

基于机器学习算法的采矿机电设备故障诊断与预测模型研究

牛卫凯

山西焦煤山煤国际庄子河煤业有限公司 山西 长治 046400

摘要: 随着采矿业的快速发展,采矿机电设备的稳定性和可靠性对于提高生产效率、降低维护成本至关重要。传统的故障诊断方法主要依赖于人工,受主观和专业知识等方面限制,存在诊断准确性低、预测及时性差等问题,难以满足现代采矿生产的需求。基于此,本文将基于机器学习算法对采矿机电设备故障诊断与预测模型进行分析,通过对采矿机电设备的运行特点和故障模式进行分析,结合机器学习算法的优势,构建了故障诊断与预测模型,实现对采矿机电设备故障的自动识别、预测和诊断。本文将从机器学习算法概念进行阐述,分析采矿机电设备故障,进一步探究基于机器学习算法的采矿机电设备故障诊断与预测模型的应用。

关键词: 机器学习算法; 采矿机电设备; 故障诊断; 预测模型

采矿行业作为国民经济的重要基础产业,对于国家的能源安全和战略储备具有重要意义。随着工业的发展,科学技术的进步,在采矿过程中,对于机电设备依赖程度逐渐增高,这种机电设备在采矿自动化生产体系中的作用也在稳步提高^[1]。然而,采矿机电设备在恶劣的工作环境下运行,面临着高负荷、高磨损、复杂工况等多种挑战,容易出现故障。一旦出现故障会导致原先的生产流程中断,影响采矿工作正常运行,造成经济损失,严重还会引发安全事故,威胁工作人员的生命安全^[2]。

1 机器学习算法的概念

机器学习算法是一种通过从数据中学习,自动识别模式并进行预测的算法^[3]。其基本原理包括数据预处理、特征提取、模型训练、模型评估和预测等步骤。数据预处理主要是对原始数据进行清洗、整理,以便后续算法的运用;特征提取是从数据中提取相关特征,以便更好地描述样本数据;模型训练是根据提取的特征训练模型,使模型能够自动识别模式并进行预测;模型评估是对训练好的模型进行评估,以检验模型的准确性和可靠性;预测则是利用训练好的模型对新的数据进行预测。

2 当前采矿机电设备故障诊断存在的问题

2.1 技术层面

在采矿机电设备故障诊断中技术层面的问题主要体现在以下四个方面,一是部分采矿企业仍然采用传统的故障诊断方法,通过人工经验判断、仪器检测,缺乏先进的诊断技术和智能化的诊断系统^[4]。当前机电设备

较为复杂,传统方法难以快速定位故障点,及时判断故障原因,导致故障诊断低下。二是数据处理与分析能力不足,机电设备智能化自动化程度不断提高,数据的快速增长导致部分故障诊断系统无法接受大量数据,数据处理与分析能力不足,难以从数据中提取出有价值的信息和故障特征,影响故障诊断的准确性。并且对于数据中的噪声和干扰因素,缺乏有效的处理方法,容易导致误判。三是缺乏多数据整合能力,部分采矿机电设备只能处理单一类型的数据,缺乏对多源数据的融合分析能力,无法综合考虑各种因素对设备故障的影响,导致诊断结果不够全面和准确。四是对复杂故障的诊断能力有限,机电设备故障原因多种多样包含机械故障、电气故障、液压与润滑故障,存在相互关联耦合的情况发生,加重故障复杂程度,从而影响故障诊断系统的分析诊断能力,增加了故障排除的难度^[5]。

2.2 设备层面

在采矿机电设备故障诊断中技术层面的问题主要体现在以下两个方面,一是设备老化和磨损严重,采矿工作环境恶劣,机电设备长期处于高负荷、高磨损的状态,加上部分企业对设备的维护和保养工作不到位,导致设备老化和磨损速度加快^[6]。老化和磨损的设备容易出现各种故障,且故障的表现形式多样,增加了故障诊断的难度。二是设备兼容性差,很多企业在发展过程中不断引进新的技术、新的设备,但是新旧设备之间存在不同厂家、不同通信接口、不同通信协议等问题,导致兼容性较差,故障诊断系统无法准确获取设备的运行数据,影响故障诊断的结果,同时也给设备管理带来困难。

