



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102519993 B

(45) 授权公告日 2014. 05. 21

(21) 申请号 201110460686. 9

(22) 申请日 2011. 12. 31

(73) 专利权人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区 100084-82 信箱

(72) 发明人 衣宏昌 程建平 林谦

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事

务所(普通合伙) 11201

代理人 张大威

(51) Int. Cl.

G01N 23/20(2006. 01)

(56) 对比文件

DE 102005020567 A1, 2006. 11. 09, 说明书第 1、14-15 段, 第 16 段 1-4 行, 说明书第 21 段和附图 1.

US 4566114, 1986. 01. 21, 全文.

US 2010/0303201 A1, 2010. 12. 02, 说明书第

1 段、第 15 段、说明书第 28 段右栏部分第 1-16 行、说明书第 29 段第 5-9 行和附图 1.

DE 20309010 U1, 2003. 10. 02, 全文.

Manchun Liang et. al. .Newcorrect ionmethodfordynamicerrorinon-linegamma raythicknessdetection. 《Applied RadiationandIsotopes》. IEEEI, 2009, 第 67 卷全文.

审查员 林朋飞

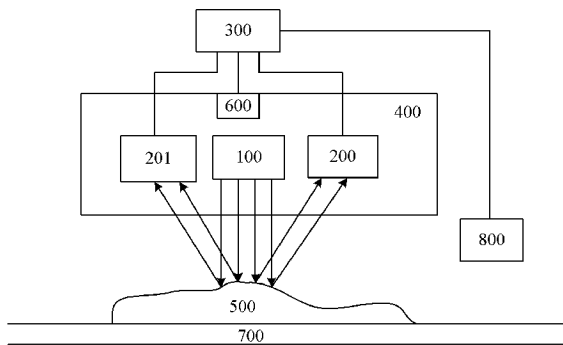
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置及检测方法

(57) 摘要

本发明提供一种反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置及检测方法, 该检测装置包括: 射线装置, 位于被测煤流的上方, 用于对被测煤流发射 X 射线; 至少一个 X 射线探测装置, 位于被测煤流的上方, 用于测量被测煤流反射的 X 射线的能谱; 测距传感器, 位于被测煤流的上方, 用于测量被测煤流到 X 射线探测装置的距离, 和计算装置, 至少一个 X 射线探测装置、测距传感器各自与所述计算装置连接, 以将所测得的能谱与距离传输至计算装置, 计算装置根据能谱与距离计算被测煤流的灰分和发热量。本发明通过采用 X 射线发射装置取代传统的放射源, 提高射线源管理的安全性, 并且根据本发明的检测方法有利于提高测量精度。



1. 一种反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置,包括:

射线装置,位于被测煤流的上方,用于向所述被测煤流发射 x 射线,其中,所述射线装置包括 X 射线管,所述 X 射线管工作管电压为 10kV-200kV;

至少一个 X 射线探测装置,位于所述被测煤流的上方,用于测量被所述被测煤流反射的 X 射线的能谱;

测距传感器,位于所述被测煤流的上方,用于测量所述被测煤流到所述 X 射线探测装置的距离;

计算装置,所述 X 射线探测装置与所述计算装置连接,将测得的所述 X 射线的能谱传输至所述计算装置,所述测距传感器与所述计算装置连接,将测得的所述被测煤流到所述 X 射线探测装置的距离传输至所述计算装置,所述计算装置根据所述能谱与距离计算出所述被测煤流的灰分和发热量。

2. 如权利要求 1 所述的反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置,其特征在于,所述射线装置发射的 X 射线包含能量连续的韧致辐射 X 射线,所述至少一个 X 射线探测装置用于测量所述韧致辐射 X 射线被所述煤流反射后的 X 射线的能谱,所述计算装置根据所述反射的 X 射线的能谱,以及所述测距传感器测量到的所述煤流到所述 X 射线探测装置的距离,计算所述被测煤流的灰分和发热量。

3. 如权利要求 1 所述的反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置,其特征在于,还包括标准块,所述标准块位于所述被测煤流的上方,其中:

在所述煤流的测量过程中,所述标准块被提起,使得所述射线装置发射的 X 射线直接照射到所述煤流,被所述煤流反射的 X 射线到达所述 X 射线探测装置,整个过程不受所述标准块阻挡;

