

水电站智能监控服务支持系统研究与应用

王凯

南京河海南自水电自动化有限公司

DOI:10.12238/ems.v6i9.8957

[摘要] 随着信息技术的进步, 先进技术在水电站工程中的应用愈加广泛。为了提升水电站的运行效率并保障日常维护和管理质量, 必须充分利用信息技术。构建智能监控服务支持系统, 实时动态监控各类设备状态, 是关键措施。这篇文章从系统架构设计出发, 探讨了数据采集与分析、故障检测与预警、用户界面等模块的应用要点, 专注于系统的实际应用效果, 并研究了其在大规模水电站中的应用, 旨在优化电力设备运行效率和强化性能。

[关键词] 水电站; 智能监控服务支持系统; 应用

Research and Application of Intelligent Monitoring Service Support System for Hydropower Station

Wang Kai

Nanjing Hohai Nanzi Hydroelectric Automation Co., Ltd.

[Abstract] With the improvement of China's information technology development level, various advanced information technologies have begun to be widely applied in hydropower projects. In order to improve the operational efficiency of hydropower stations and ensure the quality of daily maintenance and management, it is necessary to fully utilize the role of information technology in the operation process of hydropower stations. On the basis of actively building an intelligent monitoring service support system for hydropower stations, real-time dynamic monitoring of the operating status of various equipment in hydropower stations should be carried out in order to timely detect any faults or problems in equipment operation. Based on this, the article starts from the architecture design of the intelligent monitoring service support system for hydropower stations, explores the design and application points of the system's data collection and analysis, fault detection and warning, user interface and other modules, focuses on the practical application of the system, and specifically studies the application effect of the intelligent monitoring service support system for hydropower stations in large-scale hydropower stations, in order to optimize the operating efficiency of various power equipment in hydropower stations and strengthen their performance.

[Keywords] hydropower station; Intelligent monitoring service support system; application

引言

作为重要的可再生能源设施, 水电站在全球能源结构中扮演着重要角色。随着科技水平的进步, 水电站的智能化管理和监控也逐渐成为提升水电站运行效能, 保障水电站运行安全性和稳定性的重要方式。传统的监控方法对人工操作具有较高的依赖度, 其无法适用于复杂的运行环境和海量的数据, 而水电站智能监控服务支持系统的开发应用, 则可快速

实现水电站机组运行数据的有效收集、快速分析处理, 实现水电站机组运行状态的实时监控, 故障分析, 故障预测和故障报警, 在保障水电站机组运行效率的同时, 提升其运行可靠性。

1. 水电站智能监控服务支持系统架构设计

1.1 总体架构

从系统业务流程和其运行逻辑角度来看, 水电站智能监

控服务支持系统，由下至上分为数据整合层，数据处理层和分析计算层、服务层和用户交互层五大组成部分。第一，数据整合层。数据整合层的设置是为了给水电站智能监控服务支持系统提供数据接口适配器，其借助 xml 或格式文本以及数据库等连接方式，让水电站各类电力设备的实时运行数据、历史运行数据和电力模型等多样化的数据快速实现智能转换，传输和应用，其能为后续数据处理层和业务应用层数据的应用打下良好基础^[1]。第二，数据处理。作为水电站智能监控服务支持系统数据分析和加工的核心，数据处理层能对各类设备的实时运行数据进行针对性处理，做好设备历史运行数据的有效整合和统计，并将处理完成的数据依托分布式数据访问中间件调用的形式，让其顺利传输至业务应用层，让各个流程，各个环节之间的数据服务和信息高效共享沟通快速实现。第三，分析计算层。其主要使用神经网络算法，比如深度学习网络对模型进行训练，以服务于机组设备的预测和诊断，并通过交叉验证等方法，对模型参数进行调整，以充分保障预测的精准度。第四，服务层。该层作用主要集中于实时监控，故障预测。基于训练好的模型，对水电站运行状态进行实时动态监控，以便及时发现异常状态，同时依托模型，预测未来可能出现的故障，并针对这些故障采取相应应对措施。第五，用户交互层。用户交互层主要分为用户界面、报警通知以及可视化展示等三大内容。其架构设计如图 1 所示。

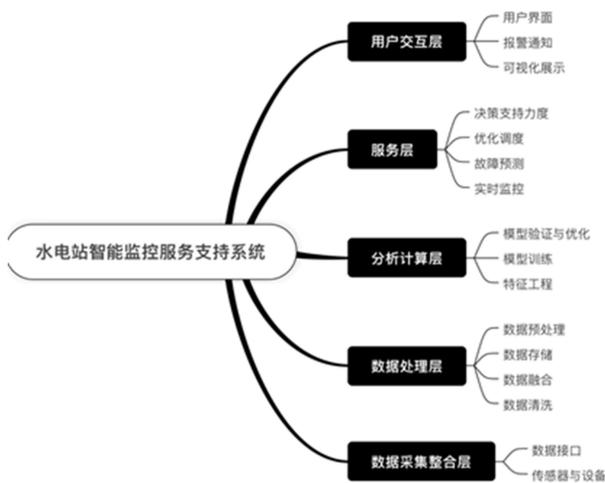


图 1 水电站智能监控服务支持系统架构示意图

1.2 数据分析及处理

在传统的水电站机组运行状态监控过程中，最常用的数据分析方法为阈值分析法和单一数据趋势分析法，分析方法单一，分析结果也无法满足日益复杂的监控系统对数据分析的支持，因此，引入如神经网络算法等智能分析算法，对水电站机组的整体运行状态进行综合评估，做好其异常数据原因的针对性分析。而神经网络算法的数据分析处理流程如下：第一，进行数据预处理。落实数据预处理是保障模型准确性

的重要环节。数据预处理涵盖数据清洗，数据标准化归一化和特征选择等三大内容。数据清洗，去除缺失值和异常值；数据的标准化是把不同两个的数据，转换到同一尺度上防止某些特征对模型性能造成负面影响；特征选择主要是依据领域知识和初步分析明确哪一类特征对模型的训练有助力。第二，完成神经网络模型的构建，在此过程中，需选择与水电站智能监控服务支持系统最适配的神经网络架构，而针对水电站这一复杂化和特殊化的应用场景，LSTM 循环神经网络通常具有更高适配度，因为此类模型在处理时序数据方面具有一定优势。第三，做好模型的训练。在模型训练过程中，首先要明确划分数据集，其次需定义一个损失函数，以准确评估模型预测值和真实值之间的差别，选择 Adam 优化算法来实现损失函数的最小化，最后则需依托交叉验证，对模型的超参数进行适当调整。第四，实现模型的准确评估和应用。在此过程中需借助测试对模型的性能进行精准评估，了解模型的准确度，选取 MAPE (Mean Absolute Percentage Error) 方式对模型结果进行评估，其优点在于其更关注相对误差，对于不同量级的预测问题更具可比性，通常用于评估回归模型预测结果的准确性，以百分比形式出现，其数学公式如下：

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right|$$

同时还需将提前训练好的模型，部署到水电站实际生产应用环境中，做好新数据的实时动态分析。第五，异常检测及原因分析。在训练好的模型的帮助下，可对水电站机组的实时数据进行预测，并将预测数据与实际值进行对比，若预测值与实际值与实际值之间存在明显差别，则代表水电站机组运行出现异常状态。数据分析处理的具体流程如图 2 所示。

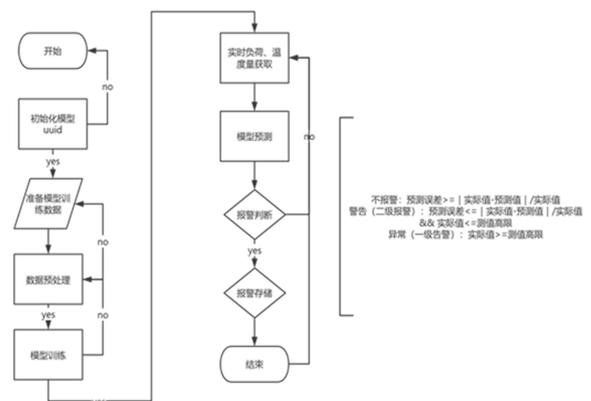


图 2 神经网络智能分析算法处理流程

1.3 故障检测和趋势预警

依托水电站智能监控服务支持系统对水电站机组设备故障进行检测时，首先去开展设备状态的判断，在此过程中以水电站各类设备对象为基本单元构建设备状态模型库，以达

成设备状态故障检测和趋势报警的目标。比如可在设备状态库中,将高压油系统定义为一个设备对象,而该设备的状态分为系统启动,系统停止。针对机组本身要开展其工况评估,停机、空转空载发电等,基本工况的判断同时还需结合其负载、水头等相关信息,根据综合技术的实际工况评估其是否存在运行故障。而该智能监控服务支持系统的智能报警功能则是对已配置的设备操作流程和自定义报警点实现智能化报警推送。依据自定义规则,并对关键属性进行标识,依据对象的基本类型以及预定义的专家库,让报警判断逻辑自动生效,与此同时其提供的人工脚本功能,还可让用户根据水电站的特殊属性,自定义添加判断逻辑。而对象报警,则会对知识库进行自动调用,设备变化趋势主要依托神经网络算法进行识别,这样不仅能显著提升后台逻辑运算效率,同时还能让智能报警性能充分优化。

