

基于起重机械运行状态的故障预警技术研究

李 浩

宁波大榭招商国际码头有限公司 浙江 宁波 315812

摘要:起重机械作为港口行业的关键设备,其安全运行至关重要。为提升起重机械的安全性和故障预防能力,深入研究故障预警系统的设计与实现。介绍基于机器学习的故障预测模型的设计思路,并强调模型训练与优化的关键作用。接着,详细阐述故障预警系统的整体架构,包括实时监测、数据处理以及故障预警等核心模块的实现方法。本文的研究为起重机械的安全运行提供有效手段,并有望助力企业提高生产效率和经济效益。

关键词:起重机械;运行状态;故障预警;实时监测

1 起重机械在港口生产中的重要性

在现代港口生产中,起重机械的运行状态直接关系到生产效率和安全性。为了确保起重机械的稳定运行,及时预测并处理潜在的故障至关重要。基于起重机械运行状态的故障预警技术通过实时监测和分析起重机械的各项运行参数,利用先进的数据处理技术和机器学习算法,实现对起重机械故障的预测和预警。这种故障预警技术首先通过安装在起重机械上的各类传感器,实时收集起重机械的各项运行数据,如负载重量、运行速度、电机温度等。然后,利用数据处理技术对这些数据进行清洗、去噪和特征提取,提取出与故障发生密切相关的特征参数。通过构建基于机器学习或深度学习的故障预警模型,利用历史故障数据和正常运行数据训练模型,使模型能够自动识别和判断起重机械的运行状态是否正常,并预测可能发生的故障类型和时间。同时,通过对模型的持续优化和更新,提高预警的准确性和可靠性。当故障预警模型检测到异常数据时,会立即发出预警信号,提醒操作人员或自动启动故障处理机制,避免故障的发生或减小故障造成的损失。基于起重机械运行状态的故障预警技术为起重机械的安全运行和故障预防提供了一种有效的手段,有助于提高企业的生产效率和经济效益^[1]。随着技术的不断发展和完善,相信这种故障预警技术将在未来的工业生产中发挥更加重要的作用。

2 起重机械运行状态监测技术

2.1 传感器技术在起重机械状态监测中的应用

起重机械作为现代港口生产中不可或缺的设备,其运行状态的监测对于保障生产安全和效率至关重要。通过各种类型传感器的应用,可以实现对起重机械关键部位和参数的实时监测,为故障预警和故障诊断提供可靠的数据支持。在起重机械状态监测中,常见的传感器包括应力传感器、温度传感器、位移传感器、振动传感

器等。应力传感器用于监测起重机械关键部件的应力状态,及时发现应力集中和疲劳损伤;温度传感器则用于监测电机、轴承等关键部件的温度变化,预防过热和烧毁等问题;位移传感器可以实时监测起重机械的结构变形和位移情况,预防结构失效和失稳等问题;振动传感器则可以通过监测起重机械运行时的振动信号,分析机械结构的健康状态和故障特征。除了选择合适的传感器类型,传感器的布置和安装方式也是起重机械状态监测中需要注意的问题。传感器应该布置在能够反映机械结构应力、温度、位移和振动等关键参数的位置,同时要考虑传感器的安装方式和固定方式,确保传感器能够稳定可靠地工作,并且不会对起重机械的正常运行产生影响。在传感器技术的应用中,还需要考虑信号传输和处理的问题。传感器采集到的信号需要通过合适的传输方式传输到数据采集和处理系统中,以便进行后续的数据分析和处理。

2.2 数据采集与信号处理方法

数据采集是指通过各种传感器实时获取起重机械运行过程中的各种物理量信息,如应力、温度、位移、振动等,为后续的故障预警和诊断提供基础数据。而信号处理则是对这些原始数据进行预处理、特征提取和识别,以提取出与故障相关的信息,为故障诊断和预警提供决策支持。数据采集过程中,根据起重机械的特点和监测需求选择合适的传感器,并确保传感器能够准确、稳定地采集数据。同时,还需要考虑数据采集的频率和精度,以确保数据的连续性和有效性。为了避免数据传输过程中的干扰和丢失,还需要选择合适的数据传输方式和协议,确保数据的完整性和可靠性。在信号处理方面,对原始数据进行预处理,包括去噪、滤波、平滑等,以消除数据中的干扰和噪声,提高数据的信噪比^[2]。然后,进行特征提取,即从预处理后的数据中提取出与

