



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108254394 A

(43)申请公布日 2018.07.06

(21)申请号 201711454075.7

(22)申请日 2017.12.28

(71)申请人 合肥美亚光电技术股份有限公司  
地址 230088 安徽省合肥市高新技术产业  
开发区望江西路668号

(72)发明人 金鹏 李法虎

(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 张润

(51)Int.Cl.

G01N 23/04(2018.01)

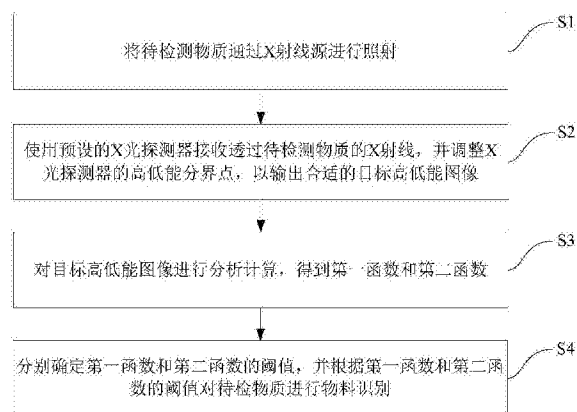
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

### (54)发明名称

X射线双能检测方法及系统

### (57)摘要

本发明提出一种X射线双能检测方法及系统,该方法包括以下步骤:将待检测物质通过X射线源进行照射;使用预设的X光探测器接收透过待检测物质的X射线,并调整X光探测器的高低能分界点,以输出合适的目标高低能图像;对目标高低能图像进行分析计算,得到第一函数和第二函数;分别确定第一函数和第二函数的阈值,并根据第一函数和第二函数的阈值对待检物质进行物料识别和剔除。本发明能够通过双能检测有效实现物质识别,具有检测精度高,易于实现的优点,并且,检测过程中无需进行射线滤波的能谱整形处理,降低了整机射线剂量,节省了成本。



1. 一种X射线双能检测方法,其特征在于,包括以下步骤:  
将待检测物质通过X射线源进行照射;  
使用预设的X光探测器接收透过所述待检测物质的X射线,并调整所述X光探测器的高低能分界点,以输出合适的目标高低能图像;  
对所述目标高低能图像进行分析计算,得到第一函数和第二函数;  
分别确定所述第一函数和第二函数的阈值,并根据所述第一函数和第二函数的阈值对所述待检物质进行物料识别。
2. 根据权利要求1所述的X射线双能检测方法,其特征在于,所述第一函数为低能灰度值,所述第二函数为高低能信号进行特征计算得到的表征材料原子量的双能R1值。
3. 根据权利要求2所述的X射线双能检测方法,其特征在于,所述根据所述第一函数和第二函数的阈值对所述待检物质进行物料识别,包括:  
以所述第一函数为横坐标,以所述第二函数为纵坐标,建立双函数坐标系;  
在所述双函数坐标系中,分别对所述第一函数和第二函数设定阈值,形成两条直线,从而对所述待检测物质中的不同物料进行划分。
4. 根据权利要求3所述的X射线双能检测方法,其特征在于,所述第一函数的阈值根据所述待检测物质中各物料的灰度值的最大值和最小值来设定,所述第二函数的阈值根据所述待检测物质中各物料的双能R1值的最大值和最小值来设定。
5. 根据权利要求2所述的X射线双能检测方法,其特征在于,所述双能R1值根据双能物质判别时表征物质特征量的R值得到,具体包括:
$$R = \frac{\ln(N_l / N_{l0})}{\ln(N_h / N_{h0})},$$
对所述R值的计算公式进行优化后得到:
$$R1 = \frac{\ln(N_l / N_{l0} * a)}{\ln(N_h / N_{h0} * b)}$$
其中,R1为所述双能R1值, $N_l$ 为待检测物质的低能灰度值, $N_h$ 为待检测物质的高能灰度值, $N_{l0}$ 为空场的低能背景值, $N_{h0}$ 为空场的高能背景值,a和b均为第二函数的参数。
6. 根据权利要求5所述的X射线双能检测方法,其特征在于,所述参数a和参数b均为小于1的正数。
7. 根据权利要求1-6任一项所述的X射线双能检测方法,其特征在于,所述预设的X光探测器为采用预设材料的光子计数型X光探测器。
8. 根据权利要求7所述的X射线双能检测方法,其特征在于,所述使用预设的X光探测器接收透过所述待检测物质的X射线,并调整所述X光探测器的高低能分界点,以输出合适的目标高低能图像,包括:  
所述预设的X光探测器接收透过所述待检测物质的X射线的射线能量,并通过内部脉冲比较功能分别对以不同能量阈值作为高低能分界点的高低能信号进行统计,以输出合适的目标高低能图像。
9. 根据权利要求7所述的X射线双能检测方法,其特征在于,所述预设材料至少包括: $\text{CdZnTe}$ 、 $\text{CdTe}$ 。

10. 一种X射线双能检测系统,其特征在于,包括:

X射线源,用于对待检测物质进行照射;

处理模块,用于使用预设的X光探测器接收透过所述待检测物质的X射线,并调整所述X光探测器的高低能分界点,以输出合适的目标高低能图像;

分析模块,用于对所述目标高低能图像进行分析计算,得到第一函数和第二函数;

识别模块,用于分别确定所述第一函数和第二函数的阈值,并根据所述第一函数和第二函数的阈值对所述待检物质进行物料识别。

## X射线双能检测方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及物料识别技术领域,特别涉及一种X射线双能检测方法及系统。

### 背景技术

[0002] 目前,针对物料识别的方法,主要有单能检测技术和双能检测技术。一般单能检测技术应用较为广泛,但是检测物体在厚度变化的情况下,单能检测技术无法实现材料的准确区分,即检测精度不高。

