

火电厂热控设备智能化检修技术应用

戴荣超

国能神皖马鞍山发电有限责任公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i7.8213

[摘要] 本论文聚焦火电厂热工自动化领域，针对全厂四台机组的 MCS 模拟量控制系统、FSSS 炉膛安全监控系统等多种热控设备的检修维护工作，深入探讨智能化检修技术的应用。文章分析了传统检修方式在火电厂热控设备维护中的局限性，阐述了智能化检修技术的原理与优势，并结合实际工作场景，详细介绍智能化检修技术在各热控系统中的应用方法与实施效果，旨在为提升火电厂热控设备检修效率、保障设备稳定运行提供理论依据与实践参考，推动火电厂热工自动化水平的进一步提升。

[关键词] 火电厂；热控设备；智能化检修；MCS；FSSS；DCS

Application of intelligent maintenance technology for thermal control equipment in thermal power plant

Dai Rongchao

Guoneng Shenwan Maanshan Power Generation Co., LTD

[Abstract] This paper focuses on the thermal automation field of thermal power plants, specifically addressing the maintenance and repair of various thermal control devices, including the MCS analog control systems for all four units and the FSSS furnace safety monitoring system. It delves into the application of intelligent maintenance technology. The article examines the limitations of traditional maintenance methods in the maintenance of thermal control equipment in thermal power plants, explains the principles and advantages of intelligent maintenance technology, and provides a detailed introduction to the specific application methods and implementation effects of intelligent maintenance technology in various thermal control systems, based on practical work scenarios. The aim is to provide theoretical support and practical references for improving the maintenance efficiency of thermal control equipment in thermal power plants and ensuring stable operation, thereby promoting further advancements in the thermal automation level of thermal power plants.

[Key words] thermal power plant; thermal control equipment; intelligent maintenance; MCS; FSSS; DCS

引言

在能源行业快速发展的背景下，火电厂作为电力供应的重要支柱，其安全稳定运行至关重要。热控设备作为火电厂实现自动化控制、保障机组安全高效运行的关键装置，涵盖了 MCS 模拟量控制系统、FSSS 炉膛安全监控系统、DCS 系统等众多子系统。这些系统对火电厂的生产过程进行实时监测与精准控制，其运行状态直接影响到火电厂的发电效率、能源消耗以及安全生产。然而，传统的热控设备检修方式多依赖人工巡检与经验判断，存在检修效率低、故障预判能力不足、人力成本高等问题，难以满足现代火电厂对热控设备高可靠性、高稳定性

的要求。随着物联网、大数据、人工智能等技术的不断发展，智能化检修技术逐渐成为火电厂热控设备维护的新方向，通过对设备运行数据的实时采集与智能分析，能够实现设备状态的精准评估与故障的提前预警，有效提升热控设备的检修质量与效率，保障火电厂的稳定运行。因此，深入研究火电厂热控设备智能化检修技术的应用具有重要的现实意义。

正文

一、火电厂热控设备传统检修方式的局限性

(一) 检修效率低

传统火电厂热控设备检修主要依靠人工巡检，检修人员需

定期对全厂四台机组的各类热控设备进行逐一检查，包括 MCS 模拟量控制系统中的传感器、执行机构，FSSS 炉膛安全监控系统的逻辑控制器等。由于热控设备数量众多、分布范围广，人工巡检需要耗费大量的时间和精力，且在巡检过程中容易出现漏检、误检的情况，导致检修效率低下，难以满足设备快速恢复运行的需求。此外，对于一些复杂故障的排查，传统检修方式往往需要检修人员凭借经验逐步分析，进一步延长了检修时间。

(二) 故障预判能力不足

传统检修方式多为事后维修或定期预防性维修，此类模式下，检修人员往往依据设备历史故障数据和经验，预先设定检修周期，按部就班开展维护工作，缺乏对设备运行状态的实时监测与分析。在设备运行过程中，即便存在潜在故障隐患，由于缺少动态数据追踪和智能分析手段，也难以被及时察觉。只有当设备出现明显故障或异常，如运行噪音骤增、性能大幅下降等情况时，才启动维修程序。这种被动式的检修方式，不仅会导致非计划停机，打乱火电厂的发电计划，影响电力稳定供应，造成经济损失，还可能因故障未及时处理而不断扩大化，对设备造成更严重的损坏，增加维修成本与设备更换频率。