当停止运输煤炭时,所述标准块被置于运输带与所述射线装置、所述 X 射线探测装置之间,使所述射线装置发射的 X 射线照射到所述标准块上,所述 X 射线探测装置测量被所述标准块反射的 X 射线的能谱,用于校正所述射线装置发射的 X 射线的能谱变化。

4. 如权利要求 1 所述的反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置,其特征在于,所述 X 射线探测装置包括 X 射线探测器、高压电源和探测信号采集器。

5. 如权利要求 4 所述的反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置,其特征在于,所述 X 射线探测器为闪烁探测器、正比计数管和半导体探测器中的一种或组合。

6. 如权利要求 5 所述的反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置,其特征在于,所述闪烁探测器的窗口为铍窗。

7. 如权利要求 5 所述的反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置,其特征在于,所述 X 射线探测器的能量分辨率大于 250eV。

8. 如权利要求 4 所述的反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置,其特征在于,所述探测信号采集器包括多道脉冲幅度分析器、单道脉冲幅度分析器或电压比较器中的一种或组合。

9. 如权利要求 1 所述的反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置,其特征在于,所述 X 射线管采用银靶。

10. 如权利要求 1 所述的反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置,其特征在于,所述射线装置和 X 射线探测器设置在探测箱内。

11. 如权利要求 10 所述的反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置,其特征在于,所述探测箱的下表面距所述被测煤流的上表面最小间距为 2cm。

12. 如权利要求 10 所述的反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置,其特征在于,所述探测器箱内安装有加热与制冷装置。

13. 一种反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置的检测方法,所述反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置包括:位于被测煤流上方的射线装置、位于所述被测煤流上方的至少一个 X 射线探测装置、位于所述被测煤流上方的测距传感器以及计算装置,所述检测方法包括以下步骤:

所述射线装置对所述被测煤流发射 X 射线,其中,所述射线装置包括 X 射线管,所述 X 射线管工作管电压为 10kV-200kV;

所述至少一个 X 射线探测装置测量被所述被测煤流反射的 X 射线的能谱;

所述测距传感器测量所述被测煤流到所述 X 射线探测装置的距离;

所述计算装置根据所述反射的 X 射线的能谱与所述被测煤流到所述 X 射线探测装置的距离,计算所述被测煤流的灰分和发热量。

14. 如权利要求 13 所述的反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置的检测方法,其特征在于,

所述射线装置发射的 X 射线包含能量连续的韧致辐射 X 射线;

所述至少一个 X 射线探测装置用于测量所述韧致辐射 X 射线被所述煤流反射后的 X 射线的能谱,所述计算装置根据所述反射的 X 射线的能谱,以及所述被测煤流到所述 X 射线探测装置的距离,计算所述被测煤流的灰分和发热量。

15. 如权利要求 13 所述的反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置的检测方法,其特征在于,所述反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置还包括标准块,所述标准块位于所述被测煤流的上方,其中:

在所述煤流的测量过程中,所述标准块被提起,使得所述射线装置发射的 X 射线直接照射到所述煤流,被所述煤流反射的 X 射线到达所述 X 射线探测装置,整个过程不受所述标准块阻挡;

当停止运输煤炭时,所述标准块被置于运输带与所述射线装置、所述 X 射线探测装置之间,使所述射线装置发射的 X 射线照射到所述标准块上,所述 X 射线探测装置测量被所述标准块反射的 X 射线的能谱,用于校正所述射线装置发射的 X 射线的能谱变化。

## 一种反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置及检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及煤炭检测领域,特别涉及一种反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置及其检测方法。

### 背景技术

[0002] 煤炭灰分与发热量是衡量煤炭质量的重要参数,煤炭的发热量可以通过灰分计算出来,因此煤炭灰分在线检测技术是煤炭在线检测的重要技术。现有的煤炭灰分在线检测一般采用辐射测量技术,例如:低能伽马射线反散射法,高能伽马射线电子对效应、天然伽马射线测量法、双能量伽马射线透射法、中子活化瞬发伽马分析法。

