

基于单一直线扫描通道的 CT 扫描成像系统和方法

本申请要求于 2023 年 11 月 9 日提交的、申请号为 202311490089.X 的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本公开涉及辐射成像领域，尤其涉及一种基于单一直线扫描通道的 CT 扫描成像系统和方法。

背景技术

目前，相关的直线 CT 扫描系统可以分为两大类：一类是被检物穿过单一直线通道扫描得到 DR 图像，然后在通道方向感兴趣的截面处，做独立的二维 CT 扫描，得到该截面内部的详细信息；另一类是被检物做多段直线通道扫描，每段中物体相对通道方向的角度都不同，可以通过物体旋转通道固定、或者物体固定通道方向改变的方式实现。

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。

第一类直线 CT 扫描系统，是直线 DR 扫描和二维断层 CT 扫描两种系统的叠加，且两种系统彼此独立：首先完成 DR 扫描，再根据 DR 图像挑选出感兴趣的几个截面分别做二维断层 CT 扫描，两种扫描流程零耦合，整体流程繁琐，通过率低；二维断层 CT 采用传统源探旋转扫描方式，需要旋转轨道和机架装载源探，结构复杂；对大型货物或车辆成像时需用加速器射线源，对机械结构的强度要求更高，进一步提升硬件成本；DR 图像和几个截面的二维 CT 图像蕴含的信息较少，容易产生误报漏报。

第二类直线 CT 扫描系统，在扫描流程中源探固定，各段直线通道扫描的射线光路相同，但各段扫描采集到的物体投影角度不同：如果是复用单一直线通道的多段直线扫描方式，则需要在通道轨道一端增加旋转机构，在段间旋转被检物体，增加的非扫描耗时会降低通过率；扫描大型货物或车辆时，对旋转机构的精度、强度以及安装空间要求更高，进一步提升硬件成本；如果是物体不旋转地穿过多个不同角度直线通道的扫描方式，每段扫描都需要一套独立的直线通道和源探，成本随段数增加；由于多段通道方向不一样，对系统安装空间的约束从单一

通道的一维变到二维；相邻直线通道涉及被检物交接，增加结构复杂度。

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相关技术的信息。

发明内容

本公开提供了一种基于单一直线扫描通道的 CT 扫描成像系统和方法。

根据本公开的第一个方面，提供了一种基于单一直线扫描通道的 CT 扫描成像系统，其中，系统包括：传送装置，用于使扫描对象在单一直线扫描通道中沿预定的传送方向移动，其中，传送装置包括扫描对象 u 放置的传送表面； p 个扫描段，每个扫描段包括多个射线源和至少一个探测器， p 个扫描段沿传送方向间隔布置，其中， p 为大于等于 2 的正整数，在每个扫描段中，多个射线源用于交替发出射线束以形成扫描区域，多个射线源位于扫描通道的一侧，且依次间隔布置；至少一个探测器位于扫描通道的另一侧，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；以及成像装置，用于根据 p 个扫描段中各个探测器探测到的投影数据，生成扫描对象的三维重建图像。

根据本公开的实施例，其中， p 个扫描段包括第 i 个扫描段和第 j 个扫描段，其中， i 和 j 均为大于等于 1 且小于等于 p 的正整数且 i 和 j 不相等；第 i 个扫描段包括 m_i 个射线源和 n_i 个探测器， m_i 为大于等于 2 的正整数， n_i 为大于等于 1 的正整数；第 j 个扫描段包括 m_j 个射线源和 n_j 个探测器， m_j 为大于等于 2 的正整数， n_j 为大于等于 1 的正整数；以及沿扫描通道观察， m_i 个射线源和 n_i 个探测器沿第一布置方向布置在扫描通道的两侧， m_j 个射线源和 n_j 个探测器沿第二布置方向布置在扫描通道的两侧。

根据本公开的实施例，其中，第一布置方向和第二布置方向不同。

根据本公开的实施例，其中，第一布置方向和第二布置方向在垂直于传送方向的平面中的正投影相交。

根据本公开的实施例，其中，第一布置方向和第二布置方向在垂直于传送方向的平面中的正投影垂直。

根据本公开的实施例，其中，第一布置方向平行于扫描通道的宽度方向，第一布置方向平行于传送表面。

根据本公开的实施例，其中，第二布置方向平行于检查对象的高度方向，第

二布置方向垂直于传送表面。

根据本公开的实施例，其中，第一布置方向与传送表面成第一倾斜角度，第一倾斜角度大于 0° 且小于 90° ；和/或，第二布置方向与传送表面成第二倾斜角度，第二倾斜角度大于 0° 且小于 90° 。

根据本公开的实施例，其中，第一布置方向和第二布置方向在垂直于传送方向的平面中的正投影重合。

根据本公开的实施例，其中， m_i 个射线源在传送方向上相对于 n_i 个探测器的第一相对位置不同于 m_j 个射线源在传送方向上相对于 n_j 个探测器的第二相对位置。

根据本公开的实施例，其中， n_i 个探测器包括在传送方向上排列在最前的第一排探测器模块， n_j 个探测器包括在传送方向上排列在最前的第一排探测器模块；以及沿垂直于传送表面的方向观察， m_i 个射线源在传送方向上相对于 n_i 个探测器的第一排探测器模块距离第一偏移距离， m_j 个射线源在传送方向上相对于 n_j 个探测器的第一排探测器模块距离第二偏移距离，第一偏移距离与第二偏移距离不相等。

