

基于预测性维护的新能源发电设备运维管理

柳 岩¹ 张 旭² 吴少宇¹ 杨晓飞² 黄谊斌²

1. 中国三峡新能源（集团）股份有限公司宁夏分公司 宁夏 银川 750000

2. 三峡新能源红寺堡发电有限公司 宁夏 吴忠 751900

摘 要：新能源发电设备涵盖太阳能光伏、风力、小型水电及生物质能发电等，其运维管理面临故障诊断不及时、维护计划不合理、数据利用不充分等问题。预测性维护技术以传感器、数据分析与处理及预测模型构建为基础，可助力解决上述难题。通过构建基于预测性维护的运维管理体系，包括设计运维管理框架、优化运维管理流程、建设运维管理信息系统，能有效提高设备可靠性与使用寿命，降低运维成本，提升企业效益。

关键词：新能源发电设备；预测性维护；运维管理

1 新能源发电设备及其运维管理概述

1.1 新能源发电设备类型与特点

新能源发电设备是利用可再生能源发电的关键装置，主要有太阳能光伏、风力、小型水电（或与新能源特性结合部分）以及生物质能发电设备等。太阳能光伏发电设备借助光伏效应把太阳能直接转化为电能，核心部件是太阳能电池板。它无污染、无噪音、安装灵活，适用于屋顶光伏电站等分布式发电系统。不过，其发电功率受天气和昼夜变化影响，稳定性欠佳。风力发电设备依靠风力驱动叶片旋转带动发电机发电，由塔筒、叶片、齿轮箱、发电机等组成。风力发电资源丰富、分布广泛，但风速不稳定使发电功率波动大，且大型设备对安装环境和维护要求高。小型水电利用水流落差推动水轮机发电，运行成本低、效率高，然而受水资源分布和季节影响显著。潮汐能发电利用潮汐涨落发电，规律相对稳定，可建设成本高，对地理环境要求严苛^[1]。生物质能发电设备通过燃烧秸秆、木材废弃物等生物质燃料产生热能发电，能实现废弃物资源化利用，减少污染。但生物质燃料的收集、运输和储存成本较高，燃烧时还可能产生一定污染物排放。这些新能源发电设备各有优缺点，在实际应用中需根据具体情况进行选择和优化。

1.2 新能源发电设备运维管理现状

目前，新能源发电设备的运维管理在行业内已取得一定进展，但仍面临诸多挑战。在运维模式方面，部分企业采用定期维护和故障后维修相结合的方式。定期维护按照预定的时间间隔对设备进行检查、保养和部件更换，但这种方式可能存在过度维护或维护不足的问题。故障后维修则是在设备出现故障后进行抢修，这会导致发电中断，影响企业的经济效益。在运维人员方面，随着新能源发电行业的快速发展，运维人员数量有所增

加，但专业素质参差不齐。一些运维人员缺乏系统的培训，对新能源发电设备的原理和技术掌握不够深入，难以准确判断和处理设备故障。在运维技术方面，虽然部分企业引入了一些先进的监测设备，但整体上对设备运行数据的利用还不够充分。数据采集和分析手段相对落后，无法及时发现设备的潜在问题，导致故障诊断不及时，影响设备的可靠性和使用寿命。

2 新能源发电设备运维管理存在的问题

2.1 故障诊断不及时

新能源发电设备通常分布在较为偏远的地区，如山区、海上等，这给设备的监测和故障诊断带来了困难。传统的巡检方式效率低下，难以实时掌握设备的运行状态。当设备出现故障时，往往不能及时发现，导致故障扩大，维修成本增加。另外，现有的故障诊断技术还不够成熟，对一些复杂的故障模式识别能力有限。部分企业仍然依赖运维人员的经验进行故障判断，缺乏科学的诊断方法和工具，导致故障诊断的准确性和及时性受到影响^[2]。

2.2 维护计划不合理

目前，许多新能源发电企业的维护计划制定缺乏科学依据，主要基于设备制造商的建议或以往的经验。这种维护计划没有充分考虑设备的实际运行状况和环境因素，导致维护工作缺乏针对性。一方面，过度维护会增加运维成本，如不必要的部件更换和设备停机时间，降低企业的经济效益。另一方面，维护不足则会使设备长期处于带病运行状态，加速设备的磨损和老化，缩短设备的使用寿命，增加设备故障的风险。

