

# Fault Diagnosis and Prediction of Electrostatic Precipitator Equipment Based on Data Analysis

Wenhui Xia Xiaolu Yi Jianguang Li Gentao Guo Shuwen Leng

Huaneng Xindian Power Plant, Zibo, Shandong, 255414, China

## Abstract

Electrostatic dust removal equipment is one of the commonly used air pollution control equipment in industrial production. During its operation, various faults may occur, bringing unnecessary downtime and maintenance costs to production. In order to improve the reliability and operational efficiency of electrostatic precipitator equipment, the use of data analysis technology for fault diagnosis and prediction has become a research hotspot. The paper introduces the traditional fault diagnosis methods and their limitations for electrostatic precipitator equipment, and then elaborates on the application of data analysis in fault diagnosis and prediction of electrostatic precipitator equipment, including data collection and preprocessing, feature engineering and fault indicator extraction, fault diagnosis models and fault prediction models, etc. Finally, the effectiveness and feasibility of the data analysis method in fault diagnosis and prediction of electrostatic precipitator equipment were verified through case analysis and experimental results.

## Keywords

data analysis; electric dust removal equipment; fault diagnosis; fault prediction

## 基于数据分析的电除尘设备故障诊断与预测

夏文晖 伊晓鲁 李建光 郭根涛 冷述文

华能辛店电厂, 中国·山东 淄博 255414

## 摘要

电除尘设备是工业生产中常用的空气污染控制设备之一, 在其运行过程中可能会出现各种故障, 给生产带来不必要的停机和维修成本。为了提高电除尘设备的可靠性和运行效率, 利用数据分析技术进行故障诊断与预测已成为研究的热点。论文介绍传统电除尘设备故障诊断方法及其局限性, 然后详细介绍数据分析在电除尘设备故障诊断与预测中的应用, 包括数据收集与预处理、特征工程与故障指标提取、故障诊断模型和故障预测模型等方面。最后, 通过案例分析和实验结果验证了数据分析方法在电除尘设备故障诊断与预测中的有效性和可行性。

## 关键词

数据分析; 电除尘设备; 故障诊断; 故障预测

## 1 引言

空气污染是当今社会面临的严重问题之一, 电除尘设备作为一种常用的空气污染控制设备, 被广泛应用于工业生产中。然而, 由于电除尘设备长期运行, 其内部组件容易受到磨损、腐蚀和堵塞等问题的影响, 导致设备故障的发生。故障的发生会导致设备停机和维修, 给生产带来不必要的损失和成本。因此, 及时准确地进行电除尘设备故障诊断与预测对于提高设备的可靠性和运行效率至关重要。

## 2 传统电除尘设备故障诊断方法

### 2.1 人工巡检

人工巡检是一种传统的电除尘设备故障诊断方法。工

程技术人员定期对设备进行巡检, 通过观察设备的运行状态、检查设备的连接情况、听取设备的声音等方式来发现故障。然而, 由于设备的运行状态受到多种因素的影响, 人工巡检往往无法准确判断设备是否存在故障。且人工巡检需要投入大量的人力成本, 效率较低。

### 2.2 维护记录分析

维护记录分析是一种通过分析设备的维护记录来判断设备故障的方法。工程技术人员将设备的运行情况、维护记录等信息记录下来, 并进行分析和总结。通过对维护记录的分析, 判断设备是否存在故障, 并进一步确定故障原因。然而, 维护记录的质量和完整性对诊断结果有很大影响。如果维护记录不完整或存在错误, 就会影响诊断的准确性<sup>[1]</sup>。

## 3 数据分析在电除尘设备故障诊断与预测中的应用

### 3.1 数据收集与预处理

数据分析在电除尘设备故障诊断与预测中的应用主要

【作者简介】夏文晖(1971-), 男, 中国江苏常州人, 工程师, 从事电气研究。

包括数据收集和预处理两个方面。数据收集是指通过传感器或其他设备收集与电除尘设备运行状态相关的数据。预处理则是对收集到的原始数据进行清洗、处理和转换,以提取有用的信息,并为后续的故障诊断和预测建立可靠的模型。

在数据收集方面,电除尘设备通常会安装多个传感器,用于监测设备各个部件的运行状态。这些传感器可以测量温度、压力、流量、电流等参数,并将其转化为数字信号进行记录。此外,还可以通过无线传感器网络实时监测设备的运行状况,以获得更全面和准确的数据。

在数据预处理方面,首先需要进行数据清洗,即检测和纠正数据中的错误、异常值和缺失值。这是保证后续分析准确性的关键一步。其次,还需要对数据进行特征选择和降维处理,以减少数据维度和提取最具代表性的特征。常用的方法包括主成分分析(PCA)和相关分析等。最后,还需要对数据进行归一化处理,以消除不同测量尺度带来的影响,并使得不同特征之间具有可比性。

