

长输油气管道运行路线的智能化管理研究

肖维阳 (国家石油天然气管网集团有限公司华中分公司, 湖北 武汉 430021)

摘要: 随着国内能源需求的不断增长, 长输油气管道作为能源运输的关键方式, 其安全、高效运行至关重要。本研究聚焦于长输油气管道运行路线的智能化管理, 首先分析了长输油气管道运行路线智能化管理的关键技术, 然后阐述了智能化管理在管道运行路线中的具体应用, 提出了进一步完善智能化管理体系的建议, 旨在通过引入先进的信息技术和智能管理手段提高管道运行的安全性、可靠性和经济性。

关键词: 长输油气管道; 运行路线; 智能化管理; 方法策略

中图分类号: TE832 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 021-0082-03

Study on intelligent management of long distance oil and gas pipeline operation route

Xiao Weiyang (Huazhong Branch of National Oil and Gas Pipeline Network Group Co., LTD., Wuhan Hubei 430021, China)

Abstract: With the continuous growth of domestic energy demand, long-distance oil and gas pipelines, as a critical method for energy transportation, are essential for their safe and efficient operation. This study focuses on the intelligent management of long-distance oil and gas pipeline routes. It first analyzes the key technologies for intelligent management of pipeline routes, then elaborates on the specific applications of intelligent management in pipeline routes, and proposes suggestions for further improving the intelligent management system. The aim is to enhance the safety, reliability, and economic efficiency of pipeline operations through the introduction of advanced information technology and smart management methods.

Key words: long distance oil and gas pipeline; operation route; intelligent management; method strategy

长输油气管道是连接油气生产地和消费地的重要纽带并承担着大量油气资源的运输任务。而长输油气管道通常跨越较长的距离, 在途经复杂地理环境和人口密集区域的同时也面临着一系列的安全风险。随着信息技术的快速发展, 智能化管理逐渐成为长输油气管道运行管理的发展方向, 同时智能化管理还可以优化管道运行路线、降低运行成本以提高能源运输效率。

1 长输油气管道运行路线智能化管理的关键技术

1.1 传感器技术

首先, 温度传感器用于监测管道内油气的温度。油气在输送过程中温度变化会对其物理性质和化学性质产生影响, 如过高的温度会导致油气的蒸发加剧而增加安全风险; 过低的温度则使油气变得黏稠影响输送效率, 甚至引发凝固堵塞管道的情况。在管道沿线合理分布温度传感器能够获取各点的温度数据, 从而及时发现温度异常波动以为采取调控手段带来依据^[1]。其次, 压力传感器用于监测管道内的压力情况。压力是长输油气管道运行的关键参数且稳定的压力是保证油气正常输送的重要条件, 一般来说压力过高会导致管道破裂而引发泄漏事故; 压力过低则会影响油气的输送速度, 无法满足生产需求。压力传感器可以测量管道内的压力并将数据实时传输至监控中心, 一旦压

力超出正常范围系统便能第一时间发出警报以便工作人员采取降压或增压等措施来保障管道实现安全运行。

1.2 数据采集技术

在数据采集环节无线通信技术凭借其便捷性和灵活性在长输油气管道监测中得到广泛应用。如基于ZigBee技术的无线传感器网络能够在管道沿线部署多个传感器节点来采集管道的温度、压力以及流量等参数。ZigBee技术低功耗、自组网且各个节点间可以自动形成网络把采集到的数据通过多跳的方式传输至汇聚节点, 进一步降低了布线成本和维护难度, 特别适用于地形复杂、难以铺设布线通信线路的区域。除此之外, LoRa (LongRange) 技术也在长输管道数据采集中逐渐得以应用, 其具备远距离传输、低功耗等优势可以实现对大范围管道区域的覆盖并使分布分散的传感器节点能够把数据传输到接收端, 解决了传统无线通信技术在长距离传输时信号衰减严重的问题^[2]。

1.3 大数据分析与处理技术

在长输油气管道运行中传感器会采集非常多关于管道运行状态的数据如压力、温度以及流量和设备运行参数等, 数据不仅数据量大达到TB级别及以上且种类繁多, 包含结构化、半结构化和非结构化数据,

如设备运行日志属于结构化数据而管道周边环境的视频监控数据则属于非结构化数据。此外，数据还能够随着时间推移以及监测频率的增加使数据量呈指数级增长。大数据技术凭借其数据处理能力可以对多源、异构数据进行采集、去重还有转换等预处理操作以将原始数据转化为可用于分析的高质量数据集。通过分布式文件系统或数据库实现对数据的有效存储和管理，提高数据安全性以及可访问性。

