

基于大数据的风力发电机组故障诊断研究

张腾飞

河北新天科创新能源技术有限公司 河北 张家口 075100

摘要: 近年来,大型风力发电的建设有所加强,国家的应对和规划变得越来越重要。另一方面,数据管理技术正在逐步应用于解决问题,因为它不需要事先了解受控制的对象。研究风电场运行条件的影响因素,研究基于数据的故障排除方案和状态预测方案,为风电场运行维护和成本控制提供参考。

关键词: 大数据; 风力发电机组; 故障诊断

Research on wind Turbine fault diagnosis based on Big data

Tengfei Zhang

Hebei Xintianke Innovative Energy Technology Co. LTD Zhangjiakou, Hebei Province, 075100

Abstract: In recent years, the construction of large-scale wind power generation has been strengthened, and the national response and planning has become more and more important. On the other hand, data management techniques are increasingly being used to solve problems because it does not require prior knowledge of the objects under control. The influencing factors of wind farm operation conditions are studied, and the data-based troubleshooting scheme and state prediction scheme are studied to provide reference for wind farm operation and maintenance and cost control.

Keywords: Big data; Wind turbine; Fault diagnosis

随着中国风电规模的扩展,风力发电变得越来越先进,机械部件变得越来越复杂,部件之间的联系也越来越复杂。发生故障时,损失和维护费用可能会很大。传统的修复方法通常有两种:故障后修复和频繁和定期停机修复。在这两种情况下,服务都受到延误和不足,这往往会导致重大的、不可逆转的后果。存在着过度的服务缺陷,很容易导致不必要的人力和物质资源浪费。因此,近年来,国内外学者更加重视故障诊断和风力预测。与此同时,在发生故障时控制风力发电机的运行成本尤为重要。本文根据数据思想,研究了风电场的故障排除和状态预测,并分析了它们在成本管理中的应用。

一、风力发电机组运行状态的影响因素

传统风力发电的维修只涉及运行状况,但风力发电的零部件、生产、运输、安装等很多。可能会影响运行状态,零部件在设计阶段的质量下降,原因包括物理性能、疲劳性能和风力几何参数、叶片材料主生产过程中的匹配问题、采购不当等。在运输阶段,决定因素包括储存不足、运输损失和其他因素。安装阶段包括安装错误等因素。在运行阶段,环境、地形和海洋状况等地理因素(如盐雾、风速、温度、压力、空气湿度等)以及空气湍流、主轴倾斜等随机负荷因素。范围更广,实时维护也不足。

二、常见风力发电机的故障

风力发电机的主要部件包括齿轮箱、发电机、叶片、轴承、驾驶室、塔、转向系统、主系统等。

齿轮箱: 传送给风力发电机。变速器两侧包括低速轴和高速轴,速度比低速轴快几十倍。

发电机: 风力,也称为感应电动机或异步发电机。产生器通常具有传导性质,例如电流和电压。

叶片: 捕捉空气并将空气输送到转子中心的发电设备。

轴承: 有主轴、低速轴和高速轴。主轴是低速轴和高速轴通过齿轮箱连接的风箱。

偏航系统: 控制和调节风向的变化。

机舱: 阵列风扇保护盒。

台架: 风扇主部件的支撑结构。

发电机故障主要分为转子系统故障、端环故障、定子线圈故障、转子线圈故障、轴承故障、轴故障、连轴故障等。它主要出现在发电机零件的连接处,易于振动和使用,磨损产生的热量导致相关零件老化。齿轮箱的主要缺陷:齿轮故障、轴承故障、轴故障等。它主要表现为变速箱轴承中的齿轮不稳定和裂纹。叶片故障主要发生在材料问题、裂纹和叶片角度不对称等方面。其他缺陷,如偏差装置、电子控制系统等,主要是电

