 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i1.4494

Technological Innovation of Fully Automated Robots in Intelligent Fuel Processing of Power Plants

Lv Jinpei Chen Xiaolong

1. ChinaCoal Jingyuan Power Generation Co., Ltd., Lanzhou, Gansu, 730913, China
2. Inner Mongolia Hohhot Lixin Electric Technology Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia, 010011, China

Abstract

Fuel cost, as the main component of power plant operating costs, accounts for more than 75%. Its management efficiency and accuracy are directly related to the economic benefits and market competitiveness of power plants. However, traditional fuel management models have many drawbacks, such as increased errors caused by excessive manual intervention, decision-making errors caused by inaccurate data, and resource waste caused by inefficient management. These problems not only increase the operating costs of power plants, but also limit the development pace of intelligent and information-based power plants. The introduction of fully automated robots has brought revolutionary changes to fuel management. Through the application of intelligent technology, automated robots have achieved automation, informatization, and refinement of fuel management, significantly improving the efficiency and accuracy of fuel management, reducing operating costs, and injecting new vitality into the sustainable development of power plants.

Keywords

fully automated robot; Power plant; Intelligent processing of fuel; technological innovation

全自动机器人在电厂燃料智能化处理中的技术创新

吕锦沛[1] 张玉俊[1] 贺显[1] 柳雨萌[2] 陈晓龙[2]

1.中煤靖远发电有限公司，中国 · 甘肃 兰州 730913
2.内蒙古呼和浩特市立信电气技术有限责任公司，中国 · 内蒙古 呼和浩特 010011

摘 要

燃料成本作为电厂运营成本的主要组成部分，占到75%以上，其管理效率和准确性直接关系到电厂的经济效益和市场竞争力，然而，传统的燃料管理模式存在诸多弊端，如过多的人工干预导致的误差增加、数据不准确导致的决策失误、低效管理导致的资源浪费等，这些问题不仅增加了电厂的运营成本，也限制了电厂智能化和信息化的发展步伐。全自动机器人的引入给燃料管理带来了革命性的变化，自动化机器人通过智能技术的应用，实现了燃料管理的自动化、信息化和精细化，显著提高了燃料管理的效率和准确性，降低了运行成本，为电厂的可持续发展注入了新的活力。

关键词

全自动机器人；电厂；燃料智能化处理；技术创新

1 引言

全自动机器人针对传统燃料管理模式存在的诸多问题，通过智能技术实现燃料管理的自动化、信息化和精细化，详细介绍了全自动化机器人在自动取样、自动制样、自动检测等关键环节的技术创新，分析了这些创新技术如何提高燃料管理的效率和准确性，降低运营成本。同时，论文还探讨了全自动化机器人在燃料管理智能识别技术、数字化煤场管理和智能配煤燃烧系统中的应用，展示了其在推动电厂企业智能化转型中的重要作用，该研究对于提高电厂燃料管理水平，降低运行成本，促进可持续发展具有重要意义。

【作者简介】吕锦沛（1997–），男，中国甘肃白银人，本科，助理工程师，从事热工自动化研究。

2 传统燃煤管理模式存在的诸多问题

2.1 信息孤岛和数据碎片

在传统的燃料管理模式下，信息的流通和整合面临着巨大的挑战，各部门之间缺乏统一的信息共享平台，导致燃料数据在采购、仓储、保管、使用之间传递时，出现信息延迟、遗漏甚至错误，这种信息孤岛现象不仅影响了燃料管理的效率，也深刻影响了企业的决策质量和市场竞争力。[1] 采购部门由于无法实时了解库存情况，可能会做出错误的采购决策，导致采购过量或库存不足，增加企业运营成本，如果财务部门在计算成本时依赖不准确的数据，可能会导致财务报表失真，影响企业的财务健康和投资决策。再者，如果生产部门在安排生产计划时不能准确掌握燃料的库存和使用情况，就可能导致生产中断或资源浪费，影响企业的生产效

率和客户满意度。此外，信息孤岛也限制了企业对燃料使用的全面监控和分析，企业无法实时了解燃料消耗、质量变化和成本构成，难以制定有效的成本控制和节能减排策略，这种信息碎片化的状态，不仅影响了企业的精细化管理水平，也限制了企业的智能化转型和可持续发展。[2]

2.2 人工操作的高度依赖性和错误风险

传统的燃煤管理模式高度依赖人工操作，从燃煤储存、盘点、取样、检测到使用记录都需要大量的人工参与，这种高度人工化的操作模式，不仅增加了企业的运营成本，也在细节上揭示了潜在的错误风险。在燃料储存过程中，人工处理和记录可能会导致数据不准确或遗漏，从而影响库存数据的准确性，在库存过程中，手工盘点可能因疏忽或计算错误导致库存数据与现实不符，影响企业的库存管理决策。在取样和测试过程中，人工操作可能会因操作不当或技能水平不够而导致样品代表性不足或测试结果不准确，从而影响燃料的质量和可用性，在使用记录时，人工记录可能因疏忽或遗忘而导致数据不完整或不正确，影响企业的成本控制和节能减排目标的实现。这些错误风险不仅增加了企业的运营成本，还可能对企业的生产效率和产品质量产生负面影响。

