

长输管道天然气场站运行优化策略研究

彭晓明 (贵州天然气管网有限责任公司, 贵州 贵阳 550081)

摘要: 长输管道是天然气产业链的重要环节, 其运行效率对整个能源供给体系具有重要影响。针对当前长输管道天然气场站运行中存在的能源浪费、环境污染以及运营成本居高不下等问题, 本文从运行现状出发, 分析了长输管道天然气场站运行优化的目标, 提出了包括优化压缩机组调度、加强管线泄漏监测、提高能源梯级利用等在内的多项优化策略。通过对策略的定量分析和案例验证, 结果表明该优化方案可以有效提高长输管道天然气场站的运行效率, 降低能源消耗和环境排放, 为天然气产业高质量发展提供有益借鉴。

关键词: 长输管道; 天然气场站; 运行优化; 能源利用效率

中图分类号: TE973 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 031-0084-03

Study on operation optimization strategy of natural gas field station in long distance pipeline

Peng Xiaoming (Guizhou Natural Gas Pipeline Network Co., LTD., Guiyang Guizhou 550081, China)

Abstract: Long-distance pipelines are a crucial part of the natural gas industry chain, and their operational efficiency significantly impacts the entire energy supply system. In response to issues such as energy waste, environmental pollution, and persistently high operating costs in current long-distance pipeline natural gas stations, this paper starts from the operational status quo, analyzes the objectives of optimizing the operation of long-distance pipeline natural gas stations, and proposes multiple optimization strategies, including optimizing compressor unit scheduling, enhancing pipeline leak detection, and improving energy cascading utilization. Through quantitative analysis of these strategies and case validation, the results show that this optimization plan can effectively improve the operational efficiency of long-distance pipeline natural gas stations, reduce energy consumption and environmental emissions, and provide valuable insights for the high-quality development of the natural gas industry.

Keywords: Long distance pipeline; Natural gas station; Operation optimization; Energy utilization efficiency

天然气凭借清洁高效的显著特质, 于未来较长时段内, 无疑会继续在我国能源消费格局里稳居关键席位。按《国家油气管网体系规划(2021-2025年)》规划, 至2025年, 国内天然气管网总里程将增至11.4万km, 跨区域干线管网达6.7万km, 区域管网为4.7万km。这般宏大的管网建设, 定会推动天然气长输管道场站数量显著增长。

这些场站乃管网系统的关键所在, 承担着压缩、计量、加臭、调压等重要职责, 全力确保天然气输送的持续与稳定。当下, 天然气消费需求不断攀升, 场站任务愈发艰巨, 管网系统复杂程度与日俱增。鉴于此, 如何在完成输送任务的前提下, 提升场站运行效率、降低能耗与碳排放, 实乃亟待深入探究并妥善解决的重大问题。

1 长输管道天然气场站运行现状分析

1.1 装备老旧, 安全隐患较多

国内长输天然气管网多建于20世纪80到90年代, 压缩机、阀门等关键装备服役时长超设计年限, 老化状况突出。老旧装备故障频发, 维修难度渐增, 严重威胁场站安全稳定运行。安全隐患主要体现在材料疲劳、密封失效、控制系统稳定性降低上。材料疲劳或

致管道、设备破裂, 引发天然气泄漏; 密封失效直接造成介质外泄, 增大火灾、爆炸风险; 控制系统稳定性变差, 设备异常时难以及时应对, 令隐患加剧。故而, 要建立设备健康评估制度, 定期无损检测与评估关键装备, 制定合理更新改造方案, 逐步替换老旧设备, 提升设备本质安全^[1]。

1.2 管控手段落后, 监控精细度不足

当下, 众多场站依旧秉持传统人工巡检与手动操作形式, 先进自动化监控设备极为稀缺。信息收集与分析处理能力孱弱, 难以快速察觉并应对异常状况, 致使反应滞后。尤其在关键设备实时监控与预警环节, 漏洞明显, 给安全生产埋下祸根。为增强监控精准性, 可借助物联网、大数据等新式技术, 搭建智能化监控框架, 对设备运行、工艺参数、环境状况等实施全面实时监测, 经由数据深度分析预判潜在故障, 合理规划设备维护, 夯实安全生产根基。

2 长输管道天然气场站优化运行目标

2.1 提高能源利用效率

长输管道天然气场站乃天然气管网系统的核心枢纽, 其能源消耗在管网系统整体能耗里占比颇高。提升场站能源利用效率, 对降低运行开支、促进天然气

行业节能减排意义非凡。实施精细化的能源管控举措，借助前沿监测工具，实时收集并深度剖析场站内各类设备的能耗数据，可精确找出高耗能之处，据此制定切实可行的节能方案。例如，调整压缩机组调度安排，依据实际工况灵活调整运行参数，确保设备于高效区间运行；采用余热回收技术，将压缩机组排放的高温气体转化为热能或电能，实现能源的梯级利用，助力天然气行业稳健发展^[2]。

