

基于大数据分析的矿山机电设备故障诊断与预测

孙国玉¹ 刘振²

1 国家能源集团宁夏煤业有限责任公司洗选中心, 宁夏银川, 750000;

2 泰伯克(天津)机械设备有限公司, 天津, 301712;

摘要: 本文深入探讨基于大数据分析的矿山机电设备故障诊断与预测, 全面阐述大数据分析技术的定义、特点及其在故障诊断与预测中的应用, 详细介绍矿山机电设备故障诊断和预测的原理及基于大数据分析的方法, 并深入分析大数据分析在矿山机电设备故障诊断与预测中的具体应用流程, 包括数据采集与预处理、特征提取与选择、模型构建、评估与优化等环节, 旨在为提升矿山机电设备运行的可靠性和安全性提供技术支持与理论参考。

关键词: 大数据分析; 矿山设备; 故障诊断; 预测; 安全

DOI:10.69979/3041-0673.25.02.038

引言

在矿山生产中, 机电设备的稳定运行是保障生产效率和安全生产的关键。然而, 矿山恶劣的工作环境和复杂的运行工况, 使得机电设备容易出现故障。传统的故障诊断与预测方法往往依赖于单一的检测手段和经验判断, 难以满足现代矿山生产对设备可靠性和安全性的要求。随着大数据技术的快速发展, 将大数据分析应用于矿山机电设备的故障诊断与预测, 能够充分挖掘设备运行数据中的潜在信息, 实现对设备故障的精准诊断和提前预测, 有效降低设备故障率, 提高矿山生产的经济效益和安全性。

1 大数据分析技术概述

1.1 大数据分析的定义与特点

大数据分析是指对规模巨大、结构复杂、变化快速的数据集合进行采集、存储、管理、分析和可视化处理, 以提取有价值信息和知识的过程。大数据具有 Volume (大量)、Velocity (高速)、Variety (多样)、Value (价值) 和 Veracity (真实性) 五大特点。

大量性体现在数据规模庞大, 矿山机电设备在运行过程中会产生海量的数据, 包括设备的运行参数、传感器数据、维护记录等, 这些数据的积累量可达 TB 甚至 PB 级别。高速性表示数据产生和传输的速度极快, 实时监测的矿山机电设备不断产生新的数据, 需要快速处理和分析, 以满足实时诊断和预测的需求。多样性指数据类型丰富多样, 除了传统的结构化数据, 如设备的运行参数等, 还包括非结构化数据, 如设备运行状态的图像、声音以及文本形式的维护报告等。价值性意味着大数据中蕴含着巨大的潜在价值, 但这些价值密度较低, 需要

通过深入分析和挖掘才能提取出来。真实性强调数据的准确性和可靠性, 只有真实可靠的数据才能为故障诊断与预测提供有效的支持。

1.2 大数据分析在故障诊断与预测中的应用

在故障诊断领域, 大数据分析发挥着至关重要的作用。它能够将来自传感器、监控系统、设备日志等多源数据进行有机整合。设备运行过程中会产生海量数据, 诸如振动数据可反映设备的机械部件运行平稳程度, 温度数据能直观展现设备关键部位的发热状况, 电流数据则体现电气系统的工作状态。通过大数据分析技术, 对这些数据进行深度挖掘与综合研判, 便能精准判断设备是否存在故障, 以及故障的具体类型和发生位置。例如, 当设备振动异常且伴有温度升高、电流波动时, 利用大数据分析就能迅速识别出设备处于异常运行状态, 进而准确诊断出是机械部件磨损、松动等机械故障, 还是电路短路、断路等电气故障。

在故障预测方面, 大数据分析同样表现卓越。它依托设备长期积累的历史运行数据以及实时采集的数据, 构建科学合理的故障预测模型。模型通过对海量历史数据的深度学习, 能够敏锐捕捉到设备运行状态的细微变化趋势, 以及潜藏其中的各种故障模式。借助这一模型, 系统可提前预测设备在未来一段时间内可能出现的故障, 并及时发出预警信号。这为设备维护人员争取到充足的时间, 提前安排维护和维修工作, 有效避免设备突发故障导致生产中断, 保障矿山生产的连续性和稳定性。

2 矿山机电设备故障诊断方法

2.1 故障诊断的基本原理

矿山机电设备故障诊断的基本原理是通过对设备

运行过程中的各种物理量进行监测和分析,判断设备是否处于正常运行状态。当设备发生故障时,其运行参数会发生变化,如振动、温度、压力、电流等物理量会偏离正常范围。故障诊断系统通过传感器采集这些物理量的数据,并与预先设定的正常运行参数范围进行对比。如果检测到的数据超出正常范围,就表明设备可能存在故障。同时,故障诊断还会利用信号处理、模式识别等技术对采集到的数据进行分析,提取故障特征。例如,通过对振动信号进行频谱分析,可以得到设备振动的频率成分,根据不同频率成分的变化来判断设备是否存在故障以及故障的类型,如轴承故障、齿轮故障等。

