

# 基于大数据的火电厂智能运维管理系统设计与实现

买买提·托合提

新疆华电喀什热电有限责任公司

DOI:10.12238/pe.v3i3.13579

**[摘要]** 随着火电行业的发展,传统运维管理方式已难以满足现代火电厂高效、安全、经济运行的需求。本文深入探讨基于大数据技术的火电厂智能运维管理系统的设计与实现。详细阐述系统架构、关键技术应用以及实际应用效果,旨在为火电厂运维管理的智能化升级提供理论依据与实践参考,推动火电行业向智能化、高效化方向发展。

**[关键词]** 大数据; 火电厂; 智能运维管理系统; 设计实现

**中图分类号:** TM621 **文献标识码:** A

## Design and implementation of intelligent operation and maintenance management system for thermal power plants based on big data

Mamtim Tohti

Xinjiang Huadian Kashi Thermal Power Co., Ltd.

**[Abstract]** With the development of the thermal power industry, traditional operation and maintenance management methods can no longer meet the needs of efficient, safe and economical operation of modern thermal power plants. This paper deeply explores the design and implementation of an intelligent operation and maintenance management system for thermal power plants based on big data technology. The system architecture, key technology applications and actual application effects are elaborated in detail, aiming to provide a theoretical basis and practical reference for the intelligent upgrade of thermal power plant operation and maintenance management, and promote the development of the thermal power industry towards intelligence and efficiency.

**[Key words]** big data; thermal power plant; intelligent operation and maintenance management system; design and implementation

### 引言

火电厂作为国家能源供应的重要支柱,在电力系统中占据着关键地位。然而,传统的火电厂运维管理模式存在诸多弊端,如人工巡检效率低下、故障预警不及时、设备维护成本高昂等,严重制约了火电厂的竞争力与可持续发展能力。大数据技术的迅猛发展为解决这些难题提供了全新思路。通过深度挖掘和分析海量设备运行数据,可实现对火电厂设备的精准监测、智能诊断与优化控制,从而提升设备可靠性、降低运维成本、提高整体运营效益。因此,研究并实现基于大数据的火电厂智能运维管理系统具有极为重要的现实意义。

### 1 系统架构设计

#### 1.1 数据感知与采集子层

在火电厂运行环境中,为实现设备的全面精准监测,采用多类型传感器融合部署策略。针对旋转设备,安装高精度振动传感器,以毫秒级采样频率捕捉振动信号,通过分析频域与时域特征,

判断设备是否存在典型故障。对于关键管道与容器,部署压力与温度传感器,实时监测介质的压力与温度变化,结合材料特性曲线与热力学原理,评估设备的应力状态、腐蚀程度以及泄漏风险<sup>[1]</sup>。在输煤、除灰等辅助生产环节,利用物料流量传感器、粉尘浓度传感器等,获取物料输送流量、粉尘排放浓度等数据,为优化生产流程、控制环境污染提供支持。

为保障数据采集的可靠性与实时性,设计基于工业物联网的分布式数据采集架构。通过在设备附近部署边缘计算节点,对传感器采集的数据进行初步处理,去除噪声与异常数据点,提高数据质量并降低传输量。边缘计算节点与中心数据处理系统通过高速工业以太网通信,采用TCP/IP协议确保数据传输的准确性与完整性,引入加密机制防止数据被窃取或篡改,保障数据安全。

#### 1.2 数据存储与管理子层

面对火电厂智能运维管理系统产生的海量、多源、异构数

据,设计融合分布式文件系统、关系型数据库与非关系型数据库的混合存储架构。对于非结构化数据,采用分布式文件系统存储,满足大量图像、视频数据的存储需求,并通过文件元数据管理机制实现快速检索与分类存储。针对结构化数据,选用关系型数据库,确保设备台账、维护记录等关键业务数据的准确存储与高效查询,并通过建立索引、分区表等优化技术提高访问性能。对于半结构化数据,引入非关系型数据库,实现对设备运行日志、报警信息等数据的高效存储与实时分析,支持复杂查询与关联分析。

为实现对不同类型数据库的统一管理与数据交互,构建数据抽象层,定义统一的数据访问接口与数据模型,封装底层数据库的具体实现细节,为上层提供透明的数据访问服务。数据抽象层负责协调不同数据库之间的数据传输、转换与同步操作,确保数据的一致性与完整性。同时,建立完善的数据备份与恢复机制,采用多副本存储、异地容灾备份等策略,防止数据丢失,确保数据可靠性。

### 1.3 数据处理与分析子层

在数据处理环节,针对火电厂设备数据的特点,采用基于MapReduce编程模型的大数据并行计算框架,将数据处理任务分解为多个并行子任务,分配到集群中的不同计算节点上处理,缩短处理时间,提高系统实时响应能力。在数据清洗过程中,运用统计分析算法与数据挖掘技术,对缺失值、异常值进行智能填充与修正<sup>[2]</sup>。