气控制故障。如上所述，通信、发电机、主轴维护和故障修复费用最高，因此，通信、发电机、轴承和其他常见组件是故障监测的核心^[1]。

1. 齿轮箱

齿轮箱制造技术比较成熟，是提高风力发电机转速的重要因素之一。变速箱设计用于根据齿轮之间的齿轮和轴承更改转速。据统计，输电故障率较低，但输电修复过程较为复杂，修理费用高于故障率较高的其他电气控制和偏转系统。特别是船舶风扇，维修过程需要起重机、船舶等特殊设备，这就对技术人员提出了更高的要求。此外，齿轮箱的安装位置较小，齿轮箱的不稳定性对维修人员的日常操作和维护安全构成最大的威胁。风力发电机组具有速度和载荷函数，这些函数根据风速影响各个级别的转速。由于传输的这些特点，对传输状态的控制变得更加复杂。变速箱连接发电机组和主轴，将主轴低速转换为发电机组高速，轴承起着重要的辅助作用。变速箱通过齿轮传动装置高速转动。导线断裂后，接触面留下许多颗粒，摩擦系数较高，齿轮轴承运转不正常。此外，由于齿轮啮合速度较慢，因此在启动停机更改时间内容易产生较大的偏差和振幅，从而对轴承产生很大影响。长时间运行可能会导致轴承故障，主要是损坏的轴承滑动和曲面偏移。

2. 发电机

风力发电组是风力发电场的主要发电设备，与普通小型发电组相似，轴承故障率、发电机组线圈故障率和相关电气设备故障率较高。发电机转子振动原因：①发电机转子旋转时能量分配不平衡，受不平衡区域振动的影响。发电机转子刚度不对称时，第二频率振动（工作频率的两倍）增大。③发电机转子运行期间，线圈因电力传输不足而产生不均匀的电磁力，从而改变了转子的转速。在大多数情况下，普通发电机轴承或相关元件的问题与电力传输特性有关，例如电压、电流变化和其他因素。生成器还受前轴承和后轴承的支持，因此通过更改旋转模式和速度可以轻松地提高轴承温度。此外，发电机必须能够承受转速的变化和1000r/min与2000r/min之间的对应，使轴承容易发生故障^[2]。

3. 主轴

主轴用于将齿轮箱连接至叶片和轮毂，而空气轮（叶片和轮毂）承受叶片和轮毂的压力，且具有“从表面到表面”的结构。销转速低，容易更改转速，导致弯曲变形。为了提高主轴的压缩能力，通常需要监视主轴轴承材料和负载强度。相比之下，主轴转速变化很快，长期变化条件加快了轴承寿命的延长。轴承连接的润滑不足，摩擦力过大，容易发生摩擦损失。

三、故障产生原因分析

1. 部件磨损

磨损是损坏机械滚子轴承的常用方法。当机械零件（例如

轴承和齿轮）工作时，会发生这种情况。磨损分为正常磨损和异常磨损。风扇运转正常时，正常磨损相对较低且速度较慢。异常磨损是指由于突然不利的环境因素、洒水器等造成的大量磨损。磨损会导致金属接触面的不必要损耗、轴承接触面的不良血液增加、咬合能力减弱以及轴承功能减弱。当然，在大多数情况下，零件磨损可能是由于零件接触面上的润滑不足和异物造成的。磨损故障时，振动信号振幅值明显变化，能够判断故障趋势。

2. 轴承过热

轴承过热不仅是轴承性能异常，而且是轴承故障的原因之一。高温是许多异常特征的特征，因此轴承温度始终很高，这可能会影响轴承寿命，从而有助于跟踪故障的根本原因并确定故障的具体原因。轴承温度升高的主要原因是接触表面摩擦过多、润滑方法不正常、速度快、轴承温度高或存在其他问题。

3. 产品寿命

部分故障是由于部件正常磨损所致。例如，如果轴承工作正常，内外环和轴承本体相对于彼此移动并包括在内。电荷不均匀、密度高的地方容易出现裂缝，长裂纹会积聚在脱落的坑中。疲劳启动的主要原因是，对于运行时的可变载荷、制造缺陷和轴承装配错误，零部件疲劳约束是恒定的，从而容易加快零部件疲劳。最初，疲劳强度没有显示轴承温度变化的显著趋势，但高频振动信号的频率参差不齐^[3]。