2.2 基于大数据分析的故障诊断方法

基于大数据分析的故障诊断方法主要包括数据驱动的故障诊断和模型驱动的故障诊断。

数据驱动的故障诊断方法直接利用设备的运行数据进行故障诊断。通过对大量正常运行数据和故障数据的学习,建立故障诊断模型。机器学习算法在数据驱动的故障诊断中得到广泛应用,如支持向量机(SVM)、决策树、神经网络等。以神经网络为例,通过将设备的运行数据作为输入,对神经网络进行训练,使其学习到正常运行状态和故障状态下数据的特征模式。在实际诊断时,将实时采集的设备运行数据输入到训练好的神经网络中,根据神经网络的输出结果判断设备是否存在故障以及故障的类型。

模型驱动的故障诊断方法则是基于设备的物理模型和数学模型进行故障诊断。首先建立设备的数学模型,描述设备的正常运行状态和故障状态下的数学关系。然后根据设备的实际运行数据,对模型参数进行估计和更新。当模型参数与正常状态下的参数差异超出一定范围时,就判断设备可能存在故障。例如,在建立矿山通风机的数学模型时,考虑通风机的结构参数、运行参数以及故障模式等因素,通过对实际运行数据的分析,判断通风机是否存在故障。

3. 矿山机电设备故障预测方法

3.1 故障预测的基本原理

矿山机电设备故障预测的基本原理是基于设备的老化规律、运行工况以及历史故障数据,预测设备在未来一段时间内发生故障的可能性和时间。故障预测主要依赖于对设备运行状态的实时监测和数据分析,通过建立合适的预测模型,对设备的未来运行状态进行估计。

设备在运行过程中,其性能会逐渐下降,通过监测设备的关键性能指标,如磨损程度、疲劳寿命等,结合设备的运行时间和工况条件,可以预测设备的剩余使用

寿命。同时,利用故障树分析、可靠性分析等方法,对设备的故障模式和故障概率进行分析,提前制定维护策略,降低设备故障带来的损失。

3.2 基于大数据分析的故障预测方法

基于大数据分析的故障预测方法主要有时间序列分析、机器学习预测和深度学习预测等。

时间序列分析是将设备的运行数据按时间顺序排列,通过对历史数据的分析和建模,预测未来的数据变化趋势。常用的时间序列分析方法有ARIMA(自回归积分滑动平均模型)等。以矿山提升机的电机电流数据为例,利用ARIMA模型对历史电流数据进行建模,通过模型预测未来一段时间内电机电流的变化情况,当预测值超出正常范围时,预示着提升机可能出现故障。

机器学习预测方法利用机器学习算法对设备的历史运行数据和故障数据进行学习,建立故障预测模型。如利用随机森林算法,通过对设备的运行参数、维护记录等数据进行学习,预测设备在未来一段时间内发生故障的概率。机器学习预测方法能够处理多变量数据,综合考虑多种因素对设备故障的影响。

深度学习预测方法是近年来发展迅速的一种故障预测方法,它利用深度神经网络自动学习数据的特征表示。深度学习模型具有强大的非线性拟合能力,能够学习到复杂的故障模式。例如,利用卷积神经网络(CNN)对设备的振动图像数据进行学习,实现对设备故障的预测。深度学习预测方法在处理大规模、高维度的数据时具有明显优势。

4 大数据分析在矿山机电设备故障诊断与预测中的应用

4.1 数据采集与预处理

数据采集是大数据分析的根基,对于矿山机电设备而言,其数据采集至关重要,必须全面覆盖设备的各个关键部位以及运行的每一个环节。在实际操作中,需在设备的关键节点安装各类传感器,像振动传感器可精准捕捉设备的振动幅度与频率,温度传感器能实时监测设备温度变化,压力传感器可获取设备内部压力状况,电流传感器则记录电流数据等,以此实时采集设备的运行参数。同时,设备的维护记录包含了维修时间、故障类型等重要信息,生产工艺数据涉及生产流程、产量等内容,这些相关信息的收集也不可或缺。

采集到的数据通常会存在噪声、缺失值和异常值等问题,所以预处理极为关键。数据清洗是去除噪声和异常值的必要步骤,通过设定合理的阈值,结合先进的滤波算法,能有效去除明显错误的信息。对于缺失值,均

值填充是简单的填补方式,插值法可依据数据趋势进行填补,基于机器学习的方法则能更智能地处理缺失值。数据标准化是将不同类型的数据进行归一化处理,使数据具有相同的量纲和尺度,为后续的深度分析和精准建模筑牢基础。

