

天然气场站维护模式及成本研究

张海芳（山西蓝焰煤层气集团有限责任公司，山西 晋城 048000）

摘要：随着现代能源结构的持续优化调整，天然气场站维护工作迎来崭新局面，对维护模式和维护成本控制提出了更高要求，理应总结探索行之有效的方法举措，保障维护效益。基于此，本文首先介绍了天然气场站维护的重要性，分析了天然气场站维护模式，并从优化维护模式、加强设备管理与预防性维护、提升维修技能与效率等方面，探讨了维护成本的控制策略。在该基础上，结合相关实践经验，就天然气场站维护模式与成本管理面临的挑战与对策进行了简要论述。

关键词：天然气场站；维护模式；成本管理；方法路径

0 引言

当今社会，经济发展活力显著增强，天然气场站设备运行荷载更大，使传统环境下的检修与维护工作面临考验与挑战。当前形势下，天然气场站应宏观审视检修维护工作的核心目标导向，精准把握成本控制的基本路径，综合施策，全面保障检修维护工作质效。

1 天然气场站维护的重要性

天然气场站的生产过程高度依赖压缩机、脱水装置、过滤器、冷却器等各种设备，这些设备的稳定运行是确保生产连续性和效率的关键所在。依托于科学合理的检修维护工作措施，可及时发现并修复设备故障，识别潜在的磨损、泄漏、腐蚀等问题，防止生产中断，延长设备使用寿命。近年来，国家相关部门高度重视天然气设备管道的管理维护，在细化完善安全检测技术规范，强化维护管理实施成效评价等方面制定并实施了诸多宏观政策，为新时期全面提高天然气液场站运行成效提供了重要基础遵循^[1]。在市场竞争日益激烈的情况下，天然气场站检修维护成本控制开始逐渐成为提升企业盈利能力，获得市场竞争优势的重要手段。

2 天然气场站维护模式分析

2.1 现有维护模式

在当前技术条件下，天然气场站的现有维护模式主要包括定期维护模式、预防性维护模式、综合维护模式、外包维护模式和智能化维护模式等类型，上述不同的维护模式在过程方法、技术应用与操作要求等方面存在明显差异，应结合设备或管道实际予以灵活选择。以综合维护模式为例，其兼具定期维护模式和预防性维护模式二者的优点，既考虑设备运行时间和使用周期，又考虑设备运行数据和潜在故障点，可更加全面地保障设备正常运行，降低设备故障率和维修成本。

2.2 主要维护模式分析

2.2.1 MMP（多年检修服务协议）模式

多年检修服务协议是天然气场站与设备供应商或专业维护公司签订长期合作协议，在协议约定范围内提供检修、维护、备件供应等服务内容。该模式具有显著的成本效益优势，天然气场站可通过签订多年协议获得优惠的价格和合同条款，有助于降低备件和服务的成本，同时避免了因备件短缺而导致的停机风险。在实施中，应事先对设备供应商或专业维护公司进行充分的调查和评估，充分考察其技术实力和服务能力^[2]。

2.2.2 CSA（综合服务协议）模式

在综合服务协议模式下，天然气场站将设备的日常维护、检修、备件更换等任务交给专业的服务商负责，服务商则根据合约规定提供全面的维护服务，确保设备的稳定运行。纵观以往维护实际，综合服务协议模式具有全面性、长期性、专业性和灵活性等特点，服务商通常具备丰富的维护经验和专业的技术能力，其服务内容涵盖设备的日常维护、检修、备件更换等，可以根据场站实际需求提供定制化服务，满足企业个性化需求。

2.3 维护模式选择的影响因素

天然气场站设备通常较为复杂，不同类型的设备对维护的要求不同，比如高压压缩机等关键设备，需要更频繁的专业维护和检修，因此应根据设备特性选择合适的维护模式。同时，随着设备使用时间的延长，其性能逐渐下降，故障率同步增加，应结合其老化程度采用更为全面和细致的维护模式。此外，检修维护作业会产生一定成本，若不注重运营成本与效益，则势必会影响整体效果，需综合考虑维护成本、设备故障损失和生产效益之间的关系，选择最具经济效益的维护模式。

3 天然气场站维护成本研究

3.1 维护成本构成分析

天然气场站维护成本构成较多，大致包括直接维护成本和间接维护成本等，不同维护成本对总体效益的影响各不相同。其中，人工费用包括维护人员的工资、福利、培训等费用，主要用于设备的日常巡检、定期保养、故障处理等；而备件与材料费用则是维护过程所用到的备件、耗材、润滑油等费用。间接维护成本通常涵盖停机损失、安全与环保费用、管理与监督费用、培训与技能提升费用等^[3]。此外，为适应技术进步和市场需求变化，天然气场站还会对设备进行技术更新和升级，该过程同样会产生一定成本，形成技术更新与升级费用。

