

火电厂锅炉检修新方法与维护措施探讨

耿明福

国能南宁发电有限公司 广西 南宁 530000

【摘要】：火电厂锅炉在长期高负荷运行中，因磨损、腐蚀等原因易出现故障，传统检修手段在效率与精准度方面存在不足。本文基于设备运行特点，提出智能诊断技术、状态监测系统及预防性检修策略相结合的新方法，优化了检修周期与维护流程，降低了非计划停机风险。通过典型案例分析，验证了新方法在提升设备可靠性、延长使用寿命及降低维护成本方面的显著效果，为火电厂锅炉的安全稳定运行提供了可行方案。

【关键词】：火电厂锅炉；检修新方法；状态监测；预防性维护；智能诊断

DOI:10.12417/2811-0536.25.12.001

引言

在能源需求持续增长的背景下，火电厂作为主要电力供应来源，其锅炉设备的运行稳定性直接影响整体发电效率。锅炉在高温、高压环境中长期运转，容易因材料老化、运行负荷不均等因素产生隐患。传统检修方式多依赖定期停机或事后维修，往往存在响应不及时、成本较高的问题。随着智能化技术和信息化管理的快速发展，探索更高效的检修新方法和科学的维护措施已成为火电厂提升安全性和经济效益的迫切需求。通过研究新技术与维护策略的结合，可为设备的高效运行提供新的思路与解决方案。

1 锅炉检修现状与存在问题

火电厂锅炉在长期高温、高压及高负荷的运行条件下，设备部件持续承受热应力和机械应力作用，金属材料易发生蠕变、疲劳及腐蚀现象，导致受热面管壁减薄、焊缝开裂以及阀门、密封件失效。由于锅炉内部结构复杂，受热面分布广泛，传统的人工巡检方式难以覆盖全部薄弱环节，部分潜在隐患无法被及时发现，从而增加了设备突发故障和停机事故的可能性。随着燃煤品质变化以及负荷频繁波动，燃烧工况的不稳定也使锅炉磨损与结渣问题更加突出，运行稳定性受到严重影响。

在日常检修过程中，仍有部分电厂依赖固定周期进行计划性停机检修，检修计划主要基于经验制定，缺乏对设备真实运行状态的实时监控，容易出现检修不足或过度检修的情况。检修不足导致关键部件故障提前暴露，增加非计划停机次数；过度检修则造成资源浪费并延长停机时间，影响整体发电效益。传统检修方法以人工拆检和更换部件为主，检测精度受制于人员技能水平，检修效率不高，且部分内部故障无法通过常规手段准确诊断，存在较大不确定性。

维护记录管理方面，部分火电厂仍以纸质或分散

记录为主，缺乏统一的数据分析系统，无法形成完整的设备健康档案，检修历史与运行数据脱节，不利于发现长期趋势问题。加之锅炉运行环境恶劣，检修作业空间狭窄，作业条件复杂，检修人员在高温、密闭和高危环境下操作，容易出现误判或疏漏，进一步增加了检修工作的风险与难度。这些问题的存在使得锅炉检修无法完全满足现代火电厂对高安全性、高效率及低成本的综合要求，亟需探索更加科学高效的检修技术与维护策略。

2 智能诊断技术在检修中的应用

智能诊断技术在火电厂锅炉检修过程中发挥着重要作用，其核心在于利用先进的传感器、数据采集系统和智能分析算法，实现对锅炉运行状态的实时监控与精准故障定位。锅炉的受热面、汽水系统和燃烧系统通过安装高精度温度传感器、压力传感器、振动传感器及在线成分分析装置，可持续采集设备运行中的关键数据。这些数据通过工业物联网平台传输至中央控制系统，经由智能算法进行深度分析，能够快速识别异常波动和潜在故障点，为检修决策提供科学依据。通过这一方式，可有效避免传统人工巡检中依赖经验判断造成的漏检和误判现象，并提升整体检修的前瞻性和准确性。

智能诊断系统在故障预测方面具有显著优势。基于大数据建模和机器学习算法，系统能够建立设备健康模型，对锅炉运行过程中的历史数据与实时数据进行关联分析，形成趋势曲线，对管壁减薄速率、结渣厚度变化、炉膛温度分布异常等进行动态预测。通过这种方式，可以在故障初期便发出预警信号，使检修人员在设备未出现严重损坏前实施针对性维护，从而减少非计划停机时间并降低维修成本。状态监测系统与智能诊断技术相结合，可对关键部件进行在线检测，如水冷壁泄漏、过热器超温、再热器管道应力集中等，