根据本公开的实施例，其中， $n_i=1$ ， n_i 个探测器为面阵探测器；和/或， $n_j=1$ ， n_j 个探测器为面阵探测器。

根据本公开的实施例，其中， n_i 大于等于 2， n_i 个探测器分别为线性探测器列；和/或， n_j 大于等于 2， n_j 个探测器分别为线性探测器阵列。

根据本公开的实施例，其中， n_i 个探测器沿传送方向间隔排列，和/或， n_j 个探测器沿传送方向间隔排列。

根据本公开的实施例，其中， n_i 个探测器以等间隔距离的方式沿传送方向间隔排列，或者， n_i 个探测器以等角间隔的方式沿传送方向间隔排列；和/或， n_j 个探测器以等间隔距离的方式沿传送方向间隔排列，或者， n_j 个探测器以等角间隔的方式沿传送方向间隔排列。

根据本公开的实施例，其中， n_i 个探测器的探测面与传送表面之间形成第一面角度， n_j 个探测器的探测面与传送表面之间形成第二面角度，第一面角度与第二面角度不相等。

根据本公开的实施例，其中，第一面角度为约 90° ，第二面角度为约 0° 。

根据本公开的实施例，其中， n_i 个探测器的探测面与传送表面之间形成第一

面角度, n_j 个探测器的探测面与传送表面之间形成第二面角度, 第一面角度与第二面角度相等。

根据本公开的实施例, 其中, m_i 个射线源沿第一直线依次间隔布置, 第一直线为沿第一方向延伸的假想直线, 第一方向垂直于传送表面; 和/或, m_j 个射线源沿第二直线依次间隔布置, 第二直线为沿第二方向延伸的假想直线, 第二方向垂直于第一方向和传送方向两者。

根据本公开的实施例, 其中, m_i 个射线源的出束方向均相同, 和/或, m_j 个射线源的出束方向均相同; 或者, m_i 个射线源中至少两个射线源的出束方向不同; 和/或, m_j 个射线源中至少两个射线源的出束方向不同。

根据本公开的实施例, 其中, m_i 个射线源中至少一个射线源发出的射线束为锥形射线束, 锥形射线束包括第一扇角方向主束面和第一锥角方向主束面; 以及 m_j 个射线源中至少一个射线源发出的射线束为锥形射线束, 锥形射线束包括第二扇角方向主束面和第二锥角方向主束面。

根据本公开的实施例, 其中, 第一扇角方向主束面和第二扇角方向主束面平行; 和/或, 第一锥角方向主束面和第二锥角方向主束面不平行。

根据本公开的实施例, 其中, 第一扇角方向主束面和第二扇角方向主束面不平行; 和/或, 第一锥角方向主束面和第二锥角方向主束面平行。

根据本公开的实施例, 其中, 第一扇角方向主束面垂直于传送表面, 第一扇角方向主束面垂直于传送方向; 或者, 第一扇角方向主束面垂直于传送表面, 第一扇角方向主束面相对于传送方向成第一角度, 第一角度大于 90° 且小于 180° ; 或者, 第一扇角方向主束面相对于传送表面成第一夹角, 第一夹角不等于 90° , 第一扇角方向主束面垂直于传送方向; 或者, 第一扇角方向主束面相对于传送表面成第一夹角, 第一夹角不等于 90° , 第一扇角方向主束面相对于传送方向成第一角度, 第一角度大于 90° 且小于 180° ; 和/或, 第二扇角方向主束面垂直于传送表面, 第二扇角方向主束面垂直于传送方向; 或者, 第二扇角方向主束面垂直于传送表面, 第二扇角方向主束面相对于传送方向成第二角度, 第二角度大于 0° 且小于 90° ; 或者, 第二扇角方向主束面相对于传送表面成第二夹角, 第二夹角不等于 90° , 第二扇角方向主束面垂直于传送方向; 或者, 第二扇角方向主束面相对于传送表面成第二夹角, 第二夹角不等于 90° , 第二扇角方向主束面相对于传送方向成第二角度, 第二角度大于 0° 且小于 90° 。

根据本公开的实施例，其中，第一锥角方向主束面平行于传送表面，或者，第一锥角方向主束面垂直于传送表面，或者，第一锥角方向主束面相对于传送表面成第三夹角，第三夹角大于 0° 且小于 90° ；和/或，第二锥角方向主束面平行于传送表面，或者，第二锥角方向主束面垂直于传送表面，或者，第二锥角方向主束面相对于传送表面成第四夹角，第四夹角大于 0° 且小于 90° 。

根据本公开的实施例，其中，第一扇角方向主束面包括第一锥角，第一锥角与 n_i 个探测器中至少一个探测器在第一排列方向上的尺寸相对应，第一排列方向垂直于第一布置方向；和/或，第二扇角方向主束面包括第二锥角，第二锥角与 n_j 个探测器中至少一个探测器在第一排列方向上的尺寸相对应，第一排列方向垂直于第二布置方向；和/或，第一锥角方向主束面包括第一扇角，第一扇角与 n_i 个探测器在第二排列方向上的尺寸相对应，第二排列方向平行于传送方向；和/或，第二锥角方向主束面包括第二扇角，第二扇角与 n_j 个探测器在第二排列方向上的尺寸相对应，第二排列方向平行于传送方向。

根据本公开的实施例，其中，扫描对象包括集装箱、汽车和货车中的至少一种，多个射线源分别包括 MeV 能级加速器；或者，扫描对象包括行李箱和包裹中的至少一种，多个射线源分别包括 KeV 能级的 X 光机。

本公开的第二方面提供了一种基于单一直线扫描通道的 CT 扫描成像方法，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；控制扫描对象依次通过 p 个扫描段形成的 p 个扫描区域，其中，在扫描对象进入 p 个扫描段中的第 i 个扫描段的扫描范围前，控制第 i 个扫描段中的 m_i 个射线源交替发出射线束以形成扫描区域，使扫描对象穿过第 i 个扫描段的扫描区域，在扫描对象穿过第 i 个扫描段的扫描区域的过程中，控制第 i 个扫描段中的 n_i 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， i 和 j 为大于等于 1 且小于等于 p 的正整数， m_i 为大于等于 2 的正整数， n_i 为大于等于 1 的正整数；以及根据 p 个扫描段中的探测器形成的多个投影数据，生成扫描对象的计算机断层扫描图像。

