

人工智能算法在输油管道启泵智能决策系统中的应用与实践

杜 洋 (中控技术股份有限公司, 浙江 杭州 310000)

摘要: 随着能源需求的持续增长, 输油管道作为石油运输的重要基础设施, 其安全、高效运行对于保障能源供应具有重要意义。输油管道系统的运行涉及诸多复杂因素, 例如管道长度、管道直径、油品特性、输送距离、输油需求等, 而启泵操作作为控制输油流量和压力的关键环节, 其决策的科学性与准确性将会直接影响管道运行效率与安全性。基于此, 本文主要针对人工智能算法在输油管道启泵智能决策系统中的应用与实践进行分析, 希望可以起到参考的作用。

关键词: 人工智能算法; 输油管道; 启泵; 智能决策

中图分类号: TE832 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 015-0087-03

Application and Practice of Artificial Intelligence Algorithm in Intelligent Decision System for Pump Start of Oil Pipeline

Du Yang (Zhongkong Technology Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang 310000, China)

Abstract: With the continuous growth of energy demand, as an important infrastructure for oil transportation, the safe and efficient operation of oil pipelines is of great significance for ensuring energy supply. The operation of oil pipeline systems involves many complex factors, such as pipeline length, pipeline diameter, oil characteristics, transportation distance, oil demand, etc. As a key link in controlling oil flow and pressure, the scientific and accurate decision-making of pump operation will directly affect the efficiency and safety of pipeline operation. Based on this, this article mainly analyzes the application and practice of artificial intelligence algorithms in the intelligent decision-making system for starting oil pipelines, hoping to provide reference.

Keywords: artificial intelligence algorithms; petroleum pipeline; Start the pump; intelligent decision

传统的输油管道启泵决策主要依赖于人工经验和简单的规则判断, 这种方式存在着诸多局限性。一方面, 人工决策难以快速、准确地处理大量实时数据, 容易受到操作人员主观因素的影响, 导致决策误差和不合理的启泵操作。另一方面, 随着输油管道网络的不断扩大和运行工况的日益复杂, 传统的基于简单规则的决策方法越来越难以适应实际需求, 无法实现对输油管道的精细化管理和优化运行。近年来, 人工智能技术的飞速发展为解决输油管道启泵决策的难题提供了新的思路和方法。

1 输油管道启泵应用人工智能算法的必要性

1.1 提升决策精准度的迫切需求

在输油管道系统当中, 输油管道启泵决策需要考虑诸多复杂的因素, 例如油品特性、管道压力、流量需求以及不同时段的输油任务。传统的输油管道决策方式主要基于人工经验或者一些简单的规则启泵决策方式, 很难精确处理海量并且时刻保持动态变化的基本信息, 很容易导致决策出现误差。人工智能算法具备强大的数据分析与模式识别能力, 可以对大量历史数据以及实时监测数据开展深度挖掘与分析。通过对

不同工况下数据的学习, 算法可以准确各种因素之间的复杂关系, 做出更加准确的启泵决策工作。例如, 机器学习算法将会根据以往的输油数据, 预测不同季节、不同时间段的输油需求波动, 提前做好启泵决策处理, 避免由于决策不当导致输油不足或者压力过高, 从源头上保证管道系统的稳定运转^[1]。

1.2 增强系统自适应能力是必然选择

输油管道的运行工况会随着时间、环境和设备状态的变化而不断改变, 这要求启泵决策系统具备良好的自适应能力。传统决策方法往往难以快速响应这些复杂多变的情况。人工智能算法能够实时监测管道运行状态, 根据新的输入数据快速调整决策模型。例如, 当管道某处发生堵塞或出现异常压力变化时, 基于深度学习的算法可以迅速识别异常模式, 并自动调整启泵参数, 以维持管道的正常输送。此外, 强化学习算法可以在不断的实践中学习最优的启泵策略, 使系统能够在不同的运行场景下实现自适应优化, 提高输油管道应对突发情况和复杂工况的能力。

1.3 降低运营成本与风险的关键举措

输油管道运营成本以及安全风险始终是行业关注

的核心重点，不合理的启泵决策将会导致出现能源浪费、设备磨损加剧、安全事故的发生，进而增加运营成本以及运行期间的潜在风险。人工智能算法将会积极优化启泵策略，进而降低能源消耗量。例如，精确地控制泵的启停时间以及运行功率，避免一些不必要的能源浪费。同时，通过针对设备运行数据的实时监测以及分析，算法能够准确预测设备故障，及时采用维护措施与优化方案，减少设备损坏与停机时长，降低维修成本。除此之外，智能的启泵决策则是可以更好地保障管道安全运行，减少由于压力异常、流量不稳定引发的安全事故，降低事故处理成本以及对环境造成的潜在危害，为燃油管道长期稳定运营提供支持与帮助^[2]。