[0003] 双能检测技术采用普通射源进行能谱整形的方式实现,在进行物料判别时需要依靠大量检测样本的训练,因此,双能检测技术浪费了较多的辐射剂量,并且评价变量的应用不够简单。例如,相关技术公开的物质识别系统中创建分类曲线的方法和设备(中国专利公开号:CN102175698B),其采用的检测设备和方法,需要进行射线的能谱整形,普通射源的应用过程中牺牲了较多辐射剂量,浪费了大量成本;另外,其采用不同厚度下高低能信号曲线拟合的方式实现物质分类,评价变量缺乏实际物理意义的支撑,且工业检测的易用性不强。

### 发明内容

[0004] 本发明旨在至少解决上述技术问题之一。

[0005] 为此,本发明的一个目的在于提出一种X射线双能检测方法,该方法能够通过双能检测有效实现物质识别,具有检测精度高,易于实现的优点,并且,检测过程中无需进行射线滤波的能谱整形处理,降低了整机射线剂量,节省了成本。

[0006] 本发明的另一个目的在于提出一种X射线双能检测系统。

[0007] 为了实现上述目的,本发明第一方面的实施例提出了一种X射线双能检测方法,包括以下步骤:将待检测物质通过X射线源进行照射;使用预设的X光探测器接收透过所述待检测物质的X射线,并调整所述X光探测器的高低能分界点,以输出合适的目标高低能图像;对所述目标高低能图像进行分析计算,得到第一函数和第二函数;分别确定所述第一函数和第二函数的阈值,并根据所述第一函数和第二函数的阈值对所述待检物质进行物料识别。

[0008] 另外,根据本发明上述实施例的X射线双能检测方法还可以具有如下附加的技术特征:

[0009] 在一些示例中,所述第一函数为低能灰度值,所述第二函数为双能R1值。

[0010] 在一些示例中,所述根据所述第一函数和第二函数的阈值对所述待检物质进行物料识别,包括:以所述第一函数为横坐标,以所述第二函数为纵坐标,建立双函数坐标系;在所述双函数坐标系中,分别对所述第一函数和第二函数设定阈值,形成两条直线,从而对所述待检测物质中的不同物料进行划分。

[0011] 在一些示例中,所述第一函数的阈值根据所述待检测物质中各物料的灰度值的最大值和最小值来设定,所述第二函数的阈值根据所述待检测物质中各物料的双能R1值的最大值和最小值来设定。

[0012] 在一些示例中,所述双能R1值根据双能物质判别时表征物质特征量的R值得到,具体包括:

$$[0013] \quad R = \frac{\ln(N_l / N_{l0})}{\ln(N_h / N_{h0})}$$

[0014] 对所述R值的计算公式进行优化后得到:

$$[0015] \quad R1 = \frac{\ln(N_l / N_l * a)}{\ln(N_h / N_{h0} * b)}$$

[0016] 其中,其中,R1为所述双能R1值, $N_l$ 为待检测物质的低能灰度值, $N_h$ 为待检测物质的高能灰度值, $N_{l0}$ 为空场的低能背景值, $N_{h0}$ 为空场的高能背景值,a和b均为第二函数的参数。

[0017] 在一些示例中,所述参数a和参数b均为小于1的正数。

[0018] 在一些示例中,所述预设的X光探测器为采用预设材料的光子计数型X光探测器。

[0019] 在一些示例中,所述使用预设的X光探测器接收透过所述待检测物质的X射线,并调整所述X光探测器的高低能分界点,以输出合适的目标高低能图像,包括:所述预设的X光探测器接收透过所述待检测物质的X射线的射线能量,并通过内部脉冲比较功能分别对以预设能量阈值作为高低能分界点的高低能信号进行统计,以输出合适的目标高低能图像。

[0020] 在一些示例中,所述预设材料至少包括:CdZnTe、CdTe。

[0021] 根据本发明实施例的X射线双能检测方法,采用普通射源和特殊材料的X光探测器的双能物料识别方式,并采用双函数阈值的识别方法,进行检测物料中不同材料物体的有效识别,具有检测精度高,易于实现的优点;另外,在检测过程中,采用普通射源,因此,无需进行射线滤波的能谱整形处理,从而降低了整机射线剂量,节省了成本;材料识别变量的选择与材料种类直接相关,同时降低了厚度对检测结果的影响;同时针对第二函数在应用中存在的干扰量,进行了优化,优化的第二函数能够有效消除空气检测数据的干扰,从而进一步提高了检测精度。

[0022] 为了实现上述目的,本发明第二方面的实施例提出了一种X射线双能检测系统,包括:X射线源,用于对待检测物质进行照射;处理模块,用于使用预设的X光探测器接收透过所述待检测物质的X射线,并调整所述X光探测器的高低能分界点,以输出合适的目标高低能图像;分析模块,用于对所述目标高低能图像进行分析计算,得到第一函数和第二函数;识别模块,用于分别确定所述第一函数和第二函数的阈值,并根据所述第一函数和第二函数的阈值对所述待检物质进行物料识别。

[0023] 根据本发明实施例的X射线双能检测系统,采用普通射源和特殊材料的X光探测器的双能物料识别方式,并采用双函数阈值的识别方法,进行检测物料中不同材料物体的有效识别,具有检测精度高,易于实现的优点;另外,在检测过程中,采用普通射源,因此,无需进行射线滤波的能谱整形处理,从而降低了整机射线剂量,节省了成本;材料识别变量的选择与材料种类直接相关,同时降低了厚度对检测结果的影响;同时针对第二函数在应用中存在的干扰量,进行了优化,优化的第二函数能够有效消除空气检测数据的干扰,从而进一步提高了检测精度。