2.3 数据利用不充分

新能源发电设备在运行过程中会产生大量的数据，包括设备运行参数、环境数据等。然而，目前许多企业

对这些数据的利用还不够充分,数据采集、存储和分析环节存在诸多问题。在数据采集方面,部分企业的监测设备精度不高,数据采集频率较低,无法全面准确地反映设备的运行状态。在数据存储方面,缺乏统一的数据管理平台,数据分散存储在不同的系统中,难以进行有效的整合和共享。在数据分析方面,大多数企业仍然采用传统的方法,如简单的统计分析,缺乏对数据的深度挖掘和关联分析。无法从海量的数据中发现设备的潜在问题和运行规律,不能为设备的运维管理提供有力的支持。

3 预测性维护技术基础

3.1 传感器技术

传感器作为预测性维护技术的核心关键部件,在新能源发电设备的运维管理中扮演着至关重要的角色,其主要功能是实时且精准地采集设备的运行参数以及周围环境数据。在新能源发电领域,常见的传感器类型丰富多样,温度传感器便是其中之一。它能够紧密监测设备关键部位的温度变化情况,以风力发电机组为例,齿轮箱和发电机在运行过程中会产生热量,温度传感器可实时感知其温度。一旦温度出现异常升高,这极有可能意味着设备存在过载问题,即设备承受的负荷超出了其正常设计范围,导致内部摩擦加剧、能量损耗增加,进而产生过多热量;也有可能是润滑不良,润滑油不足或质量不佳会使设备部件之间的摩擦增大,同样会引发温度上升。振动传感器同样不可或缺,它能够敏锐地检测设备的振动状况。通过对振动信号的频率、幅值等关键特征进行深入分析,运维人员可以准确判断设备是否存在不平衡、松动、磨损等故障。电流传感器和电压传感器则专注于实时监测设备的电气参数,像电流、电压的波动情况等。通过持续监测这些参数,能够及时发现电气系统中潜在的故障隐患,如短路、断路等问题,从而提前采取措施,避免故障扩大。随着传感器技术的持续进步,其精度、可靠性和稳定性都得到显著提升,同时成本也在逐渐降低,这无疑为预测性维护技术的广泛应用提供坚实有力的保障。

3.2 数据分析与处理技术

数据分析与处理技术堪称预测性维护的核心所在,它通过对采集到的海量数据进行细致处理和深入分析,从中提取出极具价值的信息,为设备的故障预测以及运维决策提供科学依据。在数据分析的流程中,数据预处理是极为关键的重要环节,它涵盖了数据清洗、数据归一化、特征提取等多个方面。数据清洗的主要任务是去除数据中的噪声和异常值,因为在数据采集过程中,由于各种因素的干扰,数据中难免会存在一些不准确或

不符合实际情况的点,这些噪声和异常值会严重影响数据分析的准确性,通过数据清洗可以有效提高数据的质量。数据归一化则是将不同量纲的数据进行统一处理,在实际应用中,不同传感器采集到的数据可能具有不同的量纲和范围,如果不进行归一化处理,在后续的分析 and 比较中就会出现困难,数据归一化能够将数据转换到统一的尺度上,便于进行更准确的分析。特征提取是从原始数据中提取能够反映设备运行状态的特征参数,例如振动信号的频谱特征,它可以揭示设备振动的频率分布情况,温度的变化趋势则能反映设备在不同时间段的温度变化规律,这些特征参数能够为后续的故障预测提供关键信息^[3]。在数据分析方法方面,常用的有机器学习算法和深度学习算法。机器学习算法如支持向量机、决策树、随机森林等,它们能够对历史数据进行学习和建模,通过对大量历史故障数据的学习,建立起设备故障与各种特征参数之间的关系模型,从而实现对设备故障的分类和预测。深度学习算法如卷积神经网络(CNN)、循环神经网络(RNN)等,具有强大的特征学习和模式识别能力,能够处理大规模、高维度的数据,在面对复杂的新能源发电设备数据时,深度学习算法可以更好地捕捉数据中的潜在模式和规律,从而提高故障预测的准确性。

3.3 预测模型构建

预测模型是基于数据分析与处理技术精心构建而成的,其核心目的是预测新能源发电设备的故障发生时间和故障类型。构建一个精准有效的预测模型并非易事,需要根据设备的运行特点和历史数据,精心选择合适的算法和模型结构。不同的新能源发电设备具有不同的运行特性,其故障模式也各不相同,因此在选择算法和模型结构时,必须充分考虑这些因素。例如,对于一些运行规律相对简单、数据维度较低的设备,可能选择机器学习算法中的某些简单模型就能取得较好的效果;而对于运行复杂、数据维度高的设备,深度学习算法可能更为合适。在模型训练过程中,需要使用大量的历史数据进行训练。这些历史数据包含了设备在不同运行状态下的各种参数和故障信息,通过将这些数据输入到模型中进行训练,不断调整模型的参数,使模型能够准确地拟合历史数据。只有模型能够很好地拟合历史数据,才有可能对未来的故障进行准确预测。同时还需要对模型进行严格的验证和评估,采用交叉验证、混淆矩阵等方法评估模型的性能。交叉验证可以将数据集划分为多个子集,通过多次训练和验证来评估模型的稳定性和泛化能力;混淆矩阵则可以直观地展示模型在分类任务中的表

