

燃煤电厂煤质在线检测及精度控制技术探析

邱小文

安徽芜湖芜湖发电有限公司，安徽省芜湖市，241000；

摘要：煤质参数检测是燃煤电厂重要的工作内容，通过合理的检测了解煤质中的灰分、水分和发热量；在实际检测中在线检测技术的应用较为常见，其中包含多种技术，本文着重分析煤质在线检测技术，并探讨影响检测精度的相关因素，提出提高检测精度相关技术的应用，以此提高煤质检测精度，使其应用效果达到理想目标，从而提高燃煤电厂的经济效益和社会效益。

关键词：燃煤电厂；煤质在线检测；精度控制技术

DOI：10.69979/3041-0673.25.07.031

引言

我国地大物博，能源丰富，但相对于其他资源我国的煤炭资源占比较大；目前我国电力供应中燃煤电厂占据重要地位；煤炭作为火力发电的主要材料，其质量的高低直接影响着电厂的运行效率，同时对环境和经济效益影响较大。因此需要有效把握煤质，实现燃烧条件的优化，减少污染物的排放量，这也是保障用电安全的重要基础。基于此本文对煤质在线检测技术进行探讨，并分析精度控制技术，以期提高煤质检测精度。

1 燃煤电厂煤质在线检测技术

1.1 合理设计 MDL-200 型检测装置并应用

1.1.1 设计的原则及思路

目前燃煤电厂煤质在线检测技术中，MDL-200 型检测装置的应用较为广泛，该装置的应用原理是 X 射线吸收法，不仅能够对煤质的发热量进行检测，还能够完成硫分和灰分的分析。在检查前进行装置的合理设计，将调整模块设置在装置中，从而应对多变环境及煤质复杂情况下的检测，此时装置适应性增加，可更好地适应水分和颗粒度，且测量精度较高。在实际检测中，选择探测器安装在煤流上方，探测器工作后发出射线，运行过程中由于测量设备与煤流存在一定距离，所以无磨损现象。

1.1.2 装置的构成及应用流程

MDL-200 型检测装置的系统除了控制装置外，还包括探测装置；总体而言，煤炭通过入炉皮带进入燃烧炉，此时在皮带上方进行检测仪器的安装，使用电控箱对此类仪器进行控制，并与柜机建立联系，而柜机内除了设

置工控和接口机外，还进行显示器的设置，将相关设置连接通信线路，以便实时监测数据的传递^[1]。具体工作流程如下：检测装置安装后通过射线对通过的皮带及上方物料进行扫描，此时可对煤质进行实时分析，从而获取发热量、灰分和水分等参数，在检测环节中，检测装置与物料之间存在一定的距离，所以无须停机检测，可在正常生产过程中完成检测。

1.1.3 效果分析

在检测过程中为了有效分析该装置的检测精度，可详细记录检测数据，并与传统检测数据进行比较。有研究指出，传统检测结果符合行业指标，而 MDL-200 型检测装置的应用，其结果与传统检测结果相比虽有误差，但范围较小，说明该方法具有良好的应用效果。

MDL-200 型检测装置检测过程中能够及时获取煤质信息，且及时传递到处理中心，不仅能够测量皮带输送量和给煤机量，还能够对煤仓煤量进行实时监测，电厂可根据这些数据进行仓储的调整，以保证生产效率。另外，通过在线检测获取煤质实时参数后，有利于调整各个燃烧指数，并调整煤磨机，进一步促进燃烧效率的提升，同时该检测方法，还能够对各个环境指标进行控制。检测既能够分析燃煤成本，又能够动态化分析发电成本，相关数据能够为电厂经济效益的提升提供参考。

1.2 LIBS 检测方法的设计与应用

1.2.1 煤质光谱特征的提取

煤炭有可燃烧的特点，在供电系统中起到重要作用。煤炭具有复杂的组成成分，煤炭资源在燃煤电厂的存在方式为煤粉颗粒，煤质中蕴含的元素较多，使用 LIBS 技术能够对 S 以外的元素进行检测。结合光谱信息获取

光谱图，分析煤质相关元素特征，并对相应的光谱线进行分析，进而提取物理及化学信息，从而为煤质检验的后续工作提供参考。煤质光谱线相关信息提取后，相关技术人员进行预处理，进行光谱线的合理选择，以此为条件进行检测，从而保证监测准确性的提高。提高检测量并对平均值进行合理计算，能够缩小误差范围^[2]。在检测过程中如果发现煤质存在问题，则将监测的光谱线通过激光发射到检测系统，从而观察数据变化。对煤质光谱数据在相同条件下进行多次检测，能够避免误差较大的现象发生。

1.2.2 以 LIBS 为基础的智能检测模型构建

煤炭的性质称为煤质，样品不同其煤质指标也存在一定的差异。在光谱数据上应充分观察煤质水分、灰分和挥发分等数据变化情况，总结相关特征，明确煤质与光谱特征之间的联系。在实际检测中能够发现各种煤质存在统计学意义的差异。采用 LIBS 技术进行光谱数据的获取，同时将煤质指标与光谱数据结合，建立模型完成分析，能够获得各个数据的检测值。