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扫描成像系统的结构示意图。

图 2 示意性示出了本公开实施例提供的为沿传送方向观察的扫描成像系统的侧视图。

图 3 示意性示出了本公开实施例提供的扫描成像系统的俯视图。

图 4 示意性示出了本公开实施例提供的扫描成像系统中射线源出束方向示意图。

图 5 示意性示出了本公开实施例提供的不同源探布置方向沿传送方向观察的扫描成像系统的侧视图。

图 6 示意性示出了本公开实施例提供的另一扫描成像系统的结构示意图。

图 7 示意性示出了本公开实施例提供的为沿传送方向观察的另一扫描成像系统的侧视图。

图 8 示意性示出了本公开实施例提供的另一扫描成像系统的俯视图。

图 9 示意性示出了本公开实施例提供的扫描成像系统的结构框图。

图 10 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 11 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 12 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 13 示意性示出了本公开实施例提供的扫描成像方法的流程示意图。

图 14 示意性示出了本公开实施例提供的图像重建方法中的一个操作的示意图。

图 15 示意性示出了本公开实施例提供的扫描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。

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扫描成像系统及方法，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。

图 1 为本公开实施例提供的扫描成像系统的结构示意图。如图 1 所示，所述扫描成像系统包括：传送装置 3、 p 个扫描段、扫描通道 4 和成像装置 5。

在本公开的实施例中， p 为大于等于 2 的正整数，即，所述扫描成像系统包括 2 个以上的扫描段。在图 1 所示的实施例中，示例性地示出了 2 个扫描段。例如，所述 p 个扫描段可以包括第 i 个扫描段和第 j 个扫描段，其中， i 和 j 均为大于等于 1 且小于等于 p 的正整数且 i 和 j 不相等。图 1 中示例性示出的 2 个扫描段可以是第 i 个扫描段和第 j 个扫描段。

例如，第 i 个扫描段可以包括 m_i 个射线源和 n_i 个探测器， m_i 为大于等于 2 的正整数， n_i 为大于等于 1 的正整数。第 j 个扫描段可以包括 m_j 个射线源和 n_j 个探测器， m_j 为大于等于 2 的正整数， n_j 为大于等于 1 的正整数。沿所述扫描通道观察，所述 m_i 个射线源和所述 n_i 个探测器沿第一布置方向 D4 布置在所述扫描通道的两侧，所述 m_j 个射线源和 n_j 个探测器沿第二布置方向 D5 布置在所述扫描通道的两侧。

在下文中，为了方便描述，以 $i=1$ 和 $j=2$ 为示例描述，即，第 1 个扫描段和第 2 个扫描段。应该理解，该描述仅是以此为示例来说明本公开的实施例，不是

对本公开实施例的限制。

如图 1 所示, 2 个扫描段沿传送方向 D3 (如图 1 中箭头指示方向) 间隔布置, 第 1 个扫描段包括 m_1 个射线源 1 和 n_1 个探测器 2, 第 2 个扫描段包括 m_2 个射线源 1 和 n_2 个探测器 2。示例性地, m_1 为大于等于 2 的正整数, n_1 为大于等于 1 的正整数; m_2 为大于等于 2 的正整数, n_2 为大于等于 1 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 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。

在图 1 的实施例中, 扫描通道 4 为单一直线扫描通道 4, 即, 扫描对象 30 在扫描区域中单一地沿预定的传送方向 D3 移动的运动轨迹为直线轨迹。

继续参照图 1, 在第 1 个扫描段中, m_1 个射线源 1 和 n_1 个探测器 2 沿第一布置方向 D4 布置在扫描通道 4 的两侧, 其中, 第一布置方向 D4 平行于扫描通道 4 的宽度方向, 第一布置方向 D4 平行于传送表面 3S。 m_1 个射线源 1 用于交替发出射线束以形成扫描区域, 其中, m_1 个射线源 1 位于扫描通道 4 的一侧, 且沿第一直线 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。

参照图 1 和图 2, 在第 2 个扫描段中, m_2 个射线源 1 和 n_2 个探测器 2 沿第二布置方向 D5 布置在扫描通道 4 的上下两侧, 其中, 第二布置方向 D5 平行于扫描对象 30 的高度方向, 第二布置方向 D5 垂直于传送表面 3S。 m_2 个射线源 1 用于交替发出射线束以形成扫描区域, 其中, m_2 个射线源 1 位于扫描通道 4 的下侧, 且沿第二直线 L2 依次间隔布置, 第二直线 L2 为沿第二方向 D2 延伸的假想直线, 第二方向 D2 垂直于第一方向 D1 和传送方向 D3 两者。多个射线源 1 交替发出射线束以形成扫描区域。

需要说明的是, 其中, 第一布置方向 D4 和第二布置方向 D5 不同。其中, 第一布置方向 D4 和第二布置方向 D5 在垂直于传送方向 D3 的平面中的正投影相交。其中, 第一布置方向 D4 和第二布置方向 D5 在垂直于传送方向 D3 的平面中的正投影垂直。

示例性地，扫描对象 30 包括集装箱、汽车和货车中的至少一种，或者，扫描对象 30 包括行李箱和包裹中的至少一种。

示例性地，射线源 1 可以为加速器，例如，MeV 能级加速器，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 1，例如，KeV 能级的 X 光机。

