燃料数字化管控下火电厂入厂入炉煤热值差控制技术研究

袁　琳

华电新疆发电有限公司昌吉分公司 新疆维吾尔自治区 昌吉 831100

【摘　要】：入厂入炉煤热值差是反映火电厂燃料控制水平、煤炭利用率及生产经济效益的主要指标，热值差准确控制可以避免燃料浪费，降低发电成本，提高机组运行稳定性。传统的火电厂煤质控制方式主要是人工采样、离线化验、经验式控制，存在流程分散、信息滞后、人为因素干预等缺陷，不能达到热值差精细化、常态化控制的目的。伴随着电力行业的数字化转型不断深入，燃料全流程数字化管控体系也逐渐形成起来，给入厂入炉煤热值差的精准溯源、动态调节、智能控制提供新的技术手段。本文以燃料数字化管控体系为依托，对火电厂入厂入炉煤热值差的形成机理及管控逻辑进行研究，系统整理出数字化场景下热值差控制的技术体系，从全流程数字化监测、智能溯源分析、动态调控优化三个方面提出适合火电厂生产环境的热值差控制技术方案，探究数字化技术缩减煤质热值偏差、规范燃料管控流程、提高燃料利用效率的应用途径，为火电厂实现燃料精细化管控、降本增效和绿色低碳生产提供技术支持和实践借鉴。

【关键词】：燃料数字化管控；火电厂；入厂入炉煤；热值差控制

DOI:10.12417/2811-0536.26.10.064

引言

新型电力系统建设与电力市场化改革双管齐下，火电厂的盈利空间不断缩小，节能降耗、提质增效成了火电企业可持续发展的主要着力点。燃料成本是火电厂生产运营的主要成本组成，燃料成本控制的好坏直接影响到电厂经济效益和机组运行安全，入厂入炉煤热值差是评价燃料管控效果的重要指标，是反映煤炭采购、转运、储存、掺烧全过程管控规范性和资源利用率的参数。长期以来，国内大部分火电厂燃料控制依靠传统的手工管理方式，各个生产环节的数据互相隔绝，管控标准参差不齐，过程监管不到位，造成入厂煤和入炉煤热值的常态偏差，造成煤炭资源的浪费，发电煤耗增加，还会引起机组燃烧工况的波动，影响电力生产的稳定性和安全性。数字化、智能化技术的更新换代促使火电厂燃料管理由原来的依靠经验的控制转变为全过程的数字化、可视化、智能化的控制，冲破了燃料各个环节之间的信息隔阂，达成煤炭从入厂验收、堆场存放、转运配煤到入炉燃烧的全部链条数据打通并展开实时监控。基于燃料数字化管控体系开展入厂入炉煤热值差控制技术研究，可以准确找到热值偏差产生的全过程节点，利用智能化的技术手段改进各个环节的管控策略，从源头、过程、末端全方位抑制热值差的产生，对于推进火电厂燃料管理标准化、精细化、智能化升级，提高火电企业的核心竞争力有着十分重要的现实意义和工程应用价值。

1 燃料数字化管控下入厂入炉煤热值差形成机理及管控逻辑

1.1 数字化视角下入厂入炉煤热值差核心形成机理

火电厂入厂入炉煤热值差产生于煤炭入厂验收、堆场存储、场内转运、配比掺烧等全部生产过程，在传统的管控模式下，偏差的产生主要依靠人工的经验判断，存在着成因识别片面、溯源准确度低的问题，在数字化管控体系下，可以借助全流程的数据采集和信息联动，清楚地找到热值差的主要形成原因。煤炭入厂阶段，不同矿点、不同批次燃煤的煤质属性存在天然差异，传统的手工验收模式不能实现煤质参数的全面、精准核验，容易造成煤质参数录入偏差，形成初始热值偏差；堆场存储阶段，燃煤受堆放时长、分层堆放方式、环境温湿度、通风条件等因素的影响，会发生氧化、风化、水分流失等物理化学变化，造成煤质热值衰减，传统的静态存储管控模式不能实时捕捉煤质动态变化，导致入炉煤热值与入厂标定热值产生偏差；场内转运和配煤阶段，人工配煤的随机性、转运过程中燃煤的混掺不均、堆场取料的分层偏差等，都会造成入炉煤整体热值波动，进一步扩大热值差值。在数字化管控场景中，各种传感监测设备、数据采集终端可以及时获取各个环节煤质的变化以及操作的偏差，可以摆脱传统经验化判断的束缚，准确找出自然损耗、人为控制、流程疏漏等造成热值差的原因，为之后精准化控差技术的应用打下基础[1]。

