

直线扫描 CT 成像系统和方法

本申请要求于 2023 年 11 月 9 日递交的中国专利申请 No. 202311490080.9 的优先权，其内容一并在本作为参考。

技术领域

本公开涉及辐射成像领域，尤其涉及一种直线扫描 CT 成像系统和方法。

背景技术

目前，安全问题日益受到重视，各公共场所均设置有多种安检设备。

例如，相关的大型货物和集装箱 X 射线检查系统，大多采取 DR 成像的模式，通过获取单个角度或者多个角度下的单能或者双能透视图像进行人工判图，以确定货物中是否有违禁物品。

再例如，基于直线扫描轨迹的 CT 检查系统也可以用于货物安检。该技术不需要旋转部件，射线源和探测器静止固定在扫描通道两侧。物体通过平移运动完成扫描。该技术也可以获得物体内部的衰减系数信息，用于自动识别。

但是，基于目前的应用情况，以上两种技术至少存在以下相关的问题。

DR 成像检查系统只能给出一个或多个角度下的透视图像，如果被检查货物成分组成复杂且排布紧密，透视图像会有严重的堆叠和遮挡，很难用于不同物品的信息提取和违禁品判断。

直线 CT 扫描系统解决了透视图像遮挡的问题，但由于扫描角度不够完备，扫描几何也难以精确定位；为了提升扫描出图效率，数据处理流程也不够充分，所以相比传统 DR 系统给出的图像，CT 图像存在不可避免的空间分辨率恶化，无法消除的重建伪影，甚至物体形状的畸变。

在本部分中公开的以上信息仅用于对本公开的公开构思的背景的理解，因此，以上信息可包含不构成现有技术的信息。

发明内容

本公开提供了一种直线扫描 CT 成像系统及其成像方法。

根据本公开的第一个方面，提供了一种直线扫描 CT 成像系统，其中，系统

包括：传送装置，用于使扫描对象在扫描通道中沿预定的传送方向移动，其中，传送装置包括供扫描对象放置的传送表面； m 个射线源， m 个射线源用于交替发出射线束以形成扫描区域，其中， m 个射线源位于扫描通道的一侧， m 为大于等于 2 的正整数；以及 n 个探测器， n 个探测器用于探测在扫描对象穿过扫描区域的过程中，射线束透过扫描对象后形成的投影数据，其中， n 个探测器位于扫描通道的另一侧， n 个探测器沿传送方向依次间隔布置， n 为大于等于 3 的正整数，其中， n 个探测器包括 n_1 个第一探测器和 n_2 个第二探测器， n_1 为大于等于 2 的正整数， n_2 为大于等于 1 的正整数； n_1 个第一探测器用于探测在扫描对象穿过扫描区域的过程中，射线束透过扫描对象后形成的第一投影数据； n_2 个第二探测器用于探测在扫描对象穿过扫描区域的过程中，射线束透过扫描对象后形成的第二投影数据；以及系统还包括成像装置，成像装置用于：根据第二投影数据，生成扫描对象的数字化射线图像；以及，根据第一投影数据和第二投影数据，生成扫描对象的计算机断层扫描图像。

根据本公开的实施例，至少一个第二探测器与每一个第一探测器均不相同。

根据本公开的实施例，至少一个第二探测器的分辨率高于每一个第一探测器的分辨率。

根据本公开的实施例，至少一个第二探测器的像素个数大于每一个第一探测器的像素个数；和/或，至少一个第二探测器的像素尺寸小于每一个第一探测器的像素尺寸。

根据本公开的实施例，至少一个第二探测器与每一个第一探测器的晶体材料不同；和/或，至少一个所述第二探测器与每一个所述第一探测器沿射线入射方向的厚度不同。

根据本公开的实施例，至少一个第二探测器的晶体余晖少于每一个第一探测器的晶体余晖；和/或，至少一个所述第二探测器的探测效率优于每一个所述第一探测器的探测效率。

根据本公开的实施例，第一探测器包括多个第一探测器模块，第二探测器包括多个第二探测器模块，多个第一探测器模块的排列方式与多个第二探测器模块的排列方式不同。

根据本公开的实施例， n_1 个第一探测器分别为线性探测器阵列；和/或， n_2 个第二探测器分别为线性探测器阵列。

根据本公开的实施例， n_1 个第一探测器分别为线性探测器阵列；和/或，至少一个第二探测器包括沿第一方向布置的竖臂探测器和沿第二方向布置的横臂探测器，其中，第二方向与传送方向和第一方向两者均相交。

根据本公开的实施例， n_1 个第一探测器分别为线性探测器阵列；和/或，至少一个第二探测器包括沿第一方向布置的竖臂探测器、沿第二方向布置的第一横臂探测器和沿第二方向布置的第二横臂探测器，其中，第一横臂探测器和第二横臂探测器在第一方向上分别位于竖臂探测器的上侧和下侧，第二方向与传送方向和第一方向两者均相交。

根据本公开的实施例，所述 m 个射线源沿第一直线依次间隔布置，所述第一直线为沿第一方向延伸的假想直线，所述第一方向垂直于所述传送表面。

根据本公开的实施例， n 个探测器包括仅 1 个第二探测器，在 1 个第二探测器沿传送方向的两侧，分别布置有至少一个第一探测器。

根据本公开的实施例，1 个第二探测器和第一直线两者所在的平面与传送方向垂直。

根据本公开的实施例，至少一个第二探测器包括 k 个子探测器， k 为大于等于 2 的正整数， k 个子探测器沿传送方向依次间隔排列； k 个子探测器中任意两个相邻的子探测器之间沿传送方向的排列间隔小于 n_1 个第一探测器中任意两个相邻的第一探测器之间沿传送方向的排列间隔。

根据本公开的实施例，成像装置用于：组合 k 个子探测器的第二投影数据，以生成扫描对象的数字化射线图像。

根据本公开的实施例，横臂探测器包括多个探测器模块，多个探测器模块依次首尾相连。

根据本公开的实施例，横臂探测器包括多个探测器模块，多个探测器模块在第二方向上间隔排布。

根据本公开的实施例，每一个探测器模块的受光面与第二直线垂直，第二直线为连接第 i 个射线源与受光面上的预定点的直线，所述预定点位于所述受光面的边界上或位于所述受光面内， i 为大于等于 1 且小于等于 m 的正整数。

根据本公开的实施例，传送装置包括多个传送辊，在传送方向上，第二横臂探测器位于相邻的两个传送辊之间的间隙处。

根据本公开的实施例，第二探测器的数量 n_2 大于等于 2， n_2 个第二探测器

和 n_1 个第一探测器沿传送方向交替布置。

根据本公开的实施例，在 n_2 个第二探测器中，1 个第二探测器和第一直线两者所在的平面与传送方向垂直，其他第二探测器和第一直线两者所在的平面与传送方向的夹角大于 90° 或小于 90° 。

根据本公开的实施例，在 n_2 个第二探测器中，每一个第二探测器均包括沿第一方向布置的竖臂探测器和沿第二方向布置的横臂探测器，其中，第二方向与传送方向和第一方向两者均相交。