[0003] 其中,低能伽马射线反散射法,高能伽马射线电子对效应、天然伽马射线测量法被证明均存在各种限制而导致不太适合灰分测量,因此未被广泛应用。中子活化瞬发伽马分析技术可以分析煤炭中的各元素成分,不仅能给出灰分,也能测量出煤炭中的多种元素成分。但其设备价格比其它类型设备高很多(几十倍);其采用的中子源,如钷-252,或中子管,寿命都比较低,需定期更换,进一步增加了成本;另外其测量灰分的精度,并不比双能量伽马射线透射法更高。因此,中子活化瞬发伽马分析法也不适合大规模工业应用。

[0004] 双能量伽马射线透射法测量灰分是目前应用最广的煤灰分在线测量方式,尽管其仍存在测量结果与煤中元素成分相关的局限性,但与上述其它方法比较,其在适用各种粒度、厚度、密度的动态煤流上是具有明显优势的。但是,该方法采用放射性同位素作为放射源,放射源在使用、运输、退役过程中,可能会由于泄漏而对环境产生影响,该方法的推广也因此受到制约。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的旨在至少解决上述技术缺陷之一,特别是解决现有技术中:放射源的应用限制;煤炭灰分测量受煤炭中元素含量变化的影响;反射测量受煤流厚度影响等问题。

[0006] 为达到上述目的,本发明一方面提出一种反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置,包括:射线装置,位于被测煤流的上方,用于向所述被测煤流发射 x 射线;至少一个 X 射线探测装置,位于所述被测煤流的上方,用于测量被所述被测煤流反射的 X 射线的能谱;测距传感器,位于所述被测煤流的上方,用于测量所述被测煤流到所述 X 射线探测装置的距离;计算装置,所述 X 射线探测装置与所述计算装置连接,将测得的所述 X 射线的能谱传输至所述计算装置,所述测距传感器与所述计算装置连接,将测得的所述被测煤流到所述 X 射线探测装置的距离传输至所述计算装置,所述计算装置根据所述能谱与距离计算出所述被测煤流的灰分和发热量。

[0007] 本发明采用射线装置替代放射源,来测量灰分,射线装置是通过电能来产生 X 射线的,关闭电源就不会发出射线,解决了放射源的应用限制问题。

[0008] 由于射线装置发射能量连续的 X 射线,能量不同的 X 射线与物质元素的作用截面

不同,因此与被测物质作用后被反射的 X 射线能谱中包括了很多的关于被测物质元素成分的信息,可以获得比放射源发出的能量离散的射线的反散射线更多的有用信息,可以提高灰分测量精度,改善煤炭灰分测量受元素含量变化的影响。

[0009] 根据本发明实施例的反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置,利用测距传感器测量 X 射线探测装置的探头到被测煤流表面的距离。X 射线经煤流反射后,反射 X 射线的强度与煤炭灰分之间存在一个近似的关系,即灰分越高,反射射线强度越低,根据二者的关系即可推算灰分。但反射射线强度还与反射点到 X 射线探测装置之间距离有关,反射射线强度近似随距离的平方成反比衰减。因为反射射线向各个方向都有,X 射线探测装置与反射点距离越近,能够射向 X 射线探测装置的射线数量就越多,若煤流厚度变化,则反射点到 X 射线探测装置距离就发生变化,这样系统无法区分,是灰分变化还是厚度变化引起的反射射线强度变化。而本发明实施例通过设置测距传感器,如超声波测距传感器,测量出 X 射线探测装置到煤流表面的距离,则可以校正反射射线的强度,从而得到灰分信息。另外,若采用低能 X 射线,其从煤表面被反射到探测的路程中,强度会受到空气的衰减,若测量了 X 射线探测装置到煤流表面的距离,则根据 X 射线的指数衰减规律,可以校正这部分的衰减,提高测量的精确度。

[0010] 在本发明的一个实施例中,所述射线装置发射的射线包含能量连续的韧致辐射 X 射线,所述至少一个 X 射线探测装置用于测量所述韧致辐射 X 射线被所述煤流反射后的 X 射线的能谱,所述计算装置根据所述反射的 X 射线的能谱,以及所述测距传感器测量到的所述煤流到所述 X 射线探测装置的距离,计算所述被测煤流的灰分和发热量。