继续参照图 1，在第 1 个扫描段中，n1 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，n1 个探测器 2 位于扫描通道 4 的另一侧，n1 个探测器 2 沿传送方向 D3 依次间隔布置。

继续参照图 1，在第 2 个扫描段中，n2 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，n2 个探测器 2 位于扫描通道 4 的上侧，n2 个探测器 2 沿传送方向 D3 依次间隔布置。

需要说明的是，在本公开的实施例中，n1 个探测器 2 和 n2 个探测器 2 分别为线性探测器阵列。示例性地，可为多排探测器或者面阵探测器。

继续参照图 1，n1 个探测器 21 以等距离的方式沿传送方向 D3 间隔排列，n2 个探测器 2 同样以等距离的方式沿传送方向 D3 间隔排列。

在本公开的实施例中，n1 个探测器 21 的探测面与传送表面 3S 之间形成第一面角度 δ_1 ，n2 个探测器 2 的探测面与传送表面 3S 之间形成第二面角度，第一面角度与第二面角度不相等。如图 1 所示，第一面角度 δ_1 为约 90° ，第二面角度为约 0° 。

成像装置 5 用于根据 2 个扫描段中各个探测器 2 探测到的投影数据，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扫描成像系统中，在对扫描对象 30 进行检查时，可以由传送装置 3 使扫描对象 30 在扫描通道 4 中沿预定的传送方向 D3 移动，并穿过多个扫描段，每个扫描段中的多个射线源 1 交替发出射线束形成扫描区域，接着由每个扫描段中多个探测器 2 探测在物品穿过扫描段的过程中，多个射线源 1 发出的射线束透过物品后形成的投影数据；然后由成像装置 5 根据多个扫描段中的探测器 2 形成的多个投影数据，生成扫描对象 30 的计算机断层扫描图像。

也就是说,在根据本公开实施例的扫描成像系统中,通过一次扫描,即被检物一次性穿过直线通道完成扫描完成三维图像的重建。扫描过程中自身没有旋转和移动,传动装置复杂度低,通过率高。

需要说明的是,在本公开的实施例中,由传送装置 3 使扫描对象 30 沿预定的传送方向 D3 移动,单一直线轨道,没有多段直线轨道的交接,系统安装空间的限制也是一维的,对场地的要求低。

需要说明的是,在本公开的实施例中,每个扫描段中的多个射线源 1 和多个探测器 2 列位置固定,在扫描过程中没有旋转和移动,无需旋转机架或运动轨道。

还需要说明的是,在本公开的实施例中,每个扫描段的多个射线源 1 和多个探测器 2 的布置方向可不同,通过快速切换出来进行扫描,从而可以增加任意投影角度,提高数据完备性,同时不影响扫描速度。

还需要说明的是,本公开的实施例中,随着扫描段不断增加,源探组数线性增加,投影数据完备性越好,重建图像质量越高。

在一些示例性的实施例中,所述 m_i 个射线源中至少一个射线源发出的射线束为锥形射线束。例如,参照图 1,每组源探都标注出中间射线源出来锥束的中心截面,其中细虚线是扇角方向主束面,面内角度是锥角;粗虚线是锥角方向主束面,面内角度是扇角。

图 2 示意性示出了本公开实施例提供的为沿传送方向观察的扫描成像系统的侧视图。图 3 示意性示出了本公开实施例提供的扫描成像系统的俯视图。

例如,请结合参照图 2 与图 3,在第 1 个扫描段中, m_1 个射线源 1 中至少一个射线源 1 发出的射线束包括第一扇角方向主束面 8 (虚点线表示) 和第一锥角方向主束面 9 (虚实线表示);在第 2 个扫描段中, m_2 个射线源 1 中至少一个射线源 1 发出的射线束包括第二扇角方向主束面 10 (虚点线表示) 和第二锥角方向主束面 11 (虚实线表示)。

继续参照图 2,第一扇角方向主束面 8 和第二扇角方向主束面 10 平行。

继续参照图 3,第一锥角方向主束面 9 和第二锥角方向主束面 11 不平行。

继续参照图 2 和图 3,第一扇角方向主束面 8 垂直于传送表面 3S,第一扇角方向主束面 8 垂直于传送方向 D3;或者,第一扇角方向主束面 8 垂直于传送表面 3S,第一扇角方向主束面 8 相对于传送方向 D3 成第一角度,第一角度大于 90° 且小于 180° 。

在一些示例性的实施例中，第一扇角方向主束面 8 相对于传送表面 3S 成第一夹角，第一夹角不等于 90° ，第一扇角方向主束面 8 垂直于传送方向 D3；或者，第一扇角方向主束面 8 相对于传送表面 3S 成第一夹角，第一夹角不等于 90° ，第一扇角方向主束面 8 相对于传送方向 D3 成第一角度，第一角度大于 90° 且小于 180° 。

继续参照图 2 和图 3，第二扇角方向主束面 10 垂直于传送表面 3S，第二扇角方向主束面 10 垂直于传送方向 D3；或者，第二扇角方向主束面 10 垂直于传送表面 3S，第二扇角方向主束面 10 相对于传送方向 D3 成第二角度，第二角度大于 0° 且小于 90° 。

在一些示例性的实施例中，第二扇角方向主束面 10 相对于传送表面 3S 成第二夹角，第二夹角不等于 90° ，第二扇角方向主束面 10 垂直于传送方向 D3；或者，第二扇角方向主束面 10 相对于传送表面 3S 成第二夹角，第二夹角不等于 90° ，第二扇角方向主束面 10 相对于传送方向 D3 成第二角度，第二角度大于 0° 且小于 90° 。

