 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v7i5.10530

Developing an Intelligent Equipment Health Diagnosis Model Based on "Industrial Internet+" to Enhance Management Efficiency

Wang Huanxu

Sinopec Beijing Yanshan Branch,Beijing 102500，china

Abstract

Addressing challenges such as insufficient utilization of equipment management data, inadequate evaluation mechanisms, and passive operation and maintenance approaches in refining enterprises, this paper proposes an intelligent equipment health diagnosis model leveraging "Industrial Internet+". By integrating multi-source data from DCS, ERP, and inspection systems, the model establishes a multidimensional adaptive evaluation framework covering operational parameters, defect conditions, and maintenance effectiveness. Utilizing a microservices architecture and Dameng database, it enables real-time health status diagnosis, visual monitoring, and intelligent alerts. Application results demonstrate that the system accurately identifies equipment with suboptimal health conditions, facilitating a shift from reactive repair practices to proactive predictive maintenance, thereby significantly reducing unplanned downtime risks and enhancing the precision of equipment management.

Keywords

Industrial Internet; Device Health Status; Intelligent Diagnosis; Predictive Maintenance; Multi-source Data Fusion; Microservices Architecture

基于"工业互联网+"构建设备健康度智能诊断模型，提升设备管理效能

王欢旭

中石化北京燕山分公司，北京，102500

摘要

针对炼化企业设备管理数据应用不足、评价机制缺乏、运维模式被动等问题，本文提出基于"工业互联网+"的设备健康度智能诊断模型。融合DCS、ERP、点检等多源数据，构建涵盖运行参数、缺陷状态、维护效果的多维自适应评估体系，采用微服务架构与达梦数据库,实现设备健康状态实时诊断,可视化监控与智能预警.应用结果表明,系统精准定位健康度偏低设备,推动运维模式从被动事后维修向主动预测性维护转变，有效降低非计划停机风险，提升设备管理精益化水平。

关键词

工业互联网；设备健康度；智能诊断；预测性维护；多源数据融合；微服务架构

1 项目背景

目前能源行业数智化转型进程加速,炼化企业对设备管理智能化水平的要求不断提高,但企业目前的设备管理模式困于数据智能应用不够的境地,海量设备基础数据跟运行维护数据未被有效激活起来,而且缺失科学的线上评估机制,很难变成精确引导日常管理的有效资料.设备运维仍然是以被动事后维修以及时间型预防性维修为主导,无法利用大数据分析达成智能化的判断和决策,很难提前判别设备运行的情况,进而防止意外性故障,对设备运行可靠性和企业生产经营效率的提升造成了制约,迫切要用数智化创新手段解决管理难题。

2 需求和必要性分析

2.1 项目需求

基于企业现有设备管理存在的突出问题,搭建企业设备健康评价平台:一是构建科学评价体系:建设设备健康管理评价机制和模型,为设备健康状态评估供给标准化,科学化的依

【作者简介】王欢旭，1989年–，男，汉族，本科，辽宁省锦州市,工程师,从事炼化企业数字化管理与人工智能应用研究。

据;二是实现多维度自动评价:能够自动评估单台设备,整个装置乃至全公司的设备健康水准,囊括不同层级的管理局面;三是精准找出需要治理的设备:按照实时综合的考量,马上发现健康水平不高的问题设备,还进一步剖析问题成因,为制定有针对性的改良办法提供依据;四是推动管理模式转型:借助平台所具备的功能,使设备管理从被动“故障响应”过渡到主动“风险预防”,很大程度提升设备管理的智能程度。

2.2 项目建设必要性

契合行业数智化转型发展战略:在能源企业数字化转型的浪潮当中,业务域平台化搭建是企业推进设备管理数智化升级的重要手段,符合行业发展趋向与企业长远战略谋划,可有力提高企业核心竞争力。

破解数据应用与运维管理痛点:平台可使海量设备数据的价值被激活,凭借科学评价机制处理数据应用较少的情况,同时打破被动的运维方式,事先了解故障风险,减少非计划停机所造成的损失,降低运维方面的成本。