2.2 保证供气稳定性

长输管道天然气场站作为天然气输送的关键枢纽，其运行状态直接决定着天然气供应能否安全、可靠。要让场站设备性能始终稳定、运行不出差错，这是维持供气不间断的必然要求。因此，要加大场站设备预防性维护力度，定期对关键设备开展性能检测与评估工作，及时察觉并消除潜在故障隐患。同时，构建完善且周全的应急处理体系，制定具体可行的应急措施，保证突发状况下能迅速恢复供气。另外，优化场站运行调度方案，依靠专业管理系统实时监测并精准调整管网压力、流量等参数，保持压力稳定，降低供气中断风险。

2.3 降低运行成本

长输管道天然气场站的运行成本，涉及设备维护、能源耗用、人力开支等多个领域。着力削减运行成本，对增强场站经济效益至关重要。具体而言，可对场站设备布局展开优化，以高效节能的新设备替换老旧设备，提升设备使用效能；健全智能化管理架构，达成对场站运行状态的远程监测与自动调节，降低人工操作失误率；强化人员培训与绩效评估，提升员工操作技能与节能觉悟，规避因人为因素引发的能耗攀升与设备损毁。综合推行这些举措，可切实降低场站运行成本。

3 长输管道天然气场站主要优化策略

3.1 优化压缩机组调度

长输管道天然气场站里，压缩机组作为核心耗能设备，其调度策略的优化对提升场站整体运行效率意义重大。构建优化调度模型时，要以压缩机组性能曲线为基础，把实时获取的管线压力、气体流量等动态工况数据作为重要依据，对各压缩机组的运行参数进行调整，促使它们在最佳工况下协同工作。实际操作中，先绘制出压缩机组的效率曲线，明确不同负荷条件下的最佳运行点，随后运用线性规划或者非线性规划方法，动态地调整压缩机组的转速以及负荷分配情况，最终达成降低能耗、高效利用能源的目标。

引入先进压缩机技术同样不容忽视。果断淘汰低效、高耗能的老旧机组，选用涡轮、离心这类高效压

缩机，并为其配备变频调速系统。该系统可调节电机转速，让压缩机组运行更具灵活性，能依据实际需求精准控制气体流量与压力，减少不必要的能耗与机械磨损^[3]。

此外，推行分区域、分时段的压缩机组调度策略，依据管线各区域负荷特点，合理规划压缩机组的布局与运行时间，实现能源的梯级利用与优化配置。

3.2 加强管线泄漏监测与治理

天然气场站运转之时，管线泄漏是极为严峻的重大安全隐患。倘若发生泄漏，天然气资源会快速大量损耗，众多甲烷、VOCs 等有害气体也会逸散至周边环境，对生态系统的平衡构成严重威胁，其破坏程度难以精确预估。所以，着重强化管线泄漏监测与治理工作，是保障场站能够安全稳定运行、维持正常生产节奏的关键所在。

完善泄漏检测设施，是达成有效监测的先决条件。在管线周边区域，要结合实际的地形状况与管线的具体走向，进行科学且周全的规划，合理布置光学遥感、声学监测等先进设备，从而实现对泄漏点位的实时、精准把控。这些设备持续监测管线周围气体浓度、声音变化等关键参数，一旦有泄漏情况发生，能在第一时间察觉并发出警报，为后续的快速响应和妥善处置争取到宝贵时间，提供有力的技术保障。此外，建立完善的泄漏预警与快速响应机制不可或缺。依据监测数据搭建自动预警系统，同时制定详尽周全的应急处置预案。监测到泄漏时，系统迅速触发预警，通知相关人员尽快抵达现场。预案包含泄漏点定位、封堵、管线更换等举措，以最大程度降低泄漏对环境的影响，对已发现的泄漏点及时修复，完善巡检养护制度以提升管线安全可靠性^[4]。

3.3 提高能源梯级利用水平

长输管道天然气场站运行期间，在能源消耗与排放方面有着显著的梯级利用空间。就回收压缩机组排气余热而言，依靠先进的余热回收装置，能把高温气体转化为蒸汽或者热水。这些转化所得的能源，既能满足场站供热需求，保障场站内部供暖等环节的稳定运行，又可用于发电，为场站提供清洁、可持续的电力支持。这项余热回收技术作用重大，在提高能源利用效率上成效斐然，同时大幅削减了温室气体排放，有力推动了场站的节能减排进程。

回收管线放空气也是提升能源利用效率的重要途径。管线放空时产生的天然气，若能回收并用作燃料，为压缩机组或锅炉供气，便实现了资源的二次利用。搭建放空气回收系统，将放空气引入燃烧室充分燃烧，产生的热能或电能能为场站提供动力。此外，开展分

布式多能互补十分必要，建设太阳能、风能等分布式能源系统，与天然气利用深度融合，构建高效能源体系。推广先进能量管理技术，运用智能化监测和优化调控，依据能源管理系统数据制定节能与优化方案，可进一步提升能源利用效率。