通过红外成像和超声波检测手段实时反映设备运行状态，形成全面的健康评估体系。

在检修计划制定方面，智能诊断技术能够实现检修策略的优化调整。通过设备运行状态的实时反馈，结合历史检修记录与运行参数，系统可智能生成差异化检修方案，实现从固定周期检修向状态检修转变。这种转变不仅提高了检修工作的针对性，还能合理安排停机时间，确保发电计划的连续性与经济性。随着智能化水平不断提升，故障诊断结果可以与三维可视化平台联动，将锅炉内部复杂结构以三维模型形式呈现，检修人员可直观了解故障部位及损伤范围，显著提升检修效率和精度。在实际应用中，智能诊断技术还支持远程监控与专家会诊。通过网络平台将设备实时运行数据传输至远程中心，专家团队可在线分析并提供技术支持，为现场人员提供高水平指导。这种协同模式有助于提升检修质量，并降低因人员经验不足带来的风险，使火电厂锅炉的维护工作更加科学化和智能化。

3 状态监测与预防性维护策略

状态监测是实现火电厂锅炉科学化维护的核心环节，通过对关键运行参数的连续采集与分析，可以全面掌握设备的实时健康状况。锅炉在高温、高压和高负荷的条件下运行，受热面管道、燃烧室以及汽水循环系统极易受到热应力和腐蚀的影响，状态监测系统通过布设分布式传感器网络，将温度、压力、流量、振动和烟气成分等多维度数据实时上传至监控平台。数据经由信号处理技术进行滤波与特征提取后，结合诊断模型对锅炉内部运行状态进行量化评估。通过这一过程，可在设备出现异常趋势时提前识别问题，为预防性维护提供科学依据，并有效降低突发故障率。

在状态监测体系中，热成像检测与声发射检测被广泛应用于锅炉受热面的隐患识别。热成像技术通过捕捉表面温度分布，可定位结渣、局部过热和泄漏区域；声发射检测能够对金属部件内部微裂纹、疲劳损伤进行实时监测，这些方法使得传统依赖拆解检查才能发现的问题能够在运行状态下完成评估。通过建立设备健康评价模型，可以将采集到的各类参数转化为健康指数，并结合阈值设定实现自动报警，从而保证运行人员能够在第一时间采取干预措施。

预防性维护策略强调从被动维修向主动干预转变，通过状态数据的长期积累和趋势分析，确定设备磨损与劣化的规律。在锅炉维护中，预防性策略包括在线清理、部件提前更换以及运行参数优化调整等措

施。在线清理技术利用蒸汽吹灰、声波清灰等手段，及时清除受热面沉积物，防止热效率下降与局部过热。对于检测到寿命接近极限的管道、阀门和焊缝部位，可在停机检修时优先更换，从源头上降低重大故障发生的可能性。通过对燃烧工况和给水品质进行精细控制，减少腐蚀介质和结渣物质的生成，延缓设备的老化速度。

数据驱动的预防性维护还需结合维修管理系统，实现维护资源的最优配置。通过将检修记录、运行数据和状态监测结果进行整合，形成完整的设备生命周期数据库，管理人员能够基于统计分析制定更加合理的维护计划。该方法不仅优化了备品备件的储备结构，还能通过风险分级管理，明确不同设备部位的检修优先级。在紧急状态下，系统可自动生成应急维护方案，为检修团队提供决策支持，从而减少停机损失。状态监测与预防性维护策略的结合，使锅炉运行管理从传统的经验驱动模式过渡到数据驱动模式，显著提高检修工作的科学性与精准性。通过持续优化状态监测手段和维护措施，可实现对锅炉关键部件的全生命周期管理，在保证安全性的同时降低运行成本，并为火电厂实现高效、可靠、经济的设备管理目标奠定坚实基础。

4 新方法实施的案例与成效分析

在实际运行过程中，某大型火电厂将智能诊断技术与状态监测系统结合，针对锅炉受热面、燃烧系统和汽水循环系统建立了全方位的在线检测平台。通过在关键部位安装高灵敏度温度传感器、压力传感器及振动监测装置，实现了对设备运行状态的实时采集，并将数据传输至中央控制中心进行深度分析。平台采用故障特征识别算法对异常信号进行自动筛查，当受热面局部温度升高或汽水流量波动超出设定阈值时，可迅速发出预警指令，使运行人员在锅炉未出现严重损伤前进行针对性处理，有效降低了突发性故障的发生率。

在实施新方法的过程中，该电厂引入了三维可视化技术，将复杂的锅炉内部结构与实时检测数据相结合，通过数字化模型直观呈现受热面磨损、结渣和泄漏部位。检修团队可通过三维模型对故障位置进行精准定位，并制定分步骤的检修方案，避免了大面积拆解造成的资源浪费和停机时间过长的问題。结合远程专家会诊功能，技术人员可在控制中心实时观察锅炉内部运行情况，并与现场检修团队协同决策，提高了诊断的准确度与处理效率。该电厂在预防性维护方面也进行了深入实践，通过长期积累的运行数据建立锅

