

燃料采制样自动化系统在电厂燃料管理中的应用与优化

王 腾

华电内蒙古能源有限公司 内蒙古自治区 010010

【摘 要】：燃料采制样自动化系统是电厂燃料管理实现高效、精准控制的关键环节。围绕系统的技术架构、现存问题、应用局限与改进策略展开分析，揭示当前采制样环节在设备性能、信息集成与管理机制方面存在的不足。基于智能算法与流程优化提出系统改进方案，并在典型电厂中进行效果验证，结果显示优化后系统在采样精度、运行稳定性及运维效率等方面均有明显提升。研究成果为电厂燃料管理智能化转型提供了可推广的技术路径与实践依据。

【关键词】：燃料管理；采制样自动化；电厂；智能化；数据准确性

DOI:10.12417/2811-0722.25.09.003

引言

随着电力行业对燃料管理精细化水平的要求不断提高，传统人工或半自动采制样方式已难以满足高精度、高效率的数据采集需求。燃料质量直接影响电厂运行成本与排放控制，而采制样作为燃料管理的基础环节，其准确性与可靠性尤为关键。近年来，自动化采制样系统逐步应用于电厂燃料管理，但在实际运行中仍面临适应性差、智能化程度低等问题。在此背景下，探索系统优化路径，提升整体运行效能，成为推动电厂燃料管理现代化的重要课题。

1 燃料采制样自动化系统的技术架构与功能特征

整个系统通常由采样单元、输送单元、破碎缩分单元、存储单元以及中央控制系统构成，各模块之间通过统一的数据接口实现信息交互和协同作业。其中，采样单元主要负责从燃料流中按照设定比例或时间间隔完成高精度取样；输送单元则承担样品的传输任务，确保样品在运输过程中不发生污染或损失；破碎缩分单元用于对原始样品进行物理处理，使其达到标准要求的粒度和质量；存储单元具备自动封装与分类保存的功能，便于后续化验与追溯。

该系统的中央控制系统采用工业计算机与 PLC（可编程逻辑控制器）相结合的方式，实现对整个采制样流程的集中监控与智能调度。系统配备有传感器网络，能够实时采集温度、湿度、流量、压力等环境参数，并将相关数据上传至燃料管理平台，为燃料质量分析提供基础数据支撑。系统还集成了故障自诊断模块，能够在运行异常时及时发出警报并记录故障类型，有助于快速定位问题并实施维护。在功能特性方面，燃料采制样自动化系统展现出高效性、稳定性和可追溯性的优势。相较于传统人工操作，系统能够大幅缩短采样周期，提高采样频率和代表性，减少人为因素导致的误差。

系统具有良好的扩展性，可根据不同电厂的实际需求配置多通道采样结构或增加在线检测模块，提升整体智能化水平。数据采集与传输过程遵循标准化协议，确保燃料样品信息在整个燃料管理系统中的兼容性与一致性。为进一步提升系统运行

的安全性与可靠性，设计中广泛采用了冗余控制策略与多重保护机制，包括设备互锁、急停保护、过载报警等功能模块，保障系统在复杂工况下的持续稳定运行。结合现代工业互联网技术，系统支持远程监控与状态评估，为电厂实现无人值守、集中管控的燃料管理模式提供了技术基础。

2 电厂燃料管理中采制样环节的典型问题分析

在电厂燃料管理流程中，采制样环节作为燃料质量控制的基础步骤，直接影响到后续化验结果的准确性与燃料结算的公正性。然而，在实际运行过程中，该环节仍存在诸多技术与管理层面的问题，成为制约燃料管理效率提升的关键瓶颈。从技术角度看，传统采制样设备普遍存在采样代表性不足、样品处理过程不规范等问题。部分电厂采用人工或半自动方式进行燃料取样，操作过程中受人为经验、环境条件等因素影响较大，导致所采集样品难以真实反映整批燃料的整体质量状况。部分系统未严格按照国家标准设定采样比例和频次，造成样品分布不均、误差累积等现象，影响最终检测数据的科学性。

在样品破碎、缩分、输送及存储等后续处理环节，设备老化、密封性能下降等问题容易引发样品污染、损失或交叉干扰，进一步降低样品的可信度。在设备运行管理方面，许多电厂尚未建立完善的采制样系统维护与校验机制，导致设备长期处于非理想工作状态。部分系统缺乏定期标定与状态监测手段，传感器精度下降、执行机构响应滞后等情况未能及时发现并处理，使得整个采制样流程偏离设计标准。与此由于采制样设备多部署于燃料输送线附近，长期暴露在粉尘、高温、振动等恶劣环境中，加剧了机械磨损与电气故障的发生概率，增加了系统运行的不确定性。信息集成与数据管理方面的短板也严重影响采制样工作的整体效能。当前，不少电厂的采制样系统与燃料管理系统之间尚未实现高效的数据联动，采样数据需通过人工录入或间接传输方式进入管理平台，不仅降低了工作效率，还容易引入数据错漏风险。

