

智能诊断系统在热工仪表检修中的应用

靳雪威

中国华能北方联合电力有限责任公司临河热电厂 内蒙古自治区 巴彦淖尔 015000

摘要: 热工仪表是工业生产热力参数监测与控制的核心设备,其运行稳定性直接影响生产安全与效率,传统检修模式存在流程繁琐、人工依赖度高、故障排查滞后等痛点。本文结合智能诊断系统的核心技术,设计其在热工仪表检修中的应用方案,通过实例验证系统应用效果,分析当前应用中的技术、管理及环境层面问题,提出针对性优化对策,展望未来发展方向,为智能诊断系统在热工仪表检修中的推广应用提供理论与实践参考。

关键词: 智能诊断系统;热工仪表检修;应用

引言:工业生产中,热工仪表作为“神经末梢”,承担着温度、压力、流量等热力参数的精准采集与传输任务,是保障热力系统稳定运行的关键。传统检修依赖人工经验,难以适配工业现场复杂工况下的检修需求,易因故障排查不及时、误判率高导致生产中断。随着智能传感器、机器学习等技术的发展,智能诊断系统为热工仪表检修提供了新路径,因此,深入研究其应用设计、实践效果及优化策略,对提升检修效率、降低运维成本具有重要意义。

1 相关理论与技术基础

1.1 热工仪表相关概述

(1) 热工仪表是工业生产中监测、控制热力参数的核心设备,按测量参数可分为温度、压力、流量、液位仪表等。温度仪表用于监测介质冷热程度,压力仪表管控系统压力稳定性,流量仪表计量介质输送量,液位仪表监控容器内介质液位,核心功能是精准采集热力参数、传输数据,为生产调控提供可靠依据。(2) 热工仪表常见故障包括密封失效、压力偏差、振动干扰、参数漂移等。密封失效多由密封件老化、安装不当导致,压力偏差源于传感器校准不准或管路堵塞,振动干扰受设备运行振动影响,参数漂移则因长期使用、环境温湿度变化导致仪表精度下降。(3) 热工仪表检修核心要求是保障仪表精度、恢复正常功能,传统检修流程分为故障排查、拆卸检查、校准调试、安装复位、试运行检验五个步骤,流程繁琐且依赖人工经验^[1]。

1.2 智能诊断系统核心技术

(1) 数据采集技术以智能传感器为核心,依托标准化数据传输协议,采用多维度采集方法,同步获取仪表运行参数和环境温湿度、振动等环境参数,确保数据全面性。(2) 数据分析与处理技术融合随机森林、SVM等机器学习算法,通过多源数据融合技术整合各类数据,运

用异常特征提取方法,精准识别仪表运行异常信号。(3) 诊断决策技术结合专家系统和故障推理机制,可自动分析异常原因,生成智能预警信息和详细诊断报告,为检修提供精准指导。

1.3 智能诊断系统与热工仪表检修的适配性分析

(1) 智能诊断系统的实时监测、精准识别优势,契合热工仪表检修中快速定位故障、提升检修效率的需求,可弥补传统检修人工依赖度高的短板。(2) 现有智能传感器、机器学习算法的成熟应用,为智能诊断系统在热工仪表检修中的落地提供了技术支撑,具备较高应用可行性。(3) 适配过程中需解决的核心技术难题的是多源数据兼容性、仪表老旧型号适配性,以及故障推理机制的精准度提升问题。

2 智能诊断系统在热工仪表检修中的应用设计

2.1 系统应用总体设计思路

(1) 设计原则紧扣实用性、可靠性、可扩展性、经济性四大核心。实用性聚焦热工仪表检修实际需求,避免冗余功能;可靠性保障系统长期稳定运行,抵御工业现场复杂环境干扰;可扩展性预留接口,适配未来仪表升级和功能拓展;经济性控制硬件、软件投入成本,兼顾性价比与检修效益。(2) 总体架构分为四层,各层功能明确、协同联动:数据采集层负责各类热工仪表参数的采集与初步传输;数据分析层对采集数据进行处理、特征提取与异常检测;诊断决策层基于分析结果完成故障判定与检修指导;应用执行层落地检修派单、流程管控与结果反馈^[2]。(3) 设计目标明确,核心是实现热工仪表故障精准诊断,提前识别潜在隐患并发出预警,缩短检修周期、提升检修效率,同时实现仪表全生命周期动态管理,降低检修成本,保障工业生产热力系统稳定运行。

