

基于状态和性能的辅助设备故障自动报警与预警模型研究与应用

王朝盆^{1,2}

1. 四川大渡河双江口水电开发有限公司 四川 阿坝州马尔康 624011

2. 长春工程学院电子与信息工程学院 吉林 长春 130002

摘要: 目前,国内外对辅助设备状态和性能监测方面的探索都尚未完备,但是在智慧电厂建设的大环境下,辅助设备状态监测与趋势分析必须稳扎稳打。本文抓住辅助设备管理维护的难点痛点,结合生产实际和专家库,搭建基于状态和性能的辅助设备故障自动报警和预警模型,通过Mann-Kendall检验和动态时间规整方法进行趋势跟踪及劣化趋势分析,实现设备故障自动报警和预警功能,为“建智慧电厂、创世界一流”提供了科学技术支撑。

关键词: 自动报警; 预警模型; 辅助设备; 智慧电厂; 趋势分析

引言

辅助设备是水电站的重要组成部分,具有分布零散、机械结构错综复杂的特性,这导致辅助设备发生缺陷的可能性大大增加。据统计,大岗山水电站自投产发电以来,辅助设备缺陷发生率高达47.2%,严重威胁到主设备安全稳定运行。目前,辅助设备具备一定的故障报警能力,但报警方式固化、逻辑单一,对设备潜在的缺陷和故障无法感知,导致报警覆盖率较低。在系统发生故障时,通过人工对系统故障进行排查,无法快速精准定位故障位置,不利于以“故障精准排查,系统协同联动”为目标的智慧电厂建设;其次对辅助设备研究的重视程度不够,缺乏状态监测和趋势预警功能。在故障判断和处理的过程中采用以专家经验为主、数据为辅的分析方式,对数据的挖掘应用程度不深,未实现系统数据资源共享,存在“信息孤岛”问题,辅助设备缺乏自主预判的复合功能,目前只具有定值监测和指令操作控制等简单功能,缺乏对潜在缺陷和风险隐患的感知识别。

1 研究方案

1.1 研究思路

利用UDP组播协议将监控系统数据汇聚到综合管理平台数据中心,通过漏点检测、越限检测、离散化处理、维度变换等规则对非法数据进行清洗转换,剔除非法数据,提取有效数据,供模型分析使用。结合生产实际和专家库,搭建基于状态和性能的辅助设备故障自动报警和预警模型,通过Mann-Kendall检验和动态时间规整方法进行趋势跟踪及劣化趋势分析,实现设备状态实时监测和故障精准定位。

1.2 可行性分析

大岗山综合管理平台于2018年建成投运,汇聚了计算机监控、在线监测系统等30个生产系统数据,共采集测点3万余个。拥有辅助系统投运至今所有历史数据,为辅助设备故障自动报警与预警模型研究可以提供优质的数据资源和开发平台;大岗山综合管理平台拥有算子模型、趋势分析、智能报表、智能告警等工具,可实现设备“监视-分析-告警”一体化管理。为模型建设提供便捷的工具;可利用离散化处理、维度变换等技术对非法数据进行处理,通过Mann-Kendall检验和动态时间规整方法对设备进行状态监测和趋势分析,达到设备状态实时感知、故障精准排查、性能自主评估等效果^[1]。

2 设计方案

2.1 数据获取

以大岗山综合管理平台为基础,通过UDP组播方式将监控系统数据汇聚到综合管理平台数据中心,再利用NC_GETREALDATABYARRAY函数获取调速器油泵相关数据。

NC_GETREALDATABYARRAY (param1, param2)
函数:

参数1: 测点, integer和Long都可以接受;

参数2: 时间Array;

返回值: 结果序列(测点(过滤条件), 时间(过滤条件), 测值), 需用过滤函数滤出结果集。

2.2 数据处理

由于传感器损坏、电磁信号干扰、采集设备故障、通讯对点错误等情况导致获取的数据中存在很多非法数据,主要表现在数据缺失、数据不变、数据突变三个方面;高质量的数据资源为整个模型的决策与诊断提供有

