

# 基于大数据分析的风电机组健康诊断研究

闫伟东

内蒙古龙源蒙东新能源有限公司

**[摘要]**现如今,我国是大数据快速发展的新时期,为了克服能源危机,解决日益突出的环境污染问题,风能逐渐受到人们的广泛关注。截至2020年2月底,全球风电装机容量达到5.16亿kW,进一步说明新能源发电比重逐步提高。研究海量状态检测数据的智能清洗、智能诊断和故障评估方法,实现基于多源信息融合的大数据预测分析和智能维护,是风电机组健康管理的重要趋势。据统计,风电机组的故障主要集中在叶片、齿轮箱、主轴、发电机、变频器等部件上。风电机组状态检测技术的发展趋势是选择合理有效的检测和监测模式,实现故障诊断和故障预测。

**[关键词]**风力涡轮机;故障诊断;大数据;条件检测;关联规则

**【DOI】**10.12252/j.issn.2096-6261.2020.02.1192

## 引言

一直以来,人们习惯于采用事后检修和周期性维护的检修方式,导致风电机组运维成本较高。为了加强对风电机组健康状态的评估分析,有必要建立专门的健康监测系统,通过对监测数据的判断了解风电机组当前所处的运行状态,进而对风电机组健康衰退趋势做出预判,找出可能存在的故障点,对设备安排检修与维护,降低风电机组运行成本。基于大数据分析技术,开发风电机组的智能评估及诊断系统,能够实现在线健康状态监控,从而对风电机组运行展开智能管理,实现风电机组的事前控制。

### 1 风电机组发电量预测框架

首先用改进的HMM来建立风电机组健康状态模型,主要包括为机组健康状态分级、确定健康状态观测指标、性能数据预处理、模型训练、健康状态评估5个步骤。将机组健康状态划分为5个等级,确立能反映机组健康状态的观测指标,并以此初始化模型参数。将机组多个性能观测指标的实测数据进行重采样和性能量化分级预处理,得到性能观测矩阵。用改进的Baum-Welch(B-W)算法和前向-后向算法训练性能观测矩阵,计算多观测序列HMM参数。再采用Viterbi算法预测健康状态序列,用前向-后向算法预测健康状态出现概率随时间变化的情况。然后将健康状态劣化过程带入机组功率曲线,最终再结合风速模型建立考虑健康状态影响的发电量预测模型。用随机抽样一致性(RANDom SAM-ple CON-sensus, RANSAC)算法清洗风速与功率的异常数据,并基于比恩法建立机组不同健康状态等级的功率曲线 $P_i(v)$ 。再利用健康状态劣化过程融合 $P_i(v)$ ,建立考虑健康状态的风电机组动态功率曲线 $P(t, v)$ ,最后结合基于Weibull分布的风速概率密度模型预测风电机组发电量。

## 2 大数据分析的风电机组健康诊断

### 2.1 复合材料风电叶片

风电叶片通常由玻璃纤维作增强相、环氧树脂作基体,通过多层铺叠制造而成,其制造成本在整个风电机组的总成本中占比达1/5,且为了更高效地捕获风能,风电叶片的物理尺寸、质量不断增大,这都给叶片的维护和维修带来了新的挑战。在复合材料风电叶片制造和服役过程中,不可避免地出现各种类型的损伤,常见损伤类型包括脱粘、裂纹、分

