

基于大数据分析的火电厂设备故障智能诊断与预测研究

王媛

国家能源（山东）工程技术有限公司，山东 济南 250100

摘 要： 本文聚焦于大数据分析在火电厂设备故障智能诊断与预测方面的应用，深入地探讨了其相关理论、技术以及实践策略。首先通过对火电厂设备运行特点、故障类型及影响因素进行了剖析，接着阐述了大数据分析如何助力精准的故障诊断与有效的预测。希望经过本次研究能够提高火电厂设备运行的可靠性、安全性以及经济性，并减少因设备故障带来的损失，最终为火电厂的稳定高效运营提供有力支持。

关 键 词： 大数据分析；火电厂设备；故障诊断；故障预测

Research on Intelligent Diagnosis and Prediction of Equipment Faults in Thermal Power Plants Based on Big Data Analysis

Wang Yuan

China Energy (Shandong) Engineering Technology Co., Ltd. Jinan, Shandong 250100

Abstract： This article focuses on the application of big data analytics in intelligent diagnosis and prediction of equipment failures in thermal power plants, deeply exploring related theories, technologies, and practical strategies. Firstly, it analyzes the operating characteristics, failure types, and influencing factors of thermal power plant equipment. Then it explains how big data analytics can assist in precise fault diagnosis and effective prediction. It is hoped that this study can improve the reliability, safety, and economy of thermal power plant equipment operation, reduce losses caused by equipment failures, and ultimately provide strong support for the stable and efficient operation of thermal power plants.

Keywords： big data analytics; thermal power plant equipment; fault diagnosis; fault prediction

引言

现阶段随着现代工业的飞速发展，火电厂作为重要的能源供应单位，其设备的稳定运行对于保障电力供应起着至关重要的作用。然而火电厂设备复杂多样且运行环境恶劣，所以运行过程中极易出现各类故障。并且传统的故障诊断与预测方法往往存在局限性，其难以满足高效精准的需求。此时大数据分析技术的兴起，则为火电厂设备故障的智能诊断与预测带来了新的机遇和解决方案。相关人员借助大数据分析，可以挖掘设备运行数据中的潜在规律，以确保提前发现故障隐患，进而实现精准诊断，并优化设备维护策略，提升火电厂整体运营水平。

一、火电厂设备概述

（一）火电厂主要设备构成

火电厂的设备系统繁多，其主要包括锅炉、汽轮机、发电机等核心设备，以及与之配套的各类辅机设备，如给水泵、引风机、磨煤机等。展开来说，锅炉负责将燃料转化为热能，其可产生高温高压蒸汽；汽轮机则利用蒸汽的能量进行旋转做功，然后带动发电机发电；而辅机设备为核心设备的正常运行提供必要的支持，如给水泵保障锅炉的供水，引风机维持锅炉内的通风等。上述这些设备相互协作、相互关联，一同构成了一个复杂且庞大的生产系统。

（二）设备运行特点与环境

火电厂设备通常处于高温、高压、高负荷的运行状态，由于其长期连续运转，所以设备的磨损、腐蚀等情况较为严重。同时运行环境中存在粉尘、高温、湿度变化等因素，均会对设备的性能和寿命产生影响。例如锅炉内的受热面长期受到高温烟气的冲刷，因此容易出现管壁磨损、结垢等问题。而汽轮机在高速旋转过程中，其叶片承受着巨大的离心力和蒸汽的冲刷力，从而容易产生裂纹等故障隐患。

（三）常见设备故障类型及影响

1. 机械故障

机械故障有轴承磨损、轴系不对中、部件松动等情况，而这类故障会导致设备振动加剧、噪音增大，进而影响设备的正常运行，严重时甚至会造成设备停机。

2. 热故障

热故障包括受热面超温、冷却系统故障等，其在锅炉等设备中较为常见。当受热面超温时会使管材的强度下降，因而容易引发爆管事故，进一步会影响整个发电系统的稳定运行，造成发电量下降，甚至还会危及人员安全^[1]。