力保障,进行清洗、剔除非法数据显得尤为迫切重要;本课题主要从机组运行工况识别、错误数据辨识、错误数据恢复等三个步骤对数据进行处理,通过数据缺失检查、STUCK检查、范围检查、变化率检查、量级检查等方法进行错误数据辨识,筛选错误数据,在使用多源冗余切换、多状态关联解析、数据驱动测量等方法进行数据恢复处理。提取有效数据,为后续分析做准备。数据处理方法如下:

(1) 机组运行工况识别。根据机组负荷判断机组运行工况,并建立运行工况与数据之间的关联关系,为数据清洗提供必要的前提条件。

(2) 状态监测错误数据辨识。针对各类错误数据,融合有效性检查、多源冗余校验、多状态关联校验、时间延时聚类对错误数据进行检测与定位,并发出提示与报警。

(3) 状态监测错误数据恢复。根据数据冗余度和关联耦合程度,选定多源冗余切换、多状态关联解析计算或融合运行工况与灰色关联模糊支持向量机回归的软测量对错误数据进行恢复。数据处理过程如图1。

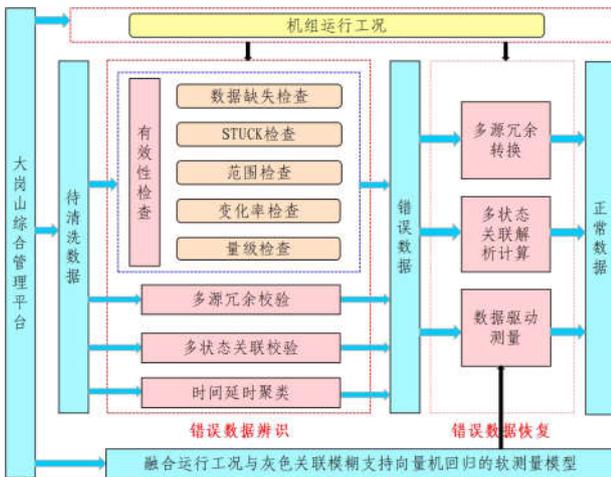


图1 数据处理流程图

3 Mann-Kendall 检验算法

对于油泵打油效率和寿命临期告警模型,是对调速器系统补油和补气事件的运行工况和特征值进行记录,结合打油速度特征向量。以此建立各指标特征向量,并进行趋势跟踪分析及劣化趋势计算。通过Mann-Kendall算法检验特征向量的突变点,并反向通过基于动态时间规整算法的序列相似度计算历史中的相似时刻,关联历史中设备运行出现过的异常或故障,协助油泵性能和寿命临期故障分析。下面对Mann-Kendall检验法做介绍:

Mann-Kendall检验分为趋势检验和突变检验两个方向,本课题主要运用突变检验。以下对Mann-Kendall突

变检验的原理进行阐述。对于时间序列X, (含有n个样本), 构造一个秩序列:

$$S_k = \sum_{i=1}^k r_i (k=2,3,\dots,n)$$

其中:

$$r_i = \begin{cases} +1 & x_i > x_j \\ 0 & \text{否则} \end{cases} (j=1,2,\dots,i)$$

秩序列 S_k 是第i个时刻数值大于j个时刻时,数值个数的累加。在时间序列为随机的假设下,定义统计量:

$$UF_k = \frac{[S_k - E(S_k)]}{\sqrt{Var(S_k)}} (k=1,2,\dots,n)$$

其中: $UF_1 = 0, E(S_k)$ 和 $Var(S_k)$ 分别是 S_k 的均值和方差,且 x_1, x_2, \dots, x_n 互相独立时,它们具有相同连续分布,可以由下式推算出:

$$E(S_k) = \frac{n(n+1)}{4} \quad Var(S_k) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72} (2 \leq k \leq n)$$

式中: UF_k 为标准正态分布,它是按时间序列X的顺序(x_1, x_2, \dots, x_n)计算出的统计量序列,给定显著性的 α ,差正态分布表;若 $UF_1 > U\alpha$,则表明序列存在明显的趋势变化;再按时间序列X的逆序(x_n, x_{n-1}, \dots, x_1),重复上述过程,并且令 $UB_k = UF_k (k=n, n-1, \dots, 1)$ $UB_1 = 0$ 。

