

智能化检测技术在油气管道运维成本控制中的应用

张 锐 (国家管网集团储运技术发展有限公司, 天津 滨海 300453)

摘要: 快速发展的智能检测技术为石油与天然气运输的运行维护管理提供了新的思路。本文对智能检测技术的基础以及实施应用对降低石油与天然气运行维护成本的效益进行了详尽的分析研究。重点对现有的石油与天然气运行维护进行了分析, 了解到目前实施运行中的几个关键问题, 比如设备老化、运行维护过程不规范和缺乏有效的监测及数据处理技术等导致成本降低效果不明显, 提出采用智能化的先进自动化设备实施运行维护过程全面的技术升级和更新, 以及建设完善的自动化运行维护体系、加强监测系统的数据融合和智能分析等策略, 可以有效改善运行维护效果, 降低运维成本。

关键词: 智能化检测技术; 油气管道; 运维成本; 数据分析

中图分类号: TE-9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 024-0043-03

Application of intelligent detection technology in cost control of oil and gas pipeline

Zhang Rui (National Pipeline Network Group Storage and Transportation Technology Development Co., LTD., Binhai Tianjin 300453, China)

Abstract: The rapid development of intelligent detection technology provides a new idea for the operation and maintenance management of oil and natural gas transportation. This paper analyzes the cost of reducing the operation and maintenance of oil and gas. Focus on the existing oil and gas operation maintenance is analyzed, understand the implementation of several key problems, such as equipment aging, operation maintenance process is not standard and lack of effective monitoring and data processing technology lead to cost reduction effect is not obvious, put forward the intelligent advanced automation equipment operation maintenance process and update comprehensive technology upgrade, and the construction of perfect automation maintenance system, strengthen the monitoring system of data fusion and intelligent analysis strategy, can effectively improve the operation maintenance effect, reduce the operational cost.

Key words: intelligent detection technology; oil and gas pipeline; operation and maintenance cost; data analysis

油气管道作为世界能源输送必不可少的主要基础设施, 承担了重要的运输作用。由于使用时间增加、设备老化、技术更新滞后等问题逐渐暴露, 大大降低了维修管理效率, 且增添了极大的维修成本。管道传统维护管理方法存在诸多弊端, 特别是监控手段和数据分析技术水平滞后, 这些问题使识别和解决的速度变得缓慢而且不够精确。智能化检测技术可以对此提供很好的解决方法。通过感知器、网络、大数据等新型科学技术, 实时跟踪管道运行状态, 识别管道问题, 优化管道维护管理工作流程, 从而大大降低维护工作费用。因此, 详细研究智能化监测技术如何应用在石油天然气管道维护管理工作当中具有极高的价值。

1 智能化检测技术的内涵

1.1 智能化检测技术的基本概念

智能检测技术是在传统检测技术的基础上, 运用先进的传感技术、信息获取设备、AI、互联网、大数据等科技手段实现对系统实时监控、信息分析及异常告警的解决方案。基于人工智能和自动化的技术手段能够提升检测准确度、时效性和效率, 尤其在油气输送管道运营管理中, 智能检测技术能够实时监测管道状态, 智能识别问题并报警, 减少人工参与和人为失

误概率。具体而言, 智能检测技术通过在油气管道上布置的各类检测传感器收集管道内外的信息(温度、压力、流量、腐蚀情况等), 并通过云端系统或数据中心进行处理和分析。采集的信息形成有效信息, 使管道运维人员能够实时了解管道运行状态, 发现潜在隐患和问题等。智能检测技术还利用机器学习和人工智能(AI), 系统可进行自主学习和优化, 不断改善检测精准性及预警水平。使用智能化检测技术不但可以提高检测效率, 减少人的操作失误, 还能够在发现管道出现问题或风险时, 尽早锁定问题所在, 减少事故的发生概率, 最终降低管道运营成本, 提高其安全性和可靠性。

1.2 智能化检测技术的核心特征

主要特点是在于智能化的检测技术具有自动操作的执行方法、数据集成的分析能力和实时监督警报功能以及自主学习和决策的能力。自动操作的功能通过传感器和智能监控设备自行提取管线的相关数据, 如温度、压强、速度、震动等信息, 减少人力介入和操作失误的影响。而数据集成分析功能则能够将获得的各项数据实时集成在一起, 通过先进的数据处理技术, 对管线的状态进行全面判断, 快速识别管线的问题,

协助管理人员提前判断故障的可能性和风险，防止事故的发生。

实时监督和告警功能能够实现 24 小时的管线情况监督，如果出现任何异常现象，系统将发出告警，以使运营管理者做出迅速的反应，预防更严重的事情发生。而由人工智能算法驱动的自主学习和决策功能可以利用以往的数据自行学习和预测提出合理的养护建议，以便提高管线管理的准确性，节省维修费用。综合来看，智能化检测技术显著提高了石油天然气管道的管理工作效率，同时对降低天然气运输成本具有强大的促进作用。