4. 开裂失效

轴承裂纹问题主要源于产品变形。产品变形后-如上所述，剪切应力的长期积累导致问题零件变形加剧，最终导致轴承断裂。轴承裂纹是一个非常危险的故障，必须及时停止。

四、风力发电机组故障检测方法的分析

由于信号来源不同，采用不同的故障检测方法检测发电机故障。典型的故障检测方法包括振动分析、电气参数分析、石油分析、温度预测、SCADA集成数据分析等。下文简要介绍了每种方法。

1. 振动分析

建立主轴承、齿轮箱、发电机等振动监测点，采集和分析单元振动信号，并根据分析结果确定单元的运行状态。目前振动分析广泛应用于机械故障

2. 电参数分析

将处理过的电流信号与错误电流信号进行比较，并使用能量分析检测错误。大多数分析方法只能在理想的实验条件下进行，因此尚未得到广泛应用。

3. 油液分析

采用离线和在线的方法对油液中磨损及污染物颗粒进行数据分析，以此来了解设备的磨损和润滑状况，确定故障的位

置以及故障发生的原因。

4. 温度预测

通过分析机组发电机和齿轮箱轴承温度的实际值与预测值残差的变化趋势,并结合现场设定的报警阈值来实现对风力发电机组的故障预警。该方法从微观的角度来分析温度参数,具有较高的准确性,并可以提前发现故障,在实际应用中被广泛使用,因此本文采用该方法对异常风机进行故障预警研究分析^[4]。

5. SCADA 系统数据综合分析

分析现场主要电气设备的各种物理参数,并对设备状态进行评估。

五、风力发电机组故障预警模型设计

1. 数据清洗方法

风力发电机根据环经核算制度和相关设备提供运营数据。由于网络不稳定和其他原因,主动风扇容易发生数据泄漏和丢失,导致无法全面报告数据,并对后续分析数据产生重大影响。因此,需要充分利用相似的模型数据,填充缺少的值,并在此基础上构建模型。分析数据不受 SCADA 等设备报告的某些数据的影响,这需要基于特征进行过滤并使用其他工具进行建模。结合大数据技术消除不必要的风力数据。此处不必要的的数据通常指备件数据、天气数据、运行数据、SCADA 数据等。在此基础上,将合并要完成的数据,建立符合不同风扇类型需求的整体模型,上述模型是基于内存计算技术和大型数据分发体系结构的基本模型。在分布式群集中,可以基于分布式计算技术将模型群集加载到内存中,并合并、插值或过滤加载的数据。主体上说清洗可细分为如下三大部分模型:其一是定量清理,首先需要进行取值范围的设定,清理超标数据。其二是连续判断清理,假设连续不变的数据值大于限定采集频率,此时可清理被判定为传感器问题的信息。其三是补充缺失的数据。在此基础上结合用户所需要进行补充的风力发电机组及其相应的补充依据,在此基础上结合时序条件补充替换缺失数据。数据清洗功能的作用主要体现在可通过页面上部筛选需要的数据,比如起始终止时间、风力发电机组的类型、型号以及筛选区域等等,并结合风速功率叶片角度确定所需要清洗的数据列及其具体清洗规则,最后对比清洗前后,显示清洗结果、页面下部分的数据。可将需要筛选的风力发电机组型号的清洗文件及其文件名输入侧面数据清洗文件之中,之后通过点击按钮,即可选择相关操作,比如删除、合并、导出等。

2. 贝叶斯网络构建

用于故障检测模型的 H-SKDB 分类器属于 Bayes 网络分类器(BNC)。为其中一个 BNC 构建网络结构是一个非常重要的步骤,网络结构的质量直接影响故障检测模型的性能。以 SCADA 历史数据故障类别标签为整个网络结构的顶点 c,建立