3.2 维护成本的控制策略

3.2.1 优化维护模式

为最大限度上取得维护成本效果，天然气场站应从自身实际情况出发，选择符合实际的维护模式，以提高维护作业单位资源利用率，降低维护成本。其中，对于预防性维护，应制定详细的设备巡检计划，定期对设备进行全面的检查与维护，及时发现潜在问题，降低因设备故障导致的停机时间和维修成本，确保设备处于良好的运行状态。对于状态检修与结合检修，则应密切关注设备实际运行状态，当设备出现性能下降或异常时，及时进行检修，以避免故障扩大化，避免过度检修带来的成本浪费。根据设备的故障率和维护需求，合理储备备件，积极寻找国产备件或替代备件，以降低备件采购成本，防止过度储备导致的资金占用。

3.2.2 加强设备监控与诊断

在天然气场站中，设备监控与诊断对于提高设备可靠性和降低维护成本具有关键作用。一方面，可在关键设备上安装振动、温度、压力、流量等传感器，实时监测设备运行状态，搜集分析各项技术参数，并通过完善的监控系统将传感器数据实时传输至中央控制室，实现远程监控。另一方面，利用数据分析软件对传感器数据进行处理和分析，提取关键的运行状态指标，准确识别异常数据信息，建立故障预测模型，预测设备可能发生的故障类型和时间，一旦发现数据异常过大或超出预警值，立即向维护人员发送预警信息，辅助处理故障风险^[4]。

3.2.3 引入智能化检修维护技术

现代智能化与自动化技术的创新发展，为天然气场站维护工作提供了更为灵活多变的工具载体，使传统技术条件下难以取得的高效化维护效果更具实现可

能。比如，可利用物联网、大数据、云计算等技术，构建智能监测与诊断系统，通过机器学习算法深度分析传感器数据，准确识别微小泄漏等潜在故障，并引入自动化检修机器人、无人机等设备，自主导航、定位并执行检修任务，减少人工操作。再如，可利用数字化资产管理技术对设备进行数字化建模，实施资产生命周期的全程跟踪和管理，以优化资源配置，提高设备利用率。

3.2.4 优化能耗，使用清洁能源

在能耗优化方面，可采用先进的压缩技术和设备，提高压缩过程的能效，同时定期对设备进行维护和升级，确保其运行在最佳状态，减少不必要的能耗。建立动态化的能耗监测管理体系，实时监测和分析过程中的能耗趋向，找出能耗高的环节和原因，并实施更具针对性的节能措施。科学运用节能型压缩机、高效过滤器等节能设备，配合排污回收技术，回收压缩机三级排气缓冲罐、四级排气缓冲罐、五级排气缓冲罐排污中的天然气还有脱水卸压中的天然气进入回收罐，经过3组调压阀把压力降到0.5–0.07MPa，然后进入缓冲罐，再进入压缩机。利用排污过程中残留的天然气，以提高能源利用效率。在能源使用方面，可根据压缩设备的能耗特点，我们根据进口压力的大小，通过调整压缩机的转速，达到节能降耗的目的。

4 天然气场站维护模式与成本的挑战与对策

4.1 面临的挑战

天然气场站设备通常具有较高购置成本，且设备日常维护、定期检修、零部件更换等维护成本同样较高，尤其是需要专业工具和设备开展维护作业，使维护成本控制相对被动。同时，随着环保法规的日益严格，天然气场站需投入更多资金来满足环保要求，比如对设备进行环保改造，对废弃物进行无害化处理等均会产生成本消耗，且法规政策的动态变化同样要求企业调整维护模式和成本结构以适应新的要求。在核心技术及关键部件制造方面，受技术壁垒和专利保护影响，国内企业往往缺乏足够自主权，难以根据实际需求进行灵活的维护策略调整。

4.2 应对策略

4.2.1 建立精细化检修模式，优化维护决策

精细化检修模式是基于设备状态监测、数据分析与预测性维护衍生而来的检修策略，其注重对设备进行全面、细致监测，并实施精准维护决策，可有效降低维护成本、提高设备可靠性、延长设备寿命。对此，应从天然气场站自身实际出发，构建系统完善的精细

化检修作业体系，明确不同环节与步骤的检修作业要求，优先处理高风险和高影响的故障。建立应急预案和响应机制，明确各岗位职责和协作机制，应对突发性设备故障和安全事故，减少设备停机时间，确保精细化检修模式顺利实施。