2.2 各功能模块设计与实现

(1) 数据采集模块:传感器选型优先选用高精度、

抗干扰的智能传感器，匹配温度、压力等不同类型热工仪表；安装布局遵循“就近采集、避免干扰”原则，合理布置采集点位；数据实时采集采用定时采集与触发式采集结合模式，预处理流程包括数据清洗、去噪、标准化，剔除异常数据，确保数据准确性。（2）数据分析模块：采用随机森林、SVM结合的混合异常检测算法，提升异常识别准确率；通过特征提取算法捕捉故障相关特征，区分不同类型故障；数据可视化采用图表形式，直观呈现仪表运行参数、异常信息及特征变化，便于工作人员快速掌握设备状态。（3）诊断决策模块：基于专家系统和故障推理机制，结合历史检修数据，精准判定故障类型、定位故障点；根据故障等级自动生成针对性检修方案，明确检修步骤、所需工具及注意事项，并推送至检修人员终端，提升检修针对性^[3]。

2.3 系统应用流程优化

（1）日常巡检流程优化：替代传统人工巡检，系统自动实时监测仪表运行状态，生成巡检报告，仅对异常仪表安排人工复核，减少巡检工作量，提升巡检效率与覆盖面。（2）故障诊断与检修闭环流程设计：构建“预警-诊断-派单-检修-验证”完整闭环，系统发出预警后快速完成故障诊断，自动向检修人员派单，检修完成后上传结果，系统验证仪表恢复情况，确保故障彻底解决。（3）系统与现有检修管理体系融合：预留数据接口，实现与现有检修台账、人员管理、物资管理系统的互通，同步更新检修记录、人员排班及物资库存信息，避免重复录入，提升管理协同性。

2.4 系统应用的硬件与软件支撑

（1）硬件配置：智能传感器选用适配工业环境的高精度型号，覆盖各类热工仪表；数据采集终端选用工业级终端，保障恶劣环境下稳定运行；服务器选用高性能服务器，满足数据存储与运算需求；巡检设备配备便携式智能终端，支持现场数据录入与检修反馈^[4]。（2）软件支撑：系统软件采用分层架构，确保运行稳定、维护便捷；数据库设计兼顾实时数据与历史数据存储，支持数据快速查询与分析；人机交互界面简洁直观，适配检修人员操作习惯，包含数据监测、故障预警、检修管理等功能模块，提升操作便捷性。

3 智能诊断系统在热工仪表检修中的应用实例

3.1 实例背景介绍

（1）应用场景：某大型燃煤发电厂，拥有各类热工仪表300余台，主要用于锅炉、汽轮机等核心设备的热力参数监测。其运行现状为仪表长期处于高温、高振动工业环境，传统检修依赖人工巡检，存在故障排查滞后、

检修效率低、误判率高的痛点，频繁因仪表故障导致生产负荷波动，影响机组稳定运行。（2）仪表类型与故障特点：涉及温度、压力、流量三类核心热工仪表，温度仪表运行参数范围0-1200℃，常见故障为参数漂移、传感器老化；压力仪表参数范围0-10MPa，主要故障为密封失效、压力偏差；流量仪表用于介质输送计量，常见故障为管路堵塞、信号干扰，且故障多具有隐蔽性，人工难以快速定位。（3）系统应用前期准备：对老旧仪表进行升级改造，更换为智能传感器，确保数据可实时采集；对检修人员开展系统操作、故障解读培训，提升实操能力；梳理近3年仪表检修台账、故障记录，积累历史数据，为系统算法优化和故障诊断提供支撑。

3.2 系统应用过程实施

（1）数据采集环节：按“就近部署、避免干扰”原则，在锅炉、汽轮机周边合理部署智能传感器，覆盖所有目标仪表；调试4G/工业以太网传输协议，确保数据实时上传；同步采集仪表运行参数（温度、压力、流量）和环境参数（温湿度、振动），实现多维度数据全覆盖。（2）诊断分析环节：系统对采集数据进行实时处理，通过混合算法快速识别异常数据，自动判定故障类型；结合历史数据和专家系统，精准定位故障点，例如针对压力偏差，快速定位为传感器校准偏差或管路堵塞，并生成诊断报告。（3）检修执行环节：检修人员根据系统推送的检修方案，明确检修步骤和工具，开展针对性检修；过程中通过系统实时反馈检修进度，管理人员进行远程管控，确保检修流程规范，避免遗漏关键环节。