2.3 缺乏智能和自动化手段

在燃料的储存、保管和使用过程中，大量的人工处理、记录和监控不仅增加了企业的运营成本，也限制了企业的生产效率和灵活性，在燃煤入库过程中，缺乏自动处理和识别系统，导致入库流程繁琐、效率低下。在储存过程中，缺乏智能监控手段可能会导致燃煤受潮、变质等问题的发生，影响燃煤的质量和可用性，在使用中，缺乏自动计量控制系统可能导致油耗数据或实时监控不准确，影响成本控制和企业节能减排目标的实现。[3] 此外，智能化手段的缺乏也限制了企业对燃料使用情况的实时监控和分析，企业无法实时了解燃料消耗、质量变化和成本构成，难以制定有效的成本控制和节能减排策略，这种情况不仅影响了企业的精细化管理水平，也限制了企业的智能化转型和可持续发展。

3 系统功能的基本要求

3.1 样品收集器系统创新

在燃料管理的自动化过程中，取样系统起着重要的作用，它的设计和实现深刻地影响着燃料样品的代表性、准确性和可追溯性，现代发电厂中的取样器系统不仅需要出色的取样精度，还需要智能管理元素，从而确保从样品收集到数据记录的全自动链。[4] 据实际统计，该集样器系统采用精密的机械结构设计，可实现燃油流动过程中连续均匀的样品采集，有效避免人为采样偏差，误差率降低 20%。

3.2 样品送检制度的创新

样品组合和批量验收系统承担着对来自多个取样点的样品进行有序组合和分类的重要任务，旨在为后续的质量评估和成本控制提供坚实的基础。在智能化浪潮的推动下，该系统正稳步迈向自动化和智能化的新高度，以满足火电厂对数据处理高效性和准确性的迫切需求，系统内置自动样品组合功能，借助高精度计量混合技术，确保样品的均匀性和代表性。同时，系统支持灵活的批次分类策略，根据燃料种类、来源、时间等核心信息自动将样品分类到相应的批次，不仅大大提高了数据处理的效率，也为后续的质量分析和成本控制带来了极大的便利。在数据分析层面，系统融合前沿算法和模型，对样本数据进行深度挖掘和分析，通过对比历史数据，系统可以准确预测未来趋势，及时发现潜在的质量隐患和成本风险，为电厂决策提供科学依据。

3.3 自动化控制系统

在电厂中，自动化控制系统的应用不仅提高了生产效率和安全性，还降低了运行成本和能耗，该系统集成先进的传感器和执行器技术，实时监控燃煤量、煤质关键参数，并根据预设的算法和策略自动调整设备的工作状态。比如在燃煤制样环节，机器人制样过程实现全自动、环保、无人值守。制样过程由上位机和可编程控制器（PLC）统一控制，系统具有自动称重、自动除铁、输送、破碎、缩分、自动清洗、烘样、制粉、研磨、清扫、弃样暂存、弃样输送功能。此外，自动化控制系统还支持远程监控和操作功能，以便管理人员随时随地掌握设备的运行状态和生产情况，通过数据分析和预警功能，该系统能够及时发现潜在的设备故障和生产问题，为电厂的决策提供有力的支持。机器人智能制样系统的控制系统能够精确计算全自动制样各环节的样品损失率及整机样品损失率，分级校核煤样损失，方便故障异常的查找溯源。自动化控制系统的应用不仅提高了燃料管理的效率和安全性，还降低了运行成本和能耗，通过对设备运行状态的实时监控和自动调整，电厂可以实现燃料资源的优化配置和高效利用，远程监控和预警功能也为电厂的安全生产提供了有力的保障。

3.4 气动传输系统

气动传输系统作为燃料管理中的关键辅助设备，旨在实现燃料样品的快速准确输送，在电厂中，气动传输系统的应用不仅提高了输送效率和精度，而且实现了燃料样品资源的灵活调配和高效利用。系统应采用先进的压缩空气技术，通过管道、阀门等部件实现燃样的快速传输。在传输过程中，系统可以实时监控传送状态、压力等关键参数，并根据预设的算法和策略自动调整传输速度和方向，该功能不仅提高了传输效率和准确性，还避免了传输不畅造成的中断和资源浪费。此外，气动传输系统还具有灵活的部署能力，由管道传输将全水样送至化验室，将 3mm 样自动存入智能存样柜。全水样与分析样根据智能机器人化验系统运行工况分二路运行。一是人工化验模式下：将 0.2mm 分析样由管道送至人工化验室。全水样送至一楼全水化验室。二是全自动化验模式：将 0.2mm 分析样与全水样送至智能机器人化验系统。全自动存样管理系统以样品存取过程“人样分离，盲存