故障相关的特征参数,如频率、幅值、相位等。这些特征参数可以反映起重机械的运行状态和故障特征,为后续的故障诊断和预警提供支持。

2.3 运行状态参数分析与故障特征提取

运行状态参数分析主要包括对起重机械的各种运行参数进行实时监测和统计分析。这些参数包括但不限于起重机械的载荷、起升速度、运行轨道的平直度、电动机的电流电压等。通过对这些参数的实时监测,可以实时了解设备的运行状态,发现异常情况,从而及时采取措施防止故障的发生。同时,通过对历史数据的统计分析,还可以得到设备的运行规律和性能退化趋势。这有助于预测设备的剩余寿命,以及可能发生的故障类型和时间。这些信息对于设备的全周期管理维护具有重要的指导意义,可以避免因设备突然故障而造成的生产中断和损失。

故障特征提取的主要方法包括时域分析、频域分析和时频分析等。时域分析主要关注信号在时间域上的变化,如峰值、均值、方差等统计特征,可以用于检测信号的突变和异常。频域分析则通过傅里叶变换等方法将信号从时间域转换到频率域,从而揭示信号中的周期性成分和频谱特性。时频分析则结合时域和频域的信息,能够同时揭示信号在时间和频率上的变化,对于非平稳信号的分析尤为有效。在提取出故障特征后,还需要利用机器学习、模式识别等技术对故障进行准确的分类和识别。这通常需要大量的故障数据和正常运行数据来训练分类器,使得分类器能够对新的运行状态参数进行准确的分类和识别。

3 起重机械运行状态的故障预警模型建立

3.1 常见故障预警算法

起重机械作为重要的港口设备,其运行状态的稳定性和安全性直接关系到生产效率和生产安全。为了确保起重机械的正常运行,建立有效的故障预警模型是至关重要的。在故障预警技术中,常见的故障预警算法包括基于阈值的预警、基于统计分析的预警以及基于机器学习的预警等。基于阈值的预警算法是一种简单而有效的预警方法。它根据起重机械的关键运行参数设定一定的阈值,当实时监测到的参数值超过或低于这些阈值时,就触发预警。这种方法的优点是简单易行,但需要准确设定阈值,否则可能会导致误报或漏报^[3]。基于统计分析的预警算法则通过对起重机械的历史数据进行统计分析,建立参数的正常范围和变化规律,当实时监测到的参数值超出正常范围或变化规律发生异常时,就进行预警。这种方法能够考虑到参数的变化和趋势,但需要对

数据进行深入的分析和处理。

3.2 基于机器学习的故障预测模型设计

随着数据科学的快速发展,基于机器学习的故障预测模型在起重机械运行状态监测中得到了广泛应用。设计一个有效的故障预测模型需要考虑数据的收集、预处理、特征提取、模型选择、训练和优化等多个环节。需要收集起重机械在不同运行状态下的数据,包括正常运行数据和故障发生前的数据。这些数据应该覆盖起重机械的各种运行场景和操作模式,以确保模型的通用性和准确性。由于收集到的数据中可能存在噪声、异常值和缺失值等问题,因此需要进行数据清洗、去噪和填充等操作,以提高数据的质量和可靠性。从原始数据中提取出与故障相关的特征是提高模型预测性能的重要步骤。可以通过时域分析、频域分析、小波分析等方法提取出反映起重机械运行状态的特征参数,如振动频率、振幅、能量分布等。可以选择支持向量机、神经网络、随机森林等机器学习算法作为故障预测模型。在模型训练过程中,需要选择合适的优化算法和参数,如梯度下降算法、交叉验证等,以提高模型的预测准确性和泛化能力。可以通过调整模型参数、引入新的特征、采用集成学习等方法来优化模型性能。同时,还需要对模型进行评估和验证,如计算预测准确率、查准率、查全率等指标,以确保模型的稳定性和可靠性。

3.3 模型训练与优化

在模型训练过程中,选择合适的算法和训练数据,并通过迭代优化来逐步提升模型的预测准确性。通常,需要将收集到的数据分为训练集、验证集和测试集。训练集用于训练模型,验证集用于调整模型参数和防止过拟合,测试集则用于评估模型在未见数据上的性能。选择合适的机器学习算法是建立有效模型的基础。针对起重机械运行状态的故障预警,我们可以选择如支持向量机(SVM)、随机森林(RandomForest)、神经网络(NeuralNetwork)等算法。这些算法各有特点,适用于不同的场景和数据结构。在模型训练过程中,参数的优化和调整是至关重要的。通过交叉验证(Cross-validation)、网格搜索(GridSearch)等技术,我们可以寻找最佳的模型参数,以提高模型的预测性能。特征选择也是关键的一环,通过选择与故障预警最相关的特征,可以提高模型的预测准确性并降低模型的复杂度。