保障生产经营稳定高效:通过精确确定设备隐患并开展针对性问题解决,可有力提升设备运行的可靠情况,着力防范突发性故障造成的生产中断隐患,为企业生产经营活动稳定有序开展给予坚实保障。

3 应用功能简介

本方案把设备健康度指标当作中心,深度混和多源数据,智能模型和实时可视化等技术,搭建起包含“数据集成”“智能诊断”“实时监控”“风险预警”“辅助决策”功能全流程设备健康管理智能体系,助力设备管理从被动处理过渡到主动防控。

3.1 多源数据集成与治理

系统全面接入了DCS、ERP、点检、振动监测、缺陷管理、施工管理、风险数据库等多个业务系统所产生的数据,破除了信息壁垒,这些数据涵盖了设备运行的参数(例如温度,压力,振动),缺陷与故障的相关记录,预防性维护执行的状况,报警信息,设备分级的信息,现场施工情况,检修的进度情况,项目状态以及现存风险等,开展标准化治理,保障数据完整性和准确性,为设备健康评定搭建了坚实基础。

3.2 设备健康度智能诊断模型

模型整体考虑设备运行参数,缺陷状态,维护效果,报警严重度和设备等级等主要方面,产出一套多维自适应评估机制,它能够实时断定运行参数有无异常,劣化趋势的情况,量化遗留下来的缺陷的性质、严重度和潜在危害,评定预防性维护的执行成效,分析报警模式对健康所起的影响,并依照设备等第动态改变评估权重,还把现场施工,检修状态等外部因素予以考虑,进而精确抓准高风险设备,达成科学量化的评估。

3.3 实时诊断与可视化管理

系统实时对每台设备(0-100分)的健康度分数和对应健康等级做计算,还会经由工厂大屏,移动端,Web端等诸多终端同步展示,用不同颜色为全厂关键设备的健康状态做标识,达成全景可视化查看,用户还能够开展深度探究挖掘,查看每台设备具体的相关资料,包括各项指标的得分,扣分因素,健康状态历史变化走势,以及有一定关联的报警,缺陷,维护记录等相关资讯,助力管理人员迅速熟悉设备实际情形。



图1仪表健康诊断展示

3.4 智能预警与风险洞察

基于数据趋势分析以及预测算法,系统可以对轴承磨损,密封泄漏早期等潜在故障提前发出告警,依靠多维度关联分析(例如“维护缺失 + 参数异常 + 同类故障史”的关联),主动察觉“带病运行”加上“高危施工”这类复合型系统性风险,预警信息会清楚地标注风险点的位置,可能引发的后果,所影响的范围以及紧急程度,为及时应对给出清晰方向。

3.5 全景评价与辅助决策

系统呈现企业级,装置级,设备类型级等多层级多维度的健康状况总括,综合健康看板整合核心健康方面的数据,有助于管理者从全局进行把控,还可智慧推荐设备的维修优先排名,维修种类,最佳维修的时间窗口和所需资源,优化维修计划以及资源的配置,系统要剖析报警响应速度,缺陷消除方面,维护完成率和设备健康度的联系,为优化管理流程、达成设备

管理效益提高提供数据。

4 技术方案

4.1 技术架构

这项技术架构是由接入层,服务层和存储层所分,接入层采用涉及Vue,Axios,Vite等的前端技术,联合AntDe-sign,Echarts、Jquery组件,通过Http,WebSocket和TCP协议跟业务系统对接;服务层包含监控(Actuator,Spring Ad-min,Grafana),还有业务服务（Spring Boot、Spring Clou-dGateway,Dubbo等微服务框架),并且拥有Spring,My-BatisPlus,Auth2,SA-Token,Nacos组件，还有日志采集（Loki、SLF4j），并且将RabbitMQ、Redis、Nginx中间件进行集成;存储层以达梦数据库作为存储方式,整体搭建了由数据接入、服务处理到数据存储的一套技术体系。

4.2 关键技术

这个平台技术架构把“接入层 - 服务层 - 存储层”分层设计作为关键核心,合并多领域技术搭建全链路保障模式,让多源设备数据高效处理以及设备健康管理全流程智能运行得到保证，关键技术如下：

