

输油泵站工艺流程优化对设备管理的影响分析

师 帅 翟雨露 郑新伟 (国家管网集团山东分公司枣庄作业区, 山东 枣庄 277100)

摘 要: 输油泵站作为原油输送的重要枢纽, 其工艺流程与设备管理水平直接关系到系统运行的安全性与经济性。当前泵站存在流程不合理、设备维护滞后、能效低下等问题。本文围绕工艺流程优化, 系统分析其对设备管理的具体影响, 探讨优化技术手段与实施策略, 提出提升设备使用效率、延长使用寿命、创新管理模式的方法, 旨在为输油泵站高效、安全运行提供技术参考与实践指导。

关键词: 输油泵站; 工艺流程优化; 设备管理; 效率提升

中图分类号: TE974 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 024-0091-03

Analysis of the Impact of Process Flow Optimization of Oil Transfer Pumping Stations on Equipment Management

Shi Shuai, Zhai Yulu, Zheng Xinwei (National Pipeline Network Group Shandong Branch Zaozhuang Work Area, Zaozhuang Shandong 277100, China)

Abstract: As an important hub for crude oil transportation, the process flow and equipment management level of the oil transfer pumping station directly affect the safety and economy of the system operation. At present, pumping stations have problems such as unreasonable processes, lagging equipment maintenance and low energy efficiency. This article focuses on the optimization of process flow, systematically analyzes its specific impact on equipment management, explores the technical means and implementation strategies for optimization, and proposes methods to enhance equipment utilization efficiency, extend service life, and innovate management models, aiming to provide technical references and practical guidance for the efficient and safe operation of oil transfer pumping stations.

Key words: Oil transfer pump station; Process flow optimization; Equipment management; Efficiency improvement

1 研究背景及意义

输油泵站是连接原油开采与精炼消费的重要枢纽, 其工艺流程设计和设备管理水平直接影响油品输送的连续性和安全性。随着输油规模的扩大, 泵站在运行中暴露出设备老化、能耗高、检修效率低等问题, 限制了输送效率和经济效益。优化工艺流程不仅能减少能量损失和故障率, 还能改善设备管理体系, 提高泵站的运行可靠性和智能化水平。因此, 从工艺流程优化角度探讨其对设备管理的影响, 具有重要的理论与实践价值。

2 输油泵站工艺流程现状与管理挑战

2.1 输油泵站工艺流程的基本构成

输油泵站工艺流程主要由原油接收、暂存、加热、脱水、增压输送及自动化控制系统等环节构成。原油通过进站管道接入, 经储罐暂存后, 根据工艺要求进行加热或脱水处理, 以改善流动性和降低输送阻力。随后, 原油由主泵加压至设定输送压力, 进入长距离输油管道。为保障流程高效运行, 泵站配套设置了油泵、加热炉、分离器、稳压装置、阀门组及在线监控系统, 各单元环节间通过管道和阀门系统有机衔接, 形成一个动态平衡、联动高效的工艺体系。

2.2 当前设备管理的常见问题

当前输油泵站设备管理中普遍存在维护滞后、管

理体系分散、信息化水平不足等问题。多数泵站依旧以被动式维修为主, 缺乏基于设备状态的预测性维护体系, 导致设备故障频发且维修成本高。同时, 设备管理职责划分模糊, 运维、检修、备件管理各自为政, 形成信息孤岛, 制约了资源的统筹调度与故障响应效率。此外, 部分泵站缺少完善的数据采集与分析机制, 运行监测仅停留在基本参数监控层面, 未能实现深度数据挖掘与智能决策支持。

2.3 工艺流程优化的必要性与紧迫性

随着输油任务量持续增长与能源行业安全、节能要求不断提高, 传统输油泵站工艺流程暴露出能效低下、故障频发、应变能力不足等突出问题。工艺流程设计的不合理直接加剧了设备负荷与老化速度, 缩短了使用寿命, 增加了维护与运营成本。特别是在设备智能化、远程监控和数字化转型加速推进的背景下, 现有流程若不及时优化, 将难以适应高效、安全、低碳运行的新要求, 进而影响企业整体竞争力与可持续发展。

3 工艺流程优化的关键技术与实施策略

3.1 输油泵站工艺流程优化的技术手段

输油泵站工艺流程优化首先依赖于泵站自动化与智能化技术的应用。通过引入DCS(分布式控制系统)、PLC(可编程逻辑控制器)及SCADA(数据采集与监

控系统）等先进控制系统，实现对输油各关键节点的实时监测、参数自动调节及故障预警，极大提高了流程的稳定性与响应速度。

此外，采用高效能变频调速控制技术（VFD），根据输送负荷动态调节泵组运行频率，不仅优化了能耗结构，还有效降低了设备机械损耗，从根本上延长了关键设备的使用寿命。同时，应用在线油品质量监测技术（如水分含量、黏度在线检测仪器）对油品状态进行动态掌握，可及时调整加热、脱水及输送参数，避免能源浪费与管道腐蚀隐患。