风力发电故障检测任务的贝叶斯网络,计算风力发电数据的 X_i 属性与顶点 c 和 X_i 之间的互信息,形成相应的贝叶斯网络^[5]。

3. H-SKDB 分类器

H-SKDB 分类器是在过去 SCADA 预处理故障数据后使用威尼斯网络模型形成的。通过为分类器中的当前数据输入对象属性值,实时分类 SCADA 数据。计算当前记录最有可能所属的失败类别。不同于 SKDB 使用互信息排序方法构建 Bayes 网络, H-SKDB 使用互信息相加方法计算网络结构。建立的网络结构充分考虑了属性变量之间的关系,提高了故障检测精度。

4. 风机运行数据分类及标准化

(1) 抽样分类学习数据挖掘过程中的所有数据都受到内存和运行时间的限制,这需要抽样数据。选择采样方法通常会影响到最终模型的输出。有四种抽样方法:随机抽样、系统抽样、分组抽样和分级抽样。随机抽样:随机抽样是最常用的抽样方法,结果由随机抽取或随机数字决定。随机抽样原则不适用于简单但数据分布明显的数据集。系统抽样:系统抽样是定期抽样。系统采样简单,但容易增加或减少参数。分组抽样:整个抽样组在抽样和直接选择抽样结果的子类别之前分为多个类别。分级抽样:如其名称所示,层次的采样基于数据集层次,并按比例从每个层次中提取数据,以获得特定大小的数据集。一般来说,在取样之前组织数据并确认其分布情况。如果资料具有强大的时间序列性质,请选取「线性随机抽样」以提供参数的时间序列。如果资料显示类别或层次的规则,请选取阶层式抽样方法,以确保每个类别的资料都位于抽样资料集中。如果数据集分布不明,则数据是随机的,可以考虑系统采样。如果采样只是为了提高数据处理效率,请选择“系统采样”。本实验中使用的取样方法是线性随机取样由于目标预测是时间序列温度的指数,因此在建模和预测过程中应尽可能保持时间序列。(2) 可变数据类型和单位各不相同,这有助于使转换后的数据标准化,消除不同维度的影响,并便于对单位和级别之间的指标进行比较和加权。数据标准化会将数据缩放到指定的范围大小^[6]。

5. 故障诊断相关参数筛选

风电场结构复杂,缺陷有很多部分和类型风力发电机组是输电系统最重要的组成部分,安全稳定的运行是风力发电正常运行的前提条件。传输的内部结构复杂,维护成本高,技术难度大据统计,风力发电时齿轮箱故障率较高,停机维护时间较长,对风力发电场正常运行的影响最大。因为齿轮箱的机油温度很好地反映了齿轮箱的工作状态,本文主要选择风机齿轮箱的机油温度作为故障排除的预测大象参数,以便对齿轮箱进行故障排除

六、结束语

风力涡轮机越来越复杂,越来越复杂,一旦发生故障,可

能会给整个机组造成巨大损失。本文采用数据驱动的方法建立了准确有效的风场物理模型,研究了风场故障排除和状态预测的技术框架。此外,还研究了大数据在风机成本控制系统中的应用,并从根本上提出了引入各种外部系统和实现信息共享的控制模型,为风机的运行、维护和控制提供了参考。

参考文献:

- [1] 王春佳.基于大数据的风力发电机组故障诊断研究[J].设备管理与维修,2022(17):159-160.
- [2] 王平.风力发电机组传动链故障诊断与大数据预警技术[D].山西大学,2021.
- [3] 陆鹏.基于关键数据挖掘的风力发电机组故障预测与诊断技术研究[D].昆明理工大学,2018.
- [4] 曾军,陈艳峰,杨苹,郭红霞.大型风力发电机组故障诊断综述[J].电网技术,2018,42(03):849-860.
- [5] 李明轩.基于 Hadoop2.0 云平台的风力发电机组故障诊断技术研究[D].沈阳工业大学,2017.
- [6] 刘旭.数据挖掘在风力发电机组故障诊断中的应用[D].中国地质大学(北京),2016.