作者简介: 牛卫凯(1984年—),男,汉族,山西省长治市人,大专,助理工程师,主要研究方向为矿山机电方面。

2.3 人才层面

在采矿机电设备故障诊断中技术层面的问题主要体现在以下两个方面中，一是人才储备不足，采矿机电设备故障诊断系统不仅需要技术人员还需要管理人员，但是由于采矿工作环境相对艰苦，无法吸引优秀的技术人才与管理人才，专业性人才的确实导致设备故障诊断的效率和准确性受到影响，使得一些复杂的故障无法及时、有效的解决^[7]。二是人才培养体系不完善，科技的进步，使得机电设备故障类型复杂多变，其诊断方法不断涌现，想要开展高质量工作，首先需要技术人员及时掌握这些新技术、新方法，但是很多企业对于技术人员的培训内容、方式上缺乏创新意识，没有针对性，导致培训效果不佳。

3 基于机器学习算法的采矿机电设备故障诊断与预测模型的优势

3.1 能够适应采矿中的复杂工况

采矿环境恶劣，具有高粉尘、高湿度、温度变化大等特点。机器学习算法在诊断故障时需要适应这些恶劣环境因素对机电设备和传感器的影响^[8]。例如，采矿过程中的粉尘会进入传感器内部，可能会影响传感器的灵敏度，导致采集的数据存在偏差。算法需要能够识别这种由环境因素引起的数据变化，区分其与设备故障引起的数据异常。基于机器学习算法的采矿机电设备故障诊断与预测模型通过长期的数据积累和模型训练可以逐渐适应恶劣环境下的设备运行。对于矿下湿度大的情况，电气设备绝缘性能受影响，机器学习算法可以快速响应并分析在当前环境下是机电设备本身故障还是因湿度导致的电气参数变化引起故障。

同时，基于机器学习算法的采矿机电设备故障诊断与预测模型还可以满足多种工况和负载变化。在采矿过程中，机电设备会经历不同的开采阶段，其次不同的作业区域会有不同的运行工况。如输送机在满载、空载、启动、停止等不同工况下，实时采集的运行参数不同。机器学习算法能够学习这些不同工况下的正常参数范围和变化规律，从而准确诊断故障。当输送机在满载启动时，电流和振动参数会有一个短暂的升高过程，算法可以识别这种正常工况下的参数变化，不会误判为故障。设备负载频繁变化是采矿作业的特点之一。机器学习算法可以适应这种负载变化对设备参数的影响，准确区分因负载变化引起的正常参数波动和由故障导致的异常变化。例如，采掘设备在挖掘不同硬度的矿石时负载不同，其电机功率、扭矩等参数会相应变化，故障诊断模型需要能够在这种负载变化情况下准确诊断电机、传动

部件等是否存在故障。

3.2 基于机器学习算法的多种模型的应用

机器学习算法中包含很多算法模型，如决策树模型、卷积神经网络、循环神经网络等。在搭建采矿机电设备故障诊断预测模型时，需要根据采矿机电设备故障诊断的具体需求和数据特点，选择多种机器学习模型。决策树模型可解释性强，能直观地展示故障诊断的规则，适用于简单的故障分类场景，如判断设备是机械故障还是电气故障。支持向量机（SVM）在处理小样本、高维数据时具有优势，对于一些难以获取大量故障样本的情况，可以有效利用有限数据进行故障诊断。神经网络尤其是深度学习中的卷积神经网络（CNN）和循环神经网络（RNN）及其变体（如长短期记忆网络LSTM），具有强大的非线性映射能力，适合处理复杂的故障模式和时间序列数据。

3.3 故障诊断的实时性与预测性

机器学习算法能够对设备运行数据进行实时处理，实现快速的故障诊断。在设备运行过程中，传感器不断采集数据并传入诊断系统，算法可以在短时间内分析数据并判断设备是否存在故障。对于采矿作业中的关键机电设备，如主通风机、主提升机等，实时故障诊断可以持续监测其健康状态。通过实时分析设备运行参数，算法可以实时更新设备的健康评估结果，为设备的维护和管理提供及时的依据。这种实时性保障了采矿作业的安全和连续性。

