

关于利用散射能谱法测定煤灰份的研究

王庆国^① 路松行^② 崔广信^③

摘 要 通过对利用反散射能谱法测定煤灰份的可行性研究,提出了全新的测试方案,研制了先进的 HCY—1 煤灰份测定仪。

关键词 煤灰份, γ 射线, 散射, 反散射

分类号 TL81

目前,在生产过程中,对煤灰份的测定一直停留在经典的燃烧法阶段,这种方法测试效率低、周期长、取样代表性差,已不能适应工业生产的需要。例如火力发电厂在用煤时,都必须方便而及时地提供灰份这一数据。能否研究出一种直观、快捷、科学而精确的测定方法,已成当务之急。

通过反复比较和研究,我们感到利用 γ 射线反散射测试法比较理想。但要完成这个研究项目,需要完成两方面的研究工作,一是要研究反散射测试法测定煤灰份的机理与可行性;二是制定出完整科学、经济高效的测试方案。

1 可行性研究

对于利用反散射能谱法测定煤灰份的研究是一全新的课题,按照通常的理论,凡要利用散射原理进行测量,其散射源的射线能量至少要大于 50 keV,否则产生反散射的几率太小而无实用价值。为此,首先应解决散射源的问题,而在生产现场使用放射源的唯一选择只能是同位素,从能量和半衰期考虑 ^{133}Ba 最合适,但此种元素价格太高。最后经综合考虑,确定使用 ^{241}Am 。散射源选定之后,我们进行了以下几个方面的可行性研究工作。

(1) 使用高纯锗半导体探测仪,测定 ^{241}Am 的反散射谱,目的是研究反散射的效率及散射量子分布的特点,以证实康普顿反散射理论在特定情况下的正确性。测定的结论是肯定的,散射效率与源强及散射物的几何条件有关,不同的散射物会造成散射谱的不同位移,反散射量子能量的角分布恪守康谱顿定理。

(2) 对煤进行全分析,以求得煤的组份特征。分析后得知煤中灰份全是重于 C 元素的氧化物,且占绝对多数。

(3) 建立煤样标本,实测反散射能谱曲线。我们先后取了巩义市四河、大峪沟、北冶煤矿的煤样作标本,先分析其灰份,然后测其反散射谱。对谱进行的分析表明灰份愈高者,反

作者单位:①核工业部长沙 230 研究所,湖南长沙市,410011 ②洛阳大学 河南省洛阳市,471000 ③河南中孚电力股份有限公司,河南巩义市,451200

收稿日期:1998-12-28

散射能谱的峰位愈远离 60 keV (散射源的能量为 60 keV)。

从以上三方面的研究可得到以下结论: 反散射射线确实携带了煤的平均原子序数和有关信息。即不同灰份的煤, 所产生反散射谱的谱峰形状及谱峰位都是不同的, 这是反散射能谱法的物理基础。

2 测定仪的研制方案

通过可行性研究可看出, 利用反散射测定煤灰份的关键是得到煤的反散射谱曲线, 这可用谱分析器进行逐道扫描解决问题。

另外, 对反散射能谱进行剖析后发现, 其反散射谱的外形仍是一个呈正态分布的泊松曲线, 只是前沿较缓, 后沿陡而已。在确保接收 $90^{\circ} - 180^{\circ}$ 反散射粒子的条件下, 计数随灰份的变化十分明显。由此可见, 研制测定仪方案的中心思想便是要突出这一变化与灰份之间的关系。

根据以上两点, 我们设计了 HCY-1 灰份测定仪。它是一种智能化的煤灰份测定仪, 设有 4 个单道分析器, 其中 CH-3、CH-4 为校正道, CH-1、CH-2 为测量道。测量道的工作点是根据煤对 ^{241}Am 的能谱特点设定的。仪器在谱校正情况下进行工作, 每个测量点的工作时间为 50 秒, 到时自动显示该点的灰份值, 并将结果存入选定的存储地址中, 以便现场测定工作结束后随意提取记录和整理。同时也可根据需要自动换算和显示热值。该仪器具有轻便、快速、准确、可靠、直读和存储的特点, 是目前国内市场独有的专利产品。

3 煤灰份测定仪的电路概述

按照上述的研制方案所研制仪器的主要组成部分为:

- (1) 探测器及其反散射装置;
- (2) 放大器和脉冲幅度分析器及谱校正电路;
- (3) 专用的单片机及其外围电路;
- (4) 电源。

探测器选用 GDB44F 和 50×50 的 NaI(Tl) 的组合件, 使之具有较好的能量分辨率、高的量子效率、好的收集效率及稳定性; 其反散射装置是为确保散射源 ^{241}Am 的一次子射线不得直接射到 NaI(Tl) 上, 从而在源与探测器之间置一铅屏。散射源距离探测器的 NaI(Tl) 中心距离为 180 毫米, 散射源的源强为 37MBQ。

放大器由两级高速放大器 MAX428 串联而成, 其前级为受控放大器。脉冲幅度分析器由上下比较器 LM119、单稳态触发器、R-S 触发器及反符号电路组成。其中两道用于测量反散射谱的有关消息, 另外两道用于谱的校正。

谱校正电路由脉冲幅度分析器, 双 D 触发器、D/A 转换器及放大器组成。选定的 ^{241}Am 同位素的 60 keV 的一次量子, 如同反射量子一样, 被放大器所放大。在其辐射谱前后沿的适当位置上, 取出两个微分道的计数, 将这两个近于相等的计数送至 D/A 转换器, 使其保证 ^{241}Am 60 keV 粒子所产生的电压脉冲的幅度保持不变, 从而保证整个谱的输出 (0~3.5V) 是稳定的。用于测定谱段的两个脉冲分析器的输出, 送至由 80C32 为 CPU 的单片机中, 在 CPU 启动后, 按预定的程序进行测量、计算、处理和显示, 以达到现场直读煤灰份浓度的效果。

电源是采用专用的镍氢电池(6V).为了消除数字电路和模拟电路的相互干扰,通过两片 MAX883 稳压块输出+5V 模拟电压.为了使探头中的高压不干扰跟随器的信号传输,+5V 模拟电压又经过 MAX735 稳压转换为-5V 供跟随器和放大器使用.模拟+5V 还经过高压模块给探测器提供高压.