3.3 应用效果分析与验证

（1）定量分析：系统应用后，故障诊断准确率从传统的72%提升至95%以上；检修平均耗时从4.5小时缩短至1.2小时，检修效率提升73%；仪表故障发生率从每月18起降至3起，故障发生率下降83%。（2）定性分析：有效提升了发电厂生产稳定性，减少因仪表故障导致的机组停机次数，保障热力系统连续运行；降低了运维成本，减少人工巡检和无效检修支出；大幅减轻检修人员工作强度，避免人工高空巡检、盲目排查的安全隐患。（3）实例总结：系统应用优势显著，可精准、高效完成热工仪表故障诊断与检修，契合发电厂实际需求；存在的不足为部分老旧辅助仪表适配性不足，且系统对复杂复合型故障的诊断精度仍有提升空间，需后续优化完善。

4 智能诊断系统在热工仪表检修应用的问题与优化对策

4.1 系统应用过程中存在的主要问题

（1）技术层面：数据质量不高，工业现场干扰导致

采集数据存在噪声、缺失等问题,影响诊断准确性;算法模型针对性不足,对复合型故障识别精度偏低,泛化能力较弱;系统集成兼容性差,与现有检修管理系统、老旧仪表数据接口不统一,数据互通困难。(2)管理层面:人员技能存在明显缺口,现有检修人员多熟悉传统检修流程,缺乏智能系统操作、数据分析的专业能力;运维体系不完善,未建立系统常态化运维机制,易出现系统故障无法及时处理的情况;部分企业对系统投资回报认知不足,过度关注前期投入,忽视长期检修效益。(3)环境层面:工业现场多存在高温、腐蚀、高振动等复杂工况,长期作用下会导致系统硬件老化、灵敏度下降,干扰数据传输,影响智能诊断系统的长期稳定运行,增加系统故障率。

4.2 针对性优化对策

(1)技术优化:建立完善的数据质量管理体系,通过数据清洗、去噪、补全技术提升数据质量;结合热工仪表故障特点,优化算法模型,融入历史检修数据提升复合型故障识别精度;采用标准化数据接口,统一数据格式,提升系统与现有设备、管理系统的集成兼容性。(2)管理优化:构建分层培训体系,针对不同岗位人员开展系统操作、算法解读、故障处置培训,提升专业技能;完善运维管理制度,明确运维责任、流程和频次,建立系统故障应急处置机制;量化系统应用效益评估,通过故障发生率、检修效率等指标,直观呈现投资回报,转变认知。(3)环境适配优化:选用耐高温、耐腐蚀、抗振动的工业级硬件设备,提升硬件抗干扰能力;优化系统防护措施,对传感器、数据采集终端进行密封、隔热处理,定期开展硬件校准和维护,保障系统在复杂工况下稳定运行^[5]。

4.3 系统应用的未来发展展望

(1)技术发展趋势:数字孪生技术将与智能诊断系统深度融合,构建热工仪表虚拟仿真模型,实现故障模拟、预测性诊断;深度学习算法的应用将进一步提升故

障识别精度和泛化能力,实现更复杂故障的精准诊断。(2)应用拓展方向:推动系统向多场景适配发展,覆盖发电厂、化工厂等不同工业领域;实现检修全流程智能化,从数据采集、故障诊断到检修派单、结果验证的全流程自动化;加强跨系统联动,实现与生产控制系统、物资管理系统的深度协同。(3)行业应用前景:随着技术不断优化,智能诊断系统将推动热工仪表检修从“被动维修”向“主动预防”模式转型,大幅提升工业热力系统运行稳定性,降低运维成本,为工业生产高质量发展提供支撑。

结束语

综上,智能诊断系统凭借实时监测、精准诊断的优势,有效弥补了传统热工仪表检修的短板,通过合理的应用设计与落地实施,可显著提升检修效率、降低故障发生率,为工业生产稳定运行提供保障。尽管当前应用中仍存在数据质量、人员技能、环境适配等问题,但通过针对性优化的持续推进,结合数字孪生等技术的深度融合,其应用前景广阔,将推动热工仪表检修向“主动预防”转型,助力工业生产高质量发展。

参考文献

- [1]王林.电力系统中热工仪表自动化安装及运行微探[J].电力设备管理,2021,(3):202-205.
- [2]李泽栋.热工仪表中的自动化控制及其应用[J].数字技术与应用,2021,39(4):16-18.
- [3]白永胜.发电厂热工自动化仪表的安装与故障分析[J].仪器仪表用户,2025,32(5):118-120.
- [4]吴娇.电厂建设中热控现场仪表故障成因与预防关键技术[J].电力设备管理,2025,(8):74-76.
- [5]印亮亮.电厂化学仪表设备状态监测与故障诊断[J].中国仪器仪表,2025,(1):93-95.