

电厂燃料管理系统智能化技术探析

张霄

安徽华电芜湖发电有限公司，安徽省芜湖市，273100；

摘要：在能源转型与“双碳”目标驱动下，电厂燃料管理系统智能化技术应用对提升管理效率、降低成本、实现绿色发展意义重大。自动化控制、大数据分析、物联网传感等技术已深度融入燃料采购、存储、掺烧等环节，可实现精准计量、智能调度与优化决策。但是技术应用面临数据安全隐患、系统集成困难及人员素质不足等挑战，为此需构建多层级数据安全防护体系，制定统一技术标准，开展分层分类培训，以推动智能化技术在电厂燃料管理系统中的深化应用。

关键词：电厂燃料；管理系统；智能化技术

DOI：10.69979/3029-2727.25.06.008

在全球能源结构加速向清洁低碳转型，“双碳”目标全面推进的时代背景下，电厂作为能源消耗与生产的关键主体，传统燃料管理模式因人工干预多、数据滞后、决策粗放等问题，已难以满足效率提升与环保要求。智能化技术凭借数据实时采集、精准分析与智能决策等优势，成为破解电厂燃料管理困境的核心路径。本文聚焦电厂燃料管理系统智能化技术，剖析其技术、挑战与应对策略，为行业转型升级提供参考。

1 电厂燃料管理系统智能化技术应用的意义

在“双碳”目标导向与能源产业革新浪潮推动下，电厂燃料管理系统智能化转型展现出显著价值。于经济效能维度，借助物联网感知与大数据分析构建的全流程智能管控体系，可实现燃料资源精细化管理。以智能掺配系统为例，其依据煤质实时参数与机组运行工况，动态优化配煤策略，可将发电煤耗降低 5%-8%，单台机组年节约燃料成本可达数百万元；数字化煤场管理通过三维建模与储量动态监测，有效规避人工计量误差，减少煤炭存储损耗，提升资源利用效率。

对于生态环保领域而言，智能化技术为污染物减排提供创新路径。基于传感器网络与 AI 算法搭建的排放监测调控系统，可对氮氧化物、二氧化硫等污染物实施实时监控与精准调节，确保排放指标持续符合环保标准。并且智能化管理模式依托数据驱动决策机制，能够前瞻性预判燃料市场价格走势，优化采购策略与渠道选择，增强企业市场风险应对能力。该技术应用不仅契合能源结构转型需求，更为电厂实现绿色低碳发展、提升核心竞争力提供关键支撑。

2 电厂燃料管理系统智能化技术具体应用

2.1 自动化控制技术

高效稳定的作业体系依托自动化控制技术在电厂燃料管理中得以构建。借助可编程逻辑控制器（PLC）与分布式控制系统（DCS），燃料输送流程中的皮带运输机、给煤机等设备得以实现自动化运转与远程操控，大幅削减人工操作频率，有效降低设备故障风险与安全隐患，使输送效率提升幅度超 20%。采样制样流程中，全自动采样设备按照预设程序，于煤流不同位置精确采集样品，并自动完成破碎、缩分等工序，从根源上规避人为因素导致的样品偏差，确保煤质检测数据真实可靠。而自动化控制深度融入配煤掺烧系统，依据锅炉实时负荷及煤质特性，智能调控各煤种输送配比，实现燃烧工况的动态优化，保障机组运行安全稳定，有效降低能源损耗^[1]。

2.2 大数据分析技术

大数据分析技术以挖掘燃料管理数据潜在价值为核心，为科学决策筑牢根基。燃料采购环节，通过整合市场供需变化、价格波动趋势、运输成本等多维度海量数据，运用先进的数据挖掘算法与精准预测模型，能够深度剖析燃料价格走势，为采购策略制定提供有力依据，切实降低采购成本。煤质管理层面，将入厂煤化验数据与历史燃烧数据进行有机整合，构建煤质特性与燃烧效果关联模型，精准评估不同煤种对机组运行效率、污染物排放的影响，为配煤掺烧方案提供数据支撑。同时，借助大数据分析实现燃料库存动态监测与预警，结合机组发电计划与燃料消耗规律，预判库存变化趋势，避免