4 起重机械运行状态故障预警系统的实现与测试

4.1 故障预警系统的整体架构设计

起重机械运行状态故障预警系统的整体架构设计是实现该系统功能和性能的基础。一个典型的故障预警系

统架构通常包括数据采集层、数据传输层、数据处理与分析层以及预警输出层。数据采集层是实现实时监测的关键部分，它通过部署在起重机械上的各种传感器（如应力传感器、温度传感器、位移传感器、振动传感器等）来采集起重机械运行状态的相关数据。这些数据是后续分析和预警的基础。数据传输层负责将采集到的数据传输至数据处理中心。这一层通常采用有线或无线通信技术，确保数据的实时性、稳定性和可靠性。数据处理与分析层是故障预警系统的核心，在这一层，首先会对接收到的原始数据进行预处理，如去噪、归一化等，以提高数据质量。随后，利用预先设计好的算法和模型对数据进行处理和分析，提取出与故障相关的特征，并进行故障预警。

4.2 实时监测与数据处理模块的实现

实时监测与数据处理模块是故障预警系统的关键组成部分，它负责实时采集起重机械的运行数据并对其进行处理，为后续的故障预警提供基础数据。在实时监测方面，首先需要根据起重机械的特点选择合适的传感器，并合理布置在关键部位。同时，还需要设计稳定的数据采集电路和数据传输方案，确保数据的实时性和准确性。数据处理则涉及到数据的清洗、去噪、滤波和转换等一系列操作。这些操作的目的是消除原始数据中的干扰和噪声，提取出与起重机械运行状态相关的有效信息。可以通过信号处理技术（如傅里叶变换、小波分析等）来实现。

还需要对处理后的数据进行存储和管理，以便后续分析和预警使用。可以采用数据库技术来存储和管理数据，同时还需要设计合理的数据结构和索引策略，以提高数据查询和处理的效率^[4]。

4.3 故障预警模块的实现

在故障预警模块的实现中，选择合适的故障预警算法和模型。根据起重机械的特点和故障类型，可以选择基于阈值的预警、基于统计分析的预警或基于机器学习的预警等算法。同时，还需要对算法和模型进行训练和优化，以提高预警的准确性和可靠性。设计预警触发的规则和阈值，这些规则和阈值可以根据历史数据和专

家经验进行设定，也可以通过机器学习算法自适应地调整。将预警信息以合适的方式输出给用户。可以通过声光报警、短信通知、邮件提醒等方式将预警信息传达给操作人员和管理人员，以便他们及时采取应对措施。

4.4 系统测试与性能评估

在系统测试阶段，需要对系统的各个模块进行全面的测试，包括功能测试、性能测试、稳定性测试等。通过模拟实际场景和异常情况，验证系统是否能够准确、及时地发出预警，并评估系统的可靠性和稳定性。在性能评估阶段，可以采用准确率、召回率、精确率等指标来评估预警模型的性能。同时，还可以通过与其他类似系统进行比较和分析，来评估本系统的优势和不足。要对系统进行长期的实际运行测试，以验证系统在实际应用中的性能和效果。通过收集和分析实际运行数据，不断改进和优化系统，提高预警的准确性和可靠性。通过合理的架构设计、模块实现和性能评估，可以确保系统能够准确地监测起重机械的运行状态，及时发现并预警潜在的故障，为起重机械的安全运行提供有力保障。

结束语

通过对起重机械运行状态的实时监测和数据分析，结合先进的机器学习算法，本文所述的故障预警系统为港口生产中的设备安全与故障预防提供有力支持。该系统的实现与测试表明，它能够准确、及时地预警潜在故障，为企业节省维护成本，减少生产中断。随着技术的不断进步，相信这一预警系统将在未来港口生产中发挥更大的作用，为设备的高效、安全运行提供坚实保障。

参考文献

- [1]张伟,李明.起重机械运行状态的智能监测与故障预警技术研究[J].中国机械工程.2022.33(14):1687-1693.
- [2]刘志鹏,刘建辉.基于多源信息融合的起重机械故障预警系统研究[J].自动化与仪表.2023.38(2):57-61.
- [3]陈卫东,韩伟.起重机械运行状态监测与故障诊断技术研究进展[J].工程机械与维修.2021(10):68-72.
- [4]王晓宇,张志勇.基于物联网的起重机械故障预警与远程维护系统设计[J].物联网技术.2023.13(4):82-87.