

# AI大数据在风电企业安全管理中的综合应用： 设备状态评估与故障预测

魏成发

国投贵州新能源有限公司，贵州 贵阳 550000

**摘 要：** 本文着重探讨 AI 大数据在风电企业安全管理中的综合应用，重点阐述的是其在设备状态评估与故障预测方面的应用原理、方法及实际效果。不仅如此，文章还通过对相关技术原理的剖析，结合风电设备运行特点，最终构建出有效的设备状态评估和故障预测模型。希望能够提高风电企业安全管理水平，降低设备故障率，以达到保障风电企业稳定运行和经济效益的目的。

**关键词：** AI 大数据；风电企业；安全管理；设备状态评估；故障预测

## Comprehensive Application of Ai Big Data in the Safety Management of Wind Power Enterprises: Equipment Status Assessment and Fault Prediction

Wei Chengfa

SDIC Guizhou New Energy Co., LTD. Guiyang, Guizhou 550000

**Abstract：** This paper focuses on the comprehensive application of AI big data in the safety management of wind power enterprises, focusing on its application principles, methods and practical effects in equipment condition evaluation and fault prediction. Not only that, through the analysis of relevant technical principles, combined with the operation characteristics of wind power equipment, and finally build an effective equipment condition evaluation and fault prediction model. It is hoped to improve the safety management level of wind power enterprises, reduce the equipment failure rate, and achieve the purpose of ensuring the stable operation and economic benefits of wind power enterprises.

**Keywords：** AI big data; wind power enterprises; safety management; equipment status assessment; fault prediction

### 引言

风能作为一种清洁、可再生能源，其在全球能源结构中的地位日益重要。尽管目前风电企业的规模和数量在不断地扩大，但是风电设备通常分布在复杂的自然环境中，其运行条件恶劣，所以设备故障的风险较高。而一旦发生故障，不仅会导致发电量损失，并且还可能引发安全事故，最终造成巨大的经济损失和社会影响<sup>[1]</sup>。因此加强风电企业的安全管理，与提高设备的可靠性和稳定性成为了当务之急。

传统的风电设备管理方法主要依赖人工巡检和经验判断，其中存在检测不及时、准确性低等问题。信息技术的飞速发展，促使 AI 大数据技术逐渐进入于风电企业安全管理领域。因为 AI 大数据技术能够实时采集、分析海量的设备运行数据，所以可以实现对设备状态的精准评估和故障的提前预测，从而为风电企业安全管理提供科学依据，可有效地降低设备故障带来的风险。

## 一、AI 大数据技术原理

### (一) 大数据技术

大数据技术是指从各种各样类型的数据中，快速地获得有价值信息的能力。在风电企业当中，大数据主要来源于风电设备的传感器、监控系统、运维记录等，且其具有数据量大、数据类型多样、数据产生速度快等特点。而大数据技术通过数据采集、存储、处理和分析等环节，即可对风电设备运行数据进行深度地挖

掘，从中提取出设备运行状态的关键信息<sup>[2]</sup>。例如利用分布式存储技术（如 Hadoop 分布式文件系统 HDFS）存储海量的风电数据，再使用 MapReduce 等分布式计算框架对数据进行并行处理，即可有效地提高数据处理效率。

### (二) AI 技术

AI 技术是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学。对于风电设备管理而言，常用的 AI 技术包括了机器学习和深度学习。其中机

器学习是让计算机通过数据学习模式和规律，从而实现对新数据的预测和分类<sup>[3]</sup>。如支持向量机（SVM）、决策树、随机森林等算法，均可用于风电设备状态的分类和评估。深度学习则是机器学习的一个分支领域，它主要是通过构建具有多个层次的神经网络模型，实现自动从大量数据中学习特征表示。如卷积神经网络（CNN）、循环神经网络（RNN）及其变体长短期记忆网络（LSTM）等，它们均在风电设备故障预测和状态评估中展现出了自己强大的能力，能够处理复杂的时间序列数据和非线性关系。

## 二、AI大数据在风电设备状态评估中的应用

### （一）数据采集与预处理

风电设备运行过程中会产生大量的数据，其中包括风速、风向、发电机转速、温度、振动等。目前可通过安装在设备各个部位的传感器，实时地采集这些数据。但由于采集到的数据可能存在噪声、缺失值和异常值等问题，因此需要对其进行预处理。对此运维人员采用了滤波算法去除噪声，使用数据插值方法填补缺失值，并且通过统计学方法或机器学习算法来识别和修正异常值<sup>[4]</sup>。例如对于温度数据中的异常值，运维人员可以通过设定合理的温度范围，再结合历史数据的统计特征，判断并修正异常值，来确保数据的准确性和可靠性。

### （二）特征提取与选择

从预处理后的数据中提取能够反映设备运行状态的特征，是设备状态评估的关键步骤。当下常用的特征提取方法有时域分析、频域分析和时频分析。展开来说，在时域分析中主要计算均值、方差、峰值指标等统计量；频域分析则是通过傅里叶变换等方法，将时域信号转换为频域信号，以此提取频率特征；而时频分析需要结合时域和频域信息，如小波变换可用于分析信号在不同时间和频率尺度上的特征<sup>[5]</sup>。

