

基于大数据的新能源装置运行状态监测与故障诊断

杨长贤

国家电投集团贵州金元威宁能源股份有限公司, 贵州 毕节 553100

摘要 : 随着新能源产业的迅速发展, 新能源装置的广泛应用也对其运行稳定性和可靠性提出了更高要求。为此本文将深入地探讨基于大数据的新能源装置运行状态监测与故障诊断技术。文章先分析了新能源装置运行数据特点, 接着详细地介绍了基于大数据的监测系统架构、故障诊断方法。期待能够为提高新能源装置运行效率、降低运维成本提供理论支持与实践参考, 有效地推动新能源产业的可持续发展。

关键词 : 大数据; 新能源装置; 运行状态监测; 故障诊断

Monitoring and Fault Diagnosis of New Energy Device Operation Status Based on Big Data

Yang Changxian

SPIC Guizhou Jinyuan Weining Energy Co., Ltd. Bijie, Guizhou 553100

Abstract : With the rapid development of the new energy industry, the widespread application of new energy devices has also set higher requirements for their operational stability and reliability. This paper aims to thoroughly explore big data-based monitoring and fault diagnosis technologies for the operation status of new energy devices. The article first analyzes the characteristics of new energy device operation data, then provides a detailed introduction to the architecture of the big data-based monitoring system and fault diagnosis methods. It is hoped that this can provide theoretical support and practical references to improve the operational efficiency of new energy devices and reduce maintenance costs, effectively promoting the sustainable development of the new energy industry.

Keywords : big data; new energy devices; operation status monitoring; fault diagnosis

引言

在全球能源转型的大背景之下, 太阳能、风能、水能等新能源凭借其清洁、可再生等优势, 已然成为了能源领域的重要发展方向。并且近年来新能源装机容量持续地增长, 其在能源结构中的占比也在不断地提高。但新能源装置多分布在偏远地区, 其运行环境复杂, 且极易受到自然条件如光照强度、风速、温度等的影响较大。而装置的故障不仅会导致发电中断, 造成经济损失, 并且还可能影响电网的稳定性。因此实时、准确地监测新能源装置的运行状态, 并及时地进行故障诊断与修复, 对于保障新能源系统的可靠运行至关重要。

一、新能源装置运行数据特点与大数据技术基础

传统的监测与诊断方法主要依赖于人工巡检和简单的传感器监测, 现下该方式难以满足新能源装置大规模、复杂化发展的需求。此时大数据技术以其海量数据处理、快速分析和深度挖掘的能力, 为新能源装置运行状态监测与故障诊断带来了新的契机。相关人员通过收集、整合新能源装置运行过程中产生的各种数据, 再利用大数据分析算法, 便可以实现对于装置运行状态的全面感知、实时监测和精准故障诊断, 达到提高运维效率和降低运维成本的目的。

(一) 新能源装置运行数据特点

1. 数据量大: 新能源装置如风力发电机、太阳能光伏板等,

其在运行过程中都会持续地产生大量数据, 其中包括设备的运行参数、环境数据、发电数据等。

2. 数据种类繁多: 新能源装置的运行数据涵盖了数值型数据(如功率、转速、温度等)、文本型数据(如设备日志、维护记录等)、图像数据(如设备外观照片、红外热成像图像等)以及视频数据(如设备运行监控视频)。

3. 数据实时性强: 新能源装置的运行状态变化非常迅速, 因此需要实时地采集和处理数据, 以便于相关人员能够及时地发现异常情况。例如, 风速的突然变化就可能对风力发电机的输出功率急剧波动, 此时对其需要进行实时的监测和调整。

4. 数据具有时空特性: 新能源装置的运行数据与地理位置和时间密切相关。由于不同地区的光照、风速等环境条件不同, 其

会导致新能源装置的运行状态存在差异。同时一天中不同时段、不同季节的能源产出也有着明显的变化。

（二）大数据技术基础

1. 数据采集与存储：借助传感器、智能电表、物联网设备等多种数据采集手段，即可实时地采集新能源装置的运行数据，并且将其传输到数据中心。然后为解决高效地储存与管理海量数据，即可采用分布式文件系统（如 Hadoop Distributed File System, HDFS）和 NoSQL 数据库（如 Cassandra、MongoDB）等技术来实现。

2. 数据预处理：对于采集到的原始数据进行清洗、去噪、归一化等预处理操作，目的是去除数据中的错误值、缺失值和异常值，从而提高数据质量。

3. 数据分析与挖掘算法：运用机器学习算法（如支持向量机、决策树、神经网络等）、深度学习算法（如卷积神经网络、循环神经网络等）以及数据挖掘技术（如关联规则挖掘、聚类分析等），能够从海量数据中提取出有价值的信息，以此为基础可建立新能源装置的运行状态监测模型和故障诊断模型。

4. 可视化技术：将分析结果以直观的图表、图形等形式展示出来，如折线图、柱状图、热力图等，更加方便运维人员和管理人员直观地了解新能源装置的运行状态和故障情况，助力其及时地做出决策。