4 基于机器学习算法的采矿机电设备故障诊断与预测模型的应用

4.1 以实时数据驱动的故障诊断模式

传感器是数据传输的核心，在采矿机电设备运行过程中，需要安装大量传感器，如温湿度传感器、振动传感器、压力传感器、电流传感器等，采集环境温度、环境湿度、设备振动、设备电流、设备压力等多种实时数据，利用机器学习算法对这些实时数据进行分析，与正常运行状态下的数据模式进行对比，能够快速检测出异常情况^[9]。例如，当设备的振动频率或幅度突然超出正常范围、电流数据出现异常波动等，系统会立即发出警报，暗示机电设备可能存在过载、短路或其他电气故障隐患，提醒工作人员及时查看设备是否出现故障。

此外，系统能自动从原始的设备运行数据中提取与故障相关的特征。例如振动数据中，机器学习算法可以提取时域特征，如均值、方差、峰值因数等，频域特征如频谱峰值、主频、频率边带等，对于温度数据，可以提取温度变化率、温度梯度等特征。这些自动提取的特

征比原始数据更能反映设备的故障状态。

4.2 以历史数据为依据的故障预测模式

机器学习算法具有很强的学习能力，采矿机电设长期连续运行，产生的数据量庞大。机器学习算法能够处理这些海量数据，并从中挖掘故障相关的模式。在大型矿山中，众多机电设备的长时间运行数据积累下来是一个巨大的数据集。算法可以在这样的数据环境中学习不同工况下设备正常与故障状态的特征差异。

基于机器学习算法的采矿机电设备故障诊断还可以结合设备的运行日志、历史维护记录等多源数据。通过对机电设备的启动停止时间、运行模式、维修历史、零部件更换情况进行全面分析，利用机器学习算法中的决策树、贝叶斯网络等概率图模型，建立数据与故障之间的因果关系。有助于机器学习算法识别不同的故障模型，当新的故障发生时，模型可以根据实时数据的特征，结合近期维护记录，分析相关数据的关联和影响，快速准确地判断故障类型、找出故障原因，帮助维修人员迅速确定故障的性质和范围并进行有针对性地维修。

4.3 以算法模型为基础进行多算法融合

为了提高采矿机电设备的故障诊断和预测效率与准确性，可以将机器学习算法中多种模型进行融合。例如，将决策树和 SVM 的诊断结果通过投票法或加权平均法进行融合，可以综合两者的优势。或者采用堆叠法，将多个基础模型的输出作为新的特征，再通过一个元模型进行诊断，能够充分利用不同模型的特点，提高对复杂故障的诊断能力。

同时要不断优化算法模型，根据提取的数据特征，算法会自动选择对故障诊断最有价值的特征。通过特征选择算法，如相关性分析、递归特征消除等，可以去掉冗余和无关的特征，降低模型复杂度，提高诊断效率和准确性。例如，如果某些振动特征之间存在高度相关

性，只选择其中最具代表性的一个或几个特征作为模型输入，避免模型因过多无关特征而出现拟合。

结语

在采矿机电设备故障诊断与预测中机器学习算法的应用，为采矿机电设备的维护和管理带来了新的思路和方法。基于机器学习算法的采矿机电设备故障诊断与预测模型在保证机电设备故障诊断的准确性、效率的同时有效规避因设备故障导致的生产中断和安全事故。通过传感器捕捉到设备运行参数的微小变化，做好故障诊断与预测工作，提高设备使用寿命，降低维修成本。

参考文献

- [1]李勇,杨阳.煤矿机电设备的远程监控与故障诊断系统研究[J].中国高新科技,2024(12):46-48.
- [2]刘将伟.基于机器学习的自动化机械系统故障诊断与预测研究[J].家电维修,2024(3):80-82.
- [3]王嘉为.基于物联网技术的煤矿机电设备智能监测与管理研究[J].电气技术与经济,2024(9):351-353.
- [4]黄昭贤.机电系统故障诊断与预测方法研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(8):0021-0025.
- [5]张铭.基于人工智能的机械故障诊断方法与预测技术研究[J].造纸装备及材料,2024,53(3):107-109.
- [6]李阳涛,吴学勇,王彪.基于机器学习的轴承故障诊断研究[J].机械管理开发,2023,38(2):53-54+57.
- [7]周喜彦,侯立宽.现代机械设备故障诊断与预测技术研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2023(9):54-57.
- [8]程永超.电力变电工程中基于智能技术的设备状态监测与故障诊断分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(9):0198-0201.
- [9]张浪,张迎辉,张逸斌,李左.基于机器学习的通风网络故障诊断方法研究[J].工矿自动化,2022,48(3):91-98.