标，吊装过程需避免设备碰撞损伤，法兰连接需保证密封面清洁且螺栓紧固均匀，管道对接需确保焊接质量。

2.2 运行与维护阶段精细化策略

①制定与实施检验计划。制定与实施检验计划是保障储罐设备安全运行的核心手段，相关人员需要结合设备特性、运行工况与相关标准，制定科学合理的检验方案。检验项目与周期需要明确界定，依据《压力容器定期检验规则》，检验工作划分为年度检查、全面检验与耐压试验三类。年度检查每年开展一次，重点检查设备外观、安全附件及密封部位；全面检验周期根据设备使用年限与运行状况确定，一般为六年一次，需开展外观检查、壁厚测定、无损检测、耐压试验等项目；耐压试验结合全面检验开展，核心目的是验证设备的强度与密封性，检验方法需要持续优化，通过采用超声波检测、射线检测、磁粉检测等先进检验技术，提升缺陷检测的准确性与效率。②优化预防性维护体系。预防性维护是降低设备故障发生率、延长设备使用寿命的关键，相关工作需要摒弃“事后维修”的传统模式，构建以“状态监测为基础、预防为主”的预防性维护体系^[1]。工作人员需要建立设备状态监测机制，在储罐设备关键部位安装压力变送器、温度传感器、振动传感器等监测设备，实时采集设备的压力、温度、振动等运行参数，这些参数通过数据传输系统上传至监控中心，实现对设备运行状态的实时监控。管理部门需要制定差异化维护计划，结合设备运行状态、使用年限及历史故障数据对设备实施分类分级管理，针对关键设备与高风险部位，可适当缩短维护周期，增加维护项目。维护作业流程需要进一步规范，明确操作规程、安全注意事项及质量标准，维护人员在作业过程中需严格按照流程执行，确保维护质

量。相关部门加强维护物资管理，建立维护备件库，储备阀门、密封件、传感器等常用备件，保障维护过程中备件供应及时。③日常巡检标准化。日常巡检是及时发现设备运行异常与潜在隐患的重要手段，需要建立标准化的巡检体系保障巡检工作规范、高效开展。管理人员需要制定标准化的巡检路线与巡检内容，结合母站设备布局与风险等级规划合理巡检路线，明确每个巡检点的具体检查内容。检查内容包括储罐外观是否存在腐蚀、变形、泄漏，安全附件是否完好，阀门开关状态是否正确，监测仪表显示是否正常等。巡检工作每日开展，采用人工巡检与智能巡检相结合的方式，人工巡检携带手电筒、检漏仪、测温仪等巡检工具，对设备进行近距离检查，智能巡检可借助无人机、智能巡检机器人等设备，对高空、偏远区域的设备进行巡检，有效提高巡检效率与覆盖面^[2]。巡检记录与上报流程需要规范，巡检人员需使用标准化巡检记录表，详细记录巡检时间、巡检结果及发现的问题，对于发现的异常情况，巡检人员需及时上报至相关负责人，并采取临时管控措施，避免问题扩大。

2.3 检修、改造与报废阶段管理策略

检修、改造与报废阶段是储罐设备全生命周期的收尾环节，相关工作需要严格遵循相关标准与规范，确保检修质量、改造合规性与报废安全性，实现设备合理处置与资源回收。检修阶段坚守“精准检修、质量第一”原则，前期做好检修准备工作，制定完善的检修方案，明确检修目标、检修内容、检修步骤及安全措施，同时对检修人员开展专项培训，帮助其熟悉检修流程与安全注意事项，并备齐检修所需工具、备件与防护用品。

改造阶段需要遵循“合规性、安全性、可行性”原则，改造前结合母站运营需求与设备实际状况开展可行性论证，分析改造必要性及可行性并对方案进行技术经济评估^[3]。改造方案报相关部门审批，涉及压力容器结构、材质、压力等关键参数变更的，向特种设备安全监督管理部门申请变更登记，获批后方可实施改造。报废阶段坚持“安全处置、资源回收”原则，先明确报废条件，当储罐设备达到设计使用年限经评估无法继续使用、存在严重缺陷修复成本过高无修复价值，或因工艺升级、设备更新不再需要时，需予以报废。

3 CNG 压缩母站储罐设备效能提升关键策略

3.1 基于数据与技术的智能化效能提升

随着物联网、大数据、人工智能等技术的快速发展，智能化升级成为提升储罐设备效能的重要方向，通过数据驱动的管理模式，实现设备运行状态的精准

把控与效能优化。相关工作需依托数据驱动的管理模式,构建智能监测与数据采集系统,在储罐设备上部署光纤传感器、超声波传感器等更多智能传感器,实时精准采集设备压力、温度、腐蚀、振动等参数。