2 油气管道运维成本控制的现状

2.1 设备老化和更新滞后

油气管道运输设施的一大显著特征就是老化现象突出。多数油气运输设施建立在较早时期，所以这些设施的使用年限已经很接近或是早已超过预期的使用寿命期限，这就使得在使用过程中会普遍出现严重的老化状态。例如，管道运输的内部抗腐蚀层、密封装置、阀件和泵等环节可能会被腐蚀、磨损，从而使得整套设施系统的运行效率变低且更易发生泄漏、故障等突发状况。由于设备长时间失去维护，导致维修困难，需要耗费的更长时间，花费也越来越大，所以经营管理成本负担也大幅提高。

除此之外，在对其设施的更新升级进行改进上也有需要解决的难题。为了更换已经老化的设备，就必须花费大量资金，但是很多企业将资金投入到增产或其他项目中，致使设备的更新换代工作一直未能开展。设备一直长期使用，就会进行多次维修、这样的延缓也会增加设备更换产生的经费开支。一旦设施出现了故障，往往需要马上对设施进行修复，这就难以对其经营管理成本进行控制，而且经常出现设备故障还会影管道正常运行，带来更严重的后果与损失。

2.2 运维管理模式不规范

目前石油和天然气传输运营管理还以传统的模式为主，缺少规范化和系统化的运营方案。很多油气输送公司的运营管理还是依靠人员抽查记录的方式，无法实施对机器设备的实时监测与智能化管理。在对机械装置的例行检查中，人力的行为效率容易受到主观因素的影响，每轮检查不能覆盖所有的区域，从而可能导致出现某些潜藏问题未能被及时发现。

此外，缺乏统一的管理规范与管理流程，管理架构比较松散，信息传达较困难。例如，设备维护修复的间隔时间随意，仅仅依靠经验或者设备维护的报告决定。高级领导者也无法从资源上得到信息来引导运维行动，导致运维效果差，故障发生的频率高，并且

修复的时间较长，最终造成较大的运维成本。

2.3 监控与数据分析能力不足

虽然部分企业已经在油气管道管理中应用了监控技术，但是其总的监控程度都比较低。传统的监控系统主要依靠传感设备和人员巡检，在很大程度上并不具备充分且及时的监控功效。很多监控设备都存在覆盖面积小、信息传递慢、应对措施不及时等情况。对于很多老化的管道线路而言，更是缺少完善的监测系统，因此就无法及时监测出管道运行过程中的点滴变化，不能发现存在的隐患。此外，对于监控数据的分析能力还有待进一步增强。虽然一部分企业使用了智能化的监测设备，但是大部分数据仍需要人工整理，数据的处理力度和精准度远远不能满足现有的管道运行需求。而且伴随着管道规模的扩大以及管道型号的多样化，监控数据的不断增加和复杂化，人工的分析远远不能应对各种数据带来的挑战。

3 智能化检测技术在油气管道运维成本控制中的应用策略

3.1 引入智能化设备进行全面更新与升级

人工巡检及定期检查对于油气管道运输维护来说过于耗时费力且容易产生遗漏或是人为错误。将自动化设施如智能感知器、无人机及机器人等引入管道维护领域可提升管道实时监测效果及精确度，检测重要数据例如温度、压力、流速等，并发送至云端进行分析，使维护工作组能及时发现缺陷并采取补救措施。其中应用无人机非常具有可行性，其能在大范围内以高质量拍照、热成像等多种形式完成检测工作，识别潜在的裂缝或腐蚀等缺陷。

举一个大型石油和天然气公司利用集成化的智能巡检系统监视其管道基础设施的例子，包括无人机、高级传感器和互联网技术。其中一个项目中，公司运用无人机结合极高精度的传感器进行巡查管线，无人机会按固定时间飞过管线，检查管线的多项指标如压力、温度、腐蚀情况、气体泄漏等，所获取的信息都会通过无线连接传输至控制中心。正常的人类巡查大多只针对固定的线路，不能覆盖全部范围，也不能及时反映管线的全方位情况。但是，智能巡查系统却可以覆盖到管线的整个范围，能够保证信息的准确性与时效性。

在实际巡查过程中，无人机通过传感器发现管线中某部分有压力方面的异常，立即发出警报，维检修小组立即前往该区域进行进一步调查，发现原因是管道中有积水所致引起压力的变化。在以往的检查方式里，可能由于相同的问题需经过多次检查才能发现，应用了智能设备后，类似的问题可在早期发现、早期

