

远程监控与故障诊断技术在锅炉自动化中的应用探索

王礼祥, 林久松

浙江迈欧科技有限公司杭州分公司 浙江杭州

【摘要】在工业生产与能源供应体系中, 锅炉自动化水平关乎生产效率与能源利用。本研究深度探寻远程监控与故障诊断技术融入锅炉自动化的创新路径, 从底层技术原理剖析, 到实际应用场景构建, 全面解析如何借助前沿技术革新锅炉运维模式, 提升运行稳定性与安全性, 为锅炉行业智能化升级提供有力支撑。

【关键词】锅炉自动化; 远程监控; 故障诊断; 技术应用

【收稿日期】2025 年 1 月 10 日

【出刊日期】2025 年 2 月 14 日

【DOI】10.12208/j.ijme.20250010

Exploration of the application of remote monitoring and fault diagnosis technologies in boiler automation

Lixiang Wang, Jiusong Lin

Zhejiang Maiou Technology Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang

【Abstract】In the industrial production and energy supply system, the level of boiler automation is crucial to production efficiency and energy utilization. This study deeply explores the innovative paths for integrating remote monitoring and fault diagnosis technologies into boiler automation. From analyzing the underlying technical principles to constructing practical application scenarios, it comprehensively analyzes how to leverage cutting-edge technologies to renovate the operation and maintenance mode of boilers, improve operational stability and safety, and provide strong support for the intelligent upgrade of the boiler industry.

【Keywords】Boiler Automation; Remote Monitoring; Fault Diagnosis; Technical Application

引言

在现代工业与能源供应体系里, 锅炉作为核心动力设备, 稳定高效运行至关重要。但传统运维依赖人工巡检, 不仅效率低下, 还难以实时察觉潜在故障隐患。远程监控与故障诊断技术的兴起, 为锅炉自动化带来变革契机, 能够突破地域限制, 实时精准掌握锅炉运行状况, 快速定位并解决故障, 对提升锅炉效能、降低运维成本、保障生产安全具有深远意义, 正成为推动锅炉行业迈向智能化的关键力量^[1]。

1 远程监控与故障诊断技术基础

1.1 技术的基本原理与核心要点阐述

远程监控技术依托传感器、通信网络与数据处理技术。传感器作为感知终端, 将锅炉运行中的温度、压力、水位等关键物理量转化为电信号。例如, 采用高精度热电偶传感器测量炉膛温度, 误差可控制在极小范围。通信网络搭建数据传输桥梁, 有线通

信如工业以太网, 保障数据传输稳定, 无线通信如 4G、5G 技术, 实现远程灵活接入^[2]。数据处理环节运用数据采集卡、边缘计算设备, 对原始数据筛选、清洗、预处理, 再传输至监控中心。故障诊断技术则基于数据分析、人工智能算法。通过建立锅炉运行数学模型, 对比实际运行数据与模型预测值, 判断是否存在故障。如利用神经网络算法, 对大量故障样本学习训练, 识别故障特征, 实现精准诊断。

1.2 相关技术的发展历程与现状分析

早期远程监控依赖简单有线通信, 数据传输量小、实时性差。随着通信技术发展, 从 RS-485 总线到以太网, 再到如今无线通信广泛应用, 数据传输速率与稳定性大幅提升。故障诊断技术从最初基于规则的简单判断, 发展到如今融合深度学习、大数据分析的智能诊断。当下, 远程监控与故障诊断技术在工业领域广泛应用, 但在锅炉复杂运行环境下, 仍需

进一步优化^[3]。例如,部分老旧锅炉传感器老化、通信线路易受干扰,影响技术应用效果,亟待升级改造。

1.3 技术在工业自动化领域的应用优势探讨

在工业自动化领域,远程监控与故障诊断技术优势显著。其一,提升运维效率。运维人员无需亲临现场,通过远程监控平台即可实时掌握设备运行状态,快速响应故障,减少设备停机时间。其二,保障生产安全。实时监测设备关键参数,及时发现异常,提前预警潜在故障,避免事故发生。其三,降低运维成本。减少人工巡检频次,精准定位故障,降低维修成本与备件库存。以大型工业锅炉为例,采用该技术后,每年可节省大量人力、物力成本,同时提高能源利用效率,实现节能减排。