[0024] 本发明的附加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

[0025] 本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

[0026] 图1是根据本发明一个实施例的X射线双能检测方法的流程图;

[0027] 图2是根据本发明一个具体实施例的射线吸收系数和钨靶射源的能谱示意图;

[0028] 图3是根据本发明一个具体实施例的铜铝混合物低能图像示意图;

[0029] 图4是根据本发明一个具体实施例的铜铝混合物R1值图像示意图;

[0030] 图5是根据本发明一个具体实施例的双函数坐标系中铜铝分布及双阈值选择示意图;

[0031] 图6是根据本发明一个具体实施例的铜的设备识别结果示意图;

[0032] 图7是根据本发明一个实施例的X射线双能检测系统的结果框图。

## 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,而不能理解为对本发明的限制。

[0034] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0035] 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。

[0036] 以下结合附图描述根据本发明实施例的X射线双能检测方法及系统。

[0037] 图1是根据本发明一个实施例的X射线双能检测方法的流程图。如图1所示,该方法包括以下步骤:

[0038] 步骤S1:将待检测物质通过X射线源进行照射。

[0039] 其中,需要说明的是,上述的X射线源是通用的连续谱射源,可以根据检测的需要选择不同的功率和电压等级。

[0040] 步骤S2:使用预设的X光探测器接收透过待检测物质的X射线,并调整X光探测器的高低能分界点,使高低能空场信号相当,以输出合适的目标高低能图像。

[0041] 具体地,在本发明的一个实施例中,使用预设的X光探测器接收透过待检测物质的X射线,并调整X光探测器的高低能分界点,使高低能空场信号相当,以输出合适的目标高低能图像,包括:预设的X光探测器接收透过待检测物质的X射线的射线能量,并通过内部脉冲

比较功能分别对以不同能量阈值作为高低能分界点的高低能信号进行统计,以输出合适的目标高低能图像。

[0042] 具体地说,低能谱段内的质量吸收系数变化剧烈,此时把该能谱等效成某一种单色光计算时偏差大,而高能谱段的质量吸收系数变化较缓,一段能谱段等效成单色光时计算偏差较小。

[0043] 在本发明一个实施例中,预设的X光探测器为采用预设材料的光子计数型X光探测器。更为具体地,预设材料例如为CdZnTe、CdTe等。本发明的实施例使用以上预设材料的光子计数型X光探测器,不需要进行能谱整形,所有的射线能量均能够作为有效能量,通过探测器内部脉冲比较功能分别对某一能量阈值作为分界的高低能信号进行统计,进而,通过调整探测器的能量阈值,最终得到合适的高低能图片,即目标高低能图片,从而降低了整机射线剂量,节省了成本。

[0044] 步骤S3:对目标高低能图像进行分析计算,得到第一函数和第二函数。

[0045] 具体地,在本发明的一个实施例中,第一函数为低能灰度值,也可以理解为低能检测信号;第二函数为高低能信号进行特征计算得到的表征材料原子量的双能R1值。

[0046] 具体地,双能R1值通过根据双能物质判别时表征物质特征量的R值得到。具体包括:

$$[0047] \quad R = \frac{\ln(N_l / N_{l0})}{\ln(N_h / N_{h0})},$$

[0048] 对以上的R值的计算公式进行优化后得到:

$$[0049] \quad R1 = \frac{\ln(N_l / N_{l0} * a)}{\ln(N_h / N_{h0} * b)}$$

[0050] 其中,R1为双能R1值, $N_l$ 为待检测物质的低能灰度值, $N_h$ 为待检测物质的高能灰度值, $N_{l0}$ 为空场的低能背景值, $N_{h0}$ 为空场的高能背景值,a和b均为第二函数的参数。

[0051] 在本发明的具体实施例中,参数a和参数b均为小于1的正数,a和b均大于0且小于1。通过对R值进行优化后得到R1值,能够有效消除空气检测数据中的干扰量。例如,设置a和b为两个略小于1的数,具体为a=b=0.9,进而,计算的R1值对材料的分离和空气数值干扰排除效果明显。

[0052] 举例说明如下:图2为几种常见物质的质量吸收系数随光子能量的变化曲线(左)和100kV钨靶射源经过2mm铝板滤波的能谱图(右)。其中曲线1是铁、曲线2是铝、曲线3是二氧化硅、曲线4是水、曲线5是树脂玻璃。根据Bi-Chromatic能量吸收模型, $N = N_0 \cdot \exp(-\mu \cdot T)$ ,其中T为厚度, $\mu$ 为线性衰减系数,与密度 $\rho$ 、有效原子系数Z和光子能量E有关,即 $\mu = \rho \cdot \tau(E, Z)$ ,所以单能检测系统受物质的厚度影响较大,很难做到对材质的区分。在双能检测系统中,分别采用高低能分别为 $E_l$ 和 $E_h$ 能量的光子进行厚度为T的某物质的检测,则得到 $N_l = N_{l0} \cdot \exp(-\mu_l \cdot T)$ , $N_h = N_{h0} \cdot \exp(-\mu_h \cdot T)$ ,如果消去上式中厚度T的影响,则有 $\frac{\ln(N_l / N_{l0})}{\ln(N_h / N_{h0})} = \frac{-\mu_l \cdot T}{-\mu_h \cdot T} = \mu_l / \mu_h = R$ ,这就是常常用于双能物质判别的表征物质特征量的R值,通过标定不同物质在特定检测参数下的R值达到对有机物、无机物和金属物质分类的目标。

[0053] 进一步地,对于上述计算公式 $R = \frac{\ln(N_l / N_{l0})}{\ln(N_h / N_{h0})}$ ,变形为 $R1 = \frac{\ln(N_l / N_{l0} * a)}{\ln(N_h / N_{h0} * b)}$ ,由于空气