[0011] 在本发明的一个实施例中,所述反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置还包括标准块,所述标准块位于所述被测煤流的上方,其中:在所述煤流的测量过程中,所述标准块被提起,使得所述射线装置发射的 X 射线直接照射到所述煤流,被所述煤流反射的 X 射线到达所述探测装置,整个过程不受所述标准块阻挡;当停止运输煤炭时,所述标准块被置于运输带与所述射线装置、所述 X 射线探测装置之间,使所述射线装置发射的 X 射线照射到所述标准块上,所述 X 射线探测装置测量被所述标准块反射的 X 射线的能谱,用于校正所述射线装置发射的 X 射线的能谱变化。由于射线装置在长期工作的过程中,其发射的 X 射线的能谱可能发生变化,将导致被所述被测煤流反射的 X 射线的能谱变化,从而影响灰分测量,而通过比较不同时间内的所述标准块反射的 X 射线的能谱,可以推导出所述射线装置发射的 X 射线能谱的变化,进而校正被所述被测煤流反射的 X 射线的能谱变化。

[0012] 在本发明的一个实施例中,所述 X 射线探测装置包括 X 射线探测器、高压电源和探测信号采集器。

[0013] 在本发明的一个实施例中,所述 X 射线探测器包括闪烁探测器、正比计数管和半导体探测器中的一种。

[0014] 在本发明的一个实施例中,所述闪烁探测器的窗口为铍窗。

[0015] 在本发明的一个实施例中,所述半导体探测器的能量分辨率大于 250eV。

[0016] 在本发明的一个实施例中,所述探测信号采集器包括多道脉冲幅度分析器、单道脉冲幅度分析器或电压比较器中的一种或组合。

[0017] 在本发明的一个实施例中,所述 X 射线发射装置包括 X 射线管,所述 X 射线管工作管电压为 10kV-200kV。

[0018] 在本发明的一个实施例中,所述 X 射线管采用银靶。

[0019] 在本发明的一个实施例中,所述 X 射线发射装置和 X 射线探测器设置在探测箱内,用于防水、防尘。

[0020] 在本发明的一个实施例中,所述探测箱的下表面距所述被测煤流的上表面最小间距为 2cm。

[0021] 在本发明的一个实施例中,所述探测器箱内安装有加热与制冷装置,所述加热与制冷装置用于保持所述探测箱内的温度恒定。

[0022] 本发明另一方面还提出一种上述反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置的检测方法,所述检测方法包括以下步骤:所述射线装置对所述被测煤流发射 X 射线;所述至少一个 X 射线探测装置测量被所述被测煤流反射的 X 射线的能谱;所述测距传感器测量所述被测煤流到所述 X 射线探测装置的距离;所述计算装置根据所述反射的 X 射线的能谱与所述被测煤流到所述射线探测装置的距离,计算所述被测煤流的灰分和发热量。

[0023] 在本发明的一个实施例中,所述射线装置发射的 X 射线包含能量连续的韧致辐射 X 射线;所述至少一个 X 射线探测装置用于测量所述韧致辐射 X 射线被所述煤流反射后的 X 射线的能谱,所述计算装置根据所述反射的 X 射线的能谱,以及所述被测煤流到所述 X 射线探测装置的距离,计算所述被测煤流的灰分和发热量。

[0024] 在本发明的一个实施例中,所述反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置还包括标准块,所述标准块位于所述被测煤流的上方。在所述煤流的测量过程中,所述标准块被提起,使得所述射线装置发射的 X 射线直接照射到所述煤流,被所述煤流反射的 X 射线到达所述探测装置,整个过程不受所述标准块阻挡;当停止运输煤炭时,所述标准块被置于运输带与所述射线装置、所述 X 射线探测装置之间,使所述射线装置发射的 X 射线照射到所述标准块上,所述 X 射线探测装置测量被所述标准块反射的 X 射线的能谱,用于校正所述射线装置发射的 X 射线的能谱变化。

[0025] 本发明提供一种反射式 X 射线检测装置及其检测方法,用于煤炭灰分和发热量的测量。本发明适合应用于煤炭的生产加工(例如煤矿、洗煤厂)与利用(例如焦化厂、火力发电厂)场所等。本发明实施例的优点体现在:

[0026] (1) 采用 X 射线发射装置取代传统的放射源(例如 Pu-238, Am-241, Cs-137, Ba-133 等),由于 X 射线发射装置在关闭电源的情况下无射线输出,提高发射源管理的安全性;

