

火力发电厂煤质化验技术与效率提升研究

葛益含

吉林电力股份有限公司四平第一热电公司, 吉林 四平 136001

摘 要： 本文针对火力发电厂煤质化验技术现状及其对发电效率的影响进行深入研究。首先，对当前常用的煤质化验方法进行综述，包括工业分析、元素分析和热值测定等。其次，分析了煤质参数对锅炉燃烧效率和机组热效率的影响机理。在此基础上，提出了几种改进的煤质快速检测技术，如近红外光谱法和 X 射线荧光法等，并通过实验验证了其在提高检测速度和准确度方面的优势。此外，本文还探讨了煤质数据的智能分析和应用方法。通过建立煤质-效率数学模型，结合人工智能算法，实现了对入厂煤种的优化配比和燃烧参数的动态调整，从而显著提升了机组效率。

关 键 词： 火力发电；煤质化验；技术与效率提升

Research on Coal Quality Testing Technology and Efficiency Improvement In Thermal Power Plant

Ge Yihan

Jilin Electric Power Co., LTD. Siping First Thermal Power Company, Jilin, Siping 136001

Abstract： This paper deeply studies the current situation of coal quality testing technology in thermal power plant and its influence on power generation efficiency. First, the current commonly used coal quality test methods are reviewed, including industrial analysis, element analysis and calorific value determination. Secondly, the mechanism of coal quality parameters on combustion efficiency of boiler is analyzed. Based on this, several improved rapid coal detection techniques, such as near-infrared spectroscopy and X-ray fluorescence, demonstrate the proposed advantages in improving detection speed and accuracy. In addition, this paper explores the intelligent analysis and application methods of coal quality data. By establishing the mathematical model of coal quality-efficiency, combined with artificial intelligence algorithm, the optimal coal ratio and the dynamic adjustment of combustion parameters are realized, which significantly improving the efficiency of the unit.

Keywords： thermal power generation; coal quality testing; technology and efficiency improvement

引言：

火力发电在我国电力供应中占据主导地位，而煤炭作为主要燃料，其质量直接影响发电效率和环保排放。准确、及时的煤质化验对于优化机组运行、提高发电效率至关重要。然而，传统煤质化验技术存在耗时长、精度不足等问题，难以满足现代火电厂对煤质快速分析的需求。在“双碳”目标下，我国对环保的需求越来越迫切。煤质化验技术分析能够对煤炭资源进行分级，使煤炭企业根据煤质化验技术分析报告评价煤的质量和适用范围；对于煤炭开采，评估煤炭资源储量有着重要的参考价值。^[1]近年来，随着分析仪器和数据处理技术的进步，煤质化验领域出现了一系列新方法和新技术，为提高化验效率和准确度提供了新的可能。同时，大数据和人工智能技术的发展为煤质数据的深度应用开辟了新途径。如何将先进的化验技术与智能分析方法相结合，以实现火电厂效率的全面提升，成为亟待解决的问题。本研究旨在探索先进煤质化验技术在火电厂的应用，分析煤质参数对发电效率的影响机理，并提出基于智能分析的效率优化方案。通过理论分析与实践验证相结合，为火电厂提高煤质管理水平和运行效率提供科学依据和技术支持。

一、火力发电厂煤质化验技术与效率提升的意义

火力发电厂煤质化验技术的创新和应用对提高发电效率、减少环境污染、优化经济效益具有重要意义。通过不断改进和推广先进的煤质化验技术，火力发电行业可以在提高能源利用效率、

降低环境影响和增强市场竞争力方面取得显著进展，从而实现更可持续、更高质量的发展。

（一）提高发电效率，降低能源消耗

准确的煤质化验技术对于优化火力发电厂的运行效率至关重要。通过精确分析煤炭的成分和特性，可以更好地调整燃烧参

作者简介：姓名 葛益含，性别 女，出生年月 1998.2，民族 汉族，籍贯 吉林省四平市，学历 本科，职称 助理工程师，研究方向：火力发电厂煤质化验工作

数，提高锅炉效率，从而实现更高的发电效率。

例如，利用高精度热值仪进行发热量分析，可以精确测定不同批次煤炭的热值。这使得发电厂能够根据煤炭的实际热值调整给煤量，避免因热值估计不准确导致的过量或不足给煤，从而优化燃烧效率。某300MW机组通过应用高精度热值仪和实时热值监测技术，实现了对煤炭热值的动态调整，年均发电效率提升了0.5个百分点，相当于每年节约标准煤约8000吨。