特征的选择是从提取的众多特征之中，挑选出最具代表性和相关性的特征，以减少数据维度，与提高模型训练效率和准确性。一般会采用相关性分析、信息增益等方法进行特征选择，以此去除冗余和不相关的特征。

### （三）状态评估模型构建

#### 1. 基于机器学习的评估模型

支持向量机（SVM）是一种常用的机器学习模型，它主要是通过寻找一个最优分类超平面，将不同状态的数据样本分开。在风电设备状态评估当中，运维人员可将正常运行状态和不同故障状态的数据样本作为训练集，再训练 SVM 模型，最终使其能够准确判断设备的运行状态<sup>[6]</sup>。

#### 2. 基于深度学习的评估模型

现阶段卷积神经网络（CNN）在图像识别领域取得了巨大成功，并且其在风电设备状态评估中也有应用。具体而言，CNN 通过卷积层、池化层和全连接层等结构，可实现自动提取数据的特征，因而能够有效地处理具有空间结构的数据。例如，对于风电设备的振动信号，运维人员可以将其转换为图像形式，接着利用 CNN 进行特征学习和状态分类。而循环神经网络（RNN）及其变

体长短期记忆网络（LSTM）更适合处理时间序列数据。由于风电设备运行数据具有时间序列特性，所以 LSTM 通过引入记忆单元和门控机制，即可有效地捕捉数据中的长期依赖关系，以此为基础可准确地评估设备的运行状态<sup>[7]</sup>。

### （四）状态评估结果分析与可视化

经由状态评估模型得到设备的状态评估结果后，运维人员需要对结果进行分析和可视化展示。其中分析评估结果可以用于判断设备是否处于正常运行状态，以及存在潜在故障的可能性。而利用图表、仪表盘等方式可以将评估结果可视化，如使用柱状图展示不同设备的健康状态评分，或者用折线图展示设备状态随时间的变化趋势。在可视化的展示之下，运维人员能够直观地了解设备的运行情况，从而能够及时地发现问题并采取相应措施。

## 三、AI大数据在风电设备故障预测中的应用

### （一）故障预测的基本原理

故障预测可通过对设备运行数据的分析，来预测设备未来可能发生的故障。其基本原理是基于设备故障的发展规律，再利用历史数据建立故障预测模型，对于设备的未来状态进行预测。风电设备故障通常具有一定的发展过程，从早期的潜在故障到逐渐发展为严重故障，而通过监测设备运行数据的变化趋势，运维人员则能够提前发现潜在故障的迹象<sup>[8]</sup>。

### （二）基于时间序列分析的故障预测

时间序列分析在当前是一种常用的故障预测方法，它主要是通过通过对设备运行数据的时间序列进行建模和分析，来预测未来的数据值。其中自回归移动平均模型（ARIMA）是一种经典的时间序列模型，它可以根据时间序列的自相关性和移动平均性建立模型。在风电设备故障预测当中，运维人员可对设备的关键参数（如振动、温度等）的时间序列数据进行 ARIMA 建模，从而预测未来的参数值。当预测值超出正常范围时，则预示着设备可能发生了故障。

### （三）基于深度学习的故障预测

深度学习模型在风电设备故障预测之中具有强大的能力。而 LSTM 网络能够有效地处理时间序列数据中的长期依赖关系，并且通过对历史数据的学习，预测设备未来的运行状态。例如，运维人员将风电设备过去一段时间的运行数据（包括风速、发电机转速、振动等）作为输入，然后通过 LSTM 网络预测未来的振动值，当预测的振动值异常增大时，就可以预测设备可能发生振动故障。除此之外，生成对抗网络（GAN）也可用于故障预测，它由生成器和判别器组成，经过对抗训练之后，生成器能够生成与真实数据相似的样本，而判别器则可以判断样本是真实数据还是生成数据。实际在故障预测中，运维人员利用 GAN 生成正常运行状态下的数据样本，再与实际采集的数据进行对比，若差异较大则预示着设备可能出现故障<sup>[9]</sup>。

### （四）故障预测模型的评估与优化

运维人员为了确保故障预测模型的准确性和可靠性，需要对模型进行评估和优化。现阶段常用的评估指标包括准确率、召回

率、F1值、均方误差等。运维人员通过在测试数据集上计算这些指标，即可评估模型的性能。如果模型性能不理想，则可以通过调整模型参数、增加训练数据、改进模型结构等方式对其进行优化。例如对于深度学习模型来说，运维人员可以调整学习率、层数、神经元数量等参数，或者是采用数据增强技术扩充训练数据，其目的均为提高模型的泛化能力和预测准确性。

