

# 在线中子活化煤质分析仪在煤矿的应用

时间:2009-5-11 来源: 中国煤炭网

在线煤质分析仪应用于煤炭业已有 20 多年的历史，其稳定的销量足以证明其价值。在线分析仪通过提供实时信息为煤厂各煤种的质量控制和生产管理提供了极大的帮助，如果依赖化验室，这些数据只能在采样后的数小时甚至数天后才能得到。

近年来，随着经济下滑，生产优化和料堆控制变得尤为重要。煤炭业的持续下滑导致该行业重新关注煤炭质量管理，从而提高客户满意度最终增加煤炭销量。同时也提高矿区资源的有效利用，使原先认为煤质不达标的资源可以有选择地开采。为达到上述目的，煤炭生产商和煤炭用户开始寻找更为经济且仍然高精度煤质分析仪。随着人们对环境的日益关注，特别是对硫释放的关注导致法律对污染控制更加严格。新近设计的皮带在线中子活化煤质分析仪（PGNAA）恰好可以满足上述要求。

## 1 在线煤质分析技术与设备

### 1.1 双能量伽玛传输技术（DUET）

DUET 仪器|仪表自 20 世纪 80 年代早期上市以来，已成为在线煤质监测设备家族中的重要一员。该设备价格相对低廉，安装便捷，可以直接在皮带上进行在线煤质分析，只要是分析固定煤种，DUET 分析仪测定煤质灰分就可以达到相当的精度。它利用两个  $\gamma$  射线源贯穿煤层而测量灰分。对给定的煤种，该设备的测定精度为：一个标准偏差下 0.5%~1%。该设备的主要缺点是其标定与煤种有关，特别是在灰中的铁和钙元素变动很大的情况下。

该设备的用途包括：监测运送到选煤厂的原煤；监测洗净的精煤；给选煤厂提供反馈信息；通过混煤优化资源利用，使之达到一定的质量目标；监测送往用户的煤质是否达到合同要求的质量。

### 1.2 自然伽玛射线技术

另一种广泛使用的简单的分析仪能够测定煤中的自然放射性大小，并将其与灰分联系起来。这种煤质分析仪不需要放射源，对影响 DUET 系统的铁和钙元素的变化不敏感。

然而，作为一种“被动”的系统，该分析仪的精度大约只为 1%~2%，其理想应用是测量厚煤层的灰分，例如原煤输送机或选煤厂入料输送机上的煤质，在煤层很厚时，这仍然是测定

灰分的唯一技术。然而，该分析仪同样与煤种有关，因为它依赖与灰分相关的自然伽玛放射素的存在（如钾）。

### 1.3 快速伽玛中子活化分析技术（PGNAA）

为满足市场上对具有高精度却与煤种无关的灰分仪的需求，上世纪 80 年代中期开发了首台 PGNAA 旁线分析仪。该分析仪最常用于电厂配煤控制，以及选煤厂控制和煤的分选和销售煤的质量控制。除了测定人们通常感兴趣的灰分，水分，发热量以外，还可以测定灰分中的硫分，美国清洁空气法案要求电厂对 SO<sub>2</sub> 的排放进行控制，该分析仪也可以测定对锅炉结焦有影响的 Na 和 Cl。

这种旁线分析仪需要采样设备把煤从皮带上采初样。煤样通过垂直溜槽进行中子照射分析。在几分之一秒的时间内，吸收的能量以伽玛辐射的形式释放出来。由于每一元素具有特定的伽玛射线光谱，光谱可以拆解成组成元素的光谱，从而确定煤中的元素成分。。该技术与煤种无关，所以很有吸引力。

元素分析通过计算组合，可以得出灰分，发热量和挥发分。该分析仪对灰分的分析精度 0.25%~0.4%。

该分析仪本身价值数十万美金，而且配套的采样和传输系统也价格不菲，这就限制了分析仪的广泛使用。

#### 2PGNAA 皮带在线分析仪的应用

直到最近，把 PGNAA 直接用于在线测量输送机上的煤质测试才获得成功。实验结果虽不能达到通常旁线 PGNAA 分析仪低于 0.4%的精度，但使得系统成本大为降低。理论计算表明，溜槽通过式的 PGNAA 分析仪不存在皮带在线分析时受到煤层厚度变化和煤质垂直方向分布不均匀的问题。

