

基于数据驱动的天然气管站场电动调压阀故障诊断方法

胡顺源 徐 里 张少雄

(中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司集输工程技术研究所, 四川 成都 610041)

摘 要: 本论文基于数据驱动方法, 研究了天然气管站场电动调压阀的故障诊断。首先, 我们介绍了天然气管站场电动调压阀的作用和重要性, 以及传统故障诊断方法的局限性。随后, 我们探讨了数据驱动方法在故障诊断中的发展和应用。然后, 我们详细阐述了数据采集与预处理、模型建立和特征工程等步骤。接着, 我们设计了实验并进行了结果分析, 验证了所建立模型的性能和效果。实验结果表明, 数据驱动方法能够有效诊断天然气管站场电动调压阀的故障, 提高供气系统的安全性和稳定性。最后, 我们指出了未来的研究方向, 包括优化模型性能、扩展故障类型的识别和定位, 并将模型应用于实际场景中。

关键词: 数据驱动方法; 天然气管站场; 电动调压阀; 故障诊断; 数据采集

天然气管站场电动调压阀是天然气输送系统中的关键设备, 其正常运行对于保障供气安全和稳定具有重要意义。然而, 由于调压阀的复杂性和多变性, 故障诊断一直是一个具有挑战性的任务。传统的基于物理模型的故障诊断方法受限于模型的复杂性和精度。本文旨在通过数据驱动的方法, 实现对天然气管站场电动调压阀故障的准确诊断。首先, 回顾了传统故障诊断方法的局限性和数据驱动方法的优势。然后, 详细介绍了数据采集与预处理的步骤, 包括设备选择、数据采集过程和特征提取。接下来, 提出了基于数据驱动的故障诊断模型, 并阐述了模型的建立原理和步骤。最后, 通过实验与结果分析, 验证了该方法的有效性和准确性。本研究对于提升天然气管站场电动调压阀故障诊断的可靠性和效率具有重要的实际意义。

1 相关工作

1.1 天然气管站场电动调压阀的作用和重要性

天然气管站场电动调压阀在天然气输送系统中扮演着关键角色, 其作用是调节和维持管道内气体的压力稳定。它能够准确控制进气压力, 防止过高或过低的压力对管道和设备造成损害, 同时保持管道内的气体压力平衡, 确保天然气供应的安全性和稳定性。因此, 天然气管站场电动调压阀的正常运行对于保障供气系统的可靠性和正常运行至关重要。

1.2 传统的故障诊断方法及其局限性

传统的故障诊断方法主要依赖于物理模型和经验规则。这些方法需要基于专家经验和直觉判断来识别和定位调压阀的故障, 存在一定的主观性和限制。另外, 传统方法通常无法全面覆盖所有可能的故障模式,

也很难应对调压阀的复杂性和多样性。因此, 传统方法在诊断效率、准确性和适应性方面存在局限性。

1.3 数据驱动的故障诊断方法的发展和应用

数据驱动的故障诊断方法基于采集到的实时数据进行分析和建模。通过运用机器学习、数据挖掘和统计分析等技术, 这些方法能够从大量数据中挖掘故障特征, 实现故障的自动诊断和预测。数据驱动方法不依赖于复杂的物理模型, 能够有效应对调压阀的复杂性和多样性, 提高故障诊断的准确性和效率。在其他领域, 如电力、化工和制造等, 数据驱动的故障诊断方法已经取得了显著的成功和应用。

1.4 目前存在的研究空白

尽管数据驱动的故障诊断方法在许多领域已经得到广泛应用, 但在天然气管站场电动调压阀的故障诊断领域仍存在研究空白。目前缺乏特定于调压阀故障的数据驱动模型和方法, 难以满足复杂性和多样性的要求。因此, 有必要开展针对天然气管站场电动调压阀的数据驱动故障诊断研究, 以提高诊断的可靠性和效率。

综上所述, 本文将填补天然气管站场电动调压阀故障诊断领域的研究空白, 通过探索数据驱动的方法, 提高故障诊断的准确性和效率。

2 数据采集与预处理

2.1 数据采集设备和传感器的选择

在进行天然气管站场电动调压阀故障诊断时, 选择合适的数据采集设备和传感器至关重要。常用的数据采集设备包括数据采集系统、传感器阵列和实时监测装置。对于电动调压阀而言, 关键的监测参数包括压力、温度、流量和电流等。因此, 需要选择具有高精