三、基于大数据的新能源装置运行状态监测系统架构

（一）感知层

感知层是新能源装置运行状态监测系统的数据采集源头，其主要由各类传感器和智能设备组成。当中包括温度传感器、压力传感器、振动传感器、电流传感器、电压传感器等（主要用于实时采集新能源装置的运行参数），以及环境传感器，如风速仪、光照传感器、温湿度传感器等（用于获取装置运行的环境数据）。此外还包括了智能电表、智能开关等设备，其被用于采集能源生产和消耗数据。上述这些传感器和智能设备能够通过有线或无线通信方式，将其采集到的数据传输到网络层^[1]。

（二）网络层

网络层负责将感知层采集到的数据传输到数据处理中心。它主要是采用物联网通信技术（如 ZigBee、Wi-Fi、蓝牙、LoRa 等），来实现传感器与网关之间的短距离通信。以及 4G、5G 等移动通信技术或光纤通信技术，来实现网关与数据中心之间的长距离数据传输。同时网络层还需要具备数据安全传输和网络管理功能，才能够确保数据在传输过程中的完整性和保密性。

（三）数据处理层

数据处理层是监测系统的核心，其主要负责对采集到的数据进行存储、预处理、分析和挖掘。首先应利用分布式存储技术，将海量数据存储到 HDFS 等文件系统或 NoSQL 数据库当中；然后通过数据清洗、去噪、归一化等预处理操作，可有效地提高数据质量；接着再运用大数据分析算法和机器学习模型，对于数据进行实时地分析和挖掘，从中提取出新能源装置的运行特征和潜在故障信息；最后即可将分析结果存储到数据库中，以供应用层调用。

（四）应用层

应用层的作用是为用户提供可视化的监测界面和故障诊断报

告。展开来说：通过 Web 应用程序或移动应用程序，运维人员则可以实时地查看新能源装置的运行状态、历史数据、报警信息等；同时该系统还会根据故障诊断模型，自动地生成故障诊断报告，以此为运维人员提供故障原因分析和维修建议。此外应用层还可以与其他能源管理系统进行集成，最终可实现能源生产、传输和分配的一体化管理。

四、基于大数据的新能源装置故障诊断方法

（一）基于数据驱动的故障诊断方法

就机器学习算法在故障诊断中的应用来说：

1. 支持向量机（SVM）：其可将新能源装置的运行数据作为特征向量，以核函数作为助力，将低维数据映射到高维空间，以此寻找一个最优分类超平面，然后将正常运行状态和故障状态区分开来。

2. 决策树：根据新能源装置运行数据的特征属性，即可构建决策树的模型。再通过对数据进行多次分裂，便能生成一系列的规则，而根据这些规则可对新的数据进行分类，用于判断装置是否处于故障状态^[2]。

3. 神经网络：神经网络包括多层感知器（MLP）、径向基函数神经网络（RBFNN）等。当构建起神经网络模型，便能够对于新能源装置的运行数据进行学习和训练，达到自动提取数据中特征和规律的目的，从而实现故障诊断。

而深度学习算法在故障诊断中的应用具体如下：

1. 卷积神经网络（CNN）：该网络特别适用于处理图像和视频数据。而在新能源装置的故障诊断之中，相关人员可以利用安装在设备上的摄像头采集的图像数据，再基于 CNN 算法对于图像进行特征提取和分类，从而识别出设备的故障部位和类型。

2. 循环神经网络（RNN）：此网络能够处理具有时间序列特性的数据。由于新能源装置的运行数据通常具有时间序列特征，而 RNN 则可以对这些数据进行建模和分析，进而预测设备的运行状态和故障趋势。

（二）基于模型驱动的故障诊断方法

1. 建立新能源装置的数学模型

以新能源装置的工作原理和物理特性为基础，建立其数学模型。例如，对于风力发电机来说，可以建立其空气动力学模型、机械传动模型、电气模型等；但对于太阳能光伏板，则可以建立其光伏效应模型、等效电路模型等。最终通过对数学模型的分析 and 求解，就能得到装置在正常运行状态下的理论参数和运行特性。

2. 基于模型的故障诊断方法

基于模型的故障诊断方法需将新能源装置的实际运行数据与数学模型的理论值进行对比，当两者之间的偏差超过一定阈值时，即表明装置可能出现了故障。

（三）基于知识驱动的故障诊断方法详解

在新能源设备维护与管理领域当中，基于知识驱动的故障诊断方法已经成为了提升运维效率与设备可靠性的关键手段。而这一方法的核心便在于故障知识库的构建与高效利用^[3]。

1. 故障知识库的建立

故障知识库是该方法的基础支撑，它可系统性地收集和整理了新能源装置（如风力发电、太阳能光伏系统等）的各类故障案例、故障原因、故障特征以及维修方法等宝贵知识。同时这些知识的来源广泛而多样，其中既包括了设备制造商提供的详尽技术文档（设备的设计原理、运行参数及常见故障排查指南），也吸纳了运维人员在长期的实践中积累的经验总结，而这些实战经验能够帮助系统掌握一些非标准故障模式及其解决方案相关的经验^[4]。此外相关研究文献也为知识库提供了理论与技术创新视角，其有助于深化对于故障机理的理解。