信号没有物体遮挡, $N_1/N_{10}$ 等于1,导致R值计算波动。因此,在计算R1值时,设置第二函数的参数a参数b为两个略小于1的数(本实施例中取 $a=b=0.9$ ,此取值受检测信噪比的影响),计算的R1值对材料的分离和空气数值干扰排除效果明显。

[0054] 步骤S4:分别确定第一函数和第二函数的阈值,并根据第一函数和第二函数的阈值对待检物质进行物料识别。也即,采用双函数阈值识别算法进行物料识别,进而实现物料剔除。

[0055] 具体地,在本发明的一个实施例中,根据第一函数和第二函数的阈值对待检物质进行物料识别,包括:以第一函数为横坐标,以第二函数为纵坐标,建立双函数坐标系;在双函数坐标系中,分别对第一函数和第二函数设定阈值,形成两条直线,从而对待检测物质中的不同物料进行划分。换言之,即将低能灰度值图像作为第一函数(横坐标),将双能R1值图像作为第二函数(纵坐标),组成双函数坐标系,然后通过两条直线,即分别对第一函数和第二函数设定阈值,从而可以实现物料的有效识别。

[0056] 其中,第一函数的阈值根据待检测物质中各物料的灰度值的最大值和最小值来设定,第二函数的阈值根据待检测物质中各物料的双能R1值的最大值和最小值来设定。

[0057] 以下以铜铝混合物的识别区分为例,对本发明上述的双函数阈值识别算法进行举例说明。

[0058] 图3为铜铝混合物的低能图像,图3中所示的是不同厚度的铝和不同厚度的铜的低能灰度图像,从图3中可以看出,6mm厚度的铝和0.2mm厚度的铜灰度值相当,所以仅靠低能图像不能有效区分混合物中铜、铝这两种材质。进一步地,图4为铜铝混合物的双能R1值图像,通过对R值的优化处理,空气部分的数值非常均匀,可以和材料有效区分。从图4中标记的数值来看,不同厚度的铜和铝之间的R1值仍然有交叠,仅靠R1值双能图像也不能对混合物中的铜和铝进行有效区分。

[0059] 基于此,本发明的实施例将混合物的低能灰度值图像作为第一函数(横坐标),将双能R1值图像作为第二函数(纵坐标),组成双函数坐标系。如图5所示,灰色的点为不同厚度的铝,黑色的点为不同厚度的铜,从图5中可以看出,不能用一条直线将铜、铝分开,即图3和图4对应的结果。从图5中可以看出,通过两条直线,即分别对第一函数和第二函数设定阈值,可以有效将铜、铝分开。图5中直线1表示第一函数阈值,直线2表示第二函数阈值,通过这两个阈值的设定,混合物中不同厚度的铜、铝得到有效区分,区分结果如图6所示。其中,例如,第一函数的阈值根据铝的灰度值的最小值确定,例如图中所示的约为0.19(横坐标),这样,可以有效识别出灰度值小于0.19(横坐标)的铜;第二函数的阈值根据铝的R1值的最大值和铜的R1值得最小值确定,例如取二者的均值,如图中所示约为1.8(纵坐标),从而可有效识别出剩余的铜,进而有效地将铜和铝区分开。

[0060] 综上,本发明实施例的X射线双能检测方法的原理可概述为:采用双函数坐标+双阈值的识别方式,首先将待检测物质通过X射线源照射;然后调整X光探测器的能量阈值,进而得到合适的高低能图片;进一步对高低能图像进行分析,确定第一函数和第二函数的参数(a,b值等);最后确定第一函数和第二函数的阈值,以便对待检测物质进行识别,从而提高了检测精度,降低了成本,且更易于实现。

[0061] 根据本发明实施例的X射线双能检测方法,采用普通射源和特殊材料的X光探测器的双能物料识别方式,并采用双函数阈值的识别方法,进行检测物料中不同材料物体的有



效识别,具有检测精度高,易于实现的优点;另外,在检测过程中,采用普通射源,因此,无需进行射线滤波的能谱整形处理,从而降低了整机射线剂量,节省了成本;材料识别变量的选择与材料种类直接相关,同时降低了厚度对检测结果的影响;同时针对第二函数在应用中存在的干扰量,进行了优化,优化的第二函数能够有效消除空气检测数据的干扰,从而进一步提高了检测精度。

[0062] 本发明的进一步实施例还提出了一种X射线双能检测系统。

[0063] 图7是根据本发明一个实施例的X射线双能检测系统的结构框图。如图7所示,该系统100包括:X射线源110、处理模块120、分析模块130和识别模块140。

[0064] 其中,X射线源110用于对待检测物质进行照射。

[0065] 其中,需要说明的是,上述的X射线源110是通用的连续谱射源,可以根据检测的需要选择不同的功率和电压等级。

[0066] 处理模块120用于使用预设的X光探测器接收透过待检测物质的X射线,并调整X光探测器的高低能分界点,以输出合适的目标高低能图像。

[0067] 具体地,在本发明的一个实施例中,使用预设的X光探测器接收透过待检测物质的X射线,并调整X光探测器的高低能分界点,以输出合适的目标高低能图像,包括:预设的X光探测器接收透过待检测物质的X射线的射线能量,并通过内部脉冲比较功能分别对以预设能量阈值作为高低能分界点的高低能信号进行统计,以输出合适的目标高低能图像。

[0068] 具体地说,低能谱段内的质量吸收系数变化剧烈,此时把该能谱等效成某一种单色光计算时偏差大,而高能谱段的质量吸收系数变化较缓,一段能谱段等效成单色光时计算偏差较小。