数据分析在电除尘设备故障诊断与预测中的应用有助于提高故障诊断的准确性和效率。通过对大量历史数据的分析,建立故障模式和故障特征库,从而实现未知故障进行诊断。此外,数据分析还通过建立故障预测模型,提前发现潜在的故障隐患,并采取相应的维修和维护措施,以避免故障的发生和设备的停机。

### 3.2 特征工程与故障指标提取

特征工程是指通过对原始数据进行处理和转换,提取出具有代表性和有效性的特征,用于构建模型和进行数据分析,在电除尘设备故障诊断与预测中,特征工程的作用十分重要。

特征工程帮助我们理解和描述数据,通过对原始数据进行可视化和统计分析,发现数据中的规律和趋势,了解设备的运行状态和特点。例如,我们通过绘制设备运行时间和故障次数的趋势图,判断设备的寿命和维护周期。

特征工程提高模型的准确性和可解释性,在故障诊断和预测模型中,特征的选择和构建对最终结果的影响至关重要。通过选择合适的特征和构建有效的特征组合,提高模型的预测准确性。同时,特征工程还提高模型的可解释性,使得我们能够理解模型的预测结果和故障诊断的原因。

特征工程提高数据处理的效率,在电除尘设备故障诊断与预测中,通常需要处理大量的数据。通过对数据进行特征工程,减少数据的维度和冗余,提高数据处理的效率。例如,我们通过提取设备的关键指标和特征,将原始数据进行降维和压缩,从而减少存储和计算的需求。

故障指标的提取方法可以分为两大类:基于物理模型和基于数据驱动。基于物理模型的方法是通过建立设备的物理模型,计算出各种指标和参数,用于表示设备的运行状态和故障情况。基于数据驱动的方法是通过设备运行数据进行统计和分析,提取出能够反映设备健康状况的指标。

在基于物理模型的方法中,常用的故障指标包括:压差、气流速度、颗粒物浓度等。这些指标通过设备的结构和工作原理进行计算和推导。例如,压差指标可以通过测量设备进出口的气压差,来反映设备内部的阻力和堵塞情况。气流速度指标通过测量设备内部气体的流动速度,来判断设备的通风效果和除尘效率。颗粒物浓度指标通过测量设备内部颗粒物的浓度,来评估设备的除尘效果和运行状态。

### 3.3 故障诊断模型

故障诊断模型旨在通过对设备运行数据的分析,识别出设备可能出现的故障类型和故障位置,从而指导维修和维护工作。故障预测模型则通过对设备运行数据的趋势分析和模式识别,预测设备未来可能发生的故障,提前采取相应的维修和保养措施,避免故障的发生。

在构建故障诊断模型时,数据分析技术主要包括特征提取、特征选择和分类算法。特征提取是将设备运行数据转化为能够表示故障特征的数学特征,例如振动信号的频谱特征、温度信号的统计特征等。特征选择是从大量的特征中选择出对故障诊断具有较高区分能力的特征,减少特征维度和计算复杂性。分类算法是根据特征数据训练分类模型,将设备的运行状态划分为正常和不正常两类,进而诊断出设备的故障类型和位置。

常用的分类算法包括支持向量机(Support Vector Machine, SVM)、决策树(Decision Tree)、神经网络(Neural Network)等。这些算法都有各自的优缺点,选择合适的算法需要考虑数据特征的性质、样本数量和计算复杂性等因素。此外,还采用集成学习方法(Ensemble Learning)将多个分类算法的结果进行集成,提高故障诊断的准确性和鲁棒性。

在建立故障预测模型时,数据分析技术主要包括时间序列分析、回归分析和聚类分析。时间序列分析是对设备运行数据的趋势和周期性进行分析,预测设备未来的运行状态。回归分析是通过建立设备运行数据与故障发生时间的函数关系,预测设备未来可能发生的故障时间。聚类分析是将设备运行数据划分为不同的簇,每个簇代表一种运行状态,通过对簇的演化进行分析,预测设备未来可能出现的故障。

除了故障诊断和预测模型的构建,数据分析在电除尘设备故障诊断与预测中还应用于故障原因分析和故障排除。故障原因分析是通过设备运行数据和工艺参数的关联分析,找出导致故障发生的主要原因,为故障的修复提供指导。故障排除是通过设备运行数据和维修记录的比对分析,识别出故障修复的有效方法,提高故障处理的效率和效果。

### 3.4 故障预测模型

故障预测模型是数据分析在电除尘设备故障诊断与预测中的一种常用方法<sup>[9]</sup>。它通过对设备运行数据进行采集和分析,建立故障预测模型,对设备的故障进行预测和诊断。这种方法能够提前发现设备的故障风险,为设备维护和维修

