

基于电力生产大数据平台的火电机组水岛的运行优化系统

鲍震, 齐祥柏, 张东明

(国家能源投资集团北京国电智深控制技术有限公司, 北京 102200)

摘要:在火力发电机组中,由原水预处理、循环冷却水、锅炉补给水、排水等系统组成的水岛是机组安全、环保、稳定运行的重要组成部分。水岛的各子系统一般由彼此独立的系统完成生产工艺的控制,整个水岛的信息难以实现全局监控、计算、分析,管理粗放,经济性能较差。随着国家对水资源管理和环境保护的日益重视,加上发电企业本身也有节能节水,精益化管理,提高机组运行经济效益的需求,需要一个运行优化系统来监视和优化水岛的运行。文章介绍了一种基于电力生产大数据平台的火电机组水岛的运行优化系统,利用 AIRDB 实时数据库、MARIADB 关系型数据库、NOSQL 数据库和人工智能技术,远程采集存储水岛生产的实时数据、关系型数据和其他非机构化数据,实现对接入的水岛进行远程状态监控、实时分析、智能报警,并运用人工智能、大数据技术动态分析数据,指导就地的操作人员进行操作,从而进行水岛的运行优化。该系统已在初步在某发电企业进行应用,在电厂节能节水降耗和提高水岛的运营管理水平上发挥了重要作用。

关键词:火电机组;水岛;电力生产大数据;机器学习

文章编号:2096-4633(2019)07-0082-05 **中图分类号:**C39 **文献标志码:**B

近年来,随着国家环保政策不断收紧、外部市场经济环境的变化,发电行业面临着巨大的压力,节能降耗、提高运营管理水平已成为未来发电企业在市场竞争中关乎生存成败的重要途径。

在火力发电机组中,由原水预处理、循环冷却水、锅炉补给水、循环水排污、生活水及排污、工业废水处理、脱硫系统用水、凝结水、消防水及排水系统等多个子系统组成的水岛是机组安全、环保、稳定运行的重要组成部分^[1],在目前自动化技术水平条件下虽然实现了机组水岛的全自动监测、控制及自动保护,但仍不能满足集团级水岛远程监视、环保运行监察、系统状态查询,数据报表生成等相关需求。

随着信息技术和网络技术的发展,国电智深公司将电厂的信息数字化的基础上,通过数据采集技术、物联网传输技术、大型实时数据库技术、大数据流分析框架技术^[2],建立统一的电力生产大数据平台,可以将分布于不同区域的电力生产企业的数据进行集中采集、存储至 AIR 实时数据库^[3]、MariaDB 关系数据库^[4]和 nosql 数据库^[5]和挖掘分析处理,并在此基础上建立企业数据应用平台和联合创新平台,广泛联合科研院所高级研究人员的研究成果优势,使用人工智能技术对企业的设备故障及异常进

行预警和诊断,并指导设备的状态检修计划,对企业性能指标进行优化分析并进行全集团及全行业的对标^[6]。可以有利于提升企业的设备管理及监控水平,从而达到节能降耗的目的。

1 系统简介

水岛运行优化系统是该电力生产大数据平台的一个子系统^[7],采用物联网、云计算、数据库、人工智能等先进技术。数据来源丰富多样,包括 DCS/PLC 的实时数据、视频或图像数据、设计数据、SIS、ERP 和 MIS 等,覆盖了设备的设计、采购、生产运行、维修、报废的全生命周期^[8]。通过物联网高速专用网络,将电厂诊断对象的数据进行集中采集,对数据进行清洗和分类,根据规范标准建立数据存储,建立起完整的电力生产大数据平台。

在数据采集和存储的基础上,开发服务于电厂水岛的各种应用,平台目前拥有远程监视系统、智能预警诊断系统,运行指导系统等功能。其中运行指导系统采用机器学习^[9]的方法,建立分级算法模型,通过历史数据挖掘学习各基础工控条件下所有设备的运行状态^[10],以及相应的操作行为,建立在线知识库,并通过自归纳、自评价算法,建立有序知

识组织,推荐最优操作建议方案,辅助操作人员执行操作。过程中,综合运用了神经网络知识网、聚类分析、随机森林、朴素贝叶斯、筛法理论,离散处理和归一化处理等算法和理论。