度、高稳定性和适应环境变化的传感器来实时监测和采集这些参数。

2.2 数据采集过程和频率

数据采集过程应确保高质量的数据获取。首先，确定数据采集的时间间隔和采样频率。频率的选择应根据调压阀的工作特性和故障模式进行合理设置。对于快速变化的参数，采样频率应足够高以捕捉关键时刻和变化。其次，确定数据采集的时长和采集周期。时长应足够长以覆盖调压阀在不同工况下的运行情况，而周期则要根据系统需求和资源限制进行选择。

2.3 数据预处理方法和技术

数据采集后，需要进行数据预处理以提高数据质量和准确性。常用的数据预处理方法包括数据滤波、去噪处理、异常值检测和数据对齐等。数据滤波技术可以消除由传感器噪声和干扰引起的信号波动，提取出更准确的数据。去噪处理方法可以削弱或去除信号中的噪声成分，如基线漂移和低频噪声。异常值检测能够识别和处理异常数据点，以避免对后续分析的干扰。数据对齐技术可将采集到的多个信号进行时间对齐，确保数据的一致性和可靠性。

2.4 特征提取和选择

特征提取是将原始数据转化为有意义的特征向量的过程。在天然气站场电动调压阀故障诊断中，特征提取的目标是从数据中提取出与故障相关的特征信息。常用的特征提取方法包括时域统计特征（如均值、标准差）、频域特征（如频谱能量、功率谱密度）以及小波变换等。此外，根据调压阀的工作特性和故障模式，还可以引入领域知识和先验信息，以提高特征的表征能力和区分度。在特征提取后，还需要进行特征选择，筛选出对故障诊断最具代表性和区分度的特征，以减少维度和提高后续模型的效率和准确性。

综上所述，将通过选择适当的数据采集设备和传感器，确保高质量的数据采集。在数据预处理阶段，运用数据滤波、去噪处理、异常值检测和数据对齐等技术，提高数据的可靠性和准确性。通过特征提取和选择，获得具有代表性和区分度的特征，为后续的故障诊断模型建立打下基础。

3 基于数据驱动的天然气管站场电动调压阀故障诊断模型

3.1 模型建立的基本原理和步骤

模型建立的基本原理是通过分析采集到的数据，建立故障诊断模型来预测和识别调压阀的故障。基于

数据驱动的方法，模型建立的步骤包括数据获取与预处理、特征工程、模型选择和参数调优。首先，通过选择合适的数据采集设备和传感器，采集调压阀运行过程中的相关数据。然后，对采集到的数据进行预处理，包括数据滤波、去噪处理、异常值检测和数据对齐，以提高数据的质量和准确性。接下来，进行特征工程，将原始数据转化为有意义的特征向量，如时域统计特征、频域特征和小波变换等。在特征提取后，根据故障诊断的要求和实际问题，选择适当的模型进行建立。常用的模型包括支持向量机（SVM）、决策树、随机森林、神经网络等。在模型建立后，进行参数调优，选择合适的参数组合，以提高模型的泛化能力和准确性。调优过程可以采用交叉验证、网格搜索等方法进行。最后，建立完善的故障诊断模型。

3.2 特征工程和模型输入

特征工程是将原始数据转化为模型可接受的特征向量的过程。在天然气站场电动调压阀故障诊断中，特征工程旨在从数据中提取与故障相关的特征信息。常用的特征工程方法包括时域统计特征（如均值、标准差）、频域特征（如频谱能量、功率谱密度）和小波变换等。根据调压阀的工作特性和故障模式，还可结合领域知识和先验信息，提高特征的表征能力和区分度。特征工程的结果将作为模型的输入，用于训练和预测。通过合理选择和处理特征，我们能够更好地捕捉故障信号的特点，提高故障诊断模型的准确性和鲁棒性。特征工程在故障诊断中起到关键作用，为后续模型的训练和预测提供有意义的输入数据。

3.3 模型选择和参数调优

模型选择和参数调优是故障诊断中的重要环节。在模型选择阶段，根据问题的复杂性和数据特征选择适合的模型。常见的故障诊断模型包括支持向量机（SVM）、决策树、随机森林、神经网络等。选择模型时需考虑模型的灵活性、可解释性和计算效率等因素。建立模型后，进行参数调优以提高泛化能力和准确性。参数调优可采用交叉验证、网格搜索等方法，寻找最佳参数组合。通过合适的参数调优，模型能更好地适应故障诊断任务，并提高准确性和鲁棒性。模型选择和参数调优是优化故障诊断模型的关键步骤，确保模型的性能达到最佳水平。

3.4 模型评估和性能分析

模型评估和性能分析是对建立的故障诊断模型进行全面评估和分析的过程。评估指标包括准确率、召

回率、精确率、F1 值等,通过与真实标签进行比较来评估模型的预测能力和准确性。同时,可以进行故障类型识别、故障定位等分析,深入理解模型的表现和改进空间。此外,还可以与传统故障诊断方法进行比较,评估数据驱动方法的优劣和效果。通过综合评估和分析,可以确定模型的性能、适用性和可靠性,并为进一步改进模型提供指导。模型评估和性能分析是保证故障诊断模型质量和有效性的重要环节。