2 长输油气管道运行路线智能化管理的策略

2.1 智能巡检

以无人机为例，其具备的灵活机动性可以在短时间之内抵达人工无法涉足的复杂地形区域，如山区、河流以及沼泽等地带以实现对管道的全面覆盖巡检。搭载了高清摄像头、热成像仪以及气体检测仪等一系列传感器设备的无人机能够对管道本体、附属设施以及周边环境进行全方位监测。其中高清摄像头可以拍摄管道表面状况并第一时间发现管道是否存在裂缝、腐蚀等缺陷；热成像仪则可通过检测管道表面温度分布来识别由于泄漏等原因导致的温度异常区域；气体检测仪能够监测管道周边空气中的油气浓度，一旦发现浓度超标就可以及时预警以为管道维护人员带来故障信息。而且无人机可以按照预设的飞行路线和任务计划自动飞行实现智能化巡检，避免人为干扰的同时提高巡检数据的准确性。将采集到的图像、数据等信息实时传输至地面控制中心之后工作人员就可以对管道运行状态进行分析和评估并马上做出决策。

2.2 智能维修

通过对管道运行历史数据进行分析，包括管道压力、温度等运行参数及设备维护记录、故障发生时间、原因等信息能够挖掘出管道运行状态与故障发生间存在的潜在关系。利用数据挖掘算法如关联规则挖掘可以发现不同参数组合与特定故障类型之间的关联。如当管道某一段的压力波动频繁且超出正常范围同时该区域的温度也出现异常升高时往往就预示着管道出现了泄漏或堵塞故障的风险。建立这些关联规则就能够按照监测数据来预测潜在的故障并为制定维修计划带来正确依据。

除此之外，机器学习算法在故障预测中也发挥着重要作用，如用支持向量机（SVM）、随机森林等算法基于历史数据进行训练并构建故障预测模型。这些模型可以学习到正常运行状态下管道参数的特征和变化规律，当监测数据出现偏离正常模式的异常时模型可以预测出将要发生的故障类型和时间。通过不断更新和优化训练数据，模型的预测准确性和可靠性将不断提高，以管道的腐蚀故障预测为例，结合管道材质、

输送介质特性以及环境因素等多源数据利用机器学习模型可以预测管道不同部位的腐蚀速率和腐蚀程度，提前确定要进行防腐处理或更换管道部件的位置和时间^[3]。

2.3 预警系统

多源数据融合是构建预警系统的基础。通常情况下，长输油气管道运行过程中会产生来自不同传感器、监测设备以及其他相关系统的海量数据，如压力传感器、温度传感器采集的数据以及管道周边环境监测数据、设备运行状态数据等以从不同角度反映了管道的运行情况。而应用多源数据融合技术把分散数据进行整合和关联分析就可以获得更全面的管道运行信息，如把管道压力数据与周边环境的地质监测数据相结合，当压力出现异常变化且同时监测到管道周边地质状况不稳定时就能够判断有没有出现由于地质灾害引发管道泄漏的风险。在数据融合过程中采用数据关联算法，根据数据时间戳、地理位置等属性把不同数据源的数据进行匹配和关联以保证融合后的数据具有一致性。同时利用数据融合模型，如贝叶斯网络、D-S 证据理论等对多源数据进行综合处理以增强数据融合的准确性以及决策支持能力。

2.4 能源优化与管理

借助现代化传感器技术和数据采集系统对长输油气管道能源消耗数据进行实时、精准的监测。在管道沿线不同关键节点如泵站、压缩机站等位置安装高精度的能源计量仪表如电能表、燃气流量计等可以测量设备的能源消耗情况，并将数据通过数据传输网络及时上传至监控中心。对这些数据进行实时监测之后就能够全面了解管道在各运行工况下的能源消耗状况以为后期进行分析和优化带来数据基础。同时结合管道运行参数如输送压力、流量以及环境因素对能源消耗数据进行多维度关联分析。例如研究在不同季节、时间段管道输送相同量的油气时能源消耗的变化规律以明确能源消耗与各因素间存在的内在联系^[4]。

建立能源消耗模型对管道能源消耗进行分析和预测，运用数据挖掘和机器学习算法，基于大量历史能源消耗数据以及运行参数和环境因素数据建立起能源消耗预测模型。一般来说，常用机器学习算法包括线性回归、神经网络以及支持向量机等，以线性回归模型为例，通过对历史数据的拟合确定能源消耗与各影响因素间的线性关系，从而按照现阶段运行参数和环境条件预测未来一段时间内的能源消耗情况，通过优化模型的参数和结构提高模型的预测准确性。利用能源消耗预测模型对不同运行方案下的能源消耗进行模拟和预测。在制定管道运行方案时提出多种可能的

运行方案如调整泵站的运行台数、改变压缩机的工作频率还有优化管道的输送压力和流量等，然后利用能源消耗模型对每个方案的能源消耗进行预测分析。对比不同方案下的能源消耗预测结果来选择能源消耗最低、效率最高的运行方案以达到能源优化配置的目标。