库存积压或缺货对生产造成影响，实现燃料资源的科学化配置，显著提升电厂精细化运营管理水品。

2.3 物联网传感技术

物联网传感技术可以赋能电厂燃料管理系统，实现全方位感知与互联互通。煤场管理场景中，温湿度传感器、重量传感器、定位传感器等设备协同部署，实时采集煤炭存储环境参数、储量信息及设备运行状态数据，并通过无线网络传输至管理平台，生成数字化煤场档案。管理人员可借此直观掌握煤场实时动态，及时发现煤炭自燃、设备故障等异常状况并迅速响应处置。燃料运输环节，利用GPS定位系统与车载称重传感器，对运输车辆实施全程监控，确保运输路径合规、装载量精准，有效防范燃料在运输过程中的损耗与丢失。加之物联网传感技术应用于燃烧设备监测，通过温度、压力、流量等传感器实时采集燃烧关键参数，为智能调控提供数据保障，助力维持燃烧过程高效稳定，加速推动电厂燃料管理向智能化、数字化转型进程。

3 电厂燃料管理系统智能化技术面临的挑战

3.1 数据安全与隐私保护

在电厂燃料管理智能化演进中，数据安全与隐私防护体系面临多重考验。燃料管理系统涵盖采购机密、供应商详情及机组核心运行参数等敏感数据，一旦发生信息泄露，将直接威胁企业经营安全。随着物联网终端设备的大量部署，数据传输路径延伸，传统加密防护手段难以抵御高级持续性威胁，诸如中间人攻击、分布式拒绝服务攻击等新型网络入侵，极易造成数据传输过程中的窃取与篡改风险。同时，燃料管理系统与外部能源交易平台、供应链系统的数据交互日益频繁，数据边界的模糊化致使权限管控难度攀升，易滋生越权访问、数据非法调用等问题。并且人工智能算法训练依赖的海量历史数据若缺乏有效脱敏处理，用户隐私泄露风险加剧，加之现行法律法规对数据使用边界的界定尚不明晰，则会进一步放大数据安全隐患^[2]。

3.2 技术集成与兼容性问题

智能化技术在电厂燃料管理系统的整合应用遭遇诸多瓶颈，不同供应商提供的物联网设备、软件系统在通信协议、数据格式及接口标准上存在显著差异，导致设备间数据交互存在壁垒，难以实现系统的深度集成与协同运作。以老旧传感器设备为例，其不兼容新型通信协议的特性，使得与新部署的管理平台对接困难，若强

行改造则会大幅推高实施成本。此外，大数据分析、人工智能等前沿技术与传统燃料管理系统融合时，因架构设计差异，常出现数据处理滞后、系统响应迟缓等问题，严重影响整体运行效能。伴随技术迭代速度加快，新功能模块的引入可能打破原有系统的稳定性，引发兼容性故障，而行业内统一技术标准的缺失，使得电厂在智能化改造过程中缺乏规范指引，进一步加剧了技术选型与系统集成的复杂性，制约了智能化技术的大规模推广应用。

3.3 工作人员素质要求

电厂燃料管理系统智能化转型对从业人员能力提出了更高标准，现有人员素质与岗位需求间存在显著差距。传统燃料管理岗位人员多擅长机械操作与现场巡检工作，在物联网设备运维、大数据分析建模、算法优化调试等智能化技术领域知识储备不足，难以承担系统日常维护与故障诊断任务。智能化系统的操作界面与管理流程与传统模式差异巨大，部分员工受固有工作习惯影响，对新系统的接受程度较低，操作熟练度不足，导致系统应用效能无法充分发挥。而既精通电厂燃料管理业务流程，又掌握智能化技术的复合型人才极度匮乏，使得系统建设与运营过程中业务需求与技术实现难以精准匹配。企业内部培训体系的不完善，缺乏针对性的技术培训课程与知识更新机制，无法满足员工能力快速提升的需求，成为智能化技术落地实施的关键阻碍因素^[3]。

4 加强智能化技术在电厂燃料管理系统中的应用措施

4.1 构建多层次数据安全防护体系

为应对智能化进程中的数据安全风险，需构建贯穿数据全生命周期的多层次防护架构。在数据采集环节，借助边缘计算节点完成原始数据的预处理工作，运用轻量化加密算法实现数据初始加密，并通过数字水印技术保障数据的完整性。以煤质传感器数据采集为例，通过嵌入区块链节点，实时记录采集时间、设备运行状态等信息，形成具有防篡改特性的分布式存储记录。

在数据传输阶段，采用动态密钥协商机制结合量子加密技术，搭建端到端安全传输通道。针对物联网设备通信场景，部署专用安全网关实现协议转换与流量过滤，有效抵御中间人攻击及分布式拒绝服务威胁。当燃料管理系统与外部供应链平台进行数据交互时，基于零信任架构对访问请求进行动态身份验证，确保数据传输过程中的访问权限可管可控。