层和纤维断裂等7大类。其中,裂纹会在风机的自激振动和停车时加以扩展,在外部环境如风沙等的作用下最终极易扩展为分层,进而可发展为叶片开裂。

### 2.2 设备健康状态管理系统框架

健康状态评价是保证机电设备运行有效评估方式,设备健康状态管理系统是一项复杂的系统工程。其包含信号处理、状态监测、健康状态评价、剩余寿命预估、运维决策、等等。信号处理:将传感器、控制系统传入数据包括其当前的从提取出的内容特征与设备功能状态各项指标,转换成之后健康管理系统所需要的格式。在信号处理方法上目前有小波变换、快速傅里叶变换、滤波器等等,将数据经过处理后输出含有特征信息压缩简化后给接下来进行分析的系统。状态监测:状态监测系统主要功能是对经过信号处理系统传来的数据进行分析,并根据数据进行测试及报告各个子系统当前所处的运行状态、行为;也会对当前子系统所处环境进行监测及报告。健康状态评判:将监测系统所传入数据进行评估,将信息分类判断系统(或部件)当前的健康状态,完成对事件的分类。根据状态评估结果进行设备的实时管理比如:故障处理,综合资源管理和优化,重组重构等等。剩余寿命预估:在基于力学理论、数学模型、信息技术等基础上,对设备的剩余寿命进行预测判定,能够对运维决策提供有效信息。运维决策:在基于状态监测、健康状态评判、剩余寿命预估所传递的信息给出设备维护、计划维护、等建议措施。详细内容可到制定维护计划、更换部件的采购、现有维护资源人员分配等等。在设备健康管理系统中,健康状态评价是一个承上启下的部分,对系统组成部件在不同工况运行中的健康状态及发展趋势进行探明。为系统性能评级、维护决策打下良好基础。在健康状态评价的过程中系统将从选择健康状态评价指标、建立健康状态的评价模型、分析健康状态的评价结果入手构建健康状态评价体系。

### 2.3 关联算法

Apriori算法属于关联规则算法的最经典算法,本算法能够实现风电机组故障预测,以下给出其实现的步骤。1)给定最小支持阈值,设定可信度阈值。2)扫描事务数据库,生成候选项,根据最小支持阈值修剪频繁项集,得到频繁项集。3)根据频繁项集得到候选项目集,然后根据最小支持阈值对候选项目集进行裁剪,生成新频繁项目集。4)通过重复迭代查找最频繁的项。5)从频繁项集中挖掘所有大于或等于可信

度阈值的强规则，即强关联规则。在上述步骤中，基于频繁项集查找候选项集的原则是：如果一个项集是频繁的，那么它的所有子集也必然是频繁的。

## 2.4故障诊断

基于大数据分析展开风电机组的健康状态评估，大数据处理流程主要有数据采集、数据统计与分析、数据导入与预处理、数据挖掘4个部分。当前风电机组拥有较为完善的数据采集与监视控制系统（Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA），可以对设备运行情况进行监视与控制，以此完成对风电机组的数据采集。大数据系统会按照分钟级或秒级间隔记录设备运行的原始数据。由于采集系统的数据量十分庞大，运行参数可达几百项，一台风电机组的每月记录数据能够达到几百兆字节，对这些海量数据展开整理与分析，有利于判断设备运行状态。对数据展开分类汇总，对历史监测数据统计分析，可以得到数据正常运行阈值和风电机组健康运行评判标准。在数据导入与预处理过程中，选择对风电机组内各个子系统的运行状态影响最明显的参数进行统一模糊预处理，可以达到数据量化统一的目的。在数据挖掘系统中，需要使用不同的算法进行数据计算，对各项评价指标进行数据的深入挖掘，得到风电机组在不同健康状态等级条件下的模糊分界区间，计算出评判指标权值。应用劣化度对健康状态评估指标统一处理，劣化度取值在0~1之间，可对齿轮箱、轴承温度和处理偏差值进行分析，从而确定劣化度，或者根据桨叶角度指标计算劣化度。技术人员通过遵循模糊性与最大隶属度的原则，对各项指标进行综合评判，实现指标统一量化。在完成指标评判后，按事件影响程度分配权重，依靠模糊综合评判理论评估风电机组的健康运行状态。由于三角形和半梯形的组合分段函数较为简单，与其他隶属度函数相比，计算结果接近，因此应使用三角形和半梯形隶属度函数对风电机组健康状态进行智能诊断。