1.2 燃料数字化管控与热值差控制的耦合逻辑

燃料数字化管控体系是以数据贯通为中心、智能

设备为载体、精准管控为目标的耦合关系，和入厂入炉煤热值差控制需求高度契合，从根本上解决了传统模式下热值差被动控制的问题。一方面，数字化管控可以对燃料的全流程数据进行实时采集、同步传输和集中存储，打破入厂验收、煤场存储、配煤燃烧等各个环节数据孤岛的局面，把热值差管控从单一的末端数据对比转变成全流程的动态溯源管控，可以将各个环节的操作参数同煤质热值的变化一一对应起来，准确找到偏差产生的关键环节。另一方面，数字化智能分析系统可以利用大量的实时数据来建立热值变化预测模型，根据堆场环境、存储时间、配煤比例、机组工况等各方面因素来预测燃煤热值的衰减规律和波动趋势，从而达到对热值差的提前预防的目的，而不是传统的模式下事后进行整改。同时数字化管控体系具有标准化流程管控能力，可以将燃料验收、堆放、转运、配煤的操作标准固化到系统中，避免人工操作的随机性和不规范性，从流程上减少人为因素造成的热值偏差，构建起数据驱动、全过程控制、精准调控的热值差管控新模式。

1.3 数字化场景下热值差控制的核心管控原则

按照燃料数字化管控体系开展入厂入炉煤热值差控制工作，必须遵照适配火电生产流程、契合数字化管控特性两大原则，保证控差技术应用的科学性及有效性。首先要坚持全流程闭环管控的原则，抛弃传统的分段管控的碎片化模式，依靠数字化的数据链条来覆盖煤炭入厂、储存、转运、配煤、入炉等所有的环节，从而达到偏差溯源、问题研判、策略调整、效果核验的闭环管理。其次要遵循精准化智能控制原则，充分发挥数字化设备和智能算法的作用，用实时数据代替人工经验判断，准确找到微小热值偏差和潜在偏差风险，达到精细化控差的目的。还要坚持动态适配调控原则，根据不同的季节、不同的煤种、不同的机组运行工况的差别，依靠数字化系统来动态调节管控参数和配煤策略，适应煤质动态变化的规律，防止出现固定管控模式造成的控差失效。最后要保持标准化、规范化的准则，依靠数字化系统把各个环节的控制标准和操作流程固定下来，从而达成热值差控制的标准化、常态化推进，保证控差成效的稳定并持久[2]。

2 燃料数字化管控下入厂入炉煤热值差核心控制技术体系

2.1 全流程数字化实时监测与感知技术

全流程数字化实时监测和感知技术是热值差精准控制的基础核心技术，依靠物联网、传感监测、自动采集等数字化技术来创建覆盖燃料全链条的动态感知网络，从而达成煤质参数和生产工况的实时、准确、全面的采集。煤炭入厂环节使用自动化采样化验设备、智能称重和煤质检测终端对入厂煤的热值、水分、灰分等主要参数进行自动检测并数字化录入，避免人工采样化验造成的参数误差，准确保存入厂煤的原始热值数据。在煤场存储环节上安装温度湿度传感器、煤堆状态监测设备、高清智能监控装置，对堆场环境参数、煤堆分层情况、燃煤存储时长等数据进行实时采集，并根据煤质热值衰减规律来动态监测存储过程中燃煤热值变化幅度，及时发现自然损耗和异常损耗造成的热值偏差。转运入炉环节使用皮带智能监测设备、自动配煤终端实时采集燃煤转运流量、混掺比例、入炉煤实时热值等参数，全程记录入炉煤煤质数据，形成入厂、存储、入炉全环节的热值数据联动链条。该技术从根本上解决了传统管控模式下数据采集滞后、精度不够、覆盖不到的问题，给热值差分析研判和精准调控提供全方位、真实化、实时化的数据支持。

2.2 热值差智能溯源与数据分析技术

热值差智能溯源与数据分析技术属于数字化场景下精准控差的关键核心技术，依靠大数据分析、机器学习、数据建模这些数字化手段，达成热值偏差成因的智能识别、精准溯源和规律研判。以燃料数字化管控平台为基础，将入厂煤原始数据、堆场存储动态数据、转运配煤操作数据、入炉煤燃烧数据等各类信息进行整合，建立入厂入炉煤热值差分析模型，通过对数据的关联分析、对比研判，准确区分出自然损耗、操作偏差、流程漏洞、设备误差等不同的原因所造成的热值差，并且能准确找到产生偏差的具体环节以及核心诱因。利用机器学习算法对大量的历史热值数据、煤质变化数据、生产工况数据进行深入挖掘，总结出不同的煤种、不同的存储条件、不同的配煤方案下热值波动的规律，预测不同的生产场景下热值差的变化趋势，实现从被动整改到主动预判的管控升级。另外，还可以将热值差数据进行可视化展示，用数据报表、动态图谱等形式直观地表现热值偏差的变化趋势和分布情况，给管控人员调整管控策略、改善生产流程赋予智能化的数据支持，明显加强热值差管控的精确程度和速度[3]。