3. 电气故障

像发电机绕组短路、绝缘损坏等被称为电气故障，其会导致

作者简介：王媛（1991.08—），女，汉族，山东聊城人，大学，助理工程师，研究方向：火力发电厂运行及自动化。

发电效率降低、电能质量下降。情况严重的电气故障还可能引发停电事故，其会对电网的稳定供电产生重大冲击。

二、大数据分析基础理论与技术

（一）大数据的概念与特点

大数据是指数据量巨大、类型多样、处理速度快且价值密度低的数据集合。火电厂设备运行过程中会产生海量的数据，如设备运行参数（温度、压力、流量等）、故障记录、维护记录等，而这些数据具备大数据的典型特征。其中在数据量方面，随着监测设备的不断完善，每分钟甚至每秒都会产生大量的数据；类型方面则既有数值型数据，也有文本、图像等非数值型数据；而对于实时性要求较高的故障诊断与预测来说，其需要快速处理这些数据来提取有价值的信息。

（二）常用大数据分析技术

1. 数据挖掘技术

数据挖掘技术即通过关联规则挖掘、聚类分析、分类算法等方法，从海量的设备运行数据中发现潜在的模式和规律。例如利用关联规则挖掘，即可找出哪些设备运行参数的变化与特定故障之间存在关联，以此为故障诊断提供依据。而聚类分析则可以将设备的运行状态根据相似性进行分类，此时将有助于识别异常状态。

2. 机器学习技术

机器学习技术包括监督学习（如支持向量机、决策树等）、无监督学习（如主成分分析、自编码器等）以及深度学习（如卷积神经网络、循环神经网络等）。其中监督学习可以根据已知的故障样本数据进行模型训练，以实现故障的分类和预测；无监督学习主要用于对数据进行降维和特征提取，其可挖掘隐藏在数据中的结构；深度学习则在处理复杂的非线性关系数据方面具有优势，其能够更精准地对设备故障进行诊断和预测。

3. 大数据可视化技术

大数据可视化技术原就是将复杂的数据以直观的图表、图形等形式展示出来，如此便于运维人员理解和分析数据。例如通过绘制设备运行参数随时间变化的曲线，相关人员可能清晰地看到参数的波动情况，并及时地发现异常变化，以此可辅助其判断设备是否存在故障隐患。

三、大数据分析在火电厂设备故障智能诊断中的应用

（一）数据采集与预处理

1. 数据采集渠道

从火电厂的分布式控制系统（DCS）、监控与数据采集系统（SCADA）以及各类传感器等多个渠道采集设备运行数据，能够有效地确保数据的全面性和准确性。而这些传感器应分布在设备的关键部位，才能实时监测温度、压力、振动等参数。

2. 数据预处理方法

对采集到的数据进行清洗，并去除噪声数据、重复数据以及错误数据，以此保证数据的质量。同时还需进行数据归一化处

理，即将不同量级的参数数据转化到同一尺度范围内，便于相关人员进行后续的数据分析和模型训练。例如温度数据可能在几十度到几百度的范围，而压力数据可能在几个大气压到几十个大气压范围，对其进行归一化使其在 $[0, 1]$ 区间内，就更加方便相关人员进行运算和比较。

（二）故障特征提取与选择

相关人员运用数据挖掘和机器学习技术，可从预处理后的海量数据中提取与设备故障相关的特征。而这些特征可以是设备运行参数的变化率、峰值、均值等统计特征，同时也可以是不同参数之间的相关性特征。然后相关人员再通过特征选择算法，筛选出对故障诊断最有价值的特征，以此可降低数据维度，与提高诊断模型的效率和准确性。比如在诊断汽轮机叶片故障时，相关人员可选取叶片振动频率的变化特征、蒸汽流量与转速的相关性特征等作为关键特征输入诊断模型^[9]。

