

大型水轮发电机组水淹水车室预警决策模型研究

靳 帅¹, 郑建民²

(1. 国电大渡河枕头坝发电有限公司, 四川 乐山 614700;

2. 国电大渡河流域水电开发有限公司, 四川 成都 610041)

摘 要: 笔者分析了大型水轮发电机组水淹水车室事故产生的原因及特点, 详细介绍了通过对运行大数据分析, 构建基于水位预测、概率逻辑推理和故障知识图谱的预警决策辅助模型的解决方案, 将水淹水车室事故由事后被动发现变为事前提前预知, 建立了基于水车室设备的知识图谱, 为指导相关人员对故障性质、故障位置、处置方式进行准确判断和消除设备隐患提供了新思路。该模型基于对海量数据分析研究建立, 分析结果具有代表性, 可广泛推广应用, 运行结果经实际检验准确可靠, 可有效解决实际问题, 保障企业安全生产, 促进管理水平提升。

关键词: 水淹水车室; 顶盖水位; 预警决策; 知识图谱

中图分类号: [TV734.2+1]; TM31; A715

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2020)03-0137-04

Study on the Early Warning Decision Model of Flood in Waterwheel Room of Large Hydro-generator Unit

JIN Shuai¹, ZHENG Jianmin²

(1. Guodian Dadu River Zhentouba Power Generation Co., LTD, Leshan, Sichuan, 614700;

2. Guodian Dadu River Hydropower Development Co., LTD, Leshan, Sichuan, 610041)

Abstract: This paper analyzes the causes and characteristics of the flood accidents in the waterwheel room of large-scale hydro-generator units, and introduces in detail the solution of constructing the early warning decision-making auxiliary model based on the water level prediction, probability logic reasoning and fault knowledge map through the analysis of the operation big data, so as to change the flood accident in waterwheel room from the passive discovery after the event to the prediction in advance. The knowledge map based on the equipment in the waterwheel room is established, which provides a new idea for guiding the relevant personnel to accurately judge the fault nature, fault location and disposal mode and eliminate the potential hazards of the equipment. The model is established based on the analysis and study of massive data. The analysis results are representative and can be widely used. The operation results are accurate and reliable after actual test, which can effectively solve practical problems, ensure the safety of production and improve the management level.

Key words: flood in waterwheel room; water level of the cover; early warning decision-making; knowledge map

1 概 述

在水轮发电机组运行过程中, 水车室的安全运行至关重要, 水淹水车室事故的发生具有一定概率, 其后果极为严重。水淹水车室将导致机组“非停”、水导油槽等机械部件受损、油泄漏引发环保事件、水淹厂房等后果, 给电力安全生产带来极大的威胁, 尤其是在无人值守条件下此类事故发生的后果更为致命^[1]。

水淹水车室事故发生的主要原因包括真空破

坏阀故障、主轴密封漏水过大、导叶套筒漏水、顶盖排水泵效率降低等^[2]。这些因素的发生具有概率性, 目前的监测手段很难实现提前预警, 事故发生后通常只能被动处理; 对于感知到的各种相关因素, 因为难以判断具体的影响因子, 无法及时定位故障原因及位置, 导致处置效率低; 现有的漏水及水位监视和感知手段获取的数据都是单项的、间接的, 缺乏综合分析, 不足以支撑作出处置决策, 严重依赖人的经验。

2 解决方案

收稿日期: 2020-01-24

大型水轮发电机组水淹水车室事故预警从本质上来讲是在多种因素作用下的综合预测决策问题,这个问题可以拆分为三个子问题:故障早期预警,其本质是预测的问题;故障原因定位,其本质是故障因素定位和诊断的问题;故障处置策略确定,其本质是快速解决方案选择的问题。这三个问题解决了,水淹水车室预警决策的问题便得到了很好的解决。针对这三个问题,通过对大型水轮发电机组长期运行的大数据整理、分析、挖掘,建立模型,最后利用实际发生的故障案例验证模型的正确性。