1.4 用户界面及体验

对于水电站智能监控服务支持系统而言,可视化的界面也至关重要,带有图形生成的系统软件可为设备管理人员及时提供相应的图表分析,并依托托表功能快速生成设备状态评估表格,让管理人员更为清晰直观的落实数据的可视化分析及处理。该系统用户界面中还涵盖数据录入、数据管理,观测数据查询等功能板块。所以,设备管理人员可直接通过主屏幕实现水电站内外部相关设备的全方位、多角度便捷性监测。最后,进行系统界面设计时,为了提高各类设备安全监测信息向外输出的便捷性,还添加了数据、表格信息导出功能,充分满足管理人员对相关数据资料进行整合、编辑及保存的多样化需求^[3]。



图4 智能支持服务系统展示主界面示意图

2. 水电站智能监控服务支持系统应用实效

以云南省鲁地拉水电站为例,该水电站六台机组总装机容量为216 MW。目前,智能监控服务支持系统也在该水电站投入试运行1年,该系统的应用全面提高了水电站生产效率及管理效果。2024年5月某日,水电站智能监控服务支持系统发出预警提示,其预警内容与变压器油中气体监测相关。水电站运维管理人员在发现预警信息的第一时间,借助智能监控服务支持系统,快速查看了变压器油温数据,绕组温度数据及趋势分析数据,但以上数据的监测并未出现异常,因此决定保持观察状态。一月之后,水电站智能监控服务支持

系统再次发出预警,预警内容仍与变压器、油中气体监测相关,系统还明确显示变压器油温超出标准要求。

为确保变压器保持安全运行状态,水电站业务管理人员及时对变压器故障原因进行了综合分析,并借助水电站智能监控服务支持系统历史数据查询和趋势分析模块,深入了解了2月至6月变压器油中气体含量数值,根据智能监控服务支持系统所提供的历史运行数据,在对比了解变压器油中气体故障气体速率,三比值色谱分析结果的基础上,得出:变压器载调压开关接触不良可能性极大。随后,运维管理人员针对变压器开展红外检测确认后对其进行停电检修,在检修过程中发现:变压器分接头开关调整存在不科学之处,从而导致接触电阻增加,产生发热,导致油中溶解气体随之增大^[4]。在进行科学检修和整改后,变压器始终保持较为优良的运行状态,且变压器油中溶解气体逐渐趋于正常。由此可见:依托水电站智能监控服务支持系统的分析及预警功能,能于第一时间发现并明确水电站升压变压器,出现的潜伏性故障及运行风险,并对故障问题进行及时处理,这样不仅可规避风险隐患的扩大和进一步发展,同时还能保障水电站设备运行的效率,有效提升水电站设备运行的可靠性,安全性和精准度。

结语

综上所述,水电站智能监控服务支持系统的设计应用是一项系统性、复杂性且具有重大意义的工作。实现水电站智能监控服务支持系统的高效应用,不仅可为水电站、运维管理人员的工作提供便利,同时还能提高水电站各类设备的运行效率,保障其运行质量,为水电站的高效运行打下良好基础。因此,我国大小水电站相关负责人员必须大力引进应用水电站智能监控服务支持系统,国家也需投入更多资金资源用于水电站智能监控服务支持系统的设计研发,充分发挥神经网络等先进算法在水电站机组运行数据处理分析,运行故障监测,故障及趋势预警中的作用,有效提升系统的设计水平,进一步强化水电站各类设备的运行监控力度,提高水电站监控系统覆盖面,保障水电站运行的安全性、稳定性和高效率。

[参考文献]

- [1]孙智. 智能水电站计算机监控系统及设备的设计与实现[J]. 中国新通信, 2023, 25(18): 13-15+34.
- [2]莫异周. 基于人工智能技术的小水电站监控系统[J]. 水电站机电技术, 2023, 46(06): 102-104.
- [3]潘裕. 智能水电站监控设备与系统设计[J]. 数字技术与应用, 2023, 41(03): 190-192.
- [4]张勇, 王奎, 张松浩, 冷佳, 高家敏. 某大型水电站智能监控及辅助决策系统应用[J]. 云南水力发电, 2023, 39(01): 269-271.