[0069] 基于此,在本发明一个实施例中,预设的X光探测器为采用预设材料的光子计数型X光探测器。更为具体地,预设材料例如为CdZnTe、CdTe等。本发明的实施例使用以上预设材料的光子计数型X光探测器,不需要进行能谱整形,所有的射线能量均能够作为有效能量,通过探测器内部脉冲比较功能分别对某一能量阈值作为分界的高低能信号进行统计,进而,通过调整探测器的能量阈值,最终得到合适的高低能图片,即目标高低能图片,从而降低了整机射线剂量,节省了成本。

[0070] 分析模块130用于对目标高低能图像进行分析计算,得到第一函数和第二函数。

[0071] 具体地,在本发明的一个实施例中,第一函数为低能灰度值图像,也可以理解为低能检测信号;第二函数为高低能信号进行特征计算得到的表征材料原子量的双能R1值。

[0072] 具体地,双能R1值根据双能物质判别时表征物质特征量的R值得到。具体包括:

$$R = \frac{\ln(N_l / N_{l0})}{\ln(N_h / N_{h0})},$$

[0074] 对以上的R值的计算公式进行优化后得到:

$$R1 = \frac{\ln(N_l / N_l * a)}{\ln(N_h / N_{h0} * b)}$$

[0076] 其中,R1为双能R1值, $N_l$ 为待检测物质的低能灰度值, $N_h$ 为待检测物质的高能灰度值, $N_{l0}$ 为空场的低能背景值, $N_{h0}$ 为空场的高能背景值, $a$ 和 $b$ 均为第二函数的参数。

[0077] 在本发明的具体实施例中,参数 $a$ 和参数 $b$ 均为小于1的正数, $a$ 和 $b$ 均大于0且小于1, $a$ 和 $b$ 的值不能过小,否则R1值偏离R值太多,失去了其表征物质特征量的物理意义,同时 $a$

和b的值也不能太接近于1,否则消除空气干扰的效果不明显,所以a、b值选择是略小于1,同时刚好能够消除空气干扰,不同系统由于噪声不同略有差异。通过对R值进行优化后得到R1值,能够有效消除空气检测数据中的干扰量。例如,设置a和b为两个略小于1的数,具体为 $a=b=0.9$ ,进而,计算的R1值对材料的分离和空气数值干扰排除效果明显。

[0078] 识别模块140用于分别确定第一函数和第二函数的阈值,并根据第一函数和第二函数的阈值对待检物质进行物料识别。也即,采用双函数阈值识别算法进行物料识别,进而实现物料剔除。

[0079] 具体地,在本发明的一个实施例中,根据第一函数和第二函数的阈值对待检物质进行物料识别,包括:以第一函数为横坐标,以第二函数为纵坐标,建立双函数坐标系;在双函数坐标系中,分别对第一函数和第二函数设定阈值,形成两条直线,从而对待检测物质中的不同物料进行划分。换言之,即将低能灰度值图像作为第一函数(横坐标),将双能R1值图像作为第二函数(纵坐标),组成双函数坐标系,然后通过两条直线,即分别对第一函数和第二函数设定阈值,从而可以实现物料的有效识别。

[0080] 其中,第一函数的阈值根据待检测物质中各物料的灰度值的最大值来设定,第二函数的阈值根据待检测物质中各物料的双能R1值的最大值和最小值来设定。

[0081] 综上,本发明实施例的X射线双能检测系统的原理可概述为:采用双函数坐标+双阈值的识别方式,首先将待检测物质通过X射线源照射;然后调整X光探测器的能量阈值,进而得到合适的高低能图片;进一步对高低能图像进行分析,确定第一函数和第二函数的参数(a,b值等);最后确定第一函数和第二函数的阈值,以便对待检测物质进行识别,从而提高了检测精度,降低了成本,且更易于实现。

[0082] 需要说明的是,本发明实施例的X射线双能检测系统的具体实现方式与本发明实施例的X射线双能检测方法的具体实现方式类似,具体请参见方法部分的描述,为了减少冗余,此处不再赘述。

[0083] 根据本发明实施例的X射线双能检测系统,采用普通射源和特殊材料的X光探测器的双能物料识别方式,并采用双函数阈值的识别方法,进行检测物料中不同材料物体的有效识别,具有检测精度高,易于实现的优点;另外,在检测过程中,采用普通射源,因此,无需进行射线滤波的能谱整形处理,从而降低了整机射线剂量,节省了成本;材料识别变量的选择与材料种类直接相关,同时降低了厚度对检测结果的影响;同时针对第二函数在应用中存在的干扰量,进行了优化,优化的第二函数能够有效消除空气检测数据的干扰,从而进一步提高了检测精度。

[0084] 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。

[0085] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,本领域的普通技术人员可以理解:在不脱离本发明的原理和宗旨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,本发明的范围由权利要求及其等同限定。