首先,从生产现场的监控系统运行数据(包括模拟量、开关量)、故障案例文档、检修记录文档、技术资料、设备固有信息中获取模型构建所需的数据。通过对获取到的数据源中的数据信息,建立基于 LSTM 的顶盖水位时序预测模型,实现对顶盖水位的实时预测。利用故障案例文档、检修记录文档构建知识库,并结合技术资料知识丰富并构建较完整的水车室知识图谱。利用监控数据、实时预测水位,构建基于马尔可夫逻辑网的水车室故障概率推理模型,实现对故障发生原因的概率推理判断。最后,结合概率推理判断结果、知识图谱,提出针对故障原因的综合处置决策。

3 数据建模

本研究建模所需数据来自机组历史运行存储数据,从 13 个维度进行整理分析,数据量约 500 万条,87 GB 大小,采用秒级精度。

3.1 水位预测

针对顶盖水位上涨问题,从机组蜗壳进口压力、主轴密封进水管流量、密封进水管压力、顶盖水位、机组有功、振摆等相关运行数据中提取特征量^[3],建立基于 RNN(神经网络)的顶盖水位时序预测模型。首先对历史数据进行预处理(数据清洗、特征筛选),然后存储,随后对数据进行标准化处理及特征提取,实现对模型的构建和数据的训练,最终达到对顶盖水位的精准预测能力。根据数据特点将经过训练后的数据通过 keras 算法构建出双层堆叠 LSTM 模型。对模型进行算法优化和迭代训练后,最终得到平均水位差 3.6 mm,均方差 4.1 mm,提前量大于 20 min 的水位预测结果。

在建立了以上的模型(图 1)后,对超参数采

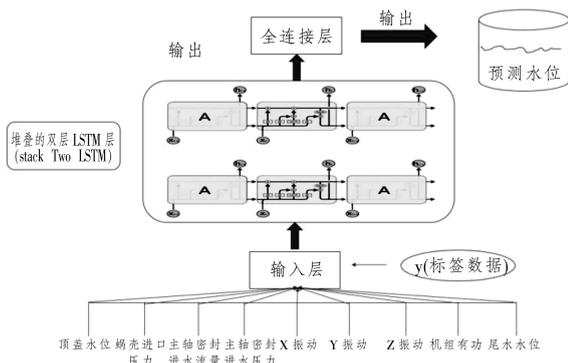


图 1 模型整体架构图

用 n 步交叉验证,选择出最佳超参数,然后再采用 500 万条历史运行数据作为测试数据对建立的模型进行验证,得到最终效果为平均水位差 3.589 mm,均方差 4.076。图 2 展示的是输入 1 h 的运行数据,得到的是后 20 min 水位预测趋势图。

3.2 知识图谱

知识图谱(Knowledge Graph)的概念,由 Google 于 2012 年率先提出,其初衷是用以增强自家搜索引擎功能和提高搜索结果质量,是百度“知心”和搜狗的“知立方”的效仿对象。由一些相互连接的实体和他们的属性构成的。换句话说,知识图谱是由多条知识组成,每条知识表示为一个三元组^[4]。

借助知识图谱技术构建了基于故障、检修维护的历史文档的知识图谱,对相关的实体、关系、属性详细描述,为最终的智能决策,人机协同打好基础。根据水车室设备故障树、设备检修规则构建知识图谱本体,对故障案例文档和检修记录文档等数据源进行数据融合,构建设备故障知识图谱(包含设备、故障类别、故障原因、故障处置措施),并采用图数据库(Neo4j)进行存储。

对获取到的现场检修处理文档建立分词字典,然后对文本分词处理,采用自顶向下的方法构建知识图谱的本体,即从设备故障树、设备检修规则的数据源中,提取本体和模式信息,添加到知识库中。将设备故障树中的关系名转换为本体中的概念,部分字段名转换为本体中的属性,从文本中抽取得到的实体对象,将其链接到知识图谱中对应的正确实体对象,通过嵌入(embedding)方式投影到低维向量空间,并在向量空间中通过向量平移转换操作,计算头、尾实体及关系在向量空间