[0027] (2) 利用 X 射线发射装置发射能量连续的 X 射线能谱,测量被煤流反射回来的不同能量的 X 射线的强度变化,校正煤流厚度与煤中高原子序数元素比例变化对煤炭灰分和发热量测量的影响,提高测量的精确度;

[0028] (3) 利用距离测量传感器测量 X 射线探测装置的探头到煤流表面的距离,校正煤流厚度对煤炭灰分和发热量测量的影响,提高测量的精确度。

[0029] 本发明附加的方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

## 附图说明

[0030] 本发明上述的和/或附加的方面和优点从下面结合附图对实施例的描述中将变

得明显和容易理解,其中:

[0031] 图 1 为根据本发明实施例的反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置的结构示意图;

[0032] 图 2 为根据本发明实施例的反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置的检测方法流程图。

### 具体实施方式

[0033] 下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,仅用于解释本发明,而不能解释为对本发明的限制。

[0034] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0035] 此外,在本发明的描述中,除非另有说明,“多个”的含义是两个或两个以上。

[0036] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0037] 图 1 所示为根据本发明实施例的反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置的结构示意图。如图 1 所示,该反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置包括:射线装置 100、至少一个 X 射线探测装置、测距传感器 800、计算装置 300。

[0038] 射线装置 100 位于被测煤流 500 的上方,用于对被测煤流 500 发射 x 射线。至少一个 X 射线探测装置,位于被测煤流 500 的上方,用于测量被测煤流 500 反射的 X 射线的能量与强度。在本发明优选的实施例中,设置多个 X 射线探测装置,由于各 X 射线探测装置的射线入射窗口厚度不同,从而对不同能量的 X 射线的探测效率不同,故可获得更多的反射 X 射线能谱信息。本实施例以两个 X 射线探测装置 200 和 201 为例进行描述。测距传感器 800,位于被测煤流 500 的上方,用于测量被测煤流 500 到 X 射线探测装置的距离。计算装置 300, X 射线探测装置 200 和 201 分别与计算装置 300 电连接,以将其测得的能谱传输至计算装置 300;测距传感器 800 与计算装置 300 连接,将测得的被测煤流 500 到 X 射线探测装置的距离传输至计算装置 300,计算装置 300 根据能谱与距离计算出被测煤流 500 的灰分和发热量。

[0039] 在本发明的一个实施例中,X 射线发射装置 100 以及 X 射线探测装置 200 和 201 设置在探测箱 400 内,用于防水、防尘。其中,探测箱 400 的下表面距被测煤流 500 的上表面最小间距为 2cm。间距设置与煤流的厚度变化范围有关,需确保煤流厚度最大时,煤流不会撞击到探测箱。间距越小,测量到的反射 X 射线越多,对降低计数的统计涨落越有利,但间距越小,探测箱越容易与煤流碰撞,若间距为 2cm 时,需要煤流厚度非常平稳,一般可以安

装煤流整形装置以确保煤流厚度的平稳。探测箱 400 内还可以安装有加热与制冷装置 600，加热与制冷装置 600 与计算装置 300 电连接，由计算装置 300 通过加热与制冷装置 600 控制探测箱 400 内的温度保持恒定。

[0040] 在本发明的一个实施例中，射线装置 100 包括 X 射线探测器、高压电源和探测信号采集器。其中，高压电源给 X 射线探测器供电，根据 X 射线探测器的种类不同，高压电压的电压从十几伏到几千伏，X 射线探测器输出的信号，输送给探测信号采集器，由探测信号采集器对该信号整形处理后，进行信号采集，生成 X 射线的能谱。其中，X 射线探测器可以为闪烁探测器，闪烁探测器的窗口可以优选为铍窗，由于铍窗对 X 射线吸收很小，能够尽量使低能 X 射线通过；X 射线探测器还可以为正比计数管或半导体探测器，其中，半导体探测器的能量分辨率大于 250eV，通常情况下能量分辨率越大，对不同能量的 X 射线的分辨越不利，但对半导体探测器的性能要求越低，设备成本越低，甚至不需要对半导体探测器制冷（为达到好的能量分辨率，半导体探测器需要制冷），因此本发明中选择能量分辨率较差的半导体探测器。探测信号采集器可以包括多道脉冲幅度分析器、单道脉冲幅度分析器或电压比较器中的一种或组合。在本发明的一个实施例中，射线装置还可以包括 X 射线管，X 射线管相对于加速器结构简单，价格适中。其中，X 射线管管电压可以为 20kV，并且 X 射线管优选采用银靶，由于银的良好导热性，利于 X 射线管散热，提高其寿命。