继续参照图 3，其中，第一锥角方向主束面 9 平行于传送表面 3S，第二锥角方向主束面 11 垂直于传送表面 3S。还可以例如，第一锥角方向主束面 9 相对于传送表面 3S 成第三夹角，第三夹角大于 0° 且小于 90° 或者，第二锥角方向主束面 11 相对于传送表面 3S 成第四夹角，第四夹角大于 0° 且小于 90° 。

继续参照图 2，第一扇角方向主束面 8 包括第一锥角 φ_1 ，第一锥角与 n1 个探测器 2 中至少一个探测器 2 在第一排列方向上的尺寸相对应，第一排列方向垂直于第一布置方向 D4。第二扇角方向主束面 10 包括第二锥角 φ_2 ，第二锥角与 n2 个探测器 2 中至少一个探测器 2 在第一排列方向上的尺寸相对应，第一排列方向垂直于第二布置方向 D5。

继续参照图 3，第一锥角方向主束面 9 包括第一扇角 θ_1 ，第一扇角与 n1 个探测器 2 在第二排列方向上的尺寸相对应，第二排列方向平行于传送方向 D3。第二锥角方向主束面 11 包括第二扇角 θ_2 ，第二扇角与 n2 个探测器 2 在第二排列方向上的尺寸相对应，第二排列方向平行于传送方向 D3。

通过本公开的实施例，保证不同扫描段内源探的布置方向角度不同，从而增加投影角度范围。

图 4 示意性示出了本公开实施例提供的扫描成像系统中射线源 1 出来方向

示意图。

在本公开的实施例中，每个扫描段中，多个射线源 1 的出束方向均相同，和/或，多个射线源 1 的出束方向均不相同。

如图 4 所示，三个射线源 1 发出的扇角方向主束面(三条虚点线)朝向不同的方向，此时多个射线源 1 的出束方向不同，通过快速切换出束进行扫描，可以增加投影角度，提高数据完备性，同时不影响扫描速度。

图 5 示意性示出了本公开实施例提供的不同源探布置方向沿传送方向观察的扫描成像系统的侧视图。

在本公开实施例中，其中，第一布置方向 D4 与传送表面 3S 成第一倾斜角度，第一倾斜角度大于 0° 且小于 90° ；和/或，第二布置方向 D5 与传送表面 3S 成第二倾斜角度，第二倾斜角度大于 0° 且小于 90° 。

例如，根据不同的源探布置方向，在本公开的实施例中，提供了另一扫描成像系统。如图 6 所示，图 6 示意性示出了本公开实施例提供的另一扫描成像系统的结构示意图。

在第 1 个扫描段中，m1 个射线源 1 和 n1 个探测器 2 沿第一布置方向 D4 布置在扫描通道 4 的两侧，其中，第一布置方向 D4 平行于传送表面 3S。m1 个射线源 1 用于交替发出射线束以形成扫描区域，其中，m1 个射线源 1 位于扫描通道 4 的一侧，且沿第一直线 L1 依次间隔布置，多个射线源 1 交替发出射线束以形成扫描区域。

继续参照图 6，在第 2 个扫描段中，m2 个射线源 1 和 n2 个探测器 2 沿第二布置方向 D5 布置在扫描通道 4 的两侧，其中，第二布置方向 D5 平行于传送表面 3S。m2 个射线源 1 用于交替发出射线束以形成扫描区域，其中，m2 个射线源 1 位于扫描通道 4 的一侧，且沿第一直线 L2 依次间隔布置，多个射线源 1 交替发出射线束以形成扫描区域。

需要说明的是，其中，第一布置方向 D4 和第二布置方向 D5 在垂直于传送方向 D3 的平面中的正投影重合。

继续参照图 6，需要说明的是，在本公开的实施例中，n1 个探测器 21 以等角间隔的方式沿传送方向 D3 间隔排列，n2 个探测器 2 同样以等角间隔的方式沿传送方向 D3 间隔排列。

在本公开的实施例中，n1 个探测器 21 的探测面与传送表面 3S 之间形成第

一面角度， n_2 个探测器 2 的探测面与传送表面 3S 之间形成第二面角度，第一面角度与第二面角度相等。

通过本公开的实施例，每个扫描段的多个射线源 1 和多个探测器 2 的布置方向可不同，通过快速切换出束进行扫描，从而可以增加任意投影角度，随着扫描段不断增加，源探组数线性增加，投影数据完备性越好，重建图像质量越高。

图 7 示意性示出了本公开实施例提供的为沿传送方向观察的另一扫描成像系统的侧视图。图 8 示意性示出了本公开实施例提供的另一扫描成像系统的俯视图。

请参照图 7 和图 8，在第 1 个扫描段中， m_1 个射线源 1 中至少一个射线源 1 发出的射线束包括第一扇角方向主束面 8（虚点线表示表示）和第一锥角方向主束面 9（虚实线表示）；在第 2 个扫描段中， m_2 个射线源 1 中至少一个射线源 1 发出的射线束包括第二扇角方向主束面 10（虚点线表示）和第二锥角方向主束面 11（虚实线表示）。

继续参照图 7，示例性地，第一扇角方向主束面 8 和第二扇角方向主束面 10 不平行。

继续参照图 8，示例性地，第一锥角方向主束面 9 和第二锥角方向主束面 11 平行。

继续参照图 8，第一锥角方向主束面 9 平行于传送表面 3S，第二锥角方向主束面 11 平行于传送表面 3S。

其中， m_1 个射线源 1 在传送方向 D3 上相对于 n_1 个探测器 2 的第一相对位置不同于 m_2 个射线源 1 在传送方向 D3 上相对于 n_2 个探测器 2 的第二相对位置。