具体到风力发电机而言，故障知识库会详细地记录常见的故障类型，如叶片结冰导致的空气动力学性能下降、轴承磨损引发的机械振动加剧、变桨系统故障引起的叶片角度控制失灵等。而且针对每种故障，知识库还会列出相应的故障特征，比如振动频谱的异常变化、输出功率的不稳定波动、以及叶片实际角度与目标角度的偏差等，同时也会附上经过验证的维修步骤与预防措施^[5]。

2. 基于规则推理的故障诊断方法

依托于故障知识库则可进一步地开发出基于规则推理的故障诊断系统。而该系统通过预设的诊断规则，再结合新能源装置实时地运行监测数据，即可自动地分析故障特征，且快速地定位故障类型及潜在原因。以风力发电机为例，当系统检测到振动传感器数据异常升高，同时功率输出图表显示波动增大时，诊断规则就会立即启动，其会依据知识库中关于轴承磨损与振动、功率之间关系的规则，智能地推断出可能的故障源头，并且即时反馈给用户具体的维修建议，当中包括更换磨损部件的型号、维修步骤及安全注意事项等，从而在一定程度上缩短了故障响应时间，并且提高了运维效率^[6]。

五、存在的问题、挑战以及未来的研究方向

（一）存在的问题、挑战

1. 数据质量问题：因为新能源装置运行数据受到环境干扰、传感器故障等因素的影响，所以其可能存在数据缺失、错误、异

常等问题，会影响到故障诊断的准确性^[7]。

2. 算法适应性问题：不同类型的新能源装置具有不同的运行特性和故障模式，而现有的故障诊断算法可能无法完全地适应所有情况，因此还需要进一步地进行优化和改进。

3. 数据安全性与隐私问题：新能源装置运行数据通常会包含大量的敏感信息，如设备位置、发电数据等，对此在数据采集、传输和存储过程中必须要加强数据安全和隐私保护^[8]。

（二）未来的研究方向

1. 数据质量提升技术研究：极力地研究更加有效的数据清洗、去噪和补全算法，以提高新能源装置运行数据的质量。

2. 融合诊断算法研究：结合多种故障诊断方法的优点，来研究融合数据驱动、模型驱动和知识驱动的故障诊断算法，目的是提高故障诊断的准确性和可靠性^[9]。

3. 边缘计算与云计算融合技术研究：利用边缘计算技术在本地对新能源装置运行数据进行初步地处理和分析，以此减少数据的传输量，并提高其实时性。同时还可将复杂的数据分析和挖掘任务上传到云计算平台，来实现资源的高效利用。

4. 数据安全性与隐私保护技术研究：研究加密算法、访问控制技术，可有效地保障新能源装置运行数据的安全和隐私^[10]。

六、结语

本文当中深入地研究了基于大数据的新能源装置运行状态监测与故障诊断技术，在分析了新能源装置运行数据特点的基础上，还介绍了基于大数据的监测系统架构和故障诊断方法。相关人员在实践之中应用到大数据技术，便可以实现对于新能源装置运行状态的全面、实时地监测，并且能够更加准确地诊断故障类型和原因，进而提高新能源装置的运行效率和可靠性，与降低运维成本。

参考文献

- [1] 济南作为科技有限公司. 新能源场站故障预警方法、装置、设备、存储介质及程序产品 :CN118410441A[P/OL].2024-07-30.https://www.cqvip.com/doc/patent/3463314484.
- [2] 刘永刚. 新能源场站运维中的智能化监测与故障诊断 [J]. 今日自动化, 2024, (11): 116-118.
- [3] 国家电网有限公司华中分部. 一种基于新能源侧控制策略的电网故障诊断及装置 :CN119024095A[P/OL].https://www.cqvip.com/doc/patent/3474460969.
- [4] 谭海龙, 安洪伟. 基于智慧运维平台的新能源发电设备监测与故障诊断方法研究 [J]. 智慧中国, 2023, (12): 70-71.
- [5] 张新宇. 高压真空断路器诊断测试建模与交互式诊断方法研究 [D]. 浙江大学, 2023.DOI: 10.27461/d.cnki.gzjdx.2023.002429.
- [6] 黄海星. 基于数据驱动的风电机组故障预测方法研究 [D]. 内蒙古科技大学, 2023.DOI: 10.27724/d.cnki.gnmkg.2023.000674.
- [7] 王闯. 向家坝升船机平衡重系统状态监测与预警研究 [D]. 大连海事大学, 2023.DOI: 10.26989/d.cnki.gdlhu.2023.001218.
- [8] 于岩杰. 基于深度学习的配电网不完整信息分布式状态估计方法研究 [D]. 重庆大学, 2023.DOI: 10.27670/d.cnki.gcqdu.2023.000006.
- [9] 杜蔚杰. 新型电力系统低频振荡安全预警与态势感知预测机制研究 [D]. 北京建筑大学, 2023.DOI: 10.26943/d.cnki.gbjzc.2023.000173.
- [10] 马康原. 基于数据驱动的风电机组故障检测与定位方法研究 [D]. 内蒙古科技大学, 2023.DOI: 10.27724/d.cnki.gnmkg.2023.000867.