4 模型应用

4.1 调速器总油量变化趋势

根据调速器油系统漏油告警模型,生成如图2趋势图;可以看出,3F调速器系统总油量在2021年07-09月均出现明显下降趋势,且3F圆筒阀系统总油量出现明显上升趋势。根据调速器系统外漏判据,可判断出3F调速器系统与圆筒阀系统间存在串油现象,并自动推送:“3F调速器系统与圆筒阀系统之间存在串油迹象”告警信息。由于今年汛期流域来水偏枯,又处于抢发电阶段,在不影响设备运行的情况下对3F调速器与圆筒阀系统间串油进行了临时处理(对3F调速器系统择机进行补油、对圆筒阀油系统择机进行排油)。并将其列入今冬明春检修计划,在检修期进行处理。1F、2F、4F机组调速器系统与圆筒阀系统总油量变化趋势平稳,暂未出现串油现象。3F调速器与圆筒阀系统虽然存在串油现象,但短期内对油泵启动次数影响较小,对油泵老化速度的影响并未起到决定性作用。

4.2 调速器油装置油泵速率监视图

根据调速器油泵打油速度监测模型,生成如图3趋势图;从图5可以看出,在2016年01月至2021年09月期间,大岗山调速器系统3号油泵打油速率均呈下降趋势。但4F调速器系统3号油泵打油速率下降趋势最为明显,达到告

警阈值,并推送“4F调速器系统3号油泵性能有下降趋势”告警信息至相关人员。经过现场检查,确认该油泵性能下降,成功辅助管理人员进行决策,已将该油泵列入2021年度检修计划,在检修期进行处理。

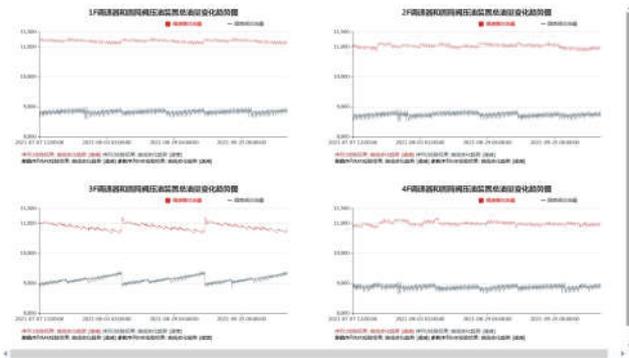


图4 调速器和圆筒阀总油量变化趋势图

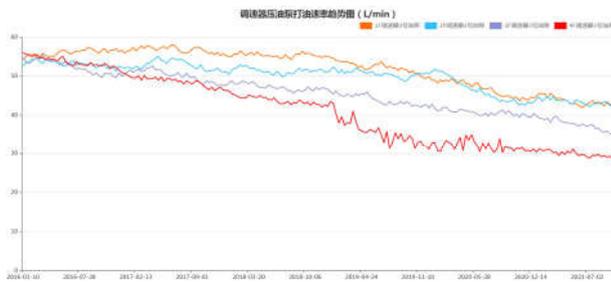


图3 调速器系统3号油泵打油速率趋势图

5 结束语

该模型已在大岗山辅助系统实际应用,具有“数据采集-数据处理-搭建模型-告警推送”一套完整的模型搭建流程。该模型具有适应性强、可靠性高、告警可追溯等优势。该模型主要致力于辅助设备的研究,与主设备的交集较少。接下来研究方向将主要集中于主、辅设备间的功能联动,从根本上解决信息孤岛、系统壁垒问题,实现设备间的互联互通;设备检修均采用预防性计划检修或事后检修的传统形式,造成了一定盲目性和资源浪费。本模型能够很好地反映设备实时状态和长期健康状况,使得辅助系统实现状态检修的可能性大大提高。后期我们会将运行工况、机组负荷、机组运行时间等影响因素纳入计算范围,提升模型精度完善建模方案,再将本方法由辅助设备推广至主设备,进一步向全面状态检修迈进。

参考文献

- [1]涂扬举,郑晓华,何仲辉等.智慧企业——框架与实践(第二版),经济日报出版社
- [2]刘新龙,贺悦科,孟晓伟等.智能电厂实施过程中的大数据应用研究.电气技术.2018年第6期
- [3]吴月起,面向智能水电站的监测数据集成及运行分析研究与实践,[博士学位论文],湖北,华中科技大学,2018.