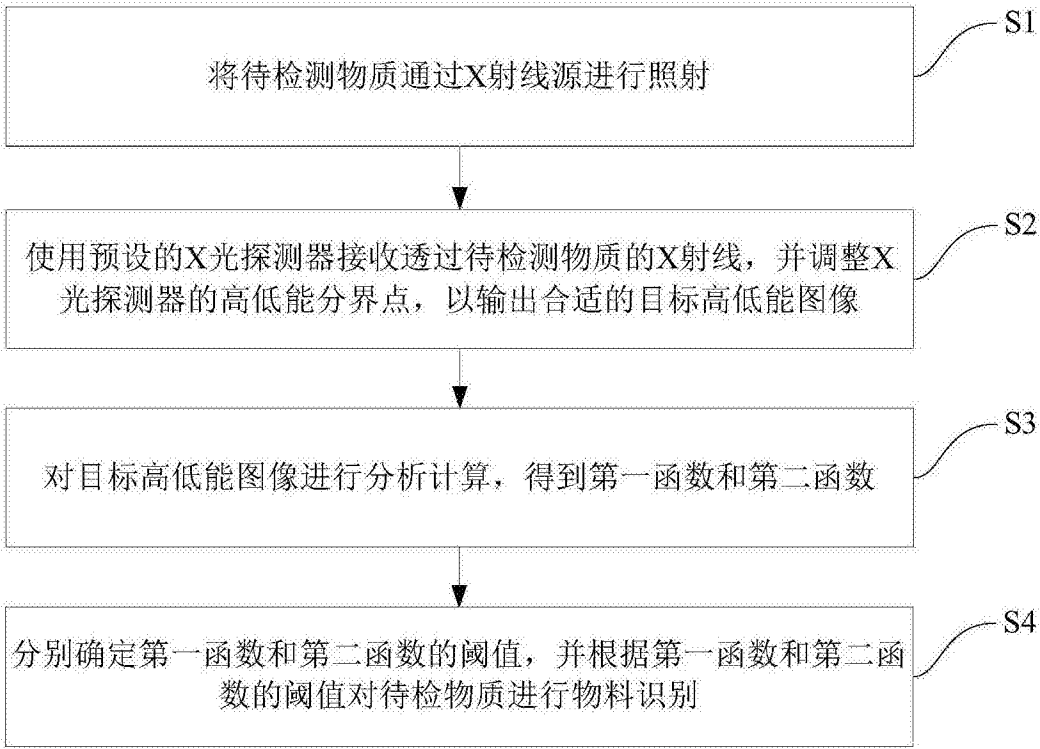


图1

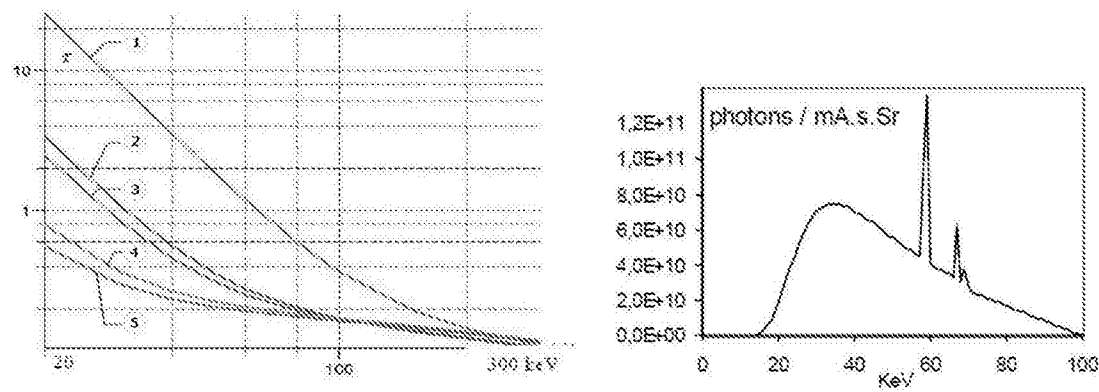


图2