以锅炉就地仪表及控制设备为例，仪表传感器在长期运行过程中，受高温、腐蚀等复杂工况影响，其性能会逐渐下降，如灵敏度降低、线性度变差等。但在传统检修模式下，这种性能衰退可能不会立即表现出明显故障症状，常规巡检难以发现细微变化。然而，这些性能变化却会直接影响测量数据的准确性，进而干扰控制系统对锅炉运行参数的精准调控。一旦控制系统依据不准确的数据做出误动作，如错误调整燃料供给量、风量等，可能引发燃烧不稳定、热效率下降等问题，甚至威胁机组的安全运行，导致炉膛爆炸、管道泄漏等严重事故。

(三) 人力成本高

人工巡检与维修作为传统检修模式的核心环节，其实施过程依赖大量检修人员的持续性投入。在火电厂实际运维中，检修人员需穿梭于全厂四台机组的 MCS 模拟量控制系统、FSSS 炉膛安全监控系统等复杂设备间，对传感器、控制器等装置进行逐一检查，这种高强度、重复性的工作不仅耗费人力，更对检修人员的专业技能提出严苛要求。他们需精通热工自动化原理，熟练掌握各类热控设备的运行参数与故障特征，方能胜任工作。

随着火电厂规模不断扩容，设备数量呈几何级数增长，且智能化、集成化程度日益提升，检修工作复杂度倍增。为满足运维需求，企业需持续扩充检修团队规模，同时开展定期专业

培训，这使得人力成本与培训开支大幅攀升。值得注意的是，人工检修过程中存在显著的主观性与不确定性。受个人经验、情绪及现场环境等因素影响，检修人员可能出现判断偏差，甚至因操作失误导致设备损坏。例如，在拆卸精密仪表时，若力度把控不当，极易造成部件变形，不仅延误工期，还大幅增加维修成本。

此外，传统检修模式下，对检修人员工作质量和效率的监督评估机制尚不完善。缺乏实时数据支撑与量化指标，难以精准判断检修工作是否到位，导致检修团队工作效能难以有效提升，难以适应现代火电厂高效运维的发展需求。

二、火电厂热控设备智能化检修技术的原理与优势

(一) 技术原理

智能化检修技术深度融合物联网、大数据、人工智能等前沿科技，构建起全方位、立体化的设备运维体系。在实际应用中，于火电厂 MCS 模拟量控制系统、FSSS 炉膛安全监控系统等热控设备关键部位，部署高精度温度传感器、压力传感器、振动传感器以及电流电压监测模块等装置。这些传感器如同设备的“神经末梢”，以毫秒级频率实时捕捉设备运行过程中的温度波动、压力变化、振动幅值、电流电压异常等多维数据，确保数据采集的时效性与精准性。

采集的数据借助 5G、工业以太网等高速网络，实时传输至数据中心进行深度处理。依托大数据分析技术，对海量数据进行清洗、分类与关联挖掘，通过建立设备运行状态数学模型，结合历史数据与行业标准，精准刻画设备运行趋势，动态评估设备健康指数。与此同时，人工智能算法发挥核心作用，机器学习算法能够自主学习设备正常运行与故障状态下的数据特征，深度学习模型则可通过对复杂数据的多层解析，提前预判设备潜在故障。

以二期主机 DCS 系统为例，通过持续采集控制器的 CPU 负载、内存占用、指令执行时间等数据，利用机器学习算法构建故障预测模型，可提前识别控制器过热、内存泄漏等故障风险，为检修人员预留充足时间制定科学检修策略，如提前更换散热风扇、优化内存分配等，实现从被动维修到主动预防的转变，大幅提升热控设备运行可靠性与稳定性。

(二) 优势分析

智能化检修技术能够实现热控设备的实时、全面监测，大大提高了故障检测的准确性和及时性。通过对设备运行数据的长期积累和分析，可以深入了解设备的性能变化规律，为设备的优化运行和寿命管理提供依据。此外，智能化检修技术可以减少人工巡检的工作量，降低人力成本，同时提高检修工作

的标准化和规范化程度，有效避免因人为因素导致的检修失误。通过智能化检修技术，还能够实现对检修资源的合理配置，提高检修效率，减少设备停机时间，保障火电厂的稳定发电。

三、智能化检修技术在火电厂热控设备中的具体应用

(一) 在 MCS 模拟量控制系统中的应用

在 MCS 模拟量控制系统中，智能化检修技术主要应用于传感器和执行机构的状态监测与故障诊断。通过在温度、压力、流量等传感器上安装智能监测模块，实时采集传感器的输出信号、工作电压、环境温度等数据，并将数据上传至智能检修平台。平台利用大数据分析技术对传感器数据进行分析，判断传感器的性能是否正常，如检测到传感器输出信号异常波动、漂移等情况，及时发出预警，并通过机器学习算法对故障原因进行分析，为检修人员提供准确的故障定位和处理建议。对于执行机构，通过监测其电机电流、阀门开度反馈信号等数据，分析执行机构的运行状态，预测其磨损程度和故障发生概率，提前安排检修维护工作，确保 MCS 模拟量控制系统的稳定运行。