维修，避免了重大损失和巨大的维修费用。

3.2 建立智能化运维管理系统

作为重要管理手段之一，油天然气输送管道运营维护管理系统能够提高运营效率、降低运营成本，并实现运营过程中的精细化管理。通过集成各种传感器、信息采集和处理技术，对管线的运营过程实时监测，能够发现潜在的隐患点，并帮助预防维修。通过监测压力、湿度、流量等，在出现问题之前工作人员就可以及时获得提示，从而更好的帮助其及时解决问题。此外，通过大数据助力管道设备的健康状况评定，也能增加决策科学性，减少现场巡检，提升管道的安全性与稳定性，从而实现精细化的现代管理体系，管道的运营也将更具效益，发展也将更为长远。

例如，壳牌公司在石油天然气的输送流程中使用了智能化检查的方法，建立了一整套智能化维护管理网络，在一些关键部位布置了压力、温湿度、流速等传感器，实时监测管线运行状况。所有数据通过物联网技术传入云端，保证了信息的实时性且有效分享。其中的人工智能和机器学习算法能够快速分析接收到的数据，并识别出可能出现问题的位置，比如压力异常、流速异常。这样的分析不但能尽早发现潜在故障的位置，还能通过此前的数据预测未来可能出现的安全事故。

当系统发现任何异常后，会主动发出警报，并推送给维修人员，让他们进行响应处理。根据其说明，在手机端或者电脑端，维护员工可以随时掌握管线运行状态，系统会同时给出相关的操作指南，比如定期检修或者替换较高风险的部分。与传统方式相比，该智能化管理网络的检修工作可以更加准确地安排维护工作，针对性强。从而减少了不必要的维护费用，也确保了管道运行状态是最佳的。

3.3 加强监控系统的数据整合与智能分析能力

对于油气输送管道的运维管理来说，监控系统是管道维护管理中的重点内容。但是随着智能检测技术不断发展，传统人工检测已经不再适宜管道的高级运维和大型管理。因此在运维系统的数据整合和智能化处理上加大投入，有助于提升管道的运维效能、合理减少人力资源投入，并且降低可能的事故风险，避免安全问题发生。这就需要让监控系统实现对不同类型数据来源的整合与分析，如压强、温度、流量和位移等参数，以及多个位置上的装置采集管道数据，并以实时状态的形式反映出管道当前的运行状况。

所有上述的数据会集中收集到监控中心的管理应用当中，并对其进行整体的归类和处理，从而使集中管理更为高效。而且可以让工作人员随时随地进行查

看，消除信息孤岛，增加工作的便利性。与此同时，还需要让监控系统实现可以智能分析的能力，应用大数据和AI对管道运行状态进行实时判断，发现管道当中的相关问题。

例如，石油天然气公司对其长输管线建立了智能化管控体系，该体系结合压力、湿度、速度、形变量等传感器，分布至管道各位置对管线的运行状态进行跟踪。各个传感器通过无线通信技术将采集的信号向中控信息处理平台发送，进行统一处理与调度。在该系统的实际应用过程中，大数据分析平台及AI算法能对所有检测数据进行持续性分析，如在对某一管道压力传感器监控时发现，该管道压力有不同寻常的情况。经过详细分析发现，该压力变化的趋势与历史泄漏事故较为相似，并且压力的变化方式也显示出该管道存在一定少量泄漏的可能。

基于此，智能化分析系统立即判断出现预警，并提醒维修工作人员到现场检查。维修人员接到警告后，立即派人前往管道监控点位，利用小型设备进行检测，发现该管道存在一处泄漏。维修班及时发现和提前预防避免了大漏油的风险，减少了因设备故障而造成的停工和高额维修费用。凭借该智能监控系统，石油公司和天然气公司可以在不依赖现场人工巡检的情况下，进行实时监控和处理数据，并及时发现和解决安全隐患，节约了大量管线维修成本，确保了管线的正常安全运行。

4 结语

石油天然气管道检维修工作逐渐采用智能化的检验技术手段，也是目前降低管道检维修经营成本的有效途径。通过采用新型技术手段和仪器设备的使用，能够保证设施的及时更新换代，进一步提升设施运行的效果，延长使用寿命。同时，建立智能化维修管理平台，加强对管道的监测和数据分析，可为实时监测、故障预警以及风险预判提供支持，避免设备故障产生的巨额维修费用。同时能够支持管径、管材分配计划的优化和施工效率的提升，推动管道检维修工作的进步和发展。

参考文献：

- [1] 高杨霞. 电力计量装置故障智能化检测技术 [J]. 电力设备管理 ,2024(2):258-260.
- [2] 柯娟. 智能化检测技术在马鹿疫病防控中的应用 [J]. 江西农业 ,2024(9):67-69.

作者简介：

张锐（1990-01），女，汉族，河南省信阳市，工程师，硕士研究生，研究方向：造价，投资管理，成本控制。