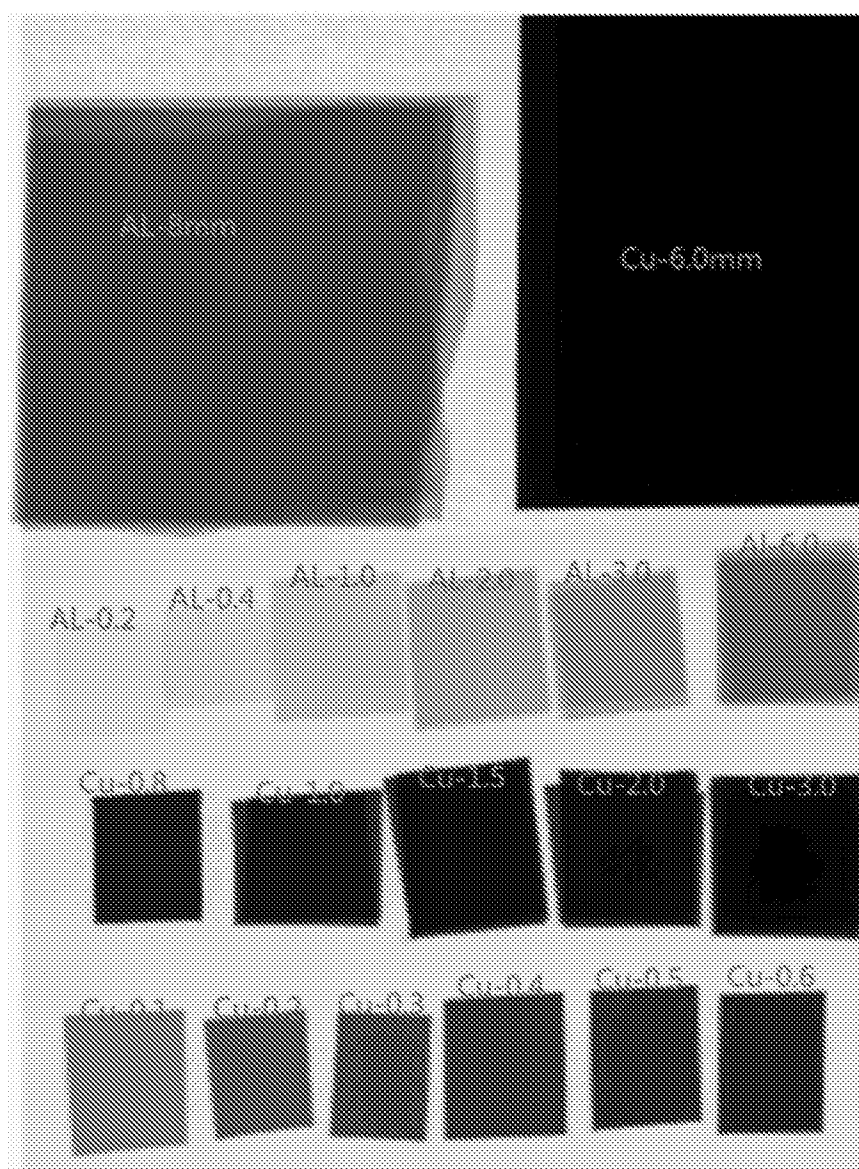


图3

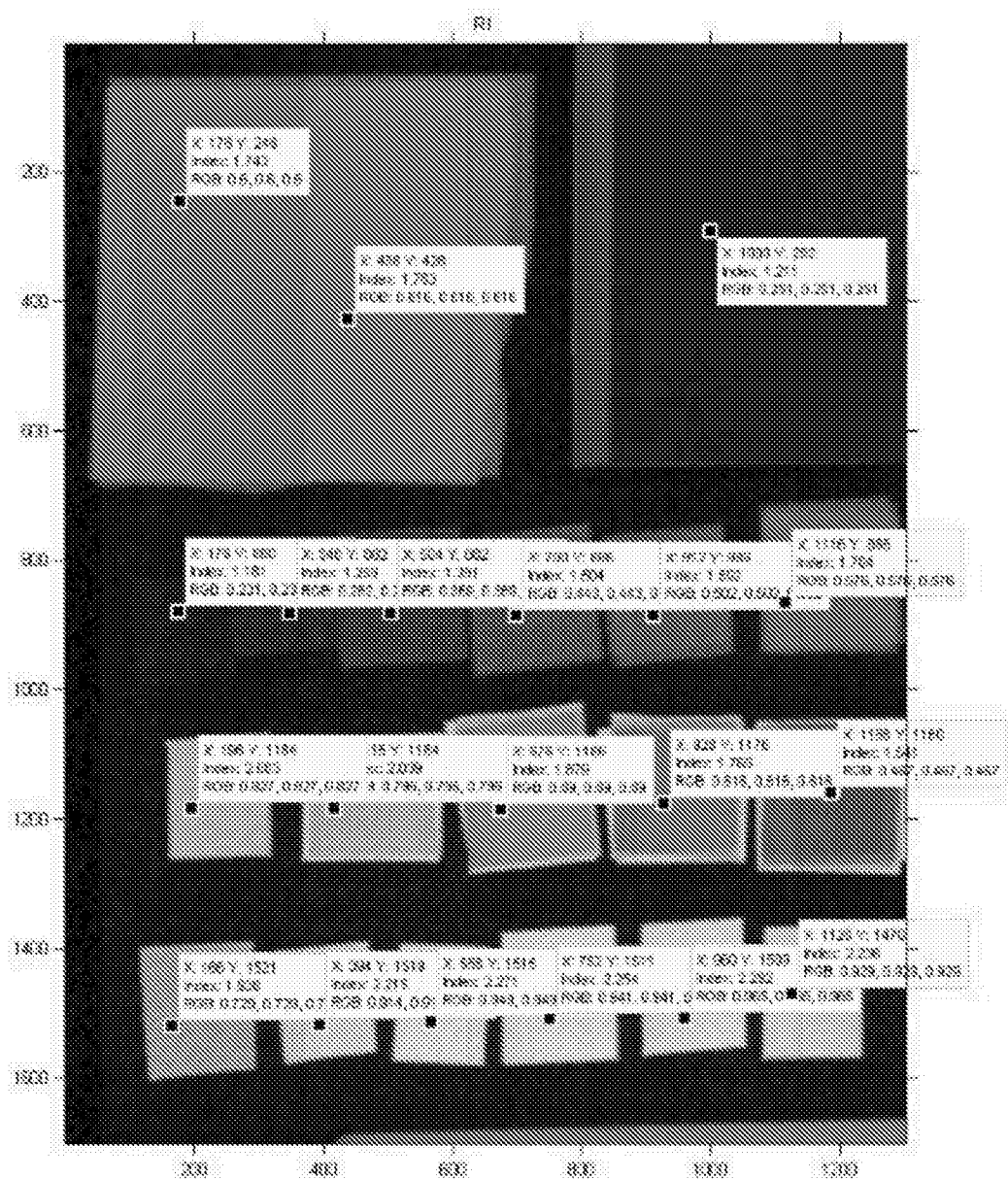


图4

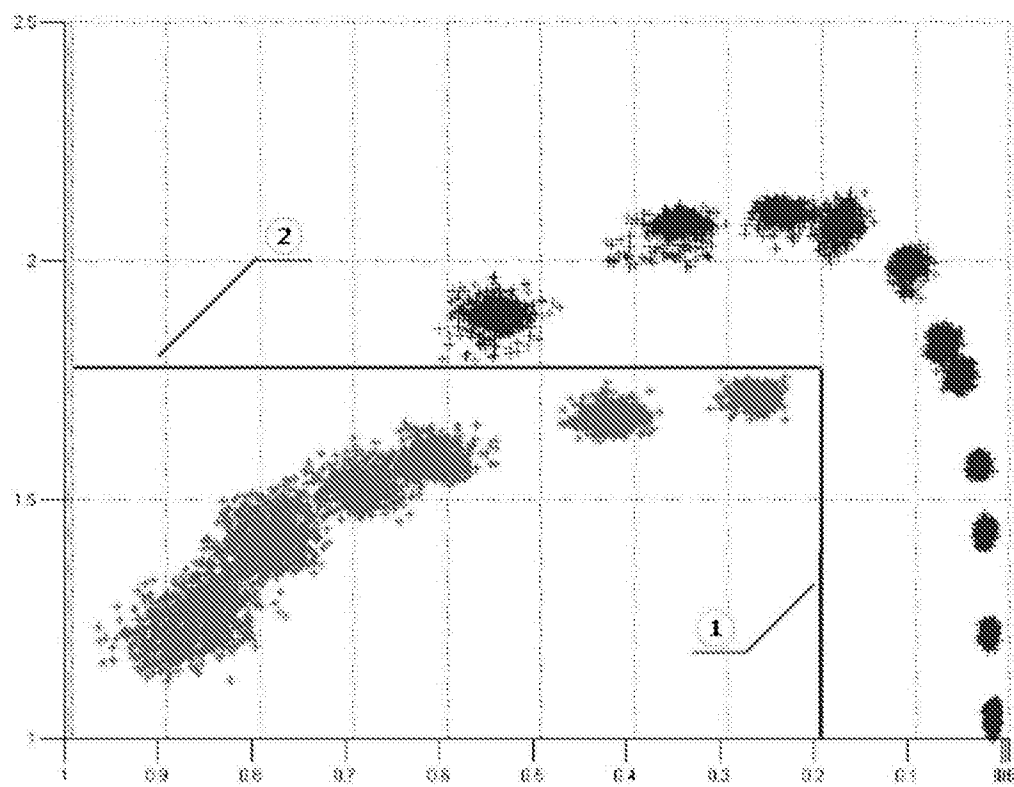