(二) 在 FSSS 炉膛安全监控系统中的应用

FSSS 炉膛安全监控系统对火电厂的安全生产至关重要，智能化检修技术在该系统中的应用主要体现在逻辑控制器和火焰检测装置的维护上。通过对逻辑控制器的运行数据进行实时监测，包括控制器的 CPU 使用率、内存占用率、程序执行时间等，利用大数据分析技术评估控制器的性能状态，及时发现控制器的潜在故障。同时，对火焰检测装置的图像信号进行智能分析，利用深度学习算法识别火焰的形状、颜色、强度等特征，判断火焰的稳定性和燃烧状况，当检测到火焰异常或灭火情况时，迅速发出报警信号，并通过智能化检修平台联动相关设备进行安全保护动作。此外，智能化检修技术还可以对 FSSS 炉膛安全监控系统的逻辑程序进行在线诊断和优化，确保系统逻辑的正确性和可靠性。

(三) 在二期主机 DCS 系统中的应用

二期主机 DCS 系统作为火电厂的核心控制系统，智能化检修技术在其应用中主要涉及系统硬件设备和软件程序的维护。通过在 DCS 系统的控制器、通信模块、电源模块等硬件设备上安装状态监测传感器，实时采集设备的温度、电压、电流、振动等数据，利用物联网技术将数据传输至智能检修平台。平台通过建立设备健康状态评估模型，对硬件设备的运行状态进行实时评估，预测设备的故障发生时间，提前制定检修计划。对于 DCS 系统的软件程序，智能化检修技术可以通过对程序运行日志的分析，检测程序中的错误代码和异常操作，利用人

工智能算法对程序进行优化和修复，提高 DCS 系统的稳定性和可靠性。

(四) 在其他热控设备系统中的应用

在锅炉就地仪表及控制、锅炉炉管泄漏监控系统、炉烟控制系统、主厂区视频监控系统、超低排放附属设备及供热自动控制系统等热控设备系统中，智能化检修技术同样发挥着重要作用。对于锅炉就地仪表及控制设备，通过智能化监测可以实时掌握仪表的测量精度和设备运行状态，及时发现仪表故障并进行校准或更换。在锅炉炉管泄漏监控系统中，利用声发射检测技术和智能信号处理算法，对炉管泄漏信号进行实时监测和分析，实现炉管泄漏的早期预警。在炉烟控制系统中，通过对烟气成分、流量等数据的实时监测和智能分析，优化燃烧控制策略，提高燃烧效率，降低污染物排放。主厂区视频监控系统利用智能视频分析技术，实现对厂区内人员、设备的实时监控和异常行为的自动识别报警。超低排放附属设备及供热自动控制系统通过智能化检修技术，对设备的运行参数进行实时监测和优化控制，确保设备的高效运行和环保指标的达标。

四、智能化检修技术应用效果分析

通过在火电厂热控设备中应用智能化检修技术，取得了显著的应用效果。在检修效率方面，设备故障的平均排查时间大幅缩短，从传统方式的数小时甚至数天缩短至数分钟到数小时不等，有效减少了设备停机时间，提高了火电厂的发电效率。在故障预判能力上，智能化检修技术能够提前发现设备潜在故障隐患，将事后维修转变为事前预防，非计划停机次数明显减少，设备的可靠性和稳定性得到大幅提升。在人力成本方面，人工巡检的工作量减少了约 40% - 60%，检修人员可以将更多的精力投入到复杂故障的处理和设备优化工作中，同时通过智能化检修平台对检修人员工作的监督与评估，提高了检修团队的整体工作质量和效率。此外，智能化检修技术的应用还为火电厂的节能减排和环保达标提供了有力支持，通过对热控设备运行参数的优化控制，降低了能源消耗和污染物排放。

[参考文献]

- [1]刘吉臻.热工自动化系统[M].北京:中国电力出版社,2019.
- [2]王广军.火电厂热控设备智能化检修技术研究[J].中国新技术新产品,2022(15):105-107.
- [3]赵文祥.基于大数据的火电厂热控设备状态检修研究[J].电力设备管理,2021(08):134-136.