## 四、AI大数据在风电企业安全管理中的综合应用

### (一) 容易引发的风机事故及事故预防相关的内容

#### 1. 叶片故障引发事故

因为风电叶片长期在复杂的气象条件下运行，其会受到强风、沙尘、雷击等影响，随意容易出现裂纹、断裂等故障。一旦出现叶片故障，就可能引起叶片脱落，进而引发严重的安全事故，甚至是对周边人员和设备造成威胁。而利用AI大数据技术，即对叶片的振动、应变等数据进行实时监测和分析，运维人员便能够及时地发现叶片的潜在故障。同时还可以建立叶片故障预测模型，以提前预测叶片可能出现的问题，以此为根据及时地安排维护和更换，预防事故的发生。

#### 2. 齿轮箱故障引发事故

齿轮箱是风电设备的关键部件，其在实践当中故障发生率较高。而齿轮箱故障可能导致设备停机、发电量损失，甚至是引发火灾等严重事故。此时运维人员应用AI大数据技术，就可以通过监测齿轮箱的油温、油压、振动等参数，在此基础上即可分析齿轮箱的运行状态。接着利用机器学习和深度学习模型，运维人员可对齿轮箱的故障进行预测和诊断，提前采取针对性措施，如更换润滑油、维修或更换齿轮等，以避免故障扩大<sup>[10]</sup>。

#### 3. 电气系统故障引发事故

风电设备的电气系统当中有发电机、变流器、变压器等部件，若电气系统故障就可能会导致设备短路、漏电等问题，继而引发火灾和人员触电事故。但通过AI大数据技术能够对电气系统的电流、电压、功率等参数进行实时地监测和分析，此时运维人员可以及时地发现电气系统的异常情况。基于此建立电气系统故障预测模型，便可与提前预测电气故障，并采取相应的保护措施，

如安装漏电保护器、短路保护装置等，最终可以确保电气系统的安全运行。

### (二) 建议采取的措施

#### 1. 加强数据安全治理

AI大数据在风电企业安全管理中的应用必须依赖于大量的设备运行数据，因此数据安全至关重要。而风电企业则应建立完善的数据安全管理制度，并采用加密技术保护数据传输和存储的安全，以此防止数据泄露和篡改。同时还需要对数据访问进行严格的权限管理，要确保只有授权人员才能够访问和处理数据。

#### 2. 培养专业人才

对于风电企业而言，在实践中应用AI大数据技术必须需要既懂风电技术又懂数据分析和AI技术的专业人才。所以风电企业应加强人才培养，积极的通过内部培训、外部引进等方式，来组建专业的技术团队。除此还要培养在岗员工的数据意识和数据分析能力，使其能够熟练地运用AI大数据技术。

#### 3. 建立健全的运维体系

基于AI大数据的设备状态评估和故障预测结果，需要风电企业应建立一个健全的运维体系。一方面要制定科学的运维计划，即根据设备的实际运行状态，合理地安排维护和检修工作，从而提高运维效率。另一方面要建立故障应急预案，当设备发生故障时，相关人员便能够迅速地响应，采取有效的措施，进而减少事故损失。

## 五、结语

实践中运维人员对于风电设备运行数据进行深度挖掘和分析，可实现了设备状态的精准评估和故障的提前预测，此举可有效地预防风机事故的发生。即风电设备的可靠性和稳定性离不开AI大数据技术的应用。但目前AI大数据技术在风电企业的应用仍面临一些挑战，如数据质量问题、模型的可解释性等。未来相关行业依然需要进一步地加强技术研究和创新，不断地完善AI大数据技术在风电企业安全管理中的应用，最终推动风电产业的可持续发展。

## 参考文献

- [1] 王彦海. 基层风电企业安全生产优化管理[J]. 中国电力企业管理, 2014, (11): 64-65.
- [2] 郑涛. 高山风电项目开发难点及应对措施分析[J]. 现代商贸工业, 2021, 42(13): 167-168.
- [3] 张振龙, 范祎珊. 平价时代风电项目开发选址的思考[J]. 能源, 2022, (09): 68-70.
- [4] 罗新虎. 140m 风电机组混塔安装技术[J]. 安装, 2023, (10): 6-10.
- [5] 王超. 分散式风电踏入跃进时代[J]. 能源, 2013, (11): 71-73.
- [6] 刘吉臻, 王庆华, 房方, 等. 数据驱动下的智能发电系统应用架构及关键技术[J]. 中国电机工程学报, 2019, 39(12): 3578-3587.
- [7] 孔军, 朱海峰, 潘芸, 等. 基于实时信息的智能变电站二次设备状态综合评价[J]. 机电工程技术, 2023, 52(04): 221-226.
- [8] 曹帅. 智能变电站继电保护系统可靠性分析[J]. 机电工程技术, 2021, 50(07): 94-96.
- [9] 龚雪武. 数字化变电站继电保护及自动化系统设计[J]. 机电工程技术, 2019, 48(04): 174-177.
- [10] 郑欢, 唐元春, 林文钦. 配电网自动化无线专网中基于干扰抑制的小区深度覆盖和频谱分配策略[J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2022, 34(02): 320-330.