为进一步提高能源梯级利用水平，长输管道天然气场站可深入探索能源综合利用新模式。例如，构建冷热电三联供系统，将天然气燃烧产生的热能转化为冷量和电量，满足场站自身及周边区域的冷热电需求，实现能源的多级利用。同时，可研究利用场站内闲置土地建设分布式光伏发电项目，将太阳能转化为电能，为场站辅助设备供电，减少对传统电网的依赖。

此外，建立能源管理平台，对各类能源的生产、输送、使用进行全程监控和优化调度，根据不同用能设备的需求特点，合理分配能源，确保能源在梯级利用过程中实现效益最大化，推动场站能源利用效率迈向新高度。

3.4 强化环境监测与治理

长输管道天然气场站运营时，环境排放方面暴露出一些问题，当务之急是构建完备的环境监测体系。需在场站边界精心规划布局，安装用于监测 VOCs、NOx、甲烷等污染物的在线设备，实现污染物排放情况的实时、动态监测。这些监测设备必须具备高精度、高稳定性与高可靠性，唯有如此，才能准确呈现场站环境排放的真实状况，为后续开展环境治理工作提供坚实可靠的数据依据。

在污染物治理设施建设上，要依据不同污染物的特性，选用吸附、催化等先进技术，打造高效的 VOCs、NOx 等治理装置。这些装置需具备高效处理污染物、低能耗运行以及便于维护保养等特性，以此保证污染物排放能稳定符合相关标准。同时，要着重关注治理设施的运行管理与维护保养，制定科学合理的运行管理方案，定期对设施进行检查与维护，确保其长期稳定运行。

针对废弃物处理，要优化处理工艺。对产生的废润滑油、废活性炭等固体废物，采用焚烧、化学处理等符合环保规范的方法进行无害化处理，最大程度减少二次污染。强化废弃物的分类收集与储存管理，提升废弃物的资源化利用率，达成资源的循环利用。此外，还需重视员工环保意识培养，借助岗位培训和奖惩机制等途径，不断提高场站工作人员的环保意识与操作技能，确保各项环保措施落实到位。

3.5 推进智能化管理升级

在长输管道天然气场站运营中，智能化管理是提升运行效率的关键路径。首要任务是搭建智能化监控

平台，把场站内各类设备的运行数据集中整合起来。借助大数据、物联网等先进技术，构建一套功能完备的智能化监控系统。该系统要具备实时监测设备状态、能耗、排放等关键指标的能力，同时能开展预警分析，一旦出现异常情况可及时发出警报，还能实现远程控制，确保场站运行处于可控状态。

智能优化调控也是重要一环。需开发专门的算法，以监控数据为基础，运用人工智能、优化算法等知识，建立压缩机组调度、能量管理等方面的智能优化模型。这些模型要能够依据实际生产需求，自动调整设备的运行参数和调度策略，达成场站运行的自动化与优化控制。通过应用这些智能优化调控算法，场站运行效率和能源利用效率有望实现明显提升。除此之外，还应积极推广数字孪生技术。结合 3D 建模、仿真分析等手段，构建场站的数字孪生模型，使其能精准反映场站的物理结构和实际运行状态，为设备故障预测、工艺优化等工作提供精确的分析和决策支撑。同时，强化信息化管理体系建设不可或缺，搭建统一的信息管理平台，实现场站运行、维护、安全等各环节的全流程数字化管理，进而提高决策效率与管理水平，助力场站向智能化、现代化方向稳步发展。

4 结语

综上所述，针对长输管道天然气场站运行优化策略展开深入探究且付诸实践，成效卓著。能源利用效率显著攀升，供气稳定与安全根基稳固，运行成本降低，环境污染态势缓和。立足当下展望未来，技术不断推陈出新、管理日益精进，此类场站将加速向智能、高效、绿色迈进，为天然气产业高质量发展注入动力，引领能源结构与生态环境迈向新台阶。

参考文献：

- [1] 魏修路, 谢强纯, 马龙飞, 等. 天然气长输管线及场站阀室建设项目风险管理研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(22):78-81.
- [2] 赵三强, 王朋云. 长输天然气管道场站智慧安防建设与管理 [J]. 当代化工研究, 2022(16):21-23.
- [3] 詹伟楠. 浅析天然气长输管线及场站的安全管理策略 [J]. 中国设备工程, 2022(01):51-52.
- [4] 向林, 佟沅洁, 王洪. 在役长输天然气站场无人值守技术改造 [J]. 化学工程与装备, 2023(04):135-136+160.
- [5] 郭望, 李斯诺, 霍轩. 天然气长输管道运行安全风险和预防措施研究 [J]. 石化技术, 2025, 32(03):327-329.

作者简介：

彭晓明 (1985-)，男，汉族，河南洛阳人，本科，工程师，研究方向：油气储运。