根据本公开的实施例，每一个第二探测器的竖臂探测器和横臂探测器相交形成的平面均延伸经过第一直线。

根据本公开的实施例，扫描通道为直线通道。

本公开的第二方面提供了一种直线扫描 CT 成像方法，其中，方法包括：使传送装置带动扫描对象在扫描通道中沿预定的传送方向运动，其中，传送装置包括供扫描对象放置的传送表面；使 m 个射线源交替发出射线束以形成扫描区域，其中， m 个射线源位于扫描通道的一侧， m 为大于等于 2 的正整数；使扫描对象穿过扫描区域；在扫描对象穿过扫描区域的过程中，使 n 个探测器探测射线束透过扫描对象后形成的投影数据，其中， n 个探测器位于扫描通道的另一侧， n 个探测器沿传送方向依次间隔布置， n 为大于等于 3 的正整数，其中， n 个探测器包括 n_1 个第一探测器和 n_2 个第二探测器， n_1 为大于等于 2 的正整数， n_2 为大于等于 1 的正整数；使 n 个探测器探测射线束透过扫描对象后形成的投影数据包括：使 n_1 个第一探测器探测射线束透过扫描对象后形成的第一投影数据；以及使 n_2 个第二探测器探测射线束透过扫描对象后形成的第二投影数据；以及方法还包括：根据第二投影数据，生成扫描对象的数字化射线图像；以及，根据第一投影数据和第二投影数据，生成扫描对象的计算机断层扫描图像。

根据本公开的实施例，至少一个第二探测器包括沿第一方向布置的竖臂探测器和沿第二方向布置的横臂探测器，其中，第二方向与传送方向和第一方向两者均相交；根据第二投影数据，生成扫描对象的数字化射线图像包括：对竖臂探测器和横臂探测器探测到的第二投影数据进行比例调整，然后组合生成扫描对象的数字化射线图像。

根据本公开的实施例，至少一个第二探测器包括 k 个子探测器， k 为大于等于 2 的正整数， k 个子探测器沿传送方向依次间隔排列； k 个子探测器中任意两

个相邻的子探测器之间沿传送方向的排列间隔小于 $n1$ 个第一探测器中任意两个相邻的第一探测器之间沿传送方向的排列间隔；根据第二投影数据，生成扫描对象的数字化射线图像包括：组合 k 个子探测器的第二投影数据，以生成扫描对象的数字化射线图像。

附图说明

为了更好地理解本公开，将根据以下附图对本公开进行详细描述：

图 1 示意性示出了本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的结构示意图。

图 2A 和图 2B 分别示意性示出了本公开实施例提供的第一探测器和第二探测器的结构示意图，其中示意性示出了像素分布。

图 3A 和图 3B 分别示意性示出了本公开实施例提供的第一探测器和第二探测器的结构示意图，其中示意性示出了探测器模块分布。

图 4 示意性示出了本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的结构示意图，其中示意性示出了第二探测器包括 L 型探测器。

图 5A 和图 5B 分别示意性示出了本公开实施例提供的为沿传送方向观察的直线扫描 CT 成像系统的侧视图。

图 6 和图 7 分别为本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的结构示意图，其中示意性示出了第二探测器包括多个子探测器。

图 8 示意性示出了本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的侧视示意图，其中示意性示出了第二探测器包括 U 型探测器。

图 9 示意性示出了本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的俯视示意图，其中示意性示出了第二探测器与传送装置的相对位置关系。

图 10 示意性示出了本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的侧视示意图，其中示意性示出了第二探测器的横臂探测器的一种布置方式。

图 11 示意性示出了本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的侧视示意图，其中示意性示出了第二探测器的横臂探测器的另一种布置方式。

图 12 示意性示出了本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的结构示意图，其中示意性示出了多个第二探测器。

图 13 示意性示出了本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的结构示意图

图，其中示意性示出了多个 L 型第二探测器。

图 14 示意性示出了本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的结构示意图，其中示意性示出了旋转装置。

图 15 示意性示出了本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的结构框图。

图 16 示意性示出了本公开实施例提供的一触发脉冲序列的示意图。

图 17 示意性示出了本公开实施例提供的另一触发脉冲序列的示意图。

图 18 示意性示出了本公开实施例提供的又一触发脉冲序列的示意图。

图 19 示意性示出了本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像方法的流程示意图。

图 20 示意性示出了本公开实施例提供的投影数据处理方法的流程示意图。

图 21A 和图 21B 示意性示出了本公开实施例提供的第二投影数据比例处理方法的示意图。

图 22 示意性示出了本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的成像装置的方框图。

具体实施方式

下面将详细描述本公开的具体实施例，应当注意，这里描述的实施例只用于举例说明，并不用于限制本公开。在以下描述中，为了提供对本公开的透彻理解，阐述了大量特定细节。然而，对于本领域普通技术人员显而易见的是：不必采用这些特定细节来实行本公开。在其他实例中，为了避免混淆本公开，未具体描述公知的结构、材料或方法。

在整个说明书中，对“一个实施例”、“实施例”、“一个示例”或“示例”的提及意味着：结合该实施例或示例描述的特定特征、结构或特性被包含在本公开至少一个实施例中。因此，在整个说明书的各个地方出现的短语“在一个实施例中”、“在实施例中”、“一个示例”或“示例”不一定都指同一实施例或示例。此外，可以以任何适当的组合和/或子组合将特定的特征、结构或特性组合在一个或多个实施例或示例中。此外，本领域普通技术人员应当理解，这里使用的术语“和/或”包括一个或多个相关列出的项目的任何和所有组合。

在此使用的术语仅仅是为了描述具体实施例，而并非意在限制本公开。在此使用的术语“包括”、“包含”等表明了特征、步骤、操作和/或部件的存在，

但是并不排除存在或添加一个或多个其他特征、步骤、操作或部件。

在此使用的所有术语（包括技术和科学术语）具有本领域技术人员通常所理解的含义，除非另外定义。应注意，这里使用的术语应解释为具有与本说明书的上下文相一致的含义，而不应以理想化或过于刻板的方式来解释。

在本公开说明书中，数字化射线（又称 DR）成像指在计算机控制下直接进行数字化射线摄影的一种技术，例如，可以采用非晶硅平板探测器把穿透检测对象的射线信息转化为数字信号，并由计算机重建图像及进行一系列的图像后处理，生成扫描对象的数字化射线图像。

计算机断层扫描（又称 CT）成像指利用射线对检测对象进行断层扫描后，由探测器收得的模拟信号再变成数字信号，经电子计算机计算出每一个像素的衰减系数，再重建图像，从而能显示出检测对象各部位的断层结构。

需要说明的是，本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统及方法，适用于在各公共场所中对物品进行安全检查，能够获得物体内部衰减系数分布图并自动识别危险品，且在大型物品（比如集装箱）的安全检查方面具有优势。

图 1 为本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的结构示意图。图 1 中的直线扫描 CT 成像系统包括：传送装置 3、m 个射线源 1、n 个探测器 2 和成像装置 5。示例性地，m 为大于等于 2 的正整数，n 为大于等于 3 的正整数。

具体地，传送装置 3 用于使扫描对象 30 在扫描通道 4 中沿预定的传送方向 D3（如图 1 中箭头指示方向）移动，其中，传送装置 3 包括供扫描对象 30 放置的传送表面 3S。示例性地，传送装置 3 的实现形式可以是皮带传送，也可以是链条传送、齿轮传送或者其他的传动方式，此处不进行限制。例如，扫描对象 30 被放置于传送装置 3 的传送表面 3S 上。需要说明的是，在一些示例性的实施例中，传送装置 3 的动力机构能够支持单向传送，也能够支持双向传送。

在图 1 的实施例中，扫描通道 4 为直线扫描通道，即，扫描对象 30 在扫描区域中的运动轨迹为直线轨迹。

继续参照图 1，m 个射线源 1 用于交替发出射线束以形成扫描区域，其中，m 个射线源 1 位于扫描通道 4 的一侧。在本公开的一些示例性的实施例中，m 个射线源 1 沿第一直线 L1 依次间隔布置，第一直线 L1 为沿第一方向 D1 延伸的假想直线，第一方向 D1 垂直于传送表面 3S。即多个射线源 1 分布在垂直线上的不同高度位置处，多个射线源 1 交替发出射线束以形成扫描区域。

