

大数据分析在油气管道维护决策中的应用

程志孔慧(国家石油天然气管道有限公司山东分公司宁阳作业区, 山东 泰安 271408)

摘要:本文基于某油气管道公司的数字化运用及智慧化站场建设, 探讨了大数据分析在管道生产运维中的应用, 重点分析了电气、仪表、通信设备的维护频率和提醒机制的优化。通过大数据支持的动态维护决策, 能够提高设备运行效率、降低维护成本, 并优化设备生命周期管理。通过分析可知, 大数据分析在油气管道维护决策中的应用具备显著的可行性和必要性, 且能够有效推动管道管理的智能化发展。

关键词: 大数据分析; 油气管道; 维护优化; 生命周期管理

中图分类号: TE973.6 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167(2025)026-0148-03

The Application of Big Data Analysis in the Maintenance Decision-making of Oil and Gas Pipelines

Cheng Zhi, Kong Hui(National Oil and Gas Pipeline Corporation Shandong Branch Ningyang Work Area, Tai'an Shandong 271408, China)

Abstract: Based on the digital application and intelligent station construction of a certain oil and gas pipeline company, this paper explores the application of big data analysis in pipeline production and operation and maintenance, with a focus on the optimization of maintenance frequencies and reminder mechanisms for electrical, instrumentation, and communication equipment. Dynamic maintenance decisions supported by big data can enhance equipment operation efficiency, reduce maintenance costs, and optimize equipment life cycle management. Through analysis, it can be known that the application of big data analysis in the maintenance decision-making of oil and gas pipelines has significant feasibility and necessity, and can effectively promote the intelligent development of pipeline management.

Key words: Big Data Analysis; Oil and gas pipeline; Maintenance and optimization; Life cycle management

油气管道是能源传输的关键设施, 其安全性和稳定性对能源供应至关重要。随着油气行业的快速发展, 传统的人工维护模式已难以应对管道管理的复杂需求, 常出现响应慢、效率低和数据不足等问题, 导致设备故障频发和高昂的维修成本。引入大数据分析技术, 可以实时监测设备状态, 优化维护决策, 提前预测故障, 从而提高管道系统的可靠性、减少故障率, 并降低运营成本。

1 大数据分析在油气管道维护中的应用

1.1 信息收集与数据整合: 零代码平台与作业管理系统

在油气管道的日常维护和管理过程中, 信息收集和数据整合构成了关键的步骤。传统的手动记录和分布式数据存储方法效率不高, 容易导致信息孤岛现象, 从而引发决策过程中的滞后和不准确性。数字化平台, 特别是零代码平台作为一种创新性的技术工具, 可以通过简洁的图形界面, 迅速构建和维护相关应用系统, 避免了复杂的编码任务, 不同专业的技术人员可以方便应用。

在油气管道维护过程中, 数字化平台的推广应用能够集成和实时更新维修工单、工作日志和设备预防性维护计划数据等多方面的数据, 显著提升了信息传递的效率和准确性。

1.2 大数据分析在维护决策中的应用场景

在油气管道的维护决策中, 大数据分析的应用主要是通过收集和处理大量的数据, 为决策过程提供更精确的支持。首先, 利用传感器、监测工具和作业日志等多种数据来源, 大数据分析技术可以实时捕获设备的工作状况、过去的故障记录及周围的环境状况。这些数据在经过深入分析后, 能够揭示出设备可能出现的故障模式和运行风险, 从而协助生产运维队伍提前识别出需要进行维护的设备组件。此外, 通过大数据分析, 可以利用历史的维护数据和设备的生命周期模型来调整维护策略和频次, 减少过度或不足的维护需求, 进一步提升资源的使用效率。

1.3 大数据分析对管道维护专业设备的影响

大数据分析在管道保养领域的运用, 尤其是在电气设备、测量仪器以及通讯工具的管理方面, 产生了明显的效果。通过实时的数据收集和监测手段, 可以持续跟踪这些专业设备的工作状况, 及时识别并警示任何异常情况。在电气设备方面, 通过对电流、电压和温度等关键参数的细致分析, 能提前识别可能出现的过载、短路等潜在故障风险; 对仪器设备来说, 数据分析有助于监测传感器的精度和响应时间的变化, 预测故障; 在通信设备的应用中, 大数据分析技术可以监控信号的强度和传输的延迟等关键指标, 确保数