1.2.3 进行电厂煤质变量元素的检测

煤炭是一种有机物质，属于天然资源，具有复杂性特点，其中蕴含的元素较多，硫、碳、氧、氢为主要成分，除此之外还有较多金属元素。煤炭的性质和使用途径受到上述元素比例的影响，所以在煤质检验中准确检测元素含量具有重要意义。LIBS 技术属于元素检测技术的一种，具有无损害、快速的特点，应用前景可观。在实际检测中可利用 C 原子谱线相关因素受到光谱信号影响的原理，进行煤质的监测。实际应用期间，煤炭样品和激光之间产生相互作用，进而生成等离子体，其能够发射光谱信号，且信号中包含煤炭相关元素的特征谱线^[3]。如果检测过程中激光与不同样品产生作用，就会导致不同基体效应的发生，这会导致检测准确性受到影响。为了提高煤炭相关元素检测的准确性，需要对光谱信号对 C 原子谱线影响的相关因素进行明确。对各项参数进行优化，进而降低基体效应，促进光谱信号准确性的提高。煤炭样品黏合性、致密度和颗粒度是导致物理性质差异产生的原因，其会对样品与激光之间的相互作用产生影响，不利于光谱信号的发射。因此需要合理地选择谱线，以信号强、稳定性高的谱线为主，进而完成定量检测。

1.3 中子活化技术

该技术在煤质检测中的应用，主要是煤炭中各个元素与中子之间会产生核反应，同时 γ 射线产生，其能量特征明显，在检测的过程中，可通过对该射线的能量及强度进行测量的方法获取煤炭中各个元素的含量，最终完成煤质的分析。例如：使用中子活化技术检测时，碳元素被击中，进而产生 γ 射线，其具有特定能量，检测过程中对这种射线进行分析，能够有效计算出碳元素含量。该技术应用过程中能够对多种元素进行同时测量，且精确度较高；煤炭的物理性质不会对该技术的应用造成影响；但实际应用中设备具有复杂性特点，需要投入大量成本，还要对设备加强保护。

1.4 近红外光谱技术

近红外光谱技术的应用过程中，通过红外光照射煤炭，此时煤炭中的有机物质会产生光谱，此时对光谱进行分析，不仅能够明确煤的成分，还能够确定其性质。使用近红外光照射过程中，甲基和羟基存在一定的差异，主要体现在吸收峰方面，因此检测人员可分析吸收峰的强度和位置，进行煤质的判断。该方法为非接触检测方法，对样品不会造成破坏且能够快速完成检测。但检测过程有较高的样品要求，主要体现在水分和粒度等方面，应用过程中精度相对较低。常用于煤质初步分析和快速筛查中。

1.5 微波技术

微波技术也是煤质在线检测中的常见方法，该技术利用微波在煤炭中传播，这一过程中，煤炭的灰分和水分性质与微波传播过程中的介电常数、耗损因素有着密切的联系。通过微波传播特定性的测量，反推煤质参数。例如：使用微波技术进行煤质检测时，微波的介电常数会受到煤中水分含量的影响发生改变，此时微波反射系数也发生改变，检测过程中分析反射系数能够推算出煤中水分含量^[4]。该检测技术在煤质水分检测中具有较高的敏感度，且能够快速响应，具有连续在线检测的特点，但在实际检测中，煤的形状和粒度对检测结果有较大的影响，测量精度需要进一步提升。

2 煤质在线检测中对精度有影响的相关因素

2.1 设备性能与精度

煤质在线检测中，检测精度受到多种因素的影响，其中设备自身精度是主要因素之一；检测中传感器稳定性和精度直接影响着检测结果。比如：使用中子活化技

术进行检测时,需要设置 γ 射线探测器,通过射线分析测量煤的元素含量,如果探测器计数精度和分辨率较低,那么测量精度也会随之下降。再比如:使用红外线检测技术时,光谱测量过程中仪器的稳定性和灵敏度较低也会导致检测误差的出现。一个测量系统,其整体性能较低的情况下,会导致数据处理和信号传输误差的出现;例如:使用微波技术进行检测时,信号传输如果受到干扰或传输过程中逐渐信号减弱,同样会导致测量结果的准确性下降;煤质参数计算精度受到数据处理算法的直接影响。

2.2 样品质量

煤炭属于自然形成的混合物,其具有不均匀性特点,不同部位的性质和成分存在较大差异。如果采样过程中,所选取的样品不具有代表性,哪怕所使用的检测设备具有较高的精度,也会出现检测结果偏差的情况。例如:在输煤皮带上采样时,如果仅进行表面样品采集,不对皮带中间部位和底部的煤样进行采集,就会导致样品代表性较低。

样品水分分布、粒度大小和形状差异均会影响煤质在线监测的精确性。比如:样品粒度不均时使用近红外光谱法检测,就会影响光散射,这种情况下进行光谱分析,无法有效把握结果准确性。再比如:使用微波技术进行水分测量时,如果样品中水分分布不均匀,同样会造成检测结果的误差。