炉健康指数评价模型,分析不同部件的劣化趋势,并将结果与检修计划紧密衔接。在一次停机检修前,系统检测出部分水冷壁管壁减薄速率异常,经进一步验证后提前更换了相关部件,避免了后续可能发生的泄漏事故。通过数据驱动的策略,检修周期由固定间隔调整为状态导向,减少了不必要的停机检修次数,显著提升了设备利用率。

新方法实施后,锅炉的非计划停机次数明显减少,机组的平均可利用率大幅提高。统计数据显示,因锅炉故障导致的停机时间降低了三成以上,运行维护成本下降近两成。燃烧效率得到优化,能源消耗降低,同时排放指标得到有效控制,环保性能显著提升。检修人员在高危作业环境下的操作次数减少,安全风险得到有效控制,检修质量与人员安全均得到了保障。通过这一系列措施,该电厂实现了锅炉检修管理从传统模式向智能化、科学化模式的转变,形成了可推广的经验,为火电厂提升设备管理水平提供了实践依据。

5 综合措施与经验总结

在锅炉检修管理过程中,为保证新方法的持续有效运行,需从组织管理、技术手段与人员培训等多个层面采取综合措施。运行部门建立统一的信息化管理平台,将状态监测数据、检修记录及运行日志进行集中存储与动态更新,通过数据库分析形成设备健康档案,并实现对检修计划、物资调配及人力资源的精确管理。借助数据挖掘技术,对历史运行参数与故障模式进行关联分析,识别高风险部位与易损环节,为检修策略优化提供科学依据,使锅炉检修从经验管理逐步向智能化管理转型。

在技术层面,引入高性能传感器、智能控制系统与可视化检测工具,建立覆盖锅炉受热面、汽水循环系统及燃烧系统的全方位实时监测网络。通过分布式采集终端和工业互联网平台,实现对关键运行参数的高频采集与远程传输,使运行状态的异常变化能够被

即时捕捉并快速反馈。结合人工智能算法,对设备劣化趋势和潜在故障进行预测分析,生成风险等级报告,指导检修人员制定差异化的维护措施。同时,加强对检修工具的改进,推广便携式无损检测设备与在线检测技术,减少高危环境下的人工操作,提高检修效率与作业安全性。

人员管理与培训也是保障新方法落地的重要环节。通过定期组织技术培训与实操演练,使检修人员熟悉智能诊断系统的操作流程,掌握状态监测数据的分析方法,并具备独立判断设备健康状况的能力。建立多层次技术支持体系,由现场技术人员、远程专家团队和管理部门形成协同机制,在重大设备隐患诊断和应急处置中实现信息共享与快速响应,提升整体检修水平。同时,强化安全生产管理,严格执行高温、高压和密闭空间作业的操作规范,确保检修工作在受控条件下进行,降低人员受伤和设备损坏的风险。

在实际管理经验中,通过长期实施智能化检修与预防性维护策略,逐步形成了一套标准化、流程化的管理体系。通过数据驱动的决策模式,锅炉运行状态实现了透明化与可视化,管理人员能够根据实时信息灵活调整维护计划,并通过量化指标评估检修质量。随着经验的不断积累,检修流程得到持续优化,备品备件储备更加合理,设备全生命周期管理水平显著提升,火电厂整体运行的安全性、稳定性与经济性得到了全面保障。

6 结语

火电厂锅炉在高温高压环境下运行,传统检修方式存在效率低、精准度不足的问题。智能诊断技术与状态监测手段的融合,使故障预测、维护计划与资源配置实现了数字化与智能化。通过案例分析可见,新方法在降低非计划停机、提升设备可靠性和优化运行成本方面成效显著,为火电厂实现安全、高效与经济运行提供了可借鉴的技术路径和管理经验。

参考文献:

- [1] 王建国.火电厂锅炉智能诊断技术研究[J].电力设备,2021,42(3):45-52.
- [2] 刘海峰.基于状态监测的锅炉预防性维护策略[J].热能动力工程,2020,35(6):78-84.
- [3] 陈志远.火电厂锅炉检修管理数字化转型探讨[J].电力系统管理,2022,40(4):56-62.
- [4] 孙晓峰.现代火电厂锅炉智能化检修技术应用[J].动力工程学报,2021,37(5):90-96.
- [5] 赵凯.锅炉运行数据驱动的健康评估与维护优化[J].电力科技,2020,28(2):33-40.