系统遵循标准化和兼容性、可扩展性和易维护性、先进性和成熟型、安全性和稳定性兼容的原则,建立成熟的软件架构,采用高性能的国电智深自主研发实时数据库 AIRDB,支持多种国内外主流的关系型数据库产品 (oracle、mariadb 等),数据接口遵循 REST 规范^[11],系统采用 B/S 架构,方便进行远程数据监测、管理和系统远程升级维护。

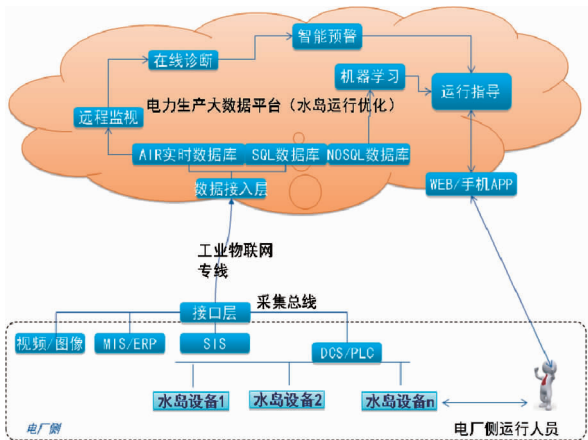


图 1 系统结构示意图
Fig.1 Structure of platform

2. 主要功能

2.1 远程监视

在远程监视方案中,大多数是对现场的仿真画面,做到和现场生产画面 1:1 的完全还原是一种较优的方案。这样做既能在远程监视人员和现场监视人员沟通时能够做到准确无误,也可以大大节省画面组态工作量。国电智深公司研制的平台方案中,远程监视方案就能做到这一点。

如图 2 所示,该画面是生产现场 DCS 系统的实际画面,该系统,使用最新的 HTML5 技术,首先将该画面转换成 Canvas 元素^[12],能方便的被 WEB 服务和其他服务调取和渲染。DCS 的实时数据被高速采集上来,存储在 AIRDB 实时数据库的内存中,AIRDB 提供高速的数据检索接口被 WEB 服务调用。

当位于电厂的运行人员调取远程页面时,WEB 服务程序自动调取页面代码和来自 AIR 的实时数

据进行渲染和数据绑定,并将最终的页面推送到用户^[13]。

远程画面同时支持报表、趋势等多种形式的显示,为报警和运行优化提供友好的用户界面。

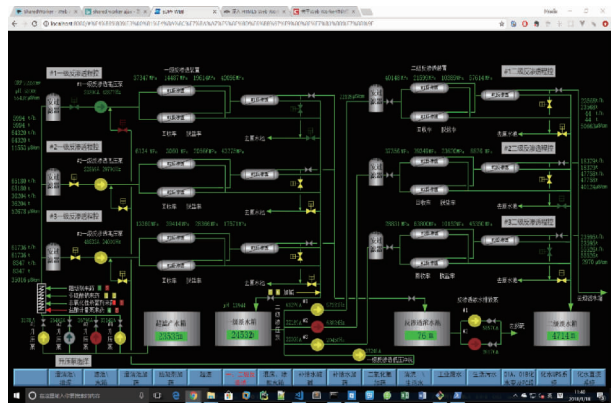


图 2 远程监视页面
Fig.2 Interface of remote monitor

2.2 在线诊断

在线诊断模块利用大数据的分析理论,用尽可能多样的数据源完成对设备运行状态的画像。

数据来源有以下三个地方:

(1)AIR 实时数据库,提供实时、历史数据检索服务。平台不仅对实时数据的分析和诊断,而且增加了对过去几个月甚至几年的历史数据的分析。如图 3。

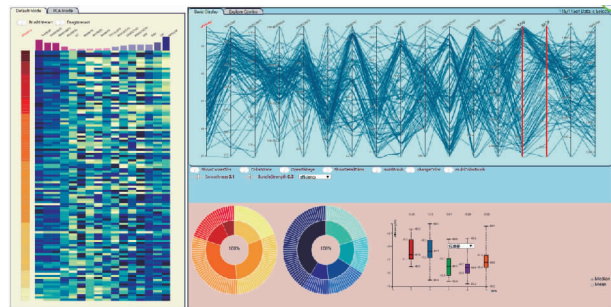


图 3 基于实时、历史数据的状态分析
Fig.3 Analysis system based on real and his data

(2)SQL 关系数据库,保存完备的设备状态、设备检修、故障处理等数据档案,为设备状态维修决策提供基础数据。具体如下:

设备台帐档案管理^[14],包括:定义设备编码、故障编码,设备静态信息,资产变动信息、设备履历及工艺卡片等。

设备维护信息管理,包括:点检、巡检、故障记录、维修计划(进度、资源、物料、简易成本)、项目执行、进度确认、工时确认、安全工作单、维修记录等。

建立正常运行、启停机或发生故障等特定工况下的全部状态参数的数据库。

收集设备故障,建立故障诊断案例库为设备的后续诊断和维护提供非常重要的经验资料^[15]。

(3)NOSQL 数据库,用于保存文档、图片、视频数据。当传感器故障时,对这些数据进行分析能获得更多的信息供分析判断。如图 4。

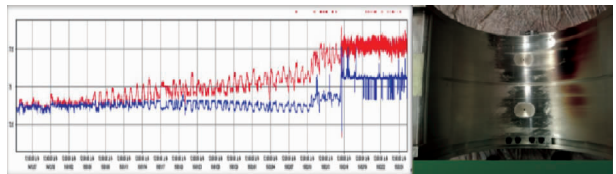


图 4 基于图片数据的故障分析

Fig. 4 Analysis fail based on photo

2.3 智能报警

采用人工智能、故障树推理以及数据挖掘等技术深入挖掘数据中蕴含的特征、信息和规律,使数据充分发挥价值,实现如下功能:①实现报警根源分析:采用因果图等方法自动回溯报警发生的过程,快速定位报警发生的原因并给出提示。②实现智能预警:采用机器学习、故障树推理、模式识别等相关算法,综合分析历史与实时数据,对异常工况和设备异常状态进行提前预报,避免工况进一步恶化。如图 5。

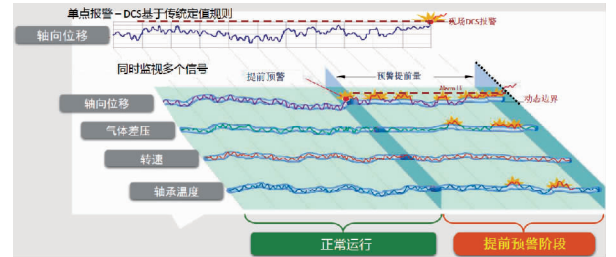


图 5 智能预警功能

Fig. 5 Smart warning function

支持采用大数据聚类分析、轨迹跟踪、神经网络存储等技术,对影响设备故障的在线、离线数据进行实时的监控和可视化。采用机器在线学习技术,学习归纳设备正常运行规律,自主发现异常波动趋势,自动建故障专家库,智能地建立设备的个性化预警模型。报警的信息可以通过用户检索或推送的方式推送给用户。

2.4 运行优化指导

系统的运行指导并非传统意义上给出的泛泛的规程和指导意见,而是采取机器学习智能推荐的方法

案完成运行指导的不断迭代和精细化调整。

系统基于机器学习、聚类分析^[16]、轨迹跟踪等大数据技术,对各种工况下一线操作工程师对水岛设备的实时操作记录、设备运行状态进行机器自主学习和实时监测;建立神经网络结构的在线知识网,解决知识快速检索、快速最优化排序的问题;通过历史寻优与理论最优计算相结合,优化与合规检查相结合,构建合理性、合规性、有效性相结合的建议体系,采用大数据挖掘技术^[17]从而为一线操作工程师提供环保岛设备精细化设备运行优化指导建议。

通过关联学习,实现了同机组相关设备、同类设备跨机组跨电厂的机器学习方案,提高学习效率,从而为维护检修人员提供精准的预知性维护和故障报警指导建议。当各种条件下,各种设备操作所产生的状态影响都已经学习完成,可以使用解合错线性方程组的方法,抽取各个设备的当前最优操作状态,抽取组合,求最佳解决方案,提供更优的辅助建议。对各种推荐建议下的操作行为进行记录,实现平台节能精准统计。如下表。