接入层作为交互核心，集成前端开发与数据传输技术。前端拿Vue作为框架，结合Axios实现高效数据的请求，Vite增强编译及运行的效率;联合AntDesign,Echarts,Jquery组件库，分别促进标准化UI搭建、设备健康数据可视化展示和页面流畅交互达成,数据传输采用Http/WebS-ocket以及TCP这两个协议,Http承担起常规数据同步的任务,WebSocket实现实时数据的推送，TCP保障工业控制系统数据稳定地进行接入，做到精准抓取设备指标。

服务层为业务处理中枢，融合微服务、中间件等技术。以Spring Boot作为基础，结合Spring Cloud Gateway达成服务的路由及负载均衡,Dubbo达成服务间高效RPC的调用;利用Spring使代码耦合被简化,Mybatis Plus对数据库操作进行优化，适应多维度数据做分析，引入RabbitMQ达成异步通信与流量的控制，Redis缓存高频数据有助于加快响应的速率，Nginx优化请求分发以及并发处理。

存储层采用达梦数据库,适配国产化管理要求.具有高兼容性,安全性及可靠性,保证设备基础数据,运行参数等海量数据长期化存储,可支持大规模存储以及高并发访问,凭借完善的备份恢复机制使数据完整又安全,并且和MybatisPlus深度适配整合,为多维度数据的查询分析给予支撑,为核心功能提供数据方面的支持。

5 应用效果

5.1 实时精准诊断设备健康

系统汇集了设备运行参数,缺陷记录,维护数据等多维的信息,凭借智能诊断模型动态感知设备当前情况和未来变差趋势,马上给出健康评分和等级,并且可准确锁定异常的根源,这给设备治理明确了具体的目标,做到了状态精细化的把控。

5.2 构建智能预警防御体系

基于大数据分析识别设备潜在的故障和劣化倾向,系统会按分级的模式推送预警,拉动运维工作从“被动抢修”转向“主动预控”,实现使故障响应时间缩短,非计划停工的次数有所降低,突发故障所引发的安全风险大幅降低，加固了设备安全根本。

5.3 提升精益化管理水平

以健康度量化数据作为决策助力，维修策略往预测性,预知性方向革新,系统运用智能推荐维修方案和资源的组织,降低了过度维修造成的无效成本,达成了运维流程优化，切实加大了设备管理的精细水准。

5.4 保障工艺安全运行

预先揣度关键设备故障的风险,能防止突发故障造成的工艺波动,物料泄漏等麻烦,削减安全环保事件的发生态势。

5.5 实现设备状态全景可视化

系统把多层级设备关键数据进行整合,用多终端呈现“健康一览图”,以直观的形式呈现健康分布和风险之类的信息,并且支持进行深度查询钻取,管理人员可一眼看清地掌握全局形势，利于整体效能评估以及系统风险的管控。

6 结束语

本文围绕“工业互联网+”构建了一套设备健康度智能诊断体系,建立了多维自适应评价模型和全流程管理机制,实现了设备运行精准评估.实践表明,该平台有效提升了设备管理数据价值,推动了设备运维模式从“被动接收问题”向“主动发现问题”转型,显著提升了设备运行可靠性和管理精益化水平.下一步,将融合人工智能等新一代信息技术,研究构建设备故障知识图谱实现根因自动溯源,建立设备全生命周期预测模型,实现设备运行预测性维护，为企业的数智化转型提供更有力的支撑。

参考文献

[1] 李彦夫, 韩特. 基于深度学习的工业装备PHM研究综述[J]. 振动・测试与诊断,2022,42(5):835-847.

[2] 禹鑫燚, 施甜峰, 唐权瑞, 等. 面向预测性维护的工业设备管理系统[J]. 计算机科学,2020,47(S2):667-672.

[3] 韩笑, 刘毅, 张晓明, 等. 设备智能化管理系统在化工行业智能工厂建设中的应用[J]. 化工管理,2022(31):114-116.