示例性地,射线源 1 可以为加速器,加速器的能量可以调节,且穿透力强。需要说明的是,本公开的实施例不对射线源 1 的类型做特殊的限制,在其他实施例中,射线源 1 可以采用其他类型的射线源,例如,X 光机。

继续参照图 1, n 个探测器 2 用于探测在扫描对象 30 穿过扫描区域的过程中,射线束透过扫描对象 30 后形成的投影数据,其中, n 个探测器位于扫描通道 4 的另一侧, n 个探测器 2 沿传送方向 D3 依次间隔布置。

在本公开的实施例中,如图 1 所示, n 个探测器 2 包括 n_1 个第一探测器 21 (图 1 中以实线示意性示出)和 n_2 个第二探测器 22 (图 1 中以虚线示意性示出),例如, n_1 为大于等于 2 的正整数, n_2 为大于等于 1 的正整数。 n_1 个第一探测器 21 用于探测在扫描对象 30 穿过扫描区域的过程中,射线束透过扫描对象 30 后形成的第一投影数据。 n_2 个第二探测器 22 用于探测在扫描对象 30 穿过扫描区域的过程中,射线束透过扫描对象 30 后形成的第二投影数据。

成像装置 5 用于根据第二投影数据,生成扫描对象 30 的数字化射线图像(即 DR 图像);以及根据第一投影数据和第二投影数据,生成扫描对象 30 的计算机断层扫描图像(即 CT 图像)。

在根据本公开实施例的直线扫描 CT 成像系统中,在对扫描对象进行安全检查时,可以由传送装置 3 使扫描对象在扫描通道中沿传送方向移动,并穿过多个射线源 1 交替发出射线束形成的扫描区域;接着由多个第一探测器和第二探测器探测在扫描对象穿过扫描区域的过程中,多个射线源 1 发出的射线束透过扫描对象后形成的第一投影数据和第二投影数据;然后由成像装置根据多个射线源 1 的第一投影数据和第二投影数据,生成扫描对象的计算机断层扫描图像,并且根据多个射线源 1 的第二投影数据,生成扫描对象的数字化射线图像。在此基础上,可以同时基于扫描对象的数字化射线图像和计算机断层扫描图像进行判图,以识别是否存在违禁物品。也就是说,在根据本公开实施例的直线扫描 CT 成像系统中,通过一次扫描,可以同时进行 DR 成像和 CT 成像,通过 CT 成像,可以避免堆叠或遮挡等问题,通过 DR 成像,可以改善图像的质量,避免分辨率恶化、伪影等问题。

需要说明的是,结合参照图 1,扫描对象 30 在扫描通道 4 中移动,通过扫描区域,在通过扫描区域的过程中,多个射线源 1 交替发出射线束,第一探测器 21 和第二探测器 22 分别同时探测第一投影数据和第二投影数据,这样,可以通

过一次扫描，同时进行DR成像和CT成像。即，在本公开的实施例中，不需要扫描对象30先进行DR成像，后进行CT成像，即，不需要将DR成像的扫描段和CT成像的扫描段分隔开。因此，从空间上看，可以减小直线扫描CT成像系统的占用空间，实现结构紧凑的直线扫描CT成像系统；从时间上看，可以缩短形成DR图像和CT图像的成像时间，有利于提高检测效率。

还需要说明的是，在本公开的实施例中，通过针对多个射线源1同时布置第一探测器21和第二探测器22，可以通过一次扫描同时进行DR成像和CT成像，不需要扫描对象30多次通过扫描区域，例如，不需要传送装置3带动扫描对象30双向移动，以多次通过扫描区域。因此，从结构上看，可以简化传送装置3的结构；从时间上看，可以缩短形成DR图像和CT图像的成像时间，有利于提高检测效率。

特别有利地，由于可以通过一次扫描同时进行DR成像和CT成像，不需要扫描对象30多次通过扫描区域，所以，本公开实施例提供的直线扫描CT成像系统和方法特别适用于大型物品（比如集装箱）的安全检查。

还需要说明的是，在本公开的实施例中，扫描通道4为直线扫描通道，即，扫描对象30在扫描区域中的运动轨迹为直线轨迹。即，扫描对象30相对于射线源和探测器沿单一直线轨迹进行运动，不需要设置结构复杂的滑环等旋转运动部件，有利于简化直线扫描CT成像系统的结构复杂度，提高直线扫描CT成像系统的可靠性。

还需要说明的是，在本公开的实施例中，多个射线源1沿第一直线排列，即，形成沿直线分布的射线源，多个射线源被控制以交替出束，通过这样的方式来从多个角度对扫描对象30进行扫描成像。这样，可以避免设置结构复杂的滑环等旋转运动部件来驱动射线源运动，有利于简化直线扫描CT成像系统的结构复杂度，提高直线扫描CT成像系统的可靠性。

还需要说明的是，在本公开的实施例中，用于DR成像的第二探测器和其他用于CT成像的第一探测器沿传送方向排列，通过改变探测器的布置方式可以同时实现DR和CT成像，在不增加系统结构复杂度的情况下，提高了成像图像的质量。

在本公开的实施例中，至少一个第二探测器22与每一个第一探测器21均不相同。具体地，第二探测器22可以用于DR成像，第一探测器21可以用于CT

成像，即，通过第二探测器 22 形成的 DR 图像的分辨率高于通过第一探测器 21 形成的 CT 图像的分辨率。换句话说，至少一个第二探测器 22 的分辨率高于每一个第一探测器 21 的分辨率。

图 2A 和图 2B 分别示意性示出了第一探测器和第二探测器的结构示意图。

例如，结合参照图 2A 和图 2B，第一探测器 21 可以包括多个像素 21P，第二探测器 22 可以包括多个像素 22P，至少一个第二探测器 22 的像素个数大于每一个第一探测器 21 的像素个数。

在一些示例性的实施例中，继续参照图 3A 和图 3B，第一探测器 21 可以包括多个第一探测器模块 21M，第二探测器 22 可以包括多个第二探测器模块 22M。例如，第一探测器模块 21M 可以包括至少一个像素 21P，第二探测器模块 22M 可以包括至少一个像素 22P。多个第一探测器模块 21M 的排列方式与多个第二探测器模块 22M 的排列方式不同。例如，多个第一探测器模块 21M 可以以 $r1$ 行 $c1$ 列的方式阵列排布，多个第二探测器模块 22M 可以以 $r2$ 行 $c2$ 列的方式阵列排布，其中， $r1$ 、 $r2$ 、 $c1$ 、 $c2$ 分别为大于等于 2 的正整数， $r1$ 可以不等于 $r2$ ，和/或， $c1$ 可以不等于 $c2$ 。

再例如，结合参照图 2A 和图 2B，至少一个第二探测器 22 的像素尺寸小于每一个第一探测器 21 的像素尺寸。示例性地，第一探测器 21 的一个像素 21P 可以具有大致矩形形状，第二探测器 22 的一个像素 22P 可以具有大致矩形形状，像素 21P 的长和宽中的至少一个尺寸小于像素 22P 的长和宽中的至少一个尺寸。需要说明的是，第一探测器、第二探测器的像素的形状并不局限于矩形形状，它可以包括任意合适的形状，本公开的实施例不对此做特别限制。

在本公开的实施例中，通过设置第一探测器和第二探测器的像素的尺寸、像素的布置和/或模块的布置，使得第一探测器的单位面积内的像素个数小于第二探测器的单位面积内的像素个数，这样，通过第二探测器形成的图像的分辨率高于通过第一探测器形成的图像的分辨率。