## 2.5设备健康状态退化特性

不同设备其在出现故障容易程度和使用寿命时间不尽相同，但根据统计发现其发展规律基本一致，1) 早期故障早期故障又称为设备磨合期，在大型机电设备如风电机组运行初期，各个部件、控制系统都处于初期磨合阶段。在安装调试的过程中不可不避免会留下问题，且在运行初期操作也有一定的适应过程。在设备逐渐运行的过程中故障率会逐渐降低过渡至偶发故障期。2) 偶发故障偶发故障期又称为设备有用寿命期，在经过磨合期后设备运行逐渐趋于稳定状态。处于这个阶段的设备发生故障频率会大大降低，在没有遇到突发极端事件影响一般不应该发生故障。而突发极端事件一般往往由于使用不当、操作失误或遭遇外界环境因素产生，这些情况往往有很大的偶然性，故将此状态称为偶发故障期。3) 严重故障在随着使用时长的不断增加，设备中各个部件在长期运行中受到物理变化化学变化所引起的磨损、腐蚀、老化、损耗。处于这一时期的设备故障率将逐渐提高而影响设备运行，如不即时采取措施进行维修，设备运行危险系数大大增

加，从而极易发生严重难以修复的故障。

## 2.6基于机电阻抗的方法

结构中损伤的存在会引起结构中压电片（PZT）电阻抗的变化，依据该原理可实现损伤的识别。基于机电阻抗的方法集信号激励与采集于一体，是一种主动式的结构健康监测方法，具有局部灵敏度高、系统集成简单方便、无需模型分析等优点，尤其适合平板类结构的在线监测。该类方法不需对结构进行模态分析，而是要建立一个合适的理论模型，将压电片中计算得到的电阻抗信号与被测结构的特定物理参数进行关联，即建立电阻抗信号与待测物理量的映射关系。首次建立了被测结构机电阻抗与电导纳关系模型，并分析了前者变化对后者产生的影响。在机电阻抗法中，以获取的电阻抗信号来反求被测结构的机械阻抗，进而通过结构中阻抗的变化来识别和定位损伤。由于该方法多采用压电片等激励/传感器来获取电阻抗信号，而压电材料易受环境温度的影响，需要采取一定的抗温变措施，如采用神经网络等人工智能方法以补偿温度的不利响应，提高该方法的鲁棒性和有效性。同时，由于该方法目前尚不能检测距离传感器较远位置的损伤，因此，无法在结构中实现大范围损伤定位，且损伤识别精度有限，对微小尺度损伤难以高精度检测。

## 结语

为了能够进行有效的检测，对故障进行准确的诊断，并根据设备的运行状态对故障进行预测，将大数据挖掘技术引入到风电机组运行状态的故障诊断系统中，建立大型数据分析平台，集成多系统、跨设备、设备状态分析，包括海量状态检测数据的智能清洗、智能诊断和故障评估方法。挖掘大数据资源的价值，实现基于多源信息融合的大数据预测分析和智能维护，是风电机组健康管理的重要趋势。随着以云计算、人工智能和大数据为代表的新技术的迅速应用，这些技术在风电机组健康管理中的应用越来越受到重视。这些技术的合理使用，对于降低风电成本，提高风电清洁能源的市场竞争力具有重要作用。

## 参考文献

- [1] 黄猛. 基于大数据和机器学习模型的风力发电机组健康管理研究[J]. 机械制造, 2017(8): 37-39.
- [2] 王玉宏. 基于大数据决策分析的风电机组故障诊断研究[J]. 现代工业经济和信息化, 2019, 10(4): 18-19.
- [3] 尹诗, 孟凯峰, 余忠源, 等. 基于大数据分析的风电机组塔架振动仿真研究[J]. 电子技术与软件工程, 2016, 75(1): 186-187.
- [4] 刘洋广. 基于大数据分析的风力发电机组故障预警技术研究与应用[D]. 吉林: 吉林大学, 2018.
- [5] 陈伟. 基于大数据分析的风电机组运行状态监测方法研究[J]. 湖北农机化, 2019(16): 2.
- [6] 安永灿. 基于人工智能算法的风电机组故障诊断研究[D]. 长春: 长春工业大学, 2019: 44.
- [7] 冯永新. 风电机组在线智能故障诊断技术发展趋势[J]. 黑龙江电力, 2017(2): 173-177.