据传输过程的稳定和可靠。利用大数据对这些设备进行故障预测和健康管理，可以缩短设备的停机时间，优化其维护周期，减少不必要的停机时间，从而降低维修的成本。

2 大数据分析对维护频率与提醒机制的优化

2.1 通过大数据分析优化维护频率的可行性分析

在油气管道保养时，优化维护频率成为减少维护开销并增强设备工作效率的核心环节。传统的设备维护方法通常是基于固定的时间间隔来进行的，这可能会引发不必要的过度维护，还会因为忽略了设备的实际运行状态而失去最佳的维护时间。通过对大数据的深入分析，并结合从零代码平台收集的维修记录、工作日志以及监视平台中设备预防性维护计划数据等资料，可以制定出基于设备的实时运行和历史数据的动态维护策略。例如，可以通过监测电气设备的温度、电流等数据，利用回归分析或时间序列预测模型（例如 ARIMA 模型）来预测设备故障的可能性，可以动态调整维护计划，使维护的频次更精确与科学，避免资源浪费和过度的干预。

以中石油管道公司为例，分析其自动化仪表系统的维护频率优化。通过大数据分析，利用从零代码平台上收集的设备运行数据与故障历史记录，发现仪表设备的故障发生率与环境湿度、温度变化有着密切关系。根据从 2019 年到 2022 年的数据分析，仪表设备在湿度大于 80% 的情况下故障率增加了 25%，而在湿度低于 50% 时，故障率较低。表 1 是该公司 2019-2022 年某类仪表设备的维护数据分析结果。

表 1 自动化仪表设备故障与维护频率分析

年份	故障发生率 (%)	环境湿度 (%)	维护频率 (次 / 月)	维护成本 (万元)
2019	10	50-60	2	8
2020	15	60-70	3	12
2021	25	70-80	4	16
2022	30	80 以上	5	20

根据分析结果，设备故障发生率在湿度高于 80% 时显著增高，导致维护频率和维护成本的上升。通过引入大数据分析，结合环境数据，X 油气公司能够精确地调整设备维护周期，将仪表设备的维护频率从原来的 5 次 / 月减少到 3 次 / 月，并优化了维护计划，降低了维修成本约 15%。这些优化提升了设备运行效率，也减少了不必要的维护工作，为公司节省了大量的资源和资金。

2.2 维护提醒系统的设计与实现

大数据驱动的维护决策中，维护提醒系统起到了关键的作用。利用公司的零代码平台收集的各种数据，维护提醒系统能够对电气、仪表、通信等设备进行实时监控，并通过设定阈值或基于数据分析模型的预测结果，自动生成维护提醒。该系统能够通过连接设备的各种运行数据，例如电气设备的电流和电压变化、仪器传感器的数据波动等，来实时监测设备的健康状态。如果某一设备的状态接近故障的临界点，系统将会自动发出警告，并通知相关的工作人员进行必要的检查和维护。例如，如果仪表设备侦测到信号偏离了正常的范围，系统则会基于过去的数据来分析故障的可能性，提前发出维修的提示。此项功能有助于显著减轻人工巡检的压力，提升维护的效率，并降低漏检和错误判断的可能性。

另外，维护提醒系统的成功实施也高度依赖于与作业管理系统的深度整合。借助零代码平台，维修工单、工作日志以及经筛选后的维检修作业计划能够自动与维护提醒系统进行同步，从而达到无缝连接的效果。利用历史的维护数据和设备的使用周期，该系统可以根据设备的生命周期自动产生各个阶段的维护提醒，并根据设备的实时运行数据动态调整提醒的频率。当电气设备长时间处于高负荷工作状态时，系统会自动启动提醒机制，以提醒即将到期的定期检查，避免因维护延误引发设备故障。

2.3 大数据支持的动态维护决策与设备生命周期管理

在现代管道管理体系中，大数据所支持的动态维护决策占据核心地位。大数据分析技术通过对过去的数据、实时数据和外部环境数据的深入研究，提供一个基于数据驱动的维护策略。例如，通过对油气管道设备的运行数据进行机器学习分析，可以识别不同设备在不同运行状态下的故障模式，为每一台设备定制个性化的维护计划。这一动态决策机制有助于优化设备维护的频次，还能准确确定设备的维护或更换时间，从而避免过早或过晚地进行维护，延长设备的使用寿命，并降低运营成本。

大数据技术为设备的整个生命周期管理带来了强大的后盾。通过综合分析设备的健康状况、故障率和工作环境等多方面的数据，全面地评估设备的使用寿命，并据此预测可能出现的故障点，进而在设备的整个生命周期中制定出最合适的维护策略。例如，通过对某一通信设备在特定的温度和湿度环境下的性能进行分析，能够预测该设备在未来一段时间内可能出现的故障种类和位置，并据此提前安排生产运维队伍进行部件的检查和更换。

在生命周期管理过程中，还可以采用如 Weibull 分析这样的寿命曲线分析技术，结合过去的故障记录和设备的健康状况，来预估设备故障的分布模式，并据此进一步完善维护策略和预算制定。