（三）故障诊断模型构建与应用

1. 基于机器学习的诊断模型

借助监督学习算法构建故障诊断模型，将提取并选择好的特征作为输入，而对应的故障类别作为输出进行模型训练。以支持向量机模型为例，相关人员需根据已有的大量故障样本数据进行训练，要使其能够根据输入的实时设备特征，准确地判断是否存在故障以及故障类型。基于此再通过不断优化模型的参数和结构，可提高诊断的准确率和泛化能力，并将其应用到实际的火电厂设备故障诊断中。具体来说，当设备运行时，将实时采集的数据经过处理输入模型，即帮助相关人员可快速得到故障诊断结果。

2. 融合多模型的诊断策略

实践中考虑到单一模型可能存在的局限性，相关人员可采用多模型融合的策略。如将决策树与神经网络模型融合，即可发挥决策树模型解释性强和神经网络模型非线性拟合能力强的优势，从而综合地判断设备故障情况，达到进一步提高诊断可靠性和精准度的目的。

四、大数据分析在火电厂设备故障预测中的应用

（一）基于时间序列分析的预测方法

基于时间序列分析的预测方法原理是对设备运行参数的历史时间序列数据进行分析，借助利用自回归移动平均模型（ARMA）、差分自回归移动平均模型（ARIMA）等方法，来挖掘参数随时间变化的规律，以此预测未来一段时间内参数的走势。如通过分析锅炉蒸汽压力的历史数据，相关人员可建立ARIMA模型，用于预测未来几小时甚至几天内蒸汽压力的变化情况。若预测值超出正常范围，则提示可能存在故障隐患，其就需提前做好预防措施。

（二）基于机器学习的预测模型

基于机器学习的预测模型主要运用的是机器学习中的回归算法，如线性回归、随机森林回归等，以设备的历史运行数据以及对应的故障发生情况为依据，建立故障预测模型。此时相关人员将设备运行的多个参数作为输入变量，而故障发生的时间、概率等作为输出变量进行模型训练。

（三）预测结果评估与优化

通过对比实际发生的故障情况与预测结果，相关人员可采用均方误差（MSE）、平均绝对误差（MAE）等评估指标来衡量预测模型的准确性。接着再根据评估结果对预测模型进行优化调整，以此不断地提高预测的精度和可靠性。如若发现某一预测模型的 MSE 较大，那么就说明预测结果与实际偏差较大，则分析原因“可能是特征选择不合理或者模型参数不合适等”，以此为入手点对模型进行改进^[3]。

五、大数据分析应用面临的挑战与对策

（一）数据质量问题

1. 问题表现

设备的运行数据是现代火力发电厂安全、高效和经济运行的关键信息，但实际上这些数据并非总是能够准确反映出真实的情况。由于数据来源复杂多样，且数据质量良莠不齐，就导致了数据分析时存在不少问题。首先因为传感器老化或故障，会导致数据缺失的现象时有发生；其次码或传输错误同样困扰着大数据分析；再者噪声数据的存在则会干扰正常的的数据流，从而影响分析的有效性。

特别是在火电厂这样的大型工业环境中，因为其设备数量众多且分布广泛，加之运行条件的复杂性，则增加了数据收集和处理的难度。而数据的质量直接关系到决策的正确性，因此确保数据的准确性和可靠性对于整个电厂的运营管理来说至关重要。此外就数据传输方面来说，如果数据传输网络受到干扰或者遭遇物理损坏，其也可能导致数据丢失，进而对电厂的实时监控和控制带来重大影响。

2. 解决对策

为了确保数据采集过程的可靠性，相关人员必须对数据采集设备进行严格的维护和管理。此过程包括但不限于定期对传感器和其他关键组件进行精确校准，以及适时更换老化或损坏的部件。

进一步地，其还需要建立一套完善的数据校验机制，来确保每一次数据的准确性和完整性。其中在整个数据采集和传输的过程中，应确保系统可实时监测并验证数据是否符合预期值。一旦发现任何异常情况，此系统应当能够迅速地识别问题，并针对问题采取措施进行补采或修正，以避免可能的错误或遗漏。