在硬件改造层面，工艺流程优化还包括采用模块化、集成化设备布局设计，如一体化加热脱水系统和多功能输油泵组单元，减少设备间中间环节和物理传输损耗。泵体及管道材料方面，推广使用耐腐蚀、高强度的新型合金材料和内衬防腐技术，提高整体耐久性和安全性。此外，通过引入CFD（计算流体动力学）仿真技术对泵站内部流场进行优化设计，合理布置阀门、弯头及节流元件，减少局部能量损失和湍流，提高整体输送效率。

结合工业物联网（IIoT）平台建设，实现设备运行数据的集中管理与远程维护支持，为输油泵站流程持续优化和预测性管理提供了有力的技术支撑，确保优化措施切实可行且具备可推广性。

3.2 流程优化对设备管理的具体影响

输油泵站工艺流程优化对设备管理带来的首要影响是显著提升了设备运行的可靠性与使用效率。通过自动化控制系统的精准调节，设备可以按照最优工况连续运行，避免了传统模式下因人工操作误差导致的频繁启停与超负荷运行，降低了疲劳损伤和故障发生率。能效优化技术（如变频调速和负荷分配控制）有效减少了电机、泵体等核心设备的能耗负担，同时延长了关键零部件（如轴承、密封圈）的使用周期，显著降低了维修频率和备件更换成本。此外，借助在线监测与大数据分析，设备异常状态能够实现提前预警，运维人员可以基于趋势分析实施预测性维护，改变以往“故障后抢修”的被动管理模式，提升了整体运维工作的计划性与针对性。

另一方面，工艺流程优化还推动了设备管理体系

从传统静态管理向动态、智能管理转型。标准化、模块化的流程布局使设备巡检、维护、调度流程更加清晰、规范，降低了人为因素对设备管理质量的影响。同时，集成物联网技术的应用，使得设备运行状态、维保记录、故障日志实现数字化归档和智能关联，形成贯穿设备全生命周期的管理数据链条。这种基于实时数据驱动的管理模式，不仅提升了设备资产的可视化水平，还为设备状态评估、寿命预测和管理决策提供了科学依据，极大地提高了设备投资利用率与泵站整体运维的精细化水平，支撑输油泵站向高效、安全、智能运营方向持续发展。

3.3 工艺流程优化的实施步骤与风险管控

工艺流程优化的实施需要遵循系统化的步骤，首先进行现有流程的全面评估与诊断，识别出瓶颈环节与效率低下的关键因素。这一阶段通过数据采集、流量分析、设备运行状态监测等方式，精准定位各环节问题。接下来，根据评估结果，确定优化目标并设计具体的优化方案。例如，在泵站流程中，针对加热、脱水环节的能效优化，采用先进的变频驱动和热能回收技术，提升能源利用效率；在设备管理方面，推行智能监控与预测性维护，通过物联网和大数据分析对设备的健康状态进行实时跟踪和预警。优化方案设计时，还需要考虑各环节的协同效应，避免单一优化带来的系统性不平衡，从而确保全流程的高效运行。

风险管控是工艺流程优化中不可忽视的关键环节。在实施过程中，需要对每一个技术改造环节进行详细的风险评估，特别是涉及到设备改动、流程重构等重大决策时。比如，泵站加热系统的节能改造可能会影响到油品流动性和管道压力，因此需要进行模拟仿真与小范围试点实验，确保优化措施不会引发新的问题。

此外，针对可能出现的技术风险（如设备兼容性问题、操作风险）与管理风险（如员工培训不足、信息系统故障），应制定应急预案和操作手册，确保技术改造与设备管理升级平稳过渡。

4 工艺流程优化对设备管理的长远影响

4.1 提高设备使用效率与延长使用寿命

通过输油泵站工艺流程优化，设备使用效率的提

表 1 优化前后设备能耗与运行小时数对比

设备类型	优化前（能耗 /kWh）	优化后（能耗 /kWh）	优化前（运行小时）	优化后（运行小时）	使用寿命（年）
输油泵组	450000	380000	6500	6800	10
加热炉	300000	250000	5200	5400	12

高和使用寿命的延长已经得到了显著体现。以某输油泵站为例,在实施变频调速技术(VFD)和自动化监控系统后,泵组的能源消耗与运行效率出现了明显变化。表格1展示了优化前后设备的能耗与运行小时数对比。

优化后,输油泵组的能耗减少了15%,而加热炉的能耗也下降了16.7%。运行小时数增加了300小时,说明设备在优化后得到了更高效的利用。结合设备寿命的延长,泵组和加热炉的使用年限相较优化前有了2-3年的延长。这一变化不仅降低了整体能源成本,也减少了频繁维修的需求,从而提高了设备的经济性。