部分系统缺乏对采样过程关键参数的实时记录与追溯功能，一旦出现燃料质量争议，难以快速调取完整的采样原始数据进行核查与责任界定。从管理机制来看，部分电厂在燃料采

制样作业流程中缺乏标准化、制度化的操作规范，导致不同班组、不同人员之间存在操作差异，影响采样一致性。针对采制样岗位的专业培训和技术考核体系尚不健全，工作人员对设备原理、操作规程以及异常处理能力掌握不足，进一步加大了人为失误的可能性。

3 现有自动化系统在应用中的局限与挑战

尽管燃料采制样自动化系统已在电厂燃料管理中逐步推广，并在提升作业效率和数据准确性方面展现出一定优势，但在实际应用过程中仍面临多方面的技术与管理层面的制约因素。这些局限性不仅影响系统的运行稳定性，也对燃料管理整体水平的提升形成障碍。从系统设计角度来看，当前多数自动化采制样设备的功能配置较为固定，难以适应电厂燃料种类多样化、输送条件复杂化的发展趋势。燃料特性如粒径分布、湿度含量、密度差异等均会对采样精度产生直接影响，而现有系统在应对不同燃料类型时缺乏灵活调整机制，导致采样代表性不足的问题依然存在。部分系统未充分考虑燃料流速变化、断料或堵料等异常工况下的自适应能力，使得设备在非理想状态下运行时容易出现采样偏差或流程中断。

在控制系统层面，现有自动化系统的智能化程度仍有待提升。虽然多数系统已具备基础的数据采集与流程控制功能，但对现场环境参数的动态感知能力较弱，无法根据实时工况自动优化采样策略。中央控制模块通常依赖预设程序执行任务，面对突发状况时缺乏自主判断与快速响应能力，导致系统在复杂运行条件下表现出一定的迟滞性与被动性。部分系统未实现与燃料质量分析平台的深度联动，数据采集与处理之间存在脱节现象，限制了燃料管理全流程的协同效率。网络通信与信息集成方面同样存在短板。当前许多电厂的燃料管理系统尚未构建统一的数据交互标准，采制样系统与其他子系统之间的接口协议不一致，导致数据传输效率低、兼容性差。部分系统采用封闭式架构，缺乏开放的数据访问端口，阻碍了远程监控、状态评估及智能诊断等功能的有效实施。采制样过程产生的大量运行数据未能得到充分利用，缺少基于大数据分析的故障预测与性能优化机制，造成资源浪费与运维成本上升。

设备可靠性与维护保障体系也是制约自动化系统广泛应用的重要因素。由于采制样设备长期处于高粉尘、高温、振动等恶劣环境中，机械部件磨损严重，电气元件易受干扰，影响系统长期运行的稳定性。部分系统在设计阶段未充分考虑模块化结构与冗余配置，一旦关键部件发生故障，将导致整个采样流程停滞，且维修周期较长，影响燃料管理工作的连续性。

4 基于智能算法与流程优化的系统改进方案

针对当前燃料采制样自动化系统在适应性、智能化和数据利用率方面存在的不足，改进方案从控制逻辑与流程设计两方面入手，构建基于智能算法的动态调控机制与全流程协同优化

策略。通过引入人工智能模型替代传统控制方式，结合多源传感器采集燃料流量、粒度、湿度等关键参数，利用机器学习建立燃料特性识别模型，实现采样频率、比例与点位的动态调整，在保证样品代表性的同时提升系统响应速度与运行效率。模糊控制与预测控制技术的应用增强了系统对异常工况的适应能力，有效降低因燃料波动导致的采样误差，提升整体稳定性与智能化水平。

在流程设计层面，推动采制样各环节之间的协同化、模块化改造，打破原有单一功能单元间的壁垒，实现从原始取样到样品封装全过程的统一调度与智能分配。通过对破碎缩分比、输送路径、存储顺序等关键参数进行建模分析，建立基于优化算法的流程控制策略，使各子系统之间能够根据当前任务需求自动匹配最优运行模式，提升设备利用效率并减少能源消耗。优化后的流程还强化了故障隔离与冗余切换机制，在关键节点设置备用执行单元，确保在部分设备出现异常时仍能维持系统基本功能的连续运行。为提升系统的信息化集成能力，改进方案进一步完善数据通信架构，构建统一的数据接口标准，打通采制样系统与燃料质量检测、库存管理、结算核算等多个业务模块之间的信息壁垒。