3 大数据分析在油气管道维护中的挑战与前景

3.1 大数据分析实施中的技术与数据挑战

虽然大数据分析在石油和天然气管道的维护工作中具有巨大的应用前景，但在具体执行阶段，依然面临着众多的技术和数据方面的挑战。首先要明确的是，数据收集的精确度和全面性构成了核心议题。在油气管道系统中，设备的种类非常多样，而各种传感器和监测设备的数据格式并不统一，这导致信息采集系统常常面临互操作性差和数据碎片化等问题。这样的数据孤岛状况使得数据的整合与分析过程变得异常复杂。在某些陈旧的设备里，由于缺少关键的传感器和数据接口，使得关键的运行数据不能被实时捕获。因此，采用技术方法来统一和规范跨多个设备和平台的数据，成为了推进大数据分析应用的主要难题。

另外，大数据分析在计算和存储方面的需求也对油气行业构成了相当大的技术挑战。为了实时处理和迅速分析大量的数据，需要强大的计算和存储能力，并对数据处理平台进行优化，以增强系统的扩展能力和实时反应性能。另外，数据的质量问题，例如数据的丢失、噪声的干扰等，也会对分析结果的准确度产生影响，进而影响维护决策的科学性和可靠性。

3.2 信息安全与隐私保护问题

当大数据分析被用于油气管道的维护决策时，确保信息的安全性和隐私是一个至关重要且不能被轻视的议题。油气产业包含了众多敏感的数据，例如设备的运行记录、生产日志和维护日志等，这些信息具有商业潜力，还可能对国家的能源和公众安全产生影响。因此，在数据的采集、传递、储存和处理阶段如何确保其安全性，成为企业所面对的核心挑战。常用的技术方案涵盖了数据加密、身份验证、访问权限管理以及审计日志记录等多方面。

通过使用端到端的加密方法，可以确保数据在传输时的保密性，避免数据受到篡改或泄漏。同时，通过实施多因素身份验证机制和细致的权限控制，可以确保只有得到授权的人员才能访问敏感信息，从而有效降低数据泄露的风险。

随着云计算平台在大数据分析中的广泛应用，如何保护数据隐私变得越来越复杂，各企业应当采用与国际标准相一致的隐私保护方法，例如数据的匿名化、去标识化处理以及差分隐私保护等技术。这些技术在确保数据的可获取性的基础上，有效减少了信息被泄

露的可能性，并防止非法访问者对数据的滥用。另外，强化数据的合规性管理并确保其与《数据隐私保护法》和《GDPR》等相关法律法规相一致，也是确保信息安全的关键措施之一。

3.3 大数据分析未来发展方向与应用前景

大数据分析在油气管道保养方面具有广泛的应用潜力，未来的主要发展趋势将是构建智能化、自动化以及更为细致的决策支持系统。首先，随着人工智能（AI）和机器学习（ML）技术的应用，大数据分析的深度和广度得到更好提升。比如，机器学习模型能持续学习过去的数据，自动识别设备可能出现的故障风险，并据此优化其维护方案，而无需依赖于人为的干预。

此外，深度学习技术进步为分析复杂的非结构化数据（例如视频监控和声音数据）提供了可能性，进一步提高了管道维护的智能化程度。其次，随着物联网（IoT）技术的普及，未来将有更多的传感器和智能设备加入到管道系统中，这些设备能够实时传输数据，使得大数据分析能更加精确地反映管道系统的运行状态，从而提升预测维护和故障预警的准确性。

4 结语

大数据分析在油气管道维护中的应用，为提高管道设备管理效率、优化维护决策和降低运营成本提供了新的解决方案。通过数字化平台与智能化站场的支持，能够有效收集、整合关键数据，进一步优化维护频率与提醒机制。尽管在实施过程中面临数据整合、信息安全等挑战，但随着技术的持续进步，大数据分析将推动油气管道管理走向智能化，为行业的安全性和效率提升提供更加有力的支持。

参考文献：

- [1] 王堃, 郭立晓, 钟杰, 等. 输油气管道完整性管理数据采集研究 [J]. 电脑采购, 2021(9):16-17.
- [2] 张玉龙. 大数据在油气管道运行中的应用研究 [J]. 信息系统工程, 2018(3):41.
- [3] 陈金忠, 刘三江, 周汉权, 等. 智慧管道时代的检测数据综合应用 [J]. 压力容器, 2020, 37(11):70-78..
- [4] 刘康康, 贺磊. 油气长输管道设备管理与维护研究 [J]. 中国化工贸易, 2023, 15(17):100-102.
- [5] 李睿. 油气管道内检测技术与数据分析方法发展现状及展望 [J]. 油气储运, 2024, 43(3):241-256.

作者简介：

程志（1997—），男，汉族，山东平邑人，硕士研究生，助理工程师，职务：生产运维岗，研究方向：电气、仪表自动化、通信。