在一些示例性的实施例中，至少一个第二探测器 22 与每一个第一探测器 21 的晶体材料不同。至少一个第二探测器 22 的晶体余晖少于每一个第一探测器 21 的晶体余晖。

需要说明的是，此处的“晶体余晖”，是指晶体的余晖效应，当射线源 1 发出的射线束会穿过光接收面进入每个晶体内部，当被晶体吸收后生成衰减后的投

影图像，仍然会暂留持续一段时间。

在一些示例性的实施例中，至少一个第二探测器 22 与每一个第一探测器 21 沿射线入射方向的厚度不同。

在一些示例性的实施例中，至少一个所述第二探测器 22 的探测效率优于每一个所述第一探测器 21 的探测效率。

在一些示例性的实施例中，如图 1 所示， n_1 个第一探测器 21 分别为线性探测器阵列；和/或， n_2 个第二探测器 22 分别为线性探测器阵列。与面阵探测器相比，线性探测器阵列的设置更加灵活且成本更低。

在一些示例性的实施例中，射线源 1 的数量为 m ，探测器的数量为 n ， m 为大于等于 2 的正整数， n 为大于等于 3 的正整数。每一个探测器可以采集到每一个射线源 1 发出的射线束的某一角度下的衰减信号，也就是一幅投影数据，则一次扫描过程中可以得到 $m \times n$ 幅投影数据。

图 4 为本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的结构示意图，其中示意性示出了第二探测器包括 L 型探测器。图 4 中的直线扫描 CT 成像系统包括：传送装置 3、 m 个射线源 1、 n 个探测器 2 和成像装置 5。示例性地， m 为大于等于 2 的正整数， n 为大于等于 3 的正整数。

在本公开的实施例中，如图 4 所示， n 个探测器 2 包括 n_1 个第一探测器 21（图 4 中以实线示意性示出）和 n_2 个第二探测器 22（图 4 中以虚线示意性示出），例如， n_1 为大于等于 2 的正整数， n_2 为大于等于 1 的正整数。 n_1 个第一探测器 21 用于探测在扫描对象 30 穿过扫描区域的过程中，射线束透过扫描对象 30 后形成的第一投影数据。 n_2 个第二探测器 22 用于探测在扫描对象 30 穿过扫描区域的过程中，射线束透过扫描对象 30 后形成的第二投影数据。

如图 4 所示， n_1 个第一探测器 21 分别为线性探测器阵列；和/或，至少一个第二探测器 22 包括沿第一方向 D1 布置的竖臂探测器 221 和沿第二方向 D2 布置的横臂探测器 222，其中，第二方向 D2 与传送方向 D3 和第一方向 D1 两者均相交。

通过增设横臂探测器，使得第二探测器可以以更大的扫描角度对扫描对象进行扫描成像，有利于提高 DR 图像的质量。

继续参照图 4，对于增设的横臂探测器，可以主要针对位于最下侧的射线源 1，即，在扫描过程中，横臂探测器 222 主要接收位于最下侧的射线源 1 发出的

射线束经过扫描对象衰减后的信号。

图 5A 和图 5B 分别为沿传送方向观察的直线扫描 CT 成像系统的侧视图。参照图 5A 和图 5B，位于最下侧的射线源 1 的锥角 φ_1 大于其他射线源 1 的锥角 φ_2 ，这样，在扫描过程中，位于最下侧的射线源 1 发出的射线束的锥角较大，使得竖臂探测器 221 和横臂探测器 222 可以探测到位于最下侧的射线源 1 发出的射线束经过扫描对象衰减后的信号；其他射线源 1 发出的射线束的锥角较小，这样，其他射线源 1 发出的射线束不会因散射等原因对 DR 成像造成负面的影响。

图 6 和图 7 分别为本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的结构示意图，其中示意性示出了第二探测器包括多个子探测器。

如图 6 和图 7 所示，至少一个第二探测器 22 包括 k 个子探测器， k 为大于等于 2 的正整数， k 个子探测器沿传送方向依次间隔排列。

k 个子探测器中任意两个相邻的子探测器之间沿传送方向的排列间隔小于 n_1 个第一探测器 21 中任意两个相邻的第一探测器 21 之间沿传送方向的排列间隔。

如图 6 所示，每一个子探测器为线性探测器阵列。如图 7 所示，每一个子探测器为 L 型探测器，即，每一个子探测器可以包括竖臂探测器和横臂探测器。

在本实施例中，成像装置用于组合 k 个子探测器的第二投影数据，以生成扫描对象的数字化射线图像。通过设置密集排布的多个子探测器构成第二探测器，可以进一步提高扫描对象的 DR 成像质量。

需要说明的是，此处的“组合”包括重组、组合、重采样等多种数据处理方式。例如，如果第二探测器 22 包括 2 个子探测器，每个子探测器一次扫描采集 1000 次数据，那么 2 个子探测器采集的各 1000 列数据可以穿插排列，从而可以得到 2000 列的图像，相当于在运动方向空间采样率增加了一倍。

需要说明的是，在图 6 和图 7 所示的实施例中，示意性示出了第二探测器采用双排（即 $k=2$ ）且排间距较小的排布方式，但是，本公开的实施例不局限于此，在其他实施例中，第二探测器可以采用更多排且排间距较小的排布方式。

图 8 为本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的侧视示意图，其中示意性示出了第二探测器包括 U 型探测器。

如图 8 所述， n_1 个第一探测器 21 分别为线性探测器阵列。至少一个第二探测器 22 包括沿第一方向 D1 布置的竖臂探测器 221、沿第二方向 D2 布置的第一

横臂探测器 222 和沿第二方向 D2 布置的第二横臂探测器 223, 其中, 第一横臂探测器 222 和第二横臂探测器 223 在第一方向 D1 上分别位于竖臂探测器 221 的上侧和下侧。

继续参照图 8, 对于增设的 2 个横臂探测器, 可以针对全部的射线源 1, 即, 在扫描过程中, 第一横臂探测器 222 和第二横臂探测器 223 接收全部的射线源 1 发出的射线束经过扫描对象衰减后的信号。相应地, 在图 8 所示的实施例中, 3 个射线源 1 发出的射线束的锥角 φ 都较大。

通过增设 2 个横臂探测器, 使得第二探测器可以以更大的扫描角度对扫描对象进行扫描成像, 有利于提高 DR 图像的质量。

图 9 为本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的俯视示意图, 其中示意性示出了第二探测器与传送装置的相对位置关系。

参照图 9, 传送装置 3 可以包括多个传送辊 31, 在传送方向 D3 上, 第二横臂探测器 223 位于相邻的两个传送辊 31 之间的间隙处。

结合参照图 8 和图 9, 当直线轨道传输采用辊道方式时, 在直线运动两端有轨道车和转台实现货物进出和旋转等操作。在 2 根辊道中间的缝隙处可以再铺设一个横臂探测器 223, 此时所有射线源 1 发出的射线束都可以进行 DR 成像, 即可以进行多个视角的 DR 成像, 且传送辊 31 不会对横臂探测器 223 接收的信号产生遮挡, 有利于进一步提高 DR 成像的质量。

图 10 为本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的侧视示意图, 其中示意性示出了第二探测器的横臂探测器的一种布置方式。结合参照图 3B 和图 10, 所述横臂探测器 222 可以包括多个探测器模块 22M, 所述多个探测器模块 22M 可以依次首尾相连。

在该实施例中, 对于横臂探测器, 可以针对全部的射线源 1, 即, 在扫描过程中, 横臂探测器 222 接收全部的射线源 1 发出的射线束经过扫描对象衰减后的信号。相应地, 在图 10 所示的实施例中, 3 个射线源 1 发出的射线束的锥角 φ 都较大。这样, 全部的射线源 1 发出的射线束形成的 DR 图像均为连续没有截断的图像。

图 11 为本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的侧视示意图, 其中示意性示出了第二探测器的横臂探测器的另一种布置方式。结合参照图 3B 和图 11, 所述横臂探测器 222 可以包括多个探测器模块 22M, 所述多个探测器模块 22M

在第二方向 D2 上间隔排布。

在该实施例中，每一个探测器模块 22M 的受光面 22MS 与第二直线 L2 垂直，所述第二直线 L2 为连接第 i 个射线源 1 与所述受光面 22MS 上的预定点 P 的直线，i 为大于等于 1 且小于等于 m 的正整数。

需要说明的是，“受光面 22MS 上的预定点 P”可以是探测器模块的受光面 22MS 的一个端点、中心点或其他合适的点，即，受光面 22MS 上的预定点 P 位于受光面 22MS 的边界上或位于受光面 22MS 内，本公开的实施例对此不做特别限制。

通过这样的设置方式，可以使得横臂探测器的各个探测器模块均朝向某个射线源 1，例如，在图 11 所示的实施例中，横臂探测器的各个探测器模块均朝向位于最下侧的射线源 1，在此基础上，可以通过第二探测器获取更清晰的 DR 图像。

在该实施例中，射线源 1 发出的射线束垂直入射横臂探测器的晶体，射线束垂直入射晶体时，穿过晶体的厚度等于晶体厚度，晶体等效面积等于晶体的光接收面的实际面积。因此，在本公开实施例中，通过垂直入射晶体的方式，一方面，能够使得有效穿过晶体的厚度增加，从而提高射线束的穿透力，进而使得探测到的投影图像所携带的投影数据更加全面；另一方面，能够使得等效晶体面积等于光接收面的实际面积，从而提高射线束的空间分辨率，进而使得探测到的投影图像所携带的投影数据的分辨率更高。

在本公开的一些示例性实施例中，n 个探测器可以包括仅 1 个第二探测器 22，在 1 个第二探测器 22 沿传送方向 D3 的两侧，分别布置有至少一个第一探测器 21。在该实施例中，只需替换一系列探测器，在保证低成本的情况下，可以得到更清晰完整的 DR 图像，也不会恶化 CT 图像。

示例性地，参照图 1，1 个第二探测器 22 和第一直线 L1 两者所在的平面 P1 与传送方向 D3 垂直。在射线源 1 发出的射线束为锥形束的情况下，通过这样的设置方式，可以使得锥形束的中心束面正对第二探测器 22，有利于获得更清晰完整的 DR 图像。

在本公开的另一一些示例性实施例中，n 个探测器可以包括多个第二探测器，即，第二探测器 22 的数量 n2 大于等于 2。

需要说明的是，在本公开的一些示例性的实施例中，第一探测器 21 和第二

探测器 22 的数量之和为奇数，奇数个探测器沿传送方向间隔排列，处于中间位置的探测器为第二探测器 22，例如，该处于中间位置的第二探测器 22 和第一直线 L1 两者所在的平面 P1 与传送方向 D3 垂直。再例如，其他偶数个探测器相对于该处于中间位置的第二探测器 22 对称布置。通过这样的设置方式，可以使得锥形束的中心束面正对第二探测器 22，有利于获得更清晰完整的 DR 图像。

还需要说明的是，在本公开的另一一些示例性的实施例中，第一探测器 21 和第二探测器 22 的数量之和为偶数，偶数个探测器沿传送方向间隔排列，处于中间位置的 2 个探测器中的至少一个为第二探测器 22，例如，该处于中间位置的其中 1 个第二探测器 22 和第一直线 L1 两者所在的平面 P1 与传送方向 D3 不垂直。

图 12 为本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的结构示意图，其中示意性示出了多个第二探测器。

参照图 12，第二探测器 22 的数量 n_2 大于等于 2， n_2 个第二探测器 22 和 n_1 个第一探测器 21 沿所述传送方向 D3 交替布置。

需要说明的是，此处“交替布置”可以表示：沿传送方向 D3，至少一个第二探测器 22 的两侧布置有至少一个第一探测器 21，和/或，至少两个第二探测器 22 的两侧布置有至少一个第一探测器 21。如图 12 所示，沿传送方向 D3，对于部分第二探测器 22，每一个第二探测器 22 的两侧布置有一个第一探测器 21；对于另一部分第二探测器 22，两个第二探测器 22 的两侧布置有一个第一探测器 21。

在该实施例中，通过增加第二探测器 22 的数量，可以获得多个视角的 DR 图像，有利于提高 DR 成像的质量。

继续参照图 12，在 n_2 个第二探测器 22 中，1 个第二探测器 22 和第一直线 L1 两者所在的平面与传送方向 D3 垂直，其他第二探测器 22 和第一直线 L1 两者所在的平面与传送方向 D3 的夹角大于 90° 或小于 90° 。

例如，如图 12 所示，从左至右数的第 2 个第二探测器 22 和第一直线 L1 两者所在的平面与传送方向 D3 的夹角 α_0 为约 90° ，从左至右数的第 2 个第二探测器 22 和第一直线 L1 两者所在的平面与传送方向 D3 的夹角 α_1 大于 90° ，从左至右数的第 3、4 个第二探测器 22 和第一直线 L1 两者所在的平面与传送方向 D3 的夹角 α_2 、 α_3 均小于 90° 。示例性地， $\alpha_1 > \alpha_0 > \alpha_2 > \alpha_3$ ，即，沿传送方向排列的各个第二探测器和第一直线 L1 两者所在的平面与传送方向 D3 的夹角

依次减小。

通过合理地布置各个第二探测器与射线源的中心束面的夹角，可以合理设计获得 DR 图像的各个视角，有利于进一步提高 DR 成像的质量。

图 13 为本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像系统的结构示意图，其中示意性示出了多个 L 型第二探测器。

参照图 13，第二探测器 22 的数量 n_2 大于等于 2， n_2 个第二探测器 22 和 n_1 个第一探测器 21 沿所述传送方向 D3 交替布置。在 n_2 个第二探测器中，每一个第二探测器 22 均包括沿第一方向 D1 布置的竖臂探测器 221 和沿第二方向 D2 布置的横臂探测器 222。

继续参照图 13，每一个第二探测器的竖臂探测器 221 和横臂探测器 222 相交形成的平面均延伸经过所述第一直线 L1。

通过这样的设置方式，使得横臂探测器的放置角度与射线源发出的射线束光路相匹配，从而可以生成没有畸变的 DR 图像数据。

在本公开的一些示例性实施例中，参照图 14，所述直线扫描 CT 成像系统还可以包括位于传送装置 3 的一端或两端的旋转装置 6，旋转装置 6 用于在扫描对象穿过扫描区域并移动至传送装置 3 的端侧时，使扫描对象旋转预设角度。

例如，传送装置 3 还可以用于使旋转后的扫描对象再次穿过扫描区域；探测器 2 还可以用于探测在扫描对象再次穿过扫描区域的过程中，多个射线源 1 发出的射线束透过旋转后的扫描对象后形成的第一投影数据和第二投影数据；成像装置 5 还可以用于根据第二投影数据，生成扫描对象的数字化射线图像，以及根据第一投影数据和第二投影数据，得到扫描对象的三维重建图像。

需要说明的是，扫描对象旋转预设角度并穿过扫描区域的步骤可以为多次。本领域技术人员应该理解，在一次检查中扫描对象穿过扫描区域的次数越多，则扫描对象被照射的角度越全面，从而得到的重建图像的质量也越高。

下面对本公开实施例的直线扫描 CT 成像系统的工作过程进行详细说明，示例性地，直线扫描 CT 成像系统的工作过程可以包括以下步骤。

首先，将扫描对象 30 固定在传送装置 3 上，使扫描对象 30 在扫描通道 4 中沿传送装置 3 的传送方向 D3 移动。

接下来，由沿竖直方向分布的多个射线源 1 交替出束形成扫描区域。

然后，由第一探测器 21 和第二探测器 22 分别探测在扫描对象穿过扫描区

域的过程中,多个射线源 1 发出的射线束透过扫描对象后形成的第一投影数据和第二投影数据。

然后,由成像装置 4 根据第二投影数据,生成扫描对象的数字化射线图像,以及根据第一投影数据和第二投影数据,得到扫描对象的计算机断层扫描图像。

根据本公开的实施例,参照图 15,直线扫描 CT 成像系统还可以包括脉冲发生器 7,用于产生控制多个射线源 1 交替发出射线束的触发脉冲序列。其中,脉冲触发序列具体可以包括以下几种情况。

在第一种情况下,触发脉冲序列的一个周期内包括与多个射线源 1 一一对应的触发脉冲信号,触发脉冲信号用于控制对应的射线源 1 发出具有相同能量的射线束。

示例性地,图 16 中示出了与 3 个射线源 1 一一对应的触发脉冲信号。其中,横坐标指示时间,沿着时间轴的方向与 3 个射线源 1 一一对应的触发脉冲信号交替排列。纵坐标指示能量,所有触发脉冲信号所指示的能量均为 E_1 。采用此方式得到的投影图像数据是可以用来进行单能 CT 重建的完整数据。

在第二种情况下,触发脉冲序列的一个周期内包括与多个射线源 1 一一对应的触发脉冲信号组,触发脉冲信号组包括第一触发脉冲信号和第二触发脉冲信号,第一触发脉冲信号和第二触发脉冲信号用于控制对应的射线源 1 依次发出具有第一能量的第一子射线束和具有第二能量的第二子射线束。其中,射线源 1 可以是能量可调节的双能加速器。

示例性地,图 17 中示出了与 3 个射线源 1 一一对应的触发脉冲信号组,即每个射线源 1 出来两次。其中,横坐标指示时间,沿着时间轴的方向与 3 个射线源 1 一一对应的触发脉冲信号组交替排列。纵坐标指示能量,每个触发脉冲信号组中的第一触发脉冲信号所指示的能量均为 E_2 ,每个触发脉冲信号组中的第二触发脉冲信号所指示的能量均为 E_3 。采用此方式得到的投影图像数据是可以用来进行双能 CT 重建的完整数据。

下面对双能 CT 重建图像的原理进行详细说明。

首先,利用双能射线扫描扫描对象,获得双能投影数据;

然后,根据预先创建的查找表或者通过求解方程组的方法,计算双能投影数据对应的基材料系数投影值。其中,创建查找表的方法是选定两种基材料,计算双能射线通过这两种材料不同厚度下的投影值,按照高低能投影值和不同厚度

组合的关系,得到查找表。解析求解方程组的方法是利用实际得到的高低能投影值,通过求解基材料分解下的高低能投影方程组,得到相应厚度组合。

然后,由基材料的投影值,就可以得到基材料系数的分布图像。从基材料系数分布中可以得到扫描对象的原子序数、特征密度图像和任意能量下扫描对象的衰减系数图像,从而对扫描对象进行物质分类和自动识别。

需要说明的是,为了对第二种情况下得到的投影图像数据进行双能 CT 重建,直线扫描 CT 成像系统还包括分解单元,分解单元根据第一投影数据和第二投影数据中分别分解出与第一子射线束和第二子射线束对应的第一子投影数据和第二子投影数据。成像装置根据第一投影数据的第一子投影数据和第二子投影数据,以及第二投影数据的第一子投影数据和第二子投影数据,得到扫描对象的重建图像。

在第三种情况下,射线源 1 可以是能量可调节的单能加速器。触发脉冲序列的一个周期内包括与多个射线源 1 一一对应的触发脉冲信号,在对扫描对象 30 第一次扫描过程中,触发脉冲信号用于控制对应的射线源 1 发出具有第一相同能量的射线束;在扫描对象 30 第二次扫描的过程中,触发脉冲信号用于控制对应的射线源 1 发出具有第二相同能量的射线束。

示例性地,第一次扫描过程中所有触发脉冲信号所指示的能量均为 E1(参看图 16);第二次扫描过程中所有触发脉冲信号所指示的能量均为 E4(参看图 18)。采用此方式得到的投影图像数据也可以用来进行双能 CT 重建,得到的扫描对象 30 的图像信息包括高能衰减系数,低能衰减系数,原子序数,电子密度等信息,从而对扫描对象进行物质分类和自动识别。

图 19 为本公开实施例提供的直线扫描 CT 成像方法的流程示意图,应用于如上所述的直线扫描 CT 成像系统。图 19 中的直线扫描 CT 成像方法包括步骤 S131 至步骤 S134。

在步骤 S131 中,使传送装置 3 带动扫描对象在扫描通道中沿预定的传送方向运动,其中,传送装置 3 包括供扫描对象放置的传送表面。

在步骤 S132,使 m 个射线源 1 交替发出射线束以形成扫描区域,其中, m 个射线源 1 位于扫描通道的一侧, m 为大于等于 2 的正整数。

在步骤 S133,使扫描对象穿过扫描区域。

在步骤 S134,在扫描对象穿过扫描区域的过程中,使 n 个探测器探测射线

束透过扫描对象后形成的投影数据，其中， n 个探测器位于扫描通道的另一侧， n 个探测器沿传送方向依次间隔布置， n 为大于等于 3 的正整数， n 个探测器包括 n_1 个第一探测器 21 和 n_2 个第二探测器 22， n_1 为大于等于 2 的正整数， n_2 为大于等于 1 的正整数。

图 20 为根据本公开实施例的投影数据处理方法的流程示意图，上述步骤 S134 可以进一步包括操作步骤 S1341~步骤 S1343。

在步骤 S1341 中，使 n_1 个第一探测器 21 探测射线束透过扫描对象后形成的第一投影数据。

在步骤 S1342 中，使 n_2 个第二探测器 22 探测射线束透过扫描对象后形成的第二投影数据。

在步骤 S1343 中，根据第二投影数据，生成扫描对象的数字化射线图像；以及，根据第一投影数据和第二投影数据，生成扫描对象的计算机断层扫描图像。

示例性地，将第二探测器 22 和第一探测器 21 得到的数据一起用于 CT 重建，得到被检物体的三维重建图像并显示。

例如，可直接使用第二探测器 22 的数据进行重建，也可以将第二探测器 22 的数据等效为相同位置处的第一探测器 21 的数据后，做常规的直线 CT 重建。

在一些示例性的实施例中，至少一个第二探测器 22 包括沿第一方向布置的竖臂探测器和沿第二方向布置的横臂探测器，其中，第二方向与传送方向和第一方向两者均相交。

图 21A 和图 21B 为根据本公开实施例的第二投影数据比例处理方法的示意图。

在一些示例性的实施例中，根据第二投影数据，生成扫描对象的数字化射线图像包括：对竖臂探测器和横臂探测器探测到的第二投影数据进行比例调整，然后组合生成扫描对象的数字化射线图像，从而消除交接处图像视觉上的不一致性。

例如，结合参照图 7，至少一个第二探测器 22 包括 k 个子探测器， k 为大于等于 2 的正整数， k 个子探测器沿传送方向依次间隔排列； k 个子探测器中任意两个相邻的子探测器之间沿传送方向的排列间隔小于 n_1 个第一探测器 21 中任意两个相邻的第一探测器 21 之间沿传送方向的排列间隔，根据第二投影数据，生成扫描对象的数字化射线图像包括：组合 k 个子探测器的第二投影数据，以生

成扫描对象的数字化射线图像。

如果第二探测器 22 采用双排或多排且排间距较小的排布方式，在数据处理上，可以组合多排数据等效为一排 DR 图像显示。

在一些示例性的实施例中，直线扫描 CT 成像系统还包括脉冲触发器，在使多个射线源 1 交替发出射线束以形成扫描区域的步骤之前，直线扫描 CT 成像方法还包括：由脉冲触发器产生用于控制多个射线源 1 交替发出射线束的触发脉冲序列。

其中，触发脉冲序列的一个周期内可以包括与多个射线源 1 一一对应的触发脉冲信号，触发脉冲信号用于控制对应的射线源 1 发出具有相同能量的射线束。

触发脉冲序列的一个周期内也可以包括与多个射线源 1 一一对应的触发脉冲信号组，触发脉冲信号组包括第一触发脉冲信号和第二触发脉冲信号，第一触发脉冲信号和第二触发脉冲信号用于控制对应的射线源 1 依次发出具有第一能量的第一子射线束和具有第二能量的第二子射线束。

成像装置根据第一投影数据和第二投影数据中分别分解出与第一子射线束和第二子射线束对应的第一子投影数据和第二子投影数据。成像装置根据第一投影数据的第一子投影数据和第二子投影数据，以及第二投影数据的第一子投影数据和第二子投影数据，得到扫描对象的重建图像。

在一些示例性的实施例中，射线源 1 采用双能出束模式，第二探测器 22 采用具有能量分辨能力的探测器，则可以实现更多能谱测量的能谱 DR，在图像颜色上更加准确，可实现更多物质的分类。

图 22 示意性示出了根据本公开实施例的直线扫描 CT 成像系统的成像装置的方框图。

如图 22 所示，根据本公开实施例的直线扫描 CT 成像系统的成像装置 4 可以包括处理器 401，其可以根据存储在只读存储器（ROM）402 中的程序或者从存储部分 408 加载到随机访问存储器（RAM）403 中的程序而执行各种适当的操作和处理。处理器 401 例如可以包括通用微处理器（例如 CPU）、指令集处理器和/或相关芯片组和/或专用微处理器（例如，专用集成电路（ASIC））等等。处理器 401 还可以包括用于缓存用途的板载存储器。处理器 401 可以包括用于执行根据本公开实施例的方法流程的不同动作的单一处理单元或者是多个处理单元。

在 RAM 403 中, 存储有电子设备 400 操作所需的各种程序和数据。处理器 401、ROM 402 以及 RAM 403 通过总线 404 彼此相连。处理器 401 通过执行 ROM 402 和/或 RAM 403 中的程序来执行根据本公开实施例的方法流程的各种操作。需要注意, 所述程序也可以存储在除 ROM 402 和 RAM 403 以外的一个或多个存储器中。处理器 401 也可以通过执行存储在所述一个或多个存储器中的程序来执行根据本公开实施例的方法流程的各种操作。

根据本公开的实施例, 电子设备 400 还可以包括输入/输出 (I/O) 接口 405, 输入/输出 (I/O) 接口 405 也连接至总线 404。电子设备 400 还可以包括连接至 I/O 接口 405 的以下部件中的一项或多项: 包括键盘、鼠标等的输入部分 406; 包括诸如阴极射线管 (CRT)、液晶显示器 (LCD) 等以及扬声器等的输出部分 407; 包括硬盘等的存储部分 408; 以及包括诸如 LAN 卡、调制解调器等网络接口卡的通信部分 409。通信部分 409 经由诸如因特网的网络执行通信处理。驱动器 410 也根据需要连接至 I/O 接口 405。可拆卸介质 411, 诸如磁盘、光盘、磁光盘、半导体存储器等等, 根据需要安装在驱动器 410 上, 以便于从其上读出的计算机程序根据需要被安装入存储部分 408。

附图中的流程图和框图, 图示了按照本公开各种实施例的系统、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上, 流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段、或代码的一部分, 上述模块、程序段、或代码的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。也应当注意, 在有些作为替换的实现中, 方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如, 两个接连地表示的方框实际上可以基本并行地执行, 它们有时也可以按相反的顺序执行, 这依所涉及的功能而定。也要注意, 框图或流程图中的每个方框、以及框图或流程图中的方框的组合, 可以用执行规定的功能或操作的专用的基于硬件的系统来实现, 或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

在本公开的实施例中, 提供了一种直线扫描 CT 成像系统和相应的直线扫描 CT 成像方法。在该直线扫描 CT 成像系统中, 实现了基于直线 CT 的 DR 的系统设计, 对直线 CT 原有的扫描方式没有任何影响, 直线 CT 扫描步骤没有增加; 只需替换一列或几列探测器, 就可以得到更清晰完整的 DR 图像, 也不会恶化三维重建图像; 在射线源采用双能出束模式的情况下, DR 图像颜色也会更准确;

在射线源采用双能出束模式的情况下,第二探测器采用具有能量分辨能力的探测器,则可以实现更多能谱测量的能谱 DR,在图像颜色上更加准确,也可实现更多物质的分类。

在根据本公开实施例的直线扫描 CT 成像系统中,通过一次扫描,可以同时进行 DR 成像和 CT 成像,通过 CT 成像,可以避免堆叠或遮挡等问题,通过 DR 成像,可以改善图像的质量,观察被扫描物体的细节结构,避免分辨率恶化、伪影等问题。

以上对本公开的实施例进行了描述。但是,这些实施例仅仅是为了说明的目的,而并非为了限制本公开的范围。尽管在以上分别描述了各实施例,但是这并不意味着各个实施例中的措施不能有利地结合使用。本公开的范围由所附权利要求及其等同物限定。不脱离本公开的范围,本领域技术人员可以做出多种替代和修改,这些替代和修改都应落在本公开的范围之内。

权 利 要 求

1.一种直线扫描 CT 成像系统,其中,所述系统包括:

传送装置,用于使扫描对象在扫描通道中沿预定的传送方向移动,其中,所述传送装置包括供所述扫描对象放置的传送表面;

m 个射线源,所述 m 个射线源用于交替发出射线束以形成扫描区域,其中,所述 m 个射线源位于所述扫描通道的一侧, m 为大于等于 2 的正整数; 以及

n 个探测器,所述 n 个探测器用于探测在所述扫描对象穿过所述扫描区域的过程中,所述射线束透过所述扫描对象后形成的投影数据,其中,所述 n 个探测器位于所述扫描通道的另一侧,所述 n 个探测器沿所述传送方向依次间隔布置, n 为大于等于 3 的正整数,

其中,所述 n 个探测器包括 n1 个第一探测器和 n2 个第二探测器, n1 为大于等于 2 的正整数, n2 为大于等于 1 的正整数; 所述 n1 个第一探测器用于探测在所述扫描对象穿过所述扫描区域的过程中,所述射线束透过所述扫描对象后形成的第一投影数据; 所述 n2 个第二探测器用于探测在所述扫描对象穿过所述扫描区域的过程中,所述射线束透过所述扫描对象后形成的第二投影数据; 以及

所述系统还包括成像装置,所述成像装置用于: 根据所述第二投影数据,生成所述扫描对象的数字化射线图像; 以及,根据所述第一投影数据和所述第二投影数据,生成所述扫描对象的计算机断层扫描图像。