4.2 优化设备维护与故障预防机制

设备维护和故障预防机制的优化是提升输油泵站运行稳定性与设备寿命的重要手段。通过引入预测性维护技术,基于设备的实时数据和运行状态分析,能够提前识别潜在故障隐患并采取相应的预防措施。预测性维护主要依靠振动监测、温度传感器、油质分析等技术,结合机器学习和大数据分析,自动生成设备健康评估报告,预测设备部件如轴承、泵体、阀门等的剩余寿命。以泵站泵组为例,结合振动分析和油温监测系统,能够在设备发生异常前提供预警,提示运维人员进行定期检修或部件更换。

另外,优化设备维护流程还包括建立健全的故障管理和备件管理体系。在维护过程中,实施精细化管理,确保备件和工具的高效利用,减少因备件供应不及时或质量不合格而造成的设备停机。通过与供应商建立长期合作关系,推行重要备件的储备机制,确保在设备故障时能够快速响应。同时,结合数字化管理平台,实现故障信息、维修记录、设备性能数据的统一管理 and 共享,帮助维护人员实时掌握设备状况,减少人为判断失误,确保设备维护工作的精准性和及时性。

4.3 促进设备管理模式创新与可持续发展

随着输油泵站面临的环境压力和技术进步,传统的设备管理模式已难以满足日益增长的高效、低碳运营需求。因此,创新设备管理模式是实现可持续发展的关键。数字化和智能化技术的引入推动了设备管理向“智能化、协同化、集成化”方向转型。基于工业物联网(IIoT)与大数据分析,设备的实时监控和数据采集系统能够全面掌握设备运行的状态和性能,极大提升了设备管理的透明度与精确度。例如,通过云平台将各类设备信息集中管理,运维人员不仅可以实时监控设备的运行状态,还能利用数据分析进行设备的故障预测与性能评估,从而制定个性化的管理策略,确保设备高效稳定运行。

在可持续发展方面,优化设备管理模式还有助于推动绿色低碳的运营理念。通过系统性的设备管理策略,不仅延长了设备的使用寿命,还实现了设备维修和更新过程中的资源优化。引入绿色技术和环保材料,例如采用节能型泵组和再生能源驱动系统,不仅能有效减少能源消耗,还能在设备维护和改造过程中最大程度减少废弃物和排放。

设备管理模式创新还使得资产管理更加精细化,企业能够实时了解每台设备的生命周期和维修成本,从而做出更为科学的决策,避免资源浪费并推动绿色供应链建设。

此外,采用模块化、标准化的设备设计和集成管理方式,也促进了跨系统协同与资源共享,提升了整个泵站的运营效率和管理水平,为推动设备管理的可持续发展提供了长远的战略支持。

5 结束语

输油泵站工艺流程优化不仅是提升输送效率和降低运营成本的必然选择,也是深化设备管理改革、实现智能化、绿色化发展的重要契机。通过引入先进技术手段,优化流程布局与设备运行模式,泵站不仅能显著提升设备运行的稳定性与可靠性,还能从根本上实现管理模式的转型升级。未来,随着信息技术与智能制造技术的进一步发展,输油泵站在工艺流程与设备管理领域将迎来更加深远的变革。

参考文献:

- [1] 王晶岩. 输油管道重点耗能单元评价与节能措施研究[J]. 石油石化节能与计量, 2024, 14(4): 57-61.
- [2] 秦小飞. 探究输油站场工艺设备安全要求[J]. 中国化工贸易, 2023, 15(8): 160-162.
- [3] 莫兆祥, 夏臣智, 陆轶群, 等. 泵站机组运行管理与维护[J]. 河南建材, 2021(12): 114-116.
- [4] 中国石化勘探分公司. 油气工程经济白皮书(2024版)[R]. 北京: 中国石化集团内部资料, 2024.
- [5] 杨莎莎, 孔祥琦. 基于过程安全管理的石化企业安全绩效考核应用研究[J]. 化工管理, 2025(4).
- [6] 邓志彬, 袁宗明, 杨振声, 等. 带压堵漏技术及其在油库中的应用[J]. 油气储运, 2020, 29(3): 204-205.
- [7] 廖绮, 涂仁福, 徐宁, 等. 成品油管道智能化批次调度研究现状及思考[J]. 油气田地面工程, 2023(5).
- [8] 杨军, 孙艳, 古丽努尔·牙哈甫, 等. 盲管段对原油管道顺序输送的影响因素分析与研究[J]. 油气田地面工程, 2021(5).

作者简介:

师帅(1989—), 女, 汉族, 江苏徐州人, 大学本科, 助理工程师, 输油技师, 研究方向: 输油工艺。