[0041] 在本发明的一个实施例中，优选地，射线装置 100 发射能量连续的韧致辐射 X 射线能谱，由于不同能量的 X 射线对煤流的衰减系数不同，X 射线探测装置 200 和 201 测量被反射的 X 射线的能谱（即各个能量的 X 射线的强度），再将测量数据传输至计算装置 300，根据这些不同能量的 X 射线的强度计算被测煤流 500 的灰分和发热量。设单能 X 射线的对煤流的反射 X 射线的强度为 I，则煤炭灰分 Ad 与 I 近似成反比关系，并且 I 也随着煤流厚度增加而增大，这是因为厚度越大，煤流表面距离 X 射线探测装置越近，测量到的反射 X 射线就越多，若使用一种能量 X 射线，将不容易仅根据 I 计算出灰分，但对于能谱连续的 X 射线，可以得到很多个反射 X 射线的强度与灰分、厚度的关系方程，对于同一次测量，厚度是相同的，因此通过解方程组，则可以确定煤炭灰分。

[0042] 在本发明实施例中，利用测距传感器测量 X 射线探测装置的探头到被测煤流表面的距离，以校正反射的 X 射线的强度在空气中的衰减随传播距离的变化，同时也能校正由于距离变化导致 X 射线探测装置与煤流表面 X 射线反射点所成立体角的变化带来的影响，从而校正被测煤流的厚度变化对被测煤流灰分和发热量测量的影响。X 射线经煤流反射后，反射 X 射线的强度与煤炭灰分之间存在一个近似的关系，即灰分越高，反射射线强度越低，根据二者的关系即可推算灰分。但反射射线强度还与反射点到 X 射线探测装置之间距离有关，反射射线强度近似随距离的平方成反比衰减。因为反射射线向各个方向都有，X 射线探测装置与反射点距离越近，能够射向 X 射线探测装置的射线数量就越多，若煤流厚度变化，则反射点到 X 射线探测装置距离就发生变化，这样系统无法区分，是灰分变化还是厚度变化引起的反射射线强度变化。而本发明实施例通过设置测距传感器，如超声波测距传感器，测量出 X 射线探测装置到煤流表面的距离，则可以校正反射射线的强度，从而得到灰分信息。另外，若采用低能 X 射线，其从煤表面被反射到探测的路程中，强度会受到空气的衰减，若测量了 X 射线探测装置到煤流表面的距离，则根据 X 射线的指数衰减规律，可以校正这部分的衰减，提高测量的精确度。



[0043] 在本发明的一个实施例中,可选地,反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置还可以包括标准块(图 1 中未示出),标准块位于被测煤流的上方,其中:在煤流的测量过程中,标准块被提起,使得射线装置发射的 X 射线直接照射到煤流,被煤流反射的 X 射线到达 X 射线探测装置,整个过程不受所述标准块阻挡;当停止运输煤炭时,标准块被置于运输带 700 与所述射线装置、X 射线探测装置之间,使射线装置发射的 X 射线照射到标准块上,X 射线探测装置测量被标准块反射的 X 射线的能谱,用于校正射线装置发射的 X 射线的能谱变化。因为射线装置长期工作,其发射的 X 射线的能谱有可能发生变化,将导致被所述被测煤流反射的 X 射线的能谱变化,将通过比较不同时间内的所述标准块反射的 X 射线的能谱,可以推导出所述射线装置发射的 X 射线能谱的变化,进而校正被所述被测煤流反射的 X 射线的能谱变化。

[0044] 本发明实施例进一步提供上述反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置的检测方法,图 2 所示为根据本发明实施例的反射式 X 射线煤炭灰分与发热量检测装置的检测方法流程图。该检测方法包括以下步骤:

[0045] 步骤 S01:射线装置对被测煤流发射 X 射线。

[0046] 步骤 S02:至少一个 X 射线探测装置测量被被测煤流反射的 X 射线的能谱。在本发明优选的实施例中,X 射线探测装置测量被反射的 X 射线能谱中的各个不同能量的 X 射线的能量和强度,并将测量数据传输至计算装置。