测定仪测试精度的高低,取决于脉冲幅度分析器中比较器的基准电压.为确保测试精度,模拟+5V 又通过 MAX660 提升为+10V,然后通过+5V 基准精度电压 MAX875,给比较器提供基准电压使用.

4 测定仪的主要技术指标

(1) 仪器的测量精度为:

在灰份 $<20\%$ 时,其偏差 $<1\%$ ash,在灰份 $>20\%$ 时,其偏差 $<5\%$.

(2) 当可信度为 95% 时,仪器连续8小时工作的稳定性误差 $<5\%$.

(3) 仪器可在 -10°C 到 40°C 的温度范围内和相对湿度小于 90% 的条件下正常工作,其附加误差 $<10\%$.

(4) 仪器采用 Ni-MHJ-168-2000 供电,电压为6V.

(5) 散射源 ^{241}Am 的封闭设置对工作人员毫无损害.

5 有关问题的讨论

5.1 散射源的选择

由于这里的散射源纯粹是为了反散射而考虑的,所以要求散射能量必须是单一且适中,适用的反散射的射线能量不得低于 50 keV ,否则反散射几率太小.若能量过高,反散射效率会大大提高,但产生过多的低能成分,又会造成放大器阻塞;若能量过低时,又会使产生反散射峰位移的线形段范围变小,使我们分析的范围缩小.鉴于此,选择的能量范围以 100 keV 左右为最好.

5.2 谱稳定技术的引入

严格地讲,煤灰份测定仪就是一台能谱仪.它是根据反散射谱峰位的能量来确定其煤灰份的.因而,峰位能量的准确与否,便直接影响了测量的精度.能谱仪的最主要的技术指标是谱漂移,而它的主要影响因素是:探测器的输出随环境温度的变化而变化.目前克服这一因素的方法是谱自稳技术.能谱自稳是一专门技术,必较复杂,其方法也有多种,这里不专门讨论,只就我们所采用的设置参考源的问题作一介绍.

设置参考源法是谱自稳常用的方法.在设置参考源时,首先要考虑的是参考源与被测源之间的相互影响问题.煤灰份测定的散射源已定为 ^{241}Am ,说明测量对象是小于峰位为 60 keV 的一个谱分布,参考源就必须大于这个能量值,究竟有多大为好,则是一个值得考虑的问题.首先是参考源的谱分布不得落入测量道中;其次是测量对象的谱成份又不得落入自稳道中.根据探测器对 ^{241}Am 的能量分辨率来看, ^{241}Am 的高端分布可达 72 keV 左右,这就要求参考源的低端分布,最好不要越过 72 keV 为好.参考源的能量过高,便会引起强烈的低能谱段干扰,使得在低能端的测量无法进行;能量适当则可免除这种干扰,且又可减少放大倍数的过大差异而引起的麻烦.经慎重考虑之后,决定使用 ^{241}Am 的全能峰校正更为合适,但这样就必须采取措施,使之谱校正和测量分时进行.由严格的机械控

制和程序控制来完成, 这样就使得校正能量更接近测量能量, 从而保证了测量谱段的测量精度更高.

5.3 本底测量的引入

为了能够测量具有弱放射性煤的灰份值, 我们增加了测本底功能和自动减本底的程序控制.

6 结 论

由以上讨论可见, 反散射能谱法是现场快速测定原煤灰份的新方法. 其快速、准确的优点是现行的其它方法所无法比拟的. 根据此种方法研制的便携式的 HCY—1 煤灰份测定仪, 不仅具有极高的灵敏度, 而且具有严格的反散射装置和严密的自稳技术, 配以稳定的电路和先进的微机技术, 使得测量结果准确可靠, 并可自动显示结果, 是现代化的智能化设备, 满足了大型电厂、煤矿和运煤生产线的迫切需要, 解决了工业生产中的一个迫切解决的难题. 该产品已通过河南省科委所组织的技术鉴定.

On Determinating Coal-ash Share with Scattering Energy Spectrum Method

Wang Qingguo

(Changsha Nuclear Industry Institute)

Lu Songxing

(Luoyang University)

Cui Guangxin

(Henan Zhongfu Power (LTD) Company)

ABSTRACT Through feasibility studies of determination to coal-ash share with backscattering energy spectrum method, the recent test scheme is raised. The advanced HCY—1 test instrument of coal-ash share is manufactured.

KEY WORDS coal-ash share, γ ray, scatter, backscatter

(上接第 9 页)

Some Properties of Gradient Projection Operator for Change of Scale

Li Xiangchao

(Luoyang Accounting School)

Jiang Xuejun

(Dalian University of Science and Engineering)

Wang Yiju

(Qufu Normal University)

ABSTRACT Some properties of gradient projection operator for change of scale are given.

KEY WORDS gradient projection operator for change of scale, monotonicity, stable point