3 燃料数字化管控下入厂入炉煤热值差控制技术应用优化策略

3.1 构建全维度数据贯通与标准化处理体系

数据的完整性、准确性、贯通性是数字化热值差

控制技术高效运用的前提，依靠体系化的改进可以达成燃料全生命周期的数据统一管理以及标准化的应用。首先要打通燃料采购、验收、储存、转运、配煤、燃烧等各个环节的数字化系统壁垒，使各个终端设备的数据能够互相连接、实时同步，创建起一体化的燃料大数据管控平台，防止由于数据的碎片化、滞后化而造成热值分析出现偏差。其次要建立统一的数据采集和处理标准，规范各个环节煤质参数、工况数据、操作数据的采集频率、精度要求、录入规范，对采集的原始数据进行标准化清洗、校正和分类处理，剔除异常数据、无效数据，保证热值分析和调控的数据基础准确可靠。另外建立数据溯源和校验机制，对入厂入炉煤热值核心数据实行全程留痕、可追溯管理，定时开展数据校验和更新工作，按照煤质变化规律动态调整数据处理算法，不断改善数据质量，给热值差智能分析、精确溯源、动态调控赋予稳定的、精确的数字化支撑[4]。

3.2 优化智能控差模型与算法迭代机制

智能分析与调控模型的准确度直接决定着热值差控制的效果，要根据火电厂实际情况不断改进模型算法来提高数字化控差技术的适配性与实用性。针对现有的热值差分析模型场景适应性差、细微偏差识别能力弱等问题，根据电厂煤种结构、存储条件、生产工况实际情况，优化模型参数和运算逻辑，提高模型对煤质自然损耗、人工操作误差、环境因素影响等各方面变量的适应性，提高偏差溯源的准确性。建立算法动态迭代机制，利用日常生产中积累起来的大量实时数据，不断训练机器学习模型，持续改进热值衰减预测、配煤比例优化、热值动态调控等主要算法，使模型适应各种季节、各种煤种、各种机组负荷下的热值变化情况。在原有模型的基础上增加动态校验模块，定时对比模型预测结果和实际生产数据的差异，有目的性地对算法存在的漏洞进行修正，从而不断提高数字系统的热值差预判、溯源和调控水平，使热值差控制更智能[5]。

4 结语

入厂入炉煤热值差控制是火电厂燃料精细化管控、节能降本增效的关键工作，传统的管控模式受到技术、流程、数据等各方面的制约，不能达到热值差的精准、高效、常态化的管控。燃料数字化管控体系全面落地之后，给火电厂热值差控制赋予了新的技术途径和管控模式，依靠全流程数字化监测感知、智能溯源数据分析、动态智能配煤调控这些核心技术的联合使用，彻底冲破了传统经验化管控的束缚，达成热值差从事后管控转向事前预判、事中调控、事后优化的全闭环智能管控转变。本文通过对数字化场景下热值差形成机理及耦合管控逻辑进行梳理，构建出一套系统的数字化控差技术体系，并从数据体系、算法模型、流程运维三个方面提出了技术应用优化策略，形成了适合现代火电厂生产场景的热值差管控方案。在电力行业数字化转型不断深入的过程中，依靠数字化、智能化技术持续改善热值差控制体系，可以规范燃料全流程管理，缩小入厂入炉煤热值偏差，提高燃料利用率，推动火电厂安全、高效、低碳、经济地高质量发展，给火电行业燃料管控智能化升级提供重要的实践参考。

参考文献：

[1] 陈刚.火电厂入厂煤与入炉煤热值差偏大问题分析[J].内蒙古煤炭经济,2022,(13):117-119.

[2] 胡文森,甄长红.火电厂“入厂、入炉、入账”一体化燃料智能管控系统研发应用[J].电力科技与环保,2018,34(4):49-51.

[3] 侍所平,张世云.某火电厂入厂煤采样机改造技术方案研究[J].机电信息,2023,(12):74-77.

[4] 喻军.火电厂入厂煤质检测结果质量分析[J].煤质技术,2020,35(1):90-92.

[5] 周嘉陵,迟青海.火电厂入厂煤机械化采样机应用及改进[J].价值工程,2016,35(32):170-171.