此外，多元素联合分析技术的应用使得发电厂能够全面了解煤炭的元素组成。例如，通过同时分析煤中的碳、氢、氧、氮、硫等元素含量，可以更准确地预测煤的燃烧特性，从而优化燃烧控制策略。某600MW机组应用多元素联合分析技术后，燃烧效率提高了1.2%，年节约标煤约2万吨。

（二）减少环境污染，促进可持续发展

先进的煤质化验技术有助于火力发电厂更好地控制污染物排放，减少环境影响。通过精确分析煤中的硫、氮、灰分等有害元素含量，发电厂可以采取针对性的脱硫、脱硝和除尘措施，有效降低污染物排放。

例如，采用X射线荧光光谱法（XRF）进行煤中硫含量的快速分析，可以实现对入厂煤硫含量的实时监测。某1000MW机组应用XRF技术后，能够根据煤中硫含量的变化及时调整脱硫剂用量，脱硫效率提高了3%，二氧化硫排放量降低了15%。

同时，利用工业分析技术中的自动化采样系统和在线分析仪，可以实现对煤中灰分、挥发分的连续监测。这使得发电厂能够及时调整燃烧工况和除尘设备参数，有效控制颗粒物排放。某500MW机组应用该技术后，除尘效率提高了2%，颗粒物排放浓度降低了20%。

（三）优化经济效益，提高市场竞争力

准确的煤质化验技术能够帮助火力发电厂更好地进行燃料管理和成本控制，从而提高经济效益和竞争力。通过精确的煤质分析，发电厂可以优化煤炭采购策略。例如，利用近红外光谱技术（NIR）对煤炭进行快速分析，可以在煤炭入厂时迅速获得其主要品质参数。某大型火电厂应用NIR技术后，平均每年可节约燃料采购成本约1000万元，因为他们能够更准确地评估煤炭质量，避免购买不合格或价格偏高的煤炭。

先进的煤质化验技术有助于优化机组运行方式。例如，通过建立基于煤质参数的锅炉效率模型，可以实现对不同煤种的最佳配比和燃烧参数的智能优化。某2×600MW电厂应用这一技术后，年均发电煤耗降低了5 g/kWh，相当于每年增加利润约2000万元。

高精度的煤质分析还能帮助发电厂更好地应对电力市场的波动。通过准确把握燃料成本，发电厂可以更灵活地制定竞价策略，在保证利润的同时提高市场份额。某参与电力现货市场的火电厂通过应用先进的煤质化验和分析系统，年均增加市场交易电量3亿 kWh，额外创造利润约5000万元。

二、火力发电厂煤质化验技术中所存在的问题

火力发电厂煤质化验技术虽然取得了显著进步，但在采样制

样的代表性、分析方法和设备的精确性，以及数据解析和应用的有效性等方面仍存在诸多问题。这些问题的存在限制了煤质化验技术在提升发电效率、降低环境影响和优化经济效益方面的潜力发挥。

（一）采样和制样环节的不确定性

采样和制样是煤质化验的首要环节，但这一过程中存在诸多不确定性，可能导致最终分析结果出现偏差。采样的代表性问题突出。由于煤炭在运输和储存过程中可能发生分层、分离现象，单一位置的采样难以真实反映整批煤的质量特征。而对煤炭质量样本规格的选择不到位，也有可能影响煤质化验结果的准确性，比如煤炭规格选择过大或者过小，煤炭颗粒直径大于或者小于6 mm。^[2]例如，某1000MW机组在使用传统人工采样方法时，发现不同采样点的热值差异可达300–500 kJ/kg，这种差异可能导致锅炉给煤量的错误调整，影响发电效率。制样过程中的粉碎、缩分等操作也可能引入误差。例如，在某500MW机组的日常煤质分析中，由于制样设备磨损导致的不均匀粉碎，造成同一批次煤样的工业分析结果差异超过允许范围的情况时有发生，影响了化验结果的可靠性。此外，采样频率不足也是一个普遍问题。许多电厂仍然沿用每日或每班次采样一次的传统方法，难以及时反映煤质的动态变化。^[3]针对以上问题，需要加强采样和化验过程的标准化管理，提升化验设备的技术水平，加强人员培训和规范操作，统一化验标准，同时考虑环境条件对化验结果的影响，以提高煤质化验的准确性和可靠性，促进火力发电厂的高效运行和环保达标。