技术人员可以开展大数据分析 with 预测性维护工作,借助大数据分析技术深入剖析采集到的设备数据,挖掘数据背后的规律与潜在风险,提前制定维护计划,实现从“预防性维护”向“预测性维护”的转变,降低维护成本并减少设备停机时间^[4]。管理部门需要引入智能巡检机器人、无人机等智能化运维设备,替代部分人工巡检工作,提升巡检效率与精度,减轻人工巡检劳动强度并减少人为失误。

3.2 运行过程优化与节能降耗

运行过程优化是提升储罐设备效能的核心手段,通过优化运行参数、采用节能技术等方式,降低设备能耗,提高能源利用效率,实现经济效益与环境效益的双赢。运营人员需要优化储罐运行参数,结合母站天然气进气量、出站量、压力变化等实际工况,动态调整储罐运行压力与温度,避免设备长期处于满负荷或超负荷运行状态,减少设备磨损与能耗,同时合理安排储罐充卸气顺序,平衡各储罐运行负荷,提升整体储存效率。

技术团队可以采用节能型设备与技术,对储罐设备附属设施开展节能改造,更换高效节能的阀门、泵体,采用变频控制技术根据设备运行负荷调整电机转速,降低电能消耗^[5]。工作人员可以开展能源回收利用工作,对天然气压缩过程中产生的余热进行回收,通过余热回收装置将余热转化为热能,用于母站供暖、热水供应等场景,提高能源利用效率并降低能源消耗。

3.3 安全管理效能强化

安全管理是储罐设备运行的前提,安全管理效能的提升能够有效降低安全风险,减少安全事故造成的损失,保障设备稳定运行,间接提升设备效能。管理部门需要完善安全管理制度体系,结合母站实际情况与相关标准,制定健全的设备安全操作规程、安全巡检制度、应急管理制度等,明确各岗位安全职责,确保安全管理工作有章可循^[6]。

相关部门需要强化安全应急管理,制定完善的应急救援预案,明确应急组织机构、应急响应流程、应急处置措施等,定期开展应急演练,提高相关人员应急处置能力,同时配备充足的灭火器、堵漏工具、急救设备等应急救援物资,确保发生安全事故时能够及时响应、有效处置。管理部门需要加强安全培训与教育,定期对设备操作人员、维护人员、管理人员开展安全培训,帮助其熟悉设备安全操作规程、安全风险

防控措施、应急处置方法等,提高安全意识与操作技能,杜绝违章操作、违规作业现象。

3.4 组织与人员效能保障

组织与人员是储罐设备管理与效能提升的核心主体,需要通过优化组织架构、提升人员素质、完善激励机制等方式,充分调动人员积极性与主动性,保障管理策略与效能提升措施的有效落实。企业需要优化组织架构,建立权责清晰、分工明确的设备管理体系,明确设备管理部门、操作人员、维护人员、检验人员等各岗位的职责与权限,加强各部门之间的沟通协作,形成管理合力。

人力资源部门需要提升人员专业素质,制定常态化人员培训计划,定期开展专业技能培训、安全培训、新技术应用培训等,邀请行业专家、设备供应商授课,组织人员参加行业交流活动学习先进管理经验与技术。管理部门需要完善激励与考核机制,建立科学合理的考核指标体系,将设备运行效率、能耗指标、安全性能、维护质量等纳入考核范围,对考核优秀的人员给予表彰与奖励,对考核不合格的人员进行约谈与培训,激励人员积极参与设备管理与效能提升工作。

4 结束语

CNG 压缩母站的储罐装置作为天然气储存运输环节的关键核心设施,其管理水准和运作效能与母站的安全平稳运行以及经济效益紧密相连。在实际运营过程中,CNG 压缩母站需依据自身的运营规模、设备状态、工作环境特点等实际状况,灵活运用全生命周期的管理策略和效能提升办法,不断改进管理模式,引入先进的技术和理念,持续提高储罐装置的管理水平和运行效能。

参考文献:

- [1] 李振龙. 压缩天然气输配的实践与探索 [C]. 广西网络安全和信息化联合会, 2025:70-73.
- [2] 方荣丘. LNG/CNG 加气站的危险特性及防火防爆管理措施研究 [J]. 消防界(电子版), 2024,10(07):111-113.
- [3] 韦德灯. 提高压缩天然气(CNG)质量检测结果准确性的主要措施 [J]. 石油库与加油站, 2024,33(01):30-33+5.
- [4] 陈鹏, 赵晓民. CNG 加气站压缩机故障分析与诊断 [J]. 设备管理与维修, 2024(02):177-179.
- [5] 程钦明. 浅析 CNG 加气站设备运行维护管理 [C]. 中国城市燃气协会安全管理工作委员会, 2023:251-253.
- [6] 张园园, 李红强. 压缩天然气供气及 CNG 加气母站优化运行 [J]. 电气防爆, 2022(02):43-46.