表 关联学习找到最优方案

Tab. Find the best solution based onAssociated learning

某水箱 浓 度	某水泵 状态变化	平均影响 幅 度	相同规律 次 数
0 - 10	启动		
10 - 20	启动		
20 - 30	启动	2	3
30 - 40	启动	- 14	8
40 - 50	启动	- 17	20
0 - 10	停止	15	19
10 - 20	停止	10	10
20 - 30	停止	1	2
30 - 40	停止		
40 - 50	停止		

根据机器学习实现的设备故障预警及分析结果、缺陷管理的解决方案,自动建立分类专家库;根据专家审核、方案自动择优、自动生成解决缺陷的辅助建议方案。专家库具备机器在线学习、知识主动采集、知识自动迭代更新、知识自主评价与专家审核相结合、最优方案选择等能力。

运行指导采用的是机器学习和人工操作相结合的方式,以电厂的考核目标为寻优目标,不断学习一

线操作工程师的操作方法对工况的影响,并推荐更优的操作方案给运行人员,当运行人员采用系统推荐的优化方案进行操作并获得更好的结果时,运行人员会获得奖励刺激,下一次会优先采用优化后的方案。这一方案则被机器学习算法列为最优方案进入下一步的寻优。



图6 运行指导页面

Fig.6 Operation guidance page

3 结束语

利用物联网传输、大数据存储和云计算技术,将多个电厂的水岛数据进行远程采集和集中存储,在此基础上开发出远程监控、在线分析、智能报警和运行优化指导系统。将机器学习自主寻优运行优化方案,指导水岛的一线造作工程师,是大数据、机器学习技术在火电行业的一次有益尝试并产生实际经济效益,能有效地指导电厂水岛进行改进,对实现发电企业节能降耗和提高生产运营管理水平具有重要的意义。

参考文献:

[1] 刘哲,王松岭,王鹏. 300 MW 机组单元制循环水系统优化运行[J]. 汽轮机技术,2010,52(06):475-477.
LIU Zhe, WANG Songling, WANG Peng. Optimal operation of circulating water system in 300 MW unit system. [J]. Turbine Technology,2010,52(06):475-477.

[2] 金宗泽,冯亚丽. 大数据分析流程框架的研究[J]. 计算机技术与发展,2014,24(08):117-120.
JIN Zongze, FENG Yali. Research on framework of big data analytic process [J]. Computer Technology and Development, 2014,24(08):117-120.

[3] 刘吉臻,房方,牛玉广. 电力企业中的实时数据库技术[J]. 中国电力,2004,37(02):73-78.
LIU Jizhen, FANG Fang, NIU Yuguang. Real-time database in electric power enterprise[J]. Electric Power. 2004,37(02):73-78.

[4] 刘庆伟,孙静. 关系数据库中多维数据分析及展现的研究.

[J]. 计算机工程与设计,2008,29(09):2262-2265,2274.
LIU Qingwei, SUN Jing. Research on multidimensional data analysis and presentation in relational database [J]. Computer Engineering and Design. 2008,29(09):2262-2265,2274.

[5] 李伟. 大数据下的 NoSQL 数据库技术分析[J]. 信息通信. 2014,(07):72-73.
LI Wei. NoSQL data base technology on big data environments [J]. Information & Communication,2014,(07):72-73.

[6] 杨成强,杨建平. 600 MW 火电机组节能优化措施[J]. 华电技术,2012,34(02):5-6,10.
YANG Chengqiang, YANG Jianping. Optimization measures of energy-saving for 600 MW thermal power unit [J]. Water Conservancy & Electric Power Machinery, 2012, 34 (02): 5-6,10.

[7] 田爽,宋美艳,李亚都. 火电机组智能水岛控制系统设计与实现[J]. 热力发电,2017,46(12):24-28.
TIAN Shuang, SONG Meiyan, LI Yadu. Design and implementation of intelligent water island control system for thermal power units [J]. Thermal Power Generation,2017,46(12):24-28.

[8] 刘广一,周建其. 融合多源数据的智能配用电多时间尺度数据分析技术[J]. 供用电,2018,(03):10-16.
LIU Guangyi, ZHOU Jianqi. Multi-time scale data analysis technology for smart distribution and utilization system with multi-source data integration[J]. Distribution & Utilization,2018,(03):10-16.