数据存储层面，构建分布式加密存储系统，运用数据分片与冗余备份策略提升存储可靠性。对核心业务数据实施多级加密处理，将元数据与密钥分离存储，借助访问控制列表（ACL）和属性基加密（ABE）技术实现权限的精细化管理。例如，依据数据类型和访问角色，对采购合同、机组运行参数等敏感数据设置差异化加密等级，保障数据存储安全。

管理上则需健全数据安全制度体系，制定科学的数据分类分级标准与操作规范。强化员工数据安全意识培训，建立常态化审计机制，定期开展合规性检查。或引入第三方专业机构对系统进行渗透测试与漏洞扫描，及时发现并修复潜在安全隐患，实现技术防护与管理措施的协同联动，形成完整的数据安全防护闭环。

4.2 制定统一的技术标准与接口规范

为突破电厂燃料管理智能化建设中技术整合与兼容的瓶颈，构建统一技术标准与接口规范体系迫在眉睫。在硬件设备协同层面，亟需确立覆盖物联网感知终端、智能控制单元的通信协议规范，明确数据采集周期、传输协议及编码规则，以实现异构设备的无障碍互联。例如：针对煤场环境监测设备与计量装置，统一采用 ModbusTCP 或 MQTT 通信协议，有效消除设备间的通信障碍，达成“即插即用”的集成目标^[4]。

在软件系统融合领域，需制定标准化数据交互协议，对接口类型、参数格式及调用流程进行统一规范。针对燃料采购、库存管理及掺烧优化等核心业务系统，采用 RESTfulAPI 或 WebService 标准接口，确保系统间数据传输的连续性与格式一致性，避免因接口差异导致的数据传输故障或解析错误，实现业务数据的高效共享。

与此同时，建立智能化技术应用的性能与安全双维度标准。在性能指标方面，对大数据处理平台、人工智能算法模块设定严格的响应时间要求，规定处理百万级燃料数据时查询响应不得超过 3 秒。在安全规范层面，强制应用国密 SM4 加密算法，并细化访问控制机制，从技术层面保障系统运行的稳定性与数据安全性。

4.3 开展分层分类的专业培训

为有效化解电厂燃料管理系统智能化转型中人员素质不匹配的难题，开展分层分类的专业培训是关键举措。在管理层培训维度，聚焦智能化管理理念与战略决策能力提升，开设大数据分析驱动的管理决策、智能化转型路径规划等课程。通过案例研讨、行业标杆企业考

察等形式，帮助管理人员理解智能化技术对燃料管理流程优化、成本控制的战略价值，从而更好地推动企业智能化转型落地。

针对技术运维人员，围绕物联网设备运维、大数据平台搭建、算法模型优化等核心技能，设计进阶式培训体系。引入虚拟化仿真平台进行实操训练，如模拟智能煤场管理系统故障排查、配煤掺烧算法参数调整等场景，强化其对智能化系统的维护与优化能力。同时，鼓励技术人员考取物联网工程师、大数据分析师等专业认证，提升技术团队的专业化水平。

对于一线操作人员，则以系统操作技能与安全规范为培训重点。编制图文并茂的操作手册，开发 VR 模拟操作课程，帮助员工熟悉智能化系统的操作界面与业务流程。通过“理论讲解+实操演练+考核认证”的模式，确保操作人员能够熟练使用新系统完成日常工作任务。此外，建立企业内部知识共享平台，定期组织技术交流沙龙，邀请行业专家、厂商技术人员进行授课。同时，制定培训效果评估机制，根据员工岗位需求与培训反馈动态调整课程内容，形成“培训-实践-提升”的良性循环，为电厂燃料管理智能化建设提供坚实的人才保障^[5]。

5 结语

智能化技术深度重塑了电厂燃料管理模式，在提升管理效率、降低运营成本、助力节能减排等方面成效显著。尽管在数据安全、技术融合及人员适配等方面仍存在挑战，但通过针对性的解决措施，可有效推进技术深化应用。未来，随着技术创新与行业实践的持续发展，智能化技术将进一步推动电厂燃料管理向更高效、更智能、更绿色的方向迈进。

参考文献

- [1] 王书辉. 数字化可视化智能化电厂管理平台研究 [J]. 电气技术与经济, 2025, (01): 244-247.
- [2] 崔凯, 李信, 闫聪. 电厂燃料管理系统智能化技术探析 [J]. 电力设备管理, 2024, (20): 113-115.
- [3] 王铮. 发电厂的燃料采制智能化管理分析 [J]. 集成电路应用, 2022, 39(11): 288-290.
- [4] 李维聪, 刘霞. 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.
- [5] 唐德强. 火力发电厂燃料智能化应用 [J]. 中国设备工程, 2021, (02): 24-26.