[0047] 步骤 S03:测距传感器测量被测煤流到 X 射线探测装置的距离。

[0048] 步骤 S04:计算装置根据反射的 X 射线的能谱与被测煤流到 X 射线探测装置的距离,计算被测煤流的灰分和发热量。

[0049] 在本发明优选的实施例中,X 射线发射装置发射能量连续的韧致辐射 X 射线能谱。至少一个 X 射线探测装置用于测量韧致辐射 X 射线被煤流反射后的 X 射线的能谱,计算装置根据反射的 X 射线的能谱,以及被测煤流到 X 射线探测装置的距离,计算被测煤流的灰分和发热量。

[0050] 在本发明一个优选的实施例中,还可以在煤流的上方设置标准块,其中:在煤流的测量过程中,标准块被提起,使得射线装置发射的 X 射线直接照射到煤流,被煤流反射的 X 射线到达 X 射线探测装置,整个过程不受标准块阻挡;当停止运输煤炭时,标准块被置于运输带与射线装置、X 射线探测装置之间,使射线装置发射的 X 射线照射到标准块上,X 射线探测装置测量被标准块反射的 X 射线的能谱,用于校正射线装置发射的 X 射线的能谱变化。

[0051] 本发明实施例采用射线装置发射 X 射线照射煤流,通过测量被煤流反射的射线来计算灰分。本发明实施例提供的煤炭灰分与发热量检测装置的检测方法虽然与低能伽马射线反射法在形式上类似,但存在本质不同:首先采用的射线源不同,低能伽马射线反射法采用的是放射源同位素,本发明实施例采用的是射线装置,在停止供电后,本发明实施例的装置是不会发射出射线;第二,放射源发射的是能量离散的射线,射线装置发射的是能量连续的射线;第三,能量离散的射线与能量连续的射线,在信号探测和信号处理上是完全不同的,因为不同能量的射线与煤炭作用的规律是存在差别的,而连续能量的射线与被探测的信号互相重叠,需要复杂算法进行分离,并且本发明实施例利用连续能量的射线,通过分析计算、可以获得更多煤炭中的成分信息,使灰分测量更准确;第四,本发明实施例采用了测

距传感器,测量 X 射线探测装置到煤流的距离,以校正由于该距离的变化导致的 X 射线探测装置所探测到的射线强度的变化。

[0052] 另外,低能伽马射线反射法之所以被淘汰,主要是因为其受煤流厚度、煤流表面形状等因素影响。煤流厚度变化后,煤流表面距离探测器距离发生改变,射线反射位置与探测装置窗口所形成的立体角发生变化,而射线的反散射向各个方向都有,因此到达探测装置窗口的射线数量就发生改变,从而引起测量误差。可以推导出,在同样的煤流厚度波动的情况下,探测装置距离输送带距离越远,受煤流厚度影响就越弱,但同时总体能探测到的反射射线数量就越少,同样时间内,测量的统计误差就越大,而对应同位素放射源测量煤炭灰分的情况下,放射源与煤流之间的距离活度不易太大,从而限制了通过提高探测装置到输送带的距离,来降低厚度变化影响的措施实施。另外由于被测煤流厚度变化较大,放射源与探测装置距离煤表面要有一定安全距离,否则将被煤流撞击,这样也导致探测装置测量计数较低。而本发明实施例所采用的射线装置发射的射线强度通常远大于工业应用的一般放射源,因此无上述问题。

[0053] 本发明实施例提供一种反射式 X 射线检测装置及其检测方法,用于煤炭灰分和发热量的测量。通过采用 X 射线发射装置取代传统的放射源(例如 Pu-238, Am-241, Cs-137, Ba-133 等),提高射线源管理的安全性;利用 X 射线发射装置发射能量连续的韧致辐射 X 射线,测量被煤流反射回来的不同能量的 X 射线的强度变化,校正煤流厚度与煤中高原子序数元素比例变化对煤炭灰分和发热量测量的影响,提高测量的精确度;利用距离测量传感器测量 X 射线探测装置的探头到煤流表面的距离,校正煤流厚度对煤炭灰分和发热量测量的影响,提高测量的精确度。