继续参照图 8， n_1 个探测器 2 包括在传送方向 D3 上排列在最前的第一排探测器 2 模块， n_2 个探测器 2 包括在传送方向 D3 上排列在最前的第一排探测器 2 模块。沿垂直于传送表面 3S 的方向观察， m_1 个射线源 1 在传送方向 D3 上相对于 n_1 个探测器 2 的第一排探测器 2 模块距离第一偏移距离， m_2 个射线源 1 在传送方向 D3 上相对于 n_2 个探测器 2 的第一排探测器 2 模块距离第二偏移距离，第一偏移距离与第二偏移距离不相等。

下面对本公开实施例的扫描成像系统的工作过程进行详细说明，示例性地，扫描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,穿过多个扫描段,每个扫描段中的多个射线源 1 交替发出射线束形成扫描区域。

然后,由每个扫描段中多个探测器 2 探测在物品穿过扫描段的过程中,多个射线源 1 发出的射线束透过物品后形成的投影数据。

然后,由成像装置 5 根据多个扫描段中的探测器 2 形成的多个投影数据,得到扫描对象 30 的三维重建图像。

根据本公开的实施例,参照图 9,扫描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 10 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 E1。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 11 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 出束两次。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 E2,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 E3。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 30,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 30 的原子序数、特征密度图像和任意能量下扫描对象 30 的衰减系数图像,从而对扫描对象 30 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,扫描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 5 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 30 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 10);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 12)。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 30 进行物质分类和自动识别。

图 13 为本公开实施例提供的扫描成像方法的流程示意图,应用于如上的扫描成像系统。图 13 中的扫描成像方法包括步骤 S131 至步骤 S134。

在步骤 S131 中,使传送装置 3 带动扫描对象 30 在扫描通道 4 中沿预定的传送方向 D3 运动,其中,传送装置 3 包括供扫描对象 30 放置的传送表面 3S。

在步骤 S132,控制扫描对象 30 依次通过 p 个扫描段形成的 p 个扫描区域,

其中, 在扫描对象 30 进入 p 个扫描段中的第 i 个扫描段的扫描范围前, 控制第 i 个扫描段中的 m_i 个射线源 1 交替发出射线束以形成扫描区域, 使扫描对象 30 穿过第 i 个扫描段的扫描区域, 其中, i 和 j 为大于等于 1 且小于等于 p 的正整数, m_i 为大于等于 2 的正整数, n_i 为大于等于 1 的正整数。

在步骤 S133, 在扫描对象 30 穿过第 i 个扫描段的扫描区域的过程中, 控制第 i 个扫描段中的 n_i 个探测器 2 探测射线束透过扫描对象 30 后形成的投影数据。

在步骤 S134, 根据 p 个扫描段中的探测器 2 形成的多个投影数据, 生成扫描对象 30 的计算机断层扫描图像。

在本公开的实施例中, 基于多个扫描段且扫描段包括分布式射线源和探测器的扫描成像系统, 所述图像重建算法可以是基于微分反投影滤波的重建算法, 可以边扫描边重建, 提高图像重建的效率, 减少等待时间。

具体地, 结合参照图 14, 在本公开的实施例中, 所述图像重建算法可以按照以下的操作进行。

在操作 S141 中, 对于每一个单个的射线源, 例如, 对于第 i 个扫描段中 m_i 个射线源中的某一个射线源, 为方便描述, 将该单个射线源标记为 m_0 。该单个射线源 m_0 和与它相对的 n_i 个探测器形成一个源探组合。针对该源探组合, 其包括单个射线源 m_0 和 n_i 个探测器形成的探测器阵列。在 n_i 个探测器中, 每一个探测器可以包括 K 个探测器单元, 例如, 在图 14 所示的示例中, K 个探测器单元沿上下方向排列。

在操作 S142 中, 射线源 m_0 与从第 1~ n_i 个探测器阵列上的第 k 个探测器单元构成一个平面 P_k , 该平面 P_k 可以是水平、竖直或者具有一定倾斜角度的面。在扫描对象 30 通过扫描区域的过程中, 可以得到平面 P_k 上所有 n_i 个探测器的微分反投影图像, 通过重建算法, 可以获得平面 P_k 的重建图像。

在操作 S143 中, 针对射线源 m_0 , 从第 1~ K 个平面, 均可以按照该步骤进行处理, 获得第 1~ K 个平面的重建图像, 从而可以获取由射线源 m_0 扫描所得到的重建结果。

在操作 S144 中, 对于每一个射线源, 重复上述针对射线源 m_0 的重建过程, 得到一组来自不同射线源数据的重建图像。

在操作 S145 中, 将针对多个射线源数据所得到的重建图像进行归一化的加权融合, 得到最终重建图像。

在上述操作 S143 中，在各个平面上进行图像重建，每个平面之间的运算是相互独立的，因此可以并行计算。在上述操作 S144 中，对每一个射线源分别重建一幅完整的三维 CT 图像，每个射线源之间的运算也是相互独立的，因此也可以并行计算。因此，在本公开的实施例中，上述操作可以充分利用 GPU 集群进行分布式并行计算，提高图像重建速度。

在一些示例性的实施例中，扫描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，扫描成像方法还包括：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 5 根据投影数据分解出的第一子投影数据和第二子投影数据，得到扫描对象 30 的重建图像。

根据本公开实施例的扫描成像系统及其成像方法，在对物品进行安全检查时，可以由传送装置使物品沿预定的传送方向移动；并穿过多个扫描段，每个扫描段中的多个射线源交替发出射线束形成扫描区域，接着由每个扫描段中多个探测器探测在物品穿过扫描段的过程中，多个射线源发出的射线束透过物品后形成的投影数据；然后由成像装置根据多个扫描段中的探测器形成的多个投影数据，生成扫描对象的计算机断层扫描图像。扫描系统结构简便，单一直线轨道、无需旋转机架、扫描时物体没有旋转、源探保持静止，一次性通过通道且多组源探快速切换出束即可完成扫描，并给出被检物完整的高质量三维重建图像。