2 传统燃油管道启泵决策方式的局限性

2.1 数据处理能力有限

传统燃油管道启泵决策在数据处理期间存在明显的短板问题，其主要依靠人工收集和分析少量的关键数据，例如管道压力、流量等基本参数，对于一些潜在影响因素的数据难以全面获取和处理。在数据量不断增长的今天，传统方式将无法应对海量数据的挑战与威胁，难以挖掘数据背后隐藏的复杂关系。例如，对于油品的温度、黏度等特性将会随着时间与环境的数据，以及管道沿线地质结构对管道压力的潜在影响数据进行分析，传统决策方式难以深入分析与贯彻落实。同时，人工处理的效率比较低，很容易出现数据记录错误和分析偏差问题，导致启泵决策缺乏准确性与科学性，无法适应现代燃油管道的环境^[3]。

2.2 工况适应性不足

燃油管道的运行工况复杂多变，受到季节、天气、管道老化等多种因素影响。传统启泵决策方式多基于固定的规则和经验，缺乏对复杂工况的自适应能力。在面对不同季节油品黏度变化时，传统决策不能及时调整启泵参数以保证合适的燃油流量和压力。当遇到突发的恶劣天气，如暴雨、冰冻等情况，管道可能出现局部堵塞或压力异常，传统方式无法快速响应并做出合理的启泵决策。

2.3 决策及时性欠缺

传统燃油管道启泵决策过程较为缓慢，很难满足实时性要求。人工决策往往需要操作人员对数据进行观察、分析、判断，这一流程耗费的时间比较长。当管道运行出现紧急情况之后，例如压力将会突然升高或者流量因此下降，人工决策在这一过程中将无法及时做出反应，导致事故随之扩大。即便是在这一过程中使用了简单的自动化控制系统，由于预设规则的局限性，也无法适应全新的工况变化^[4]。

2.4 设备维护管理的局限性

在设备维护管理的过程中，传统启泵决策方式很难实现对启泵以及相关设备进行准确维护。由于缺乏设备运行数据的长期监测以及深度分析，只能够依靠设备的使用时间以及简单的故障情况拟定定期维护以及事后维修工作。这一方式很多时候无法提前发现设备的潜在故障，进而导致设备在运行期间出现土壤损坏，影响燃油管道的正常运转。例如，无法通过分析启动泵的振动数据、温度变化等相关参数来积极预测泵的磨损情况以及剩余寿命。同时，传统决策方式在运转期间，维护计划缺乏针对性，对于不同使用频率以及工况下的设备使用对应的维护标准，导致维护资源因此浪费或者维护工作不足。

3 人工智能算法在启泵决策中的应用原理

3.1 机器学习算法

机器学习算法在燃油管道启泵决策应用期间，主要通过对大量历史数据的学习来构建出决策模型。以监督学习工作为例，首先针对燃油管道运行期间产生的数据做好收集工作，例如压力数据、流量数据、油品特性、时间数据等信息，对这些数据进行标注与处理，明确不同数据组合下的正确启泵决策以及实际结果。随后，选择合适的监督学习算法，例如决策树散发，将会根据数据特征的重要性来划分层次，构建出一棵决策树。在决策树的不同节点上，可以通过对特征的判断来决定数据流向，最终在节点上得出启泵决策。支持向量机算法则是通过寻找最优平面，将不同类别的数据点进行分隔处理，从而将全新的数据进行分类以及处理，确定启泵的策略。无监督学习算法例如聚类算法，能够将相似工况的数据划分成为一类，有效发现数据当中的潜在模式，为启泵决策提供参考。

3.2 深度学习算法

深度学习算法主要基于人工神经网络，在启泵决策当中使用深度学习算法具有独特的优势以及好处。多层感知器属于一种较为基础的神经网络结构，包括输入层、隐藏层、输出层三部分。燃油管道数据处理期间，输入层接收各类运行参数以及数据，隐藏层通过神经元对数据进行复杂的非线性变换，提取数据深层特征。输出层则是结合各类数据，得出启泵的决策结果。循环神经网络以及对应的变体，例如长短时记忆网络、门控循环单元，较为适用于处理时间序列数据。燃油管道的运行参数随着时间不断变化，这些网络结构可以积极捕捉数据的时间依赖性，对于未来工况进行预测，提前做出合理的启泵决策。卷积神经网络虽然常用于图像数据处理当中，也可以将其用于对管道数据进行特征提取，有效挖掘数据当中的空间相