提供依据,从而降低故障带来的损失和影响。

故障预测模型的建立依赖于大量的实时数据和历史数据,需要收集设备运行过程中各项指标数据,如电流、电压、温度、压力等。此外,还需要获取设备的运行状态数据,如设备的运行时间、运行模式等。这些数据通过传感器和数据采集系统实时获取,也可以通过设备的记录仪和运行日志进行获取,将这些数据进行清洗、整理和建模,构建故障预测模型。

故障预测模型采用多种数据分析方法进行建模和训练。常用的方法包括统计分析、机器学习和人工智能等,统计分析方法主要通过对数据进行统计和分析,发现数据之间的关系和规律。机器学习方法则通过对历史数据的学习和模式识别,建立故障预测模型,人工智能方法则可以通过模拟人类的思维和决策过程,实现对设备故障的预测和诊断<sup>[3]</sup>。

在建立故障预测模型时,还需要考虑到设备的特点和运行环境的影响,不同类型的电除尘设备可能存在不同的故障模式和故障特征,因此需要根据实际情况选择合适模型和算法。同时,还需要考虑到环境因素对设备故障的影响,如温度、湿度、粉尘浓度等。这些因素可能会对设备的故障模式和故障特征产生一定的影响,因此需要在建模过程中进行考虑和分析。

故障预测模型的应用帮助企业及时发现设备故障,并采取相应的维护和修复措施,它提前预测设备的故障风险,帮助企业制定合理的维护计划和预防措施,它可以对设备进行实时监测和诊断,及时发现设备的异常和故障,并采取相应的应对措施,它还可以为设备的维修和保养提供依据,提高设备可靠性和使用寿命。

## 4 案例分析与实验结果

### 4.1 实验设计

在进行电除尘设备故障诊断与预测的研究中,我们设计了一系列实验来验证模型的准确性和可行性。实验采用了真实的电除尘设备数据,并根据实际工况情况进行了模拟,下面将详细介绍实验设计的过程。

我们选择了一家电力公司的电除尘设备作为实验对象。该电除尘设备是一种常见的空气污染治理设备,用于去除烟气中的颗粒物。在实验中,我们收集了该设备的运行数据,包括温度、湿度、风速、压力等参数,并记录了设备的运行状态。

### 4.2 实验数据分析

对收集到的电除尘设备数据进行分析,得到以下结果。

数据分布:通过对数据进行统计分析,发现电流和电压的分布较为正态,温度的分布较为偏态。

相关性分析:通过计算相关系数,发现电流和电压之

间存在较高的正相关关系,温度与电流、电压之间的相关性较低。

特征提取:根据对数据的观察和分析,选取了一些特征进行提取,如电流的均值、方差,温度的变化率等<sup>[4]</sup>。

### 4.3 故障诊断模型的准确率评估

我们使用了支持向量机和随机森林这两种机器学习算法,对电除尘设备进行故障诊断,并评估了模型的准确率。

支持向量机:使用电流和电压作为输入特征,建立了支持向量机模型。在测试集上,模型的准确率达到85%。

随机森林:使用电流、电压和温度作为输入特征,建立了随机森林模型。在测试集上,模型的准确率达到90%。

### 4.4 故障预测模型的准确率评估

我们使用了ARIMA和LSTM这两种时间序列分析方法,对电除尘设备进行故障预测,并评估了模型的准确率。

ARIMA:使用电流作为时间序列数据,建立了ARIMA模型。在测试集上,模型的准确率达到80%。

LSTM:使用电流、电压和温度作为时间序列数据,建立了LSTM模型。在测试集上,模型的准确率达到85%。

综合比较,通过对故障诊断模型和故障预测模型的准确率评估,我们得出以下结论。随机森林模型在故障诊断方面表现较好,准确率达到90%。LSTM模型在故障预测方面表现较好,准确率达到85%。

## 5 结语

电除尘设备故障诊断与预测是提高设备可靠性和运行效率的重要手段。传统的故障诊断方法存在主观性和局限性的问题,无法满足实际需求。数据分析技术的发展为电除尘设备故障诊断与预测提供了新的思路和方法。通过数据收集与预处理、特征工程与故障指标提取、故障诊断模型和故障预测模型等环节,可以实现对电除尘设备故障的准确诊断和提前预测。通过案例分析和实验结果的验证,证明了数据分析方法在电除尘设备故障诊断与预测中的有效性和可行性。未来,可以进一步研究和应用数据分析技术,提高电除尘设备故障诊断与预测的准确性和可靠性,为工业生产提供更好的环境保护和安全保障。

### 参考文献

- [1] 唐恒达.电除尘电源控制器设备运行故障原因分析及优化调整[J].冶金动力,2020(5):10-12.
- [2] 李强,张治军,王玮,等.电除尘设备控制系统存在的问题及解决措施[J].内蒙古电力技术,2015,33(1):49-52.
- [3] 徐海龙.电除尘系统设备及故障整治[J].山东工业技术,2018(9):57.
- [4] 何天明.电除尘电气故障的剖析[J].电子技术与软件工程,2015(3):147-148.