

自动化智能振动分析与故障检测在纺织机械中的应用

徐海龙

(浙江恒强科技股份有限公司 浙江杭州 311100)

摘要: 纺织机械的故障可能导致生产中断和高昂的维护成本。因此,利用振动数据进行故障检测和诊断具有重要意义。本研究通过选择合适的传感器并部署它们,采集纺织机械的振动数据,并进行预处理。接着,提取时间域、频域和时频域特征,以描述振动信号的关键信息。然后,采用机器学习和深度学习模型,实现故障模式的分类和诊断。最后,建立了实时监测与报警系统,能够在故障发生时及时通知操作人员,以采取必要的措施。

关键词: 自动化振动分析;故障检测;纺织机械;机器学习;深度学习

1 引言

纺织业一直是全球经济的关键组成部分,为各种纤维和织物的生产提供支持。纺织机械是实现高效生产的关键因素,其性能和稳定性对整个产业链的顺畅运作至关重要。振动分析是一种重要的技术,可用于监测和评估机械设备的状态。通过振动分析,可以提前发现潜在的故障和异常,从而减少停机时间,降低维护成本,提高生产效率。本文的主要目标是探索自动化智能振动分析与故障检测在纺织机械中的应用,通过利用先进的数据采集技术和智能分析方法,实现对纺织机械状态的实时监测和故障诊断。

2 振动分析与故障检测概述

2.1 纺织机械振动特性

2.1.1 纺织机械振动的类型与特点

纺织机械的振动可以分为多种类型,包括机械振动、流体振动和结构振动。这些振动类型在纺织生产中具有不同的特点,例如频率范围和振幅。了解这些特点对于有效的振动分析和故障检测至关重要。

2.2 智能振动分析技术

2.2.1 机器学习在振动分析中的应用

机器学习技术在振动分析中得到广泛应用,包括监督学习、无监督学习和强化学习等。这些方法可以从振动数据中提取关键特征,识别模式,并实现故障检测和分类。例如,支持向量机(SVM)和卷积神经网络(CNN)等算法已被用于纺织机械的振动分析^[1]。

2.2.2 基于传感器的振动数据采集

传感器技术的发展为振动数据采集提供了强大工具。高精度的加速度计和振动传感器可以实时监测纺织机械的振动状态。这些传感器的使用可以帮助捕捉振动信号的细微变化,从而更准确地识别故障迹象。

3 纺织机械振动数据采集

3.1 传感器选择与布置

3.1.1 各类传感器的适用情况

在进行纺织机械振动数据采集时,选择合适的传感器至关重要。以下是一些常用传感器类型及其适用情况:

加速度传感器: 加速度传感器通常用于测量振动的加速度信号,是最常见的振动监测工具之一。它们适用于捕捉高频振动信号,并能够有效检测机械故障。

位移传感器: 位移传感器用于测量振动的位移、变位或相对位移。它们对于低频振动的检测和位移测量非常有用,适用于部分纺织机械的振动分析。

声音传感器: 声音传感器可以捕捉机械故障时产生的声音信号,有助于故障诊断。它们通常用于辅助振动分析。

温度传感器: 温度传感器监测机械部件的温度,对于检测过热和润滑问题具有重要作用,有助于预防故障。

3.1.2 传感器布置策略

传感器的正确布置对于准确捕捉振动信号至关重要。以下是一些传感器布置策略的考虑因素:

位置选择: 传感器应放置在可能发生故障或振动异常的关键位置,例如轴承、驱动部件和转子。

数量与分布: 根据机械的复杂性和尺寸,需要决定传感器的数量和分布,以确保全面覆盖振动源。

传感器定期校准: 定期校准传感器以确保测量的准确性,并根据实际情况进行调整。

3.2 数据采集与预处理

3.2.1 振动数据采集流程

振动数据采集是从传感器到数据存储的过程,通常包括以下步骤:

传感器信号采集: 传感器测量振动信号,将其转换为电信号。
信号放大与滤波: 信号放大以增加信噪比,滤波以去除高频或低频噪声。

数据采样与存储: 采集到的数据以一定的采样率进行存储,通常以数字形式记录在计算机或数据采集系统中。

3.2.2 数据预处理方法

在振动数据分析之前,需要对数据进行预处理以提高其质量和可用性:

数据清洗: 去除异常值和不合理的数据点,以确保数据的准确性。

数据对齐: 如果存在多个传感器,需要确保数据在时间上对齐,以进行多模态数据融合。

特征提取: 从原始振动数据中提取关键特征,如频域特征和时域特征,以用于后续振动分析和故障检测。

数据归一化: 对数据进行归一化处理,以消除不同传感器和测量单元之间的尺度差异,以确保模型的准确性。

通过合理的传感器选择、布置和数据预处理,可以为纺织机械振动数据的有效分析和故障检测提供坚实的基础^[2]。

4 振动特征提取与分析

4.1 特征提取方法

4.1.1 时间域、频域和时频域特征的提取方法

在振动数据分析中,需要将原始振动信号转换为机器学习或深度学习模型能够理解和处理的特征。这些特征包括时间域、频域和时频域特征。

(1) 时间域特征

时间域特征是基于振动信号的时间序列数据计算的特征,用于描述振动信号在时间上的变化。以下是一些常见的时域特征:

均值: 振动信号在时间上的平均值,表示信号的中心位置。

标准差: 振动信号的离散程度,表示信号的波动性。

峰值: 振动信号的最大值,用于衡量信号的最大振幅。

峭度: 振动信号的尖峰度,用于描述信号的峰值特性。

偏度: 振动信号的偏斜度,用于衡量信号的非对称性。

这些时域特征可以通过对振动信号的时间序列进行统计分析来计算。

(2) 频域特征

频域特征是通过将振动信号从时域转换到频域来提取的特征,通常使用傅里叶变换或小波变换等方法。以下是一些常见的频域特征:

频率成分: 通过傅里叶变换,可以将振动信号分解成不同频率的成分,其中包括主要频率、谐波和共振频率等。

频谱能量: 各频率成分的能量,可用于衡量不同频率范围内的振动强度。

频率均值: 频率成分的加权平均值,用于描述信号的主要频率。

频谱峰值: 频谱中的最大峰值, 表示信号的主要频率成分。

(3) 时频域特征

时频域特征结合了时间域和频域信息, 用于描述振动信号在时间和频率上的变化。常见的时频域分析方法包括:

短时傅里叶变换: STFT 将振动信号分成小时间窗口, 并对每个窗口进行傅里叶变换, 以获得频率随时间变化的信息。

小波变换: 小波变换可以将振动信号分解成不同尺度的小波, 用于分析信号的时频特性。

提取时频域特征需要在不同时间窗口或尺度下对振动信号进行分析, 并计算相应的特征。这些特征提取方法为后续的机器学习或深度学习模型提供了输入数据, 帮助模型理解振动信号的关键信息, 从而实现振动数据的有效分析和故障检测。

4.1.2 特征选择与降维技术

在振动数据中提取大量特征可能会导致维度灾难, 因此需要进行特征选择和降维, 以减少特征的数量并保留关键信息。

主成分分析 (PCA): PCA 用于将原始特征空间投影到较低维度的子空间, 以保留最大的方差信息。

线性判别分析 (LDA): LDA 是一种有监督的降维方法, 旨在最大化不同类别之间的差异。

特征选择算法: 特征选择方法可以根据特征的重要性进行排序, 并选择具有最高重要性的特征, 如卡方检验、信息增益和递归特征消除。

4.2 智能分析模型

智能分析模型在纺织机械中的应用是为了实现更准确、高效的故障检测和诊断, 以提高设备的可靠性和生产效率。

4.2.1 机器学习算法

机器学习算法在纺织机械中的应用广泛, 用于处理振动数据并识别故障模式。

分类算法: 机器学习模型可以用于将振动数据分类为正常状态和不同类型的故障状态。例如, 支持向量机 (SVM)、随机森林和逻辑回归等分类器用于准确识别不同的故障模式。

异常检测: 异常检测算法可用于检测振动数据中的不寻常行为, 这可能是由于机械故障引起的。常见的异常检测方法包括孤立森林 (Isolation Forest) 和局部异常因子 (LOF) 等。

特征选择和降维: 机器学习模型可以帮助确定哪些振动特征对于故障检测最具信息量。特征选择和降维技术如主成分分析 (PCA) 和线性判别分析 (LDA) 可用于提高模型性能和降低计算复杂度。

4.2.2 深度学习模型

深度学习模型在纺织机械中的应用正在迅速增加, 它们能够处理复杂的振动数据和时序信息。

卷积神经网络 (CNN): CNN 可以用于振动数据的特征提取和模式识别。它们能够自动学习振动模式的空间特征, 适用于故障检测。

循环神经网络 (RNN): RNN 适用于处理时序数据, 如振动信号。它们可以捕捉振动数据中的时间依赖关系, 用于序列型故障的检测和预测。

深度自编码器 (DAE): DAE 可用于降低振动数据的维度, 提取关键特征。它们可以帮助减少数据的噪音和冗余信息, 提高模型的鲁棒性。

4.2.3 在线模型和持续学习

智能分析模型通常是在线部署的, 能够持续监测和分析振动数据。这意味着模型可以随着时间的推移不断学习和适应新的数据和故障模式。持续学习方法可以帮助模型保持高效性, 并在新的情况下不断提高准确性。