关性，辅助启泵决策。

3.3 强化学习算法的应用原理

强化学习算法在启泵决策期间，可以将输油管道系统设定为智能体与环境交互的基本环境。智能体也就是启泵决策系统，环境则是输油管道的运行工况。智能体在环境当中可以采取不同的启泵动作，例如启动或者停止某个泵、调整泵的功率等，随后根据环境反馈的信息来评估动作的好坏。奖励信号将会根据输油效率、能源消耗、管道压力稳定性等多种因素进行设定与分析，例如启泵动作将会导致输油效率提高并且降低能源消耗，智能体可以在这一过程中获得正向奖励，反之则是获得负面奖励。通过不断地尝试不同动作并且学习最大奖励策略，智能体将会逐渐优化启泵决策，强化学习则是可以随着管道运行工况不断改进与处理，达到最佳效果。

4 人工智能算法背景下输油管道启泵智能决策系统的设计与实现

4.1 系统架构

人工智能算法背景下输油管道启泵智能决策系统可以分为四层，首先在数据采集层，通过各类高精度的数据传感器，例如压力传感器、流量传感器、温度传感器等，将会积极收集输油管道运行期间的关键参数数据，对设备状态开展监督管控。数据传输可以使用可靠的通信技术，将采集到的数据安全传输到数据存储中心。数据处理层则是对原始数据进行清洗，去除噪声以及异常值，随后进行特征工程，提取对启泵决策将会具有重要影响特征，决策模型层集成多种人工智能算法，例如机器学习、深度学习、强化学习。根据处理之后的数据对模型进行训练，应用接口层则是负责与泵站进行连接，保障泵站的控制系统可以顺利运转。同时，为操作人员提供更加直观友好的操作界面，方便监控与干预系统做好决策。

4.2 数据准备与处理

数据准备阶段，全面收集输油管道的历史运行数据，包括不同季节、不同时段、不同油品输送时的工况数据。明确数据来源和采集频率，确保数据的完整性和准确性。对采集到的数据进行清洗，运用统计方法和算法检测并纠正异常值，填补缺失值。在特征提取与选择方面，分析影响启泵决策的因素，如管道长度、管径、油品粘度、压力变化率等，提取关键特征。同时，对数据进行标准化和归一化处理，使不同特征的数据具有可比性，为后续的模型训练奠定良好基础。

4.3 模型训练与优化

可以将准备好的数据划分成训练集、验证集、测试集，在训练的过程中针对不同的人工智能算法，积

极调整训练参数。例如，对于神经网络，可以设置较为合适的学习率、隐藏层神经元数量等参数。通过使用训练集对面模型进行训练，通过验证集不断地调整模型参数，避免过拟合现象。另外，则是需要选择准确率、召回率、均方误差等评估指标对模型性能进行量化评估。根据评估结果，积极使用优化算法，例如随机梯度下降、自适应矩估计等，对模型进行优化。同时，定期更新模型，使用新采集的数据重新训练模型，让模型可以适应输油管道运行工况基本变化，不断提高启泵决策的准确性。

4.4 系统集成与测试

将训练好的模型集成到系统的决策模型层当中，并且与数据采集层、数据处理层、应用接口层做好整合与分析。在集成的过程中，确保各层数据之间的传输以及交互正常。在进行系统功能测试的过程中，可以模拟不同的输油工况，验证系统是否可以准确做出启泵决策，将决策指令正确地发送给泵站的控制系统。开展性能测试，将会评估系统的响应时间、处理能力等性能指标。同时，进行稳定性测试，长时间运行系统，观察系统在不同环境条件下的运行情况，检测在这一过程中是否存在故障以及异常情况，根据测试的结果对系统进行优化改进，保障系统可以稳定、高效率地运行，为输油管道启泵决策提供支持。

5 结束语

综上所述，人工智能算法在输油管道启泵智能决策系统当中的应用取得了显著成就，为输油管道的高效率、安全稳定运行带来了全新的契机以及变革。展望未来，随着人工智能技术的不断发展与创新，以及与物联网、大数据等技术的深度融合，人工智能算法在输油管道领域的应用前景越发广阔。此外，推动智能决策系统可以与其他管道管理系统完成深度集成，构建出更加完善的智慧管道生态系统。

参考文献：

- [1] 陈伟 . 基于 ICEEMDAN 和加权融合算法的多传感器输油管道泄漏定位方法研究 [J]. 油气田地面工程 ,2025,44(02):49-54+64.
- [2] 高海宾 , 张平 , 等 .EMAT 电磁超声壁厚监测技术在南海某平台输油管道下岸端的应用 [J]. 全面腐蚀控制 ,2025,39(01):112-117.
- [3] 张建昌 , 王立涛 , 等 . 长距离输油管道杂散干扰电流监测及排流研究 [J]. 油气田地面工程 ,2025,44(01):44-50.
- [4] 叶勇 . 基于优化 LSTM 模型的埋地输油管道剩余寿命预测方法 [J]. 石油和化工设备 ,2025,28(01):9-11.

作者简介：

杜洋 (1999-) , 男 , 汉族 , 山西朔州人 , 本科 , 助理工程师 , 研究方向 : 电气工程及其自动化。