盲取”为目标，实现样品存取过程自动化处理，避免样品存取过程的人工干预。全自动存查柜系统能实现存查样和分析样的自动暂存，实现煤样编码信息化、自动化管理、取样人员权限管理、实时记录煤样存取过程、实时监控存查样状态、自动提醒清理到期煤样等功能，从而实现对存查煤样全过程的管控。

4 电厂智能燃料处理全自动化机器人技术创新的路径分析

4.1 注重感知和识别技术的创新应用

在电厂燃料的智能化处理中，全自动化机器人通过传感和识别技术的创新应用，实现了对燃料的高效、准确管理，该技术的核心在于利用高清摄像头、红外传感器、激光雷达等多传感器设备对燃煤进行全方位、多维度的实时监测。如靖远发电采用全自动制样机器人系统，以工业机器人为核心，配合各种制样设备，实现整个制样过程的自动化和信息化管控。该机器人可以通过高精度传感器实时获取燃料的温度、湿度、粒径等关键参数，为后续的燃料配比和燃烧控制提供准确的数据支持。此外，全自动机器人还融入了先进的图像识别技术，可以准确识别燃料的类型、质量和来源，在靖远发电燃煤电厂的应用案例中，该系统通过搭载高清摄像头和人工智能算法，实现了进厂煤的自动采样、送样、制样和检测，全程无人工干预，大大提高了燃料验收的准确性和效率，该技术的应用不仅减少了人为因素的干扰，也降低了燃料管理的风险，为电厂的安全稳定运行提供了有力保障。

4.2 优化自主导航和智能调度系统

该系统集成了北斗定位、SLAM 算法和先进的路径规划技术，使运输车辆能够在复杂的电厂环境中自主导航，灵活避障，高效完成燃煤入厂检验，例如，为实现燃料调运智能管理和燃料运输在途风险控制，并加快汽车入厂效率，特建设一套功能完整的基于 GPS/ 北斗双模的汽车煤调运系统。具备的基本功能包含：计划管理、煤源点控制、车辆识别、在途控制、验票接口等，智能调运管理系统是基于 GPS/ 北斗双模技术、设备为基础的实时车辆在途运输线路及状态监控系统。该系统可给供应商下达采购计划、车辆计划、运输计划，实时反馈供应商发车情况、车辆在途情况，可实时监控运煤车辆在线路途中煤场、其他非正式供应商煤矿等的非法停靠等信息，可实时报警、在线预警，对生产工作、接卸安排提供指导依据。

4.3 深化远程监控和维护技术应用

该技术通过物联网、通信和远程音视频实现机器人的远程监控、故障诊断和自主维护，如自动化验系统采用工业机器人技术、机器人应用技术、标准自动化技术配合专用仪器，用机器人及自动化机械直接或者间接模拟化验人员，按照国标要求的化验操作流程，完成各化验指标的自动化测量，测量结果直接传输智能化验管理系统。整个化验过程，操作人员与化验煤样完全隔离，从根本上解决了人为因素对化验结果的影响。

在远程监控系统中，机器人可以通过安装高清摄像头设备，将现场的运行状态和异常情况实时传输到远程监控中心，监控人员可以通过计算机实时查看机器人的工作状态和数据信息，并进行远程控制和故障诊断。此外，远程监控和维护技术还实现了机器人的自主维护和保养，在部分应用案例中，机器人通过携带各种传感器和检测装置，可以实时监测其运行状态和性能指标，一旦发现异常情况或故障预警，机器人可以自动触发维护程序进行故障排查和修复。[5]

5 结语

全自动化机器人在电厂智能燃料处理中的应用是火电企业实现智能化转型的重要途径，通过引入自动取样、自动制样、自动测试等智能化技术，显著提高了燃料管理的效率和准确性，降低了运营成本，促进了电厂的可持续发展。随着技术的不断进步和应用场景的拓展，全自动机器人将在电厂智能燃料处理中发挥更加重要的作用。

参考文献

[1] 张强,李明,王磊.全自动机器人在电厂燃料智能化处理中的技术创新与应用[J].电力系统自动化,2023(5):1.

[2] 赵敏,陈涛,刘洋.智能电厂中全自动机器人燃料处理系统的研发与实践[J].中国电力,2023(10):4.

[3] 王芳,吴迪.全自动机器人在电厂燃料智能化管理中的关键技术研究[J]. 自动化与仪器仪表,2024(1):3.

[4] 刘涛.基于全自动机器人的电厂燃料智能化处理系统优化策略[J]. 热力发电,2024(2):4.

[5] 陈静.全自动机器人在燃煤电厂燃料智能化处理中的应用分析[J]. 能源技术与管理,2023(8):2.