（二）数据安全与隐私问题

1. 问题表现

火电厂的设备运行数据不仅承载着企业的运营状况和成本分析，其中还可能包含了诸如客户信息、市场趋势等敏感内容，所以其是企业核心竞争力的关键所在。基于这些数据的重要性，一旦发生泄露，就可能对企业的声誉造成巨大打击，甚至是直接导致经济损失。更为严重的是，数据泄露问题可能触及到个人隐私等更深层次的法律问题，因此需要引起公众和监管部门的关注。

大数据技术的不断进步，促使火力发电厂也开始广泛应用大数据分析来优化生产流程、提高效率和减少能源浪费。然而在这个过程中，相关人员必须意识到，无论是数据的存储方式、传输手段还是共享机制，其都潜藏着不容忽视的安全隐患。因此确保数据的安全性，以防止敏感数据的泄露，对于保障企业的稳定发

展和维护用户的隐私权益来说显得尤为重要。

2. 解决对策

一个完善的数据安全管理制度需包括采用先进的加密技术来对敏感数据进行安全存储与传输，以防止未经授权的访问和泄露。同时相关人员还要严格限制数据的访问权限，要确保只有经过授权的人员才能进行必要的操作，从而最大限度地减少潜在的数据安全风险。

另外为了不断提升数据安全水平，火电厂需要定期开展数据安全评估，确保及时地发现并解决可能存在的安全漏洞。而在评估的过程中，其应侧重于识别安全威胁、分析风险等级以及制定相应的应对措施。同时还应该积极地开展应急演练，为员工模拟各种可能出现的数据安全事件，进而增强团队的应急响应能力和处理突发事件的快速反应能力^[4]。

（三）专业人才短缺问题

1. 问题表现

在火电厂这一关乎能源安全和效率的重要行业中，应用大数据分析不单单只要求专业技术人员具备扎实的电力设备知识，还需要其能够熟练运用大数据技术来进行深入地分析和问题诊断。然而现实情况是目前市场上这类人才的供给远远无法满足需求，因此解决人才短缺的问题已成为当务之急。

2. 解决对策

当今我们处于一个快速发展的商业环境中，企业已经认识到了与高等学府和科研院所之间建立紧密合作关系的重要性。而这些合作不仅能够为企业提供创新的研究成果，其也能共同培养出符合企业需求的高素质复合型人才。同时通过开展联合培养项目，企业还能够吸引并留住那些具备深厚理论基础和实践能力的专业人才。

基于此企业为了确保员工技能与时俱进，依然需要不断地加强内部培训，特别是在大数据分析技术方面。一方面企业可通过邀请专家学者举办专题讲座，来为员工们提供了学习最前沿知识的机会。另一方面企业还可以为员工进行实操指导，让员工有机会亲手操作最新的分析工具，从而使其掌握解决实际问题的能力。

六、结语

实践证明，大数据分析在火电厂设备故障智能诊断与预测方面具有巨大的应用潜力和价值。尽管其在应用过程中面临着数据质量、安全隐私以及人才短缺等诸多挑战，但企业通过采取相应的对策措施，可以不断优化应用效果。

参考文献

- [1] 国家能源集团新能源技术研究院有限公司，国家能源集团岳阳发电有限公司. 基于大数据分析的火电厂生产设备故障自动诊断方法及系统：CN118820883A[P/OL].2024-10-22.https://www.cqvip.com/doc/patent/3471751649.
- [2] 王铁民，孙瑞，罗丹. 基于大数据平台的火电厂泵类设备故障诊断技术分析[J]. 时代汽车，2019,(15):133-136.
- [3] 曾阳，张莉，李国朋. 基于深度学习的火电厂发电装备智能故障诊断与预测研究[J]. 自动化应用，2024,65(06):102-104.DOI:10.19769/j.zdhy.2024.06.035.
- [4] 钱可悦. 计算机技术在储能系统中的应用[J]. 电子技术. 2024,53(2).