特征工程对火电厂设备故障诊断与性能评估的准确性具有重要影响。通过分析设备的物理特性、运行机理以及故障模式,提取一系列具有代表性的特征参数。对于旋转机械设备,提取振动信号的均方根值、峭度值、频谱峰值等特征,反映设备的振动强度与频率分布情况。对于锅炉、汽轮机等热力设备,计算热效率、蒸汽参数偏差、燃料消耗率等性能指标,评估设备的性能退化程度。对于电气设备,分析电流、电压、功率因数等电气参数的变化趋势与波动情况,提取相应的特征用于故障诊断与状态评估。

在数据分析方面,构建基于深度学习的设备故障诊断模型与性能预测模型。以卷积神经网络为例,将设备的多维度特征参数作为输入,通过卷积层、池化层和全连接层实现对故障类型的分类判断。在模型训练过程中,利用历史故障数据与正常运行数据作为训练样本,采用交叉验证、早停等策略防止过拟合,确保模型的泛化能力与诊断准确率。同时,引入长短期记忆网络,捕捉时间序列数据中的长期依赖关系,预测设备在未来不同工况下的性能指标变化趋势,为运行人员提供科学依据。

### 1.4 智能决策与应用展示子层

智能决策支持模块综合运用多目标优化算法、专家系统以及机器学习模型的预测结果,为火电厂运维管理人员提供全面、科学的决策建议。在设备维护决策方面,考虑设备的故障概率、剩余使用寿命、维修成本、备件库存等因素,构建基于遗传算法的多目标优化模型,搜索最优的维护策略组合,实现维护成本最小化与设备可靠性最大化的平衡。

在运行优化决策方面,结合设备性能预测模型与火电厂的生产计划、能源价格等外部因素,利用深度强化学习算法对设备的运行参数进行实时优化调整。以锅炉燃烧优化为例,通过建立锅炉燃烧效率与煤质特性、送风量、引风量等参数之间的数学模型,强化学习智能体在与环境的交互过程中不断学习最优的送风、引风控制策略,提高锅炉燃烧效率、降低污染物排放,同时考虑能源成本与设备磨损之间的平衡,实现火电厂整体运行效益的最大化。

应用展示界面采用响应式设计,确保在不同终端设备上均能提供良好的用户体验。针对不同用户角色设计个性化展示页面与功能权限。运维经理通过大屏驾驶舱全面掌握设备的整体运行状态、关键性能指标以及待处理的维护任务。设备工程师可深入查看特定设备的详细运行数据、故障诊断报告、维护历史记录等信息。运行值班员则重点关注设备的实时运行参数、报警信息以及操作指导建议。通过这种分层、分级的展示方式,使不同层级的用户能够快速获取所需信息,提高工作效率与决策质量。

## 2 关键技术应用

### 2.1 大数据存储技术

在火电厂智能运维管理系统中,为了应对海量数据存储需求与高性能读写要求,深入研究并应用了分布式存储技术的优化策略<sup>[3]</sup>。在分布式文件系统层面,通过对数据块大小、副本数量等关键参数的合理配置,实现了存储空间利用率与数据读写性能的最佳平衡。在关系型数据库优化方面,采用了数据库分区、索引优化以及连接池管理等技术手段。在数据库连接管理方面,引入连接池技术,预先创建并维护一定数量的数据库连接,避免每次数据访问时频繁创建和销毁连接所带来的资源开销,提高数据库的并发处理能力,确保在高并发数据访问场景下系统的稳定运行。

### 2.2 机器学习算法

在设备故障诊断领域,深入研究了多种机器学习算法在火电厂设备中的应用与改进。以支持向量机(SVM)为例,针对火电厂设备故障样本数据不平衡的问题,提出了基于SMOTE过采样与ADASYN过采样相结合的样本均衡方法,对少数类故障样本进行有效增强,提高SVM算法在处理不平衡数据集时的分类性能。在模型参数优化方面,采用网格搜索与交叉验证相结合的策略,对SVM的核函数参数、惩罚参数等进行全局搜索,确保模型在训练集与测试集上均具有良好的泛化能力,避免过拟合或欠拟合现象的发生。

深度学习算法在处理火电厂设备的复杂故障模式识别方面展现出了独特的优势。以卷积神经网络(CNN)为例,通过构建多层卷积与池化结构,自动提取设备振动信号、温度信号等的深层次特征,这些特征能够更本质地反映设备的运行状态与故障特征。在CNN模型训练过程中,引入批归一化(Batch Normalization)层,对每层神经元的输入进行归一化处理,加速模型的收敛速度,提高模型的训练稳定性。同时,采用dropout技术随机失活部分神经元,防止模型过拟合,增强模型的泛化能力。

## 2.3 数据挖掘技术

在火电厂设备故障关联性分析方面,深入研究了关联规则挖掘算法的改进与应用。传统的Apriori算法在处理大规模设备故障数据时,存在频繁项集生成效率低、内存占用高等问题。为此,提出了基于FP-Growth算法的优化策略,通过构建紧凑的FP树结构,将数据库投影到一棵频繁模式树中,无需反复扫描整个数据库即可挖掘出所有频繁项集,大大提高了关联规则挖掘的效率<sup>[4]</sup>。在挖掘过程中,结合火电厂设备的实际运行逻辑与物理关联,设置了合理的最小支持度与置信度阈值,筛选出具有实际意义的故障关联规则。