4.2.4 集成监测系统

智能分析模型通常与集成监测系统结合使用。这些系统通过实时数据流处理、模型推理和报警生成来提供全面的故障监测和诊断服务。集成监测系统不仅提供了实时的故障报警, 还支持数据存储、可视化和历史数据分析。

通过选择适当的特征提取方法和智能分析模型, 可以有效地从振动数据中提取有价值的信息, 实现故障检测和状态监测的目标。

5 故障检测与诊断

5.1 故障识别算法在纺织机械中的应用

故障识别算法在纺织机械中的应用具有重要意义, 它们能够检

测和诊断潜在的机械问题, 确保生产过程的稳定性和质量。

5.1.1 特定故障模式的识别

故障识别算法被用于检测和识别特定类型的机械故障。例如, 它们可以识别轴承的损坏、传动系统的故障或偏心轮的不平衡。算法通过分析振动信号中的特征模式, 如异常的频率成分、时域特征的变化或频谱的异常峰值来检测故障。

5.1.2 异常检测和分类

故障识别算法也用于纺织机械中的异常检测和分类。它们能够检测到机械系统中的未知或意外的故障, 即使这些故障没有事先定义的特定模式。通过训练机器学习模型, 算法可以识别振动信号中的异常行为, 并将其分类为可能的故障类型^[9]。

5.1.3 实时监测与报警

故障识别算法通常与实时监测系统集成, 以便在故障发生时能够实时报警。一旦算法检测到潜在的故障模式或异常行为, 它们可以触发报警, 通知操作人员或自动停机, 以减少进一步的损害或生产中断。

5.1.4 预防性维护

故障识别算法的应用还可以支持预防性维护策略。通过连续监测机械系统的振动, 算法可以提前识别故障迹象, 帮助维护团队计划维修工作, 避免计划外的停机时间, 并减少维护成本。

5.1.5 数据驱动的决策支持

故障识别算法生成的数据和报警信息可用于数据驱动的决策支持系统。这些系统可以帮助管理人员和工程师更好地理解机械设备的状态, 制定合适的维护计划, 并优化生产过程。

5.2 实时监测与报警系统

5.2.1 故障预测与实时报警

实时监测与报警系统使用故障预测模型, 连续监测纺织机械的振动数据、电流、温度等关键参数。一旦系统检测到异常振动模式、异常电流或温度升高等异常情况, 它将触发实时报警。这有助于在潜在故障导致严重问题之前采取及时的措施, 如停机维护或维修。

5.2.2 数据分析与异常检测

实时监测系统还涵盖数据分析和异常检测。通过收集和分析大量的振动数据, 系统可以识别异常振动模式或频谱特征, 这可能表明机械部件的不正常运行。此外, 系统还可以检测到电机电流异常、轴承温度升高等问题。这些异常数据的检测有助于及时发现潜在故障。

5.2.3 报警级别和通知

实时监测与报警系统通常设有不同的报警级别和通知机制。根据故障的严重性, 系统可以触发不同级别的报警, 从轻微的异常情况到严重的故障。通知可以通过多种方式进行, 包括警报灯、声音警报、短信通知或电子邮件通知。这确保了相关人员能够在故障发生时及时获得信息。

6 结论

本文研究了自动化智能振动分析与故障检测在纺织机械中的应用。通过对纺织机械振动数据的采集、特征提取与分析, 以及故障检测与诊断方法的探索, 得出以下结论:

(1) 振动分析是纺织机械状态监测和故障检测的关键技术之一。通过合适的传感器选择与布置, 可以有效地获取振动数据, 从中提取关键特征, 用于机器学习和深度学习模型的训练与建模。

(2) 机器学习算法和深度学习模型在振动数据分析中表现出色, 能够自动学习振动模式, 实现故障的分类和诊断。特别是深度学习方法, 对于复杂的振动模式和时序信息的处理具有独特优势。

(3) 实时监测与报警系统的设计与部署可以帮助预防故障和降低生产中断。通过将故障检测算法与实时数据流结合, 可以及时识别潜在的故障迹象, 并触发报警, 以便采取必要的维护措施。

参考文献:

- [1]李清, 唐璠, 陈耀棠, 等. 智能制造体系架构、参考模型与标准化框架研究[J]. 计算机集成制造系统, 2018, 24 (3): 539 - 549.
- [2]张洁, 吕佑龙, 汪俊亮, 等. 大数据驱动的纺织智能制造平台架构[J]. 纺织学报, 2017, 38 (10): 159 - 165.
- [3]周济, 周艳红, 王柏村, 等. 面向新一代智能制造的人-信息-物理系统 (HCPS) [J]. Engineering, 2019, 5 (4): 71 - 97.