图5

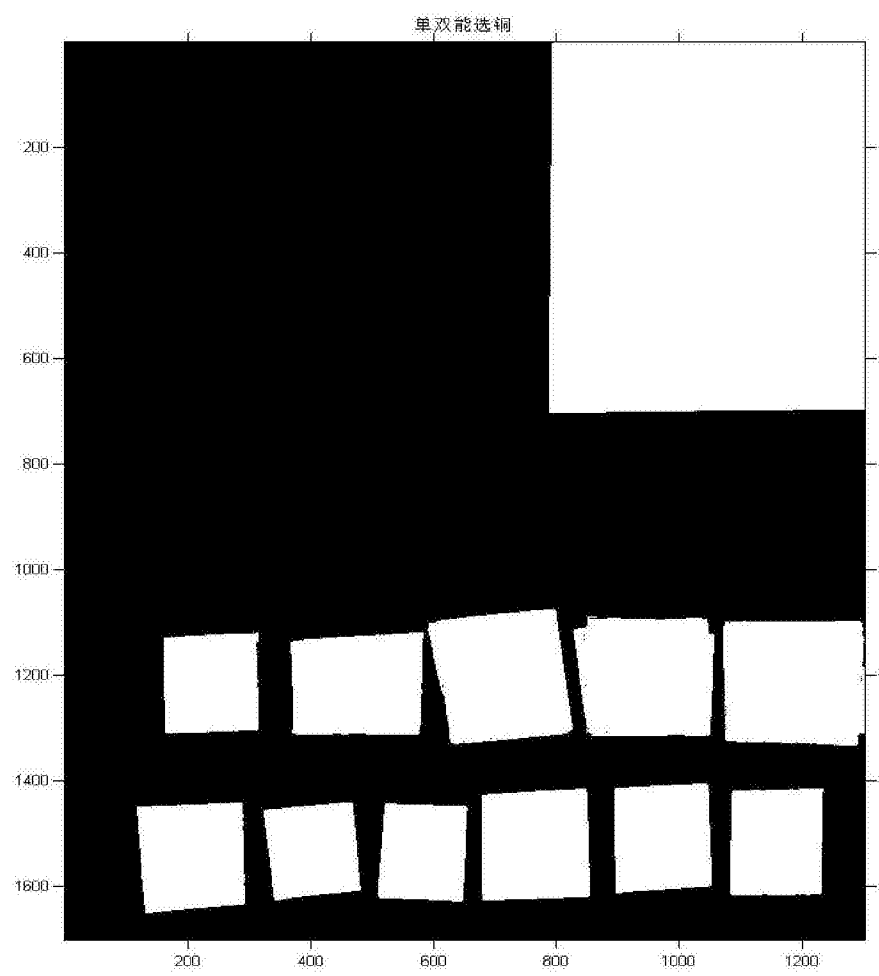


图6

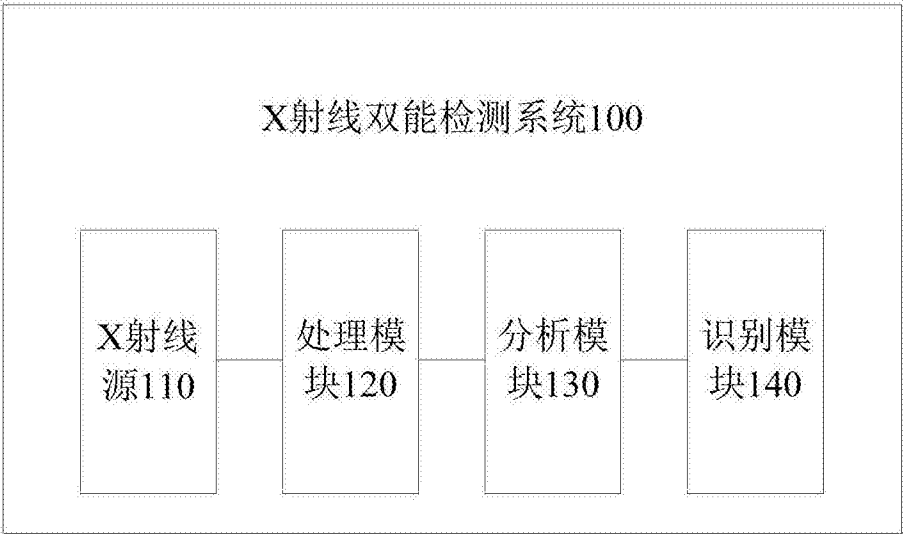


图7