与 PGNAA 旁线分析仪相比，PGNAA 在线分析仪的优势体现在该设备不需要安装采样楼，可以直接放在主皮带上使用。因此，大大节省了采样和传输设备的安装和维护成本。除此之外，也避免了采样偏差，因为在线分析仪是对整个煤流进行分析。

除了煤层很厚的现场之外，在线分析仪可以在任意位置安装。在煤层厚度超过 35cm，使用通过自然放射性来测定灰分的分析仪仍然是合适的。

PGNAA 在线分析仪的适用性意味着它可以分析各种不同的煤种，工厂试验已经证明了其准确测定煤质的能力。由于该设备能够准确、实时地分析灰分、水分、硫分、发热量、灰分中的氧化物和其他参数，能进行更好的配煤和选煤。因此，降低了工厂的生产成本。分析结果可以实现每两分钟更新一次，便于工厂相应进行快速调节。

### 3 皮带在线分析仪的发展

#### 3.1 工厂测试

以 PGNAA 旁线分析仪的技术为基础，加上经济、可靠和高速的现成的电脑处理芯片，克服了早期 PGNAA 在线分析仪遇到的困难。工厂测试首次表明可以对输送机上煤质成分的变化进行修正补偿，基于此结果，就可以进行分析仪的现场试验了。

#### 3.2 现场试验

2000 年 3 月，Scantech 公司在澳大利亚昆士兰州进行了 COALSCAN9500X 型 PGNAA 在线分析仪的商业化现场试验。在现场，卡车把煤运到料仓中，然后三级破碎机把煤加工成最大粒度为 90mm。分析仪安装在破碎机之后的 1050mm 宽的输送机上，把煤送入 1000t 的料仓。皮带上煤层在厚度 100~400mm 之间变动。分析仪后面装有皮带刮扫式自动采样系统，煤可以直接从缓冲仓装到火车上或者地面运输至电厂，电厂的自动采样系统测定每个班的结果，并与分析仪的分析结果相比较以进行核实，这是 PGNAA 分析仪的典型应用。

通过动态采样可以检验仪器在工厂里按静态煤样所作的标定是否准确。将所有的动态采样均按双倍收集以评估采样误差，化验室的误差，以及分析仪误差。当年进行了 6 次采样比较，使分析仪涵盖了一系列不同煤种、煤厚以及皮带垂直方向上不均匀的分布。每次采样比较会收集 10 份双倍样本，送到两个权威化验室进行分析。因此每一样本会有三个结果（分别来自化验室 1、化验室 2 和分析仪）。由于一些外部因素的影响，每次收集的样本数量比预定的 30 个（ $10 \times 3$ ）要少。

#### 3.3 现场试验的结果

每个样本均在 PGNAA 分析仪后的某一位置由皮带刮扫双倍收取，奇数样本送往化验室 1，偶数样本送往化验室 2，每 90 秒采样一次，根据选煤厂的工作状况，样本在 1~3 小时内采完，每次采样均依照 ASTM 标准。

尽管该试验原先并不研究采样和化验室的精度，但任何一项新技术都必须与现有的方法进行比较，再来讨论彼此之间有哪些不同。两个样本分析结果的不同使检验分析仪标定结果变得更加不确定。样本按照 GRUBBSESTIMATOR 方法进行评估。

双倍收集样本提供了公平、独立地评估化验室和分析仪的误差手段。事实上，由于试验中动态样本的收集特别仔细和严格，化验室结果的准确性很可能优于日常进行的传统化验结果。我们预见分析结果会有发散分布，但是 7 月份两组化验室结果的灵敏性不同，8 月份出现了偏移误差。化验室结果的不可靠性增加了需要用现场数据标定分析仪的困难，两组化验室灰分结果的标准偏差是 1.02%。如果这一结果是在线分析仪和化验结果的偏差，通常是不能被接受的。

### 表 1 皮带在线分析仪灰分精度的 Grubbs 估算值（略）

通过 GRUBBSESTIMATOR 方法可以单独估算分析仪精度以及每一个化验室的精度。表 1 汇总了这些估算精度，分析仪的估算精度高于化验室的估算精度。

数据中有明显的偏离点，因此在舍弃了这些偏离点数据后对估算精度重新进行了计算。舍弃这些数据采用两级步骤，即分别对 35 个样本，32 个样本以及全部 36 个样本进行了评估。分析仪的灰分估算精度达到了 0.25%，对适当标定的 PGNAA 分析。