现,包括真正例、假正例、真反例和假反例等指标。通过这些评估方法,确保模型具有良好的泛化能力,即模型不仅在训练数据上表现良好,在面对新的、未见过的数据时也能准确地进行预测。通过对模型的训练和优化,不断提高模型的预测精度,实现对齿轮箱故障的提前预测,为运维人员提供及时、准确的维护建议,从而有效降低设备故障的发生率,提高设备的可靠性和使用寿命。

4 基于预测性维护的新能源发电设备运维管理体系构建

4.1 运维管理框架设计

基于预测性维护的新能源发电设备运维管理框架应包括数据采集层、数据传输层、数据分析层和应用层。数据采集层负责实时采集新能源发电设备的运行参数和环境数据,通过安装在设备上的各类传感器实现。数据传输层将采集到的数据传输到数据中心,可以采用有线或无线通信技术,确保数据的实时性和可靠性。数据分析层是整个运维管理体系的核心,对采集到的数据进行处理、分析和建模,提取有价值的信息,实现设备的故障预测和健康评估。应用层将数据分析的结果应用于运维管理决策,如制定维护计划、安排维修任务等,同时为用户提供可视化的界面,方便用户实时了解设备的运行状态和维护情况。

4.2 运维管理流程优化

传统的运维管理流程存在效率低下、响应不及时等问题,基于预测性维护的运维管理流程需要进行优化。在设备监测阶段,利用传感器实时采集设备数据,并通过数据分析层对数据进行实时分析,及时发现设备的异常情况。当设备出现潜在故障时,系统自动发出预警信息,通知运维人员。在故障诊断阶段,运维人员根据系统提供的预警信息和相关数据,利用数据分析工具进行深入分析,准确判断故障的类型和原因。同时结合设备的维护历史和运行环境,制定合理的维修方案。在维修实施阶段,按照维修方案组织维修人员进行维修工作,并及时反馈维修进度和结果。维修完成后,对设备进行重新监测和评估,确保设备恢复正常运行。在维护效果评估阶段,对维修后的设备运行数据进行跟踪和分析,

评估维修效果,总结经验教训,为后续的运维管理提供参考。

4.3 运维管理信息系统建设

运维管理信息系统是基于预测性维护的新能源发电设备运维管理体系的重要组成部分,它集成了数据采集、存储、分析、展示等功能,为运维管理提供全面的支持。系统应具备数据管理功能,能够对采集到的数据进行分类存储和管理,方便用户查询和调用。同时系统还应具备数据分析功能,利用机器学习和深度学习算法对数据进行挖掘和分析,实现设备的故障预测和健康评估^[4]。在可视化展示方面,系统应提供直观的图表和报表,展示设备的运行状态、故障预警信息、维护计划等内容,方便用户实时了解设备的运行情况和运维管理进展。另外,系统还应具备权限管理功能,对不同用户设置不同的权限,确保数据的安全性和保密性。同时,系统应具备良好的扩展性和兼容性,能够与其他相关系统进行集成,实现信息的共享和交互。

结束语

基于预测性维护的新能源发电设备运维管理体系,为新能源发电设备的稳定运行提供了有力保障。通过引入先进的传感器技术、数据分析与处理技术,构建精准的预测模型,并优化运维管理流程、建设运维管理信息系统,有效解决了传统运维管理中的诸多问题。随着技术的持续进步,预测性维护技术将在新能源发电设备运维管理中发挥更大作用,推动新能源发电行业向更高效、更可靠的方向发展。

参考文献

- [1]庄甦.浅析风力发电设备运维存在的问题与改进措施[J].中国设备工程,2021(03):38-40.
- [2]龙安州.浅谈电力系统中的变电运行安全管理与变电设备的维护[J].电子世界,2020(18):160-161.
- [3]姜王杰.智能技术在电力运维系统中的应用[J].集成电路应用,2024,41(10):384-385.
- [4]董晨霓,狄婷.基于大数据技术的电力运维故障诊断及自动告警系统设计研究[J].电子产品世界,2025,32(02):53-56.