4.2 特征提取与选择

特征提取是故障诊断与预测的关键环节,其旨在从原始数据里精准提炼出能有效反映设备运行状态和故障特征的关键信息。以振动信号为例,在时域方面,均值能体现信号的平均水平,方差可反映信号的波动程度,峰值指标则突出信号的峰值特性;在频域上,功率谱密度用于展示能量随频率的分布,频率重心可表征频率分布的中心趋势。对于温度数据,温度变化率反映温度随时间的变化快慢,温度梯度则体现空间上的温度差异。

特征选择同样重要,它是从已提取的众多特征中挑选出对故障诊断和预测最具价值的特征,剔除冗余与无关的部分。像相关性分析,通过计算特征与故障的相关系数来筛选;信息增益基于信息论评估特征对故障信息的贡献;递归特征消除则是逐步剔除不重要特征。在矿山破碎机故障诊断中,运用相关性分析,挑选出与故障紧密关联的振动频率和温度特征,去除那些关联性弱的特征,有效降低数据维度,提升模型训练效率与准确性。

4.3 故障诊断与预测模型构建

根据矿山机电设备复杂多样的故障诊断和预测需求,需审慎选择合适的模型进行构建。对于故障诊断工作,支持向量机以其出色的分类能力,能够精准识别设备故障类型;神经网络则凭借强大的自学习和非线性映射能力,成为诊断复杂故障的有力工具。在构建神经网络模型时,确定网络结构是关键环节,输入层节点数依故障特征数量而定,隐藏层节点数的设置影响模型的学习能力,输出层节点数对应故障类别,同时还需合理选择激活函数的类型,如ReLU、Sigmoid等。对于故障预测,可选用时间序列分析模型捕捉设备运行数据的时间规律,或借助机器学习模型挖掘数据特征,深度学习模型在处理大规模数据时优势显著。

在构建模型时,模型参数优化必不可少。例如在训练神经网络时,通过动态调整学习率,避免模型陷入局部最优,调整正则化参数,防止过拟合,以此提高模型的泛化能力和准确性。利用交叉验证等科学方法,将数据集划分多份进行训练和测试,全面评估模型性能,从中选择最契合故障诊断和预测要求的模型。

4.4 模型评估与优化

模型评估是判断模型性能优劣的关键且不可或缺的重要环节。在众多评估指标里,常用的有准确率、召回率、F1值、均方误差等等。对于故障诊断模型而言,准确率的意义在于它直观地体现了正确诊断的样本数在总样本数中所占的比例,而召回率则着重反映了实际故障样本里被准确无误诊断出来的比例。至于故障预测模型,均方误差发挥着关键作用,用于精准衡量预测值与真实值之间的误差程度。

根据模型评估所得到的详尽结果,我们便能有针对性地对模型展开优化。要是模型的准确率不尽人意,数值较低,那就可能需要从多个方面入手,比如对模型的结构进行重新设计与调整,精心调试模型参数,加大训练数据的规模与多样性,又或者创新性地改进特征提取和选择的方法。通过持续不断地评估与优化,稳步提升模型的性能,从而确保其能够更加精准地进行矿山机电设备的故障诊断与预测,为矿山安全生产提供坚实保障。

5 结束语

基于大数据分析的矿山机电设备故障诊断与预测技术,为保障矿山机电设备的安全稳定运行提供了有效的手段。通过对大数据分析技术的深入理解和应用,结合矿山机电设备故障诊断与预测的基本原理和方法,能够实现了对设备故障的精准诊断和提前预测。在实际应用中,通过合理的数据采集与预处理、科学的特征提取与选择、有效的模型构建以及严格的模型评估与优化,不断提升故障诊断与预测的准确性和可靠性。未来,随着大数据技术的不断发展和创新,以及与人工智能、物联网等技术的深度融合,基于大数据分析的矿山机电设备故障诊断与预测技术将在矿山生产中发挥更加重要的作用,为矿山行业的智能化发展提供有力支持。

参考文献

- [1]张健. 矿山机电设备维修故障诊断技术浅析[J]. 机电信息, 2020.
- [2]王韶勋. 基于智能矿山的煤矿机电设备管理创新研究[J]. 矿业装备, 2022.
- [3]王璐. 矿山机械电气控制与故障诊断——评《矿山电气设备的故障诊断》[J]. 有色金属工程, 2021.
- [4]李红霞. 矿山机电设备故障诊断技术与管理措施探讨[J]. 中国设备工程, 2020.
- [5]田斌. 智能故障检测诊断技术在矿山机电设备故障诊断中的应用[J]. 机械管理开发, 2021.