序列模式挖掘技术在火电厂设备故障发展趋势分析与预防维护方面具有重要应用价值。通过对设备历史故障数据按照时间顺序进行序列化处理,挖掘出设备故障发生的先后顺序模式与周期性规律。基于这些序列模式,建立了设备故障的早期预警模型,当实时监测到类似的事件序列时,系统能够提前发出预警信号,提醒运维人员及时采取措施,有效避免故障的进一步扩大,降低设备损坏程度与维修成本,提高火电厂的整体经济效益与安全性。

## 3 系统实现与应用效果

### 3.1 系统实现细节

在系统开发过程中,为了确保系统的高性能、高扩展性与稳定性,深入研究并应用了多种软件开发技术与工具。在后端服务开发方面,基于Java技术体系,结合SpringBoot框架与MyBatis持久层框架,实现了业务逻辑的模块化开发与数据访问的高效管理。通过合理配置线程池、优化数据库连接管理以及应用缓存技术,提高了系统的并发处理能力与响应速度。在前端界面开发中,运用Vue.js框架结合ElementUI组件库,构建了响应式、交互友好的用户界面。通过采用单页面应用(SPA)模式,实现了页面的无刷新渲染与动态更新,提高了用户的操作体验。同时,针对火电厂设备数据的可视化展示需求,深入研究了ECharts图表库的定制化开发,设计了多种适应火电厂运行特点的图表类型,使设备运行信息能够直观、清晰地呈现给用户,便于运维人员快速理解与决策<sup>[5]</sup>。

在系统部署方面,采用了Docker容器化技术对系统进行封装与部署。通过将系统的不同组件(如后端服务、数据库、前端应用等)分别打包为独立的Docker容器,实现了系统的快速部署、版本更新以及资源的灵活分配。在服务器集群中,利用Kubernetes(K8s)容器编排平台对容器进行自动化管理,包括容器的启动、停止、伸缩、监控等操作,确保系统在高负载运行情况下的稳定性和可用性。同时,通过配置负载均衡器,将用户的访问请求均匀分配到不同的容器实例上,进一步提高了系统的并发处理能力和响应性能,满足火电厂智能运维管理系统对高性能、高可用性的要求。

## 3.2 应用案例与效益分析

在某大型燃煤火电厂的实际应用中,该智能运维管理系统取得了显著的经济效益与社会效益。设备故障停机时间较系统投运前减少了35%,每年可减少因故障停机导致的发电量损失,增加发电收益。运维成本降低了22%,其中备品备件库存成本降低了15%,通过精准的维护决策与故障预测,减少了不必要的备件储备,提高了备件资金的周转率。维修人工成本降低了10%,由于系统能够自动派发维护任务并提供详细的维修指导,提高了维修工作的效率与质量,减少了维修人员的工作量与工作强度。

设备维护的计划性与精准性得到极大提高,预防性维护工作占比从原来的30%提升至65%。通过智能决策支持模块的优化调度,设备的平均无故障运行时间(MTBF)延长了28%,设备的全生命周期成本降低了18%。同时,系统的智能化预警功能有效避免了多次可能引发重大事故的设备故障,保障了火电厂的安全稳定运行,提升了企业的社会形象与市场竞争力。在环境效益方面,通过优化设备运行参数与维护策略,降低了设备的能源消耗与污染物排放。

## 4 结论

基于大数据的火电厂智能运维管理系统的设计与实现,为火电厂运维管理带来了深刻的变革。通过构建完善的系统架构,运用先进的大数据技术,实现了对火电厂设备的全面感知、智能分析与精准维护,提高了设备的可靠性、安全性和经济性。而随着技术的不断发展与火电行业的持续变革,智能运维管理系统仍需进一步完善与优化。在未来的研究中,可进一步探索如何将人工智能、物联网、云计算等新兴技术与智能运维管理系统深度融合,拓展系统的功能与应用范围,为火电厂的智能化发展提供更加强有力的支持,推动火电行业向更加智能、高效、绿色的方向迈进。

### [参考文献]

- [1]戴志辉,耿宏贤.基于大数据的继电保护运维管理系统的设计与实现[J].电测与仪表,2025,62(1):80-88.
- [2]陈炳安.火电厂智能运维一体化管理系统的研究与应用[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(1):006-009.
- [3]张勇刚.基于云平台的风电机组智能运维管理系统设计与实现[J].科学技术创新,2025(6):73-76.
- [4]段亚楠.电子商务大数据智能存储管理系统的设计与实现解析[J].电脑编程技巧与维护,2024(1):104-107.
- [5]翟真.基于智能仪表的火电厂数据采集与处理技术研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(1):117-120.

### 作者简介:

买买提·托合提(1980--),男,新疆新和县人,大学本科,高级工程师,研究方向:动力工程、新能源。