图 15 示意性示出了根据本公开实施例的扫描成像系统的成像装置的方框图。

如图 15 所示，根据本公开实施例的扫描成像系统的成像装置 5 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动作和处理。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, 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。也要注意的, 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, 提供了一种扫描成像系统和相应的扫描成像方法。在该扫描成像系统中, 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 2, 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

1 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 1 采用双能出束模式的情况下, 第二探测器 2 采用具有能量分辨能力的探测器 2, 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。

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 书

1.一种基于单一直线扫描通道的CT扫描成像系统,其中,所述系统包括:

传送装置,用于使扫描对象在单一直线扫描通道中沿预定的传送方向移动,其中,所述传送装置包括所述扫描对象u放置的传送表面;

p个扫描段,每个扫描段包括多个射线源和至少一个探测器,所述p个扫描段沿所述传送方向间隔布置,其中,p为大于等于2的正整数,在每个扫描段中,所述多个射线源用于交替发出射线束以形成扫描区域,所述多个射线源位于所述扫描通道的一侧,且依次间隔布置;所述至少一个探测器位于所述扫描通道的另一侧,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;以及

成像装置,用于根据所述p个扫描段中各个探测器探测到的投影数据,生成所述扫描对象的三维重建图像。

2.如权利要求1所述的系统,其中,所述p个扫描段包括第i个扫描段和第j个扫描段,其中,i和j均为大于等于1且小于等于p的正整数且i和j不相等;

第i个扫描段包括 m_i 个射线源和 n_i 个探测器, m_i 为大于等于2的正整数, n_i 为大于等于1的正整数;

第j个扫描段包括 m_j 个射线源和 n_j 个探测器, m_j 为大于等于2的正整数, n_j 为大于等于1的正整数;以及

沿所述扫描通道观察,所述 m_i 个射线源和所述 n_i 个探测器沿第一布置方向布置在所述扫描通道的两侧,所述 m_j 个射线源和 n_j 个探测器沿第二布置方向布置在所述扫描通道的两侧。

3.如权利要求2所述的系统,其中,所述第一布置方向和所述第二布置方向不同。

4.如权利要求 2 或 3 所述的系统，其中，所述第一布置方向和所述第二布置方向在垂直于所述传送方向的平面中的正投影相交。

5.如权利要求 4 所述的系统，其中，所述第一布置方向和所述第二布置方向在垂直于所述传送方向的平面中的正投影垂直。

6.如权利要求 4 所述的系统，其中，所述第一布置方向平行于所述扫描通道的宽度方向，所述第一布置方向平行于所述传送表面。

7.如权利要求 4 或 6 所述的系统，其中，所述第二布置方向平行于所述检查对象的高度方向，所述第二布置方向垂直于所述传送表面。

8.如权利要求 3 所述的系统，其中，所述第一布置方向与所述传送表面成第一倾斜角度，所述第一倾斜角度大于 0° 且小于 90° ；和/或，

所述第二布置方向与所述传送表面成第二倾斜角度，所述第二倾斜角度大于 0° 且小于 90° 。

9.如权利要求 2 所述的系统，其中，所述第一布置方向和所述第二布置方向在垂直于所述传送方向的平面中的正投影重合。

10.如权利要求 2、3 或 9 所述的系统，其中，所述 m_i 个射线源在所述传送方向上相对于所述 n_i 个探测器的第一相对位置不同于所述 m_j 个射线源在所述传送方向上相对于所述 n_j 个探测器的第二相对位置。

11.如权利要求 10 所述的系统，其中，所述 n_i 个探测器包括在所述传送方向上排列在最前的第一排探测器模块，所述 n_j 个探测器包括在所述传送方向上排

列在最前的第一排探测器模块；以及

沿垂直于所述传送表面的方向观察，所述 m_i 个射线源在所述传送方向上相对于所述 n_i 个探测器的第一排探测器模块距离第一偏移距离，所述 m_j 个射线源在所述传送方向上相对于所述 n_j 个探测器的第一排探测器模块距离第二偏移距离，所述第一偏移距离与所述第二偏移距离不相等。

12.如权利要求 2-11 中任一项所述的系统，其中， $n_i=1$ ，所述 n_i 个探测器为面阵探测器；和/或， $n_j=1$ ，所述 n_j 个探测器为面阵探测器。

13.如权利要求 2-11 中任一项所述的系统，其中， n_i 大于等于 2，所述 n_i 个探测器分别为线性探测器列；和/或， n_j 大于等于 2，所述 n_j 个探测器分别为线性探测器阵列。

14.如权利要求 13 所述的系统，其中，所述 n_i 个探测器沿所述传送方向间隔排列，和/或，所述 n_j 个探测器沿所述传送方向间隔排列。

15.如权利要求 14 所述的系统，其中，所述 n_i 个探测器以等间隔距离的方式沿所述传送方向间隔排列，或者，所述 n_i 个探测器以等角间隔的方式沿所述传送方向间隔排列；和/或，

所述 n_j 个探测器以等间隔距离的方式沿所述传送方向间隔排列，或者，所述 n_j 个探测器以等角间隔的方式沿所述传送方向间隔排列。

16.如权利要求 12-15 中任一项所述的系统，其中，所述 n_i 个探测器的探测面与所述传送表面之间形成第一面角度，所述 n_j 个探测器的探测面与所述传送表面之间形成第二面角度，所述第一面角度与所述第二面角度不相等。

17.如权利要求 16 所述的系统，其中，所述第一面角度为约 90° ，所述第二面角度为约 0° 。

18.如权利要求 12-15 中任一项所述的系统，其中，所述 n_i 个探测器的探测面与所述传送表面之间形成第一面角度，所述 n_j 个探测器的探测面与所述传送表面之间形成第二面角度，所述第一面角度与所述第二面角度相等。