2.3 检测环境

煤质在线检测中,环境是影响精度的重要因素之一,其中温度和湿度是重要的影响介质。比如:煤在温度波动较大的环境中极易出现物理性质的改变,此时如果采用微波技术进行检测,那么微波的传播特性就会被吸收,若采用红外光谱技术,光谱同样被吸收。煤表面水分含量受到湿度的直接影响,对微波技术和近红外光谱等检测技术的应用有直接影响。检测设备在运动过程中,极易受到电磁干扰^[5]。一些大型燃煤电厂,均设置大型的变频器和电机,其运行过程中极易产生电磁波,对检测设备造成干扰,进而导致信号的传输,不利于精度的提高。如果设备安装位置不当,处于振动中心,那么传感器就会发生位移和磨损,进而影响检测精度。

3 精度控制技术在煤质在线检测中的应用

3.1 定期校准及维护相关设备

为了保证煤质在线检测的精确度,相关工作人员需要利用标准样品检测的方法进行设备的校准,从而保证设备具有较高的准确性和稳定性。例如:使用中子活化技术进行在线检测的过程中,定期选择之前所测量的煤样(已知元素含量)进行再次检测,获取结果后,进行设备的校准和调整,使其保持准确性。对于近红外光谱仪器进行校准的过程中,应定期选择标准光谱方法完成,确保光谱测量具有准确性的特点。另外设备管理人员,应加大维护和保养的力度,定期检查设备的元件,如果发现损坏或老化部分,应及时更换。例如管理人员定期进行传感器部件的检查或微波水分仪的检查,如果发现积尘应及时清理,若相关部件出现腐蚀,则及时更换,避免设备性能下降。定期检查和更换近红外线光谱仪和探测器的检查,及时更换关键部件,以免设备运行稳定性差导致误差问题发生。

3.2 合理采集样本及优化处理

煤质检测人员在采集样品的过程中,应选择合理的采样方法,将具有代表性的煤作为样品的首选。例如:煤在皮带上输送时,检验人员应分层取样、多点取样,尽量采集不同位置、不同力度的样品;为了保障煤仓中煤样检测的公平性,应用旋转取样的方法,收集不同角度的样品,从而促使样品代表性的提高。样品采集后,相关工作人员应科学地完成处理工作,可进行样品的筛选,也可对其进行破碎处理,以此保障样品粒度均匀。例如使用中子活化和近红外光谱技术应用时,需要对样品进行破碎处理后混合均匀,以此提高样品均匀性。在微波技术应用过程中,检测人员应对样品水分分布情况进行了解,尽量保持均匀,为了提高这一效果,可对样品进行静置处理。

3.3 减少环境干扰

为了合理地控制检测环境中的温度和湿度,可进行针对性措施的应用。例如:采用微波水分仪进行检测时,管理人员可对检测环境的温度进行实时监测,以此为基础调整检测时机,进而修正测量结果^[6]。如果使用近红外光谱仪,管理人员可通过通风系统控制湿度,从而减少光谱受到的干扰。对于检测环境中的电磁干扰和振动干扰,可使用电磁屏蔽系统和减震系统进行控制,例如:使用屏蔽电缆替代信号传输线,为了减少设备的振动,为设备安装减振器,从而促进设备的稳定性和准确性。

4 结语

燃煤电厂的运行是否安全、环保，经济效益是否能够提高与煤质在线检测的精度控制技术有着密切的联系，本文分析了相关检测技术的应用，并提出影响精度的相关因素，总结应对措施，以期燃煤电厂运行效率和安全性的提高。

参考文献

- [1] 柯文明, 陆茂荣, 柯妍, 等. 全自动煤质化验系统的性能研究[J]. 能源技术与管理, 2024, 49(06): 30-33.
- [2] 房潇. 煤质检测过程中的质量控制方案探讨[J]. 煤炭加工与综合利用, 2024, (11): 88-90+94.
- [3] 李海柱, 龚亚林, 宋青锋, 等. 基于PGNAA技术的高精度多元素在线煤质检测系统误差分析[J]. 山西焦煤科

技, 2024, 48(11): 23-27.

[4] 黄立辉, 孙涛. 近红外检测技术在褐煤煤质在线实时测定的应用分析[J]. 仪器仪表标准化与计量, 2024, (04): 46-48.

[5] 马克富, 龚婉莉. X射线荧光光谱技术发展现状及在煤质检测中的应用[J]. 中国矿业, 2024, 33(08): 218-24.

[6] 杨松淑. 基于LIBS的燃煤电厂煤质在线智能检测研究[J]. 中国新技术新产品, 2024, (13): 9-11.

作者简介: 邱小文, 出生年月: 1991年11月, 性别: 女, 民族: 汉, 籍贯: 湖南省, 学历: 大学本科, 职称: 助理工程师/中级注册安全工程师, 研究方向: 燃煤检测智能化。