4.2.2 运用环保材料与技术，促进绿色发展

在耐腐蚀管材使用方面，可积极采用聚乙烯（PE）管、钢管（需防腐处理）以及新型复合材料等耐腐蚀管材，以有效抵抗土壤中的水分、酸碱物质及微生物的侵蚀，延长设备使用寿命。运用泄漏检测与修复技术，灵活运用人工检测和自动检测等方式及时发现并修复泄漏点，防止天然气泄漏造成的环境污染和能源浪费。对于在检修维护过程中产生的废旧设备部件、废油等废弃物，可进行资源化利用或无害化处理^[6]。

5 检修安全技术及现场安全风险辨识

5.1 检修安全技术

在天然气场站系统阀门管件维护中，应保持清洁、完整，阀门应能开关灵活，且填料部分如有微漏，应压紧填料压盖。如阀门的阀芯不能关闭严密，应更换阀芯密封垫，所有阀门的开启或关闭。在正常使用的情况下，每年应对全部阀门管件及仪表进行一次检查和维护，对易损件（如阀门密封垫）进行更换。在动火作业安全方面，则应检查并确认动火处的管道内已将残余的天然气排清，并用氮气进行吹扫，将管内气体取样分析，经安全部门确认后，方可施工。在泄漏检测与处理中，用便携式甲烷探测器对设备的天然气泄漏点进行检查，在特殊条件下用探测器难以准确判断泄漏点时，可以借助肥皂液检查漏点。

5.2 检修现场安全风险辨识

5.2.1 物质风险

天然气场站检修物质风险来自于天然气（LNG）本身。LNG 具有极低的温度和易燃易爆的特性，这使其在储存、运输和使用过程中存在潜在的安全隐患。具体而言，LNG 在常温下会迅速蒸发，形成低温蒸气。若人员直接接触 LNG 或其蒸气，可能导致严重的冷灼伤。此外，若 LNG 发生泄漏，与空气混合后可能形成爆炸性混合物。在特定的条件下，如遇到明火或高温，可能引发火灾或爆炸事故。

5.2.2 设备风险

由于设备老化、腐蚀或操作不当等原因，可能导致 LNG 泄漏。泄漏的 LNG 不仅可能引发火灾和爆炸，还可能对环境和人员造成严重的伤害。设备的故障可能导致生产中断，甚至引发安全事故。比如，阀门故

障可能导致 LNG 无法正常流动或控制，从而增加事故的风险。对此，天然气场站应采用先进完善的风险识别方法，消除设备风险隐患。

5.2.3 环境风险

天然气场站检修的环境风险会对检修作业造成干扰或影响，从而增加事故的风险。比如，地震、暴雨、雷电等自然灾害会对检修现场的设备造成损坏，从而引发安全事故。检修现场周边燃烧设备、施工活动等，同样会对检修作业造成干扰或风险。因此，应强化环境风险识别与评估，有效消除各类风险隐患，保障检修作业顺利有序进行。

6 结语

综上所述，受维护技术、维护过程与成本价值等要素影响，当前天然气场站检修维护工作中依然存在诸多短板与不足，制约着其整体价值的优化提升。因此，天然气场站应摒弃传统陈旧的设备检修维护技术模式制约，建立健全基于全流程的维护技术与模式框架体系，拓展丰富检修流程环节，并积极有效引入更加系统先进的检修维护技术，拓展维护成本的优化控制空间，提高技术人员专业素养，为全面保障检修维护工作质效奠定基础，为促进天然气场站实现高质量发展贡献力量。

参考文献：

- [1] 范霖, 苏怀, 彭世亮, 等. 基于供气可靠性的天然气管道系统预防性维护方案智能优化方法 [J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2023, 47(1):134-140.
- [2] 王文飞, 刘志坦. 我国两部制电价制度对天然气发电企业盈利能力的影响 [J]. 天然气工业, 2020, 40(7):138-145.
- [3] 丁玲. 天然气企业信息化对企业绩效的影响研究——以内蒙古西部天然气股份有限公司为例 [J]. 电脑采购, 2022(31):19-21.
- [4] 冯振达. 天然气价格风险管理对燃气热电联产企业运营成本影响研究 [J]. 中国产经(电子版), 2023(20):82-84.
- [5] 李渊, 史凌峰. 天然气开发企业在业财融合背景下的标准成本管理创新 [J]. 乡镇企业导报, 2024(5):39-41.
- [6] 朱同. 价格改革背景下天然气生产企业的成本管理优化模式研究 [J]. 生产力研究, 2010(12):257-259.

作者简介：

张海芳 (1974-) , 男, 汉族, 山西省长治市人, 现就职于: 山西蓝焰煤层气集团有限责任公司, 助理工程师, 本科, 研究方向为石油化工工程。