2 锅炉自动化系统的需求与现状

2.1 锅炉自动化的功能需求与目标分析

锅炉自动化旨在实现精准控制与高效运行。功能需求涵盖实时监测运行参数,如炉膛温度、蒸汽压力、给水流量等,确保参数稳定在安全范围内。具备自动控制功能,根据负荷变化自动调节燃烧器功率、给水量等,保障锅炉高效运行^[4]。还需有故障诊断与报警功能,及时发现并通报故障,便于快速维修。目标是提升锅炉运行稳定性、提高能源利用效率、降低人工干预,最终实现无人值守或少人值守,降低运维成本,增强企业竞争力。

2.2 现有锅炉自动化系统的架构与运行模式介绍

现有锅炉自动化系统多采用分层分布式架构。底层为现场设备层,包含各类传感器、执行器,负责数据采集与控制指令执行。中间为通信层,通过工业以太网、无线通信等技术传输数据与指令^[5]。上层为监控管理层,由监控计算机、服务器组成,运行监控软件,实现数据展示、分析、控制决策。运行模式上,实时采集锅炉运行数据,经通信层上传至监控管理层,软件分析数据后,若发现异常,发出报警并自动调整控制策略,或向运维人员发送维修指令,保障锅炉稳定运行。

2.3 传统运维方式在锅炉管理中的局限性剖析

传统运维方式依赖人工巡检,弊端明显。人工巡检周期长,难以及时发现设备瞬间故障。例如,锅炉突发的压力骤变,可能在巡检间隙发生,难以及时察

觉。且人工判断主观性强,不同巡检人员对设备状态判断标准有差异,易导致故障误判、漏判。同时,人工巡检无法全面掌握设备运行数据,难以进行深度数据分析,无法提前预测潜在故障。在复杂工况下,如高温、高粉尘环境,人工巡检存在安全风险,严重制约锅炉运维效率与安全性^[6]。

3 远程监控技术在锅炉自动化中的应用

3.1 传感器选型与数据采集方案设计

传感器选型需适配锅炉运行环境与监测需求。温度传感器选用耐高温、高精度的铠装热电偶,可在高温炉膛长期稳定工作。压力传感器采用陶瓷电容式,抗冲击、耐腐蚀,精准测量蒸汽压力。水位传感器选用超声波式,不受水质影响,测量准确。数据采集方案采用分布式采集,在锅炉关键部位如炉膛、汽包、管道均匀布置传感器,就近接入数据采集终端^[7]。根据参数变化速率设置不同采集频率,如温度、压力秒级采集,水位分钟级采集,确保全面、准确获取锅炉运行数据。

3.2 数据传输网络搭建与通信协议选择

数据传输网络采用有线与无线结合。锅炉内部关键设备数据通过工业以太网传输,保障数据稳定可靠。远程传输或临时监测点利用 4G、5G 无线通信技术,突破地域限制。通信协议选择 Modbus TCP/IP,其通用性强,便于不同设备互联互通。对于安全性要求高的场景,采用 OPC UA 协议,具备数据加密、身份认证功能,保障数据传输安全。通过构建稳定、安全的通信网络,确保锅炉运行数据实时、准确上传至监控中心^[8]。

3.3 远程监控平台的功能设计与界面开发

远程监控平台具备实时监测功能,以直观图表展示锅炉运行参数,异常数据自动变色预警。历史数据存储与查询功能强大,支持按时间、参数类型等多维度查询,方便运维人员分析运行趋势。控制功能可远程启停设备、调整运行参数。界面开发注重用户体验,操作简洁直观,采用模块化设计,便于功能扩展与维护。同时,开发移动端应用,方便运维人员随时随地监控锅炉运行状态,实现远程高效运维。

4 故障诊断技术在锅炉自动化中的应用

4.1 基于数据分析的故障预测模型构建

基于数据分析构建故障预测模型,收集锅炉长期运行数据,包括运行参数、设备维护记录等。运用

机器学习算法, 如长短期记忆网络 (LSTM), 对时间序列数据深度挖掘。LSTM 模型可捕捉数据长期依赖关系, 学习设备正常运行模式。当实时数据偏离正常模式一定阈值, 模型预测可能出现故障, 提前数小时甚至数天发出预警。例如, 通过对锅炉燃烧器运行数据学习, 预测燃烧器喷嘴堵塞故障, 为运维人员争取维修时间, 降低故障损失。

4.2 故障诊断算法的选择与应用实例分析

故障诊断算法多样, 决策树算法根据数据特征构建树形结构, 逐步筛选判断故障类型。在某锅炉过热器故障诊断中, 运用决策树算法对温度、压力、流量等多源数据分析, 快速定位故障为过热器管道结垢。支持向量机算法对非线性可分数据有良好分类效果, 适用于复杂故障诊断。例如, 在锅炉复杂燃烧故障诊断中, 利用支持向量机准确识别故障原因, 相比传统人工排查, 大幅缩短故障诊断时间, 提升运维效率。