[9] 何清,李宁,罗文娟,等. 大数据下的机器学习算法综述[J]. 模式识别与人工智能,2014,27(04):327-336.
HE Qing, LI Ning, LUO WenJuan, et al. A survey of machine learning algorithms for big data [J]. Pattern Recognition and Artificial Intelligence. 2014. 27(04):327-336.

[10] 陈小燕. 机器学习算法在数据挖掘中的应用[J]. 现代电子技术,2015,38(20):11-14.
CHEN Xiaoyan. Application of machine learning algorithm in data mining [J]. Modern Electronic Technique, 2015, 38 (20): 11-14.

[11] 苏国辉,戴勤奋,魏合龙,等. 基于 rest 和 OData 的海洋地质数据资源目录服务[J]. 海洋地质前沿,2018,34(03):26-32.
SU Guohui, DAI Qinfen, WEI Helong, et al. Services of marine geology data resource directory based on rest and odata [J]. Marine Geology Letters,2018,34(03):26-32.

[12] 成舟,邵志清,张欢欢,等. HTML5Canvas 技术在工程流程图中的应用[J]. 华东理工大学学报:自然科学版,2015,41(02):260-265.
CHENG Zhou, SHAO Zhiqing, ZHANG Huanhuan, et al. Investigating and using HTML5Canvas techniques in engineering flowchart [J]. Journal of East China University of Science and Technology,2015,41(02):260-265.

[13] 叶康林. 基于实时数据库的数据可视化分析系统[J]. 计算机仿真,2017,24(01):129-131,142.

- YE Kanglin. Data Visualized analysis system based on real-time database [J] . Computer Simulation, 2017, 24 (01) : 129 - 131,142.
- [14] 魏书洲. 全寿命设备台账管理系统的开发与应用[J]. 现代工业经济和信息化. ,2015,5(17):79 - 82,87.
- WEI Shuzhou. Development and application of whole life cycle equipment account management system [J] . Modern Industrial Economy and Informationization,2015,5(17):79 - 82,87.
- [15] 张晓明,胡长军,李华昱,等. 从关系数据库到本体映射研究综述[J]. 小型微型计算机系统,2009,30(07):1366 - 1375.
- ZHANG Xiaoming, HU Changjun, LI Huayu, et al. Survey on mapping from relational database to ontology [J] . Journal of Chinese Computer Systems,2009,30(07):1366 - 1375.
- [16] 李斌,王劲松,黄玮. 一种大数据环境下的新聚类算法[J]. 计算机科学,2015,42(12):247 - 250.
- LI Bin, WANG Jinsong, HUANG Wei. Novel global kmeans clustering algorithm for big data[J]. Computer Science,2015,42(12):247 - 250.
- [17] 曾四鸣. 大数据挖掘技术在电力行业中的应用[J]. 电力大数据,2017,20(09):81 - 84.
- ZENG Siming. The application of big data mining (DM) technology in power system [J] . Guizhou Electric Power Technology,2017,20(09):81 - 84.

收稿日期:2019 - 02 - 16

作者简介:



鲍震(1980),男,硕士,高级工程师,主要研究方向为火电及新能源行业的控制、数据分析和优化工作,工业大数据平台的研发和实践工作。

(本文责任编辑:龙海丽)

Remote operation-optimization diagnostic system of water island based on power generation big data

BAO Zhen, QI Xiangbai, ZHANG Dongming

(CHN Energy Beijing Guodianzhishen Control Technology Co. ,Ltd. , Beijing 102200)

Abstract: The water island system of Thermal power generating unit including raw water pretreatment, circulating cooling water, boiler supply water and drainage is very important for of the safety, environmental protection and stability of power generation. The control system of water island is complex and isolated, so that the overall situation of water island is difficult to establish for monitoring, calculation and analysis. According to the water resources management, environmental protection and the requirement of energy saving, water saving, lean management and economic performance, an operation optimization system to monitor and optimize the operation of water Island must be created. The paper will introduce an operation optimization system of water island through the power generation big data platform. The production data of power plant production are collected and stored by using real-time and relational database such as AIRDB, MARIADB and NOSQL. Using machine learning, AI and data analysis to support remote monitoring, real-time analysis and smart alarm of water island. system. The user of water island can get Operational guidance through the system. At present, the system has been applied in a power plants and has played an important role in energy saving and operation management of power plants.

Key words: thermal power unit; water island; power generation big data; machine learning