

# 火电厂燃料智能化管理系统应用与效益分析

李晨光

中煤鄂州能源开发有限公司 湖北 鄂州 436070

**摘要:** 燃料成本在火电厂运营成本中占比极高,燃料管理的精细化程度直接决定企业的经济效益与核心竞争力。本文系统阐述了火电厂燃料智能化管理系统总体架构、功能模块及关键技术,深入剖析了入场验收智能化、数字化煤场管理、智能配煤掺烧、全流程信息集成等核心应用场景。在此基础上,从经济效益、管理效益、环保效益三个维度构建了效益评价体系,量化分析了智能化管理的投入产出效果。研究表明,燃料智能化管理系统能够有效提升燃料管理效率,降低燃料成本,助力企业增强市场竞争力。

**关键词:** 火电厂;燃料智能化管理系统;应用;效益分析

引言:火电在我国电力结构中依旧占据主导地位,燃料成本是发电成本的核心组成部分,燃料管理的精细化水平直接关系到电厂的经济效益与市场竞争力。传统燃料管理模式依赖人工操作与经验决策,存在诸多弊端,导致燃料成本偏高、煤场损耗突出、环保压力加大。随着物联网、大数据、人工智能等新兴技术的快速发展,燃料智能化已成为火电厂转型升级的必然趋势。燃料智能化管理系统可实现燃料全流程数字化管控,优化采购与配煤策略,减少燃料成本与损耗,全面提升电厂的运营效率与环保水平。

## 1 火电厂燃料智能化管理系统概述

燃料智能化管理系统是运用物联网、自动控制、大数据分析等技术,对火电厂燃料从采购入场到入炉燃烧全过程进行数字化、自动化、智能化管理的综合平台。系统以燃料全流程信息贯通为核心,通过感知层设备实时采集煤质、计量、库存、设备状态等数据,经网络传输至数据中心,借助算法模型进行分析优化,指导各环节作业和管理决策。系统覆盖采购管理、入场验收、煤场存储、配煤掺烧、上仓输送、成本核算、环保监控等业务领域,实现燃料管理的可视化、可溯化和智能化。与传统管理模式相比,智能化系统具有数据自动采集、流程自动控制、异常自动预警、决策智能辅助等显著优势。入场验收环节,自动采样和在线煤质分析取代人工操作,效率提升同时减少人为干扰;煤场管理环节,三维激光盘煤和温度在线监测实现库存精准掌握和自燃预警;配煤掺烧环节,基于煤质和锅炉特性的优化模型实现精准掺配;全流程信息集成打破数据孤岛,为经营决策提供实时数据支撑。燃料智能化管理系统已成为火电厂数字化转型的核心组成部分<sup>[1]</sup>。

## 2 火电厂燃料智能化管理系统架构设计

### 2.1 总体架构

燃料智能化管理系统采用分层架构设计,由感知层、传输层、数据层、平台层和应用层组成。感知层包括电子汽车衡、自动采样机、在线煤质分析仪、激光盘煤仪、射频识别读卡器、温度传感器等设备,实现燃料各环节数据自动采集。传输层采用工业以太网和无线网络结合,将现场数据实时上传至数据中心,关键链路冗余保证可靠性。数据层对采集数据进行清洗存储,建立燃料基础数据库、煤质特征库、设备档案库等,为上层应用提供服务。平台层提供数据共享交换、业务流程引擎、算法模型管理等公共服务。应用层开发采购管理、入场验收、数字化煤场、配煤掺烧、上仓管理、成本核算、环保监控、经营决策等功能模块。系统采用微服务架构,各模块独立部署、灵活扩展,支持与厂级监控系统、企业资源计划系统集成。

### 2.2 功能模块划分

系统功能模块按业务流程划分为八大核心模块。采购管理模块整合市场煤价、供应商评价、库存动态和发电计划,优化采购策略实现量与质最优匹配。入场验收模块对接自动采样机、在线煤质分析仪、汽车衡等设备,自动采集煤质和计量数据,实现入场煤自动验收和异常预警。数字化煤场模块集成激光盘煤系统,实时更新三维煤场模型,精准掌握各煤种库存量、堆放位置和煤质分布,煤堆温度在线监测实现自燃预警。配煤掺烧模块基于锅炉设计煤质和运行参数建立优化模型,动态生成最佳配煤方案。上仓管理模块跟踪输煤系统运行状态,优化上仓顺序和煤种分配。成本核算模块自动归集采购、运输、存储、掺配成本,实现燃料全成本动态核算。环保监控模块实时监测煤场扬尘、含煤废水处理等设施运行状态。经营决策模块集成各模块数据,为管理层提供成

本预测、采购策略优化等决策支持。

### 2.3 关键技术实现

物联网技术实现设备互联互通，射频识别和车牌识别自动识别运煤车辆，传感器网络实时采集煤堆温度、环境粉尘等数据。自动控制技术实现作业自动化，汽车衡无人值守自动称重，采样机根据煤种自动调整采样方案，堆取料机远程控制。在线煤质分析技术采用中子活化或近红外光谱原理，实时分析入厂煤和入炉煤的灰分、硫分、热值等关键指标，大幅缩短检测周期<sup>[2]</sup>。三维激光盘煤技术通过激光扫描生成煤场三维点云，自动计算煤堆体积和重量，精度达95%以上。大数据分析技术挖掘煤质与锅炉效率关联规律，优化配煤模型，分析供应商煤质稳定性。人工智能算法应用于配煤优化，采用遗传算法、粒子群算法等多目标优化方法，在满足锅炉约束条件下实现成本最低。数字孪生技术构建燃料全流程虚拟模型，实时映射物理系统状态，支持方案模拟和异常诊断。这些技术相互融合，共同支撑系统各项功能。

## 3 燃料智能化管理系统应用

### 3.1 入场验收智能化

入场验收作为燃料管理的首道关口，智能化改造能大幅提高效率与公正性。车辆入厂前，经预约系统登记信息，生成二维码或绑定射频识别标签。到厂门时，车牌与射频识别联动自动抬杆，引导车辆至指定采样点。汽车衡无人值守，车辆过秤台，系统自动识别车号、称重、拍照存档，数据同步至管理平台。采样用全自动机械采样装置，依煤种和车次生成方案，卸车时多点随机采样，保证样品代表性。煤样经气动传输至制样室，全程编码加密防干扰。在线煤质分析仪装在卸煤线，实时分析指标，与合同标准比对，超差即报警。卸车视频监控全覆盖防违规。验收数据自动生成报表，与采购、结算系统无缝对接。此改造使单车验收时间大幅缩短，采样代表性提升，纠纷减少，廉洁风险降低，为后续提供可靠数据。

### 3.2 数字化煤场管理

数字化煤场实现煤场管理的可视化、精准化和智能化。通过三维激光扫描仪定期对煤场进行全面扫描，生成高精度点云数据，经软件处理后自动计算各煤堆体积和重量，盘点精度达到95%以上，彻底取代人工估测。系统根据煤种、煤质、堆放时间等建立三维煤场模型，以不同颜色标识煤质分布，管理人员可直观查看各煤种的存放位置和库存量。煤堆内预埋或表面布设温度传感器，实时监测煤温变化，当温度接近设定阈值时系统自动报警，指导及时翻堆降温，有效防止自燃事故。煤场出入

口安装射频识别装置，记录堆取料机作业信息，实现煤堆进出自动记账。结合气象数据，系统可估算风损、雨损，为损耗控制提供依据。煤场视频监控采用热成像技术，夜间也能清晰监视煤堆状态。数字化煤场还支持煤龄管理，对长期堆存的煤种自动预警，优先安排使用，避免煤质劣化。通过数字化煤场，库存账实相符率大幅提升，自燃损耗显著降低，煤场整体管理水平迈上新台阶<sup>[3]</sup>。

### 3.3 智能配煤掺烧

智能配煤掺烧是燃料智能化管理的核心价值所在。系统首先收集锅炉设计煤质参数、历史运行数据、设备特性曲线等，建立锅炉对不同煤种的适应性模型。同时实时掌握入厂煤和煤场库存的煤质数据，包括热值、灰分、硫分、挥发分、灰熔点等关键指标。配煤优化算法以综合成本最低为目标，以满足锅炉安全稳定运行为约束条件，自动计算最优配煤比例。约束条件包括热值范围、硫分上限、灰分上限、挥发分要求、结渣倾向等，确保掺配后煤质在锅炉允许范围内。算法采用多目标遗传算法，可同时优化多个目标如成本最低、硫分最低、热值最稳等，根据电厂实际需求设置权重。生成的配煤方案推送至掺配作业现场，指导斗轮机取料和输煤皮带配煤。掺配过程中在线煤质分析仪实时监测入炉煤质，当偏离目标值时系统自动调整取料比例，实现闭环控制。系统还可根据负荷预测提前调整煤场配煤方案，使不同负荷时段都有最优煤质匹配。智能配煤掺烧的应用使入炉煤质稳定性显著提高，锅炉效率提升，助燃油消耗降低，同时有效利用低价煤种降低燃料成本。

### 3.4 全流程信息集成

全流程信息集成是燃料智能化管理的中枢神经。系统将采购、入场、存储、掺配、上仓、燃烧、结算各环节数据打通，形成完整信息链。采购合同信息自动传递至入场验收模块，作为验收比对依据。入场验收的煤质和计量数据同步更新煤场库存和采购结算数据库。煤场库存变化实时反映到配煤模块，为配煤方案提供可用煤种信息。配煤方案执行后实际入炉煤质和用量反馈至成本核算模块。燃烧系统的运行参数如磨煤机电流、排烟温度、飞灰含碳量等接入系统，用于验证配煤效果和优化模型。全流程信息集成实现燃料动态管控，管理者可随时查看从采购到燃烧的完整图谱，追溯任何批次煤炭的使用流向和燃烧效果。当入炉煤质异常时，系统可快速溯源至入场煤批次和供应商。结算环节自动获取验收数据生成结算单据，减少人工对账工作量。信息集成还支持多维度数据分析，如供应商煤质稳定性分析、不同煤种燃烧经济性比较、库存周转率分析等，为经营决策

提供深度洞察。全流程信息集成打破了部门壁垒,使采购、运行、燃料等部门基于同一数据平台协同工作,沟通成本降低,响应速度加快。

#### 4 燃料智能化管理效益分析

##### 4.1 经济效益评价

燃料智能化管理的经济效益体现在多方面。采购成本上,通过优化采购策略使采购价平均降低1%~3%,精准验收杜绝亏吨亏卡,年节约采购资金数百万元。存储损耗方面,数字化煤场使账实相符率达97%以上,温度预警让自燃损耗降低50%~80%,综合存储损耗率从0.5%降至0.2%以下。配煤掺烧可提高低价煤掺烧比例5%~15%,年节约燃料成本千万元级,同时提升锅炉效率0.5%~1.5%,降低供电煤耗1~3克/千瓦时。另外,自动化验收减少用工、提升运力,全流程集成使管理效率提升30%以上,预测性维护减少设备维修成本。综合测算,中型火电厂改造后年经济效益2000万~5000万元,投资回收期1.5~3年,效益显著。

##### 4.2 管理效益分析

燃料智能化管理的管理效益突出。管理上实现从粗放经验管理向数据驱动精细化管理转变,各环节指标可量化、可追溯、可考核,验收、煤场库存、配煤方案均实现精准可控。决策层面,系统海量数据为采购、库存、掺配策略提供科学支撑,降低决策风险,便于管理者实时掌握动态、及时处理异常。流程上,系统固化管理流程,实现操作标准化、透明化,有效防范廉洁风险。劳动效率方面,自动化设备替代繁重人工,员工转向高附加值工作,满意度与效率双提升<sup>[4]</sup>。同时,系统应用培养了复合型人才,全流程信息集成打破部门壁垒,提升协同效率,降低沟通成本。

##### 4.3 环保效益分析

燃料智能化管理对环保贡献显著。扬尘控制上,数字化煤场结合喷淋联动,扬尘在线监测可自动启动抑尘设施,封闭煤场配合智能化管理使扬尘削减率达90%以上。含煤废水处理实现自动控制与循环利用,减少外排。自燃防治通过温度在线预警指导翻堆降温,避免有害气体排放。碳排放方面,锅炉效率提升降低供电煤耗,减少二氧化碳排放,精准管控燃料消耗避免隐含碳浪费。

此外,设备远程控制减少现场作业,降低噪声影响,系统自动记录环保数据、生成报表,保障环保合规,规避处罚风险。环保效益虽难直接量化,但对企业履行社会责任、实现绿色发展至关重要。

##### 4.4 效益综合评价体系

建立科学的效益综合评价体系,是精准衡量燃料智能化管理价值的核心。该体系设经济效益、管理效益、环保效益三个一级指标。经济效益指标涵盖采购成本节约、存储损耗降低等多个二级指标,用财务方法量化;管理效益指标包含管理精细化程度、决策科学化水平等二级指标,部分通过问卷调查与专家评分量化;环保效益指标有扬尘削减率、废水减排量等二级指标,结合监测数据与排放系数计算。各指标权重依企业战略和实际情况设定,如重经济效益的企业提高经济指标权重。综合评价采用层次分析法与模糊综合评价结合,将多维度指标转化为综合得分,用于横向对比与纵向追踪。此体系不仅用于后评估,还能指导方案比选、目标考核,推动智能化管理持续优化,实现投入产出最大化。

#### 结束语

火电厂燃料智能化管理系统是实现燃料全流程数字化管控的重要工具,对于降低燃料成本、提升运营效率、增强环保合规性具有显著价值。本文系统阐述了燃料智能化管理系统的架构设计、功能模块和关键技术,深入分析了入场验收智能化、数字化煤场管理、智能配煤掺烧、全流程信息集成等核心应用场景,从经济效益、管理效益、环保效益三个维度建立了效益评价体系。未来随着人工智能、数字孪生、5G等新技术深度应用,燃料智能化管理将向更智能、更高效、更绿色方向发展。

#### 参考文献

- [1]丛瑜.火电厂燃料智能化管理系统构建及技术应用分析[J].中国设备工程,2024(24):30-32.
- [2]谭荣国.火电厂燃料智能化管理系统应用探究[J].科学与财富,2023(33):245-247.
- [3]秦威,蔡煌达.燃料智能化管理系统中自动识别技术运用[J].电力设备管理,2025(16):187-189.
- [4]杨利涛.浅议智能数字化煤场管理系统在火电厂燃料管理中的应用[J].电力设备管理,2023(22):153-155.