[0054] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由所附权利要求及其等同限定。

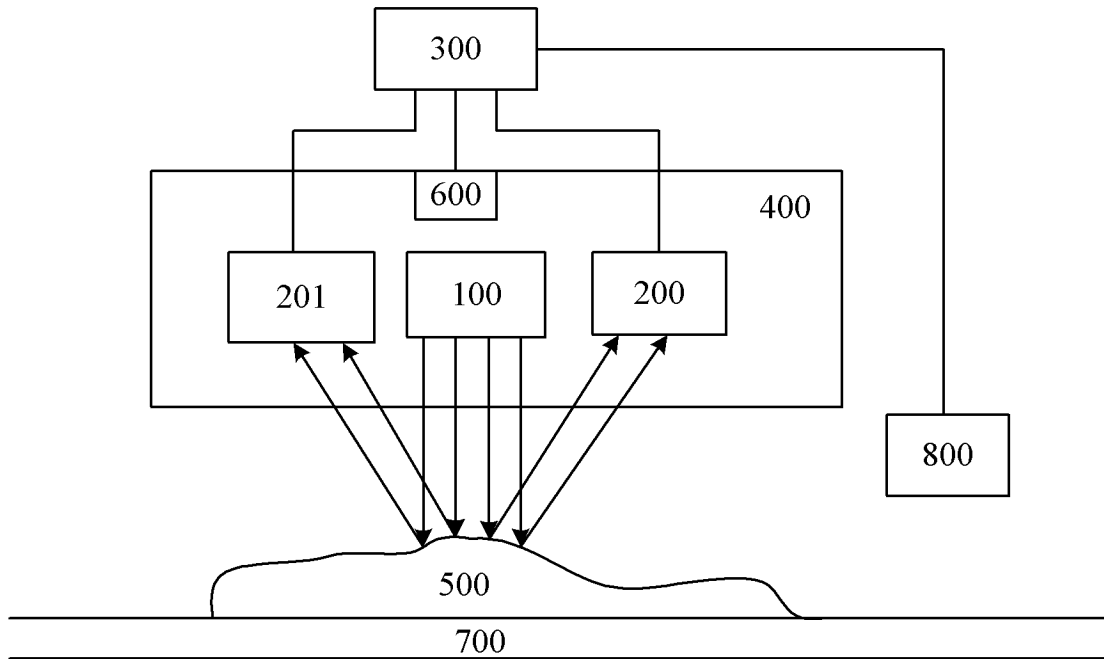


图 1

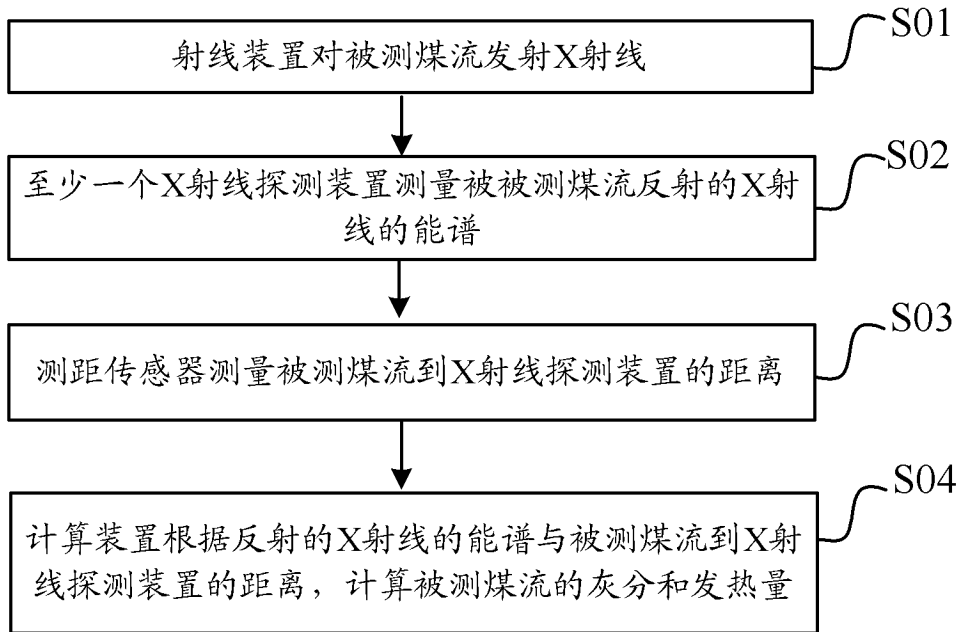


图 2