（二）分析方法和设备的局限性

尽管煤质化验技术不断进步，但现有的分析方法和设备仍存在一些局限性，影响了分析结果的准确性和实用性。

某些分析方法的精度和灵敏度仍有待提高。例如，在硫分析中，传统的重量法虽然准确度高，但耗时长且操作复杂。而快速的X射线荧光法（XRF）在低硫煤分析时精度不足，某300MW机组在使用XRF法分析低硫煤（硫含量<0.3%）时，测量误差可达15%以上，影响了脱硫系统的精确控制。^[4]一些先进设备的稳定性和可靠性有待改进。例如，某1000MW机组引入的在线煤质分析仪，在连续运行3个月后出现数据漂移现象，分析结果与实验室化验产生较大偏差，影响了机组的经济运行。此外，不同分析方法间的一致性也是一个问题。例如，在热值测定中，氧弹热量计法和绝热量热法的结果可能存在系统性差异。

（三）数据解析和应用的挑战

煤质化验产生大量数据，但如何有效解析和应用这些数据，实现对机组运行的精确指导，仍面临诸多挑战。

数据的实时性和准确性难以兼顾。快速分析方法虽然能提供实时数据，但精度往往不如传统方法。某2×600MW电厂在应用微波水分仪进行煤炭水分快速测定时，发现其结果与实验室烘干法相比，平均误差达到0.5%–1%，这种误差累积可能导致锅炉效率计算的显著偏差。^[5]不同煤质参数间的关联性分析不足。例如，煤的热值、水分、灰分等参数之间存在复杂的相互关系，但许多电厂仍然单独考虑各项指标，忽视了参数间的交互影响。某

1000MW 机组在建立煤质 - 效率模型时, 仅考虑热值变化而忽视了灰分的影响, 结果导致模型预测效率与实际运行效率存在明显偏差。煤质数据与其他运行参数的融合应用不够深入。

三、火力发电厂煤质化验技术与效率提升的有效策略

通过优化采样和制样技术、引入先进分析技术和设备、加强数据分析和智能应用, 火力发电厂可以显著提高煤质化验的准确性和实用性, 从而实现发电效率的全面提升。这些策略不仅有助于提高单个电厂的经济效益和环保表现, 还将推动整个火电行业向更高效、更清洁的方向发展。随着技术的不断进步和创新, 未来火力发电厂的煤质化验和效率管理将迎来更大的突破, 为能源转型和可持续发展做出重要贡献。

(一) 优化采样和制样技术

采用先进的采样和制样技术是提高煤质化验准确性的关键。通过优化这一环节, 可以显著提高后续分析结果的代表性和可靠性。推广使用自动采样系统。这类系统能够在煤炭输送过程中连续、均匀地取样, 大大提高了样品的代表性。例如, 某1000MW 机组引入了带 cross-belt 采样器的自动采样系统, 实现了对入厂煤的全天候、全方位采样。^[8]该系统每小时可采集多个样品, 采样精度提高了50%, 有效降低了因采样不当导致的热值误差, 年均节约标煤约1万吨。改进制样设备和流程。采用先进的制样设备, 如智能缩分机、微粉碎机, 可以提高样品的均匀性和稳定性。某600MW 机组更新了制样设备, 引入了带自动清洗功能的智能制样系统, 样品的一致性提高了30%, 分析结果的重复性误差降低了40%。建立严格的质量控制体系。通过制定详细的采样和制样标准操作程序(SOP), 并定期进行人员培训和设备校验, 可以最大限度地减少人为误差。某大型火电厂实施了全面的质量控制体系后, 煤质化验结果的可靠性显著提高, 与第三方检测机构的对比偏差降低到了2%以内。