3 长输油气管道运行路线智能化管理的实施

3.1 制定智能化管理目标

长输油气管道具有输送距离长、途经地形复杂以及穿越不同气候区域等特点，同时面临着自然灾害、管道自身腐蚀等一系列风险。基于此提高运行效率成为智能化管理的关键目标。通过监测管道流量、压力以及温度等运行参数并运用大数据分析和优化算法就能够对管道输送能力进行精准评估和预测。如根据不同时间段的用气需求变化来调整管道的输送流量和压力，防止由于输送参数不合理导致的能源浪费和输送效率低下问题。利用智能调度系统安排泵站、压缩机等设备的运行以实现设备的协同工作，降低设备启停次数以及设备能耗和磨损，从而最大限度增加整个管道系统的运行效率。

3.2 选择合适的技术手段

以物联网技术为例，由于其具备强大的设备连接和数据采集能力，在长输油气管道智能化管理中具有广泛的应用前景。对分布广泛、设备众多的长输油气管道系统使用物联网技术能够把管道沿线的一系列传感器、阀门还有泵等设备接入网络以加快设备间的互联互通，这使管理人员可以得到设备运行状态、参数等信息，如通过在管道上安装压力传感器、温度传感器等并接入物联网也能够监测管道内的压力、温度变化情况。同时，物联网技术还支持远程控制功能，当发现设备运行异常时管理人员可以借助远程指令对设备进行操作，如远程关闭泄漏点周围的阀门以避免事故进一步扩大。

3.3 建立健全数据基础设施

构建统一数据平台是数据基础设施建设的核心任务，该平台整合了来自长输油气管道不同环节的一系列数据资源包括管道沿线传感器采集的监测数据，如压力、温度、流量等运行参数；设备管理系统中的设备台账、运行状态以及维护记录等数据；地理信息系统（GIS）中关于管道地理位置、地形地貌还有人口分布等信息以及与管道运行相关的市场需求数据、气象数据等。建立统一数据标准和接口规范能够打破各系统间的数据壁垒以实现数据的无缝对接和共享。如在数据采集时期规定了传感器数据的采集频率、精度以及数据格式等标准以保证不同厂家和型号的传感器采集的数据可以在统一平台上进行处理；在数据传输

过程中采用标准化的通信协议以保证数据准确传输到数据平台。建立数据共享机制使得各个部门及层级的管理人员可以按照权限访问和使用所需的数据，提高了工作效率和决策的科学性^[5]。

3.4 强化人才培养

众所周知，智能化管理往往会涉及到非常多的现代化技术手段如物联网、大数据以及传感器技术等。相关人才需真正并掌握理解这些技术的基本原理，例如物联网技术中设备的互联互通机制、大数据分析中的数据挖掘和机器学习算法原理、人工智能技术中的深度学习模型结构等。只有熟练掌握技术原理才可以在工作中科学运用技术来高效处理长输油气管道运行管理中出现的问题。同时人才应具备熟练应用技术工具的能力，如可以用大数据分析平台对管道运行数据进行处理和分析以及利用人工智能开发框架构建故障诊断模型等。在具体工作的时候还可能需要使用Python、R等编程语言进行数据分析和算法开发，运用Hadoop、Spark等大数据处理平台进行海量数据的存储和计算以及掌握TensorFlow、PyTorch等深度学习框架进行模型训练和部署工作等等。

4 结语

综上所述，长输油气管道运行路线的智能化管理是提高管道运行安全性、可靠性和经济性的重要手段。引入现代化信息技术和智能管理手段可实现对管道运行状态的监测、分析和，以保证第一时间找到隐藏隐患并采取预防和处理方法。同时，智能化管理还能够优化管道运行路线，在节省运行成本的同时增加能源运输效率。但是，现阶段长输油气管道运行路线的智能化管理还存在一些问题，需要以后进一步加强智能化管理技术的研究和应用并健全智能化管理体系，从而为国内能源安全和经济发展带来良好保障。

参考文献：

- [1] 赵轩,王紫薇.基于超声波检测技术的长输油气管道焊缝缺陷检测研究[J].化工管理,2025(07):134-137.
- [2] 曹敏,汤历平,王锡军,等.长输油气管道环向表面裂纹扩展特性研究[J].石油机械,2024,52(12):125-133.
- [3] 夏冰峰,郝蕴华,刘艳华.长输油气管道和城镇燃气管道定向钻穿越设计[J].煤气与热力,2024,44(10):8-9+15.
- [4] 翟星月,于子峰,闫紫坤,等.新环保形势下长输油气管道污水管控技术概述[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(18):134-136+139.
- [5] 曹卫星.长输油气管道水平定向钻穿越施工技术研究[J].现代盐化工,2024,51(02):79-81.