19.如权利要求 2-18 中任一项所述的系统，其中，所述 m_i 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；和/或，

所述 m_j 个射线源沿第二直线依次间隔布置，所述第二直线为沿第二方向延伸的假想直线，所述第二方向垂直于所述第一方向和所述传送方向两者。

20.如权利要求 2-19 中任一项所述的系统，其中，所述 m_i 个射线源的出束方向均相同，和/或，所述 m_j 个射线源的出束方向均相同；或者，

所述 m_i 个射线源中至少两个射线源的出束方向不同；和/或，所述 m_j 个射线源中至少两个射线源的出束方向不同。

21.如权利要求 2-20 中任一项所述的系统，其中，所述 m_i 个射线源中至少一个射线源发出的射线束为锥形射线束，所述锥形射线束包括第一扇角方向主束面和第一锥角方向主束面；以及

所述 m_j 个射线源中至少一个射线源发出的射线束为锥形射线束，所述锥形射线束包括第二扇角方向主束面和第二锥角方向主束面。

22.如权利要求 21 所述的系统，其中，所述第一扇角方向主束面和所述第二扇角方向主束面平行；和/或，

所述第一锥角方向主束面和所述第二锥角方向主束面不平行。

23.如权利要求 21 所述的系统，其中，所述第一扇角方向主束面和所述第二扇角方向主束面不平行；和/或，

所述第一锥角方向主束面和所述第二锥角方向主束面平行。

24.如权利要求 21-23 中任一项所述的系统，其中，所述第一扇角方向主束面垂直于所述传送表面，所述第一扇角方向主束面垂直于所述传送方向；或者，所述第一扇角方向主束面垂直于所述传送表面，所述第一扇角方向主束面相对于所述传送方向成第一角度，所述第一角度大于 90° 且小于 180° ；或者，所述第一扇角方向主束面相对于所述传送表面成第一夹角，所述第一夹角不等于 90° ，所述第一扇角方向主束面垂直于所述传送方向；或者，所述第一扇角方向主束面相对于所述传送表面成第一夹角，所述第一夹角不等于 90° ，所述第一扇角方向主束面相对于所述传送方向成第一角度，所述第一角度大于 90° 且小于 180° ；和/或，

所述第二扇角方向主束面垂直于所述传送表面，所述第二扇角方向主束面垂直于所述传送方向；或者，所述第二扇角方向主束面垂直于所述传送表面，所述第二扇角方向主束面相对于所述传送方向成第二角度，所述第二角度大于 0° 且小于 90° ；或者，所述第二扇角方向主束面相对于所述传送表面成第二夹角，所述第二夹角不等于 90° ，所述第二扇角方向主束面垂直于所述传送方向；或者，所述第二扇角方向主束面相对于所述传送表面成第二夹角，所述第二夹角不等于 90° ，所述第二扇角方向主束面相对于所述传送方向成第二角度，所述第二角度大于 0° 且小于 90° 。

25.如权利要求 21-24 中任一项所述的系统，其中，所述第一锥角方向主束面平行于所述传送表面，或者，所述第一锥角方向主束面垂直于所述传送表面，或

者,所述第一锥角方向主束面相对于所述传送表面成第三夹角,所述第三夹角大于 0° 且小于 90° ;和/或,

所述第二锥角方向主束面平行于所述传送表面,或者,所述第二锥角方向主束面垂直于所述传送表面,或者,所述第二锥角方向主束面相对于所述传送表面成第四夹角,所述第四夹角大于 0° 且小于 90° 。

26.如权利要求 21-25 中任一项所述的系统,其中,所述第一扇角方向主束面包括第一锥角,所述第一锥角与所述 n_i 个探测器中至少一个探测器在第一排列方向上的尺寸相对应,所述第一排列方向垂直于所述第一布置方向;和/或,

所述第二扇角方向主束面包括第二锥角,所述第二锥角与所述 n_j 个探测器中至少一个探测器在第一排列方向上的尺寸相对应,所述第一排列方向垂直于所述第二布置方向;和/或,

所述第一锥角方向主束面包括第一扇角,所述第一扇角与所述 n_i 个探测器在第二排列方向上的尺寸相对应,所述第二排列方向平行于所述传送方向;和/或,

所述第二锥角方向主束面包括第二扇角,所述第二扇角与所述 n_j 个探测器在第二排列方向上的尺寸相对应,所述第二排列方向平行于所述传送方向。

27.如权利要求 1-26 中任一项所述的系统,其中,所述扫描对象包括集装箱、汽车和货车中的至少一种,所述多个射线源分别包括 MeV 能级加速器;或者,

所述扫描对象包括行李箱和包裹中的至少一种,所述多个射线源分别包括 KeV 能级的 X 光机。

28.一种应用于权利要求 1-27 中任一项所述的系统的 CT 扫描成像方法,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;

控制所述扫描对象依次通过 p 个扫描段形成的 p 个扫描区域，其中，在所述扫描对象进入所述 p 个扫描段中的第 i 个扫描段的扫描范围前，控制第 i 个扫描段中的 m_i 个射线源交替发出射线束以形成扫描区域，使所述扫描对象穿过所述第 i 个扫描段的扫描区域，在所述扫描对象穿过所述第 i 个扫描段的扫描区域的过程中，控制第 i 个扫描段中的 n_i 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， i 和 j 为大于等于 1 且小于等于 p 的正整数， m_i 为大于等于 2 的正整数， n_i 为大于等于 1 的正整数；以及

根据所述 p 个扫描段中的探测器形成的多个投影数据，生成所述扫描对象的计算机断层扫描图像。