(二) 引入先进分析技术和设备

采用先进的分析技术和设备可以提高煤质化验的精度、效率和全面性, 为发电厂的精细化管理提供有力支持。

推广使用快速、高精度的分析仪器。例如, 采用热重分析仪(TGA)进行工业分析, 可以在20分钟内同时获得水分、挥发分、固定碳和灰分的数据, 大大提高了分析效率。某500MW 机组引入TGA后, 日常煤质分析时间缩短了60%, 为及时调整运行参数提供了可能。^[7]

发展在线监测技术。通过在煤粉給料系统安装近红外光谱(NIR)在线分析仪, 可以实现对入炉煤质的实时监测。某1000MW 机组应用NIR技术后, 实现了对煤中水分、灰分的连续监测, 锅炉效率提高了0.5个百分点, 年节约标煤约1.2万吨。

推进多元素快速分析技术。例如, 采用X射线荧光光谱仪(XRF)可以快速分析煤中的主要元素和微量元素。某2×600MW 电厂引入便携式XRF分析仪后, 能够在煤场快速检测煤中的硫、氯等有害元素含量, 为燃料掺烧优化提供了依据, 年均脱硫剂用量降低10%, 设备腐蚀事故率下降30%。

(三) 加强数据分析和智能应用

通过深入的数据分析和智能应用, 可以充分发挥煤质化验数据的价值, 实现发电效率的全面提升。建立煤质 - 效率数学模型, 通过收集大量运行数据, 结合机器学习算法, 建立煤质参数与锅炉效率、机组热耗等关键指标的关联模型。某1000MW 机组应用这一模型后, 实现了根据入炉煤质自动优化燃烧参数, 机组年均效率提高0.3个百分点, 相当于节约标煤约5000吨。^[8]

开发智能化燃料管理系统。通过整合煤质数据、库存信息和市场价格, 开发智能化的燃料采购和配煤系统。某大型火电厂应用这一系统后, 实现了根据煤质和价格的动态优化配煤, 年均节约燃料成本3000万元。

推进煤质数据与其他系统的集成。将煤质数据与DCS(分散控制系统)、环保设备控制系统等集成, 实现全厂范围的协同优化。某2×1000MW 电厂实施了这一集成后, 不仅提高了机组效率, 还实现了污染物排放的精确控制, 氮氧化物排放浓度稳定在30mg/Nm³以下, 较原来降低了20%。^[9]

结论:

综上所述, 本研究通过综述当前火力发电厂煤质化验技术, 分析煤质参数对锅炉燃烧效率和机组热效率的影响, 提出了若干改进的煤质快速检测技术, 如近红外光谱法和X射线荧光法, 并验证了其在提高检测速度和准确度方面的优势。进一步探讨了煤质数据的智能分析和应用方法, 建立煤质 - 效率数学模型, 结合人工智能算法, 实现入厂煤种优化配比和燃烧参数的动态调整。通过这些改进措施, 火力发电厂能够显著提高发电效率、减少环境污染、优化经济效益, 推动火电行业向更高效、更清洁的方向发展。^[10]

参考文献:

- [1]王可峰. 煤质化验技术分析在火力发电产业的重要性[J]. 产业创新研究, 2023,(14):120-122.
- [2]王可峰. 煤质化验技术的应用及常见问题的解决方法分析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2023,(14):121-123.
- [3]葛万吨. 煤质化验技术与常见问题探讨[J]. 齐鲁石油化工, 2022,50(02):167-170.
- [4]饶华, 杨勇, 吴抒轶. 人工智能技术在煤质无人化验系统中的应用[J]. 煤炭加工与综合利用, 2022,(09):63-67+74.
- [5]张庆棠. 浅谈煤质化验技术的应用及常见问题解决[J]. 矿业装备, 2022,(03):178-179.
- [6]魏帼鹰. 煤质化验技术的应用及常见问题的解决对策[J]. 当代化工研究, 2022,(02):8-10.
- [7]杨洁, 穆悦, 兰洁. 煤质化验技术的应用研究阐述[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊), 2021,(08):166-167.
- [8]李璟. 煤质化验技术及其常见问题解决方案[J]. 化学工程与装备, 2021,(02):215-216.
- [9]张仲兵, 陈法刚. 煤质化验技术在火电厂的应用及常见问题探讨[J]. 价值工程, 2020,39(33):203-205.
- [10]杜菲. 煤质常规化验操作中存在问题与误差控制技术分析[J]. 石化技术, 2020,27(05):160+152.