4.3 多源信息融合的故障诊断策略实施

多源信息融合故障诊断策略整合锅炉多类信息。将传感器采集的运行参数数据, 与设备振动、声音等信息融合。利用信息融合算法, 如 D-S 证据理论, 综合各信息源证据, 消除单一信息不确定性。例如, 诊断锅炉泄漏故障时, 结合压力传感器数据、声学传感器检测的泄漏声音特征, 更准确判断泄漏位置与程度, 提高故障诊断可靠性, 减少误判、漏判情况, 保障锅炉安全运行。

5 技术应用的挑战与未来发展趋势

5.1 技术应用过程中面临的难题与障碍分析

技术应用面临诸多挑战。传感器长期在恶劣环境工作, 易受高温、腐蚀影响, 导致精度下降、寿命缩短。不同厂家设备通信协议不统一, 数据融合与系统集成困难。海量数据处理对硬件计算能力要求高, 现有监控平台可能出现数据处理延迟。而且, 故障诊断模型需大量标注数据训练, 数据标注工作量大、成本高, 制约技术推广应用。此外, 现场复杂电磁环境易干扰传感器信号传输, 导致数据失真, 进一步影响技术的稳定应用与故障诊断准确性。

5.2 新兴技术对锅炉远程监控与故障诊断的影响预测

新兴技术为锅炉远程监控与故障诊断带来新机遇。人工智能领域, 强化学习算法可让诊断系统在

锅炉运行环境交互中不断优化诊断策略。物联网技术升级, 低功耗、高精度传感器将广泛应用, 拓展数据采集维度。区块链技术应用数据于数据存储, 保障数据安全、不可篡改, 增强故障诊断数据可信度。5G 通信技术普及, 大幅提升数据传输速率与稳定性, 实现更实时、高效的远程运维。未来, 量子计算技术有望助力复杂故障诊断算法加速运算, 突破现有计算能力瓶颈, 提升诊断效率与精度。

5.3 应对挑战与推动技术发展的策略探讨

应对挑战需多方发力。研发新型抗恶劣环境传感器, 提高设备可靠性。推动行业统一通信标准, 促进设备互联互通。采用云计算、边缘计算结合模式, 缓解数据处理压力。建立行业共享数据标注平台, 降低数据标注成本。加强产学研合作, 加快新兴技术研发与应用转化, 制定合理技术发展路线, 推动远程监控与故障诊断技术在锅炉自动化中不断完善与创新。行业协会应发挥引领作用, 组织企业联合攻关技术难题, 建立技术示范项目, 加速新技术落地应用, 助力产业整体升级。

6 结论

本研究全面且深入地探讨了远程监控与故障诊断技术在锅炉自动化中的应用。从技术基础解析, 到实际应用场景搭建, 再到应对挑战与展望未来趋势, 展现出该技术在提升锅炉自动化水平、保障锅炉安全高效运行方面的巨大潜力。尽管面临诸多难题, 但随着新兴技术发展与应对策略实施, 这些技术将持续革新, 在锅炉自动化领域发挥更关键作用, 助力工业与能源领域实现智能化、高效化发展。

参考文献

- [1] 黄丹平. 锅炉自动化控制过程中炉排改造的实现方法研究[J]. 产业科技创新, 2023, 5(03): 35-37.
- [2] 徐卫军. 锅炉压力容器焊接自动化技术的应用分析[J]. 化纤与纺织技术, 2022, 51(12): 43-45.
- [3] 成三友. 基于 PLC 的油田供热站锅炉自动化控制系统设计[J]. 工程机械文摘, 2021, (04): 26-29.
- [4] 周铮. 生物质锅炉自动控制系统的设计[D]. 武汉理工大学, 2020.
- [5] 王博. 供暖燃煤锅炉的分布式控制系统设计[D]. 大连理工大学, 2019.

- [6] 王成.锅炉压力容器与管道检验中的裂纹问题处理分析[J].化工设计通讯,2020,46(02):92-93.
- [7] 关超.锅炉压力容器压力管道检验中的裂纹问题[J].南方农机,2020,51(08):218.
- [8] 郭华.火力发电厂锅炉补给水处理系统工艺组合及设备

参数确定方法[J].内蒙古电力技术,2018,36(05):43-46.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS