

燃料管理智能化的实现路径与应用价值分析

林显然

内蒙古大唐国际克什克腾煤制天然气有限责任公司 内蒙古 赤峰 025350

摘要：燃料智能化管理是指基于现代信息技术与物联网技术，通过数据驱动的全流程闭环管控，实现燃料从计划采购、运输验收、存储掺配到耗用结算等环节的精细化与自动化管理的新型模式。燃料管理智能化是对传统燃料管理方式的变革，是燃料管理里程碑式的进步。作为一种先进的技术手段，燃料管理智能化可以大大提高工作效率，节约人力成本，实现数据可追溯。燃料管理智能化的实现对企业和社会经济发展具有非常重要的意义。

关键词：燃料管理；智能化；管理效益；风险管控

燃料管理实现智能化，可以对煤流、信息流和资金流进行科学合理的管控，以保障燃料管理数据的准确性、及时性，有效提高燃料管理效益，及时防范燃料管理中存在的风险。对燃料管理智能化的实现路径与应用价值做了重点分析研究。

1 燃料智能化管理定义

1.1 技术内核。信息技术融合，依托物联网传感器、大数据分析、人工智能算法及自动化控制技术，构建覆盖燃料全生命周期的智能感知与决策系统，实现数据实时采集、动态分析与自动反馈。过程智能化，通过智能调度（如车辆自动排队）、无人值守操作（如自动计量采样）、数字化煤场监控（三维动态建模）等技术替代人工干预，提升流程标准化水平。

1.2 管理范畴。全流程覆盖，贯穿燃料“计划→采购→调运→入厂计量→采制化→存储→掺烧→入炉→结算→成本分析”全链条，形成业务流与数据流协同的闭环管理体系。核心管控目标，量质价精益化：精准跟踪燃料数量、质量与成本变动，优化采购决策与库存周转；能效与环保双控：通过智能配煤降低煤耗与污染物排放，支撑绿色低碳转型。

1.3 核心价值导向。降本增效，降低人工依赖与管理成本，提升燃料利用效率（如锅炉燃烧优化），实现度电成本最小化。风险防控，强化质量追溯与异常预警（如自动识别计量作弊），保障燃料安全与经济使用。“运用信息技术构建从入厂到入炉的闭环管理系统，通过数据驱动决策，达成资源配置优化与运营成本控制。”

2 燃料智能化管理主要目标

2.1 全流程自动化管控。计量采样无人化，实现入厂燃料的车号识别、矿别确认、称重计量、回空检测全自动运行。采制化验一体化，采样方案自动执行，煤样自动封装传输，化验设备联网监控，报告自动生成。

2.2 燃料成本精益化。降低度电燃料成本，通过智能采购决策（如量质价联动分析）与掺烧优化模型，降低燃煤综合成本。减少热值损耗，数字化煤场实时监控库存分布与煤质变化，避免存煤热值流失。

2.3 环保与安全双控。污染排放控制，智能配煤系统基于硫氧化物排放约束生成掺烧方案，支撑绿色转型。全过程风险防控，封闭式煤场管理结合视频流监控，规避燃料自燃、偷换煤质等风险。

2.4 管理效率升级。业务集约化，构建集中管控中心，集成计量、采样、煤场等环节数据流与视频流，实现跨部门协同。决策数据驱动，实时生成煤场三维动态模型，动态展示量、质、价信息，支撑采购与掺配决策。

2.5 运营模式转型。人力结构优化，自动化替代人工操作（如无人值守计量），降低人力成本与操作风险。标准化流程重构，建立从计划采购到结算分析的闭环管理链，推动粗放管理向标准化、数字化跃迁。终极目标导向：以燃料全生命周期成本最小化为核心，通过“自动化替代人力、数据驱动决策、闭环管控风险”，实现企业效益与环保效能双提升。

3 燃料智能化管理核心模块功能

3.1 燃料智能调度管理系统。来煤智能调度，基于矿点、煤质及库存动态自动分配卸车位置，优化堆场空间利用率。车辆入厂自动排队调度，实时监控区域拥堵状态并引导分流。堆取料协同控制，斗轮机无人值守系统自动执行堆取指令，同步更新煤场三维模型数据。

3.2 入厂燃料自动化管控模块。无人值守计量，车号/矿别自动识别，重/空车称重数据实时采集，异常计量自动告警。智能采制化，采样方案自动执行，样品封装喷码、传输存储全流程无人干预。化验设备联网监控，数据自动上传生成报告。

3.3 数字化煤场系统。三维动态建模，激光扫描生成

煤场三维模型,实时展示煤堆位置、高度及煤质分布。库存精细管理,网格化分区管理,动态监控煤堆温度、热值衰减及存损预测。智能堆放与流转,依据煤质特性自动生成堆放策略,优化燃煤周转路径。

3.4 智能配煤掺烧系统。掺烧方案优化,融合锅炉燃烧特性、环保指标(NO_x/SO_2 限值)及发电成本,生成最优掺配比例。执行与反馈闭环,联动斗轮机自动取料,实时监测入炉煤质与燃烧效率,动态修正方案。

3.5 集中管控平台。多环节集成监控,集成计量、采样、煤场等环节视频流与数据流,实现异常主动预警。决策驾驶舱,可视化展示燃料量、质、价关键指标,支撑采购与掺烧策略调整。

3.6 燃料全流程平衡分析模块。煤质全程追踪,从入厂到入炉全链条煤质数据对比,实时识别热值差等异常波动。成本闭环核算,自动生成燃煤度电成本分析,关联采购、存储、耗用各环节成本动因。

3.7 安全与环保监控模块。封闭煤场环境监测,实时监控煤场温湿度、可燃气体浓度,预防自燃风险。排放合规控制,配煤方案自动绑定硫分约束,确保污染物排放达标。

3.8 移动终端应用。支持移动端实时查询煤场库存、作业进度及预警信息,实现远程指挥调度。系统协同价值:通过上述模块联动,实现燃料“采购-存储-掺烧-结算”全链条数据贯通,达成成本精益化、操作无人化、决策智能化目标。

4 燃料智能化管理实施路径策略

4.1 火电厂燃料智能化:推动能源行业转型升级的新引擎。燃料智能化管理实施路径如何规划,智能感知层建设,全域物联覆盖,部署激光扫描仪、光纤测温传感器等10万点级高精度传感网络,实现煤场三维亚毫米级建模与温度实时监控。应用工业无人机集群巡检输煤栈桥、封闭煤场高空区域,替代人工高危作业。关键环节自动化,实现计量、采样、制样全流程无人干预,车号识别、样品喷码等数据自动采集。数据分析平台搭建,构建工业大数据中枢,建立AIoT平台支持百万级设备接入,开发超2000维燃料指标分析体系(如热值衰减率、库存周转率)。搭建机理与数据双驱动的数字孪生平台,煤场动态仿真误差控制在0.5%以内。智能诊断预警,通过大数据挖掘识别煤质异常波动(如热值差突变),提前72小时预警自燃风险,准确率>92%。核心业务系统部署,运行控制智能化,开发掺烧优化系统,融合锅炉燃烧特性与环保限值,动态调整掺配比例(响应时间<3分钟)。斗轮机无人值守系统联动三维煤场模

型,自动执行最优取料路径。管理流程再造,重构“采购-调运-结算”闭环流程,部署智能指令分发系统提升工单处理效率40%。建立碳排放实时核算模块,碳配额管理精度达99%。组织与保障体系升级,运营机制转型,设立数字运营中心,整合燃料、运行、环保等多部门团队,推行算法工程师驻厂机制。启用“数字巡检员”岗位,优化人机协同模式。安全与标准建设,构建燃料全流程风险知识图谱,应用VR技术还原事故场景(模拟还原度95%)。制定自动化采制化等环节技术标准,减少人为操作偏差。持续优化闭环,通过实时煤耗分析动态修正掺烧策略,降低综合煤耗3-5g/kWh。建立燃料度电成本追踪模型,关联采购、存储、耗用环节数据,驱动成本持续精益化。实施策略要点:优先落地感知层与诊断平台(1-2年),再推进业务系统集成与管理重构(2-3年),最终形成“数据驱动决策-机器自主执行-人力战略管控”的新型运营范式。

4.2 燃料智能化管理系统稳定运行确保方法。智能监控预警层,全域实时监控,部署十万点级传感网络覆盖计量、采样、煤场等节点,实时采集设备压力/温度/流量数据。激光扫描煤场生成三维模型,动态追踪煤堆温度及气体浓度,自燃风险预警准确率>92%。AI异常诊断,构建2000+维度燃料指标分析模型,识别热值差突变等异常波动。通过机器学习预测设备故障(如泵阀失效),提前72小时触发维护工单。冗余容错机制层,多重备份设计,关键设备(斗轮机、采样机)采用双机热备模式,故障时秒级切换。建立本地+云端双轨数据存储,确保计量、化验数据零丢失。智能容错执行,配煤掺烧系统内置硫分/热值阈值约束,参数超标自动切换备用方案。斗轮机无人值守系统预设避障规则,路径冲突时自主重规划。预防性维护层,预测性维护,基于设备运行历史数据训练寿命模型,动态优化泵阀等部件更换周期。工业无人机集群自动巡检输煤栈桥,识别皮带裂纹等隐患。自动化运维,常规任务(数据备份、系统升级)全自动化执行,减少人工干预风险。采用基础设施即代码(IaC)管理配置,确保环境一致性。协同保障层,跨部门联动机制,建立数字运营中心,整合燃料、运维、环保团队实时共享数据。推行算法工程师驻厂机制,快速优化模型参数(如配煤经济性算法)。应急响应体系,构建燃料风险知识图谱,VR模拟事故场景(还原度95%)提升处置能力。制定分级报警规则,严重故障自动触发跨部门协同预案。持续优化闭环,每日生成燃料度电成本分析报告,驱动采购/存储/耗用环节改进。每月开展压力测试验证系统负载极限,动态扩容资源。

5 燃料智能化管理实施效果评估方法

5.1 核心效能评估维度。经济性指标，燃料成本降幅：对比智能化改造前后单位发电量的燃料成本（元/MWh），重点监测采购优化、存储损耗减少、掺烧经济性提升贡献值。度电成本追踪：构建“采购-存储-耗用”全链条成本模型，量化各环节节约比例（如无人值守降低人工成本30%+）。运行效率指标，自动化率：计量、采样、煤场盘点等环节无人化操作覆盖率（目标 $\geq 95\%$ ）。响应速度：配煤方案动态调整时间（ ≤ 3 分钟）、异常处置效率（较人工提升50%+）。资源利用率，煤耗强度：单位发电量标准煤耗（g/kWh）下降幅度，需排除负荷波动干扰。库存周转率：基于三维煤场动态模型，优化煤堆轮换策略减少热值衰减。

5.2 质量与安全评估。质量管控精度，热值差控制：入厂/入炉煤热值偏差 $\leq 0.5\text{MJ/kg}$ ，通过自动采样与化验数据追溯达成。配煤合格率：掺烧方案符合锅炉效率与环保限值（硫分/ NO_x ）的比例。风险防控效果，自燃预警准确率：基于温度/气体传感网络的预警成功率（ $> 92\%$ ）及误报率。事故发生率：对比改造前后设备故障、环保超标等事件频次。

5.3 低碳与可持续性评估。碳效能指标，当量碳含量（CE）：评估燃料碳排强度，融合硫分/灰分等杂质折算的 CO_2 当量。度电碳排放：关联配煤策略与实时碳核算数据，追踪减排成效。系统健壮性，故障恢复时间：双机热备等冗余机制下的平均故障修复时长（MTTR）。预测性维护覆盖率：设备寿命模型驱动的预防性工单占比。

6 燃料智能化管理应用价值案例

6.1 核心应用价值。经济效益提升，实现燃料采购、存储、耗用全链路成本优化，降低单位发电燃料成本

5-10%。通过智能掺烧策略动态匹配锅炉需求，减少无效煤耗，典型案例中年节约成本超600万元。运行效率变革，无人化操作覆盖计量、采样、煤场管理等环节，人工成本降低70%。配煤方案响应时间缩短至3分钟内，异常处置效率提升50%。安全与环保突破，构建燃料风险知识图谱，自燃预警准确率 $> 92\%$ 。实时碳核算驱动减排，典型案例中碳排放强度显著下降。

6.2 典型落地案例。公司“黑灯燃料岛”，部署全自动卸船机+无人值守煤场系统，实现燃料管理全流程无人化运行。构建“船舶卸料-煤场堆取-掺配入炉”闭环，推动传统管理模式数字化转型。天然气掺氢项目，在太原科技公司实施天然气掺氢改造（掺氢比例10%）。通过甲醇制氢技术提升燃烧效率，每小时减少天然气消耗 500m^3 ，年节约成本604万元。

6.3 可持续性价值。资源循环优化：三维煤场动态模型提升库存周转率，热值衰减减少30%。低碳转型加速：燃料结构优化联动碳配额管理，助力企业达成“双碳”目标。

总之，发电企业通过实施燃料智能化管理，使得传统燃料管理工作中面临的困难和问题得到有效解决。实际工作中，需要对燃料智能管理系统进行全面构建，并将自动识别技术等先进技术手段引入其中，发挥技术优势，以此提高发电企业的实际运行效率。不仅有利于发电企业自身运行成本的控制，还能够进一步增加企业自身的经济效益，推动企业实现持续发展。

参考文献

- [1]刘荣.浅析火电厂燃料管理智能化.2022.
- [2]潘浩宇.浅析燃料管理智能化的实现路径与应用价值分析.2023.