2.如权利要求 1 所述的系统,其中,至少一个所述第二探测器与每一个所述第一探测器均不相同。

3.如权利要求 2 所述的系统,其中,至少一个所述第二探测器的分辨率高于每一个所述第一探测器的分辨率。

4.如权利要求 3 所述的系统,其中,至少一个所述第二探测器的像素个数大于每一个所述第一探测器的像素个数; 和/或,

至少一个所述第二探测器的像素尺寸小于每一个所述第一探测器的像素尺寸。

5.如权利要求 2-4 中任一项所述的系统，其中，至少一个所述第二探测器与每一个所述第一探测器的晶体材料不同；和/或，至少一个所述第二探测器与每一个所述第一探测器沿射线入射方向的厚度不同。

6.如权利要求 5 所述的系统，其中，至少一个所述第二探测器的晶体余晖少于每一个所述第一探测器的晶体余晖；和/或，至少一个所述第二探测器的探测效率优于每一个所述第一探测器的探测效率。

7.如权利要求 2-6 中任一项所述的系统，其中，所述第一探测器包括多个第一探测器模块，所述第二探测器包括多个第二探测器模块，所述多个第一探测器模块的排列方式与所述多个第二探测器模块的排列方式不同。

8.如权利要求 1-7 中任一项所述的系统，其中，所述 n_1 个第一探测器分别为线性探测器阵列；和/或，所述 n_2 个第二探测器分别为线性探测器阵列。

9.如权利要求 1-7 中任一项所述的系统，其中，所述 n_1 个第一探测器分别为线性探测器阵列；和/或，

至少一个所述第二探测器包括沿所述第一方向布置的竖臂探测器和沿第二方向布置的横臂探测器，其中，所述第二方向与所述传送方向和所述第一方向两者均相交。

10.如权利要求 1-7 中任一项所述的系统，其中，所述 n_1 个第一探测器分别为线性探测器阵列；和/或，

至少一个所述第二探测器包括沿所述第一方向布置的竖臂探测器、沿第二方向布置的第一横臂探测器和沿第二方向布置的第二横臂探测器，其中，所述第一横臂探测器和所述第二横臂探测器在第一方向上分别位于所述竖臂探测器的上侧和下侧，所述第二方向与所述传送方向和所述第一方向两者均相交。

11.如权利要求 1-10 中任一项所述的系统，其中，所述 m 个射线源沿第一直

线依次间隔布置,所述第一直线为沿第一方向延伸的假想直线,所述第一方向垂直于所述传送表面。

12.如权利要求 1-11 中任一项所述的系统,其中,所述 n 个探测器包括仅 1 个第二探测器,在所述 1 个第二探测器沿所述传送方向的两侧,分别布置有至少一个所述第一探测器。

13.如权利要求 12 所述的系统,其中,所述 1 个第二探测器和所述第一直线两者所在的平面与所述传送方向垂直。

14.如权利要求 1-11 中任一项所述的系统,其中,至少一个所述第二探测器包括 k 个子探测器, k 为大于等于 2 的正整数,所述 k 个子探测器沿所述传送方向依次间隔排列;

所述 k 个子探测器中任意两个相邻的子探测器之间沿所述传送方向的排列间隔小于所述 n_1 个第一探测器中任意两个相邻的第一探测器之间沿所述传送方向的排列间隔。

15.如权利要求 14 所述的系统,其中,所述成像装置用于:组合所述 k 个子探测器的第二投影数据,以生成所述扫描对象的数字化射线图像。

16.如权利要求 9 或 10 所述的系统,其中,所述横臂探测器包括多个探测器模块,所述多个探测器模块依次首尾相连。

17.如权利要求 9 或 10 所述的系统,其中,所述横臂探测器包括多个探测器模块,所述多个探测器模块在所述第二方向上间隔排布。

18.如权利要求 16 所述的系统,其中,每一个所述探测器模块的受光面与第二直线垂直,所述第二直线为连接第 i 个射线源与所述受光面上的预定点的直线,所述预定点位于所述受光面的边界上或位于所述受光面内, i 为大于等于 1 且小于等于 m 的正整数。

19.如权利要求10所述的系统,其中,所述传送装置包括多个传送辊,在所述传送方向上,所述第二横臂探测器位于相邻的两个传送辊之间的间隙处。

20.如权利要求1-10和14-19中任一项所述的系统,其中,所述第二探测器的数量 n_2 大于等于2, n_2 个第二探测器和 n_1 个第一探测器沿所述传送方向交替布置。

21.如权利要求20所述的系统,其中,在所述 n_2 个第二探测器中,1个第二探测器和所述第一直线两者所在的平面与所述传送方向垂直,其他第二探测器和所述第一直线两者所在的平面与所述传送方向的夹角大于 90° 或小于 90° 。

22.如权利要求20或21所述的系统,其中,在所述 n_2 个第二探测器中,每一个所述第二探测器均包括沿所述第一方向布置的竖臂探测器和沿第二方向布置的横臂探测器,其中,所述第二方向与所述传送方向和所述第一方向两者均相交。

23.如权利要求22所述的系统,其中,每一个所述第二探测器的竖臂探测器和横臂探测器相交形成的平面均延伸经过所述第一直线。

24.如权利要求1-23中任一项所述的系统,其中,所述扫描通道为直线通道。

25.一种直线扫描CT成像方法,其中,所述方法包括:

使传送装置带动扫描对象在扫描通道中沿预定的传送方向运动,其中,传送装置包括供所述扫描对象放置的传送表面;

使 m 个射线源交替发出射线束以形成扫描区域,其中,所述 m 个射线源位于所述扫描通道的一侧, m 为大于等于2的正整数;

使所述扫描对象穿过所述扫描区域;

在所述扫描对象穿过所述扫描区域的过程中,使 n 个探测器探测所述射线束透过所述扫描对象后形成的投影数据,其中,所述 n 个探测器位于所述扫描通

道的另一侧，所述 n 个探测器沿所述传送方向依次间隔布置， n 为大于等于 3 的正整数，

其中，所述 n 个探测器包括 n_1 个第一探测器和 n_2 个第二探测器， n_1 为大于等于 2 的正整数， n_2 为大于等于 1 的正整数；

所述使 n 个探测器探测所述射线束透过所述扫描对象后形成的投影数据包括：使所述 n_1 个第一探测器探测所述射线束透过所述扫描对象后形成的第一投影数据；以及使所述 n_2 个第二探测器探测所述射线束透过所述扫描对象后形成的第二投影数据；以及

所述方法还包括：根据所述第二投影数据，生成所述扫描对象的数字化射线图像；以及，根据所述第一投影数据和所述第二投影数据，生成所述扫描对象的计算机断层扫描图像。

26.如权利要求 25 所述的方法，其中，至少一个所述第二探测器包括沿第一方向布置的竖臂探测器和沿第二方向布置的横臂探测器，其中，所述第二方向与所述传送方向和所述第一方向两者均相交，

所述根据所述第二投影数据，生成所述扫描对象的数字化射线图像包括：对所述竖臂探测器和所述横臂探测器探测到的第二投影数据进行比例调整，然后组合生成所述扫描对象的数字化射线图像。

27.如权利要求 25 或 26 所述的方法，其中，至少一个所述第二探测器包括 k 个子探测器， k 为大于等于 2 的正整数，所述 k 个子探测器沿所述传送方向依次间隔排列；所述 k 个子探测器中任意两个相邻的子探测器之间沿所述传送方向的排列间隔小于所述 n_1 个第一探测器中任意两个相邻的第一探测器之间沿所述传送方向的排列间隔，

所述根据所述第二投影数据，生成所述扫描对象的数字化射线图像包括：组合所述 k 个子探测器的第二投影数据，以生成所述扫描对象的数字化射线图像。