式中 $g(x)=1$ 时表示某一条历史监控数据满足该规则,反之,则不满足。而第二行中的 $n(x)$ 则是 $g(x)=1$ 的计数。 F 为马尔可夫网中所有规则的集合; G_{f_i} 是利用所有历史监控数据去学习得到的规则 f_i 的集合; $Z = \sum_{x \in F} \exp [\sum_{f_i \in F} \omega_i n_i(x)]$ 是集合了所有可能的水车室 9 类故障的归一化参数。

4 成果应用

采用某电站水轮发电机组 2018 年 01 月 23 日出现的异常信息对上述模型成果进行验证,运行结果与历史记录资料对比发现,水位预测值与真实水位值平均绝对误差小于 4.076 mm,故障预警信息比电站监控系统提前 20 min 报出,预警决策辅助信息给出了准确的处理建议。相关信息展示见图 4。

预警		
共有 1 个预警		
预警内容	机组	时间
设备状态评价结果为异常状	1号机组	2018-01-23 18:30:00
预警详细		
可能发生故障	故障概率	故障处理措施
4号泵运行超时 (泵运行效率低) 故障	82.81%	根据泵的运行数据检查确认泵的运行状态,视情况对该泵进行更换

图 4 预警决策信息展示

结合模型特点和电站的实际运行需求,开发建立了一套水淹水车室预警决策系统,用于向运行人员实时展示设备运行状况,及时获取故障处置信息。

5 结 语

笔者提出了水淹水车室事故的智能预警和自主处置解决方案,将水淹水车室事故由事后被动发现变为事前提前预知,实现了风险识别的自动化,也为其他类似设备的预警决策及处置提供了可参考的经验。本模型基于对海量数据分析研究建立,分析结果具有代表性,运行结果经实际检验准确可靠,可有效解决实际问题,保障企业安全生产,促进管理水平提升,可在水电行业广泛应用,在本模型构建过程中对电力生产特征数据处理的思路及数据库的应用方式,也为水电行业开展数据分析及模型建立提供了很好的借鉴。

同时,由于受限于所选取的数据范围和检修作业库的样本数据,该模型还存在需要完善和优化的地方,需借助更多的应用实践进一步验证和

改进,通过不断的优化算法,实现更精准的预测,提供更全面的决策知识库,特别是对于在多影响因素、复杂运行工况下模型的运行可靠性、响应及时性、预测决策准确性等方面仍需不断的探索和研究。

参考文献:

[1] 李天智,张英.水电站顶盖排水系统设计优化探讨[J].水电站机电技术,2013,36(1):20-22.
 [2] 李冰颖,耿清华,王平德.混流式水轮机顶盖水位上升原因分析及运行对策[J].水电与新能源,2015,12(3):66-68.
 [3] 渠中权.岩滩水电站顶盖排水控制系统优化[J].红水河,2016,35(6):73-75.
 [4] 赵玉鹏.基于知识图谱的机器学习研究前沿探析[J].情报杂志,2012,31(4):28-31.
 [5] 李骥昭,刘义山.马尔柯夫决策模型探讨[J].机电产品开发与创新,2011,24(6):29-31.

作者简介:

靳 帅(1990-),男,河南南阳人,助理工程师,从事水电站技术管理工作;

郑建民(1987-),男,河南南阳人,工程师,从事水电站管理工作。

(责任编辑:吴永红、卓政昌)

特高压恢复送电 煤电出力料下降

日前,锦屏、复奉、宾金三大特高压直流工程年度“综合体检”工作圆满完成,便捷了西南地区清洁水电的大规模输送和消纳,保障了东部沿海地区迎峰度夏复工复产。前期减少的西南水电将随主雨季的到来而开启大规模外送模式,弥补前期的外送不足,以确保完成今年的年度送电计划。同样,在水电入浙、水电入华东输送电量增加情况下,短期内火电日耗增长将会受到一定抑制,一段时间以来飞速上涨的煤价也应趋于理性。