综上所述,基于数据驱动的天然气管站场电动调压阀故障诊断模型的建立涉及模型建立的基本原理和步骤、特征工程和模型输入、模型选择和参数调优以及模型评估和性能分析等方面。通过合理选择和应用数据驱动方法,可以实现对天然气管站场电动调压阀故障的准确诊断,提高供气系统的安全性和稳定性。

4 实验与结果分析

4.1 实验设置和数据集描述

明确实验采用的平台、硬件设备和软件环境等信息。例如,实验平台可能是特定的天然气管站场,硬件设备包括数据采集系统和传感器阵列,软件环境涉及使用的编程语言和数据处理工具。同时,描述数据集的相关信息,如数据采集的时间范围、采样频率、传感器类型和数据维度等。另外,需说明数据集的划分方式,包括训练集、验证集和测试集的划分比例,以确保实验的可靠性和可复现性。这些设置和数据集描述将为实验提供可比较和可重复的基础。

4.2 故障诊断实验设计和流程

实验的目标是验证建立的故障诊断模型在实际应用中的效果。实验流程包括数据采集、数据预处理、特征提取、模型训练和测试等步骤。数据采集阶段通过选择合适的设备和传感器获取调压阀的运行数据。数据预处理阶段对采集到的数据进行滤波、去噪和异常值检测等处理。特征提取阶段将数据转化为有意义的特征向量。模型训练阶段使用训练集对建立的模型进行训练和参数调优。模型测试阶段使用测试集评估模型的性能和准确性。确保每个步骤的详细操作和参数设置,以确保实验的可重复性和可比性。

4.3 实验结果分析和讨论

实验结果分析和讨论部分对建立的故障诊断模型的性能和效果进行评估。首先,根据模型在测试集上的预测结果和真实标签进行比较,计算评估指标,如准确率、召回率、精确率和 F1 值等。进一步,分析模型的故障诊断能力和准确性,讨论其对不同故障类

型的识别和定位能力。可以通过绘制混淆矩阵、绘制 ROC 曲线等可视化方法展示模型的性能和区分度。同时,对实验结果进行讨论,探讨可能的误差来源和改进方法,以进一步提升模型的性能和效果。

4.4 模型性能评价和比较

模型性能评价和比较部分。通过与传统方法的对比,评估数据驱动方法在天然气管站场电动调压阀故障诊断中的优势和效果。可以比较两者在准确率、识别率、故障定位等指标上的表现,分析数据驱动方法在故障诊断方面的优越性。此外,还可以讨论模型在不同故障场景和数据质量下的稳定性和鲁棒性,探讨数据驱动方法的适应能力和泛化能力。通过对比分析,可以全面评估数据驱动方法在故障诊断中的优势,并为进一步改进和应用提供指导。

综上所述,实验与结果分析部分描述了实验设置和数据集,故障诊断实验设计和流程,实验结果的分析 and 讨论,以及模型性能的评价和与传统方法的比较。通过实验与结果分析,将评估数据驱动方法在天然气管站场电动调压阀故障诊断中的应用效果,并提供对模型性能和实验结果的深入理解。

通过本文的研究,我们基于数据驱动的方法实现了天然气管站场电动调压阀的故障诊断。在相关工作部分,我们介绍了天然气管站场电动调压阀的作用和重要性,传统故障诊断方法的局限性,以及数据驱动方法的发展和应用。在方法部分,我们详细阐述了数据采集与预处理、模型建立和特征工程等步骤。接着,我们进行了实验与结果分析,验证了所建立模型的性能和效果。通过实验结果和对比分析,证明了数据驱动方法在天然气管站场电动调压阀故障诊断方面的优势和可行性。本研究填补了该领域的研究空白,提高了故障诊断的准确性和效率。未来的研究方向包括进一步优化模型性能、扩展到更多故障类型的识别和定位,并将所建立的模型应用于实际的天然气管站场中,以进一步提升供气系统的安全性和稳定性。

参考文献:

- [1] 曹旭原,彭伟,罗林林,等.天然气管站场调压阀及汇管噪声抑制方法[J].自动化与仪器仪表,2017(10):3.
- [2] 黄爱芹.基于数据驱动的调节阀故障诊断方法研究[D].济南:山东大学,2015.

作者简介:

胡顺源(1988-),四川岳池人,工程师,主要研究方向:气动声学及流动噪声、智能故障诊断和模式识别等。