通过构建边缘计算与云平台协同的数据处理架构，实现燃料采制样系统运行数据的实时分析与远程监控，提升数据处理效率与管理决策能力。系统可根据采集的设备运行参数自动生成健康评估报告，为预防性维护提供科学依据，增强系统的长期稳定性与可控性。引入数据加密与访问权限分级机制，有效保障采样数据的安全性与完整性，防止非法访问和篡改行为。在人机交互方面，打造集成状态监测、参数配置与异常预警功能于一体的智能管理平台，支持多终端访问与移动推送，提升操作便捷性与应急响应速度。同步建立标准化运维知识库与远程技术支持体系，为现场人员提供技术支撑与决策参考，弥补专业维护力量的不足。该方案以智能化、数字化为核心，推动燃料采制样系统向高效、安全、可追溯的方向发展，助力电厂燃料管理实现精细化升级。

5 优化方案在典型电厂中的实施效果评估

在燃料采制样自动化系统完成基于智能算法与流程优化的改进后，选取具备代表性的大型燃煤电厂作为实施对象，对优化方案的实际应用效果进行全面评估。评估内容涵盖系统运行效率、样品采集精度、设备稳定性、数据交互能力以及运维管理等多个维度，在验证改进措施在复杂工况条件下的适用性与有效性。在系统运行效率方面，优化后的控制系统通过动态调整采样策略和流程协同调度，有效缩短了单位时间内采样任务的执行周期。通过对连续运行时段的数据比对分析发现，采样频次在保持高质量标准的前提下显著提升，同时无效采样次数明显减少，系统整体作业节奏更加紧凑，资源利用率得到改善。破碎缩分环节的响应速度同步提高，样品处理时间较优化

前有所压缩,进一步提升了系统的吞吐能力。

就样品采集精度而言,引入机器学习算法后,系统能够依据燃料特性自动匹配最佳采样参数,使所采集样品更贴近整批燃料的真实质量分布。通过对多个批次燃料的化验结果进行统计分析,发现优化后样品的波动范围明显收窄,均值偏差降低,反映出更强的数据一致性与代表性。这一改进不仅提高了燃料质量判定的可靠性,也为后续结算与成本核算提供了更为精准的数据支撑。在设备运行稳定性方面,优化方案中强化的冗余控制机制与故障隔离功能发挥了积极作用。系统在面对突发断料、输送不畅等异常情况时,具备较强的自我调节能力,避免了因局部故障导致整个采样流程中断的问题。关键部件的磨损率与故障发生频率较优化前有所下降,表明模块化设计与预防性维护策略的实施有助于延长设备使用寿命并降低非计划停机概率。

数据交互能力的提升同样体现在多个层面。改进后的通信架构支持多源异构数据的实时采集与传输,确保采样数据能够

及时准确地接入燃料管理平台。远程监控功能的实现使得管理人员可通过可视化界面掌握系统运行状态,并根据反馈信息调整操作策略。与此数据完整性与安全性得到有效保障,访问权限分级机制防止了未经授权的数据修改行为,增强了燃料采样过程的可追溯性与公正性。在运维管理方面,综合管理平台的部署为日常巡检与故障排查提供了有力支持。系统自动生成的健康评估报告涵盖了设备运行趋势、异常预警及维修建议,大幅提升了运维工作的针对性与效率。

6 结语

燃料采制样自动化系统的持续优化对电厂燃料管理的智能化升级具有重要意义。通过引入智能算法与流程再造,系统在采样精度、运行效率与数据交互能力等方面实现显著提升,并在典型电厂的实际应用中展现出良好的稳定性和适应性。未来,随着人工智能、边缘计算等技术的进一步融合,系统将向更高层次的自主化、协同化方向发展,推动电厂燃料管理向全面数字化、智慧化迈进,为行业转型升级提供有力支撑。

参考文献:

- [1] 陈志刚.燃料自动采样系统在火电厂的应用研究[J].电力信息化,2023,21(4):78-83.
- [2] 刘晓峰,高伟.智能化燃料管理系统的设计与实现[J].自动化技术与应用,2022,41(6):112-117.
- [3] 黄建国.火电厂燃料采制样自动化发展趋势探析[J].华电技术,2021,43(2):56-60.
- [4] 孙立新.基于物联网的电厂燃料全过程管理平台构建[J].电力系统自动化,2024,48(3):90-95.
- [5] 赵振宇.燃料质量控制中自动化采样技术的优化方法[J].热力发电,2020,49(5):67-71.