

电厂燃料管理系统智能化技术探析

杨俊杰

包头东华热电有限公司 内蒙古 包头 014040

摘要：发电厂燃料管理系统的智能技术应用为可持续发展和向清洁能源过渡提供了切实可行的解决方案。本文深入分析了发电厂燃料管理系统的智能技术，并探讨了主要的智能技术。技术应用，包括大数据分析、人工智能算法和设备监控系统，以更好地了解它们在提高运营效率、降低成本和优化燃料消耗方面的作用。

关键词：火电厂；燃料管理系统；智能化技术

电厂燃料管理系统智能化管理是基于新一代信息技术与燃料业务深度融合的综合性管理模式，其核心是通过自动化、数据化和智能决策优化燃料全生命周期管理^[1]。

1 电厂燃料管理系统智能化技术概述

1.1 定义与核心目标。燃料管理系统智能化技术是以物联网、大数据分析、自动化控制等技术为基础，对燃料从采购、运输、存储、检验到掺烧的全生命周期进行数字化管理的技术体系。其核心目标包括：全过程自动化：实现入厂计量、采制样、化验等环节无人值守操作；数据贯通与实时监控：通过传感器网络实现燃料质量、库存、消耗等数据的实时采集与传输；决策优化：基于数据挖掘和AI算法，优化燃料采购策略、配煤掺烧方案及库存管理。

1.2 关键技术组成。物联网与智能感知技术，部署传感器和物联网设备，实时监测燃料温度、湿度、流量等参数，并与DCS（分散控制系统）集成，形成全域感知网络。应用RFID、车牌识别等技术实现燃料运输车辆的自动追踪与信息匹配。大数据与智能分析技术，整合燃料采购、化验、库存等数据，通过机器学习预测燃料需求与煤质变化趋势；建立动态库存模型，优化燃料存储与调配策略，降低滞压成本。自动化控制与机器人技术，采用全自动采样机、机器人制样系统，减少人为干预，提升采制样效率和公正性；智能掺烧系统可根据锅炉运行参数自动调整煤种配比，提升燃烧效率。区块链与可信存证技术，在燃料验收环节应用区块链技术，确保采样、化验数据的不可篡改性，防范管理漏洞。

1.3 典型应用场景。燃料验收环节，车辆入厂时自动识别信息，完成称重、采样、制样一体化操作，数据实时上传至管理平台；机器人化验系统实现灰分、挥发分等指标的自动化检测，减少人工误差^[2]。数字化煤场管理，通过三维建模和堆取料机定位技术，实现煤场存煤量实时监测与动态盘点；结合气象数据预测煤堆自燃风

险，自动触发喷淋降温等措施。智能掺烧与成本优化，基于煤质特性、锅炉负荷等数据，动态生成最优掺烧方案，降低发电煤耗；通过经济性分析模块，对比不同采购渠道的综合成本，辅助采购决策。

1.4 实施路径。初级阶段：部署基础传感器网络，实现关键环节自动化（如计量、采制样）；中级阶段：构建数据中台，打通各子系统数据孤岛，支持多维度分析；高级阶段：引入AI算法实现自主决策，如预测性维护、智能调运。

1.5 综合效益。经济效益：减少人工成本20%-30%，降低燃料损耗5%-8%；管理效益：实现燃料数据全流程可追溯，提升合规性与透明度；环保效益：通过精准掺烧降低氮氧化物排放量，支持绿色转型。

2 电厂燃料管理系统智能化管理定义

2.1 技术集成与应用。融合物联网、大数据分析、人工智能及自动化控制技术，实现燃料采、运、卸、储、用各环节的实时监控与闭环管理。例如，通过激光盘煤系统、无人值守堆取料机等技术提升煤场管理精度^[3]。全流程覆盖，覆盖燃料计划、采购、调运、验收、结算、煤场管理、成本核算等全业务链，支持从供应商评价到入炉掺配的端到端管理。系统通过多模块联动（如合同与验收数据自动匹配生成结算单）减少人为干预。数据驱动决策，以燃料数量、质量数据为核心，整合计量、化验、库存等信息，通过可视化图表及算法模型生成优化方案（如配煤策略、采购计划）。同时支持与财务、经营系统数据互通，实现成本实时核算。

2.2 集约化与标准化管控。采用“营、管、控一体化”模式，通过统一资源调度、集中采购和智能化监控，强化集团化管控能力，降低度电成本。例如，通过燃料验收多级审核流程和加密技术保障数据安全^[4]。动态优化与闭环反馈，结合机组负荷、煤质变化等信息动态调整管理策略，形成“入炉-评价-优化”的闭环管理链，

提升燃料利用率。

3 电厂燃料管理系统智能化系统功能解析

3.1 全流程智能化管控。供应链一体化管理，覆盖燃料计划制定、供应商评估、采购调运、入厂计量、采样制样、质检化验、库存管理及结算全流程，支持多维度数据联动与闭环管理。通过区块链技术实现验收数据不可篡改，自动生成包含矿点、煤质、价格的结算单，防范人为操控风险。数字煤场动态监控，基于三维建模与激光扫描技术，实时计算煤堆体积、重量及煤质分布，生成可视化盘煤报表；结合配煤掺烧需求精准规划堆取料路径，支持煤场分区管理与异常煤质预警。

3.2 智能分析与优化。燃料采购优化，建立供应商评价模型，综合供应能力、煤质波动、合同兑现率等指标生成采购建议；结合市场行情与电厂发电计划，动态调整采购策略以降低标煤单价。掺配燃烧优化，实时采集锅炉负荷、煤质特性（灰分/挥发分/热值）及排放指标，通过深度学习算法生成最优掺烧方案；支持多机组协同优化，降低发电煤耗3-5%并减少氮氧化物排放。成本核算与报告，自动计算入炉煤成本，生成包含天然煤价、标煤单价、厂内费用的多维度分析报告；支持能耗趋势对比、行业基准对标及节能潜力挖掘。

3.3 自动化设备与系统集成。无人值守操作，全自动采样机、机器人制样系统实现采样点随机布控与样品自动编码，误差率低于0.5%；斗轮机无人值守系统通过激光定位与路径规划实现堆取料远程控制。智能安防与预警，输煤皮带搭载红外热成像与AI视觉巡检，实时识别堵煤、皮带撕裂等故障并触发停机保护；煤场温湿度传感器联动喷淋系统，预防自燃风险^[5]。

3.4 数据集成与平台架构。多系统互联互通，与DCS、SIS、MIS及财务系统无缝对接，实现燃料数据与生产、经营指标的深度关联；支持5G通信协议，满足移动端实时监控与远程控制需求。可视化决策驾驶舱，整合燃料量、质、价数据生成动态热力图，直观展示库存周转率、热值差等关键指标；提供负荷预测、设备健康度评估等高级分析模块，辅助管理层制定中长期策略。

3.5 环保与可持续发展功能。碳排放追踪：集成燃料消耗与锅炉效率数据，自动核算碳排放强度并生成碳足迹报告；生物质燃料管理：针对生物质电厂设计专用模块，实现农林废弃物从收购到掺烧的全链路溯源。

4 电厂燃料管理系统智能化技术实现与应用

4.1 技术实现路径。物联网架构与智能感知网络，部署多模态传感器网络，覆盖燃料入场计量、采制样、煤场堆取等环节，实时采集温度、湿度、煤质等参数，并

通过5G通信实现数据高速传输；应用RFID标签与车牌识别技术，实现运输车辆全流程自动追踪与信息匹配，减少人工录入误差。数据融合与智能分析引擎，

构建动态知识图谱，整合燃料采购、库存、锅炉运行等数据，采用深度学习算法预测燃料需求与煤质波动趋势；开发模型预测控制（MPC）与强化学习（RL）算法，实时优化配煤掺烧方案，降低煤耗并提升燃烧效率。自动化设备与机器人系统，全自动采样机随机布控采样点，机器人制样系统实现煤样自动破碎、缩分与编码，误差率低于0.5%；斗轮机无人值守系统通过激光定位与路径规划算法，实现煤场堆取料远程精准控制。可信数据存证与安全管控，区块链技术应用于燃料验收环节，确保采样、化验数据不可篡改，支持矿点、煤质、价格信息的可信结算；视频监控与数据叠加技术实现燃料管理流程可视化，异常操作自动触发告警与停机保护^[6]。

4.2 典型应用场景与成果。智能燃料验收与库存管理，某电厂采用AI+物联网技术，实现车辆入场无人值守、自动称重与采样一体化操作，人力成本降低30%；

数字化煤场通过三维建模与激光扫描技术，动态计算煤堆体积与热值分布，库存盘点效率提升80%。配煤掺烧优化与成本控制，某院研发的智能运营系统，基于煤质特性与锅炉负荷数据生成掺烧方案，使发电煤耗降低3-5%，年经济效益超千万元；信息开发的四维混配算法，结合燃料价格与排放要求，实现最低成本掺烧，标煤单价降低2-3元/吨。生物质燃料全链路管理，赛摩博晟系统针对生物质电厂设计，覆盖农林废弃物采购、质检、掺烧全流程，支持热值、硫分等指标实时监控，能源化利用率提升15%；数字孪生技术应用于某项目，模拟燃料热值突变场景并生成应对方案，系统恢复时间缩短60%。设备健康管理及故障预警，

基于燃煤电厂设备知识图谱的智能诊断系统，提前14天预警关键设备（如引风机）故障，避免非计划停机损失；红外热成像与AI视觉技术实时监测输煤皮带状态，堵煤、撕裂等故障识别准确率达98%。

4.3 综合效益。经济效益：燃料损耗减少5-8%，标煤单价年均下降1.5-2.5%^[6]；

管理效益：燃料数据全流程可追溯，违规操作发生率降低90%；管理效益，燃料数据全流程可追溯，违规操作发生率降低90%，管理效率提升30%；可视化驾驶舱整合燃料量、质、价数据，支持管理层实时监控关键指标（如热值差、库存周转率）并制定中长期策略。环保效益：精准掺烧使氮氧化物排放减少10-15%，碳排放强度下降8%。环保与社会效益，碳排放强度下降8%，氮氧

化物排放减少10-15%，助力电厂实现绿色转型与碳达峰目标；生物质燃料全链路管理促进农林废弃物资源化利用，推动农村经济与生态协同发展。

5 智能化系统核心优势

5.1 优势。（1）全流程自动化管控。覆盖燃料采购、运输、验收、存储、掺烧全流程，通过物联网技术与自动化设备（如无人采样机、机器人制样系统）实现全程无人干预，误差率低于0.5%，显著减少人为操作失误与数据篡改风险；智能称重与车辆调度系统支持司机自助操作，结合防作弊功能（如随机采样点布控、喷雾抑尘设计），提升燃料验收效率与透明度^[7]。（2）数据驱动的智能决策引擎。整合锅炉负荷、煤质特性、排放指标等多源数据，利用深度学习与强化学习算法动态优化配煤掺烧方案，降低发电煤耗3-5%，提升热值利用率；供应链管理平台通过供应商评级、燃料价格波动预测等功能，动态调整采购策略，标煤单价年均下降1.5-2.5%。（3）精准库存与风险管理。基于激光扫描与三维建模技术实时监控煤堆体积、重量及热值分布，结合气象数据预测自燃风险并联动喷淋系统，库存周转率提升25%；数字孪生技术构建燃料系统虚拟模型，结合设备运行参数分析，提前14天预警关键设备故障，减少非计划停机损失超百万元。（4）环保与合规能力增强。精准掺烧降低氮氧化物排放10-15%，集成燃料消耗与锅炉效率数据自动生成碳足迹报告，助力电厂满足碳排放监管要求；生物质燃料管理模块实现农林废弃物从采购到掺烧的全链路溯源，提升能源化利用率15%以上。

5.2 未来发展趋势。云边协同架构：提升数据处理

实时性，支持多电厂协同管理，优化跨区域燃料调运策略；碳配额智能核算：集成燃料消耗与碳交易市场数据，自动生成碳配额报告与交易建议；区块链深化应用：扩展至燃料供应链金融领域，实现合同履行、质量争议等场景的可信存证与快速结算^[8]。

通过本文的讨论和分析，我们可以看到，智能燃料管理系统的应用和优化在电厂燃料管理中具有显著的优势。数据驱动的决策模型和智能煤炭优化技术不仅提高了锅炉效率，达到了节能减排和成本控制的目标，而且为火电厂的可持续发展提供了有力的支持。

参考文献

- [1]李霞.基于无线高速数据传输的智能燃料管理应用方案研究[J].南方能源建设,2021,8(02):56-62.
- [2]唐维.火力发电厂燃料智能化应用[J].中国设备工程,2021(02):24-26.
- [3]李冰.信息技术在生物燃料发电的应用[J].集成电路应用,2020,37(04):112-113.
- [4]冯建.1000MW燃煤机组燃料智能管控系统整体解决方案及应用[J].华电技术,2020,42(02):22-27.
- [5]李伟.燃煤电厂燃料全过程监督的管理研究[J].煤炭加工与综合利用,2023(12):91-95.
- [6]赵瑞.火力发电厂智能化研究及关键技术[J].电气技术与经济,2021(03):22-23.
- [7]吴瑞.探讨高速数据传输的智能燃料管理应用方案研究[J].南方能源建设,2021,8(02):56-62.
- [8]秦娜.研究信息技术在生物燃料发电的应用[J].集成电路应用,2020,37(04):112-113.